

アンカー工法の現状と展望

山 田 邦 光*
中 西 章**

1. 概 説

アンカー工法は、その有利性が認識されてきたこと、施工技術が進歩したことなどの理由により、急激に施工件数が増加してきた。その用途も多岐にわたり、ビルディングや浄水場、下水場などの山留め、斜面の安定、地すべりの抑止、地下水位の高い所での浮上り防止、地下発電所の壁面安定などに使われている。この工法に関しては、各国において指針が作成されており、また、日本においても土質工学会より1977年に『アースアンカー工法 設計・施工基準』が制定された。これらの内容は、各国により異なっており、現在、これらの考え方を統一し、国際的な指針を作成する作業が筆者山田らも加わってFIP（国際プレストレストコンクリート連盟）によって行われており、1982年のストックホルムのFIP総会において出版される予定である。この作成作業を通じて、将来のアンカー工法の方角づけが行われていくのではないと思われる。そこで現在作成中のFIPの指針の他各国の指針を参考にして、現在、行われているアンカー工法の現状と展望について述べる。

FIP COMMISSION ON PRACTICAL CONSTRUCTION

CHAIRMAN :

Mr. M. KAVYRCHINE (C.E.B.T.P.)

TECHNICAL SECRETARY :

Mr. W.E. MURPHY (FIP Administrative Office)

WORKING GROUP ON PRESTRESSED GROUND ANCHORS

CHAIRMAN :

Mr. P. MATT (Losinger Ltd.)

MEMBERS :

- PROF. C. CESTELLI GUIDI (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso)
- Mr. P. DUPEUBLE (SIF Enterprise Bachy)
- Mr. R.W. IRWIN (BBR (NZ) Ltd.)
- Mr. P.J. KRUGER (M & R Construction Ltd.)
- Dr. G.S. LITTLEJOHN (Colcrete Ltd.)

* 大成建設(株)技術研究所土木構造研究室室長

** 大成建設(株)技術研究所土木構造研究室主任

- Prof. G. PETRASOVITS (D. Sc. Civil Engineer Technical University of Budapest)
- Mr. J.C. RUTLEDGE (Public Works Department Geotechnical Control Office)
- Mr. D.E. WEATHERBY (Schnabel Foundation Company)
- Dr. E. WOELFEL (Institut für Bautechnik)
- Dr. K. YAMADA (Taisei Corporation (Engineering & Construction))

2. アンカーの計画

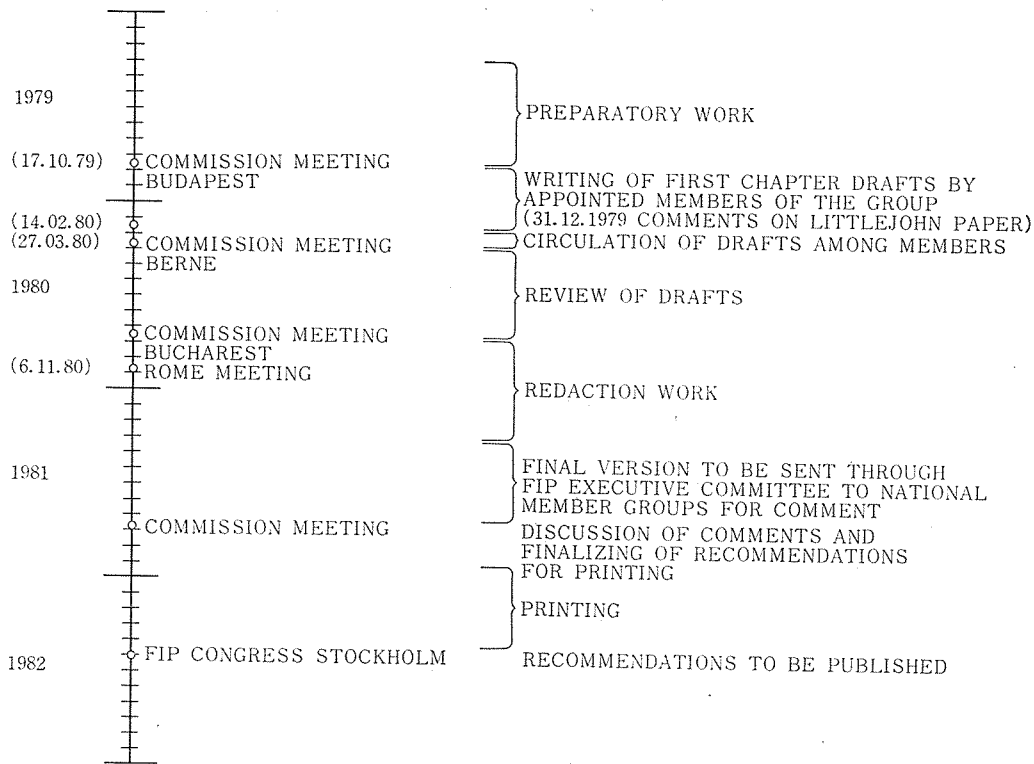
アンカーの計画に際しては、その現場の状況を十分に検討し、アンカー工法の目的が達せられるとともに、周辺の地盤に対しても悪影響を及ぼさないように考えられてきた。さらに、最近、クオリティーコントロールということが盛んに言われるようになり、その構造物が供用期間中には、アンカー工法も、確実にその機能を果たし、いつでもチェックの可能なシステムにしておくことが大切である。FIPの指針においてもこのような方向性が見られ、スイスの規準では、はっきりと規定している。この中で永久アンカーの必要条件として次の点を挙げ、後述するアンカーのクラスごとに、表-1のごとく規定している。



写真-1 右：山田，右から二人目：Dr. E. Woelfel (Berlin)

左：Prof. G. Petrasovits (Hungary)，他は現場説明者

SCHEDULE OF WORK



表一 永久アンカーの必要条件 (スイス基準による)

必要条件	クラス 4	クラス 5	クラス 6
置換性	必要	必要	必要
変形のモニター	状況による	必要	必要
荷重チェック用アンカー	0	全本数の約 5%	全本数の約 10%
安全率	表-3 に示す	表-3 に示す	表-3 に示す

- 置換性 (Replaceability) : 機能を有さないアンカーを新しいアンカーに置き換えたり, 同等効果の他手段での施工が可能であること。
- 変形のモニター : 構造物の動きを定期的にチェックすること。
- チェック用アンカー : 全本数のうちの何本かを定期的に観測すること。
- 防錆 : 施工したアンカーの状態を任意に取り出してチェックできる設備を持つこと。
- 安全率 : アンカーのクラス別に变化させる。

ちなみに, 永久アンカーと仮設アンカーについて, 日本の基準では特に規定はなく, DIN では 2 年以上のもの, スイス規準では 3 年以上のもの, アメリカの規準では 18 か月以上のもを永久アンカーとして取り扱っており, 大体 2 年を目安とするのがよいだろう。アメリカの規準では, これ以下でも有害な環境にあるものは, 特別な処置が必要であるとしている。

イギリス規準では, 永久アンカーに対して, 次のよう

に規定している。

• 保護

技術者は, アンカーの供用期間を決定し, アンカーが供用期間を満足されるように, 設置位置, 地盤条件, その他の関連した要素を考慮に入れて, 錆や損傷から保護されねばならない。保護システムは, 十分に適用され得ることが証明されていなければならない。

• 緊張力の変化

技術者は, 供用期間中に, 許容され得る緊張力の減少量および増加量を決めておかなければならない。緊張力の 10% までの変化は一般には起こり得るが, 10% 以上の荷重の減少は, アンカーの部分的な破壊を意味する。

• 監視 (Monitoring)

技術者は, アンカーの施工に先立って, アンカー施工後に, 監視を続けるかどうかを決定する必要がある。監視の方法には, 個々のアンカーの荷重の測定と構造物全体の動きの測定とがある。監視により, アンカーの再設置が必要であるとされたら, 次に施工されるアンカーか他の方法により, アンカーの再設置を行うことができるように設計の時にしておくべきである。技術者は, 監視をすることが必要であるかどうかを決めるに当たって, 次の点を考慮に入れるべきである。

- (a) 構造物の通常状態と限界状態の両方におけるアンカーの破損に対する構造物の状態
- (b) 地盤の状態
- (c) アンカーが機能を果たさなくなった時に、構造物の安全を、監視することなく表わせられる限度
- (d) アンカーの状態、防錆材の品質、アンカーシステムの永続性に関しての限度
- (e) 構造物の破壊の結果

監視の目的は、アンカーが機能を果たしていない場合を発見するためのもので、破壊には、錆または他の損傷による引張材の破壊と応力、水分の変化や外的な原因による地盤の破壊とがある。錆による破壊を見つけることを目的とする場合には、5年、10年といった長期的な間隔で監視が行われる。地盤の動きを監視する場合には、動きが無視されるまで続けられ、一般的には、最初に3~6か月の間隔で行い、その後はより長い間隔とし、地盤の重要な動きが止まるか、動きが同一のパターンになるまで続けられる。錆と地盤の動きとを監視する場合には、5~10年の間隔で行われるまで短い間隔で監視を行い、次第に周期を長くしていく。アンカーの荷重を監視していく場合に、その本数は、その施工本数が100本以下であるときには最低10%か2本以上、100本以上であるときには、5%以上とする。

隣接地へアンカーし、将来の隣接地における工事に支障をきたすという問題は、除去式アンカーの普及により比較的解決され易くなってきた。しかし、自由長部だけ撤去し、定着部が残されるというのでは、除去式アンカーとは言えない。このような現場は、市街地における仮設の山留めにアンカーを使用する場合で、永久アンカーの場合、そのほとんどが使用目的からいって問題とならないことが多い。FIPの指針では、隣接地の土地所有者との同意契約、永久アンカーの土地登記簿への記載などの法的規定が必要であるとしている。

FIPの指針は、コンサルタントと施工業者の義務についても規定している。

コンサルタントは、次の項目を決定する義務を負う。

- アンカー力(最大荷重, 設計荷重, 緊張荷重)
- アンカー自由長
- アンカー角と配置
- アンカーの許容誤差
- 構造物の許容変位
- 試験アンカーの数
- 緊張計画
- 測定計画

施工業者は、アンカーケーブルの腐食防止の対策、アンカー定着長および使用するアンカーケーブルの材料を決定する。また、アンカーの引抜き耐力に対して責任を負い、所定の条件が満たされない場合には、自分の責任でこの欠陥を手直しする義務を負う。このように、施工業者は、かなりの責任を負わされることになり、確実に施工が望まれるところであるが、設計者も施工時のことについても十分に配慮し、アンカーが十分な機能をするように考えておかねばならない。

各指針、規準ともに、アンカーの耐力を決めるには、試験アンカー(引抜き試験)を行うことを原則としている。スイスの規準によれば、試験アンカーの数は、表2のとおりであり、測定項目と必要な精度は、次のとおりである。

表-2 試験アンカーの数(スイス基準による)

打設するアンカーの数	同一地盤ごとの試験アンカーの数		
	クラス 1	クラス 2と4	クラス 3, 5, 6
20 まで	なし	なし	3本
20 以上	1%ただし最低3本	1.5%ただし最低3本	2.0%ただし最低3本

りである。

- ・軸方向のアンカーヘッドの動き(ΔL_r)または、ジャッキピストンのストローク
 - 絶対的精度 ΔL_r の 2%
 - 相対的精度 ΔL_r の 0.5%
- ・アンカープレートの動き(基礎またはサポートの動き)
 - 絶対的精度 ΔL_r の 2%
 - 相対的精度 ΔL_r の 0.5%
- ・引張材の導入力
 - 絶対的精度 P_p の 3%
 - 相対的精度 P_p の 0.5%

P_p は試験荷重で、この規準ではあらかじめ決めておく。さらに、スイスの規準では、計画された構造物に応じた導入力を決めており、アンカーは、次のように分類される。

- ・プレストレストアンカー (Pre-stressed anchor)
フルプレストレスを与え、構造物の変位を許さない。

$$0.5 \leq P_0/P_u \leq 0.75$$

ここに、 P_0 : 導入力、 P_u : 最大耐力

- ・テンションアンカー (Tension anchor)
プレストレスの一部を与え、ある範囲内の引張力と変位を許す。

$$0.25 < P_0/P_u \leq 0.5$$

- ・デッドアンカー (Dead anchor)
最初に0または少量のプレストレスを与えるもので、後に変形を許容する。

$$0 \leq P_0/P_u < 0.25$$

3. アンカーの設計

アンカーを設計する場合、単にアンカー体についてだけではなく、アンカーされる構造物を含めた、地山全体の安定を検討するとともに、現場において支障なく施工されるよう注意が払われねばならない。例えば、ある削孔径に対して挿入できるアンカーケーブルには寸法的な制限があるので、その1本当りの耐力が制限される。特にケーシング削孔を行い、ケーシングを地山に残した状態で、アンカーケーブルを挿入する場合には、ケーシングの最小内径（ジョイント部）とアンカーケーブル最大径との関係のチェックが設計時に必要である。

アンカーの設計に関して、各国の規準では、アンカーの安全率は規定しているが、アンカーの荷重をどのように算定するかには触れておらず、スイスの規準が多少述べている程度である。これによると次のとおり述べている。

・斜面の安定に対して

アンカーの作用荷重は、斜面の安定計算により求められ、アンカーの定着部は、すべり土塊を貫いて設ける。

・土留壁

土の自重と等分布上載荷重とによる土圧は、深さ方向に一様に分布する（Terzazhi-Peck(1967)）として必要なアンカーを求める。水圧は、これに関係しない。図-1においてSI単位で示せば次のとおりとなる。

$$e_a = 1.3(0.5 \cdot K_a \cdot \rho \cdot g \cdot h + K_a \cdot p)$$

ここに、

e_a : 水平土圧

K_a : 土圧係数

ρ : 湿潤密度

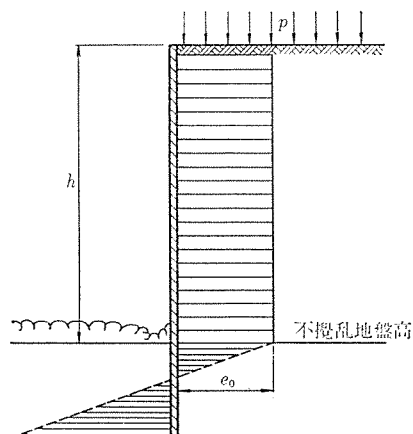


図-1 土圧の分布（スイス規準による）

g : 重力加速度

h : 土留壁の高さ

p : 上載荷重

一般的に安全率としては、(1) 鋼材の破断あるいは降伏荷重に対するもの、(2) アンカーの地盤の引抜き抵抗に対するもの、(2') アンカー鋼材とグラウトとの付着抵抗（これは通常大きな問題とならない）、(3) 地山全体の安定に対するものの三つが想定される。(1) については、各国の規準で、導入力を破断荷重の何%にするかが規定されており、日本では土木学会の『PC 標準示方書』に従っている。(2) については、引抜き試験の最大荷重に対して規定しているのが多く、日本の場合、永久アンカーで 2.5、仮設アンカーで 1.5 としている。アメリカでは、仮設、永久ともに現在のところ規定せず、その目的に応じて設計者が設定している。スイスでは、アンカーの破壊によるリスクの度合を次の三つに分け、表-3 のように、その各々に対して規定している。アンカーのクラスも表-3 に示されている。

表-3 供用期間とリスクの度合による安全率 F_s （最大耐力と作用荷重との比）（スイス視準による）

リスクの度合	仮設アンカー		永久アンカー	
	アンカーのクラス	安全率	アンカーのクラス	安全率
(I)	1	1.3	4	1.6
(II)	2	1.5	5	1.8
(III)	3	1.8	6	2.0

リスク(I) : 構造物に重大な影響をもたらさず、公共の安全と治安を危険にさらさない。

リスク(II) : 構造物には重大な影響をもたらすが、公共の安全と治安を危険にさらさない。

リスク(III) : 構造物に重大な影響をもたらし、公共の安全と治安を危険にさらす。

このようにスイスでは、安全率を一様としてではなく、構造物の重要度に応じて決めており、経済性が十分配慮されている。さらに、アンカー力について、次のように定めている。

仮設アンカー

$$P_p \leq 0.95 \cdot P_s$$

$$P_p \geq 1.15 \cdot P_G$$

$$P_G \leq 1/S \cdot P_u$$

$$P_0 \leq 0.75 \cdot P_u$$

永久アンカー

$$P_p \leq 0.95 \cdot P_s$$

$$P_p \geq 1.40 \cdot P_G$$

$$P_G \leq 1/S \cdot P_u$$

$$P_0 \leq 0.75 \cdot P_u$$

ここに、

P_p : 試験荷重

P_s : 降伏荷重

P_G : 設計荷重

P_u : 最大耐力

P_0 : 導入力

S : 安全率 (表-3)

(3) については, Kranz, Ostermayer, Broms, Schmidt らの研究があるが, 各国で標準化されるに至っていない。スイスの規準で表-4のように規定している。

表-4 供用期間とリスクの度合による滑動に対する安全率 (スイス規準による)

リスクの度合	仮設アンカー		永久アンカー	
	アンカーのクラス	安全率	アンカーのクラス	安全率
(I)	1	1.2	4	1.4
(II)	2	1.3	5	1.4
(III)	3	1.4	6	1.5

この安全率は, 地盤のせん断耐力と作用するせん断応力との比 F であり, 滑動体が不安定となるのは, $F \leq 1.0$ のときであるという計算方法と同じである。筆者らもこれに関連して土槽を用い, モデル実験を行っている。

アンカーは, 対象地盤により, ロックアンカーとアースアンカーとに分けられており, 岩盤に定着する場合には問題ないが, 土砂に定着する場合にその引抜き耐力が問題となり, アメリカの規準では, 有機質シルトまたは軟らかい粘土におけるアースアンカーは, 50t 以下の耐力と考え, 長期間のクリープを考慮する必要があるとしている。しかし, 十分な試験を行って施工すれば, 耐力的に問題ないと考えている。

アンカーの定着長は, 通常, 次式により計算している。

$$l_b = (T \cdot F_s) / (\pi \cdot D \cdot \tau_d)$$

ここに,

T : 引張力

F_s : 安全率

D : 削孔径

τ_d : 地山とグラウト材との付着強度

l_b : 定着長

このうち, τ_d については, 土質工学会『アースアンカー工法』より, 表-5を参考にして決めている。これに安全率をかけているので, 耐力的には現在のところ一般的に大きな問題は発生していないが, N 値のみで決定することはかなり不合理であり, 各種のパラメータ (深さ, 注入圧, 砂の粒径, 砂の分布, 削孔径および施工方法等) を組み入れた表が必要であると考えられる。また, $\tau_d = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (表-5より N 値=20の砂) とし, 削孔径 10cm, 引張力 70t, 安全率 1.5 として定着長を求めてみると,

$$l_b = (70000 \times 1.5) / (\pi \times 10 \times 2.0) \div 17 \text{ m}$$

となる。しかし, この程度の砂で, 引抜き試験から定着長を決定し, これより短い定着長で十分な耐力が得られ

表-5 アンカー周囲の摩擦抵抗 (土質工学会『アースアンカー工法』)

地盤の種類		摩擦抵抗 (kg/cm ²)	
岩 盤	硬 岩		15~25
	軟 岩		10~15
	風 化 岩		6~10
	土 丹		6~12
砂 礫	N 値	10	1.0~2.0
		20	1.7~2.5
		30	2.5~3.5
		40	3.5~4.5
		50	4.5~7.0
砂	N 値	10	1.0~1.4
		20	1.8~2.2
		30	2.3~2.7
		40	2.9~3.5
		50	3.0~4.0
粘 性 土		1.0C	

た結果も度々あり, 施工方法も含めた今後の課題である。また, 定着長を長くとした場合には, 定着部が少しづつ付着切れを生じ, (1) アンカー定着体のクラック発生や, (2) せつかくプレストレスを与えたとしても荷重が下がったり, 土留壁が前へ出てくるなどの変形の恐れがある。このような場合には, 1本当りの引張力を減らすとか, アンカー定着体端部にアンカーケーブルを固定する通称“フリーグリップアンカー”タイプにしてアンカー体に圧縮力を与える方式にして問題を少なくしてやるなどの配慮が今後必要になると考えられる。スイス規準においては, 試験アンカーや比較し得る地盤における実施例がないような場合には, 表-6, 表-7のように, 最大耐力と定着長との限界を規定している。このほかア

表-6 土の場合の最大耐力と定着長 (スイス規準)

地盤の種類	最大耐力 P_u		定着長 l_r
	固結していない堆積物	固結した堆積物	
砂 礫	60 t まで	100 t まで	4~7m
シルト質砂	40 t まで	60 t まで	4~7m

表-7 岩の場合の最大耐力と定着長 (スイス規準)

岩 の 種 類	最大耐力		定着長
	われ目の多い	われ目の少ない	
花崗岩, 片麻岩, 玄武岩, 硬い石灰岩, 硬い白雲石	200 t まで	400 t まで	4~7 m
軟い石灰岩, 軟い白雲石, 硬い砂岩	120 t まで	200 t まで	4~7 m

メリカ規準においては, 定着長は, 岩の場合,

$$l_b = P / (\pi \cdot D \cdot \tau_w)$$

より求めるとしている。ここに, τ_w は, 注入材と岩との付着応力度で, 極限付着応力度の 25~50% である。またアースアンカーの定着長の設計に際しては, 削孔の方法, 土の性質, 被圧水, 注入圧に左右される。しかし, 定着長は, 最低 4.6m は必要であるとしている。

報 告

この場合でも、アンカーの最終的な耐力は、現地試験により確かめられるとしている。このほか、アメリカ規準でもスイス規準と同様に、アンカー 1 m 当りの最大耐力の範囲を与えており、削孔方式、例えば、ロータリー、ウォーガー、ケーシング打込み、拡孔等に関連させて、グラウトの注入圧のある、なしにより規定している。

土の種類	最大耐力
砂/砂礫	16.4 t/m~32.8 t/m
中粗砂	11.5 t/m~16.4 t/m
シルト質砂	8.2 t/m~16.4 t/m

定着部は、想定破壊面より奥へ設けなければならないが、アメリカ規準では、破壊面から奥へ 1.5 m の所から定着部が始まるよう規定している。

アンカーの自由長部は、地山に有効プレストレスを与えるために、一般に 5.0 m 程度必要であるとしているが、アメリカ規準でも、最低 4.6 m (15 フィート) は必要であるとしている。これだけの長さがあれば、アースアンカーでも、定着部または地盤に小さな変位を生じても、アンカーの緊張荷重には大きな変化にはならないとしている。

アンカーの配置に関しては、ブリージング水が溜まることにより、耐力の低下が懸念されるので、アンカーの角度を -10° から $+10^\circ$ の間にしてはならないと FIP ではしているが、アメリカ規準では、 -5° から $+5^\circ$ と規定している。また、アンカー群の相互作用の影響は、水平方向の間隔が短い時にあると考えられ、アメリカ規準では、現在までの研究の成果であるとして、削孔径の 6 倍の間隔があれば、相互作用がないとしている。この問題に関して、日本では、施工精度上の問題がなければできるだけ近づけてもよいとしており、引抜き耐力については問題なく、グループとしてのアンカー耐力に関係あるとして、設計上、当然評価されるようになっていく。

アンカーの引抜き耐力 T_f の算定に関しては、現在まで、数種の土質パラメーターを考慮して、多くの研究者により数多く発表されてきている。

(1) 砂地盤において低圧グラウトされたアンカーに関して

$$T_f = L \cdot \eta \cdot \tan \phi$$

ここに、

L : アンカー体定着長

ϕ : 砂の内部摩擦角

η : 削孔の技術、深さ、定着部の径、グラウト圧 ($3 \text{ kg/cm}^2 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$)、およびその他現地での地盤施工条件を考慮した係数

η について施工経験より、粗い砂や砂礫層 ($K_w > 10^{-4}$

m/sec) で、 $\eta = 40.0 \sim 60.0 \text{ t/m}$ であり、細砂から中砂層 ($K_w > 10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ m/sec}$) では、 $\eta = 13.0 \sim 16.5 \text{ t/m}$ に低減している。

(2) 高圧グラウトアンカーに関して

注入圧の効果の評価に、研究者の間でかなりの差がある。したがって、注入されたアンカー定着部の有効径は、削孔径 $\phi 100 \text{ mm} \sim \phi 150 \text{ mm}$ に対して、粗い砂や砂礫層では $\phi 400 \text{ mm} \sim \phi 500 \text{ mm}$ 、すなわち、 $3 \sim 4 d$ 、締まった中砂層では、 $\phi 200 \text{ mm} \sim \phi 250 \text{ mm}$ 、すなわち $1.5 d \sim 2.0 d$ 、非常に締まった砂層では $\phi 180 \text{ mm} \sim \phi 200 \text{ mm}$ 、すなわち $1.2 d \sim 1.5 d$ と評価されている。初期の頃には、

$$T_f = P_i \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \tan \phi$$

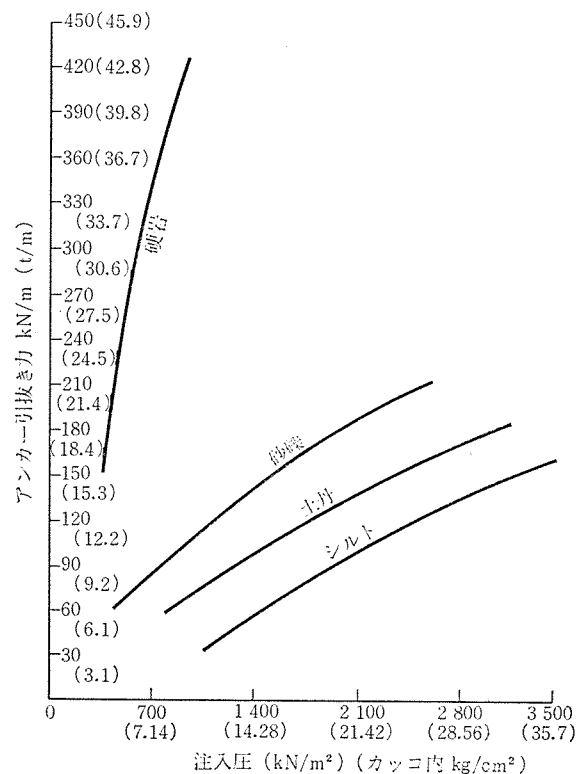
ここに、

P_i : グラウト注入圧

と表現されていたが、その後、トルコの Küstük Cekmece Lake の締まった細砂 ($\phi = 40^\circ$) における $10 \text{ kg/cm}^2 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ のグラウト注入圧の下での実験により、上式は修正され、

$$T_f = 2/3 P_i \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \tan \phi$$

とされた。イギリスの Orford Ness は、非常に締まった貝殻混りの砂層で $10 \text{ kg/cm}^2 \sim 14 \text{ kg/cm}^2$ の注入圧で実験を行い、さらに上式を修正して、次式のように表わした。



図一 注入圧と最大耐力との関係 (Littlejohn による)

$$T_f = 1/3 \cdot P_i \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \tan \phi$$

また、Jorge は、10 kg/cm² 以上のグラウト注入をした場合の 1 m 当りの最大耐力を 図-2 のようにまとめた。Jorge によれば、例えば、沖積層において φ100mm~φ150 mm の削孔径のアンカーに関して、P_i'=10 kg/cm² では 9 t/m~10 t/m、P_i=25 kg/cm² では 19 t/m~24 t/m に引張耐力が上がったとしている。最近、ドイツで引抜き耐力が密度や均等係数によりいかに増加するかが発表されている (図-3)。

4. アンカーの施工

4.1 削 孔

削孔技術はここ数年急速に進歩をとげた。これは高性能の削孔機械が開発されたことのほか、削孔技術者が育成されたことによる。そして当初は手さぐり状態であったものが、種々の困難な状況に直面し、それに対処してきたことの積重ねが現在のアンカー工法の進歩につながったと言える。削孔機械は 10 年ぐらい前まで、ケーシングロータリー削孔機が使われ、アンカーの普及に大きな役割を果たした。しかし、玉石層、崖錐層、軟硬岩層などに対して非常に能率が低く、また削孔能力も落ちるので、削孔長にも限度があった。これに対して、全油圧駆動、空気駆動、油圧と空気の併用のロータリーパーカッション削孔機や OD 削孔機が使用されるようになり、大規模なアンカー工事が可能になり、スピードアップも

図られることとなった。OD 削孔機は、ケーシングとインナーロッドとの二重管で同時に削孔を行う方式で、打撃力と回転力とにより、崖錐層でも 50 m 以上の削孔が可能である。ただし、長さが長くなるとケーシングに作用する拘束土圧が増加するので、削孔能率は落ちてくる。通常の砂礫層におけるアースアンカーの場合には、先端ビットをケーシングの回転と打撃により打ち込むことで 70 m 以上の削孔が可能となる。OD 削孔機は、施工時の音が大きく、住居に隣接した場所で施工する場合、騒音の問題が出てくる。このような場合には、消音器が取り付けられており、約 10 dB (A) の騒音の減少効果がある。

現在、削孔に当たって問題となることは、被圧地下水のある場合、および岩の透水性が大きい場合であり、前者の場合でかつ砂地盤の時には、水と一緒に砂が吹き出て、地盤沈下や土留壁の変形につながるの、口元管や止水ボックスなどを使って止水や砂の吹出しを防止している。これも経験の積重ねと言ってよい。また、後者の場合には、FIP の指針においても、一つの項目を設けて規定しており、我が国ではそれほどシビアに扱ってこなかったが、諸外国では孔の止水に非常に注意を払っていることが窺える。これは、アンカーの定着部ばかりでなく自由長部に水が入ってくると、自由長部や定着部のクラックに水が入って、劣化したり錆びたりする心配があり、これを永久に保護しようという考えである。孔から

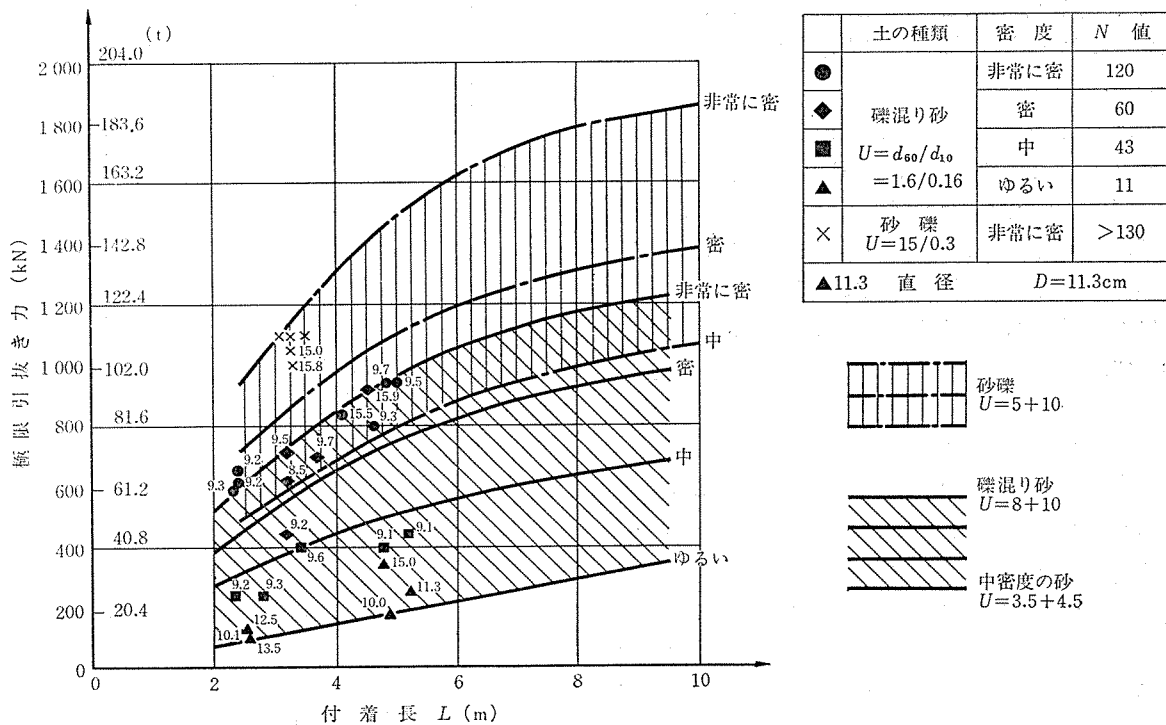


図-3 付着長と極限引抜き力の関係 (Littlejohn による)

水が出てきたり、岩にクラックが入っている場合には、指針では、コンソリデーショングラウトを行い、24時間経過後に再削孔するよう規定している。孔から水が出ている所で注入の際、パッカーを使用して注入と止水とを同時に行おうとしている例もあるが、確実性も少なく望ましくない。コンソリデーショングラウトにより完全に防水された状態にあれば、注入時のグラウトの漏れもなく、口元までグラウト材が上がってくるので、その結果を確認することができる。孔の止水性については、水圧試験により確かめられ、従来、水のロスが1 Lugeonを超えてはならないとしているが、FIPの委員会(1980年3月筆者出席)においては、m当りの値として考えるのではなく、1孔当りの値とすべきであるという意見が大勢を占めた。したがって、1982年に出版予定の指針には、1孔当り何lという許容値が設定されることになると考えられる。スイス規準においては、使用されるアンカーシステムに対して、孔の止水が重要な問題でなければ、ある程度の誤差は許容されるとしている。アメリカ規準では、コンソリデーショングラウトの配合は、水セメント比を45~55%としている。なお、コンソリデーショングラウト後、再削孔し、水圧試験の結果がおもしろくない時は、同様の手順が繰り返されなければならない。日本では、永久用アンカーに対して、長期防錆問題に対して十分でないこともあり、これに関連した止水に関する問題意識が非常に低く、今後残された大きな課題となっている。このほかFIP指針では、削孔された孔をよく水洗いすること、削孔壁の崩壊がないよう削孔後ただちにケーブルの挿入、注入作業を行うことを規定している。

さらに、削孔技術の進歩には、技術者や作業員が育成されたことにもよっているが、FIP指針の中でも、設計図の変更や当初と違った状況が出現した時には、技術者の判断、作業員の補助が求められており、アンカー工法に精通した技術者の責任は重大である。

削孔による誤差は、アメリカ規準によれば、通常の方法において、3.05m当り2.5~5.1cm生ずることを考える必要があるとしている。

4.2 ケーブルの加工、取扱い、挿入

アンカーケーブルの加工方法は、永久アンカーと仮設アンカーとによって分けられているが、後者の場合、後述する防錆の問題とも関連してくる。加工は、工場または現場において行われるが、現場の状況により、アンカー長や導入力が変わることがあるので現場において加工するのがよい。現在、永久アンカーの場合には、自由長部にポリエチレンシースをかぶせて防錆油(日本では日石プロコート使用)を充填する方法がとられている。

この摩擦は、ほとんどないと考えられるが、参考までにアンボンドPC鋼より線についての値をメーカーの実験値により示せば、摩擦係数 λ は、0.002~0.003である。また、仮設アンカーの場合には、ケーブルに防錆油を塗り、プロコートテープなどの油を染み込ませた布テープを巻いている。しかし、この布テープのオーバーラップが十分でなかったり、挿入時にめくれたりするとグラウト材が入り込み、導入力が定着地盤に完全に伝達されなかったり、付着が徐々に切れて、後に土留壁に変形を生ずることになる。また、布テープを強く巻くので、これにより摩擦抵抗が生ずるという懸念がある。したがって、我々は次のような仮設アンカーケーブルの摩擦に関する施工実験を昨年行ったので紹介する。

自由長部の加工として、長さ20mの $\phi 12.7$ mm PC鋼より線7本に防錆油を塗り、これを円形に束ね、コートテープを50%ラップさせて巻き、この上にビニールテープを巻いた。これを型枠にセットし、モルタルを打設した。引張試験は、片端を固定してロードセルをセットし、他端にはジャッキとロードセルをセットしてこの両端の荷重を読み取った。緊張端荷重と固定端荷重との関係は、摩擦抵抗が全くなければ、等値線上にプロットされるはずであるが、固定端荷重の方が緊張端荷重より約10~20%小さい値を示した。これを摩擦係数で示したのが図-4で、荷重が小さいうちは大きく、荷重が大

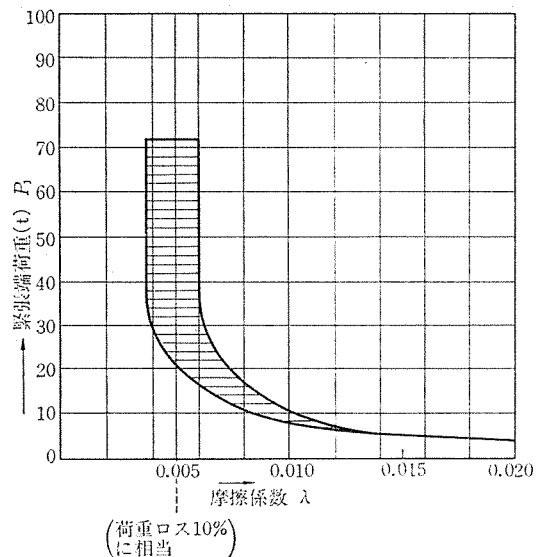


図-4 緊張端荷重と摩擦係数

きくなるに従ってその値は一定となる。これは、荷重増加に比例して摩擦抵抗力も増加することを示している。摩擦抵抗 λ は、次式より求めた。

$$\lambda = \frac{1}{l} \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right)$$

ここに、

l : 荷重間の距離

P_1, P_2 : 緊張端, 荷重端荷重

以上の結果から、仮設アンカーにおいては、自由長部の摩擦抵抗による荷重ロスは避けられず、定着部まで確実に導入力が伝達されるには、多少過引きするか、最初にこれを考慮して設計荷重の決定時に組み入れる必要がある。この摩擦ロスに関しては、FIP 指針や各国の規準においてもアンカーケーブルの伸びの測定時には考慮されており、伸び量の最小値の許容としては、自由長の 80~90% という規定がある。したがってこの実験結果の自由長 20m で 10% ということからすれば、何とか許容される場所かもしれないが、自由長がさらに長くなった場合には、当然摩擦ロスに対する対策、設計上の検討が必要である。

このほかの注意点として、FIP の指針では、ケーブルが孔の中央に配置されるようにプラスチック製かスチール製のスペーサーを取り付けるよう提案している。また、加工、保管、挿入に当たってケーブルに浮き錆を生じたり、泥などが付着しないようにすることも大切である。

4.3 注 入

注入材の配合は、以前は CSA セメントを使用していたが、最近では収縮に対して過去の実績や多くの実験からアンカー工法におけるアンカー耐力に関しては問題ないことがわかってきたので、CSA セメントは使用されなくなった。また、現場において砂の管理が大変であり、セメントミルクを用いる場合がほとんどである。

注入では、ピストン式のグラウトポンプを使用し、これに、インチ径のポリエチレンホースを接続することが多い。この場合、あまり硬練りのものは送ることができないし、軟練りにするとブリージング水が多くなるほか強度も得られなくなる。そこで、我々は、フロー値が 22 秒以下、圧縮強度が 250 kg/cm² 以上という条件を満たすアンカーグラウトの配合実験を行った。この結果、次の配合が推奨される。この配合では、3 日後に緊張ができる。

○セメントミルクの場合

水セメント比 45~50%
 早強セメント使用
 ポゾリス No. 5 L 0.25%

○モルタルの場合

セメント砂比 1:1
 水セメント比 55~60%
 早強セメント使用
 ポゾリス No. 5 L 0.25%

工期がなく、注入後早期に緊張したい場合には、高性能減水剤 (NL-4000) を使用し、水セメント比を少なくした配合とすれば、約 1 日で所定強度に達する。この場合には、スクイズ式グラウトポンプを使用する。

水セメント比 32%
 早強セメント使用
 NL-4000 セメント 100 kg 当り 2000 cc

このほかにセメント系のグラウト材だけでなく、レジンの系モルタルを使う例もあるが、注入方法、価格等、難点も多い。

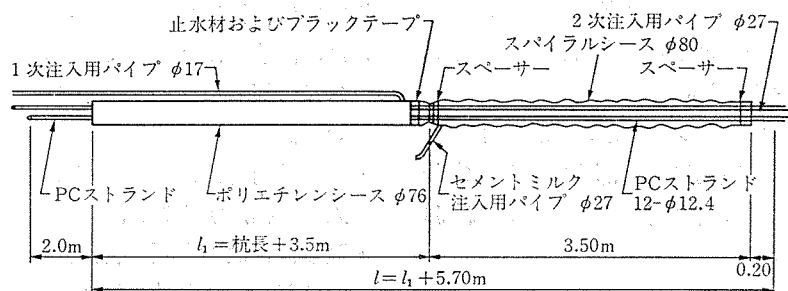
先に挙げた強度 250 kg/cm² は、永久アンカーの場合には必要であると言えるが、仮設アンカーでは、これ以下の強度でもよいと考えられる。仮設アンカーの現場で、グラウトの強度が 150 kg/cm² であっても、所要の導入力を得ることができた。

早期強度を出すために、アルミナセメントを使用することは、鋼材を錆びさせるおそれがあるので使用できない。

FIP のグラウンドアンカー委員会では、従来、早強セメントは、仮設アンカーのみに使用すべきであるという考えであったが、各国必ずしも禁止しておらず、また日本では現在、常に使用していることもあり、検討の結果、特に問題があるとは考えられないので、筆者自身、FIP の委員として、早強セメントも永久アンカーに使用してもよいという内容の原案を委員会に提出している。

4.4 防 錆

防錆については、FIP のワーキンググループにおいても最も議論の分かれる項目である。アンカーの自由長部



図—5 日清製油ケーブル加工図

は、ポリエチレンシースをかぶせシース内に防錆油を充填するので、錆に対しては、大抵の場合、問題とはならないので、アンカー体定着部とアンカー頭部の防錆が問題となる。定着部においては、緊張時に定着グラウトに引張クラックが入り、これから水が入って錆を生ずるといった懸念がある。しかし、水が常に満たされているか、水が全くない所では、錆びにくいという例もある。特に海水に触れるような場合には、定着部に防錆の処理をする必要があり、図-5 に示した日清製油鋼管杭の引抜き耐力補強アンカーのように、スパイラルシースをかぶせ、この中にセメントミルクを充填したこともあった。またニュージーランドでは、PC 鋼より線をポリプロピレンで保護する方法がとられたこともあった。

ワーキンググループの中では、DIN の規定に従ってアンカー鋼材の最低断面積を規定しようという意見も出されたが、PC 鋼より線でも定着部の保護を十分に行えば、錆に対して問題はなく、別次元の話であるということで指針からはずされた。

次に、防錆に関してスイスおよびアメリカ規準に述べられている点をまとめておく。

◎スイス規準より

- ・アンカー頭部は、計画された供用期間に、その機能が保持されるよう、錆と損傷に対して防護されるべきである。
- ・注入アンカーの場合、注入材料が完全に引張材の周りに充填され、適当なかぶりが保証されねばならない。何も防錆処理がとられないならば、一般に 20 mm のかぶりが必要である。
- ・アンカー体の周囲にある水がポルトランドセメントを害する物質を含んでいるならば、これに抵抗する特別のセメントを使用する。

◎アメリカ規準より

- ・防錆材料としては、次のものが用いられる。
 - a) ポルトランドセメントの注入, b) プラスチックのパイプまたはチューブ, c) スチール製のパイプまたはチューブ, d) ポストテンションの場合のグリス, e) 瀝青材料, f) エポキシ, ポリエステル。
- ・グラウトのかぶりは最低 1.3 cm は必要であり、またプラスチックの波形シースを用いる場合には、最低 0.5 mm の肉厚が必要である。
- ・一次注入の上の方は、ブリージング水、気泡、不純物が上がってくるので、一般的に弱い部分であり、定着部から上へ最低 61 cm は、自由長部のシースをおおうようにする。
- ・永久アンカーの場合、最低限、シースをかぶせ、グラウトまたはグリスをシースと引張材との間に詰めなけ

ればならない。グリスの膜は、最低で 0.25 mm とする。

- ・引張材の全長にわたって、波形のシースを連続してかぶせておく。またボンドを切りたい時にはストレートのプラスチックのシースを波形のシースのまわりにかぶせておく。
- ・エポキシによるコーティングは、付加の防錆材料として使われるが、永久アンカーに対して必要なグリスやグラウトに置き換えることはできない。
- ・パイプやトランペットシースは、支圧板に溶接され、支圧板の後ろの空隙は、錆を防ぐグリス、グラウトで十分に充填されなければならない。

4.5 緊張および試験

緊張は、アンカーケーブルの伸びの管理を行いながら慎重に行う。FIP その他外国の規準においても、伸びの管理限界を次のように決めている。

$$\begin{cases} \text{伸びの上限値} & \text{自由長} + \text{定着長} / 2 \\ \text{伸びの下限值} & \text{自由長} \times 0.8 \end{cases}$$

規準では、この範囲内にあれば、そのケーブルは十分であるとされるが、これには多少あいまいなところが残る。例えば、自由長 10 m、定着長 10 m であれば、上限値は 15 m、下限値は 8 m であり、差は 7 m で、全長 20 m に対して、約 1/3 が許容範囲となる。したがって、管理限界内に入っていることだけでなく、伸び量の傾きについても考えてみる必要がある。すなわち、自由長の長さがきちんと取れていた場合の傾きと大分違っていたとしても、限界幅が大きいので限界内に入る。アースアンカーの場合、アンカー体定着部は、地山とずれるので、自由長部のケーブル加工および施工が良い時は、計算値より大きめの伸びがあると考えられる。

緊張時に何 t の導入力を与えればよいかについては、いろいろと議論があったが、地山の受動抵抗力はかなり大きく、その構造物には大きな荷重の集中はないこと、地山の変形を拘束したい場合には、先に述べたような自由長部の摩擦抵抗もあることから、設計引張力以上は導入すべきである。ただし、地山の受動抵抗、アンカーが固定される構造物のチェックが必要である。またスイス規準では、構造物の重要度に応じた導入力を考えているのは、前述したとおりである。

スイス規準では、緊張作業について次のように規定している。

- ・現場技術者は、緊張操作に責任を持つ人および管理の人員を指定すること。
- ・緊張は、次の事項を含んだ緊張計画書に従うこと。
 - a) 緊張の手順, b) 試験荷重, c) 緊張荷重, d) 伸びの計算値, e) アンカーされる構造物の予想される動

き, f) 緊張力の調整, g) 実施されるべき試験。

アンカーの計画時およびアンカーの緊張時には, アンカーがどれだけ耐力を持っているか, または施工されたアンカーが設計どおりであるかどうかについて確認するために試験を行う。これは, 先に述べたクオリティーコントロールという点でも重要である。日本の基準あるいは FIP その他外国の規準にも細かく試験について記されており, ここでは, スイスおよびアメリカ規準を紹介したい。

◎スイス規準

アンカーの試験には, アンカー試験と引張試験とがあり, 引張試験は, 確認引張試験と単純引張試験とに分けられる。日本の基準でいうと, アンカー試験は, 引抜き試験, 確認引張試験は引張試験, 単純引張試験は確認試験に相当するものと思われる。

(1) アンカー試験

・試験の要領

① 第1段階の荷重 P_A を決めておく ($P_A = (0.1 \sim 0.2) \times P_b$, P_b : 試験荷重)。

② P_A と P_b の間をほぼ等間隔に 6~10 に分ける。

③ 変位測定用の固定点を設置する。

④ 荷重と測定は, 最大荷重と認められるまで行う。試験は, 観測時間の間, 荷重を一定に保つ場合と変形を一定に保つ場合とがある。観測時間の長さは, $n \cdot \Delta t$ ($n=1, 3, 10$) により決定する。 Δt は表-8 に示す。

⑤ 各荷重段階では, 荷重を P_A まで減少させる。この時の残留変形を測定する。

⑥ 測定された荷重と変

表-8 Δt の長さ

地盤の種類	Δt
岩および非粘性地盤	最低 5 分
少し非粘性地盤と非常に固結した粘土	最低 15 分
粘土とふつうに固結した粘土	数時間から数日まで

形は, 図-6, 図-7 のように記録される。

・試験荷重 P_b が 20 t より大きいアンカーの評価

① 限界荷重について,

限界荷重は, 条件 (1), (2) が満たされている時の荷

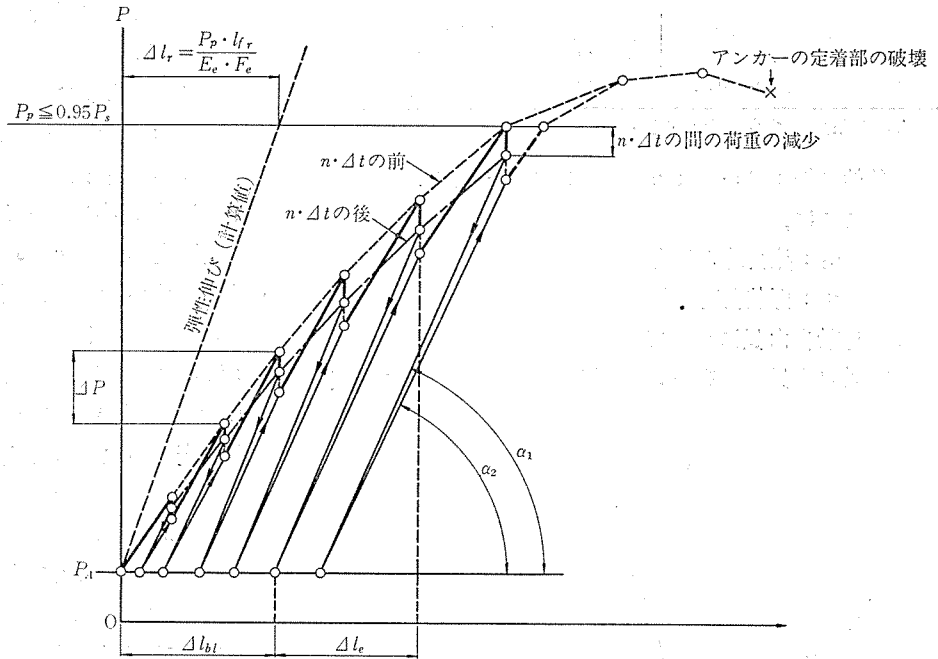


図-6 アンカー試験 (変形保持の場合) (スイス規準による)

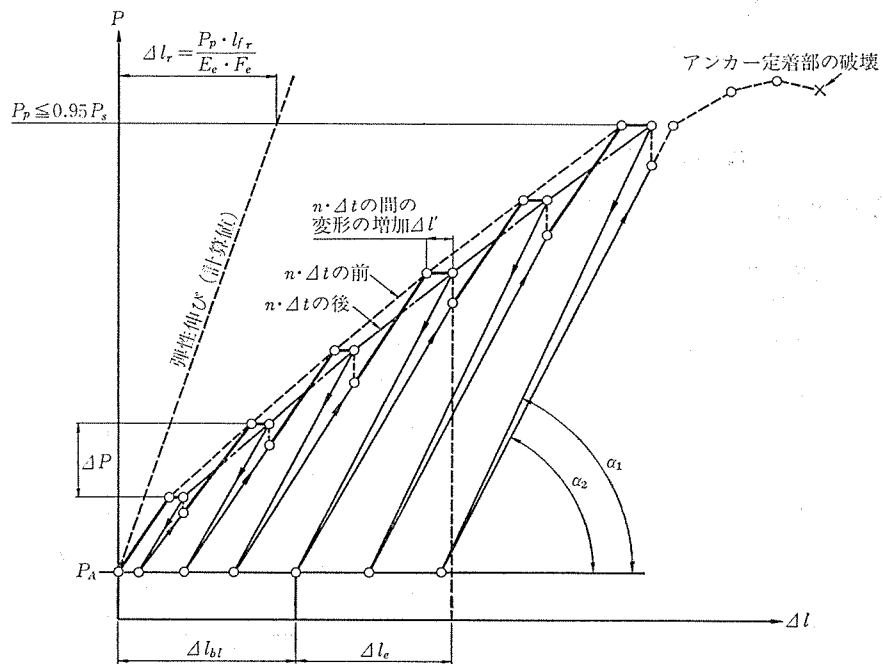


図-7 アンカー試験 (荷重保持の場合) (スイス基準による)

重である。

条件 (1) : 変形または荷重の変化が表-9 の値を超えないこと。表-9 の条件 (1 a) が満足されなければ観測時間を $3 \Delta t$ に、条件 (1 b) が満たされなければ $10 \Delta t$ に増やす。

表-9 限界値

条 件	観 測 時 間	限 界 値	
		変位の増加 Δl (A)	荷重のロス $\Delta P'$ (B)
1 a	0~ Δt	最大 Δl_r の 2%	最大 P_p の 2%
1 b	Δt ~ $3 \Delta t$	" Δl_r の 1%	" P_p の 1%
1 c	$3 \Delta t$ ~ $10 \Delta t$	" Δl_r の 1%	" P_p の 1%

(A) 荷重保持の場合, (B) 変形保持の場合

条件 (2) : $(\tan \alpha_2 / \tan \alpha_1) \geq 0.9$ であること。

ここに、

α_1 : 除荷時の傾き

α_2 : 再載荷時の傾き

② 有効自由長について

有効自由長は、図-8 の A'-x より次式のごとく

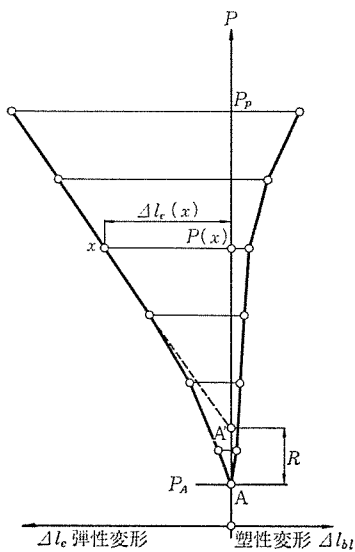


図-8 弾性変形と塑性変形 (スイス規準による)

得られ、条件 (3) が満足されなければならない。

$$l_f = \frac{\Delta l_e(x) \cdot F_e}{P(x) - P_A - R} \cdot E_e$$

ここに、

F_e : アンカーケーブルの断面積

E_e : アンカーケーブルの弾性係数

$\Delta l_e(x)$: 荷重 $P(x)$ の時のア

ンカーケーブルの弾性変形

P_A : 初期荷重

R : 摩擦的な力 (距離 A-A')

条件 (3) : l_f が限界荷重 P_p まで次の範囲にあること。

$$l_f \geq 0.9 \cdot l_{fr}$$

$$l_f \leq l_{fr} + K \cdot l_v$$

ここに、

$K=0.5$ (荷重がアンカー体に伝達されるようなアンカーの場合)

$K=1.1$ (荷重がアンカー先端のブロックに伝達されるようなアンカーの場合)

l_{fr} : アンカーの自由長

l_v : 定着長

③ 塑性変形について

塑性変形は、図-8 から得られる。

・試験荷重が 20 t より小さいアンカーの評価

ロックボルトのような場合、除荷時と載荷時に $\tan \alpha_2 / \tan \alpha_1$ の比が少なくとも三つの荷重サイクルで、0.80 より大きいこと、および試験荷重に達したのち塑性変形が次の値を超えないことが必要である。

エクспанション型ロックボルト

$$\Delta l_{bl} = 18 \text{ mm}$$

モルタルおよび合成レジン型アンカー

$$\Delta l_{bl} = 3 \text{ mm}$$

(2) 確認引張試験

アンカー試験が行われていない時に必要な基礎データを得るために行われる。

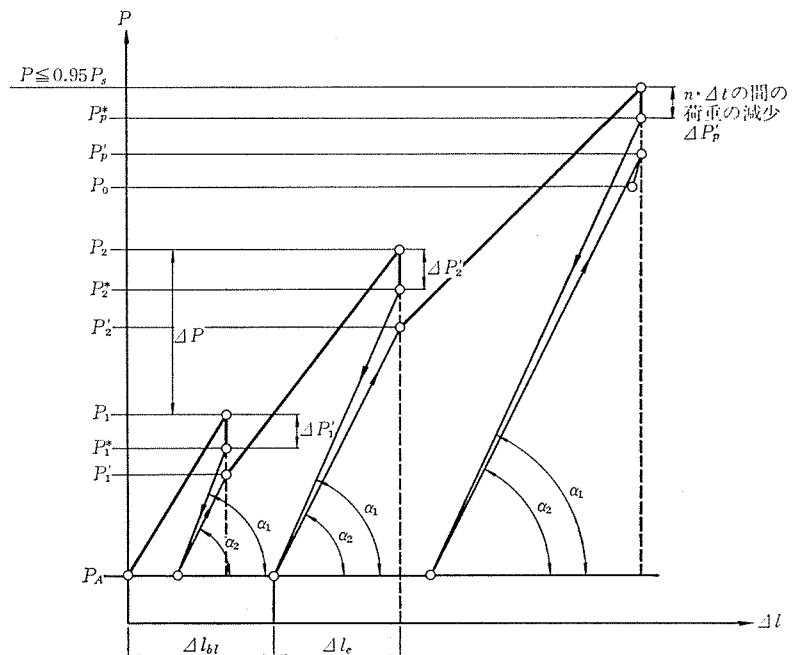
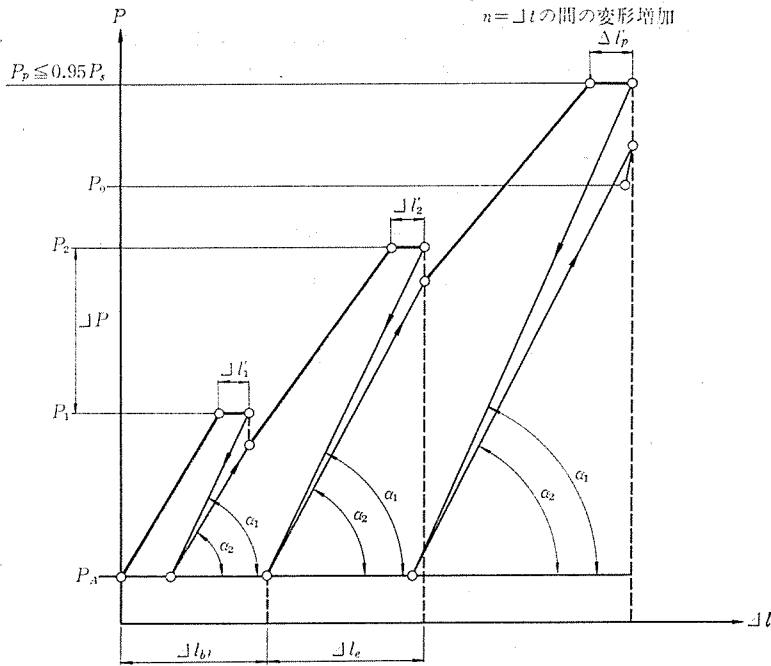


図-9 確認引張試験 (変形保持の場合) (スイス規準による)



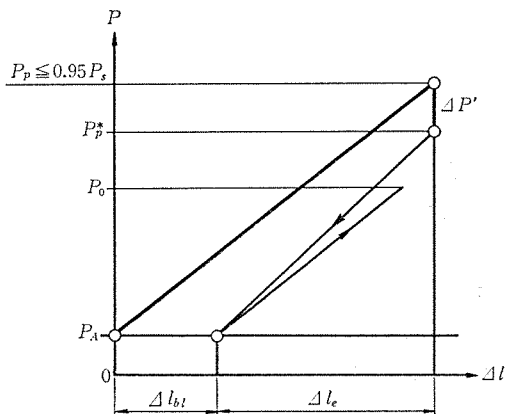
図一10 確認引張試験 (荷重保持の場合) (スイス基準による)

表一10 簡易引張試験の本数

試験荷重 P_p	アンカーのクラス①,②, ④,⑤	アンカーのクラス③,⑥
$>20\text{ t}$	3% で最低 2 本	6% で最低 4 本
$<20\text{ t}$	5% で最低 12 本	

この試験の試験荷重 P_p は、 $0.95 P_s$ (P_s : 降伏荷重) とし、その本数は、表一10 に従う (日本では $0.9 P_s$ を最大試験荷重としている)。試験の要領は、前のアンカー試験とほぼ同様であり、 P_A と P_p の間隔を三つに分けるほか、試験荷重 P_p の後、設計荷重 P_0 に固定する (図一9, 図一10)。しかし必要ならば、一時的に完全に除荷してもよい。

この試験の評価は、前のアンカー試験の条件 (1), (2), (3) を満たすほか、条件 (4) として塑性変形 Δl_{bl} はアンカー試験により設定された値より小さいことが満足さ



図一11 単純引張試験 (変形保持の場合) (スイス基準による)

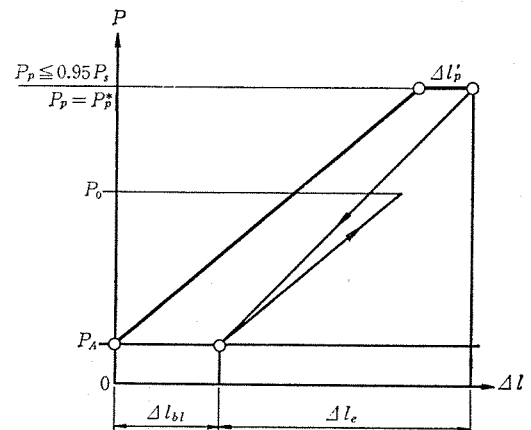
れねばならない。

(3) 単純引張試験

アンカーの荷重を試験荷重 P_p まで載荷し、試験荷重またはその時の変形 (またはジャッキストローク) で、一定時間 ($n \cdot \Delta t$, $n: 1, 3, 10$) 保持し、変形の増加または荷重の減少を測定する (図一11, 図一12)。アースアンカーの場合、荷重は P_A まで減じられ、残留変形をチェックする。またロックアンカーの場合には、荷重を減らす必要はない。そして先の条件 (1), (3), (4) を満足しなければならないが、ロックアンカーの場合には条件 (4) は必要ない。

◎アメリカ規準より (ロックアンカーに対して)

アンカーの試験の最大荷重は、引張材の破断耐力の 80% を超えてはならない。なお水セメント比が 45% のグラウトで



図一12 単純引張試験 (荷重保持の場合) (スイス規準による)

は、圧縮強度は 2.45 kg/cm^2 は出る。

試験には、性能試験 (日本の引張試験に相当) と検査試験 (確認試験に相当) とがある。

(1) 性能試験

荷重の増加は次のとおりとする。

ここに、

P : アンカーの設計荷重

AL : 設定荷重

$0 \rightarrow 0.25 P \rightarrow AL \rightarrow 0.25 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.25 P \rightarrow AL \rightarrow 0.25 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.75 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.25 P \rightarrow AL \rightarrow 0.25 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.75 P \rightarrow 1.00 P \rightarrow 0.75 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.25 P \rightarrow AL \rightarrow 0.25 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.75 P \rightarrow 1.00 P \rightarrow 1.25 P$ (クリープテストのためホールド)

最大荷重は通常 $1.25 P$ から $1.50 P$ の範囲になるよ

報 告

うにする。しかし最大荷重の大きさは、安全率ではないということに注意する。安全率は、アンカーの設計荷重を決める時に考慮されるものである。

アンカーがクリープを受けるかどうかを調べるために、最大荷重で荷重を保持し、0分、30秒、2分、5分、10分、30分、50分における変形を測定する。

(2) 検査試験

荷重の増加は次のとおりとする。

$0 \rightarrow 0.25 P \rightarrow 0.50 P \rightarrow 0.75 P \rightarrow 1.00 P \rightarrow 1.25 P$ (クリープテストのためホールド)

試験の結果は、性能試験の結果と比較し、重大な違いがあった場合には、次のアンカーを性能試験用アンカーとしなければならない。

最大荷重で荷重を保持し、0分、30秒、2分、5分における変形を測定する。もし30秒と5分の読み値が0.20 cm 以上であったら、荷重をもう45分間保持し、測定を続けねばならない。

(3) 許容基準

- 1) 全弾性変位が自由長の計算伸びの80%以上で、自由長と定着長の50%との和の計算上の伸びより小さいこと。
- 2) クリープの変位は、引張材の長さと同様に荷重にかかわらず性能試験の終了時に0.20 cmを超えないこと。

◎イギリス規準より

試験には、1) 施工前のアンカー検証試験 (現場における施工に先立って、設計と材料の品質との適応および設計の際に与えられる安全率についての検証を行う)、2) 現場適合試験 (供用されるアンカーとは別に同一の条件で施工するもので、供用されるアンカーの動きの予測、取扱いについての資料とする)、3) 許容試験 (現場で施工された全アンカーについて許容されるかどうかを確かめる、の三つがある。

許容試験は、次の要領で行われる。

・第1 載荷段階

$0.1 T_w \rightarrow 0.5 T_w \rightarrow 1.0 T_w \rightarrow 1.5 T_w$ ($1.25 T_w$: 仮設アンカーの場合)

T_w : 設計荷重

$0.5 T_w, 1.0 T_w$ では伸びがとまるまで、最大荷重では、5分間、荷重をホールドする。

・第1 除荷段階

$1.5 T_w \rightarrow 1.25 T_w \rightarrow 1.0 T_w \rightarrow 0.75 T_w \rightarrow 0.5 T_w \rightarrow 0.25 T_w \rightarrow 0.1 T_w$

・第2 載荷段階

$0.1 T_w \rightarrow 0.25 T_w \rightarrow 0.5 T_w \rightarrow 0.75 T_w \rightarrow 1.0 T_w \rightarrow 1.25 T_w \rightarrow 1.5 T_w$

5分間ずつ荷重をホールドし、最初と最後の伸びを

読み取る。

摩擦を有する地盤においては、伸びを一定にしておいた時の15分後の荷重が、2%以上の荷重の減少があってはならない。

・定着

鋼材のクリープやアンカー定着部の影響などを考慮した定着荷重まで荷重を減らし、定着する。この定着荷重は、おおむね、作用荷重の10%増しである。48時間後に定着荷重を測定し、温度、構造物の変位、鋼材のクリープを除いた荷重の減少が2%以下でなければならない。もし、これが満たされなければ、さらに48時間後に荷重を読み取る。これを、3回繰り返して、まだ2%以下にならなかつたら、このアンカーは破壊しているとして放棄され、再設置されるか、アンカーの容量を技術者により決められる値まで減少させる。粘着性の地盤では、48時間のかわりに7日間とする。アンカーの自由長は、荷重-伸び曲線から、温度の影響、アンカーの頭部やその他の動きを取り除いて計算され、設計の自由長の80%より大きく、自由長と定着長の50%との和より小さくなければならない。

アンカーは、以上の許容基準を満足しなければならず、これを満足しないものは、再設置されるか、技術者により容量を減じられて再試験されなければならない。

このように、いずれの規準においても、その試験方法とその結果の評価の方法まで細かく規定しており、非常に参考になる点が多い。

5. ま と め

これまで、各国の規準およびFIP指針案で示されるグラウンドアンカーに関する国際的な動きと日本国内における現状とを比較してきたが、我が国では、以外とラフな取扱われ方がされていることがわかる。この中で、特に次の点については、今後、十分な注意が払われるべきであると考えられる。

- ・アンカーのクオリティコントロール：構造物が供用期間中にアンカーも確実にその機能を果たし、いつでもチェックできるようなシステム (例えばアンカーヘッドはオイルキャップでカバーしておく) であること。
 - ・孔の止水：完全な施工がなされ、永久にアンカーケーブルが保護されるよう孔の防水を行うこと。
 - ・防錆：アンカーケーブル、特に定着部を錆びさせない適切な処置が取られること。
 - ・アンカーの試験：アンカーの緊張管理が十分に行われ、その結果をもとにアンカー1本1本のチェックがされること。
- 筆者らは、FIPの指針や各国の動きをできるだけ紹

介していきたいと考えており、グラウンドアンカーに対する考え方が国際的なレベルまで高められるよう期待するものである。

参 考 文 献

- 1) 土質工学会編：アースアンカー工法，土質工学会，昭和51年9月
- 2) 山田邦光：土留めアンカー工法，理工図書，昭和54年3月
- 3) 土質工学会基準 アースアンカー設計・施工基準（JSF

規格 D1-77)

- 4) DIN 4125, Blatt 1, Juni 1972, Erd-und Felsanker, Verpreßanker für vorübergehende Zwecke im Lockergestein, Bemessung, Ausführung und Prüfung
- 5) DIN 4125 Teil 2, Februar 1976, Erd-und Felsanker, Verpreßanker für dauernde Verankerungen (Daeranker) im Lockergestein, Bemessung, Ausführung und Prüfung
- 6) FIP グラウンドアンカー委員会資料，1980. 3

【昭和55年10月22日受付】

◀刊行物案内▶

第20回研究発表会講演概要

体 裁：B5判 44頁

定 価：1000円 送 料：250円

内 容：(1) 極低温液化ガスによって急冷をうけるPC部材の挙動，(2) 正負繰返し動荷重を受けるプレストレストコンクリート部材の力学的特性について，(3) 現場打一体式PCラーメンの面外隣接壁によるプレストレスの損失について，(4) 既設PC橋の鋼線腐食について，(5) 現場打PC (PRC) ラーメンの有効幅に関する一考察，(6) プレストレスト鉄筋コンクリート (Ⅲ種 PC) はりのひびわれ幅算定式の検討，(7) PC橋のクリープ変形状について，(8) プレストレスト鉄筋コンクリート (Ⅲ種 PC) はりのひびわれ幅算定図表，(9) アンボンドPC はりの静的曲げ性状，(10) 海洋コンクリート構造物の基礎的研究 (その1, 接合法)，(11) 第Ⅲ種プレストレストコンクリート梁の力学的性質に関する基礎研究，(12) 非磁性細径PC鋼棒の諸特性，(13) 高強度横補強筋によるプレストレストコンクリート梁の曲げ靱性改善効果に関する研究，(14) 「特別講演」ブカレスト FIP シンポジウム報告 (特別講演に限り概要はありません)，(15) 豊橋市地下資源館建設工事の設計と施工について，(16) 東北貨物線大野田架道橋 PC ルーフの施工について，(17) PRC 構造による倉庫建築の施工報告 (郵政資材倉庫)，(18) 帝釈橋の設計・施工について，(19) 移動支保工による3主桁鉄道橋の設計と施工について，(20) 小中台高架橋におけるPC板合成床版の設計・施工，(21) SUダンパーを用いた多径間連続橋について