

第 6 章 盛土工，切土工・斜面安定工

第 1 節 総 則

1.1 適用の範囲

本章は盛土工及び切土工・斜面安定工の設計に適用するが、ここに定めていない事項については表 - 6.1.1 に記す関係図書等を参考にするものとする。

表 - 6.1.1 関係図書

関係図書	発行年月	発行
道路土工要綱（平成21年度版）	H 21. 6	日本道路協会
道路土工 盛土工指針（平成22年度版）	H 22. 4	”
道路土工 切土工・斜面安定工指針 （平成21年度版）	H 21. 6	”
道路土工 擁壁工指針（平成24年度版）	H 24. 7	”
道路土工 軟弱地盤対策工指針 （平成24年度版）	H 24. 8	”
補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル	H 26. 8	土木研究センター
地山補強土工法 設計・施工マニュアル	H 23. 8	地盤工学会
グラウンドアンカー 設計・施工基準、同解説	H 23. 8	”
落石対策便覧	H 29. 12	日本道路協会
のり砕工の設計・施工指針	H 25. 10	全国特定法面保護協会
切土補強土工法設計・施工要領	H 19. 1	高速道路総合技術研究所
グラウンドアンカー設計・施工要領	H 19. 8	”
土木工事設計マニュアル 砂防編	H 22. 3	山梨県県土整備部

斜面安定工においては、日本道路協会から発刊されている「道路土工-のり面工・斜面安定工指針（平成 11 年 3 月版）」が最も一般的に用いられていた。しかし、道路土工指針類の改訂・再編が図られ、同指針は、盛土工指針（平成 22 年度版）と切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）の 2 冊に分割され、それぞれの指針で性能規定型設計の考え方が導入された。また、環境・景観への配慮方策、耐震設計に対する考え方、鉄筋挿入による切土補強土工法、緑化基盤に新しい素材を使用した緑化工法、実証実験を踏まえた高エネルギー吸収型落石防護網等の設計・施工法が記述されている。したがって、盛土・切土の斜面安定工を計画する場合は、まず「道路土工 - 盛土工指針と切土工・斜面安定工指針」により斜面安定に関係する全体像を把握し、これに記載されていない各工法の詳細等については、上記の工学図書から情報を得るように心掛けることが肝要である。

1.2 基本方針

盛土工，切土工・斜面安定工の調査・設計にあたっては，以下の基本的事項を考慮するものとする．

- (1) 計画対象区間を含め広範囲にわたって地形，地質的な観点から巨視的な評価を行なう．
- (2) 大規模な崩壊等が予想され，対策工だけでは対応しきれない場合は，ルートの変更，道路構造型式の変更等も考慮する．
- (3) 地すべり地等においては事前に十分な調査を行う．
- (4) 地域の土地利用や地域計画等の上位計画と整合させる．
- (5) 基本的には，盛土，切土の標準のり面勾配（第3章 土工 参照）を採用する．
- (6) 土構造物といえども計画される場所を考慮し，必要に応じて維持補修のできるだけかからない構造とする．
- (7) 表流水，湧水，地下水等の水に対する十分な配慮を行う．
- (8) 盛土，切土，斜面の地震時における安定性は，構造物の重要度，復旧の難易度等を考慮して，必要な耐震性を確保する．
- (9) 施工時における地層・地質の状況を常に把握し，設計時と異なる盛土条件や地盤条件となった時は速やかに設計変更を行う．
- (10) 施工時の変状には細心の注意を払わねばならない．
- (11) 「道路防災総点検」及び「道路ストック点検」結果の有効利用を図るものとする．
- (12) 自然環境および景観への配慮は，美しい国土づくりガイドラインに準拠して行うものとする．

- (1) 盛土工，切土工・斜面安定工の調査，設計にあたっては，対象とするのり面・斜面のみに着目した微視的な調査，試験，安定解析に先立って，それらを含む広い範囲の地盤情景，地形，地質的な観点からの巨視的な評価を行うことを忘れてはならない．
- (2) 大規模な崩壊や落石，土石流等のように対策工だけでは対応しきれないような区間に道路を新設する場合には，計画段階において路線の選定・変更について十分な検討を行い，トンネル，橋梁等による構造型式の選定についても検討するのが望ましい．
- (3) 地すべり地等において大規模な盛土工や切土工を行うと思わぬ災害を引き起こすことがあるので，このような場合には，現地踏査，ボーリングや物理探査等によって事前に地質・土質条件，施工予定地付近の既設ののり面・斜面における崩壊・変状等を十分調査し，地形条件や地盤条件も考慮しながら安定性を検討すべきである．
- (4) 道路事業の実施にあたって地域の特性に応じて動植物や景観に対し配慮する必要がある．盛土工，切土工・斜面安定工においては，地域の自然的・社会的状況を十分把握したうえで，土地利用や地域計画等の上位計画との整合性に留意しつつ，動植物対策や景観対策を必要に応じて実施する．
- (5) 盛土工，切土工・斜面安定工の設計には経験的技術が重視されている．盛土，切土の標準のり面勾配等がそれにあたる．これらは規定された盛土高，切土高の範囲においては，土質，地質別に，そののり面勾配によって日本の自然環境のもとで交通に大きな

支障となる被害が避けられる基準を実績に照らして示したものである。したがって豪雨、地震等についても、特別な異常時を除いて考慮されているものと見ることができる。

(6) 土構造物は構造的な補強を比較的容易に後から行えることから、初期の工事費を節約しておいて、維持補修によって順次機能を高めていくのが得策であるという考え方が以前から強かった。しかし、道路構造の安全性を高めておくことの必要性、道路の維持補修作業における省力・省人化等の観点から、今後は道路土工部の建設段階においても、道路を災害に強く維持補修を軽減できるものとしていくことが望まれる。

(7) 盛土のり面、切土のり面において水に対する配慮は最も大切である。盛土・切土の安定性は水によって支配されるといっても過言ではない。したがって、盛土のり面、切土のり面の安定のためには、表流水、湧水を処理するとともに、地山・盛土内部の地下水位を少しでも低下させる努力が必要である。

(8) 盛土のり面、切土のり面の地震時の安定については、通常規模の地震においては被害が限定的であること、および橋梁等の鋼あるいはコンクリートでできた構造物に比べて復旧が容易であること等の理由により、これまで特別の場合を除き必ずしも力学的な耐震設計がなされていなかった。しかし、最近では地震に対する安全性のより一層の向上が求められるようになったこと、橋梁、トンネル、盛土・切土の土工部において耐震のバランスを確保する必要があることから、盛土のり面、切土のり面においても従来以上の耐震性を確保することが望まれる。

ただし、長大のり面を一律に耐震性を向上させるのは財政的制約あるいは投資効率等の観点から必ずしも現実的ではないことから、確保すべき耐震性については、構造物の重要度、復旧の難易度等を考慮して設定するのが望ましい。

(9) 盛土工における建設発生土の盛土材料の品質や、切土工においては工事中に調査段階で予測できなかった地盤状況に遭遇することが多い。その場合、新しい地盤条件をよく調査し、その結果を設計に還元し、修正することが重要である。調査、設計段階に知り得た土質等に関する情報は完全なものと思ふべきではなく、施工段階における緻密な観察によって設計時の条件を再検討していかなければならない。

(10) 盛土中の擁壁や切土のり面に、はらみ出しや沈下等の変状が点検によって発見された場合には、のり面の安定を維持して大事に至らないうちに補修を行うべきである。

(11) 各建設事務所には「道路防災総点検」「道路ストック総点検」の報告書が保存されている。この中には各地点における地質・土質等のデータ、被災履歴、補修・補強履歴等の維持管理上必要となる情報はもとより、現道に沿った落石・崩壊、地すべり、土石流など危険個所のランク付が行われているので、この結果を有効に活用することにより事前調査の参考とすることができる。

(12) 自然環境に恵まれ「日本の環境首都・山梨」を目指している本県においては、特にこの点を念頭に道路計画を行う必要がある。山岳地の多いわが県においては、路線選定の時点でトンネル、橋梁などの利用により自然のり面をできるだけ保存・保全すると

もに、それらの構造物も自然環境と調和できるよう景観への配慮を行わなければならない。のり面景観は、道路利用者からの視点による道路内部景観とともに、道路周辺からの視点による道路外部景観にも配慮しなければならない。

また、景観への配慮は、美しい県土づくりガイドラインに準拠して行うものとし、大規模な地形の改変を伴うのり面工・斜面安定工においては、景観アドバイザー制度の活用も検討するとよい。

第 2 節 調 査

2 . 1 調査の目的と種類

盛土工，切土工の調査は，道路計画との関連からその目的を明確にし，調査内容を適切に決定しなければならない。

盛土工，切土工の調査には，道路の計画段階で行う概略調査，路線選定の段階で行う予備調査，土工部及び構造物の詳細設計に必要な情報を得るための本調査，施工時あるいは完成後の維持管理段階で行う盛土のり面，切土のり面，自然斜面の調査がある。

調査については，「道路土工 - 盛土工指針（第 3 章 調査及び試験施工）」，「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（第 3 章 調査）」を参照するものとする。

なお，事業実施の各段階における調査には，各建設事務所に保存されている「道路防災総点検」や「道路ストック総点検」の報告書を有効に利用するとよい。

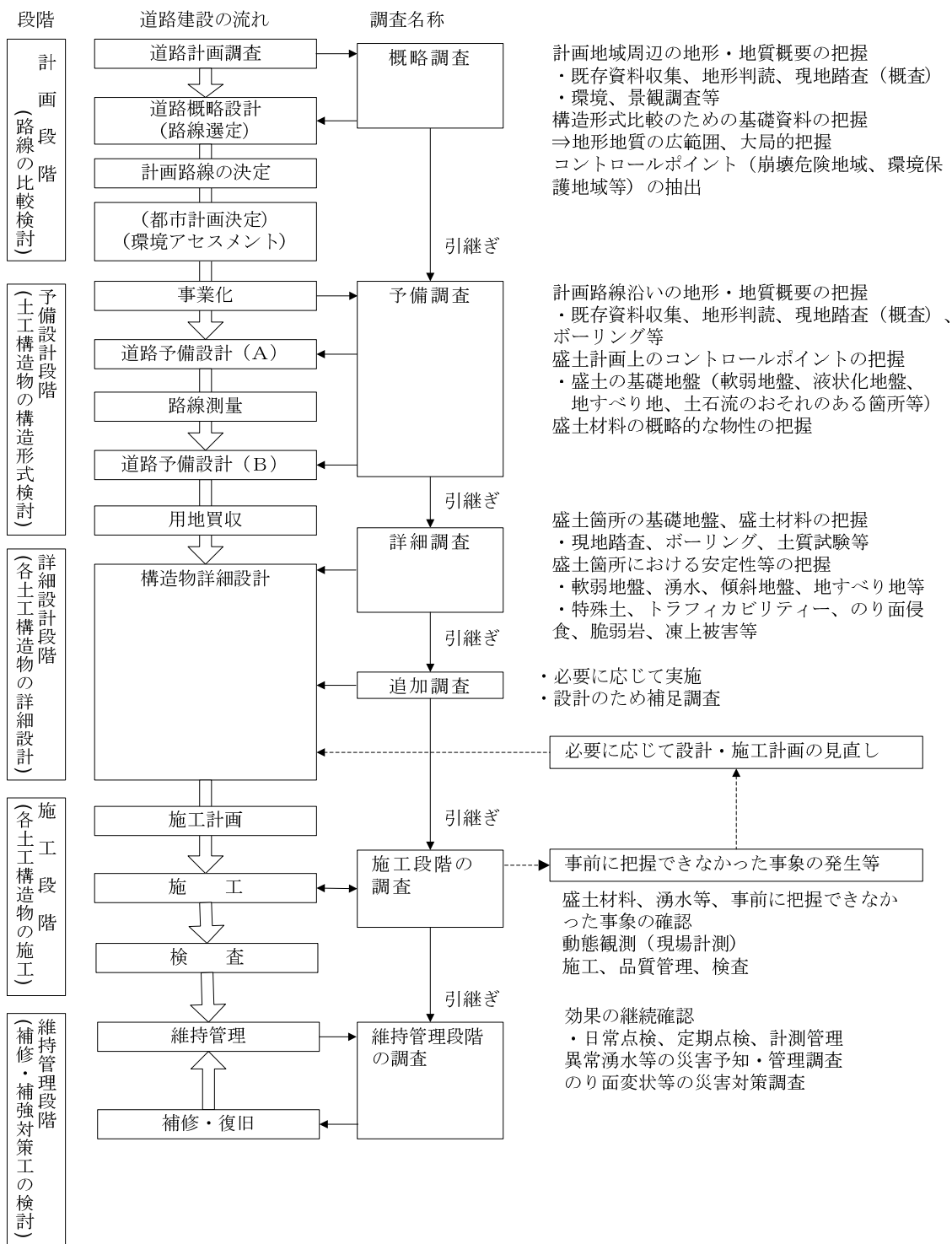


図-6.2.1 盛土部における道路建設の段階と調査

(出典：道路土工 盛土工指針(平成22年度版) p.25)



図-6.2.2 地形・地質を主体とした概略調査と予備調査

（出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）p.48）

2.2 切土部の調査

切土部の調査は、のり面工の構造やその規模に応じて、調査の着眼点を明確にし、調査方法を有機的に組合わせて選定しなければならない。

切土部の調査については「道路土工・切土工・斜面安定工指針（6-2 切土部の調査）」を参照する。

切土のり面詳細設計のための調査は、地質平面・断面図、岩区分や土質区分、想定すべり面、各種物性値、地下水状況など、設計に必要な資料を得るために実施される。

切土のり面の規模が大きくなると、のり面工法の種類により経済性にも大きく影響を及ぼす。また、切土のり面の地層構成は、複雑に入り組んでいることが多い。したがって、切土のり面の規模を勘案し、適切な調査手法を選定する必要がある。この場合、最も多く用いられる調査手法はボーリング調査と弾性波探査である。この両調査を有機的に組み合わせることにより、地質構造を的確に把握し、のり面工法選定の資料を得られるように心掛けなければならない。調査の主要着眼点と調査方法の関係を表-6.2.1に示す。

表-6.2.1 切土部調査の主要着眼点と調査方法との関係

調査方法		現地踏査	物理探査					ボーリング調査	テストピット	サウンデルピング	ボアホールテレビ	土質試験	岩石試験	地下水調査	現地地計測
			弾性波探査	電気探査	地下レダ	電気検層	速度検層・音波検層								
土質・岩質 ¹⁾															
地質構造	地質構造 { 地層構成(互層等) 断層・破碎帯等 受け盤・流れ盤等														
	割れ目・亀裂の分布や性状														
	風化や変質の程度														
	表土や崖錐・崩積土等の厚さ														
地山の強度															
段落ち・亀裂等の変状															
地下水・湧水の状況															
地下水位の変動															

注1) 土質とは土質名、成層状態、深さ方向の強度変化(N値のグラフ)、硬軟の程度、締りぐあいの状況をいい、岩質とは岩石名、固結の程度、風化のしやすさ、割れ目の程度などをいう。

注2) 最も多く用いられる手段 よく用いられる手段 補助的に用いられる手段

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版) p.127)

2.3 盛土部の調査

盛土の設計においては、(1)基礎地盤、(2)盛土材料および(3)現地地形・水理条件などについて調査を行わなければならない。

盛土部の調査については、「道路土工 - 盛土工指針(3-4-4 盛土材料の調査)」を参照する。

- (1) 盛土の基礎地盤は盛土およびそれに付帯する構造物の重量を支持し、有害な沈下が盛土道路完成後に生じないことが望まれるが、その調査法については「道路土工 - 軟弱地盤対策工指針」を参照する。基礎地盤がとくに軟弱でない場合には、基礎地盤の安定や沈下については問題となるところは少ない。
- (2) 盛土材料の調査は、通常の土質材料であれば、必要とする土量が確保できる土取場の調査が最も大切である。次に、盛土高が「第3章土工、第4節 盛土 表 - 3.4.1 盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配」に示す標準を越える場合および実例の少ない盛土材料を使用する場合、盛土材料に関する各種の試験を行う。
- (3) 盛土の長期的安定を損なう主な原因は、盛土本体に浸透する水(地下水、降雨)の影響によるものである。道路盛土完成後に盛土の安定を損なう水位(水圧)の上昇が考えられるか否かを検討するために、盛土で埋められる谷部および盛土と近接する山地の地形と水理条件を十分に調査することが重要である。盛土の透水係数が小さい場合には、盛土中の水位(水圧)が周辺の山地の水位と共に上昇することが常であり、盛土の長期安定を考える場合、浸透水に対する検討を忘れてはならない。
盛土材料の検討事項と適用すべき土質試験法を表 - 6.2.2 に示す。

表-6.2.2 盛土材料の検討事項と適用すべき土質試験法

調査方法 調査項目		土 質 試 験																	
		土の含水比試験方法	土の液性限界・塑性限界試験方法	土粒子の密度試験方法	土の粒度試験方法	突固めによる土の締固め試験方法	締め固めた土のコーン指数試験方法	C B R 試験方法（締め固めた土の C B R 試験）	土の一軸圧縮試験方法	土の非圧密・非排水 (UU)	土の圧密・非排水 (CU)	土の圧密・非排水 (CU)	土の圧密・排水 (CD)	土の圧密試験方法	凍上性判定のための土の凍上試験方法	突固めたセメント安定処理土混合物の凍結融解試験方法	土壌の汚染に係る環境基準について	岩のスレーキング率試験方法	岩の破砕率試験方法
		(W _n)	(W _L) (W _p)	(ρ _s)		(q _c)	(q _u)												
土層の連続性と土質分類																			
盛土のり面の安定	粘土，粘性土						1)	1)	1)	1)			1)						
	細砂，砂質土等											1)							
盛土自体の圧縮													1)					5)	5)
施工機械のトラフィカビリティー																			
し路床裏込め材と	盛土材料に関する試験																		
	風化・細粒化に対する長期安定性				2)														
	安定処理試験																		
	凍上・凍結融解に対する安定性													3)	3)				
締固め管理の基準・方法																			

凡例 : 基本的に実施する試験
: 盛土材料に応じて実施する試験
: 設計条件等に応じて実施する試験

注1) 試験はモールド内で突き固めた試料について行う。

2) 突固め後の粒度試験を行う。

3) 特殊な装置を必要とする。

4) 泥岩等スレーキングに対する耐久性

(出典 : 道路土工 盛土工指針 (平成 22 年度版) p.56)

2.4 排水工の調査

排水工の調査は、切土・盛土構造物の安定、路床・路盤の安定および施工の円滑化などを目的に行わなければならない。

排水工の調査については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (7-2 のり面排水の調査)」を参照する。

図 - 6.2.2 に示したような切土のり面、盛土のり面およびこれに接する自然斜面を安定に保つための排水工を対象として調査する必要がある。

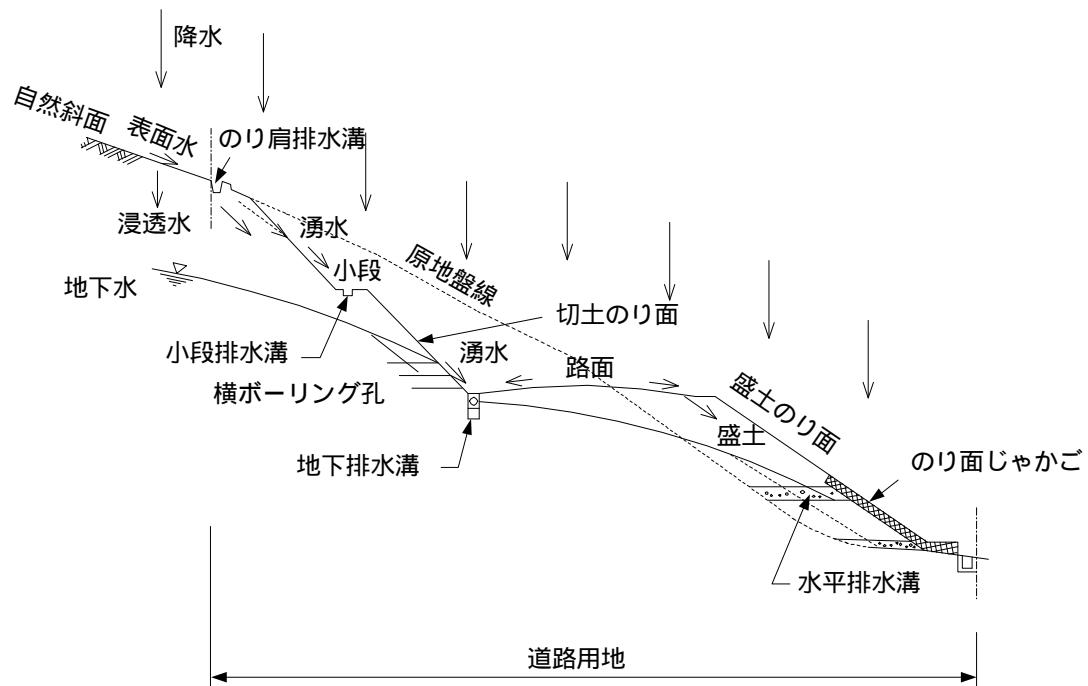


図 - 6.2.2 道路のり面と水の流れ

2.5 斜面崩壊の調査

斜面崩壊の調査は、その崩壊形態（表層崩壊か大規模・地すべり性崩壊か）を明確にし、効率的な調査を行わなければならない。

斜面崩壊の調査については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（9-2 斜面崩壊対策の調査）」を参照する。

2.6 落石・岩盤崩壊の調査

落石・岩盤崩壊の調査は、落石・岩盤崩壊の形態・規模・落下経路、発生機構、不安定度や対策工の地山の強度などを把握しなければならない。

落石の調査については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（10-2 落石・岩盤崩壊の調査）」を参照する。

2.7 地すべりの調査

地すべりの調査は、道路計画の適切な路線選定や対策を実施するため、次に記す情報を得るために実施しなければならない。

- (1) 地すべりの活動範囲や規模
- (2) 地すべりの活動方向、移動速度、滑落の可能性の有無
- (3) 地すべり活動状況や土工等による安全率の変化
- (4) 地すべり活動の誘因
- (5) 計測機器の設置箇所

地すべりの調査については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（11-2 地すべり調査）」を参照する。

標記の情報を得るための調査は、当該斜面およびその周辺について実施しなければならない。なお、その調査内容には以下のものがある。

- (a) 現地踏査
- (b) 地表変動計測調査
- (c) ボーリング調査等
- (d) すべり面調査
- (e) 地下水調査
- (f) 室内試験・原位置試験

これらの一般的な調査の流れを、図 - 6.2.3 に示す。

図中の(2-3-7(2))、表 3-20 および A,B,C などの表記は、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針」における目次、参照すべき表番号および表中の安定度区分を表わす。

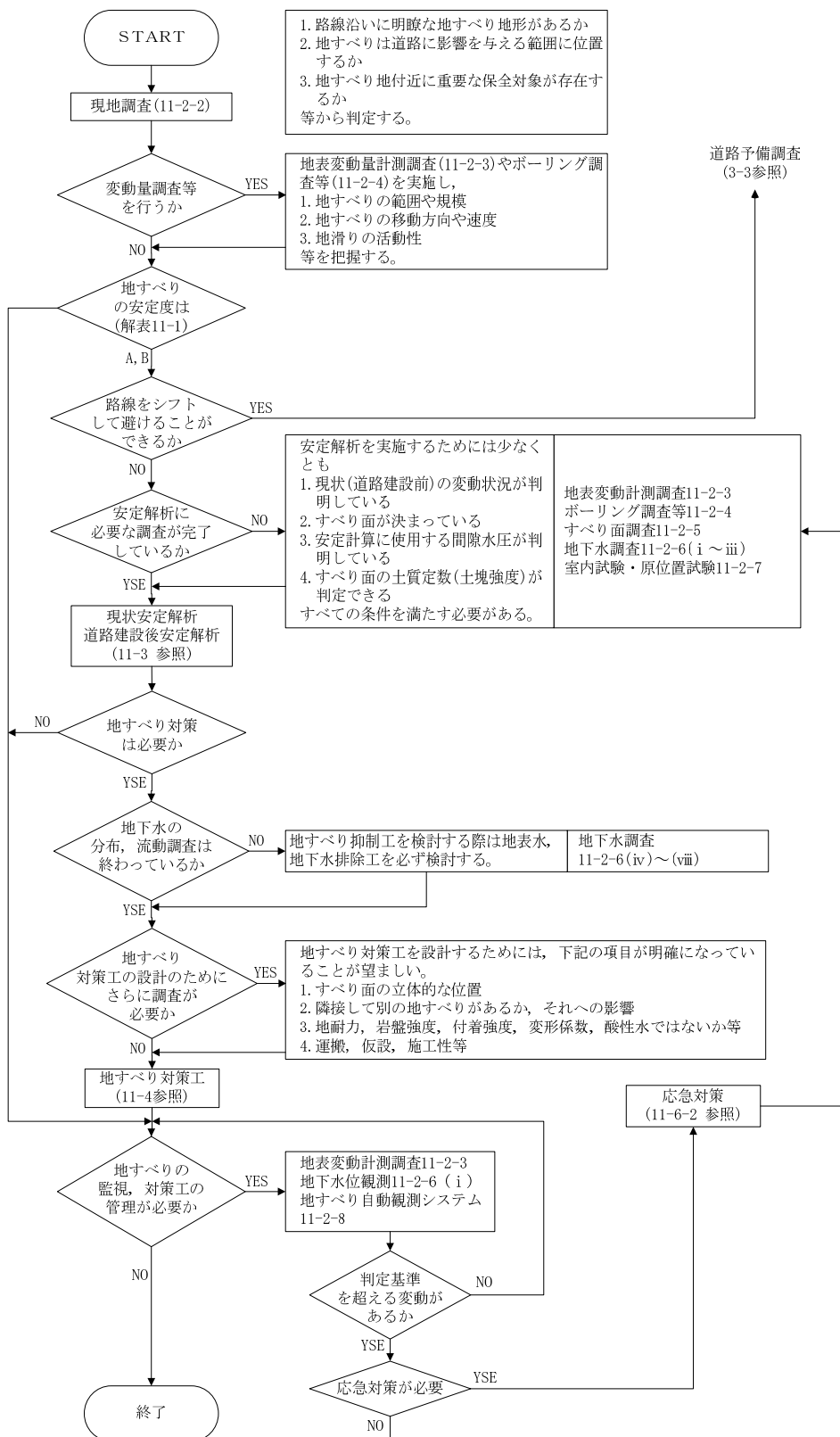


図 - 6.2.3 地すべり調査のフローチャート

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針 (平成 21 年度版) p.378)

2.8 土石流の調査

土石流の調査は、次に記す項目について実施しなければならない。

- (1) 土石流の発生に関する調査
 - (a) 路線沿いの土石流発生予測箇所の調査
 - (b) 土石流発生の頻度の調査
 - (c) 土石流を発生させる降雨条件の推定のための調査
- (2) 土石流の規模等の推定に関する調査
 - (a) 流出量に関する調査
 - (b) 最大粒径の調査
- (3) 土石流氾濫区域の推定に関する調査
- (4) 既設の砂防・治山施設の有無，諸元に関する調査

土石流の調査については「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (12-2 土石流の調査)」を参照する。

なお、道路防災点検の資料がある場合はこれらを有機的に組合わせて有効利用を図ることが肝要である。

2.9 環境・景観の調査

道路計画により出現するのり面が周辺の環境・景観に与える影響を明らかにするため、次の様な項目について調査を行わなければならない。

- (1) 道路特性調査
- (2) 周辺環境調査
- (3) 景観調査

環境・景観の調査については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (4-3 環境・景観の調査)」を参照する。

本調査は、のり面の出現が周辺の環境・景観に与える影響を明らかにし、具体的な対策の検討対象として取りまとめる。

のり面の出現は新しい環境・景観を創出するとともに、周辺の環境・景観にも影響を与えることが多いため、これらの影響の回避や緩和を図る必要がある。また、特に自然環境の豊かな地域を通過する箇所の環境と景観は、相互の関連性が非常に強く、同時に検討することが必要である。

第 3 節 のり面保護工

本節の詳細については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（第 8 章 のり面保護工）」及び「道路土工 - 盛土工指針（4-8 のり面）」を参照する。

3.1 のり面保護工の選定

3.1.1 のり面保護工の種類と目的

のり面保護工は、植物または構造物でのり面を被覆し、のり面の安定の確保と、自然環境の保全や修景を行うものである。

のり面保護工は、植物によるのり面保護工(以下、のり面緑化工)と、構造物によるのり面保護工(以下、構造物工)とに大きく分けられ、のり面緑化工はさらに、植生工と、その補助を目的とする緑化基礎工に分けられる。

のり面保護工は、大別すると植生工によるものと構造物工によるものがある。のり面保護工の主な工種と目的を表-6.3.1 に示す。

3.1.2 のり面保護工の選定

のり面保護工の選定に当たっては、のり面の長期的安定確保を第一に考え、現地の諸条件や周辺環境を把握し、各工種の特徴（機能）を十分理解した上で、経済性や施工性、施工後の維持管理を考慮して選定する。

のり面保護工は、のり面の長期的な安定確保とともに自然環境の保全や修景も目的とする点から、その選定に当たっては、のり面緑化工もしくは構造物工との併用について検討することが望ましい。

のり面保護工の選定に当たっては、のり面の長期的な安定確保を第一に考え、自然環境の保全、修景についても考慮する。のり面の岩質、土質、土壌硬度、pH 等の地質・土質条件、湧水や集水の状況、気温や降水量等の立地条件や植生等の周辺環境について把握し、のり面の規模やのり面勾配などを考慮するとともに、経済性、施工性、維持管理のことも考慮して選定する。

のり面保護工の選定については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（8-1 のり面保護工の種類と目的）」及び「道路土工 - 盛土工指針（4-8-2 のり面の保護）」を参照する。

切土のり面におけるのり面保護工の選定フローを図-6.3.1 に、盛土のり面におけるのり面保護工選定のフローを図-6.3.2 に示す。

表 - 6.3.1 のり面保護工の工種と目的

分類	工 種	目 的	
のり面緑化工（植生工）	播種 種子散布工 客土吹付工 植生基材吹付工（厚層基材吹付工） 植生シート工 植生マット工	浸食防止，凍上崩落抑制，植生による早期全面被覆	
	工 植生筋工	盛土で植生を筋状に成立させることによる浸食防止，植物の侵入・定着の促進	
	植生土のう工 植生基材注入工	植生基盤の設置による植物の早期生育 厚い生育基盤の長期間安定を確保	
	植栽工	張芝工	芝の全面張り付けによる浸食防止，凍上崩落抑制，早期全面被覆
		筋芝工	盛土で芝の筋状張り付けによる浸食防止，植物の侵入・定着の促進
		植栽工	樹木や草花による良好な景観の形成
		苗木設置吹付工	早期全面被覆と樹木等の生育による良好な景観の形成
	構造物工	金網張工 繊維ネット張工	生育基盤の保持や流下水によるのり面表層部のはく落の防止
		柵工 じゃかご工	のり面表層部の浸食や湧水による土砂流出の抑制
		プレキャスト枠工	中詰の保持と浸食防止
モルタル・コンクリート吹付工 石張工 ブロック張工		風化，浸食，表流水の浸透防止	
コンクリート張工 吹付枠工 現場打ちコンクリート枠工		のり面表層部の崩落防止，多少の土圧を受ける恐れのある箇所土留め，岩盤はく落防止	
石積，ブロック積擁壁工 かご工 井桁組擁壁工 コンクリート擁壁工 連続長繊維補強土工		ある程度の土圧に対抗して崩壊を防止	
地山補強土工 グラウンドアンカー工 杭工		すべり土塊の滑動力に対抗して崩壊を防止	

注 構造物工を植生工の施工を補助する目的で用いる場合は緑化基基礎工と定義される。緑化基基礎工は植生工が単独で施工できない場合に用いるもので、植生工と緑化基基礎工の組み合わせの例に関しては表 を参照する。

（出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）p.192）

注 1) 地山の土質に応じた安定勾配としては、「第 3 章 土工 表 - 3.5.1」に示した地山の土質に対する標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。また、安定勾配が確保できない場合の対策として、切直しが可能な場合は切直しを行う。

注 2) 落石のおそれの有無は、「2.6 落石の調査」および「落石対策便覧」を参考にして判断する。

注 3) 地山の分類は、「第 3 章 土工 第 3 節 岩および土の分類」に従うものとする。

注 4) 第三紀の泥岩、けつ岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩等は切土による応力解放、その後の乾燥湿潤の繰返しや凍結融解の繰返し作用等によって風化しやすい。

注 5) 風化が進んでも崩壊を生じないような安定勾配としては、密実でない土砂の標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。

注 6) しらす、まさ、山砂、段丘礫層等、主として砂質土からなる土砂は表面水による浸食には特に弱い。

注 7) 自然環境への影響緩和、周辺景観との調和、目標植生の永続性等を勘案して判断する。

注 8) 主として安定度の大小によって判断し、安定度が特に低い場合にふとんかご工、井桁組擁壁工、吹付砕工、現場打コンクリート砕工を用いる。

注 9) 構造物による保護工が施工されたのり面において、環境・景観対策上必要な場合には緑化工を施す。具体的な工法については「第 9 節 環境・景観対策」を参照する。

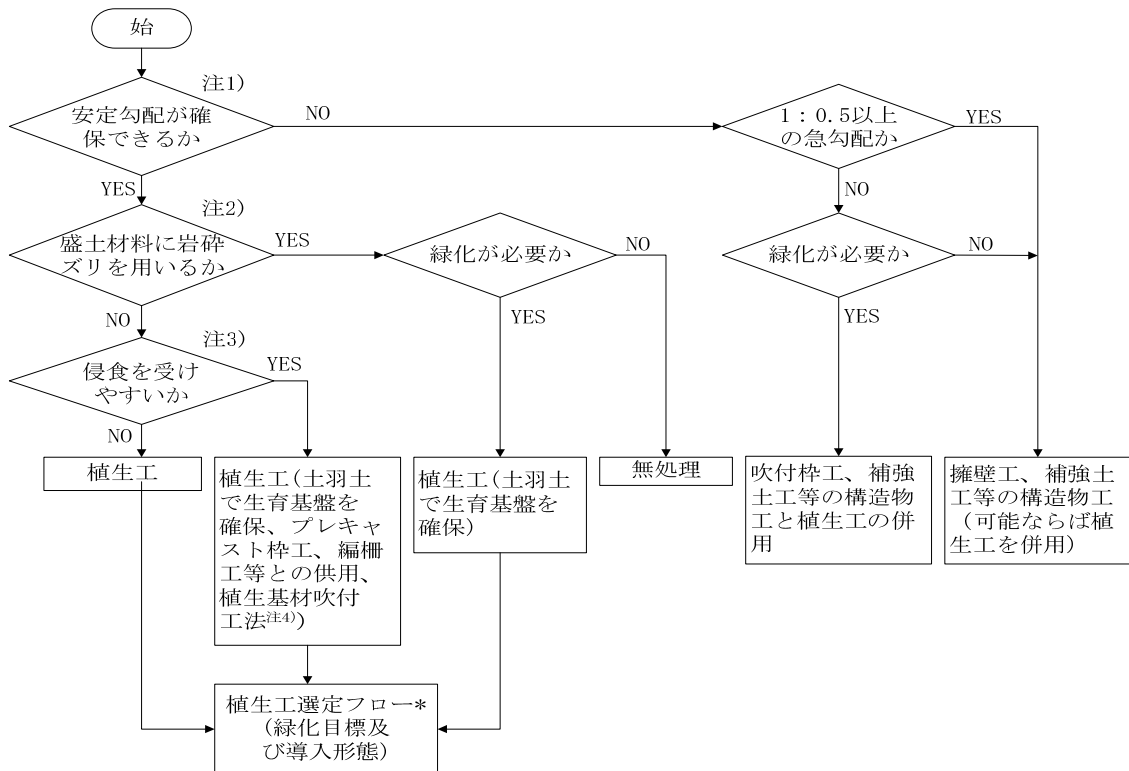
注 10) ここでいう切直しとは、緑化のための切直しを意味する。

注 11) 盛土のり面の安定勾配としては、「第 3 章 土工 表 - 3.4.1」に示した盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。

注 12) ここでいう岩砕ズリは、主に風化によるぜい弱化が発生しにくいような堅固なものとし、それ以外は一般的な土質に準ずる。

注 13) 浸食を受けやすい盛土材料としては、砂や砂質土等があげられる。

注 14) 降雨等の浸食に耐える工法を選択する。

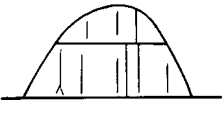
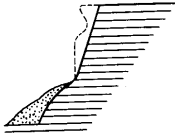


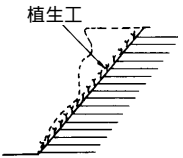
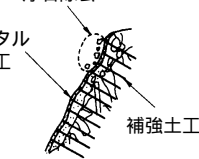
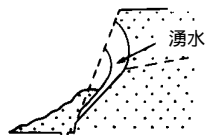
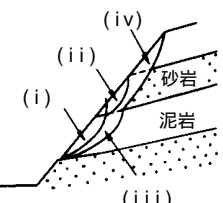
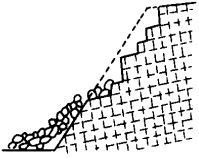

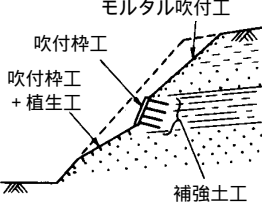
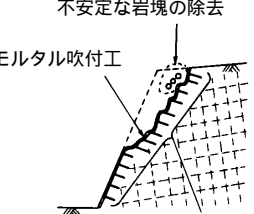


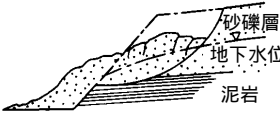
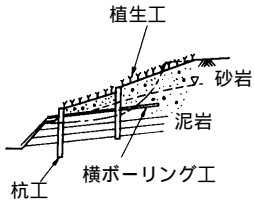
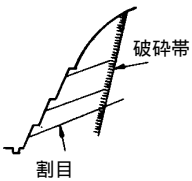
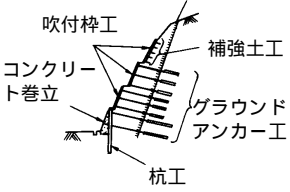
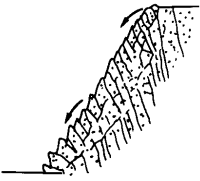
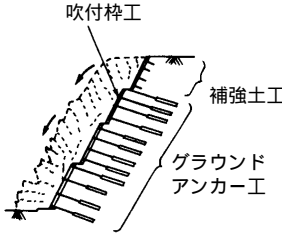
- *植生工選定フローは、「道路土工一切土工・斜面安定工指針」を参照する。
- 注1) 盛土のり面の安定勾配としては、解表4-3-2に示した盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。
- 注2) ここでいう岩砕ズリとは主に風化による脆弱化が発生しにくいような堅固なものとし、それ以外は一般的な土質に準じる。
- 注3) 侵食を受けやすい盛土材料としては、砂や砂質土等があげられる。
- 注4) 降雨等の侵食に耐える工法を選択する。

図 - 6.3.2 盛土のり面におけるのり面保護工選定のフロー

(出典：道路土工 盛土工指針(平成 22 年度版)p.147)

表 - 6.3.2 切土のり面および斜面の崩壊形態と対策工法

分類	解説	崩壊形態	対策工法事例
浸食, 崩落	<p>(a) 乾湿, 凍結, 雨食などにより表面がはく離, あるいはガリー(掘れ溝)ができる. 放置すると深い崩壊に移行することがある.</p> <p>(b) 斜面上のオーバーハング状を呈する部分が崩落する.</p> <p>(c) 亀裂や節理に富んだ岩が崩落する.</p>	 <p>表面水によるガリー浸食</p>   <p>浮石型落石</p>	<p>プレキャスト枠工</p>  <p>ネット張工+植生工またはプレキャスト枠工+植生工</p>  <p>植生工</p> <p>切直し+植生工</p>  <p>浮石除去</p> <p>モルタル吹付工</p> <p>補強土工</p> <p>モルタル吹付工(浮石除去)+補強土工</p>
表層崩壊	<p>(a) 表土が滑落する時には下層の強風化岩を含んで滑落する. 湧水が誘引となることが多い.</p> <p>(b) 岩の表層が風化等に伴って滑落する.</p> <p>(c) 流れ盤構造や岩盤中の割れ目(節理, 小断層, 薄層)に沿って岩が滑落する. 後者の場合, くさび状の崩壊も多い.</p>	 <p>湧水のパイピングによる崩壊</p>  <p>風化等の進行に伴う表層崩壊</p>  <p>岩の割れ目に沿った崩壊</p>	<p>プレキャスト枠工</p>  <p>湧水</p> <p>横ボーリング工</p> <p>切直し+プレキャスト枠工(栗石詰)+横ボーリング工</p>  <p>モルタル吹付工</p> <p>吹付枠工</p> <p>吹付枠工+植生工</p> <p>補強土工</p> <p>勾配の異なる切土+吹付枠工+補強土工+植生工+モルタル吹付工</p>  <p>不安定な岩塊の除去</p> <p>モルタル吹付工</p> <p>補強土工</p> <p>モルタル吹付工+補強土工</p>

分類	解説	崩落形態	対策工法事例
大規模崩壊・地すべり性崩壊	(a) 軟弱で固結度の低い地層からなる斜面や地質構造的に不安定要因をもつ斜面が地下水位の上昇に伴って大規模に滑落する。	 <p>透水性における不連続面上すべり</p>	 <p>切直し+杭工・横ボーリング工+植生工</p>
	(b) 流れ盤や断層・破砕帯等の地質構造を有する岩体が大規模に滑落する。	 <p>断層破砕帯沿いのすべり</p>	 <p>杭工+吹付杭工+グラウンドアンカー工+補強土工+コンクリート巻立</p>
	(c) 受け盤の斜面や割れ目の発達した岩の斜面が前方へ転倒する。	 <p>受け盤の転倒(Toppling)</p>	 <p>吹付砕工+補強土工+グラウンドアンカー工</p>

3.2 のり面緑化工

のり面緑化工は、緑化の目的を明確にし、当該のり面の調査を充分に実施したうえで緑化目標の設定を行い、種々の植生工の特徴を把握し工法の選定を行わなければならない。

のり面緑化工については、「道路土工・切土工・斜面安定工指針（8-3 のり面緑化工）」を参照する。

- 1) のり面緑化工は、のり面に植生を成立させて風化や浸食を防止し、それと併せて自然環境の保全や修景を行うのり面保護工である。のり面緑化工は、植物を取り扱う技術であり、目標とする効果が発揮されるまでには時間を要する点と、施工後の降水量や気温の変動等によって成果に差が生じ易い点に留意する必要がある。
- 2) のり面緑化工は、植物を導入する植生工と、植物の生育環境を整備する緑化基礎工とで構成される。のり面緑化工の調査は、導入植物の検討に必要な気象状況、土壌、周辺植生等の地域環境の調査及びのり面造成時点でののり面勾配や土壌硬度等の調査を行う。
- 3) のり面緑化工の設計に際しては、その目的を考慮しつつ、最終的に形成する群落型等の緑化目標を設定する。緑化目標は、のり面勾配、周辺環境や気象条件、初期段階で形成する群落、目標達成までの期間とその間に実施する植生管理についても勘案して決定する。
- 4) 植生工は、のり面や使用する植物の諸条件に応じて種々の工法があり、各工法の特徴と留意事項を勘案して適切な工法を検討する

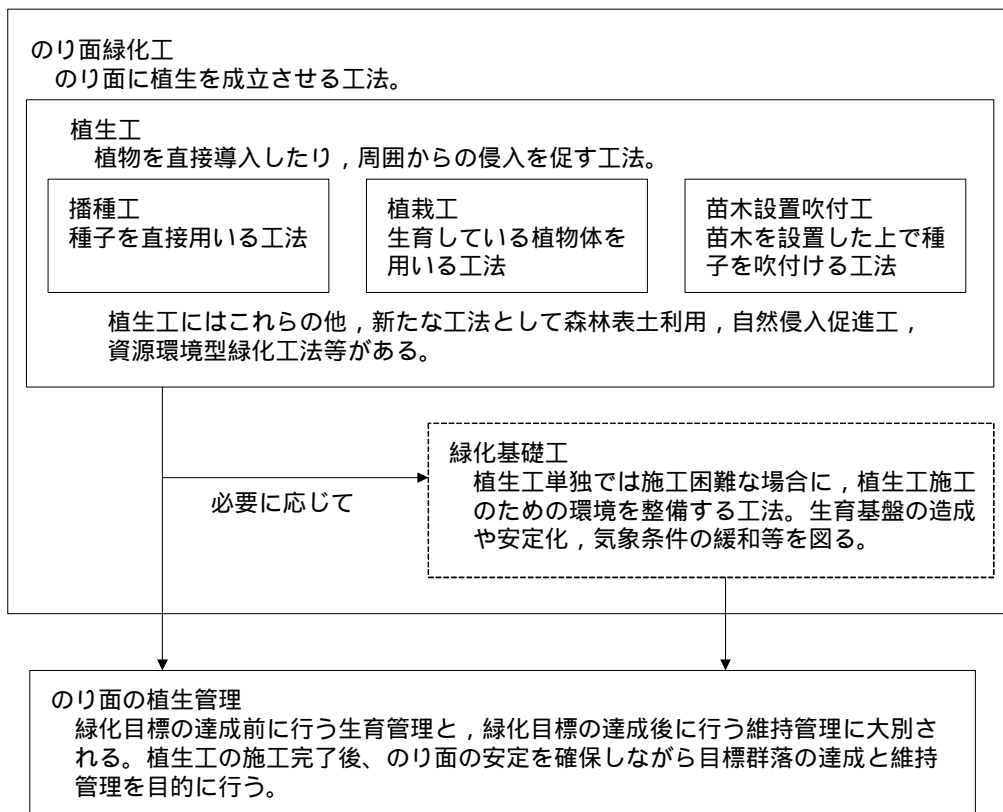
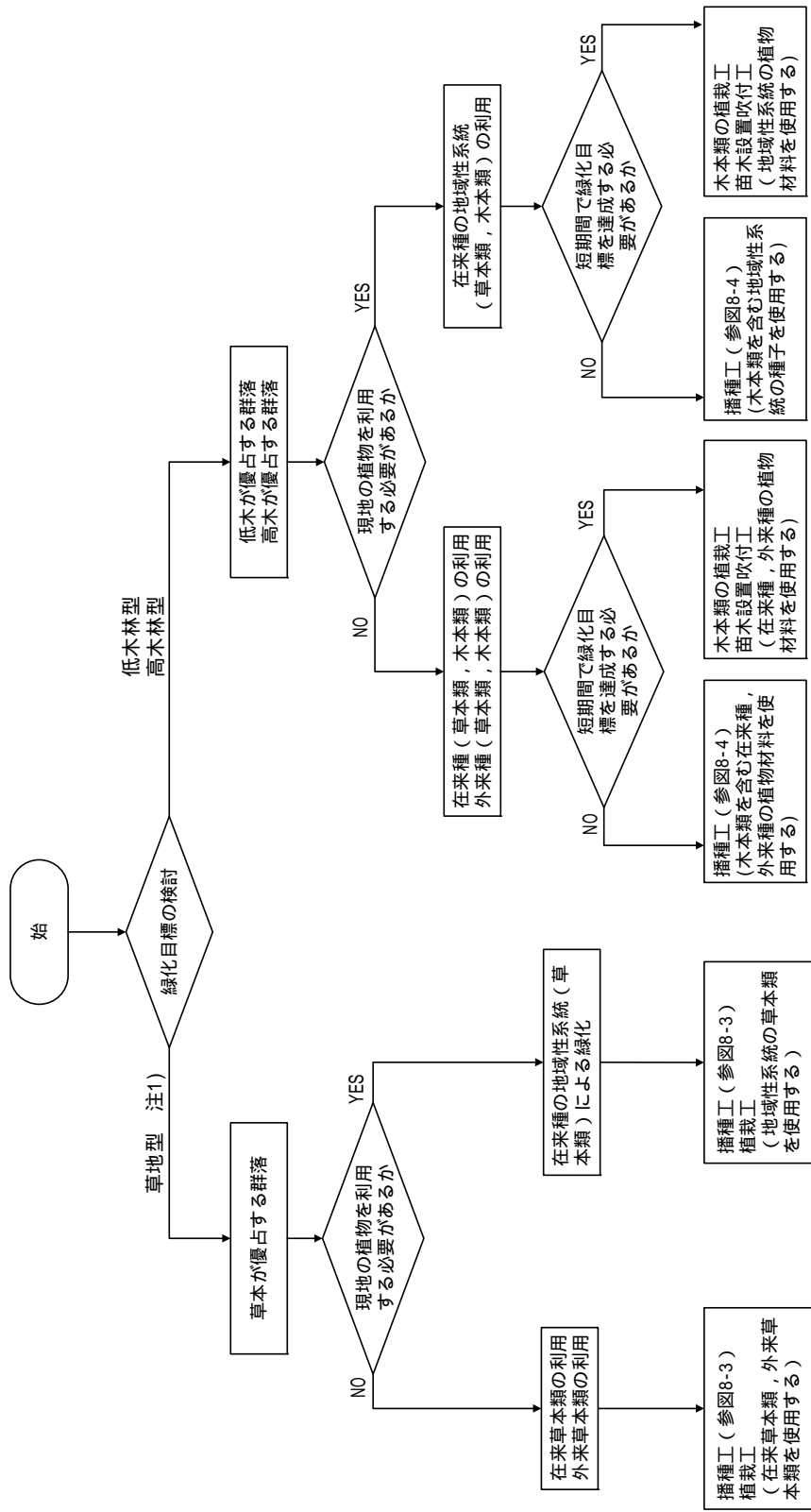


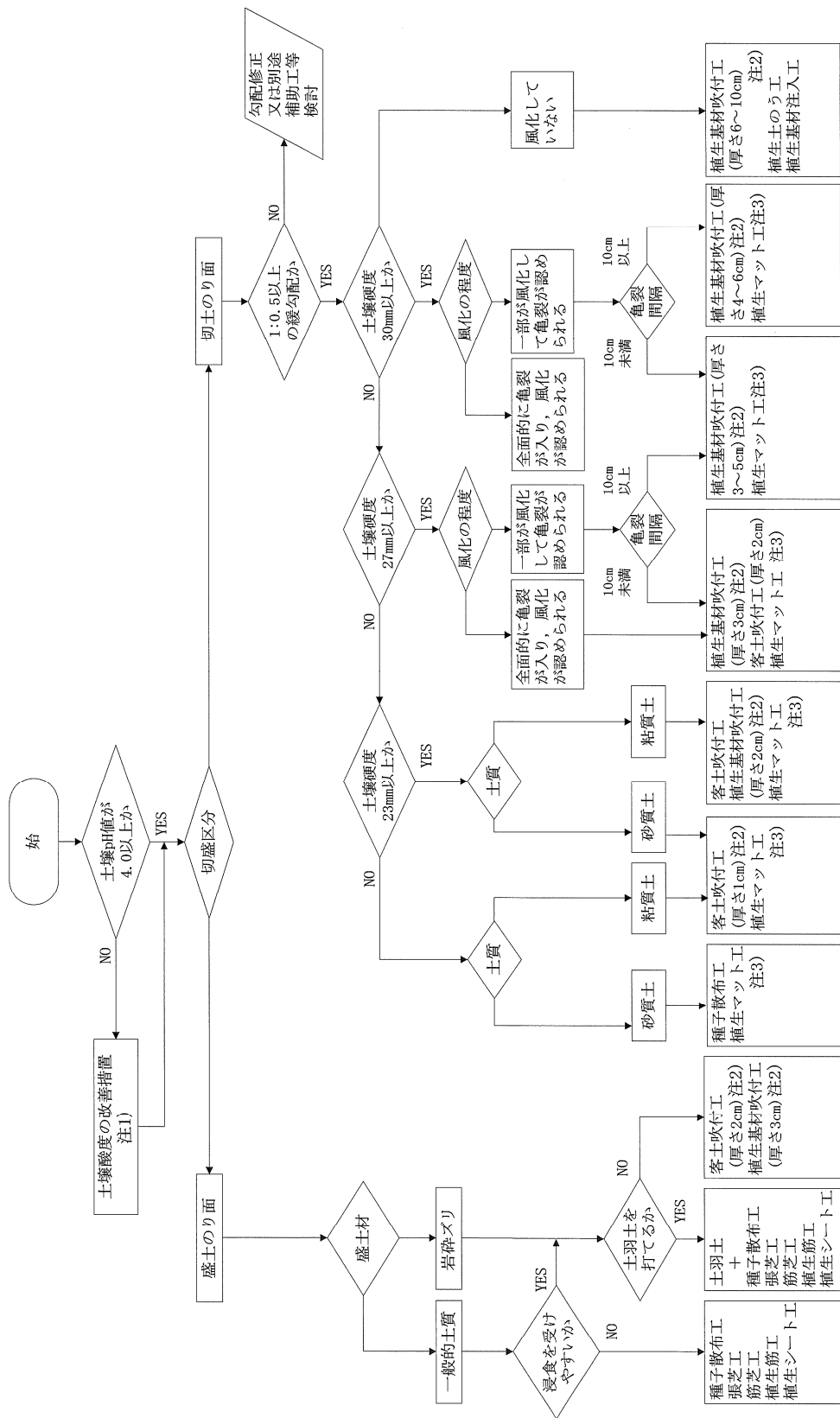
図 - 6.3.3 のり面緑化工の構成

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.204)



注1)：初期の目標を草本群落とし，長期間かけて自然の遷移によって木本群落を形成する場合を含む。

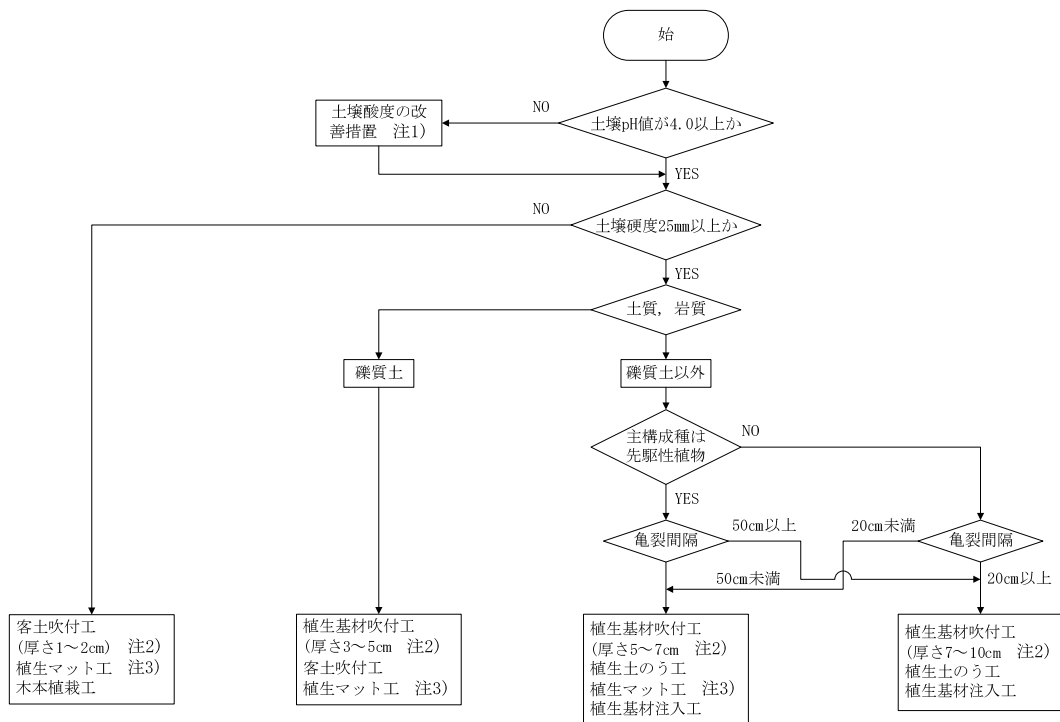
図 - 6.3.4 植生工選定フロー(緑化目標および導入形)
(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.226,227)



注1)：土壌酸度の改善措置が不可能な場合はブロック張工などの構造物工のみの適用を検討する。
 注2)：吹付厚さは発化目標も考慮して決定する。
 注3)：植生マットを適用する場合には、植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 - 6.3.5 植生工選定ロー(草本播種工など)

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.228,229)



注1) : 土壤酸度の改善措置が不可能な場合はブロック張工等の構造物工のみの適用を検討する。
 注2) : 吹付厚さは緑化目標も考慮して決定する。
 注3) : 植生マットを適用する場合には、のり面条件に対応した厚さの植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 - 6.3.6 のり面条件を基にした植生工の選定フロー(木本類播種工等)

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.230)

植生工を用いる切土のり尻部には、必要に応じて斜距離 2 m 程度のコンクリートブロック張工(図 - 6.3.7 参照)などを設置するとよい。なお、このコンクリートブロック張工などは、防火対策を主目的とするほか、道路近傍の草類の繁殖を防ぎ、見通しの確保や除草回数の低減、のり尻の保護にも役立つものであり、交通量の比較的多い道路においてはなるべく設置するのが望ましい。

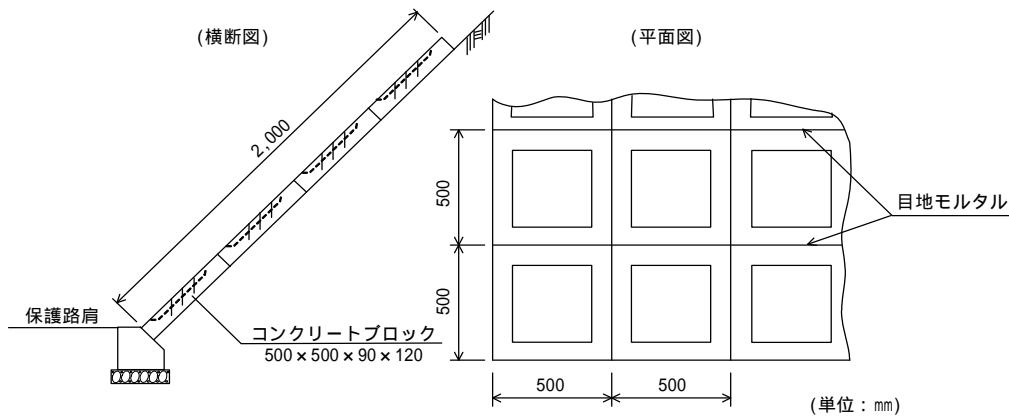


図 - 6.3.7 コンクリートブロックによる火災防止対策工の例

(出典：NEXCO 設計要領 土工編 p.3-68)

3.3 構造物によるのり面保護工

構造物工によるのり面保護は、のり面の浸食や風化及び表層の滑落や崩壊を防止するなどのり面の永続的な安定を図ることを目的とし、無処理では安定を確保できないのり面のうち、次のようなのり面に用いる。

- (1) のり面緑化工が不適切なのり面
- (2) のり面緑化工だけでは浸食等に対し長期安定が確保できないと考えられるのり面
- (3) 表層滑落、崩壊、落石等の不安定化が発生する恐れのあるのり面

構造物工の選定に当たっては、切土部の調査により明らかになった地山条件や切土条件を考慮して、適切なのり面保護工の工種を選定しなければならない。また、構造物工においてもできる限り周辺の環境・景観との調和や保全に配慮することが必要である。

構造物によるのり面保護工については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (8-4 構造物工)」を参照する。

構造物によるのり面保護工の種類は表 - 6.3.1 に示すような工法がある。

3.3.1 コンクリート及びモルタル吹付工

(1) コンクリート吹付とモルタル吹付の使い分け

コンクリート吹付とモルタル吹付の使い分けは、のり面保護の期間、地山の岩質、節理、風化の状況や気象条件、施工性及び現場への適合性などを考慮して決定するものとする。

一般に、モルタル吹付工の場合は10cm程度まで、コンクリート吹付工の場合は10cm～20cmであり、コンクリート吹付工は粗骨材の入手が困難であり、モルタル吹付工に比べて施工性に劣るとされている。

(2) 吹付厚

吹付厚の例を表 - 6.3.3 に記す。

表 - 6.3.3 吹付厚の標準

コンクリート吹付工	凍上の激しい地区	15～20cm
	岩の凹凸が著しい場合	15cm
	その他ののり面	10cm
モルタル吹付工	仮設のり面	3～5cm
	その他ののり面	8～10cm

(3) 配合

各々の工法に対する配合の例を表 - 6.3.4 に示す。

表 - 6.3.4 配合の標準

(1m³当たり), () 内は質量kg

	セメント C(kN(kg))	細骨材 S(kN(kg))	粗骨材 G(kN(kg))	W / C (%)	配合比 C:S:G
コンクリート吹付工	3.6(360)	14.4(1,440)	3.6(360)	45～55	C:S:G=1:4:1
モルタル吹付工	4.2(420)	16.8(1,680)	-	45～55	C:S = 1:4

(4) 構造細目

1) 金網，鉄筋

コンクリート及びモルタル吹付工は，硬化収縮などにより生ずるクラックまたは剥落を防止するため，コンクリート中に金網を設けることを原則とし，必要に応じて鉄筋を入れることが望ましい．

金網は，菱形金網 2mm14#×50mm (JIS G 3552) を標準とする．

2) 主アンカー，補助アンカー

(a) 金網は，主アンカーと補助アンカーでのり面に沿って固定するものとする．

(b) 主アンカーは， 16 mm×40 cm のものを100m² 当り30本を原則として設置するものとする．

(c) 補助アンカーは， 9 mm×20 cm のものを100m² 当り150本を原則として設置するものとする．

3) 水抜き

(a) 吹付工には，原則として水抜きを設けるものとする．

(b) 水抜き孔は硬質塩化ビニル管 50 mm を標準とし，3m² に1個以上を設置するものとする．

(c) 部分的に湧水がある場合や，湧水が懸念される場合には，吹付施工前に適切な湧水対策（水平ポーリング，地下排水溝など）を講じるものとする．

4) 目地

(a) 吹付工は，厚さが一様ではなく，膨張・収縮目地を作ってもそこへ亀裂が集中せずこの役目を果たさないことが多い．また，雨水等の地山への浸透防止，表層崩壊の発生防止機能等が，目地の劣化によって損なわれる可能性がある．

(b) 一般的に凹凸の著しい岩盤吹付箇所については，温度変化による応力が吸収されるので，原則的に目地は設けないものとする．

(1)について

モルタル吹付工は，地盤が軟岩以上でのり面自体が十分安定しており，気象条件（寒暖の差）も良く，湧水処理が可能な場所に適用する．吹付厚は10cm以内として，設計上，土圧は考えない．

コンクリート吹付工は，地盤が軟岩以上であることを原則とするが，固結度の高い砂質土や礫混じり土以上にも計画できる．しかし，この場合，風化の程度や湧水，気象条件，のり面勾配等を考慮して，他の工種との比較検討を行う．岩質や勾配，のり面長，気象条件などから吹付厚を決めるが10cm以上とし，原則として土圧は考えない．

(2)について

(a) 凍上の激しい地区とは，車道舗装の置き換え深さ（凍結深さの70%）が60cm以上の地域をいう．

(b) 凍上が激しい地区でなくても，岩の凹凸が著しい場合においてはコンクリート吹付厚を15cmとする．

3.3.2 のり枠工

のり枠工はプレキャストのり枠工，吹付枠工，現場打コンクリート工によるものとする。

この場合の中詰材は，各工種とも表 - 6.3.5 により選定するものとする。

表 - 6.3.5 のり枠工の中詰材

中詰材	選定上の留意点	摘要
吹付	標準とする	モルタル，厚層基材
植生土のう	湧水等が多少ありかつ緑化する場合	
栗石・ブロック	湧水等が多い場合	前面に吸出防止剤
張コンクリート	特殊な事情がある場合	t=10 mmを施工する。

(出典：道路設計マニュアル その1 (財)国土開発技術研究センター)

(1) 吹付のり枠工

(a) 吹付のり枠工の例を図 - 6.3.10 に示す。

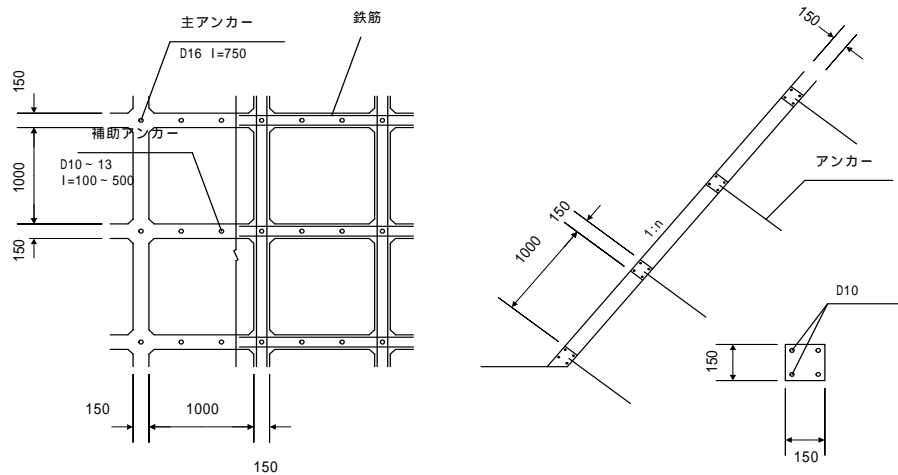


図 - 6.3.10 吹付のり枠工の例

(出典：道路設計マニュアル その1 (財)国土開発技術研究センター)

(b) 吹付のり枠工に使用するコンクリート及びモルタルの配合は，前項「3.3.1 コンクリート及びモルタル吹付工」に準ずるものとする。

(c) のり面勾配が1：1.0より緩やかでのり長が10m以下の箇所に，植生基盤材の安定を目的として使用する場合や現在は安定していても将来の風化などによって不安が生じる場合には，断面が15cm×15cm～20cm×20cm程度で，枠スパンが1.15m～1.5m程度を標準とする。

(d) 土圧が働く場合，落石や部分的な崩壊が考えられる場合およびのり面勾配が安定勾配より急な場合には，原則として設計計算を行って枠の断面，スパン，鉄筋量等を決定するものとする。

(e) 吹付のり枠の設計計算においては、「のり枠工の設計・施工指針（社）全国特定法
面保護協会」，「フリーフレーム工法 設計・施工の手引き フリーフレーム協会」
等を参照する．

(2) プレキャストのり枠工

(a) プレキャストのり枠工の例を図 - 6.3.11，図 - 6.3.12 に示す．

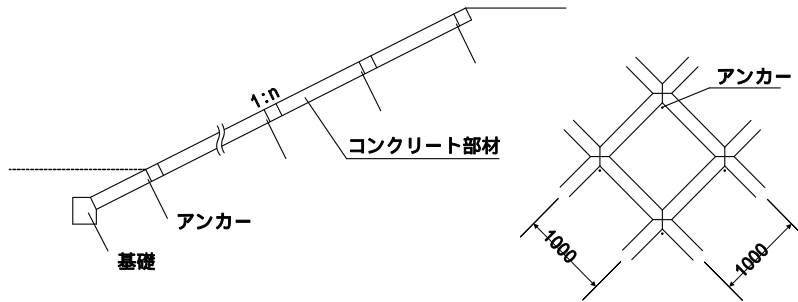


図 - 6.3.11 切土のり面の場合の例（出典：道路土工 - 切土工・斜面安定工指針）

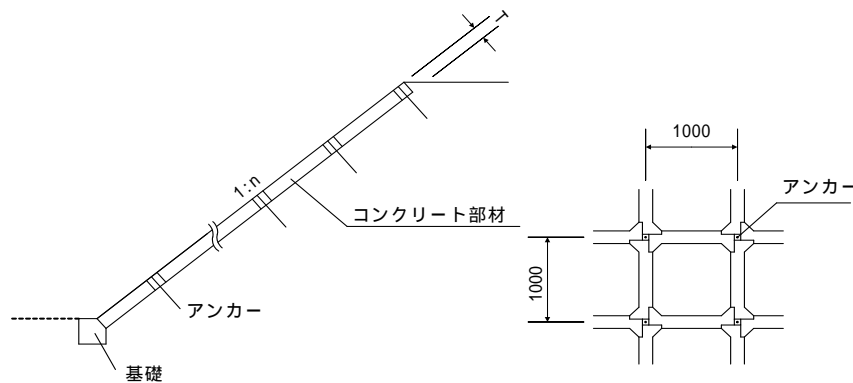


図 - 6.3.12 盛土のり面の場合の例（出典：道路土工 - 切土工・斜面安定工指針）

(b) プレキャストのり枠工の基礎

基礎の形状の例を図 - 6.3.13 に示す．

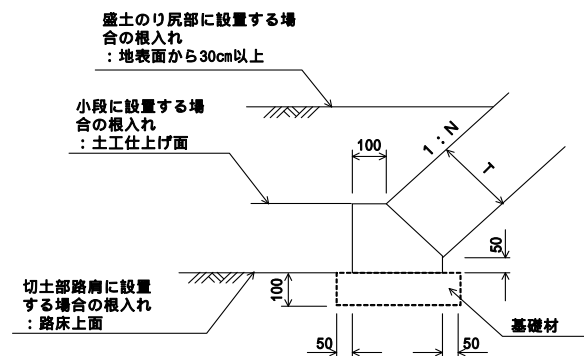


図 - 6.3.13 基礎形状の例

（出典：道路設計マニュアル その1（財）国土開発技術研究センター）

(3) 現場打コンクリート枠工

(a) 現場打コンクリート枠工の例を図 - 6.3.14 に示す。

ただし、地盤条件により標準的な構造が利用できない場合は別途検討すること。

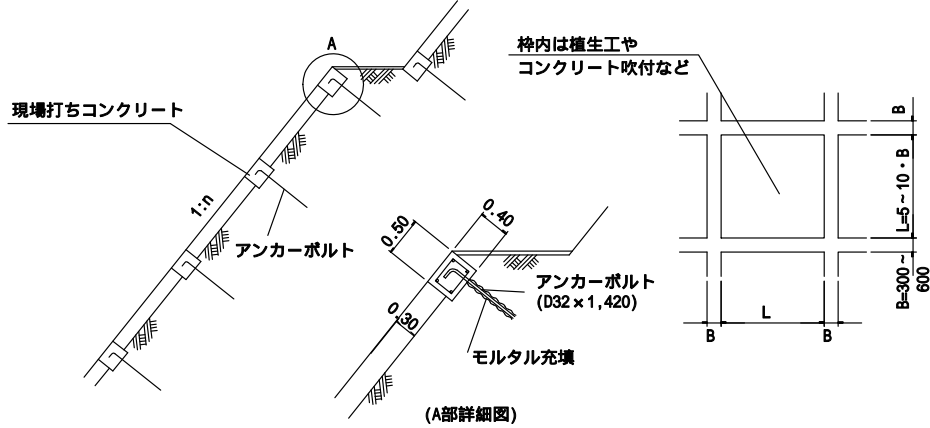


図 - 6.3.14 現場打コンクリート枠工の例

(出典：のり面工・斜面安定工指針)

(b) 弱い地盤上に設置する場合は、コンクリート基礎を用いるものとする。

その構造の例を図 - 6.3.15 に示す。

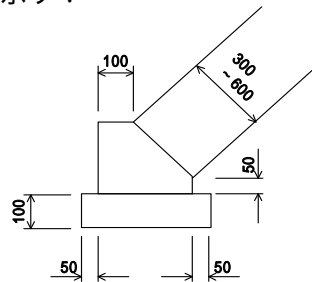


図 - 6.3.15 現場打コンクリート枠工の基礎

(出典：道路設計マニュアル その1 (財)国土開発技術研究センター)

(4) のり枠工の枠内排水処理

のり枠工の枠内がモルタル吹付の場合、排水処理方法は(a)水抜きパイプによる方法、または(b)水切モルタルによる方法のいずれかとし、現場条件や経済性を考慮して適切に選定する。一般的に水抜きパイプによる方法は、水切モルタルによる方法よりも経済的であるが、落葉等による目詰まりの恐れのある現場では採用できない(参考資料 - 01 参照)。

また、のり枠工の枠内が厚層基材吹付などの植生工の場合は枠内排水処理を行わなくとも良いが、湧水が多い場合は水切モルタルによる排水処理を行うことが望ましい。

3.3.3 杭工

杭工は崩壊に対して比較的大きな抑止力を必要とする場合に用いるものとする。杭はすべりの形態によってせん断のみ，もしくはせん断および曲げに対して安全な構造としなければならない。

杭の断面，形状，杭間隔については，必要な崩壊抑止力から算定する（杭間隔は杭径の8倍以下）。この場合，杭間の中抜けに対しても安全であるように配慮する必要がある。

また斜面上部の土塊に対しては杭の抑止効果の及ぶ範囲に限界があり，杭を二段以上に設置したりあるいは他の工法との併用を考慮する必要がある。シャフト工法については，「河川・砂防編 II 地すべり対策技術マニュアル 設計編 第3章 抑止工の設計」を参照されたい。ただし，傾斜が急な面や斜面では杭前面（谷側）の土層の抵抗が十分には期待できないことがあるので注意を要する。

第4節 斜面の安定解析

4.1 盛土安定解析

盛土のり面の計画にあたっては、盛土材料、盛土の基礎地盤の土質、湧水、地形、降雨、地震などの条件を十分に検討して対応しなければならない。

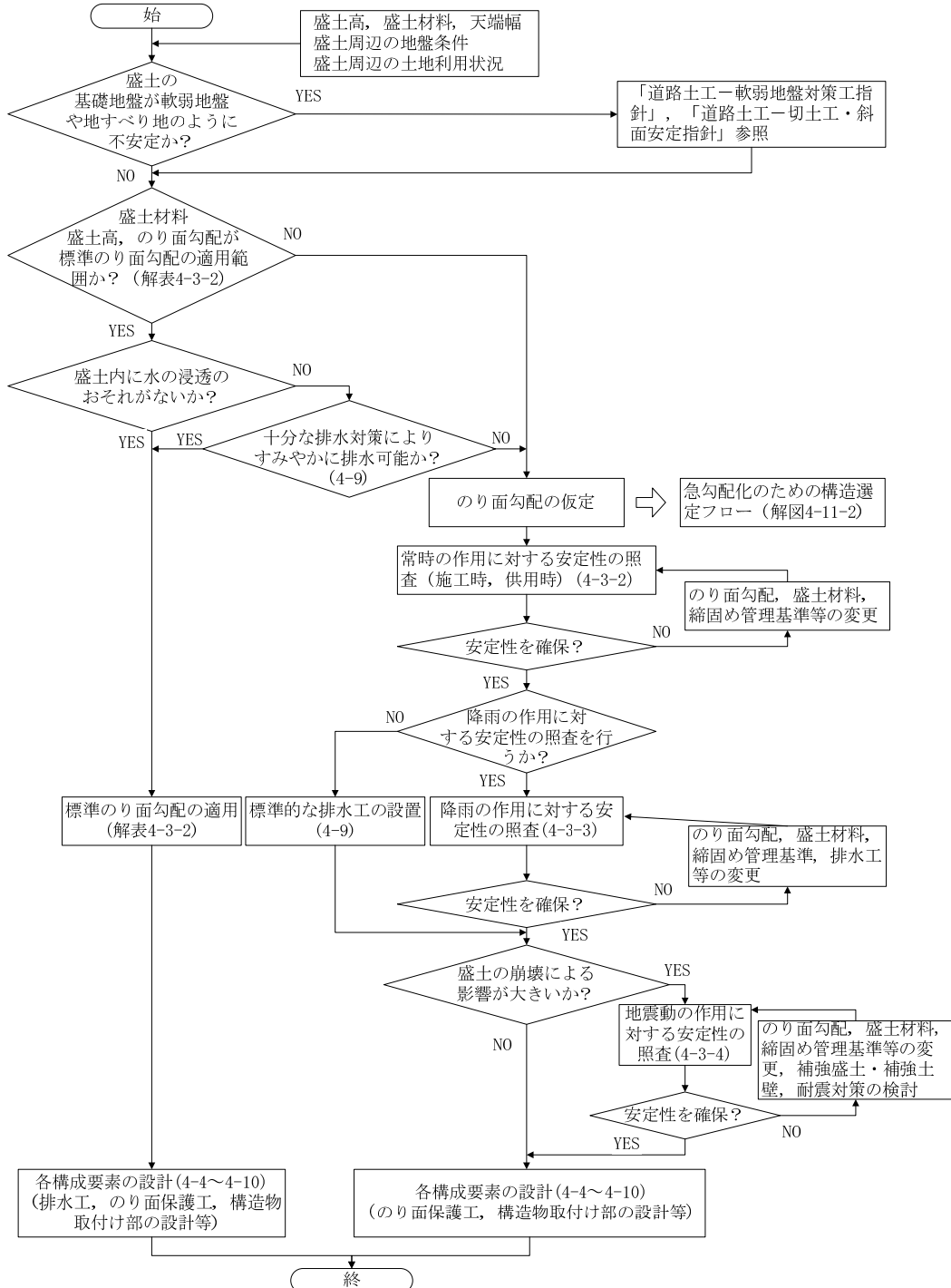


図-6.4.1 盛土のり面の安定検討フローチャート

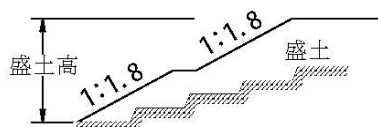
(出典：道路土工 盛土工指針(平成22年度版)p.104)

盛土のり面の安定検討フローチャートを図-6.4.1 に示す。図中(解表 4-3-2)などの表示は「道路土工-盛土工指針 (4-3 盛土の安定性の照査)」に記されている内容を示す。

盛土のり面の計画勾配は、表-6.4.2 を適用するが、表-6.4.1 該当するような場合には安定計算などによる検討を行う必要がある。この場合、安定計算の結果のみを重視し勾配を決定することは避け、近隣あるいは類似土質条件ののり面施工実績・災害事例などを十分に調査し、総合的な立場より決定することが大切である。

表-6.4.1 盛土の安定性の照査を行う盛土の条件

条 件		判断基準	備 考
盛土自体の条件	盛土高さ・勾配	盛土高・のり面勾配が解表4-3-2に示す標準値を超える場合	
	盛土材料	盛土材料が泥土等の解表4-3-2に該当しないような特殊土からなる場合	
盛土周辺に地盤条件	基礎地盤	盛土の基礎地盤が軟弱地盤や地すべり地のように不安定な場合	「道路土工-軟弱地盤対策工指針」及び「道路土工-切土工・斜面安定工指針」を参照する。
	湧水	降雨や浸透水の作用を受けやすい場合	ただし、4-9に従い、排水対策を十分に行い、解表4-3-2に示す標準のり面勾配の範囲内であれば安定性の検討を省略することができる。
	水際の盛土	盛土のり面が常時及び洪水時等に冠水したりのり尻付近が侵食されるおそれがある場合	



(出典：道路土工 盛土工指針(平成 22 年度版)p. 105)

表-6.4.2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の目安

盛土材料	盛土高(m)	勾 配	摘 要
粒度の良い砂(S), 礫及び細粒分混じり礫(G)	5m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
粒度の悪い砂(SG)	10m以下	1:1.8~1:2.0	
岩塊(ずりを含む)	10m以下	1:1.5~1:1.8	
	10~20m	1:1.8~1:2.0	
砂質土(SF), 硬い粘質土, 硬い粘土(洪積層の硬い粘質土, 粘土, 関東ローム等)	5m以下	1:1.5~1:1.8	
	5~10m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1:1.8~1:2.0	

注)盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう(解図4-3-2参照)

(出典：道路土工 盛土工指針(平成 22 年度版)p. 106)

4.1.1 盛土の安定計算

盛土の安定性を安定計算により検討する際には、盛土の基礎地盤および盛土材について土質調査や土質試験を行い、土のせん断特性を調べなければならない。

(1) 常時の安定検討

1) 常時の安定検討は次の2つの場合について行うものとする。

(a) 盛土施工直後

(b) 盛土施工後、降雨および山地からの浸透水の影響を受けて安定が問題となる場合

2) 常時の最小安全率は1.2以上とする。

(2) 地震時の安定検討

1) 地震時の安定検討を行うか否かの判断と安定検討で考慮する設計地震動のレベルについては表-6.4.3 とする。

表-6.4.3 地震時の安定計算における設計地震動

重要度	復旧の難易度	
	困難	容易
重要	耐震検討を行う 〔中規模地震動対応 ただし、きわめて重大な二次的被害のおそれのあるものについては 大規模地震動対応〕	耐震検討を行う (中規模地震動対応)
その他	耐震検討を行う (中規模地震動対応)	—

注-1 重要とは、万一崩壊すると、隣接する施設等に重大な損害を与える場合や、迂回路がなく交流ができなくなる場合を判断の目安とする。

-2 復旧の難易度が困難とは、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を判断の目安とする。

-3 大規模地震動とは、供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ激しい地震動を意味する。

-4 中規模地震動とは、供用期間中に発生する確率が高い地震動を意味する。

2) 地震時の最小安全率は1.0 以上とする。

3) 設計水平震度を求める場合に用いる地域別補正係数は1.0とする。

盛土の安定計算については、「道路土工-盛土工指針 (4-3 盛土の安定性の照査)」を参照する。

4.2 切土安定解析

切土のり面の計画にあたっては、のり面形状、地形、地質、湧水、降雨、地震などの条件を十分に検討して対処しなければならない。

また、施工中に設計時に仮定した条件(地形、地質および施工条件など)と異なることが判明した場合には、直ちに施工を中止し設計の見直しを行わなければならない。

切土のり面の勾配は、表-6.4.4 に示す標準のり面勾配を参考として、調査結果及び用地条件等を総合的に判断してのり面勾配を決定する。

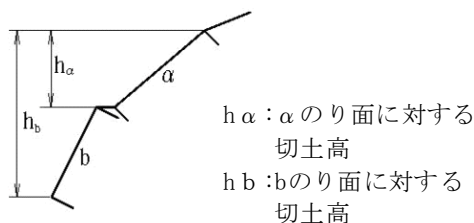
ここで、表-6.4.4は、土工面から経験的に求めたのり面工勾配の標準地で、無処理あるいは植生工程度の保護工を前提としていることに留意する。

表-6.4.4 切土に対する標準のり面勾配

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1:0.3~1:0.8
軟岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8~1:1.0
		5~10m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
粘性土		10m以下	1:0.8~1:1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土		5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5

注)① 上表の標準勾配は地盤条件、切土条件等により適用できない場合があるので本文を参照すること。

② 土質構成等により単一勾配としないときの切土高及び勾配の考え方は下図のようにする。



- ・ 勾配は小段を含めない。
- ・ 勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

③ シルトは粘性土に入れる。

④ 上表以外の土質は別途考慮する。

⑤ のり面緑化工を計画する場合には参表8-2も考慮する。

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)p.136)

4.2.1 安定の検討を必要とする切土

のり面が次の(1)および(2)の条件に該当する場合には、常時について安定計算を行い、さらに(3)の条件に該当する場合は地震時についても安定計算を行って、切土のり面勾配やのり面保護工などを計画するものとする。

- (1) 「第3章 土工 5.2 特殊な条件下における切土のり面勾配」であるとき
- (2) 「第3章 土工 5.3 特に注意の必要な切土」であるとき
- (3) 切土のり面の崩壊による影響が大きい場合
 - (a) 万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合
 - (b) 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（たとえば代替道路のない山岳道路における切土）

切土のり面の安定検討フローチャートを図-6.4.2 に示す。

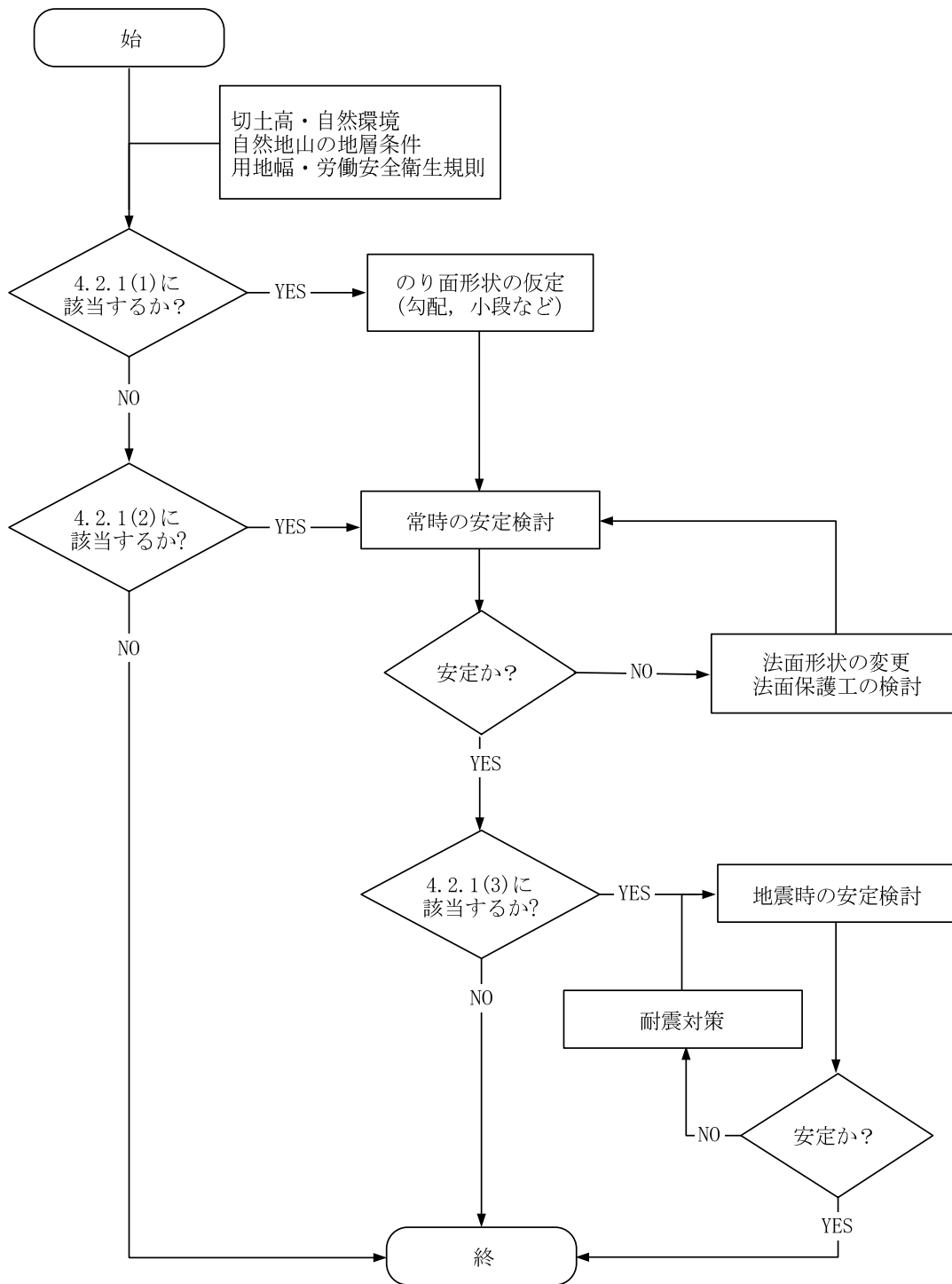


図-6.4.2 切土のり面の安定検討フローチャート

4.2.2 切土のり面の安定計算

切土のり面の安定性を安定計算により検討する際には、切土する地山の土質調査や土質試験を行い、土のせん断特性を調べなければならない。

(1) 常時の安定検討

1) 常時の安定検討は次の場合について行うものとする。

(a) 切土のり面の完成時

(b) 抑止力のあるのり面保護工を用いる場合におけるのり面保護工施工前（のり面保護工を逆打工法で施工する場合の各段階を含む）

2) 常時の最小安全率は 1.2 以上とする。ただし、上記(b)の場合の最小安全率は、仮設時であるため 1.0 以上確保できればよいものとする。

(2) 地震時の安定計算

1) 地震時の安定検討は切土のり面完成時についてのみ行い、施工過程での検討は行わなくてよい。

2) 地震時の最小安全率は 1.0 以上とする。

3) 切土の安定計算については「道路土工一切土工・斜面安定工指針（6-3-5 切土のり面の安定計算 及び 11-3 地すべりの安定解析）」を準用する。

4.3 地すべりの安定解析

地すべりの安定解析については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針（11-3 地すべりの安定解析）」を参照する。

4.3.1 地すべり形状の解析

地すべりの安定解析は、対象とする地すべりブロックを設定したうえで、安定計算により地すべりの安定確保に必要な対策工の規模を決定するために行う。

安定計算は、土工計画や地すべりへの影響等を考慮して適切な手法を用いる。

地すべりの形状を想定するためには、安定解析のための調査結果を用いて、地すべり発生の可能性のある平面的範囲、すべり面の深さ、地すべりの方向を想定する必要がある。これらの作業に必要な項目は次のとおりである。

- (1) 地すべりブロックの分割
- (2) 基盤等高線図の作成
- (3) 地質断面図の作成
- (4) すべり面の位置と形状
- (5) 間隙水圧の分布

4.3.2 安定計算

- (1) 安定計算は、地すべりブロックの主測線上で設定したすべり面を対象として、簡便法による円弧すべり法や複合すべり法で行ってよい。
- (2) せん断定数を定めるために用いる地すべりの安全率
 - (a) せん断定数を定めるために用いる現在活動中の地すべりの場合
地すべり運動の程度に応じ、0.95～1.0の範囲で定める。
 - (b) 現在活動していない地すべりの場合
「道路土工一切土工・斜面安定工指針 11-2 地すべりの調査 解表11-2 地すべり型の分類)」における、「平均的な安全率」の項を参考に、各地すべりの型の範囲で設定し、逆算法により、地すべり面の平均的な c 、 ϕ を定める。
- (3) 計画安全率
地すべり対策を行った後の安全率は、道路の重要性や経済性を加味して決定するもので、通常は1.2を用いることが多いが、1.05～1.2の範囲で定める。

第 5 節 グラウンドアンカー

グラウンドアンカーについては、「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説：地盤工学会」「道路土工一切土工・斜面安定工指針（8-4-2(8)グラウンドアンカー工）」および「グラウンドアンカー設計・施工要領：高速道路総合技術研究所」を参照する。

5.1 グラウンドアンカーの計画

5.1.1 設計の基本方針

- (1) グラウンドアンカー（以下アンカーと記す）は，使用目的別に次の3種類に分類する。
 - (a) 斜面安定アンカー
 - (b) 構造物補強アンカー
 - (c) 仮設アンカー
- (2) 設計にあたっては，使用目的に適合する安全性と経済性および施工性等を考慮し，周辺構造物および埋設物等に有害な影響を与えないように注意しなければならない。
- (3) 特に重要な構造物の補強アンカー定着層は，信頼できる岩盤を原則とし，崖錐や土砂化した強風化岩等は対象としない事が望ましい。ただし，信頼できる定着層がない場合は別途検討する。
- (4) アンカーの伸びが，アンカーされる構造（以下，主構造という）に大きな影響を与えると考えられる場合は，変位量に対しても検討を行う。

(1) アンカーの分類

本章は、「切土工・斜面安定工」であるため，斜面安定アンカーのみを扱うべきであるが，構造物補強アンカーと仮設アンカーも一括したほうが利用しやすいと思われるので本節においてまとめて記述することとした。

- (a) 斜面安定アンカーは，のり面保護工法と組み合わせて設置するものである。なお，対象荷重はすべりの起動力とする。
 - (b) 構造物補強アンカーは，擁壁や防災覆工等の永久構造物に対して，地形・地質，施工条件等からこれらの構造物を安定させるため，構造物本体に直接アンカーを設置するものである。
 - (c) 仮設アンカーは，床掘り工事等で矢板締切りの安定を確保するために設置するものである。なお，対象荷重は仮設時に必要な常時の主働土圧力とする。
- (2) アンカーの設計に用いる定着地盤強度や変形特性は，事前に調査し把握しておく必要がある。なお，特に重要な構造物においては，実際の施工と同条件での試験を実施し，設計に必要な諸定数を設定することが望ましい。また，アンカーの施工に先立ち近接する構造物や埋設物等の調査を行い，施工後に有害な影響が発生しないように努める必要がある。
- (3) 重要構造物の補強アンカーは信頼出来る岩盤に定着する事を原則とする。なお，信頼

出来る岩盤としては概ね周辺摩擦抵抗(τ)を 0.6 N/mm^2 (6 kgf/cm^2) 以上とし、崖錐や強風化岩等では長期のクリープ現象やグラウトの充填等で信頼性に問題が残ることから定着層としないことが望ましい。しかしながら、信頼できる定着層がない場合は、試験施工によるなどして十分な強度が確認できればこの限りではない。なお、その他のアンカーについては、定着長 10m以下を厳守することにより岩盤以外にも定着することができる。

- (4) アンカーは土木構造物に用いられる部材としては伸びが大きい。そのため、アンカーの伸びが主構造に大きく影響すると考えられる場合は、変位量についても検討を行い、主構造の安全性と施工の確実性を検討したうえで計画する必要がある。

5.1.2 アンカー力

- (1) 設計アンカー力は、主構造の経済性等を考慮し決定しなければならない。しかし、アンカー力は原則として1本あたり $1,000\text{kN}$ ($\approx 100 \text{ tf}$)以下とする。
- (2) 設計アンカー力は許容アンカー力を越えてはならない。
- (3) 許容アンカー力は許容引張力と許容引抜き力のうち、いずれか小さい値とする。

(1) アンカーの間隔を広くし、1本あたりのアンカー力を大きくすれば全体として経済的となる場合が多い。したがって、1本あたりの抑止力は、斜面の状態、のり面保護工との関連性、使用する材料、経済性、施工性などを比較検討し総合的に決定する必要がある。一般に定着部が岩盤の場合、削孔径 $\phi 135 \text{ mm}$ 程度までの標準的なアンカーにおいて、1本あたりの最大設計アンカー力は約 $1,200\text{kN}$ ($\approx 120\text{tf}$)、一般的な軟岩($\tau = 0.6\text{N/mm}^2$ (6 kgf/cm^2))では約 800kN ($\approx 80\text{tf}$)程度までが可能である。1本のアンカー力を極端に大きくとりアンカー本数を減ざると、1本のアンカーの施工不備などによる影響が大きくなるため、望ましい1本あたりのアンカー力の上限を定めた。

(2) 許容アンカー力を決定するものとして次のような項目が考えられる。

- (a) アンカーテンドンの引張り強さ
- (b) アンカーテンドンとグラウトの付着強さ
- (c) アンカー体と地盤の付着強さ
- (d) 地盤のせん断強さ
- (e) アンカーテンドン加工部(耐荷体)とアンカー体グラウトの支圧強さ
- (f) アンカー体の耐荷体の強度

(3) 引張り力と引抜き力

1) アンカーの許容引張力は、表-6.5.1より算出する。

表-6.5.1 PC鋼材の許容引張力(T_{as})

荷重状態	PC鋼材の許容引張力
常時	$0.60 T_{us}$ または $0.75 T_{ys}$ のいずれか小さい値
地震時	$0.80 T_{us}$ または $0.90 T_{ys}$ のいずれか小さい値
仮設時	$0.65 T_{us}$ または $0.80 T_{ys}$ のいずれか小さい値
初期緊張時・試験時	$0.90 T_{ys}$

ここに、 T_{us} : テンドン極限引張力、 T_{ys} : テンドン降伏引張力

2) アンカーの極限引抜き力は本来引抜き試験から求めるべきであるが、それができない場合は式(6.5.1)より求めてもよい。

$$T_d = \frac{1}{10} \cdot \pi \cdot D_a \cdot l_a \cdot \tau / F_s \quad \dots \dots \dots (6.5.1)$$

ここに、 T_d : 設計アンカー力 (kN) F_s : 安全率 (表-6.5.3 参照)
 l_a : アンカー体定着長 (m) D_a : アンカー体径 (cm)
 τ : 周面摩擦抵抗 (N/mm²) (表-6.5.2 参照)

表-6.5.2 アンカーの周面摩擦抵抗 (加圧注入の場合)

地盤の種類		周辺摩擦抵抗 (N/mm ²)	
岩盤	硬岩	1.5~2.5	
	軟岩	1.0~1.5	
	風化岩	0.6~1.0	
	土丹	0.6~1.2	
砂礫	N値	10	0.10~0.20
		20	0.17~0.25
		30	0.25~0.35
		40	0.35~0.45
		50	0.45~0.70
砂	N値	10	0.10~0.14
		20	0.18~0.22
		30	0.23~0.27
		40	0.29~0.35
		50	0.30~0.40
粘性土		1.0c (cは粘着力)	

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)p.295)

注1) アンカー体定着長が10mを超える場合や定着層の土かぶりが5mに満たない場合は上表の値を適宜低減する必要がある。

注2) 引き抜き試験によって極限摩擦抵抗を確認した場合はこの限りではない。

注3) 本表は加圧注入アンカーに対するデータを統計的に整理したものである。無加圧アンカーの場合は、「6.2 地山補強土工の設計 表-6.6.3 極限周面摩擦抵抗の推定値」の値を用いる。

表-6.5.3 設計アンカー力の安全率(Fs)

分類		安全率
永久アン カー	常時	2.5
	地震時	1.5 ~ 2.0
仮設アンカー		1.5

5.1.3 アンカーの抑止力

アンカーの抑止力はアンカーの引き止め効果と締め付け効果を同時に考慮することを原則とし、次式で求めるものとする。

$$P = T \cdot \cos \beta + T \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi \quad \dots \dots \dots (6.5.2)$$

P : アンカーの抑止力 (kN/m)

T : 設計アンカー力 (単位断面あたり) (kN/m)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 (°) β : $\alpha + \theta$ (°)

θ : すべり面の傾斜 (°) α : アンカー傾角 (°)

ただし、引き止め効果が支配的に発揮される場合においては、その状況を十分に検討し、締め付け効果を無視してよい。

なお、締め付け効果を考慮した場合は、初期緊張力として設計アンカー力を与えなければならない。

1) アンカーの抑止効果

グラウンドアンカー工には次の2つの機能があると考えられる (図-6.5.1 参照)。

- (a) すべり面における垂直力を増加させ、せん断抵抗力を増大させる。
 ・ ・ ・ 締めつけ (押え込み) 機能 ($T \sin (\alpha + \theta) \cdot \tan \phi$)
- (b) すべり滑動力を減殺する。 ・ ・ ・ 引き止め (待受け) 機能 ($T \cos (\alpha + \theta)$)

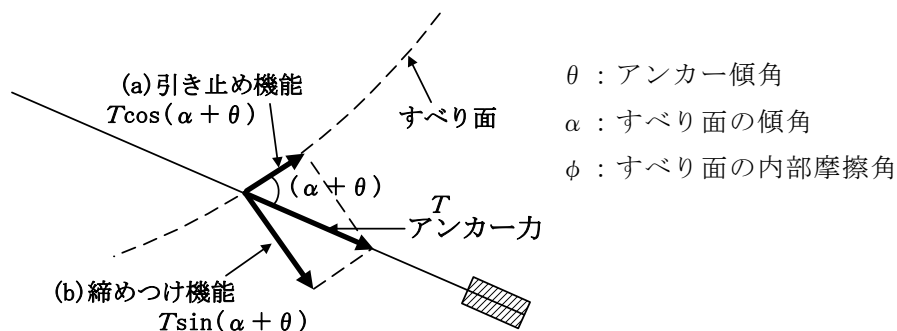


図-6.5.1 グラウンドアンカー工の2つの機能

ところで、のり面・斜面を安定させるための永久構造物としてのグラウンドアンカー工の設計においては、上記の2つの機能が同時に発揮されるかどうか明らかでないため、安全側を考えてどちらか一方の機能のみを考慮し具体的な設計に反映させていた。しかしながら、本文で述べたように本要領においては両機能を同時に考慮することを原則としている。

2) 引き止め効果 ($T \cdot \cos \beta$)

引き止め機能が支配的に発揮される場合は、図-6.11.4 に示したようなすべり面の勾配がゆるやかでかつすべり面が比較的深い場合が多い。この場合、図-6.5.2 に示すように締めつけ機能である $T \sin (\alpha + \theta) \tan \phi$ は小さくなり、安全側を考慮して、これを無視することが多い。図-6.5.2 から明らかなように引き止め効果を重点的に期待するならば、同じアンカー引張力ならアンカーの打設角がすべり面に平行に近い角度になるほど、

引き止め機能は大きくなる。ただし、水平に近い打設角では、グラウト時にブリージング水がたまって耐力の低下が心配されることもあるので、水平に対して $-10\sim+10$ 度の角度では打設しないこととしている。

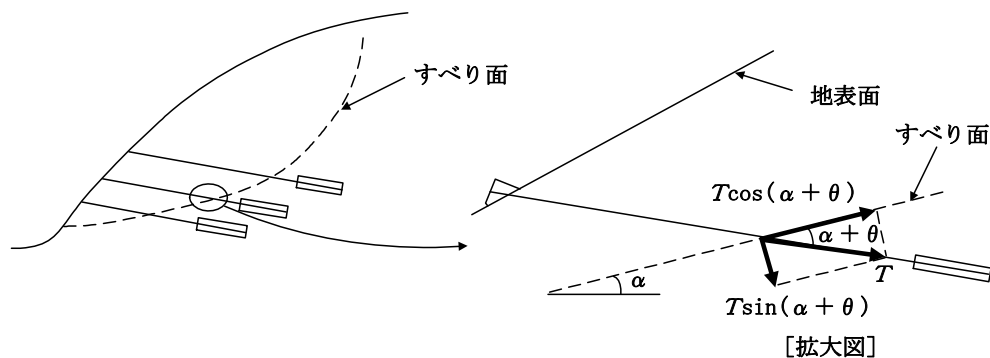


図-6.5.2 引き止め機能が支配的な場合（すべり面の勾配がゆるい場合）

引き止め機能が支配的となるアンカーでは、対象すべり土塊が大きくアンカー1本当りの引張力が大きくなり、特に定着部が信頼できる岩盤でない場合には、定着部のクランプなどが懸念されるため、初期緊張力としては計画アンカー耐力の数10%を採用することが多い。

3) 締め付け効果 ($T \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi$)

締めつけ機能が支配的に発揮される場合は、図-6.5.3に示すようにすべり面の勾配が急かつすべり面の位置が比較的浅い場合が多い。グラウンドアンカーは一般に水平に近い角度で打設されることが多いので図-6.5.3に示すように引き止め機能である $T \cos(\alpha + \theta)$ は小さくなる。図-6.5.3から明らかなように、同じアンカー引張力ならアンカーの打設角がすべり面に直角に近い程締めつけ機能は大きくなる。

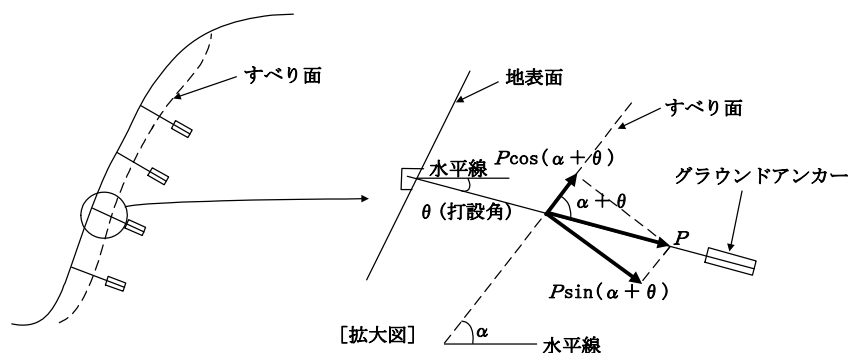


図-6.5.3 締めつけ機能が支配的な場合（すべり面の勾配が急な場合）

締めつけ機能を発揮させるためには、初期緊張力として必要アンカー力の100%を採用しなければならない。

4) 引き止め機能と締めつけ機能を同時に考慮する場合の設計アンカー力

のり面にアンカー工を用いる場合の安全率 F_s は円弧すべり面を仮定して次式で表わされる。

$$F_s = \frac{\Sigma c \cdot l + \Sigma (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + \Sigma T \{ \cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \tan \phi \}}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \dots \dots \dots (6.5.3)$$

ここに

F_s : 安全率

c : 粘着力 (kN/m^2 (tf/m^2))

l : 分割片で切られたすべり面の弧長 (m)

W : 分割片の全重量 (kN/m (tf/m))

u : 間げき水圧 (kN/m^2 (tf/m^2))

b : 分割片の幅 (m)

α : 分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)

ϕ : せん断抵抗角 (度)

T : アンカー耐力 (kN/m (tf/m))

θ : アンカーテンドンと水平線のなす角 (度)

(図-6.5.1)

なお式 6.5.3 の分子の T の前の Σ はアンカーがすべり面と交わる分割片のみの総和を表わす。計画安全率 F_{sp} を与えて単位奥行当りの必要アンカー力 T_u (合力) を求める場合には上式を変形して次式を用いることができる。

$$F_s = \frac{F_{sp} \cdot \Sigma W \sin \alpha - \{ \Sigma c \cdot l + \Sigma (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi \}}{\Sigma \{ \cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \tan \phi \}} \dots \dots \dots (6.5.4)$$

ここに

T_u : 単位幅当りの必要アンカー力 (tf/m)

F_{sp} : 計画安全率

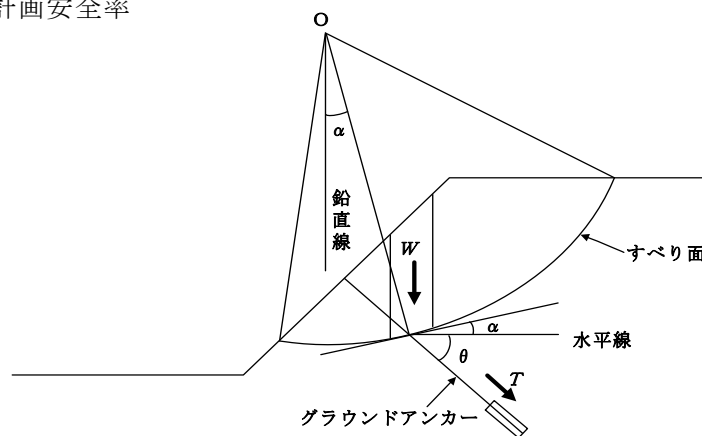


図-6.5.4 グラウンドアンカー工を用いる場合の安定計算法

5.1.4 定着層の選定

特に重要な構造物の補強アンカー定着層の選定においては、強風化岩や風化の進行が予想される岩盤は原則として避けなければならない。なお、土砂および風化岩等を定着層とする場合は、試験施工などにより十分な強度が確保できることを確認しなければならない。その他に分類されるアンカーは、一般的な計算方法により強度が確保できれば定着層は任意の地盤に選定してもよい。

定着層の選定にあたっては、地表踏査や試掘（ボーリング）等を行う他、次の項目に留意して選定しなければならない。

- 1) 物性の異なる互層では、その力学的性質を支配する層がどの層にあるかを判断し、設計諸定数を定めなければならない。
- 2) 開口亀裂のある地質や層理の発達した地層等では、時間経過によりアンカーが抜けることがある。
- 3) 断層では、図-6.5.5 のような可能性があるため、アンカー採用には注意する必要がある。
- 4) 風化したルーズな凝灰岩等のようにストレス導入後のクリープが大きくなる場合や、継続的に進行する場合には定着層として不適格である。
- 5) 風化した花こう岩類では図-6.5.6 のように、稀に真砂のなかに岩塊が残っている場合がある。
- 6) 砂礫地盤では地下水の自噴や逸水により、グラウトが流出する恐れがある。

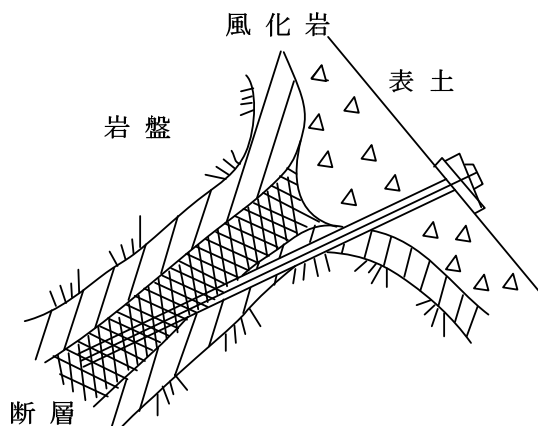


図-6.5.5 断層の想定例

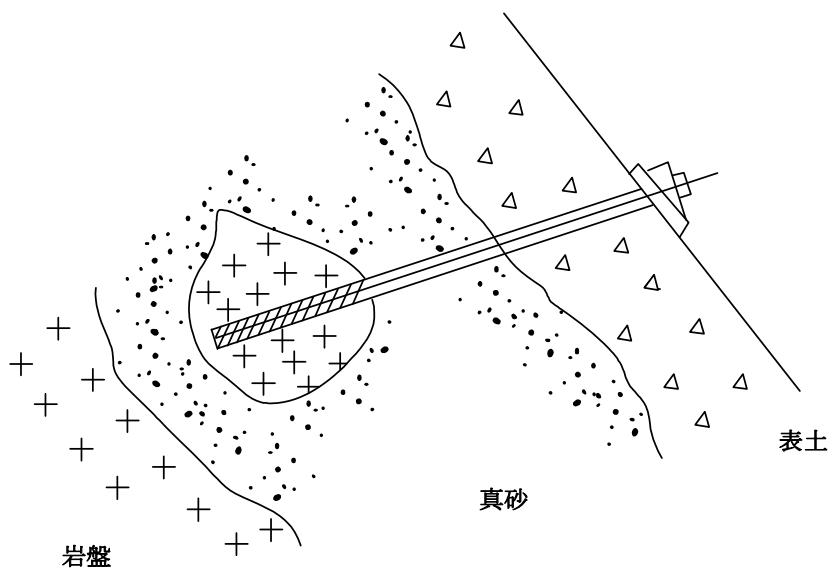


図-6.5.6 岩塊の想定例

5.1.5 アンカーの配置

- (1) アンカーの配置は、主構造の周辺地盤および近接の構造物等を含めた全体の安定を考慮して決定する。
- (2) アンカーの傾角は、水平面より下側および上側に 5° 以上とする。
- (3) アンカー体の設置間隔は、アンカーの相互作用を考慮して決定する。
- (4) アンカー体の土被り厚は、5m以上を標準とする。

- (1) アンカーの配置は、外的および内的安定に対する安全性を検討したうえで決定する。外的安定では、アンカー先端の外側を通るすべり面や2次的すべり面等のあらゆるすべり面を検討してアンカーの定着位置を決定しなければならない(図-6.5.7参照)。また、内的安定とは、アンカー体が引き抜けずに背面地盤が変形することがあるため、アンカー力の設定では背面地盤の変形も検討する必要がある。

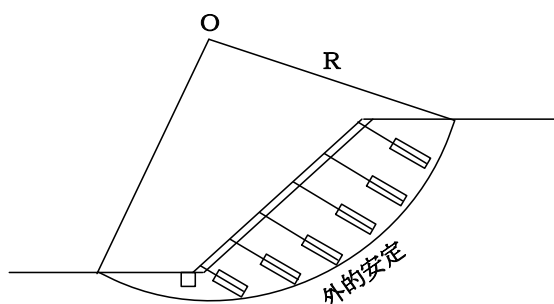


図-6.5.7 斜面の外的安定の検討

アンカーの施工にあたっては、抑止杭等の地中埋設物、構造物および基礎等の存在を調査し、障害物の存在が明らかになった場合は、その管理者と協議し、アンカーの計画および配置を検討しなければならない。

- (2) アンカーの傾角はアンカーの目的によって異なるが、たとえば鉛直面を有する構造物の転倒を補強するアンカーなどでは水平面からの傾角が大きくなるとアンカーの鉛直分力も大きくなる。そのため、分力が加わる構造物ではその安全性についても検討する必要がある。また、傾角を小さくすると分力の発生は抑制されるが、注入材の固化時に残留スライムやグラウトブリージングが周面摩擦抵抗に悪影響を及ぼす可能性が高いことから、アンカー傾角は水平面から下側および上側に 5° 以上とする。
- (3) アンカーを数多く打設すると、グループアンカーにより極限引抜き力が減少することがあり、配置計画では注意しなければならない。アンカー体の設置間隔は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説；(地盤工学会)」において、アンカー体影響円錐を考慮して決定する方法が提案されている(図-6.5.8)。なお、アンカー体の設置間隔をアンカー体の直径の4倍以上または1.5m以上確保すればグループ効果は考慮しなくてよい。

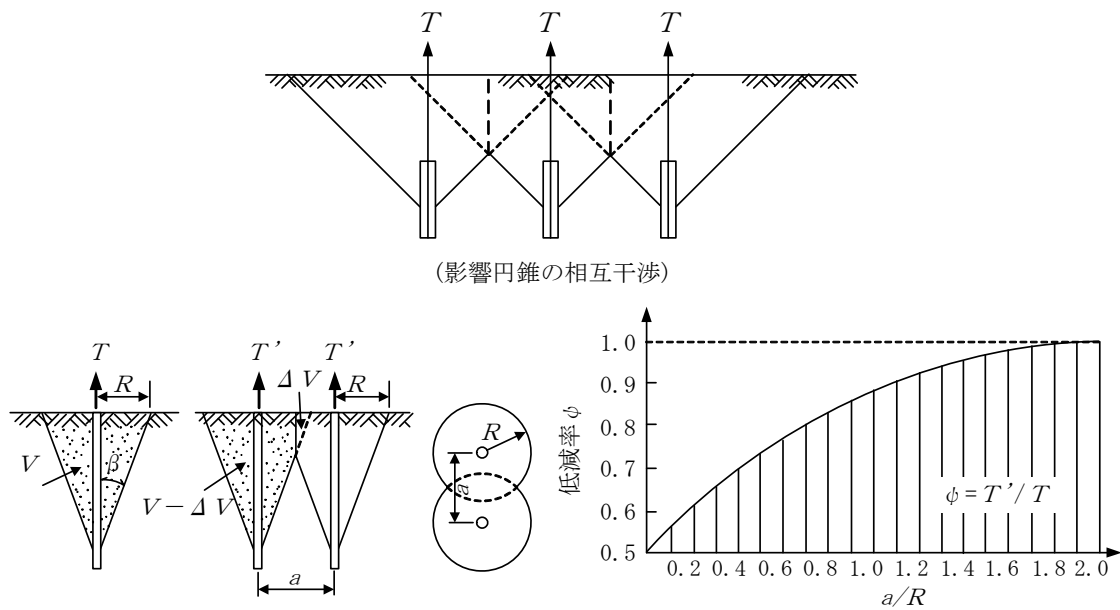


図-6.5.8 グループ効果を考慮したアンカー力の低減率

a : アンカーのピッチ(m)

R : 影響円錐の半径 (アンカー長と β より求める) (m)

土砂の場合 $\beta = \frac{2}{3} \phi$

岩盤の場合 $\beta = 45^\circ$

- (4) アンカー体の土被り厚については、構造系全体の安定も考慮して決定しなければならないが、グラウト注入中のグラウト材の漏れの防止および、アンカーの許容耐力を得るために上載圧を確保する必要があるので、アンカー体の最小土被り厚は 5m を標準とした(図-6.5.9).

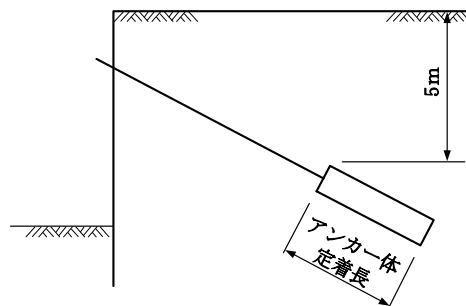


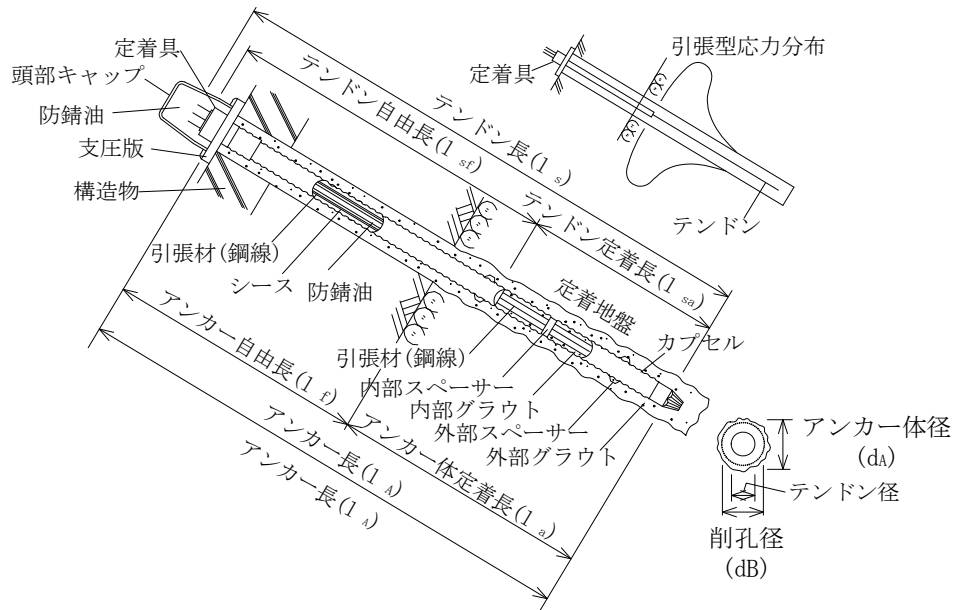
図-6.5.9 アンカー体の最小土被り厚

5.1.6 本体の設計

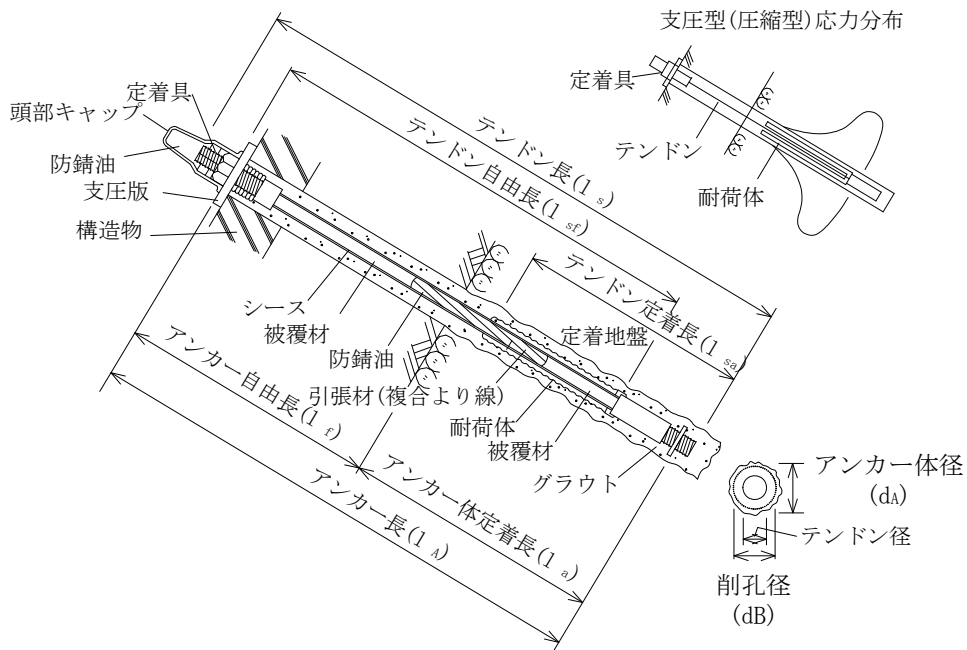
- (1) アンカー自由長は4m以上を原則とする(図-6.5.10 参照)。
- (2) アンカー体定着長は3m以上で、かつ10m以下を原則とする(図-6.5.10 参照)。
- (3) グラウトの圧縮強度は、仮設アンカーで 18N/mm^2 (180kgf/cm^2)以上、永久アンカーでは 24N/mm^2 (240kgf/cm^2)以上とする。
- (4) アンカー頭部の構造は設計アンカー力に対して必要な強度を有し、主構造物およびアンカーに有害な変形を生じないものとする。

(5) アンカー体の設計では、事前調査の結果に基づき定着層の評価を行い、適切な周面摩擦抵抗力を設定したうえで実施する。

(1) アンカーの自由長が極端に短くなると、地盤のせん断抵抗や土塊重量が小さくなり、必要な引抜き抵抗力が得られなくなる場合があることから、自由長の最小長を原則として4mとした。



(a) 摩擦型アンカー(引張り型)の基本的な構造と各部の名称



(b) 摩擦型アンカー(圧縮型)の基本的な構造と各部の名称

図-6.5.10 摩擦型アンカーの例

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)p.289)

(2) 極限引抜き力は定着長がある程度長くなると、その増加率は定着長に比例して増加しなくなる傾向がある。そのため増加傾向が一般に低くなると言われる 10mを最大長とした。また、設計アンカー力が小さい場合には必要定着長も短くなるが、定着長は施工誤差や地質把握の限界等から考えて引抜き抵抗力の低下を引き起こすことがあるため、最小長を 3m以上とした。

アンカー体定着長 l_a の算出は

$$l_a = \frac{10 \cdot T_d \cdot F_s}{\pi \cdot D_a \cdot \tau} \dots \dots \dots (6.5.6)$$

ここに、

- T_d : 設計アンカー力 (kN/本(tf/本))
- D_a : アンカー体径 (cm)
- l_a : アンカー体長 (m)
- τ : 周面摩擦抵抗 (N/mm² (kgf/cm²)) (表-6.5.2 参照)
- F_s : 安全率 (表-6.5.3 参照)

(3) グラウトと P C 鋼材の許容付着応力度 τ_b は、

$$\tau_b = \frac{10 \cdot T_d}{\pi \cdot d_s \cdot l_{sa}} < \tau_a \dots \dots \dots (6.5.7)$$

ここに、

- τ_b : グラウトと P C 鋼材の付着応力度 (N/mm² (kgf/cm²))
- T_d : 設計アンカー力 (kN/本(tf/本))
- d_s : 公称径 (cm)
- l_{sa} : テンドン付着長 (m)
- τ_a : グラウトと P C 鋼材の許容付着応力度 (N/mm²) (表-6.5.4 参照)

表-6.5.4 テンドンとグラウトの許容付着応力度 τ_b (N/mm²)

グラウトの設計基準 強度 σ_{28}		15	18	24	30	40以上
		引張り材の種類				
仮 設	P C 鋼 P C 鋼棒 P C 鋼より線 多重 P C "	0.8	1.0	1.2	1.35	1.5
	異形 P C 鋼棒	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
一般構造物	P C 鋼線					
	P C 鋼棒	—	—	0.8	0.9	1.0
	P C 鋼より線 多重 P C "					
	異形 P C 鋼棒	—	—	1.6	1.8	2.0

5.1.7 初期緊張力の設定

- (1) 初期緊張力は、主構造の許容変位量内でアンカー定着後の緊張力の低下を考慮して設定しなければならない。
- (2) 緊張力の低下は、地盤のクリープ、テンドンのリラクセーションおよびアンカー自由長部シースとテンドンの摩擦などを考慮して定めなければならない。

(1) 初期緊張力とは、アンカーを定着するときに加える最大引張り力をいい、定着後にアンカーに保持されている有効緊張力が所定の設計アンカー力となるように定めるものである。そのためには、(2)に記すような緊張力の低下を考慮する必要がある。

なお、定着時のすべりなどによる低下は、工法特有のセット量により定めるものとする。

(2) 1) 地盤のクリープおよび粘性土層の圧密

地盤のクリープには、アンカーを含む主構造全体が対象とする地盤のクリープ的変位とアンカー定着部周辺地盤の変位がある。地盤のクリープについては、テンドン降伏荷重の90%以内で、かつ設計アンカー力の1.2~1.3倍の引張力で緊張した後に設計アンカー力まで戻すことで、ある程度のクリープ量の減少が期待できるが、実際にはクリープ試験を行うことが望ましい。

なお、アンカーによる地盤への影響範囲内に粘性土層がある場合は、アンカー力により地盤内部の粘土層に新たな応力が加わり、圧密が生じることがあるため、圧密特性を把握し、プレストレスの減少を検討する必要がある。

2) テンドンのリラクセーション

テンドンのリラクセーションによるプレストレス力低下を算定するためのPC鋼材見かけのリラクセーション率は表-6.5.5による。

表-6.5.5 PC鋼材の見かけのリラクセーション率

PC鋼材の種類	見かけのリラクセーション率(%)
PC鋼線およびPC鋼より線	5
PC鋼棒	3

3) アンカー自由長部シースとテンドンの摩擦

アンカー自由長部シースとテンドンの摩擦によるプレストレス力低下の算定は式(6.5.8)による。

$$P = P_0 \cdot e^{-(\mu \alpha + \lambda x)} \dots \dots \dots (6.5.7)$$

P : 検討断面におけるテンドンの引張り力(kN)

P₀ : ジャッキ位置におけるテンドンの引張り力(kN)

μ : テンドンの角変化1ラジアン当りの摩擦係数(表-6.5.6参照)

α : テンドンの角変化(ラジアン)

λ : テンドン1m当りの摩擦係数(表-6, 5, 6参照)

x : テンドンのジャッキつかみ位置から検討断面までの長さ(m)

表-6.5.6 PC鋼材とシースの摩擦係数

	鋼線束	鋼棒	鋼より線
λ	0.004	0.003	0.004
μ	0.3	0.3	0.3

5.1.8 アンカー頭部の変位量

アンカー頭部の変位量は、所定の自由長を設けてグラウンドアンカーを計画した場合には、(6.5.9)式で求めてよい。

主構造物を許容変位量内に収めるためにアンカー頭部の変位量を求めなければならない場合がある。アンカー頭部の変位量を生じさせる誘引は種々あるが、一般的にアンカー頭部の変位量の大部分は、テンドン自由長部の伸びに起因する。

テンドン自由長が一定の場合、その伸び量は式(6.5.9)による。

$$u = \frac{T \cdot l_{sf}}{A_s \cdot E_s} \dots \dots \dots (6.5.9)$$

ここに、

- u : テンドン自由長部の伸び(cm)
- T : テンドン自由長部の引張り力(kN)
- l_{sf} : テンドン自由長(cm)
- A_s : テンドン断面積(cm²)
- E_s : テンドン弾性係数(kN/cm²)

5.2 材料

材料に関する事項は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(第4章 材料)」に準ずる。

5.3 施工における留意事項

- (1) アンカーの施工にあたっては施工計画に基づき施工しなければならない。
- (2) アンカーは試験アンカーにより伸び量確認試験を実施しなければならない。
- (3) 施工にあたっては、現場状況を確認しながら実施しなければならない。

施工の詳細については、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(第7章 施工)」を参照する

- (1) 準備作業として全体作業を見きわめ、計画・設計の主旨を把握したうえで施工計画を立案しなければならない。施工計画の立案には、次のようなことに留意する。
 - 1) 削孔機種は、削孔の径および深度等を考慮し、余裕のあるものを選定する。
 - 2) 透水係数が大きい場合は、事前にグラウトを実施することを検討する。
 - 3) 清水による削孔でも地盤を乱すと考えられる場合は、空掘りで削孔する。
- (2) 削孔作業では同時に削孔せず、試験アンカーを実施し定着層の深度、引抜き力および

伸び量等を確認後に、全体の施工にとりかかることが望ましい。従来から引抜き試験は実施されているが、特に重要な構造物を補強するアンカーは、変位量を確実に把握するために、変位計等で伸び量確認試験を実施する。

(3) アンカーの施工では、次の項目に留意して、現場状況を確認しながら実施しなければならない。

1) 削孔作業

(a) 定着層の地質状況をスライム、削孔時間、回転数、排水状況、削孔給圧、削孔状況および地下水状況等により確認しなければならない。

(b) 孔壁保護を必要とする場合、周面摩擦抵抗に悪影響があることがあるため、ベントナイト等の使用は避けるとともに、削孔終了後、孔壁に付着したスライムを洗浄する。

2) アンカー体の加工

アンカー体は施工図にもとづき、緊張に必要な余長をとり、曲げたり・泥・油または有機物が付着しないように加工する。

3) アンカー体の挿入

風化、孔壁崩壊および膨潤等を発生させないように、削孔後は速やかにアンカー体を定着深度まで確実に挿入する。

4) グラウトの注入

(a) 定着部と自由長部の止水を完全に行う。ブロンアスファルトは冬期にクラックが生じてグラウトが自由長部に浸入することがある。

(b) グラウトとして必要な強度が確保できる配合とし、量、強度およびフロー値等を管理する。

(c) 冬期施工のグラウトに使用する水は適切な温度のものを使用する。

(d) ミキシングおよびグラウティングに適した機種選定を行う。

(e) グラウト材（骨材、水）およびPC鋼材に有害な物質を混入させてはならない。

(f) グラウトは孔の最深部から排水および排気の通路を確保したうえで中断することなく行う。なお、加圧グラウトを行う場合は、周辺への流出に注意する。

(g) グラウトが硬化するまで、アンカー体に衝撃や振動を与えてはならない。

5) 緊張および定着作業

(a) 緊張にあたっては所定の引抜き試験後、必要に応じて荷重計を設置し、荷重変化が生じた場合は再緊張しなければならない。なお、緊張作業中には衝撃および振動を与えてはならない。また、定着後は二次グラウトおよび防錆を行う。

(b) セット量を考慮して定着する。

(c) アンカー余長部はPC鋼材のためガス切断とせず、カッター切断とする。

(d) 頭部保護を確実にを行う。

5.4 試験

試験については、グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（第8章 試験）」を参照する。

5.4.1 基本調査試験

基本調査試験には、引抜き試験と長期試験があり、アンカーを計画する構造物の重要度や設置する地盤の状態を判断し実施するものとする。

基本調査試験は、アンカー体設置位置の地盤の性状および設計に用いる諸定数、残存引張り力を求める目的で行うものであるため、基本調査試験はアンカーの計画前に実施することが望ましい。しかしながら、実際には実現が困難な場合が大部分である。したがって、施工に先立ち基本調査試験を行うことが可能となった場合は、その結果を用いて設計の見直しを行わなければならない。

5.4.2 適性試験および確認試験

(1) 試験数量

- (a) 適性試験（多サイクル確認試験）は、施工数量の5%かつ3本以上とする。
- (b) 確認試験（1サイクル確認試験）は、適性試験に用いたアンカーを除く全てとする。

(2) 適性試験（多サイクル確認試験）の載荷重は、以下のとおりとする。

- i) 永久アンカー：常時設計アンカー力の1.25倍、ただし、PC鋼材の場合はテンドンの降伏引張力の0.9倍を超えてはならない
- ii) 仮設アンカー：常時設計アンカー力の1.10倍

(3) 確認試験（1サイクル確認試験）の載荷重は、以下のとおりとする。

- i) 永久アンカー：常時設計アンカー力の1.25倍、ただし、PC鋼材の場合はテンドンの降伏引張力の0.9倍を超えてはならない
- ii) 仮設アンカー：常時設計アンカー力の1.10倍

適性試験（多サイクル確認試験）および確認試験（1サイクル確認試験）では設計で要求される性能に対して、実際に造成されたアンカーがこれを満足する品質を有するかどうかを判定するために行う。

適性試験（多サイクル確認試験）は、施工時の初期段階で行うことを基本とする。施工数量が20本未満の場合は表-6.5.7を目安に定めても良い。

また、適性試験（多サイクル確認試験）の荷重サイクル数は5サイクル以上とする。

表-6.5.7 設置地盤とアンカー分類ごとの最低本数の目安

設置地盤 分類	岩盤	締まった砂質土 硬い砂質土	ゆるい砂質土 粘性土
仮設アンカー	1本	1本	2本
永久アンカー	1本	1本	3本

第 6 節 地山補強土工

地山補強土工については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (8-4-2(9) 地山補強土工)」及び「切土補強土工法設計・施工要領：高速道路総合技術研究所」を参照する。

6.1 地山補強土工の計画

6.1.1 設計の基本方針

地山補強土工は、地山に挿入された補強材によって、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の目的で用いる。

地山補強土工は、鉄筋等の補強材を地山に挿入し、切土による自然の改変を最小限にとどめ、地山を急勾配で切土する場合や構造物を設置する際の仮設への適用等、多様な条件下で様々な土法と組み合わせて用いられている。

補強材に鉄筋を用いる地山補強土工の例を図-6.6.1 に示す。

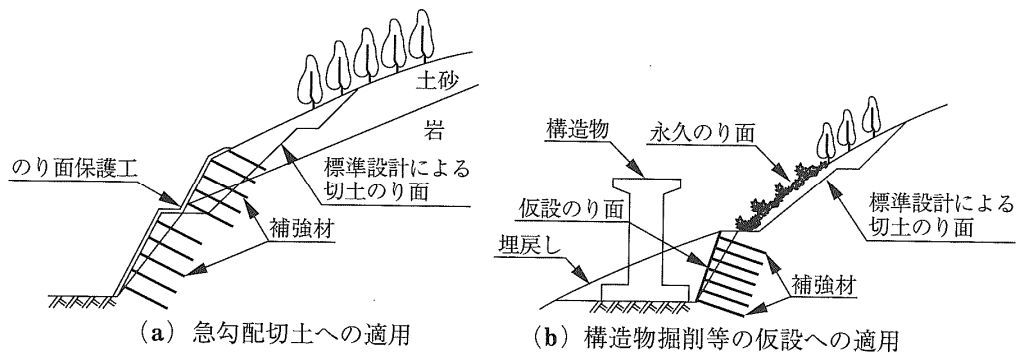


図-6.6.1 鉄筋挿入工の例

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.297)

6.1.2 設計の手順

地山補強土工の設計手順は、「切土補強土工法設計・施工要領：高速道路総合技術研究所」に準じる。

地山補強土工の設計は施工実績が多い高速道路の斜面安定で用いられている極限つり合い法に準じるものとする。

地山補強土工を急勾配掘削に適用する場合の検討の流れを図-6.6.2 に示す。また、急勾配掘削に切土補強土工法を用いる場合の設計手順を図-6.6.3 に示す。

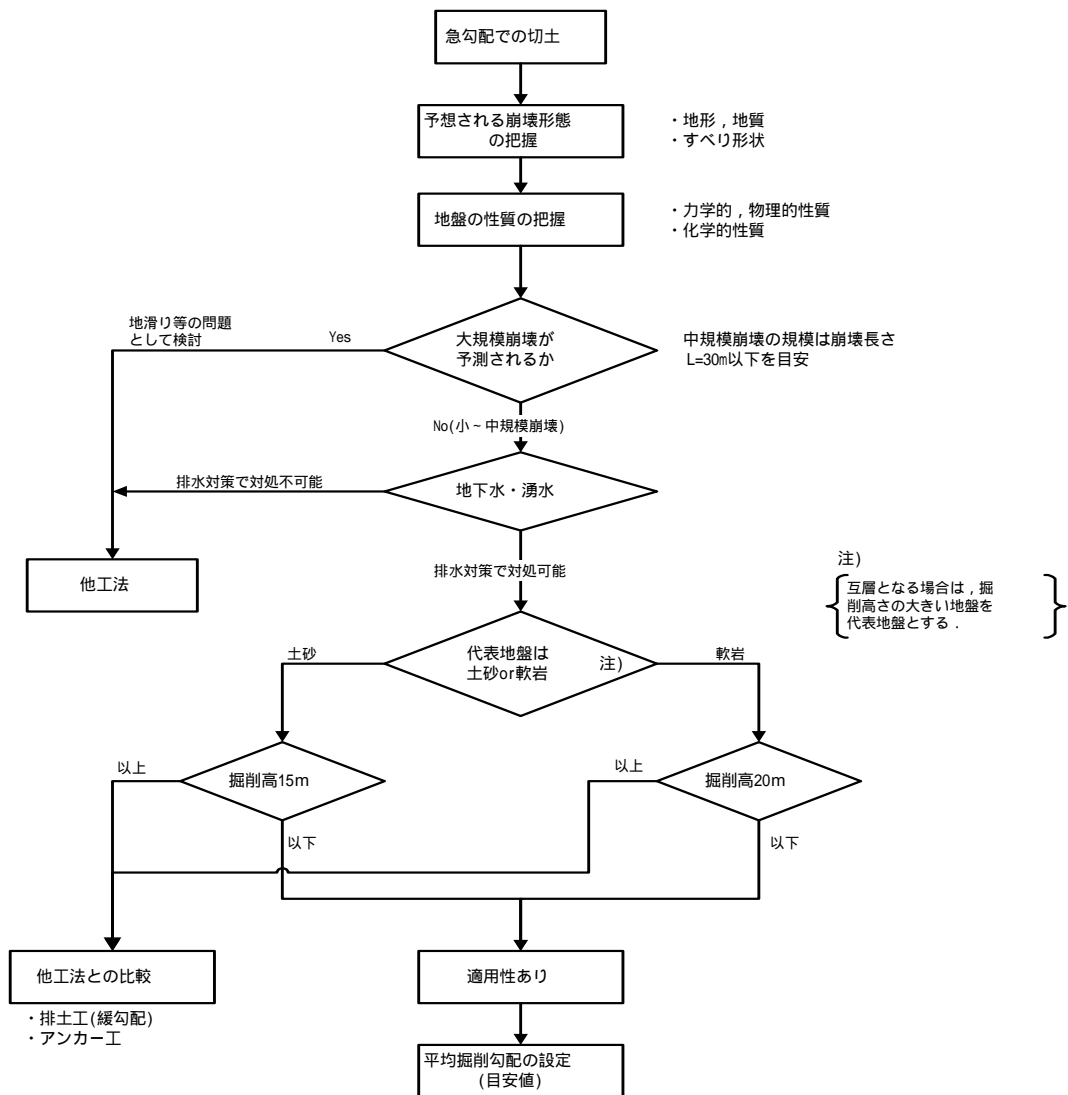


図-6.6.2 地山補強土工を急勾配掘削に適用する場合の検討の流れ

(出典：切土補強土工法設計・施工要領 p.10)

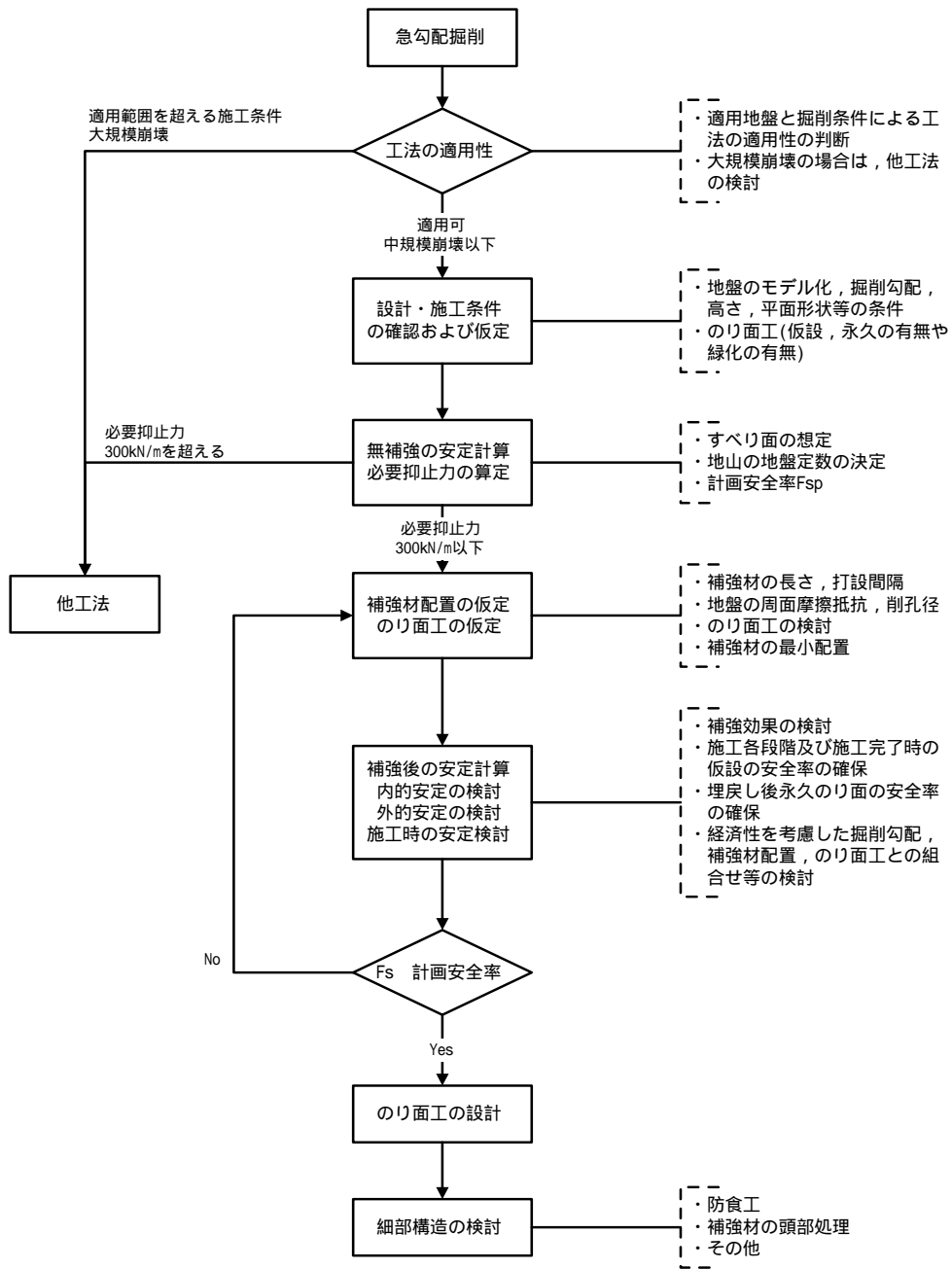


図-6.6.3 急勾配掘削に切土補強土工法を用いる場合の設計手順

(出典：切土補強土工法設計・施工要領 p.25)

6.2 地山補強土工の設計

地山補強土工の設計は、次に示すいずれかの設計法で行う。

- (1) 崩壊が軽微な場合の経験的設計法
- (2) 安定計算による設計法

地山補強土工の設計は、崩壊が軽微な場合に適用される経験的設計手法とそれ以外の安定計算による設計法に分けられる。

6.2.1 経験的設計法

経験的設計法は、崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに、深さ 2m 程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合に限って適用する。

経験的設計法を適用する場合は、表-6.6.1 経験的設計諸元を参照するものとし、これより補強材の長さを短くしたり、打設密度を変更する場合には、安定計算を行わなければならない。

表-6.6.1 経験的設計諸元

項目	諸元
削孔径	65mm以上
鉄筋径	D 19 ~ D 25
鉄筋長	2 ~ 3m)
打設密度	2㎡あたり1本
角度	水平下向き10° ~ のり面直角

)すべり深さが1mであると予想される場合には2m、深さが2mであると予想される場合には3mを目安とする。

6.2.2 安定計算による設計法

安定計算による設計法の場合は、内的安定及び外的安定について検討するものとする。

安定計算による場合は、内的及び外的安定を検討するものとし、円弧すべりの場合の安定計算式は次に示すとおりとする。

$$F_{sp} = \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + Pr}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここに、

F_{sp} : 計画安全率(本設=1.2, 仮設=1.05 ~ 1.10)

Pr : 補強材の抑止力

$$Pr = T_m \cdot \cos \beta + T_m \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi$$

T_m : 補強材の設計引張り力(= $T_{pa} \cdot K$)

α : すべり面の内部摩擦角

β : 補強材とすべり面のなす角度

K : 補強材の引張り力の低減係数(=0.7)

T_{pa} : 補強材の許容引張り耐力(= $\min[T_{1pa}, T_{2pa}, T_{sa}]$)

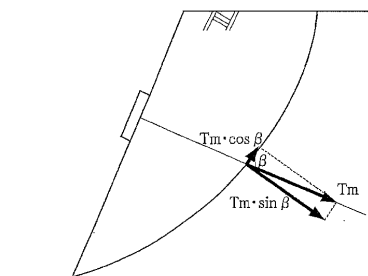


図-6.6.4 補強材の引張り力

補強斜面の計画安全率 F_{sp} は、永久と仮設に分けて考え、それぞれ次を基本とする。

表-6.6.2 計画安全率

項 目	計画安全率
永久（長期）	1) $F_{sp} \ 1.20$
仮設（短期）	2) $F_{sp} \ 1.05, 1.10$

ここで、

- 1)：永久の計画安全率 $F_{sp} \ 1.20$ は、本線等の永久のり面、埋戻し後地表に残る永久のり面、存置期間が2年以上の仮設のり面などに適用する。
- 2)：仮設の計画安全率は、掘削開始から最下段の補強材設置前までの施工時の計画安全率を $F_{sp} \ 1.05$ とし、最下段の補強材設置後から埋戻し前までの存置期間の計画安全率を $F_{sp} \ 1.10$ とする。ただし、仮設であっても仮設状態の存置期間が2年以上の長期に及ぶ場合は、永久の安全率を使うことができる。

補強材の許容引張り力 T_{pa} は、補強材が移動土塊から受ける許容引抜き抵抗力 T_{1pa} 、不動地山から受ける許容引抜き抵抗力 T_{2pa} 、及び補強材の許容引張り力 T_{sa} のうち最小のものをを用いる(図-6.6.5 参照)。

なお、のり面工に吹付砕工相当以上のものをを用いた場合には T_{1pa} の検討を無視してよいが、仮設時の安定も十分考慮する必要がある。この場合の T_{2pa} は、

$$T_{2pa} = \sum L_2 \cdot t_a$$

ここに、

L_2 ：不動地山における定着長(m)

t_a ：許容付着強度 (=min[t_{pa} , t_{ca}]) (kN/m)

t_{pa} ：地山と注入材との許容付着力 (= [$p \cdot D$]/ F_{sa}) (kN/m)

t_{ca} ：補強材と注入材の付着力 (= $c \cdot d$) (kN/m)

p 地山と注入材の周面摩擦抵抗(表-6.6.3 参照) (kN/m²)

D ：削孔径(m)

F_{sa} ：周面摩擦抵抗の安全率(本設=2, 仮設=1.5)

c ：補強材と注入材の許容付着応力(表-6.6.4 参照)

d ：補強材径(m)

また、地山補強土工を仮設以外の一般構造物として用いる場合には、補強材の防食に注意を払わなければならない。

補強材頭部と地山境界付近は表流水により腐食するおそれがあるので、補強材頭部をコンクリートで被覆することが望ましく、また注入材の充てんを入念に行う必要がある。

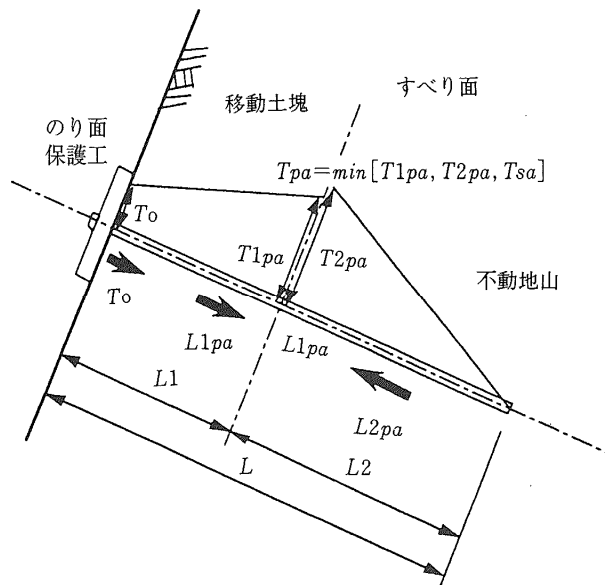


図-6.6.6 補強材の引張り耐力

(出典:道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.299)

表-6.6.3 地山補強土工の極限周面摩擦抵抗の推定値

地盤の種類		周辺摩擦抵抗の推定値 (N/mm ²)	
岩盤	硬岩	1.20	
	軟岩	0.80	
	風化岩	0.48	
	土丹	0.48	
砂礫	N値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.20
		40	0.28
		50	0.36
砂	N値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.18
		40	0.23
		50	0.24
粘性土		0.8 × C	

C:粘着力

参考文献:NEXCO「切土補強土工法設計・施工要領」,平成19年1月

本工法は,殆ど無加圧注入で施工されることが多いため,無加圧アンカーの場合における周面摩擦抵抗の推定値を設定したものである.

(出典:道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.299)

表-6.6.4 注入材と異形鉄筋の許容付着応力度 (N/mm²)

注入材の設計基準 強度	18	24	30	40 以上
鉄筋の種類				
異形鉄筋	1.4	1.6	1.8	2.0

参考文献：NEXCO「切土補強土工法設計・施工要領」，平成 19 年 1 月

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.300)

第 7 節 落石・岩盤崩壊対策

落石・岩盤崩壊対策については、「道路土工・切土工・斜面安定工指針（第 10 章 落石・岩盤崩壊対策）」、「落石対策便覧」を参照する。

7.1 基本的な考え方

落石・岩盤崩壊対策は、以下の基本的考え方にしたがって計画する。

- (1) 推定される落石や岩盤崩壊の規模，発生可能性，道路への影響，過去の災害履歴やその状況等を考慮し，適切な対策を計画する。
- (2) 落石・岩盤崩壊対策として，回避による対策，対策工による対策，監視による暫定的な対策を実施する。

このうち，落石対策においては，さらに以下の点に留意する。

- (3) 規模の大きな落石が予想され，大規模な対策工が必要となり，施設による対策が困難な場合には，回避することが望ましい。やむを得ず回避できない場合には，現地の状況に応じて過去の経験を生かしつつ，対策工による対策と監視による暫定的な対策等を適切に組み合わせて対応する。

また，岩盤崩壊対策においては，さらに以下の点に留意する。

- (4) 岩盤崩壊は，発生メカニズム，規模，発生可能性等の推定が困難であることが多いので，回避することが望ましい。
- (5) やむを得ず回避できない場合には，現地の状況に応じて過去の経験を生かしつつ，対策工とともに，目視点検や計測機器を用いた監視による管理をあわせて計画する。

落石・岩盤崩壊対策選定のフローを図-6.7.1 に示す。

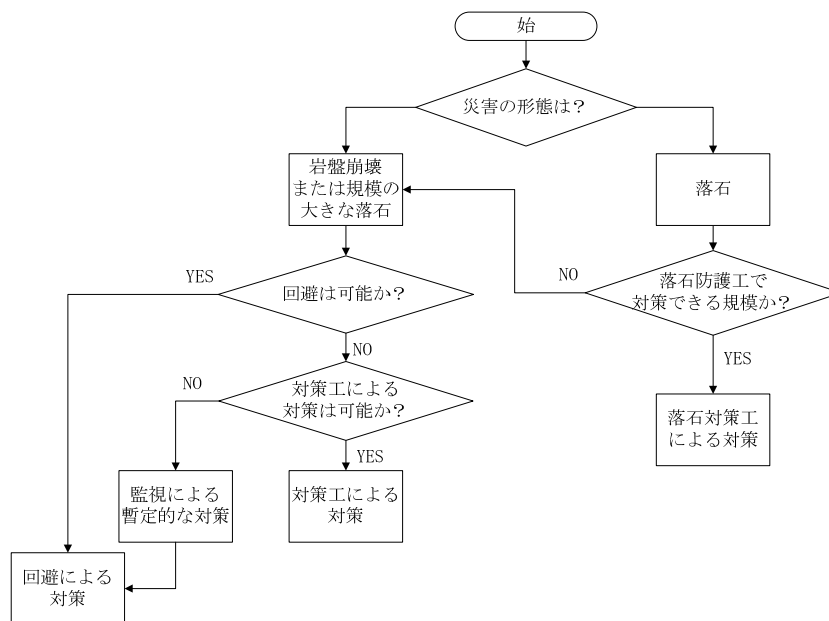


図-6.7.1 落石・岩盤崩壊対策選定の流れ

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.326)

7.2 落石対策工の種類と選定

7.2.1 落石対策工選定の手順

落石対策工の選定にあたっては、各種の対策工の機能、耐久性、施工性、経済性、維持管理上の問題などをよく検討して、現地の道路状況、斜面状況に最も適した工種とその組合わせを選択しなければならない。

1) 落石対策工の選定に際して最も基本的なことは、対象斜面のどこから、どのような形態・規模の落石が発生し、それがどのような運動形態で下方に動いて来るかを的確に想定し、それに対して、どこでどのような止め方をするかあるいはどのような方法で無害に道路を通過させるかということを決めることである。

一方、落石対策工の原理は、

- (a) 発生の原因となる風化浸食を防止する。
- (b) 落石の発生を止める。
- (c) 落石エネルギーを吸収する。
- (d) 落下方向を変えて無害なところに導く。
- (e) 衝撃に抵抗して落石運動を止める。
- (f) 小規模な崩土の落下防止、雪崩防止の効果を兼ねる。

などである。

2) 落石対策工の選定にあたっては、このほか対策工施工箇所の地盤など設計・施工条件が付随する。また、交通状況などの条件もこの際、考慮しなければならない。落石対策工の基礎地盤については、特に、地下水や切土に伴うゆるみ、風化などで、地盤の劣化が明らかな場合は落石の衝撃に抵抗するタイプの落石対策工の設置は好ましくない。このような場合には、別の落石対策工を検討して、現地に適する工法を選定しなければならない。このような設計時の問題とともに施工についても、機械の搬入などの制約を考慮し、施工の難易性を十分よく検討して、確実に施工できる落石対策工を選定しなければならない。

3) 図 - 6.7.2 には落石対策工選定のためのフローチャートを示す。

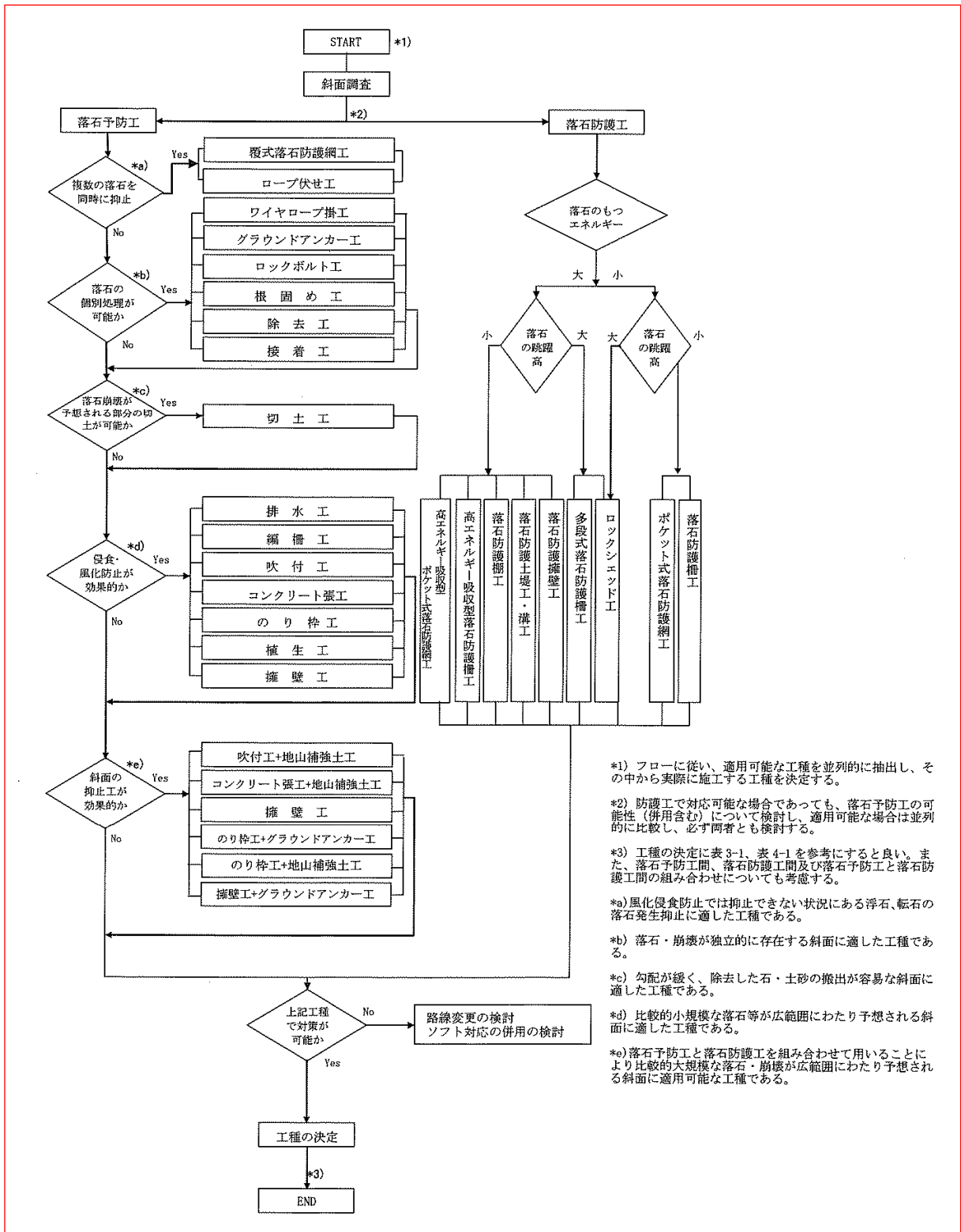


図 - 6.7.2 落石対策工の選定フローチャート
 (出典：落石対策便覧(平成 29 年度版)p.102)

7.2.2 落石予防工の工種

落石予防工の工種と予防効果には図-6.7.3 に示すような相関関係があるため、これらの関係を考慮して適切な工種の選定を行わなければならない。

落石予防工は、落石の発生が予測される斜面内の落石予備物質（浮石、転石）を対象に次の効果を期待して実施される落石発生源の対策である。

- (a) 地表水，凍結融解，温度変化，乾湿の繰返し，風力等による侵食風化の進行を防止する。
- (b) 個々の落石予備物質を固定する。
- (c) 落石予備物質を除去する。
- (d) 落石予備物質群を全体的に現位置で直接的に抑止する。
- (d) 斜面崩壊に伴う落石を防止する。

これらの効果を単独または複合したのものとして各種予防工を示したものが、図 - 6.7.3 である。工法の選定にあたっては各工法の特性を考慮するとともに、現地の社会的条件，地形，地質と道路の位置関係および施工性，経済性等を考慮する。なお，斜面上に繁茂している樹木は落石の発生抑止に効果があり，これらを伐採する場合，または伐採される可能性も含めて留意する必要がある。

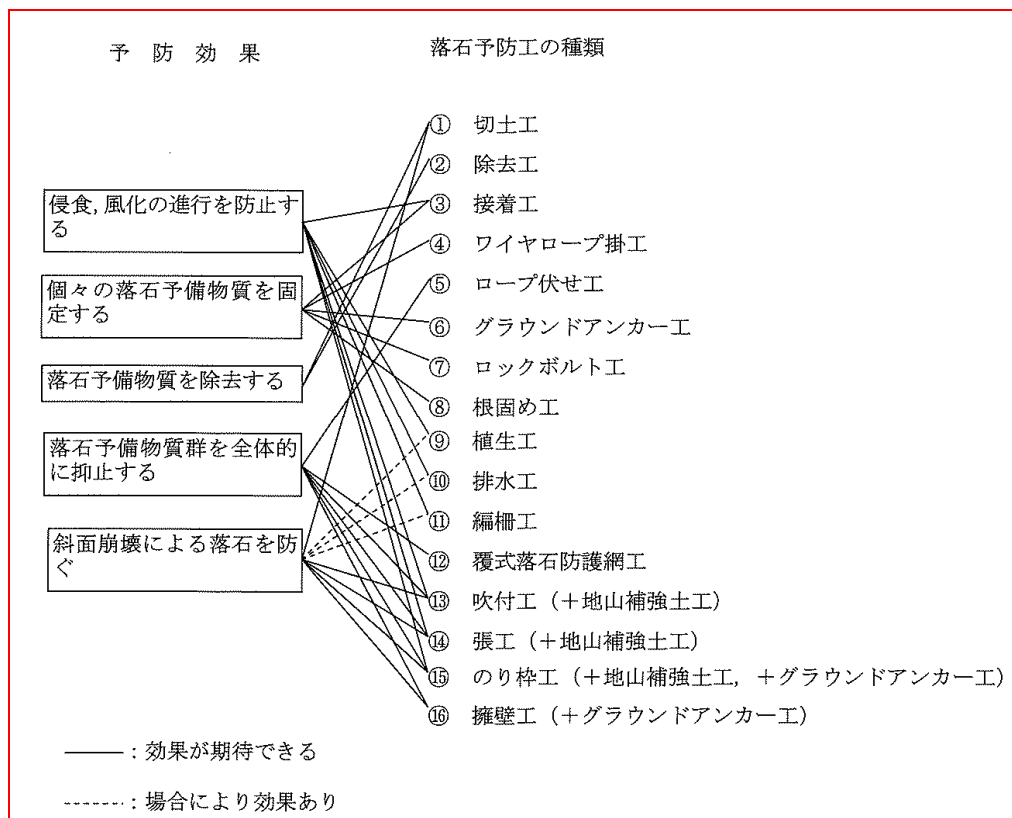


図 - 6.7.3 落石予防工の種類と効果
 (出典：落石対策便覧(平成 29 年度版)p.83)

7.2.3 落石防護工の工種

落石形態，のり面形状，施工性，経済性および道路の位置関係などを考慮して工種の選定を行わねばならない。

落石防護工には，次のような種類がある。

- | | |
|------------------------|-------------|
| (1) ポケット式 落石防護網 | (4) 落石防護柵 |
| (2) 落石防護柵 | (5) 落石防護土堤 |
| (3) 落石防護擁壁 | (6) ロックシェッド |

落石防護工の種類は設置する位置によって次のように分類される。

(a) 発生源から道路に至る中間地帯(斜面の途中)に設けるものには，**ポケット式**落石防護網，落石防護柵，落石防護擁壁がある。

(b) 道路際(斜面下部)に設けるものには，**ポケット式**落石防護網，落石防護柵，落石防護柵，落石防護擁壁，ロックシェッド，落石防護土堤等がある。

このうち**ポケット式**落石防護網の設計方法は，「**落石対策便覧(平成 29 年 12 月)**」及び「**道路土工 - 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年 6 月)**」を参照するものとする。

近年，ポケット式落石防護網では新技術の開発が進み，緩衝金具を設けたものや構造系全体でエネルギーを吸収する高エネルギー吸収型の製品が開発されており，落石防護網の吸収エネルギーが実証実験等において明らかになっている製品等については，メーカー等による実験等のデータにより適用範囲を確認したうえで採用するものとする。

また，「**落石対策便覧(平成 29 年 12 月)**」の「**5-5 ポケット式落石防護網 (p.153-170)**」に示されている構造形式に該当するポケット式落石防護網の設計法は，発生した落石のエネルギーを，各部材の弾性変形による吸収エネルギーの他，残存する振動等によるそれ以外の吸収エネルギーを落石の衝突前後のエネルギー差（以下，「EL」という）により便宜的に代表させ，これらを合算する簡便法として設計するものであり，**従来型のポケット式落石防護網の設計においては慣用設計の考え方と適用範囲が示されている。**

このため，従来型のポケット式落石防護網においては，落石対策便覧の EL を考慮した設計法とする。

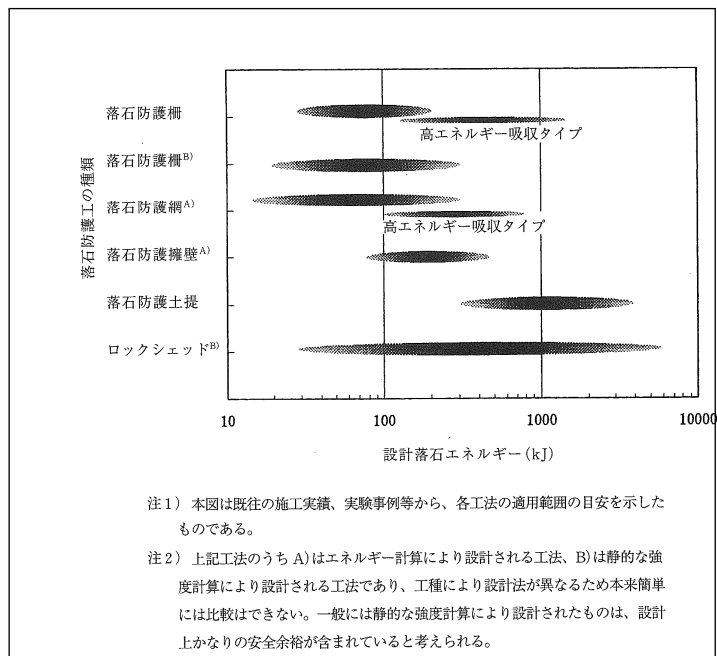


図 - 6.7.3 落石防護工の適用範囲の目安

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p.344)

7.3 落石対策施設の要求性能

7.3.1 設計における配慮事項

落石対策は、交通車両の安全かつ円滑な走行を確保することが第一の目的であるとともに、降雨、地震等の自然現象によって生ずる落石によって道路の受ける被害、ならびに道路周辺の人命、財産に及ぶ被害を、建設時から供用期間中の長期間にわたり最小限にとどめる役割が課せられている。

施設による落石対策を実施する場合は、次の事項を常に考慮する。

- | | |
|---------------|--------------------|
| (1) 使用目的との適合性 | (5) 維持管理の確実性および容易さ |
| (2) 構造物の安全性 | (6) 環境との調和 |
| (3) 耐久性 | (7) 経済性 |
| (4) 施工品質の確保 | |

(1) 使用目的との適合性について

使用目的との適合性とは、落石対策施設により保護される道路が計画どおり交通に利用できる機能を有していることであり、通行者が安全かつ快適に使用できる供用性等を含む。

(2) 構造物の安全性について

構造物の安全性とは、死荷重、活荷重、降雨や地震の影響等の作用に対し、落石対策施設が安全性を有していることである。

(3) 耐久性について

耐久性とは、落石対策施設に経年的に劣化が生じたとしても、使用目的との適合性や構造物の安全性が大きく低下することなく、所要の性能が確保できることである。

(4) 施工品質の確保について

施工品質の確保とは、設計における使用目的と構造の適合性や構造物の安全性を確保するための確実な施工が行える性能を有することであり、施工中の安全性も有していなければならない。このためには、構造細目等への配慮を設計時に行うとともに、施工の良し悪しが耐久性等の性能に及ぼす影響が大きいことを認識し、品質の確保に努める必要がある。

(5) 維持管理の確実性および容易さについて

維持管理の確実性および容易さとは、供用中の日常的な点検、材料の状態の調査、補修作業等が容易に行えることであり、これは耐久性や経済性にも関連するものである。

(6) 環境との調和について

環境との調和とは、落石対策施設が建設地点周辺の社会環境や自然環境に及ぼす影響を軽減あるいは調和させること、及び周辺環境にふさわしい景観性を有すること等である。

(7) 経済性について

経済性に関しては、ライフサイクルコストを最小化する観点から、単に建設費を最小にするのではなく、点検管理や補修等の維持管理費を含めた費用がより小さくなるように落石対策工を選定することが大切である。

7.3.2 落石対策施設の要求性能

落石対策施設の要求性能は、道路土工構造物の性能設計にならない、想定される作用に対して安全性、使用性、修復性の観点から落石対策施設の重要度を踏まえて要求性能の性能1から性能3のいずれかを設定して設計を行う。

落石対策施設は、道路土工構造物の斜面安定施設の一つに位置づけられており、技術基準に示されている要求性能を踏まえた設計を行わなければならない。

道路土工構造物の性能設計においては、想定される作用に対して安全性、使用性、修復性の観点から道路土工構造物の重要度を踏まえて要求性能の性能1から性能3のいずれかを設定して設計を行う。

道路土工構造物の要求性能および道路土工構造物の重要度については以下のとおりである。

[道路土工構造物の要求性能]

性能1：道路土工構造物が健全である、又は、道路土工構造物は損傷するが、当該道路土工構造物の存する区間の道路としての機能に支障を及ぼさない性能。

性能2：道路土工構造物の損傷が限定的なものにとどまり当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが、すみやかに回復できる性能。

性能3：道路土工構造物の損傷が、当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能に支障を及ぼすが、当該支障が致命的なものとならない性能。

[道路土工構造物の重要度]

重要度1：下記（ア）、（イ）に示す道路土工構造物

（ア）下記に掲げる道路に存する道路土工構造物のうち、当該道路の機能への影響が著しいもの

・一般国道

・県道のうち、地域の防災計画上の位置づけや利用状況等に鑑みて、特に重要な道路に設置される道路土工構造物

（イ）損傷すると隣接する施設に著しい影響を与える道路土工構造物

重要度2：上記以外の道路土工構造物

ここで、落石対策工は予防工と防護工の2つに大別される。このうち予防工は、対象となる落石予備物質自体の除去や固定をしたり、風化・侵食等により落石が生じないようにするものであるが、予防施設に関しては定量的な性能評価は現在の技術レベルでは困難であり、また地盤調査の不確実性もある。

他方、過去に調査・設計を経て予防施設が施工された岩塊が落石災害を生じたという報告はほとんど見当たらない。このため、予防施設については、供用中に点検等により対策効果が維持されていることを確認するとともに、予防施設に変状等が生じた場合には必要に応じて通行規制や補修・補強等が行われることを前提に、各工種の特性を踏まえ適切な工種を選定し過去の経験に基づく慎重な設計を行うことで、所定の性能を満足するものと考えてよい。

一方、防護施設は、落石を捕捉ないしはエネルギーを減衰させること等により落石による道

路への影響を抑制あるいは抑止するものであるが、工種により信頼性・精度の違いはあるものの、定量的な性能評価が可能である。このため、常時の作用、必要に応じて地震動の作用等に対して構造物の安定等を確保するとともに、落石の作用に対して防護施設が対象とする落石の道路交通への影響を防止することが可能な配置を設定することが必要となる。その上で、想定する落石の作用に対する防護施設の安定性や部材の強度、変形等について、防護施設の状態で要求性能を満足することを照査する。

7.4 落石予防工

7.4.1 設計の一般的事項

落石予防工は、落石防護工との併用で採用することが望ましい。

落石予防工は、落石対策としては効果的な対策であるが、これ自体で完全に落石を阻止することは困難な場合もあり、落石の頻度を極力低減させる工法と考えるべきである。したがって、落石防護工と併用することが多い。また、予防工は、複数の工法を併用することが多い。表-6.7.1 に落石の規模、タイプ別に各種予防工の適用性を主に機能面から整理したものを示す。

表 - 6.7.1 落石の規模、タイプ別の主な落石予防施設の適用性

予想される落石1個あたりの大きさ(質量)		巨礫(φ1m位) 数トンの規模		中規模(φ40cm位) 数百キロの規模		小規模 数十キロ以下の規模	
		はく離型	抜落ち型	はく離型	抜落ち型	はく離型	抜落ち型
落石タイプ		はく離型	抜落ち型	はく離型	抜落ち型	はく離型	抜落ち型
目的別対策施設							
浮石・転石の除去	切土・除去	○	○	○	○	○	○
・や礫亀間充填物(マトリックス)の風化・侵食	排水施設	○	◎	○	◎	○	◎
	吹付	△	土砂部とのなじみが悪い	○	土砂部とのなじみが悪い	◎	土砂部とのなじみが悪い
	編 籬	×	×	×	○	×	○
	植 生	×	×	×	○	×	○
	張	△	△	○	○	○	○
浮石・転石の固定・安定化	根 固 め	○	○	施工性の理由からほとんど適用されていない			
	接 着	○	△	○	○	施工性や効果の関係等からあまり適用されない	
	のり 枠	○	△	○	○	○	○
	グラウンドアンカー・ロックボルト	単独で用いられず、吹付、現場打ちコンクリート枠等との組合せが多い					
	覆式落石防護網	△	△	○	△	○	○
	ワイヤロープ掛・ロープ伏せ	○	○	覆式落石防護網を併用することが多い			
	擁 壁	擁壁高は8m以下が一般的				×	×
	○	○	○	○			

凡例 ◎: 非常によく用いられてる ○: よく用いられてる
 △: 用いられる場合がある ×: 用いられない

(出典：落石対策便覧(平成29年度版)p.109)

7.4.2 落石予防工各論

落石予防工法それぞれの詳細については、「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (10-5 (1) 落石予防工)」および「落石対策便覧 (第4章 落石予防施設の設計)」に準ずる。

7.5 落石防護工

7.5.1 設計の一般的事項

落石防護工の設計にあたっては、現場における調査や過去の落石・崩土などの経験をもとに最も妥当と思われる外力を推定しなければならない。

また、落石防護工には適度の安全性を見込まなければならない。

予想される落石などの重量、落下速度および落石防護工への作用方向、作用位置など各現場ごとの地形、地質、斜面の風化度、植生および他の落石予防工または落石防護工との併用の有無などによって著しく異なる。また、落石以外の荷重、たとえば崩土、積雪、なだれなどについても必要に応じて考慮しておく必要がある。

落石防護工の設計方法は、まだ統一されたものがない。従来の考え方を大別すると、エネルギー計算によるものと静的な強度計算によるものがある。

現段階では使用すべき推定式を確定することはできないため、設計者の判断に委ねざるをえない。なお、このときには「落石対策便覧 (1-5 落石の運動機構)」を参照する。

7.5.2 荷 重

落石防護工の設計にあたり考慮すべき荷重の範囲は、落石防護工の種類によって表 - 6.7.2 から選定するものとする。

表 - 6.7.2 荷重の種類

主荷重	1. 死荷重	主荷重に相当する特殊荷重	1. 落石
	2. 堆積土	従荷重	2. なだれ
	3. 積雪		1. 風
	4. 土圧		2. 温度変化
	5. その他		3. 地震
特殊荷重	1. 自動車衝突		
	2. 施工時		

1) 死荷重とは構造物およびその一部とみなされる部分の自重であり、落石防止柵等では一般に無視し得るものである。なお、ロックシェッドの緩衝材としての土砂なども死荷重に含まれる。土圧とは背面土により構造物に作用する圧力である。地震時土圧は地震の影響として考える。

2) 風荷重、温度変化の影響、自動車衝突荷重、地震の影響については「道路橋示方書・同解説・共通編」を、また、雪に関する荷重については、「道路防雪便覧」を参考にするとよい。

- 3) 施工時荷重は施工中に構造物に作用する建設機械，資材などによる荷重であり，施工段階に応じて変化するので注意しなければならない。
- 4) 崩土の発生が予想される場合には，原則として落石防護工は用いず，可能な限り他の方法により対処するのが望ましい。ただし予想される崩土の規模が小規模な場合には，例外的に崩土荷重を考慮した設計が行われることもある。崩土荷重については未だ不明な事項が多いので，その設定は慎重に行わなければならない。

7.5.3 荷重の組み合わせ

落石防護工の設計における一般的な荷重の組み合わせは，次のとおりである。

1. 常時の作用に対して . . . 自重
2. 落石の作用に対して . . . 自重 + 落石の影響
3. 地震動の作用に対して . . . 自重 + 地震の影響

落石防護工ごとの基本的な荷重の組合せは，表 - 6.7.3 のとおりである。

表 - 6.7.3 荷重の組合せの例

		1	2	3	4	5
		自重	落石	地震	土圧	積雪
ポケット式 落石防護網	落石時		○			△
	常時					
落石防護柵	落石時		○			△
	常時					
落石防護棚	常時	○			△	△
	落石時	○	○		△	△
	地震時	○		○	△	△
落石防護 擁壁	常時	○			△	△
	落石時	○	○		△	△
	地震時	○		○	△	△

注) △：必要に応じて考慮する荷重

(出典：落石対策便覧(平成 29 年度版)p.151)

7.5.4 落石防護工各論

落石防護工それぞれの詳細については，「道路土工 - 切土工・斜面安定工指針 (10-5 (2) 落石防護工)」および「落石対策便覧 (第5章 落石防護施設の設計)」に準ずる。

なお，ロックシェットの設計は，これまでは落石による衝撃力を静的荷重に置き換えて許容応力度法を基本として行われてきたが，実際の構造物における被災事例や実際の規模での模型に対する衝撃載荷実験等により，落石の作用に対する安全性等の確保の観点からは非常に大きな安全余裕度を有していることが明らかになってきている。

このため，性能設計の枠組みの導入を踏まえて，限定的ではあるが，塑性変形を考慮した弾塑性設計法が導入されているため，ロックシェットの設計において留意すること。

7.6 ポケット式落石防護網

7.6.1 設計の一般的事項

ポケット式落石防護網は上部に落石の入り口となる開口部（ポケット）を設けて斜面下方を覆うように設定し、斜面上方からの落石にも対処するものである。

ポケット式落石防護網は、たわみ性の網状部材やワイヤロープ類で構成された阻止面、阻止面からの荷重を斜面に伝達する支持部材から構成される。ポケット式落石防護網は、以下の3つに分類することができる。

従来型ポケット式落石防護網

慣用設計法に示す適用範囲、仕様で設計されるポケット式落石防護網であり、阻止面がひし形金網とワイヤロープ、支持部材がH鋼支柱、ワイヤロープおよび基礎から構成され、形状寸法もほぼ定型化している構造のもの。

高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網

緩衝装置や緩衝機構を組み込んだり、支柱間隔を大きくとって構造全体系でエネルギーを吸収することにより、従来型の適用範囲を超える大きな落石エネルギーに対応するもの。

その他のポケット式落石防護網

のように適用範囲は大きくはないが、の従来型とは使用材料や構造等の一部が異なるもの。

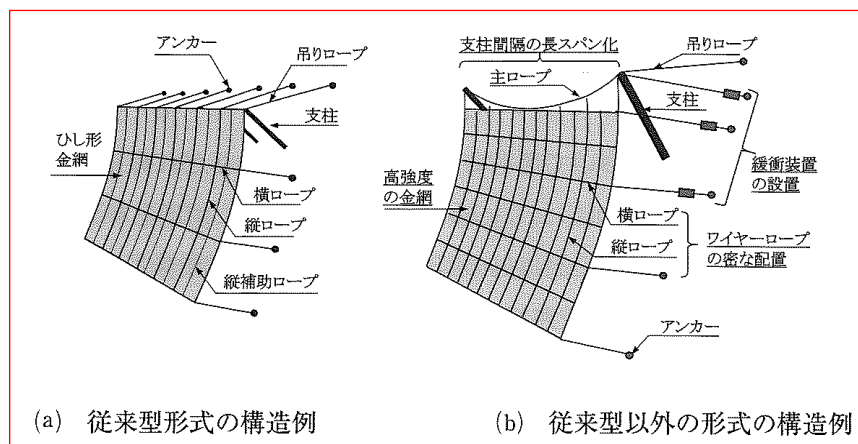


図 - 6.7.3 ポケット式落石防護網

(出典：落石対策便覧(平成29年度版)p.154)

7.6.2 慣用設計法

慣用設計法の適用範囲および落石の衝突前後のエネルギー差の算出における防護網の有効範囲は以下の通りとする。

- (1) 適用対象は、7.6.1に述べた従来型ポケット式落石防護網のみとする。
- (2) 可能吸収エネルギーは、150kJ以下とする。
- (3) 落石の衝突前後のエネルギー差の算出に用いるポケット式落石防護網の質量として有効とする範囲は、幅12m以下×高さ12m以下とする。

従来型ポケット式落石防護網の慣用設計法における可能吸収エネルギーの考え方は、主部材の弾性変形による吸収エネルギーの他、その他部材の吸収エネルギーおよび残存する振動等に

よるそれ以外の吸収エネルギーを，落石の衝突前後のエネルギー差により便宜的に代表させ，これらを合算するものである．

本設計法は，この可能吸収エネルギーが落石の持ち込む運動エネルギーを上回ることを確認することで，安全性の照査とするものである．

7.6.3 落石防護網各論

落石防護網それぞれの詳細については，「道路土工・切土工・斜面安定工指針（10-5（3）落石防護網）」および「落石対策便覧（5-5 ポケット式落石防護網）」に準ずる．

7.7 落石防護柵

7.7.1 設計の一般的事項

落石防護柵は比較的小規模な落石対策として有効であり、斜面の状況に応じてその種類と寸法を決定する。落石防護柵を構造形式別に分類すると次のような種類がある。

自立支柱式 ワイヤロープ支持式 H鋼式

落石防護柵は、たわみ性の網状部材およびワイヤロープ類で構成された阻止面、阻止面からの荷重を地盤に伝達する支持部材および基礎から構成される。現在採用されている落石防護柵の形式、阻止面、支持部材、基礎の種類は次のとおりである。

	(阻止面)	(支持部材) + (基礎)
①自立支柱式	<ul style="list-style-type: none"> ・網状部材 + ワイヤロープ ・高強度網状部材 	<ul style="list-style-type: none"> ・支柱 (剛結) + 基礎 ・基礎一体型支柱
②ワイヤロープ支持式		<ul style="list-style-type: none"> ・支柱 (下端ヒンジ) + 控えワイヤロープ + 基礎
③H鋼式	<ul style="list-style-type: none"> ・H鋼 	<ul style="list-style-type: none"> ・H鋼 + 基礎

図 - 6.7.3 落石防護柵の種類

(出典：落石対策便覧(平成 29 年度版)p.171)

7.7.2 落石防護柵各論

落石防護柵それぞれの詳細については、「道路土工・切土工・斜面安定工指針 (10-5 (4) 落石防護柵)」および「落石対策便覧 (5-6 落石防護柵)」に準ずる。

7.8 岩盤崩壊対策

岩盤崩壊対策については、「道路土工・切土工・斜面安定工指針（10-7 岩盤崩壊対策）」を参照する。

7.8.1 岩盤崩壊対策の基本

岩盤崩壊対策には、回避による対策、対策工による対策および監視による暫定的な対策があるが、岩盤崩壊発生メカニズムは推定が非常に困難であることから、具体の対策工の選定や実施に当たっては過去の類似の事例を参考にしたり、十分な調査を行って推定・決定しなければならない。

岩盤崩壊対策には、回避による対策、対策工による対策および監視による暫定的な対策がある。

各種の対策工は、落石対策の工法と同様なものが想定されるが、対策規模や破壊力が大きい場合、落石対策の工法をそのまま適用することは困難な場合が多い。そのため予備調査の段階で岩盤の崩壊位置や破壊量等を予測し、危険な岩盤斜面の回避の可否を判断することが重要である。

7.8.2 岩盤崩壊対策の種類

岩盤崩壊対策の種類には次のような種類があり、想定される崩壊の規模と対策工の目的により対策工を選定する。

予防工による対策

防護工による対策

監視等による対策

第 8 節 地すべり対策

地すべり対策については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針（第 11 章 地すべり対策）」を参照する。

8.1 地すべり対策の基本

計画路線の選定に際しては、地すべりの発生する恐れのある地域を回避することを基本とする。

やむを得ずこれらの地域に道路を建設しなければならない場合は、必要な調査を行って適切な地すべり対策を行うものとする。

路線沿いに生じる地滑りの危険度については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(表解 11-1 及び 3-3-7 問題箇所抽出と評価(ii)地すべり)」に基づいて分析し、対策計画を立てるものとする。

なお、供用後に地すべり活動が活発化した場合には、通行規制等のソフト対策が必要である。

8.2 地すべり地を通る道路の設計

計画道路がやむなく地すべり地を通過せざるを得ない場合は、地すべり運動を誘発させないように配慮し、地すべり運動による道路構造物の被害防止に注意を払わなければならない。

道路構造物の被害防止のための主な注意事項は以下のとおりである。

- 1) 地すべり対策を効果的に実施し、地すべりの影響を軽減するためには、小シフトの対応を検討する。地すべり地においては、すべり土塊を軽減する頭部の切土、抑え盛土の効果が見込まれる末端部の盛土が原則であり、これとは逆に地すべり地の頭部に盛土したり末端部を切土すると著しく安定を損なうので避けなければならない。

切小シフトの検討内容については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(11-1-2 路線の小シフトと対策工の概略検討)」を参照する。

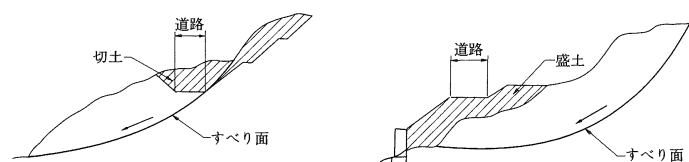


図-6.8.1 左：頭部の切土， 右：末端部の盛土

- 2) 地すべり地を切土する場合は、切土により上部土塊が崩壊や落石の発生源とならないようにのり面の対策を行う。その場合のり面保護工はたわみ性のあるものを用いる。

3) 地すべり地内のトンネル坑口の設置は、基本的に避けなければならない。やむを得ず、設置せざるを得ない場合は、地すべりの安定化及び坑口の防護が必要である。

また、地すべり土塊の下を通過するトンネルについては可能なかぎりすべり面から離れた位置（既往の事例調査によると少なくともトンネルの下幅の2倍以上もしくは20m以上のうち小さい方）に計画する必要がある。

4) 地すべり地に橋梁を設置する場合、橋台・橋脚の位置はなるべく地すべりブロックから離して設置する。やむを得ず橋台・橋脚を地すべり地内に設置する場合は、地すべりの安定化を図るとともに橋台・橋脚の防護が必要である。

5) 切土、盛土により、斜面環境を改変する場合には、自然環境や景観に与える影響を考慮して対策工を検討する。

8.3 地すべり対策工の選定

8.3.1 工法の分類

地すべり対策工は大別して抑制工と抑止工がある。対策工の選定に当っては、地形、地質、地すべりの活動状況、降水等との関連性、すべり面の形状とその位置、地下水等の調査結果より地すべりの運動機構を把握し、保全対象の状況、工法の経済性等を勘案して選定しなければならない。一般には抑制工を主体とし、必要に応じて抑止工を組み合わせる。

抑制工とは地形、地下水状態等の自然条件を変更させて地すべり活動を停止または緩和させる工法である。

抑止工とは構造物を設けることによって構造物のもつ抑止力を利用して地すべり活動の一部または全部を停止させるものである。

地すべり対策工は必ずしも1種類とは限らず、多くの場合数種を組合せた工法を採用している。表-6.8.1に地すべり対策工の分類を示す。このうち抑止工は地すべり土塊の動きが継続している場合は効果が期待できないばかりでなく、施工自体危険を伴うこともあるので、このようなときは抑制工を先行し、地すべりの動きや力を軽減させてから適切な時期に実施すべきである。

表-6.8.1 地すべり対策工の分類

抑制工	[地表水排除工（水路工，浸透防止工）・・・・・・・・・・（a）
		地下水排除工
		浅層地下水排除工（暗渠工，明暗渠工，横ボーリング工）・・・・・・・・（b）
		深層地下水排除工（集水井工，排水トンネル工，横ボーリング工）・・（c）
		地下水遮断工（薬液注入工，地下遮水壁工）・・・・・・・・・・（d）
		排土工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（e）
		押え盛土工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（f）
		河川構造物（堰堤工，床固工，水制工，護岸工）・・・・・・・・・・（g）
抑止工	[杭工
		杭工（鋼管杭工など）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（h）
		シャフト工（深礎工など）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（i）
		グラウンドアンカー工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（j）

表中のアルファベットは「8. 3. 3 対策工の選定」を参照する.

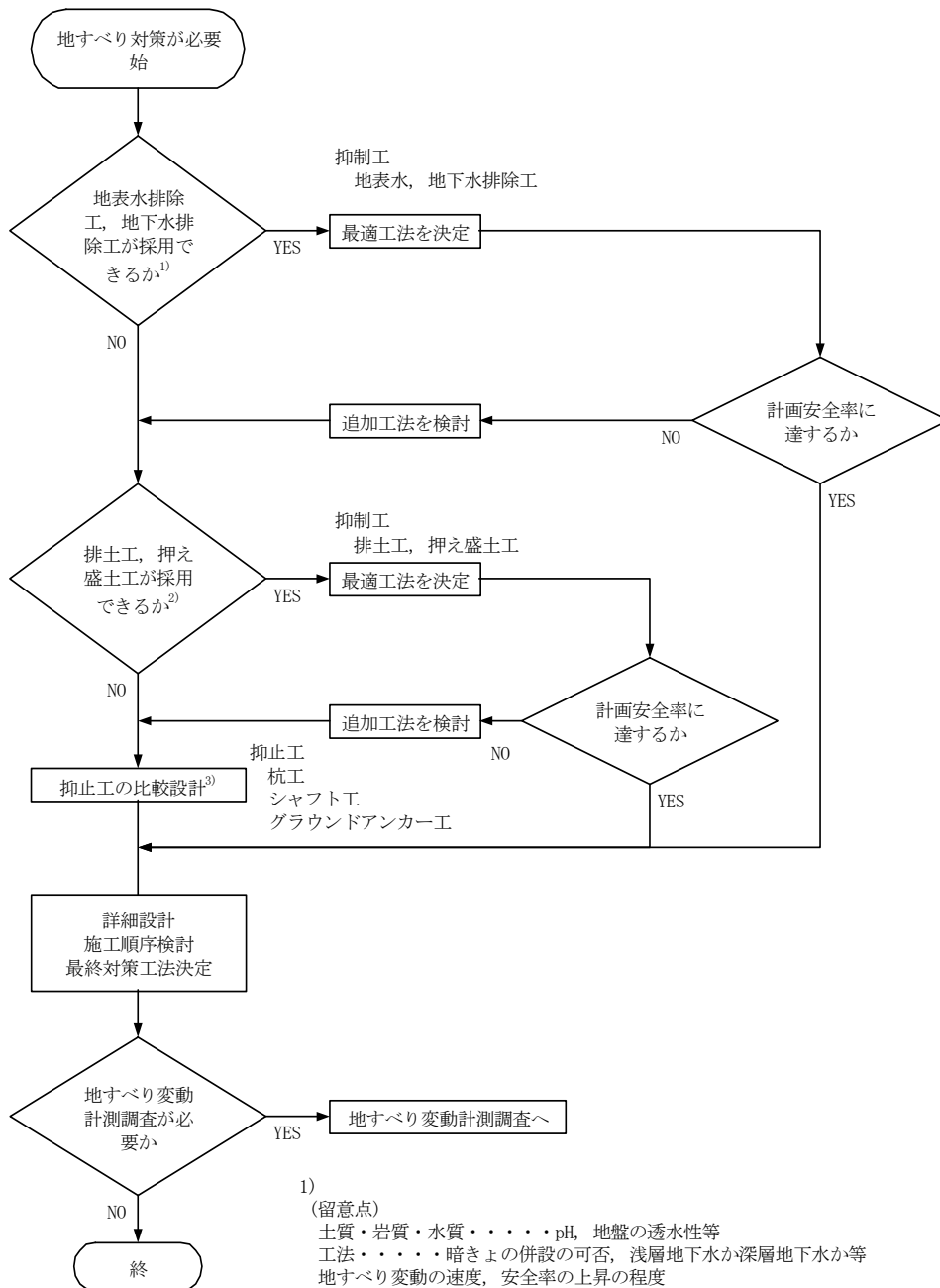


図-6.8.2 すべり対策工検討フローチャート

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版） p. 405)

8.3.2 対策工法選定時の留意事項

地すべり対策工の計画を立てるにあたっては地形、地質、地すべりの活動状況、降水等との関連性、計画地域の安全性を明らかにするとともに、運動ブロック、すべり面の位置と形状、地下水の分布と地下水位等の調査から、地すべりの機構を的確に把握しなければならない。

- 1) 降雨量と運動が密接に関連している場合は直ちに地表水排除工を実施して、降水の浸透を防止すること。
- 2) 地下水には、浅層地下水と深層地下水とがあるが、それぞれ排除工法に相違があるので、地すべりに及ぼす地下水の影響をよく調べて工法の選定をする必要がある。
- 3) 梅雨など長期の降雨や融雪水が地すべりの運動や発生に密接に関連をもっている場合は、深層地下水排除工を中心とした対策が望ましい。
- 4) 風化した凝灰岩・泥岩などの粘質土の活動性地すべりでは浅層地下水、地表水の処理が対策の中心となるが、非常に軟弱な粘質土塊の場合は地すべり斜面上部での地下水しゅ断工や地下水排除工により地域内への地下水流入を防ぎ、徐々に安定させる方が望ましい。
- 5) 単一の運動ブロック（斜面上部に別のブロックがない）で、すべり面の形状が明らかな弧状をなしている場合は、頭部での排土工や、深層地下水排除工が有効である。
- 6) 地すべりブロックが傾斜方向に数個に分かれかつ連続している場合や、すべり面の形状が直線に近い場合は、末端部の押え盛土工や地下水排除工が有効であるが、排土工の効果は少ないことがあるので避けた方がよい。
- 7) 抑止工は小規模の地すべり防止には有効である。また大規模なものにあっても、その一部（たとえば冠頂部、側面部）やその中の1つの小さな運動ブロックの安定化には有効であり、地下水排除工や排土工など他の工法が適用し難い場合の地すべり対策としても用いられる。

なお、大規模な地すべりに対する抑止工は大きな抑止力が必要となるため、複数の工法の組合せで用いられることが多いが、各工法の抑止力発揮のメカニズムには違いがあるため、抑止工の効果が発揮される時期やそれまでの変位、または経済性等について十分な検討が必要である。

- 8) 対策工の施工にあたって、工種の組合せなどによっては一時的に安全率が低下し、施工中に地すべりが発生する可能性があるため、常に安定が保てるよう施工順序や作業の進捗状況などについて十分配慮する。
- 9) 地すべり対策工の維持管理は長期に渡る場合があり、対策工の選定には維持管理についても十分に検討する必要がある。

8.3.3 対策工の選定

地すべりの対策工法は、地滑りの形態で分類すると表-6.8.2 のようになる。対策工法の特徴を念頭に地すべり形態に適した工法を選定しなければならない。

表-6.8.2 地すべりの型と対策工法の対比の一例

主な原因		地すべりの型	対策工法									
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
自然誘因	降雨・融雪浸透 地下水の増加 河川の浸食	岩盤地すべり	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
		風化岩地すべり	◎	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
		崩積土地すべり	◎	○	◎	△	○	◎	◎	○	○	△
		粘質土地すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△
人為的誘因	切土工	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	○	○	◎
		風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	◎
		崩積土地すべり	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	○
		粘質土地すべり	◎	◎	○	△	△	◎	○	△	△	△
	盛土工	崩積土地すべり	△	△	○	△	△	◎	○	◎	○	◎
		粘質土地すべり	△	△	△	△	△	◎	○	○	△	△

- a: 地表水排除工
 b: 浅層地下水排除工
 c: 深層地下水排除工
 d: 地下水遮断工
 e: 排土工, 段切り (のり面保護工含む)
 f: 押え盛土工 (擁壁工, 枠工を含む)
 g: 河川構造物
 h: 杭工
 i: シャフト工
 j: グラウンドアンカー工

凡例 : ◎ 最もよく用いられる方法
 : ○ しばしば用いられる方法
 : △ 場合により用いられる方法

(出典: 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (平成21年度版) p.407)

各工法の特徴は「道路土工一切土工・斜面安定工指針(11-4-1 2) 対策工の分類」を参照する。

8.4 地すべり対策工法各論

地すべり対策工法それぞれの詳細については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(11-4-2 地すべり対策工の設計及び施工)」に準ずる。

なお、対策工の実施に当たっては、経験的な留意事項が多いため、技術的判断と経験的判断を適切に取り入れ効果的な対策工を実施しなければならない。

第 9 節 土石流対策

土石流対策については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(第 12 章 土石流対策)」、
「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説 国総研資料 第 364 号」、
「土石流・流木対策設計技術指針解説 国総研資料 第 365 号」及び「土木工事設計マニュアル：砂防編」を参照する。

9.1 土石流対策工の選定

9.1.1 土石流対策の基本的考え方

道路が土石流の発生が予測される溪流を横断する場合の土石流対策の基本的考え方は次のとおりである。

- (1) 路線の小シフトやカルバート等の道路構造単独での対応を検討する。
- (2) 道路構造単独での対応が困難な場合には、砂防えん堤等の土石流対策施設による対応を検討する(道路構造による対応との併用を含む)。
- (3) 大規模な自然斜面では、対策工のみでは対処し得ない場合もある。この場合には通行規制等の手段を活用し、道路交通の安全確保に努める。

土石流による道路の被災形態には次のようなものがある。

(1) 土石流発生域

土石流の発生に伴い道路の一部が崩壊する。

(2) 土石流流下区域および堆積区域

(a) カルバート、橋の桁下断面不足により土石流中の礫、流木が捕捉され、カルバートや橋が閉塞し、これをきっかけとして土石流の一部が停止、堆積し、そこを起点に氾濫が生ずる。結果的に道路上に土砂が堆積したり、道路上を流れる水により道路が崩壊する。

(b) 橋梁が土石流により流される。

(3) その他

土石流が橋梁やカルバート等により、一度は安全に道路を通過しても、下流で堆積を開始し、その堆積が上流に向かって遡上した場合、結果的に道路が浸水したり土砂に埋まる。

道路が、土石流の発生が予測される溪流を横断する場合は、道路構造で対応できるかを検討する。道路面と溪床の高低を比較し、道路面が溪床より高い場合は、原則として十分なクリアランスを持つ橋梁やカルバートで横断することとし、道路面が溪床よりも低い時は覆工で通過する等、適切な対策を実施する。

一方、道路構造で対応しきれない場合には、砂防えん堤等により土石流を制御することを考えなければならないが、その場合、砂防事業、治山事業等の他事業と十分に調整を行う。これら構造物により土石流に対処することが困難な場合には、通行規制のみによって対処する場合もある。

9.1.2 土石流の規模等の推定

土石流対策工の種類，規模，配置，設計条件を決定するために土石流の規模などの推定を行わなければならない。そのためには次に記す項目について，数値を定める必要がある。

- (1) 流出土砂量
- (2) ピーク流量
- (3) 流速と最高水位（波高）
- (4) 土石流の単位 体積重量
- (5) 土石流の最大粒径
- (6) 土石流の流体力

(1) 表記項目の詳細については，「道路土工一切土工・斜面安定工指針（12-3 土石流の規模等の推定）」を参照する。

9.1.3 土石流対策の選定

土石流対策の選定は，土石流の種類，発生頻度，規模，道路面と溪床高さの関係を考慮して適切な工法を選定する。

- (a) 火山山麓等で，規模が大きく高速で流下する土石流の発生が予想される溪流や，土石流発生頻度の高い(数年に1度以上)溪流の土石流発生区間，流下区間では十分なクリアランスを持つ橋梁，または土石流覆工，トンネルで横断することを原則とする。
- (b) それ以外の土石流危険溪流では土石流発生区間，流下区間にあっては十分な断面を持つカルバートや十分なクリアランスを持つ橋梁で横断することを原則とするが次のような対策がある。
 - 1) 溪床高に対して道路面が低い場合には土石流覆工を検討する。
 - 2) 道路面と溪床面の高さにあまり差がない場合は，溪床を掘り下げてカルバート等の道路横断構造物によるほか，0～1次谷のような小溪流では，待ち受け擁壁等の比較的簡易な構造物で対応することも検討する。
 - 3) 溪流が小規模で，かつ流出土砂量が少ないと想定される場合は，鋼製の柵等の設置と道路横断水路の組合せにより，土石を柵で補足し，泥水のみを水路に流す方法がある。
- (c) 土石流堆積区間(2度以上)は，土石流の発生に伴う溪床の変動が激しいため，できるだけ避け，上流または下流に路線をシフトし，この場合も十分なクリアランスを持つ橋梁によって横断することを原則とする（図-6.9.1 土石流堆積区域における小シフト）。
- (d) 土石流堆積区間の扇状地で，既に河床が周辺に比べて高い天井川となっている場合には，道路をトンネルで河川の下を通過させることも考えられる。なお，下流で堆積が起これるその影響が上流に及ぶことが予測される場合はこれを考慮する。
- (e) 道路自体の構造による対応が困難な場合には，次のような対策を行う。
 - 1) えん堤等によって，流出する土石流の全部または一部を捕捉する。
 - 2) 土石流として流出することが予想される溪床堆積土砂の移動を床固工等で抑える。

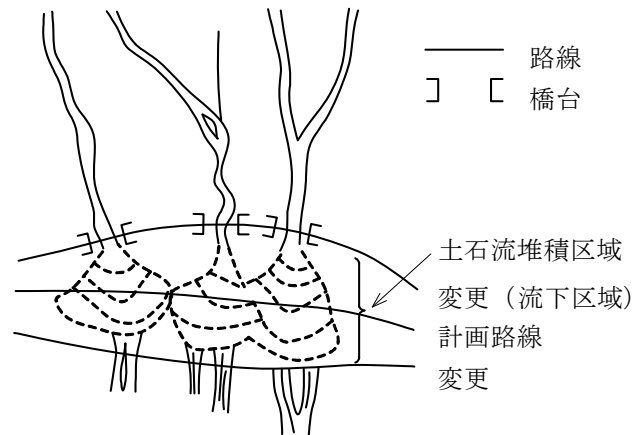


図-6.9.1 土石流堆積区域における小シフト

(f) 道路構造や土石流対策施設での対応が困難な場合には、通行規制を併用する。

図-6.9.2 に以上をまとめたフローチャートを示す。

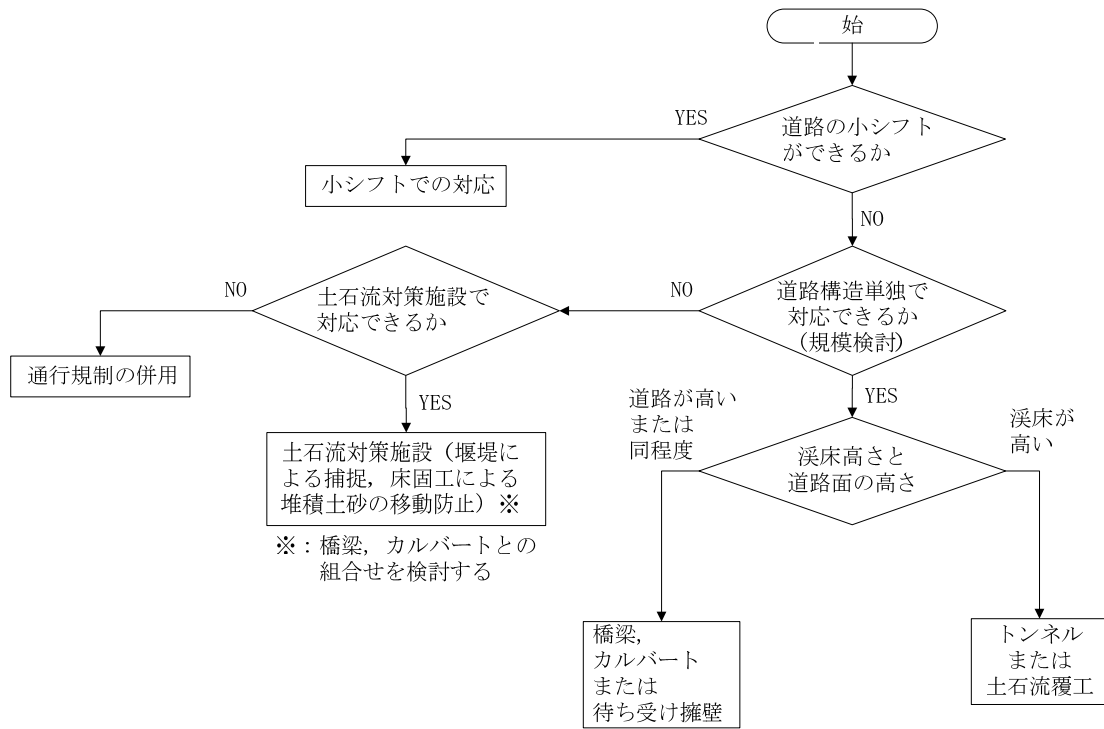


図-6.9.2 土石流対策工選定のフローチャート

(出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)p. 452)

9.2 土石流対策工法各論

土石流対策工法それぞれの詳細は、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(12-5 土石流対策工とその留意点)」に準じる。

第 10 節 環境・景観対策

環境・景観対策については「道路土工一切土工・斜面安定工指針（第 4 章 環境・景観対策）」を参照する。

10.1 環境・景観対策の基本

のり面工・斜面安定工は、のり面・斜面の安定を確保したうえで、周辺の自然環境や景観への対策を講じるものとする。景観への配慮は、美しい県土づくりガイドラインに準拠して行うものとする。

のり面工は、立面的な施工がなされることから、その規模が大きいほど施工後、目に付きやすく環境への影響も少なくない。設計においては、斜面の改変を抑えたり、のり面勾配の緩和やのり面の規模を極力小さくすることによって周辺の環境や景観への影響を可能な限り回避、低減することが基本であり、のり面の造成により改変された部分には積極的に樹林化を行う等、自然環境の回復を行うことも重要である。しかし、実際の設計においては地形的、技術的あるいは経済的制約等から必ずしもこのような条件を満足することが難しい場合が少なくない。そのような場合には、まずのり面工・斜面安定工の第一目的である、のり面・斜面の安定を図り、その上で周辺の環境や景観への影響を抑えるための対策を講じる必要がある。

また、景観への配慮は、美しい県土づくりガイドラインに準拠して行うものとし、大規模な地形の改変を伴うのり面工・斜面安定工においては、景観アドバイザー制度の活用も検討するとよい。

10.2 環境対策の一般的手法

自然環境の保全を考慮した計画を行う場合には、次のような点に留意しなければならない。

- (1) 自然環境の把握
- (2) 改変面積の縮小化
- (3) 道路建設による影響の緩和
- (4) 自然環境との調和

環境対策の詳細については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(4-4-2 環境対策の一般的手法)」を参照する。

環境対策、特に自然環境対策の一般手法としては、改変面積を少なくすることが基本であるが、場所によっては緩勾配化により自然植生の復元を容易にしたり積極的に周辺と同様の樹種による樹林化を行う等の手法を採用することが効果的である。また、用地取得から設計・施工・管理まで含めたトータルコストも考慮する必要がある。

自然環境の把握には、山梨県土地利用規制等現況図（総括図、4-1～4-4）も参照するとよい。

1 0 . 3 景観対策の一般的手法

のり面工・斜面安定工の景観対策では、形態、材質および色彩を周辺の景観と調和させることを原則とする。

景観対策の詳細については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(4-4-3 景観対策の一般的手法)」を参照する。

景観対策の手法には、対象を周辺景観から際立たせる対比の手法と周辺景観に埋没させる調和の手法があり、のり面では周辺と調和させることが原則である。調和を図るには造景三要素と呼ばれる(a)形態、(b)材質、(c)色彩を周辺の景観と近似のものとするにより周辺景観との同化融合を図り目立たなくさせる。また、単に目立つものや周辺景観と調和しがたいもの等を、周辺景観と馴染むものにより遮蔽して見えなくする手法も調和の手法の一つとして利用されることが多い。

のり面に施工する構造物のデザインに関しては、次の様な点に留意する必要がある。

- 1) 統一性
- 2) 連続性
- 3) 円滑性
- 4) 一体性
- 5) 安定性
- 6) 軽快性

1 0 . 4 のり面形状

のり面の形状と周辺景観とを調和させるため、特に切土のり面の場合、その形状を山の地形なりに仕上げるアースデザインの手法を用いて、自然地形とのスムーズな連続性を確保するものとする。

切土のり面形状については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(4-4-4 のり面の形状による対応)」を参照する。

1 0 . 5 構造物のデザイン

構造物は、周辺景観との間で不調和が生じやすく、これを解消するために、一般的には修景緑化の助けを借りることになる。

ただし、構造物が大規模なために修景緑化による対応では困難あるいは不十分な場合等においては、現場に即したデザイン面での配慮を行うものとする。

構造物のデザインについては、「道路土工一切土工・斜面安定工指針(4-4-5 構造物のデザインによる対応)」を参照する。

構造物は金属やコンクリートを素材とするものが多いため、植生を主体とする周辺景観との間で(1)材質、(2)色彩の2点で不調和が生じやすい。

このため調和の手法については、構造物のデザインのみで対応することは困難であり、一般的には次項に述べる修景緑化の助けを借りる必要がある。

構造物のデザインのみによる景観対策は十分な効果が期待できない場合が多いが、構造物が大規模なために修景緑化による対応が困難あるいは不十分な場合等には、デザイン面での配慮を行う必要がある。

構造物のデザインで留意する項目には次の様なものがある。

- 1) 端部のすり付け
- 2) スリット等による陰影
- 3) 不安定的形状の除去
- 4) 材質感の統一
- 5) 表面輝度の抑制
- 6) 自然素材の使用

10.6 緑化による環境・景観対策

のり面と周辺自然環境との調和を図るため、緑化を積極的に取り入れるものとする。
また、緑化にあたっては、生育する基盤の確保に留意しなければならない。

緑化は自然環境の主要な構成要素である植物を素材とすることから、のり面と周辺自然環境とを近似させ、周辺環境との調和を図りやすい。このため、緑化は環境・景観対策において最も効果的な手法であるといえる。

ただし、植物という生き物を素材とするため、その導入にあたっては生育する基盤の確保が必要となる。

第 1 1 節 参考資料

本章に関する参考資料は，本道路設計要領の記述内容を補足するため収録した．
参考資料の収録内容は，以下のとおりである．

資料 - 0 1 現場吹付け法砕工の砕内排水の設計について（通知）
道整第 1 6 0 5 号 平成 2 5 年 1 0 月 7 日

資料 - 0 2 ポケット式落石防護網の設計について（通知）
道整第 2 9 4 2 号 平成 2 6 年 3 月 1 4 日

資料 - 0 3 グラウンドアンカーと地山補強土工の比較

道整第1605号

平成25年10月7日

県土整備部各課(室)長 殿

県土整備部各出先機関の長 殿

道路整備課長

道路管理課長

現場吹付け法砕工の枠内排水の設計について(通知)

道路のり面の斜面安定工における現場吹付け法砕工の枠内排水については、パイプによる排水方法及び水切りモルタルによる処理を実施しているところですが、別添のとおり関東地方整備局道路部地域道路課長から平成25年10月2日付け参考送付を受けまして、次のとおり取り扱うこととしましたので遺漏なきようお願いいたします。

1. 設計時の留意事項

道路のり面の斜面安定工における現場吹付け法砕工の枠内排水につきましては、中詰工がモルタル等の場合、原則としてパイプ方式としますが、初期投資および長期的な経済性や供用期間中に確実に枠内排水ができる構造を選定するとともに、その選定理由と資料を整理しておくこと。

(例：周辺斜面に落葉樹等が多く、水抜きパイプの詰まりが懸念される場合は、水切りモルタルによる排水も検討する。)

2. 適用

平成25年10月7日^{※1)}

※1) 適用日以前についても、対応可能な案件については適用するものとする。

道路整備課 国道・構造担当 秋山、細田
TEL. 055-223-1688 (内7216)
fax. 055-223-1693
道路管理課 道路防災担当 渡邊、志村
TEL. 055-223-1698 (内7269)
fax. 055-223-1699

事 務 連 絡

平成25年10月2日

各都県・政令市
道路関係課長 殿

関東地方整備局
道路部 地域道路課長

現場吹付け法砕工の枠内排水の設計について

標記について、道路局国道・防災課、環境安全課より、「現場吹付け法砕工の枠内排水の設計について」（平成25年10月1日付 事務連絡）が発出されましたので、お知らせ致します。

なお、各都県におかれましては、市町村等の道路管理者に対しても本事務連絡の周知をお願い致します。

(問い合わせ先)

関東地方整備局 道路部地域道路課

TEL 048-600-1904

事 務 連 絡
平成 2 5 年 1 0 月 1 日

各地方整備局 道路工事課長 殿
道路管理課長 殿
地域道路課長 殿
北海道開発局 道路建設課長補佐 殿
道路維持課長補佐 殿
地域事業管理官 殿
沖縄総合事務局 建設工務室長 殿
道路管理課長 殿
道路建設課長 殿

道路局 国道・防災課 課長補佐
道路保全企画室 課長補佐
道路防災対策室 課長補佐
環境安全課 課長補佐

現場吹付け法砕工の枠内排水の設計について

道路のり面の斜面安定工における、現場吹付法砕工の枠内排水については、パイプによる排水方式及び水切りモルタルによる処理等がありますが、その設計にあたっては初期投資、長期的な経済性、供用期間中の管理等を十分に検討する必要があります。

今般、会計検査院より、中詰工がモルタル等の場合で、経済性や現地条件や供用期間中の管理の確実性を十分に考慮せずに初期投資が割高となる水切り方式により設計している現場吹付法砕工が実施されているとの指摘を受けたところです。

については、現場吹付法砕工の枠内排水の設計にあたっては、下記を踏まえるよう留意願います。

なお、都道府県、政令市に対しても、本事務連絡を参考まで周知願います。

記

1. 留意点

現場吹付法砕工の枠内排水の設計に関して、中詰工がモルタル等の場合はパイプ方式を基本とし、初期投資及び長期的な経済性や供用期間中の管理の確実性等を考慮したうえで、適切な排水方法を選択すること。

2. 添付資料

現場吹付法砕工の排水方法に関する概念図

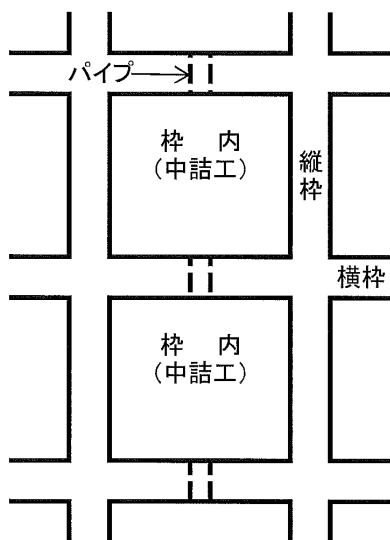
3. 適用時期

本事務連絡発後、設計を行う現場吹付法砕工事に適用する。

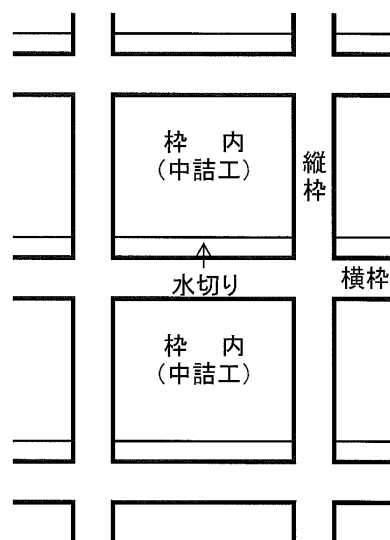
(参考図)

現場吹付法枠工の概念図

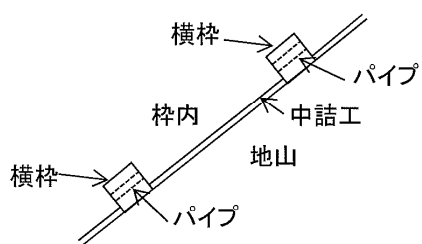
(パイプ方式の場合の正面図)



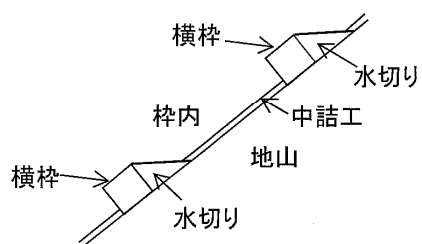
(水切り方式の場合の正面図)



(パイプ方式の場合の断面図)



(水切り方式の場合の断面図)



道 整 第 2 9 4 2 号
平成 26 年 3 月 1 4 日

各課（室）長 殿
各出先機関の長 殿

道路整備課長
道路管理課長

ポケット式落石防護網の設計について（通知）

ポケット式落石防護網の設計においては、平成 25 年 1 月 25 日付け参考送付を受けまして平成 25 年 2 月 4 日付け道整第 2 1 1 8 号により設計しているところですが、別添のとおり関東地方整備局道路部地域道路課長から平成 26 年 3 月 7 日付け参考送付を受けまして、次のとおり取り扱うこととしましたので遺漏なきようお願いいたします。

なお、平成 25 年 2 月 4 日付け道整第 2 1 1 8 号については廃止します。

1. 設計時の留意事項

ポケット式落石防護網の設計においては、各部材の吸収可能エネルギーの総和が落石エネルギーを上回るよう、各部材の緒元を決定する手法を基本とする。

ただし、従来から施工実績があり、部材及び構造が定型化しているポケット式落石防護網については、部材それぞれの強度等を算出し設計することは非効率となってしまうため、簡易式による設計手法を用いてもよい。

2. 適用

原則として、本通知日以降に設計するものに適用する。

道路整備課 国道・構造担当 秋山、細田 Tel. 055-223-1688 (内 7216) fax. 055-223-1693
--

事 務 連 絡

平成26年3月7日

各都県・政令市
道路管理担当課長 様

国土交通省関東地方整備局
道路部地域道路課長

ポケット式落石防護網の設計について（参考送付）

標記について、平成25年1月25日付け事務連絡で通知しているところ
ありますが、国土交通省道路局より別紙のとおり、再度通知がありましたので、
参考送付します。

なお、貴管内の区市町村及び道路公社にも参考送付をお願いします。

事 務 連 絡

平成 2 6 年 3 月 7 日

各地方整備局 道路工事課長 殿
道路管理課長 殿
地域道路課長 殿
北海道開発局 道路建設課長補佐 殿
道路維持課長補佐 殿
地域事業管理官 殿
沖縄総合事務局 建設工務室長 殿
道路管理課長 殿
道路建設課長 殿

道路局 国道・防災課 課長補佐
道路保全企画室 課長補佐
道路防災対策室 課長補佐
環境安全課 課長補佐

ポケット式落石防護網の設計について

表記については、平成 2 5 年 1 月 2 2 日付け事務連絡「ポケット式落石防護網の設計について」により、当面の取り扱いについて通知したところであるが、今後、ポケット式落石防護網の設計を行う場合は、別紙により適切に取り扱われたい。

なお、平成 2 5 年 1 月 2 2 日付け事務連絡「ポケット式落石防護網の設計について」は廃止する。

また、貴管内の都道府県、政令市へ本通知を参考まで送付されたい。

ポケット式落石防護網の設計について

1. 設計の考え方

ポケット式落石防護網は、金網、ワイヤーロープ、支柱、吊ロープ等からなり、上部に落石の入り口を設け、金網に落石が衝突することにより、構造全体で落石の持つエネルギーを吸収する機能を持つ。落石エネルギーは、構造部材の弾性および塑性変形によるエネルギー吸収のほか、部材の振動、落石と部材との摩擦等の、部材の変形以外によってもエネルギーが消散される。したがって、ポケット式落石防護網の設計にあたっては、これらの吸収エネルギーの総和が落石エネルギーを上回るように設計を行うこととなる。

2. 設計の適用範囲

ポケット式落石防護網の設計においては、各部材の可能吸収エネルギーの総和が落石エネルギーを上回るよう、各部材の緒元を決定する手法を基本とする。

ただし、従来から施工実績があり、部材及び構造が定型化しているポケット式落石防護網については、部材それぞれの強度等を算出し設計することは非効率となってしまうため、簡易式による設計手法を用いてもよい。(下図および<参考1>参照)

なお、簡易式による設計を行う場合は<参考2>に留意されたい。

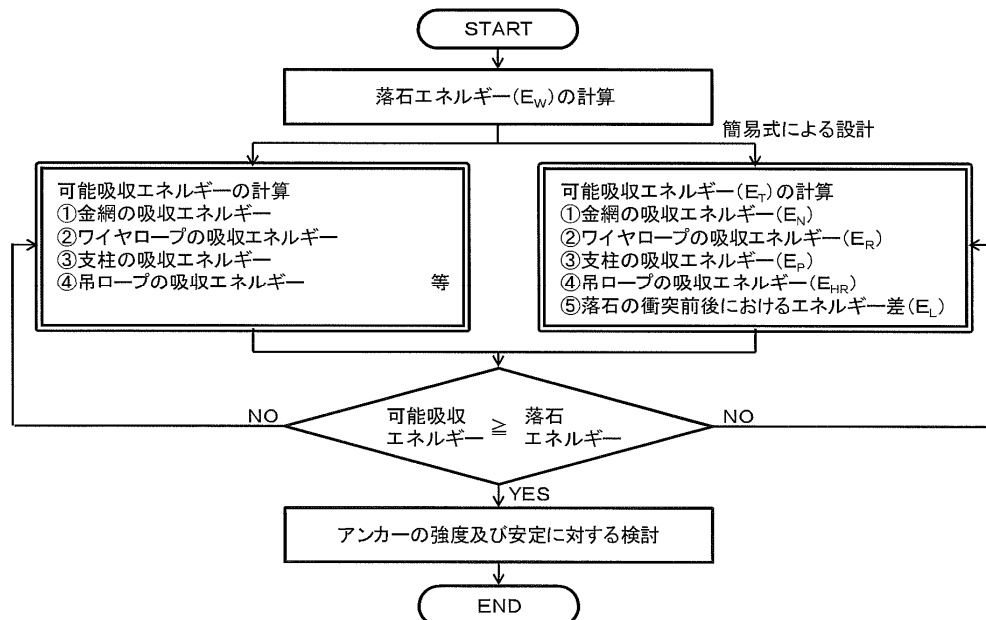


図 ポケット式落石防護網の設計の考え方

<参考1>ポケット式落石防護網の簡易式について

ポケット式落石防護網の採用にあたり、簡易式による設計を行う場合は、一般的に以下の手法が用いられているが、適用にあたっては、部材の強度及び特性、防護網の構造を十分に踏まえる必要がある。

(1) 落石エネルギーの算出

落石の衝突位置は、上端横ロープと2段目の横ロープの中心かつ支柱間の中心とし、落石防護網に作用する落石エネルギーは、落石防護網の傾斜を考慮して金網に直角方向の分力を求めることにより算出する。

$$E_w = \frac{1}{2} m (V \sin \theta_0)^2$$

ここに、 E_w : 落石エネルギー
 m : 落石質量
 V : 落石速度
 θ_0 : ネットの傾斜角

(2) 可能吸収エネルギーの算出

落石防護網の可能吸収エネルギー (E_T) は次式により算出する。

$$E_T = E_N + E_R + E_P + E_{HR} + E_L$$

ここに、 E_N : 金網の吸収エネルギー
 E_R : 上端横ロープ及び2段目の横ロープの吸収エネルギー
 E_P : 支柱の吸収エネルギー
 E_{HR} : 吊ロープの吸収エネルギー
 E_L : 衝突の前後におけるエネルギー差

(3) エネルギー差の算出

落石の衝突前後におけるエネルギー差 (E_L) は、次式により算出する。

$$E_L = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot E_w$$

ここに、 E_w : 落石の持ち込む運動エネルギー
 m_1 : 落石質量
 m_2 : 落石防護網質量

<参考2>簡易式が適用できる可能吸収エネルギーの範囲について

(独) 土木研究所

1. 可能吸収エネルギーと落石エネルギーの検証のための実規模実験

金網、ワイヤーロープ、支柱、吊ロープからなる従来型のポケット式落石防護網の実験装置を、実際の施工と同様の規模で製作し、落石に見立てたコンクリート製の重錘を網に衝突させ、防護網の性能を確認し、合わせて簡易式による設計の適合性を検証した。

(1) 実験装置

- 防護網全体：幅 15m、高さ 10m
- 横ロープ：φ 18.0mm×4本
- 支柱：H=3.5m、ヒンジ式
- 菱形金網：φ 5.0mm
- 縦ロープ：φ 18.0mm×6本
- 重錘：滑落長 25m 以上、質量 1.0t

(2) 重錘衝突実験

- H= 6.0m ($E_w=53\text{kJ}$)
- H=12.0m ($E_w=106\text{kJ}$)
- H=18.0m ($E_w=159\text{kJ}$)
- の3パターン
- 防護網の部材交点等にカメラターゲットを設置し、衝突の状況をハイスピードカメラで撮影



図-1 実験状況

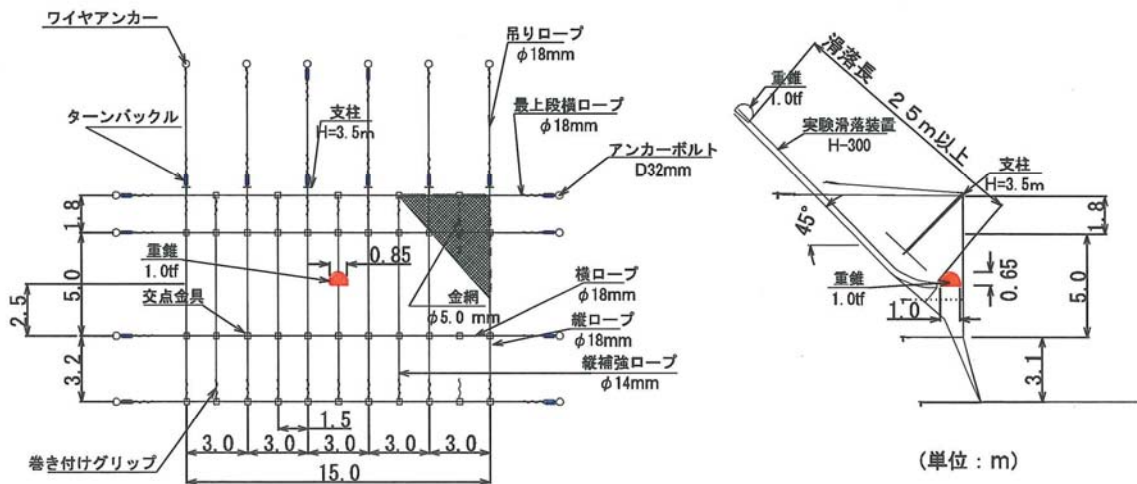


図-2 実験装置の諸元

2. 簡易式の可能吸収エネルギー (E_T) の適用範囲について

緩衝装置類のないポケット式落石防護網の実験結果

実規模実験による落石の補足状況等を勘案すると、簡易式の適用範囲は150 kJ程度が望ましい。

重錘衝突実験において、簡易式で求めた設計可能吸収エネルギー E_T と、重錘の持ち込みエネルギー E_w の関係をグラフ化した。結果、 E_w が E_T 以下の場合には重錘をすべて補足したことを確認した。

実験結果から、重錘エネルギー150 kJまでは、アンカー等の部材破断はあるものの、落石は補足されることが確認された。(図-3)

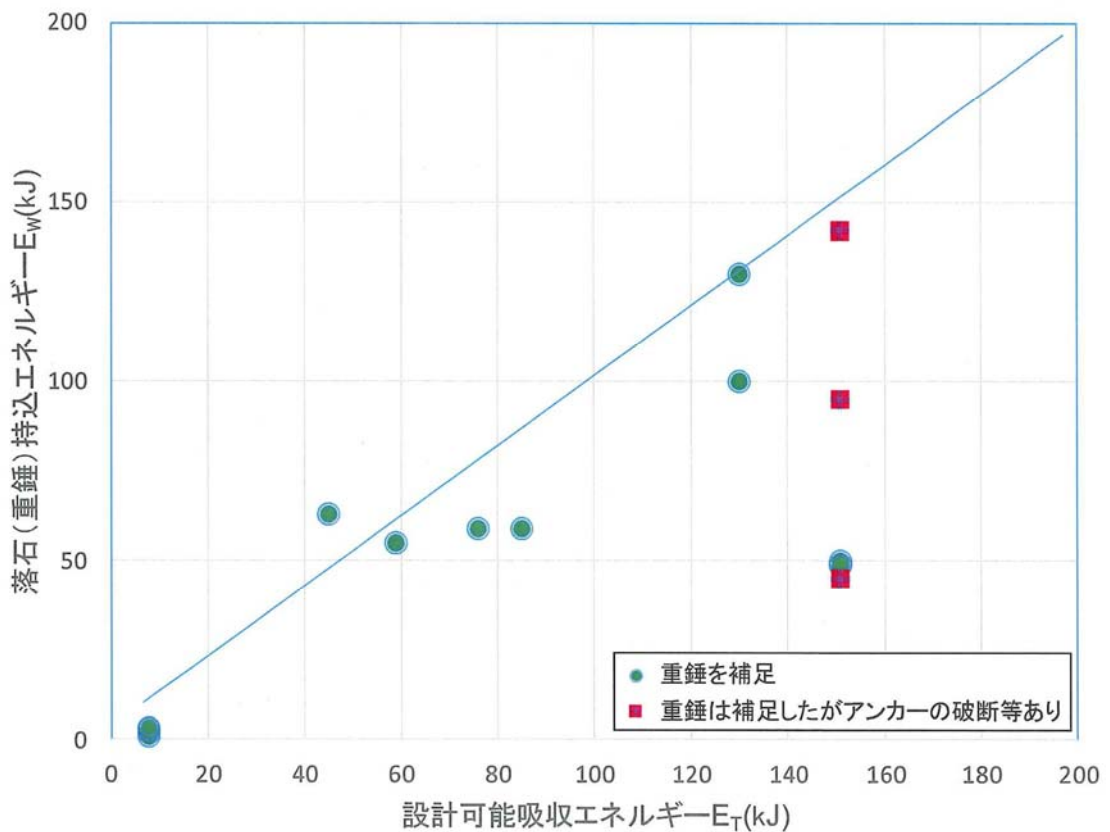


図-3 実規模実験における落石エネルギーと可能吸収エネルギー

3. エネルギー差（ E_L ）の計算に用いる金網の有効範囲について

実規模実験及び数値解析による金網の有効範囲

E_L の計算で考慮する金網の質量の有効範囲の上限は、150m²程度とすることが望ましい。

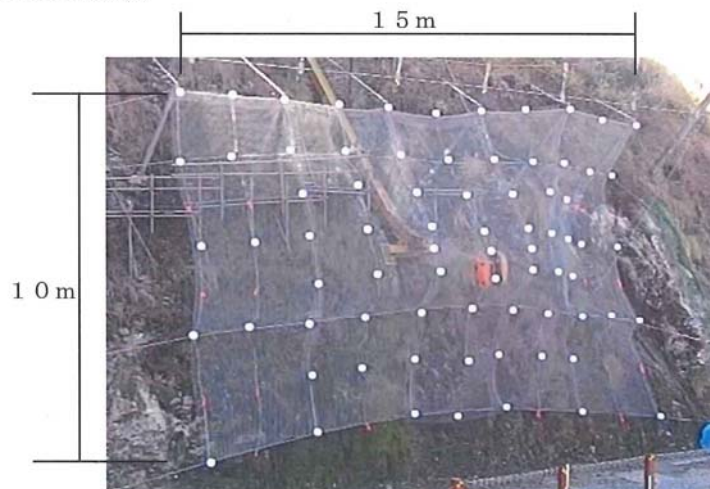
重錘衝突実験の映像を分析した結果、おおよそ15m×10mの範囲で、防護網が変形・揺動して重錘を補足していることが確認できた。（図－4）

数値解析においても、15m×10mの範囲で、防護網が重錘を補足していることが確認できた。（図－5）

これらの結果から、防護網の各部材が損傷しない条件における金網の影響範囲は、15m×10m＝150m²程度までの大きさであれば安全であるとみなされ、今後新設を行うポケット式落石防護網の設計においては、 E_L の計算で考慮する金網の有効範囲について、150m²程度を上限とし設計することが望ましい。この面積は、支柱の一般的配置の4スパン分の幅12mに換算すると、おおよそ12m×12m＝144m²に相当する。

一方で、例えば、横ロープを固定するアンカーが外れる等、防護網に一定の損傷を認めつつ落石を捕捉する条件を仮定すると、数値解析においては15m×20m＝300m²の範囲で防護網が重錘を捕捉していることが確認できた（図－6）。

こうしたことから、金網の影響範囲を300m²程度まで想定し設計することは、特段の問題はないと考えられるが、こうした条件で設計した防護網については横ロープやアンカーの損傷を定期点検等により確認し、必要に応じて補修等を行うことが求められることに留意が必要である。



図－4 実規模実験で重錘衝突により網が揺動した範囲（幅15m×高10m）

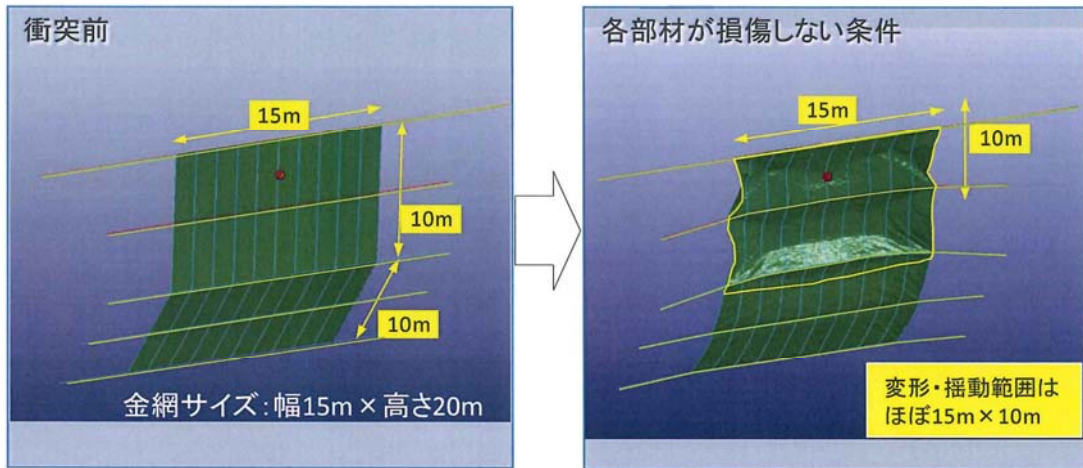


図-5 数値解析結果による金網の揺動範囲
(横ロープ固定:部材が損傷しないと仮定する条件)

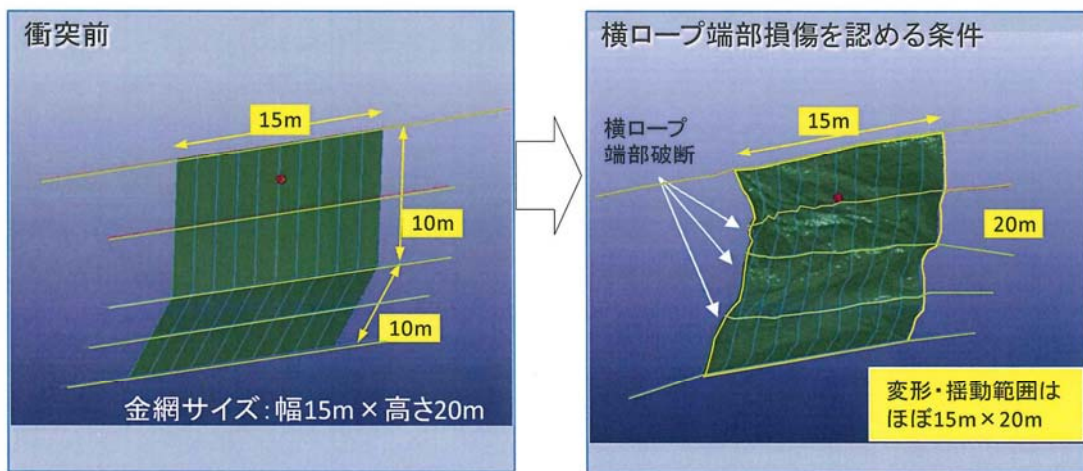


図-6 数値解析結果による金網の揺動範囲
(横ロープ解放:部材が損傷したと仮定する条件)

グラウンドアンカー工 と 地山補強土工 の比較

工種 項目	グラウンドアンカー工	地山補強土工
崩壊規模	<ul style="list-style-type: none"> すべり面が中程度以上 150～800KN/本程度が多く使用される 	<ul style="list-style-type: none"> すべり面が比較的浅い場合 (すべり層厚：3m程度以下) 急勾配掘削に用いる場合
機 構	<ul style="list-style-type: none"> 不動地山にアンカー体を造成し，所定の引張り力を与えることによって，受圧構造物を介して積極的にすべりに抵抗させる 	<ul style="list-style-type: none"> 地山の変形に伴って補強材に受動的な引張り力が生じ，地山の変形ならびにすべりの発生を抑止する
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> 自由長部と定着長部からなる プレストレスを導入する 	<ul style="list-style-type: none"> 全面接着型である プレストレスを加えない
必要抑止力	<ul style="list-style-type: none"> 直線／円弧すべりによる必要抑止力の算出を行う 	<ul style="list-style-type: none"> 直線／円弧すべりによる必要抑止力の算出を行う 深さ2m程度の浅い崩壊は，経験的設計法によることできる
打設間隔	<ul style="list-style-type: none"> 最小1.5m，最大5m程度 	<ul style="list-style-type: none"> 1～2mまでだが，一般的には2m²に1本程度
1本当りの長さ	<ul style="list-style-type: none"> 自由長は原則として4m以上 定着長は原則として3m以上，10m以下 	<ul style="list-style-type: none"> 一般的に，2m～5mの範囲
抑止効果	<ul style="list-style-type: none"> 移動土塊の引き止め効果と締め付け効果 状況によって，どちらか一方のみを重点的に考慮して設計する場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> 移動土塊の引き止め効果と締め付け効果 地山の変形に伴い補強材に伸びが生じ，内力(=軸力)としての補強材力が発生する．それぞれの補強材に発生する軸力は，配置位置，地盤特性，施工条件，のり面の種類により異なるため，許容補強材力を低減して設計する(低減係数 =0.7)
周面摩擦抵抗	<ul style="list-style-type: none"> 周面摩擦抵抗値の表による．同表は，加圧注入アンカーに対するデータから作成されている 原則として，基本調査試験(引き抜き試験)を行って決定する 	<ul style="list-style-type: none"> 本工法は無加圧注入で施工されることが多いため，極限周面摩擦抵抗の推定値(切土工・斜面安定工指針)を採用する 引抜き試験を実施して，極限引抜き抵抗を確認するのが望ましい
のり面工／受圧版	<ul style="list-style-type: none"> 設計アンカー力を集中荷重におきかえて梁／受圧版の計算を行う 	<ul style="list-style-type: none"> 移動土塊部に定着している付着力とのり面工の両方を考慮する．その分担比率は，のり面工の種類によって異なり，のり面工低減係数($\mu=0\sim 1.0$)で決まる
頭部処理／防食	<ul style="list-style-type: none"> アンカーの使用目的に応じ，再緊張ができる定着具を用いる 永久アンカーは，二重防食を原則とする 	<ul style="list-style-type: none"> 頭部プレート(支圧板)とナットを用い緩みがないよう確実に結合させる 永久の場合は垂鉛メッキ処理を行うなど，防食に注意を払う
緊張力	<ul style="list-style-type: none"> 期待する抑止効果により設計値が定まる tendon と地盤のクリープを考慮する 	<ul style="list-style-type: none"> 恒久的なプレストレスは加えない
引抜き試験	<ul style="list-style-type: none"> 引抜き試験は，調査計画段階や実施工の早い時期に行う 計画最大荷重は，アンカー極限引抜き力以上とするが降伏強度の90%以下に留める 	<ul style="list-style-type: none"> 引抜き試験は，調査計画段階や実施工の早い時期に行う 補強材が引き抜けるまで載荷することを標準とするが降伏強度の90%以下に留める
適性試験	<ul style="list-style-type: none"> 適性試験は，永久アンカーの場合，設計アンカー力の1.25倍まで5サイクル以上でかける 全数の5%，かつ最低3本について行う 	
確認試験	<ul style="list-style-type: none"> 確認試験は，永久アンカーの場合，設計アンカー力の1.25倍を1サイクルでかける 適性試験を除くその他の全てのアンカーについて行う 	<ul style="list-style-type: none"> 全数の3%，かつ最低3本について行う 最大試験荷重は設計荷重とし，1サイクルでかける