

グラウンドアンカー設計・施工マニュアル
EHD アンカーHP 工法

K J S 協会

2023 年 4 月

グラウンドアンカー設計・施工マニュアル
EHD アンカーHP 工法

K J S 協会

2023 年 4 月

まえがき

グラウンドアンカー工法は、道路のり面・斜面の防災対策や、橋台・岸壁・建築物などの各種構造物の安定対策の用途で、信頼性が高く確実な補強効果が得られ、他工法に比べて経済性が優れることから、従来からおもに土木関連のインフラ施設の補強対策として広く活用されています。PC 橋梁のプレストレス技術を地盤の構造物補強技術に取入れ、その後の経験的知見の集大成として発展してきたグラウンドアンカー工法は、補強対象となる現場の構造物・地盤環境・施工条件がどれ一つとして同じものはありません。しかし、工学的見地から見れば補強対策目的の「原理」・「原則」の基本は同一です。土木現場で重視すべき「3現主義」と組み合わせて、「3現」＋「2原」＝「5ゲン主義」により、「原理」・「原則」のもとに現場の根本的・本質的な問題解決策を見出すことも重要なポイントです。論理的な解決思考により、従来土木の経験的知見のみからの脱却を図り、ゲームチェンジャーとなる工法やブレイクスルー策を、将来を見据えて土木技術者全員で今後とも取り組む必要があります。グラウンドアンカー工法においても、このような新たな適用法や施工法、メンテナンス法が益々求められると考えます。

EHD アンカーは、1999 年に開発されたもので、海水飛沫帯・凍結防止剤の塩分環境や地盤内酸性成分の鋼材腐食因子を完全にシャットアウトできるテンドンを使用していることから、現存アンカー中でもっとも高い 100 年耐久性(設計耐用年数 100 年)のアンカー工法として幅広い支持を受け、広く適用されております。NEXCO 新東名高速道路のり面安定対策で最大実績であり、近年の高速道路・直轄国道で実績が多いのも特徴です。

一方、国土交通省では、2021 年に第 2 次国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)が策定され、将来にわたりインフラ機能を発揮させる取組の実行により、メンテナンスサイクルの構築と継続的な発展を戦略的に進めています。取組内容は、①「防災・減災、国土強靱化のための 5 か年加速化対策(令和 2 年 12 月 11 日閣議決定)」等による予防保全への本格転換の加速化、②メンテナンスの生産性向上の加速化、③インフラストック適正化による持続的なインフラメンテナンスの実現を目指す、ことが今後の方向性となっています。

道路橋示方書の 2017 年改訂では、橋梁の設計供用期間で耐久目標 100 年が規定され、塩害対策やメンテナンスサイクルを含めた性能規定による長寿命化・耐久性向上が求められています。

これらの観点から、設計段階で事前に考慮すべきインフラの老朽化対策は、施設の長寿命化とともに、メンテナンス作業の省人化・効率化を図ることが重要なポイントとなります。

この度、こうした新しい技術トレンドを踏まえ、より耐久性が高く、ライフサイクルコストに優れたグラウンドアンカー工法を開発しましたので、ここにお知らせする次第です。

本工法は、従来の EHD アンカー工法の頭部耐久性の最大の弱点であった頭部のグリース充填と背面止水構造をなくして、新技術の透明キャップとグリースレス定着具、および高耐水圧性のプレート止水構造によって、保全段階のメンテナンス性を著しく向上させ、さらにグラウトとの高い降伏付着強度を実現した珪砂付着 ECF テンドンの採用により、経済性・耐久性・安全性に優れた、第 7 世代の「EHD アンカー HP 工法」を、新たに開発しました。本開発技術により、土工構造物の防災事業分野と一般構造物の補強対策での強靱化事業分野の両方で、メンテナンスの生産性向上と、建設段階を含めたライフサイクルコストでコスト縮減がより図れると考えます。

本工法の 100 年耐久性とメンテナンス性の向上による経済性という特長を生かしつつ、今後とも更なる工法の発展と改善に、努力を重ねて参りますので、何卒よろしくご願ひ申し上げます。

目 次

	頁
第1章 総則	1
1.1 適用	1
1.2 用語の定義	3
1.3 EHD アンカーHP 工法 の概念 と特長	13
1.4 用途	16
1.5 工法選定	19
1.6 構成	22
1.7 適用条件	23
第2章 調査・維持管理計画	25
2.1 現場調査	25
2.2 地盤調査	25
2.3 地すべり調査	26
2.4 維持管理計画	27
第3章 使用部材	28
3.1 アンカー規格と部材規格	28
3.2 テンドン	35
3.3 頭 部	39
3.4 自由長	42
3.5 アンカー体	44
3.6 過荷重アンカー力の減調整	46
3.7 従来技術との比較	47
第4章 設計	48
4.1 設計の基本	48
4.1.1 アンカープレストレスの効果	50
4.1.2 設計の限界状態	52
4.1.3 設計の環境状態	53
4.1.4 アンカー特性	55
4.1.5 アンカー許容耐力	57
4.1.6 降伏付着強度、摩擦強度の設計用特性と安全係数	60
4.1.7 アンカー部材の設計用特性と安全係数	65
4.1.8 受圧体の支持力・滑動安定の設計用特性と安全係数	66
4.1.9 頭部構造とライフサイクルコスト	67
4.2 必要抑止力と設計アンカー力	68
4.2.1 土工構造物(のり面・斜面など)の安定対策	69
4.2.2 一般構造物(橋台・岸壁・建築物など)の安定対策	70
4.2.3 アンカー規格の選定	74

4.3 アンカー配置	76
4.4 アンカー体	78
4.5 受圧体・支圧板・構造物体・土留部材の設計	80
4.5.1 受圧板・吹付のり枠の支持力安定と滑動安定	81
4.5.2 受圧板	82
4.5.3 吹付のり枠	82
4.5.4 支圧板	83
4.5.5 構造物体	85
4.5.6 土留部材	87
4.6 プレストレスと構造物変位	88
4.7 定着プレストレス	92
4.8 プレストレス調整	97
4.9 アンカー引抜試験計画	99
4.10 構造物補強の留意点	101
4.11 設計プレストレスとアンカー頭部変位の適正評価	105
4.12 アンカー耐久性能	113
4.13 ライフサイクルコスト(LCC)	114
第5章 施工	121
5.1 施工計画	121
5.2 削孔	123
5.3 削孔機械	124
5.4 テンドン組立加工	124
5.5 テンドン取扱い	126
5.6 テンドン挿入	127
5.7 グラウト配合	127
5.8 グラウト注入・配列スペーサ取付・養生	128
5.9 プレ緊張	129
5.10 アンカー緊張試験	130
5.10.1 引抜試験	132
5.10.2 適性試験	134
5.10.3 確認試験	137
5.11 緊張・定着	139
5.12 頭部処理	144
第6章 維持管理	146
6.1 耐久性能と維持管理	146
6.2 点検	148
6.3 健全性調査	150
6.4 補修措置	160
6.5 短いテンドン余長のアンカー再利用	162

第1章 総則

1.1 適用

本マニュアルは、EHD アンカーHP 工法(以下、本工法)を用いて、道路のり面・斜面などの土工構造物の防災対策や、橋台・岸壁・建築物などの一般構造物の安定対策を対象にして、グラウトアンカーの設計・施工・維持管理を行う際の調査、設計、施工、維持管理に適用する基本的事項を示す。

【解説】

- (1) グラウトアンカー(以下、アンカー)は、道路のり面・斜面の土工構造物の防災対策や、橋台・岸壁・建築物などの一般構造物の安定対策用途で、信頼性が高く確実な補強効果が得られ、他工法に比べて経済性が優れることから、従来からおもに土木関連のインフラ施設の補強対策として広く活用されている。アンカーの基本原理は、補強対象構造物をアンカープレストレスで変位ゼロに抑止可能なことであり、プレストレス \geq 作用荷重(外力)で構造物の変位ゼロを保つため、本機能を最大限に活用することが重要である。ここでは、設計供用期間 2 年以上のアンカーを対象とし、これを本設アンカーと称して、単にアンカーという。
- (2) EHD アンカーHP 工法(HP: HyPer の略)は、土木学会規準(JSCE-E141-2018)で、100 年耐久性(塩分環境で設計耐用年数 100 年)の高付着型の珪砂付着 ECF テンドンを使用して、アンカー体はグラウトひび割れ考慮の ECF 樹脂一重防食構造での 100 年耐久性仕様と、加えて高降伏付着強度を実現しており、頭部は新形式のプレート止水構造を用いた高耐水圧性と、透明キャップ・グリースレス定着具採用によるメンテナンス性の向上を実現した、安全性・耐久性・ライフサイクルコスト経済性に優れた新しいアンカー工法である。なお、プレート止水構造、透明キャップおよびグリースレス定着具は、以下に示す特許工法である。
 - ・特許第 6861975 号「テンダンの頭部定着構造」
 - ・特許第 6948658 号「ヘッドキャップ構造」
 - ・特許第 7166550 号「テンダンの頭部定着構造」
- (3) 珪砂付着 ECF テンドンは、土木学会規準 100 年耐久性規定のエポキシ樹脂被覆厚 0.4mm～1.2mm(JSCE-E141-2018、平均厚 0.6mm)に則したものである。珪砂付着 ECF テンドン単体の一重防食構造は、飛沫帯の塩害環境下で 100 年耐久性であることから、アンカー体グラウトに付着摩擦のせん断挙動でせん断ひび割れが発生しても、当該部の耐久性は十分に確保される。
- (4) テンドン樹脂表面の珪砂付着は、グラウトとの降伏付着強度を普通 PC 鋼より線の 1.5 倍以上と高降伏付着型に改良している。本効果で、アンカー体でのテンドン・グラウトの一体挙動がより堅固になり、付着切れのテンドン伸びによるグラウト引張ひび割れが生じ難くなったことから、地盤への摩擦伝達の確実性とアンカー力保持の安全性がより向上している。
- (5) プレート止水構造は、頭部耐久性の最大の弱点であった従来アンカーの頭部のグリース充填と背面止水構造をなくして、止水機能の堅固さと長期維持を可能にした、アンカー工法で初採用の止水ゴム支圧板内配置構造であり、水圧 2.0MPa の耐水圧性を実現している。本効果で、従来の背面止水構造に比べて、耐水圧の確実性と施工の信頼性が向上し、加えて、保全管理でのアンカー頭部背面調査が不要になったので、ライフサイクルコストが縮減できる。
- (6) くさび・ナット形式の定着具は、近年の大地震や豪雨などの不測事態で、過荷重アンカー力が生じた場合に対応可能な減調整長 30mm を有し、アンカーの安全性と補強対策の経済性を確保

している。

(7) これら部材の品質特性により、本工法は道路のり面安定工事、地すべり抑止工事、斜面安定工事、急傾斜地崩壊防止工事、2年以上の長期仮設土留工事、橋台などの橋梁下部工の安定対策工事、港湾・漁港地域の構造物安定対策工事、建築構造物の安定対策工事など、種々の目的に適用することができる。ただし、本工法の適用は、事前の調査を行って、アンカー条件および定着する構造物やアンカー体設置地盤の特性、アンカー設置環境などを十分に把握した上で設計するとともに、適切な施工の前提をもとに行う必要がある。

(8) 本マニュアルに関する主な参考基準等を下記に示す。なお、発行年非記載は、最新版を参照する。

- | | |
|--|--------------------|
| 1. グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 | : 地盤工学会 |
| 2. コンクリート標準示方書 規準編、同 設計編 | : 土木学会 |
| 3. プレストレスコンクリート工法設計施工指針 | : 土木学会 |
| 4. エポキシ樹脂を用いた高機能 PC 鋼材を使用する
プレストレスコンクリート設計施工指針(案) | : 土木学会 |
| 5. 設計要領 第一集 土工建設編
2.切土 5.グラウンドアンカー工 | : 東・中・西日本高速道路株式会社 |
| 6. 道路土工 切土工・斜面安定工指針 | : 日本道路協会 |
| 7. 港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 30 年 | : 日本港湾協会 |
| 8. 漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015 年 | : 水産庁 |
| 9. 建築地盤アンカー設計施工指針・同解説 | : 日本建築学会 |
| 10. プレストレスコンクリート設計施工基準・同解説 | : 日本建築学会 |
| 11. グラウンドアンカー設計施工マニュアル | : 日本アンカー協会 |
| 12. 建築基礎構造設計基準・同解説 | : 日本建築学会 |
| 13. 道路土工構造物技術基準・同解説 | : 日本道路協会 |
| 14. 道路橋示方書・同解説 I 共通編 | : 日本道路協会 |
| 15. 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編 | : 日本道路協会 |
| 16. 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋・コンクリート部材編 | : 日本道路協会 |
| 17. 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 | : 日本道路協会 |
| 18. 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 | : 日本道路協会 |
| 19. 道路土工構造物点検要領 令和 4 年 | : 国土交通省 道路局 |
| 20. グラウンドアンカー維持管理マニュアル | : 土木研究所・日本アンカー協会ほか |

1.2 用語の定義

本マニュアルで使用する用語は、「グラウンドアンカー設計・施工基準 地盤工学会 JGS4101-2012」のものを参考とし、用語の技術的な理解の容易さや明確化を記すため、限界状態設計法などの知見を考慮した、新たな用語の定義も示している。用語の定義は、アンカーをより良く理解し、設計・施工をしやすくする趣旨のものであり、可能な限り適正に使用することが重要である。

【解説】

本マニュアルで使用する用語は、次に示す通りである。

(1) 安定対策

安定対策は、土工構造物や一般構造物を対象に、剛体安定・変位安定・耐力安定に対して所要の安全性を確保する目的で、各種の構造物にアンカーなどの補強工法を用いる方法をいう。

(2) 土工構造物

土工構造物は、道路土工構造物技術基準、道路土工指針、河川砂防技術基準などに準じた、おもにのり面・斜面などの土工を伴う構造物をいう。のり面には、切土のり面と盛土のり面がある。

(3) 一般構造物

一般構造物は、道路土工構造物技術基準、道路土工指針、河川砂防技術基準、道路橋示方書、港湾の施設の技術上の基準、漁港・漁場の施設の設計参考図書、建築基準法などに準じた、おもにコンクリート構造物などをいう。

(4) 現状安全率 F_{s0}

現状安全率は、のり面・斜面の原形状や計画形状でのすべり安定、または一般構造物の剛体安定に対する安全性の現状指標をいう。

(5) 計画安全率 F_{sp}

計画安全率は、土工構造物や一般構造物で安全性向上のために目標とする設計での計画指標をいう。

(6) 必要抑止力 P_r

必要抑止力は、土工構造物や一般構造物で安全性向上のために必要な単位 m 当りの補強力、または構造物長当りの補強力をいい、一般に単位 m 当りの補強力が標準的に使用される。

(7) グラウンドアンカー

グラウンドアンカーは、永続作用のアンカープレストレスにより構造物の安定対策を行うもので、作用荷重がプレストレスを超えない範囲で構造物変位をゼロに保持可能であり、テンドン・頭部・自由長・アンカー体で構成する。

(8) 本設アンカー

本設アンカーは、設計供用期間 2 年以上のアンカーをいい、当該期間は所要の耐荷性能と耐久性能・防食構造を有するものである。本書での「アンカー」は、本設アンカーに用いるグラウンドアンカーをいう。同義語は永久アンカーまたはランク A アンカー、対義語は仮設アンカーである。設計供用期間 2 年以上の仮設アンカーは長期仮設アンカーといい、本設仕様とする。

(9) アンカー耐久性能

アンカー耐久性能は、アンカーのテンドンや構成部材が適用する現場環境のもとで設計耐荷性能や所要機能を維持して、腐食・劣化に耐える性能をいう。

(10) 防食構造

鋼材腐食は、空気または水の存在下で発生し、一般に湿度 60%以上で鋼材が腐食する。湿度 60%は、腐食発生の臨界湿度と呼ばれる。現場での腐食促進は、局部腐食となる隙間腐食などのイオン化傾向による電気化学的反応に依存するので留意が必要である。

本設アンカーの防食構造は、防食構造Ⅱまたは防食構造Ⅲを適用し、アンカーのテンドンや構成部材の鋼材が現場環境の空気や水などの腐食環境から遮断される方法を採用する。防食構造Ⅱは一般環境、防食構造Ⅲはアンカー各部位の塩害環境や酸性土環境での腐食抵抗性を有する部材で構成し、それぞれを防食構造Ⅲ(塩害環境)、防食構造Ⅲ(酸性土環境)とする。なお、亜鉛めっきは、pH6 以下や塩害環境下で消失が加速度的に大きくなるので留意が必要である。

(11) テンドン

テendonは、アンカー構成の主要部材の引張力伝達部材の呼称であり、プレストレスによる補強力で構造物を安定化して、一般に永続する高引張力作用のもとで使用可能な PC 鋼より線(PC ストランド)単材を 1 本以上組合せたものをいう。PC 鋼より線は、JIS G 3536 で規定され、1900 年代前半から PC 橋梁で使用されており、この分野での使用量も多い。PC 鋼より線の素材に用いるピアノ線(JIS G 3502)は、鋼材表面のきず深さや脱炭層深さが厳密に規定された高級鋼材であり、PC 鋼棒やワイヤロープにはない高応力下適用での高い品質向上策が図られている。同義語は、引張材や緊張材である。

なお、PC 鋼より線は、JIS 用語である。ストランドは、鋼より線の意味で、過去に PC ストランドが PC 鋼より線と同一使用されていたが、アンカーでは同一物の用語多様防止の観点から、2000 年アンカー設計・施工基準、同解説では、使用しないことが推奨され、用語から削除されている。

本工法のテendonは、低リラクセーション PC 鋼より線にエポキシ樹脂を充填被覆した、土木学会規準規定(JSCE-E141-2018)で設計耐用年数 100 年が保証され、100 年耐久性を有する珪砂付着 ECF テendonを使用する。なお、土木学会では、ECF ストランドの呼称であるが、ここでは上記理由から、ECF テendonの呼称とする。

(12) 設計アンカー力 T_d

設計アンカー力は、補強対象構造物の適用分野のアンカー許容耐力を超えない範囲の 1 本当りの設計用補強力をいい、これを用いてアンカー規格の選定を行う。

(13) アンカー許容耐力 T_{as}

アンカー許容耐力は、アンカー極限耐力またはアンカー降伏耐力をもとに、アンカーの構造物適用分野で設定の限界状態に応じて定めた、所要の安全性を有するものをいい、1 本当りの許容耐力が設計アンカー力を上回るようにアンカー規格を選定する際に使用する。おもな適用構造物分野は、土木分野の土工構造物・一般構造物、港湾分野の港湾構造物、漁港分野の漁港構造物、建築分野の建築構造物である。同義語は、テendon許容耐力である。

なお、供用中アンカーのプレストレスは、アンカー許容耐力を超える場合があるが、このプレストレスの最大は、短時間で $0.9 \times$ アンカー降伏耐力 T_{ys} 以下、定着直後で $0.75 \times$ アンカー極限耐力 T_{us} 以下、長期で $0.7 \times$ アンカー極限耐力 T_{us} 以下とする必要がある。本プレストレスの最大とアンカー許容耐力が異なるのは、テendonに PC 鋼より線を用いたプレストレス構造物設計でのもっとも特徴的なものであり、RC 構造物の鉄筋などの普通鋼材の許容耐力の考え方と異なるので留意が必要である。

(14) アンカー極限耐力 T_{us}

アンカー極限耐力は、JIS G 3536 規定の PC 鋼より線の最大試験力の下限值×より線本数をいう。同義語は、テンドン極限耐力である。なお、より線1本は素線7本をよったものをいう。

(15) アンカー降伏耐力 T_{ys}

アンカー降伏耐力は、JIS G 3536 規定の PC 鋼より線の 0.2%永久伸びに対する試験力の下限值×より線本数をいう。なお、PC 鋼より線は普通鋼材と異なり、明確な降伏点を示さないことから、普通鋼材と同じ降伏時永久伸び 0.2%を降伏耐力としている。同義語は、テンドン降伏耐力である。

(16) プレストレス P_e

プレストレスは、アンカーと構造物を変位ゼロに保持可能な力であり、構造物の安定を目的として、アンカー定着直後から設計供用期間にわたって永続作用して、アンカーおよび構造物に長期間導入されるものをいう。作用荷重がプレストレスを超えない範囲で、構造物は変位ゼロを保持でき、これを超えた場合はアンカーばね剛性の抵抗になるのでアンカー変位と、構造物や周辺施設への変位が発生する。

プレストレスは、受圧体背面の地盤クリープ沈下とテンドンの純リラクセーションとの影響を受けて施工数年の期間で低下する。アンカー定着は、これを考慮して割増した定着プレストレスとし、上限値を限界プレストレス $P_L=0.75T_{us}$ とする。プレストレスは、設計アンカー力 T_d ～永続的疲労作用のない場合の本設アンカー上限限界 $0.7T_{us}$ の範囲保持を推奨する。

なお、プレストレスと残存引張力を総称して、アンカー力 P_a という。

(17) 残存引張力 P_{er}

残存引張力は、アンカー定着以降の設計供用期間でおもにプレストレスを超えて構造物変位を伴った後にアンカーに作用している力をいう。作用荷重 P_0 状態でプレストレス P_e を超えない場合、残存引張力 $P_{er}=P_e$ であり、 P_e が下限値となる。作用荷重 P_0 により残存引張力 $P_{er}>P_e$ となった状態の $\Delta P_a=P_{er}-P_e > 0$ では、超過力 ΔP_a に対するアンカーばねを介したアンカー変位 δ_a と構造物残留変位が発生し、その後のアンカー力が残存引張力 P_{er} になる。

(18) 永続プレストレス P_∞

永続プレストレスは、アンカー設計段階にて設定するものであり、設計予測の地盤クリープ沈下とテンドンの純リラクセーションによるアンカー力低下量を見込んだ、アンカー定着以降の設計供用期間にわたり、テンドンに永続的に作用する設計アンカー力 T_d 以上の設計設定のプレストレスをいう。本値は、5～10kN 単位表示で丸めたものとする。

(19) 初期緊張力 P_i

初期緊張力は、ジャッキによるアンカー緊張作業のくさび装着状態で、アンカー定着前の、テンドンに作用する最大の力をいい、この作業は初期緊張という。初期緊張力は、セットロスと限界緊張力、ナットでの増プレストレスを考慮して設定する。初期緊張力は、限界緊張力を上限値とする。初期緊張からジャッキ除荷で、テンドンとくさびが引込まれてアンカーヘッドに嵌合したテンドン固定状態が、アンカー定着である。

(20) 定着プレストレス P_t

定着プレストレスは、初期緊張からの継続作業で、ジャッキ除荷によるアンカー定着直後に、テンドンと構造物に作用している力をいい、地盤クリープ沈下とテンドンの純リラクセーション

ンを考慮して永続プレストレスから割増したものとし、限界プレストレス以下とする。同義語は、定着時緊張力である。

(21) 限界プレストレス P_L

限界プレストレスは、アンカー定着直後にテンドンに作用しているプレストレスの限界値をいい、PC鋼より線の純リラクセーションの適用範囲を考慮して、 $0.75T_{us}(=0.88T_{ys})$ とする。ただし、テンドン限界緊張力が $P_{Mt}=0.9T_{ys}(=0.77T_{us})$ であることから、セットロスを考慮するとアンカー定着直後のプレストレスは実質 $0.70T_{us}(=0.82T_{ys})$ 以下になる。なお、アンカー力減調整を実施する場合は、 $0.85T_{ys}(=0.72T_{us})$ が限界プレストレスとなるので、留意する。

(22) 限界緊張力 P_M

限界緊張力は、アンカー定着やアンカー緊張試験を行う際の、ジャッキ载荷の緊張作業時にテンドンに作用可能な最大の引張力 $P_M=\min(P_{Mt}, P_{Ma})$ をいう。ここに、テンドン限界緊張力 $P_{Mt}=0.9T_{ys}$ 、アンカー体降伏引抜耐力 $P_{Ma}=L_A \cdot \min(\tau_{by} \cdot U, \tau_{gy} \cdot D_A \cdot \pi) / (\text{安全係数 } 1.25)$ である。

(23) セット量 S_t ・セットロス ΔP_{st}

セット量は、テンドンとアンカーヘッド間にくさびを差込み設置し、ジャッキ除荷でテンドン定着中に、テンドンがくさび嵌合とともにアンカーヘッド内に引込まれる嵌入長をいう。本工法のセット量は、ECF12.7、ECF15.2ともに10mmである。セットロスは、セット量に伴って減少したアンカー力をいい、自由長が短いほどその値が大きいため、初期緊張力の設定はこれに留意して実施する。

(24) アンカー変位 δ_a

アンカー変位は、構造物アンカー点の反力がプレストレス超過することで生じるアンカー軸方向の変位をいい、作用力成分のアンカー軸方向超過力 ΔP_a に対して、簡易式で $\delta_a = \Delta P_a \cdot L_f / (A \cdot E)$ と表される。ここに、 L_f :自由長(m)、 A :アンカー断面積(mm^2)、 E :アンカー弾性係数($0.195MN/mm^2$)である。なお、適正なアンカー変位の計算には、履歴最大力 P_{mh} によってアンカー体内に生じるアンカー体自由長 L_{Af} を考慮した自由長と、自由長摩擦影響のアンカー力伝達係数 κ_f を考慮した式(4.11.7)を使用する。

(25) 構造物変位 $\delta_g, \delta_x, \delta_y$

構造物変位は、構造物アンカー点の反力がプレストレス超過に伴い生じる構造物変位 δ_g をいう。土工構造物の地表構造物変位 δ_g は、剛体仮定によりすべり土塊の平均すべり方向に生じる。一般構造物の構造物変位は、水平変位 δ_x と鉛直変位 δ_y の成分で表される。

構造物変位とアンカー変位の関係は、土工構造物の地表構造物変位 δ_g で、 $\delta_g = \delta_a / \cos \beta$ 、一般構造物の水平変位 δ_x で、 $\delta_x = \delta_a / \cos \alpha$ と表され、アンカー変位と余弦逆数の積に比例する。ここに、合成角 $\beta = \alpha + \theta$ 、アンカー傾角 α 、変位方向(すべり)角 θ である。

(26) 純リラクセーション率 γ_0

リラクセーションは、一般にPC鋼材伸びを一定保持した状態で、引張力が時間経過とともに漸減する現象をいう。純リラクセーション率は、定着プレストレスを極限耐力 T_{us} で除した比のレベルに応じた、アンカー定着後から永続期間経過後の、PC鋼より線単体材料の純粋な引張力減少量を百分率で表したもののいい、PC鋼材成分や製造方法などの材料特性に依存する。

PC鋼より線 JIS規格の1000hリラクセーション試験(初期力 $0.70T_{us}$)の上限リラクセーション率は、普通リラクセーションPC鋼より線で8.0%、低リラクセーションPC鋼より線で2.5%、本工法使用の土木学会規定の珪砂付着 ECF テンドンの同試験の上限リラクセーション率は

6.5%である。純リラクセーション率は、同プレストレスレベルで比べると、JIS 規格の上限リラクセーション率よりやや大きく、定着プレストレス P_t の設計ではこれを使用する。見掛けのリラクセーションは、PC 構造の乾燥収縮影響などを含むものでアンカーと適用挙動が異なる。

(27) 地盤クリープ δ_c

地盤クリープは、受圧体背面地盤が、アンカープレストレスによる圧縮力影響を受けて、時間経過とともに長期間沈下する現象をいい、これに伴いアンカープレストレスは減少する。のり枠や受圧板などの受圧体の圧縮クリープ沈下は、地盤の軟硬による地盤反力係数に依存する。

(28) アンカー力調整とアンカー力調整長 L_L

アンカー力調整は、ジャッキによるアンカー緊張で定着具のナットを支圧板から浮かせて、ナットを回転することで行うアンカー力の増減作業をいう。アンカー力(プレストレス)調整長は、アンカー力増減の両方で調整可能な長さをいい、ナット調整長とアンカーヘッド調整長の小さい方をいう。本工法の過荷重アンカー力に対する減調整長は 30mm が標準である。

(29) 頭部

アンカーの頭部は、頭部キャップ・グリース・定着具(くさび・アンカーヘッド・ナット)・支圧板・プレート止水構造または背面止水構造からなり、テンドン定着とアンカー力調整、現場環境からの定着具の保護と防食機能を有する。本工法は、グリースレスが基本構成であり、従来アンカーと同様にグリース充填のタイプも選択可能である。なお、定着具は、くさび・アンカーヘッド・ナットからなり、グリースレスタイプは Ni めっき仕様であり、これをグリースレス定着具という。一般に、頭部背面側は、受圧体で構成し、吹付のり枠・受圧板・台座などが存在する。さらに背面側は、安定対策用の土工構造物や一般構造物が存在する。

(30) 自由長 L_f

自由長は、定着具からのアンカープレストレスを小摩擦損失でアンカー体に伝達する部位および長さをいい、支圧板+受圧体の長さを頭部自由長 L_{fn} 、それ以深の一般構造物を含む地盤側を地盤部自由長 L_{fg} という。当該部のテンドンは、自由長グラウトから非付着状態(アンボンド)にするため、シースで被覆する。緊張自由長 L_{fp} は、 L_{fp} =自由長 L_f +緊張余長 L_{f0} である。

(31) アンカー体・アンカー体長 L_A

アンカー体は、グラウト付着と地盤摩擦のせん断伝達抵抗で、テンドンを地盤に固着する部位をいい、テンドンとグラウトとの降伏付着強度が大きいほどグラウトの引張りひび割れがなくなり、アンカー体の安全性がより向上する。アンカー体では、テンドンのプレストレスがテンドンからグラウト境界面にせん断伝達され、さらにグラウトから地盤境界面にせん断伝達される。アンカー体は、N 値 30 以上の堅固な地盤に設置し、その長さはアンカー体長という。

アンカー体のせん断伝達抵抗に伴う長さ関係は、アンカー体引張型で、グラウト付着長=地盤摩擦長、アンカー体圧縮型の一般的な傾向で、拘束具グラウト付着長<地盤摩擦長、アンカー体分散型の各拘束具間で、各拘束具グラウト付着長<地盤摩擦長となっている。アンカー体長は、最小が 3.0m、最大が一般に 10.0m である。

なお、アンカー体内には、履歴最大力 P_{mh} によるアンカー体自由長 $L_{fA}=\kappa_f \cdot P_{mh} / \min(\tau_{by} \cdot U, \tau_{gy} \cdot \pi \cdot D_A)$ が生じるので、アンカー変位の厳密計算では、この影響を考慮する必要がある。

(32) アンカー傾角 α

アンカー傾角は、アンカー軸方向と水平面のなす角をいう。アンカー傾角の範囲は、対象構造物により異なっており、一般に、土工構造物(のり面)で 20~45°、一般構造物で 20~90°、

台座付土留め構造物で $20\sim 60^\circ$ の範囲が多い。

(33) すべり角または変位方向角 θ

すべり角は、土工構造物設計で用いるすべり土塊のすべり方向と水平面とのなす角をいい、アンカー軸とすべり面の交点での個々のすべり角は θ_i で表す。変位方向角は、一般構造物設計で用いる構造物の変位方向と水平面とのなす角をいい、水平変位が抑止対象の場合は、一般に $\theta_i=0^\circ$ になる。

(34) アンカー水平角 θ_a

アンカー水平角は、構造物の基線法線の鉛直面とアンカー軸方向の鉛直面とのなす角をいう。

(35) 構造物水平角 θ_b

構造物水平角は、構造物の基線法線の鉛直面と構造物のアンカー設置面法線の鉛直面とのなす角をいう。

(36) 作用荷重水平角 θ_s

作用荷重水平角は、構造物の基線法線の鉛直面と設計上での地すべり荷重方向や土圧・地震力の作用荷重方向などの設計作用荷重方向の鉛直面とのなす角をいう。

(37) アンカー体径 D_A

アンカー体径は、アンカー体直径をいい、削孔ビット公称径の削孔径と同一である。

(38) 降伏付着強度 τ_{by}

PC 鋼より線の降伏付着強度は、土木学会コンクリート標準示方書規準編 JSCE-E736-2013 に則した試験、かつ規定すべり変位以下でのテンドンとグラウトの単位面積当りの最大付着強度 (N/mm^2) をいう。規定すべり変位は PC 鋼より線の公称径 $\phi 12.7\text{mm}$ で 0.02mm 、 $\phi 15.2\text{mm}$ で 0.03mm と定められている。

なお、降伏付着耐力 P_{by} は、降伏付着強度と、テンドングラウト付着面積、または拘束具グラウト付着面積の積をいう。

(39) 許容付着強度 τ_{ba}

許容付着強度は、降伏付着強度を所要の付着安全係数で除したものをいう。付着安全係数は、PC 鋼より線で $F_{sb}=2.25$ 、拘束具(PC 鋼棒・耐荷体)で $F_{sb}=1.50$ であり、両者の安全性が異なっていることに留意して設計する。

なお、許容付着耐力 P_{ba} は、降伏付着耐力 P_{by} を付着安全係数で除したものをいう。

(40) 摩擦強度 $\tau_g, \tau_{gy}, \tau_{gu}$

摩擦強度は、現場でのアンカー引抜試験によるアンカー体グラウトと地盤との単位面積当りのせん断摩擦強度 ($\text{MN}/\text{m}^2=\text{N}/\text{mm}^2$) をいう。設計では、地盤工学会 JGS4101-2012, p78, 解説表-6.6 の地盤種類に応じた摩擦強度を使用して行う場合が多い。

なお、摩擦耐力 P_f は、摩擦強度と、アンカー体のグラウト地盤摩擦面積の積をいう。

施工に際しての引抜試験は、設計用値の摩擦強度検証用の位置付けで実施される。引抜試験では、テンドンとグラウトの付着切れが生じずに、グラウトと地盤とのせん断による確実な摩擦強度が得られるように、試験用のアンカー体長や削孔径を設定する必要がある。試験用アンカー体長は、アンカー長の寸法効果を考慮して、可能な限り 3.0m とすることが望ましい。 3.0m 未満の場合は、寸法効果を考慮して、試験結果の摩擦強度を低減して設計用値に評価する必要がある。試験でのアンカー体と自由長境界には、引抜試験パッカー(縁切りパッカー)を設置して、試験の摩擦強度が自由長グラウトの影響を受けないようにする。

引抜試験結果の摩擦強度は、変位が急激に増加した時点の荷重から求めることになっており、「急激に増加した時点」が荷重段階開始で変位収束なしの試験終了であれば前荷重段階での降伏値、急激な変位増加でも収束後の点であれば極限値の評価となる。荷重段階は 5～10 サイクルが推奨範囲であり、現場では荷重サイクルが 6 段階で実施されることが多い。本試験では、荷重ピーク付近の荷重段階で急激に変位が増加してその状態での荷重と変位の収束確認が不確かになることから、引抜け値は急激な変位増加の開始点を採用することが多い。この場合は、降伏値での摩擦強度 τ_{gy} を採用したことになる。ここでは、アンカー摩擦耐力の安全性とテンドン・グラウトの降伏付着耐力との整合性を考慮して、降伏摩擦強度 τ_{gy} の採用を推奨する。

(41) 削孔長

削孔長は、地盤内にアンカーを設置する実際の削孔長さをいい、アンカー体引張型のグラウト付着長＝地盤摩擦長では、一般に、地盤部自由長 L_{fg} ＋アンカー体長 L_A ＋先端長 L_{2d} (結束部 50mm＋パイロットキャップ長 200mm＝250mm)となる。

(42) テンドン長

テンドン長は、アンカーに使用する実際のテンドン長さをいい、アンカー体引張型のグラウト付着長＝地盤摩擦長では、一般に、緊張部長 L_t ＋自由長 L_f ＋アンカー体長 L_A ＋先端部長 L_2 (200mm)となる。なお、アンカー長は、自由長＋アンカー体長をいい、積算数量での削孔長やテンドン長と直接的に関係していないので留意が必要である。

(43) 頭部キャップ

頭部キャップは、おもに支圧板にボルトで固定してアンカー定着具を覆い、定着具の落石保護や現場腐食環境からの防食を目的にしたものをいう。キャップと支圧板境界には、O リングが設置されて長期的な止水機能が保持される。定着具を直接ナットねじ式で覆う頭部キャップは、アンカー力増減で O リング圧力が変化し、止水機能が安定しないので留意が必要である。

本工法の頭部キャップは、グリースレスで使用する透明キャップや 5 窓キャップなどがあり、メンテナンスの点検調査が簡便となっており、支圧板にボルト固定式で設置する。

(44) グリース

グリースは、頭部キャップ内に充填して、定着具を腐食環境から遮断して防食するものであり、グリース劣化は防食機能の低下になる。一般に JIS K2220 グリース規定の一般用グリース 2 種が使用される。グリースの鋼材への防食効果は防錆添加剤で発揮でき、これは JIS K2246 防錆油で一時的な防錆性能が規定されている。現場設置のグリースは、経年的な劣化が避けられず、5～10 年程度でグリース交換が必要になり、土木材料の 50 年供用としては課題を有する。例えば、グリースは重量比 0.1%以上の水混入で劣化が促進され、かつ現場での直接日射は頭部が温度 60℃程度に達することから、経年的な熱劣化の影響も受ける。このことから、グリースはアンカーメンテナンス上の留意点となっている。同義語は、キャップ内防錆油などがある。

本工法は、メンテナンス性向上の観点から、グリースレスを基本グレードとしている。なお、グリース充填グレードの頭部キャップも必要に応じて採用可能である。本工法の自由長シース内のグリースは、テンドンとの空隙充填による内部通水防止が目的であり、珪砂付着 ECF テンドン自体はグリースなしで塩分環境 100 年の設計耐用年数の防食性を有しており、グリース劣化に依存しない構造となっている。

(45) 定着具

定着具(または、くさびナット定着具)は、くさび・アンカーヘッド・ナットを総称していい、

アンカー定着がくさび定着で、自由長依存の緊張時テンドン伸びを完全吸収できて簡便なこと、かつ、アンカー力調整がナット回転で、自在にできて簡便なことから、施工性に優れるという特長がある。本工法の基本グレードであるグリースレスの場合は、Ni めっき定着具を使用する。グリース充填の場合は、無防食(無めっき)定着具を使用する。

(46) くさび

くさびは、テンドンとアンカーヘッドの隙間に差込み設置して、アンカー定着に使用する部材をいう。

(47) アンカーヘッド

アンカーヘッドは、ジャッキによる緊張・定着作業のテンドンとくさびの引込み移動をアンカーヘッド天端孔内の小範囲に止める、アンカー定着に使用する部材をいう。

(48) ナット

ナットは、アンカーヘッド外側でねじを介して嵌合するリング状部材をいい、ナットとアンカーヘッドのねじ重なり範囲は、嵌合長という。アンカー定着は、アンカーヘッドを浮かせて、ナットを押え板上に設置することとし、これにより定着時や設計供用期間でのプレストレス(アンカー力)の増減調整が可能になるとともに、プレート止水構造の止水ゴムに圧縮力が加わり止水性がより発揮できる。

(49) プレート止水構造

プレート止水構造は、支圧板内にシースが挿通できる止水ゴムを配置して、上からナットが接する押え板で止水ゴムを押付けて圧縮することで、支圧板下面からの耐水圧性をより高めた方法をいう。本工法で考案され、初めてアンカー工法に採用されたものであり、従来アンカーの頭部の背面グリース充填などによる背面止水構造に比べて、止水性が著しく向上する。

(50) 押え板

押え板は、ナットと支圧板の間に配置して、支圧板内配置の止水ゴムを上から押付ける部材をいい、本工法のプレート止水構造で使用する。

(51) 止水ゴム

止水ゴムは、支圧板内に配置して、テンドン挿通のシースを締付けて止水する部材をいう。

(52) 支圧板

支圧板は、定着具・押え板と受圧体の間に設置する部材をいい、受圧体へのアンカー力作用を面的に分散する効果を有している。本工法は、支圧板内に止水ゴム配置のものを使用する。

(53) 受圧体

受圧体は、支圧板と土工構造物または一般構造物の間に設置して、アンカープレストレスを構造物側に伝達する部材をいう。受圧体は、吹付のり枠・受圧板・台座・壁面台座の総称であり、プレストレスに対する適正な耐力と構造物側の許容受圧耐力(または許容支圧耐力)を満足できる面積を設定する。

(54) 吹付のり枠

吹付のり枠は、のり面などに金網型枠を設置して鉄筋を内部配置した後、型枠内にモルタル吹付した連続的な格子枠をいい、下地調整が不要なため、凹凸面ののり面に対しても円滑に施工可能である。アンカーをのり面法線方向に打設するか、小さな振れ角の場合の適用が多い。のり枠内は、一般に土砂部で植生処理、岩盤部でモルタル吹付処理が施される。断面形状は400×400mm～600×600mm程度、枠ピッチは2.0m～3.0m程度の範囲が多い。

(55) 受圧板

受圧板は、アンカープレストレスを支圧板下で受圧する、PCa 部材の独立板形状のものをいう。受圧板の形状はおもに十字形・四角形・ひし形、材料種類はコンクリート製・鋼製・FRP 製などがある。形状寸法は、500×500mm～2400×2400mm の小面積から大面積まであり、地盤の許容支持力度が小さい場合や千鳥配置で設置可能なことから、アンカー配置の融通性が高く、PCa などで施工性が良いのが特長である。受圧面法線からのアンカー振れ角は、一般に最大 15° 程度である。それ以上の振れ角の場合には、不陸調整枠による角度調整を行う。

(56) 台座

台座は、アンカープレストレスを支圧板下で受圧する、おもに腹起し設置の台形上のものをいう。台座は角度調整機能に優れており、土留め壁用はアンカー傾角 60° も適用可能である。腹起しを設けず、コンクリート壁面などに直接設置するものは、壁面台座という。

(57) 腹起し

腹起しは、アンカープレストレスを土留壁に均等に伝達する目的で、台座と土留壁の間に、壁面水平方向に設置する、上下材で一对の H 鋼材をいう。台座からは、曲げ・せん断・支圧の作用応力を受けるので、これらの照査が必要である。

(58) 角度調整枠

角度調整枠は、受圧板背面にその背面形状に合わせた四角形状などの金網型枠と内部鉄筋を組合せ配置して、モルタル吹付した受圧板の下地調整枠をいう。受圧板設置面の凹凸を吸収可能なこと、天端面で大きな角度調整が可能なることから、受圧板のアンカー振れ角が大きい場合に適用する。同義語は、不陸調整枠である。

(59) シース

シースは、自由長部のテンドンをシース内に挿通させてグラウト非付着状態の小摩擦損失にし、かつそれ自体が防食機能を有する部材をいう。部材は、フレキシブルなポリエチレン製チューブなどを使用する。本工法のシースとテンドンとの内部空隙は、グリース充填がなされており、この効果により、アンカー頭部側への通水防止ができて、アンカー体境界の止水処理劣化などでも止水性が維持できる二重安全性となっており、防食性能を向上している。

(60) グラウト

グラウトは、注入材あるいは注入材が固化したものをいい、セメント系グラウトと合成樹脂系グラウトがある。一般条件では、経済的で施工性の良いセメントミルクが使用され、W/C=50%の使用が多い。

(61) アンカー体注入

アンカー体注入は、N 値 30 以上の堅固な地盤にケーシング加圧による加圧注入で、アンカー体造成を行うグラウト注入作業をいう。

(62) 充填注入

充填注入は、自由長空隙充填により地盤緩みを抑える目的で、アンカー体造成終了後の削孔内を行うグラウト注入作業をいう。

(63) 拘束具

拘束具は、アンカー体内でテンドンのプレストレスをグラウトにせん断付着で伝達する部材をいう。同義語は、耐荷体である。アンカー体内の拘束具が、単体のものを圧縮型、複数個のものを分散型という。

一般に、拘束具長(グラウト付着側)＜アンカー体長(地盤摩擦側)であり、拘束具長と同じアンカー体長の部分では、拘束具作用力＞アンカー体許容耐力となるので、その差分の超過力は拘束具前面側グラウトの純グラウト断面積に作用する増加圧縮応力になる。増加圧縮応力は、アンカー体グラウト圧壊に対する安全性を考慮して、無筋コンクリートの許容圧縮応力度 $\sigma_{ca}(=f_{ck}/4)$ 以下とする必要がある。

(64) プレ緊張

プレ緊張は、限界緊張力 P_M での 2 回サイクル緊張をいい、アンカー施工での適性試験、確認試験などのアンカー緊張試験前に実施することを推奨する。この緊張速度は、特に規定しないが、作業の安全性が確保できる緊張速度範囲で行う必要がある。プレ緊張の目的は、受圧体背面地盤のアンカー圧縮力付与による事前の地盤クリープ影響低減、アンカー初期緩み除去、アンカー自由長部摩擦除去、および頭部アンカーテンドンのプレート止水構造の止水ゴム孔・押え板孔・アンカーヘッド孔への適正な整列性確保などである。

(65) アンカー引抜試験

アンカー引抜試験は、アンカー体グラウトと地盤のせん断摩擦強度を求める試験をいう。引抜試験はテンドンとグラウトの付着切れが生じないように、試験用のアンカー体長や削孔径を設定する。試験の留意点は、(40)摩擦強度 τ_g で詳述しているので参照されたい。

(66) 適性試験

適性試験は、アンカー施工本数の 5% かつ 3 本以上を対象に、施工アンカーを用いて、施工管理と緊張・定着力設定の諸係数を得るために実施する、緊張除荷ループを漸増繰返す多段サイクル試験をいう。最大試験力は、 $1.25T_d$ や $0.9T_{ys}$ などが採用される。最大試験力サイクルの試験力ステップ数は 5 ステップ以上であり、最大試験力に至るまでの各増加ステップ毎に緊張除荷ループのサイクルを繰返す。現場では 5 サイクルで実施することが多い。

本工法の珪砂付着 ECF テンドンは、アンカー体の降伏付着強度が極めて大きく、付着すべりが従来アンカーに比べて極めて小さい特長がある。施工での緊張・定着は、試験結果の緊張摩擦挙動や除荷摩擦挙動の諸定数をもとに適正に実施する必要がある。

なお、適性試験や確認試験の前には、限界緊張力 P_M でのプレ緊張実施を推奨する。この目的は、地盤クリープによるアンカー力低下の縮減やアンカー自由長部摩擦の除去などに効果的なためである。特に、地盤不均一性の削孔曲りなどで摩擦影響が大きいアンカーや自由長 20m 以上の長尺アンカーなどでは、アンカー力の摩擦損失影響が大きくなることから、プレ緊張の実施は効果的なものとなる。

(67) 確認試験

確認試験は、適性試験に用いたアンカーを除くすべてのものを対象に、施工アンカーを用いて、施工管理と緊張・定着力設定の諸係数を得るために実施する、緊張除荷ループを 1 サイクル繰返す単サイクル試験をいう。最大試験力は、 $1.25T_d$ や $0.9T_{ys}$ などが採用される。緊張ステップは、適性試験と同一ステップとする。本試験前には、プレ緊張実施を推奨する。

(68) 責任技術者

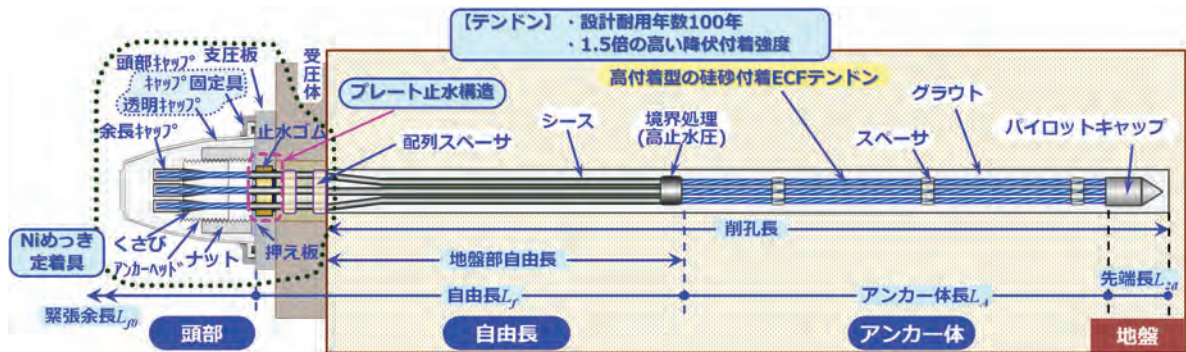
責任技術者は、構造物の所有者、発注者、設計者、施工者および保全管理者に所属するか、あるいは所定の手続きによって業務を代行する技術者のうち、アンカーに関するそれぞれの段階で、常時管理または監督する立場にあるものをいう。

1.3 EHDアンカーHP工法の概念と特長

EHD アンカーHP 工法は、100年耐久性で高降伏付着強度のテンドンを使用して、過荷重アンカー力減調整機能性、および透明キャップとグリースレス定着具・プレート止水構造によるメンテナンス性向上を図ったアンカーである。本工法の設計・施工・維持管理にあたっては、アンカー構成・構造特性・特長を十分に理解した上で実施する。

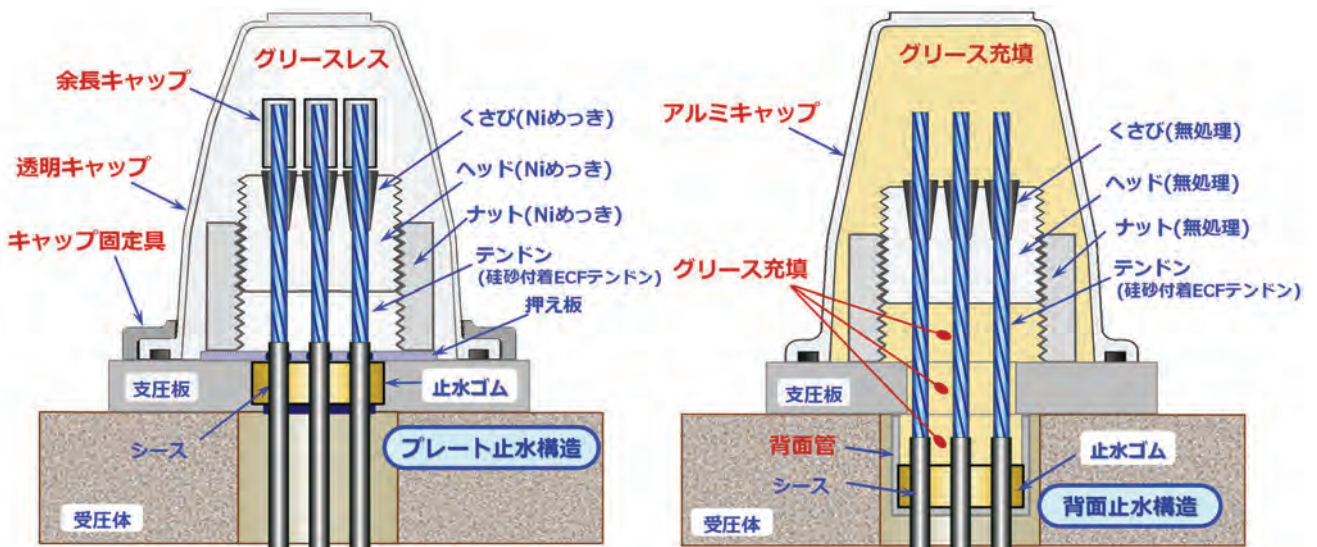
【解説】

(1) 本工法の概念を、図-1.3.1 に示す。図-1.3.2 に、本工法のプレート止水構造と従来 EHD アンカー(EHD-BS 工法)の背面止水構造の比較を示す。プレート止水構造は、支圧板内にシース挿通の止水ゴムを配置して、上から押え板で止水ゴムを押付けて圧縮し、支圧板背面(下面)からの水圧作用で止水ゴムのシース締付け力が同時に増加することから、極めて高い止水構造を実現する機構となっている。一方、従来 EHD アンカーの背面止水構造は、支圧板下に背面管を設け、その下部にシース挿通の止水ゴムを配置し、背面管内のグリース充填で下面からの水圧作用に抵抗するものであり、現場施工でのグリースの充填状態で耐水圧性がばらつくという課題があった。



※頭部キャップ内のくさび・アカーヘッド・ナットを総称して、定着具という。

図-1.3.1 EHDアンカーHP工法の概念



止水ゴムは、支圧板設置の高水圧止水で、背面浸出水影響を回避でき、耐久性が向上

止水ゴムは、グリース充填により止水可能な支圧板背面設置で、背面浸出水影響を受けやすい

(a) EHDアンカーHP工法 (EHD-HP: プレート止水構造)

(b) 従来EHDアンカー工法 (EHD-BS: 背面止水構造)

図-1.3.2 プレート止水と背面止水の構造比較

(2) 本工法は、透明キャップでグリースレスであることから、現場での施工性が良く、外観目視で容易にキャップ内定着具状態が確認できて、保安全管理のメンテナンス調査の簡便性を有している。

(3) 従来アンカーのグリース充填では、経年的なグリース劣化が避けられず、5～10年程度でグリース交換が必要になる課題があった。例えば、グリースは重量比0.1%以上の水混入で劣化が促進され、現場での直接日射は頭部が温度60℃程度に達することから、経年的な熱劣化の影響も受けるので、グリース充填アンカーのメンテナンス上の留意点となっている。

(4) 本工法の特長は、次に示す通りである。

① 珪砂付着 ECF テンドンの耐久性能 100 年により、安全性向上

《キーワード：安全性・経済性・品質》

珪砂付着 ECF テンドンは、土木学会 JSCE-E141-2018 規定によるエポキシ樹脂被覆厚 0.4mm～1.2mm(平均厚 0.6mm)での 100 年耐久性・強度特性・リラクゼーション率(1000h：6.5%以下)を満足するとともに、本テンドン単体は強酸・強アルカリ試験で十分な耐久性、および塩害環境促進試験 3600h で十分な耐食性を有する。なお、従来技術は、熱劣化しやすいグリースによる防食耐久性能の維持になる。

② 支圧板背面側抵抗の耐水圧性能 2.0MPa により、安全性向上

《キーワード：安全性・品質》

新しいプレート止水構造の採用により、支圧板背面側抵抗が支圧板内止水ゴムの圧縮型止水機構になったことから、2.0MPaの十分に高い耐水圧性能を有する。なお、従来技術は、背面止水構造であり、グリースなどの内部充填材の充填状態や、材料の非圧縮特性に依存する耐水圧抵抗であり、密封性に劣るので、定着具などの鋼材に発錆が生じやすい。

③ アンカー頭部構造の密封性により、耐久性能向上

《キーワード：安全性・経済性・品質》

アンカー頭部構造は、プレート止水構造・頭部キャップ Oリング・Niめっきグリースレス定着具の構成により、堅固な密封性と塩害環境促進試験 3600h の十分な防食耐久性能を有する。頭部キャップ単体の水圧作用による耐荷性能は、アルミキャップ：2.0MPa、下 1 窓キャップ：1.5MPa、透明キャップ・5 窓キャップ：0.5MPa を有する。なお、従来技術の頭部キャップ内はグリース充填で熱劣化しやすく、定着具などの鋼材が 5～10年程度で発錆するので、10年毎のグリース交換が必要になる。

④ グラウトとの降伏付着強度が普通 PC 鋼より線の 1.5 倍になり、安全性向上

《キーワード：安全性》

珪砂付着 ECF テンドンのアンカー体グラウト付着部での、グラウトとの降伏付着強度は、従来技術の普通 PC 鋼より線の降伏付着強度に比べて、1.5 倍以上の高い強度を有する。本テンドンの許容付着強度は、地盤工学会基準 JGS4101-2012 の普通 PC 鋼より線の許容付着応力度に対して、同基準×1.5 倍が適用できる。本効果により、アンカー体のひび割れが少なくなり、安全性が向上する。

⑤ 過荷重アンカー力の減調整機能の向上

《キーワード：経済性・安全性》

本工法のくさびナット定着具は、アンカー力減調整機能が従来技術の 10～20mm に比べて、最大で約 50mm の 3.0 倍程度の高い調整機能を有する。これにより、近年の大地震や豪雨など

の不測事態による過荷重アンカー力に幅広く対応可能なことで、安全性がより向上するとともに、既設アンカーが活用できて、増アンカー数量が少なくできるので経済性が向上する。

なお、本工法のくさびナット定着具は、くさび定着でアンカー定着が自由長依存の緊張時テンドン伸びを自由吸収できて簡便なこと、かつ、ナット回転でアンカー力調整が簡便なことから、施工性に優れるものである。

⑥ アンカー頭部調査労力 90%縮減により、メンテナンスの省力化向上

《キーワード：メンテナンス性・経済性》

本工法は、プレート止水構造により、従来技術のアンカー頭部耐久性の最大の弱点であった支圧板背面止水構造をなくしたことで、アンカー頭部背面調査を不要にしている。さらに、グリースレスの透明キャップにより、頭部詳細調査(頭部キャップ取外し、グリース除去、露出調査、グリース再充填)が不要なことから、頭部調査の作業手間が減り、省力化できる。これらにより、従来技術に比べて、メンテナンスの頭部調査労力が約 90%縮減の省力化効果を有する。

⑦ アンカーのライフサイクルコスト 30%縮減により、経済性向上

《キーワード：経済性》

プレート止水構造・透明キャップ・グリースレス定着具という新しい 3 構造の採用により、保全段階のアンカー調査手間がほとんどなくなる。これにより、本工法の建設段階コストを含むライフサイクルコストは、従来技術に比べて、約 30%縮減可能な経済性を有する。

⑧ 新しい頭部構造により、頭部処理工の省力化と施工性が向上

《キーワード：施工性》

従来技術の頭部処理作業は、支圧板背面アンカー孔内作業のシース切断と止水ゴム設置、および頭部グリース充填や、保全段階の劣化グリース交換などにより、作業手間が掛かるものである。本工法は、プレート止水構造とグリースレスにより、これらが不要になることから、施工性がより向上する。具体的には、頭部処理工の背面処理 0.16 日/本がゼロで、前面処理 0.08 日/本のみになるので、作業手間が 1/3 に省力化できる。

⑨ 頭部グリースレス化により、CO₂ 排出量 19.25kgC/kg の削減効果で環境保全

《キーワード：環境性》

従来技術で必要であった石油製品の頭部グリース充填のゼロ化で、グリース基油精製に必要な化石燃料利用と劣化グリース廃棄物の焼却がなくなる。これに伴い、エネルギー消費や地球温暖化の低減に寄与できることから、環境保全の CO₂ 削減に貢献できる。CO₂ 削減効果 kgC は、設計供用期間 50 年(グリース交換 5 回)で、グリース単位重量の 19.25kgC/kg で算出する。

なお、グリースの製造過程と廃棄過程の CO₂ 排出量は、資源エネルギー庁 総合エネルギー統計^{※1}と経済産業省 令和 3 年度委託調査報告書^{※2}をもとに算出している。

(注) 1. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/xls/stte_039.xlsx の潤滑油(=グリース)を参照のこと。
2. https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/2021FY/000365.pdf の p1 の潤滑油燃料 60 万 kL、CO₂ 発生 162 万トンより、計算している。
3. グリース比重は、 $\rho=0.91$ である。

1.4 用途

本工法は、土工構造物・一般構造物の各種構造物の安定確保、不安定地盤の補強・強化など、幅広い分野での使用が可能である。使用にあたっては、アンカー定着構造物の目的、重要度、許容変位、およびアンカー体地盤の特性に応じて設計・施工・維持管理計画を検討する。

【解説】

- (1) 一般にアンカーは、土工構造物分野の道路のり面・斜面の防災対策、急傾斜地崩壊防止対策、地すべり防止対策、擁壁等の各種構造物の補強、および一般構造物分野の橋梁下部工や鉄塔基礎の安定対策、構造物浮上り防止、港湾・漁港地域の構造物安定対策、建築構造物の耐震化等に使用されている。本適用事例の概念図を図-1.4.1～図-1.4.5 に示す。同図に示すように、本工法は、一般に使用されるアンカーに比べてより耐久性が高いものであるが、適用分野に他のアンカーと変わる特別なものはなく、火山などの高地熱地盤を除いた、適正な防食構造Ⅱまたは防食構造Ⅲ(塩害環境)、防食構造Ⅲ(酸性土環境)を有する仕様を用いて、種々の適用分野で使用可能である。
- (2) 本アンカーのテンドンは、珪砂付着 ECF テンドンを使用し、PC 鋼より線のエポキシ樹脂厚 0.4mm～1.2mm(平均厚 0.6mm)としており、本効果により、海水の飛沫帯環境下で 100 年以上の耐食性を有している。このテンドン構造にて高耐久性という完全な防食構造であることから、補強構造物に対して長期的に安定したアンカープレストレスを保持することができる。さらに、アンカー体部では、グラウトに引張ひび割れが生じても 0.4mm 以上のエポキシ樹脂厚で十分な耐食性が得られ、かつ珪砂付着 ECF テンドンは、アンカー体グラウトとの降伏付着強度が普通 PC 鋼より線に比べて、1.5 倍以上でグラウトひび割れが生じ難くになっている。
- (3) 本アンカーの使用にあたっては、アンカー定着構造物の目的、重要度、許容変位およびアンカー体地盤の特性に応じた適正な設計・施工を行うことが重要である。アンカープレストレス P_0 が設計アンカー力 T_d より小さい場合、設計アンカー力 T_d の実作用時に、構造物変位が構造物変位方向角 θ とアンカー傾角 α の合成角 β の余弦逆数($1/\cos\beta$)と、自由長 L_f に比例して大きくなるので、土工構造物や一般構造物の許容変位との照査が必要になる。アンカー設計供用期間を通して、これらの安定性・許容変位などで構造物が安全性・供用性・修復性で適正となるように設計・施工や維持管理計画を実施する必要がある。

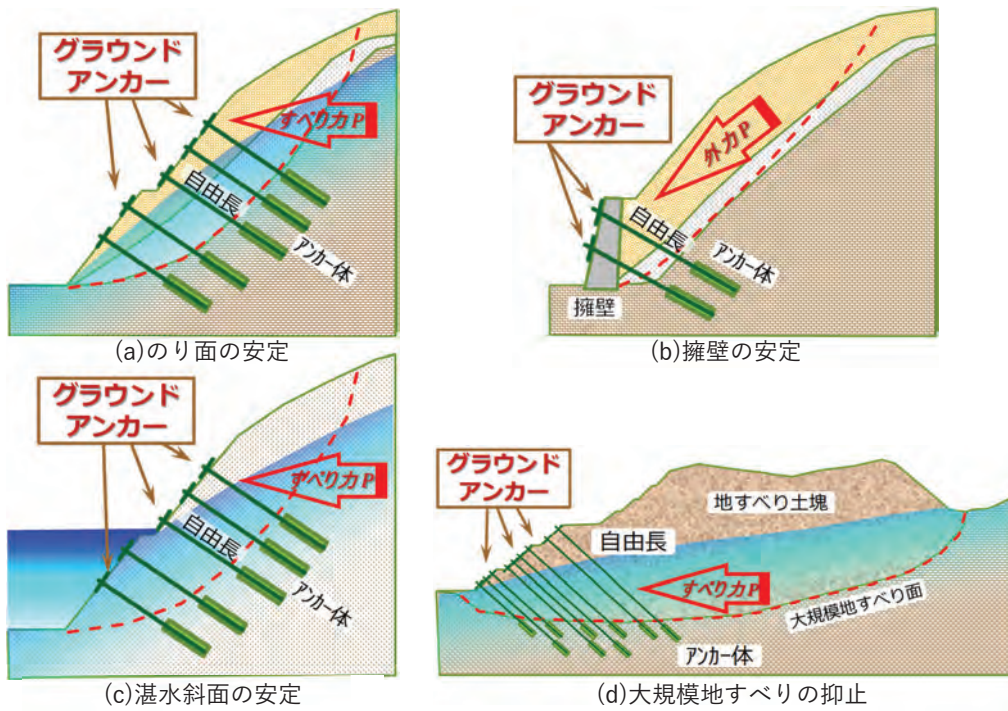


図-1.4.1 土工構造物の適用事例

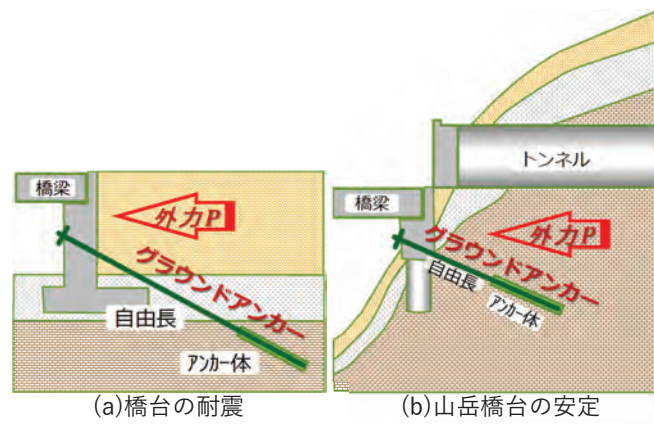


図-1.4.2 橋梁下部工構造物の適用事例

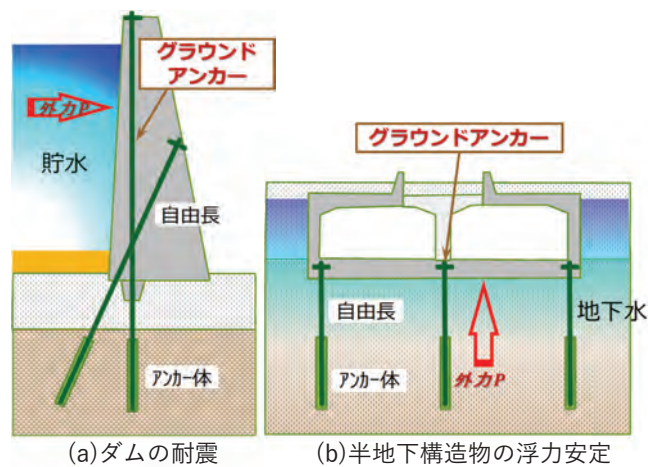
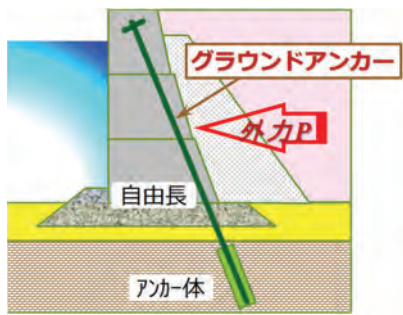
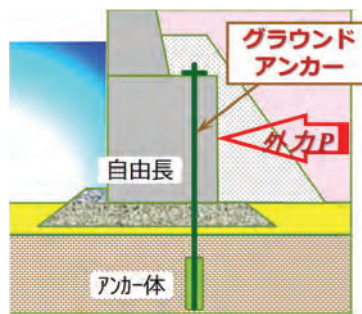


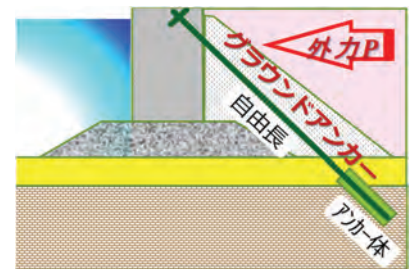
図-1.4.3 その他構造物の適用事例



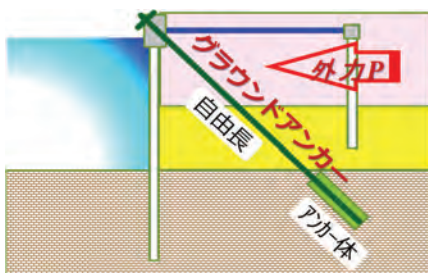
(a)ブロック岸壁の安定



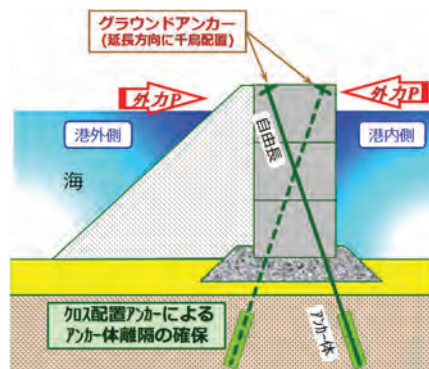
(b)高上げ岸壁の安定



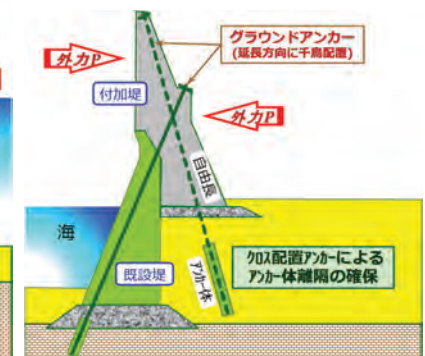
(c)ケーソン岸壁の安定



(d)矢板岸壁の安定

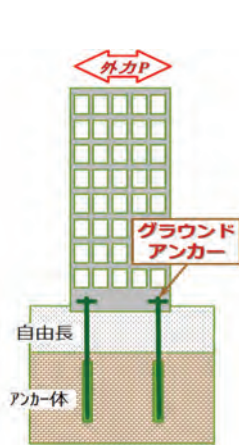


(e)防波堤の機能強化

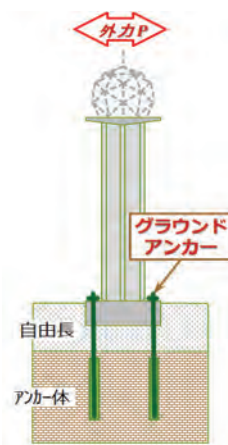


(f)防潮堤の機能強化

図-1.4.4 岸壁・護岸等の港湾・漁港構造物の適用事例



(a)建築物の耐震



(b)レーダーの耐震



(c)風力発電の安定

図-1.4.5 建築物・塔状の縦長構造物の適用事例

1.5 工法選定

本工法の選定は、本工法の特長・特長を考慮し、対象構造物・適用環境・地盤条件・適用必要抑止力・設計アンカー力・アンカー長・メンテナンスを含めた経済性を考慮した検討を行って、適正に実施する。

【解説】

(1) 本工法の土工構造物を対象とした安定対策は、図-1.5.1 に示すように、抑止工と抑制工に分類され、種々のものがあるが、この中で一般にアンカー工・ボルト補強工・抑止杭工・排土工が工法比較されることが多い。これらを概略比較すると表-1.5.1 に示すようになる。

アンカー工は、もっとも容易に大きな抑止力が得られ、施工性や工期・経済性で優位である。対象構造物にプレストレスを与える対策手法のため、変位ゼロが可能な点でも他の工法と異なる優れた特徴である。

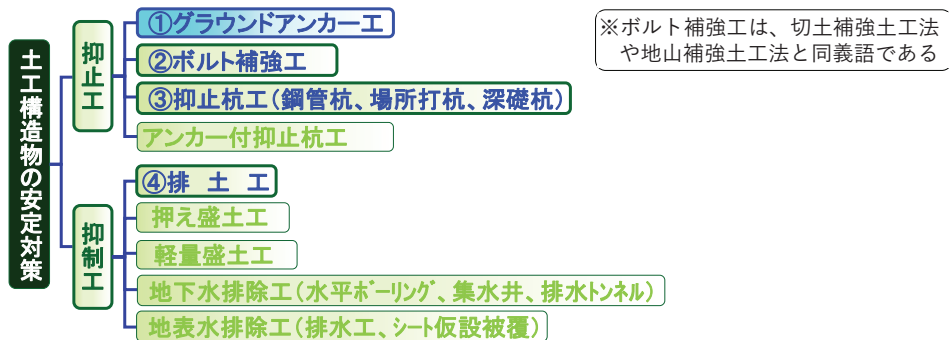


図-1.5.1 土工構造物の安定対策工

表-1.5.1 土工構造物の安定対策工の概略比較

工法	①アンカー工	②ボルト補強工	③抑止杭工	④排土工
抑止機構	堅固な不動地盤にアンカー体を設置し、プレストレスで構造物や移動土塊の安定性確保	地盤変形に伴い補強材に引張力が発生して、すべり抑止	鋼管杭や深礎杭の有する曲げ抵抗の抑止力ですべり抑止	崩壊部・移動部の撤去、上部土塊撤去により荷重軽減
検討課題	・アンカー範囲用地 ・アンカープレストレス	・ボルト傾角 ・変形許容性	・杭の設置効果 ・施工用機械設備 ・全体工事期間	・用地交渉・買収 ・掘削土処理 ・全体工事期間
すべり抑止規模	小～中～大	小	中～大	小～中～大
経済性	優位	優位	一般に高価	排土のみは安価 全体でやや高価 (地域差が大きい)

(2) アンカー工とボルト補強工の概念を図-1.5.2、特徴の概略比較を表-1.5.2 に示す。両者の大きな相違は、アンカー工は抑止力が大きいこと、抑止力を地盤にプレストレスで作用させること、アンカー体を設置するN値30以上の堅固な地盤が必要なことである。

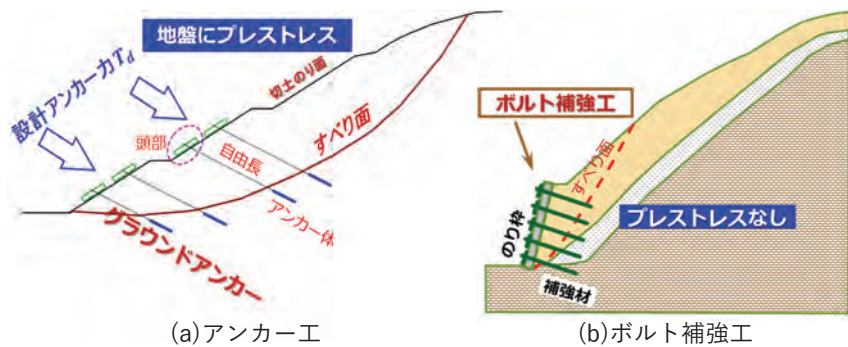


図-1.5.2 アンカー工とボルト補強工の概念

一方、ボルト補強工

は、ボルト全長がグラウトと完全付着であり、ボルト配置が地盤の伸長ひずみ方向と同一の場合にのみ最大となる抑止力が発揮できる。ボルト傾角と伸長ひずみ方向が大きく異なる場合は、補強効果が十分に得られないので、設計では留意が必要である。

表-1.5.2 アンカー工とボルト補強工の特徴の概略比較

項目	①アンカー工	②ボルト補強工
概要	・プレストレスありで変形抑止 ・アンカー体テンドンはグラウトで地山固着	・プレストレスなしで変形抑制 ・ボルト全長はグラウトで地山固着
補強効果	変形ゼロの抑止効果	地盤変形による補強効果 (有効範囲が限定される)
地盤固定	アンカー体で摩擦固定	全長で摩擦固定
補強材	テンドン(PC鋼より線で構成) 【降伏強度が鉄筋の4.6倍】	ボルト (異形鉄筋)
鋼材防食	エポキシ被覆最小厚 0.4mm 塩分環境で設計耐用年数 100年	亜鉛めっきと腐食代の防食
崩壊厚さ	最大 80m 程度	最大 3.0~4.0m
補強材長	最大 80m 程度	標準：5.0m (最大：7.0m)
設置間隔	1.5~5.0m (のり面適用)	1.0~1.5m
最大抑止力	$T_m=4,000\text{kN/m}$ 程度	$T_m=200\text{kN/m}$ 程度
耐久年数	一般工法で 50 年程度	ナット部防食で 30 年程度 ナット：HDZT49(旧名 HDZ35)

(3) ボルト補強工は、ボルト傾角 α と地盤の伸長ひずみ ε_3 方向が大きく異なる場合に留意点となるが、これは具体的に、次に示すように補強効果の低減係数 λ およびボルト傾角 α とすべり角 θ の合成角 β の関係で表される。

ボルト補強の一般的な設計式は簡易解に基づくものであり、式(1.5.1)が用いられ、この補強効果を η_0 で表す。同式はグラウンドアンカーの設計式と同一で、実際にはプレストレス作用時に有効なものである。ボルトにはアンカープレストレスがないことから、地盤の伸長ひずみ ε_3 に応じてボルト引張力が作用し、これが地盤変位を抑制する補強力になる。

■設計式(簡易解)

$$P_r = F_{sp} \cdot D - R_0 \leq T_d \cdot \eta_0 = T_d \cdot (\cos\beta + \sin\beta \cdot \tan\phi) \quad \dots(1.5.1)$$

■設計式(厳密解)

$$P_r = F_{sp} \cdot D - R_0 \leq T_d \cdot \eta_e = T_d \cdot (\cos\beta + \sin\beta \cdot \tan\phi) \cdot (2\cos^2(45 - \beta + \phi/2) + \sin v - 1) / (1 + \sin v) \quad \dots(1.5.2)$$

■補強効果の低減係数 λ

$$\lambda = \eta_e / \eta_0 (= 0.7) \quad \dots(1.5.3)$$

ここに、

- ・ P_r : 必要抑止力
- ・ F_{sp} : 計画安全率
- ・ D : 滑動力
- ・ R_0 : 抵抗力
- ・ T_d : 設計補強力
- ・ η_0 : 簡易解の補強効果
- ・ η_e : 厳密解の補強効果
- ・ α : ボルト傾角
- ・ θ : すべり角
- ・ β : ボルト傾角とすべり角の合成角 ($=\alpha+\theta$)
- ・ ϕ : 内部摩擦角
- ・ v : ダイレイタンシー角 ($=\phi/3$)

【出典】 東京大学名誉教授 龍岡文夫 「地山補強土工法による斜面の安定化」

式(1.5.2)は、地盤の伸長ひずみ ε_3 を考慮した厳密解の設計式であり、この補強効果を η_e で表す。一方、ボルト補強工の設計では、補強効果の低減係数 $\lambda=0.7$ が使用されており、これは式(1.5.3)の $\lambda = \eta_e / \eta_0$ となるので、同式の計算結果 $\lambda \geq 0.7$ がボルト設計式の適用範囲になる。

図-1.5.3 にボルト傾角 α とすべり角 θ の関係、図-1.5.4 に補強効果の低減係数 λ の β に対する変化程度を示す。同図から、ボルト設計の低減係数 $\lambda=0.7$ の場合の式(1.5.1)の適用範囲は、 $\beta=35\sim 85^\circ$ となるので、ボルト補強設計ではこの点に留意が必要である。また、NEXCO 切土補強土工法設計・施工要領、参図 4.1.2(3)にても同様な整理がなされている。

なお、ボルト補強工の中で、キャップナットを使用した HD ボルト工法は、頭部キャップ内へのグリース充填が不要で、耐久性と経済性がもっとも高くなっている。

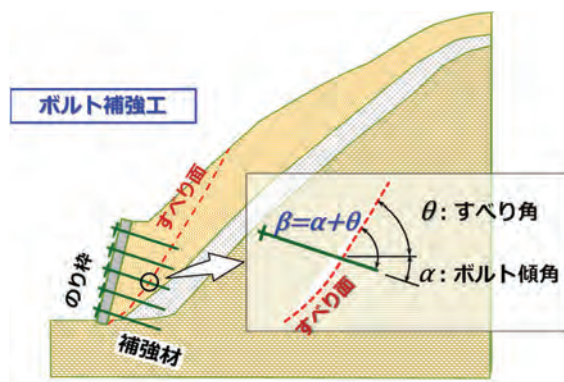


図-1.5.3 ボルト傾角 α とすべり角 θ

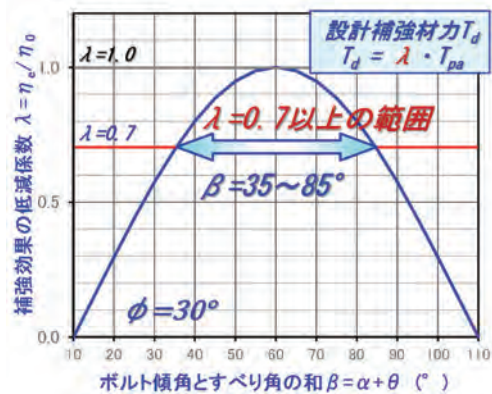


図-1.5.4 補強効果の低減係数 λ の変化

- (4) 本工法の一般構造物を対象とした安定対策は、図-1.4.2～図-1.4.5 に示したように、構造物が橋梁下部工・岸壁・建築物など幅広いものであり、構造物が重力式であれば外的安定での滑動・転倒・支持力の安定性確保、杭式であれば杭の限界応力内制御、半地下構造物であれば揚水圧への浮上安定確保がおもな目的になる。これらの場合、比較する他工法には、増重量の増厚工・増抵抗や土圧低減の地盤改良工・土圧低減の背面軽量土工・増抵抗の鋼管杭一体化工などが考えられる。工法選定では、安全性・施工性・使用性・修復性・ライフサイクルコストの経済性・保全管理性などを含めて適正な比較を実施する。

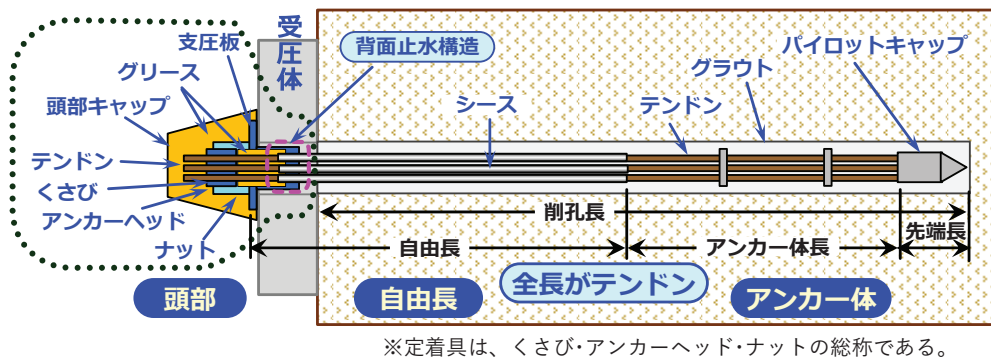
1.6 構成

アンカーは、テンドンに作用するプレストレスを土工構造物や一般構造物に伝達して、荷重作用時の変位をゼロもしくは極小にして、安全性や変位挙動・相対変位によって生じる構造的な課題を解決するものであり、テンドン・頭部・自由長・アンカー体の4部材の構成からなる。

本工法の基本構成は、これと同様であるが、アンカーの耐久性・高降伏付着強度・過荷重アンカー力減調整機能性・プレート止水構造による耐水圧性・透明キャップとグリースレス定着具によるメンテナンス性向上という点で、従来アンカーより優れたものとなっている。

【解説】

- (1) アンカーは、図-1.6.1の構造構成に示すように、一般にテンドン・頭部・自由長・アンカー体の4部材からなり、構造物面の受圧体に頭部となる定着具(くさび・アンカーヘッド・ナット)を設けて、そこにテンドンを定着する。頭部と正対側でのテンドンの地盤内固着は、アンカー体と呼ぶものを堅固な地盤(N値 ≥ 30)に設け、その間の自由長のテンドン伸縮で構造物にプレストレスを作用させる。なお、従来アンカーは、同図に示すように、支圧板背面に止水ゴムなどの止水部材を配置した背面止水構造となっている。本工法は、プレート止水構造であり、図-1.3.1に示した通りである。



※定着具は、くさび・アンカーヘッド・ナットの総称である。

図-1.6.1 一般的なアンカーの構造構成

- (2) 頭部は、一般に頭部キャップ・グリースまたはグリースレス・定着具・支圧板・プレート止水構造または背面止水構造からなり、テンドン定着とアンカー力調整、現場環境からの定着具の防食・保護機能を有する。本工法は、透明キャップとグリースレス定着具が基本構成であり、従来アンカーと同様にグリース充填のタイプも選択可能である。
- (3) 自由長は、テンドンがシース内で自由に動いて定着具からのアンカー力を小摩擦損失でアンカー体に伝達する部位および長さで、支圧板+受圧体の長さを頭部自由長 L_{fh} 、地盤内を地盤部自由長 L_{fg} という。テンドンは、自由長グラウトから非付着状態(アンボンド)にするため、シースで被覆する。本工法は、シースとテンドン間にグリースを充填して自由長部で無空隙状態とし、頭部側での腐食因子になる通水を本部位で完全に遮断している。なお、自由長部位のテンドンのPC鋼より線は、エポキシ樹脂・グリース・シース・グラウトの4重防食構造で保護され、本部位では通水可能な空隙がない状態で高耐食となっている。
- (4) アンカー体は、テンドンをグラウト付着と地盤摩擦の抵抗で地盤に固着する部位で、テンドンとグラウトとの降伏付着強度が大きければグラウトの引張ひび割れが少なくなり、アンカー体の安全性がより向上する。アンカー体では、アンカープレストレスがテンドンからグラ

ウト境界面にせん断伝達され、さらにグラウトから地盤境界面にせん断伝達される。当該部の挙動は、テンドン・グラウト・地盤の 3 層 2 界面の境界値問題となっており、アンカー分類もアンカー体グラウトとの抵抗機構で引張型・圧縮型・分散型の 3 種類、施工地盤の特性も種々のものがあるため、厳密な相互作用挙動は複合的である。この点が、両端に定着具を有する PC 橋梁などの PC 構造物と異なっており、アンカー挙動が複雑になる要因となっている。

アンカー体のせん断伝達に伴う抵抗長さ関係は、アンカー体引張型で、グラウト付着長＝地盤摩擦長、アンカー体圧縮型の一般的な傾向で、グラウト付着長＜地盤摩擦長、アンカー体分散型の各拘束具間で、グラウト付着長＜地盤摩擦長となっており、アンカー体長は最小が 3.0m、最大が一般に 10.0m である。

なお、テンドン・アンカー体グラウト間のせん断付着強度は、土木学会コンクリート標準示方書により降伏付着強度 τ_{by} が設計用特性値とされ、この降伏付着強度 τ_{by} は、グラウト供試体に単線テンドンを埋設して行う付着試験(引抜試験)で求めることができる。アンカー体グラウトと地盤とのせん断摩擦強度は、降伏摩擦強度 τ_{gy} ・極限摩擦強度 τ_{gu} で表される。このせん断摩擦強度は、現場でアンカー引抜試験を行うことにより、降伏強度や極限強度を求めることができる。

- (5) 本工法のアンカー施工時の削孔長は、後述の図-3.1.1 に示すように、地盤部自由長 L_{fg} + アンカー体長 L_A + 先端長 L_{2d} (結束部 50mm + パイロットキャップ長 200mm = 250mm) となる。

1.7 適用条件

アンカー適用は、対象構造物、施工場所、対策範囲、現場環境、地盤状態、隣接構造物などを調査して適用条件を把握し、維持管理を含めた適正な検討を実施する。

【解説】

(1) 対象構造物

アンカー適用の対象構造物は、土工構造物や一般構造物で種々あることから、対象構造物の安全性・安定性や変位抑止などの補強目的を十分に考慮して検討を行う。アンカー傾角範囲は、対象構造物により異なっており、一般に、土工構造物で 20～45°、一般構造物で 20～90°、台座付土留め構造物で 20～60° の範囲が多い。アンカー傾角 α は、傾角 α と変位方向(すべり)角 θ または構造物変位方向角 θ の合成角 $\beta = \alpha + \theta$ が 90° 以下になるように設定するのが、設計合理性が得られやすい。

(2) 施工場所

アンカーの施工は、比較的狭隘な箇所でも小規模の施工機械で施工が可能であることから、施工場所の融通性が一般的に高い。削孔機の上空制限は、ケーシング継足し・取外しの作業高を考慮する。使用材料は、テンドンが長尺ものであることから、現場内運搬やアンカー建込み・挿入での留意が必要である。アンカー体圧縮型は、アンカー体の定着具が長尺で重量物になり、ラフテレーンクレーンが必要になることがあるので、狭隘な箇所でのアンカー設置に留意が必要になる。

(3) 対策範囲

アンカーの対策範囲は、必要かつ十分なものとし、対象構造物の規模や地盤条件を考慮して、必要に応じて設計範囲の区間分割を行う。区間分割を行った際は、必要抑止力が大きいものを

小さい側に段階的に振分けるなどで、設計上で安全側になるように配慮する。

(4) 現場環境

アンカーは、現場環境に応じた適正な防食構造を選定する。一般的な環境では、防食構造Ⅱを適用する。海上・海岸、海岸近傍や凍結防止剤散布地域で道路橋示方書の塩害対策 S 区分と I 区分に該当する塩害環境地域では、飛来塩分による亜鉛めっきの消失が大きくなるので、防食構造Ⅲ(塩害環境)を適用する。地盤が酸性土では、防食構造Ⅲ(酸性土環境)を適用する。

(5) 地盤状態

アンカー適用の地盤状態は、アンカープレストレスに対して、永続的な安定を保持する必要がある。このため、アンカー受圧体の背面地盤は地震時に液状化しないことが重要事項である。液状化を除けば、アンカー受圧体の背面地盤は、許容支持力を満足することで沈下などに対して安全となる。アンカー体は、アンカーグラウトからのせん断応力作用に対して、地盤緩み影響が極小で安定的な、N 値が $N \geq 30$ の堅固な地盤に設置する。

地盤調査の岩盤評価区分とアンカー体摩擦強度の岩盤区分は一般に異なっていることが多いので、設計にあたっては留意が必要である。アンカー体設計では、地盤調査結果の N 値 50 以下の風化岩などは、礫質土または砂礫と評価して摩擦強度を設定する。岩盤の換算 N 値で 150 以上は軟岩の摩擦強度を設定する。新第三紀の堆積岩などは、摩擦強度が低いことがあるので、設定の際は留意する。

一方、我が国では黄鉄鉱含有土(泥岩・シルト岩・頁岩・火砕岩・火山岩・片麻岩・片岩・蛇紋岩など)が広く分布していることから、黄鉄鉱による硫酸生成の影響を受けて、のり面・斜面が $\text{pH}=2.0\sim 5.0$ の酸性土を呈することがある。亜鉛めっきは $\text{pH}=6.0$ 以下で消失が加速的に大きくなる。テンドンには耐酸性が必要になる。このような酸性土のり面では、防食構造Ⅲ(酸性土環境)を適用したアンカー頭部構造とする。なお、温泉地・火山性地盤などの特殊な地熱環境下では、使用するアンカー体のグラウトまたは樹脂グラウトの劣化が懸念されるため、地熱と地質化学成分による品質影響を把握した上で十分な検討を行う。

(6) 隣接構造物

アンカーの施工範囲は、建築物・地下構造物・杭基礎などの隣接構造物の影響を避けて、適正なアンカー施工精度を考慮した上で設定する。特に、アンカー体は、アンカープレストレスが作用するので、構造物から影響を受ける近接範囲は避けるようにする。一方、構造物に影響を与えないアンカー体近接距離は 1.5m 程度以上である。アンカー設置範囲が建設用地外となる場合は、水平角や傾角というアンカー打設角の変更での用地内設置を基本とする。アンカーが用地外となる場合は、その範囲の区分地上権設定や用地買収などの検討が必要になる。

なお、のり面安定などでアンカー対策とともに、地下水排除工の水平ボーリングを併用する場合は、水平ボーリング施工によるアンカー破断を避けるため、水平ボーリングを先行施工する。アンカー施工により水平ボーリングからグラウト流出が見られた場合は、近傍アンカー施工後に水平ボーリングの孔内洗浄を実施する。