

フリーフレーム工法補強対策

— 地山変状（風化、浸食）に対しての補強対策工 —

「点検・調査」・「対策工設計」 ガイドライン（案）

2025 年 7 月

フリーフレーム協会

目 次

第1章 総 説	1
1.1 はじめに	1
1.2 フリーフレーム工法とは	2
1.2.1 抑制工としてのフリーフレーム	2
1.2.2 抑止工としてのフリーフレーム	2
1.3 フリーフレーム老朽化の現状	3
1.3.1 フリーフレーム自体の老朽化	3
1.3.2 地山の変状（風化、浸食）	5
1.4 老朽化対策の実例調査	5
1.5 ガイドライン策定にあたり	7
第2章 ガイドライン（案）について	8
2.1 ガイドライン（案）の概要	8
2.2 ガイドライン（案）の目的	8
2.3 ガイドライン（案）の適用範囲	8
2.3.1 適用範囲	8
2.3.2 枠内モルタル吹付の場合	9
第3章 点検・調査	10
3.1 点検の種類	10
3.2 点検方法および項目	11
3.2.1 点検方法	11
3.2.2 点検項目	12
3.2.3 評価	12
3.3 詳細調査	15
3.3.1 詳細調査の目的	15
3.3.2 調査の種類	15
3.3.3 各種調査手法について	16
3.4 調査位置の目安	16
3.4.1 縦断位置の選定	17
3.4.2 横断位置の選定	18
3.5 調査の実施	18

3.6	地層線の推定	19
3.7	安定解析及び安全性評価	19
3.8	既設フリーフレームの健全性調査【参考】	20
3.9	点検・調査フロー	21
第4章	対策工	22
4.1	種類	23
4.1.1	のり枠増厚タイプ	23
4.1.2	のり枠増設タイプ	23
4.2	製品仕様	24
4.2.1	のり枠増厚タイプ	24
4.2.2	のり枠増設タイプ	25
4.2.3	吹付材	27
4.3	設計手法	27
4.3.1	のり枠増厚タイプ	28
4.3.2	のり枠増設タイプ	30
4.4	設計例	31
4.4.1	のり枠増厚タイプ	31
4.4.2	のり枠増設タイプ	44
4.5	施工手順	52
4.5.1	のり枠増厚タイプ	52
4.5.2	のり枠増設タイプ	56
第5章	積算関連	61
5.1	のり枠増厚タイプ	61
5.1.1	施工歩掛（案）	61
5.1.2	単価表（案）	64
5.1.3	機械経費（案）	67
5.2	のり枠増設タイプ	68
5.2.1	施工歩掛（案）	68
5.2.2	単価表（案）	72
5.2.3	機械経費（案）	74
	【巻末資料】	75

第1章 総 説

1.1 はじめに

フリーフレーム工法は、1976年のフリーフレーム協会発足以来、切土のり面や自然斜面の安定を図る工法として、道路防災、ダム・高速道路建設、急傾斜地対策などののり面保護工事に採用されてきた。図1-1に示す通り、2022年までの累計出荷量は94,925kmに達し、これは地球約2周半に相当する。特に、1980年代後半から1990年代前半にかけて出荷量が大きく伸び、この時期が本工法の成長期となった。1994年には年間出荷量が5,000kmを超え、過去最高を記録している。

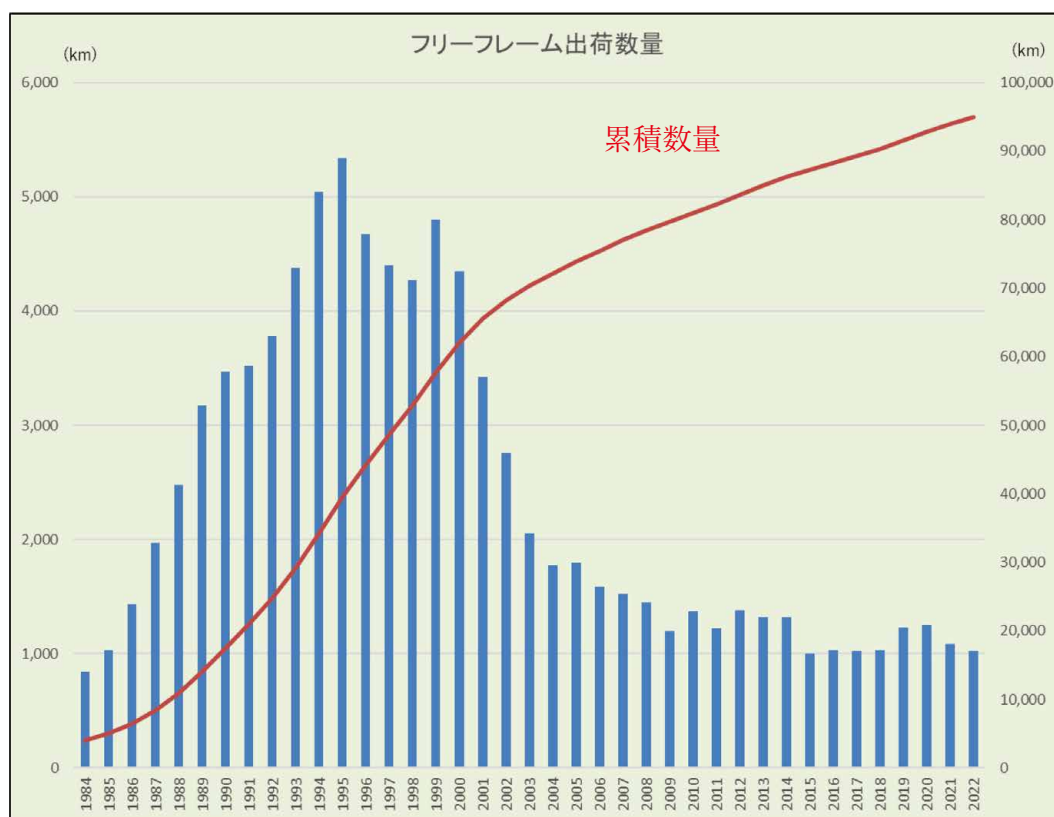


図1-1 フリーフレーム出荷数量および累積数量

一方で、施工後40年を経過した数量はすでに1,000kmに達しており、今後その数は急速に増加するものと考えられる。このため、維持管理の重要性がますます高まっており、対策の検討が求められる時期に入っている。地震や降雨災害による補修・補強の実績はこれまでもあったが、近年では経年劣化による変状の事例も増加している。橋梁やトンネルと同様に、フリーフレーム工法においても維持管理の重要性が一層高まっている。

のり面吹付コンクリート構造物およびのり面吹付コンクリートの要求性能を定めるにあたって、(中略)設置環境を考慮して地山を含めた適切な対策工を施すなどの維持管理を実施することによって、50年程度の設計耐用年数を確保できるものと考えられる。

「吹付コンクリート指針(案)【のり面編】—公益社団法人土木学会」より抜粋

1.2 フリーフレーム工法とは

フリーフレーム工法は、切土のり面や自然斜面に連続した格子枠を構築することで、のり面の安定を図る工法である。また、格子枠内に緑化を施すことで周辺環境との調和を図り、防災と環境保全の両面を目的として施工される。格子枠は、地山に金網型枠と鉄筋を設置し、その上からモルタルまたはコンクリートを直接吹き付けて構築する。崩壊の規模に応じて、鉄筋挿入工やグラウンドアンカー工と併用することがあり、その抑止力に応じてフリーフレームの断面形状を自由に調整できる。

1.2.1 抑制工としてのフリーフレーム

緑化工の基盤として機能するとともに、表層すべりの抑制を目的としている。のり肩部からの直線すべりや、のり枠中間部の崩落に対しては、フリーフレームの断面力によって支持する構造となっている。断面サイズは、主に200×200mmまたは300×300mmが一般的である。

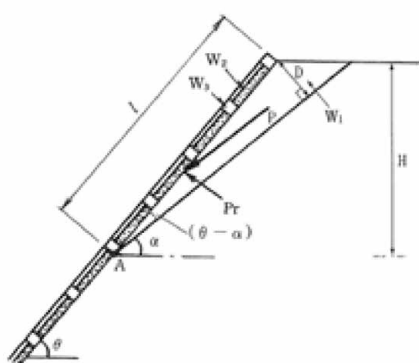


図1-2 直線すべりイメージ

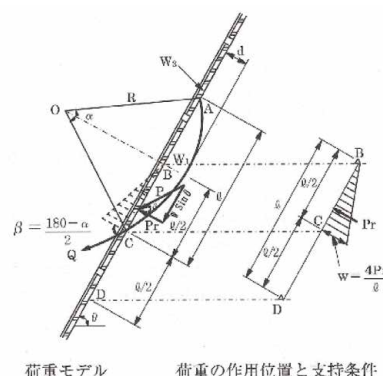


図1-3 中間部の崩落イメージ

1.2.2 抑止工としてのフリーフレーム

不安定斜面の対策としてロックボルトやグラウンドアンカーが必要となる場合、フリーフレーム工法は、それらと一体となったのり面受圧構造物として機能し、斜面の崩壊を抑止する役割を果たす。断面サイズは主に300×300mm～600×600mm程度であり、必要な抑止力に応じて決定される。

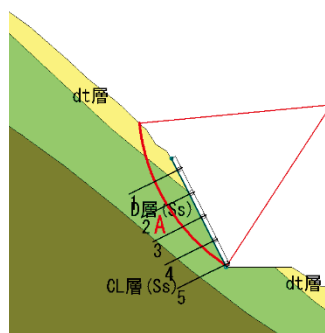
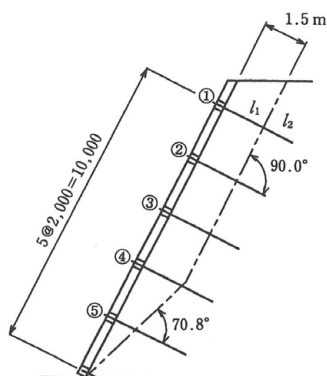


図1-4 抑止工断面イメージ

1.3 フリーフレーム老朽化の現状

フリーフレームの老朽化というと、構造物自体の劣化を指すと思われがちだが、のり面保護工全体の老朽化（健全性）を評価するには、フリーフレーム自体の老朽化に加え、地山の変状（風化、浸食）についても考慮する必要がある。どちらも、のり面の不安定化や崩壊のリスクを高める要因となるため、適切な維持管理が重要である。

フリーフレームで施工されたのり面の老朽化について以下の2点があげられる。

○フリーフレーム自体の老朽化

ひび割れ、エフロレッセンス、凍害、枠内モルタルとの境界からの湧水や地震の外力などによる損傷

○地山の変状（風化、浸食）

降雨や地震・経年劣化（風化、浸食）による枠背面の土砂流失
枠内の風化、浸食

1.3.1 フリーフレーム自体の老朽化

フリーフレームの主な劣化・損傷状況の事例について写真1-1～写真1-12に示す。

○ひび割れ、亀裂



写真1-1



写真1-2

○エフロレッセンス



写真1-3



写真1-4

○エフロレッセンスを伴うひび割れ



写真1-5



写真1-6

○外力によるフリーフレーム枠の破断



写真1-7



写真1-8

○凍害による剥離



写真1-9



写真1-10

○枠内モルタル吹付との境界からの湧水



写真1-11



写真1-12

1.3.2 地山の変状（風化、浸食）

地山の変状（風化、浸食）の主な事例について写真1-13および写真1-14に示す。

○枠背面土砂の流失



写真1-13



写真1-14

1.4 老朽化対策の実例調査

○発注者へのアンケート結果によると、事例はまだ多くないものの、その必要性を感じていることが分かった。

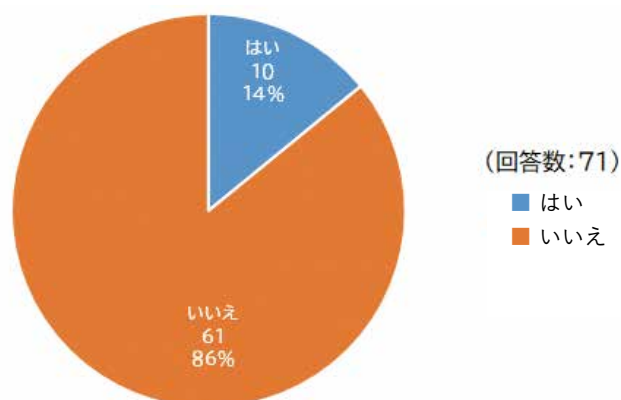
○補修事例としては、主に地山の劣化に対する対策が多い。

1.3のような事例が発生している状況を踏まえ、発注状況や必要性、実際に行われている対策について、発注者を対象にアンケートを実施した。その結果（抜粋）を示す。

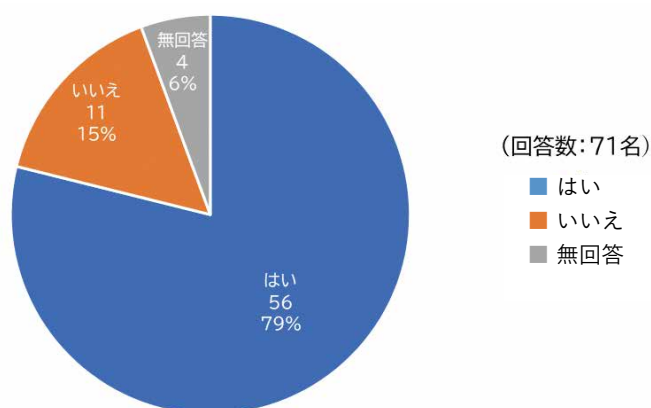
【調査概要】

- ・調査期間 2022年10月17日～11月30日
- ・調査対象 全国の発注機関（国土交通省、水資源機構、NEXCO、都道府県及び出先機関）
- ・有効回答数 71件

問1 吹付のり枠補修工事に携わったことはありますか？

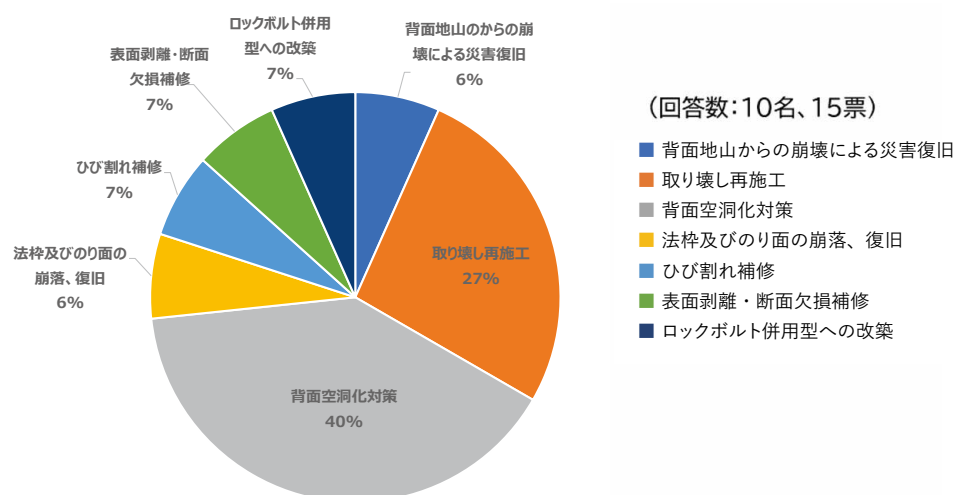


問2 のり枠補修、補強の必要性を感じますか？



吹付枠工の補修・補強工事に携わった割合が14%であり、まだこの分野への取り組みが進んでいないことがわかる。ただ、79%が必要性和を感じており、今後の市場拡大が見込まれる。

問3 補修はどのような内容でしたか？（複数回答可）



※取り壊し再施工は、地山の浸食により枠が機能していないということで対策実施したとのこと

上記より、地山の変状により対策を実施したケースが多いことがわかる。

1.5 ガイドライン策定にあたり

- フリーフレームは地山の変状による影響を大きく受けるため、点検・調査は「構造物」と「地山」に分けて実施するのが望ましい。
- 地山の劣化に重点を置き、その調査方法、評価、および設計手法について記述する。

フリーフレームは発売から50年（2025年現在）近くが経過し、今後は老朽化によるメンテナンスが必要となる時期が訪れると考えられる。老朽化といっても、一般のコンクリート構造物とは異なり、地山の変状による影響が大きいため、点検・調査は「構造物」と「地山」に分けて実施することが望ましい。それぞれの健全性の評価を基に、大枠の対策が決定される（表1－1参照）。

表1－1 構造物と地山の健全性による対策について

		構造物	
		健全	劣化
地山	健全	① 現状維持 (モニタリング)	② モルタル・ コンクリート補修
	劣化	③ 補強対策 背面空洞化対策	④ モルタル・ コンクリート補修 ＋補強対策

フリーフレーム協会で実施した調査結果によると、多くの現場でフリーフレーム自体の劣化よりも、地山の変状（フリーフレーム背面の空洞化や風化）が顕著に進行している。地山の変状が進むと、当初の設計外力が増加していることが予想され、補強対策が必要となる。

そこで、本ガイドライン（案）は、フリーフレームを施工したのり面の老朽化、特に地山の変状に重点を置き、その調査方法、評価および対策工について記述する。

第2章 ガイドライン（案）について

2.1 ガイドライン（案）の概要

○本ガイドライン（案）は、フリーフレームを施工したのり面に対する調査点検・設計および検討について記述したものである。

のり面の点検では、日常点検や定期点検において目視検査（遠望目視、近接目視）や打音検査など、簡易に実施できる検査を標準としており、必要に応じて構造物に対してコアサンプリングなどの詳細調査を実施することとしている。

しかし、目視検査および打音検査では、フリーフレーム本体および地山に対する調査が表面的なものとなり、限定的である。特に、地山の変状（風化状態、風化深度）を把握することは困難である。

このような現状を踏まえ、のり面全体（フリーフレームおよび地山）の調査が必要であるが、特に地山の変状状況を調査・点検する必要があると考え、そこに重点を置いてガイドライン（案）を策定した。

2.2 ガイドライン（案）の目的

○本ガイドライン（案）は、老朽化したフリーフレーム工法を施工したのり面に対して、特に地山に対しての調査点検を行い、それを基に安全性の評価を行うことを目的とする。

目視検査および打音検査では把握できない部分、特に地山の状況を調査・点検することで、得られた土質定数と想定される地層線を基に安定解析を実施し、それをもとに現状ののり面の安全性を評価することを目的とする。また、調査手法や調査位置、調査箇所数を提案することで、業務を円滑に進めることも目的としている。

2.3 ガイドライン（案）の適用範囲

○適用範囲

本ガイドライン（案）は、フリーフレーム工法を施工したのり面を対象としているが、他の吹付のり砕工法にも適用できるものとする。

○砕内モルタル吹付の場合

別途要調査とする。

2.3.1 適用範囲

本ガイドライン（案）は、適用範囲をフリーフレーム工法および他の吹付のり砕工法としていますが、調査に関しては、その他ののり面对策工を施工している場所にも一部適用できるた

め、参考にすることが可能である。

2.3.2 枠内モルタル吹付の場合

フリーフレーム構造物の枠内がモルタル吹付で施工されている場合は、地山の状態を直接目視で確認することが困難である。このような状況では非破壊検査技術や適切な調査手法を用いて調査する必要があるので、別途検討が必要である。

第3章 点検・調査

3.1 点検の種類

○「全訂新版フリーフレーム工法性能照査型による限界状態設計例」に基づき、構造物の重要度に応じて、以下に示す点検を計画する。

- ① 初期点検
- ② 日常点検
- ③ 定期点検
- ④ 臨時点検

これらの点検は、フリーフレームの維持管理において重要な役割を果たす。

本ガイドライン（案）に該当する点検は、②日常点検、③定期点検、④臨時点検となる。

これらの点検には、近隣住民からの通報による情報も考慮する必要がある。

① 初期点検

初期点検は、竣工後できるだけ早い時期に実施することが望ましく、維持管理における初期値という観点から重要な点検である。

② 日常点検

日常点検は、遠望目視を主体とした点検であり、変状の早期発見を目的としたものである。

③ 定期点検

構造物の重要度によって3～5年に1回をめぐりに実施するのが望ましい。また、点検結果の状況から次回の点検時期について決めるものとする。

【参考】

i) 道路土工構造物点検要領（平成29年8月）－国土交通省道路局

「道路土工構造物技術基準」に規定された重要度1の道路土工構造物^{*}のうち、切土のり面においておおむね15m以上の切土で、これを構成する切土のり面、のり面保護施設、排水施設等を含むもの、また、盛土高がおおむね10m以上の盛土で、盛土のり面、のり面保護施設（擁壁、補強土等）を含むもので、5年に1回を目安として道路管理者が定期的に実施する。

※重要度1の道路土工構造物

（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

- ・ 高速自動車国道、都市高速道路、指定都市高速道路、本州四国連絡高速道路及び一般国道

（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

ii) 斜面对策工維持管理実施要領－一般社団法人斜面防災対策技術協会

おおむね3～5年に1回

④ 臨時点検（緊急点検）

巡視や近隣住民からの通報により変状や崩壊を確認した場合、または地震、台風、集中豪雨などの外力や構造物に悪影響を与える事象が発生した際には、3.2に示す点検を実施するものとする。

これらの点検は、フリーフレーム工法を用いた構造物の維持管理において重要な役割を果たす。特に、巡視や近隣住民からの通報は、日常点検や臨時点検の実施判断において重要な情報源となる。点検には上記4つの点検の種類があるが、本ガイドライン（案）においては②日常点検、③定期点検、④臨時点検が適用範囲となる。

3.2 点検方法および項目

○点検方法

目視検査（遠望目視、近接目視）や深さ計測など、簡易にできる検査を標準とする。

○点検項目

- ・ 枠背面の空洞化
- ・ 枠内地山の変状（風化、浸食）

○評価

点検の結果に基づき、地山変状状況を評価し、詳細調査の必要性を判断する。

3.2.1 点検方法

従来、目視検査（遠望目視、近接目視）が一般的であるが、近年ではドローンやレーザースキャナを用いた検査事例が増加している。定期的な点検・補修が必要となることを考慮すると、近接目視による検査は時間と費用がかかるため、ドローンを活用して効率的かつ効果的に実施できる条件での検討も有効である。ただし、枠内が緑化されている場合、植生の繁茂によりドローン搭載カメラによる点検には限界が生じる可能性がある。

※近接目視点検時の計測方法（参考）

国立研究開発法人土木研究所より提案している「貫入式土壌硬度計測」を活用することで、表層部分の風化状況を簡易に計測できる。このような小型の資機材を用いた調査により、定量的な判断材料を取得することが可能である（別途参照）。

3.2.2 点検項目

点検項目は点検の種類ごとに想定される変状および点検手法により決める。

- ・日常点検（遠望目視）
 - ・ 枠背面の空洞化状況
- ・定期点検、臨時点検（近接目視）
 - ・ 枠背面の空洞化状況
 - ・ 枠内地山の変状（風化、浸食）

3.2.3 評価

変状調査票を表3-2に示す。これはフリーフレーム協会より出版されている「全訂新版フリーフレーム工法 性能照査型による限界状態設計例」に記載のものより、目視で点検できることを抜粋したものである。

評価は「変状の程度」、「変状の規模」をそれぞれ3段階に分けている。

- ・「変状の程度」－A（大きい）～C（軽微）
- ・「変状の規模（割合）」－①（大きい）～③（軽微）

「変状の程度」と「変状の規模」より評価レベルを表3-1から決定する。

表3-1 評価レベルの選定について

		変状の規模（割合）		
		①	②	③
変状の程度	A	3	2	2
	B	2	2	2
	C	2	2	1

評価レベルは1～3の3段階としている。各点検項目の評価を個別に行い、その総合評価に基づいて詳細調査の実施を検討する。特に、本ガイドライン（案）では地山の評価を重要視しているため、地山の評価結果のみで詳細調査の必要性を判断する場合もある。

総合評価（地山のみでの評価）

- 16点以上（7点以上）－ のり面の安定性やのり枠の健全性が損なわれている、また第三者へ及ぼす危険性が高いため詳細調査を実施
- 11～15点（5～6点）－ 点検を継続（のり面の重要度などにより詳細調査検討）
- 10点以下（4点以下）－ 点検継続

表 3-2 変状調査票

工種	点検項目（変状の種類）	のり面またはのり面内のブロック毎		
		変状の程度	変状の規模（割合）	評価
地山	① 枠下の空洞化（横枠）			
	② 枠下の空洞化（縦枠）			
	③ 地山の風化進行 （枠内裸地部の点検）			
小計（地山）				
のり枠	④ 枠のひび割れ （はらみだし、段差、長さ、幅など）			
	⑤ 剥離（のり枠部材の剥離）			
	⑥ 鉄筋の錆汁、白華			
	⑦ モルタル自体の強度低下など （法尻ハンマー点検）			
小計（のり枠）				
総合評価				

【変状の程度、規模の評価について】

① 枠下の空洞化（横枠）

変状の程度

A：複数の枠下が空洞化し隙間が10cm よりも大きい

B：複数の枠下が空洞化し隙間が5～10cm程度

C：枠下一部が浸食で空洞化

変状の規模（箇所数）

①：広範囲に多発（30%以上）

②：一部集中して多く発生（10～30%）

③：点在（10%未満）

② 枠下の空洞化（縦枠）

変状の程度

A：複数の枠下が空洞化し隙間が10cm よりも大きい

B：複数の枠下が空洞化し隙間が5～10cm程度

C：枠下一部が浸食で空洞化

変状の規模（箇所数）

①：広範囲に多発（15%以上）

②：一部集中して多く発生（5～15%）

③：点在（5%未満）

③ 地山の風化進行（枠内裸地部の点検）

変状の程度

A：空洞化・土砂化・レキ化が10cmよりも大きい

B：5 cm程度以上

C：ほぼ空洞・風化無し

変状の規模（割合）

①：広範囲に多発（30%以上）

②：一部集中して多く発生（10～30%）

③：点在（10%未満）

④ 枠のひび割れ（はらみだし、段差、長さ、幅など）

変状の程度

A：はらみだしや段差ひび割れ

B：鉄筋かぶりによる許容値以上の幅（開口ひび割れ）

C：鉄筋かぶりによる許容値未満の幅（微細ひび割れなど）や長さ

変状の規模（割合）

①：広範囲に多発（30%以上）

②：一部集中して多く発生（10～30%）

③：点在（10%未満）

⑤ 剥離

変状の程度

A：鉄筋が露出

B：鉄筋かぶりの約半数が剥離

C：枠表面がごく薄く剥離

変状の規模（割合）

1：集中しているか広範囲に発生（30%以上）

2：点在（10～30%）

3：数箇所のみ（10%未満）

⑥ 鉄筋の錆汁、白華

変状の程度

A：鉄筋の錆汁が枠断面から多発

B：鉄筋の錆汁やエフロが一部発生

C：エフロが発生（金網型枠の錆汁は問題なし）

変状の規模（割合）

1：集中しているか広範囲に発生（30%以上）

2：点在（10～30%）

3：数箇所のみ（10%未満）

⑦ モルタル自体の強度低下など（法尻ハンマー点検）

変状の程度

A：ハンマー軽打で鉄筋まで剥離や損傷

B：ハンマー軽打で薄く剥離や損傷

C：ハンマーのこすりで一部傷跡

変状の規模（割合）

1：集中しているか広範囲に発生（30%以上）

2：点在（10～30%）

3：数箇所のみ（10%未満）

3.3 詳細調査

- 点検の結果、詳細調査が必要と判断された場合に実施するものとし、再検討時の地層線の推定及び土質定数の取得を目的とする。
- 調査は、資料調査、現地調査（地山変状に対する詳細調査）を実施することとする。
- 土質調査手法は、現地の条件、のり面の重要度、コストなどを考慮し、各種調査手法から適切な方法を選定する。

3.3.1 詳細調査の目的

詳細調査は、設計当時と比較して地山が風化・浸食し、すべり層が変化している可能性を確認するために実施するものである。また、再設計時に必要な土質定数や地層線の推定を行うための情報収集も目的としている。

3.3.2 調査の種類

①資料調査

対象地域に関する既存の設計資料の有無を確認する。また以下の資料を収集・分析して設計時の想定すべりなどを把握する。

- ・地盤調査データ
- ・地形図
- ・地質図

これらの資料を総合的に分析することで、調査対象地域の地質特性や潜在的な地すべりリスクを評価し、適切な対策を検討する。

②現地調査

地山の劣化状況を評価するため、以下の2つの調査を実施する。

- ・空洞化調査：空洞の位置（縦梁、横梁）、高さ、奥行き
 - ・風化、浸食状況調査：地山の風化や浸食の程度を評価
- これらの調査結果をもとに、地山の状態を総合的に評価する。

3.3.3 各種調査手法について

土質調査手法は、現地の条件、のり面の重要度、コスト、確実性などを考慮して適切に選定する必要がある。主な手法は以下の3つに大別される。

①貫入式調査

地盤に貫入器を挿入し、その抵抗値や変位量を測定する方法である。代表的な手法として、スクリュウウェイト貫入試験（SWS試験）がある。この試験は、比較的浅い地盤の硬軟や締まり具合を評価するのに適している。

②コアボーリング式調査

ボーリングマシンを用いて地盤を掘削し、コアサンプルを採取する方法である。採取したコアを分析することで、地質構造や土質の詳細な情報を得ることができる。また、ボーリング孔を利用して各種原位置試験や物理検層を実施することも可能である。

③センサーを用いた地盤探査（参考）

各手法の詳細については、巻末資料に記載している。調査の目的や条件に応じて、最適な手法を選定することが重要である。

3.4 調査位置の目安

○縦断方向：主側線および地山の浸食が発生している側線を調査対象とし、延長が20m以上の場合は、最低2箇所の側線で調査を実施することが望ましい。

○横断方向：3箇所で調査を実施することが望ましい。

※ただし、延長が長い場合やのり高が低い場合など、現地の条件、のり面の重要度、コストなどを考慮し、調査計画を柔軟に調整する必要がある。その際は、発注者と協議を行い、最適な調査範囲を決定することが重要である。

3.4.1 縦断位置の選定

詳細調査を実施するにあたり、当初設計で検討している主側線と、目視検査で浸食や風化が発生している側線を調査対象とする。また、浸食や風化が複数箇所で確認される場合、その中でも特に浸食度が大きいと判断される位置を選定する（図3-1）。

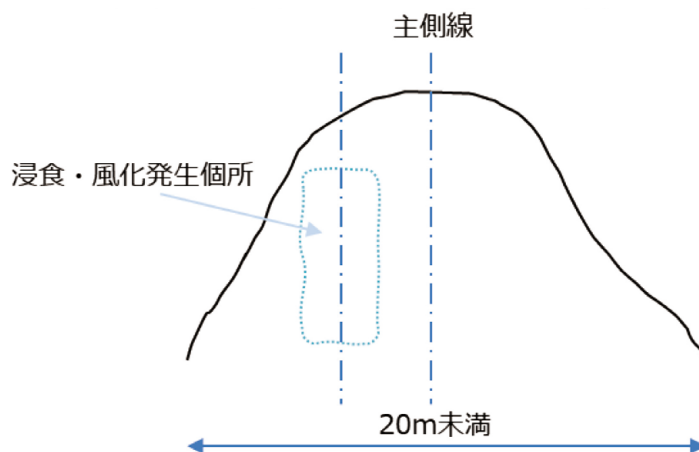


図3-1 詳細調査位置（案）

のり面延長が20m以上の場合は、主側線含めて最低2箇所の側線で調査することが望ましい。各調査断面における対策検討範囲は側線を中心に左右10mの範囲とする。延長の長い場合も同様に、浸食や風化が発生している側線について調査対象とする（図3-2）。

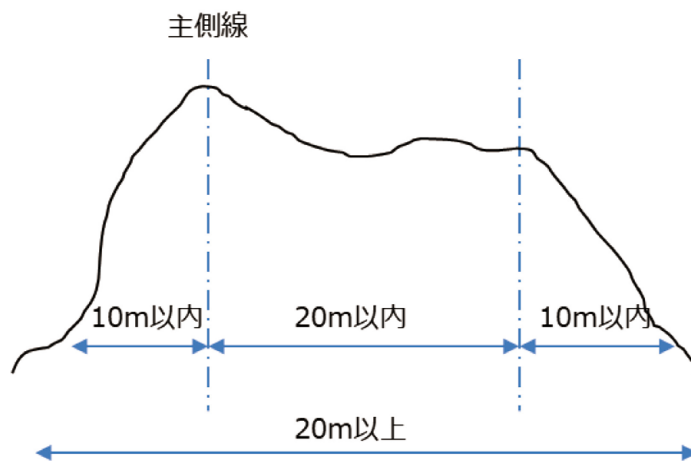


図3-2 詳細調査位置（案）（延長が長い場合）

3.4.2 横断位置の選定

詳細調査結果は、地山の変状による補強対策の必要性を確認する重要な調査となる。そのため、側線に対して3箇所調査を実施することで、安定解析に必要な横断図をより詳細に作成できる。

調査手法により調査方向が異なるので、その方向別で調査位置（案）を図3－3に示す。

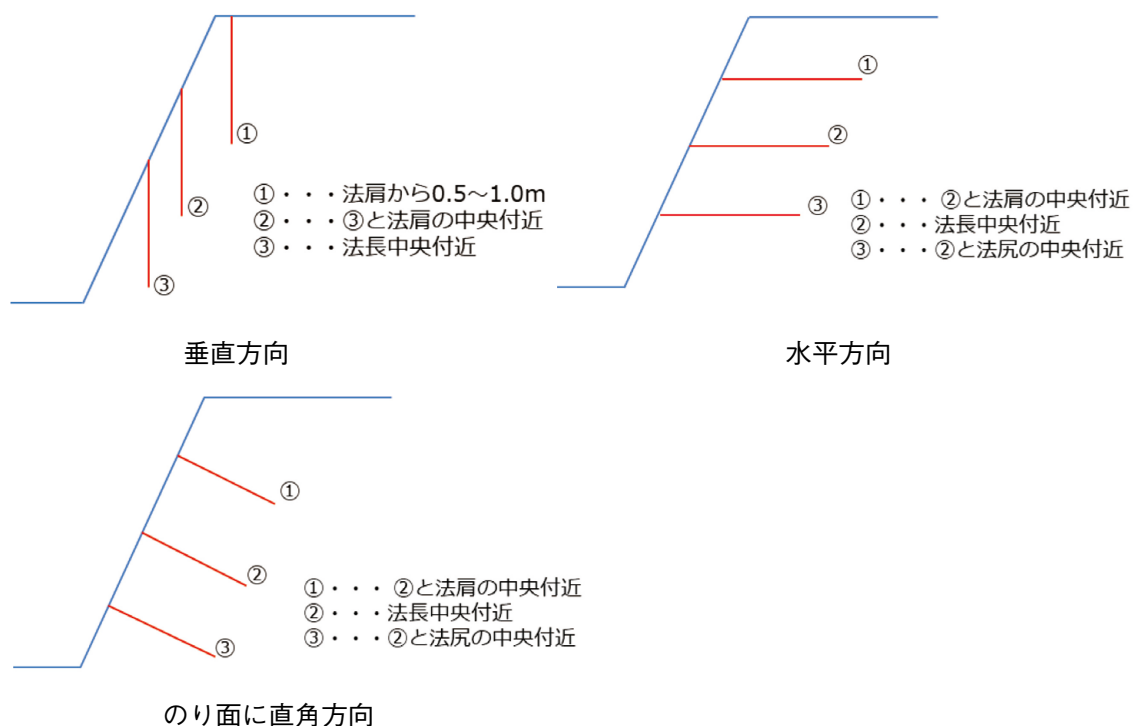


図3－3 詳細調査位置（案）

※ただし、延長が長い場合やのり高が低い場合など、現地の条件、のり面の重要度、コストなどを考慮し、調査計画を柔軟に調整する必要がある。その際、発注者と協議を行い、最適な調査範囲を決定することが重要である。

3.5 調査の実施

○3.4で決定した位置において、選定した手法を用いて調査を実施する。

3.6 地層線の推定

○各種調査手法により得られた土質データをもとに、各横断位置の地層線を推定する。

各種調査手法により得られたデータをもとに、土砂化した層などの風化層と安定層の分布を推定し、地層線を推定する（図3－4）。

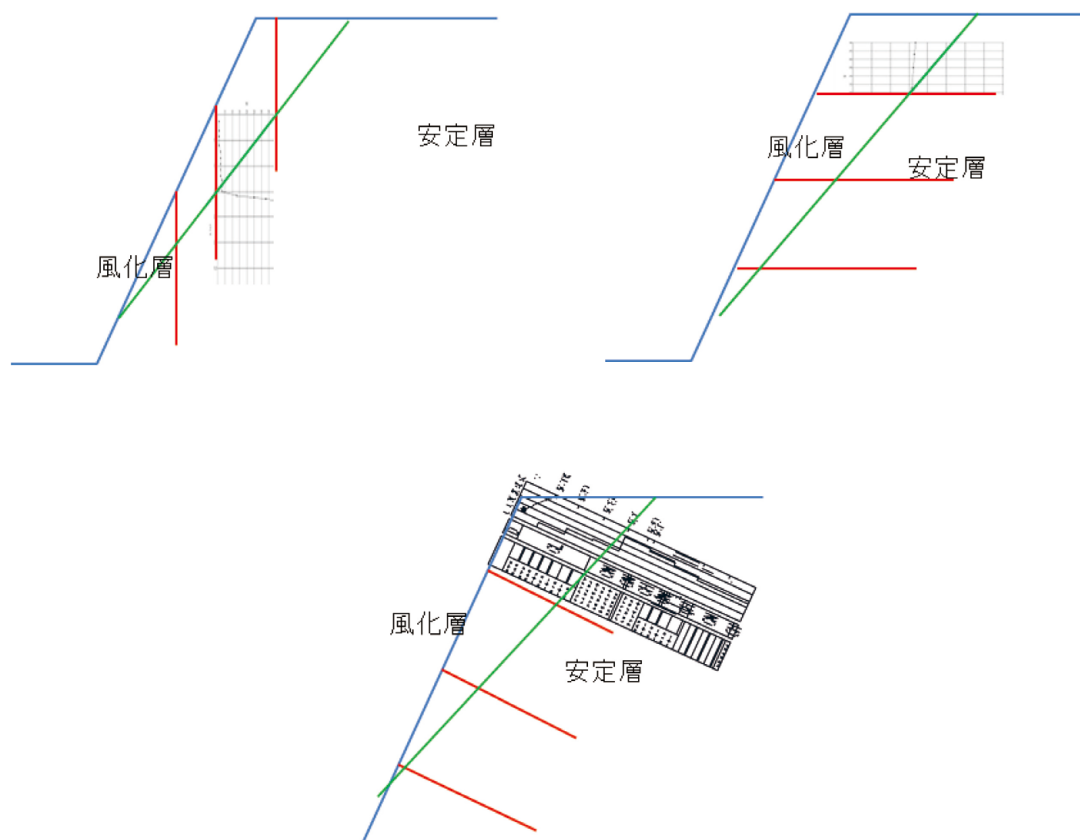


図3－4 地層線の推定（例）

3.7 安定解析及び安全性評価

○調査により得られた土質定数及び地層線をもとに安定解析を実施し、現時点でのフリーフレーム構造物の健全性を評価する。

3.8 既設フリーフレームの健全性調査【参考】

- 地山の変状を確認すると同時に、フリーフレームの健全性についても同時に調査することが必要である。
- 最低3箇所よりコアサンプルを採取し、現地状況に応じた調査を実施する。

本ガイドライン（案）では、地山の劣化についての調査に重きを置いているが、既設のフリーフレームの健全性評価も同様に重要である。そのため、目視検査及びコアサンプルの採取などで調査することを標準とする。

調査内容は、おもに以下を標準とする。

- ・目視検査：のり面全体を詳細に検査し、劣化の兆候を確認
- ・コアサンプル採取：以下の箇所から各々最低3点のコアサンプルを採取する。
 - i) 主側線
 - ii) 地山に浸食が発生している側線
 - iii) 構造物表面に明らかな異常が認められる箇所

フリーフレーム構造物としての劣化現象は破損、剥離、ひび割れ、変形などがあり、劣化機構としては中性化、塩害、凍害、アルカリシリカ反応、経年劣化などがある。補修対策を検討するには劣化現象を確認し、劣化機構を特定する必要がある（劣化現象が同じでも劣化機構により補修対策が異なる）。

※劣化要因・劣化段階別の対策や具体的な対策工法については、

- ・公益社団法人土木学会の「コンクリート標準示方書 維持管理編」
- ・一般社団法人斜面防災対策技術協会の「斜面对策工維持管理実施要領」
- ・一般社団法人アンカー健全度協会の「アンカー健全度調査維持管理補足マニュアル（詳細調査・アンカー補修設計編）」

などを参考にする。

安定解析および安全性評価の結果、補強対策が必要と判断された場合、既設フリーフレームの詳細な諸元情報が不可欠となってくる。

- i) 圧縮強度の確認：設計当時の資料が存在しても、現時点での圧縮強度を再評価する必要がある
- ii) 鉄筋径および鉄筋かぶりの測定：非破壊検査技術を用いて、鉄筋の直径やかぶり厚を測定し、配筋状況を把握する。

これにより、既設フリーフレームの耐力や劣化状態の評価が可能となる。

3.9 点検・調査フロー

第3章の点検・調査についてのフローを図3-5に示す。

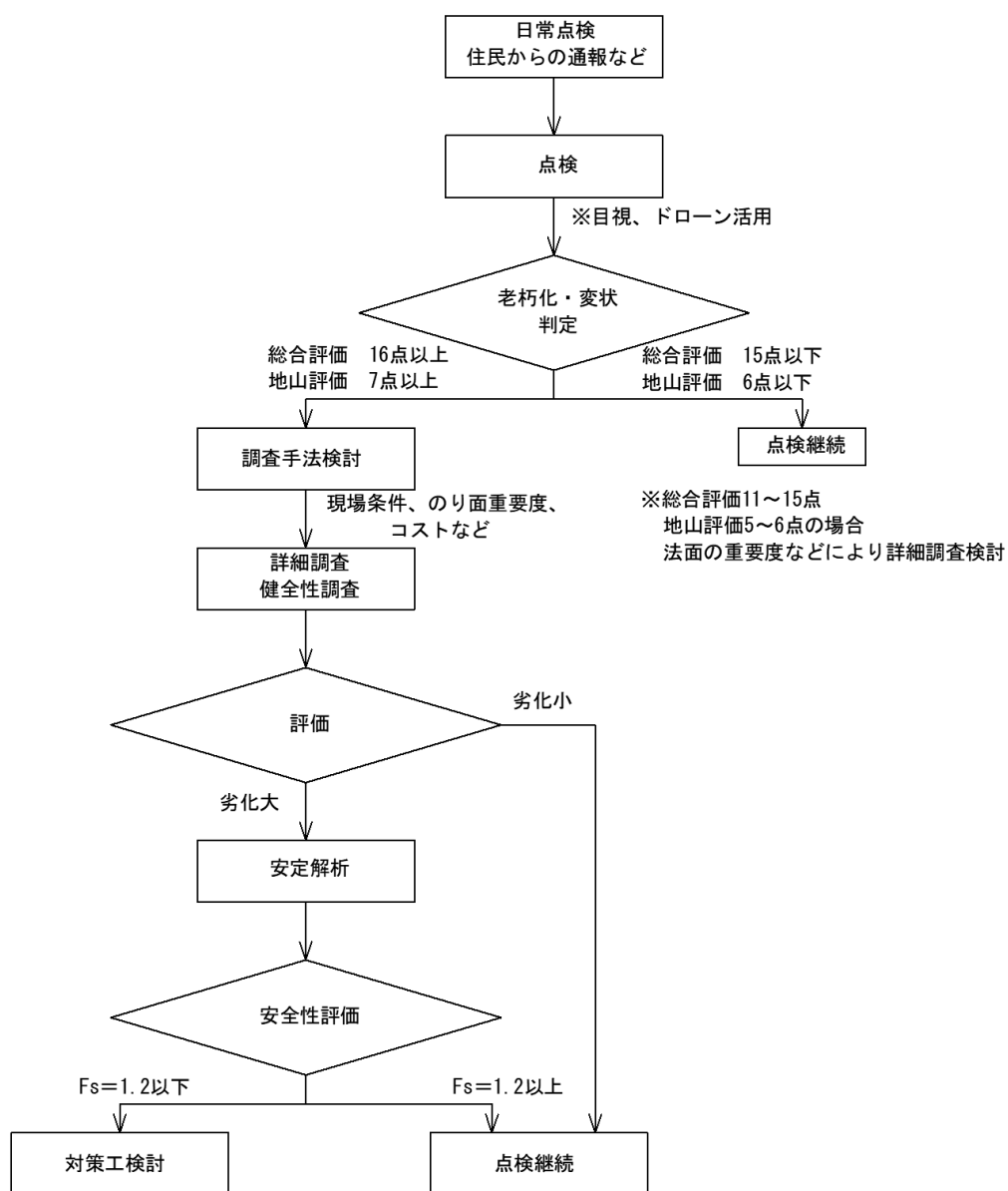


図3-5 点検・調査フロー

※安全率 $F_s = 1.2$ は「道路土工切土工・斜面安定工指針」および「切土補強土工法設計・施工要領」の計画安全率を参照。

第4章 対策工

○フリーフレーム工法の補強対策として「レインフォースフレーム工法」があり、その中に2つのタイプある。

1. のり枠増厚タイプー抑制工
2. のり枠増設タイプー抑止工（ロックボルト併用）

○設計手法は、フリーフレーム協会より発行する「全訂新版フリーフレーム工法性能照査型による限界状態設計例」の第6章、限界状態設計法による設計例をもとに設計する。

フリーフレーム構造物が老朽化していた場合、補修対策によって当初性能を回復することができる。しかし、地山が風化・浸食している場合、のり面全体としての健全性が確保できない可能性がある。このような状況では、既設フリーフレーム構造物を撤去して再施工するか、撤去せず補強対策をする必要がある。以下にそれぞれのメリットとデメリットについて表4-1に示す。

表4-1 現フリーフレーム構造物の対処方法

		メリット	デメリット
現フリーフレーム構造物対処	再施工 (撤去)	・対策工の選択肢が広がる ・劣化要因を排除できる	・高コスト ・工期が長くなる ・廃材処理の問題 ・撤去による手間 (撤去時の防護柵、用地確保、困難な人力作業)
	補強対策 (撤去しない)	・コスト削減 ・工期短縮 ・廃材処理の問題がない ・不安定化しないで対策	・対策工の選択肢が限られる ・劣化要因を完全に取り除くことができない ・補修のサイクルが短い

ここでは、撤去しないで補強対策をする場合、についての対策工を紹介する。

既設フリーフレームを撤去しないで補強対策を実施する場合、以下の手順で検討する。

i) 抑制工による補強対策（のり枠増厚タイプ）

抑制工の適用範囲

- ・法肩からの直線すべり：深さ1.5m以下
- ・のり中間部の崩落：深さ1.0m以下

ii) ロックボルト併用の補強対策（のり枠増設タイプ）

※ i) で十分な効果が得られない場合

4.1 種類

4.1.1 のり枠増厚タイプ

枠断面を増厚することで、断面性能を向上するものである。抑制工として用いる断面サイズはF200～300が大半であることから、F200を300に増厚することを基本として検討する。

基本断面は図4-1となり、F200断面を増厚するものとなる。増厚時に地山側の鉄筋は既設のフリーフレームと干渉して配筋が不可能のため、追加の補強鉄筋は上段側のみとなる。そのため正曲げのモーメントは既設フリーフレームに配筋されていた鉄筋径に依存することとなる。

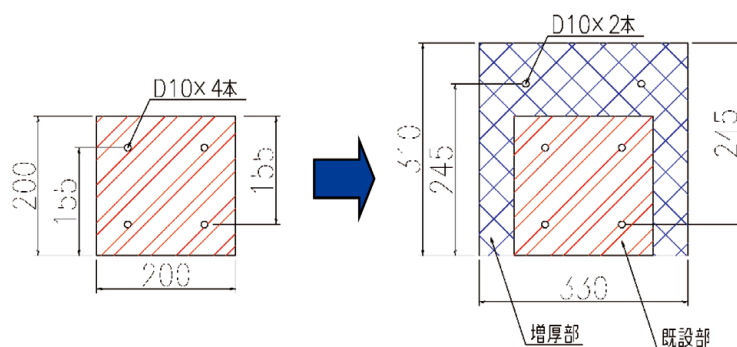


図4-1 のり枠増厚タイプ基本断面

4.1.2 のり枠増設タイプ

縦枠を既設枠に重ねるように増設し、鉄筋挿入工を併用する。枠に作用する荷重は増設のり枠部と既設のり枠部に等分布荷重として作用するものとする。

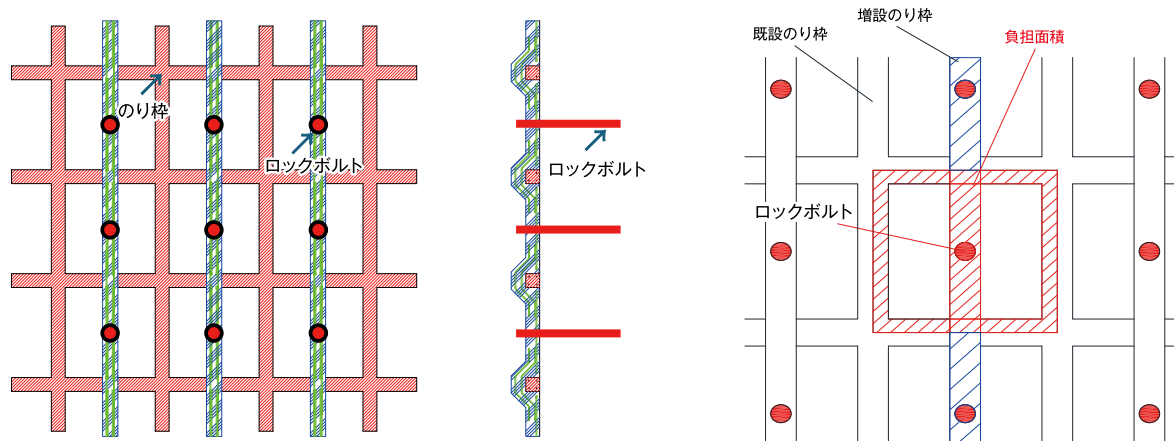


図4-2 のり枠増設タイプ基本構造

4.2 製品仕様

4.2.1 のり枠増厚タイプ

のり枠増厚タイプに使用する標準材料を以下に示す。

(1) TM フレーム

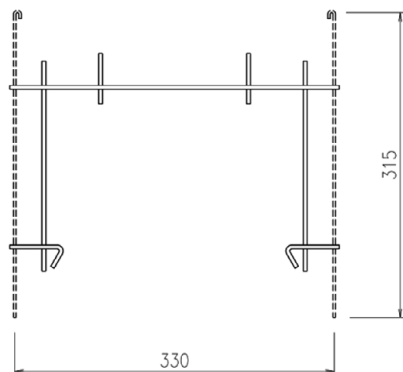


図4-3 TMフレーム

表4-2 TMフレーム仕様

断面形状	B330×H310
金網仕様	線径：φ 2.6 材質：ZAST300
フープタイ使用	線径：φ 4.0 材質：ZAST300 (H)
有効高さ（参考）	245mm (D10)

(2) TM アンカー（Mタイプ、Lタイプ）

主鉄筋の上から設置し、TMフレームの固定および新旧モルタルの一体化を図る。Mタイプは交点部と法肩および法尻の外周部に設置し、Lタイプは外周部側部に設置する。

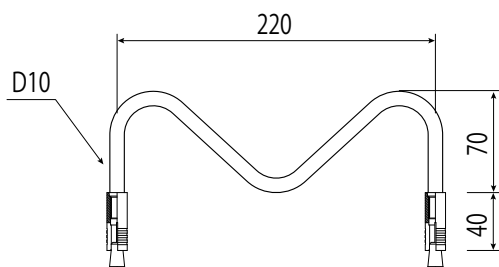


図4-4 TMアンカーMタイプ

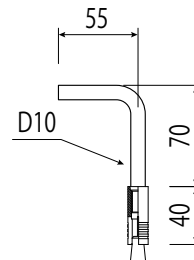


図4-5 TMアンカーLタイプ

(3) TM開き止めアンカー

吹付時のTMフレーム地山側の開き防止のために設置する。

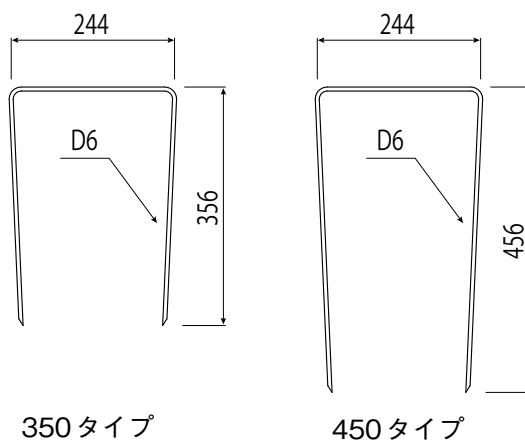


図4-6 TM開き止めアンカー

4.2.2 のり枠増設タイプ

のり枠増設タイプに使用する標準材料を以下に示す。

(1) EM フレーム (EMP220)

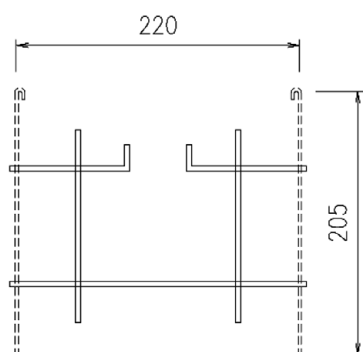


図4-7 EMフレーム (EMP220)

表4-3 EMフレーム (EMP220) 仕様

断面形状	B220 × H200
金網仕様	線径：φ 2.6 材質：ZAST300
フープタイ使用	線径：φ 4.0 材質：ZAST300 (H)
有効高さ (参考)	150mm (D13)

(2) EM フレーム (EMM220)

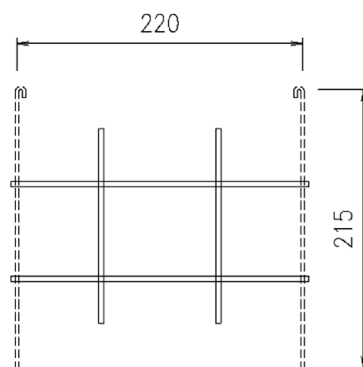


図4-8 EMフレーム (EMM220)

表4-4 EMフレーム (EMM220) 仕様

断面形状	B220 × H210
金網仕様	線径：φ 2.6 材質：ZAST300
フープタイ使用	線径：φ 4.0 材質：ZAST300 (H)
有効高さ (参考)	150mm (D13)

(3) EM アンカー

主鉄筋の上から設置し、EMフレームの固定および新旧モルタルの一体化を図る。

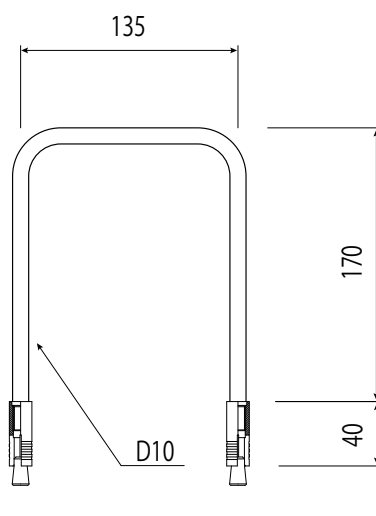


図4-9 EMアンカー

(4) EM-B鉄筋

既設のり枠部を覆うように設置する。

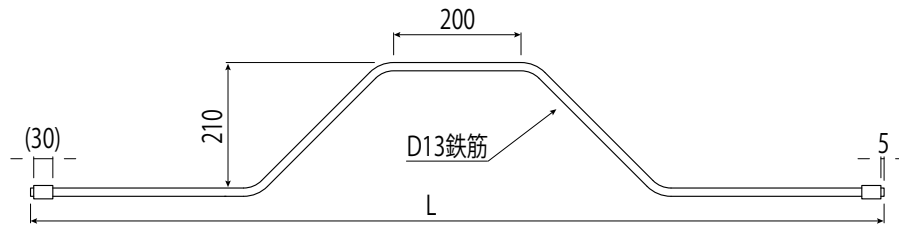


図4-10 EM-B鉄筋

(5) EM-S鉄筋

既設枠内に設置する。

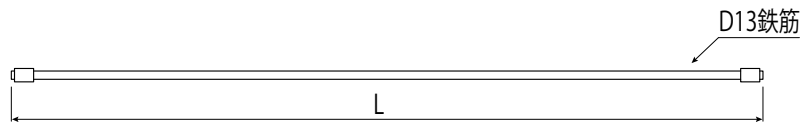


図4-11 EM-S鉄筋

表4-5 EM鉄筋L寸法

縦方向ピッチ (mm)	L寸法 (mm)	
	EM-B鉄筋	EM-S鉄筋
1,200	1,040	880
1,500	1,340	1,180
2,000	1,840	1,680

4.2.3 吹付材

レインフォースフレーム工法に使用する吹付材の配合例を表4-6に示す。とくに本工法では吹付材のダレ防止のため、繊維材（GC1）を混入することを標準とする。

表4-6 繊維補強吹付モルタルの配合例

水セメント比 ¹⁾ (%)	m ³ 当たり			
	水 (kg)	セメント ²⁾ (kg)	細骨材 ³⁾ (kg)	GC1 ⁴⁾ (kg)
60	240	400	1542	3.9

※1) 水セメント比：60%以下を標準とする。

2) セメントの密度：普通ポルトランドセメント 3.15kg/cm³として計算

3) 細骨材の密度：2.6g/cm³として計算

4) 繊維の混入量：0.3体積%（外割り）

5) 空気量：4%として計算

4.3 設計手法

基本的な考え方として、既設フリーフレームが健全であると判断することが前提である。構造物に対処が必要な何らかの現象が生じている場合は、その事象に対しての補修をしたうえで補強対策を検討する。また、既設フリーフレームの諸元を当初の設計資料または健全性調査段階で把握しておくことが重要である。

フリーフレームの部分安全係数（例）は「のり枠工の設計・施工指針（改訂版第3版）」付録表1.3に記載されているが、以下の計算例で使用するので表4-7に引用する。

表4-7 のり枠工の部分安全係数（例）

部分安全係数	材料係数		部材係数		構造解析係数	荷重係数	構造物係数
	モルタル γ^c	鋼材 γ^s	γ^b		γ^a	γ^f	γ^i
終局限界状態	1.30	1.00	曲げ・軸耐力	1.15	1.00	1.20	1.20
			モルタルが負担するせん断耐力	1.30			
			せん断補強筋が負担するせん断耐力	—			
			斜め圧縮破壊耐力	—			

4.3.1 のり枠増厚タイプ

設計方法は、フリーフレーム協会「全訂新版フリーフレーム工法性能照査型による限界状態設計例」6. 限界状態設計法による設計例を参考にする。

のり枠増厚タイプの設計フローを図4-12および図4-13に示す。

① 既設フレームの諸元確認

設計当時の資料もしくは本ガイドライン（案）の詳細調査より得られた結果から、既設フリーフレームの諸元を確認した上で決定（断面形状、鉄筋径、鋼種、有効高さ、コンクリートまたはモルタルの圧縮強度）



② 現フリーフレームにて安定性確認

①で得られた諸元をもとに、詳細調査で得られた土質定数、地層データをもとに安定解析及び安定性評価を実施

⇒安全性が満足できていれば補強対策は実施せず点検継続



③ 想定崩壊条件確認

抑制工として使用できない条件

- ・ のり肩からのり尻に及ぶような崩壊
- ・ のり肩からの直線すべりで崩壊深さが1.5mを超えるような崩壊
- ・ のり中間からの崩壊に対して深さが1.0mを超えるような崩壊

⇒抑制工の場合は④、抑止工の場合は⑤



④ 抑制工で検討

のり枠増厚タイプの諸元をもとに安全性評価を実施

【諸元（標準）】 断面形状：B330×H310

鉄筋 : D10

有効高さ：245mm



⑤ 抑止工で検討

③で抑止工の検討となるもしくは④で補強後の安全率を満足できない場合は抑止工（のり枠増設タイプ）で検討実施

図4-12 のり枠増厚タイプ設計フロー①

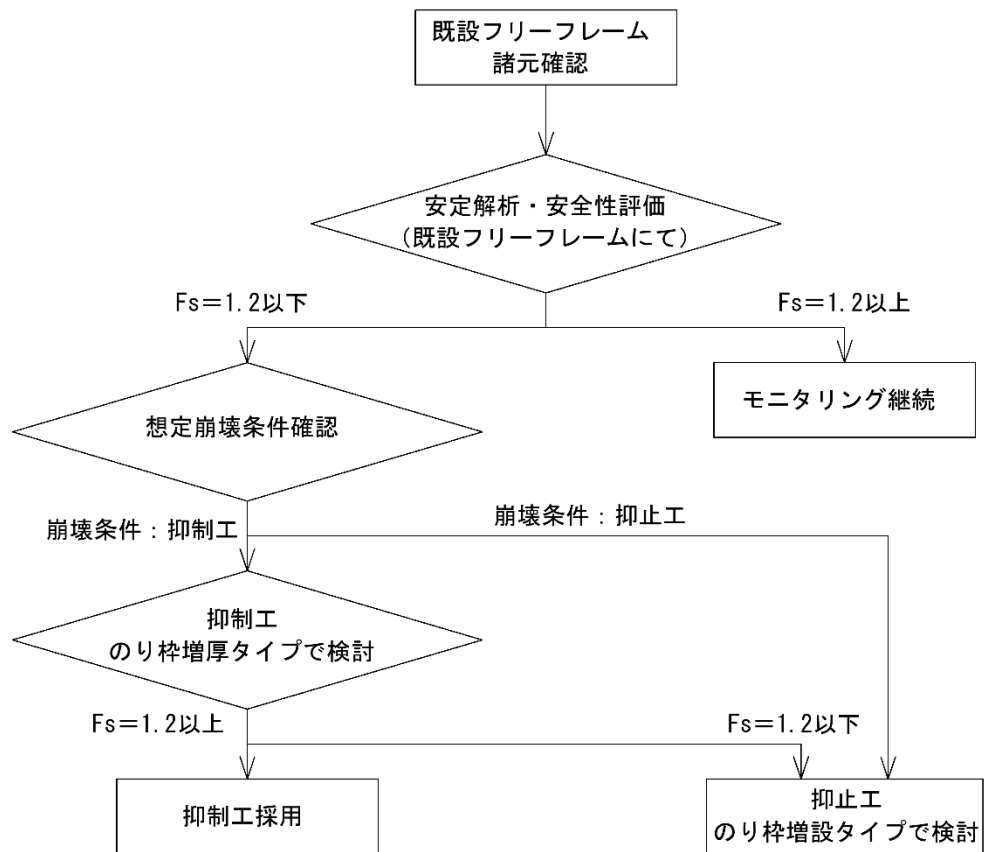


図4-13 のり枠増厚タイプ設計フロー②

4.3.2 のり枠増設タイプ

のり枠増設タイプの設計フローを図4-14に示す。

① 既設フレームの諸元確認

設計当時の資料もしくは本ガイドライン（案）の詳細調査より得られた結果から、既設フリーフレームの諸元を確認、決定（断面形状、枠ピッチ、鉄筋径、鋼種、有効高さ、コンクリートまたはモルタルの圧縮強度）



② ロックボルトの検討

詳細調査で得られた土質定数、地層データをもとに安定解析を実施し、ロックボルトでの補強仕様を決定

※ロックボルトの配置は、既設フリーフレームの枠内中央に打設するため、縦横方向のピッチは①により決まる



③ フリーフレームへの荷重負担の設定

荷重負担するフリーフレームに等分布荷重として作用するものとする（等分布荷重の算出はロックボルト1本当りの荷重を負担するのり枠長で配分する）

作用荷重 : T_d の最大値に荷重係数 $\gamma_f=1.2$ を乗じた値

負担する枠の面積：下図参照

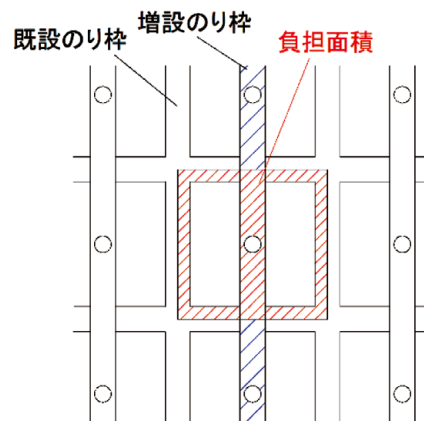


図 負担面積



④ 増設フリーフレームの安全性照査

共用期間中に限界状態に至らないことを照査（曲げ耐力、せん断耐力）

※鉄筋挿入工の場合は終局限界状態について照査



⑤ 既設フリーフレームの安全性照査

共用期間中に限界状態に至らないことを照査（曲げ耐力、せん断耐力）

※鉄筋挿入工の場合は終局限界状態について照査

図4-14 のり枠増設タイプ設計フロー

4.4 設計例

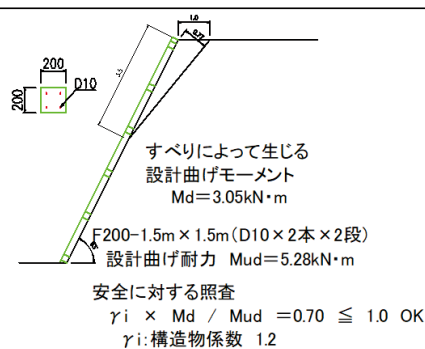
4.4.1 のり枠増厚タイプ

地山の変状による設計の流れ（例）について以下および図4-15に示す。

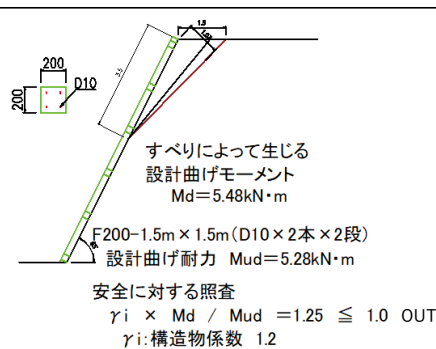
【例】

- ① 当初設計（崩壊長さ3.5m、深さ0.77m（肩から水平距離1.0m））
↓
- ② 地山変状により再検討（崩壊長さ3.5m、深さ1.07（肩から水平距離1.5m））
地山の変状（浸食、風化）により崩壊想定深さが0.77m～1.07mとなる。
↓
- ③ のり枠増厚タイプで再検討（崩壊長さ3.5m、深さ1.07（肩から水平距離1.5m））
当初設計のフリーフレームでは安全性が得られなかったため、のり枠増厚タイプにて検討。

①当初設計（崩壊長さ3.5m、深さ0.77m（肩から水平距離1.0m））



②地山変状により再検討（崩壊長さ3.5m、深さ1.07m（肩から水平距離1.5m））



③のり枠増厚タイプにて検討（崩壊長さ3.5m、深さ1.07m（肩から水平距離1.5m））

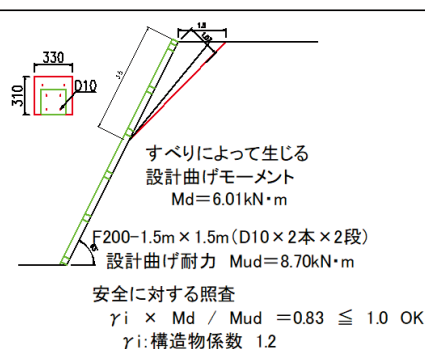
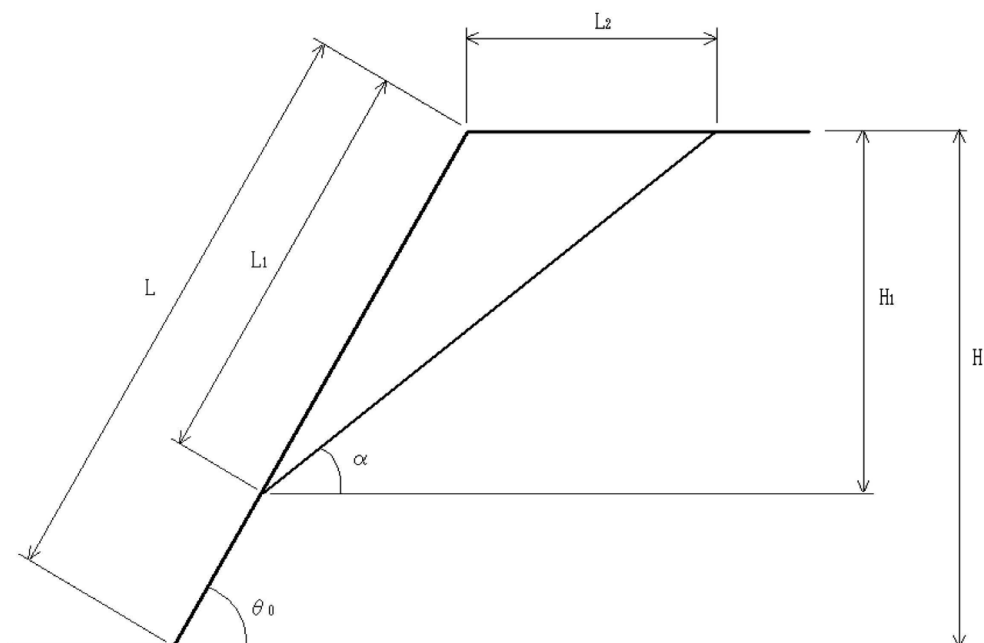


図4-15 設計の流れ（例）

① 当初設計（崩壊長さ 3.5 m、深さ 0.77 m（肩から水平距離 1.0 m））

【既設のり枠設計条件】

- ・ F200-1.5m × 1.5m
- ・ 鉄筋 D10- 2 本- 2 段（SD295）
- ・ 有効高さ 155mm



項目	記号	単位	数値
のり長	L	m	7.827
のり高	H	m	7.000
のり勾配	$1 : n (\theta_0)$	(°)	$1 : 0.50 (63.43)$
崩壊の長さ	L_1	m	3.500
崩壊の高さ	H_1	m	3.130
崩壊の深さ（肩から水平距離）	L_2	m	1.000
崩壊部分に含まれる横枠本数	N	本	3
すべり面勾配	α	°	50.67

単位体積重量

項目	記号	単位	数値
移動土塊（風化岩）	γ_t	kN/m ³	22.0
のり枠（鉄筋モルタル）	γ_c	kN/m ³	23.0
中詰め材（植生基材）	γ_e	kN/m ³	14.0

(1) 枠にかかる重量

縦枠 1 本あたりにかかる重量を横枠 1 スパン分の範囲で算出する。

・ のり枠自体の重量 W_c

縦枠の重量 W_{cy}

$$\begin{aligned} W_{cy} &= L_1 \cdot b_y \cdot h_y \cdot \gamma_c = 3.500 \times 0.200 \times 0.200 \times 23.0 \\ &= 3.22 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

横枠の重量 W_{cx}

$$\begin{aligned} W_{cx} &= (l_x - b_y) \cdot b_x \cdot h_x \cdot N \cdot \gamma_c \\ &= (1.500 - 0.200) \times 0.200 \times 0.200 \times 3 \times 23.0 \\ &= 3.59 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、 W_c は以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} W_c &= W_{cy} + W_{cx} = 3.22 + 3.59 \\ &= 6.81 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 中詰め材の重量 W_e

$$\begin{aligned} W_e &= \{L_1 - (b_x \cdot N)\} \cdot (l_x - b_y) \cdot h_e \cdot \gamma_e \\ &= \{3.500 - (0.200 \times 3)\} \times (1.500 - 0.200) \times 0.100 \times 14.0 \\ &= 5.28 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 移動土塊の重量 W_t

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{L_2 \cdot H_1}{2} \cdot l_x \cdot \gamma_t \\ &= \frac{1.000 \times 3.130}{2} \times 1.500 \times 22.0 \\ &= 51.65 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、縦枠 1 本あたりにかかる崩壊部分の重量（設計荷重） W は、以下のようになる。

$$\begin{aligned} W &= W_c + W_e + W_t \\ &= 6.81 + 5.28 + 51.65 \\ &= 63.74 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(2) 作用荷重

縦枠に作用する荷重 P は、設定荷重 W のすべり面方向の分力に、現状安全率と計画安全率との差分 ΔF_s を乗じたものとする。

$$\begin{aligned} P &= \Delta F_s \cdot W \cdot \sin \alpha \\ &= 0.20 \times 63.74 \times \sin(50.67) \\ &= 9.86 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

のり枠に直角に作用する分力を P_r とし、以下のように計算する。

$$\begin{aligned} P_r &= P \cdot \sin(\theta_0 - \alpha) \\ &= 9.86 \times \sin(63.43 - 50.67) \\ &= 2.18 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(3) 曲げモーメントの算出

縦枠に垂直に作用する分力に対し、枠の応力検討を行う。

荷重の作用位置は、すべり面とのり枠が交差する点から上部1/3の位置とし、交差する点を固定端とした片持ばりとして検討する。

最大曲げモーメント $M_{\max}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{3} \cdot P_r \cdot L_1 \\ &= \frac{1}{3} \times 2.18 \times 3.500 \\ &= 2.54 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(4) 設計荷重を考慮した設計断面力

最大曲げモーメント荷重係数 γ_f を乗じることにより、設計荷重を考慮した断面力を求める。

$$\begin{aligned} M_d &= M_{\max} \times \gamma_f \\ &= 2.54 \times 1.2 \\ &= 3.05 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(5) 曲げモーメントに対する照査

i) 引張鉄筋量の検討

引張鉄筋量の最大値を釣合鉄筋比の75%とし、引張鉄筋比がこれ以下となることを確認する。

$$\begin{aligned} \text{釣合鉄筋比に関する係数} \quad \alpha &= 0.88 - 0.004 \cdot f_{ck} = 0.88 - 0.004 \times 15 \\ &= 0.82 \quad (\alpha \leq 0.68) \therefore \alpha = 0.68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{枠材の終局ひずみ} \quad \varepsilon'_{cu} &= \frac{155 - f_{ck}}{30000} = \frac{155 - 15}{30000} \\ &= 0.0047 \quad (0.0025 \leq \varepsilon'_{cu} \leq 0.0035) \\ &\therefore \varepsilon'_{cu} = 0.0035 \end{aligned}$$

$$\text{枠材の設計圧縮強度} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{15}{1.30} = 11.54 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\text{鉄筋の設計引張降伏強度} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{295}{1.00} = 295 \quad (\text{N/mm}^2)$$

鉄筋比 p は、以下のように計算できる。

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{142.7}{200 \times 155} = 0.00460$$

釣合鉄筋比 p_b は、以下のように計算できる。

$$p_b = \alpha \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \frac{f'_{cd}}{f_{yd}}$$

$$= 0.68 \times \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{295}{200 \times 10^3}} \times \frac{11.54}{295}$$

$$= 0.01871$$

よって、 $p = 0.00460 \leq 0.75 \cdot p_b = 0.01403$ となり、

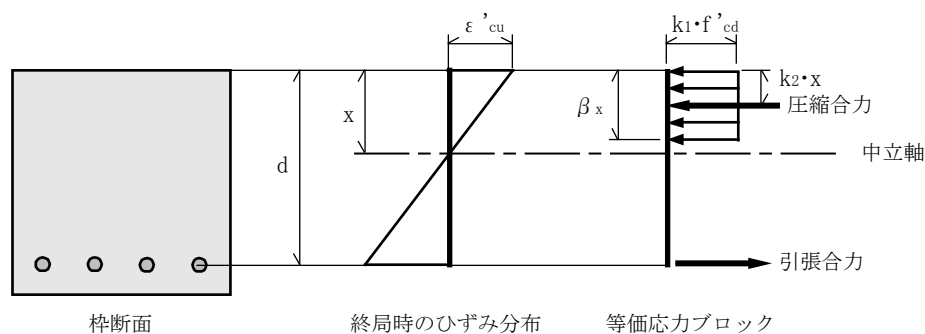
引張鉄筋が先に降伏することになる。・・・OK

ii) 設計曲げ耐力

曲げモーメントを受けるのり枠の設計断面耐力は、以下の仮定に基づいて計算する。

- ・ 維ひずみは、断面の中立軸からの距離に比例する。
- ・ 枠材の引張応力は無視する。
- ・ 枠材および鉄筋の応力－ひずみ曲線は、非線形モデルを用いる。

また、断面のひずみがすべて圧縮とはならないものとし、枠材の圧縮応力度分布を等価応力ブロックとして考える。



曲げ耐力の等価応力ブロックに $\beta = 0.52 + 80 \cdot \varepsilon'_{cu} = 0.52 + 80 \times 0.0035$

関する係数 $= 0.8$

強度の低減係数 $k_1 = 1 - 0.003 \cdot f'_{ck} = 1 - 0.003 \times 15$

$= 0.96 \ (k_1 \leq 0.85) \therefore k_1 = 0.85$

圧縮縁から中立軸までの距離 x に

対する圧縮合力までの距離の比

$$k_2 = \frac{\beta}{2} = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

終局曲げ耐力 M_u は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}
M_u &= b \cdot d^2 \cdot p \cdot f_{yd} \cdot \left(1 - \frac{k_2}{\beta \cdot k_1} \cdot \frac{p \cdot f_{yd}}{f_{cd}}\right) \\
&= 200 \times 155^2 \times 0.00460 \times 295 \times \left(1 - \frac{0.4}{0.8 \times 0.85} \times \frac{0.00460 \times 295}{11.54}\right) \\
&= 6.07 \times 10^6 \text{ (N} \cdot \text{mm)} = 6.07 \text{ (kN} \cdot \text{m)}
\end{aligned}$$

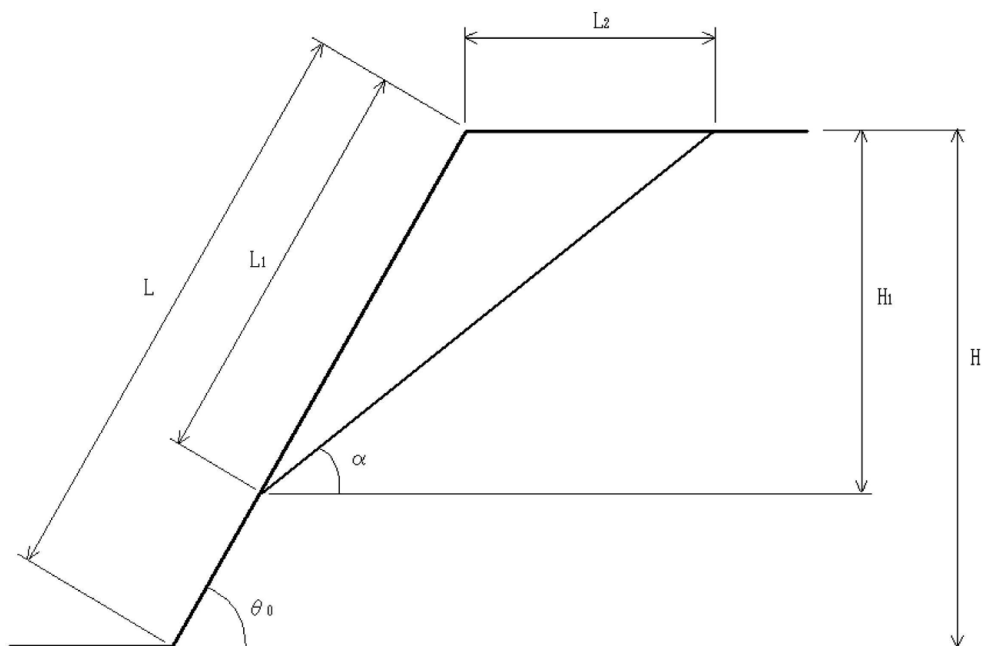
設計曲げ耐力 M_{ud} は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}
M_{ud} &= \frac{M_u}{\gamma_b} = \frac{6.07}{1.15} \\
&= 5.28 \text{ (kN} \cdot \text{m)}
\end{aligned}$$

iii) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{M_d}{M_{ud}} = 1.20 \times \frac{3.05}{5.28} = 0.70 \leq 1.00 \quad \dots \quad \text{OK}$$

② 地山変状により再検討（崩壊長さ 3.5 m、深さ 1.07（肩から水平距離 1.5 m））



項目	記号	単位	数値
のり長	L	m	7.827
のり高	H	m	7.000
のり勾配	1 : n (θ_0)	($^\circ$)	1 : 0.50 (63.43)
崩壊の長さ	L_1	m	3.500
崩壊の高さ	H_1	m	3.130
崩壊の深さ（肩から水平距離）	L_2	m	1.000 $\Rightarrow$ 1.500
崩壊部分に含まれる横枠本数	N	本	3
すべり面勾配	α	$^\circ$	50.67 $\Rightarrow$ 45.60

(1) 枠にかかる重量

縦枠 1 本あたりにかかる重量を横枠 1 スパン分の範囲で算出する。

・ のり枠自体の重量 W_c

縦枠の重量 W_{cy}

$$\begin{aligned} W_{cy} &= L_1 \cdot b_y \cdot h_y \cdot \gamma_c = 3.500 \times 0.200 \times 0.200 \times 23.0 \\ &= 3.22 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

横枠の重量 W_{cx}

$$\begin{aligned} W_{cx} &= (l_x - b_y) \cdot b_x \cdot h_x \cdot N \cdot \gamma_c \\ &= (1.500 - 0.200) \times 0.200 \times 0.200 \times 3 \times 23.0 \\ &= 3.59 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、 W_c は以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} W_c &= W_{cy} + W_{cx} = 3.22 + 3.59 \\ &= 6.81 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 中詰め材の重量 W_e

$$\begin{aligned} W_e &= \{L_1 - (b_x \cdot N)\} \cdot (l_x - b_y) \cdot h_e \cdot \gamma_e \\ &= \{3.500 - (0.200 \times 3)\} \times (1.500 - 0.200) \times 0.100 \times 14.0 \\ &= 5.28 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 移動土塊の重量 W_t

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{L_2 \cdot H_1}{2} \cdot l_x \cdot \gamma_t \\ &= \frac{1.500 \times 3.130}{2} \times 1.500 \times 22.0 \\ &= 77.47 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、縦枠 1 本当たりにかかる崩壊部分の重量（設計荷重） W は、以下のようになる。

$$\begin{aligned} W &= W_c + W_e + W_t \\ &= 6.81 + 5.28 + 77.47 \\ &= 89.56 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(2) 作用荷重

縦枠に作用する荷重 P は、設定荷重 W のすべり面方向の分力に、現状安全率と計画安全率との差分 ΔF_s を乗じたものとする。

$$\begin{aligned} P &= \Delta F_s \cdot W \cdot \sin \alpha \\ &= 0.20 \times 89.56 \times \sin(45.60) \\ &= 12.80 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

のり枠に直角に作用する分力を P_r とし、以下のように計算する。

$$\begin{aligned} P_r &= P \cdot \sin(\theta_0 - \alpha) \\ &= 12.80 \times \sin(63.43 - 45.60) \\ &= 3.92 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(3) 曲げモーメントの算出

縦枠に垂直に作用する分力に対し、枠の応力検討を行う。

荷重の作用位置は、すべり面とのり枠が交差する点から上部 1 / 3 の位置とし、交差する点を固定端とした片持ばりとして検討する。

最大曲げモーメント $M_{\max}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{3} \cdot P_r \cdot L_1 \\ &= \frac{1}{3} \times 3.92 \times 3.500 \\ &= 4.57 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(4) 設計荷重を考慮した設計断面力

最大曲げモーメント荷重係数 γ_f を乗じることにより、設計荷重を考慮した断面力を求める。

$$\begin{aligned} M_d &= M_{\max} \times \gamma_f \\ &= 4.57 \times 1.2 \\ &= 5.48 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(5) 曲げモーメントに対する照査

i) 引張鉄筋量の検討

「①当初設計一崩壊深さ 1.0m」と同じなので省略

ii) 設計曲げ耐力

「①当初設計一崩壊深さ 1.0m」と同じなので省略

iii) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{M_d}{M_{ud}} = 1.20 \times \frac{5.48}{5.28} = 1.25 \leq 1.00 \quad \dots \quad \text{OUT}$$

③ のり枠増厚タイプにて検討

【のり枠増厚タイプ設計条件】

- ・ TM300 (B330 × H310) -1.5m × 1.5m
- ・ 鉄筋 D10-2 本-2 段 (SD295)
- ・ 有効高さ 245mm

(1) 枠にかかる重量

縦枠 1 本あたりにかかる重量を横枠 1 スパン分の範囲で算出する。

・ のり枠自体の重量 W_c

縦枠の重量 W_{cy}

$$\begin{aligned} W_{cy} &= L_1 \cdot b_y \cdot h_y \cdot \gamma_c = 3.500 \times 0.330 \times 0.310 \times 23.0 \\ &= 8.24 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

横枠の重量 W_{cx}

$$\begin{aligned} W_{cx} &= (l_x - b_y) \cdot b_x \cdot h_x \cdot N \cdot \gamma_c \\ &= (1.500 - 0.330) \times 0.330 \times 0.310 \times 3 \times 23.0 \\ &= 8.26 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、 W_c は以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} W_c &= W_{cy} + W_{cx} = 8.24 + 8.26 \\ &= 16.50 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 中詰め材の重量 W_e

$$\begin{aligned} W_e &= \{L_1 - (b_x \cdot N)\} \cdot (l_x - b_y) \cdot h_e \cdot \gamma_e \\ &= \{3.500 - (0.330 \times 3)\} \times (1.500 - 0.330) \times 0.100 \times 14.0 \\ &= 4.11 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

・ 移動土塊の重量 W_t

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{L_2 \cdot H_1}{2} \cdot l_x \cdot \gamma_t \\ &= \frac{1.500 \times 3.130}{2} \times 1.500 \times 22.0 \\ &= 77.47 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

よって、縦枠 1 本当たりにかかる崩壊部分の重量（設計荷重） W は、以下のようになる。

$$\begin{aligned} W &= W_c + W_e + W_t \\ &= 16.50 + 4.11 + 77.47 \\ &= 98.08 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(2) 作用荷重

縦枠に作用する荷重 P は、設定荷重 W のすべり面方向の分力に、現状安全率と計画安全率との差分 ΔF_s を乗じたものとする。

$$\begin{aligned} P &= \Delta F_s \cdot W \cdot \sin \alpha \\ &= 0.20 \times 98.08 \times \sin(45.60) \\ &= 14.02 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

のり枠に直角に作用する分力を P_r とし、以下のように計算する。

$$\begin{aligned} P_r &= P \cdot \sin(\theta_0 - \alpha) \\ &= 14.02 \times \sin(63.43 - 45.60) \\ &= 4.29 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(3) 曲げモーメントの算出

縦枠に垂直に作用する分力に対し、枠の応力検討を行う。

荷重の作用位置は、すべり面とのり枠が交差する点から上部 1 / 3 の位置とし、交差する点を固定端とした片持ばりとして検討する。

最大曲げモーメント $M_{\max}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{3} \cdot P_r \cdot L_1 \\ &= \frac{1}{3} \times 4.29 \times 3.500 \\ &= 5.01 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(4) 設計荷重を考慮した設計断面力

最大曲げモーメント荷重係数 γ_f を乗じることにより、設計荷重を考慮した断面力を求める。

$$\begin{aligned} M_d &= M_{\max} \times \gamma_f \\ &= 5.01 \times 1.2 \\ &= 6.01 \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

(5) 曲げモーメントに対する照査

i) 引張鉄筋量の検討

引張鉄筋量の最大値を釣合鉄筋比の 75% とし、引張鉄筋比がこれ以下となることを確認する。

$$\begin{aligned} \text{釣合鉄筋比に関する係数} \quad \alpha &= 0.88 - 0.004 \cdot f_{ck} = 0.88 - 0.004 \times 15 \\ &= 0.82 \quad (\alpha \leq 0.68) \therefore \alpha = 0.68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{枠材の終局ひずみ} \quad \varepsilon'_{cu} &= \frac{155 - f_{ck}}{30000} = \frac{155 - 15}{30000} \\ &= 0.0047 \quad (0.0025 \leq \varepsilon'_{cu} \leq 0.0035) \\ &\therefore \varepsilon'_{cu} = 0.0035 \end{aligned}$$

$$\text{枠材の設計圧縮強度} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{15}{1.30} = 11.54 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\text{鉄筋の設計引張降伏強度} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{295}{1.00} = 295 \quad (\text{N/mm}^2)$$

鉄筋比 p は、以下のように計算できる。

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{142.7}{330 \times 245} = 0.00176$$

釣合鉄筋比 p_b は、以下のように計算できる。

$$p_b = \alpha \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \frac{f'_{cd}}{f_{yd}}$$

$$= 0.68 \times \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{295}{200 \times 10^3}} \times \frac{11.54}{295}$$

$$= 0.01871$$

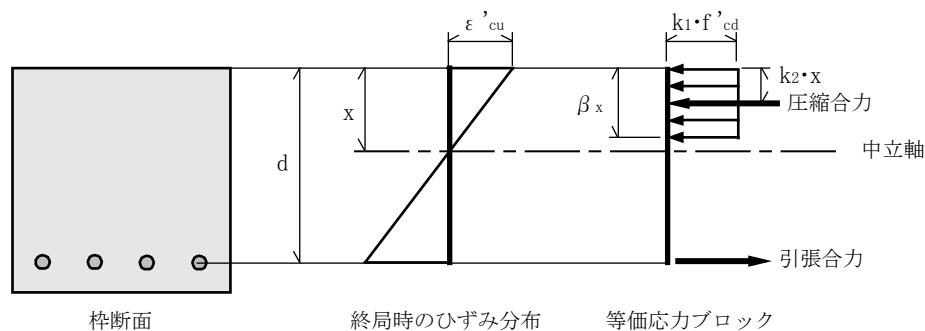
よって、 $p = 0.00176 \leq 0.75 \cdot p_b = 0.01403$ となり、
引張鉄筋が先に降伏することになる。・・・OK

ii) 設計曲げ耐力

曲げモーメントを受けるのり枠の設計断面耐力は、以下の仮定に基づいて計算する。

- ・ 歪みは、断面の中立軸からの距離に比例する。
- ・ 枠材の引張応力は無視する。
- ・ 枠材および鉄筋の応力-歪み曲線は、非線形モデルを用いる。

また、断面の歪みがすべて圧縮とはならないものとし、枠材の圧縮応力度分布を等価応力ブロックとして考えて計算する。



曲げ耐力の等価応力ブロックに関する係数

$$\beta = 0.52 + 80 \cdot \varepsilon'_{cu} = 0.52 + 80 \times 0.0035 = 0.8$$

強度の低減係数

$$k_1 = 1 - 0.003 \cdot f'_{ck} = 1 - 0.003 \times 15 = 0.96 \quad (k_1 \leq 0.85) \therefore k_1 = 0.85$$

圧縮縁から中立軸までの距離 x に対する圧縮合力までの距離の比

$$k_2 = \frac{\beta}{2} = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

終局曲げ耐力 M_u は、以下のように計算できる。

表4－8 抑止可能な崩壊規模 (m)

法枠タイプ	F200	増厚TM300	対応範囲	F200	増厚TM300	対応範囲	F200	増厚TM300	対応範囲
枠スパン	1.2×1.2			1.5×1.2			1.5×1.5		
勾配	深さ (D)			深さ (D)			深さ (D)		
すべり長さ (L)	5	0.91	1.13	0.22	0.81	1.00	0.19	0.81	1.01
1:0.3	10	0.61	0.73	0.12	0.53	0.65	0.12	0.54	0.66
	15	0.47	0.57	0.10	0.42	0.50	0.08	0.42	0.51
	5	0.93	1.15	0.22	0.82	1.02	0.20	0.83	1.03
1:0.4	10	0.62	0.75	0.13	0.54	0.66	0.12	0.55	0.67
	15	0.48	0.58	0.10	0.42	0.51	0.09	0.43	0.52
	5	0.95	1.18	0.23	0.84	1.05	0.21	0.85	1.06
1:0.5	10	0.63	0.77	0.14	0.56	0.68	0.12	0.56	0.69
	15	0.49	0.59	0.10	0.43	0.52	0.09	0.44	0.53
	5	0.98	1.22	0.24	0.86	1.08	0.22	0.87	1.09
1:0.6	10	0.65	0.79	0.14	0.57	0.70	0.13	0.58	0.71
	15	0.51	0.61	0.10	0.45	0.54	0.09	0.45	0.55
	5	1.00	1.26	0.26	0.89	1.11	0.22	0.89	1.12
1:0.7	10	0.67	0.82	0.15	0.59	0.72	0.13	0.59	0.73
	15	0.52	0.63	0.11	0.46	0.55	0.09	0.46	0.56
	5	1.04	1.30	0.26	0.92	1.15	0.23	0.92	1.16
1:0.8	10	0.69	0.84	0.15	0.61	0.74	0.13	0.61	0.75
	15	0.54	0.65	0.11	0.47	0.57	0.10	0.48	0.58
	5	1.07	1.34	0.27	0.94	1.19	0.25	0.95	1.19
1:0.9	10	0.71	0.87	0.16	0.63	0.77	0.14	0.63	0.78
	15	0.56	0.67	0.11	0.49	0.59	0.10	0.49	0.60
	5	1.10	1.39	0.29	0.97	1.23	0.26	0.98	1.23
1:1.0	10	0.73	0.90	0.17	0.64	0.79	0.15	0.65	0.80
	15	0.57	0.69	0.12	0.50	0.61	0.11	0.51	0.62

【設計条件】

鉄筋：D10 (SD295) 2本×2段

モルタル圧縮強度：15N/mm²

単位堆積重量

表層：18kN/m²枠内 (植生基材)：14kN/m² (t=10cm)鉄筋モルタル：23kN/m²

【増厚条件】

梁断面B×H = 330×310

有効高さ d = 245

4.4.2 のり枠増設タイプ

地山の変状（風化、浸食）で、当初設計のフリーフレームおよびのり枠増厚タイプでも安全性が確保できなくなったため、ロックボルト併用ののり枠増設タイプにて検討することとする。

【既設フレームの諸元】

- ・ F200-1.5m × 1.5m
- ・ 鉄筋 D10-2本-2段 (SD295)
- ・ 有効高さ 155mm
- ・ コンクリートまたはモルタルの圧縮強度 $f'_{ck} = 15\text{N/mm}^2$

【のり枠増設タイプの諸元】

- ・ EM200 (B220 × H200) -1.5m × 1.5m
- ・ 鉄筋 D13-2本-2段 (SD345)
- ・ 有効高さ 150mm

【ロックボルトの検討】

終局限界状態において、フリーフレームの設計断面力の算定に用いる設計荷重は、作用荷重に荷重係数を乗じて求める。

補強材 D19 (SD345)

作用荷重 $T_d = 35.302\text{kN/本}$

設計荷重 $P_d = \gamma_f \times T_d = 1.2 \times 35.302 = 42.038\text{kN}$

(1) 枠にかかる荷重

枠にかかる荷重は、増設のり枠および既設のり枠の斜線部に等分布荷重として作用するものとして、補強材1本当りの荷重を配分するものとする（図4-17）。

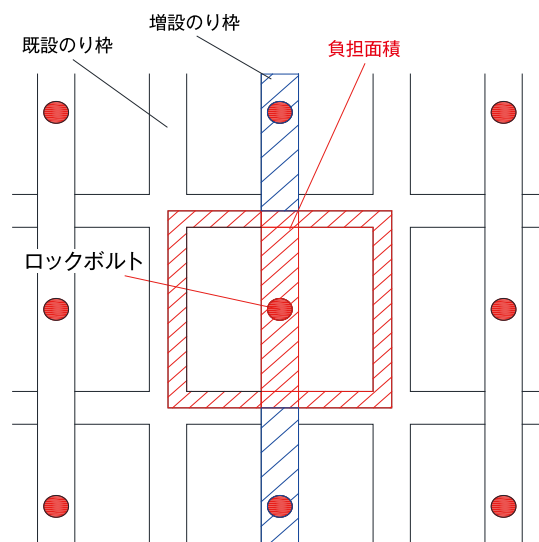


図4-17 ロックボルト1本当りの負担面積

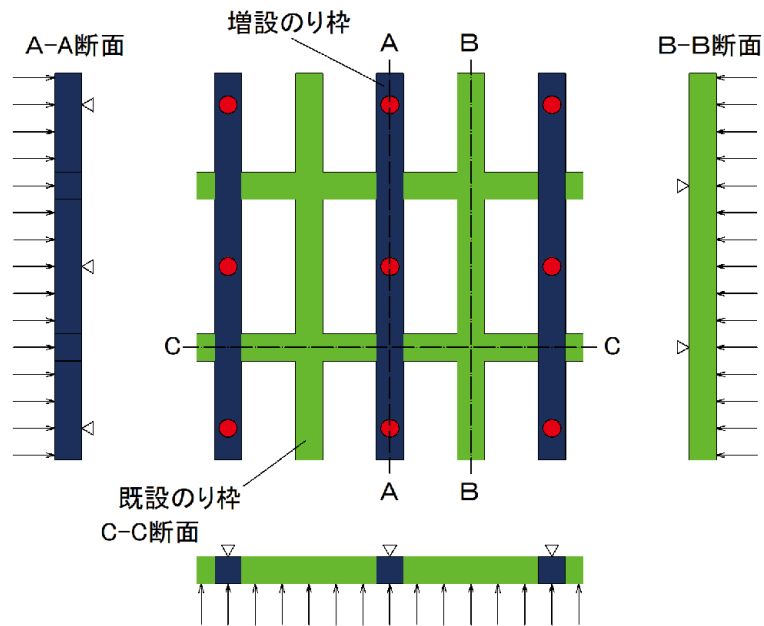


図 4-18 作用荷重

i) 負担面積

補強材 1 本当りの荷重負担する面積 A は、のり枠増設部面積 A_1 と既設のり枠部面積 A_2 を合わせたものとなる。

のり枠増設部面積 A_1

$$A_1 = b_1 \times (l_1 - b_2 / 2 \times 2) = 0.22 \times (1.5 - 0.2 / 2 \times 2) \\ = 0.286 \text{ (m}^2\text{)}$$

既設のり枠部面積 A_2

$$A_2 = (l_1 \times l_2) - (\text{枠内面積}) \\ = (1.5 \times 1.5) - (1.3 \times 1.3) \\ = 0.56 \text{ (m}^2\text{)}$$

よって

$$A = A_1 + A_2 \\ = 0.286 + 0.56 \\ = 0.846 \text{ (m}^2\text{)}$$

ii) 単位面積当たりの等分布荷重 w_1 (kN/m²)

$$w_1 = \frac{Pd}{A} = \frac{42.038}{0.846} \\ = 49.690 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

iii) 増設部にかかる枠幅当たりの等分布荷重 w_2 (kN/m)

$$w_2 = w_1 \times \text{増設部枠幅} \\ = 49.690 \times 0.22 \\ = 10.94 \text{ (kN/m)}$$

iv) 既設のり枠部にかかる枠幅当りの等分布荷重 w_3 (kN/m)

$$\begin{aligned}w_3 &= w_1 \times \text{既設部枠幅} \\&= 49.690 \times 0.2 \\&= 9.94 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$

(2) 曲げモーメント・せん断力の算出

増設部および既設部は図4-18に示すように、枠に等分布荷重として作用する単純針として計算する。

i) 増設部の最大曲げモーメント・最大せん断力

$$\begin{aligned}M_{\max} &= \frac{1}{8} \cdot w_2 \cdot l_1^2 \\&= \frac{1}{8} \times 10.96 \times 1.500^2 \\&= 3.08 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\S_{\max} &= \frac{1}{2} \cdot w_2 \cdot l_1 \\&= \frac{1}{2} \times 10.96 \times 1.500 \\&= 8.21 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ii) 既設部の最大曲げモーメント・最大せん断力

$$\begin{aligned}M_{\max} &= \frac{1}{8} \cdot w_3 \cdot l_1^2 \\&= \frac{1}{8} \times 9.94 \times 1.500^2 \\&= 2.80 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\S_{\max} &= \frac{1}{2} \cdot w_3 \cdot l_1 \\&= \frac{1}{2} \times 9.94 \times 1.500 \\&= 7.46 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

増設部および既設部に作用する応力は表4-9となる。

表4-9 検討位置での応力

検討位置	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
増設部	3.08	8.22
既設部	2.80	7.46

(3) 曲げモーメントに対する照査 (増設部)

i) 引張鉄筋量の検討

引張鉄筋量の最大値を釣合鉄筋比の75%とし、引張鉄筋比がこれ以下となることを確認する。

$$\begin{aligned}\text{釣合鉄筋比に関する係数} \quad \alpha &= 0.88 - 0.004 \cdot f_{ck} = 0.88 - 0.004 \times 18 \\ &= 0.81 \quad (\alpha \leq 0.68) \therefore \alpha = 0.68\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{枠材の終局ひずみ} \quad \varepsilon'_{cu} &= \frac{155 - f_{ck}}{30000} = \frac{155 - 18}{30000} \\ &= 0.0046 \quad (0.0025 \leq \varepsilon'_{cu} \leq 0.0035) \\ &\therefore \varepsilon'_{cu} = 0.0035\end{aligned}$$

$$\text{枠材の設計圧縮強度} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{18}{1.30} = 13.85 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{鉄筋の設計引張降伏強度} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{345}{1.00} = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

鉄筋比 p は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}p &= \frac{A_s}{b_l \cdot d} = \frac{253.4}{220 \times 150} \\ &= 0.00768\end{aligned}$$

釣合鉄筋比 p_b は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}p_b &= \alpha \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ &= 0.68 \times \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{345}{200 \times 10^3}} \times \frac{13.85}{345} \\ &= 0.01829\end{aligned}$$

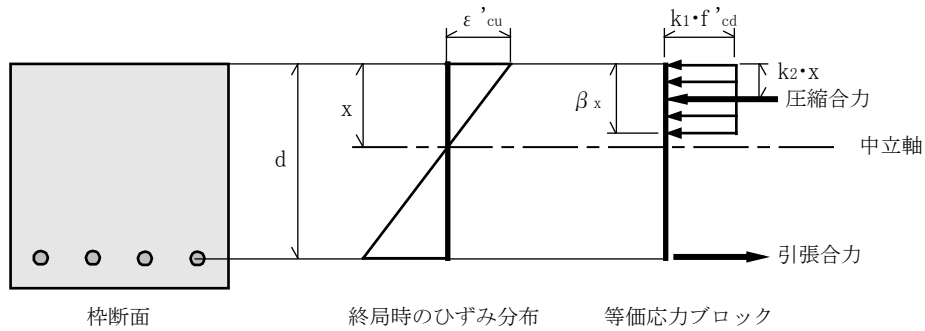
よって、 $p = 0.00768 \leq 0.75 \cdot p_b = 0.01371$ となり、
引張鉄筋が先に降伏することになる。・・・OK

ii) 設計曲げ耐力

曲げモーメントを受けるのり枠の設計断面耐力は、以下の仮定に基づいて計算する。

- ・ 維ひずみは、断面の中立軸からの距離に比例する。
- ・ 枠材の引張応力は無視する。
- ・ 枠材および鉄筋の応力-ひずみ曲線は、非線形モデルを用いる。

また、断面のひずみがすべて圧縮とはならないものとし、枠材の圧縮応力度分布を等価応力ブロックとして考えて計算する。



曲げ耐力の等価応力ブロックに関する係数

$$\beta = 0.52 + 80 \cdot \varepsilon'_{cu} = 0.52 + 80 \times 0.0035 = 0.8$$

強度の低減係数

$$k_1 = 1 - 0.003 \cdot f_{ck} = 1 - 0.003 \times 18 = 0.95 \quad (k_1 \leq 0.85) \therefore k_1 = 0.85$$

圧縮縁から中立軸までの距離 x に対する圧縮合力までの距離の比

$$k_2 = \frac{\beta}{2} = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

終局曲げ耐力 M_u は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}
 M_u &= b_1 \cdot d_2 \cdot p \cdot f_{yd} \cdot \left(1 - \frac{k_2}{\beta \cdot k_1} \cdot \frac{p \cdot f_{yd}}{f_{cd}} \right) \\
 &= 220 \times 150^2 \times 0.00768 \times 345 \times \left(1 - \frac{0.4}{0.8 \times 0.85} \times \frac{0.00768 \times 345}{13.85} \right) \\
 &= 11.64 \times 10^6 \text{ (N} \cdot \text{mm)} = 11.64 \text{ (kN} \cdot \text{m)}
 \end{aligned}$$

設計曲げ耐力 M_{ud} は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}
 M_{ud} &= \frac{M_u}{\gamma_b} = \frac{11.64}{1.15} \\
 &= 10.12 \text{ (kN} \cdot \text{m)}
 \end{aligned}$$

iii) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{M_d}{M_{ud}} = 1.20 \times \frac{3.08}{10.12} = 0.37 \leq 1.00 \quad \dots \quad \text{OK}$$

(4) セン断力に対する照査 (増設部)

のり枠の安全性能の照査として、せん断に対して検討する必要がある。

ここでは、せん断力が作用することによって、断面破壊の終局限界状態に至らないことを確認する。

i) 枠材が負担する設計せん断耐力

枠材のせん断強度

$$\begin{aligned}
 f_{vcd} &= 0.20 \cdot \sqrt[3]{f'_{cd}} = 0.20 \times \sqrt[3]{13.85} \\
 &= 0.48 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (f_{vcd} \leq 0.72)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{せん断耐力の有効高さに関する係数} \quad \beta_d &= \sqrt[4]{1000/d} = \sqrt[4]{1000/150} \\ &= 1.61 (\beta_d \leq 1.5) \therefore \beta_d = 1.5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{せん断耐力の軸方向鉄筋比に関する係数} \quad \beta_p &= \sqrt[3]{100 \cdot p} = \sqrt[3]{100 \times 0.00768} \\ &= 0.92 (\beta_p \leq 1.5)\end{aligned}$$

せん断耐力の軸方向力に関する係数 $\beta_n = 1.00$ (のり枠では軸方向力は作用しない)
 枠材が負担する設計せん断耐力 V_{cd} は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}V_{cd} &= \frac{\beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_1 \cdot d}{\gamma_b} \\ &= \frac{1.5 \times 0.92 \times 1.00 \times 0.48 \times 220 \times 150}{1.30} \\ &= 16.82 \times 10^3 \text{ (N)} = 16.82 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ii) せん断補強筋が負担する設計せん断耐力

せん断補強筋を配置しないので、 $V_{sd} = 0.0$ (kN) とする。

iii) 設計せん断耐力

設計せん断耐力 V_{yd} は、枠材が負担する設計せん断耐力に、せん断補強筋が負担する設計せん断耐力を合わせたものであるから、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}V_{yd} &= V_{cd} + V_{sd} = 16.82 + 0.00 \\ &= 16.82 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

iv) 枠材腹部の設計斜め圧縮破壊耐力の検討

せん断補強筋を配置しないので、枠材腹部の設計斜め圧縮破壊耐力の検討は省略する。

v) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{V_d}{V_{yd}} = 1.20 \times \frac{8.21}{16.82} = 0.59 \leq 1.00 \quad \dots \quad \text{OK}$$

(5) 曲げモーメントに対する照査 (既設部)

i) 引張鉄筋量の検討

引張鉄筋量の最大値を釣合鉄筋比の75%とし、引張鉄筋比がこれ以下となることを確認する。

$$\begin{aligned}\text{釣合鉄筋比に関する係数} \quad \alpha &= 0.88 - 0.004 \cdot f'_{ck} = 0.88 - 0.004 \times 15 \\ &= 0.82 (\alpha \leq 0.68) \therefore \alpha = 0.68\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{枠材の終局ひずみ} \quad \varepsilon'_{cu} &= \frac{155 - f'_{ck}}{30000} = \frac{155 - 15}{30000} \\ &= 0.0047 (0.0025 \leq \varepsilon'_{cu} \leq 0.0035) \\ &\therefore \varepsilon'_{cu} = 0.0035\end{aligned}$$

$$\text{枠材の設計圧縮強度} \quad f'_{cd} = \frac{f'_{ck}}{\gamma_c} = \frac{15}{1.30} = 11.54 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{鉄筋の設計引張降伏強度} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{295}{1.00} = 295 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

鉄筋比 p は、以下のように計算できる。

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{142.7}{200 \times 155} = 0.0046$$

釣合鉄筋比 p_b は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} p_b &= \alpha \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \frac{f'_{cd}}{f_{yd}} \\ &= 0.68 \times \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{295}{200 \times 10^3}} \times \frac{11.54}{295} \\ &= 0.01871 \end{aligned}$$

よって、 $p = 0.0046 \leq 0.75 \cdot p_b = 0.01403$ となり、

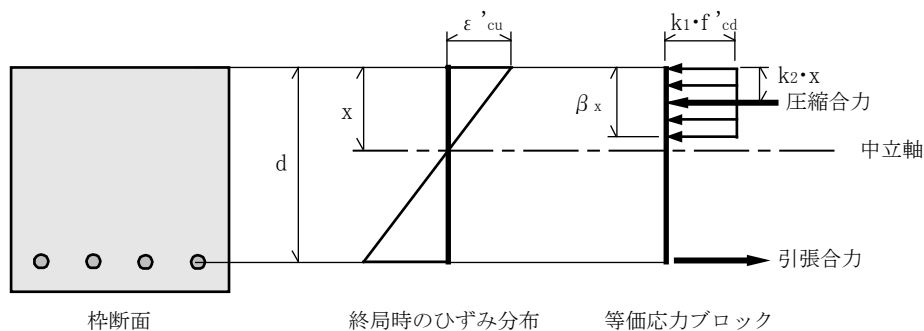
引張鉄筋が先に降伏することになる。・・・OK

ii) 設計曲げ耐力

曲げモーメントを受けるのり枠の設計断面耐力は、以下の仮定に基づいて計算する。

- ・ 維ひずみは、断面の中立軸からの距離に比例する。
- ・ 枠材の引張応力は無視する。
- ・ 枠材および鉄筋の応力－ひずみ曲線は、非線形モデルを用いる。

また、断面のひずみがすべて圧縮とはならないものとし、枠材の圧縮応力度分布を等価応力ブロックとして考えて計算する。



$$\text{曲げ耐力の等価応力ブロックに} \quad \beta = 0.52 + 80 \cdot \varepsilon'_{cu} = 0.52 + 80 \times 0.0035$$

$$\text{関する係数} \quad = 0.8$$

$$\text{強度の低減係数} \quad k_1 = 1 - 0.003 \cdot f'_{ck} = 1 - 0.003 \times 15$$

$$= 0.96 \quad (k_1 \leq 0.85) \therefore k_1 = 0.85$$

圧縮縁から中立軸までの距離 x に

対する圧縮合力までの距離の比

$$k_2 = \frac{\beta}{2} = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

終局曲げ耐力 M_u は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} M_u &= b_2 \cdot d_2 \cdot p \cdot f_{yd} \cdot \left(1 - \frac{k_2}{\beta \cdot k_1} \cdot \frac{p \cdot f_{yd}}{f_{cd}} \right) \\ &= 200 \times 155^2 \times 0.0046 \times 295 \times \left(1 - (0.4 / 0.8 \times 0.85) \times (0.0046 \times 295 / 11.54) \right) \\ &= 6.07 \times 10^6 \text{ (N} \cdot \text{mm)} = 6.07 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

設計曲げ耐力 M_{ud} は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} M_{ud} &= \frac{M_u}{\gamma_b} = \frac{6.07}{1.15} \\ &= 5.28 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

iii) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{M_d}{M_{ud}} = 1.20 \times \frac{2.80}{5.28} = 0.64 \leq 1.00 \quad \dots \quad \text{OK}$$

(6) セン断力に対する照査 (既設部)

のり枠の安全性能の照査として、せん断に対して検討する必要がある。

ここでは、せん断力が作用することによって、断面破壊の終局限界状態に至らないことを確認する。

i) 枠材が負担する設計せん断耐力

$$\begin{aligned} \text{枠材のせん断強度} \quad f_{vcd} &= 0.20 \cdot \sqrt[3]{f_{cd}} = 0.20 \times \sqrt[3]{11.54} \\ &= 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (f_{vcd} \leq 0.72) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断耐力の有効高さに関する係数} \quad \beta_d &= \sqrt[4]{1000/d} = \sqrt[4]{1000/155} \\ &= 1.59 \quad (\beta_d \leq 1.5) \therefore \beta_d = 1.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断耐力の軸方向鉄筋比に関する係数} \quad \beta_p &= \sqrt[3]{100 \cdot p} = \sqrt[3]{100 \times 0.0046} \\ &= 0.77 \quad (\beta_p \leq 1.5) \end{aligned}$$

せん断耐力の軸方向力に関する係数 $\beta_n = 1.00$ (のり枠では軸方向力は作用しない)

枠材が負担する設計せん断耐力 V_{cd} は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} V_{cd} &= \frac{\beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_2 \cdot d}{\gamma_b} \\ &= \frac{1.5 \times 0.77 \times 1.00 \times 0.45 \times 200 \times 155}{1.30} \\ &= 12.39 \times 10^3 \text{ (N)} = 12.39 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ii) せん断補強筋が負担する設計せん断耐力

せん断補強筋を配置しないので、 $V_{sd} = 0.0$ (kN) とする。

iii) 設計せん断耐力

設計せん断耐力 V_{yd} は、枠材が負担する設計せん断耐力に、せん断補強筋が負担する設計せん断耐力を合わせたものであるから、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} V_{yd} &= V_{cd} + V_{sd} = 12.39 + 0.00 \\ &= 12.39 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

iv) 枠材腹部の設計斜め圧縮破壊耐力の検討

せん断補強筋を配置しないので、枠材腹部の設計斜め圧縮破壊耐力の検討は省略する。

v) 安全性の照査

$$\gamma_i \cdot \frac{V_d}{V_{yd}} = 1.20 \times \frac{7.46}{12.39} = 0.72 \leq 1.00 \quad \cdots \quad \text{OK}$$

4.5 施工手順

4.5.1 のり枠増厚タイプ

のり枠増厚タイプの標準施工フローを図4-19に示す。

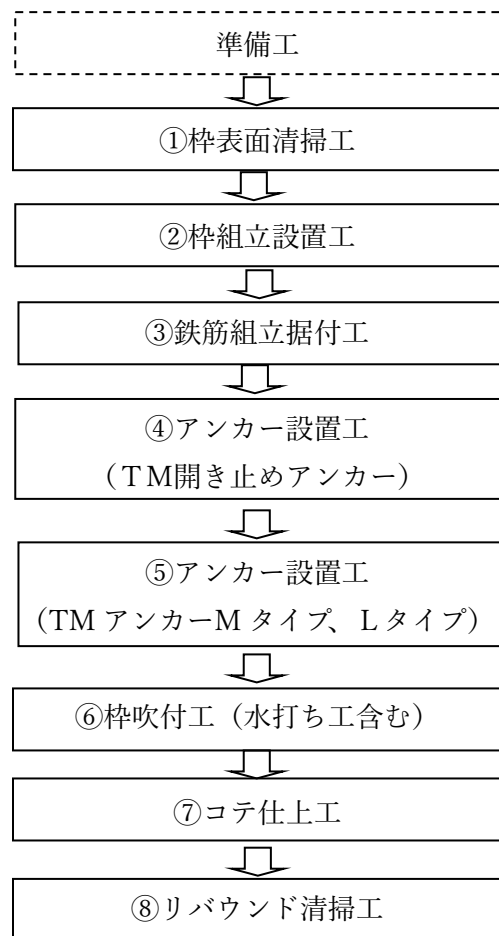


図4-19 のり枠増厚タイプ施工フロー

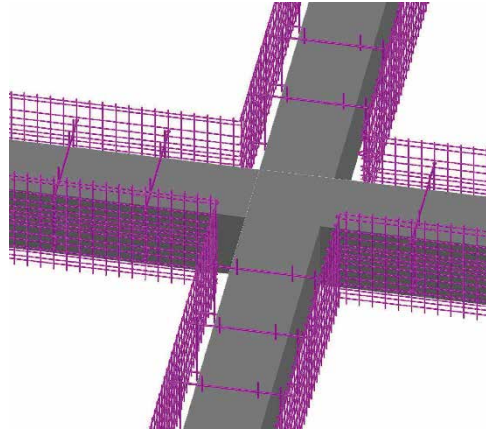
のり枠増厚タイプの施工方法を以下に示す。

① 枠表面清掃工

圧縮空気、高圧水などを用いて、枠表面の異物を除去および清掃する。

② 枠組立設置工

既設フリーフレームに被せるようにTMフレームを設置する。

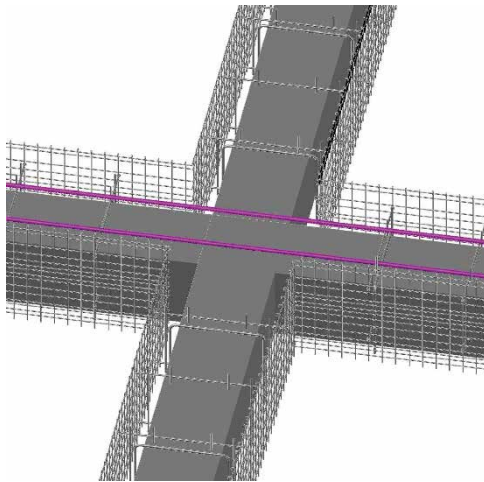


TMフレーム設置

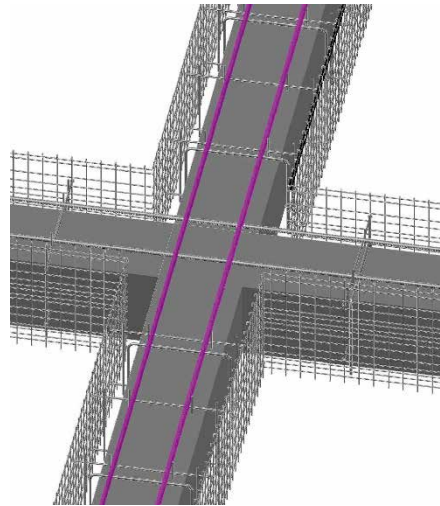
③ 鉄筋組立据付工

i) 横方向鉄筋をTMフレーム上部フープタイに配置し結束する。

ii) 縦方向鉄筋を横方向鉄筋の上側に交差するように配置し結束する。



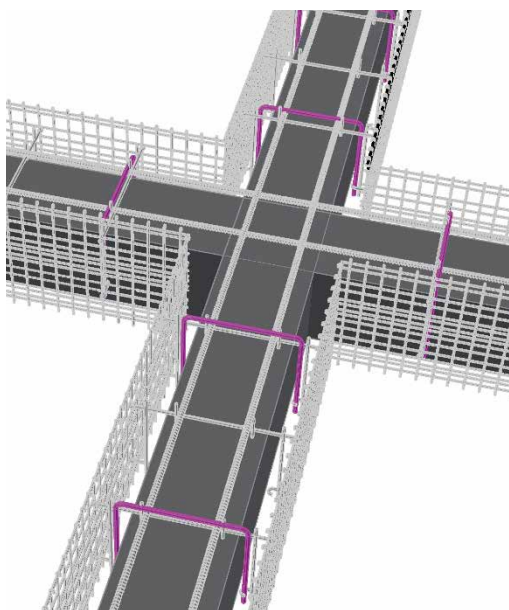
横方向鉄筋配置



縦方向鉄筋配置

④ アンカー設置工（TM開き止めアンカー）

TM開き止めアンカーをTMフレームフープタイ下部フック部に通して、地山に打ち込む。



TM開き止めアンカー設置

※土質が玉石混り土、軟岩、硬岩の場合は、ハンマードリルを使用して削孔し、TM開き止めアンカーを挿入した孔に別途アンカーを叩き込むなどの引き抜け防止対策を実施する。

⑤ アンカー設置工（TMアンカーMタイプ、Lタイプ）

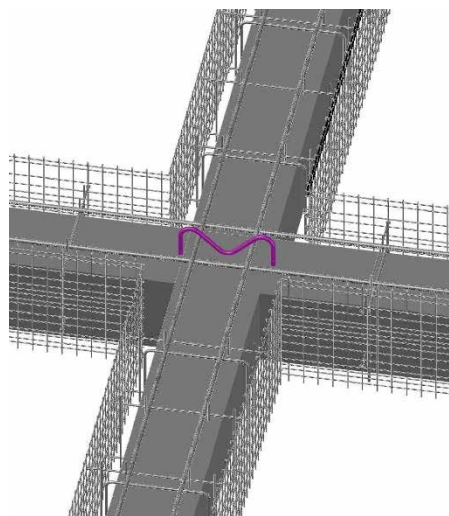
i) 交点部の縦方向鉄筋に被せるようにTMアンカーMタイプを設置し結束する。

- ・削孔（削孔径 14.5mm、深さ 50mm）
- ・孔内繰粉除去
- ・アンカー設置（叩き込み）

※削孔は、既設枠の鉄筋位置を図面などで確認し、鉄筋と干渉しない位置で行ってください。



削孔

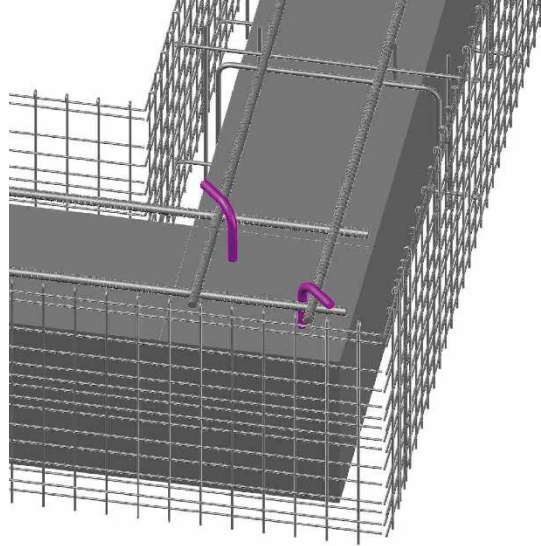


TMアンカーMタイプ設置

ii) 左右外周部の縦方向鉄筋に被せるようにTMアンカーLタイプを設置し結束する。

- ・ 削孔（削孔径 14.5mm、深さ 50mm）
- ・ 孔内線粉除去
- ・ アンカー設置（叩き込み）

※削孔は、既設枠の鉄筋位置を図面などで確認し、鉄筋と干渉しない位置で行ってください。



TMアンカーLタイプ設置

⑥ 枠吹付工

吹付前に既設フリーフレームの表面に水打ちをしたのちに、TMフレーム内に吹き付ける。

※既設フリーフレームとの密着性を得るため

⑦ コテ仕上工

必要があれば吹付表面をコテ仕上げる。

⑧ リバウンド清掃工

枠内及び法尻のリバウンドを清掃する。

4.5.2 のり枠増設タイプ

標準の施工フローを図4-20に示す。



図4-20 のり枠増設タイプ施工フロー

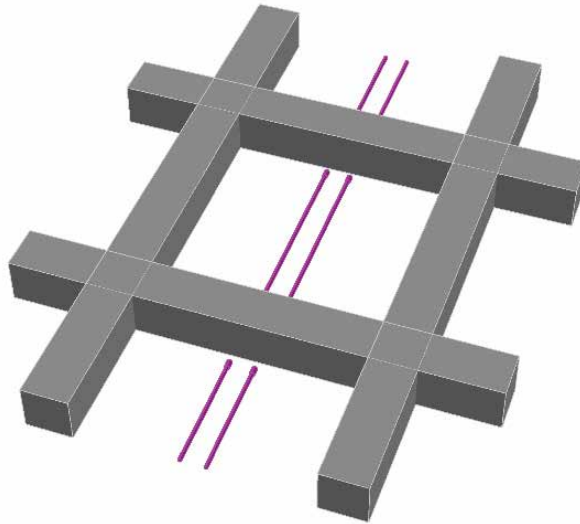
のり枠増設タイプの施工方法を以下に示す。

① 枠表面清掃工

圧縮空気、高圧水などを用いて、枠表面の異物を除去および清掃する。

② 鉄筋組立据付工（EM-S鉄筋）

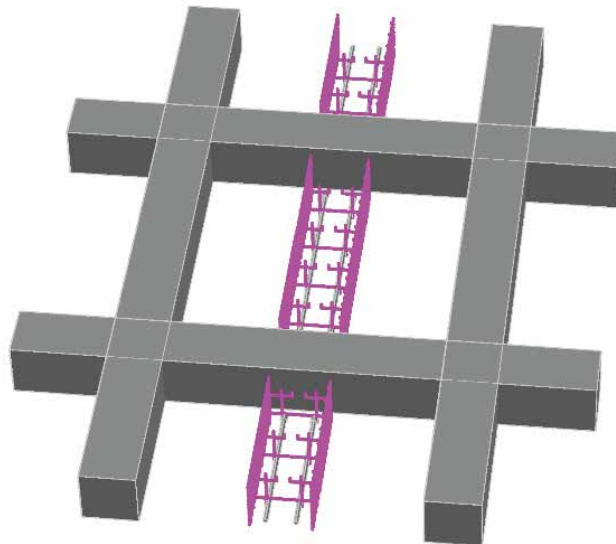
既設フリーフレーム枠内の所定の場所にEM-S鉄筋を設置する。



EM-S鉄筋設置

③ 枠組立設置工（EMフレーム（EMP220））

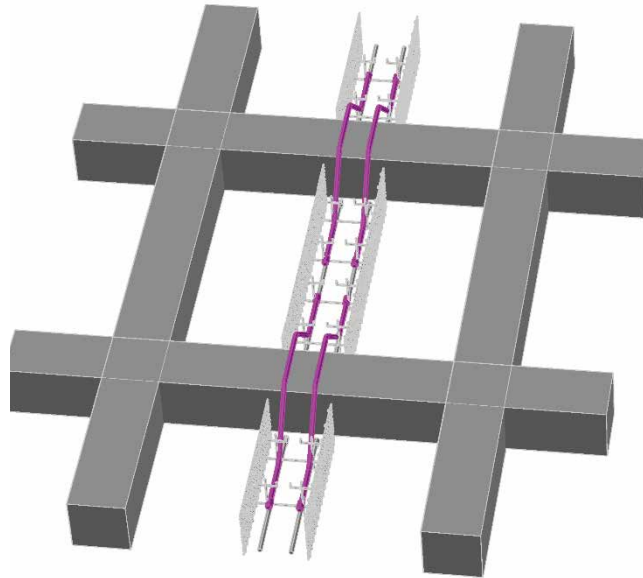
EM-S鉄筋の上にEMフレーム（EMP220）を設置し、EM-S鉄筋を所定の位置に結束する。



EMフレーム（EMP220）設置

④ 鉄筋組立据付工 (EM-B鉄筋)

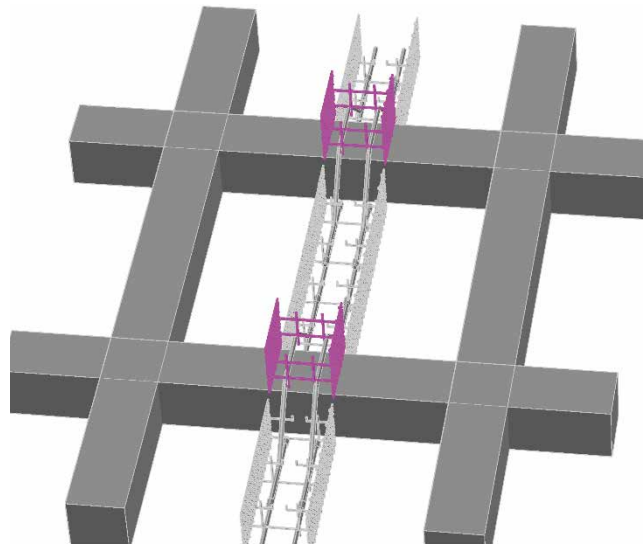
EM-B鉄筋を、EM-S鉄筋と垂直に重ねるように設置する。



EM-B鉄筋設置

⑤ 枠組立設置工 (EMフレーム (EMM220))

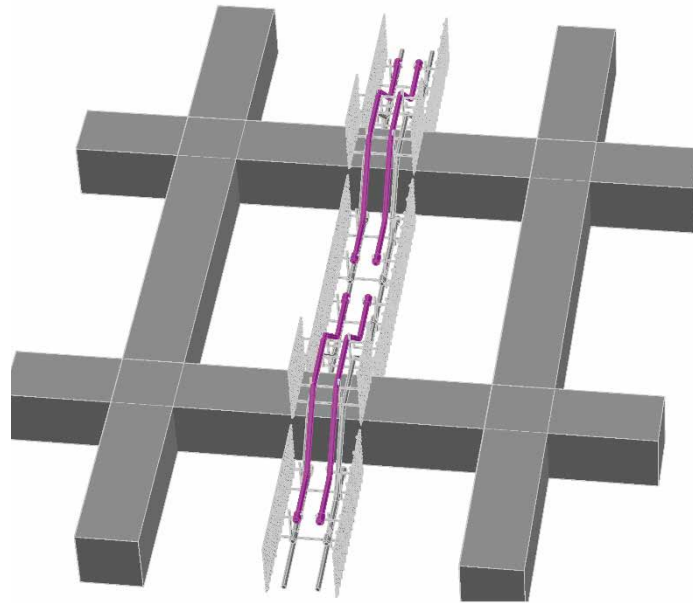
既設フレームおよびEM-B鉄筋の上に、EMフレーム (EMM220) を設置する。



EMフレーム (EMM220) 設置

⑥鉄筋組立据付工（EM-B鉄筋）

EMフレーム（EMM220）（EMP220）の上にEM-B鉄筋を設置する。

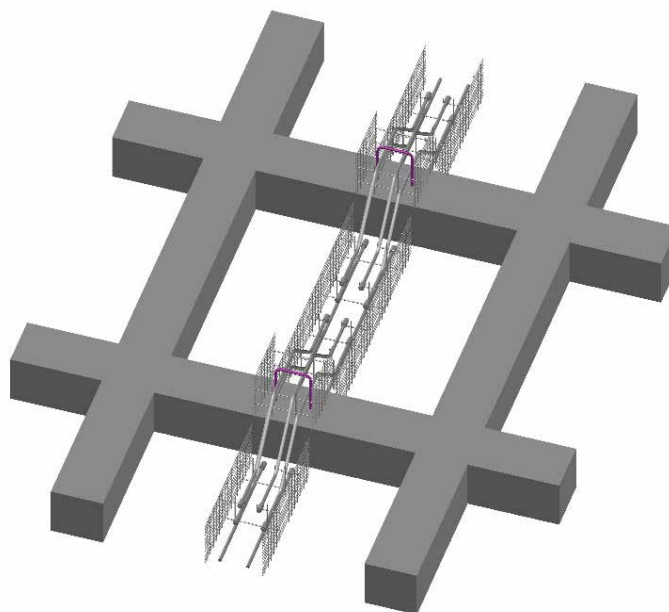


EM-B鉄筋設置

⑦ アンカー設置工（EMアンカー）

既設フリーフレームと交差する位置に、EM-B鉄筋を覆うように、EMアンカーを設置し結束する。

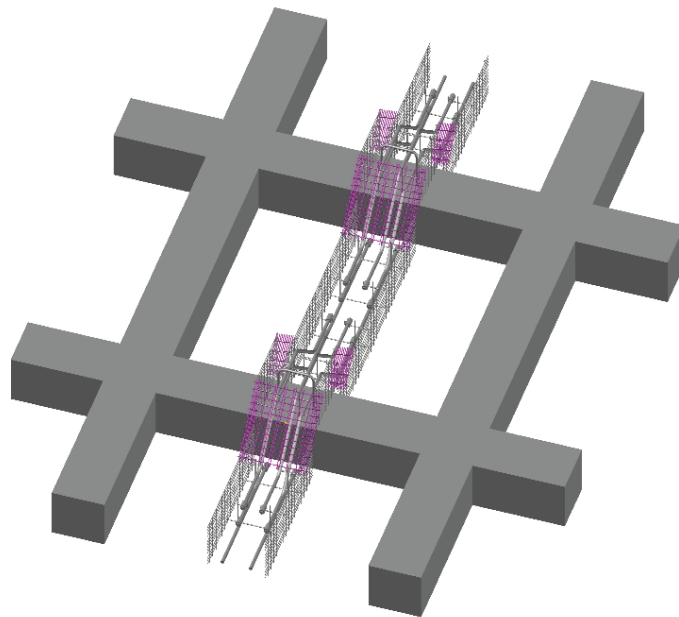
- ・ 削孔（削孔径 14.5mm、深さ 50mm）
- ・ 孔内繰粉除去
- ・ アンカー設置（打込）



EMアンカー設置

⑧ 枠組立設置工（EMフレーム（EML、EMA））

既設フレームとの交差部の法尻側にEMフレーム（EML）、法肩側にEMフレーム（EMA）を設置する。



EMフレーム（EML、EMA）設置

⑨ 枠吹付工

吹付前に既設フリーフレームの表面に水打ちをしたのちに、EMフレーム内に吹き付ける。

※既設フリーフレームとの密着性を得るため

⑩ コテ仕上工

必要があれば吹付表面をコテ仕上げる。

⑪ リバウンド清掃工

枠内及び法尻のリバウンドを清掃する。

第5章 積算関連

5.1 のり枠増厚タイプ

5.1.1 施工歩掛（案）

（1）編成人員

各作業の編成人員は次表のとおりとする。

表5-1 編成人員一覧表

工種 \ 名称	世話役	法面工	特殊 作業員	普通 作業員	一般 運転手	合計
枠表面清掃工	1	3		1		5
鉄筋組立据付工	1	4		1		6
枠組立設置工	1	4		1		6
アンカー設置工 (TMアンカー Mタイプ)	1	2		1		4
アンカー設置工 (TMアンカー Lタイプ)	1	2		1		4
アンカー設置工 (TM開き止めアンカー)	1	4		1		6
枠吹付工	1	3	1	2	(1)	7(8)
コテ仕上工		3				3
リバウンド清掃工				2		2

(注) () 内は、トラクターショベルの運転手を含む数値です。

（2）施工能率

各作業員の施工能率は次表のとおりとする。

表5-2 施工能率一覧表（1日当たり）

名称	仕様	単位	数量	摘要
枠表面清掃工		m ²	180	
鉄筋組立据付工	D13以下	t	0.3	
枠組立設置工	TM300	m	40	
アンカー設置工	TMアンカー Mタイプ	個	100	
	TMアンカー Lタイプ	個	150	
	TM開き止めアンカー	個	300	
枠吹付工		m ³	5.0	
コテ仕上げ		m ²	60	
リバウンド清掃工		m ²	150	

(注) 上記施工能率は1作業班が1日当りに施工可能な数値です。

(3) 枠表面清掃工

枠表面清掃工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-3 枠表面清掃工歩掛(100m²当り)

名称	単位	数量	摘要
世話役	人	0.67	1人×100m ² /150m ²
法面工	人	2.00	3人×100m ² /150m ²
普通作業員	人	0.67	1人×100m ² /150m ²
諸雑費	%	21	

(4) 鉄筋組立据付工

鉄筋組立据付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-4 鉄筋組立据付工歩掛(1t当り)

名称	単位	鉄筋径
		D13以下
世話役	人	3.3
法面工	人	13.3
普通作業員	人	3.3
諸雑費率	%	1

(注)

1. 左表は、命綱により施工する場合です。
2. 諸経費は、仮設ロープ損料、結束線等の費用として、労務費の合計額に左表の率を乗じた金額を計上します。

(5) 枠組立据付工

枠組立据付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-5 枠組立据付工歩掛(設計枠長100m当り)

名称	単位	仕様
		TM300
世話役	人	2.5
法面工	人	10.0
普通作業員	人	2.5
諸雑費率	%	1

(注)

1. 左表は、命綱により施工する場合です。
2. 諸経費は、仮設ロープ損料、結束線等の費用として、労務費の合計額に左表の率を乗じた金額を計上します。

(6) アンカー設置工(TMアンカーMタイプ、Lタイプ、TM開き止めアンカー)

アンカー設置工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-6 アンカー設置工歩掛(100本当り)

名称	単位	TMアンカー		TM開き止め アンカー
		Mタイプ	Lタイプ	
世話役	人	1.0	0.67	0.33
法面工	人	2.0	1.33	0.67
普通作業員	人	1.0	0.67	0.33
発動発電機 10kVA	日	1.0	0.67	—
諸雑費	%	10	10	1

(注) 1. 上表は、命綱により施工する場合です。

2. 諸経費は、仮設ロープ損料、電気ドリル損料等の費用として、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を計上します。

(7) 杵吹付工

杵吹付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-7 杵吹付工歩掛 (10m³当り)

名称	単位	数量	摘要
世話役	人	2.0	1人×10m ³ /5.0m ³ /日
法面工	人	6.0	3人×10m ³ /5.0m ³ /日
特殊作業員	人	2.0	1人×10m ³ /5.0m ³ /日
普通作業員	人	4.0	2人×10m ³ /5.0m ³ /日
モルタル・コンクリート 吹付機運転	h	12.8	6.4h×10m ³ /5.0m ³ /日
空気圧縮機運転	日	2.0	1台×10m ³ /5.0m ³ /日
発電機運転	日	2.0	1台×10m ³ /5.0m ³ /日
トラクターショベル運転	日	2.0	1台×10m ³ /5.0m ³ /日
コンクリートミキサー損料	日	2.0	1台×10m ³ /5.0m ³ /日
揚水ポンプ損料	日	2.0	10m ³ /5.0m ³ /日
諸雑費率	%	5	

- (注) 1. 上表は、命綱により施工する場合です。
2. 現場での吹付プラントの据付、撤去および吹付材料の現場内小運搬を含みます。
3. 諸雑費は、吹付機のホース、仮設ロープ、送水ポンプ、計量器、ベルトコンベア損料などの費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額と計上します。

(8) コテ仕上工

コテ仕上げを行う場合の歩掛は次表のとおりとする。

表5-8 コテ仕上工歩掛 (100m²当り)

名称	単位	数量	摘要
法面工	人	5.0	3人×100m ² /60m ²
諸雑費率	%	1	

- (注) 諸雑費は、仮設ロープ、コテ損料等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額と計上します。

(9) リバウンド清掃工

リバウンド清掃工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-9 リバウンド清掃工歩掛 (100m²当り)

名称	単位	数量	摘要
普通作業員	人	1.11	2人×100m ² /180m ²
諸雑費率	%	1	

- (注) 1. 処分費は別途考慮します。

(10) 材料使用料

材料使用料は次式による。

$$\text{使用量} = \text{設計量} \times (1 + K)$$

表5-10 補正係数 (K)

材料名	補正係数	摘要
鉄筋	+0.25	重ね継手、凹凸部、端部切損も含む
TMフレーム	+0.195	凹凸部、変形部、端部等を含む
吹付材料	+0.45	はね返り、凹凸部、混合損失等を含む

【参考 1,000m²当たりの材料数量】

既設のり枠ピッチ (1.5×1.2)

種別	仕様	単位	数量	備考
TMフレーム	TM300	m	1,622	※ロス率19.5%含む
TMアンカー	Mタイプ	個	557	
TMアンカー	Lタイプ	個	72	
TM開き止めアンカー	350,450	個	4,247	地山状況により選定
主鉄筋	D10	Kg	2,174	※割増25%含む

既設のり枠ピッチ (1.5×1.5)

種別	仕様	単位	数量	備考
TMフレーム	TM300	m	1,469	※ロス率19.5%含む
TMアンカー	Mタイプ	個	451	
TMアンカー	Lタイプ	個	58	
TM開き止めアンカー	350,450	個	2,744	地山状況により選定
主鉄筋	D10	Kg	1,943	※割増25%含む

5.1.2 単価表 (案)

各工種の単価表は次表のとおりとする。

表5-11 TMフレーム工法単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
枠表面清掃工		m ²		表5-3
鉄筋組立据付工		t		表5-4
枠組立設置工		m		表5-5
アンカー設置工	TMアンカー Mタイプ	個		表5-6
アンカー設置工	TMアンカー Lタイプ	個		表5-6
アンカー設置工	TM開き止めアンカー	個		表5-6
枠吹付工		m ³		表5-7
コテ仕上工		m ²		表5-8
リバウンド清掃工		m ²		表5-9
計				

表5-12 桝表面清掃工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	数量	摘要
世話役		人			表5-3
法面工		人			〃
普通作業員		人			〃
諸雑費		式			〃
計					

表5-13 鉄筋組立据付工（1t当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-4
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
諸雑費		式		〃
計				

表5-14 桝組立据付工（100m当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-5
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
諸雑費		式		〃
計				

表5-15 アンカー設置工（100本当り）単価表

(TMアンカーMタイプ、Lタイプ、TM開き止めアンカー)

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-6
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
発動発電機運転	10kVA	日		表5-6 表5-21
諸雑費		式		表5-6
計				

表5-16 枠吹付工（10m³当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-7
法面工		人		〃
特殊作業員				〃
普通作業員		人		〃
セメント	普通ポルトランドセメント	t		$0.42\text{t/m}^3 \times 10\text{m}^3 \times 1.45$
砂	洗砂5mm以下			$1.15\text{m}^3/\text{m}^3 \times 10\text{m}^3 \times 1.45$
モルタル・コンクリート 吹付機械運転	湿式0.8～1.2m ³ /h 18kW	h		表5-7 表5-19
空気圧縮機運転	可搬式エンジン 10.5～11.0m ³ /min	日		表5-7 表5-20
発動発電機運転	20kVA 19kW	日		表5-7 表5-21
トラクターショベル 運転	ホイール型 0.34m ³ 21kW	日		表5-7 表5-22
コンクリートミキサー 損料	0.2m ³ 7.5kW	日		表5-7
揚水ポンプ損料	小型渦巻ポンプ口 径50mm	日		表5-7
諸雑費		式		表5-7
計				

表5-17 コテ仕上工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
法面工		人		表5-8
諸雑費		式		〃
計				

表5-18 リバウンド清掃工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
法面工		人		表5-9
諸雑費		式		〃
計				

5.1.3 機械経費（案）

各機械経費は次表のとおりとする。

表5－19 モルタル・コンクリート吹付機運転（1時間当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	3.5	
機械損料	湿式0.8～1.2m ³ /h 18kW	h	1.0	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

表5－20 空気圧縮機運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	105.3	
賃料	可搬式エンジン 10.5～11.0m ³ /min	日	1.5	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

表5－21 発動発電機運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	21.0	
賃料	20kVA 19kW	h	1.1	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

表5－22 トラクターショベル運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
一般運転手		人	1.02	
軽油		L	18.3	
賃料	ホイール型0.34m ³ 21kW	日	1.4	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

5.2 のり枠増設タイプ

5.2.1 施工歩掛（案）

（1）編成人員

各作業の編成人員は次表のとおりとする。

表5-23 編成人員一覧表

工種 \ 名称	世話役	法面工	特殊 作業員	普通 作業員	一般 運転手	合計
枠表面清掃工	1	3		1		5
鉄筋組立据付工	1	4		1		6
枠組立設置工	1	4		1		6
アンカー設置工 (EM アンカー)	1	2		1		4
枠吹付工	1	3	1	2	(1)	7(8)
コテ仕上工		3				3
リバウンド清掃工				2		2

(注) () 内は、トラクターショベルの運転手を含む数値です。

（2）施工能率

各作業員の施工能率は次表のとおりとする。

表5-24 施工能率一覧表（1日当たり）

名称	仕様	単位	数量	摘要
枠表面清掃工		m ²	180	
鉄筋組立据付工	D13以下	t	0.3	
枠組立設置工	EM200	m	77	
アンカー設置工	EM アンカー	個	100	
枠吹付工		m ³	5.5	
コテ仕上げ		m ²	60	
リバウンド清掃工		m ²	200	

(注) 上記施工能率は1作業班が1日当りに施工可能な数値です。

（3）枠表面清掃工

枠表面清掃工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-25 枠表面清掃工歩掛（100m²当り）

名称	単位	数量	摘要
世話役	人	0.67	1人×100m ² /150m ²
法面工	人	2.00	3人×100m ² /150m ²
普通作業員	人	0.67	1人×100m ² /150m ²
諸雑費	%	21	

(4) 鉄筋組立据付工

鉄筋組立据付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-26 鉄筋組立据付工歩掛（1t当たり）

名称	単位	鉄筋径
		D13以下
世話役	人	3.3
法面工	人	13.3
普通作業員	人	3.3
諸雑費率	%	1

(注)

1. 左表は、命綱により施工する場合です。
2. 諸経費は、仮設ロープ損料、結束線等の費用として、労務費の合計額に左表の率を乗じた金額を計上します。

(5) 枠組立据付工

枠組立据付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-27 枠組立据付工歩掛（設計枠長100m当り）

名称	単位	仕様
		EM200
世話役	人	1.3
法面工	人	5.2
普通作業員	人	1.3
諸雑費率	%	1

(注)

1. 左表は、命綱により施工する場合です。
2. 諸経費は、仮設ロープ損料、結束線等の費用として、労務費の合計額に左表の率を乗じた金額を計上します。

(6) アンカー設置工（E Mアンカー）

アンカー設置工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-28 アンカー設置工歩掛（100本当り）

名称	単位	数量
世話役	人	1.0
法面工	人	2.0
普通作業員	人	1.0
発動発電機 10kVA	日	1.0
諸雑費	%	10

(注)

1. 左表は、命綱により施工する場合です。
2. 諸経費は、仮設ロープ損料、電気ドリル損料等の費用として、労務費の合計額に左表の率を乗じた金額を計上します。

(7) 杵吹付工

杵吹付工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-29 杵吹付工歩掛（10m³当り）

名称	単位	数量	摘要
世話役	人	1.8	1人×10m ³ /5.5m ³ /日
法面工	人	5.5	3人×10m ³ /5.5m ³ /日
特殊作業員	人	1.8	1人×10m ³ /5.5m ³ /日
普通作業員	人	3.6	2人×10m ³ /5.5m ³ /日
モルタル・コンクリート 吹付機運転	h	11.6	6.4h×10m ³ /5.5m ³ /日
空気圧縮機運転	日	1.8	1台×10m ³ /5.5m ³ /日
発電機運転	日	1.8	1台×10m ³ /5.5m ³ /日
トラクターショベル運転	日	1.8	1台×10m ³ /5.5m ³ /日
コンクリートミキサー損料	日	1.8	1台×10m ³ /5.5m ³ /日
揚水ポンプ損料	日	1.8	1台×10m ³ /5.5m ³ /日
諸雑費率	%	5	

- (注) 1. 上表は、命綱により施工する場合です。
 2. 現場での吹付プラントの据付、撤去および吹付材料の現場内小運搬を含みます。
 3. 諸雑費は、吹付機のホース、仮設ロープ、送水ポンプ、計量器、ベルトコンベア損料などの費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額と計上します。

(8) コテ仕上工

コテ仕上を行う場合の歩掛は次表のとおりとする。

表5-30 コテ仕上工歩掛（100m²当り）

名称	単位	数量	摘要
法面工	人	5.0	3人×100m ² /60m ²
諸雑費率	%	1	

- (注) 諸雑費は、仮設ロープ、コテ損料等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額と計上します。

(9) リバウンド清掃工

リバウンド清掃工の歩掛は次表のとおりとする。

表5-31 リバウンド清掃工歩掛（100m²当り）

名称	単位	数量	摘要
普通作業員	人	1.0	2人×100m ² /200m ²
諸雑費率	%	1	

- (注) 1. 処分費は別途考慮します。

(10) 材料使用料

材料使用料は次式による。

$$\text{使用量} = \text{設計量} \times (1 + K)$$

表5-32 補正係数 (K)

材料名	補正係数	摘要
EM フレーム	+0.195	凹凸部、変形部、端部等を含む
吹付材料	+0.35	はね返り、凹凸部、混合損失等を含む

【参考 1,000m²当たりの材料数量】

既設のり枠ピッチ (1.5×1.2)

種別	仕様	単位	数量	備考
EM フレーム	EMP220 L=1.28m	枚	548	
EM フレーム	EMM220	枚	516	
EML		枚	1032	
EMA		枚	1032	
EM アンカー		個	516	
EM-B鉄筋		本	2,063	
EM-L鉄筋		本	1,096	

既設のり枠ピッチ (1.5×1.5)

種別	仕様	単位	数量	備考
EM フレーム	EMP220 L=1.28m	枚	439	
EM フレーム	EMM220	枚	407	
EML		枚	814	
EMA		枚	814	
EM アンカー		個	407	
EM-B鉄筋		本	1,630	
EM-L鉄筋		本	878	

5.2.2 単価表（案）

各工種の単価表は次表のとおりとする。

表5－33 EMフレーム工法単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
枠表面清掃工		m ²		表5－25
鉄筋組立据付工		t		表5－26
枠組立設置工		m		表5－27
アンカー設置工	EM アンカー	個		表5－28
枠吹付工		m ³		表5－29
コテ仕上工		m ²		表5－30
リバウンド清掃工		m ²		表5－31
計				

表5－34 枠表面清掃工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	数量	摘要
世話役		人			表5－25
法面工		人			〃
普通作業員		人			〃
諸雑費		式			〃
計					

表5－35 鉄筋組立据付工（1t当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5－26
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
諸雑費		式		〃
計				

表5－36 枠組立据付工（100m当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5－27
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
諸雑費		式		〃
計				

表5-37 アンカー設置工（100本当り）単価表

(EMアンカー)

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-28
法面工		人		〃
普通作業員		人		〃
発動発電機運転	10kVA	日		表5-28 表5-43
諸雑費		式		表5-28
計				

表5-38 枠吹付工（10m³当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
世話役		人		表5-29
法面工		人		〃
特殊作業員				
普通作業員		人		〃
セメント	普通ポルトランドセメント	t		$0.42\text{t/m}^3 \times 10\text{m}^3 \times 1.35$
砂	洗砂5mm以下			$1.15\text{m}^3/\text{m}^3 \times 10\text{m}^3 \times 1.35$
モルタル・コンクリート吹付機械運転	湿式0.8～1.2m ³ /h 18kW	h		表5-29 表5-41
空気圧縮機運転	可搬式エンジン 10.5～11.0m ³ /min	日		表5-29 表5-42
発動発電機運転	20kVA 19kW	日		表5-29 表5-43
トラクターショベル運転	ホイール型 0.34m ³ 21kW	日		表5-29 表5-44
コンクリートミキサー損料	0.2m ³ 7.5kW	日		表5-29
揚水ポンプ損料	小型渦巻ポンプ 口径50mm	日		表5-29
諸雑費		式		表5-29
計				

表5-39 コテ仕上工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
法面工		人		表5-30
諸雑費		式		〃
計				

表5-40 リバウンド清掃工（100m²当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
法面工		人		表5-31
諸雑費		式		〃
計				

5.2.3 機械経費（案）

各機械経費は次表のとおりとする。

表5-41 モルタル・コンクリート吹付機運転（1時間当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	3.5	
機械損料	湿式0.8～1.2m ³ /h 18kW	h	1.0	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

表5-42 空気圧縮機運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	105.3	
賃料	可搬式エンジン 10.5～11.0m ³ /min	日	1.5	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

表5-43 発動発電機運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
軽油		L	21.0	
賃料	20kVA 19kW	h	1.1	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

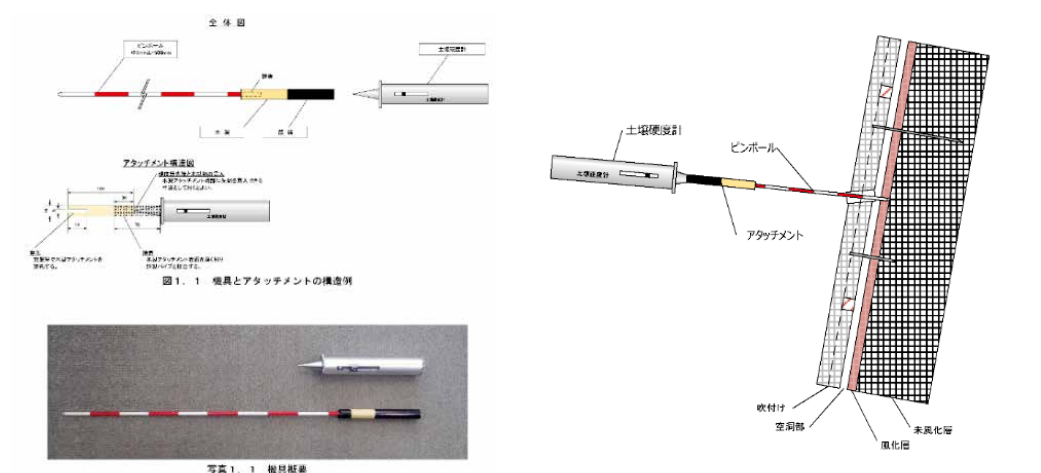
表5-44 トラクターショベル運転（1日当り）単価表

名称	仕様	単位	数量	摘要
一般運転手		人	1.02	
軽油		L	18.3	
賃料	ホイール型0.34m ³ 21kW	日	1.4	
諸雑費		式	1	上記の5%
計				

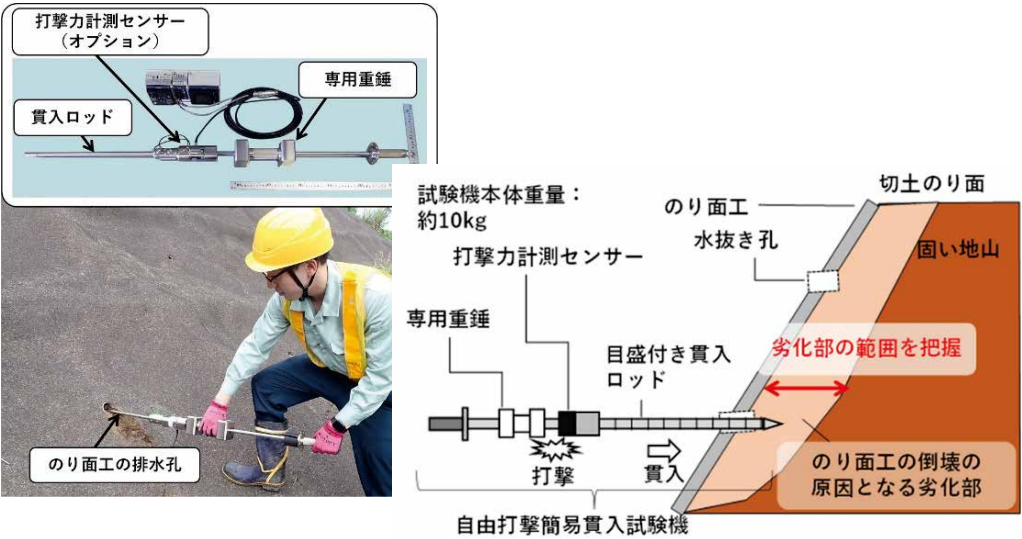
【巻末資料】

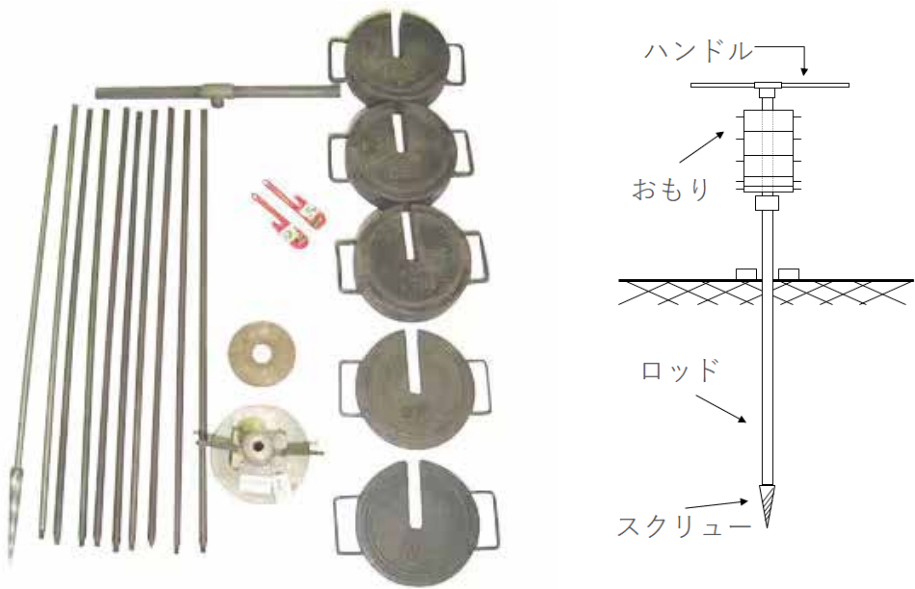
土質調査は、地盤の特性を把握し、のり面対策を計画するために不可欠である。現在使用されている技術を①貫入式②コアボーリング式③センサーを用いた地盤探査の3つの手法に分類し、それぞれの仕様、概要について説明する。

①貫入式

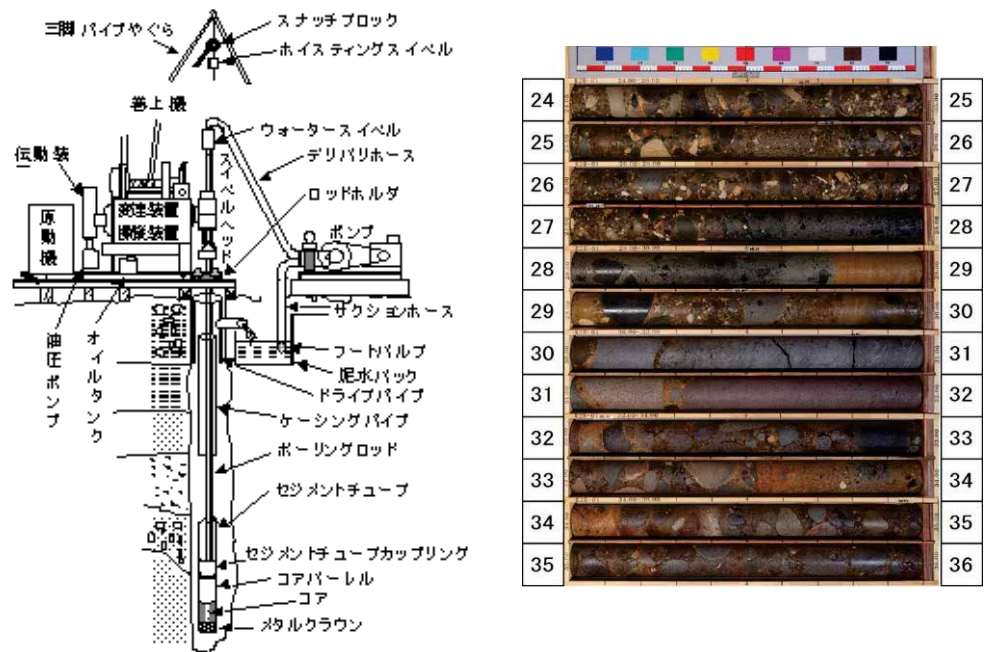
名 称	貫入式土壌硬度計測（国立研究開発法人土木研究所）
概 要	ピンポールに山中式土壌硬度計を取り付け、地盤の土壌硬度および深度の調査を行う。
測定項目	風化深度
	 図1. 1 機具とアタッチメントの構造例 写真1. 1 機具概要

名 称	簡易動的コーン貫入試験
概 要	地盤の強度や支持力を評価するための原位置試験の一種であり、比較的簡便かつ迅速に実施することが可能である。質量5kgのハンマーを50cmの高さから自由落下させ、地盤に貫入ロッドを打ち込むことで貫入抵抗を簡易に求めることができる。
測定項目	貫入抵抗
	迅速性：簡易で短時間に測定可能 コスト効率：低コストで多地点の試験が可能 軽量：軽量で小型のため、のり面上での試験に多く利用されている。  単位 mm ハンマー 質量5±0.05kg 落下 ガイド用ロッド φ16±0.2 500±10 ロッド 1000~1200 コーン部拡大図 60±1° φ25±0.3 コーン

名 称	自由打撃簡易貫入試験（公益財団法人鉄道総合技術研究所）
概 要	横方向に貫入試験を実施することで、地盤のゆるみに関する情報を連続的に把握できる。
計測項目	貫入抵抗
	

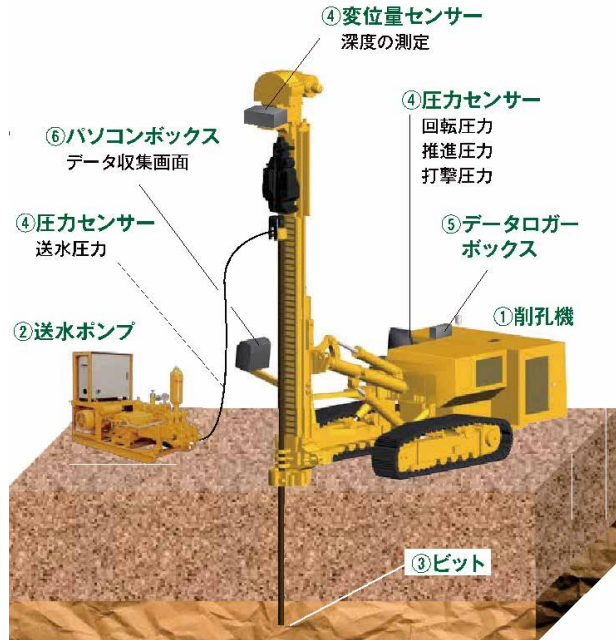
名 称	スクリューウェイト貫入試験（SWS試験）(JIS A 1221)
概 要	地地盤の強度や支持力を評価するための原位置試験の一種であり、スクリューポイントを有するロッドを地盤に貫入させ、荷重の増加と回転数を測定することで地盤の硬軟を判定する手法である。
計測項目	貫入抵抗
	

②コアボーリング式

名 称	コアドリル
仕 様	回転式掘削機構を備えたコアドリルを用いて地盤を掘削し、地質構造や土質・岩盤特性を評価するもので、地質構成を直接観察できる。
計測項目	コア採取による直接確認
	 The diagram on the left illustrates the components of a core drilling rig. Labels include: 三脚パイプヤぐら (Tripod pipe yagura), スナッチブロック (Snatch block), ホイスティングスイベル (Hoisting swivel), 巻上機 (Winding machine), ウォータースイベル (Water swivel), デリバリホース (Delivery hose), ロッドホルダ (Rod holder), ポンプ (Pump), ザクシヨホース (Zakushio hose), フードバルブ (Food valve), 泥水バックドライブパイプ (Mud water back drive pipe), ケーシングパイプ (Casing pipe), ボーリングロッド (Boring rod), セグメントチューブ (Segment tube), セグメントチューブカップリング (Segment tube coupling), コアバレル (Core barrel), コア (Core), and メタルクラウン (Metal crown). The photograph on the right shows a vertical log of 12 core samples, numbered 24 to 35, with a color calibration strip at the top.

名 称	ソイルサンプラー（株式会社高特）
仕 様	調査機に車輪が装備されているため、高所・急傾斜地の調査位置まで小型ウインチなどで設置することができる。
計測項目	コア採取による直接確認
	 The top photograph shows a person in a yellow safety vest operating a soil sampler on a steep, rocky slope. The bottom photograph shows a wooden box containing several long, cylindrical core samples, some of which are wrapped in plastic.

③センサーを用いた地盤調査

名 称	エンパソル（ライト工業株式会社）
仕 様	削孔機械に取り付けた各種センサーより削孔速度、抵抗を解析し、地盤の分類やN値の推定を行える。
計測項目	地層区分判別、空洞化調査
	 ④変位量センサー 深度の測定 ④圧力センサー 回転圧力 推進圧力 打撃圧力 ⑤データロガー ボックス ①削孔機 ③ビット ④圧力センサー 送水圧力 ②送水ポンプ ⑥パソコンボックス データ収集画面

名 称	DSS（日特建設株式会社）
仕 様	フィード圧、回転トルク、打撃圧力、水圧、削孔速度などを、削孔機に取り付けたセンサーによりリアルタイムにデータを取得し、地盤を区分する。
計測項目	地盤区分判定
	削孔機に取付けた各種センサにより、フィード圧・回転トルク・打撃圧力・削孔水圧・削孔速度などの情報をリアルタイムに取得します。 得られたデータを基に、判定式を用いて地盤を2～3種類に区分します。  データ中継BOX 外部モニタ DSS本体 1・削孔深度(速度) 2・推力(フィード圧) 3・回転トルク 4・打撃圧 5・削孔水圧 操作ユニット 6・クランプ圧

フリーフレーム工法補強対策
－地山変状（風化、浸食）に対する補強対策工－
「点検・調査」・「対策工設計」ガイドライン（案）

本資料に関するお問い合わせ

フリーフレーム協会事務局（岡部株式会社土木事業部内）

〒131-8505 東京都墨田区押上2-8-2

TEL 03-3624-8374

