

**アフリカ  
(エチオピア、ガーナ、タンザニア)  
資金協力事業による道路整備計画のあり方  
(基礎研究) の改訂**

**ファイナルレポート  
執務参考資料**

**2021年1月**

**独立行政法人国際協力機構 (JICA)**

**株式会社エイト日本技術開発**

<b>資金</b>
<b>JR</b>
<b>21-003</b>

## はじめに

我が国の政府開発援助（ODA）による開発途上国へのインフラ整備支援は、有償資金協力、無償資金協力及び技術協力を中心として、経済基盤整備及び人材育成に貢献してきた。とりわけ道路インフラは、開発途上国の輸送において圧倒的に高いシェアを有していることが多く、また経済成長や医療や教育へのアクセス、生活レベルの改善、災害に対する強靱化等のために道路整備は不可欠であることから、整備ニーズも膨大である。こうした背景から、我が国は効果的・効率的な道路輸送を実現すべく、これまで幹線道路整備や都市内道路整備等、多くの支援を行ってきた。アフリカ地域では、運輸交通の基盤整備が遅れているために、経済発展が進まず、貧困の一因にもなっている。持続的な発展と成長には、人の移動や物流の手段である運輸交通インフラの整備が不可欠であり、特に道路整備は経済レベルによらず高いニーズがある。しかし、アフリカ地域での道路建設事業に関しては、日本と異なる条件下において様々な課題がある。このため道路の設計と施工においては、日本で培った技術と経験に基づきつつも、当該地域の条件を十分に把握し、現地のノウハウや基準を踏まえることが、質的な担保にむけて極めて重要となる。

係る状況より、JICAは2013年度「アフリカ（エチオピア、ガーナ、タンザニア）資金協力事業による道路整備計画のあり方（基礎研究）」（以下、「既往基礎研究」という。）において、エチオピアとガーナ、タンザニアの3ヵ国を対象とし、道路舗装事業の設計及び施工段階で参考となる各種基準や手法を調査し、以降の無償資金協力事業による道路事業における基礎資料として取り纏めた。既往基礎研究から約6年が経過し、調査結果はJICAの協力準備調査の発注やコンサルタントの調査や設計、施工監理等で有効活用されている状況であるが、その間無償資金協力では新たな知見が蓄積されており、また各国の道路設計手法についても進展が見られている。これら状況から、最新の知見を反映させた既往基礎研究の報告書への改訂が必要となった。

本報告書を通じ、無償資金協力における道路事業の品質確保に必要な知見が共有されることで、途上国における道路整備事業の一層効果的な実施、品質の向上が図られることに期待している。

## ■既往報告書改定の目的と経緯

本改訂報告書は、JICA 職員（本部、在外職員）による、協力準備調査の業務仕様書作成、調査内容の確認、及び事業実施段階の品質管理等において参考となる資料を作成することを目的とし、道路整備について幅広い知識を身に付けられるよう、無償資金協力事業における道路事業の流れ「調査⇒概略設計⇒詳細設計⇒施工管理／監理」及び各段階の内容について、国内外の道路事業との比較等を含めた内容によって構成される。

## 解 説

2013年度の「アフリカ（エチオピア、ガーナ、タンザニア）資金協力事業による道路整備計画のあり方（基礎研究）」報告書では、予期せぬ早期破損が多く発生した、主に道路舗装事業の設計及び施工段階で参考となる各種基準や手法を調査し取りまとめを実施した。その後、舗装に関するハンドブック作成調査等を通し、舗装のみならず途上国の道路設計基準の改定、NMT<sup>1</sup>への配慮などの道路整備の趨勢の変化、施工時の品質管理と維持管理の重要性が確認された。また、新たな取組としてCIM<sup>2</sup>の導入等、事業の効率化施策が進展している。一方で、無償資金協力事業では、舗装のみならず構造物でも不具合事例が発生している。このような状況を踏まえ、無償資金協力による道路事業全体を対象に最新の知見を反映させた既往基礎研究の報告書への改訂が必要となった。

2013年3月

「アフリカ（エチオピア、ガーナ、タンザニア）の資金協力事業による道路整備計画のあり方（基礎研究）」

- ・ 舗装破損に関する原因調査（現地調査、国内実験等）の実施
- ・ その他、道路設計、舗装設計、排水設計基準の国内基準との比較

道路設計/施工全般

舗装に特化

**本改定作業：道路事業全体に関する知見の集約化**

●主な改定内容

- ・ 既往基礎調査以降に見直された無償資金協力の制度や最新のガイドライン等を反映する。
- ・ 舗装のみならず道路の構成要素であるコンクリート構造物、道路土工構造物、道路排水施設などの主要な関連施設を対象とする。
- ・ 無償資金協力事業で実施する道路整備の準備調査、事業の実施段階に関し、構造物や機材計画等も含む一連の留意事項を記載する。
- ・ 舗装では、コンクリート舗装に関する知見と参考資料を追加する。
- ・ 無償資金協力による道路事業の不具合事例を記載する。
- ・ 日本の道路整備の歴史や法制度について、相手国の参考となる資料を追加する。
- ・ 古い参考資料を最新の知見を含んだ資料へ置換える。

**舗装に関する知見の集約化**

- 開発途上国における舗装設計基準適用のあり方に関する調査（プロジェクト研究）：2014年11月
  - ・ 舗装設計基準に関する調査（現地調査を含む）の実施
  - ・ 協力準備調査（無償）における道路（舗装）設計のあり方 ハンドブック（素案）の作成
- （基礎研究）開発途上国における舗装施工監理／管理のあり方に関する調査：2016年12月
  - ・ 舗装工場の施工監理／管理に関する調査（現地調査を含む）の実施
  - ・ 無償資金協力事業の舗装施工監理／管理ハンドブック（案）の作成
- 開発途上国における道路舗装の耐流動性 向上に係る調査分析：2020年2月
  - ・ 上記2プロジェクトの成果に最新情報（現地調査含む）を加え合冊
  - ・ JICA無償資金協力事業道路舗装ハンドブック（一部：調査／設計、第二部：施工監理／管理、第三部：参考資料）（和文・英文）の作成

図 既往調査と本改定業務の関係

<sup>1</sup> NMT (Non-Motorized Transport)：環境への負荷が小さい移動手段（非動力交通）

<sup>2</sup> CIM (Construction Information Modeling/Management)：土木工事における様々な情報を共通化し活用しようという取り組み。（現時点では主に3次元モデルの利用）  
設計の可視化（早い合意形成）、設計の最適化（設計ミスの撲滅）、施工の高度化（情報化施工による工期短縮）、維持管理の効率化、高度化、構造物情報の一元化、統合化、等

【本調査に基づく主要な提言】

項目	理由	段階	提言事項
維持管理に対する配慮を事業に取り込む	施設の維持管理の継続性を確保するために、相手国の経済的・技術的実情に沿った「その途上国が与えられた環境、条件、ニーズに最も有効である技術」を設計段階から考慮し、維持管理が容易となる構造物の採用、容易に調達できる安価な機材、既存の施設を活用した材料の生産などが必要である。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 維持管理への配慮に関する業務指示書への記載</li> <li>● 維持管理に配慮した設計内容の報告書への記載</li> <li>● 事例の収集と共有</li> </ul>
		実施段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工物品質管理会議での実施機関への説明</li> <li>● 事業完了報告書への維持管理に関する注意事項の記載、及びセミナー等の開催</li> </ul>
交通安全対策の充実	交通安全監査（独立した多分野の専門家チームによる既存、または将来の道路や交差点の安全性検査）により、潜在的な交通安全の問題を定性的に推定し、道路利用者の安全を改善する動きが世界的に広がっており、無償資金協力事業においても、その考え方を参考としていく必要がある。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 交通安全施設を道路本体の設計の一部として設計に反映</li> <li>● 3D 設計等を活用した道路の安全性の確認</li> <li>● 適切な横断構成（幅員）の確保</li> <li>● 施工時の交通安全対策の検討</li> </ul>
		実施段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工事期間中の交通事故防止対策の実施</li> <li>● 交通誘導員等による交通管理の実施</li> <li>● う回路を含めた適切な渋滞対策の実施</li> </ul>
NMT に対する配慮	近年、徒歩や自転車での移動は費用効果の高い移動手段として推進されてきている。このため、協力準備調査では、公共交通機関への安全なアクセスのための交通結節点（駅やバスターミナル等）整備、歩道／自転車道の連続性の確保等について検討を行い、設計に反映させる必要がある。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● NMT 交通に配慮した交通量調査の実施（特に交差点の動線）</li> <li>● NMT に関する相手国の基準（横断構成、幅員等）の遵守</li> <li>● 交通安全監査が必要となる場合は NMT への配慮と連動させる必要がある。</li> </ul>
物流交通に対する配慮	物流活動を考慮していない道路計画では、路上駐車による道路交通への影響や、歩行者等への安全性への影響が生じる。また、景観への支障、排ガス・騒音の発生等も問題となることから、物流活動を考慮した適切な道路整備が求められる。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 物流交通の動きを把握できる交通量調査の実施</li> <li>● 物流交通の沿道における駐車需要の把握</li> <li>● 物流交通の動線（沿道乗り入れ、交差点の右左折等）を考慮した道路設計</li> <li>● 物流交通の需要を的確に把握した舗装設計の実施</li> </ul>
早期破損対策（品質の向上）	調査／設計段階の検討不足等により、予期せぬ早さで施設が破損している事例が未だ見られる。また、実施段階の品質管理不足によると思われる破損の事例もある。このため、より一層の調査／設計精度の向上、品質管理の充実が必要である。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自然条件調査精度の向上（地質、測量等調査精度の向上）</li> <li>● 十分な設計検討の実施（路面設計、土構造物、水理／水門）</li> </ul>
		実施段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 品質管理に配慮した特記仕様書の作成</li> <li>● 必要な品質管理試験の実施（プルーフローリング、抽出試験等）</li> <li>● 品質管理に必要な人員の配置</li> <li>● 詳細設計あるいは施工中に判明した地盤条件等に臨機応変に対応する。</li> </ul>
積算／応札額精度の向上	応札者が応札額を検討する際に、調査結果の開示が少なく多くのリスクを見込んでいるため、応札額が予定価格を上回っている可能性も有る。このため、応札額決定に必要な情報をできるだけ開示する必要がある。	準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自然条件調査精度の向上（測量精度、材料／岩区分等）</li> <li>● 調達事情／施工会社調査の充実</li> </ul>
		実施段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 調査／設計資料の開示</li> <li>● 仮定条件の明示</li> <li>● 積算項目の明確化</li> </ul>



**資金協力事業による道路整備計画のあり方(基礎研究)の改訂  
ファイナルレポート  
執務参考資料**

**目 次**

<b>第1章</b>	<b>無償資金協力事業</b> .....	<b>1-1</b>
1.1.	無償資金協力の概要.....	1-1
1.2.	無償資金協力事業による道路整備.....	1-3
1.3.	協力準備調査段階.....	1-5
1.4.	事業実施段階.....	1-11
1.5.	無償資金協力事業(施設調達)における瑕疵担保責任.....	1-18
<b>第2章</b>	<b>準備調査における道路設計</b> .....	<b>2-1</b>
2.1.	道路計画.....	2-1
2.2.	準備調査における道路設計.....	2-11
2.3.	道路設計に必要な調査.....	2-12
2.4.	道路の幾何構造設計.....	2-21
2.5.	交差点の設計.....	2-29
2.6.	道路土工.....	2-33
2.7.	構造物設計.....	2-37
2.8.	舗装設計.....	2-45
2.9.	排水設計.....	2-62
2.10.	道路附属施設.....	2-67
2.11.	施工計画・積算.....	2-75
2.12.	環境社会配慮調査.....	2-80
2.13.	ICT/CIM及び情報化施工.....	2-91
<b>第3章</b>	<b>事業実施段階</b> .....	<b>3-1</b>
3.1.	詳細設計(DD)の実施.....	3-1
3.2.	施工監理と施工管理.....	3-5
3.3.	道路工事の準備段階.....	3-9
3.4.	道路の土工事.....	3-13
3.5.	道路の舗装工事.....	3-19
3.6.	コンクリート工事.....	3-37

3.7.	コンクリート舗装工事.....	3-47
3.8.	工事期間中の環境・安全対策.....	3-51
<b>第4章</b>	<b>無償資金協力事業における道路の破損等の分析.....</b>	<b>4-1</b>
4.1.	分析対象プロジェクト.....	4-1
4.2.	機材(信号機)導入の課題.....	4-2
4.3.	土構造物の破損事例.....	4-5
4.4.	構造物の破損事例.....	4-7
4.5.	舗装破損の形態.....	4-11
4.6.	舗装破損の事例分析.....	4-14
4.7.	舗装破損の要因分析.....	4-36
<b>第5章</b>	<b>準備調査における特記仕様書案作成時の留意点.....</b>	<b>5-1</b>
5.1.	準備調査における業務内容作成時の留意点.....	5-1
5.2.	準備調査における自然条件調査の留意点.....	5-6
5.3.	実施段階への申し送り事項.....	5-14
<b>第6章</b>	<b>参考資料.....</b>	<b>6-1</b>
6.1.	道路幾何構造に関する参考資料.....	6-1
6.2.	道路土工に関する参考資料.....	6-4
6.3.	道路構造物に関する参考資料.....	6-7
6.4.	道路橋梁に関する参考資料.....	6-12
6.5.	道路舗装に関する参考資料.....	6-17
6.6.	道路排水に関する参考資料.....	6-27
6.7.	自然条件調査に関する参考資料.....	6-32
6.8.	日本の道路整備と法制度に関する参考資料.....	6-37
6.9.	ポストコロナの道路施策に関する参考資料.....	6-54
6.10.	道路舗装の長期保証に関する参考資料.....	6-65

## 表 目 次

表 1.1	無償資金協力事業における JICA の担当部署の役割.....	1-2
表 1.2	途上国の道路舗装率.....	1-3
表 1.3	事業実施段階の関連機関の実施事項.....	1-11
表 1.4	事業実施段階の JICA ・ コンサルタント ・ 施工会社の役割.....	1-12
表 1.5	瑕疵担保責任の運用 (無償資金協力) .....	1-23
表 1.6	施工瑕疵に係る制度.....	1-24
表 2.1	主要途上国の道路の区分例.....	2-3
表 2.2	都市計画道路の種別と機能 (日本) .....	2-4
表 2.3	大型車の PCE (乗用車換算台数) の例.....	2-8
表 2.4	ラウンドアバウト交差点における大型車の PCE (例) .....	2-9
表 2.5	Trans-African Highways、Asian Highway の道路区分.....	2-9
表 2.6	EAC の道路区分.....	2-10
表 2.7	舗装設計の比較項目 (例) .....	2-12
表 2.8	主な道路インベントリ調査項目.....	2-13
表 2.9	交通量の伸び率を予測するための資料と指標 (例) .....	2-14
表 2.10	主な交通調査の内容と目的.....	2-15
表 2.11	測量調査の概要.....	2-16
表 2.12	地質調査の概要.....	2-17
表 2.13	サンプリング方法.....	2-18
表 2.14	支障物件の例.....	2-20
表 2.15	地元建設会社へのヒアリング項目.....	2-20
表 2.16	設計車両の諸元 (例) .....	2-21
表 2.17	タンザニア幾何構造基準による幅員基準の例 (舗装道路) .....	2-22
表 2.18	設計区間長の概ねの指針.....	2-26
表 2.19	道路幾何構造基準の主な項目 .....	2-26
表 2.20	ラウンドアバウトの種類.....	2-30
表 2.21	交差点の改良効果を表す指標.....	2-32
表 2.22	のり面保護工分類.....	2-35
表 2.23	斜面の安定解析方法の違い.....	2-36
表 2.24	カルバートの適用範囲.....	2-38
表 2.25	使用材料による橋梁の分類.....	2-39
表 2.26	橋梁支間割及び形式選定時の検討事項.....	2-40
表 2.27	橋梁上部工形式と適用支間.....	2-41
表 2.28	架橋により懸念される事項及び水理検討内容.....	2-43



表 2.29	諸外国のコンクリート舗装の現状.....	2-46
表 2.30	アスファルト舗装とコンクリート舗装の特徴.....	2-47
表 2.31	主なアスファルトの種類.....	2-49
表 2.32	アスファルト舗装の比較.....	2-50
表 2.33	コンクリート舗装の比較.....	2-51
表 2.34	舗装の損傷と輪荷重の関係.....	2-53
表 2.35	アフリカ地域主要国の軸重規制値.....	2-54
表 2.36	舗装路面の性能指標(日本の例).....	2-56
表 2.37	塑性変形輪数の基準値(普通道路、標準荷重 49kN).....	2-56
表 2.38	改質アスファルト等の使用に関する基準.....	2-57
表 2.39	舗装の種類別設計法別構造設計条件.....	2-58
表 2.40	舗装設計の代表的基準.....	2-58
表 2.41	各基準の適用限界等(アスファルト舗装).....	2-59
表 2.42	舗装のライフサイクルコストの費用項目例.....	2-61
表 2.43	日降雨強度の比較結果(タンザニア).....	2-65
表 2.44	流出量算定方法の適用と限界.....	2-65
表 2.45	道路標識の種類.....	2-67
表 2.46	道路標示の意味と種類.....	2-68
表 2.47	区画線の種類及び設置場所.....	2-68
表 2.48	防護柵の種類.....	2-70
表 2.49	輝度基準.....	2-72
表 2.50	情報収集施設.....	2-72
表 2.51	情報処理施設.....	2-72
表 2.52	情報提供施設.....	2-73
表 2.53	速度抑制施設の例(日本).....	2-74
表 2.54	施工計画策定時の留意事項.....	2-76
表 2.55	積算に必要な基本事項.....	2-77
表 2.56	日本の環境アセスメントの対象事業(道路).....	2-82
表 2.57	主要被援助国の環境アセスメントの対象事業の例(道路).....	2-82
表 2.58	環境社会配慮調査報告書の構成(例).....	2-84
表 2.59	スコーピング対象の影響項目.....	2-85
表 2.60	制御測位方法.....	2-91
表 2.61	制御測位方法.....	2-92
表 2.62	主な情報化施工技術.....	2-92
表 3.1	道路事業の入札図書構成(例).....	3-1
表 3.2	実施段階の図面の種類.....	3-2
表 3.3	詳細設計報告書及び図面成果品(例).....	3-2

表 3.4	追加自然条件調査の実施例.....	3-3
表 3.5	工事特記仕様書への記載項目 (例) .....	3-3
表 3.6	道路建設上問題となる土壌.....	3-13
表 3.7	主な室内試験 (土工の調査対象) .....	3-15
表 3.8	アスファルト混合物を構成する一般的な材料.....	3-20
表 3.9	骨材・フィラーの役割.....	3-20
表 3.10	骨材性状の確認試験 .....	3-20
表 3.11	クラッシングプラントの設備 .....	3-21
表 3.12	バイнда性状の確認試験.....	3-21
表 3.13	主な配合設計法.....	3-22
表 3.14	マーシャル試験の基準値 (舗装施工便覧 <sup>[10]</sup> ) .....	3-23
表 3.15	各種パラメータの試験項目に及ぼす影響度合い .....	3-26
表 3.16	WT 試験機の概要 .....	3-27
表 3.17	アスファルトプラントの型式.....	3-27
表 3.18	アスファルト混合物の品質管理.....	3-29
表 3.19	現場密度試験の規格値 (上層路盤の例) .....	3-35
表 3.20	コア抜き試験及び平坦性試験の規格値 (例) .....	3-35
表 3.21	異形棒鋼の呼び名と公称直径 (JIS) .....	3-41
表 3.22	湿潤養生期間の標準 .....	3-44
表 3.23	コンクリートの受け入れ検査の例 (日本) .....	3-45
表 3.24	コンクリート版及び目地の標準.....	3-47
表 3.25	連続鉄筋コンクリート版の設計及び鉄筋.....	3-48
表 3.26	舗装用コンクリートの種類 (標準品) .....	3-48
表 3.27	舗装コンクリートの品質規格 .....	3-49
表 3.28	舗装用コンクリートの曲げ強度とその他強度との関係.....	3-49
表 3.29	出来形管理の測定項目と規格値 (例) .....	3-50
表 4.1	不具合発生事例の分析対象プロジェクト.....	4-1
表 4.2	各プロジェクトの完了年と不具合確認時期.....	4-2
表 4.3	信号機利用状況等.....	4-3
表 4.4	信号機利用状況等.....	4-4
表 4.5	盛土破損の概要.....	4-5
表 4.6	盛土破損の概要.....	4-6
表 4.7	構造物破損の概要.....	4-7
表 4.8	構造物破損の概要.....	4-8
表 4.9	構造物破損の概要.....	4-9
表 4.10	構造物破損の概要.....	4-10
表 4.11	アスファルト舗装の破損形態 .....	4-11

表 4.12	舗装破損の概要.....	4-14
表 4.13	舗装破損の概要.....	4-15
表 4.14	過積載調査結果 (24 時間) .....	4-16
表 4.15	舗装破損の概要.....	4-17
表 4.16	舗装破損の概要.....	4-18
表 4.17	予測交通量と実測値の比較 (キルワ道路) .....	4-19
表 4.18	コア抜き試験結果 (2013 年) .....	4-19
表 4.19	舗装破損の概要.....	4-21
表 4.20	舗装温度 (表面) の計測結果.....	4-22
表 4.21	舗装破損の概要.....	4-24
表 4.22	舗装破損の概要.....	4-26
表 4.23	舗装破損の概要.....	4-28
表 4.24	コア抜き試験の結果.....	4-29
表 4.25	舗装破損の概要.....	4-30
表 4.26	舗装破損の概要.....	4-31
表 4.27	舗装破損の概要.....	4-33
表 4.28	舗装破損の概要.....	4-34
表 4.29	舗装の損傷と輪荷重の関係.....	4-39
表 4.30	WT (ホイールトラッキング : Wheel Tracking) 試験結果.....	4-39
表 4.31	推奨される舗装構造 (道路カテゴリ別) .....	4-47
表 5.1	維持管理及び構造物の長寿命化を考慮した工夫例.....	5-5
表 5.2	交通量調査の再委託費 (例) .....	5-6
表 5.3	地形調査 (測量) の再委託費 (例) .....	5-7
表 5.4	数値地形図データの精度.....	5-8
表 5.5	各機関 (日本) による支持層確認の目安.....	5-9
表 5.6	地質調査の再委託費 (1 箇所 20m の例) .....	5-9
表 5.7	代表的な CBR 試験の概要.....	5-10
表 5.8	含水比の種類.....	5-10
表 5.9	代表的な路床強度調査の基準.....	5-10
表 5.10	CBR 試験及び材料試験の再委託費 (例) .....	5-11
表 5.11	主な CBR 試験方法.....	5-12
表 5.12	準備調査段階で想定される申し送り事項 (例) .....	5-14
表 6.1	幾何構造部一覧 (80km/h) .....	6-2
表 6.2	幾何構造部一覧 (60km/h) .....	6-3
表 6.3	軟弱地盤対策工法一覧表.....	6-6
表 6.4	構造物設計の主な設計方法.....	6-7
表 6.5	擁壁の分類.....	6-10

表 6.6	各機関(日本)による支持層の目安.....	6-13
表 6.7	構造形式と標準適用支間長、標準桁高(コンクリート橋) .....	6-15
表 6.8	構造形式と標準適用支間長(鋼橋) .....	6-16
表 6.9	橋梁下部工形式の選定.....	6-16
表 6.10	路床の評価方法.....	6-17
表 6.11	路床の定義.....	6-18
表 6.12	その他アスファルト混合物(路面)の評価試験.....	6-19
表 6.13	調査対象各国の舗装設計法.....	6-20
表 6.14	AASHTO Guide 1993 <sup>[15]</sup> と ORN 31 <sup>[12]</sup> の比較.....	6-22
表 6.15	理論的設計法を用いた構造確認例.....	6-23
表 6.16	マーシャル法と Superpave 法の比較.....	6-24
表 6.17	各指標の優先度(例) .....	6-25
表 6.18	コンクリート舗装の設計条件 .....	6-26
表 6.19	調査対象各国の排水設計法.....	6-27
表 6.20	道路区分による排水能力の選定基準.....	6-28
表 6.21	排水施設別採用降雨確率年の標準.....	6-29
表 6.22	測量調査方法の比較 .....	6-32
表 6.23	主な原位置試験(土工の調査対象) .....	6-33
表 6.24	N 値の目安 .....	6-33
表 6.25	構造調査の方法例.....	6-34
表 6.26	主な室内試験(土の物理試験) .....	6-34
表 6.27	主な室内試験(土の力学試験) .....	6-34
表 6.28	主な室内試験(安定化試験) .....	6-34
表 6.29	主な室内試験(骨材試験) .....	6-35
表 6.30	全国総合開発計画の概要.....	6-40
表 6.31	自動車関係諸税.....	6-42
表 6.32	道路の種類と道路管理者.....	6-49
表 6.33	トラック貨物の輸送量推移.....	6-56
表 6.34	コロナ禍前後の交通手段構成の比較.....	6-58
表 6.35	契約不適合との違い .....	6-66

## 目 次

図 1.1	無償資金協力の流れ -プロジェクトサイクル-	1-2
図 1.2	途上国における道路整備効果	1-3
図 1.3	日本国内の一般的な道路事業と無償資金協力及び他ドナーによる道路事業の流れの比較	1-5
図 1.4	道路整備の協力準備調査の内容	1-6
図 1.5	道路整備の業務実施段階の作業内容	1-13
図 1.6	改正民法の内容	1-21
図 2.1	道路計画から設計への流れ	2-1
図 2.2	道路の機能	2-2
図 2.3	通行機能とアクセス機能の関係についての概念図	2-2
図 2.4	道路横断面の構成例	2-4
図 2.5	緩速車線方式のイメージ	2-5
図 2.6	自転車レーンのイメージ	2-6
図 2.7	自動車交通を対象とした4段階推計法	2-6
図 2.8	車線数決定までの流れ	2-7
図 2.9	協力準備調査で実施すべき調査及び道路設計の項目	2-11
図 2.10	道路の幅員と交通量による事故係数	2-22
図 2.11	ROW の概念図	2-24
図 2.12	ROW と COI の概要図	2-24
図 2.13	歩行者・自転車道の配置概念図	2-25
図 2.14	3D による目の錯覚の検証	2-27
図 2.15	道路線形と事故率の関係	2-28
図 2.16	標準的な十字交差点(信号あり)と環状交差点	2-29
図 2.17	交差点の隅切り	2-32
図 2.18	道路土工構造物の主な対象	2-33
図 2.19	盛土部及び切土部の断面と代表的な部位の名称	2-33
図 2.20	擁壁工の概要図	2-37
図 2.21	擁壁工の安定の3要素	2-37
図 2.22	カルバートの種類	2-38
図 2.23	橋梁の各部材の名称	2-39
図 2.24	水位と水の流れ	2-41
図 2.25	河川の橋台位置の基準例	2-42
図 2.26	世界の主要なプレートと地震の分布	2-44
図 2.27	舗装の一般的な層構成	2-45
図 2.28	アスファルト舗装とコンクリート舗装の比率	2-46

図 2.29	舗装の分類.....	2-48
図 2.30	舗装設計の一般的な流れ.....	2-52
図 2.31	輪荷重と軸重.....	2-53
図 2.32	軸の配置と軸荷重の規制例 (ウガンダ) .....	2-54
図 2.33	単軸の破壊係数の概要図.....	2-55
図 2.34	輪荷重の分散と路床の支持力.....	2-55
図 2.35	舗装の構造設計照査フロー (例) .....	2-59
図 2.36	舗装を巡る様々な水.....	2-60
図 2.37	側方排水を設置した透水路盤.....	2-61
図 2.38	排水施設の種類.....	2-62
図 2.39	概算事業費算出のための事業費の構成.....	2-79
図 2.40	環境社会配慮調査のフロー.....	2-80
図 2.41	低騒音舗装 (排水性舗装) の敷設.....	2-86
図 2.42	ドリフトの設置.....	2-89
図 2.43	従来工法 (A) と情報化施工 (B) の工期比較例.....	2-92
図 3.1	道路工事の標準的な流れ.....	3-9
図 3.2	舗装工事の流れ.....	3-19
図 3.3	耐流動性、耐摩耗性と 2.36mm ふるい通過量の関係.....	3-24
図 3.4	骨材の噛み合いで形成される骨格の様子.....	3-24
図 3.5	耐流動性、耐摩耗性とアスファルト量の関係.....	3-25
図 3.6	主要パラメータと DS の関係.....	3-26
図 3.7	バッチ式アスファルトプラントの標準構成.....	3-28
図 3.8	バッチ式アスファルトプラントの混合物製造過程.....	3-29
図 3.9	DBST の施工手順.....	3-36
図 3.10	セメントの種類と用途.....	3-37
図 3.11	普通コンクリート舗装の施工手順.....	3-47
図 3.12	連続鉄筋コンクリート舗装の施工手順.....	3-48
図 3.13	工事中・供用後の環境緩和策実施とモニタリング.....	3-51
図 4.1	ふるい分け粒度図 (キルワ道路) .....	4-20
図 4.2	空隙率の試験結果.....	4-23
図 4.3	フロー値の試験結果.....	4-23
図 4.4	アスファルト量の試験結果.....	4-23
図 4.5	粒度分布の比較.....	4-25
図 4.6	ウレタン系床版防水工 構成断面 (例) .....	4-35
図 4.7	舗装へ影響を与える可能性のある水の動き.....	4-36
図 4.8	サグ部における水の流れ (舗装破壊のメカニズム) .....	4-36
図 4.9	想定されるポンピング現象.....	4-37

図 4.10	切土区間の水の流れ.....	4-37
図 4.11	舗装温度と動的安定度の関係.....	4-38
図 4.12	試験の手順.....	4-40
図 4.13	骨材のかみ合わせの状態(左:良好、右:悪い).....	4-43
図 4.14	最終状態の空隙率が小さい場合(上段)と大きい場合(下段)の違い.....	4-43
図 4.15	アスファルト層における塑性変形の発生.....	4-44
図 4.16	骨材の大きさと表面積の関係.....	4-44
図 4.17	セメント材料の長期的な性状.....	4-45
図 5.1	設計段階で考慮できる維持管理を容易にする例.....	5-5
図 5.2	路床調査の留意事項.....	5-11
図 5.3	雨期と乾季の路床支持力の違いの例(ラオス国道9号線、JICA調べ).....	5-12
図 6.1	同方向の曲線間の直線の使用(平面)(例).....	6-1
図 6.2	同方向の曲線間の直線の使用(縦断)(例).....	6-1
図 6.3	耐震設計基準例(SATCC).....	6-9
図 6.4	擁壁工の概要図.....	6-11
図 6.5	橋梁の設計フロー(案).....	6-12
図 6.6	河川の横断面と各部分の呼称.....	6-12
図 6.7	Material Depth.....	6-18
図 6.8	動的クリープ試験装置(単軸)とクリープ曲線の例.....	6-20
図 6.9	理論的設計法の流れ.....	6-23
図 6.10	コンクリート舗装の構造例.....	6-25
図 6.11	コンクリート舗装の設計フロー.....	6-26
図 6.12	雨水流出量の算定手順.....	6-28
図 6.13	カルバートの流れの諸元.....	6-30
図 6.14	土の粒径による分類.....	6-35
図 6.15	土の粒径加積曲線.....	6-35
図 6.16	土のコンシステンシー.....	6-36
図 6.17	OECD各国のガソリン価格と税.....	6-43
図 6.18	高規格幹線道路の事業方式.....	6-44
図 6.19	高速自動車国道の料金の仕組み.....	6-45
図 6.20	高速自動車国道の整備延長の推移.....	6-49
図 6.21	一般国道、都道府県道及び市町村道の改良率と舗装率.....	6-50
図 6.22	一般国道の改良率、舗装率の推移.....	6-50
図 6.23	都道府県道の改良率、舗装率の推移.....	6-50
図 6.24	市町村道の改良率、舗装率の推移.....	6-51
図 6.25	道路の種類別、車種別の走行台キロの推移.....	6-52
図 6.26	道路の種類別の道路事業費.....	6-52

図 6.27	道路の種類別の道路事業費の構成比.....	6-52
図 6.28	国の道路予算の推移.....	6-53
図 6.29	高速道路交通量の推移.....	6-54
図 6.30	鉱工業生産の推移.....	6-55
図 6.31	首都圏流入交通量の変化.....	6-55
図 6.32	テレワーク・時差出勤呼びかけ後のピーク時間帯の駅利用状況推移.....	6-56
図 6.33	各繁華街における推定人口の推移.....	6-57
図 6.34	東京都市圏における通勤・通学利用交通手段.....	6-58
図 6.35	全国における通勤・通学交通手段.....	6-58
図 6.36	新型コロナウイルス感染拡大後の外出頻度 (%).....	6-59
図 6.37	緊急事態宣言中に増えた移動手段.....	6-60
図 6.38	テレワークの利用希望(就業者).....	6-60
図 6.39	新型コロナウイルスに対応した高速道路施策の方向性.....	6-61
図 6.40	路面性状測定の実態からのわだち掘れの性能指標の検討(密粒度アスファルト舗装).....	6-65



## 写 真 目 次

写真 2.1	軸重調査の状況(例) .....	2-16
写真 2.2	施工時に発生した湧水.....	2-18
写真 2.3	歩行者の路肩(未舗装)利用 .....	2-23
写真 2.4	アスファルト舗装 .....	2-47
写真 2.5	コンクリート舗装 .....	2-47
写真 2.6	土砂で埋まった横断管 .....	2-63
写真 2.7	ゴミ捨て場と化した横断函渠 .....	2-63
写真 2.8	重量車両により破壊された側溝蓋.....	2-63
写真 2.9	排水の流末となる自然河川 .....	2-64
写真 2.10	道路標示と区画線の事例.....	2-68
写真 2.11	視線誘導標.....	2-71
写真 2.12	ハンプ(Hump)の設置と舗装の損傷事例.....	2-74
写真 2.13	遮音壁の設置.....	2-86
写真 2.14	環境施設帯の整備 .....	2-86
写真 2.15	街路樹の植樹.....	2-86
写真 2.16	法面の樹林化.....	2-86
写真 2.17	整備前の道路.....	2-87
写真 2.18	整備後の道路.....	2-87
写真 2.19	ショッピングモールの建設 .....	2-87
写真 2.20	着工前.....	2-88
写真 2.21	工事完了時.....	2-88
写真 2.22	工事完了時.....	2-88
写真 2.23	緩勾配の低盛土.....	2-89
写真 2.24	工事完了後の動物横断の確認 .....	2-89
写真 2.25	速度抑制施設の機能を持つドリフト .....	2-89
写真 2.26	ドリフト前の交通標識.....	2-89
写真 2.27	ハンプによる速度抑制.....	2-90
写真 2.28	予告ハンプの設置 .....	2-90
写真 2.29	小学校での交通安全教育.....	2-90
写真 3.1	準備段階で使用される重機の例.....	3-10
写真 3.2	基準点測量.....	3-11
写真 3.3	伐開・除根及び構造物撤去で使用される重機の例.....	3-11
写真 3.4	表土除去 .....	3-12
写真 3.5	掘削工事 .....	3-15

写真 3.6	盛土工事 .....	3-16
写真 3.7	舗装基盤の整正 .....	3-17
写真 3.8	ブルーフローリング .....	3-18
写真 3.9	路盤工事 .....	3-30
写真 3.10	セメント安定処理路盤工事 .....	3-31
写真 3.11	噛み合せ砕石路盤工事 .....	3-32
写真 3.12	プライムコート散布 .....	3-33
写真 3.13	基層アスファルト舗装工事 .....	3-33
写真 3.14	パワークーラ (例) .....	3-34
写真 3.15	Double Surface Treatment の骨材散布 .....	3-36
写真 3.16	鉄筋の種類 .....	3-41
写真 3.17	型枠の種類 .....	3-41
写真 3.18	コンクリートの打設 .....	3-43
写真 3.19	鉄網の設置 .....	3-47
写真 3.20	工事標識の設置 .....	3-52
写真 3.21	交通誘導員の配置 .....	3-52
写真 3.22	濁水処理施設 (水質汚濁防止対策) .....	3-53
写真 3.23	散水車による散水 (粉じん対策) .....	3-53
写真 4.1	分散性の程度の判定基準 .....	4-40
写真 4.2	湿った状態のブラックコットンソイル (粘土状) .....	4-41
写真 4.3	乾燥状態のブラックコットンソイル .....	4-41
写真 4.4	不飽和状態のブラックコットンソイル .....	4-42
写真 4.5	飽和状態のブラックコットンソイル .....	4-42
写真 6.1	主なのり面保護工 .....	6-5
写真 6.2	当時の日本の道路状況 .....	6-39

## 略 語 表

略語	英文	和文
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
AC	Asphalt Concrete	アスファルト・コンクリート
ACV	Aggregate Crushing Value	骨材破砕値
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AE (剤)	Air Entraining (agent)	空気連行剤
AFCAP	Africa Community Access Partnership	アフリカ共同体アクセスパートナーシップ
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AI	Asphalt Institute	米国アスファルト協会
AMC	Automated Machine Control	マシンコントロール
AMF	Accident Modification Factor	事故修正係数
AMG	Automated Machine Guidance	マシンガイダンス
A/P	Authorization to Pay	支払い授權書
ARAP	Abbreviated Resettlement Action Plan	簡易住民移転計画/再定住活動計画
B/A	Banking Arrangement	銀行取極め
BBR	Bending Beam Rheometer	ベンディングビームレオメーター
BM	Benchmark	ベンチマーク
BQ	Bill of Quantity	単価数量
BS	British Standard	英国規格
CAD	Computer-aided Design	キャド
CBD	Central Business District	中心商業地区
CBR	California Bearing Ratio	シービーアール
CCTV	Closed Circuit Television	閉鎖回路テレビ
CIM	Construction Information Modeling/Management	建設情報モデリング
COI	Corridor of Impact	工事影響範囲
COMESA	Common Market for Eastern and Southern Africa	東南部アフリカ市場共同体
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research	南アフリカ 国立研究開発法人 科学技術振興機構
DC	Design Class	設計クラス
DCP	Dynamic Cone Penetraion	動的貫入試験
DBST	Double Bituminous Surface Treatment	二層表層処理舗装
DD	Detailed Design	詳細設計
DMRB	Design Manual for Roads and Bridges	英国道路橋梁設計マニュアル
DMS	Detail Measurement Survey	詳細測量調査

略語	英文	和文
DS	Dynamic Stability	動的安定度
DSR	Dynamic Shear Rheometer	動的せん断レオメーター
DSRC	Dedicated Short Range Communications	狭域通信
DTT	Direct Tension Test	直接引張試験
E/N	Exchange of Notes	交換公文
EAC	East African Community	東アフリカ共同体
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EME	Enrobé à Module Élevé	高弾性アスファルト
EMP	Environmental Monitoring Program	環境モニタリングプログラム
EPS	Expanded Polystyrol Construction Method	発泡スチロール土木工法
ESAL	Equivalent Standard Axle Load	累積等価軸重
EU	European Union	欧州連合
FAR	Federal Acquisition. Regulations	連邦調達規則
FCB	Foamed Cement Banking	気泡混合軽量土
FHWA	The Federal Highway Administration	米国連邦高速道路局
FS	Feasibility Study	実現可能性調査
FIDIC	International Federation of Consulting Engineers	国際コンサルティング・エンジニア連盟
FWD	Falling Weight Deflectometer	落錘式たわみ測定機
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GBR	Geological Baseline Report	地質ベースライン報告書
GCC	General Conditions of Contract	契約一般条件書
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球測位衛星システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HCM	Highway Capacity Mnual	道路交通容量マニュアル
HSIS	Highway Safety Information Systems	道路安全情報システム
HP	Home Page	ホームページ
HWL	High Water Level	計画高水位
HWT	Hamburg Wheel Tracking	ハンブルグホイールトラッキング
IC	Interchange	インターチェンジ
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
ILO	International Labour Organization	国際労働機関
IT	Information Technology	情報技術
ITS	Intelligent Transport Systems	高度道路交通システム
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JIS	Japan Industrial Standard	日本工業規格

略語	英文	和文
KY	Kiken Yochi (risk prediction)	危険予知
LAA	Los Angeles Abrasion	ロサンゼルスすり減り減量
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト
LOS	Level of Service	サービス水準
LRFD	Load and Resistance Factor Design	荷重抵抗係数設計法
MDB	Multilateral Development Bank	国際開発金融機関
MEPDG	Mechanistic-empirical pavement design guide	理論的・経験的舗装設計法ガイド
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	国土交通省
MOW	Ministry of Works	公共事業省
Mr	Resilient Modulus	(舗装材料の) 弾性率
NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
NEXCO	Nippon EXpressway Company Limited	日本高速道路株式会社
NGO	Non-governmental Organizations	非政府組織/民間団体
NMT	Non-motorized Traffic	非動力交通
NPRA	Norwegian Public Roads Administration	ノルウェー公共道路局
NRCS	Natural Resources and Conservation Service	米国農務省自然資源保全局
OAC	Optimum Asphalt Content	最適アスファルト量
OD	Origin and Destination	起終点
OD	Outline Design	概略設計
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
OMC	Optimum Moisture Content	最適含水比
ORN	Overseas Road Note	オーバーシーズロードノート
PC	Prestressed Concrete	プレストレストコンクリート
Pce, PCE	Passenger Car Equivalent	乗用車換算係数
PCR	Project Completion Report	業務完了報告書
Pcu, PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算台数
PG	Performance Grade	(アスファルトの) 性能等級
PHC	Prestressed High-strength Concrete	プレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート
PI	Plasticity Index	塑性指数
PM	Project Management	事業管理
PMB	Polymer Modified Bitumen	ポリマー改質アスファルト
PMR	Project Monitoring Report	業務進捗報告書
P/Q	Prequalification	事前資格審査

略語	英文	和文
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画/再定住活動計画
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
RD	Rate of Deformation	変形率
RI	Radio Isotope	放射性同位元素
RMF	Regional Maximum Flood	地域最大洪水
ROW	Right of Way	道路事業用地
RSA	Road Safety Audit	交通安全監査
RV	Recreational Vehicle	休暇を楽しむための車
RV	Rolational Viscometer	回転粘度計
SADC	Southern African Development Community	南部アフリカ開発共同体
SADF	Single Axle Damage Factor	単軸破壊係数
SAL	Standard Axle Load	基準軸重
SANRA	South Africa National Roads Agency	南アフリカ道路公社
SAPEM	South Africa Pavement Engineering Manual	南アフリカ舗装技術マニュアル
SATCC	Southern Africa Transport and. Communications Commission	南部アフリカ輸送・通信委員会
SBST	Single Bituminous Surface Treatment	一層表層処理舗装
SCS	Soil Conservation Service	米国農務省土壌保全局
S/W	Scope of Work	(調査の) 業務範囲
SAPEM	South African Pavement Engineering Manual	南アフリカ舗装技術マニュアル
SGC	Superpave Gyratory Compactor	スーパーペイブジャイレトリコンパクター
SMA	Stone Mastic Asphalt	砕石マスチック舗装
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
T <sub>A</sub>	Total Asphalt	(アスファルト) 等値換算厚
TFV	Ten percent Fines Value	10%破砕荷重
TOR	Term of Reference	業務仕様書
TRL	Transport Research Laboratory	英国運輸交通研究所
TRRL	Transport and Road Research Laboratory	英国交通道路研究所 (TRL の前身)
TS	Total Station	トータルステーション
TTTTFP	Tripartite Transport & Transit Facilitation Programme	東アフリカ3 地方共同体共通荷重規制プログラム
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UN	United Nations	国際連合
UNESCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific	国連アジア太平洋経済社会委員会
VFA	Voids Filled with Asphalt	飽和度
VICS	Vehicle Information and Communication System	道路交通情報通信システム
VMA	Voids in Mineral Aggregate	骨材間隙率

略語	英文	和文
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WL	Liquid Limit	液性限界
WP	Plastic Limit	塑性限界
WT	Wheel Tracking	ホイールトラッキング
WWIS	World Weather Information Service	世界気象情報サービス

## 第1章 無償資金協力事業

### 1.1. 無償資金協力の概要

#### (1) 無償資金協力とは

無償資金協力は、開発途上国に資金を贈与し、開発途上国が経済社会開発のために必要な施設を整備したり、資機材を調達したりすることを支援する形態の資金協力である。返済義務を課さない資金協力であるため、開発途上国のなかでも、所得水準の低い国を中心に実施される。

支援内容としては、病院の建設、安全な水を供給するための給水施設の整備、学校の建設、農村・農業開発を促進するための灌漑施設の整備などの基礎生活分野や、道路や橋などの社会基盤の整備、環境保全を推進するための設備や人材育成など、開発途上国の国づくりの基礎となる活動を支援している。近年はこれらに加えて、開発途上国の平和構築、ビジネス環境の整備、防災・災害復興や気候変動対策などへの支援も行っている。また、無償資金協力によって整備された施設などが持続的に活用されるように、運営維持等に関する技術指導（ソフトコンポーネント）が実施される場合もある。

出典：JICA HP ([https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/summary.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/summary.html))

#### (2) 無償資金協力の種類と流れ

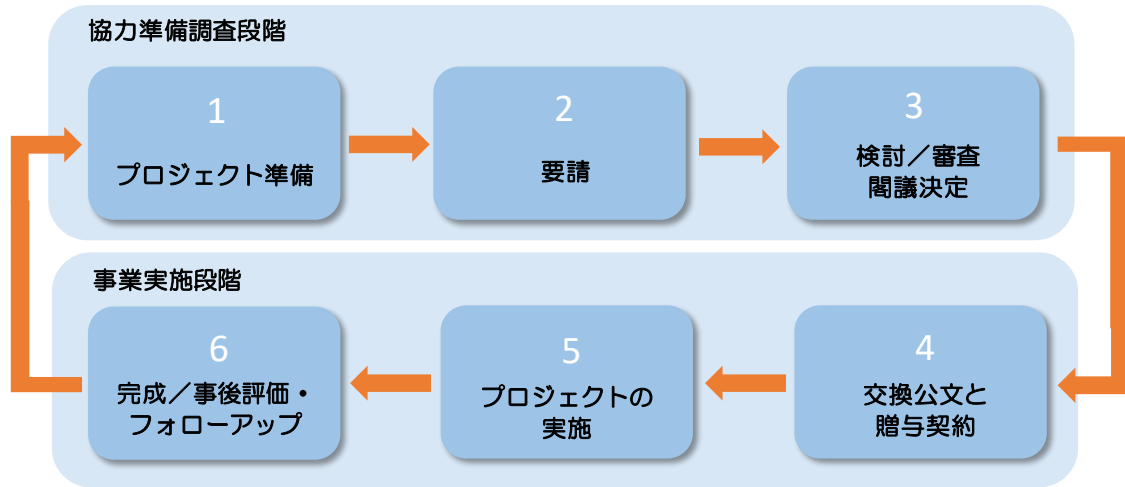
無償資金協力事業の種類には、①プロジェクト型の無償資金協力、②プログラム型の無償資金協力、③国際機関と連携した無償資金協力、④財政支援を通じた無償資金協力、⑤人材育成奨学計画、があるが、道路整備事業等の施設建設案件は①のプロジェクト型の無償資金協力で実施される。プロジェクト型の無償資金協力とは、相手国政府がコンサルタントやコントラクターなどと契約を締結して、施設の整備や機材の調達などを行う形態の無償資金協力であり、基礎生活分野の整備や社会基盤となるインフラ整備などが行われる。

プロジェクト型の無償資金協力は、図 1.1 のとおり大きく 6 つのステップから構成されるプロジェクトサイクルのなかで実施される。

- 1) JICA（独立行政法人国際協力機構：Japan International Cooperation Agency）は「プロジェクト準備」の一環として協力準備調査を実施することで、無償資金協力によって実施することの妥当性を検証するとともに、相手国政府と協議しながらプロジェクトの内容を計画する。
- 2) 相手国政府からの「要請」を受けて、JICA はプロジェクトの内容を「検討／審査」する。
- 3) 日本政府は JICA による審査結果を踏まえ、無償資金協力によるプロジェクトの実施を「閣議決定」する。
- 4) 閣議決定後、日本政府と相手国政府との「交換公文」の締結、JICA と相手国政府との「贈与契約」の締結を行う。
- 5) 相手国政府が実施主体となって、「プロジェクトの実施」が行われる。JICA は相手国のオーナーシップを尊重しながら、プロジェクトの適正かつ円滑な実施を確保するためにプロジェクトの進捗を確認し、相手国政府などの関係者に助言を行う。



- 6) プロジェクトの終了後、JICAは「事後評価」を行い、必要に応じて問題解決や成果の拡充のために資機材や施設の更新、修理などの「フォローアップ」を行う。また、その結果を新しいプロジェクトの準備に活用する。



出典：JICA HP ([https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/approach.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/approach.html))を参考に JICA 調査団作成

図 1.1 無償資金協力の流れ -プロジェクトサイクル-

### (3) JICA における無償資金協力の役割分担

無償資金協力事業における、JICA 本部に配置される部署の主な所掌事務は以下の通りである。

表 1.1 無償資金協力事業における JICA の担当部署の役割

部署名	無償資金協力
地域部（東南アジア・大洋州部、アフリカ部等）	各地域における地域・国別の実施方針策定、技術協力・円借款・無償資金協力案件の形成・審査・承諾等
社会基盤部	都市開発、地域開発、運輸交通、エネルギー、鉱業等に係る実施方針策定、無償資金協力案件の形成、技術協力案件の実施等（図1.1の1～3を担当）
資金協力業務部	無償資金協力案件の設計・積算に係る検討・助言、実施監理等（図1.1の4～6を担当）
在外事務所	図1.1のサイクル全体を現地からサポート

出典：JICA HP (<https://www.jica.go.jp/about/jica/index.html>)を参考に JICA 調査団作成

## 1.2. 無償資金協力事業による道路整備

### (1) 道路の整備効果

道路は、物理的投資と社会的および経済的利益の両面で、どの国にとっても重要な資産となる。良好に維持された道路ネットワークは、様々な交通手段での人の移動を安全・容易にし、農産物、鉱産物等の生産地域を周辺の工場や市場に接続することにより、生活レベルを向上させるとともに地域の生産能力を拡大し、都市と地方を近づけることにより、安全安心な生活の確保及び経済成長と地域連結性を促進する。途上国では、経済成長に伴う交通量増大による都市部の渋滞対策のための道路拡幅や交差点改良のニーズが高いが、一方で地方部では、未だ雨季の通行が困難となる未舗装道路の比率が高く、舗装化を含めた道路整備に対するニーズも高い。

表 1.2 途上国の道路舗装率

国名	舗装延長 (km)	未舗装延長 (km)	舗装率 (%)	備考
ケニア	11,197	149,689	7	Road Board 2013 (全道路計)
タンザニア	10,025	77,556	11	Road fund 2015 (全道路計)
ウガンダ	5,224	124,245	4	MOW* 2015 (全道路計)
ガーナ	21,000	57,000	27	-
日本 (参考)	1,002,489	219,830	82	国土交通省 (全道路計)

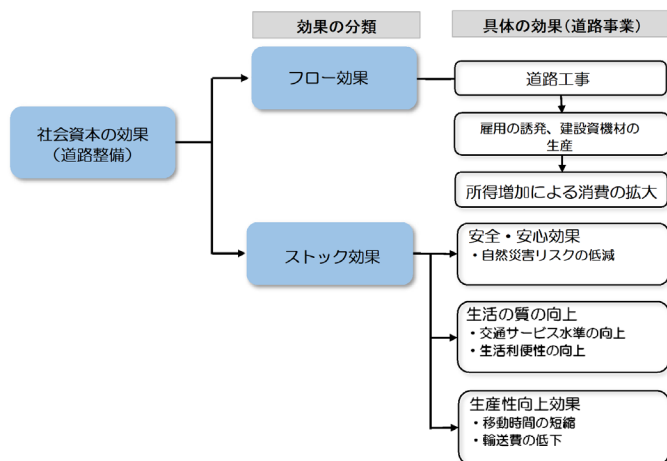
\*MOW: 公共事業省 (Ministry of Works)

出典: JICA 調査団

この道路整備の効果は、フロー効果とストック効果に分けられる。

**フロー効果:** 道路の整備事業が始まることによって、まずは、その実施主体である建設業や製造業等を中心に、新たな生産、雇用、消費等の経済活動が派生的に創出され、それらの経済活動が関連産業に次々に波及することで、経済全体を拡大させる短期的な効果である。

**ストック効果:** 道路が整備されることで地域の災害リスクの低減や、生活の質や生産性が向上する等、整備直後から中長期にわたり継続的に得られる効果であり、具体的には渋滞解消による環境改善、歩道整備による交通事故の減少、景観の改善、移動時間の短縮、輸送費の低下等のアクセシビリティの向上による観光の活性化や、貨物取扱量の増加、民間投資の誘発、あるいは防災・減災機能の向上等、生活の安全性や経済の活性化に繋がる効果である。



出典: 国土交通省 ([https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/committee/280802/shiryout1-4-1\\_3.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/committee/280802/shiryout1-4-1_3.pdf)) を参考に JICA 調査団が作成

図 1.2 途上国における道路整備効果

## (2) 道路整備により発生する外部不経済

一方で、道路整備による自動車交通の増加等により、経済的な不利益が適切な補償なしに強制される場合、被害の受け手からみて「外部不経済」があるという。たとえば、クルマの騒音で、沿道住民の生活が不快なものになる事態や、クルマの排気ガスにより、住民が喘息に被患する事態がそれである。主なものとして次を挙げることができる。

- 交通事故による死傷被害
- 大気汚染による呼吸器疾患被害
- 沿道への騒音、振動被害
- 地球温暖化→気候変動による被害
- 混雑・渋滞による損失
- 道路建設による自然・緑の破壊
- 道路建設による地域分断

無償資金協力事業による道路整備では、これら外部不経済の最小化も考慮し道路の計画・設計を実施する。

### 外部不経済

経済活動の費用や便益が取引当事者以外に及ぶことを「外部性」と呼ぶ。「外部不経済」とは、マイナスの外部性、すなわち、取引当事者以外に費用が及ぶ場合を言う（逆は外部経済）。典型例としては公害があげられる。外部不経済は、他者に強いる・もたらす不利益・被害そのものであって、被害に対する予防・対策費用や、被害の復旧・除去費用や、被害に対する代替・補償費用ではない。

出典：基礎研 WEB 政治経済学用語事典 (<http://www.kisoken.org/webjiten/kisokenjiten.html>)

### 1.3. 協力準備調査段階

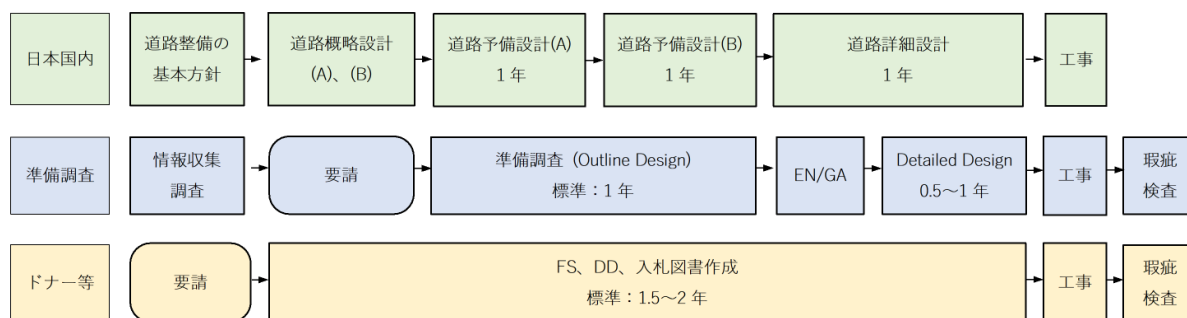
#### (1) 協力準備調査の目的

我が国の無償資金協力事業の実施に必要となる協力準備調査は、JICA(独立行政法人国際協力機構:Japan International Cooperation Agency)が実施するが、その目的は、当該案件が当該国の開発計画に照らして無償資金協力案件として実施する妥当性があるかを検証し、また当該案件を無償資金協力対象案件として取り上げる場合の最適案に係る概略設計及び概略事業費の積算を行うことである。

出典:無償資金協力にかかる報告書等作成のためのガイドライン<sup>1)</sup>

#### (2) 協力準備調査における道路計画/設計

日本国内における一般的な道路整備事業の流れと、無償資金協力による道路整備の流れの比較を図 1.3 に示す。この内、道路計画とは、上位計画を踏まえ概ねのルートや位置や基本的な道路構造等(概略計画)が決定される段階として位置づけられ道路概略設計までの段階であり、道路予備設計以降の段階を道路設計といえる。道路設計では、安全で利用しやすく、地域や自然と調和が取れ、且つ維持管理が容易である道路の構造を設計基準と建設コストの削減等を考慮しながら決定する。



出典: JICA 調査団

図 1.3 日本国内の一般的な道路事業と無償資金協力及び他ドナーによる道路事業の流れの比較

無償資金協力事業の準備調査の特徴的な点(難しい点)は、日本で実施される予備設計(A)～予備設計(B)<sup>1)</sup>の作業を一つの調査の中で短期間に実施することである。(日本の概略設計で実施される路線選定を準備調査の中で実施する場合もある)なお、無償資金協力事業に予備設計という概念は無く、準備調査を概略設計(OD: Outline Design)としているが、調査精度は日本の予備設計と同等である。協力準備調査段階では、図 1.4 に示す調査を実施する。なお、他ドナーの案件では、FS(実現可能性調査: Feasibility Study)から DD(詳細設計: Detailed Design)、及び入札図書作成までを一つの調査の中で実施するが多い。

<sup>1)</sup> 道路予備設計(A)は、概略設計によって決定された路線について、1/1,000の航測図等を用いて平面線形、縦横断線形の比較案を策定し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性及び環境等の総合的な検討と主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、技術的、経済的判定によりルートを中心線決定することを目的とする。道路予備設計(B)は、道路予備設計(A)により決定された中心線に基づいて行われた実測路線測量による実測図を用いて、図上での用地幅杭位置を決定することを目的とする。

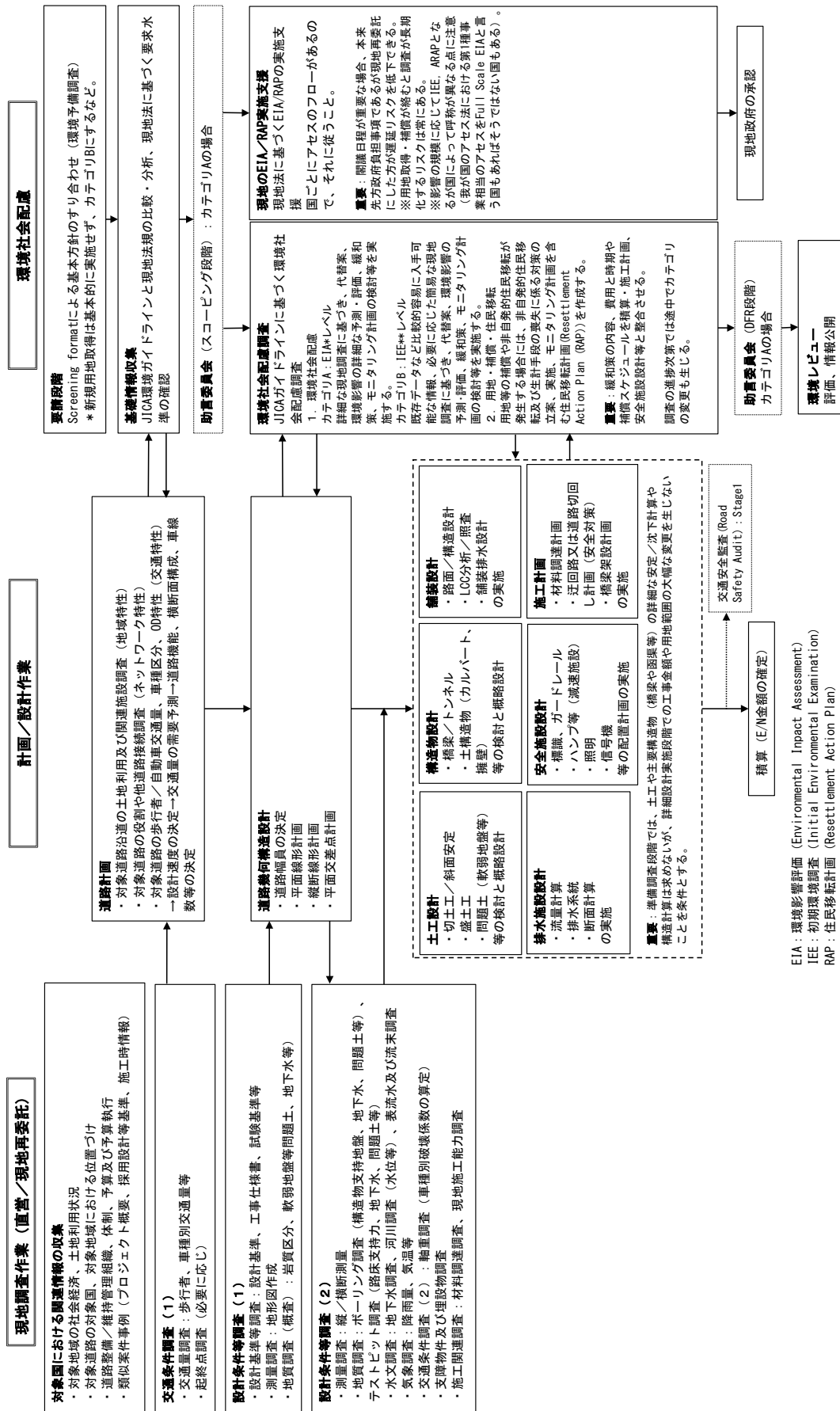


図 1.4 道路整備の協力準備調査の内容

出典: JICA 調査団

- 1) 現地の状況、収集資料、及び他の事業の情報等を基に、道路の建設、運用に必要な設計条件の設定を行い、JICA 及び相手国政府の承認を受ける。
- 2) その設計条件に基づいて、国内の道路予備設計 (A) 及び (B) に相当する作業を行う。具体的には、測量図 (縮尺 1/500~1/1,000) に基づいて、平面線形、縦横断線形の比較案を策定し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性及び環境等の総合的な評価と橋梁、トンネル等の主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、総合的判定によりルートを中心線、及び用地幅を決定する。また、既存資料及び現地踏査の結果に基づいて排水系統の計画、流量計算を行い、排水構造物を設計する。主要な構造物 (橋梁、函渠等) 及び舗装構造について複数案の比較検討を行い、最適案に対して基本形状を決定するために必要な概略設計計算を実施する。
- 3) 概略設計が行われた道路に対して、実施 (詳細設計、施工監理、施工) に必要な概算事業費を算出する。それに基づく積算金額は閣議請議時に参考とされ、E/N (交換公文: Exchange of Notes) における事業費の上限を決めるものとなるため、適正さを求められる。一方で道路の設計では、自然条件、交通条件、材料条件等に不確実性を有するものもあるため、十分な調査を行うと同時に状況に応じて設計に用いた仮定条件を明示する。
- 4) 交通安全監査 (Road Safety Audit) は、「独立した多分野の専門家チームによる既存、または将来の道路や交差点の安全性能検査のことであり、潜在的な交通安全の問題を定性的に推定し、道路利用者の安全を改善する機会と位置づけられ、英国とオーストラリアでは標準的に実施されており、米国でも広く使用されるようになってきている。また、アフリカ開発銀行やアジア開発銀行も独自のマニュアルを作成するなど、途上国でも交通安全監査が実施されつつある。現時点では、JICA の無償資金協力事業での交通安全監査は求めているが、相手国から要請があった場合には、JICA 担当者と対応について協議することとする。
- 5) 環境社会配慮調査については、JICA ガイドラインに基づく環境社会配慮調査を実施するとともに、相手国政府の環境法令等にしがたって、現地政府の実施する EIA (環境影響評価: Environmental Impact Assessment/RAP (住民移転計画: Resettlement Action Plan) 作成の支援を実施する。

協力準備調査による積算は、事業費算定の根拠となり閣議決定額及び E/N に贈与限度額として反映されるため、設計・積算の精度を上げ、リスクを適切に反映する必要がある。また、これは契約締結後に受発注者間で主要工種等の単価を合意し、合意された単価は設計変更による契約金額の変更を行う際に使用される。このため、積算の前提や根拠を明確し、調査で明確とならなかった条件に関しては仮定条件として明示する等して、可能な限り入札時にあいまいさを残さないように努める。ただし、このことは指定架設・仮設の奨励を意図するものではない。また、現地におけるアスファルト等プラントの条件、試験方法、材料調達、施工手順等を可能な限り実態に近づけ、作業の抜け落ち等の無いように注意する。

出典: JICA 無償資金協力事業道路舗装ハンドブック<sup>2)</sup> (2020 年) 等を参考に JICA 調査団作成

## 📌 参考：交通安全監査 (Road Safety Audit)

交通安全監査は、2つの重要な点で従来の交通安全調査とは異なる。

- 交通安全監査は多くの場合、苦情の履歴や不十分な安全性能を持つ現地の事後調査ではなく、事前調査であること。
- 調査チームは、プロジェクトの設計や道路の管理を行うスタッフから独立していること。

交通安全監査は、設計中、建設の最後、および建設後の道路改善計画の評価であり、英国の DMRB (道路・橋梁設計マニュアル: Design Manual for Roads and Bridges) Volume 5 Section 2<sup>[10]</sup> - 'HD19/03 Road Safety Audit」では、以下の通り4つの主要なフェーズで実施される。

- ステージ1：計画許可の提出前の予備設計の完了時 (無償資金協力の準備調査段階)

ステージ1の交通安全監査は、予備設計の完了時、通常は計画の同意が得られる前に行われる。これは通常、土地の要件が増加し、基本的な設計原則が変更できる可能性がある最後の機会であるためである。交通安全監査の段階1では、すべてのチームメンバーと一緒に現場を訪問し、既存道路のレイアウトまたは機能、及び新しい道路の改善計画が既存道路とどこで接続しているかを調査する。

- ステージ2：入札書類が提出される前の詳細設計の完了時 (事業積算段階)

段階2の交通安全監査は、詳細設計の完了時に行われる。監査チームは、交差点のレイアウト、標識の位置、車道のマーキング、照明設備などの問題を検討する。道路安全監査の第2段階では、すべてのチームメンバーと一緒に現場を訪問して、既存道路のレイアウトまたは機能、及び新しい道路の改善計画が既存の道路とどこで接続しているかを調査する。

- ステージ3：開通前の建設完了時 (事業実施段階)

段階3の道路安全監査は、道路改修計画が実質的に完了した時点、可能であれば道路が利用者に開放される前に行う必要がある。監査チームは、日中および夜間(暗闇)の時間帯に現場を調査し、夜間運用に特有の危険も特定できるようにする。段階3の交通安全監査の場合、警察と維持管理の代表者も監査チームに同行し、意見を提供できるようにすることが必須の要件である。

- ステージ4：開通後の監視(道路開通後12か月)(事業実施段階)

道路の供用1年後に新しい事故形式や傾向を特定し、必要に応じて是正措置が講じられるように、発生した人身事故のチェックを実施する。段階4のモニタリング報告書は、供用時点から12ヶ月間の事故情報を使用して作成される。事故記録は以下を特定するために詳細に分析されなければならない：

- ・ 予想を上回る供用後の事故発生件数
- ・ 事故発生箇所
- ・ 事故発生に共通する要因や傾向

事故記録が詳細な分析に十分に利用できるものでない場合は、分析のための追加情報を警察に確認する場合がある。段階4の交通安全監査レポートでは、現場で行われたデータ分析と観察によって示された交

通安全の問題を特定し、是正措置の推奨事項を作成する必要がある。

図 1.4、図 1.5 中の「道路交通安全監査」については、現在の準備調査において定式化されているものではなく、段階ごとに実施されることとなっている監査作業が現在の準備調査の各段階とどのように関連しているのかを一般的知見として示したものである。

### (3) 協力準備調査のためのガイドライン等

#### ① 無償資金協力にかかる報告書等作成のためのガイドライン<sup>[1]</sup> (2020年11月)

- 前版の発出年  
1995年4月に刊行後、2001年1月、2006年7月、2009年9月、2010年6月、2011年3月、2012年11月、2014年1月、2014年10月、2015年4月及び2019年4月
- 改定内容
  - ・ 第2章 2.2.3 環境社会配慮『2.2.3.2.1 用地取得・住民移転の必要性(代替案の検討)』とされ、代替案の検討を追加要求
  - ・ 第2章『2.3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意事項』を追加
  - ・ 第3章 3.2.4 施工計画/調達計画に『3.2.4.7 初期操作指導・運用指導等計画』を追加
  - ・ 第3章『3.2.5 安全対策計画』を追加
  - ・ 添付資料に『5. ソフトコンポーネント計画書』を追加
  - ・ 現地調査結果概要報告書の追加(相手国要望内容の確認および協力の方向性(案)を含む。)

#### ② 協力準備調査 設計・積算マニュアル<sup>[3]</sup> (試行版) 2009年3月

#### ③ 同「補完編(土木分野)<sup>[4]</sup> (2019年10月)

#### ④ 設計・積算マニュアル補完編(追補)<sup>[5]</sup> (2020年11月11日)(コロナ対応)

#### ⑤ 設計・積算マニュアル補完編(追補)運用方針<sup>[6]</sup> (2020年11月11日)(コロナ対応)

#### ⑥ 予備的経費の支出等に係るガイドライン<sup>[7]</sup> (2015年10月)

#### ⑦ 予備的経費の運用手順等に係るマニュアル<sup>[8]</sup> (2016年6月2日)

#### ⑧ 予備的経費の運用手順等に係るマニュアル (2020年度内に正式改訂予定)

- 前版の発出年  
新 JICA は技術協力、有償資金協力、無償資金協力の 3 つのスキームに対して、協力構想段階の強化と事前の調査から事業化への迅速性の向上を目的として協力準備調査を導入し、協力準備調査で実施される設計・積算業務の適正化、効率化を図り業務を円滑に遂行することを目的として、協力準備調査の設計・積算マニュアル<sup>[3]</sup> (2009年3月) を作成した。同マニュアルは現在まで改訂されずに適用されているが、無償資金協力における予備的経費の支出については、別途上記のガイドラインとマニュアルを制定した。
- 改定内容 (2016年6月2日)  
予備的経費の支出等に係るガイドライン<sup>[7]</sup> (2015年10月) において無償資金協力事業の供与限度額に予備的経費の計上を認め、予備的経費の運用手順等に係るマニュアル<sup>[8]</sup> (2016年6月2日)



日)において予備的経費の具体的運用手順を規定した。

- 改定内容 (2020年度内に正式改訂予定)

また、2020年度の改定では、予備的経費適用案件、予備的経費の支出対象を明確化するとともに、予備的経費の使用に関する手続きと単価合意の手順をより詳細に示し、その中で「確認単価(単価合意する主要工種以外の工種の単価)」を新たに設定した。更には、特定資材の設定と特定資材の当初価格の設定方法、価格調整についても明確化した。

⑨ 環境社会配慮ガイドライン<sup>9)</sup> (2010年4月)

「環境ガイドライン」では、「本ガイドラインの運用実態について確認を行い、関係者の意見を聞きつつ5年以内に運用面の見直しを行う。」と規定されている。このため、環境ガイドラインで規定されている「運用面の見直し」プロセス、及び見直し結果について公表されている。

- 環境社会配慮ガイドライン運用面の見直し (2014年)

環境ガイドラインで規定されている「レビュー」プロセス及び結果についての公表。

- 環境社会配慮ガイドラインのレビュー (2018年)

レビュー結果により出された論点に基づき、包括的な検討を行う。

- 環境社会配慮ガイドラインの包括的検討 (2020年)

出典：JICA HP ([https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/index.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/index.html))

## 1.4. 事業実施段階

### (1) 事業実施段階の流れと役割

無償資金協力事業において、日本政府を含む関係機関が実施する事項は表 1.3 のとおりである。なお、無償資金協力事業では、G/A（贈与契約：Grant Agreement）署名時（発注者）、署名後および権利委譲後（実施機関）と相手国担当機関の呼称を事業の段階により変更している。また、JICA（独立行政法人国際協力機構：Japan International Cooperation Agency）、コンサルタント、及び施工会社の役割と責任については、表 1.4 のとおりまとめられる。

表 1.3 事業実施段階の関連機関の実施事項

項目	日本政府	JICA	相手国政府	コンサルタント	施工会社
交換公文 (E/N) 贈与契約 (G/A)	E/N の締結	G/A の締結	E/N の締結 G/A の締結		
銀行取極め (B/A)			B/A の締結		
コンサルタント契約		コンサルタント 推薦 契約内容の同意	コンサルタント 契約	コンサルタント契 約	
支払授權書 (A/P)			A/P の発行		
詳細設計及び入札図書 作成		入札図書の同意		詳細設計 入札図書作成	
支障物件の移設		モニタリング	実施		
入札及び評価			入札及び評価	入札補助	
施工会社契約		契約内容の同意	施工会社契約		施工会社契約
支払授權書 (A/P)			A/P の発行		
工事の実施		モニタリング	実施機関 <sup>2</sup>	施工監理	施工／施工管理
維持管理			維持管理		

E/N（交換公文：Exchange of Note）、G/A（贈与契約：Grant Agreement）、B/A（銀行取り極め：Banking Arrangement）  
A/P（支払授權書：Authorization to Pay）

出典：JICA 調査団

<sup>2</sup> JICA 無償資金協力事業では、G/A 署名時（発注者）、署名後および権利委譲後（実施機関）と相手国担当機関の呼称を事業の段階により変更しているが、本書では、段階によらず実施機関という名称で統一する。

表 1.4 事業実施段階の JICA・コンサルタント・施工会社の役割

事 項		無償資金協力
JICA	相手国との関係	E/NとG/Aで定義
	役割	無償資金協力事業において、協力準備調査(概略設計調査)の実施と被援助国政府に供与された資金が、円滑かつ適正に使用されることを確認するための実施監理業務を担う。
	関与の方法	JICAは、実施監理業務を担い、以下のように技術的側面も確認する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 工物品質管理会議(施主、JICA、コンサルタント、施工会社)への同席</li> <li>● JICA調査員による実施状況調査の実施</li> <li>● 進捗の確認</li> <li>● 設計変更の確認・同意等</li> </ul>
	コンサルタントとの関係	相手国実施機関に施工監理コンサルタントを推薦し、実施機関の代理人としてのコンサルタントから施工状況や設計変更の報告を受ける。また、JICAは施工監理コンサルタントの実績を評価する。
コンサルタント	位置づけ	実施機関の代理人
	役割	事業の詳細設計/事業費積算、入札図書準備、入札補助、施工・調達監理等にかかる技術的サービスを履行する。
	権限と責任	最終権限と責任は実施機関だが、特に技術面の補助をコンサルタントが行う。
	総括責任者等	業務主任者/常駐監理者
	監理基準等	監理方法、監理基準等を施工監理計画書に明記し、実施機関に報告する。
施工会社	組織図	責任を果たす組織構成
	権限と責任	工事の実施、欠陥修復等
	総括責任者等	現場代理人
	品質管理基準等	入札図書に含まれる工事標準仕様書、工事特記仕様書(管理値の厳しい自社基準を参考として使用する場合もある)

出典：JICA 調査団

JICA 事業は、日本国内の土木工事と施工監理方法が異なり、日本国内の官発注の土木工事では、一般的に施工監理は発注者の直営によって実施され、コンサルタントがその補助者として参画する 경우가多いが、JICA 事業では、コンサルタントが実施機関の代理人として、施工会社が契約書、工事仕様書・設計図等に基づいた施工を行っているかどうかを施工『監理』する。施工会社は、契約図書等に定められた品質規格を満足する工事目的物を効率的に作ることを目的に施工『管理』する。

また、無償資金協力事業の実施段階のガイドラインとして、『無償資金協力事業に係るコンサルタント業務ガイドライン(2008年)』が定められた。このガイドラインは、『無償資金協力事業におけるコンサルタント業務の手引き』と改称して、2015年4月、2016年5月に改訂が行われ、その後も参考資料を含めた改訂が随時行われている。JICA は被援助国政府に供与された資金が円滑かつ適正に使用されることを確認するため、この手引きに従って事業実施の監理・指導を行っている。

無償資金協力による道路整備の実施段階にて実施しなければならない詳細な調査内容は図 1.5 のとおりである。

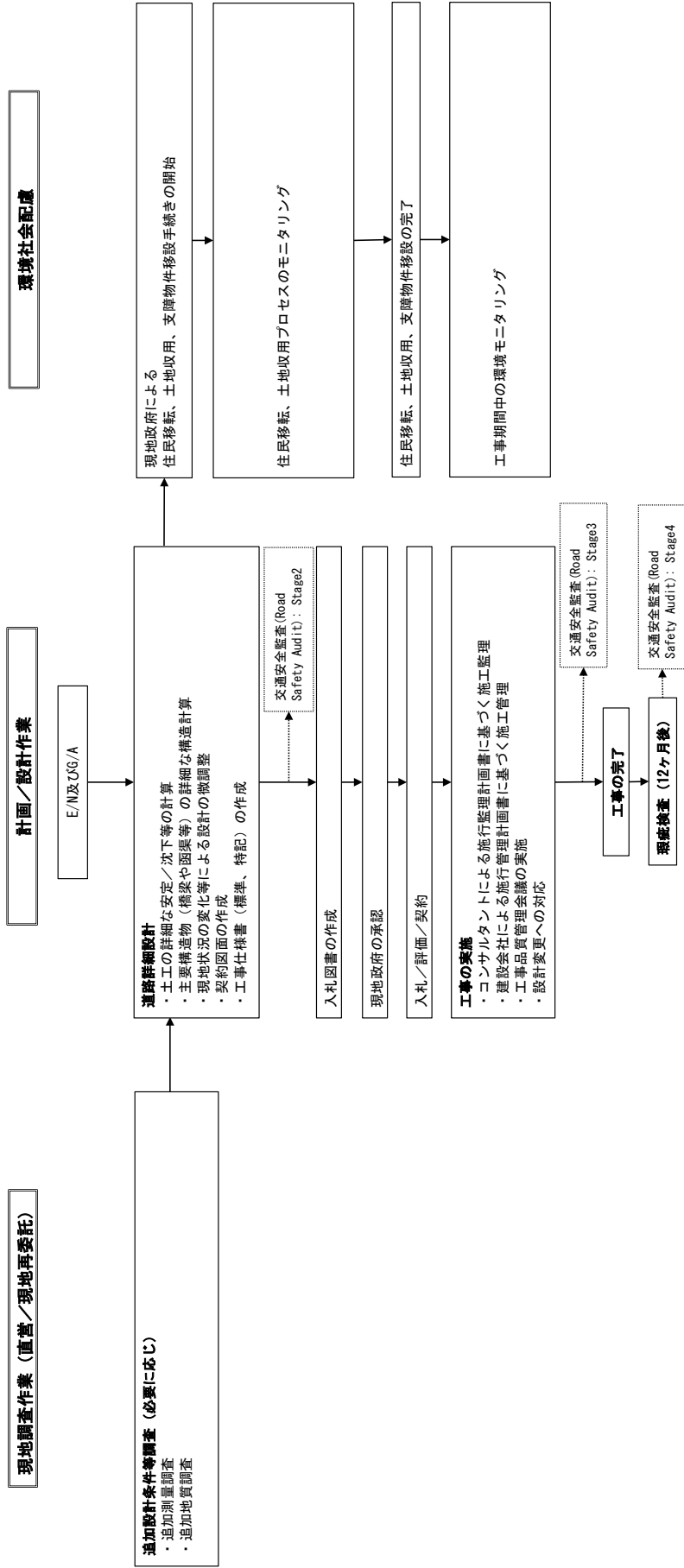


図 1.5 道路整備の業務実施段階の作業内容

出典: JICA 調査団

## (2) 詳細設計／入札図書作成段階の留意事項

詳細設計では、準備調査の設計成果にもとづいて、道路工事に必要な縦横断設計、構造物設計を行い各工種別数量計算書、設計計算書を作成する。この詳細設計の結果に基づき、概略設計（準備調査結果）と詳細設計の比較表を作成し JICA へ提出する。概略設計と詳細設計の比較表は、以下の事項に留意する。

- 計画内容については、その項目の概略が分かる程度の記述ぶりとする。なお、施設案件であれば、詳細設計の結果による工事量変化が分かるようにしておく。また、項目ごとに設計変更による変動額も記入する。
- 提出図面については、OD（概略設計：Outline Design）の欄へは OD 時に詳細設計に必要と想定していた図面枚数を、DD（詳細設計：Detailed Design）の欄へは詳細設計の結果実際に作成した図面枚数を記入する。
- 設計変更を行わざるを得ないと判断される場合は、軽微なものであったとしても、被援助国政府の要請書、コンサルタントの設計変更理由書（変更理由、技術的検討内容、変更の妥当性、変更に伴う積算の見直し等）を添付する。

## (3) 入札／評価段階の留意事項

入札及び評価段階では、以下の事項に留意する。

- 入札段階では、応札者からの質問に対して回答を行い、契約条件の変更が必要な場合には、アデンダム（addendum）を発行し契約条件を変更する。
- 入札指示書および GCC（契約一般条件書：General Conditions of Contract）の変更は不可とする。
- 入札指示書に一段階二札方式<sup>3</sup>の厳格な運用を明確化
- 入札期間を 60 日間とする案件については、質問・回答の回数を複数回とする。

## (4) 施工監理／管理段階の留意事項

日本国内の官発注の土木工事では、一般的に施工監理は発注者の直営によって実施され、コンサルタントがその補助者として参画するケースが多いが、JICA 事業では、コンサルタントが実施機関の代理人として、施工会社が契約書、工事仕様書・設計図等に基づいた施工を行っているかどうかを施工『監理』する。施工会社は、契約図書等に定められた品質規格を満足する工事目的物を効率的に作ることを目的に施工『管理』する。

コンサルタントは、調査・設計段階から得られた事業の情報や工事仕様書・設計図の意図を正確に施工会社に伝達し、実施機関の代理人として、施工会社が契約書、工事仕様書・設計図、およびこれらに記載された出来形管理基準、品質管理基準に基づいた施工を行っているかを監理する役割を担っている。コンサルタントはこれらの業務を「施工監理計画書」として取りまとめ、発注者、施工会社との協議の上決定して、円滑な業務執行を図る必要がある。コンサルタントの実施する施工監理では、以下の事項に留意す

<sup>3</sup> 一段階二札方式：技術札と価格札の二札を入札し、技術札評価に合格した入札者のみ価格札を開札する方式。

る。

- 工事品質管理会議の実施（工事品質管理会議実施要領に従う）
- 発注者（被援助国）が行うべき事項に問題が顕在化する場合は、早めに JICA と相談する
- 施工監理計画書作成の義務化（施主とコンサルタントとの契約書においてコンサルタント業務として規定）
- 設計変更手続きは、当該案件の G/A、無償資金協力調達ガイドライン<sup>[1]</sup>（2016年1月）および施主との契約書に基づいて行うが、実施機関の申請による JICA の確認・同意が必要。変更契約の条件は、「無償資金協力調達ガイドライン<sup>[1]</sup>」や「GCC）」等に記載されている。
- 予備的経費の使用可能性の検討（施設建設を伴うすべての事業と機材調達を伴う一部の事業へ適用）
- 工事安全管理において安全要件の設定を行うことを明確化（コンサルタント契約における Design Stage の業務）
- PMR（業務進捗報告書：Project Monitoring Report）、PCR（業務完了報告書：Project Completion Report）は発注者（被援助国政府）から JICA への報告義務として提出されるものであり、コンサルタントは同報告義務の履行支援を行う。

一方、施工会社は、受注者として契約書類に示された品質規格を十分に満足する工事目的物を作る責任を負い、施工方法や品質管理の方法等を具体的に示した施工計画書を作成し、施工監理コンサルタントと協議・調整の上、実施機関に提出しなければならない。施工計画書は、契約書および設計図書に示される設計の要求性能を満足する工事目的物を構築するために、施工会社が施工に先立ち作成する。

#### 👉 無償資金協力の道路事業の特徴

一般的に日本の道路工事では、施工に必要な材料は採石会社が、アスファルト合材はアスファルトプラント会社が、施工では下層路盤から表層までの一連の作業を舗装専門会社が実施し、その他の工事を総合建設会社（ゼネコン）が実施する等、極めて技術水準の高い専門会社による工種ごとの分業によって工事を実施する。このため、施工監理体制の充実のみならず、それぞれの担当する会社の経験と知見により工事の品質が確保されている。しかしながら、無償資金協力事業では、碎石の調達段階からアスファルト混合物に至るまで施工会社が自前で生産するか、あるいは日本とは異なる品質管理体制の地元の会社に発注する等、施工環境も日本と大きく異なる。加えて技術力のある現地技術者の確保は容易ではなく、また気象条件（温度、降雨等）や路上工事の交通管理等に困難な課題がある場合もある。

#### 👉 工事品質管理会議

アフリカ地域の土木施設案件、およびその他の地域の大型土木施設案件（事業総額 30 億円以上が目安）については、2016年7月以降、実施機関、コンサルタント、施工会社および JICA による、工事品質の確保に向けた情報共有を目的とした「工事品質管理会議」が設定された。品質管理会議は、発注者である実施機関が主宰するものであるが、コンサルタントが会議の準備・調整等の事務局機能を担うため、業務主任等本社人員も出席の上で、工事実施上特筆されるべき事柄の共有、想定外の占用物件等、事業の障害となる事案の重要な問題点・課題に関して、必要な対応策・事業の実施方針等を協議して決

定する場として活用されている。事業の円滑な進捗と品質の確保に活用してゆくものであって、毎月の月例会議とは目的と性格が異なる点に留意する必要がある。道路事業においては、例えば以下のような項目を協議することが考えられる。

## ■ 準備会議（プレ会議）および工事着手前品質管理会議

日本側関係者間と現地関係者間（実施機関、コンサルタント、施工業者、JICA）の事業、および道路施工監理／管理に対する共通認識を得る。

### ● 技術／品質管理

- ・ コンサルタントが示した設計内容、施工条件、および施工業者からの質問に対する回答
- ・ 施工業者が選定した施工管理方法（路床支持力、アスファルトの選定、アスファルトプラントの型式および管理方法、舗装専門家の有無）、およびコンサルタントの施工監理方法
- ・ 施工監理計画書案、施工計画書案に基づく、設計思想や施工上の留意事項の説明
- ・ 工事仕様書よりも、自社品質管理基準や自社技術基準の方が厳しいまたは適している場合にそれらの適用
- ・ WT（ホイールトラッキング：Wheel Tracking）試験による舗装性能の確認（DS（動的安定度：Dynamic Stability）の設定方法等を含む）
- ・ 設計段階で考慮した維持管理の容易性、現地技術の採用、構造物の長寿命化等の再確認及び説明

### ● 工程管理（工程遅延の原因となる事項）に関する例

工程に最も大きな影響を与える先方負担事項（ユーティリティ移設や用地取得等）について、誰が何をいつまでに完了させるかについて、それら事業者も含めて共通認識を得る。また、調達の遅れが全体工期に大きな影響を与える資機材について、実施機関と情報を共有し、税関手続きの遅れが全体工期に影響しないようにしておく。

- ・ アスファルトプラント等、第三国から調達する資機材
- ・ 相手国に輸出入規制のある特殊な資材（抽出試験用の溶剤等）

### ● 交通安全管理（警察等の関連機関への協力依頼）

工事を実施するに当たり、歩行者や現況交通に対する交通安全対策（規制・警告標識の設置、交通誘導員の配置等）を実施機関に説明し協力を得る。

- ・ 警察等関係団体への協力依頼
- ・ 夜間工事を実施する場合の特別な交通安全管理の確認

### ● 工事の安全管理

日本の資金援助事業として模範となるようなレベルを確保するべく、工事現場の安全管理について、実施機関へ説明する。

- ・ ツールボックスミーティング、KY（危険予知）訓練や活動等
- ・ 現場の具体的な安全対策（安全ネット、足場、手すり等の高所落下対策等）

- ・ 事業サイト等の治安面の安全対策（物理的防御、監視・警備、夜間の資機材管理等）
- **その他事例（技術的提案やリスクの共有等）**
  - ・ 重交通路線の場合、配合設計において国内とは異なって最適アスファルト量ではアスファルト量過多となること、アスファルトプラントの品質管理が重要なこと等、耐流動性に向けた注意事項を議論する。
  - ・ 暫定供用を予定する場合の、路盤上部や基層の再施工による工程遅延等のリスクを事前に共有する。

■ **工事品質管理会議（工事開始後6ヶ月毎を目処）**

主に以下を踏まえ、直近6ヶ月の当初計画と実績の比較、並びに今後6ヶ月の計画と留意点を共有する。

- ・ 材料試験や配合設計等の実施結果に基づく品質上の課題と技術的解決策の提案
- ・ 先方負担事項の遅延に関連した工事の進捗の問題と対応（ユーティリティ移設の問題、関連他工事の遅れ等）
- ・ 現場で発生した事故（交通事故を含む）の報告と対応、および今後の方針
- ・ 設計変更および予備的経費の適用等について（必要に応じ）



## 1.5. 無償資金協力事業(施設調達)における瑕疵担保責任

### (1) Defect(瑕疵)の定義

無償資金協力事業(施設調達)の契約図書では、「Defect(瑕疵)」の定義がGCC(契約一般条件書: General Conditions of Contract)の1.1条(25)項、及び11.1条(1)項に下記のとおり規定されている。

- 1.1条(25)項

“Defect” means the failure of any Works or Contractor’s Documents to be in the conditions required by the Contract (fair wear and tear excepted.) (正当な摩耗・損耗を除く)

- 11.1条(1)項

In this Clause 11, “Defect” shall be attributable to:

- (a) Any design for which the Contractor is responsible,
- (b) Plant, Materials or workmanship not being in accordance with the Contract, or
- (c) Failure by the Contractor to comply with any other obligation under the Contract,

したがって、「Defect」は契約不適合事項を意味しており、コントラクターによる設計、契約不適合の機械、材料および工事品質、コントラクターの契約義務不履行に帰するものである。「Defect」に対する処置は、契約図書に示されている他の関連条項の規定に従って適用される。契約図書にそのような規定が示されていない場合は、Particular Conditions(特記条件)、Part A - Contract Data(契約データ)の1.4条(1)項“Governing Law”(準拠法)の下で摘要されることとなる。

無償資金協力事業におけるコンサルタント業務の手引きでは、無償資金協力に関わる契約書の作成要領において、『18. 契約の準拠法 発注者と協議し、契約の準拠法を決定する。』と説明されている。準拠法に「Law of Japan」が決定されれば、「Defect」に対する処置は日本の民法の下で摘要される事となり、準拠法が相手国の法令である場合には「Defect」に対する処置は、相手国の「Contract Act」(契約法)または「Construction Law」(建設法)の下で摘要されることとなる。

#### Defect(欠陥)

「Defect」の一般的な日本語訳は、欠陥、不具合、瑕疵などであるが、無償資金協力事業ではコンサルタント業務の手引きにおいて、「Defect」を「瑕疵」、「Defect Notification Period」を「瑕疵通知期間」と称している。円借款案件で使用されているFIDIC General Conditions MDB(国際開発金融機関: Multilateral Development Bank)版<sup>[12]</sup>の公式日本語訳では、「Defect」を「欠陥」、「Defect Notification Period」を「欠陥通知期間」と称している。

#### FIDIC

FIDICとは、フランス語で、Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseilsの略であり、英語ではInternational Federation of Consulting Engineers、日本語では国際コンサルティング・エンジニア連盟と訳されている。FIDICは、建設に関するコンサルティング・エンジニアの団体であり、コンサルタント・エンジニアリング業界における国際的な業務の質やサステナビリティの向上、業界の地位の向上、ビジネス倫理の促進、若手の教育などを目的とするが、特に有名なのは、開発途上国で実施される国際的な建設・インフラプロジェクトで一般的に用いられている請負契約等の契約約款の作成である。

FIDIC General Conditions MDB 版<sup>12)</sup>は、「Conditions of Contract for Construction For Building and Engineering Works Designed by The Employer, Multilateral Development Bank (MDB) Harmonised Edition」のことであり、ピンクブックないし MDB 版と呼ばれる契約書である。これは JICA（国際協力機構：Japan International Cooperation Agency）が実施する円借款事業及び WB（世界銀行：World Bank）、ADB（アジア開発銀行：Asian Development Bank）、AfDB（アフリカ開発銀行：African Development Bank）などの MDB が融資する建設・インフラプロジェクトで使用されるための建設請負契約である。

出典：<https://judiciary.asahi.com/outlook/2017062300002.html>

## (2) 瑕疵の特定と通知

瑕疵の特定と通知に関連する契約条項は、GCC 15.2 条 (1) 項および GCC 11.1 条 (3) 項、11.2 条 (3) 項であり、下記のとおり規定している。

- ・ GCC 15.2 Contractor's Care of the Works
  - (1) The Contractor shall take full responsibility for the care of the Works ... until the Works are taken over in accordance with Sub-Clause 8.2. Once the Works are taken over in accordance with Sub-Clause 8.2, responsibility for the care of the Works shall then pass to the Client.
- ・ GCC 11.1 Completion of Remedying Defect during Defects Notification Period
  - (3) During the Defects Notification Period, if the Client discovers any fact or circumstance that it considers may constitute a Defect, the Client shall notify the Contractor of such fact or circumstance.
- ・ GCC 11.2 Search and Inspection by the Consultant
  - (3) If as a result of search and inspection stipulated in Sub-Clause 11.2 (1), the Consultant determines that any Defect continues to exist, then the Consultant shall notify the Contractor accordingly, ...

工事を発注者へ引渡し後は、Works（施設）の維持管理および監視責任は発注者へと移管されるので、コントラクターは自ら瑕疵を特定する義務も責任もないこととなる。「Defects Notification Period」（瑕疵通知期間）に発注者がコントラクターの欠陥に該当すると思われる施設の不具合や損壊を発見した時には、コントラクターへ通知しなければならず、コンサルタントは、瑕疵通知期間が満了する以前に瑕疵の搜索と検査を実施して、瑕疵があると決定されればコントラクターに通知しなければならない。したがって、発注者またはコンサルタントからコントラクターへ瑕疵の通知が行われない場合には、瑕疵は存在しないこととなる。

工事引渡し後の Works（施設）で発生した不具合・損壊が瑕疵であると判断する基準は、それらの不具合・損壊の発生原因が上記の GCC 11.1 条 (1) 項の (a), (b), (c) に該当するか否かである。ただし、引渡し後の施設においてある特定の不具合・損壊が発生しないことが契約の要求事項である場合には、その不具合・損壊の発生自体が (c) に該当すると解釈されて、発注者はコントラクターの瑕疵担保責任を請求できることとなる。

例えば、道路のアスファルト舗装工事において、コントラクターが施工した舗装工事は完成試験において契約が要求するすべての要求事項に合格していたが、引渡しから 1 年以内にポットホールが出来始めたという場合、引渡しから 1 年以内にポットホールが出来てはならないという規定が契約の要求事項になれば、ポットホールの発生という状況だけではコントラクターの瑕疵担保責任を請求できないと考えられる。コントラクターの瑕疵担保責任を請求するためには、ポットホールが発生した原因が GCC 11.1 条 (1) 項の (a), (b), (c) に該当することを、発注者またはコンサルタントが立証しなければならない。

また、路盤工事やアスファルト舗装工事の完成試験において、工事仕様書が要求する品質管理試験の頻度は、400m<sup>2</sup>または500m<sup>2</sup>に1か所程度である場合が多いが、コントラクターには全ての路盤、アスファルト舗装工事が品質管理試験に合格することが要求されている。契約の要求事項は、施工中または工事の完成時点で要求される工事の品質であることが多く、引渡し後の品質を要求されることは稀である。例外としてタンザニアやウガンダの工事標準仕様書では、道路標識の塗装の品質に関して7年保証が要求されており、道路標識の引渡しから7年以内に塗装が劣化した場合には、発注者はコントラクターの瑕疵担保責任を請求可能であると考えられる。

さらに、上記に参照した条項は、発注者またはコンサルタントが瑕疵を特定後、コントラクターへ通知を行うべき期限についても明示していない。この場合も、基準となる法律に従うこととなるが、明確な規定がない場合には、コントラクターへの通知は瑕疵の特定から適切な期限内 (at/within the reasonable time) に行われなければならないこととなる。

工事の引渡し後は、施設の維持管理および監視責任が発注者へ移管されるだけでなく、コンサルタントが瑕疵の搜索と検査を実施する責任は、瑕疵通知期間の満了時だけでなく、工事の引渡しから瑕疵通知期間が満了するまでの全期間に課されている。コントラクターに対する瑕疵の通知の遅れは、瑕疵の影響が進行性の施設損壊を発生させる場合に、コントラクターの補修責任範囲に問題を生じる。

例えば、道路のアスファルト舗装で1m<sup>2</sup>程度のポットホール発生という瑕疵の通知を怠り、数か月後にアスファルト舗装の損壊が200m<sup>2</sup>程度まで拡大した状態でコントラクターへの瑕疵の通知が行われた場合、この通知が適切な期限内に行われたのか否か、コントラクターの瑕疵担保責任は1m<sup>2</sup>なのか200m<sup>2</sup>なのか、GCC11.1条(4)項またはGCC 11.3条(2)項(i)に基づいてコントラクターが発注者/コンサルタントの通知に対して瑕疵の発生理由を反論するための調査を行う機会が消失しているなどの議論が生じ、契約上の紛争となる可能性もある。

### (3) 瑕疵担保責任の適用期限

瑕疵通知期間の満了後の瑕疵の特定や通知について、無償資金協力事業の契約条件では何も言及していないので、その運用および適用は基準となる「Governing Law」に従って解釈することとなる。また、上記に参照した契約条項により、コントラクターは瑕疵通知期間の満了日まで瑕疵担保責任を課されることが明確になっているが、瑕疵通知期間満了後のコントラクターの瑕疵担保責任についてはGCC Clause 11 Defects Liability (瑕疵担保責任)には規定がなく、GCC Clause 15 Indemnities and Liabilities (補償と責任)の15.2条(3)項を参照することとなる。

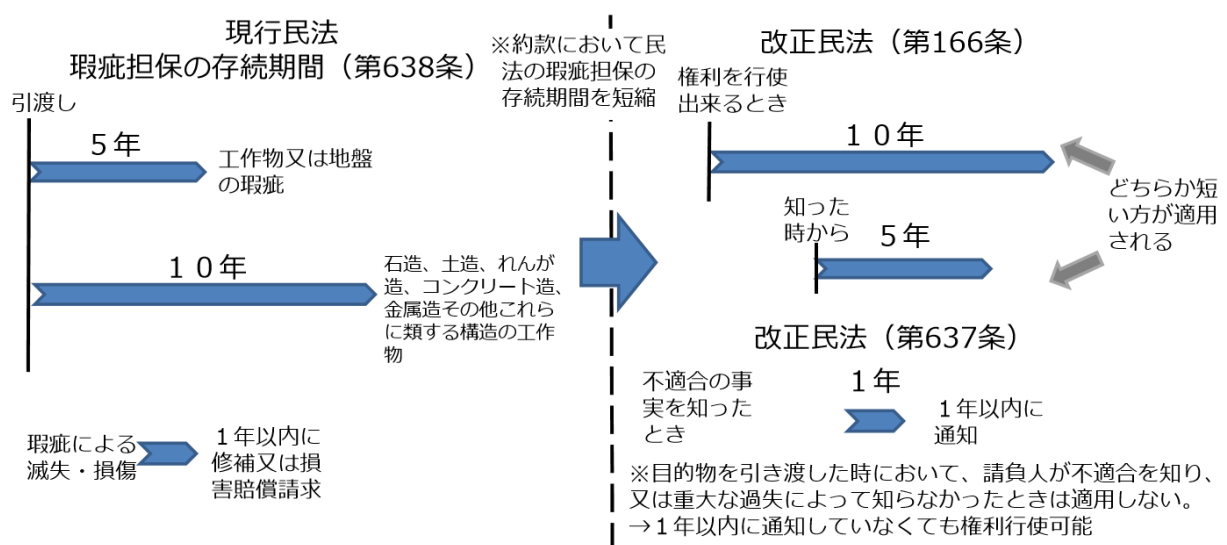
#### ・GCC 15.2 Contractor's Care of the Works

The Contractor shall be liable for any loss or damage caused by any actions performed by the Contractor after the Works are taken over in accordance with Sub-Clause 8.2. The Contractor shall also be liable for any loss or damage which occurs or is revealed after the taking over under Sub-Clause 8.2 and cause of which arose from any event prior to such taking over for which the Contractor was liable under Sub-Clause 15.2(1).

したがって、コントラクターに責任がある損失または損壊が瑕疵通知期間満了後に特定された場合、コントラクターには瑕疵担保責任ではなく、コントラクターの賠償責任が課されている。しかし、契約図書にこの条項の適用期限に関する明確な規定がないので、コントラクターの賠償責任の適用期限は、基準と

なる法律の下で解釈されることとなる。基準となる法律が”Law of Japan”であれば日本の民法の下での解釈が行われ、準拠法が相手国の法令である場合には、相手国の Contract Act (契約法) または Construction Law (建設法) の下で解釈されることとなる。

- ※ 契約または請求権が時効となるまで、民法は工事引渡から 10 年、相手国の契約法は契約成立日から 14 年 (英国法に準拠している場合) など。
- ※ 2020 年 4 月 1 日から改正民法が施行され、国土交通省は瑕疵担保の存続期間を下記のとおり整理している。「権利を行使できるとき」という客観的起算点は工事引渡時であり、遅くとも引渡してから 10 年が経過すると損害賠償請求権が時効消滅することとなる。



出典：国土交通省 <https://www.mlit.go.jp/common/001303514.pdf>

図 1.6 改正民法の内容

#### (4) 瑕疵保証

一般的な国際入札建設案件では、瑕疵通知期間中にコントラクターへ通知された瑕疵または損傷の補修工事をコントラクターが実施するよう義務付けており、瑕疵通知期間の満了日までコントラクターを拘束する目的で、発注者はコントラクターから何らかの保証を得ている。例えば、円借款案件で使用されている FIDIC General Conditions MDB 版<sup>[12]</sup>では、履行保証の有効期限を欠陥通知期間の満了日から 28 日後までと規定しており、さらに工事代金の一部 (2.5%程度) を保留金として欠陥通知期間の満了日まで発注者が支払いを留保できる規定となっている。しかし、無償資金協力事業の施設建設案件では、工事完成証明の発行後に履行保証の有効期限が満了して工事代金の全額がコントラクターへ支払われる契約条件となっており、発注者は瑕疵通知期間中にコントラクターを実質的に拘束する保証を得られない制度となっている。日本では、舗装の初期投資から維持管理を含めたトータルコストの縮減を目的に、「新設アスファルト舗装工事における長期保証」制度が導入されているが、この概要について第 6 章の参考資料に記載する。

## (5) コントラクターの瑕疵担保責任に関する運用の実態

無償資金協力事業（施設調達）におけるコントラクターの瑕疵担保責任に関する運用の実態として、コンサルタンต์および発注者は工事完成時点で完工検査、瑕疵通知期間の満了時点で瑕疵検査を行って案件の活動を終了している。つまり、完工検査および瑕疵検査に合格すれば、その後に特定されるコントラクターの瑕疵（契約不適合）に対して、コントラクターの賠償責任を求めない運用となっている。これは、GCC 11.1 条 (2) 項にあるコントラクターの保証義務（shall warrant the Works）が瑕疵通知期間の満了日までという規定に基づく運用であると考えられる。

- GCC 11.1 Completion of Remedying Defect during Defects Notification Period

- (2) Unless extended in accordance with Sub-Clause 11.4 (Extension of the Defects Notification Period), the Contractor shall warrant the Works to be free of Defect for a period of one (1) year from the date of issuance of the final Certificate of Completion of the Works or a Section for the purpose of the taking over of the Works or the Section (the “Defects Notification Period”)

しかし、その運用実態は前述の GCC Clause 15 Indemnities and Liability（補償と責任）の 15.2 条 (3) 項の規定や、瑕疵発生後の適切な期間内にコントラクターへ通知を行うべきとする不文律（黙示条件）に一致するものとなっていない。

### Warrant

コントラクターが工事の品質を保証すること。工事の品質に問題がある場合に、契約で要求されている適切な状態に修復または取替工事をコントラクターが行うことを保証する。家電製品や自動車を売買する際に製造者が発行する保証書と同様の意味合い。

表 1.5 瑕疵担保責任の運用(無償資金協力)

担当者	工事完了	12ヶ月間	12ヶ月後 瑕疵検査	10年間 (日本の民法の例)	10年後
契約条項	GCC Clause 11 Defects Liability Sub-Clause 11.1 and 11.2			GCC Clause 15 Indemnities and Liability Sub-Clause 15.2	
発注者	完了検査 引き渡し	道路管理者としての 維持管理の実施 不具合があった場合 に担当コンサルタント への通知 <契約上は施工業者 へ通知。cc. コンサル タント>	瑕疵検査 瑕疵通知期間終了 <契約上は瑕疵に 対する損害賠償請 求権が残る>	不具合があった場合 瑕疵か否かの判断 (コンサルタント又は 第三者による検証) 瑕疵と認められた場合 施工業者に通知 又は発注者による補修 <契約上は施工業者 に対して瑕疵に関する損 害賠償請求権が残る>	民法上の瑕疵担 保責任の終了 道路管理者とし ての維持管理の 実施
コンサル タント	完了検査	発注者の通知に基づ く、瑕疵か否かの判 断。瑕疵の場合に施 工業者に通知 <契約上は瑕疵を特 定して発注者へ報告 および施工業者へ通 知>	瑕疵検査 瑕疵通知期間終了 契約完了 最終支払い <契約上はコンサル タント業務の瑕 疵に対する賠償責 任は残る>	発注者からの瑕疵判定 の依頼 コンサルタントの契約 範囲外であり応じない こともできる。	コンサル タント の契約範囲外 <民法上の瑕疵 担保責任の終了 >
施工業者	完了検査 引き渡し 工事完了 最終支払い	発注者およびエンジ ニアからの通知内容 の確認 補修の実施	瑕疵検査 瑕疵通知期間終了 瑕疵補修後に契約 完了 <契約上は瑕疵に 対する賠償責任が 残る>	発注者からの通知内容 の確認 契約完了済みのため補 修責任はないとの解釈 又は補修の実施(別業 者による補修工事金額 の負担を含む)など個 別に対応 <契約上は瑕疵に対 する賠償責任が残る>	民法上の瑕疵担 保責任の終了
備考	例外) 東アフリカ地域では、道路標識の塗装の品質に関して7年保証が仕様書(契約)で要求されており、道路標識の引渡しから7年以内に塗装が劣化した場合には、発注者はコントラクターの瑕疵担保責任を請求可能であると考えられる。				

注: コントラクターの瑕疵に対する工事契約上の瑕疵通知(担保)期間は工事完了から12カ月間。瑕疵に起因する損害賠償責任期間は民法上の瑕疵担保存続期間と解釈され、工事引渡から10年間。

<>内はJICA調査団コメント

出典: JICA調査団

## (6) 瑕疵制度の比較

瑕疵に関する制度の中で、国内工事と海外工事における大きな違いは、瑕疵検査の実施と、最終支払いである。海外工事においては、瑕疵検査終了後に最終支払いが実施される。この工事完了から瑕疵検査終了後の最終支払いまでに、発注者が保有している契約金を留保金(リテンションマネー)という。日本の無償資金協力事業は、海外工事であるが留保金の制度を採用しておらず、国内工事と同様に工事完了時に最終金の支払いが行われる。表1.6に瑕疵の制度及び瑕疵担保責任について、日本の国内業務と無償資金協力事業を含む海外業務の比較を示す。また、アメリカ、イギリス、及びフランスの瑕疵期間の事例も併せて記載する。

表 1.6 施工瑕疵に係る制度

	日本	海外業務	
		一般 (FIDIC)	無償資金協力事業
瑕疵通知期間	2年 (土木道路工事)	原則1年	原則1年
瑕疵検査	原則なし	有り	有り
瑕疵基準 (数値)	無し	無し	無し
支払い方法	工事完了時に最終支払い	瑕疵検査完了時に最終支払い (留保金制度)	工事完了時に最終支払い
履行保証 有効期限	工事完了時まで	瑕疵通知期間満了日から28日 後まで	工事完了時まで
備考	公共工事では民法が定める瑕疵担保期間を短縮する形で公共工事標準請負契約約款の規定が適用されている。	瑕疵担保期間については、構造物の種類など(例えば長大橋)で異なる場合がある。	-
主要国の瑕疵担保期間	<b>アメリカ</b> FAR(連邦調達規則: Federal Acquisition. Regulations)には、瑕疵担保期間に関する規定は存在せず、連邦政府発注工事における瑕疵担保期間については、契約書や工事現場の州法の規定に従うことになり、実際には大部分が1年とされている。 <b>イギリス</b> 英国の公共約款では、瑕疵担保期間を定めなければならないとする規定はあるものの、その標準的な期間については規定されていない。実際には、ほとんどの場合1年とされている。 <b>フランス</b> フランスの民法(1978年の通称スピネッタ法により改正又は追加された規定)では、施工者、設計者、不動産開発者等は、建造物の耐久性を損なう瑕疵、建造物と一体不可分な設備の用途への適合を損う瑕疵等については10年、建造物と分離可能な設備の正常な機能に影響する瑕疵については2年の瑕疵担保責任を負うこととなっている。また、施工者は、1年の完全完成責任(発注者に引渡しの際に指摘された欠陥及び引渡後明らかになった欠陥を修補する責任)を負うこととなっている。 ただし、国等が発注する公共事業の場合この制度を適用することはない。		

出典: JICA 調査団

### (7) 仏語圏アフリカ諸国における10年保証制度

仏語圏アフリカ諸国の構造物建設事業では、工事受領後に隠れていた構造物の欠陥を保証するため、工事受領後の10年保証の制度が適用されている。10年保証の制度は、構造物(道路の場合、橋梁やトンネル等が対象、舗装、維持管理は含まない)に適用される。

フランスでは、国が発注者である橋梁事業等の場合この制度を適用することはないが、セネガルやチュニジアの橋梁事業では、発注者が国であっても10年保証の制度を適用している。発注者である国は完成後10年間に発生する可能性のある瑕疵による補修費を保険で救済するために、監理事務所(Bureau de contrôle)を入札により選定しその助力を得ている。監理事務所(Bureau de contrôle)は、品質や基準への適合性をチェックし、保険会社にリスク分析、基準の遵守の状況等を報告する。

出典: フランス国における道路・橋梁分野の技術基準状況調査報告書<sup>13)</sup>

#### 📁 フランス国における道路・橋梁分野の技術基準状況調査

平成22年(2010年)にJICAによって実施された調査であり、日本においてインフラ整備分野のフランスの技術基準に関する既存資料・情報は乏しく、フランスの技術基準に精通している本邦技術者は未だ

少数に留まっており、本邦コンサルタント、建設会社等が当該地域で円滑な業務を実施できる状況に至っていない。資金協力事業全般について、対象地域の事業実施機関から今後、フランス技術基準との一層の整合を求められることが想定されるため、設計・施工に関する紛争調整を伴う事態が発生した場合に適切な対応を取り、円滑かつ効果的に事業を進捗させられるよう、本邦コンサルタント及び建設業者のフランス技術基準に関する知見を向上させる必要がある。このため、仏語圏アフリカでの建設契約、技術基準について、基本的な構造を解説し、当該地域で本邦企業、技術者が援助事業を行う上での導入的な説明と一般的かつ基礎的な留意事項を明らかにすることを目的とした調査である。

## (8) コンサルタントの責務

無償資金協力事業のコンサルタント契約書 (General Conditions of Agreement for Consulting Service : 2016年1月) には、「Defect (瑕疵)」という言葉を用いている条文はなく、「5.4 Liability of the Consultant」に賠償責務として以下のように記載されている。以下については簡潔な要約として記載する。

### 5.4 Liability of the Consultant

- (1) 発注者が用意した資機材の損害
- (2) コンサルタント要員の健康・安全の管理責任
- (3) コンサルタントの違反行為や盗作などによる特許料・ライセンス料など
- (4) 発注者以外の資金によりコンサルタントが調達した物品または業務 (goods and services) の相手国内での使用权、ライセンス料など
- (5) コンサルタントの **skill and care** の行使の失敗
  - a) コンサルタント契約期間内に発注者から通知を受けた項目のみ
  - b) 賠償金額はコンサルタント契約金額を上限とするが、コンサルタントの重大な過失、無謀または意図的な違法行為の場合は限度なし
  - c) コンサルタントによる補償・弁償の対象は、コンサルタントの失敗による直接的な項目に限られる。<sup>4</sup>
- (6) 発注者が要求すれば、当該業務 (失敗した業務) をコンサルタントの自費でやり直す
- (7) コンサルタントが合意しないに関わらず、発注者が要求または指示したために発生した損害に対して、コンサルタントの賠償責任はない。
- (8) コンサルタントは PI 保険を付保すべきであるが、保険の有無に関係なく発注者に対する賠償責任がある。

<sup>4</sup> 例えば、橋桁の落下により通行不可となった場合、橋桁の復旧を弁償対象とするが、別の橋へ迂回することによる損害は対象としない。



## 参考文献

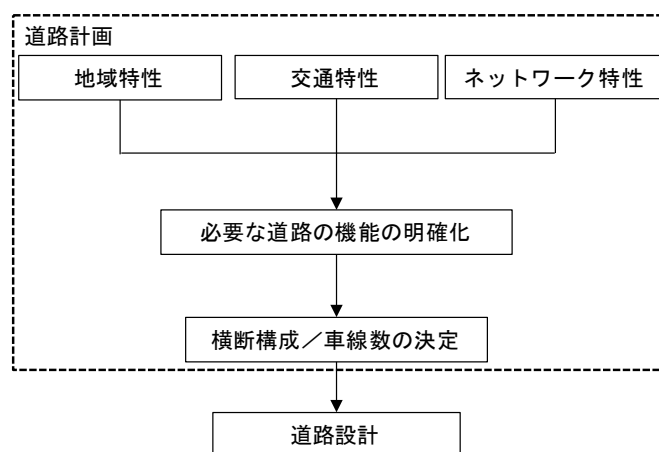
- [1] 独立行政法人 国際協力機構：無償資金協力にかかる報告書等作成のためのガイドライン 2020年11月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/index.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/index.html)
- [2] 独立行政法人 国際協力機構：JICA 無償資金協力事業道路舗装ハンドブック 2020年2月  
[https://openjicareport.jica.go.jp/614/614/614\\_000\\_12092334.html](https://openjicareport.jica.go.jp/614/614/614_000_12092334.html)
- [3] 独立行政法人 国際協力機構：協力準備調査 設計・積算マニュアル 2009年3月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/plan\\_man.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/plan_man.html)
- [4] 独立行政法人 国際協力機構：同補完編（土木分野）2019年10月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/ku57pq00002ldz6n-att/doboku\\_hokan.pdf](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/ku57pq00002ldz6n-att/doboku_hokan.pdf)
- [5] 独立行政法人 国際協力機構：設計・積算マニュアル補完編（追補）2020年11月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/sekisan\\_09.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/sekisan_09.html)
- [6] 独立行政法人 国際協力機構：設計・積算マニュアル補完編（追補）運用方針2020年11月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/sekisan\\_09.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/sekisan_09.html)
- [7] 独立行政法人 国際協力機構：予備的経費の支出等に係るガイドライン 2015年10月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/sekisan\\_06.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/sekisan_06.html)
- [8] 独立行政法人 国際協力機構：予備的経費の運用手順等に係るマニュアル 2016年6月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/ku57pq00000zw1wb-att/sekisan\\_06\\_03.pdf](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/ku57pq00000zw1wb-att/sekisan_06_03.pdf)
- [9] 独立行政法人 国際協力機構：環境社会配慮ガイドライン 2010年4月  
<https://www.jica.go.jp/environment/guideline/index.html>
- [10] The Highway Agency, UK：Design Manual for Roads and Bridges Volume 5 Section 2, 2015  
<https://api.warwickshire.gov.uk/documents/WCCC-764-31>
- [11] 独立行政法人 国際協力機構：無償資金協力調達ガイドライン 2016年1月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/guideline\\_01.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/guideline_01.html)
- [12] FIDIC：MDB Harmonised Construction Contract, 2010
- [13] 独立行政法人 国際協力機構：フランス国における道路・橋梁分野の技術基準状況調査 2010年11月  
[https://openjicareport.jica.go.jp/614/614/614\\_909\\_12032801.html](https://openjicareport.jica.go.jp/614/614/614_909_12032801.html)

## 第2章 準備調査における道路設計

### 2.1. 道路計画

#### (1) 道路計画とは

道路計画とは、道路の効用を保つための構造規格を満足しつつ地域の発展動向、将来の土地利用計画等と整合させていくものである。このため、道路計画では多種多様な機能をもつ道路で構成される道路網を、体系的、統一的に整備、運用していくために、道路の機能分類を明確にし、その分類に基づいて各道路の規格・基本構成要素を決定していく。具体的には、道路分類に基づいて道路の設計基準、横断構成（車線数を含む）、設計速度を決定することである。なお、道路計画はマスタープラン等によって検討される事項であり、準備調査の中で実施される道路計画は、主に相手国政府からの要請内容（車線数、幅員構成等）を確認する作業である。



出典：「道路構造令の解説と運用」<sup>[1]</sup>

図 2.1 道路計画から設計への流れ

**地域特性：**地域特性とは、沿道土地利用や気象条件、地形といった地勢や風土、地域の歴史・文化、環境や福祉、防災、公共交通機関、ライフラインや情報通信基盤、景観、まちづくりに関わる現状や計画などである。

**交通特性：**交通特性とは、自動車、歩行者、自転車の各々の交通量および自動車の車種、交通量の変動特性、速度分布などや、高齢者・身体障害者等歩行者の属性、並んで歩く、休憩等歩行者の利用形態などである。

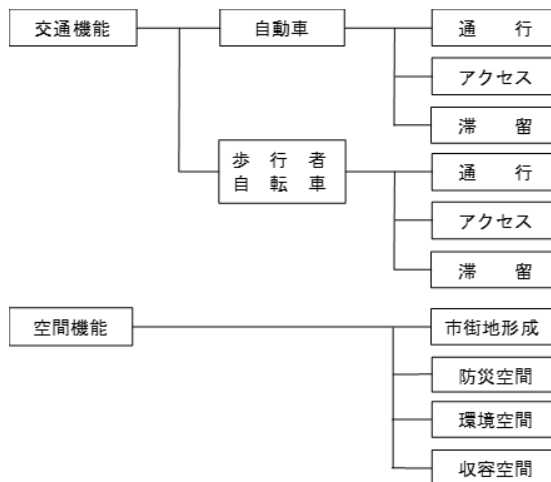
**ネットワーク特性：**ネットワーク特性とは、全国や広域、都市内における当該道路の「ネットワーク上の位置づけ」である。自動車の道路ネットワークに関する計画として、広域道路整備基本計画、都市計画マスタープランなどがあり、これらの計画において、広域的な交通を担う高規格幹線道路等から地区内交通を担う区画道路に至る段階構成の中の位置づけや、どのような地域や拠点を連絡する道路なのかなどといった位置づけがなされている。また、歩行者や自転車通行空間のネットワークに関する計画として、高齢者・身体障害者等の移動円滑化基本

構想や自転車利用空間のネットワーク計画などがあり、これら計画において安全・便利な歩行者の移動空間や自転車通行空間を確保すべき道路などが位置づけられている。

出典：「道路構造令の解説と運用」<sup>[1]</sup>

**(2) 道路の機能**

道路の機能には、大きく交通機能と空間機能の2つがある。交通機能は、道路の持つ一義的な機能であり、自動車や歩行者・自転車それぞれについて、安全・円滑・快適に通行できるという通行機能、沿道施設に容易に出入りできる等というアクセス機能、自動車が駐車し歩行者が滞留できる等という滞留機能がある。空間機能としては、都市の骨格形成や沿道立地の促進等の市街地形成、延焼防止等のための防災空間、緑化や景観形成、沿道環境保全のための環境空間、交通施設やライフライン(上下水道等の供給処理施設)等の収容空間としての機能がある。



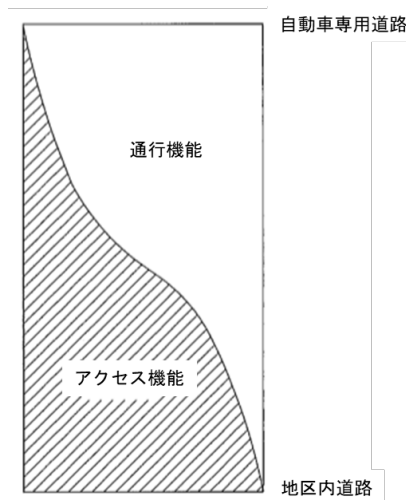
出典：道路構造令の解説と運用<sup>[1]</sup>

図 2.2 道路の機能

また、道路が持つ車両の走行空間としての機能(トラフィック機能)と、沿道建物への出入りと歩行者空間としての機能(アクセス機能)という2つの機能に着目し、道路をどちらの機能を重視するべきによって分類し、分類に応じて構造を決定する。これは、世界各国で共通の考え方である。

トラフィック機能: 車両の走行空間としての機能

アクセス機能: 沿道建物への出入りと歩行者空間としての機能



出典：AASHTO (米国全州道路交通運輸行政官協会: American Association of State Highway and Transportation Officials), A Policy on Geometric Design of Highways and Street<sup>[2]</sup>

図 2.3 通行機能とアクセス機能の関係についての概念図

### (3) 道路の区分

道路はその目的や性格、機能等によって区分され特徴づけられるだけでなく、それぞれにふさわしい形式や構造をもつ。道路の種類を区分するにはいくつかの方法があるが、日本では法律上の区分、機能上の区分、管理方式による区分が基本的な区分である。法律上では、「道路法」、「道路運送法」および「道路交通法」の区分があるが、「道路法」による区分が最も広く使われている。「道路法」による「道路」とは、一般交通の用に供する道であって、次の4区分に該当するもののみをいっている。これらは全体的な道路網における性格上の重要度によって位置づけられ、分類されるものである。

- ① 高速自動車国道、② 一般国道、③ 都道府県道、④ 市町村道

出典：交通工学ハンドブック<sup>1)</sup>

表 2.1 に主要途上国の道路区分を示す。また、ウガンダ国の道路区分別の機能を参考までに記載する。

表 2.1 主要途上国の道路の区分例

エチオピア	ガーナ	タンザニア	ウガンダ	
			区 分	機 能
Trunk Road	Trunk Road	Trunk Road	International Trunk Road	国際上の重要拠点を結ぶ道路であり、近隣諸国の国際幹線道路と接続する。主な機能はモビリティの提供である。
Link Road		Regional Road	National Trunk Road	州都や主要な人口中心地、及び全国的に重要な中心地を結ぶ道路。主な機能はモビリティの提供である。
Main Access Road	Feeder Road	District Road	Primary Road	州の重要な中心都市相互、より規格の高い道路と中心都市、及び高規格道路と開発地域を接続する。主な機能は、モビリティとアクセスの両機能の提供である。
Feeder Road		Feeder Road	Secondary Road	地域的に重要な拠点相互、より規格の高い道路と中心市場との接続、及び地域の重要な交通発生源とその地方の後背地の間を接続する。主な機能は、モビリティとアクセスの両機能の提供である。
Collector Road			Minor Road	地区の市場や中心地への接続、及び他の全ての道路への接続。主な機能は、二次 (Secondary) 道路システムに隣接する土地へのアクセスの提供である。
Urban Road	Urban Road	Urban Road	-	(都市の骨格を形成する道路)

出典： JICA 調査団

また、日本では、都市計画区域において円滑な都市活動を支え、都市生活者の利便性の向上を図り、良好な都市環境を確保するために必要な施設を、都市計画法に規定した手続きによって定める（都市計画決定する）ことができる。都市計画道路とは、都市計画決定した道路のことを指し、その果たすべき機能によって、自動車専用道路、幹線街路、区画街路、特殊街路の4つに区分される。さらに、幹線街路については、主要幹線街路、都市幹線街路、補助幹線街路の3つに細区分される。これは、道路法に基づいて定められる国道、県道、市町村道といった区分とは別のものである。なお、都市計画道路はすべて道路法の道路区分のいずれかに区分され管理されている。

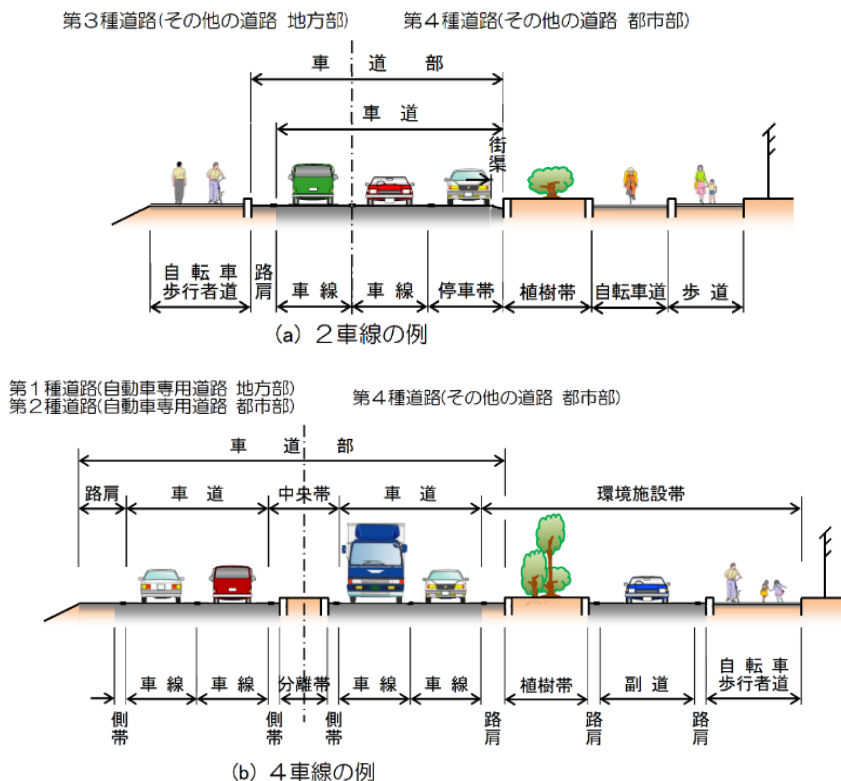
表 2.2 都市計画道路の種別と機能 (日本)

種別		果たすべき機能
自動車専用道路		高速道路や一般自動車道路など専ら自動車交通の用に供する。
幹線街路	主要幹線街路	都市間交通や都市内の重要な拠点間の交通を集約して処理する。
	都市幹線街路	都市内の各地区や主要な施設間の交通を集約して処理する。
	補助幹線街路	主要幹線道路や都市幹線道路に囲まれた区域の発着交通を処理する。
区画街路		地区レベルで沿道宅地に対する交通サービスを提供する。
特殊街路		歩行者、自転車、モノレールなど自動車以外の利用に供する。

出典：都市計画道路の現状と課題<sup>4)</sup>

**(4) 道路の横断構成**

道路の横断面の構成要素は、図 2.4 に示すように車道、中央帯、路肩及び停車帯からなる車道部、自転車道、自転車歩行者道、歩道、植樹帯、副道（車道部の一部）などで構成される。構成要素の組合せは、道路ネットワークの特性や交通の状況（自動車交通量、設計速度、歩行者・自転車交通量など）、沿道状況（沿道施設とのアクセス機能や停車、修景や緑化などの環境空間など）を考慮して決められる。以下に日本の道路規格（種別）別の例を示す。



出典：道路構造令の解説と運用<sup>4)</sup>に基づき JICA 調査団が作成

図 2.4 道路横断面の構成例

また、各構成要素の役割は、以下の通りである。

① 車道

車道は車両の通行の用に供される部分であり、車線(車両の走行のための縦列の帯状の部分)、停車帯、非常駐車帯、待避所等を含めたものである。

② 中央帯

往復4車線以上の道路において、安全で快適な走行を確保するために往復の交通流を分離するための施設であり、中央帯は分離帯と側帯よりなる。この側帯は車道の外側を一定幅で明瞭にし、視線誘導をし、また走行上必要な側方余裕の一部ともなる。

③ 路肩

路肩の効用は、走行上の側方余裕と故障車等の駐車スペースとしての機能が主要なものである。一般的に路肩といえば外側路肩を指すが、中央帯以外の方法で往復車道が分離されている場合には、車道の内側にも路肩を設置する。

④ 停車帯

都市内の道路においては、沿道へのアクセスのため停車需要が発生する。停車需要に車線が使用されると交通容量の低下を生じ、効率的な運用が阻害されるため、停車の需要が多い区間には停車帯を設置する。

⑤ 歩道、⑥ 自転車道、⑦ 自転車歩行者道

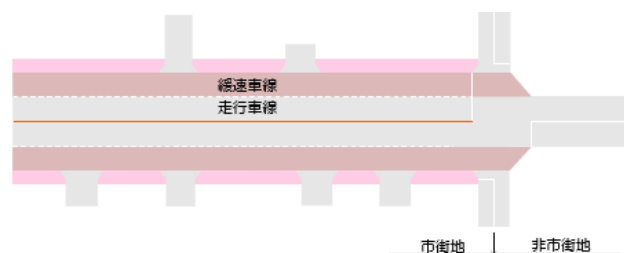
道路は種々の利用があるが、性格の異なった交通は出来るだけ分離するのが望ましく、特に自動車と歩行者若しくは自転車を分離することは交通安全上からも重要なことである。自転車道および歩道は、それぞれ自転車、歩行者の交通量がある程度以上多い場合に必要であり、そのいずれかが少ない場合には、自転車歩行者道の設置が現実的である。交通の状況により自転車と歩行者の軋轢が生じる恐れがある場合には、十分な幅員を確保し、歩行者交通の安全性、快適性を確保する。自転車と歩行者の一応の分離を図るため、植栽や舗装色による識別を行うことも有効である。

⑧ 植樹帯

植樹帯は歩車道等の分離、道路の美観の向上、地域の環境改善等を目的として設置される。

👉 その他特殊な車線

**緩速車線**：特殊な車線として緩速車線等がある。緩速車線とは、沿道出入り交通の通過のため、本線車道と接して設けられる車線で、本線交通とは区画線、柵等によって明確に区分されているものと定義されている。これにより、沿道へのアクセス車両と本線交通との錯綜を抑制し、安全性の向上や本線交通の速度低下を最小限に留めることを目的とするものである。



出典：北海道における道路構造の考え方に関する研究<sup>9)</sup>

図 2.5 緩速車線線方式のイメージ

**自転車レーン**：現在、自転車は重要な移動手段として利用が拡大している。比較的小型で低コストであるため、他の車両に比べて必要なスペースが少なく、交通の流れに効率的に受け込むことができる。ただし、自転車は道路利用の弱者ともなるため、自転車利用のための安全な施設の整備が自転車レーン設置の主要な要件になる。



緩衝帯：自転車走行部分を車道から構造的に分離するスペース。交差点で左折してくる車両と直進する自転車が交差する際の「余裕幅」となるなど、安全性を確保するためのスペース。

出典：サイクルプラス「あしたのプラットフォーム」HP

図 2.6 自転車レーンのイメージ

**(5) 交通需要予測**

交通需要予測は道路計画の基礎となるものであり、人やモノの円滑な移動を支える道路網や鉄道網の将来像を検討するにあたり、計画の対象である道路や鉄道にどの程度の利用があるのか、また、それが新設されることで、人やモノの流れがどのように変化するかを、将来的な人口の推移や社会経済状況等の変化を踏まえて予測することである。将来交通量は、現在交通量に以下に示すような種々の交通量に加わって構成される。

基本交通量・・・転換交通量 (diverted traffic)：他の経路から転換する交通量

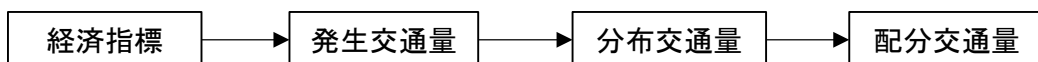
転移交通量 (converted traffic)：他手段から転換する交通量

増加交通量・・・自然増加交通量 (natural increase traffic)：人口増等により増加する交通量

誘発交通量 (induced traffic)：新しい道路ができたことによって生じる交通量

開発交通量 (generated traffic)：沿道地域の開発促進により発生する交通量

また、道路交通の交通量予測のもっとも標準的かつ基本的な手法は、4段階推計法と称されるものである。これは図 2.7のように、経済指標、発生交通量、分布交通量、配分交通量の順に段階的な推計を行う方法である。



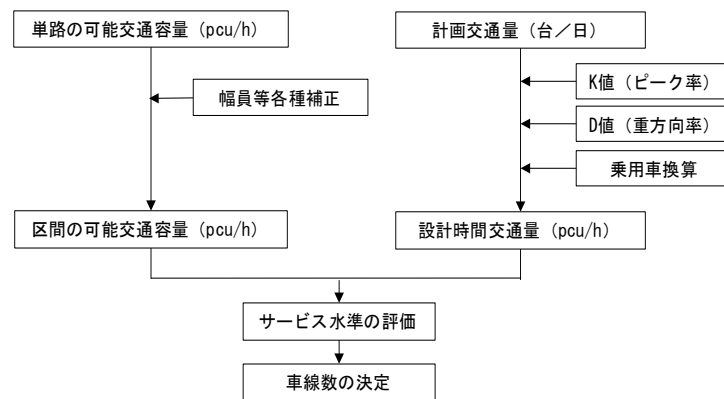
出典：交通工学実務双書-2 交通量の子測<sup>9)</sup>

図 2.7 自動車交通を対象とした4段階推計法

- 経済指標: 経済指標とは、将来の交通量の推計年次における経済活動を示す指標となるものである。
- 発生交通量: 発生交通量とは、ある区域(ゾーン)から発生すると考えられる交通量であって、当然そのゾーンの経済成長とともに増加していくものである。また、そのゾーンの産業構造、すなわち、工業ゾーンであるか商業ゾーンであるか、あるいは住宅地であるかによって異なる。
- 分布交通量: 分布交通量とは、発生交通量うち、どれだけの交通量が対象とするゾーン間の交通量に振り向けられるかということをもとに求めるものである。
- 配分交通量: 分布交通量によって2つのゾーン間の交通量が決まっても、これらの交通が与えられた道路網上のどの道路を走行するかを推定しなければならない。配分交通量とは、このように実際の道路に割り当てられる交通量のことである。

## (6) 車線数

車線数の決定方法は、あらかじめ車線数を仮定した上で対象道路の交通容量を設定し、それを推計された交通量と比較することによって行われる。道路構造令<sup>1)</sup>では、定められた設計基準交通量(道路の構造条件や交通条件などから定めた、1日に通すことのできる交通量)と、計画交通量(1日に通行すると推定される計画目標年次の交通量)との対比により決定されるが、日単位の交通容量と交通量を使用した方法である。海外においては、単位時間(1時間)当たりの交通容量と交通量から車線数を決定することが多い。



出典: JICA 調査団

図 2.8 車線数決定までの流れ

### 📌 道路の計画目標年次

道路の計画目標年次を何年後にとるかということは、路線の性格及び重要性により異なるが、20年という期間は一般には現実的な構想に対する予測の限界であるとされており、これ以上の期間を考えることは計画としての意義が少ないことから、一般的に計画策定時の20年後を計画目標年次と考えることが多い。規格の低い道路については、計画目標年次を10年としている場合もある。このため、計画目標年次を設定するにあたっては、路線の性格及び想定する整備時期等も考慮して決定することが望ましい。

(道路構造令<sup>1)</sup>) なお、道路の計画目標年次と構造物の設計期間(舗装等)は、異なるものであることに注意が必要である。



👉 単路部の可能交通容量

道路の可能交通容量は、時間当たりの処理可能台数で示され、単位は「pcu (乗用車換算台数: Passenger Car Unit) /時間」である。日本の「道路の交通容量<sup>7)</sup>」では、基本交通容量が定義されており、まず単路部(交差点を除く区間であり交差点部は別途定義されている)の2方向2車線道路で2500pcu/時/2車線、次に多車線道路及び1方向道路の基本交通容量で2200pcu/時/車線となっている。「2方向2車線道路で2500pcu/時/2車線」というのは白線の中央線がある道路であり仮に往復の交通量が1:1であれば、1250pcu/時が交通容量となることを意味する。ただし、これは追い越し可能な2車線道路を前提としており、最近の高速道路の暫定2車線道路で見られる簡易分離帯のある構造や、黄色線の2車線道路については1700pcu/時/車線、または3000pcu/時/往復とする場合もある。

出典: <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tmn/tmn0317pdf/ks0317005.pdf>,  
<http://trafficengnote.hatenablog.com/entry/2014/04/02/135449>

👉 PCE (乗用車換算係数: Passenger Car Equivalent)

道路の交通容量に影響する交通要因の一つに大型車種の混入がある。大型車種の影響の度合いは、通常PCE(乗用車換算係数: Passenger Car Equivalent)として把握される。PCEはHighway Capacity Manual<sup>8)</sup>(1985年)に集約されているが、推定方法間でかなりのバラツキをもっていることが知られているが、各国の幾何構造基準に車種別や地域別に換算係数が記載されている場合がある。表2.3に代表的なPCEの値を示す。ただし、これらの換算係数については、道路の位置(都市部、地方部)、走行速度に影響を与える地形(平地部、丘陵地、山地部)、及び車種(大型貨物、小型貨物等)、及び交通量や混雑状況によって異なることから、対象道路の条件に合わせて適切に設定する必要がある。

表 2.3 大型車のPCE (乗用車換算台数) の例

基準	記載内容							
	対象道路又は車種	都市部	地方部	平地部	丘陵地	山地部	交差点	
							Rbt	信号制御
道路構造令 <sup>1)</sup>	2車線道路	2.1	-	2.1	-	3.5	-	-
	多車線道路	1.8	-	1.8	-	3.0	-	-
道路の交通容量 <sup>7)</sup>	2車線道路	2.0	-	2.0	-	3.5	-	-
	多車線道路	2.0	-	2.0	-	3.0	-	-
HCM <sup>8)</sup> 1985* Freeway (一般区間)	普通トラック	-	-	1.7	4.0	8.0	-	-
	バス	-	-	1.5	3.0	5.0	-	-
	RV***車	-	-	1.6	3.0	4.0	-	-
Geometric Design Guidelines 2002 <sup>9)</sup> **	乗用車	1.0	1.0	-	-	-	1.0	1.0
	商用車(トラック)	2.8	3.0	-	-	-	2.8	1.75
	バス	2.8	3.0	-	-	-	2.8	2.25
	自動二輪	0.75	1.0	-	-	-	0.75	0.33
	自転車	0.33	0.5	-	-	-	0.5	0.2

\*HCM (道路交通容量マニュアル: Highway Capacity Manual) 車線数やトラックの馬力別等の詳細な設定が記載されている。  
 \*\*SATCC (南部アフリカ運輸・交通委員会: Southern Africa Transport and. Communications Commission) 基準に換算係数が示されていないため、南アフリカの幾何構造基準の数値を用いた。  
 \*\*\*RV車: 休暇を楽しむための車 (Recreational Vehicle)

出典: JICA 調査団

表 2.4 ラウンドアバウト交差点における大型車のPCE (例)

交通量	混雑状況	車種別PCE			
		トラック	大型バス	セミトレ (短)	セミトレ (長)
中程度	均衡状態	1.31	1.58	1.43	1.66
	不均衡状態	1.15	1.49	1.26	1.51
多い	混雑	1.72	2.10	1.91	2.26
低～高い (全シナリオ)	全シナリオ	1.39	1.71	1.53	1.80

出典：Estimating Passenger Car Equivalent of Heavy Vehicles at Roundabout Entry Using Micro-Traffic Simulation, Robert Pajecki<sup>[10]</sup>

👉 フォアキャストリング (forecasting) とバックキャストリング (backcasting)

一般的な道路計画では、道路交通問題に対して現状からどんな改善ができるかを考え、改善策を積み上げていくフォアキャストリング (forecasting) の方法が取られる。Forecasting にはいろいろな手法があるが、基本的には過去のトレンドを未来に延長しつつ、未来の様々な状況を織り込んでいく方法である。この方法は、大きな変化がない事柄を「短～中期」で予測するには適している。それに対して将来のあるべき姿を想定し、そこから現在を振り返ることで、そこに辿り着くために今後必要となる施策を考え実施する手法をバックキャストリング (backcasting) という。「将来」こうするために「今」こうするという考え方で、フォーキャストリングとは逆のアプローチであり、環境政策や都市政策の分野でよく使われている手法である。道路計画においても、ビジョンや長期目標を設定し、バックキャストリングのアプローチで計画されるべき道路もある。特に国家をまたぐ国際幹線道路は、個々の国家の課題を解決する道路としてではなく、地域の連結性を高め、地域全体の発展を目指す道路として、あるべき姿を基に計画されるため、いわば Backcast で計画されている。例えば AfDB (アフリカ開発銀行：African Development Bank) により進められている Trans-African Highways、或いは UNESCAP (国連アジア太平洋経済社会委員会：United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) により進められている Asian Highway では、車線数、アクセスコントロール及び舗装の種類は道路の重要性に基づき定めるものとして、道路区分に応じて定めている。(表 2.5) また EAC (東アフリカ共同体：East African Community) においても、域内の道路の共通化 (Harmonization) のための戦略として、道路区分に応じた設計基準の適用を提案している。(表 2.6 参照)

表 2.5 Trans-African Highways、Asian Highwayの道路区分

Classification	Description	Pavement Type
Primary	Controlled access highways/	Asphalt or cement concrete
Class I	4 or more lanes	Asphalt or cement concrete
Class II	2 lanes	Asphalt or cement concrete
Class III	2 lanes (narrow)	Double bituminous treatment

出典：Basic Guidelines for Road Classification and Standards on Trans-African Highways<sup>[11]</sup>

Asian Highway Classification and Design Standards<sup>[12]</sup>

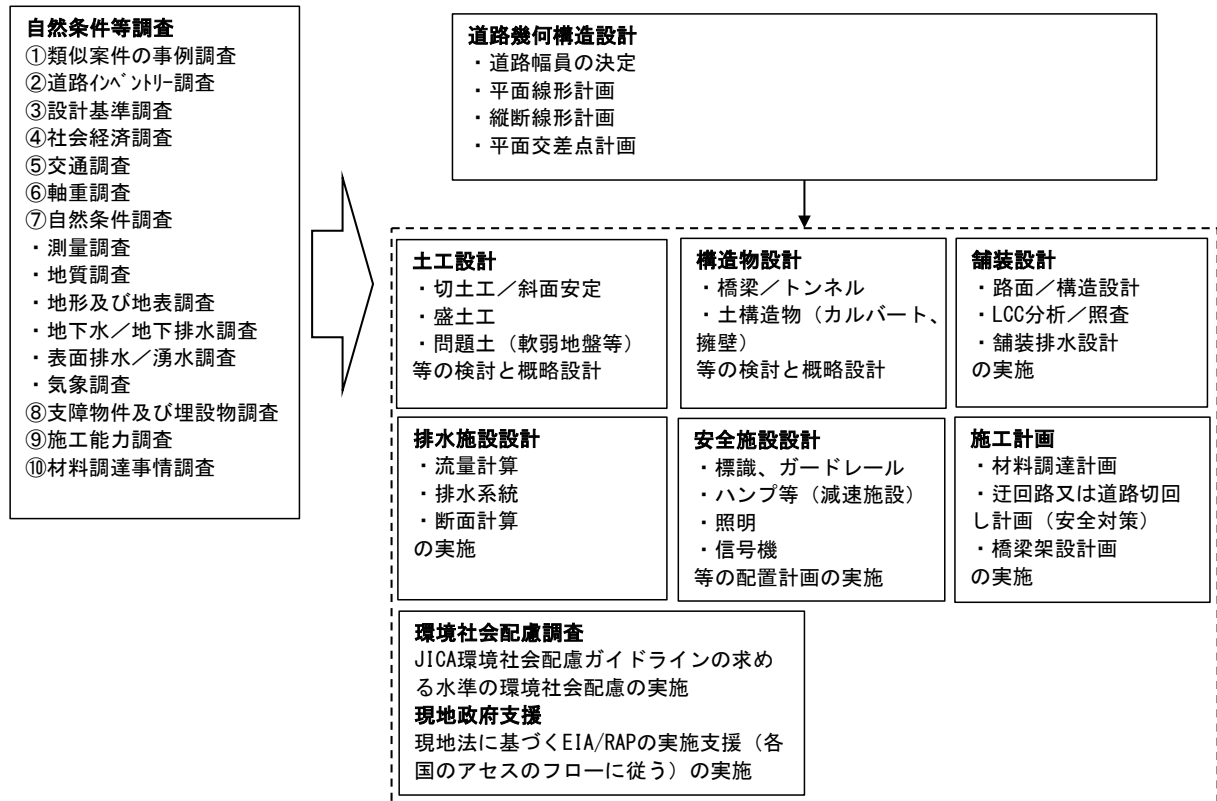
表 2.6 EACの道路区分

Function	Class	Name conventions		Access control
Mobility roads	Class 1	International trunk roads National trunk road	Principal Arterial/ Expressway (2500 m spacing)	Freeway/ Full
	Class 2	National & Provincial roads Regional & District roads	Major arterial/Highway (800 spacing)	Full or partial
	Class 3	Regional & District roads Secondary roads	Minor arterial (600 m spacing)	Full or partial
Access roads	Class 4	District roads Secondary roads	Collector roads (50 m spacing)	Partial
	Class 5	Minor roads Local streets	Local streets (15 m spacing)	Unrestricted

出典：Preparation of a Transport Facilitation Strategy for the East African Community Final Report<sup>[13]</sup>

## 2.2. 準備調査における道路設計

協力準備調査における道路設計とは、現地の状況、収集資料、及び他の事業の情報等を基に、道路の建設、運用に必要な設計条件の設定を行い、その設計条件に基づいて、国内の道路予備設計に相当する図 2.9 の作業を行うことであり、具体的には、測量図(縮尺 1/500~1/1,000)に基づいて、平面線形、縦横断線形の比較案を策定し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性及び環境等の総合的な評価と橋梁、トンネル等の主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、総合的判定によりルートを中心線、及び用地幅を決定する。また、既存資料及び現地踏査の結果に基づいて排水系統の計画、流量計算を行い、排水構造物を設計する。主要な構造物(橋梁、函渠等)及び舗装構造について複数案の比較検討を行い、最適案に対して基本形状を決定するために必要な概略設計計算を実施し、実施(詳細設計、施工監理、施工)に必要な概算事業費を算出する。それに基づく積算金額は閣議請議時に参考とされ、E/N(Exchange of Notes: 交換公文)における事業費の上限を決めるものとなるため、適正さを求められる。一方で道路の設計では、自然条件、交通条件、材料条件等に不確実性を有するものもあるため、十分な調査を行うと同時に状況に応じて仮定条件を明示する。



出典: JICA 調査団

図 2.9 協力準備調査で実施すべき調査及び道路設計の項目

## 2.3. 道路設計に必要な調査

### (1) 類似案件の事例調査

道路設計を実施するに当たり、隣接事業や交通条件、自然条件、および土地利用条件の類似した事業に採用されている設計/調査基準や工事仕様書等を入手する。また、現地実施機関の類似事業担当や関係するコンサルタントに対し、設計時の課題、問題点、および解決方法等についてヒアリングを実施する。工事実施中の参考となる事業があれば、あわせてヒアリングを実施し施工の問題を確認する。これらの情報を協力準備調査の計画・設計に反映させる。なお、無償資金協力事業の協力準備調査では、調査項目に「過去の類似案件および他ドナー・機関の援助動向の調査」が含まれるが、この調査内容は「規模、事業費、設計条件（設計速度、標準横断構成等）、実施スケジュール」等の一般的な情報の収集に留まっているものが多く、設計に必要な詳細情報が含まれていなかった。このことから、少なくとも表 2.7 に示す項目について、類似案件と協力準備調査の比較を実施し、調査結果の妥当性を確認する。

表 2.7 舗装設計の比較項目 (例)

大項目	小項目
事業概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土地利用・都市計画から見た交通の性格</li> <li>・ 道路網体系上の位置づけ</li> <li>・ 道路の位置（地形と周辺土地利用）</li> <li>・ 資金源</li> <li>・ 設計年、工事期間、完成年</li> <li>・ 道路延長、車線数（幅員構成）、設計速度</li> </ul>
道路設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適用設計基準（構造物、排水、舗装等）</li> <li>・ 車種別交通量および交通量の伸び率</li> <li>・ 適用基準及び設計法</li> <li>・ 荷重条件（構造物）</li> <li>・ 適用降雨強度及び確率年（排水）</li> <li>・ 設計期間、車種別軸重及び累積荷重（舗装）</li> <li>等</li> </ul>
施工時情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適用工事仕様書</li> <li>・ 資機材の調達、輸送</li> <li>・ 骨材、客土の調達</li> <li>・ コンクリートの調達</li> <li>・ アスファルト混合物の調達</li> <li>・ アスファルトの配合設計方法</li> <li>等</li> </ul>

出典：JICA 調査団

### (2) 道路インベントリ調査

道路インベントリ調査は、対象道路、及びその沿線状況を示す基礎資料となる。従来道路インベントリ調査では、道路を中心とした狭い範囲の情報を、主に表形式でまとめられることが多く、必ずしも十分に活用されていない場合がある。例えば、日本では「竹林のある場所は地下水位が高い」といわれるように、アフリカ地域においても「バナナの木がある場所は地下水位が高い」といわれている。また、地名からの判読や土地の古老へのヒアリングも有効である。このような情報も道路インベントリ調査結果に反映させることが望ましい。また、都市の谷部においてはゴミ捨て場として利用されていた場合があり、道路建設上は腐植土等の弱い地盤を形成している可能性がある。このような地歴の確認も道路インベント

リー調査に含まれる。これらの調査結果は、表形式による取りまとめだけではなく、測量で得られた地形図に調査結果を写真情報とともに記録として残し、さらに自然条件調査(例えば地質調査地点情報)の情報も加えることで、関係者が共有できる有効な資料となる。また、実施段階の詳細設計における情報も追加していき、最終的には入札図書の一部として応札者に提供することも考えられる。道路インベントリー調査は、表 2.8 に示す情報を得ることを目的に実施される。

表 2.8 主な道路インベントリー調査項目

調査項目	調査内容	調査方法
道路形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路の幅員構成(車道幅、路肩幅、歩道幅)</li> <li>構造物の形状(橋梁、函渠等)</li> <li>道路形状(盛土高、切土高、法面勾配)</li> <li>サグ及びクレスト</li> <li>交差(接続)道路や沿道乗り入れ部の形状</li> </ul>	目視 計測
地形(自然状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形(平地、丘陵地、山地等)</li> <li>交差河川</li> <li>道路の冠水状況</li> <li>湿地帯</li> <li>植生</li> <li>地歴</li> </ul>	目視 聞き取り
沿道状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形(平地、丘陵地、山地等)</li> <li>沿道(市街地、集落、耕作地、原野等)</li> <li>沿道の建物(家屋、店舗、学校、工場等)及び乗入れ</li> <li>道路用地の状況(確保されているか否か)</li> </ul>	目視 聞き取り
排水施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水施設の有無及び形状</li> <li>排水施設の状況(破損状況や土砂等の堆積)</li> <li>排水系統</li> <li>流末</li> </ul>	目視 計測 聞き取り
舗装の状態	<ul style="list-style-type: none"> <li>舗装の有無</li> <li>舗装の状態</li> <li>舗装の構成</li> </ul>	目視 計測 テストピット
公共施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>電柱や架空線の状況</li> <li>地下埋設物の状況</li> </ul>	目視 管理者への聞き取り
安全施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>信号機の状況</li> <li>交通標識の設置状況</li> <li>ハンプの設置状況</li> <li>区画線(横断歩道の設置状況等)</li> </ul>	目視 計測
その他情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>支障となる施設(例えば広告看板)</li> <li>車両の駐車状況</li> </ul>	目視 聞き取り

出典: JICA 調査団

### (3) 設計基準調査

現地調査の開始に当たり、コンサルタントは相手国の設計基準の他に、相手国の工事標準仕様書、地質調査、交通量/軸重調査、材料試験基準、測量調査等の現場調査に関する基準類を収集し、道路設計条件調査に必要な現場調査計画を作成する。作成された現場調査計画には、調査の数量(地形測量の面積等)、仕様(調査方法や手法)、適用基準を定めなければならない。また、国によっては調査に関する基準が定められていないことがあるので、この場合は類似案件に実績のある現地コンサルタントにヒアリングを行い、相手国の標準的な調査内容や仕様等を確認して現場調査計画を立案し、現地調査開始前に相手国の承認を得ることが必要である。また、日本の基準や AASHTO(米国全州道路交通運輸行政官協会: American

Association of State Highway and Transportation Officials) 等、複数の基準を使い分ける場合には、相互の整合性を確認しておく。

#### (4) 社会経済等調査

社会経済等調査とは、道路計画の3要件(地域特性、交通特性、ネットワーク特性)の内、地域特性とネットワーク特性を把握するとともに、道路の将来交通需要を予測するのに必要なデータを収集する作業を実施することである。交通需要の予測に際しては、社会経済状況の要因変化による需要の変化が大きいことから、交通需要を取り巻く社会経済要因や自動車交通需要の動向等について、多角的に考察する必要がある。

具体的には、貨物車交通の需要推計では、経済活動の影響が大きいことから、国内総生産、農/工業生産高、貨物車保有台数等が説明変数の候補となり、旅客交通の需要推計では、人口、所得、免許保有者数等が候補となる。また、港湾地区、工業地区、商業地区、居住地区等の土地利用状況も交通需要に大きな影響を与える。このように多岐にわたる交通データ、周辺関連データを可能な範囲で取り入れ、対象地域の社会経済指標の将来シナリオを設定した上で需要を把握することが重要である。表 2.9 に収集資料と指標の例を示す。

表 2.9 交通量の伸び率を予測するための資料と指標 (例)

将来計画・土地利用計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市/交通マスタープラン</li> <li>・土地利用図(現況/将来)</li> <li>・交通関連施設配置(現況/将来)</li> </ul>
社会・経済指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人口伸び率</li> <li>・就業者人口伸び率</li> <li>・国内総生産の推移</li> <li>・所得の推移</li> <li>・農/工業生産高の推移</li> </ul>
交通関連指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車保有台数の推移</li> <li>・大型車保有台数の推移</li> <li>・免許保有者数の推移</li> <li>・トラック輸送トン数の推移</li> <li>・港湾等の貨物取扱量の推移</li> </ul>

出典：JICA 調査団

#### (5) 交通調査

交通調査とは、道路計画の3要件(地域特性、交通特性、ネットワーク特性)の内、交通特性とネットワーク特性を把握する作業であり、道路交通に関するあらゆる計画、施策 策定の場面で必要な基本的な調査である。その場面は様々であるが、道路新設・改築計画、道路整備効果、交差点交通処理、交通安全対策、交通渋滞対策、道路環境対策、地域・地区制度計画、交通規制・運用、道路附属施設設置(道路安全施設、道路標識、情報提供施設等)などが挙げできる。交通調査は計画・施策立案の基本であり、それら計画・施策実施の評価を行う上で重要な役割を果たす。これらの場面における具体の交通調査の内容、項目は種々であり、調査結果はそれらの成果の判断に大きく影響する。適切な調査を実施する上で、調査項目の設定や調査箇所、調査手法の選定は非常に重要であり、調査工程や調査費用に与える影響も多大である。特に、調査範囲の設定については、対象道路の延長が長い場合や都市部では、転換交通量の有無等を考慮し広い範囲での調査が必要となる。表 2.10 に主な交通調査の項目を示す。

表 2.10 主な交通調査の内容と目的

交通調査		調査の方法と目的	無償資金協力事業での適用
交通量調査	単路部	単路部交通量調査は、対象道路断面における交通量特性を得ることを目的として実施され、必要な道路断面、調査時間および計測単位、車種別、方向別交通量を人手等により観測を行う。なお、自転車、歩行者の計測も実施する。車種分類については相手国の基準による。	無償資金協力事業の設計条件を設定するために、標準的に実施される調査である。
	交差点部	交差点部交通量調査は、交差点部において流入部別に車種別・方向別の自動車交通量及び横断歩行者・自転車等の観測を行い交通量の実態を得ることを目的に実施され、必要な流入部、調査時間、計測単位で方向別に車種別、自転車、横断歩行者の観測を人手等により行う。車種分類については相手国の基準による。横断歩道の利用者については、交差点前後の歩行者数も調査し、交差点利用者の動線を把握する。	対象事業に交差点改良が含まれる場合には、交差点の設計条件を設定するために、標準的に実施される調査である。
OD (起終点: Origin and Destination) 調査	路側 OD 調査	路側 OD 調査は、市境 (コードライン) や対象道路を通過する交通の起終点、運行目的等を調査することを目的として実施され、観測地点において通過する全対象車両に対し、聞き取り方式により調査を実施する。調査は原則として対象とする車種の全数調査とするが、やむをえず抽出調査を実施する場合は、統計処理上問題の無い抽出率を低限度とする。	道路網が密である都市部等で、道路整備等周辺ネットワークの変化により交通流が大きく変化 (転換交通量) することが想定される場合に実施される調査である。
	オーナーインタビュー OD 調査	オーナーインタビュー OD 調査は、自動車交通の起終点運行目的等を自動車保有者に直接調査することにより、自動車の利用実態、道路交通の特性等を把握し、今後の道路の計画、建設、管理等についての基礎資料を得ることを目的として実施される。	オーナーインタビュー OD 調査は、調査/分析期間が長く、調査費用が高くなることから、無償資金協力事業で実施されることは無い。
旅行速度調査		旅行速度調査は、ある地点間の走行所要時間を調査することにより、地点間のボトルネックや渋滞状況を把握することを目的に実施され、調査区間について走行試験車走行による速度調査により、交差点又は一定距離ごとの所要時間と信号、渋滞等による停止時間を必要な調査時間帯において計測する。	主に道路の整備前/整備後の効果を確認するために実施される調査であり、旅行速度向上効果が高い場合に調査を実施する。その他、舗装の路面設計の条件として計測が必要な場合がある。
駐車状況調査		駐車状況調査は、道路上の駐車実態を確認するものであり、路上駐車車両が交通事故の危険性の増加、道路交通容量の低下等の要因である場合には、適切な駐車施設の提供を検討するための基礎資料とすることを目的に実施される。	路上駐車車両が交通問題の原因となり得る場合に実施する。特に、都市部や CBD (中心商業地区: Central Business District) においては必須の調査項目であると考えられる。

出典: JICA 調査団

## (6) 軸重調査

舗装設計では、設計期間内の累積等価軸重に対して破損しないように設計するものが主流である。軸重調査とは、この累積等価軸重の算定の基礎データとなる「舗装設計対象車両 (主に大型車)」の破壊係数を求める調査である。軸重調査は原則実施するが、直近で流用可能な軸重調査結果や常時観測地点のデータを利用することもできる。過積載車両は、過積載の計測が実施されていない夜間に通過することが多い。このため、通常の調査 (昼間時のみ) では過積載車両を調査結果に反映できず、大型車の破壊係数を過小評価しがちであることから 24 時間調査が好ましい。また、道路の上下線において車両の積荷の質 (重さ) が異なる場合があるので、同一路線であっても上下線それぞれで調査を実施する。なお、この等価軸重換算係数は、先述の車線数決定のための乗用車換算係数とは異なるものであり、計測する車種区分も交通調査とは異なるので注意が必要である。





軸重観測所での観測状況



ポータブル型計測機器

出典：JICA 調査団

写真 2.1 軸重調査の状況 (例)

## (7) 自然条件調査

自然条件調査とは、道路の設計を実施する上で必要な自然条件を調査することであり、測量調査、地質調査の他、気象調査や水文調査で構成される。

### ① 測量調査

測量とは、山や川といった自然の地形、家、道路などの構造物のお互いの位置関係を正確に測ることであり、地球上の諸点の相対位置を定め、地形・地物を縮尺化表現図示して、地図や図面を作成する作業である。測量調査で得られた地図や図面にに基づき、道路設計等が実施されるため目的に対して求められる精度を確保することが重要である。

表 2.11 測量調査の概要

調査名	調査内容
基準点測量	基準点測量は、測量業務を行うにあたり基礎となる位置又は標高を定める作業で、基準点を設置する基準点測量と水準点を設置する水準測量に区分される。基準点測量は、電子基準点、既設基準点等に基づき、新点である基準点の位置を定める。観測にはトータルステーション等を用いて、関係点間の角度、距離を求める作業や、人工衛星からの電波を受信し、位相データを記録する作業がある。水準測量は、既設水準点に基づき、観測にはレベルやトータルステーション、標尺を用いて関係点間の高低差を観測し、新点である水準点の標高を求める。2点以上の既知点を直接結合させる直接水準測量が一般的に実施される。
地形測量	地形測量とは、設計に必要な地形図を作成する作業のことであり、その方法により一般に平板測量と空中写真測量とに分けられる。地形測量において、地形図等の縮尺が 1/1000 以上の場合には現地測量によって、1/2500 以下の場合には写真測量によって行うことを日本では標準としている。 現地測量は、現地においてトータルステーションや GNSS (全球測位衛星システム: Global Navigation Satellite System) 測量機等を用いて、地形地物等を測定し、数値地形図データを作成する。近年は電子平板方式として、観測した点をタブレット型コンピューターを用いて、現地で図形表示しながら計測及び編集を直接行う方法もとられている。 従来は有人飛行機で実施されてきた空中写真測量をドローンで実施する方法も最近では行われている。計測された点を展開し、同じ高さを結んだ線が等高線、同じ属性を持つ点を結んだものが建物等になる。最終的に図化されたものを平面図(地形図)と呼ぶ。協力準備調査で使用される地形図の縮尺は一般的に 1/1,000 が用いられるが、細部の検討が必要な橋梁や交差点の場合、1/500 の地形図が用いられることもある。
路線測量	中心線測量、仮 BM (ベンチマーク: Bench Mark) 設置、縦断測量、横断測量までの一連の測量を総称して路線測量という。最近ではトータルステーション (GPS (全球測位システム: Global Positioning System) を用いた3次元測量) を用いた測量が主流であり、既存道路の縦断方向と横断方向 (一般的に20m ピッチ) のデータも地形測量時に併せて計測し地形を三次元化する。この三次元地形図を用いて、任意の個所で縦断と横断を自動で取得することができるため、厳密な路線測量を実施しないこともある。

出典：JICA 調査団

## 👉 ドローン測量

衛星や航空機などによって行われていた航空写真測量が、ドローンの登場により大きく変化している。これまで航空写真測量をするためには、航空測量事業者に依頼し、日程の調整、高額な費用などが必要であったが、空撮測量ドローンを使うことで簡単にできるようになってきた。測量用ドローンの最大の長所は、機材を乗用車に積み込み現場に移動し、自らのスタッフだけで簡単に撮影できることである。撮影されたデータは即パソコンに取り込み3次元点群データ、オルソ画像を作成、データ解析により3次元地形モデルを作成することができる。

点群データ: 「ドローンで空中から取得したXYZ軸の情報」である。ドローンが気圧計などから取得する高度情報とGPSやGLONASS(ロシアの人工衛星を利用した測位システム)の人工衛星から取得する位置情報を光学カメラやレーザー測距装置で捉えたデータと組み合わせることで、位置情報をもつ「点の群れ」を形成する。このデータを専用ソフトで加工することで、地点Aから特定の地点Bまでの距離の計測や盛土の体積算出、3Dモデル作成、図面作成、出来形管理などが可能となる。

オルソ画像: ドローンで空から撮影した複数枚の写真を組み合わせ、傾きや歪みを配して正確な位置と大きさに表示されるように補正した写真をオルソ画像と呼ぶ。直接的な意味での「測量」とは異なるが、ドローンによる点群データの取得とあわせて撮影されることがある。

出典: <https://viva-drone.com/drone-uav-surveying/>, <https://enroute.co.jp/solutions/surveying/>

## ② 地質調査

地質調査とは、計画道路が通過する地点の地質状況を把握するために実施される。地質調査は、既存の文献や現場で土や岩の露頭状況を確認する地質概査、及び現場から試料を採取して試験を実施する土質試験の2つの調査によって構成される。土質試験は、さらにその目的によって物理試験、力学試験、化学試験などに分類され、舗装構造を決定する上で最も重要な路床の調査は、土質調査の力学試験に分類される。

表 2.12 地質調査の概要

調査名	調査内容
土質試験	土木工事の主要な工種に土工があり、土の掘削、運搬、敷均し、盛土及び締め固めを行う作業である。土工の材料は「土」であり、土はその生成内容や生成場所によって性質が異なる。このため、工事の目的に合った性質の土を使用することが重要である。この目的に合った土の性質を確認するために土質調査・土質試験を実施する。土の性質を知る土質調査・試験には、土木工事で行われる現場で行う原位置試験と、その場で採取した土資料などを持ち帰り、実験室でその土資料を使って試験する室内試験とがある。
材料試験	材料試験は土質試験の一部であり、盛土や路床の材料となる「土」の試験、コンクリートや舗装の材料となる「骨材」の試験等がある。調査結果では①試験結果、②材料基準を満足する材料の有無、③採取可能場所、④可能な採取量が報告される。施工段階で予定の材料が確保できなければ輸送距離と輸送コストが増加し、予定の仕様を満たす材料が無ければ改良コストが増加し、それぞれ設計変更につながるリスクがある。

出典: JICA 調査団

## 👉 原位置試験

土木工事の条件は、現場によって大きく異なることから、現場での調査・試験が重要となる。この現場で実施する試験を原位置試験という。原位置試験の中でも最も基本的かつ標準的な調査方法として、広く利用されているのがSPT試験(標準貫入試験: Standard Penetration Test)であり、標準的な地盤指標(N値)を求め、試料を採取することを主な目的としている。

## 👉 室内試験

土の粒度など、現場では測定できない性質を知るために、試料を採取して持ち帰り室内試験を行う。この試料採取をサンプリングという。サンプリングを行う際、試験の目的によって、土を原位置における状

態を保持して採取する場合と、保持されていなくても良い場合がある。前者を「乱さない土」後者を「乱した土」と称する。舗装設計で使用される CBR (シービーアール: California Bearing Ratio) 値は、室内 CBR 試験によって求められる。

表 2.13 サンプルング方法

サンプリング土	サンプリングの方法	調べる性質
乱した土	スコップなど(地盤の浅いところから採取) ハンドオーガー(地盤の浅いところから採取) 標準貫入試験用サンプラー	土の物理的性質 (粒度、液性限界、塑性限界、土粒子の密度など)
乱さない土	ブロックサンプリング(地盤の浅いところから採取) サンプラーによる採取(地盤の深いところから採取) 凍結サンプリング(砂や礫質土の採取)	土の力学的性質 (土の圧縮性、強さなど)

出典: [www.mizunotec.co.jp/index.html](http://www.mizunotec.co.jp/index.html)

### ③ 地形および地表調査

一般に地形および地表面の状況に関しては、現地踏査を行うことによって、地図の判読からだけでは得られない詳細な資料を得る。例えば、集水区域内の地表面の状況や傾斜、あるいは周辺地域の開発などの人為的な要因による地表状態の変動等である。また、特に山岳地などの傾斜地で道路を設計する場合は、斜面の状況を把握することが重要である。さらにのり面排水、地下排水のためには、地すべり、崩壊の有無、斜面の浸食状況、植生の状況などを調査することも重要である。

### ④ 地下水/地下排水調査

地下水に関する調査は、既往文献や現地踏査によりその概要を把握した後、必要に応じてボーリングやテストピットなどによって地下水位、地下水の動きを調査する。地下排水施設、のり面排水施設、及び擁壁など構造物の排水施設の設計にあたっては、湧水の状況、透水層の位置と透水係数および不透水層の深さなどを調査しておかなければならない。特に、地下水は路床、路盤の軟弱化による支持力不足に関わる重要な情報であるが、実務上の課題として、雨期及び乾期に渡る調査においても、現実的には地下水の状況を把握することは容易ではない。このため、工事期間中のモニタリングを通して、必要な対策工を実施していくことが必要である。写真 2.2 の事例は、無償資金協力事業の事例ではないが、アフリカ地域で実施された道路工事である。以下の写真の区間は湿地帯 (Swamp) であるが、当初の想定よりも軟弱地盤の改良範囲と深さが大きくなり、事業費が大幅に増加した。地質調査結果では、地下水位は低く軟弱地盤はないと報告されていたが、施工段階で掘削を始めたところ、地下水と軟弱地盤が存在した。



出典: JICA 調査団

写真 2.2 施工時に発生した湧水

このような調査不足による工事費の増加事例が国内で多数発生していたことから、事業の対象国であるウガンダでは、地質調査のガイドライン(案)作成の検討が実施された。以下は、ガイドライン(案)に記載される湿地帯部における調査方法、及び調査間隔に関する記載(案)である。

#### **Draft Guideline for Site Investigation at Design Stage (Uganda)**

##### **Sampling in Swamps**

•What tests do you propose for water logged/marshy lands? Options include boreholes or Hand Auger sampling at possibly 50m intervals along the road alignment. This is necessary to identify the extent of the swamp and depth of possible problem soils, as well as identify possible areas with potential expansive clays.

地下排水調査は、道路の隣接地域や路面から路盤及び路床に浸透してくる水(降雨)をできるだけ短時間に排水し、路面下の地下水位を低下させることにより舗装等を良好に維持することを目的として実施される。特に、切土区間、切盛り区間の山側で地下排水不良による舗装破損が発生しやすいので注意しなければならない。また、擁壁、のり面などの破損防止、あるいは地すべりの対策としても有効であり、道路の縦横断勾配を利用して路盤、路床および路体内の地下水を所定の水位まで排除するように計画される。地下排水を適切に計画するには、地下水および地形、地質などの調査を十分行うことが大切であり、調査はボーリング等をはじめとした広範な土質調査の結果と地形、地質の知識を総合して地下水の状態を判断しなければならない。また、地下水と道路との関係については、道路の近傍のみでなくかなり広範囲に影響があることを認識する必要がある。

#### **⑤ 表面排水／湧水調査**

現況の表面排水(水路系統)及び湧水調査は、排水施設の設計において現況水路と道路排水の整合を保つことや、盛土の安定あるいは切土のり面の安定を図るための資料を得ることを目的とする。地下に浸透した水の移動は非常にゆっくりと移動するため、地表からの排水がとても重要である。したがって、現況用排水路の種別、流下方向、水路構造の種類と断面寸法、水路の利用状況などの調査を行い、さらには、斜面等からの湧水や湿地帯の分布調査も実施し、適切な排水システムを確保する。

#### **⑥ 気象調査**

気象調査は排水施設の計画や、排水施設の構造、規模を決定する場合の基本となる他、舗装設計(路面設計、構造設計、舗装排水)にも重要な情報である。気象調査では、計画地域付近の降雨量、降雨日数、気温、凍結状況などについて調査する。

#### **(8) 支障物件及び埋設物調査**

支障物件及び埋設物調査とは、道路の建設に支障となる電柱、照明、墓地、看板等の目に見えるものの他、水道管、ガス管、通信線等の埋設物の位置、延長、移設計画、撤去／移設費用の算出を行う調査である。特に、地方部の道路については、道路脇の森林区域に墓地がある場合があるので、地域の住民へヒアリングを十分に行うことが必要である。また、これら支障物件の撤去／移設は、相手国政府の負担事項であるため、工事工程のクリティカルとしないようにすることが重要である。このため、相手国政府の実施機関と同様に物件の管理者とも協議を行い移設手続き、移設費用、維持管理方法について確認すること

が重要となる。なお、調査の対象は既存の支障物件のみならず、将来的な計画についても把握し道路設計に反映させることが必要である。表 2.14に主な支障物件を示す。

表 2.14 支障物件の例

位置	支障物件
道路沿い (目視確認可能)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電柱 (架空線含む) や照明 (街路灯)</li> <li>・ 信号機制御施設 (交差点部)</li> <li>・ 公共水栓 (公共水道) 及び井戸</li> <li>・ 看板</li> <li>・ 墓地</li> <li>・ 御神木等地域住民が大切にしているもの</li> </ul>
地下埋設物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上/下水道</li> <li>・ ガス管、電線 (電気)</li> <li>・ 通信線 (光ファイバー含む)</li> </ul>

出典：JICA 調査団

### (9) 施工能力調査

協力準備調査段階では、現地政府からの聞き取り等によって、対象とする道路工事を実施する能力を持つ地元建設会社にヒアリング調査を行い、協力会社としての施工能力等を確認する。実施すべきヒアリングの内容は表 2.15のとおりである。

表 2.15 地元建設会社へのヒアリング項目

調査項目	現地調査にて得るべき情報
企業の能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 受注高、完工高等、道路工事の施工実績</li> <li>・ 職員数 (技術者数)</li> <li>・ 施工に関する資格保有者数</li> <li>・ 保有資機材</li> <li>・ 標準的な工事の管理体制</li> <li>・ 施工中、又は完了した工事の品質確認 (現場調査の実施)</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 道路工事以外の施工実績</li> <li>・ 標準的な工事単価</li> </ul>

出典：JICA 調査団

### (10) 材料調達事情調査

材料調達事情調査とは、施設の建設に必要な資材 (鉄筋、セメント、砕石等) の調達が可能であることを裏付ける調査である。資材の内、コンクリートや舗装に使用される骨材、道路を構築する際の土等は、現地での生産、調達が一般的である。これらの現地で生産する資材にも、使用目的に応じて必要な仕様 (強度など) が定められていることから、材料試験 (物理試験、力学試験、化学試験など) 等による仕様を満たす材料の入手可能性、十分な賦存量の確認が必要である。また、調達予定の資機材の輸送経路の確認も材料調達調査に含まれる。さらに、現地のコンクリートやアスファルトプラントについても、経済性等から現地プラントの利用が合理的である場合には価格のほか、品質管理の観点から品質試験の結果と併せ、品質管理の方法について調査を行う。

## 2.4. 道路の幾何構造設計

### (1) 設計車両

道路の構造設計を行うにあたり、自動車の寸法やその性能は、幅員構成、曲線部の拡幅、交差点の設計、縦断勾配、視距等に影響する。道路設計の基準となる自動車の設計車両は表 2.16 のように各基準に定められている。AASHTO（米国全州道路交通運輸行政官協会：American Association of State Highway and Transportation Officials）Geometric Design Highway and Streets<sup>[2]</sup> では、設計車両として 20 車種が規定されている。

表 2.16 設計車両の諸元 (例)

設計車両*	諸元 (単位：m)	長さ	幅	高さ	前端ハブ-ハング	軸距	後端ハブ-ハング	最小回転半径
	設計車両							
道路構造令 <sup>[1]</sup>	小型自動車	4.7	1.7	2.0	0.8	2.7	1.2	6.0
	小型自動車等	6.0	2.0	2.8	1.0	3.7	1.3	7.0
	普通自動車	12.0	2.5	3.8	1.5	6.5	4.0	12.0
	セミトレーラ連結車	16.5	2.5	3.8	1.3	前軸距：4 後軸距：9	2.2	12.0
SATCC 幾何構造 基準 <sup>[4]</sup>	Passenger Car (P)	-	1.8	-	0.7	3.1	1.0	6.8
	Single Unit (SU)	-	2.5	-	1.2	6.1	1.8	10.0
	Single Unit + trailer (SU+T)	-	2.5	-	1.2	6.7+3.4+6.1	1.8	11.0
	Single Unit Bus (BUS)	-	2.6	-	2.1	7.6	2.6	11.5
	Semi-trailer (WB-15)	-	2.5	-	0.9	6.1+9.4	0.6	11.0

出典：JICA 調査団

### (2) 車道幅員

車道部を構成する各構成要素の幅員は、構成要素の目的（車道は車両の通行する部分、路肩は車両の通行に必要な側方余裕など）と、道路の種類、交通量、設計速度等から決められる。道路構造令<sup>[1]</sup>では道路の構成要素のそれぞれの幅員について標準値が定められている。車道を構成する車線幅員は概ね一般国道では 3.0～3.5m、高速自動車国道では 3.5m となっている。AASHTO では、自動車専用道路（Freeway）で 12 feet（3.6m）、その他の道路は 9 feet～12 feet（2.7m～3.6m）の間で車線幅員を設定することとしている。また、13ft（3.97m）を超える広い車線幅員は並列走行により交通事故を招くおそれがあり、好ましくないとしている。SATCC（南部アフリカ運輸・通信委員会：Southern Africa Transport and Communications Commission）では、通常車線幅として 3.1m、3.4m、3.7m を適用しており、車道幅員が 3.6m 以下の交通事故率が高いというデータに基づき、3.7m の車道幅員を推奨している。ただし、交通量や沿道の状況により 3.4m や 3.1m の車道幅員の採用も認めている。このように、車道幅員の考え方は基準によって異なるため、相手国の基準と適用条件を十分に確認することが重要となる。一例として、タンザニアの幾何構造基準に示される幅員の基準を表 2.17 に示す。

表 2.17 タンザニア幾何構造基準による幅員基準の例 (舗装道路)

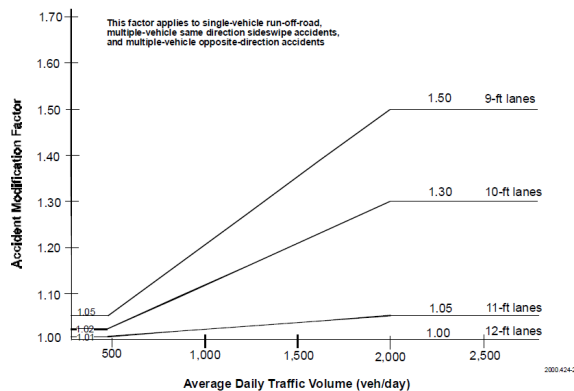
設計区分	道路用地 (ROW)	道路幅	車道幅員			路肩幅	中央分離帯幅
			幅	1 車線幅	車線数		
DC*1	60m	28-31m	2 x 7.0m	3.5m	≥4	2 x 2.5m	9-12m
DC2	60m	11.5m	7.5m	3.75m	2	2 x 2.0m	
DC3	60m	11.0m	7.0m	3.5m	2	2 x 2.0m	
DC4	60m	9.5m	6.5m	3.25m	2	2 x 1.5m	
DC5	60m	8.5m	6.5m	3.25m	2	2 x 1.0m	

\*DC : 設計クラス (Design Class)

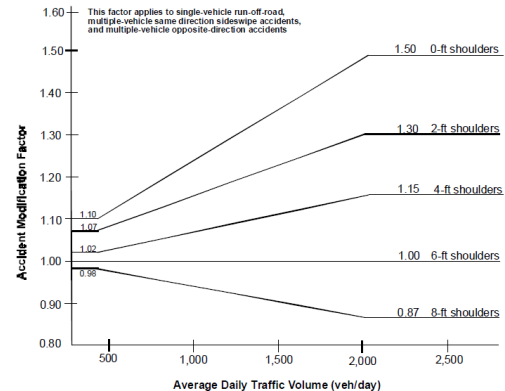
出典 : Road Geometric Design Manual 2011<sup>[15]</sup>, Tanzania

👉 車線幅員と交通事故の関係

FHWA (米国連邦高速道路局 : Federal Highway Administration) が 2000 年に発行した道路の事故予測に関する報告書 (Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways<sup>[16]</sup>) によれば、車道幅員が 12 feet (3.6m) より狭い場合に AMF (事故修正係数 : Accident Modification Factor) が大きくなり、車道幅員が 9 feet (2.7m) の場合には 12 feet の車道幅員に比べ 1.5 倍の事故修正係数となっている。また、同様に路肩幅員についても報告があり、6 feet (1.8m) の路肩幅に対して、路肩幅が 2 feet (1.2m) の場合で 1.3 倍、路肩が無い場合は 1.5 倍の事故修正係数となっている。



車道幅員と交通量の関係による事故係数



路肩幅員と交通量の関係による事故係数

出典 : Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways, NO. FHWA-RD-99-207<sup>[16]</sup>

図 2.10 道路の幅員と交通量による事故係数

👉 AMF (事故修正係数 : Accident Modification Factor)

AMF は、事故予測モデルで使用される幾何構造や交差点の安全性への影響を示す係数であり、幾何構造では車線幅員、路肩幅員、平面/縦断線形等、交差点では交角、制御方法、右左折車線等が影響変数として用いられる。基本値 (標準的な採用値) の AMF の値は 1.0 (図 2.10 では車線幅員 12ft、路肩幅員 6ft をそれぞれ 1.0 としている) とし、1.0 より大きい値の場合は事故発生 の程度が高く、1.0 より小さい値の場合は事故発生 の程度が低いと評価される。このモデルは、FHWA の HSIS (道路安全情報システム : Highway Safety Information Systems) から得られた、ミネソタ州の約 1,130 km の 2 車線道路の 5 年間の事故データ (1985-1989) と、ワシントン州の 850 km の道路の 3 年間の事故データ (1993-1995) によって分析された。

### (3) 路肩

路肩の主な機能は、走行上の側方余裕と故障車等の駐車スペースであるが、都市部や郊外を除く地域では、舗装された広い路肩が歩道の代わりに歩行者や自転車の移動空間を提供するのに適している場合がある<sup>1</sup>という報告もある。AfDB (アフリカ開発銀行: African Development Bank) の「ROAD SAFETY MANUALS FOR AFRICA<sup>[17]</sup>」では、車道を逸脱した車両の復帰スペースとしては利用できるが追い越しに利用されない程度の幅の舗装路肩を推奨している。このように、路肩の幅については、沿道状況や歩行者の利用状況等を総合的に勘案して決定しなければならない。



出典: JICA 調査団

写真 2.3 歩行者の路肩 (未舗装) 利用

なお、路肩を歩行者・自転車空間としても利用することを想定する場合については、歩行者・自転車空間と車両通行空間(車道)を明確に区分するという設計上の基本方針を守ることが重要である。このためには、歩行者・自転車が車道に出ることなく路肩上を円滑に通行できるよう十分な広さを確保するとともに表面を舗装することが重要である。一方、車両が路肩を車道と誤認して本来の車道を逸脱して路肩に進入することのないよう、一般的に路面の高さを車道と路肩で変えることが行われるが、基本的な対策として車道の路側に区画線を設置するとともに、その有効性が多く報告されているランブルストリップや速度抑制標識の設置、その他路側を通行する歩行者、自転車の安全対策を検討することが推奨される。また、このように歩行空間・自転車空間として舗装された路肩については計画期間にわたって機能を確保するよう、車道と同様の維持管理が必要である。

歩行者の安全性確保という点から路肩について配慮すべき事項を以下に示す。

- 車と歩行者が同じ断面を共有する設計速度の高い幹線道路においては安全性の評価を十分に行う。
- 地方部であっても、部分的に集落を通過したり、集落の周辺を通過したりする場合、あるいは学校や医療施設などの人が集まる施設の周辺では積極的に歩道などを設置する。
- 周囲に集落等がないことから路肩を歩行空間とする場合でも、途上国では歩行者が幹線道路上を長距離移動することが一般的であることを踏まえ、歩行の危険性を増大させないよう、路肩を広くとる、舗装する、歩行者が通行していることを運転手に注意喚起する標識などを適切に設置するなどの歩行者安全のための対策を行う。

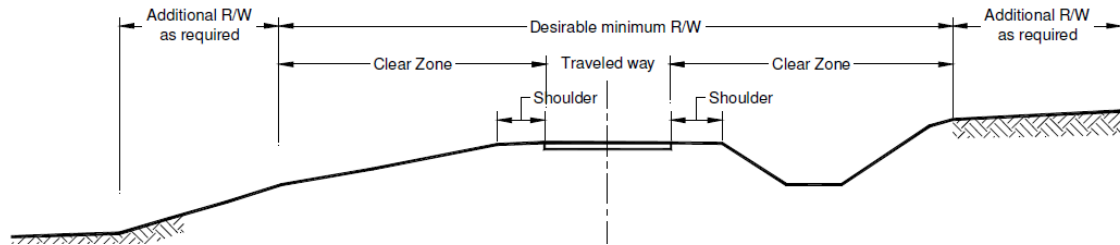
#### 📁 ROW (道路事業用地: Right-Of-Way) と COI (工事影響範囲: Corridor Of Impact)

ROW は「道路が置かれている、または配置される、特に道路管理者の許可なしに他の工事や建設を行うことができない、公道の提供のために道路管理者に法的に授与された土地。道路保護区の幅は、中

<sup>1</sup> PEDESTRIAN SAFETY, A ROAD SAFETY MANUAL FOR DECISION-MAKERS AND PRACTITIONERS<sup>[19]</sup>, WHO (世界保健機関: World Health Organization)



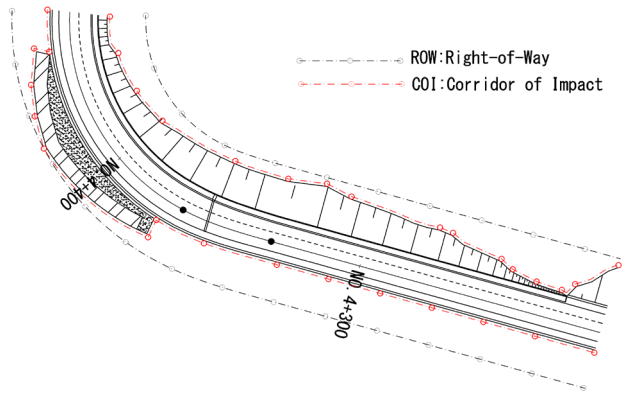
心線に対して直角に測定される (Tanzania 幾何構造基準) と定義される。ROW は、すべての断面要素を含む最終的に計画された道路に対応し、道路の安全性、運用、外観を向上させるために、公道用地または道路保護区によって構成されるため、道路の横断面の幅員を合計した幅とは異なる。



出典 : Road Design Manual Volume I Geometric Design 2010<sup>[18]</sup>, Uganda

図 2.11 ROW の概念図

この ROW に対して、道路の影響範囲 (建設範囲) のみを対象とした幅に COI という概念があり、都市部などで ROW での用地取得が難しい場合には、この COI を用地取得の対象とすることもある。ROW は、私的な利用を制限する道路区域であり、かつ将来的な拡幅等も見越した幅であると解釈され、日本の都市計画道路 (都市計画決定された道路) のように、道路の中心線に対して平行に設定されるのに対して、COI は道路の影響範囲のみを道路用地とするもので、日本では都市計画道路を除く道路に適用される。



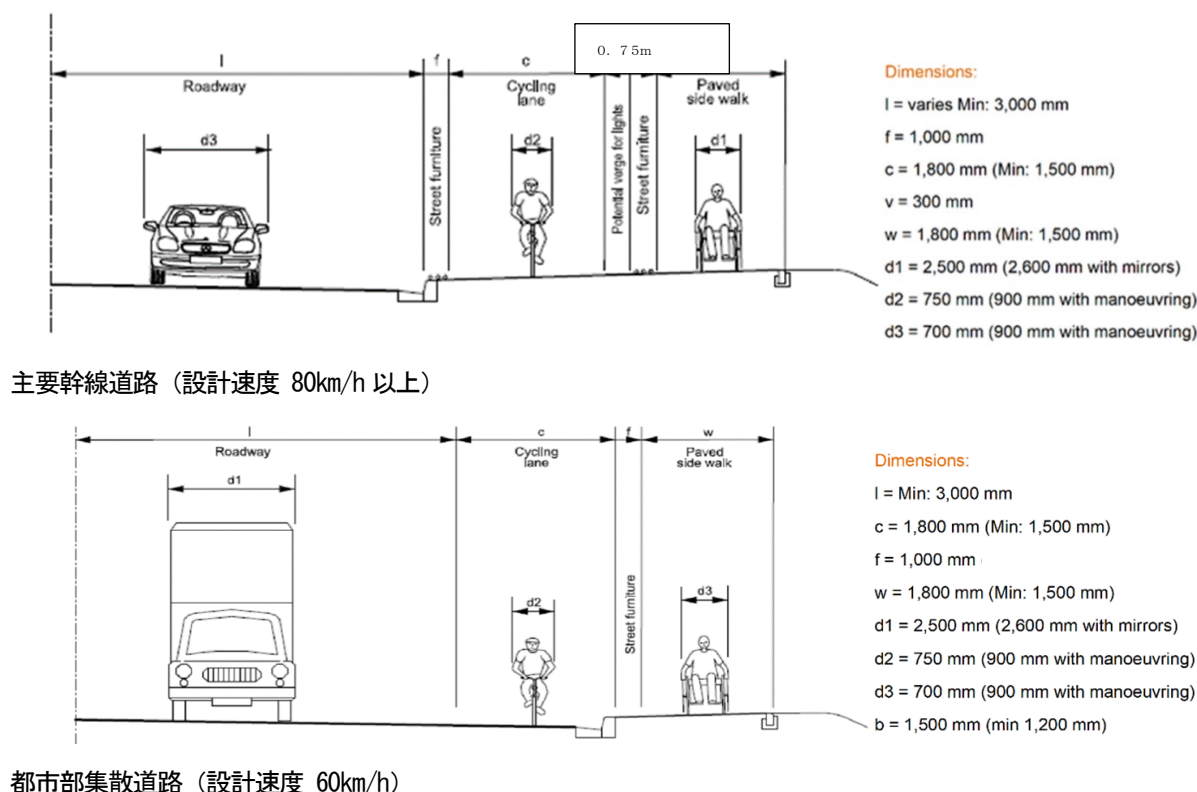
出典 : JICA 調査団

図 2.12 ROW と COI の概要図

#### (4) 自転車・歩行者道

日本の道路構造令<sup>[1]</sup>では、自転車道の幅員は 2.0 m 以上、自転車歩行者道の歩行者が多い場合は 4.0 m 以上 (その他は 3.0 m 以上)、歩道の歩行者が多い場合は 3.5 m 以上 (その他は 2.0 m 以上) となっている。なお、道路交通法上は、自転車歩行者道という定義はなく、歩道として扱われる。平成 24 年 11 月には、国土交通省道路局と警察庁交通局が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン<sup>[20]</sup>」を作成し、「自転車は『車両』であり車道通行が大原則」という観点に基づき、自転車通行空間として重要な路線を対象とした面的な自転車ネットワーク計画の作成方法や、交通状況に応じて歩行者、自転車、自動車が適切に分離された空間整備のための自転車通行空間設計の考え方等について提示した。また、開発途上国を含む海外においても、歩行者と自転車を分離した道路整備が推進されており、AASHTO では、幾何構造基準とは別に歩道と自転車道の基準<sup>[21]</sup>をそれぞれ作成している。南アフリカでも幾何構造基準とは別に「NMT (非動力交通 : Non-motorized Traffic) Facility Guidelines 2014<sup>[22]</sup>」を策定した。タンザニアでは NPRA (ノルウェー公共道路局 : Norwegian Public Roads Administration) の事例を参考に歩道と自転車道に関する基準を幾何構造基準<sup>[15]</sup>の中に記載している。

なお、車道の場合は将来交通量を基本に幅員等を決定するが、歩行者・自転車についても現況交通のみではなく将来の動向を見据えて設計すべきである。



出典 : NMT Facility Guidelines 2014<sup>[22]</sup>, South Africa

図 2.13 歩行者・自転車道の配置概念図

## (5) 設計速度

設計速度とは、日本の道路構造令<sup>[1]</sup>では「道路の設計の基礎とする自動車の速度をいう」と規定されている。つまり、「道路の構造を検討し決定するための基本となる速度」であり、道路の線形要素と直接的な関係をもつほか、車線、路肩等の幅員を決定する直接の要因である道路の区分の考え方にも、設計速度の概念が導入されている。この設計速度の概念については世界的にはほぼ同様であり、道路の規格、計画交通量及び地形によって決められる。

### 👉 設計区間

設計区間とは、道路構造令<sup>[1]</sup>において「道路の存する地域および地形の状況ならびに計画交通量に応じ、同一の設計基準（設計速度）を用いるべき区間であり、同一の道路区分を適用する区間である。短区間ごとに設計区間を変えたり、あるいは運転者が予期しない場所で設計区間の変更を行ったりすることは、運転者を混乱させ、交通の安全上も好ましくない。また快適性も損ねることになるため、1つの設計区間はできるだけ長いことが望ましい」とされている。日本の道路構造令<sup>[1]</sup>では、最小の設計区間長の概ねの基準を道路の区分別に表 2.18 のように定めている。この最小設計区間長の考え方は、海外の基準に無い場合が多く、非常に短い区間で設計速度を変更する場合がある。このような場合には「Substandard」区間として、標識等の安全施設で交通の安全性を確保することとしている。

表 2.18 設計区間長の概ねの指針

道路の区分	標準的な最小区間長	やむをえない場合の最小区間長
第1種、第3種第1級、第3種第2級	30~20km	5km
第2種、第3種第3級、第3種第4級	15~10km	2km
第4種	主な交差点の間隔	

※第1種は、地方部の高速自動車国道及び自動車専用道路、第2種は、都市部の高速自動車国道及び自動車専用道路、第3種は、地方部のその他の道路。級は計画交通量と地形(平地部、山間部)によって区分される。

出典：道路構造令の解説と運用<sup>1)</sup>

(6) 幾何構造設計(平面/縦断設計)

道路設計のうち、交通運用に直接寄与するのは、幾何構造設計と各種交通施設設計であるが、これは自動車の運動力学的特性と、これを運転する運転者および歩行者の人間工学的特性の両者を基礎として行われる。一般に幾何構造の最小値の規定は、自動車特性および人間特性の個々の条件によって定められる。例えば、最小視距(視認距離)は自動車の機械的停止距離と運転者の反応時間の総和から求められている。また最小曲線半径は自動車の力学的特性から求められている。表 2.19 に「道路構造令<sup>1)</sup>」に定められている幾何構造に関する主な基準項目を示す。なお、幾何構造設計で「特例値」や「最小値」を使用する事例が多く見られるが、幹線道路の安全性、円滑性を保つためには「望ましい値」又は「標準値」の使用を第一に考慮すべきである。無償資金協力事業で使用例の多い設計速度 60km/h、及び 80km/h の基準値(道路構造令<sup>1)</sup>と SATCC) を第 6 章の参考資料に示す。

表 2.19 道路幾何構造基準の主な項目

項目		単位	備考		
平面線形	平面曲線半径	望ましい値	m	車道の屈曲部のうち緩和区間を除いた部分	
		最小値			
		特例値			
	曲線長	最小値	m	車道の曲線部の中心線の長さ(当該曲線部に接する緩和区間が曲線形である場合においては当該緩和区間の長さを加えた長さ)	
		特例値	m		
	緩和曲線	緩和曲線長	m	直線部から曲線部、または大円部から小円部に円滑に自動車が行くために設けられる緩和曲線区間(例:クロソイド曲線)	
		緩和曲線省略半径	m		
逆勾配を許す曲線半径	2.0%(標準横断勾配)	m	曲線半径が大きくなるにつれて遠心力が小さくなることから、片勾配を逆にする(逆片勾配)ことを許す限界曲線半径		
	1.5%(標準横断勾配)				
縦断線形	縦断勾配	標準最急値	%	道路の上り、又は下りの勾配	
		特例値			
	縦断曲線半径	凸	望ましい値	m	道路の縦断勾配が変化する箇所において、運動量の変化による衝撃の緩和および視距の確保のために挿入される曲線、およびその長さ
		凹	望ましい値		
			最小値		
縦断曲線長		m			
最大片勾配		%	道路の曲線部において、横断方向にも安定して走行するための道路横断方向の勾配		
合成勾配		%	縦断勾配と片勾配、又は横断勾配とを合成した勾配		
視距	制動停止視距	m	前方の同一車線に故障車などの対象物を認めた場合に、ブレーキをかけて停止するために必要な距離		
	追い越し視距	m	対向2車線道路を走行する自動車に追い越しの機会を与えるために、必要な見通しを確保した距離		
建築限界		m	道路に対して建築物を設置してはならない高さ方向のクリアランス		

出典：JICA 調査団

また、平面線形と縦断線形の組み合わせの検討を実施する際には、①平面線形と縦断線形を総合した立体的な線形として検討すること、②視線誘導と排水処理を確保できる組み合わせとする、ことが重要であり、その組み合わせの基本は以下の3点である。

- 平面曲線と縦断曲線を重ね合わせる
- 平面曲線と縦断曲線との大きさの均衡を保つ
- 適当な合成勾配の得られる線形の組み合わせを選ぶ

平面線形と縦断線形の組み合わせについては、3D モデル等を利用した照査が有効である。図 2.14 は、同じ曲線半径を使用したカーブにおける下り勾配と上り勾配の見え方の違いである。下り勾配は、見通しが良く曲線も小さく見えるため安全性が高いが、上り勾配は見通しが悪いにもかかわらず、曲線が大きく見えることから速度が上がる傾向にある。つまり、3D を用いれば、このような交通安全上の問題を把握し、設計段階で対策を講ずることが可能となる。



下り勾配と曲線：見通しが良く、曲線も小さく見える。

上り勾配と曲線：見通しが悪く、曲線も大きく見える。

出典：JICA 調査団

図 2.14 3D による目の錯覚の検証

### 👉 合成勾配

縦断勾配と片勾配とを合成した勾配を合成勾配といい、路面の最急勾配となる。その大きさは式 2.1 によって求められる。

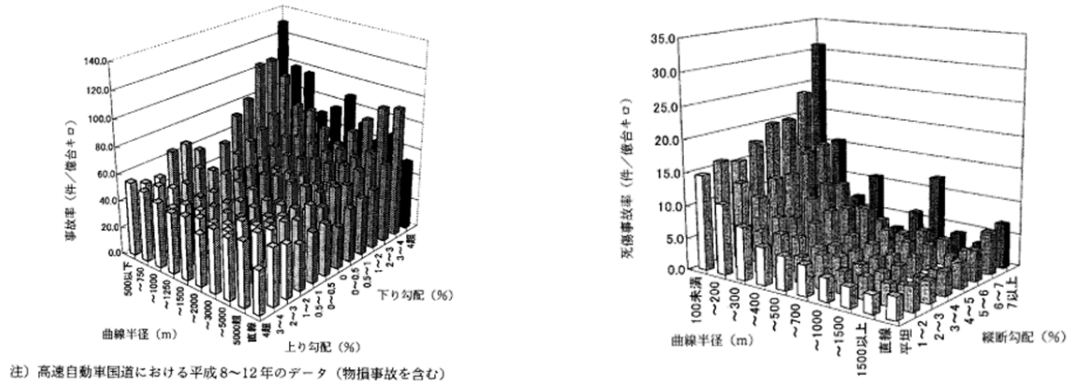
$$S = \sqrt{i^2 + j^2} \tag{式 2.1}$$

S: 合成勾配 (%)

i: 横断勾配 (または片勾配) (%)

j: 縦断勾配 (%)

道路の縦断勾配のある区間で平面曲線がある場合、合成勾配が生ずる。急勾配で曲線半径が小さい場合は、合成勾配も大きくなるため、自動車は運転上の危険が生じやすい。



高速道路

一般国道

注: 曲線半径が小さいほど片勾配(%)が大きくなる。

出典: 道路構造令の運用と解説<sup>1)</sup>

図 2.15 道路線形と事故率の関係

この合成勾配の基準については、海外の幾何構造基準にほとんど記載されていないことから、交通安全を考慮した日本の基準であると考えられる。

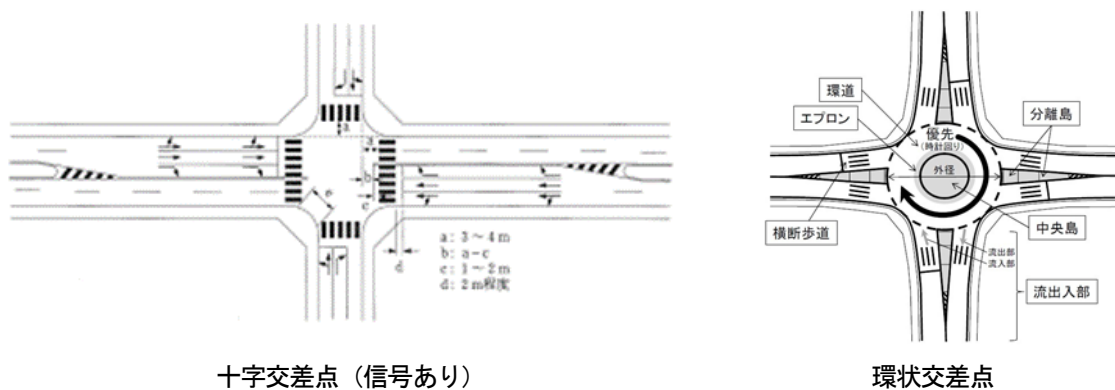
## 2.5. 交差点の設計

### (1) 交差点の種類

道路相互が同一地面上で交差することを平面交差といい、同じ平面上で交差するものを平面交差、異なる平面上で交差するものを立体交差と区別する。道路構造令の解説と運用<sup>1)</sup>では、平面交差と立体交差の適用について以下のように示されている。

- ① 4車線以上の道路が相互に交差する場合は立体交差を原則とする。ただし、交差点の交通量、交通の安全、道路網の構成、交差点の間隔からみて、平面交差が許容される場合または地形その他の理由により立体交差が困難な場合にはこの限りでない。
- ② いずれか一方の道路が2車線の場合は、平面交差を原則とする。ただし、交差点の交通量、交通の安全、道路の機能からみて、立体交差が好ましい場合はこの限りでない。
- ③ 2車線の道路が、相互にまたは1車線の道路と交差する場合、および1車線道路が相互に交差する場合は平面交差とする。

道路の交差部は結節点としての機能を発揮すると同時に、道路交通の安全と円滑を妨げる弱点ともなっている。平面交差は、その形によって十字交差、T型交差、Y型交差、環状交差(ラウンドアバウト)に分けられ、交差点に集まる枝数によって三枝交差、四枝交差、多枝交差に分類される。また、制御方法による分類では、無信号交差点(一旦停止交差点)、信号交差点、環状交差点に分けられる。



出典: JICA 調査団

図 2.16 標準的な十字交差点(信号あり)と環状交差点

この内、環状交差点(ラウンドアバウト)とは、『環道交通流に優先権があり、かつ環道交通流は信号機や一時停止などにより中断されない、円形の平面交差部の一方通行制御方式』のことをいい、表 2.20 のように細分化される。

表 2.20 ラウンドアバウトの種類

	標準ラウンドアバウト (Compact Roundabout)	ミニラウンドアバウト (Mini Roundabout)	多車線ラウンドアバウト (Multilane Roundabout)
概要	標準ラウンドアバウトとは、中央島が設けられ、流出入部、環道とも1車線のラウンドアバウトで、車両が中央島に物理的に乗り上げることができないものを指す。一般に外径は26~40m程度である。	ミニラウンドアバウトとは、外径が13~22m程度の小規模なラウンドアバウトであり、細街路等が交差する交差点において、速度抑制を促しつつ安全に制御することを目的として適用されるものである。	外径は40~60m、環道が複数車線の大型のもの。多車線ラウンドアバウトは、比較的交通需要が高い交差点で有効とされるが、交錯点の数が増加し、環道通過速度が上昇するため安全性に課題があり、かつ複数車線流入路の内側車線の利用率が低くなり必ずしも交通容量が向上するとは限らない。
容量 (ドイツ)	25,000 台/日程度まで	20,000 台/日程度まで	40,000 台/日程度まで (2車線の場合)
容量 (アメリカ)	25,000 台/日程度まで	15,000 台/日程度まで	45,000 台/日程度まで (2車線の場合)
日本の事例	<p>日本のラウンドアバウトは、標準ラウンドアバウトを対象としており、平面交差点の日当たり総流入交通量が 10,000 台未満の交差点に適用される。日当たりの総流入交通量が 10,000 台以上の交差点では、各流出入部において時間当たりの流入部交通容量(通過しうる最大の交通量)及びピーク時間当たりの流入交通量を比較し、適用を判断する。右図にラウンドアバウトとして適用しても差し支えない流入部交通容量と環道交通量の範囲を斜線で示す。</p> <div style="text-align: center;"> <p>流入部交通容量と環道交通量の関係</p> <p>注) 環道交通量は、各流入部の上流断面における環道の交通量をいう</p> </div>		

出典：ラウンドアバウトの計画・設計<sup>[23]</sup>に必要な知見に関する検討(国土交通省)  
ラウンドアバウトの計画・設計ガイド(案)<sup>[23]</sup>(2009年)、ラウンドアバウトの現状(国土交通省)

なお、環状交差点(ラウンドアバウト)適用の利点として、以下が挙げられている。

- 交差点での車両交通の安全性向上
- 交差点での歩行者交通の安全性向上
- 交通量が少ない場合の遅れ時間の削減
- 整備・維持管理コストの削減
- 災害時の対応力の向上

欧米を中心とした諸外国では、このようなラウンドアバウトの利点を生かして、とくに郊外部の比較的交通量の少ない信号交差点をラウンドアバウトに改良する事例が多くみられる。日本でも2014年9月の道路交通法改正によって「環状交差点」の名で適用され、ラウンドアバウトの運用が開始されている。国土交通省は、ラウンドアバウト導入の目安として、1日の交通量が1万台未満であることとしており、交通量の多い交差点では、むしろ混雑する可能性もある。また、ラウンドアバウトは通常の交差点よりも広いスペースが必要となることから交通量が多く、用地の制約が大きい都市部では不向きである。なお、先進諸国のラウンドアバウトの基準を用いる場合には、国ごとに「車両の円滑走行」と「安全走行」の重点の置き方が異なるので注意して適用する必要がある。なお、自転車・原動機付自転車が安全かつ円滑に通

行するための効果的な設計方法は各国により異なり、共通の方法確立に向けた取り組みが進められていると考えられる。

## (2) 平面交差点の改良

一方、最も一般的に採用されている信号交差点では、信号の青時間比率が50%の場合、一日の半分は通行できない時間帯が発生するため、一般道路の渋滞要因(ボトルネック)の多くが「交差点」である。このため「右折レーン」「左折レーン」等の付加車線を設置し、処理能力を向上させる対策が取られている。ただし、需要を見込んで整備した交差点でも渋滞が発生する場合がある。交差点は単路部と違って右左折交通、歩行者の混在、大型車の転回等の要因で容量低下が生じるため、様々な改良の余地がある場合が多い。このため、渋滞対策として局所的なハード整備である「交差点改良」が行われる。この「交差点改良」のポイントは、容量低下の原因となる速度低下要因を排除し「単純で明確な交差点にすること」、「利用者にとって分かりやすい交差点にすること」であり、具体的な改良点は以下の通りである。

- 交通流の主従関係を明確にすること
- 5枝以上の多枝交差点を避けること
- 交差角は直角近くになるようにすること
- くい違い交差、折れ脚交差等の変形交差を避けること
- 交差点面積は必要最小にし、広すぎないようにすること
- 右、左折交通と直進交通を分離すること
- 左折交通、右折交通は導流路等により走行位置を明確にすること
- 交差点の幾何構造と交通制御方法との整合に十分注意すること
- 各種交通安全施設の設置を検討すること
- 道路附属施設や占有物の設置位置にも十分に検討を行うこと

出典：改定 交差点改良のキーポイント<sup>24)</sup>

上記の対策によっても交通需要に対応できない場合、「立体交差」による交差点改良が提案される。なお、交差点需要率計算をして、実測交通量に合わせて現況の青時間比率を最適化する「青時間比率の最適化」という対策があるが、これ単独の改良では「交差点改良」には含まれない。

## (3) 交差点設計時の留意点

一般的に、歩行者や自転車の交通事故の多くが交差点で発生していることから、交差点の設計時には歩行者や自転車が自動車とともに安全かつ円滑に通行できる道路空間を設計する必要がある。このためには、歩行者の横断や自転車の車道通行を前提としていくことが重要であり、従来の平面交差の設計思想とは異なることに注意しなければならない。一方で、横断歩道外横断、左折車両の横断歩行者無視など、施設では完全に防げない課題もある。これらの課題については、実施機関に交通安全教育の実施等を提言することも重要となる。

## (4) 交差点の改良効果

交差点改良による効果を表す主な指標としては、表 2.21 のようなものがある。



表 2.21 交差点の改良効果を表す指標

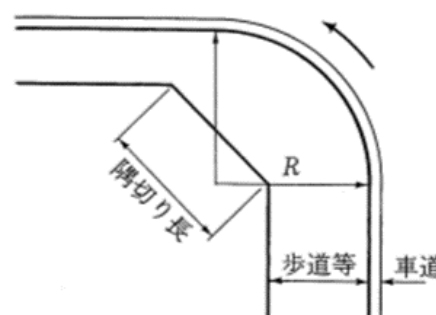
効果指標	概要
需要率 (飽和度)	信号交差点へ流入する交通量と交差点で処理出来る交通量に対する比率を示す指標であり、基本 1.0 を越えている場合は、交通需要に対して交差点の処理能力が不足していることになる。
遅れ時間	混雑又は信号待ちにより発生する遅延時間をいう。海外では、アメリカの HCM (道路交通容量マニュアル <sup>®</sup> : Highway Capacity Mnual) に示される信号交差点における「平均遅れ」を評価指標とする場合が多い。
滞留長	赤信号から青信号に変わった時に滞留している車両の停止線から末尾までの距離
渋滞長	赤信号から青信号に変わった時に滞留している車両の末尾を追跡し、次の赤信号による停止位置を渋滞の末尾とし、停止線からその渋滞末尾までの距離
信号待ち回数	区間通過時間 ÷ 信号サイクル長

出典：JICA 調査団

### 👉 交差点の隅切り半径

交差点の隅切り半径が大きくなると交通事故の増加が懸念されるため、隅切り半径を決定する設計車両については、以下の事項を考慮して選定する。

- 交通状況（交通量、車種構成（特に設計車両の利用頻度）等）
- 周辺土地利用状況（特に大型車が発生するような施設）
- 周辺道路網の配置状況
- 緊急車両が確実に曲がれることは必須条件



出典：平面交差の計画と設計<sup>25)</sup>

図 2.17 交差点の隅切り

### 👉 「渋滞」と「混雑」

日本では、1 時間の平均速度が、一般道路で 10km/h 以下、高速道路で 40km/h 以下が「渋滞」、一般道路で 20km/h 以下が「混雑」と定義されている。なお、高速道路に「混雑」の定義はない。

## 2.6. 道路土工

### (1) 道路土工とは

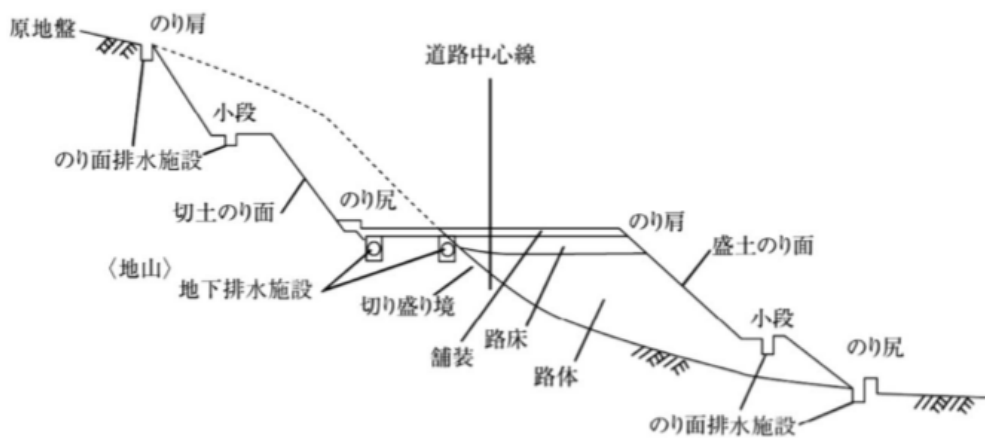
道路を建設するために構築する土砂や岩石等の地盤材料を主材料として構成される構造物及びそれらに附帯する構造物の総称をいい、切土・斜面安定施設、盛土、カルバート及びこれらに類するものをいう。この内、擁壁及びカルバートに関しては「3.5 構造物設計」にて詳述する。

山間丘陵地では、経済性の見地から、切土量と盛り土量のバランスを考え、土砂の移動費用を最小化することが基本となるが、無償事業では橋梁工事や舗装工事などが主となる場合が多いためあまり関心は持たれていないのが実情である。一方で道路土工構造物は、計画及び設計の前提となる条件の設定に対して実際の現場において生じる不確実性が大きいという特徴を有している。このため、施工中に予測し得ない状況(崩壊等)が生じることに備えて、影響を抑制するような設計上の配慮と施工上の対策を講じておくことが重要である。



出典：JICA 調査団

図 2.18 道路土工構造物の主な対象



出典：JICA 調査団

図 2.19 盛土部及び切土部の断面と代表的な部位の名称

これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法であると考えられる方法としては、切土や盛土の標準的なのり面勾配(以下「標準のり面勾配」という。)等があるが、これらの方法については一般に適用できる規模や材料等の条件が定められており、適用にあたってはこれらの条件に適合している必要がある。特に近年は新しい技術の開発や経済性等を考慮し、高盛土をはじめとする規模の大きな道路土工構造物が建設されることもある。これらの設計にあたっては、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法を適用できるかどうかについて、その方法の内容、道路土工構造物の規模、使用する材料、施工及び維持管理といった事項を考慮したうえで慎重に判断し、必要に応じてより適切でより信頼性の高い設計手法を適用する。

## (2) 盛土

盛土とは、低い地盤や斜面に土を盛り上げて高くし、平坦な地表を作る、または周囲より高くすること。道路整備で平坦な地表が必要な場合や、周辺より道路を高くする必要がある場合に用いられる。道路盛土の役割は交通荷重の支持であり、①盛土荷重に対する基礎地盤の安定と沈下、②交通荷重に対する盛土自体の安定性(圧縮沈下、のり面安定)、③盛土が周辺自然や人間生活に及ぼす影響について配慮する必要がある。

盛土が経済性に優れる点は、盛土材料は基本的に現場発生土(切土区間からの流用土)や沿線の土取場(客土)からの土であることにある。ただし、その種類は千差万別な上、気象条件や施工時期によって物性値も変化するため、使用する盛土材料の調査/試験が重要となる。また、盛土については、以下の場合について安定の検討を実施する必要がある。

### 安定計算を必要とする盛土

- 軟弱地盤の場合
- 地すべり地のような不安定な地盤の場合
- 地山からの湧水の影響を受ける場合
- 河川に近接して地下水の影響を受ける場合
- 急な斜面に盛土する場合
- 盛土高さによる条件(盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配に示す盛土高さを越える場合)
- 盛土材料による条件(盛土材料が高含水比の粘土、粘性土その他特にせん断強度の低い土からなる場合、盛土材料がシルトのような間隙水圧が増加しやすい土からなる場合)
- その他(盛土のり面が洪水時等により冠水したり、のり先附近が浸食されたりする場合)

## (3) 切土

切土とは、斜面や段差を切り崩して平坦な地表を造成すること。周囲より低地化にする工事を指す場合もある。その工事の結果、切り取られた土砂そのものを指す場合もある。切土で生じた土砂を盛土に使うことで、建設コストを安くするのにも使われる。自然地盤はきわめて不均一で風化及び割目の程度、成層状態、間隙、含水量によってその強度は著しく異なる。したがって、現地の状況、既往ののり面の状況を十分考慮し総合的判断にのり面勾配を決定する。

切土工を採用する場合、掘削土の土軟硬区分によって掘削単価が大きく異なることから、地質調査等によって土軟硬区分を明確にしておくことが重要である。土軟硬区分は施工性を前提に分けられたもので、『爆破によらなければ掘削できないようなものを硬岩、リッパによって掘削できるようなものを軟岩、ブ

ルドーザで直接掘削できるようなものを土砂』としている。おり、土軟硬区分と工学的な岩級区分(岩盤状態を区分するための指標)で考え方が異なる。

また、第3紀の泥岩などの軟岩や固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩は応力解放や吸水膨張、切土後の乾燥湿潤や凍結融解の繰り返しなどによって急速に風化する。岩石は風化すると細片化・土砂化し、強度が低下する。このような軟岩の切土工においては、のり面保護工等を採用する。

#### (4) のり面保護工

法面保護工は、盛土や切り土法面の浸食や風化を防止するために、植物やコンクリート、石材などを用いた構造物で法面を保護し、法面の安定を図るために行うものである。表 2.22 に主な法面保護工を挙げてあるが、このほか、石や土の落下を防ぐ落石防止柵工や落石防止網工及び湧水による法面洗掘を防止するための法面排水工なども広義には法面保護工に含まれる。また、法面には垂直な面も含まれる。法面保護工は、法面安定の目的のほか、環境の保全、良好な景観の維持などについても重要視されている。

表 2.22 のり面保護工分類

分類		定義	例
構造物による工法	抗土圧型保護工	ある程度土圧に対処できる工法	石積み、ブロック積擁壁工・コンクリート擁壁工
	密閉型保護工	表面水を浸透させない工法	モルタル、コンクリート吹付工
	開放型保護工	表面水の浸透を許す侵食防止工	ぐり石詰めりのり枠
植生工	構造物を用いない工法	構造物を用いない工法	植生工・落石防護ネット

出典：道路調査設計ノウハウ集<sup>26)</sup>

#### (5) 斜面对策工に対する留意事項

斜面对策工は、道路改良や橋梁建設に伴う切土や盛土による斜面崩壊やのり面崩壊を防止するために実施するが、往々にしてこれらの崩壊の素因は、「予見できない地質条件の為」として、安易に結論付けられる。しかし、十分な調査を講じていれば予見できる可能性は否定できない。目視で観察できない地下条件に関する「予見できない条件 (unforeseeable physical condition)」は世界的に問題となっており、FIDIC (国際コンサルティング・エンジニア連盟: International Federation of Consulting Engineers) は、地下構造物工事の契約約款である FIDIC エメラルド・ブック<sup>2)</sup>に於いて、工事入札前に GBR (地質ベースライン報告書: Geological Baseline Report) の作成を義務付けている。GBR は、十分な資質を持ったエンジニアが、十分な調査を行う事により、「予見できない地質条件」に対するベースラインを定義するものであり、GBR で報告された地質条件は「予見できない条件」を構成しない、と定義づけることができる。

日本では「道路土工一切土工・斜面安定工指針」などの技術基準書で、盛土材料や地山の土質などに応じて盛土や切土の標準勾配が決められており、計画・設計時にその値をそのまま利用することが一般化している。この「標準勾配」は日本の経験則であり、急勾配で崩れたところと、緩勾配で崩れなかったところ

<sup>2)</sup> 施主による参考設計、及び地盤工学ベースラインレポートに従って、請負業者によって設計された地下工事の契約条件を示したものであり、2019年に初版が発行された。

ろの間に線を引いて、経験的に標準勾配を設定している。しかし、日本の土質や、気候との組み合わせで成り立つものなので、海外では数値をそのまま適用することは適切でないことに留意する必要がある。また、日本の斜面对策工の設計技術は、日本で独自の発展を遂げてきた部分があり、欧米や、欧米の知識をベースとした途上国のエンジニアには、理解が難しい部分がある。以下に示す安定解析手法に関する考え方、斜面の安定計算に用いるパラメータの設定や計算方法も海外の標準的な方法と異なる。このため、日本の方法を適用するには課題が多い。

表 2.23 斜面の安定解析方法の違い

項目	日本	海外
安定計算	逆解析	順解析
土質パラメータ	限界平衡状態の地形・水位条件を利用して、崩壊すべり面全体の強度を技術者が評価する逆解析が主流	現地で室内試験の供試体を採取し、室内試験結果から斜面の強度を設定する順解析が主流
計算方法	修正 Fellenius 法を管便法として円弧の地滑りに適している。スライス間力(スライスの側壁に作用する力)を無視したこの方法は非論理的と言われている。	Spencer 法などの高度な安定解析が利用されている。欧米では非円弧すべりに Fellenius 法は適用できない。Eurocode7 (2013) : Geotechnical Design Worked Examples の中でも Fellenius 式は回転モーメントの釣り合いしか取り扱えないと明記されている。
評価方法	$\text{起動モーメント} \times \alpha \leq \text{抵抗モーメント} \times \beta$ * $\alpha$ および $\beta$ は割増係数であり、各国の基準で個別に規定されている ** 日本: $\alpha=1.25$ 、 $\beta=1.00$	

出典 : [http://blog.livedoor.jp/ohta\\_geo/archives/51854805.html](http://blog.livedoor.jp/ohta_geo/archives/51854805.html) を参考に JICA 調査団作成

なお、別途「道路防災のための斜面对策事業の基礎研究」が進行中であるので、より詳しくはその成果を参照されたい。

## (6) 軟弱地盤対策

軟弱地盤は、主として粘土やシルトのような微細な粒子に富んだ柔らかい土で、間隙の大きい有機質土または泥炭、ゆるい砂などから成る土層によって構成され、地下水位が高く、盛土や構造物の安定・沈下に影響を与える恐れのある地盤をいう。一般的に粘性土ではN値4以下、砂質地盤ではN値10以下の地盤であり、このような土質については、盛土の規模によって異なるが、軟弱地盤対策の検討をする必要がある。特に、軟弱地盤上における盛土の問題は、建設段階においては、盛土の破壊に対する安定性、過大な沈下および周辺地盤の変形に大別される。また、維持管理段階においては、継続する沈下(残留沈下)が問題となる。このため、軟弱地盤における盛土の設計にあたっては、土質調査結果を十分に活用し、盛土の安定・沈下について検討するとともに、周辺地盤への影響にも考慮する必要がある。

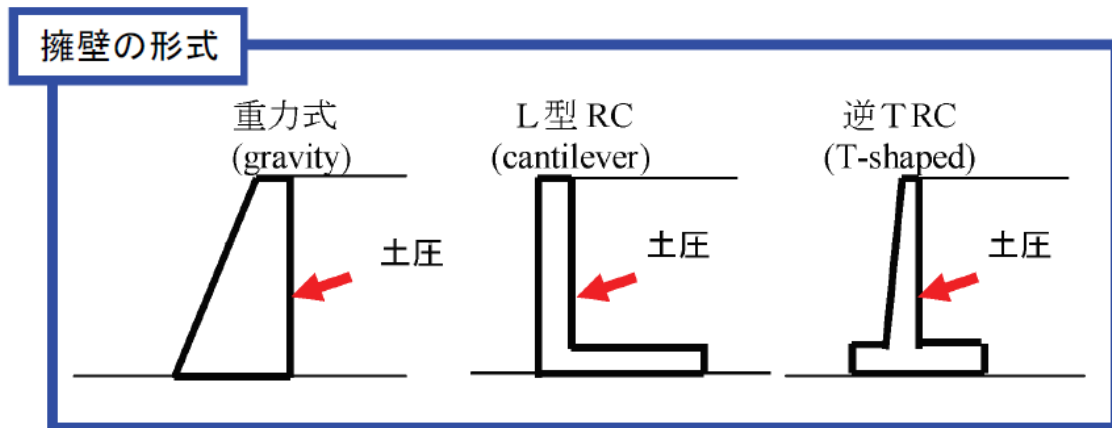
## 2.7. 構造物設計

### (1) 対象構造物と設計手法

準備調査段階での構造設計とは、地形地質立地条件等の基本条件と整合を図り、構造物・施工性・維持管理・経済性の観点から、構造物毎に構造形式の比較検討を行い、最適形式と基本構造諸元を決定することであり詳細な構造計算は求めないが、測量・調査から設計、施工、検査、維持管理・更新 までの建設生産プロセス全体及び一連の事業区間にわたり、常に「全体最適化」を念頭に置いて計画することが重要である。なお、対象とする構造物としては、擁壁、函渠、橋梁等の比較的規模の大きな構造物が対象となる。

### (2) 擁壁工

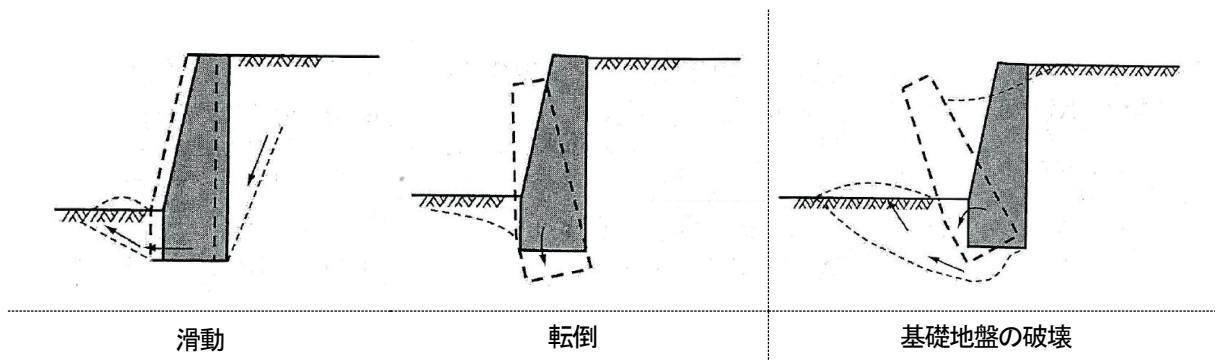
壁の自重、底版上部の土砂の重量などで土圧に抵抗して、切土や盛土による急斜面を支え、その安定を図るための壁体構造物をいう。擁壁工の選定に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮する。



出典：東京理科大学土木工学科 龍岡文夫教授作成資料<sup>27)</sup>

図 2.20 擁壁工の概要図

また、土圧を受ける擁壁の安定は、滑動しないこと、転倒しないこと、基礎地盤が破壊しないこと（支持力がある）の3条件が必要である。



出典：東京理科大学土木工学科 龍岡文夫教授作成資料<sup>27)</sup>

図 2.21 擁壁工の安定の3要素

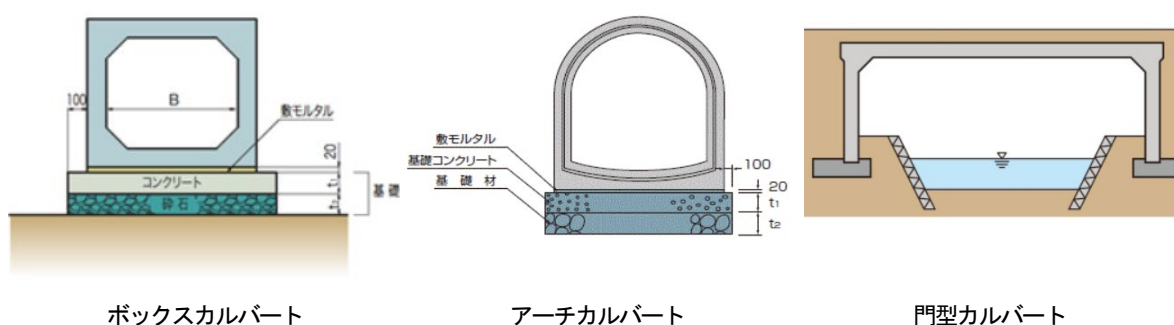
### (3) 函渠 (カルバート工)

カルバートの調査・計画・設計に当っては、道路の設計、施工に適した構造でかつ経済的に有利なものを計画する。無償資金協力事業で対象とするボックスカルバートは、主に現場打ち水路カルバートが対象であり、適用土被りは20m以下となる。

表 2.24 カルバートの適用範囲

カルバートの種類		適用土被り (m)	断面の大きさ (m)
剛性ボックスカルバート	現場打ちボックスカルバート	0.5~20	内空幅 B : 6.5 まで、内空高 H : 5 まで
	現場打ちアーチカルバート	10 以上	内空幅 8 まで
	門型カルバート	0.5~10	内空幅 8 まで

出典：道路土工-カルバート工指針<sup>28)</sup>



出典：JICA 調査団

図 2.22 カルバートの種類

ボックスカルバートの計画/設計に当たっては、以下に留意する必要がある。

- 裏込め・埋戻し土材料は土であること
- カルバートの縦断方向勾配が 10%程度以内であること
- 本体断面にヒンジ(固定された軸を支柱として一方向へ回転できるようにした機構)がないこと(変位及び変形が大きくなるため)
- 単独で設置されること(複数のカルバートを近接で設置しないこと)
- 原則として直接基礎により支持されること
- 中柱によって多連構造になっていないこと(地震時に構造上の弱点となる)
- 土被り 50cm を確保すること(舗装面の不陸等が生じる可能性があるため)

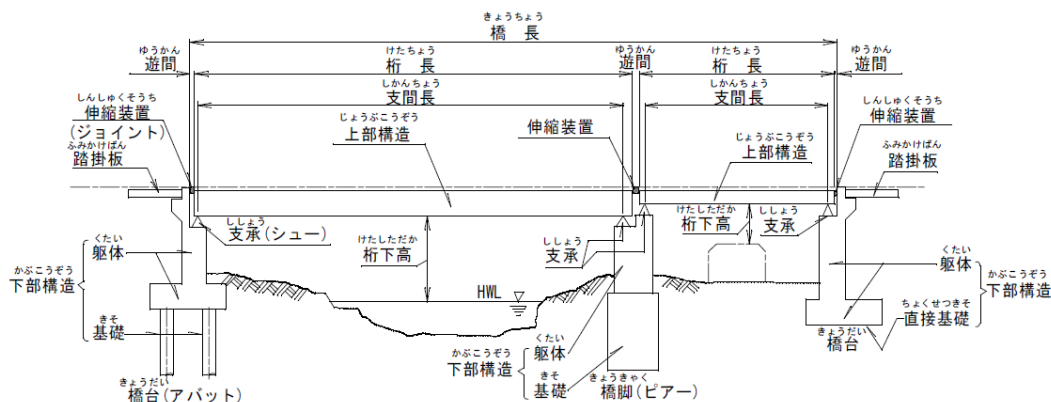
出典：道路土工カルバート工指針<sup>28)</sup>

また、ボックスカルバートの設計では、地盤条件や地下水位の変動等を考慮して適切に設定する。カルバートが地下水位以下に設置される場合には、断面設計にあたり水圧を考慮する。浮力は、カルバートが地下水位以下に設置される場合に、カルバートの浮上りに対する安定照査において考慮しなければならない。

### (4) 橋梁工

橋梁とは、輸送の障害となる河川、溪谷、湖沼、海峡あるいは他の道路、鉄道、水路などの上方にこれ

らを横断するために建設される構造物の総称であり、基本的に上部工と下部工によって構成される。



- ・ 橋長：両端橋台のパラペット（躯体より上の部分に突き出した部分）前面間の長さ
- ・ 桁長：上部構造の長さ
- ・ 支間長：支承間の長さ
- ・ 上部構造：歩行者や自動車などを直接支持する部分（床版や桁など）
- ・ 下部構造：上部構造を支持する部分（橋台・橋脚・基礎）
- ・ 支承：下部構造と上部構造の接点に設けられ、上部構造からの荷重を下部構造に伝達する部材
- ・ 伸縮装置：上部構造と橋台あるいは上部構造同士の遊間に設置される部材
- ・ 遊間：温度変化などによる伸縮を吸収する目的のもの

出典：橋梁の概要<sup>29)</sup>（熊本県菊池市作成）

図 2.23 橋梁の各部材の名称

橋梁の種類には、形式による分類、使用材料による分類、橋の用途にある分類など、様々な分類方法がある。ここでは、最も分かりやすい使用材による分類を示す。

表 2.25 使用材料による橋梁の分類

項目	コンクリート橋	鋼橋
概要	<p>コンクリートを主材料に用いた橋。プレストレスの有無や導入方式、コンクリートのひびわれ特性に与えるプレストレスの大きさによって異なり、RC（鉄筋コンクリート：Reinforced Concrete）橋、PC（プレストレストコンクリート：Prestressed Concrete）橋、及びRC橋とPC橋の中間的な特性を有するPRC橋に分類される。</p> <p>RC橋：引張力に対し鉄筋で抵抗するように、コンクリートに鉄筋を入れることによって補強したもの。ただし、コンクリートには多少のひびわれが生じる。万一過大な荷重が働くと、荷重がなくなってもひびわれが残る。</p> <p>PC橋：設計荷重作用時に、有害なひびわれが発生するような引張りひずみが生じないようプレストレスを導入し、耐力もプレストレス導入用のPC鋼材によって確保する橋梁である。</p>	<p>主要構造に鋼材を用いた橋。コンクリートより橋を軽くできるため支間長の長い橋によく使われる。鋼橋は錆（さび）を防止するために塗料の塗り替えが必要となる。</p>
重量	重い	軽い
構造的性	圧縮に強く、引張に弱い	圧縮に弱く、引張に強い
維持管理	少ない	多い
桁制作	工場製作、現場製作	工場製作
無償資金の適用	多い	少ない
備考	<p>日本では、材料となるコンクリートも鉄も安定して入手できるので、コンクリート橋も鋼橋もどちらも普及しており、それぞれの特徴を生かして選定されている。途上国では、鉄（鋼材）の加工や入手が難しく輸入材となること、維持管理が難しいこと等から鋼橋の採用事例は少ない。</p>	

出典：JICA 調査団



橋梁の計画及び設計に当たっては、以下の点に注意しなければならない。

- 最大縦断勾配や最小縦断曲率半径、最小平面曲率半径等、道路の線形に関する制限値を全て満たすとともに、支障物件の位置を踏まえた架橋計画とすること
- 橋梁の桁下高が、HWL（計画高水位：High Water Level）＋計画余裕高を上回ること
- 狭窄部、水衝部、合流部、湾曲部等、河川流況が変化する区間を避けること
- 河床変動が大きい区間（河床勾配の変化点）を避けること
- 橋梁の方向は洪水時の流行に対して直角とすること
- 景観、自然的及び社会的環境の観点から周辺の土地利用状況との調和を図ること

日本の事例では、橋梁の支間割や橋梁の形式の比較選定では、以下の観点から総合的に評価を行い決定される。

表 2.26 橋梁支間割及び形式選定時の検討事項

判断指標	判断基準	留意事項
河積阻害率	◎	一般的な橋梁では5%以内とする。橋脚の設置位置により、水位上昇等に及ぼす影響が異なることにも留意が必要である。
桁下高条件	◎	HWL+余裕高を満足することは必須条件。縦断線形計画から路面高の制約がある場合、橋梁構造として制約を受ける場合がある。
河川管理用通路の確保	◎	堤防を横過して橋脚を設置する案については管理用通路の確保について検討を行うことが必要。
橋脚設置位置	◎	堤防法尻、低水河岸近傍は極力橋脚を設置しないことが望ましい。このほか、橋脚の設置位置は基準径間長や近接橋の特則を満足する必要がある。
水理特性の妥当性	○	橋脚配置計画に係る河川流下への影響を評価し、妥当性の検証を行う。
経済性	△	上部工、下部工共に、維持管理費、河岸防護工や環境対策費も考慮した経済比較を行う。
施工性	△	上部工形式は架設方法により制約を受けることがあるため、施工条件を十分考慮する。下部工は非出水期施工が可能かどうかにより構造形式が異なる場合があるため、施工条件を考慮して検討する。
維持管理	△	PC 橋、鋼橋について支間長による構造形式の検討では、維持管理費、メンテナンス費用についても考慮する。
施工工期	△	周囲の交通、環境への影響を極力低減させるため、工期短縮化を目指す。出水期施工を行う際は、治水安全度への検討を行う。
環境への影響	△	橋梁形式による騒音、橋脚設置による河川生態への影響を評価する。
景観への影響	△	橋梁構造が周辺の景観と調和しているか検討する。

【凡例】

- ◎：必ず満足すべき事項
- ：水理的影響の観点から、十分留意すべき事項
- △：他の項目と相対的に評価すべき事項

出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き（案）<sup>[30]</sup>

表 2.27 橋梁上部工形式と適用支間

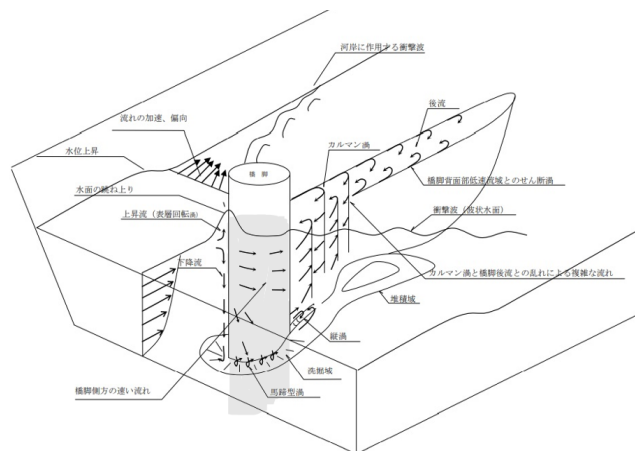
橋梁形式	適用支間 (m)										実績最大支間(m)	桁高支間比	㎡当たり単価(千円)		
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200					
鋼橋	鋼橋	単純鋼合成H桁											25	1/14 ~ 1/27	-
		単純鋼桁(多主桁)											(44)	1/15 ~ 1/20	150 ~ 350
		単純鋼桁(少主桁)											60		200 ~ 500
		単純鋼合成桁											60	1/16 ~ 1/21	150 ~ 350
		単純鋼箱桁											70	1/18 ~ 1/25	150 ~ 350
コンクリート橋	RC橋	単純床版橋											10	1/10 ~ 1/15	-
		連続床版橋											20	1/11 ~ 1/16	-
		単純中空床版橋											15	1/14 ~ 1/17	-
		連続中空床版橋											20	1/15 ~ 1/18	-
	PSC橋	単純プレテンション床版橋											(24)	1/14 ~ 1/24	130 ~ 195
		単純プレテンションT桁橋											(24)	1/18 ~ 1/20	120 ~ 165
		単純ポストテンション床版橋											(45)	1/23 ~ 1/26	-
		単純ポストテンションT桁橋											(45)	1/13 ~ 1/18	175 ~ 260
		単純ポストテンションバルブT桁橋											49	1/14 ~ 1/19	
		単純ポストテンションコンボ橋											45	1/13 ~ 1/17	180 ~ 250
		単純ポストテンションUコンボ橋											55	1/16 ~ 1/18	185 ~ 250
		単純中空床版橋											37	1/22	180 ~ 290
		単純箱桁橋											70	1/17 ~ 1/20	220 ~ 335

出典：設計施工マニュアル(案) [道路橋編]<sup>[31]</sup>を参考にJICA 調査団作成

また、構造設計に当たっては、橋台、橋脚の基礎となる地盤の調査、及び調査結果を十分に検討する。特に、日本では見られないほどの強固な岩盤が出現する可能性があるため、十分な調査が必要である。その他、重要な留意点は以下の通りである。

- 設計に当たって適切な外力を選定すること
- 特に自動車荷重は対象国によって異なる場合があること
- 強い地震のリスクが想定される場合は設計地震力を現地データに基づき適切に設定すること

更に、橋梁架設地点においては、橋梁を設置する河道の形状や河道幅、洪水特性、橋台・橋脚の形状、設置位置等、橋梁設置に関する様々な要素により異なるため、水理検討を行う際には各架橋地点の状況に応じて、一般的によく懸念される以下に示すような架橋により生じる水理的課題を想定し、それに応じた検討項目、検討手法を設定しておく必要がある。



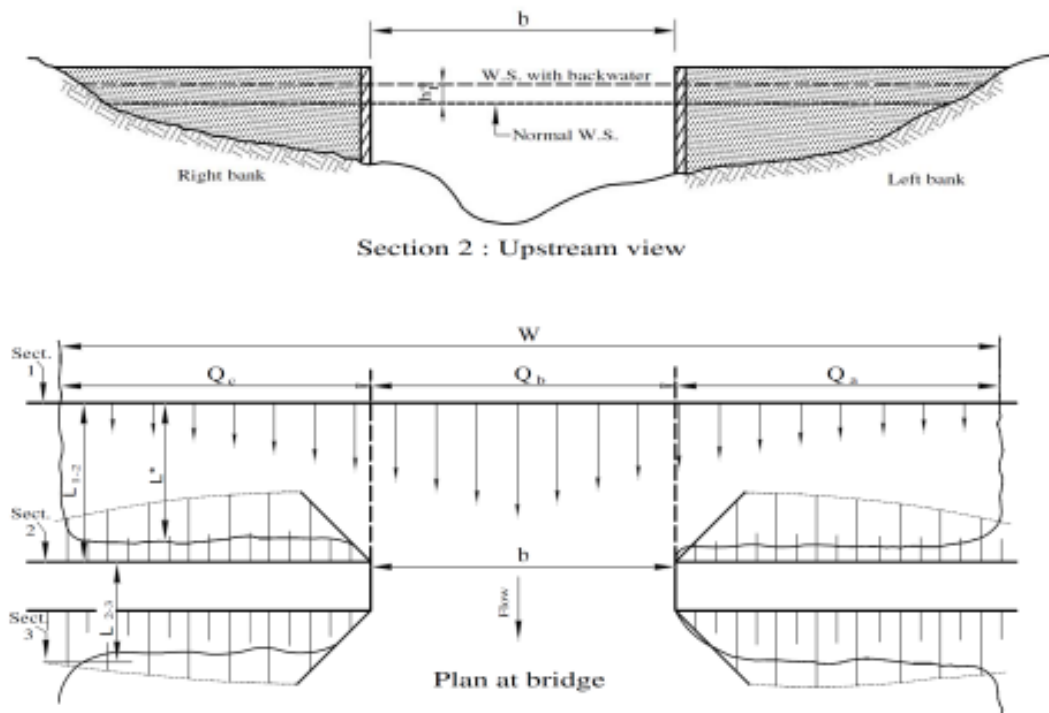
出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)<sup>[30]</sup>

図 2.24 水位と水の流れ

- 橋脚堰上げによる架橋地点上流での水位上昇
- 流速増加、偏流による堤防への影響
- 掃流力変化に伴う周辺河床変動への影響
- 流速増・乱れに伴う河岸などの局所洗掘

河川の流速については、「河川砂防技術基準(日本)<sup>[32]</sup>」にて流速を2~4m/s程度に設定することを目安とすることとなっている。都市内河川については、河床勾配も緩やかなことから2~4m/sとすることが望ましく、山間部などでやむを得ない場合でも5m/s程度に抑えることが望ましい。

特に途上国での橋梁計画においては、架橋位置前後の河川整備が実施されていないこともあり、図 2.23 のように橋台を河川よりも内側に設置することがある。このような場合の水利検討において最も重要なことは、架橋を原因とする堤防破壊や河床洗掘等の現象に対し、橋台位置を前後の河岸位置に合わせるなど、橋台、橋脚の設置位置、設置方向等、架橋する側が変更することにより対応が可能なのか、護岸・護床工等の防護工の設置等、架橋により生じる影響に対し対策工を講ずることにより対処することが適切であるかを判断することである。また、取付部の盛土についても、上流部の周辺に影響を与えないよう、避溢構造とすることが重要である。



出典 : Drainage Manual 6<sup>th</sup> Edition<sup>[33]</sup>

図 2.25 河川の橋台位置の基準例

英国では地球温暖化に伴う洪水リスクの増大、及びそれによる道路を含む区域の冠水のリスクを考えた対策も「Flood area」として取り上げている。目標は①洪水時でも交通を確保する(道路防災対策) ②周辺の水環境を悪化させない(環境影響評価的考え方) ことである。対策としては、堤防による堤外への越流の防止、堤防による対策が現実的ではない場合にはカルバート等による下流側への水の適切な誘導等である。

途上国では河川整備が進んでいないこともあり、河川からの越流水により道路冠水が発生することがある。このため、このリスクに対して何らかの対策をとることが求められる。JICA 事業の具体例として、ラオスの「国道九号線橋梁改修計画」では、上流部での洪水流が橋梁取付け盛土部分に到達することを想定して、大型側溝により盛土に到達する水を抑止するとともに、横断カルバートも大型化して下流に適切に流し、早く本流に戻すような設計を実施した。こうした事例も参考に「周辺地域の洪水から道路および周辺地域の被害の拡大を守る」という考え方を取り入れることが必要である。

表 2.28 架橋により懸念される事項及び水理検討内容

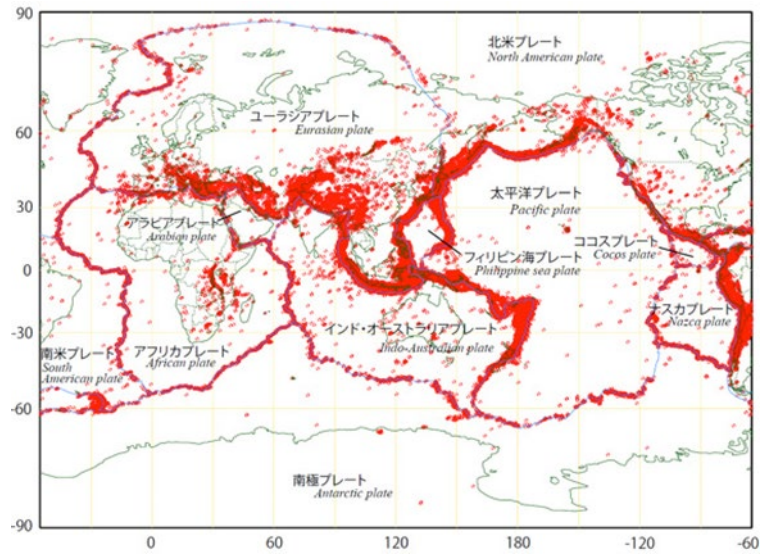
検討事項	橋脚堰上げによる架橋地点上流での水位上昇	流速増加偏流による堤防への影響	掃流力変化に伴う周辺河床変動への影響	流速増・乱れに伴う橋脚・河岸の局所洗掘(1出水毎)
水理検討の内容	架橋地点上流区間での縦断的な水位上昇量の予測	架橋地点周辺の平面的な流向・流速分布の予測	架橋地点上下流区間での短期・長期河床変動の予測	架橋地点周辺での局所洗掘の度合いの予測
水理検討における評価基準の例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・架橋地点上流での予測水位が HWL 以下に収まる</li> <li>・架橋地点上流の既存堤防の安全性が確保されている</li> <li>・架橋地点上流の既設橋梁において、所定の桁下余裕高が確保されている 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流速増分が設置前に比して大きくならない</li> <li>・河岸への偏流が生じない</li> <li>・堤防弱点箇所と想定される位置に、高速流が衝突しない</li> <li>・予測される水衝部に、護岸等が適切な範囲で計画されている等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河床低下が予測される区間で、新設・既設の構造物の安全性が確保されている</li> <li>・河床上昇が予測される区間で、洪水疎通能力が確保されている 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予測される局所洗掘に対し、新設・既設の構造物の安全性が確保されている</li> <li>・予測される局所洗掘に対して、防護工が適切な範囲で計画されている等</li> </ul>

出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)<sup>130)</sup>を参考に JICA 調査団作成

### (5) 構造物の耐震設計

主要な構造物に対しては、地震による被災を考慮した耐震設計を行うことが考えられる。日本では、被災時に要求される耐震性能が満足されるように耐震設計を行うことが道路橋示方書において規定されており、過去の地震による被災履歴に基づき適切なパラメータが設定されている。また、これまで設計で想定する地震動を超える地震が発生するたびに、パラメータが見直されてきた。

このように、日本はこれまで数多くの地震被害に遭遇しており、地震に対する設計こそが、部材寸法や材料強度を決定する支配的な要因となっていることもあり、耐震設計が持つ重要性は非常に大きい。一方、アフリカ諸国では、地震による被害が日本に比べて極端に少なく、援助国側の耐震設計への認識が低く、理解も十分とは言えない。その一方で、各国の基準をそのまま適用することなどにより、現地に即さないオーバースペックな構造物や、施工上問題を有する構造物が設計されるケースが確認されている。



出典：気象庁 HP

図 2.26 世界の主要なプレートと地震の分布

各国の基準ごとに耐震設計に対する考え方は様々であり、また規定される耐震性能にもバラツキがあることから、適用する基準の耐震設計の考え方を理解した上で、対象とする構造物や路線・地域の重要度を踏まえた適切な耐震性能を規定するとともに、対象国の実態に即した地震を想定した耐震設計を行うことが必要である。特に、塑性化を考慮する設計を行う際には、塑性化の程度が被災後の復旧の容易さを左右する要因となり得ることから、耐震性能 (= 許容する塑性率や残留変位量) の設定には十分注意する必要がある。

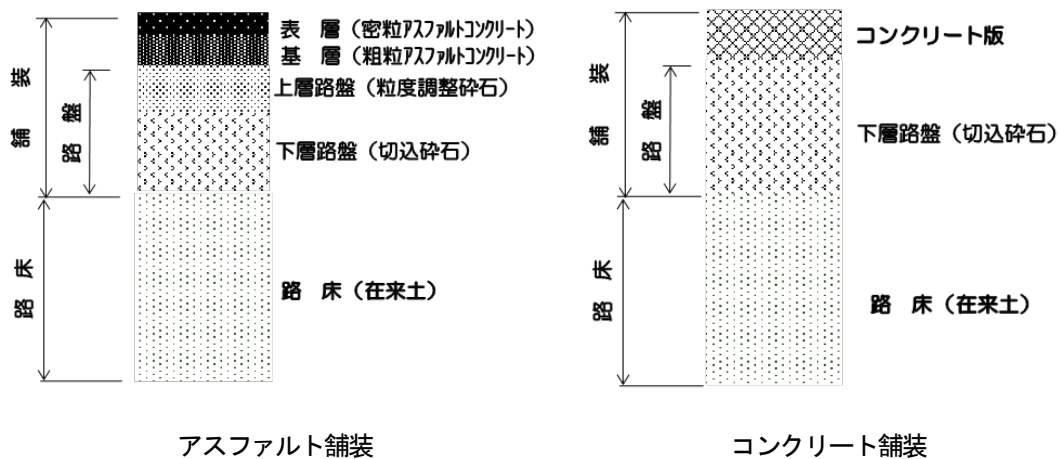
これまでに、対象国のレベル2地震動の設計水平震度を現地の地震記録などにより設定した際に、このパラメータが道路橋示方書におけるレベル1地震動の値相当であったことから、弾性設計を行った例が報告されている。このこと自体が問題ではなく、「常時における設計による構造物のスペックと地震時における設計によるスペックの双方の結果を踏まえて、地震時の応答に対して塑性設計を行うべきか、弾性設計を行うべきかを構造的・復旧性・経済性などの様々な視点から検討し、決定すること」が重要である。

## 2.8. 舗装設計

### (1) 舗装の種類

舗装とは、耐久性の高い道路を作るために、路面をアスファルトやコンクリートなどで固めるとともに、雨天時の道の泥濘化を防止し、走行・歩行時の快適性や安全性を高めることを目的とする。舗装の設計では、交通荷重と自然環境の作用に耐えうる必要な厚さと品質を持ち、路床の支持力に応じて各層が荷重を相応に分担するよう力学的、経済的にバランスのとれた構造となるようにしなければならない。

舗装の種類は表層の材料、工法あるいは機能や場所によってそれぞれの呼称があり、画一的に分類することは難しい。実用的な面からはアスファルト舗装とセメントコンクリート舗装に大別できる。アスファルト舗装とは表層がアスファルト混合物の舗装であり、セメントコンクリート舗装は、表層がセメントコンクリートの舗装をいう。舗装の一般的な構造を図 2.27 に示す。アスファルト舗装は、一般的に上から表層、基層、上層路盤、下層路盤の4層からなり、コンクリート舗装は、コンクリート版、上層路盤、下層路盤の3層からなる。それぞれ下層路盤の下(1m)を路床と呼ぶ。舗装とは、この路床より上の部分のことをいう。



出典：JICA 調査団

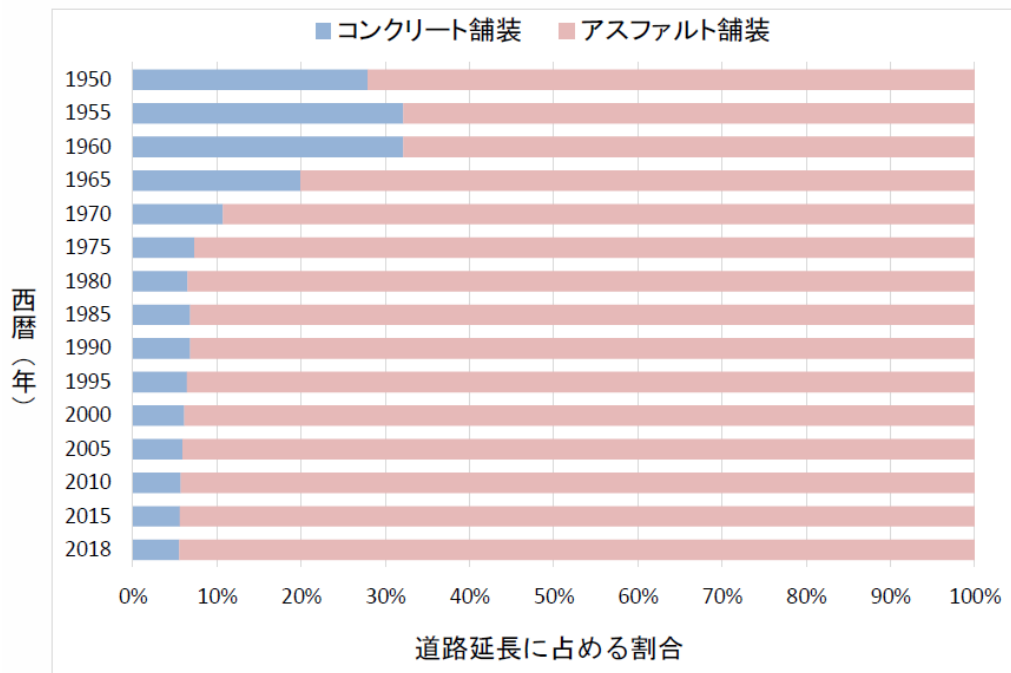
図 2.27 舗装の一般的な層構成

各層の役割は以下の通りである。

- ① 表層：アスファルト舗装において最上部にある層。表層は交通荷重を分散して下部に伝える役目のほか、安全で快適に走行ができるように適当なすべり抵抗性と平坦性が要求される。
- ② 基層：上層路盤の上にあつて、その不陸を補正し、表層に加わる荷重を均一に路盤に伝達する役割をもつ層。通常、粗粒度アスファルト混合物でつくる。
- ③ 路盤：路床の上に設けた、アスファルト混合物やセメントコンクリート版からの荷重を分散させて路床に伝える役割を果たす層。一般に上層路盤と下層路盤の2層に分けられる。上層路盤は粒度調整工法、瀝青安定処理工法、セメント安定処理工法等により築造され、下層路盤は上部の層に比べて作用する応力が小さいので、経済性を考慮してクラッシュラン、切込み砂利等の粒状材料や安定処理した現産地の材料が用いられる。

- ④ 路床：舗装を支持している地盤のうち、日本では舗装の下面から約1m の部分をいう。路床の役割は、舗装と一体となって交通荷重を支持し、さらに路床の下部にある路体に対して、交通荷重をほぼ一定に分散することである。路床は、その上に構築される舗装の施工基盤としての役割ももつ。路床の厚さについては、採用する基準により異なることに注意が必要。

なお、図 2.27 に示すように、現在の日本の道路舗装の多くはアスファルト舗装が占めている。最近のコンクリート舗装の占める割合は5%程度に留まっている。海外の現状を見ると、表 2.29 に示すようにそれぞれ一定の舗装比率が確保されており、アスファルト舗装とコンクリート舗装の使い分けが行われていることがわかる。



出典：コンクリート舗装の適用拡大を目指したアプローチ<sup>[34]</sup>

図 2.28 アスファルト舗装とコンクリート舗装の比率

表 2.29 諸外国のコンクリート舗装の現状

国名	コンクリート舗装の割合の事例
アメリカ	インターステート等幹線道路コンクリート舗装13%、コンポジット舗装19%
イギリス	高速道路20%、幹線道路6%
ドイツ	旧西ドイツアウトバーン30% 旧東ドイツアウトバーン82%
フランス	高速道路15%
ベルギー	自動車専用道路40%、国道(幹線道路) 20%、県道35%
韓国	一般国道2%、高速道路60%
中国	高速道路20%

出典：「コンクリート舗装を賢く使う」<sup>[35]</sup>等を参考に JICA 調査団作成

両者は表層材料が異なるだけでなく荷重伝播の考え方も相違しており、アスファルト舗装は各層が応力を分担し、順次荷重を分散させる考え方であるが、セメントコンクリート舗装は載荷重による応力は剛性の高い表層のコンクリート版が負担し、版の下の路盤は表層を均等に支えることと施工性の確保を主な役割としている。これらのことからセメントコンクリート舗装を剛性舗装と呼び、アスファルト舗装をたわみ性舗装と呼称している。



写真 2.4 アスファルト舗装

写真 2.5 コンクリート舗装

出典: JICA 調査団

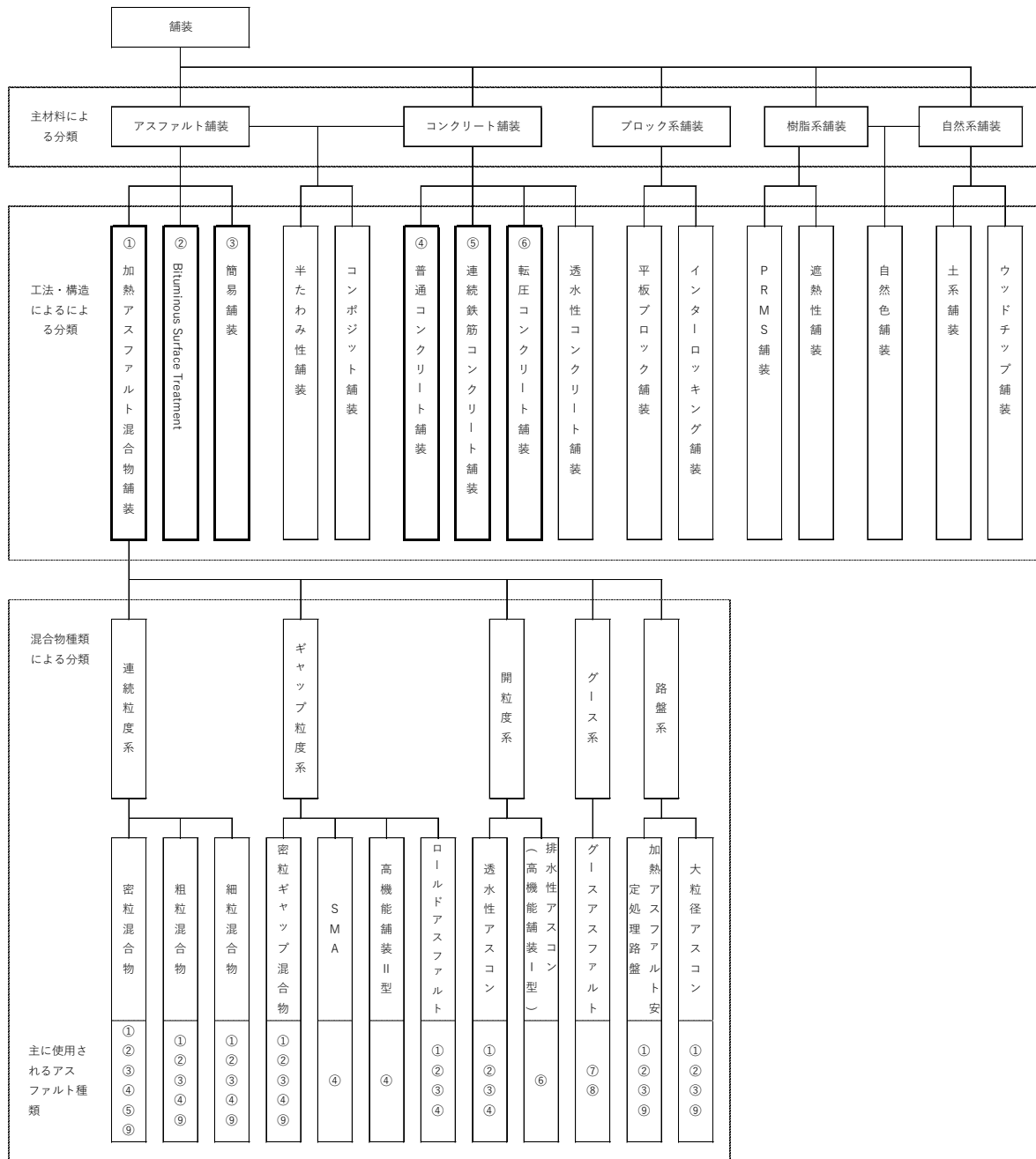
表 2.30 アスファルト舗装とコンクリート舗装の特徴

項目	アスファルト舗装	コンクリート舗装
舗装の設計期間	舗装工事が交通に与える影響が大きく、舗装の設計期間を可能な限り長期に設定すべきである新潟県では設計期間を原則20年としている。市町村代行事業や付替道路といった事業者と道路管理者が異なる場合は、将来管理者と協議して期間を設計する。また、将来的に道路拡幅などで舗装を打換える計画がある場合には別途設計期間を考慮する。	また、ライフライン等地下埋設物の設置や更新計画がある場合はその計画を考慮して設計期間を設定する。
耐変形性 耐摩耗性	変形してわだち掘れを生じ易い。タイヤチェーン等による摩耗に対して抵抗が小さい。ポットホールや骨材飛散が生じることがある。	わだち掘れのような変形を生じにくく、耐摩耗性も一般に大きく、ポットホールや骨材飛散はほとんどない。
平たん性	コンクリート舗装より良好。	アスファルト舗装に比べると劣る。
すべり抵抗値	特に問題となることはない。	車両走行による表面仕上げの消失や露出骨材が磨かれることによるすべり摩擦抵抗の低下(ポリッシング)が見られる場合がある。
騒音・振動	コンクリート舗装に比べて騒音・振動とも小さい。	目地による振動、粗面による騒音が問題となることがある。
明色性	路面反射が弱く、トンネル内等での走行性に検討を要する。	夜間およびトンネル内等で明色性が発揮される。
施工性	一般にコンクリート舗装に比べ施工上の制約を受ける事項が少なくその施工速度は速い。短時間で交通開放ができる。	施工機械が長大編成となるため制約を受け、アスファルト舗装に比べその施工速度は遅い。交通開放に時間がかかる。
維持修繕の容易さ	破損した場合の補修が容易。 地盤変状に舗装が追随するため、地すべりなどの地盤変状や盛土の沈下などに気づきやすい。	破損した場合の補修が困難。 地盤変状に舗装が追随しないため、地すべりなどの地盤変状や盛土の沈下などにより空洞が生じた場合、気づきにくい。掘り返しが困難なため、地下占用物件がある場合、対応が困難である。
建設費	建設費は、コンクリート舗装に比べて安い。	建設費は、アスファルト舗装に比べ高い。
維持費	維持修繕を頻繁に行う必要があり20年間ぐらいの比較では割高になる場合もある。	打換える場合は、アスファルト舗装より高い。
総合評価	コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比較して初期投資は大きく経済性に劣るが、道路の交通条件によっては維持管理面でアスファルト舗装に比べ優れる点があり、総合的に有利になる場合がある。 新潟県では、照明効果や耐久性の向上が期待されるトンネル内の舗装はコンクリート舗装を標準としている。また、供用後に沈下が発生しにくい切土部、騒音の影響が少ない箇所、将来的にも地下埋設の占用物件が想定されない箇所等について、ライフサイクルコストや施工性等を十分考慮したうえでコンクリート舗装の採用を検討する。	

出典: JICA 調査団



また、配合や工法、舗装に期待する機能によっても多くの種類分けがなされており、舗装の種類を表層材料、配合・工法、機能で分類すると図 2.29 に示すとおりである。



出典：JICA 調査団

図 2.29 舗装の分類

表 2.31 主なアスファルトの種類

①	②	③	④	⑤		⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
ストレートアスファルト			改質アスファルト				グース用アスファルト		その他		
40/60	60/80	80/60	II型	III型		H型	ストアス 20/40+ TLA	グース用 特殊改質 アスファ ルト	再生アス ファルト	フォーム ドアスフ ァルト	PG
				-W	-WF	-W					
主に耐流動対策や高温地域で使 れる	最も一般的に使用される	主に耐摩耗対策や寒冷地で使 れる	最も一般的に使用される	橋面舗装など、耐久性が要求され る個所に使用される。特に防水性 を加味したIII型W、III型WFが ある		排水性舗装に使用される。特に防 水性を加味したH型Wがある	一般的にグースアスファルトに 使される	環境負荷が低い材料であり、限 定的に使用される	再生アスファルト混合物に使用 される	中温化・作業性改善剤に使用 される	米国SHRPに準拠する

出典：JICA 調査団

👉 高弾性アスファルト (10/20) を用いた混合物

高弾性アスファルト混合物である EME (Enrobé à Module Élevé) は、1980 年代にフランスで開発され、舗装厚の低減と長寿命舗装に利点があるといわれている。従来の混合物よりも硬いバインダー (針入度 10/20 等) の使用、高バインダー量、低い空隙率、高いモデュラス、高いわだち掘れ抵抗性と疲労抵抗性に特徴がある。現在、ヨーロッパでは、EME で使用される針入度 10/20 及び 15/25 のアスファルトを標準的に製造している。また、南アフリカやオーストラリアでも実用化されている。

EME を使用するには、路盤及び基層への適用が一般的であり、表層への使用は推奨されていない点に留意する必要がある。EME を採用する際の参考資料として、以下のようなものがある。

- Sabita (南アフリカアスファルト協会：Southern African Bitumen Association) : Design procedure for High Modulus Asphalt (EME)<sup>[36]</sup>
- Austroads: Technical Report AP-T283-14<sup>[37]</sup>
- Austroads: Technical Report AP-T323-17<sup>[38]</sup>
- Austroads: Test Method AGPT/T212 Gyratory Compactor Test Method<sup>[39]</sup>

表 2.32 アスファルト舗装の比較

項目	加熱アスファルト混合物舗装	Bituminous Surface Treatment (DBSTなど)	簡易舗装
概要	最も一般的な舗装であり、砕石・砂・石粉及びアスファルトを加熱し、所定の配合割合で混合したアスファルト混合物(アスコン)を、敷きならし締固めた舗装である。通常、路盤(下層、上層)、基層(中間層)、表層から構成される。 アスファルト混合物には、常温混合物と加熱混合物があり、大別すると常温アスファルト混合物は補修材料等に用いられ、道路や空港等の建設工事で一般的に用いられているのは加熱アスファルト混合物である。重量車両の通過台数が多い、または低速走行する区間、急勾配区間、都心交差点などでは、改質剤の添加により、道路の使用目的に適した舗装性能へ品質改良した加熱アスファルト混合物を使用している。	アフリカ地区の一般国道や主要地方道の車道では一般的に施工されている工法(DBST)で、各国のGeneral Specificationsにおいて要求事項の詳細が規定されている。瀝青材料を散布した直後、瀝青材料が高温の間に骨材を散布・転圧する。 道路の規格により、SBST (Single Bituminous Surface Treatment)、DBST、TBST (Triple Bituminous Surface Treatment) が使い分けられ、浸透式マカダム工法と類似した構成で、DBST (主骨材+くさび骨材)、TBST (主骨材+くさび骨材+目つぶし骨材)となっている。	簡易舗装とは、アスファルト舗装要綱によらない簡易な構造の舗装であって、通常、表層及び路盤から構成され、表層の厚さが一般に3~5cm程度の舗装をいう。左欄①の最も簡素な構成の舗装といえる。表層には、浸透式工法、常温混合式工法、加熱混合式工法の3種類があるが、現在ではほとんどが加熱混合式工法である。左欄の②は浸透式工法の1種である。
設計理念	アスファルト舗装は、表層から路盤までの各層が交通荷重を分担して支持するもので、舗装厚の設計は、設計CBRと交通量区分に応じて、アスファルト混合物の等値換算係数を1.0とする等値換算厚(TA)法で行われている。	Overseas Road Note 31またはSATCC Draft Code of Practice for the Design of Road Pavementsに基づいた舗装設計基準では、路盤以下で荷重を指示する設計の場合は、表層の役割は路盤への止水・防水であり、Surface Dressingが使用される。	基本的には、左欄①と同様にT <sub>A</sub> 法を用いる。緊急時以外大型車両が通行しない小型道路にあつては、小型貨物車量の標準荷重を17kNとすることによって、T <sub>A</sub> 法が適用できる。
用途・適用箇所	使用するアスコンの種類及び舗装断面構成によって、高規格な幹線国道(高速道路)から歩道や駐車場など適用範囲は広い	路盤以下で荷重を支持する一般国道や主要地方道	交通量が少なく、かつ重車両が少ない生活道路、私道、歩道、駐車場など
大規模工事における一般的なコスト比較	△ 表層、基層(中間層)にアスコンを使用するため、材料費が高価	○ アスコンを使用しないため、材料費が安価	× 幹線道路には適用不可
メリット	・適用範囲が広い ・アスファルトが感温性の高い材料であるため、熱帯諸国においては、わだち掘れなどの不具合防止に対する留意が必要。	・比較的安価である	・小型道路においては簡便で安価である。
デメリット		・加熱アスファルト混合物に比べて、耐久力に劣る。	・幹線道路には適用不可
施工状況			
概算工事費直工費	下層路盤 30cm : 2,500円/m <sup>2</sup> 上層路盤 20cm : 2,500円/m <sup>2</sup> As基層(ストレートAs) 5cm : 1,500円/m <sup>2</sup> As表層(ストレートAs) 5cm : 1,500円/m <sup>2</sup> 合計 : 8,000円/m <sup>2</sup> 下層路盤 30cm : 2,500円/m <sup>2</sup> 上層路盤 20cm : 2,500円/m <sup>2</sup> As基層(ストレートAs) 5cm : 1,500円/m <sup>2</sup> As表層(改質As) 5cm : 1,800円/m <sup>2</sup> 合計 : 8,300円/m <sup>2</sup>	下層路盤 30cm : 2,500円/m <sup>2</sup> 上層路盤 20cm : 2,500円/m <sup>2</sup> DBST : 500円/m <sup>2</sup> 合計 : 5,500円/m <sup>2</sup>	-

出典 : JICA 調査団

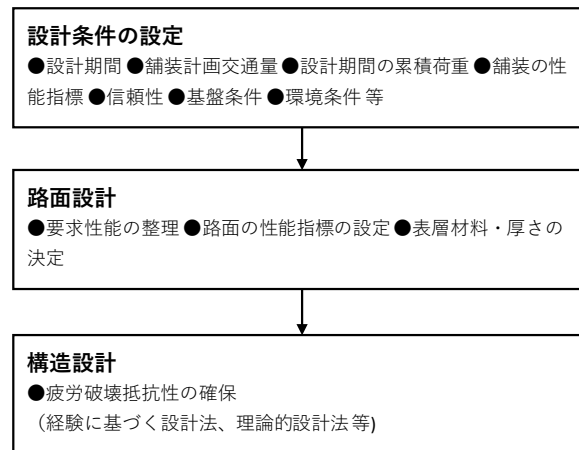
表 2.33 コンクリート舗装の比較

項目	普通コンクリート舗装	連続鉄筋コンクリート舗装	転圧コンクリート舗装
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路盤上あるいはアスファルト中間層上にあらかじめ設置した型枠内に、コンクリートを舗装するセットフォーム工法が一般的。生コンを型枠内にスプレッド又は人力等で敷き均し、コンクリートフィニッシャー又はパイプレータ等によって締め固め、レベラ又は人力等で成型する。</li> <li>・不規則なひび割れを防止してコンクリートの伸縮を吸収するため、目地を設ける。横目地は5-10m間隔に設け、コンクリートと付着しないダウエルバー(丸鋼)を使用してコンクリートの収縮・膨張を妨げない。</li> <li>・縦断方向の目地の開き防止およびコンクリート版のずれ防止のため、タイバー(異形棒鋼)を縦目地に使用する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート版の横断面積に対して約0.6-0.7%の縦方向鉄筋を連続的に配置し、横目地を省いたコンクリート版と路盤で構成された舗装。</li> <li>・コンクリート版に生じる横ひび割れを縦方向鉄筋で分散させ、個々のひび割れ幅を、交通車両の害にならない程度に且つコンクリート版の耐久性に影響を及ぼさない程度に、狭く分布させようとする舗装。</li> <li>・普通コンクリート舗装に比べ、横断方向の目地による振動や騒音が軽減され、車両走行時の路面性能が向上する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来の舗装用コンクリートよりも単位水量の少ない硬練りコンクリートを使用し、通常のアスファルト舗装と同等の機械で施工できる。</li> <li>・通常のコンクリート舗装に比べて施工速度が速く、強度発現が早いため養生時間が短く、工期短縮、早期交通開放が可能。</li> <li>・施工機械の操作により、コンクリート版厚や舗装幅員、路面勾配の変化に対応可能。</li> </ul>
用途・適用箇所(青字は共通)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル内や急勾配の道路</li> <li>・<b>重荷重を受けるヤード</b>や空港の舗装</li> <li>・比較的工事期間の長い新設道路</li> <li>・<b>耐流動性・耐摩耗性・耐油性・耐熱性</b>や長期耐用などが要求される中小規模の舗装</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>重交通道路</b>、高速道路、コンテナヤード、工場構内など、補修工事のための通行止めが容易でない箇所</li> <li>・空港の滑走路・誘導路・駐機場など、<b>耐流動性、耐油性</b>が要求される箇所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル内コンクリート舗装の打ち換え</li> <li>・交通量の多い交差点など、わだちぬれ対策と早期開放が必要な箇所</li> <li>・<b>トンネル内などの明色性が要求される箇所</b></li> </ul>
施工機械	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷き均し…スプレッド</li> <li>・締め固め…コンクリートフィニッシャー</li> <li>・表面仕上げ…コンクリートレベラ</li> <li>・人力施工箇所…簡易フィニッシャー、パイプレータ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スリップフォーム工法…スリップフォームペーパーにて敷き均し、締め固め、表面仕上げまで行う。</li> <li>・セットフォーム工法…普通コンクリート舗装と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷き均し…アスファルトフィニッシャー(又はベースペーパー)</li> <li>・転圧…ロードローラー(振動ローラー)</li> <li>・仕上げ…タイヤローラー</li> </ul>
大規模工事における一般的なコスト比較	△	○	◎
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートの配合や品質管理が最も容易</li> <li>・小型機械施工や人力施工とすることで、狭小部や歪曲部に対応可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・普通コンクリート舗装に比べ、編成機械台数が少なく自走式であるため移動が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他工法に比べ、コンクリートの養生時間が短く早期に交通開放が可能</li> <li>・比較的安価である。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・編成機械が自走できない場合が多く、移動する際はクレーンや回送車など別途費用が掛かる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スリップフォームの場合は特に、コンクリートの配合や品質管理が難しい</li> <li>・狭小部、歪曲部の対応が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローラーのみで仕上げるため、平坦性を確保するための留意が必要。そのため、平坦性が重視される滑走路や高速道路などには不向き。</li> </ul>
施工状況	 	 	 
概算工事費 直工費	下層路盤 30cm: 2,600円/m <sup>2</sup> コンクリート版 25cm: 9,000円/m <sup>2</sup> 合計: 11,600円/m <sup>2</sup>	下層路盤 30cm: 2,600円/m <sup>2</sup> コンクリート版 25cm: 8,000円/m <sup>2</sup> 合計: 10,600円/m <sup>2</sup>	下層路盤 30cm: 2,600円/m <sup>2</sup> コンクリート版 25cm: 6,200円/m <sup>2</sup> 合計: 8,800円/m <sup>2</sup>

出典: JICA 調査団

## (2) 舗装設計の流れと条件の設定

舗装設計では舗装の機能が十分発揮されるように、交通荷重と自然環境の作用に対する耐久性を確保することが重要である。舗装の基礎部分である路床がこれらの荷重に耐えられるよう適切な構造の舗装を築造し、表層からの交通荷重を分散するように、その場所の状況や条件、経済性、沿道環境を考慮しながら舗装の構造を決定する。一般的な舗装設計の流れを図 2.30 に示す。



出典：舗装設計便覧<sup>40)</sup>に基づき JICA 調査団作成

図 2.30 舗装設計の一般的な流れ

### (3) 設計条件の設定

- 設計期間

舗装の設計期間は、初期投資の限界、維持管理体制、LCC（ライフサイクルコスト：Life Cycle Cost）、当該国の基準等を考慮して決定する。また、累積等価軸重の予測値の不確実性、維持管理体制、他事業での事例等を総合的に考慮して設定することが望ましい。維持管理体制の考慮とは、予算等の不足により維持管理作業の適切な実施が困難と予想される場合に長期の設計期間を採用することにより舗装構造を強固にしておくことである。日本の例ではアスファルト舗装で10年、コンクリート舗装で20年が使われることが多いが、アスファルト舗装10年では、急速に増加する途上国の交通量や輸送量の実態にそぐわない事態の発生が想定されるので、他ドナーの設計例等も参考とする。

- 舗装計画交通量

設計期間における平均的な大型車日交通量とされ、道路の計画交通量及び2以上の車線を有する道路にあつては各車線の大型の自動車の交通の分布状況を勘案して定める大型の自動車の1車線あたりの日交通量をいう。

#### 👉 舗装に対する小型車（乗用車等）の影響

舗装設計の考え方では、基本的に大型車交通のみを考慮し、輪荷重の小さな車（一般の乗用車等）は設計で考慮しない。基本的な事項として、荷重が舗装を損傷するエネルギーは、その荷重の4乗<sup>3)</sup>に比例するという原則がある。これは竹下春見博士がAASHTO（米国全州道路交通運輸行政官協会：American Association of State Highway and Transportation Officials）の道路試験データを解析して導き出したものである。この考え方に基づけば、小型車両（乗用車等）が舗装へ与える影響は大型車両（5t 輪荷重）の1/160,000程度であり、十分無視できるものとして設計には見込まない。

<sup>3)</sup> 国や基準によっては4乗ではなく、より厳しく4.5乗を採用している国もある。また、路床強度毎に乗数を定めている等、採用している基準により乗数が異なることに注意が必要である。

$$f = \left(\frac{p}{5}\right)^4 \tag{式 2.2}$$

f: 舗装の破壊係数

p: 輪荷重

表 2.34 舗装の損傷と輪荷重の関係

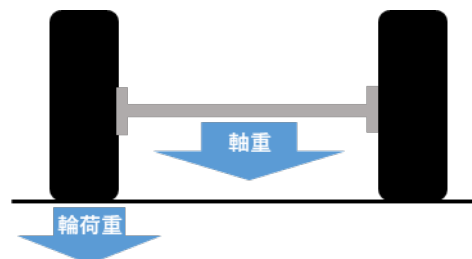
車種	輪荷重 (t)	大型車(通常)との輪荷重の比率	破壊係数 (f)	大型車(通常)との f の比率
小型車両	0.25	0.05	0.00000625	1/160,000
大型車両(通常)	5.0	1.0	1.0	1.0
大型車両(過積載)	10.0	2.0	16.0	16.0

出典: JICA 調査団

● 設計期間の累積荷重

舗装の構成や厚さを決定する上で、最も基本的な条件が交通条件と路床条件である。交通条件とは、道路の規格等により設定された設計期間内(舗装の寿命)の大型車荷重の累積値をいい、この累積値に対して道路の基盤(路床)が耐えられる(破壊しない)よう設計する。この累積荷重を算出する際に用いる荷重は、日本では輪荷重を使用して舗装設計を実施することが一般的であるが、海外では軸重を用いることが主流である。

軸重: 1軸当たりにかかる車両の荷重で、1つの車軸の輪荷重の総和  
 輪荷重: タイヤ1つ当たりにかかる車両の荷重



出典: JICA 調査団




図 2.31 輪荷重と軸重

世界の主要国における軸重の規制値を表 2.35 に示す。現在、車両の大型化への要求はアフリカでも強く、将来の軸重増加の要因となる。一方、特にアフリカ東部諸国では道路舗装、橋梁の保全のため、通行車両の軸重計測から課金を徴収するシステムを統一する動きがある。この一環として東アフリカ共同体では軸重規制値を統一した。将来の軸重想定にあたっては現状あるいは過去からのトレンドだけでなく、こうした動きにも注意する必要がある。具体的には、EU(欧州連合: European Union)の支援を受けて、軸重規制値を統一するプログラム(TTTFP<sup>4</sup>)が東アフリカでは進んでおり、EAC(東アフリカ共同体: East African Community)ではすでに規制が発効されている。また、SADC(南部アフリカ開発共同体: Southern African Development Community)でも共同体として規則化されていないが、関係大臣会合の合意事項として統一化が図られている。また、COMESA(東南部アフリカ市場共同体: Common Market for


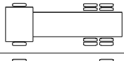






<sup>4</sup> TTTFP: 東アフリカ3地方共同体共通荷重規制プログラム (Tripartite Transport & Transit Facilitation Programme)

Eastern and Southern Africa) も加わっている。この発想の原点は、超重量車両による道路の損傷について、その原因者である超重量車両から課金する。そのための法制度整備と車重計測システムの展開である。

表 2.35 アフリカ地域主要国の軸重規制値

国名	Steering axle	Single axle	Tandem axle	Tridem axle	Combination axle
	-				-
南アフリカ	7,700 kg	8,000 kg	16,000 kg	24,000 kg	56,000 kg
アンゴラ	7,700 kg	10,000 kg	16,000 kg	24,000 kg	38,000 kg
ボツワナ	7,700 kg	8,200 kg	16,000 kg	24,600 kg	50,200 kg
マラウイ	7,700 kg	8,200 kg	16,400 kg	24,600 kg	55,000 kg
モザンビーク	7,700 kg	10,000 kg	16,000 kg	22,000 kg	38,000 kg
ナミビア	7,700 kg	8,200 kg	16,400 kg	21,000 kg	48,400 kg
ジンバブエ	-	8,000 kg	18,000 kg	24,000 kg	56,000 kg
タンザニア	7,700 kg	10,000 kg	18,000 kg	24,000 kg	52,000 kg
ウガンダ	7,700 kg	10,000 kg	18,000 kg	24,000 kg	52,000 kg
日本	-	10,000 kg	18,000 kg	-	36,000 kg
アメリカ	-	9,100 kg	15,400 kg	19,300 kg	41,000kg
EU	-	10,000 kg	18,000 kg	24,000 kg	44,000 kg

出典 : <https://fleetwatch.co.za/previous/magazines/april01/AxleLoad.htm>

	許容最大重量
	8+10=18
	8+18=26
	8+15=23
	8+10+18=26
	8+10+24=42
	8+18+24=50
	8+15+24=48
	8+18+18=44

出典 : JICA 調査団

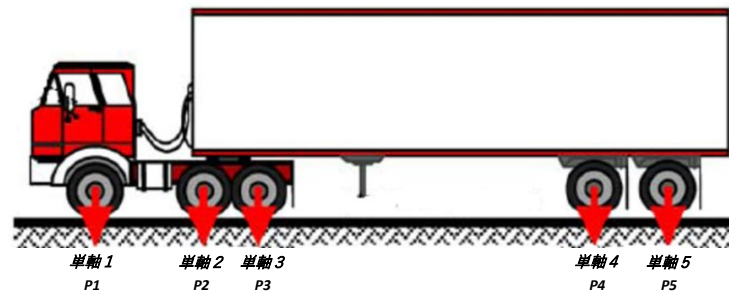
図 2.32 軸の配置と軸荷重の規制例 (ウガンダ)

また、累積荷重の算出に用いられるのが車種別破壊係数であり、その具体的な計算例は以下のとおりである。この車種別破壊係数の設計期間内の総和が、舗装設計の交通条件となる。

$$SADFi = \left( \frac{Pi}{SAL} \right)^n \tag{式2.3}$$

SADFi : Single Axle Damage Factor (単軸破壊係数 (等価軸重係数))  
 Pi : i 番目の車軸の計測単軸軸重 (kg 又は kN)

SAL : Standard Axle Load (基準軸重 kg 又は kN)  
 n : 損傷指数 (Damage Exponent)



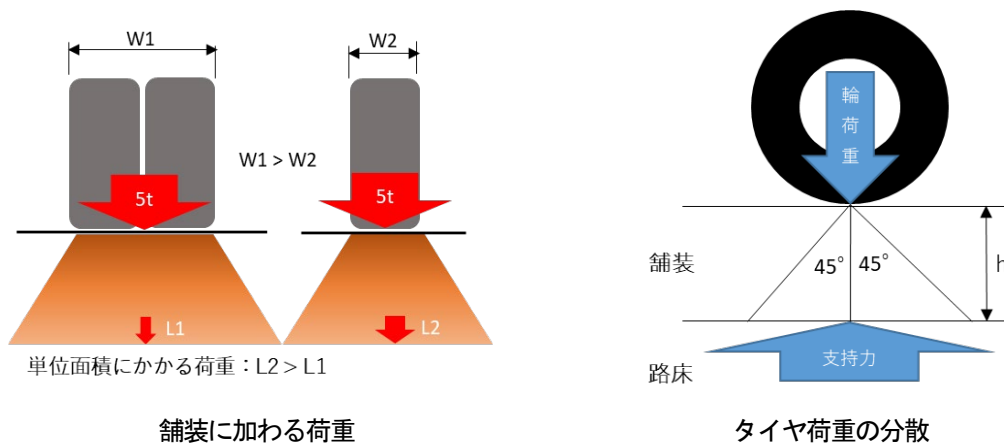
出典 : JICA 調査団

図 2.33 単軸の破壊係数の概要図

● 基盤条件 (路床強度)

路床条件とは、路床の支持力(強度)のことであり、一般的には CBR (シービーアール : California Bearing Ratio) 試験によって評価される。多くの設計基準において、CBR が 3%未満の軟弱な路床の場合、路盤などの施工時の作業基盤を確保できず、供用後の支持力も十分でないので、路床を構築(置換えまたは改良)することとしている。

昭和 25 年 (1950 年) AI (アメリカのアスファルト協会 : Asphalt Institute) のアスファルトハンドブックを参考にアスファルト舗装要綱<sup>41)</sup>が策定され、輪荷重を集中荷重とし、舗装を通して図 2.34 に示すように荷重が 45 度で分散するという考え方が示された。この考え方は、①同じ路床強度の場合には、荷重条件が大きくなれば舗装厚さ (h) が増加する、②同様に荷重条件が同じ場合には、路床の強度が小さくなるにしたがい舗装の厚さ (h) が増加する、③単位面積当たりの輪荷重は深い位置では小さくなるため、舗装の下部の強度は小さくてもよい(下部の材料は強度の小さい安価な材料が使用できる)、ということを示している。舗装設計とは、交通条件と自然条件に環境条件を加味し、最も合理的な舗装の種類、組合せと厚さ (h) を決めることである。



出典 : JICA 調査団

図 2.34 輪荷重の分散と路床の支持力



● 信頼性

舗装が設定された設計期間を通して破壊しない確からしさを設計された舗装の信頼性といい、その場合の破壊しない確率を信頼度という。信頼度 90% (破壊確率 10%) とは、同じように設計した舗装が 100 区間あった場合そのうち 10 区間が破壊に至る、または一つの区間のうち 10%の舗装面積が破壊に至ることである。

● 環境条件

環境条件とは、気温や降雨量のことであり、路面温度や凍結の影響、舗装の排水条件の設定の基礎となるものである。

(4) 路面設計

路面設計は、設定された路面の設計期間にわたって性能指標の値など路面設計条件を満足するよう路面を形成する層（一般に表層）の材料、工法および層厚を決定することである。気温の高い地域では、我が国とは気象条件や舗装用骨材等の材料に差異があるため、周辺の道路事業におけるアスファルト混合物の配合や路面性状の調査を十分に行い、特に「流動わだち掘れ」対策が対象路線にて必要かどうかを検討する。表 2.36 は日本の性能指標の例であり、流動わだち掘れに対応する塑性変形輪数については、道路の種類と交通量により表 2.37 のように定められている。

表 2.36 舗装路面の性能指標（日本の例）

舗装路面の性能指標の例		設計のアウトプット
路面（表層）の性能	必須：塑性変形輪数、平坦性 必要に応じて：騒音値、浸透水量、すべり抵抗値等	① 表層の使用材料 ② 表層の厚さ ③ （必要に応じて基層も検討）

出典：舗装設計施工指針<sup>[42]</sup>を参考に JICA 調査団作成

表 2.37 塑性変形輪数の基準値（普通道路、標準荷重49kN）

区分	舗装計画交通量 (単位：台/日・方向)	塑性変形輪数 (単位：回/mm)
第1種、第2種、第3種第1級および第2級、第4種第1級	3,000以上	3,000
	3,000未満	1,500
その他		500

出典：舗装設計便覧<sup>[40]</sup>

しかし、気温が高い地域での流動わだち掘れ対策を考慮する際には、日本とは気象条件や骨材品質等が異なるため、周辺の道路事業における配合や路面の調査を参考にすることが肝要である。合わせて我が国（相手国に基準がある場合は相手国の基準）の基準、及び「推計 DS（動的安定度：Dynamic Stability）の計算」に記載する路線別の必要 DS 値等を参考に目標 DS 値を決定し改質アスファルト使用の可否を判断する。

### 👉 推計 DS 値の計算

日本の実績に基づく推計 DS 値の計算式として、舗装設計便覧に以下の式が提示されている。これは交通条件、道路条件、自然条件の他、許容わだち掘れ量等を組み込んだ式である。

$$DS = 0.679 \times \left( \frac{Y \times T \times W \times V \times Ct}{D} \right) \quad (式2.4)$$

DS	:	動的安定度 (回/mm)
D	:	許容わだち掘れ量 (mm)
Y	:	供用期間 (日)
T	:	大型車交通量 (台/日)
W	:	輪荷重補正係数=5トン換算輪数/日大型車交通量
V	:	走行速度補正係数
Ct	:	温度補正係数

### 👉 改質アスファルト等の使用基準

途上国においても、日本の無償資金協力事業を含めて改質アスファルトの採用実績が増えてきている。改質アスファルトの使用基準を明確に示した設計基準等は多くないが、表 2.38に示すタンザニアの例のように改質アスファルトを含む硬質アスファルトの使用基準を示している例もある。

表 2.38 改質アスファルト等の使用に関する基準

以下の区間に針入度「40/50」のアスファルトバインダー又は改質アスファルト使用を規定 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 縦断勾配が6%を超える上り車線</li> <li>● 縦断勾配が4%以上であり、且つそれが1km 以上続く区間</li> <li>● 大交差点へのアプローチ区間</li> <li>● 全ての主要都市の路線</li> <li>● 交通が連続する区間、及び上記以外の理由で車両が低速走行となる地域</li> </ul>
--

出典：Pavement and Material Design Manual 1999<sup>[43]</sup>

## (5) 舗装の構造設計

構造設計とは、設定した構造設計条件に従って所定の性能指標の値を満足するよう舗装各層の材料と厚さを決定するものである。アスファルト舗装では、交通量と路床の支持力に応じ舗装厚（表層と基層、及び路盤等の厚さの配分）を決定することを舗装の構造設計という。セメントコンクリート舗装では、必要な路盤の支持力を得るために、路床の支持力に応じて路盤材料と厚さを決め、交通量に応じてコンクリート版厚と目地間隔を決め、更に目地部および縁部を鉄筋で補強することを舗装の構造設計という。

表 2.39 舗装の種類別設計法別構造設計条件

条 件	アスファルト舗装			コンクリート舗装	
	経験的設計	理論的設計	カタログ式设计	経験的設計	理論的設計
舗装計画交通量	(○)			(○)	
累積軸(輪)重	○	○	○	○	○
輪荷重分布					○
車輪走行位置分布					○
交通量昼夜率					○
設計 CBR	○		○	○	
設計支持力係数				○	
各地点の CBR の平均		○			○
各地点の支持力係数の平均					○
各地点の弾性係数とポアソン比の平均		○			○
気温	○	○	○	○	○
舗装温度	○	○	○	○	○
降雨量	○	○	○	○	○
材料の品質規格	○		○	○	
材料の特性や定数		○			○

出典：舗装設計便覧<sup>40)</sup>を参考に JICA 調査団作成

各舗装設計基準に示される舗装の設計法には、経験に基づく経験的設計法と交通荷重による舗装の挙動を力学的に解析し、舗装の傷み具合に関係づけた破壊基準を適用する力学的経験的方法、及び材料の品質を規定して舗装構成をカタログから選定するカタログ式设计法が代表的な設計法である。表 2.40に各設計法の特徴を示す。どの設計基準を用いるにせよ、路盤、路床の設計に当たっては、使用材料の評価を適切に行うことが重要である。表層であるアスファルト舗装、コンクリート舗装はその維持補修、改良が比較的容易であるが、路盤、路床はそれが困難であることから、より強い耐久性が必要とされるためである。

表 2.40 舗装設計の代表的基準

設計法	特徴・長所・短所	各設計法の代表的な設計基準	代表的な採用国
経験的設計法	特徴：実物大の走行試験の結果や、供用した舗装の実績に基づいて設計する。(力学的な検討も加味される) 長所：豊富な実績があり、設計手順は単純である。 短所：新しい材料や構造には対応できない。	舗装設計便覧 <sup>40)</sup> (TA法*)	日本
		AASHTO 舗装設計基準 <sup>44)</sup>	米国、ガーナ、タイ等
理論的 又は 力学的経験的 設計法	特徴：力学理論を前提として、理論で不明な部分(耐久性等)を経験で補う。 長所：説明性が高く一般性を持つ。 短所：力学理論の検証のために、本来は多くのデータが必要である(Mr(舗装材料)の弾性率: Resilient Modulus)を CBR から求めたり、破壊式を日本の経験で代用したりする等が考えられている)。	舗装設計便覧 <sup>40)</sup> (理論的設計法)	日本
		AASHTO MEPDG <sup>**[45]</sup>	米国
		南アフリカ 舗装技術マニュアル <sup>46)</sup> SAPEM <sup>***</sup>	南アフリカ
カタログ式设计法	特徴：層の厚さや、材料の品質等の仕様を細かく規定する経験的設計法の一つであり、路床強度、交通区分、及び気象条件等によって決められたカタログ(舗装構成)から選択する。 長所：設計手順が単純である。 短所：性能を予測することが難しい。また、カテゴリ分けが大雑把になりやすい。	ORN 31 <sup>47)</sup>	旧英国領他多数
		SATCC 舗装設計基準 <sup>48)</sup>	南部アフリカ地域
		南アフリカ 舗装設計基準 <sup>49)</sup>	南アフリカ

\*TA：(アスファルト)等値換算厚(Total Asphalt)，\*\*MEPDG：Mechanistic-empirical pavement design guide，\*\*\*SAPEM：South Africa Pavement Engineering Manual

出典：土木学会舗装工学ライブラリー7「舗装工学の基礎」<sup>[50]</sup>を参考に JICA 調査団作成

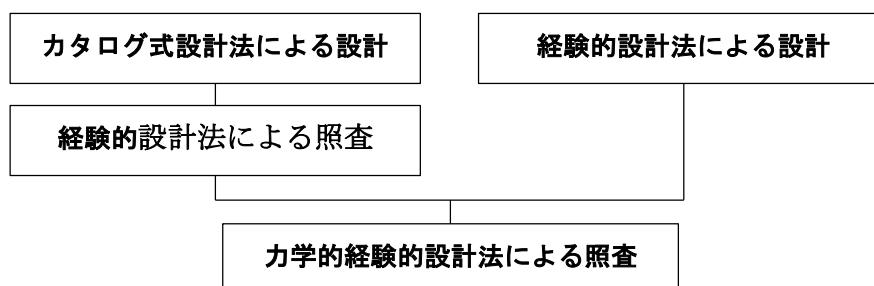
また、ORN (Overseas Road Note) 31<sup>[47]</sup>、SATCC (南部アフリカ運輸・通信委員会: Southern Africa Transport and Communications Commission) 舗装設計基準<sup>[48]</sup>、南アフリカ舗装設計基準<sup>[49]</sup>等は累積等価軸重に適用限界があるため、適用範囲を超えて使用する場合に注意が必要である。南アフリカ舗装設計基準<sup>[49]</sup>は年間降雨量の少ない南アフリカに適用できる基準であり、降雨量の多い地域では適用できないため、その場合は南部アフリカ共同体諸国の多様な自然条件に対応した SATCC 舗装設計基準<sup>[48]</sup>等の適用を検討する。あるいはタンザニアの舗装設計基準<sup>[43]</sup>のように、カタログの区分けが大きい場合、過小・過大な設計とならないよう他の設計法で照査するほうが安全である。各基準の適用限界と留意点を表 2.41に示す。ただし、各舗装基準には設計思想に対する一連の流れがあることから、各設計段階で適用する舗装基準を変更することは避ける必要がある。

表 2.41 各基準の適用限界等 (アスファルト舗装)

基準名	適用限界	留意点
舗装設計便覧 <sup>[40]</sup>	適用限界なし (少なくとも $80 \times 10^6$ [80kN 軸重換算] 以上に対応)	適用荷重は輪荷重 (49kN) であり、軸荷重では 98kN となる。他の基準は標準軸荷重 80kN としている場合が多いので、比較の場合は同じ標準荷重への換算が必要である。
AASHTO 舗装設計基準 <sup>[44]</sup> (1993 年)	適用限界明示なし	チャートの上限は ESAL 値 $50 \times 10^6$
ORN 31 <sup>[47]</sup>	累積等価軸重 (ESAL) $30 \times 10^6$ までが適用範囲	大型車交通量が多い場合には、事前に他基準との比較が必要。
SATCC 舗装設計 <sup>[48]</sup>	累積等価軸重 (ESAL) $30 \times 10^6$ までが適用範囲	大型車交通量が多い場合には、事前に他基準との比較が必要。
南アフリカ 舗装設計基準 <sup>[49]</sup>	累積等価軸重 (ESAL) $100 \times 10^6$ までが適用範囲	年間降雨量の多い地域には適用できない。
タンザニア 舗装設計基準 <sup>[43]</sup>	累積等価軸重 (ESAL) $50 \times 10^6$ までが適用範囲	低速大型車等が多くアスファルト層が早期損傷を受ける主要都市幹線道路は別途検討としている。

出典: JICA 調査団

検討された舗装の構造に対して、構造的な妥当性を確認するために経験的設計法、又は理論的設計法 (舗装設計便覧<sup>[40]</sup>) 等の異なる設計方法による照査を実施する (図 2.35)。なお、照査は舗装厚を薄くすることに用いるのではなく、設定した舗装構成の各層の耐久性、経済性等の妥当性と問題点の検証に用いるものである。

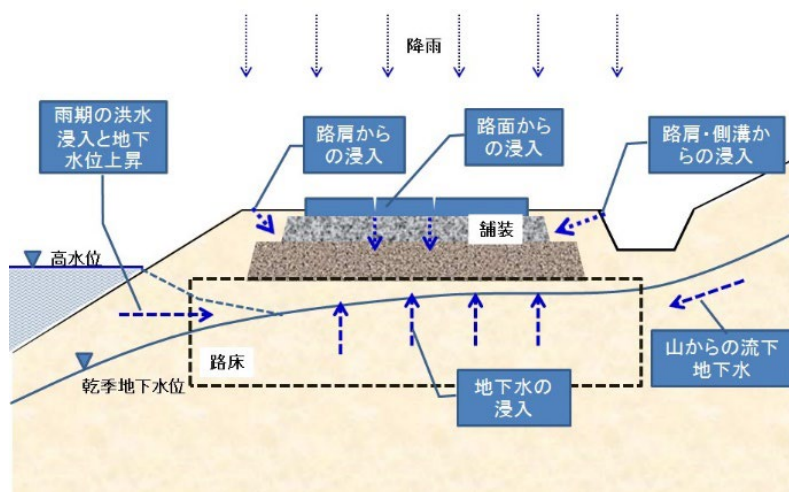


出典: JICA 調査団

図 2.35 舗装の構造設計照査フロー (例)

## (6) 舗装排水

舗装において水の処理を適切に行えば、経済的で長持ちする舗装とすることができる。逆に、舗装の損傷は排水不良を原因とすることが多い。特に、表層が DBST (二層表層処理舗装: Double Bituminous Surface Treatment) である場合やあまり厚くない (5cm 以下) アスファルト舗装、さらにコンクリート舗装のジョイント部や路肩際では路盤内や路床に浸入した水の影響を受けやすい。このため、浸入した水の排除について設計時に考慮する他、完成後であっても構造的な対策を講じないと維持管理上対応が困難な場合があるので注意する。舗装内部には図 2.36 に示すように様々な経路で水分が浸入してくる。浸入する水によって起きる弊害は様々であるが、それらは重大な損傷につながる場合があるので注意深い考察と対策が必要である。そのため、これらの浸入ルートについて正しく理解して道路設計と舗装構造設計に当たる必要がある。

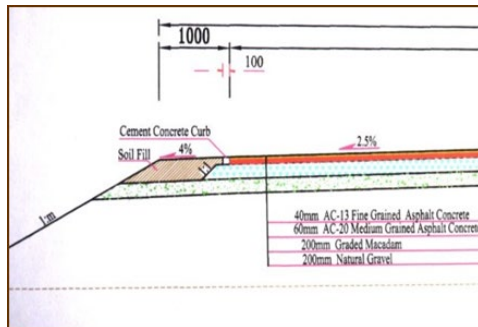


出典: JICA 調査団

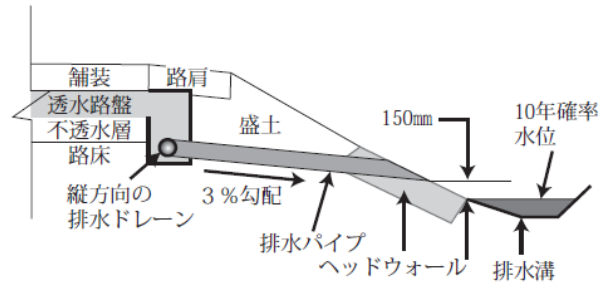
図 2.36 舗装を巡る様々な水

なお、多くの国の舗装基準において、排水不良は路盤強度の低下、全体の支持力低下をもたらすとして、排水の重要性が強調されているが、特に舗装に悪影響を与える路盤内の水処理に対して、路盤内に雨水などを浸透させないように舗装、のり面部の構造を設計することが基本となる。諸対策をとっても、また経年劣化により舗装クラックが発達することもあり、路盤内への侵入を完全には抑止できないと考え、欧米諸国では「地下排水 (Subsurface drainage)」という考え方が広く普及している。透水性の高い路盤材料を使用し、路盤層を排水層として道路端部へ排水する方法である。DMRB<sup>[51]</sup> (英国道路橋梁設計マニュアル: Design Manual for Roads and Bridges)、ORN31<sup>[47]</sup>、SATCC<sup>[48]</sup>等では、舗装体内から水を排するための「舗装内排水 (Drainage within the pavement)」という考え方が前提となっており、SATCC<sup>[48]</sup>では上層路盤と下層路盤は路肩を越えて排水溝まで延伸すること (図 2.37 左図参照) を推奨し、いかなる状況においても、舗装構造が連続した不浸透性の路肩の間に閉じ込められている「トレンチ」タイプのプール効果により、舗装強度が急速に劣化することに注意を促している。また、DMRB<sup>[51]</sup>の Volume 7: Pavement Design and Maintenance においても、路盤排水のため路盤から排水路までは常に下り勾配とすること、道路改修や拡幅プロジェクトでは、適切な路盤の厚さと勾配を利用して既存の路盤材から新たな路盤材を接続し、排水の連続性を維持することが必要としている。

米国では路肩が広いこともあり、路盤材の路肩のり面への延伸よりも舗装の端部に縦断排水暗渠を設置する例が多い(図 2.37 右図参照)。多雨地域で路盤排水等の影響が懸念される場合は、これらを参照して路盤内の排水設計を行うとよい。



出典：エチオピア道路公社



出典：アスファルト 第218号<sup>52)</sup>

図 2.37 側方排水を設置した透水路盤

なお、英国の舗装設計基準<sup>53)</sup> (Desing Guidance for Road Pavement Foundations, Draft HD25) では、舗装礎部(上層/下層路盤)下 30cm より下に水位がある場合、この排水層の設置は必要ないとされている。このことから、地下水水位が確認された場合には、少なくとも地下水水位が下層路盤下 30cm より低い位置にできるように道路の高さを設定することが望ましい。

### (7) LCC (ライフサイクルコスト : Life Cycle Cost) による舗装構造の比較

舗装の性能を一定レベル以上に保持するために、供用後の交通荷重により性能が低下した場合には補修し、さらに補修によって必要な性能まで向上させることができない場合には再び建設(舗装の打換え)されることになる。このような舗装の建設から次の建設までの一連の流れを舗装ライフサイクルといい、これに係わる費用をライフサイクルコストという。舗装のライフサイクルコストの算定手法について確立されたものはないが、ライフサイクルコストの算定に用いる一般的な費用項目は、①道路管理者費用、②道路利用者費用(便益)、③沿道および地域社会の費用(便益)等の各項目より構成されるが、無償資金協力事業では、必要に応じて道路管理者費用の一部(建設費用、維持管理費用、補修・再建設費用)に着目し、表層材料(ストレートアスファルト舗装、改質アスファルト舗装、コンクリート舗装)のライフサイクルコストを比較する。

表 2.42 舗装のライフサイクルコストの費用項目例

分類	項目	詳細項目例
道路管理者費用	建設費用	建設費(材料費、施工費、現場経費等) 注: 材料の調達方法について明示すること。
	維持管理費用	維持費
	補修費用・再建設費用	補修・再建設費、廃棄処分費等

出典：JICA 調査団

## 2.9. 排水設計

### (1) 途上国における道路排水計画

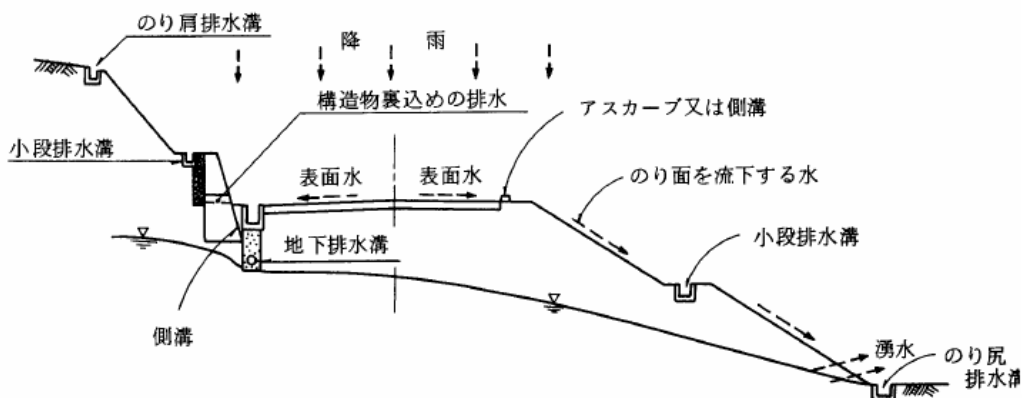
雨水等の水は直接、間接に道路に損傷を与える。例としては、のり面崩壊、排水溝の閉塞による土砂流出、排水不良による盛土や擁壁の崩壊、舗装の破損などである。また、道路に損傷を与えなくても、路面の排水が悪いと降雨や融雪などによって水溜りが生じ、交通の停滞やスリップ事故を引き起こすことになるため、道路の設計、施工および維持管理にあたっては、舗装や構造物と同様に排水施設にも十分な配慮が必要である。

また、途上国で道路排水計画を実施する場合、大きな課題となるのがデータの不備である。雨量データは欠測が多く、河川の流量(水位)データは存在しない、また降雨強度データは更新されていないことが通常である。このため、準備調査段階の排水計画においては、可能な範囲でデータを収集するとともに、道路管理者のみならず、その他の河川関係機関等から幅広く情報を集めることが必要である。また、可能な範囲で水理解析を実施し、定性的な判断に留まらない論理的な裏付けを作成することが重要である。

### (2) 道路排水施設の計画

道路排水施設を計画する場合、対象となるのは表面排水と地下排水である。表面排水とは路面排水と隣地排水等を適切な流末に導く処理のことを指し、地下排水は路体、路床、路盤の軟弱化を防止するために地下水位の低下を目的に設置されるものである。図 2.38 に一般的な排水の種類、及び排水施設の設置例を示す。道路排水計画のための調査では、特に以下に示すような箇所に留意することが必要である。

- 計画地域の気象状況
- 表面水が局部的に集中して流れるような箇所
- 地山からの湧水や浸透水の多い箇所
- 集めた水を排除する流末の状況



出典：中部地方整備局道路設計要領<sup>54)</sup>

図 2.38 排水施設の種類

① 表面排水

降雨又は降雪によって生じた路面および道路隣接地からの表面水を排除することをいう。ただし、のり面を流下する水は表面水ではあるが、のり面排水の対象として扱う。

② 地下排水

地下水位を低下させること、および道路に隣接する地帯ならびに路面から浸透してくる水や、路床から上昇してきた水をしゃ断したり、すみやかに除去したりすることをいう。

③ のり面排水

切土、盛土あるいは自然斜面を流下する水や、のり面から湧出する地下水によるのり面の浸食や安定性の低下を防止するための排水をいう。

④ 構造物の排水

構造物の裏込め部のたん水や構造物内の漏水および降雨、降雪により生じた橋面の表面水等を除去することをいう。なお、特に橋梁床版上の滞水は、床版ひいては桁の劣化などの主要因であるため、防水シート設置などについて十分配慮することが重要である。

表面排水は、一般的に路側に設けた側溝、横断排水施設、枡などを介しながら適切な流末へ導かれる。しかし、途上国においては、排水施設の維持管理(清掃等)が頻繁に行われていないことから、写真 3.3 示すように施設に土砂が堆積したり、写真 3.4 に示すようにゴミ捨て場となったりする場合が多い。写真 3.5 は、重量車両により破壊された側溝蓋であるが、これらが改修されることはほとんどない。これらの維持管理の不備は、道路の冠水を引き起こし、道路の路盤や路床を軟弱化させる。



写真 2.6 土砂で埋まった横断管



写真 2.7 ゴミ捨て場と化した横断函渠



写真 2.8 重量車両により破壊された側溝蓋

出典：JICA 調査団



このような表面排水上の問題は、十分な現地調査と設計時の配慮によりある程度回避することが可能である。第一には、極力断面の大きな横断構造物（少なくともφ900mm～1,000mm）を採用し、維持管理しやすい施設にすることが重要である。その他、土砂の堆積が想定される場合については、前後に小規模なチェックダム（土砂止め）を設置することが考えられる。また、ゴミの問題については、蓋やグレーチングによる対応も考えられる。急激な流出量の増加が、周辺の社会環境へ影響を与える場合には、調整池の設置についても検討が必要である。

また、写真 3.6 は流末となる河川である。道路を横断する部分については、構造物により適切な処理がされるが、道路から離れた地点では「自然河川」のままである。このため、過度に水が流入すると頻繁に河道が変化することもある。また、流末周辺（下流部）に居住者等がいる場合には、道路横断構造物の整備による流出量の増加が生活に支障を与えることもあるので注意しなければならない。



写真 2.9 排水の流末となる自然河川

出典：JICA 調査団

### (3) 排水計画のための基本事項

排水施設の計画規模は「何年に一度の割合で発生する洪水に対して安全な施設にするか」という目標値で表わされる。一般的に、道路事業の排水施設については、道路と排水施設の重要度によって3年確率(1/3)から30年確率(1/30)が適用され、その適用された確率年に応じて下式に示す合理式(ラショナル式)等によって求められる流出量に対して排水構造物の大きさを決定する。

$$\text{基本式} \quad Q=1/3.6 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (\text{式}2.5)$$

Q：雨水流出量(m<sup>3</sup>/s)

C：流出係数

I：到達時間内における降雨強度 (mm/h)

A：流域面積(km<sup>2</sup>)

この計算式の項目の中で、確率年によって決定される項目は降雨強度である。この降雨強度とは、ある一定時間に降った雨が1時間降り続いたとして換算したもので、単位はmm/hである。例えば、ある日1時間に50mmの雨が継続的に降り、次の日には5分間に20mmの雨が降った場合、降雨強度としては以下のとおりとなる。

$$1\text{日目} \quad 50\text{mm} / (60/60) = 50\text{mm/h}$$

2日目 20mm / (5/60) = 240mm/h

近年の気候変動の影響により、日本でも短時間強雨の発生件数が約30年前の約1.4倍に増加し、2012年以降、全国の約3割の地点で、1時間当たりの降雨量が観測史上最大を更新し、気候変動を踏まえた将来の降雨強度を考慮すべきではないかという議論がある。また、気候変動による影響の予測が必ずしも確実では無い中、将来の降雨強度の増加率が様々に変化した場合にも手戻りのないよう予め整備手順を見直すべきと提言もある。この降雨強度の算定は水文統計学的に処理されるため、データ数が多いほど信頼性が高いとされているが、参考までに30年間のデータと気候変動の影響の大きい10年間のデータによる降雨強度の比較結果を表2.43に示す。この結果によれば、10年間のデータを使用した場合の降雨強度(日降雨強度)の値は30年間のデータで処理した降雨強度を大きく上回る結果となった。なお、解析期間を短くした場合には、結果のバラツキが大きい等問題もあるが、流出量の算定を実施する場合には気候変動を踏まえた検討が必要である。

表 2.43 日降雨強度の比較結果 (タンザニア)

確率年	10年間			30年間		
	Gumbel	LogP3	Iwai	Gumbel	LogP3	Iwai
2	41.3	33.3	35.1	36.9	34.0	35.0
5	71.9	60.4	64.4	57.5	54.7	55.3
10	92.1	89.9	91.8	71.1	71.3	70.3
20	111.6	131.2	124.8	84.2	89.5	85.8
50	136.7	212.6	178.3	101.1	117.0	107.5
100	155.6	303.9	227.2	113.8	140.7	124.9

出典：JICA 調査団 (水文統計ユーティリティ Ver.1.5 (財団法人 国土技術研究センター) を使用)

また、流出量を求める方法については、合理式の他にも様々な方法が提案されている。南アフリカの排水基準である「Drainage Manual 6th Edition<sup>[33]</sup>」: SANRA (南アフリカ道路公社: South Africa National Road Agency) では、流出量算定方法の適用限界等について以下のとおり記述されている。このように、流出量を算出する方法にも様々な方法があるため、対象国の実績等を調査した上で算定方法を決定する。

表 2.44 流出量算定方法の適用と限界

方法	入力データ	適用限界 (km <sup>2</sup> )	推奨確率年
統計的手法	ピーク洪水記録	限界無し	2~200
合理式	流域面積、水路長、平均勾配、流域の自然条件、降雨強度	面積<15以下が望ましい。ただし、降雨強度の算定方法(到達時間等)による。	2~200
合成ハイドログラフ*法	流域面積、水路長、流域中心からの距離、年平均降雨量、流域タイプ、地域別ハイドログラフ	15~5,000	2~100
経験法 (RMF**)	流域面積、水路長、流域中心からの距離、年平均降雨量	限界無し	10~100
東アフリカ洪水モデル	流域面積、水路長、地形条件、降雨継続時間	面積<200	-

\*ハイドログラフ：横軸に時間を取り、縦軸に流量あるいは水位を取り、その時間変化を表した図のことである。

\*\*RMF：地域最大洪水 (Regional Maximum Flood)

出典：Drainage Manual 6th Edition<sup>[33]</sup>を参考に JICA 調査団作成

### 到達時間

到達時間とは、雨水が地上に達してから、対象となる排水施設ある地点に洪水として流れ着くまでに要する時間のことである。合理式とは、洪水到達時間  $T$  (流域最遠端に降った雨が流出し流域末に到達する時間) 以上の降雨の継続時間があつた場合、流域末地点での最大流出量 (ピーク流量) を求める手法のことである。また、降雨強度は、前述の日降雨強度等から到達時間内の降雨強度に変換する必要があり、この変換方法や使用する係数が各国の基準で異なることに注意する必要がある。

## 2.10. 道路附属施設

### (1) 道路附属施設

道路附属施設とは、安全施設、標識施設、植樹帯等が含まれ、道路利用者が安全に道路を通行するために設置される施設である。具体的には、道路標識、道路標示、区画線(ライン)、立体横断施設(横断歩道橋等)、防護柵(ガードレール、ガードパイプ等)、道路照明、視線誘導標、道路反射鏡、視覚障害者誘導用ブロック等が含まれる。また道路利用者に様々な情報を提供する道路情報管理施設についても触れておく。交通安全の確保については、現地の状況等から道路本体の幅員、平面/縦断線形等の幾何構造設計のみでは、その安全性が十分に達成できない恐れがある場合がある。照明や道路情報管理施設は、このような場合に道路本体と一体に安全性や円滑性を図るものであるため、道路本体の設計の一部として設計に反映させることが重要である。

道路標識・道路標示・区画線については国連標識があり、また、これに加盟していなくても各国でそれぞれ標識等の基準を有しているため、標識などの細かな形状、記載内容については、当該国の基準や慣行を確認する。その他、地域の共同体で基準を定めている場合(例:SDAC(南部アフリカ開発共同体:Southern African Development Community) Road Traffic Signs Manual<sup>[55])がある)があるので、広域的な共同体を含めて基準等を確認することが重要である。以下に日本の事例を参考に具体的な道路附属物の設置基準、設置箇所等について記載する。</sup>

### (2) 道路標識

道路標識の設置については「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」(総理府・建設省令第3号、昭和35年12月17日発令)第1条～第4条に道路標識の「分類」、「種類」、「設置場所」、「様式」、「設置者の区分」等について述べられている。

表 2.45 道路標識の種類

分類		意味	
道路標識	本標識	案内標識	①目的地の方向や距離・路線名・路線番号など経路を案内する標識 ②都府県・市町村の境界や地点を案内する標識 ③道路の施設を案内する標識
		警戒標識	道路上で、警戒すべきことや危険を知らせる標識。 設置することで、減速や注意深い運転を促す。
		規制標識	車両や歩行者に対して、禁止や規制、制限などを知らせる。
		指示標識	通行するうえで守るべき事項を知らせる。
	補助標識	本標識を補足する。 主に「車両の種類」や「時間」「区間」などを表す。	

出典：平成15年度建設技術移転指針策定調査(道路設計基準)報告書<sup>[56]</sup>を参考にJICA調査団作成

### (3) 道路標示

道路標識の設置については「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」(総理府・建設省令第3号、昭和35年12月17日発令)第8条～第10条に道路標示の「分類」、「種類」、「設置場所」、「様式」等について述べられている。

表 2.46 道路標示の意味と種類

分類		意味と種類
道路標示	規制表示	事故を防ぐために流れを規制する。 (例) 転回禁止、追越しのための右側部分はみ出し通行禁止、進路変更禁止、駐停車禁止、最高速度、路側帯、車両通行帯、優先本線車道、路線バス等優先通行帯、進行方向別通行区分、右左折の方法、等
	指示表示	交通が安全で円滑に流れるように指示し、或いは通行できることを示す。 (例) 横断歩道、斜め横断可、自転車横断帯、停止線、中央線(道路中央線)、車線境界線、安全地帯、導流帯、路面電車停留場、横断歩道又は自転車横断帯あり、前方優先道路、等

出典：JICA 調査団

#### (4) 区画線

区画線の設置についても「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」第5条～第7条に区間線の「種類」、「設置場所」、「様式」等について述べられている。

表 2.47 区画線の種類及び設置場所

種類	設置場所
車道中央線	車道の幅員が5.5m以上の区画内の中央を示す必要がある車道の中央(車道中央線)
車線境界線	4車線以上の車道の区間内の車線の境界線を示す必要がある区間の車線の境界
車道外側線	車道の外側の縁線を示す必要がある区間の車道の外側
歩行者横断指導線	歩行者の車道の横断を指導する必要がある場所
車道幅員の変更	異なる幅員の車道の接続点で、車道の幅員の変更を示す必要がある場所
路上障害物の近接	路上における路上障害物の接近を示す必要がある場合
導流帯	車両の安全かつ円滑な走行を誘導する必要がある場合
路上駐車場	路上駐車場の外縁(歩道に接するものを除

出典：平成15年度建設技術移転指針策定調査(道路設計基準)報告書<sup>56)</sup>



出典：JICA 調査団

写真 2.10 道路標示と区画線の事例

#### (5) 立体横断施設

立体横断施設の設置については、立体横断施設技術基準(昭和53年建設省都市局長、道路局長通達)にその基準が記載されている。なお、立体横断施設は横断歩道橋、地下横断歩道、ペDESTリアンデッキ等を含む。

立体横断施設のうち横断歩道橋を設置する場合の定められた構造については以下のとおりである。

- 1) 横断歩道橋の有効幅員は、200cm以上とすること。ただし、地下横断歩道については300cm以上とすること。

- 2) 傾斜路または傾斜路付階段を設けること。(昇降装置等の施設を設置する場合は除く)  
 ※車椅子等の円滑な進行を考えると、昇降機等の設置が好ましいが、多額の費用を要することから設置が困難な場合は、傾斜路または傾斜路付き階段とする。この場合の傾斜路および傾斜路付き階段の勾配はそれぞれ12%、25%を越えてはならない。
- 3) 階段等の高さが300cmを越える場合には、階段の途中に踊り場を設けること。
- 4) 階段の踏面および路面の仕上げは滑りにくいものとする。  
 ※晴天時のみの利用だけを考えるのではなく、悪天候時の利用を考慮して、舗装表面を決定する。
- 5) 階段等および踊り場には手すりを両側に設けること。

## (6) 防護柵

防護柵の設置基準は平成28年12月改訂の「防護柵の設置基準・同解説<sup>67)</sup>」により定められており、車両を対象とする車両用防護柵と歩行者等を対象とする歩行者自転車用柵に区分されている。

### A) 車両用防護柵

車両用防護柵は、以下のような区間に設置するものとされている。

- ① 主として車両の路外への逸脱による乗員の人的被害の防止を目的として路側に車両用防護柵を設置する区間
- ② 主として車両の路外などへの逸脱による第三者への人的被害(以下「二次被害」という。)の防止を目的として車両用防護柵を設置する区間
  - 主として車両の路外への逸脱による二次被害の防止を目的として路側に車両用防護柵を設置する区間
  - 分離帯を有する道路において、主として車両の対向車線への逸脱による二次被害の防止を目的として分離帯に車両用防護柵を設置する区間
  - 主として車両の歩道、自転車道、自転車歩行者道への逸脱による二次被害の防止を目的として、歩道等と車道との境界に車両用防護柵を設置する区間(防護柵により歩道等を新設する場合を含む。)
- ③ その他の理由で必要な区間

防護柵の形式には、ガードレール・ガードケーブル・ボックスビーム等のほか、車両の路外逸脱防止に目的を絞った変形しない剛性防護柵がある。路面から防護柵上端までの高さは、原則として、0.6m以上1.0m以下とされている。

表 2.48 防護柵の種類

形式	説明
ガードレール	主連結された波型断面のビームを支柱で支えた構造物の防護柵のことで、防護柵として最も一般的なものである。
ガードケーブル	張力を与えたロープ(ワイヤーケーブル)を支柱で支えた構造の防護柵のことで、曲線半径の小さな曲線部では張力によって支柱が傾くため使用できない。
ボックスビーム	1本の大きな箱型の形鋼をビームとして使用した防護柵の一種をいい、狭い分離帯での使用に適している。
壁高欄	自動車が道路から飛び出すのを防止するための橋梁用防護柵。当初、鋼製のガードレールが用いられていたが、自動車が衝突しても容易に破損しないことなど、管理が容易であるという点から、コンクリートの壁状構造に変わった。

出典：平成15年度建設技術移転指針策定調査（道路設計基準）報告書<sup>56)</sup>

④ 形式の選定

車両用防護柵の形式の選定に当たっては、性能はもちろんのこと、経済性、維持修繕、施工の条件、路側の余裕幅や分離帯の幅員、視認性の確保、展望性、周辺環境との調和、さらには、防護柵を設置する区間の交通状況、将来交通量の予測などを含めた総合的な判断に基づき選定することが必要である。

B) 歩行者自転車用柵

歩行者自転車用柵は以下のような区間に設置するものとされている。

- ⑤ 歩道等、自転車専用道路、自転車歩行者専用道路および歩行者専用道路の路外が危険な区間などで歩行者等の転落を防止するため必要と認められる区間
- ⑥ 歩行者等の横断防止などを目的として歩車道境界に歩行者自転車用柵を設置する区間
  - ・ 歩行者等の道路の横断が禁止されている区間で必要と認められる区間
  - ・ 歩行者等の横断歩道以外の場所での横断防止が特に必要と認められる区間
  - ・ 都市内の道路などにおいて、走行速度が低く、単に歩道等と車道とを区別することのみにより歩行者等の安全を確保することが期待できる区間のうち、特に必要と認められる区間

なお、横断防止などを目的として設置する柵は、景観などを考慮し、植樹帯の設置など他の方法を検討したうえで、必要と認められる場合について設置することとされている。歩行者等の転落防止を目的として設置する柵の路面から柵面の上端までの高さは 1.1m、歩行者等の横断防止などを目的として設置する柵の路面から柵面の上端までの高さは 0.7~0.8mが標準となっている。

(7) 視線誘導標

視線誘導標は、日本では道路法2条に基づく道路附属物として定義されるとともに、道路構造令<sup>31)</sup>31条に基づき交通安全施設として位置づけられている。設置区間は、一般国道等と高速自動車国道等について基準が以下のように定められている。

一般国道等：当該道路の構造及び交通の状況を勘案し、安全かつ円滑な交通を確保するため必要がある場合においては視線誘導標を設けるものとする。

高速自動車国道等：高速自動車国道等には、原則として全線連続して視線誘導標を設置するものとする。ただし、道路照明施設がある場合は設置を省略することができる。

視線誘導標とは車道の側方に沿って道路線形等を明示し、運転者の視線誘導を行う施設をいう。自動車は夜間走行する場合、前照灯によって道路線形を把握するが、前照灯で把握できる範囲に限られるため安全かつ円滑な交通の確保に支障が生じる場合がある。再帰性反射を利用したものに区画線があるが、反射光量が少なく視線誘導効果を期待できない場合がある。このようなことから、夜間における視線誘導方策として視線誘導標（デリネータ）が必要となる。



視線誘導標



車線分離標



曲線部誘導標

出典：JICA 調査団

写真 2.11 視線誘導標

## (8) 道路照明

道路照明施設には、連続照明、局部照明、トンネル照明がある。連続照明は、単路部のある区間において原則として一定の間隔で灯具を配置し、その区間を連続的に照明することをいう。局部照明は、交差点、橋梁、歩道等、インターチェンジ、休憩施設など必要な箇所を局部的に照明することをいう。トンネル照明は、トンネル等を照明することをいう。道路照明の目的は、夜間及び暗部において、道路交通を安全かつ円滑に走行できるようにすることであり、次に示す視環境を確保するものでなければならない。

- ① 道路の線形、道路幅員などの道路の構造
- ② 交差点、分岐点などの左右および存在位置
- ③ 道路上の障害物または歩行者などの存否と存在確認
- ④ 道路上の運転者自身の位置と動き
- ⑤ 他の道路利用者の位置と動き
- ⑥ 道路周辺の状況

なお、道路照明施設の設置基準については「道路照明施設設置基準・同解説<sup>5)</sup>（平成19年10月）」に記載されており、良い視環境を確保するために、次に示す要件を考慮する必要がある。

- ① 路面の平均輝度<sup>5)</sup>が適切であること。
- ② 路面の輝度分布が適切な均斉度であること。
- ③ 運転者に与えるまぶしさが十分制限されていること。
- ④ 誘導性を有すること。

<sup>5)</sup> 輝度：明るさを示す指標には輝度と照度があり、光源の明るさを表すのが輝度（cd/m<sup>2</sup>）、ある光源によって対象物が照らされる明るさの度合いが照度（lx）である。



表 2.49 は設置基準による道路分類および外部条件に応じた標準的な平均路面輝度を示す。

ただし、高速自動車国道等のうち高速自動車国道以外の自動車専用道路においては、状況に応じて下段の値をとることができる。また、一般国道等で中央帯に対向車前照灯を遮光するための設備がある場合には下段の値をとることができる。

表 2.49 輝度基準

道路分類		外部条件 (単位: cd/m <sup>2</sup> )		
		A	B	C
高速自動車国道等		1.0	1.0	1.0
		—	0.7	0.5
一般国道等	主要幹線道路	1.0	0.7	0.5
		0.7	0.5	—
	幹線・補助幹線道路	0.7	0.5	0.5
		0.5	—	—

(注) 外部条件: A:道路交通に影響を及ぼす光が連続的にある道路沿道の状態。  
 B:道路交通に影響を及ぼす光が断続的にある道路沿道の状態。  
 C:道路交通に影響を及ぼす光がほとんどない道路沿道の状態。

出典: 道路照明施設設置基準・同解説<sup>58)</sup>

### (9) 道路情報管理施設

道路情報管理施設は、気象・交通状況等の情報を収集する情報収集施設、情報の処理、機器の制御を行う情報処理施設、道路利用者等へ情報を提供する情報提供施設に分類され、それぞれの内容および構成については以下のとおりである。

表 2.50 情報収集施設

装置名	収集内容	機器名
気象観測装置	雨量, 積雪量, 凍結, 風向, 風速, 視程, その他	雨量計, 積雪計, 凍結検知器, 風向風速計, 視程計, 気温計等
災害検知器	土砂流, 地盤傾斜, 伸縮, 歪, 落石, CO, 冠水, その他	地すべり警報機, 傾斜計, 落石検知器, CO 計, 冠水検知器等
交通流観測機器	交通量, 速度, 車種の判別, その他	車両感知器等
状況監視装置	交通状況, 視程, 路面状況, その他	CCTV (閉鎖回路テレビ: Closed Circuit Television) 等
通報・連絡装置	道路利用者からの通報, その他	トンネル警報装置, 非常通報連絡装置

出典: 中部地方整備局道路設計要領<sup>54)</sup>

表 2.51 情報処理施設

装置名	処理内容	機器名
処理装置	データ収集, DB 管理, 表示処理, 提供等	処理装置, サーバ装置
監視制御装置	収集情報の所定のフォーマットへの変換 提供系機器への情報交換制御	道路情報板制御装置, 路側通信制御装置, レーダー雨量計処理装置, CCTV 監視制御装置, 画像処理装置, テレメーター監視制御装置, 車両感知処理装置, 気象監視装置等
表示装置	収集・提供情報の確認, その他	ディスプレイ, 大型表示装置, 各種プリンター等
操作装置	情報の入力, 機器の操作等	端末装置

出典: 中部地方整備局道路設計要領<sup>54)</sup>

表 2.52 情報提供施設

装置名	提供方法	機器名
道路情報表示装置	通行規則、災害、気象状況等を文字・図形で表示	道路情報板
道路通信システム	一般ラジオへ音声で道路情報等を提供	路側通信システム、ラジオ再放送
道路情報ターミナル	道の駅・サービスエリア等で道路交通・気象・観光等の情報を提供	道の駅情報提供システム
道路交通情報通信システム	自動車のディスプレイに走行箇所付近の地図を表示し、走行軌跡の表示や先行の情報を与える運転支援システム	VICS (道路交通情報通信システム : Vehicle Information and Communication System) DSRC (狭域通信 : Dedicated ShortRange Communications)

出典：中部地方整備局道路設計要領<sup>54)</sup>

### 👉 ITS

IT (情報技術 : Information Technology) の活用により情報収集、情報処理、情報提供を高度化するための ITS (高度道路交通システム : Intelligent Transport Systems) の取り組みが進んでいる。

ITS とは最先端の情報通信技術等を用いて人と道路と車両とを一体のシステムとして構築することにより、ナビゲーションシステムの高度化、有料道路等の自動料金収受システムの確立、安全運転の支援、交通管理の最適化、道路管理の効率化等を図るものである。

ITS は安全、快適で効率的な移動に必要な情報を迅速、正確かつわかりやすく利用者に提供するとともに、情報、制御技術の活用による運転操作の自動化等を可能とするシステムである。これにより ITS は、高度な道路利用、運転や歩行等道路利用における負荷の軽減を可能とし、道路交通の安全性、輸送効率、快適性の飛躍的向上を実現するとともに、渋滞の軽減等の交通の円滑化を通し環境保全に大きく寄与する等真に豊かで活力ある生活の実現に資することに貢献する。(出典：国土交通省 ITS 全体構想)

途上国においては利用されている殆どの車両が古く、カーナビ等のソフトウェアが更新されていない等もあり、情報、制御技術の活用による運転操作の自動化には時間がかかると思われるが、利用者に対する情報提供は今後進んでいくと考えられる。

### (10) その他の交通安全施設

途上国では、速度抑制施設として市街地等への入り口、横断歩道や踏切の前後に「ハンプ (道路上のコブ)」が利用されることがある。この施設の主な目的は、走行速度を下げ、交通事故の危険度を低減することである。英国の規則<sup>59)</sup>では、ハンプは制限速度が 50km/h 以下で、街灯のある道路にのみ建設できる。ハンプは、20m から 150m の間隔で配置するが、通常は約 70 メートルの間隔が推奨される。寸法は 25mm から 100mm の高さで、900mm 以上の長さである必要がある。また、車両の接地の影響を軽減するために、ハンプの傾斜勾配を 1:10 より急にしないことが推奨されている。なお、日本の場合には「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準<sup>60)</sup>」において、平均で 5%、最大で 8%以下を標準している。

交通安全確保の観点から、ハンプの設置意義は高いと考えられるが、一方でハンプ前後での舗装の損傷が著しいことから、ハンプに代わる速度抑制施設について検討している国 (例：ウガンダ) もある。このため、ハンプ設置を計画する場合には相手国政府の意向を十分に確認する必要がある。



ハンプ設置事例

出典：<https://sacdot.saccounty.net/Pages/NTMP-SpeedHump.aspx>




ハンプ前後の舗装破損事例

出典：JICA 調査団

写真 2.12 ハンプ (Hump) の設置と舗装の損傷事例

表 2.53 速度抑制施設の例 (日本)

タイプ	① ハンプ	② 狭さく	③ クランク
イメージ			
特徴	道路を凸型に舗装し、事前にこれを見たドライバーがスピードを落とすことをねらったもの。	車道部分を狭めたり、視覚的に狭く見せかけたりすることにより車のスピードを抑制しようとするもの。	車の通行部分をジグザグにしたり蛇行させたりすることにより、車のスピードを抑制しようとするもの

出典：国土交通省 HP を参考に JICA 調査団作成

## 2.11. 施工計画・積算

### (1) 施工計画・積算の重要性

無償資金協力では協力準備調査の積算が事業費算定の根拠となり、閣議決定額およびE/N(交換公文: Exchange of Notes)に贈与限度額として反映されるため、設計・積算の精度を上げ、リスクを適切に反映する必要がある。例えば、現地におけるアスファルト等プラントの条件、試験方法、材料調達、施工手順等を可能な限り実態に近づけ、作業の抜け落ち等の無いように注意する。また、調査で明確とならなかった条件に関しては仮定条件として明示する等して、可能な限り入札時に曖昧さを残さないように努める。ただし、足場、フェンス、その他の「仮設物」は、工事が終われば撤去されるものであることから、「任意仮設」として、施工者が自由、又は任意に選択するのが前提である。したがって、このことは指定架設・仮設の奨励を意図するものではない。

### (2) 道路工事の施工計画

協力準備調査 設計・積算マニュアル、および補完編(土木分野)の内容を踏まえた上で、道路工事については設計の内容と現場の状況と差異がないかを確認し、その上で効率的、経済的かつ安全に施工するための手順や方法を考えることが必要である。施工計画で検討する主な項目は、以下のとおりである。

- 1) 工事概要(設計図書、工事標準仕様書等、様々な資料や情報の内容確認)
- 2) 計画工程表(降雨、気温等気象条件、出水頻度等の自然条件や祭り等、現地の社会環境を加味した稼働日数や全体工程)
- 3) 現場組織および労務計画(工種別人員の配置や担当等の稼働する人員計画)
- 4) 指定および主要機械(使用する機械や製造会社等の機械計画および輸送計画)
- 5) 主要資材(主要資材の形状寸法品質等の資材使用および調達計画)
- 6) 施工方法(施工手順、使用材料/機械、仮設備計画等、施工の基本方針)
- 7) 施工管理計画(工程管理や品質管理)
- 8) 安全管理(安全衛生と治安に対する管理)
- 9) 交通管理(交通規制や標識の設置等の安全対策)
- 10) 環境対策(騒音や振動、粉塵等の周囲への環境対策)
- 11) 建設現場で生じる建設副産物の再生資源としての利用、及び廃棄物としての処理

なお、ネットワークの整備が遅れている途上国では、う回路や仮橋の整備の検討も重要であり、積算段階で「現道拡幅(現橋拡幅)+う回路(仮橋)」案と「新道(バイパス)あるいは新橋建設」との比較が必要になる場合があるが、これは施工方法の検討項目に含まれる。また、内陸国の道路工事における施工計画において、周辺国の港を利用する資機材の輸入や税関処理、又は周辺国の道路を利用する輸送計画等、十分な調査が実施できず不確定要素を含む場合には、仮定条件を置いてその条件を明示し、その仮定条件を積算に反映させる。さらに、施工計画において、相手国の工事標準仕様書の内容が反映されていないことがあるので、標準工事仕様書と施工計画の内容の整合を確認する。

表 2.54 施工計画策定時の留意事項

項目	内容
施工方法	全面通行止めによる全断面工事 ・迂回路計画 ・仮設切り回し道路計画 ・夜間工事の実施 交通確保のための半断面施工 交通量の多い交差点部の施工方法 周辺に集落や人家がある場合の施工方法 これらに必要な施工ヤードの確保、交通管理、及び安全対策
仮設計画	砕石、コンクリート、アスファルトプラント等を設置する場合 ・設置候補地 ・環境ライセンスの取得の必要性 ・改質アスファルトと改質アスファルト混合物の製造方法(改質アスファルトが必要な場合) ・破砕機(一〜三次破砕等)の構成 仮設道路計画
調達計画	輸送可能性調査(Route Clearance Survey) ・第三国調達となる資機材の輸送計画と輸送に必要な日数 ・大型機材の輸送が必要な場合の運搬路計画 土取り場、砂取り場、採石場、および運搬計画 コンクリート、アスファルト混合物の調達計画(現地購入または現場製造) コンクリート、アスファルト混合物の調達計画(現場製造の場合) ・骨材、セメント、アスファルト等の材料調達方法
環境(廃棄物)	残土の仮置および処分計画 コンクリートガラ、撤去アスファルト舗装等の仮置および処分計画 特殊土および問題土(ブラックコットンソイル等)の仮置および処分計画
工事標準仕様書との不整合(例)	・仕様書の規定する要求を満たさない施工機械の使用(例:クレーンの吊り上げ荷重)。 ・仕様書の規定する要求を満たさない材料の使用(例:骨材強度) ・切土路床の再転圧(15〜30cm)の見落とし。 ・セメント安定処理路盤の施工方法(路上かプラントか)。

出典: JICA 調査団

**👉 輸送可能性調査 (Route Clearance Survey)**

輸送可能性調査とは、工事で使用する大型資機材の輸送上のボトルネックを確認し、必要な対策を事前に確認する作業のことである。途上国では、道路や橋梁の状態が悪い場合、古い橋梁では荷重制限値が小さい場合がある。このため、荷重制限を超える資機材を道路輸送で行う場合、輸送経路の調査を行い、ルート上の構造物の耐荷力、山岳部の幅員の狭い道路ではカーブの通行可能性等について確認することが行われるが、協力準備調査の中での実施事例は少ない。

**(3) 道路工事の積算**

資金協力の建設事業の工事は、一般に調査から工事に至るまで長期間を要し、施工条件も過酷であることから、様々な困難を伴うことがある。このような背景を踏まえ、適切な積算を実施するために施工方法、材料の調達方法、材料の製造方法、および品質管理等を明確にし、積算に的確に反映する。また、表 2.55 に示す基本事項についても明確にする。この項目には、設計に必要な項目も含まれるので、設計条件調査と調整のうえ効率的な調査を行う。

表 2.55 積算に必要な基本事項

種別	基本事項
(1) 対象工事の内容	工事内容、施工計画(位置、範囲、施設規模、期間、施工方法、仮設方法)、付帯工事、関連する工事、相手国政府の負担事項
(2) 類似工事実績	工事内容、施工計画(位置、範囲、施設規模、期間、施工方法、仮設方法) 契約単価、契約形態等
(3) 近隣環境	・現場周辺の状況、土地利用、既存施設/構造物、地下埋設物 ・工事現場へのアクセス、工事中の迂回路
(4) 地形・地質、気象等	・現場の地形: 地形図(等高線図) 現場の拡大図 ・地盤の状況: 現場の柱状図、土質の性状、地耐力 ・温度・湿度: 各月の平均、最高、最低 ・降水量: 時節の変化、日最大、時間最大、年間降水量、年間降雨日数 ・風速・風向: 各月の最大、平均等 ・潮位: 満潮位、干潮位、最高潮位等 ・過去の洪水、ハリケーン、津波、地震、早魃による被害の範囲等
(5) 事業実施機関	・組織・予算・人員、責任範囲、技術レベル、運営・維持管理体制
(6) 資機材調達	工事用材料の市場価格、建設機械等の価格・リース料等
(7) 用地	施設建設用地、宿舍等の確保条件(相手国負担、借地等) 用地補償の有無、敷地所要面積
(8) 労務・現地業者	労働力の供給基盤、施工業者作業員の熟練度、社会保険、労働時間、国家の祝日・休日、熟練労働者の能力と信頼性等
(9) 法規・慣習	労働・雇関連法規、税法、建設関連法規・技術基準・工事標準仕様書、関連する慣習等
(10) その他	その他、対象事業の特性による必要事項

出典: 協力準備調査 設計・積算マニュアル<sup>61)</sup>

前述のように、積算時に明確にすることが困難であった不確定要素については、仮定条件を置いて積算し、変動リスクの折込みと仮定条件の明示を行う。特に共通仮設費については、共通仮設費率によって算定されるが、共通仮設費率に含まれるものと含まれないものが混在しているため、共通仮設費の項目について JICA (国際協力機構: Japan International Cooperation Agency) と協議の上で積算に反映させる。

積算の手法については、協力準備調査 設計・積算マニュアル補完編(土木分野)<sup>62)</sup>を参考とし、原則として被援助国公的機関に積算基準等がある場合はこれによる。ただし、積算基準が定められていない場合が多いので、この場合は日本国内で公表されている積算基準等に準拠するものとし、準拠した積算基準等を明確に提示する。

#### (4) 安全対策費の積算

工事費の積算の内、共通仮設費の中の安全費に、①交通管理等に要する費用、②安全施設等に要する費用、③安全管理等に要する費用等の他に工事施工上必要な安全対策に要する費用が含まれている。また、現場管理費の中では、安全に配慮することが特に必要な以下の案件について、工事安全専任技術者の派遣が施工会社、コンサルタントともに認められていることから、対象案件が、この要件に当てはまるかを確認し、積算に反映させる。

- 1) 長大橋梁あるいは連続高架: 単一橋梁(高架) で延長概ね 1,000m 以上 (アプローチ道路も含む)
- 2) 吊橋、斜張橋、エクストラドローズド橋、または、その他の形式で最大支間長 100m 以上の橋梁
- 3) 特殊な地上・地下・水中工事 (トンネル工事、ダム (砂防ダムを含む)、港湾工事、地山開削・河川

区域内の締め切り工事、大規模仮設構造物が必要な工事、大規模基礎工事、ケーソン工事等)

- 4) 高所作業を要する工事（地表から概ね20m以上の作業）
- 5) 鉄道や道路橋等の重要-構造物に近接し、その構造物及び周辺地域に地盤変動等の影響が予想される土留工及び締切工の場合
- 6) 交通事故や飛来・落下、工事現場への工事関係者以外の第三者の立入による負傷、仮設構造物を一般交通に供する工事など、公衆災害に特に配慮する必要がある工事
- 7) その他重大事故の可能性のある工事

出典：協力準備調査設計・積算マニュアル 補完編（土木分野）<sup>[62]</sup>

## (5) 施工監理費の積算

設計監理費の範囲は、実施設計費、施工監理費、及びソフトコンポーネント費であり、工事契約までに要する詳細設計業務（現地調査、国内解析・設計等）と入札関連業務（入札図書作成、入札図書承認、公示、図渡し・現場説明、入札、入札評価等）に係る諸費用を実施設計費、工事契約以降の施工監理・完工検査、瑕疵検査等に係る諸費用を施工監理費、技術指導等のソフト面に係る諸費用をソフトコンポーネント費として整理する。施工監理費における日本人技術者の範囲は、以下のとおりである。

- ① 業務主任者：当該施工監理業務全体を統括監理する専門技術者
- ② 常駐施工監理技術者：工事施工期間を通して現地に駐在し、当該工事全体の施工監理業務を行う専門技術者
- ③ その他の施工監理技術者：必要期間現地で専門分野の施工監理業務を行う専門技術者、完工検査、瑕疵検査等の各種検査を行う専門技術者等

日本人技術者の配置体制は、事業実施計画策定の一環として策定されるものであり、工事規模・内容、技術的難易度、サイトの広さ、延長、サイト間距離等の状況、工程計画等を踏まえた業務内容・業務量・業務期間等（施工監理計画）を総合的に検討のうえ、現地備人との業務分担を明確に整理する等、現地備人計画との整合・調整も図りつつ、以下の原則を踏まえ適切な体制を検討する。

- ① 業務主任者の配置：現地での品質管理会議や施工の重要な節目において業務主任者による監理が必要な場合に配置を行う。
- ② 常駐施工監理技術者は、1名を原則とするが、工事規模・内容、サイトの分散状況等から、これによりがたいと判断される場合は、複数配置することができる。
- ③ 各施工監理技術者は、専門分野の工事が併行して複数サイトにわたり施工される場合、その必要性（工事工程、工事規模、技術的難易度等）により、複数配置することができる。
- ④ 安全管理に係る監理業務は、常駐施工監理技術者の業務に含まれるものであり、安全に配慮することが特に必要な案件については、品質管理会議での対応を原則とする。なお、安全管理を行う専門技術者の配置を必要とする場合には、常駐施工監理技術者が行う業務との役割分担を明らかにする。
- ⑤ 日本人施工監理技術者と現地備人（施工監理技術者）を併せて計画する場合、業務分担を明確に整理し、適切に配置する。

(6) 概算事業費の算出

図 2.39 に事業費の構成を示す。この図は、道路案件の概算事業費を大掴みするためのものであり、現場条件や構造条件等によって以下の比率は変化するため、概算の範囲を超えないことを理解した上での利用が必要である。

事業費⑫							現場監理費⑪
工事費⑩						⑪ = ⑩ × 7%	
直接工事費⑤			間接費⑨				
土工/舗装		橋梁		共通仮設費⑥	現場経費⑦		
舗装費①	土工/小構造物費②	上部工費③	下部工費④	⑥ = ⑤ × 8%	⑦ = ⑤ × 13%	⑧ = ⑤ × 10%	
表2-32又は33より算出	② = ① × 70%	表2-27より算出	④ = ③ × 50% (Co橋) ④ = ③ × 40% (鋼橋)				
⑤ = ① + ② + ③ + ④				⑨ = ⑥ + ⑦ + ⑧			
⑩ = ⑤ + ⑨							
⑫ = ⑩ + ⑪							

出典：土木施工 JICA 道路舗装ハンドブックの改訂について（2020年12月号）<sup>[63]</sup>、鋼橋とPC橋のライフサイクルコストの比較例（<https://www.jisf.or.jp/business/tech/bridge/pr/index.html>）等を参考に JICA 調査団作成

図 2.39 概算事業費算出のための事業費の構成



## 2.12. 環境社会配慮調査

### (1) 環境社会配慮の定義と目的

定義: 「環境社会配慮 (Environmental and Social Considerations)」とは、大気、水、土壌への影響、生態系及び生物相等の自然への影響、非自発的住民移転、先住民族等の人権の尊重、その他の社会への影響に配慮することをいう。JICA (国際協力機構: Japan International Cooperation Agency) の実施する環境社会配慮は、当該国環境関連制度内のEIA (環境アセスメント: Environmental Impact Assessment) やIEE (初期環境調査: Initial Environmental Examination) と区別される。

目的: JICA が行う環境社会配慮の責務と手続き、相手国政府に求める要件を示すことにより、相手国政府に対し、適切な環境社会配慮の実施を促すとともに、JICA が行う環境社会配慮支援・確認の適切な実施を確保することを目的とする。(基本的には相手国の環境社会配慮の不足点をJICAガイドラインで補うという方針)

出典: JICA 環境社会配慮ガイドライン<sup>[64]</sup>

なお、JICA の環境社会配慮ガイドライン<sup>[64]</sup>は社会情勢に応じて変更が加えられるので最新のガイドラインを使用する必要がある。

### (2) 環境社会配慮の実施内容

協力準備調査における環境社会配慮活動は、環境社会配慮調査と現地政府支援の2つに大別することができる。



出典: JICA 調査団

図 2.40 環境社会配慮調査のフロー

## 📁 環境予備調査

事前調査とは本格調査の前に JICA によって行なわれる調査で、相手国の要請内容の確認、および本格調査の可能性とその取り進め方についての検討と情報収集を行う。事前調査の結果 JICA と相手国実施機関との間で S/W (調査の) 実施細則: Scope of Work) が取り交わされる。環境予備調査の中心は当該プロジェクトの環境影響に関するスクリーニングおよびスコーピングとなる。事前調査後に事前調査の結果を反映させた業務指示書が作成され、その中に本格調査で行なわれるべき具体的な環境調査を示すことなどが記されている。

### ① 環境社会配慮調査: JICA 環境社会配慮ガイドライン<sup>64)</sup>の求める水準の環境社会配慮の実施

プロジェクトの規模や立地環境、及び法令やガイドラインの要求事項にあわせて環境社会配慮の程度(カテゴリ)を決定する(スクリーニング)。また、用地補償や非自発的住民移転が発生する場合には、非自発的住民移転及び生計手段の喪失に係る対策の立案、実施、モニタリング計画を含む RAP (住民移転計画: Resettlement Action Plan) を作成する。

#### ● カテゴリ A: EIA レベル

スコーピングや IEE 等で環境影響についての詳細な検討が必要と判断されたプロジェクトに対して、詳細な現地調査に基づき代替案、環境影響の詳細な予測・評価、緩和策、EMP (環境モニタリングプログラム: Environmental Monitoring Programme) の検討等を実施する。

#### ● カテゴリ B: IEE レベル

既存データなど比較的容易に入手可能な情報、必要に応じた簡易な現地調査に基づき、代替案、環境影響の予測・評価、緩和策、EMP の検討等を実施する。IEE の目的として次の2つが上げられる。

- ✓ 当該プロジェクトが環境影響調査を必要とするか否かを判断し、必要と判断された場合には、その調査内容を明確にすること。
- ✓ 環境配慮は求められるが、環境影響調査までは必要としないプロジェクトについて、環境配慮の視点から影響の緩和策などを検討すること。

### ② 現地政府支援: 現地法に基づく EIA/RAP の実施支援 (各国のアセスのフローに従う)

閣議日程が重要な場合、本来先方政府負担事項であるが現地再委託にした方が遅延リスクを低下できる。

※用地取得・補償が絡むと調査が長期化するリスクは常にある。

※影響の規模に応じて IEE、ARAP (簡易住民移転計画: Abbreviated Resettlement Action Plan) となるが国によって呼称が異なる点に注意 (我が国のアセス法における第1種事業相当のアセスを Full Scale EIA と言う国もあればそうではない国もある)。

📌 日本の環境影響評価法

日本の環境影響評価法で環境アセスメントの対象となる事業は、道路、ダム、鉄道、空港、発電所などの13種類の事業であり、このうち規模が大きく環境に大きな影響を及ぼすおそれがある事業を「第1種事業」として定め、環境アセスメントの手続を必ず行うこととしている。この「第1種事業」に準ずる大きさの事業を「第2種事業」として定め、手続を行うかどうかを個別に判断する。つまり、「第1種事業」のすべてと、「第2種事業」のうち手続を行うべきと判断されたものが、環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続を行うことになる。道路事業の具体的な種類と規模は、表 2.56 のとおりである。

表 2.56 日本の環境アセスメントの対象事業 (道路)

<環境アセスメントの対象事業一覧>

対象事業	第一種事業 (必ず環境アセスメントを行う事業)	第二種事業 (環境アセスメントが必要かどうかを個別に判断する事業)
<b>1 道路</b>		
高速自動車国道	すべて	-
首都高速道路など	4車線以上のもの	-
一般国道	4車線以上・10km以上	4車線以上・7.5km~10km
林道	幅員6.5m以上・20km以上	幅員6.5m以上・15km~20km

出典：JICA 調査団

📌 その他主要な被援助国の環境アセスメント対象事業

無償資金協力事業による道路整備を実施している主要被援助国の環境アセスメント実施対象事業については、下表のとおりである。

表 2.57 主要被援助国の環境アセスメントの対象事業の例 (道路)

対象国	EIA 対象事業
タイ	<p><b>基本法</b> Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act (1992)</p> <p><b>プロジェクトの分類</b> Highway or road as defined by the Highway Act, passing through following areas: 1) Wildlife sanctuaries and wildlife nonhunting areas as defined by the Wildlife Conservation and Protection Act 2) National park as defined by the National Park Act 3) Watershed area classified as class 2 by the Cabinet Resolution 4) Mangrove forests designated as the National Forest Reserve 5) Coastal area within 50 meters of high tide level 6) Areas adjacent to RAMSA Sites or World Heritage Sites inscribed on the World Heritage List according to World Heritage Convention within a distance of 2 kilometers</p> <p><b>プロジェクトのサイズ</b> All projects with equivalents to or above the minimum standard of rural highway, including road expansion on existing route Source: <a href="http://www.onep.go.th/eia/wp-content/uploads/2018/08/KM_18.pdf">http://www.onep.go.th/eia/wp-content/uploads/2018/08/KM_18.pdf</a></p>
ラオス	<p><b>基本法</b> The Lao Environmental Protection Law (1999)</p> <p><b>プロジェクトの分類</b> Road construction through national or provincial protected area: Category 2</p>

対象国	EIA 対象事業
	<p>New road construction project (national, provincial, district, urban, extra construction): Category 2                      Road improvement project (national, provincial, district, extra road improvement): Category 1                      Road rehabilitation or upgrading project (national, provincial road rehabilitation): Category 1                      Category 1: Investment projects that are small or create few impacts on the environment and society require IEEs                      Category 2: Large investment projects that are complicated or create substantial impacts on the environment and society require EIAs                      Source: <a href="https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12144762.pdf">https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12144762.pdf</a></p>
タジキスタン	<p><b>基本法</b>                      Law on Environmental Protection (2011)  <b>プロジェクトの分類</b>                      Category I: applied for the facilities and activities which have high possibility of impact on the environment such as highways, etc.                      Category II: applied for the facilities and activities which have medium possibility of impact on environment such as roads of regional significance, etc.                      Category III: applied for the facilities and activities which have low possibility of impact on the environment such as roads of local importance, etc.                      The development of full EIA report is required for the project Category I and is not required for the other categories, the Section “Environmental Protection” in the Draft of Work Plan is required for Category II and III.                      Source: <a href="https://libopac.jica.go.jp/images/report/12246633.pdf">https://libopac.jica.go.jp/images/report/12246633.pdf</a></p>
タンザニア	<p><b>基本法</b>                      Environmental Management Act (2004)  <b>プロジェクトの分類</b>                      Category A: Transport and infrastructure                      Construction, expansion or rehabilitation of new trunk roads                      Category A: Project where EIA is mandatory                      Category B: Project where preliminary environmental assessment is required                      Source: <a href="https://libopac.jica.go.jp/images/report/12040127.pdf">https://libopac.jica.go.jp/images/report/12040127.pdf</a></p>
ウガンダ	<p><b>基本法</b>                      The National Environment Act (2019)  <b>プロジェクトの分類</b>                      Category I: a) routine maintenance works such as pavement repairs, clearing of culverts and drains and roadside vegetation, b) periodic maintenance works such as grading and regravelling, sealing, surface dressing and road marking and furniture                      Category II: a) partial rehabilitation works, such as reconstruction of small sections of existing paved roads, b) projects involving upgrading from earth to gravel                      Category III: a) major rehabilitation/improvement projects for existing roads, b) projects involving pavement strengthening, c) projects involving upgrading from earth or gravel to bitumen standard                      Category IV: a) construction of new roads, b) all road rehabilitation projects with new alignments, c) all road projects requiring relocation of people through acquisition of land for easement, d) all road construction and rehabilitation projects passing through environmentally sensitive area                      Category I: Projects normally exempt from EIAs                      Category II: Projects for which mitigation measures are easily identified                      Category III: Projects requiring limited environmental analysis (EIR)                      Category IV: Projects requiring full environmental analysis (EIA)                      Source: <a href="http://www.works.go.ug/wp-content/uploads/2016/05/ELA-Guidelines-for-Road-Sector-Latest-latest.pdf">http://www.works.go.ug/wp-content/uploads/2016/05/ELA-Guidelines-for-Road-Sector-Latest-latest.pdf</a></p>
ケニア	<p><b>基本法</b>                      The Environmental Management and Co-ordination Act (1999)</p>

対象国	EIA 対象事業
	<p><b>プロジェクトの分類</b></p> <p>Low Risk Projects: local roads and facility access roads</p> <p>Medium Risk Projects: construction and rehabilitation of roads including collectors and access roads, construction of bridges</p> <p>High Risk Projects: all new major roads including trunk roads</p> <p>Low risk project or medium risk project shall submit to the Authority a summary project report of the likely environmental effect of the project.</p> <p>High risk project shall submit EIA study reports to the Authority</p> <p>Source:  <a href="https://www.nema.go.ke/images/Docs/Notices/Legal%20Notice%20No.%2031%20%2032%20of%202019.pdf">https://www.nema.go.ke/images/Docs/Notices/Legal%20Notice%20No.%2031%20%2032%20of%202019.pdf</a></p>
ガーナ	<p><b>基本法</b></p> <p>Environmental Assessment Regulations (1999)</p> <p><b>プロジェクトの分類</b></p> <p>Large scale and significant impacting undertakings and Small and medium scale activities</p>

出典：JICA 調査団

### (3) 環境社会配慮調査の実施

#### ① 環境社会配慮報告書(案)の作成

環境アセスメントの必要な調査、分析等を実施した後、環境社会配慮報告書(現地政府支援ではEIA報告書、RAP報告書(必要に応じ))を作成し、関係機関等との協議を行う。

表 2.58 環境社会配慮調査報告書の構成(例)

報告書	内容
I. 環境社会配慮	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要</li> <li>2. ベースとなる環境及び社会の状況</li> <li>3. 相手国の環境社会配慮制度・組織</li> <li>4. 代替案(事業を実施しない案を含む)の比較検討</li> <li>5. スコーピング及び環境社会配慮調査のTOR(業務仕様書: Term of Reference)</li> <li>6. 環境社会配慮調査結果(予測結果を含む)</li> <li>7. 影響評価</li> <li>8. 緩和策及び緩和策実施のための費用</li> <li>9. モニタリング計画</li> <li>10. 実施体制</li> <li>11. ステークホルダー協議</li> </ol>
II. 用地取得・住民移転	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用地取得・住民移転の必要性</li> <li>2. 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み</li> <li>3. 用地取得・住民移転の規模・範囲</li> <li>4. 補償・支援の具体策</li> <li>5. 苦情処理メカニズム</li> <li>6. 実施体制(住民移転に責任を有する機関の特定、及びその責務)</li> <li>7. 実施スケジュール(損失資産の補償支払い完了後、物理的な移転を開始)</li> <li>8. 費用と財源</li> <li>9. 実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム</li> <li>10. 住民協議</li> </ol>
III. その他	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. モニタリングフォーム案</li> <li>2. 環境チェックリスト</li> <li>3. 施工監理コンサルタントTOR案</li> <li>4. その他</li> </ol>

出典：JICA 調査団

📁 住民移転活動計画書 (RAP 報告書)

非自発的住民移転が多い場合(概ね200人以上を想定(JICA))に、移転手続き、生計回復手段、苦情処理、等について記載

📁 スコーピング(Scoping)

環境アセスメントにおいて、手法、方法等、評価の枠組みを決める方法を確定させるための手続き。環境アセスメントの方法を公開し、その手法の公正さを確保することを目的としている。この段階では、以下の2点が重要である。

- 重要と思われる評価項目の選定と調査方法の決定
- 現地ステークホルダーとの協議(合意形成と意見反映)

なお、スコーピングの項目として、以下の30項目程度が対象となる。

表 2.59 スコーピング対象の影響項目

対象	影響項目
汚染対策	大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌汚染、騒音・振動、地盤沈下、悪臭、底質
自然環境	保護区、生態系、水象、地形・地質
社会環境	用地取得・住民移転、貧困層、少数民族・先住民族、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、水利用、既存の社会インフラや社会サービス、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織、被害と便益の偏在、地域内の利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー、子供の権利、HIV/AIDS等の感染症、労働環境(労働安全を含む)
その他	事故、越境の影響及び気候変動

出典：JICA 調査団

📁 環境社会配慮調査の留意事項

無償資金協力事業で実施される道路事業では、設計業務と環境調査業務が同時並行で実施される場合が多く、EIA 報告書で提案される「環境緩和策」を設計に反映する時間的余裕が無い場合もある。特に、環境影響調査を現地政府対応としたした場合に、発注手続きに時間を要する等の理由から、設計作業が完了した後に EIA 報告書が提出されるケースも見られる。よって、より環境調査結果を設計に反映させるためのスケジュールリングが重要となる。

② 現地ステークホルダーへの情報公開と合意形成

JICA 環境社会配慮ガイドライン<sup>64)</sup>では、スコーピング時及びドラフト EIA 作成時に現地ステークホルダー会議の開催が義務づけられており、このステークホルダーとの合意形成が重要となる。

- スコーピング時：プロジェクト情報の提供、環境調査等の概要説明、意見聴取を行い基本的なプロジェクト実施への合意形成を行う
- ドラフト EIA 時：精緻化されたプロジェクト情報の提供、EIA 結果の報告、最終的な合意形成

※現地ステークホルダー：第三者機関(地域 NGO (非政府組織: Non-governmental Organizations)、被影響者(個人、各組織等)等(プロジェクト事業者(省庁組織)、事業者の責任機関(中央省庁)、地方政府を含む場合もある。)

#### (4) 環境緩和策事例

##### ① 国内道路事業の事例

##### ● 騒音対策

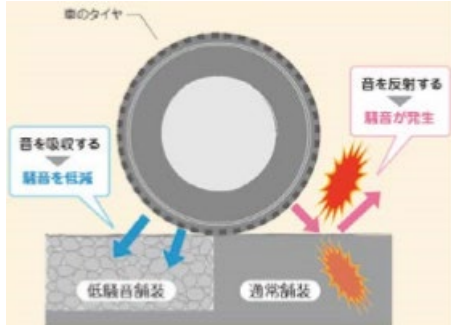


図 2.41 低騒音舗装（排水性舗装）の敷設



写真 2.13 遮音壁の設置

出典： <https://www.city.nagoya.jp/kankyo/cmsfiles/contents/0000080/80387/004Lownoise-pavement.pdf> (図 2.41)

国土交通省 HP ([https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan\\_07\\_01.html](https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan_07_01.html)) (写真 2.13)

##### ● 大気汚染、騒音・振動対策



写真 2.14 環境施設帯の整備

出典：国土交通省 HP ([https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan\\_07\\_01.html](https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan_07_01.html))

##### ● 大気汚染、ヒートアイランド、地球温暖化対策



写真 2.15 街路樹の植樹



写真 2.16 法面の樹林化

出典：国土交通省 HP ([https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan\\_07\\_01.html](https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan_07_01.html))

② 無償資金協力道路事業の環境改善 (Improvement) 事例

対象道路：ザンビア国ルサカ市の内環状道路整備

現状：排水施設の未整備による雨期のぬかるみによる劣悪な衛生状態、及び病院・学校等の基礎的  
社会施設へのアクセスへの支障

計画：全天候型道路（舗装化：15km）

課題：首都ルサカ市内の内環状道路、複合的経済特区へのアクセス道路や、これに伴う排水設備整備  
を行うことで、職場等へのアクセスの改善及び雨期の道路の水の滞留の改善を通じた社会イン  
フラの改善を図り、もって首都における物流の円滑化及び生活環境の改善に寄与すること。



写真 2.17 整備前の道路



写真 2.18 整備後の道路



写真 2.19 ショッピングモールの建設

出典：JICAHP

■ 環境改善効果（事後評価報告書）

- 衛生状態の改善による病気の減少  
排水路が整備されたことにより水の滞留がなくなり、大部分の地域で蚊が減少し、マラリア感染率も減少した。
- 道路の舗装に伴う埃の減少  
乾期における埃の問題が深刻であったが、本事業の実施後、道路周辺地域においては埃が少なくなり、咳などの症状も減った。
- 道路周辺地域の治安の改善  
事業実施以前には、強盗や強姦等が頻繁に発生していたが、道路建設に伴い森を伐採したために、治安が改善した。また、街灯の設置により、夜道での強盗が減少した。



- 道路の整備に伴う経済活動の活性化  
道路の建設により、道路周辺への新たな住宅の建設、小売店舗の増加、新たなショッピングモールの建設があり、地域の経済活動が活性化した。

③ 無償資金協力道路事業の環境緩和 (Mitigation) 事例

対象道路：タンザニア国北部の国立公園や農業地帯へアプローチする道路

現状：雨季に通過困難な道路区間あり

計画：全天候型道路（舗装化：77km）

課題：すでに世界銀行が上位計画（Master Plan/Feasibility Study）段階でEIA 実施済み。このため、そのEIA 結果（環境緩和策）をいかに設計に反映させるかが重要であった。特に、国立公園及び自然保護区を通過するため、野生動物への十分な配慮が課題となった。

- 大径木の保全



写真 2.20 着工前



写真 2.21 工事完了時



写真 2.22 工事完了時

出典：JICA 調査団

● 低盛土と緩勾配法面による回廊の分断回避



写真 2.23 緩勾配の低盛土

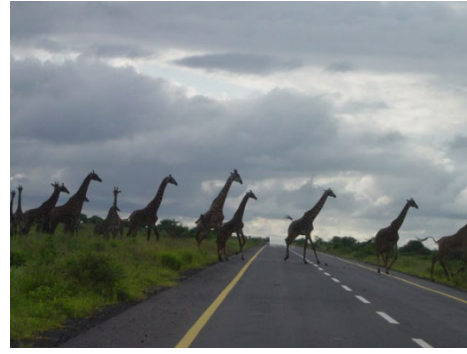


写真 2.24 工事完了後の動物横断の確認

出典：JICA 調査団

● ドリフトの設置による水収支への影響回避とロードキル防止対策

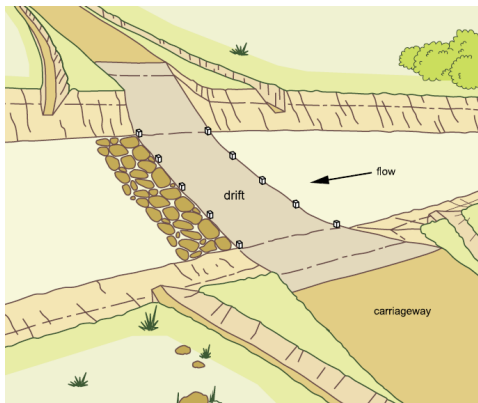


写真 2.25 速度抑制施設の機能を持つドリフト



写真 2.26 ドリフト前の交通標識

出典：JICA 調査団



出典：BUILDING RURAL ROADS Chapter 7 Drainage<sup>[65]</sup>

ドリフトとは、大きな排水路や小河川での道路横断構造物のことである。乾季に水の無い小河川や排水路に用いられる。本プロジェクトでは、野生動物(大型動物)の動線(Animal Corridor)と道路の交差部で、雨季に小河川となる箇所にドリフトを設置し、速度低減によるロードキル<sup>6</sup>対策の施設としても計画した。

図 2.42 ドリフトの設置

<sup>6</sup> ロードキルとは、車両にひかれて死ぬ轢死(れきし)、ぶつかって死ぬ衝突死、道路わきの排水溝内へ落ち込み溺れて死ぬ溺死、乾燥して死んでしまう乾涸死(かんこし)などの、道路による影響で野生動物が死亡すること。

- ハンプ、標識等速度抑制設備の設置による交通事故の防止



写真 2.27 ハンプによる速度抑制



写真 2.28 予告ハンプの設置

出典：JICA 調査団

- 交通安全セミナーによる交通教育



写真 2.29 小学校での交通安全教育

出典：JICA 調査団

## 2.13. ICT/CIM 及び情報化施工

### (1) ICT と CIM の定義

日本では、2015年5月に「質の高いインフラパートナーシップ」を公表し、それを支える4本の柱の第一の柱として「日本の経済協力ツールを総動員した支援量の拡大・迅速化」が掲げられており、質の高いインフラ輸出として、設計及び施工の各段階における効率化・高度化・高質化はもとより、設計・施工段階から将来の維持管理段階まで一連の道路事業を総合的に効率化、高度化するツールとしてICT（情報通信技術：Information and Communication Technology）技術の利活用が期待されている。ICTの活用では、数ある工種のうち、まずは改善の余地が大きい土工について、測量・施工・検査等の全プロセスでICTを活用することとしており、情報化施工や、3次元モデルをプロセス間で連携・発展させるCIM（建設情報モデリング：Construction Information Modeling/Management）の試行で得られた知見等を参考として、公共測量マニュアル等の新積算基準を策定し、国が行う大規模な土工については、原則としてICTを全面的に適用することとしている。これにより、土工の現場では調査、設計の段階から施工、監督、検査の段階まで三次元データを活用する環境、言い換えればCIMを活用する環境がかなり整備された。現在、ICT土工におけるCIMの活用検証を踏まえ、土工以外の橋梁やトンネルなどの工種、構造物に試行中である。

### (2) 情報化施工技術

情報化施工は、前述の通りICTを活用した新たな施工であり、建設事業の調査・設計・施工・維持管理という一連の建設生産プロセスの中の施工プロセスに着目し、施工に関わる多種多様な情報を他のプロセスの情報と相互に連携させることにより、建設生産プロセス全体の生産性、施工の品質、さらには建設事業に対する信頼性の向上を図る技術の総称である。

出典：国土交通省情報化施工推進戦略 <https://www.mlit.go.jp/common/000993270.pdf>

従来、測量作業は静止地点位置を測ることしか出来なかったが、動き回る移動体を人工衛星や自動追尾機能を持った測量機器により、高精度で測位ができる技術が開発されたことが、常に移動する建設機械の数値制御システムの実用化を可能とした。

表 2.60 制御測位方法

	GNSS (Global Network Satellite System) 方式	TS (Total Station) 方式
利点	単独での測位、複数機器での運用、現場間のデータ共有	精密な測位、制御情報の伝達、測量機器として活用
欠点	測量精度の限界、衛星状態による制限、外国衛星頼み、基地局の設置必要	有効半径の制限、1対1制御、天候による使用制限
作業概要		

出典：舗装の情報化施工技術 JICA Web 技術懇談会資料<sup>66)</sup>

具体的な操作方法には、操作値明示(指示操作)のAMG(マシンガイダンス: Automated Machine Guidance)と操作値制御(自動操作)のAMC(マシンコントロール: Automated Machine Control)の二つの方法がある。

表 2.61 制御測位方法

操作方法	概要
AMG 操作値明示(指示操作)	TS、GNSSの計測技術を用いて、施工機械の位置情報・施工情報及び現場状況(施工状況)と設計値(3次元設計データ)との差異を車載モニターを通じてオペレータに提供し、操作をサポートする技術(機械操作はオペレータが行う)
AMC 操作値制御(自動操作)	マシンガイダンスシステム技術に施工機械の油圧制御技術を組み合わせ、設計値(3次元設計データ)に従って機械をリアルタイムに自動制御し施工を行う技術

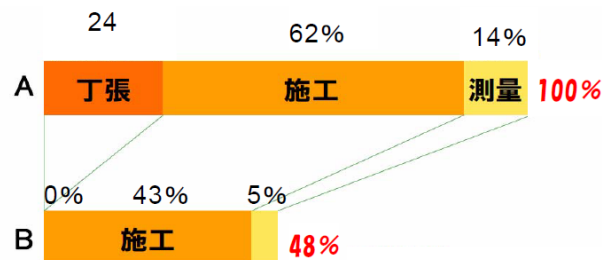
出典: 舗装の情報化施工技術 JICA Web 技術懇談会資料<sup>[66]</sup>

表 2.62 主な情報化施工技術

建設機械のマシンコントロールやマシンガイダンス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブルドーザや油圧ショベル等のマシンガイダンス技術</li> <li>グレーダやブルドーザ等のマシンコントロール技術(敷均し)</li> </ul>
TS・GNSSによる出来形管理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>TS・GNSSを用いた寸法・距離測定による出来形管理技術</li> </ul>
ICTを活用した新たな品質管理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローラの軌跡管理による面的な品質管理技術(締固め)</li> <li>ブルドーザ等による面的な品質管理技術(厚さ)</li> <li>TSを用いた出来形管理技術(厚さ)</li> <li>非接触式赤外線温度計を用いた面的な品質管理技術(温度)</li> </ul>
施工情報の統合管理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設機械や生産設備の稼働記録を用いた精密施工管理技術</li> <li>3次元CAD(Computer-aided Design)による統合管理技術</li> </ul>

出典: 情報化施工とは何か?<sup>[67]</sup>

情報化施工の効果としては、従来工法のように作業の目安となる丁張りなどの指標を設置する必要がなく、それらが無くなったため建設機械操作への支障が回避され、作業効率が向上する。さらに、出来形の検測作業も減らし、施工品質及び生産性を大幅に向上させることができる。これらのシステムは、高速道路、空港などの大型現場から、駐車場や一般の路盤整形作業など幅広く使用されている。さらに、測位、建設機械追尾に電波やレーザー光を使用しているため、夜間作業においても昼間の作業と同様に高い作業効率を得ることが可能である。また、電子データを駆使した施工及び管理を行うため、施工プロセスでの情報記録が容易になり、これらのデータは施設供用後の補修計画にも活用が可能となる。



出典: 情報化施工とは何か?<sup>[67]</sup>

図 2.43 従来工法(A)と情報化施工(B)の工期比較例

### (3) ODA (政府開発援助: Official Development Assistance) 事業への適用

CIM の導入効果が発現するのは、トンネルやシールド、地下構造物、大規模土木工事、道路、橋梁、河川の他、解体修復、維持管理など多岐にわたる。特に、多くの施設が輻湊する複雑な工事に有効である。しかし、事業監理が複雑なプロジェクトに導入を図ることはリスクが高いこと(モデル化に多くの労力を要し、CIM 本来の効果(PM(事業管理: Project Management) ツール)の検証に至らない可能性がある)、PM ツールとしての利用のためには測量、計画、設計、施工の一連の流れの中での課題や効果を検証することが望ましいと考えられるため、CIM 促進の足掛かりとして、技術協力プロジェクト内でのパイロットプロジェクトの実施が提案される。例えば、建設の品質管理技プロや、道路・橋梁の維持管理技プロにおいて発見された架け替えが必要な橋梁に対して、技術協力プロジェクト内で架け替え工事を CIM を活用したパイロットプロジェクトとして実施するなどである。

出典: 開発途上国における ICT 技術を活用した道路分野 ODA 事業のあり方に関するプロジェクト研究<sup>68)</sup>(JICA 2018 年)を参考に JICA 調査団作成

## 参考文献

- [1] 公益社団法人日本道路協会：道路構造令の運用と解説 丸善出版 平成 27 年 6 月
- [2] AASHTO：A Policy on Geometric Design of Highways and Street 6th Edition, 2011
- [3] 一般社団法人交通工学研究会：交通工学ハンドブック 2014 年
- [4] 長崎県土木部：都市計画道路の現状と課題 平成 18 年 8 月
- [5] 北海道開発局：北海道における道路構造の考え方に関する研究 2006 年  
[https://thesis.ceri.go.jp/db/documents/public\\_detail/25625](https://thesis.ceri.go.jp/db/documents/public_detail/25625)
- [6] 伊吹山四郎：交通工学実務双書-2 交通量の予測 交通工学研究会 1986 年
- [7] 公益社団法人日本道路協会：道路の交通容量 1984 年
- [8] FHWA：Highway Capacity Manual, 1985
- [9] South African National Roads Agency：Geometric Design Guidelines 2002[
- [10] Robert Pajecki：Estimating Passenger Car Equivalent of Heavy Vehicles at Roundabout Entry Using Micro-Traffic Simulation, Robert Pajecki, Jun. 2019
- [11] African Union：basic Guidelines for Road Classification and Standard on Trans-Africa Highway  
[https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/29736-wd-e\\_-\\_tah\\_annex\\_ii\\_basic\\_guidelines\\_for\\_road\\_classification\\_standards.pdf](https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/29736-wd-e_-_tah_annex_ii_basic_guidelines_for_road_classification_standards.pdf)
- [12] UNESCAP：Asian Highway Classification and Design Standards  
[https://www.unescap.org/sites/default/files/pub\\_2173\\_ah\\_annexes.pdf](https://www.unescap.org/sites/default/files/pub_2173_ah_annexes.pdf)
- [13] Bureau for Industrial Cooperation College of Engineering and Technology University of Dar es Salaam：Preparation of a Transport Facilitation Strategy for the East African Community Final Report, 2012
- [14] SATCC：Draft Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads, 1998
- [15] MOW Tanzania：Road Geometric Design Manual, 2011
- [16] FHWA：Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways, NO. FHWA-RD-99-207, December 2000
- [17] AfDB：Road Safety Manuals for Africa, 2015
- [18] MOWT Uganda：Road Design Manual, Volume 1: Geometric Design 2011
- [19] WHO：Pedestrian safety, Road Safety Manual for Decision-makers and Practitioners, 2013
- [20] 国土交通省道路局、警察庁交通局：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン 平成 28 年 7 月
- [21] AASHTO：Guide for the Development of Bicycle Facilities, 2012
- [22] Transport Department, SA：NMT Facilities Guideline, 2014
- [23] 一般社団法人交通工学研究会：ラウンドアバウトの計画・設計ガイド(案) 2009 年
- [24] 一般社団法人交通工学研究会：改定 交差点改良のキーポイント 2011 年
- [25] 一般社団法人交通工学研究会：平面交差の計画と設計 2018 年
- [26] 道路調査設計研究会：道路調査設計ノウハウ集 (一社) 建設コンサルタント協会 東北支部 平成 11 年 10 月
- [27] 龍岡文夫：擁壁 [http://www.research.kobe-u.ac.jp/eng-geotechlab/files/ziban/04\\_擁壁\\_20160426.pdf](http://www.research.kobe-u.ac.jp/eng-geotechlab/files/ziban/04_擁壁_20160426.pdf)
- [28] 公益社団法人日本道路協会：道路土工—カルバート工指針 丸善出版 2010 年 4 月
- [29] 熊本県菊池市：橋梁の概要
- [30] 一般財団法人国土技術開発センター：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き (案) 平成 21 年 7 月

- [31] 東北地方整備局：設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕平成28年3月
- [32] 国土交通省：河川砂防技術基準  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/index2.html](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/index2.html)
- [33] South African National Roads Agency：Drainage Manual 6th Edition, 2014
- [34] 一般社団法人セメント協会：コンクリート舗装の適用拡大を目指したアプローチ 2019年  
[https://jcassoc.or.jp/cement/4pdf/190125\\_03.pdf](https://jcassoc.or.jp/cement/4pdf/190125_03.pdf)
- [35] 公益社団法人土木学会：コンクリート舗装を賢く使う 土木学会 平成22年度全国大会 研究討論会 研-21
- [36] Sabita: Design procedure for High Modulus Asphalt (EME), Manual 33 September 2019
- [37] Austroads: Technical Report AP-T283-14, High Modulus High Fatigue Resistance Asphalt (EME2) Technology Transfer, 2014
- [38] Austroads: Technical Report AP-T323-17, High Modulus High Fatigue Resistance Asphalt (EME2) Technology Transfer, Final Report, 2017
- [39] Austroads: Austroads Test Method AGPT/T212 Gyrotory Compactor Test Method, April 2021
- [40] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計便覧 平成18年度版
- [41] 公益社団法人日本道路協会：アスファルト舗装要綱 昭和36年度版
- [42] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針 平成18年度版
- [43] Ministry of Works, Tanzania：Pavement and Materials Design Manual, 1999
- [44] AASHTO：Guide for Design of Pavement Structures, 1993
- [45] AASHTO：Mechanistic Empirical Pavement Design Guide, 2008
- [46] South African National Roads Agency：South African Pavement Engineering Manual (SAPEM), 2014
- [47] TRL：Overseas Road Note 31 A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries, 1993
- [48] SATCC：Draft Code of Practice for the Design of Road Pavements, 1998
- [49] South African National Roads Agency：TRH (Technical Recommendations for Highways) 4 Flexible Pavement Design, 1996
- [50] 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー7「舗装工学の基礎」2012年
- [51] Highways England, UK：Design Manual for Roads and Bridges, 2006
- [52] 土木学会舗装工学委員会：力学的一経験的舗装設計指針—生まれ変わった AASHTO 舗装設計指針— アスファルト No.218 (有限責任中間法人) 日本アスファルト協会 2005年10月
- [53] Highways England, UK：Design Guidance for Road Pavement Foundations, Draft HD25, 2009
- [54] 中部地方整備局：道路設計要領 2008年
- [55] SADC：Road Traffic Signs Manual, 2011
- [56] 国土交通省：建設技術移転指針策定調査 (道路設計基準) 平成16年3月  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/inter/keizai/gijyutu/pdf/road\\_design\\_j1\\_01.pdf](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/inter/keizai/gijyutu/pdf/road_design_j1_01.pdf)
- [57] 公益社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説 平成28年12月
- [58] 公益社団法人日本道路協会：道路照明施設設置基準・同解説 平成19年10月
- [59] UK, Statutory Instruments: The Highways (Road Humps) Regulations, 1999 No. 1025
- [60] 国土交通省：凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準 平成28年3月  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/road01\\_hh\\_000651.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000651.html)
- [61] 独立行政法人 国際協力機構：協力準備調査 設計・積算マニュアル 2009年3月



- [https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/plan\\_man.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/plan_man.html)
- [62] 独立行政法人 国際協力機構：同補完編（土木分野）2019年10月
- [https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/ku57pq00002ldz6n-att/doboku\\_hokan.pdf](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/ku57pq00002ldz6n-att/doboku_hokan.pdf)
- [63] 古木守靖他：JICA 道路舗装ハンドブックの改訂について 土木施工 2020年12月号
- [64] 独立行政法人 国際協力機構：環境社会配慮ガイドライン 2010年4月
- <https://www.jica.go.jp/environment/guideline/index.html>
- [65] ILO：BUILDING RURAL ROADS, 2008
- [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/genericdocument/wcms\\_103551.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/genericdocument/wcms_103551.pdf)
- [66] 梶 太郎：舗装の情報化施工技術 JICA Web 技術懇談会資料 2021年
- [67] 社団法人 日本建設機械化協会：情報化施工とは何か？～ICTを活用した新たな施工システム～ 2010年
- [68] 独立行政法人 国際協力機構：開発途上国における ICT 技術を活用した道路分野 ODA 事業のあり方に関するプロジェクト研究 2018年

## 第3章 事業実施段階

### 3.1. 詳細設計 (DD) の実施

#### (1) 詳細設計の目的と内容

事業実施段階で実施される詳細設計では、準備調査結果の精度を向上させるために、準備調査で決定された道路中心線、及び道路事業用地 (Right-of-Way) に基づき、工事に必要な道路の詳細構造を経済的かつ合理的に設計する。また、応力計算を必要とする構造物について、準備調査で決定された構造形式の主要構造寸法に基づき、設計条件に従い安定計算及び断面応力度計算を実施する。

詳細設計の目的は、上記の設計作業を実施した上で、工事発注に必要な図面、報告書、工事仕様書、契約書 (案) 等の入札図書を作成することである。我が国の無償資金協力事業を含め、標準入札図書の構成は表 3.1 に示した通りである。ただし、応札者への公平な情報提供、設計根拠の情報不足による高値入札の傾向回避、応札内容の齟齬の回避、および高い品質の確保等の観点から、契約条件書・技術仕様書・工事図面・仕様書に、応札額の積算に実質的に影響を与えると考えられる設計条件や施工条件について、できるかぎり詳細に明示するために、JICA (国際協力機構: Japan International Cooperation Agency) 事業では、表 3.1 に示す技術報告書を参考資料として応札者に提供する。

表 3.1 道路事業の入札図書の構成 (例)

分類		準備される入札図書
入札図書	標準入札図書	1. 契約書 (案) (Form of Contract) 2. 契約条件書 (一般・特記) (Conditions of Contract) 3. 工事仕様書 (標準・特記) (Specifications) 4. 図面 (Drawings) 5. 入札指示書 (Instruction to Bidders) 6. 事前資格審査 (P/Q: Prequalification) 基準案
	参考資料 技術報告書	7. 詳細設計報告書 (数量計算書を含む) 8. 構造及び安定計算書 (応力/構造計算及び安定計算が必要な構造物) 9. 舗装設計計算書 (路面設計、構造設計) 10. 線形計算書 11. 交通量調査報告書 (軸重調査報告書を含む) 12. 地質調査報告書 (材料調査報告書を含む) 13. 用地関連データ (DMS (詳細測量調査: Detail Measurement Survey) 等)

出典: JICA 調査団

一般の建設工事入札では、入札を招聘する発注者が保有している現場情報や調査・試験結果を入札者へ全開示するのは発注者の義務であり、発注者が入手済みの情報を開示せず、工事実施中に何らかの不備・不具合などが発注した場合に、かつそれらの情報が開示されていれば、その対策工を事前に施工することが可能であったことが立証されれば、その対策工に係る追加工期と追加費用は発注者責任で補填されることになる。

#### (2) 図面の種類

工事の施工に係る図面の分類と定義は、基本的に表 3.2 のとおり 5 種類に大別される。設計図と参考図

の例を表 3.3 に示す。

表 3.2 実施段階の図面の種類

種類	定義	作成時期
設計図	「設計図」とは、工事目的物の規格寸法、並びに設計施工条件を明示した図面。設計者は「設計図」を作成し、発注者に納品する。但し、工事発注後、納品した図面に瑕疵があった場合は、設計者が当該図面を修補する。施工計画（施工方法、施工手順等）を検討した図面などは、工事発注において「設計図書」としない。	詳細設計（DD）時
参考図	「参考図」とは、「設計図以外」で、入札公告時に参考提示する図面。「参考図」では、積算の考え方を明示し、入札公告時に提示する。施工者は、「参考図」を工事価格（入札価格）算定のための数量計算及び積算、並びに施工において参考としても良い。	詳細設計（DD）時
変更設計図	「変更設計図」とは、施工者が行う起工測量や照査の結果、当初設計図に明示された条件と実際の現場条件が一致せず、当初設計図どおりに施工することが不適切な場合、あるいは現場状況により、新たに追加の測量・設計が必要となった場合に、設計変更を行うために作成する図面。	工事中
施工図	「施工図」とは、施工者が施工にあたり必要に応じて自らの裁量で任意に作成する図面。施工者の裁量で任意に作成するため、「設計図書」としない。	工事中
完成図	「完成図」とは、当初設計図、変更設計図、参考図（必要に応じて）について、工事目的物の完成状態を記録した図面。工事完成時に施工者が作成し、発注者に納品する。	工事完了時

出典：良くわかる設計と工事の図面<sup>1)</sup>

表 3.3 詳細設計報告書及び図面成果品（例）

種類	準備される入札図書	備考
報告書	1. 詳細設計報告書 2. 数量計算書 3. 構造/応力計算書 4. 線形計算書	積算に必要な施工条件については、該当する工種毎に報告書に記載する。
設計図	1. 位置図	
	2. 平面図 (1:1,000 または 1:500)	
	3. 縦断面図 (V=1:200, H=1:1000 または V=1:100, H=1:500)	
	4. 標準横断面図 (1:50 または 1:100)	
	5. 横断面図 (1:100 または 1:200) (20m 毎+変化点)	参考図とすることも可能
	6. 一般図	
	7. 構造図 (構造一般図、構造寸法図、配筋図、詳細図等)	構造/応力計算を必要とするもの。
	8. 小構造物図	応力計算を必要としないもの。(適用条件の明示)
	9. 指定仮設図 <sup>1)</sup>	
参考図	10. 横断面図 (1:100 または 1:200) (20m 毎+変化点)	
	11. 鉄筋加工図/鉄筋表	
	12. 線形図 (座標図)	
	13. 用排水系統図	
	14. 水路敷高図	
	15. 任意仮設図	

<sup>1)</sup> 仮設構造物は一般には参考図として取り扱われるが、施工上あるいは安全確保上特に必要な仮設構造物を設計図書において指定することがある。この場合、指定仮設構造物の図面は設計図面扱いとなる。ただし、仮設構造物図に明示された条件と実際の現場条件が一致しない場合、施工者は仮設構造物図を変更することができる。

種類	準備される入札図書	備考
	16. 施工要領図(発注者の計画)	
	17. 数量計算が目的の展開図	
	18. その他数量計算が目的の図面	

出典:良くわかる設計と工事の図面<sup>1)</sup>を参考に JICA 調査団作成

### (3) 追加自然条件調査

無償資金協力事業では、準備調査段階で十分な自然条件調査を実施し、詳細設計段階で事業費に大きな影響を与える設計変更が生じないことを原則としている。ただし、以下のような場合もしくは必要に応じて、追加自然条件調査を実施することがある。

表 3.4 追加自然条件調査の実施例

調査の種類	定義
地質調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>準備調査結果により線形や橋梁の支間割等の変更があり、構造物(橋台、橋脚等)のジャストポイントでの地質調査が必要な場合</li> <li>準備調査時に用地の制約等により、確認できなかった CBR(シービーアール: California Bearing Ratio)等の調査箇所がある場合</li> <li>準備調査結果により線形等の変更があり、CBR 調査等の調査未実施箇所がある場合</li> </ul>
測量調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>準備調査以降の災害等により地形に改変が見られる場合</li> <li>準備調査時に用地の制約等により、確認できなかった測量必要箇所がある場合</li> <li>準備調査結果により線形等の変更があり、追加測量が必要な場合</li> </ul>
交通量調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>準備調査時には確認できなかった、対象路線の交通量や交通の動きに大きな変化を及ぼす施設の供用や道路の整備があった場合</li> </ul>

出典: JICA 調査団

### (4) 工事特記仕様書作成時の留意事項(例)

相手国政府の所有する工事標準仕様書に記載の無い事項については、実施段階で作成される工事特記仕様書で補完する必要がある。道路工事における工事特記仕様書への記載事項(例)としては、表 3.5 のようなものがある。なお、ここに示す例が全てではないことに注意が必要である。

表 3.5 工事特記仕様書への記載項目(例)

工事標準仕様書の見直し項目	工事特記仕様書への追記	
記載の無い工種	標準仕様書より高い基準や規格を求めるもの	例) 軟弱地盤の処理において、標準仕様書に記載のない対策工を採用した場合など
	高強度コンクリート	材料、配合、管理基準
	廃棄物処理	処理方法、管理方法
	路上再生路盤	仕様、施工方法
	路上表層再生	仕様、施工方法
	改質アスファルト舗装	仕様、製造方法、施工方法
品質管理のための見直し	セメント安定処理路盤	路上混合の場合の使用機材の明確化(機械施工という記述に対し、品質管理を考慮しスタビライザによる路上混合と機械を明記するなど)
記載の無い試験 又は工事標準仕様書にて BQ (単価-数量: Bill of	配合設計法(スーパーペープ法、リフューザルデンシティ法等)	スーパーペープ法、リフューザルデンシティ法

Quantities) 精算対象となっている項目	性能評価試験 (ホイールトラッキング試験、ラベリング試験等)	試験機の仕様、試験方法、性能規定値
	プルーフローリング	実施時期、試験の仕様
	CBR 試験の実施	試験時期、試験の仕様、数量
	抽出試験 (プラント)	試験頻度、試験の仕様

出典：JICA 調査団

● 材料試験に関する留意事項

各工事の初期段階で実施する材料試験については、相手国が適用している工事標準仕様書にて、試験に使用する機材の調整・証明書の取得義務はコントラクターに要求されており、試験を相手国政府の指定する国の機関等の外部機関へ委託する場合は、委託先の機関が保有・使用する試験機の調整・証明の失敗は、すべてコントラクターの責任であることを工事特記仕様書に明記する。また、信頼性の高い試験機関として民間の試験機関に委託した場合の試験結果の承認等についても工事特記仕様書に定めておく。

● 数量精算項目の見直し

相手国政府の所有する工事標準仕様書では、BQ 精算 (単価数量精算：Bill of Quantity) を基本としている。このため、品質管理上重要な試験 (例：プルーフローリング (P3-16 参照)) 等について、「required by the Engineer」と BQ 精算を前提にしている記述となっている。しかし、無償資金協力事業では、最終工事数量による精算を想定していないため、BQ 精算を前提とした記述を特記仕様書によって修正する。以下に、プルーフローリングに関する工事標準仕様書 (ウガンダの例) の記載例を示すが、「required by the Engineer」と記述されている試験については、無償資金協力事業で作成する特記仕様書にて当該試験を削除するか、必ず実施することに変更する。

(c) Proof rolling

Proof rolling of any earthworks layer or roadbed using loaded trucks or suitable rollers shall be carried out as required by the Engineer. The equipment and method of operation shall be as directed by the Engineer and the Contractor shall make all required equipment available for proof rolling at any time as required by the Engineer.

出典：P3000-21, GENERAL SPECIFICATIONS FOR ROAD AND BRIDGE WORKS<sup>[2]</sup>

(5) 入札・契約時の留意事項 (例)

入札、及び契約時には、以下の点に留意する必要がある。

- 入札段階では、応札者からの質問に対して回答を行い、契約条件の変更が必要な場合には、アデンダム (addendum) を発行し契約条件を変更する。また、質問回答については、全ての応札者に開示する。
- 契約方式は、総価契約単価合意方式であり、支払いには総価契約で、設計・契約変更に対して合意単価で変更分が支払われる。変更に対しては、実施機関の申請による JICA の確認・同意が必要。

## 3.2. 施工監理と施工管理

### (1) JICA 事業の特徴

日本国内の土木工事では、一般的に施工監理は発注者の直営によって実施されるが、JICA（国際協力機構：Japan International Cooperation Agency）事業では、コンサルタントが実施機関の代理人として、施工会社が契約書、工事仕様書・設計図等に基づいた施工を行っているかどうかを施工『監理』する。施工会社は、契約図書等に定められた品質規格を満足する工事目的物を効率的に作ることを目的に施工『管理』する。

#### ● 施工監理の内容

コンサルタントが実施する施工監理業務では、「施工監理計画書」に基づき、調査・設計段階から得られた事業の全ての情報、工事の契約図書内の工事仕様書の意図を建設会社と共有し理解を得る。また、技術仕様どおりに現場が施工されているかを確認・把握し、当初設計では想定していなかった新たに生じた変化への対応等も含め、最終目的に合致するように監理しなければならない。主な施工監理の内容は以下の通りである。

- ・ 施工会社の作成する施工計画書（工程計画、品質管理計画、安全管理計画等）のチェック
- ・ 施工中の工事に対する監理（工程、品質（現場立会）、現場の安全等）
- ・ 工事中に発生する問題への対処
- ・ 施工会社の工事の瑕疵についての指摘
- ・ 契約に従った証明書の発行
- ・ 施工会社の提出する変更要請についての第一判定者

#### ● 施工管理の内容

施工会社は「施工計画書」を作成し、実施機関に提出しなければならない。施工計画書には、契約条件に基づき設計図書どおりの工事目的物を地域社会や環境への悪影響を最小限とし、経済的で安全、かつ効率的に工期内に施工するため最善の方法（労働力・資材・施工方法・機械等の手段）と品質管理方法について記載する。施工会社は、その施工計画書に基づき以下の管理を実施する。

- ・ 工事の進捗と工程を管理する「工程管理」
- ・ 形状や寸法を管理する「出来形管理」
- ・ 資材の強度や品質を管理する「品質管理」
- ・ 作業場内及び第三者の安全を管理する「安全管理」
- ・ その他「原価管理」

施工管理は、建設工事全体の管理を実施し、経済的かつ安全に工事を進める責任がある。

### (2) 施工監理における JICA の役割

JICA は、実施監理業務を担い、以下のように技術的側面も確認する。また、JICA の役割については、EN（交換公文：Exchange of Notes）及び G/A（贈与契約：Grant Agreement）で定義される。

- 工物品質管理会議（施主、JICA、コンサルタント、施工会社）への同席
- JICA 調査員による実施状況調査の実施
- 進捗の確認
- 設計変更の確認・同意等

### (3) コンサルタントの技術者の責任範囲

#### ● 業務主任者

業務主任者は、コンサルタント企業の代理人として、コンサルタント企業がもつすべての権限を行使する。業務主任者は、自己の権限について常駐監理者を含むアシスタントに委譲することができる。ただし、以下に示す事項は委譲できない。

- ・ 無償工事のGCC（契約一般条件書：General Conditions of Contract）Sub-Clause 5.5 に規定される決定（Determination）
- ・ 契約変更に係る施工会社への指示（施主の承認を要す）
- ・ 作業開始及び竣工（引渡し）期限延期の決定
- ・ 出来高／完了証明書（Certificate of confirmation of achievement, Certificate of completion）の発行
- ・ （工種別）施工計画書の承諾

#### ● 常駐監理者

常駐監理者は、業務主任者からの権限の委譲を受け、日常的な施工監理に係る権限を行使する。具体的な権限は以下のとおり。

- ・ 工事仕様書および承諾された施工計画書等に基づく品質および出来形の監理（検査への立会い等を含む。）
- ・ 「安全施工プラン」（原則として、工種別施工計画書に含まれることを想定。）に基づく、施工会社の安全対策の監理と不遵守の是正確認
- ・ 上記に伴う不具合等（安全対策の不对応等を含む。）の修正・実施指示
- ・ 施工計画書の承諾前のレビュー（工事仕様書を含む契約図書、現場条件との整合の確認、および業務主任者への上申）
- ・ 工事関係文書の送付および受領
- ・ その他委譲された範囲内の指示

また、常駐監理者は無償資金協力事業の適正、かつ、円滑な実施に必要な施工監理組織の重要な役割を担う一人であり、次のような要件が求められる。

- ・ 当該工事の施工監理を行う経験・能力を有すること。
- ・ 実施機関、ローカルコンサルタント等地元関係企業との業務遂行に必要なコミュニケーション力を有し、信頼関係を構築できること。

#### ● ローカルアシスタント

ローカルアシスタントは、常駐監理者の監理の範囲内で、常駐監理者の委任を受けて、品質監理、出来形監理および検査への立会い等を行う。

出典：無償資金協力事業におけるコンサルタント業務の手引<sup>3)</sup>

### (4) 施工監理計画書の作成と内容

「施工監理計画書」は、2015年11月以降の閣議決定案件に適用されているコンサルタント契約書標準約款（General Conditions of Agreement for Consulting Service）において、コンサルタントの業務内容（Scope of the Service）の一つに「elaborating the supervision plan（施工監理計画の作成と説明）」として規定される。

施工監理計画書は、一般論ではなく、案件に固有な条件や当該工事の内容およびその進捗等を十分に踏まえて、具体的かつ分かり易く記述する。施工監理計画書はおよそ次の役割を果たす。

- コンサルタント（業務主任者、副業務主任者、設計に携わった日本側関係者および常駐監理者）内で、調査・設計内容、設計図書と施工会社が提案する施工方法を確認し、施工監理方法を定めた後、実施機関、施工会社およびコンサルタントの間で、コンサルタントの施工監理のあり方に共通の理解を得る。
- 施工会社から提出された施工計画書および新たな情報に対応することで、求められる監理内容の最適化、重点を置くべき事項の明確化が図られる。
- 工事施工期間中のコンサルタントの施主に対する義務（提供すべき役務（サービス）の内容）の明確化が図られる。加えて、これにより施主の他、関係者に日本の品質管理・安全管理、施主側の負担事業・手続き等へのより深い理解を促進し意思疎通を高める効果も期待される。

## (5) 施工計画書の作成と内容

施工会社は、施工方法や品質管理の方法等を具体的に示した施工計画書を作成し、施工監理コンサルタントと協議・調整の上、実施機関に提出しなければならない。施工計画書は、契約図書の要求に従って工事目的物を構築するために、施工会社が施工に先立ち作成する。作成に当たっては、契約条件や現場条件を適切に把握した上で、その時点において最も地域社会や環境への悪影響が少なく、経済的で安全、かつ効率的と思われる施工計画を立案するために、以下の基本事項を検討する。

- |                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| ● 実施機関より指示された契約条件 | ● 安全管理（日常の安全衛生管理体制、緊急時の体制等）        |
| ● 現場の立地および制約条件    | ● 治安管理（現場の物理的防御、監視・警備、事業関係者の移動体制等） |
| ● 施工体制            | ● 交通管理（ガードフェンス、保安灯、交通誘導員等の配置計画を含む） |
| ● 基本工程            | ● 環境対策                             |
| ● 施工方法と施工順序       | ● 建設廃棄物処理計画                        |
| ● 使用機械設備の選定と搬入計画  |                                    |
| ● 使用資材の選定と搬入計画    |                                    |
| ● 仮設備の計画と配置       |                                    |

施工計画書の内容に重要な変更が生じた場合には、施工監理コンサルタントと協議・合意の上、実施機関に変更計画書を提出する。

施工計画書には、使用される材料、工法、および工程計画等を定め、特に品質管理については、コンサルタントの確認・立会方法、品質確認試験、検査基準等の詳細を適切に施工計画書に反映させる。施工計画書は、一般論ではなく、案件に固有な条件や当該工事の内容およびその進捗等を十分に踏まえて、具体的かつ分かりやすく記述する。

## (6) 工物品質管理会議

第1章に記載したとおり、アフリカ地域の土木施設案件、およびその他の地域の大型土木施設案件については、実施機関、コンサルタント、施工会社およびJICAによる、工物品質の確保に向けた情報共有を目的とした「工物品質管理会議」が設定されている。本会議は、事業の円滑な進捗と品質の確保に



活用してゆくものであって、毎月の月例会議とは目的と性格が異なる点に留意する必要がある。(詳細は第1章を参照)

## (7) 事業完了報告書

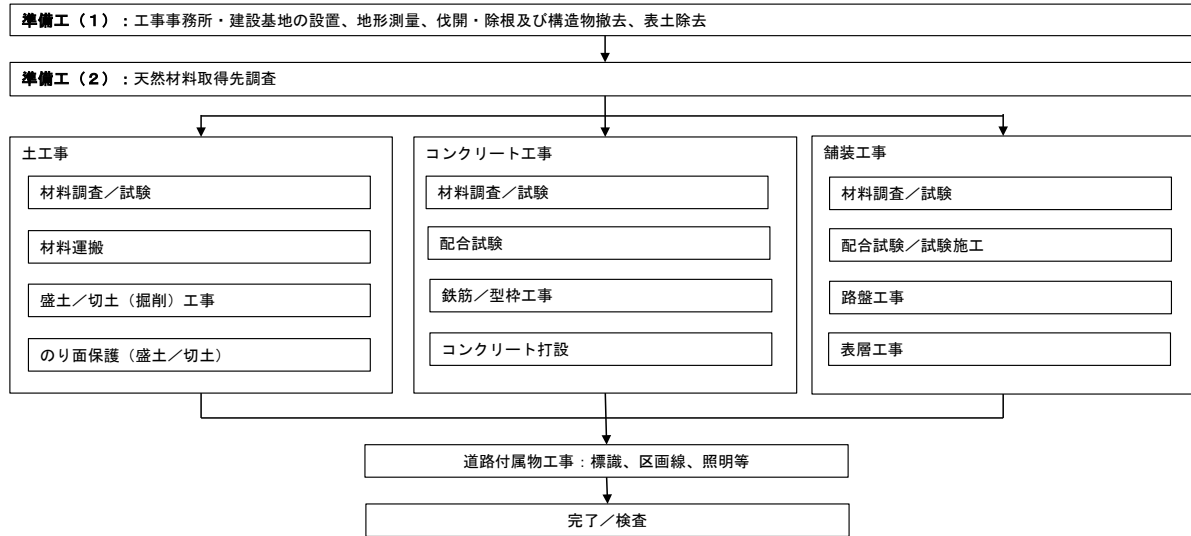
事業終了時に提出する PCR (業務完了報告書: Project Completion Report) には、定められた報告内容の他、実施機関が対象物の維持管理を適切に実施していくための留意点、及び維持管理を継続的に実施していくために必要な施策(技術協力)についても報告書として提出する。特に、施工段階で明らかとなった維持管理上の注意点(例えば、施工時に湧水が発生した箇所や交差点において排水状況が悪い箇所等を知っていれば、維持管理でも特に注意して点検することが可能)について、完了時セミナーを開くなどして情報を実施機関と共有する。

### 3.3. 道路工事の準備段階

3.3～3.8 では道路工事として、橋梁、トンネルなどの構造物区間を除く一般区間（土工区間）を対象に記述する。

#### (1) 道路工事の流れ

無償資金協力事業として実施される道路改修及び新設工事の準備は、概ね図 3.1 の施工手順で進められる。



出典：JICA 調査団

図 3.1 道路工事の標準的な流れ

#### (2) 工事事務所・建設基地の設置

工事契約締結後、コントラクターは履行保証および前渡金保証、各種保険の手配や相手国政府に対する事業所設置届および税務登録などの手続きを行うのと並行して、工事現場に事務所および建設基地の設営を行う。建設基地には、現場の状況により下記に例示した施設設備などが計画される。

##### 工事関係施設

- 材料試験室
- 物品およびセメント保管倉庫
- コンクリート製造設備
- コンクリート骨材（砕石・砂）置場
- 貯水タンク
- 受発電設備
- 燃料供給設備（ガソリンスタンド）
- 機械修理工場及びスペアパーツ保管庫

- 型枠・鉄筋等材料置場および加工場
- 駐車場

##### 安全・保健施設

- 警備員室
- 外周フェンス
- 医務室（First Aid）

これらの施設は、発注者が取得した本設工事区域内ではなく、その近傍にコントラクターが借地した場所に設置されるものであり、現地の建設事情および借地面積に基づいて計画され、現場への搬入出が容易で機動力のある汎用性機械（タイヤバックホウ、タイヤショベル、トラッククレーンなど）が使用

される。



タイヤバックホウ



タイヤショベル



トラッククレーン

出典：各社HP

写真 3.1 準備段階で使用される重機の例

また、建設基地の設置作業はプロジェクト組織が確立される前に実施される最初の工事となるので、事前の安全教育および安全看板・保護具の準備を徹底する必要がある。治安対策として外周をフェンスで囲い、建設基地の完成後には工事関係者以外の立入りを制限する必要がある。特に紛争地近くまたは治安状況が良好ではない地域で実施される案件では、セキュリティ対策として相手国の警察および軍組織の支援が必要となる場合もある。

### (3) 地形測量

工事契約締結後、コンサルタントからコントラクターへ工事開始命令が発出されれば、コントラクターが工事区域内で実施する最初の作業は地形測量であり、コンサルタントの立会いの下で、基準点測量および中心線・用地境界測量、縦横断地形測量が実測で行われる。日本国内では、2016年3月からドローンを用いた測量方法が公共工事において使用可能となったことから、各施工会社もより効率的な工事測量の技術開発を進めている。途上国で実施される無償工事の場合、通信環境、ドローン測量の精度(法肩、法尻等の大きな変化点、飛行高との高低差が大きくなると誤差が大きくなる等)、地図作成技術者の確保、3次元データを扱うハード機器の調達等の課題も有り、現時点では実測測量が主流となっている。ただし、今後はドローン測量へ順時移行していくものと考えられる。

#### ① 基準点測量

コンサルタントは協力準備調査および詳細設計において、相手国政府機関 (Ministry of Land, Ministry of Works 等) が保有・管理する国家座標測点を元に、工事で使用する測量基準点を工事区域内の複数箇所に設置する。しかし、工事用地がコントラクターに引渡されて工事を開始するまでの期間に、一部の基準点が壊されたり、わずかに動いていたりする場合があるので、すべての測量基準点を再測量して正しい位置に復元する。この測量は各基準点間の距離と角度を正確に測定するので、測量データの解析ソフトウェアを内蔵したトータルステーション (水平角と鉛直角を計測する経緯儀という器械に、測距儀の機能が内蔵された測量器械) という器具で実施する。ただし、基準点の標高については、トータルステーションによる測量だけでなく、従来の自動レベルという器具による測量で精度を確認する。



トータルステーション



水準測量

出典：各社HP

写真 3.2 基準点測量

② 中心線・用地境界測量

基準点測量により正確な位置に復元された基準点を元に、道路の中心線測量を行って、各測点(通常は20m 間隔)における道路中心と発注者が取得した工事用地境界の平面位置を復元する。この測量は座標で与えられた各測点における道路中心を、基準点からの座標測量により復元し、その道路中心からの距離を測定して道路の両側にある用地境界を復元するものであり、トータルステーションによって行われる。

③ 縦横断地形測量

道路中心線に沿った地形(縦断形状)および各測点における道路横断方向の地形(横断形状)は、協力準備調査または詳細設計時に測量を行って入札・契約図面上に示されているが、一般的な工事契約では工事開始後に再測量を行って、再測量結果に基づいた工事管理が行われている。この測量はトータルステーションまたは自動レベル+巻尺によって行われる。

(4) 伐開・除根及び構造物撤去

縦横断地形測量の結果に基づき、本設工事が占有する区域を現場に明示して、その占有区域内に限って樹木の伐開・除根および既存構造物の撤去を行う。これらの作業は、ブルドーザやバックホウなどにより施工される。



ブルドーザ



バックホウ

出典：各社HP

写真 3.3 伐開・除根及び構造物撤去で使用される重機の例

## (5) 表土除去

草木が生殖して地表面を覆っている表土は軟弱土であり、草の根など不純物を含んでいるので、地表面からの深さ 150～200mm を本設工事の占有区域全域から撤去して、認可された土捨て場へ廃棄する。表土はブルドーザまたはバックホウにより剥ぎ取られ、ダンプトラックで土捨て場へ運搬される。



ブルドーザ



バックホウ

出典：各社HP

写真 3.4 表土除去

## (6) 天然材料取得先調査

道路工事で使用する天然材料には盛土用良質土および砂、砕石があり、いずれも工事箇所の近傍から取得されるのが一般的である。協力準備調査または詳細設計時に発注者およびコンサルタントが入手した天然材料取得候補地などの自然条件は、入札時に材料調査報告書等の形で入札者へ提供されるが、これらの情報は応札価格の積算の参考として提供されるものであり、入札において天然材料取得先を指定するものではない。取得先選定は、入札者（コントラクター）の自由裁量である。コントラクターは取得先選定調査を入札期間中に始め、工事契約後 1～2 カ月以内を目途に取得先を決定するが、これらの材料の品質や運搬距離は工事の品質や原価に大きく影響するので、その後も調査を継続して、工事中でもより有利な場所へと変更することがある。盛土用良質土および砂の取得先調査は主に人力作業による試掘で行われ、施工機械を必要としない。砕石の取得先調査は、既存の砕石場または過去の案件で使用された砕石場跡での調査となる場合が多い。

これらの天然材料の採掘について、相手国政府の環境省や資源省の許可を得なければならず、同許可の取得に相当な期間を要する場合もあるので、コントラクター入札の公示前までに実施機関により採掘許可を得ることが望ましい。

### 3.4. 道路の土工事

#### (1) 土質調査・土質試験

工事の実施に当たり、工事の目的に合った土や材料の性質を確認するために土質調査・土質試験を実施する。この際、道路建設上の問題となる土壌には表 3.6 に示すものがある。

表 3.6 道路建設上問題となる土壌

土壌名	特徴	道路建設上の問題	分布域	備考
分散性土 Dispersive soil	通常の粘土に比べ間隙水中に溶け込んでいるナトリウムイオンの含有率が高く、降雨や洪水によって土粒子の結合が失われて溶解する、浸食されやすい性質を持った土。	盛土材として使用した場合に、浸食によるガリ、法面崩壊やドラゴンホール（ドラゴンホールはカンボジアでの呼び名でトンネル侵食、シンクホールともいわれる）と呼ばれる穿孔が発生する。	東南アジア地域で確認される事例が多い。	第4章-7(5)に詳細を記載。
膨張土 Expansive soil	ブラックコットンソイルと呼ばれることが多く、黒灰色の膨潤土であり、綿花の作付けに適していることから、この名前が付けられた。	この土は乾燥状態においては硬く支持力も大きいですが、含水量が増すと粘土状となり膨潤し、乾燥時の強さを完全に失ってしまう。湿った状態から乾燥する過程において収縮クラックが生じ、道路建設上、深刻な問題となる材料である。	南アジア、東アフリカ地域で確認される事例が多い。	第4章-7(5)に詳細を記載。
有機質土壌 Organic soil	湿生植物の遺体が、過湿のため分解を免れ厚く堆積した土壌。土の塊を手で握りしめると、水を含んだスポンジのように水がしたり落ちる。	砂質土と比べて間隙比や含水比が高く、加えて繊維質であり圧縮しやすいため、盛土や構造物を施工すると沈下や側方流動等の地盤変状が発生する。	世界的に確認されている。主として沖積地や海岸砂丘の後背湿地、谷地、高山などの湿地に分布する。	-
塩類土壌及び塩水を含む土壌 Saline soil or presence of saline water	酸性硫酸塩土壌とはイオウ化合物が異常に高く存在し、酸化条件で強酸性になる土壌のことである。	多量の土壌の掘削によって海成粘土が使われ、そこから流れ出る酸性水による生態系への影響、盛土材に使用した場合の被覆植生工の枯れ上がり等が問題となる。	世界的に確認されている。主に、乾燥・半乾燥地で顕著な問題である。	-

出典：JICA 調査団

施工期間中に、このような土が確認された場合には、土の性状を特定するための土質試験を実施し、現地の有識者等も交えて対策を検討するとともに実施機関及び JICA（国際協力機構：Japan International Cooperation Agency）に報告する。また、これらの対策に要した施工数量（例えば置換え数量等）を、現場写真とともに整理しておく。

#### (2) 掘削・盛土工事

表土除去が完了した地盤を、舗装工事（路床・路盤・表層）が開始される舗装基盤の高さまで掘削または盛土する工事を実施する。この内、盛土工事は実際の施工がかなり難しい。土は、試験を厳密に行っても、元々均一な材料ではないので大量（大規模な盛土）になればなるほど、採取の場所（土取り場）や締固め管理の影響が現れてくる。また、盛土の基礎地盤が軟弱では、盛土構造物の安定がなりたないため、軟弱地盤対策工が実施されることとなる。盛土の施工では、盛土材料と盛土の締固めに関する事項が最も重要であり、施工に当たっての一般的な留意点を以下に挙げる。

- 規定された敷均し厚さを(通常は1層30cm程度)遵守して敷均す。
- 締固めは含水比調整を行いながら入念に行う。降雨時の盛土工事は行わない。
- 外部から施工区域への雨水進入を防止するために施工区域外周に簡易排水側溝を設置する、また、施工区域の表面に雨水がたまらないで排水できるような排水勾配を取るなどの処置をする。
- 構造物のすぐ近くは大型の締固め機械の振動による構造物への悪影響を防ぐため、敷均し厚さを1層15cm以下として小型の締固め機を使って、締固め不足が生じないように入念に締め固める。
- 片切・片盛や切土と盛土の境界部分は、完成後に盛上部が沈下しないよう、特に入念に施工する。

盛土材料については、一般に主として経済的理由から現場に近い土取場のものを利用する。しかし、材料の性質上、現場の近くで適当なものが得られない場合もある。材料が適当でないと、直ちに施工性や出来上がり品質に影響する。このため、選定に当たってはよく検討することが必要となる。一般的な盛土材料の要求品質は次の通りである。

- 粘土・シルトなど細粒分の含有量が規定値以下。
- 施工機械のトラフィカビリティが確保できること。
- 所定の締固めが行いやすいこと。
- 締め固められた土のせん断強さが大きく、圧縮性が小さいこと。

土は、土粒子と水と空気(気体)から構成されているので、ほぐした土を運搬してただ敷き均し、所要の形状に盛っただけでは、自然状態(地山)のとき以上に空気を含んでいる。これでは重量物の乗る道路の路床や路体の場合、沈下を起こし土構造物としての目的を達し得ない。そこで、空気を追い出し、土を密実なものとし、密度を増加させ、均質性を増し、最も強度の得られる最適含水比に近づけて圧縮沈下量を極力小さくするために締固めを行う。締固めとは外力(エネルギー)を土に与え、土中の空気を抜き、密度を高めることを言う。こうして土の間隙が最小になったときの乾燥密度を最大乾燥密度といい、このときの含水比が、最適含水比である。これらをまとめると、締固めの目的は次のようになる。

- 土の空気間隙を少なくし、透水性を低下させ、水の浸入による軟化・膨脹を小さくして土を最も安定した状態にする。
- 盛土の法面の安定、荷重に対する支持力など盛土として必要な強度特性を持たせる。
- 盛土完成後の圧縮沈下など変形を少なくする。

これらを実現するためには、盛土の設計・施工に当たって、締固めの程度、締固め時の含水比、施工層厚などの締固めに関する基準を定めておくとともに、施工に当たってはその基準に沿った管理を行う必要がある。管理方法には、品質規定方式と工法規定方式がある。

#### ① 品質規定方式

- 基準試験の最大乾燥密度、最適含水比から規定する方法：現場で締め固めた土の乾燥密度と、基準の締固め試験の最大乾燥密度との比である締固め度を規定する方法であり、最も一般的な方法。

- 空気間隙率または飽和度を施工含水比で規定する方法：締め固めた土が安定な状態である条件として、空気間隙率または飽和度を一定の範囲内にあるように規定する方法。
- 締め固めた土の強度、変形特性を規定する方法：締め固めた土の強度あるいは変形特性を、貫入抵抗、現場 CBR（シービーアール：California Bearing Ratio）値、支持力（地盤係数）、プルーフローリングによるたわみ等の値によって規定する方法。

② 工法規定方式

使用する締め固め機械の種類、締め固め回数などを規定する方法：盛土材料の土質、含水比がほとんど変化しない現場では、便利な方法であるが、事前に現場締め固め試験を行って、盛土が所要の性質を確保できるか確認する必要がある。表 3.7 に両規定の試験方法との関係を示す。

表 3.7 主な室内試験（土工の調査対象）

規定方式	規定名	試験名	規定値	適用土質
品質規定方式	強度規定	平板載荷・CBR・コーン貫入試験	K 値、CBR 値、qc 値	礫・砂
	変形量規定	プルーフローリング	沈下量	
	乾燥密度規定	土の締め固め試験・単位体積質量試験	締め固め度	一般土・砂質土・礫質土
	飽和度規定	土粒子の密度試験	飽和度	高含水比粘性土
	空気間隙率規定	土粒子の密度試験	空気間隙率	
工法規定方式	工法規定	施工試験	重量と走行回数	岩塊・玉石

出典：www.mizunotec.co.jp/index.html

ただし、現場で採取した試料を室内試験する方法では、試料を採取した区間全体の品質をその試験結果により判定するので、施工区域全体が所定の品質を達成していることの確認とはならない。したがって、多くの工事仕様書では、工法規定方式の規定に従って施工された盛土の状態を品質規定方式の試験により確認し、さらにプルーフローリングにより施工区域全体で弱点の有無を確認するなどを要求している。また、掘削・盛土工事に使用する施工機械は現場条件によって様々な選定が可能であるが、道路工事は多くの場合で幅が狭く延長が長いものとなるので、施工機械の組合せは下記のとおりとなる。

掘削：

- ブルドーザ切削・集積→バックホウ積込み→ダンプトラック搬出
- バックホウ掘削→バックホウ積込み→ダンプトラック搬出



ブルドーザ



ダンプトラック積込み



ダンプトラック積込み

出典：各社HP

写真 3.5 掘削工事



盛土：基準を満足する土取場材料を1層当り  $t=150\sim 200\text{mm}$  で盛土する。

バックホウ・タイヤショベル（土取場材料積込み）→ダンプトラック（土取場材料運搬）→ブルドーザ（仮敷均し）→散水車（水分調整）→モーターグレーダ（攪拌・敷均し）→大型振動ローラ 10～12ton・タイヤローラ 8～20ton（締固め）



バックホウ



ダンプトラック



ブルドーザ



散水車



モーターグレーダ



振動・タイヤローラ

出典：各社HP

写真 3.6 盛土工事

### 👉 土工事現場の降雨対策

標準的な工事標準仕様書では、道路工事の工事現場（特に土工事現場）の仮排水路および排水ポンプ設置などの排水・防災対策を施工会社に義務付けている。また、施工会社はそれらの排水・防災対策を他の本設・仮設工事に先立って行うよう規定しており、コンサルタントの工事監理者もそれらの対策完了を確認しなければならない。したがって、施工会社は、防災・排水対策の不備により土工事材料が使用不可となった場合は、施工会社の費用と責任により、それら材料の置換・取替を行わなければならないことを認識し雨水、排水対策を講じる必要がある。これは、舗装工事（路盤工事、表層敷設工事）にも適用される。

### (3) 舗装基盤の整正

掘削・盛土工事の完了後、舗装基盤の高さおよび締固め度の精度を上げるため、舗装基盤最上層 ( $t=150\sim 200\text{mm}$ ) の補正を行う。

モーターグレーダ（掻き起し）→散水車（水分調整）→モーターグレーダ（攪拌・敷均し）→大型振動ローラ 10～12ton・タイヤローラ 8～20ton（締固め）



モーターグレーダ (掻き起し)



散水車



モーターグレーダ (攪拌・敷均し)



振動ローラ

出典：各社HP

写真 3.7 舗装基盤の整正

#### (4) 路床 (Subgrade) 工事

整正が完了した舗装基盤上に、土取場から採掘される基準を満たす良質土を  $t=150\sim 200\text{mm} \times 2$  層以上施工する。または、既存路床を使用する場合には、路床上部の再転圧を実施する。

バックホウ・タイヤショベル (土取場良質土集積・積込み) → ダンプトラック (土取場良質土運搬) → モーターグレーダ (仮敷均し) → 散水車 (水分調整) → モーターグレーダ (攪拌・敷均し) → 大型振動ローラ 10~12ton・タイヤローラ 8~20ton (締固め)

路床の工事では、以下の点に注意する必要がある。

- 路床土を乱さないよう、必要以上の重機作業は避ける。
- 路床の支持力が均一になるよう、軟弱盤、盛土部分等は入念に締め固めるか、改良する。
- 路床整正後、作業車を通す場合は、下層路盤の一層目を仕上げしてからとする。

路床の段階で部分的に軟弱な箇所があるのは、のちに致命的となる可能性がある。このためプルーフレール試験を実施し、確実に目で確かめる。

## 👉 プルーフローリング

プルーフローリングの測定は施工した路床や路盤面においてダンプトラック等をゆっくり（時速2km/h程度）走行させ、輪荷重による表面の沈下量（クラック）を観察し、有害な変形を起こす不良箇所を早期に発見することにある。通常、路床や路盤における締固め度や支持力等の品質管理試験は、ごく一部分の代表地点における測定値をもって全体区間を判断しているが、プルーフローリングは全体区間（一般的には車線毎に）を画一的にチェックすることができ、目こぼしのない管理が可能であることから測定の意味は大きい。



プルーフローリング実施状況（1）



プルーフローリング実施状況（2）

出典：公共工事の監督と検査について<sup>[4]</sup>

写真 3.8 プルーフローリング

日本国内では、舗装調査・試験法便覧<sup>[5]</sup>（G023 プルーフローリング試験方法）に試験方法を示している他、各発注機関が工事仕様書に個別の規定を設定している。途上国の工事標準仕様書では、プルーフローリング試験方法の規定が定められていないことが多いため、コンサルタントは工事特記仕様書に試験方法を指示しなければならない。また、日本のプルーフローリング試験ではたわみの観察および測定を実施して不良個所の特定を行っているが、途上国の現場では、たわみの観察によりクラックが発生する程度のたわみが見とめられた箇所を不良個所として、修復工事を行っていることがある。

### 3.5. 道路の舗装工事

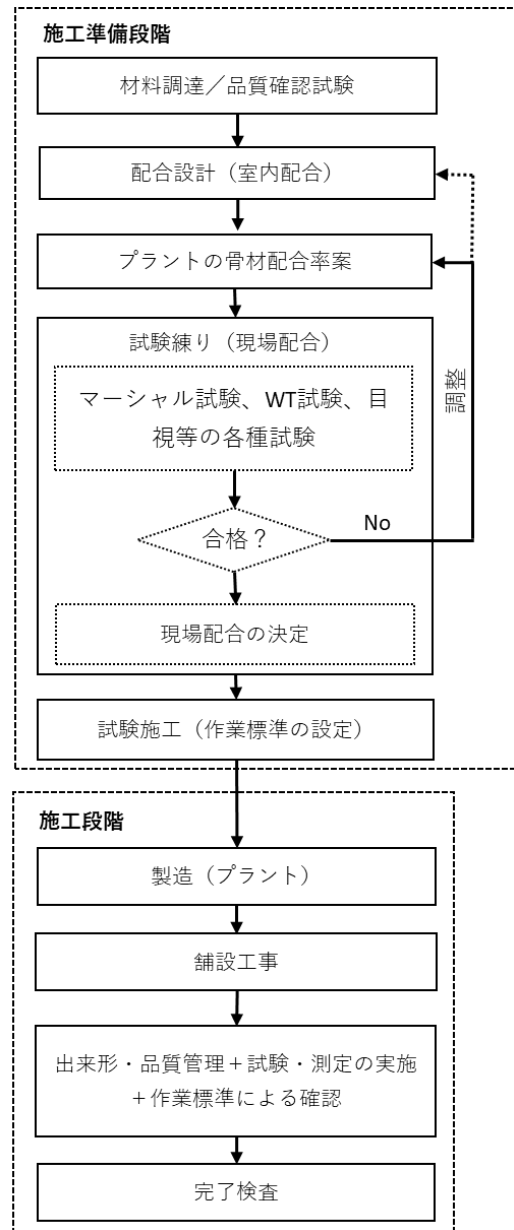
#### (1) アスファルト舗装工事の準備

アスファルト舗装の施工準備段階では、材料の品質を確認する試験、基準密度、基準骨材粒度のような基準値を得るための試験、作業標準を得るための試験施工等によって構成される。

**配合設計 (室内配合) :** 室内で実施する配合設計は、要求されるアスファルト混合物の性能に基づき、骨材とフィラーの配合割合 (骨材合成粒度) の選定と適当なアスファルト量とを決定する手続きであり、マーシャル安定度試験等によって評価される。ここで決定された配合を室内配合という。

**試験練り (現場配合) :** アスファルトプラントでは、室内配合と一致するようにコールドホッパの流量、およびホットビンの骨材別混合量を調整してアスファルト混合物を製造し、粒度、アスファルト量等の妥当性を評価する。これらの評価に合格し製造された配合を現場配合と言う。空隙率、飽和度、安定度や目標 DS 値等の各種試験結果が指定された基準値を満たさない場合には、粒度、アスファルト量を微調整する。あわせてアスファルトプラントでの管理目標 (混合時間、設定温度) を決定する。

**試験施工 :** 現場配合を用いて、試験的に現場にて舗設するもの。現場における作業標準 (施工温度や施工厚さ等の現場管理基準、転圧機種・回数、作業順序、使用設備の注意事項等に関する基準) を定める。また、品質 (表面のキメ、色つや等) や作業性等に問題がある場合は、必要に応じて現場配合を微調整することもある。



出典: JICA 調査団

図 3.2 舗装工事の流れ

#### (2) 材料調達 / 品質確認試験

アスファルト混合物は、骨材、フィラーをアスファルトで結合して製造される。アスファルト混合物に使用する材料の役割は表 3.8 の通りである。

表 3.8 アスファルト混合物を構成する一般的な材料

材 料	種 類	用 途
骨材	砕石、スクリーニングス、川砂など	骨格を形成する
フィラー	回収ダスト、石粉、セメント、石灰	バインダの粘弾性を改善、間隙を充填、剥離抵抗性向上
バインダ (アスファルト)	ストレート、ポリマー改質、PG*等	骨材・フィラーを接着、混合物に大きな影響を与える感温性の高い材料なので取り扱いに注意

\*PG：アスファルトの性能等級 (Performance Grade)

出典：JICA 調査団

また、通常のアスファルト混合物は、重量比で骨材が 90%前後、フィラーが 5%前後で構成されており、その残りがアスファルトである。約 95%が骨材とフィラーで構成されているアスファルト混合物の品質や耐久性は、それらの特性や組合せ（配合率）に大きく依存している。表 3.9 に骨材の分類と役割について示す。

表 3.9 骨材・フィラーの役割

材料名	定 義	役 割
粗骨材	2.36mm ふるいに留まるもの	アスファルト混合物の骨格を形成し、交通荷重を支え、下層に分散させる。
細骨材	2.36mm ふるいを通過して 0.075mm ふるいに留まるもの	粗骨材の空隙を充填し、安定性や水密性を高める。
フィラー	0.075mm ふるいを通過する細粒分	骨材の間隙を充填する。はく離に対する抵抗性を大きくする。感温性を小さくする。

参考：舗装工学ライブラリー7 舗装工学の基礎<sup>9)</sup>

骨材の性能（性質）を確認するための試験方法は、表 3.10 のとおりである。

表 3.10 骨材性状の確認試験

性 質	試 験 方 法
(適切な) 粒度	ふるい分け試験、水洗い試験
形状（扁平、細長率）	骨材形状試験
耐久性	ロサンゼルス試験、安定性試験、破碎試験
不純物の含有量	有機物含有量試験、砂等量試験

出典：JICA 調査団

アスファルト混合物に適切な砕石は、稜角にとんだ球形状である。しかし、海外の現場では、岩質（石英分が多い）、クラッシングプラントの設備が悪い、プラントの設備が不十分であることが多く、扁平で細長い砕石が生産されることとなる。扁平・細長い砕石が多いとタイヤローラ・車両のニーディングで砕石が寝てしまう（レンガが積層されたような）。この結果、骨材間隙率・空隙率が減少する。このため、砕石の製造に際しては、クラッシングプラントの設備について十分に配慮する。

表 3.11 クラッシングプラントの設備

設備	機能	標準	望ましい
グリズリーフィーダ	泥分の除去、小原石の除去		○
ジョークラッシャ	原石(大塊)の一次破碎	○	○
コーンクラッシャ	二次破碎 摺りもみにより粒形状を向上させる	○	○
インパクトクラッシャ	打撃破碎 整粒効果		○
スクリーン	分級	○	○

出典：JICA 調査団

バインダの性状(性質)を確認するための試験方法は、表 3.12 のとおりである。

表 3.12 バインダ性状の確認試験

種類	試験方法
ストレート (Bitumen)	針入度、軟化点、動粘度
ポリマー改質 (PMB)	タフネス・テナシティ、バインダの曲げ試験
Performance Grade (Superpave 用 Bitumen)	RV (Rotational Viscometer)、BBR (Bending Beam Rheometer)、DTT (Direct Tension Test)、DSR (Dynamic Shear Rheometer) など

PMB：ポリマー改質アスファルト (Polymer Modified Bitumen)

RV：回転粘度計 (ハンドリング)

DSR：動的せん断レオメーター (永久変形(わだち掘れ)、疲労クラック(構造クラック))

BBR：ベンディングビームレオメーター (温度クラック(低温クラック))

DTT：直接引張試験 (温度クラック(低温クラック))

出典：JICA 調査団

## 📁 岩種

舗装用骨材の原材料となる岩石は、その成因によって火成岩、水成岩(堆積岩)、及び変成岩に大別される。火成岩のうち、シリカ分を66%以上含む酸性岩(比重が2.75以下)は、一般的にアスファルトより水との親和性が高く、アスファルトとの付着が良くない。シリカ分が52%以下の塩基性岩(比重が2.75を超える)は、疎水性骨材と呼ばれ、アスファルトとの付着は良好である。このように、一般的に比重が大きい骨材は、堅固で吸水も少ないことが多いことから、舗装材料に適している場合が多い。ただし、海外では鉄分により比重は大きい脆いものも多いので注意が必要である。特に表層のアスファルト混合物に使用する際には、材料試験、配合設計、及び試験練り時に十分な確認し、軟質骨材を使用しないように注意する必要がある。

### (3) 配合設計(室内配合)

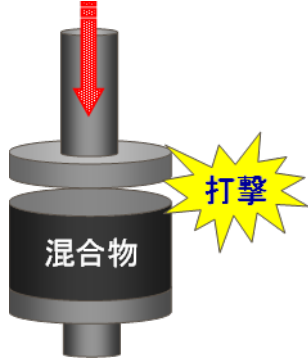
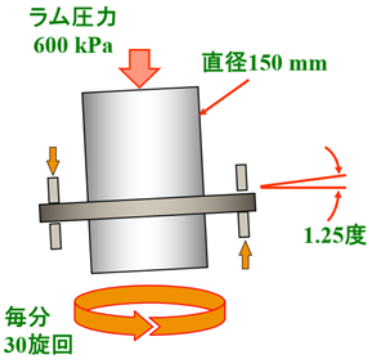
#### ① 配合設計の方法

配合設計とは、所定の品質の材料を用いて、流動わだち掘れ抵抗性等の要求される品質が得られるようにアスファルト量や骨材の量を決定するものである。なお、気温が高いアフリカでは流動わだち掘れ対策が重要であるが、一方、本来の耐摩耗性、ひび割れ抵抗性も満足する必要がある。加えて、流動わだち掘れ抵抗性向上の方法は、特に欧州では国ごとに異なる考え方があることに注意する必要がある。例えば西

アフリカ諸国ではフランスの考え方を採用することが一般的との理解が現地にある。具体的には針入度 10/20 といった硬質のアスファルトを用いている。日本では経験のない方法であるので採用に当たってはひび割れ抵抗性、長期の摩耗抵抗性が確保できるのか、さらには路盤路床も含めた構造設計として整合しているかどうかも含め十分慎重に検討する必要がある。

また、我が国ではマーシャル配合設計法を用いている。開発途上国においてもマーシャル配合設計法が舗装設計基準として用いられているが、配合設計を行う際のマーシャル試験基準値は各々の適用基準によって異なる。アスファルト混合物の新しい配合設計法としてスーパーペーブ法がある。この方法は容積設計法と呼ばれる。特徴は、車両の挙動と配合設計を関連付けていることである。一般的に現在で採用されているマーシャル法との比較を表 3.13 に示す。

表 3.13 主な配合設計法

設計方法	マーシャル法	スーパーペーブ法
概要	気象条件、交通条件等から混合物の種類と使用する材料を選定し、骨材配合比は粒度規定を満たすよう決定する。アスファルト量を変化させ、交通条件に応じた締固め回数にて供試体を作製し、マーシャル試験を行う。設計アスファルト量は混合物基準を満たす範囲(一般に中央値)で設定する。舗装施工便覧、ORN19 <sup>[7]</sup> 等、世界で広く適用されている。	PGのアスファルトと、骨材、粒度を選定し、ローラ転圧をシミュレーションしたジャイレトリーコンパクトを用い、交通レベルに応じた締固めパラメータ(巡回数等)によって混合物を締め固め、容積基準から設計アスファルト量を設定する。
供試体作成方法		
使用材料の選定方法	① アスファルト: 気象、地域、交通条件、適用箇所等から選定する。 ② 骨材: 規定を満たし、安定して必要な数量を確保できる骨材を選定する。	① アスファルト: 最高及び最低舗装温度から選定する。 ② 骨材: Superpave 骨材規定を満たす骨材を選定する。
設計アスファルト量の選定方法	混合物基準: 空隙率、飽和度、骨材間隙率、安定度、フロー値を満たすアスファルト量の範囲から選定。一般に範囲の中央値。機関によって基準項目、基準値が異なる。	設計アスファルト量は交通レベルに応じた容積基準(締固めパラメータ $N_{ini}$ 、 $N_{des}$ 、 $N_{max}$ における空隙率、 $N_{des}$ における骨材間隙率、飽和度、ダスト/バインダ比)を満たすよう設定する。
耐流動性の評価方法	必要に応じて塑性変形輪数を確認する(舗装施工便覧)。あるいは Refusal density 法(ORN19 <sup>[7]</sup> , 31 <sup>[8]</sup> )	—

出典: JICA 調査団

👉 混合物の基準となる各指標の定義

**骨材間隙率 (VMA):** アスファルト混合物の中の骨材以外の材料(アスファルト)と空気の%の合計。アスファルト配合設計上最も重要なパラメータの一つと言われる。アスファルト量を増やしてゆくと、

最初は減少し次に増加するというV字型の挙動を示す。

**空隙率**：アスファルト混合物中にある空気（すき間）の割合。一般の舗装のマーシャル試験時には4%前後である。アスファルト混合物が安定であるためには最小空隙量を残さなければならない。あまり密になるとわだち掘れの原因となる。

**飽和度 (VFA)**：アスファルト混合物の中の骨材の間の隙間をアスファルトが満たしている度合いを示す。飽和度が小さすぎると早期の硬化等の劣化に繋がり、飽和度が高く、空隙率が低すぎる場合はアスファルトが過多である可能性が高い。この場合、耐流動性が低くなる。ただし、各国の基準にはやや大きな差異があり、考え方に幅があるといえ、マーシャル試験の基準として採用していない国もある。

**安定度**：交通車両の荷重により、混合物が高温において、流動したり、波状の変形をおこしたりすることに対する抵抗性を示す。円筒形の供試体を横置きにして、マーシャル安定度試験機で押しつぶすようにして試験を行う。ただし流動わだち掘れとの相関は良くはないとされる<sup>9)</sup>。

**フロー値**：供試体に載荷したときの最大荷重における変形量のことで、大き過ぎるものはわだち掘れを生じやすく、小さ過ぎるものはひび割れしやすく、適度な範囲であることが必要である。一般的に20-40 (2.0~4.0mm) くらいが良いとされている。

表 3.14 マーシャル試験の基準値 (舗装施工便覧<sup>10)</sup>)

混合物の種類		①	②		③	④	⑤	
		粗粒度 アスファルト 混合物 (20)	密粒度 アスファルト 混合物 (20)	(13)	細粒度 アスファルト 混合物 (13)	密粒度 ギャップアスファルト 混合物 (13)	開粒度 アスファルト 混合物 (13)	
突固め回数	1,000 ≤ T	75						
	T < 1,000	50						
空隙率 (%)		3-7	3-6			3-7	-	
飽和度 (%)		65-85	70-85			65-85	-	
安定度 (kN)		4.90 (7.35)以上	4.90 (7.35)以上		4.90 以上		3.43 以上	
フロー値 (1/100cm)		20-40						

1. Tは舗装計画交通量(台/日・方向)である。舗装計画交通量は設計期間内の平均大型車自動車の交通量(日当り・方向別)である。
2. 安定度の( )内は突固め回数75回とする場合の基準値である。
3. 骨材間隙率は、骨材の最大粒径が20mmのときは15%以上、13mmのときは16%以上がよい。安定度/フロー値は、一般地域で2000~4,900 kN/mの範囲がよい。
4. 一般地域で特に流動が予想される場合の表層用混合物の設計アスファルト量は、表中に示すマーシャル試験基準を満足するアスファルト量の範囲の中央値から下限値の範囲で設定するとよい。
5. この基準は日本の条件下での基準であり、海外では当該国の基準を適用する。

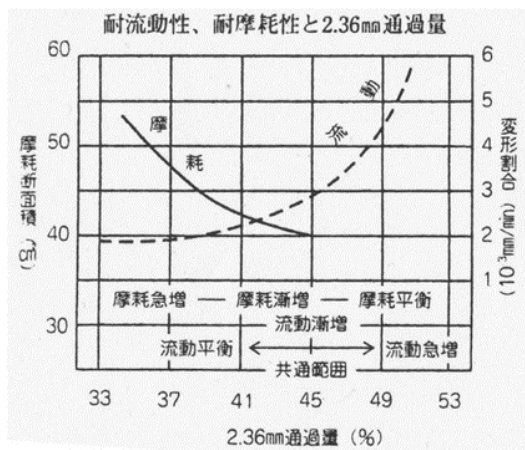
出典：舗装施工便覧<sup>10)</sup>

なお、これらの指標は必ずしも独立しているわけではなく相互依存性がある。したがって、ある指標を満たすと他の指標が変わってしまい、両方を満足させることが困難な場合も考えられる。海外の骨材では特にその傾向が強と言われ、指標に優先順位があるとの考え方もある。例えば空隙率>骨材間隙率>マーシャル安定度≧フロー値等々である。



② 配合設計 (骨材粒度)

骨材粒度は、工事仕様書に示された粒度範囲で配合設計の粒度を決定することを基本とする。アスファルト混合物は目標粒度 (合成粒度) の設定によって、その混合物がもつ耐流動性・耐摩耗性の耐久性が大きく異なる。図 3.3 は「2.36mm ふるい通過量」の大小と混合物の耐久性の関係を示したものである。マーシャル法では一般的に、目標粒度 (合成粒度) は粒度範囲の中央値が理想粒度であると考えられるが、図 3.3 から耐流動性に着目する場合は粒度範囲の中央値が好ましくないといえる。

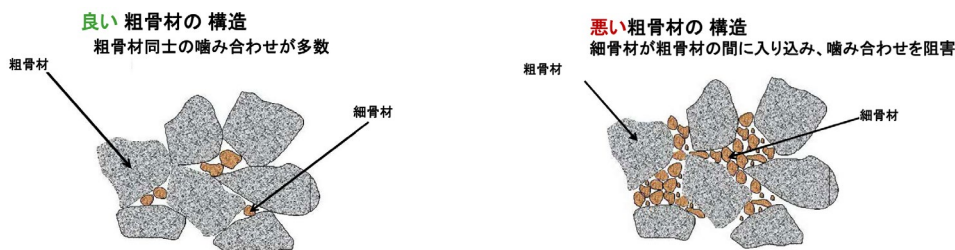


2.36mm ふるい通過量が	少ないほど(粒度：粗い)	⇒耐流動性◎、耐摩耗性×
	大きいほど(粒度：細かい)	⇒耐流動性×、耐摩耗性◎

出典: 技術手帳 1998 日本道路公団試験研究<sup>[11]</sup>

図 3.3 耐流動性、耐摩耗性と 2.36mm ふるい通過量の関係

流動化対策には、アスファルト混合物の粗骨材の噛み合いが基本であることはスーパーペーブ法のみならず、オーストラリア、南アフリカ等の舗装関連技術図書で共通の知見となっている。この概念を表したものが図 3.4 で、左の図で粗骨材同士が骨格 (skelton) を形成する様子を示し、右は粗骨材同士の噛み合いがなく骨格が形成できない状態を示している。粗骨材の噛み合わせを直接測ることは出来ないが、空隙率 (空気量) で判断することが出来る。締固め後の空気量が一定値 (例えばマーシャル法で 4%あるいはスーパーペーブ法の終局値で 2~2.5%) あれば、噛み合いが保持されていると判断するといったことである。流動わだち掘れ対策に関しては、その基本は粗骨材の噛み合いにあることを理解する必要がある。

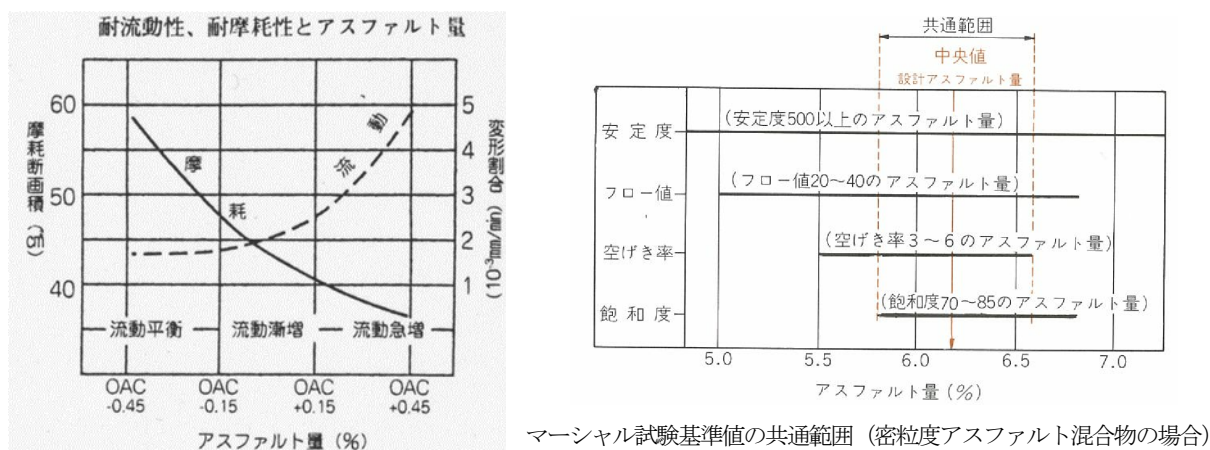


出典：碎石マスティック舗装<sup>[12]</sup>—SMA (Stone Mastic Asphalt)

図 3.4 骨材の噛み合いで形成される骨格の様子

③ 配合設計 (アスファルト量)

アスファルト量の大小は「2.36mm ふり通過量」と同様に、混合物の耐久性に大きな影響を与える。図 3.5 はアスファルト量の大小と混合物の耐久性の関係を示したものである。共通範囲 (図 3.15 に示されように各基準値を満足するアスファルト量の範囲) の中央値を一般的には、設計アスファルト量としているが、道路の状況 (交通量、気象条件) として交通量が多い道路では中央値から下限値の範囲を目安に減らすこともできる。また、骨材の形状が適切で骨材空隙率を大きく取れば、同じアスファルト量でも飽和度が小さくなるが、アスファルトによる骨材の被覆厚さは十分であって、耐久性や施工性を損なうことにはならない可能性がある。



アスファルト量が	少ないほど ⇒耐流動性◎、耐摩耗性×
	大きいほど ⇒耐流動性×、耐摩耗性◎

OAC : 最適アスファルト量 (Optimum Asphalt Content)の略であり、アスファルト混合物が与えられた仕様に対して最適な性能になるようなアスファルト量のこと。普通はマーシャル試験で決められる。例えば OAC-0.45%とは、最適アスファルト量から0.45%、アスファルト量を減じるという意味である。

出典:技術手帳 1998 日本道路公団試験研究<sup>11)</sup>、アスファルト混合物の知識<sup>13)</sup>

図 3.5 耐流動性、耐摩耗性とアスファルト量の関係

④ 国内試験による各種パラメータの耐流動性影響度

2019年度に JICA (国際協力機構: Japan International Cooperation Agency) で実施した、耐流動性に配慮した配合設計についての確認試験結果を一覧表にしたものが表 3.15、及びおよび図 3.6 である。この試験は国内の優れた骨材を使用して行ったものであり、同じ DS<sup>2</sup> (動的安定度: Dynamic Stability) 値を異なる環境で達成できるとは限らないが、傾向は読み取れると考えられる。主な知見は以下の通りである。

まず耐流動性の観点から DS 値を上げる材料として、表 3.15 に示すように粒形が方形の粗骨材であること (三次破碎)、フィラーとして回収ダストよりも石灰岩石粉、砕砂 (人工砂) の使用があげられる。また配合については、図 3.6 に示すように、アスファルト量を OAC (最適アスファ

<sup>2</sup> DS (動的安定度) とは、供試体が (ホイールトラッキング試験開始後45分と60分の15分間における) 1mm 変形するのに要する車輪の通過数。

ルト量：Optimum Asphalt Content) から 0.4~0.5%減じること、針入度の小さい (40/60) アスファルトの採用が有効という結果を得ている。

表 3.15 各種パラメータの試験項目に及ぼす影響度合い

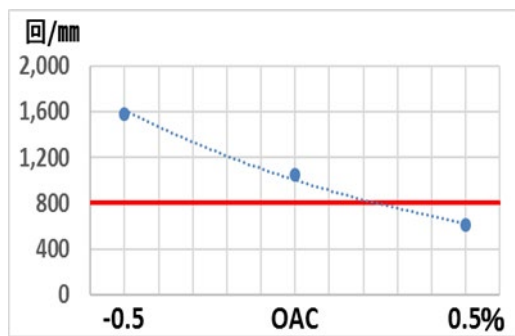
パラメータ	マーシャル安定度			影響度	パラメータ	残留安定度			影響度
	小	⇔	大			小	⇔	大	
粗骨材の粒形	丸い		角ばり	極小	粗骨材の粒形	角ばり		丸い	極小
	扁平		方形			扁平		方形	
細骨材の種類	天然砂	混合砂	人工砂	やや大	細骨材の種類	天然砂	人工砂	混合砂	中
フィラーの種類	セメント	石粉	ダスト	極小	フィラーの種類	石粉	ダスト	セメント	小

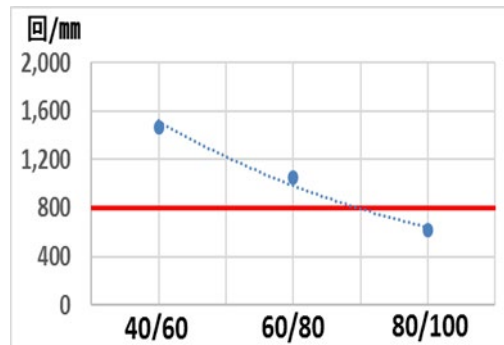
パラメータ	DS			影響度
	小	⇔	大	
粗骨材の粒形	丸い		角ばり	極小
	扁平		方形	極大
細骨材の種類	天然砂	混合砂	人工砂	大
フィラーの種類	ダスト	セメント	石粉	極大

凡例: 影響度の目安  
 極小 ~3%  
 小 3~5%  
 中 5~10%  
 大 10~20%  
 極大 20%~

出典：JICA 調査団



アスファルト量と DS の関係



針入度と DS の関係




出典：JICA 調査団

図 3.6 主要パラメータと DS の関係

#### (4) 設計した混合物の評価

アスファルト混合物の耐流動性の評価方法としては WT (ホイールトラッキング: Wheel Tracking) 試験、一軸圧縮試験、三軸試験、クリープ試験等が用いられ、我が国では WT 試験による評価が主流となっている。海外においては、HWT (ハンブルグホイールトラッキング: Hamburg Wheel Tracking) 試験やリフューザルデンシティ試験等がある。日本の手順に従う場合は、必要 DS 値が一つの目標値となるので WT 試験は必須となる。WT 試験に必要な機材は、事業で設置する試験所に配置し試験を実施する。表 3.16 の WT 試験の概要に示すように、この試験には WT 試験機の他に供試体作成のためのローラコンパクタ、20kg 以上のミキサ (改質材を練るために混合能力の高いもの)、型枠が必要となる。

表 3.16 WT 試験機の概要

基準	舗装調査・試験法便覧 <sup>[5]</sup> B003		
試験機 (例)	WT 試験機	混合用ミキサ	ローラコンパクト
			
供試体作成方法	300×300×50mm (室内供試体) 300×150×50mm (現場切り出し供試体)		
供試体養生条件	非水浸		
締固め度	締固め度 100%±1%		
試験の目的	塑性変形 (わだち掘れ) の評価		
試験温度	60±2°C		
試験時間 (载荷終了条件)	载荷開始から 60 分経過後、又は供試体が 25mm 変形するまで。		
試験機	タイヤ種類	ソリッドタイヤ (JIS (日本工業規格: Japan Industrial Standard) 硬度 84)	
	タイヤ形状	W=5cm、φ=20cm	
	荷重	686±10N	
	サイクル	42±1 回/min (往復 21.0±0.5 回/min)	
	走行距離	230 mm	
結果の整理	動的安定度: DS (回/mm)		

出典: JICA 調査団

(5) アスファルト混合物の製造

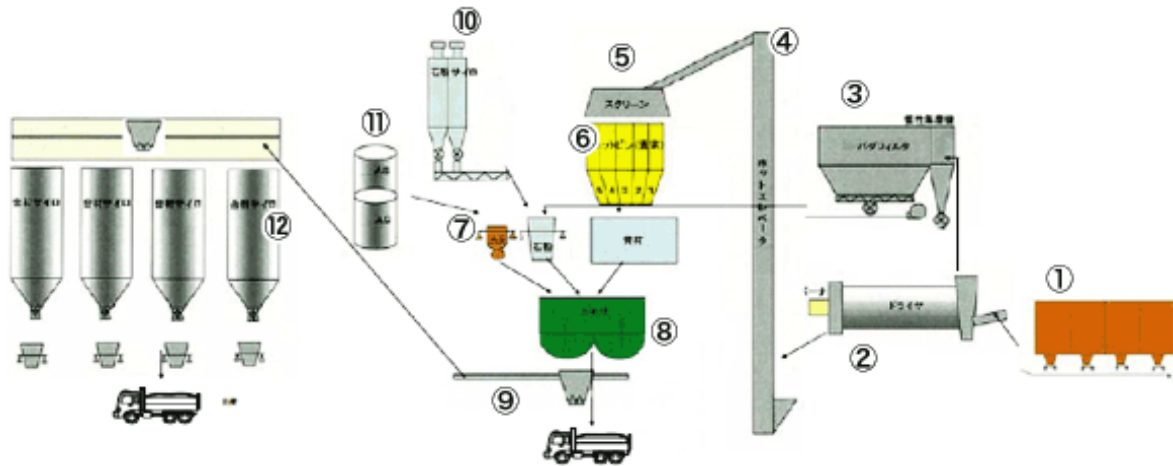
日本のアスファルトプラントは大部分バッチ式であるが、開発途上国の大部分のアスファルトプラントは連続式と呼ばれる装置を採用している。それぞれのアスファルトプラントの特徴、利点と欠点を表 3.17 に示す。

表 3.17 アスファルトプラントの型式

項目	バッチ式アスファルトプラント	連続式アスファルトプラント
特徴	各材料を計量槽で 1 バッチ分毎に計量してミキサで混合する。	設定された流量で供給される各材料を連続的に混合する。
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コールドホッパから流された材料をスクリーンでふるい分けして計量するので一般的に品質管理が行いやすい。</li> <li>・多種・少量の混合物製造に対応しやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スクリーン、ホットビン、ホットエレベータ等の設備が不要であり、小型化、低価格化また製造能力を大きくしやすい。</li> <li>・1 種類の混合物ならば、大量に安定供給できる。</li> </ul>
欠点	連続式に比べて必要な設備が多くなる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コールドホッパの管理結果がそのまま排出材料の品質に影響しやすい。</li> <li>・多種・少量の混合物製造には不向き</li> </ul>

出典: JICA 調査団

バッチ式アスファルトプラントの標準的な構成、及びアスファルト混合物の製造過程を図 3.7、及び図 3.8 にそれぞれ示す。



- ① 骨材を製造ラインに送るために一時貯蔵する装置 (コールドホッパ)
- ② 骨材を加熱して乾燥させる装置 (ドライヤ)
- ③ 排気ガスを通させダスト等を捕集する装置 (バグフィルタ)
- ④ 加熱した骨材をスクリーンに運ぶ装置 (ホットエレベータ)
- ⑤ ホットエレベータで運ばれた骨材を所定の粒度区分に分級する装置 (スクリーン)
- ⑥ スクリーンで分級された骨材を保温し一時貯蔵する装置 (ホットビン)
- ⑦ 骨材・石粉・アスファルトを別々に計量する装置 (計量装置)
- ⑧ 計量された骨材・石粉・アスファルトを均一に混合する装置 (ミキサ)
- ⑨ ミキサから排出された混合物を搬送する装置 (トロリ)
- ⑩ 石粉を計量装置に送り込むために一時貯蔵する装置 (石粉サイロ)
- ⑪ 液体状にアスファルトを保持する保温機能付きの一時貯蔵装置 (アスファルトタンク)
- ⑫ 製造した混合物を保温・貯蔵する装置 (ホットサイロ)

出典：一般社団法人日本アスファルト協会 HP (<http://www.askyo.jp/knowledge/07-1.html>)

図 3.7 バッチ式アスファルトプラントの標準構成



出典：一般社団法人日本アスファルト協会 HP (<http://www.askyo.jp/knowledge/07-1.html>)

図 3.8 バッチ式アスファルトプラントの混合物製造過程

### (6) アスファルト混合物の品質管理

日本国内のアスファルト舗装工事の場合、日本中ほぼどこであってもアスファルトプラントからアスファルト混合物を入手することができる。しかし、無償資金協力対象国の場合、仮に現地にアスファルトプラントがあったとしても、事前に調査し品質に関しては検査工程を入れることが必要な場合もある。また、施工会社自らアスファルトプラントを持ち込む場合は、日本国内と違って、アスファルトプラントの品質管理を自ら行う必要がある等、アスファルトプラントの管理が大きな課題となる。無償資金協力事業では、日常管理としてホットビンのふるい分け試験や抽出試験を実施する。

表 3.18 アスファルト混合物の品質管理

試験方法	方法・特徴
ふるい分け試験	路盤材もアスファルト混合物も骨材粒度が変われば、材料が変わるため「ふるい分け試験」が重要となる。ふるい分け試験の方法は、ふるいに上下動および水平動をあてて試料をゆり動かし、試料が絶えずにふるい面を均等に運動するようにし、1 分間に各ふるいごとで試料の 1%が通過しなくなるまで作業を行う。
抽出試験	アスファルト抽出試験には、遠心分離法、ソックスレー抽出法、及び燃焼式抽出法によるものがあり、アスファルト混合物からアスファルトを抽出することによって、アスファルトの含有量および骨材合成粒度を測定する品質管理を目的とした試験である。

出典：JICA 調査団

施工監理技術者についてはアスファルト合材のプラントミックスに関し、コンサルタントは全バッチの計量と練り混ぜに立ち会うべきであり、計量や練り混ぜが失敗した場合は即座に同バッチを拒絶して、廃棄を指示する。

## (7) 舗装工事

### ① 路盤工事

路盤は下層路盤 (Subbase) および上層路盤 (Base) の 2 種類に区別され、各案件の舗装設計により、使用材料と施工方法が異なるので、使用材料別に記述する。

#### a) 天然粒状材料

下層路盤に使用され、上層路盤に使用されることは少ない。土取場で採掘される基準を満たす良質土を使用する  $t=150\sim 200\text{mm} \times 1\sim 2$  層の路盤。

この工事に使用する機械は、前述の路床工事と同様である。

#### b) 切込砕石

下層路盤に使用され、上層路盤に使用されることは少ない。砕石場で生産される砕石材料のうち、粒径  $0\sim 40\text{mm}$  または  $0\sim 50\text{mm}$  で粒度未調整のクラッシャーランという材料を使用する  $t=150\text{mm} \times 1$  層の路盤。

タイヤショベル (砕石積込み) → ダンプトラック (砕石運搬) → モーターグレーダ (仮敷均し) → 散水車 (水分調整) → モーターグレーダ (攪拌・敷均し) → 大型振動ローラ 10-12ton (締固め)



タイヤショベル



モーターグレーダ (仮敷き均し)



モーターグレーダ (攪拌・敷均し)



振動ローラ

出典：各社HP

写真 3.9 路盤工事

#### c) 粒度調整砕石

下層路盤にも上層路盤にも使用される。砕石を  $0\sim 5\text{mm}$ 、 $5\sim 20\text{mm}$ 、 $20\sim 40\text{mm}$  などのように異なる粒径で生産し、それらの混合比率を調整して最大の締固め密度が得られる粒度分布とした材料を使用する  $t=150\text{mm} \times 1$  層の路盤。

タイヤショベル (砕石積込み) → ダンプトラック (砕石運搬) → モーターグレーダ (仮敷均し) → 散水車 (水分調整) → モーターグレーダ (攪拌・敷均し) → 大型振動ローラ 10~12ton (締固め)

→タイヤローラ 8～20ton (表面の整形)

d) セメント安定処理路盤

下層路盤にも上層路盤にも使用される。良質(低いPI(塑性指数: Plastic Index)等)の天然粒状材料にセメントを混ぜて、要求される1軸圧縮強度を満たす $t=150\sim 200\text{mm}$  x 1～2層の路盤。

バックホウ・タイヤショベル(土取場良質土集積・積み込み) → ダンプトラック(土取場良質土運搬) → モーターグレーダ(仮敷均し) → 人力作業(セメント散布) → スタビライザ(良質土・セメント・水を攪拌混合) → モーターグレーダ(敷均し) → 大型振動ローラ 10～12ton(締固め) → タイヤローラ 8～20ton(表面の整形)



セメント散布(人力)



スタビライザ



モーターグレーダ



振動ローラ

出典: 各社HP

写真 3.10 セメント安定処理路盤工事

e) 噛み合せ砕石路盤

上層路盤に使用され、下層路盤には使用されない。砕石場で生産される粒径 $0\sim 28\text{mm}$  または $0\sim 40\text{mm}$ の粒度調整砕石を使用する $t=150\text{mm}$  x 1層の路盤であるが、粒度調整砕石路盤と異なり、締固め時に大量の水分を供給して非常に大きな振動を掛けて締固めを行う(スラッシング)ことにより、余剰の水分とともに余剰の細粒分をブリージング(浮上)させ、砕石粗粒分を噛み合せ(インターロック)させる、砕石の硬度に期待する路盤である。

タイヤショベル(砕石積み込み) → ダンプトラック(砕石運搬) → モーターグレーダ(敷均し) → 散水車(大量水分供給) → 大型振動ローラ 10～25ton(締固め) → 養生 → ブルーマ(余剰細粒分除去・清掃)





砕石積み (砕石場)



モーターグレーダ



モーターグレーダ (敷均し)



散水車



振動ローラ



ブルーマ

出典：各社HP

写真 3.11 噛み合せ砕石路盤工事

路盤は、その上の基層・表層を支える基盤であるので、良く締め固めることが重要であり、以下の点に注意する必要がある。

- 規定の締め固め度を確保するために、最適含水比近傍で施工すること（噛み合せ砕石路盤を除く）。
- 弱点となりやすい縁端部や構造物近傍では特に入念に締め固めること。
- 表層の平坦性向上と材料の食い込み（無駄使い）低減のため平坦に仕上げること。

## ② プライムコート散布

プライムコートは、路盤（瀝青安定処理路盤を除く）を仕上げたのち、降雨による路盤の洗掘、表面水の浸透防止、路盤からの水分の毛管上昇を遮断、路盤とその上に施工するアスファルト混合物とのなじみを良くすること等を目的に、速やかに所定量の乳剤を均一に散布養生する。特に、砕石路盤の場合には、透水性が高く、路床への水の浸透あるいは路面への上昇のリスクが高く、これによる舗装の弱体化のリスクが大きいことに注意する必要がある。なお、プライムコートには、石油精製アスファルトを軽油や灯油で希釈したカットバックアスファルトが用いられる。

施工では、アスファルトケトル（またはアスファルトヒータ）で加熱したカットバックアスファルトをビチューメンディストリビュータという特殊車両に搭載して散布現場まで運搬する。現場での散布方法は現場の状況により異なる。幹線国道の郊外・村落間区間では散布面積が大きいので、ビチューメンディストリビュータに搭載したスプレイヤでの散布が有利である。都市部・市街地の現場または橋面上では、散布面積が比較的小さく、上層路盤表面以外のその他施設・構造物や近隣の私有物への付着を防止するため、付着防護措置を取りながらの散布作業を行える、ハンドスプレイヤによる人力散布が有利な場合もある。



プライムコート散布 (機械)



プライムコート散布 (人力)

出典：各社HP

写真 3.12 プライムコート散布

### ③ 基層アスファルト舗装

アスファルト舗装に使用されるアスファルトコンクリートは、アスファルト舗装厚が 100mm 以上となるような場合には基層と表層の 2 層に分割して施工される。1 層目の基層は骨材粒径の大きい粗粒アスファルトで施工し、2 層目の表層は走行性能を高めるために骨材粒径が小さい細粒（または密粒）アスファルトで施工する。

加熱アスファルト混合プラントで製造された加熱アスファルト混合物をダンプトラックで工事現場へ運搬して、プライムコートが散布された箇所にアスファルトフィニッシャ（ペイバ）で敷均しを行い、マカダムローラ 10ton（前後輪すべてが鉄輪）で初期転圧、空気圧タイヤローラ 8～20ton で最終仕上転圧を行う。



アスファルトフィニッシャ



マカダムローラ



タイヤローラ

出典：各社HP

写真 3.13 基層アスファルト舗装工事

順序として、始めに目地部を転圧し、次に横断方向の低い方から高い方へ順次幅寄せしていく。また、アスファルトの舗設は連続作業が基本であり、施工の中断は出来形や品質の低下を引き起こすことから、以下の点に注意する必要がある。

- 混合物の種類、数量（台数）、到着時刻の再確認
- 施工機械、器具の配置
- 施工箇所の清掃、欠陥部分の手直し、舗装型枠（定規）などの設置

### ④ タックコート散布

2 層に分割施工される基層と表層の接着力高め、一体化して剛性を高め、基層下面の水平ひずみを小

さくして路盤への負荷を軽減するため、表層アスファルトを施工する前に基層アスファルト表面にタックコート散布する。タックコートの材料として、石油精製アスファルトを常温で取扱えるように加工したアスファルト乳剤を使用する。

散布方法はプライムコート散布と同様に、アスファルトディストリビュータに搭載されたスプレイヤ散布またはハンドスプレイヤによる人力散布が現場条件によって選択される。

#### ⑤ 表層アスファルト舗装

作業方法は、基層と同様である。これまでの下層の不陸を解消し、特に平たんに仕上げる。天候にも留意する。雨が降り始めた場合は、早急に敷均し作業を中断し、それまでに敷均した混合物を速やかに締め固めて仕上げる。

なお、基層とは異なり、表層で生じる施工継ぎ目はそのまま表面に残る。施工継ぎ目は、平坦性を損ね、弱点となりやすいので、出来るだけ少なくなるように施工計画を立てる。また、施工継ぎ目は供用後徐々に開いていってしまうため、タックコート及びシールコートで十分に密着させ、施工の最初に転圧し十分に締め固める必要がある。また、施工継ぎ目は、上下層の施工継ぎ目位置が重ならないようにすることが重要である。舗装工事は、基層や表層の転圧が終わり次第、交通を解放しなくてはならない場合が多いが、交通解放温度が高いと、わだち掘れの原因となったり、骨材飛散の原因となったりすることから舗装表面が荒れてしまう。

#### 👉 交通開放温度

転圧終了後の交通開放は、舗装表面の温度が概ね 50°C以下となってから行う。舗装施工便覧<sup>14)</sup>によると、交通開放温度は、舗装の初期わだち掘れに大きく影響するため、転圧終了後舗装表面の温度が概ね 50°C (軟化点) 以下となってから行なうこととしている。舗装表面の温度を 50°C以下とすることにより、交通開放初期の舗装の変形を小さくすることができる。海外の高温地域では、舗装温度が 50°C以下となるまでに相当な時間が必要となり、連続施工が出来ないために工程に影響を与える場合がある。このように交通開放が急がれる場合、散水等で冷却する。散水にはパワークーラ等を使用する。



出典：世紀東急株式会社 HP

写真 3.14 パワークーラ (例)

### (8) アスファルト舗装施工時の品質管理

#### ● 合材温度管理

舗装工事の品質管理は、合材の温度や粒度、または締固め度など、完成した道路を見る限りでは目に見えない事ばかりである。しかし、これをしっかりやっていると、供用開始した道路は、見る見るうちに劣化していき、穴だらけ、クレームだらけの道路となる。とくに合材の温度管理は重要である。ア

スファルト混合物は温度によって締め固まる「最適の温度」があるので、時間が経つ毎にどんどん降下していく合材の温度をしっかりと管理し、施工スピードの変更や、アスファルト混合プラントへの電話(出荷温度を少し上げてくれ、等)をするのが監督の役目である。また、温度のグラフをリアルタイムで記入していれば、品質の異常を早期に発見することが可能である。

温度管理の目安は以下の通りである。(適正温度は、アスファルト混合物の種類や気象条件によって異なる)

1. 敷均し時の温度・・・120～150℃
2. 初期転圧時の温度・・・110～140℃
3. 二次転圧時の温度・・・80～120℃

● 現場密度試験

路盤の締め固め度を測定する試験。砂置換法というやり方が一般的。締め固めた路盤に穴を掘り、砂を入れて体積を調べることで、密度を計算する。または、RI(放射性同位元素: Radio Isotope) 水分密度計の輸入および使用が許可されている国においては、試験箇所数が非常に多い現場で、Troxler などの RI 水分密度計が使用されている。

表 3.19 現場密度試験の規格値(上層路盤の例)

試験方法	規格値	試験基準
舗装調査・試験法便覧 <sup>15)</sup> 砂置換法(JIS A 1214) 砂置換法は、大粒径が 53mm 以下の場合のみ適用できる	最大乾燥密度の93%以上 X10 95%以上 X6 95.5%以上 X3 96.5%以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締め固め度は、個々の測定値が最大乾燥密度の93%以上を満足するものとし、かつ 平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>・ 締め固め度は、10 個の測定値の平均値 X10 が規格値を満足するものとする。また、10 個の測定値が得がたい場合は3 個の測定値の平均値 X3 が規格値を満足するものとするが、X3 が規格値をはずれた場合は、さらに3 個のデータを加えた平均値 X6 が規格値を満足していればよい。</li> <li>・ 1 工事あたり 3,000 m<sup>2</sup>を超える場合は、10,000 m<sup>2</sup>以下を1 ロットとし、1 ロットあたり 10 個(10 孔)で測定する。</li> </ul>

出典: 品質管理基準及び規格値<sup>15)</sup>(国土交通省)

● コア抜き試験

施工後の舗装から無作為にコア抜きする。その後、試験室にて密度を測定し締め固め度を算出し、出来形として厚みも測る。また、加熱・抽出し骨材の粒度やアスファルト量を算出する。

● 平坦性試験

品質管理というより、出来形管理に分類される。表層の施工後のみ行われる、道路の平坦性を調べる試験。3mプロフィールメータと呼ばれるものを走行させて調査する。

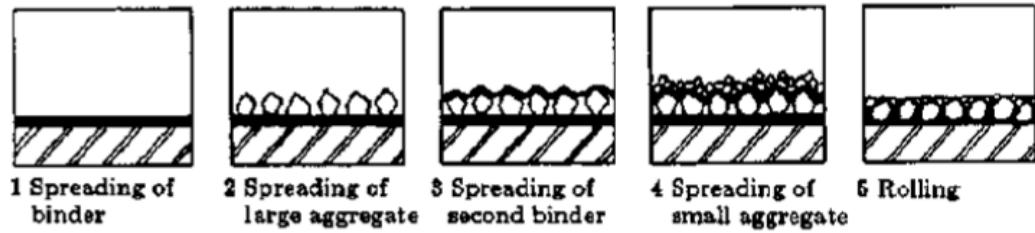
表 3.20 コア抜き試験及び平坦性試験の規格値(例)

測定項目	測定基準	規格値 (mm)	
		個々の測定値	10 個の測定値
厚さ t	1000m <sup>2</sup> に1箇所割合でコアを採取して測定	-7	-2
幅 w	延長80mにつき1箇所	-25	
平坦性試験	3mプロフィールメータ	2.4mm 以下	

出典: 品質管理基準及び規格値<sup>15)</sup>(国土交通省)

👉 DBST (二層表面処理 : Double Bituminous Surface Treatment)

表面処理工法は、人力施工と機械施工の両方が可能であるが、現在は機械施工が主流となっている。表面処理工法では、事前に準備された路盤上に瀝青バインダ材料を塗布し、その上に骨材を散布して転圧する。この工程を一層で実施する場合を SBST (一層表面処理 : Single Bituminous Surface Treatment)、二層で実施する場合を DBST と呼ばれる。DBST では、第一層の骨材 (通常は 14~19mm) が第二層の骨材 (通常は 6~10mm) よりも大きくなっている。可能であれば、環境と安全性を考慮して、浸透グレードの歴製バインダ材料を水に分散させた瀝青エマルジョンの使用が推奨される。



出典 : SURFACE DRESSINGS Synthesis of international experiences [16]

図 3.9 DBST の施工手順



骨材散布 (機械施工)



骨材散布 (人力施工)

出典 : The Design Guide for Surface Dressing - Road Note 39[17] (Youtube)

Low Volume Rural Road Surfacing and Pavements, A Guide to Good Practice[18]

写真 3.15 Double Surface Treatment の骨材散布

### 3.6. コンクリート工事

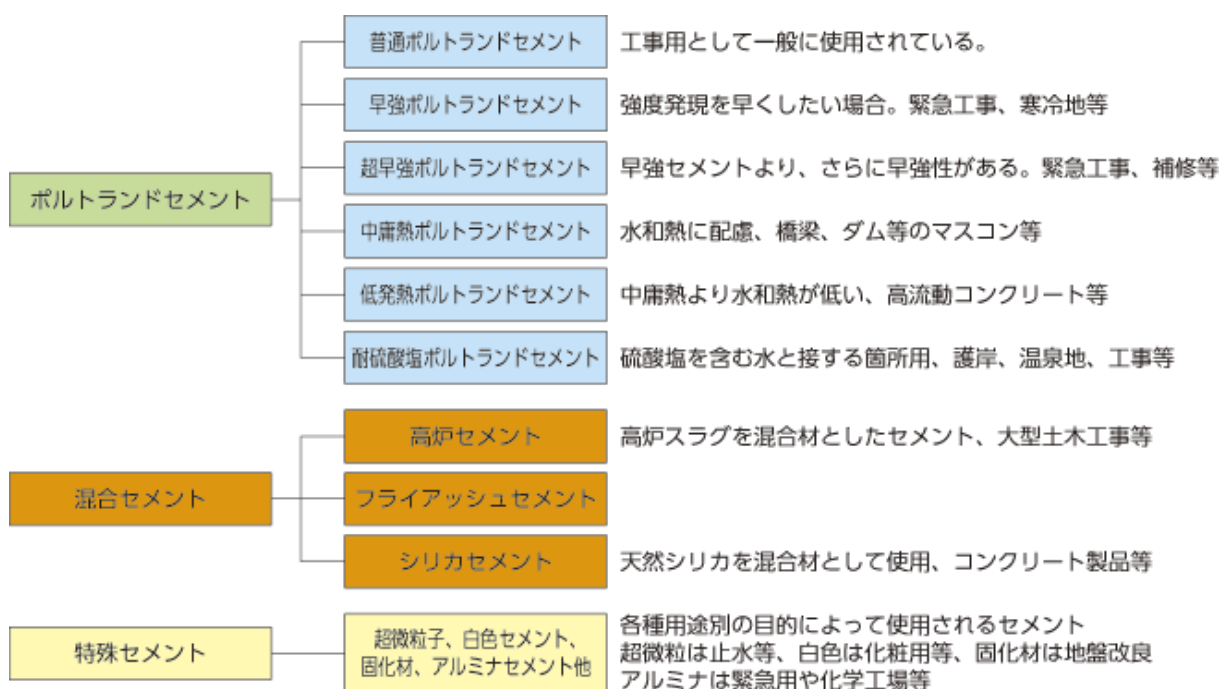
ここでは擁壁、カルバート、排水側溝など道路工事に伴い必要となるコンクリート工事について記述する。

#### (1) コンクリートの材料

コンクリートは、セメントと骨材と水を混合して製造する。骨材は、砂利と砂に分けられ、前者を粗骨材、後者を細骨材という。また、コンクリートの性質を利用目的にそって変化させるために、微量の混和材料を加える場合もある。混和材料は、配合の際の計量に加えるものを混和材、加えないものを混和剤と区別する。

##### ① セメント

コンクリートは、セメントと水とが水和反応を起こして硬化するものであるから、材料のうち最も基本的なものである。セメントには多種多様な性質を発揮するものがあり、各国の工業基準によって規定されている。工業基準の規格に合格している場合でも、貯蔵などの不備で風化が進んでいる場合があるため注意する。セメントの主な原料は石灰岩で、日本では豊富に見られる。



出典：一般社団法人セメント協会 HP

図 3.10 セメントの種類と用途

一般に使用される種類を大きく分類すると、一般的な「ポルトランドセメント」とポルトランドセメントに混合材（高炉スラグ、フライアッシュ、シリカ等）を混ぜたものと各種用途によって開発された「特殊セメント」の3つに分類され、通常使用するセメントは「ポルトランドセメント」である。

## ② 細骨材・粗骨材

骨材は、それぞれ以下のような内容で細骨材と粗骨材に区分される。骨材の寸法は、コンクリートの性質に影響を与える重要な要素である。

- ・ 細骨材は10mmのふるいをすべて通過し、質量で85%以上が5mmのふるいを通過する砂をいう。
- ・ 粗骨材は質量で85%が5mmのふるいにとどまる砂利をいう。
- ・ 粗骨材の最大寸法は、ふるいわけ試験により質量で90%以上が通過する最小のふるい目で表す。

骨材について留意しなければならない点等を示す。

- ・ 骨材に砕石を用いる場合は、角ばりの程度の大きなものや、細長い粒、あるいは扁平な粒の多いものは避ける。
- ・ 砕石を用いると、川砂利の場合に比べて角ばりや表面の粗さが大きいため、単位水量が増え、最適な細骨材率の値が増加する。
- ・ 海砂利に付着している塩化物は、鉄筋コンクリートの場合鉄筋を錆らせる原因となる。止むを得ず使用する場合は、水洗いをして塩化物含有量を許容限度以下にする。
- ・ アルカリ骨材反応を抑制するためには、反応性試験で無害と確認された骨材を使用する。

### 👉 アルカリ骨材反応

ある種の鉱物を含む骨材を使用すると、その鉱物がセメント、混和材料、練混ぜ水などに含まれるアルカリ金属(Na、K)と反応し、時間の経過とともに異常に膨張して、コンクリートにひび割れを発生させる。この現象をアルカリ骨材反応という。アルカリ骨材反応は、反応する鉱物の種類によって、アルカリシリカ反応、アルカリ炭酸塩反応、アルカリシリケート反応があるが、わが国ではアルカリシリカ反応がほとんどを占める。

コンクリートが世界共通の建設主要材料となっているのは、セメント、砂利、砂、水は安価であることと、世界中のどの地域においても容易に入手可能であることが主な理由であった。しかし、最近では環境問題の影響により、砂利や砂の採掘箇所が制限された案件では、100～200km以上の材料運搬を余儀なくされ、建設費が高騰する場合もある。

## ③ 混和材・混和剤

コンクリートにワーカビリティ改善や強度・耐久性の向上、凝結速度の調整など特別の性質を与える目的のために、打設前までに必要に応じて加えるものを、混和材料と言う。

### 👉 ワーカビリティ

材料分離を生じることなく、運搬、打込み、締固め、仕上げなどの作業が容易にできる程度を表すフレッシュコンクリート(まだ固まらない状態にあるコンクリート)の性質。

混和材料は主として添加量の多少によって混和剤と混和材に区分される。区分には明確な境界がなく、JIS(日本工業規格:Japan Industrial Standard) A0203(コンクリート用語)では、「混和材料の中で、使用

量が比較的多く、それ自体の容積がコンクリートなどの練上がり容積に算入されるもの」を混和材とし、「混和材料の中で、使用量が少なく、それ自体の容積がコンクリートなどの練上り容積に算入されないもの」を混和剤と定義している。

#### ④ 水

コンクリートの練混ぜに用いる水は、上水道水であれば特に試験を行わなくてもよい。上水道水以外の水は、試験を行い基準に適合したものを使用しなければならない。一般的に、地下水・河川水・湖沼水などの天然水であればおおむね適合するが、アフリカの案件では、地域によって(特に東アフリカ大地溝帯周辺)地下水に特定の化学物質(フッ素、塩素など)が基準値以上に含まれていたり、都市部・都市近郊の河川や湖沼の水質汚染が基準を超えていたりするためコンクリートには使用不可となり、水を数十 km 離れた水源から取得する案件で建設費が高騰する場合もある。

## (2) コンクリートの配合

配合とは、コンクリートの持つべき強度、耐久性などを確保するために、コンクリート 1.0m<sup>3</sup> を製造するための各種材料の質量を定めることである。コンクリートの品質に最も大きな影響を与えるのは、水セメント比と単位水量である。水セメント比とは、コンクリート配合中の水とセメントとの割合で、水量を W、セメント量を C とすると「W/C」の百分率で示される。単位水量とはコンクリート 1.0m<sup>3</sup> を製造するための水量のことである。必要以上に単位水量の多いコンクリートは、単位セメント量も多くなり、不経済であるばかりか、材料分離も起こりやすく、収縮が大きくなる。以上のことから、コンクリートの配合は、要求品質と作業に適するワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量を出来るだけ少なくするように定める必要がある。

### ① 配合の表し方

配合は、示方配合と現場配合で示される。

#### ● 示方配合

設計図書の仕様書に示す品質となるよう、示方書によって示される配合のことをいう。骨材は表面乾燥飽水状態とし、細骨材は 5mm ふりいを全て通過し、粗骨材は 5mm ふりいに全て留まるものとして示される。また、混和剤は、水で薄める前の状態で示される。

#### ● 現場配合

示方配合のコンクリートとなるよう、現場における材料の状態(骨材の含水状態、5mm ふりい通過または留まる量など)によって補正したり、計量方法に応じたりして定める配合である。

### ② 配合設計

日本の現場業務では、かなり大きな現場や、ダムなどの特殊な現場でない限り、工事現場でコンクリートを製造することはほとんど無く、レディーミクストコンクリートを認可された既存の工場から購入することが一般的である。ただし、途上国のコンクリート工事では、現場近くからのコンクリートの調達に困難な場合があり、この場合は現場にて配合設計を行う。配合設計上の留意点を次に示す。



- 配合設計では、単に設計基準強度を得るためにだけ材料の割合を求めるのではなく、具体的な使用対象に合わせた施工性も考慮する。
- 粗骨材の最大寸法が大きいほど、単位水量、単位セメント量を減らすことができるため経済的であるが、鉄筋コンクリート部材においては、鉄筋間隔との関係からコンクリート充填が困難となる場合がある。
- 土木学会では、粗骨材の最大寸法を、構造物が一般の場合は 20mm または 25mm、断面の大きい場合あるいは無筋コンクリートの場合 40mm を標準値としている。
- 圧縮強度のバラツキが大きいほど、割増係数（コンクリートの品質が変動した場合、その最小強度が設計基準強度を大きく下回らないように、配合強度を割り増しする度合い）を大きくしなければならない。
- 要求品質と作業に適するワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量を出来るだけ少なくするように定める。
- 細骨材率（s/a：細骨材容積を骨材全体容積で除した値×100）が大きいと、施工中材料分離が生じにくいだが、強度は低下するため、材料分離が生じない範囲で細骨材率を最小とする。
- 打設する部材の最小寸法が小さいほど、鉄筋の配置が密なほど、ワーカビリティをよくする必要があり、スランプを大きくする。
- AE 剤（空気連行剤：Air Entraining Agent）を用い空気量を増すとワーカビリティを増加させ、耐凍害性を向上させるが、強度は低下する。従って、所要のワーカビリティの得られる範囲で、AE 剤の使用料は必要最小限度とし空気量を出来るだけ小さくする。また、減水剤を併用して強度を確保する。

### 👉 コンクリート強度

コンクリートの強度には、設計基準強度と配合強度がある。設計基準強度とは構造計算において基準とするコンクリートの強度である。実際に工事現場で打ち込まれているコンクリートが、この強度を下回ってはならない。配合強度とは、コンクリートの配合（調合）を決める場合に目標とする強度である。製造時のバラツキを考慮して、設計基準強度に一定の割り増しをするのが一般的である。

### (3) 鉄筋

コンクリート構造物は多くの場合鉄筋コンクリートとして構築される。コンクリートの強度のうち、引張り強度や曲げ強度が、圧縮強度に比較してかなり小さな値をもち、梁などの引っ張り側では応力上耐えきれない場合があるために、鉄筋により抵抗させるためである。また、コンクリートと鉄筋の熱膨張係数はほぼ等しいことにより、温度の変化する環境でも一体を保つ事が出来る性質を持っている。これらのことが、鉄筋コンクリートを、建設分野の主要資材としている理由である。

鉄筋には、丸鋼と異形鋼棒があり、丸鋼とは断面形状が丸いものであり、異形鋼棒とはコンクリートとの付着応力度を増加させるために、表面に節を付けたものである。一般に鉄筋コンクリート構造物には異形棒鋼が使用されている。



丸鋼



異形棒鋼

出典：各社HP

写真 3.16 鉄筋の種類

表 3.21 異形棒鋼の呼び名と公称直径 (JIS)

呼び名	D4	D5	D6	D8	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
公称直径(mm)	4.23	5.29	6.35	7.9	9.53	12.7	15.9	19.1	22.2	25.4	28.6	31.8	34.9	38.1	41.3	50.8

出典：www.mizunotec.co.jp/index.html

#### (4) 型枠工・型枠支保工

型枠および型枠支保工は、コンクリート構造物が設計図書に示されている形状・寸法となるようにするためのものである。型枠は一般に、コンクリートが硬化するまでの短期間だけの使用であるから、強度等の検討において安全率が低くなる場合がある。

型枠の材料としては、木板、合板、鋼材、プラスチックなどがある。型枠の材料にはその材質の性状で適不適があり、どの材質がよいとは一概に言えない。構造物の目的及び形状に合致（大平面と小さな局面などの差違を考慮）した、加工手間の少ない（既製品で間に合うか、工場加工か）、強固で変形の少ない材料を適宜選択することが求められる。



木製型枠



鋼製型枠

出典：各社HP

写真 3.17 型枠の種類

## (5) コンクリートの施工

### ① コンクリートの運搬

フレッシュコンクリートの運搬には、運搬車（トラック）が使用されることが一般的である。このトラックは、荷台部分にミキシング・ドラムを備え、生コンクリートを収めて、走行中も攪拌しながら輸送することができる。これは「トラックミキサ」や「ミキサ車」、「生コン車」、「アジテータ・トラック」、「トラック・アジテータ」「移動式ミキサ」などと呼ばれる。なお、ミキサ車とは、ドラムにセメント、骨材、水などを直接入れ、練り混ぜながら走る車であり、一方、アジテータ車とは工場であらかじめ練り混ぜた生コンをドラムに入れ、コンクリートが固まらないように攪拌しながら運ぶ車である。管理基準が厳しくなった現在では、試験等をクリアした生コンを出荷するためアジテータ車が使われている。このほかの運搬手段としては、近距離の際用いられるベルトコンベアやバケット、またシュートによる場合などがある。高い場所や車両が直接入れない場所には、コンクリートポンプが使われる。そのほか、舗装工事（スランプ 2.5cm の舗装コンクリート運搬する場合）などではダンプトラックによる運搬も行われる。これらは、攪拌する装置がないので、材料分離に十分な配慮が必要な運搬手段であり、通常現場内のみで使用される。

コンクリートの運搬には、以下の様な点に留意が必要である。

- ・ 材料分離に注意する。
- ・ 運搬中に材料分離した場合は、十分な練直しによって均質なコンクリートにする。（練直しとは、固まりはじめない段階で再び練り混ぜることをいう。）
- ・ 練り混ぜてから打ち込みが終了するまでの時間は、原則として外気温が 25°Cを超えるときは 1.5 時間、25°C以下の時で 2 時間を超えてはならない。従ってこの時間を目安に、コンクリート工場を選定する必要がある。この時間は、製造者と購入者との協議によって変更することが出来る。
- ・ 荷卸し時には、購入者は受け入れ検査をおこなって、フレッシュコンクリートの品質が規定を満足しているかどうかを確認する。

### ② コンクリート打設

コンクリートの打ち込みについての留意事項は次の通りである。

- ・ コンクリートの打ち込みに先だって、鉄筋・型枠の寸法・配置等の検査を済ませておく。また、型枠内は清掃し、コンクリートの水分を吸水する恐れのある箇所は、あらかじめしめらせておく。直接地面に打ち込む場合は、あらかじめ均しコンクリートを敷いておく。
- ・ 打ち込み箇所が平面的な広がりがある場合は、コンクリートの供給源から遠い方から開始し、近い方で終わるようにする。
- ・ 材料分離を避けるため、高所からの打ち込みでは縦シュートを用いる。シュート下端とコンクリート面の距離は工事仕様書の規定値（1.5m 程度）以内になるよう保持する。
- ・ やむをえず斜めシュートを用いる場合は、傾きは水平 2 鉛直 1 以下を標準とする。
- ・ コンクリートの表面は出来るだけ水平を保ち、一層の厚さは 40～50 cm 以下とする。二層以上に分けて打ち込む際は、原則として上層のコンクリートを下層のコンクリートが固まりはじめる前に

打ち込む。

- ・ コンクリートは型枠内で移動させない。一区画内のコンクリートは連続打設する。
- ・ コンクリートは練り返し（固まりはじめた段階で練り混ぜること）をしてはならない。
- ・ 打設中表面に出たブリーディング（フレッシュコンクリートにおいて水が上昇する現象）水やレイタンス（ブリーディングに伴って表面に浮かんで沈殿した微細な物質）は取り除く。取り除く場合は、ひしゃくやスポンジを用い、コンクリートの表面を流してはならない。
- ・ 高さ方向への打ち込み早さは、過大な側圧が型枠に働かないよう、30分につき1～1.5m程度とする。
- ・ スラブや梁と壁や柱との接合部分は、コンクリートの沈下速度が違うので弱点になりやすい。壁や柱のコンクリート沈下がほぼ終了してから、スラブや梁のコンクリートを打ち込む。



コンクリート打ち込みの様子



ポンプ車によるコンクリート打ち込み

出典：各社HP

写真 3.18 コンクリートの打設

### ③ 締固め

コンクリートは、十分な締固めを行って密実としなければ、水密性や耐久性に劣る構造物ができあがってしまい、所用の品質を得る事が出来ない。締固めには通常、内部振動機を使用する。これは、コンクリートの中に振動機を挿入し、直接振動を与えコンクリートの締固めを行うものである。パイプレータにはその他、型枠振動機（型枠外側に振動機を取り付け接触させて、締固めを行うもの。）や、表面振動機（コンクリート表面に振動機を当てて、コンクリートの締固め及び表面の仕上げを行うもので、コンクリート舗装などで用いられる。）、テーブル振動機（テーブル状の振動台の上に型枠を乗せ、型枠全体の振動でコンクリートの締固めを行うもの。）などがある。

### ④ 養生

養生とは、コンクリート打設後十分に強度を発現させ、ひび割れが生じないように、振動・衝撃・荷重等からコンクリートを保護し、一定期間適切な温度と湿度を保つことである。養生の方法としては一般に湿潤養生という方法が用いられる。湿潤養生とは、コンクリート打設後、表面を荒らさないで作業が出来る程度に硬化した露出面をぬれた養生マット、布等で覆うか、散水・湛水を行って湿潤状態に保つ方法である。湿潤養生の効果のほとんどは初期の養生期に限られる。コンクリート打設後直射日光や風などによ

り表面だけが急速に乾燥すると、ひび割れが発生する原因となるので、必ず湿潤状態に保つ処置を行う。表 3.22 に、湿潤養生期間の標準を示す。

表 3.22 湿潤養生期間の標準

日平均気温	普通ポルトランドセメント
15°C以上	5 日
10°C以上	7 日
5°C以上	9 日

出典：www.mizunotec.co.jp/index.html

### 👉 暑中コンクリート

アフリカ地域や東南アジア地域のように、日平均気温が高い(25°Cを超える)時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとして施工を行うことが標準となる。暑中コンクリートの施工にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、材料、配合、練混ぜ、打込みおよび養生等について、適切な処置をとらなければならない。打込み時における気温が30°Cを超えると、コンクリートの諸性状の変化が顕著になるため、出来るだけコンクリートの温度が低くなるように、特別の配慮(例えば夜間工事)が必要となる。暑中コンクリートの配合設計においては、所要の強度およびワーカビリティが得られる範囲内で単位水量および単位セメント量が過大にならないように適切な対策を講じる。また、練混ぜ水の一部として氷を用いる場合には、練混ぜ中に完全に融けることを事前に確認しておく。暑中コンクリートにおける打込み終了までの時間は1.5時間以内であることが原則である。

出典：http://civileng.ec-net.jp/concrete/shocyucon.html

## (6) コンクリートの品質管理

コンクリートは、硬化して構造物に必要な所要の品質となるまでに、若干の時間を要する。従って、製造から打込みまでの各段階で、その都度検査を行って、必要な性状を有しているかどうかを確認することが求められる。工事に使用するコンクリートは、プラントでの品質管理が重要となる。途上国でのコンクリートの製造は、施工者自身が砕石製造から砂・セメントの調達を行って練り混ぜを行うまで全体を管理する製造者となる場合が多く、コンクリートの品質については施工者自身が責任を持って管理しなければならない。これは、現地のコンクリート製造会社からの購入の場合も同様である。そして、フレッシュコンクリートの段階で所要の性質を有していなければ、硬化しても求める品質にはならないため、施工者にとっては、コンクリート打設現場での受け入れ検査が重要である。施工者にとって品質管理の第一歩は、受け入れ検査である。打設現場におけるコンクリートの受け入れ検査は、次のように行わなければならない。

- ・ コンクリートの受け入れ検査は、荷卸し時に行う。
- ・ 検査は、工事仕様書に定められた検査によって実施される。表 3.23 に日本の受入検査の例を示す。
- ・ 受入側の技術者は、荷卸し時においてコンクリートが良好なワーカビリティを有することを目視によって確認しなければならない。ワーカビリティが適切でないと判定されたコンクリートは、これを打ち込んではいならない。
- ・ フレッシュコンクリートの単位水量の検査は、検査方法及び判定基準についてあらかじめ協議したうえで実施することを標準とする。

- ・ 配合の検査は、それぞれの材料が所定の配合で製造されていることを計量印字記録により確認することを標準とする。単位水量の検査は、水の計量印字記録と骨材の表面水の補正量から計算によって求める方法を標準とする。
- ・ 水セメント比の検査は、単位セメント量の計量印字記録および水の計量印字記録と骨材の表面水の補正量から算定される単位水量から求める方法を標準とする。また、アルカリ骨材反応対策の検査は、コンクリートの配合表により確認することを標準とする。
- ・ 強度の検査は圧縮強度試験による。この検査で不合格となった場合、構造物中のコンクリートの強度を検査しなければならない。
- ・ 重要な構造物に対しては、必要に応じて、収縮ひずみを確認する。
- ・ 流動化コンクリートについては、ベースコンクリートおよび流動化後のコンクリートのスランプと空気量試験を、50m<sup>3</sup>につき1回の割合で実施するのを標準とする。
- ・ 検査の結果、不合格と判定されたコンクリートはこれを用いてはならない。

表 3.23 コンクリートの受け入れ検査の例 (日本)

項目	検査方法	時期・回数	判定基準
フレッシュコンクリートの状態	専門技術者またはそれと同等の技術を有する技術者による目視	荷卸し時 随時	ワーカビリティが良好で、性状が安定していること
スランプ	JIS A 1101 の方法	荷卸し時 1回/日または構造物の重要度と工事の規模に応じて20~150m <sup>3</sup> 毎に1回、および荷卸し時に品質の変化がみとめられた時	許容誤差： スランプ 5cm 以上 8cm 未満：±1.5cm スランプ 8cm 以上 18 cm未満：±2.5cm
空気量	JIS A 1116 の方法 JIS A 1118 の方法 JIS A 1128 の方法		許容誤差：±1.5%
フレッシュコンクリートの温度	JIS A 1156 の方法		定められた条件に適合すること
単位容積質量	JIS A 1116 の方法		定められた条件に適合すること
塩化物イオン量	JIS A 1144 の方法 または信頼できる機関で評価を受けた試験方法	荷卸し時 海砂を使用する場合2回/日 その他の場合1回/週	原則として 0.3kg/m <sup>3</sup> 以下
アルカリ骨材反応対策	配合表の確認	工事開始時、及び材料や配合が変化したとき	対策がとられていること
配合	単位水量	骨材の表面水率と単位水量の計量印字記録から求める方法	許容範囲内にあること
	単位セメント量	計量印字記録	
	水セメント比	セメントの計量印字記録と骨材の表面水率および単位水量の計量印字記録から求める方法	
	その他、コンクリート材料の単位量	コンクリート材料の計量印字記録	
圧縮強度 (一般の場合、材齢28日)	JIS A 1108 の方法	供試体作成：荷卸し時 1回/日または構造物の重要度と工事の規模に応じて20~150m <sup>3</sup> ごとに1回	設計基準強度を下回る確率が5%以下であることを、適当な生産者危険率で推定できること

出典：www.mizunotec.co.jp/index.html

- スランプ・スランプフロー試験

コンクリートのスランプ試験とは、コンクリート打設時のコンクリートの流動性を示す値を調べる試験であり、このスランプ値が大きいほど、流動性が高いと判断される。試験方法は、スランプ台板の上に置いたスランプコーンに生コンクリートを規定層詰め、各層を規定回数突きスランプコーンを垂直に約3秒で引き上げ、引き上げ前の状態(30cm)から何cm下がったかを測定する。

- 空気量試験

空気量は、コンクリートのワーカビリティや強度に大きな影響を与えるので、受入時に確認する。空気量の試験は通常エアメータで行われ、コンクリート中に含まれる空気が多いか、少ないかによってそのコンクリートの優劣が判断される。空気量測定では、コンクリートの流動性と圧縮強度を検査し、空気量が多いほど圧縮強度が下がる。

- 塩化物含有量試験

塩化物イオン濃度測定では、コンクリート中に含まれる塩化物イオンの濃度を測定し、錆びの発生のしやすさ(発錆度)を検査する。塩化物イオンの濃度が高いほど、鉄筋コンクリート中の鉄筋が錆びやすくなる。検査方法は、生コン塩分濃度計を生コンクリート内に挿入して測定する。日本では、塩化物含有量が $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下とすることが定められている。

- 圧縮強度試験

コンクリートの主要な品質のなかで、圧縮強度は判明するまでに時間を要する。通常は、受け入れ検査を終えた時点でテストピースに6個分の生コンクリートを採取し、28日間水中に漬けておき(材齢28日という)、28日経過後にコンクリート圧縮試験機にかけて、機械的に圧縮した時の強度を平均値で割り出す。一般的な工事仕様書では、コンクリート工事の承認のために材齢28日圧縮強度の確認を規定しているが、後続作業を適切なタイミング・施工サイクルで継続することを可能とするため、コンクリート強度の合否判定を早期に推定する目的で、材齢7日のテストピースの強度試験を行うことを許可している。

なお、BS(英国規格:British Standard)を参考としている国では、圧縮強度試験の供試体形状を立方体供試体としており、日本の供試体である円柱と比べて20~30%も強度が大きくなる。このため、現地で円柱供試体に対応する試験機の準備ができない等の理由により、立方体供試体を用いて試験を実施する場合には、契約協議時、少なくとも初回の技術会議において、円柱供試体強度への変換低減率等について、予め説明・合意しておく必要がある。

参考: JISA1132:2020 コンクリート強度試験用供試体の作り方

### 3.7. コンクリート舗装工事

#### (1) 普通コンクリート舗装の施工

普通コンクリート舗装の工事は、図 3.11 に示すような手順で実施される。



出典：コンクリート舗装技術資料<sup>[19]</sup>

図 3.11 普通コンクリート舗装の施工手順

表 3.24 コンクリート版及び目地の標準

舗装計画交通量 (台/日)	コンクリート版の設計			収縮目地 間隔	タイバー、 ダウエルバー
	設計基準 曲げ強度	版厚	鉄網		
T < 100	4.5N/mm <sup>2</sup>	15cm	原則として 使用する。 3kg / m <sup>2</sup>	8 m	原則として 使用する
100 ≤ T < 250		20cm			
250 ≤ T < 1,000	4.5N/mm <sup>2</sup>	25cm		10 m	
1,000 ≤ T < 3,000	28cm				
3,000 ≤ T	30cm				

出典：コンクリート舗装技術資料<sup>[19]</sup>

#### 👉 鉄網の役目

普通コンクリート舗装では、コンクリート版に目地を設けても、様々な原因でなおひび割れが発生する可能性がある。このひび割れの進行を抑えるために鉄網（メッシュ）を敷設する。



出典：コンクリート舗装技術の解説と見通し<sup>[20]</sup>

写真 3.19 鉄網の設置



## (2) 連続鉄筋コンクリート舗装の施工

連続鉄筋コンクリート舗装の工事は、図 3.12 に示すような手順で実施される。



出典：日本道路株HP (<https://www.nipponroad.co.jp/method/?p=2322>)

図 3.12 連続鉄筋コンクリート舗装の施工手順

表 3.25 連続鉄筋コンクリート版の設計及び鉄筋

交通量 区分	舗装計画 交通量 (台/日・方向)	コンクリート 版の設計		鉄筋			
				縦方向		横方向	
		設計基準 曲げ強度	版厚	径	間隔 (cm)	径	間隔 (cm)
N1~N5	T<1,000	4.5N/mm <sup>2</sup>	20cm	D16	15	D13	60
				D13	10	D10	30
N6, N7	1,000≤T	4.5N/mm <sup>2</sup>	25cm	D16	12.5	D13	60
				D13	8	D10	30

〔注〕  
 1. 縦方向鉄筋および横方向鉄筋の寸法と間隔は、一般に表中に示す組合わせで版厚に応じて用いる。  
 2. 縦目地を突合わせ目地とする場合は、ネジ付きタイバーを用いる。

出典：コンクリート舗装技術資料<sup>19)</sup>

## (3) 舗装用コンクリートの品質

日本国内で施工する舗装用コンクリートは、JIS（日本工業規格：Japan Industrial Standard）規格に規定されているレディーミクストコンクリートの標準品を使用する場合と、特殊コンクリートなど個別に配合設計を行って使用する場合がある。JISA 5308（レディーミクストコンクリート）の規定において、舗装用コンクリートの標準品の種類を表3.26表 3.26、その品質規格を表3.27に示す。

表 3.26 舗装用コンクリートの種類（標準品）

粗骨材の最大寸法(mm)	スランプ(cm)	強度(N/mm <sup>2</sup> )
40	2.5	曲げ4.5
25	および	
20	6.5	

注：スランプ2.5cm 機械施工、スランプ6.5cm 人力施工

出典：JISA 5308（日本工業標準調査会）に基づき JICA 調査団作成

表 3.27 舗装コンクリートの品質規格

品質項目	品質規格
スランプの許容差	cm 2.5±1 6.5±1.5
空気量の許容差	% 4.5±1.5
塩化物含有量 (塩化物イオン量)	kg/m <sup>3</sup> 0.3以下 0.6以下(購入者の承認を得た場合)
曲げ強度	N/mm <sup>2</sup> 1回の試験結果は購入者が指定した強度の 85%以下 3回の試験結果の平均値は購入者が指定 した強度以上

出典：JIS A 5308（日本工業標準調査会）に基づき JICA 調査団作成

なお、アフリカ地域では、曲げ強度による品質管理は実施されていないことから、圧縮強度によって管理されることとなる。日本においても、曲げ強度により行われている舗装用コンクリートの強度管理は、曲げ強度との相関関係が認められている圧縮強度または割裂引張強度で代用してよいこととしている。この換算については、表3.28の関係が示されている。

表 3.28 舗装用コンクリートの曲げ強度とその他強度との関係

曲げ強度 MPa		換算式*	3.5	4.0	4.4	4.8	5.0	5.3
割裂引張強度 MPa	Φ12.5	$f_t = (f_b/2.21)^{1.40}$	2.0	2.4	2.8	3.1	3.2	3.4
圧縮強度 MPa		$f_c = (f_b/0.42)^{1.5}$	24	29	35	39	41	45
JIS A 5308 における呼び強度		-	24	30	36	40	-	-

\*強度換算式は旧建設省土木研究所および（社）セメント協会の研究成果にもとづくものである。また、 $f_b$ 、 $f_t$ および $f_c$ はそれぞれ曲げ強度、割裂引張強度、圧縮強度を示す。

出典：舗装設計施工指針<sup>[21]</sup>

無償案件の施工場所では、既存のコンクリート製造工場に舗装用コンクリートの標準配合が確立されていない場合や、既存の製造工場が存在しない場合が大半であり、JIS 規格に規定されているレディーミクストコンクリートの標準品または案件の仕様書が規定する特殊コンクリートなどを、施工者自身が個別に配合設計を行って使用する場合がある。

コンクリートを施工者自身が製造する場合も既存の製造工場へ外注する場合も、施工者の責任の下で配合設計および品質管理が実施されなければならない。

#### (4) 施工

施工の一般的な施工の留意点は以下のとおりである。

- 施工機械の選定・組合せは、所定の出来形、品質および性能が保証される限り、施工条件を考慮したうえで最も経済的な組み合わせとする。

- コンクリート版の施工に先立って、路盤あるいはアスファルト中間層<sup>3</sup>の状態、型枠の据付け状況、施工機械の整備状況、鉄網・バーアセンブリ（目地板とスリッパ、タイバーなどが一体となったもの）の配置位置等の確認を行う。
- コンクリートの受け入れに際しては、荷下ろしする前に所用のコンクリートが搬入されたか否かの確認を実施し、不良な場合は廃棄処分する。
- 荷下ろしは、運搬車から直接路盤またはアスファルト中間層上に行う方法と荷下ろし機械を用いて行う方法、またバックホウ等のバケットを用いる方法もある。荷下ろしの良否は、コンクリート版の均質性、平坦性に影響を与えるので、丁寧に行わなければならない。
- コンクリートの敷き均しは敷き均し機械（スプレッダ）を用いて行い、全体がなるべく均一な密度になるように適切な余盛をつけて行う。
- 敷き均したコンクリートは締め固めて所定の高さに荒仕上げする。コンクリートの締め固めは一般に鉄網の有無に係わらず、1層で行う。
- コンクリートの表面は表面仕上げ機械を用い、緊密で平坦に仕上げる。
- 平坦に仕上げたコンクリートの表面は、粗面仕上げ機械または人力により粗面に仕上げる。粗面仕上げには、ほうき目仕上げ、タイングルービング仕上げ、および骨材露出（洗出し）仕上げがある。

表 3.29 出来形管理の測定項目と規格値（例）

測定項目	測定基準	規格値 (mm)		摘要
		個々の測定値	10個の測定値	
厚さ t	200m毎に水糸又はレベルにより1測線当たり横断方向に3箇所以上	-10	-3.5	
幅 w	延長80mにつき1箇所	-25		
平坦性 σ	各車線毎に全延長	2.4mm以下		人力舗設の場合は3mm以下
段差目地 t	隣接する各目地、道路中心線および端部	±2		

出典：品質管理基準及び規格値<sup>15)</sup>（国土交通省）

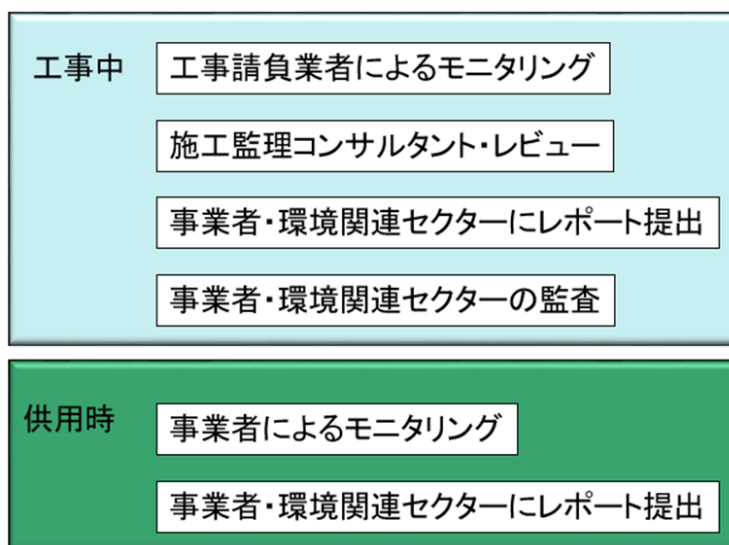
<sup>3</sup> アスファルト中間層とは、路盤とコンクリート版の間に敷設されるもので、この中間層を設置することで、コンクリート版の施工性や舗装の耐久性、路盤の耐水性を向上することができるとされている。

### 3.8. 工事期間中の環境・安全対策

#### (1) 工事中・供用中の環境緩和策実施とモニタリング

EIA（環境影響評価：Environmental Impact Assessment）はあくまでも書類上の承認行為であり、EIA で懸念されたリスク回避（緩和策実施）を工事期間中、及び供用後に十分にモニタリングすることにより、EIA の効果を担保することが重要である。

プロジェクトの実施と環境影響のモニタリングは、プロジェクトが実施されている間に行われる。これは基本的には、プロジェクトが環境アセスメントに記載されたガイドラインや提言に従っていることを確認するための検査である。このような検査は、プロジェクト終了後の時間が経過した後に、環境アセスメントによって予測された影響の正確性を確かめるためにも図 3.13 のように行われる。



出典：JICA 調査団

図 3.13 工事中・供用後の環境緩和策実施とモニタリング

#### (2) 工事中の環境保全対策

道路工事実施期間中の環境保全計画としては、主に以下のような措置が実施される。

- 交通事故防止対策
  - ・ 資材等運搬車両の走行道路については、歩行者に影響が出ないように可能な限り歩道が整備されたルートを設定する。
  - ・ 資材等運搬車両の運行経路で信号のない部分については、交通誘導員を配置する等の処置を行う。
  - ・ 資材等運搬車両が路上待機しないように、区域内に十分な待機場を設ける。
  - ・ 資材等運搬車両の運転手及び車で通勤する作業員に対しては、十分な安全教育を行い、交通安全の徹底を義務づけ交通事故の防止をはかる。
- 交通管理
  - ・ 資材等運搬車両については、一般道路を走行するときは、運搬車両に安全シート等を張り、積載物の落下等による第三者への災害、道路の破損、あるいは汚損等に十分注意する。

- ・ 工事区域内の道路への一般車両の進入を禁止するために、標識・表示看板及び防護施設等を設置する。
- ・ 工事現場から一般道路に出る箇所や、工事車両と一般車両が集中する箇所では交通誘導員を置き、交通の円滑、安全を図る。
- ・ 重機による事故が建設災害の中で多いため、重機の運転手に対する教育・訓練を行うとともに安全管理の徹底を行う。
- ・ 材料搬入や搬出時等については、積載重量を超えての運搬は禁止し、事前に業者を指導する。



写真 3.20 工事標識の設置



写真 3.21 交通誘導員の配置

出典 : <https://www.garde.com.au/traffic-management/>

- **渋滞対策**
  - ・ 工事中の渋滞対策については、通行止めとう回路の組み合わせもあるのでその検討を実施する。
  - ・ う回路側の交通量の増加、それに伴う安全性の低下も考慮する。
- **大気、騒音・振動防止対策**
  - ・ 騒音、振動の環境影響評価や環境基準を踏まえた施工計画を策定し、施工に当たっては施工計画を確実に実施する。
  - ・ 建設機械の使用に当たっては点検・整備を十分に行う。また、建設機械の運転は丁寧に行い、空ぶかし等は行わない。
  - ・ 仮設道路は凹凸がないように整備する。路面にわだちができたり凹凸が大きくなったりする場合は速やかに補修する。
  - ・ 資材等運搬車両の走行は低速度走行を行い、また、空ぶかし等を行わない。
- **粉じん防止対策**
  - ・ 土砂運搬車両には、荷台の土が飛ばないようにシートカバーを使用する。
  - ・ 資材等運搬車両出入口には土落とし施設を設けて、タイヤに付着した土を落とす。
  - ・ 工事により粉じんが発生する場合には散水を行う。
- **水質汚濁防止対策**
  - ・ 雨水排水に伴い濁水が直接公共用水へ流出するのを防止するため、工事実施前に仮設沈砂池等を設置する。

- ・ 強い雨が降る場合は、切土、盛土、掘削等の土木工事は中止する。
- ・ 重機・工事車両等の燃料及びオイル漏れが生じた場合は、直ちに原因を発見処 理して漏れ出た燃料及びオイルを完全に除去処分する。
- ・ コンクリートポンプ車等の洗いは、河川等を汚さないように場所を決め、工事終了後処理する。



写真 3.22 濁水処理施設 (水質汚濁防止対策)

写真 3.23 散水車による散水 (粉じん対策)

出典：各社HP

### (3) 工事現場の安全管理

工事現場では、現場の安全を管理するための組織づくり、安全管理を行うためのツールボックスミーティング、KY (危険予知) 訓練や活動等が重要となる。具体的には、日本の資金援助事業として模範となるようなレベルを確保するべく、安全ネット、足場、手すり等の高所落下対策、防火対策、切土崩落対策、クレーン安全対策、現場内の工事車両走行速度制限、現場の整理整頓、清掃、水散布等の実施し、さらに、事業サイト等の治安面の安全対策に関し、サイトの物理的防御、監視・警備、夜間の資機材管理、事業関係者の移動体制、通信機器その他必要と考えられる対策を講じる。

なお、JICA (国際協力機構：Japan International Cooperation Agency) では、ODA (政府開発援助：Official Development Assistance) による公共施設等の建設事業における労働災害及び公衆災害の防止を図るため、安全管理における基本方針及び具体的な安全施工に関する技術指針等を取りまとめた「ODA 建設工事安全管理ガイダンス<sup>[22]</sup>」を策定していることから、工事現場の安全管理に活用する。

## 参考文献

- [1] 北陸地方整備局：良くわかる設計と工事の図面 平成29年3月  
[http://www.hrr.mlit.go.jp/gijyutu/yokuwakaru/sekkei-kouji-zumen\\_H2903.pdf](http://www.hrr.mlit.go.jp/gijyutu/yokuwakaru/sekkei-kouji-zumen_H2903.pdf)
- [2] Ministry of Works, Housing and Communications, Uganda : General Specification for Road and Bridge Works, 2004
- [3] 独立行政法人 国際協力機構：無償資金協力事業におけるコンサルタント業務の手引 2016年5月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant\\_aid/guideline/consultant.html](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/consultant.html)
- [4] 四国地方整備局：公共工事の監督と検査について 香川県けんせつ技術センター 研修資料 平成27年9月
- [5] 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧 平成31年版
- [6] 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー7「舗装工学の基礎」2012年
- [7] TRL : Overseas Road Note 19 A guide to the design of hot mix asphalt in tropical and sub-tropical countries, 2002
- [8] TRL : Overseas Road Note 31 A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries, 1993
- [9] 南雲貞夫：アスファルト舗装技術入門 –初心者のための概説 2010年
- [10] 公益社団法人日本道路協会：舗装施工便覧 平成18年度版
- [11] 日本道路公団：日本道路公団試験研究 技術手帳 1998年
- [12] Horst Erdlen : 砕石マスタック舗装-SMA 2018年1月31日  
[http://hosou.hscet.com/img/WEB%20SMA%20-%20The%20Concept%20Horst%20Erdlen\(1\).pdf](http://hosou.hscet.com/img/WEB%20SMA%20-%20The%20Concept%20Horst%20Erdlen(1).pdf)
- [13] 小谷昇、井田敏行、森田幸義：図解 土木講座 アスファルト混合物の知識 (改定3版) 技報堂出版 1994年
- [14] 公益社団法人日本道路協会：舗装施工便覧 昭和42年度版
- [15] 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値 (案) 平成30年3月
- [16] PIARC : SURFACE DRESSINGS Synthesis of international experiences, 1989
- [17] TRL : Overseas Road Note 39 The Design Guide for Surface Dressing, 2018
- [18] AFCAP : Low Volume Rural Road Surfacing and Pavements, A Guide to Good Practice, 2013
- [19] 一般社団法人セメント協会：コンクリート舗装技術資料  
[https://jcassoc.or.jp/cement/4pdf/20161102\\_03.pdf](https://jcassoc.or.jp/cement/4pdf/20161102_03.pdf)
- [20] 小西 徹：コンクリート舗装技術の解説と見通し  
[http://gijutu.com/7\\_2\\_4\\_20110828\\_cohosoukeisai3.pdf](http://gijutu.com/7_2_4_20110828_cohosoukeisai3.pdf)
- [21] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針 平成18年度版
- [22] 独立行政法人 国際協力機構：ODA 建設工事安全管理ガイダンス 2014年9月  
[https://www.jica.go.jp/activities/schemes/oda\\_safety/ku57pq00001nz4eu-att/guidance\\_ja.pdf](https://www.jica.go.jp/activities/schemes/oda_safety/ku57pq00001nz4eu-att/guidance_ja.pdf)

## 第4章 無償資金協力事業における道路の破損等の分析

### 4.1. 分析対象プロジェクト

JICA の資金協力事業により実施された道路事業について、工事完了後に何らかの不具合が発生した事例について取り上げ、その形態、原因、予防のため確認すべき事項・対策を体系的にまとめる。なお、事例として取り上げるプロジェクトは、表 4.1 の 18 プロジェクトとした。

表 4.1 不具合発生事例の分析対象プロジェクト

No.	プロジェクト名	対象国	不具合の内容			
			機材	土工	構造物	舗装
1	国道 6 号・7 号線修復計画	カンボジア				●
2	国道 9 号線改修計画 (第 1、第 2 期)	ラオス				●
3	幹線道路改修計画 (二次)	エチオピア				●
4	カトマンズ市交差点改良計画	ネパール	●			
5	第二次カンパラ市内幹線道路改修計画	ウガンダ	●			
6	東ヌサテンガラ州橋梁建設計画	インドネシア			●	
7	キルワ道路拡幅計画 一期、二期	タンザニア		●		●
8	第三次幹線道路改修計画	エチオピア				●
9	リビングストーン市道路整備計画	ザンビア				●
10	ドゥスティ〜ニジノピヤンジ間道路整備計画	タジキスタン				●
11	ニューバガモヨ道路拡幅計画 一期	タンザニア				●
12	国道 8 号線改修計画	ガーナ			●	
13	第四次幹線道路改修計画 (第 1 期)	エチオピア				●
14	国道一号線橋梁改修計画 (カアカ橋)	ギニア				●
15	ウゴング道路拡幅計画	ケニア				●
16*	ナイル架橋建設工事 (有償)	ウガンダ				●
17*	幹線道路橋梁改修 (国道 6 号線)	モザンビーク		●	●	
18*	既存地方橋梁整備	モザンビーク			●	

\*16 (有償)、17及び18 (他ドナー) のプロジェクトについては、無償資金協力事業ではないが、今後の事業実施に有意義な知見となることから記載した。

出典：JICA 調査団



表 4.2 各プロジェクトの完了年と不具合確認時期

No.	プロジェクト名	工事完了年	不具合の指摘(確認)
1	国道6号・7号線修復計画	1998年6月	2004年
2	国道9号線改修計画(第1、第2期)	2001年3月:1期 2002年12月:2期	2012年
3	幹線道路改修計画(二次)	2004年10月:二次	2012年(二次区間)
4	カトマンズ市交差点改良計画	2003年2月	2006年(事後評価)
5	第二次カンパラ市内幹線道路改修計画	2005年2月	2007年(事後評価)
6	東ヌサテンガラ州橋梁建設計画	2008年4月	2011年4月
7	キルワ道路拡幅計画 一期、二期	2008年8月:1期 2009年9月:2期	供用直後(1期、2期)(舗装) 2018年(2期区間)(土工)
8	第三次幹線道路改修計画	2009年1月	供用直後
9	リビングストーン市道路整備計画	2010年3月	供用直後
10	ドゥスティ〜ニジノピヤンジ間道路整備計画	2010年11月	2011年(完工より6ヶ月経過後)
11	ニューバガモヨ道路拡幅計画 一期	2014年5月	2018年
12	国道8号線改修計画	2013年12月	2017年4月
13	第四次幹線道路改修計画(第1期)	2014年3月	2018年(事後評価)
14	国道一号線橋梁改修計画(カアカ橋)	2017年6月	2018年(供用後9ヶ月経過後)
15	ウゴンゴ道路拡幅計画	2018年1月	2019年(供用後7ヶ月経過後)
16	ナイル架橋建設工事(有償)	2018年9月	施工中
17	幹線道路橋梁改修(国道6号線)	2018年(推定)	2019年3月(ハリケーンイダイ)
18	既存地方橋梁整備	不詳	2019年3月(ハリケーンイダイ)

出典: JICA 調査団

本章で紹介する不具合事例の発生原因について、外的要因と内的要因に分類して解説している例がある。ここでいう外的要因とは、天候や地理などの自然条件、交通量や風習などの社会条件など、技術的にその要因そのものを排除することが難しく、主に設計段階で検討することが必要な要因のことを言う。内的要因とは、施工不良や材料不良など、技術的にその要因そのものを排除することができ、主に施工段階で配慮すべき要因のことを言う。

#### 4.2. 機材(信号機)導入の課題

特に都市内道路の整備や改修事業では、交差点の改良を伴うことが多く、その場合、需要に応じた適切な通行時間の配分、及び交通の整流化のために信号機を採用することが多いが、過去の案件では以下のような課題が発生したものもある。

(1) カトマンズ市交差点改良計画 (ネパール)

表 4.3 信号機利用状況等

項目		内容
完成年		2003年2月
問題確認時期		2006年(事後評価)
発生した課題(問題)		信号機が適切に運用されていない
問題の発生原因	外的要因	交通ルールが無視
	内的要因	需要予測と実交通量の乖離
警察官による交差点制御(信号機不使用)		警察官による交差点制御(信号機不使用)
		

出典：無償資金協力に係る事後評価表 (JICA)

● 問題の発生原因

設置された信号機が利用されていない原因として、交通需要予測の課題を含め以下の3点が挙げられている。

- ・ 需要予測を大きく上回る交通量により、信号機では交通を捌くことができない。
- ・ 需要予測を大きく下回る交通量により、信号機による制御が不必要である。
- ・ 交通ルール(信号機)を無視する自動車、歩行者の存在

● 問題への対応

2011年度に「カトマンズ市交差点改良計画事後現状調査」にて、供用後に発生した様々な課題についてフォローアップを実施し、交差点改良による効果の持続性確保のための助言を相手国政府に行った。

(2) 第二次カンパラ市内幹線道路改修計画 (ウガンダ)

表 4.4 信号機利用状況等

項目		内容
完成年		2005年2月
問題確認時期		2007年(事後評価)
発生した課題(問題)		信号機が適切に運用されていない
問題の発生原因	外的要因	電力不足、スペアパーツの不足、技術者の不足
	内的要因	需要予測と実交通量の乖離
警察官による交差点制御(信号機不使用)		警察官による交差点制御(信号機不使用)
		

出典: JICA 調査団

● 問題の発生原因

設置された信号機が利用されていない原因として、交通需要予測の課題を含め以下の4点が挙げられている。

- ・ 需要予測を大きく上回る交通量により、信号機では交通を捌くことができない。
- ・ 電力供給不足により信号機が使用できない。
- ・ 予算不足等によりスペアパーツの購入ができない。
- ・ 訓練を受けた技術者の流出により、信号機の補修、維持管理ができない。

● 問題への対応

フォローアップ調査にて、現地資機材による可能な範囲での補修、担当部署の職員に対する技術講習を実施するとともに、必要なスペアパーツ調達計画に対する予算確保を実施機関へ働きかけた。

(3) 信号機設置を計画する際の留意事項

上記2つの案件事例で分かる通り、信号機をプロジェクトで設置する場合には、交差点への流入交通量の予測がプロジェクトの成功のカギとなる。また、設置後の維持管理を含めた施設管理者の体制や予算、電力事情を準備調査段階で十分に調査し、供用後の維持管理や運用に課題が残る場合には、信号交差点の採用について再考することが必要である。

### 4.3. 土構造物の破損事例

#### (1) キルワ道路拡幅計画二期 (タンザニア)

表 4.5 盛土破損の概要

項目		内容
完成年		2009年9月
不具合確認時期		2018年
破損形態		盛土の滑り
問題の発生原因	外的要因	-
	内的要因	安定計算の問題、排水施設の不備
盛土の滑り (舗装の亀裂)		盛土の滑り (ガードレールの沈下)
		

出典：JICA 調査団

- 破損の発生原因

本事例に示す盛土は、高盛土（15m以上）ではないが5m以上の高さがある。発生している破損は、現時点で完全な崩壊には至っていないが、近い将来に大きく滑る可能性がある。現地を確認した状況から考えられる原因としては、水抜きパイプの不足、盛土下の排水施設の不足（水による盛土下部の浸食等）が考えられる。また、盛土の安定計算結果について担当コンサルタントに確認したが、その所在が不明であり、地質調査や盛土の安定計算が実施されたかどうかは不明な状況である。

- 問題への対応

不具合の確認時期である2018年時点で、同道路は現地政府による拡幅工事中であったことから、状況について現地政府へ同道路無償担当コンサルタント（日本）から報告済み。

(2) 幹線道路橋梁改修(国道6号線)(モザンビーク)

表 4.6 盛土破損の概要

項目		内容
完成年		2018年(推定)
不具合確認時期		2019年3月(ハリケーン イダイ)
破損形態		盛土の崩壊
問題の発生原因	外的要因	想定を上回る洪水
	内的要因	-
盛土区間の流出		盛土区間の流出
		

出典: JICA 調査団

● 破損の発生原因

原因はサイクロン「イダイ」による流域の大洪水に伴い一体が広範囲に沈水したこと。一体は広大な平原であり、一部湿原もある。想定を上回る洪水流により盛り土構造部も大きな損傷を受け、道路全体が崩壊した。1枚目写真左側から洪水流が越流したものと思われる。

本道路は、第三国資金に基づき当該資金拠出国企業が当該区間を含む一連の区間を整備。道路は大洪水時の氾濫原と思われる下流側が閉塞された広大な中流域の平坦な地形を通過しているが、過去の洪水時の経験からほぼ全線を盛り土構造としてかさ上げするとともに多数の横断ボックスカルバートの設置がなされたものと思われる。盛り土の一部崩壊については、以前からあった南側(左写真の右側、右写真の左側)の河川氾濫時の洪水流の流水跡と思われる。

● 問題への対応

現地政府資金によるパイプカルバートを用いた緊急補修により、復旧が実施された。

(3) 土構造物を計画する際の留意事項

上記2つの案件事例から、高盛土については地質調査結果に基づく安定計算の実施、盛土内、表面及び盛土下部での水処理が重要であることを示している。また、河川の取付道路に盛土構造を採用する場合には、河川シミュレーションソフト等を用いた水衝部の確認、弱点の解析、現況だけでなく、過去の洪水状況なども適宜調査する必要があることを示している。

4.4. 構造物の破損事例

(1) 東ヌサンテンガラ州橋梁建設計画 (インドネシア)

表 4.7 構造物破損の概要

項目		内容
完成年		2008年4月
不具合確認年		2011年4月
破損形態		河岸浸食に伴う取付道路の流失
問題の発生原因	外的要因	大洪水による河岸の浸食
	内的要因	橋梁による河積断面の縮小
取付道路流失部		取付道路流失時の状況
		
復旧状況 (単スパン橋梁による)		復旧状況 (橋面)
		

出典：JICA 研究会資料「自然河川を渡る道路」<sup>[1]</sup>

● 破損の発生原因

左下写真からわかるように、橋梁構造が2種類に分かれている。近景は本来の橋梁部分。遠景の橋梁部は、元は取付道路であった。大洪水による河岸の浸食とともに取付道路も流失した。破損の発生原因としては、内的要因と外的要因に分けることができる。

外的要因：大洪水による河岸の浸食

取付道路崩壊につながった河岸浸食の原因としては、山中の急流河川であること、地質的・地形的に大量の土砂を発生させやすい環境にあること、及び過去の上流部での大規模な斜面崩壊に伴って河川に流出した大量の土砂が河床に堆積していたことなどがあげられる。

内的要因：河積断面の縮小

対象となる河川は、山間部の自然河川で流下する水が常時あり、洪水時は多量の水と土砂が流下する河川であった。無堤防による河道の移動、河道を狭めて架けられた橋により、橋梁区間が狭窄部（弱点）となり、橋台背面の取付道路が流出した。

● 問題への対応

現地政府資金による緊急補修として、単径間の橋梁再建による復旧が実施された。

(2) 既存橋梁整備（モザンビーク）

表 4.8 構造物破損の概要

項目		内容
完成年		不詳
不具合確認時期		2019年3月（ハリケーン イダイ）
破損形態		橋台背面盛り土の流出
問題の発生原因	外的要因	想定を超える洪水
	内的要因	-
橋台背面盛り土の流出		橋台背面盛り土の流出
		

出典：JICA 調査団

● 破損の発生原因

背面盛り土流出の原因は、サイクロン「イダイ」による流域の大洪水に伴い、無堤防による河道の移動、河道を狭めて架けられた橋により、橋梁区間が狭窄部（弱点）となり、橋台背面の取付道路が流出したものと考えられる。

● 問題への対応

現地政府資金による橋台背面への再埋戻しを含む緊急補修により、復旧が実施された。

(3) 国道 8 号線改修計画 (ガーナ)

表 4.9 構造物破損の概要

項目		内容
完成年		2013 年 12 月
不具合確認時期		2017 年 4 月
破損形態		橋台のクラック、橋台の傾斜
問題の発生原因	外的要因	調査中
	内的要因	調査中
A1 橋台のクラック		A1 橋台石積護岸のクラック
		
A2 橋台のクラック		A1 橋台の傾斜
		

出典：JICA 調査団

● 破損の発生原因 (調査中)

橋台部のクラック

2017 年 4 月に確認された橋台部のクラックは、ガーナ国内でアルカリシリカ反応性試験を行ったところ、同反応の可能性が認められ、さらに骨材中に含まれる黄鉄鉱の影響の可能性も指摘されている。現在、各種現地調査、日本での国内解析 (アルカリシリカ反応性試験等) を実施し、総合的に発生原因の分析を行っている。

橋台部の傾斜

橋台部の傾斜が見られ、それに伴うゴム支承の変状が確認されている。変状原因については現在調査中であるが、背面埋戻し土の材料の問題、基礎型式 (単列柱) などが考えられる。




● 問題への対応

フォローアップ調査にて、破損原因に関する調査を実施するとともに、橋梁の機能維持に必要な補修計画を立案し、現地施工業者を活用した補修/補強工事が日本の資金により実施される予定である。

(4) 幹線道路橋梁改修 (国道 6 号線) (モザンビーク)

表 4.10 構造物破損の概要

項目		内容
完成年		2018 年 (推定)
不具合確認時期		2019 年 3 月 (ハリケーン イダイ)
破損形態		橋脚基礎の洗掘による沈下と傾斜
問題の発生原因	外的要因	想定を超える洪水
	内的要因	-
橋脚基礎の洗掘による沈下と傾斜		橋脚基礎の洗掘による沈下と傾斜
		

出典：JICA 調査団

● 破損の発生原因

写真手前から 2 番目の橋脚の基礎が洗掘を受け、傾斜するとともに沈下した。原因はサイクロン「イダイ」による流域の大洪水に伴い一体が広範囲に沈水したこと。一体は広大な平原であり、一部湿原もある。洪水流の橋梁部分への集中により基礎部分の地盤が浸食されたものと思われる。

● 問題への対応

現地政府資金による緊急補修により、橋台保護工の再施工などの最小限の復旧が実施された。

(5) 河川橋梁を計画する際の留意事

上記の案件事例から、コンクリート構造物については、施工時の品質管理 (適切な材料の選定)、十分な地質調査による不確定事項の排除と調査結果に基づく安定計算 (構造計算) の実施が重要であることを示している。また、想定外の河川流量の増加によって引き起こされる不具合については、取付道路の場合と同様、河川シミュレーションソフト等を用いた水衝部の確認、弱点の解析、現況だけでなく、過去の洪水状況なども適宜調査する必要があることを示している。

## 4.5. 舗装破損の形態

### (1) 舗装の破損形態

一般的に、舗装の破損は「路面破損」と「構造破損」に大別され、無償資金協力事業における舗装の主な破損形態として、ひび割れ、わだち掘れ、平坦性の低下、ポットホール、ずれ、剥離などが見られる。

表 4.11 アスファルト舗装の破損形態

アスファルト舗装の破損		破損の分類
ひび割れ	●線状 ・疲労ひび割れ ・わだち割れ ・施工継目ひび割れ ・リフレクションクラック ・温度応力ひび割れ ・凍上によるひび割れ	路面・構造
	●亀甲状 ・路床、路盤の支持力低下・沈下によるひび割れ ・基層の剥離によるひび割れ	路面・構造
	●凍上・凍結融解によるひび割れ	構造
	●アスファルト混合物の劣化・老化によるひび割れ	路面・構造
	●構造物周辺のひび割れ	路面・構造
わだち掘れ	路床・路盤の圧縮変形によるわだち掘れ	構造
	アスファルト混合物の塑性変形によるわだち掘れ	路面・構造
	アスファルト舗装の摩耗によるわだち掘れ	路面
平坦性の低下	縦断方向の凹凸	路面・構造
その他の破損	段差	路面・構造
	ポットホール	路面・構造
	剥離	路面・構造
	ポリッシング (すべり抵抗値の低下)	路面
	コルゲーション	路面
	くぼみ	路面・構造
	寄り	路面・構造
	陥没	路面・構造
ずれ (日本では見られなくなった破損)	路面	

出典：JICA 調査団

#### ● ひび割れ

##### ・ 線状ひび割れ

線状ひび割れには、縦断方向、横断方向、及び縦横断方向といくつかのひび割れ形状がある。代表的なりフレクションクラックは、基層の目地部やひび割れに誘発され、直上の表層アスファルト混合物にひび割れが発生するものである。また、セメント安定処理路盤に収縮ひび割れが発生した場合、それに誘発されて、その直上のアスファルト混合物にひび割れが発生するものもリフレクションクラックである。その他の事例として、「問題土(膨張性土)」によるものがある。この路肩部の縦ひび割れは、膨張性土による舗装破損の典型的初期症状である。

- ・ 亀甲状ひび割れ

亀甲状ひび割れは、水の影響等による路床・路盤の支持力低下・沈下を原因とするひび割れで、線状に生じたひび割れが亀甲状に発達するもの。主に走行軌跡部を中心にひび割れが発生することが多い。アスファルト混合物全層にひび割れが進行すると、雨水がそのひび割れを伝わって、路床・路盤に浸透する。これにより、路床・路盤の支持力が低下し、発生していた線状ひび割れが亀甲状ひび割れ、さらにポットホールへと進行していく。

- わだち掘れ

わだち掘れとは、車輪の荷重によって発生する道路横断方向の変形をいう。

- ・ 流動わだち掘れ

アスファルト混合物の変形は、アスファルト混合物の配合(骨材粒度、バインダの種類や量等)、及び外的要因としての交通荷重と温度によるものが最も大きいことから、比較的温暖な地域で重交通車両の多い道路で見られ、主に高温と重交通によるアスファルト混合物の流動(塑性変形)がその原因である。タイヤの走行位置のわだちやその外側への盛り上がりが見られるのが特徴である。

- ・ 路床・路盤の支持力低下によるわだち掘れ(沈下わだち掘れ)

路床・路盤の沈下によるわだち掘れは、地下水等の影響による路床・路盤の支持力低下、締固め不足のほか、舗装構造に対して過大な交通荷重が加わることで発生する。

- その他

- ・ ポットホール

ポットホールとは、舗装表面に生じた10~100cmの穴のことをいう。亀甲状ひび割れの飛散、アスファルト混合物の剥離等、他の破損が進行した結果として発生するが多い。また、簡易な舗装において、表層のアスファルト混合物の剥離・崩壊・散逸(剥がれ、めくれ)して生じる場合も多い。破損が進行した場合、ポットホールは走行に支障となるばかりでなく路盤・路床を損傷するため、早急な維持・修繕が必要である。

- ・ 剥離

排水施設の不備により舗装が剥がれた状態となるものや、薄い路肩舗装(DBST(二層表層処理舗装: Double Biminous Surface Treatment))が車両の通行や本線への流・出入により損傷を受け剥がれたもの。

- ・ コルゲーション

コルゲーションは、道路縦断方向に比較的短い波長で連続的に路面に発生する波上の凹凸である。自動車交通の制動や停止の繰り返しや振動等の影響により路面が周期的に加圧されることで生じやすいため、交差点流入部、曲線部、下り坂、渋滞路線等に発生する。

- ・ **陥没**

カンボジアやラオスで見られるドラゴンホールと呼ばれる（ドラゴンホールはカンボジアでの呼び名でトンネル侵食やシンクホールとも呼ばれる）盛土に発生する縦方向の穴。穴は、盛土上面や斜面に鉛直方向に発生し、直径20cm から時には1m 以上に発達する。ドラゴンホールの発生は、盛土材料の性質（分散性土）に起因している。

- ・ **ずれ**

アスファルト舗装のずれ（剥がれ、めくれ）とは、交通荷重により生じる舗装（又はアスファルト混合物）の層と層の間に生じるせん断力によってアスファルト混合物がずれ、舗装表面にひび割れと凹凸が発生することをいう。この破損原因は、主に層間の接着不良であり、接着不良の要因としては、層間への水の浸入による接着力の低下、タックコートの過剰散布あるいは散布量不足、施工不良等が考えられる。また、セメント安定処理路盤に薄いアスファルト層が乗った場合も発生する。

## **(2) 舗装の破損原因**

無償資金協力事業で問題となる舗装破損の原因は、外的要因と内的要因に分けることができる。外的要因については、準備調査段階で対応するものであり、内的要因は施工段階で配慮すべき項目である。

### 外的因子（主に準備調査にて対応する因子）

舗装破損の原因については、過積載車両等の大型車交通に起因するもの、及び路面温度による影響が大きいと考えられる。このような大型低速車両が多く通過する箇所では、アスファルト舗装の破損が予想より早くなる。また、年平均気温の高い地域においては、路面温度が上昇しアスファルト混合物の弾性係数の低下、流動化に繋がる。これらの要因は外的因子として以下のように取りまとめられる。

- 低速重車両（走行条件）
- 過大な交通量及び交通荷重（交通条件）
- 長期間の高温（自然条件）
- 問題土による路床の支持力低下（舗装構造設計）
- 水による路床・路盤の支持力低下、地下水による影響（排水設計）

### 内的因子（主に施工時に対応する因子）

内的な因子（主に施工時に関する因子）として以下のものが考えられる。

- 材料性状の確認不足
- 不適切な配合設計（骨材粒度、アスファルト量、空気量、飽和度等）
- 施工不良（アスファルト、骨材の選定と管理）

4.6. 舗装破損の事例分析

(1) 国道6号・7号線修復計画(カンボジア)

表 4.12 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		1998年6月
不具合確認時期		2004年
破損形態		陥没
破損分類		路面破損
破損確認時期		不明
想定される破損原因	外的要因	材料調査の不足(地雷撤去前であり不可効力)
	内的要因	不適切材料(分散性土)の使用(地雷撤去前であり不可効力)
分散性土を原因とするドラゴンホール(路肩)		分散性土を原因とするドラゴンホール(盛土)
		

出典: JICA 調査団

● 想定される破損原因


道路工事を行う上で問題となる土として、分散性土(Dispersive soil:カンボジア、ラオス、ミャンマー、オーストラリア、米国等に存在)がある。分散性土を含む盛土材、法面材を使用した場合、水分の浸入により土が水に溶解し、ガリ浸食、崩壊や「ドラゴンホール、またはトンネル侵食やシンクホール」と呼ばれる穿孔と陥没が発生するものであり、日本国内では見かけないものである。本事例の破損は、この分散性土を道路の材料に使用したことによるものである。

● 問題への対応

JICA はカンボジアで分散性土対策の試験工事を実施し、現地技術者が簡易に分散性土を見分けることができる簡易分散性試験、及び添加剤による改良等の対策工を提案している。(「4.7 舗装破損の要因分析」で詳述)

(2) 国道9号線改修計画(第1、第2期)(ラオス)

表 4.13 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2001年3月:1期、2002年12月:2期
不具合確認時期		2012年
破損形態		亀甲クラック
破損分類		路面破損(構造破損)
破損確認時期		不明
想定される破損原因	外的要因	材料調査の不足 想定を超える過積載車両
	内的要因	-
路面に発生したクラック		原因確認のための掘削
		 <p>2012 M. Furuki</p>
粘土化したセメント安定処理層		対象路線を通過する過積載車両
		 <p>(株)大林組神村氏提供 2011</p>

出典: JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因: 過積載車両

計画時(1990年代)の想定を超える荷重、及び材木運搬の過積載車両が破損原因の一因である。その後施工会社の強力な啓蒙活動、政府の政策転換により、極端な過積載はなくなった。

本国道改修事業では、対象とする国道の供用後の2006年に規制軸重が9.1tから11tに変更された。軸重管理の意識が低いこともあり過積載車両も多い。過積載車両の実態を把握するために、施工開始時に過積載調査を実施している。その結果を以下の表に示す。この表の調査期間は、2013年5月20日から2014年5月25日までの凡そ1年間であり、調査は24時間で実施された。集計の結果、本調査期間の過積載車両

の比率は約 20%であった。

表 4.14 過積載調査結果 (24 時間)

調査項目	調査結果	単位
(a): 軸重計測大型車	9,591	(台)
(b): 過積載車両	2,118	(台)
(c): 計測せず通過した車両	4,454	(台)
(d): 過積載車両割合 (d)=(b)/(a) x 100	22	(%)
(e): 積み降さなかった過積載車両割合 : (国道 9 号線を過積載状態で走行した車両割合)	80	(%)

出典：当該事業の工事事務所作成資料

#### 外的要因：セメント安定処理

セメント安定処理層の劣化も舗装破損の原因の一因であり、亀甲クラック状の損傷は極めて頻繁に発生する。本国道改修事業においては、セメント安定処理された既存の下層路盤の強度が、想定以上に小さいという問題が発生した。なお、当初工事で実施されたセメント安定処理のセメント混入率は 3%であった。一般に地下水の存在、そして施工（材料選定の不備）など、このセメント安定処理層の劣化原因は多岐にわたる。

#### ● 問題への対応

日本の無償資金協力によって改修された同路線に対して、その後、鉱山開発などにより大型車両の通行量が増加し、道路の損傷が拡大したことを受け、損傷の著しいセノ〜ムアンピンの舗装構造の強化、さらに排水設備を充実した道路構造への改修を「国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画」として改めて実施した。この再整備時に舗装の破損調査を実施し、その結果（セメント安定処理や材料の問題等）を再整備の計画／施工に反映させた。

(3) 幹線道路改修計画 (二次) (エチオピア)

表 4.15 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2004年10月
不具合確認時期		2012年
破損形態		亀甲クラック
破損分類		路面破損(構造破損)
破損確認時期		不明
想定される破損原因	外的要因	排水施設の不備
	内的要因	-
発生した亀甲クラック		破損部からの水の噴出
		
水の噴出部の近景		道路脇に滞水した雨水
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因：排水施設の不備（サグ部）

河川を挟んで対称形に損傷が起きている。路肩等から侵入した雨水が路盤を伝ってサグ部に集中したものの。このため路盤が軟弱化しポンピングが発生。横断暗渠の設置により、路盤内の水を排出する設計とすることで防げる破損である。

外的要因：排水施設の不備（切土部）

斜面区間を切土・盛土で建設する場合、切土側の排水不良、湧水処理を適切に行わないと、路盤の帯水による支持力低下が舗装の損傷を生む。この写真の場合、山側の路面に補修跡が見られ、排水側溝の維持管理不良による路盤劣化が発生していると見られる。



● 問題への対応

現地政府による維持管理作業にて破損部の補修が継続的に実施されているが、排水施設の再整備等の根本的な対応は取られていない。日本政府のノン・プロジェクト無償によるアスファルトの供与等による補修が検討されているとともに、道路アセットアドバイザー業務(2021年)にて継続的な補修対策等の支援を実施している。

(4) キルワ道路拡幅計画 一期、二期(タンザニア)

表 4.16 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		一期:2008年8月、二期:2009年9月
不具合確認時期		供用直後(一期、二期とも)
破損形態		わだち掘れ、寄り、ポットホール
破損分類		路面破損
破損確認時期		供用開始時
想定される破損原因	外的要因	交通量(軸重)予測値の相違
	内的要因	配合設計(低い空隙率)
表層の側方流動(わだち掘れ)		表層の側方流動(コブの発生)
		
側方流動とポットホール		改質アスファルトによる補修後 (クラック発生に対してシーリングで再補修)
		

出典: JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因：交通量予測値の差異

表 4.14 は対象道路の交通量調査結果と予測値の比較である。2014 年の大型車交通量の実測値と予測値に大きな乖離があり、大型バスで予測値の 78 倍、トラックで約 2 倍、トレーラーで約 8 倍となっている。この内、大型バスについては、ミニバスから大型バスへの移行という「政策転換」により生じた乖離であるが、トラック、トレーラーの乖離については、輸入規制の緩和と高い経済成長率を背景とした貨物量の急激な増加も一因であると考えられる。

表 4.17 予測交通量と実測値の比較 (キルワ道路)

年	自動二輪	小型車両	小型バス/ ピックアップ	中・大型バス	2軸トラック	3軸トラック	トラクトレーラ	その他	単位:台/日・両方向	
									合計(大型)	備考
2005	422	5,128	4,629	11	566	222	100	22	899	実測値(JICA)
2006	441	5,359	4,837	12	591	232	105	23	940	予測値
2007	461	5,600	5,055	12	618	242	110	24	982	予測値
2008	482	5,852	5,282	13	646	253	115	25	1,027	予測値
2009	504	6,115	5,520	14	675	264	120	26	1,073	予測値
2010	527	6,390	5,768	15	705	276	125	27	1,121	予測値
2011	-	18,029	13,526	3,066	2,568	2,070	1,977	-	9,681	実測値(鹿島)

出典：JICA 調査団

内的要因：低空隙率及び粒度分布のずれ

キルワ道路拡幅工事については、コア採取を実施し、アスファルト混合物の性状について日本で試験を実施した。その結果、以下の課題が指摘されている。

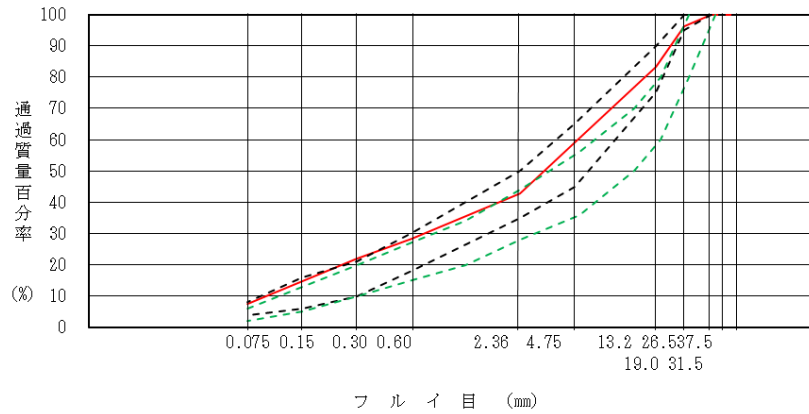
- ・ **密度/空隙率**：コアの空隙率は1.5%と過少な値を示した。密粒度アスコン系の混合物の空隙率は舗設時には7%前後であり、繰り返し荷重により徐々に低下していくが、現状では圧密による流動わだち掘れが発生しやすい状態である。

表 4.18 コア抜き試験結果 (2013 年)

項目	タンザニア			
	キルワ道路	ネルソンマンデラ道路 (状態が良好)		
		1層目	1層目	2層目
層厚(cm)	6.5	6.5	8.3	9.0
最大密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.593	2.626	2.618	2.593
かさ密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.555	2.492	2.571	2.498
空隙率(%)	1.5	5.1	2.0	4.0
安定度(KN)	5.82	10.64	20.22	14.93
フロー値(1/10mm)	30	52	55	49
針入度(1/10mm)	45	15	33	19
軟化点(°C)	54.5	63.5	59.0	54.5
アスファルト含有率(%)	4.55	4.50	4.37	4.01

出典：JICA 調査団

- ・ **粒度**：日本の密粒度アスコン (最大粒径20mm) に近い粒度分布であるが、タンザニア工事仕様書の粒度範囲を上側に大きく外れており、細かめの粒度分布となっている。



赤実線：試験で得られた粒度分布  
 黒破線：密粒度アスコン（最大粒径 20mm）〔日本〕  
 緑破線：AC（Asphalt Concrete）20（最大粒径 20mm）（タンザニア工事仕様書）の粒度範囲  
 出典：JICA 調査団

図 4.1 ふり分け粒度図（キルワ道路）

● 問題への対応

本道路の改修事業の内、第一次改修計画で実施された区間については、現地政府資金により全面的に再改修が実施された。第二次改修計画区間については、瑕疵期間に発生した不具合であるとして、施工会社（日本）により全面的な補修（表層の撤去、再舗設）が実施された。補修工事では、プラントミックスによる改質アスファルトを採用したが、上層路盤で採用したセメント安定処理層を要因とするリフレクションクラックが発生したため、シーリングによる再補修を実施した。

(5) 第三次幹線道路改修計画 (エチオピア)

表 4.19 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2009年1月
不具合確認時期		供用直後
破損形態		わだち掘れ、コルゲーション
破損分類		路面破損 (構造破損)
破損確認時期		施工後2ヶ月経過後
想定される破損原因	外的要因	高温 (路面温度上昇) 低速重車両
	内的要因	骨材のかみ合い
勾配区間でのわだち掘れの発生		曲線区間でのわだち掘れの発生
		
平坦区間でのコルゲーションの発生		曲線区間を通過する大型車両
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因①：想定を上回る高温

年間を通して気温が高い熱帯諸国においては、舗装表面温度が軟化点を上回り、60℃以上となる。そのため、アスファルト混合物は流動しやすくなり、わだち掘れ、寄り（こぶ）、コルゲーションなどの変形を生じる。対象路線においては、60℃を超える路面温度が観測された。

表 4.20 舗装温度(表面)の計測結果

測定箇所: エチオピア国第三次幹線道路改修区間(ゴハチオン～アバイ間)

測定日: 8月28日

測定時間: 14:30～16:30時 天候: 雨のち曇り

時間	14:30	14:35	14:40	15:10	15:30	15:40	16:00	16:10	16:30
起点からの距離	700m	1200m	3200m	4900m	10500m	12000m	14000m	17800m	19500m
標高	2410m	2375m	2253m	2135m	1760m	1636m	1493m	1177m	1070m
計測	1回	25.6	25.4	43	48.7	48.4	48.6	48.4	44.6
	2回	25.2	25.2	43.9	49.1	48.6	48.8	48.4	44.8
	3回	25.5	26.4	44.9	49.1	48.4	48.9	48.5	44.7
平均(°C)	25.4	25.7	43.9	49.0	48.5	48.8	48.5	48.6	44.7

測定箇所: エチオピア国第三次幹線道路改修区間(デジェン～アバイ間)

測定日: 8月29日

測定時間: 11:00～12:30時 曇りのち晴れ

時間	11:15	11:30	11:40	11:45	11:52	12:10	12:20	12:25	12:30
起点からの距離	39600m	38000m	34000m	32000m	29100m	25300m	22000m	21550m	20000m
標高	2445m	2407m	2120m	1997m	1823m	1513m	1261m	1215m	1070m
計測	1回	36.9	38.1	37.2	48.6	51.1	54.5	58.9	61.6
	2回	37.1	38.2	36.9	48.4	51.6	54.3	57.8	59.8
	3回	36.8	38.2	37	48.5	51.6	55.1	58.3	60.5
平均(°C)	36.9	38.2	37.0	48.5	51.4	54.6	58.3	57.4	60.6

出典: JICA 調査団

### 外的要因②: 急な下り勾配(低速重車両)

対象路線では、低速で走行する大型車両が数多く見られた。これらの車両の走行速度は 20km/h 以下であり、縦断勾配の急な区間では 10km/h 以下にまで落ちることが確認されている。急こう配区間の下りでは、車両が制動をかけることによって舗装を前に押し出す作用が働き、小刻みに繰り返すことで洗濯板のような連続した小波が発生する。その現象がコルゲーションである。一方で、上りでは、車両の走行速度が落ちるため、交通荷重が路面に作用している時間が長くなり、わだち掘れが促進される。

### 内的要因①: 骨材のかみ合い

リフューザルデンシティの規定があつたにもかかわらず実施されていなかった。欧米をはじめとする先進国において、骨材のかみ合いが変形抵抗性向上に寄与するとは広く知られている。リフューザルデンシティ(終局密度)は転圧後及び供用後の残存空隙率(=舗装の骨材のかみ合い)を担保するための手法である。残存空隙率を確保することは、舗装の変形抵抗性を確保することである。変形抵抗性を確認しなければ、舗装変形抑止は担保できない。また、本案件では、日常管理においてリフューザルデンシティを実施することを規定していた。なおかつ、実施することを規定していたにもかかわらず基準値を設定してなかった。リフューザルデンシティの意図を考慮すれば、使用材料の品質確認の位置づけで定期管理(配合試験時)に実施するべきであり、基準値を設けるべきである。本案件のように、当該国に基準がある、あるいは特別に指示があつたなど、マーシャル安定度試験以外の管理が採用される場合がある。

### 内的要因②: 低空隙率及び高いアスファルト量

第三次幹線道路改修計画については、コア採取を実施し、アスファルト混合物の性状について日本で試験が実施されている。その結果、以下の課題が指摘されている。

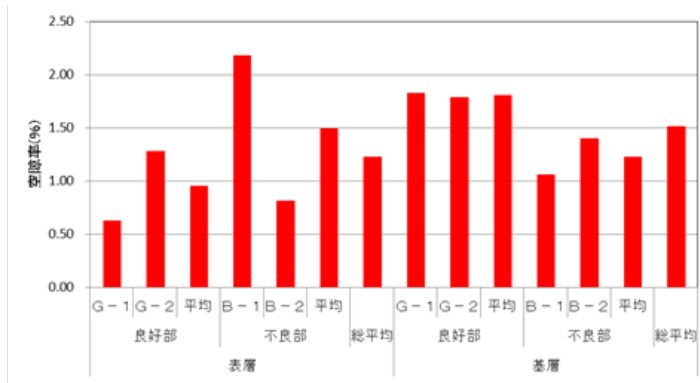


図 4.2 空隙率の試験結果

**空隙率**

表層・基層共に空隙率はほぼ2%以下と低い値となっており、圧密による流動わだち掘れが発生しやすい状態であると考えられる。

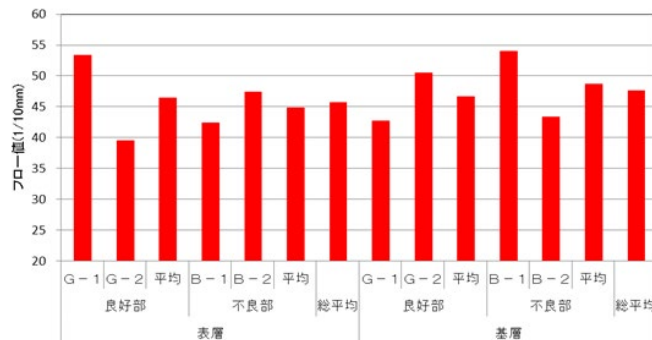


図 4.3 フロー値の試験結果

**フロー値**

全般的にバラツキがあるが、平均で表層・基層共に45を上回り(通常の表層・基層の配合設計時の基準値は20~40 1/10mm)、高温においてより変形しやすい混合物であると考えられる。

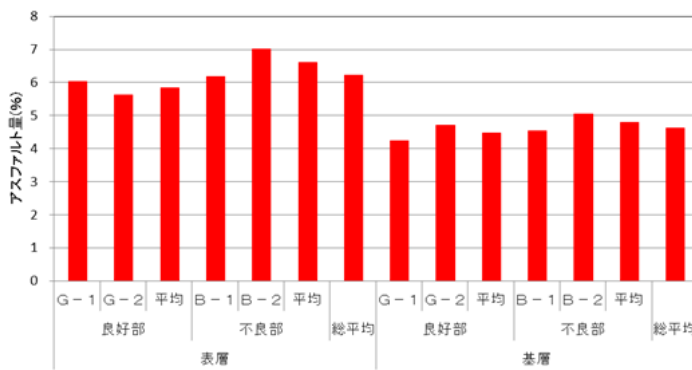


図 4.4 アスファルト量の試験結果

**アスファルト量**

表層部では不良部のアスファルト量が7.1%と高い結果となっており、何らかの理由でアスファルトが多く混入した可能性がある。それを除くと、概ね6%程度のアスファルト量であった。基層部も多少のバラツキはあるが平均で4.6%となっている。

出典: JICA 調査団

● 問題への対応

無償資金協力による道路維持管理の資機材供与、地すべり対策への技術協力プロジェクト等を継続的に実施している。現在、日本政府のノン・プロジェクト無償によるアスファルトの供与等による補修が検討されているとともに、道路アセットアドバイザー業務(2021年)にて継続的な補修対策等の支援を実施している。

(6) リビングストーン市道路整備計画 (ザンビア)

表 4.21 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2010年3月
不具合確認時期		供用直後
破損形態		わだち掘れ
破損分類		路面破損
破損確認時期		供用直後
想定される破損原因	外的要因	
	内的要因	粒度分布のずれ
破損写真 写真 a (深刻な不具合)		写真 b (部分的な不具合)
		
写真 c (良好な状態)		現地政府改修後 (わだち掘れの再発生)
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

内的要因①：粒度分布のずれ

この事例では骨材粒度分布の外れ具合と破損状況とは明確に関連している。図 4.5 の a)においては粒度の小さな成分 (特に 0.6mm以下) が多いことから、粗骨材相互のかみ合いが充分でなく、このことが主要な原因となって破損に至ったと考えられる。このことから、わだち掘れの要因として粒度分布、あるいは粗骨材のかみ合いが重要であることが示されている。なお、この事例の仕様を外れた粒度分布は、アスファルトプラントの不適切な管理が原因となっているとみられている。この事例は、粒度管理を適切に行うことの重要性を示しているが、路面温度が極端に高い等の場合、ストレートアスファルトでは、たとえ骨材のかみ合いが十分でも流動化が発生する可能性があるので留意する。

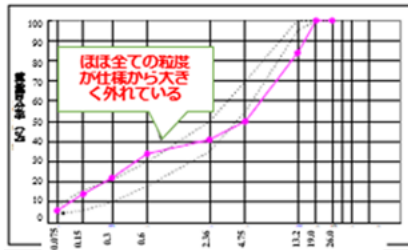


写真 a (深刻な不具合)  
粒度外れ率の平均 11.4%。深刻な不具合区間では、顕著なわだちや流動が見られる。

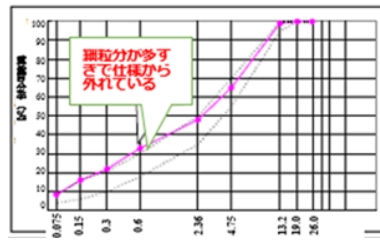


写真 b (部分的な不具合)  
粒度外れ率の平均 6.9%。部分的な不具合区間では、道路端部での局所的な流動が見られるものの、深刻な不具合区間に比べ良好な状態にある。

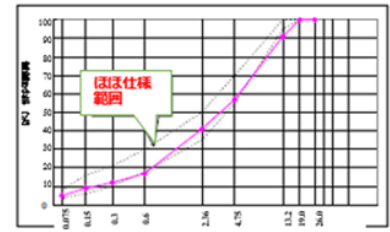


写真 c (良好な状態)  
粒度外れ率の平均 2.3%。許容範囲の下限側である。

出典：JICA 調査団

図 4.5 粒度分布の比較

### 現地ヒアリング結果

この事例では、補修工事の設計/施工監理を担当した現地コンサルタントへのヒアリングを実施した。現地コンサルタントの分析結果では、無償工事の不具合の原因は以下の通りであった。

- ・ 日本で実施した改修工事に関しては、プルーフローリングとマテリアルレポートの照査の結果、路盤には問題はなく、表層のアスファルトに幾つかの問題があった。①高いアスファルト量、②Lime Stone (非常に弱い石) のアスファルト骨材への利用、③スペックを外れた粒度分布である。
- ・ また、交通量調査の結果も大きく異なり、BCHOD<sup>1</sup>の実施した交通量調査結果は、日本の設計に使用された交通量に比べ、非常に大きな数字であった。

#### ● 問題への対応

本道路の不具合は供用直後(瑕疵期間内)に発生したが、施工会社(日本)による補修は実施されず、現地政府資金により南アフリカの建設会社による補修施工(現地コンサルタントの施工監理)が実施された。現地政府による補修後も、交差点前後ではわだち掘れが再発生している。

<sup>1</sup> ザンビア国ルサカ市に本社を持つ現地建設コンサルタント



(7) ドウスティ〜ニジノピャンジ間道路整備計画(タジキスタン)

表 4.22 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2010年11月
不具合確認時期		2011年(完工より6ヶ月経過後)
破損形態		側方流動、ずれ(表・基層の界面、アスコン層とセメント処理路盤の界面)
破損分類		路面破損
破損確認時期		完工より6ヶ月経過後
想定される破損原因	外的要因	気温の年較差(寒暖の差が激しい) 過積載車両
	内的要因	セメント安定処理路盤の上層路盤への採用
表層のずれ(はがれ)		側方流動の発生
		
亀甲クラック発生部の表層の散逸		表層のずれ(はがれ)
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因①：気温の年較差

アスファルトは温度に鋭敏な素材である。温度が高いと粘性が弱まり、温度が低いと硬化する。つまり、高温では変形しやすく、低温ではひび割れに対し脆弱化する。特に、急激な温度低下を伴う地域では、アスファルト舗装の収縮に起因して、横断方向にほぼ一定間隔にひび割れが発生する。温度応力ひび割れは、寒冷な地域に発生しやすく、アスファルト舗装厚が薄い箇所が発生が顕著である。

外的要因②：過積載車両

舗装設計は、10 t 軸重換算によって設計されている。軸重 10t を超える過積載車両は、舗装の早期破損を促進する。途上国では、過積載に対する法規制の整備が遅れている場合が多い。

内的要因①：セメント安定処理上層路盤の採用

セメント安定処理路盤とアスコン層の剛性(たわみ量)が異なるため、層間でずれが生じやすい。また、路盤表面が平滑であればさらに滑りの原因となる。対策として、上層路盤にセメント安定処理を適用する場合に、その上層のアスコン層の最低厚さを規定している例があるほか、アスコン層のずれ防止のため、界面にチップシールを施すことを規定している例がある。

● 問題への対応

本道路の不具合は完了後のモニタリングで報告され、現地政府より早期の補修及びオーバーレイの実施が必要との見解が示されたものである。このため、状況確認のため事後現状調査により、破損原因分析と補修計画の立案が実施された。また、補修計画に対する技術的な支援として、道路維持管理機材整備(無償資金協力)、計画道路維持管理改善プロジェクト等を実施した。

(8) ニューバガモヨ道路拡幅計画 一期 (タンザニア)

表 4.23 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2014年5月
不具合確認時期		2018年
破損形態		わだち掘れ、側方流動
破損分類		路面破損
破損確認時期		不明
想定される破損原因	外的要因	低速重車両
	内的要因	低い空隙率
側方流動の発生 (ハンプ手前)		わだち掘れの発生 (ハンプ通過後)
		
わだち掘れの発生 (交差点流入部)		わだち掘れの発生 (交差点流入部)
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因①：低速重車両及び繰り返しの制動

対象道路については、供用後に歩行者横断部に現地政府によりハンプ（速度抑制施設）が設置された。このハンプの前後区間、及び交差点流入部でわだち掘れが発生した。原因としては、ハンプ前後及び交差点流入部での大型車両の低速走行と繰り返しの制動であると考えられる。

外的要因②：骨材のかみ合わせ

対象路線におけるコア抜きによる試験結果を表 4.21 に示すが、わだち掘れ部の空気量が非常に小さくなっていることがわかる。つまり、圧密による流動わだち掘れが発生しやすい状態であると考えられる。

表 4.24 コア抜き試験の結果

粒度 (mm)	わだち掘れ箇所	良好箇所
28	100	100
20	100	100
14	99.8	99.7
10	85.1	81.1
5	54.5	56
2.36	35.1	36.3
1.18	28.1	29.6
0.6	24.6	26.2
0.3	21	21.6
0.15	16.1	16.4
0.075	12	13.1
アスファルト量 (%)	3.7	3.9
空気量 (%)	2.2	3.7
フロー値 (mm)	2.0	2.0
安定度 (kN)	18.0	16.0

出典：JICA 調査団

● 問題への対応

不具合発生の一因である「ハンプ」は、現地政府により引き渡し後に設置されたものである。このため、日本側から本不具合に対する支援は検討されていない。

(9) 第四次幹線道路改修計画 (エチオピア)

表 4.25 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2014年3月
不具合確認時期		2018年(事後調査)
破損形態		わだち掘れ、クラック
破損分類		構造破損
破損確認時期		2018年12月
想定される破損原因	外的要因	問題土
	内的要因	-
わだち掘れの発生		わだち掘れと亀甲クラックの発生
		
		
亀甲クラックと簡易な補修 (現地政府)		現地政府による補修状況 (破損部分の撤去)

出典：JICA 調査団

- 想定される破損原因 (現地調査結果：雇人による調査)

外的要因：問題土 (ブラックコットンソイル)

目視観察の結果、舗装の早期破損は、問題土 (膨張土) の膨潤効果による路床の沈下が主な原因である可能性が高い。膨張土と呼ばれるブラックコットンソイルは、含水することで膨張し軟弱化する。そのような問題土が路床に存在すると、支持力を失い交通荷重に耐えられなくなる。

- 問題への対応

不具合が発生してから間もないため、現時点で対応は行われていない。道路アセットアドバイザー業務 (2021年) による現地政府に対する技術的支援が想定されている。

(10) 国道一号線橋梁改修計画(カアカ橋)(ギニア)

表 4.26 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2017年6月
不具合確認時期		2018年(供用後9ヶ月経過後)
破損形態		フラッシュ、わだち掘れ
破損分類		路面破損
破損確認時期		供用後9ヶ月経過後
想定される破損原因	外的要因	高気温(路面温度上昇) 低速重車両
	内的要因	配合の不備(アスファルト量過剰、細粒分過剰) プラント製造工程の不備(計量精度) 許容誤差の範囲
わだち掘れの発生		補修舗装工事(瑕疵)
		
アスファルト舗装による補修完了		補修区間での流動の再発生
		

出典: JICA 調査団

● 想定される破損原因

外的要因①: 高気温(路面温度上昇)

路面温度が60度を超えると変形抵抗性が極端に弱まり、わだち掘れ、寄り(こぶ)、コルゲーションなどの変形を生じる。本現場の年平均気温は31.0℃と高く、舗装温度は60℃を超えるものと想定される。

外的要因②: 低速重車両

縦断勾配9%、曲線半径130m→57mの見通しの悪いSカーブ、横断勾配6%の条件において、過積載車両を含む大型車交通の走行速度が約10km/hと低速となる。

### 内的要因①：配合の不備

フラッシュとは、舗装表面にアスファルトモルタルが滲みだす現象であり、ブリージングとも呼ばれる。アスファルト混合物のアスファルト量が過剰である場合や、細粒分が過剰である場合に発生する。配合試験時に締固めた供試体や、試験練り時に練り落した混合物について、ギラツキがないか、アスファルトの膜厚が適切か、過剰に黒々としたツヤをしていないかなどを入念に観察することで予防できる可能性がある。

### 内的要因②：プラント製造工程の不備

アスファルト混合物について、配合試験時及び試験練り時に問題がなかった場合は、プラントにおける製造時の工程管理に問題がある場合が多い。連続式プラントの場合は、アスファルトの噴射量や骨材の流量が安定していない場合に発生する。バッチ式プラントでは、計量器の精度が不正確である場合に発生する。

### 内的要因③：許容誤差の範囲

アスファルト混合物の品質管理基準に関する許容誤差が寛容すぎる。本案件では国交省の基準を流用しているものと思われるが、現実的ではない。ハンドブックでは NEXCO（日本高速道路株式会社：Nippon Expressway Company Limited）の基準<sup>2)</sup>を推奨している。

... 国交省基準：アスファルト量  $\pm 0.9\%$ 、2.36 mm通過量  $\pm 12\%$ 、75 $\mu\text{m}$  通過量  $\pm 5\%$

... NEXCO 基準<sup>2)</sup>：アスファルト量  $\pm 0.3\%$ 、2.36 mm通過量  $\pm 4\%$ 、75 $\mu\text{m}$  通過量  $\pm 1.5\%$

#### ● 問題への対応

本道路の不具合については、瑕疵期間に発生した不具合であるとして、施工会社（日本）により全面的な補修（表層の撤去、再舗設）が実施されたが、補修区間において再度わだち掘れが発生した。このため、アスファルトプラントの調達等の問題も有り、最終的にコンクリート舗装による補修を実施した。

(11) ウゴング道路拡幅計画 (ケニア)

表 4.27 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2018年1月
不具合確認時期		2019年(供用後7ヶ月経過後)
破損形態		亀甲状クラック
破損分類		構造破損
破損確認時期		供用後7ヶ月経過後
想定される破損原因	外的要因	-
	内的要因	舗装の劣化(不良材料、アスファルト過加熱)
<p>わだち掘れ及びクラックの発生</p>  <p>クラック発生部の開削調査</p> 		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

内的要因①：舗装の劣化

亀甲状のクラックが、舗装表面から発生し内部に向かって伸長するのは、舗装の劣化(老化)の現象である。アスファルトが経年劣化すると粘性を失いひび割れに対して脆弱化する。本案件のように、まだ若い舗装で発生するのは、使用アスファルトの品質不良やプラント製造時の過加熱による熱劣化が考えられる。なお、車輪軌跡上に縦線状クラックが表面から発生している場合は、わだち割れと呼ばれる現象であり、大型交通量過多など外的要因が考えられる。



● 問題への対応

本道路の不具合については、瑕疵期間に発生した不具合であるとして、施工会社（日本）により全面的な補修（表層の撤去、再舗設）が実施された。

(12) ナイル架橋建設工事（有償）（ウガンダ）

表 4.28 舗装破損の概要

項目		内容
完成年		2018年9月
不具合確認時期		施工中
破損形態		寄り、橋面わだち掘れ
破損分類		路面破損
破損確認時期		供用直後
想定される破損原因	外的要因	-
	内的要因	不適当な防水層材料
橋面上のわだち掘れ（上り線）		流動部の近景
		
橋面上のわだち掘れ（下り線）		
		

出典：JICA 調査団

● 想定される破損原因

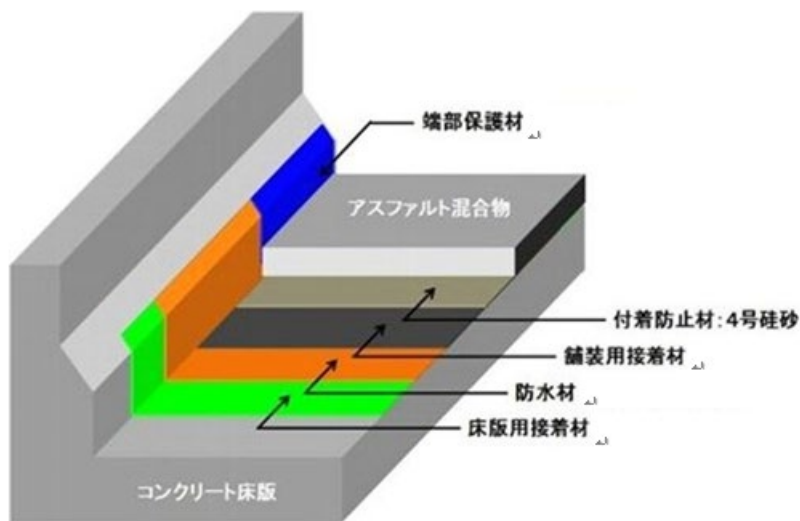
内的要因①：不適当な防水性材料

施工業者から提案のあった「ウレタン系防水材」と「アスファルト系防水材」から、施主の選択した防水材がウレタン系防水材であった。ウレタン系防水材については、日本の新東名高速道路にも広く採用さ

れており、実績をあげている。しかしながら、初期の施工区間（静岡県内の区間）では、ウレタン防水層とアスコン層とを接着する接着層の接着不良が原因で舗装に不具合が発生した。本案件でも、ウレタン防水層とアスコン層との接着不良が原因と思われる。

● 問題への対応

本道路の不具合については、施工期間中に発生したものであり、施工会社（日本）により全面的な敷設作業のやり直しが行われた。再舗設時には、接着層が改良され、現在では接着不良の問題は解決されている。ウレタン防水工法の構成断面の例を図 4.6 に示す。



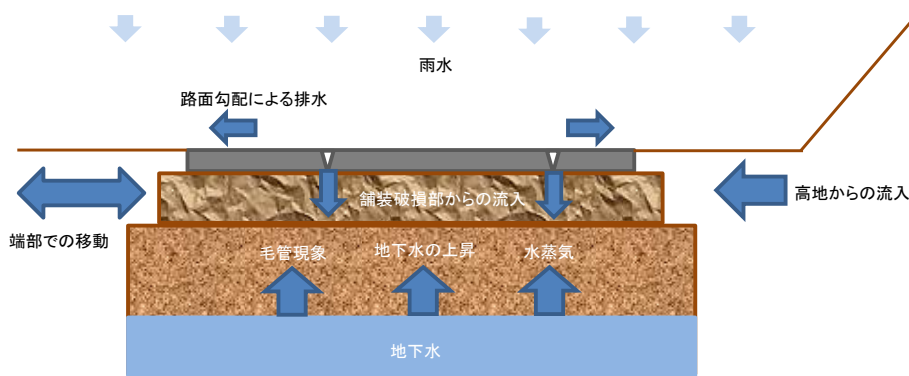
出典：NETIS（新技術情報提供システム：New Technology Information System）

図 4.6 ウレタン系床版防水工 構成断面（例）

## 4.7. 舗装破損の要因分析

### (1) 排水施設の不備

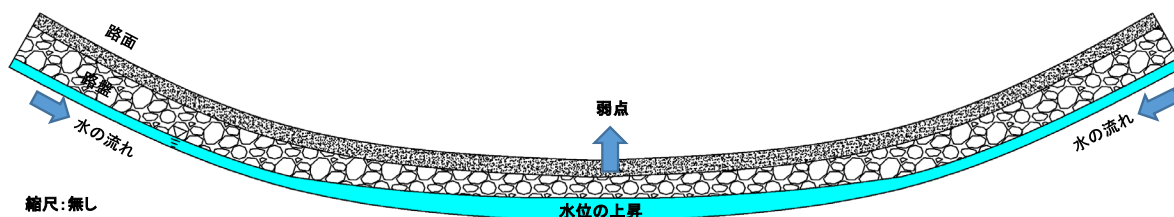
道路の排水は表面排水と地下排水に大別される。水の影響による特徴的な舗装の破損として、切土区間の地下水、サグ部付近での路盤内における地下水によるものが顕著である。また、その他に表流水の流下、及び低地部の冠水による、路盤・路床の軟弱化も原因であることが知られている。図 4.7 に道路舗装に影響を与える可能性のある水の流れを示す。



出典：JICA 調査団

図 4.7 舗装へ影響を与える可能性のある水の動き

具体的には、高地側からの地下水に対し側溝の深さが不足しているため、地下水が路盤内に入り込み強度を低下させているもの、雨期に上昇した地下水位や路盤内を流れた水が流速低下などによるサグ部における水位上昇をとまって、路盤の強度を低下させているもの等がある (図 4.8 参照)。

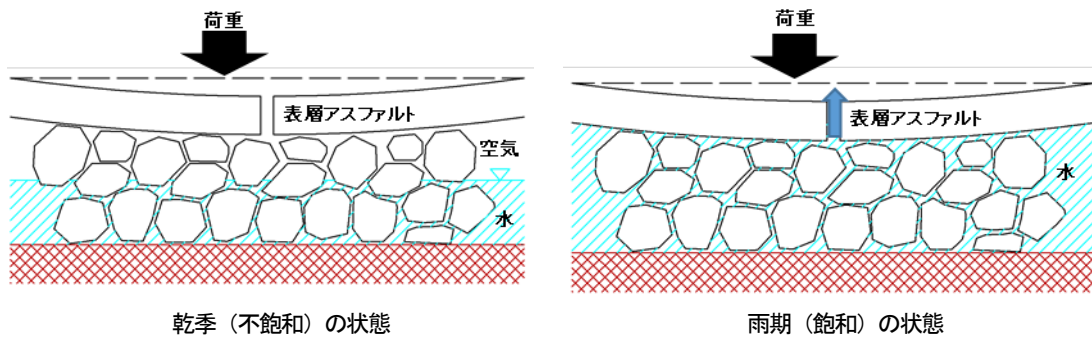


出典：JICA 調査団

図 4.8 サグ部における水の流れ (舗装破壊のメカニズム)

路盤、特にクラッシャーランの場合、透水係数は  $10^{-3}$  程度であって、もし外部から路盤内に雨水や地下水が流入しているとその水量は一雨季の期間中には十分飽和に至ると推定される。水で飽和した路盤は上をアスファルト、下を路床と、いずれも透水係数のきわめて小さい層で拘束されているために、表層から荷重をうけた場合わずかな変形を生じて、路盤内の飽和水が小さな粒子を巻き込みながら移動する現象、すなわち一種のポンピング現象が発生すると考えられる。その表層にいったん小さなクラックが発生すると、そこに逃げ道を見出した被圧水が泥水となって噴出し (図 4.9)、急速に致命的な破損

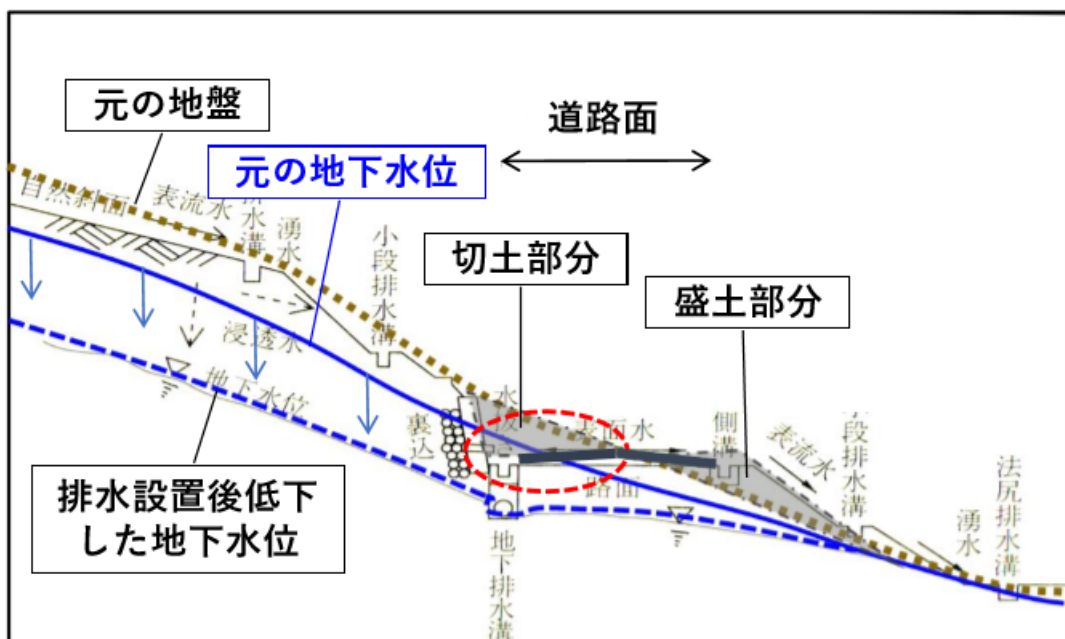
に至る。



出典：JICA 調査団

図 4.9 想定されるポンピング現象

図 4.10 のような構造区間における、元の地盤、元の地下水位、切土後縦断排水施設設置後の地下水位の模式図を示す。排水施設がない場合は、主に切土側（山側）路盤への地下水の侵入によって（朱線で囲んだところ）支持力低下が起きて、路面損傷が発生する。



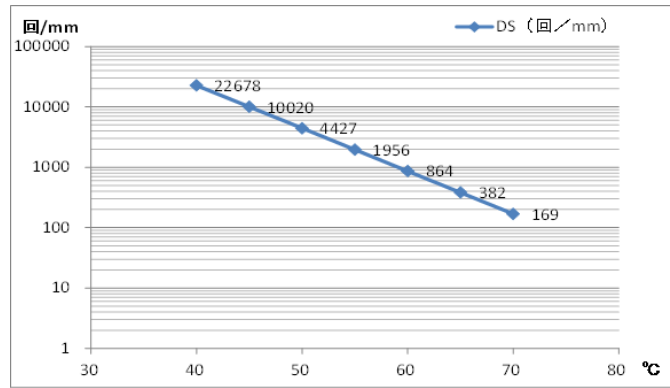
出典：JICA 調査団

図 4.10 切土区間の水の流れ

## (2) 高い路面温度の問題（外的要因）

舗装の主要材料であるアスファルトは感温性の性質を持ち、温度によって粘度が変化する。高温では粘度は小さくなり（流動体となる）低温では粘度が高くなる（弾性体となる）。アスファルト混合物は、アスファルトのそのような性質を利用したものである。一般にアスファルトの温度が 140℃以上のときには、練り混ぜ、敷き均し、転圧が容易であり、50℃以下では変形しにくい。アスファルトには軟化点

とよばれる温度(一般に 50°C前後)があり、その温度を境に粘度が大きく変化する。また、200°Cを超えるような極度の高温では炭化(酸化)して粘性を失い脆弱化する。逆に、氷点下になるような極度の低温では、弾性を失い破断しやすくなる(低温ひび割れ)。このため、アフリカ諸国等、年間を通じて高い路面温度が想定される地域では、表層の流動わだち掘れが大きな問題となる。日本では、この舗装温度<sup>2</sup>とアスファルト舗装(ストレートアスファルト使用)の強度(DS(動的安定度: Dynamic Stability)値)の関係について、ホイールトラッキング試験を基に以下の関係式が得られている。



出典: 舗装技術の質疑応答 第7巻上<sup>3)</sup>を基に JICA 調査団作成

図 4.11 舗装温度と動的安定度の関係

$$\text{Log}_{10}(\text{DS}) = 8.656 - 0.07095T - 0.2285P \quad (\text{式4.1})$$

DS: 動的安定度 (回/mm)

T: 舗装温度 (°C)

P: 接地圧 (kgf/cm<sup>2</sup>)

出典: 舗装技術の質疑応答 第7巻上<sup>3)</sup>

この関係式をグラフにしたものが図 4.11 である。これによれば、通常の試験温度(60°C)の DS 値 864 回/mm に対して、65°Cで 382 回/mm、70°Cで 169 回/mm とそれぞれ 44%、20%の強度に低下する。このことから、高温の日が続いた場合等には、アスファルト舗装がわだち掘れを起こしやすくなることがわかる。

### (3) 大型車両の舗装への影響(外的要因)

車両の荷重が舗装を損傷するエネルギーは、その輪荷重の 4 乗に比例するという原則がある。これは竹下春見博士が AASHTO (米国全州道路交通運輸行政官協会: American Association of State Highway and Transportation Officials) の道路試験データを解析して導き出したものである。

$$\text{舗装の破壊係数} : f = (P/5)^4 \quad (\text{式4.2})$$

f: 舗装の破壊係数

P: 輪荷重

表 4.26 からわかるように、大型車両で輪荷重 5t (軸重 10t) とした場合、小型車両(乗用車等)の比

<sup>2</sup> 舗装温度: ホイールトラッキング試験では、供試体全体を加熱するため舗装温度と表現される。一般的に舗装の温度は、路面温度(表面温度)に対して深さ方向に温度が低くなる。

較において、輪荷重が20倍であるのに対して舗装の破壊エネルギーは16万倍となる。また、大型車両を過積載と想定し輪荷重を10tとした場合、破壊係数の大きさは輪荷重が2倍であるのに対して16倍となり、過積載車両の舗装へ与える影響が非常に大きいことがわかる。

表 4.29 舗装の損傷と輪荷重の関係

車種	輪荷重 (t)	大型車 (通常) との 輪荷重の比率	破壊係数 (f)	大型車 (通常) と の f の比率
小型車両	0.25	0.05	0.00000625	1/160,000
大型車両 (通常)	5.0	1.0	1.0	1.0
大型車両 (過積載)	10.0	2.0	16.0	16.0

出典: JICA 調査団

#### (4) 急勾配区間における低速重車両の問題 (外的要因)

低速で走行する大型車両が数多く見られた。これらの車両の走行速度は20km/h以下であり、縦断勾配の急な区間では10km/h以下にまで落ちることが確認された。これらの車両が舗装へ与えるダメージは、40km/h以上で走行する通常の状態より大きいと想定される。この想定される課題を明らかにするために、本調査では日本国内において試験を実施した。試験結果を表4.27に示す。

表 4.30 WT (ホイールトラッキング: Wheel Tracking) 試験結果

As量 (%)	種類	上載荷重		走行速度 (回/分)	動的安定度 (DS) (回/mm)	変動係数 (%)	変形率 (RD*) (mm/min)
		試験輪荷重 (KN)	接地圧 (MPa)				
5.3	標準	686	0.63	42	492	18.4	0.085
	重車両	980	0.90	42	348	17.7	0.121
	低速	686	0.63	21	294	6.8	0.143

\*RD: Rate of Deformation

出典: JICA 調査団

本試験結果によれば、①走行速度を1/2 (161.0mm/sec→80.5mm/sec)とした場合、試験輪荷重時間は2倍 (0.14sec→0.27sec)となり、変形率 (RD) は約1.7倍 (0.085mm/min→0.143mm/min)に増加する。②上載荷重を1.4倍 (0.63Mpa→0.90Mpa)とした場合の変形率 (RD) は約1.4倍 (0.085mm/min→0.121mm/min)となり、変形率は上載荷重に比例するものと考えられる。このことから、アスファルト舗装の変形は、車両の重量のみならず、走行速度の影響を受けていることが推測される。本試験結果から得られる結果としては、低速 (通常状態の1/2とする) の重車両 (輪荷重で通常の1.4倍とする) は、通常状態の大型車約2.4 (1.7x1.4) 台分に相当する。

また、アスファルト舗装を通常の施工体制で問題なく施工できる道路の縦断勾配は、通常7~8%といわれている。縦断勾配が7~8%を超える個所でアスファルト舗装を施工する場合の問題点として、施工機械のスリップや重機の荷重が路面に垂直に働かないこと等に起因する施工厚さの不均一、並びに転圧不足等が挙げられる。

出典: 舗装技術の質疑応答 第6巻<sup>4)</sup>

**(5) 問題土による舗装の破損 (外的要因)**

a) 問題土の種類

一般的に、道路建設上の問題となる土壌には、以下のものがある。

- ・ 分散土 (Dispersive soil)
- ・ 膨張土 (Expansive soil)
- ・ 有機質土壌 (Organic soil)
- ・ 塩類土壌及び塩水を含む土壌 (Saline soil or presence of saline water)

b) 分散性土

分散性土とは、通常の粘土に比べ間隙水中に溶け込んでいるナトリウムイオンの含有率が高く、降雨や洪水によって土粒子の結合が失われて溶解する、浸食されやすい性質を持った土である。道路工事等の際に盛土材として使用した場合に、浸食によるガリ、法面崩壊や「ドラゴンホール (ドラゴンホールはカンボジアでの呼び名でトンネル侵食、シンクホールともいわれる)」と呼ばれる穿孔が発生し、道路の品質を損なう大きな原因のひとつとなっている。

分散性土の判定方法については、カンボジアで JICA が実施した試験工事の知見が活用できる。本工事では、現地技術者が簡易に分散性土を見分けることができる簡易分散性試験を採用し、原法面土、及び、セメント材混合土の分散性を判定している。試験工事現場からサンプル土を採取し図 4.12 の手順で、分散性の簡易判定を行っている (写真 4.1 参照)。

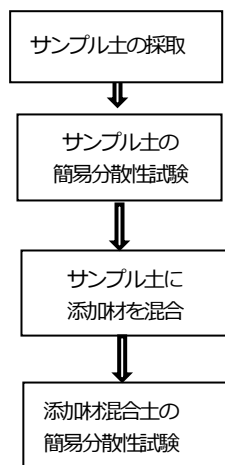
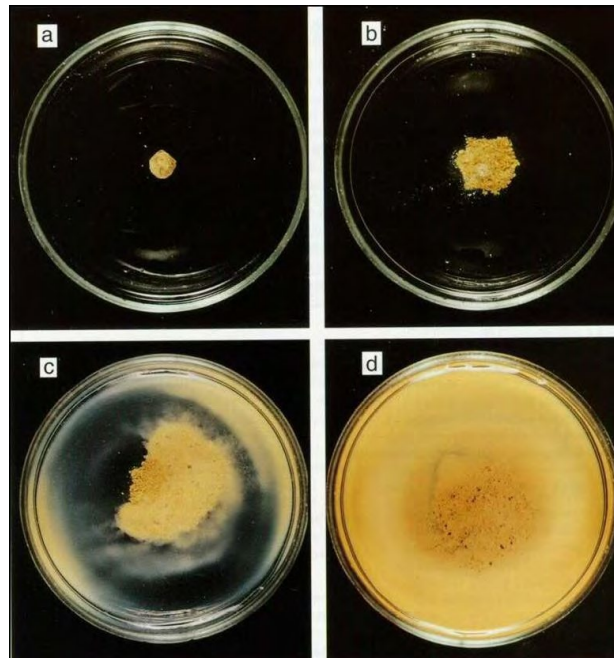


図 4.12 試験の手順



a : 無、b : 小、c : 中、d : 大

写真 4.1 分散性の程度の判定基準

出典：カンボジアの道路施工における分散性土対策<sup>9)</sup>

分散性土による問題への対応としては、準備調査、詳細設計または施工中の材料試験にて事前に分散性土の判定を実施し、分散性土を材料として使用しないことである。この判定方法については、「道路舗装ハンドブック 第一部 調査と設計の留意事項」に詳しく記載されている。また、やむを得ず分散性土を道路材料として使用する場合には、分散性土が新しい水（降雨等）に接してイオン作用によって溶解することを防ぐために、盛土表面近傍に、セメント混合土や良質土を用い、透水性を抑えた遮水層（路肩等）を設置する工法の有効性が確認されている。以下に、対策工の事例を示す。

#### 【JICA のカンボジア：技術協力「建設の品質管理強化プロジェクト」での試験工事】

- 試験工事で採用された化学的対策工法は、ナトリウムイオンを添加材（石膏、セメント及び石灰；硫酸カルシウム）に使用してカルシウムイオンに置換える方法である。
- 添加剤（セメント及び石灰、石膏）は、1～3%の添加量で分散性を防止する効果がある。
- 試験工事は、添加剤の混合率、混合時間等を変化させて行った。改良厚は、0.5m 又は 1.0m。
- 改良効果は混合時間よりも添加剤混合率に依存する。例えば、添加剤混合率が 2.5%で混合時間が 3.3 分/m<sup>3</sup> 以上の場合、改良効果率 100%。
- 試験工事の追跡調査の結果、ドラゴンホールのは多くは、セメント改良していない表土に発生したが、一部のセメント改良土部分においてもドラゴンホールが発生していた。これは混合が十分でないことが原因と考えられる。

#### c) 膨張土（ブラックコットンソイル）

ブラックコットンソイルは黒灰色の膨潤土であり、東アフリカ地域に広く分布し、綿花の作付けに適していることから、この名前が付けられた。この土は乾燥状態においては硬く支持力も大きいですが、含水量が増すと粘土状となり膨潤し、乾燥時の強さを完全に失ってしまう。湿った状態から乾燥する過程において収縮クラックが生じ、道路建設上、深刻な問題となる材料である。



写真 4.2 湿った状態のブラックコットンソイル  
(粘土状)



写真 4.3 乾燥状態のブラックコットンソイル  
(CBR調査等では高強度を示す場合がある)

出典：JICA 調査団

ブラックコットンソイルについては、AASHTO の土質分類の A-7-6 に分類される。また、膨張度の高いものになると 30%を超える体積変化が見られる。構成物質の特徴として、黒灰色にもかかわらず有機



性成分の量が少なく、モンモリロナイトのような膨張粘土鉱物が多く含まれる。また、アルカリ反応性が高い。なお、ブラックコットンソイルによる道路の破壊の形態は、ほぼパターン化されており、初期に舗装端部で縦クラックが発生し、その後、そこを弱点として舗装の破壊が進行する。

写真に示したように、ブラックコットンソイルは黒灰色であり、乾燥時には多数のクラックが生じている。このような状態の土を確認した場合には、最も簡易な方法として、試料に水を加えて膨張性を確認する方法がある。また、ブラックコットンソイルが地表面に露出していない場合でも、乾燥時に表土に多数のクラックが見られる場合には、下層にブラックコットンソイルの存在を疑う必要がある。



写真 4.4 不飽和状態のブラックコットンソイル      写真 4.5 飽和状態のブラックコットンソイル

出典：JICA 調査団

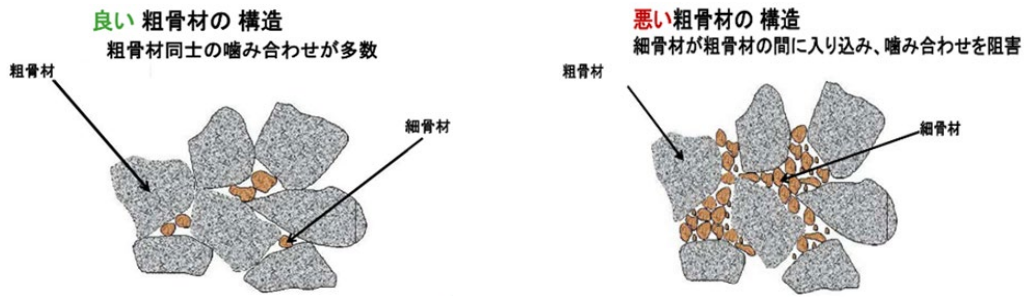
その他、植生の特徴として、イネ科、キク科の草花、中・高木ではアカシア等の分布が多く見られる。これらは、事前にブラックコットンソイルの存在とともに現地の技術者との情報交換を実施することが重要である。

## (6) 空隙率の問題（内的要因）

アスファルト舗装の代表的な破損形態であるわだち掘れには、主に3つの要因がある。①路盤路床の圧縮変形によるもの、②アスファルト混合物の塑性変形によるもの、③アスファルト混合物の摩耗によるものである。そのうち、熱帯諸国で問題となるのは②の塑性変形、いわゆる流動わだちである。塑性変形抵抗性（耐流動性）を評価する指標がDSであり、主にホイールトラッキング試験で求められる。

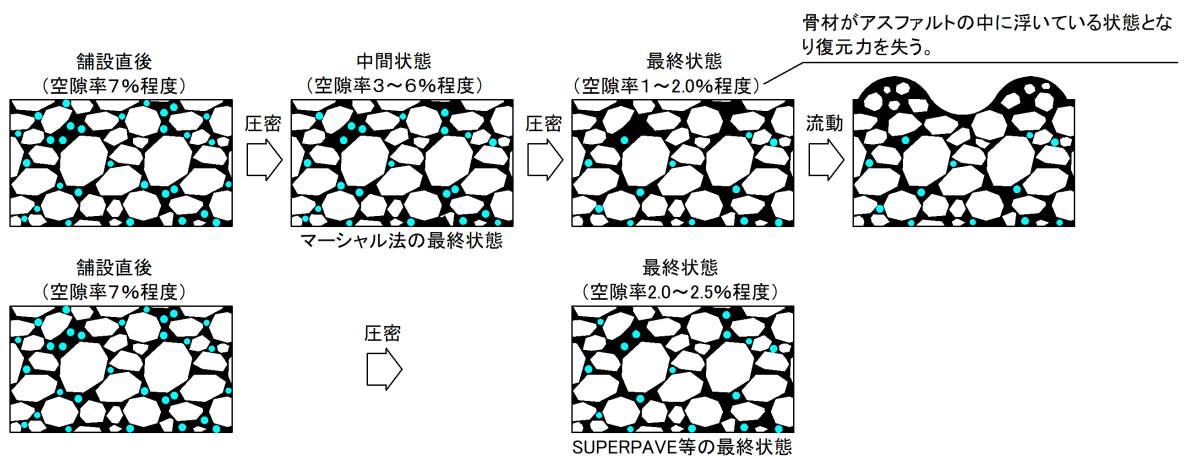
アスファルト舗装版は弾性体であり、混合物中の空隙は、スニーカーのソールのように復元性に重要な役割を果たす。空隙がクッションのような役割を果たし、交通荷重が加わって圧縮されても除荷すればまたもとに戻る。しかし、交通荷重の載荷除荷が繰り返されると、混合物中の空隙は圧密により徐々に減少していく。空気は特に舗装表面から減少していき、ある一定量以下になるまで空隙が減少すると、舗装上部では骨材間の空隙はなくなる。その状態では、骨材がアスモル中に浮いているような状態となり、復元力を失い塑性変形する。交通荷重は、車輪軌道上に集中するため、タイヤ走行部分がへこみその両側は盛り上がる。これが、流動わだち掘れが発生するメカニズムである。もし、骨材がお互いにかみ合っていれば圧密はある程度のところで収束し、空隙もそれ以上は減少しない。つまり、耐流動性向上のためには、適切な骨材のかみ合わせ（粒度、形状）を維持することで、適度な空隙が残ることが重

要である。



出典：碎石マスチック舗装-SMA (Stone Mastic Asphalt) [6]

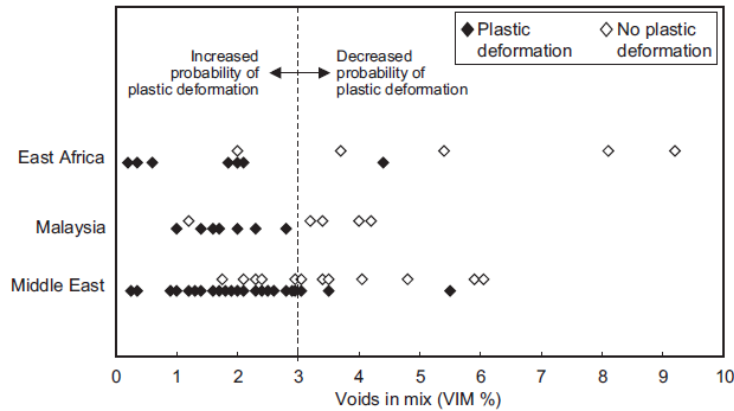
図 4.13 骨材のかみ合わせの状態 (左：良好、右：悪い)



出典：JICA 調査団

図 4.14 最終状態の空隙率が小さい場合 (上段) と大きい場合 (下段) の違い

また、ORN (Overseas Road Note) 19<sup>[7]</sup>においても、舗装温度が高温となる国での現場空隙率とアスファルト層の変形量の関係を図 4.15 のように示しており、塑性変形を回避する場合は空隙率3%以上を維持することが必要であるとしている。これは、アメリカのAI (アスファルト協会: Asphalt Institute) の推奨事項と一致する。ORN 19<sup>[7]</sup>の説明によれば、アスファルト層の空隙率が約3%未満に低下すると、粗骨材同士のかみ合わせによる応力伝達が失われ、二次圧縮が続くと骨材同士の接触がますます減少し塑性変形を発生させるとしている。



出典：ORN 19<sup>[7]</sup>

図 4.15 アスファルト層における塑性変形の発生

**(7) 粒度分布の問題 (内的要因)**

アスファルト混合物の流動現象は粗骨材 (2.36mm ふるいに留まるもの) が相対的に位置を変えることによって生じるものである。逆に言えば、骨材のかみ合いは主として粗骨材に期待しているわけである。「SUPERPAVE」あるいは「Refusal Density」による配合設計法は、適切な配合設計により過剰なアスファルトの弊害を除去して骨材のかみ合いを助長し、流動化を避けようとするものである。この場合、空気量が3%以上であっても、細骨材 (2.36mm ふるいを通過し 0.075mm ふるいにとどまるもの) やファイラー (0.075mm ふるいを通過するもの) が過大になると、図 4.16 に示すようにアスファルトバインダーで被覆される骨材の表面積が増加し、これにともなってアスファルト量も増加する。



**粗骨材のイメージ**  
 一辺の長さが 1 cm の立方体に入った球 (粗骨材) の面積は 3.14cm<sup>2</sup> となる。

**細骨材のイメージ**  
 一辺の長さが 1 cm の立方体に入った球 (細骨材) の面積は 6.28cm<sup>2</sup> となる。

出典：JICA 調査団

図 4.16 骨材の大きさと表面積の関係

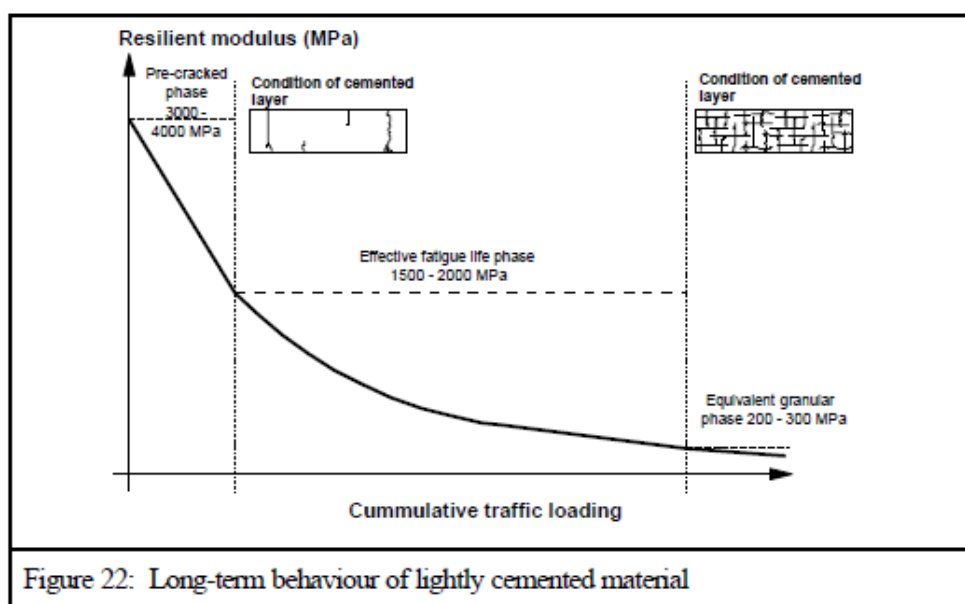
**(8) 骨材のかみ合いの問題 (内的要因)**

粗骨材が扁平であると VMA (骨材間隙率: Voids in Mineral Aggregate) が十分にとれず不安定な混合物となる。このため、粗骨材の粒形に関しては、細長いあるいは扁平な石片の混入率の上限がそれぞれの基準に示されている。細骨材として使用される天然砂は丸みを帯びているものが多く、人工砂は岩石等を破砕して作るために稜角に富んでいるもの (稜角砂) が多い。稜角砂を使用すると混合物の耐久性や

耐流動性が向上することが確認されている。一方で、十分な締固めが得られにくく作業性やひび割れ抵抗性が低下することも確認されている。

### (9) セメント安定処理の材料の問題 (内的要因)

セメント安定処理路盤の採用は、路盤材料のPI<sup>3</sup> (塑性指数: Plasticity Index) に十分注意しなければならない。セメント安定処理路盤の強度不足や劣化に関しては多くの報告があり、多くの基準が骨材の粒度の悪い材料、及びPIが大きい材料の使用は、強度発現不足と劣化の恐れがあるため、できるだけ避ける/使用しないとしている。南アフリカの設計方法では、セメント安定処理路盤が経年劣化により粒状に変化することを考慮していることにも留意する必要がある。



出典: Overview of the South African mechanistic design method<sup>8)</sup>

図 4.17 セメント材料の長期的な性状

また、セメント安定処理に関し、現地発生不良材料の使用する場合には、施工段階でセメント量の増加等により生じる問題を防止するために、下記のような品質管理試験をクリアしなくてはならないことを念頭において対処することとする。

- ・ 改良後の一軸圧縮強度の上限値の設定
- ・ 劣化試験の採用
- ・ 間接引張試験の採用
- ・ ラボでの試験混合の採用

<sup>3</sup> 土あるいは路盤材料中に含まれる細粒分等が塑性状態にある含水量の大きさをいい、液性限界と塑性限界の含水比の差で表される。この指数は土の分類に使われるほか、路盤材等の品質規格の判定項目にも使われている。PI=WL-WP、ここにPI: 塑性指数 [%] WL: 液性限界 [%] WP: 塑性限界 [%]。塑性指数は砂質土で0である。粘土分が多くなるにしたがい大きくなる。

- ・ 現場での試行等

出典：South African Pavement Engineering Manual, Chapter 3, Materials Testing<sup>[9]</sup>

## (10) セメント安定処理の上層路盤への適用 (内的要因)

セメント安定処理された上層路盤上の薄いアスファルト舗装 (10cm 以下) が早期に破損する事例がみられたが、上層路盤にセメント安定処理を使った場合の問題については、十分に解明されていないと思われる。セメント安定処理された上層路盤上については、NEXCO (日本高速道路株式会社 : Nippon Expressway Company Limited) の設計要領第一集<sup>[10]</sup> (舗装編) に以下のような知見がある。

「車線部の舗装で、セメント安定処理路盤上に直接アスファルト混合物を舗設する場合のアスファルト混合物層の合計厚は、15cm 以上でなければならない。」

という基準が示されている。この 15cm の根拠について、明確ではないが以下が参考になると考えられる。

- A) 旧建設省土木研究所による「ソイルセメントを用いたアスファルト舗装の供用成績調査」結果より
- セメント量の多いソイルセメントを用いたアスファルト舗装には破損したものが多く。
  - 圧縮強度が大きいソイルセメントの舗装では破損が発生しやすい。そのため、セメントは必要最小量を用いることにし、圧縮強度は 30kg/cm<sup>2</sup> 以下にした方がよい。
  - ソイルセメントの厚さは 15cm 以上が望ましい。圧縮強度が 30kg/cm<sup>2</sup> を超えたソイルセメントで、ソイルセメント上部厚の薄いものは、道路の横断方向に入る幅の広いひび割れが発生しやすい。ソイルセメント上部層は、少なくとも 10cm 以上のアスコン層 (表層、基層) を設けたほうがよい。
- B) 上記の結果を受けて、昭和 42 年のアスファルト要綱<sup>[11]</sup>の改訂では、上層路盤にセメント安定処理を用いる場合には、セメント安定処理は舗装表面より 10cm 以上深い位置にあるようにし、一軸圧縮強度 30kg/cm<sup>2</sup> に相当するセメント量を選ぶ、としている。また、セメント安定処理を舗装表面より 5cm 程度以下に用いると、表層部分が流動しやすく、ソイルセメントのひび割れが直接表面にあらわれやすいというデータをもとに 10cm 以下に用いることとした、と記述されている。
- C) 「コンクリート舗装のオーバーレイにおけるリフレクションクラック防止工法」より
- コンクリート舗装にアスファルト混合物でオーバーレイした場合、コンクリート版の目地あるいはクラックがオーバーレイ表面にあらわれるリフレクションクラックが問題となる (これは、ソイルセメント路面上に、アスファルト舗装を一層施工したケースと同様と考えられる)。
  - その場合、コンクリート舗装上に 10cm 厚程度のアスファルト混合物によるオーバーレイしても、リフレクションクラックを防止することができず、結論としてアスファルト混合物は、3 層で 15cm 程度あれば問題ない、と言われている。

また、海外の文献<sup>[12]</sup>では、適切な構造と硬化手順でクラック幅を最小化すると、広いクラックの発生の可能性が低下できるとの報告がある。このクラック幅を減らす方法は、「Pre-cracking」と呼ばれる工法

であり、単一の横方向クラックの代わりに、数百の小さな微小クラックを発生させる工法である。この工法は、米国のいくつかのプロジェクトで成功事例がある。この工法では、最終的な圧縮の1~2日後に、セメントで安定化された路盤上に大きな振動ローラーを数回通過させる。これにより、セメント安定化材料に間隔の狭いへクラックのネットワークが発生し、硬化の初期段階で収縮応力が緩和され、広い収縮クラックの発生を最小限に抑えるクラックパターンが提供される。さらに、事前ひび割れは配置直後に行われるため、「微小ひび割れ」が収まるとともにセメント安定化材料が時間とともに強度を増し続けるため、舗装の全体的な構造能力に影響を与えないとされている。また、仏国の舗装会社は様々な「Pre-cracking」工法を開発している。

一方で、南アフリカの「South African Pavement Engineering Manual, Chapter 10: Pavement Design<sup>[13]</sup>」では、特定の舗装タイプは一部の道路カテゴリ<sup>4</sup>または交通クラスに適していない場合があるとして、表 4.28 のように舗装構成の推奨事項を示している。この表からもわかるように、セメント安定処理上層路盤の採用は、ほぼ全てのカテゴリの道路で推奨されていない。

表 4.31 推奨される舗装構造 (道路カテゴリ別)

Pavement Type		Road Category & Design Traffic Class								Reasons for Exclusion
Base	Subbase	A			B			C		
		ES100	ES30	ES10	ES3	ES1	ES3	ES1	< ES0.3	
Concrete	Granular	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Granular subbases prone to erosion at joints and cracks
	Cemented	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Granular	Granular	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Uncertain behaviour for high traffic demand
	Cemented	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Hot mix asphalt	Granular	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	Cost effectiveness
	Cemented	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	
Cemented	Granular	×	×	×	×	×	×	×	✓	Cracking, crushing, rocking blocks and pumping unacceptable
	Cemented	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	
BSMs	Granular	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cost effectiveness, permanent deformation

- ES : 累積軸重クラス (Equivalent Standard Axle (80 kN) class) 例 : ES100とは累積軸重が100百万 ES 以上の道路、ES30とは累積軸重が30百万 ES から100万 ES の道路クラスを表す。
- Cemented : セメント安定処理

出典 : South African Pavement Engineering Manual, Chapter 10: Pavement Design<sup>[13]</sup>

### (11) 橋面舗装の防水層適用材料の問題 (内的要因)

コンクリート床版の防水工について、本来、ウレタン系防水工はアスコン層との接着性に課題があった。現在では、各メーカーが品質改良を重ね課題は解決されている。防水層の材料の選定にあたっては、各製品の特性や仕様書、直近の施工実績を照査するなどして慎重に選定する必要がある。

<sup>4</sup> 南アフリカの舗装設計マニュアル<sup>[13]</sup>では、設計に用いる累積軸重 (ES) によって道路を A、B、C のカテゴリに分類している。

## 参考文献

- [1] 古木守靖：自然河川を渡る道路 JICA 発表会資料 2020 年 11 月 27 日
- [2] NEXCO：舗装施工管理要領 平成 29 年
- [3] 「舗装」編集委員会：舗装技術の質疑応答 第 7 巻上 建設図書 平成 9 年
- [4] 「舗装」編集委員会：舗装技術の質疑応答 第 6 巻 建設図書 平成 3 年
- [5] 田中幸成：カンボジアの道路施工における分散性土対策 土木施工 2016 年 12 月号
- [6] Horst Erdlen：砕石マスチック舗装-SMA 2018 年 1 月 31 日  
[http://hosou.hscet.com/img/WEB%20SMA%20-%20The%20Concept%20Horst%20Erdlen\(1\).pdf](http://hosou.hscet.com/img/WEB%20SMA%20-%20The%20Concept%20Horst%20Erdlen(1).pdf)
- [7] TRL：Overseas Road Note 19 A guide to the design of hot mix asphalt in tropical and sub-tropical countries, 2002
- [8] Hechter Theyse：Overview of the South African mechanistic design method, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, January 1996
- [9] South African National Roads Agency：South African Pavement Engineering Manual, Chapter 3, Materials Testing, October 2014
- [10] NEXCO：設計要領 第一集 舗装編 2013 年
- [11] 公益社団法人日本道路協会：舗装施工便覧 昭和 42 年度版
- [12] Wayne S. Adaska, David R. Luhr：Control of reflective cracking in cement-stabilized pavements, January 2004
- [13] South African National Roads Agency：South African Pavement Engineering Manual, Chapter 10: Pavement Design, October 2014

## 第5章 準備調査における特記仕様書案作成時の留意点

### 5.1. 準備調査における業務内容作成時の留意点

準備調査の企画競争では JICA から「企画競争説明書」が提示され、説明書の一部として特記仕様書案が提示される。特記仕様書案には業務の背景、目的、範囲をはじめ実施方針及び留意事項、業務の内容、成果品等、業務工程、その他留意事項が掲載され、業務の実施費用を積算するに必要な条件を示すとともに、技術提案書（プロポーザル）を作成するに必要な条件が示される。

特記仕様書案は、契約交渉権者が決定された後プロポーザルで提案された事項等についての発注者と受注者の協議を踏まえ、業務実施契約書の付属書Ⅱ「特記仕様書」として確定される。以下に準備調査を計画する際の特記仕様書案を示す。特記仕様書案は、コンサルタントがプロポーザルを作成する際の基本資料となるため、調査で実施すべき項目、提案を求める項目を明確に示す必要がある。

#### (1) 類似案件の情報収集及び既存資料の活用と過去の案件の確認

設計基準とは、設計者が異なっても、同程度の構造物が設計されるように規定された準拠すべき基準である。アフリカ地域においても、我が国と同様に土木構造物に対する設計基準が各種定められており、それらを適切に理解し運用することが重要である。その際、それらの設計基準の対象範囲が、交通量、地質条件など現地の状況を適切に反映しているかどうかを確認する必要がある。

このため、道路の計画／設計を実施するに当たり、隣接事業や交通条件、自然条件、及び土地利用条件の類似した事業に採用されている設計基準や設計法の資料を入手し、カウンターパート機関の類似事業担当や関係するコンサルタントに対し、設計時の課題、問題点、及び解決方法等についてヒアリングを実施する。また、工事実施中の参考となる事業があれば、併せてヒアリングを実施し施工の問題を確認する。これらの情報を計画に反映させる。入手した設計資料については、本調査の計画・設計内容（設計条件とアウトプット）と横並びで比較し報告書へ反映させる。

#### (2) 既存道路調査の実施

既存道路調査は、対象道路、及びその沿線状況を示す基礎資料となる。従来道路インベントリー調査では、道路を中心とした狭い範囲の情報のみがまとめられることが多く、必ずしも十分に活用されていない場合がある。このため、既存道路状況調査については、単に道路を中心とした狭い範囲の施設状況や土地利用の調査を行うだけでなく、広い範囲での沿道の自然状況（植生等）、湿地帯等の存在、及び地歴も調査する。また、最終的には、自然条件調査の情報（調査箇所、調査内容等）も加え、測量で得られる地形図に映像情報とともに取りまとめ、可能な限り現況情報を網羅したものとするとともに、関係者が共有できる有効な資料とする。また、実施段階の詳細設計における情報も追加していき、最終的には入札図書の一部として応札者に提供することも考える。

#### (3) 社会経済等調査

社会経済等調査とは、対象道路の道路利用者、沿道住民の道路整備上の課題（交通事故増加の懸念等）、整備への期待（通年交通の確保、治安向上等）に関する意見をヒアリングするとともに、将来交通需要を予測するのに必要なデータを収集する作業を実施することである。具体的には、道路計画の3要件（地域特



性、交通特性、ネットワーク特性)の内、地域特性とネットワーク特性を把握する。交通需要の予測に際しては、社会経済状況の要因変化による需要の変化が大きいことから、交通需要を取り巻く社会経済要因や自動車交通需要の動向等について、多角的に考察する必要がある。例えば、貨物車交通の需要推計では、経済活動の影響が大きいことから、国内総生産、農/工業生産高、貨物車保有台数等が説明変数の候補となり、旅客交通の需要推計では、人口、所得、免許保有者数等が候補となる。また、港湾地区、工業地区、商業地区、居住地区等の土地利用状況も交通需要に大きな影響を与える。このように多岐にわたる交通データ、周辺関連データを可能な範囲で取り入れ、対象地域の社会経済指標の将来シナリオを設定した上で需要を把握することが重要である。

#### (4) 交通需要予測

開発途上国には、公的に認められた計画交通量が存在しない場合が多く、交通需要に必要な交通条件の設定を個別に行う必要がある。これまでの多くの開発途上国の事業では、単に現在交通量に一定の伸び率(自然増加)を乗じて推計する方法が用いられる場合が多いが、交通量の推計では国家及び地域の開発計画等の他、道路の位置づけ(アジアハイウェイ等国際幹線道路としての指定等)、道路整備による土地利用や都市構造の変化、国境周辺の道路整備では隣国の開発計画や道路計画についても考慮する。このため、交通量の需要予測に使用するパラメータについては、社会経済調査で入手したデータ等を十分検討し、安全率を見込んだ適切なパラメータを選定する。

#### (5) 道路設計

道路の設計を実施するに当たり、平面線形、縦横断線形の比較と同時に設計速度や横断構成の検討も実施する。設計速度や横断構成の検討時には、自動二輪、自転車、歩行者の安全性、移動動線、及び交通量についても検討を加える。特に、歩道や路肩の幅員については、現在の混合交通への配慮のみならず、都市部における将来的なバイクレーン、あるいはサイクルレーンの必要性等、歩道や路肩の目的と考え方、多様な交通の安全性の確保について整理する。この際、WB(世界銀行: World Bank)、ADB(アジア開発銀行: Asian Development bank)、AfDB(アフリカ開発銀行: African Development Bank)、EU(欧州連合: European Union)及びUN(国際連合: United Nations)等の他ドナーにヒアリングを実施し、歩行者や自転車に対する安全対策、関連プロジェクトの有無について確認し、計画に反映させるものとする。

#### (6) 道路設計(構造物設計)

また、構造物(土構造物を含む)の設計に際しては、構造物の安全性、利用者の安全性を含む機能性、環境、設計使用期間中の保守の容易性、確実性、経済性、施工段階での作業性、経済性、作業員・近隣住民の安全性を総合的に評価し、主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画する。この際、問題土、軟弱地盤、又は斜面防災に代表される不確定要素が極力小さくなるよう、自然条件調査の内容、項目、数量を提案し、積算の不確定要素を極力小さくする。

特に、橋梁設計については、多くの途上国で日本のように河川や流域の管理が厳格には行われていないことから、①道路・橋梁が洪水で損傷を受けたりしないように、②事業により地域の水害が拡大したりしないように(他者に被害が及ばないように)、河川調査及び水理検討も十分に実施した上で橋梁設計を実施する。また、設計方法について相手国政府の承認を取り、日本の道路橋示方書<sup>1)</sup>(H24)を適用する場合

には、道路橋示方書<sup>1)</sup>(H31)に基づく「部分係数設計法」による照査を実施することが望ましい。

## (7) 排水設計／舗装設計

排水計画を検討するに当たり、道路の路面排水だけでなく、地下排水さらには隣接地排水の流域等を十分に調査するものとある。特に、排水設計の不備が舗装の不具合につながる事例が多いことから、舗装設計と排水設計は一体となって実施するものとする。具体的には、路床や路盤の長期滞水や地下水の影響による機能低下、表面から流入する水を処理するための路盤排水等を考慮する。排水設計については、これらの条件を考慮した上で、排水系統の計画、流量計算を行い、排水構造物を設計する。

舗装設計では、路面設計によって路面に求められる要求性能を設定し、路面を形成する表層の材料(アスファルトの選定、改質材の有無、骨材の品質)等を決定する。調査の結果、改質アスファルトの使用が不可欠となった場合で舗装工事の規模が小さい場合(橋梁工事等)、LCC(ライフサイクルコスト: Life Cycle Cost)比較等によりコンクリート舗装採用の可能性も考慮する。また、検討された舗装の構造に対して、構造的な妥当性を確認するために理論的設計法等の異なる設計方法による照査を実施する。なお、照査は舗装厚を薄くすることに用いるのではなく、設定した舗装構成の各層の耐久性、経済性等の妥当性と問題点の検証に用いるものである。

## (8) 支障物件及び埋設物調査

支障物件及び埋設物の撤去／移設については、相手国政府の負担事項であるが、この撤去／移設作業が工程上のクリティカルとならないよう、相手国政府に十分説明を行う。このため、支障物件及び埋設物調査では、対象となる支障物件や埋設物の内容、管理者、撤去／移設の手続き、撤去／移設期限を明確にするとともに、撤去／移設図の作成、数量算出、必要な費用の算定を行う。支障物件及び埋設物調査については、現地再委託により実施することも可能であるが、最終的な撤去／移設に関わる成果については調査団と相手国実施機関、及び施設管理者で確認し、共通認識を得るものとする。

## (9) 材料調達事情調査

材料調達事情調査の目的は、施設の建設に必要な資材(鉄筋、セメント、砕石等)の調達が可能であることや機材の運搬が可能であることを裏付けるデータを得ることであり、このために必要な材料調査、材料試験、及び輸送可能性調査を実施する。また、現地のコンクリートやアスファルトのプラントに関する調査も必要に応じて実施する。ただし、調査期間や費用に限りがあることから、現地カウンターパート、材料調達事情に精通した現地コンサルタント等から情報を入手した後、必要な調査と試験を効率的に行う。調査及び試験の結果、材料調達にリスクがあることが判明した場合、そのリスクを報告書に記載するとともに、実施段階での再調査を提案するものとする。

## (10) 施工計画／積算

協力準備調査 設計・積算マニュアル、及び補完編(土木分野)の内容を踏まえた上で、道路工事については設計の内容と現場の状況と差異がないかを確認し、その上で効率的、経済的かつ安全に施工するための手順や方法を考えることが必要である。施工計画で検討する主な項目は、以下のとおりである。

- 1) 工事概要(設計図書、工事標準仕様書等、様々な資料や情報の内容確認)

- 2) 計画工程表(降雨、気温等気象条件、出水頻度等の自然条件や祭り等、現地の社会環境を加味した稼働日数や全体工程)
- 3) 現場組織及び労務計画(工種別人員の配置や担当等の稼働する人員計画)
- 4) 指定及び主要機械(使用する機械や製造会社等の機械計画及び輸送計画)
- 5) 主要資材(主要資材の形状寸法品質等の資材使用及び調達計画)
- 6) 施工方法(施工手順、使用材料/機械、仮設備計画等、施工の基本方針)
- 7) 施工管理計画(工程管理や品質管理)
- 8) 安全管理(安全衛生と治安に対する管理)
- 9) 交通管理(交通規制や標識の設置等の安全対策)
- 10) 環境対策(騒音や振動、粉塵等の周囲への環境対策)
- 11) 再生資源の利用と建設副産物の処理

また、内陸国の道路工事における施工計画において、周辺国の港を利用する資機材の輸入や税関処理、又は周辺国の道路を利用する輸送計画等、十分な調査が実施できず不確定要素を含む場合には、仮定条件を置いてその条件を明示し、その仮定条件を積算に反映させる。さらに、施工計画において、相手国の工事標準仕様書(General Specification for Road Works 等)の内容が反映されていないことがあるので、当初の施工計画において不足がある場合は工事標準仕様書と施工計画の内容の整合を確認する。

資金協力の建設事業の工事は、一般に調査から工事に至るまで長期間を要し、施工条件も過酷であることから、様々な困難を伴うことがある。このような背景を踏まえ、適切な積算を実施するための基本事項を明確にする。この項目には、設計に必要な項目も含まれるので、設計条件調査と調整のうえ効率的な調査を行う。前述のように、積算時に明確にすることが困難であった不確定要素については、仮定条件を置いて積算し、変動リスクの折込みと適用した仮定条件の明示を行う。

## (11) 適正技術の導入


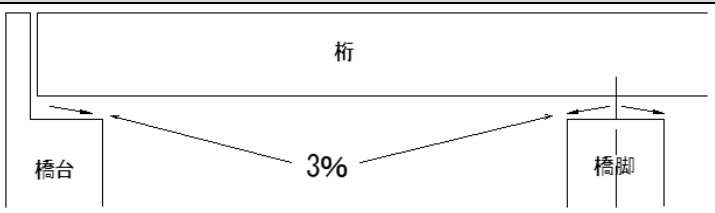
日本のインフラ整備技術は、その特徴として潤沢な財政を前提とした技術体系、及び信頼される技術の高度化と専門化・分業化の徹底があげられる。これらの技術はその時の最新の知見を取り込んで技術基準化され、その適用が制度化されている。日本のインフラはこのようにして整えられた枠組みの中で、精緻に構築された先端的生産システムにより整備されてきた。一方、自然環境、建設事情、維持管理能力などが日本とは異なる途上国では、日本の技術基準が必ずしも最適解になるとは限らない。途上国では日本の基準によっては解決できない問題にしばしば遭遇する。その問題解決に際しては、日本の技術基準を十分に理解したうえでそれをカスタマイズする方法、或いは、途上国の環境、条件、ニーズに最も有効である持続可能な技術を創出することが必要となる。本準備調査では、相手国の遭遇する課題や制約条件に対し実施した工夫(維持管理が容易な構造の採用、現地技術のカスタマイズや適用、構造物の長寿命化等)について報告書に記載するものとする。

出典:「開発途上国での土木インフラ整備における適正技術の評価手法に関する基礎的研究<sup>2)</sup>」を参考に JICA 調査団作成

表 5.1 維持管理及び構造物の長寿命化を考慮した工夫例

項目	対象物	工夫例
維持管理を容易とした工夫	橋梁	インテグラル橋台の採用、検査路の設置、点検作業空間の確保
	道路	保護路肩、のり面への張ブロック等の採用による雑草対策
	排水	人力清掃可能な横断パイプ(大口径)の採用
	道路照明	LED(発光ダイオード: Light Emitting Diode)照明の採用
現地技術のカスタマイズ	構造物	ギャビオンによる土留構造物の採用
	のり面/斜面防護	現地植生を活用したのり面/斜面防護
	ガードレール	木製支柱の採用
構造物の長寿命化	橋梁/構造物	水切り設置、橋座への排水勾配の付与、桁端部/橋座部の塗装
	舗装(舗装排水)	路盤排水、地下水対策等の排水対策の採用
	舗装	わだち掘れ対策(コンクリート舗装や改質アスファルト舗装)の採用(但し適材適所の採用が重要)

出典: JICA 調査団

水切りの設置(床版張出部)	橋座等での水処理
	
<p>床版端部で雨水をシャットアウトすることで、上部構造や支承部への雨水侵入を低減できる。湿潤状態では、乾燥状態に比べて100~300倍もの速さで床版が破壊に至ったことが明らかになっている。</p>	<p>下部構造頂部は、伸縮装置からの漏水の他、支承部廻りは一般に風通しが悪く、塵芥や湿気が溜まるなど腐食・劣化しやすい環境にある。このため、水が溜まらないように橋軸方向に下図のような3%の勾配をつける。</p>

出典: JICA 調査団

図 5.1 設計段階で考慮できる維持管理を容易にする例

## 5.2. 準備調査における自然条件調査<sup>1</sup>の留意点

現地調査の開始に当たり、コンサルタントは相手国の設計基準の他に、工事標準仕様書、地質調査、交通量/軸重調査、材料試験基準、測量調査等の現場調査に関する基準類を収集し、道路設計条件の設定に必要な現場調査計画を作成する。作成された現場調査計画には、調査の数量、仕様(調査方法や手法)、適用基準を定めなければならない。また、国によっては調査に関する基準が定められていないことがあるので、この場合は類似案件に実績のある現地コンサルタントにヒアリングを行い、相手国の標準的な調査内容や仕様等を確認して現場調査計画を立案する。この現場調査計画は、現地調査開始前に相手国の承認を得ることが必要である。

### (1) 交通量調査/軸重調査

交通量調査は、調査範囲、調査日、調査時間の設定を適切に行い、曜日変動、季節変動及び道路供用後の転換交通量を反映できる調査を計画する。国境沿いであれば隣国からの流入交通量の把握も重要である。また、交通量の調査には、交通量に変化を及ぼすことが考えられる当該国、又は隣国のGDP(国内総生産: Gross Domestic Product)等の経済活動の指標、開発計画の調査も含まれる。

軸重調査は原則実施するが、直近で流用可能な軸重調査結果や常時観測地点のデータを利用することもできる。過積載車両は、過積載の計測が実施されていない夜間に通過することが多い。このため、通常の調査(昼間時のみ)では過積載車両を調査結果に反映できず、大型車の破壊係数を過小評価しがちであることから24時間調査が好ましい。また、道路の上下線において車両の積荷の質(重さ)が異なる場合があるので、同一路線であっても上下線それぞれで調査を実施する。

表 5.2 交通量調査の再委託費(例)

No.	項目	単位	数量	単価(USD)	条件
1	準備・後片付け	式	1	3,000~5,000	調査箇所への移動距離、調査規模によって異なるが、概ね左記の範囲となる。
2	断面交通量調査(12時間)	箇所	1	1,500~2,000	2人/方向(補助員+1名)の計5名を標準
3	断面交通量調査(24時間)	箇所	1	2,000~3,000	2人/方向(補助員+1名)の計5名を標準
3	路側インタビュー調査(OD*調査)	箇所	1	1,500~2,000	2人/方向+補助員1名(12時間)の計5名を標準 サンプル数10%程度 車両の停止を必要とするため、警察官に立ち会いを依頼する場合が多い。
4	交差点交通量調査(ピーク時調査)	箇所	1	3,000~4,000	ピーク時間(朝3h/夕3h)調査を標準 断面交通量×4の調査員が必要
5	駐車車両調査	km	1	800~1,000	路側駐車車両を対象
6	軸重調査(12時間)	箇所	1	2,000~3,000	ポータブル計測器を使用し、交通量調査と同時に行う場合が多い。12時間を標準とするが、夜間通行が多い場合は24時間調査を実施。警察官の立ち会いを依頼する場合が多い。
7	報告書作成	式	1	1,000~3,000	調査規模と内容によって異なる。

\*OD: 起終点(Origin and Destination)

注: JICA調査団の保有資料を分析した参考単価であり調査費用の概算レベルである。

出典: JICA調査団

<sup>1</sup> JICAの準備調査における自然条件調査には、水文調査、地形調査、地質調査、気象調査、交通量調査などが含まれる。

## (2) 測量調査

測量調査で作成する地形図の縮尺は1/1,000とし、主要構造物の取付部、交差点等、詳細な検討が必要な部分については縮尺1/500とする。地形図を作成する測量の方法については、地上での実測を基本とするが、地上での実測と同様の精度が確保できれば、航測(ドローン等)による測量を実施することも可能である。なお、測量調査については、プロポーザルにて測量精度及び精度管理の方法について提案すること。

表 5.3 地形調査(測量)の再委託費(例)

No.	項目	単位	数量	単価 (USD)	備考
1	準備・後片付け	式	1	3,000~5,000	• 調査箇所への移動距離、調査規模によって異なるが、概ね左記の範囲となる。
2	基準点測量	式	1	4,000~5,000	• 近傍国家基準点の確認及び基準点設置。
3	地形測量 (実測測量)	km <sup>2</sup>	1	40,000~50,000	• 地形図作成作業(縮尺1/1,000標準)。 • UAV*に比べ精度は高い。
4	道路中心線測量 ピッチ:20m	km	1	800~1,000	• トータルステーション等を用いた3次元データを使用するため、横断測量で代替することが可能。(実施しない場合がある)
5	道路横断測量 幅:60m	本	1	80~100	• 幅については計画道路幅等の条件で異なる。(30m~100m) • 20mピッチでの計測を基本とする。
6	ベンチマーク設置	箇所	1	100	• 固定構造物(コンクリート)設置。 • 現地の見通しを考慮する必要がある。(1箇所/200m~500m程度)
7	単点測量	箇所	1	50	• 複雑な地形で上記では捉えきれない地形がある場合、補足的に実施する。
8	報告書作成	式	1	2,000~3,000	• 調査規模によって異なる。
参考	地形測量 (UAV*測量)	km <sup>2</sup>	1	5,000~6,000	• 地形図作成作業(縮尺1/1,000標準)。 • 実測に比べ精度は低い。
参考	河川中心線測量	km	1	5,000	• 河道中心線の高さ把握するために実施。 • 基本的には船舶を使用し、スタッフやポールを用いる。 • 透明度が高い河川に対してはレーザーを用いたドローンによる計測が可能。
参考	河川横断測量 幅:500m	本	1	500~700	• 任意の間隔ごとの河川横断形状を把握するために実施。 • 両方の河岸をカバーするよう、両側の測量幅を設定。 • 50mピッチを基本とし、橋梁架橋地点近傍において河道の変化が著しい場合には、その状況に応じて適宜ピッチの増減を行う。

\*UAV:無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle)

注:JICA調査団の保有資料を分析した参考単価であり調査費用の概算レベルである。

出典:JICA調査団

### ■ 測量図の誤差範囲

測量調査によって地形図や図面を作成する際、その図面の誤差範囲が定められている。日本の例では、数値地形図データの位置精度及び地図情報レベルは、表 5.4を標準とすることとなっている。

表 5.4 数値地形図データの精度

(数値地形図データの精度)

第80条 数値地形図データの位置精度及び地図情報レベルは、次表を標準とする。

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
250	0.12m以内	0.25m以内	0.5m以内
500	0.25m以内	0.25m以内	0.5m以内
1000	0.70m以内	0.33m以内	0.5m以内
2500	1.75m以内	0.66m以内	1.0m以内
5000	3.50m以内	1.66m以内	2.5m以内
10000	7.00m以内	3.33m以内	5.0m以内

2 「地図情報レベル」とは、数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標をいう。

3 地図情報レベルと地形図縮尺の関係は、次表のとおりとする。

地図情報レベル	相当縮尺
250	1/250
500	1/500
1000	1/1,000
2500	1/2,500
5000	1/5,000
10000	1/10,000

出典：公共測量 作業規程の準則<sup>1)</sup>

■ 地形・地物の測定

地形測定に用いる標高点の密度は、地上測量であれば地図レベルに4センチメートルを乗じた値を辺長(例：1/500であれば20m)とする格子に1点が標準であり、CIM(建設情報モデリング：Construction Information Modeling/Management)やi-construction(アイコンストラクション)に対応する地形図であれば、少なくとも4点/m<sup>2</sup>の点データが必須である。また、測量図に情報として載せる地物等の情報については、地図情報レベルによって異なる。日本では「公共測量標準図式 数値地形図データ取得分類基準表」によって、記載すべき情報が定められている。

(3) 地質調査

地質調査とは、主要構造物の支持層、軟弱地盤、切土部の岩区分、自然のり面の安定性、地下水、及び路床強度の確認調査が含まれる。これらの確認のために実施される原位置試験(ボーリング調査等)については、調査の目的、位置、数量、及び同時に実施する室内試験の項目を提案する。また、雨季/乾季により路床強度が異なることが想定される場合は、雨季の調査を提案する。

■ 構造物の支持層調査

構造物基礎は、十分な厚さをもった良質な支持層に支持させる必要がある。このため、地盤調査に際しては支持層として必要な層厚を十分に確認する。また、詳細設計時に地盤条件の変更に伴う橋梁形式等の

変更が生じないように調査箇所(数量)を提案する。例えば、長大橋では両河岸の地質がそれほど強固でない場合、アーチ橋は適さないことになる。また、河床が強固であれば、多径間とする方が経済的であり、逆に河床が不均一ないし強固でない場合は橋脚を減らして対応することも考えられる。支持層の判断はN値のみならず、周辺の堆積環境、地層の連続性等を考慮して決定する。良質な支持層と層厚の目安は構造物の規模、基礎形式等によって異なるが、日本には表 5.5 のような例がある。

表 5.5 各機関(日本)による支持層確認の目安

規定機関・出典等	上部構造物基礎形式等	良質な支持層の目安		備考
		粘性土	砂質土	
日本道路協会・道路土工-擁壁～仮設構造物工指針	擁壁・カルバート等	$N \geq 10 \sim 15$ $qu \geq 10 \sim 20 \text{ tf/m}^2$	$N \geq 20$	調査深度は支持層厚を2m以上確認
東北地方建設局・設計マニュアル	橋梁・直接	$N \geq 20$	$N \geq 30$ (岩盤、砂礫層も同様)	層厚は5m以上にて下位に軟弱層がない場合
	橋梁・杭	$20 \leq N \leq 30$ (堅固な層は $N > 30$ )	$30 \leq N \leq 50$ (堅固層は $N > 50$ )	層厚は5m以上にて下位に軟弱層がない場合

出典：道路調査設計ノウハウ集 道路調査設計研究会<sup>4)</sup>

表 5.6 地質調査の再委託費(1箇所20mの例)

No.	項目	単位	数量	単価(USD)	備考
1	準備・後片付け	式	1	10,000～15,000	資機材の運搬距離、調査箇所の状況(平地、山地、水中等)によって異なる。
2	ボーリング	m	20	地上 150～200m 水中 200～250m	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺状況より深さを想定。</li> <li>河川内調査と陸上調査で区分して計上。</li> </ul>
3	標準貫入試験	回	20	50～60/m	<ul style="list-style-type: none"> <li>N値を把握するために実施。</li> <li>深度1mごとに1回実施。</li> </ul>
4	室内試験*				<ul style="list-style-type: none"> <li>採取された不攪乱試料に対する試験。</li> <li>各試験をどの層で実施するかを検討を要する。</li> </ul>
4.1	粒度試験	試料	10	20～40	<ul style="list-style-type: none"> <li>粒度分布や細粒分含有率を求めるための試験。</li> <li>対象地盤における液状化の判定に用いられる。</li> </ul>
4.2	土粒子の密度試験	試料	10	20～40	<ul style="list-style-type: none"> <li>土粒子の密度を求めるための試験。</li> <li>土工材料の地盤定数の設定に用いられる。</li> </ul>
4.3	含水比試験	試料	10	20～40	<ul style="list-style-type: none"> <li>土の含水比を求めるための試験。</li> </ul>
4.4	土の液性・塑性限界試験	試料	10	20～40	<ul style="list-style-type: none"> <li>土の液性限界、塑性限界を求めるための試験。</li> <li>対象地盤における液状化の判定に用いられる。</li> </ul>
5	報告書作成	式	1	2,000～3,000	調査規模によって異なる。

\*室内試験：ボーリング調査によって確認された土質の層によって決まる。本表の例は、2m毎に異なる層が出現することを前提としている。室内試験については、最終的に試験数量等による精算を前提とする。

注：JICA調査団の保有資料を分析した参考単価であり調査費用の概算レベルである。

出典：JICA調査団

### ■ 路床強度調査

舗装設計に用いる設計CBR(シービーアール：California Bearing Ratio)試験は適切な間隔で試料採取を行い、土質性状路床CBRを把握する。設計CBR試験の試料採取間隔を長く取った場合には、設計CBRを過大、又は過少に評価し、軟弱地盤、問題土等の土質的な弱点を見落とす危険性がある。また、道路幅員が大きい場合や土質の変化が大きいと想定される場合には、横断方向の調査についても考慮する。ただし、既往データ等から明らかに土質の変化が少ない区間は調査個数を少なくする、又はDCP(動的貫入試



験：Dynamic Cone Penetration)等の簡易な計測方法を用いることによって効率的な調査を提案する。

なお、日本の CBR 試験には、切土路床等を対象とした「設計 CBR 試験設計」と盛土や路盤等の締固めて使用する材料を対象とした「修正 CBR 試験」、及び現場で実施する「現場 CBR 試験」の3種類(表5.7 参照)があるが、海外の事例では切土路床の場合であっても修正 CBR 試験を使用するケースが多い。これは、各国の自然条件及び現地盤路床の締固め規定(盛土路床だけでなく切土路床の上部20~30cmを再転圧するのが一般的であること)等の条件の違いを反映しているため、CBR 試験については他基準による試験方法の混用は避けなければならない。

表 5.7 代表的なCBR試験の概要

CBR 試験方法		特徴
室内 CBR 試験	設計 CBR 試験	乱されていない現地盤を路床とする場合に路床土を評価する試験(試験は乱した試料による)。試験に用いる含水比には、自然含水比を用いる。
	修正 CBR 試験	乱された路床や路盤材料等、締固めて使われる材料の強度を評価する試験。試験に用いる含水比には、最適含水比や平衡含水比等を用いる(基準により異なる)。
現場 CBR 試験		現位置における路床土や施工後の安定処理土の支持力を直接測定するもので、主に施工管理に使用される。

出典：JICA 調査団

表 5.8 含水比の種類

含水比の種類	詳細
自然含水比	土が自然状態の時に保持している含水量のこと。土質や地下水位等に応じて広い範囲で変化するが、砂質土で5%から30%程度、粘性土で30%から80%程度が目安となる。季節変動があるため、危険側としないよう考慮する必要がある。
最適含水比	一定の方法と一定の締固めエネルギーによって土を締固めたとき、最もよく締まる状態の含水比のこと。一般には最大乾燥密度が大きい土ほど最適含水比が小さく、細粒度ほど最大乾燥密度は小さい。
平衡含水比	路床は舗装されるまでは水分の出入りがあるが、舗装後はその出入りが絶たれるので一定の含水状態になると考えられる。その将来の落ち着くべき路床の含水状態=平衡含水比となる。

表 5.9 代表的な路床強度調査の基準

基準名・国名	路床強度調査の基準
舗装設計便覧 <sup>5)</sup>	日本の道路事業では、詳細な CBR 調査の前に地質の予備調査を実施し、予備調査の結果、路床土に変化のある場合には、あらかじめ舗装厚を変えるべき区間を想定する。変化の少ないと思われる区間では設計 CBR 試験の個数を少なくし、変化の多いと思われる区間ではその個数を多くする。ただし、調査区間が比較的短い場合や、路床土がほぼ均一と見なされる場合であっても、道路延長線上に3箇所以上とする。 (舗装設計便覧に示される「舗装構造は少なくとも200mの区間は変えないように設計することが望ましい。」を根拠に、200mピッチで実施することが多い。)
エチオピア 現場調査基準 <sup>6)</sup>	修正 CBR 試験：1 試料/km 土質試験：500m ピッチ
ガーナ 舗装設計基準 <sup>7)</sup>	新設道路：修正 CBR 試験 4 試料/km(幹線道路) 規格の低い道路では試料数の低減可能。 既設道路：FWD*試験 最大 50m ピッチ (DCP 併用)
タンザニア 現場調査基準 <sup>8)</sup>	修正 CBR 試験：2 試料/km (舗装幹線道路)、1 試料/km (その他舗装道路)、1 試料/2km (グラベル道路) 土質試験：4 試料/km (舗装幹線道路)、2 試料/km (その他舗装道路)、2 試料/km (グラベル道路)

\*FWD：落錘式たわみ測定機 (Falling Weight Deflectometer)

出典：JICA 調査団

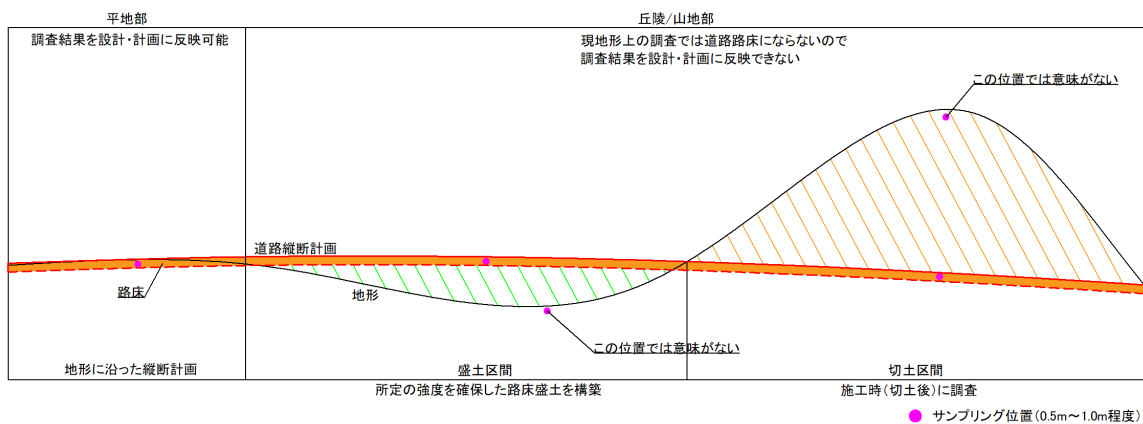
表 5.10 CBR試験及び材料試験の再委託費 (例)

No.	項目	単位	数量	単価 (USD)	備考
1	準備・後片付け	式	1	3,000~5,000	・ 調査箇所への移動距離、調査規模によって異なるが、概ね左記の範囲となる。
2	試料採取・運搬				・ 試験所への運搬距離によって異なる。
2.1	路床	箇所	1	200~300	・ 試験必要量
2.2	土取場	箇所	1	200~300	・ 2 試料/1 箇所 (試験必要量/試料)
2.3	採石山	箇所	1	300~400	・ 2 試料/1 箇所 (岩掘削)
3	室内試験 路床/土取場試験				
3.1	粒度試験	試料	1	30~40	
3.3	土粒子の密度試験	試料	1	30~40	
3.4	含水比試験	試料	1	30~40	
3.5	土の液性・塑性限界 試験	試料	1	20~30	
3.6	吸水膨張試験	試料	1	100~150	
3.7	CBR 試験	試料	1	100~150	・ 4 日水浸
4	室内試験 骨材試験				
4.1	LAA	試料	1	60~80	・ LAA : Los Angeles Abrasion : ロサンゼルス試験機による骨材のすりへり試験
4.2	ACV	試料	1	60~80	・ ACV : Aggregate Crushing Value : 骨材の破碎値試験
4.3	TFV	試料	1	80~100	・ TFV (10%破碎荷重 (Ten percent Fines Value)) : 全体の骨材の内 10%が 2.36mm のふるいを通過する時の破碎荷重
4.4	骨材の密度試験	試料	1	50~60	
5	報告書作成	式	1	2,000~3,000	・ 調査規模によって異なる
参考	試掘調査	m	1	60~80	・ 深さ 1m
参考	DCP 試験	箇所	1	80~100	・ DCP : Dynamic Cone Penetration ・ 深さ 1m

注：JICA 調査団の保有資料を分析した参考単価であり調査費用の概算レベルである。

出典：JICA 調査団

路床の強度調査を実施するための試料採取については、図 5.2に示すように地形と道路の線形計画によって必要性が異なる。平地区間であり地形に沿った縦断計画を実施する場合には、現地表面から50cm~100cmの間が路床となる場合が多いが、丘陵地や山地部では現地表面から100cm以上深い箇所が路床となる場合や、現地盤では無く新たな盛土が路床（構築路床）となることもある。このため、路床の強度確認するための試料の採取については、概略の線形計画立案後に実施することが効率的となる。

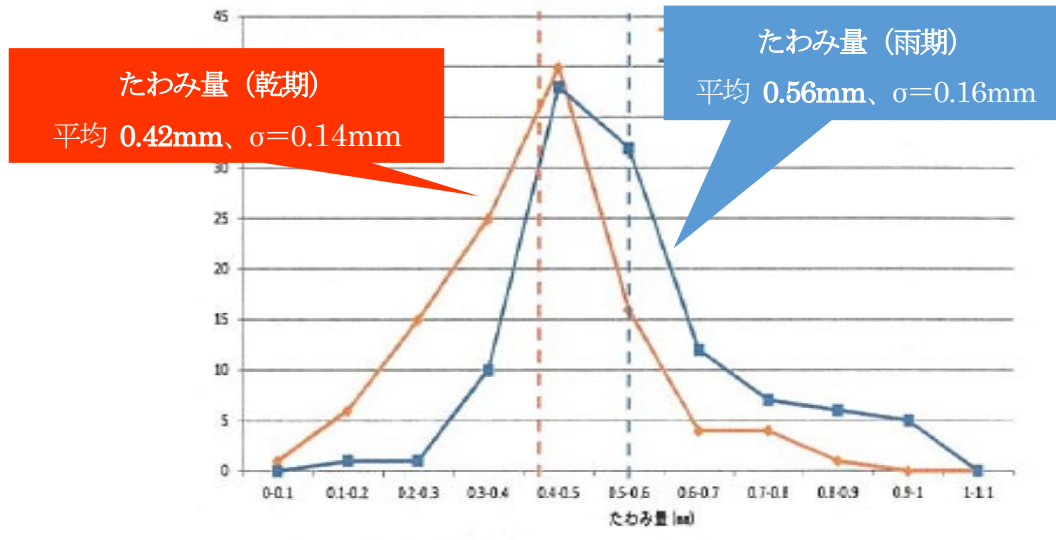


出典：JICA 調査団

図 5.2 路床調査の留意事項

■ 季節による路床強度の違い (CBR 試験の留意事項)

図 5.3 は、ラオスで計測した雨期乾季による路床強度 (たわみ量) の違いである。雨期には路床のたわみが 33%程度大きくなる。すなわち支持力が低下し路面の損傷に繋がることが示されている。同様に、寒冷地では雪解け期に路床の支持力が大きく低下することが知られている。表 5.11 に示すように、オーストラリアの舗装設計基準では年平均降雨量によって試験時の水浸期間を最大 10 日間としている例もある。



出典：JICA 調査団

図 5.3 雨期と乾季の路床支持力の違いの例 (ラオス国道9号線、JICA調べ)

表 5.11 主なCBR試験方法

基準名・国名	特徴	留意点
ORN* 31 <sup>[10]</sup>	修正 CBR 試験 (BS***基準：平衡含水比等現場条件に適合した含水量)	水浸 (4 日) / 非水浸は降雨量や地下水状況によって判断
SATCC**舗装設計 <sup>[11]</sup>	修正 CBR 試験 (AASHTO**** T-99)	水浸 (4 日) / 非水浸は降雨量や地下水状況によって判断
オーストラリア舗装設計基準 <sup>[12]</sup>	修正 CBR 試験 (最適含水比：OMC*****) 年平均降雨量の中央値>800mm かつ排水施設が脆弱な場合 1.0~1.15 × OMC	年平均降雨量の中央値>800mm かつ排水施設が脆弱な場合 4~10 日水浸 年平均降雨量の中央値 500~800mm かつ排水施設が脆弱な場合 4~7 日水浸

\*ORN：Overseas Road Note, \*\*SATCC：南部アフリカ運輸・通信委員会 (Southern Africa Transport and Communications Commission), \*\*\*BS：英国規格 (British Standard), \*\*\*\*AASHTO：米国全州道路交通運輸行政官協会 (American Association of State Highway and Transportation Officials), \*\*\*\*\*OMC：最適含水比 (Optimum Moisture Content)

出典：JICA 調査団

(4) 気象調査

対象地域の降雨データを過去3~5年程度収集し、気象状況の傾向を把握するとともに、側溝等の排水路設計等に必要降雨強度の算出をする。また、気温が高く路面温度が高温となる地域では、アスファルト層の流動わだち掘れが大きな課題である。このため、対象地域の年間月平均気温のデータを収集し、路面

温度及び必要 DS (動的安定度 : Dynamic Stability) 値を算定する。気象データの入手については、相手国の気象庁や空港等から公的なデータから入手することを基本とするが、公的なデータであっても観測精度が低い場合があるので、複数年 (3~5年程度) のデータの比較、またはソースの異なるデータとの比較により精度を確認する。また、事業対象地域が僻地にある等の理由により、周辺の観測データの入手が困難な場合はデータの信頼性を確認の上、Web Site 等から入手することもできる。各国政府機関の気象観測所 (実測値) 基づく気象データを提供するサイトとしては、WWIS (世界気象情報サービス : World Weather Information Service) がある。WWIS は全世界を幅広くカバーしており、提供しているデータは月平均気温である。実際には気温は地形等によって複雑なので、別途事業地点で気温や路面温度の実測によって温度を確認することが望ましい。

## (5) 水文調査

一般に地形および地表面の状況に関しては、現地踏査を行うことによって、地図の判読からだけでは得られない詳細な資料を得る。例えば、集水区域内の地表面の状況や傾斜、あるいは周辺地域の開発などの人為的な要因による地表状態の変動等である。また、特にのり面排水、地下排水のためには、地すべり、崩壊の有無、斜面の浸食状況、植生の状況などを調査することが重要である。また、現況の水路系統および湧水調査は、排水施設の設計において現況水路与道路排水の整合を保つことや、盛土の安定あるいは切土のり面の安定を図るための資料を得ることを目的とする。したがって、現況用排水路の種別、流下方向、水路構造の種類と断面寸法、水路の利用状況などの調査を行い、さらには、湧水のある地点や湿地帯の分布調査も実施する。また、地下水・地下排水調査も水文調査に含まれる。雨季/乾季により水文状況 (地下水位、河川水位、斜面からの湧水等) が異なることが想定される場合は、原則として地下水位あるいは含水比が最も不利になると思われる時期、例えば雨季末期の調査を提案する。

### 5.3. 実施段階への申し送り事項

準備調査の設計段階で想定されるリスク、課題を詳細設計、あるいは施工監理へ申し送りすることが必要な場合、想定されるリスクを準備調査報告に記載するものとする。この際、詳細設計で解決できるものは問題ないが、詳細設計後にもリスクとなる項目については「現場条件」として詳細設計報告書等に記載し、予想を超える事象が発生した場合には、「現場条件の変更」として施工時に対応する。想定されるリスクの例として、以下のような項目があげられる。

表 5.12 準備調査段階で想定される申し送り事項 (例)

大項目	中項目	想定リスク (例)	詳細設計/施工監理への申し送り事項
構造物設計	支持地盤	雨季の河川流量の増加等によりボーリング調査が不十分な箇所があり、支持層線が想定と異なっている可能性がある。また、一部函渠については、ボーリング調査を実施していない。	詳細設計時にジャストポイントでの追加地質調査を提案し、不足箇所、又は不明瞭な支持層を確認する。
	橋梁 (河道)	急流河川において、雨季の流量増加時に河道の変化が生じ、実施した水文解析の結果を見直す必要がある。	詳細設計時に河道の変化が認められる場合には河川測量を追加し、その追加測量の結果を反映させた水文解析を実施し、必要に応じて準備調査の計画を見直す。
土構造物設計	安定計算	盛土高が標準値より低く、適切な盛土材料の入手が可能であることから、地質調査と安定計算を実施していないが、盛土が破壊すると周辺地区 (居住区) に重大な影響を及ぼすおそれがある。	詳細設計時に対象箇所において地質調査 (ボーリング) を実施し、想定される材料条件等に基づく盛土の安定計算により、計画の妥当性を確認する。また、施工段階では、適切な盛土材料の選定、転圧機械、転圧仕様などの締固め条件を十分に確認、監理する。
舗装設計	地下水位	低地区間の地下水位の上昇により、路床が長期間に渡り浸水状態となり、路床強度が想定より小さくなる可能性がある。(調査工程上、雨季の現地調査ができなかった場合)	詳細設計時に対象区間での地下水調査を実施し、必要に応じて地下水が舗装構造に影響を与えないように準備調査の計画を見直す。
支障物件	埋設管	進行中の水道管の新設/移設工事について、敷設位置が確定していないため、想定で設計を実施した。水道管の埋設位置によっては、道路中心線の変更、用地範囲の変更が必要。	詳細設計時に埋設位置について再確認を行い、道路工事後に改めて掘削が必要であるような計画の場合には、埋設位置の変更を相手国政府に求める。
積算	土砂/岩区分	準備調査段階では、地質調査によらず地質概査 (目視) により岩区分を設定したが、設計の結果、切土が未風化な硬岩部にまで及んでいる可能性がある。このため、積算に用いた切土の土砂/岩区分が異なる可能性がある。	切土量が多く、土砂/岩区分が工事費に大きな影響を与える場合、詳細設計時に代表的な切土断面にて、必要な追加調査を実施し、切土の土砂/岩区分を明確にする。また、施工時に想定と異なる土砂/岩区分が確認された場合には、現場条件の変更として対応する。
	材料	材料調査結果に基づき、積算には最も運搬距離が短い採石場や土取場候補地を採用。採取材料は仕様を満たすが、プロジェクトに必要な量が確保できない可能性がある。	必要な追加調査を実施し、必要量の確保について改めて確認を行う。必要量が確保できない場合には、追加調査により新たな材料採取箇所を特定するか、入札図書に仮定条件として明示する。

出典：JICA 調査団

## 参考文献

- [1] 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書 丸善出版 2017年11月
- [2] 横倉順治他：開発途上国での土木インフラ整備における適正技術の評価手法に関する基礎的研究 土木学会論文集
- [3] 国土地理院：公共測量 作業規程の準則 国土交通省告示第413号 平成20年3月31日
- [4] 道路調査設計研究会：道路調査設計ノウハウ集 (一社)建設コンサルタント協会 東北支部 平成11年10月
- [5] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計便覧 平成18年度版
- [6] Ethiopian Roads Authority：Site Investigation Manual 2011
- [7] Ministry of Roads and Transport, Ghana Highway Authority：Pavement design Manual, 1998
- [8] TANROADS：Field Testing Manual 2003
- [9] 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 丸善出版 2013年3月
- [10] TRL：Overseas Road Note 31 A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries, 1993
- [11] SATCC：Draft Code of Practice for the Design of Road Pavements, 1998
- [12] Austroads：Pavement structural design of Austroads guide to pavement technology, 2012

## 第6章 参考資料

### 6.1. 道路幾何構造に関する参考資料

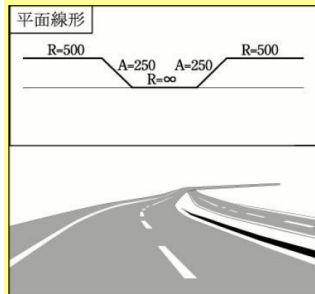
#### (1) 線形設計実施時の留意点

##### ■ 平面線形の設計の留意点

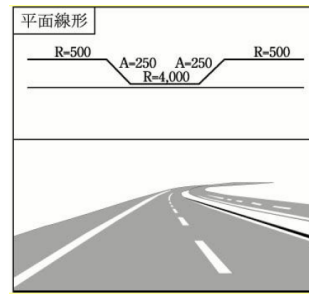
- ・ 長い直線をできるだけ避ける
- ・ 連続した円曲線相互の曲線半径の比を適切にする
- ・ 緩和曲線は前後の円曲線の半径とバランスさせる

##### ■ 平面線形の避けるべき組合せ

- ・ 同方向に屈曲する曲線間に短い直線を入れる (ブロークンバックカーブ)
- ・ 長い直線の終端に曲線半径が短い円曲線を入れる
- ・ 道路交角が小さい場合に曲線長が短い円曲線を入れる



ブロークンバックカーブ



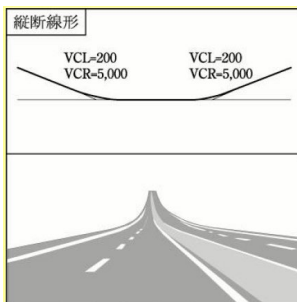
直線区間を複合曲線で置換えた場合

出典：道路構造令の運用と解説<sup>[1]</sup>

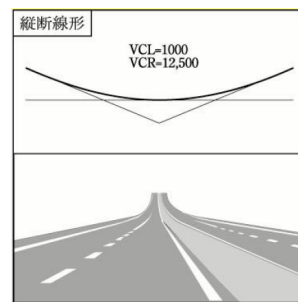
図 6.1 同方向の曲線間の直線の使用 (平面) (例)

##### ■ 縦断線形の避けるべき組合せ

- ・ 同方向に屈曲する縦断曲線間に短い直線を入れる (ブロークンバックカーブ)
- ・ 短区間で凹凸を繰り返す縦断線形
- ・ サグ部に大きな縦断曲線を入れる



ブロークンバックカーブ



直線区間を縦断曲線で置換えた場合

出典：道路構造令の運用と解説<sup>[1]</sup>

図 6.2 同方向の曲線間の直線の使用 (縦断) (例)

(2) 幾何構造基準 (例)

道路の幾何構造基準の内、無償資金協力事業で最も一般的に採用される設計速度 80km/h と 60km/h の幾何構造基準を示す。

表 6.1 幾何構造部一覧 (80km/h)

項目		SATCC*[ <sup>2</sup> ]	道路構造令 <sup>[1]</sup>	
視距 L(m)	停止	115	110	
	追い越し	540	550	
平面線形	横滑り摩擦係数	0.13	0.12	
	最大直線長 L(m)	-	2,000 - 600	
	最小曲線半径 R (m)	望ましい値	250 (6%)	400
		標準値	230 (8%)	280
	SATCC : ( )片勾配	特例値	210 (10%)	230
	最小曲線長 L (m)	$\theta < 7^\circ$	300	1,000/ $\theta$
		$\theta > 7^\circ$	150	140
	最大曲線長 L (m)	標準	800	-
		特例	1,000	-
	片勾配を打切る最小曲線半径 R (m) (横断勾配 2.0%)		1,600 - 2,000	3,500
緩和曲線長 L(m)		40	70	
緩和曲線を設けるべき限界曲線半径 R (m)		900	900	
横断勾配	標準横断勾配 (%)	片側 1 車線	1.5	
		片側 2 車線	2.0	
	最大片勾配 (%)	6, 8, 10	10	
縦断線形	最小 K 値	凸型曲線	33	
		凹型曲線	25	
	最小縦断曲線半径 R (m)	凸型曲線	望ましい値	-
			標準値	4,500
		凹型曲線	望ましい値	-
			標準値	3,000
	最小縦断曲線長 L (m)		140	70
	最大縦断勾配 (%)	平地	5	標準 : 4 特例 : 7
		丘陵地	6	
		山地	7	
縦断勾配制限長 L(m)	3%	500	-	
	4%	300	-	
	5%	240	600	
	6%	200	500	
	7%	170	400	
	8%	150	-	
最小縦断勾配 (%)		-	0.3	
合成勾配 S (%)		-	10.5	
建築限界 H (m)	車道	4.5 - 5.0	4.5	
	歩道	2.5	2.5	

\*SATCC : 南部アフリカ輸送・通信委員会 (Southern Africa Transport and Communications Commission)

出典 : 道路構造令の運用と解説<sup>[1]</sup>、Draft Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads<sup>[2]</sup>



表 6.2 幾何構造部一覧 (60km/h)

項目		SATCC <sup>[2]</sup>	道路構造令 <sup>[1]</sup>	
視距 L(m)	停止	80	75	
	追い越し	410	350	
平面線形	横滑り摩擦係数	0.14	0.13	
	最大直線長 L(m)	-	1,500 - 400	
	最小曲線半径 R(m)	望ましい値	140 (6%)	200
		標準値	125 (8%)	150
	SATCC : ( )片勾配	特例値	110 (10%)	120
	最小曲線長 L(m)	$\theta < 7^\circ$ 道路構造令 $\theta < 5^\circ$ SATCC	300	700/θ
		$\theta > 7^\circ$ 道路構造令 $\theta < 5^\circ$ SATCC	150	100
	最大曲線長 L(m)	標準	800	-
		特例	1,000	-
	片勾配を打切る最小曲線半径 R(m) (横断勾配 2.0%)	1,000 - 1,200	2,000	
緩和曲線長 L(m)	35	50		
緩和曲線を設けるべき限界曲線半径 R(m)	500	500		
横断勾配	標準横断勾配 (%)	片側 1 車線	1.5	
		片側 2 車線	2.0	
	最大片勾配 (%)	6, 8, 10	10	
縦断線形	最小 K 値	凸型曲線	16	
		凹型曲線	16	
	最小縦断曲線半径 R(m)	凸型曲線	望ましい値	-
			標準値	2,000
		凹型曲線	望ましい値	-
			標準値	1,500
	最小縦断曲線長 L(m)	-	1,000	
	最大縦断勾配 (%)	平地	100	50
		丘陵地	6	標準 : 5 特例 : 8
		山地	7	
	縦断勾配制限長 L(m)	3%	8	-
		4%	500	-
5%		300	-	
6%		240	600	
7%		200	700	
8%		170	800	
最小縦断勾配 (%)	150	-	0.3	
合成勾配 S (%)	-	-	10.5	
建築限界 H(m)	車道	4.5 - 5.0	4.5	
	歩道	2.5	2.5	

出典 : 道路構造令の運用と解説<sup>[1]</sup>、Draft Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads<sup>[2]</sup>

### (3) 登坂車線

交通量が多く、大型車混入率が高い道路等の登坂部において、車線を付加し低速車を本線から排除することにより、大型車等の速度低下の影響により生じる交通容量の低下等を防止し、本来の道路の交通容量、安全性、快適性を確保するため、登坂車線の規定が各国の基準で定められている。

- ◆ 設置要件 : 普通道路の縦断勾配が5パーセント (高速自動車国道及び高速自動車国道以外の普通道路で設計速度が1時間につき100キロメートル以上のものにあつては3パーセント) を超える車道には、必要に応じ、登坂車線を設けるものとする。
- ◆ 設置要件 : LOS (サービス水準 : Level of Service) 分析によって必要性を検討するが、通常走行速度から20km/h の速度低下となる前に本線から分離させ、通常速度から20km/h の速度低下時点で本線へ復帰させる。
- ◆ 幅員 : 幅員は3.1m 又は3.4m とする。
- ◆ 幅員 : 幅員は3メートルとする。

道路構造令の運用と解説<sup>[1]</sup>

SATTC: Draft Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads<sup>[2]</sup>

## 6.2. 道路土工に関する参考資料

### (1) のり面保護工の選定

のり面保護工の選定方法については、のり面が植生可能な土質で、すべりなどが発生しない場合、経済上も景観上も植生工を用いるのがよいとされている。

- 法面が浸食又は表層すべりを起こしやすい土質の場合は、植生工に編柵工、のり砕工を併用する。また、ブロック張り工、石積み工を用いることもある。
- 湧水のある場所には法砕工は効果的である。表面水が集中して流下するおそれのある箇所、日光や雨が当たらない箇所は、植生工では生育が良くないのでブロック張り工、石張り工を用いる。
- 放置しておくとも風化が進行する法面には、モルタルあるいはコンクリート吹付工が適しているが、湧水のある箇所や湿潤な法面などでは避ける。法砕工の中詰めを石張り、コンクリート張り、ブロック張りとした工法も吹付工と同じ目的で用いられるが、吹付工に比較してのり面の補強効果が期待できる。き裂のある岩の法面、大きな浮石のある法面などでは、法面アンカー工が用いられる。
- 蛇籠工は、湧水の多いのり面を被覆し、土砂の流出を防止するのに用いられる。
- 湧水のある法面、湿潤な法面では、水平排水孔、地下排水溝など地中排水施設や、法肩排水溝、縦排水溝などの地表排水施設を施工する。
- 隣接の構造物や地形の関係で安定勾配法面での施工ができないときや、長大法面とするよりも擁壁によって全体的に急な法面にした方が有利となる場合には、擁壁を採用する。
- 補強土工は、鉄筋や帯鋼、ジオテキスタイルなどの補強材を盛土内あるいは地盤と盛土の境界部、地山などに配置して、土圧の軽減や盛土及び斜面の安定比、あるいは地盤の支持力の増大などを図る工法の総称で、補強土擁壁、切土法面及び自然斜面などにおける補強土工のほか、盛土補強や軟弱地盤における盛土補強工などがある。

上記のように法面保護工については非常に多くの工法があり、また組み合わせて使用される場合も多い。以下にのり面保護工の実例写真を示す。



植生シート



ブロック積み擁壁



モルタル吹付工+ロックボルト工



法枠工+モルタル吹付工



植栽工



補強土壁

出典 : <http://www.mizunotec.co.jp/index.html>

写真 6.1 主なのり面保護工

## (2) 軟弱地盤対策工の選定

軟弱地盤対策工法には種々の工法があり、それぞれ特徴を持っており施工法および対策効果も異なっている。したがって、工法の選定に当たっては、以下の項目を十分考慮したうえで最適な工法を選択する必要がある。

- 対策工法を必要とする理由、目的、期待する効果
- 地盤の性状
- 構造物の性質
- 現場条件、周辺環境

軟弱地盤対策工法の種類と適用地盤・効果を表 6.3 に示す。

表 6.3 軟弱地盤対策工法一覧表

工法分類	種類	工法の概要
表層処理工	表層排水工法	幅0.5m、深さ1.0m程度のトレンチに良質な砂・砂礫で埋め戻し地下排水溝とする
	サンドマット工法	トラフィカビリティーの確保と排水層として、軟弱地盤上に0.5~1.2mの敷砂をする
	敷設材工法	トラフィカビリティーと初期盛土の安定を確保するが恒久対策ではない
	表層混合処理工法	表層地盤を生石灰・セメントなどで改良し、トラフィカビリティーの確保と支持力の増加を図る
置換工法	掘削置換工法	軟弱層の全体か部分的に良質材で置き換える
	盛土自重強制置換工法	良質材の盛土自重によって軟弱層を強制的に押し出して置き換える
押え盛土工法		盛土の安全率が得られない場合盛土の側方を押えて安定を図る
盛土補強工法		盛土内に引張補強材を配置し盛土と一体化させ、地盤の側方流動に伴う盛土底面の広がりを拘束し、盛土の破壊を抑制する
緩速載荷工法		地盤が破壊しない範囲の盛土速度を保って盛土する
載荷重工法	盛土荷重載荷工法	計画高さ以上に載荷し放置して、軟弱地盤を圧密させて強度増加を図る
	地下水低下工法	地下水位の低下で有効応力を増加させて軟弱層の圧密促進を図る
	大気圧載荷工法	地表面に気密膜を設けてサンドマット内の空気圧を減じたり、真空にして強制的に排水して、圧密する
パーチカルドレーン工法	サンドドレーン工法	粘土質地盤に鉛直な透水性のより排水柱を設け、排水距離を短縮して圧密促進する
	カードボードドレーン工法	粘土質地盤に鉛直な透水性のよりカードボードを配置し、排水距離を短縮して圧密促進する
サンドコンパクションパイル工法		衝撃荷重や振動荷重で砂を地盤中に圧入し、砂くいを形成して、粘土質地盤では支持力の向上と沈下量の減少を図り、砂質地盤では液状化の防止を図る
振動締め固め工法	パイプフロートーション工法	棒状の振動機を地中地盤に振動させながら水を噴射し、水締めと振動により締め固めで生じた空隙に砂利などを補給して地盤改良する
	ロッドコンパクション工法	緩い砂地盤にロッドをパイプハンマーで地中に貫入させ、振動により締め固めを行い、打設孔には砂利や粗砂を補給する
	重錘落下締め固め工法	重量10~25tf、底面積2~4㎡程度の重錘を高さ10~30mから自由落下させ締め固める
固結工法	深層混合処理工法	塊状、粉末状あるいはスラリー状の石灰・セメント系の安定材を原位置の軟弱土と強制混合して、安定処理をする
	石灰パイル工法	生石灰を粘土質地盤に柱状に打設し、地盤の含水量を低下させ強度増加と沈下の低減を図る
	薬液注入工法	砂質地盤中に、薬液・セメントミルクなどの注入材を圧入して固結土を造成し、地盤の透水係数を低下させ、強度の増加を図る
	凍結工法	軟弱地盤や地下水の多い地盤を一時的に凍結させて、湧水の阻止や掘削面などを安定させる仮設工法である
構造物による工法	くい工法	くい群の頭部にRCスラブ、RCキャップ、ジオテキスタイルあるいは鉄筋を組み合わせ支持力の増大と沈下を抑制する
	矢板工法	盛土の側方に矢板を打設して、本体盛土のすべり破壊を防止し、地盤の側方変位を減じて安定を図る
	カルバート工法・高架工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするためにカルバートを連続して並べ、軽量にして地盤の挙動を抑える
土圧低減工法	EPS工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするために、発泡スチロールを用いた超軽量盛土をすることで土圧の低減を図る
	FCB工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするために、セメント・水および気泡を混合した気泡混合軽量土をすることで土圧の低減を図る

\*EPS：発泡スチロール土木工法 (Expanded Polystyrol Construction Method)

\*FCB：気泡混合軽量土 (Foamed Cement Banking)

出典：道路土工—軟弱地盤対策工指針<sup>3)</sup>

6.3. 道路構造物に関する参考資料

(1) 構造物の設計方法

構造物の設計とは、耐荷性能に対する定められた限界状態を満足するよう、各種条件(荷重、構造寸法、使用材料など)を決定し、各種設計法を用いて安全性を確認する<sup>1</sup>とともに、設計寿命耐久期間に対する所要の耐久性能を確保することである。

表 6.4 構造物設計の主な設計方法

	項目	擁壁	函渠(カルバート)	橋梁
	定義	擁壁とは、盛土、掘削(切土)に際し、用地、地形などの制約により通常の土の斜面では安定を保ち得ない箇所において土砂の崩壊を防ぐとともに土を支え、道路の交通機能を維持するために設ける構造物である。	函渠(カルバート)とは、道路の下に、水路等の空間を得るために盛土あるいは原地盤内に設けられる構造物であり、その力学的特性から剛性カルバートとたわみ性カルバートがある。	橋梁とは、道路、鉄道、水路等の輸送路において、輸送の障害となる河川、溪谷、湖沼、海峡或いは他の道路、鉄道、水路等の上方にこれらを横断するために建設される構造物の総称。市街地において効率的な土地利用の観点から、道路上あるいは河川上の空間に連続して建設される高架橋も橋梁の一形態である。
設計基準	日本	道路土工-擁壁工指針 <sup>4)</sup>	道路土工-カルバート工指針 <sup>5)</sup>	道路橋示方書 <sup>6)</sup> (H29)
	アメリカ	AASHTO*	AASHTO	AASHTO
	欧州	Eurocode	Eurocode	Eurocode
設計法	日本	許容応力度法	許容応力度法	部分係数設計法
	アメリカ	荷重抵抗係数設計法(LRFD**)	荷重抵抗係数設計法(LRFD)	荷重抵抗係数設計法(LRFD)
	欧州	部分係数設計法	部分係数設計法	部分係数設計法
設計寿命	日本	100年(耐久性の観点)	100年(耐久性の観点)	100年
	アメリカ	75年	75年	75年
	欧州	100年	100年	100年
設計自動車荷重	日本	250 kN		
	アメリカ	325 kN		
	欧州	440 kN		

\*AASHTO: 米国全州道路交通運輸行政官協会 (American Association of State Highway and Transportation Officials)

\*\*LRFD: Load and Resistance Factor Design

注: 日本の擁壁と函渠は道路土工指針に設計寿命の記載がないが、塩害耐久性の記述には100年耐久との記載があったため、これを用いて100年とした。

出典: JICA 調査団

\*道路橋示方書<sup>6)</sup> (H29)

日本の道路橋の設計基準は道路橋示方書<sup>6)</sup>であり、H29の基準の改定により部分係数設計法を新たな設計方法として取り入れた。それまで使用されていたH24の道路橋示方書では、「許容応力度法」を設計法として採用しており、無償資金協力事業で実施される橋梁案件では、今のところH24示方書を用いた設計を行っているが、今後、新材料を積極的に導入することを見据えると順次H29の部分係数法に移行していくものと考えられる。ただし、新しい設計法であるのでその特徴、照査の方法など手順をはじめとする示方書の規定を正しく理解することが必要であるため、無償資金協力事業では、許容応力度法による設計を当面は認めるものの、部分係数設計法による照査を実施することが望ましい。

<sup>1</sup> 限界状態設計法: 橋が所要の性能を満足するために留まるべき状態を示す。H29道路橋示方書<sup>6)</sup>における限界状態は“橋の限界状態”、“上部構造・下部構造・上/下部構造接合部の限界状態”、“部材等の限界状態”に階層化されており、最終的に“橋の限界状態”を満足させるような設計をする必要がある。

許容応力度法： 許容応力度法とは、材料側このみ、限界状態（一般に降伏点強度）に対して経験的に定められた低減係数で割った数値を許容応力として設計に用いる手法。許容応力度は降伏強度に基づき安全率で割り戻された値を用いることが一般的であるため、弾性理論による設計法である。

部分係数法： 部分係数法とは、性能照査手法の一種であり、降伏強度に安全率を掛け合わせて安全を担保するという従来の方法（許容応力度法）に対し、材料特性や荷重などの不確実性に応じて荷重・強度側の両方に複数の安全係数を用いてより合理的な信頼性の確保を行う方法である。限界状態や、係数の設定手法や種類は各国の基準で独自に定められており統一性は無く、得られる計算結果も異なる。

## (2) 構造物の耐震設計

アフリカにおける耐震設計に関する基準としては、Draft Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts<sup>7)</sup> (SATCC:南部アフリカ運輸・通信委員会:Southern Africa Transport and. Communications Commission)が挙げられる。ここでは、アフリカ南部地域における地域別の地震時加速度の分布や、慣性力の算出式等が記載されており、当該地域での設計の参考として活用することが出来ると考える。次頁に SATCC の耐震設計に関する資料を図 6.3 に示す。

なお、通常の弾性設計法（許容応力度法）で求まる橋梁構造では安全でないような大きな地震に対する設計が求められる場合は、塑性設計法によることとなるが、塑性設計法の内容およびその適用方法については日本と他の先進諸国で異なるところがあり、設計結果の構造物も寸法、鉄筋量及びその配置などが異なることになるので、どの設計法を用いるかについては実施機関との間で相違について理解の上事前に合意を得ておく必要がある。

地表面最大加速度

Table 3.16: Modified Mercalli classification

Modified Mercalli Intensity at epicentre (MM)	Maximum ground acceleration (A) at epicentre (g)
ii - iii	0.003
iv - v	0.01
vi	0.03
vii - viii	0.1
ix	0.3
x - xi	1.0

地震強度地図



出典 : Draft Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts<sup>[7]</sup>

地震時慣性力の算出式

3.10.3.1 Nominal Earthquake Forces

The equivalent horizontal static earthquake force  $F_x$  to be applied to the portion  $m_x$  of the bridge structure at a height  $h_x$  above the base or pile cap, can be represented by the following equation:

$$F_x = S \cdot A \cdot \xi \cdot I \cdot f \cdot m_x \cdot h_x \left[ \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n m_i h_i} \right]$$

where

A = horizontal ground acceleration (see Table 3.16)  
 S = the seismic response factor for the structure which shall be equal to  $0.5\sqrt{T}$  but need not exceed 1.0

where

T = fundamental period of vibration of the structure in seconds in the direction under consideration as defined below. Except for structures that are vulnerable or complex, the fundamental period T may be determined according to the approximate method in Appendix D.  
 ξ = numerical factor that reflects the structural configuration and the mechanical properties of the material including damping, ductility and/or energy-absorptive capacity of the structure as given in Table 3.17.  
 I = importance factor of the structure which shall vary from 1.0 to 1.3 depending on the importance of the structure.  
 f = foundation factors which are given in Table 3.18. The product 1.3 need not exceed 1.0.  
 $\sum_{i=1}^n m_i$  = mass of the dead load plus the mass of the superimposed dead load of the structure or part of the structure being considered, conveniently subdivided into n portions.  
 $h_x$  = the height above base level of the portion  $m_x$  of the structure being considered.  
 i = 0; refers to base level.  
 i = 1...n refers to the relative levels of the n portions of the structure considered.

図 6.3 耐震設計基準例 (SATCC)

### (3) 擁壁の構造形式の選定

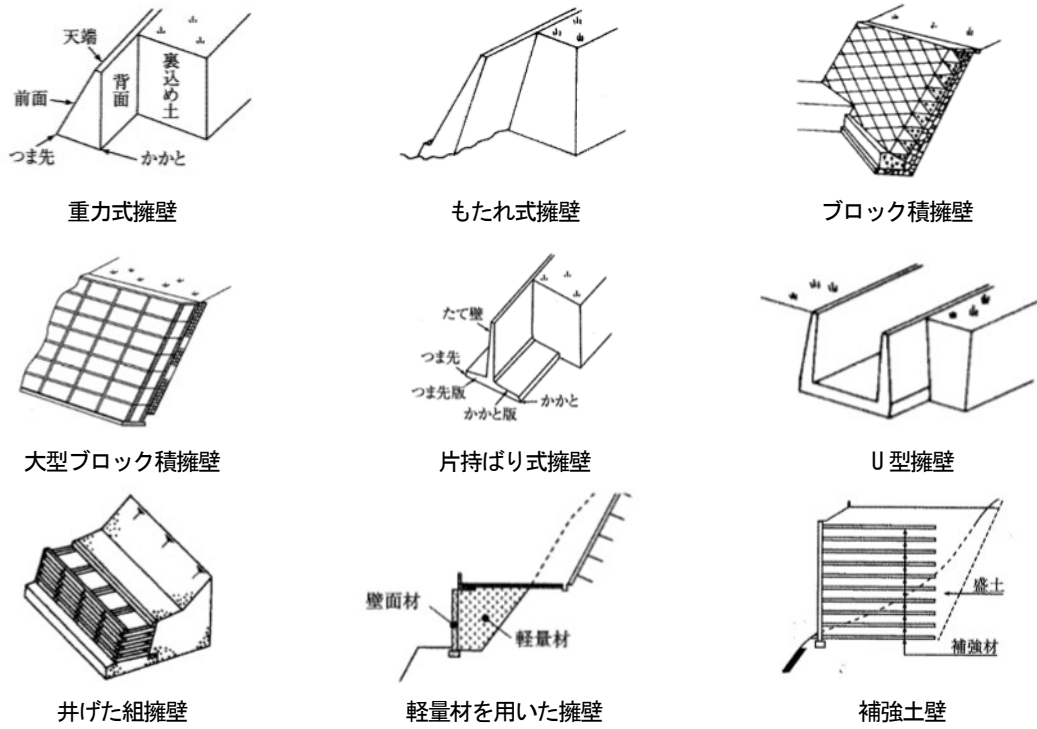
擁壁の構造形式の選定は、必要に応じ以下に示す項目を各種調査及び検討を実施してから行うものとする。表 6.5 に擁壁の構造形式選定上の目安を示す。

表 6.5 擁壁の分類

擁壁の種類	適用されている主な擁壁高	特徴	主な留意事項
重力式擁壁	5m 程度以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>自重によって土圧に抵抗し、躯体断面には引張応力が生じないような断面とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎地盤が良好な箇所に用いる。</li> <li>小規模な擁壁として用いることが多い。</li> <li>杭基礎となる場合は適していない。</li> </ul>
もたれ式擁壁	10m程度以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>地山または切土部にもたれた状態で自重のみで土圧に抵抗する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎地盤は堅固なものが望ましい。</li> <li>比較的安定した地山や切土部に用いる。</li> </ul>
ブロック積(石積)擁壁	7m以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>のり面下部の小規模な崩壊の防止、のり面の保護に用いる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定している地山や盛土など土圧が小さい場合に用いる。</li> <li>耐震性に劣る。</li> </ul>
大型ブロック積擁壁	8m以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>のり面下部の小規模な崩壊の防止、のり面の保護に用いる。</li> <li>ブロック間の結合を強固にした場合は、もたれ式擁壁に準じた適用が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>もたれ式擁壁に準ずる場合には、基礎地盤は堅固なものが望ましい。</li> <li>比較的安定した地山や切土部に用いる。</li> </ul>
片持ばり式擁壁(逆T型、L型、逆L型、控え壁式)	3~10m程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>躯体自重とかかと版上の土の重量によって土圧に抵抗する。</li> <li>たて壁、かかと版・つま先版は、各作用荷重に対し、片持ばりとして抵抗する。</li> <li>擁壁高が高い場合は、控え壁式が有利となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>杭基礎となる場合にも用いられる。</li> <li>プレキャスト製品も多くある。</li> <li>控え壁式の場合、躯体の施工及び裏込め土の転圧が難しい。</li> </ul>
U型擁壁	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘割式U型擁壁と中詰め式U型擁壁がある。</li> <li>掘割式で壁高が高い場合、側壁間にストラットを設けることがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘割式で地下水位以下に適用する場合、水圧の影響や浮き上がりに対する安定を検討する必要がある。</li> </ul>
井げた組擁壁	15m程度以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>プレキャストコンクリート等の部材を井げた状に組み中詰め材を充填するもので、透水性に優れている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>もたれ式擁壁に準じた設計を行う。</li> </ul>
補強土壁	3~18m程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>補強材と土の摩擦やアンカープレート of 支圧によって土を補強して壁体を形成するもので、さまざまな工法がある。</li> <li>壁面工の種類により緑化が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>柔軟性のある構造であるため、ある程度の変形が生じる。</li> <li>コンクリート擁壁に比べ規模が大きくなる場合もあるため、詳細な地盤調査を行う必要がある。</li> <li>安定性は、盛土材と補強材、壁面の相互の拘束効果によるため、良質な盛土材料を用い、施工・施工管理を確実にを行う必要がある。</li> <li>盛土に比べて変形・変状に対する修復性に劣る。</li> <li>水による影響を受けやすいため、十分な排水施設を設ける。</li> </ul>
軽量材を用いた擁壁	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量材の種類により、さまざまな工法がある。</li> <li>軟弱ないし比較的不安定な地盤でも擁壁の構築が可能となる場合がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水の浸入等による軽量材の強度低下や重量増加があるので、十分な排水処理を行う必要がある。</li> </ul>

出典：道路土工—擁壁工指針<sup>4)</sup>





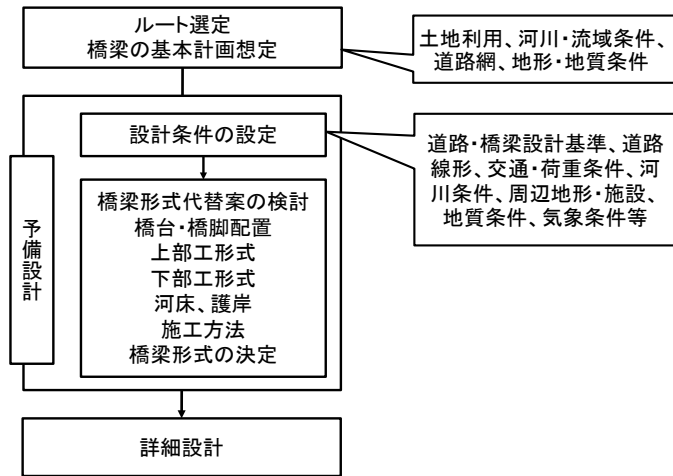
出典: JICA 調査団

図 6.4 擁壁工の概要図

## 6.4. 道路橋梁に関する参考資料

### (1) 橋梁設計のフロー案

図 6.5 に標準的な橋梁設計の流れを示す。日本では、河川が管理されていること、「河川管理施設等構造令」等の基準が整っていることから、設計の条件は河川管理者との協議により決めることができる。しかし、途上国の河川は、管理者が定まっていない場合が多く、自然河川を対象にする場合が多い。このため、日本とは異なる条件下での設計となる。



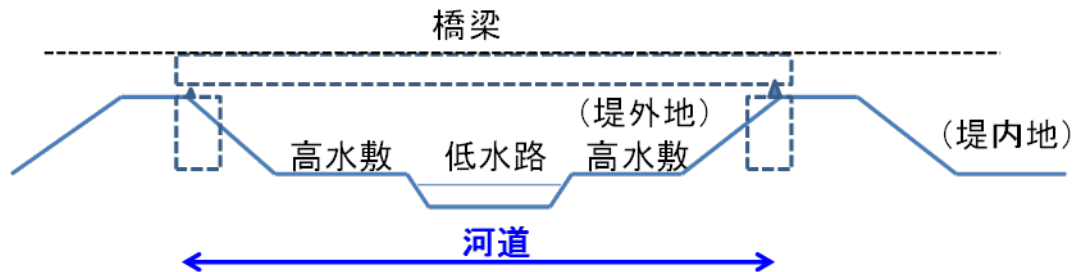
出典：JICA 研究会資料「自然河川を渡る道路」<sup>8)</sup>

図 6.5 橋梁の設計フロー (案)

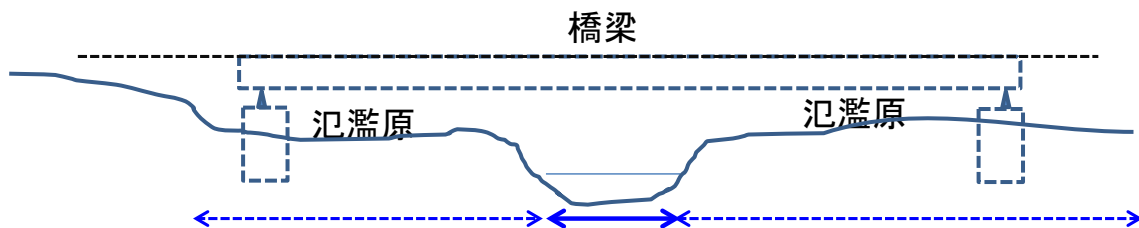
### (2) 自然河川とは

自然河川とは、「天然のままで人為の加わらない河川（原始河川ともいう）国土地理院）」のことをいい、管理された人工的な河川の河道には、「高水敷」が存在するが自然河川では存在しない。

人工的な河川（日本の河川）の場合（複断面）



自然河川（無堤河川）の場合



出典：JICA 研究会資料「自然河川を渡る道路」<sup>8)</sup>

図 6.6 河川の横断面と各部分の呼称

### (3) 地盤条件

地盤条件とは、掘削地盤の状態、支持地盤の傾斜・深さ等のことであり、橋梁の設計では上部構造及び地盤の条件に対して適切な基礎構造を選定する。また、与えられた条件に対して、技術的見地からは適切

と思われる支持地盤及び基礎構造の形式が複数選定される場合には、施工に要する時間と経済性等を考慮して慎重に決定する。なお、構造物基礎は十分な厚さをもった良質な支持層に支持させる必要がある。良質な支持層の目安は上部構造物の規模、基礎形式等により若干異なっているが表 6.6 のような例がある。

表 6.6 各機関（日本）による支持層の目安

規定機関・出典等	上部構造物基礎形式等	良質な支持層の目安		備考
		粘性土	砂質土	
日本道路協会・道路橋示方書 <sup>6)</sup>	橋梁・直接ケーソン等	$N \geq 20$ ( $qu \geq 0.4$ N/mm <sup>2</sup> )	$N \geq 30$ (砂礫層も概ね同様)	良質な支持層と考えられても、層厚が薄い場合や、その下に軟弱な層や圧密層がある場合はその影響の検討必要
日本道路公団・設計要領第二集	橋梁・直接および杭	$N \geq 20$ (直接基礎の場合は地表面下 5m 以内)	$N \geq 30$ (直接基礎の場合は地表面下 5m 以内)	良質な支持層と考えられても、層厚が薄い場合や、その下に軟弱な層や圧密層がある場合はその影響の検討必要
東北地方建設局・設計マニュアル	橋梁・直接	$N \geq 20$	$N \geq 30$ (岩盤、砂礫層も同様)	層厚は 5m 以上にて下位に軟弱層がない場合
	橋梁・杭	$20 \leq N \leq 30$ (堅固な層は $N > 30$ )	$30 \leq N \leq 50$ (堅固な層は $N > 50$ )	層厚は 5m 以上にて下位に軟弱層がない場合

出典：道路調査設計ノウハウ集 道路調査設計研究会<sup>9)</sup>

#### (4) 河川条件（河川管理施設等構造令<sup>10)</sup>）

前述の通り、日本には「河川管理施設等構造令<sup>10)</sup>」により、河川構造物である橋梁設計に対する河川管理者側からの基準が定められている。この基準は、日本の経験や知見を踏まえたものであるため、途上国に一樣に使用できるものではないが、多くの知見が参考となる。

- 河川管理施設等構造令<sup>10)</sup>【第 64 条 桁下高等】

桁下余裕高さ  $\geq$  堤防余裕高：波浪や流木などの影響で一時的な水位上昇が起こった時においても、洪水が堤防を越流することが無いように定めた堤防の構造上の余裕。ただし、当該堤防に隣接する堤内の土地の地盤高が計画高水位より高く、かつ地形の状況により治水上の支障がないと認められる区間にあつては、計画高水流量が 200m<sup>3</sup>/s 以上である場合でも余裕高を 0.6m 以上とすることができる。

- 河川管理施設等構造令<sup>10)</sup>【第 63 条 径間長】

山間狭窄部であることその他河川の状況、地形の状況等により治水上支障がないと認められる場合を除き次式を満足する。

$$L = 20 + 0.005Q \tag{式 6.1}$$

$L$  : 径間長 (m)  
 $Q$  : 計画高水流量 (m<sup>3</sup>/s)

※例外的なものを除き、「径間長 20m 以上あれば、橋が閉塞された例はない。」とされる。

## (5) 橋梁形式の選定

橋梁形式選定に際しては、以下に示す各要件を総合的に考慮のうえ決定する。

- 使用目的との適合性が満たされているか。
- 関係機関協議結果等が満たされているか。
- 構造上安全であり、十分な耐久性があるか。
- 経済的（維持管理費も含め）であるか。
- 施工が確実かつ容易であるか（施工品質が確保しやすいか）。
- 維持管理が確実かつ容易であるか。
- 周囲の環境・景観に対し調和が図られているか。

### ① 橋梁上部工形式の選定

上部構造には、橋種、形式の組合せによって多くの形式があり、それぞれの特徴を有している。したがって、上記の7つの要件、表 6.7 および表 6.8 に示す適用スパン長、架橋地点の諸条件を考慮し、最も妥当な形式を選定する。

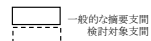
表 6.7 構造形式と標準適用支間長、標準桁高 (コンクリート橋)

分類	断面形状	架設工法	適用支間 (m)												実最大スパン (m)	桁高支間比	備考		
			20	40	60	80	100	150	200	250	300								
RC橋	場所打ち桁	単純床版橋													10	1/10 ~ 1/15			
		連続床版橋													20	1/11 ~ 1/16			
		単純中空床版橋													15	1/14 ~ 1/17			
		連続中空床版橋													20	1/15 ~ 1/18			
単線桁橋	プレキャスト桁	プレテンション床版橋													(24)	1/14 ~ 1/24	JIS A5373		
		プレテンションT桁橋													(24)	1/18 ~ 1/20	JIS A5373		
		ボーステンション床版橋													(45)	1/23 ~ 1/26			
		ボーステンションT桁橋													(45)	1/13 ~ 1/18			
		ボーステンションバルブT桁橋													49	1/14 ~ 1/19			
		ボーステンションコンボ橋													45	1/13 ~ 1/17	JIS A5373		
	場所打	中空床版橋	固定支保工													37	1/22		
		箱桁橋	固定支保工													70	1/17 ~ 1/20		
		単純ラーメン	ボータラート橋	固定支保工													50	1/30	
			桁架設方式連続桁	プレテンション床版橋	クレーン架設													(24)	1/14 ~ 1/24
プレテンションT桁橋	クレーン架設														(24)	1/18 ~ 1/20			
ボーステンション床版橋	クレーン架設 架設桁架設														(45)	1/23 ~ 1/26			
ボーステンションT桁橋	クレーン架設 架設桁架設														(45)	1/13 ~ 1/18			
ボーステンションバルブT桁橋	クレーン架設 架設桁架設														47	1/14 ~ 1/19			
ボーステンションコンボ橋	クレーン架設 架設桁架設														(45)	1/13 ~ 1/17			
連続桁橋	中空床版橋	固定支保工 移動支保工													49	1/22			
		固定支保工													77	1/17 ~ 1/20			
	箱桁橋	移動支保工													50	1/17 ~ 1/20			
		押し出し架設													66	1/15 ~ 1/18			
		張出し架設													170	1/15 ~ 1/35 支点 中央			
版桁橋	固定支保工 移動支保工													39	1/15 ~ 1/17				
ラーメン橋	Tラーメン	中空床版橋	固定支保工												30	1/20			
		箱桁橋	固定支保工												48	1/18			
	連続ラーメン	中空床版橋	固定支保工												30	1/22			
		箱桁橋	固定支保工												71	1/17 ~ 1/20			
斜張橋	中空床版 箱桁 エッジガーダー	固定支保工													96	1/40 ~ 1/100			
	張出し架設														261	1/40 ~ 1/100			
エクストラード橋	箱桁	固定支保工													85	1/25 ~ 1/30			
アーチ橋	中空床版 版桁 箱桁	固定支保工													150	1/4 ~ 1/8 スパン/ライズ比*			
		張出し架設													265				
		ロフト架設													135				
		合成アーチ他													125				
複合構造	波形鋼板ウェブ箱桁	固定支保工													115	1/17 ~ 1/20			
		押し出し架設													56	1/15			
	鋼ラスウェブ箱桁	張出し架設													150	1/15 ~ 1/35 支点 中央			
		固定支保工													60	1/12 ~ 1/18			
張出し架設														119	1/10 ~ 1/30 支点 中央				

\*スパンをL、ライズをHとした場合、スパン/ライズ比 =



( ) 書きは標準設計の最大支間を示す。

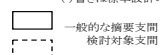


出典：設計施工マニュアル (案) [道路橋編] [11]

表 6.8 構造形式と標準適用支間長 (鋼橋)

形式	標準支間 (m)											実績最大支間 (m)	桁高支間比	概要	
	20	40	60	80	100	150	200	250	300						
プレートガーダー橋	単純鋼合成桁												25	1/14 ~ 1/27	
	単純鋼桁(多主桁)												(44)	1/15 ~ 1/20	
	単純鋼桁(少主桁)												60		
	単純鋼合成桁												60	1/16 ~ 1/21	
	単純鋼箱桁												70	1/18 ~ 1/25	
	単純鋼合成箱桁												75	1/19 ~ 1/26	
	連続鋼桁(多主桁)												65	1/16 ~ 1/22	
	連続鋼桁(少主桁)												91	1/15 ~ 1/20	
	連続鋼箱桁												190	1/20 ~ 1/30	
	開断面箱桁														
	細幅箱桁														
	鋼床版桁橋												80		
	鋼床版箱桁橋												300	1/22 ~ 1/28	
	フェーン橋												124		
ラーメン橋(橋脚と剛結)												263			
トラス	単純トラス											227	1/7 ~ 1/9		
	連続トラス											548	1/8 ~ 1/10		
	合理化トラス														
アーチ橋	ランガー桁橋											150	1/6 ~ 1/7 スパンライズ比		
	逆ランガー桁橋											140	1/6.6 ~ 1/6.8 スパンライズ比		
	ローゼ桁橋											329	1/6.0 ~ 1/7.3 スパンライズ比		
	逆ローゼ桁橋											330	1/6.0 ~ 1/7.3 スパンライズ比		
	ランガートラス											518	1/6.8 ~ 1/6.9 スパンライズ比		
	トラスランガー桁橋											175	1/6.8 ~ 1/6.9 スパンライズ比		
	ニールセン橋											550	1/6.5 スパンライズ比		
	アーチ橋											518	1/5.3 ~ 1/6.3 スパンライズ比		
斜張橋												890	1/4.7		
吊橋												1991	1/8.4		

( ) 書きは標準設計の最大支間を示す



出典：設計施工マニュアル(案) [道路橋編] [11]

② 橋梁下部工形式の選定

下部構造形式は、上部構造形式、荷重、地形、地質、環境などの諸条件に適合するとともに、施工性に優れ、構造的に安定したものとする。なお、表 6.9 の右側の表は流水断面を確保することが求められる河川を渡河する橋梁を対象としているものであり、その制約のない海上橋は別途の検討が必要である。

表 6.9 橋梁下部工形式の選定

形式	高さ (m)	適用高さ (m)			
		5	10	15	20
ラーメン式 (15~25m)			.....	.....	.....
箱式 (12~20m)				.....	.....
逆T式 (5~15m)			.....	.....	.....
半重力式 (5m以下)		.....			
重力式 (5m以下)		.....			

(注) 実線は、使用実績の多い範囲を示す。

橋台形式と適用高さ

工種	深度	施工深さ (m)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
直接基礎		.....								
PHC杭			.....							
鋼管杭				.....						
オールケーシング杭					.....					
リバース杭						.....				
深礎基礎							.....			
オープンケーソン								.....		
ニューマチックケーソン									.....	
鋼管矢板基礎										.....
地中連続壁基礎										

(注) 実線は、使用実績の多い範囲を示す。

PHC: プレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート杭 (Prestressed High-strength Concrete)  
基礎構造形式の施工深さ

出典：設計施工マニュアル(案) [道路橋編] [11]

6.5. 道路舗装に関する参考資料

(1) 路床の評価方法

路床強度の試験方法 (CBR (シービーアール: California Bearing Ratio) 試験等)、試料採取方法及び路床強度の評価方法は、基準ごとに異なるため留意が必要である。表 6.10 に代表的な路床評価方法を示すが、大別すれば土質区分法、CBR 法、DCP (動的貫入試験: Dynamic Cone Penetraion) 法、平板載荷法、三軸試験法の 5 つに分けられる。このうち、評価試験の負担が小さい CBR 法や土質区分法が世界的な主流となっている。なお、路床強度の試験結果は、区間(箇所)や試料採取時期等によりバラツキがあるため、雨季の強度低下を考慮する等、路床 CBR の過大評価とならないよう注意する。

表 6.10 路床の評価方法

分類	方法・事例・長所・短所		備考
土質区分法	方法	粒度、液性限界(WL)、塑性限界(WP)などによって路床土を分類し、分類に応じた評価を行う方法。	ORN31 <sup>[12]</sup> 、SATCC 基準にも土質区分と地下水位による CBR 評価が記載されている。
	事例	AASHTO (米国全州道路交通運輸行政官協会: American Association of State Highway and Transportation Officials) ソイルナンバー法など。	
	長所	特別な装置は必要なく試験も簡単で結果もすぐわかる。	
	短所	路床土の支持力を直接的に評価する方法ではない。	
CBR 法	方法	路床土を室内で突固め CBR 試験によって評価する方法。現場 CBR 試験もあるが現在実施している国はほとんどない。	室内・現場の他、含水比、水浸・非水浸などの違いによる細分がある。
	事例	舗装設計便覧(日本)等多数	
	長所	比較的簡単な試験で路床土の工学的性状を評価できる	
	短所	乱さない状態の路床土の評価は行えない	
DCP 法	方法	DCP (動的貫入試験: Dynamic Cone Penetration) は、南アフリカ共和国で開発された方法で、路盤や路床にコーンを貫入させ、土の貫入抵抗を計測する方法。	TRL (英国運輸交通研究所: Transport Research Laboratory) や CSIR (国立研究開発法人科学技術振興機構: Council for Scientific and Industrial Research) より、土質区分等を考慮した解析ソフトが公開されている。
	事例	ORN (Overseas Road Note)、SATCC (南部アフリカ運輸・通信委員会: Southern Africa Transport and Communications Commission) 等、世界的に使用例がある。	
	長所	簡易な計測機器であり、安価に多数のデータを採ることができる。また、CBR への変換式も多数提案されている。	
	短所	土質区分、雨季/乾季の土の性状変化の評価が課題である。	
平板載荷法	方法	現位置において平板載荷試験を実施し路床の支持力を直接求める方法	平板載荷試験による K30 値は、植下による式*等により CBR に変換できる。
	事例	舗装設計便覧(日本) コンクリート舗装の路床の支持力係数による路盤厚の設計法 (CBR 法と併記されている)	
	長所	路床の支持力を直接評価できる	
	短所	実際の路床面での試験を行うため非現実的な側面を持つ	
三軸試験法	方法	路床土を室内で突固め三軸圧縮試験 (側圧を一定とすることが多い) によって評価する方法	路床の Mr <sup>**</sup> の測定が可能。CBR への変換式 <sup>***</sup> が多く提案されている。
	事例	カリフォルニア州のビームスタビロメータ法など	
	長所	路床土の力学的性状を評価できる	
	短所	試験がやや面倒で一般に熟練を要する	

\*植下の式: 支持力係数  $K30 = 0.555 \times CBR + 2.2$  (林道では  $K30 = 20 \text{kg/cm}^3$  以上が望ましいとされている。)

\*\*Mr: (舗装材料の) 弾性率 (Resilient Modulus)

\*\*\*Mr (psi) = 1500 x CBR, Mr (MPa) = 10 x CBR, Mr: Resilient modulus, CBR: California Bearing Ratio (%)

出典: 最新・アスファルト舗装技術<sup>[13]</sup> を参考に JICA 調査団作成

表 6.11 路床の定義

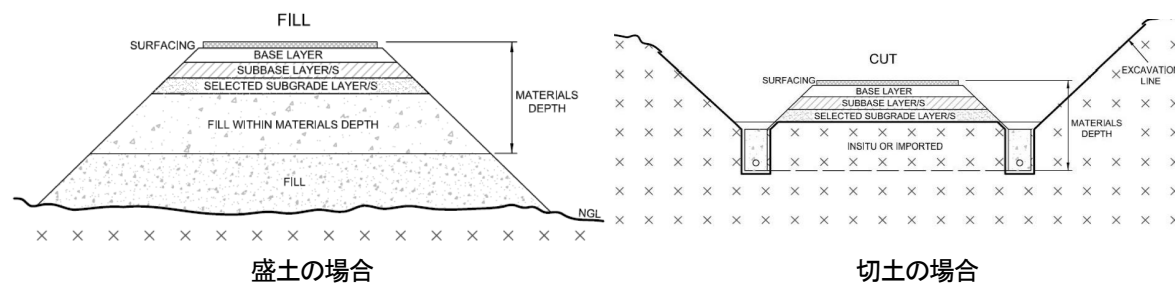
項目	舗装設計便覧 <sup>[14]</sup>	AASHTO 舗装設計基準 <sup>[15]</sup> (1993年)	ORN 31 <sup>[12]</sup>	SAPEM* (南ア) <sup>[16]</sup>
路床の定義	厚さ規定: 舗装の支持地盤のうち舗装の下面から1mの地盤。 路床の定義: 舗装と一体となって交通荷重を支持し、当該荷重を路体以下にほぼ一定に分散する役割を担う。	厚さの規定: 記述なし。一般的に上部 150 mm (6inches) を路床として考慮。 路床の定義: その上に舗装構造あるいは路肩を施工する部分。調整路床土として、締固められた路床土の層、あるいは選別された客土で特定の密度に締固められたものという定義がある。	厚さの規定: 記述なし。(既存地盤の場合、上部 250mm を再転圧して上部路床とすることを規定している。)	道路クラス (Category) 別に規定 Material Depth* A: 1000 – 1200mm B: 800 – 1000mm C: 800mm D: 700mm
CBR の評価	路床の CBR が 3 未満の軟弱な場合は安定処理するか、良質土で置換える。	具体的な数値基準について記載なし。	路床の CBR が 2 未満の軟弱な場合は安定処理するか、良質土で置換える。	路床の CBR が 2 未満の軟弱な場合は安定処理するか、良質土で置換える。

\* SAPEM<sup>[16]</sup>: 南アフリカ舗装技術マニュアル (South African Pavement Engineering Manual)

出典: JICA 調査団

### 👉 Material Depth

南アフリカの SAPEM<sup>[16]</sup> Chapter 9: Materials Utilisation and Design では、「Material Depth」という基準を採用している。「Material Depth」とは、材料の物理的特性が舗装の挙動に大きな影響を与える、完成した道路レベルより下の深さとして定義されている。「Material Depth」は、水分環境を制御する必要がある深さでもある。この考え方は、タンザニアの舗装設計基準でも採用されている。



出典: SAPEM<sup>[16]</sup> Chapter 9: Materials Utilisation and Design

図 6.7 Material Depth

## (2) アスファルト混合物の評価

アスファルト混合物の性状を示す指標には、耐流動性のほかに、耐水性 (水密性)、たわみ追従性、ひび割れ抵抗性などがある。それらは一般に、耐流動性と相反関係を示すことがあるので、自然条件や道路条件を考慮して必要な性能をバランス良く決定する。耐流動性の性能指標としては、「DS (動的安定度: Dynamic Stability)」を用いる。試験方法は、日本で実績のあるホイールトラッキング試験が用いられる。本試験方法は実際の舗装表面での高温条件における繰返し輪荷重によって粘性流動が生じる現象を再現するものであり、我が国には既往の実績や蓄積データが豊富にある。また、アスファルト混合物の評価方法については表 6.12 に示すように多くの試験がある。



- 水浸 WT (ホイールトラッキング: Wheel Tracking) 試験: 水浸条件下での剥離抵抗性を確認するための試験
  - 曲げ試験: 低温時におけるたわみ性を確認するための試験
  - 圧裂試験: 混合物のひび割れ性状を確認するための試験
- その他にも、表 6.12 のような試験があるので現場条件を考慮して必要な試験を実施する。

表 6.12 その他アスファルト混合物(路面)の評価試験

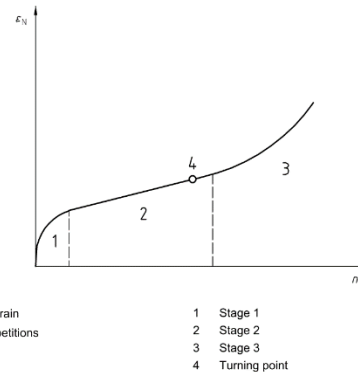
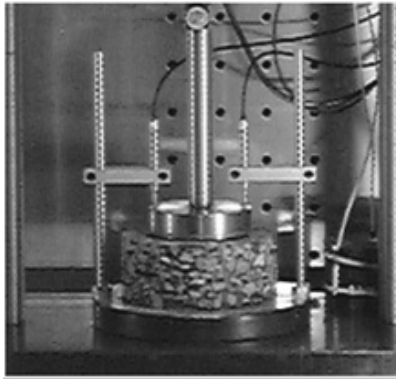
評価性能	評価試験	適用
塑性変形抵抗性	ホイールトラッキング試験 動的三軸圧縮試験 Asphalt Pavement Analyzer* Superpave Shear Tester* クリープ試験(繰返し間接引張試験)	ホイール型、我が国で標準的、動的安定度 動的モジュラス、静的クリープ、残留変形 ホイール型、わだち掘れ深さ せん断抵抗性の評価、静的、動的、繰返し 低温条件下でのクリープ特性
ひび割れ抵抗性	曲げ試験 曲げ疲労試験 直接引張試験	低温条件下での破壊時ひずみ 繰返し曲げ作用に対する破壊回数 常温条件下での破壊時ひずみ
摩耗抵抗性	ラベリング試験	タイヤチェーンに対する評価
骨材飛散抵抗性	カンタプロ試験 ねじれ抵抗性試験	衝撃荷重に対する評価 タイヤによる表面せん断作用に対する評価
はく離抵抗性	水浸ホイールトラッキング試験 水浸マーシャル安定度試験	水分と繰返し荷重に対する評価 水分に対する評価
その他	圧裂試験(間接引張試験) 一軸圧縮試験	凍結融解、劣化や老化に対する評価 Mr(舗装材料の弾性率)、クリープ、他

\*米国で実施されている試験

出典: 舗装工学の基礎<sup>17)</sup>

その他、ORN19<sup>[18]</sup>、31<sup>[12]</sup>では、Refusal Density 法による評価方法について記載している。Refusal Density 法は、マーシャル試験におけるハンマー打撃回数(75回)が、供用後に車輪によって締固められた最終状態を示していないとの評価により、その打撃回数を増加(500回程度)させた方法である。したがって、高温、大きな軸重荷重作用、重車両の緩速走行等、厳しい荷重・走行条件の場合には、Refusal Density 法を採用することを提案している。その他、ORN<sup>[12][18]</sup>では、累積軸重が100万ESALを超える場合にはSUPERPAVEの適用、500万ESALを超える場合には動的クリープ試験と弾性試験の実施も提案している。

動的クリープ試験は、アスファルト加熱混合物のクリープ特性を把握するために、荷重を繰返し載荷する試験方法である。単軸荷重(A)と三軸荷重(B)の2種類の方法があり、試験方法はBS(英国規格: British Standard) EN 12697-25(Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt - Part 25: Cyclic compression test)に規定されている。クリープ特性は荷重載荷の繰返し数と累積軸ひずみで現し、静的クリープ試験の結果よりもわだち掘れに対する相関が高いとされている。



出典 : BS EN 12697-25:2005

図 6.8 動的クリープ試験装置 (単軸) とクリープ曲線の例

### (3) 舗装設計基準

調査対象各国で使用されている舗装設計基準は、表 6.13 のとおりである。仕様設計法を適用しているエチオピアとタンザニアについては、使用する材料の仕様が規定されているため、材料調査などにより規定の材料が入手できることを確認することが必要である。

表 6.13 調査対象各国の舗装設計法

対象国	日本	エチオピア	ガーナ	タンザニア
設計基準	舗装設計便覧 <sup>[14]</sup>	Pavement Design Manual 2012 <sup>[19]</sup>	Pavement Design Manual 1998 <sup>[20]</sup>	Pavement and Material Design Manual 1999 <sup>[21]</sup>
参考とされた基準類	-	Transport Research Laboratory ORN 3 <sup>[22]</sup> and 31 <sup>[12]</sup> AASHTO Guide 1993 <sup>[15]</sup>	AASHTO Guide 1993 <sup>[15]</sup>	AUSTROADS (1992): Pavement Design BOTSWANA ROAD DESIGN MANUAL (1994) <sup>[23]</sup> TECHNICAL RECOMMENDATION FOR HIGHWAYS (TRH): South Africa
適用限界 (累積軸重)	無し	30 x 10 <sup>6</sup>	無し	50 x 10 <sup>6</sup>
設計法	性能規定設計法	仕様設計法	経験的設計法 (米国 AASHTO の設計法を採用)	仕様設計法
備考	要求される性能を満足すれば、どのような設計法を用いてもよい。参考として経験的設計法 (TA 法: (アスファルト) 等値換算厚 (Total Asphalt) )、理論的設計法 (多層弾性理論) が記載されている。	社会情勢の変化、道路整備の拡大、交通量の増加の他、舗装技術の進化に対応するために、2011年版として基準を改定しているが、未だ公表されていない。	新たな舗装材料 (改質アスファルト等) や配合/評価試験等に対応するため、基準の改訂が予定されているが、これまでのところ、対応されていない。	耐流動性確保のために、舗装設計では無く、新たな配合設計、評価等を記載した Interim Design Guidelines for HMA-Final November 2018 <sup>[24]</sup> を作成した。

出典 : JICA 調査団

また表 6.14 に各国の設計基準作成時に参考となった基準の内、世界的に最も広く普及し使用されている AASHTO Guide 1993<sup>[15]</sup>と、各国の基準ができる以前のアフリカ地域における一般的な基準とされていた

ORN 31<sup>[12]</sup>の設計思想の違いについて示す。アフリカ地域の多くの国がORN 31<sup>[12]</sup>の設計思想に従っているのは、実際他に熱帯・亜熱帯諸国の実態を反映した基準がなく、使いやすさと相まって広く普及していることがその理由である。現在、ORN 31<sup>[12]</sup>の適用限界が $30 \times 10^6$ と各国の舗装設計基準の適用限界以下であることから、交通量の多い都市部の道路の舗装設計に使用されることは少ないが、地方部の幹線道路や表層のアスファルトコンクリートを薄層(5cm)とする場合には、ORN 31<sup>[12]</sup>が適用基準とされる場合がある。

表 6.14 AASHTO Guide 1993<sup>[15]</sup>とORN 31<sup>[12]</sup>の比較

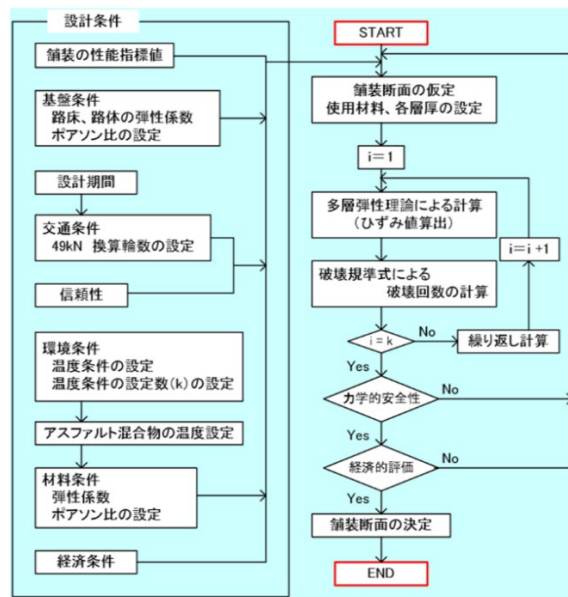
基準名	AASHTO Guide 1993 <sup>[15]</sup>	ORN 31 <sup>[12]</sup>
作成国	米国	英国
作成年	1993年	1962年(初版) 1966年、1977年(改定)
概要	AASHTO 舗装設計法は、1950年代に実施されたAASHTO 道路試験の結果に基づき、統計解析技術を駆使して作られた設計法であり、観測された破壊形態から、舗装構造と交通荷重の関係を見出した。この現場の経験に基づいた設計法を経験的設計法といい、AASHTO 舗装設計法はその代表格である。	イギリスのTRL(英国運輸交通研究所: Transport Research Laboratory)の作成した基準。これまでに多くのイギリス保護領で使われており、特に道路設計(構造・舗装も含む)についてはORN 29から31が基本である。
設計法	経験的設計法	仕様設計法
適用限界(ESAL)	無し (チャートの上限は50×10 <sup>6</sup> )	30 x 10 <sup>6</sup>
設計の流れと特徴	① AASHTO 道路試験で得られた経験的情報から、「交通量」「設計および供用性」に対する【信頼性】【路床の支持力】【舗装構成】が関係する基本式を作っている。 ② 舗装の構成は、各層ごとに求まる厚さと層係数および排水係数の積の総和が必要な構造指数を満足するように決定する。	①計画交通量および等価車軸荷重、設計期間の設定 ②路床となる対象地盤の支持力の評価 ③カタログより、①～②の条件、及び使用する材料に基づき舗装構成を選定。
荷重支持の考え方	表層のアスファルトは有力な支持層であり、各層の強度に応じて支持力を分担する。	表層のアスファルト層は雨水の侵入防止、防塵といったシールの機能であり、荷重は路盤以下で支持するものが主流(アスファルトコンクリートを主としたものも選択可能)
荷重	18kip (8.2tf) 標準換算軸重: ESAL: Equivalent Standard Axle Load	18kip (8.2tf) 標準換算軸重: ESAL: Equivalent Standard Axle Load
舗装の層構成	表層、基層、上層路盤、下層路盤からなる。	表層、基層、上層路盤、下層路盤からなる。
設計基本式	基本設計式はAASHTO 道路試験から導かれたもので、式から各舗装厚を決定している。	設計はすべてカタログ化され、軸重クラス、路床強度、使用材料から選定
各層厚の設計手順	まず表層厚さを交通荷重と上層路盤の弾力係数から決定し、次に上層路盤は、表層で受け持つ力を差し引いた残りの荷重と下層路盤の弾力係数から決定、と順次決定していく。各層厚は一義的に決定する。	交通量と路床の支持力(CBR値)によって、経験から導かれた、カタログ(舗装構成図集)から選定。
路床	厚さの規定: 記述なし。 路床の定義: その上に舗装構造あるいは路肩を施工する路体の上面(路床と路床土は区別されている)。	厚さの規定: 記述なし。 路床の支持力が2~7%の場合、路床上面にCapping Layer (CBR≧15%以上の材料)を設ける。(2%以下は良質材で置き換え)
路床の評価法	従来のCBR評価から、季節に含水比変化を考慮したMr(舗装材料の弾性率)による評価に移行している。Mrは室内試験等によって得られる。	支持力評価はCBR。 設計CBRは調査結果を大きいものから並べた時の90%値を使用。 S1-S6 (CBR2-30)で区分されている。
排水の考え方	排水は重要であり、表面排水、地下排水、構造的な排水への考慮を求める。 凍上は致命的であり特に注意を要するとの背景あり。	雨水が路盤に絶対入らないようにすることはできないので、路盤内の水をできる限り早く法面に排水することが肝要と明示。
その他	2004年にMechanistic-Empirical Pavement Design Guideとして、経験的設計法から力学的設計法に移行している。	AASHTO設計に比べて、路盤・路床の排水に注意が必要。混合物の評価にも触れ、わだち掘れ対策としてリフューザル・デンシティー(骨材のかみ合わせを重視したもの)を提案。

出典: JICA 調査団

(4) 理論的設計法の概要

経験的設計法は実道等での膨大な試験データに基づいていることから信頼性が高く、路床の支持力などの基盤条件と交通量などの交通条件が決まれば設計可能なこともあり、これまでほとんどの道路がこの手法により設計されてきた。しかし、試験に用いられていない新しい材料や構造に対しては適用が難しいという問題も有していた。理論的設計手法は交通荷重による舗装の挙動を力学的に解析し、設計期間内に舗装の構造的破壊を生じないように舗装断面を決定する手法であり、多層弾性理論や粘弾性理論に基づく手法、有限要素法による手法などがある。

近年、舗装へのニーズが多様化し、また個々の道路条件にあった設計が求められることから、舗装分野でも仕様規定から性能規定への転換が図られることとなり、平成13年「舗装の構造に関する技術基準」が道路管理者に通知された。性能規定化へシフトしたことで、多様な材料や構造の選択が可能となり、コスト縮減や、他産業資材の活用など多様なニーズへ対応しやすくなった一方で、経験的設計手法ではこうした新しい材料や構造への対応が困難なことから、理論的設計手法の必要性が高まっている。また、理論的設計法の利点として、路床の影響、各層の厚さの影響、LCC(ライフサイクルコスト: Life Cycle Cost)等をよく説明できることがあげられる。表6.15に理論的設計法を使用した構造検証の例を示す。



出典: アスファルト舗装とコンクリート舗装の構造設計  
東亜道路工業株式会社

図 6.9 理論的設計法の流れ

表 6.15 理論的設計法を用いた構造確認例

舗装構成	採用材料	等価換算係数	気温条件(東京)				気温条件(東南アジア)			
			A: Japan Design #1		B: Japan Design #1		C: Japan Design #2		D: Test Design	
			厚さ (cm)	$T_e$	厚さ (cm)	$T_e$	厚さ (cm)	$T_e$	厚さ (cm)	$T_e$
表層	加熱アスファルト	1.00	5	5	5	5	5	5	7	7
中層	加熱アスファルト	1.00	0	0	0	0	5	5	0	0
基層	加熱アスファルト	1.00	5	5	5	5	5	5	0	0
上層路盤	As安定処理(加熱)	0.80	0	7.2	0	7.2	0	0	0	0
下層路盤	As安定処理	0.35	0	0	0	0	12	4.2	27	9.45
クラッシャーラン		0.25	30	7.5	30	7.5	20	5	70	7.5
セメント安定処理		0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
合計			49	24.70	49	24.70	47	24.20	64	23.95
構成										
検討位置			中心	タイヤ下	中心	タイヤ下	中心	タイヤ下	中心	タイヤ下
ひずみ量 $\epsilon_1$	アスファルト下面		1.18 E-04	1.13 E-04	1.71 E-04	1.64 E-04	1.69 E-04	2.39 E-04	2.66 E-04	
ひずみ量 $\epsilon_2$	路床上面		1.78 E-04	1.66 E-04	2.24 E-04	2.07 E-04	2.55 E-04	2.34 E-04	2.61 E-04	
Nfad			23.9E+06	28.8E+06	21.2E+06	25.2E+06	29.2E+06	30.9E+06	3.0E+06	
Nfad			149.4E+06	194.5E+06	70.0E+06	94.3E+06	43.7E+06	60.2E+06	40.0E+06	
たわみ量 $U_z$ (cm)	アスファルト上面		2.49 E-02	2.48 E-02	2.89 E-02	2.92 E-02	3.06 E-02	3.06 E-02	4.29 E-02	
たわみ量 $U_z$ (cm)	路床上面		1.77 E-02	1.72 E-02	1.96 E-02	1.90 E-02	2.07 E-02	2.00 E-02	2.25 E-02	
単価	円/m <sup>2</sup>		-	-	5831	-	5060	-	4044	
検討条件			現地盤CBR=16% ES <sub>0.1</sub> =18.5 × 10 <sup>-6</sup> g 現地盤の確率の必要TA=24 (信頼度90%) As層弾性係数 E=7500 × 10 <sup>3</sup> (20-1/20) (T=舗装温度) 出典: アスファルト混合物の温度分布と設計ひずみ <sup>(1)</sup> As層飽和度=70% As安定処理層飽和度=56%							
検討結果	Nfad		1.13	1.13	1.00	1.00	1.38	1.23	0.14	0.07
Japan Design #1 (東南アジア気温条件)を1とした場合	Nfad		2.12	2.06	1.00	1.00	0.62	0.64	0.57	0.58
	Uz (cm) As層上面		0.86	0.85	1.00	1.00	1.06	1.05	1.49	1.52
	Uz (cm) 路床上面		0.90	0.91	1.00	1.00	1.05	1.05	1.15	1.15

出典: JICA 調査団

## 検証結果

- ① 気温条件や各層に使用される材料によってアスファルト混合物層と路床の許容輪数が大きく異なるため、それぞれのバランスを確認するためにも対象国の気温条件と使用材料を反映させた照査が必要である。
- ② アスファルト混合物層の許容輪数を支配するのは、主にアスファルト混合物層の厚さである。これは、ひび割れ伝播速度の補正係数 (Ka) の影響が大きいことが理由である。ただし、アスファルト混合物層を厚くすることは寿命の増大に貢献するが、コストの増大につながり、かつ厚すぎるとアスファルト混合物層の許容輪数の前に路床の許容輪数が来てしまうため、維持管理等 (オーバーレイ等) のバランスも考慮した舗装構成を採用する必要がある。
- ③ 本照査例は疲労破壊に対する検証であり、アスファルト混合物層を厚くするとわだち掘れが発達しやすくなる。これについては、別途説明している路面設計での検討が必要である。

この内、②の維持管理を考慮した舗装構造の検証は非常に重要であり、舗装各層の耐用年数を検証することでバランスの良い舗装構造が計画できる。日本の例ではあるが、首都高の設計要領では舗装の表層、基層、路盤それぞれに打換えサイクルの目標値 (表層: 15 年、表・基層: 30 年、路盤: 60 年) を設定している。

## (5) マーシャル法と Superpave 法の比較

同じ最大粒径の粗骨材を使用したマーシャル法と Superpave 法による配合試験結果の結果では、表 6.16 エラー! 参照元が見つかりません。に示す傾向がみられた。

表 6.16 マーシャル法と Superpave 法の比較

パラメータ	傾向		耐流動性に関する一般的知見	耐久性 <sup>※</sup> に関する一般的知見
	小(少)	⇔ 大(多)		
最適アスファルト量	MS	SP	少ない方が良い	多い方が良い
空隙率	MS	SP	大きい方が良い	小さい方が良い
骨材空隙率	SP	MS	大きい方が良い	大きい方が良い
飽和度	SP	MS	小さい方が良い	大きい方が良い
終局空隙率	同程度		大きい方が良い	-
DS	MS	SP	-	-

※耐久性: 水密性、耐摩耗性、劣化抵抗性、ひび割れ抵抗性などを含む

出典: JICA 調査団

最適アスファルト量について、国内の一般的知見とは異なる結果となった。また、Superpave 法では、砕砂のみを使用したものより混合砂 (天然砂: 人工砂=50: 50) を使用した方が DS は向上した。これも、国内の一般的知見と異なる。骨材骨格に着目した設計である Superpave 法は、経年劣化の抑制やひび割れ抵抗性などの耐久性を確保しつつ、作業性 (ワーカビリティ) も良好かつ耐流動性に優れた混合物を配合できる可能性がある。

Superpave 法による配合試験では、使用する材料 (特に細骨材) に基準を設け、かつ突き固めではなくニーディングによる締固めにより供試体を作成し各段階 (施工中、供用中、設計期間終了後) の空隙率を規定している。それにより、実際の舗装状態の再現性が高く、使用材料の組み合わせや粒度を選定して良好な粒度を選定することで、耐久性を損なうことなく耐流動性を重視した配合設計を行うことができる可能

性がある。また、Superpave 法は設計旋回数 (Ndes) における空隙率 4.0%と 1 点で規定されているため、OAC (最適アスファルト量 : Optimum Asphalt Content) は 1 点で定められる。マーシャル法のように OAC を決定する際の選択幅 (共通範囲) がなく、設計者の経験や主観に依存せず同じ結果が得られる可能性が高い。ただし、使用材料によっては、良好な骨材骨格が得られず、マーシャル法または Superpave 法のいずれの配合設計においても、すべての要求性能が満足できない場合が想定される。その場合は、優先する指標を考慮し、最も合理的と判断できる配合を検討することも考えられる。各指標の優先度の例を表 6.17 エラー! 参照元が見つかりません。に示す。

表 6.17 各指標の優先度 (例)

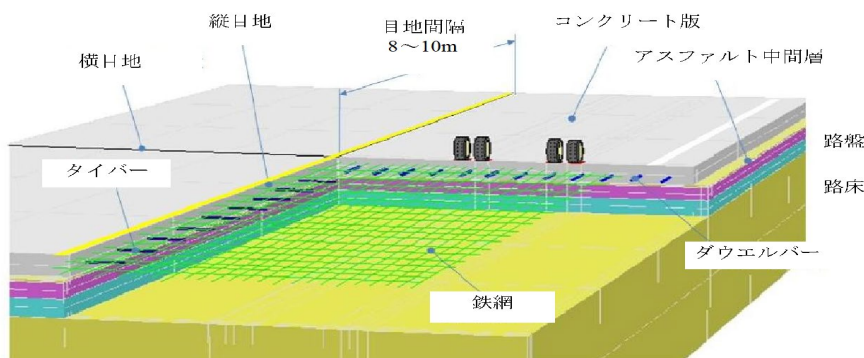
指標	優先度				
	高	⇔	中	⇔	低
DS	○				
空隙率	○				
骨材空隙率			○		
飽和度					○

出典 : JICA 調査団

今後、JICA プロジェクトにおいて、相手国の設計・施工管理基準による場合や実施機関から求められた場合に、Superpave 法が指定される場合が想定される。日本人技術者は、それに留意しておかなければならない。

### (6) コンクリート舗装の設計

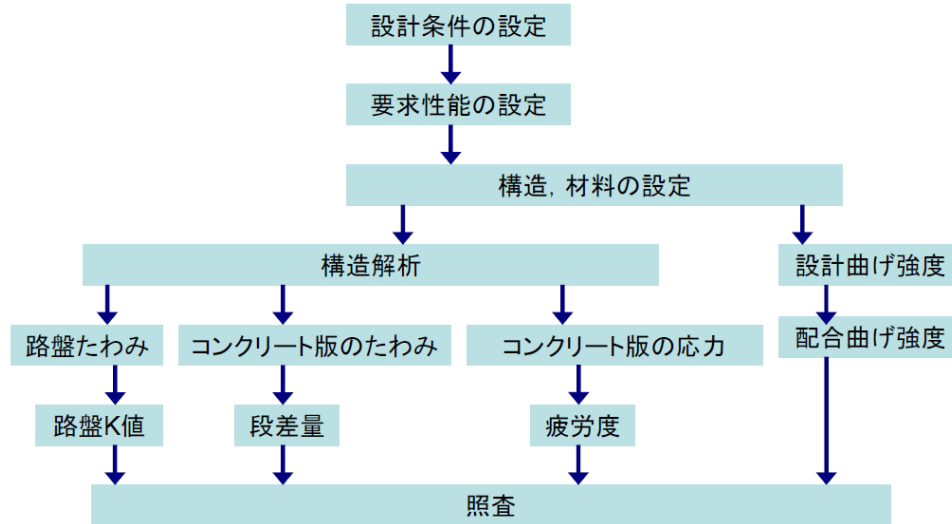
従来一般的なコンクリート舗装の構造は、図 6.10 のとおりである。コンクリート舗装は一般に、コンクリート版および路盤からなり、路床上に構築されるが、路盤の最上部にアスファルト中間層を設けることもある。なお、設定された性能指標の値によっては、それを保持する目的でコンクリート版の上に表層を設けることもある。コンクリート版の役割は、交通荷重を支持し、路盤以下に荷重を均等に分散することである。



出典 : コンクリート舗装ガイドブック 2016<sup>25)</sup>

図 6.10 コンクリート舗装の構造例

コンクリート版は路面を形成し、交通輪荷重などの外的要因の作用を、主にコンクリート版の曲げ抵抗によって支持しており、その曲げ疲労破壊がコンクリート舗装の限界状態であるという概念が、コンクリート舗装の力学的設計手法の基本である。コンクリート舗装では、外的荷重の繰り返しに対して設計寿命を保証することが設計の目的である。



出典：土木学会コンクリート舗装小委員会

図 6.11 コンクリート舗装の設計フロー

表 6.18 コンクリート舗装の設計条件

設計性能	性能評価指標
荷重支持性能	路床・路盤の支持能力→コンクリート版のたわみ コンクリート版の疲労ひび割れ→疲労度
走行安定性能	段差→段差量
走行快適性能	段差→段差量
各性能の限界値	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリート版設計たわみの限界値 wdl : 2.5mm</li> <li>・ 設計曲げ疲労度の限界値 FDdl : 1.0</li> <li>・ 設計段差量の限界値 (安全性) FTSdl : 15mm</li> <li>・ 設計段差量の限界値 (快適性) FTdl : 10mm</li> </ul>

出典：JICA 調査団

路盤 K 値：路床面、または路盤面における支持力の大小を表わす指標として用いられるもので、支持力係数 (K 値) は路床または路盤の交通荷重による変形に対する抵抗性を示すものである。地盤係数 (coefficient subgrade reaction) ともいう。平板載荷試験によって求める。

疲労度解析：コンクリート舗装には、その供用期間中に車による荷重応力と温度応力が同時に何回も繰り返し作用する。コンクリート版底面には日中引張の温度応力が発生し、そこに車が通るたびに荷重応力が加わる。これらの応力がコンクリートの強度に比べて小さな応力であっても数多く繰り返されると破壊し、コンクリート版にひび割れが発生する。これを疲労ひび割れという。計算した荷重応力と温度応力を疲労曲線 (荷重と疲労寿命の関係を表す曲線) に当てはめて、舗装が何台の車の走行でひび割れるか (寿命) を予測する。このような予測を疲労度解析という。



6.6. 道路排水に関する参考資料

(1) 調査対象国の排水設計基準

一般に盛土などの土構造物の崩壊は水が直接の原因となって起こるものが極めて多く、その崩壊には表面水によるのり面の洗掘、侵食および浸透水によるのり面のすべりなどから進むものがある。土構造物の安全性確保のための排水工は、この両方を防止するために設けられるもので、十分な調査に基づき排水工が最も効果を発揮するように設計、施工することが大切である。また、地下水位の高い原地盤を掘削して道路を建設するような場合には、地盤からの浸透水によって路床、路盤が軟弱化し、舗装が著しく損傷することがある。したがって、このような箇所では原地盤や隣接地から流入してくる水をしゃ断または排除するために地下排水溝を設けて地下水位を低下させ、路床、路盤を良好な状態に維持することが大切である<sup>26)</sup>。このように表面排水については、適切な排水施設の設置が道路を良好な状態に維持するために重要であり、地下水、湧水の懸念がある場合には、地下排水施設の設置等の検討が別途必要である。これら排水施設の計画・設計に当たっては、対象国の基準等も参考にしながら計画や設計を実施する必要がある。表 6.19 に各国の排水設計基準を示す。

表 6.19 調査対象各国の排水設計法

対象国	日本	エチオピア	ガーナ	タンザニア
設計基準	道路土工排水工指針 <sup>26)</sup>	Drainage Design Manual 2012 <sup>27)</sup>	Highway Drainage Manual (Second Edition) <sup>28)</sup>	なし
流出量の算定方法	①合理式	①合理式 ②SCS (Soil Conservation Service) Synthetic Unit Hydrograph*	①合理式 ②NRCS* (The Natural Resources and Conservation Service) Methods	①合理式 ②The TRRL** (Transport and Road Research Laboratory) East African Flood Model
算定方法の適用範囲	備考参照	①< 0.5km <sup>2</sup> ②> 0.5km <sup>2</sup>	①< 25.0km <sup>2</sup> ②> 25.0km <sup>2</sup>	①< 1.0km <sup>2</sup> 1.0km <sup>2</sup> <②<200.0km <sup>2</sup>
降雨強度	「道路土工—排水工指針」2-1-2による。	マニュアル内に各地域の短時間降雨強度が確率年別にグラフにて示されている。	マニュアル内に各地域(14地域)の短時間降雨強度が示されている。	ダルエスサラーム周辺については、ダルエスサラーム空港の気象観測所から限定的に入手することができる。
備考	合理式の一般的な適用範囲は、ほぼ40km <sup>2</sup> 以下の流域とされるが、実用的には流域の表層条件・降雨条件がほぼ一様と見なされる限り、200km <sup>2</sup> 程度までは利用できるとされている(河川砂防技術基準)。200km <sup>2</sup> を超えるような流域で使用する場合は、注意を払わなければならない。	降雨強度については、Log Pearson III型を使用して各確率年の降雨強度を算定することも推奨されている。ただし、少なくとも10年以上の降雨データが入手できる場合に限られている。	短時間降雨強度のデータは、「Maximum Rainfall Intensity-Duration Frequencies in Ghana (1974)」に示されたものであり、およそ40年前に作成された。	East African Flood Modelは東アフリカの内陸部では有効な方法であるが、降雨量の多い沿岸部での使用には適していないとの意見もある。

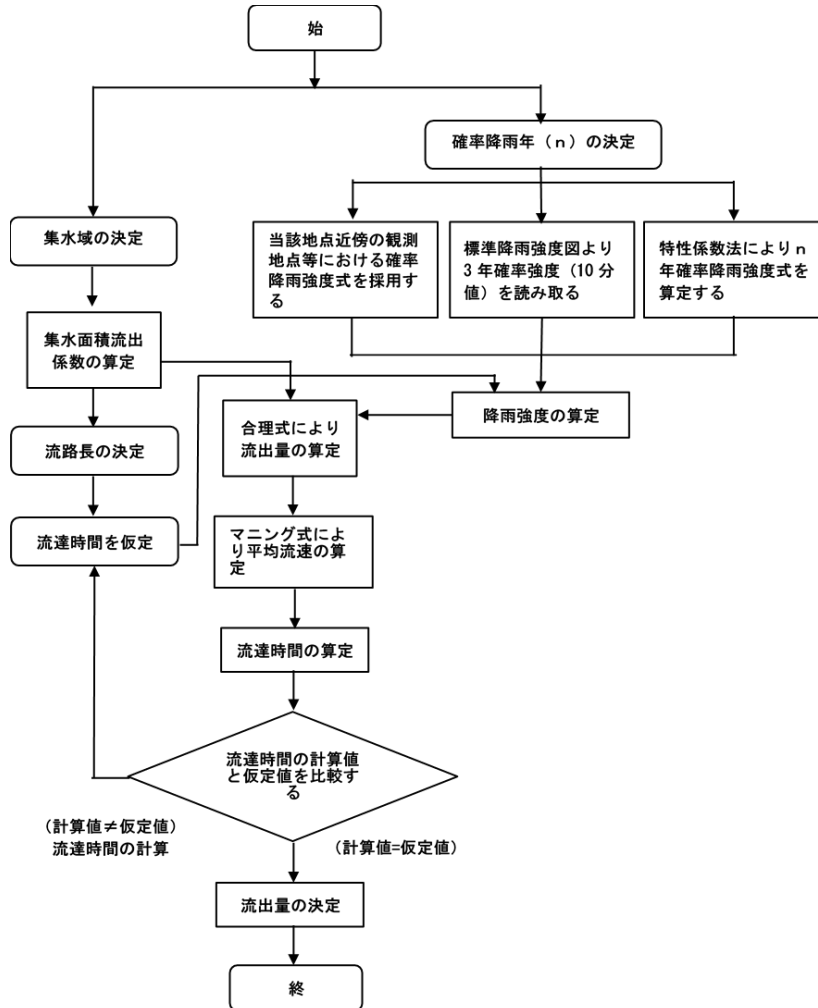
\*NRCS (農務省自然資源保全局: Natural Resources and Conservation Service) の旧名称が SCS (農務省土壌保全局: Soil Conservation Service) であり、アメリカ農務省の典拠における算出式である。

\*\*TRRL: 英国交通道路研究所 (Transport and Road Research Laboratory) であり、現 TRL (英国運輸交通研究所: Transport Research Laboratory) の前身組織である。

出典: JICA 調査団

(2) 流出量の算出方法 (日本の例)

日本の「道路土工—排水工指針<sup>26)</sup>」にによる、雨水流出量の算定方法を以下に示す。なお、雨水以外の水が流出する場合にはその流量も加える。



出典：道路土工—排水工指針<sup>26)</sup>

図 6.12 雨水流出量の算定手順

道路土工—排水工指針では、排水施設の計画基準として、道路区分による排水能力カテゴリーの選定基準を表 6.20 に、各カテゴリーにおける排水施設別の採用降雨確率年の標準を表 6.21 に示している。

表 6.20 道路区分による排水能力の選定基準

計画交通量 (台/日)	高速自動車国道および 自動車専用道路	一般国道	都道府県道	市町村道
10,000 台以上	A	A	A	A
10,000~4,000	A	A,B	A,B	A,B
4,000~500	A,B	B	B	B,C
500 未満	-	-	C	C

出典：道路土工—排水工指針<sup>26)</sup>

表 6.21 排水施設別採用降雨確率年の標準

分類	排水能力の高さ	降雨確率年	
		(イ)	(ロ)
A	高い	3年	10年以上(ハ)
B	一般的		7年
C	低い		5年

注：(イ)は路面や小規模なり面等、一般の道路排水施設に適用する。  
 (ロ)は長大な自然斜面から流出する水を排除する道路横断排水施設、平坦な都市部で内水排除が重要な場所の道路横断排水施設等、重要な排水施設に適用する。  
 (ハ)道路管理上重要性の高い道路横断排水施設については30年程度とするのがよい。

出典：道路土工—排水工指針<sup>26)</sup>

### (3) 水路ボックスカルバートの断面設計

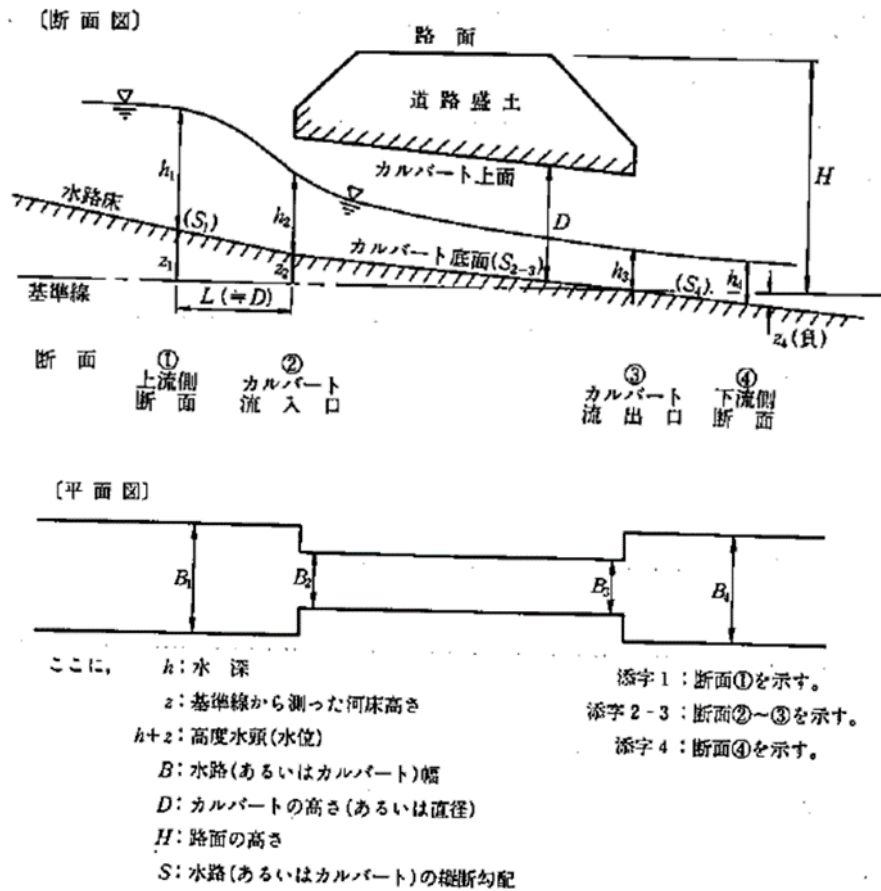
小規模河川や溪流を横断する場合、橋梁の代わりにカルバートを用いる場合がある。道路横断排水カルバートの内空断面の設計方法は、次の2つの場合に大別して示すことができる。

- ① 水路の断面及び勾配が上下流に渡って一様であり、水路と同一幅のカルバートを設置する場合
- ② ①以外の場合であり、特に山間部の沢、溪流等の不整形な水路と接続するような場合。図 6.13 に、上流・下流に対するカルバートの平面図の例を示す。

日本では、カルバートの前後の水路が整備されていることもあり、主に①の状況によってカルバートの断面設計が実施されている。つまり、カルバートの設計は、橋梁の設計とほぼ同じである。一方、途上国では、平坦地であってもカルバートの前後の小規模河川の水路が未整備であることが多く(2.9 節の写真 2.9 参照)、カルバート幅が河川幅より狭くなるため、カルバート部における水の流れの状況は、日本とは大きく異なる。例えば、カルバートの呑み口の幅や高さが小さい場合、道路盛土上流側にたん水することにより、道路構造物や上流河川敷の洗堀、浸透、越水など盛土への重大な悪影響が生じるので、設計上は避けなければならない。海外業務においては、水路カルバートの断面の設計に際して、この水利条件の検討を求められることがある。

どのような場合も、カルバートは①に従うように設計することが望ましい。流木などのごみによる閉塞やカルバート内の砂の堆積を考慮し、円滑な水の流れを確保するために、カルバートの内空断面は計算よりも適度に大きく確保することが推奨される。なお、②のタイプでは、許容上流水深が自然河川流量より小さい、つまり一種の背水状態が想定されることに留意する必要がある。上流に住居や重要な施設があるなど、水深に制約がある場合、設計者はそのような状況を考慮しなければならない。このような状況は、河床勾配が緩やかな平坦地の小規模河川を横断するカルバートを設計する際に生じやすい。

なお、設計計画上はカルバート内が満水になることは避けるべきである。また、流水の状況により、特に流出口において適切な洗堀防止策等が必要となる場合があることに注意する。



出典: 排水工指針 (S.62(社)日本道路協会)

図 6.13 カルバートの流れの諸元

#### (4) RC (鉄筋コンクリート: Reinforced Concrete) パイプカルバート計画

道路横断排水構造物として、パイプカルバートが用いられるケースは多い。アフリカでパイプカルバートを計画するにあたって生じ得るリスクを以下の通りまとめる。

##### ① 日本と異なる製造方法のコンクリート管が供給される

日本では、RC パイプカルバートとして、ヒューム管(遠心力鉄筋コンクリート管)が用いられる。しかし、アフリカ諸国では、このような製造技術が無いことから、円形型枠にて円筒形に成形されたコンクリート管が供給されるケースがある。



日本では、写真下のローラにより高速で型枠が回転し、型枠内側からコンクリートを流し込んで遠心形成していく。

およそ型枠内のコンクリートにはおよそ 40G の力で締め固まる。これにより、構造物としての圧縮強度が増加する。

② 日本と異なる仕様(寸法形状や強度)のコンクリート管が供給される

日本では、JIS（日本工業規格：Japan Industrial Standard）によりコンクリート管の構造寸法や終局曲げ耐力が規定されている。アフリカ諸国においても各国が基準を制定し、これに準じた構造寸法や終局曲げ耐力を有する構造物がある一方で、歩道下用のコンクリート管と称され、規定の終局曲げ耐力を下回り、経済性に特化させたコンクリート管も存在する。

以上より、アフリカ諸国で入手できるコンクリート管は日本の JIS 規格とは異なる寸法形状であり、強度も異なる可能性があることから、現地の業者からこれらを調達する場合には、入手可能な材料が仕様書で規定される内空断面及び終局曲げ耐力を有するかを確認することが重要である。

なお、コンクリート管の耐荷力は管の終局曲げ耐力およびコンクリート管の基礎種類及び構造により決定されることから、設計当初に想定された仕様を満足する管が入手困難な場合は、調達可能な管の終局曲げ耐力を確認の上、構造計算を実施し、上載荷重に耐えうる基礎形状を検討する必要がある。

🏠 **パイプカルバートを用いる際に生じた問題（事例）**

パイプカルバートがどれだけの上載荷重に耐えられるかを定める要素は、

- ① 管の終局曲げ耐力（破壊耐力）
- ② 基礎地盤の種類と構造(砂基礎、コンクリート基礎（120°, 180°, 360°））である。

しかし、スペックでは、管の破壊耐力を規定していなかった。また、基礎地盤は一般的な構造図しか作成しておらず、どの箇所でもどの基礎構造を適用するかが明記されていなかった。このように、スペックで管の強度を決定する重要な要素を明示すべきであったと考える。

\* 「BS〇〇〇に従うこと」などの記載により該当スペックを指定する場合がしばしばあるが、このような表現はミスの原因となりやすい。

## 6.7. 自然条件調査に関する参考資料

### (1) 測量調査

測量調査によって平面図を作成する際、一般的に用いられる方法として「航測」と「実測」がある。「航測」と「実測」の測量精度と表現方法は同じでなければならない。

現在は、ドローン技術の進展により、航空測量の多くはドローン測量へと移行している。ドローンによる測量が短期間、且つ安価で実施できることと、ドローン低空(100m程度)を飛行するため、より密に点群データを取得でき、成果物となる3Dデータなどの精度を高めることが可能となるためである。一方で、航空法の制約等により、ドローン測量が実施できない区域もある。

表 6.22 測量調査方法の比較

調査方法	実 測	航空測量(従来)	ドローン測量	
			写真測量	レーザー測量
作業範囲	小範囲	広範囲	中～小範囲	中～小範囲
縮尺	大縮尺(1/200～1/500)	小中縮尺(1/500～1/10,000)	大中縮尺(1/200～1/1,000)	大中縮尺(1/200～1/1,000)
精度	高	低	中	高～中
作業期間	長い	短い	短い	中程度
基準点	基準点測量	標定点	標定点	標定点
精度管理	点検測量の実施	検証点による確認	検証点による確認	検証点による確認
メリット	地上での実測による測量では、高精度の測量が可能であり、観測が容易で24時間可能というメリットがある。特に、市街地道路の現況を正確に計測する調査に適している。	航空機による撮影の為、高度が高いところから撮影することができ、広域の小中縮尺の地形図などを作る際は有利。	地上から人や車両で機材を持ち込むことが難しい、手間がかかる地形や崖、土砂崩れの現場など人が近づくのに危険を伴う場所でもドローンであれば素早く安全に測量が行なえる。また、写真データから点群データを作成することができる。	レーザー測量では、写真測量では計測が困難であった樹木が生い茂る環境下においても、レーザーを照射することで、詳細な地形データの取得が可能である。
デメリット	基準点測量、平板、TS(トータルステーション: Total Station) 測量など民地立入りが多い。山間部の溪流等、立入りが難しい場所がある。墮落・転落などの事故が発生する。	航空レーザー測量を行うには、航空測量を行う専門会社へ依頼する必要があり高価。天候に左右されるとともに近づけない谷間や狭小地がある。	「伐採前の林地・草刈り前の草地」、「流水のある河川の河床」、「積雪」などは、UAV(無人航空機: Unmanned Aerial Vehicle) による航空測量実施が不適当な現場条件がある。また、市街地道路の詳細(側溝形状等)を計測するには不向きである。	山間部などで樹木等の障害物の状況によっては、未だ欠測が発生する可能性がある。また、また、写真測量より精度は高いが、市街地道路の詳細(側溝形状等)を計測するには不向きである。搭載するレーザー測量の機器が高価であり、測量費用も高価となる。

出典: JICA 調査団

(2) 地質調査

■ 原位置試験

原位置試験とは、原位置の土質性状等を確認するために、ボーリング孔やテストピットを利用して、地盤の性質を調べるものである。準備調査では表 6.23 に示す原位置試験が一般的に実施される。

表 6.23 主な原位置試験 (土工の調査対象)

試験の名称	得られる値	結果の利用
ボーリング	原位置の土の層構成 地下水位	ボーリングマシンと呼ばれる先端に刃が付けられたパイプを回転させ採掘をおこない、地盤にボーリング孔と呼ばれる細長い孔をあけて、地質の状態や強度を直接確認する方法である。100m ほどまで掘ることができるため、基本的な地盤調査法として活用される。
標準貫入試験	N 値	ボーリング孔内で行う試験の一種で一般的には深さ 1m ごとに調べていく。原位置での土の硬軟や、締まり具合、地層構成を調べる事ができる。土層の硬軟・締まり具合および地盤支持力の判定に用いる。
現場透水試験	透水係数 $k$ [cm/s]	現場透水試験は、地盤の透水係数を簡便に求める試験であり、ボーリング孔を利用して地盤の透水係数を求める。試験方法については、「非定常法」と「定常法」の2種類がある。地下水情報の基本となる自然水位(被圧水頭)と透水係数 $k$ を把握することを目的とする。
テストピット	舗装の層構成 地下水位	開削調査は路面を開削して、全層を直接調査するものである。開削することにより、各層の厚さや、採取した試料による CBR 試験や材料試験を実施することで、損傷原因を特定できる。この調査は、路面を開削するため大がかりな調査となるが、目視や試料採取による路床や路盤の性状、DCP*、小型 FWD**による各層の支持力、及び地下水の影響等を詳細に評価出来る。また、地下水の影響等を詳細に評価出来る。
動的コーン貫入試験 (DCP 試験)	N 値や CBR 値 (変換式による)	動的貫入試験は、質量 8kg のハンマーを 575mm の高さから自由落下させ、100mm 貫入させるために必要な打撃回数から、地盤の動的なコーン貫入抵抗を簡易に求める試験であり、舗装各層の既存強度を貫入量から CBR 等への変換で確認することができる。

\*DCP: 動的貫入試験 (Dynamic Cone Penetraion)

\*\*FWD: 落錘式たわみ測定機 (Falling Weight Deflectometer)

出典: JICA 調査団

この内、標準貫入試験で得られる N 値とは、土の締まり具合や強度を求める基準となる数値で、土の性状の他、構造物の支持層を推定する作業に使用される。

表 6.24 N値の目安

土の種類	N 値	硬 軟	結果の利用
粘性土	0~4	軟らかい	注意を要する軟弱地盤であり、精密な土質調査を行う必要がある。
	5~14	中位~硬い	安定については大体問題はないが、沈下の可能性がある。
	15 以上	非常に硬い	安定および沈下の対象としなくて良いが、中小構造物の基礎地盤としては 20 以上が望ましい。
砂質土	0~10	ゆるい	沈下は短期間に終わるが考慮する必要があり、地震時に液状化の恐れがある。
	10~30	中位~硬い	中小構造物の基礎地盤となりうる場合もあるが、一般に不十分である。
	30 以上	密	大型構造物の基礎としては 50 以上 (非常に密) が望ましい。

出典: JICA 調査団

また、既存舗装の「非破壊測定」調査として、FWD やベンケルマンビームがある。これらの調査では、既存舗装の「たわみ量」を測定し、その結果を数値解析することにより舗装の構造評価を行なうことができ、舗装の健全度の判定、及び補修計画立案・補修効果確認に役立つ。

表 6.25 構造調査の方法例

方法	概要
FWD: Falling Weight Deflectometer	FWD は、路面上に載下板を設置してその直上からおもりを落下させることにより、アスファルト舗装路面に 49kN の荷重を与え、そのときに生じる路面のたわみを複数の変位センサーによって測定するものである。舗装各層の弾性係数の推定やアスファルト舗装の疲労破壊輪数の評価に用いられる。
ベンケルマンビーム	車輛の移動によって生じるアスファルト舗装のたわみ量を測定し、支持力を評価する。下記の開削調査と併せ、路盤の締固めの程度や路床の軟弱部分の特定を行うこともできる。

出典：JICA 調査団

■ 室内土質試験

室内土質試験は、現地で採取した土を、専門的な機械を使って土質を調査することである。土の密度や・含水比・飽和度などの土の成分を細かく調べ、土の種々の性質を知るものである。

表 6.26 主な室内試験（土の物理試験）

試験の名称	得られる値	利用する方法
含水比試験	含水比 $w$ [%]	盛土の締固め管理
土粒子の密度試験	間隙比 $e$ 飽和度 $S_r$ [%]	盛土の締固め管理
粒度試験	均等係数 $U_c$	土の分類
液性限界試験	液性限界 $w_L$ [%]	細粒土の安定
塑性限界試験	塑性限界 $w_p$ [%]	細粒土の安定

出典：JICA 調査団

表 6.27 主な室内試験（土の力学試験）

試験の名称	得られる値	利用する方法
一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ $q_u$ [MPa]	細粒土の支持力
三軸圧縮試験	粘着力 $C$ [MPa]	地盤の支持力
直接せん断試験	内部摩擦角 $\phi$	斜面の安定
圧密試験	圧密係数 $a_v$ 圧密係数 $C_v$	沈下量、圧密時間
室内透水試験	透水係数 $k$ [cm/s]	透水量の算定

出典：JICA 調査団

表 6.28 主な室内試験（安定化試験）

試験の名称	得られる値	利用する方法
締固め試験	最適含水比 $W_{opt}$ [%] 最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ [g/cm <sup>2</sup> ]	盛土締固め管理
CBR 試験	CBR 値 %	盛土材料、路床支持力

出典：JICA 調査団



表 6.29 主な室内試験 (骨材試験)

試験の名称	得られる値	利用する方法
すり減り減量試験	すり減り減量 %	骨材の耐摩耗性を評価する数値
破砕試験	圧縮破砕値 kN	骨材の圧縮破砕強度を評価する数値
密度及び吸水率試験	密度 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 %	吸水率が高いほど骨材の密度は小さく脆い
骨材形状試験	細長・扁平量	粗骨材の形状の判定
アルカリ骨材反応試験	平均膨張率 %	コンクリートに使用する骨材の「有害」「無害」の判定

出典：JICA 調査団

● 土の粒径による分類

粒 径 (mm)										
0.075		2			75					
0.005	0.25	0.85	4.25	19	300					
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨礫	
		砂			礫			石		
細粒分		粗粒分					石分			

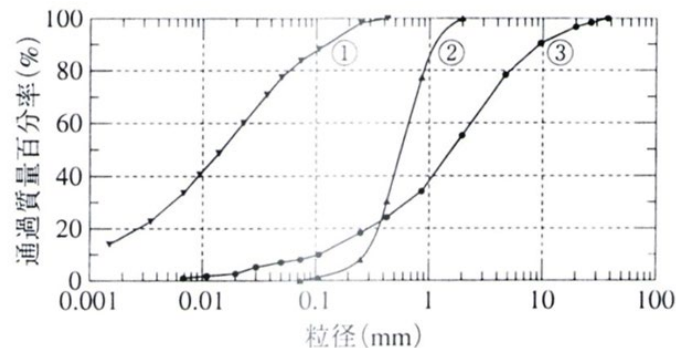
出典：中国地質調査業協会 HP

図 6.14 土の粒径による分類

● 粒径加積曲線

粒度試験は、土粒子が土全体に占める割合の質量百分率を求める試験であるが、この結果から得られた粒径の分布状態を表したのが図 6.15 粒径加積曲線である。粒度による土の一般的特徴として、以下があげられる。

- ① 細粒分が多い土
- ② 粒径が狭い範囲に集中している (分級された) 締固め特性の悪い土
- ③ 粒径が広い範囲にわたって分布する (粒径幅の広い) 締固め特性のよい土

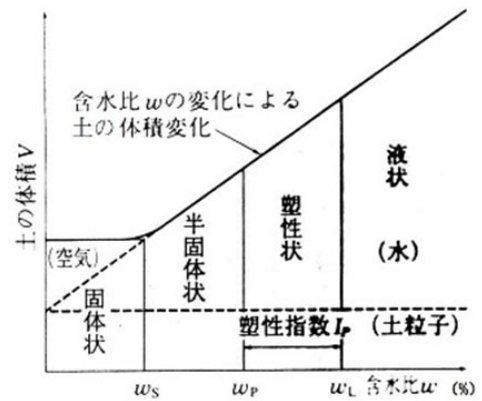


出典：www.mizunotec.co.jp/index.html

図 6.15 土の粒径加積曲線

● 土のコンシステンシー

細粒土はそれに含まれる水の割合(含水比)によって性状が変化する。含水比が大きくなれば泥となり液状を示す。この場合は流動性があるが、含水比が減少するに従って粘性を増し、塑性状になる。さらに乾燥させると半固体状を経て固体状になる。この際、土の体積も変化し、液状から半固体状になれば体積は縮小する。しかし、固体状になると、それ以上体積が縮小しなくなる含水比が存在する。土が含水比の大小によって示すこれらの性質を、土のコンシステンシーという。含水比には、先の性状が次の性状に移り変わる限界があり、この境界の含水比を、それぞれ「液性限界」「塑性限界」「収縮限界」という。土が塑性を保つ含水比の範囲は、液性限界と塑性限界の差で示され、これをPI(塑性指数:Plastic Index)という。



出典 : [www.mizunotec.co.jp/index.html](http://www.mizunotec.co.jp/index.html)

図 6.16 土のコンシステンシー

## 6.8. 日本の道路整備と法制度に関する参考資料

### (1) 日本の道路整備の経緯

#### ■ 道路整備の略史(戦後)

西暦	出来事	概要
1952	「新道路法」制定	道路網の整備により、交通ネットワークとしての機能を充実させることを意図しており、道路法ではこれを実現するための道路を4種類(高速自動車国道、国道、都道府県道、市町村道)に分類して法律で規定した。
	「道路整備特別措置法」制定	料金を徴収することができる道路の新設、改築に関する制度を法制化した。
1953	三重県の参宮有料道路開通	自動車から料金を徴収する日本初の有料道路
	「道路整備費の財源等に関する臨時措置法」制定	道路整備の五箇年計画を策定すること、及び揮発油税の税込相当額を国の道路整備の財源とすることについて定めた。
1954	「第一次道路整備五箇年計画」策定	
1955	「道路整備特別措置法」全面改正	国の直轄施行による有料道路方式を廃止し、公団による有料道路方式を採用。
1956	「日本道路公団法」制定	
	ワトキンス・レポートが政府に提出	日本の道路整備制度の抜本的改善について勧告。
1957	「国土開発縦貫自動車道建設法」制定	国土開発縦貫自動車道の予定路線を、中央自動車道のうち小牧市附近から吹田市までを定めた。
1958	「道路整備緊急措置法」制定	ワトキンス・レポートを受け、日本の道路整備制度について1) 計画・管理の役割を持つ「道路整備五箇年計画」と、2) 資金調達・費用負担の役割を持つ「道路財源制度」を定めた。道路整備緊急措置法は、道路整備五箇年計画の手続きや財源など定めた法律。揮発油税(ガソリン税)を道路財源としている。
1962	首都高速道路初の路線として、京橋 - 芝浦(4.5 km) 開通	
	全国総合開発計画策定	
1963	名神高速道路 栗東 IC - 尼崎 IC 間(71.7 km) 開通	
1966	「国土開発幹線自動車道建設法」制定	高速道路路線の整備にかかる個別法を廃止するとともに、別表に記載の総延長7,600kmの路線を予定路線として法定。
1969	東名高速全通	
1971	自動車重量税創設	第6次道路整備五箇年計画の実施のための財源の必要から創設された。
1998	「中央省庁等改革基本法」制定	
2000	行政改革大綱閣議決定	特殊法人等の改革を掲げている。
2001	運輸省、建設省、北海道開発庁、国土庁の4省庁が統合し国土交通省となる。	
2003	第一次社会資本整備重点計画策定	
2004	道路関係四公団民営化関係4法制定	
2005	道路関係四公団民営化	
2008	「道路特定財源等に関する基本方針」閣議決定	
	JBIC(国際協力銀行: Japan Bank for International Cooperation)の円借款部門とJICA(国際協力機構: Japan International Cooperation Agency)が統合	
2009	「道路整備事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律等の一部を改正する法律」制定	道路特定財源は一般財源化されることとなった。

出典: JICA 調査団

## (2) 主要事象

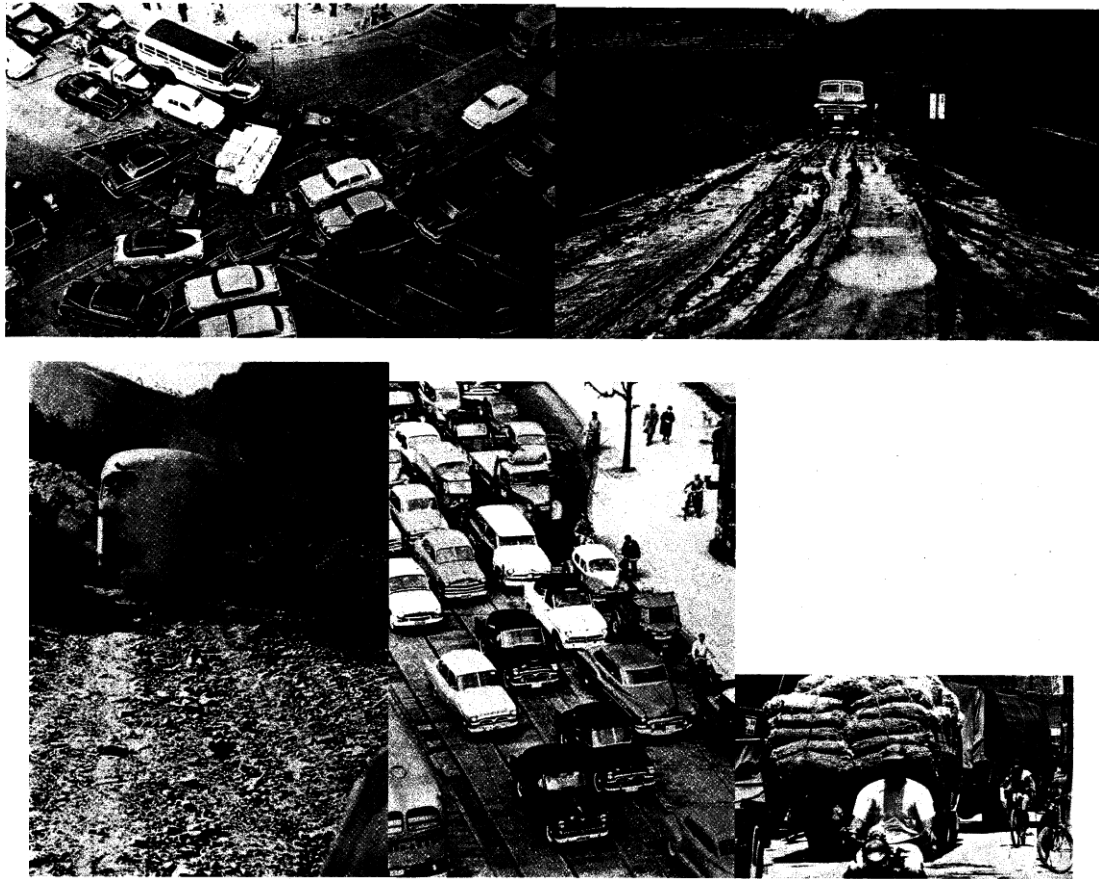
### ■ ワトキンス・レポート

日本国政府は名神高速道路の建設の正当性を確固とし、世界銀行から融資を引き出すために米国から調査団を派遣することを要請した。調査団はマサチューセッツ工科大学客員経済学教授ラルフ・J・ワトキンスを団長とし、1956年5月から80日間日本で調査を行ったのち、8月8日に報告書「日本国政府建設省に対する名古屋・神戸高速道路調査報告書」を政府に提出した。これがワトキンス・レポート<sup>[29]</sup>と呼ばれている。”The Roads of Japan are incredibly bad. No other nation has been so completely neglected its highway system.”「日本の道路は信じがたいほどに悪い。工業国にして、これほど完全にその道路網を無視してきた国は日本の他に無い。」この冒頭の語句は当時の流行語となり、それまでの道路に対する日本国民の意識を一変させた。その当時、日本の一級国道（この国の最も重要な道路）の77%は舗装されていなかった。この道路網の半分以上は、かつて何らの改良も加えられたことが無かった。道路網の主要部を形成する二級国道及び都道府県道は、90～96%が未舗装であり、これらの道路のうち75～80%が全くの未改良であった。ワトキンス・レポート<sup>[29]</sup>の概要は以下のようになっており、日本における以降の理論的、体系的な道路整備を方向付けている。

- ① 国民総生産とそれに対応する交通体系の在り方を把握するという方法論が明確となっており、国民経済の成長率という概念が分析全体にわたって重要な役割を果たしている
- ② すなわち、現在及び将来において予想される我が国全体の交通需要を国民経済全体の中から検討し、当時（1955年）の国民総生産約7.9兆円に対応して発生する交通量は当時の交通体系ではさばききれず、高速道路の建設を中心とした道路整備計画が喫緊の課題であるとしている。また、我が国の経済が5-6%の成長率で発展していくことを前提とすると、少なくとも年間約1,800億円の道路支出が不可欠であるとした。
- ③ 名古屋・神戸高速道路については名古屋・神戸間の交通需要の現状と将来見通しを明らかにするとともに、名古屋・神戸間高速道路計画の技術的検討を行い、高速道路の建設費用を算定し、これが有料道路料金の収入によって償還できるか採算性に関する検討を行っている。この結果、供用開始当初数年間は料金収入だけではその費用を償還できないため、ガソリン税や自動車諸税による補填が望ましいとしているが、その後は採算性が十分に確保できる見通しがあるとして、名神高速道路建設を肯定している。
- ④ また、高速道路が建設された場合の経済効果を①製造業、②在庫、③農林業及び漁業、④外国貿易及び国際収支等の側面から検討し、大きな効果があることを示している。さらに、この高速道路の建設に必要な投資額は国民総生産のわずか0.2%に過ぎないため、名古屋・神戸高速道路の建設は国民経済上きわめて望ましいと結論付けている。

このワトキンス・レポートは、世界銀行からの融資を得るための強力な支援材料となった。当時の世界銀行には、高速道路建設への融資実績はなく、融資額が極めて大きいものであったため、容易に採択されるものではなかったが、世界銀行からの借款が1960年5月25日の融資契約によって発効した。

出典：「日本の道路政策—経済学と政治学からの分析」<sup>[30]</sup>



出典：ワトキンス調査団 名古屋・神戸高速道路調査報告書（復刻版）<sup>[29]</sup>

写真 6.2 当時の日本の道路状況

### ■ 全国総合開発計画

全国総合開発計画は国土総合開発法（昭和 25 年制定）に基づき、日本国土の利用、開発及び保全に関する総合的かつ基本的な計画であり、住宅、都市、道路その他の交通基盤の社会資本の整備のあり方などを長期的に方向付けるものである。昭和 37 年（1962 年）に最初の全国総合開発計画が策定され、その後平成 10 年（1988 年）21 世紀の国土のグランドデザインまで 5 次の計画が策定されている。道路施策を中心に、その概要を表 6.30 に示す。

表 6.30 全国総合開発計画の概要

	目標年次	基本目標	交通体系の整備
全国総合開発計画 (全総) 昭和 37 年 (1962 年)	昭和 45 年	<地域間の均衡ある発展> 都市の過大化による諸問題、地域による生産性の格差について総合的解決を図る。	1) 各地方にまたがる大動脈的幹線道路の整備拡充をはかる。 2) 各地方における幹線道路の整備拡充をはかるため、既成大集積地帯、大規模地方開発都市を中心とし、各種開発地区を有機的に結ぶ道路網を先行的に整備する。 3) 過大都市では、街路および都市高速道路を整備拡充し、都市交通の緩和をはかる。 4) 工業等の開発のため、幹線道路網を補完する支線道路を先行的に整備する。
新全国総合開発計画 (新全総) 昭和 44 年 (1969 年)	昭和 60 年	<豊かな環境の創造> 高福祉社会を旨として、人間のための豊かな環境を創造する。	1) 地方圏と大都市圏とを結ぶ高速交通体系を確立し、これと直結する地方圏内の関連交通体系および地方圏相互間の交通体系を合理的に整備する。 2) 大都市圏の交通体系の整備 外環状および湾岸環状の交通施設を整備するとともに、物流拠点等を広域的に配置する。東京、名古屋および大坂を結ぶ大都市圏間は、一層大量化が予想されるので、高速交通施設を重層的に整備する。
第三次全国総合開発計画 (三全総) 昭和 52 年 (1977 年)	昭和 52 年からおおむね 10 年間	<人間居住の総合的環境の整備> 人間と自然との調和のとれた安定感のある健康で文化的な人間居住の総合的環境を計画的に整備する。	[幹線交通体系の整備] 高規格の幹線道路網は、国土開発幹線自動車道(約 7,600 キロメートル)のほか、日本海沿岸縦貫、東九州縦貫、四国循環その他の幹線及び本州・四国連絡ルート、大都市循環等を含めおおむね 1 万キロメートル余で形成される。 [計画期間中における幹線交通施設の整備] 高速道路については、今後、おおむね 10 か年間の整備目標を既供用区間延長を含め、4,500 キロメートル～5,000 キロメートルとする。東京圏等における幹線環状交通体系について調査を進める。本州・四国連絡ルートの当面早期完成を図るルートとして、児島～坂出ルートに道路・鉄道併用橋を建設する。
第四次全国総合開発計画 (四全総) 昭和 62 年 (1987 年)	おおむね平成 12 年 (2000 年)	<多極分散型国土の構築> 多くの特色ある極が成立し、特定の地域への諸機能の過度の集中がなく、地域間、国際間で相互に補完、触発し交流する国土を形成する。	[国内幹線交通体系の形成] 高規格幹線道路網については、地方中枢・中核都市、地域の発展の核となる地方都市及びその周辺地域等からおおむね 1 時間程度で利用が可能となるよう、およそ 1 万 4 千キロメートルで形成する。 [計画期間中の施策] 高規格幹線道路網については、既定の国土開発幹線自動車道 7,600km 及び本州四国連絡橋 3 ルートの概成を含め、おおむね 8,000～9,000km の整備を推進する。
21 世紀の国土のグランドデザイン 平成 10 年 (1988 年)	平成 22 年から 27 年 (2010-2015 年)	<多軸型国土構造形成の基礎づくり> 多軸型国土構造の形成を目指す「21 世紀の国土のグランドデザイン」実現の基礎を築く。	[国内交通体系整備の長期構想] 14,000km の高規格幹線道路網とこれを補完し地域相互の交流促進等の役割を担う地域高規格道路が一体となり、国土の骨格となる基幹的な高速陸上交通網を形成する。このうち、地域高規格道路については、6,000 ～ 8,000km の整備を進めることを目指す。 [計画期間中の施策] 高規格幹線道路及び地域高規格道路に重点を置き整備を推進する。高規格幹線道路網については、21 世紀初頭の概成を目指し、大都市圏間を結ぶ道路、大都市圏の環状道路等に重点を置き、地方圏にあつては、広域的な連携の軸となる縦貫路線、横断路線に重点を置いて整備を推進する。

出典：国土交通省資料を基に JICA 調査団作成

## ■ 道路整備五箇年計画

1958年(昭和33年)に制定された道路整備緊急措置法では第二条において道路整備五箇年計画について次のように定めている。

第二条 建設大臣は、昭和三十三年度以降五箇年間に於ける高速自動車国道、一級国道及び二級国道並びに政令で定める都道府県道その他の道路の新設、改築、維持及び修繕(以下「道路の整備」という。)に関する計画(以下「道路整備五箇年計画」という。)の案を作成して閣議の決定を求めなければならない。

2 道路整備五箇年計画には、次の事項を定めなければならない。

- 一 五箇年間に於けるべき道路の整備の目標
- 二 五箇年間に於けるべき道路の整備の事業の量

第一次道路整備五箇年計画(計画期間1954年度～1957年度)はこれを先立つ1954年(昭和29年)に策定されている。道路整備緊急措置法は五箇年計画に基づく事業の実施を体系的に位置づけたものである。以降、12次の五か年計画が策定され、2002年に計画が完了した。

2001年(平成13年)からは、社会資本整備のさまざまな課題(高コスト、非効率な事業、景気回復への効果等)の解決に中長期的な視点から取り組み、真に必要な社会資本の姿を明らかにするために、従来計画を別々に策定していた9分野(道路、交通安全施設、空港、港湾、都市公園、下水道、治水、急傾斜地、海岸)の総合的な整備計画として第一次社会資本整備重点計画の策定が開始され、現在までに第四次が策定されている。

### (3) 日本の道路整備制度の概要

#### ■ 自動車関係諸税

揮発油税は1953年に制定された「道路整備費の財源等に関する臨時措置法」により、整備の立ち遅れた日本の道路整備を緊急かつ計画的に進めるため、国の道路整備の財源とする目的税として創設された。

同制度は、受益者負担、損傷者負担を基本理念としており、自動車のユーザーに、道路利用による受益(走行距離)、あるいは損傷の度合い(自動車の重量)に応じて道路整備のための財源(道路特定財源)を負担してもらうことになった。このように揮発油税の特定財源化がなされたが、その後も一貫する道路整備へのニーズに対応するため、随時、新たな税の創設や、創設された税の税率引き上げが行われてきた。道路特定財源となった税の種類を表6.31自動車関係諸税に示す。

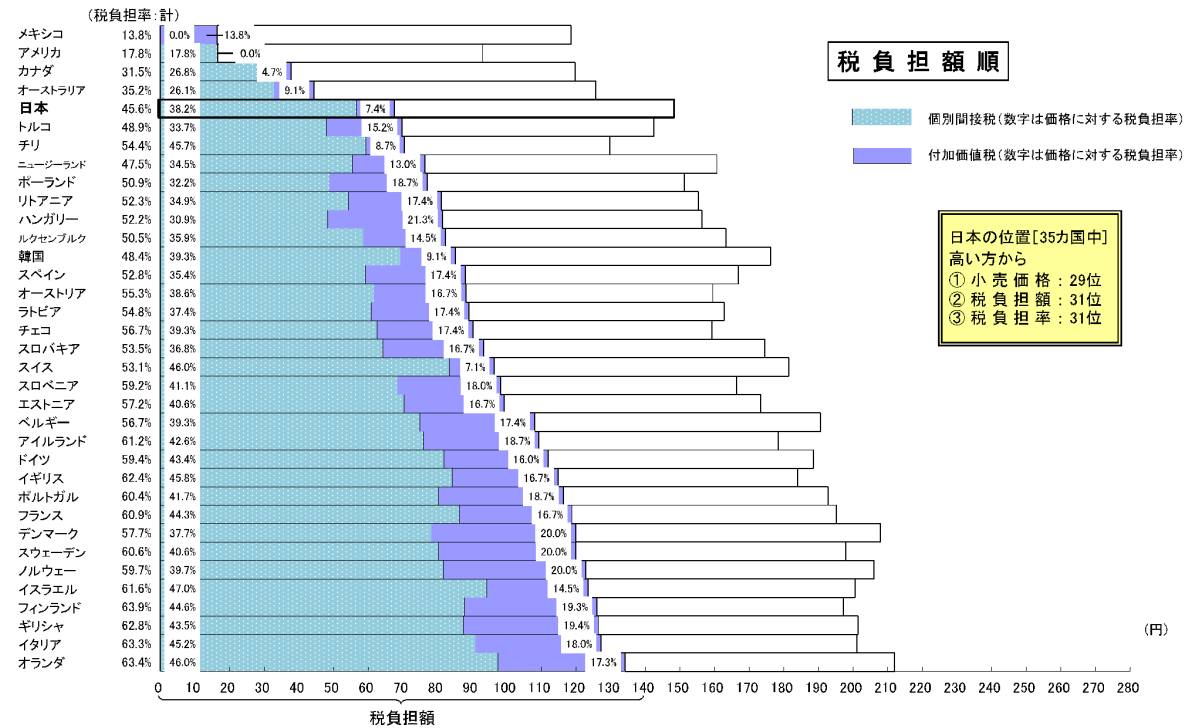
表 6.31 自動車関係諸税

名称	創設年	根拠法及び対象	創設当初税率	現在税率
揮発油税	1954	揮発油税法(1957年)に基づき揮発油に対し、その製造者または保税地域からの取引人を納税義務者として課される国税。税率は従量比例。なお揮発油には地方道路税(下記)も課せられ両税と併せて一般にガソリン税と呼ぶ。	13.0円/リッター	48.6円/リッター
地方道路税	1955	地方道路税法(1955年)に基づき揮発油に対し、その製造者または保税地域からの取引人を納税義務者として課される国税である。税率は従量比例。その税収は、都道府県および道路法に規定する指定市に対し、道路費用の財源として譲与される。	2.0円/リッター	5.2円/リッター
軽油引取税	1956	軽油(ディーゼルエンジン車の燃料)と揮発油(ガソリン車の燃料)との間に税負担の不均衡が生じていたため、地方税・道路目的税として軽油引取税が創設された。特約業者又は元売業者からの軽油の引取りのうち軽油の現実の納入を伴うものに対し課税する。	6.0円/リッター	32.1円/リッター
石油ガス税	1966	石油ガス税法に基づき、一定の液化石油ガス(課税石油ガス)に対して課される国税である。対象はLPG自動車用の石油ガス容器に充填されている石油ガスである。具体的には、主にタクシーなどの営業用車両に使用される燃料用のガスが課税対象となる。	5.0円/リッター	17.5円/リッター
自動車取得税	1968	地方法に基づき取得価額が50万円を超える自動車の取得に対し、その取得者に課せられる地方税である。「取得価額」とは、実際に自動車を購入する際に支払った金額ではなく、車種・グレード・仕様ごとに定められた基準額に、新車時からの経過年数に応じた残価率を乗じた金額である。	取得価額の3%	2019年消費税10%への増税と同時に廃止。
自動車重量税	1971	自動車重量税法に基づいて、検査自動車と届出軽自動車に対して課される国税である。納税義務は自動車検査証の交付等を受ける者、あるいは車両番号の指定を受ける者にあり、自動車を新規登録または新規届出した時や、継続検査や構造等変更検査を受け、車検証または届出済証の交付を受ける際に納付する。	2,500円/重量0.5t年	自家用 4,100円/重量0.5t年 営業用 2,600円/重量0.5t年

出典：JICA調査団



📁 OECD (経済協力開発機構: Organisation for Economic Co-operation and Development) 各国のガソリン価格と税



(注) 1. 上記グラフについては、IEA「エネルギー価格と税(2019年第3四半期)」から2019年第2四半期のデータを手に入る国(アイスランドを除くOECD36か国中35か国)のみを記載。  
 2. わが国の消費税は、付加価値税に区分している。なお、アメリカの小売上税は上記のグラフ上区分表示されていない。  
 3. わが国の個別間接税は、揮発油税、地方揮発油税及び石油石炭税である。なお、ガソリンに係る日本の石油石炭税の本則税率は2.04円/ℓであるが、地球温暖化対策のための課税の特例により、2016年4月1日から2.8円/ℓとなっており、本比較では、現在の税率である2.8円/ℓとして計算している。  
 (備考) 邦貨換算レートは、2019年4月中適用から6月中適用の基準外国為替相場及び裁定外国為替相場の平均値(日本銀行)。

出典：外務省 ([https://www.mof.go.jp/tax\\_policy/summary/consumption/133.pdf](https://www.mof.go.jp/tax_policy/summary/consumption/133.pdf))

図 6.17 OECD 各国のガソリン価格と税

道路特定財源は、自動車利用者の負担により、緊急かつ計画的に立ち遅れた道路整備を進めるための財源としての使命を担ってきたが、その後、道路の整備水準が向上し、また公共投資全体の抑制が必要となったことなどを背景として、2009年(平成21年)には「道路整備事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律等の一部を改正する法律」が制定され一般財源化した。

■ 有料道路制度

租税等の歳入では賄えない程の非常に多額の資金を要し、かつ早期に整備が必要な道路事業のため、1952年(昭和27年)道路整備特別措置法(旧法)が制定され、国又は地方公共団体が道路を整備するに当たり、財源不足を補う方法として借入金を用い、完成した道路から通行料金を徴収してその返済に充てるという方式が導入された。

■ 有料道路の種類

① 高速自動車国道

高速自動車国道は、高速自動車国道法に基づき整備される自動車専用道路である。同法によると、「自動車の高速交通の用に供する道路で、全国的な自動車交通網の枢要部分を構成し、かつ、政治・経済・文化上特に重要な地域を連絡するものその他国の利害に特に重大な関係を有するもの」とされている。

多くの高速自動車国道は高速道路会社により有料道路として運営されている。

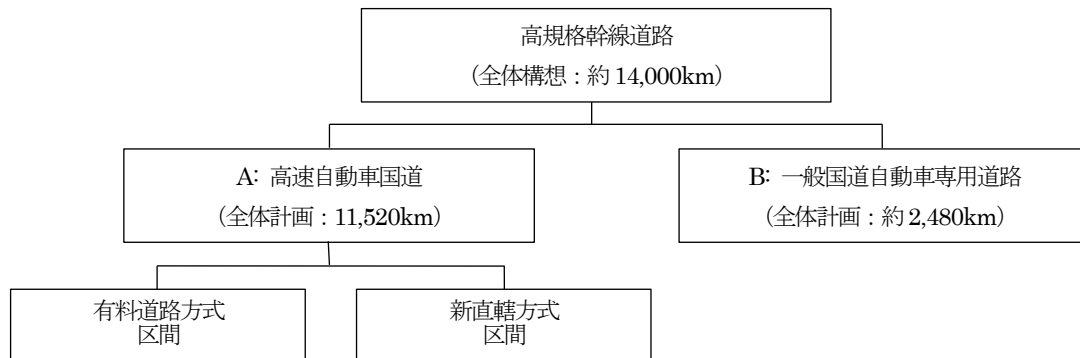
② 都市高速道路

都市高速道路は、都市計画法に定められた都市施設であり、大都市およびその周辺地域に建設される有料の自動車専用道路である。都市高速道路は、基本的には国道ではなく都道府県道または指定市の市道であり、東京・名古屋・大阪・広島・北九州・福岡の6つの大都市圏に所在する。

③ 一般有料道路

一般有料道路は、高速自動車国道と都市高速道路以外の有料道路であり、機能的には2種類に分かれる。まず高速自動車国道と一体的に運営されているネットワーク型の一般有料道路があり、首都圏中央連絡道(圏央道)などが該当する。図 6.18 に示す B が該当する。もうひとつの有料道路としては、高速自動車国道や都市高速道路と一体的に運営されていないバイパス型の一般有料道路がある。

高規格幹線道路の事業方式を図 6.18 に示す。



新直轄方式区間	一般国道と同様に国土交通省地方整備局が整備し、完成後は無料開放される。そのため整備効果を上げやすく、並行する未改良の一般国道のバイパス整備の代替とされることも多い。高速道路会社による道路整備の補完措置として、国と都道府県が建設・管理費用を分担して行なう方式である。
---------	--

出典：国土交通省 ([https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hw\\_arikata/chu\\_matome/m01\\_data03.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hw_arikata/chu_matome/m01_data03.pdf)) 他

図 6.18 高規格幹線道路の事業方式

■ 高速道路の財源方式

日本の有料道路制度は償還主義と全国料金プール制という二つの考えにより運用されている。これら二つの考えにもとづき、一定の料金徴収期間が終了した時点で通行料金収入の総額が建設費と維持管理費の総額(借入金と利息)と等しくなるように高速道路の通行料金は設定されている。

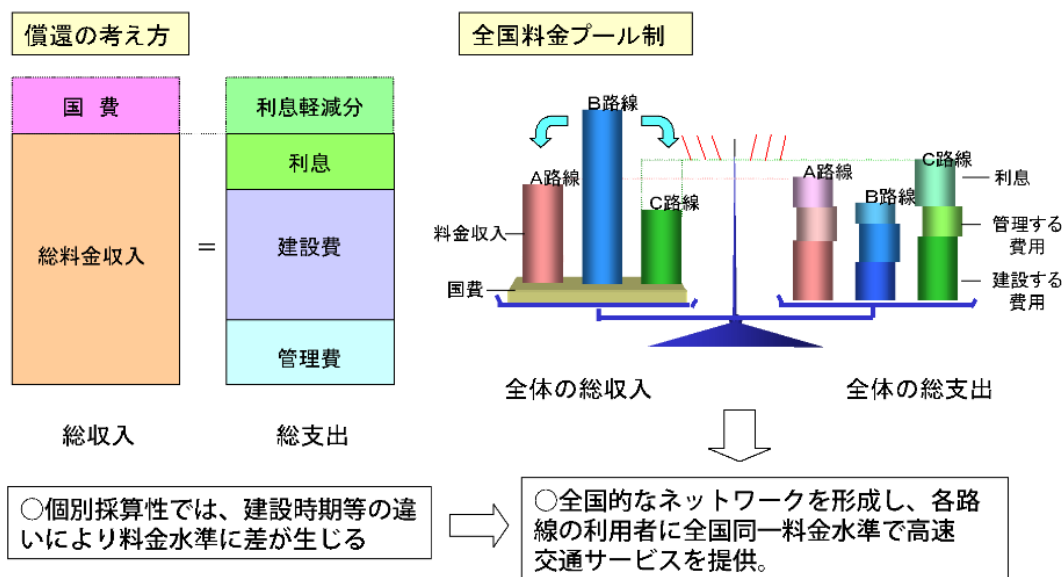
① 償還主義

償還主義とは「一定の料金徴収期間内(償還期間内)に得られた通行料金収入により、高速道路の建設や維持管理のために必要となる総費用をまかなう」ことである。具体的には「高速道路の建設に必要な資金を借入れたうえで建設に着手する。高速道路完成後は、利用者から通行料金を一定の期間徴収し、借入金と利息およびその道路を維持管理するために必要となる費用をその料金収入でまかなう」

ということになる。

② 料金プール制

全国ネットワークを形成する高速道路網の整備が進む中、高速道路の路線ごとに償還計画を策定する場合、地価、人件費、資材などの価格の上昇により、同一のネットワークであるにもかかわらず、後発路線ほど建設コストが高くなり、それに伴い通行料金も高く設定され、個別に償還計画を設定したままでは無料公開の時期が路線ごとに異なるなど、均質な全国ネットワークの理念が崩れてくるおそれが出てきた。そこで、昭和47(1972)年に全国の高速自動車国道の償還計画を一本化し、どの高速自動車国道も同一の課金システムで走行できるという画一料率制を採用する全国プール制が導入された。



出典：特殊法人改革を巡る最近の動向、国土交通省 (<https://www.mlit.go.jp/road/singi/kousoku/011031.pdf>)

図 6.19 高速自動車国道の料金の仕組み

■ 現在の高速道路事業者

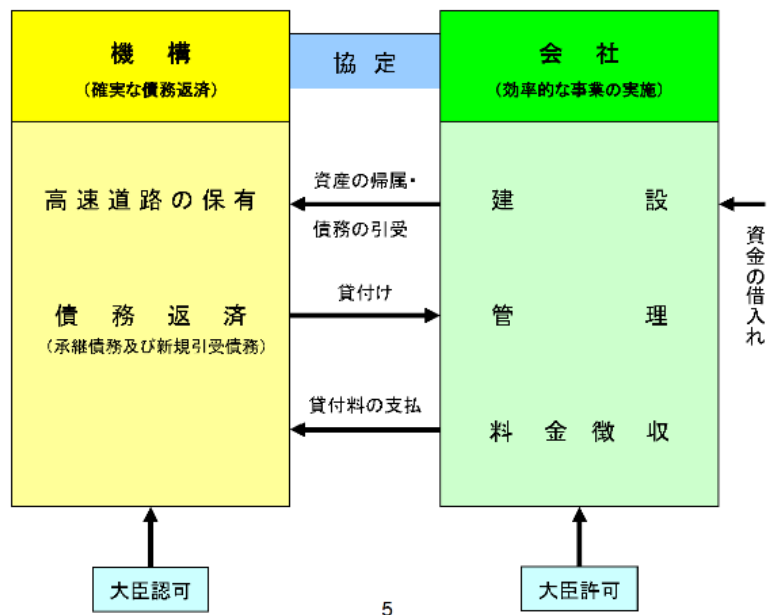
現在の高速道路事業者は、東日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社、阪神高速道路株式会社、本州四国連絡高速道路株式会社の六つの会社（以下、「会社」）と独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構（以下「機構」）からなっている。

機構は、高速道路に係る道路資産を保有してこれを貸付け、債務の早期・確実な返済等を行うことにより、高速道路に係る国民負担の軽減を図るとともに、6つの高速道路株式会社による高速道路に関する事業の円滑な実施を支援することを目的としている。

会社は主として機構から借り受けた道路資産に係る高速道路について維持、修繕、災害復旧その他の管理を実施し、国、地方公共団体からの委託に基づき道路の新設、改築、維持、修繕、災害復旧その他の管理並びに道路に関する調査、測量、試験及び研究を行うとされている。

道路の新設に当たっては、新たに発足した会社の自主性を尊重する観点から、従来、旧公団が国の一

方的命令を受けて高速道路の新設等を行っていた方式を改め、会社が機構と締結する「協定」に基づいて、高速道路の新設等を行うこととしている。



出典：道路関係四公団民営化の経緯等 ([https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/gyomu\\_tenken/pdf01/7.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/gyomu_tenken/pdf01/7.pdf))

図 6.20 会社と機構による高速道路事業の実施スキーム

👉 諸外国における高速度路整備の仕組み

項目	日本	アメリカ	フランス	イタリア	ドイツ
高速道路供用延長	7,363km ('05.10)	90,712km ('03)	10,383km ('04.06)	6,491 ('04.06)	12,044km ('03.12)
うち有料高速道路	7,363km	6,003km	7,840km	5,597km	
有料比率	100%	7%	76%	86%	—
高速道路計画の策定	国	国	国	国	国
有料期間終了後の帰属	国	国	国	国	—
高速道路整備の仕組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本来無料が原則であるが、財政上の理由により高速道路会社が借入金によって建設し、完成後道路資産とそれに係る債務を機構に帰属。</li> <li>・供用中道路について、会社が道路資産を借りて、料金を徴収して賃借料を払う</li> <li>・機構は会社からの貸付料により既存・新規債務を返済。 (’03より国と地方が負担する直轄方式を導入し、完成後無料で供用)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州際高速道路(インターステート)は、当初各州政府が無料道路として整備。一部に、供用中の有料道路を州際高速道路として位置づけた事例がある</li> <li>・州際高速道路以外の一部道路で有料道路あり</li> <li>・整備財源は、Highway Trust Fund。1956年に創設された制度で、連邦ガソリン税を歳入源とする特定財源</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無料が原則であったが、早期整備の観点から借入金により有料道路として整備するのが一般的</li> <li>・西部地域(ブルターニュ地方)等は、地域開発の観点から無料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・財政上の理由により、原則として借入金により有料道路として整備</li> <li>・開発の遅れた南部について国が整備し、無料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・連邦アウトバーンは国の費用負担により州が整備し無料</li> <li>・1995年1月から12t以上の大型トラックについてパウチャー(支払証明書)の購入が義務付け(EU統一による通過交通への課税が目的)</li> <li>・2005年1月より通行システムによる対距離制度に移行</li> </ul>
料金水準 (普通車) *日本=100の場合	(一律対距離) 24.6円/km+150円 *100	—	(混合経済会社3社平均) 0.062ユーロ/km (8.3円/km)、*34	(アストストラデー社) 0.047ユーロ/km (6.4円/km)、*26	(アウトバーンを利用する12t以上大型車のみ) 0.124ユーロ/km (16.8円/km)
有料高速道路事業主体	東日本・中日本・西日本高速道路株式会社	州及び州法に基づく公社等	国の特許を受けた混合経済会社(SEM)、民間会社	国の特許を受けた民間会社	—
対象路線	高速自動車国道	インターステートハイウェイ、その他のフリーウェイ及び有料高速道路	オートルート	アウトストラデー	アウトバーン

出典：道路整備・管理の財源制度の現状 (<https://www.mlit.go.jp/road/ir/kihon/16/6.pdf>)

#### (4) 日本の道路行政

##### ■ 道路の種類

道路はその目的や性格、機能等によって分類されており、それぞれにふさわしい形式や構造をもつ。道路の種類を区分するには、いくつかの方法があるが、法律上の区分、機能上の区分、管理方式による区分が基本的な区分である。

法律上では、「道路法」、「道路運送法」および「道路交通法」の区分があり、「道路法」による区分が最も広く使われている。「道路法」に基づく道路のみが公道であり、「道路運送法」に基づく道路はネットワークを形成しておらず、公共に必要な道ではなく、その多くが私有財産として独立して運営されている。

「道路交通法」は道路交通の安全のための法律であり、道路法の道路、道路運送法の道路、農道など一般の車両が通行する道路すべてを対象としている。「道路法」による「道路」とは、一般交通の用に供する道であって、次の4区分に該当するもののみをいっている。

- ① 高速自動車国道
- ② 一般国道
- ③ 都道府県道
- ④ 市町村道

これらは全体的な道路網における重要度によって位置づけられ、分類されるものである。高速自動車国道と一般国道は、あわせて全国的な幹線道路網を構成するもので、国が政令で路線を指定する。都道府県道は地方的な幹線道路網で、都道府県知事により認定され、市町村道は市町村内の区域にある道路で市町村長により認定される。

機能上の区分とは、道路を利用する自動車その他の車両や歩行者等の通行体に対して、特定の通行体に専用とするか、混合して使用を許すかで機能が異なり、したがって構造も異なる。

管理方法による区分とは、道路を通行する車両等から通行料を徴収するかどうかの管理方式による区分である。道路は多目的に使用されることが多いため、自由に通行を許されることが歴史的・世界的な原則であるが、特定のサービス目的のために道路施設の通行又は利用者に通行料を課し、建設費の償還や管理費の支弁にあてることも歴史的に行われてきた。これを一般に有料道路と呼ぶ。

出典：交通工学ハンドブック<sup>31)</sup>

##### ■ 道路の管理

道路の管理とは、道路管理者が一般交通の用に供するための公の施設としての道路について、その本来の機能を発揮させるために行う一切の活動を指す。その内容は、能動的には一般交通の用に供するという道路の目的を達成するために道路の形態を整え、これを良好な状態に維持管理し、必要に応じ道路のために公用負担を課する等の活動と、受動的に一般交通の用に供するという道路の目的に対する障害を防止し、除去し、その他種々の規制をする活動を含んでいる。道路の管理者は、原則として表 6.32 のとおりである。また分類別道路延長では道路延長の 84.1%を占めるのが市町村道であり、都道府県道は 10.6%、国道は 6.2%である。高速自動車国道は 0.7%に過ぎない。

表 6.32 道路の種類と道路管理者

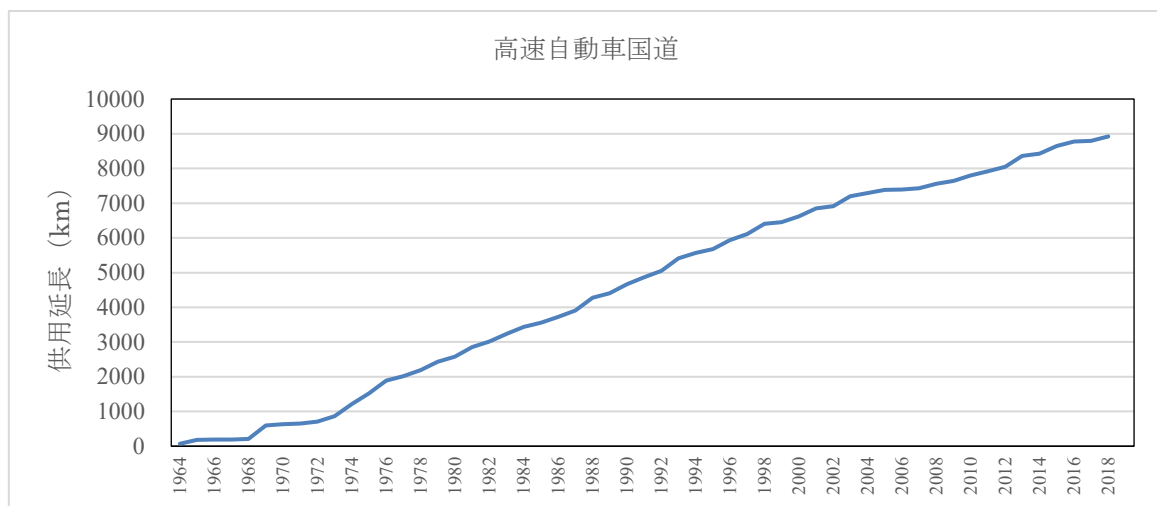
道路の種類		定義	道路管理者	費用負担	概略供用延長 (構成比)
高速自動車国道		全国的な自動車交通網の枢要部分を構成し、かつ、政治・経済・文化上特に重要な地域を連絡する道路その他国の利害に特に重大な関係を有する道路 【高速自動車国道法第4条】	国土交通大臣	高速道路会社 (国、都道府県(政令市))	8,900km (0.7%)
一般国道	直轄国道 (指定区間)	高速自動車国道とあわせて全国的な幹線道路網を構成し、かつ一定の法定要件に該当する道路 【道路法第5条】	国土交通大臣	国 都道府県(政令市)	23,700km (1.9%)
	補助国道 (指定区間外)		都道府県 (政令市)	国 都道府県(政令市)	32,000km (2.6%)
都道府県道		地方的な幹線道路網を構成し、かつ一定の法定要件に該当する道路 【道路法第7条】	都道府県 (政令市)	都道府県(政令市)	129,700km (10.6%)
市町村道		市町村の区域内に存する道路 【道路法第8条】	市町村	市町村	1,029,800km (84.1%)

出典：道路行政の簡単解説、国土交通省 (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/dorogyousei/0.pdf>)

■ 道路整備状況

① 高速自動車国道

1963年(昭和38年)の名神高速道路 栗東IC - 尼崎IC間(71.7km)の開通で始まった日本の高速道路はその後整備が進み、2018年1月時点で総延長8,922kmとなっている。

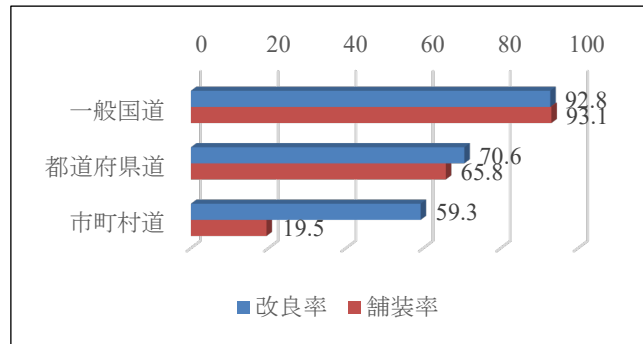


出典：国土交通省道路統計年報2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

図 6.20 高速自動車国道の整備延長の推移

② 一般国道、都道府県道、市町村道

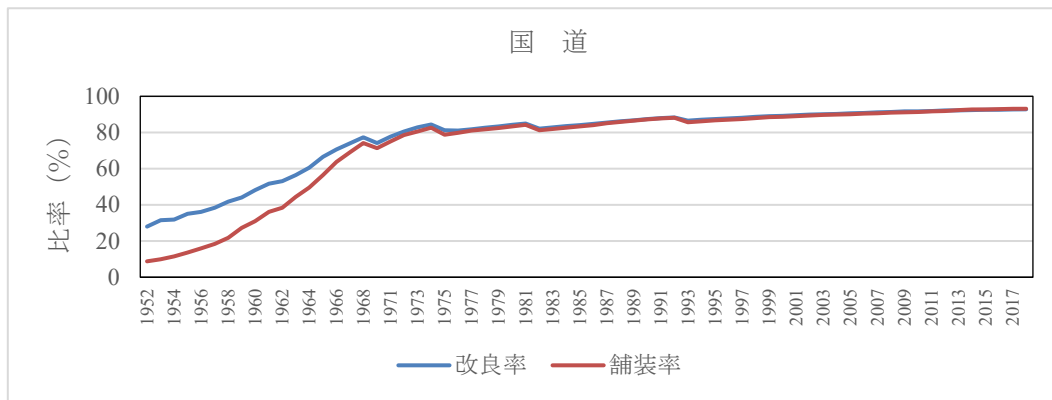
一般国道、都道府県道及び市町村道の改良率と舗装率を図 6.21 に示す。一般国道に関しては改良率、舗装率とも 90%以上となっているが、市町村道では改良率が 60%弱、舗装率では 20%弱となっている。



出典：国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

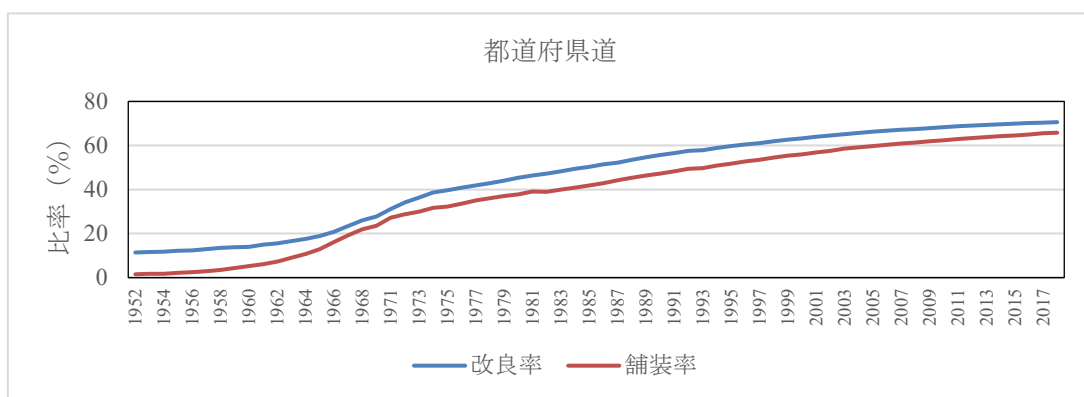
図 6.21 一般国道、都道府県道及び市町村道の改良率と舗装率

一般国道、都道府県道及び市町村道の改良率と舗装率の推移を図 6.22～図 6.24 に示す。国道では道路特別措置法が制定された 1952 年から国土開発幹線自動車道建設法が制定された 1966 年にかけて急速に整備が進んだが、市町村道ではまだまだ整備の途上にある。



出典：国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

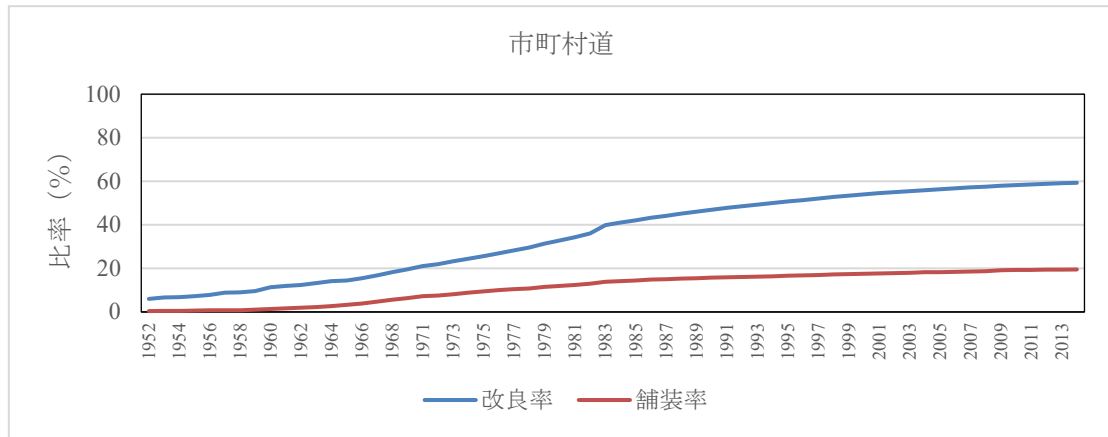
図 6.22 一般国道の改良率、舗装率の推移



出典：国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

図 6.23 都道府県道の改良率、舗装率の推移





出典：国土交通省道路統計年報2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

図 6.24 市町村道の改良率、舗装率の推移

③ 道路の舗装率の諸外国との比較

国	道路延長 (km)				道路密度 (km/km <sup>2</sup> )	舗装率 (%)
	合計	主要幹線道路 (含高速道路)	二級道路	その他		
アジア						
09 日本	1,207,867	62,432	129,377	1,016,058	3.20	80.11
09 韓国	104,983	17,595	18,138	69,250	1.05	79.25
06 タイ	180,053	51,855	44,000	84,198	0.35	...
09 中国	3,860,823	124,517	300,686	3,435,620	0.40	08) 53.50
南北アメリカ						
09 アメリカ合衆国	6,545,839	95,500	1,930,104	4,520,235	0.67	08) 100.00
09 カナダ	1,409,000	103,000	115,000	1,911,000	0.14	04) 39.87
04 ブラジル	1,751,868	93,071	276,776	1,382,021	0.21	...
ヨーロッパ						
09 イギリス	419,665	52,706	122,543	244,416	1.72	05) 100.00
05 イタリア	487,700	28,200	147,400	312,100	03) 1.62	100.00
08 スイス	71,371	19,925	51,446	...	1.73	100.00
07 スペイン	667,064	25,846	140,165	501,053	03) 1.32	...
09 ドイツ	613,969	52,700	178,269	413,000	1.80	...
09 フランス	951,260	20,260	381,000	550,000	1.73	100.00
09 ロシア	982,000	...	...	...	0.06	07) 80.06
アフリカ						
01 南アフリカ	364,131	3,126	60,027	300,978	0.36	17.30
オセアニア						
09 オーストラリア	817,089	...	...	...	0.11	43.45
09 ニュージーランド	94,301	11,092	83,209	...	0.35	66.20

資料：総務省統計局「世界の統計2012」より作成

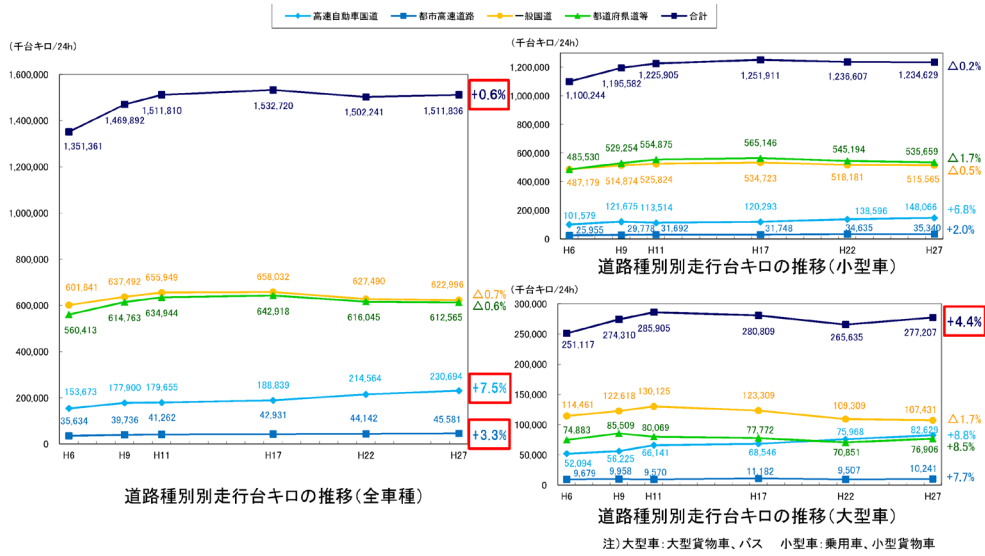
注1) 国名の前にデータの年を附している。

2) 道路の区分は、日本については「主要幹線道路(含高速自動車国道)」は、高速道路及一般国道、「二級道路」は都道府県道を指す。

出典：国土交通省 (<https://www.mlit.go.jp/statistics/pdf/23000000x023.pdf>)

■ 道路交通量

道路の種類別(市町村道を除く)、車種別の自動車走行台キロの推移を図 6.25 に示す。全体の走行台キロは平成 22 年から平成 27 年の間ではほぼ横ばいにあるが、大型車或いは高速道路の走行台キロが増加しつつある。

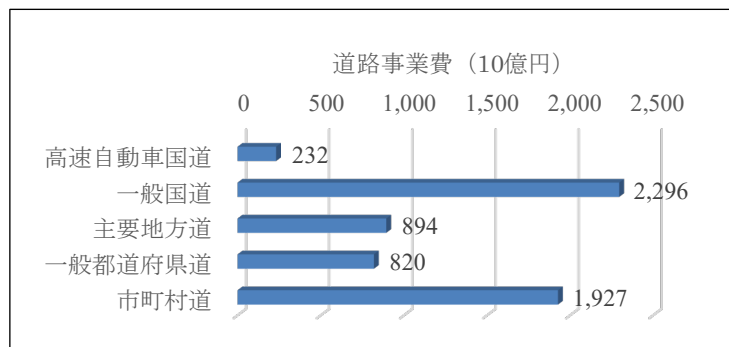


出典: 平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査結果の概要について、国土交通省道路局

図 6.25 道路の種類別、車種別の走行台キロの推移

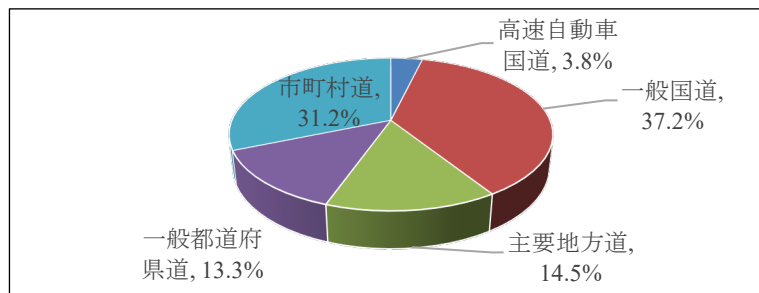
### ■ 道路事業費

2017 年度 (平成 29 年度) の道路事業費は全体で 61,697 億円である。一般国道の比率が最も高く、次いで市町村道となっている。



出典: 国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

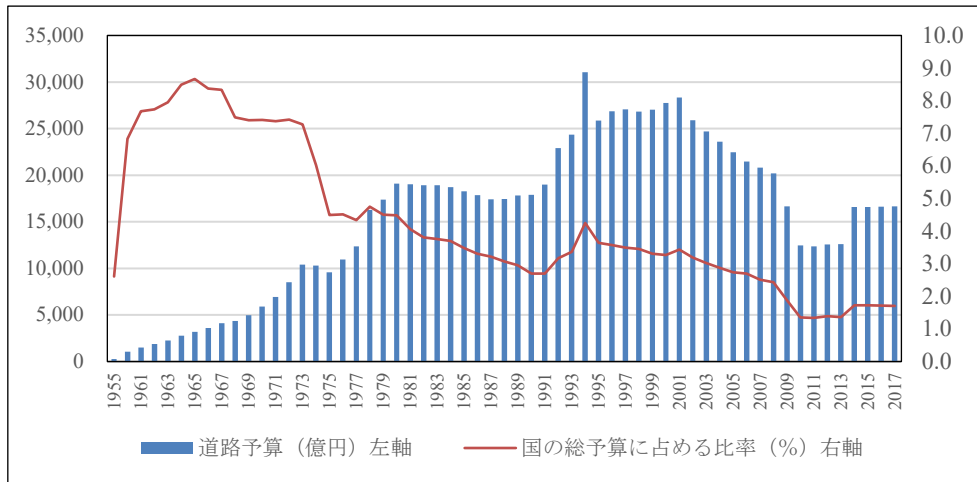
図 6.26 道路の種類別の道路事業費



出典: 国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>を基に JICA 調査団作成

図 6.27 道路の種類別の道路事業費の構成比

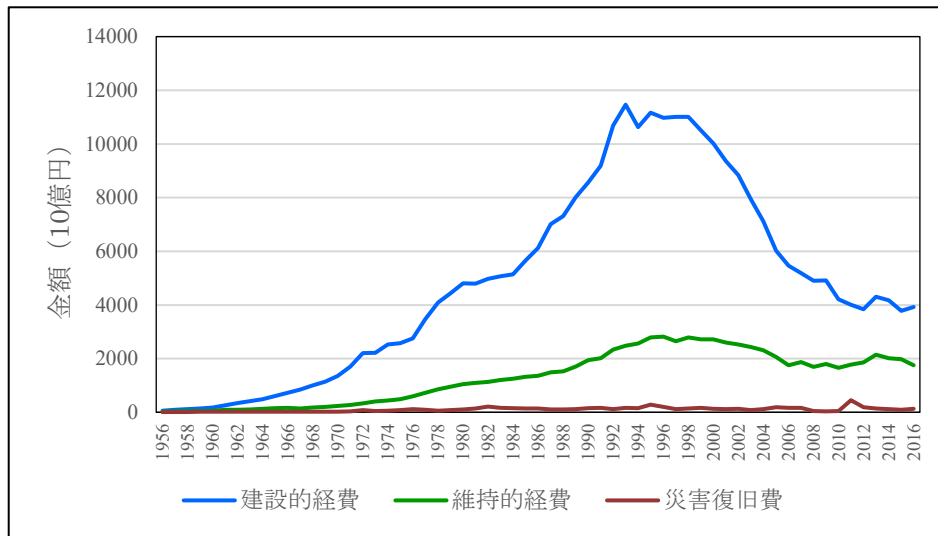
各行政体のうち、国の予算額の推移を図 6.28 に示す。国の予算全体に占める割合は東京オリンピック直後の 1965 年に 8.7%と最大となったが、近年は 1.7%程度である。



出典：国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>付表を基に JICA 調査団作成

図 6.28 国の道路予算の推移

全体の道路投資額の推移を図 6.30 に示す。建設的経費は 1992 年～2000 年に 10 兆円を超えていたが、近年は 4 兆円前後で推移している。



出典：国土交通省道路統計年報 2019<sup>[32]</sup>付表を基に JICA 調査団作成

図 6.30 道路投資の推移

## 6.9. ポストコロナの道路施策に関する参考資料

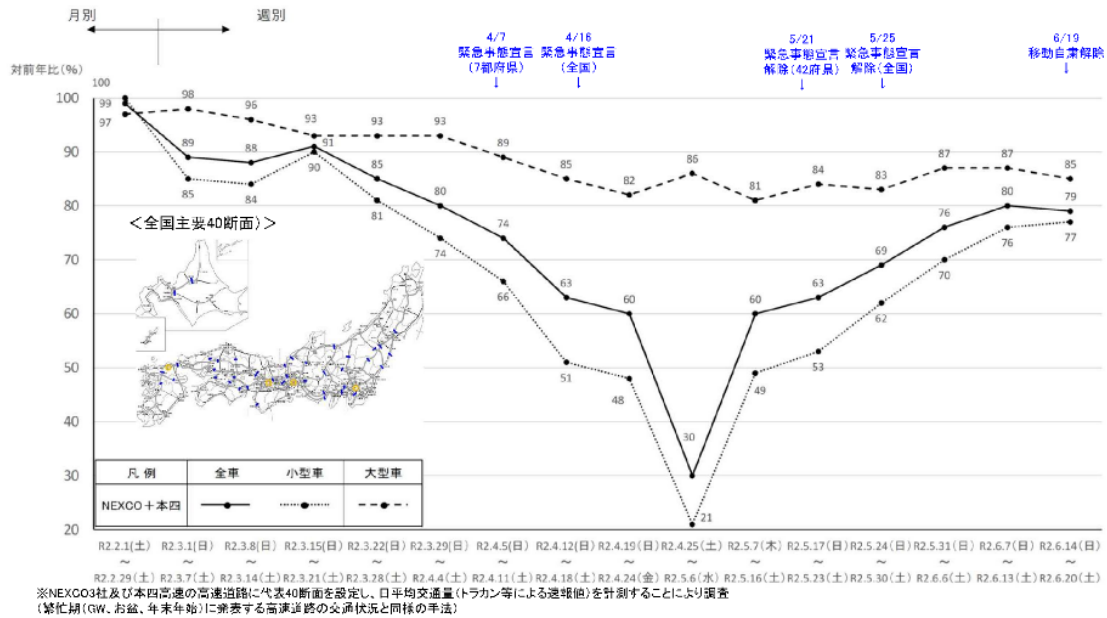
途上国において、コロナウイルスの流行は、道路管理や公共事業の実施に大きな影響を及ぼしている。ここでは、日本におけるコロナウイルスによる道路交通の変化と、ポストコロナ時代における日本の道路整備・管理政策について述べる。

### (1) コロナ禍における交通量の変化

#### ■ 高速道路交通量

- 高速道路の自動車交通量は緊急事態宣言発出後 30%にまで減少した。その後移動自粛解除後には79%にまで回復している。(図 6.29)
- その中で大型車(貨物車)交通は緊急事態宣言発出中でも80%台を維持している。80%台への減少は緊急事態宣言による影響というより、経済活動の停滞に基づくものと判断される。(図 6.30)

<全国主要40断面の週別・車種別交通量推移(対前年比)>



出典：国土交通省「新型コロナウイルス感染症対策に対応した高速道路施策の検討について」

(<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001351206.pdf>)

図 6.29 高速道路交通量の推移

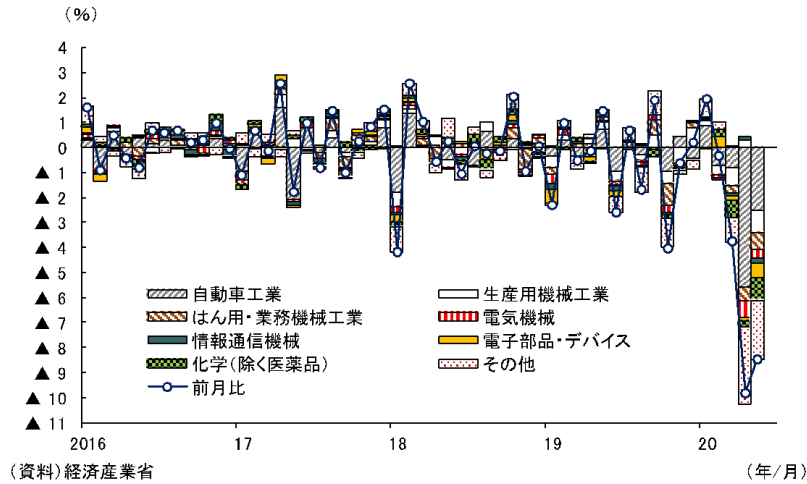
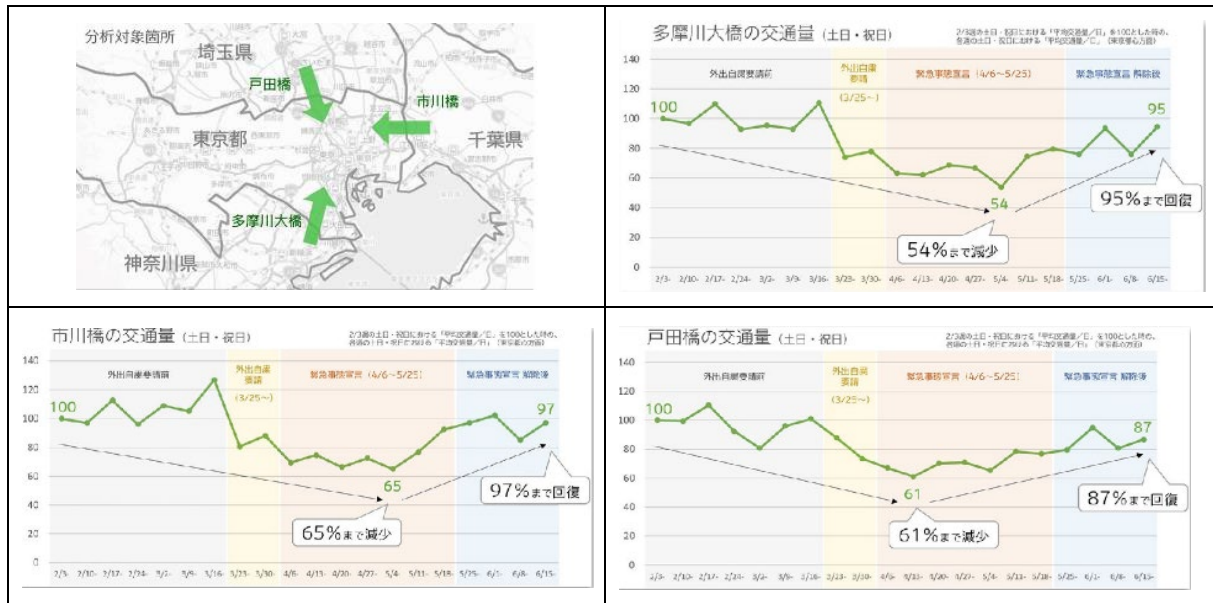


図 6.30 鉱工業生産の推移

■ 首都圏自動車交通量

- 東京都への流入交通量の推移を3断面で捉えた資料を下記に示す。
- 緊急事態宣言発出中の流入交通量は54~65%まで減少していたが、解除後には87~97%にまで回復している。
- このマイナス3~13%についても経済活動の停滞が原因であると見て取れる。



出典：NAVITIME「緊急事態宣言による交通量および目的地検索の変化を分析」

([https://corporate.navitime.co.jp/topics/pr/202006/30\\_5265.html](https://corporate.navitime.co.jp/topics/pr/202006/30_5265.html))

図 6.31 首都圏流入交通量の変化

■ 貨物自動車交通量

- トラック貨物輸送量について、積合せトラック及び一般トラックについては前年同月を下回っているが、宅配貨物については前年同月を10%上回っている。

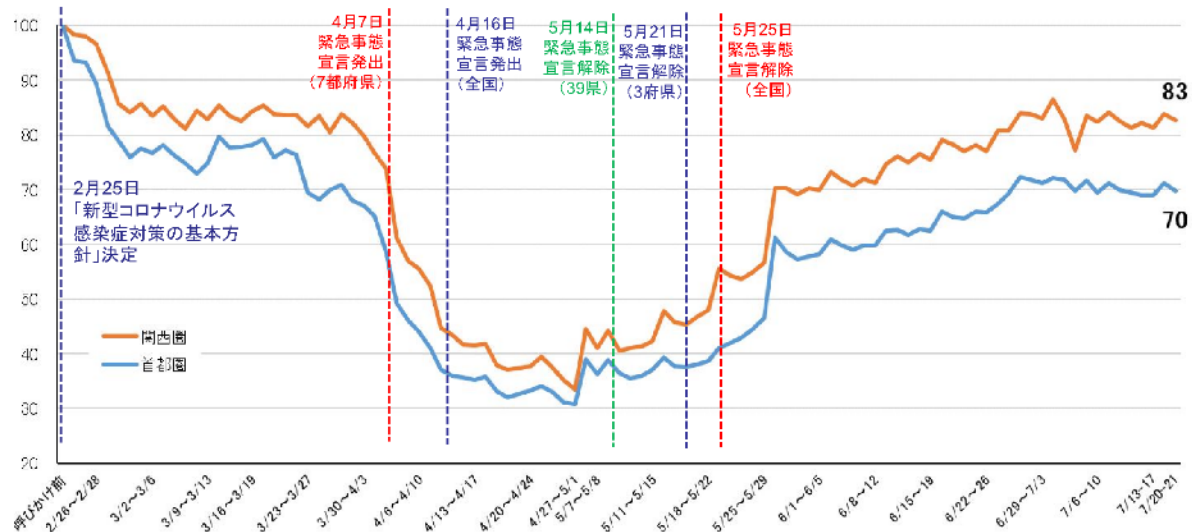
表 6.33 トラック貨物の輸送量推移

			特別積合せトラック		一般トラック	宅配貨物取扱個数	
			(トン)	前年同月比(%)	前年同月比(%)	(千個)	前年同月比(%)
月次	2019年	3月	5,622,842	△ 5.6	0.2	349,174	3.0
		4月	5,601,729	1.9	0.9	341,192	4.3
		5月	5,015,036	△ 3.9	△ 2.8	333,709	△ 1.7
		6月	5,120,320	△ 5.3	△ 3.5	339,789	△ 1.9
		7月	5,898,468	0.9	0.1	397,838	1.9
		8月	4,911,540	△ 5.8	△ 2.6	327,487	△ 1.8
		9月	5,403,846	4.9	3.6	347,269	8.8
		10月	5,491,067	△ 7.2	△ 4.6	343,816	△ 4.5
		11月	5,504,260	△ 6.6	△ 3.5	361,227	△ 2.4
		12月	6,074,691	△ 2.5	△ 4.3	458,841	△ 0.6
	2020年	1月	4,748,950	△ 2.2	△ 1.3	324,159	1.3
		2月	4,833,970	△ 2.8	△ 3.3	315,034	2.9
		3月	5,578,303	△ 0.8	△ 0.1	368,025	5.4
4月		5,348,972	△ 4.5	△ 3.6	377,206	10.6	

出典：国土交通省国土交通月例経済（令和2年6月号）[https://www.mlit.go.jp/statistics/details/R02\\_geturei.html](https://www.mlit.go.jp/statistics/details/R02_geturei.html)

(2) 公共交通機関

- 自動改札を経由した利用者数から鉄道利用の推移を示した資料を下記に示す。
- 緊急事態宣言発出中には約30%にまで減少した鉄道利用者は解除後には70%（首都圏）、83%（関西圏）へと回復している。



※JR(JR東日本、JR西日本)、大手民鉄(東武、西武、京成、京王、小田急、東急、京急、東京メトロ、相鉄、近鉄、南海、京阪、阪急、阪神)の主なターミナル駅における平日ピーク時間帯の自動改札出場者数の減少率の平均値  
 ※数値は、呼びかけ前を100とした場合の指数  
 ※「呼びかけ前」は、2月17日の週の特定日  
 ※ピーク時間帯は、各駅において7:30~9:30の間の1時間で最も利用者が多い時間帯  
 ※主なターミナル駅は、以下のとおり  
 首都圏: 東京、新宿、渋谷、品川、池袋、高田馬場、大手町、北千住、押上、日暮里、町田、横浜  
 関西圏: 大阪・梅田、京都、神戸三宮、難波、京橋

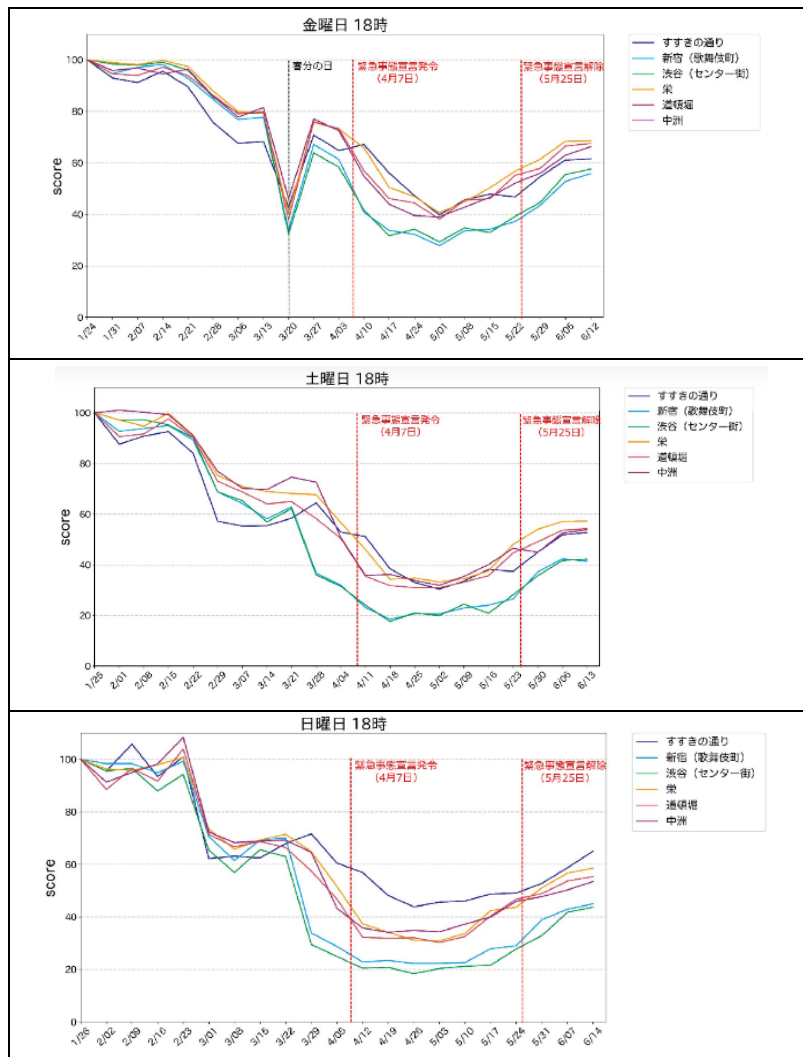
出典：国土交通省（[https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_fr1\\_000062.html](https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr1_000062.html)）

図 6.32 テレワーク・時差出勤呼びかけ後のピーク時間帯の駅利用状況推移

### (3) 歩行者・自転車

#### ■ 歩行者

- 歩行者数に関する資料ではないが、主な繁華街における推定人口の変化を下記に示す。
- 新宿、渋谷で見ると金、土、日とも緊急事態宣言発出中には20~30%程度に減少したが、解除後には40~50%へと回復している。



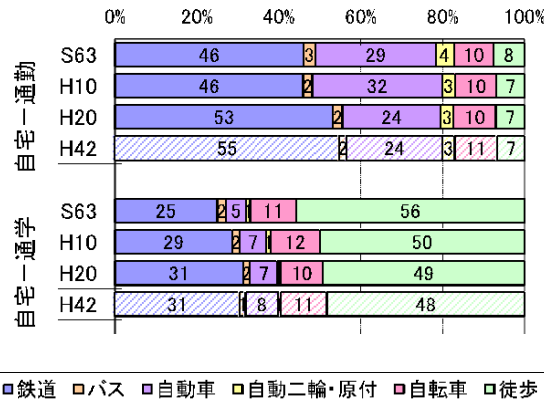
出典：「緊急事態宣言解除後の人々の動きはどう変わったのか？ ヤフービッグデータから見えた動態変化」

(<https://about.yahoo.co.jp/info/blog/20200617/bigdata.html>)

図 6.33 各繁華街における推定人口の推移

#### ■ 自転車

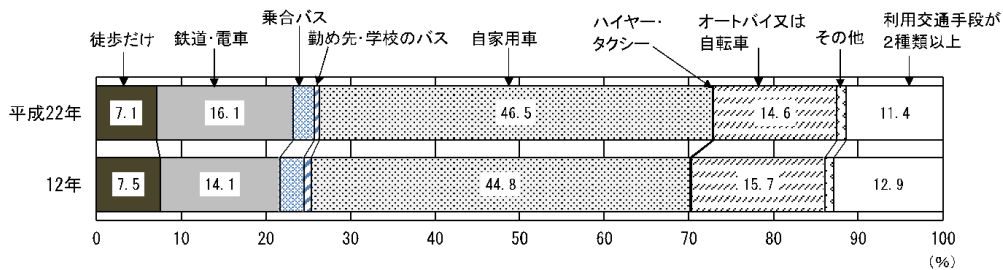
- アンケート調査に基づく通勤通学における利用個通手段の変化を下記に示す。
- 対象母集団、コロナ禍前・後の時期が不明であり、また東京都市圏PTにおける利用交通手段(図 6.34)や国勢調査による通勤通学利用交通手段(図 6.35)との違いが特に車・徒歩において大きい。自転車利用者を見ると利用者が20%から40%へと倍増している。
- 距離帯別で見ると10km以上での増加が著しい。



出典：パーソントリップ調査からみた東京都市圏の都市交通に関する課題と対応の方向性<sup>33)</sup>

([https://www.tokyo-pt.jp/static/hp/file/publicity/pt\\_120201.pdf](https://www.tokyo-pt.jp/static/hp/file/publicity/pt_120201.pdf))

図 6.34 東京都市圏における通勤・通学利用交通手段



出典：総務省統計局 ([https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/final/pdf/01-11\\_5.pdf](https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/final/pdf/01-11_5.pdf))

図 6.35 全国における通勤・通学交通手段

表 6.34 コロナ禍前後の交通手段構成の比較

コロナ禍前の交通手段									
職場、学校までの距離	自転車	電車	車	バス	徒歩	オートバイ	その他	総計	
15km以上	32	102	2				1	137	15km以上 +16.8%
	23.36%	74.45%	1.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.73%	100.00%	自転車: 23.4%⇒40.2%
10km以上15km未満	45	65	5	1				116	電車: 74.5%⇒54.7%
	38.79%	56.03%	4.31%	0.86%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	-19.8%
5km以上10km未満	37	38	3	3			1	82	10km以上15km +25.0%
	45.12%	46.34%	3.66%	3.66%	0.00%	0.00%	1.22%	100.00%	自転車: 38.8%⇒63.8%
5km未満	49	13	2	4	8		1	78	電車: 56.0%⇒32.8%
	62.82%	16.67%	2.56%	5.13%	10.26%		1.28%	100.00%	-23.2%
1km未満	12				6			18	5km以上10km未満 +22.0%
	66.67%	0.00%	0.00%	0.00%	33.33%	0.00%	0.00%	100.00%	自転車: 45.1%⇒67.1%
自宅勤務	3	4	1	1	1		6	15	電車: 46.3%⇒25.6%
	20.00%	26.67%	6.67%	0.00%	6.67%	0.00%	40.00%	100.00%	-20.7%
総計	178	222	13	8	15	1	9	446	5km未満 +6.4%
									自転車: 62.8%⇒69.2%
コロナ禍後の交通手段									電車: 16.7%⇒8.97%
15km以上	55	75	4			1	2	137	-7.73%
	40.15%	54.74%	2.92%	0.00%	0.00%	0.73%	1.46%	100.0%	
10km以上15km未満	74	38	3				1	116	
	63.79%	32.76%	2.59%	0.00%	0.00%	0.86%	0.00%	100.0%	
5km以上10km未満	55	21	3	1	1		1	82	
	67.07%	25.61%	3.66%	1.22%	1.22%	0.00%	1.22%	100.0%	
5km未満	54	7	1	3	9		2	78	
	69.23%	8.97%	1.28%	3.85%	11.54%		2.56%	100.0%	
1km未満	12				6			18	
	61.11%	0.00%	0.00%	0.00%	38.89%	0.00%	0.00%	100.0%	
自宅勤務	6	1	1	1	1		6	15	
	40.00%	6.67%	6.67%	0.00%	6.67%	0.00%	40.00%	100.0%	
総計	178	222	13	8	15	1	9	446	

出典：「緊急事態宣言解除後の自転車通行量を調査・分析。都市部で増加傾向にあるものの危険状態は回避」

(<https://news.yahoo.co.jp/articles/48a13ad8125cd56848ae2654999115be772d5d15>)

- この他に緊急事態宣言後シェアサイクルの利用が増大したことが伝えられているが、統計的数



値は得られていない。

#### (4) 交通量の動向のまとめ

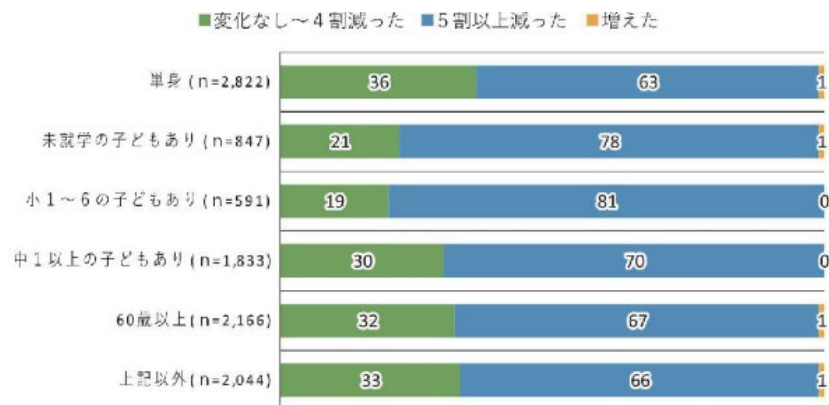
新型コロナ感染症のリスクが続いていることから、コロナ後(アフターコロナ<sup>2</sup>)を見通すことは難しいが下記の点は明らかとなっている。

- 自動車交通量全体について見ると、アフターコロナにおいて交通量が劇的に減少することは考えられない。
- 自動車交通の中でも貨物交通については経済活動や生活の基盤を支えるものとして維持されており、その機能の確保は今後とも重要である。
- 公共交通機関については緊急事態宣言発出中、解除後の減少傾向が把握されているが、時差出勤やテレワークがアフターコロナにおいてどの程度定着するかは今のところ明らかでない。
- コロナ禍において利用が拡大した自転車については今後とも利用されていくと考えられるが、季節や天候によりどの程度変動するかは明らかでない。

#### (5) 利用者の意識

##### ■ 自動車利用への意識

新型コロナ感染症により、外出が自粛されていることは明らかであり、いろいろな調査で報告されている。

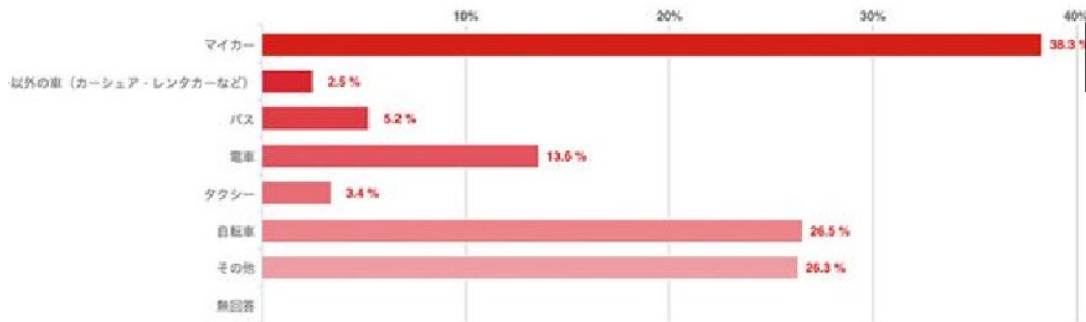


出典：日刊工業新聞 (<https://www.intage.co.jp/information/pdf/yjJBZWf.pdf>)

図 6.36 新型コロナウイルス感染拡大後の外出頻度 (%)

しかしこのような中でも、外出時の利用交通手段としては自動車が最も増えている。

<sup>2</sup> ここでは WikiDiff の下記記述を基に、コロナ禍にある期間をウィズコロナ、コロナ禍が始まった以降のすべての期間をポストコロナ、コロナ禍が収まった後をアフターコロナとして用いることとしている。Post is after; especially after a significant event that has long-term ramifications while after is subsequently to; following in time; later than.

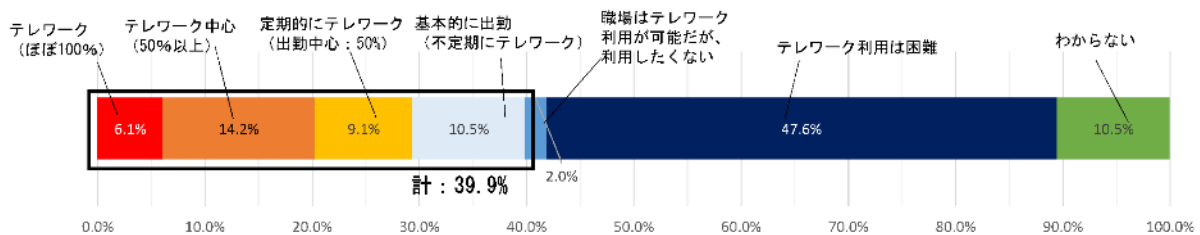


出典：MOTA (Move on Travel Around) (<https://autoc-one.jp/special/5007388/photo/0002.html>)

図 6.37 緊急事態宣言中に増えた移動手段

■ 勤務形態 (テレワーク) に対する意識

- 緊急事態宣言中に実施されたテレワークがどの程度恒久的に定着化するかについて見てみると、下図のようになっている。
- テレワークがどの程度行われるかという点から見ると、テレワーク、テレワーク中心、定期的にテレワークを合わせた比率が 29.4%であり、この内、テレワークをほぼ 100%実施しているのは 6.3%であった。
- 但し、この階層においてテレワークが継続されたとしても、どの交通手段の利用が減少するかは現在のデータでは不明である。



注：調査期間は5月25日～6月25日

出典：内閣府「新型コロナウイルス感染症の影響下における生活意識・行動の変化に関する調査」

(<https://www5.cao.go.jp/keizai2/manzoku/pdf/shiryo2.pdf>)

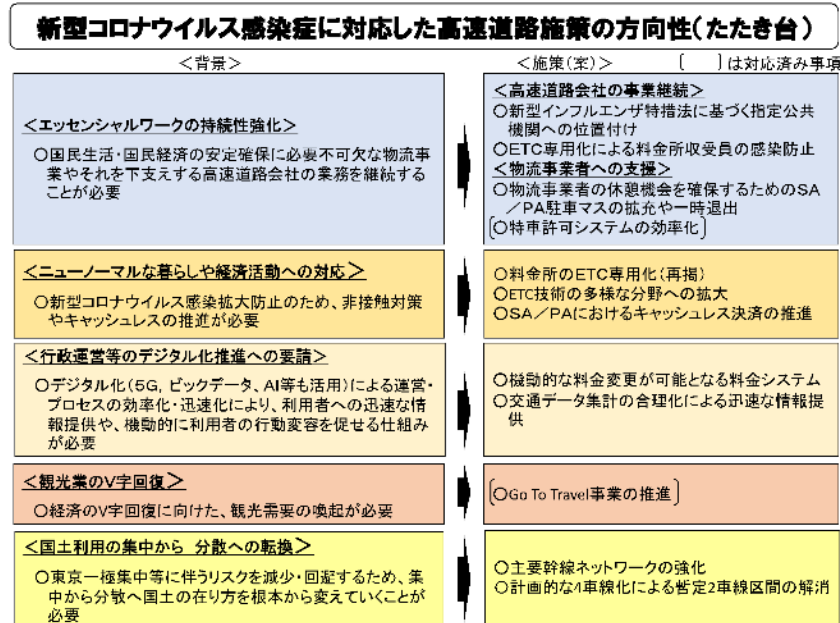
図 6.38 テレワークの利用希望 (就業者)

(6) ウィズコロナ (With Colona) 期の交通施策

国土交通省ではコロナ対策に対応したいいくつかの施策を提起している。それらを紹介する。(令和2年6月18日公表)

■ 高速道路施策

社会資本整備審議会 道路分科会では「新型コロナウイルス感染症対策に対応した高速道路施策の検討について」では秋頃までにウィズコロナにおける高速道路の取り組み(案)中間とりまとめを提言すべく検討を進めるとしている。施策の方向性として下記のチャートが示されている。



出典：国土交通省 (<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001351206.pdf>)

図 6.39 新型コロナウイルスに対応した高速道路施策の方向性

■ 自転車通勤・通学の促進

施策は次の三つのものから構成されている。

- 企業・団体等における自転車通勤制度の導入の促進
- 自転車通行空間の整備の推進
- シェアサイクルの拡大

なお、自転車利用促進は世界的に進められている。事例を下記に示す。

「中国でシェアサイクル利用者が急増、新型コロナウイルス感染防止で着目か」

(<https://cyclejapan.club/china-sharecycle-covid19/>)

「ポストコロナのまちづくりを小さく実験。バルセロナの「タクティカル・アーバニズム」

(<https://ideasforgood.jp/2020/05/21/tactical-urbanism/>)

「Italian cities announce plans to maintain reduced car use after lock-down」

(<https://www.eltis.org/in-brief/news/italian-cities-announce-plans-maintain-reduced-car-use-after-lock-down>)

■ 物流事業者が利用する休憩施設的环境整備

高速道路交通量で見たように、コロナ禍においても機能を維持することが不可欠な物流事業者のために、高速道路の休憩施設における駐車マスの拡充およびダブル連結トラック用の駐車予約システムの導入。

■ 飲食店の営業再開時における3密対策として、臨時・暫定的な路上活用

新型コロナウイルス感染症の影響を受ける飲食店等を支援するための緊急措置として、テイクアウトやテラス営業などのための路上利用について、道路占用の許可基準を緩和。

(7) ポストコロナの道路施策

国土交通省では「新しい日常に対応するための当面の道路施策」として上記の取り組みを掲げるとともに、「ポストコロナの道路施策」として下記を示している。これらに基づき今後審議会等での検討が行われるものと考えられる。

ここで引用されている「2040年、道路の景色が変わる」は国土交通省社会資本整備審議会道路分科会、基本政策部会で審議が行われたものであり、2019年9月27日の第70回部会に審議が開始され、2020年2月21日の第73回部会で本文が取りまとめられたようである。このためコロナ後の交通変化に対する検討は十分ではないものの、6Gや自動運転の展開も念頭に入れた道路の将来の姿であり、今後の道路施策につながっていくものである。

なお、国土交通省HPでは同ビジョンは社会資本整備審議会道路分科会基本政策部会の提言としてとりまとめられたものあり、今後、国民の意見を踏まえ、より良いものへと進化させ、改善を重ねていくものとしている。したがってポストコロナの交通施策は同ビジョンを「問題提起」として今後検討を行うこととしている。

(1) 本日(注:公表は6月18日)大臣に手交された道路政策ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」を問題提起として、ポストコロナの新しい生活様式(ニューノーマル)や社会経済を支えるため、今後、ポストコロナの道路施策についても検討を行います。

(2) 検討にあたり、様々な方の意見等を参考にするため、企業や大学等を対象に、「ポストコロナの道路の取り組み」の提案を募集します。

◆募集期間:令和2年6月18日(木)～令和2年7月17日(金)

◆詳細は下記リンク先にてご確認ください。

<https://www.mlit.go.jp/road/vision/03-1.html>

【ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」の概要】

①ビジョンは、道路政策を通じて実現を目指す2040年の日本社会の姿と政策の方向性をまとめたもの。

②ビジョンの目標として、普遍的な価値観である「人々の幸せの実現」を設定しつつ、「進化と回帰」をテーマに提言をとりまとめた。

③今後、「移動」がどう変わり、「道路の景色」がどう変化するのか、5つの将来像を予測しつつ10の政策の方向性を分かりやすいイラストとともに提案した。

④提言をとりまとめるにあたり、有識者の意見だけでなく、道路局中堅職員の提言(注)等を反映した。

注) 第70回基本政策部会で道路局中堅職員提言を発表しています。

<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001310306.pdf>

ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」トップページ

<https://www.mlit.go.jp/road/vision/index.html>

ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」本文

<https://www.mlit.go.jp/road/vision/pdf/01.pdf>

出典：[https://www.mlit.go.jp/report/press/road01\\_hh\\_001332.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001332.html)

ポストコロナの交通施策にかかる問題提起は下記の序文に記されている。

#### はじめに

現代社会は、あらゆるものが変化し、不確実性、複雑性、曖昧さが増す「VUCA※」と言われる時代に置かれている。急速に進む技術革新や突如発生するパンデミック等、予見困難な事象が多数存在し、このような時代に明確な未来を見通すことは極めて難しい。しかしながら、未来は必然的にもたらされるものではなく、我々が積み重ねる意志決定によって創られるものである。

※ Volatility (変動性)、Uncertainty (不確実性)、Complexity (複雑性)、Ambiguity (曖昧性) という4つのワードの頭文字からなる造語

未曾有の危機である新型コロナウイルス感染症の拡大は、国民の生命・生活や経済に甚大な損失を生じさせている。一方、移動や交流が長期にわたり制限された環境の中で、多くの企業や政府・自治体がテレワークに取り組む機会となった。また、我々は人と人とのコミュニケーションの普遍的な価値や安定的な物流の重要性とともに、一極集中の国土構造による経済や医療体制の脆さも認識した。

新型コロナウイルス感染症への対応は長期に及ぶことが予想されるが、国民生活や経済の安定確保に不可欠な道路は、ライフラインとしての使命を持続的に果たす必要がある。感染症の拡大を抑制しつつ道路管理の業務をどう継続していくのか、都道府県を跨ぐ不要不急の人の移動を抑制しつつ全国各地への物流確保にどう貢献していくのか、今まさに道路行政が直面する課題である。新型コロナウイルスと共存していくために、まずはこれら課題への対応策を早急に確立する必要がある。

コロナ禍が収束しても、テレワークを始めとした仕事の仕方が元に戻るものではない。コロナ禍は、生活スタイルや社会経済構造の変革を加速し、新しい日常(New Normal)を生み出す原動力となるだろう。既に欧米各国においては、ポストコロナの社会を見据え、社会的距離を確保するために都市部における道路空間を再編成し、歩行者や自転車の通行空間を拡大するなど、道路インフラやその利用方法を変革する取り組みが公表されている。パンデミックは災害である。感染症の大流行が繰り返し発生している世界の歴史を踏まえると、来るパンデミックに備え、道路も新しい日常を支える基盤として従来にないスピードで変化していかなければならない。我が国でもこのための議論を早急に開始すべきである。

本ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」は、ポストコロナの新しい生活様式や社会経済の変革も見据えながら、概ね20年後の日本社会を念頭に、道路政策を通じて実現を目指す社会像、その実現に向けた中長期的な政策の方向性を提案するものである。本ビジョンが、ポストコロナの社会変革も含め、中長期的に我が国が目指す社会についての議論のベースとなり、その実現に向け、既成概念にとらわれない自由な発想で道路政策が検討・展開されることを期待する。

また、本ビジョンが道路利用者の手に届き、道路の役割や景色をどう変えていくべきかを考えるきっかけになることを期待するとともに、道路政策関係者のみならず、関係省庁、自治体、産業界、大学等研究機関、民間団体等に広く共有され、関係者間の議論や連携、具体的取り組みを喚起し、道路政策のさらなる深化につながることも期待したい。

なお、本ビジョンは社会資本整備審議会道路分科会基本政策部会の提言としてとりまとめたものであるが、今後の関係者間の議論等も踏まえ、改善を重ねていくものである。

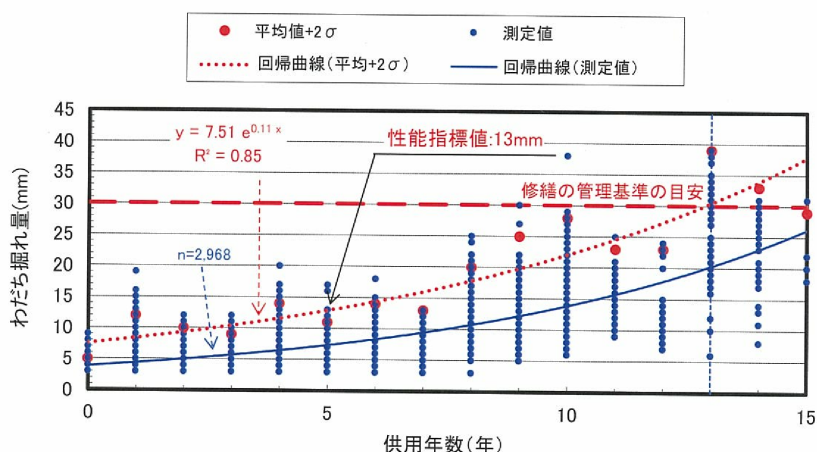
## 6.10. 道路舗装の長期保証に関する参考資料

### (1) 長期保証制度の目的

現在、国土交通省が実施するアスファルト舗装の新設工事では、長期保証制度の適用が原則となっている。ここでいう長期保証制度とは、構築した構造物について、一定期間使用した後の性能に関してこれまでの知見に基づいた閾値を定め、それを履行してもらおうとする契約行為である。長期保証制度は、発注者と受注者が共に目的物の長期的な品質確保を意識し、課題と解決策を探りながら、その実現を目指すことを基本理念としている。またその目的は、よりの確な施工によって初期変状を制御・管理することにより長期的な品質確保を図り、かつ性能規定発注を円滑に機能させ、より低コストで高品質な民間の技術開発・導入を図るものである。

### (2) 性能指標値

東北地方整備局の例では、各性能指標項目と供用年数の関連性を過去の実績データに基づいて近似曲線等を用いて検討した結果、「舗装の耐用年数の目標値13年」で「わだち掘れ量30mm」にほぼ合致する近似曲線は、図 6.38 に示すように「平均値+2σ」であったことから、性能指標値は「供用年数5年」のとき「わだち掘れ量13mm」としている。



出典：舗装の長期保証制度に関するガイドブック<sup>34)</sup>

図 6.40 路面性状測定の実態からのわだち掘れの性能指標の検討(密粒度アスファルト舗装)

### (3) 保証金・回復措置の規定

性能指標値を満足しなかった場合には、契約条項に則った保証金の支払いや回復措置を実施することで契約不履行とはならない。受注者は予めその内容を十分理解しておく必要がある。

#### ● 保証金

保証金は、長期保証制度の適用に際して発注機関の判断により設定される。例えば、国土交通省の地方整備局等において、保証金を実施する値をわだち掘れ量が設定した性能指標を超え30mm未満の場合、またひび割れ率が設定した性能指標を超え30%未満の場合として運用している事例がある。

● 回復措置

回復措置は、長期保証制度の適用に際して、発注者の判断により設定される。例えば、国土交通省の地方整備局等において、回復措置の実施をわだち掘れ量が 30mm 以上の場合、または、ひび割れ率が 30%以上の場合として運用している事例がある。また、回復措置は前述保証金同様のブロック単位で実施され、その方法は受注者の提案を参考に発注者あるいは道路管理者が決定するのが一般的である。

(4) 瑕疵との違いと保証金等

一般に公共工事の場合には、契約不適合に係る責任期間 2 年間（故意または重過失があった場合には 10 年）が定められている。この期間に通常の供用に耐えられないような事象が発生し、受注者に過失が確認されれば、「契約不適合」として損害賠償、指名停止、工事成績の減点等のペナルティが適用される。

これに対して、長期保証制度においては性能指標値を満足しない場合であっても、通常の供用には支障がなく、契約不適合までには至らないと想定しており、その場合に受注者へ課せられる保証金の支払いや回復措置の実施は、契約条項を満足しなかったことによる契約不適合を回避するものであってペナルティといった意味合いのものではない。

表 6.35 契約不適合との違い

	期 間	通常使用の可否	過失の有無	措 置
性能指標を満足しない	5 年	通常の使用は可能	材料・施工に過失が無い	保証金または回復措置
契約不適合	一般的な請求期間：2 年 故意または重大な過失による場合：10 年	通常の使用に耐えられない	材料・施工に過失が有る	損害賠償 指名停止 工事成績の減点

出典：舗装の長期保証制度に関するガイドブック<sup>34)</sup>

(5) 摘要の拡大

長期保証制度は、その後、他の構造物への適用拡大を試みられた。中部地方整備局管内では PC（プレレストレストコンクリート：Prestressed Concrete）橋工事で、中国地方整備局管内ではトンネル工事で試行された。性能保証を課したのはいずれもコンクリートのひび割れについてであり、PC 橋については桁端部のコンクリートについて、トンネルについては覆工コンクリートについて、それぞれ一定期間経過後の性能保証値を定め実施された。ただ、その後、アスファルト舗装のように幅広く行われるまでには至っていない。

出典：アスファルト舗装の長期保証<sup>34)</sup>、長期保証制度と技術力評価<sup>35)</sup> を参考に JICA 調査団作成

(6) 無償資金協力事業への摘要

現在、無償資金協力事業での採用が検討されている性能規定型契約などの様々な契約方式と同様に、上記の舗装長期保証制度を採用するには、多くの課題があるとともに制度の変更等が必要である。無償資金による道路工事を受注する施工会社の一般的な考え方は、受注したプロジェクトを完成させるのに必要な中古の施工機械を持ち込んで、素早く完工して素早く退去する（hit and away 方式）というものであり、何年間も当該国において事業を継続することを考慮していない。一方、日本国内ではアスファル



トプラントや舗装施工機械を現地に長期に保有するので、長期の品質保証が可能である。また、海外土木工事の瑕疵責任の定義は、正当な摩耗・損耗を除く（fair wear and tear excepted）であるのに対して、長期保証制度は正当な摩耗損耗を含めて長期の品質保証を求めているため、契約条件の大幅な見直しをする必要がある。例えば、道路工事では、路床、路盤および舗装工事は長期保証制度に対応可能な現地企業をサブコンとして、元請ではなく同サブコンに長期品質保証を要求するなどである。また、仕様書に規定されている発注者側の要求する最低水準を満足する工事を行うことが施工会社の義務であり、その要求水準で道路の耐用年数が何年になるかは設計コンサルタントが保証しなければならない。さらに、長期保証制度で施工会社の免責となっている項目の責任を発注者責任としても、発注者の対応能力が低いという問題もある。過積載の取締が不十分であり過積載車両が多く走行する事態などが当てはまる。このような場合には、長期保証制度が成り立たなくなってしまう。

## 参考文献

- [1] 公益社団法人日本道路協会：道路構造令の運用と解説 丸善出版 平成27年6月
- [2] SATCC：Draft Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads, 1998
- [3] 公益社団法人日本道路協会：道路土工—軟弱地盤対策工指針 丸善出版 2012年8月
- [4] 公益社団法人日本道路協会：道路土工—擁壁工指針 丸善出版 2012年9月
- [5] 公益社団法人日本道路協会：道路土工—カルバート工指針 丸善出版 2010年9月
- [6] 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書 丸善出版 2017年11月
- [7] SATTC：Draft Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts, 1998
- [8] 古木守靖：自然河川を渡る道路 JICA 発表会資料 2020年11月27日
- [9] 道路調査設計研究会：道路調査設計ノウハウ集 (一社)建設コンサルタント協会 東北支部 平成11年10月
- [10] 国土開発技術研究センター：河川管理施設等構造令 技報堂出版 平成25年7月
- [11] 東北地方整備局：設計施工マニュアル(案) [道路橋編] 平成28年3月
- [12] TRL：Overseas Road Note 31 A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries, 1993
- [13] 菊川滋 他：最新・アスファルト舗装技術 山海堂 1995年9月
- [14] 公益社団法人日本道路協会：舗装設計便覧 平成18年度版
- [15] AASHTO：Guide for Design of Pavement Structures, 1993
- [16] South African National Roads Agency：South African Pavement Engineering Manual (SAPEM), 2014
- [17] 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー7「舗装工学の基礎」2012年
- [18] TRL：Overseas Road Note 19 A guide to the design of hot mix asphalt in tropical and sub-tropical countries, 2002
- [19] Ethiopian Roads Authority：Pavement design Manual Volume 1 Flexible Pavements, 2011
- [20] Ministry of Roads and Transport, Ghana Highway Authority：Pavement design Manual, 1998
- [21] Ministry of Works, Tanzania：Pavement and Materials Design Manual, 1999
- [22] TRL：Overseas Road Note 3 A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries, 2000
- [23] Botswana. Ministry of Works and Communications: Botswana：Road Design Manual, 1994
- [24] Ministry of Works, Tanzania：Interim Design Guidelines for HMA-Final, 2018
- [25] 公益社団法人日本道路協会：コンクリート舗装ガイドブック 2016 舗装委員会舗装設計施工小委員会 丸善出版 2016年3月
- [26] 公益社団法人日本道路協会：道路土工—排水工指針 昭和62年6月
- [27] Ethiopian Roads Authority：Drainage Design Manual 2012
- [28] Ministry of Roads and Transport, Ghana Highway Authority：Highway Drainage Manual (Second Edition), 2012
- [29] 財団法人道路経済研究所：ワトキンス調査団 名古屋・神戸高速道路調査報告書(復刻版) 勁草書房 2011年11月
- [30] 太田和博：「日本の道路政策—経済学と政治学からの分析」、東京大学出版会、2020年6月
- [31] 一般社団法人交通工学研究会：交通工学ハンドブック 2013年12月
- [32] 国土交通省：道路統計年報2019 <https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2019/nenpo02.html>
- [33] 東京都圏交通計画協議会：東京としげん交通だより Vol.25 2012年7月
- [34] 公益社団法人日本道路協会：舗装の長期保証制度に関するガイドブック、舗装委員会 舗装マネジメント小委員会・舗装性能評価小委員会 丸善出版 2021年3月
- [35] 公益社団法人土木学会：長期保証制度と技術力評価 土木学会論説・オピニオン第138回 2018年11月版②