

## FIP プレストレスト・グラウンドアンカー 設計・施工指針の改訂について

内 藤 清 司\*  
今 井 義 明\*\*

### はじめに

この報文は、1988年9月30日付「FIP プレストレストグラウンドアンカー設計・施工指針」改訂版の要点を翻訳し、まとめたもので、1982年5月、FIP 施工委員会、ワーキンググループにより作成・発行された“プレストレストグラウンドアンカー設計・施工指針”(FIP/2/7)に代わるものである。ここに掲載したものについては、差し換え、それ以外のものについては1982年既発行の同指針に従うものとする。

改訂の要点は次のとおりである。

- ① アンカー工事に関する設計者および施工者の責任と義務を示したこと。
- ② 地盤調査の要領について、より具体的に示したこと。
- ③ アンカー試験の内容について、実際の施工に対応すべく具体的に示したこと。
- ④ アンカーの錆および防食に関しては、1986年ワーキンググループによってすでに作成されている“FIP State of the art report”を参照<sup>3)</sup>。

このワーキンググループは、世界14か国(イギリス、イタリア、アメリカ、カナダ、フランス、ホンコン、日本、ニュージーランド、オーストラリア、南アメリカ、スイス、ハンガリー、西ドイツ、チェコスロバキア)のメンバーで構成されている。したがって本指針は、国際

的に通用するもので、今後各国において、広く活用されるものと期待している。

本委員会は、今後も継続されるもので、新しい情報については再度、紹介したい。

### 目 次

- |               |  |
|---------------|--|
| 1. 適用範囲       | (Scope)                                      |
| 2. 定義・用語      | (Definitions)                                |
| 3. 記 号        | (Symboles)                                   |
| 4. 責 任        | (Responsibilities)                           |
| 5. アンカー工の計画   | (Planning of Anchorage Works)                |
| 6. アンカーの設計    | (Anchorage Design)                           |
| 7. 材 料        | (Materials)                                  |
| 8. 施 工        | (Construction)                               |
| 9. 防 食        | (Corrosion Protection)                       |
| 10. 試 験       | (Testing)                                    |
| 11. 記 録       | (Records)                                    |
| 12. アンカー性状の観測 | (Monitoring service behaviour of anchorages) |

### 1. 適用範囲

本指針は、永久ならびに仮設アンカーの計画、設計、施工、試験、観測を行うための指針で、セメント系グラウトにより地盤内に固定されたアンカー体からの力を地盤を介して構造物に伝達されるグラウト注入式アンカーに適用する。

グラウンドアンカーの計画や、設計を行う場合、豊富な経験と、知識を必要とする。

本指針は、これらの特殊技能者のノウハウや、アンカー技術者の経験・知識にも相当するものである。

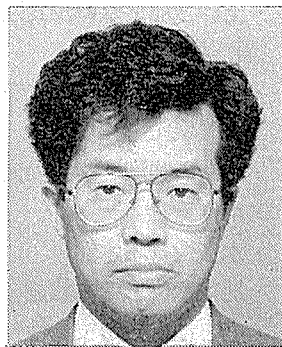
本指針では、アンカーの設計については取り扱うが、アンカーされる構造物や、地盤の掘削などに伴う設計については取り扱わない。

### 2. 定義・用語

本指針に用いられる用語ならびに定義について、紹介



\* Kiyoshi NAITO  
大成建設(株) 土木設計部



\*\* Yoshiaki IMAI  
大成建設(株) 土木設計部

する。また、主な用語と新たなものについては、説明を付す。

精 度： ・絶対精度 ・相対精度

アンカー (Anchorage)：

- ・グラウンドアンカー ・永久アンカー
- ・仮設アンカー

アンカー (Anchor)：Anchor という用語は、本指針のみに用いられ、Anchorage を構成する一部分を意味する用語に用いられる。例えば、アンカーヘッド、アンカー自由長など。

- ・標準タイプアンカーヘッド
- ・緊張力緩和型アンカーヘッド
- ・支圧板

付 着： ・粘着 ・摩擦 ・物理学的結合  
 ・クリープ ・付着破壊 (debonding)  
 ・カプセル被覆 (encapsulation)  
 ・一次注入グラウト ・二次注入グラウト

長 さ： ・アンカー定着長 ・アンカー自由長  
 ・テンドン定着長 ・テンドン自由長

荷 重： ・リフトオフ荷重 ・ロックオフ荷重

(以下省略する)

### 3. 記 号

(省 略)

### 4. 責 任

アンカー工事における責任を明確化するために、設計者と施工者の責任について契約書に明示しておく必要がある。

表-1 にその役割分担を示すが、この表は、アンカーが、地盤や構造物に及ぼす影響について判断するのは設計者であるということを前提として作成されている。したがって、設計者は、アンカーの状態を検討し、安全性を確認すると同時に、施主に対してそれを説明し、承認を得る義務を果たさなければならない。そのためには、設計者はその役割を果たすのにふさわしい人物でなければならない。

これは、アンカーの設計が、経験に支配される要素が大きいことや、アンカーの施工技術が、研究・開発によって急速な進歩を続けていることを考えれば、極めて重要であることを示唆している。

また設計者は、アンカーの防錆システムに対して、有効耐用期間をも設定しなければならない。

設計者が、指示を適確に与えることができないと判断

表-1 設計者・施工者の役割

設計者の役割	施工者の役割
1. アンカー工事現場付近の調査データの確認。	1. アンカーの構成とその細部。
2. アンカー使用の可否、試験の要否、仕様の決定。	2. アンカー定着長の決定。
3. アンカーおよびアンカーされた構造物の設計。	3. アンカー間隔と方向の決定。アンカー自由長とアンカー耐力(設計者の代行)。
4. 安全率の設定。アンカー使用期間の設定(仮設・永久)。防錆システムの選定。	4. アンカー防食システムとその詳細を決定。
5. アンカー体の位置と方向の決定。アンカー自由長とプレストレス力の決定。	5. アンカー維持管理システムの指示と計測機器の設置。
6. アンカー管理システムの選定と、観測結果の判定。	6. 施工上の品質管理。
7. 施工管理・サンプリングと試験。	7. 設計者の指示に従って行うアンカーの維持管理。
8. 維持管理に関する仕様の設定。	
9. 施工者に対する留意事項と指示。	

設計者は、施主、建設会社、アンカー專業者、コンサルタントが雇

したならば、他の専門技術者の助言を求めるべきである。

### 5. アンカー工事計画

アンカー工事に必要な資料を下記に示す。

- ① 建設工事の計画と掘削の手順。
- ② 地質や地盤特性を含む工事現場の調査報告書。
- ③ アンカー体の設置位置とアンカー定着性能に関するデータ。

地質学的特性や地盤構造を記載すると同時に、下記のデータを示しておくことが望ましい。

#### 〈土砂地盤〉

- ・地質分類(粒度、含水比、アッターベルク限界)
- ・せん断強度と圧縮性
- ・単位重量と相対密度
- ・水密性(透水性)
- ・地下水位とその状態
- ・土砂と地下水の浸食性

#### 〈岩 盤〉

- ・岩分類(節理の連続性、風化の程度、岩質)
- ・非破壊圧縮強度
- ・せん断強度と岩塊の変形性
- ・単位重量
- ・水密性(透水性)
- ・地下水位とその状態
- ・岩と地下水の浸食性

地盤調査は、有資格者の立会いのもとで行い、その結果、報告書には日付と署名、サインを行うこと。

法的規制として、施工時の安全性や周辺に及ぼす影響、地下水の汚染、騒音などに関する責任と配慮を行う義務や土地・建物の記録、アンカー位置の記録を提出する義務について述べている。

## 6. アンカーの設計

ここでは、セメント系グラウト注入型アンカーの現行の指針に追加・記載する事項について述べる。

アンカーの施工技術と、オペレーターの技量がアンカー引張り耐力を大きく左右する。

また、設計においては、各国の基準や国際指針にて経験豊富なコンサルタントが、アンカーされた構造物の安全性を確かめること。

アンカーの引張り耐力は、次の要素に起因する。

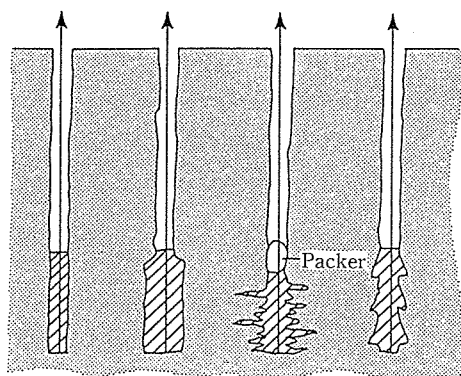
- ① 破壊の定義
- ② 破壊のメカニズム
- ③ 破壊面の影響範囲
- ④ 破壊面にて使用する地盤定数
- ⑤ 破壊面における破壊時の地盤応力状態

また、群効果や、相互干渉に関する基準が述べられている。

一般にアンカー間隔は、アンカー体径の4倍あるいは2m以上とされているが、あるアンカーから隣接するアンカーに伝達される応力は、そこに介在する地盤強度の増加とともに増大することが知られている。

アンカーは、次の4種類のタイプに分けられる。

分類	アンカー体とグラウトの状態	適用地盤
タイプA	・自然グラウト注入 ・直線削孔	岩盤に使用。
タイプB	・低圧グラウト注入 ・グラウトの浸透によるアンカー体径の拡大	風化岩 砂礫地盤
タイプC	・高圧グラウト注入	硬質粘性堆積地盤
タイプD	・拡孔型アンカー	硬質粘性地盤



タイプA タイプB タイプC タイプD

## 6.3 アンカー体の設計

岩盤の場合、タイプA（無加圧注入）に相当し、アンカー体から岩盤に至る荷重の伝達は、付着応力がアンカー一定着長全長に均等に作用するものとする。

非粘性土の場合、タイプB（低圧注入）とタイプC（高圧注入）が採用される。前者の場合は、杭の設計を参照し、後者の場合は、現場における引抜き試験に基づいて設計する。

粘性土の場合、タイプA（無加圧注入）とタイプD（拡孔型・無加圧注入）が採用される。前者の場合は、場所打ち杭の設計に準じ、後者の場合は、多段拡孔杭の設計方法を適用する。

アンカー一定着長部付近の粘性土に、クラックや砂層を含んでいる場合は、周面摩擦力や支圧強度を50%程度低減することが望ましい。

岩盤、非粘性土、粘性土いずれの場合においても、アンカー体定着長は、3.0m以上10.0m以下とする。

## 6.4 安全率

アンカーの安全率は、アンカー引張り最大荷重 ( $T_f$ ) と設計引張り荷重 ( $T_w$ ) との比で示される。

また、このとき試験において最小限、確認すべき荷重、すなわち計画最大試験荷重 ( $T_t$ ) は、試験荷重率で示される。

表—2

アンカー使用条件	最小安全率 $S_f = \frac{T_f}{T_w}$	最小保証試験荷重率 $\frac{T_t}{T_w}$
① アンカーの使用期間が6か月以内の仮設アンカーで、アンカーが破損しても周囲に重大な影響を及ぼさない場合	1.4 以上	1.1 以上
② アンカーの使用期間が2年以内の仮設アンカーで局部的には周囲に重大な影響を及ぼすが公共の安全には支障をきたさない場合	1.6 以上	1.25 以上
③ すべての永久アンカー、ならびにアンカーが破損した場合、周囲に重大な影響を及ぼす仮設アンカー	2.0 以上	1.5 以上

ただし、現場実験を行わない場合、地盤とグラウトおよびグラウトと tendon との間の安全率は、 $S_f = 2 \sim 3$  以上の値を採用すべきである。

また、クリープしやすい地盤に打設する永久アンカーの場合、地盤とグラウトとの間の安全率は、 $S_f = 3.5$  とする。

## 7. 材 料

アンカー tendon に用いられる引張り鋼材は、次に示す。

- ① 異形 PC 鋼線
- ② PC 鋼より線
- ③ リブ付き圧延 PC 鋼棒

アンカー定着具に関しては、下記の基準に準じる。

- ① FIP Recommendations for acceptance and application of post-tensioning systems (FIP/5/9-March 1981)
- ② 各国基準や協会・学会・各団体基準など。

また、アンカーヘッドの軸と、アンカーテンドン軸が 5° 以上ずれている場合には、引張り試験を行って確認しなければならない。

カップラーは、アンカーテンドン定着長部の外部に用いなければならない。

グラウトの配合と混練については、下記の基準に準じる。

- ① FIP Guides to good practices (FIP/2/1-September 1975)  
Section R 3 : Recommendations for grout and grouting of prestressed concrete
- ② FIP Guides to good practice : grouting of vertical ducts (FIP/2/4-March 1976)

この基準以外に、実際の地盤条件に応じた水セメント比を選定する必要があり、一般的には、 $W/C=35\sim 55\%$  の範囲で用いられる。

また、アンカーテンドンを、カプセル内に定着する場合や、アンカー自由長の間隙を満たす必要がある場合は、ブリージングの少ないグラウトを注入することが望ましい。このためには水セメント比を小さくし、混和剤を用いることが望まれる。

アンカーグラウトに対する土質や地下水の影響は、現場から資料を採取し、調査しなければならない。地下水が下記の値の場合には、対策を検討しなければならない。

pH 値	: <6.5
硬度	: <3°d
炭酸ガス (CO <sub>2</sub> )	: >15 mg/l
アンモニウムイオン (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	: >15 mg/l
マグネシウムイオン (Mg <sup>2+</sup> )	: >100 mg/l
硫酸イオン (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	: >200 mg/l

Baumann-Gully 酸性度(水酸化物の含有量)	>20	この場合、地盤は浸食性と判断される。
乾燥土中の SO <sub>2</sub> (二酸化イオウ)	>2 000 mg/l	
硫化物	>200~ 600 mg/l	この場合は、耐硫酸塩セメントを用いればよい。
乾燥土中の硫化物	>2 000~5 000 mg/kg	

### 7.7 防食用材料

下記の指針を参照のこと。

FIP State of the art report; corrosion and corrosion protection of prestressed ground anchorages, 1986.

このレポートの内容については、下記文献に詳しく述べられている。

- ① 内藤清司：アンカー工施工の現況と問題点 (地すべり学会シンポジウム 1987.11)
- ② 内藤清司：永久アンカー用材料と施工方法に関する一提案 (第 15 回土木学会、関東支部技術研究発表会 1988.3)
- ③ 内藤清司他：アンカーの腐食と防食例 (基礎工 Vol. 15, No. 12, 1989.12)

## 8. 施 工

削孔径は、アンカー定着長部に必要なグラウトの被りを確保しなければならない。

削孔ビットの径は、所定のアンカー体径以上でなければならない。

所定のアンカー長を確保するため、スライムが取り除けない場合には削孔余長をとらなければならない。

そのほかに施工作业時の注意事項が詳細に述べられており、孔壁の崩壊維持や削孔内からの地下水や土砂の流出に伴う周辺の地盤沈下や構造物に及ぼす影響、アンカー工事を 含む 建設工事の 安全確保などが 詳述されている。

削孔時の記録が、削孔オペレーターに対して義務づけられており、記録用紙および記述内容は、地盤の種類や色など、作業員が識別し易いものとすべきであるとされている。

- ① アンカー頭部における実施工時のアンカー削孔軸と設計削孔軸との許容誤差は 75 mm 以内とする。
- ② 削孔角度の許容誤差は、2.5° 以内とする。
- ③ 地中におけるアンカー削孔軸のずれは、設計削孔軸に対してアンカー長の 1/30 以内とする。ただし、この値は流動的であり、削孔径を大きくすることによって、誤差を小さくすることができる。

### 8.2 アンカーテンドンの加工、運搬、挿入

アンカーテンドンの加工、運搬、挿入に関しては、下記の基準に準じる。

FIP Guides to Good Practice (FIP/2/1-September 1975)  
Section R 1; Precautions to be taken during the storage, handling and positioning of prestressing tendons.

テンドンの加工, 組立に関して

- ・材料は, 乾燥した場所で清潔に保管し, 錆などから守ること。
- ・アンボンド引張り鋼材を用いる場合, アンカー定着長部の防錆油は, スチームや溶剤を用いて完全に除去しなければならないこと。
- ・スペーサーは, アンカーテンドンに確実に固定すること。

等が述べられている。

運搬に関して

- ・アンカーテンドンがねじれたり, 防錆用材料などを破損することがないように注意をうながしている。

挿入に関して

- ・削孔内に異物がないか, 完全な状態かを挿入前に確認する。
- ・アンカーテンドン挿入には, アンカーテンドンを削孔中心に設置すること, 有害な変形を防ぎ防食用材料などに損傷を与えないように注意すること。
- ・挿入されたアンカーテンドンは, しっかりと固定し, グラウト注入時の移動を防止すること。

8.3 グラウト注入

グラウト注入の目的は, 主として下記のとおりである。

- ① アンカーテンドンからの荷重を周辺地盤に無理なく伝達するようなアンカー定着長部の形成。
- ② アンカーテンドンの防食。
- ③ アンカー定着長部周辺の地盤の強化。
- ④ アンカーグラウトの漏洩を防ぐための地盤のコンソリデーション。

8.3.2 削孔内試験

削孔内における試験について下記に示す。

① 加圧グラウト注入圧力測定試験

パッカー加圧あるいは, ケーシング加圧を行い, このときの注入量と注入圧力を測定することによって地盤ならびにアンカーの有効性を確認する。

② グラウト面降下確認試験

削孔内に注入されたグラウトの上面の位置の安定性を確認することによって, 地盤の状態とアンカーの有効性を確認する。

③ 水密性テスト

削孔内アンカー定着長に対して, 漏水量が次の条件を満たしていれば, プレグラウト注入は必要ない。

10 分間測定し,  $p=1 \text{ kg/cm}^2$  (0.1 MPa) の水圧で 5 l/分 以内。

8.3.3 グラウト注入

グラウト注入は, 削孔先端から上端に向かって連続的に行い, 注入作業が中断したり, 所定の時間内に終了しない場合は, アンカーテンドンを削孔内から取り出さなければならない。

また, グラウトが PC 柱となり, アンカー力が地盤に導入されなくなるのを防ぐために, 構造物に達しないように注入しなければならない。

8.4 緊張・定着

緊張, 定着の方法は, 下記資料を参照のこと。

FIP Guides to Good Practice (FIP/2/1-September 1975)  
Section R 2; Site control of tensioning procedures.

8.4.2 緊張機器

緊張機器は, 定格容量荷重の 80% 程度で使用する。

また, 緊張機器は, キャリブレーションを行ったものを用い, 使用前に検定証書を提示しなければならない。

8.4.3 測定精度

緊張作業時に, アンカーテンドンの伸びと, アンカー引張り荷重を測定しなければならない。測定機器の精度は, 次の値以内とする。

アンカー伸びおよび変位の測定	短期間 (1 時間以内)	$\pm 0.2 \text{ mm}$
	長期間 (1 日以上)	$\pm 1.0 \text{ mm}$
荷重の測定	サイクル載荷時の長期測定	最大試験荷重 $T_t$ の 1~2%
	有効緊張力の短期測定	アンカー力 $T_w$ の 0.5%

8.4.4 緊張作業

緊張作業は, アンカー体定着長部のグラウトの強度が  $\sigma \approx 300 \text{ kg/cm}^2$  ( $30 \text{ N/mm}^2$ ) 以上になるまで行ってはならない。

グラウトの圧縮強度は,  $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$  の立方体供試体で確認する。

9. 防 食

永久アンカー, 仮設アンカーを問わず, 防食システムの程度は, 設計者が定める。アンカーテンドンの腐食による危険性, 防食方法, 防食システムについては, 次の資料を参照のこと。

FIP State of the art report; Corrosion and Corrosion Protection of Prestressed Ground Anchorages (1986).

10. 試 験

アンカーの試験は, 次の 3 種類がある。

(i) 保証試験 (Proving tests)

日本では引抜き試験, あるいは基本試験と言われている。

いる。

- ・試験アンカー本数 3 本以上
- ・計画最大引張り荷重は、降伏点荷重  $P_y$  の 95% 以内とする。
- ・引張り試験、引抜き試験終了後、試験アンカーを地盤内から取り出して検査し、その時の状態をアンカーテンドン自由長や、アンカー定着長部の長さ、破損状況、形状などを記録しておくことが望ましい。

(ii) 現場適性試験 (on-site suitability tests)

日本では引張り試験、あるいは適性試験と言われている。

- ・試験アンカー本数は、表—3 に示す。

表—3 現場適性試験アンカー本数

同一定着地盤区域に打設されたアンカー本数	表—2 のアンカー使用条件に対する試験アンカーの数		
	分類 1	分類 2	分類 3
30 本 未 満	0	0	3
30 本 以 上	実施アンカー総本数の 1% かつ 3 本以上	実施アンカー総本数の 5% かつ 3 本以上	実施アンカー総本数の 2% かつ 3 本以上

(iii) 現場受入れ試験 (on-site acceptance tests)

日本では、確認試験と言われている。

10.3.2 現場適性試験の緊張方法

計画最大試験荷重 ( $T_t$ ) は、一般的に仮設アンカーで、設計荷重 ( $T_w$ ) の  $1.25 T_w$ 、永久アンカーで  $1.5 T_w$  である。

仮設アンカーでは、 $0.1 T_w \sim 1.25 T_w$  の範囲を、また、永久アンカーでは、 $0.1 T_w \sim 1.50 T_w$  の範囲を連続して荷重-伸び曲線にプロットする。荷重の増加は、 $0.5 T_w$  以内とする。変位測定は、計画最大試験荷重の  $1/3$  点ごとに行う。

各載荷サイクルごとの保持時間は、下記のとおりとする。

第 1 サイクル	変位測定に要する時間
第 2~3 サイクル	1 分 以 上
計画最大試験荷重時	15 分 以 上
中間変位測定時	5 分 間

第 3 サイクル載荷終了後、 $1.10 T_w$  で定着する。その後、再度、緊張を行い初期導入荷重を確認する。

11. 記 録

(省略する)

12. アンカー性状の観測、測定

既にアンカーが打設された後には、アンカー荷重や、

構造物の変位を観測する。

測定値の判定は、次に示す。

- ① プレストレス量の変化=設計荷重 ( $T_w$ ) の 10%  $T_w$  までは、通常問題ない。

特別な理由なく、プレストレス量に 10% 以上の変化が生じた場合は、アンカーか、構造物のどこかに異状事態が発生したものと判断し測定結果を分析し、原因を究明しなければならない。

- ② アンカーの緊張力緩和、あるいは、増し打ちアンカーなどは、次の場合に行う。

仮設アンカー=20%  $T_w$  以上増加した場合  
永久アンカー=40%  $T_w$  " "

12.2 観測の期間と頻度および本数

- ① 観測の目的が腐食防護されていないアンカーなどで、錆による影響を調査する場合、最初の 3 年間は 6 か月以内の間隔で試験を行い、その後は、5 年以内の間隔で行う。

観測の数は、施工アンカー総数が 100 本以下の場合 10%、かつ 3 本以上。

100 本以上の場合、5% 以上。

- ② 観測の目的が地盤の移動の状態を調査する場合、移動がおさまるまで継続する。

最初のうちは、3~6 か月間隔で、観測を行う。この間、気候の変化、干満潮の変位、地盤内の応力に影響を及ぼす荷重、掘削などの外的条件などについて調査を行う。

観測は、初期は短い間隔で行い、5 年間隔になるまで徐々に増し、構造物の存続する限り 5 年以内の間隔で継続しなければならない。

観測するアンカーは、施工アンカー総本数の 5% かつ 3 本以上。

参 考 文 献

- 1) "Recommendations for the design and construction of prestressed concrete ground anchors", MAY 1982, FIP
- 2) "Recommendations for the design and construction of prestressed concrete ground anchorages", 30th September 1988, FIP
- 3) FIP State of the art report "Corrosion and corrosion protection of prestressed ground anchorages", 1986, Thomas Telford Ltd.

【1989 年 4 月 11 日受付】