

斜面の話 あれこれ

NPO法人秋田道路維持支援センター
斜面部会 小松順一
(奥山ボーリング (株))

こんなお話をします！
＊概要のみになります

1. 道路土工構造物技術基準の改定
2. 泥質岩からなる流れ盤斜面の切土計画に関する一提案
3. 人工降雨による土砂崩壊実験

1. 道路土工の技術基準を初改定

国土交通省は2024年1月の能登半島地震による道路の盛り土や斜面の被害を踏まえ、「道路土工構造物技術基準」を改訂。

被害リスク低減や性能規定の具体化などで災害に強い道路を目指す

(令和7年6月26日 国土交通省)

- * 技術基準改定は15年の制定以来、初めて。26年4月以降に着手する設計に適用する
- * 新たな技術基準では、能登半島地震で道路被害を引き起こした原因に対処するとともに被害抑制に効果のある対策を充実させた。

能登半島地震では、**集水地形の道路盛り土が崩壊した。**

新たな技術基準には、**構造物の配置や形式を選ぶ設計初期段階で、道路周辺の地形や地質、地域の防災計画などに配慮するよう定めた。**

例えば、**沢が多い集水地形では盛り土の他に橋梁で道路を造ることなどを検討する。**

地質や地盤などの不確実性への対応も明確化した。

設計に限らず，施工や維持管理の段階でも必要に応じてボーリングなどの調査を実施し，地盤情報を充実させるよう規定した。

これまで明文化されていなかったために適切な対応をせず，被災につながった例があった。

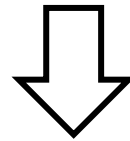
従来は設計の際、道路中心線に直交する断面で安定性を検討していたが、**新基準では想定される中で最も不利な条件の断面を設定する。**

例えば、調査で得られた地盤情報から地下水位が最も地表に近く、脆弱な状態になりやすい位置や角度の断面で検討する。

排水施設の設置を原則化

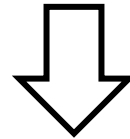
新たな技術基準

⇒ 24年の能登半島地震で被害抑制の効果が示された対策をより強化する狙いもある。



07年の地震で被災し、排水対策を施して復旧した箇所では被害が軽微だったことから、盛り土や切り土の表面や地下に原則として排水施設を設置すると想定した。

従来の技術基準では、道路機能を確保するために必要な性能の照査方法が明確でなかった。

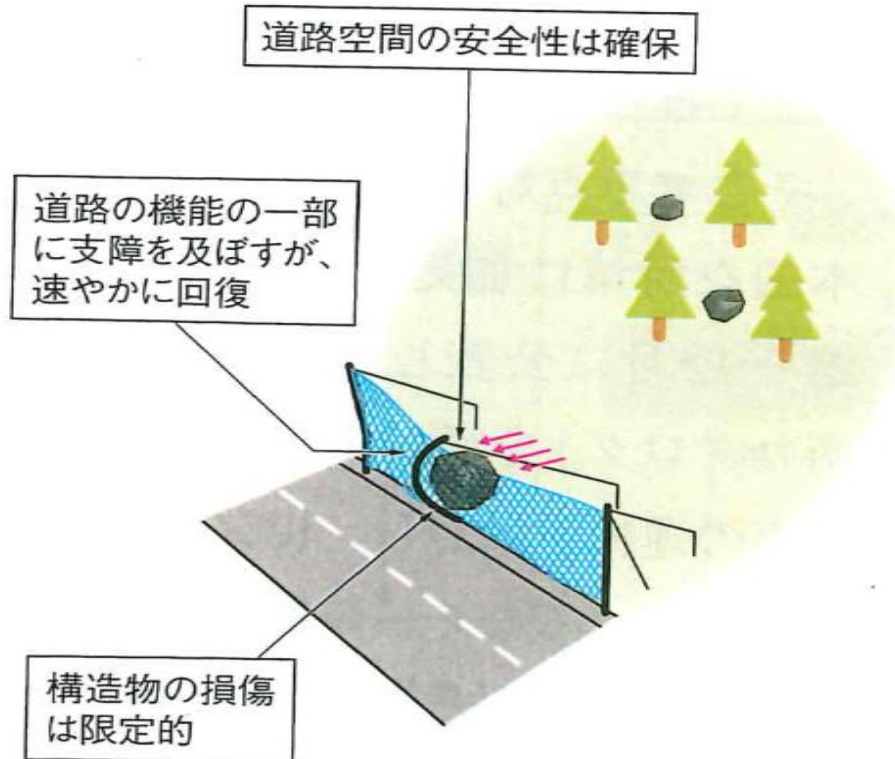


照査方法を具体化するため、要求性能に応じた構造物の限界の状態を1～3で区分した「限界状態」という概念を新たに導入（資料1）する。原則として限界状態を超えないようにすることで道路の性能を確保する。

資料1 ■ 道路土工構造物の限界状態

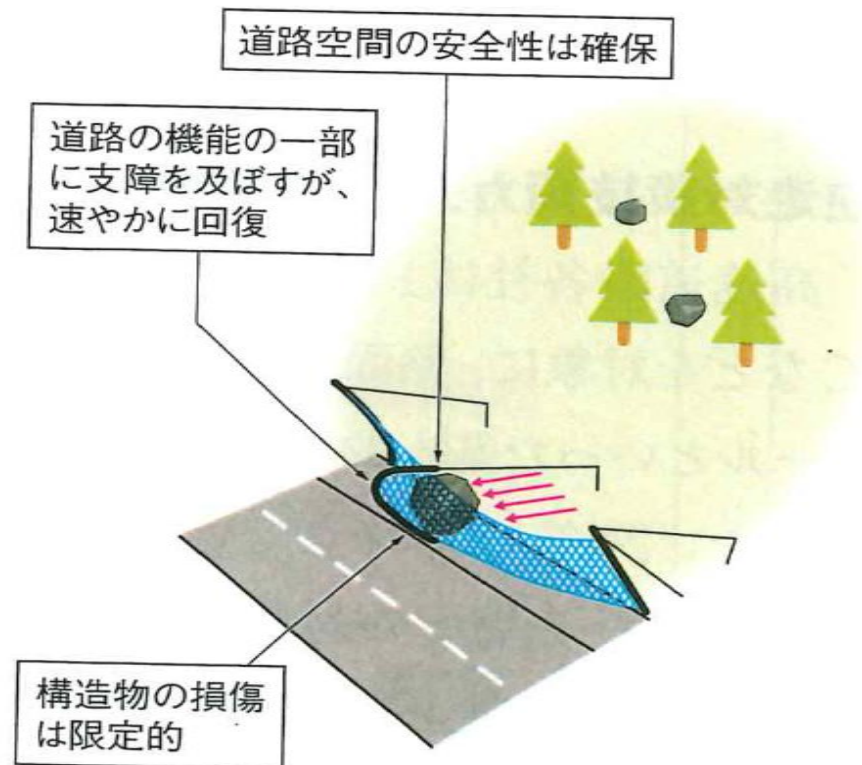
[路肩幅が通常]

限定的な変位にとどめる必要がある



[路肩幅が大きい]

変位を許容できる



四角内の文言は、道路に求められる性能(出所:国土交通省の資料を基に日経クロステックが作成)

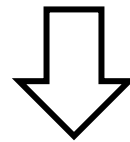
例えば、

路肩幅が小さい場合：

落石を防止する柵の変形は一定量以下に限定しなければならない。

路肩幅が大きい場合：

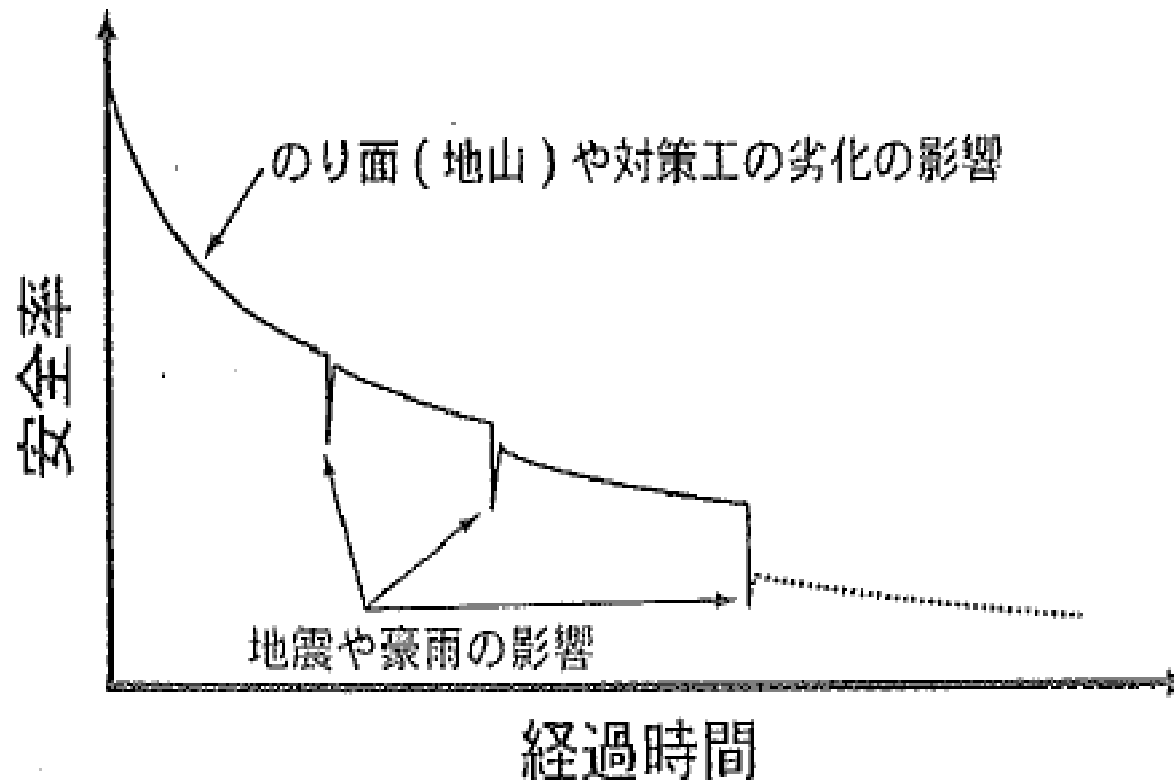
道路空間の安全性が確保できれば、柵の変形は許容する。



想定する荷重に対して道路の機能を確保できるように、構造物に応じて限界状態を設定する

参考：

安全率の経時変化＝万物は劣化していく



図－3 安全率の経時変化（模式図）

「斜面安定評価における劣化概念の導入,斜面防災研究委員会報告書,
建設コンサルタンツ協会近畿支部, 2006.」

2. 泥質岩からなる流れ盤斜面の切土計画に関する一提案

背景： 泥質岩からなる流れ盤斜面を1:1.0で切土したのり面において、切土後短期間に集中豪雨や地震等を外因としない崩壊が複数発生している。

指針等：「原則として、割れ目の見かけの傾斜角と同じかそれより緩い勾配とすることが望ましい」
⇒ 適用される場合はまれ

Why? ↓

工学的根拠を示すことができない = 流れ盤でも安定なのり面がたくさん存在
⇒ 有意な計画手法がないのが現状。

崩壊事例



a) 崩壊前の割れ目状況

テストピット

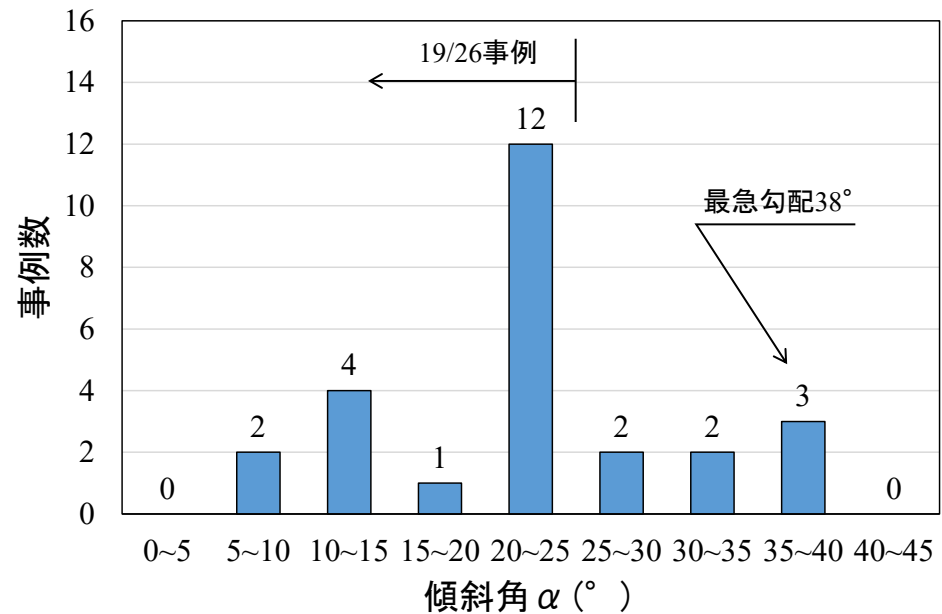


c) すべり面を形成する軟質粘土を挟在する層理面

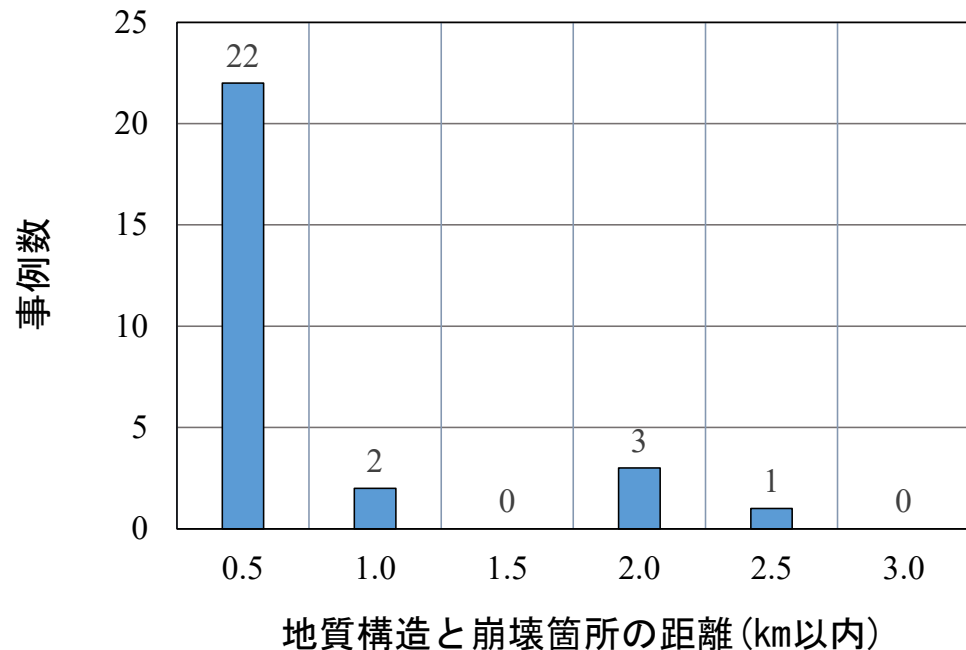


b) 割れ目沿いに側面を形成して崩壊

崩壊面の傾斜角



崩壊箇所と地質構造との距離



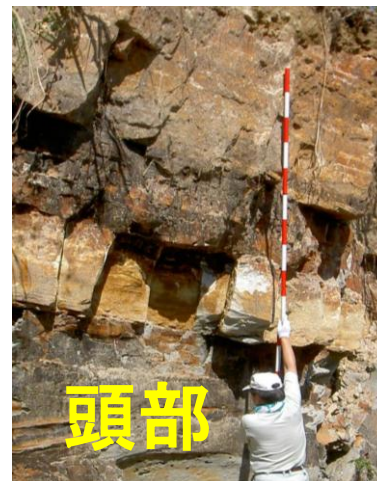
1) 崩壊要因

- ① 崩壊面を形成するせん断強度定数が小さい層理面が存在すること.



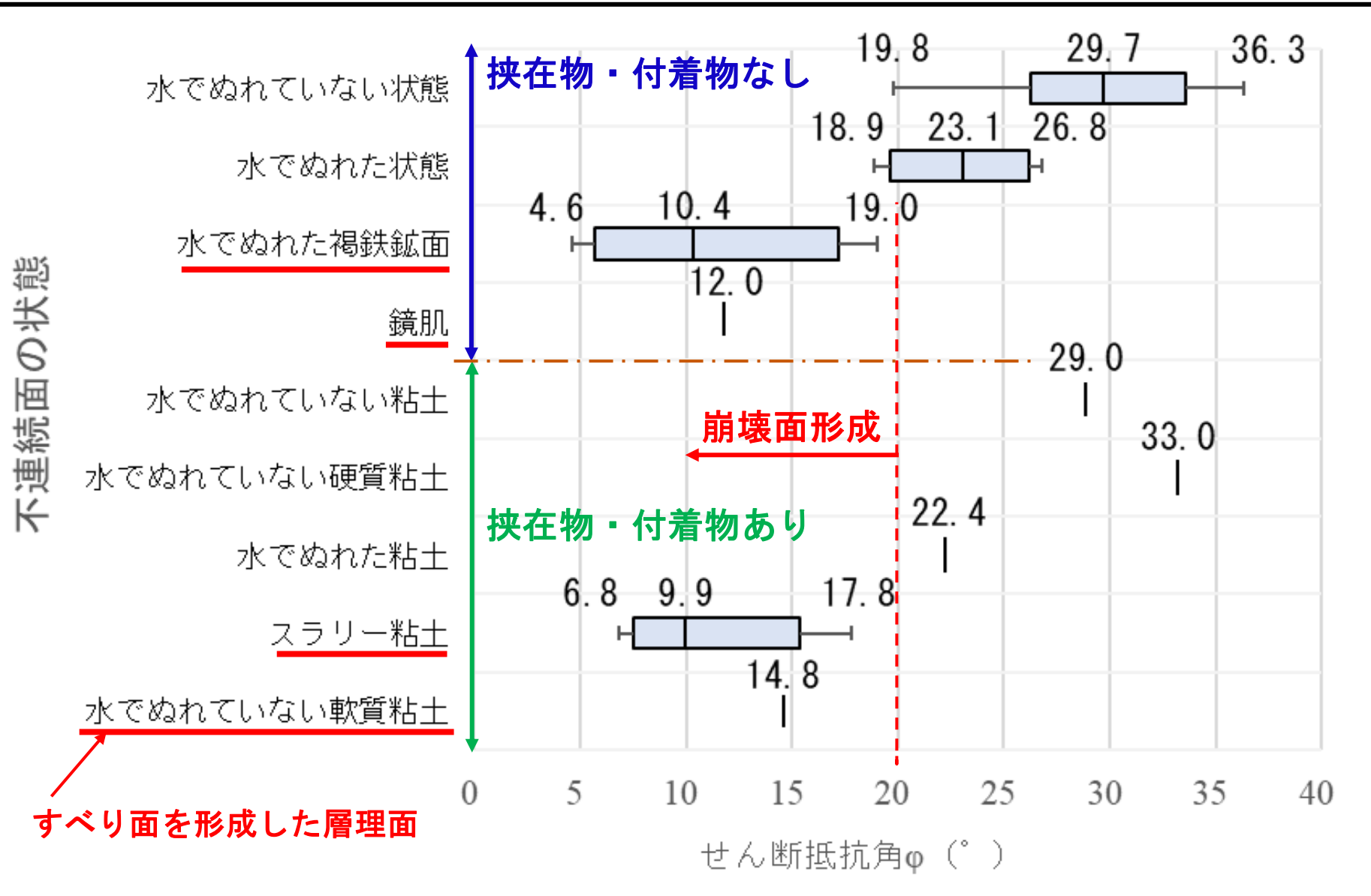
a)スラリー粘土付着 b)軟質粘土挟在 c)水膜面へばりつき d) 鏡 肌

- ② 崩壊ブロック頭部・側面を形成する割れ目は潜在していること.

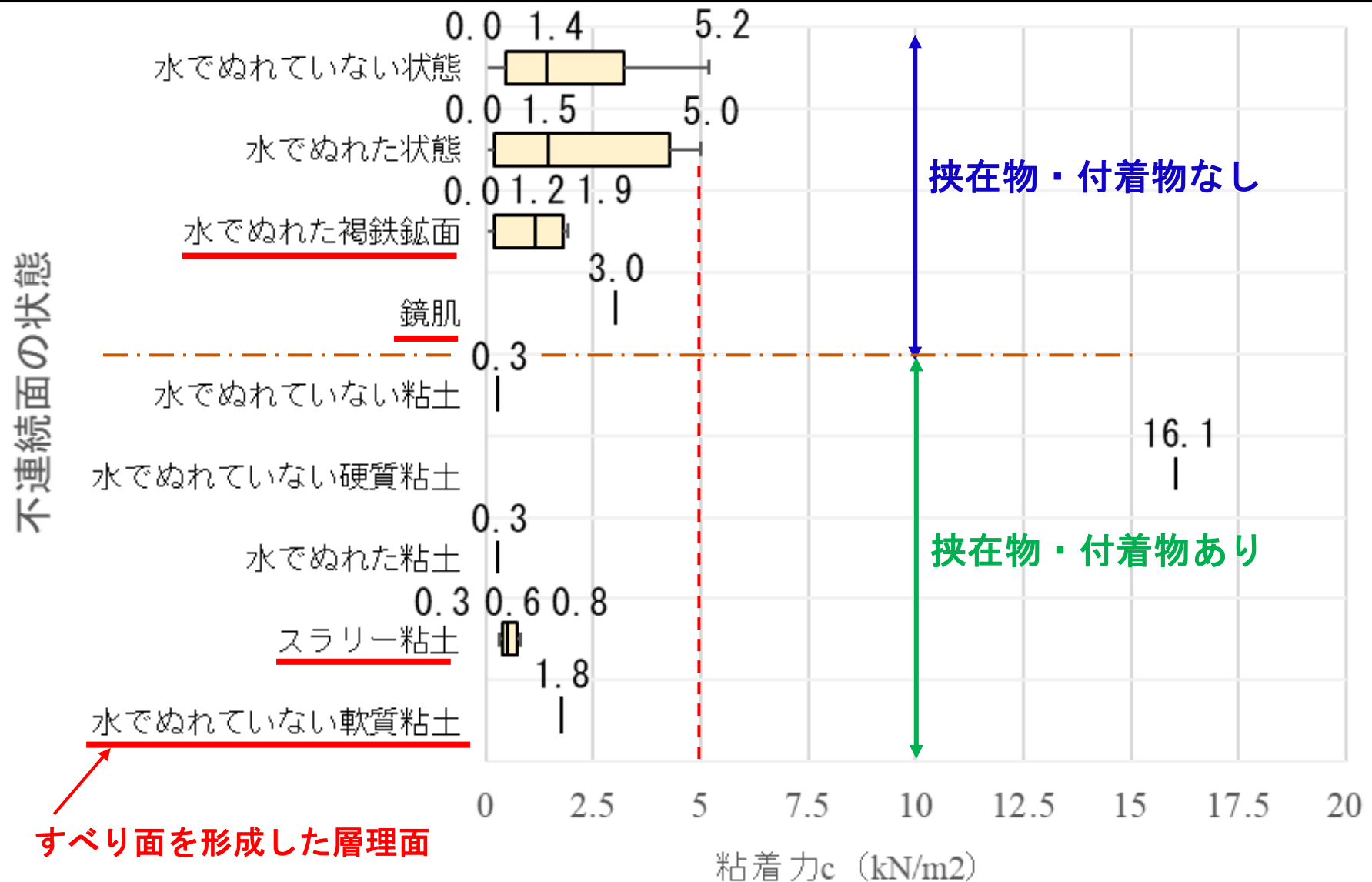


- * 潜在している⇒強度ゼロ⇒二次元解析が可能
- * 崩壊は地質構造の近傍で発生⇒崩壊要因は地質構造に起因して形成

◇せん断抵抗角 ϕ



◇粘着力 c



2) 切土勾配計画方法の一提案

① 課題と対応

課題：崩壊面の設定は調査段階で可能であるが、
崩壊ブロック頭部・側面の設定は難しい。

対応：頭部・側面は施工段階の連続性を有する
る割れ目位置から評価する。

② 提案する切土勾配計画方法

事前に実施した安定解析結果をチャート化した
「安定性評価図表」による評価方法

* 安定解析式はSHIN-Janbu法（二次元解析）

安定性評価図I

崩壊面の粘着力 $c=0$ の場合に適用

(講演集)

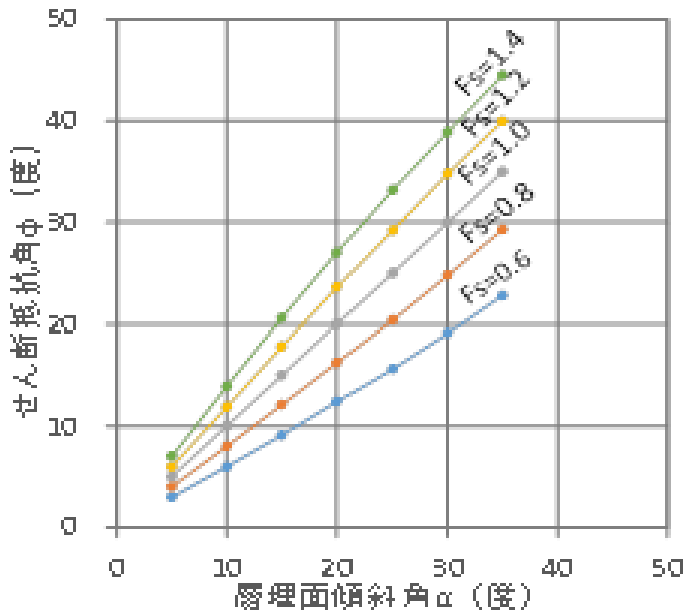
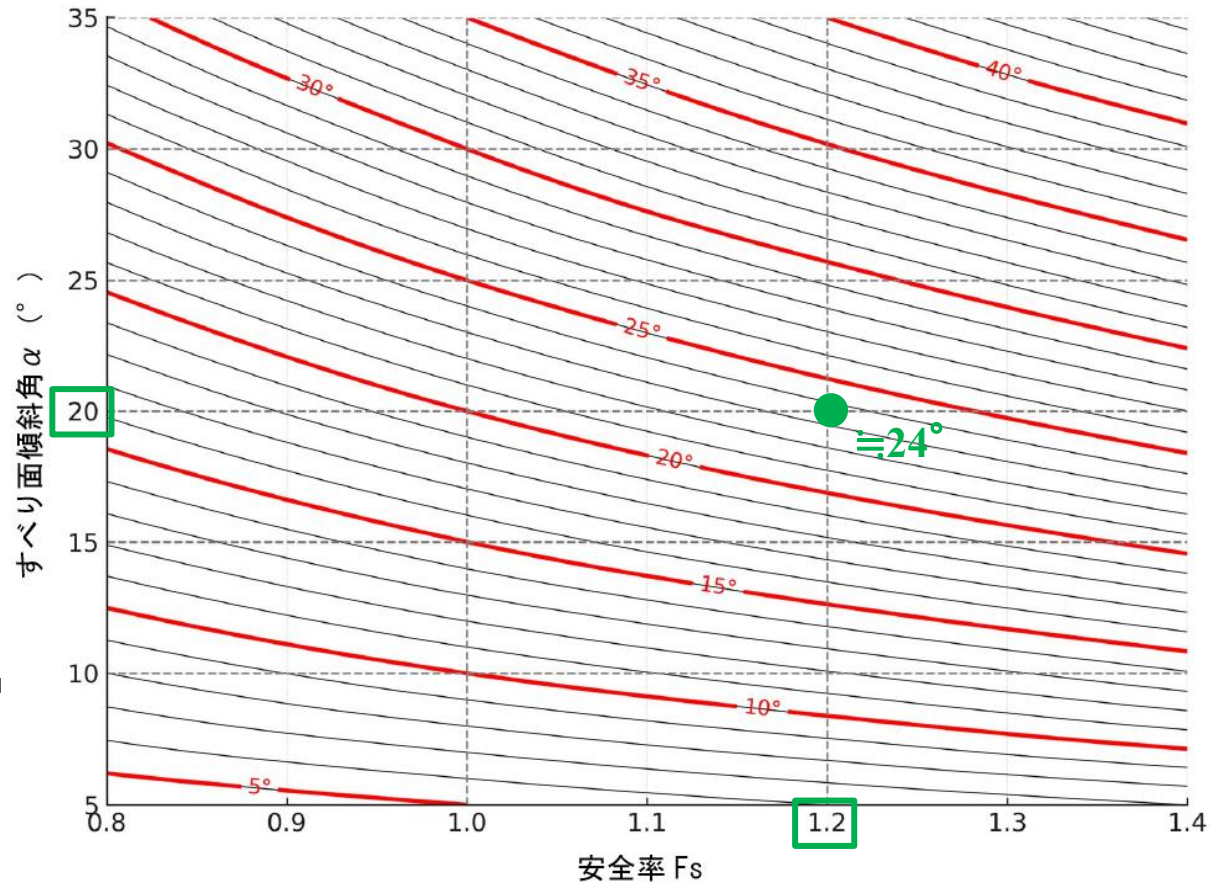


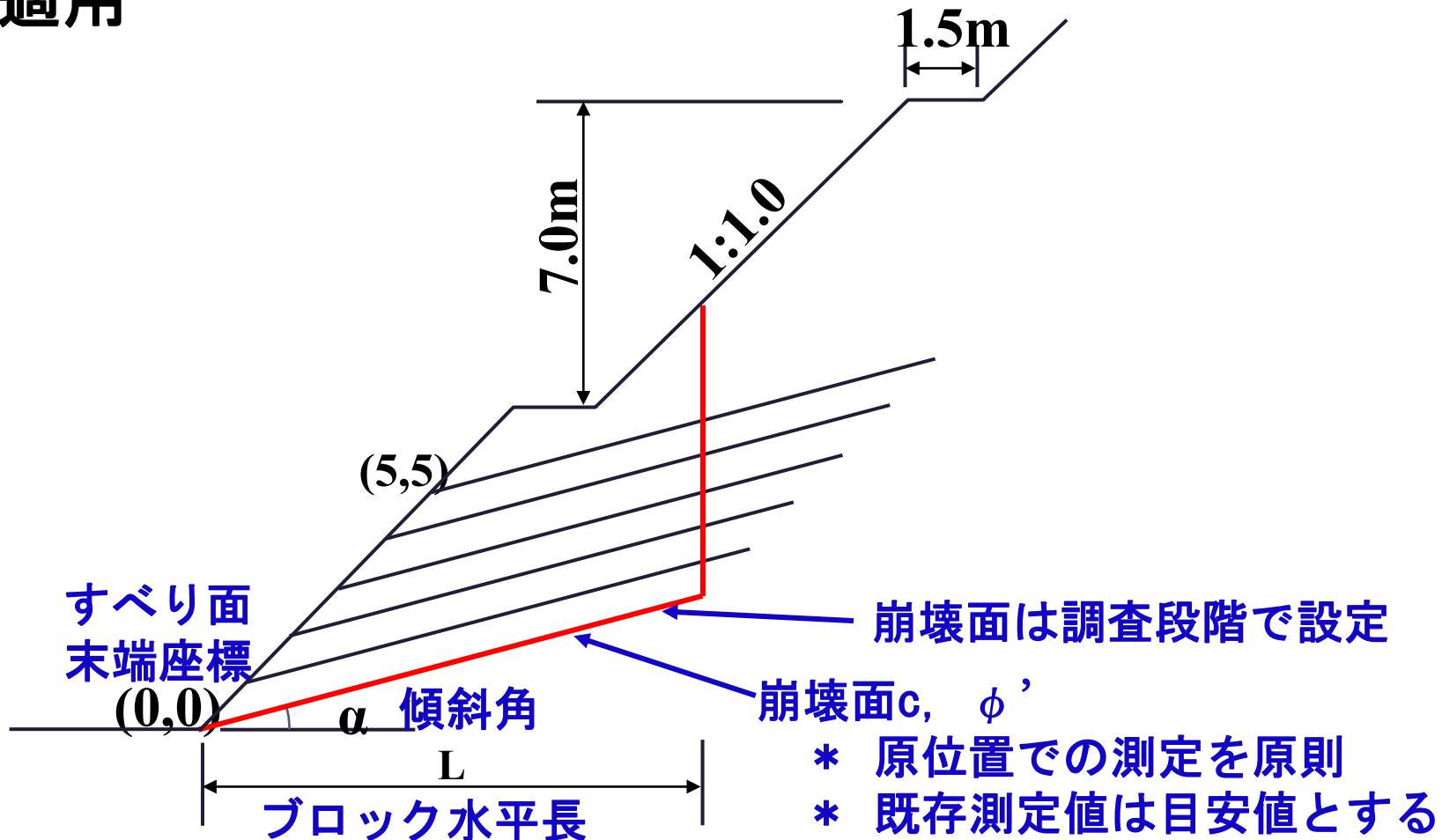
図1 安定性評価



安定性評価図I

安定性評価図II

崩壊面の粘着力 c ，せん断抵抗角 ϕ' を考慮する場合に適用



安定性評価図作成における設定条件

作成した安定性評価図II

粘着力 c (kN / m²)

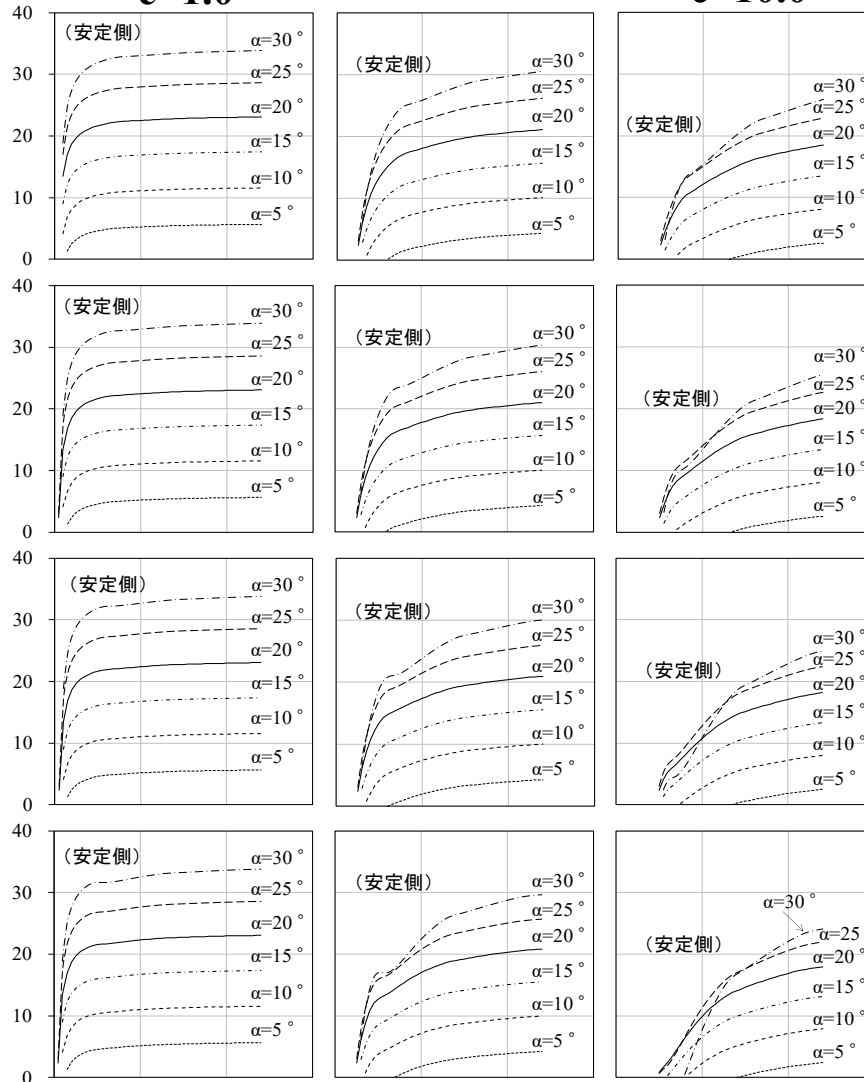
$c=1.0$

$c=5.0$

$c=10.0$

傾斜角 $\alpha(^{\circ})$

せん断抵抗角 $(^{\circ})$



ブロック水平長 (m)

(0,0)

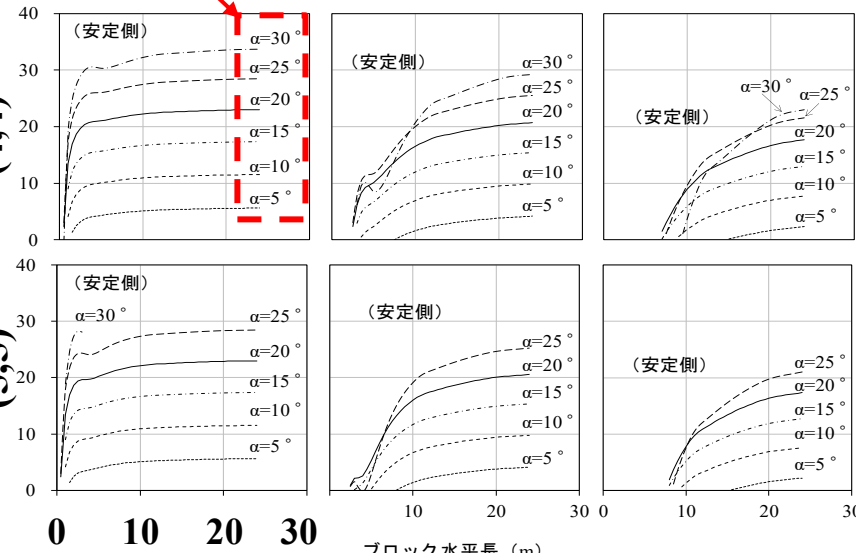
(4,4)

(1,1)

(5,5)

(2,2)

(3,3)

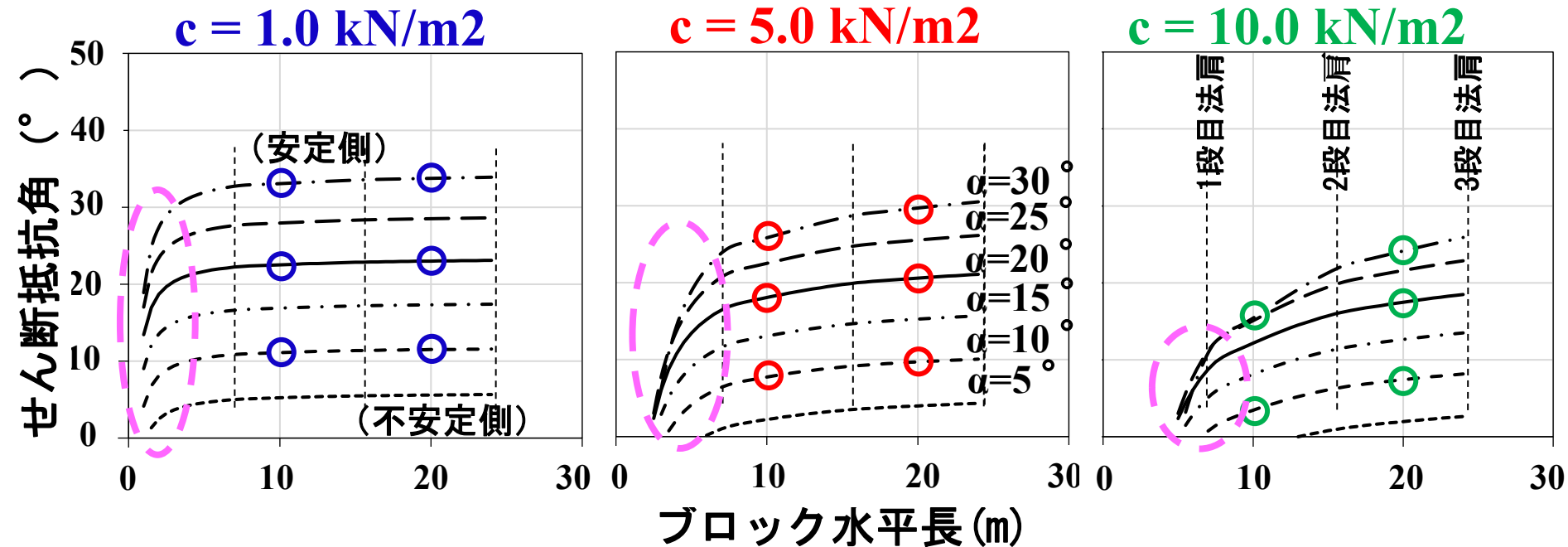


ブロック水平長 (m)



$F_s=1.00$ と $F_s=1.20$ の
場合について作成

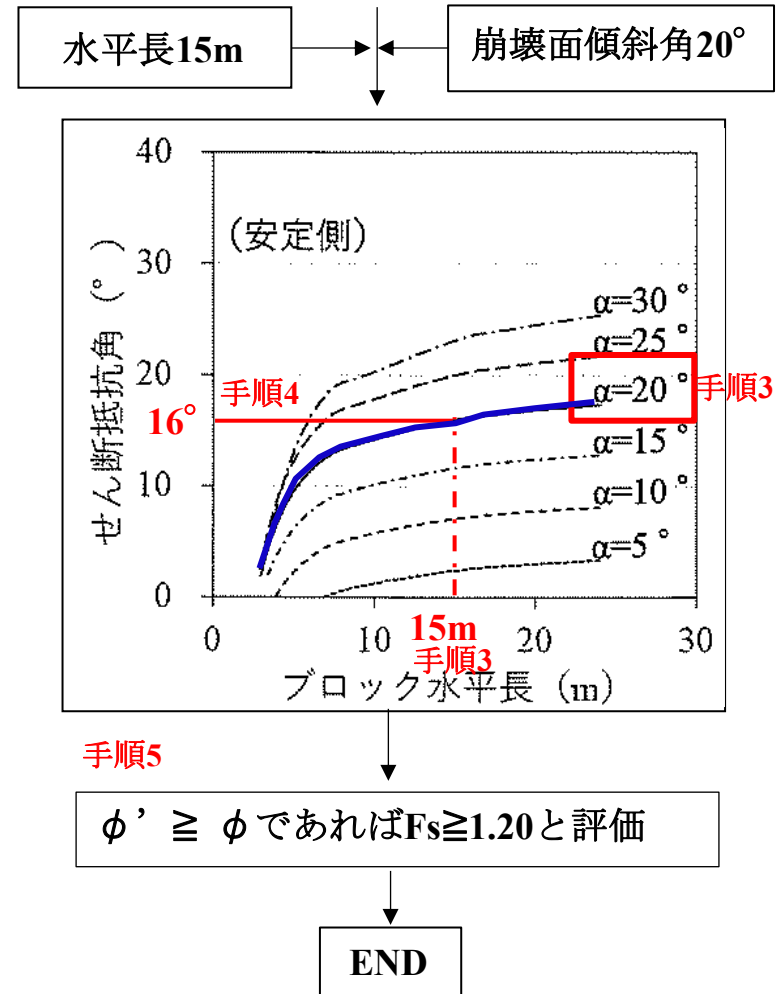
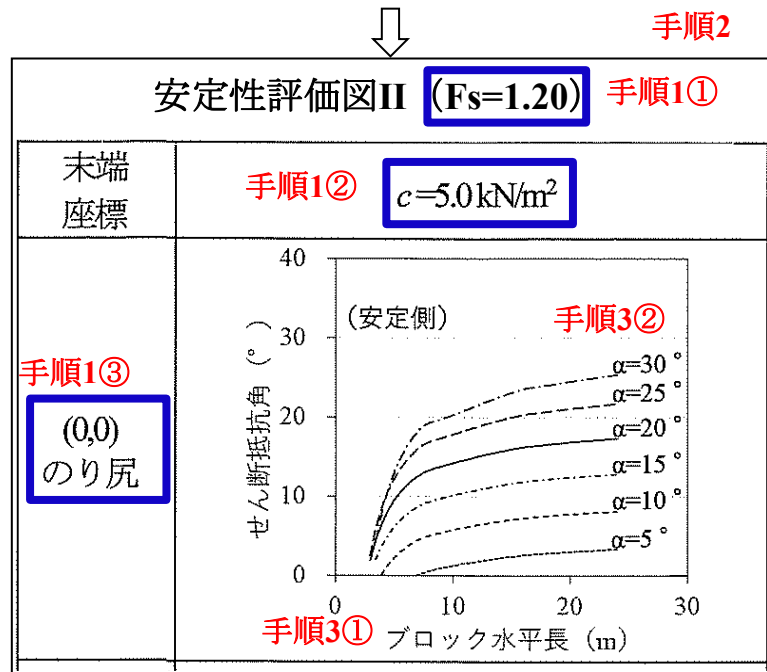
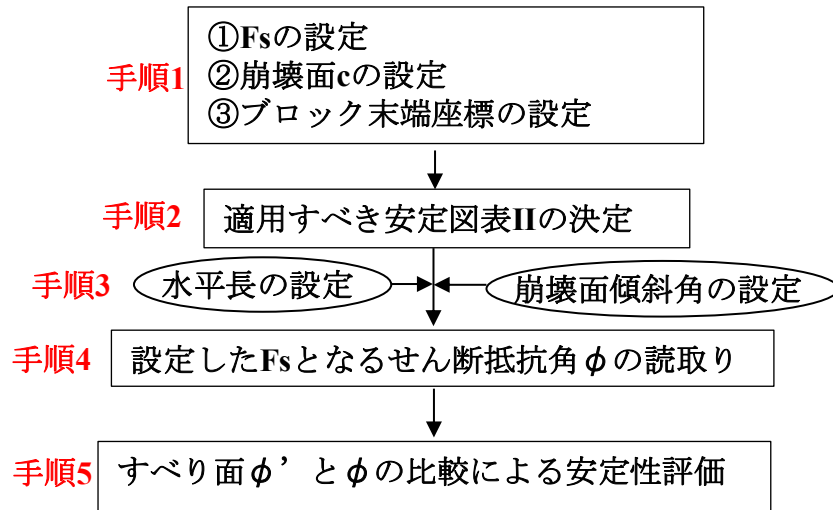
$$F_s = 1.20$$



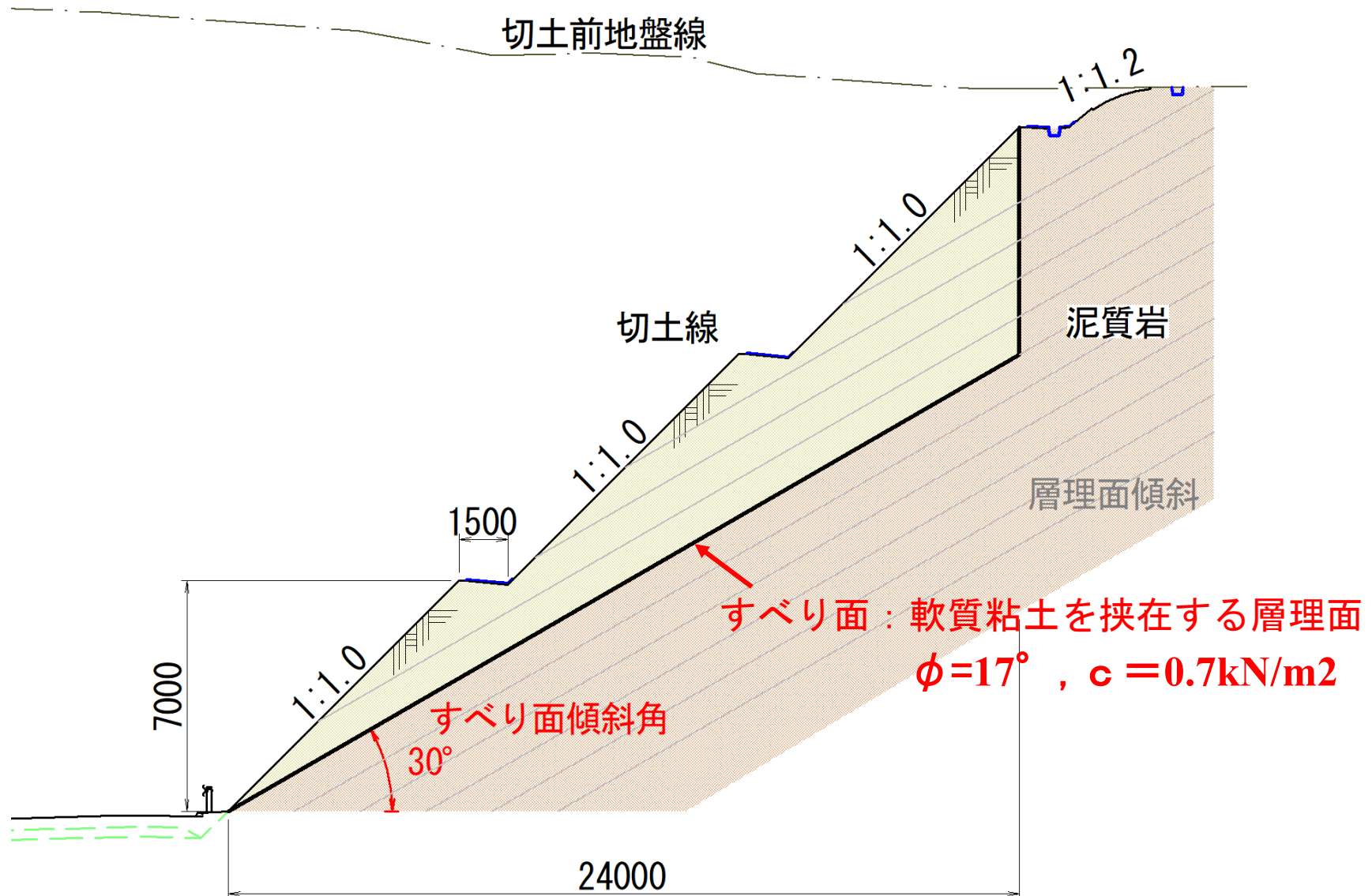
$F_s = 1.20$ を確保するために必要な ϕ

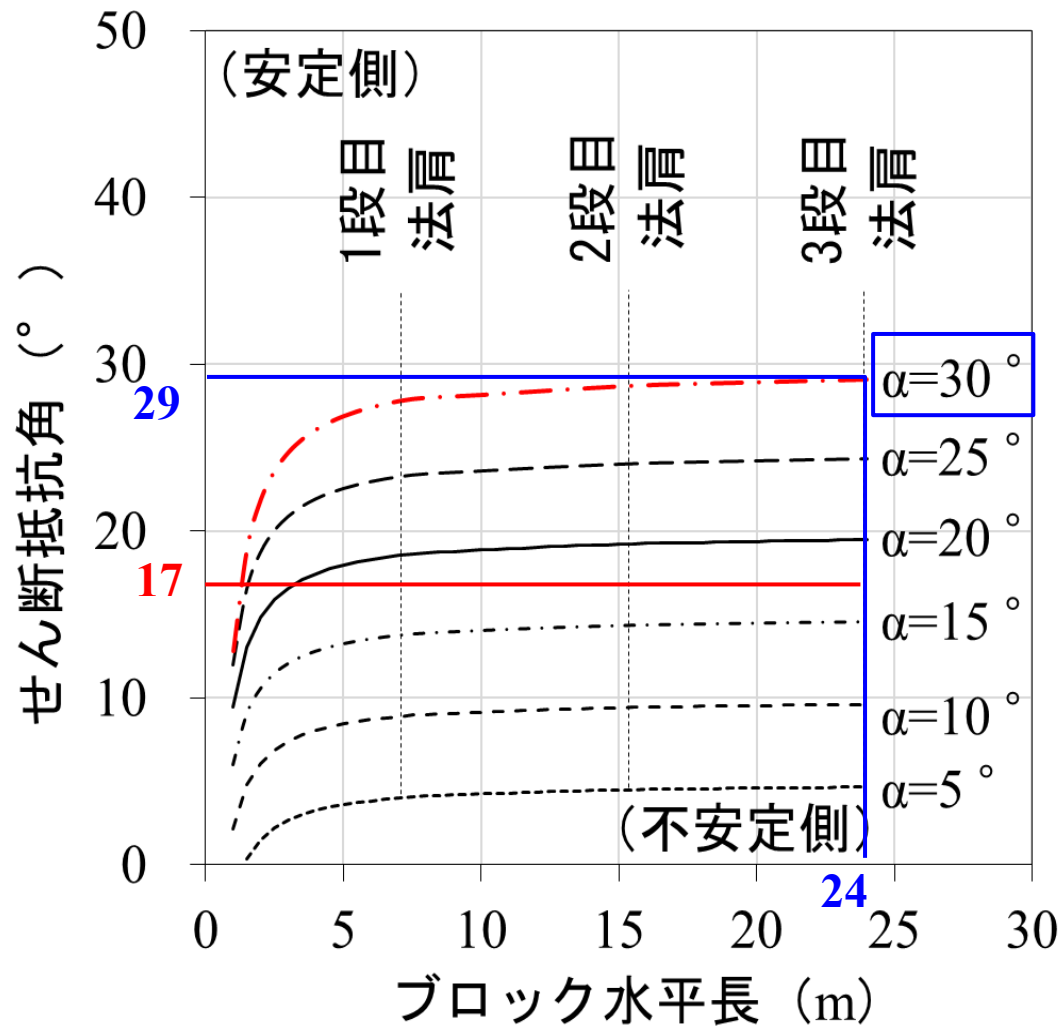
粘着力 c		1.0kN/m ²		5.0kN/m ²		10.0kN/m ²	
検討断面水平長 L		10m	20m	10m	20m	10m	20m
崩壊面 傾斜角 α	10°	11°	12°	8°	10°	3°	8°
	20°	22°	23°	18°	21°	12°	17°
	30°	33°	34°	26°	30°	15°	24°

安定性評価図の活用手順



崩壊発生断面への安定性評価図の適用例



c = 1.0の評価図 (Fs=1.00)

*** $F_s < 1.0$ と崩壊発生を示す安定度を示す**

3) まとめ

- ① 泥質岩からなる流れ盤斜面の切土勾配計画に関して、崩壊面のせん断強度定数を適用した安定性評価図による方法を提案した.
- ② 層理面の走向傾斜・強度定数を設定できれば、計画道路線形・道路縦断勾配から地質調査断面近傍のり面の安定性も評価できる.

3. 人工降雨による土砂崩壊実験

2019年 NHK放映「すごいよ！出川さん」
土砂崩壊実験動画

＊現場：千葉県富津市の宅地造成中で放置された切取り斜面上部

注) 土砂崩壊実験は1971年に実施された「川崎ローム斜面崩壊実験」で15名の死亡者
⇒ 長年崩壊実験はタブー視されていた

1. これまでの土砂崩れの現地実験＝3件

- 1) 1971年：川崎市生田
- 2) 1984年：愛媛大学演習林
- 3) 2003年：茨木県加波山

2. 実験概要

泥岩の上に表土が載る傾斜角 40° の自然
斜面に人工降雨を降らせ、大雨が降った時
の様子を再現

実験経緯：

1) 実験1日目

斜面に時間雨量140mmで約1時間試験散水

2) 実験2日目 ・ ・ ・ 前日夜半から雨 (29.5mm)

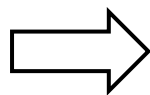
- ・ 午前11:00 散水を約140mm/hで開始
- ・ 状況変化をみながら雨量強度を引き上げ、最終的に約300mm/hで散水継続.

午後3:15 (散水から4時間15分後) に山頂部近くに亀裂が走ったと見るやいきなり轟音とともに立木もろとも一気に崩落

供給水量試算表

時刻	供給水量①	供給水量②
11:00～12:00	140mm/h	140mm/h
12:00～13:00	140mm/h	200mm/h
13:00～14:00	200mm/h	200mm/h
14:00～15:00	300mm/h	300mm/h
15:00～15:15	75mm(300mm/h)	75mm(300mm/h)
総供給水量	855mm/4.25hour	915mm/4.25hour

*備考：前日午後に時間雨量120mmで約1時間試験散水実施



崩壊実験Vへ