

— 落岩発生源対策 —
ワイヤーネット被覆工法

(NETIS登録技術:CG-110030-A, 特許第4615203号)

クラッシュネット工法

(特許第4615203号)

圧入マット式根固工法

(特許第5800765号)

— 表層崩壊(土砂・岩盤)対策 —

アンカーネット工法

(特許第4615203号)

設計・施工マニュアル



松江高専名誉教授
工学博士 **浜野 浩幹** 監修

平成30年4月

斜面对策研究協会

巻頭言

落石対策に関する文献に「落石対策便覧：社団法人日本道路協会」があり、関連技術を詳細に網羅したものとしては、ほぼ唯一のものとなっている。その初版（1983年）のまえがきに“本書は、指針、要綱とは異なる位置づけである便覧として…設計方法などを事例も含めてとりまとめたものである”と記されている。改訂版（2006年）でも“…本便覧の内容は決して「基準」ではないことを理解し…”とし、落石対策の体系化や取り扱いの困難さを強調したうえで、いっそうの技術開発を促している。

落石対策には、静止した岩塊を固定する発生源対策と転落する岩塊を受け止める待ち受け対策がある。前者では、落石の危険性とその規模を予測することは比較的可能であり、所要の抑止力等を合理的計算に基づいて求めることが、一応できる。後者では、転落ルートや跳躍量等の予測が困難であるため、より安全側の視点に立つ必要があり、その分工事費も増大しやすい。以上の観点から、落石対策の基本は発生源対策におくべきであり、待ち受け対策は小規模でかつ予測困難な落石に対して、面的に幅広く受け持つといった手法が適当と思われる。

一方、諸問題を解決する過程において、その不都合な現象を招く原因究明が第一である。落石の場合、不安定な岩塊の脚部侵食、凍結による剥離、表層すべりや地震、倒木による外力等がその要因としてあげられる。発生源対策では、これらを踏まえた設計がなされなければならないが、現状では必ずしも一貫した設計手法が確立されているわけではない。

今回開発されたワイヤーネット被覆工法およびクラッシュネット工法は、いずれも発生源対策であり、特に“ワイヤーネットで不安定な転石群を、一体化するように包むことで安定化を図る”といった、従来工法にない概念を採り入れている。これらは、ともに地震時の滑動や転倒に対する安定度を求め、必要に応じてアンカーによる抑止を行うものである。

本マニュアルは、先人たちが築きあげた諸技術を踏まえたものであり、落石対策の一助となるとともに、落石対策技術全般のさらなる飛躍を願うものである。

平成 24 年 9 月

松江工業高等専門学校名誉教授
工学博士 浜野 浩幹

はじめに

我が国は世界有数の変動帯にあり、これまで斜面災害を克服するための多くの施設が構築されてきた。しかし、依然として地震や倒木による落石が頻発し、今後も国土保全に持続的投資を必要としている。既往施設の更新が本格化することなども踏まえ、品質や施工の安全性を確保した上で、いっそう効率的な事業展開を行うことも喫緊の課題となっている。

落石対策では、発生源対策と待ち受け対策をセットで行うことが基本である。本マニュアルで取り扱う発生源対策では、足場条件等の悪い環境でも軽微な設備で施工できること、作業の安全性を高めるための“逆巻き施工”が可能なことなどが重要と考える。

取り扱う工法の特徴として、ワイヤーネット被覆工法は、不安定な岩塊（群）をワイヤーネットで密着状に被覆（一体化）し、安定化を図るものである。上記逆巻き施工を可能とするほか、安定計算に基づく合理的な設計や“工場製品の現地組立て”による作業負担の軽減等を狙いとしている。クラッシュネット工法は、“小割整形による安定化”という新しい概念を採り入れている。圧入マット式根固工法は、コンクリートマットを利用した間詰工であり、基礎地盤を確保するための床堀やコンクリート打設型枠を不要とする。

使用する部材はステンレスおよびダクタイル製とし、防食性をいっそう高めている。固定用アンカーの定着は岩用のみとし、長期耐久性に優れたくさび方式を採用している。

設計は、近年活発化する地震力を考慮した“滑動および転倒”計算に基づいている。倒木等による外力を考慮すべきという立場から、これらも一律地震力に含めることや、面的に広がる落石源では、地すべり対策と同様の安定解析断面に基づく設計手法を採り入れ、調査・設計の簡便化を図るようにしている。

今回、現場実態を踏まえ、一部設計・施工基準の改訂を行った。特に、表層すべりや崩壊による落石に対し、新たに抑止力の大きいアンカーネット工法を加え、対応できるようにした。

これらの工法が、永久構造物としての耐久性や高齢化社会における作業負担軽減といった時代の要請に応えると共に、斜面災害防止にいっそう貢献できるよう、さらに改良を加えていきたい。

平成 30 年 4 月

斜面对策研協会 スタッフ一同

目 次

(はじめに)

1. 総 説	
1.1 工法概要	1
1.2 適用範囲	2
1.3 用語・記号	2
2. 材 料	
2.1 ワイヤーリング(共通)	3
2.2 連結金具(共通)	4
2.3 ワイヤーロープ端止具(共通)	5
2.4 アンカーピン, ショートアンカー(共通)	6
2.5 深層アンカー(共通)	7
2.6 根固マット(根固工)	8
2.7 頭部固定金具(アンカーネット工)	9
2.8 簡易受圧版(アンカーネット工)	10
2.9 不陸調整マット(アンカーネット工)	10
3. 調 査	
3.1 ブロック区分	11
3.2 落石要因の特定	12
3.3 落石の危険度判定方法	16
3.4 岩塊諸元の測定方法	17
3.5 安定解析断面の設定方法	18
3.6 簡易測量(調査平面図, 対策工検討断面図)	18
4. 設 計	
4.1 ワイヤーネット被覆工法	
4.1.1 工法の考え方	19
4.1.2 設計手順	19
4.1.3 設計条件	20
(1)安定計算, (2)ワイヤーネット, (3)アンカーピン, (4)固定用アンカー, (5)連結補助ワイヤー	
4.1.4 設計計算	
(1) 安定解析式	34
(2) 所要引張り力 P	35
(3) 設計設計例	
【設計例1:単体の岩塊】	37
【設計例2:複数の岩塊】	42
4.2 クラッシュネット工法(小割整形工)	
4.2.1 ワイヤーネットを用いた小割の考え方	47
4.2.2 小割による安定化の目安	47
4.2.3 小割後の安定化対策	48
4.2.4 小割時の仮設用アンカー	49
4.3 アンカーネット工法	
4.3.1 工法の考え方	50
4.3.2 設計手順	50
4.3.3 設計計算例	51

5. 施工	
5.1 ワイヤーネット被覆工法	
5.1.1 施工手順	57
5.1.2 ワイヤーネット敷設	57
(1)目的, (2)ワイヤーリングの種類とネットの組み方, (3)ガイドロープの取り付け方, (4)立木等の障害物の処理方法, (5)特殊地形での敷設方法, (6)ワイヤーネットの弛み, (7)小岩塊対策	
5.1.3 アンカーピンの設置	61
(1)目的, (2)設置場所の選定, (3)設置方向, (4)定着手順, (5)穿孔器具, (6)グラウト材, (7)アンカーピンの所要埋設深さ	
5.1.4 固定用アンカー(深層アンカー/ショートアンカー/アンカーピン)の設置	63
(1)目的, (2)構造と仕様, (3)削孔径, (4)グラウト材, (5)定着地盤と削孔方向, (6)アンカー材(深層アンカー)の延長方法, (7)定着部のグラウト方法と漏出する場合の対策, (8)固定用アンカー頭部設置方法, (9)固定用アンカーとワイヤーネットの連結方法, (10)固定用アンカーの設置間隔について, (11)穿孔システム	
5.2 圧入式根固マット工法	70
5.3 クラッシュネット工法(小割整形工・小割除去工)	
5.3.1 施工手順	71
5.3.2 ネットの組み方	71
5.3.3 アンカーピンの目的と取り付け位置	72
5.3.4 小割整形要領	72
5.3.5 小割除去要領	72
5.4 アンカーネット工	
5.4.1 施工手順	73
5.4.2 アンカー地点の選定	74
5.4.3 ワイヤーネット敷設	75
5.4.4 アンカー設置	75
5.4.5 簡易受圧版設置	76
6. 施工管理	
6.1 出来形管理	77
6.2 品質管理	78
6.3 写真管理	78
7. 試験工	
7.1 基本調査試験	
7.1.1 試験概要	79
7.1.2 実施例(解析例)	80
7.2 確認試験	83

(参考資料)

参 1. 落石発生源対策の選定と現状における課題	
参 1.1 工種分類と選定方法	
参 1.1.1 工種分類.....	85
参 1.1.2 工種別経済性比較.....	86
参 1.1.3 発生源対策と待ち受け対策の組み合わせ.....	86
参 1.2 ワイヤロープ掛工の留意点.....	87
参 1.3 落石対策用アンカーの留意点.....	88
参 1.4 部材の防食について.....	89
参 1.5 目標安全率について.....	89
参 1.6 安定計算の検討項目について.....	91
参 1.7 根固工について.....	92
参 2. 開発工法の考え方	
参 2.1 ワイヤネット被覆工法	
参 2.1.1 落石の初動現象.....	93
参 2.1.2 発生源対策における所要抑止力.....	93
参 2.1.3 ワイヤネット被覆工法による抑止の考え方.....	93
参 2.1.4 ワイヤネットで一体的に被覆された岩塊の挙動.....	94
参 2.1.5 滑動に対する岩塊の連結効果.....	94
参 2.1.6 転倒に対するネットの抑止効果.....	94
参 2.1.7 覆式と被覆式の違い.....	94
参 2.1.8 固定対象の大きさ(目安).....	96
参 2.2 クラッシュネット工法(小割整形工)	
参 2.2.1 小割除去工の問題点.....	97
参 2.2.2 小割整形工.....	98
参 2.3 クラッシュネット工法(小割除去工).....	99
参 2.4 圧入マット式根固工法.....	100
参 2.5 アンカーネット工法	
参 2.5.1 適用範囲.....	101
参 2.5.2 鉄筋挿入工との違い.....	101
参 2.5.3 アンカーネット工の考え方.....	103
参 2.5.4 模型実験による確認.....	104
参 3 施工事例	
参 3.1 ワイヤネット被覆工法.....	107
参 3.2 クラッシュネット工法(整形工).....	109
参 3.3 クラッシュネット工法(除去工).....	110
参 3.4 圧入マット式根固め工法.....	112
参 3.5 アンカーネット工法.....	113
参 4 実証実験	
参 4.1 ワイヤネット被覆工法.....	114
(1)滑動実験, (2)転倒実験, (3)吊り上げ試験, (4)落下試験	
参 4.2 アンカー材引張曲げ実験(深層アンカー).....	121
参 4.3 アンカーピンの所要埋設深さ.....	126
参 4.4 深層アンカー等のくさび式定着実験.....	129

参 5 経済性比較のポイント	
参 5.1 ワイヤーネット被覆工法	131
参 5.2 クラッシュネット工法	133
参 5.3 圧入マット式根固工法	133
参 5.4 アンカーネット工法	134
参 6. 落石の危険度判定方法(案)	
参 6.1 落石の危険度判定と課題	135
参 6.2 転倒計算による危険度判定方法(案)	136
参 7. 設計基準値(資料による基準値または設計例から抜粋)	139

(巻末貼付図)

ワイヤーネット被覆工法標準構造図

補強用アンカー標準構造図(アンカーネット工法)

5. 施工

5.1 ワイヤーネット被覆工法

5.1.1 施工手順

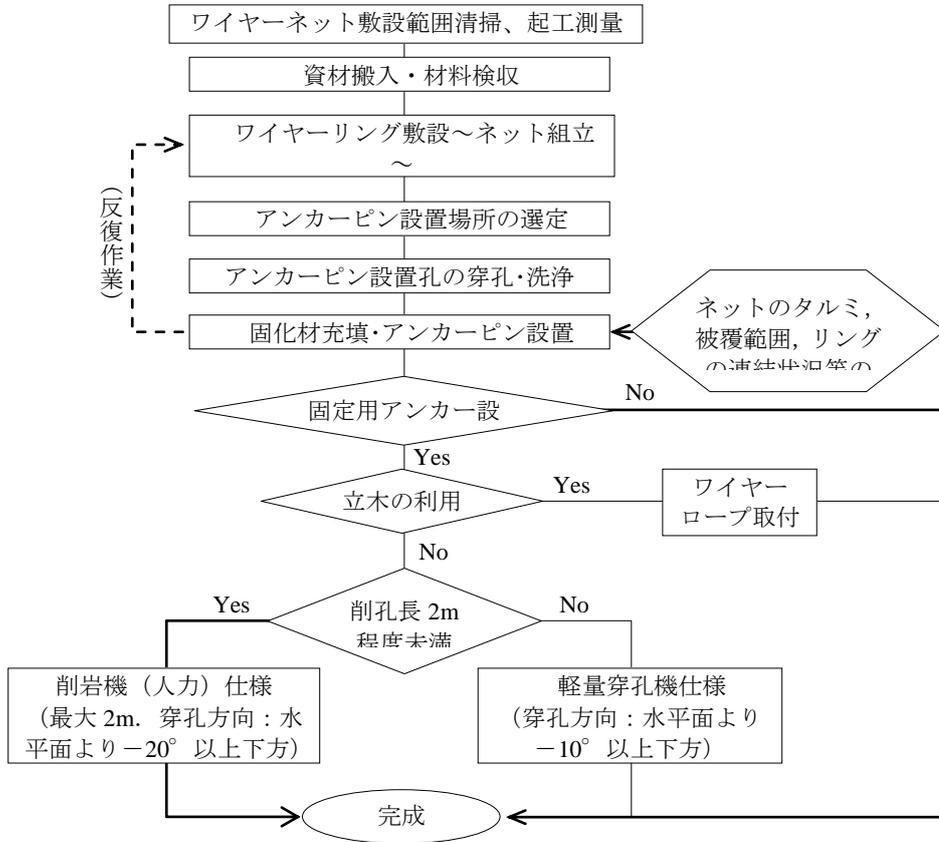


図-5.1.1 ワイヤーネット被覆工フロー

5.1.2 ワイヤーネット敷設

(1) 目的

ワイヤーネットは、不安定な岩塊を巾着状に被覆し、アンカーで固定するために用いる。

固定対象が複数の場合は、これらをネットで一体化せしめるのみで、全体の安定度を高めることもできる。

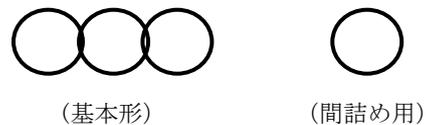


図-5.1.2 ワイヤーネットを構成するリング

(2) ワイヤーリングの種類とネットの組み方

ネットを構成するワイヤーリングは、三つを1セットにしたものと単独のものがある。前者は面的に幅広く敷設する場合、後者はネット端部等の局部的間詰め用として用いる。

ネットの組み方は、図-5.1.3 (A) のように各リングを必ず隣接させ、連結金具で確実に固定する。図 (B) の場合は、斜め方向の引張力が弱く、均等な抑止力を保証できない。

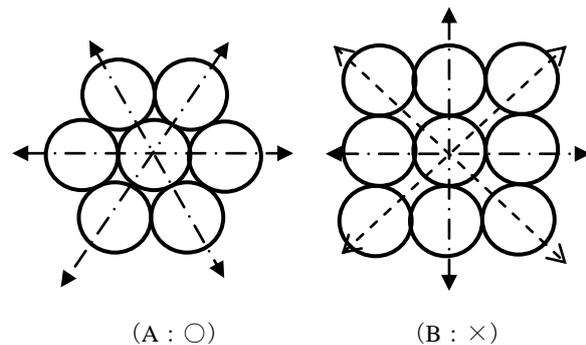


図-5.1.3 ネットの組み方

(3) 岩塊の被覆方法

ワイヤーネットによる固定力を高めるには、図 (a) のように固定対象を巾着状に被覆することが重要である。図 (b) では、特に最上部岩塊は容易に転倒しやすい。そのため、図 a のように岩塊底面（地山際）を巻き込むようにするか、あるいは周囲の不動岩塊（／露岩）に固定することが重要である。

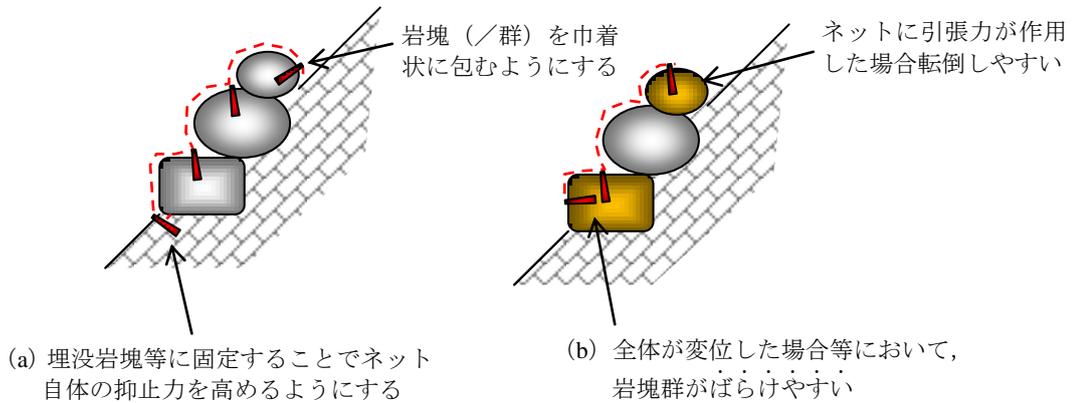


図-5.1.4 ワイヤーネットの被覆の仕方

(4) ガイドロープの取り付け方

ガイドロープは、被覆対象の外周（ネット端部／地山際）に沿って敷設し、連結金具でワイヤーリングに固定した後、巾着状に縛る。ガイドロープを事前に取り付け、これを基礎にネットを敷設することも可能であり、現場状況に応じて工夫する。

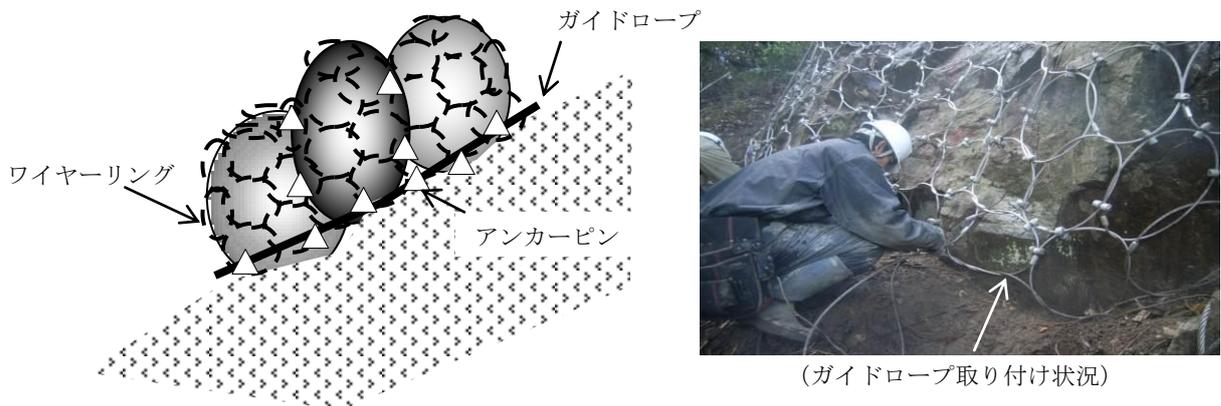


図-5.1.5 ガイドロープ取り付け位置

(5) 立木等の障害物の処理方法

ネットの敷設範囲に立木等の障害物がある場合は、図-5.1.6 (1) のように、これを囲むリングを設けるか、図-5.1.6 (2) のようにリングを変形させる等の方法で処理する。

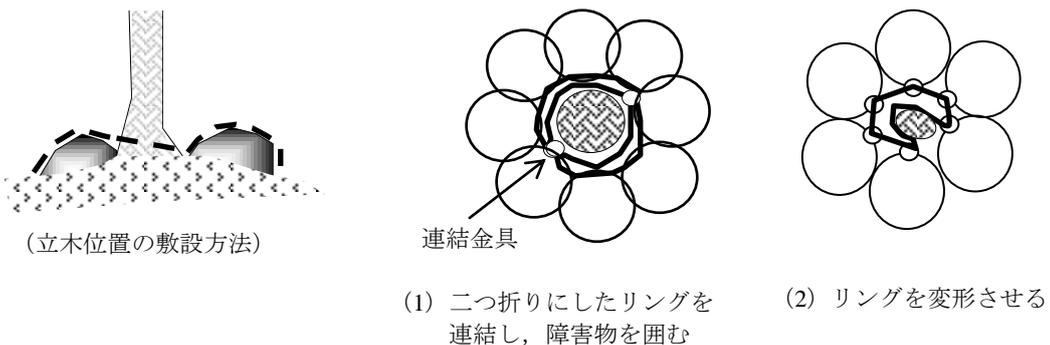


図-5.1.6 障害物のよけ方

(6) ワイヤネット端部の固定方法

図 a のようにネット側方および下端部は、アンカーピンで固定する。図 b のように露岩等がない場合は、長尺アンカー（SA600, SA1300 等）を用いて埋没岩塊等に固定する。

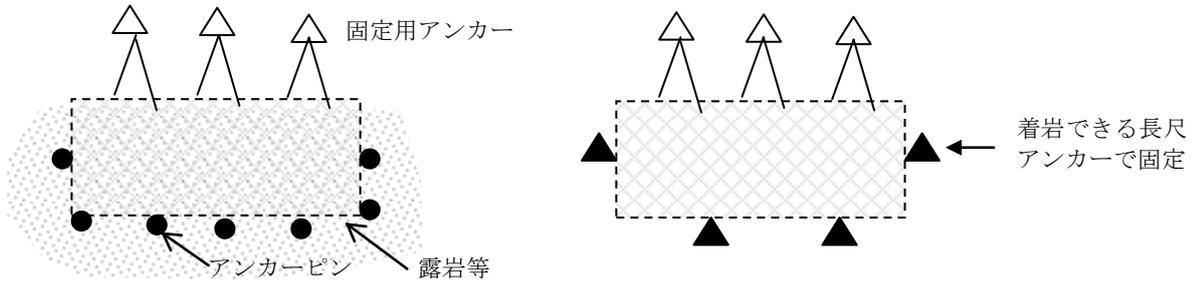


図 a 周囲が露岩し、アンカーピンでネット端部を固定できる場合

図 b 土砂地盤のためアンカーピンでネット端部を固定出来ない場合

図-5.1.7 ワイヤネット端部の固定

(7) 特殊地形での敷設方法

図-5.1.8 のように凹凸の大きい垂直壁面などでは、凹部に縦断方向のガイドロープをセットすることで、ワイヤネットをより密着状態にすることができる。

図-5.1.9 のようなオーバーハング箇所では、事前に金網を敷設し、これに沿ってワイヤリング（ネット）をセットする。

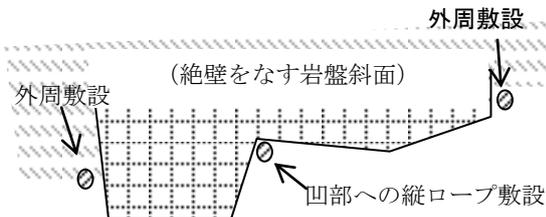


図-5.1.8 ガイドロープ取り付け平面図（節理等に規制された多面体をなす露岩斜面の場合）

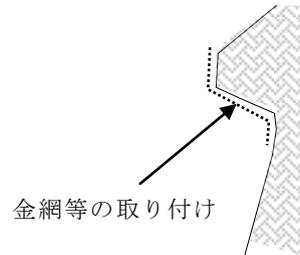


図-5.1.9 オーバーハング箇所の敷設方法

(8) ワイヤネットの弛み

敷設後のネットの弛みが顕著な箇所は、余分なリングを取り外すか（組み直し）、補助ロープ等でかきしめるなどの補修を行う。



写真-5.1.1 ワイヤネット（φ35cm）被覆状況

(9) 小岩塊対策

ワイヤーネットで被覆した岩塊がメッシュから転落する恐れがある場合は、金網等を併用しこれを防ぐ。



写真-5.1.2 樹脂製亀甲網併用例



写真-5.1.3 金網併用例

5.1.3 アンカーピンの設置

(1) 目的

アンカーピンは、ワイヤーネットと固定対象あるいは地山（埋没岩塊等）とを一体化せしめるための部材である。

(2) 設置場所の選定

アンカーピンの設置は、できるだけネットのタルミをなくすよう、固定対象の凹部を主体とするほか、巾着状に包むようその地山際等とする。

節理の多い箇所や脆弱部を避けるとともに、表土層が厚くアンカーピンで対応できない場合は、ショートアンカーSA600（削孔長0.65m）等で代用する。

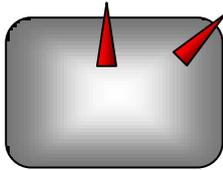
標準設置密度は、設置面が凹凸のある場合で1本/m²、平面もしくは凸状の場合で0.5本/m²を目安とする。



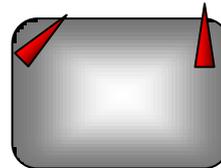
写真-5.1.4 アンカーピン設置孔穿孔状況

(3) 設置方向

アンカーピンは、所要の被り厚（支持力）を確保するため、岩塊の中心に向かって穿孔する。図bのような“透かし堀”状態では容易に剥離するため、厳禁とする。



(図 a : 岩塊の中心に向かって穿孔)



(図 b : 岩塊の側方に沿って穿孔した場合被り厚が薄く、十分な支持力が得られない)

図-5.1.10 アンカー孔の取り付け穿孔方向

(4) 定着手順

穿孔→エア洗浄→グラウト材充填→アンカーピン挿入→養生

(5) 穿孔器具

穿孔地盤が硬岩でない場合は、軽量のルートハンマー等が適当である。

■ルートハンマー仕様						
型式	仕様	全長	重量	空気消費量	ホース内径	穿孔能力径
TH-5S		424mm	5.8kg	0.85m ³ /mm	13mm	40mm
TH-5H		424mm	5.8kg	0.85m ³ /mm	13mm	40mm
TH-5AVO		437mm	6.0kg	0.85m ³ /mm	13mm	40mm
TH-5AVI		458mm	7.3kg	0.85m ³ /mm	13mm	40mm
TH-5S(H)C	コイシ製	424mm	5.8kg	0.85m ³ /mm	13mm	40mm



(6) グラウト材

グラウト材は、ロックボルト用定着材（C-タイト等）を標準とするが、鉛直孔のような場合は、次項（表-5.1.2）に示す深層アンカーと同一仕様（セメントミルク）でもよい。

グラウト深度が浅く、凍結が予想される箇所では養生に万全を期す。

表-2.4.1 定着材可使時間（20° c）…再掲

品 種	可使時間	強度（10MPa）発現時間
早強型（Q）	15 分	3 時間
標準型（S）	40 分	24 時間
湧水型（W）	20 分	5 時間

（日油技研工業株式会社カタログ）

(7) アンカーピン定着部の埋設深さ

定着部の剥離を防ぐため、埋設深さは 12cm 以上確保する。

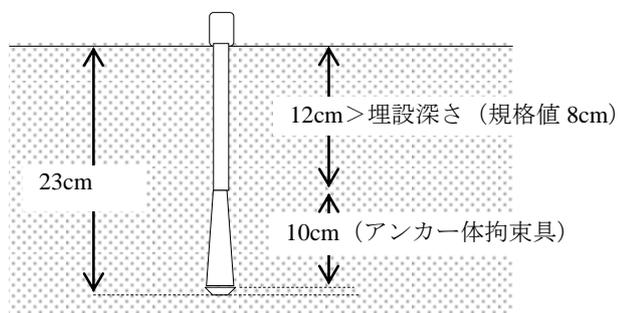


図-5.1.11 くさび型アンカー体の所要埋設深さ

5.1.4 固定用アンカー(深層アンカー/ショートアンカー/アンカーピン)の設置

(1)目的

固定用アンカーは、ワイヤーネットで巾着状に被覆された不安定な岩塊(群)を、連結補助ワイヤーを介して現位置に固定するものである。

(2)構造と仕様

深層アンカーは、設計荷重が大きい場合や、表層すべり等による地盤変位の大きい斜面で使用する。引張材は、PC鋼より線からなり、グラウンドアンカーと同等の二重防錆とする。

ショートアンカー(SA600, 1300, 2100)の最大許容荷重は、アンカーピンと同じ17.5kN/本であり、表-4.1.3のように設置地盤の被り厚によって使い分けるほか、表層すべりの認められる斜面では使用を避ける。



写真-5.1.5 深層アンカー穿孔状況

表-4.1.3 固定用アンカーの仕様(再掲)

固定用アンカー		アンカー材長	削孔径	削孔長	許容被り厚	所要埋設深	先端予長 ・余堀含む	定着長
深層アンカー	F40-20L型	1.55m	50mm以上	1.5m	1.0m	0.2m	0.1m	0.2m
		2.05m (+0.5m延長材)		2.0m				
	F40-40L型	1.75m		1.7m				
		2.25m (+0.5m延長材)		2.2m				
SA2100	2.132m	2.1m	1.7m					
SA1300	1.312m	50mm以上 (良好な地盤では38mm)	1.3m	1.0m	0.15m	0.05m	0.1m	
SA600	0.697m	38mm以上	0.65m	0.4m	0.12m	0.03m		
アンカーピン	0.287m		0.25m	-		0.03m		

(3)削孔径

くさび方式のため、定着部グラウトは間詰め材としての役割を果たせばよい。そのため、標準削孔径は、削孔長の違いにより以下のように設定する(地盤状況に応じて適宜決定する)。

○深層アンカー、ショートアンカーSA1300, SA2100(削孔長1.3~2m)

“削孔径 \geq 定着部最大径+10mm”

○ショートアンカーSA600, アンカーピン(削孔長0.25~0.65m)

“削孔径=定着部最大径+4mm”

(4)グラウト材

グラウト材は、深層アンカーおよびショートアンカーSA1300, SA2100はセメントミルク、その他はセメントカプセル(cタイト)を基本とし、孔壁等の状態により適当な方法を選定する。

(5) 定着地盤と削孔方向

固定用アンカーは、安定した岩盤もしくは埋没岩に定着する（図-6.1.17）。露岩する場合でも、写真-5.1.6のようなシーティング節理等による剥離（浮石化）が懸念されるため、最少被り厚 1m を確保する。

削孔方向は、定着基盤層に最短で達するよう地山面に垂直とする。ただし、グラウト材としてセメントミルクを使用する場合は、ブリージングによる定着不良を考慮して、水平面から±20° 未満は避ける。

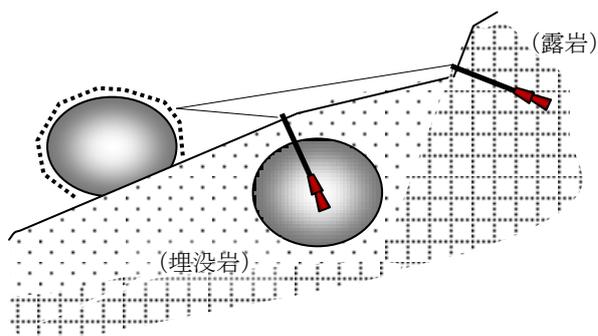


図-5.1.11 固定用アンカーの設置方法



写真-5.1.6 シーティング節理による剥離状況（花崗岩）

(6) アンカー材（深層アンカー）の延長方法

現場でアンカー材の延長が必要な場合は、頭部連結金具と固定金具の間に延長材（0.5m 括約）を連結する。

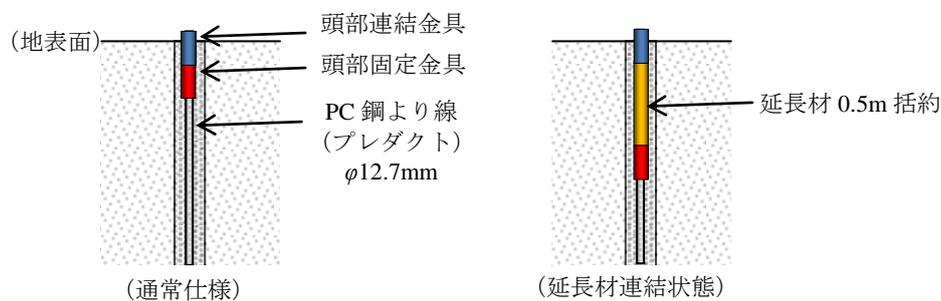


図-5.1.12 アンカー材の延長方法

(7) 定着部のグラウト方法と漏出する場合の対策

① グラウト材

グラウト材としてセメントミルクを使用する場合は、グラウンドアンカーに準じた配合とする。

表 5.1.2 セメントペーストの配合例

1m ³ 当たり 配合	普通ポルトランドセメント	水セメント比 (W/C)	混和剤
	1,230kg	45~55%	(レオビルド 4000 の場合) セメント重量の 1.5~4%

②深層アンカーのグラウト手順

削孔径 50mm に対して、定着部材の最大径は 40mm であり、グラウト可能な空隙は 10mm と小さい。そのため、グラウトを予めオーバーフローするまで注入後 tendon を挿入する場合は、孔底付近での脱水等により挿入が困難となる可能性がある。

逆に tendon を挿入した状態でグラウトする場合は、拘束具位置で“柵”を形成し、それ以深へのグラウトが不能となる恐れがある。

これらを避けるため、次図のように予め定着部のグラウトを先行し、これに定着部拘束具を挿入した状態（tendon は宙ぶり状態）で再度追加するなど、拘束具周囲を確実に充填できるようにする。

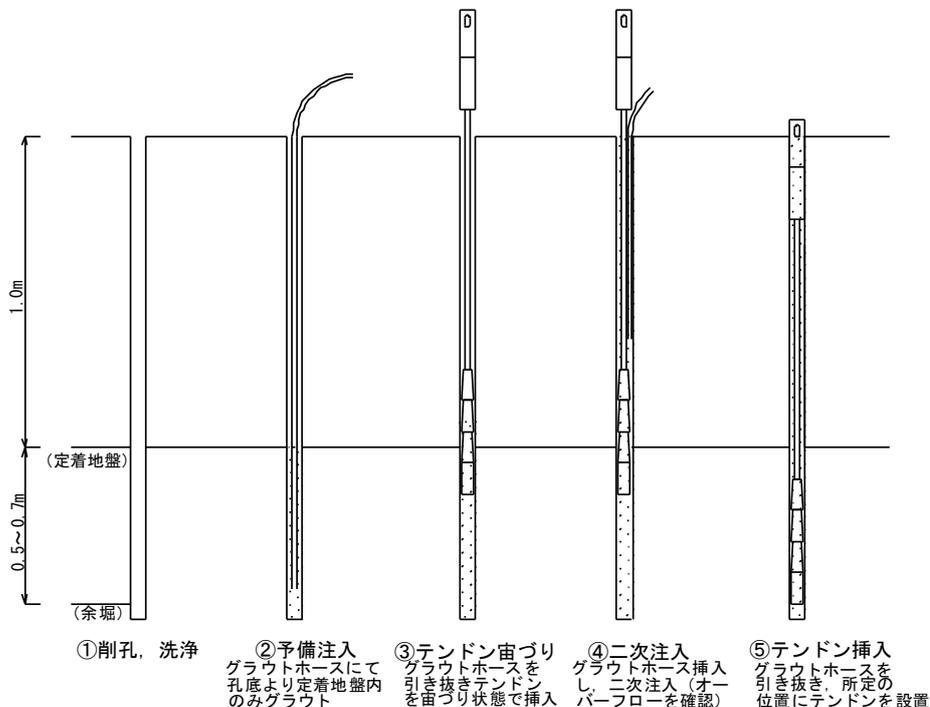


図-5.1.13 深層アンカーのグラウト手順

③漏出対策

定着部のグラウト材（セメントミルク）が漏出する場合は、パッカー方式（アンカー体を布パッカーで被覆）とし、削孔径は 65mm 以上とする。

(8)固定用アンカー頭部設置方法

固定用アンカーは、その頭部に曲げモーメントが働きにくいように、露岩面では立ち上がり 5cm 程度、土砂地盤では逆に 5cm 程度地山を掘り下げて設置する。

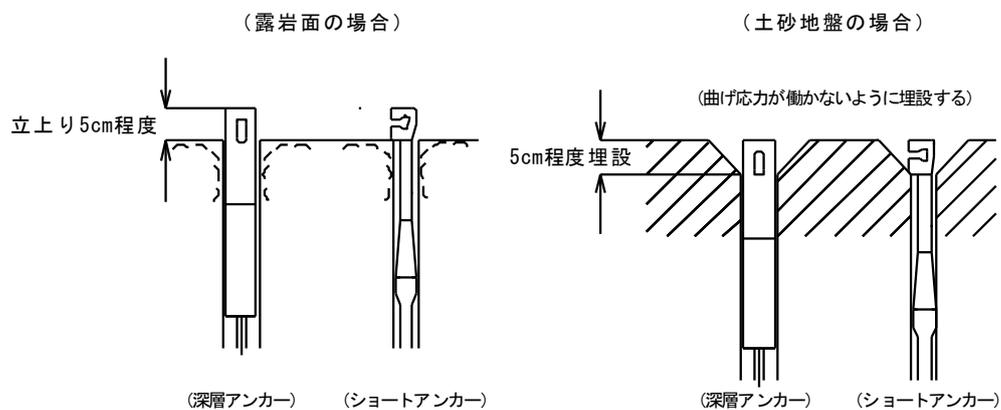


図-5.1.14 固定用アンカー頭部設置方法

(9) 固定用アンカーとワイヤーネットの連結方法

① 連結補助ワイヤーとネット端部（ワイヤーリング）の連結方法

連結補助ワイヤーは、固定用アンカーの引張力をワイヤーネットにできるだけ均等に伝えるための部材であり、ネットを構成するワイヤーリングが隣接する箇所（図 b の ○）に、2つのリングを取り込む形で1組ずつ取り付ける。

アンカー1本からの取り付け本数は、3組を基本とし（設計荷重が大きく、アンカーの設置密度より取り付け本数が2本となるケースを除く）、ネット端部をできるだけ等間隔に連結固定する。ただし、図 b のようにネットの弛みを解消する等の目的で、ネット内側のもの（点線の円内）と連結させる場合もある。

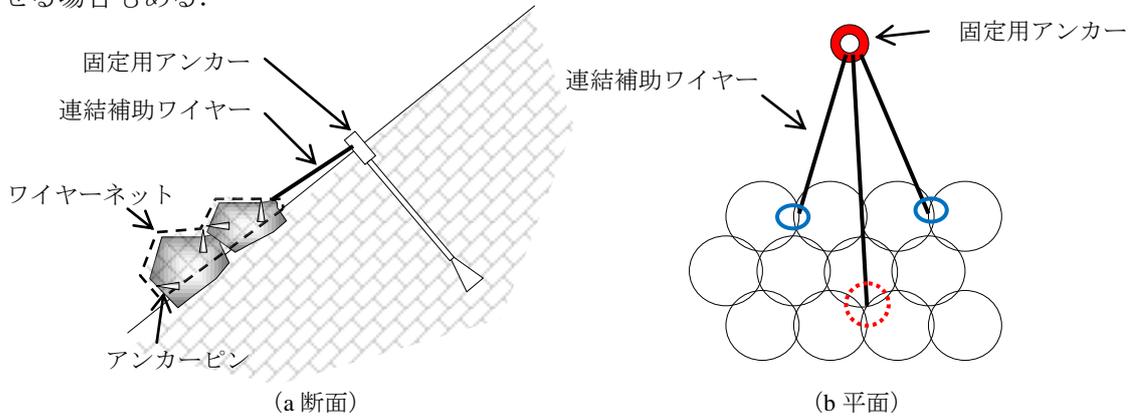


図-5.1.15 ワイヤーネットと固定用アンカーの連結方法

② 連結方法

次図は、固定用アンカーから3組の連結補助ワイヤーを引き出す例である。図 A の設置手順は、
 ① ワイヤーロープの一端を“端止具（図-5.1.17）”に固定。この場合、ロープ端部は、緊張時の“ワイヤーの撚りの戻り”を避けるため、20cm 程度以上の予長を確保する。

② 他端をネット端部のワイヤーリング、端止具中央の“通し穴”、深層アンカーヘッドの順に通し、再び端止具に固定（予長 20cm 確保）することで、1組の連結補助ワイヤーとする。

③ 連結補助ワイヤーは弛みを取る程度に緊張する。

同様に、同図 B は、上記手順を2回繰り返したものであり、ワイヤー本数は2倍（許容荷重 32kN）となる。

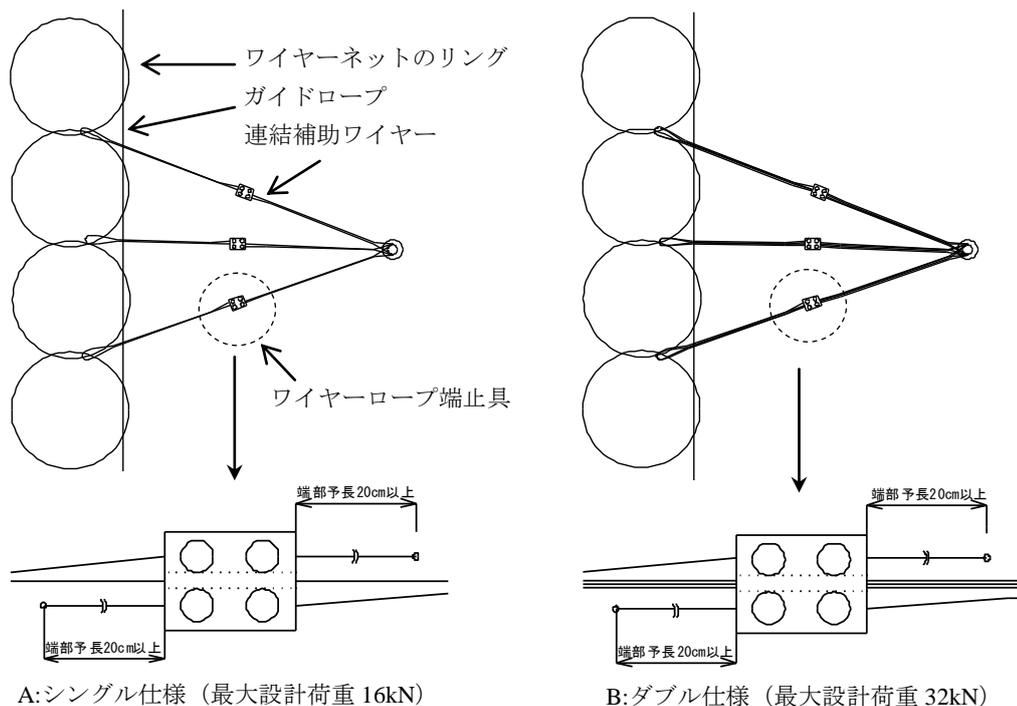


図-5.1.16 連結補助ワイヤー仕様

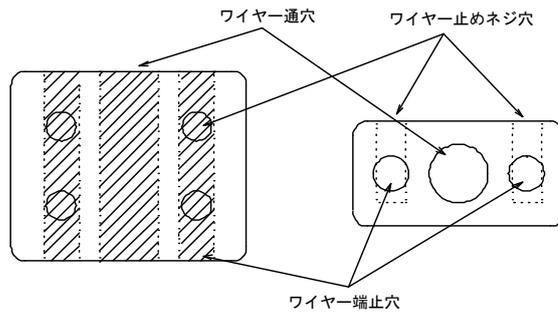


図-5.1.17 ワイヤロープ端止具構造図

②固定用アンカーとネットとの間隔

アンカーの引張力が効率的に伝わるよう、固定用アンカーとネット端部との間隔は、次図のように設定する (§4.1.3 の 5 項)。

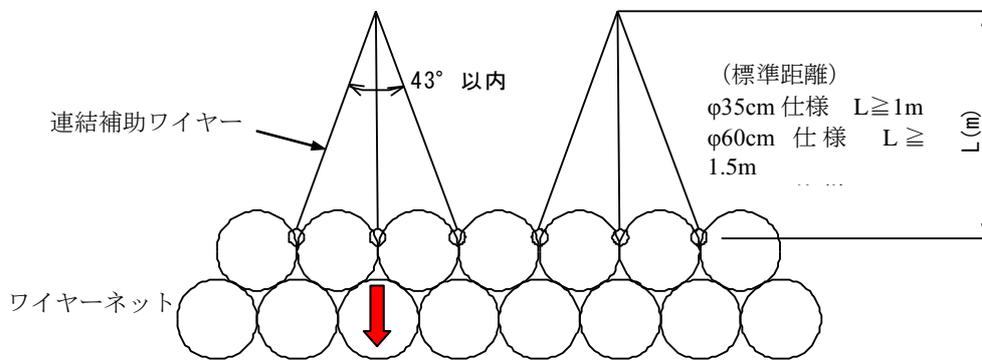


図-4.1.15 ワイヤネット端部とアンカー位置との距離・・・再掲
(ワイヤーリングと連結補助ワイヤーを連続して固定する場合)

③固定用アンカーを、固定対象の側方地盤に設ける場合の連結補助ワイヤーの引張角度

固定対象の側方地盤から引っ張る場合は、次図 (A) のように、連結補助ワイヤーによってもたらされるアンカー力が、ワイヤーネット全体に、できるだけ均等に伝わるように取り付ける (確引張角度補正に基づく)。

図 (B) では、ワイヤーネット端部 (岩塊地山際) にアンカー力が集中し、ネットの破断を招く恐れがある。

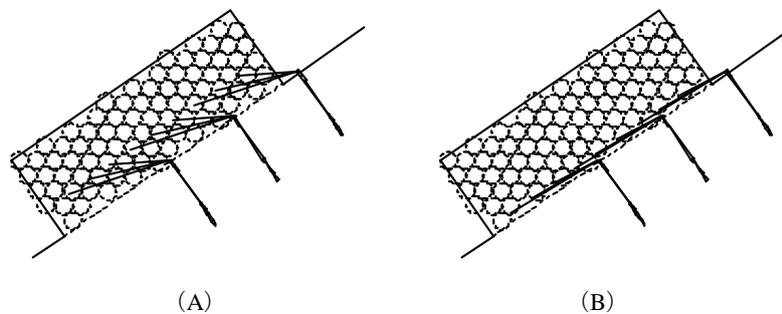


図-5.1.18 連結補助ワイヤーの取り付け方
(岩塊側方地盤から引っ張る場合)

④連結補助ワイヤーの緊張

連結補助ワイヤーは、弛みがないよう、適度な張力を与える。



写真-5.1.7 補助ワイヤーの緊張作業



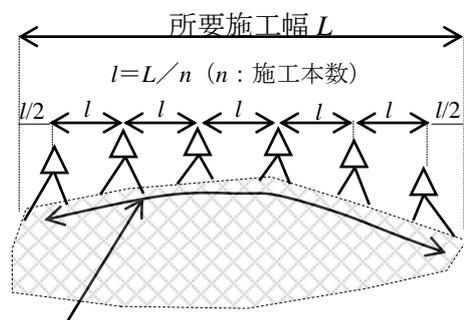
写真-5.1.8 深層アンカーによるワイヤーネット端部固定状況

(10) 固定用アンカーの設置間隔について

固定用アンカーは、抑止力（引張荷重）をワイヤーネットに均等に与えるよう、できるだけ等間隔に設置することを基本とする（図-5.1.19）。

固定用アンカーの予定地点に立木等の障害物がある場合は、これより斜面上方にずらす。

等間隔にできない場合でも、連結補助ワイヤーをワイヤーネットに取り付け間隔 l （図-5.1.9）は、できるだけ等間隔となるようにする。



ネット端部を固定する補助ワイヤーロープの設置間隔がより均等となるようにする

図-5.1.19 固定用アンカーの設置間隔

(11) 穿孔システム

① 主要機材

- ・ジャックハンマー
- ・コンプレッサー（ジャックハンマー2台：37kW～）
- ・中間ロッド（エクステンションロッド）

② ロッドの選定

崩積土等におけるスライム排除には、できるだけ内空断面の大きいものが望ましい。

- ・テーパーロッド（焼き入り）：内径 6mm. …スライム排除が困難
- ・中間ロッド（焼き入り）：内径 12mm 程度…高価であるが、強度面で有利
- ・タフボルト（TF26）：内径 18～20mm …強度は弱い、価格やスライム排除に有利

③ ビットの選定

ビットには多くの種類があるが、スムーズにスライム排除ができるものとして、写真のようなサイドカッティング型のものがある。

特に吐出口を大きくした点に特徴があり、孔壁の仕上がりなども良好な結果が得られている。



（サイドカッティング型）

写真-5.1.9 専用ビット（ロープネジ）

④給気システム

土砂、礫、粘土質地盤等におけるスライム排除は、図-5.1.18（写真-5.1.10）のように、穿孔機とビットへの給気を区分するとともに、給気ホースやロッドの内空断面を適正に確保する等の工夫が必要である。

給気圧（量）を高めるには、同図の分配管を略し、コンプレッサーと直結する方法が有効である。

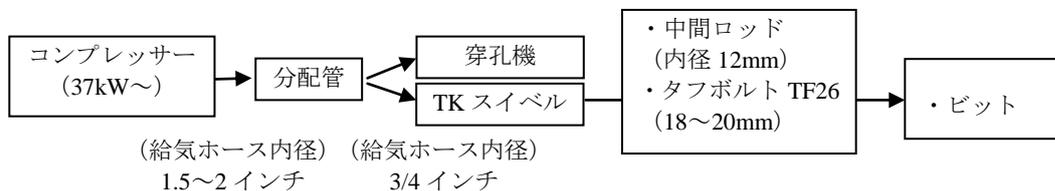


図-5.1.18 給気システム（例）

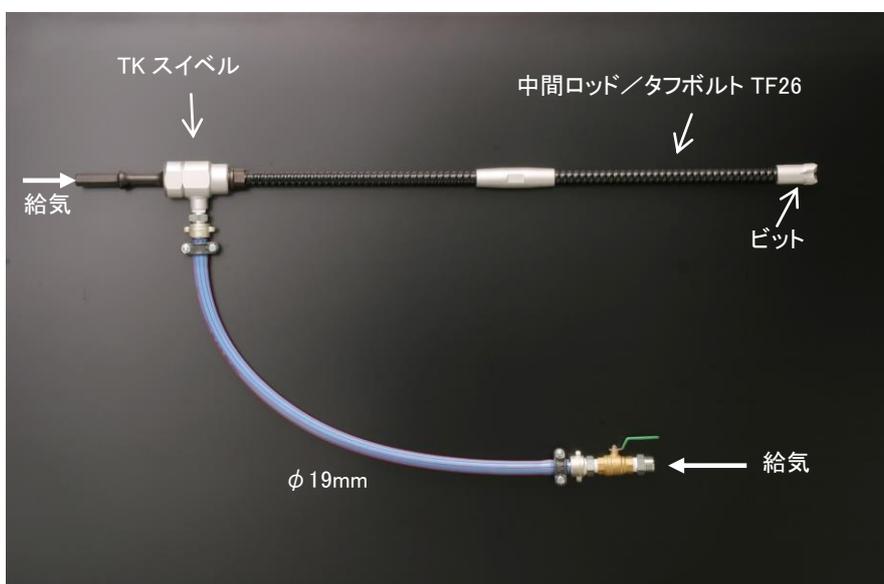


写真-5.1.10 給気システム（例）



写真-5.1.11 ジャックハンマー

表-5.1.3 ジャックハンマー仕様（例）

機種名	YS-14	YS-13
型式	風式, T型(D型)	風式(湿式), T型(D型)
重量(kg)	16.5	15
全長(mm)	505	495
シリンダー径(mm)	60	57
ピストンストローク(mm)	60	54.5
空気圧力(kg/cm ²)	5	5
打撃数(blow/min)	2300	2400
空気消費量(m ³ /min)	2.3	2.2
シャンクサイズ(mm)	22Hx83(93Hx83,22Hx108)	22Hx83(19Hx83)
給気ホース径(mm)	19	19
給水ホース径(mm)	—	(12)

⑤定着地盤が深い場合の削孔機械

定着基盤までの被り厚が厚く、削孔長が2mを大きく越える場合は、空圧による推進力を有すドリフターやレッグハンマー等を使用する。

5.2 圧入マット式根固工法

圧入マット式根固工法は、基礎地盤を確保するための床堀や、コンクリート用型枠を不要とするために開発したものである。

図-5.2.2は、マット内にグラウト（加圧）した状態をイメージしたものであり、これを図-5.2.3のように積み重ねながら所要箇所の間詰めを行う。

マットの寸法は、長さ（50cm）、幅（30cm）、高さ（15cm）である。

内部には、それぞれの方向に寸法調整具を備え、マット表面に計画的に凹凸を形成させることで、間詰箇所への排水を可能なようにしている。

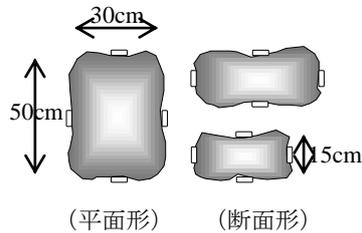


図-5.2.2 根固マット(グラウト状況)

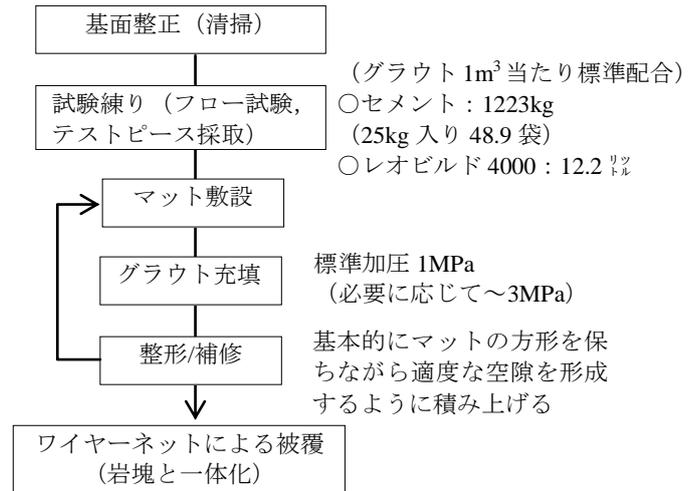


図-5.2.1 施工フロー図

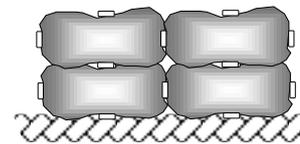


図-5.2.3 根固マット組立図

図-5.2.4は、加圧充填によって設置地盤が締め固められ、地盤支持力を高める仕組みを示す。

写真-5.2.1のような傾斜地では、図-5.2.5のように、あらかじめワイヤネットを根固計画線に合わせてセットし、これの内側に敷き並べたマットを加圧充填することで、構築することができる。

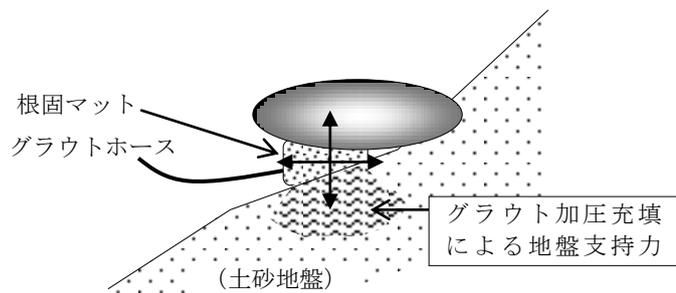


図-5.2.4 根固マットにより地盤支持力を増強する仕組み

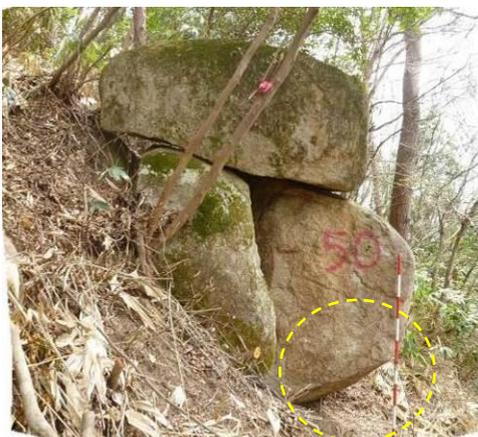


写真-5.2.1 根固マットの設置が困難な例

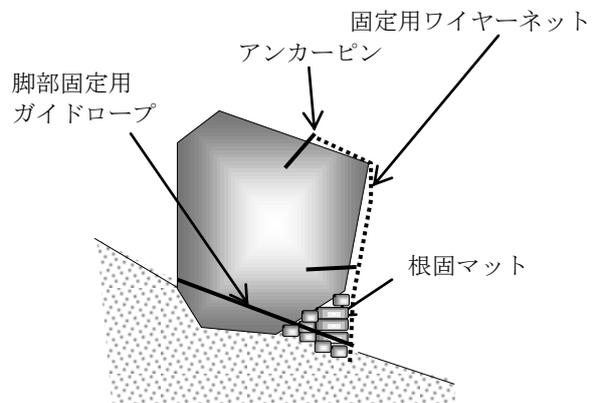


図-5.2.5 傾斜地での根固方法

5.3 クラッシュネット工法(小割整形工・小割除去工)

5.3.1 施工手順

ワイヤーネットの構成やアンカーピンの設置方法は、ワイヤーネット被覆工法と同様である。

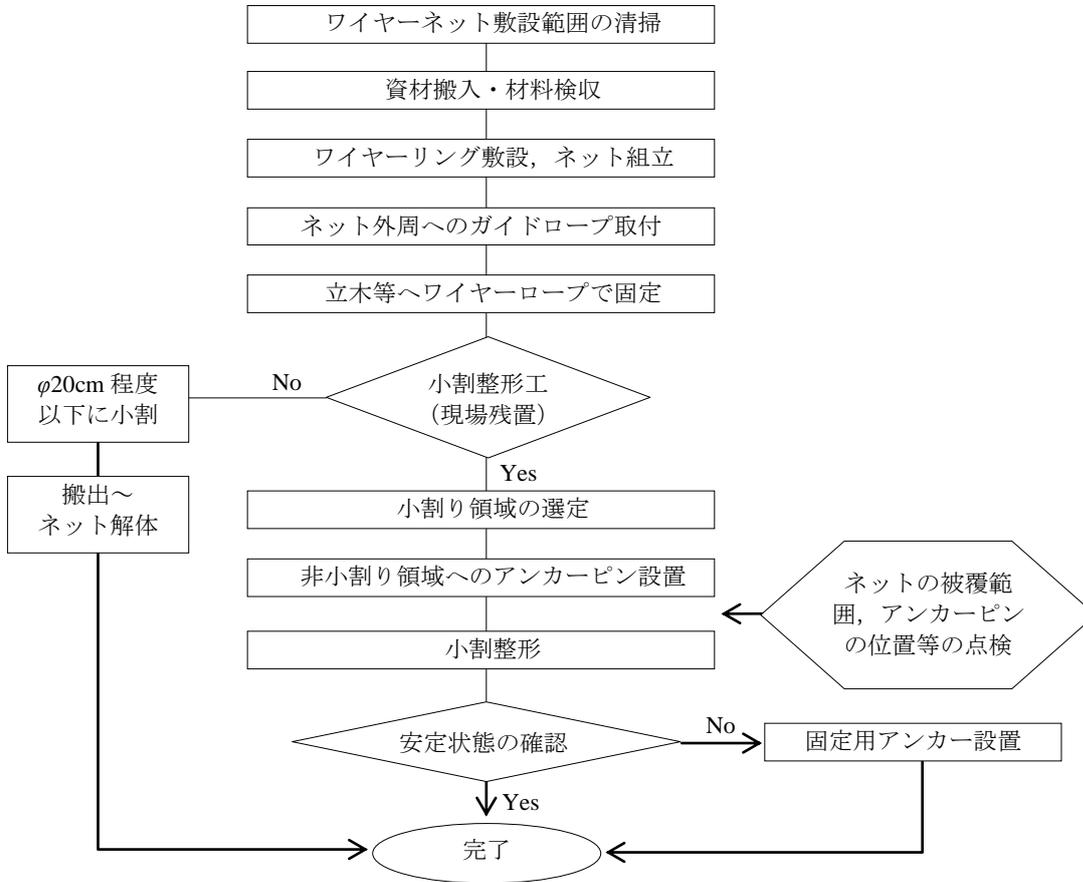


図-5.3.1 クラッシュネット工法施工フロー図

5.3.2 ネットの組み方

ワイヤーネットは、小割した岩塊のほぐし率を考慮し、幾分タルミを持たせて被覆する。



(A) 小割り前



(B) 小割りするにつれ、岩塊の容積が増える

写真-5.3.1 斧矢による小割状況

5.3.3 アンカーピンの目的と取り付け位置

小割整形工では、ネット内の小割り岩塊の回転運動を規制するため、非小割り領域（岩塊の地山際付近）にアンカーピンを設置する。

小割除去工（ネットを仮設材として使用）では、アンカーピンは不要であるが、対象物を巾着状に被覆しにくい場合は、補助材（ネット端部の固定材）として必要箇所を設置する。



写真-5.3.2 アンカーピンの穿孔状況

5.3.4 小割整形要領

小割整形工は、転倒しやすい形状のものを、扁平状に整形することを目的としている。そのため、岩塊を巾着状に被覆するワイヤーネットの端部をロープ等で四方に引っ張り、これによって生じた空隙部に小割りした岩塊を、押し広げるように落とし込む。

ネットの変形が窮屈な場合は、リングメッシュから小岩塊を取り出し、ネット内の空隙を確保する。



写真-5.3.3 小割状況

5.3.5 小割除去要領

小割除去工でのワイヤーネットの使用目的は、小割り作業の安全性を高めることにある。すなわち、

- ①安定計算に基づき、小割り岩塊の現状安全率を高めるための、所要抑止力を求める。
- ②ワイヤーネット以小割り岩塊を巾着状に被覆し、付近の立木等に固定（所要抑止力の確保）。
- ③小割りした岩塊は、ネットメッシュから順次取り出し、モノレール等で搬出。
・・・小割りの大きさは、人力による搬出作業を考慮しφ20cm程度以下とする。
- ④岩塊を除去することで生ずるネットの弛みは、これに衝撃荷重が発生しないよう適宜修正する。
- ⑤ネットは仮設材として再利用できるが、損傷度合いに応じて適宜交換する。

5.4 アンカーネット工

5.4.1 施工手順

施工手順をフロー図に示す。施工の段取りとして、ワイヤーネット敷設前にアンカーを設置することが適当であるが、施工時の落石等が懸念される場合は、斜面上部からの逆巻き施工とする。

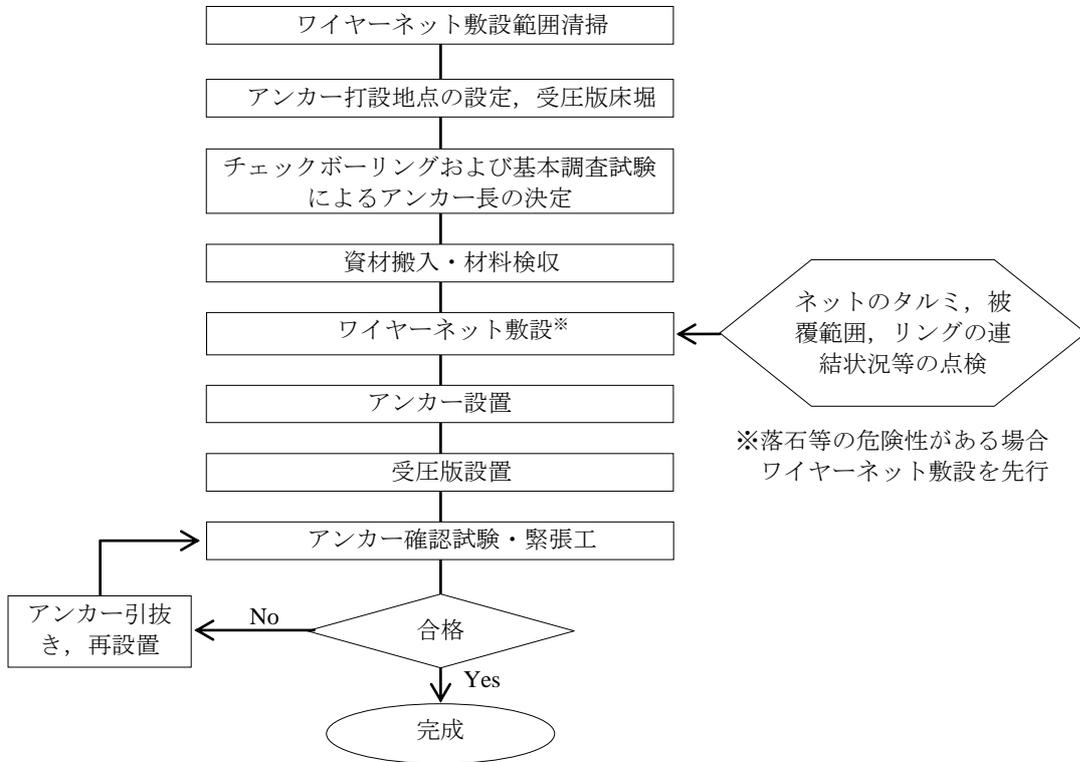


図-5.4.1 ワイヤーネット工施工フロー図

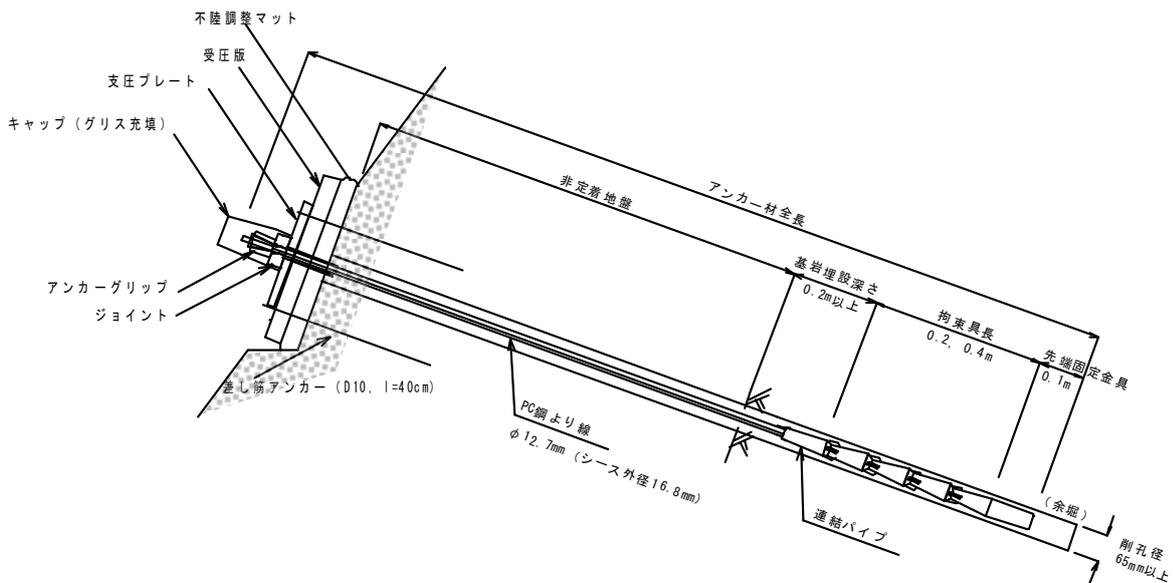


図-2.7.1 アンカーネット標準構造図 (受圧版: 土砂地盤用) ……再掲

5.4.2 アンカー地点の選定

(1) 配置基準

ワイヤーネット（不安定土塊）を固定するためのアンカーの設置間隔は、最大 4m 程度（千鳥配置）を基本とし、地すべりの規模等に応じて、水平または縦断方向の間隔を調整する（縦断方向は斜距離）。

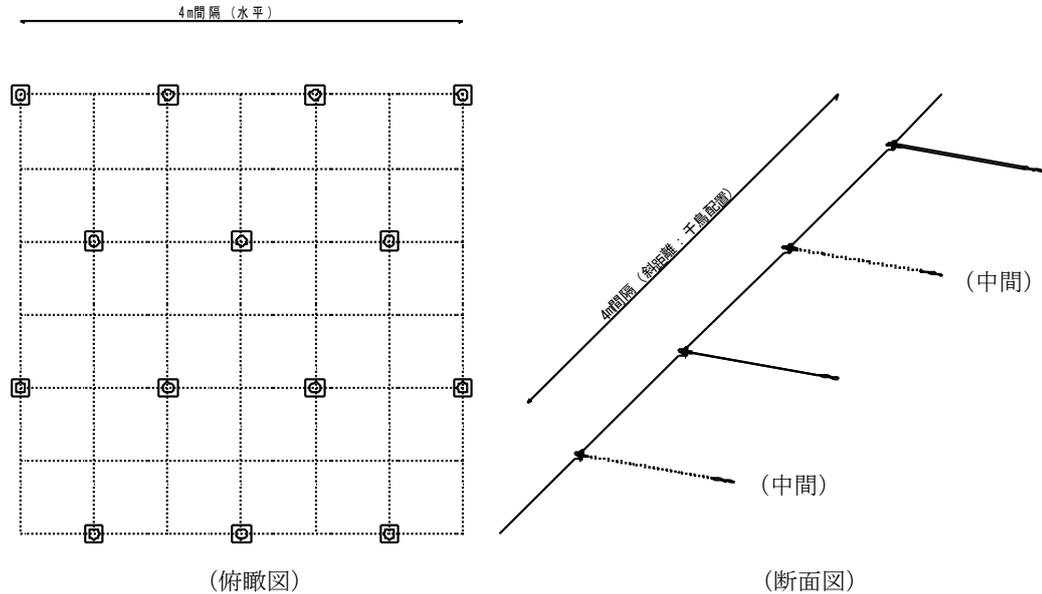


図-5.4.2 アンカー配置図

(2) 障害物の避け方

図のように、予定地点に立木等の障害物がある場合は、基本的にこれの下方斜面に移設する。

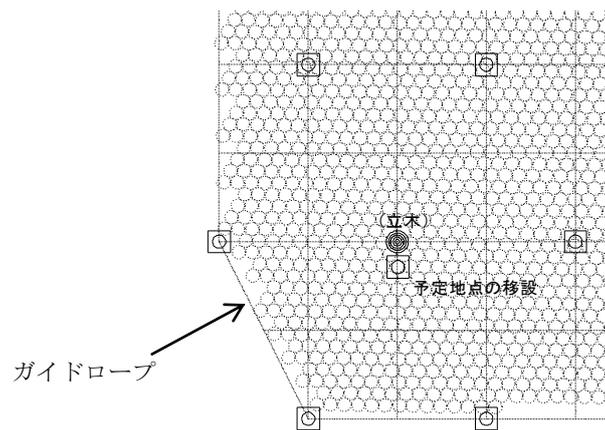


図-5.4.3 アンカー地点の移設方法

5.4.3 ワイヤーネット敷設

(1) ワイヤーネット

ワイヤーネットを構成するリング径や連結金具は、ワイヤーネット被覆工法と同様であり、できるだけ地山と密着状態するように敷設する。

表-2.1.1 1m²当たり敷設リング数…再掲
(正円状態での標準値)

リング径(cm)	1m ² 当たりリング数 (nヶ)
35	9.43
60	3.21
80	1.80

(2) アンカーピン/ショートアンカーSA600 の設置

○ワイヤーネット敷設地盤が露岩や転石の場合

ネット自体の固定力を高めたり、転石の変位を抑止するため、これらをアンカーピンでワイヤーネットと一体化せしめる。

○土砂地盤の場合

基本的に不要とするが、凹凸が激しくネットが地山から浮いた状態となる領域は、ショートアンカー (SA600 : 削孔長 0.65m) 等で埋没岩塊に固定する。

(3) ガイドロープ

前項の図-5.4.3 に示すように、ワイヤーネット外周を固定するためのガイドロープを取り付ける。

5.4.4 アンカー設置

(1) チェックボーリング, 基本調査試験

施工に先立ち、チェックボーリングによる対象領域の基岩面深度 (基岩面形態) や、基本調査試験による定着地盤の強度を確認し、設計内容の精査を行う。

(2) アンカー削孔, グラウト, 品質保証試験

①削孔径 : φ65mm 以上とする。

②削孔角度 : 水平面より 10° 以上下向きとする。

…グラウンドアンカーでは、ブリージング対策として“-5° ~5° を避ける”としている。

本工法に用いる軽微な機械 (レッグハンマーやスカイドリル) では、穿孔精度が劣るためこれより大きい“10°”を基準とする。

③グラウト, 品質保証試験

ワイヤーネット被覆工法に準ずる。

(3) アンカー引張材のセット位置

アンカー引張材 (テンドン) は、図のようにワイヤーリングが交差する位置にセットし、この状態で受圧版を被せることでワイヤーネットを固定する。

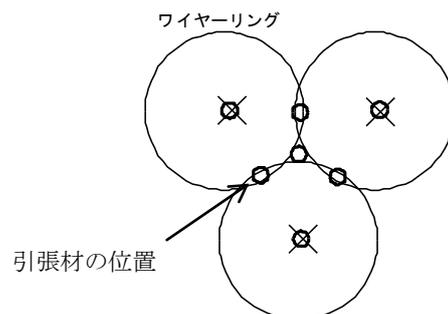


図-5.4.4 アンカー引張材の固定位置

5.4.5 簡易受圧版設置

規模の小さい表層すべりを対象とする場合のアンカーの最大設計荷重は、109.8kN/本であり、これを支持するための簡易受圧版を以下の手順で設置する。

「床堀→不陸調整マット用型枠設置→不陸調整マット設置→受圧版設置」

(1) 土砂地盤の場合

- ①アンカー軸にあわせて、鉄筋 D9 からなる型枠（45cm 角，高さ 9cm）がセットできるように地山を床堀，整形。
- ②床堀面上上記型枠をセットし，差し筋（D10， $l=50\text{cm}$ ）でその 4 隅を固定。
- ③型枠内部にコンクリートマットをセット後，受圧版，支圧版（25cm 角，厚さ 2cm），ジョイントの順で組重ねる。
- ④この状態で，コンクリートマット内部にグラウトを圧入し，受圧版が所定の傾きとなるよう整形する。この時，頭部ジョイント等が引き抜けないように，差し筋やアンカー引張材（PC 鋼より線）を利用して，番線等でこれらを固定する。

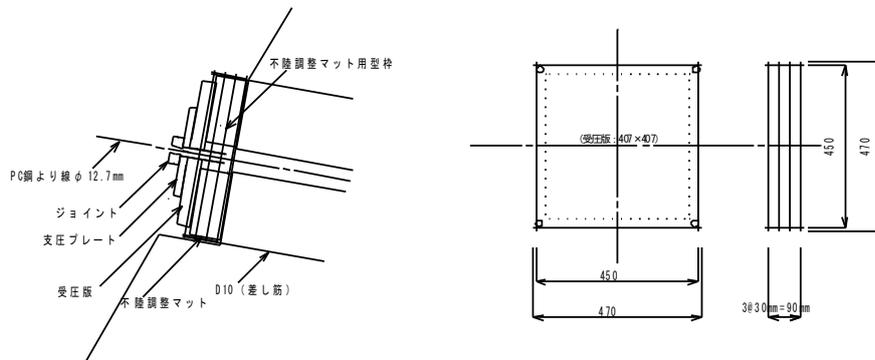


図-5.4.5 受圧版取り付け図（土砂地盤用）

(2) 露岩する場合

地盤支持力を十分確保できるため，受圧版は支圧版（25cm 角，2cm 厚）のみとする。

- ①アンカー軸にあわせて，型枠（28cm 角，高さ 9cm）がセットできるように露岩をはつる。
- ②はつり面上上記型枠をセットし，差し筋アンカー（D10， $l=40\text{cm}$ ）でその 4 隅を固定。
 …露岩する場合は，床堀深さを十分確保できないケースが想定されるため，アンカー付きの差し筋で固定する。
- ③型枠内部にコンクリートマットをセットした後，支圧版（25cm 角，厚さ 2cm），ジョイントの順で組重ねる。
- ④この状態で，コンクリートマット内部にグラウトを圧入し，受圧版が所定の角度となるよう整形する。この時，頭部ジョイント等が引き抜けないように，差し筋やアンカー引張材（PC 鋼より線）を利用して番線等で固定する。

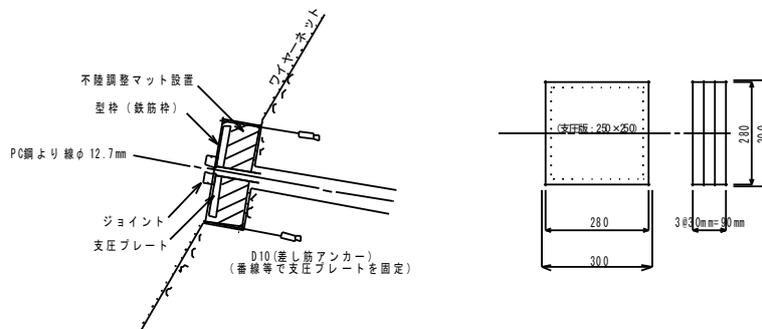


図-5.4.6 受圧版取り付け図（露岩用）

6. 施工管理

6.1 出来形管理(参考)

(1)管理項目

項目	測定項目	管理方法	管理数量	管理基準/規格値	
着工前現場確認(起工測量)	各施工範囲	展開図(敷設面積)作成	全数	設計図書との照合	
資材数量	(共通) ワイヤーリング アンカーピン 連結金具	資材出納帳簿 (材料検収)	全数	$n \geq 0$	
	(共通) ショートアンカー 深層アンカー ロープ端止具	実測			
	(根固工) 根固マット (アンカーネット) アルミキャップ アンカーグリップ ジョイント 支圧版 受圧版 不陸調整マット				
	連結補助ワイヤー (アンカーネット除く) ガイドロープ(共通)				設置延長
出来形	ワイヤーネット (共通)	敷設面積	三斜法等による実測	全数	
		設置状況	ネットの弛みや被覆対象物との間に大きな空隙がないこと, 固定対象が巾着状に被覆されていること	全体	外観
	連結補助ワイヤー (アンカーネット除く)	取付け間隔	ワイヤーリングとの取付け間隔等	全数	できるだけ等間隔に取付けること, 1本のロープで二つのリングと連結すること
		ロープの弛み	弛みがないこと		外観
	ガイドロープ(共通)	ロープの弛み	弛みがないこと	全数	外観
	アンカーピン (共通)	穿孔方向	定着対象の中心部に向かう方向	3本	$\pm 10^\circ$ 以内
		削孔長	実測(誤差)		$20\text{mm} \geq l \geq 0$
		地山面からフック底面までの長さ(図-6.6.1参照)			地表残尺 $l' \leq 10\text{mm}$ (規格値 40mm)
	固定用アンカー (共通)	穿孔方向	地山面に直角(ただし人力施工では水平面より -20° 以上, 機械施工では -10° 以上下向き)	全数	下向き方向(-)に 10° 以内
		削孔長	実測(誤差)	全数	$100\text{mm} \geq l \geq 0$
		アンカー材長	実測(誤差)	全数	$l \geq 0$
		設置間隔	実測(誤差)	全数	$l \leq \text{設計間隔} \times 0.1 $
根固マット(根固工) 不陸調整マット(アンカーネット工)	使用数量	コンクリートマット グラウト(空袋検収等)	全数	$n \geq 0$	

(2) 出来高管理方法について

ワイヤーネット被覆工法では、敷設面積が数十～数百 m²を超える場合、複雑に絡み合った部材をカウントするのは容易でない。

そのため、出来高管理は、ブロック毎の材料検収を主体に行う。その上で、起工測量（三斜法等）で求めた面積に単位面積当たり標準数量（§2.1 の表-2.1.1）を乗じて求めた数量と、実施数量との整合性チェックなどでこれを補完する。

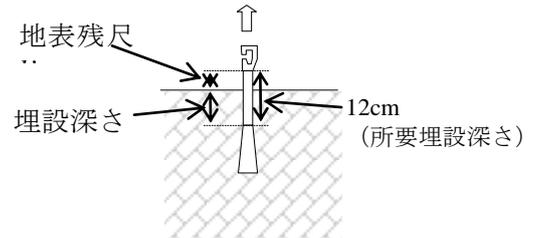


図-6.1.1 アンカーピン埋設深さの

6.2 品質管理(参考)

項目	管理項目	管理方法	管理基準
(共通)	外観	目視	損傷等の有無
ワイヤーリング アンカーピン ショートアンカー 深層アンカー 連結金具 ロープ端止具 セメントカプセル	寸法	計測	所定の寸法を満たす
(根固工) 根固マット (アンカーネット工) アルミキャップ アンカークリップ ジョイント 支圧版 受圧版 不陸調整マット	品質	製造工場の品質証明書 ／ミルシート	JIS 規定等による
品質保証試験	固定用アンカー (深層アンカー他)	設計荷重に 対する安全性	全数の 3% (最低 3 本) 設計荷重の 1.2 倍以上 を確認する
	アンカーピン／SA600	穿孔方向 (固定対象に直角)	
固定用アンカーの グラウト材	品質	ミルシート (セメント, 混和剤)	JIS 規定等による
	コンシステンシー	フロー試験	12～18 秒
	強度	圧縮強度試験	24N/mm ² 以上

6.3 写真管理(参考)

項目	管理内容	管理数量
主要資材	材料検収	資材毎
主要機材	搬入状況	機材毎
ビット	径	ビット毎
アンカーピン設置 ショートアンカー設置 深層アンカー設置	穿孔状況, 穿孔角度, 削孔長, グラウト材フロー試験, グラウト状況, 設置状況	数カ所
基本調査試験 品質保証試験	固定用アンカー 試験状況, 荷重確認	全数 全数の 3% (最低 3 本)
ワイヤーネット敷設	ネット敷設状況	作業内容毎
補助ワイヤー, 端止具設置	取付け状況, 緊張作業状況	
根固マット	フロー試験, グラウト状況, 設置状況	施工ブロック 毎 (フロー試験除く)
簡易受圧版設置 不陸調整マット	床堀状況, 設置状況	数カ所

7. 試験工

7.1 基本調査試験⁴⁾

7.1.1 試験概要

固定用アンカー（深層アンカー／ショートアンカー／アンカーピン）の許容荷重を求めるための現地引抜試験を行う。試験場所は、計器類が安定した状態でセットできる場所等を選定する。



写真-7.1.1 深層アンカー基本調査試験



写真-7.1.2 アンカーピン基本調査試験

(1) 実施数量

実施数量は基本的に1本とし、定着地盤の地質状況等が異なる場合は、それぞれに対して実施する。確実に安定した定着地盤が確保できる場合や、施工数量が少なく設計荷重も小さい場合は、これを省略し、品質保証試験で安全性を確認することもできる。

深層アンカーとショートアンカー（／アンカーピン）の両方が計画されている場合は、いずれかで実施する（定着システムが同じであり、試験結果はいずれにも適用可能）。

(2) 実施場所：安全側として、相対的に脆弱な箇所を選定する。

(3) 最大荷重

- ・深層アンカー：140kN（テンドンφ12.7mmの降伏荷重156kN×90%）
- ・ショートアンカー／アンカーピン：60kN

(4) 荷重サイクル

（深層アンカー）

- ①10≧20≧30 (kN)
- ②10≧30≧40≧50≧60 (kN)
- ③10≧30≧50≧60≧70≧80≧90 (kN)
- ④10≧30≧50≧70≧90≧100≧110≧120 (kN)
- ⑤10≧30≧50≧70≧90≧110≧120≧130≧140 (kN)

（ショートアンカー／アンカーピン）

- ①10≧20 (kN)
- ②10≧20≧30 (kN)
- ③10≧20≧30≧40(kN)
- ④10≧30≧40≧50 (kN)
- ⑤10≧30≧50≧60 (kN)

(5) 載荷時間：ダイヤルゲージ（1/100読み）の変位が落ち着くまで行う。

(6) 成果図

- 荷重－変位量曲線
- 地盤拡径量－有効応力曲線（地盤反力係数算出）

7.1.2 実施例(解析例)

実施例として、ショートアンカーSA2100仕様の場合を示す。なお、深層アンカー仕様の場合は、引張材がアンボンド加工のため、図-7.1.1に示す引張材のシースは不要である。

(1) 試験の目的

くさび式アンカー体の、定着長算出に必要な定着地盤の強度（地盤反力係数 q ）を確認することを目的とし、現地での作業内容は摩擦型アンカーと同様である。

(2) 試験装置（概念図）

- 試験体：現地調査（鉄筋貫入）より、着岩深度が1.7mと深いためショートアンカーSA2100仕様とする。
- 削孔長：2.1m（＝許容被り厚1.765m+アンカー体埋設深さ0.2m+定着長0.1m+予長0.035m）
- 削孔径：50mm
- 引張材のシース：ショートアンカー（SA600, 1300, 2100）の場合は、先端部くさび（長さ10cm）を除く区間をビニールホース等でシースする。

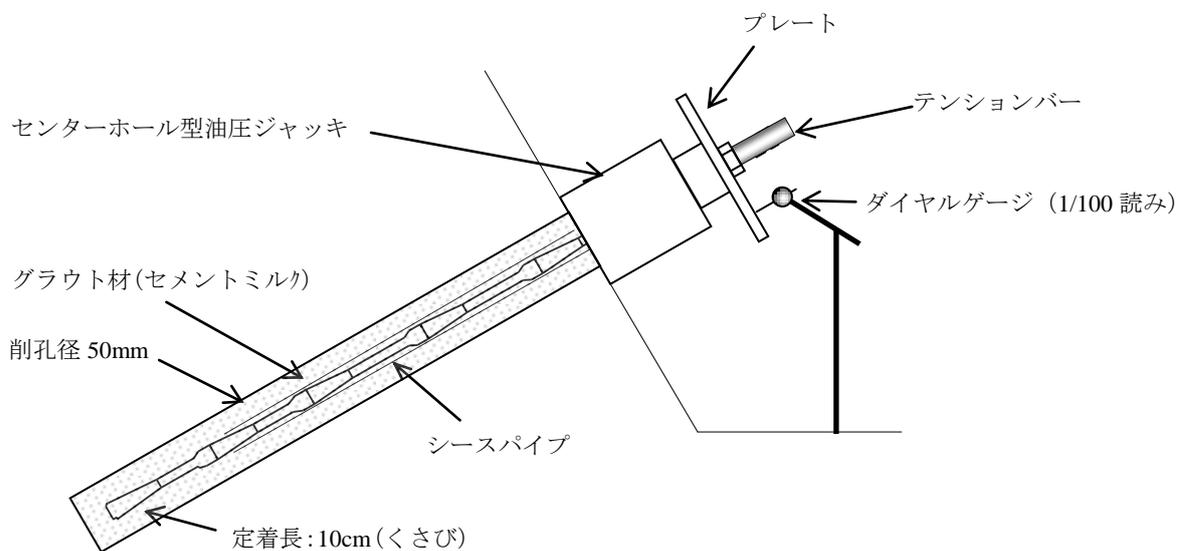
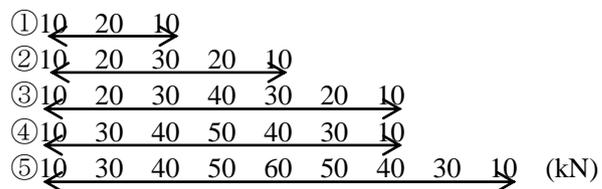


図-7.1.1 基本調査試験構造図

(3) 荷重サイクル (kN)

試験荷重は、下記の5サイクル（最大荷重60kN, 10kNピッチ）とする。テンドン長や定着長が短いため、荷重段階毎の載荷時間は特に定めない（ダイヤルゲージが安定した段階で次荷重に進む）。



(4) 試験結果のまとめ

①資料整理

表-7.1.1のように、グラウンドアンカー（摩擦強度測定試験）と同様の処理を行う。

表-7.1.1 累積変位量と弾・塑性変位量

サイクル	荷重 (kN)	累積変位量 (mm)	弾性変位量 (mm)	塑性変位量 (mm)
①	10	1.22		
	20	1.66	0.27	0.17
	10	1.39		
②	20	1.65		
	30	2.01	0.51	0.28
	20	1.87		
③	10	1.50		
	20	1.72		
	30	2.00		
	40	2.33	0.78	0.33
	30	2.24		
④	20	1.93		
	10	1.55		
	30	2.04		
	40	2.32		
	50	2.65	1.05	0.38
⑤	40	2.56		
	30	2.29		
	10	1.60		
	30	2.16		
	40	***		
⑤	50	2.66		
	60	3.06	1.30	0.54
	50	3.04		
	40	***		
	30	2.52		
⑤	10	1.76		

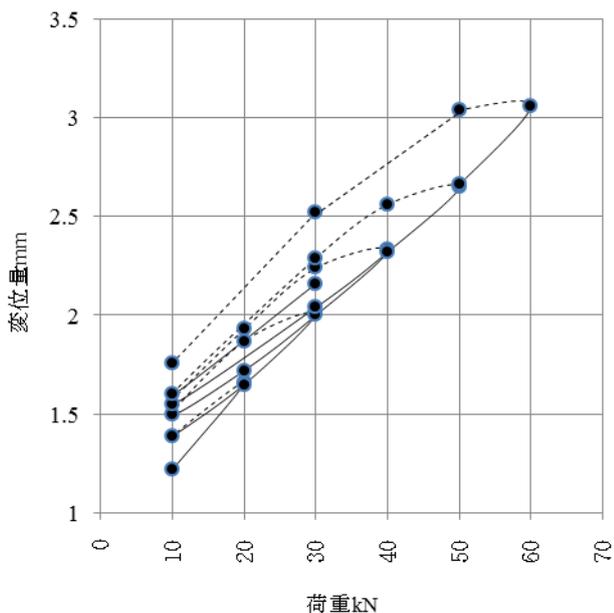


図-7.1.2 荷重-変位量曲線

②荷重-変位量曲線の作成

表-7.1.1 より図-7.1.2 を作成し、アンカー体の引き抜け状況を判定する。同図において、荷重 60kN までに引抜け破壊は認められない。

③地盤反力係数の算出

図-7.1.3 は、アンカー体拘束具（くさび）の引抜け変位にともなうくさび力（≒アンカー力）の発生方向、有効支圧区間、および定着地盤の変位量（アンカー孔壁の拡径量）の関係を示すものである。

表-7.1.1 の塑性変位量をアンカー体拘束具の引抜量とすれば、これに基づく定着地盤の変位量は次式より求められる。

「変位量=引抜量×アンカー体拘束具のテーパ角 7.5/100」

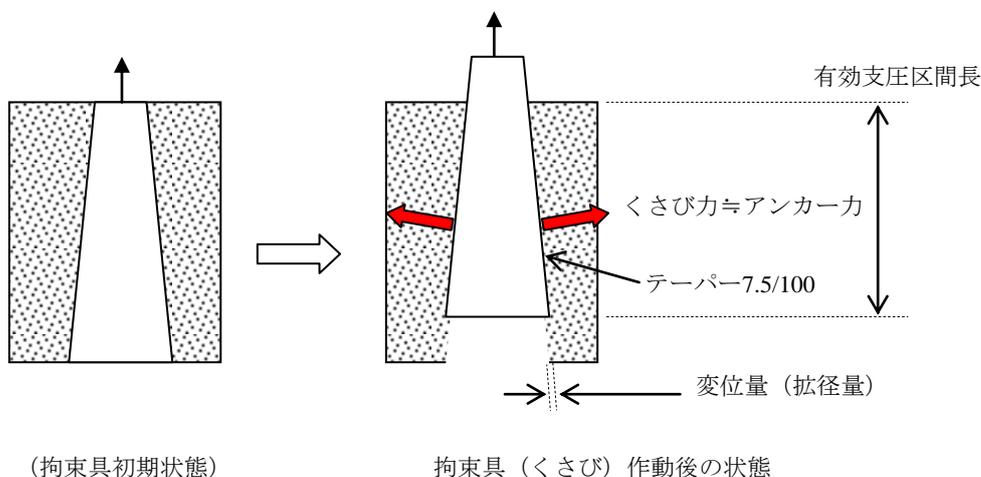


図-7.1.3 アンカー体拘束具の塑性変位（引抜量）と拘束地盤の変位量及び有効支圧区間長を説明する図

この時の、有効支圧区間長および定着地盤に作用する有効応力は

有効支圧区間長 = (拘束具ユニット長 10cm - 引抜量) × 拘束具ユニット数

有効応力 = 荷重 / (有効支圧区間長 × アンカー孔径 × π)

これに基づく定着地盤の変位量(拡張量)と有効応力は、表-7.1.2のように整理され、これを基に図-7.1.4を作成する。

同図より、拡張量の増加にともなう有効応力は、概ね比例し、同回帰曲線の勾配 ($k=127,416\text{N}/\text{cm}^3$) が求める地盤反力係数(定着地盤を 1cm 変形させるに要する力)である。

表-7.1.2 引抜変位に基づく拡張量と有効応力

荷重 kN	引抜量 cm	拡張量 cm	有効応力 N/cm ²
20	0.02	0.001	168
30	0.03	0.002	252
40	0.03	0.002	336
50	0.04	0.003	421
60	0.05	0.004	506

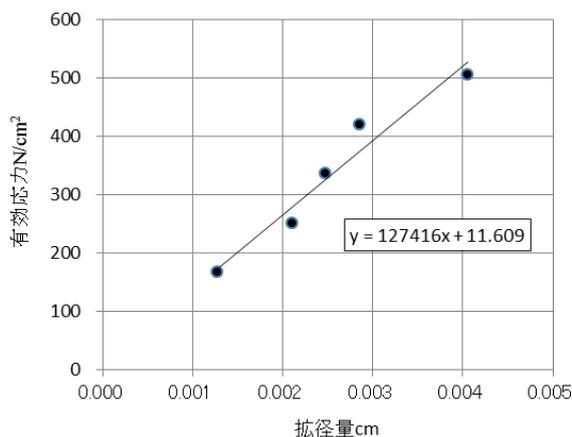


図-7.1.4 拡張量-有効応力曲線

(5) 定着長の求め方⁴⁾

くさび方式による定着長は、次式より求める。

$$l = \frac{a f P_a}{\pi d_B q} \quad (7.1.1)$$

ここに、 l : アンカー体長,

a : 修正係数 (=2.0) ……拘束具(くさび)が 1/2 引き抜けたとき (=50mm) 最大引抜抵抗を発揮するため、この状態を保证するための係数。

f : 安全率 (=2.5)

d_B : アンカー孔径 (=50mm),

P_a : 設計荷重 (N).

q : 地盤反力度 (= $k \cdot r$),

k : 地盤反力係数 (試験結果より $127416\text{N}/\text{cm}^3$)

r : 最大有効地盤変位量 0.375cm (くさびを 50mm 引抜いたときの地盤拡張量に相当)。

式 (7.1.1) より

$$l = \frac{a f P_a}{\pi d_B q} = \frac{2.0 \times 2.5 \times 10800}{\pi \times 5.0 \times 0.375 \times 127416} = 0.07 \quad (\text{cm}) \quad \rightarrow 10\text{cm} \quad (10\text{cm 括約})$$

7.2 確認試験

固定用アンカー（深層アンカー／ショートアンカー／アンカーピン）の設計荷重に対する安全性を確認するための引張試験を行う。

(1) 施工本数

全数（固定用アンカー）の3%（最低3本）

(2) 最大試験荷重 \geq （設計荷重 $\times 1.2$ ）

(3) 荷重サイクル：1サイクル

(4) 荷重ピッチ：

荷重ピッチは、（最大試験荷重－初期荷重 10kN）/5 を目安とするが、設計荷重が 30kN 程度未満の場合は、単に最大試験荷重のみ確認する等、簡略化して実施する。

(5) 管理値

管理値は、試験最大荷重および試験後の塑性変位量（許容引抜量 20mm 以下）とする。ただし、設計荷重が小さい場合や測定計器が設置できない場合は、単に試験最大荷重のみの管理とする。