

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
(基礎研究)
報告書

平成 28 年 12 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

一般社団法人国際建設技術協会
株式会社エイト日本技術開発

資金
JR
16-033

序 文

独立行政法人国際協力機構は、開発途上国における道路プロジェクトの効果的な実施及び品質の向上を念頭に置いて、道路舗装施工に関する事例を整理し、その課題及び留意事項を施工計画、施工監理計画作成、配合設計／試験舗装、施工の各段階について検討し、JICA及び事業関係者向けのハンドブックとして取りまとめることを目的とした基礎研究を実施しました。

当機構は、調査期間中、一般社団法人 国際建設技術協会及び株式会社エイト日本技術開発の団員から構成される調査団を南アフリカ、ザンビア、オーストラリア及びカンボジアへ派遣しました。

調査対象国の政府関係者と協議を行うとともに、対象地域における現地調査ならびに帰国後の国内作業を経て、ここに本成果完成の運びとなりました。

この基礎研究の結果が、今後の開発途上国における道路舗装工事の品質向上に寄与することを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 28 年 12 月

独立行政法人 国際協力機構
資金協力業務部長 佐々木 隆宏

目 次

頁

第1章 施工監理／管理のあり方と留意点

1.1 JICA 無償案件の実施体制	1-1
1.1.1 施工監理/管理の実施体制	1-1
1.1.2 施工監理コンサルタントへのヒアリング結果	1-4
1.2 舗装工事における品質管理基準等の比較	1-11
1.2.1 日本	1-11
1.2.2 オーストラリア	1-15
1.2.3 南アフリカ	1-19
1.2.4 粒度調整砕石路盤の締固め度規定	1-25
1.3 施工不良主原因とする舗装損傷の事例	1-29
1.3.1 温暖・熱帯地方のアスファルト舗装の早期損傷	1-29
1.3.2 アスファルト舗装の損傷と主要原因	1-29
1.3.3 不適切なプラント管理	1-34
1.3.4 各国の流動わだち掘れ対策	1-35
1.4 アスファルト舗装工事の留意点	1-45
1.4.1 材料選定・試験における留意点	1-45
1.4.2 配合設計・試験における留意点	1-50
1.4.3 アスファルトプラント管理の留意点	1-58
1.4.4 施工及び施工機械に関する留意点	1-61
1.5 施工監理のあり方と留意点	1-63
1.5.1 施工監理の体制と役割	1-63
1.5.2 施工監理計画書作成要領	1-66
1.6 施工管理のあり方と留意点	1-68
1.6.1 施工管理の体制と役割	1-68
1.6.2 施工管理計画書作成要領	1-69
1.7 特に考慮が必要な条件	1-71
1.7.1 問題土	1-71
1.7.2 セメント安定処理路盤	1-79
1.8 流動わだち掘れ対策の基本（案）	1-85
1.8.1 配合設計	1-85
1.8.2 マニュアルへの反映方法（案）	1-85

第2章 現地調査の報告（アジア地域）

2.1 調査目的	2-1
-----------------------	------------

2.1.1 調査目的	2-1
2.1.2 調査メンバー	2-1
2.1.3 調査行程	2-1
2.2 調査結果	2-2
2.2.1 面会者とヒアリング内容	2-2
2.2.2 ヒアリング結果（概要）	2-3
2.2.3 収集資料	2-8
2.2.4 調査写真	2-10
2.3 調査で得られた知見	2-12
2.3.1 配合設計（オーストラリアの知見）	2-12
2.3.2 プラント管理	2-18
2.3.3 セメント安定処理	2-19
2.3.4 ラテライトの適用基準	2-20
2.3.5 路盤の締固め基準	2-21
2.3.6 施工監理	2-22
2.3.7 CBR 試験方法	2-23
2.3.8 問題土（膨張土）対策	2-25

第3章 現地調査の報告（アフリカ地域）

3.1 調査目的	3-1
3.1.1 調査目的	3-1
3.1.2 調査メンバー	3-1
3.1.3 調査行程	3-1
3.2 調査結果	3-2
3.2.1 面会者とヒアリング内容	3-2
3.2.2 ヒアリング結果（概要）	3-3
3.2.3 収集資料	3-10
3.2.4 調査写真	3-11
3.3 調査で得られた知見	3-13
3.3.1 舗装設計	3-13
3.3.2 配合設計と評価	3-13
3.3.3 わだち掘れ対策	3-18

第4章 国内再委託試験

4.1 試験の目的	4-1
4.2 試験計画	4-2
4.2.1 試験条件の設定	4-2
4.2.2 試験項目の設定	4-4

4.3 試験結果	4-5
4.3.1 使用材料	4-5
4.3.2 評価対象混合物	4-7
4.3.3 実施試験項目	4-7
4.3.4 試験結果	4-9
4.4 考察	4-16
4.5 まとめ	4-17

第5章 コンサルタントの瑕疵

5.1 コンサルタントの瑕疵	5-1
5.1.1 瑕疵責任の範囲	5-1
5.1.2 怠慢行為と賠償責任（事例）	5-2
5.2 コンサルタントの瑕疵保険	5-5

第6章 第2回 IRF アジア地域会議

過積載及び道路管理に関する Japan Session の概要

6.1 質問事項への回答及び発表内容	6-1
6.1.1 基本データ	6-1
6.1.2 過積載の取締	6-1
6.2 パネリストのコメント	6-12
6.2.1 過積載の取締りへの WIM の活用について	6-12
6.2.2 わだち掘れ対策への改質アスファルトの採用について	6-13

〔添付資料〕

添付-1：国内ヒアリング回答

添付-2：ヒアリングメモ（アジア地域）

添付-3：ヒアリングメモ（アフリカ地域）

添付-4：【文献】骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案

添付-5：【文献】骨材粒度に基づく加熱アスファルト混合物の骨材間隙率推定法に関する研究

添付-6：【文献】SMA混合物のVMAと力学特性に関する一考察

添付-7：【文献】高速道路における密粒度アスファルト舗装のわだち掘れ量の実態調査と耐流動性の評価

添付-8：国内再委託試験結果

第1章 施工監理／管理のあり方と留意点

1.1 JICA 無償案件の実施体制

1.1.1 施工監理／管理の実施体制

(1) 施工監理／管理体制等の調査

今回の調査において、以下のプロジェクトの施工監理／管理計画書の収集、及び監理しているコンサルタントに対するヒアリングを行った。

表1.1.1 ヒアリング対象プロジェクト

プロジェクト名	対象国	コンサルタント*	施工業者
国道1号線改修計画	カンボジア国	KEI	安藤・間
ネアックルン橋（つばさ橋）建設計画	カンボジア国	(株)長大	三井住友建設
国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画	ラオス国	OCG	大林組 大林道路
東部外環状道路（国道九号線）改修計画	タイ国	CTII	安藤・間 東亜道路 ワールド開発工業
ドゥスティーニジノピャンジ間道路整備	タジキスタン国	KEI	NIPPO
第三・四次幹線道路改修計画	エチオピア国	OCG	鹿島建設
キルワ道路拡幅計画	タンザニア国	ISEC	鹿島建設
ニューバガモヨ道路拡幅計画	タンザニア国	ISEC	鴻池組
リビングストーン市道路整備計画	ザンビア国	ISEC	徳倉建設
ルサカ南部地域居住環境改善計画	ザンビア国	KEI	清水建設
国道8号線改修計画	ガーナ国	ISEC	徳倉建設
モンロビア首都圏ソマリアドライブ復旧計画	リベリア国	KEI	大日本土木

*コンサルタント

KEI:株式会社片平エンジニアリング・インターナショナル

OCG:株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

CTII:株式会社建設技研インターナショナル

ISEC:株式会社アンジェロセック

(2) 施工監理計画書に記載された施工監理体制

収集した施工監理計画書によれば、日本人及びローカルスタッフによる施工監理体制は以下のとおりであった。

表1.1.2 施工監理体制（施工監理計画書）

プロジェクト名	コンサルタント	施工監理体制（技術スタッフ）
国道1号線改修計画	KEI	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人）、短期1名（日本人） 現地スタッフ：記載なし
ネアックルン橋（つばさ橋）建設計画	長大	日本側：1名 現地：不明 日本人舗装技術者を派遣（短期） 現地スタッフ：不明 現地舗装技術者を雇用
国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画	OCG	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人）、短期1名（日本人：舗装） 現地スタッフ：10名
東部外環状道路（国道九号線）改修計画	CTI	日本側：3名 現地：常駐3名（日本人） 現地スタッフ：7名
ドゥスティーニジノピヤンジ間道路整備	KEI	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人）、短期2名（日本人） 現地スタッフ：記載なし
第四次幹線道路改修計画(1/2)	OCG	日本側：3名 現地：常駐1名（日本人）、短期3名（日本人） 現地スタッフ：2名
第四次幹線道路改修計画(2/2)	OCG	日本側：3名 現地：常駐1名（日本人）、短期3名（日本人） 現地スタッフ：3名
キルワ道路拡幅計画(2/2)	ISEC	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人） 現地スタッフ：2名
ニューバガモヨ道路拡幅計画	ISEC	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人）、短期4名（日本人） 現地スタッフ：1名（常駐）、2名（短期）
リビングストーン市道路整備計画	ISEC	日本側：記載なし 現地：常駐1名（日本人）、短期（人数記載なし：日本人） 現地スタッフ：1名（常駐／非常駐不明）
ルサカ南部地域居住環境改善計画	KEI	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人） 現地スタッフ：記載なし
国道8号線改修計画	ISEC	日本側：2名

		現地：常駐2名（日本人）、短期2名（日本人） 現地スタッフ：3名
モンロビア首都圏ソマリアドライブ 復旧計画	KEI	日本側：1名 現地：常駐1名（日本人） 現地スタッフ：記載なし

今回のコンサルタントへの調査結果と「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）」（2010年：JICA）の調査結果の比較を示す。ただし、関係者の総数が不明である「ネアックルン橋（つばさ橋）建設計画」は除く。

表1.1.3 常駐技術者（日本人）数

日本人常駐監理者	0名	1名	2名	3名	4名	備考
本調査	0	10	1	1	0	計12件
2010年調査	0	8	2	0	2	計12件

表1.1.4 短期派遣技術者（日本人）数

日本人短期派遣者	0名	1名	2名	3名	4名	備考
本調査	4	2	2	2	1	不明1件
2010年調査	-	-	-	-	-	調査なし

表1.1.5 常駐技術者（ローカル）数

日本人常駐監理者	0名	1名	2名	3名	4名以上	備考
本調査	0	2	2	2	2	不明4件
2010年調査	0	1	4	3	2	12

今回の調査結果と2010年の結果を比較してみると、日本人の常駐監理者の数はいずれも1～2名が最も多く変化は見られない。ローカル技術者の数は、2010年調査時の平均人数が3.3人であったのに対し、今回の調査では2.3名と約1名少なくなっている。

（3）施工管理計画書に記載された施工管理体制

収集した施工管理計画書によれば、日本人及びローカルスタッフによる施工管理体制は以下のとおりであった。

表1.1.6 施工管理体制（施工管理計画書）

プロジェクト名	施工業者	施工管理体制（技術スタッフ）
国道1号線改修計画	安藤・間	PM：1名（日本人） 現地スタッフ：16名
ネアックルン橋（つばさ橋）建設計画	三井住友建設	提出なし

国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画	大林組 大林道路	提出なし
東部外環状道路（国道九号線）改修計画	安藤・間 東亜道路 ワールド開発工業	PM：1名（日本人） その他：6名（日本人） 現地スタッフ：10名
ドゥスティーニジノピヤンジ間道路整備	NIPPO	PM：1名（日本人） その他：6名（日本人） 現地スタッフ：14名
第四次幹線道路改修計画(1/2)	鹿島建設	提出なし
第四次幹線道路改修計画(2/2)		記載なし
キルワ道路拡幅計画(2/2)	鹿島建設	PM：1名（日本人） その他：5名（日本人） 現地スタッフ：43名
ニューバガモヨ道路拡幅計画	鴻池組	PM：1名（日本人） その他：8名（日本人） 現地スタッフ：17名
リビングストーン市道路整備計画	徳倉建設	PM：2名（日本人） その他：5（日本人） 現地スタッフ：9名
ルサカ南部地域居住環境改善計画	清水建設	PM：1名（日本人） その他：6（日本人） 現地スタッフ：2名+α（記載なし）
国道8号線改修計画	徳倉建設	PM：1名（日本人） その他：6（日本人） 現地スタッフ：記載なし
モンロビア首都圏ソマリアドライブ復旧計画	大日本土木	提出なし

表1.1.7 常駐技術者（日本人）数

日本人常駐監理者	0～4名	5～9名	10～14名	15名以上	備考
本調査	1	7	0	0	不明4件
2010年調査	8	2	0	2	計12件

今回の調査結果と2010年の結果を比較してみると、施工管理の主要な分野を日本人が担当するケースが多くなってきており、それに併せ常駐する日本人技術者も増えている。なお、ローカル技術者の数は、施工計画書への記載形式が定まっていない（主要な技術者のみ、全スタッフを記載等、各社独自様式を使用）ため比較しない。

1.1.2 施工監理コンサルタントへのヒアリング結果

本調査のヒアリング調査票に回答のあったプロジェクトは、以下の計8プロジェクトであった

プロジェクト名	コンサルタント名
ネアックルン橋（つばさ橋）建設計画	長大
エチオピア 第四次幹線道路改修計画(1/2)	OCG
エチオピア 第四次幹線道路改修計画(1/2)	OCG
タイ 東部外環状道路（国道九号線）改修計画	CTI
ラオス 国道9号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画	OCG
タンザニア キルワ道路拡幅計画(2/2)	ISEC
タンザニア ニューバガモヨ道路拡幅計画	ISEC
ザンビア リビングストン市道路整備計画	ISEC
ガーナ 国道8号線改修計画	ISEC

ヒアリングの結果は、以下のように取りまとめられる。

1. 材料調達及び材料承認について

アスファルト骨材の調達方法について。

サプライヤーからの購入	現場プラントの設置	その他
5	5	-

アスファルト合材の調達方法について。

サプライヤーからの購入	現場プラントの設置	その他
1	8	-

各材料の材料試験と材料承認について。

	材料試験	材料試験・コンサル立会い	製造者試験成績表
アスファルト製品（バインダー）	1	1	8
アスファルト製品（タックコート）	2	1	6
アスファルト製品（プライムコート）	2	1	6
骨材	1	8	-
上層路盤材料	1	7	-
下層路盤材料	1	7	-

材料の調達先の変更

あり	なし	理由
1	-	コスト/ルート
-	4	

材料の採取地の変更

あり	なし	理由
2	-	骨材の品質、運搬距離
		ボロ-ピット (B/P) 量
-	3	

2. アスファルト合材の配合試験について

アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

実施者	監理者
日本人舗装技術者、現地人技術者	コンサルタント（日本人舗装技術者）
日本人プラント技術者	コンサルタント及び現地人技術者
元請け業者	元請け業者
舗装専門業者（JV）の専門技術者（日本人）	発注機関（道路局品質管理担当者）の立ち会い
施主試験室スタッフ	-

配合試験実施者及び管理者の選定方法

舗装工事経験者からの選定
契約書で指定（契約書、スペック）
コントラクター提案を実績・経験年数により承認した。
施主試験室スタッフ

アスファルト合材の耐流動性

考慮した	考慮していない	理由
4	-	前段プロジェクトで問題となっていたため。 4車線のうち、外側2車線は大型車が通行可能な車線であるため、耐流動性に鑑みて改質アスファルト（表層のみ）を適用した。
		耐流動性: 仕様書においてマーシャル安定度÷フロー値 (Ratio Marshall Stability (KN) / Marshall Flow (0.25mm)) が0.55以上必要としています。この値が高いと、ある程度流動わだち掘れに強いと考えられています。 耐剥離性: 残留安定度が、水の影響を受けやすいと思われる箇所に舗設される場合に要求される値である75%を超えていることを確認しています
-	5	既存舗装状態からマーシャル試験による最適アスファルト量の決定 当該国基準で対応（改質材使う事によるリスク考慮）

アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

立会い	書類審査
9	-

3. アスファルトプラント管理について

プラントの管理体制（人数、役割等）

12人：日本人責任者1人、プラント管理責任者1人、オペ2人、アスファルト供給2人、Cold Bin2人、Wheel Loader1人、ダンプ清掃3人
13人：日本人責任者1人、プラント管理責任者1人、オペ1人、セメント供給3人、Cold Bin2人、Wheel Loader1人、ダンプ清掃3人
業者施工計画
本質管理担当1名、合材製造担当1名
QCエンジニア x 1名、補助作業員 x 3名、プラントオペレータ x 1名

プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

前段プロジェクトの経験者
経験年数5年
業者施工計画
品質管理及びアスファルト経験年数、及び語学力
管理責任者は下請である舗装会社のスタッフであり、施工会社はその選定に関与していない。下請会社については施工実績等を考慮し選定している。

プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

メーカー	製造国	製造年	能力
	シンガポール	新品	100t/h
	中国	新品	100t/h
SPECO L. T. D.,	韓国	2012年	104t/h
	イタリア	新品	200t/h
	日本	新品	90t/h
	日本	中古	100t/h
	日本	中古	100t/h
Amman	ドイツ	-	90t/h
PT RUTRAINDO PERKASA Batch Type 800kg Model	インドネシア	-	48～60ton/hr、Batch type、 800kg/batch、semi automatic / full automatic

プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合どの設備ですか。

設備名	回答数	設備名	回答数
骨材供給設備	5	石粉貯蔵供給設備	-
骨材乾燥加熱設備	1	計量設備	2
ふるい分け設備とホットビン	4	混合設備	2
集塵設備と回収設備	3	混合物貯蔵設備	-
アスファルト貯蔵供給設備	-		

コンサルタントによるプラントの検査への立会い

	書類検査	現場検査
プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等	9	-
各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査	-	9

4. 舗設工事の監理／管理について

工事開始前の路床強度の確認について

質問事項	はい	いいえ
仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか	6	2
規定は無いが施工業者が独自に実施したか。	-	2
確認にコンサルタントは立ち会ったか。	5	2

ブルーフローリング試験の実施について

質問事項	はい	いいえ
路床／路盤に対するブルーフローリングは実施したか。	7	1
ブルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。	6	1
ブルーフローリング試験結果報告書は作成したか。	6	1
ブルーフローリング試験へのコンサルタントの立会いはあったか。	6	1

試験施工

質問事項	はい	いいえ
舗設等の試験施工は実施したか。	9	-
試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか	9	-

5. 舗装の不具合について

不具合	想定される原因
施工数日後の舗装表面のブリージング	タックコートを施工業者が現地で生成していたが、昼間施工・夜間仕込みという日が連続する中、温度管理、配合が適切になされない時があった。
縦方向クラック	路床置換が不十分(ブラックコットンソイル置換方法が複雑で、適切に施工・検査ができなかった)
施工数日後の部分的に舗装表面のブリージングが発生	プラントでの混合が原因と思われる。(アスファルトの過剰供給)
縦方向クラックが発生	既設道路幅から拡張された部分にクラックが入ったものと考えられる。(既設道路部の締固め度と新設道路の違いにより、生じたものと思われる)
横断構造物ぎわ(近く)の沈下	裏込め時の転圧不足および裏込め材の問題によるものと思われる。
表層にひび割れが発生	表層施工時に突然のスコールによる締固め前の合材に雨が入り不具合が生じた。 故障車による油漏れ
	知識不足、経験不足、丸投げ、工夫不足、自主検査不足
狭小部における舗装施工時および直後の亀甲状クラックおよびわだちの発生	施工中に使用した水が滞水し、繰り返す転圧により、舗装体内からクラック、わだちが発生したと考えられる。
過積載車両の故障による舗装損傷 状況： 積荷満載の、16輪トラックが故障し、停車するために、木材を車輪下に入れて停車。木材の角が重量と衝撃により、舗装に食い込んで舗装が損傷。 補修： トラックオーナーから、損傷箇所の補修費を負担するので、補修してほしい旨の連絡があったため、施工業者の舗装下請け業者が、補修を実施。 補修は、損傷箇所を、コンクリートカッターにて切断後に、損傷部分を撤去し、タックコートを塗り、アスファルトを舗設。	過積載による過大な車両重量重量 故障停車時の不適切な車止め設置 以上による衝撃と応力集中が原因と想定される。

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

余裕ある工期設定 舗装は1回で長い延長を施工した方が、品質が安定しやすいが、タイトな工期だと、「できることから舗装する」ため、日に日に飛び飛びの区間で施工することになり、その都度機械や設備の移動が生じることから、移動手間が加わることにより疲労がたまり、品質管理の目が行き届きにくくなるリスクが上がる⇒余裕ある工期設定が望ましい。
余裕ある工期設定 各層（路床、路盤、基層など）を施工後、一時的に一般交通へ解放が可能であれば、自然転圧により将来の不具合を防ぐことが可能である。そのためには工期が必要。
裏込め材のセメント改良 横断構造物脇の沈下防止の為、裏込め材の締固め度の管理は必要であるが、適切な材料が得られない地域では、セメント改良をスペックに入れるべきと思う。
アスファルト量を極力抑える。 Refusal test (extended time 500 blows and the resulting air voids in the mix shall not be less than 3.0% for Binder Course and 2.5% for Surface Course) をスペックに取込めば適切なアスファルト量が確認できると思う。
引渡し後の施主による舗装メンテナンス実施の責任化・義務化
施主による過積載車の厳重な取締り
施主による新設舗装への整備不良車や故障車からの油漏れの厳重な取締り及び回避
施主による側溝の清掃
日本業者の構造的（過度の分業化）、実施前研修が有効、日本業者に合ったマニュアル、トラブル事例集
地下水位変動の有無を確認。路床への影響の判断。
適切な排水処理の検討
アスファルトコンクリートの配合（特にアスファルト量）に留意
施工中、供用中に懸念される地下排水処理の検討
FWD 調査を実施し、既存舗装を的確に評価して活用する。（既設を残したオーバーレイ、再生安定処理等、既設舗装を活用する工法の検討）
路床に起因する破損 ネアックルン橋梁の場合、すべてが新設盛土と橋梁部分であるので路床土の支持力に問題はないが、既設舗装の改良工事の場合は部分的に路床が設計支持力を満たさない部分があり、置き換えを適切に行わなければ弱点となることが多い。 アスファルト配合設計に起因する破損 アスファルト配合におけるマーシャル規格値は、現地の気候、交通条件等を考慮した設定としなければならない。 単に日本の舗装要綱を適用した場合、早期の流動わだち掘れが発生したり、逆にクラックや剥離が生じたりするケースがある。

1.2 舗装工事における品質管理基準等の比較

1.2.1 日本

(1) 道路品質管理体系

日本では、国（国交省）、地方自治体、NEXCO等の土木工事発注者が個別に、土木構造物施工時に工事受注者が行うべき管理に関する基準書を作成している。これらの基準書には、土工、舗装工、その他様々な工種について細部に至るまで規格値が示されており、工事受注者は契約上これらの基準を順守しなければならない。なお、日本の土木業界では一般的に、規格を満足した上で品質のバラツキを小さくすることにより施工の信頼性を高めるために行う管理のことを「品質管理」という。土木工事にあつては、通常「工程管理」、「品質管理」、「原価管理」、「安全管理」の四つを施工管理と呼び、工業製品とは異なる体系を形づくっている。

舗装は一般の土木構造物に比べ、気象作用や外的荷重によって変化しやすいことから、品質管理を行いながら均一にしかも入念に施工しなければならない。品質管理とは仕様書に示された規格を満足する構造物を、最も経済的に構築できるように、工程の段階で管理していくことであり、受注者はその完成物が設計図書の基準を満たすように管理を行い、その成果の判定のために発注者が検査を行う。

なお、管理は受注者が実施するものであり、管理項目、管理頻度、管理の限界の設定は検査基準、工事規模、施工能力等に応じて受注者が合理的に定める必要があり、受注者は工事施工前に、これらを踏まえて「施工管理計画書」および「施工管理担当者」を定めなければならない。

(2) 舗装工事の管理基準

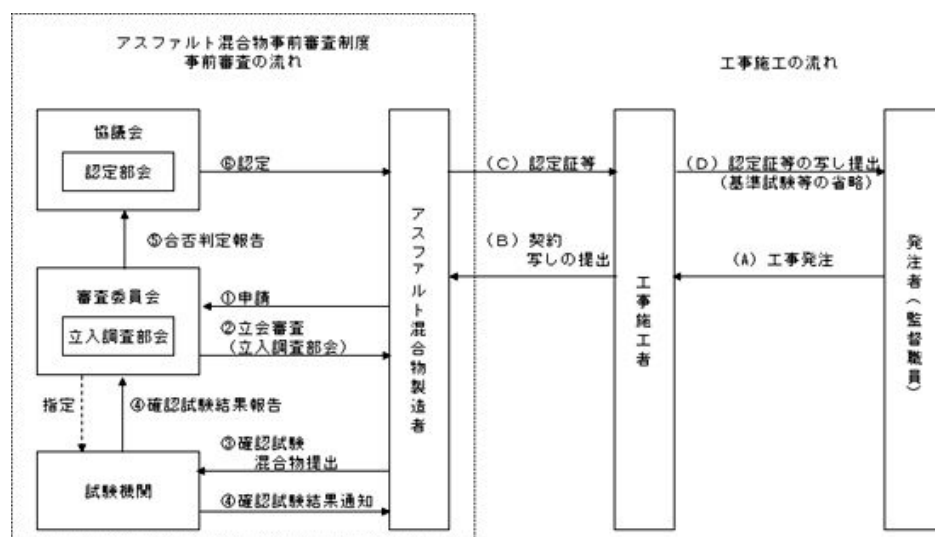
日本における舗装技術基準を統一して最初にまとめたものとして、日本道路協会が発行する「アスファルト舗装要綱」（初版1950年）、「セメントコンクリート舗装要綱」（初版1955年）がある。これら要綱は社会のニーズや技術の進歩に伴い順次改定され、2001年にはそれまでの要綱を引き継ぐ形で「舗装設計施工指針」「舗装施工便覧」（ともに日本道路協会）が発行されている。これらの舗装要綱類には舗装工事の管理に関する技術的な基準が示されており、近年の舗装要綱類の記述では、設計図書の基準を満たすことを目的として「受注者」が「管理」を行い、発注者が「検査」を行うものとされている。管理は基準試験、出来形管理、品質管理からなり、検査は出来形検査、品質検査からなる。

(3) 基準試験

基準試験は、使用する材料や施工の方法が適正なものかどうか確認するためのもので、通常、施工開始以前に行う。ただし、規模の大きい工事の場合は、施工中にも実施することがある。基準試験には、材料の品質を確認する試験、基準密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がある。原則として、基準試験は受注者が実施し、その結果について発注者が確認・承諾するものである。

なお、基準試験のうち、材料および配合設計については製造者（プラント）のアスファルト混合物事前審査制度による認定証を利用することができる。この事前審査制度は、公共工事におけるアスファルト混合所の品質管理に関する合理化と、品質の安定化を図ることを目的としており、アスファルト混合所から出荷するアスファルト混合物を、事前に第三者機関（官・学・民によるアスファルト混合物審査委員会）が認定することにより、従来の工事ごとに行っていた基準試験（配合設計等を含む）や試験練り等を省略できる制度である。本制度は、平成6年度に施行された関東地方整備局を皮切りに、現在では東北・関東・北陸・中部・近畿・中国・九州の7地方整備局と内閣府沖縄総合事務局が導入済みで、その他に多くの都府県およびその市町村が参画している。ただし、工事の舗設量が多いNEXCOでは、工事毎に独自のプラントを設置することが多いため、この制度を利用していない。



出典：中部地方整備局 中部技術事務所 HP

図1.2.1 アスファルト混合物事前審査制度の流れ

事前審査で要求される主な基準試験項目は、以下のとおりである。

比重及び吸水量試験／すりへり減量／単位容積重量の測定／骨材の粒度の測定／骨材中に含まれる粘土塊長／フィラーの品質舗装試験法便覧／骨材の安定性試験／骨材の軟石量試験／針入度試験／引火点試験／軟火点試験／伸度試験／蒸発質量変化率試験／トルエン可溶分試験／密度試験／乳剤の品質試験等

（4）品質管理基準

日本で用いられている国交省の品質管理基準の例を表1.2.1に示す（中規模工事の例）。

表1.2.1 品質管理基準の例（国交省）

工 種	種別	試験区分	試験項目		試験方法	規格値	試験基準	摘要
下 層 路 盤 工	施 工	必須	締固め度		舗装調査・ 試験法便覧 砂置換法 JIS A 1214	個々の値が最大乾燥密度の93%以上 平均値x10 95%以上 x6 96%以上 x3 97%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加	
		その他	ブルフローリング		舗装調査・ 試験法便覧	—	全幅全区間で実施する。	中規模以上の工事:異常が認め られたとき 中規模以上の工事とは、管理図を 描いた上での管理が可能な工事を いい、舗装工事面積が10,000㎡あ るいは使用する基層及び表層用混 合物の総使用量が3,000以上の場 合が該当する。
			ふるい分け試験		JIS A 1102	—		
		PI		JIS A 1205	塑性指数PI:6以下			
		含水比試験		JIS A 1203	設計図書による			
上 層 路 盤 工	施 工	必須	締固め度		舗装調査・ 試験法便覧 砂置換法 JIS A 1214	個々の値が最大乾燥密度の93%以上 平均値x10 95%以上 x6 95.5%以上 x3 96.5%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加	—
		粒度	2.36mm	JIS A 1102	±15%以内	中規模以上の工事:定期的また は随時(1～2回/日)		
			75 μ m		±6%以内			
	その他	ふるい分け試験		JIS A 1102	—	中規模以上の工事:異常が認め られたとき		
		PI		JIS A 1205	塑性指数PI:4以下			
		含水比試験		JIS A 1203	設計図書による			
セ メ ン ト 安 定 処 理 路 盤	施 工	必須	粒度	2.36mm	JIS A 1102	±15%以内	中規模以上の工事:定期的また は随時(1～2回/日)	
				75 μ m		±6%以内	中規模以上の工事:異常が見 られたとき	
			締固め度		舗装調査・ 試験法便覧 砂置換法 JIS A 1214	個々の値が最大乾燥密度の93%以上 平均値x10 95%以上 x6 95.5%以上 x3 96.5%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加	
		その他	含水比試験		JIS A 1203	設計図書による	観察により異常が認められた時	
			セメント量試験		舗装調査・ 試験法便覧	±1.2%以内	中規模以上の工事:定期的また は随時(1～2回/日)	
瀝 青 安 定 処 理 (ア ス フ ア ル ト 舗 装 に 準 じ る)	プ ラ ン ト	必須	粒度	2.36mm	舗装調査・ 試験法便覧	±12%以内	中規模以上の工事:定期的また は随時(1～2回/日)	
			粒度	75 μ m		±5%以内	印字記録の場合:全数または、 抽出・フルイ分け試験 1～2回/ 日	
			アスファルト量		舗装調査・ 試験法便覧	±0.9%以内		
			温度測定		温度計	配合設計で決定した混合温度	随時	
	舗 設 現 場	必須	締固め度		舗装調査・ 試験法便覧	個々の値が最大乾燥密度の94%以上 平均値x10 96%以上 x6 96%以上 x3 96.5%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加	測定値の記録は、1日4回(午前・午 後各2回)
	温度測定(初期転圧)		温度計	110℃以上	随時			
	外観検査(混合物)		目視	—	随時			
	ア ス フ ア ル ト 舗 装	プ ラ ン ト	必須	粒度	2.36mm	舗装調査・ 試験法便覧	±12%以内	中規模以上の工事:定期的また は随時(1～2回/日)
粒度				75 μ m	±5%以内		印字記録の場合:全数または、 抽出・フルイ分け試験 1～2回/ 日	
アスファルト量				舗装調査・ 試験法便覧	±0.9%以内			
温度測定				温度計	配合設計で決定した混合温度	随時		
舗 設 現 場			必須	締固め度		舗装調査・ 試験法便覧	個々の値が最大乾燥密度の94%以上 平均値x10 96%以上 x6 96%以上 x3 96.5%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加
		温度測定(初期転圧)		温度計	110℃以上	随時		
外観検査(混合物)		目視	—	随時				
プ ラ ン ト	必須	水浸ホイールトラッキング試験		舗装調査・ 試験法便覧	設計図書による	設計図書による	アスファルト混合物の耐はく離性の確認	
ホイールトラッキング試験		舗装調査・ 試験法便覧		アスファルト混合物の耐流動性の確認				
ラベリング試験		舗装調査・ 試験法便覧		アスファルト混合物の耐摩耗性の確認				
舗 設 現 場	必須	締固め度		舗装調査・ 試験法便覧	個々の値が最大乾燥密度の94%以上 平均値x10 96%以上 x6 96%以上 x3 96.5%以上	3,000㎡未満 3個(3孔) 3,001～10,000㎡:10個 10,001㎡以上10,000㎡毎に10 個追加	測定値の記録は、1日4回(午前・午 後各2回)	
	温度測定(初期転圧)		温度計	110℃以上	随時			
外観検査(混合物)		目視	—	随時				
プ ラ ン ト	必須	すべり抵抗試験		舗装調査・ 試験法便覧	設計図書による	舗設車線毎200m毎に1回		

なお、日本では一般的に、定められた品質管理基準とは別に、各アスファルトプラントにより厳しい独自基準によって品質を管理している。

表1.2.2 品質管理基準の例 (独自基準)

品質管理・管理限界一覧表											
管理項目			前年データ(23年)				24年管理目標値				
			Max	Min	χ	σ	設定値	範囲	上限値	下限値	国交省基準
新規骨材	5号砕石	19 mm通過	95.5	86.6	90.8	2.7	90.8	±5.4	96.2	85.4	
		13.2 mm通過	13.3	6.8	10.3	2.0	10.3	±4.0	14.3	6.3	
	6号砕石	13.2 mm通過	96.1	89.5	93.4	2.1	93.4	±4.2	97.6	89.2	
		4.75 mm通過	9.2	2.4	6.4	2.0	6.4	±4.0	10.4	2.4	
	7号砕石	4.75 mm通過	98.2	92.1	95.2	1.9	95.2	±3.8	99.0	91.4	
		2.36 mm通過	15.3	6.9	10.7	2.7	10.7	±5.4	16.1	5.3	
	スケーミングス	2.36 mm通過	97.3	89.4	93.1	2.3	93.1	±4.6	97.7	88.5	
		75 μ m通過	14.1	8.4	11.4	1.7	11.4	±3.4	14.8	8.0	
	細目砂	0.6 mm通過	81.1	73.8	77.9	2.0	77.9	±4.0	81.9	73.9	
		0.3 mm通過	49.1	40.9	45.1	2.6	45.1	±5.2	50.3	39.9	
		75 μ m通過	2.6	0.5	1.5	0.6	1.5	±1.2	2.7	0.3	
	石粉	75 μ m通過	88.4	84.4	86.5	1.2	86.5	±2.4	88.9	84.1	
		比重	2732	2732	2732	1	2732	±2.0	2734	2730	
		水分量	0.06	0.04	0.04	0.01	0.04	±0.02	0.06	0.02	
アスファルト	60/80	針入度	75	64	68	4	68	60～80	80	60	
		密度($\times 10^{-3}$)	1040	1032	1035	2	1035	±4.0	1039	1031	
	改質II型	針入度	53	50	51	1	51	40以上	—	40	
		密度($\times 10^{-3}$)	1030	1029	1030	1	1030	±2.0	1032	1028	
混合物抽出		2.36mm通過	3.9	-1.5	0.4	1.6		±3.2	3.2	-3.2	±12
(基準値との差)		75 μ m通過	1.2	-2.0	-0.3	0.8		±1.6	1.6	-1.6	±5
		アスファルト量	0.36	-0.23	-0.01	0.17		±0.34	0.34	-0.34	±0.9
ホットビン粒度		2.36mm通過	1.6	-1.3	0.1	0.8		±1.6	1.6	-1.6	±12
(基準値との差)		75 μ m通過	0.6	-1.0	0.0	0.5		±1.0	1.0	-1.0	±5
1ピン粒度		0.6 mm通過	3.3	-5.3	-0.4	2.5		±5.0	5.0	-5.0	
(基準値との差)		0.3 mm通過	2.4	-5.6	-0.8	2.4		±4.8	4.8	-4.8	
マーシャル密度		V-06	10	-8	0	5		±10	10	-10	
(基準値との差) $\times 10^{-3}$		R-06	12	-12	1	8		±16	16	-16	
印字管理		1Bin (2.36mm)						± 3% 以内			±12
		石粉(75 μ m)						± 0.35% 以内			±5
		アスファルト量						± 0.25% 以内			±0.9
		ミキサー・目標温度						± 5℃ 以内			

1.2.2 オーストラリア

(1) 道路品質管理体系

オーストラリアの舗装工事の品質管理については、Austroads の Guide to Pavement Technology の Part8 Pavement Construction の Quality Assurance に品質管理に概要が示されている、実際の管理基準については、

- ・ Part 4B Asphalt (材料、配合設計、As 製造等)
 - ・ Part 8 の Asphalt Pavements and Surfacing (As 施工)
 - ・ Austroads, Guide to Pavement 他 Part (セメント安定処理、特殊土, CBR など)
 - ・ 各州の技術基準 (品質管理、材料、配合設計、As 製造、As 施工)
- に示されている。

(2) 管理の概要

オーストラリアは、施工業者が品質計画、検査・試験計画を作成する。施工業者は各社の品質保証マニュアルに沿って、品質管理計画を作成する。契約により、多くの場合品質管理計画書の提出を義務つけられる。品質管理計画書は、下記の内容を含む。

- ・ 品質管理体制
- ・ 工程、作業方法
- ・ ホールドポイント (契約書により規定)
- ・ チェックリスト
- ・ 検査、試験計画
- ・ 立会い試験記録

施工業者 (Contractor) と発注者 (Principal) の責任分担は、図1.2.2に示すとおりである。

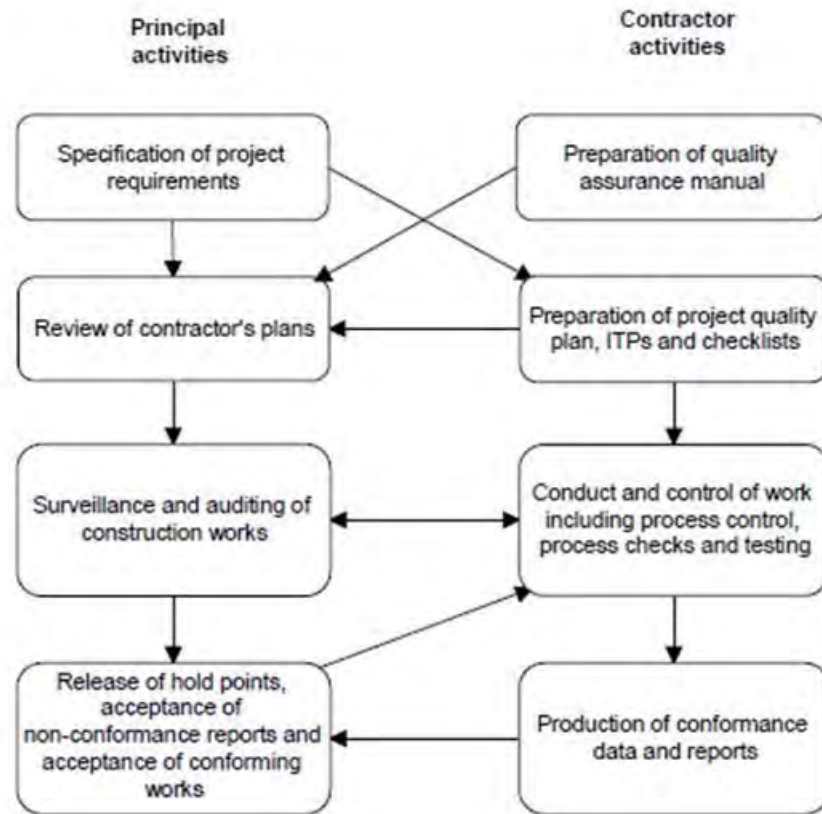


図1.2.2 発注者と施工業者の責任分担

発注者は、基準の設定、施工業者の計画のチェック、作業の監理と立会い、不具合処理要領の承認等を行う。コンサルタントは、発注者に代わって品質保証 (Verification) を行うことがある。

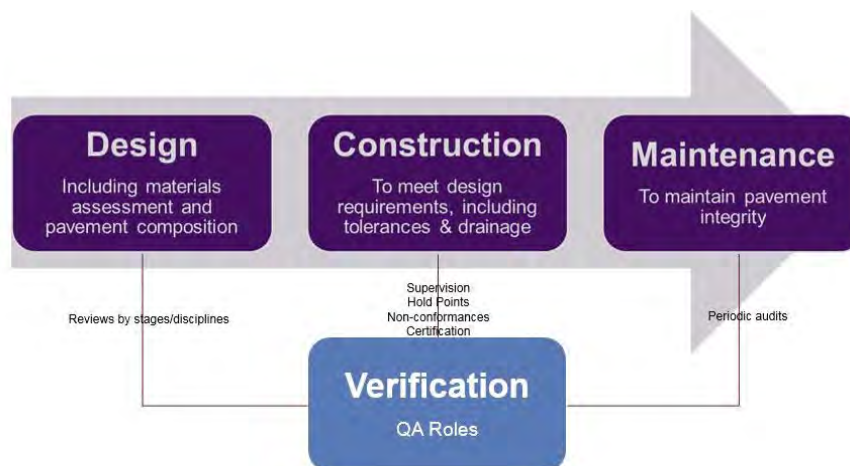


図1.2.3 コンサルタントの役割（品質保証）

Verification は、設計段階、施工段階、維持管理段階があり、施工監理段階では、設計の要件にあうように監理を行う。

- ・ 施工の監理、立会い
- ・ ホールドポイントの立会い、承認
- ・ 不具合処理（施工業者に起因、設計に起因）
- ・ 許可証明書の発行

(3) 舗装工事の管理基準

以下に、オーストラリアで用いられている配合設計の基準の例を示す。

- ・ ニューサウスウェールズ（NSW）州：ジャイレトリーコンパクタによる容積設計法
- ・ ビクトリア州：ジャイレトリーコンパクタによる容積設計法とマーシャル法の併用

表1.2.3 ジャイレトリーコンパクタの締固め基準（NSW 州）

交通レベル	設計時回転数	空隙率（設計時）	最終回転数	空隙率（最終時）
軽交通	50	3-6%	適用しない	適用しない
中交通	80	3-6%	250/350	2.0 %以上
重交通	120	3-6%	250/350	2.0 %以上

注：軽交通：軽交通対象、骨材最大粒径7~10mm で空隙率は小、アスファルト量が多い

中交通：中交通対象、骨材最大粒径7~14mm

重交通：重交通対象、最大粒径7~14mm

出典：NSW 州基準

表1.2.4 ジャイレトリーコンパクタの締固め基準（ビクトリア州）

交通レベル	設計時回転数	空隙率（設計時）	回転数10での空隙率	空隙率（最終時）
軽交通	50	4%	適用しない	適用しない
中交通	80	4%	9.0%	2.0 %以上
重交通	120	4%	9.0%	2.5 %以上

出典：Victoria 州基準

表1.2.5 マーシャル法の基準（ビクトリア州）

最大粒径 (mm)	安定度 (kN)	フロー値 (mm)	空隙率 (%)	骨材間隙率 (%)
14	6.5	1.5~3.5	4.9~5.3	16
20	6.5	1.5~3.5	4.9~5.3	15

出典：Victoria 州基準

表1.2.6 安定処理の基準

Category of stabilisation	Indicative laboratory strength after stabilisation	Common binders adopted	Anticipated performance attributes
Subgrade	CBR ¹ > 5% (subgrades and formations)	▪ Addition of lime ▪ Addition of chemical binder	▪ Improved subgrade stiffness ▪ Improved shear strength ▪ Reduced heave and shrinkage
Granular	40% < CBR ¹ < +100% (subbase and basecourse)	▪ Blending other granular materials which are classified as binders in the context of this Guide	▪ Improved pavement stiffness ▪ Improved shear strength ▪ Improved resistance to aggregate breakdown
Modified	0.7 MPa < UCS ² < 1.5 MPa (basecourse)	▪ Addition of small quantities of cementitious binder ▪ Addition of lime ▪ Addition of chemical binder	▪ Improved pavement stiffness ▪ Improved shear strength ▪ Reduced moisture sensitivity, i.e. loss of strength due to increasing moisture content ▪ At low binder contents can be subject to erosion where cracking is present
Bound	UCS ² > 1.5 MPa (basecourse)	▪ Addition of greater quantities of cementitious binder ▪ Addition of a combination of cementitious and bituminous binders	▪ Increased pavement stiffness to provide tensile resistance ▪ Some binders introduce transverse shrinkage cracking ▪ At low binder contents can be subject to erosion where cracking is present

Notes:

1. Four day soaked CBR.
2. Values determined from test specimens stabilised with GP cement and prepared using Standard compactive effort, normal curing for a minimum 28 days and 4 hour soak conditioning.

出典：Austroads, Guide to Pavement technology, 4D stabilized materials

表1.2.7 プラント管理のチェックリスト

Table 7.1: Routine inspections for batch mix plants

Process	Checklist
Cold feed	▪ Stockpile construction, separation, labelling and handling ▪ Source of aggregate ▪ Stockpile contamination ▪ Aggregate gradation and moisture content ▪ Aggregate levels in bins ▪ Calibration and setting of cold feeders ▪ Rate of feed in relation to the rest of the plant
Dryer and dust collector	▪ Accuracy of temperature measuring device ▪ Efficiency of the dust collection system and either the disposing of collected fines or feeding uniformly into the mix at the predetermined rate ▪ Temperature of aggregate
Screens and hot bins	▪ Screen capacities in relation to the rest of the plant ▪ Pegged or clogged screens ▪ Damage (including holes) and degree of wear of the screens ▪ Excessive or irregular carryover ▪ Operation of overflow vent ▪ Bin levels ▪ Sampling point ▪ Temperature of aggregate ▪ Moisture content of aggregate
Binder heating, circulation and storage	▪ Quality of binder ▪ Quantity of binder in storage ▪ Temperature of binder ▪ Sampling point ▪ Leakage in lines and at pump flanges ▪ Circulation system (including continuous stirring within the tank only for modified binder)
Proportioning and mixing	▪ Maintenance, calibration, accuracy and sensitivity of scales ▪ Tare mass of binder bucket ▪ Temperature of aggregates and binder ▪ Proportioning of materials ▪ Binder cut-off valve ▪ Leakage from binder bucket or aggregate weigh hopper ▪ Batching sequence and size ▪ Introduction of filler ▪ Aggregate distribution in the mixer ▪ Uniformity of distribution of binder into the mixer ▪ Dry mixing time ▪ Wet mixing time ▪ Pugmill condition and operation, including paddle tips and dead spots ▪ Appearance of the mix ▪ Confirmation of grading and other target properties of the asphalt

出典：Austroads, Guide to Pavement technology, 4B Asphalt)

1.2.3 南アフリカ

(1) 道路品質管理体系

南アフリカの舗装工事の品質管理については、South Africa Pavement Engineering Manual (SAPEM) の Chapter 13 Quality Management に概要が示されている。この Manual

は技術者が参考とする便覧の位置づけであり、実際の管理基準については COLTO (Committee of Land Transport Officials) Standard Specifications (1998) の8200番 (Quality control (Scheme I)) と8300番 (Quality control (Scheme 2)) に示されている。

(2) 管理の概要

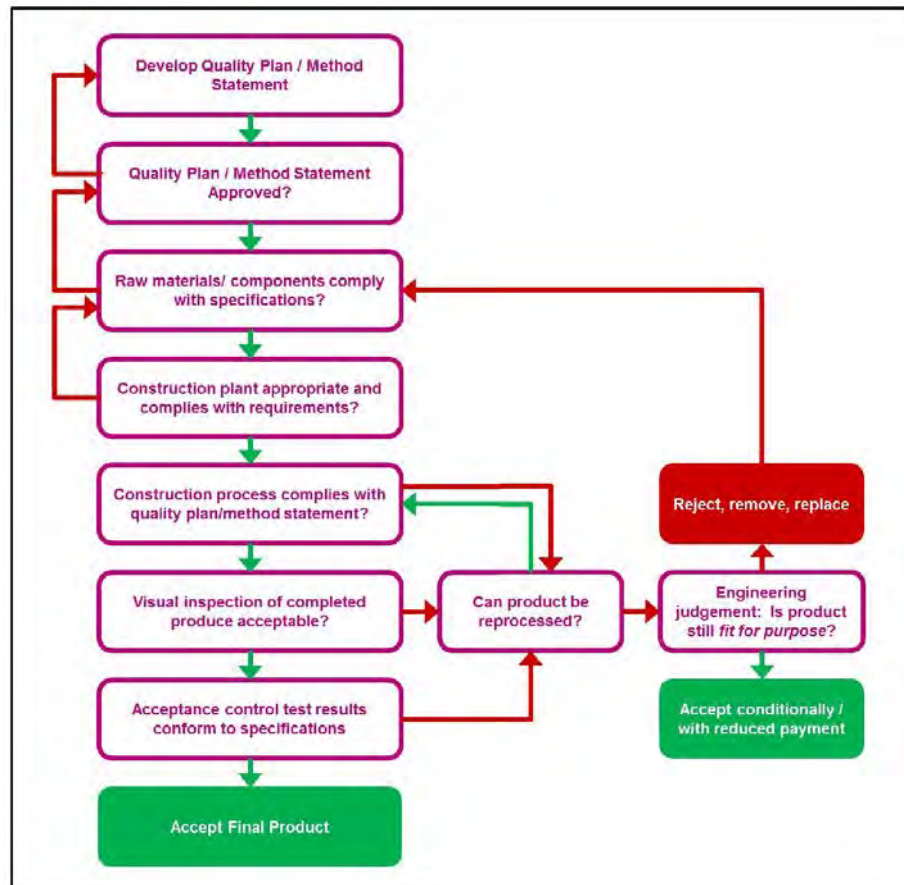
建設期間中の品質管理については、建設会社 (Contractor) と権限の与えられたコンサルタント (Engineer) の2者による管理システムが採用されている。南アフリカの SAPEM では、施工業者の役割を「Quality Management」、コンサルタントの役割を「Quality Control」と定義している。

表1.2.8 Quality Management versus Quality Control

Quality Management (Contractor)	Quality Control (Engineer)
Prevents problems (問題の防止)	Reacts to problems (問題への対応)
Does the right thing (正しい行動)	Does the right thing (正しい行動)
Controls activity (管理行為)	Provides end inspection (最終確認)
Involves all people in the organization (全ての関係者が含まれる)	Places reliance on quality control specialist (品質管理者に依存する)
Places responsibility for quality with the people who do the work (作業を行う者に品質に責任を持たせる)	Client supervision (クライアントの代理監理)

日本語訳が難しいため、原文 (英文) 併記とした。

出典: South Africa Pavement Engineering Manual



出典：South Africa Pavement Engineering Manual

図1.2.4 南アフリカにおける品質管理の原則的な流れ

(3) 舗装工事の管理基準

SAPEM の中で、建設期間の各段階で必要な品質管理項目について、以下のように取りまとめられている。

- 使用材料の決定
 - ・ 基準値の確認
- 材料設計（試験所）
 - ・ 材料の品質
 - ・ 設計パラメータ
- 設計の保証（試験施工）
 - ・ 施工手順
 - ・ 材料の品質
 - ・ 設計パラメータ
- 舗装各層の管理
 - ・ 施工手順
 - ・ 材料の品質
 - ・ 設計パラメータ

具体的な舗装工事の品質管理基準を以下に示す。

表1.2.9 Laboratory Tests for the Constructed Selected Layer

Component	Aspect to be Controlled	Type of Control	Sample Size	Sampling Frequency	Test Method
Compaction	Maximum dry density	Mod. AASHTO	30 kg	2 samples per 500 m ³	SANS 3001–GR30
	Density	Sand replacement	N/A	1 sample per 1000 m ³ per 150 mm layer, minimum of 5 samples per layer per lot	SANS 3001–GR35
		Nuclear	N/A		SANS 3001–NG5
Moisture Content		Gravimetric analysis	1 x 1 to 1.5 kg	1 sample per test	SANS 3001–GR20
Layer Placement	Layer thickness	Measurement			
Material Properties	Grading	Sieve analysis Grading modulus Soil mortar analysis	15 kg	1 sample per 1000 m ³ per constructed layer thickness, minimum of 5 samples per layer per lot	SANS 3001–GR1
	Atterberg limits	Plasticity Index Liquid limit Linear shrinkage			SANS 3000–GR10, 11 & 12
	Bearing strength and swell	CBR	2 x 30 kg	1 sample per 2500 m ³ , minimum of 3 per source	SANS 3001–GR30 & 40

表1.2.10 Laboratory Tests for the Constructed Non-Cemented Subbase Layer

Component	Aspect to be Controlled	Type of Control	Sample Size	Sampling Frequency	Test Method
Compaction	Maximum dry density	Mod. AASHTO	30 kg	2 samples per 500 m ³	SANS 3001–GR30
	Density	Sand replacement	N/A	Minimum of 6 samples per lot	SANS 3001–GR35
		Nuclear			SANS 3001–NG5
Moisture Content		Gravimetric analysis	1 x 1 to 1.5 kg	1 sample per test	SANS 3001–GR20
Layer Placement	Layer thickness	Measurement			
Material Properties	Grading	Sieve analysis Soil mortar analysis Grading modulus	15 kg	Minimum of 6 stratified random samples per lot	SANS 3001–GR1
	Atterberg limits	Plasticity index Liquid limit Linear shrinkage			SANS 3001–GR10, 11 & 12
	Aggregate shape	Number of fractured faces			SANS 3001–AG4
	Bearing strength	CBR	2 x 30 kg	CBR assessed prior to compaction: 1 per km CBR not assessed prior to compaction: 3 per km	SANS 3001–GR30 & 40

表1.2.11 Laboratory Tests for the Base Layer Constructed with G1, G2 or G3 Material¹

Component	Aspect to be Controlled	Type of Control	Sample Size	Sampling Frequency	Test Method
Material Properties	Grading	Sieve Analysis	15 kg	Minimum 6 stratified random samples per lot – refer to COLTO Standard Specifications	SANS 3001–GR30
	Atterberg limits	Plasticity Index Liquid limit Linear Shrinkage			SANS 3001–GR10, 11 & 12
	Shape	Number of fractured faces		2 sample per lot	SANS 3001–AG4
Compaction	Maximum dry density	Mod. AASHTO	30 kg	2 samples per construction lot	SANS 3001–GR30
	Density	Sand replacement Nuclear		Minimum of 6 stratified random samples	SANS 3001–GR35 SANS 3001–NG5
Layer Placement	Layer thickness	Levels in test holes Measurement	N/A	Same as for density	Measurement
Layer Moisture Condition	Moisture content (full depth)	Gravimetric or by any other approved method	Minimum of 1 kg	Minimum of 1 test position per 100 m, selected randomly Sections: > 1 km: min of 10 tests < 1 km: min of 4 tests	SANS 3001–GR20
Surface Texture	Mosaic	Visual	Total Area	N/A	

表1.2.12 Laboratory Tests for the Base Layer Constructed with G4 Material²

Component	Aspect to be Controlled	Type of Control	Sample Size	Sampling Frequency	Test Method
Material Properties	Grading	Sieve Analysis	15 kg	Minimum 6 stratified random samples per lot	SANS 3001–GR30
	Atterberg limits	Plasticity Index Liquid limit Linear Shrinkage			SANS 3001–GR10, 11 & 12
	Shape	Number of fractured faces		2 sample per lot	SANS 3001–AG4
	Bearing	CBR	2 x 30 kg	1 sample per lot	SANS 3001–GR40
Compaction	Maximum dry density	Mod. AASHTO	30 kg	2 samples per construction lot	SANS 3001–GR30
	Density	Sand replacement			SANS 3001–GR35
		Nuclear		Minimum of 6 stratified random samples	SANS 3001–NG5
Layer Placement	Layer thickness	Levels in test holes Measurement	N/A	Same as for density	Measurement
Layer Moisture Condition	Moisture content (full depth)	Gravimetric or by any other approved method	Minimum of 1 kg	Minimum of 1 test position per 100 m, selected randomly Sections: > 1 km: min of 10 tests < 1 km: min of 4 tests	SANS 3001–GR20
Surface Texture	Mosaic	Visual	Total Area	N/A	SANS 3001–NG5

¹ G1, G2, G3は南アにおける舗装材料コードであり、G1～G3は Graded Crushed Stone である。それぞれ岩の状態、PI、密度などで区分され、G1の規格が最も高い。

² G4も南アの舗装材料コードであり、Crushed or Natural Gravel を指す。

表1.2.13 Laboratory and Field Tests for Stabilized layers

Component	Aspect to be Controlled	Type of Control	Sample Size	Sampling Frequency	Test Method
Compaction	Maximum dry density	Mod. AASHTO	30 kg	1 test of material from each density site	SANS 3001–GR51
	Density	Sand replacement	N/A	1 sample per 1000 m ³ per 150 mm layer, minimum of 5 samples per layer per lot	SANS 3001–GR35
		Nuclear	N/A		SANS 3001–NG5
Moisture Content		Gravimetric analysis	1 x 1 to 1.5 kg	1 sample per test	SANS 3001–GR20
Layer Placement	Layer Thickness	Measurement			
Material Properties	Grading	Sieve analysis Grading modulus Soil mortar analysis	15 kg	1 sample per 1000 m ³ per constructed layer thickness, minimum of 5 samples per layer per lot	SANS 3001–GR1
	Atterberg Limits	Plasticity Index Liquid limit Linear shrinkage			SANS 3001–GR10, 11 & 12
	Strength	UCS, ITS	150 kg for each	1 sample per 800 m ² , minimum of 4 per job lot	SANS 3001–GR51, 52, 53 & 54
Stabiliser Content	Distribution and quantity of added stabiliser	Laboratory determination of calcium content	6 kg	10 samples per lot including 2 samples from top and bottom of layer at 3 positions	SANS 3001–GR58

南アフリカには、日本のアスファルト混合物に採用されている「事前審査制度」がないため、以下のようにアスファルト混合物の材料についても建設期間中の品質管理が義務付けられている。

表1.2.14 Tests and Testing Frequencies for Aggregates Used in Asphalt

Property	Test	Quantity Per Test (Maximum)	Lot Size (Maximum)	Samples Per Lot (Minimum)	Test Number
Grading	Sieve analysis	1 000 m ³	Stockpile	4	SANS 3001–AG1
Shape	Flakiness index	1 000 m ³	Stockpile	4	SANS 3001–AG4
Resistance to crushing	Aggregate crushing value (ACV)	5 000 m ³	Stockpile	4	SANS 3001–AG10
	10% FACT (wet & dry)	5 000 m ³	Stockpile	4	
Sand equivalent	Sand equivalent on fine aggregate	2 000 m ³	Stockpile	4	SANS 3001–AG10
Polishing	Polished stone value (PSV)	per source		1	SANS 3001–AG11
Adhesion	Adhesion test	5 000 m ³	Stockpile	4	TMH1 B11
Absorption	Absorption test	5 000 m ³	Stockpile	4	TMH1 B14 & B15
Plasticity of added fines	Plasticity index	2 000 m ³	Stockpile	4	SANS 3001–GR10
Durability	Methylene Blue test	per source		1	SANS 3001–AG44

表1.2.15 Acceptance Control Tests on Fillers used in Asphalt Mixes

Property	Test	Quantity per Test (Maximum)	Lot Size (Maximum)	Samples per Lot (Minimum)	Test Number
Fineness	Percent mass passing 0.075 mm sieve	100 tons	per delivery	4	SANS 3001–AG1
Bulk density	Bulk density in toluene	100 tons	per delivery	1	BS 812
Void content	Void content in dry compacted filler	100 tons	per delivery	1	BS 812

表1.2.16 Test Requirements and Testing Frequencies on Asphalt Mix and on the Constructed Asphalt Layer

Property	Quantity Per Test (Maximum)	Lot Size (Maximum)	Samples Per Lot (Minimum)	Test Number
Grading and binder content	200 tons	days work	6	SANS 3001-AG1
Sand equivalent	5 000 tons	week	1	SANS 3001-AG5
Marshall stability, flow and void content	500 tons	days work	2	SANS 3001-AS1, AS2, AS10
Relative compaction	2 000 m ²	days work	6	SANS 3001-AS11
Spread of rolled-in chips	2 000 m ²	days work	6	
Immersion index	Every change in aggregate or design			TMH1-C5

1.2.4 粒度調整碎石路盤の締固め度規定

日本（舗装設計便覧）では、上層路盤の締固め度として95%以上が標準的な規定値となっている。一方、南アフリカ（SAPEM）やオーストラリアの締固め度規定は100%以上となっている場合がある。この違いについては以下のように説明される。

表1.2.17 粒度調整碎石路盤の締固め度規定

項目	Pavement Engineering Manual (SA)	舗装設計便覧	Austroroads
CBR 値設定における締固め度*	最大乾燥密度の 98%	最大乾燥密度の 95%	上層路盤 規定なし (下層路盤 最大乾燥密度の 98%)
締固め方法 ② 含水量 ②ランマ質量、落下高さ、層数、突固め回数、モールド容積 ③締固めエネルギー	最適含水量 4.5kg、45 cm、5 層、56 回 / 層、2209cc 27.4 (cm・kgf/cm ³)	最適含水量 4.5kg、45 cm、3 層、92 回 / 層、2209cc 25.3 (cm・kgf/cm ³)	Standard compaction 最適含水量 2.49 kg、305 mm、3 層、25 回 / 層、1000cc 5.7 (cm・kgf/cm ³) Modified Compaction 最適含水量 4.45 kg、457 mm、5 層、25 回 / 層、1000cc 25.4 (cm・kgf/cm ³)
CBR の規定	締固め規定最小値において 80%以上	締固め規定最小値において 80%以上	上層路盤規定なし 下層路盤 30%以上
現場における締固め規定*	最大乾燥密度の 100%以上 (TRH14) 最大乾燥密度の 98 又は 100%以上 (COLTO)	最大乾燥密度の 95%以上	クイーンズランド州 102%または 100% ニューサウスウェールズ州 102% ヴィクトリア州 100%または 98%

* 粒度調整碎石材料の CBR 値評価は現場における最小締固め規定値（最大乾燥密度に対するパーセンテージで表示）とするのが一般である。南アフリカの規定のほうが高い締固め度を要求している。

表1.2.18 オーストラリアにおける締固め管理基準（例）

	Characteristic value of relative compaction	
	Subbase	Base
QDMR, Queensland (Type 1)	≥ 102.0% (standard)	≥ 102.0% (standard)
QDMR, Queensland (Type 2,3,4)	≥ 100.0% (standard)	≥ 100.0% (standard)
RTA, NSW	≥ 102.0% (standard)	≥ 102.0% (standard)
VicRoads, VIC (Scale A)	≥ 98.0% (modified)	≥ 100.0% (modified)
VicRoads, VIC (Scale B)	≥ 97.0% (modified)	≥ 98.0% (modified)

Source: QDMR (1999), RTA (2007a) and VicRoads (2008b)

JIS において、盛土や路盤材料は「JIS A 1210突固めによる土の締固め試験（舗装調査・試験法便覧 F007、E011）」によって、その材料の最適含水比（OMC）と最大乾燥密度（MDD）を求める。その時求められた MDD を基準に、現場では締固め度を管理する。

「突固め試験」の突固め方法には、A～E の5種類があり、衝撃荷重（ E_c ）によって下記の2種類に分類される。

- ① JIS 呼び名 A, B “Standard Proctor” $E_c \approx 550 \text{ kJ/m}^3$
 ② JIS 呼び名 C, D, E “Modified Proctor” $E_c \approx 2500 \text{ kJ/m}^3$

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{kJ/m}^3)$$

ここに、 W_R ：ランマーの重量（kN）

H ：ランマーの落下高（m）

N_B ：層あたりの突固め回数

N_L ：層の数

V ：モールドの容積（締固めた供試体の体積）（ m^3 ）

表 1.2.19 日本における締固め試験の種類

突固め方法 の呼び名	モールド径 (mm)	モールド深さ (供試体高さ) (mm)	モールド(供 試体)容積 (cm^3)	ランマ質量 (kg)	落下高さ (cm)	突固め回数 (回)	層	許容最大粒 径 (mm)	E_c (kJ/m^3)
A	100	127.3	1,000	2.5	30	25	3	19	552
B	150	125	2,209	2.5	30	55	3	37.5	549
C	100	127.3	1,000	4.5	45	25	5	19	2,482
D	150	125	2,209	4.5	45	55	5	19	2,472
E	150	125	2,209	4.5	45	92	3	37.5	2,481

表 1.2.20 締固め試験の選定

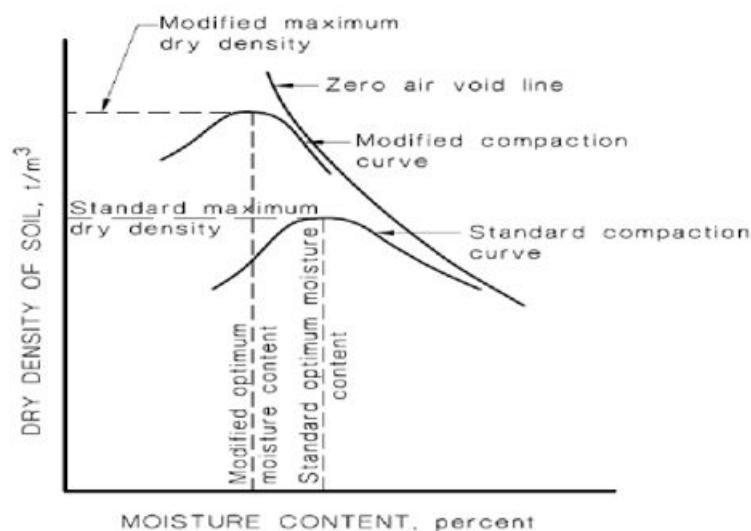
項目	Standard Proctor	Modified Proctor
適用基準	一軸圧縮強度で規定している (例：セメント安定処理上層路盤)	修正 CBR で規定している (例：その他の路盤工)
ランマー重量	2.5 kg	4.5 kg
ランマー落下高	30 cm	45 cm
突固め回数	25 回・3 層	92 回・3 層
現場における締固め規定	100%以上	95%以上

同材料において、①と②でそれぞれ試験を実施した場合、①は②に比較して MDD は小さ

く、OMC は大きくなる傾向がある。(Austroads Guide to pavement part8 2009 P48 Figure4.18) つまり、「突固め試験」をどちらの方法で実施するかによって、基準密度が異なることとなる。 Austroads Guide to pavement part8 2009 P.47 より Standard compaction-AS 1289 5.1.1 と Modified compaction-AS 1289 5.2.1 の2種類が記載されており、このうち前者は①に相当し、後者は②に相当する。

- Standard compaction – AS 1289 5.1.1: Determination of the dry density or moisture content relation of a soil using standard compactive effort.
- Modified compaction – AS 1289 5.2.1: Determination of the dry density or moisture content relation of a soil using modified compactive effort.

(Austroads 2009 P.47)



出典：AS8219.0-2000

図1.2.5 標準及び修正締固め曲線（オーストラリア）

日本では、路盤材料の規定が修正 CBR によるものなのか、一軸圧縮強さによるものなのかで突固め方法を指定しており、一軸圧縮試験の供試体作成は A 方法（前記①）により、CBR 試験の供試体作成は E 方法（前記②）となる。

国土交通省および NEXCO における、現場管理基準は表 1.2.21 のとおりである。道路工の路盤では、一般的に修正 CBR 値の規定があるため、現場施工における基準密度は②が適用されるが、表 1.2.21 の赤枠部分が示すように、NEXCO において、セメント安定処理路盤のうち、上層路盤は、路盤材料を一軸圧縮強さで規定しているため、基準密度には①が適用される。一方で、修正 CBR によって規定されている下層路盤には②が用いられる。上層路盤は①に対して 100%以上、下層路盤は②に対して 95%以上が規定値となる。

表 1.2.21 日本における締固め管理基準

発注機関	工種名	種別	試験項目	試験方法	規格値
国土交通省	下層路盤	材料	修正CBR試験	舗装調査・試験法便覧 E001 JIS A 1210準拠	粒状路盤: 修正CBR(95)20%以上
		施工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧 G021	最大乾燥密度の93%以上 X10 95%以上
	上層路盤	材料	修正CBR試験	舗装調査・試験法便覧 E001 JIS A 1210準拠	粒状路盤: 修正CBR(95)80%以上
		施工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧 G021	最大乾燥密度の93%以上 X10 95%以上
	セメント安定処理路盤	材料	一軸圧縮試験	舗装調査・試験法便覧 E013	一軸圧縮強さ(σ_7)0.98Mpa
		材料	修正CBR試験	舗装調査・試験法便覧 E001	上層路盤: 修正CBR(95)20%以上 下層路盤: 修正CBR(95)10%以上
		施工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧 G021	最大乾燥密度の93%以上 X10 95%以上
ネクスコ	粒状路盤工	材料	CBR試験	JIS A 1211 (関連規格: 舗装調査・試験法便覧E001)	上層路盤: 修正CBR(95)80%以上 下層路盤: 修正CBR(95)30%以上
		施工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧 G021	上層路盤: 最大乾燥密度の97%以上 下層路盤: 最大乾燥密度の95%以上
	セメント安定処理路盤	材料	一軸圧縮試験	舗装調査・試験法便覧 E013	上層路盤: 一軸圧縮強さ(σ_7)3N/mm ² 以上
		材料	CBR試験	舗装調査・試験法便覧 E012	下層路盤: 修正CBR(95)60%以上
		施工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧 G021	上層路盤: 最大乾燥密度の100%以上 下層路盤: 最大乾燥密度の95%以上

1.3 施工不良主原因とする舗装損傷の事例

1.3.1 温暖・熱帯地方のアスファルト舗装の早期損傷

アフリカあるいはアジアの高温多雨の地域では、我が国の ODA による道路において、日本では見られなくなった舗装の破損形態が多く観察される。

特に、表層を中心とした「わだち掘れ」の発生が顕著である。表層に関しては、アスファルトの流動化によって、つまりアスファルト混合物がタイヤによって押しやられて発生するものと、スパイクタイヤなどタイヤによって摩耗して発生するものがあるが、主に高温時に交通荷重の繰返し作用により、アスファルト混合物が永久変形を起こして発生したもの、つまり表層の流動化によるものが中心である。



写真 タンザニア国：ほぼ平坦な地形の都市部幹線道路で発生したわだち掘れ。車線表層部が中央側に流動している。



写真 エチオピア国：急峻な山岳部の地方部幹線道路で発生したわだち掘れ。急勾配の曲線区間であり、表層が曲線の内側へ流動している。

1.3.2 アスファルト舗装の損傷と主要原因

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、バインダの種類および量等）およ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がその原因である。

このようなアスファルト舗装の損傷は、設計時の条件設定の間違い、供用条件に合わない配合設計、施工不良、違法な過積載車両、重車両の低速走行等によって引き起こされる。以下に施工に起因するアスファルト舗装の損傷と主要原因について取りまとめた表を示す。

表1.3.1 温暖・熱帯地域のアスファルト舗装の損傷と主要原因

損傷形態		課題・原因									
		土工		路盤工		アスファルト				その他施工	設計その他
		材料選定	施工管理	材料選定	施工管理	材料選定	保管・製造	配合設計	施工管理	施工管理	
法面のガリ・崩壊		表面部の材料選定		表面部の材料選定							排水設計 不適切
轍ぼれ等	流動轍					アスファルトの 品質不適 自然砂採用	骨材洗浄 不足	配合設計不 適切	プラント管理 不適切		大型車交通量 走行速度 気温
	沈下・構造轍		締固め不 足・むら		締固め不 足・むら				締め固め不足		路盤排水 不適切
クラック	ヘアクラック						水分管理 不適切	アスファルト量 不足 細粒分過多	施工温度 ローラ重量 降雨の対策		過積載
	縦クラック・ 亀甲クラック		締固め むら	骨材強度 不足	締固め むら			安定度不足	施工継目不良 タック・プライ ムコート不良		支持力不足・過 積載、 排水不良
その他骨材飛散等						骨材すり 減り試験			タックコート 施工不備		セメント安定 処理上層路盤 の問題
その他摘要		特殊土壌 対策	土工管理の 合理化		土工管理の 合理化		プラント管理 手法	骨材かみ合 い理論			

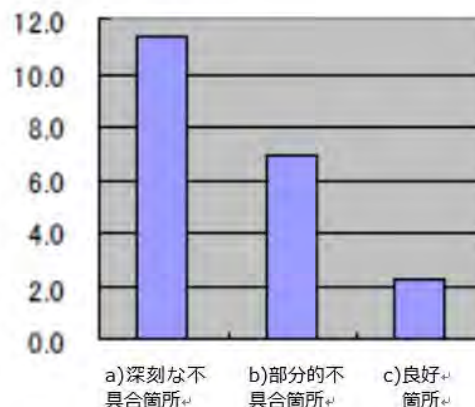
また、以下はアフリカにおける道路のアスファルト切り取りコア確認試験の事例であるが、スペックからの外れ具合と舗装の破損（ほぼわだち掘れであるが）の関係が明確に表れている。その実際の破損状況は図1.3.2の通りである。

表1.3.2 サンプル調査の結果

路面状態	No.	サンプル位置	粒度外れ率*1
a) 深刻な不具合箇所	1	4.0km 左側	10.9%
	2	12.5km 左側	29.5%
	3	5.0km 右側	17.9%
	4	4.0km 右側	18.2%
a)平均=19.1%(cの13倍)			
b) 部分的な不具合箇所	5	7.5km 左側	9.9%
	6	10.5km 左側	7.6%
	7	1.5km 左側	14.3%
	8	2.0km 左側	3.9%
b)平均=8.9%(cの6倍)			
c) 良好箇所(参考)	1	5.4km 左側	2.0%
	2	-0.2km 左側	1.0%
c)平均=1.5%			

備考：*1=仕様（スペック）上・下限範囲からの外れ率

ふるい通過率外れ量（%）



注：表中粒度外れ率の平均と図1.3.2の粒度外れ率の平均は、調査時期と抽出箇所が異なるため一致しない。

図1.3.1 アスファルト骨材粒度分布品質管理（ふるい通過率外れ量）と不具合の程度

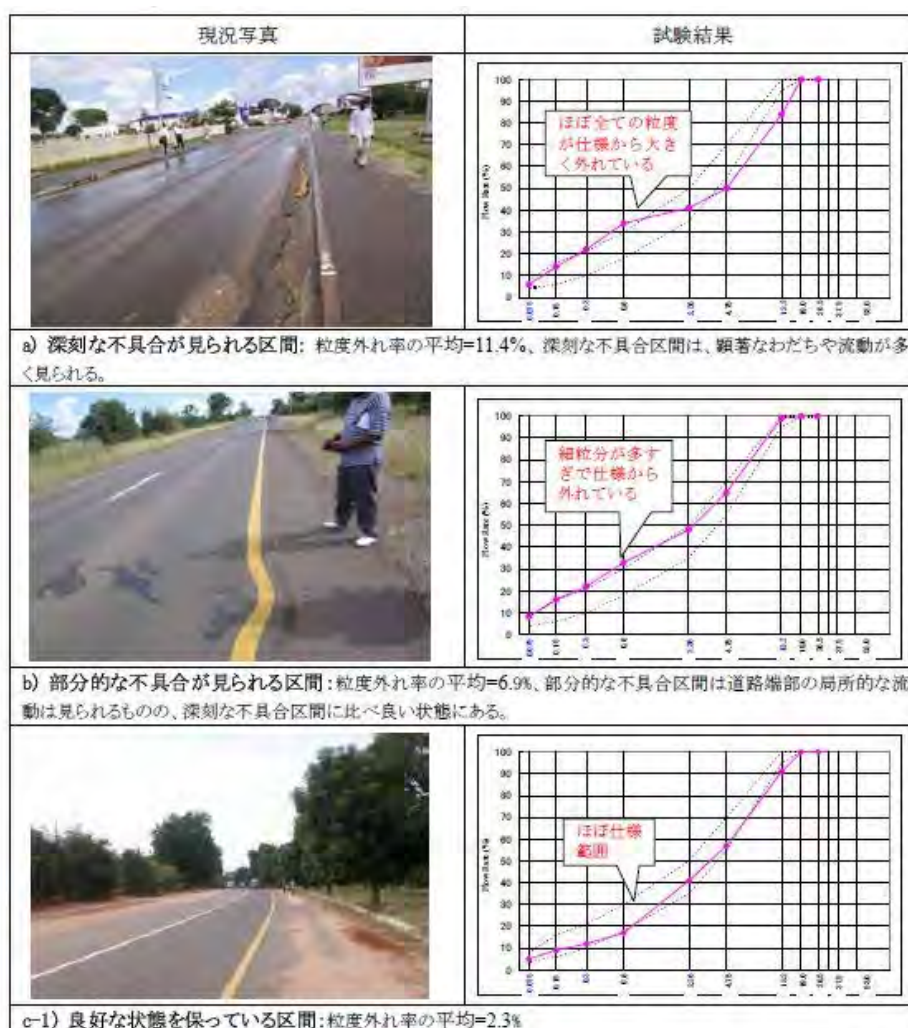


図1.3.2 アスファルトの骨材粒度分布と損傷の事例

ここで注意すべきことは、骨材の分布の外れ具合と破損率とは明確に関連している点である。この舗装の骨材間隙の推定計算はなされていないが、図1.3.2の a)において細粒分が多く、骨材のかみ合いが充分でなく破壊に至った可能性がある。このことから、わだち掘れの要因としての骨材分布、あるいは骨材のかみ合いが重要であることが示されている。

1.3.3 不適切なプラント管理

前述の仕様を外れた粒度分布については、主にアスファルトプラントの不適切な管理が原因となる場合が多い。下図にアスファルトプラントの標準的な構成を示す。

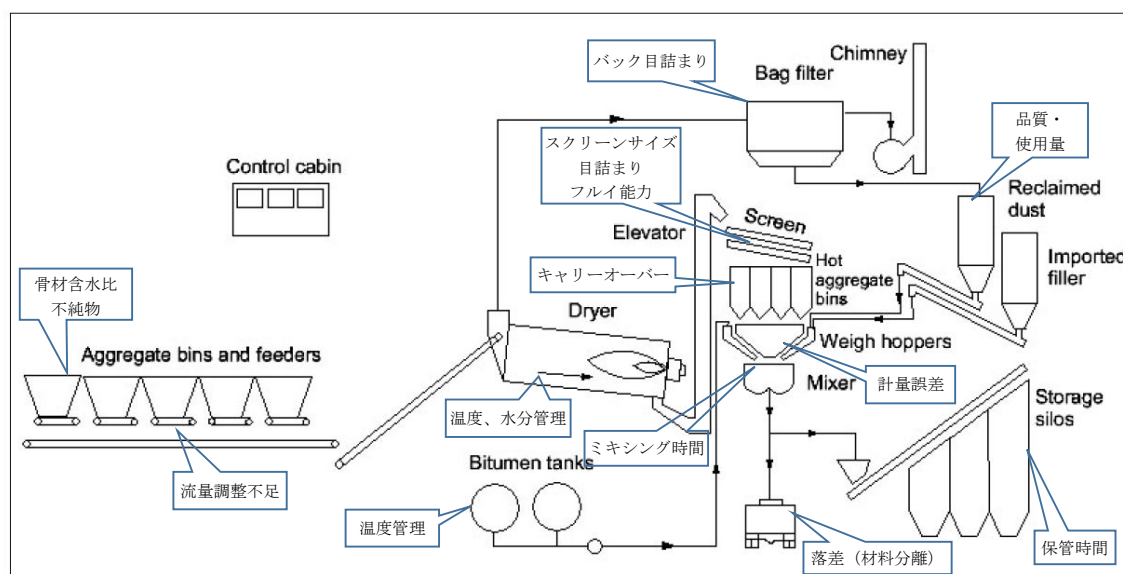


図1.3.3 アスファルトプラントの標準構成

以下に不適切なアスファルトプラントの管理事例を示す。

表1.3.3 アスファルトプラントの不適切管理の例

管理箇所	不適切な管理例	想定される現象	左記現象が誘引する不具合事例
ストックヤード	- 屋根・雨よけシートなどがない（特に細骨材） - 場内排水の不良	骨材の含水量が過多になる。	- 骨材乾燥後の残留水分により、アスファルトがはく離する。 - コールドビンの流れが悪くなる。
コールドビン・フィーダ	設定流量の確認不足（キャリブレーション不足）	（特に細骨材の）配合比が変動する。 - ホットビンでのオーバーフローやふるい不足	- 混合物粒度が変動する。 - 材料ロスの増大
ドライヤ	- 温度計の検査不足 - 火力調節の不手際	- 混合物の温度が低すぎる。 - 混合物の温度が高すぎる。	- アスファルトの被膜不良（練りムラ） - 舗設時の転圧不良 - アスファルトの劣化

スクリーン	- 目詰まりまたは破れ - 不適当なサイズのふるいを使用（2.5mm 以下のふるい分けができていない）	- ホットビン粒度の変動。 2.5 mm通過量など重要ポイントの粒度調節ができない。	- 混合物粒度が変動する。 - 混合物の性状が安定しない。
ホットビン	- ホットビン粒度管理の不徹底 - 温度計の検査不足	- スクリーンの異常に気付かない。 - 粒度の調整ができない。 - 適切な温度管理ができない。	- 混合物粒度が変動する。また、修正ができない。 - 混合物の温度異常
計量器	計量器の精度が悪い（検査不足）	- 骨材配合比の異常。 - アスファルト量の異常。 - フィラー量の異常。	- 粒度の異常 - アスファルトの過多、過少 - パサつき・ギラツキ
ミキサー	不適当なミキシングタイム	- ミキシングタイムが短すぎる。 - ミキシングタイムが長すぎる。	- 骨材の分散不足や、アスファルトの被膜不足 - アスファルトの劣化
ダンプピット	混練時または出荷時の温度管理不足	混合物温度の異常	
バッグフィルタ	- 濾布の目詰まり - 濾布の穴あき	- 吸引力が弱まり、ダストがホットビンに入る。 - ダストが煙道から外気にでる。	- 混合物のフィラー過剰。 - ばい煙となる。

1.3.4 各国の流動わだち掘れ対策

(1) 日本

日本では、わだち掘れに対する舗装の耐久性は動的安定性（DS）で示されている。国交省では、交通量に応じた動的安定性の目標値を表1.3.4のように定めている。

表1.3.4 我が国の塑性変形輪数の基準値（国交省令第103号）

区分	舗装設計交通量 (単位：台／日・方向)	塑性変形輪数：DS (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

[関東地方整備局の事例]

関東地方整備局の設計要領では、この“わだち掘れ”防止策の一つとして誕生した“改質アスファルト”（従来のアスファルト（ストレートアスファルト）にゴムやポリマー等の添加材を加えて粘着力が低下しないように工夫されたアスファルト）の使用と、ホイールトラッキング試験による動的安定度*（DS）の目標値の設定により、流動わだち掘れ対策を行っている。

表1.3.5 耐流動対策の動的安定度 (DS) の目標値 (回/mm)

	C 交通		D 交通	
	一般部	交差点部	一般部	交差点部
表層 密粒度アスコン (20) 厚さ5cm	3000 程度 改質 As	4000 程度 改質 As	4000 程度 改質 As	5000 程度 改質 As または特に わだち掘れの著し い箇所は半たわみ 性舗装でもよい
基層 粗粒度アスコン (20) 厚さ5cm	ストレート As	4000 程度 改質 As	4000 程度 改質 As	5000 程度 改質 As

出典：設計要領(舗装等) (国土交通省関東地方整備局)

[NEXCO の対策事例]

NEXCO では耐流動、騒音対策を考慮した高機能舗装（排水性舗装）が標準仕様となっており、一部の区間で高機能舗装以外の表層混合物が使用されている。流動わだち掘れ対策基準については、高機能舗装以外の表層混合物に関する動的安定度 (DS) 目標値は表のとおりとなっているが、高機能舗装に関する目標値は設定されていない。

表1.3.6 高機能舗装以外の表層混合物に関する動的安定度 (DS) の目標値 (回/mm)

交通区分		動的安定度目標値(回/mm)	使用アスファルト
軽中交通	5,000 台/日/一方向未満	800	ストレートアスファルト
重交通	5,000 台/日/一方向以上	3,000 以上	改質アスファルト

出典：設計要領 第一集 舗装編 (高速道路会社)

なお、高機能舗装（排水性舗装）は、改質アスファルト II 型（従来の改質アスファルトより多量のポリマーを加え高粘度（2万ポアーズ以上）化した“高粘度改質アスファルト”）を使用したポーラスアスファルト混合物を表層に適用した舗装である。

【コラム1】容積配合設計

骨材間隙率に着目した配合設計法が、以下①～③の論文等で紹介されている。この配合設計法は、あらかじめ骨材粒度から骨材間隙率を計算により推定し、必要な最終空隙率を確保したうえで、残りの間隙を充てんするアスファルト量を暫定的に決めたのち、確認試験を行って決定配合とする手法である。

この配合設計法は、SUPERPAVE における容積配合設計法が根底となっている。

また、以下の論文の著者らによる他の文献には、骨材粒度から骨材間隙率を推定する計算式や最終空隙率と DS の関係を求めている。これらの文献を巻末資料に紹介する。

① 骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案

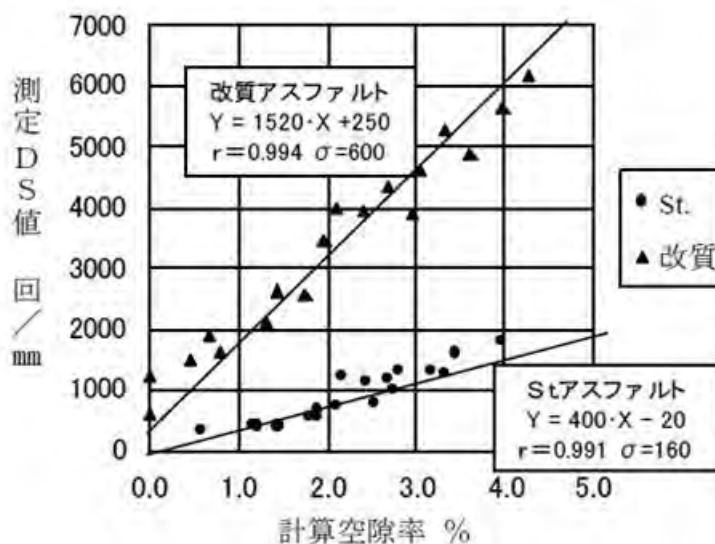
【土木学会舗装工学論文集 第5巻 2000年12月】郡司保雄・井上武美・赤木寛一

② 骨材粒度に基づく加熱アスファルト混合物の骨材間隙率推定法に関する研究

【土木学会舗装工学論文集 第5巻 2000年5月】郡司保雄・井上武美・赤木寛一

③ SMA 混合物のVMAと力学特性に関する一考察

【土木学会第55回年次学術講演会（平成12年9月）】郡司保雄・井上武美・赤木寛一



出典：骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案

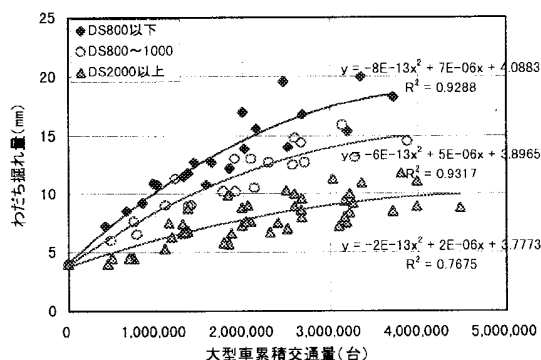
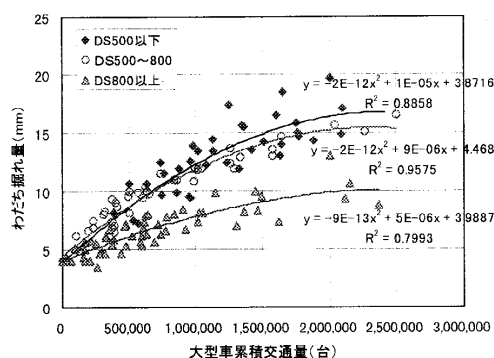
図1.3.4 計算空隙率と DS の関係

【コラム2】密粒度アスファルト舗装のわだち掘れ量

高速道路において、大型日交通量別にDSとわだち掘れ量の追跡調査を行った例が以下の文献で紹介されている。これによると、1日1方向当たりの大型日交通量5,000台未満の区間では、DS800以上（ストレートアスファルト使用）、5,000台以上の区間では、DS2,000以上（改質アスファルト使用）とすることで、わだち掘れの進行を抑制できる。また、2.36mmふるい通過量は約42%以下とすることで耐流動性が改善されること、耐流動対策に使用する改質アスファルトの参考値も紹介されている。

④ 高速道路における密粒度アスファルト舗装のわだち掘れ量の実態調査と耐流動性の評価

【土木学会舗装工学論文集第4巻1999年62月】飯田章夫, 七五三野茂, 金田政博, 佐藤正和



出典：骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案

図1.3.5 DS別のわだち掘れ量

(3) オーストラリア

1) 概要

オーストラリアのアスファルト混合物の配合設計及び試験は、一部の州や地方道でマーシャル法を使用している場合もあるが、ジャイレクトリーコンパクタを使用した容積設計法が現在主流となっている。

2) 容積設計法の手法

a) 骨材間隙率 (Volume of voids in mineral aggregate)

- ・ 骨材間隙率は、粒度分布、骨材の形状、表面きめ、骨材粒子の締め固め特性より決まる。
- ・ 骨材間隙率は最大粒径に応じてアスファルト量（耐久性）、締め固め後の空隙率（安定性）を確保できる量（13%～20%）が必要。
- ・ 骨材間隙率が小さすぎると、空隙に対しアスファルト量が多くなりすぎ不安定となったり、アスファルト量が不十分で付着不足、耐久性不足となる。
- ・ 骨材間隙率を増加する方法は、
 - ✓ 粒度分布を最大密度曲線から粗い方向に移動させる。
 - ✓ 0.075mm（フィラー）以下の要素を減少させる。
 - ✓ 骨材の形状及び/または表面のきめなどを幾つか変化させることによる締め固め特性を改善する。

b) 空隙率 (VIM=Volume of air voids)

- ・ 混合物の空隙率は、VMA（骨材間隙率）、アスファルト量、締め固め度の関数である。
- ・ 空隙率が大きすぎるとアスファルトの退化（酸化）、水の浸透、それに伴う剥離が起こり易い。
- ・ 供用中の混合物の空隙率が小さすぎると（約2%未満）、塑性流動によるわだち掘れを発生させる。
- ・ 供用中に混合物が達する最大密度（最少空隙率）は、ジャイレクトリーコンパクタの最大回転数の締め固めで与えられる。重交通混合物の最大回転数（250 または 350の基準）における最少空隙率は、重交通下でのアスファルトの配合設計に適用される。

c) アスファルト量 (Vb=Volume of bitumen)

- ・ 最適アスファルト量は、耐久性を確保するための必要量と不安定にならないために減じた量のバランスである。

- ・ 最適アスファルト量は、骨材の種類、粒度分布、締め固め度、設計空隙率より決まる。
- ・ 性能に影響するのはアスファルト量から骨材に吸収される量を除く有効アスファルト量より決まる。
- ・ 骨材に吸収されるアスファルト量は、混合物の測定最大密度と理論最大密度より決定できる。骨材に吸収されるアスファルト量の割合は、骨材の浸透性とアスファルトの種類によるが、概ね骨材の水吸収量の0.3から0.7である。

d) 飽和度 (VFB=Volume of voids filled with bitumen)

- ・ 飽和度は、有効アスファルト量により占有される VMA の割合で、一般に65~80%である。
- ・ 低い飽和度(VFB)、約60%、では、混合物は乾燥し、付着力、耐久性、疲労抵抗性が不足する。飽和度が約85%またはそれ以上の場合、混合物は不安定となりわだち掘れの危険がある。
- ・ 空隙率の目標値が与えられた場合、高い飽和度は高い骨材間隙率 (VMA) から得られ、低い飽和度は低い骨材間隙率を表す。

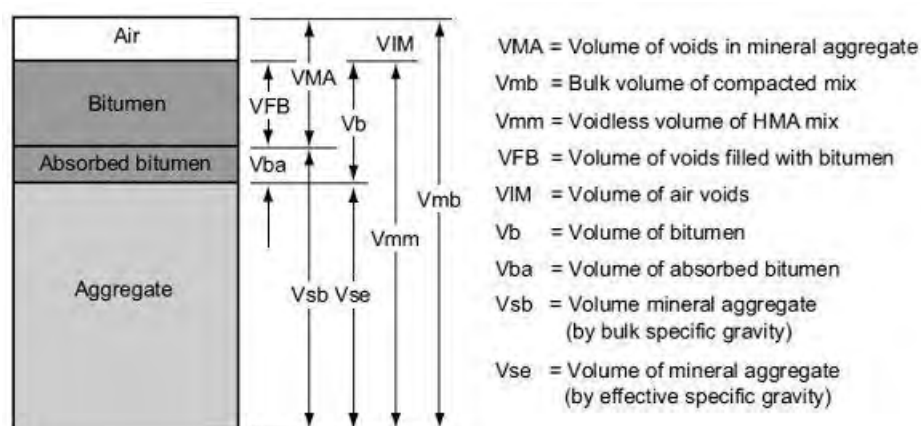


図1.3.6 締め固められたアスファルトの容積の構成（例）

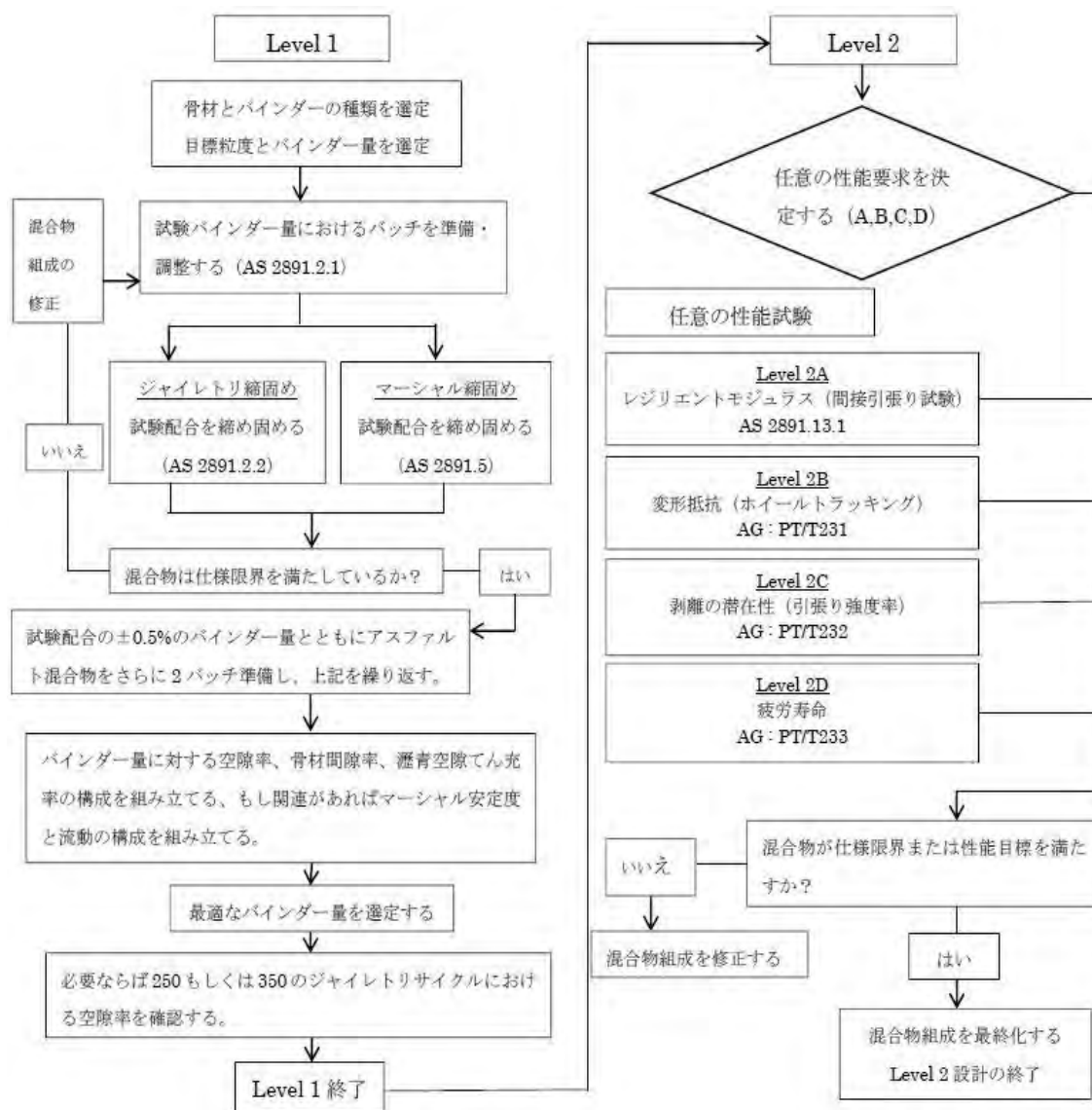


図1.3.7 配合設計の手順(密粒)

空隙量は重要な配合設計のパラメータである。特に、重交通混合物は最大ジャイレトリサイクル後に規定空隙価値を下回ってはならない。空隙率を大きくするためにアスファルト量を減らすと耐久性、ワーカビリティに影響するので骨材間隙率の最小値は確保する必要がある。骨材間隙率及び目標空隙を満たすバインダー量を増加もしくは減少させるためになされる調整には以下を含む。

- 混合物を粗くする、又は細かくする。一般的に、規定の粒度包絡線は、最大密度曲線に近い目標粒度を提供するので、粒度の一部を粗く又は細かくすることで一般的に空隙が増加する。しかし、混合物のスティフネス及び表面のテクスチャへの影響に注意を払う必要がある。
- 細粒分（2.36mm のふるいを通した材料）の比率を変化させるが、混合物のスティフネス及び表面のテクスチャへの影響に注意を払う必要がある。

- フィラー量の増減は直接的な効果をもたらす。フィラー量の増加により間隙は減少し、フィラー量の減少により間隙は増加する。
- 粒子の形を変化させる。特に細骨材については、滑らかなそして丸い粒子によりワーカビリティ（混合物の締固めが容易となる）を増加させ、間隙を減少させる。この時、混合物のスティフネスは減少することに注意する。
- 天然砂量の増加は、砂粒間で発生する空隙スペースにより間隙を増加させる。

3) 変形抵抗性

変形抵抗の不足はわだち掘れを引き起こすことが知られている。この変形抵抗は以下によって改善される。

- 大きい呼び寸法の混合物を選択する
- 角張ったもしくはざらざらした骨材を用いる
- 固いバインダーを用いる
- 粗い粒度を適用する
- 空隙を減らす（但し、最大旋回数で最少空隙を確保するという条件下で）
- フィラー量を増加させる

これらの各要因は他の特性に影響を与える。例えば、角張ってざらざらした骨材をより多く用いることでワーカビリティを減少させ、フィラー量を増加させることでたわみ性を欠いたマスチックを生み出し、それによって疲労抵抗を減少させる。

(4) 南アフリカ

南アフリカでも、日本と同様にわだち掘れ対策として改質材が使用される。改質材の使用は一般的である。その他、極重交通区間では針入度級10-20を用いた混合物(EME)を試行している。

南アフリカではHiMA(High modulus asphalt)混合物を試験舗装において検討中[Erik Denneman ; Introducing High Modulus Asphalt(HiMA)]。

1) HiMA はEME(Enrobé à Module Élevé)のことであり、フランスで開発された混合物である。

- ① 路盤への適用が中心であるが、基層、表層への適用がヨーロッパなどで試みられている。
- ② EME の特徴は、従来の混合物よりも硬いバインダー(針入度級 10-20)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ある。なお、表 1.3.7 は南アフリカのバインダータイプ選定の一般的なガイドラインである。

表1.3.7 バインダータイプ選定の一般的なガイド

バインダータイプ	主な適用
針入度級 40/50	多交通に適用。一般に厚い層とアスファルトベースに使用。
針入度級 60/70	軽交通～中交通の表層に適用。最も一般的に使用。
針入度級 80/100	低交通に適用。暑い地域に一般に適さない。
改質バインダー	重交通に適用。わだち掘れ抵抗性の混合物に使用。

出典：INTERIM GUIDELINES FOR THE DESIGN OF HOT-MIX ASPHALT IN SOUTH AFRICA

- 2) HiMA (EME) の利点は、舗装厚の低減と長寿命舗装にあるとし、試験舗装を展開している。
- 3) 今後、HiMA に関して種々なプロジェクトで適用を進める段階(現在、配合設計に用いる試験方法と配合基準は設定されていない)である。

また、南アフリカでは、交通量レベル別に配合試験と必要な試験を区分しており、その基準は「INTERIM GUIDELINES FOR THE DESIGN OF HOT-MIX ASPHALT IN SOUTH AFRICA」に示されている。

表1.3.8 南アフリカの配合設計基準

交通レベル	マーシャル75回突き(現場締め固めをシミュレーション)後の許容空隙率の範囲		交通による追加締め固め後の許容空隙率の範囲		
	最小	最大	全突固め回数	空隙率	
				最小	最大
軽	3.5%	5.5%	75+15	3.0%	4.5%
中	4.5%	6.5%	75+45	3.0%	5.0%
重	5.5%	7.5%	75+75	4.0%	5.0%
	SHRP試験法に準拠し、ジャイレトリリーコンパクタで300回旋回後の最小空隙率1.5% 混合物の透水性は合格基準内				
極重	6.0%	8.0%	75+75	4.5%	5.5%
	SHRP試験法に準拠し、ジャイレトリリーコンパクタで300回旋回後の最小空隙率2.5% 混合物の透水性は合格基準内				

交通レベル

交通レベル	重車両台数/車線/日	舗装構造設計の80 kN ESALs
軽	< 80	<1×10 ⁶
中	80－200	1－3×10 ⁶
重	200－700	3－10×10 ⁶
極重	>700	>10×10 ⁶

配合設計法の特徴は以下のとおりである。

- ① 混合物の締め固め性と交通レベルを考慮したマーシャル締め固めを用いた設計法である。施工直後は 75 回突き、供用後の交通締め固めは交通レベルに応じた突固め回数を設定している。
- ② 容積特性として空隙率を用いる。
- ③ マーシャル締め固め時の空隙率を縦軸に突固め回数を横軸にプロットし、回帰曲線の傾きが 5%より急であれば、ジャイレトリリー試験を実施する。回帰曲線の傾きが 5%より

急な混合物は2%未満の Refusal 空隙率(すなわち、混合物がジャイレトリーコンパクタで回転数 300 回を受けた後)をもつ混合物の指標となる。なお、ジャイレトリーコンパクタについては、P1-55「(3) 新たな配合設計方法の知見の活用」を参照のこと。

その他、南アフリカのアスファルト協会が発行するアスファルト舗装に関する「Trouble Shooting Guide」があり、発生したアスファルト舗装に関する問題に対し対策案を示している。これについては「第3章 現地調査報告（アフリカ地域）」で説明する。

また、参考までに表1.3.9に HiMA を開発したフランスの路盤の仕様を示す。

- ① バインダー；針入度 10-25、軟化点 62～72℃
- ② 粒度範囲（LCPCBituminous Mixtures DDesign Guide, 2007 より）

表1.3.9 フランスにおける路盤の粒度範囲

ふるい目 (mm)	最大粒径 20mm または 14mm			最大粒径 10mm		
	最小	目標	最大		目標	最大
6.3	45(50)*	53	65 (70)		55	65
4	40	47	60	最小	52	
2	25	33	38	45	33	38
0.063	5.4	6.7	7.7	6.3	6.7	7.2

* ()は最大粒径 14mm の場合

1.4 アスファルト舗装工事の留意点

1.4.1 材料選定・試験における留意点

(1) 舗装材料

舗装工事に使用する材料について材料試験と配合試験を行い、それが仕様書を満足することを確かめる。また、工事の開始に先立っては室内配合試験で得た目標の混合物などが実機プラントで製造され、かつ十分な施工管理を行なえるのかを確認するための試験施工を行うことがある。以下にアスファルト合材を製作するために必要な材料と製作される合材の一般的な種類を示す。

表1.4.1 アスファルト混合物のための一般的な材料

	材 料
アスファルト	舗装用石油アスファルト：針入度等級、粘度等級、PG 等 ポリマー改質アスファルト：ポリマー改質、PG 等
乳剤	カチオン系アスファルト乳剤、カットバックアスファルト等
粗骨材	舗装用碎石、玉砕、砂利、スラグ、リサイクル骨材等
細骨材	天然砂、人工砂、スラグ等
フィラー	石灰岩石粉、回収フィラー、セメント、フライアッシュ等

① 骨材

アスファルト混合物の主たる材料は骨材であり、砂、碎石、フィラーその他材料を指す。また、粒子の大きさによって細骨材と粗骨材に分けられる。

一般に日本ではアスファルト混合物の骨材を2.36mm で区分し、2.36mm 以上を粗骨材、それ以下を細骨材としている。ただし、世界各国とも2.36mm で粗骨材と細骨材の区別をしているわけではない。フィラーとは0.075mm ふるい通過量が70%以上の鉱物質粉末であり、石灰岩やその他の岩石を粉砕した石粉、消石灰、セメント、回収ダストおよびフライアッシュなどを用いる。

舗装用の骨材は、アスファルト混合物の骨格をなす材料であるため骨材の粒度・形状のみならず、そのものの性状が使用目的に合致する材料でなければならない。舗装用骨材として一般的に要求される性質を以下に示す。

A) 所定の粒度や粒形を有している

- ・最大粒形はフィニッシュビリティ、ワーカビリティに影響し、粒度は安定性耐

久性に影響を与える。

・骨材の粒形は立方体に近く稜角に富むものが良い。扁平・細長のものは混合物の安定性を低下させ、ワーカビリティを悪くする。

B) 泥・有機物・ゴミを含まない

・有害物がアスファルト混合物に混ざるとその性質を悪化させる。

C) 耐久性、耐摩耗性に優れている

・施工中の破砕や供用時のすり減りに十分耐える必要がある。

D) アスファルトとの付着性に優れている

・一般的に酸性岩はアスファルトとの付着性が悪い。付着性が悪いと剥離等の問題が生ずる可能性が高くなる。

骨材の性質がアスファルト混合物に与える影響は大きい。走行車両に対する耐摩耗や耐久性に優れ、しかもアスファルトの付着性の良好であるものが骨材選定条件といえる。

② 瀝青材（アスファルト）

アスファルトは温度の影響を受けやすい材料であり、舗装の耐久性に大きく影響を及ぼす。このため使用目的や気象・交通条件に適した性質の瀝青材（アスファルト）を選定することが大切である。改質アスファルトはストレートアスファルトに比べ高価³なため、現場条件を勘案し選定する。

A) 一般的なストレートアスファルト種類別の使い方を以下に示す。

ストレートアスファルト 40/60	一般地域，気温が比較的高く交通量の多い場合
ストレートアスファルト 60/80	一般地域，交通量の多い場合
ストレートアスファルト 80/100	積雪寒冷地域

※40/60、60/80、80/100 はグレイド（針入度）を表す。

針入度等級	40～60	60～80	80～100
針入度 (25℃) 1/10mm	40～60	60～80	80～100
軟化点 ℃	47.5～55.0	44.0～52.0	42.0～50.0
伸度 (15℃) cm	≥10	≥100	≥100
トルエン可溶分 %	≥99.0	≥99.0	≥99.0
引火点 ℃	≥260	≥260	≥260
薄膜加熱質量変化率 %	≤0.6	≤0.6	≤0.6
薄膜加熱後針入度残留率 %	≥58	≥55	≥50
蒸発後の針入度比 %	≤110	≤110	≤110
密度 (15℃) g/cm ³	≥1.000	≥1.000	≥1.000

³ ストアス60-80:57,000円/t、ポリマー改質アス I 型100,000円/t 関東現場渡し（建設物価2016 7月号）

B) 一般的な改質アスファルトを使用する主たる使用目的を以下に示す。

ポリマー改質アスファルトⅠ型	耐摩耗
ポリマー改質アスファルトⅡ型	耐流動性・耐摩耗
セミブローンアスファルト (AC-100)	耐流動

※セミブローンアスファルト (AC-100) はストレートアスファルトに軽度のブローイング操作を加え感温性を改善し粘度を高めたもの。

出典：舗装施工便覧 (H. 18 日本道路協会)

③ アスファルト混合物

アスファルト混合物は、使用する材料（骨材、アスファルトバインダー、添加材等）やその配合によりいくつかの種類に分類される。一般的な分類を以下に示す。

表1.4.2 主なアスファルト混合物の種類

混合物の種類	最大粒形 mm	仕上り厚 cm
粗粒度	20	4-6
密粒度	20	
	13	3-5
細粒度	13	
密粒度ギャップ	13	
開開開粒度	13	3-4
ポーラス	20	4-5
	13	

出典：舗装施工便覧 (H. 18 日本道路協会)

A) アスファルト混合物の種類は骨材粒度によって連続粒度（密粒）、ギャップ粒度、オープン粒度に大別される。これら粒度の概念図を示す。

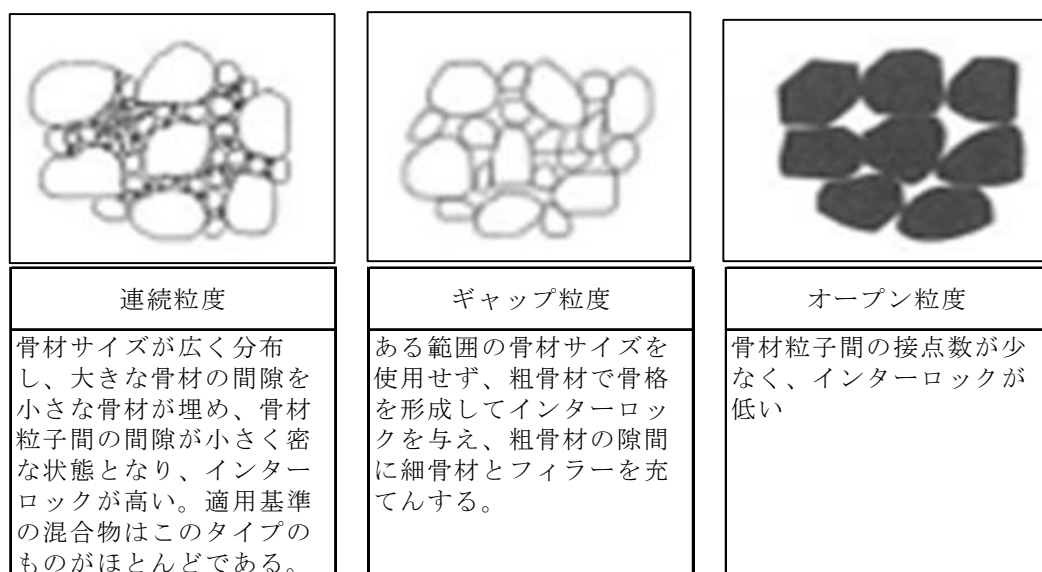


図 1.4.1 アスファルト混合物の粒度（概念図）

- B) 骨材の最大粒径が 20mm のものと 13mm のものとを比較すると一般的に、前者は耐流動、耐摩耗、すべり抵抗性に優れ、後者は耐水性やひび割れに対する抵抗性に優れている。
- C) 一般的に重交通条件下では表層に耐流動性に優れた混合物を、それ以外はたわみ性・耐水性に富み、ひび割れが起こりにくい混合物を選定する。

表1.4.3 代表的なアスファルト混合物

設計基準	舗装施工便覧		南アフリカ		
混合物の種類	密粒	密粒	連続粒度	連続粒度	連続粒度
最大粒径 (mm)	20	13	20	14	10
28			100		
26.5	100				
25					
20			80-100	100	
19.0	95-100	100			
14			-85	80-100	100
13.2	75-90	95-100			
12.5					
10				-85	80-100
9.5					
7.1					-85
4.75	45-65	55-70			
2.36	35-50	35-50			
2			23-49	29-58	32-67
0.6	18-30	18-30			
0.3	10-21	10-21			
0.15	6-16	6-16			
0.075	4-8	4-8	2-8	2-10	2-10

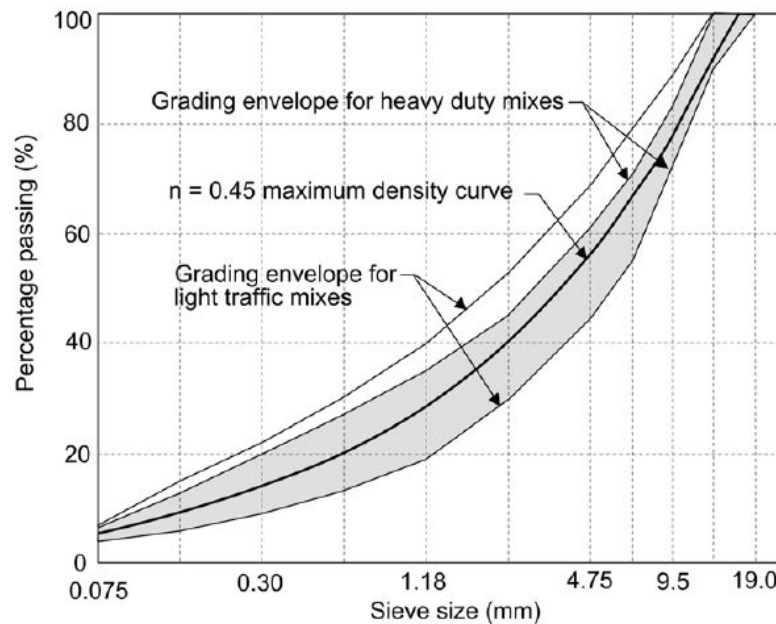


図 1.4.2 オーストラリアの粒度範囲規定（密粒、連続粒度、最大粒径 14mm）

(2) 材料試験

アスファルト混合物の材料試験については、各国で以下のような試験が定められている。

表1.4.4 アスファルト混合物の材料試験

基準名	舗装施工便覧(平成 18 年)	南アフリカ	オーストラリア
アスファルト	針入度グレードアスファルト試験 改質アスファルト試験	Penetration Grade Test PG Test	60℃の粘度で分類 改質アスファルト試験
骨材	粒度試験 比重・吸水率試験 すり減り減量試験 安定性試験	Hardness/Toughness Soundness Durability Shape/Texture Water absorption Cleanliness	Particle size and grading Particle shape Surface texture Resistance polishing Abrasion resistance Durability Strength Cleanliness Particle density Absorption
フィラー	粒度試験 比重試験	Sieve Density Methylene blue	Particle size distribution Moisture content Particle shape Water solubility Loss on ignition Clay content Plasticity index Compacted void content

無償資金協力事業では、一般的に建設業者が日常的な品質管理を行うことから、日常管理に必要な試験所 (Laboratory) を設置することを前提に工事費が積み上げられてい

る。ただし、特殊な試験や試験数が少量の場合、又は材料承認試験の場合には、それらの試験を外部の試験機関へ委託することもある。しかし、途上国の多くの国では、試験機関に計量証明等の義務が無く、試験機の精度に問題がある場合も存在する。このため、施工期間中に外部委託していた試験結果では、全て仕様を満たす結果となっていたが、最終的に別機関で試験を実施したところ、仕様を満たしていないことが判明したという事例もある。このように試験を外部機関に委託する場合には、幾つかの試験機関を事前にチェックし、信頼性の高い試験機関に委託することが望ましい。また、複数の試験機関に委託し、ダブルチェックを実施することも考えられる。または、コンサルタントと施工業者の両者に試験所の設置を義務付けるガーナ国のような例もある。

1.4.2 配合設計・試験における留意点

(1) 配合設計の方法（マーシャル配合試験）

アスファルト舗装の表層には主として加熱アスファルト混合物を用いるが、流動わだち掘れなどに抵抗する路面を確保することが基本である。したがって、アスファルト混合物の品質を決定する上で、配合設計が非常に重要となる。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など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。我が国ではマーシャル配合設計法を用いている。開発途上国に適用されている舗装設計基準においてもマーシャル配合設計法が用いられているが、配合設計を行う際のマーシャル試験基準値、供用後の交通による締固めの影響を配合設計段階でどのように評価するかなどが適用基準によって異なる。

表1.4.5 マーシャル配合試験法の概要

設計方法	マーシャル法
概要	気象条件、交通条件など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 など世界で広く適用されている。
使用材料の選定方法	①アスファルト：気象、地域、交通条件、適用箇所などから選定する。 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。
骨材の評価方法	①粗骨材；清浄さ、粒度、粒形、強度、アブレーション、ポリッシング、吸水量、安定性、有害物量、はく離抵抗性(舗装施工便覧, ORN19 など) ②細骨材；清浄さ、安定性、粒度(ORN19 など)
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。 (舗装施工便覧, ORN19 など)
最終評価方法	必要に応じて塑性変形輪数を確認する(舗装施工便覧)。
重交通路線への対応	ポリマー改質アスファルトの選定、突固め回数と安定度の基準で対応し、塑性変形輪数で性能を確認(舗装施工便覧)。
気象条件(高温/低温)への対応方法	高温条件への対応は重交通路線の対応と同じ、低温条件への対応はアスファルトと混合物種類の選定で対応(舗装施工便覧)。



写真 マーシャル安定度試験装置(自記記録式)

アスファルト混合材の安定度及びフロー値を決定する試験に適用され最大骨材寸法 25.4mm 以下のアスファルト舗装用混合物の安定度及び塑性流動抵抗の測定に用いる。



写真 マーシャル突固め試験機(クランク式)

マーシャル突固め試験機は、マーシャル試験機供試体の作成のための装置で一定の高さからランマーを自由落下させ、突固め台に設置したモールド中の試料を規定の回数で突固める構造である。

各舗装設計基準におけるマーシャル試験基準値は以下のとおりである。

表1.4.6 マーシャル試験の概要

混合物の種類		密粒(20)	密粒(13)
突き固め回数	$1,000 \leq T$	75	75
	$T < 1,000$	50	50
空隙率 (%)		3-6	3-6
飽和度 (%)		70-85	70-85
安定度 (kN)		4.90 (7.35)	4.90 (7.35)
フロー値 (1/100cm)		20-40	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大型車自動車の平均的な交通量である。T=1,000 は約 2.7×10^6 ESALs⁴⁾に該当する。
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 2,000～4,900 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. 耐流動対策は、ホイールトラッキング試験で求まる動的安定度(DS)を用い、その塑性変形抵抗性を評価することによって行う。目標 DS は、表 1.3.5 に示したように、舗装計画交通量(T)が 3,000 台/日未満の箇所では 1,500 回/mm 以上、舗装計画交通量(T)が 3,000 台/日以上で 3,000 回/mm 以上で設定する。

⁴⁾ 舗装の構造に関する技術基準・同解説 平成 13 年 7 月 社団法人 日本道路協会 P57 の図 2-5 より大型車交通量 1,000 台における 10 年あたりの 49 kN 換算輪数を 1,200,000 万輪とした。4 乗則を用いて軸重 80 kN 相当の軸数を計算し 2.7×10^6 ESALs となる。

表1.4.7 マーシャル試験の基準値（参考値：ORN）

a. 80kN ESALs $< 5 \times 10^6$ (98kN ESALs が 2.2×10^6) の場合

カテゴリーと 設計交通 ($\times 10^6$ esa)	マーシャル 突固め回数	最小安定度 (N)	フロー (mm)	飽和度 (%)	最適アスファ ルト量におけ る空隙率(%)
Heavy(1-5)	75	8000	2-3.5	65-75	4
Medium(0.4-1)	50	5300	2-4.0	65-78	4
Light(<0.4)	33	3300	2-4.5	70-80	4

注 1. 最適アスファルト量において空隙率 4%を交通レベルによらず適用する。

出典：ORN19 P20 Table6.3

b. 80kN ESALs $\geq 5 \times 10^6$ (98kN ESALs が 2.2×10^6) の場合 (ORN19)

カテゴリーと 設計交通 ($\times 10^6$ esa)	マーシャル 突固め回数	最小安定度 (N)	フロー (mm)	飽和度 (%)	最適アスファ ルト量におけ る空隙率(%)
Very heavy(>5)	75	9000	2-3.5	65-73	5

出典：ORN19 P20 Table6.4

(2) 配合設計時の留意点

アスファルト混合物の配合設計時における留意事項を以下に示す。

① 室内配合設計；骨材およびその配合割合

- 骨材の品質はすべての規定を満たしているか
- 粗骨材は所要の破砕面を有するか
- 天然砂の使用量が多すぎないか
- 0.075mm ふるい通過量は高すぎないか
- 有機物、粘土分を含んでいないか

② 室内配合設計；瀝青材（アスファルト）

- 入手可能なアスファルトの中で気温条件、交通条件から適切なグレイド(針入度)のアスファルトが選定されているか

③ 室内配合設計；アスファルト混合物

- 混合物の種類は適用する設計基準に指定されている混合物の種類から適正に選択されているか
- 混合物の粒度は、規定された粒度範囲を満たし、各骨材の生産比率や混合物製造上の変動を考慮して設定されているか
- 配合設計法が明記されているか
- 配合設計に用いる供試体作製条件は、交通条件に応じて適切に設定されているか
- 混合物の設計基準は、適用する層や交通条件に応じて適切に設定され、設計基準の項目と基準値が明記されているか
- 配合試験の方法、データの整理方法、最適アスファルト量の設定方法が明記されているか

- g. 耐水性など現場条件に応じて要求される水侵マーシャル安定度試験等適用される試験が明記されているか

④ 実際に使用するアスファルトプラントにおける試験練り、試験施工

- a. 室内配合設計により決定した混合物の品質が要求される基準を満足することを確認できる計画が設定されているか
- b. 試験施工の規模が明記され、実際に使用する施工機械による作業標準設定ができる計画となっているか

⑤ アスファルト混合物の粒度管理

- a. 粒度管理に適用するふるいサイズとその通過量の許容範囲が設定されているか。混合物の品質に与える影響の大きな 2.36mm 通過量と 0.075mm 通過量が必ず取り上げられているか
- b. 工事初期や工事が定常的に安定した段階での粒度試験の頻度、コントロールチャートの利用と是正措置など粒度管理の手法を含めた事項が品質管理計画に設定されているか

その他に以下について留意する必要がある。

● 大型車交通量が多いなど耐流動性が懸念される場合の留意事項

近年、急激な交通量の増大・車両の大型化に伴って、マーシャル安定度試験で設計された舗装が想定よりも早期に、わだち掘れの生じる現象が多くなっている傾向にある。この現象に対する重要な手段は耐流動性が高い混合物を舗設することである。

上述の要求に対しマーシャル安定度試験による配合設計する際の留意事項を以下に示す。

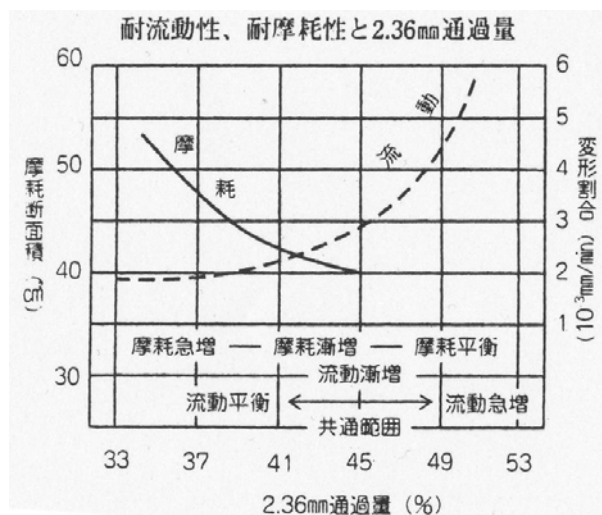
① 目標粒度の設定に関する一般的な考え方

目標粒度を設定する場合の留意事項としては、次の項目が挙げられる。

- A) 仕様書粒度範囲
- B) 施工現場の状況（交通量、気象条件）
- C) 経済性（使用材料の供給状況も含む）
- D) 施工性

まず、A)を満足することは当然であるが、他の項目は工事規模、過去の実績を基に総合的に検討し目標粒度を選定することが望ましい。

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1.4.2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。



出典:技術手帳 1998 日本道路公団試験研究

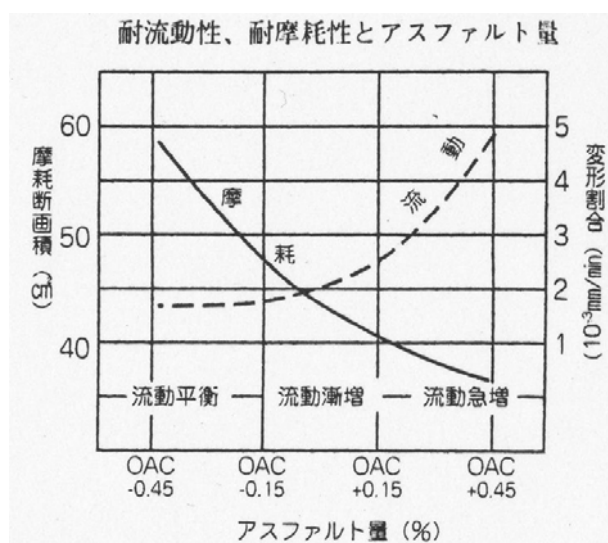
図1.4.2 耐流動性、耐摩耗性と2.36mmふるい通過量の関係

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◎

また、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いった考え方もあるが、図1.4.2 から粒度範囲の中央値が必ずしも理想でない場合が多い。

② 目標粒度に対する設計アスファルト量の設定

アスファルト量の大小は「2.36mm ふるい通過量」と同様に、混合物の耐久性に大きな影響を与える。図1.4.3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。



出典:技術手帳 1998 日本道路公団試験研究

図1.4.3 耐流動性、耐摩耗性とアスファルト量の関係

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◎

共通範囲(すべての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。特に B) 施工現場の状況(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内で減らすこともできる。

以上のとおり、耐流動性と耐摩耗性は配合設計を行うにあたって相反する傾向にある。配合設計を行う際は適用する地域の気象条件や交通量を考慮し、バランスのとれた配合とする必要がある。

表1.4.8 耐流動性、耐摩耗性に寄与する要因

耐流動性	要因	耐摩耗性
少ないほど 良い	2.36mm ふるい 通過量(細骨材量)	多いほど 良い
硬いほど 良い (40-60>80-100)	アスファルトの針入度	軟らかいほど 良い (40-60<80-100)
少ないほど 良い	アスファルト量	多いほど 良い
-	粗骨材の石質	硬質なほど 良い
稜角なほど 良い	細骨材の形状	-

以上はアスファルトコンクリートの耐流動性に関する原理的な考え方、手法である。

大型車交通量が多いなど、耐流動性が懸念される場合の配合設計の配慮、留意事項は次のとおりである。

- ① 適用する設計基準の枠組みは遵守されているか
- ② マーシャル法で配合設計を行う場合、重交通、極重交通に対する設計基準が明記されている方法の使用が指示されているか、明記されているか。粒度範囲の中央粒度と下限側粒度の検討(2.36mm 通過量を変化)が組み込まれ、交通レベルに応じた突き固め回数と容積特性(空隙率、VMA、飽和度)が設定されているか
- ③ 使用アスファルトのグレイド(種類)は上記②に基づいたものが入手可能なものの中で針入度グレイドが最も低いもの、粘度グレイドの最も高いものが選択されているか
- ④ マーシャル法で得られた最適アスファルト量 OAC の検証、修正として refusal density 法⁵が適用される場合、実績が示されているか
- ⑤ ホイールトラッキング試験を用いた動的安定度(DS)の検証が計画に組み入れられているか

⁵ 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させた方法である。本試験方法は高温地域、大きな軸重荷重作用、重車両の緩速走行等、厳しい荷重・走行条件の場合に採用される。試験方法については、マーシャル試験の延長線上にあり、マーシャル試験を補完する試験と言える。

- 骨材比重の変化が懸念される場合の留意事項

アスファルト合材の製作中に骨材の比重が変化した場合に不具合が発生する。配合試験時よりも骨材比重が大きくなるとアスファルトバインダー量が増加し「わだち掘れ」が発生しやすくなることもある。逆に骨材比重が低くなると「付着性の悪いアスファルト合材」になる。これは現在の重量配合の理論からも考えられる。このため、骨材の比重について、採取地が変更になる等の場合以外においても、可能な範囲で骨材の比重を確認することが望ましい。

- 骨材粒度の変化が懸念される場合の留意事項

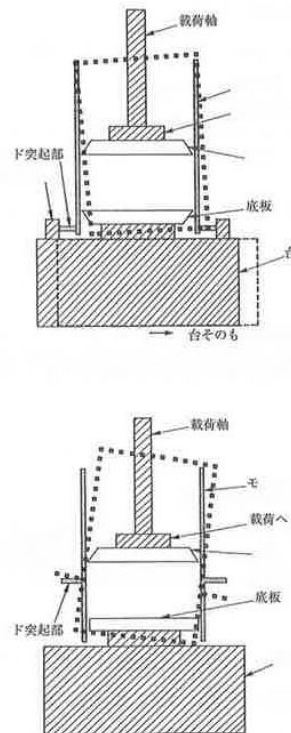
骨材の粒度分布はアスファルト量と密接な関係性がある。砕石に使用される原石または砂の粒度分布が変わる可能性がある場合（原石・砂の採掘層・位置による違い、クラッシングプラントの設備変更等による）にはふるい分け試験の試験頻度を増やす等により正確に管理しなければならない。

粒度分布が変化してアスファルト量への影響が大きいと判断される場合には、新たにアスファルト合材の配合設計をやり直す等の対策が必要となる。

（3）新たな配合設計方法の知見の活用

世界的にアスファルトの配合設計に用いられる「マーシャル配合設計」は、粒度配合を決めてアスファルト量を変化させた多数の試験供試体を作成して確認試験を行うが、多くの研究レポートが、マーシャルランマで締め固めて作成した供試体から求めた空隙率等の特性値が、アスファルトコンクリートの真の品質を代表していないことを問題としている。これはマーシャルランマでの締め固めは衝撃荷重であるが、転圧用ローラや交通荷重による締め固めはニーディングによるものであり両者に違いがあるためである。

このような課題に対して、粒度分布、骨材のかみ合わせ、空隙率の管理によってアスファルト混合物の配合を決定するために「ジャイレトリーコンパクタ」を用いた方法が提案されている。この締め固めの方法は、試験台が旋回して一定の旋回角度を保持しながら締め固める。アメリカの Super Pave Gyrotory Compactor が有名である。



出典：舗装調査・試験法便覧，（社）日本道路協会

図1.4.4 ジャイレトリーコンパクター

（４）骨材のかみ合わせの評価（Bailey Method）

Bailey Method はアメリカの Bailey 氏により開発された骨材配合を決めるためのシステムで骨材の骨格に着目したものである。これは骨材のつまり具合（Packing）を４つの指標で表すことにより定量的な評価・検証が可能となる方法である。

（５）アスファルト混合物の評価方法

アスファルト混合物の仕上がりの性能は、調査対象各国で表1.4.10のように評価されている。

表1.4.10 配合設計／施工段階でのアスファルト混合物の評価

項 目	日本	オーストラリア	南アフリカ
評価方法	耐流動性の評価はホイールトラッキング試験で行う。 その他、必要とされ機能により透水量試験、滑り抵抗性試験、キメ深さ測定試験などがある。	耐流動性は、ジャイレトリコンパクタによる最大旋回数の空隙率で評価する。 耐流動性の性能試験はホイールトラッキング試験で行う。 その他、剥離抵抗、レジリエントモジュラス等の試験を行う。	耐流動性の試験方法は、ハンブルグホイールトラッキング試験や MMLS (mobile load simulator) を使っている。MMLS は、配合の異なる多くの供試体の試験ができる。
試験施工	試験練りは事前審査制度で認定された混合物においては省略することができる。 試験施工は、工事規模や種類により必要とされる場合に実施する。		配合設計は、ラボだけでなく、プラントの試験練り (full production) と 200m の試験施工で確認し、仕様を満たすまで繰り返す。

また、ホイールトラッキング試験の基準は各国で異なり、例えば BS 規格は荷重が 520kN と日本規格の 686kN と比較すると少ないため、DS 値が大きくなる。

BS 規格の T_R (変形率) = 5.0mm/hr 以下の規定は、DS 値で 504回/mm に相当する。BS 規格は試験温度 60℃ と 45℃ を使い分けているが、いずれにしても、日本規格と比較すると穏やかな規格となっている。

表1.4.11 BS ホイールトラッキング試験の限界値と日本基準の比較

項目	日本規格	BS 規格
解析方法	$DS \text{ (回/mm)} = 15 \times 42 / (d_{60} - d_{45})$ d60 : 60 分の変形量 d45 : 45 分の変形量	$T_R \text{ (mm/hour)} = 3.6 (r_n - r_{(n-3)}) + 1.2 (r_{(n-1)} - r_{(n-2)})$ r _n : n 分時の変形量
$T_R = 5.0 \text{ mm/hr}$ から DS への変換	60 分間の走行回数 = 60 分 x 42 回 = 2520 回 $Mm/hr = 2520 \text{ mm/回}$ したがって、5mm/hr は $5 / 2520 \text{ mm/回}$ であるから、この逆数をとると $DS = 2520 / 5 = 504 \text{ 回/mm}$	
最大わだち量 = 7.0mm	45 分走行時の変形量	

1.4.3 アスファルトプラント管理の留意点

(1) アスファルトプラントの型式

アスファルトプラントの形式にはバッチ式プラントと連続式プラントがある。日本国内ではほとんどがバッチ式である。表1.4.12にその特色を示す。

表1.4.12 アスファルトプラントの型式

項目	バッチ式プラント	連続式プラント
特徴	各材料を計量槽で1バッチ分毎に計量してミキサーで混合する。	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	・コールドビン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。 ・多種・少量の混合物製造に対応しやすい	・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。 ・1種類の混合物ならば、大量に安定供給できる。
欠点	連続式に比べて必要な設備が多くなる。	・コールドビンの管理結果がそのまま排出材料の品質に影響しやすい。 ・多種・少量の混合物製造には不向き

※オーストラリアの大手舗装会社には連続式プラントがあるが、コールドビンの材料が細かく分級されていること、貯蔵サイロを6基設置することで欠点をカバーしている。

(2) プラント管理の留意点

アスファルトプラントの品質管理の目的は、基準に見合う均一な材料を安定的に供給することであるが、表1.3.3に示したような不適切管理の事例が確認されている。

プラント管理は、大きく定期管理と日常管理に分けられる。定期管理は、出荷する混合物の配合を決定し、プラントにて製造・出荷するために行う基本となる試験・検査である。日常管理は、製造された混合物が、決定された配合設計に見合うものになっているかを確認するための試験・検査である。前者は、プラント建設時、工事着手前、試験練り時などの生産を休止しているときなどに、定期的（1回/年、1回/月）に実施されるものであり、後者は生産時に日常的に実施されるものである。

つまり、対象となるプラントが、工事に適合する混合物を安定的に製造できるようにするための品質保証はまず定期管理により基本的な条件整備を行う必要がある。次に日常管理では定期管理で得られたデータに基づき、プラント製造工程、材料、練り落とし混合物において、誤差は許容範囲か、変化・異常がないかなどを確認するものであることを理解して管理／監理を行う。推奨される定期管理、日常管理の例を表1.4.13、表1.4.14に示す。

表1.4.13 アスファルトプラント定期管理の例

管理項目	管理箇所	管理内容	推奨する頻度
プラント設備	計量器*（バッチ式）	秤量の精度	工事着手前 1回/年
	コールドビン	骨材流量とフィーダ出力のキャリブレーション	工事着手前 1回/年
	温度計	温度計のタイムラグおよび誤差（表示温度）	工事着手前 1回/年
	アスファルト吐	アスファルト吐出	工事着手前

	出装置	量	1回/年
材料	骨材	粒度	材料基準試験時 配合試験時 試験練り時
		その他の骨材性状	材料試験時 その後は2回/年程度
	フィラー、アスファルト	性状試験	メーカー試験成績表による確認 配合試験時 その後はメーカー推奨頻度による
	混合物	配合試験	工事着手前
		ホットビンのふるいわけ試験 (ホットビン配合比と合成粒度の決定)	試験練り前 試験練り時 試験舗装時
		抽出試験 (アスファルト量、混合物粒度確認)	試験練り時 試験舗装時
		マーシャル試験 (基準密度、空隙率、安定度)	配合試験時 試験練り時 試験舗装時

注：*計量については、印字記録装置があると望ましい。計量器の点検の際に、印字記録装置による打ち出しを行い、計量器の指示値と印字記録値との整合性を確認しておく。

表1.4.14 アスファルトプラントの日常管理の例

管理項目	管理箇所	管理内容	推奨する頻度
常温骨材	ストックヤード コールドビン	粒度	入荷日ごと 定期管理のときから異常がないか
加熱骨材	ホットビン	粒度 ホットビンのふるいわけ試験	出荷日ごと
混合物	練り落とし混合物	抽出試験	出荷日ごと アスファルト量、混合物粒度は基準値に対して許容範囲か
		マーシャル試験	出荷日ごと 基準密度、空隙率、安定度は基準値に対して許容範囲か
	操作盤および自動印字記録装置	印字記録	バッチごと 計量値（印字記録）は基準値に対して許容範囲か

注：粒度、アスファルト量の管理は、印字記録の結果を利用して管理することが望ましい。

ホットビンのふるいわけ試験：各ホットビン（骨材種）別に粒度分布をチェックする。

日常管理において異常が発見された場合には直ちに出荷を停止し、改めて異常個所の点検を実施する必要がある。また、異常発生 の程度によっては、定期管理の頻度を増やすことが望ましい。

バッチ式ではホットビンの配合比は一般的にコンピューター管理(印字記録管理)されているが実際の配合に異常が見られた事例がある。これはホットビンのふるいの目詰

まりなどの原因で各ホットビンの粒度分布に偏りができたことによる可能性がある。このような場合は印字記録管理では対応できないため抽出試験が必要で、アスファルト量はメインの関心事ではない。そのような場合、プラントのスクリーンの清掃、各合材のふるい再試験、ベルトコンベアのスピード調整、採石場の確認等を行う必要がある。図1.4.5にある施工例でのアスファルトプラントの日常管理の流れを示す。

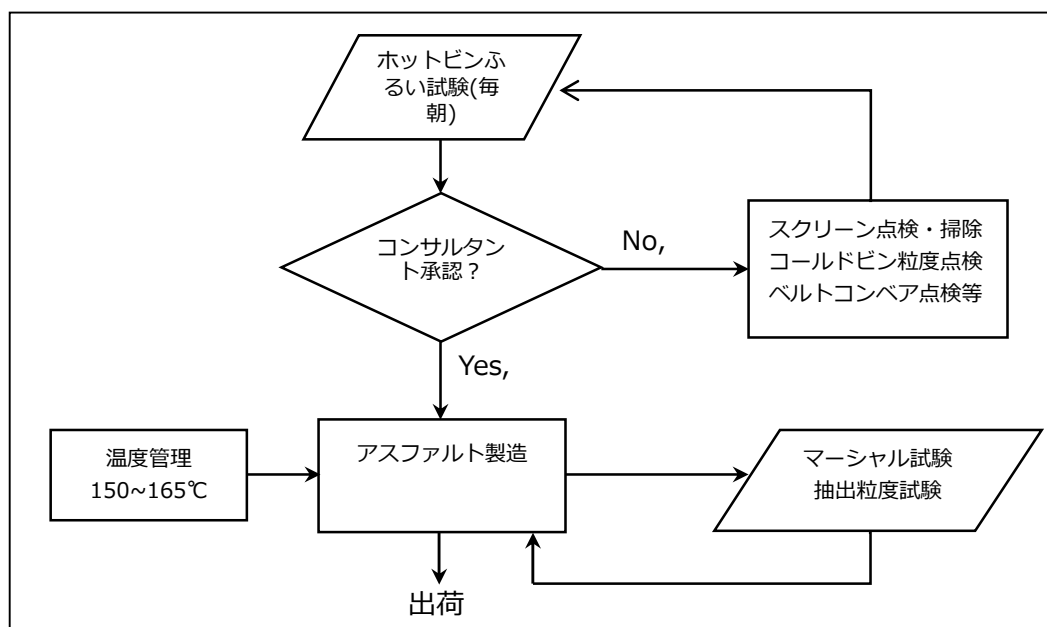


図1.4.5 アスファルト混合物のプラントの日常管理の例

1.4.4 施工及び施工機械に関する留意点

カンボジア国で視察した我が国の無償案件では、以下に示すような施工機械が使用され、且つ適切に管理されていた。

下層路盤工

敷均し：モータグレーダ

転圧：振動ローラ 10 t（起振力 17～25 t）16 回（片道 1 回）

1 層あたり仕上がり厚：200 mm（総厚 400 mm の 2 層仕上げ）

上層路盤工（粒度調整路盤）

敷均し：ベースペーバ（アスファルトフィニッシャ）

転圧：仮転圧 マカダムローラ 10 t 補助的に使用

初期転圧 振動ローラ 10 t（起振力 17～25 t）16 回（片道 1 回）

二次転圧 タイヤローラ 12～16 t ロールマークが消えるまで

1 層あたり仕上がり厚：125mm（総厚 125mm の 2 層仕上げ）

上層路盤工（As 安定処理）

敷均し：アスファルトフィニッシャ

転圧：初期転圧 マカダムローラ 10 t 4 回

二次転圧 タイヤローラ 12～16 t 18 回（片道 1 回）

仕上げ転圧 タンデムローラ 7 t ローラマークが消えるまで

1 層あたり仕上がり厚：100 mm

一般的に国内では、路盤工に振動ローラを使用する例は少ない。舗装施工会社に汎用性がないこと、マカダムローラに比較してやや高価であること、振動が周囲環境に影響を与えることなどが理由と思われる。しかしながら、現地での調達の容易さ、締固め能力などから有効であると思われる。

施工編成、転圧回数などは試験施工（必要に応じて複数回実施されている）により確認されており良好である。施工中は適宜散水により含水比を調整するなど、締固めに留意していた。特に碎石路盤は密度を上げることで強度、安定度が確保されるものであり良好な例である。

他現場（中国工区）では、ベースペーバで敷均し、振動ローラで転圧していた。その時の施工厚さは 270 mm（敷均し厚か仕上がり厚かは不明）であった。粒状路盤の一層の仕上がり厚は 200 mm 以下を標準とされているが、この編成であれば、試験施工等で所定の締固め度が保証されていれば問題ないと思われる。

1.5 施工監理のあり方と留意点

1.5.1 施工監理の体制と役割

(1) 施工監理におけるコンサルタントサービス

施工監理コンサルタントは、発注者の代理人として、施工業者が請負契約を発注者と締結した後、工事に関わる種々の契約履行の義務を果たすため、設計図書に基づいて、決定、証明、命令を施工業者に行う。また、コンサルタントは、建設完了まで発注者とともに技術上の責任と義務を持って、コントラクターが施工を忠実に実施するよう監理する役割を負っている。具体的には、コンサルタントは発注者の代理人として以下の業務を行う。

- 入札に関わる手続き、評価、発注者への助言
- 特殊工事や材料納入に携わる業者の選定
- 施工中の工事に対する管理
- 工事中に発生する問題への対処
- コントラクター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
- 発注者とコントラクター間の契約に関する紛争についての第一判定者

コンサルタントは施工の進捗に合わせて技術的判断を行い、コントラクターに以下に示す承認、命令を与える権限を与えられており、それらを実施する義務を負っている。

- コントラクターの要員に関する承認
- 工事手順、工程に関わる承認
- 工事数量に関わる承認
- コントラクターに支払う暫定的な金額に関わる承認
- 費用金銭額の証明出
- 出来高数量と出来高金額の証明
- 工事完成またはメンテナンス期間満了の証明
- 契約不履行の証明

(2) コンサルタントサービスの具体的な内容

コンサルタントは、施工監理を行うコンサルタントの立場から、品質確保に一定の責任を負う。以下に舗装工事の流れを示すが、コンサルタントは一貫して施工業者の実施する品質管理に対する確認義務を負っている。

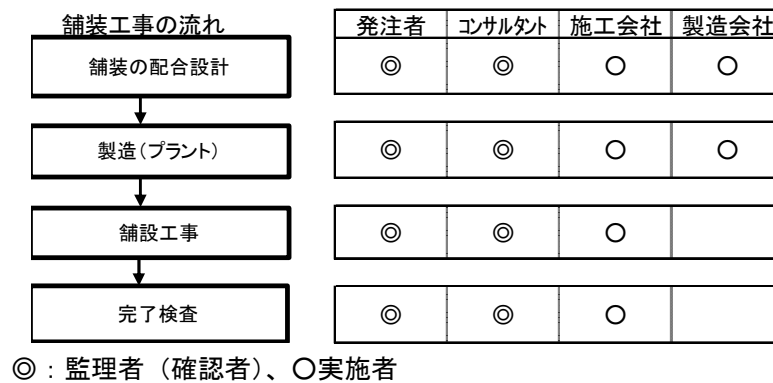


図1.5.1 舗装の施工と承認の流れ

建設期間中の品質管理については、建設会社（Contractor）と権限の与えられたコンサルタント（Engineer）の2者による管理システムが採用されている。南アフリカの「SAPEM」では、建設会社の役割を「Quality Management」、コンサルタントの役割を「Quality Control」と定義している。

表1.5.1 Quality Management versus Quality Control

Quality Management (Contractor)	Quality Control (Engineer)
Prevents problems (問題の防止)	Reacts to problems (問題への対応)
Does the right thing (正しい行動)	Does the right thing (正しい行動)
Controls activity (管理行為)	Provides end inspection (最終確認)
Involves all people in the organization (全ての関係者が含まれる)	Places reliance on quality control specialist (品質管理者に依存する)
Places responsibility for quality with the people who do the work (作業を行う者に品質に責任を持たせる)	Client supervision (クライアントの代理監理)

日本語訳が難しいため、原文（英文）併記とした。

出典：South Africa Pavement Engineering Manual

コンサルタントの役割については、発注者の代理人として以下の活動をカバーすることが「SAPEM」の中で求められている。

- 契約上のクライアントの方針
- プロジェクト組織
- 契約行為に対する責任と権限
(ホールドポイントの設定と解除、監理と検査、不適合排除)
- 手続き（契約管理、紛争、契約金の変更、不適合の確認と是正、検査を含む監理、現場協議、購入とリース、ホールドポイントと立会ポイント、記録、トレーニング）
- 全ての関係者が要求する工事工程

- 契約に基づく検査スケジュール

また、コンサルタントの実施する施工監理に参加する「materials supervisory staff」については、特に役割の重要性について記載されており、以下の活動を実施できる能力を持ったスタッフが必要であるとしている。

- プロジェクトの仕様と要求に関する知識
- 生材料の特徴、性質の評価
- 材料の選定と使用
- 使用（設計）材料の査定と変更への気配り
- 適切な建設プラント監理
- 適切で一貫した工事プロセスと技術
- 自然環境へのこだわり（支持）（天候や気温）
- 完成部分の目視確認
- 所定（適所）の材料試験
- 平坦性、幅、層厚の管理
- スムーズな表面の最終仕上げ
- 完了作業の査定と結果の報告
- SANS17025（ISO17025）に関する知識
- 試験所の品質、及び手順の検査に関する知識
- 竣工の記録

（3）コンサルタントサービスの実施体制

コンサルタントへの調査結果では、無償資金協力事業に対する日本人常駐施工監理者の数は1～2名、ローカル技術者の数も2～4名であることが一般的である。しかし、調査した各国舗装工事の事例では、主任常駐監理者、舗装技術者、品質管理技術者に経験豊富な人材を常駐技術者として配置しており、加えて一定規模のローカル技術者を雇用して施工監理を実施している。また、これまでの調査結果によれば、舗装工事の不具合については「不良材料の利用」、「不適切なプラント管理（プラントの品質管理）」が主な要因となっている。

現状においても、配合設計やプラントの立ち上げ時など舗装専門技術を派遣して適切な監理を実施しているコンサルタントもいる。コンサルタントには、配合を確認する行為に対する責任が存在することから、契約論から品質管理の責任は施工業者にあるとするのではなく、コンサルタントと施工業者が協力できる体制をとる必要がある。

1.5.2 施工監理計画書作成要領

(1) 施工監理計画書への記載内容

施工監理計画書が適切に運用されているプロジェクトでは、コンサルタントは、初期の試料の採取から試験まで立会いにより確実な監理が実施されている。コンサルタントが施工監理計画書を作成する際には、このような試験や立ち合いの頻度を品質管理の重要性を考慮して作成することが必要である。適切な施工監理計画書として、少なくとも次の事項を記載することが望ましい。

施工監理計画書の目次（例）

1. 案件概要

1.1 案件概要

1.2 位置図

1.3 平面図／標準横断図

1.4 主要工事の内容／数量

2. 案件に固有の条件等（外部条件）（この章は案件毎に記載する内容が異なる）

2.1 工事範囲と用地取得

2.2 公共施設の移設

2.3 規制地域（自然公園や軍用地）

2.4 特殊な地盤条件（軟弱地盤、問題土）

2.5 排水（流末）計画

2.6 工事中の迂回路（切り回し）

3. 施工監理の方針・体制

3.1 施工監理の方針

3.2 施工監理の範囲（責任範囲）

3.3 施工監理の体制（役割分担と監理者の責任範囲）

3.4 施工会社の役割と責任

4. 施工監理の方法（品質/工程管理）

4.1 主な適用基準

4.2 指示・承認・連絡のルール

4.3 提出/承認が必要な事項

4.4 検査/承認の対象となる項目・時期・方法

4.5 会議の開催

4.6 記録と書類の保管方法

4.7 工程管理（工事工程を添付）

5. 工事の安全管理

5.1 コンサルタントの安全管理に係る方針・体制・方法

5.2 安全管理上特に留意すべき事項

5.3 緊急連絡網

6. 環境管理計画

6.1 環境管理計画

6.2 環境モニタリング計画

6.3 適用基準

7. その他

7.1 施工監理計画書の更新

添付資料

- ・品質管理項目一覧表（工種・項目・確認（試験）方法・参照する基準及び基準値・検査（試験）頻度・不合格の場合の処置・記録の整理方法・備考）
- ・出来形管理項目一覧表（同上） ・工種・項目別インスペクションシート

なお、JICA の案件では、2015年11月以降に閣議決定された案件について、施工監理計画書の作成が契約上義務付けられ、コンサルタント契約書に明記された。

(2) 施工監理計画書の例

他ドナーや現地政府が発注する海外業務では、施工監理計画書を「QUALITY ASSURANCE MANUAL (QAM)」、又は「QUALITY ASSURANCE PLAN (QAP)」と呼ぶ。以下に海外業務における一般的な施工監理計画書の目次構成を示す。この目次構成からわかるように、コンサルタントの責任について、計画書内に明確に示している。

1. INTRODUCTION	
2. OBJECTIVE AND SCOPE OF QUALITY CONTROL	
2.1 General	
2.2 PRE-REQUISITES OF EFFECTIVE QUALITY CONTROL	
3. QUALITY MANAGEMENT FRAMEWORK （コンサルタントの体制を明記）	
4. RESPONSIBILITIES of the CONTRACTOR and the CONSULTANT	
4.1 Contractor's Responsibilities	
4.2 Contractors Construction Activities	
4.3 Consultant's Responsibilities（各エンジニアの作業内容を規定）	
5. QUALITY ASSURANCE SYSTEM	
5.1 General	
5.2 Method Statement（工種毎の仕様、試験、合格ラインについて規定）	
Clearing & Grubbing	Annex 1
Earthwork	Annex 2
Sub-base	Annex 3
Base Course	Annex 4
Asphalt Concrete	Annex 5
Pipe Culvert, Drainage	Annex 6
Bridge	Annex 7
Fabrication of RC Pipe	Annex 8
5.3 Inspection and Test Plan (ITP)	
5.4 Request for Inspection (RFI) Book	
5.5 Support Documents (Same unique number as the RFI)	
5.6 Other Means of Communication, Confirmation and Action	
6. QUALITY CONTROL TEST PRO FORMA	
6.1.Pro forma for QC Tests	
6.2.Survey Strip Layer Chart - Key Plan	

また、無償資金協力事業で実施された「ラオス国 国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画」の例では、以下に示す4つの計画書を作成している。

- PROJECT MANAGEMNT PLAN (PMP)
- PROJECT QUALITY CONTROL PLAN (PQCP)
- PROJECT ENVIRONMENTAL CONTROL PLAN (PECP)
- PROJECT OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PLAN (POHSP)

1.6 施工管理のあり方と留意点

1.6.1 施工管理の体制と役割

(1) 施工業者の役割

施工管理とは、建設工事の施工手段（人・労力、材料、方法、機械、資金）を選定し、施工計画を立て、目的（適切な品質・工期・価格）を果たすために、原価管理・工程管理・品質管理・安全管理等を行うことである。

施工業者は、発注者と契約を締結した後、発注者の示す施工に関する条件に合った建造物の構築に対して工事を遂行する義務を持つ。

(2) 施工管理体制の強化

近年発生した我が国の無償資金協力の道路事業の流動わだち掘れについては「不良原材料の利用」、「不適切なプラント管理（プラントの品質管理）」が主な要因となっている。このことから、工事の規模にもよるが、舗装工事については少なくとも舗装施工技術者、品質管理技術者（配合設計）、プラント技術者については常駐の経験と実績のある技術者であることが望ましい。日本人とは記載しないが舗装に精通した熟練技術者の配置を技術仕様書なり契約書に明記することが重要である。

品質管理の第一義的責任は、施工業者にあるが、配合設計、プラント管理に精通し、かつ、現地の材料事情に詳しい舗装施工の専門家は限られる。このような状況から、品質を保証するためには、現地の材料事情等に詳しい舗装の専門家を配置するとともに、コンサルタント側の舗装技術者と協力することが重要である。

(3) 事前資格審査（PQ）条件の見直し

現在の無償資金協力事業の事前資格審査（PQ：Pre-qualification）段階では、会社の財務状況、会社の工事实績など、会社の経営状況と実績のみを条件としている。しかし、本調査で確認された舗装に関する問題（表参照）は、会社規模や実績によらず発生していることから、実際に舗装工事（施工と品質管理）を担当する技術者には、以下のような知識が必要である。

施工管理：

工程管理、出来形・品質管理、原価管理、安全管理などの知識が含まれる。

舗装種別ごとの施工方法：

舗装の種類によって施工方法や使用する機材は大きく異なるため、これらに関する知識

材料の配合や製造方法：

舗装が扱う材料は多岐にわたる。それらについて、設計で要求された性能を満足す

るために、調達可能な材料を適切に配合・調整して製造する方法に精通している必要がある。

このため、以下の要件を満たす技術者の配置を事前資格審査の中で求めていくことも今後検討されるべきである。

① 舗装施工管理者

- 舗装施工管理技術者資格1級
- 同種気候地域（高温地域や寒冷地域）での舗装工事経験（国内外問わず少なくとも1件）
- 同種道路（都市道路や山岳道路）での舗装工事経験（国内外問わず少なくとも1件）

② アスファルトプラント管理者

- 国内でのアスファルトプラントの管理経験（少なくとも1件）

③ 品質管理者（配合設計責任者）

- アスファルト配合設計経験（国内外問わず少なくとも3件）

なお、入札段階で評価することも考えられるが、最低応札者を交渉順位1位とすることが原則であること、価格評点と技術評点の基準を作成する必要があること、などから PQ 段階での条件設定が妥当であると考えられる。

1.6.2 施工管理計画書作成要領

施工計画の策定に当たり、施工業者は以下に示す基本事項を検討しなければならない。

- 発注者より指示された契約条件
- 現場の立地および制約条件
- 基本工程
- 施工体制
- 施工方法と施工順序
- 品質管理計画
- 使用機械設備の選定
- 使用資材の選定と搬入計画
- 仮設備の計画と配置
- 日常の安全衛生管理体制、緊急時の体制
- 交通管理
- 環境保全対策（騒音・振動対策、水質汚濁防止対策、建設廃棄物処理計画、等）

また、施工計画書作成（施工業者が作成し、施工業者とコンサルタントで合意する）における記載事項、及び注意事項を以下に示す。

- a. 諸資料の把握：設計図書、仕様書および契約条件の調査、現地調査により判明した事項。
- b. 施工の基本方針：工種ごとの施工数量および使用する資材の規格・数量。工種ごとの施工方法。使用する機械の種類、台数、施工の順序。
- c. 工程計画：稼働日数の算出基礎となる気象条件および機械、資材、労働力等の資料収集。作業能率の算定およびそれに基づく稼働計画。工種ごとの工程計画、工期内の稼働の平均化を図った全体工程計画。
- d. 仮設備計画：
- e. 直接仮設：工事に直接関係する工事用道路、工事用電力、給排水施設、プラント、材料仮置場等必要と思われる設備
- f. 間接仮設：工事に直接関係のない事務所、宿舍、食堂、試験室、倉庫、資材および機械置場等必要と思われる設備と敷地
- g. 機械計画：工種別の使用機械名、型式、機械諸元、製造会社、使用台数等のリストアップ。施工機械の仕様計画、拘束期間。
- h. 資材計画：工種別の使用数量の算出。工種別、月別資材使用計画。
- i. 労務計画：工種別人員配置、工種別担当者の決定。職種別、月別稼働人員の計画
- j. 輸送計画：資材、使用機械、仮設材等の搬出入に用いる車両の日運搬量、日延台数。運搬経路および交通安全対策。特殊資機材の運搬に対する許可。
- k. 現場管理計画：安全衛生管理計画。機械管理計画
- l. 施工管理計画：工程管理計画。出来高管理計画。品質管理計画。写真管理計画。
- m. 労務管理計画：雇用管理責任者の選任、雇入れ等。下請業者の教育、指導。

出典：舗装工学ライブラリー7 舗装工学の基礎

なお、施工計画書作成時には、以下の点について十分確認する。

- 適用する設計基準は何か
- 混合物に使用する各材料は所要数量を安定して確保できるものか
- 各材料は設計基準の品質規定を満たすか
- 適用した混合物の配合設計方法は何か、混合物は品質基準を満たすか
- アスファルトプラント管理方法は、プラント製造は品質を満たすか
- 施工方法は施工機械とその編成を含めて適正化か
- 品質管理計画は適正に設定されているか
- 上記事項が施工計画に組み入れられているか

1.7 特に考慮が必要な条件

1.7.1 問題土

(1) 問題土とは

道路工事を行う上で問題となる土として、分散性土（カンボジア、ラオス等）、膨張土（南アジア、東アフリカ等）等があり、一般に「Problem Soil」として扱われる。それぞれ、道路工事の品質に与える影響が大きいことから、これらの問題土が確認された場合には適切な対応を図る必要がある。

(2) 問題土の判定

表1.7.1 各国問題土の判定基準

基準名・作成年度	判定法	留意点等
オーストラリア 舗装ガイドライン	PIによりある程度判定できるが、膨張試験での判定が望まれる。(表1.7.2参照)	州により、膨張土が存在するため対策の基準が整備されている。
舗装設計便覧 道路土工－軟弱地盤 対策工指針 (日本)	軟弱地盤対策工指針に、高有機質土、有機質土、火山灰質粘土等の高含水比粘性土が挙げられている。水分含有量、膨張率、N値などが含まれる。 対策工は、路体安定の検討を実施したうえで、最もコストが安くなるように路床改良の程度を決める。	開発途上国の問題土は、判定のための土質試験の方法なども異なる。
南アフリカ舗装ガイドライン 2013	問題土として、膨張土、分散性土等の特徴が記述されている。 乾燥地域の高い塩分を含む土壌による損傷が別途記述されている。	問題土に関する知見が整理されている。
タンザニア 舗装基準 1999 材料試験 2001 CML Test 1.9	通常の土質試験（PIが20以上）等からブラックコトン等の膨張土の疑いのある土壌について追加試験、詳細な膨張性試験を行い、膨張性により膨張土を3種類に分類する。(表1.7.3参照) 膨張土に対する対策工は、膨張性の程度によりコストを考慮して置き換え工が提案されている。	問題土の存在、種類、判定などについて整理され記述され、分散性土壌（粘土）*の識別に関する記述がある。 乾燥地帯の高い塩分を含む土壌による損傷に関する記述がある。 高塩分土壌に対する対策工が記述されている。

*）分散性土：交換し易いナトリウムの含有率の高い土壌で水により溶解するようになくなる。

表1.7.2 オーストラリアの膨張土の判定基準

Expansive nature	Liquid limit (%)	Plasticity Index	PI x % < 0.425 mm	Swell (%)*
Very high	> 70	> 45	> 3200	> 5.0
High	> 70	> 45	2200–3200	2.5–5.0
Moderate	50–70	25–45	1200–2200	0.5–2.5
Low	< 50	< 25	< 1200	< 0.5

膨張率（Swell）は標準締固めを用いた最適含水比（OMC）と最大乾燥密度の98%で計測（4日水浸、4.5kg ランマー使用）

出典：Austroads, Guide to Pavement Technology, Part 2 Pavement Structural Design

表1.7.3 タンザニアにおける膨張土の分類

膨張率 ε_{ex}	分類
< 20	Low
20 – 50	Medium
> 50	High

出典：Tanzania, Pavement Materials Design 1999

南アフリカでは、膨張土の判定のために、以下の試験を実施することとしているが、膨張性土を判定するための具体的な数字は、基準として示されていない。

- 粒度分布
- PI（液塑性限界）
- 膨張度

（3）分散性土壌

【分散性土壌とは】

分散性を呈する土砂として可能性のあるのは、白色のシルトである。このシルトは、乾燥すると白色の硬質なシルトとなる。分散性土は、降雨や洪水に対して溶解するような性状を示し、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やシンクホールとも呼ばれる）と呼ばれる陥没が発生し、道路の品質を損なう大きな原因のひとつとなっている。カンボジア国で実施された JICA 調査によれば、分散性土の対策としてはセメント安定処理がある程度有効である。



写真 発生したドラゴンホール

カンボジアやラオスでは、ドラゴンホールと呼ばれる盛土に発生する縦方向の穴が問題となっている。穴は、盛土上面や斜面に下方に鉛直に貫通する形で発生し、直径 20cm - 50cm 程度のものが多い。ドラゴンホールは、盛土の施工者によらず一般的に発生していることから、盛土材料の性質に起因していると考えられる。原因として考えられるのは、各国の堤体で問題となっている分散性土が盛土材に含まれることである。

【分散性土壌対策】

盛土材に分散性土が含まれる可能性がある場合、路体への浸水を防止するため、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（路肩など）を設置し路体を保護する構造とする。

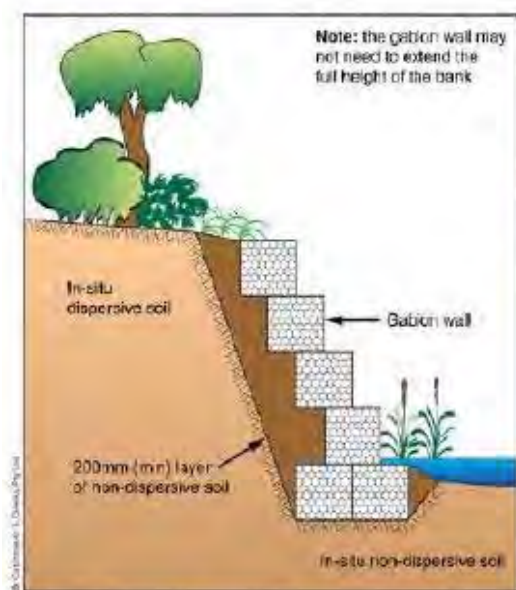


Figure 18 – Gabion stabilisation of gully banks containing dispersive soils

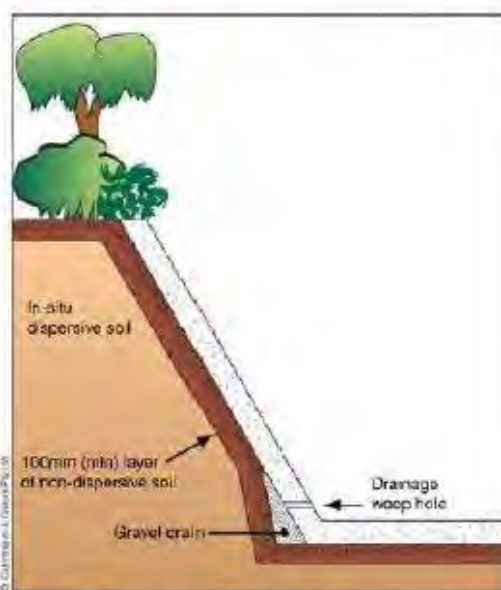


Figure 19 – Placement of hard linings over dispersive soils

図1.7.1 分散性土壌対策事例：良質土を吹きつけ蛇籠・コンクリートライニング設置



写真：分散性土壌対策の現場試験

(4) 膨張土（ブラックコットンソイル）

【膨張土とは】

ブラックコットンソイルに代表される膨張土は、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。膨張土については、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。



写真 湿った状態の膨張土（粘土状）



写真 乾燥状態の膨張土（CBR 調査等では高強度を示す場合がある）

なお、膨張土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。以下に示す写真は、膨張土により破損に至った舗装である。



写真 エチオピア国：都市部幹線道路
膨張土（ブラックコットンソイル）の影響により、舗装下部の支持力が低下し、表面にわだち掘れが発生したもの。



写真 南アフリカの事例（膨張土により盛り上がったカルバート上の道路）

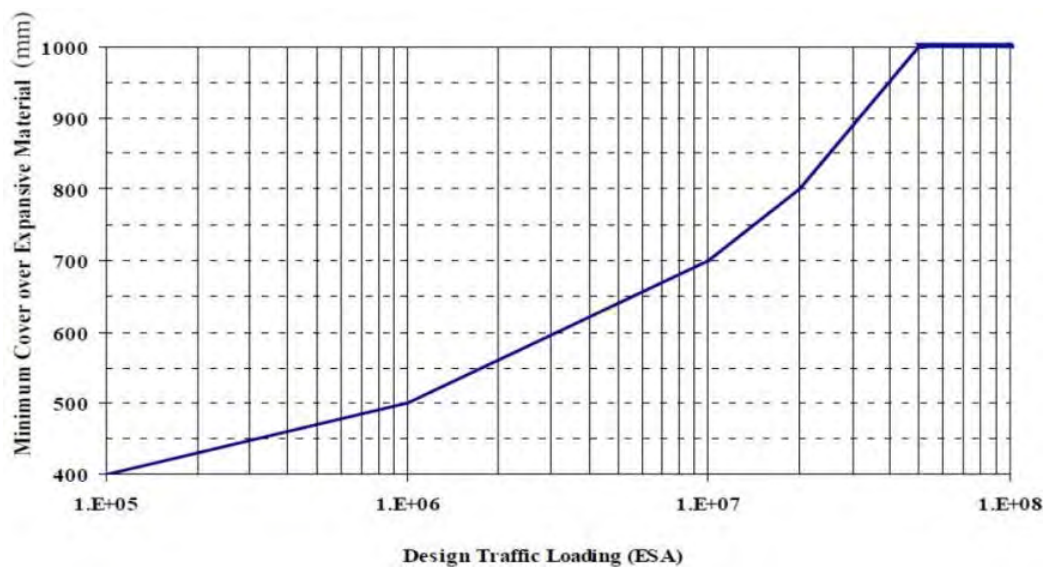
出典：SAPEM Chapter-6

【膨張土対策】

以下に、膨張土による道路建設上の問題を抱える各国の対策案を示す。

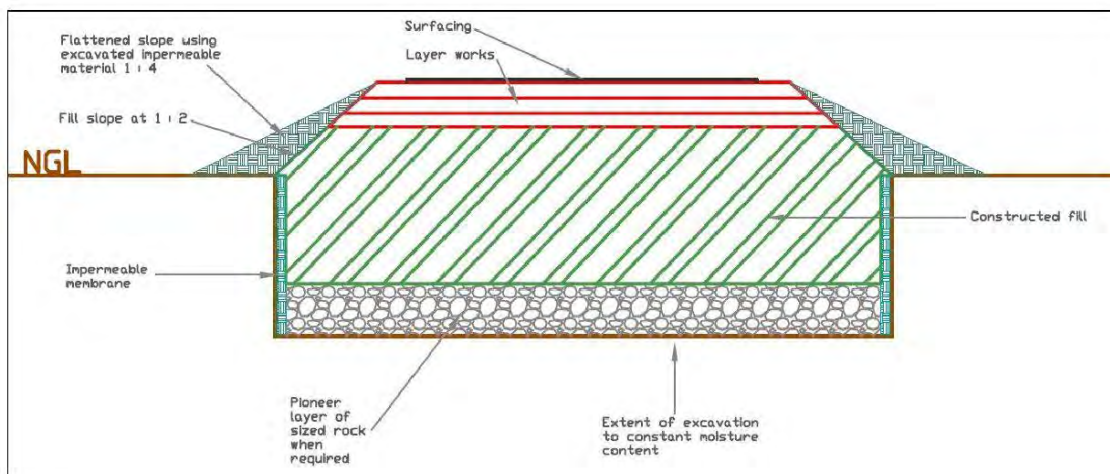
表1.7.4 膨張土対策工基準

対象国	推奨対策案
オーストラリア	基準により最少 150mm のキャッピング層の設置、交通量に応じて 400mm～1000mm のキャッピング層の設置
南アフリカ	置換え（具体的な数字は無い） 水分量変化の抑制 置換え＋遮水
タンザニア	置換え＋押さえ盛土
エチオピア	線形改良 掘削/置換え 石灰安定処理 水分量変化の最小化、
ジンバブエ基準	700mm の置換え
ケニア基準	1000mm の置換え
インドケーススタディ	1000mm の置換え
SATCC	1000mm の置換え
アメリカ	最大 1500mm の置換え



出典：Austroads, Guide to Pavement Technology, Part 2 Pavement Structural Design

図1.7.2 オーストラリアにおける膨張土のキャッピング層の厚さ



出典：SAPEM Chapter-6

図1.7.3 南アフリカにおける膨張土の対策例

タンザニアでは、TANROADS の舗装設計マニュアルの中に、膨張土対策工が表1.7.5のように示されている。

表1.7.5 分類別に示される対策工

膨張率	対策工	
	幹線道路（舗装道路）	その他（舗装道路）
Low $\varepsilon_{e\lambda} < 20$	路肩シール 法面勾配 1:6	
Medium $\varepsilon_{e\lambda} < 20 - 50$	図1.7.4上段参照 路肩シール、法面勾配：1:6以下 最少盛土厚：1.0m	
High $\varepsilon_{e\lambda} > 50$	図1.7.4中段及び下段参照 置換え厚：0.6m、最少盛土厚：1.0m、路肩シール、法面勾配：1:6以下 最少路肩幅：2.0m	
	代替案：無	図1.7.4上段 参照 路肩シール、最少路肩幅：2.0m、最少盛土厚：1.0m、法面勾配：1:6以下

表1.7.5の対策工を図化したものが図1.7.4である。最上段の図は、膨張率（Low）に対応しており、盛土の高さは考慮されていない。下2段の図は、膨張率（Medium）と膨張率（High）の膨張土に対する対策工であり、盛土の高さ別に対策が規定されている。

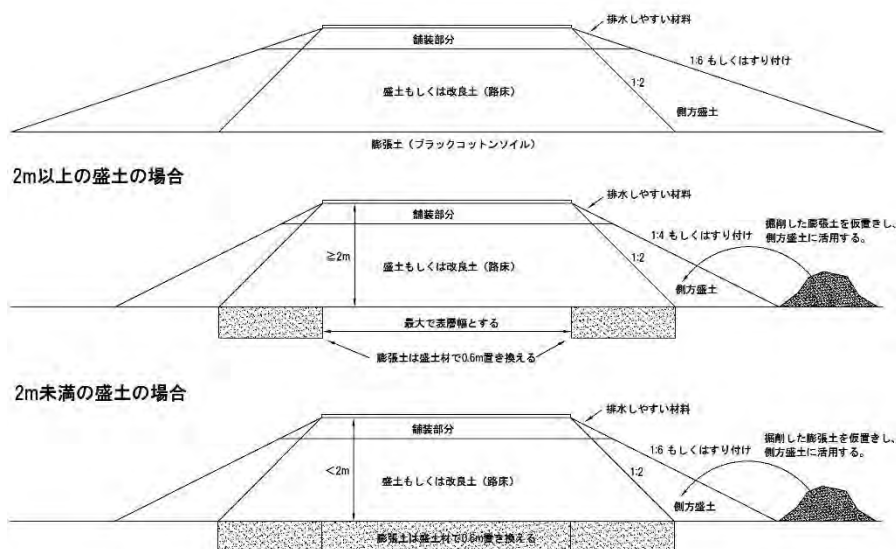
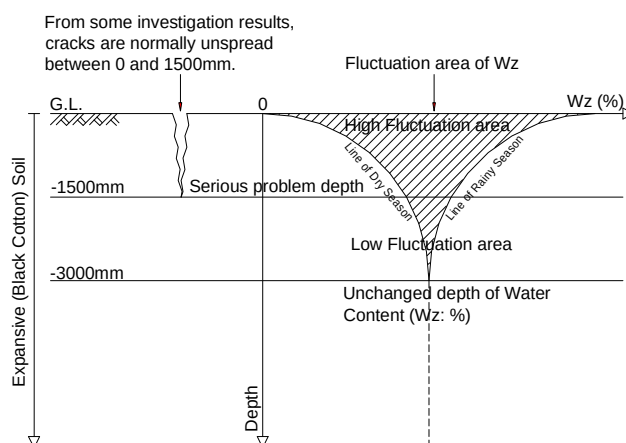


図1.7.4 膨張土対策工（TANROADS 舗装設計マニュアル）

我が国の無償工事で実施されてた「エチオピア国第四次幹線道路改修計画」では、アディスアベバ大学の土質学の教授へのヒアリングを実施している。ヒアリングによれば、雨期、及び乾期の水分量の変化により、ブラックコットン層で含水比の変化が生じるのは地表から3mまでであり、特に影響の大きい範囲は地表から1.5mまでとのことである（図1.7.5参照）。このヒアリング結果を参考に、同改修計画では、ブラックコットン地帯を道路が通過する箇所については、地表下3mまで遮水シートを設置し、含水比の変化を抑える対策を採用した。



出典：第四次道路改修計画調査報告書

図1.7.5 ブラックコットンソイル層の含水比の変化

(4) 施工時の特殊土の管理

現場において特殊土が発生し、その対策工を実施した場合には、その記録を詳細に残しておくことが望ましい。これは、瑕疵期間のみならず供用後に問題土区間で不具合が発生した場合の対策工実施の証明、及び対策工の妥当性の検証に用いられる。詳細に残す記録としては、以下のものが想定される。

① 施工方法

施工方法の妥当性を示すために、対策工実施の状況を写真で記録しておく。特にブラックコットンソイル等の膨張土の場合、掘削区間をシート養生するなどして、掘削部の含水比の変化を防ぐことが重要である。また、同様の理由により、埋め戻し作業も極力早く（可能な限り1日以内）実施することが望ましい。このような場合には、施工状況等の記録を写真により残すことが重要である。

② 掘削土量

問題土と判定された土を置き換える場合には、掘削土量の記録を残しておく。前述のように、掘削後に早急に埋め戻す必要がある場合には、コンサルタントやクライアントの立ち会いをその都度要求することが困難なことも予想される。このため、50m程度毎に掘削断面の計測を写真撮影とともにに行い、平均断面法により掘削土量を把握する。

③ 品質管理

品質管理としては、埋め戻しに用いる良質材の品質記録（粒度分布、強度、必要に応じて透水係数等）、施工時の転圧管理（巻き出し厚、密度管理等）記録を残しておく。特に、埋土し・転圧作業が急がれ、通常の砂置換法による管理では時間がかかる場合には、RI計器を用いた管理が推奨される。

④ 残土処理

問題土と判定された土の中には、道路建設上は好ましくないが、農業用の適土となるものがある（例えばブラックコットンソイル）。このような土の処理については、現地政府及び地元代表者等と協議を行い、残土処理の方法を決定する。また、処理方法についての合意文書を記録として残しておくことが望ましい。

1.7.2 セメント安定処理路盤

(1) セメント安定処理路盤に関する各国の基準

セメント安定処理路盤の採用は、路盤材料の塑性指数（PI）に十分注意する必要がある。無償資金協力事業においてもセメント安定処理路盤の強度不足、及び劣化に関する報告がされている。ここではセメント安定処理路盤の骨材規定や品質試験方法を示す。

セメント安定処理路盤の適用に関しては、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。

表1.7.5 セメント安定処理路盤の骨材の規定

基準名・作成年度	規定	留意点等
舗装設計便覧 (日本)	「下層路盤の場合」 骨材はPIが9以下、修正CBRが10以上 「上層路盤の場合」 骨材はPIが9以下、修正CBRが20以上 粒度分布（通過質量百分率） 53mm-100%、37.5mm-95～100%、19mm-50～100%、2.36mm-20～60%、75 μ m-0～15%	コスト（セメント量）を考慮した規定である。
オーストラリア	下層路盤材のセメント安定処理に対する望ましい品質として細粒分のありあいとPIで規定している。 0.425mm 通過分の割合>25% PI $\leq$ 10 0.425mm 通過分の割合<25% PI $\geq$ 10 も許容される	
南アフリカ舗装ガイドライン 2013	セメント安定処理についてはC1～C4までの規格があり、それぞれの規格ごとに混合する骨材の規定が定められている。	セメント安定処理は基本的に推奨されていない。
ORN31 1993	セメント安定処理に適した骨材は、ある程度粗骨材を含む連続した粒度の骨材を推奨している。 やむをえない場合は、骨材の粒度が不良な場合やPIが大きい材料のセメント安定処理を許容している。	骨材の粒度が不良な場合やPIの許容値を具体的に記載していない。 コスト（セメント量）、損傷を考慮した骨材の選択法が明確に示されている。

	この場合、セメント含有量の増加によるコスト増、ひび割れ、レフレクションクラックの発生、中性化による劣化のリスクが高いとしている。	
SATCC 舗装設計 基準 1998	セメント安定処理に適した骨材は、PI が 10 以下で様な粒度分布がよいとしている。	現地発生材を使用する場合、性状を確認し性能をチェックする必要がある。 適した骨材のPIを規定している。
ラオス Road Design Manual 2003	下層路盤のセメント-石灰安定処理に適した骨材は、PI が 30 以下。その他粒度の規定あり。	より塑性的な土の使用が認められている。(タイの基準に準拠)
カンボジア	CBR $\geq$ 20% 0.075mm 通過分<40% 0.425mm 通過分の PI <20	

PI*: Plasticity Indexの略で塑性指数を示す。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。

また、セメント安定処理に関し、現地発生材の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必要がある。

表1.7.6 セメント安定処理路盤の一軸圧縮強度の最大値、品質試験方法

基準名・作成年度	特徴	留意点/弱点
ORN31 1993	一軸圧縮強さが比較的高い(3.0-6.0MPa)セメント安定処理材の使用も認めている。セメント含有量の増加によるコスト増、ひび割れ、レフレクションクラックの発生、中性化による劣化のリスクが高いとしている。 劣化の試験方法として wet-dry brushing 試験を規定している。	粒度分布とPIから、セメントと石灰の使い分けを規定している。 (表1.7.7 参照)
AASHTO Guide 1993	乾湿試験 (ASTM D559-96)、凍結融解試験 (ASTM D560-96) を規定している。	
SATCC 舗装設計 基準 1998	一軸圧縮強さは、最大で 1.5-3.0MPa を推奨している。 ラボでの試験混合 (セメント量、水分量を考慮) による確認を推奨している。 劣化の試験方法として wet-dry brushing 試験を規定している。	現地発生材の使用は限られるが、性状を確認し、性能をチェックする必要がある。 乾湿の繰り返し劣化試験を規定 セメント量 (強度) を制限
ラオス Road Design Manual 2003	安定処理後の品質は 修正 CBR (7 日間水浸) : 60 以上 PI : 15 以下	乾湿促進による劣化が規定されていない。

南アフリカ舗装ガイドライン 2013	一軸圧縮強さ 6.0～12MPa, 一軸圧縮強さ 3～6MPa に分類される高強度のセメント安定処理材は、ひび割れとリフレクションクラックを発生するので通常使用しない。 セメント安定処理材の一軸圧縮強度の上限値は 3.0 MPa セメント安定処理で発生する問題は、所定の引張強度が得られていないことが理由とし、引張強度試験を規定。 セメント安定処理の強度は劣化するのでこれを考慮した設計、試験による確認が必要であるとしている。(Wet/dry bushing test 等を規定.)	現地発生材の使用は限られるが、性状を確認し、性能をチェックする必要がある。 (圧縮強度、引張強度、劣化度) セメント安定処理に関する最近の知見がまとめられている
舗装設計便覧 (日本)	「下層路盤の場合」 一軸圧縮強度 (7 日強度、6 日養生、1 日水浸) : 0.98Mpa 「上層路盤の場合」 一軸圧縮強度 (7 日強度、6 日養生、1 日水浸) : 2.9Mpa 試行による確認が必要	
オーストラリア	0.7Mpa < UCS < 1.5MPa (28 日養生、4 日水浸)	
カンボジア	粒度の規定(表に示す) CBR ≥ 30% 0.075mm 通過分 < 2/3 0.425 通過分 0.425mm 通過分の PI < 20	

表1.7.7 効果の期待できる定処理方法

Type of stabilisation	Soil properties					
	More than 25% passing the 0.075 mm sieve			Less than 25% passing the 0.075 mm sieve		
	PI≤10	10<PI≤20	PI>20	PI≤6 PP≤60	PI≤10	PI > 10
Cement	Yes	Yes	*	Yes	Yes	Yes
Lime	*	Yes	Yes	No	*	Yes
Lime-Pozzolan	Yes	*	No	Yes	Yes	*

Notes. 1. * Indicates that the agent will have marginal effectiveness
2. PP = Plasticity Product (see Chapter 6).

出典：ORN31 Table 7.2

(2) 日本の知見

無償資金協力で実施された道路改修事業において、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。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、十分に知見が伝承されていないと思われるが、日本 (NEXCO) に次のような知見がある。

NEXCO の設計要領第一集（舗装編）では、「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。

① 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い。
- 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/cm²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/cm²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。

上記の結果を受けて、昭和42年のアスファルト要綱の改訂では、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/cm²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。

② 「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。

(3) オーストラリアの知見

オーストラリアでは、上層路盤にセメント安定処理を施す場合のアスファルト舗装厚は175mm 以上とする。セメント安定処理層とアスファルト層の間にチップシールを施すことが多い。これは、セメント安定処理の養生、滑り防止とリフレクションクラックの

防止を兼ねている。

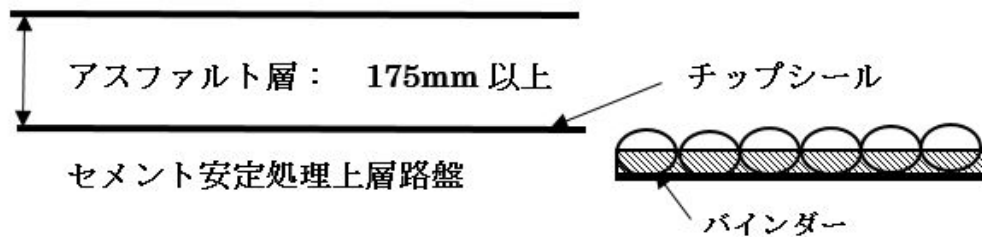


図1.7.6 セメント安定上層路盤上のアスファルト舗装

(4) 南アフリカの知見

南アフリカでは、重交通路線に対してセメント安定処理路盤を上層路盤に使用することは、以下の表に示すようにほとんどの場合について推奨されていない。

表1.7.8 Recommended Pavement Types for Road Category and Design Traffic Class

Pavement Type		Road Category & Design Traffic Class								Reasons for Exclusion
		A		B			C			
Base	Subbase	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

凡例：✓使用可、×使用不可

セメント安定処理を使用する場合の骨材の規定は表1.7.9のとおりである。

表1.7.9 TRH14 Classification of Cementitiously Stabilised Materials

Class	C1	C2	C3	C4
Material Class Before Stabilisation	G2	G2/G3/G4	G5/G6	G5/G6
Aggregate Quality Before Stabilisation				
Grading (Sieve size, mm)	Nominal Maximum Size of Aggregate (percent passing)		Maximum size in place after compaction should not exceed two thirds of the compacted layer thickness, or 63 mm, whichever is the smaller.	
	38 mm	28 mm		
38	100			
37.5	95 – 100			
28	90 – 100	100		
26.5	78 – 98	88 – 98		
20	75 – 95	85 – 95		
19.0	68 – 88	74 – 86		
14	65 – 85	71 – 84		
5	48 – 62	45 – 64		
4.75	45 – 60	42 – 60		
2.00	41 – 53	27 – 45		
0.425	30 – 47	13 – 27		
0.075	5 – 12	5 – 12		
Crushing strength ACV (max) or 10% FACT (min)	29% 110 kN		Not applicable	
Flakiness Index	Max 35%		Not applicable	
Sand Equivalent	Max 30% for any sand added to correct the grading		Not applicable	
Design Strength of Stabilised Materials				
Class	C1	C2	C3	C4
Unconfined compressive strength: (UCS) at 7 days, 100% MDD	Min 6 Max 12	Min 3 Max 6	Min 1.5 Max 3.0	Min 0.75 Max 1.5
Atterberg Limits after Stabilisation	Not applicable		Max 6	

また、セメント安定処理に関しては、以下の品質管基準が示されている他、幾つかの試験（劣化試験、間接引張試験等）が提案されている。

表1.7.10 Additional Standards for Cementitiously Stabilised Materials

Classification	C1	C2	C3	C4
Material before treatment	At least G2 quality	At least G4 quality	At least G5 quality	At least G6 quality
PI after treatment	Non-plastic	Non-plastic	6 max ¹	6 max ¹
UCS (MPa) ²	6 min	4 min	1.5 min	0.75 min
ITS (kPa) ³	–	–	250 min	200 min
Wet/dry durability (% loss) ⁴	5 max	10 max	20 max	30 max

Notes:

1. For materials derived from the basic crystalline rock group, the Plasticity Index after stabilisation shall be non-plastic.
2. Unconfined Compressive Strength @ 100% MDD.
3. Indirect tensile Strength @ 100% MDD.
4. Wet/Dry Durability according to SANS 3001-GR55.

1.8 流動わだち掘れ対策の基本（案）

1.8.1 配合設計

（1）配合設計の考え方

流動わだち掘れ対策としての配合設計のアプローチには経験的なアプローチと理論的なアプローチ（容積設計法）がある。

【経験的なアプローチ】

（方法1）細粒度側の分布において、粒度分布曲線の中央値以下を目標とすることを基本とし、その他アスファルト量、種類の選定、回収ダストの上限以下に管理、骨材の粒形などの指標・事項に配慮する。なおアスファルト混合物（HMA）の諸性能はマーシャル法によって管理する。⇒日本の「舗装施工便覧」など

（方法2）ホイールトラッキング（WT）試験による動的安定性（DS 値、塑性変形輪数）の指標を設定し管理目標とする。この場合は、必ずしもマーシャル法による性能管理を前提としない。⇒ 国交省道路局「舗装の構造に関する技術基準」（平成13年）

【理論的なアプローチ】

（方法3）粗骨材がかみ合って骨格（skeleton）を形成することによって、耐流動性を確保することをめざし、路面での輪荷重による影響の再現性に優れるジャイレトリーコンパクタによって締め固めて、その管理指標として空隙率（VIM）を使って耐流動性の管理を行う。⇒SUPERPAVE、Austroads: Guide to Pavement Technology, The South African National Roads Agency: South African Pavement Engineering Manual

（参考1）耐流動性をめぐる2つのアプローチ

- ① 耐流動性は As 混合物の力学的抵抗性（マーシャル試験の安定度）の達成によって実現する。（合わせてスティフネス（安定度/フロー値）を確保する。）
- ② 耐流動性は As 混合物の骨材のかみ合いによって実現する。別の表現では As 混合物のアスファルト量は締め固められた後の骨材間隙を越えるべきではなく、ある程度空隙を残すことである。

後者の「骨材のかみ合い」理論では、配合設計のための締め固めにはジャイレトリーコンパクタを、計算手法としては容積設計法を採用している。たとえばアメリカでは巨費を掛けて開発された SUPERPAVE はこのような体系となっている。

1.8.2 マニュアルへの反映方法（案）

無償資金協力事業において、日本のコンサルタント、建設業者が配合設計・施工を行うことを前提に以下のような対策を推奨する。

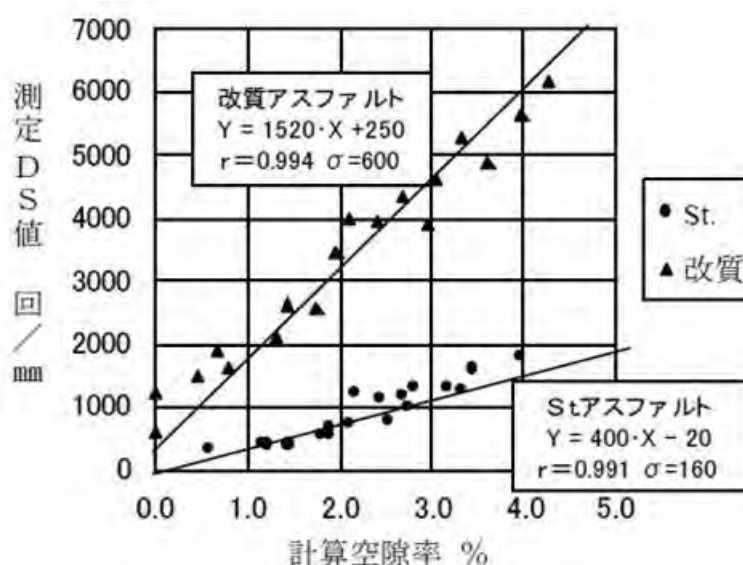
(1) 基本的な構成案

- ① JICA 案件における流動わだち掘れを特に考慮すべき状況、わだち掘れのメカニズム
- ② JICA 案件における流動わだち掘れ対策の中心的技術の事例
- ③ 参考技術 (SUPERPAVE、Austroads、南アの取り組み紹介)

(2) 中心的技術に関する具体的な論理展開

- 1) 流動わだち掘れは、大きな輪荷重 (重車両) と長い作用時間 (低速運行)、高い路面温度といった環境条件の中で、舗装のアスファルトが軟化し、特に、その際に骨材のかみ合いが確保されていない場合に発生する。
- 2) 対策としては、細粒度側の分布において、粒度分布曲線の中央値以下を目標とすることを基本とし、その他アスファルト量、種類 (針入度) の選定、使用する回収ダストの管理、骨材の粒形などの指標・事項に配慮する。
- 3) 上記対策では、耐流動性の定量的な判定がなされない (担保されていない) ので、下記のような方法で耐流動性の確認を行うことが望ましい。場合によっては発注の仕様とする。

- ① ホイールトラッキング (WT) 試験 (日本仕様) により、ストレートアスファルト仕様の As 混合物でたとえば DS 1,500 回/mm を確保する (図 1.8.1 参照)。
- ② SGC (米国 SUPERPAVE 仕様のコンパクタ) で、交通量に応じた究極旋回数 N_{max} において、一定の空隙率 (2%) を確保する。



出典：「骨材空隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案」
郡司保雄・井上武美・赤木寛一 (土木学会舗装工学論文集 第5巻 2000年12月)

図1.8.1 計算空隙率とDSの関係

- 4) 急こう配区間、重交通区間など DS 1,500 回/mm では耐流動性が不十分と判断された場合や、骨材等の理由から、ストレートアスファルトでは目標の達成が困難は改質剤の使用を検討する。

第2章 現地調査の報告（アジア地域）

2.1 調査目的

2.1.1 調査目的

舗装先進国であるオーストラリア、及び無償資金協力事業による道路整備事業が実施された途上国（カンボジア）にて、ハンドブックに反映すべき情報を収集する。前者では最新の舗装、アスファルトの配合設計の動向、品質管理に関わる基準類や事例の収集、現場視察を行い、後者では、破損の発生原因に関係する施工監理、配合設計、プラント管理、その他品質管理の実態について、地元関係者へのヒアリングと現場視察を行う。

2.1.2 調査メンバー

表2.1.1 現地調査メンバー

ポジション	名 前	担当
JICA	田中 幸成	資金協力業務部 実施監理第一課
JICA	古木 守靖	資金協力業務部 国際協力専門員
コンサルタント	岡村 憲光	業務主任／品質管理
コンサルタント	古川 聡哉	施工／機材管理

2.1.3 調査行程

調査行程を以下に示す。

表2.1.2 現地調査行程

月 日		行程及び調査概要
1	4月3日（日）	日本発 カンボジア着
2	4月4日（月）	韓国工区現場視察 NR21, MPWT PWRC ヒアリング
3	4月5日（火）	中国工区現場視察 NR6-A ・8、WKK 砕石工場見学
4	4月6日（水）	NR1 現場事務所（片平）ヒアリング、視察、TMC As プラント視察
5	4月7日（木）	中国工区現場視察 NR5、NR5 片平事務所ヒアリング
6	4月8日（金）	つばさ橋 舗装等ヒアリング、視察、NR11 橋梁視察
7	4月9日（土）	カンボジア発
8	4月10日（日）	オーストラリア着
9	4月11日（月）	Downer 舗装設備、プラント現場視察及びヒアリング
10	4月12日（火）	Boral 試験所視察 及びヒアリング
11	4月13日（水）	JACOBS （コンサルタント）ヒアリング
12	4月14日（木）	ARRB ヒアリング
13	4月15日（金）	大林組 豪州事務所ヒアリング オーストラリア発
14	4月16日（土）	日本着

2.2 調査結果

2.2.1 面会者とヒアリング内容

面会者とヒアリング内容を以下に示す。

表2.2.1 面会者とヒアリング内容

面会者	ヒアリング内容
<u>MPWT PWRC</u> Mr. Khun Sokha (Deputy Director)、Mr. Hum VUTHY (Deputy Director)	・施工管理体制、品質管理 ・ラテライトの適用、セメント安定処理 ・アスファルト合材の生産、材料監理 ・排水問題
<u>WKK 砕石工場</u> Mr. Sinal (Engineer)、Mr. Piseth (所長)	・砕石設備（砕石、洗浄、ストックヤード） ・生産している粗骨材、細骨材 ・品質試験
<u>国道1号線 現場事務所（片平）</u> 森田所長、成川技師、 宍戸技師（TMC アスファルトプラント）	・施工管理体制、品質管理 ・施工計画書、配合設計 ・セメント安定処理 ・施工前の CBR 試験 ・配合設計 ・プラント管理 ・上層路盤施工 ・路盤施工機械 ・アスファルト安定処理の施工
<u>国道5号線南区 事務所</u> 水石プロジェクトマネージャー	・舗装構造、排水対策 ・中国工区との比較 ・材料調達の計画 ・交通荷重、交通安全施設など ・下層路盤材としてのラテライト材の検討
<u>つばさ橋 現場事務所</u> 住友三井建設：鈴木所長、 長大：大山、 オリエンタルコンサル：李	・施工管理体制について ・材料の調達 ・プラント管理 ・施工機械 ・舗装構造、施工 ・橋面舗装管理
<u>Downer（アスファルト材料生産、施工業者）</u> Mr. Pat Capaan (NSW Client Relations Manager), Mr. Warren Carter (National technical Manager), Mr. Paul Sherry (Assistant Production Manager), Mr. Dougall Broadfoot (State executive Officer-NSW, AAPA: Australian Asphalt Pavement Association)	・配合設計、配合試験機 ・ジャイレトリコンパクター ・試験用ふるい ・使用材料（砕石） ・コールドビン、ホットビンの数 ・耐流動性の対策 ・フィラーの規定
<u>Boral Materials Technical Services Laboratory</u> Mr. Trevor Distin (National Technical Manager), Mr. Bob Bornstein (Manager), Dr. Alexandru Let, Mr. Georgr Calvar (Laboratory Manager)	・骨材の試験 ・ジャイレトリコンパクター ・ホイールトラッキング試験 ・他の性能試験 ・CBR 試験

<u>JACOBS（コンサルタント）</u> Mr. Branko Cerecina (Practice Leader Pavement Engineering)	・オーストラリアの舗装技術基準 ・舗装設計基準の実態 ・コンサルタントの施工監理 ・セメント安定処理 ・膨張土（ブラックコットン）対策 ・プラントコントロール
<u>ARRB</u> Dr. Michael Moffatt（舗装研究室長、PIARC 舗装委員）、Mr. Kieran Sharp（REAAA 技術委員長）、Dr. Didier Bodin (Principal Research Engineer), Mr. Shannon Malone (Laboratory Manager)	・オーストラリアの舗装技術基準 ・ブラックコットン対策 ・舗装設計法 ・路床の CBR 試験 ・路盤の締め固め基準 ・路盤材としての Natural Gravel の使用 ・セメント安定処理 ・改質アスファルトの使用実態 ・ジャイレトリコンパクター ・ハードアスファルト ・施工監理
<u>大林組 豪州事務所</u> 定松所長、田中副所長、Scott Wright (Senior Manager)	・オーストラリアのゼネコン、舗装業者 ・コンサルタント

2.2.2 ヒアリング結果（概要）

（１）カンボジア

1) MPWT PWRC

- 長期間大きな損傷もなく供用されているようなプロジェクトは、発注者、コンサルタント、施工業者が協力、専門技術に納得しあって実施している。このようなプロジェクトは、品質管理がしっかり行われており、材料等も厳しく管理試験し、駄目なものは reject し、交換する方法を取っている。
- 上層路盤にセメント安定処理を適用することは、現在禁止している。
これは、かつて中国の幾つかのプロジェクトで、軟弱な路床、下層路盤に対処するため、セメント安定処理上層路盤の強度で支持しようとした。供用後、交通量の多い区間で上層路盤が破壊し、維持管理に非常な苦労をしたことによる。
- 下層路盤に現地発生材のラテライトを使う場合は、下層路盤材の PI、CBR 等の基準を満足するものを使っている。基準を満足しない場合は、セメント安定処理をして使っているが、安定処理をする材料自体が PI を満足するもので処理後の CBR を満足するものを使用している。
- オーバーレイの事業が多くなることを見越して、多くの舗装（プラント）業者が進出している。業者によっては、数基のプラントを所有しているところもあり、大きなプロジェクトでは、現地にプラント移送して設置している。
- 粗骨材様の碎石の性質は、山によって異なる。強い良好な碎石が取れるところもあれば、そうでないもないところもある。
- 細骨材は、川砂、砕砂を使用している。カンボジアの川砂は強くてよいものが

多い。砕砂の製造方法は、業者により違いがある。

2) WKK（ワールド開発工業）砕石工場

- ジョークラッシャ、コーンクラッシャを使って、碎石を生産している。骨材のサイズは通常 5～25mm, 0～5mm である。（主に、コンクリート用）インパクトクラッシャを使用していないので、扁平な碎石が 20～30%含まれる。
- 含水比の管理のための加水設備や洗浄設備はない。ストックヤードには、屋根、サイロではなく野積みである。
- 碎石：25-5：5-0 の混合はペイローダーでバケット混合している。粒度調整碎石のためのミキシングプラントはない。
- 岩質は石灰岩（Limestone）で品質は良く密度も高い。社内にはラボはなく、試験は MPWT のラボに試験体を送って実施している。MPWT のラボで試験できない場合は、日本に試験体を送って試験をしている。

3) 国道1号線 現場事務所

「事務所ヒアリング」

- 入札図書に日本人とは記載していないが舗装に精通した熟練技術者の配置をスペックで義務つけている。上層路盤のアスファルト安定処理の開始時期よりアスファルト技術者を配置している。
- 路床の CBR による強度評価、路盤の施工、アスファルト安定処理の試験施工などコンサルタントが全て試験に立ち会って、確認している。施工業者も品質管理について、よく理解してきており、丁寧に行っており、信頼できることが分かってきたので、試験、立会い頻度を減らせると考えている
- 施工開始前の CBR 試験が義務付けられている。原位置で採取した試料をラボで CBR 試験。試料採取から試験まで全てコンサルタントが立ち会っている。
設計 CBR は 3 以上。採取間隔は 200m。現場での約 40%で路床の置き換えあり、厚さ 500mm、置き換え材料はメコン川の川砂で CBR は 16%。
- 施工中は、ブルーフローリングを丁寧に実施し、強度の不足箇所がないように管理している。

「現場視察」

- 上層路盤の粒度調整碎石はソイルプラント（ミキシングプラントを使用）で配合。
配合比は M-30：20-10：5-0＝70：20：10
- 上層路盤の施工機械は以下のとおりである。
敷均し： ベースペーパー
初期転圧：マカダムローラ 回数記載なし
二次転圧：振動ローラ 10t 16pass
仕上げ転圧：タイヤローラ 12～16t 回数記載なし
- アスファルト安定処理の使用機械、施工管理は以下のとおりである。
①使用機械（敷均し、転圧機種の種類）

敷均し：フィニッシャ

初期転圧：タンデムローラとマカダムローラの両方の記載有 6 pass

二次転圧：タイヤローラ（おそらく 12～16t）20 pass

②温度管理の目標値（到着温度、敷均し温度、転圧温度）

到着温度：150±11℃

敷均し温度：145±11℃

初期転圧温度：135±10℃

二次転圧温度：110℃以上

③締固め度の管理（切取コア）

手法と頻度：切取コアによる管理、頻度不明

基準値：95%以上（マーシャル供試体に対して）

「アスファルトプラント」

- TMC の合材プラントは、新潟鉄工社製、製造年不明（相当古い）、60 トン/H
粗骨材：20-13mm（呼び名は 25mm）、JIS では 5 号砕石相当
13-5mm：JIS では 6 号砕石相当
細骨材：5-0mm、川砂、または、スクリーニングス
フィラー：2 次集塵のダストは使用せず廃棄している。
アスファルト：カンボジアで一般に使用されている 60/70 のストレートアスファルト。
- 流動わだち対策というわけではないが、熱帯の高温下ではマーシャル安定度として 10kN の達成を目指しているが、骨材の扁平度や細粒分の管理の問題等があり配合設計を検討している段階である。
- ホットビンのサイズ（スクリーンの網目サイズ）
ホットビンの数は 5 であるが、日本人技術者がアスファルト合材に使用する細骨材（5mm 以下）の粒度分布を調べた結果、2.5mm 通過量のバラツキが大きいため、2.5mm の通過量を管理するためホットビンのサイズを 5～0mm から 5～2.5mm、2.5～0mm に変更した。
- プラント検査の項目、頻度
頻度：工事着手前に 1 回
項目：温度計、計量器、骨材流量
- ホットビンの粒度管理、日常管理
ホットビン：1 回/日、出荷開始初期
マーシャル試験：1 回/日
抽出試験：1 回/日
- アスファルト合材の品質管理
練落とし混合物を目視で確認する。
プラントマンによる計量値の確認、印字記録装置はないので操作版の目盛りを目視でチェックする。

4) 国道5号線南区 MPWT 事務所

- 舗装構造は、下層路盤は碎石、上層路盤：20～25cm 厚の粒度調整碎石で施工は2層仕上げ、基層：5x2=10cm、表層：5cm
下層路盤材としてのラテライトの使用は考えていない。
日本の ODA として、質の良いインフラ（道路）を提供するのが使命である。
- 一方、中国工区は、下層路盤：ラテライト、上層路盤：27cm 厚の碎石、施工は起振力 25 トンの振動ローラによる 1 層仕上げ、表層：7cm
- 材料試験を実施し碎石場と土取場の候補地を指定している。
- プノンペンから距離があるが、プノンペンの碎石場やアスファルトプラントを使うかどうかは、採算性を考慮して、入札する施工業者が決定する。
- 瀝青材は、通常使っている 60/70 のストレートアスファルトを使用する。

5) つばき橋

- コンサルタントは、舗装工事期間、舗装技術の専門家を 2 名配置し、配合設計、試験、舗設の監理を行った。施工業者の舗装の QC エンジニアはフィリピン人。
- 舗装業者は、有力な 5 社の中からアンケート、ヒアリングを行って選定。
- アスファルト合材プラントは舗装業者のプラントを現場に移設。プラントのキャリブレーションは移設後に行った。
- 路盤材はサプライヤーから直接に調達。国道 3～4 号線の近辺の碎石場。アスファルト骨材、アスファルトは、LS が業者から購入。アスファルト 60/70 は、タイのテイプコより購入。
- 路盤の締固めには起振力 25 トンの振動ローラを使用。
- 路床の上部は、セメント安定処理。ブルドーザーを使用して混合。下層路盤は、碎石をセメント安定処理。30cm 厚。セメント量 1～2%。強度が出すぎて許容値内に入れるのに苦労した。上層路盤は粒度調整碎石 13cm
- 橋面舗装では、ベトナムにおける不具合などを参考にし、基層の下の防水層は特に、丁寧に行った。防水層にはシート系と塗布系を使用した。
- 技術仕様書においてマーシャル安定度÷フロー値(Ratio Marshall Stability (KN) / Marshall Flow (1/100cm))が高い値を必要としている。この値が高いと、ある程度流動わだち掘れに強いと考えられる。

(2) オーストラリア

1) Downer（アスファルト材料生産、施工業者）

- 配合設計・配合試験は、ジャイレトリーコンパクターを使用した容積設計法が主である。地方道や一部の州でマーシャルを使っている。
ジャイレトリーの回転数は、120 回（設計）と 350 回（リフューザル）である。
120 回のとき空隙率 3～6%、350 回のとき 2%以上。回転角は 2 度に固定。
- 耐流動性対策としては、供用 12 ヶ月後のわだち量（5mm）を規定する方法。ホイールトラッキング試験により 10,000 回の繰り返しに対し 3mm の基準による方

法がある。

- 耐流動性の材料として改質アスファルト（表層、中間層、基層のうち表層のみ）、硬質アスファルト（EME、enrobés à module élevé）を限定的に使用。
- フィラーの含有量は1～2%、回収ダストはフィラーに含めず細骨材に含める。
- 試験用ふるいは日本より種類が多い。

19 mm、13.2、9.5、6.7、4.75、2.36、1.18、0.6、0.3、0.15、0.075

ホットビンの数は日本とほぼ同じ

4～5 ビン： (28-20)、20-14、14-5、5-2.5、2.5-0

2) Bora Materials Technical Services Laboratory

- ジャイレトリコンパクタには、ジャイロパックとサーボパックがある。
ジャイロパックの標準径は100mm、最大粒が20mm 以上の場合、径は150mm
- ホイールトラッキング試験の試験機は日本と比較し小型で安価。
耐流動性の基準値は繰り返し10,000回（4時間）に対し3mm。
(DS≒ 3,300回/mm)
試験温度は60度が基本、70度、90度でも試験は可能。
ホイールトラッキング試験の供試体の空隙率は5%に固定。

3) JACOBS

- 舗装設計法には、Empirical design methods と Mechanical design method がある。Empirical design methods は、碎石道路、アスファルトの表面処理道路にのみ適用する。本舗装は Mechanistic design methods により設計する。Mechanistic design methods は、アメリカの Mechanistic-empirical design method と異なる。
解析プログラムは CIRCLY と呼ぶ。
20年ほど前に国が設計に遣うことを決めた。
- コンサルタントは、施工監理としてプロジェクトの Verification、検証を行う。
- Supervision, Hold Points, Non-conformances, Certification(許可、証明書発行)などを行う。ホールドポイントは、契約書の仕様書で決まっている。ホールドポイントの設置に関しては、品質を優先するか工程を優先するか議論になる。不具合には、施工業者に起因する不具合と設計が現状と異なることによる不具合がある。設計に起因する不具合の場合は、本社の専門家も動員して検討する。供用後に不具合が発生した場合は、設計者、施工業者、施工監理が3者で協議する。補修工事が必要な場合は費用の負担を検討する。3者は契約時に保証保険に入っている。
- セメント安定処理できる材料も規定は、細粒分の割合（0.425mm 通過量）と PI で規定している。上層路盤にセメント安定処理を施す場合のアスファルト舗装厚は175mm 以上とする。セメント安定処理層とアスファルト層の間にチップシーラーを施すことが多い。これは、セメント安定処理の養生、滑り防止、リフレクションクラックの防止を兼ねている。
- ブラックコットンソイルはビクトリア州などでは頻繁に出現する。対策工はキャ

ッピング層を設置する方法が基本である。最低 150mm 厚のキャッピング層を設ける。必要に応じてドレーンを設置する。路肩は不透水性層でシールする。

4) ARRB

- Austoroads のガイドは道路管理を担当している州の技術者、ARRB などで作成、共通の本文と州の独特の材料や条件を反映した追加条項からなる。
- ブラックコットンソイルは、クイーンズランド州、ビクトリア州では頻繁に現れる。両州の技術仕様に記述してあるので参照すると良い。
- オーストラリアの理論設計法は **Mechanistic design method** とよびアメリカの **Mechanistic empirical design method** と異なる。1980 年頃から検討をはじめ、1984~87 年にかけて検証して、1990 年ごろから広く使われている。新工法、新材料等を容易に検討できる。それらの弾性試験、曲げ疲労試験を行っている。
- 締固め基準密度が 2 種類ある。Standard と Modified（ランマー質量が大きい）。Standard で基準密度を決めた場合、締固め度が 100%を越える。
- 上層路盤にセメント安定処理を施工した場合、アスファルト層厚は、175mm 以上とする。必要に応じて、セメント安定処理層とアスファルト層の間にチップシール（20mm 厚）、スプレイシールを適用する。クラックの養生などを目的とする。Aus+Stab 協会の発行している“Guide to Stabilization”を参照するとよい。
- ジャイレトリーコンパクタには、ジャイロパックとサーボパックがある。
ジャイロパック：旋回角は 2° で固定しており変えられない。
サーボパック：旋回角は 0.1° 単位で調整可能。
ARRB のラボでは、φ100 のときは 2°、φ150 のときは 3°
- サーボパックは、より進んだ方法である。各種のオプションやより広い管理が可能である。今後は、サーボパックを移行するように計画している。ジャイロパック（\$10,000~\$15,000）に比べてサーボパック（\$20,000~\$25,000）は費用が高いのが難点である。

2.2.3 収集資料

（１）カンボジア

「カンボジア舗装設計・施工基準」

- Road Design Standard, Part 2. Pavement, 2003, MPWT
- Construction specification, 2003, MPWT

（２）オーストラリア

「オーストラリア舗装設計・施工基準」

- Guide to Pavement Technology (Part.1~10), Austoroads
- Guide to Project Delivery (Part.1~4), Austoroads
- New South Wales, Material, Pavement, QA specification

- Queensland, Contract administration, Technical specification
- Victoria, Code of Practice, Standard specifications
- Austoroads test method
- Roads and Maritime services(RMS), QA specification

「オーストラリア舗装基準」

- Specification Framework for Polymer Modified Binders (AGPT-T190-14)
- Guide to the Selection and use of Polymer Modified Binders and Multi-grade Bitumens (AP-T235-13)
- EME technology Transfer to Australia: An Explorative Study (AP-T249-13)
- High Modulus High Fatigue Resisitance Aspahlt (EME2) Technology Transfer (AP-T283-14)
- Heavy Duty Dense Graded Asphalt (RMS R116)
- Open Graded Asphalt (RMS R119)
- Stone Mastic Asphalt (RMS R121) 等

2.2.4 調査写真

現地調査報告（写真）－カンボジア

	
TMC アスファルトプラント	WKK 砕石プラント
	
粗骨材	細骨材
	
国道1号線 上層路盤施工	中国工区（5号線）上層路盤施工

現地調査報告（写真）－オーストラリア

	
ダイナパック	サーボパック
	
骨材形状測定装置	骨材剥離抵抗性試験
	
WT 試験	アスファルト運搬車

2.3 調査で得られた知見

2.3.1 配合設計（オーストラリアの知見）

- 配合設計・配合試験は、ジャイレトリーコンパクタを使用した容積設計法が主である。容積設計法で、ジャイレトリーの設計回転数（120 回のとき空隙率 3～6%等）、最大回転数での空隙値（350 回のとき 2%以上等）が基準である。回転角は 2 度に固定。
- ジャイレトリーコンパクタには、ジャイロパックとサーボパックがある。
ジャイロパック：回転角は 2 で固定。
サーボパック：回転角は 0.1° 単位で調整可能。
- サーボパックはより進んだ方法で、各種のオプションやより広い管理が可能。
現在は、ジャイレトリーコンパクタにより配合設計・配合試験を行っているが、今後は、サーボパックへの移行を計画しているが、ジャイロパック（\$10,000～\$15,000）に比べてサーボパック（\$20,000～\$25,000）は費用が高いのが難点
- 耐流動性対策としては、供用 12 ヶ月後のわだち量（5mm）を規定する方法、ホイールトラッキング試験により 10,000 回の繰り返しに対しわだち量(3mm)を規定する方法がある。
- ホイールトラッキング試験の試験機は日本と比較し小型で安価。
耐流動性の基準値は繰り返し 10,000 回（4 時間）に対し 3mm（DS≒3,300 回/mm）
試験温度は 60 度が基本で 70 度でも試験は可能。
ホイールトラッキング試験の供試体の空隙率は 5%に固定。
- 耐流動性の材料として、改質アスファルト（表層、中間層、基層のうち表層のみ）、硬質アスファルト（EME、enrobés à module élevé）を限定的に使用している。

「オーストラリアの配合設計と性能試験」

① 配合設計の流れ(密粒アスファルト)

■ LEVEL 1（配合設計）

- 1) 骨材とバインダーの種類選定
- 2) 目標粒度とバインダー量選定
- 3) 材料の配合
- 4) 締め固め温度と調整時間による調整
- 5) 試験配合の締め固め

A) ジャイレトリ法

- ・ 設計回転数(50, 80, 120)時の空隙率：3-6% (NSW州)、4% (Victoria 州)
- ・ 容積特性：空隙率、密度、VMA、飽和度、Binder Film Indexを決定する。
- ・ アスファルト量を試験練の±0.5%変化させて追加実施し、容積特性をチェックし最適アスファルト量を決定する。
- ・ 最大回転数 (250/350)時の空隙率：2.5/2.0 %以上を確認する。

B) マーシャル法

- ・ 安定度、フロー値等を規定
- ・ 容積特性：空隙率、密度、VMA、飽和度、Binder Film Indexを決定
- ・ アスファルト量を試験練の±0.5%変化させて追加実施し、容積特性、安定度、フロー値をチェックし最適アスファルト量を決定する。
- ・ 最大回転数 (250/350)時の空隙率：2.5/2.0 %以上を確認する。

■ LEVEL 2 (性能試験)

- 1) レジリエントモジュラス (間接引張り試験)
- 2) 変形抵抗 (ホイールトラッキング試験)
- 3) 剥離抵抗 (引張り強度率)
- 4) 疲労曲げ試験：最少繰返し回数

② 骨材の目標粒度 (密粒14)

重交通下の粒度範囲 (Grading envelope for heavy duty mixes) は以下のように規定されている (Victoria 州)。

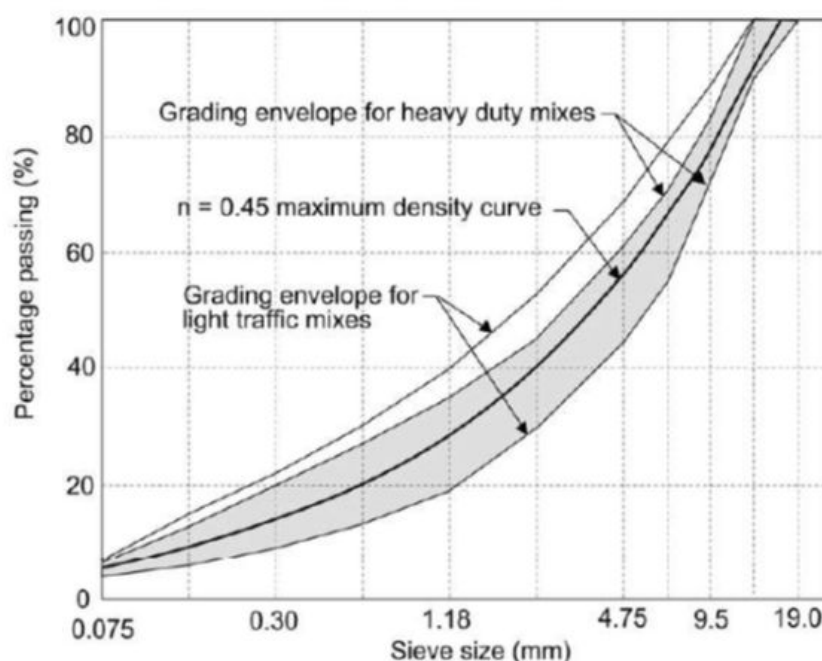


図2.3.1 骨材粒度範囲の標準 (密粒14)

③ 骨材間隙率、空隙率

空隙量は重要な配合設計のパラメーターである。特に、重交通混合物は最大旋回数後に規定空隙率を下回ってはならない。一般的に、設計者は最も経済的なバインダー量において、空隙を含めた全ての設計パラメーターを満たす混合物を製造することを目的とする。規定粒度包絡線の間接点に一致する粒度合成は有益な出発点を提供する。骨材間隙率を増減させるための調整、及び目標空隙率を満たすためのバインダー量の調整は、以下を含む。

- ・ 混合物を粗くもしくは細かく及び/もしくはギャップ粒度にする。一般的に、規定の粒度包絡線の中央粒度は、最大密度曲線に近い目標粒度を提供する。粒度の一部を粗くもしくは細かくすることで、一般的に空隙率が増加する。しかし、混合物のスティフネス及び表面のテクスチャへの影響に注意を払う必要がある。
- ・ 細粒分（2.36mm のふるいを通過した材料）の割合（%）を変化させる – 上記のような影響を与える
- ・ フィラー量の増減は直接的な効果をもたらす。フィラー量の増加により空隙率は減少し、フィラー量の減少により空隙率は増加する。
- ・ 粒子の形状、特に細骨材の形状を変化させる。滑らかな、そして丸い粒子はワーカビリティ（混合物の締固めが容易となる）を増加させ、空隙率を減少させる。またこの時、混合物のスティフネスは減少することに注意する。
- ・ 天然砂含有量の増加は、砂粒間で発生する空隙スペースにより空隙率を増加させる。

④ 変形抵抗

変形抵抗の不足はわだち掘れを引き起こす。変形抵抗は以下によって改善される。

- ・ 大きい呼び寸法の混合物を選択する
- ・ 角張ったもしくはざらざらした骨材を用いる
- ・ 固いバインダーを用いる
- ・ 粗い粒度を適用する
- ・ 空隙を減らす（但し、それが最大サイクルにおける限界下で、空隙という結果にならないという条件で）
- ・ フィラー量を増加させる

これらの各要因は他の特性に影響を与える。例えば、角張ってざらざらした骨材をより用いることでワーカビリティを減少させ、フィラー量を増加させることでたわみ性を欠いたマスチックを生み出し、それによって疲労抵抗を減少させる。

⑤ ワーカビリティ

ワーカビリティとは、混合物が散布、締固めの容易さを表すが、以下によって改善される。

- ・ 骨材間隙率の増加
- ・ 高いバインダー量の使用
- ・ 柔らかいバインダーの使用
- ・ フィラー量の減少
- ・ 丸い骨材の使用

高いバインダー量、柔らかいバインダー量及び丸い骨材の使用は、わだち掘れの潜在性を増加させる傾向がある。

⑥ 水分感受性（剥離抵抗性）

水分が引き起こす損傷への抵抗は、以下によって改善される。

- ・ フィラーに全体の 1~2%の消石灰を取り入れる
- ・ 透水性の減少
- ・ 剥離防止剤の含有
- ・ アスファルトに親和性のある骨材の使用
- ・ 清潔な骨材の使用
- ・ 適切に骨材を乾燥させる
- ・ 効果的に骨材混合と塗布
- ・ 適切な混合の時間
- ・ 適切なバインダー/フィラー比率
- ・ 適合性のある組成物の選定
- ・ 添加剤の投入の管理
- ・ 硬い粒度のバインダーもしくは樹脂の使用

非石英骨材は、たいていアスファルトに対して良い親和性を持っており、そのようにして骨材の表面にて binder film が変位する潜在性を減少させる。消石灰の追加（たいてい全体の混合物の 1~2%）は、剥離の可能性を減少すると明らかにされた。

⑦ 「容積設計法の考え方」

a) **最大密度**：空隙を考慮しない密度

b) **骨材間隙率**：粒度分布、骨材の形状、表面きめ、骨材粒子の締固め特性
骨材間隙率は最大粒径に応じて十分な大きさ（13%~20%）が必要。

- ・ 混合物が耐久性を有するに必要なアスファルト量を確保できる。
- ・ 混合物が安定性を確保できる締め固め後の空隙を確保する

骨材間隙率の影響は下記のとおりである。

骨材間隙率が小さすぎる→

- ・ 空隙に対しアスファルトが多すぎることによる、フラッシング、ブリーディング、不安定性の増加
- ・ 不十分なアスファルト量による付着不足、耐久性不足

骨材間隙率が大きすぎる→

- ・ 大きな空隙率

骨材間隙率を増加させる方法を以下に述べる

- ・ 粒度分布を変化させる。最大密度曲線から離れる最大密度の粗い要素へ移動させることにより、骨材間隙率を増加させる。ギャップ粒度の導入により、一様な粒度分布を保持するほうが良い。
- ・ 0.075mm（フィラー）以下の要素を減少させる。このことにより binder film index を増加させるが、混合物の剛性は減少する。
- ・ 骨材の異なる形状、及び表面のきめの特性などの破碎面の形状を幾つか変化させることにより、異なる締め固め特性を得る。

骨材間隙率を減少させる方法を以下に述べる。

- ・ 所要空隙率を満足するためにアスファルト量を増加させる。
- ・ 粒度分布を変化させる。最大粒度分布に近づける、最大密度の細かい要素へ移動させることにより、骨材間隙率を減少させる。
- ・ フィラーの量を増加させる。
- ・ 骨材の異なる形状、及び表面のきめの特性などの破碎面の形状を幾つか変化させることにより、異なる締め固め特性を得る。

c) 空隙率

混合物の空隙率は、VMA（骨材間隙率）、アスファルト量、締め固め度の関数である。混合物の空隙率は、混合物の剛性、疲労抵抗性、耐久性に影響を与える。一般に、混合物は、下記の特性を減少させるために、空隙率を最少にするように設計すべきである。

- ・ アスファルトの退化（酸化）
- ・ 水の浸透、それに伴う骨材からのアスファルトの剥離の可能性

供用中の混合物の空隙率が余りに低すぎると（約2%未満）、塑性流動による、フラッシング、ブリーディング、ショウビング、わだち掘れを発生させる。供用中に混合物が達する最大密度の表示（最少空隙率）は、ジャイレトリーコンパクタの最大旋回数の締め固めで与えられる。重交通混合物の最大旋回数における最少空隙率は、250または350の基準である。最大旋回数での最少空隙率の値は、重交通下でのアスファルトの設計に適用される。

d) アスファルト量

一般に、最適アスファルト量は、舗装の耐久性と寿命を確保するために必要な量と不安定にならないための減じた量のバランスであり、下記の要素で決定される。アスファルト量は、アスファルト混合物の容積特性や機械特性に大きな影響を与える。

- ・ 骨材の種類
- ・ 骨材の粒度分布
- ・ 混合物の締固め度
- ・ 設計空隙率

アスファルトの性能は、骨材に吸収されるアスファルト量を除く有効アスファルト量により決まる。総アスファルト量とは異なる。骨材に吸収されるアスファルト量は、混合物の測定最大密度と骨材、フィラー、アスファルトのかさ密度より決定される理論最大密度より決定できる。骨材とフィラーの密度の精密な測定は、アスファルト吸収量の推定の本質的な部分である。アスファルト吸収量の負の値は、密度決定、または、計算に使用される誤差を示している。骨材に吸収されるアスファルト量の割合は、骨材の浸透性とアスファルトの種類による。概して、骨材のアスファルト吸収量は骨材の水吸収量の 0.3 から 0.7 である。

e) 飽和度 (VFB)

飽和度は、有効アスファルト量により占有される VMA の割合である。これは一般に 65~80%の領域である。低い飽和度(VFB)、約 60%、では、混合物は乾燥し、付着力、耐久性、疲労抵抗性が不足する。飽和度が約 85%またはそれ以上の場合、混合物は不安定となりわだち掘れの危険がある。空隙率の目標値が与えられた場合、高い飽和度は高い骨材間隙率（VMA）から得られ、低い飽和度は低い骨材間隙率の表示値である。骨材間隙率の調整方法は、前述の骨材間隙率の項を参照。

f) Binder Film Index

Binder Film Index は、骨材の表面積とフィラー及び有効アスファルト量の関数である。Film Index の計算は、各粒子径の標準化された表面積係数による。実際、表面積は骨材形状と表面のきめに影響される。Binder Film Index は、指標であり、正確なアスファルトのフィルム厚を示すものではない。容積設計法の段階での最少 Binder Film Index を検討は、アスファルト混合物に適切な付着力、耐久性疲労抵抗と水分効果への抵抗性を保証する十分な量のアスファルトを組み込むためのガイドとなる。Binder Film Index は、下記の方法で増加させることができる。

- ・ 粒度分布を変化させ、細粒材に対する粗粒材の割合を増加させる。
- ・ フィラーの量を減少させる。
- ・ 同一空隙率に対し骨材間隙率を増加させアスファルト量を増加させる。

アスファルト量を確保するための他の基準値は、最少アスファルト率、または、

飽和度の割合である。

2.3.2 プラント管理

(1) プラント管理の課題（カンボジアの事例）

- 熱帯の高温下ではマーシャル安定度として 10kN の達成を目指しているが、骨材の扁平度や細粒分の管理の問題等がある。（国道 1 号線）
- 日本の一般的な砕石プラントでは、一次破碎、二次破碎で所定の大きさまで破碎し、三次破碎で骨材の形状を改善する設備構成になっているが、カンボジアの砕石場では一次破碎（ジョークラッシャー）、二次破碎（コーンクラッシャー）、整粒機（なし）であることが多く扁平な粗骨材が多くなる傾向にある。代表的な砕石機を以下に示す。
 - ✓ ジョークラッシャー：細長い形状を生産し易い。
 - ✓ コーンクラッシャー：細長い形状を生産し易い。
 - ✓ インパクトクラッシャー：立方体の形状を生産し易い。

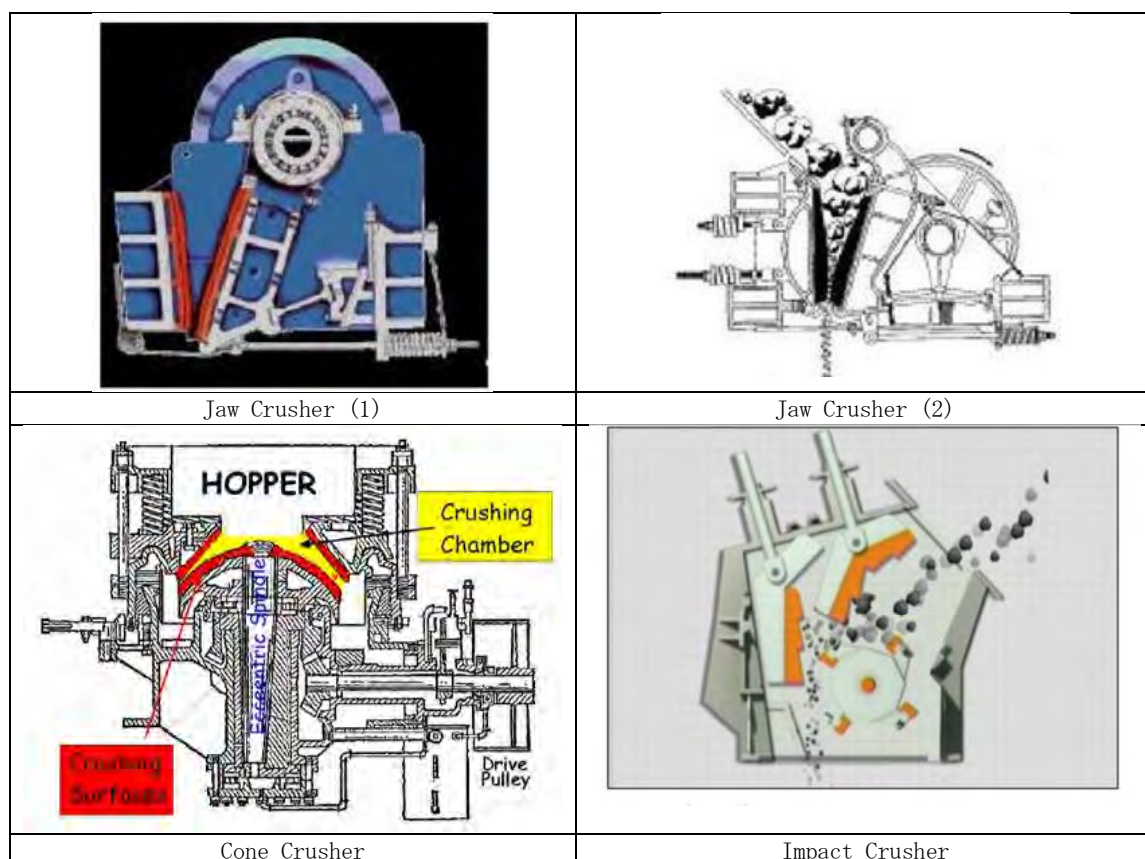


図2.3.2 破碎機の種類

- 碎石場の需要はコンクリート用が多いため、細骨材（0～5mm）の粒度分布は、アスファルトコンクリート用に管理されたものでないことが多い。
- アスファルトは輸入で（タイ、シンガポール）、60/70 が一般に使用されている。
- プラント管理において考慮すべき点
 - ・骨材の貯蔵方法は、屋根やサイロはなく野積みが多い。
 - ・骨材の洗浄設備はない。
 - ・ホットビンの最少サイズは0～5mmが多い。

カンボジアでは、以上のような点を考慮して配合設計、プラント管理を行う必要がある。

（2）プラントの管理方法

国道1号線に使用するTMCのプラント管理方法は下記である。

1) プラント検査の項目、頻度

- ・頻度：工事着手前に1回
- ・項目：温度計、計量器、骨材流量

2) 温度管理の位置

- ・骨材加熱温度：ホットシュート（ドライヤーの出口）、ホットビン（1ビン）
- ・アスファルト：アスファルトタンク

3) ホットビン、コールドビンの粒度管理、日常管理

- ・ホットビン：1回/日、出荷開始初期、
- ・マーシャル試験：1回/日、
- ・抽出試験：1回/日

4) アスファルト合材の品質管理

- ・練落とし混合物を目視で確認する。
- ・プラントマンによる計量値の確認、印字記録装置はないので操作版の目盛りを目視でチェック

2.3.3 セメント安定処理

- カンボジアでは、上層路盤にセメント安定処理を適用することを現在禁止している。
- オーストラリアでは、上層路盤にセメント安定処理を施す場合のアスファルト舗装厚は175mm以上としている。セメント安定処理層とアスファルト層の間にチップ

シーンを施すことが多い。これは、セメント安定処理の養生、滑り防止とリフレクションクラックの防止を兼ねている。

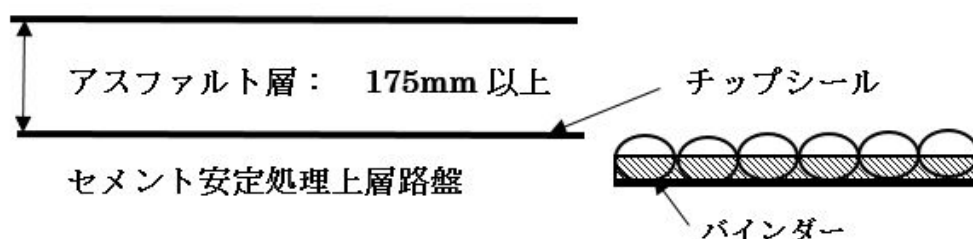


図2.3.3 セメント安定処理路盤の構造（オーストラリア）

- オーストラリアでは、下層路盤材としてセメント安定処理する材料の望ましい品質を細粒分の割合（0.425mm 通過量）と PI で規定している。

Particle size	MORE THAN 25% PASSING 0.425 mm			LESS THAN 25% PASSING 0.425 mm		
Plasticity index	PI ≤ 10	10 < PI < 20	PI ≥ 20	PI ≤ 6 WPI ≤ 60	PI ≤ 10	PI > 10
Binder type						
Cement and cementitious blends*	黒塗り			黒塗り		

黒塗り：望ましい品質

図2.3.4 セメント安定処理材料の規格（オーストラリア）

路盤材料の品質規格

セメント安定処理路盤：0.7 MPa < UCS*、一軸圧縮強さ < 1.5 MPa

*) 28日養生、4日水浸

2.3.4 ラテライトの適用基準

- 現地発生材のラテライトの CBR 値等は産地によりバラツキがある。下層路盤に適用する場合は、PI、CBR 等の下層路盤の基準を満足するものを使う。

・カンボジア基準：

粒度の規定、CBR ≥ 30%

0.075mm 通過分 < 2/3 0.425mm 通過分、0.425mm 通過分の PI < 20

・舗装施工便覧：

CBR ≥ 20%、PI < 6

- 下層路盤としての基準を満足しない場合は、セメント安定処理をして使っているが、安定処理をする材料自体の粒度や PI など品質の望ましいものを使用する。

・カンボジア基準：

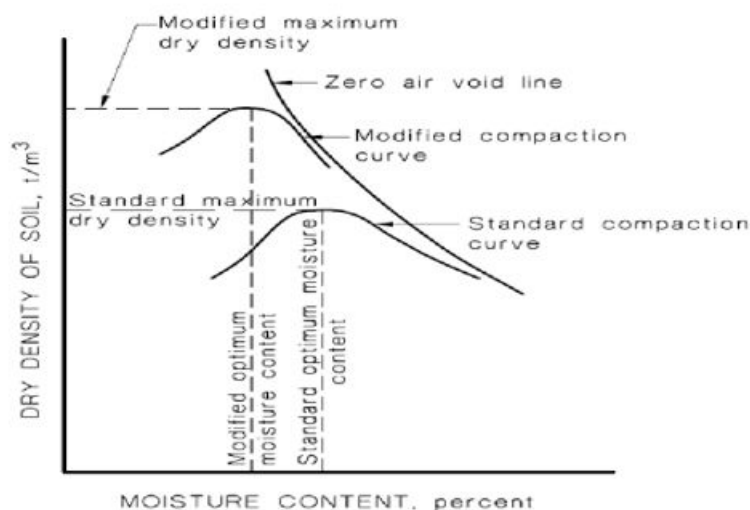
CBR ≥ 30%、0.075mm 通過分 < 40%、0.425mm 通過分の PI < 20

・舗装施工便覧

CBR ≥ 10%、PI < 9

2.3.5 路盤の締固め基準

オーストラリアの締固め基準密度は、2 種類ある。（Standard と ランマー質量の大きい Modified、下図を参照）Standard で基準密度を決めた場合、締固め度基準が 100%を越えることがある。



出典：AS8219.0-2000

図2.3.5 標準及び修正締固め曲線（オーストラリア）

基準密度の締め固めをランマー質量小さい方法で実施した場合は、締め固め規準は、100%以上であるべきで 95%以上などと規定することはおかしいので留意する必要がある。

JIS においては、盛土や路盤材料は「JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験（舗装調査・試験法便覧 F007、E011）」によって、その材料の最適含水比（OMC）と最大乾燥密度（MDD）を求める。その時求められた MDD を基準に、現場では締固め度を管理する。

「突固め試験」の突固め方法には、A～E の 5 種類があり、衝撃荷重（ E_c ）によって下記の 2 種類に分類される。

- ① JIS 呼び名 A, B “Standard Proctor” $E_c \approx 550 \text{ kJ/m}^3$
- ② JIS 呼び名 C, D, E “Modified Proctor” $E_c \approx 2500 \text{ kJ/m}^3$

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{kJ/m}^3)$$

ここに、 W_R ：ランマーの重量（kN）

H ：ランマーの落下高（m）

N_B ：層あたりの突固め回数

N_L ：層の数

V ：モールドの容積（締固めた供試体の体積）（ m^3 ）

表2.3.1 日本における突固め試験の分類

突固め方法 の呼び名	モールド径 (mm)	モールド深さ (供試体高さ) (mm)	モールド(供 試体)容積 (cm^3)	ランマ質量 (kg)	落下高さ (cm)	突固め回数 (回)	層	許容最大粒 径 (mm)	E_c (kJ/m^3)
A	100	127.3	1,000	2.5	30	25	3	19	552
B	150	125	2,209	2.5	30	55	3	37.5	549
C	100	127.3	1,000	4.5	45	25	5	19	2,482
D	150	125	2,209	4.5	45	55	5	19	2,472
E	150	125	2,209	4.5	45	92	3	37.5	2,481

つまり、「突固め試験」をどちらの方法で実施するかによって、基準密度が異なることになる。

2.3.6 施工監理

（１）カンボジア

- カンボジアの国道1号線の現地ヒアリングによると、アスファルト舗装工の品質管理には、配合設計から現場施工まで「入札図書に、日本人とは記載していないが、舗装に精通した熟練技術者の配置をスペックで義務づける」ことが重要である。
- アスファルト合材のプラント管理に関しては、現地の舗装会社のプラント管理に任せられない場合（国道1号線）は、施工会社の日本人舗装専門家が、現地の舗装会社にプラント管理を任せる場合（つばさ橋）はコンサルタントの日本人舗装専門家が配置されていた。
- カンボジアの国道1号線では、路床のCBRによる強度評価、路盤の施工、アスファルト安定処理の試験施工などコンサルタントが全て試験に立ち会って、確認している。施工業者もこの品質管理の方法についてよく理解してきており、丁寧に施工管理、立会い検査を行っており、信頼できることが分かってきたため、今後は、試験、立会い頻度を減らせるとしている。このように品質管理の原則に沿って、初期は高い頻度で立会い検査を行い、ある程度品質に目安がつくまで、効率的な立会い検査を実施することが重要である。

（２）オーストラリア

オーストラリアでは、コンサルタントの重要な仕事として、「設計」と「品質保証」(Verification) がある。

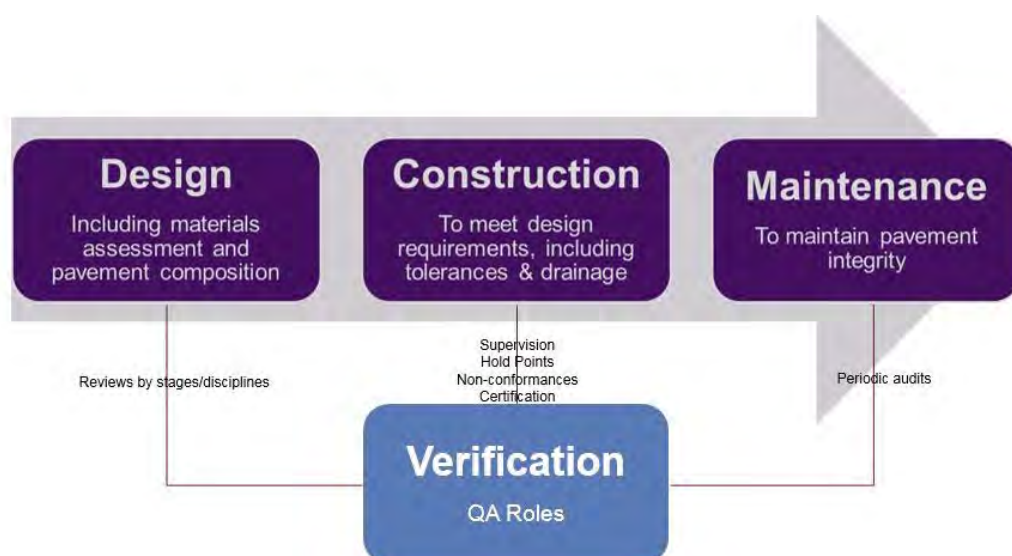


図2.3.6 オーストラリアにおけるコンサルタントの役割（品質保証）

Verification は、設計段階、施工段階、維持管理段階があり、施工監理段階では、設計の要件にあうように以下の監理を行う。

- ・ 施工の監理、立会い
- ・ ホールドポイントの立会い、承認
- ・ 不具合処理（施工業者に起因、設計に起因）
- ・ 許可証明書の発行

供用後の不具合に対する対応としては、設計者、施工業者、施工監理が3社で協議する。補修工事が必要な場合の費用の負担割合を決定する。3社は契約時にLiability等の保険に入っている。瑕疵期間は2年である。

2.3.7 CBR 試験方法

- CBR 試験の水浸条件は、スペックによって決まっておりそれに基づいて試験を行っているとのことである。（Boral）

表2.3.2 オーストラリア及び日本の CBR 供試体締め固め方法

	オーストラリア	舗装調査・試験法便覧
締め固め条件	25回×3層 落差30cm 錘2.7kg モールド1,000cc (日本のA方法に相当)	67回×3層 落差45cm 錘4.5kg モールド2,209cc
含水比	最適含水比	自然含水比
試験条件	4～10日水浸	4日水浸

- 路床の CBR 試験の水浸条件は州によって異なる。ある州では水浸10日を使っている。オーストラリアの基準は、各州の基準を反映したものである。（ARRB）

「Queensland 州の CBR 試験方法の基準」

表2.3.3 室内 CBR 試験の代表的な湿潤条件

箇所 / 湿潤条件	試験条件
- 年間降雨量 ≤ 800mm - 良好な表面排水 - 良好な地下排水 - 路床は地下水位、滞水の影響を受けない - 路床は洪水の影響を受けない - 経験的に水浸しない箇所	0日 水浸
- 地下水位以下の切土、湧水が発生する箇所 - 経験的に10日間以上の水浸する箇所	10日 水浸
上記条件に合致しない箇所、経験的に4日間水浸を適用する箇所	4日 水浸



図2.3.7 オーストラリアの気候区分

「New South Wales (NSW) 州の CBR 試験方法の基準」

細粒材は多雨地域では毛細管現象により湿潤するため、10日水浸条件で試験を行う。内陸部の乾燥地域では、現場含水比（平衡含水比）で試験体を作成し、水浸せずに試験を行う。NSW 州の室内 CBR 試験の基準を下記に示す。

表2.3.4 室内 CBR 試験の基準（NSW 州）

年間降雨量 (mm)	試験体の含水比	試験条件	
		良好な排水	排水不良
< 600	OMC	0日 水浸	4日 水浸
600 - 800	OMC	4日 水浸	10日 水浸
> 800	OMC	10日 水浸	10日 水浸

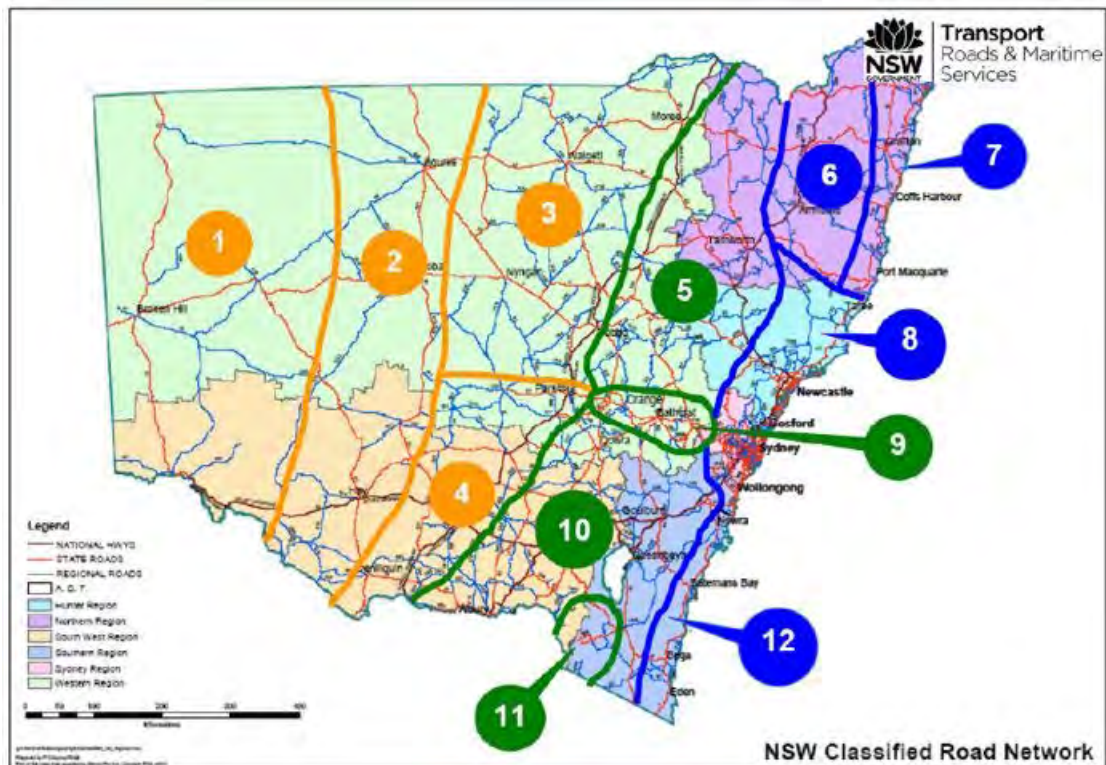


図2.3.8 NSW 州の道路と港湾で規定される気候区分

表2.3.5 NSW 州12気候ゾーンの平均降雨量と温度

N0.	最少平均温度 (°C)	最大平均温度 (°C)	平均年降雨量 (mm)
1	12.1	26.5	261
2	12.7	25.1	408
3	9.9	24.7	561
4	9.9	23.2	487
5	10.8	25.9	616
6	7.2	20.1	857
7	15.6	23.1	1493
8	12.3	21.4	1036
9	16.5	16.5	1072
10	7.2	20.6	649
11	0.6	10.3	1947
12	11.3	20.4	963

2.3.8 問題土（膨張土）対策

- 膨張土（ブラックコットンソイル）は、Queensland 州、Victoria 州では頻繁に現れる。対策等は技術仕様書に記述されている。膨張土（ブラックコットンソイル）の判別はPI（塑性指数）で行われるが、膨張試験の装置があれば膨張試験で判定することが良い。

表2.3.6 膨張土の判定基準（オーストラリア）

Expansive nature	Liquid limit (%)	Plasticity Index	PI x % < 0.425 mm	Swell (%)*
Very high	> 70	> 45	> 3200	> 5.0
High	> 70	> 45	2200–3200	2.5–5.0
Moderate	50–70	25–45	1200–2200	0.5–2.5
Low	< 50	< 25	< 1200	< 0.5

膨張率（Swell）は標準締固めを用いた最適含水比（OMC）と最大乾燥密度の98%で計測（4日水浸、4.5kg ランマー使用）

- 対策工は、キャッピング層を設ける方法が基本。
最少厚さ150mm のキャッピング層を設置。その厚さは荷重により決まる。

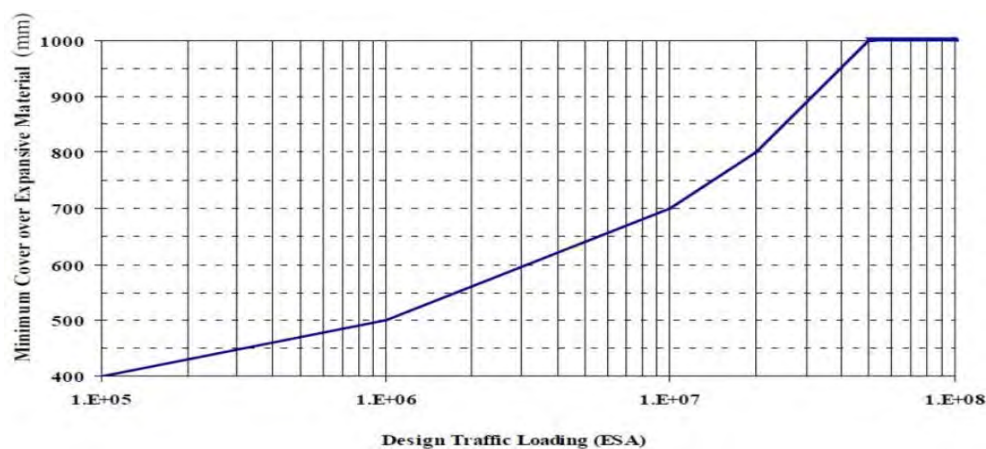


図2.3.9 設計荷重（ESA）とキャンピング層（最小）の厚さ

- 必要に応じて Drains を設置する。
路肩に不透水性層を設ける。

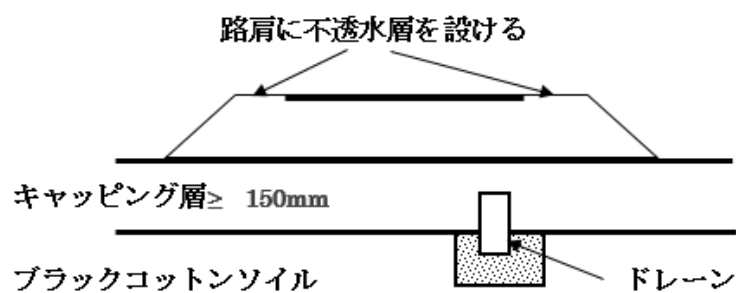


図2.3.10 ブラックコットンソイル上の標準道路構造

第3章 現地調査の報告（アフリカ地域）

3.1 調査目的

3.1.1 調査目的

舗装先進国である南アフリカ、及び無償資金協力事業による道路整備事業が実施された途上国（ザンビア）にて、ハンドブックに反映すべき情報を収集する。前者では最新の舗装設計、アスファルトの配合設計の動向、品質管理に関わる基準類や事例の収集を行い、後者では特異な破損の発生原因について、地元関係者へのヒアリングと現場視察を行う。

3.1.2 調査メンバー

表3.1.1 現地調査メンバー

ポジション	名 前	担当
JICA	市川 裕一	資金協力業務部 実施監理第一課
JICA	長澤 小太郎	資金協力業務部 国際協力専門員
コンサルタント	水野 聡士	舗装設計／施工監理
コンサルタント	藤永 知弘	配合設計／材料

3.1.3 調査行程

調査行程を以下に示す。

表3.1.2 現地調査行程

月日		行程及び調査概要
1	4月4日（月）	日本発
2	4月5日（火）	南アフリカ着、関係機関ヒアリング
3	4月6日（水）	団内会議、現地視察
4	4月7日（木）	関係機関ヒアリング
5	4月8日（金）	関係機関ヒアリング
6	4月9日（土）	南アフリカ⇒ザンビア移動
7	4月10日（日）	Livingstone（視察）
8	4月11日（月）	Livingstone（視察）
9	4月12日（火）	関係機関ヒアリング、Tokyo Way（視察）
10	4月13日（水）	関係機関ヒアリング
11	4月14日（木）	関係機関ヒアリング
12	4月15日（金）	関係機関ヒアリング
13	4月16日（土）	ザンビア⇒南アフリカ⇒日本移動
14	4月17日（日）	日本着

3.2 調査結果

3.2.1 面会者とヒアリング内容

面会者とヒアリング内容を以下に示す。

表3.2.1 面会者とヒアリング内容

面会者	ヒアリング内容
Much Asphalt（材料供給） Mr. Herman Marais Group Technical Director of Materials	・材料／プラント管理 ・施工体制／施工管理 ・品質管理／検査 ・瑕疵 プラント視察（2箇所）
SANRAL（南アフリカ道路公社） Mr. Lonw kannmyer Road Network Manager	・施工監理／管理基準 ・工事品質確保 ・発注者責任／瑕疵
University of Pretoria Dr. James Maina Department of Civil Engineering	・設計手法の方向 ・アスファルト及び材料評価 ・工事品質確保
JICA 南ア事務所 木ノ本所長、石亀次長、望月所員	調査結果（途中）報告
CSIR Dr. Morris De Beer Eng. Julius Komba	・設計基準の改定状況／方向性 ・配合試験／材料評価 ・アスファルト評価 ・工事品質確保
IGEROP（コンサルタント） Mr. Ian Fitz General Manager Operations	・施工監理計画書 ・施工監理体制 ・品質管理／品質確保 ・瑕疵／瑕疵保険
BCHOD（コンサルタント） Eng. George Sitali: Director Eng. Tresphor K. Musonda	リビングストーン改修を監理 ・リビングストーン道路の問題点 ・施工監理計画書 ・施工監理体制 ・品質管理／品質確保 ・瑕疵／瑕疵保険
JICA ザンビア事務所 藤家次長、春原所員	調査結果（途中）報告
Scirocco Enterprises Ltd. (ORIENTAL)（材料供給） Mr. Moustafa S. Y. Saadi: Managing Director	・材料／プラント管理 ・品質管理／検査
Zule Burrow（コンサルタント） Mr. Levi Zule: Managing Director	・舗装設計基準 ・施工監理計画書 ・施工監理体制 ・品質管理／品質確保 ・瑕疵／瑕疵保険
RDA（ザンビア道路公社） Eng. Agustin Mwvinga: Principal Engineer Maintenance	・リビングストーン道路の問題点 ・施工監理／管理基準 ・工事品質確保 ・発注者責任／瑕疵
BCHOD（コンサルタント） Eng. Tresphor K. Musonda	・リビングストーン改修設計資料受領
Ecofor (Zambia Ltd.)（建設会社） Mr. Gasore Ildeponse: Director	・材料／プラント管理 ・品質管理／検査

3.2.2 ヒアリング結果（概要）

（１）Much Asphalt（南ア：アスファルトサプライヤー）

面会者：Mr. Herman Marais (Group Technical Director of Materials)

ヒアリング項目：材料／プラント管理、施工体制／施工管理、品質管理／検査、瑕疵、
プラント視察（2箇所）

ヒアリング結果：下記の通り

■品質管理について

事前審査制度は無く、現場ごとに配合試験を実施する。プラントには品質管理室を設置し、以下のように管理している。

合材：100t 毎に抜取検査

骨材：200t 毎に試験を実施

アスファルト：ローリーによる入荷毎

抜き取られた合材は瑕疵期間に合わせ全て保管されている。また、アスファルトは3年以上保管することとしている。

■アスファルト合材の評価

- 合材の評価は、モバイルシミュレーター、ハンブルグ試験、乾湿試験、ホイールトラッキング試験、クリープ試験等によって行われる。これらは基準化されている。
- 基準化されていないが、SGCによる試験も実施する。これは、工事の Special Spec に規定される。（道路規格毎に異なるが、規格の高い道路であれば巡回数 300 の時の空隙率 2%以上を確保する。）
- SGC は AASHTO の方法を採用している。ヨーロッパの方法と比較したが、南アでは AASHTO の方法が適している。
- 南アでは、配合設計後に Rutting Resistance に関する試験を室内で実施し、その後、現場で試験施工を行う。試験施工では、必要に応じてシミュレーターによる確認も実施する。

■わだち掘れ対策

- わだち掘れ対策として改質材が使用される。改質材の使用は一般的であり、プレトリア市内では 20～30%の道路に改質材が使用されている。改質アスコンは、通常のアスコンに比べ 20%程度高価である。
- また、針入度 10/20 のアスファルトによってわだち掘れを防ぐ方法も使用されている。（フランスの EME）
- わだち掘れに対するパラメータとして重要なのは、アスファルト量と空隙率である。ただし、改質アスファルトの使用が最も効果的である。

（２）SANRAL（南ア：道路公社）

面会者：Mr. Lonw kannmyer (Road Network Manager)

ヒアリング項目：施工監理／管理基準、工事品質確保、発注者責任／瑕疵

ヒアリング結果：下記の通り

■設計／工事保証

- コンサルタントもコントラクターも保証金を手当しなければならない。また、契約金額の5%～15 million ランドを上限に、設計期間内の瑕疵保証も求められる。FIDIC の規定どおりである。
- 設計瑕疵は原則1年であるが、重要度に応じて3年及び5年の場合もある。

■現場の管理

- Process Control がコントラクターの責任、Quality Control はコンサルタントの責任である。
- 上記の Process Control と Quality Control を一体で管理するチームを作り、情報をいち早く共有するシステムを構築中である。これは現場作業の効率化（スピードアップ）を目的としたものである。

■コンサルタント契約

- コンサルタントの組織については、SANRAL にプロジェクトの規模、内容等を考慮したマトリックスがある。
- コンサルタントの施工監理計画書には、要員、品質管理保証計画等が記載される。これはプロポーザルの段階で提案されるものである。このプロポーザルは契約図書の一部となる。

■施工計画書

- コントラクターの施工計画書には、工事の実施方法、工事中の安全管理、環境配慮について詳細に記述することが求められる。この計画書も契約図書の一部となる。

■南アの舗装設計

- 南アでは、新たな道路設計のソフトとして SARDS (South Africa Road Design Software) に移行する。この新システムでは、舗装設計、配合設計、配合設計、舗装のパフォーマンス曲線、経済分析までを一連で実施できる。

（３）Pretoria 大学

面会者：Dr. James Maina (Department of Civil Engineering)

ヒアリング項目：設計手法の方向、アスファルト及び材料評価、工事品質確保

ヒアリング結果：下記の通り

■南アの舗装構成

- 南アの舗装構成の主役は、日本のアスファルト層とは異なり、路盤や路床である。

■南アの舗装設計

- 南アの舗装設計の基準である TRH-4 に代わり、SARDS に移行する予定である。TRH-4 はオーバーデザインであり、且つ現地の条件に合わなくなっている。本システムでは、実際のタイヤの接地形状、材料の弾性係数（ E_v 、 E_h ）を考慮できる。また、粘弾性の理論も組み込まれる。
- 荷重条件は E80 では無く、Traffic Axle Load Spectrum が用いられる。このデータは weigh-in-motion のシステムから得られる。実測値のため、過積載も考慮される。

■南アの配合設計

- 南アの配合設計は、上記の新システムでも可能であるが、最適化のために SGC も用いる。SGC は再現性が良い。また、アスファルトも、近いうちに PG 仕様完全に移行する。この傾向は全アフリカに広がると考えられる。

■日本の ODA の破損事例

- 日本の破損事例を見ると、現地の条件に合っていない配合が採用されているのではないかと考えられる。例えば気候条件（高温）、材料や交通条件である。タンザニアの都市部では、港湾が近いため大型の低速車に十分配慮しなければならない。南アのダーバンでも、6ヶ月毎にわだち掘れの補修を実施していた問題道路があったが、HiMA（フランス技術）を使用することによりこの問題を解決した。
- 舗装の計画（配合を含む）で最も重要なのは、材料試験と交通条件の設定である。

■その他

- 上層路盤にセメント安定処理は使用しない。ラテライトのセメント安定処理については、SAPEM の Chapter14 と 15 を参考にすると良い。この SAPEM には、南アのこれまでの経験がほとんど網羅されている。
- 路盤の破壊基準は、せん断を用いている。セメント安定処理はクラックである。

（4）CSIR (Council for Scientific and Industrial Research)

面会者：Dr. Morris De Beer, Eng. Julius Komba

(Transport Infrastructure Engineering)

ヒアリング項目：設計基準の改定状況／方向性、配合試験／材料評価、アスファルト評価、工事品質確保

ヒアリング結果：下記の通り

■南ア及びアフリカ地域の舗装設計

- 南アでは、SANRAL が統括する SARDS が進行中である。これは、Empirical-Mechanical-Probability を考慮したものであり、他のアフリカ地域でも有効な設計ツールとなる。

■わだち掘れ対策

- 交通量レベル（Low、Middle、High）別に配合試験と必要な試験を区分している。マーシャルについては、問題があるわけでは無く、重交通での再現性が悪いだけであり、交通量の少ない道路では問題はない。

■多雨地域での舗装

- 多雨地域（例えばダーバン）では、150mm の As Base、40-50mm の As 表層、セメント安定処理の下層路盤を採用している。地下水等については、水位に対応した側溝等、排水施設を充実させることで問題はなくなる。

■セメント安定上層路盤

- 1970 年代から 80 年代にかけて、南アでも上層路盤にセメント安定処理を使用していた。しかし、舗装の破損が著しかったため使用を中止した。破損の原因は、重交通とケミカルチェンジ（カーボナイズ）による路盤上部の脆弱化が原因であった。使用する場合には、Brush Test、ホイールトラッキング、ハンブルグテスト等を実施することが必要である。
- セメント安定処理は、プラットフォームの構築、維持管理を考えても下層路盤に適している。

■改質材の使用基準

- 数値的な基準は定めていない。地域状況（気候と交通条件）を考慮したバイインダーの選定が重要。（思想は PG と同じ）配合試験時には、Workability と Durability を最初に考慮する。その後、その道路に想定される問題がクラックかわだち掘れかによって幾つかの試験を行う。わだち掘れであれば、ラックティングテスト、クラックはビームテスト、疲労試験（Fatigue）、ステイフネス等である。

■改質材を使用しない強度向上

- 考えられる方法は 2 通りである。1 つは High Modulus Asphalt の使用である。
- もうひとつは、Bailey Method（US）による骨材のかみ合わせ試験を実施することである。この試験は、アスファルト配合前に実施する試験であり、SABITA の TRH-8 の巻末に添付されている。

■その他

- 配合設計時のパラメータはいずれも重要であるが、わだち掘れには空隙率の影響が大きい。

- 路床の評価では CBR のみが重要なパラメータでは無い。PI 等も非常に重要である。
- 次のマニュアルでは、設計レベルで弾性係数を変更することも考慮される。
- 舗装設計での各層の構造厚や材料の決定に重要なことはバランスを考慮することである。例えば G1 を上層に使用するなら、良いプラットフォームとなるセメント安定処理路盤が有効である。

（5）INGEROP

面会者：Mr. Ian Fitz (General Manager Operations)

ヒアリング項目：施工監理計画書、施工監理体制、品質管理／品質確保、瑕疵／瑕疵保険

ヒアリング結果：下記の通り

■コンサルタントの保険

- コンサルタントの瑕疵保険は PI (Professional Indemnity Insurance) で対応している。受注規模によって掛け金が変わる包括保険であるが、プロジェクトで個別の保険を要求された場合にも、PI 保険でプロジェクト用の保険を掛ける。その費用は、契約金に含まれる。
- 設計期間、又は構造物の耐用年数期間に対する保険を求められることはある。

■設計／施工監理瑕疵

- 施工期間中に判明した設計のミスはコンサルタントの責任であり、且つ設計瑕疵の対象である。施工に起因する瑕疵は、契約による施工監理のレベル（1 回／週、現場駐在等）にもよるが、基本的にはコンサルタントの責任では無い。コンサルタントの役割は、Process Control、Quality Control とともにモニタリングである。
- 例えば、コンクリートの品質は発注したコントラクターの責任である。また、一般的にはラボ試験はコンサルタントの業務では無い。各検査は仕様書に規定されているものであり、コンサルタントが提案するものではない。このため、品質に関するコンサルタントの責任は無いと考える。
- 瑕疵を争う場合には、National Judicative System によって、紛争を調停する。

■コンサルタントの施工監理の範囲（業務内容）

- これはクライアントの要求と協議により決定されるものである。

■その他

- 設計と施工監理を分離することは、非常に大きなリスクであり推奨されない。また、基本的には無い。

- コンサルタントが直接材料にアクセスしてチェックすることは、基本的には考えられない。ただし、契約で Material Engineer が採用され、材料の品質チェックがコンサルタント業務に含まれるようなことがあれば、材料のチェックをしなければならない。

（6）BCHOD

面会者：Eng. George Sitali (Director), Eng. Tresphor K. Musonda

ヒアリング項目：リビングストーン道路の問題点、施工監理計画書、施工監理体制、品質管理／品質確保、瑕疵／瑕疵保険

ヒアリング結果：下記の通り

■舗装設計手法一般

- 現在の設計法は現在の Zambia の設計法と南ア諸国連合 SATAC の設計法を用いたものである。現在その改訂作業を実施しているところである。
- アウトプットとしては計算式というより旧来のカタログを改訂した新しいカタログ方式を目指している。

■舗装工事の責任関係について

- Process Control は 100% 施工会社の責任である。
- Quality Control は 50:50 というところか。施工監理コンサルタントにもチェック義務がある。設計瑕疵については Professional Indemnity (PI) が必要である。

■施工監理チームの構成について

- チームの構成については発注者が指定する。

■設計者と施工監理者

- これらが同一の会社で実施されるか否かはケースバイケースである。EU、AfDB のルールは F/S、D/D、施工監理は一体である。
- 施工監理コンサルは D/D をチェックし、設計瑕疵の責任を負う。これはザンビア独特の方式である。

■施工監理／管理計画書

- 施工監理コンサルは契約後業務開始前に Construction Management Plan（施工監理計画書）を提出しなければならない。一方、施工業者はコンサルタントに Method Statement（施工計画書）を提出する義務がある。
- Quality Assurance Plan については双方とも作成する義務があり、コンサルタントは発注者 Client に、施工業者はコンサルタントに提出する義務がある。ただしこれらは発注後であり、入札時に提出して資格審査に使われるものではない。

（7）Scirocco Enterprises Ltd. (ORIENTAL)

面会者：Mr. Moustafa S. Y. Saadi (Managing Director)

ヒアリング項目：材料／プラント管理、品質管理／検査

ヒアリング結果：下記の通り

■アスファルト合材の品質管理

- 基本的にはクライアントの要求によるが、厳しい場合はバッチ（トラック）毎にサンプリングを実施し試験を行う。
- 中国の建設会社は、品質管理に細かな規定が契約上なく、ほとんど No Quality Control の状態である。

■LABO 及び配合設計

- クライアントから要求があれば、ラボの設置と技術者の派遣を行なっている。アスファルトの配合設計は、設置したラボで実施している。
- 配合はマーシャルのみであり、結果については、コンサルタントの承認を得ることになっている。

（8）Zule Burrow

面会者：Mr. Levi Zule (Managing Director)

ヒアリング項目：舗装設計基準、施工監理計画書、施工監理体制、品質管理／品質確保、
瑕疵／瑕疵保険

ヒアリング結果：下記の通り

■ザンビアの舗装設計

- 設計基準としては、SATCC が標準的に使用されている。全てのプロジェクトで、交通量調査と軸重調査は必須である。過積載を設計荷重に考慮するかどうかは、発注者との協議結果による。これは、コストに大きく影響するためである。

■道路工事の施工監理

- 道路工事の施工監理については、RDA にスタンダードがあり、①PM、②RE、③Assistant RE、④検査員、⑤材料技士、⑥測量技師、⑦数量調査員、⑧試験所技士の8名にCADオペレーターを含む9名が常駐する標準組織である。Assistant RE が、通常は Material/Pavement Engineer である。

■設計瑕疵／瑕疵保険

- RDA の業務は、FS+DD と DR (Design Review) +SV で分割発注が一般的である。DR の設計責任は、原設計を修正したものについて発生する。修正されなかったものは DD コンサルの責任である。

- 一般的に DR 期間が非常に短い（2～3 ヶ月）ため、照査項目も限られる。よって、DR コンサルタントに多大な責任はない。
- 瑕疵保険は PI を利用した包括保険であり、会社規模により掛け金がかかる。この保険加入の証明書はプロポーザル時に提出義務がある。
- 特殊構造物や大型構造物の設計では、稀に特定プロジェクト用の保険が求められる。この掛け金については、契約金額に含まれる。

■施工監理計画書

- コンサルタント（Service Contract）に作成義務があるものは：
Quality Management Plan
Environmental Management Plan
 - コントラクター（works Contract）に作成義務があるものは：
Construction Plan
- である。通常、コンサルタント作成の Plan はプロポーザルに含まれており、このプロポーザルは契約図書の一部となる。

3.2.3 収集資料

現地調査にて、以下の表に示す資料を入手した。

表3.2.2 現地収集資料

入手資料名	発行元	発行年	提供者
Standard specification for road and bridge works for state road authorities	Committee of Land Transport Officials	1998	Much Asphalt
User guide for the design of hot mix asphalt	Sabita	2001	Much Asphalt
Hot mix asphalt trouble-shooting guide	Society for Asphalt Technology	2005	Much Asphalt
Interim guideline for the design of hot-mix asphalt in South Africa	Sabita	2001	Much Asphalt
Guidelines for the design, manufacture and construction of bitumen-rubber asphalt wearing courses	Sabita	2014	Much Asphalt
Guidelines for the manufacture and construction of hot mix Asphalt	Sabita	2008	Much Asphalt
Technical guideline The use of modified bituminous binder in road construction	Sabita	2014	Much Asphalt
Technical guideline The introduction of a performance grade specification for bituminous binders	Sabita	2016	Much Asphalt
Design and use of asphalt in road pavements	Sabita	2016	SANRAL
The rehabilitation of approximately 13km of mosi oa tunya road Detailed assessment and design report	RDA	2013	BCHOD

3.2.4 調査写真



南ア：Much Asphalt の連続式プラント（南ア最大手のアスファルトサプライヤー）



南ア：Much Asphalt Laboratory（南ア最大手のアスファルトサプライヤー）



南ア：Much Asphalt ダンプトラック荷台からサンプル採取



南ア：Much Asphalt AS MIX サンプル保管庫



ザンビア：ルサカ市 Tokyo Way の状態（良好）



ザンビア：ルサカ市 Tokyo Way の状態
（良好：7ヶ月経過（一雨季経過）した補修区間）



ザンビア：ルサカ市 Tokyo Way の状態
（良好：7ヶ月経過（一雨季経過）した補修区間）



ザンビア：ルサカ市 Tokyo Way
（補修原因となった近隣住民による採掘跡）



ザンビア：改修前の Livingstone Road（過度のわだち掘れ）



ザンビア：改修前の Livingstone Road（ブリージング）



ザンビア：改修後の Livingstone Road（起点部）



ザンビア：改修後の Livingstone Road（交差点部のわだち掘れ）



ザンビア：Livingstone Road



ザンビア：Tokyo Way



ザンビア：Tokyo Way

3.3 調査で得られた知見

3.3.1 舗装設計

南アフリカでは、3年後の運用開始を目指し、以下のように舗装設計基準の改定が進められている。

表3.3.1 南アフリカの舗装設計方法

南アフリカの舗装設計法		
現状	今後2～3年	その後
主設計法 TRH (Technical Recommendations for Highways)4, 1996 Empirical (経験的) Method カタログ方式	主設計法 TRH (Technical Recommendations for Highways)4, 1996 Empirical (経験的) Method カタログ方式	主設計法 SANRAL 主導の下、新たな道路（舗装）設計方法 SARDS (South Africa Road Design System) に移行する。 この新システムは、Empirical-Mechanical-Probability を考慮したものであり、舗装設計、配合設計、配合設計、舗装のパフォーマンス曲線、経済分析までを一連で実施できる。
力学的手法の考慮 交通量が多い路線の舗装構成は南アの M-E (Mechanical-Empirical) 法で検証することとしている。	力学的手法の考慮 M-E 法で使用する弾性係数について、気候（気温）等の地域の自然条件を考慮する。	本システムでは、実際のタイヤの接地形状、材料の弾性係数 (Ev, Eh) を考慮できる。また、粘弾性の理論も組み込まれる。
設計ソフトウェア 「MePAD」(多層弾性理論＋経験的方法) (現在 Update 中)	設計ソフトウェア Version Up されたソフトウェア「MeGAMES」が2016年末までにリリースされる予定。	荷重条件は E80 では無く、Traffic Axle Load Spectrum が用いられる。このデータは weigh-in-motion のシステムから得られる。実測値のため、過積載も考慮される。これは、他のアフリカ地域でも有効な設計ツールとなる。
課題 TRH-4 はオーバーデザインであり、且つ現地の条件に合わなくなっている。(規定の材料(例えば G1 の入手が困難、且つ高価)	-	SANRAL は、このシステムの開発のために、プレトリア大学と2年間で約15億円の契約を結んだ。

3.3.2 配合設計と評価

南アフリカの最新の配合設計、及びアスファルトの評価は、以下のように実施されている。

1. MIX TYPE SELECTION
2. BINDER SELECTION
3. AGGREGATE SELECTION
4. MIX DESIGN

(1) MIX TYPE SELECTION

南アフリカのアスファルト混合物の種類は以下の3種類から選定する。

(2) BINDER SELECTION

7-Day average maximum asphalt temperatures

Legend:

- Town/Town/Cities
- Contours (isopleth)
- (Temp. - Degrees Celsius)
- ~ 52
- ~ 54
- ~ 56
- ~ 58
- ~ 60
- ~ 62

CLASS

- ~ National
- ~ Provinces

Mean Temperature Surface (isopleth)

(Temp. - Degrees Celsius)

- 52 - 55
- 56 - 58
- 59 - 61
- 62 - 64
- 65 - 67
- 68 - 70
- 71 - 73
- 74 - 76
- 77 - 79
- 80 - 82
- 83 - 85
- 86 - 88
- 89 - 91
- 92 - 94
- 95 - 97
- 98 - 100

Any interpolation method applied to available temperature data points.

Prepared by J. Maritz CSIR 62

CSIR

sabita

CSIR

our future through science

© CSIR 2013

図3.3.1 南アの舗装温度区分（最大）

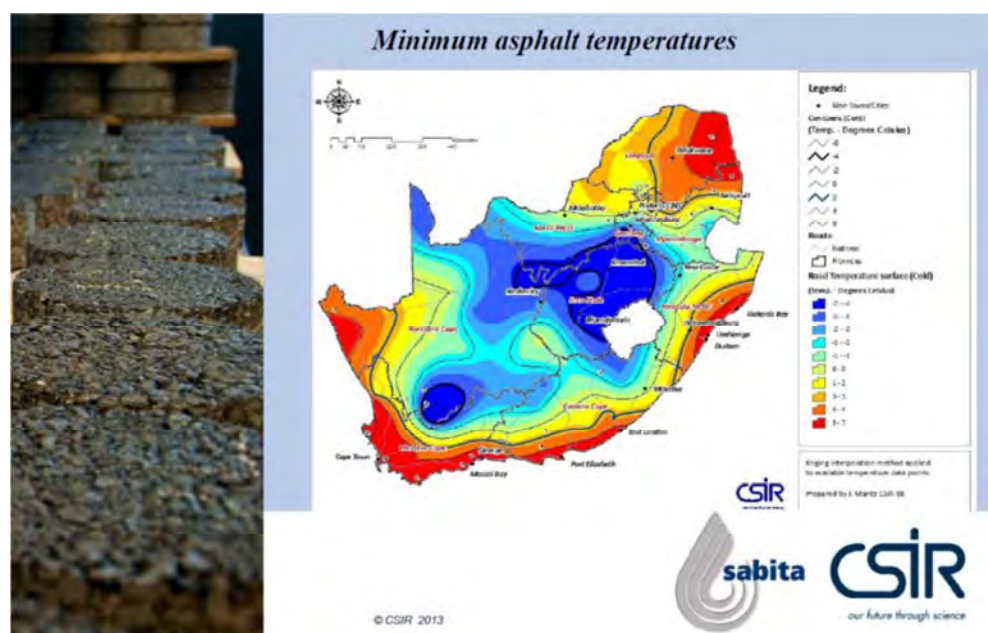


図3.3.2 南アの舗装温度区分（最低）

（3）AGGREGATE SELECTION

骨材粒度は Bailey Method を参考に骨材骨格を形成させる。

Bailey method - grading and packing analysis

Criteria are set based on unit weights, coarse and fine aggregate ratio

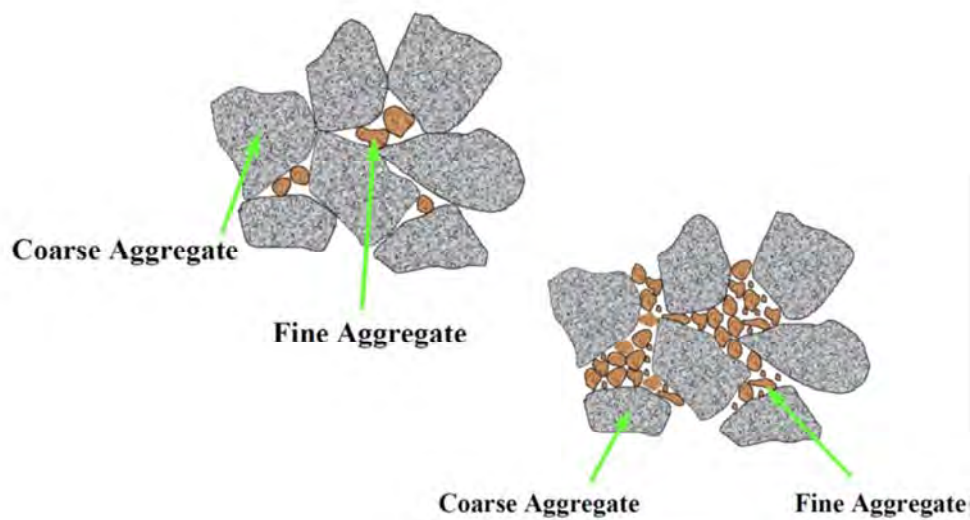


図3.3.3 骨材骨格の基本構成

（4）MIX DESIGN

配合設計は適用路線の交通量により、Level I から III に分類され以下に示す方法で配合設計を行う。

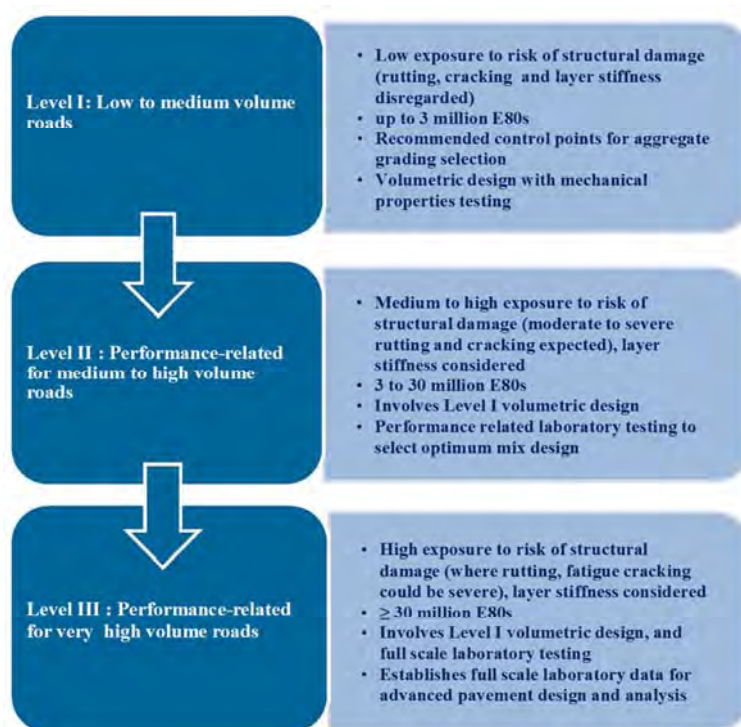


図3.3.4 交通量（適用軸重）別の配合設計手順

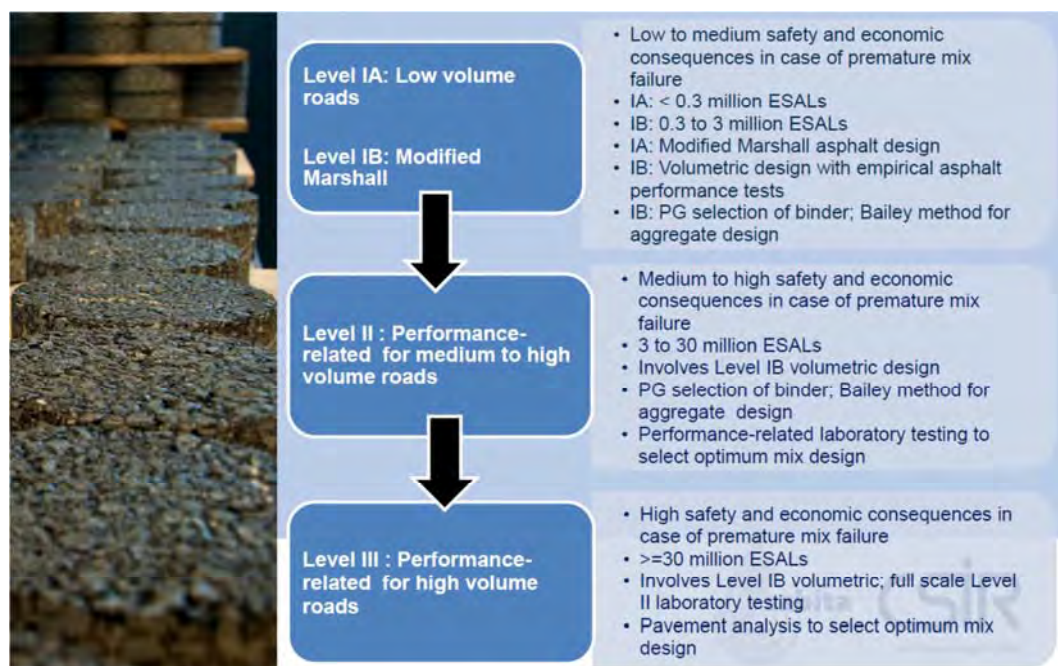


図3.3.5 交通量（適用軸重）別の配合設計方法

Level I

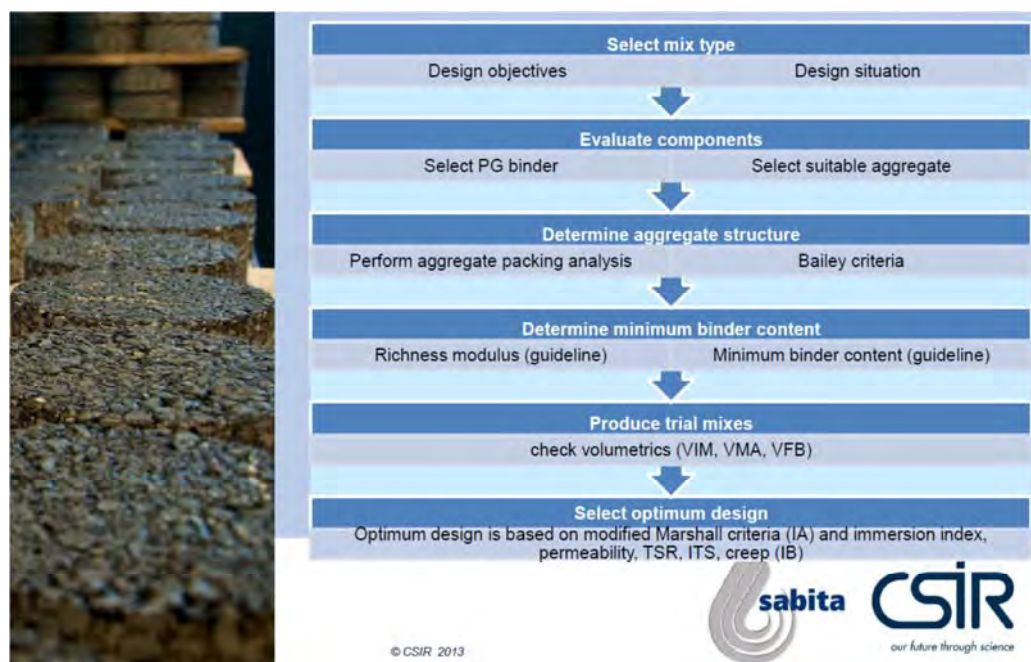


図3.3.6 Level I の配合設計手順

Level II & III

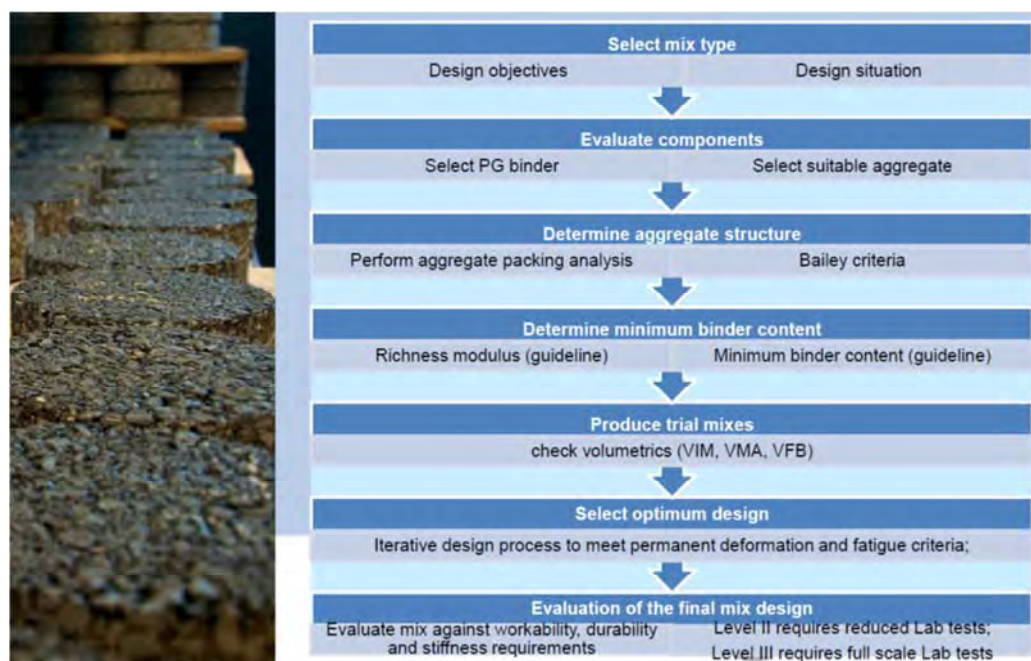


図3.3.7 Level II と III の配合設計手順

3.3.3 わだち掘れ対策

南アフリカには、アスファルト協会が発行するアスファルト舗装に関する「Trouble Shooting Guide」があり、現場で発生したアスファルト舗装に関する問題に対し対策案を示している。（以下に「わだち掘れ」に対する Shooting Guide を示す。）

表3.3.2 わだち掘れ対策（Shooting Guide）

PROBLEM	POSSIBLE CAUSES	Pr.	Im.	SUGGESTED SOLUTIONS
Rutting: Deformation in wheel tracks under traffic (often accompanied by bleeding).	1. Bitumen:			1. Bitumen:
	a. Too soft for the application.	M	H	a. Use correct grade or modify for ambient temps and traffic.
	b. Contaminated, causing softening.	L	H	b. Check properties of samples from mixing plant.
	c. Compositional balance of bitumen.	L	H	c. Check for compliance with specs, but note that spec tolerances are wide. Can be big differences in properties of bitumen of same penetration grades.
	2. Asphalt Design:			2. Asphalt Design:
				Note: Any mix revisions suggested below must ensure that design requirements for the job are still met.
	a. Bitumen content too high.	H	H	a. Revise design for stiffer mix.
	b. Very rounded aggregates.	L	M	b. Change aggregate source if possible and practical.
	c. Grading close to maximum density line.	M	M	c. Revise grading curve to achieve a harsher mix.
	d. High filler content acting as a bitumen extender. (causing excess mastic).	M	H	d. Check filler properties; redesign mix with reduced filler and suitable VIM's. (But see 2e below for the opposite effect of another type of filler).
	e. Filler/binder ratio too low, causing tender mix.	M	H	e. Increase filler content but don't make mix uncompactable.
				Note: This filler is doing the opposite of fillet in 2d above.
	3. Asphalt mixing and transport:			3. Asphalt mixing and transport:
	a. Contamination in plant (unburnt fuel etc).	L	H	a. Check temperatures, air feed, burners, nozzles, fuel quality.
	b. Excess release agent in hot bins.	L	M	b. Consider use of non oil-based release agent.
	c. Excess release agent (diesel?) on trucks.	L	M	c. Consider use of non oil-based release agent.
	4. Construction:			4. Construction:
	a. Excessive release agent (diesel?) in paver hopper.	L	L	a. Consider use of non oil-based release agent.
	b. Over-compaction (only if mix VIM's are too low).	L	H	b. Rather revise the mix design than reduce compaction effort.
		H	H	c. Consider using a stiffer or modified bitumen.

	5. General: a. Heavy traffic or accelerating/decelerating traffic (at intersections). b. Fuel and/or oil spills from traffic	H H	H M	5. General: a. Re-design a rut resistant mix (maybe with stiffer or modified bitumen) but make sure it is still compactable. b. Repair. Note that EVA modified asphalt is resistant to these spills.
--	---	------------	------------	---

The Probability (Pr) of the problem's occurrence is indicated in the central column, with probability rated High (H), Medium (M), Low (L).

The Impact (Im) on final product is shown in the central column, evaluated as High (H), Medium (M), or Low (L).

HOT-MIX ASPHALT TROUBLE SHOOTING GUIDE: Society for Asphalt Technology April 2005

第4章 国内再委託試験

4.1 試験の目的

(1) 目的

本業務における室内配合試験は、特に高温熱帯地域における流動わだち掘れに起因する早期不具合の発生を低減するための提案をすることを目的とする。

日本国内では、舗装の性能指標として、重交通ではDS3,000以上が基準値として定められている。密粒タイプでは、粗骨材の母岩質によってはまれに高いDS値が得られることもあるが、この基準値を満足するためには、ほとんどの場合、改質アスファルトを使用することによって対応している。しかしながら、開発途上国によっては改質アスファルトの入手が困難な場合や、改質アスファルト合材は通常のアスファルト合材と比較すると20～30%程度高価であることなどを考慮すると、安易に適用できないことも考えられる。

そこで、本業務ではストレートアスファルトを使用して、耐流動性を向上する方策について検討する。その結果より、下記の内容を当業務で作成するハンドブックにまとめる。

- 耐流動性を劣化させる要因について列挙し、その要因を排除/低減するために配合時やプラント混合時、あるいは施工時において特に留意する管理ポイント
- 耐流動性を向上させるために特に有効と思われる要因
- 混合物の耐流動性について、マーシャル安定度試験以外の確認試験方法

ただし、対象国において、路面温度が60℃を超える時間が長時間になる区間、重交通区間、低速重車両対策が必要な区間(急勾配区間、交差点内及びその手前の要対策区間等)などの外的要因や、粗骨材・細骨材の品質や生産能力、調達可能な材料の選択肢が少ないなど内的要因の現状から、対応困難である場合が懸念される。よって、ハンドブックには推奨事項として紹介する程度にとどめる。

(2) 試験実施の基本方針

舗装施工便覧(社)日本道路協会)より、流動わだち掘れ対策として次の点に留意すると記載されている。

- 骨材の粒度は中央値以下を目標とし、75 μ mふるい通過量は少なめにする。
- アスファルト量は共通範囲の中央値かそれ以下にする。なお、骨材によっては、アスファルト量を減少させるとはく離しやすくなることがあるので注意する。
- マーシャル安定度は75回突固めで7.35kN以上、安定度/フロー値は2,500以上を目標とする。
- 75 μ mふるい通過分のうち、回収ダストは30%を超えないようにする。

- 使用する瀝青材料を再検討し、高いDSの得られるような瀝青材料に代える。(改質Asや低針入度Asなど)

これらは一般的にすでに知られているため、本業務では、海外先進国の現地調査で得られた知見(耐流動性における空隙率の重要性)を踏まえ、ホイールトラッキング試験(日本仕様)およびSGC(スーパーペーブ仕様のコンパクト)を用いて、最大回転数における空隙率とDSの相関性を検証する。また、耐流動性を重要視するあまり、耐候性が低下することが懸念されるため、水浸ホイールトラッキング試験によるはく離抵抗性、曲げ試験によるひびわれ抵抗性についても確認する。

4.2 試験計画

4.2.1 試験条件の設定

(1) 基本配合の設定

すでに一般的に知られている、混合物の耐流動性に寄与する要因(パラメータ)を表4.2.1に示す。

表4.2.1 耐流動性に寄与する要因(パラメータ)

区分	摘要	因子	DSに与える影響
内的要因	骨材	粒度	2.36mmふるい通過量が少ないほどよい
		骨材骨格	ギャップ粒度など、粗骨材量が多いほどよい。
		骨材形状(細骨材)	球状にちかい天然砂より、稜角に富む人工砂の方がよい。
		骨材形状(粗骨材)	偏平・細長含有率が少なく、方形に近い方がよい。
		最大粒径	大きいほどよい。
		回収ダスト	回収ダスト混入率は少ないほどよい。
	アスファルト	低針入度	針入度が小さいほどよい。
		PMB	改質アスファルトがよい
		アスファルト量	少ないほどよい。
外的要因	外気温	熱帯地域	路面温度が60℃を超えると極端に低下する。
	走行速度	渋滞・低速車両	渋滞箇所の方が流動は顕著である。

本業務では、代表混合物を密粒タイプ(13)[75回]60/80とし、空隙率を指標とする目的から空隙率を変化させ、ホイールトラッキング試験とSGCによる混合物締固め試験を行った。粒度やアスファルト量を一定にして、空隙率だけを変化させる手段はない。そこで、本業務では、下記の2通りとした。

- ① 密粒(13)のアスファルト量を変化させる。
- ② 密粒(13)の2.36mmふるい通過量を変化させた。

① ～②より得られた結果から、縦軸に DS をとり、横軸には空隙率、アスファルト量、2.36mmふるい通過量、締固め度、最終空隙率などを取った相関図を作成した。①のアスファルト量は、代表混合物における最適アスファルト量(以下、OAC) ± 0.3 、0.6 %となるように設定した。なお、本業務では中央粒度と下方粒度のみアスファルト量を変化させた。②の2.36 mm ふるい通過量については、密粒度アスファルト混合物(13)の標準粒度範囲をもとに、37.5%、42.5%、47.5%の3通りで変化させ、それぞれ下方粒度、中央粒度、上方粒度とした。3粒度における配合総括表を表4.2.2に示す。

表 4.2.2 配合総括表（中央、上方、下方粒度）

		配合種類		
		中央粒度	下方粒度	上方粒度
配合割合(%)	6号碎石	37.5	41.8	35.4
	7号碎石	15.0	17.0	11.0
	砕砂	37.5	31.2	43.6
	細目砂	5.0	5.0	5.0
	石粉	5.0	5.0	5.0
通過質量百分率(%)	19.0	100.0	100.0	100.0
	13.2	99.1	99.0	99.2
	4.75	62.6	58.3	65.5
	2.36	42.5	37.5	47.5
	0.600	24.8	22.4	27.2
	0.300	16.2	14.8	17.6
	0.150	9.4	8.9	10.0
	0.075	5.2	5.2	5.1
粒度曲線				

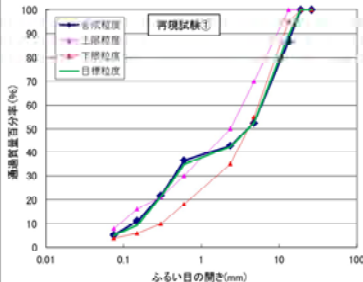
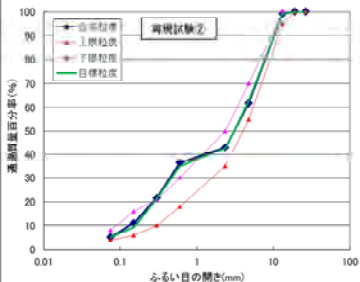
(2) 現場舗装のわだち掘れ発生要因に関する検討

高温熱帯地域における舗装で、早期にわだち掘れが発生するという現象が見られた。現場混合物を採取し、粒度の確認を行ったところ、混合物の粒度が密粒度アスファルト混合物(13)の標準粒度範囲をほぼ全ての粒度で外れていたことがわかった。そこで、現場混合物の性状確認を目的として、再現試験を行った。混合物の粒度は、現場混合物粒度を参考に以下の2種類とした。

- ・再現試験①：粗骨材、細骨材ともに適正範囲をはずれた粒度
- ・再現試験②：細骨材のみが適正範囲をはずれた粒度

各粒度における配合総括表を表4.2.3に示す。現場混合物の再現性を可能な限り高めるため、再現試験①、再現試験②には砕砂をふるい目ごとに分級したものを使用し、再現試験①には5号碎石を用いた。なお、アスファルト量については1)の検討における中央粒度の OAC を採用した。

表 4.2.3 配合総括表（再現試験①，②）

			配合種類			
			再現試験①		再現試験②	
配合割合 (%)	5号砕石		14.0		0.0	
	6号砕石		36.0		38.0	
	7号砕石		5.0		17.0	
	砕砂	2.36	35.0	10.0	35.0	10.0
		0.600		15.0		15.0
		0.300		35.0		35.0
		0.150		25.0		25.0
		0.075		15.0		15.0
細目砂		5.0		5.0		
石粉		5.0		5.0		
通過質量百分率 (%)	26.0		100.0		100.0	
	19.0		100.0		100.0	
	13.2		86.7		99.1	
	4.75		52.5		61.7	
	2.36		42.9		42.9	
	0.600		36.4		36.4	
	0.300		21.6		21.6	
	0.150		11.1		11.1	
	0.075		5.2		5.2	
粒度曲線			再現試験①		再現試験②	
						

4.2.2 試験項目の設定

表4.2.4 提案した試験項目

No.	試験名	試験法	適用
①	骨材の比重吸水試験	JIS A 1110	理論最大密度の計算値
②	マーシャル安定度試験	試験法便覧 B 001	OAC の決定
③	ホイールトラッキング (WT) 試験	試験法便覧 B 003	動的安定度
④	水浸ホイールトラッキング (WT) 試験	試験法便覧 B 004	はく離面積率
⑤	曲げ試験	試験法便覧 B 005	曲げ強度・曲げひずみ
⑥	最大密度試験	試験法便覧 G027	理論最大密度の実測値
⑦	SGC による混合物締固め試験	SHRP	最終空隙率

- ①、②は従来のマーシャル安定度試験に準じて実施し、アスファルト量と空隙率の関係を求めるために行う。
- ③は DS を求めるために行う。
- ④、⑤は耐流動性を重視するあまり、耐候性が低下することが懸念されるため、

はく離抵抗性、ひびわれ抵抗性について確認するため行う。

- 4) ⑥、⑦は、SHRP に準拠し、重交通条件における旋回数（Nini、Ndes、Nmax）における締固め度と空隙率をもとめ、ワーカビリティと設計空隙率および最終空隙率を求めるために行う。その際、空隙率の算出に使用する最大密度は⑥で得られた値とする。

4.3 試験結果

4.3.1 使用材料

本検討で使用した骨材およびアスファルトを表4.3.1、4.3.2に示す。また、使用骨材の外観を写真4.3.1に示す。

表 4.3.1 使用骨材

			5号砕石	6号砕石	7号砕石	砕砂	再現試験用 砕砂	細目砂	石粉	規格	
製造会社名			㈱オーリス					羽黒資材㈱	菱光石灰工業㈱		
産地			茨城県 笠間市	茨城県 笠間市	茨城県 笠間市	茨城県 北相馬郡守谷町		栃木県 宇都宮市 小倉町	埼玉県 秩父郡 横瀬町		
材質			硬質砂岩	硬質砂岩	硬質砂岩	硬質砂岩		洗砂	炭酸 カルシウム		
試験項目	通過 質量 百分率 [%]	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
		13.2	10.7	97.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
		9.5	0.5	66.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
		4.75	0.5	10.4	74.8	100.0	100.0	100.0	100.0		
		2.36	0.5	3.7	0.0	83.0	90.0	100.0	100.0		
		1.18	0.5	2.4	0.0	59.3	—	97.6	100.0		
		0.600	0.5	1.9	0.0	39.3	75.0	87.7	100.0		
		0.300	0.4	1.6	0.0	22.9	40.0	39.3	100.0		
		0.150	0.4	1.4	0.0	9.5	15.0	6.7	99.8		
	0.075	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	1.6	94.1			
	密度	表乾密度 [g/cm ³]	2.675	2.653	2.650	2.619		2.590		粗骨材：2.45以上 細骨材：—	
		見かけ密度 [g/cm ³]	2.689	2.682	2.693	2.680		2.631			2.710
		かさ密度 [g/cm ³]	2.666	2.636	2.625	2.530		2.546			
		吸水率[%]	0.32	0.65	0.97	3.51		1.76			
		すり減り減量[%]	11.9	12.2							粗骨材：30以下 細骨材：— 粗骨材：12以下 細骨材：— 粗骨材：5.0以下 細骨材：— 粗骨材：10.0以下 細骨材：—
		安定性試験による 損失量[%]	0.1	0.3	0.1	0.6		3.6			
軟石量[%]		2.7	2.2								
へん平率[%]	0.2	0.8									
静的剥離率[%]		12.0									
塑性指数 PI				NP		NP					
備考										舗装施工便覧 (平成18年度版)	

表 4.3.2 使用アスファルト

製品名		ストレートアスファルト60/80	
製造元		JXエネルギー(株)根岸製油所	規格
試験項目	伸度 [cm]	100(+)	100以上
	引火点 COC [°C]	362	260以上
	動粘度(120°C) [mm ² /s]	834	
	動粘度(150°C) [mm ² /s]	190	
	動粘度(180°C) [mm ² /s]	64.0	
	軟化点 [°C]	46.0	
	針入度(25°C) [1/10mm]	71	60を超え80以下
	蒸発後の針入度比 [%]	102	110以下
	トルエン可溶分 [質量%]	99.97	99.0以上
	密度(15°C) [g/cm ³]	1.036	1.000以上
	薄膜加熱質量変化率 [%]	(+)0.15	0.6以下
	薄膜加熱針入度残留率 [%]	70.3	55以上
備考			舗装施工便覧 (平成18年度版)



写真 4.3.1 使用骨材の外観（上段左：5号、上段右：6号、中段左：7号碎石、中段右：碎砂、下段左：細目砂、下段右：石粉）

4.3.2 評価対象混合物

本検討で対象とした混合物の一覧を表4.3.3に示す。

表 4.3.3 試験対象混合物一覧

配合名	2.36mm通過量[%]	アスファルト量
中央粒度OAC+0.6%	42.9	OACに対して+0.6%
中央粒度OAC+0.3%		OACに対して+0.3%
中央粒度OAC		共通範囲の中央値
中央粒度OAC-0.3%		OACに対して-0.3%
中央粒度OAC-0.6%		OACに対して-0.6%
下方粒度OAC+0.6%	37.5	OACに対して+0.6%
下方粒度OAC-0.3%		OACに対して+0.3%
下方粒度OAC		共通範囲の中央値
下方粒度OAC-0.3%		OACに対して-0.3%
下方粒度OAC-0.6%		OACに対して-0.6%
上方粒度OAC	47.5	共通範囲の中央値
再現試験①	42.9	中央粒度OACに準ずる
再現試験②		

4.3.3 実施試験項目

本検討で実施した試験項目を表4.3.4に示す。また、試験と混合物の対応表を表4.3.5に示す。SGCによる混合物締固め試験方法については別途記載する。

表 4.3.4 試験項目

試験名	試験法	適用
骨材の比重吸水試験	JIS A 1110	配合設計
マーシャル試験	試験法便覧 B001	各混合物におけるOACおよび基準密度の決定
ホイールトラッキング試験	試験法便覧 B003	塑性変形抵抗性
水浸ホイールトラッキング試験	試験法便覧 B004	混合物のはく離抵抗性
曲げ試験	試験法便覧 B005	混合物のたわみ追従性
最大密度試験	試験法便覧 G027	理論最大密度の実測値
SGCによる混合物締固め試験	別途記載	V_{ini} , V_{des} , V_{max}

表 4.3.5 試験と混合物の対応表

配合名	マーシャル試験	ホイールトラッキング試験	水浸ホイールトラッキング試験	曲げ試験	最大密度試験	SGCによる混合物締固め試験
中央粒度OAC+0.6%	○	○	○	○	○	○
中央粒度OAC+0.3%	●	○	○	-	○	○
中央粒度OAC	●	○	-	-	○	○
中央粒度OAC-0.3%	●	○	-	-	○	○
中央粒度OAC-0.6%	●	○	○	○	○	○
下方粒度OAC+0.6%	○	○	○	○	○	○
下方粒度OAC-0.3%	●	○	○	-	○	○
下方粒度OAC	●	○	-	-	○	○
下方粒度OAC-0.3%	●	○	-	-	○	○
下方粒度OAC-0.6%	●	○	○	○	○	○
上方粒度OAC	○	○	-	-	○	○
再現試験①	●	○	-	-	○	○
再現試験②	●	○	-	-	○	○

●は設定アスファルト量一点のみ行い、基準密度を求める

○は表-6の試験法により実施

-は試験を実施しない

＜SGCによる混合物締固め試験＞

SGC(Superpave Gyratory Compactor)は、Superpave 配合設計により用いられている試験機である。この試験機の特徴として、SGC による締固めの回転数と混合物の高さの関係が得られることが挙げられる。その際の相関図の例を図 4.3.1 に示す。この関係から、ある回転数における見かけ密度および空隙率を算出することができる。

締固めパラメーターN は回転数と混合物密度から、下記の様に定義される。

N_{ini} : 施工中の締固め性、落ち着きの悪い混合物を避けるための指標となる回転数

N_{des} : 予想交通量における現場密度と同じ密度の供試体とするのに要する回転数

N_{max} : 流動わだち掘れを避けるよう、現場で決して超えることのない室内密度を得るための回転数

交通量による締固めパラメーターN の設定値を表 4.3.6 に示す。また、各締固めパラメーターごとに得られる混合物の空隙率を以下のように定義した。

V_{ini} : 初期空隙率

V_{des} : 設計空隙率

V_{max} : 最終空隙率

なお、本検討では超重交通路線を想定し、設計 ESAL が 30×10^6 以上における締固めパラメーターを採用した。

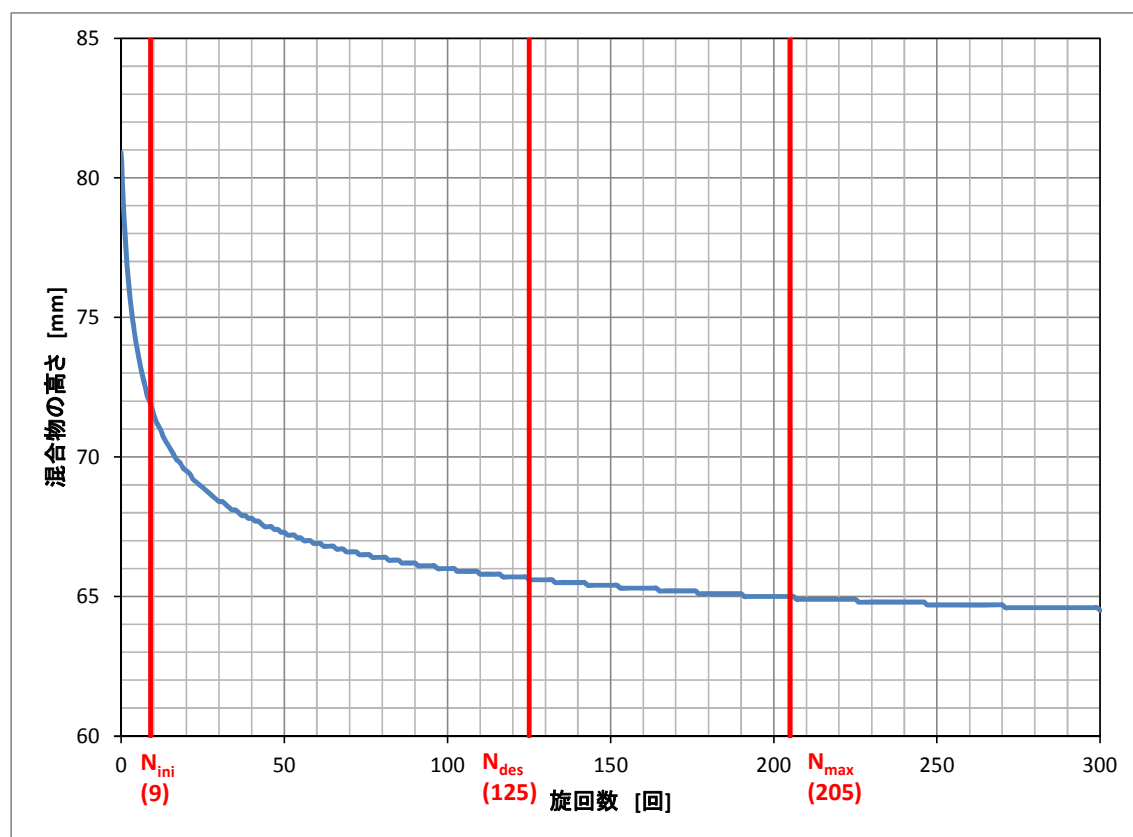


図 4.3.1 SGC における回転数と供試体混合物高さの関係（例）

表 4.3.6 Superpave ジャイレトリコンパクタの締固めエネルギー (AASHTO R35-09)

設計 ESAL ^a ($\times 10^6$)	締固めパラメーター			代表的な車道への適用 ^b
	N _{ini}	N _{des}	N _{max}	
<0.3	6	50	75	適用には、大型交通の走行が禁止または非常に最小レベルとなるローカル道路、郡道のような低交通量の車道がある。これら車道上の交通は性質上ローカルと考えられ、地域の道路、州内道路または州際道路ではない。リクレーションサイトまたはエリアの特別な目的の車道は、このレベルを適用できる。
0.3to <3	7	75	115	適用には多くの集数道路またはアクセス街路がある。中程度の交通に供する市街路や郡道の大部分はこのレベルを適用してよい。
3to <30	8	100	160	適用には、多くの2車線、多車線、分離道路、および完全あるいは部分的にコントロールされたアクセス道路がある。これらの中には、中程度～高交通に供する市街路、多くの州道、US 道路、およびいくつかの地方部州間道路がある。
≥30	9	125	205	適用には、US 州際道路の大部分、性質上、地方部と都市部の両方がある。大型車重量測定箇所や2車線道路における変換車線も、このレベルを適用するとよい。

a. 20年間に設計車線で予期されるプロジェクトの予想交通量。車道の設計期間に関係なく、20年間の設計 ESALs を決定する。

b. A policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004, AASHTO の定義による

試験方法は、*Superpave (MixDesign) Superpave Series No. 2 (SP-2)* に準じて行った。手順を以下に示す。

- ①骨材およびアスファルトを 165℃ に設定した循環式乾燥炉内で養生しておく。
- ②骨材が完全にアスファルトで被覆されるまで混ぜる。
- ③混合物をバット上に、厚さ 25~50mm となるよう敷きならす。
- ④敷きならした混合物を、145±3℃ に設定した循環式乾燥炉内で養生する。
- ⑤混合物は 60 分毎に循環式乾燥炉から取出し、混合する。
- ⑥2 時間養生後、混合物が転圧温度になっていることを棒状温度計で確認する。
- ⑦循環式乾燥炉内で温めておいたモールドに混合物を入れ、SGC で締固める。
- ⑧得られた旋回数と混合物高さの関係から、 V_{max} 、 V_{des} 、 V_{ini} を求める。

4.3.4 試験結果

(1) 配合設計

中央、下方、上方の3粒度について配合設計を行った。試験結果を、表 4.3.7 に示す。

表 4.3.7 マーシャル試験結果

配合名	OAC (%)	理論最大密度 (g/cm ³)	基準密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	VMA	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	S/F kN/m
上方粒度	4.7	2.495	2.409	3.4	76.2	14.5	15.4	35	4,400
中央粒度	4.8	2.492	2.409	3.3	77.2	14.5	14.3	36	3,972
下方粒度	4.8	2.492	2.403	3.6	75.5	14.6	15.0	38	3,947
基準値	—	—	—	3~6	70~85	16以上 (望ましい値)	7.35以上 (重交通)	20~40	2,500以上 (重交通)

＜各混合物におけるアスファルト量および基準密度＞

3 粒度における OAC をもとに、各混合物におけるアスファルト量を決定した。さらに配合設計で得られた、アスファルト量と密度の関係を示す曲線より、各混合物の基準密度を求めた。各混合物における基準密度を表 4.3.8 に示す。以降の評価試験は、求めた基準密度に対して締固め度 $100 \pm 1\%$ の混合物を用いて行った。

表 4.3.8 アスファルト量と基準密度一覧

混合物種	アスファルト量[%]	基準密度[g/cm ³]
中央粒度OAC+0.6%	5.4	2.422
中央粒度OAC+0.3%	5.1	2.416
中央粒度OAC	4.8	2.409
中央粒度OAC-0.3%	4.5	2.400
中央粒度OAC-0.6%	4.2	2.392
下方粒度OAC+0.6%	5.4	2.416
下方粒度OAC+0.3%	5.1	2.409
下方粒度OAC	4.8	2.403
下方粒度OAC-0.3%	4.5	2.386
下方粒度OAC-0.6%	4.2	2.373
上方粒度OAC	4.7	2.409
再現試験①	4.8	2.421
再現試験②	4.8	2.408

(2) マーシャル安定度

マーシャル安定度試験結果を表 4.3.9 に示す。

表 4.3.9 マーシャル安定度とフロー値

混合物種	マーシャル安定度[kN]	フロー値[1/100cm]
中央粒度OAC+0.6%	13.0	37
中央粒度OAC+0.3%	13.4	35
中央粒度OAC	14.3	36
中央粒度OAC-0.3%	13.1	34
中央粒度OAC-0.6%	13.3	35
下方粒度OAC+0.6%	14.4	39
下方粒度OAC+0.3%	15.6	37
下方粒度OAC	15.0	36
下方粒度OAC-0.3%	13.3	38
下方粒度OAC-0.6%	12.5	36
上方粒度OAC	15.4	35
再現試験①	17.5	38
再現試験②	18.1	37

(3) ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験（以下、WT 試験）結果を表 4.3.10 に示す。

- ・アスファルト量が少なくなるとともに、いずれの粒度でも DS が高くなる傾向が見られた。(図 4.3.2)
- ・空隙率が大きくなると DS が高くなる傾向が見られた。(図 4.3.3)
- ・中央粒度の方が下方粒度よりもアスファルト量や空隙率の増減による DS への

影響が大きかった。(図 4.3.3)

- ・OAC で比較すると、再現試験①、②の DS は、密粒度アスファルト混合物(13)のいずれの粒度よりも低くなった。また、再現試験①、②における DS は、細骨材のみを適正範囲から外した②の粒度の方が低くなった。(図 4.3.4)

表 4.3.10 WT 試験結果

混合物種	空隙率[%]	d_{45} [mm]	d_{60} [mm]	d_0 [mm]	DS[回/mm]
中央粒度OAC+0.6%	2.4	5.85	6.85	2.85	630
中央粒度OAC+0.3%	3.0	3.51	4.03	1.95	1212
中央粒度OAC	3.7	2.36	2.69	1.38	1909
中央粒度OAC-0.3%	4.0	1.68	1.89	1.04	3000
中央粒度OAC-0.6%	5.6	1.84	2.05	1.23	3150
下方粒度OAC+0.6%	2.2	4.29	4.87	2.57	1105
下方粒度OAC+0.3%	3.4	3.40	3.85	2.03	1370
下方粒度OAC	3.4	2.57	2.94	1.46	1703
下方粒度OAC-0.3%	4.2	1.97	2.22	1.23	2520
下方粒度OAC-0.6%	6.0	2.32	2.62	1.43	2100
上方粒度OAC	4.1	3.18	3.56	2.05	1658
再現試験①	3.6	3.13	3.73	1.44	1050
再現試験②	4.0	3.94	4.78	1.43	750

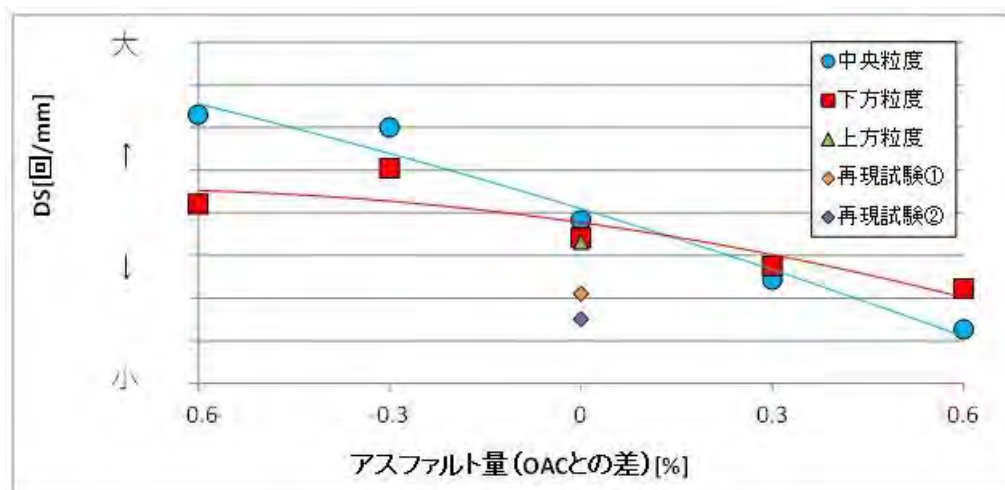


図 4.3.2 アスファルト量 (OAC との差) と DS の関係

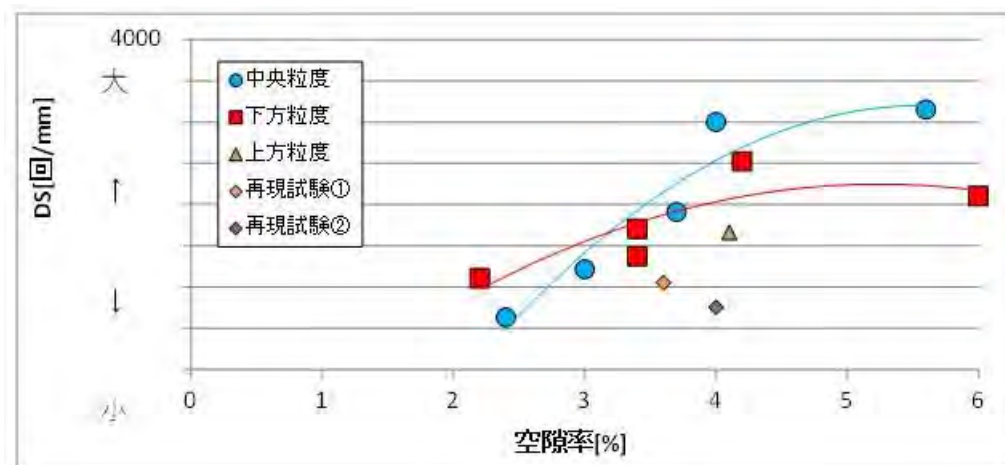


図 4.3.3 空隙率と DS の関係

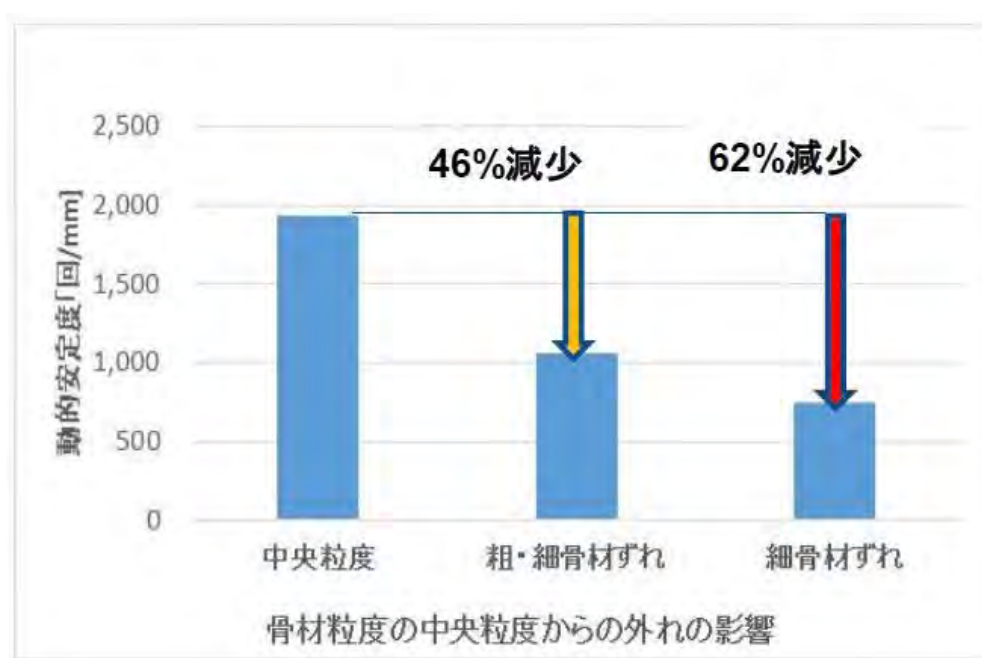


図 4.3.4 空隙率と DS の関係

(4) 水浸ホイールトラッキング試験

水浸ホイールトラッキング試験（以下、水浸 WT 試験）結果を表 4.3.11 に示す。

表 4.3.11 水浸 WT 試験結果

混合物種	空隙率[%]	はく離率[%]
中央粒度OAC+0.6%	2.4	8.1
中央粒度OAC	3.7	4.7
中央粒度OAC-0.6%	5.6	4.7
下方粒度OAC+0.6%	2.2	3.5
下方粒度OAC	3.4	3.5
下方粒度OAC-0.6%	6.0	6.1

(5) 曲げ試験

混合物曲げ試験結果を表 4.3.12 に示す。

表 4.3.12 曲げ試験結果

混合物種	空隙率[%]	曲げ強度[MPa]	曲げひずみ[$\times 10^{-3}$ cm/cm]
中央粒度OAC	3.7	6.27	3.87
中央粒度OAC-0.6%	5.6	8.14	4.57
下方粒度OAC	3.4	8.36	5.20
下方粒度OAC-0.6%	6.0	7.82	4.54

※空隙率はカット前の混合物の値

(6) 最大密度試験

最大密度試験の結果を表 4.3.13 に示す。最大密度試験で求められる実測値は、計算で求めた理論最大密度とほぼ一致した。

表 4.3.13 最大密度試験結果

混合物種	最大密度(実測値)[g/cm ³]	理論最大密度[g/cm ³]
中央粒度OAC+0.6%	2.472	2.470
中央粒度OAC+0.3%	2.484	2.481
中央粒度OAC	2.493	2.492
中央粒度OAC-0.3%	2.504	2.503
中央粒度OAC-0.6%	2.515	2.514
下方粒度OAC+0.6%	2.467	2.470
下方粒度OAC+0.3%	2.484	2.481
下方粒度OAC	2.491	2.492
下方粒度OAC-0.3%	2.503	2.503
下方粒度OAC-0.6%	2.517	2.514
上方粒度OAC	2.495	2.495
再現試験①	2.493	2.490
再現試験②	2.489	2.490

(7) SGC による混合物締固め試験

SGC 締固め試験結果を表 4.3.14 および図 4.3.5～4.3.8 に示す。試験結果から、以下の傾向が得られた。

- ・ V_{max} , V_{des} は、いずれもアスファルト量が少なくなると大きくなる傾向が見られた。
- ・ いずれの粒度も、OAC においては V_{max} , V_{des} に明確な差が見られなかった。
- ・ V_{max} および V_{des} の差は、アスファルト量が少なくなるにつれて大きくなる傾向が見られた。
- ・ 下方粒度の V_{ini} は、いずれのアスファルト量においても、他の粒度に比べ、大きくなる傾向が得られた。
- ・ 2.36mm ふるい通過量と V_{max} との関係に明確な傾向は見られなかった。
- ・ V_{max} と DS には、いずれの粒度でも明確な相関があり、 V_{max} が大きくなるほど DS が高くなる傾向が見られた。
- ・ SGC 試験機による見かけ密度と、一般的手法のかき密度との間には大きな差が見られた。SGC 試験機による密度の取り扱いには注意を要する。
- ・ 再現試験の V_{max} は、①で 3.7%、②で 4.1%であり、密粒度アスファルト混合物(13)と同じ V_{max} で比較すると DS が低いことがわかった。

表 4.3.14 SGC による混合物締固め試験結果

混合物種	2.36mmふるい 通過量[%]	DS[回/mm]	V _{in} [%]	V _{des} [%]	V _{max} [%]
中央粒度OAC+0.6%	42.5	630	10.6	2.6	2.0
中央粒度OAC+0.3%		1212	11.9	3.7	2.9
中央粒度OAC		1909	12.2	4.2	3.2
中央粒度OAC-0.3%		3000	13.9	5.4	4.4
中央粒度OAC-0.6%		3150	14.6	6.2	5.2
下方粒度OAC+0.6%	37.5	1105	12.0	2.8	1.9
下方粒度OAC+0.3%		1370	13.2	4.0	3.0
下方粒度OAC		1703	13.1	4.4	3.5
下方粒度OAC-0.3%		2520	14.9	5.9	4.8
下方粒度OAC-0.6%		2100	15.5	7.0	5.9
上方粒度OAC	47.5	1658	12.3	4.5	3.6
再現試験①	42.9	1050	11.6	4.7	3.7
再現試験②		750	12.0	5.0	4.1

表 4.3.15 Nmax における密度、空隙率および補正係数 C

混合物種	密度[g/cm ³](旋回数:205)		補正係数 C	V _{___} [%](旋回数:205)	
	見かけ	かさ		見かけ	かさ
中央粒度OAC+0.6%	2.414	2.455	1.017	2.3	0.7
中央粒度OAC+0.3%	2.387	2.444	1.024	3.9	1.6
中央粒度OAC	2.415	2.467	1.022	3.1	1.0
中央粒度OAC-0.3%	2.381	2.444	1.027	4.9	2.4
中央粒度OAC-0.6%	2.366	2.430	1.027	5.9	3.4
下方粒度OAC+0.6%	2.392	2.447	1.023	3.1	0.8
下方粒度OAC+0.3%	2.384	2.447	1.027	4.0	1.5
下方粒度OAC	2.394	2.457	1.026	3.9	1.4
下方粒度OAC-0.3%	2.368	2.448	1.034	5.4	2.2
下方粒度OAC-0.6%	2.349	2.430	1.034	6.6	3.5
上方粒度OAC	2.407	2.458	1.021	3.5	1.5
再現試験①	2.408	2.451	1.018	3.4	1.7
再現試験②	2.389	2.448	1.025	4.0	1.6

表 4.3.16 各旋回数における見かけおよびかさ空隙率

混合物種	V _{___} [%](旋回数:9)		V _{___} [%](旋回数:125)		V _{___} [%](旋回数:205)	
	見かけ	かさ	見かけ	かさ	見かけ	かさ
中央粒度OAC+0.6%	12.5	11.1	3.4	1.8	2.3	0.7
中央粒度OAC+0.3%	14.2	12.1	5.1	2.8	3.9	1.6
中央粒度OAC	12.5	10.6	4.1	2.0	3.1	1.0
中央粒度OAC-0.3%	14.4	12.1	5.9	3.4	4.9	2.4
中央粒度OAC-0.6%	15.6	13.3	7.0	4.5	5.9	3.4
下方粒度OAC+0.6%	13.7	11.7	4.2	2.0	3.1	0.8
下方粒度OAC+0.3%	14.5	12.2	5.2	2.7	4.0	1.5
下方粒度OAC	14.0	11.7	4.9	2.4	3.9	1.4
下方粒度OAC-0.3%	15.5	12.7	6.6	3.4	5.4	2.2
下方粒度OAC-0.6%	16.4	13.6	7.7	4.5	6.6	3.5
上方粒度OAC	12.5	10.6	4.5	2.5	3.5	1.5
再現試験①	11.5	10.0	4.3	2.6	3.4	1.7
再現試験②	11.9	9.7	4.9	2.6	4.0	1.6

＜検討内容＞

最大旋回数(Nmax)は205回とし、見かけ密度および見かけ空隙率と、かさ密度およびかさ空隙率を求めた。なお、本検討においては、各呼び名を以下のとおり定義した。

見かけ密度 …… 試料の空中重量(g)を、試験機の高さ変位(h)およびモールド内径(R)から求まる供試体容積($\pi R^2/4 \times h$; cm³)を用いて算出した密度

見かけ密度(g/cm³) = 空中重量 / 供試体容積

かさ密度 …… 「調査試験法便覧 B008-1 密粒度アスファルト混合物等の密度試験方法」により得られるかさ密度

$$\text{かさ密度} = \text{空中重量} / (\text{表乾重量} - \text{水中重量}) \times \text{水の密度} (\div 1.0)$$

見かけ空隙率・・見かけ密度から得られる空隙率

かさ空隙率・・かさ密度から得られる空隙率

$$\text{空隙率} [\%] = (1 - \text{密度} [\text{g/cm}^3] / \text{最大密度} [\text{g/cm}^3]) \times 100$$

※計算で使用する最大密度には、最大密度試験の結果を用いた。

試験により求められた $N_{\max}$ の見かけ空隙率とかさ空隙率の関係から、補正係数 C (correction factor) を求めた。 C を用いて、 N_{ini} と N_{des} におけるかさ空隙率を求めた。

補正係数 $C = \text{かさ密度} / \text{見かけ密度}$

※スーパーパーブにおける C は設計旋回数 (N_{des}) 後の値を使用しているが、ここでは最大旋回数 ($N_{\max}$) の値を代用した。

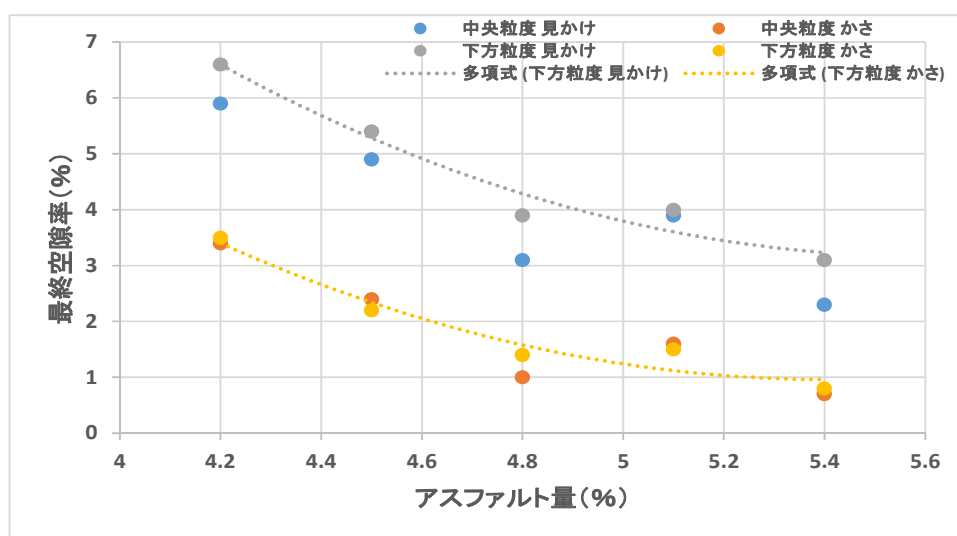


図 4.3.5 アスファルト量と $V_{\max}$ (見かけ、かさ) の関係

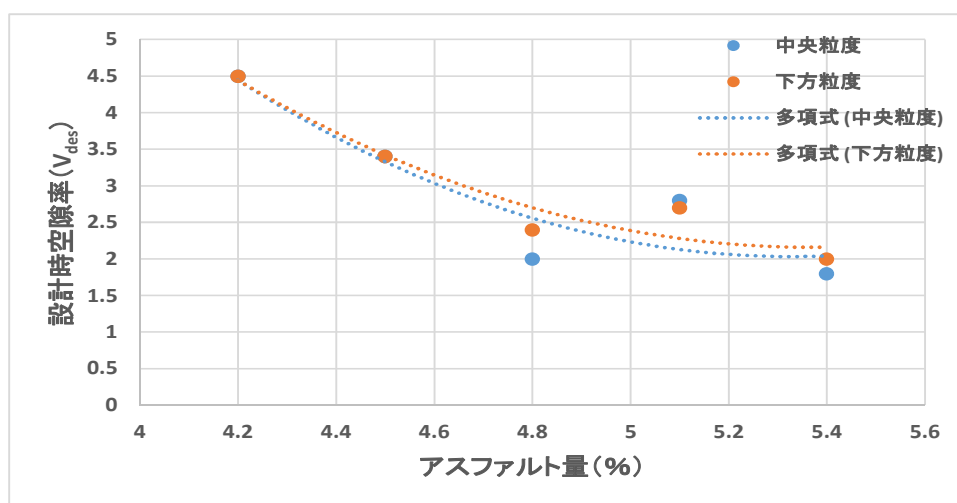
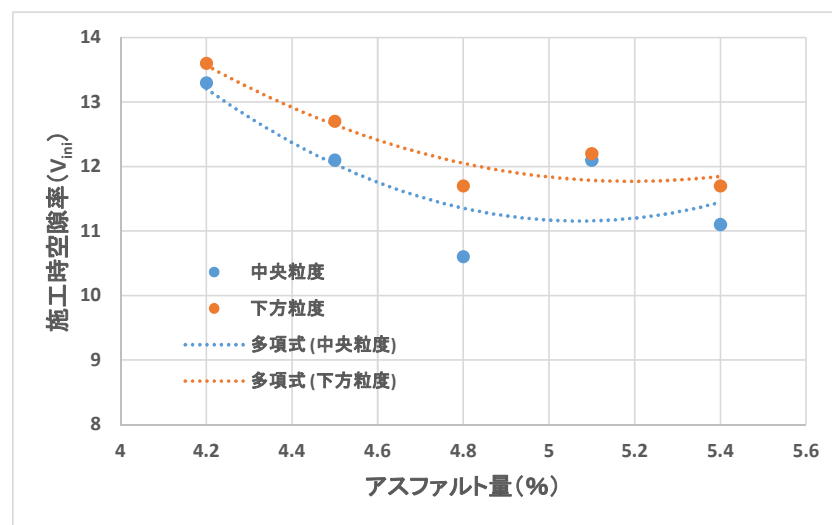
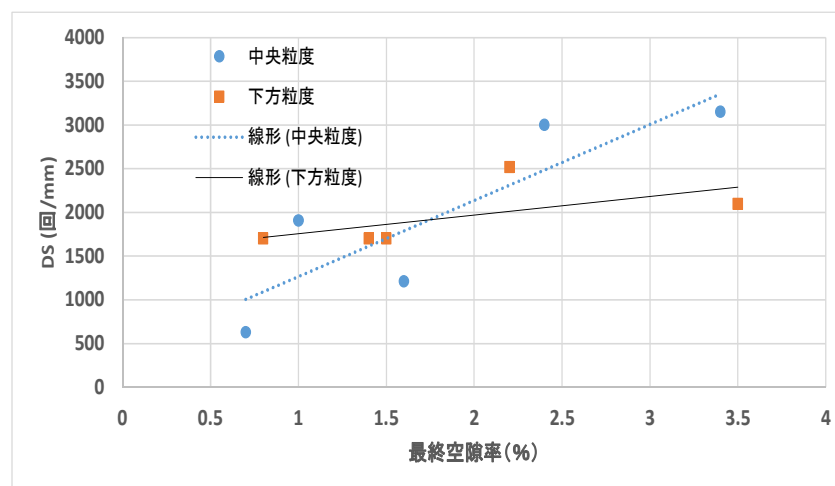


図 4.3.6 アスファルト量と V_{des} の関係

図 4.3.7 アスファルト量と V_{ni} の関係図 4.3.8 V_{max} と DS の関係

4.4 考察

本検討における結論を以下に示す。

(1) 塑性変形抵抗性に起因するパラメーター

混合物の塑性変形抵抗性に起因するパラメーターを以下に示す。

- ・ 今回の試験に限っては、空隙率を大きくする（アスファルト量を OAC-0.6%の範囲内で少なくする）ことで、はく離抵抗性やたわみ追従性を損なわずに塑性変形抵抗性を向上させることができた。ただし、舗装施工便覧に記載のあるとおり、アスファルト量は OAC より 0.5%以上減らさない方が良い。
- ・ 中央粒度と下方粒度の比較より、粒度はアスファルト量を少なくした場合の効果

が高い中央粒度が望ましい。

- ・アスファルト量を少なくすることで、骨材へのアスファルト被膜を形成させる時間（混合時間）が長くなるため、プラント製造時における薄膜劣化の影響を確認する必要がある。
- ・今回の試験では、かさ密度による最終空隙率が2%未満であったにもかかわらず、非常に高いDSが得られる結果となった。この要因として、形状のいい良質な粗骨材と砕砂の組み合わせが、非常に好ましい骨材骨格を形成したためと推測される。

（2）現場破損の発生要因と推測されるパラメーター

現場破損の発生要因と推測されるパラメーターを以下に示す。

- ・空隙率や $V_{\max}$ が同程度でも、再現試験のDSは密粒度アスファルト混合物(13)よりも低くなるため、現場の破損は混合物の粒度に起因する可能性が高い。

（3）施工中の締固め性（ワーカビリティ）に起因するパラメーター

混合物のワーカビリティに起因するパラメーターを以下に示す。

- ・2.36mm ふるい通過量を多くするほど、ワーカビリティが良くなる可能性がある。

4.5 まとめ

本検討結果は日本の1材料にて実施したものである。塑性変形抵抗性に影響するパラメータはアスファルト量および空隙率の相関が高いことがわかったものの、素材の良悪にも依存すると考えられた。今後さらに、異種の岩質の粗骨材や、天然砂などの細骨材を使用したデータの蓄積が必要であると思われる。

また、スーパーパーブなどのSGCによる締固め試験や配合試験の手法は、日本人技術者にも習熟者は少ないため、適用にあたっては慎重に検討することが望ましい。なお、現地での施工にあたっては下記の点に留意することが必須となる。

- ・本検討結果の再現性を検証するため、現地材料での事前確認を行う必要がある。
- ・良い材料を使用した場合でも、施工次第で悪い舗装に仕上がるため、現地での施工においては、入念な施工管理および品質管理の体制が重要である。

第5章 コンサルタントの瑕疵

5.1 コンサルタントの瑕疵

5.1.1 瑕疵責任の範囲

(1) コンサルタントの役割

国内建設産業における建設コンサルタントの役割は、主に「事業評価、F/S（フィージビリティ・スタディ）等の調査業務」と設計、入札・契約段階での「用地買収や発注に必要な設計図面の作成、工事数量の算定等」である。施工段階では、一般的に建設コンサルタントが携わることは少ないが、三者合同技術連絡会議が制度化されたことを受け、工事着手段階及び工事中に、発注者、施工者及び設計者の三者が参加して設計意図を共有し、適切な設計・施工方法を協議、調整するケースが増えつつある。施工段階における建設コンサルタントの役割は拡大傾向にあるが、役割上、道義上の責任はあっても、契約上の責任は規定されていない。

一方、海外業務においては上記の役割に加え「入札図書作成」、「入札支援」の業務、「施工監理」まで実施するのが一般的である。国際コンサルティングエンジニア連盟（FIDIC）の契約約款では、工事契約の当事者である「発注者」、「請負者」に加え、建設コンサルタントは「The Engineer：行政代行」という役割が与えられ、その権限と義務が規定されている。一般的に建設コンサルタントは、発注者からの指名を受け、施工計画や材料等の承認、工事計画の変更指示、品質管理、工事進捗管理といった発注者の代理人としての役割だけでなく、出来高の証明やクレームに対する査定及び決定するという強い権限を与えられるとともに、公平中立な立場からの判断者としての責任を担っており、施工を契約に従い円滑に遂行していく上で重要な役割を担うとともに、その責任範囲も大きくなる。

(2) コンサルタントの瑕疵

コンサルタントの瑕疵とは、「善管注意義務（債務者の職業、その属する社会的・経済地位などにおいて一般に要求されるだけの注意）」違反であり、「目的物が通常有すると期待される性質または契約の当事者が特にその存在することを保証した性質を欠くために目的物の価値が減少すること」と考えられている。なお、民法には、瑕疵の内容に関する規定は存在せず、また、瑕疵の類型化や定義付けもなされていないため、法律上は瑕疵の判断基準は明らかではない。国内ではコンサルタントの役割から、瑕疵といえば設計瑕疵が対象となる場合が多い。

海外では、調査・設計から施工監理業務までがコンサルタントの役割であることから、施工時の瑕疵についても監理責任を問われる場合がある。ただし、施工監理段階におけるコンサルタントの瑕疵（設計瑕疵は除く）については、様々な考え方がある。

表5.1.1 瑕疵の範囲に対するヒアリング結果

国内業務	海外業務（ヒアリング結果）
設計業務 コンサルタントの作成した設計図書に不備があったことにより、目的とする構造物に重大な瑕疵が発生すること。（善管注意義務違反）	設計業務 コンサルタントの作成した設計図書に不備があったことにより、目的とする構造物に重大な瑕疵が発生すること。
	計画交通量の予測が大きく異なり、舗装が早期に破損した場合 いずれの会社も回答なし。（回答できない）
施工監理 事例なし	施工監理（設計瑕疵） (1) 設計・施工監理一体契約 全ての設計瑕疵は、担当するコンサルタントにある。 (2) 設計・施工監理分離契約（設計レビュー無し） 全ての設計瑕疵は、設計を担当したコンサルタントにある。 (3) 設計レビュー付き施工監理 設計レビューを実施した範囲（設計を見なおしたもの）に関しては施工監理を担当する会社の瑕疵となる。言い換えれば、設計レビューを行った範囲にしか瑕疵責任はないと一般的には考えられる。（ザンビアでのヒアリングでは、設計レビュー付き施工監理の場合、ザンビアでは全ての設計瑕疵の責任は施工監理を担当する会社に移行することであった。）
	施工監理（施工監理の瑕疵） 意見1： コンサルの役割は、モニタリングである。進捗管理、品質監理は施工業者の責任である。例えば、作業が下請けされている場合には直接下請けをモニターするのではなく、元請が下請け作業を適切にチェックしているかを再チェックする。常駐監理者は自分がそうしたことをきちんとやっていることを証明する必要がある。 意見2： 施工監理の形態にもよる。週何回や月何回といった契約であれば、コンサルタントに品質管理に関する責任はない。ただし、常駐監理の場合には、道義的には何らかの責任があると考えられる。 意見3： 進捗管理は100%施工会社の責任である。品質管理については50:50というところではないか。施工監理コンサルタントにもチェック義務があるので。

5.1.2 怠慢行為と賠償責任（事例）

The Engineer（又は The Architect）の賠償責任についていくつかの代表的な事例を取りまとめた。（出典：Engineering Law and ICE Contract, Max W Abrahamson, 1978）

- (a) プロフェッショナルとして然るべき手続きや手法を採るべき時に、そのようなことを為さない場合は怠慢となる。例えば、請負者へある追加支払いするとき

に、発注者の許可を採ることが要求されている場合に、規定の手続きを採らないとしたら怠慢となり、発注者に対し損害賠償の責任を負うことになる。裁判所又は仲裁人は、このような手続きに関しては、The Engineer の役割を厳しく見る傾向にあり、手続き間違い又は手続きの省略などにより、発注者又は請負者に損害が発生したならば The Engineer の怠慢となるケースが多く、The Engineer に賠償責任が生じる。さらに、契約に定められた手続きを経ない決定は無効とされる（手続的正義に反するため）。

- (b) 通常のエンジニアリング業務を履行しない、或いは履行できないのは怠慢となる。通常のエンジニアリング業務の履行程度を決めるのは、The Engineer がどんな立場にあったか或いはどんなリスクを負担することになっていたかに依る。さらに、一般的には The Engineer の純な間違い(genuine mistake)や過失(error)から発生する損害に対しては、発注者は損害賠償を請求できないとしている。
- (c) 工事契約に、予想していなかったような困難への対処に要する追加費用を支払う規定があり、その発生の可能性が高くなればなるほど、The Engineer は設計前に現場を十分に調査して工事を計画、設計しなければならない。The Engineer は、その追加費用は入札価格（契約金額）に入っていないので、それを支払うことは何も発注者の損害に当たらないと言い訳しがちであるが、これは間違いであるといえる。何故ならば、入札時ならば競争した値段になり、契約後の請負者が提示してくる値段よりはるかに安いので、その差額分が発注者の損失となるからである。The Engineer は従ってこのような事態を避けるため、設計・入札段階で周到な調査をし、予測できうる範囲で将来の工事の困難さを契約図書に示しておかなければいけないとされている（リスク分担の明確）。The Engineer は欠陥のある調査やリスクの特定化ができなかったことに対する責任が生じる。
- (d) もし The Engineer がある分野の専門家（Specialist）であると明言したなら、彼はその立場のプロフェッショナルが持ち合わせる通常の技量（skill and expertise）を有していなければならない。更に若しその技量を明言した場合に、その技量で引き受けられる範囲を越えるような仕事を引き受けてはいけないことになっている。

[Phillip & Leslie vs Transvaal Gold Field Ltd (1898)]

建築工事を監理している The Architect が電機プラントの完成証明書を請負者に発給し、発注者はそれに従って支払をした。後になってそのプラントの据付に瑕疵（defect）が見つかり、プラントは使いものにならなくなった。更にその瑕疵は本当の専門家にしか発見できなかったということも判った。The Architect は、その証明書を発給する前に、専門知識か専門家のレポートによって据付が正しく行われたということに自分自身納得する義務がある。従って The Architect は発注者に対し、これを怠ったということに対する損害賠償の責任を有する。

- (e) The Engineer は工事監理に必要と定められた行為を怠った場合は、怠慢となり、発注者の損害に対し賠償責任を有する。

[Florida Hotels Pty Ltd vs Mayo (1965-66)]

高架コンクリート床版の規定解体日前に型枠解体した際に、床版が倒壊し作業員が重傷を負った。倒壊の原因は規定より早めの型枠解体ではなく、床版の鉄筋の配筋ミスにあると判じた。鉄筋を床版の縦軸方向に置くべきものを、間違っって横軸方向に置いたため強度不足となり倒壊したものとした。The Architect はコンクリート打設の2日前に型枠と鉄筋の検査を建築主（発注者であり、かつフォアマンや労働者を使って直営で施工していた）と共に行った。しかしその時点では鉄筋はいまだ据付けられていなかった。建築主のフォアマンは、The Architect に鉄筋検査及びコンクリート打設の連絡もしないで、コンクリートの打設を認めた。The Architect は、フォアマンがそのような連絡することを期待することができるので、床版の倒壊の原因は、フォアマンのコンクリート打設の通知・連絡を怠ったことにありと主張した。しかし裁判所の判決は、「The Architect は連絡・通知をフォアマンに期待するのではなく、フォアマンが必ず連絡するようしておく義務があり、且つコンクリート打設前に鉄筋据付を検査する義務がある。The Architect はこの2つの義務を怠っていたので、建築主にこの倒壊事故の賠償責任を有する。」

- (f) The Engineer /The Architect は全体工事の設計を引き受け、彼の報酬もそのように決められているので、その設計の一部を第三者に委任することはできない。但し、発注者の承認があれば、委任することができる。

[Moresk vs Hicks (1969)]

The Architect が指定下請（nominated sub-contractor）に鉄筋コンクリートフレームの設計を委任し、その図面を承認し、指定下請がそれを施工した。完成から2年後に桁部分が強度不足のため屋根を支えきれず、建物が使えなくなった。裁判所は、「The Architect は、彼の設計業務を指定下請に委託し依拠できる默示的権限はない。従って発注者に対し賠償責任を有する。」と判じた。

- (g) The Engineer は、自分の怠慢が原因で請負者や労働者、人身や財産に物理的損害を与えたならば、それに対する損害賠償責任を有する。これは、The Engineer との契約があったかどうかは関係なく、法がこの賠償責任を The Engineer に課している。
- (h) 怠慢な不実記述書やアドバイスは、ある者が他の者に雇われた場合のみならず、特別な関係がある場合にも賠償責任の対象となる。アドバイスを与えるには特別な技量と力量が要求されることがわかっている者、又はそういうものが備わっていると主張している者は、記述書やアドバイスが頼りにされるのをわかっていて、それに対し責任を取らないと警告していない限り、賠償責任を負っている。

- (i) The Engineer は、入札図書の中で目に付くところで、提供する情報について請負者には責任を負わない旨、明記して入札者・請負者の注意を喚起すれば、賠償責任を回避することはできる。しかし The Engineer が偽りの又は不注意な不実記述（真実を見極めないで行った記述）を行い、請負者がそれに依拠する状況にあり且つ依拠し、そのために損害を被ったなら、The Engineer は請負者への賠償責任を生じる。このような場合どんな責任回避や責任放棄の手段を取ったとしても、賠償責任はあるといわれている。

5.2 コンサルタントの瑕疵保険

国内の標準契約約款（平成7年5月「公共土木設計業務等標準委託契約約款」）では、成果物に瑕疵が生じた場合、発注者側から建設コンサルタントに対して損害賠償責任を求めることができる。一般に商法でも民法でも、瑕疵担保責任における損害賠償額に特に制限は規定されていない（民民契約では賠償限度額を設ける場合がある）ため、建設コンサルタントはサービスの対価に対して過大な責任を負う事例が発生している。また、発注者がコンサルタントの成果物に瑕疵があれば損害賠償を求めるという姿勢も強まっている。

他方、海外設計業務における瑕疵に対する損害賠償については、建設コンサルタント協会の損害賠償保険制度の適用外となっている。しかし、海外では世界銀行のように損害賠償保険加入を契約時の条件とする事例が一般的であることから、各社独自に対応しているのが現状である。海外設計業務に対する設計賠償責任保険 (Professional Indemnity Insurance : PI 保険) については、受け手側の国内の保険会社が多くなく、また保険金の上限が非常に小さいのが現状であり、海外の保険会社を利用する場合もある。このほか海外では、Latent Defect 対応のため、発注者が5～10%の支払保留 (Retention) する場合もある。期間は1～2年、または雨期またぎなどの考え方がある。

表5.2.1 設計瑕疵に対する損害賠償保険制度

国内業務	海外業務
加入義務 加入の義務はない。（任意）	加入義務 世銀等に代表されるように、加入が契約条件となるのが一般的。 （有償資金協力：加入義務有り） （無償資金協力：加入義務なし（制度改訂中））
賠償保険制度（包括契約） 建設コンサルタント協会による「損害賠償保険制度」が制定されており、建設コンサルタント会社は、この制度に加入することにより瑕疵による損害賠償の支払いを行うのが一般的。	賠償保険制度（包括契約） コンサルタントが扱う海外業務全体を対象として包括契約を行う場合と個別プロジェクトを対象として個別契約を行う場合の二通りがある。 個別保険の場合、保険会社がプロジェクト単位でリスクを負担しなければならないため、保険料率が非常に高い。

瑕疵（補償）期間 （１）瑕疵の修補または損害賠償の請求は、規定による引渡しを受けた日から3 年以内に行わなければならない。ただし、その瑕疵が故意または重大な過失により生じた場合には、当該請求を行うことができる期間は10 年とする。 （２）瑕疵の修補または損害賠償の請求は、規定による引渡しを受けた日から1 年以内に行わなければならない。 補償の内容 加入者が、日本国内で行う「土木設計業務」・「地質調査業務」・「測量業務」に際し、発注者に提出した成果物の瑕疵によって、加入者が発注者または第三者から法律上の損害賠償責任を請求された場合における損害を保険金として支払う。 対象となる業務 （１）日本国内の土木構造物に関する設計業務（土木設計業務）を対象とし、施工管理業務は除く（ただし、施工管理業務の中で発注された設計業務については対象となる。）。 （２）土木設計業務には建築物の設計業務は含まないが、例外として業務の対象である土木構造物に従属関係にある建物（機械棟、管理棟など）の設計は対象となる。 （３）建設コンサルタント登録と合わせ「地質調査登録規程」に基づいて地質調査業務を国土交通省に登録している会員は、地質調査業務も保険の対象とすることができる。 （４）測量業務を含めて加入した場合、次の①～④のような単独で受託した測量業務も保険の対象となる。 ①基本測量（測量法第4条）、②公共測量（測量法第5条）、③基本測量および公共測量以	業務委託費の積算において瑕疵保険料の加算は認められる場合が多い。ただし、保険料がリスクに見合うものかどうかはコンサルタントの判断による。また、自国の保険会社の利用（自国保険会社の保護）を求められるケースも多い。 保険金額（補償限度額） 補償限度額については、標準契約書にて契約条項に契約額を限度額とするPI保険の加入を盛り込んでいる場合が多い。ただし、標準では無い。世銀は契約額に対する割増を対象国で決めてよいこととしている。有償資金協力の場合には、契約金額、または3億円を最大と定めている。 瑕疵（補償）期間 対象国により異なるが、通常は2年と10年のどちらかである場合が多い。最近では、構造物の耐用年数に合わせた設定を求められるケースもある。 有償資金協力、無償資金協力の場合は1年と定められている。 補償の内容 加入者が海外で行う業務（発注者が日本国内であるか外国機関であるかは問わない）に際し、発注者に提出した成果物の瑕疵によって、加入者が発注者又は第三者から法律上の損害賠償責任を請求された場合における損害を保険金として支払う。 施工会社が加入する工事保険が対人、対物だけを対象としているのに対し、コンサルタントのPI保険の対象は幅が広い。これは施工会社と比べコンサルタントは受託金額が小さい割に負うリスクが大きいからである。 対象となる業務 コンサルタントが行う海外のコンサルティングサービス業務はMPやFSを含めすべて対象となる。 ① 測量調査業務 ② 地質調査業務 ③ 土木・建築計画・設計業務 ④ 施工管理業務
---	--

外の測量（測量法第6条）、④局地的測量または高度の精度を必要としない測量（測量法施行令第1条） 対象となる成果物 (1) 「土木設計業務」の成果物 加入者と発注者との契約の目的となった予備設計・概略設計・詳細設計等の設計書類 (2) 「地質調査業務」の成果物 加入者と発注者との契約の目的となった地質調査報告書、地下埋設物調査報告書 (3) 「測量業務」の成果物 加入者と発注者との契約の目的となった測量調査報告書 支払い対象となる損害の例 (1) 「発注者」に対する賠償責任 ①土木構造物の施工中または完成後に設計の瑕疵が発見され、構造物を手直しや補強工事等をしなければならなくなった場合の施工費用。 ②設計の瑕疵により土木構造物の強度が不足し、手直しや補強工事等が必要となった場合の追加工事のための設計費用。 (2) 「第三者」に対する賠償責任 ①設計の瑕疵により強度不足となった土木構造物が壊れ、近くにいた第三者が負傷または死亡した。（施工中および完成後） ②設計の瑕疵により崩壊した土木構造物によって、隣接する住宅が損壊した。（施工中および完成後） ③設計の瑕疵により施工中の土木構造物が壊れ、作業中の建設業者の従業員が負傷または死亡した。 支払いが受けられない事例 (1) 加入者が業務を行う施設・設備に起因して生じた賠償責任 (2) 航空機・昇降機・車両に起因して生じた賠償責任 (3) 加入者またはその使用人の犯罪行為による賠償責任 (4) 無体財産権（漁業権・水利権など）の侵害によって生じた賠償責任 (5) 騒音・振動またはじんあいに起因して生じた賠償責任 (6) 環境に与えた損失による賠償責任 (7) 景観が不良であるとの申立てに基づく賠償責任 (8) 測量単体の業務として受託した場合、測量の過誤または測量不足に起因して生じた事故 (9) 業務の成果物そのものの修補または再作製に要する費用に係わる賠償責任ただし、成果物（設計）の瑕疵により土木構造物の強度が不足し補強工事等が必要となった場合	支払い対象となる損害の例 (1) 「発注者」に対する賠償責任 土木構造物の施工中または完成後に設計の瑕疵が発見され、構造物を手直しや補強工事をした場合の施工費用。 ※上記の施工費用は保険の対象となるが、設計のやり直し費用、補強工事のための設計費用は対象とはならない。 (2) 第三者に対する賠償責任 国内業務賠償責任に同じ。 (3) これら加えて、損害を減じる対策を講じた場合の費用や損害に結びつくような事態の場合、それを回避するために要した費用も賠償の対象になる。 支払いが受けられない事例 (1) 左記国内業務の(1)～(5)及び(7)、(13)に関しては、対象国の法令に基づき、法的責任を求められれば二次的被害であっても保険の対象となる。（法的に言えば純粋経済損失（Pure economic loss）となる事象は対象となる。ただし、Pure economic lossもカバーできるようにするにはPI保険に追加保険料を払って追加しなければならない。） (2) 左記業務(6)の環境被害は通常契約上の特約条項として扱い、含む場合には料率も高くなる。 (3) 左記業務(8)に関しては法的責任を問われるものについては対象となる。 (4) 左記業務(9)に関しては再設計作業が対象とならないと同様に保険の対象とはならない。 (5) 左記業務(10)及び(17)の工期遅延に関しては保険会社により対象としない場合がある。
--	---

などの追加工事に係る設計費用については保険金を支払います。 (10) 業務または工事の履行不能または履行遅滞に起因して生じた賠償責任 (11) 戦争・変乱・暴動・騒じょう・労働争議等に起因して生じた賠償責任 (12) 地震・噴火・津波に起因して生じた賠償責任 (13) 排水または排気（煙を含みます）によって生じた賠償責任 (14) 過大設計により生じた賠償責任 (15) 保守点検調査、危険度判定概観調査等を含む調査業務報告書類の瑕疵によって生じた賠償責任 ただし、土木設計の一部として行った調査業務に瑕疵があり、土木設計の成果物に法律上の賠償責任が生じた場合は、保険金を支払います。 (16) 測量法の規定に違反して行った測量業務に起因する賠償責任（測量業務担保条項付帯の場合） (17) 履行不能または履行遅滞に起因する賠償責任 出典：JCCA建設コンサルタント賠償補償制度	(6) 左記業務(11)は国内業務に同じ (7) 左記業務(12)のうち、地震に関しては対象となる。（設計上必要な耐震性を確保することが求められる。） (8) 左記業務(14)に関しては法的責任を求められれば対象となる。 (9) 左記業務(15)及び(16)は海外業務の対象外。 国内損害賠償保険の免責条項は保険会社主導で定められており、海外保険と比べて重要な条項（例：漁業権、水利権、排水等）が除かれている。
---	--

以下にPI保険に関する補足事項を示す。

- PI保険は、設計者(Design professional)の調査・設計業務に際して過失、手抜き、不作為または怠慢行為による損害をカバーするものであり、債務不履行(Breach of duty)から発生する損害をカバーするものではない。
- しかしPI保険は、損傷がなくても実際に不具合の部分があった場合、そこを修復・修正することや、放置すると損害・損傷が発生する可能性のある場合、それを防ぐ対策や救済費用は保険救済の対象となる。
- 但し完成工事目的物（完成構造物）が発注の目的・用途に適していなかった場合の損害賠償責任は現行のPI保険ではカバーされていないので、追加でそれだけのPI保険を買うことになるか、あるいは追加保険料を払って現行に追加する。
- 保険期間とクレーム期間
 - ✓ 保険期間で最も重要な点は賠償責任保険の請求（クレーム）がクレーム提起ベース（Claim-made basis）で行われることである。即ち怠慢があった時点には関係なく、クレームした時点（瑕疵が発見された時）に有効となる。但し怠慢があったとされた時点でPI保険に入っていなければならない。従って毎年度確実にこのPI保険を更新していなければならないし、保険料は年間保険料となる。新規にPI保険に加入した場合は、加入前年の怠慢による賠償は請求できない。各社の信頼性、信用、実績によりプレミアム（保証料）に大きな差がでる（2.5～15%位まで）。

- ✓ 個別にプロジェクトベースで PI 保険を買う事はそのプロジェクトだけのものであり、他のプロジェクトは対象にならないので一件当たりの保険料 (Premium) は非常に高いものになり工事完成後もしばらくは更新を続けなければならない。

第6章 第2回 IRF アジア地域会議

過積載及び道路管理に関する Japan Session の概要

6.1 質問事項への回答及び発表内容

6.1.1 基本データ

対象国により発展の差異はあるが、概して、大型トラックの増加、国道網の整備が確認できる。

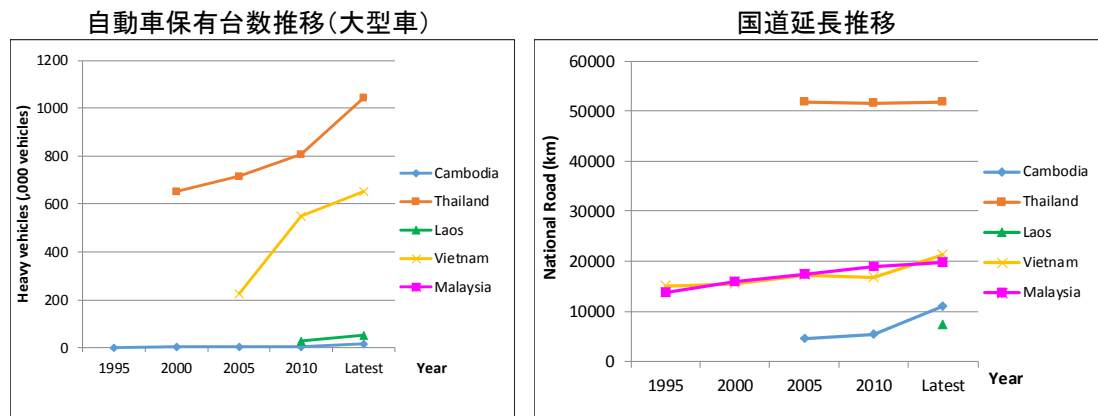


図6.1.1 対象国の基礎データ

6.1.2 過積載の取り締まり

(1) 過積載と軸重分布等の調査結果

各国とも過積載が見られ、過積載に対する法的な整備により過積載に関する状態が改善されつつある。

- 1,000～2,000 台/年の過積載車両が観測されている。検出された過積載車両は、規制値を約 5～10%上まわるものが多かった。(タイ)
- 国道 9 号線における 2013/2014 の測定では、19.3%(2,996/15,536) が過積載車両であった。(ラオス)
- 連邦道路の過積載車両は、規制値を 10%～55.7%上回る。(マレーシア)
- 法規制(罰則規定)の強化(2016)により過積載車両を約 91.5%削減した。ドライバー、オーナーに対する罰金は数倍にドライバーには運転免許書取り上げ等の強化を行った。(ベトナム)
- 過積載の大型貨物車両は 1994 年の法規制の罰則強化により大幅に減少した。罰則の強化はドライバー、運送業者だけでなく、荷主にも拡大された。(日本)

(2) 過積載に対する法的裏づけ

過積載に関する軸重の規制や罰則などの法的裏づけを下表に示す。

表6.1.1 過積載に関する法的裏付け

	法的裏づけ
カンボジア	• LAW ON ROAD (esp. Article no. 26 and 60) • LAW ON ROAD TRAFFIC (esp. Article no. 78, 78, 80 and 82) • SUB-DECREE no. 141 dated August 31, 2009 Established Overload Committee • INTER- MINISTERIAL PRAKAS no. 536. dated December 22, 2010 : Set the Fine • PRAKAS no. 411 dated Sep. 02, 2009 : Limited Weigh. • Restructure of Permanent Coordination Committee. (May 2016)
タイ	• Highway Act 1992 • Highway Agency Announcement 2009 (according to the section 61 of Highway Act
ラオス	• Regulation for Overloading Control (Ref No.13848/MPWT on 16/Sep/2013)
ベトナム	• CIRCULAR No. 07/2010/TT-BGTVT, MOT, 2010 Regulations of axle load, total weight and road etc. • CIRCULAR No. 03/2011/TT-BGTVT, MOT, 2011 : Minor revision of the Circular No. 07/2010/TT-BGTVT • DECREE No. 171/2013/ND-CP, 2013 Regulations for fine of violation and etc. • CIRCULAR No. 84/2014/TT-BGTVT, MOT, 2014 : Minor revision of the Circular No. 07/2010/TT-BGTVT • CIRCULAR No. : 46/2015/TT-BGTVT, MOT, 2015 The total renovation of the Circular No. 07/2010/TT-BGTVT • DECREE No. 46/2016/ND-CP, 2016 The total renovation of the Decree No. No. 171/2013/ND-CP
マレーシア	• Road Transport Act of 1987 (Act 333) • Land Public Transport Commission (SPAD under Act 714) of 2010 • APAD 2010 (Act 715).
日本	• 10-day vehicle suspension under Act on Service of Cargo Transportation (1994, 5) • Reinforcement of regulation(Implementation of personal visit) (2011)

■ 最大(許容)軸重、総重量規制

各国の最大(許容)軸重、総重量規制値を下表に示す。

表6.1.2 軸重及び総重量の規制値

対象国	軸重	総重量
カンボジア	10 t	40 t
タイ	11 t	
ラオス	9.1 t (指定路線のみ 11t)	
ベトナム	10 t	48 t
マレーシア	12 t	53 t
日本	10 t	20 t (指定路線のみ 25 t)

■ 罰則に関する法規制

各国の過積載に対する違反罰則を下表に示す。

表6.1.3 過積載に対する罰則

対象国	違反罰則
カンボジア	• 除荷、一定期間とめおく • 罰金を課す • 運転免許証を一定期間とりあげ

タイ	・ 10,000 バーツの罰金、または、6 カ月の刑
ラオス	・ 罰金を課す
ベトナム	・ 罰金を課す ・ 運転免許証を一定期間とりあげ
マレーシア	・ 一定期間とめおく ・ 罰金を課す
日本	・ 10 日間とめおく

(3) 過積載車両の検出方法

過積載車両の取締に対しては、以下のような静的及び動的計量方法が採用されている。



静的法：定点計量所



静的法：定点計量所



静的法：移動式タイプ



動的法：WIM (Weigh in motion)



動的法：WIM (travel speed 10km/h)



移動式 WIM

図6.1.2 過積載車両の取締方法

表6.1.4 各国の計量所のタイプと数

	タイプ	数
カンボジア	・動的法 (9) & 静的法	27 箇所
タイ	・動的法 (スクリーン) & 静的法 (認識)	70 箇所
ラオス	・静的法 (移動式タイプ)	25 箇所
ベトナム	・動的法 (移動式 WIM)	64 箇所
マレーシア	・静的法 (RTD 計量所) & 動的法 (強化計画)	46 箇所 (定点)

【タイの計量システム】

動的方法(疑わしき車両の選別)と静的方法(計量所での正確な計測)を併用。全国の70箇所を設置、中央で監視。

Weighing System

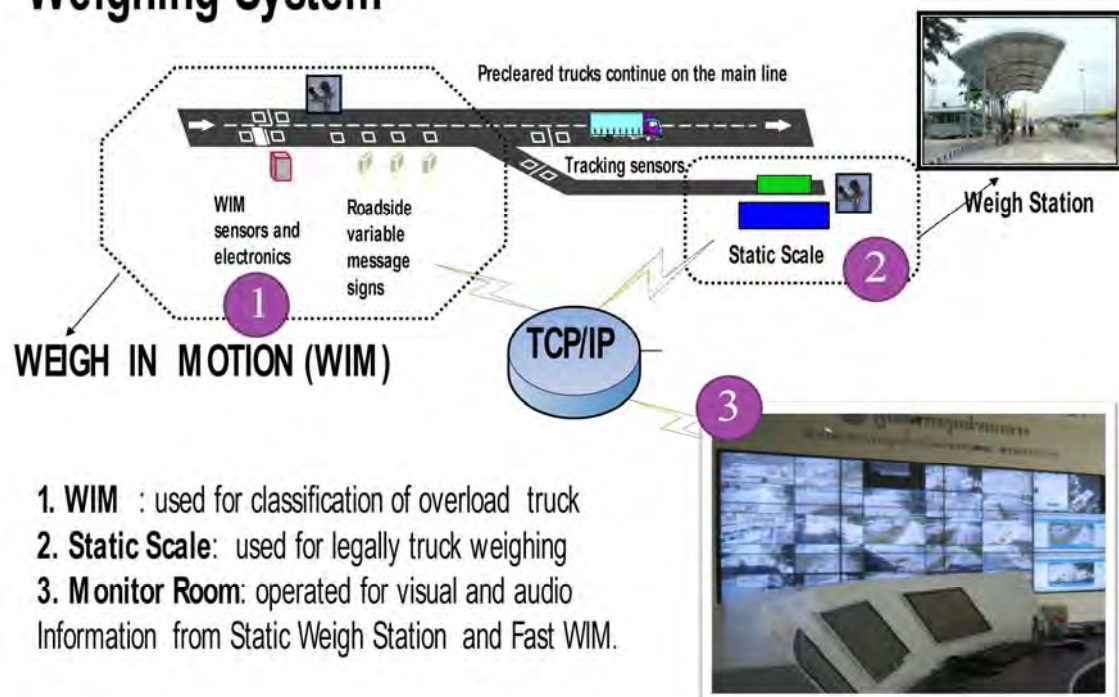
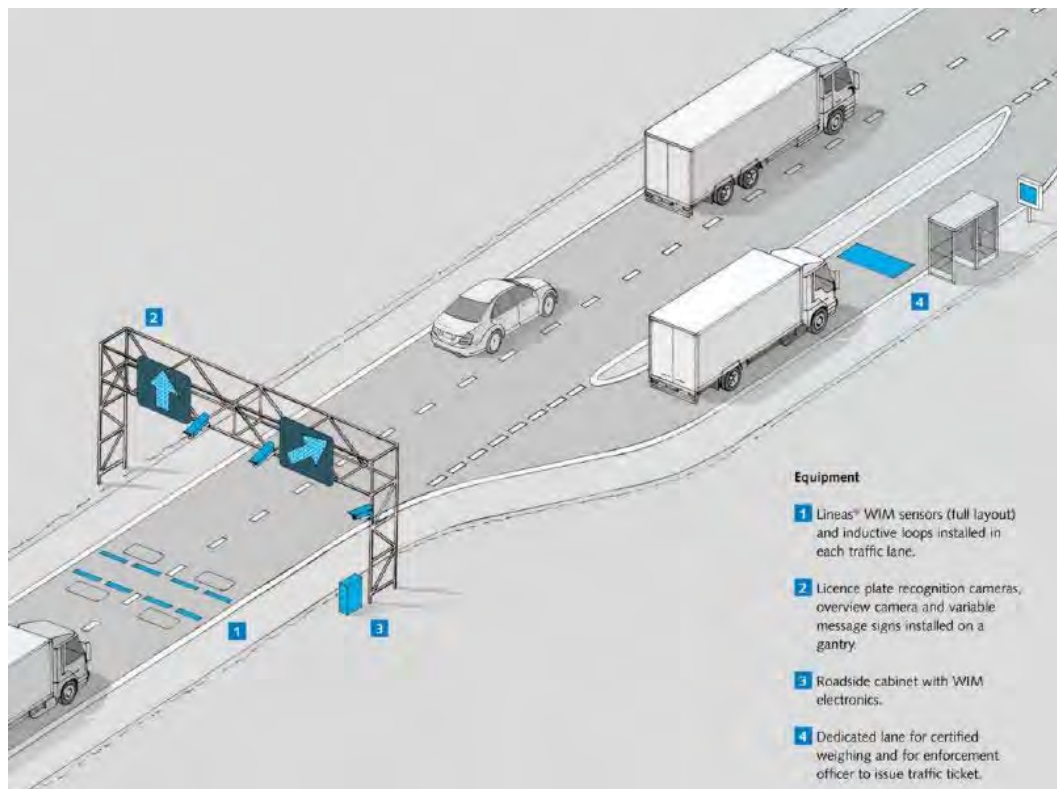


図6.1.3 タイの計量システム

【ラオスの計量システムの今後の整備計画】

ラオスの過積載の取り締まり（法的裏づけ、計量、罰則）は不十分である。JICAの支援で計量システムを改善する計画を作成している。



WIN and Static Axle Scale



Output of a WIN System

図6.1.4 ラオスの計量システム

【ベトナムの計量システム】

- 現在、移動式 WIM を全国63箇所(63の県)に整備
- 2012～2030にかけて定点計量所を45箇所を設置



移動式 WIM

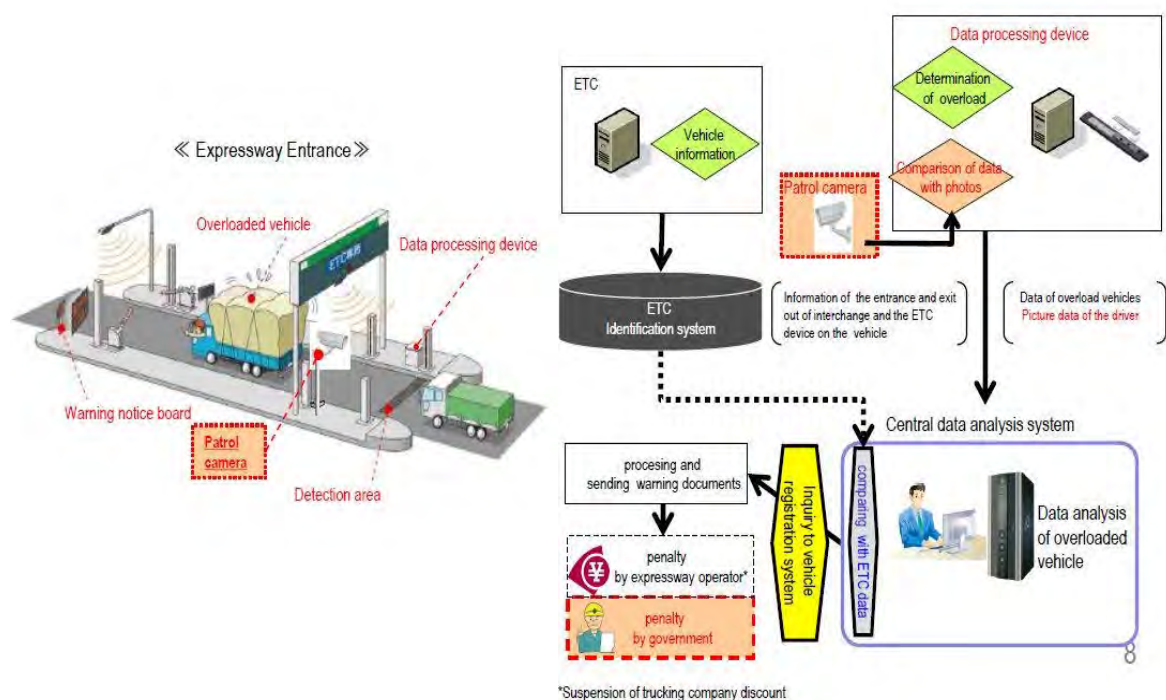
定点計量所

図6.1.5 ベトナムの計量システム

【NEXCO の新型計量システム】

NEXCO の新型の計量システムの特徴

- 多様な計測機能(軸重、総重量、軸数)、計測精度は最大±5%
- 長い寿命(設置後、百万軸または10年)
- コンパクトな構造：幅 300mm
- これらの過積載車両の情報を道路管理に活用する(データベース)



いんじふ。

- 貨物車両の多い主要な連邦道路に設置。

- 各州に1箇所、全国で10箇所のデータ収集センターがある。

b) 調査研究

- 道路資産管理の目的で8箇所、貨物車の多い連邦道路、港湾を結ぶ道路等の軸重分布を調査。
- 25の橋梁の軸重測定のために Bridge-Weigh in Motion を設置。
- WIM を使って自動的に過積載車両を検出方法について試行している。

(3) 過積載又は大型車による舗装及び橋梁損傷の実態・事例



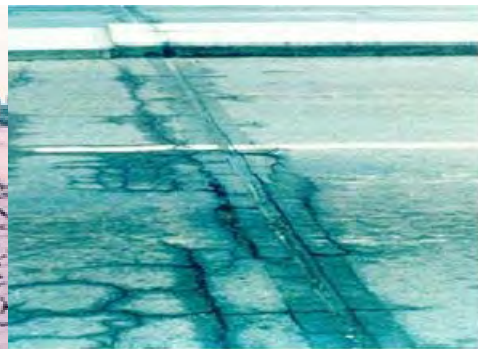
過積載車両によるわだち掘れ



過積載車両によるポットホール



舗装厚不足によるひび割れとわだち



継ぎ手の破損、床版と梁のひび割れ



コンクリート床版のポットホール



過積載により崩壊した橋梁

図6. 1. 7 過積載車両を原因とする道路損傷事例

(4) 過積載対策としての道路管理・技術的方策の事例

項目		技術的方策の事例
舗装	設計法の変更	・ESAL 値が大きい (過積載を含む) 路線の場合、重交通路線に指定し、相応の強い舗装構造に設計 (タイ) ・最大軸重により大きな基準値を採用する路線を指定し、その路線に相応の強い道路舗装設計を採用 (ラオス) ・50MSA (million standard axle) 超えの累積軸重に対応できるように設計基準を見直し (マレーシア)
	材料, 施工	わだち掘れ対策として、下記の技術的方策を導入 ・針入度 40/50 のアスファルトの採用 (ベトナム) ・ポリマー改質アスファルトの採用 (マレーシア, ベトナム) ・SMA (Stone mastic asphalt mixture) の採用 (マレーシア) ・路上路盤再生工法 (マレーシア) ・わだち掘れの性能評価にホイールトラッキング試験を採用 (日本) ・わだち掘れに強い配合設計にジャイレクトリーコンパクト及びホイールトラッキング試験が有効である (JICA) コンクリート舗装基準の見直し (ラオス, マレーシア)
	維持 / 修繕の方法	下記の技術的方策を導入 ・舗装管理：道路舗装条件に基づき低コスト補修計画を作成し、実施 (タイ) ・新たな契約方式 (性能規定) を採用 (マレーシア)
橋梁	設計法の変更	・橋梁の新設、架け替え、既存橋の補強は、新たな設計基準で実施 (マレーシア) ・国境の橋により大きな最大軸重を採用 (ラオス)
	維持 / 修繕の方法	下記の技術的方策を導入 ・橋梁管理システムと年度橋梁点検に基づいた橋梁維持/修繕プログラムを実施 (マレーシア)
重交通の指定路線		下記の技術的方策を導入 ・大型車両は重交通に指定した路線に誘導 (ラオス) ・路線別に重量制限を課す、全ての路線を軸重 12t 対応にはできない (マレーシア)
他のトピックス		運送会社は過積載の取り締まりの強化には不満である。しかし、この不満は少しずつ時間をかけて解決するしかない (ベトナム)

【舗装設計法の変更事例】

- 通常交通荷重を超える重交通を支える舗装は力学的経験的設計法 (Mechanic design methodology) を使用して行う。さらに、重交通に耐えられるポリマー改質アスファルト、砕石粒状路盤のセメント安定処理、半たわみ性舗装等を検討する。(マレーシア)

【舗装材料、施工法の導入技術事例】

- ポリマー改質アスファルト、SMA (Stone mastic asphalt mixture)、路上路盤再生工法の導入 (マレーシア)
 - ・ポリマー改質アスファルト：わだち掘れに対する抵抗性等の改善に使用する。従前

の舗装と比較すると高価であるため、限定的(登坂部、過積載荷重多い区間等)に使用する。

- ・ SMA (Stone mastic asphalt mixture) : わだち掘れに対する抵抗性等の改善に使用する。従前の舗装と比較すると高価であるため、限定的に使用する。
- ・ 路上路盤再生工法 : 疲労ひび割れ、熱ひび割れやレフレクションクラックなどの損傷を受けた舗装でオーバーレイでは補修できない場合の舗装補修に使用、

【舗装の維持修繕計画の導入技術事例】

- 定期的に道路舗装条件を調査し、それに基づき低コスト補修計画を作成し、実施(タイ)



図6.1.8 タイ国の舗装の維持修繕計画の導入技術事例

(参考1：マレーシアの舗装設計基準の見直し基準抜粋)

50MSA (Million Standard Axles)を超えるESAL値に耐える舗装設計は、力学的経験的設計法(mechanical design methodology)を使用して行う。設計計算プログラムは、下記のプログラム等を使用する。

- Pavement Design : A guide to the Structural Design of Road Pavements,

STANDARDS

- AUSTRALIA and AUSTRROADS, 2004, in conjunction with CIRCLY version 5.0

出典：重交通路線の舗装設計 (Manual for the structural design on flexible pavement, 2013)

(参考2：マレーシアの改質アスファルトの基準抜粋)

改質アスファルトは、登坂車線などの応力の大きい箇所及ぶ過度な軸荷重が作用する箇所での使用が推奨される。ストレートアスファルトと比較すると費用が高いため容易に使用すべきではない。

出典：舗装施工基準 (Standard specifications for road works, Sec.4 Flexible pavement, 2008)

6.2 パネリストのコメント

6.2.1 過積載の取締りへの WIM の活用について

過積載を含む重交通が舗装、橋梁に損傷を与えている状況を考慮し、各国は法的な罰則規定の強化や計量方法の改良を行っている。重交通が顕在となっているマレーシア、タイ、及び、顕在化しつつあるベトナム、今後、顕在化すると考えられるカンボジア、ラオス等状況によりにより技術的方策には温度差がある。例えば、改質アスファルト基準の採用を例にとると、マレーシア、タイでは改質アスファルトが基準化されている。ベトナムでは採用を検討しており、カンボジア、ラオスに関しては、今後の検討課題になるであろう。

軸重及び総重量の測定に関して、従前の静的な定点計量法だと特に、大型車の交通量が多い路線では交通渋滞や過積載車両の未測定（計量を避ける）等が問題となってくる。データ収集に WIM を活用する効果について司会者からベトナム、タイ、マレーシア、NEXCO に質問があり、それぞれ下記のようなコメントがあった。

【ベトナム】

現在、移動式 WIM を使用している。この移動式 WIM の改良は継続して行っているが、ベトナム政府はこの方法が十分とは考えていない。45地点に定点計量型 WIM の設置を進めている。

【タイ】

70の定点計量所がある。これらの計量所には車線上の WIM と静的計量所が設置されている。WIM は過積載車両のスクリーニングに使用している。静的計量所では、精度の高い計測ができるので違反車両に対し法的措置を取る（罰則を課す）ために使用している。

【マレーシア】

さまざまな種類の WIM が世界中で開発されている。静的な定点計量所を使つての違反車両の取り締まりは現在難しくなっており、車両を停止させずに違反車両を自動的に取り締まる WIM の開発はやりがいのある作業である。

【NEXCO-West】

NEXCO-West の開発した WIM 技術は、交通流に影響を与えずに、過積載車両を効率的に検出することができる。この WIM はその点で過積載の問題に対する非常に優れた解決策である。

6.2.2 わだち掘れ対策への改質アスファルトの採用について

わだち掘れ対策への改質アスファルトの活用に関し司会者より意見を求められたベトナムと国総研から下記のようなコメントがあった。

【ベトナム】

ベトナムでは、まだ改質アスファルトはあまり採用されてはいない。ベトナム政府から高速道路会社に改質アスファルトの採用を推奨する通達が出されたが、まだ、基準にはなっていない。改質アスファルト採用の最も大きな問題はコストである。改質アスファルトの採用が長期的な観点から合理的であることを示す必要がある。私の所属する部門では、舗装管理システムを作成しており、改質アスファルト舗装を含むライフサイクルコストを算出する予定である。

【日本】

わだち掘れの問題は、日本では罰則の強化と改質アスファルトの採用によりほぼ解決している。ベトナムとアフリカでの改質アスファルトの使用に関し以下のような意見を持っている。

- ベトナム

改質アスファルトの施工に問題がある。不適切な温度管理、転圧不足等。

- アフリカ

品質の良くない改質アスファルトが使用されている。配合設計の品質管理、特に、粒度管理が問題である。

日本では、改質アスファルトを広範に使用する基準となっている。一方、改質アスファルトに頼りすぎ、ストレートアスファルトを使った密粒アスファルトの配合設計等の品質管理能力が低下する傾向にあるのではと反省している。そのため、アスファルト舗装の基礎技術や適切な施工方法の理解が求められる。

国内ヒアリング (質問表・回答)

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思います。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

--

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

(1) アスファルト骨材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(2) アスファルト合材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A : 材料試験 B : 材料試験・コンサル立会い C : 製造者試験成績表)

① アスファルト製品 (バインダー) : A B C

② アスファルト製品 (タックコート) : A B C

③ アスファルト製品 (プライムコート) : A B C

④ 骨材 : A B C

⑤ 上層路盤材料 : A B C

⑥ 下層路盤材料 : A B C

(4) 材料の調達先の変更

あり (理由 :)

なし

(5) 材料の採取地の変更

あり (理由 :)

なし

2. アスファルト合材の配合試験について

(1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

--

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

--

(3) アスファルト合材の耐流動性

考慮した 考慮していない

(理由)

--

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

立会い 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

--

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

--

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

--

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合
どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

現場検査：各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査)

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。(はい いいえ)

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。 (はい いいえ)

確認にコンサルタントは立ち会ったか。 (はい いいえ)

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。 (はい いいえ)

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。 (はい いいえ)

プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。 (はい いいえ)

プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。(はい いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。 (はい いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (はい いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

--

ご協力ありがとうございました。

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

カンボジア王国 国道1号線改修計画（四期）

カンボジア王国 国道1号線改修計画（都心区間）

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

- (1) アスファルト骨材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他（ ）

- (2) アスファルト合材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他（ ）

- (3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A: 材料試験 B: 材料試験・コンサル立会い C: 製造者試験成績表)

- | | | | | |
|----------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|
| ① アスファルト製品 (バインダー) | : | A | ☒ C | |
| ② アスファルト製品 (タックコート) | : | A | B | ☒ C |
| ③ アスファルト製品 (プライムコート) | : | A | B | ☒ C |
| ④ 骨材 | : | A | ☒ B | C |
| ⑤ 上層路盤材料 | : | A | ☒ B | C |
| ⑥ 下層路盤材料 | : | A | ☒ B | C |

- #### (4) 材料の調達先の変更

あり（理由： ）

なし

- #### (5) 材料の採取地の変更

あり (理由:)

なし

2. アスファルト合材の配合試験について

- (1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

实施者：施工会社

監理者：施工会社及びコンサルタント

- ## (2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

配合試験実施者：コンサルタントによって、経歴などを考慮して承諾。

管理者：コンサルタントの専門技術者

(3) アスファルト合材の耐流動性

考慮した 考慮していない

(理由) アスファルト量、0.075mm 細粒分、マーシャル安定度、回収ダスト量などを考慮する。(当工事ではこれから表層・基層の配合設計を実施。現在はアスファルト安定ベースのみを施工中。)

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

立会 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

コールドビン、ホットビンの粒度試験 (2名)

マーシャル密度、抽出試験 (2名)

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

経験・年数などを考慮して、コンサルタントが承諾。
具体的な基準はなし。

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

新潟鉄工製、日本、時間当たり 60 トン
製造年は不明。

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合

どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会

書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

現場検査：各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。(はい いいえ)

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。(はい いいえ)

確認にコンサルタントは立ち会ったか。(はい いいえ)

(2) ブルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するブルーフローリングは実施したか。(はい いいえ)

ブルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。(はい いいえ)

ブルーフローリング試験結果報告書は作成したか。 (☒ はい ☐ いいえ)

ブルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。 (☒ はい ☐ いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。 (☒ はい ☐ いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (☒ はい ☐ いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

舗装の早期破損の原因は、アスファルト舗装の配合による不具合以外に路体、路床、路盤の材料不良、施工不良によるケースも多いと思います。
各施工段階の仕様書に基づく入念な施工が大切だと思います。

ご協力ありがとうございました。

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

ラオス 国道 9 号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

- (1) アスファルト骨材の調達方法について。
- ① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()
- (2) アスファルト合材の調達方法について。
- ① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()
- (3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A: 材料試験 B: 材料試験・コンサル立会い C: 製造者試験成績表)

- ① アスファルト製品（バインダー）： A B C
- ② アスファルト製品（タックコート）： A B C
- ③ アスファルト製品（プライムコート）： A B C
- ④ 骨材： A B C
- ⑤ 上層路盤材料： A B C
- ⑥ 下層路盤材料： A B C
- （４）材料の調達先の変更
- あり（理由：）
- なし
- （５）材料の採取地の変更
- あり（理由：骨材の品質、運搬距離、）
- なし

2. アスファルト合材の配合試験について

- (1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

日本人プラント技術者（大林道路）、コンサルタント及びラオス人技術者

- ## (2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

舗装工事経験者からの選定

(3) アスファルト合材の耐流動性

考慮した ☒ 考慮していない

(理由)

国道 9 号線の既存舗装状態からマーシャル試験による最適アスファルト量の決定

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

☒ 立会い ☐ 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

13 人：日本人責任者 1 人、プラント管理責任者 1 人、オペ 1 人、セメント供給 3 人、Cold Bin2 人、Wheel Loader1 人、ダンプ清掃 3 人

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

経験年数 5 年

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

SPECO L.T.D., Korea, 2012, 104ton/hr

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合

どの設備ですか。

骨材供給設備 ☒ 骨材乾燥加熱設備 ☐ ふるい分け設備とホットビン

☒ 集塵設備と回収設備 ☐ アスファルト貯蔵供給設備 ☐ 石粉貯蔵供給設備

計量設備 ☒ 混合設備 ☐ 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

☒ 書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

☒ 現場検査：各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。 ☒ はい ☐ いいえ

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。 ☐ はい ☒ いいえ

確認にコンサルタントは立ち会ったか。 ☒ はい ☐ いいえ

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。 ☒ はい ☐ いいえ

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。 ☒ はい ☐ いいえ

プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。 ☒ はい ☐ いいえ)

プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。 (☒ はい ☐ いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。 ☒ はい ☐ いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (☒ はい ☐ いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
表層にひび割れが発生、	表層施工時に突然のスコールによる締固め前の合材に雨が入り不具合が生じた。 故障車による油漏れ

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

- 引渡し後の施主による舗装メンテナンス実施の責任化・義務化
- 施主による過積載車の厳重な取締り
- 施主による新設舗装への整備不良車や故障車からの油漏れの厳重な取締り及び回避
- 施主による側溝の清掃

ご協力ありがとうございました。

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

タイ王国 東部外環状線（国道九号線）改修計画

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

- (1) アスファルト骨材の調達方法について。
① ☒ サプライヤーからの購入、② 現場プラントの設置、③ その他 ()
- (2) アスファルト合材の調達方法について。
① ☒ サプライヤーからの購入、② 現場プラントの設置、③ その他 ()
- (3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A: 材料試験 B: 材料試験・コンサル立会い C: 製造者試験成績表)

- | | | | | |
|---------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| ① アスファルト製品（バインダー） | : | A | B | ☒ C |
| ② アスファルト製品（タックコート） | : | A | B | ☒ C |
| ③ アスファルト製品（プライムコート） | : | A | B | ☒ C |
| ④ 骨材 | : | ☒ A | B | C |
| ⑤ 上層路盤材料 | : | ☒ A | B | C |
| ⑥ 下層路盤材料 | : | ☒ A | B | C |

- (4) 材料の調達先の変更
あり (理由:)
☒ なし
- (5) 材料の採取地の変更
あり (理由:)
☒ なし

2. アスファルト合材の配合試験について

- (1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

配合試験：コントラクターのJV構成会社である東亜道路工業からの専門技術者（日本人）が、発注機関である道路局の品質管理担当者立会いの下で実施した。

DOH
OIC-
ASHI

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

コントラクターより、人選について提案があり、実績・経験年数により承認した。

(3) アスファルト合材の耐流動性

☒考慮した 考慮していない

(理由)4車線のうち、外側2車線は大型車が通行可能な車線であるため、耐流動性に鑑みて改質アスファルト（表層のみ）を適用した。

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

☒立会い 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

品質管理担当：1名

合材製造担当：1名

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

品質管理及びアスファルト経験年数

英語、現地語によるコミュニケーションが可能

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

製品名：Amman、製作国：ドイツ、製造年：---

生産能力：90t/h

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合

どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

☒書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

☒現場検査：各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。（☒はい いいえ）

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。（はい いいえ）

確認にコンサルタントは立ち会ったか。（はい いいえ）

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。（☒はい いいえ）

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。（☒はい いいえ）

フリスビー → #577? (circled)

ブルーフローリング試験結果報告書は作成したか。(☑はい いいえ)

ブルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。(☑はい いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。(☑はい いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (☑はい いいえ)

5. 舗装の不具合について

4p → 5p 5p122 19mm

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
狭小部における舗装施工時および直後の亀甲状クラックおよびわだちの発生。	施工中に使用した水が滞水し、繰り返し転圧により、舗装体内からクラック、わだちが発生したと考えられる。

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

- ・地下水位変動の有無を確認。路床への影響を判断。／
- ・適切な排水処理の検討／
- ・アスファルトコンクリートの配合（特にアスファルト量）に留意。
- ・施工中、供用中に懸念される地下排水処理の検討。／
- ・FWD 調査を実施し、既設舗装を適確に評価して活用する。（既設を残したオーバーレイ、再生安定処理等、既設舗装を活用する工法の検討）

ご協力ありがとうございました。 〆イ. 〆〆株

3月14日

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

The project for the improvement of Dusty-Nizhniy Pyandzh road

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

(1) アスファルト骨材の調達方法について。

☒ サプライヤーからの購入 ☐ ②現場プラントの設置、③その他 ()

(2) アスファルト合材の調達方法について。

☐ サプライヤーからの購入 ☒ ②現場プラントの設置 ☐ ③その他 ()

(3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A : 材料試験 B : 材料試験・コンサル立会い C : 製造者試験成績表)

- | | | | | |
|----------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|
| ① アスファルト製品 (バインダー) | : | A | ☒ B | ☒ C |
| ② アスファルト製品 (タックコート) | : | A | ☒ B | C |
| ③ アスファルト製品 (プライムコート) | : | A | ☒ B | C |
| ④ 骨材 | : | A | ☒ B | C |
| ⑤ 上層路盤材料 | : | A | ☒ B | C |
| ⑥ 下層路盤材料 | : | A | ☒ B | C |

(4) 材料の調達先の変更

☒ あり (理由: ウズベク-タジク間で輸出入が止められ、工程遵守が難しかった。)
なし

(5) 材料の採取地の変更

あり (理由:)
☒ なし

2. アスファルト合材の配合試験について

(1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

海老原照一、門田誠也

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

経験・経歴

(3) アスファルト合材の耐流動性

☒ 考慮した ☐ 考慮していない

(理由) 使用材料を変更することなく、過積載車両の不正通行および気象条件などを勘案したため。なお、具体的な対策としては、骨材配合をギャップ粒度に設定した。

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

☒ 立会い ☐ 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

4人、設備管理、プラントオペ、生産管理、品質管理

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

経験、コミュニケーション

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

TAP-1600E-LB、田中鉄工(日本)、1989.4、100t/h

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合
どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

☒ 書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

☒ 現場検査：各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。 (☐ はい ☒ いいえ)

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。 (☐ はい ☒ いいえ)

確認にコンサルタントは立ち会ったか。 (☒ はい ☐ いいえ)

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。 (☐ はい ☒ いいえ)

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。 (☒ はい ☐ いいえ)

プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。 (☒ はい ☐ いいえ)

プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。 (☐ はい ☒ いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。 (☐ はい ☒ いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (☐ はい ☒ いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
流動によるわだち掘れ 	アスファルト舗装工 ・ 使用アスファルトの選定 ・ 設計 (現地気象条件に合った設計・配合仕様) ・ 過積載
クラック 	路盤工 ・ 不適切粒度の路盤材の選定 設計その他 ・ 現地発生材（自然砂）の使用 ・ 設計変更への制限

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

過積載車両の徹底排除を行うことが肝要であるが、過去の日本でもそうであったように、経済成長期における過積載車両の完全な排除は困難と推察します。更に、発展途上国では気象条件の厳しい地域、付近の排水対策が十分でない地域が多く、これに材料品質のブレ、想定を上回る使用状況（重交通）などを加味すれば、設計段階から若干の過剰設計も必要かと考えます。具体的には、路盤の層厚を確保することやアスファルトの改質化が考えられます。

ご協力ありがとうございました。

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

エチオピア 第四次幹線道路改修計画

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

(1) アスファルト骨材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(2) アスファルト合材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A : 材料試験 B : 材料試験・コンサル立会い C : 製造者試験成績表)

① アスファルト製品 (バインダー)	:	A	B	☒ C
② アスファルト製品 (タックコート)	:	☒ A	B	C
③ アスファルト製品 (プライムコート)	:	☒ A	B	C
④ 骨材	:	A	☒ B	C
⑤ 上層路盤材料	:	A	☒ B	C
⑥ 下層路盤材料	:	A	☒ B	C

(4) 材料の調達先の変更

あり (理由 :)

☒ なし

(5) 材料の採取地の変更

あり (理由 :)

☒ なし

2. アスファルト合材の配合試験について

(1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

実施：日本人舗装技術者（鹿島建設）、エチオピア人技術者
管理：コンサルタント（日本人舗装技術者）

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

舗装工事経験者からの選定

(3) アスファルト合材の耐流動性

考慮した 考慮していない

(理由)

前段プロジェクトの Phase III で問題となっていたため。

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

立会い 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

12 人：日本人責任者 1 人、プラント管理責任者 1 人、オペ 2 人、アスファルト供給 2 人、Cold Bin2 人、Wheel Loader1 人、ダンプ清掃 3 人

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

前段プロジェクトの Phase III での経験者

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

(製品名：？、 国：シンガポール、製造年：新品、能力：100t)



(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合
どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

書類検査 プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等
現場検査 各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査)

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。(はい ☒ いいえ)

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。(はい ☒ いいえ)

確認にコンサルタントは立ち会ったか。(はい ☒ いいえ)

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。(☒ はい ☐ いいえ)

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。(☐ はい ☐ いいえ)

プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。(☐ はい ☐ いいえ)

プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。(☐ はい ☐ いいえ)

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。(☒ はい ☐ いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか(☒ はい ☐ いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
1.施工数日後の舗装表面のブリージング。	1.タックコートを施工業者が現地で生成していたが、昼間施工・夜間仕込みという日が連続する中、温度管理、配合が適切になされない時があった。
2.縦方向クラック	2.路床置換が不十分(ブラックコットンソイル置換方法が複雑で、適切に施工・検査ができなかった)

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

1. 余裕ある工期設定

舗装は1回で長い延長を施工した方が、品質が安定しやすいが、タイトな工期だと、「できるところから舗装する」ため、日に日に飛び飛びの区間で施工することになり、その都度機械や設備の移動が生じることから、移動手間が加わることにより疲労がたまり、品質管理の目が行き届きにくくなるリスクが上がる⇒余裕ある工期設定が望ましい。

2.アスファルト（リスク）数量の計上

エチオピアでは、良質なアスファルトの入手が難しいため、コントラクターはアスファルトを輸入していたが、そういった環境のため地元関係者から舗装を頼まれる機会が多く、日々の協力関係から、契約外であっても拒絶できない場合もある。対応してしまい契約上の数量と合わなくなるという話もあるが、それよりも輸入しているので現地在庫に限りがあるという点が切実であり、工事段階の協議で本線の舗装数量が増える傾向にある中、アスファルト在庫不足では工事終盤、アスファルト不足に陥り、工期や輸入にかかる時間から、品質を低下させざるを得ない可能性もあるので、そのような国の場合は、契約数量に数量割増（リスク数量）をあらかじめ考慮しておくことも一考である。

3.家畜の動線を考慮した施工計画

乳剤を巻いてから舗装をするまでの時間の話で、土地柄、放牧のための道路横断が朝と夕方であり、大量のロバ、羊、牛が道路を渡るが、乳剤を巻いた延長が長いと、家畜はいつもと違うルートを行かないといけないため、この誘導が慣れてる飼い主にとっても難しく、片側交通での施工なので、大型バス通行時などは、家畜がパニックになりやすい。まして雨期は家畜が大量の泥を引っ張ってくるので、清掃も難しい。施工区間の目で見てわかりやすい仕切り、日の施工区間の区切り方、施工時間を遅める、などの対応が具体策と考えられるが、施工計画段階からその点を共有しておくことで品質低下のリスクを低減できる。

ご協力ありがとうございました。

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思います。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

エチオピア 第四次幹線道路改修計画 2 期

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

(1) アスファルト骨材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(2) アスファルト合材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A : 材料試験 B : 材料試験・コンサル立会い C : 製造者試験成績表)

① アスファルト製品 (バインダー)	:	☒ A	B	☒ C
② アスファルト製品 (タックコート)	:	☒ A	B	C
③ アスファルト製品 (プライムコート)	:	☒ A	B	C
④ 骨材	:	A	☒ B	C
⑤ 上層路盤材料	:	A	☒ B	C
⑥ 下層路盤材料	:	A	☒ B	C

(4) 材料の調達先の変更

あり (理由 :)

☒ なし

(5) 材料の採取地の変更

あり (理由 :)

☒ なし

2. アスファルト合材の配合試験について

(1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

実施：日本人舗装技術者 (鹿島建設)、エチオピア人技術者

管理：日本人舗装技術者 (鹿島建設)、コンサルタント (日本人舗装技術者)、エチオピア人技術者、
--

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

舗装工事経験者からの選定

(3) アスファルト合材の耐流動性

考慮した 考慮していない

(理由)

前段プロジェクトの Phase III で問題となっていたため。

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

立会い 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

12 人：日本人責任者 1 人、プラント管理責任者 1 人、オペ 2 人、アスファルト供給 2 人、Cold Bin2 人、Wheel Loader1 人、ダンプ清掃 3 人

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

前段プロジェクトの Phase III での経験者

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

(製品名：- 国：中国製、製造年：新品、能力：100t)



(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合
どの設備ですか。

骨材供給設備 骨材乾燥加熱設備 ふるい分け設備とホットビン
集塵設備と回収設備 アスファルト貯蔵供給設備 石粉貯蔵供給設備
計量設備 混合設備 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

書類検査 プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

現場検査 各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。(はい いいえ)

- 規定は無いが施工業者が独自に実施したか。 (はい いいえ)
- 確認にコンサルタントは立ち会ったか。 (はい いいえ)
- (2) プルーフローリング試験の実施について
- 路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。 (はい いいえ)
- プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。 (はい いいえ)
- プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。 (はい いいえ)
- プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。 (はい いいえ)
- (3) 試験施工
- 舗設等の試験施工は実施したか。 (はい いいえ)
- 試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか (はい いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのあつた不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
1.施工数日後の部分的に舗装表面のブリージングが発生。	1.プラントでの混合が原因と思われる。 （アスファルトの過剰供給。）
2.縦方向クラックが発生	2.既設道路幅から拡幅された部分にクラックが入ったものと考えられる。（既設道路部の締固め度と新設道路の違いにより、生じたものと思われる。）
3.横断構造物ぎわ（近く）の沈下	3.裏込め時の転圧不足および裏込め材の問題によるものと思われる。

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

1. 余裕ある工期設定

各層（路床、路盤、基層など）を施工後、一時的に一般交通へ解放が可能であれば、自然転圧により将来の不具合を防ぐことが可能である。そのためには工期が必要。

2. 裏込め材のセメント改良

横断構造物脇の沈下防止の為、裏込め材の締固め度の管理は必要であるが、適切な材料が得られない地域では、セメント改良をスペックに入れるべきと思う。

3. アスファルト量を極力抑える。

Refusal test (extended time 500 blows and the resulting air voids in the mix shall not be less than 3.0% for Binder Course and 2.5% for Surface Course) をスペックに取込めば適切なアスファルト量が確認できると思う。

ご協力ありがとうございました。

施工監理、基礎研究、ヒアリング表

アンジェロセック

質問項目	ガーナ 8号線	ザンビア リビングストン	タンザ NB1	タンザ キルワ
1.				
(1)	②	①②	①	①
(2)	②	②	②	②
(3)				
①	C	C	C	C
②	C	C	C	C
③	C	C	C	C
④	B初回と変化時			
⑤	B初回と変化時			
⑥	B初回と変化時			
(4)	あり、コスト/ルート			
(5)	あり、ボローピット(B/P)量			
2.				
(1)	全て元請け業者			
(2)	契約書で指定(契約書、スペック)			
(3)	No、当該国基準で対応(改質材使う事によるリスク考慮)			
(4)	立ち会い			
3.				
(1)	業者施工計画			
(2)	業者施工計画			
(3)	イタリア、200tほぼ新品	日本、90t、新品	日本100t、中古	日本100t、中古
(4)	—	骨材、ふるい分け、集塵、計量		
(5) 書類	○	○	○	○
現場	○	○	○	○
4.				
(1) 路床規定	はい	はい	はい	はい
規定無し	—	—	—	—
立ち会い	はい	はい	はい	はい
(2) プルーフ	はい	はい	はい	はい
仕様書	はい	はい	はい	はい
報告書	日常管理シートと写真			
立ち会い	はい	はい	はい	はい
(3) 試験施工	はい	はい	はい	はい
立ち会い	はい	はい	はい	はい
5.	知識不足、経験不足、丸投げ、工夫不足、自主検査不足			
6.	日本業者の構造的(過度の分業化)、実施前研修が有効、日本業者に合ったマニュアル、トラブル事例集			

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」
道路工事に係わるヒアリング調査

本調査は、資金協力事業における舗装の施工監理／管理に関する情報を収集することを目的としております。以下の項目につきましても、そのような観点からごヒアリングさせていただきたいと思っております。可能な範囲で選択、ご記入下さい。

案件名：

ザンビア共和国 ルサカ南部地域居住環境改善計画

1. 材料調達及び材料承認について

(該当する項目に丸を付けて下さい)

(1) アスファルト骨材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(2) アスファルト合材の調達方法について。

① サプライヤーからの購入、②現場プラントの設置、③その他 ()

(3) 各材料の材料試験と材料承認について。

(A：材料試験 B：材料試験・コンサル立会い C：製造者試験成績表)

- | | | | | |
|---------------------|---|---|-----|-----|
| ① アスファルト製品（バインダー） | : | A | (B) | C |
| ② アスファルト製品（タックコート） | : | A | B | (C) |
| ③ アスファルト製品（プライムコート） | : | A | B | (C) |
| ④ 骨材 | : | A | (B) | C |
| ⑤ 上層路盤材料 | : | A | (B) | (C) |
| ⑥ 下層路盤材料 | : | A | (B) | C |

(4) 材料の調達先の変更

(あり) (理由：上層路盤材の生産が間に合わず、一部をサプライヤーから購入)
なし

(5) 材料の採取地の変更

あり (理由：)
(なし)

2. アスファルト合材の配合試験について

(1) アスファルト合材の配合試験の実施者及び管理者

相場 道郎

(2) 配合試験実施者及び管理者の選定方法

請負業者が選定をし、コンサルが承認をした。

(3) アスファルト合材の耐流動性

☒ 考慮した ☐ 考慮していない

(理由)

暑い国のため、アスファルト量を減らしたため、アスファルト量の品質規格値±0.3%を0～-0.3%を目標に現場管理を行った。

(4) アスファルトの配合試験へのコンサルタントの立会

☒ 立会い ☐ 書類審査

3. アスファルトプラント管理について

(1) プラントの管理体制（人数、役割等）

プラントオペレータ 1人、助手 1人、ショベル運転手 1人、作業員 6人

(2) プラント管理責任者の選定方法（経験年数等）

日本での配合経験者で、海外を含めて10年以上の経験者

(3) プラントの能力（製品名、製作国、製造年、生産能力）

AMMANN、イタリア、2013年、90t/h

(4) プラントの操業中に設備が原因で問題を起こしたことがある場合
どの設備ですか。

☒ 骨材供給設備 ☐ 骨材乾燥加熱設備 ☐ ふるい分け設備とホットビン
☐ 集塵設備と回収設備 ☒ アスファルト貯蔵供給設備 ☐ 石粉貯蔵供給設備
☐ 計量設備 ☒ 混合設備 ☐ 混合物貯蔵設備

(5) コンサルタントによるプラントの検査への立会い

書類検査：プラント概要、計量器検査結果（骨材、アスファルト、石粉）等

☒ 現場検査 各部の計量器検査、各部の温度計検査、アスファルトの吐出量検査

4. 舗設工事の監理／管理について

(1) 工事開始前の路床強度の確認について

仕様書に工事開始前の路床強度の確認が規定されていたか。（☒ はい ☐ いいえ）

規定は無いが施工業者が独自に実施したか。（☐ はい ☒ いいえ）

確認にコンサルタントは立ち会ったか。（☒ はい ☐ いいえ）

(2) プルーフローリング試験の実施について

路床／路盤に対するプルーフローリングは実施したか。（☒ はい ☐ いいえ）

プルーフローリングについて仕様書に規定されていたか。（☒ はい ☐ いいえ）

プルーフローリング試験結果報告書は作成したか。（☒ はい ☐ いいえ）

プルーフローリング試験へのコンサルタントの立会があったか。（☒ はい ☐ いいえ）

(3) 試験施工

舗設等の試験施工は実施したか。

(☒ はい ☐ いいえ)

試験施工へのコンサルタントの立会いはあったか

(☒ はい ☐ いいえ)

5. 舗装の不具合について

主に施工を原因として、舗設後（工事中）、又は供用直後に舗装に不具合が発生した例を、ヒアリング等により次ページの表に纏めました。これ以外に発生したことのある不具合の種類、考えられる不具合の原因について、記述下さい。

不具合	想定される原因
供用開始後、雨期明けに道路約 120m に亘り不陸が生じた。	不陸が発生した地盤は、岩が点在しているため、盛土厚が不規則であった。また、岩付近の転圧が困難であったため、締固め不足の可能性はある。

6. 早期舗装破損の低減に向けて（施工段階）、道路整備事業の品質確保に向けてのご意見

自由記入

道路では、路床構築が一番重要であり、一層ごとの転圧が非常に大切である。他の案件で、ブルーフローリングを、タイヤローラではなく、土砂や路盤材、または碎石を積んだ 20t ダンプ（海外は 20t ダンプを多く使用している）で行うと、悪い箇所が一目瞭然であった。

路盤構築において、他の案件で、南アフリカの業者が、舗装前に水を路盤面に溜まるほどかけ、振動ローラで転圧をかける方法が驚くほど締まっていた。

暑い国で、アスファルト舗装の室内配合試験、現場配合試験をすると、現地業者の経験値を目標値において試験をしても、結果は、なぜだかアスファルト量が多くでる。その配合で舗装をすると、見た目は黒くて非常に良い感じであるが、気温が高いと流動化しそうに感じる。（日本で真夏に舗装をする時と似ている）

アスファルト舗装の流動化防止には、現場配合で決めたアスファルト量の品質規格値である±0.3%を基準に、現場配合－0.3%をアスファルト量にするのもひとつの改善策である。因みに、亜熱帯の沖縄において、国交省が行った事例があり、参考になると良いと思う。

ご協力ありがとうございました。



LS CONSTRUCTION (CAMBODIA) PTE LTD

EQUIPMENT DATA

Items	TYPE OF MACHINERY	BRAND	UNIT	MODEL	STATUS
A) ASPHAL CONCRETE PAVING MACHINERY DATA					
1	Asphalt Mixing Plant	Indonesia	1	60 Ton/hr	Good
2	Asphalt Paving machine	Mitsubishi	1	4.5m	Good
3	Asphalt Paving machine	Sumitomo	1	5.2m	Good
4	Asphalt Paving machine	Mitsubishi	1	4.5m	Good
5	Asphalt Paving machine	Mitsubishi	1	6 m	Good
6	Tire Roller	Sakai	2	12ton	Good
7	Tire Roller	Dynapac	1	20 ton	Good
8	Tire Roller	Kanto	1	16 ton	Good
9	Steel Roller	Dynapac	1	8 ton	Good
10	Steel Roller	Dynapac	1	15.5 ton	Good
11	Steel Roller	Dynapac	1	20.5 Ton	Good
12	Steel Roller	Dynapac	1	12.5	Good
13	4ton Roller	Sakai	2	4ton	Good
14	4ton Roller	Sumitomo	1	4ton	Good
15	Air compressor	Kubota	3	3000psi	Good
16	Bitumen Distributor	Hino	1	6000L	Good
17	Loader	TCM	1	1m ³	Good
B) TRANSPORTATION MACHINERY DATA					
1	Dump Truck	Hino	3	14m ³ /18m ³	Good
2	Dump Truck	Hyundai	2	18m ³	Good
3	Dump Truck	Mitsubishi	1	18m ³	Good
4	Dump Truck	Daewoo	3	18m ³	Good
5	Lorry Crane	Hino	1	7ton	Good
6	Trailer	Nissan, ASIA	2	25ton	Good
7	Service Truck	Kia/Titan/Mitsubishi/Hyundai	4	1ton/1.5ton/3ton	Good
C) ROAD WORK MACHINERY DATA					
1	Excavator	Kobelco	1	0.7m ³	Good
2	Excavator	Sumitomo	1	0.6m ³	Good
3	Tire Excavator	Komatsu	1	0.4m ³	Good
3	Excavator	Volvo	1	1.1m ³	New
4	Mini Excavator	Hitachi	1	0.2m ³	Good
5	Excavator	Hitachi Ex200	1	0.7m ³	Good
6	Tire Excavator	Hyundai	1	0.6m ³	Good
7	Motor Grader	Caterpillar	1	G14	Good
8	Motor Grader	Komatsu	1	GD31	Good
9	Motor Grader	Mitsubishi	1	GD30	Good
10	Vibration Roller	STA VV900	1	25ton	Good
11	Vibration Roller	Vibromax	1	25ton	Good
12	Vibration Roller	Bomag	1	BW212	Good
13	Bulldozer	Komatsu	1	D3	Good
14	Bulldozer	Komatsu	1	D4	Good
15	Bulldozer	Caterpillar	1	D5H	Good
16	Loader	Caterpillar	1	950	Good



ASPHALT MIXING PLANT



LS CONSTRUCTION (CAMBODIA) PTE , LTD

CONSTRUCTION PHOTOGRAPHS



Asphalt plant installation



Asphalt plant Machinery



Vehicle Weighing Scales



Transportation Asphalt Concrete

PT RUTRAINDO PERKASA
TECHNICAL SPECIFICATION ASPHALT MIXING PLANT
SEMI AUTOMATIC/FULL AUTOMATIC
CAPACITY: 48-60 T/H

1 GENERAL

MODEL	Batch Type 800kg
CAPACITY	48-60 T/H (48 to 60 Cycles/Hr) Base on 4% aggregate content
MIXER CAPACITY	800Kg/Batch
TYPE	:Stationary and Automatic Batch Type
SERVICE VOLTAGE	:220V/50Hz or 380V/50Hz Other Voltage/Hz available upon
Request OPERATION	:Semi /Automatic Operation Controlled by Computerized Panel

2. MAIN EQUIPMENT

2.1 AGGREGATE SUPPLYING EQUIPMENT

- 2.1.1 COLD BIN**
 - a. Capacity : 5m³
 - b. Quantity : 4 sets
 - c. Vibrating Motor : 02 kw x 2P x 6sets
- 2.1.2 HORIZONTAL BELT CONVEYOR**
 - a. Type :Belt Type
 - b. Capacity :60 t/h
 - c. Size :450mm
 - d. Motor :2.2 kw x 4P x 1/20 Geared Motor
- 2.1.3 SLANT BELT CONVEYOR**
 - a. Type :Belt Type
 - b. Capacity : 60 t/h
 - c. Size :450 mm
 - d. Motor : 2.2 kw x 4P x 1/20 Geared Motor

2.2 AGGREGATE HEATING EQUIPMENT

- 2.2.1 DRYER**
 - a. Type : Cylindrical and Inclination Type
 - b. Drive Type: Ring Gear-
 - b. Capacity: 60t/h
 - c. Size : 1600mm(Ø) x 6800mm(L)
 - d. Motor : 15kw x 4P , Rpm 1500r/min
- 2.2.2 DRYER BURNER**
 - a. Type :Low Pressure and spray type
 - b. Made in Italy
- 2.2.3 FUEL OIL PUMP**
 - a. Type :Trochoid Pump double jacket
 - b. Capacity :1200L/H
 - c. Pressure : 5kg/cm²
 - d. Motor : 1.5kw x4P
- 2.2.4 TURBO BLOWER**
 - a. Type :Turbo Fan Type
 - b. Capacity :30m³/Min (at 650mmaq)
 - c. Motor : 15Kw x 4P
- 2.2.5 HOT ELEVATOR**
 - a. Type : Vertical and Introduced Discharge Type
 - b. Capacity: 80T/H
 - c. Motor : 7.5kw x 4P : Rpm 1430r/min

2.3 AGGREGATE SCREENING EQUIPMENT

- 2.3.1 VIBRATING SCREEN**
 - a. Type :4 deck and Horizontal Type
 - b. Capacity :60/T/H
 - c. Motor : 7.5kw x 4P : 1440r/min
 - d. Size : 25/15/10/5mm
- 2.3.2 HOT BIN**
 - a. Type :4 section type with over flow exit
 - b. Capacity : 5m³

- 2.4 SCALE UNIT (WEIGHING EQUIPMENT)
- 2.4.1 AGGREGATE WEIGHING
- a. Type : Load Cell Type (Tolledo)
 - b. Weighing Method : Accumulative Weighing
 - c. Weighing Capacity : 1kg (Min) -1000kg (Max)
 - d. Weighing Hopper : 1.0m³
- 2.4.2 Asphalt Weighing
- a. Type : Load Cell Type (Tolledo)
 - b. Weighing Method : Individual Weighing
 - c. Weighing Capacity : 0.2Kg (Min)-200kg (Max)
 - d. Weighing Hopper : 0.2m³
- 2.4.3 Filler Weighing
- a. Type : Load Cell Type (Tolledo)
 - b. Weighing Method : Individual Weighing
 - c. Weighing Capacity : 0.2kg (Min) -200kg (Max)
 - d. Weighing Hopper : 0.2m³

2.5 MIXING EQUIPMENT

- 2.5.1 MIXER
- a. Type: Twin Shaft Pug mill Type
 - b. Capacity : 800kg/Batch
 - c. motor : 30kw x 4P
- 2.5.2 Asphalt Spray unit
- a. Type : Jacket Type Geared pump
 - b. Capacity : 15.1m³/H
 - c. Motor : 5.5kw x 4P

2.6 FILLER SUPPLYING EQUIPMENT

- 2.6.1 Filler Elevator
- a. Type : Vertical and Induced Discharge Type
 - b. Capacity : 20T/H
 - c. Motor : 2.2kw x 4P: 1430r/min
- 2.6.2 FILLER BIN
- a. Capacity : 0.2m³

2.7 ASPHALT SUPPLYING EQUIPMENT

- 2.7.1 ASPHALT KETTLE
- a. Type: Heating Type
 - b. Capacity : 10.000L x 2Sets
 - c. Size : 3500mm(L) x 1500mm(W) x 1500mm(H)
 - d. Rotary Burner : 0.75 kw x 2P x 2 sets (5Cycle)
- 2.7.4 ASPHALT TRANSFER PUMP
- a. Type : Jacket Type Geared Pump
 - b. Capacity : 15.1m³/H
 - c. Motor : 5.5kw x 4P
- 2.7.5 ASPHALT PIPING
- 2" x 3" Double Piping material with necessary valve

2.8 HOT OIL CIRCULATION EQUIPMENT

- 2.8.1 ELEMENT HEATER
- a. Panging 77cm
 - b. Power : 2kw
 - c. Pompa : Electromotor 2.2 kw (GJ 25)
 - d. Panel Unit
- 2.8.4 PIPING
- 2" Piping Material

2.9 FUEL OIL SUPPLYING EQUIPMENT

2.9.1 DIESEL TANK

- a. Type : Cylindrical and Vertical Type
- b. Capacity : 4000L

2.10 AIR SUPPLYING EQUIPMENT

2.11.1 AIR COMPRESSOR

- a.Type : Air Colling Type
- b.Capacity : 1058 L/min
- c. Pressure : 1.25 Mpa
- d. Motor : 7.5kw x 4P

2.11 DUST COLLECTING EQUIPMENT

2.12.1 DRY CYCLONE

- a.Type : Centrifugal Type Single Dry Cyclone
- b.Size : 1800mm Ø x 4000mm

2.12.2 EXHAUST FAN

- a.Type : Plate Fan Type
- b.Size : Air Flow : 12407-23404 m³/H
- Air
- Pressure :
- 2550-
- c. 1853 Pa
- d. Max
- output
- motor
- 22kw -4P
- 280V

2.12 OPTIONAL DUST COLLECTORES

2.13.1 SINGLE WET CYCLONE

- a.Size : 1600 MM(Ø) x 4200MM(H)
- b.Efficiency : 98.67 %
- c.Water Pump
- .Type : Turbine Type
- .Head : 35M
- .Capacity : 1000L/M
- .Motor : 15 kw x4P

2.13 OPERATION ROOM

- a.Type : Cabin Type
- b.Size : 4500mm (L) x 2400mm (W) x 2400mm(H)
- c. Air conditioner 1Pk, 380v, 50Hz, 3 Phase
- d. With one door & Three windows and lighting facility

2.14 ACCESSORIES

- a.Toolkit Standard dr pabrik
- b.Buku Petunjuk Pemakaian dalam Bahasa Indonesia
- c. Part book dalam bahasa Indonesia
- d. Sertifikasi garansi dari pabrik
- e. Suku Cadang
- 20 buah pedal Tip
- 20Am