

切土法面の性能設計に関する基本的考え方の提案

久 慈 雅 栄 水 谷 和 彦^{*1}神 藤 健 一^{*2}

要 旨

性能設計とは、求める性能を明確にし、実現される性能を直接的に確認（照査）するものである。このような設計法は、土構造物、特に切土法面ではほとんど検討が進んでいない。そこで、本文では切土法面の性能設計に関する基本的な考え方を提案する。すなわち、切土法面の安定性を支配する地質構造を分類し、その結果に基づいて最適な標準勾配を適用して、照査として設計条件である地質構造と地質状況を施工時に確認／記録して安定性を評価すること、および観察・計測により変状の有無を確認すること、最後に調査～設計～施工までの各種データを引き継ぎ、的確な維持管理に役立てることを提案する。

キーワード 切土法面、性能設計、適合みなし規定、地質構造

目 次

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. はじめに | 5. 地山別標準勾配案と |
| 2. 従来の切土法面の設 | 安定計算用物性値案 |
| 計施工方法について | 6. 法面観察（法面点検 |
| 3. 切土法面の性能設計 | 簿）の提案 |
| の基本的考え方 | 7. 検証事例 |
| 4. 地山構造の分類 | 8. まとめ |

PROPOSAL OF FUNDAMENTAL THOUGHT ON PERFORMANCE DESIGN FOR CUT SLOPE

Masayoshi KUJI
Kennichi KANTOH

Kazuhiko MIZUTANI

Synopsis:

Performance design for cut slope has not been examined completely. Authors propose the fundamental concept for the performance design of the cut slope. At first, the geological structure which may affect the stability of the cut slope was classified, and apply standard slope gradient. And the real geological structure is identified as verification while cutting the slope. And the deformation of the slope can be identified by the observation and measuring it. Finally, estimation of all data obtained in investigation, design, and cut is conducted for the rational maintaining of the cut slope.

*1（社）日本建設機械化協会 施工技術総合研究所（出向） *2 奥山ポーリング

1. はじめに

切土法面は、ほとんどの場合は自然地山を掘削することにより形成され、自然地山そのものにより構成される点で、土を含め品質管理された人工材料が構成要素となる他の土木構造物と性格が大きく異なる。

自然地山は非常に不均質であり、その状況を事前に調査によって地表面から把握する事は、費用対効果の面からも自ずと限界がある。さらに掘削後には、風化等による地山強度の経時的な低下、降雨や地震等の外的条件など、多くの要件が切土法面の安定性に関与していると考えられる。

このため、現状の切土法面の設計は経験に基づいたものとなっている。また、情報化施工への対応についても、切土法面では何を観察・計測して、どのように設計に反映していくのかが不明確な状況である。

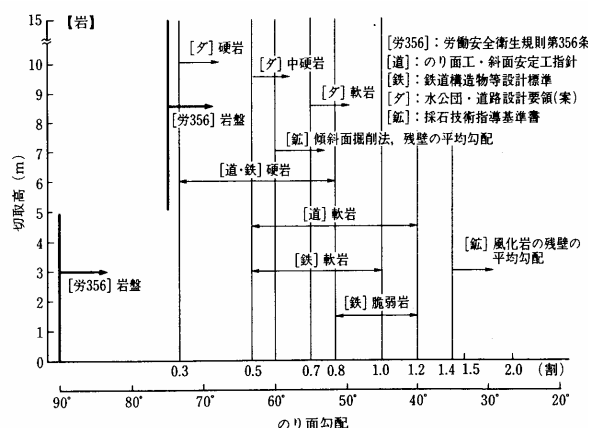
一方では、性能設計の考え方が徐々に広まっており、建築やコンクリートの分野で先行している。しかしながら、土構造物分野、特に切土法面では上記のような問題から、検討が遅れているのが現状である。

そこで、ここでは切土法面における新しい設計の考え方、たとえば標準勾配と地山条件の細区分、標準勾配が示されていない長大切土法面に対する地山定数の考え方等を提案するとともに、その照査としての施工中の観察や、維持管理への各種データの移管の方法を含めて、将来の切土法面における性能設計に向けての試案を提案するものである。

ただし、使用性、環境適合性、経済性、維持管理の容易性等の性能についても考慮する必要があるが、ここでは切土法面において最も重要な、かつ避けて通れない性能である安定性（安全性）について応用地質の観点から考察する。

2. 従来の切土法面の設計施工方法について

これまでの切土法面の設計は、主に地山の硬さに基づいて標準勾配を決定しており、一部の地質では崩壊性要因に応じて別途検討が行われていた。図－1に例として



図－1 のり面勾配の基準・標準の比較（岩）¹⁾

岩盤の場合での各機関の法面勾配の基準・標準の比較¹⁾を示す。この基準では、たとえば硬岩を設計する場合、道路および鉄道関係の基準では 1:0.3(73.3°)～1:0.8(51.3°)と非常に幅の広い勾配が示されており、経験の少ない設計者にとっては、どの値を採用したらよいのか判断が難しい状況となっている。

また、施工者へは種々の条件を考慮して決定された結果としての法面勾配を記した設計図しか示されず、切土法面が崩壊（変状）しない限りは設計にフィードバックされることはほとんどなかった。このため、施工時に確認できる地質状況や、建設された切土法面がどの程度の安定性を有しているのか等の情報が記録として残されていないかった。

このため、維持管理段階では設計・施工時の各種情報がほとんど引き継がれておらず、切土法面のどの箇所が弱点なのか、また変状が発生した場合の原因推定などについて、手探りで対応しているのが現状である。

このように、これまででは調査～設計～施工～維持管理が一連の繋がりとなくなっていたものといえる。

3. 切土法面の性能設計の基本的考え方

現状の設計方法を踏まえ、切土法面の性能設計を行うために、次のような方針のもとに検討を進めた。

- ① 過去の研究事例（例えば²⁾³⁾⁴⁾など）や崩壊事例（例えば^{5) 6)}など）から見ても、切土法面の安定性は、地山（地質）構造と地山状況（強度）により決定されると考えられるので、切土法面

崩壊形態	破壊モデル	対象地質	特徴
崩壊現象 落石			風化や浸食作用を受けて緩んだ斜面下の岩石が岩盤から分離して落下する現象。斜面崩壊の予兆現象を示す場合が多い。
ブロック崩壊		亀裂や節理の発達した硬岩	最も強いブロックが最初に破壊し、それに続いて他のブロックが破壊し、最後に岩盤全体が破壊する現象。
すべり 平面すべり崩壊		流れ盤の場合（軟岩、硬岩）	節理、層理、片理等の連続的な構造的弱面、断層のような大きな地質的不連続面に沿って破壊する現象。
くさび崩壊		不連続面の発達した岩盤斜面	交差した2つの不連続面で囲まれた岩盤がせん断すべり崩壊を起こす現象。複数のくさび崩壊が連続する場合が多い。
円弧すべり崩壊		土砂、軟弱な岩盤、亀裂が多数に発達した岩盤	斜面が円弧に沿って回転崩壊を行う現象。
複合すべり崩壊		土砂、軟岩・硬岩、風化岩すべり、岩盤地すべり	円弧すべり崩壊と平面すべり崩壊など、いくつかの崩壊形態が複合して発生する現象。一般に崩壊規模が大きく、いわゆる地すべり崩壊形態が多い。
たわみ性トッピング崩壊		節理の傾斜が受け盤で比較的小さく、しかも軟質な板状岩盤	節理によって分離した岩盤が重力によって全体的に斜面側にたわみ、ゆがりと崩壊していく現象。
ブロックトッピング崩壊		節理の傾斜が、受け盤で急斜面で、上部の岩石がブロック状（岩塊）となつて崩壊する現象	節理によって分離した岩盤が重力によって斜面側にたわみ、引張破壊を起こし、上部の岩石がブロック状（岩塊）となつて崩壊する現象。
バックリング崩壊		節理や層理がほぼ垂直に発達している岩盤	板状または柱状に分離した岩体が、自重によって、亀裂や劣化の箇所を転倒し、折れ曲るように全体的に崩壊する現象。

図－2 岩盤斜面の崩壊形態の分類⁷⁾

の性能設計にあたっては地山構造の分類から始める．参考に、岩盤斜面の崩壊形態の分類例⁷⁾を図－2に示す．

- ② 既存の地質別標準勾配は、主に地山の硬さに基づいて判定されている点では問題が残る．しかしながら、長い歴史を経て我が国の現状に即して設定／修正されてきており、その間の降雨や地震による崩壊リスクを包含しているものと評価される．したがって、ここでは基本的にこれを踏襲し、その適用基準を明確化することを考える．これは、後述の適合みなし規定の考え方に相当する．さらに、日本道路公団により崩壊性要因を有する地質別の標準勾配⁸⁾も提案されており、これも参考にする．
- ③ 上記の標準勾配は、通常の適用では10%程度の崩壊が発生しているとも言われており、これを崩壊率と仮定した．
- ④ 次のような法面では、個別に安定計算により設計することとする．

重要法面（ex.重要構造物法面、迂回路のない切土法面）

一般法面に比べて、より高く確実な安定性が要求されるため

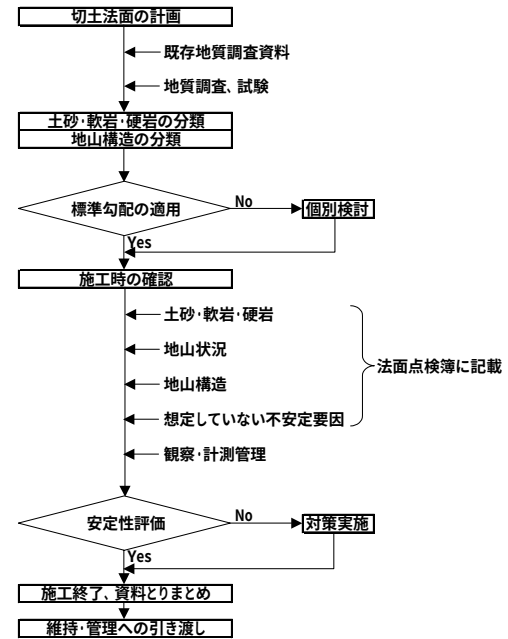
長大法面（高さ50m以上）

法面自体が大きくなるために地質的な不安定要因を有する可能性が高くなり、かつ変状発生時に大きな手戻りとなるため

用地境界等の制約条件がある法面

制約条件のため、標準勾配では施工が困難、あるいは不可能な法面

- ⑤ 性能設計における照査は、切土法面においては設計条件である地山構造と地山状況を施工時に確認／記録することで行うものとした．ここで、切土法面の設計条件よりも危険側にシフトすることが明らかな場合には、この時点で設計ヘフィードバックし、切土勾配変更や補強対策を実施するものとする．
- ⑥ また、施工時に観察および計測を行って、法面に変状が発生していないことを直接的に確認することにより、想定される安定性が確保されているとみなすことも照査と考える．
- ⑦ 最後に、調査～施工までの各種データ、すなわち個々の法面の事前調査結果、掘削時の地質調査結果、観察や計測データ等の安定性に関するデータ、切り直しを含めた工事履歴などを維持管理に引き継ぐ．これらのデータベースにより、安定性や地震、降雨、風化等の劣化要因に応じた個々の法面に対しメリハリをつけた的確な管理と維持補修を行うものとする．



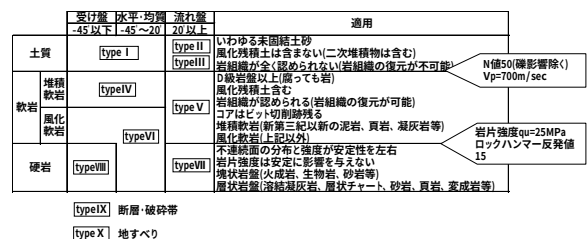
図－3 切土法面性能設計フロー図

以上の方針を、図－3にフロー図として示す．切土法面は、前述のように自然地山そのものにより構成されるため地質構造および地山物性が非常に不均質であり、さらに掘削後には風化等による地山強度の経時的な低下、降雨や地震等の外的条件の変化など多くの要因がその安定性に関与している．したがって、切土法面の設計は、他の人工構造物のように限界状態設計法を採用するのが非常に難しい状況にあるため、経験に基づいたものとなっている．

このように、個々の法面の設計を限界状態から決めるのではなく、標準勾配を適用するという設計法は、適合みなし規定の考え方に相当する．これは、限界状態を全く再現しない計算方法などで構造物の性能を照査し、照査の有効性は経験により保証するという考え方⁹⁾である．

4. 地山構造の分類

性能設計の前提条件となる地山構造は、これまでの研究事例²⁾³⁾⁴⁾等を参考に、地山種類4区分（土砂、堆積軟岩、風化軟岩、硬岩）、地山構造3区分（流れ盤、水平or均質、受け盤）、合計12種類に分類し、一部を統合するとともに、断層／破碎帯、地すべりを加えて合計10



図－4 地山構造の分類

分類することとした。図－４にその分類を示す。地山種類において軟岩については、切土後に風化により劣化しやすい堆積軟岩と硬岩が風化した結果形成された風化軟岩に分けることとした。また、地山構造については土砂および堆積軟岩は主に層理面が形成する堆積構造、風化軟岩は地表面にほぼ平行する風化帯が形成する風化構造、硬岩では連続性の良い卓越する不連続面構造により評価するものとする。

5. 地山別標準勾配案と安定計算用物性値案

地山別の標準勾配は、既存の標準勾配を参考に地山状態と法面高さにより設定することとした。特に、法面が高くなるに従い勾配を緩くなるようにしたが、これは法面が高くなるほど、切土法面の面積が大きくなるため、法面を不安定にさせる各種要因（地質構造、地山強度など）が分布する可能性が高くなる、すなわち崩壊のリスクが高くなることに配慮したことによる。その結果を表－１～３に示す。

表－１ 土質法面の標準勾配(Type I)

土質条件	法面高さ		
	5m	10m	15m
砂質土(10<N)	1.0	1.0	1.2
礫混じり砂質土(密実)	[0.8 at 30<N on 砂質土]		[礫混じり粘性土のみ]
砂質土(N<10)	1.2	1.2	1.5
礫混じり砂質土(密実でない)	[1.0 at 15<N on 粘性土]		[礫混じり粘性土のみ]
粘性土			
礫混じり粘性土			

表－２ 堆積軟岩の標準勾配(TypeIV)

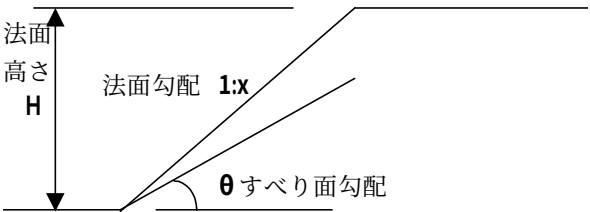
岩盤種類	法面高さ		
	～10m	10m～20m	20m～
I B	0.6	0.9	1.1
II B	0.8	1.2	1.4
I A	1.2	1.5	1.7
II A	1.3	1.6	1.8
III	1.4	1.8	2.0

JH 風化の速い岩をベースに修正

表－３ 硬岩の標準勾配(TypeVI)

岩級	法面高さ				
	～10m	10m～20m	20m～30m	30m～50m	50m～
CH 以上	0.4	0.6		0.8	
CM	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
CL	0.8	1.0	1.2	1.5	—
D	1.0	1.2	1.5	—	—

JH まさ土（風化花崗岩）をベースに加筆、修正



図－５ 試行クサビ法概念図

また、重要法面、長大法面、および標準勾配では施工が困難な法面において、個々の安定計算や対策工の設計を行う必要があるため、その検討用物性値の提案を行う。ここでは、図－５に示すように標準勾配で施工された均質な単純斜面の安全率を $F_s=1.0$ と仮定し、地山状態毎に単位体積重量と内部摩擦角を仮定することにより、法面高さと法面勾配を仮定し、試行クサビ法により逆算で求めた所要の粘着力の平均値を用いるものとした。このようにして算出した物性値を表－４～６に示す。これは、従来からの標準勾配を追認し、その安定性を安全率で評価した場合の物性値と位置づけられる。

一方、流れ盤構造の不連続面の強度については、ISRM の指針を参考に、表－７を提案した。

ここで表－４～６に示した値は、従来提案されている値に対して、特に粘着力が著しく小さなものとなっている。これは、次のように考える。すなわち、地山の物性値は当然のようにバラツキを有しており、従来提案されている値はその平均値に相当するものと考えられる。一方、今回の試算結果は標準勾配において安全率 1.0 の値、すなわちその値を下回ったら崩壊が発生する極限值である。ここで、地山の物性値、ここでは粘着力が仮に正規分布にしたがうと仮定すると、他の物性値を固定条件と

表－５ 堆積軟岩の検討用物性値(TypeIV)

	単位体積重量 γ [kN/m ³]	粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [度]
I B	22	16.11	20
II B	22	9.91	20
I A	20	5.20	20
II A	20	4.19	20
III	18	2.70	20

表－２から逆算

表－６ 硬岩の検討用物性値(TypeVI)

	単位体積重量 γ [kN/m ³]	粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [度]
CH 以上	25	21.1	40
CM	24	9.5	35
CL	22	7.9	30
D	20	3.8	25

表－３から逆算

表－４ 土質地盤の検討用物性値(Type I , II)

土質種類	状態	N値の 目安	単位体積 重量 γ [kN/m ³]	粘着力 C [kN/m ²]	内部摩 擦角 ϕ [度]	地盤工 学基準	備考
礫	密実 または 粒径幅が広い		20	0	40	G	
	密実でない または分級された		18	0	35	G	
礫混じり 砂	密実		21	0	40	G	
	密実でない		19	0	35	G	
砂	密実 または 粒径幅が広い	10 以上	20	0	35	S	
	密実でない または分級された	10 以下	18	0	30	S	
砂質土	密実	10 以上	19	1.9	30	SF	標準勾配 の逆算値
	密実でない	10 以下	17	1.6	25	SF	同上
粘性土	硬い (指で強く押し多 少凹む)	8 以上	18	4.6	25	M,C	同上
	やや軟らかい (指の中 程度の力で貫入)	4～8	17	6.3	20	M,C	同上
	軟らかい (指が容易に貫入)	4 以下	16	8.1	15	M,C	同上
粘土およ びシルト	硬い (指で強く押し多 少凹む)	8 以上	17	35	20	M,C	qu からの 推定値
	やや軟らかい (指の中 程度の力で貫入)	4～8	16	19.2	15	M,C	qu からの 推定値
	軟らかい (指が容易に貫入)	4 以下	14	10.5	10	M,V	qu からの 推定値
関東ローム			14	30	5(ϕ_u)	V	

JH 地盤物性値をベースに加筆，修正

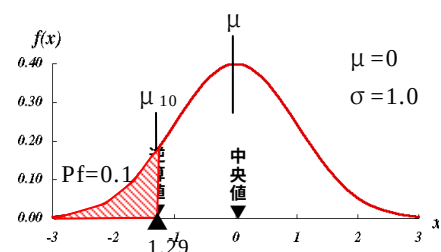
表－７ 硬岩／流れ盤の推定強度(TypeVII)

記号	名称	判定の目安	参考 N値	一軸強度 qu [kN/m ²]	粘着力 C [kN/m ²]	参考内部摩 擦角 ϕ [度]
S1	非常に軟ら かい粘土	握り拳がたやすく 5cm 入る		12.5	6.3	0
S2	軟らかい 粘土	親指がたやすく 5cm 入る	2～4	25.0	10.5	10
S3	しっかり した粘土	親指がやや努力すれ ば 5cm 入る	4～8	50.0	19.2	15
S4	硬い粘土	親指で容易にへこま せられるが，入れるに は大変な努力が必要	8～15	100.0	35.0	20
S5	非常に硬い 粘土	親指の爪で容易にへ こませられる	15～ 30	250.0	87.5	20
S6	堅固な粘土	親指の爪を入れるの は困難		500.0	175.1	20

ISRM 基準をベースに加筆，修正

すれば，今回逆算した値は前述のように破壊確率 0.1 の状態と評価することができる．図－６に概念図を示す．ここで平均値を μ ，標準偏差を σ ，分散を $V(=\sigma/\mu)$ とした場合，破壊確率 $Pf=0.1$ の値 μ_{10} との関係から，粘着力の部分安全率 $F_{sp}(=\mu/\mu_{10})$ は以下で定義される．ここで， β は安全性指標と呼ばれるもので，標準正規分布において極限值が平均値からどの程度離れているかを表しており，その外側が破壊確率となる．

$$(\mu - \mu_{10})/\sigma = \beta = 1.29 \quad (\text{at } Pf=0.1) \quad [1]$$



図－６ 逆算値と中央値の関係概念図

$F_{sp} = \mu / \mu_{10} = \mu / (\mu - \sigma \beta) = 1 / (1 - V \beta)$ [2]

地山、特に粘着力Cの分散Vは測定例がほとんどないが、一軸強度や岩盤変形係数の試験例¹⁰⁾では、それぞれ0.443と0.554という結果がある。そこで、平均値を0.5程度と仮定すると、Fspは次のようになる。

$F_{sp} = 1 / (1 - 0.5 \times 1.29) = 2.82$

したがって、中央値の1/3程度をとれば、破壊確率0.1程度と推定される。ここで、今回の逆算値と従来の提案値と比較してみると表－8、9に示すように土砂の場合には1/3～1/15程度となるが、岩盤の場合に1/50～1/140と非常に差が大きなものとなる。ここで、Fsp=15としてV=0.5と仮定すると破壊確率Pf=0.03となる。これらの数字はある仮定のもとで成り立つもので、絶対的なものではなく、特に岩盤においてはさらに研究が必要である。しかし、今回の提案物性値は、地山の物性や法面の安全率を、費用対効果も考慮した法面の崩壊確率に結び

表－8 粘着力Cの比較とその比率（岩盤）

岩盤等級 C[kN/m ²]	D	CL	CM	CH
一般的な値	200	500	1000	3000
今回の提案	3.8	7.9	9.5	21.1
比率	52.6	63.3	105.3	142.2

表－9 粘着力Cの比較とその比率（土砂）

土の状態 C[kN/m ²]	砂質土		粘性土		
	密実	密実でない	硬い	中程度	軟らかい
一般的な値	30	0	50	30	15
今回の提案	1.9	1.6	8.1	6.3	4.6
比率	15.79	0	6.17	4.76	3.26

つけていく一つの提案になるものと考えられる。

6. 法面観察（法面点検簿）の提案

切土法面では、掘削時に法面の安定性を評価することが極めて重要と考えられる。特に性能設計では、性能を照査することが求められる。

ここでは、設計時に設定した地山の条件が、実際の切土法面において確保されているかどうかを施工時に確認することが、安定性の評価、性能の照査と位置づけることができる考える。このツールとしてトンネル施工で定着している「切羽点検簿」の仕組みを切土法面に応用し、「法面点検簿」を作成することを提案する。すなわち、切土施工時に法面状況を画像として撮影し、その上に地山構造と地山状況の確認／記録をスケッチとして重ねる形として、できるだけビジュアルに表現する。図－7に適用例を示す。

また、施工後を含めた法面観察や計測管理も、切土法面の性能照査と位置づけられ、法面の規模や重要性に応じて、取り込んでいく必要がある。

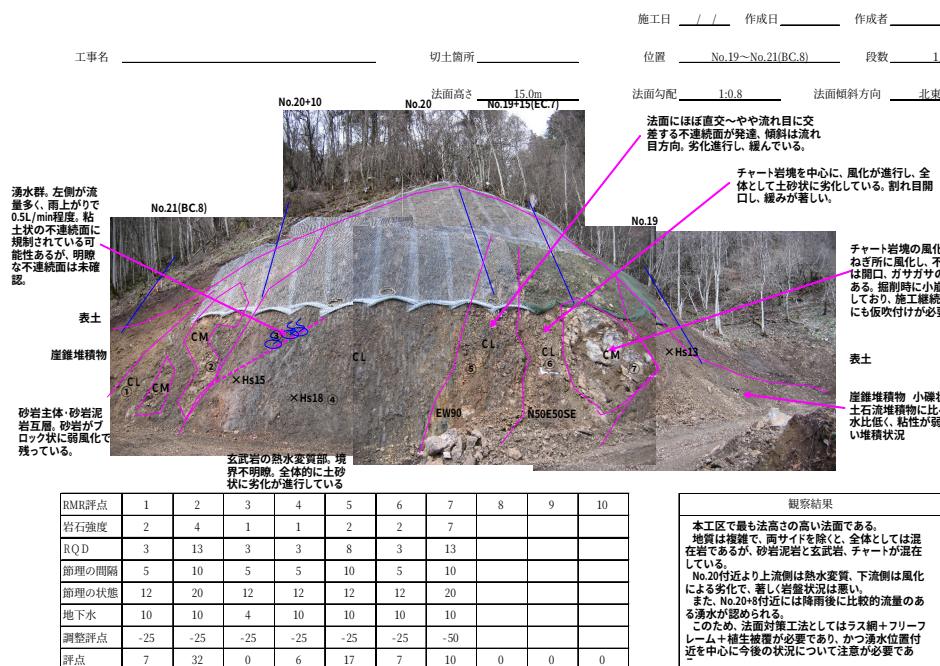
さらに、この結果を維持管理に引き継ぐことにより、維持管理段階での点検の重要ポイントの選定や点検方法の検討に反映することができ、よりの確な維持管理を行うための基本情報となる。

7. 検証事例

7.1 堆積軟岩法面での事例

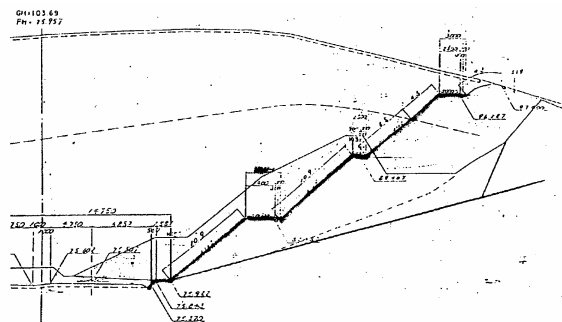
ある道路の法面で発生したすべり崩壊について検証する。

本法面を構成する地質は、新第三紀の固結度の低い砂岩泥岩互層であり、層理面は14°の角度で流れ目に分布していた。事前の地質調査では、泥岩部でのN値は最低で3と非常に小さな値を示していた。当初掘削勾配は

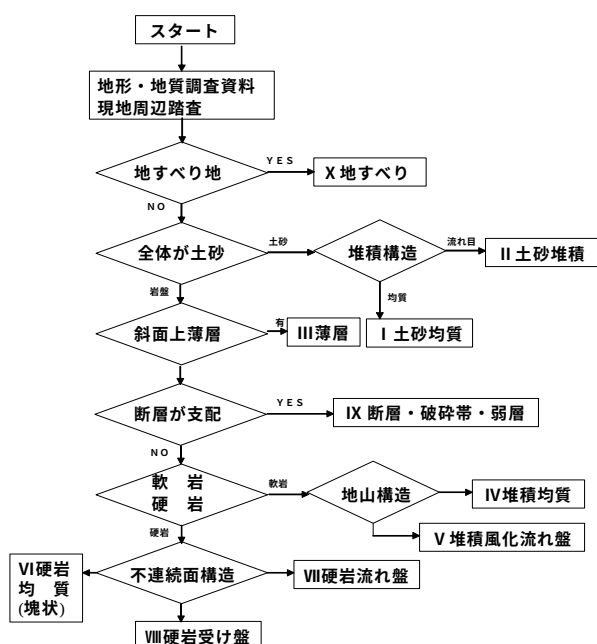


図－7 法面点検簿記入例

1:1.2 であり、掘削に伴って層理面に沿ったすべり崩壊が発生し、最終的に 1:2.5 の緩勾配で掘削することにより安定させることができた。図－8 に当初掘削断面図を示す。



図－8 当初設計勾配



図－9 地質構造選定フロー図

この条件で、今回の試案を適用する。

まず、図－9 により、地質構造を想定した結果、「堆積軟岩／流れ目」と評価される。

次に、層理面が明らかであるので、ISRM の基準を参考にした層理面の強度は表－7 を採用し、「やわらかい粘土」として S2 の強度を採用すると、当初設計勾配での安定計算結果は 0.73 となり、十分にすべり崩壊の可能性を予測することができる。これを、安定を保つために掘削勾配を徐々に緩くして安全率 1.0 を上回るまで繰り返した結果、掘削勾配 1:2.5 (この時の安全率 1.23) が必要と試算された。ちなみに、掘削勾配 1:2.0 の場合の安全率は 0.97 であった。

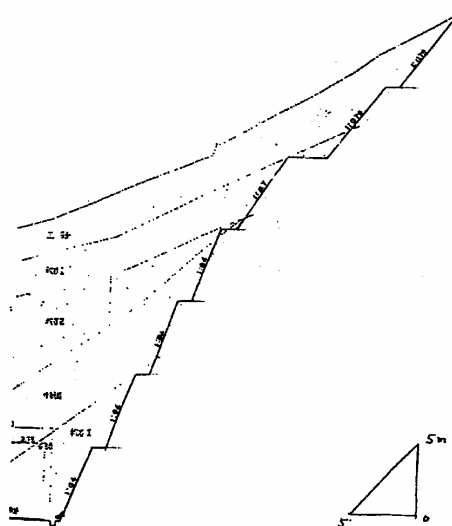
このように、調査時点で地質状況を把握できていれば、この試案を用いることにより適切な設計が行えたものと

想定される。ここで、当初設計断面を従来の物性値 (CL 相当 $C=500\text{kN/m}^2$, $\phi=30^\circ$) で計算すると安全率は 13.6 程度と十分に安定を保つ結果となり、崩壊を予測できない結果となる。

7.2 硬岩法面での事例

ある工事用道路の仮設法面での法面崩壊を事後評価した事例で検証する。

本法面を構成する地質は、中生代の砂岩および砂岩／頁岩互層であり、岩片は比較的堅いため硬岩に分類される。ただし、層理が卓越して流れ目方向に約 40° の傾斜で分布しており、かつ頁岩の一部は風化により粘土化した状況であったことが崩壊後に確認された。また、事前の調査ボーリングでも頁岩の風化は確認されていた。しかし、本法面は工事用道路であるため事前に十分な調査を行われず、不連続面の状況も十分に把握されないまま、硬岩として切土勾配 1:0.4 で掘削を行い、大規模な崩壊にいたったものである。切土法面の当初設計断面を図－10 に示す。



図－10 当初設計勾配図 (小段高さは 5 m)

この条件で、今回の試案を適用する。

まず、図－9 により、地質構造を想定した結果、「硬岩／流れ目」と評価される。

次に「硬岩／流れ目」と評価し、層理面を想定すべり面と仮定した直線すべり計算を行う。すべり面強度はボーリング調査結果に基づいて表－7 より「しっかりした粘土」として S3 の強度を採用すると、当初設計断面での安定計算結果は安全率 0.52 と、非常に危険な状態と評価される。これを、安定を保つために掘削勾配を徐々に緩くして安全率 1.0 を上回るまで繰り返した結果、掘削勾配 1:0.9 (この時の安全率 1.63) が必要と試算された。ちなみに、掘削勾配 1:0.8 の場合の安全率は 0.94 であった。

ちなみに、不連続面構造が事前調査で不明の状態として、「硬岩／均質」の標準勾配を評価すると、CM 級で法面高さ 40m の場合の標準勾配は 1:1.2(約 40°)となり、ほぼ層理面と同程度の勾配が必要となる。

このように、調査時点で地質状況を把握できていれば、この試案を用いることにより適切な設計が行えたものと想定される。ここで、当初設計断面を従来の物性値(CM 相当 $C=1\text{MN/m}^2$, $\phi=35^\circ$) で計算すると安全率は 11.5 程度と十分に安定を保つ結果となり、崩壊を予測できない結果となる。

8. まとめ

切土法面の性能設計に関する応用地質の見地からの一試案を提案した。

これまでの研究事例や崩壊事例では、切土法面の変状の多くは地山構造に起因していることから、ここではまず地山構造を分類することから始めた。また、これまでの標準勾配を追認し、その適用基準を、次のようにできるだけ明確にするように努めた。

- ① 基本的な検討フローを示し、地質構造を 10 種類に分類し、地質構造および法面高さに応じた標準勾配とそれから逆算した検討用物性値を提案した。
- ② また、この手順にしたがって検証した一例を示した。
- ③ さらに、性能設計の照査として、施工時の法面調査とその記録に法面点検簿を使用すること、および施工後の法面観察と計測を提案した。

ここで示した切土法面性能設計の考え方は、あくまでも一つの試案である。物性値についても、各現場で調査結果や試験値から想定していく方法がより望ましい。さらに、物性評価に対して岩盤の評点化や原位置での物性試験等を検討していく必要があるものと考えられる。

また、地山構造についてもここまで単純に分類できることは難しく、調査段階でどこまで踏み込めるか、施工段階でうまくフィードバックできるかが重要となる。

今後の課題として、今回提案した安定の評価をより精度を上げて定量化することが必要と考えられる。定量化の方法として、地山の評点化(硬岩では RMR, 不連続面では ISRM の壁面強度、さらに地盤工学会基準案「岩盤の工学的分類方法」¹¹⁾ など)や簡易試験による物性値の評価を行う予定である。さらに、今回提案した地質構造や性状を元に分類した地山区分の解析的な検証や、切土を対象とした統計的な分析による法面安定評価方法について検討を進める予定である。

また、今後の方向性としてリスク評価の考え方を取り入れていく必要があり、設計は破壊確率の考え方を導入する方がわかりやすいと考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：岩盤斜面の安定解析と計測, pp.33, 1993
- 2) フック, プレイ(小野寺, 吉中訳)：岩盤斜面工学, 朝倉書店, 1979
- 3) 奥園誠之：切取斜面の設計から維持管理まで, 鹿島出版界, 1983
- 4) 労働省労働基準局安全衛生部安全課監修：切土工事の安全, 建設業労働災害防止協会
- 5) 例えば(社)全国防災協会：平成 13 年度発生災害採択事例集, 2001
- 6) 例えば(社)全国防災協会：災害復旧のり面对策工法事例集[災害復旧工法研究会編], 1994
- 7) 土木学会：岩盤斜面の調査と対策, pp.6, 1999
- 8) 日本道路公団：設計要領第一集土工編, pp.参 3-6~3-20, 1998
- 9) 本城勇介：基礎構造物の性能設計と耐震設計, 地質と調査, Vol.'01, No.4, pp.2~8, 2001
- 10) 吉中, 櫻井, 菊池編：岩盤分類とその適用, 土木工学社, pp.168~173, 1989
- 11) 地盤工学会基準部：新規制定の地盤工学会基準案「岩盤の工学的分類方法」について, 土と基礎, Vol.51, No.8, pp.67~75, 2003