

全世界

道路防災のための斜面对策事業の基礎研究
(プロジェクト研究) (QCBS)

ハンドブック第一部：
無償資金協力事業における斜面对策の
調査・設計（落石・斜面崩壊編）

2023年2月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
国土防災技術株式会社
株式会社 エイト日本技術開発

資金

JR

23-003

全世界

道路防災のための斜面对策事業の基礎研究
(プロジェクト研究) (QCBS)

ハンドブック第一部：
無償資金協力事業における斜面对策の
調査・設計（落石・斜面崩壊編）

2023年2月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
国土防災技術株式会社
株式会社 エイト日本技術開発

目 次

図目次
表目次
略語表

	ページ
総説	1
第 1 章 ハンドブック第一部の内容と流れ	3
1.1 無償資金協力事業における道路設計	3
1.2 山間部等道路の無償資金協力事業において調査・設計で重視すべき事項	4
1.3 予見不可能な斜面災害の発生リスクを最小化するための調査の重要性	7
1.4 顕在化した斜面災害に対する調査・設計の流れ	9
1.5 山岳道路設計における切土と盛土	11
第 2 章 過去の ODA 案件における斜面崩壊事例と教訓	13
2.1 橋梁建設や道路改良を目的とした案件における教訓と調査設計の留意点	13
2.2 顕在化した斜面对策を主な業務内容とする案件での留意点	14
2.3 山間部における ODA 道路橋梁案件の教訓	15
第 3 章 調査方法（手順、災害履歴、地質、地下水、気象等）	17
3.1 国内事前準備調査	18
3.2 共通の現地調査（第 1 次現地調査）の留意点	19
3.3 予見不可能な斜面災害の発生リスクを最小化するための自然条件調査の留意点	22
3.4 顕在化した斜面災害に対する自然条件調査の留意点	24
3.5 地形測量の留意点	27
3.6 詳細設計のための詳細調査計画の作成	28
3.7 現地調査の管理（現地再委託の管理、既往資料の信頼性・適用可能性の確認）	29
第 4 章 設計方法（手順等）	30
4.1 設計基準の選定	35
4.2 無償資金協力事業における概略設計（準備調査時の設計）と詳細設計において考 慮すべき点	36
4.3 設計に用いる斜面安定解析の留意点	37
4.4 切土工の設計と留意点	40
4.5 のり砕工の設計と留意点	42
4.6 アンカー工の設計と留意点	44
4.7 地山補強土工の設計と留意点	47
4.8 モルタル吹付工の設計と留意点	49
4.9 落石防護柵工の設計と留意点	50
4.10 落石防護網工の設計と留意点	51
4.11 ロープ掛工・ロープ伏工の設計と留意点	52
4.12 押え盛土、頭部排土の設計と留意点（のり面内のすべりを想定）	52
4.13 道路線形設計における配慮（再滑動型地すべりが想定されるケース）	54
4.14 ライフサイクルコストの考慮	55
4.15 斜面災害発生に補助的な対策として利用できる工法	57

第 5 章	海外における特殊事例	58
5.1	特殊土・岩盤が分布する事例（ジョージア・東西道路）.....	58
5.2	特殊土・岩盤が分布する事例（エチオピア・アバイ渓谷）.....	59
5.3	急斜面の崩壊性岩盤の事例（キルギス・ビシュケシュ～オシュ間）.....	60
第 6 章	入札図書作成のための斜面对策の施工計画・積算	61
6.1	無償資金協力事業における施工計画の留意点.....	61
6.2	無償資金協力事業における積算の留意点.....	63
第 7 章	技術仕様書の作成	68
第 8 章	欧州における斜面对策技術（付録）	70
8.1	標準切土勾配.....	70
8.2	切土よりも盛土を使う思想.....	70
8.3	コンクリート構造物による斜面对策工に対する考え方.....	71
8.4	足場仮設を使わない、或いは斜面上で重機を使わない施工方法.....	71
8.5	スチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングによる斜面崩壊対策.....	72
8.6	バイオエンジニアリング.....	73
8.7	モニタリングによる EWS と警報・交通制御.....	74
8.8	落石防護土堤とシェッド工（スイス）.....	75
8.9	落石、岩盤崩落に対する脚部補強（フランス、スイス）.....	76
8.10	特殊な網による落石対策（フランス）.....	77
8.11	高張力鋼ネットと強力なブレーキシステム（スイス）.....	77
8.12	立木を利用した落石防護柵（フランス）.....	78
8.13	杭とアンカーによる地すべり対策（フランス）.....	79
8.14	小口径集水井（イタリア）.....	79
8.15	土石流防護土堤（イタリア）.....	79
8.16	スチールネットによる土石流対策（スイス、イタリア）.....	80
8.17	マイクロパイルによる土石流対策（イタリア）.....	81
8.18	マイクロパイルの活用による道路復旧（スイス）.....	82
8.19	プレキャストコンクリート板とソイルネイリングによる速やかな擁壁の構築（フランス）.....	82
8.20	深礎杭の斜面上での活用（道路の路体構築として、スイス）.....	83

目 次

	ページ
図 1-1 無償資金協力事業の流れ.....	3
図 1-2 顕在化した斜面災害に対する協力準備調査時の斜面関連の調査・設計の流れ.....	10
図 3-1 山間部等を含む道路開発等の協力準備調査における理想的な調査の流れ.....	17
図 4-1 定着部のかぶり.....	46
図 4-2 地質構造の違いによるのり面崩壊の破壊機構の違い.....	53
図 4-3 滑動中の大規模な地すべり地での道路線形の適否.....	55
図 5-1 アバイ渓谷の地形及び地質断面図.....	59
図 8-1 スチール／ケーブルネットとロックボルトによる斜面崩壊対策.....	72
図 8-2 スチールネットとロックボルト／ネイリングによる斜面崩壊対策（スイス）.....	72
図 8-3 バイオエンジニアリングの施工状況.....	74
図 8-4 スイスの落石対策 EWS.....	75
図 8-5 スイスの落石防護土堤（左）とシェッド工（右）.....	75
図 8-6 岩盤崩落対策としての脚部固定（スイス）.....	76
図 8-7 岩盤崩落対策としての脚部固定（スイス）.....	76
図 8-8 高張力鋼を利用したスチールネット（スイス・ジオブルグ社）.....	77
図 8-9 ステンレス鋼棒・板を使ったブレーキシステム（スイス・ジオブルグ社）.....	78
図 8-10 立木を支柱として利用した落石防護柵.....	78
図 8-11 イタリアの小口径集水井 Pozzi drenanti (Drainage Well).....	79
図 8-12 イタリアの土石流防護土堤.....	80
図 8-13 スチールネットによる土石流対策（スイス・イルガーベン：土石捕捉後の状態）.....	81
図 8-14 マイクロパイルによる土石流対策.....	81
図 8-15 擁壁工の基礎としてのマイクロパイルの活用（スイス）.....	82
図 8-16 プレキャストコンクリート板とネイリングによる道路の復旧（フランス）.....	83
図 8-17 人力掘削の深礎杭による基礎.....	83
図 8-18 人力掘削の深礎杭の施工状況.....	84
図 8-19 人力掘削による深礎杭基礎の斜面上での活用例.....	84

表 目 次

	ページ
表 1-1 山間部等を含む道路開発事業における必要最小限の斜面の調査項目	8
表 3-1 抽出する必要がある問題箇所とその条件	21
表 3-2 空中写真判読図に記載すべき地形等の例	22
表 3-3 現地踏査で注目すべき項目	23
表 4-1 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（1）	31
表 4-2 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（2）	32
表 4-3 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（3）	33
表 4-4 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（4）	34
表 4-5 安定度評価において特に注意を必要とする切土の条件	41
表 4-6 アンカー工の支持方式の違いと適性	45
表 4-7 頭部定着方式の違いと適性	45
表 4-8 斜面对策工の主な維持管理の内容	56
表 4-9 斜面对策工の維持管理に必要な関連産業	57
表 4-10 斜面災害発生に補助的な対策として利用できる工法の例	57
表 6-1 施工計画策定時の主な留意事項	62
表 6-2 積算に必要な基本事項（積算にあたっての参考資料）	64
表 6-3 斜面对策工事の積算方法に反映させる特別な共通仮設費項目（例）	64
表 6-4 斜面对策工事の積算に反映させる項目やメンテナンス機材等（例）	65
表 6-5 体系階層（レベル）の定義	66
表 6-6 斜面对策工事における特定資材（例）	66
表 7-1 図面として整備する主な技術仕様の例	68
表 7-2 実施工事の設計内訳書に記載する主な技術仕様の例	69
表 7-3 特記仕様書に記載する主な技術仕様の例	69

略語表

略語	英文	和文
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星「だいち」
ASTM	American Society for Testing and Materials	アメリカ材料試験協会
AW3D	Advanced World 3D map	全世界デジタル 3D 地図
B/A	Bank arrangements	銀行取決め
BOQ	Bill of Quantity	数量単価表
BOT	Build, Operate and Transfer	建設、運営、移譲
BS	British Standard	英国規格
CBR	California Bearing Ratio	CBR
Ch.	Chainage	測定長、距離程
C/S	Construction Supervision	施工監理
DB	Design Build	設計施工
DCP	Dynamic Cone Penetration test	動的コーン貫入試験
D/D	Detailed Design	詳細設計
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DGPS	Differential GPS	差分 GPS
DLP	Defect Liability Period	瑕疵担保期間
DNP	Defect Notification Period	瑕疵通知期間
DOD	Draft Outline Design	概略設計案
DoR	Department of Road	道路局
DPRM	Disaster Risk Reduction and Management	災害リスク管理
DSM	Digital Surface Model	数値表層モデル
E/N	Exchange of Note	交換公文
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EL	Elevation	標高
EOT	Extension of Time	工期延長
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計・調達・建設
EPS	Expanded Poly-Styrene	発砲スチロール
FCB	Foamed Cement Banking	気泡混合盛土
FIDIC	Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils / International Federation of Consulting Engineers	国際コンサルティング・エンジニア連盟
F/S	Feasibility Study	フィジビリティ調査
Fs	Factor of Safety / Safety Factor	安全率
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GCC	General Condition of Contract	標準契約約款

略語	英文	和文
GCP	Grand Control Point	地上基準点
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地表面
GNP	Gross National Product	国民総生産
GoJ	Government of Japan	日本国政府
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GSI	Geological Strength Index	GSI 法による岩盤評価
H.W.L.	High Water Level	高水位
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
In-SAR	SAR Interferometry	干渉 SAR
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JGS	Japanese Geotechnical Society	公益社団法人 地盤工学会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本産業規格
JPY	Japanese Yen	日本円
L/A	Loan Agreement	借款契約
L/A	Land Acquisition	土地取得
LCB	Local Competitive Bidding	国内競争入札
L/D	Liquidated Damage	遅延損害金
LiDAR	Light Detection And Ranging	光による検知と測距
M/D	Minute of Discussion	議事録
MDB	Multilateral Development Bank	国際開発金融機関
MLIT	Ministry of Land Infrastructure, and Transport	国土交通省（日本）
MoRTH	Ministry of Road Transport, and Highway	道路交通省（インド）
MoFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省
MVS	Multi-View Stereo	マルチビュー・ステレオ
Mw	Momentum Magnitude	モーメントマグニチュード
NEXCO	Nippon EXpressway COmpany Limited	日本高速道路株式会社
NOC	No Objection Certificate	同意書
OD	Origin Destination	出発地 目的地
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PC	Pre-stressed Concrete	プレストレストコンクリート
PFI	Private Finance Initiative	民間資金活用事業
PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理チーム
PPP	Public Private Partnership	官民連携

略語	英文	和文
PQ	Pre Qualification	予備審査
PRISM	Pico-satellite for Remote-sensing and Innovative Space Missions	リモートセンシングと革新的な宇宙ミッション用超小型衛星
P/S	Preparatory Survey	準備調査
R/D	Record of Discussion	議事録
RFP	Request for Proposal	業務指示書／企画競争説明書
RMR	Rock Mass Rating	RMR 法による岩盤評価
ROW	Right of Way	道路事業用地
RQD	Rock Quality Designation	RQD（岩石コアの評価指標）
SAR	Synthetic Aperture Radar	合成開口レーダー
SfM	Structure from Motion	ストラクチャー・フロム・モーション
SMR	Slope Mass Rating	SMR 法による斜面岩盤評価
SOW	Scope of Work	業務範囲
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
T/C	Technical Cooperation	技術協力
TOR	Terms of Reference	業務指示書／作業要綱
TS	Technical Specification	技術仕様書
TTB	Telegraphic Transfer Buying	電信買相場
TTS	Telegraphic Transfer Selling	電信売相場
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	ユネスコ
USD	US Dollar	米ドル
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
VAT	Value Added Tax	付加価値税
V/O	Variation Order	設計変更
WB	World Bank	世界銀行

【総説】

＜ハンドブックの目的＞

本ハンドブックは、無償資金協力事業の協力準備調査や詳細設計で実施される設計、及び工事の内、丘陵地を含む山間部又は山岳部の道路・橋梁等の施設整備事業における斜面災害リスクの軽減を主な目的としている。また、あわせて斜面对策の設計・積算の適正さの向上も目的としている。

＜ハンドブックが対象とするもの＞

区分	内容
対象とする読者	<ul style="list-style-type: none"> ● (主)無償資金協力事業に従事するコンサルタントや施工会社などの技術者 ● (副)JICA 職員 ● (副)対象国のカウンターパートの技術者(技術的に重要な部分を英語化し提供)
対象とする事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 丘陵地を含む山間部又は山岳部(以下、“山間部等”という)の道路建設(橋梁建設を含む)に関連する無償資金協力事業。 ● この「山間部等の道路」には幹線道路や有料高速道路などの高規格道路、地方道などの全ての道路が含まれる。
対象とする斜面災害	①斜面崩壊(がけ崩れ) ②落石 注)地すべりや土石流などは詳細調査や対策工設計の対象としないが、道路線形を検討するための斜面災害のリスク評価には加える。平地における道路盛土の崩壊や地盤沈下などは含まれない。

＜ハンドブックの作成の基本方針＞

①「ハンドブック」という名称に対応したコンパクトな内容とする。道路土工指針や急傾斜地崩壊防止工事技術指針などのように重厚な技術図書ではなく、海外での道路の斜面对策における重要な内容のエッセンスをコンパクトにとりまとめた内容とする。

②道路土工指針や急傾斜地崩壊防止工事技術指針など、既存の公開資料に掲載されている内容は、ハンドブックで詳述しない。ハンドブック中に引用文献を明示し、詳細はそれらの引用文献(公開資料)を参照するように促す。

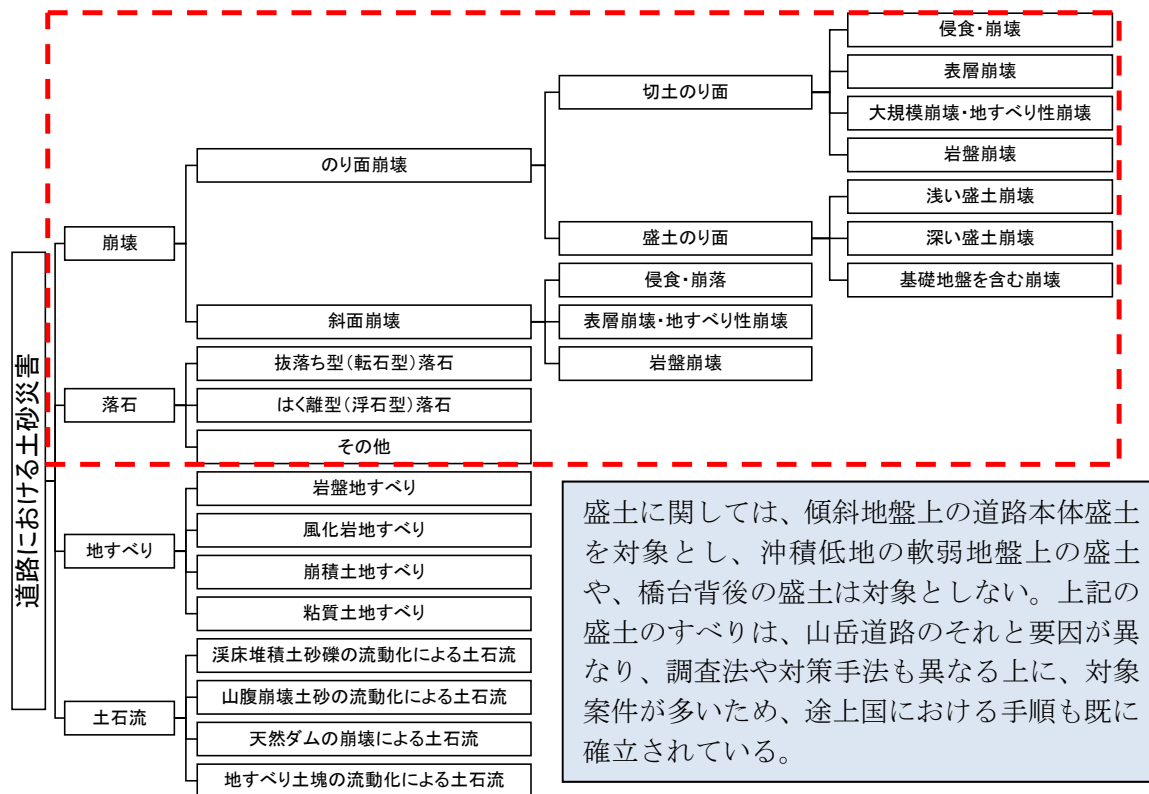
③ハンドブックで要求している内容は、斜面对策のためのアドオンである。山間部以外の通常の準備調査で要求される事項に対して、追加で要求するものとなる。

＜斜面災害リスクマネジメント＞

丘陵地を含む山間部又は山岳部の道路建設では、土工に伴う斜面災害の発生リスクが常に存在する。無償資金協力事業の協力準備調査、詳細設計、施工や相手国での維持管理のそれぞれにおいて段階的に災害リスクを低減していくことが重要である。また、それぞれの段階で解決できなかった懸案事項(リスク)を明確化し、後段に確実に伝達することも重要である。第1部の調査設計編で、協力準備調査段階でのリスク低減と詳細設計段階でのリスク低減について記載し、適切な協力準備調査や詳細設計を実施しても残る災害リスクについては、施工段階での災害リスク低減として第2部の施工監理管理編で記述した。施工後になおも残る災害リスクについては維持

管理段階での災害リスクマネジメントが必要となるが、無償資金協力事業では維持管理が相手国の分掌業務となるため、維持管理技術の技術移転の重要事項として第2部に記載した。また、土木事業における地質・地盤のリスクマネジメントについては「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン（国土交通省ほか，2022）」に詳述されている。

<ハンドブックの対象>



(引用元：日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工)

ハンドブックが対象とする土砂災害

本ハンドブックは山間部の道路橋梁建設に係る無償資金協力事業が遭遇する道路沿いの土砂災害のうち、上図に示す崩壊と落石を主たる対象とする。ただし、地すべりと土石流に関しては、空中写真判読や現地踏査などの予察を十分に行うことにより、そのリスクを抽出し、道路線形などの工夫によりリスクを避ける対応をすることを念頭に置いている。

出典：

日本道路協会（2009）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

第1章 ハンドブック第一部の内容と流れ

1.1 無償資金協力事業における道路設計

丘陵地を含む山間部又は山岳部の道路建設では、土工に伴う斜面災害の発生リスクが常に存在する。

一方、無償資金協力事業における協力準備調査では、適正な事業費の算出が求められる。その際には、斜面災害リスクを軽減するための十分な検討が必要であり、そのためには、協力準備調査において必要十分な調査が計画され、十分な精度で実施される必要がある。斜面災害リスクへの対処方法としては、まずは代替ルートや橋梁地点変更の検討、高架やトンネルなどの道路構造の変更を含む道路線形等の工夫によって、斜面災害リスクを避けることが求められるが、それでは避けがたい場合は、適切な対策工の設計が必要となる。また、道路線形等を工夫した場合でも、ある程度の斜面災害のリスクは残る。協力準備調査は、無償供与額を決めるための調査であるため、この段階で、斜面災害リスクを適切に抑止する対策工の検討が必要となる。

詳細設計では、協力準備調査段階で想定した対策工の発注に必要な発注図書を作るための調査を行う。協力準備調査の期間は限られるため、詳細設計時の調査で協力準備調査の調査不足を補うケースも現実にはありうるだろうが、前述のように無償供与額の決定に際しては、斜面災害リスクを適切に抑止する対策工が提案される必要があり、協力準備調査時の現地調査ではその目的を達するに十分な調査を計画、実施する必要がある。

(解説)

本ハンドブックは、無償資金協力事業の協力準備調査、及び詳細設計で実施される道路設計の内、丘陵地を含む山間部又は山岳部（以下、“山間部等”という）の道路における、特に落石と斜面崩壊による斜面災害リスクの軽減を主な目的としている。また、あわせて斜面对策の設計・積算の適正さの向上も目的としている。このような山間部等では、事業実施中および実施後に斜面災害による道路被災事例が数多く報告されている。

無償資金協力事業の流れは図 1-1 の通りである。

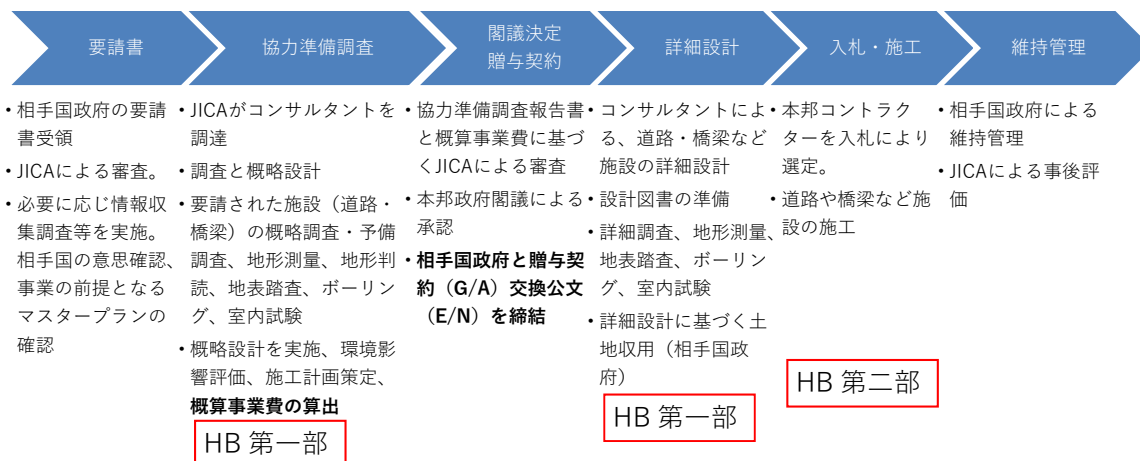


図 1-1 無償資金協力事業の流れ

(JICA 調査団)

この中の協力準備調査における道路設計の流れは以下の通りである。

- ① 協力準備調査を受注した本邦コンサルタントが、周辺地域を含む現地の状況、収集資料、および他の事業の情報等をもとに、道路の建設、運用に必要な道路の横断構成、線形等の設計条件の設定を行う。
- ② その設計条件に基づいて、国内の道路予備設計に相当する作業を行う。具体的には、測量図（縮尺 1/500～1/1,000）に基づいて、平面線形、縦横断線形の比較案を策定し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性および環境等の総合的な評価と橋梁、トンネル等の主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、総合的判定によりルートを中心線、および用地幅を決定する。また、既存資料および現地踏査の結果に基づいて排水系統の計画、流量計算を行い、排水構造物を設計する。主要な構造物（橋梁、函渠等）および舗装構造について複数案の比較検討を行い、最適案に対して基本形状を決定するために必要な概略設計計算を実施する。計画された道路に対して、実施（詳細設計、施工監理、施工）に必要な概算事業費を算出する。最終案はドラフト・ファイナルレポート(DF/R)としてまとめられ、JICA および相手国政府の確認を受けた後、ファイナルレポート(F/R)としてまとめられる。
- ③ R で計上された事業費に基づき、閣議決定による贈与額（供与額）が決められ、贈与契約(G/A)が締結される。交換公文(E/N)に記載された贈与額は事業費の上限を決めるものとなるため、協力準備調査における概算事業支の算出には適正さを求められる。
- ④ 一方で道路の設計では、自然条件、交通条件、工事に用いる材料条件等に不確実性を有するものもあるため、十分な調査を行うと同時に状況に応じて仮定条件を明示する必要がある。
- ⑤ 本書は主として技術的な情報を業務の参考のために整理したものであり、JICA の各種実施要領、各種公開文書、各事業の契約図書等との齟齬があった場合はそれらの文書が優先される。

1.2 山間部等道路の無償資金協力事業において調査・設計で重視すべき事項

山間部等道路の無償資金協力事業では、①本邦における道路開発との相違、特に調査・設計手順における相違の認識と協力準備調査の重要性、②山岳部道路の開発における斜面調査と斜面災害のリスク評価、③地形改変の少ない路線選定、④計画路線を含む広域での地形・地質の把握、⑤対象国の地質条件や気象条件に合わせた道路土工構造物の設計、⑥対象国で可能な維持管理を考慮した斜面对策工の採用、について十分に配慮する必要がある。

(解説)

協力準備調査では、限られた工期で、事業費（仮設費、安全対策費を含む）を可能な限り正確に積算することが求められる。山間部等の道路開発においては施工に伴う斜面災害の発生リスクを最小化するための調査が必要となる。

詳細設計では入札図書作成を主目的とするため、技術仕様書・図面・積算の作成が主務であるが、協力準備調査で実施できない詳細な調査を詳細設計段階で補完して実施できるような成果が求められる。

山間部等道路の無償資金協力事業では、特に以下の点を重視する必要がある。

(a) 本邦での道路開発との調査・設計の手順の違いと協力準備調査の重要性

本邦における道路開発では、①概略調査、②予備調査（道路予備設計のための調査）、③詳細調査（詳細設計のための調査）、④追加調査の4段階の調査業務が順番に発注・実施され、各段階を

経た最終成果に基づき、各土工構造物の詳細設計が実施されて工事費の積算が行われる。無償資金協力事業における協力準備調査では本邦での①概略調査、②予備調査（道路予備設計のための調査）に相当する調査結果を基に道路及び土工構造物の概略設計を実施するが、その概略設計結果を用いた工事費の積算は、仮設費や安全対策費などを含めて、可能な限り正確に積算することが求められ、そのために必要な調査を実施することが求められる。やむを得ない事情により調査不足が生じる場合には、詳細設計時に必要な追加調査の内容を斜面調査も含めて協力準備調査の成果として示す必要がある。

(b) 山岳部道路の開発における斜面調査と斜面災害のリスク評価

業務内容に明示的に斜面災害対策が含まれない事業、例えば橋梁建設や道路拡幅などの事業では、斜面調査や斜面災害のリスク評価が十分に実施されない傾向にある。山岳部の道路開発では土工に伴う斜面災害の発生リスクは常に生じることを考慮し、問題箇所抽出と斜面对策工の概略設計のために必要な地形・地質調査を協力準備調査の段階で実施する必要があり、これには後述の(d)に示す広域での地形地質の把握を含む。

(c) 地形改変の少ない路線選定

山間部等の道路では何らかの土工が伴うが、地形改変の少ない路線の選定が斜面災害の発生リスクを最小化させる最良の方法であり、事業においては必ず検討されるべきである。特に斜面災害が多発する国や地域においては重要である。また、山間地の景観保全からもなるべく地形改変が少ないことが望ましい。

(d) 計画路線を含む広域での地形・地質の把握

例えば大規模な地すべり地形は幅も長さも3kmを超える場合がある。計画路線周辺のみでの地形図や地質図では山間部等における斜面災害のリスクを十分に評価できないと考えるべきである。本邦の道路開発でも利用されている広域の航空写真（1/40,000～1/8,000）や地形図（1/25,000～1/5,000）、地質図（1/200,000～1/50,000）による地盤の巨視的な評価が重要である。切土や自然斜面等の安定を支配するものは、自然の営力に関わる要因の方が優位にあることが多く、切土工によって新たに露出した土や岩は、地盤の堆積条件等の素因や応力解放によるゆるみ、風化作用等が複雑に影響し、施工直後に変状がない場合でも、時間の経過と共に劣化が進行することを良く認識する必要がある（日本道路協会、2009a）。

対象国に十分な精度の航空写真や地形図等が存在しない場合は上記の航空写真等の資料の製作手法の検討も必要となる。一般で簡単かつ無料で入手可能なオンライン・検索マップサービス（例：Google Map 等）が提供する空中写真や3Dモデルが、山岳道路の事業で広範に利用されているが、これらのサービスを用いた検討は精度の面で不十分であり、この目的には不足していることを良く認識する必要がある。

(e) 対象国の地質条件や気象条件に合わせた道路土工構造物の設計

山間部等の道路での土工の基本は切土工であるが、日本の標準切土勾配は以下に挙げる日本の自然条件下で安定を保てるものとして作られたものである。

- ・ 地質分布が複雑で造山運動等で乱された地質条件
- ・ 環太平洋造山帯に位置し、強い地震が多く発生する地域地震条件
- ・ 年平均降水量が約700～4,500mm（全国平均は約1,700mm）と地域によって大きく異なる気象条件

そのため、軟岩の標準切土勾配（日本道路協会,2009b）は 1:0.5～1:1.2 と範囲が広く、この基準値のみで切土勾配を決定するのは困難である。

大陸地殻の安定した地質構造の国や年降水量が 500mm 以下の少雨の国、或いは 2,000mm 以上の多雨の国などでは、当然、適切な切土勾配は日本と異なる。

また、日本の標準切土勾配で採用されている硬岩・軟岩の区分は重機での土工作業性（リップビリティ）を判断するために発達した日本独特の岩盤分類である。

切土勾配を検討するには、対象国で整備されている各種技術基準の収集と、そこに記される個々の基準値（切土勾配）の現実性や実際の利用状況を現地確認することを、最初のステップとする。この際、基準であるからと鵜呑みにせず、その基準の妥当性を現地の実際の斜面で確認する必要がある。仮に無償資金協力事業のサイトには適合しない、或いは妥当ではないと技術的に判断される場合には、その基準に拘るべきではない。対象国に基準が無く、日本の基準を参照する場合には、上に述べた背景や、我が国の標準切土勾配に付帯する条件（4.4 節及び日本道路協会,2009b 参照）を良く理解し、適用の可否を十分に検討する必要がある。

一般に、橋梁建設などの無償資金協力事業は短い区間延長に留まる場合が多いため、事業地で発生する切土のり面の安定性は、標準勾配を単純に適用するのではなく、風化状況、亀裂状況、岩質状況など、出現する切土のり面の地質状況を、十分に経験を積んだ専門技術者¹が現地で十分に確認・検討し、出現するのり面を個別に検討すること。

(f) 維持管理を考慮した斜面对策工の採用

海外事業においては特殊な維持管理を要しない対策工の採用が望ましいが、そのような対策工での対応が難しい場合は、特殊な維持管理を要する対策工を採用することになる。例えば、日本の斜面对策で多く利用されているグラウンドアンカー工や落石対策工などは供用期間における特殊な維持管理を前提とした対策工である。グラウンドアンカー工についてはリフトオフ試験機器²など維持管理のための特殊な資機材も必要となる。落石対策工ではメンテナンス部材のタイムリーな交換・供給が必要である。

また、水抜きボーリングは、定期的な孔内洗浄が必要である。

これらの斜面对策工を採用する場合は対象国の維持管理能力にも配慮する必要がある。採用しようとする対策工の維持管理が相手国政府に可能か否かを判断し、少なくとも無償資金協力事業で整備する斜面对策工の維持管理については、相手国が継続できるような支援を十分に考慮する必要がある。これには、メンテナンス機器やスペアパーツの供給、およびメンテナンスマニュアルの整備を事業に組みこむことや、ソフトコンポーネントを介して、メンテナンス能力を相手国に定着させる訓練が含まれる。

一方で、表層の保護・浸食防止を意図し、抑止力を期待しない対策工の場合は、相手国による維持管理可能な技術を採用し、上記したメンテナンスの問題を排除することも、必要な検討となる。

出典：

日本道路協会（2009a）：道路土工要綱

日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

¹ 「十分に経験を積んだ専門技術者」は、日本国内と海外の双方で十分な経験を積んだ技術者（経験年数 20 年以上）であり、かつ技術士資格の保有者で、継続して斜面災害や土木地質分野の業務に従事しており、日本語と英語能力を十分に持っていることを目安とする。リスクを有する山間部等の道路開発においては、業務内容から、3 号以上の格付けの技術者を配することが望ましく、業務の重要性から自然条件調査担当と独立した業務従事者を配することが望ましい。

² 「リフトオフ試験」は既設アンカーの残存引張力を調べるための繰り返し引張試験。

1.3 予見不可能な斜面災害の発生リスクを最小化するための調査の重要性

山間部等の道路開発では、業務着手時点(協力準備調査開始時点)で斜面災害が顕在化していない場合であっても、①事業に伴う斜面災害のリスク評価の重要性、②協力準備調査における必要最小限の斜面調査の必要性、③災害地質や斜面对策の専門家によるリスク評価の重要性、④協力準備調査と詳細調査の連携の重要性、について十分に配慮する必要がある。

(解説)

ここでの「顕在化」は地すべりや崩壊等の斜面災害の発生が確認され、かつ、安定化しない状態または対策工を必要とする状態で存在し、その場所が特定されていることである。顕在化している斜面災害への対策が事業内容に含まれる場合は、協力準備調査の段階で斜面对策のための調査項目が企画競争説明書や公示段階の特記仕様書(案)(以下、企画競争説明書等、という)に記載されていることが多い。しかし、斜面災害対策が業務内容に含まれない場合、つまり斜面災害が顕在化していない場合でも、山間部等の道路開発関連の事業では以下のような配慮が必要である。

(a) 山間部等の道路開発に伴う斜面災害のリスク評価の重要性

山間部等の道路開発には切土工を伴うことが多い。切土は一般に平衡状態にある斜面の安定性を低下させるリスクがあり、斜面災害の誘因となる。切土に伴い古い地すべり地形が再滑動することや地質構造を要因とする初生地すべりが発生することもある。亀裂などの弱面を内包する岩盤においては、不安定岩塊の脚部を切土することにより、岩盤崩壊を誘発する可能性もある。また、乾期に建設した道路が雨期の斜面災害で被災することや、建設予定の橋梁へのアクセス道路の上部斜面に巨大な岩塊が点在し予期せぬ落石対策を強いられるなど、さまざまな斜面に関する問題が発生する。それらの災害リスクを、出来る限り協力準備調査で明確にする必要がある。斜面災害のリスク評価が不十分な場合、道路工事に伴う予見不可能な災害³の発生リスクが高くなり、それが工事内容の追加・変更や事業量の拡大、工期の延長を招く原因となる。

(b) 協力準備調査における必要最小限の斜面調査の必要性

無償資金協力事業では協力準備調査の質が事業内容や事業費に大きく影響する。斜面災害が顕在化していない場合でも、山間部等を含む道路開発関連事業においては必要最小限の斜面調査項目を設け、現地踏査(斜面の状況や構造物等の現況を調べる現況踏査や地質踏査を含む)のみでは把握できない災害リスクを評価する必要がある。表 1-1 に必要最小限の斜面の調査項目を示すが、ここでの物理検層や弾性波探査は、調査ボーリングの現地再委託で良質なボーリングコアの採取が難しいと判断される場合の補助的な調査である。

³ このハンドブックにおける「予見不可能な災害」は、海外土木工事契約で多用される“Unforeseeable Physical Condition”と同様の意味で使われていることに注意を払われたい。予見不可能な物理的条件とは、土木工事契約約款において、「経験を積んだ請負業者なら予測可能である条件を超えるもの」と定義づけられ、この条件に合致する現象は「予見不可能」と扱われ、それに対する費用は施主の負担となり、無償資金協力事業では E/N 額から賄われる事となる。上記の「経験を積んだ請負業者なら予測可能」という言葉の持つ意味は曖昧であり、しばしば紛争の種となる。一方、入札時に請負業者に与えられる設計図書やデータにおいて、斜面災害のリスクが示されていれば、これは「予見不可能」とは扱われないが、同時に E/N 額はその対策に要する費用を含む必要がある。この意味において、無償資金協力事業の協力準備調査に携る本邦コンサルタントは、「予見不可能な物理的条件」を極小化することを念頭に、業務を実施し、必要な調査を提案することが求められる。

表 1-1 山間部等を含む道路開発事業における必要最小限の斜面の調査項目

(JICA 調査団)

調査項目	数量	備考
地形・地質の分析	一式	問題箇所の抽出が主目的。地形図・地質図判読や空中写真判読を含む。
ボーリング調査(コア判定・標準貫入試験)	1～2 本/斜面	切土高が概ね 15m を超える長大切土が想定される箇所の斜面中腹等の地質把握。RQD(Rock Quality Designation)や亀裂情報も含む。
物理検層(PS 検層、孔内載荷試験等)※	1～2 本/斜面	コア判定や土質試験に利用できる良質なコアが採取できない場合に、地盤の物理特性を把握する。
弾性波探査※	1 測線/斜面	切土高が概ね 15m を超える長大切土が想定される箇所の斜面でコア判定や物理検層を補完する情報として利用する。
土質試験・岩石試験	1～3 箇所/ 1本	ボーリングコアを用いて切土想定面以深の地盤強度やスレーキング特性 ⁴ 等を把握する。
斜面モニタリング調査	1～2 箇所/ 斜面	国内事前準備調査の地形解析等で再滑動型地すべりの存在が懸念される場合。丁張観測などの簡易モニタリングを含む。

※ここでの物理検層や弾性波探査は、ボーリング調査の現地再委託で良質なコア採取が難しいと判断される場合の補助的な調査である。

表 1-1 に上げた調査項目は、十分に経験を積んだ専門技術者が立案し、実施を監督する必要がある。特に、地形・地質の分析には、十分な土木地質分野・斜面災害分野の経験が必要であり、十分に経験を積んだ専門技術者が直接実施することが望ましい。

(c) 災害地質や斜面对策の専門家によるリスク評価の重要性

地質の専門家は純粋な地質学の専門家や資源地質の専門家、土木地質の専門家、災害地質の専門家などに分かれる。斜面災害のリスクを十分に評価ができるのはこの内の土木地質・災害地質の専門家である⁵。日本の道路関連事業や砂防関連事業などで斜面对策業務を長年経験した斜面对策の専門家もリスク評価に適している。これらの専門家とそれ以外の専門家では現地踏査や各種観測データ等から取得できる情報量に違いが生じ、当然ながらリスク評価の結果も大いに異なるものとなる。さらに、必要な調査の提案にも明確な差異を生じる。協力準備調査や詳細設計時の調査では、これらの専門家によるリスク評価が重要である。

(d) 協力準備調査と詳細調査の連携の重要性

事業開始前の時点で斜面災害が顕在化していない道路開発事業においては協力準備調査での斜面調査の項目や内容が充分でない傾向にある。例えば、計測機器の設置が必要な斜面のモニタリングが協力準備調査の項目に含まれることは少ない。そのような場合は、少なくとも協力準備調査の中で必要な追加調査の項目や内容を明確にし、協力準備調査で不足する斜面調査については、詳細調査時に確実に実施されるように両者の連携が重要である。協力準備調査時に解決できなかった懸案事項（リスク）を明確にして、詳細調査へ伝達する必要がある。協力準備調査におい

⁴ 「スレーキング」とは堆積岩類が乾燥と湿潤を繰り返した結果、短時間で細粒化（土砂化）する現象である。新第三系の泥岩や凝灰岩などに多い。切土直後は新鮮な岩であってもスレーキングによって土砂化し斜面崩壊が発生することがある。スレーキング特性を調べるには、岩のスレーキング試験（JGS2124）等がある。

⁵ 純粋な地質学や資源地質の専門家は、地質の種類や地質構造を調べることに長けているが、地質や地質構造の土木工学的な評価には長けていないことが多く、地すべりや斜面崩壊等の斜面変動現象の調査・研究に関する実績がないことも多い。

て斜面のモニタリングの必要性が明白となった場合は、詳細設計を待たずに、協力準備調査の時点からモニタリングを開始できるように、JICA に提案しなければならない。その際には、詳細設計が開始されるまでの期間で、モニタリングが実施されるよう、実施機関などへの引継ぎや教育などが必要となる。

1.4 顕在化した斜面災害に対する調査・設計の流れ

協力準備調査開始時点で顕在化している斜面災害を業務内容に含む協力準備調査における調査・設計は、①国内事前準備調査、②第1次現地調査（自然条件調査の予備調査）、③第2次現地調査（自然条件調査の詳細調査1）、④第3次現地調査（自然条件調査の詳細調査2）、⑤計画・設計の基本方針検討、⑥斜面对策工の設計、⑦照査の流れで実施するのが一般的である。詳細設計時における調査・設計の流れもほぼ同じであるが、協力準備調査結果を補完し、斜面对策の設計条件（地形情報、地盤情報、仮設工を含む各種設計パラメータや積算に必要な情報など）を適切に取得する必要がある。

（解説）

顕在化した斜面災害への対策が事業内容に含まれる協力準備調査においては、対象となる対策実施箇所が既に特定されている場合と対象地域の中で優先順位を設定して対策実施箇所を抽出する場合がある。顕在化した斜面災害に対する協力準備調査での調査・設計の流れを図 1-2 に示す。

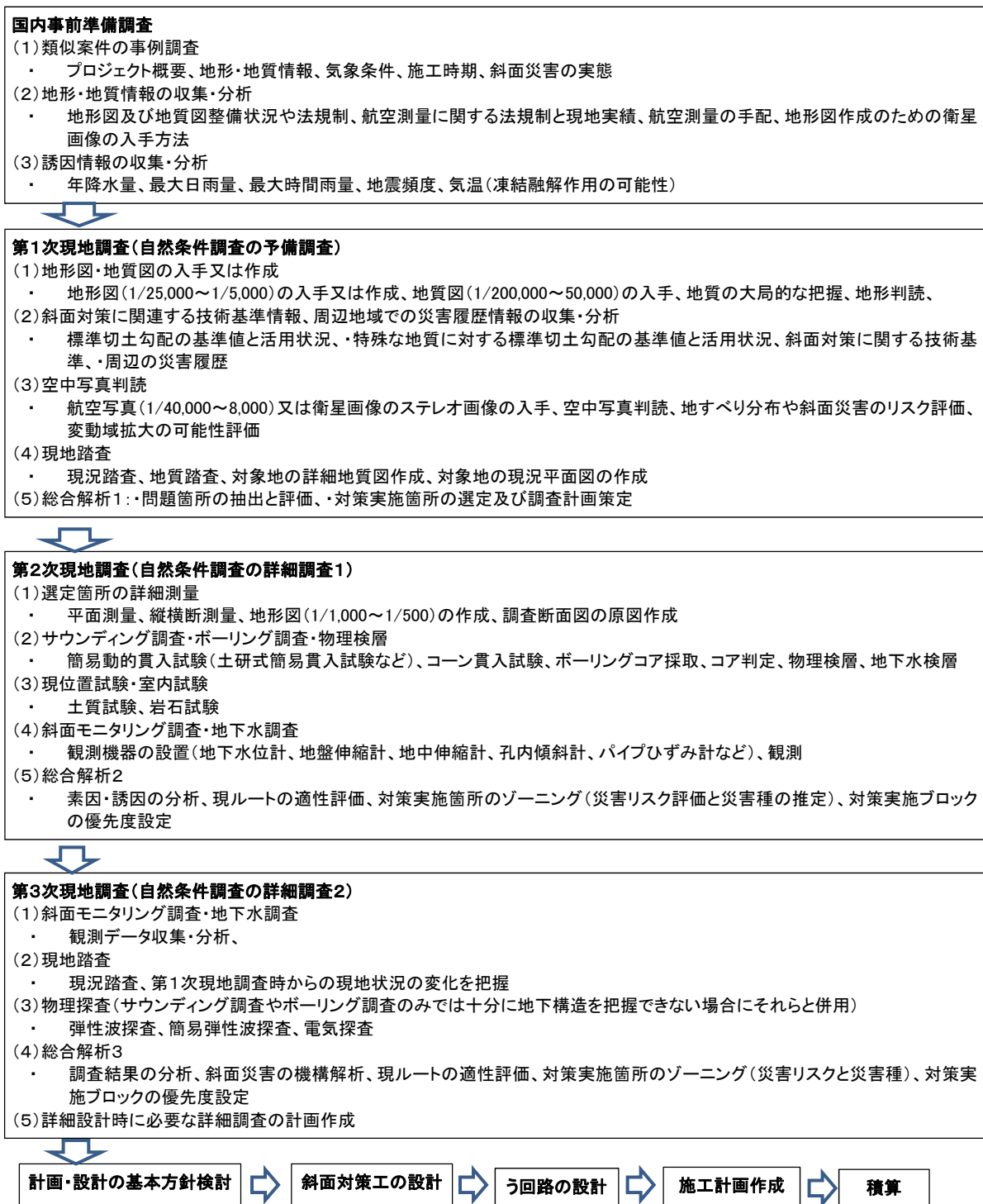


図 1-2 顕在化した斜面災害に対する協力準備調査時の斜面関連の調査・設計の流れ

(JICA 調査団)

協力準備調査の成果により概算事業費が決定されるため、仮設費用や回路の建設費用、安全対策費などの費用についても、協力準備調査の段階での概算額の精度が求められる。道路沿線の深層崩壊などのように斜面上に不安定な移動土塊が存在する場合は、すべり面深度の推定精度が対策工の成否に大きく影響するため、ボーリング調査（コア判定）と斜面モニタリング調査（孔内傾斜計等の地中変動量調査）の結果の精度が重要となる。

詳細設計時における調査・設計の流れも基本的には図 1-2 と同じであるが、国内事前準備調査において、当該案件ための協力準備調査の成果（報告書、地形図、地質図、調査平面図、斜面对策工の設計図面）を収集・分析し、地形図・地質図等の不足する資料や不足する現地調査の内容を把握し、それを補う調査計画を立てる必要がある。特に、すべり面深度の推定精度を向上させる斜面モニタリング調査（孔内傾斜計等の地中変動量調査）等の追加や対策工の設計パラメータを推定するための調査は重要である。

1.5 山岳道路設計における切土と盛土

山間部や山岳部の道路新設や拡幅を実現する方法に関しては、十分な調査に基づき、慎重な判断を行うこと。

（解説）

狭隘な平地しか望めず傾斜地が卓越する山間部や山岳部において道路を新設・拡幅する場合、切土により山側に道路を新設・拡幅するのか、盛土により谷側に新設・拡幅するのか、或いはその両方を用いて片切片盛りとするのかは、道路の設計における重要な判断である。この判断は、切土により誘発されうる落石やのり面崩壊、及び地すべりのリスクを取るのか、盛土により誘発されうる地すべり、急斜面上での困難な盛土造成、及び河川沿い盛土が蒙る浸食や洗堀のリスクを取るのか、或いはその中庸を取るのかの選択でもある。

これまでの無償における山岳地道路については切土が多く用いられる傾向にある。一方、切土については工学的対応の方法について地山である自然斜面の地形的・地質的性状に応じた適切なものとする必要があることから、本 HB は主に落石と斜面崩壊に焦点を当てているため、切土に関連する記述が多いが、これは JICA が切土を推奨している訳ではない。切土とするのか、盛土とするのか、或いは片切片盛りとするのかは、さらに構造物を採用するのかは、地形地質を含む現地の自然状況や、道路や橋梁の設計要件、および事業を取り巻く諸事情を勘案し、施主との相談の上、技術者が判断し提案するものである。

切土と盛土の顕著な相違として、切土は不均質で不確定要素が多い自然地盤を主たる対象とするが、盛土はその基礎地盤を除けば、品質管理が可能な均質な材料により構成されており、挙動を予測できる、という点が挙げられる。本 HB の 8.2 章で述べるように、欧州、特にフランスにおいては、切土に比べてコントロールしやすい盛土を重視する傾向があり、切土の斜面安定すら補強土盛土で行おうとする発想すら認められた。そのような背景から、先進的な盛土技術が開発され、また実用化されている。

本邦においても、少なくとも三種類の軽量盛土工法が開発され、実用化されている。軽量盛土は本邦において山間部や山岳部の道路開発・拡幅や、路体流出により損壊した道路の復旧に利用されており、また長大切土の縮減化にも活用されている。盛土ではないが、鋼製栈橋を斜面から張り出すことにより道路を構築する技術も、本邦における山間部や山岳部の道路開発・拡幅や災害復旧において活用されている。これらはいずれも、主に谷側に道路を新設・拡幅する技術となる。また、補強盛土工についても複数の工法が本邦において利用されており、斜面災害対策とし

ての実績も多い。補強盛土工を崩落した道路の復旧に用いる場合や法尻での押え盛土工と道路路盤復旧を兼ねて採用する事例などがある。斜面の改変を少なくする斜面对策技術としても有効である。

谷側に道路を新設・拡幅する場合、特に注意が必要となるのは、河川による盛土法尻や構造物基礎の浸食・洗堀と、盛土や構造物の基礎地盤の確認及び確保となる。特に、河川による浸食・洗堀は、設計段階の想定を上回る規模の洪水により、谷側に構築した道路が重大な被害を受けた事例があり、慎重な検討が必要である。

急傾斜斜面では岩盤の緩みが卓越するため、盛土の基礎地盤として利用するには補強が必要となるケースもあり、その際には本 HB で取り上げたグラウンドアンカーによる基礎の補強が考えられる。また、スイスでは人力掘削による深礎工を、谷側に張り出した道路構造物の斜面上基礎として活用している（8.20 章参照）

なお、盛土の調査設計に関する一般的な事項に関しては、日本道路協会による道路土工－盛土工指針(平成 22 年版)を参照されたい。

第2章 過去の ODA 案件における斜面崩壊事例と教訓

2.1 橋梁建設や道路改良を目的とした案件における教訓と調査設計の留意点

斜面对策については、事前の情報で地形や地質などの情報が十分に得られていないことが多いことや、協力準備調査においてもボーリング調査等から得られるデータによる推定値となることなどからリスクを完全に把握することは不可能である。協力準備調査時や施工時において、発生しうるリスクを予測しておくことは重要であり、コンサルタント側からもプロポーザルや調査報告書、入札図書でリスクを評価し、対策について積極的に提案をしていくことが求められる。以下に留意点を記載する。

(準備調査時)

- 橋梁や道路案件であっても、それらの施設周辺の斜面を対象とする自然条件調査を実施する。企画競争説明書等になれば技術的な提案を示す。
- 斜面に関する調査を行う(現地踏査での斜面状況の確認、空中写真判読、地形判読、雨季中の落石・のり面崩壊等の自然災害の確認等)。企画競争説明書等になれば提案する。
- 企画競争説明書等における、斜面对策の設計に関する具体的指示を確認する。企画競争説明書等になれば提案する。
- 橋梁・道路構造物の維持管理のみならず、斜面对策工の維持管理についても検討を行う。企画競争説明書になれば提案する。
- 橋梁・道路に関する対象国の課題のみならず、斜面对策工に関する対象国の課題についても調査を行う。斜面对策工の実施に必要な自然条件、社会条件、調達条件なども留意すること。特に、本邦技術による対策工を用いる場合は、現地コントラクターの所有機材や施工経験に加えて、我が国から調達する材料の輸送方法や運搬経路にも留意する必要がある。
- 保全対象に影響を及ぼす土砂災害の状況と比較して過小設計とならないように留意する。

(施工時)

- 施工中の斜面崩壊等の予知のための監視機器設置と観測、観測施工を行う。具体的には、トータルステーションによる転石モニタリング、計測機器設置・観測(地中パイプ歪み計、伸縮計、孔内傾斜計、水位計)、雨量計による早期警報システム、斜面地盤の電気探査等。
- 施工時における斜面の変状、気象状況の変化などから施工会社に調査あるいは対策の必要性などについて指示あるいは注意喚起を実施する。具体的には、斜面や小段排水の亀裂モニタリング、目視観測、道路の安全確保、クラックや変状のモニタリング、小さな斜面変状が発生したことに伴う注意喚起、巡回調査、雨水浸透防止対策の指示等。

(解説)

上記は、過去の ODA 案件の特記仕様書と施工監理／管理計画書のレビュー、関係者（調査実施コンサルタント・施工監理／管理コンサルタント・コントラクター）へのヒアリングの結果から得られた問題や課題を基に、留意点を整理したものである。

上記の留意点に関する補足情報・経緯・背景等を下記に示す。

(特記仕様書のレビュー)

- 多くの案件の特記仕様書で指示している自然条件調査は、道路や橋梁の施設の構造や規模を検討するための調査であり、斜面を対象とする自然調査の指示を追記することが望ましい。
- 斜面对策の重要性について記載されている案件もあったが、そのための具体的な調査についての指示は記載されていない。現地踏査での斜面状況の確認や空中写真判読、地形判読などの必要最小限の調査の指示を記載することが望まれる。

- ・ 道路・橋梁案件では斜面对策の重要性については記載されているものの、それに関する対象国の斜面对策の維持管理の課題は記載されていない（例：ブータン「国道四号線橋梁」、エチオピア「第三次幹線」）。
- （施工監理／管理計画書のレビュー）
- ・ 報告書中に、対策工について若干の記述が認められるものの、対象地域の土砂災害の状況と比較して、過少設計であった（エチオピア「第三次幹線」）。

2.2 顕在化した斜面对策を主な業務内容とする案件での留意点

（準備調査時）

- 地すべりの動態観測で雨季と乾季の情報を入手する。（参考例：ポリビア「国道 7 号線」、ホンジュラス「国道 6 号線」の準備調査期間は 15～16 ヶ月）
- 橋梁や道路案件であっても、これらの事業に伴って発生することが想定される斜面对策が主要課題の一つとなる場合は、業務従事者に「地質」の配員が望ましい。地質分布や地質構造から崩壊や地すべりの拡大の可能性等を検討することは重要。企画競争説明書等になければ提案する。
- 斜面对策が主要課題の一つである場合は、調査段階で、モニタリングも含め、十分な調査項目の指示や追加調査項目の提案を行う。
- 調査特記仕様書において、雨季前後の地すべり動態観測の実施時期、土砂災害の範囲が拡大した場合の対応など、細かな内容、実施方針、留意事項を確認する。（例：土砂災害の動態観測調査と自然条件の調査の仕様書をそれぞれ個別に作成し、詳細に調査内容を示す。）企画競争説明書等になければ提案する。
- 斜面对策工「設計」に関する具体的な指示、準拠すべき技術基準の明示、対象国特有の条件や対象とする斜面災害の違いなどを考慮した「設計」の工夫の指示を確認する。企画競争説明書等になければ提案する。
- 斜面对策工の「設計」に関する仕様書を確認する。企画競争説明書等になければ提案する。
- 斜面对策工の維持管理に関する相手国の技術力や財政状況等を調べた上で、毎年必要な点検・維持管理業務と数年単位で必要な維持管理業務に分類して整理する。
- 対策工完成後の動態観測の継続について、相手国での体制構築を調査し、明示する。

（施工時）

- 設計変更の手続きに時間を要するため、その間工事が中断される。このような手続き（プロセス）について事前の対応策を検討しておく。

（解説）

上記は、過去の ODA 案件の特記仕様書と施工監理／管理計画書のレビュー、関係者（調査実施コンサルタント・施工監理／管理コンサルタント・コントラクター）へのヒアリングの結果から得られた問題や課題を基に、留意点を整理したものである。

上記の留意点に関する補足情報・経緯・背景等を下記に示す。

（特記仕様書のレビュー）

- ・ 準備調査の期間は 7～8 ヶ月程度の案件が多いが、ポリビア「国道 7 号線」やホンジュラス「国道 6 号線」の調査期間は 15～16 ヶ月であった。これは、地すべりの動態観測で雨季と乾季の情報を入手するためであった。

- ・ 斜面对策が主要課題の一つである場合、地質分布や地質構造から崩壊や地すべりの拡大の可能性等を検討することは重要であるため、そのような案件では業務従事者に「地質」の配員が望ましい。
- ・ 斜面对策工構造物の維持管理に特化した維持管理が重要となる。設置した斜面構造物の損傷事例の紹介、損傷の要因、必要な維持管理の内容・点検ポイントと頻度、予算等を明確とすることが求められる。

2.3 山間部における ODA 道路橋梁案件の教訓

本研究においては、斜面災害が発生した山岳部の道路橋梁案件をレビューしており、貴重な教訓を得ている。本研究の最終報告書第2章で ODA 案件のレビュー結果をまとめているが、以下にその一部を簡単に説明する。

山間部における ODA 事業において、施工中に斜面崩壊などの問題を生じた案件の殆どは、斜面对策を事業の直接の目的としていない道路・橋梁案件である。斜面对策を事業の目的に含む案件では、一部を除き大きな問題は発生していない。

(1) N 国 S 道路

無償資金協力事業による山岳道路開発の成功例として有名な案件である。アジアの山岳国における山岳道路の新規開発を目的とした道路案件である。

本件では、準備調査やそれに先行する F/S の段階で、空中写真判読と地表踏査を綿密に行い、路線候補沿いの斜面災害リスクを判断した上で、最終的な路線を選定しており、山間部の道路橋梁案件の調査手順を忠実にフォローしている。

空中写真判読と地形踏査により、本案件では切土よりも盛土を多用する方針を立てて道路建設に臨んでいる。その結果、1.5 車線とやや狭小ながらも、ガビオン擁壁を活用した盛土を構築して切土を縮減し、切土に関係する問題の縮減に成功している。

一方で、盛土の多用は別の問題も生じている。河川沿いに護岸と盛土を構築し道路を開通させたが、想定を上回る降雨が引き起こした洪水が発生し、修復を必要とした。河川沿いの盛土の活用には、十分な注意と検討が必要である教訓も、この案件から読み取れる。

(2) E 国 A 橋梁

アフリカにおける橋梁建設の無償資金協力事業において、橋梁の取り付け道路の拡幅改良工事中に、休眠中の地すべりが再活動し、建設した道路を寸断している案件となる。道路の寸断は毎雨期に発生し、未だに道路維持管理上の問題として残っている。

本件では、自然条件調査担当に地質学者がアサインされていたが、純粋地質の学者であったため、土木地質や災害地質の知識と経験に乏しく、本件で改良した取り付け道路が地すべりの影響を受ける工学的な見地による調査や地すべりのリスク評価が、必ずしもできていると言い難かった。また準備調査時点でのリスク把握のための調査の十分さについても強い疑念が残ることは否めない。

十分な知識と経験を持った技術者のアサインや、調査団内でのリスク評価の確認体制の形成の重要性が読み取れる案件である。

(3) B 国橋梁改良(1)

アジアの山岳国における橋梁建設の無償資金協力事業である。本件では、(a)想定よりも脆弱な地質による切土崩壊とその対策、および(b)巨大落石の発生源がアバット背面に潜んでいたことが施工時に判明したことにより、落石と斜面对策工の追加が必要となった。

前者 (a) も後者 (b) も、空中写真判読と地表踏査による予察が十分に知識と経験を持つ専門技術者により行われた場合は、準備調査段階で問題が判明する可能性が高いものであり、この点、調査不足とならないよう十分な検討が必要である。より具体的には前者では追加ボーリングが必要な点、後者ではアバット背面の調査が必要な点などが示唆されているが、これらは予察によって把握できると考えられるもので、今後の調査において注意をするべき点と考えられる。

山間部の道路橋梁案件では、空中写真判読と地表踏査によって、危険な斜面を抽出することが、専門技術者には求められる。

(4) B 国橋梁改良(2)

アジアの山岳国における橋梁建設の無償資金協力事業である。本件では専門技術者による調査が行われたが、施工中に予期されていなかった斜面の崩壊が発生した事案となる。本件のサイトは急峻な岩盤斜面が連続する路線であり、崩壊を生じさせる脆弱な地質状況の把握は困難といえるが、空中写真判読と地表踏査による予察を念入りに行うことにより、崩壊の予兆を把握できる可能性があり、予期し難い斜面崩壊に対して、予察と詳細調査を組み合わせた段階的な調査が有効となる可能性を持っている。

また本件では、施工中における斜面崩壊対策の追加が設計変更として行われており、施工中に斜面对策の専門家が必要となった案件でもある。

(5) H 国国道防災案件

他の事例とは異なり、本件は原因究明および対策立案が困難であることがすでに通念となっている地すべり対策を目的とした案件であり、協力準備調査時において専門技術者が配員されていたケースとなる。そのため、協力準備調査時のリスク抽出に関しては問題なく実施された。しかし、一方で、施工手順において本件は一時的に地すべりを不安定化させる工事が予定されていたにも関わらず、その工事の安全を確保する仮設対策が積算されていなかった点が問題となった。

専門技術者を配員し、十分な恒久対策工を設計するのみでなく、施工過程における仮設安全対策や仮設工事にも十分な検討が必要であることが、教訓として読み取れる。

(6) V 国高速道路案件

本件は、東南アジアにおける有償資金協力事業である。長大な高速道路を建設する事業であり、区間の殆どは盛土による圧密沈下が問題となる道路であった。長大な区間を対象としたため、調査ボーリングの密度が小さく、また盛土の圧密沈下が主たる問題として認識されていたこともあり、切土区間の優先順位は高くなかったと思われる。結果的に調査時点では予見されなかった大規模な流れ盤すべりにより切土のり面の崩壊が発生した。

対策工の設計変更の手続きに長い期間を必要としたため、対策を未実施のまま供用された。有償資金協力事業では、相手国政府による手続きに時間を要する点も考慮して事業監理を行うべきということも、教訓の一つである。

(7) G 国高規格道路案件

本件は、欧州における有償資金協力事業である。JICA による協力準備調査成果とは異なる路線位置と規格が相手国により採用されて高規格道路が建設されたため、準備調査では予定していなかった長大切土が発生し、かつその区間が問題地質であったため、大規模な地すべり性崩壊につながった。G 国では、この問題地質における長大切土は初めての経験であり、G 国技術者は事態の重大性に対する理解が甘く、必要な対策工が設計変更で認められなかった。特に有償資金協力事業では、相手国技術者の理解の程度により、対策工設計が左右されるため、相手国技術者の山間地道路の計画設計に関する理解を深めることを促すことも重要となる。

第3章 調査方法（手順、災害履歴、地質、地下水、気象等）

斜面災害が顕在化していなくても、山間部等の道路開発に関連する協力準備調査での理想的な調査の流れを図 3-1 に示す。図中にある「共通の現地調査」とは、斜面災害が顕在化している場合も顕在化していない場合も、山間部等の道路開発に関連する協力準備調査で必ず実施する必要のある現地調査である。

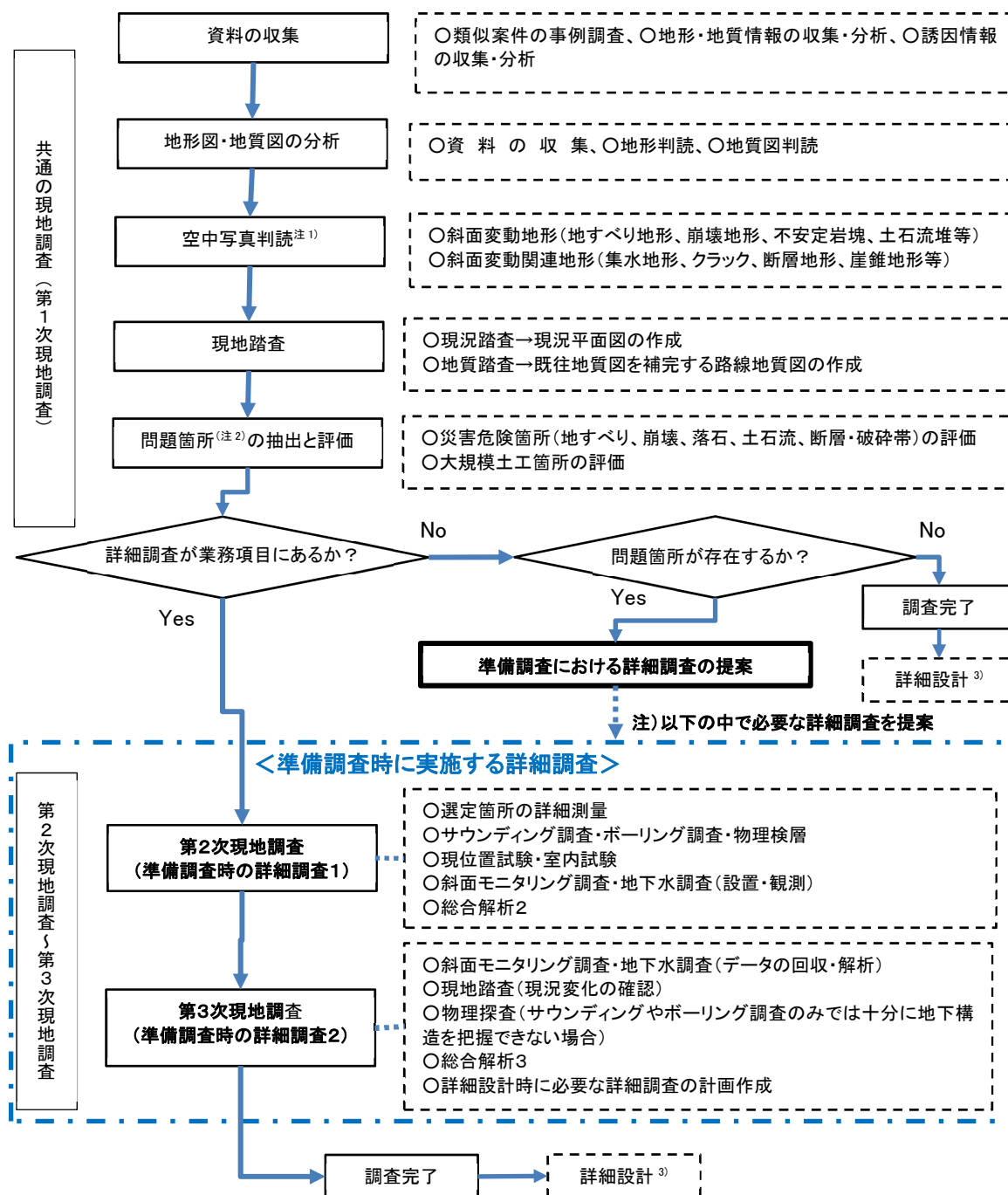


図 3-1 山間部等を含む道路開発等の協力準備調査における理想的な調査の流れ

(JICA 調査団、日本道路協会 (2009b) に加筆)

注1) 空中写真が入手できない場合は衛星画像や UAV 画像等を用いる方法を検討する。これらが入手できない場合は地形図を用いた地形解析で代用するが、最低でも 1/25,000 か、それより大きな縮尺(等高線間隔が 10m 以内)が必要である。

注2) 問題箇所の選定条件は表 3-1 に明記。

注3) 協力準備調査で特定できなかった斜面災害リスクは、G/A 後に実施される本体事業における詳細設計時の調査において検証し、リスクを最小化する必要がある。

山間部等の道路開発においては、協力準備調査着手時に斜面災害が顕在化していない場合でも業務指示書又は特記仕様書の中に斜面に関する共通の現地調査項目（第一次現地調査）が必要である。詳細調査項目は、第一次現地調査において問題点を把握した場合は、協力準備調査において詳細調査を実施する必要がある。適切な調査項目・内容を JICA に提案する必要がある。それぞれの調査内容は標準的に準拠されている道路土工要綱等（日本道路協会,2009a,2009b）に詳述されている。

出典：

日本道路協会（2009a）：道路土工要綱

日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

3.1 国内事前準備調査

現地調査を効率よく進めるために、国内における事前の準備調査として、①類似案件の事例調査、②地形・地質情報の収集・分析、③誘因情報の収集・分析、を実施する必要がある。

(解説)

現地調査を効率良く進めるためには、事前に対象国の状況を把握し、十分な資料が入手できない可能性がある場合は、それを入手するための手段を検討する必要がある。国内事前準備調査の主な内容は以下の通りである。

(a) 類似案件の事例調査

当該国における道路・橋梁案件や斜面災害対策案件について、協力準備調査から詳細設計、施工までの一連の事業の資料を入手することが望ましい。その資料から、地形・地質情報（問題となる地質）、気象条件、施工時期（雨期・乾期）、斜面災害の実態（周辺地域や施工中での発生状況、災害発生地質情報）を調べる。

(b) 地形・地質情報の収集・分析

当該国における地形図及び地質図の整備状況やそれらの使用・制作に関する法規制を調べる。国によっては軍事面の規制により調査に必要な精度の地形図が入手できない場合がある。必要な精度の地形図が入手困難な場合は、航空測量又は衛星画像を用いて地形図を作成する必要があるが、その場合は航空測量に関する法規制と現地実績、航空測量の手配、地形図作成のための衛星画像の入手方法などを事前に調べる必要がある。地形図作成に関する法規制に関しては、JICA 現地事務所の知見を適宜、活用する。

(c) 誘因情報の収集・分析

斜面災害の誘因となる対象地域の降水量（年降水量、最大日雨量、最大時間雨量）、雨期乾期の有・無、地震頻度、気温（凍結融解の可能性）、積雪深など、インターネット等で事前に収集し、適切な現地調査の時期や斜面对策設計上の留意点、適切な施工時期などの検討を行う。

3.2 共通の現地調査（第1次現地調査）の留意点

ここでの第1次現地調査は図3-1の共通の現地調査である。山間部等を含む道路開発に関連する無償資金協力事業においては、第1次現地調査として①地形図・地質図の入手又は作成と分析、②斜面对策に関連する技術基準情報の収集・分析、③周辺地域の災害の特徴および履歴情報の収集・分析、④道路周辺を含む広域の空中写真判読、⑤道路周辺斜面の現地踏査、⑥追加調査の提案、⑦問題箇所抽出と評価によって問題箇所を抽出し、計画路線への影響度を考慮して概略の安定度を評価する。

（解説）

顕在化した斜面災害がない場合であっても、山間部等の道路開発関連事業においては事業対象地域での問題箇所を抽出することは重要である。山間部等の道路開発関連事業における第1次現地調査として以下の項目の調査が必要である。

(a) 地形図・地質図の入手又は作成と分析

縮尺 1/25,000～1/5,000 程度の地形図と縮尺 1/200,000～50,000 程度の地質図を入手し、地形解析を行うと共に、広域的な地形や地質の状況を巨視的に把握する。特に地形図は空中写真判読結果と連携し斜面災害の危険性が高い問題箇所を抽出する上で重要である。十分な縮尺の地形図が入手できない場合は、航空測量又は衛星画像から地形図を作成する必要がある。作成した地形図の精度は現地確認を行い、現地調査での利用に適するかを検証する必要がある。地形図による地形判読の結果は微地形分布図（地形分類図）などとして取りまとめる。

(b) 斜面对策に関連する技術基準情報の収集・分析

山間部等の道路開発では土工が伴うことから、基本情報として、対象国で利用されている標準切土勾配の基準値と活用状況を収集・分析する。近年整備された技術基準が実際の切土工では採用されていないこともあるので、地元のコンサルタント・コントラクターから利用状況や基準値の不具合の有無などの聞き取り調査を行うことが望ましい。標準切土勾配を基準として定めていない国もあるが、地元のコンサルタントやコントラクターは地質に応じた切土勾配について何らかの基準値を利用していることが多い。

その他の斜面对策に関する技術基準があれば収集・分析を行う。例えば、斜面对策における計画安全率に関する基準などを収集する。また、植生を利用した斜面对策に関する基準は、対象国の地質や気象に適した手法が掲載されている可能性があるため、対象地でのり面保護工を検討する際の参考となる。

また、斜面安定に影響を及ぼす特殊な地質に関しては特に留意し、その分布や性状、及びそれに適した切土勾配や対策工法を含めて情報を収集・分析を行う。

(c) 周辺地域の災害の特徴および履歴情報の収集・分析

周辺地域での斜面災害や土石流災害の履歴を調べ、問題箇所の抽出のための参考資料とする。対象国が斜面災害の履歴情報を管理していないことがあるので、カウンターパートの地方事務所や地元企業からの聞き取り調査が必要な場合もある。インターネットの地図サービスでは、過去の空中写真を閲覧できるサービスもあるので、適宜、活用する。

(d) 道路周辺を含む広域の空中写真判読

空中写真判読は広域での問題箇所抽出において最も重要な調査手法である。空中写真判読は、地形図作成に伴って撮影する実体視可能な空中写真（縮尺 1/40,000～8,000）を用いて行う。なお、オルソ画像等の単写真では空中写真判読は出来ないので留意すること。

空中写真判読は、地形解析の結果や地質図と複合的に評価することで、問題箇所抽出の精度が向上する。空中写真判読の結果は地形図上に空中写真判読図として整理する。

十分な縮尺（1/40,000～8,000）の空中写真が入手できない場合は、実体視可能な衛星画像を取得するか、上記(a)の等高線地形図を用いた判読を行う。また、途上国で撮影される空中写真は、本邦国土地理院のものに比べると解像度が粗く、雲が写りこんだり指紋が付着していたりするなど撮影技術が劣る場合があるので、これらにより判読できない情報がある場合には、同様に衛星写真や等高線地形図により補完する。

(e) 道路周辺斜面の現地踏査

現地踏査は問題箇所の抽出に関わる現況踏査と、広域の地質図を補完して問題箇所の詳細な地質図を作成する地質踏査に分かれる。地形解析や空中写真判読で抽出した問題箇所を近接目視と走向傾斜等の簡易計測で確認することで、問題箇所の抽出精度が格段に向上する。空中写真が入手できず地形図を用いた地形解析で代替した場合は、空中写真判を併用した場合と同等の成果が得られるように現地踏査内容を充実させる必要がある。

現地踏査は、ローカル技術者の助力を得つつ、経験と知識のある土木地質の専門家、若しくは災害地質の専門家が行うこと。ローカル技術者、特に地質技術者は、その国における問題地質や特徴的な斜面災害の情報を持っていることが多い。また、地質分類に関しても、我が国における地質分類の常識とは異なる分類がその国では一般的であるケース⁶も多く、ローカル技術者の助力は不可欠と言える。この場合でも、望ましい技術者は、土木地質、若しくは災害地質の技術者であり、次いで、道路の維持管理に携わっている技術者が続く。

(f) 道路周辺の保全対象及び道路斜面に影響を与える恐れのある土地利用の把握

道路斜面の周辺にある民家や公共施設などの保全対象の把握も重要である。周辺の保全対象が切土工の範囲や勾配、排水工の設置位置などの斜面对策に影響する場合がある。例えば、斜面对策のために設置した水路工が豪雨時に越流し、道路下方斜面の民家が被災した海外事例などもある。

その一方、斜面上あるいは斜面直下の家屋ないし畑等の土地利用は道路斜面に悪影響を与えかねない要素もある。斜面上部については表流水の斜面への流入、斜面下部については斜面脚部ないし擁壁やアンカー工等の構造物近くでの耕作などが挙げられる。

(g) 追加調査の提案

共通な調査である第 1 次現地調査においても必要に応じて調査内容の修正を提案することは重要であり、JICA 担当者とも相談をする。

⁶ 花崗岩(Granite)は、我が国では深成岩だが、変成岩を多く産する地域では、変成岩の Granite も存在し、我が国の Granite とは異なる外観を持つ。

特にルート選定において大規模土工⁷が避けられない場合は、地質踏査などの地表の調査でのリスク評価が不十分であることから、調査ボーリングや土質試験、物理探査、物理検層を実施する。調査計画は国土交通省の指針などを参考として決定する。

長大のり面となる場合は地質横断面図の作成に必要な3本/斜面の追加ボーリング調査が望ましい。調査ボーリングの良質なコア採取能力を有する現地再委託業者の雇用が難しい場合は物理探査、物理検層を実施して切土のり面の安定度評価に必要な地盤の強度特性値を把握する必要がある。

(h) 問題箇所抽出と評価

上記の調査結果による総合的な判断による問題箇所の抽出と概略の安定度を評価する。抽出する必要のある問題箇所と評価の条件を以下に示す。

表 3-1 抽出する必要のある問題箇所とその条件

（「日本道路協会(2009): 道路土工一切土工・斜面安定工指針」より抜粋、一部加筆）

問題となる現象	抽出する箇所の主な条件
崩壊及び落石・岩盤崩壊	①すでに崩壊地が分布する斜面及びその隣接斜面 ②断層破碎帯等の影響で全体に破碎されている斜面 ③表土や崖錐堆積物が厚く分布する斜面で、急傾斜でかつ傾斜変換線が見られる斜面 ④植生が貧弱な斜面 ⑤強風化している斜面 ⑥急傾斜でかつ亀裂が発達した斜面 ⑦長大で亀裂が発達した岩盤斜面 ⑧長大で風化の進行が比較的早い岩盤斜面 ⑨脚部の河川侵食が著しい斜面 ⑩概略の安定度は落石対策便覧(日本道路協会、2017)の「表層崩壊と落石の安定性評価の目安」を参考にして判断する。 ⑪当該地域で、切土に伴う斜面災害が多発する地質 ⑫応力解放や露出による膨潤やスレーキングなどの変状を受けやすい地質
再滑動型地すべり	①地すべり地形を呈する箇所 ②周辺に地すべり地形が多い斜面 ③脚部の河川侵食が著しい斜面
土石流	①溪床に不安定土砂が堆積し、溪床勾配が15°以上の溪流 ②過去に土石流が発生した溪流 ③道路上流斜面の建設廃材や産業廃棄物等による盛土
大規模土工箇所	①切土後に再滑動型地すべりや崩壊が予想される地質構成・構造 ②切土後の後背斜面への影響が懸念される斜面
盛土の崩壊	①切土残土や崩壊土砂等を道路周辺に排土した盛土 ②道路上流斜面や道路周辺での建設廃材や産業廃棄物等による盛土

出典：

日本道路協会（2009a）：道路土工要綱

⁷ 参考までに、長大切土と高盛土の定義を以下に示す。

長大切土は切土高がおおむね15m以上のものであるが、のり面の高さの正確な把握が難しい場合や既存の取組みなどを踏まえ「小段3段より高い切土のり面」としてもよい。同様に、高盛土は盛土高がおおむね10m以上のものであるが、「小段2段より高い盛土のり面」としてもよい。(国土交通省道路局（2018）：道路土工構造物点検要領)

日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

日本道路協会（2017）：落石対策便覧

国土交通省道路局（2018）：道路土工構造物点検要領

3.3 予見不可能な斜面災害の発生リスクを最小化するための自然条件調査の留意点

山間部の道路案件や橋梁案件など、斜面災害が顕在化していない無償資金協力事業において、予見不可能な斜面災害の発生リスクを最小化するためには、第1次現地調査時の自然条件調査における斜面調査が重要である。その中で特に重要な空中写真判読と現地踏査（現況踏査、地質踏査）は充実させる必要がある。

（解説）

斜面災害が顕在化していない無償資金協力事業の第1次現地調査の中で、特に重要な空中写真判読と現地踏査について留意点を説明する。現地踏査は斜面の状況等を調べる現況踏査と、対象地域の地質の状況や地質構造を調べて広域の地質図を補完した詳細な地質図を作成する地質踏査に分かれる。

(a) 斜面災害に関する問題箇所を抽出するための空中写真判読の留意点

反射実体鏡等を用いた空中写真判読を基本とする。実体視可能な空中写真を入手できない場合は、3.2節(d)に記載した代替措置について検討を行う。その他の代替措置として、対象国で航空レーザ計測データが入手できる場合は、そのデータを用いて作成した等高線地形図による判読を実施する。以上の代替措置ができない場合は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）より全世界を対象に提供されている無償DEM、“ALOS World 3D - 30m”（AW3D30）を用いた等高線地形図による地形判読を実施する。なお、こうしたALOS画像や航空レーザ計測データを用いる場合は、それぞれが持つ特性、適用範囲、航空レーザの場合はその精度確認など専門的な知識が必要であることに留意する。これらが入手できない場合は既存の地形図を用いた地形解析で代用するが、有意義な地形解析を行うためには最低でも1/25,000か、それより大きな縮尺（等高線間隔が10m以内）の地形図が必要である。

表3-1に空中写真判読図に記載すべき地形等の例を挙げる。

判読結果は現地踏査による検証を行う。判読の際に疑問になった箇所や問題点等は、現地踏査を通じて見直しや補足を行う。

表 3-2 空中写真判読図に記載すべき地形等の例

（「日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針」より抜粋、一部加筆）

区分	抽出すべき地形等	主な特徴
斜面変動地形	崩壊地形・崩壊跡地形	崩壊地は、周辺と比べて植生がないため容易に判別できる。
	地すべり地形	独特の地形を呈している。複数の遷急線と遷緩線に囲まれた緩傾斜。
	土石流堆積地形	沢の出口付近に扇状に土砂や岩塊の堆積が見られる。土石流は通常2～10度の勾配で堆積する。
斜面変動関連地形	上部斜面の緩傾斜	崖錐堆積物、崩壊残土、地すべり土塊などの分布状況の把握
	上部斜面のクラック	斜面崩壊や地すべりの前兆現象の可能性がある。
	線状模様、断層地形、リニアメント	地形や色調等が線状に連続する。
	傾斜交換線	遷急線や遷緩線。特に遷急線は崩壊や地すべりの発生源となりやすい。
	崖錐地形	情報にやや凸で30～40度程度の勾配を持つ半円錐状、またはこれらが複合した特徴ある地形。
	露岩地形	露岩地は、一般に急崖をなす場合が多く、落石や岩盤崩落の危険箇所となる。

区分	抽出すべき地形等	主な特徴
	集水地形	0次谷あるいは山ヒダと呼ばれる集水地形は、水が集まりやすいため山腹崩壊に伴う土石流や土砂の流出が発生しやすい。
	二重山稜、小崖地形、線状凹地	大規模崩壊や地すべりの前兆地形
	植生	種類（森林、草地、裸地等）、密度、生育状況を確認。植生状況により地質・土質・地下水等の状況を推定することができる場合がある。
	道路周辺の盛土地形	切土残土や崩壊土砂等を道路周辺に排土した盛土や道路上流斜面や道路周辺での建設廃材や産業廃棄物等による盛土は崩壊や土石流の原因となりやすい。

なお、空中写真判読の詳細については日本道路協会（2009b）の「第3章調査」に記載されている。

(b) 斜面災害に関する問題箇所を抽出するための現地踏査（現況踏査、地質踏査）の留意点

現地踏査で注目すべき項目を表 3-2 に示す。現地踏査によって得られる情報は、自然条件のみではなく既設の切土のり面の状況（地質、現況の切土勾配での異常の有無、のり面保護工や地表水排水工の種類とその効果、及び状態、植生の生育状況）も、事業で実施される道路土工などの基本情報として重要である。

地表踏査の際には、後述する現地再委託で作成した詳細地形図を用いることが多いが、現地においては、地形図と現地の照合に意を払うこと。途上国では往々に遭遇するが、作成した地形図が不正確である場合は、その情報に惑わされず、極力正確な踏査結果を残すように努力する必要がある。また、不正確な点もフィードバックして、可能であれば修正を行うこと。

表 3-3 現地踏査で注目すべき項目

（「日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針」より抜粋、一部加筆）

区分	注目する情報	確認する内容
地形情報	異常地形	オーバーハング、露岩、遷急線等の状況を近接確認する。
	谷頭部斜面の状況	源頭部の湧水、谷頭後背の急斜面の状況
	崩壊地形	長さ、幅、深さ、地質・土質、割れ目、風化・変質状況、すべり面の勾配、湧水、植生、斜面の亀裂、段差、滑落崖、崩壊土砂の残留・堆積形態、落石・崩壊の再発・拡大の可能性の有・無、既設の防災施設を確認する。
	地すべり地形	全体の地形・勾配・傾斜変換線の位置、地表面の変状（滑落崖、湿地の有無、亀裂の形状、隆起・押し出しの有無、湧水状況、樹木の生育異常等）、構造物の変状
	土石流地形	発生源の状況、流下部の状況、堆積部の状況
地質情報	地質・土質	地質の種類及び岩質、土質の確認
	地質構造	地質的不連続面（層理、片理、節理、不整合等）の性質と分布状況（走向・傾斜、連続性、間隔等）、褶曲構造、火成岩の貫入形態、断層及び破碎帯の状況、変質帯の状況
	風化状況	岩盤のゆるみ（割れ目の間隔と開口程度）、風化変質状況
表層の情報	浮き石、転石の分布	大きさと形状、硬さ、安定性、分布状況
	湧水及び表面水	湧水の位置・量、地表の含水状況、冬期における凍結融解の状況
	植生の状況	種類（森林、草地、裸地等）、密度、生育状況を確認。植生状況により地質・土質・地下水等の状況をある程度推定することができる。
既設構造物の情報	切土のり面	地質と切土勾配の適性、のり面保護工や地表水排水工の実態、植生の生育状況
	斜面对策工※1)	各種斜面对策施設の変状
	河川施設	護岸工、堤防、樋門・樋管、用水施設等の変状
	道路施設	舗装、橋梁、排水工等の変状
	斜面上方の農地	農地の利用状況（農地の水などが斜面の不安定化を招く恐れがある）
	道路周辺の盛土	盛土の法面保護工（排水工を含む）の状況、盛り切り境界の変状、盛土法面の変状。
その他	住宅等の建築物、鉄道施設等の変状	

区分	注目する情報	確認する内容
保全対象の把握	道路、河川、水路、電線、施設等	道路、河川、水路、電線、及びそれらに付随する構造物、施設など。 学校、民家、農地、墓地など。 道路斜面への不安定化を促進する場合もあるので、その点も注意が必要。

※1) 途上国では日本では見られない構造物がある場合がある。そのような構造物については斜面对策技術として採用できる場合もあるが、そのような場合でも、その効果並びに変状の把握が必要である。

なお、第1次現地調査における現地踏査の詳細については日本道路協会（2009b）の「第3章調査」に記載されている。

出典：

日本道路協会（2009a）：道路土工要綱

日本道路協会（2009b）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

3.4 顕在化した斜面災害に対する自然条件調査の留意点

準備調査段階で顕在化している斜面災害に対する自然条件調査（詳細調査）は、①第1次現地調査結果との連携、②対策箇所のゾーニングを意識した調査計画、③雨期や乾期などの気象条件を考慮したモニタリングの実施、④不安定土層の分布を把握するためのサウンディング調査等の重要性、⑤物理探査の実施判断、⑥詳細調査における現地踏査、⑦総合解析の留意点、⑧追加調査の提案、に留意して実施する必要がある。

（解説）

顕在化した斜面災害に対する自然条件調査（詳細調査）の留意点を以下に示す。

(a) 第1次現地調査結果との連携

詳細調査の計画は、第1次現地調査の結果を用いて立案する。

(b) 対策箇所のゾーニングを意識した調査計画

斜面对策を計画・設計するためには発生する危険のある災害種毎に対策斜面をゾーニング（或いは分類）する必要がある。例えば、崩積土の再滑動が懸念されるゾーンや亀裂が多い岩盤斜面で落石や岩盤崩落が懸念されるゾーン、巨石が点在するゾーン、及び複数の災害種を想定できるゾーンなど、顕在化した斜面災害の移動土塊の部分とその周辺斜面も含めて対象斜面を区分する。ゾーン毎に対策工を検討することになるので、各ゾーンの広さは対策工の効果や配置可能性を考慮したものとなる。

すべての自然条件調査が各ゾーンの斜面对策の計画・設計のための判断材料となるように調査計画を立てる必要がある。

(c) 雨期や乾期などの気象条件を考慮したモニタリングの実施

雨期などの多雨期間がある対象国では、その期間とその前後での変化をモニタリングすることが重要である。パイプひずみ計などの地中動態観測や地下水位観測などボーリング孔を利用するモニタリングは、ボーリング掘削に要する日数も考慮して、調査計画を立てる必要がある。

(d) 不安定土層の分布や土質強度特性を把握するボーリング調査・サウンディングの重要性

ボーリング調査やサウンディングは、対象斜面の不安定土塊の分布や土質強度特性を調べる重要な調査である。

調査はコア採取を伴うボーリング調査（土砂部は標準貫入試験(SPT)を併用）を基本とする。ボーリング調査には、日本人技術者、若しくは訓練を積んだ、或いは経験豊富なローカル技術者が立ち会うことを基本とする。ボーリング調査の常駐管理は上記のローカル技術者でも可とするが、調査団の日本人技術者⁸は要所を抑えて立ち会う⁹とともに、ボーリングコアの採取状況を観察し、地下情報の正確な把握に努める。

ボーリングを用いないサウンディングとして、動的貫入試験（DCP）が普及している国が多いが、ボーリングとは異なりコア採取ができないため、不安定土塊の分布把握等の補助的な手段に位置付ける。

日本ではボーリングコア採取技術が特に高度化しており、日本のオペレータとボーリングマシン・ツールズを利用する場合は良質なコアの採取が可能で、良質なコアを用いた土質試験も可能である。しかし、無償資金協力事業の対象国において、日本と同等品質のボーリング調査を期待できないことを、十分に理解するべきである¹⁰。

稚拙なコアリング技術によって採取されたコアから、例えばコア採取率が低いコアからであっても、必要な情報を取得できるように、十分に経験を積んだ専門技術者を配置する必要がある。日本と同等レベルのコアが採取できないから十分な情報を得ることができないという考え方は、ODA事業には不適格である。仮に品質の悪いコアであっても、周囲の地表踏査結果から、また採取に成功したコアの形状を詳細に観察することから、コアの流失区間の状況を推測することも可能である。我が国のコア採取技術が急速に発達したのは2000年代であり、それ以前は途上国におけるコア採取と大差ない状況であり、その中でも調査業務を実施していたことを考えると、コア採取率の高いコアに頼り切る思想の危険性が理解される。コアが採取されないことそれ自体が、貴重な情報であり、コア採取率が地質状況や岩質状況の反映であることは、十分に理解される必要がある。また、コア流出区間の採取状況をオペレータから聴取することや、当該区間のスライムを観察することからも、貴重な情報を入手できる。この意味では、正確かつ詳細なボーリング日報から得られる情報は、コア試料と同等以上に貴重であり、現地再委託業者の選定にあたっては、後述するように作業詳細をボーリング日報に確実に記載するように要求しなければならない。

無償資金協力に限らず、ODAに従事する技術者は、上記のような困難な状況にあっても目的を達成できるよう、状況に応じて知恵を絞り、工夫して対応することが望まれる。この意味でも、十分に経験を積んだ専門技術者の配置は不可欠である。

ボーリング調査は、現地再委託で行う場合があるが、この場合は事前に入札や見積合わせに参加する業者の能力を十分に査定することが望まれる。全般的な留意点については後述の「現地再委託の管理」を参照すること。

業務対象国において、最上の現地再委託業者を選んだとしても、日本と同等品質のコア採取は、ほぼ期待できないため、コア流出やコアが乱れることを前提とした調査計画の立案が必要となる。極端な場合は、コア採取率0%という事態も珍しくなく、万一の場合には、コア観察やコア採取に頼らない調査計画の立案も必要である。その場合はサウンディングや物理検層、弾性波探査を組み合わせる対象地盤の土質強度特性を把握する必要がある。地盤の強度特性に関する情報が無い状態での斜面の安定度評価は、その信頼性・実効性に乏しい。

⁸ 自然条件調査担当でも可とする

⁹ ボーリング地点の指示と実際の掘削場所の確認、原位置試験の監督と指導、検尺、モニタリング機器設置の監督と指導は、少なくとも日本人技術者が立ち会うこと。特に正確なボーリング地点の確認と実際の掘削場所の確認は、調査精度を大きく左右することから、欠かすことはできない。

¹⁰ ボーリング業者の能力向上を無償資金協力事業の協力準備調査で行うことは困難であるため、ここでは事業を通じた能力向上を考慮しない。

コア採取は出来なくても、ボーリング孔内の水位観測は可能である場合が多い。掘削前、掘削後の孔内水位観測とその日のケーシング深度を記録し、これらを基に作成した掘進水頭図からは、多くの地下情報を読み取ることが可能である。

ボーリングを現地再委託する際には、1) なるだけ良質なコアを採取すること、2) コアを正しくコア箱に収め、詳細な観察に耐えうるコア写真¹¹を撮影すること、3) 確実な位置情報（標高と座標）を取得すること、4) 作業前、作業後の水位を、全作業日において記録すること、5) 回転数、給圧、送水圧、送水量、逸水量、ケーシング深度、ボーリングビット、コアチューブの種類を、コアチューブの挿入ごとに記載したボーリング日報を確実に記録すること、6) 地質土質の種類、硬さ、稠度、粒度、含水、色調、風化程度、コア形状、亀裂間隔、亀裂性状、変質程度を記録した柱状図を作成すること、7) 室内土質・岩石試験に試料を供する場合は、適切なサンプラーを使用し、試料の適切な取り扱いを行うこと、などを明確に規定した技術仕様書を再委託の入札資料とし、現地再委託の選定の段階から品質確保を期さなければならない。

(e) 物理探査の実施判断

弾性波探査や電気探査は二次元的な地下構造を把握することができるが、得られるのは弾性波速度や比抵抗値の分布であるため、ボーリング調査結果（コア判定）やボーリング孔を利用した各種物理検層の結果と照合して、弾性波速度や比抵抗値分布を解釈しなければならない。従って、これらを照合して地質構造を解析できる調査計画を立案しなければならない。

一方、現地再委託による調査ボーリングで良質なコア採取が期待できない場合は、物理探査や物理検層によって地盤の強度特性を把握することも考慮される。

但し、調査対象国において、物理探査を実施できる業者の数は限られており、かつその能力も日本と同等とは想定できない点には、留意が必要であり、調査結果に対する検証の重要性は、国内よりも高いことに注意が必要である。

(f) 詳細調査における現地踏査

詳細調査における現地踏査は抽出された対象箇所（問題箇所）を詳細に踏査するものである。切土部分の地質構造と物性、及びすべり面となり得る弱部の把握に主眼を置く。また、第1次現地調査における現地踏査時との現況の変化を確認し、対策実施箇所のゾーニングの判断材料とする。

(g) 総合解析の留意点

すべての調査結果を分析し、斜面災害の機構解析を明確にすると共に、現ルートの適性を評価し、対策実施箇所の災害リスクと災害種の推定をもととしたゾーニングを行う。その中から対策実施ブロックの優先度を設定する。

(h) 追加調査の提案

対象の斜面災害が事前に想定した範囲よりも広範囲に拡大した場合など、事前に予見できなかった事実に伴い追加調査が必要な場合は、所定の手続きを経て調査を追加する必要がある。

¹¹ コア観察は現地においてボーリングコアの実物を観察するのが基本である。しかし、帰国後に調査結果を再評価する場合、或いは現地に渡航できない技術者の助力を仰ぐ場合など、詳細な観察に耐えうるコア写真は、非常に有用である。

(i) 現地再委託の管理

調査ボーリングを現地再委託する場合は、委託先が過去に実施した調査ボーリングのコア写真を確認し、強風化層や粘性土層などの軟質なコアの採取が可能であるかなどのコア採取技術を事前に評価することが望ましいが、無償資金協力事業の対象国において、日本と同等品質のコアを採取することがほぼ期待されないことが多い。硬質な岩盤のコアであれば、ロータリパーカッション式の掘削機でコア採取が可能であるが、斜面災害の素因となる軟質な地層のコアを採取するためにはロータリー式掘削機とダブルコアチューブ¹²が必要となるため、その旨、技術仕様書に明記することが必要である。ただし、日頃からダブルコアチューブを利用している国は限られていることから事前の確認も重要となる。その他の現地再委託の管理の内容については 3.7 節に詳述する。

3.5 地形測量の留意点

詳細な地形図は詳細調査、道路土工や斜面对策工の設計、施工計画、積算の基本となるものである。斜面对策の施工計画・積算の精度向上のために、①現地再委託の管理、②地形測量の範囲、に留意して実施する必要がある。

(解説)

詳細な地形図（1/1,000～1/500）は詳細調査を行う上で調査計画の立案や調査結果をまとめた調査平面図の作成などの基本となるものである。また、地形図や縦横断面図は道路土工や斜面对策工の設計、施工計画・積算においても不可欠のものである。

地形測量は現地再委託で実施する場合は、品質管理と進捗管理が重要となる。

(a) 地形測量の範囲

斜面对策のための地形測量は、路線沿いや道路土工の計画範囲のみでなく、対象地の問題箇所（崩壊地形や地すべり地形）とその影響がおよぶと推測される後背斜面を含めて実施する必要がある。この意味でも、第1次現地調査時点における空中写真判読や地形図読図による予察は重要である。

(b) 現地再委託の管理

測量ポイント等測量作業及び作成する地図の仕様を明確に記述した発注仕様書を作成する。斜面对策のための詳細調査や詳細設計には縮尺 1/1,000～1/500 程度の地形図が必要である。地形図の縮尺を考慮した地形変換点の計測など、求める技術水準について再委託の技術仕様書に具体的に記載する必要がある。また、成果品の地形図等の精度を現地で確認する必要がある。特に、巨大な転石や浮石等は通常地形測量では一般の地形と誤判定される恐れがあるため、事前あるいは実施中の進捗管理においてはそれを踏まえた現地確認が必要である。その他の現地再委託の管理の内容については 3.7 節に詳述する。

¹² ダブルコアチューブとは、二重管方式のコアチューブで、ボーリング時の循環水がボーリングコアに直接触れないように、内側のコアチューブの外側を循環水が流れるようにしたもの。亀裂の多い不均質な地質や軟弱層などのコア採取に適している。

3.6 詳細設計のための詳細調査計画の作成

協力準備調査の成果の一部として作成する詳細調査計画は①想定される斜面災害に対応した調査ボーリングの数量と掘削機器の性能、②物理探査の必要性の判断、③モニタリング調査の必要性の判断、に留意して作成する。但し、E/N額の積算金額の精度を確保する観点からみて必要と判断される調査は、協力準備調査で実施することが望ましい。

（解説）

国内事業に比べて調査期間や調査頻度が制限される無償資金協力事業においては、協力準備調査と詳細設計における連携が重要である。協力準備調査で不足する調査については、詳細設計時に確実に実施できるように、詳細調査計画を作成することが有効である。

(a) 想定される斜面災害に対応した調査ボーリングの数量と掘削機器の性能

調査ボーリングは本数と掘削延長によって、調査に必要な期間が異なることから、対象とする斜面災害の想定に基づき、調査ボーリングの必要本数と総掘削長の概略を決める必要がある。対象国が保有するボーリング機器では良質のボーリングコアの採取が困難である場合は、必要な掘削機械の性能を明記すること。

(b) 物理探査の必要性の判断

技術者の判断として、調査ボーリングのみでの地下構造の把握が不十分と判断された場合は、物理探査とボーリング孔を利用した物理検層を組み合わせた地下構造の解析ができるように詳細調査計画を作成する必要がある。

一方、現地の技術レベルから、現地再委託による調査ボーリングでは良質なコア採取が難しいと判断される場合は、物理探査、物理検層を実施して、良質なコア採取ができた場合と同程度の精度で、斜面の安定度評価に必要な地盤の強度特性値を把握する必要がある。

(c) モニタリング調査の必要性の判断

モニタリング調査は設置から観測・データ回収まで、長期間を要する現地調査である。地表動態観測や地中動態観測、地下水位観測など、さまざまなモニタリング調査があるが想定される斜面災害の種類に対応して、その必要性を判断し、詳細調査計画に反映する必要がある。

(d) 斜面对策の設計パラメータを求めるための調査

協力準備調査の概略設計でアンカー工や鉄筋挿入工を採用した場合は、詳細設計時に対象地の定着地盤における周面摩擦係数を調査する必要があり、基本調査試験（引抜き試験）を詳細計画に組み入れる必要がある。アンカー工で独立受圧版を採用する場合は地表の地盤反力係数を求める現地試験も必要となる。深い崩壊が予想される場合は、すべり面深度を調べるための各種調査を詳細計画に組み入れる必要がある。

同様に、調査の主測線から離れた位置の地質確認、つまり抑止杭工の杭列両端部やアンカー工配置の両端部の地質状況は、詳細設計時にコアボーリングを行って確認するのが望ましい。

3.7 現地調査の管理(現地再委託の管理、既往資料の信頼性・適用可能性の確認)

現地調査の管理は、①現地再委託の管理、②既往資料の信頼性・適用可能性の確認、に留意して行う。

(解説)

現地調査の管理で特に重要な点は以下の通りである。

(a) 現地再委託の管理

まず入札や見積合わせの際に、技術的に確かな現地再委託先を選定し、入札・見積合わせへの参加を要請することが必要である。併せて、要求事項と管理項目とその基準を明確とした技術仕様書を配布し、品質確保を期する。併せて作業計画書（Method Statements）や既往業務の提出図面を示すことを義務付け、技術評価を行うこととする。

コンサルタントは委託する調査について、ボーリング箇所、物理探査範囲その他について具体的な仕様を定めた発注仕様書を作成することが求められる。また、重要な点についてはコンサルタントが判断すべきことを仕様書に記述する¹³。

業務の実施中には、現場での立会、指示・確認、中間成果品の確認、成果品の確認などで管理する。

①現地再委託先の技術力の評価：

経験した業務の名称や書類上の業務内容だけでなく、過去の成果の事例を確認し、技術力を事前に評価する必要がある。可能であれば過去の成果の電子データの事例¹⁴を入手して品質を確認する。

②技術仕様書による具体的な指示：

例えば地形測量の場合、斜面对策のための詳細調査や詳細設計には縮尺 1/1,000～1/500 程度の地形図が必要である。地形図の縮尺を考慮した地形変換点の計測など、求める技術水準について再委託の技術仕様書に具体的に記載する必要がある。

③綿密な進捗管理と技術管理：

外注成果は最終的な成果品を確認するだけでなく、途中段階での成果も段階的に確認し、求める品質の成果品となっているかを確認する必要がある。特に、初期段階での確認が重要である。対象国によっては現地再委託先が行う進捗管理に問題があるケースがあるため、細かなマイルストーンの設定など、きめ細かい工程管理が必要である。

(b) 既往資料の信頼性・適用可能性の確認

途上国において、地質図、降雨量、災害履歴、既往事業の設計図書などの、所謂、既往資料を入手した場合、その記述内容を正確なものとして鵜呑みにすることは避け、エラーの介在を念頭に置く必要がある。日本で入手可能な資料と同列で扱わず、例え官公庁発行の資料であっても、途上国の限られたリソースを用い、限られた技術と能力で作成した資料であることを念頭に置きつつ、その正確性を吟味し、取捨選択した上で、設計などの資料として用いるべきである。

¹³ 現地状況による制約から、ボーリング箇所等重要な調査地点を、現地再委託業者が変えてしまった案件が、過去に認められた。

¹⁴ 測量成果を除き、電子データが無ければ、ハードコピーやそのスキャンでも可とする。

第4章 設計方法（手順等）

本書では準備調査時に実施する設計を「概略設計」と表現する。無償資金協力事業ではこの概略設計が特に重要である。図 3-1 の業務フローで示す顕在化した斜面災害に対する協力準備調査やその他の事業において表 1-1 に示す最小限の詳細調査を実施するなど、協力準備調査の段階で、設計に必要な詳細調査が実施されていることを前提とする。これらの詳細調査が実施されない状態での概略設計では事業量の推定精度を向上させることが困難となる。なお、本章は詳細設計時の斜面对策工の設計にも対応している。

無償事業では詳細設計は EN 締結後に行われる。しかし、先述したように EN 額のもととなる事業費の想定額については精度を高めて算出することが求められている。このことから本章で記述されている対策工法の選定、設計については、上記の条件を満たす範囲の作業を準備調査で行う場合があることに留意すべきである。

斜面对策工の選定フローは、切土工に伴う選定フローと崩壊の危険がある自然斜面に対する選定フローで異なる。前者の切土工に伴う選定フローは「道路土工一切土工・斜面安定工指針（日本道路協会、2009）」に掲載されており、自然斜面での選定フローは「急傾斜地崩壊防止工事技術指針（全国治水砂防協会、2019）」に掲載されている。また、落石対策工の選定フローは「落石対策便覧（日本道路協会、2017）」に掲載されている。

上記は我が国の環境での過去の災害事例、損傷事例に基づいて作成された一般論としての選定フローであり、無償資金協力事業を実施する個々の対象地の地質条件や気象条件等の特殊性及び損傷事例を考慮したものではない。対策工の選定で特に重要なことは対象地の地質構造を含む地形・地質の特徴や気象条件、地震の頻度、植生状況及び近隣に斜面对策構造物がある場合はその健全性の状況等を考慮した上で、対象地点での災害シナリオを想定し、災害シナリオ毎のリスク評価を行った上でその災害シナリオに対応できる対策工を選定することである。本邦の斜面对策事業では、斜面对策工の選定根拠となる出典の明記を求められることが多く、公的な技術指針等に掲載されている選定フローが重要視される傾向にあるが、日本とは状況の異なる対象国において、本邦の選定フローを安易に利用することは慎むべきである。本邦の選定フローは対策工選定における基本として参照しつつ、上述した対象地の状況をよく吟味して、最適な対策工を選定しなければならない。

また、上記の日本の公的な技術指針等には、アンカー工や鉄筋挿入工などの抑止工の選定フローは掲載されていない。それぞれの抑止工の抑止機能と適用範囲、施工費を考慮して、選定する必要がある。

主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法を以下に示す。

なお、現地状況に応じた対策を立案する過程で、本 HB に記載のない対策工も検討および選定の対象となることを想定している。

表 4-1 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（1）

（全国治水砂防協会（2019）：急傾斜地崩壊防止工事技術指針」より抜粋、加筆）

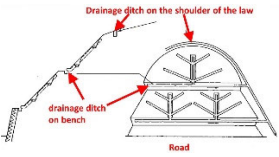


工種	目的および機能	選定方法
<p>のり面排水工</p> 	<p>地表水を集水し斜面外へ排水。斜面内への地表水流入防止。</p>	<p>のり面侵食の可能性がある場合にはほとんどの工事で用いられる。工費が割安で効果が大きい。単独で用いられることは希で他の工法と併用される。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。のり面が岩盤である場合や近年の最大年降水量が 500mm 程度以下で雨期もない国や地域では採用しない。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 練石積構造の水路は亀裂が発生しやすいため鉄筋コンクリート U 字溝が望ましい。法面での U 字溝の施工実績を有する業者が望ましい。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 水路の堆積土砂排出とひび割れによる漏水箇所の補修等が必要。</p>
<p>地下水排除工</p> 	<p>斜面内の地下水を排除し、間隙水圧を低下させ斜面を安定させる。</p>	<p>地すべり性崩壊が予想される箇所や地下水が多い斜面で用いられる。単独で用いられることは希で他の工法と併用される。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。のり面が良質な岩盤斜面の場合は採用しない。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 高所作業の場合は仮設足場等での施工実績を有する業者が望ましい。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 地下水の水質によっては早期にスライムが発生して排水機能が低下する。高圧洗浄機や孔内カメラなどのメンテナンス機材が必要である。</p>
<p>植生工</p> 	<p>雨水浸食防止、地表温度の緩和、凍土の防止、緑化による美化効果</p>	<p>崩壊等の危険性は少ないが植生による法面保護が適切と判断された場合。植生シート等を利用する方法や張芝工、植生基材吹付工など多数の工法がある。連続長繊維補強土工も植生基材吹付工の一種。植生工の選定フローに沿って工法を選定する。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。</p> <p>植生工の種類は気温や標高、地盤の化学的性質などによって変える。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 特になし(技術指導が必要な場合がある)</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 特になし。</p>

表 4-2 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（2）

（全国治水砂防協会（2019）：急傾斜地崩壊防止工事技術指針」より抜粋、加筆）

工種	目的および機能	選定方法
<p>モルタル・コンクリート吹付</p> 	<p>法面の侵食防止、風化防止、地場の強度低下防止。</p>	<p>湧水がない岩盤で割れ目が小さく、大きな崩壊がないところで選定。主に岩盤斜面の風化防止を目的としこの工法のみで斜面安定が保持できると判断される場合に選定する。景観的に問題がないことも選定条件となる。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。北海道のような極寒の地域では凍結融解による被害が顕著であるため採用されない。 近年景観上の配慮から選定されない傾向にある。湧水が多い斜面にも不向きである。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ ノズルマンの技能が品質に重要な影響を与えることから、斜面高所での施工実績が必要。施工実績がない場合は日本の専門業者による技術指導が必要。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 浅層の地下水が多い地点では背面の空洞化やひび割れ・剥離が発生しやすく、頻繁な補修が必要となる。</p>
<p>法枠工</p> 	<p>法面の風化や侵食を防止する。鉄筋挿入工やアンカー工の受圧構造物としても用いられる。</p>	<p>コンクリート吹付工では法面の安定がはかれないと判断した場合や緑化基礎工として利用する場合に選定。</p> <p>のり勾配が 1:1.0 より緩い場合はプレキャスト、急な場合は場所打ちコンクリート枠工又は吹付枠工を使用する。法高が高い場合や斜面に凹凸がある場合は吹付枠工が適している。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。アンカー工や鉄筋挿入工等の抑止工と併用する場合は、モルタル又はコンクリートの設計基準強度を確保する必要があるが、寒冷地では冬期の施工は不向きである。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 吹付法枠工を採用する場合は、ノズルマンの技能が品質に重要な影響を与えることから、斜面高所での施工実績が必要。施工実績がない場合は日本の専門業者による技術指導が必要。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 浅層の地下水が多い地点では背面の空洞化が発生しやすく、頻繁な補修が必要となる。</p>
<p>切土工 （写真省略）</p>	<p>＜道路開発＞ 道路の路盤整形、幅員確保など ＜斜面安定化＞ 不安定土塊を除去する場合と斜面形状を改良する場合がある。</p>	<p>道路斜面对策の最も基本的な工法。道路の幅員確保や斜面整形が必要な場合に選定する。切土そのものは従前よりも斜面の安定度を下げることになるので、擁壁等の、土圧対策のための構造物（抗土圧構造物）が必要になる場合がある。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 特になし。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 地質条件や気象条件を考慮して、必要な法面保護工を切土面に施す必要がある。</p>

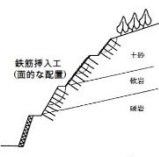


表 4-3 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（3）

（「全国治水砂防協会（2019）：急傾斜地崩壊防止工事技術指針」より抜粋、加筆）

工種	目的および機能	選定方法
<p>擁壁工</p> 	<p>脚部固定により小規模から中規模までの崩壊を防止する。 擁壁部で急勾配を確保することで上部斜面ののり勾配を緩和できる。 落石防護柵などの基礎工。</p>	<p>擁壁で抑止可能な規模の崩壊が予想できる場合。幅員を確保するために斜面下部を急勾配とする必要がある場合。上部法面の勾配を緩勾配にする必要がある場合。落石防護柵などの基礎工が必要な場合。なお、国によっては現地政府による斜面对策として外見上擁壁工に類似した構造物が多く採用されているが、抗土圧機能がない若しくは小さい構造であることが一般的であることに留意する必要がある。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 特になし。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 特になし。</p>
<p>アンカー工</p> 	<p>アンカーの引張力により人工的に斜面表面に載荷し、崩壊を抑止する。</p>	<p>大きな崩壊が予想される場合で斜面長が長く、他の工法では安定が不足する場合。定着地盤の適性も必要。なお、国によっては日本での初期型アンカー工のように鋼棒を使ったアンカー工が一般的であることに留意が必要。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞ 市町村道かそれ以上の道路であれば採用。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞ 削孔後の孔内洗浄やグラウトの品質管理・充填管理、品質確認試験など施工業者の能力によってこの工種の品質が大きく左右される。斜面高所での施工実績が必要。頭部定着方式がくさびナットで、 tendon 挿入後の最終仕上げの方法が異なるので、それぞれの頭部定着方式での施工実績も必要。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞ 再緊張や除荷等の維持管理が可能な頭部構造を採用する必要がある。斜面変動による緊張荷重の増加、受圧版近くの地盤の塑性変形や PC 鋼線のリラクゼーションによる緊張荷重の低下など、緊張荷重は常に変化する。また、頭部は落石等による損傷や雨水や地下水等による腐食が発生しやすい。抑止機能を長期間維持するためには定期的なメンテナンスが必須である。</p>

表 4-4 主な斜面对策工の目的及び機能と選定方法（4）

（「全国治水砂防協会（2019）：急傾斜地崩壊防止工事技術指針」より抜粋、加筆）

工種	目的および機能	選定方法
<p>地山補強土工（鉄筋挿入工）</p> 	<p>補強材の引張耐力により斜面崩壊を抑止する。</p>	<p>深さ 3～4m 程度の比較的小さい崩壊や岩盤の剥落が予想される場合で、斜面長が長いなど、面的な抑止が必要な場合。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞</p> <p>市町村道かそれ以上の道路であれば採用。大きな崩壊が想定される場合は不向き。漏水性の地盤の場合はシームレスパッカーとの併用を検討する。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞</p> <p>削孔後の孔内洗浄やグラウトの品質管理・充填管理などの施工業者の能力によってこの工種の品質が大きく左右される。斜面高所での施工実績が必要。施工実績を有していても一部の国では鉄筋の外周グラウトを実施しない悪質な施工業者が存在することから、グラウトに用いる機材の確認も必要。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞</p> <p>特になし。</p>
<p>落石予防工（ロープ掛工・ロープ伏工、覆式落石防護網工など）</p> 	<p>落石の発生原因を低減又は削除する（発生源対策）。</p>	<p>発生域での対策が容易で、費用的にも安価な場合。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞</p> <p>市町村道かそれ以上の道路であれば採用。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞</p> <p>施工実績を有する業者。必要に応じて日本の専門業者の技術指導を行う。アンカーボルトのグラウトに必要な機材を保有する業者。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞</p> <p>鋼材の腐食や破損等の定期点検と補修が必要。</p>
<p>落石防護工（落石防護柵工、ポケット式落石防護網工など）</p> 	<p>落石の被害から保全対象を防護する（待ち受け対策）。</p>	<p>落石予防工などの発生源対策だけでは落石の被害を防止できない場合。</p> <p>＜道路の重要度、自然条件、要求性能による選定＞</p> <p>市町村道かそれ以上の道路であれば採用。支柱やアンカーボルト設置位置は、小崩壊や岩盤崩落のリスクが小さいことが条件。そのリスクが大きい場合は法枠工や吹付工を併用する。</p> <p>＜地元施工業者の能力に関する留意点＞</p> <p>施工実績を有する業者。必要に応じて日本の専門業者の技術指導を行う。</p> <p>＜長期の維持管理上の留意点＞</p> <p>破損・腐食部の定期点検と補修が必要。堆積土砂や岩塊の除去。</p>

4.1 設計基準の選定

斜面对策の設計では日本の設計基準に従うことを基本とするが、当該国の道路土工や斜面对策に関する技術基準の運用状況を調べ、利用可能な設計基準を検討する。日本の設計基準を準用する場合は、現地での適用性を検討した上で採用する必要がある。

（解説）

国によって国内の設計基準の整備状況が異なる。中米など、同じ地域の複数の国で共通の技術基準を整備している場合もある。道路土工や斜面对策に関する設計基準の整備状況とその利用状況を調べ、利用可能な設計基準を検討する必要がある。設計基準の選定にあたって以下の点に留意する必要がある。

(a) 標準切土勾配に関する設計基準

山間部等の道路土工において切土勾配の決定は重要である。切土の安定勾配は当該国の地質条件や気象条件、及び斜面对策とそれを原因とする交通途絶に対する考え方によって異なるため、通常は、日本の基準をそのまま適用することができない。また、日本でもまさ土やしらすなど、不安定化しやすい特殊な地質について標準切土勾配を別途定めている。当該国で通常使用されている標準切土勾配や特殊な地質に関する基準値を調べ、その適用に大きな問題があるかを調べる。国によっては標準切土勾配が特定の斜面对策とセットになっている場合があるので、そのような適用条件も調べる必要がある。

これらの現地の基準が問題無く利用されていれば、その基準値を切土のり面の安定度評価のための判断材料として利用することができるが、標準切土勾配は便宜上の目安を示しているに過ぎず、その勾配で切土を行った場合の斜面の安定性を保証するものではないことを、良く理解する必要がある。

切土の安定性の評価は、現地調査の結果に基づき、技術者が個々に判断するのが基本である。特に、事業延長の短く、出現する切土のり面の数が限定される橋梁案件の場合は、1.2章(e)に記載したように、標準勾配を単純に適用するのではなく、出現する切土のり面の状況を専門技術者が現地で確認・検討し、出現するのり面を個別に検討する必要がある。

(b) 斜面对策工の設計基準

無償資金協力事業で実施する斜面对策は日本の技術を使うことが多く、その場合には日本の設計基準を準用するものとする。

ただし、土圧に抵抗することを求めず地表水からの表層保護を目的とするのり面保護工として植生工を利用する場合は、現地に適応した植物を選定する必要があり、当該国での関連する設計基準と現地での植生の適用性を調べ利用可能であるかの検討を行う。採用する植生工の種類によっては、その効果発言に数年の長期が必要な場合があり、無償の工期内の効果確認が困難な場合があるのでこの点を踏まえて設計する必要がある。

また、調達性や現地適応性の観点から、日本の基準にはない斜面对策を行う場合は、当該国、若しくはその技術に卓越した第三国の基準を準用するものとする。例としては、現地で豊富に生産されるヤシなどの繊維を用いたマットを浸食対策や植生の基盤として利用する場合や、ソイルネイリング及びマイクロパイルの設計法を採用する場合などが挙げられる。

出典：

日本道路協会（2009）：道路土工一切土工・斜面安定工指針

4.2 無償資金協力事業における概略設計(準備調査時の設計)と詳細設計において考慮すべき点

無償資金協力事業における概略設計と詳細設計は、①事業量の推定と技術仕様の精度、②設計に必要な各種物性値の情報量の違い、③概略設計と詳細設計の内容の比較の重要性、に留意して行う必要がある。無償資金協力では準備調査時の概略設計において事業量が決定するためその精度を高めることが重要である。一方、設計に必要な斜面の特性値や対策工法の詳細などは、詳細設計においても引き続き精緻な調査を実施することも検討する。

斜面对策は施設の安全にかかわるものであり、そのリスクを施工段階に先送りするのではなく、無償資金協力では、可能な限り、協力準備調査内で十分な対策工を検討し、それに対応ができず必要なものについては、詳細設計においても詳細な対策の検討を行うこととし、安全対策に万全を期すように対応する。

(解説)

無償資金協力事業における概略設計と詳細設計に関する留意点を以下に述べる。

(a) 事業量の推定と技術仕様の精度

協力準備調査の段階で実施される概略設計は事業量に直結する重要なものであり、事業費の精度を確保するために必要な程度の調査・設計の内容を概略設計時に実施すべきものである。

想定される斜面崩壊のすべり面深度が深い場合は、ボーリング調査などで不安定土塊の厚さを調べてから必要な対策工の量や配置を検討する必要がある。特に、アンカー工を設計する場合は定着に適する深度とそこでの物性値（周面摩擦抵抗など）によって必要なアンカー材の長さや掘削長が異なる。そのため、不安定土塊の厚さや定着部の物性値は、協力準備調査時に把握する必要がある。特にすべり面深度は事業量に与える影響が大きいため、可能な限り準備調査時に行う必要があり、必要に応じて JICA に提案することが求められる。また、新しい深層崩壊による斜面上の不安定土塊を対象とする場合は、安全上、ボーリング調査の実施が困難と思われるため、その場合には各種地中調査によりすべり面深度を調べる必要がある。

協力準備調査で上記のようなボーリング調査や探査を実施できない場合は、設計に必要な深度や物性値を得ることができないため、合理的に想定される範囲で安全側の深度や物性値を設定する必要がある。その場合には、詳細設計時設計に必要なパラメータ¹⁵が変動することを想定した上で、必要十分な設計を心がける必要がある。

また、決定したサイトで詳細かつ具体的な斜面对策を講じるべく、必要十分な設計となるよう協力準備調査を補完する対応を詳細設計時に行う必要がある場合は詳細調査での精緻化を検討すべきである。

一方、詳細設計は入札図書を作成するためのものである。成果としての技術仕様の精度を高めるために必要な設計パラメータを取得できるような詳細調査による補完調査を十分に行うなど、協力準備調査の成果と詳細設計時のそれぞれで対応可能な調査を組み合わせることで、精度を高める方策を検討すべきである。また、斜面对策はその施工による安全性確保が求められることから、詳細設計においては、施工の安全性確保の観点から工事の発注のための技術仕様の詳細を確保していくことも必要と考えられる。

¹⁵ 斜面对策工の設計に必要なパラメータの中では特に不安定土塊の深度が重要で、対策工施工時のボーリング掘削長や対策工数量の算定に大きく影響する。その深度の大きさと適切な対策工種（鉄筋挿入工、アンカー工）が変更となることがあり、これも事業量に影響する。また、地盤の周面摩擦係数の値によって鉄筋挿入工やアンカー工の必要な定着長が大きく変化するため、これも施工時のボーリング掘削長や対策工数量の算定に大きく影響する。

(b) 設計に必要な各種物性値の情報量の違い

アンカー工や鉄筋挿入工を設計する場合は、定着地盤の周面摩擦抵抗が必要であり、それを計測するための基本調査試験（引抜き試験）等が必要である。アンカー工で独立受圧版を採用する場合は地表の地盤反力係数を求める現地試験も必要となる。このような設計に必要な詳細なパラメータを求めるための調査は、準備調査時に実施されることは少ない。

(c) 準備調査時の概略設計と詳細設計の内容の比較の重要性

無償資金協力事業で良い成果を残すためには、協力準備調査の成果と詳細設計と連携が重要となる。協力準備調査報告書には、詳細設計において対応漏れがないように、準備調査時に調査検討不足が判明している点を明記し、詳細設計においてはその調査検討が然るべく行われるように、引継ぎに配慮しなければならない。詳細設計時には、準備調査結果をレビューし不足している調査検討がないかを確認し、適切な調査と設計を行う必要がある。

大きな斜面災害が新たに発生するなど、準備調査時と詳細設計時で斜面の状況が大きく変わり、準備調査時の想定を利用できない場合は、その状況を速やかに JICA に報告し、善後策を協議する必要がある。

4.3 設計に用いる斜面安定解析の留意点

設計に用いる斜面安定解析は、①斜面安定解析を実施する条件、②順解析と逆解析の使い分け、③順解析を行う場合の留意点と土質パラメータの取得方法、④斜面安定解析式の選定に関する留意点、④すべり面深度から粘着力を定める日本の慣行の問題点、に留意して実施する必要がある。

(解説)

設計に用いる斜面安定解析の留意点を以下に述べる。

(a) 斜面安定解析を実施する条件

斜面安定解析の方法は対象とする斜面変動現象によって異なる。落石の場合は転石等の安定度評価によって対策が必要な箇所の選定を行うが、設計のための安定解析は存在しない。亀裂性岩盤の岩盤崩壊ではクサビ破壊などの破壊形態に応じた安定解析手法(吉中龍之進・大西有三, 1992)があるが、これを実施するためには斜面内部の亀裂の分布状況を把握する必要がある。

一般に、斜面の切土や盛土に伴う安定解析は、円弧すべり又は非円弧すべりの崩壊を対象としている。この節ではこの手法の留意点について解説する。この安定解析では層理面等に沿った平面すべりも取り扱うことが可能であるが、平面すべりについて有意義な安定解析を実施するためには対象の層理面等の分布を必要な精度で把握する必要がある。

切土のり面の設計のための安定解析は、地すべり地や崩壊跡地における切土を除いて一般に行われない（日本道路協会,2009a）。その理由は日本の地山が地質的な不連続面や風化・変質部を含むため極めて複雑で不均一な構成となっていることから、地盤定数の地山内の分布状況を精度高く求めた上での有意義な安定解析ができないためである。ただし、対象国の地山が以下のように比較的均一な地質で構成されている場合は、有意義な安定解析が可能である。

- ① 表土の表層崩壊が想定される場合
- ② 砂層、崖錐層、崩積土、砂礫、火山灰土等のほぼ均質な地質が厚く堆積している場合で、その堆積層の内部で大規模崩壊や地すべり性の崩壊が想定される場合
- ③ 解析対象位置の地山が土木地質的にはほぼ均質で、かつ、層理面や節理面などの弱部となる地質構造や亀裂分布による安定度への影響がないと判断される場合

施工中あるいは工事完了後に変状の生じたのり面の復旧対策工の検討に用いる（日本道路協会,2009a）場合や、道路沿線の自然斜面で崩壊等が発生しており、移動土塊を安定化する対策が必要な場合は安定解析を実施する。その場合は次項(b)を参照のこと。

(b) 順解析と逆解析の使い分け

日本の急傾斜地崩壊防止事業等では、繰り返し円弧計算や近隣での崩壊事例のすべり面形状から最小安全率すべりを設定した後、現状安全率 F が $F=1.0$ となるように土質強度パラメータを調整する。これは逆解析に相当する。逆解析の前提条件は対象の斜面は何らかの斜面对策を実施する必要があることが明確になっていることである。切土のり面工事の施工中あるいは工事完了後に変状の生じたのり面の復旧対策工の検討や斜面災害発生時の対策工設計における安定解析はこれに該当する。

一方、斜面对策を実施する必要性が明確になっていない場合は、順解析を実施する。

一般に、順解析は現状や対策工施工後の斜面の安定度を評価するために実施し、逆解析は斜面对策工による斜面の安全率の相対的な変化を評価し、計画安全率の達成に必要な斜面对策の配置や数量を決定するために利用する。

(c) 順解析を行う場合の留意点と土質パラメータの取得方法

（前提）

前提として、極限平衡法の安定解析式は移動土塊を剛体と仮定することや移動体内の局所安全率がすべて等しいなど、実際の地盤特性と異なる仮定条件を採用していることから、斜面の真の安全率を評価できないという制約があることを理解しておく必要がある。

上記のような制約があるものの、対策工による相対的な安全率の向上を評価するために、極限平衡法の安定解析は日本を含めて広く利用されている（日本河川協会、2005）。

（日本の解析法の問題点）

日本の斜面对策事業で利用されている Fellenius 式や修正 Fellenius 式は、簡易 Bishop 式などの他の安定解析式よりも小さな安全率を算出することが多い。順解析で Fellenius 式や修正 Fellenius 式を利用すると安定な斜面も不安定であると評価されるケースが多くなる。

そのため、順解析を行う場合は、経済的な合理性を求める見地から簡易 Bishop 式や Spencer 法など、より適切な安定解析式を利用する必要がある。この場合、単位体積重量を含めて、採用する土質パラメータは土質試験結果、又はサウンディングの結果を用いた根拠のある推定値を利用する必要がある。安定解析式の詳細については「地盤工学会（2006）：斜面の安定・変形解析入門－基礎から実例まで」を参照。

(d) 斜面安定解析式の選定に関する留意点

安定解析の条件、解析式と解析手法（順解析・逆解析）は、現地で想定される崩壊やすべりの検討に適応し、設計目的を満たす安定解析式を選定する。

無償資金協力事業は本邦のコントラクターが実施するため、本邦コントラクターにとって品質管理、工程管理上の信頼性が高い本邦技術を用いるケースが多いと想定される。そのため、斜面安定解析式は通常の道路土工の安定解析や日本の設計ソフトで利用されている修正 Fellenius 式が主流になると考えられる。

一方、海外の斜面对策工の設計でよく利用されているカナダの SLOPE/W(Geo-SLOPE 社)や Slide2 (Rocscience 社)、イタリアの Slope(GeoStru 社)は Spencer 法や簡易 Bishop 法、簡易 Janbu 法などの多くの安定解析式に対応しているが、修正 Fellenius 式には対応していない。

C/P側の技術者や地元コンサルタントは、上記の欧米の設計ソフトを利用している場合があり、その状況下で本邦技術を導入し、本邦の安定解析手法を用いる場合は、修正 Fellenius 式の有用性（日本での長年の実績）を理解してもらう必要がある。一方、欧米の設計ソフトを用いた設計を採用する場合は、本邦コントラクターの対応可能性を確認する必要がある。本邦コントラクター自身に経験のない工法の場合、第三国企業を雇用することも考えられるが、この場合においてもいわゆる「丸投げ」を避けるためには、本邦コントラクターの下請け管理能力が求められる。

また林野庁の治山技術基準によると、Fellenius 式や修正 Fellenius 式は、Bishop 式や簡易 Janbu 式などの他の安定解析式に比べ小さい安全率を算出する傾向にあると指摘されており、これらの式を用いて逆解析を行った場合、土質強度パラメータ (c, ϕ) を大きく算定することとなり、過小設計（危険側の設計）となる危険性があることも、併せて理解する必要がある。

なお、欧米の基準や技術を採用する場合は、欧米の安定解析ソフトを使うことになる。

(e) すべり面深度から粘着力を定める日本の慣行の問題点

すべり面の最大深度や平均深度からすべり面の粘着力を決定し、内部摩擦角 ϕ を逆解析で求める方法は、再滑動地すべりを対象とした日本の地すべり対策事業で多用されている方法である。これは既に存在するすべり面の粘土を対象とした日本特有の土質強度パラメータ推定法であると同時に、土質力学や地盤工学に基づく学術的な根拠が乏しいことに留意が必要である。

逆解析では逆算される土質強度パラメータに、設定した現状安全率と真の斜面安全率との違いや上記(c)で示した安定解析式の本質的な課題を原因とする誤差（ノイズ）が含まれ、そのパラメータの真値との差が大きくなる。地下水排除工やアンカー工、鉄筋挿入工等の効果の推定に大きく影響する内部摩擦角 ϕ を土質試験等から適性に決定し、粘着力を逆解析で求める方が、それらの対策工の効果をより適性に評価することができる（「地すべり学会東北支部、2001」などを参照）。

また、急傾斜地や切土のり面で初生的に発生するすべり（崩壊）の安定度評価は地山のピーク強度に対して行う必要がある、そもそもすべり面深度から粘着力を求める方法は適用できないことに留意が必要である。

<本節に関連する Q&A は、第 3 部の 6.1 節の Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q11 に記述している。>

出典：

日本道路協会（2009a）：道路土工一切土工・斜面安定工指針,p153.

日本河川協会（2005）：国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編、p.189.

地盤工学会（2006）：斜面の安定・変形解析入門－基礎から実例まで、p.29-43.

吉中龍之進・大西有三（1992）：ブロック理論と岩盤工学への応用、土木工学社、359p.

地すべり学会東北支部（2001）：地すべり安定解析用強度決定法－実務における新たな展開を目指して－

4.4 切土工の設計と留意点

切土工の設計においては、①切土工の基本的な考え方、②切土の安定度評価における災害シナリオの想定、③切土の安定勾配と安定度評価、④安定度評価で特に注意する条件、⑤簡易な法面保護工とのり面排水工の設計、に留意する必要がある。

（解説）

切土工の設計における主な留意点以下に示す。切土工の基本的な考え方や切土において特に注意が必要な条件等の設計の詳細は「日本道路協会（2009a）：道路土工一切土工・斜面安定工指針」や「北陸地方整備局（2020）：設計要領一道路編」に記載されている。

（a）切土工の基本的な考え方

「日本道路協会（2009a）：道路土工一切土工・斜面安定工指針」の「切土工の基本的な考え方」では「のり面の安定に関する設計は、詳細調査により安定度を判断することが望ましいが、予備調査段階で特に問題がないと判断される場合には、経験に基づく標準のり面勾配や周辺の既設切土のり面の状況を参考にして行っても良い。」と記述されている。なお、日本の標準切土勾配は日本の気象条件や地質条件等を前提とした経験値であり、それを安易に海外で適用することはできない。（詳細は1.2節(e)に既述）

対象国での切土のり面は、経験を積んだ専門技術者によって、個別に安定度評価を行うことを基本とする。しかし、安定計算で安定度の評価が可能な条件は「4.3 設計に用いる斜面安定解析の留意点」で解説したように限定的であることから、詳細調査によって求められて地山の物性情報（コア判定を含む）や地形条件、気象条件を元に専門技術者が安定度を評価することになる。

（b）切土の安定度評価における災害シナリオの想定

切土の安定度を評価するためには、対象の切土のり面でどのような斜面災害が発生する可能性があるかを想定する必要がある。1箇所切土のり面で複数種類の斜面災害が発生する可能性がある場合は、それぞれの斜面災害について安定度を評価する必要がある。

（c）切土の安定勾配と安定度評価

切土工によって新たに露出した土や岩は、地盤の堆積条件等の素因や応力解放によるゆるみ、風化作用等が複雑に影響し、施工直後に変状がない場合でも、時間の経過と共に劣化が進行することを、良く認識する必要がある（日本道路協会、2009a）。

切土の安定勾配は対象地の地質の他に降雨量や地震の頻度によっても異なる。日本と同じ地質でも降水量が日本より明らかに少ない国や地域ではより急勾配の切土でも安定する。日本の道路土工における標準切土勾配も軟岩では1:0.5～1:1.2と範囲が広く、この基準値のみで切土勾配を決定することはできないため、近隣地域の同様の地質における切土のり面の変状の有無や変状の程度を調べて切土勾配を決定している。

対象国で切土の安定勾配を検討するにあたって、安定計算に適さない複雑な地山条件の場合は、専門家による安定度評価に頼ることになる。その場合はその専門家の日本や海外における経験を元にした安定度評価となるが、切土工を実施する前の自然斜面の状態での安定度評価にはその評価に必要な物性情報（コア判定を含む）が必要となる。また日本の道路土工における弾性波速度や重機の作業性等を用いた地山分類（道路土工一土質調査指針,1986）の手法は、海外の対象国でも一つの目安となる。加えて、対象国の対象地周辺での切土勾配の実態や既存の切土のり面の状況も安定度評価の判断材料となる。その際には、緩みや風化の影響を理解するため、施工から十

分に年月を経たのり面を観察することが必要である。可能であれば、施工直後の切土のり面も観察し、時間経過がのり面に与える影響を把握することが望ましい。

用地の関係等で安定勾配を確保できない場合は抑止工などとの併用を検討する。

(d) 安定度評価で特に注意する条件

自然地盤は、きわめて不均一で風化及び割目の程度、成層状態、間隙、含水量によってその強度は異なる。従って、現地の状況を考慮し、既往のり面の状況を調査し、総合的に安定度を評価する必要がある。特に、表 4-5 に示す特殊条件の切土には、標準的な切土勾配が適用できないことがあるので、地質及び土質調査等を実施し、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)」に準じ検討した上で、のり面勾配や有効なり面保護工法、のり面排水工を決定する。

表 4-5 安定度評価において特に注意を必要とする切土の条件

(「日本道路協会 (2009b)：道路土工一切土工・斜面安定工指針」より抜粋)

区分	切土条件
地域・地盤条件	① 再滑動型地すべりの場合。 ② 崖錐、崩積土、強風化斜面の場合。 ③ 砂質土等、特に浸食に弱い土質の場合。 ④ 泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の風化が速い岩の場合。 ⑤ 割れ目の多い岩の場合。 ⑥ 割れ目が流れ盤となる場合。 ⑦ 地下水が多い場合。 ⑧ 積雪・寒冷地域の場合(なだれと融雪水、凍結融解によるはく離が起こりやすい場合)。 ⑨ 地震の被害を受けやすい地盤の場合。
切土条件	① 長大のり面となる場合(切土高が脚注 7 に示す高さを超える場合)。 ② 用地等から制約がある場合。
る切土崩壊による影響	① 万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合。 ② 万一崩壊すると復旧に長期間を要し、道路機能を著しく阻害する場合。 (例えば、代替え道路がない山岳道路における切土)

(e) 簡易な法面保護工とのり面排水工の設計

我が国では、軟質な地質の切土のり面に対しては、安定勾配が確保されていても、侵食防止のための植生工など、最低限のり面保護工を実施する。これは日本の地質の脆弱性と降雨量の多さ（豪雨頻度も含む）を反映したものである。

対象国でも年平均降水量が日本と同程度かそれ以上で、かつ、土砂や強風化岩の切土法面では当然、のり面保護工や法面排水工が必要となる。しかし、対象国によっては斜面災害発生後の事後対応を前提としており、最小限のり面保護工の必要性や重要性を理解していない場合もある。

降水量がそれほど多くない場合においても、周辺地域での既存の切土のり面の変状、雨期の有無や年平均降水量、最大日雨量の既往の記録などを考慮して、侵食防止のための最低限のり面保護工やのり面排水工の必要性を判断する必要がある。

年平均降水量が 500mm 以下などの少雨の国や地域では、安定勾配を確保すれば切土のり面保護工が不要となる場合が想定されうる。しかし、年降水量が少なくても、短時間で高強度の降雨がある場合は、ガリーが発生するなど、のり面保護工が必要となる可能性もある。降雨の状況や現地でのり面状況を確認して、慎重に判断する必要がある。

出典：

北陸地方整備局（2020）：設計要領―道路編

日本道路協会（1967）：道路土工要綱

日本道路協会（1986）：道路土工―土質調査指針

日本道路協会（2009a）：道路土工要綱

日本道路協会（2009b）：道路土工―土工・斜面安定工指針

土質工学会（1974）：岩の工学的性質と設計・施工への応用，p.361-378.

安達経治（1984）：掘削施工性からみた岩分類―特に土砂，軟岩，硬岩の区分について、応用地質特別号、pp.119-131.

4.5 のり枠工の設計と留意点

吹付のり枠工は日本特有の斜面对策工であり、多くののり面保護機能や他工法を補助する機能を有することから海外においても有効である。場所打ち法枠工は吹付のり枠工と同様の工法であり、期待される機能もほぼ同じであるが、大断面ののり枠で、のり高が低く、平坦なのり面に適している。吹付のり枠工よりも施工上の制約が増えるので、採用を避ける条件等を考慮して採用する。

（解説）

吹付のり枠工は海外ではあまり採用されていない日本特有の斜面对策工であり、多くののり面保護機能を有することから数多く利用されている。場所打ちのり枠工は吹付のり枠工と同様の工法であり、期待される機能もほぼ同じであるが、施工上の制約が増える。この工法はモルタル・コンクリート吹き付け機の導入が難しい場合に適する。以下に主な設計上の留意点を記載する。設計方法の詳細はのり枠工の設計・施工指針（全国特定法面保護協会，2013）に詳述されている。

（a）期待される機能

①のり面保護機能

単体では主に岩盤剥離防止、表層崩壊防止を有する。亀裂の多い岩盤のり面や早期に保護する必要のあるのり面に多く用いられる。これらの、のり面保護機能については地表を鋼製ネットで覆う方法等が他工法よりも優れている。標準的な機能は場所打ち法枠工と同様であるが、これと比較して施工性がよく、凹凸のあるのり面でも施工できる。急傾斜地から緩傾斜斜面まで適用範囲も広い。また、高温多湿な対象国や塩害が懸念される地域においては鋼製ネットなどの鋼製品に比べて耐腐食性や長期耐久性に優れている。

②緑化基礎工としての機能

枠内に植生工や植生基材吹付工を施工することもできる。

③抑止工の支承構造物としての機能

抑止工が必要なのり面において鉄筋挿入工やグラウンドアンカー工の支承構造物として利用する。

（b）採用を避ける条件

①降雨時の地表水が大量に流れる斜面や湧水が大量に確認できる斜面

枠背面が洗掘されて空洞ができる可能性がある。

②のり面表層の土層が厚い斜面

枠背面が雨水や地表水によって洗掘されて空洞ができる可能性がある。のり面表層の土層が薄い場合は斜面整形でそれを排除して施工することが望ましい。のり面表層の厚い土層の排除は斜面の不安定化を招く可能性があるので留意する必要がある。

③モルタル・コンクリート吹付け機の揚程能力を超える高さの高所斜面（吹付のり枠工）

モルタル・コンクリート吹付け機の機種によって安定圧送距離や揚程能力が異なる。現在（2021年時点）の湿式吹き付け機は最大で鉛直高さ 130m 程度（圧送距離 250m 以内）であるが、一般には安定圧送距離が 100m 程度以下、揚程 45m 以下とされている。当該国で使用する吹き付け機の性能を超える高所斜面での設計は避ける必要がある。

④凹凸のあるのり面（場所打ちのり枠工）

のり面の凹凸が大きいと、凹凸に合わせて型枠を設置することができない。

⑤モルタル・コンクリートの打設が可能な高さの高所斜面（場所打ちのり枠工）

型枠を設置してその中にコンクリートを打設することから、大断面ののり枠で、のり高が低く、平坦なのり面に適している。

(c) 設計上で考慮する必要がある事項

①コンクリートの設計基準強度

現在、日本での設計基準強度はモルタル・コンクリート吹付け機の性能向上により 18 N/mm^2 となっているが、2006年頃までは 15 N/mm^2 であった（全国特定法面保護協会，2006）。現地で使用するコンクリート吹付け機の性能（乾式 or 湿式の区分を含む）を考慮して設計基準強度を設定する必要がある。

②鉄筋の規格と設計基準強度

日本では各種規格の鉄筋が入手可能であるが、現地入手可能な鉄筋の規格は制限される可能性がある。日本の規格を採用するか現地規格を採用するか検討する必要がある。JIS と ISO では鉄筋（異形鋼棒）の基準強度（降伏点強度）の種類、形状・寸法が異なる。対象国で採用している基準も日本の製品と基準強度や直径・断面積等のサイズの規格が異なることがあるので留意が必要である。

③構造細目の明記

日本では必要な最小かぶりや最小鉄筋間隔などの構造細目が、コンクリート標準仕様書などに規定されているが、海外での構造細目は日本と異なる可能性がある。鉄筋コンクリートの性能を発揮するために必要な構造細目は明記する必要がある。なお、対策工の維持管理のために構造細目を竣工図に明記することも必要である。

出典：

日本道路協会（2009）：道路土工一切土工・斜面安定工指針，p.280-284.

全国特定法面保護協会（2006）：のり枠工の設計・施工指針（改訂版）、平成 18 年 11 月

全国特定法面保護協会（2013）：のり枠工の設計・施工指針（改訂版第 3 版）、平成 25 年 10 月

4.6 アンカー工の設計と留意点

アンカー工はのり面や斜面の安定化のための抑止工として優れた抑止機能を有し、道路法面などの急傾斜地の施工に適している。一方、破損した場合の第3者影響度が大きく、供用期間中の維持管理を斜面对策の中で最も必要とする工種である。維持管理も含めて当該地での適性を評価した上で設計する必要がある。

（解説）

設計上の留意点を以下に記述する。設計方法の詳細はグラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（地盤工学会,2012）や設計要領―道路編（北陸地方整備局, 2020）、設計要領 第2集（北海道開発局, 2021）、グラウンドアンカー設計施工マニュアル（日本アンカー協会, 2013）に詳述されている。

（a）期待される機能

①斜面崩壊防止機能

のり面・斜面において岩盤に節理や亀裂等があり、崩落または崩壊する恐れがある場合、比較的締まった土砂ののり面や斜面で崩壊の恐れがある場合に用いる。アンカー材の自由長を4m以上確保する必要がある、一般には不安定土塊の層厚が3m程度を越える場合に採用する。不安定土塊の層厚が3m程度以下の場合には鉄筋挿入工の採用を検討する。

②擁壁工等の構造物の支保工としての機能

法尻の安定のために設置する擁壁工などで支保工として利用できる。

（b）採用を避ける条件

①軟質な地質や砂礫が主体となる地質、特殊土ののり面や斜面

地表付近が軟質な地質の場合、アンカー力により受圧版などの支承構造物の塑性変位が大きくなりアンカー緊張荷重の大幅な低下をもたらす。定着地盤が軟弱な地質の場合、支持方式が摩擦型のアンカーは所定のアンカー力を保持できない場合があるので、支圧型の支持方式の採用を検討する。

地表付近が砂礫を主体とする地質の場合、受圧版付近での土砂の流出や小崩壊の発生によりアンカー緊張荷重を維持できない危険がある。定着地盤が砂礫主体の場合は施工時のグラウトの漏洩対策を検討する必要がある。同様の理由により、地表附近の地質が斜面安定上の特殊土（膨潤性の大きい地質、崩壊等を発生しやすい特殊土）の場合も採用を避けた方が良い。

②酸性土壌や塩害による頭部腐食が懸念される場合

アンカー工の劣化の主要原因が頭部の腐食や劣化である。酸性土壌や塩害が懸念される場合は、高腐食性のアンカー体を採用する必要がある。

③独立受圧版の直下に小崩壊の危険性がある場合

独立受圧版の直下に小崩壊が発生すると受圧版が被災し、アンカー緊張荷重を維持できない。小崩壊や侵食を防止する対策の検討が必要である。

(c) 設計上で考慮する必要がある事項

①アンカー方式による適応条件

アンカー工は定着部での支持方式と頭部定着方式の適性を考慮して設計する必要がある。それらの違いと適性について以下の表で説明する。特に海外で施工する場合は、定着地盤の変更などでアンカー材の必要長さが大きく変化した場合でも対応可能なアンカー材を選定する必要がある。

表 4-6 アンカー工の支持方式の違いと適性

(JICA 調査団)

支持方式	内容と斜面对策での適性
摩擦(引張)	① アンカー定着部の全長でアンカー材とグラウトが結合するため、主にアンカー体上部で支持力を発揮する従来型の支持方式。 ② 硬軟互層などの定着層として不向きな地盤でも定着可能である。 ③ アンカー定着部の上部ではアンカー材とグラウトの付着切れが発生するため、維持管理のための再緊張を繰り返すと付着切れが進行しアンカー材の自由長が徐々に長くなる。
摩擦(圧縮)	① アンカー定着部の先端のみでアンカー材とグラウトが結合し、主にアンカー体の先端で支持力を発揮する支持方式。 ② アンカー定着部の先端付近の地盤が不良の場合、引き抜けが発生する危険性が高くなるため、硬軟互層などの定着地盤には不向き。 ③ アンカー材とグラウトの付着切れが発生しにくいので、維持管理のための再緊張を繰り返しても付着切れは進行しない。
支圧	① アンカー一体部分を拡径してアンカー体の支圧力によって支持力を発揮する支持方式 ② 定着地盤が軟弱な地盤などで、周面摩擦のみでアンカー力を支持できない場合に適する。

表 4-7 頭部定着方式の違いと適性

(JICA 調査団)

頭部定着方式	内容と斜面对策での適性
くさび	① 頭部でアンカー材の長さを、施工現場で容易に短くすることができるので、定着地盤の深度が不確定な場合に対応できる。海外でアンカー材の追加注文が容易でない場合には適している。 ② 定着荷重の微調整は難しい。 ③ アンカー材のクリアランスなどの影響で緊張力が大幅に低下した場合でも再緊張が可能である。 ④ 過緊張となった場合に除荷&再緊張すると、古いくさびによるアンカー材の圧迫部分がアンカー材の破断原因になることがある。
くさびナット併用	くさびタイプとナットタイプの両方の長所を有しており、採用できる条件が多い。
ナット	① 支持方式が摩擦(圧縮)の場合はアンカー材の長さ調整の制限値が小さいため、定着地盤の深度が想定よりも深い場合も浅い場合も、現場対応が難しい。 ② 支持方式が摩擦(引張)アンカー材の場合は、アンカー材の先端で大きな長さ調整が可能な製品もある。 ③ 定着荷重の微調整が容易である。 ④ アンカー材のクリアランスなどの影響で緊張力が大幅に低下した場合、ナットの調整範囲を超える再緊張はできない。 ⑤ 過緊張となった場合もナットの調整範囲であれば容易に除荷ができる。

②周面摩擦抵抗の設定

日本での概略設計時に使用する周面摩擦抵抗の標準値は日本の特有の地質分類に対するもので、標準切土勾配での地質分類と同じ硬岩・軟岩の区分が存在する。これは重機での作業性を重視した地質区分であり、1.2節(e)にその内容を記載している。地質条件が異なる対象国に適用する場合は現地の地質と日本の地質区分の類似性を検討して採用する必要がある。以上を踏まえ、詳細設

計に用いる周面摩擦係数は現地での基本調査試験（引抜き試験）の結果を用いることを原則とする。

③初期(定着時)緊張力の指定

急傾斜地でのアンカー工は締め付け効果を考慮して設計する方法が基本である。その場合、初期（定着時）緊張力は設計荷重の100%に設定する。温度変化による過緊張を避けるために設計荷重の80～90%に設定することも可能である。初期緊張力を設計荷重の50%などと小さく設定すると、緊張力が100%に達するまでにすべり面とアンカー材の交差によってアンカー材にせん断変形が生じ、アンカー材を保護するシース等の破損の可能性がある。

④定着部のすべり面(定着基盤面)からのかぶりの確保

アンカー力を確実に定着部に伝達するために、定着部として良質な地質の場合であってもすべり面からのかぶりを最低1mは確保する必要がある。すべり面付近の地質が破碎されているような場合は、すべり面を基準にするのではなく定着する地層の定着基盤面に対して最低1mのかぶりを確保する。

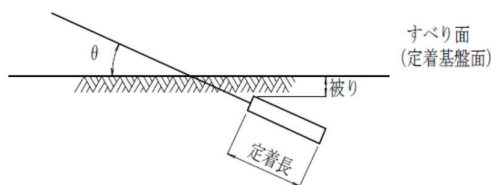


図 4-1 定着部のかぶり

（「北海道開発局（2021）：道路設計要領 第2集 道路付帯施設」より、抜粋）

⑤1段配置の回避

独立受圧版を採用する場合にアンカー工を1段で配置すると移動体の滑動時の回転運動やトッピングに伴う回転運動に弱くなり所定の抑止力を発揮できない。道路法面でのアンカー工は2段以上とすることが望ましい。やむを得ず1段配置とする場合は受圧版を千鳥配置にするなどの対応が必要である（北陸地方整備局,2020）。

⑥欧米の設計ソフトとの設計方法の違いの認識

斜面对策工に関する欧米の設計ソフトはカナダのSLOPE/W(Geo-SLOPE社)やSlide2(Rocscience社)、イタリアのSlope(GeoStru社)などが有名である。これらの設計ソフトは中米やアフリカなどを含めて世界的に利用されているため、カウンターパートや対象国のコンサルタントもそれを利用している可能性がある。これらの設計ソフトではアンカー工等の抑止工の設計に日本と異なる設計方法を採用しており、かつ、設計ソフト毎に設計方法が異なる。よって、同じ規格・仕様のアンカー工でもどの設計ソフトを使うかで対策工効果の推定結果が異なり、対策工の必要数量が異なる。無償資金協力事業で行う斜面对策は、本邦斜面技術を基本的に用いるため、日本の設計ソフトを利用すると思われるが、欧米独自の斜面对策技術を用いる場合は、それに適した欧米のソフトを使う必要がある。本邦斜面技術の設計を行う際は、各種の事情から当該国の設計方法を安易に用いることは避けるべきであるが、やむを得ず採用する場合であっても設計方法の違いがもたらす影響を十分考慮する必要がある。本邦技術と欧米の技術を混在させる場合には、それぞれの斜面の状況を良く勘案した上で適切な対処が必要となる。

<本節に関連するQ&Aは、第3部の6.3節のQ2,Q3,Q4,Q5に記述している。>

出典：

地盤工学会（2012）：グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説

北陸地方整備局（2020）：設計要領―道路編 第7章 グラウンドアンカー

北海道開発局（2021）：道路設計要領 第2集 道路付帯施設 第3章グラウンドアンカー工

日本道路協会（2009）：道路土工―切土工・斜面安定工指針,p.288.

北海道開発局（2021）：道路設計要領 第1集 道路

日本アンカー協会（2013）：グラウンドアンカー設計施工マニュアル、

4.7 地山補強土工の設計と留意点

日本の斜面对策としての地山補強土工は、一般に鉄筋挿入工や頭部ワイヤ連結型鉄筋挿入工などの対策工である。海外のソイルネイリングとは期待される機能や設計方法が異なることに注意が必要である。本邦技術の地山補強土工の設計に際しては、日本の技術者が習熟している日本の設計手法を採用する必要がある。海外のソイルネイリングとして用いる場合は、ソイルネイリングの設計手法を用いる。

（解説）

設計上の留意点を以下に記述する。設計方法の詳細は「NEXCO(2007)：切土補強土工法設計・施工要領」及び「地盤工学会（2011）：地山補強土工法設計施工マニュアル」に詳述されている。

(a) 期待される機能

①斜面崩壊防止機能

地山に挿入された補強材によつてのり面や斜面全体の安定度を高め、比較的小規模な崩壊防止、急勾配のり面の補強対策、構造物掘削等の仮設のり面の補強対策等で用いる。一般には不安定土塊の層厚が3m程度以下の場合に採用する。不安定土塊の層厚がそれを超える場合はアンカー工の採用を検討する。

海外のソイルネイリングは鉄筋長が30mを超えるものもあるが、期待される機能と設計方法が日本と異なる。

日本の鉄筋挿入工が比較的浅い崩壊対応に限定されているのは日本での長年の使用実績に基づくものである。鉄筋挿入工はプレストレスを与えない工法であるため、設置直後の抑止力はゼロであり、対象地盤の変形量に応じて抑止力が徐々に増加する。深い崩壊を対象とした場合は抑止力が設計値に達する時点の地盤の変形量が大きくなり、設計値に達する前に対象地盤が崩落する可能性がある、とするのが、我が国の鉄筋挿入工の考え方である。

長尺のソイルネイリングの適用に当たっては、日本と同等の条件においては、深い崩壊に対して長尺のソイルネイリングが崩壊防止機能を十分に発揮できない可能性があることを念頭に、ソイルネイリングの設計法を確認した上で、対象の地盤や気候条件等が長尺のソイルネイリングに適しているかを評価する必要がある。

なお、ソイルネイリングと鉄筋挿入工の設計方法の違いは4.6節(c)⑥項も参照のこと。

②切土による自然の改変を最小限にする機能

挿入した鉄筋の補強効果により切土による自然の改変を最小限にとどめることができる。切土勾配を通常の安定勾配よりも若干急勾配とすることもできる。

③自然植生の積極的な保全機能と斜面崩壊防止機能の併用(頭部ワイヤ連結型)

頭部ワイヤ連結型を使用することで、斜面の樹木等を極力残した上で斜面崩壊防止を図ることができる。

(b) 採用を避ける条件

①不安定土塊の層厚が 3m 程度を越える場合(本邦設計法を用いる場合)

日本の設計手法では抑止に適する土層を 3m 程度以内としている。地山補強土工は設置直後の抑止力はゼロで、移動体の変形に伴って抑止力を発揮する受働型の抑止工である。移動層が厚い場合、設計値の 100%の抑止力を発揮するまでの変形量が大きくなり、その途中段階で移動土塊の塑性変形による崩落が発生する可能性がある。

②補強材の長さが 5m 程度を越える設計(本邦設計法を用いる場合)

日本の設計手法では補強材の長さを 5m 程度以内としている。これを超える場合はアンカー工の導入の検討を行う。

③不安定土塊が砂状の場合やルーズな場合など、移動土塊の中抜けが懸念される場合

地山補強土工は設置直後の抑止力はゼロで、移動体の変形に伴って抑止力を発揮する受働型の抑止工であるため、移動土塊に土塊としての拘束性がない場合は不向きである。

(c) 設計上で考慮する必要がある事項

①周面摩擦抵抗の設定

日本での概略設計時に使用する周面摩擦抵抗の標準値は日本の特有の地質分類に対するもので、標準切土勾配での地質分類と同じ硬岩・軟岩の区分が存在する。これは重機での作業性を重視した地質区分であり、1.2 節(e)にその内容を記載している。地質条件が異なる対象国に適用する場合は現地の地質と日本の地質区分の類似性を検討して採用する必要がある。詳細設計に用いる周面摩擦係数は現地での引抜き試験の結果を用いることを原則とする。

②支承構造物の自重の考慮

地表部の支承構造物にのり枠工を採用する場合、のり枠工の自重を斜面安定解析時に考慮するか否かは日本において統一されていない。「急傾斜地崩壊防止工事技術指針（全国治水砂防協会,2019）」及び「地山補強土工法設計施工マニュアル（地盤工学会, 2011）」に準拠して自重を考慮する手法に統一することが望ましい。

③面的な配置と配置後の最小安全率のすべりの照査

地山補強土工はのり面や斜面に面的に配置する工法であるが、配置する範囲が適切であるかを照査し、設計で想定した計画安全率に達していないすべりが存在しないかを確認する必要がある。

④欧米の設計ソフトとの設計方法の違い

4.6 節 (c) ⑥ 項の記載と同様の注意をすること。

出典：

NEXCO(2007)：切土補強土工法設計・施工要領

全国治水砂防協会（2019）：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針

地盤工学会（2011）：地山補強土工法設計施工マニュアル

4.8 モルタル吹付工の設計と留意点

モルタル吹付工は景観や環境への配慮ができないことや長期の安定性に懸念があることから、近年、日本では採用を控える傾向にある。海外でものり砕工等の他の対策工の導入が費用面等で難しい場合で、のり面や斜面の風化・侵食防止を主な目的とする場合に導入を検討する。

（解説）

モルタル吹付工の設計における留意点を以下に述べる。

(a) 期待される機能

①のり面や斜面の風化・侵食の防止

のり面や斜面をモルタルやコンクリートで覆うことで、風化・侵食を防止する。

②浮石等の落下防止

斜面に浮石等の不安定な岩塊が点在する場合に、それをモルタルやコンクリートで覆うことで、落下を防止する。

(b) 採用を避ける条件

①景観や環境に配慮する必要がある場合

コンクリートが全面に吹き付けられたのり面や斜面は景観を損ね、周辺環境との調和も損ねる。景観や環境に配慮する必要がある場所では採用を避ける。

②のり面や斜面に小崩壊等が予想される場合

小崩壊を抑止する機能はないため、崩壊が予想される場合は他工法を検討する必要がある。

③降雨時の地表水が大量に流れる斜面や湧水が大量に確認できる斜面

このような条件では水抜きボーリング工等の地下水排除工の効果が限定的である。吹付工背面が洗掘されて空洞ができる可能性がある。

④土層を主体とするのり面や斜面

吹付工背面が洗掘されて空洞ができる可能性がある。

⑤凍結融解の影響が大きい地域

モルタル吹付工と地山との剥離が生じ、その空間に地下水等が侵入することでモルタル吹付工の劣化や崩落を招く恐れがある。

(c) 設計上で考慮する必要がある事項

①現地での適性の判断

想定する外力がないため設計計算を実施しない。現地でのり面及び斜面の目視判定において本工法の適性の判断が重要である。

②気温による構造の違い

寒冷地ではない場所ではラス金網を配置した後にモルタルやコンクリートを吹き付けるが、凍結融解の影響が若干懸念される地域では鉄筋を配筋してモルタルやコンクリートを吹き付け、鉄

筋コンクリート構造として凍結融解への耐力を高める。凍結融解の影響がさらに大きい地域では採用しないのが通例である。

③背面の排水処理に関する配慮

背面の浅層水や地下水によって剥離や背面の洗掘などの変状が発生しやすいことから、水抜きパイプの配置など、背面の排水処理に配慮する必要がある。

4.9 落石防護柵工の設計と留意点

落石防護柵工は代表的な落石防護工の一つで、従来型と高エネルギー吸収型に大別できるが、それぞれに複数の製品が存在し、製品毎に構造の詳細が異なる。設計方法はそれぞれの製品の設計マニュアルに準拠する必要がある。

（解説）

設計上の留意点を以下に記述する。設計方法の詳細は「日本道路協会（2017）：落石対策便覧」に詳述されている。

（a）期待される機能

- ①道路直前での落石の捕獲と道路の防護
- ②斜面途中での落石の捕獲

（b）採用を避ける条件

- ①許容される落石エネルギーを超える落石が想定される場合
- ②アンカーボルトの設置が可能な地盤がない場合（アンカーボルトが必要な種類の場合）

（c）設計上で考慮する必要がある事項

①落石エネルギーの推定

想定する落石の衝突時のエネルギーを算定する必要がある。

②落石の軌道の推定と防護柵の高さとの照合

落石の軌道を推定するためにモンテカルロ方式等による落石シミュレーションを実施し、計画位置と防護柵の高さが適切であるかの照査を行う。

③地震時の検討の必要性

日本では地震の影響も考慮した設計を実施するが、対象国においてその検討が必要であるかを事前に確認する必要がある。

出典：

日本道路協会（2017）：落石対策便覧

4.10 落石防護網工の設計と留意点

落石防護網工はポケット式と覆式の2つのタイプが存在し、前者は落石防護工に、後者は落石予防工に分類される。両者ともに縦ロープと横ロープを一定間隔で配置し金網と併せて防護する。それぞれについて従来型と高エネルギー吸収型が存在するが、複数の製品が存在し、製品毎に構造の詳細が異なる。設計方法はそれぞれの製品の設計マニュアルに準拠する必要がある。

（解説）

設計上の留意点を以下に記述する。設計方法の詳細は「日本道路協会（2017）：落石対策便覧」に詳述されている。

（a）期待される機能

- ①斜面上方からの落石の取り込み（ポケット式）
- ②落石エネルギーの吸収（ポケット式）
- ③落石を金網と地山との間に誘導する（ポケット式）
- ④落石発生の恐れのある斜面全面を覆い、落石の発生を抑える（覆式）

（b）採用を避ける条件

- ①許容される落石エネルギーを超える落石が想定される場合（ポケット式）
- ②発生源の浮石や転石が巨大で、その滑動を押さえることができない場合（覆式）
- ③酸性土壌や塩害の影響でワイヤの早期腐食が強く懸念される場合（覆式）
- ④アンカーの設置が可能な地盤がない場合（ポケット式、覆式）
- ⑤支柱設置位置での斜面の小規模崩壊が多い斜面（上部斜面の崩壊によるが支柱の損傷などが機能面や維持管理の課題となる）。
- ⑥豪雪地帯で雪荷重が施設の変状につながる危険性がある場合。

（c）設計上で考慮する必要がある事項

①落石エネルギーの推定(ポケット式)

想定する落石の衝突時のエネルギーを算定する必要がある。

②落石の軌道の推定と防護柵の高さとの照合(ポケット式)

モンテカルロ方式等による落石シミュレーションを実施し、落石の軌道を推定するとともに、計画位置とポケットの高さが適切であるかの照査を行う。

③地震時の検討の必要性(ポケット式)

ポケット式の場合、日本では地震の影響も考慮した設計を実施するが、対象国においてその検討が必要であるかを事前に確認する必要がある。

④上部支柱位置やアンカーボルト位置での斜面変状の危険性評価

特にポケット式の場合、支柱位置やアンカーボルト位置での小崩壊等が発生すると落石防護網工の機能が低下又は消失するため、斜面変状の危険性評価が必要である。小崩壊等が懸念される場合はそこの別の斜面对策の検討も行う必要がある。

出典：

日本道路協会（2017）：落石対策便覧

4.11 ロープ掛工・ロープ伏工の設計と留意点

ロープ掛工・ロープ伏工は落石予防工の代表的な工法である。両者は基本的な材料と構成が同じであり、基本的な設計方法も同じである。一般的には対象とする浮石や転石が1個程度なども含めて少ない場合をロープ掛工と表現し、対象とする浮石・転石等の分布範囲が広い場合をロープ伏工と表現する。

（解説）

設計上の留意点を以下に記述する。設計方法の詳細は「日本道路協会（2017）：落石対策便覧」に詳述されている。

（a）期待される機能

- ①斜面に散在する浮石や転石が滑動しないように固定する。
- ②ワイヤの間隔を変更することで比較的小規模な浮石・転石を固定できる。
- ③浮石や転石が巨大な場合や、土地の制約上等で斜面上に固定しなければならない場合

（b）採用を避ける条件

- ①アンカーボルトの設置が可能な地盤がない場合
- ②ワイヤやアンカーボルトの許容力を超える巨大な浮石や転石を対象とする場合
巨大な岩盤崩落が想定される場合も採用を避けるべきである。
- ③酸性土壌や塩害の影響でワイヤの早期腐食が強く懸念される場合

（c）設計上で考慮する必要がある事項

①ワイヤロープ間からの転石の抜けだし

現地の浮石や転石の大きさ等の情報を調べ、隙間から転石が抜け出さないようにワイヤ間隔を設定する必要がある。

②アンカーボルトの形状と寸法

地質状況に応じて適切な形状と寸法を選定する。

出典：

日本道路協会（2017）：落石対策便覧

4.12 押え盛土、頭部排土の設計と留意点（のり面内のすべりを想定）

切土のり面で施工中又は施工後に崩壊性のすべりが発生した場合の対策として実施されることの多い脚部の押え盛土と頭部排土の設計と留意点を説明する。

（解説）

切土のり面で施工中又は施工後に、崩壊性のすべりが発生した場合に実施する押え盛土と頭部排土の設計上の留意点を説明する。

（a）期待される機能

- ①脚部の安定化と滑動に対する抵抗の増加によるのり面の安定化（押え盛土）
- ②滑動力の低減によるのり面の安定化（頭部排土）
- ③抑止工を採用する場合の必要抑止力の低減（頭部排土）

(b) 採用を避ける条件**① 主なすべり面形状が平面の場合の頭部排土工**

層理面上のすべりなど、主なすべり面形状が平面形の場合は頭部排土の効果がほとんどない。しかし、別途に抑止工を施工するにあたって、移動土塊の滑動力を低減して必要抑止力を低減する効果はある。

② 後背斜面が地すべり地形となっている場合の頭部排土

採用する場合は、頭部排土が後背斜面の地すべり地形の安定に与える影響を検討しなければならない。これは、後背斜面にとっては脚部の排土となるためである。

③ 後背斜面に比較的新しい段差地形がある場合の頭部排土

段差地形の分布や連続性を調べると共に、断面上での位置と断面図上での影響範囲を推定し、頭部排土によって段差地形を頭部とする新たなすべりが発生する危険性を評価する。

(c) 設計上で考慮する必要がある事項**① 素因としての地質構造の把握**

施工中や施工後ののり面に崩壊性のすべりが発生する場合の誘因は、応力解放による地盤強度の低下や豪雨による地下水の過剰供給などが考えられる。一方、設計上では素因としての地質構造の把握が重要である。

例えば、層理面に沿った滑動と急傾斜の層理面や節理面でのトップリング¹⁶では、押え盛土や頭部排土の効果の算定方法が異なる。図 4-2(a)のように地質構造に規制されない円弧すべりの場合は切土によって土塊の滑動力とせん断抵抗とのバランスが崩れたもので、抵抗を加える押さえ盛土と滑動力を減じる頭部排土の両方に大きな効果が期待できるが、図 4-2 (b)のように層理面に沿った滑動である場合は抵抗を加える押さえ盛土は効果を発揮するが、滑動力を減じる頭部排土は大きな効果が期待できない。図 4-2 (c)のような切土に伴う応力解放でトップリングが発生した場合も末端での押さえ盛土は効果的であるが、頭部排土の効果は大きくない。

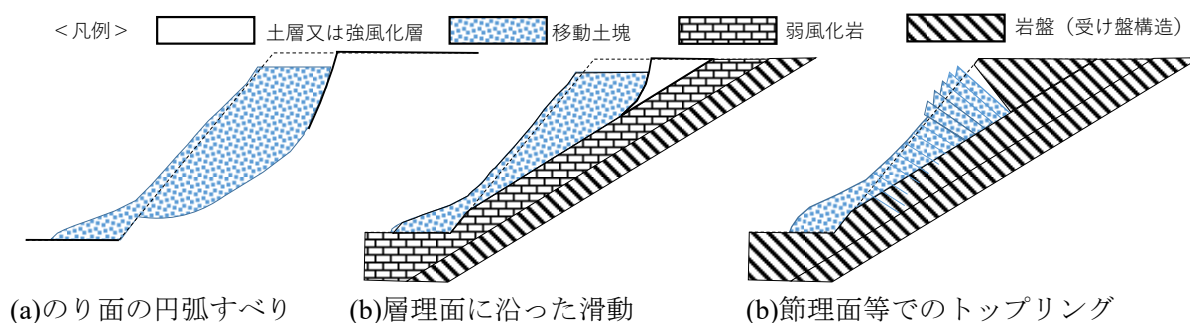


図 4-2 地質構造の違いによるのり面崩壊の破壊機構の違い

(JICA 調査団)

② 頭部排土後の後背斜面の安定性の検討

後背斜面での地すべり地形や段差亀裂の有無にかかわらず、頭部排土後の後背斜面の安定性評価が必要である。

¹⁶ トップリングは岩盤が節理面などの弱面で分離し斜面下方に倒れ込む斜面の変動現象である。高角度の節理面や層理面をもつ岩盤で発生することが多い。

③押え盛土の最終処理方法の検討

押え盛土は、応急対策として短期的な安定確保のために実施されることも多いが、これを恒久対策として実施する場合は法尻の安定化のための土留工や擁壁工を併用する必要がある。

4.13 道路線形設計における配慮(再滑動型地すべりが想定されるケース)

地すべり地形や再滑動型地すべりが存在する場合は、それを避ける道路線形とすることを基本とする。避けられない場合は、道路開発による地すべりへの影響を最小限とし、地すべり活動が道路に及ぼす影響も最小限とする道路線形を検討する。

(解説)

道路線形設計において配慮する必要がある事項を以下に示す。

(a) 地すべり地形(休眠中の再滑動型地すべり)への配慮

道路開発に伴い地すべり地形の末端付近を開削したために、休眠していた地すべり地形が滑動を開始する事例は、国内外で数多く発生している。長さや幅が共に 1km 以上となる大規模な地すべり地形も末端部の少しの開削で活動を再開することがある。平面線形あるいは縦断線形を工夫することにより地すべり地形を回避する道路線形を検討することが基本であるが、それを避けられない場合は以下のような検討が必要である。

- ①地すべり活動への影響度が少ない中央部を横断する道路線形とする。詳細は(c)を参照のこと。
- ②地すべり頭部に道路を計画する場合は、軽量盛土等を採用して地すべりの頭部載荷を最小限にすると共に地すべりへの影響度合いを斜面安定解析式などで検討する必要がある。
- ③道路に対する地すべりの影響が小規模である等、斜面崩壊対策で対応が可能な場合がある。

(b) 滑動中の再滑動型地すべりへの配慮

再滑動型地すべりを抑止するための対策には高額な費用が必要になることから、滑動中の地すべりを回避する道路線形を検討することが基本である。道路線形設計では橋梁やトンネルによる迂回路も含めて検討する必要がある。

小規模な再滑動型地すべりの場合は、地すべりを抑止するための費用と迂回策による費用を比較検討し、安価な方法を選択する方法もある。

(c) 滑動中の地すべり地に道路を配置する必要がある場合の配慮

滑動中の大規模な地すべり地をさけられない場合は、地すべり活動の影響と、道路開発が地すべりに与える影響の両方が最も少ない道路線形を検討する必要がある。

図 4-3 の Route A のように地すべり頭部に配置すると、地すべり活動による地盤の沈下が大きく道路の段差亀裂が徐々に拡大し、所定の道路勾配を維持できなくなる可能性がある。Route C のように地すべり末端に配置すると、道路土工により地すべりを活発化させる可能性が高くなる。

どうしても滑動中地すべり地を回避することができない場合は Route B のように地すべりの中央部分を横断するように道路を配置すると、地すべり活動に伴う道路の横ずれが発生し、定期的なメンテナンスが必要となるものの、車両の通行の障害となるような段差などは、Route A や Route C と比較して発生し難い。

Route B を採用する場合でも地すべりの年間移動量が道路メンテナンス上で許容できる範囲である必要がある。移動量がそれを超える場合は集水井工などの地下水排除工により地すべりを鎮静化させる必要がある。

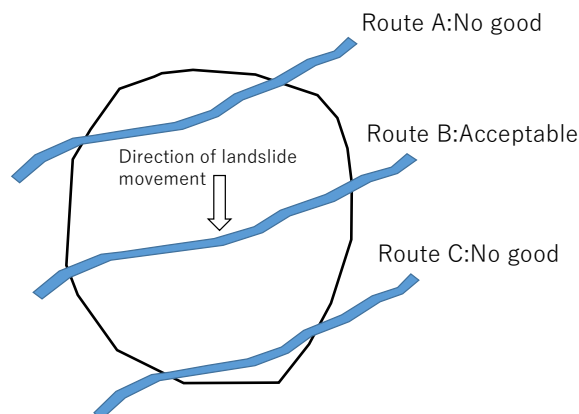


図 4-3 滑動中の大規模な地すべり地での道路線形の適否

(JICA 調査団)

4.14 ライフサイクルコストの考慮

斜面对策は初期コストのみでなく、維持管理に関する費用や能力、更新サイクルを考慮して選定する必要がある。

(解説)

この項では斜面对策工の維持管理とそれに必要な機材等について説明する。準備調査においては、現地の技術、資機材で維持管理が可能であることを確認して斜面对策工法を選定することが基本であるが、求める性能の確保と現地の地形地質状況を踏まえて選定した工法について、その維持管理方法が特殊であり、現地で調達可能な維持管理機材では不十分な場合は、これらの維持管理を実施するための簡易なマニュアル整備と訓練が必要なことが多い。

このような場合は、入札時の要求事項や仕様書に記載し、事業の枠の中で調達する。訓練に関してはソフトコンポーネントでの技術移転を JICA に提案する。

(a) 斜面对策工の維持管理と必要な機材

斜面对策工の維持管理の内容とそれに必要な機材を以下に示す。この中で特にグラウンドアンカー工は施工後に緊張力が増減することと、過緊張による頭部の破断が道路利用者の被災リスクとなることから、定期的なメンテナンスが必要となる。

表 4-8 斜面对策工の主な維持管理の内容

(JICA 調査団)

No	斜面对策工	維持管理の内容と必要な機材
1	地下水排除工（水抜きポーリングなど）	・地下水中の鉄/バクテリアによるスライムの発生や藻類の発生などにより集水管に目詰りが発生しやすい。高圧洗浄装置を用いた孔内洗浄を数年に1回程度実施する必要がある。 ・孔内洗浄などは特殊な機材が必要。
2	植生工	・導入した植生の生育に問題がある場合は、異なる植生に変更するなどの維持管理が必要である。
3	モルタル・コンクリート吹付工	・ひび割れや背面の空洞の発生状況を定期的に点検し、異常があれば補修・補強が必要である。 ・背面空洞の重点やひび割れ補修などに特殊な機材が必要。
4	のり枠工	・ひび割れや背面の空洞の発生状況を定期的に点検し、異常があれば補修・補強が必要である。 ・背面空洞の重点やひび割れ補修などに特殊な機材が必要。
5	グラウンドアンカー工	・頭部の腐食が発生しやすい工種であるため定期点検を実施し、防錆油の補充等を実施する。 ・緊張荷重の低下や過緊張が発生しやすいので定期的に点検を行い。必要に応じて現在の緊張荷重を確認するリストオフ試験を実施し、再緊張を行うなどのメンテナンスが必要である。過緊張によってアンカー頭部が飛び出す事故が発生する危険性がある。 ・防錆油の再充填やリストオフ試験、再緊張に特殊な機材が必要。
6	地山補強土工	・頭部の腐食や変状の点検が必要。ワイヤ連結型はワイヤの腐食等の点検も必要。
7	ロープ掛工・ロープ伏工	・ワイヤの腐食、アンカーボルトの健全度等の点検が必要。
8	落石防護柵工	・鋼材の腐食や変形等の点検が必要で、背面に土砂が堆積している場合は定期的な土砂排出も必要。
9	落石防護網工	・鋼材の腐食や変形、アンカーボルトの健全度等の点検が必要で、背面に土砂が堆積している場合は定期的な土砂排出も必要。

(b) 設置場所の自然環境を考慮した工種や材料の選定

斜面对策工は同じ工種でも素材や構造の違いにより複数の製品が存在する。例えば、グラウンドアンカー工も酸性土壌に対応するために鋼材やセメント系のグラウトを用いない製品もある。酸性土壌や塩害など、斜面对策工に悪影響を与える環境であれば、その環境に適した製品（耐腐食性の高い材料など）を選定する必要がある。

(c) 対象国の維持管理能力と関連産業の整備状況を考慮した工種の選定

斜面对策工の維持管理を継続的に実施するためには、維持管理の各業務を実践する業者の他に、維持管理に必要な機器をメンテナンスする業者も必要となる。

準備調査の段階で、対象国が必要な維持管理技術を有しているか否かだけでなく、相手国政府や実施機関が必要な維持管理を行う予算措置をする能力と意志があるか否かも調査し、その結果を対策工の選定に反映すること。

表 4-9 斜面对策工の維持管理に必要な関連産業

(JICA 調査団)

No	斜面对策工	維持管理の内容と必要な機材
1	地下水排除工（水抜きボーリングなど）	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高圧洗浄業者、高圧洗浄機器のメンテナンス業者
2	モルタル・コンクリート吹付工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高所の劣化部分を補修・補強する業者
3	のり枠工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高所の劣化部分を補修・補強する業者
4	グラウンドアンカー工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、再緊張やリフトオフ試験を実施する業者、再緊張やリフトオフ試験に使う機器をメンテナンスする業者
5	地山補強土工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、頭部の腐食・劣化部材等を交換する施工業者
6	ロープ掛工・ロープ伏工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高所の腐食・劣化部材等を交換する施工業者
7	落石防護柵工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高所の腐食・劣化部材等を交換する施工業者
8	落石防護網工	点検・詳細調査を行うコンサルタント、高所の腐食・劣化部材等を交換する施工業者

注) 工種によっては点検・詳細調査のために高所作業や部材の取り外し、載荷作業、打音検査など特殊な技術が必要とする場合がある。
また、斜面对策工の変状が単なる部材の劣化によるものか、斜面変動による影響かを評価する必要もある。これらの理由から点検・詳細調査はコンサルタント等の専門家による実施が望ましい。巡回などの日常点検は通常の道路施設管理の中で実施することを前提としている。

4.15 斜面災害発生に補助的な対策として利用できる工法

道路周辺の斜面災害に対応するために利用できるその他の工法については、その機能や費用面、現地適用性等を考慮した上で利用する。

(解説)

主要な斜面对策工ではないが、道路での斜面災害発生時の対策として利用できる工法の例を以下に挙げる。

表 4-10 斜面災害発生に補助的な対策として利用できる工法の例

(JICA 調査団)

工法	特徴	斜面災害発生時の利用方法の例
軽量盛土工法	人工的な軽量素材を用いた盛土で、道路盛土としても多用されている。気泡コンクリートを用いる方法と発砲ウレタンや発泡スチロールなどの発泡プラスチックを用いる方法がある。軽量素材を現地で製作する気泡コンクリート製が海外事業に適している。	道路面の崩壊対応で、道路の下部斜面に不安定な土塊が存在する場合の道路補修などに利用できる。
補強盛土工法	内部に補強材を配置した盛土でいろいろな種類の工法が存在する。盛土そのものの強度を確保する機能の他、擁壁的な効果により斜面を安定化する機能も有する。	道路面の崩壊対応で、補強盛土による擁壁効果を期待した斜面安定化を実現することができる。
連続杭による抑止杭	大孔径の鋼管杭を、それ自体を足場としながら連続的に打設する工法。	大がかりな仮設設備の設置や重機の搬入が困難な斜面において、斜面災害に対する抑止杭を迅速に施工することができる。

第5章 海外における特殊事例

5.1 特殊土・岩盤が分布する事例(ジョージア・東西道路)

計画・設計変更の場合、変更案の対象箇所及び周辺地域の地形・地質調査を実施し、懸念されるリスクを関係者と共有する。対象国が、当該リスクに関する知識や技術、経験等を十分持っていない場合、他国の事例などを活用し、関係者に対して注意喚起を行う。

(解説)

ジョージア「東西ハイウェイ」は円借款による大規模事業であるが、施工中に問題地質であるマール（泥灰岩／泥灰土）の存在が判明した。当初は、切土勾配を緩勾配化して施工したが、それでも大規模な斜面崩壊が発生し、追加の対策工の実施（コンクリート法枠＋鉄筋挿入工、局所的な緩勾配化と排土工）が実施された。

JICAによる準備調査時には、長大切土は計画されていなかった。詳細設計までの間に途上国政府により線形が変更され、長大切土が計画された。地山は問題地質のマールであったが、ジョージアにはマールの長大切土の経験がなく、その危険性に対する認識は低かった。

本邦コンサルタントと本邦コントラクターは、地質専門業者による調査を受けて、抑止杭工を含む抜本的な対策を提案した。しかし、コスト面の折り合いが付かず、認められなかった。設計変更として認められたのは、吹付法枠と鉄筋挿入工、一部のり面の緩勾配化（排土を兼ねる）であった。この緩勾配化は、用地の制約から不十分な対策となった。また、緑化のり面保護以外に対策は講じられなかった。

本邦コントラクターは、上記の経緯から当然ながら想定されうるリスクを回避するため、契約条項に基づき、上記の設計変更を請け負わなかった。不十分な対策の実施は第三国の業者が受注した。しかし、本邦技術である吹付法枠ではなく、現場打ちコンクリート法枠を施工した。雨期に再活動したのり面崩壊により、現場打ちコンクリート法枠には変状が発生した。

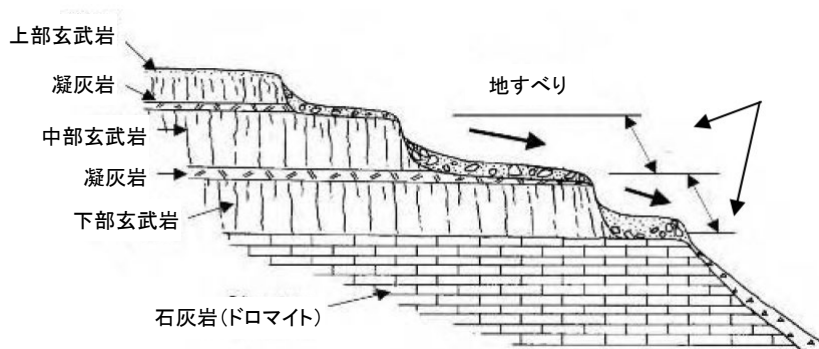
マールはヨーロッパや地中海沿岸地域に分布し、土木地質的な問題が発生している。アルジェリアの地中海沿岸部にも、なだらかな起伏の丘陵地にマールが分布しており、切土を伴う道路建設に対する悪条件となっている。中東地域ではマールの膨潤による建設物の破壊がしばしば問題となっている。

5.2 特殊土・岩盤が分布する事例(エチオピア・アバイ渓谷)

硬軟の互層、凝灰岩・泥質岩の風化物混合地層については、再滑動型地すべりリスクが高いため、十分に注意する。

(解説)

エチオピア国アバイ渓谷の上部の地質は、古第三紀の玄武岩と凝灰岩類との互層からなる。下図のように、ゴハチオン側では、玄武岩からなる急崖が三層ほど階段状に現れており、その層準は対岸のデジェン側と相対している。しかし、ゴハチオン側では玄武岩が切り立った急崖を形成しているのに対して、デジェン側ではその玄武岩崖が風化侵食を受け、丸みを帯びた露頭として衛星写真により確認することができる。玄武岩と凝灰岩類との互層の下層には、中生代ジュラ紀の石灰岩（標高 2,000m くらいから 1,800m 付近まで）、頁岩、石膏（1,800m から 1,400m）砂岩、ドロマイト（標高 1,400m から 1,000m の河床付近）の層がアバイ川河床まで続いている。



玄武岩：古第三紀～第三紀、石灰岩：ジュラ紀

図 5-1 アバイ渓谷の地形及び地質断面図

(出典：エチオピア国アバイ渓谷地すべり対策プロジェクト準備調査報告書(2009年、JICA))

アバイ川渓谷のゴハチオン側斜面の標高 2,000m から 2,500m の区間は、玄武岩と凝灰岩の互層からなる急崖が階段状に連続している。この区間の道路の取り付けは、それらの階段状のテラスに堆積した不安定な地すべり地の上を通過せざるを得ず、またその迂回路の建設も困難を極める。

これらの地形的な要因から、この区間での地すべりの発生は道路交通に与える影響が極めて高く、通行止めが発生しても、速やかに代替路を確保できない区間が多い。特に、急な法面とそれに連なる崩壊地からなる不安定な斜面から、一度に 1 万 ha 以上の崩土が出ることも予測され。その土砂によって道路が閉塞されれば、数週間の交通遮断が余儀なくされる。

雨季には地すべり頭部にあたる道路において、毎年 1～2m 程度の沈下が観測される区間もある。地すべり中央部の土砂の移動、末端部の活発な土砂の崩落状況から、今後この 1～2m 程度の沈下にとどまることなく、道路補修が短時間で出来ないほどの沈下量を示す、あるいはほとんど修復不可能な移動量を示す可能性も十分に考えられる。

出典：エチオピア国アバイ渓谷地すべり対策プロジェクト準備調査報告書（2009年、JICA）

5.3 急斜面の崩壊性岩盤の事例(キルギス・ビシュケシュ～オシュ間)

地質そのものは特殊ではなくても、急傾斜斜面、長大斜面、風化、亀裂の発達、地山の緩み等が組み合わさることで、対策工での対処が非現実的となる危険区間を構成することがある。

現地のハザードの特徴・特性と想定される被害、及びそれを抑止する対策工の規模・コスト・メンテナンス等を見極め、必要な場合はルート変更や、トンネルや橋梁による回避を提案する必要がある。

(解説)

キルギス国のビシュケシュ～オシュ間を結ぶ幹線道路は、峠越えの未舗装区間があり、さらに落石や雪崩に悩まされていた。同区間に対しては ADB との協調融資による円借款事業「ビシュケク-オシュ道路改修事業(1)(2)」が実施されたが、工事中に落石や雪崩が多発した。

同道路には、カラバルタ (Kara-Balta) 川の屈曲する流路に沿った狭隘な V 字型溪谷を通る区間があり、節理の発達した風化岩盤が急傾斜斜面を形成し、落石や崩壊が頻発していた。ナルイン (Naryn) 川沿いの急峻な溪谷沿いの区間では、切土のり面や自然斜面に風化した花崗岩が分布し、落石が頻発していた。またナルイン (Naryn) 川沿いの結晶質ドロマイトや石灰岩の分布域では、大規模な岩盤崩壊が予想されていた。さらに、またキルギスには地震も多く、雪崩と共に落石や斜面崩壊の誘因を成している。

同区間を対象として、円借款事業「国際幹線道路改善事業」が計画され、その一部として本邦技術を活用した落石対策工の導入が予定されていた。しかし、準備調査を通じてコンサルタントが調査した結果、事業対象として予想された 5 か所の落石サイトの内、2 か所は落石対策工では対処できない規模の落石や岩盤崩壊が予想された。そのため、トンネルを用いて落石や岩盤崩壊のリスクを回避することとした。

出典：

キルギス共和国 ビシュケク-オシュ間道路改修計画調査事前調査予備調査報告書 (1995 年、JICA)

キルギス共和国 ビシュケク-オシュ道路改修事業 I, II 時魚評価報告書 (2008 年、JICA)

キルギス国 国際幹線道路改善事業準備調査 ファイナル・レポート (2014 年、JICA)

第6章 入札図書作成のための斜面对策の施工計画・積算

6.1 無償資金協力事業における施工計画の留意点

斜面对策工の施工計画は基本的に日本と同じであるが、調達・安全・工程管理など無償資金協力事業の特性を考慮した施工計画を作成する必要がある。

(解説)

(a) 施工計画・積算の重要性

無償資金協力では、協力準備調査の積算が事業費算定で参照され、閣議決定額および E/N（交換公文）に贈与限度額として示され、相当な事情がない限り追加贈与を受けることは困難である。協力準備調査段階での設計・積算の精度を上げ、予期せぬ事象に対するリスクを適切に反映する必要がある。

また、現地における吹付けプラント等の条件、試験方法、材料調達、施工手順、仮設方法、現場内運搬方法、仮設道路、急斜面上で施工できる無人重機などの計画・積算を可能な限り実態に近づけ、作業の抜け落ち等のないように注意する。

JICA に提出する資料では、積算の前提や根拠を明確とし、調査で明確とならなかった条件に関しては仮定条件として明示するなどして、可能な限り曖昧さを残さないように努める。

(b) 施工条件の明示

発注仕様書における、応札者の合理的積算に資するための施工条件を明示する。応札者による工事費の算定（応札額の算定）に、実質的に影響を与える条件については、できるかぎり明示する必要がある。その詳細については「国際協力機構（2018）：無償資金協力（施設・機材等調達方式）における設計変更について」を参照のこと。

(c) 斜面对策工事の施工計画

協力準備調査設計・積算マニュアル[34]、および補完編(土木分野)[35]の内容を踏まえた上で、斜面对策工事については設計の内容と現場の状況と差異がないかを確認し、その上で効率的、経済的、かつ安全に施工するための手順や方法を考えることが必要である。

施工計画で検討する主な項目は、以下のとおりである。

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

狭い山間地で実施されるため、施工時の一般交通の確保、資材の搬入ルートの確保、労働安全の確保などは特に重要である。

また、内陸国の斜面对策工事における施工計画において、周辺国の港を利用する資機材の輸入や税関処理、又は周辺国の道路を利用する輸送計画等、十分な調査が実施できず不確定要素を含む場合には、仮定条件を置いてその条件を明示し、その仮定条件を積算に反映させる。さらに、施工計画において、相手国の工事標準仕様書の内容が反映されていないことがあるので、工事標準仕様書と施工計画の内容の整合を確認する。

表 6-1 施工計画策定時の主な留意事項

(JICA 調査団)

項目	内容
施工方法	対象斜面の地山状況 ・斜面の凹凸状況 ・地表水・湧水 ・斜面勾配 施工場所の状況 ・機械設置箇所の広さ、施工箇所までの距離 ・搬入路の交通量 ・道路幅員 斜面上への資機材搬入方法 ・クレーン、索道、モノレール等 通行止めの要否 ・迂回路計画 ・仮設切り回し道路計画 ・夜間工事の実施 交通確保のための片側交互通行 これらに必要な交通管理と安全対策
仮設計画	碎石、コンクリートプラント、吹付けプラント等を設置する場合 ・設置候補地 ・環境ライセンスの取得の必要性 仮設道路計画 仮設足場計画（丸太、単管、H型鋼作業構台、吊り足場等） 仮設防護柵（道路への資機材の落下、落石等を防ぐもの）
調達計画	第三国調達となる資機材の輸送計画と輸送に必要な日数 大型機材の輸送が必要な場合の運搬路計画 土取り場、砂取り場、採石場、および運搬計画 セメントの調達計画 細骨材、粗骨材等の材料調達方法 動力、工事用水の入手方法
環境(廃棄物)	残土の仮置および処分計画 特殊土および問題土(ブラックコットンソイル等)の仮置および処分計画

(d) 仮設計画や安全管理に関する施工計画の重要性

斜面对策工を施工するためには仮設道路、仮設構台、仮設モノレール、索道、仮設足場などが必要となる。これらの仮設計画を明確にすることで、積算の精度が向上する。道路通行止めに伴

う回路や片側交互通行に必要な経費、急斜面上での無人化施工なども積算に影響するため施工計画で明確にする必要がある。

(e) 調達管理

現地で調達が可能、或いは日本からの輸入が可能な材料や、本邦企業の技術を用いて現地で実施可能な工法を使用することが重要である。

また、一社入札等を回避し、適切な調達を行う必要がある。特命随契が許されるような特殊な場合を除いては、できるだけ調達業者が限定される工法を採用しないことや、技術仕様書において業者が限定される記述をしないことなどが挙げられる。

出典

国際協力機構（2018）：無償資金協力（施設・機材等調達方式）における設計変更について

6.2 無償資金協力事業における積算の留意点

無償資金協力に係る一連の業務を実施する中における「積算」は、調査・設計結果に基づき、それらと整合した施工条件（時期・位置・自然条件・社会条件等）、施工に必要な諸機材、工事の標準的な施工方法・工程と事業費を構成する各費目を定め、その費用を算出することである。特に斜面对策工事の積算に当たっては、

- ・ 現場の状況、機材調達の実態、材料調達の条件等を反映した施工計画によって、可能な限り現実的で安全や品質が確保できる積算を実施すること
 - ・ 不確実性やリスク、想定した仮定条件を明確に示すこと
- によって、入札時の積算条件に曖昧さを残さないように努めることが重要である。

（解説）

(a) 準拠する国内の積算基準の課題

「国際協力機構（2019）：協力準備調査 設計・積算マニュアル補完編（土木分野）」には、準拠する日本国内の積算基準が工事種毎に記載されている。ここで土木分野全般に適用できるとされている国土交通省土木工事標準積算基準は、近年、施工パッケージ型積算方式に移行しつつあるが、この方式は本ハンドブック執筆時点において、無償資金協力事業では使われていない。これは、施工パッケージ型積算が国内の単価（労務・資材・機械等）を基に標準単価を設定しているのに対して、現地国の単価に変更することが困難であること、および、JICA 積算マニュアルに規定されている地域別の補正係数が適用できない等の理由による。施工パッケージ型積算方式ができない場合には、施工パッケージ型に移行する前の積算基準を用いる必要がある。

なお、施工パッケージ型積算方式のみならず、無償資金協力の積算の考え方は、積算をめぐる情勢によりアップデートが行われており、案件受注時に JICA HP など最新情報を確認されたい。

(b) 無償資金協力事業における斜面对策工事の積算

無償資金協力の建設事業の工事は、一般に調査から工事に至るまで長期間を要し、施工条件も過酷であることから、様々な困難を伴うことがある。このような背景を踏まえ、適切な積算を実施するために表 6.2 に示す基本事項を明確にする。この項目には、設計に必要な項目も含まれるので、設計条件調査と調整のうえ効率的な調査を行う。

前述のように、積算時に明確にすることが困難であった不確定要素については、仮定条件を置いて積算し、変動リスクの折込みと仮定条件の明示を行う。

表 6-2 積算に必要な基本事項（積算にあたっての参考資料）

(出典：協力準備調査 設計・積算マニュアル(試行版) 2009年3月)

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

斜面对策工事の積算に際しては、施工方法、材料の調達方法、材料の製造方法、および品質管理の条件を明確にし、積算に的確に反映する。なお、労働安全衛生に関し、実施国の基準に基づく十分な安全衛生水準が確保できない場合には、日本の労働安全衛生基準に基づいて積算し、その旨を仕様書に明記する。特に共通仮設費については、共通仮設費率によって算定されるが、共通仮設費率に含まれるものと含まれないものが混在している。このため、適切な積算を実施するために表 6.3 に示す共通仮設費の項目について JICA と協議の上で積み上げが必要なものは積算に反映させる。

表 6-3 斜面对策工事の積算方法に反映させる特別な共通仮設費項目（例）

(JICA 調査団)

項目	積み上げが必要な項目
プラント	骨材プラント、モルタル/コンクリートプラント等を設置する場合の環境ライセンスの取得費用(現地政府協議)
技術管理費	鉄筋挿入工確認試験 グラウンドアンカー工確認試験

様々な事由により、斜面对策工の工事費積算に必要とされる全ての調査が、協力準備調査完了時に完了していないことも想定される。特に、斜面での不安定な地層の厚さの分布や対策工の設計に必要な設計パラメータを求める調査が不足することが多いことから、それらの調査不足を考慮して資材を計上する必要がある。

また、グラウンドアンカー工など維持管理が必須の対策工もある。

従って、上記のような事情を考慮して、下表の項目を見積もりに計上する。

なお、協力準備調査時の詳細調査が明らかに不足するなど、概略設計段階で想定できなかった自然条件や現場条件等に起因する費用増が懸念される場合は、「予備的経費の支出等に係るガイドライン（国際協力機構、2015）」及び「予備的経費の運用手順等に係るマニュアル（国際協力機構、2016）」を参考として、予備的経費としての計上を検討する必要がある。

表 6-4 斜面对策工事の積算に反映させる項目やメンテナンス機材等（例）

(JICA 調査団)

項目	考慮が必要な項目
調査ボーリング関係消耗品	ケーシング(斜面変動によるジャミング等による回収不能を考慮)、削孔ビット(想定と異なる地質や異常摩耗に対応)、インナーロッド(想定と異なる硬質の地盤掘削による破損を考慮)
グラウンドアンカー工/鉄筋挿入工	アンカー材や鉄筋の長さや設計パラメータ(周面摩擦抵抗)の根拠を検証する必要がある。これらは掘削長にも影響する。また、設計の根拠となる不安定土塊の深度の推定誤差は崩壊等の平面的な大きさの推定にも影響する。 想定する不安定土塊の深度は、調査ボーリング等を行ったうえで推定するが、その際には、データを検証し、想定しうるリスクを評価したうえで推定値を求め、これによって、アンカー材等の長さ・必要本数を算出する。加えて、そこで想定した範囲等の根拠を明示する必要がある。
メンテナンス機器	アンカー工の再緊張機材、リフトオフ試験機材、アンカー荷重モニタリングシステム、排水横ボーリング孔内洗浄機材

積算の手法については、協力準備調査設計・積算マニュアル補完編（土木分野）（国際協力機構、2019）を参考とし、原則として被援助国公的機関に積算基準等がある場合は、その合理性を確認の上、発注者の指示に基づき、使用する。ただし、積算基準が定められていない場合が多いので、この場合は日本国内で公表されている積算基準等に準拠するものとし、準拠した積算基準等を明確に提示する。

(c) 主要工種と単価合意

単価合意を行う対象工種の範囲は、国土交通省の総価契約単価合意方式を参考に、発注者がコンサルタントの協力を得て決定する。

なお、単価合意方式には、単価を細別単位などの個別に合意する単価個別合意方式と、単価を包括的に一律に合意する包括的単価個別合意方式がある。

入札図書で数量が提示される工種のレベルは、国土交通省新土木工事積算体系の工事工種体系ツリー（国土交通省、2021）におけるレベル4「細別」を目安に設定する。レベル4「細別」は、単位とともに契約数量を表示するレベルであり、入札図書の参考資料として配布する「金額抜き設計数量内訳書」にて提示されることから、項目の選定時には抜け落ち等がないよう細心の注意を払う。

表 6-5 体系階層（レベル）の定義

(出典：国土交通省工事工種体系ツリー 令和3年度改訂版)

レベル	名称	内容	補足説明	備考(例)
レベル0	事業区分	予算制度上および事業執行上の区分を中心とした区分	工事数量総括表には表示されない。発注時の支出予算科目を示す	河川改修 道路新設・改築
レベル1	工事区分	工事発注ロットおよび発注者を考慮してレベル0を分割したものの	通常、1件の工事として発注される区分	築堤・護岸 道路改良
レベル2	工種	レベル1を構成する要素のうちで、一定の構造を持つ部位を施工するための一連作業の総称	複数の工事区分で共通に行われる工種については、主体となる工事区分で体系化している	法面工 地盤改良工 擁壁工
レベル3	種別	体系全体の見通しをよくするため、レベル2とレベル4をつなぐレベル区分	工種によっては、表示しない場合もある。また、可能な限り、施工順序に従った構成とする	作業土工 場所打擁壁工
レベル4	細別	工事を構成する基本的な単位目的物もしくは単位仮設物であって、単位とともに契約数量を表示するレベル	検収対象となる単位目的物と検収対象とならない単位仮設物がある。積算・見積り時にはこのレベル項目が価格算出の基本となる	コンクリート鉄筋
レベル5	規格	レベル4を構成する材料等の客観的な材質・規格ならびに契約上明示する条件等	レベル4に付随して表示するレベルで、総括表では原則としてレベル4と同行に記述されるレベル	24-8-25-N (コンクリートの規格)
レベル6	積算要素	レベル4の価格算定上の構成要素であって、基本的には契約上明示しないもの	費用構成としての積算項目と、積算上の最小構成単位としての歩掛項目から構成されている	工区外への運搬費 【歩掛項目】ダンプトラック運搬

また、建設する構造物を構成する資材（燃料油を含む）のうち、価格の変動が円滑な工事の実施に大きく影響する「品目」を、「特定資材」として入札図書に定めることができる。

特定資材の当初価格は、業者契約書の定める契約金額の変更に際し、その基礎となる形で当事者を拘束する。したがってそのことを踏まえて当初価格を設定する必要がある。

特定資材となる品目の例として、以下のようなものがある。

表 6-6 斜面对策工事における特定資材（例）

(JICA 調査団)

資材	特定資材	特定資材となる理由
モルタル/コンクリート	セメント	<ul style="list-style-type: none"> セメント需給の変化による価格変動リスクがある。 品質の違いにより配合比が変わるためにその数量が大きく異なる可能性がある。
	モルタル用細骨材/ コンクリート用骨材	<ul style="list-style-type: none"> 現地購入、及び自社プラント製造の条件により合意単価が異なる。
その他	鋼材	<ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼需給の変化や為替変動等の価格変動リスクがある。

なお、単価合意、特定資材の詳細については、「予備的経費の運用手順等に係るマニュアル（国際協力機構、2016）」を参照すること。

出典

- 国際協力機構（2009）：協力準備調査 設計・積算マニュアル（土木分野）
- 国際協力機構（2015）：予備的経費の支出等に係るガイドライン
- 国際協力機構（2016）：予備的経費の運用手順等に係るマニュアル
- 国際協力機構（2019）：協力準備調査 設計・積算マニュアル補完編（土木分野）
- 国土交通省（2021）：令和3年度改訂版工事工種体系ツリー

第7章 技術仕様書の作成

詳細設計においては工事発注に必要な技術仕様書を作成する必要がある。斜面对策工の技術仕様は図面、設計内訳書、特記仕様書として整理する。特記仕様書には、コンサルタントが積算した際の施工条件を明示する。

（解説）

図面、設計内訳書、特記仕様書のそれぞれに記載する技術仕様の例を以下に示す。斜面对策工の施工は専門業者が対応するため、施工手順やボーリングマシンのスペックやモルタル吹付機のスペックなどを指定することはない。工事発注用の積算にあたっての参考資料として添付する場合がある。

表 7-1 図面として整備する主な技術仕様書の例

(JICA 調査団)

No	図面の種類	主な記載内容
1	位置図	施工場所を示す地図
2	工種配置図(平面図)	S-1/250~1/500の地形図に工種を配置し、各工種のスペックを記載
3	道路縦断面図	S-1/250~1/500の縦断面に工種を配置し、各工種のスペックを記載
4	標準断面図(横断面図)	S-1/250~1/500の横断面に工種を配置し、各工種のスペックを記載。
5	断面図	S-1/250~1/500の横断面に工種を配置し、各工種のスペックを記載。 地形変換点などを考慮し、複数の横断位置での断面図を作成。
6	数量根拠図	土工や足場工などの数量の根拠を示す配置図を作成
7	法面工面積算定図	植生基材吹付工、のり砕工、モルタル・コンクリート吹付工などの必要数量の根拠を示す配置図面を作成
8	法面工等の展開図	モルタル吹付工や植生基材吹付工などの展開図
9	受圧板配置図	アンカー工受圧板の配置図(平面図、断面図、正面図)
10	アンカー工計画図	個々のアンカー工の掘削長と定着地盤の関係図を展開図、断面図、正面図として整理する。施工段毎に作成する。
11	対策工構造図	アンカー工、受圧板等の斜面对策工の各部材の構造図を工種毎に整備する。
12	横ボーリング工計画図	平面図、展開図、正面図、断面図として整理する
13	仮設工計画図	必要な仮設工について平面図、計画図、断面図として整理する。但し、仮設工を指定するものではない。
14	工事用道路計画図	工事用として必要な仮設道路の平面図、横断面図、縦断面図を整理する

表 7-2 実施工事の設計内訳書に記載する主な技術仕様の例

(JICA 調査団)

No	工種・種別	主な記載内容
1	道路土工	掘削量、積込み量、土砂等運搬量と運搬距離
2	法面整形工	地質区分毎の切土量
3	法面工(植生工、吹付工)	吹付面積、吹付厚、規格
4	法面工(アンカー工)	材料数量と規格、地質区分毎の掘削長、鋼材加工・組立・挿入・緊張・定着の数量、グラウト注入量・規格・必要強度、ボーリングマシン移設数量、足場数量
5	法面工(受圧板工)	透水シート敷設数量、据付数量、材料数量と規格
6	地下水排除工	掘削径、地質区分毎の掘削長、保孔管の規格と長さ、ボーリング仮設機材、孔口保護の長さ、
7	排水構造物工	作業土工数量、地質区分毎の床掘り体積・埋戻し体積、土砂運搬量と運搬距離

表 7-3 特記仕様書に記載する主な技術仕様の例

(JICA 調査団)

No	種別	主な記載内容
1	使用材料の品質規格等	レディーミクストコンクリート、鉄筋コンクリート、コンクリート舗装、石材類、鉄筋、植生工材料、その他の使用材料の品質規格を記載。
2	安全対策関係	交通誘導警備員、工事中の防護施設、発破作業等の制限、有毒ガス及び酸素欠乏等の対策
3	工事用道路対策関係	一般道路の搬入路、仮設道路の設置条件、
4	仮設関係	任意仮設や指定仮設の種別と数量
5	建設副産物関係	土取場場所と採取量、搬入・搬出する発生土の量と期間、土捨場の場所と捨土量、建設副産物の搬入場所、建設廃棄物の受け入れ場所
6	薬液注入関係	工法、材料種類、施工範囲、削孔長、注入量
7	その他の施工条件	工事敷地、敷地へのアクセス条件(交通規制の可否等)、土質条件等の施工条件、土質条件等設計・積算に使用した条件、すべての条件が確定していない(ジャストボーリングが整わず設計条件に一定の制約がある等)ことも実際にはあると考えられることから、その場合は積算上仮定した条件(設計条件の一部)を明示する。条件明示項目については、「無償資金協力(施設・機材等調達方式)における設計変更について(国際協力機構,2018)」の参考資料 2「施工条件の明示」が参考にできる。

出典：

国際協力機構（2018）：無償資金協力（施設・機材等調達方式）における設計変更について

第8章 欧州における斜面对策技術（付録）

当研究の一環として、フランス、スイス、イタリアの欧州三カ国の斜面对策技術の調査を行った。本章では、無償資金協力事業における斜面对策の幅を広げることを目的に、上記の調査を通じて取得した情報を共有するものである。なお、工法の特長上、特定の名称を文中で示しているが、これはその採用の是非を述べているものではない

無償資金協力事業の対象国のエンジニアの一部には、旧宗主国から教育を受けたり、支援を受けたりしている者も存在し、欧州の斜面对策に関して、我々日本人技術者よりも通じているケースも想定されうる。そのようなケースにおいて、相手の能力や理解の背景を見極めるに際して、本章で紹介する情報が役に立つことを期待する。

また、本邦技術の調達や実施が困難な国においては、あえて欧州の技術を活用するという方法もありうる。欧州の技術を取り込むことにより、無償資金協力事業の適応範囲がより拡大する可能性も秘めている。

8.1 標準切土勾配

官庁や機関によって切土勾配の目安が示された例はあるものの、我が国で使われているような標準切土勾配の表は確認できなかった。

切土勾配の標準化に関して、技術者や研究者は否定的な見解を示しており、対象とする個々の切土のり面に対して調査を実施し、亀裂状況や地質岩質を判断して、個別に安定性を評価する思想が一般的であるとの印象を受けた。

社会が成熟し、インフラ開発が落ち着いた欧州では、高度成長期の日本や途上国の様に、山岳道路の建設を大規模に行う必要はなく、個々ののり面に対して十分な調査と検討を行う余裕がある点も、この背景にあるものと思われる。

8.2 切土よりも盛土を使う思想

山岳道路を建設する際に、山側に切り込むか、谷側に盛土を作るかは、ODA 事業に関わる技術者にとって重要な課題であるが、欧州の一部では切土よりも盛土を好む傾向が認められ、特にフランスにおいて認められた考え方である。

切土斜面の安定性を確保する方法を質問した際に、予定より大きく切り込んで、補強土盛土を構築し、安定な斜面を確保するという回答が得られた。これは、同国の企業であるテールアルメ社が開発した補強土工法を念頭にしたものと思われるが、以下のような思想が背景にあると思われる。

切土のり面は、斜面の構成材料が自然のままの状態であり、技術者がコントロールすることはできない。技術者は、のり面とその背後の状態に関して、限られた調査を通じた限定的な情報しか得ることは出来ない。また、のり面の安定化を対策工で行う場合も、のり面全体を完全にコントロールするというよりも、対策工を通じた限定的なコントロールを行うに過ぎない。つまり、切土のり面は不確定性が支配する状況から逃れることはできない。

他方、補強土工法による盛土のり面は、のり面とその背後の材料を技術者が完全にコントロールすることができ、背後の自然地山から受ける影響を除けば、安定性の確保に際し不確定要因を排除することができる。

つまり、切土よりも盛土を使う発想は、地盤の不確定性を排除する思想と解釈することもできる。フランス、テールアルメ社のテラリンク工法¹⁷は、狭い土地においても、補強土盛土の手法を使って、山岳道路を構築したり斜面安定を図ったりするために開発されたものと思われる。

8.3 コンクリート構造物による斜面对策工に対する考え方

特にフランスにおいては、景観上の問題からコンクリートを敬遠する風潮があるが、コンクリートを使わない理由は施工管理の難しさにも起因している。特に、冬場の低温期間においては、コンクリートの施工ができないという理由から、フランスアルプスの地域ではコンクリートよりもスチール製品による対策工が多用されている。

温度の問題を除外しても、コンクリートは水、骨材、セメントの配合を適切に行い、また適切に締め固める必要があり、きめ細かな施工監視／管理が必要となり、これらを狭隘な、或いは急峻な斜面における山岳道路の施工や維持管理の現場で行うことを想定すると、品質を確認する際の測定ミスや誤った判断が悪影響を与える機会が多いと言える。また、打設したコンクリートの強度が確保されているか否かは、養生期間を経た供試体を使った圧縮試験によって確認されるため、施工の時点で確実に強度を確認できる訳ではない。一方、スチール製品は工場生産品であるため、品質は工場出荷時に添付されるミルシートで確認することができ、施工現場における品質管理の手間は格段に簡易化される。

欧州における斜面崩壊対策として、スチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングを併用した対策工が多用されているのは、コンクリートの品質管理が難しいことも、その背景の一つとして挙げられる。スチール／ケーブルネットとロックボルトを併用した対策工は、ロックボルトのグラウト以外はスチール製品であり、品質管理が容易である。

一方で、スチール製品は腐食などによる耐久性の低下の問題があり、コンクリート構造物に比べて高い頻度での交換が必要となるが、施工の確実さ容易さを優先しているように思われる。

また、コンクリート製品のような重い構造物を、斜面上に置くことを斜面安定に対するネガティブな要素として認識している技術者もあり、特にバイオエンジニアリングの技術者は、コンクリート構造物よりも軽い木材を利用することを、バイオエンジニアリングの優位性として挙げている。

8.4 足場仮設を使わない、或いは斜面上で重機を使わない施工方法

この点も、欧州三か国で共通した思想になる。対策工の選定の段階で、足場仮設が必要な工法や、急傾斜斜面上に重機¹⁸を設置しなければならない工法は排除されている。

次節で示すスチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングを併用した斜面崩壊対策工が多用されているのも、足場仮設が不要で重機を用いる必要のないことが、その理由の一つとして挙げられる。

また、仮設道路を作って重たく大きい資材を運ぶ必要のある対策工よりも、運搬が容易な材料を使う対策工が選定される傾向にある。図 8-14 に後掲するイタリア、エミリオ・ロマーニャ州で実施されたマイクロパイルを用いたスリット型砂防堰堤は、アクセスが困難な場所において容易に運搬できる資材を用いた結果である。

¹⁷ 補強土盛土の補強材を背後地山に打設したロックボルト／ネイリングの頭部に緊結し、補強材の摩擦距離を短縮する工法。基礎地盤が狭小な条件でも、補強土盛土を構築できる。

¹⁸ スパイダータイプのエクスカベーター、小型エクスカベーター、簡易ロータリーパーカッションボーリングマシン、マイクロパイル用ボーリングマシンなどを除く。

また、重機が自走で進入できる程度の緩傾斜斜面では、大口径杭の打設機械や大規模なロータリーパーカッションボーリングマシンも利用されている。

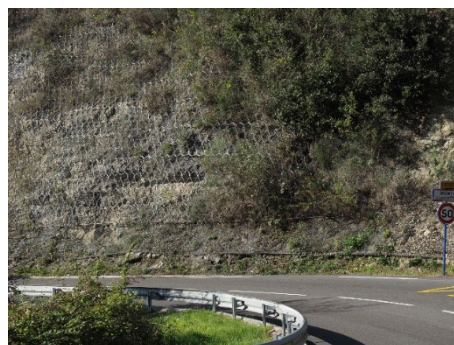
8.5 スチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングによる斜面崩壊対策

上の2項目で既に触れているが、欧州三か国における斜面崩壊の対策として、スチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングを組み合わせた斜面崩壊対策が一般的に認められる。日本における道路沿い斜面崩壊の対策が、吹付法砕工とロックボルトやアンカーの組合せとなるケースが多いのとは対照的である。

スチール／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングによる斜面崩壊対策が、ヨーロッパアルプスにおいて普遍的に認められる原因として、上記の2項目で挙げた理由の他に、ヨーロッパアルプスにおける道路沿い斜面の多くが、風化がそれほど顕著でなく土砂化が進んでいない急峻な岩盤斜面からなることが挙げられる。亀裂は発達するものの、風化があまり顕著でない岩盤斜面は、同時に落石発生源でもあり、そういった斜面での斜面崩壊の対策は、つまり落石対策を兼ねるものとなる。そのため、スチールネットとロックボルト／ネイリングの組合せで対処が可能であり、さらに斜面を保持する力を加えるためにネットとロックボルト／ネイリングの頭部を緊結する対策が追加されているものが、ヨーロッパアルプスにおいて目にする斜面崩壊対策といえる。



スチールネットとロックボルトによる対策
(イタリア)



Ωメッシュケーブルネットとロックボルトによる対策(フランス)

図 8-1 スチール／ケーブルネットとロックボルトによる斜面崩壊対策

(JICA 調査団作成)

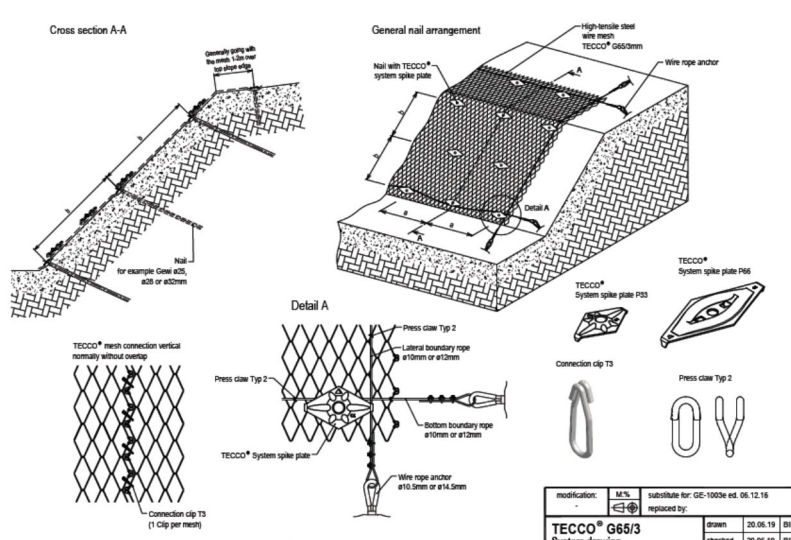


図 8-2 スチールネットとロックボルト／ネイリングによる斜面崩壊対策 (スイス)

(スイス、ジオブルグ社提供資料より引用)

片や、日本やモンsoonアジアの道路沿い斜面は、亀裂の多い岩盤斜面に加えて、風化の卓越する岩盤斜面や、土砂状を呈する風化残積土の斜面も多く認められる。こういった斜面は、ヨーロッパアルプスの岩盤斜面に比べて、勾配が緩く、かつ浸食に弱いという特徴がある。そのため、雨水や表流水による浸食防止機能を合わせて持つ必要があり、これらは本邦では吹付法枠と植生工の組合せで実現されている。

スチールネット／ケーブルネットとロックボルト／ネイリングの組合せによる斜面对策工は、ロックボルト／ネイリングで一部を固定された柔な構造物であり、岩盤斜面の保持には向いている。他方、浸食に弱い土砂や風化岩の斜面では、浸食により斜面構成材料がやせる可能性があるため、柔な構造物ではテンションを維持できなくなる可能性があり、この意味でも剛な構造物である吹付法枠工とロックボルト／グラウンドアンカーの組合せは、日本やモンsoonアジアの特性に合致した対策工と言える。また、岩盤が露出していると、ロックボルトなどの定着部もとりにやすいが、日本やモンsoonアジアの場合は表層が風化土砂化（軟弱化）しているため、定着部の深度が深くなるため、ロックボルトが長くなり効果が小さくなる斜面が多いので、グラウンドアンカーなどが中心になるため、吹付法工が適している。

8.6 バイオエンジニアリング

バイオエンジニアリングは、斜面表層の安定に資する植物の持つ機能を、より積極的に利用しようとする技術である。本邦における植生工は、主として表層の保護と保持を植生に期待するのに対し、バイオエンジニアリングでは、捕捉(catch)、保護(armour)、補強(reinforce)、固定(anchor)、保持(support)、排水(drain)の6種類の機能を期待し、それらを積極的に活用できるように植生を配置するものである。一部の途上国においても普及しつつあり、ネパールでは、英国の援助機関 DFID が作成したバイオエンジニアリングのマニュアルが、道路斜面で活用されている。

欧州三か国においては、国や地方自治体による程度の差異はあるものの、バイオエンジニアリングの普及が認められた。

特に、バイオエンジニアリングを積極的に行っているのは、イタリアアルプスを抱える北西イタリアのピエモンテ州、ロンバルディア州、及び北東イタリアのトレント自治県（南チロル地方）である。さらに、スイスでも表層崩壊対策として認知されている。

イタリアの上記の州においては、植生を用いたバイオエンジニアリングは「成長する」対策工として認識されており、施工後は劣化する一方の構造物対策とは対照的なものとして認識されている。

バイオエンジニアリングは斜面表層の深さ1~2m程度までを保護する効果しかなく、表層崩壊対策の域を出ない。しかし、スイスでは、95%の斜面崩壊が表層崩壊であるという観点から、構造物による対策よりも安価なバイオエンジニアリングで表層崩壊を抑制することにより、より大きな崩壊に発展することを防ぐことができる、としている。

バイオエンジニアリングの注意点として、それぞれの国土や地域に適合した植物種を選定する必要があることに加えて、崩壊した斜面を徐々に補強してゆく過程において、時期ごとに異なる植物種を適用する必要があるという点がある。これらの植物種は、プロジェクトサイト以外の種苗育成地において生育したものを利用する前提である。また、効果発現まで5年程度の期間が必要であり、工期の限られたプロジェクトでは採用しにくいという点にも注意が必要となる。

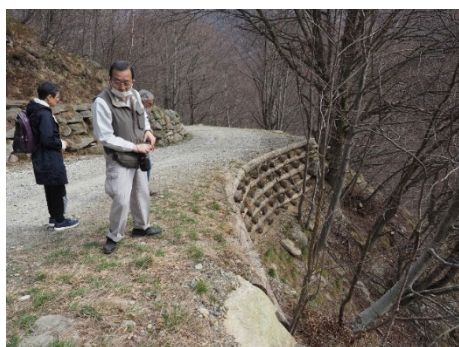
さらに、バイオエンジニアリングによる対策は、ある程度の失敗、つまり対策を施したにも関わらず崩壊の発生を許容するものであるという点にも注意が必要となる。構造物対策の様に、対

策を施したら崩壊の発生が防げる、という視点に立つものではなく、ある程度抑止される程度という認識となる。

バイオエンジニアリングはしばしば構造物対策と組合せて設計・施工されるが、その効果発現タイミングが異なることから、この組み合わせは有効な手段と目されている。構造物対策は、施工直後から抑止・抑制効果を発現するが、適切なメンテナンスが必要であり、メンテナンスを行わない限り、効果は徐々に低下してゆく。一方、バイオエンジニアリングは特定の植物種が成長した後に、或いは、当初繁茂した植物種から長期間にわたって抑止・抑制に効果を発揮する植物種に遷移し成長した後に、効果が発現する。

ただし、バイオエンジニアリングもメンテナンスが必要となる。これは、抑止・抑制効果を発現する植物種の育成を促進する、或いは過剰に繁茂した植生を伐採するなどの作業となる。

植生を積極的に利用することから、適切に管理される限りにおいて、バイオエンジニアリングは景観上の優位性を持つ。



谷側の丸太井桁による盛土構築



斜面崩壊対策

図 8-3 バイオエンジニアリングの施工状況

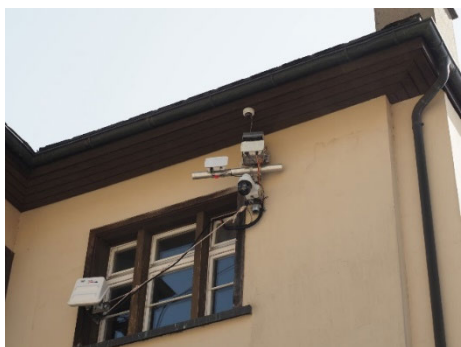
(JICA 調査団作成)

無償資金協力事業では、斜面对策工は確実な機能発現が求められており、この点において、バイオエンジニアリングの無償資金協力事業への活用は、難しいと言わざるを得ない。また、種苗の育成からサイトへの定着に 5 年程度の期間が必要となる点も、プロジェクトの実施期限が限られた無償資金協力事業には不向きである。

しかし、現地で調達可能な材料を使い、現地の労働力を活用でき、かつ安価なバイオエンジニアリングは、途上国政府の独自事業や円借款事業において、今後の拡大が期待される手法であるとも言える。

8.7 モニタリングによる EWS と警報・交通制御

欧州三カ国の何れにおいても、土石流対策や落石対策として、土石流センサーや落石検知レーダーと信号機を組合せて、事前通行止めを可能とする EWS が確認された。



落石を検知するドップラーレーダー



レーダーに連動する信号

図 8-4 スイスの落石対策 EWS

(JICA 調査団作成)

8.8 落石防護土堤とシェッド工(スイス)

日本では事例は少ないが、スイスにおいては、トンネル坑口に設置された落石防護土堤を確認した。落石防護土堤は、落石シェッド（洞門工）と並んで、高い落石エネルギーに耐えられる構造物対策工となる。

スイスにおいては、高価だが効果の確実な洞門工が、落石、雪崩、土石流対策として多くの箇所を実施されている。



図 8-5 スイスの落石防護土堤（左）とシェッド工（右）

(JICA 調査団作成)

8.9 落石、岩盤崩落に対する脚部補強(フランス、スイス)

フランスとスイスにおいては、落石、岩盤崩落対策として、不安定岩塊・岩盤の脚部固定が、コンクリート構造物によって実施されている。

Abbildung: Fotoübersicht der Steinschlag-produzierenden Felswandabschnitte 2 bis 4



図 8-6 岩盤崩落対策としての脚部固定（スイス）

(Civil Engineering Office of the Grisons, Graubünden Canton, Switzerland 提供資料より引用)

Anhang 2: Massnahmenplan - Querprofil 25.0m

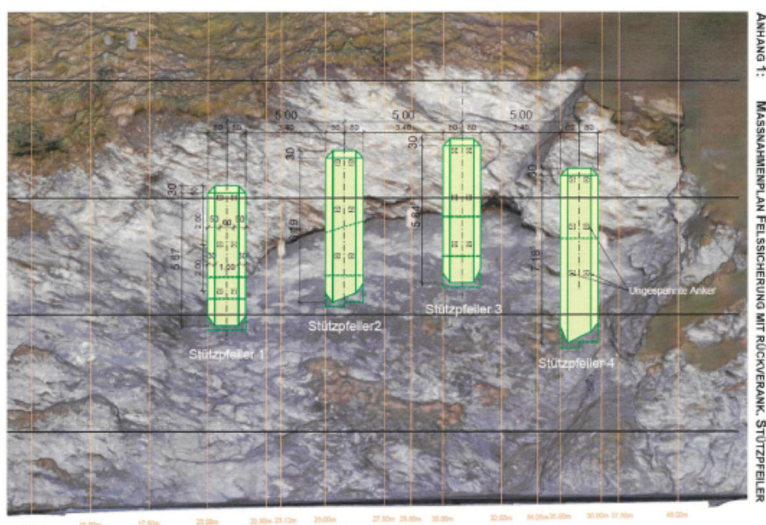
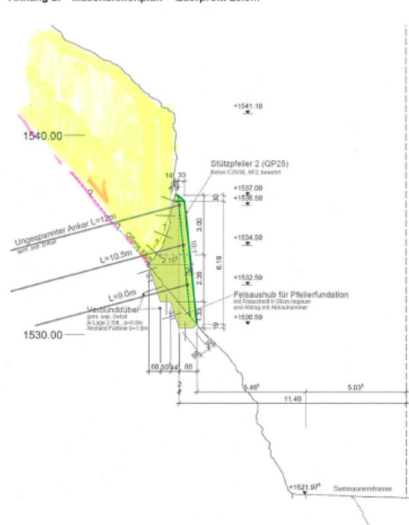


図 8-7 岩盤崩落対策としての脚部固定（スイス）

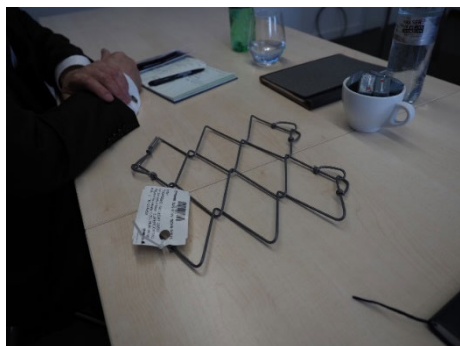
(Civil Engineering Office of the Grisons, Graubünden Canton, Switzerland 提供資料より引用)

8.10 特殊な網による落石対策(フランス)

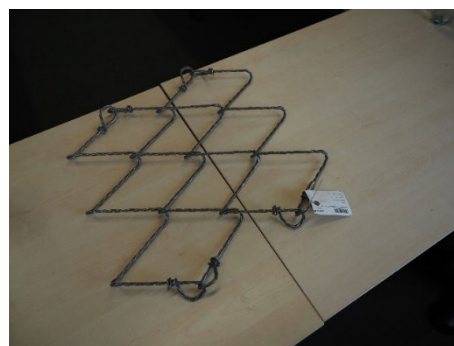
落石防護柵工の効果を向上させるために、フランスでは編み方を工夫したケーブルネットが使われている。 Ω メッシュ¹⁹と呼ばれるこのケーブルネットは、シャンベリー近郊の石灰岩の石切り場跡地を活用した、グスタフ・エッフェル大学所属の実大落石実験施設での研究から開発されたものである。

8.11 高張力鋼ネットと強力なブレーキシステム(スイス)

スイスの落石防止網メーカーであるジオブルグ社は、高張力鋼を利用したスチールネットを開発、販売している。また、落石の高いエネルギーを吸収できる強力なブレーキシシステムとして、ステンレス鋼棒やステンレス鋼板を使ったブレーキシシステムを開発し、ヨーロッパで販売している。



構造は単純だが、高張力鋼を用いているため、素手では曲げられない。



高張力鋼のより線を使ったスパイダーネット。さらに強力である。

図 8-8 高張力鋼を利用したスチールネット（スイス・ジオブルグ社）

(JICA 調査団作成)

ブレーキシシステムは、落石防止柵などに使われるスチールネットを地山に固定するアンカーとスチールネットとの中間部分に組み込まれる落石エネルギーを吸収する目的の機構である。従来の落石防止柵工では、スチールネットとその支柱などで落石エネルギーを吸収していたが、1 MJ を越えるような高エネルギー吸収型の落石防止柵工では、落石エネルギーを吸収することを主目的とした機構を追加で組み込んでおり、欧州ではこれらはブレーキシシステムと呼称されている。

下図では、ステンレス鋼棒と鋼板の曲げ抵抗を利用したブレーキシシステムが示されている。鋼棒／鋼板を利用したブレーキシシステムはエネルギー吸収の立ち上がりが素早く、落石防止柵工に向いている。一方、我が国でも普及しているリングネット型のブレーキシシステムは、エネルギー吸収の立ち上がりが鋼棒／鋼板より遅れる傾向にはあるものの、吸収時間が長く粘りがあるため、後述する土石流対策の用途にはより適合している。なお、8.10 で説明した Ω メッシュを活用したフランスの落石防止柵工では、アルミ製の四角柱を利用したブレーキシシステムが利用されている。これはアルミ製の四角柱の引張抵抗を利用したエネルギー吸収機構である。

¹⁹ Ω メッシュは、オーストリアの落石対策ネットのメーカーTrume の商品名でもある。仏墺共同研究によるものと思われる。



ステンレス鋼棒と板を曲げる際の抵抗を活用したブレーキシステム。



設置されたステンレス鋼棒を使ったブレーキシステム。

図 8-9 ステンレス鋼棒・板を使ったブレーキシステム（スイス・ジオブルグ社）

（JICA 調査団作成）

8.12 立木を利用した落石防護柵(フランス)

フランスの農業系研究機関 INRAE（Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture：国立科学研究所/環境農業工学研究部）で研究中の技術となる。

INRAE の LESSEM という部署では、森林が持つ自然災害への保護機能を研究しており、森林により落石がブロックされる限度や森林の耐久性を調査する他、倒木が落石をトラップする機能の研究も行っており、倒木が実際に落石対策に資することを突き止めている。

同部署では、立木が落石のエネルギーを複数回にわたり減少させる機能があることを突き止めており、この機能を活用して、立木を落石防護柵工の支柱として活用する方法を研究している。調査時点で落石エネルギー1MJまでの落石に対応できる目途が立っていた。

実現すれば、条件によっては安価に落石防護柵を実施した上で、環境も保全する技術となる。研究はフランス企業 NGE 社との共同研究で行われている。



図 8-10 立木を支柱として利用した落石防護柵

（フランス、INRAE・LESSEM 提供資料より引用）

8.13 杭とアンカーによる地すべり対策(フランス)

フランスの高速道路 A8 号線において、谷側の走行車線を 2 車線巻き込む規模で発生した地すべりの対策として、矩形の杭とグラウンドアンカーを用いた地すべり対策が実施されている。杭の形状を矩形としたのは、杭の抑止効果を最大とするための工夫である。

グラウンドアンカーは、杭の頭部に設置され、杭の頭部を山側に引き留める効果がある²⁰。

同対策工は孔内傾斜計やロードセルなどによってモニタリングが行なわれており、抑止力が不足すると判断した場合には、杭間にアンカーを増し打ちする設計となっている。

8.14 小口径集水井(イタリア)

イタリア、エミリオ・ロマーニャ州では、イタリア語で Pozzi drenanti（英語では drainage well）と呼ばれる小口径の集水井が利用されている。この集水井は径が $\phi 1.2\text{m}$ と小口径で、井戸の中から排水ボーリングを掘削することはできないが、井戸の壁面が透水性を持ち、地下水を集めることができる。地下水の流向を横切るように 7m 間隔で並べて設置され、重力を利用して排水するパイプでつないで、流末を水路や溪流に誘導することにより、自然と深層地下水を排水することが可能となる。

径が小さく、井戸内の作業が少ないため、比較的安い工費での建設が可能であり、メンテナンスの手法が限定されるとはいえ、ODA 事業への活用が期待できる工種とも言える。

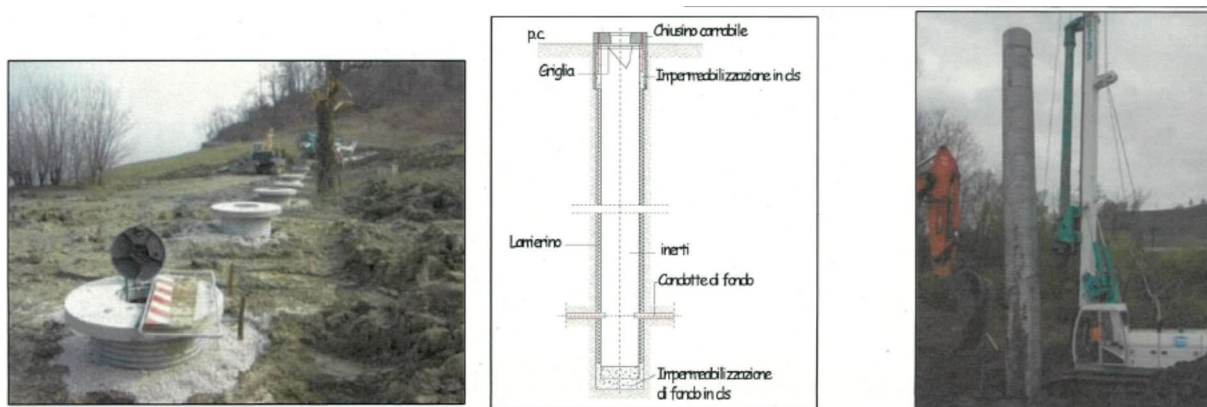


図 8-11 イタリアの小口径集水井 Pozzi drenanti (Drainage Well)

(イタリア、エミリオ・ロマーニャ州提供資料より引用)

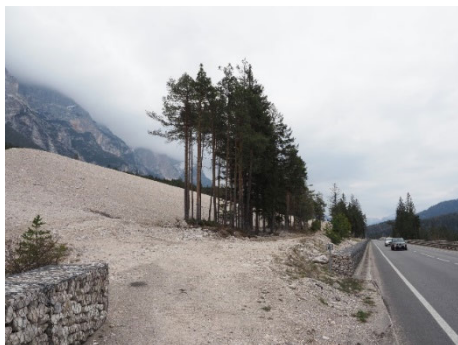
8.15 土石流防護土堤(イタリア)

道路が山岳斜面に隣接して走っている場合、山岳斜面で発生した崩壊に起因する土石流が道路を直撃する災害がイタリアでは多く発生している。

²⁰ 地すべり抑止杭の設計思想のトレンドが日本と欧州とでは異なり、欧州では「抑え杭」の設計法が主流である。「抑え杭」は杭の変形抵抗能力のみを期待した杭工で、強力な杭材が必要となる。杭材の負担を軽減するためにアンカー工と併用することがあり、杭頭アンカーはその目的のもの。日本では主に「くさび杭」の設計法を利用している。「くさび杭」を含め日本で用いる設計法では、何れも谷側の移動層の抵抗力を期待する。その分、杭自体の変形抵抗能力は小さくて良く、工費を節減することができる。しかし谷側の移動層が流出する状況は設計上想定できないため、谷側の移動層を固定する条件が必要となる。

日本の土石流被害に比べて、土石流の発生域と道路が近接しており、かつ土石流の流下する斜面が急傾斜であり、さらに土石流の流路が溪流沿い限定されるわけではなく、斜面の凹部を流下するため、土石流の発生個所が局限されないという特徴がある。

そのため、土石流が発生する恐れのある山岳斜面沿いに、土石流防護土堤を建設し、道路への直撃を防ぐ対策が取られている。土堤の山側背後は土砂溜めのポケットであり、堆積した崩土は定期的に除去され、建設材料に転用されている。



道路沿いの土石流防護土堤



土堤背後の土砂溜め

図 8-12 イタリアの土石流防護土堤

(JICA 調査団作成)

8.16 スチールネットによる土石流対策(スイス、イタリア)

スイスとイタリアにおいては、土石流の流路に落石防護柵と類似した構造のスチールネットを設置し、崩土をトラップする対策が実施されている。落石防護柵と土石流対策ネットは最適なブレーキシステムが異なり、土石流対策は日本でも使われているリングネットを利用したブレーキが向いている。

土石流対策としてのスチールネットは、安価に設置できる反面、トラップできる土石量が限定され、かつ土石の除去が必要となるため、繰り返し土石流が発生し土石が大量に流下する溪流では、一般の砂防ダムの方が有利である。



図 8-13 スチールネットによる土石流対策（スイス・イルガーベン：土石捕捉後の状態）

(Axel Volkwein (2015)より引用)

8.17 マイクロパイルによる土石流対策(イタリア)

イタリアにおいては、アクセスが限定されて材料の運搬が困難なサイトにおいて、透過型のスリット式砂防ダムをマイクロパイルで建設する試みが行われている。マイクロパイルは運搬が容易で、使用する施工機械も小さいため、アクセスが限定される山岳地帯での対策工に、イタリアでは重用されている。

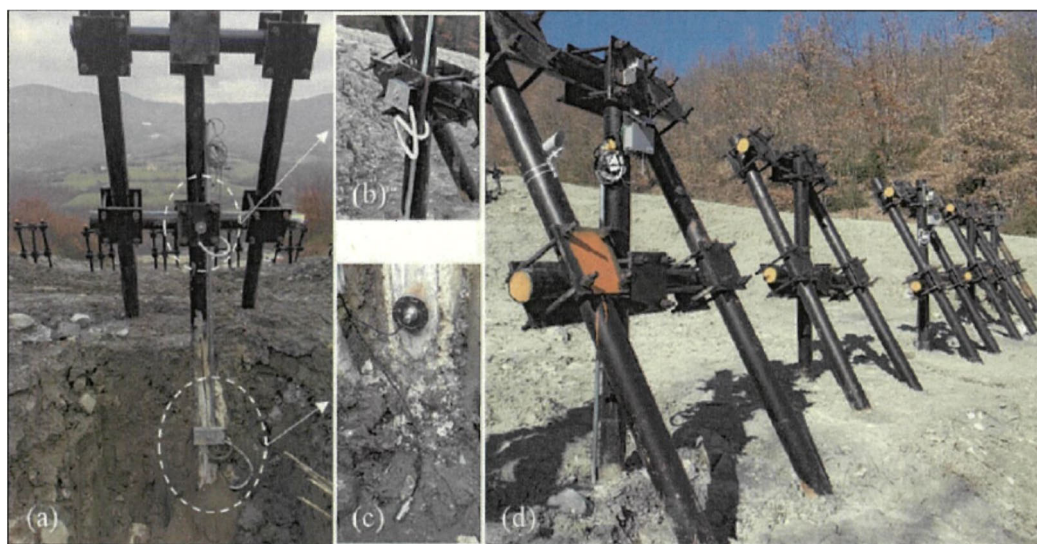


Fig. 7 – Details of the monitored tripods. LEGEND: (a) Layout of devices in the front-vertical piles: two load cells (one aboveground and another underground) and a pore-water pressure transducer (inserted into a sand pocket). (b) detail of the aboveground load cell (range 0-2000 kg, loaded via a 25×15 cm contrast plate). (c) detail of underground load cells (range 0-2000 kg, loaded via a 25×15 cm contrast plate visible in box a) and pore-pressure transducers (range 0-100 kPa). (d) Tiltmeter placed on top of the central pile (bi-axial), wireless datalogger (upper part of central pile) and topographic reflector prism (in the oblique pile)

図 8-14 マイクロパイルによる土石流対策

(Alessandro CORSINI (2021)より引用)

8.18 マイクロパイルの活用による道路復旧(スイス)

スイスにおいても、マイクロパイルは道路の復旧対策に用いる擁壁工の基礎、あるいは地山へのアンカリングとして活用されている。

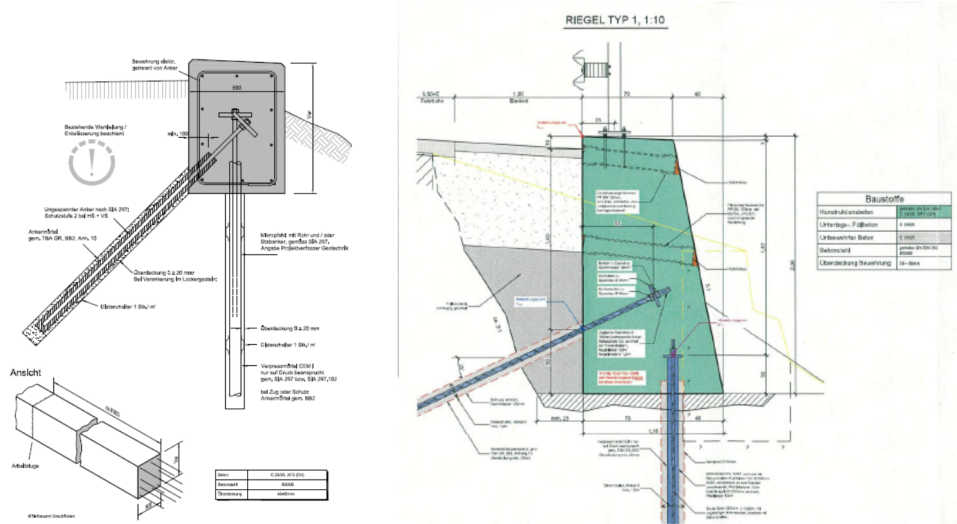


図 8-15 擁壁工の基礎としてのマイクロパイルの活用（スイス）

(Civil Engineering Office of the Grisons, Graubünden Canton, Switzerland 提供資料より引用)

8.19 プレキャストコンクリート板とソイルネイリングによる速やかな擁壁の構築(フランス)

フランスのグスタフ・エッフェル大学リヨン校 GERS・BRO において、フランス企業 NGE-Fondations 社と共同開発された技術となる。

プレキャストコンクリートパネルとソイルネイリングを組み合わせ、崩壊した盛土斜面や流失した道路を復旧するための擁壁を構築しようとする工法である。また、掘削時の土留め工や道路盛土の補修にも活用できる。

プレキャストコンクリート板に開けた穴から、径 6~10mm の細礫をセメントで軽く固めた材料を裏込め材として注入し、早期の施工を実現するものである。

細礫を固めた材料は透水性があるため、湧水管所や浸透水が多い個所においてもコンクリートパネルの背面に透水性を確保することが可能であり、斜面災害や土石流によって流出した道路路床や盛土の復旧に頻繁に利用されている。

Development of a new construction technique for the facing of soil nailed walls

Prefabricated panels (instead of conventional shotcrete)

Cemented 6-10 granular material injected behind the panel for confining and draining the soil

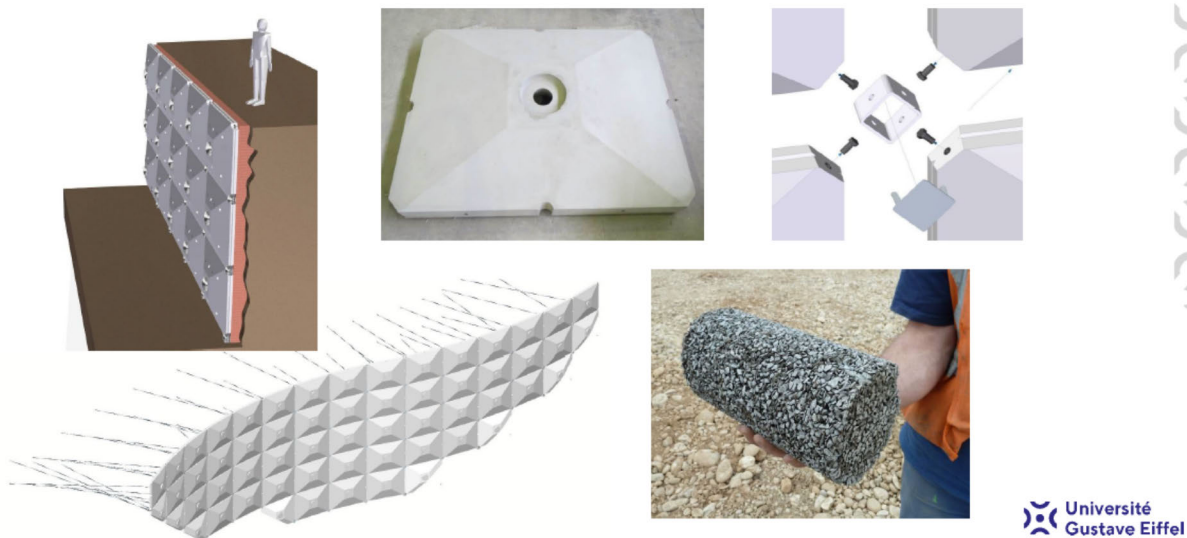


図 8-16 プレキャストコンクリート板とネーリングによる道路の復旧（フランス）

(Courtesy of Dr. Jean-Pierre RAJOT (Gustave Eiffel University) and NGE-Fondation Company)

8.20 深礎杭の斜面上での活用(道路の路体構築として、スイス)

斜面上に道路を構築する、或いは復旧するために有用な工法となる。

急斜面上に人力で深礎杭による基礎を設け、その上に道路構造物を載せる工法である。ライナープレートを用いる集水井と同様の掘削方法で深礎杭を施工するものであるため、小型のエクスカベーターと人力で施工できるため、大規模な仮設が不要であり、急傾斜斜面上の施工として有利である。

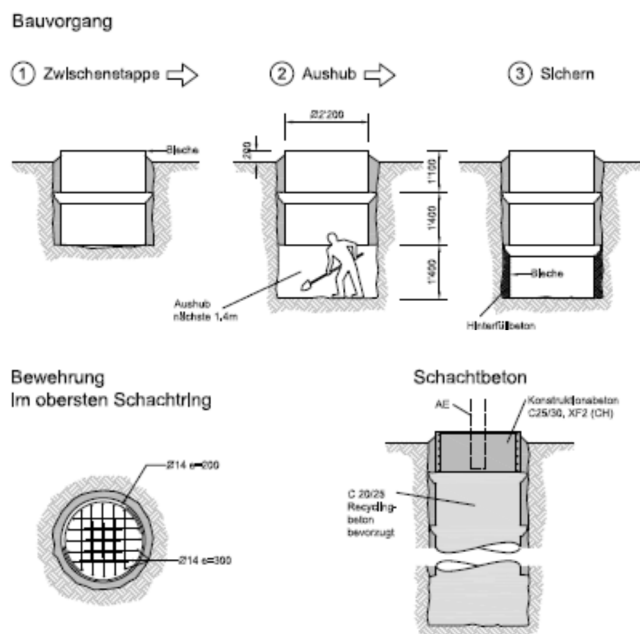


図 8-17 人力掘削の深礎杭による基礎

(Civil Engineering Office of the Grisons, Graubünden Canton, Switzerland 提供資料より引用)



図 8-18 人力掘削の深礎杭の施工状況

(Civil Engineering Office of the Grisons, Graubünden Canton, Switzerland 提供資料より引用)

急傾斜斜面で路体を構築する目的の本邦技術としては、軽量の盛土により斜面への負荷を低減する軽量盛土工法（FCB 工法やウレタンフォーム工法など）、既存道路の交通を確保したまま施工可能な鋼製栈橋を用いた工法（メタルロード工法など）、および鋼管杭の静的圧入工法による連続杭の打設などが挙げられ、それぞれに優位性を持っている。

ここに紹介した深礎杭の活用は、上記の工法を有する本邦企業の進出が見込めない国や、ローカル労働者を積極的に活用する要件がある事業では、検討に値する工法であろう。

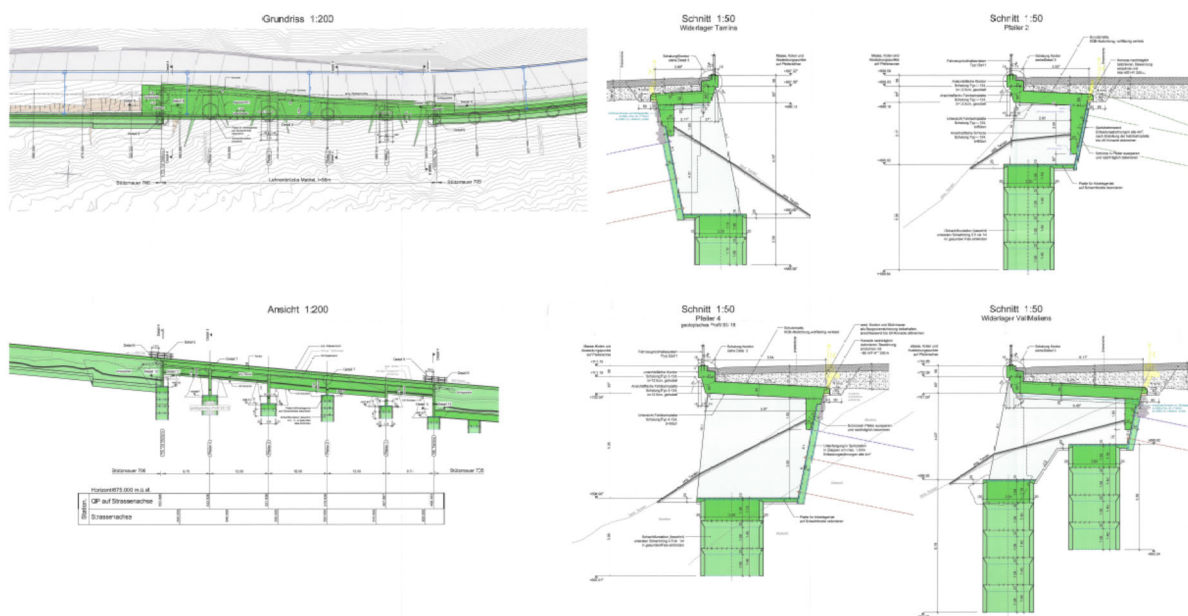


図 8-19 人力掘削による深礎杭基礎の斜面上での活用例

(スイス Graubünden 州提供資料から引用)

出典

Axel Volkwein, Corinna Wendeler, Lisa Stieglitz, Guido Lauber (2015) : NEW APPROACH FOR FLEXIBLE DEBRIS FLOW BARRIERS, IABSE Symposium Report · September 2015

Alessandro CORSINI, Giovanna BAIGUERA, francesco CAPUANO, Giuseppe CICCARESE, Michela DIENA, Marco MULAS, Francesco RONCHETTI, Gianluca ROSSI, Giovanni TRUFFELLI (2021): MICRO-PILES TRIPODS SHIELDS (MTS) AS UNCONVENTIONAL BREAKERS FOR THE CONTROL OF MODERATELY RAPID EARTHFLAWS (SASSI NERI LANDSLIDE, NORTHERN APENNINES)

巻末資料（引用・参考文献一覧）

- 安達徑治（1984）：掘削施工性からみた岩分類－特に土砂, 軟岩, 硬岩の区分について、応用地質特別号、pp.119-131.
- 国際協力機構（2009）：協力準備調査 設計・積算マニュアル（土木分野）
- 国際協力機構（2015）：予備的経費の支出等に係るガイドライン
- 国際協力機構（2016）：予備的経費の運用手順等に係るマニュアル
- 国際協力機構（2018）：無償資金協力（施設・機材等調達方式）における設計変更について
- 国際協力機構（2019）：協力準備調査 設計・積算マニュアル補完編（土木分野）
- 国土交通省道路局（2018）：道路土工構造物点検要領
- 国土交通省（2021）：令和3年度改訂版工事工種体系ツリー
- 地すべり学会東北支部（2001）：地すべり安定解析用強度決定法－実務における新たな展開を目指して－
- 地盤工学会（2006）：斜面の安定・変形解析入門－基礎から実例まで、p.29-43.
- 地盤工学会（2011）：地山補強土工法設計施工マニュアル
- 地盤工学会（2012）：グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説
- 土質工学会（1974）：岩の工学的性質と設計・施工への応用、p.361-378.
- 日本アンカー協会（2013）：グラウンドアンカー設計施工マニュアル、
- 日本河川協会（2005）：国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編、p.189.
- 日本道路協会（1967）：道路土工要綱
- 日本道路協会（1986）：道路土工－土質調査指針
- 日本道路協会（2009a）：道路土工要綱
- 日本道路協会（2009b）：道路土工－切土工・斜面安定工指針
- 日本道路協会（2017）：落石対策便覧
- 北海道開発局（2021）：道路設計要領 第1集 道路
- 北陸地方整備局（2020）：設計要領－道路編
- 吉中龍之進・大西有三（1992）：ブロック理論と岩盤工学への応用、土木工学社、359p.
- 全国治水砂防協会（2019）：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針
- 全国特定法面保護協会（2006）：のり枠工の設計・施工指針（改訂版）、平成18年11月
- 全国特定法面保護協会（2013）：のり枠工の設計・施工指針（改訂版第3版）、平成25年10月
- Axel Volkwein, Corinna Wendeler, Lisa Stieglitz, Guido Lauber（2015）：NEW APPROACH FOR FLEXIBLE DEBRIS FLOW BARRIERS, IABSE Symposium Report・September 2015
- Alessandro CORSINI, Giovanna BAIGUERA, francesco CAPUANO, Giuseppe CICCARESE, Michela DIENA, Marco MULAS, Francesco RONCHETTI, Gianluca ROSSI, Giovanni TRUFFELLI (2021): MICRO-PILES TRIPODS SHIELDS (MTS) AS UNCONVENTIONAL BREAKERS FOR THE CONTROL OF MODERATELY RAPID EARTHFLAWS (SASSI NERI LANDSLIDE, NORTHERN APENNINES)
- NEXCO(2007)：切土補強土工法設計・施工要領