

土砂崩れ復旧工事の概要・位置図

目次

- ・ 今宿野外活動センター法面对策検討業務委託 報告書概要版

今宿野外活動センター法面対策検討業務委託

報告書概要版

【目次】

1. 業務概要	1
2. 測量業務	1
3. 地質調査業務.....	2
4. 設計業務.....	5

令和6年3月

 日本地研株式会社

1.業務概要

業務件名： 今宿野外活動センター法面対策検討業務委託
 履行場所： 福岡市西区今宿上ノ原217番地2
 履行期間： 令和5年9月20日～令和6年3月25日
 業務目的： 本業務は、福岡市西区の今宿野外活動センター内で発生したのり面崩壊箇所において、早急に現地調査を実施し、地形地質状況を踏まえた防災上必要な対策を検討して、選定された対策工の詳細設計を行うことを目的とした。
 発注者： 福岡市市民局スポーツ推進部スポーツ施設課
 受注者： 日本地研株式会社

表1-1 業務数量

項目	種別	細別	単位	数量
測量	基準点測量	4級基準点測量	点	4
	地形測量	現地測量(1/500)	km ²	0.003
	路線測量	中心線測量	km	0.110
簡易貫入試験		礫質土	m	36.1
		砂質土	m	0.0
機械ボーリング	66mmオールコア鉛直下方	礫質土	m	0.0
		軟岩	m	0.0
		標準貫入試験	砂質土	回
標準貫入試験		礫質土	回	0
		軟岩	回	0
		一般構造物予備設計	法面工	箇所
一般構造物詳細設計		場所打ち法枠	箇所	0
		アンカー付き場所打ち法枠	箇所	2

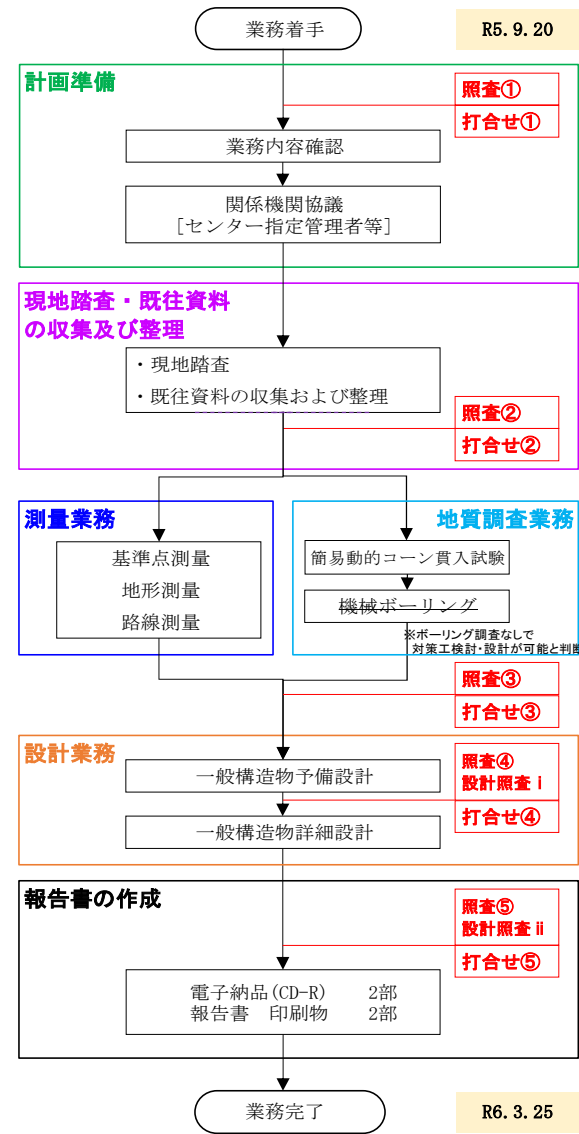
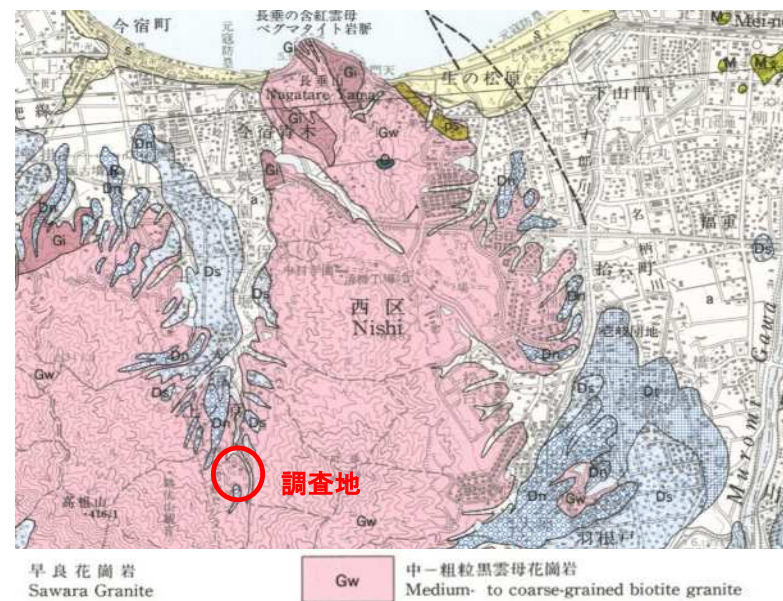


図1-1 業務フロー



対象は豪雨で崩壊が生じた3箇所の斜面で、施設利用者が自由に立入り可能な箇所であるため、斜面崩壊対策が重要である。

調査地は早良花崗岩の分布地で、表層に「まさ土」や風化した花崗岩の露頭が確認される。



2.測量業務

測量はのり面崩壊箇所の対策工検討・設計を目的として実施した。

- 1) 基準点測量
TA-1～TA-5 5地点
※1地点は自主設置
- 2) 地形測量
Aブロック A1=1454m²
Bブロック A2=1650m²
Cブロック A1+A2=3104m²
合計 ⇒0.003km²
- 3) 中心線+横断測量
Aブロック L=20m
B～Cブロック L=90m
L=110m
合計 ⇒0.110km

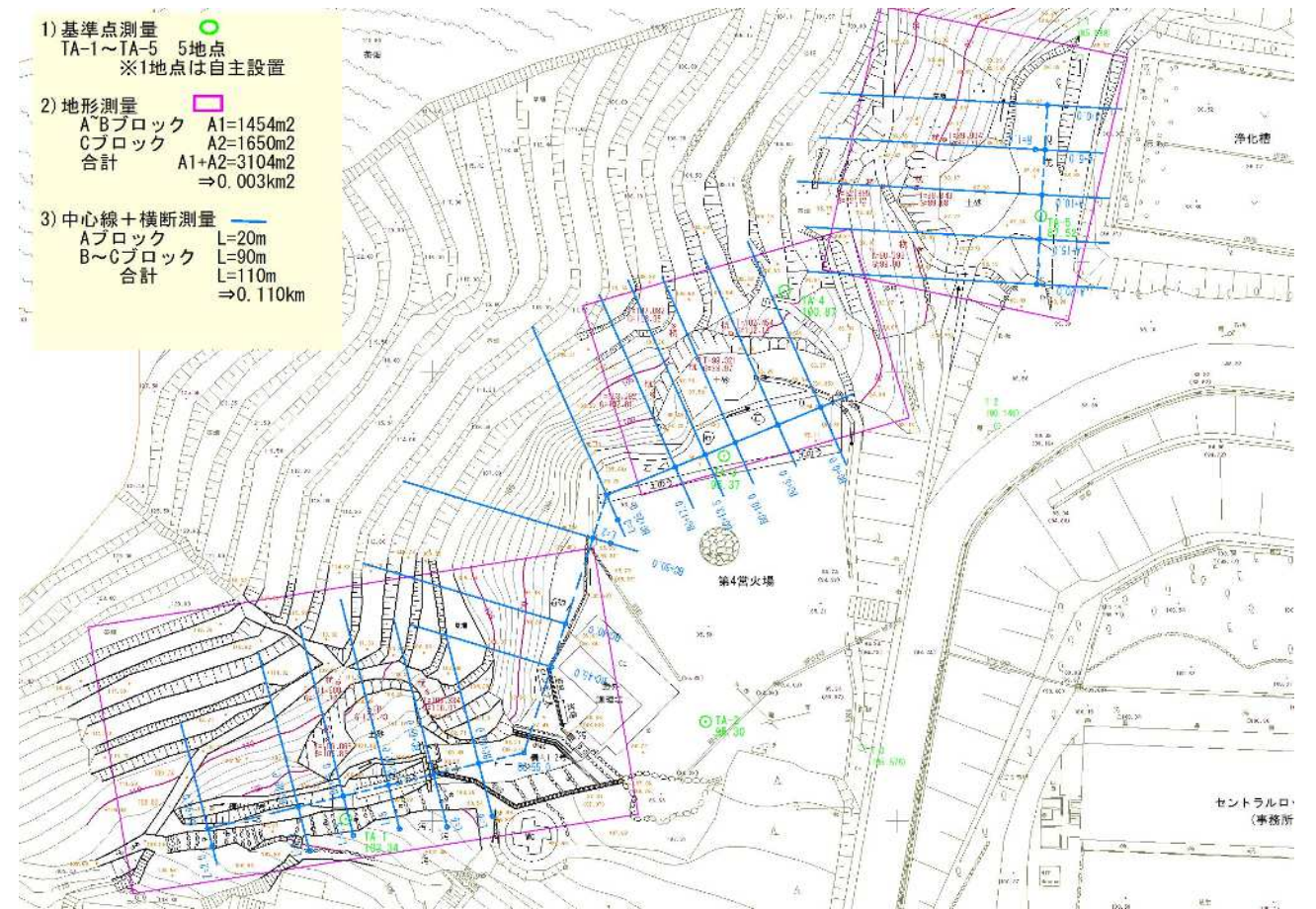
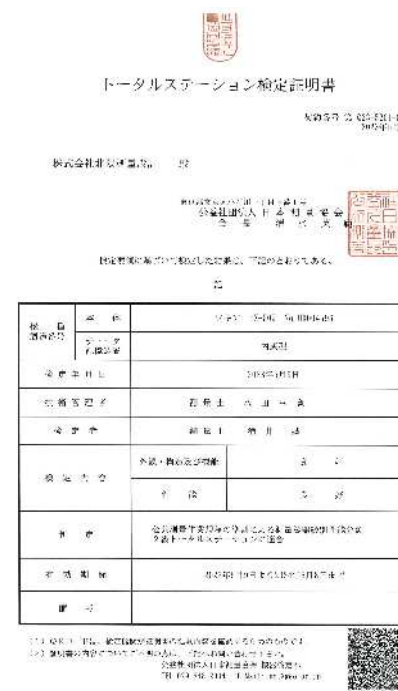


図2-1 平面図

既設基準点(代表箇所)



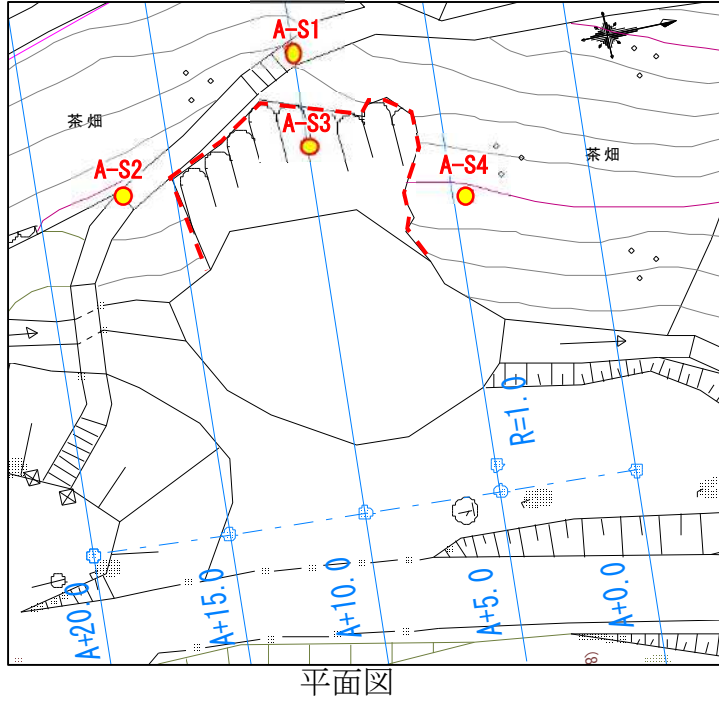
4級基準点設置(代表箇所)



測量作業は検定の有効期限内の機材を用いた。

3.地質調査業務(Aブロック)

1. 調査箇所



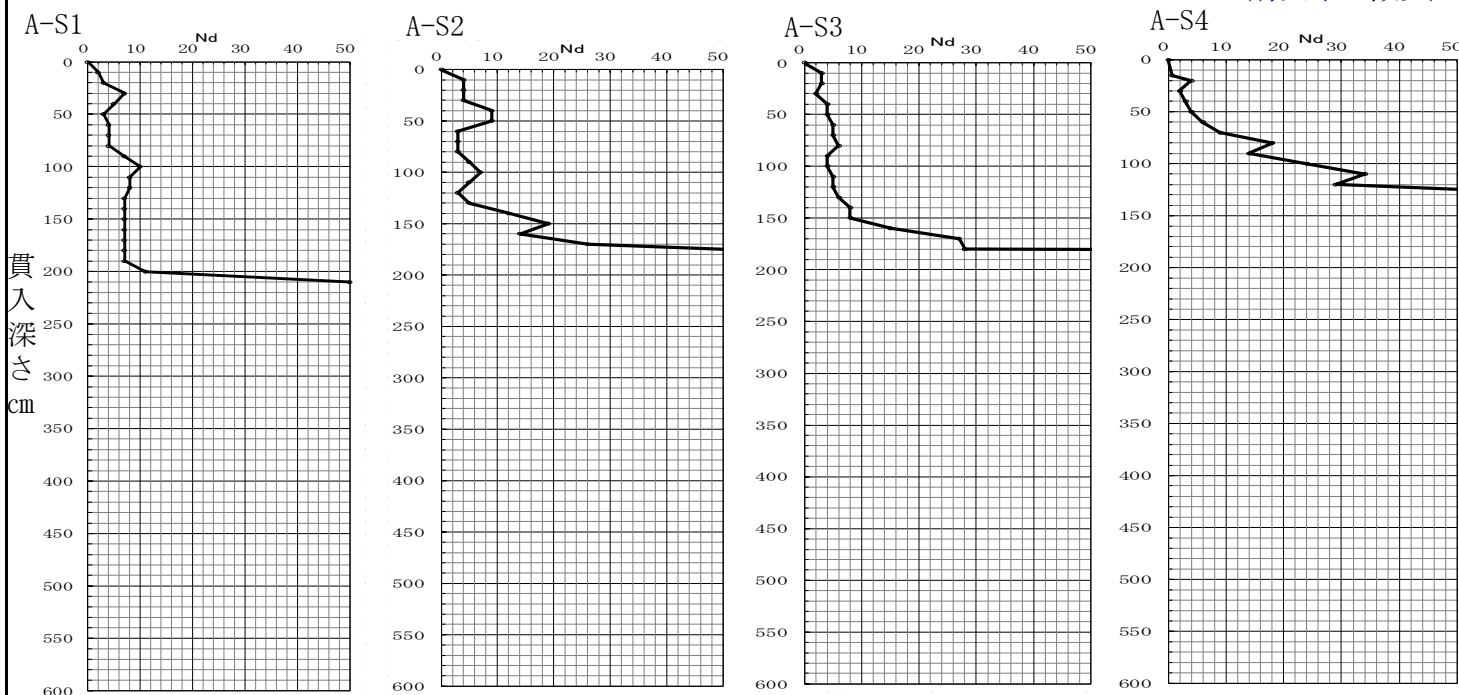
- ◆試験箇所
崩壊箇所の上部、崩壊斜面内の中腹、崩壊斜面の起終点
- ◆試験深さ条件
10回の打撃による貫入量が20mm未満 (Nd>50)
(ただし、最大試験長は5mまでとする)

2. 調査数量

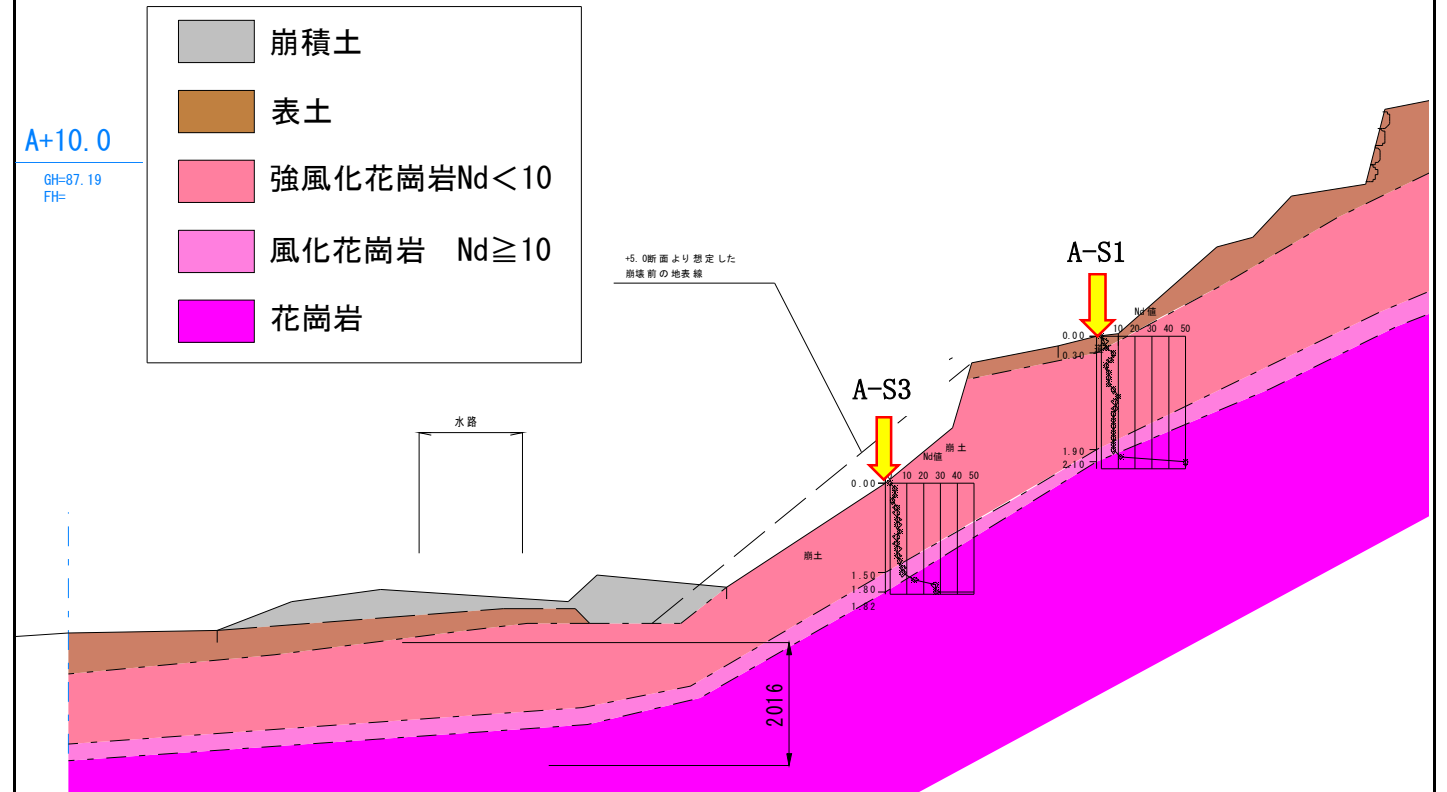
地点	予定数量		実施数量	
	土質	数量(m)	土質	数量(m)
A-S1	礫質土	3.0	礫質土	2.1
A-S2	礫質土	3.0	礫質土	1.8
A-S3	礫質土	3.0	礫質土	1.8
A-S4	礫質土	3.0	礫質土	1.3

(青文字：減少)

3. 試験結果



下記に、試験結果に基づいて作成した崩壊箇所の断面図(代表)を示す。



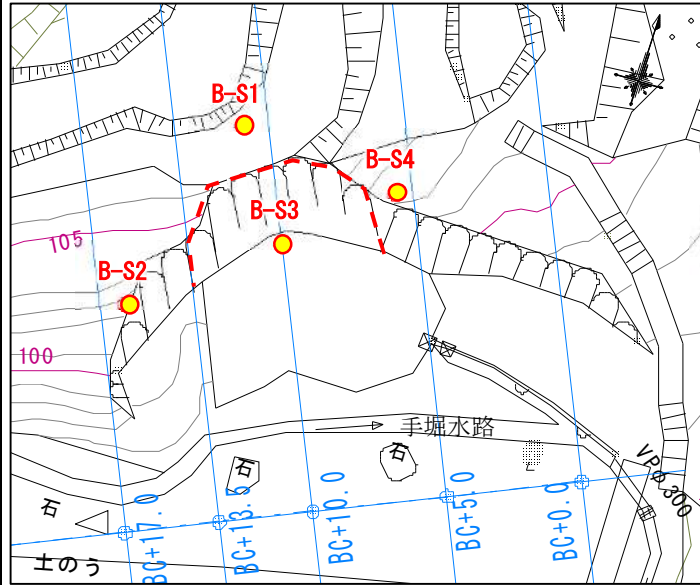
崩壊範囲 長さ：約6.5 m 幅：約8.5 m 斜面勾配 崩壊前(想定) 1:1.2 崩壊後1:1.5

当該ブロックは、茶畑として利用されている斜面である。崩壊規模は、幅8.5m、斜長6.5m、層厚0.7m程度で、崩壊土砂は斜面尻に堆積している。崩壊規模は、小規模である。

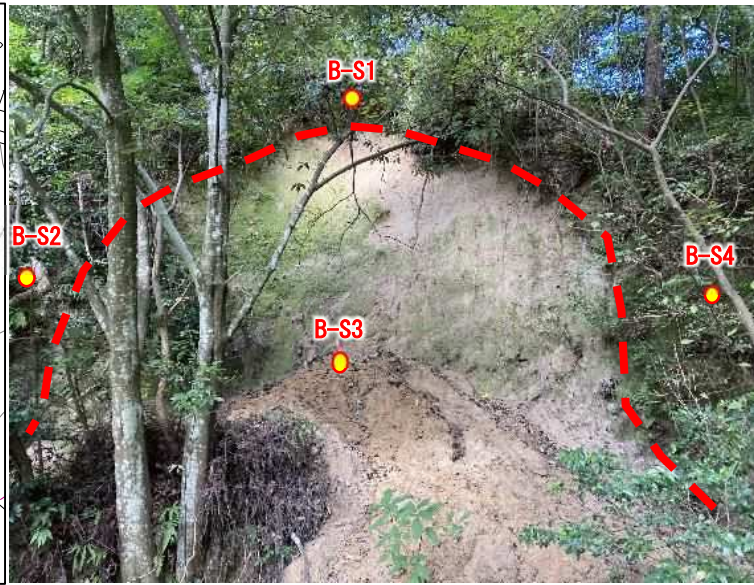
当該斜面の崩壊前の想定斜面勾配は、1:1.2であり、崩壊後の斜面勾配は1:1.5程度となっている。斜面は極めて古い時代にはクリープ変状が発生していた可能性も考えられる地形状況で、水が多い斜面の裾部であることが現地地形から推察できる。斜面は、緩勾配であるにもかかわらず崩壊している。当該地斜面尻に設置されている水路の位置が土水路構造をしており、斜面の浸潤や一部洗掘などが生じたことが斜面崩壊に影響した可能性も考えられる。

3.地質調査業務(Bブロック)

1. 調査箇所



平面図



現地状況写真

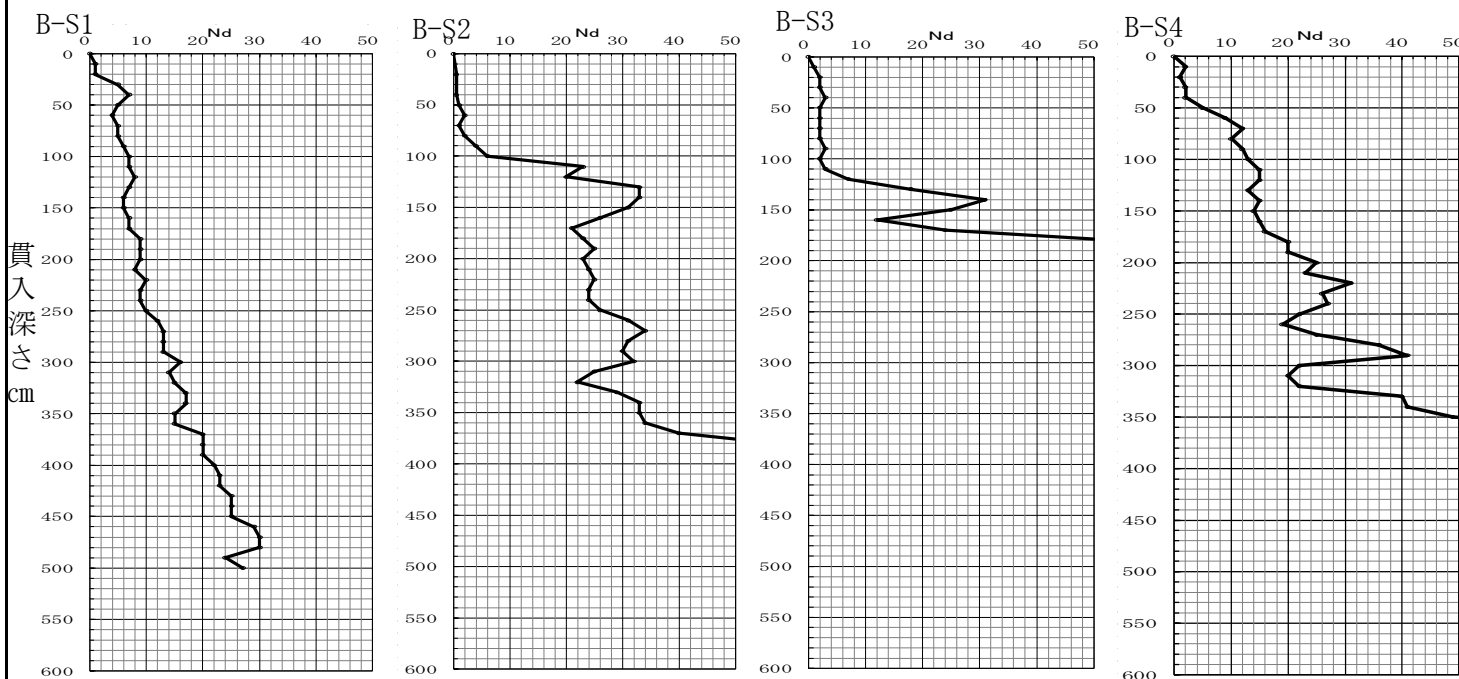
●: 簡易貫入試験
- - -: 崩壊

2. 調査数量

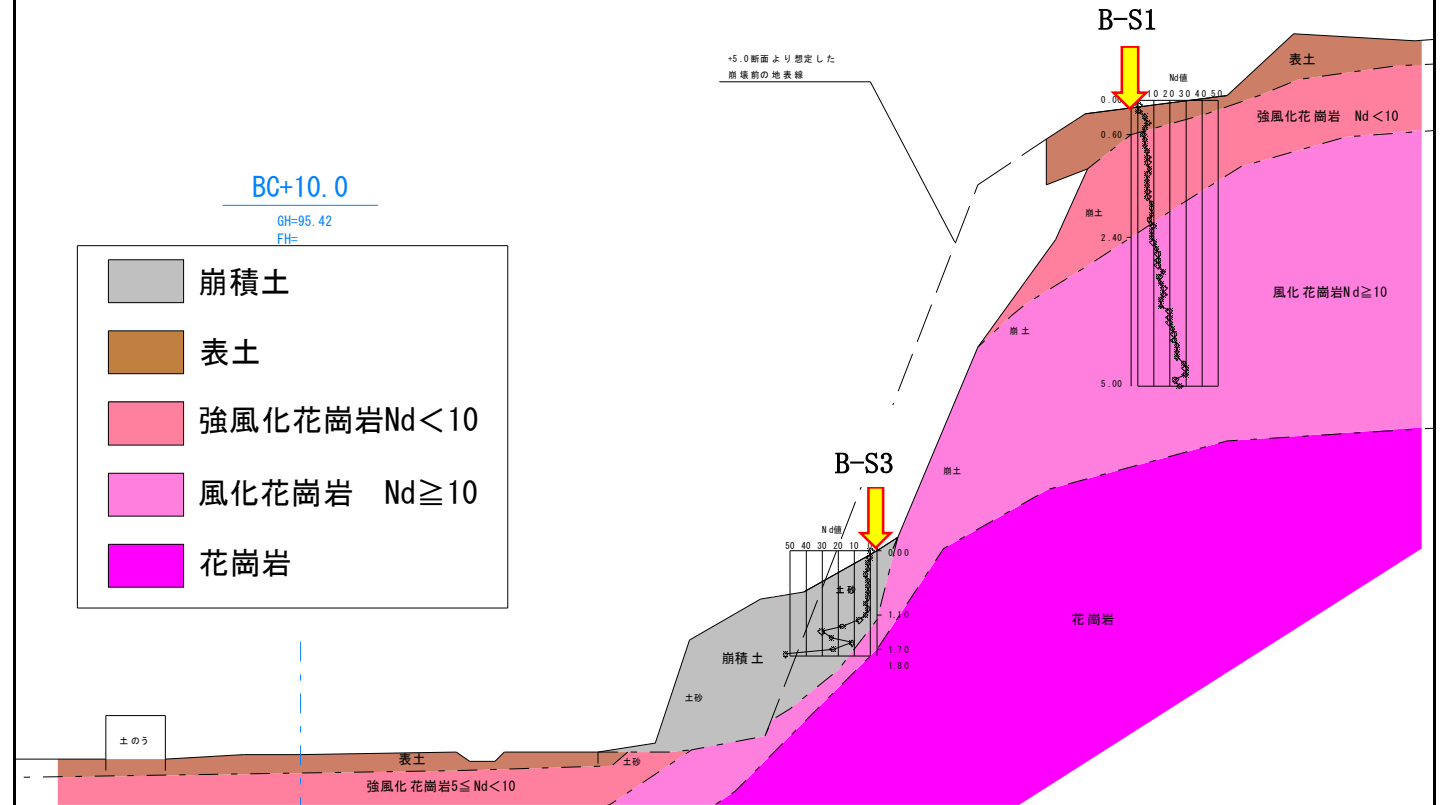
地点	予定数量		実施数量	
	土質	数量(m)	土質	数量(m)
B-S1	礫質土	3.0	礫質土	5.0
B-S2	礫質土	3.0	礫質土	3.8
B-S3	礫質土	3.0	礫質土	1.8
B-S4	礫質土	3.0	礫質土	3.6

(赤文字: 増加 青文字: 減少)

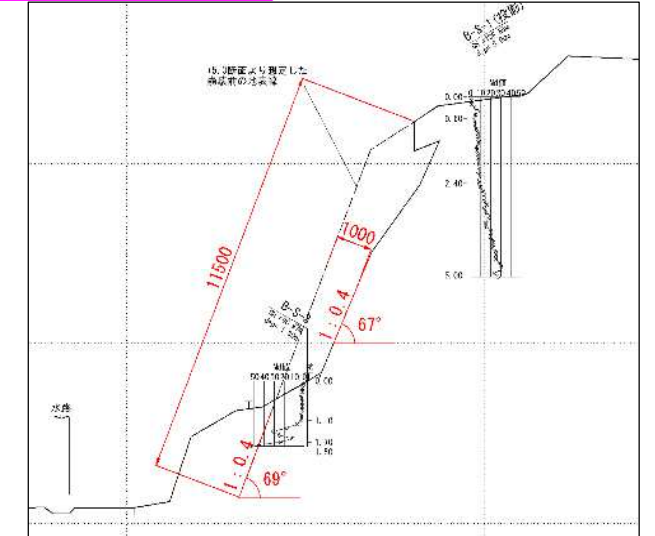
3. 試験結果



下記に、試験結果に基づいて作成した崩壊箇所の断面図(代表)を示す。



崩壊範囲 長さ: 約11.5m 幅: 約8.5m



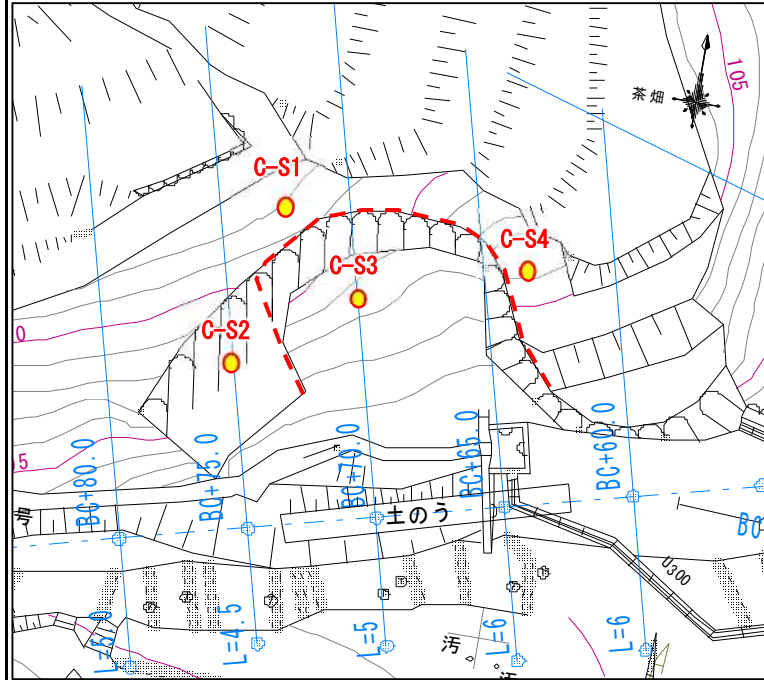
斜面勾配 崩壊前(想定) 1:0.4 崩壊後 1:0.4

当該ブロックは、営火場に隣接する斜面である。現在は、大型土嚢で防護土堤が仮設されている。崩壊規模は、幅8.5m、斜長11.5m、層厚1.0m程度で、崩壊土砂は斜面途中から斜面尻にかけて堆積している。隣接する斜面部にも古い崩壊跡が見られ、旧崩壊跡の隣接部が崩壊した可能性が高い。崩壊規模は、比較的小規模である。

当該斜面の崩壊前の想定斜面勾配は、1:0.4であり、崩壊後の斜面勾配も1:0.4程度となっている。当該崩壊箇所は、上部の緩勾配斜面まで崩壊しており、残斜面は残っていない。

3.地質調査業務(Cブロック)

1. 調査箇所



平面図



現地状況写真

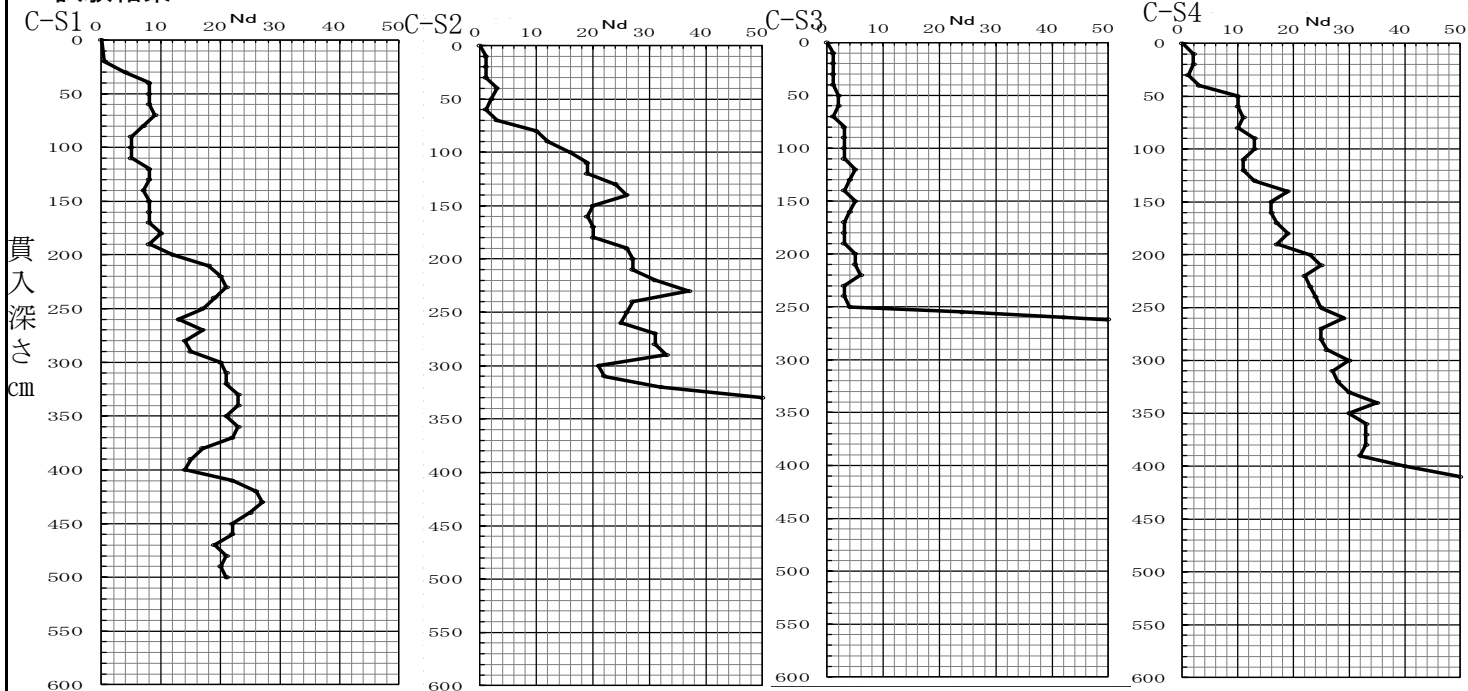
● : 簡易貫入試験
 - - : 崩壊

2. 調査数量

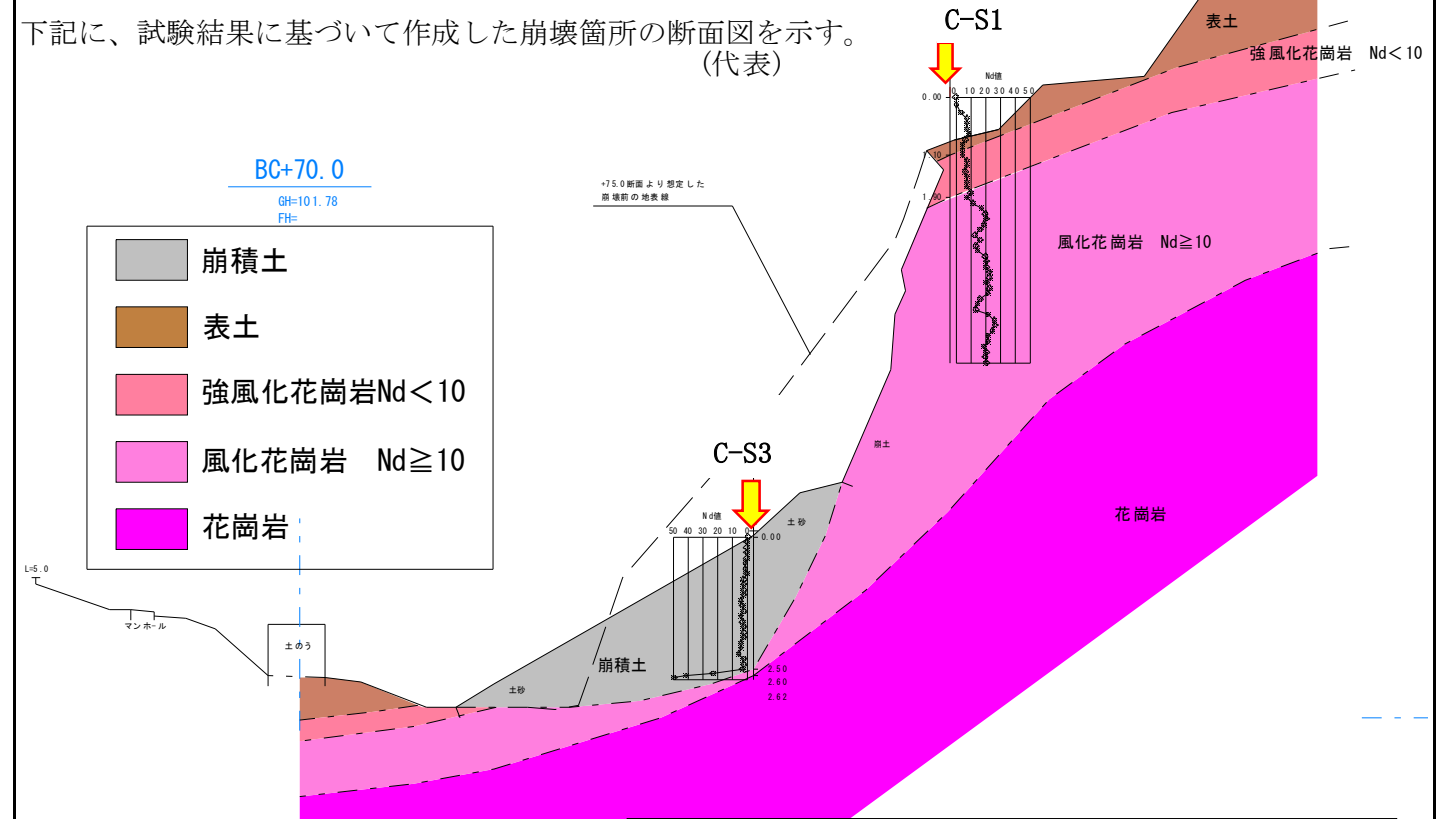
地点	予定数量		実施数量	
	土質	数量(m)	土質	数量(m)
C-S1	礫質土	3.0	礫質土	5.0
C-S2	礫質土	3.0	礫質土	3.3
C-S3	礫質土	3.0	礫質土	2.6
C-S4	礫質土	3.0	礫質土	4.1

(赤文字: 増加 青文字: 減少)

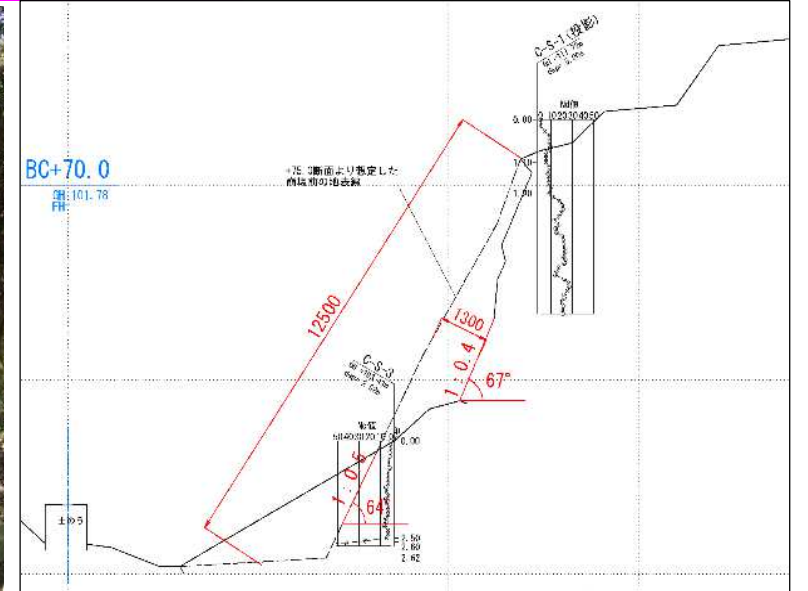
3. 試験結果



下記に、試験結果に基づいて作成した崩壊箇所の断面図を示す。(代表)



崩壊範囲 長さ: 約12.5m 幅: 約8.5m



斜面勾配 崩壊前(想定) 1:0.5 崩壊後 1:0.4

当該ブロックは、Bブロックから続く斜面で、野外調理場付近で法面方向を変えて連続する斜面である。崩壊規模は、幅8.5m、斜長12.5m、層厚1.3m程度で、崩壊土砂は斜面途中から斜面尻にかけて堆積している。現在は、大型土嚢で防護土堤が仮設されている。隣接する斜面部にも古い崩壊跡が見られ、旧崩壊跡の隣接部が崩壊した可能性が高い。崩壊規模は、層厚1.3m程度で比較的小規模であるが、ほかのブロックに比べて相対的にはやや大きな規模での崩壊である。

当該斜面の崩壊前の想定斜面勾配は、1:0.5であり、崩壊後の斜面勾配はBブロックと同様に1:0.4程度と急勾配となっている。当該崩壊箇所は、上部の緩勾配斜面まで崩壊しており、残斜面は残っていない。上部から続く歩道が当該斜面部に向かって存在しており、歩道を伝って流下する表流水が当該斜面に流入していることが崩壊の一因となっていると推察される。

4.設計業務

対策工法の設計は、「全国治水砂防協会；新・斜面崩壊防止工事の設計と実例_R1.5」、「福岡県；福岡県_特定開発行為技術基準_急傾斜地の崩壊_H26.12」を参考に進めた。

なお、対策工選定の重要事項は「緑化」と「周辺地形への影響（施工範囲）を小さくすること」であることを、協議で確認した。

4-1地山の安定勾配

当該地に分布する地質は、設計に先立って行われた地質調査によって「表土（ごく薄い）」「崩積土砂」「強風化花崗岩」「風化花崗岩」であることが確認されている。基盤岩の花崗岩は、風化度の違いから「DL級」「DH級」「CL級」に区分している。「D級」の花崗岩層は、風化を強く受け砂質土化が進行しており岩質としては脆弱である。

・強風化花崗岩(DL級)

当該層は、Nd<10と非常に緩い締まりの砂質土である。風化著しく砂質土化が進み一部細粒分化も進んでいる。下表から、1:1.0~1:1.2の範囲が標準勾配であると推察される。

一方で、Aブロックの崩壊斜面勾配や隣接する+15.0断面の斜面勾配は、1:1.5となっている。よって、当該層は、Aブロックの現地での崩壊後の斜面勾配等を考慮して**1:1.5(33.7°)**を安定勾配と判断した。

・風化花崗岩(DH級)

当該層は、概ねNd>10を示す風化岩である。砂質土化が進み換算N値はN'=22.61であり、相対密度で表現すると中位の締まりを示すものである。本質的には風化岩であり崩壊面は1:0.4と急勾配を示している。表に示された風化岩の標準勾配は、1:1.0~1:1.2である。

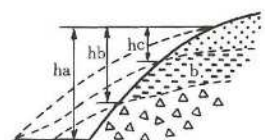
崩壊箇所での斜面勾配は、かなりの急勾配(1:0.4)を呈しているが、+30.0断面では、1:1.0程度の勾配となっている。表から判断される標準勾配を考慮して**1:1.0(45.0°)**を安定勾配と判断した。

・風化花崗岩(CL級)

当該層は、Nd>50のCL級岩盤層である。表に示された標準勾配は1:0.6~1:0.8である。当該層は、比較的風化が進んでおり**1:0.8(51.3°)**を安定勾配と判断した。

解表 6-4 まさ土に対する標準のり面勾配³⁾

岩盤区分	地盤の状況			ボーリングコア状況	地山での弾性波速度(P波) km/s	のり高とこう配(m)				
	従来の岩区分	風化状況	ボーリングコア状況			0	10	20	30	50
まさ状風化岩	D ₁ D ₂	土砂軟岩	まさ	砂状	0.4~1.1	1.0	1.2	1.5		
						1.2	1.5	1.8		
風化花崗岩	C ₁	極軟岩	まさになくなった岩で、割目の少ないもの及び割れ目が密集した岩	砂状	1.1~1.5	0.6	0.8	1.0	1.2	
						0.8	1.0	1.2	1.5	
弱風化花崗岩	C ₂	軟岩	岩芯まで黄褐色に変質した岩。節理が発達する。	角レキ状	1.5~2.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
						0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
未風化花崗岩	B A	硬岩	大部分が新鮮な岩塊から成り、現状に節理が発達する。	棒状	2.3以上	0.3	0.4	0.6		
						0.4	0.6	0.8		



のり高と岩区分
 岩区分 a に対するのり高: ha
 岩区分 b に対するのり高: hb
 岩区分 c に対するのり高: hc

出典：(公社)日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針」p140

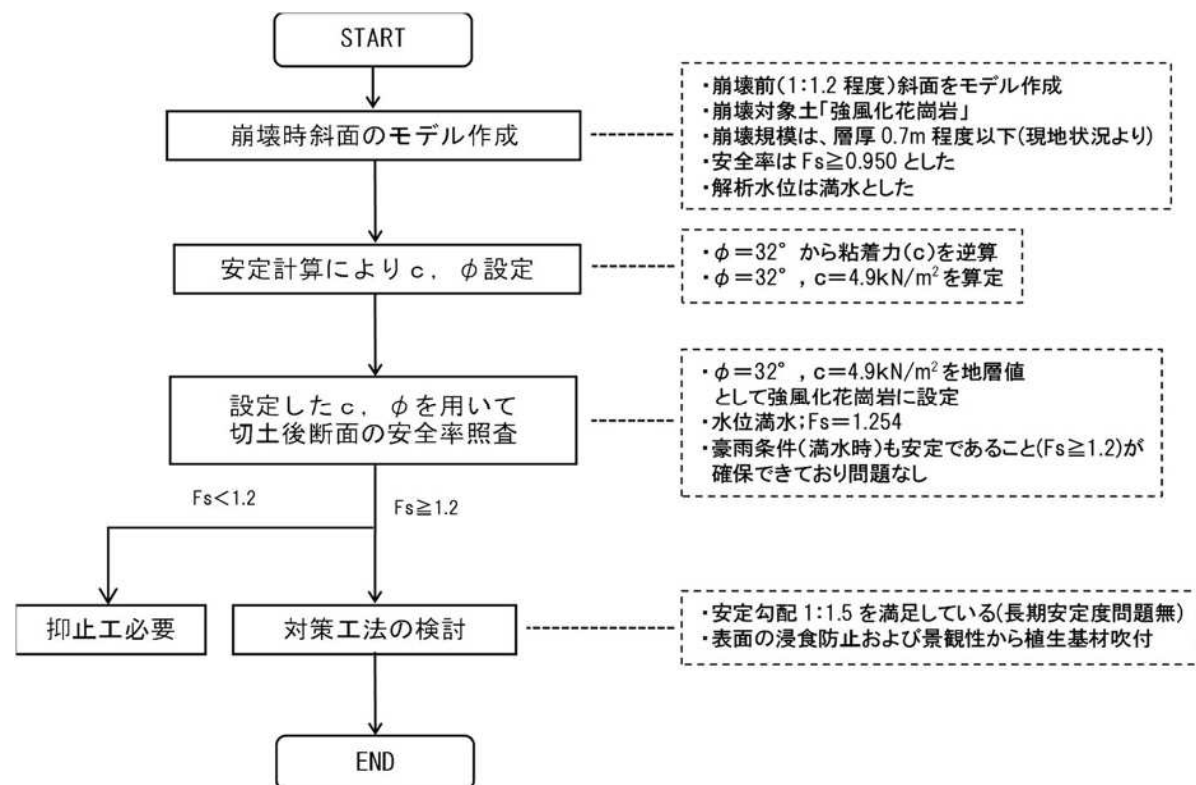
4-2斜面の安定計算

安定計算は「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」に基づきFellenius法で行った。また、モデル断面の現況安全率は、直ちに崩壊に結びつく崩壊はないものの、規模の小さな崩壊跡や法尻土砂堆積が見られることから、設定安全率は同書に示された「現況安全率;Fs=1.0」とし、崩壊時は「崩壊時安全率;Fs=0.95」、計画安全率は「計画安全率;Fsp=1.2」とした。

表4-1 土質定数一覧 (※地質調査結果からの推定)

地層名	平均Nd値 (回)	換算N値 (回)	γ t (kN/m ²)		C (kN/m ²)	φ (°)
			湿潤	飽和		
崩積土 (細粒分混り砂質土)	2.81	2.0	15.0	16.0	0	20
表土 (細粒分質砂質土)	3.57	2.5	17.0	18.0	0	25
強風化花崗岩 (砂質土)	5.84	4.1	19.0	20.0	24.1	32
風化花崗岩 (礫混り砂質土)	22.61	15.8	22.0	23.0	37.5	35
花崗岩 (礫混り土)	62.83	44.0	24.0	25.0	52.4	37

Aブロック：緩勾配切土(1:1.5)で計画安全率を満足 抑止工は不要



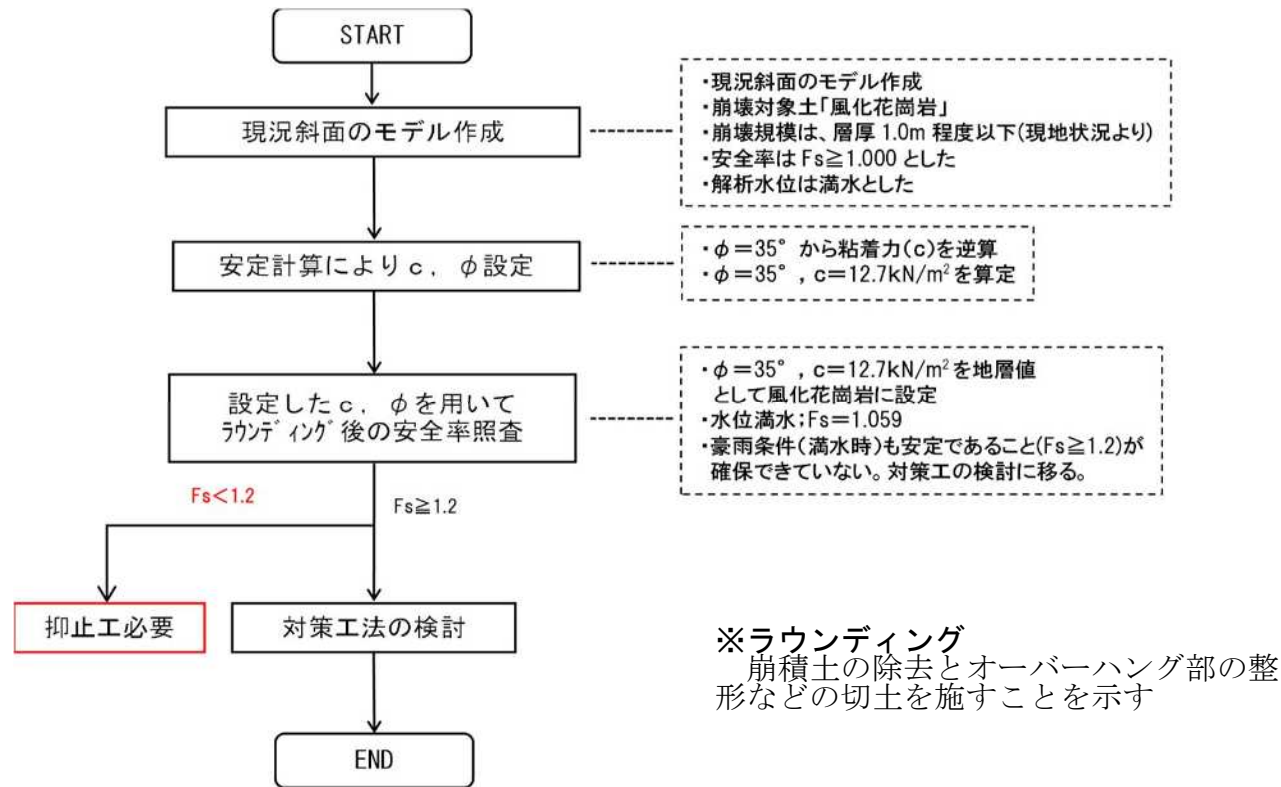
・崩壊前(1:1.2程度)斜面をモデル作成
 ・崩壊対象土「強風化花崗岩」
 ・崩壊規模は、層厚 0.7m 程度以下(現地状況より)
 ・安全率は $F_s \geq 0.950$ とした
 ・解析水位は満水とした

・φ=32° から粘着力(c)を逆算
 ・φ=32°, c=4.9kN/m²を算定

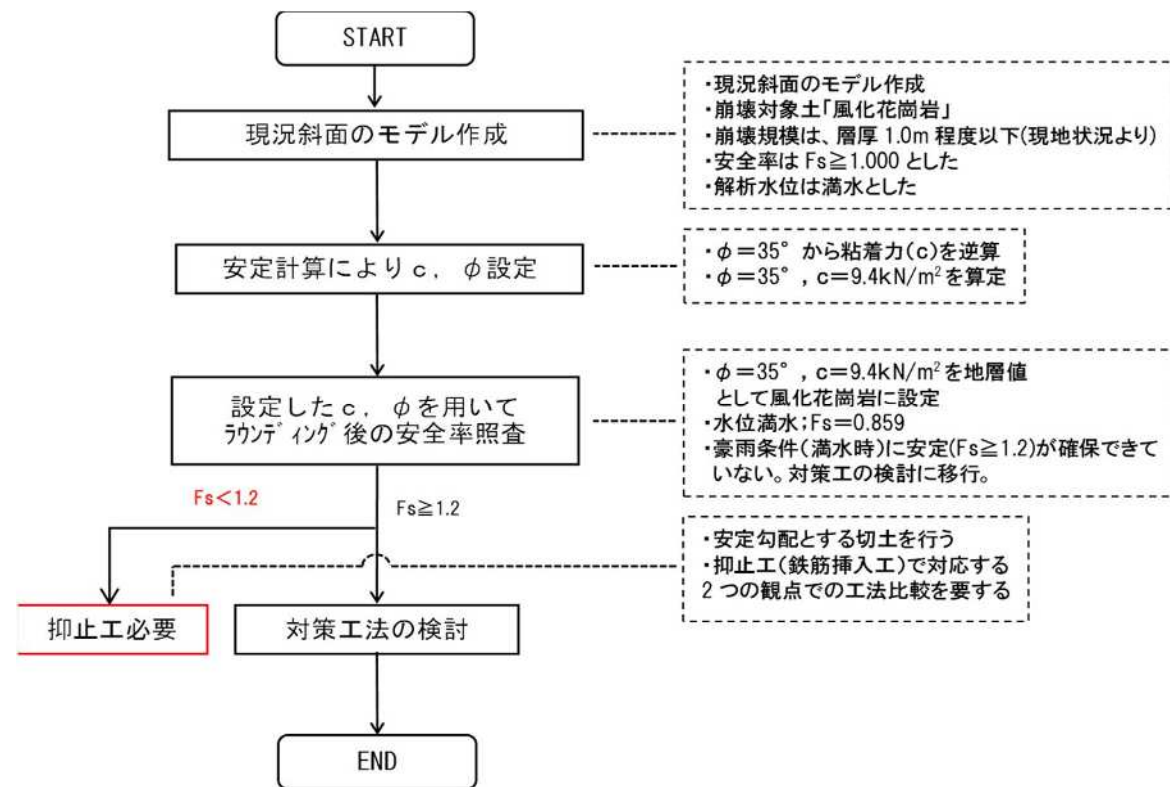
・φ=32°, c=4.9kN/m²を地層値として強風化花崗岩に設定
 ・水位満水;Fs=1.254
 ・豪雨条件(満水時)も安定であること(Fs≥1.2)が確保できており問題なし

・安定勾配 1:1.5 を満足している(長期安定度問題無)
 ・表面の浸食防止および景観性から植生基材吹付

Bブロック：ラウンディング後の安全率は $F_s < 1.2$ で、安定勾配への切土か抑止工が必要



Cブロック：ラウンディング後の安全率は $F_s < 1.2$ で、安定勾配への切土か抑止工が必要



4-3対策工法選定

【Aブロック】

- ・崩壊した「A+10.0斜面」は、崩壊前の斜面勾配が1:1.2程度の勾配であったとみられ、崩壊後の崩壊面は1:1.5の勾配となっている。
- ・崩壊箇所の滑落部は、オーバーハングしており73°程度の急勾配となっている。ラウンディングする必要がある。
- ・隣接する斜面「A+5.0」「A+15.0」は、安定勾配(1:1.5)程度となっており、特に対応が必要ない状況となっている。
- ・崩壊の擦り付けは、隣接する斜面「A+5.0」「A+15.0」までとする。

⇒「1案；緩勾配切土工」「2案；連続長繊維補強土工」を抽出し比較検討を行い、「1案；緩勾配切土工」を選定した。

【Bブロック】

- ・崩壊した「BC+10.0斜面」は、崩壊後の斜面勾配も1:0.4と急勾配となっている。
- ・崩壊箇所の滑落部は、オーバーハングしており、ラウンディングする必要がある。
- ・過去に崩壊したことのある抜け出し跡に、今回の崩壊箇所が発生している。古い崩壊範囲も今後崩壊する可能性が高いことから対策範囲とする。
- ・崩壊の擦り付けは、隣接する斜面「BC+3.0」「BC+17.0」までとする。

⇒比較対策工は「抑制工；緩勾配切土」「抑止工；鉄筋挿入工」から抽出し、当該地における『現地適応性』『景観性』『施工性や新技術採用』『経済性』等を考慮し、7案での比較検討を行った。

検討の結果「第3案；GFT受圧板工法」を選定した。

【Cブロック】

- ・崩壊した「BC+70.0斜面」は、崩壊後の斜面勾配も1:0.4と急勾配となっている。
- ・崩壊箇所の滑落部は、オーバーハングしており、ラウンディングする必要がある。
- ・過去に崩壊したことのある抜け出し跡に、今回の崩壊箇所が発生している。古い崩壊範囲も今後崩壊する可能性が高いことから対策範囲とする。
- ・崩壊の擦り付けは、隣接する斜面「BC+63.0」「BC+80.0」までとする。

⇒比較対策工は「抑制工；緩勾配切土」「抑止工；鉄筋挿入工」から抽出し、当該地における『現地適応性』『景観性』『施工性や新技術採用』『経済性』等を考慮し、7案での比較検討を行った。

検討の結果「第3案；GFT受圧板工法」を選定した。

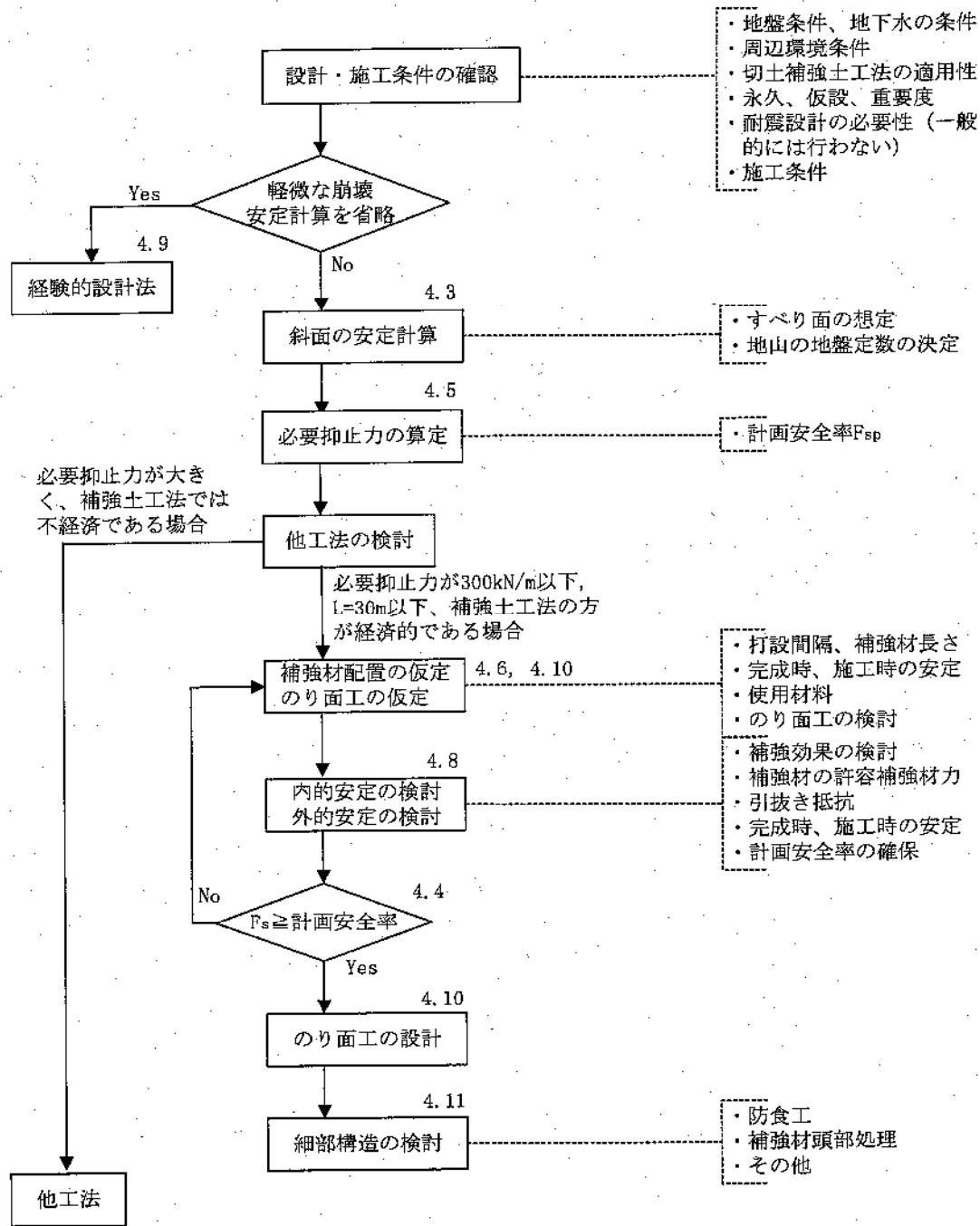


写真4-1 GTフレーム受圧板工法（施工中、緑化後）

4-4詳細設計

B, Cブロックでは、最適工法である鉄筋挿入工併用吹付法砕工の採用を計画する。
 対象構造物（鉄筋挿入工, GTF受圧板工法）について詳細設計を行った。
 切土補強土工の設計は「西日本高速道路(株)：切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1)」に準じ実施した。

各種検討の結果から、各ブロックの対策工仕様を設定し、表4-2と表4-3に示す。



出典：西日本高速道路(株)「切土補強土工法設計・施工要領」p24

表4-2 検討結果と工法諸元_Bブロック

Bブロック安定検討結果 [No. BC+10.0]		
切土後斜面安全率	水位満水	1.059
検討状況	内的安定結果	外的安定結果
安全率	最小安全率かつ最大抑止力	最小安全率
補強前安全率	1.059	1.213
補強後安全率	1.390	1.424
施工間隔	縦1.5m×横1.5m	
必要鉄筋規格	SD345 D19 L=2.5m	
削孔径	φ65mm	
設計最大引張力	35.302kN/本	
反力板工	150×500(1500×1500)	
決定した補強土の諸元		
鉄筋挿入工	SD345 D19 L=2.5m ctc=1.5m	
反力板工	GTF; 150×150(1500×1500), PL; 430×430	

表4-3 検討結果と工法諸元_Cブロック

Cブロック安定検討結果 [No. BC+70.0]		
切土後斜面安全率	水位満水	0.859
検討状況	内的安定結果	外的安定結果
安全率	最小安全率	最大抑止力
補強前安全率	0.859	0.866
補強後安全率	1.212	1.205
施工間隔	縦1.5m×横1.5m	
必要鉄筋規格	SD345 D19 L=4.5m	
削孔径	φ65mm	
設計最大引張力	35.302kN/本	
反力板工	150×500(1500×1500)	
決定した補強土の諸元		
鉄筋挿入工	SD345 D19 L=4.5m ctc=1.5m	
反力板工	GTF; 150×150(1500×1500), PL; 430×430	

[植生機材吹付厚について]

吹付厚さは、地山状態による基準、降水量による基準、勾配による基準から検討を行い、「地山状態による基準で最大となるt=5cmを採用した。

ただし、局部的に植生に悪影響な1:0.5より急勾配となる箇所が存在することから、**施工前の現地調査結果**に応じて、t=6cm以上の厚さとすることを考慮されたい。

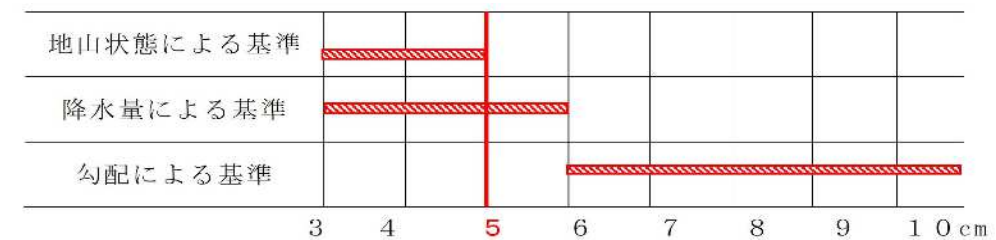


図4-1 吹付厚さの検討

4-5施工計画と留意点

(1) 仮設条件について

当該設計対象範囲の法面对策工は、仮設工詳細図に示すような仮設計画を行っている。施工・仮設ヤードについては、事前に計画を施設利用者に告知できる看板等の設置に努め、第三者災害の発生防止に努めることとされたい。

なお、プラントヤードも施工や施設利用者への支障が小さいと考えられる箇所に設定している。B、Cブロックのどちらも、プラント計画地からの距離が100m以下となるためコンクリート圧送に対する問題も発生しないものと想定している。

(2) 施工計画について

当該地区は、鉄筋挿入工を行う箇所の豪雨時の安全率が「Bブロック豪雨（満水）時； $F_s=1.059$ 」「Cブロック豪雨（満水）時； $F_s=0.859$ 」であることがわかっている。このため、豪雨期を避けての施工が望まれる。

その他、Aブロックについては、特に問題となるよう施工箇所は無く、豪雨を避け通常の安全仮設の上で施工を行えば良いと考えられる。

なお、斜面对策である当該設計平面図は、配置や工区区分等の参考として対策図を描いたものであり、その「施工範囲」「擦り付け」「鉄筋挿入工や砕配置」などは、参考として捉え、現地状況に合わせた対応を行うことが肝要である。

また、施工においては用地測量成果や地形測量成果の座標で確認した上で、対応を行っていくことも十分に行われたい。

(3) 法面保護工施工上の留意点

- ・斜面の木根は、安全で斜面に影響が無い範囲で除去すること。
- ・法面親網施工は、上部樹木および竹に施工することを想定している。
- ・小規模な土砂、落石等の発生に対する安全を確保するために仮囲いを配置することを計画している。範囲等は、現地状況に合わせて施工に影響のないように適宜施工すること。また大きな土塊を崩落させないために、慎重な作業を行うこと。
- ・法面工の資材搬入は、モノレールおよび簡易索道での搬入を想定している。金網配置などは一部人力施工を想定している。搬入・施工時には、防食加工に損傷のない様に留意すること。
- ・吹付プラントヤードは、プラントヤード計画図に示す位置を計画しており、すべての吹付材の圧送距離は100m以下を計画している。
- ・GTフレームは、NETIS登録工法であるが、法枠等の在来工法に比べ事例の少ない工法であるので、「GTフレーム工法設計施工の手引き；抜粋」を参考に施工や管理を行うことができるように特記に明記されたい。

(4) 鉄筋挿入工施工上の留意点

- ・鉄筋挿入工の施工は、足場工法を想定している。
- ・鉄筋は外周以外の交点に打設する。打設範囲は展開図を参考に決定すること。
- ・打設方向は、法面直交方向とし、補強材同士が交差しないよう配置する。
- ・確認試験荷重は $T_{db}=23.795\text{kN}$ 、 $T_{dc}=26.180\text{ kN}$ 以上かつ $T_{sa}=36.022\text{ kN}$ 以下とする。

鉄筋挿入工は、計算上グラウンドアンカー工と同様の計算手法により極限周面摩擦抵抗（ τ ）をもとに安定検討が行われる。

ただし、同工法の補強の考え方は、密に補強材を配置することによる補強土効果によって得られるもので、グラウンドアンカーと違いプレストレスを与えない。

よって、弊社としては、基本調査試験（引き抜き試験）の実施を特に求めない。ただし、「現地地質状況が想定と違う場合」「地質的脆弱部が確認された場合」に至っては、試験を実施する事とする。

一方、品質管理として実施する『確認試験』については、必ず実施して設計引き抜き力で、補強材が問題ないことを確認すること。

表4-4 確認試験内容一覧

項 目	試験頻度、規格値及び各項目の内容
① 試験頻度（本数）	・任意抽出で全本数の3%かつ最低、試験本数の3本以上。
② 最大試験荷重	・設計荷重とする。 ・ただし、経験的手法の確認試験の荷重は、対象地山の定着部1.0mの許容引抜き抵抗力とし、補強材許容引張応力度（ σ_{sa} ）を超えないこととする。
③ 載荷サイクル	・単サイクル
④ 載荷方法	・原点荷重 5.0KN ・増加荷重のきざみ 10.0KN ・各段階での荷重保持時間 5.0min ・載荷速度 10.0KN/min
⑤ 反力装置	・最大試験荷重時でも壊れず、のり面工や地盤に有害な影響を与えないもの。
⑥ 計測項目	次に示す項目について計測する。 ・載荷荷重 ・試験時間 ・補強材変位 ・反力装置変位
⑦ 試験結果のまとめ	・荷重－変位置曲線としてまとめる。