

## アンカー工法の構造物等への応用

山 田 邦 光\*  
 内 藤 清 司\*\*  
 中 西 章\*\*

### 1. 概 説

アンカー<sup>注)</sup>工法は、ヨーロッパにおいては 1930 年代から普及しており、我が国へは 15 年ぐらい前に導入された。当初は、その効果が信用されずにいたが、試験や実績を重ねて、次第にアンカー工法の有効性や信頼性が認識され、施工件数も増大してきた。また、その用途も多岐に渡っている。

アンカー工法は、模式的に図-1のように示され、アンカー頭部に作用する荷重は、引張り部を通して定着地盤に伝達される。したがって、図-1の  $P$  は作用荷重に対する反力として働くと共に、アンカー頭部と定着地盤とはさまれた地盤を押さえ付ける力となる。アンカー工法は、この 2 つの特徴を生かして、種々の目的に使われているのである。

アンカー工法についての設計、施工における考え方は、ヨーロッパ各国で規準化されており、我が国においては、土質工学会『アースアンカー工法 設計・施工基準』に示されている。また、FIP グランドアンカー委員会では、アンカー規準を改訂し、本年 6 月に出版された。これは、国際的な規模によるもので、より信頼性が得られるようになるであろう。筆者もその一員として参

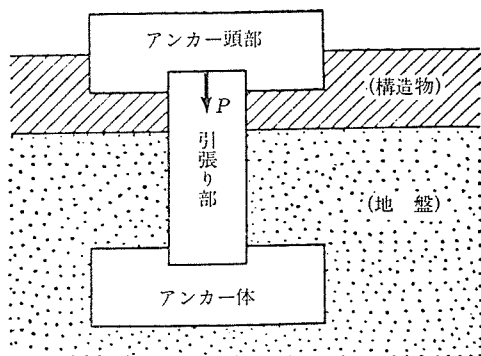


図-1 アンカーの構成 (「アースアンカー工法」による)

\* 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

注) 日本においては、定着層によって、アースアンカーとロックアンカーとに分けているが、国際的には、グラウンドアンカーと総称しており、これが一般的に通用している。また、学術的には、ソイルアンカーというのが正しい。

加している。

アンカー工法を構造物に適用させた例を挙げる前に、アンカーを構造物に適用するに当たって基本的に検討しなければならない事項を次に述べる。

#### (1) 構造物全体の安定性

アンカー工法は、1つの構造物として、定着される構造物を含めた全体の構造系として検討することが必要である。したがって、アンカーの設計引抜き耐力、あるいは引抜き試験の結果だけではなく、アンカーの定着地盤を含めた全体としての安定のチェックが大切である。

#### (2) 安全率

アンカーの重要度に応じて安全率を決定しなければならない。我が国においては、永久アンカーと仮設アンカーとにより安全率を決めているが、FIPの規準においては、アンカーされる構造物の重要度に応じて安全率の大きさを変化させている。

#### (3) 化学的、物理的作用のアンカーに及ぼす影響

地盤を化学的性質、物理的性質の両面から検討する必要がある。例えば、化学的には混練水のセメントの硬化や鋼材の錆へ及ぼす影響や地盤中にアンカー体に有害な物質を含んでいるかどうかということであり、物理的には地盤の長期的なクリープ性状のようなものである。これらの検討結果から、化学的に安定なアンカー体の構造とし、地盤の物理的性質に応じて、アンカーのプレストレス力やプレストレスングの方法を決定しなければならない。

#### (4) アンカーの配置

アンカーの配置は、構造物全体の力のバランスが保たれるようにしなければならない。また、施工されたアンカーが、不測の事態により使用に耐えられなくなった場合のことを想定して、再施工のための機械の設置やケーブルの挿入ができるスペースを考慮しておく必要がある。

#### (5) 設計思想の施工への反映

設計者は、実際に施工されるアンカーや構造物の挙動を十分に把握しないで設計することがあり、アンカー施工業者は、基本的な設計思想を理解しないで施工することがあるため、設計者の考えていることが施工に反映されない場合がある。

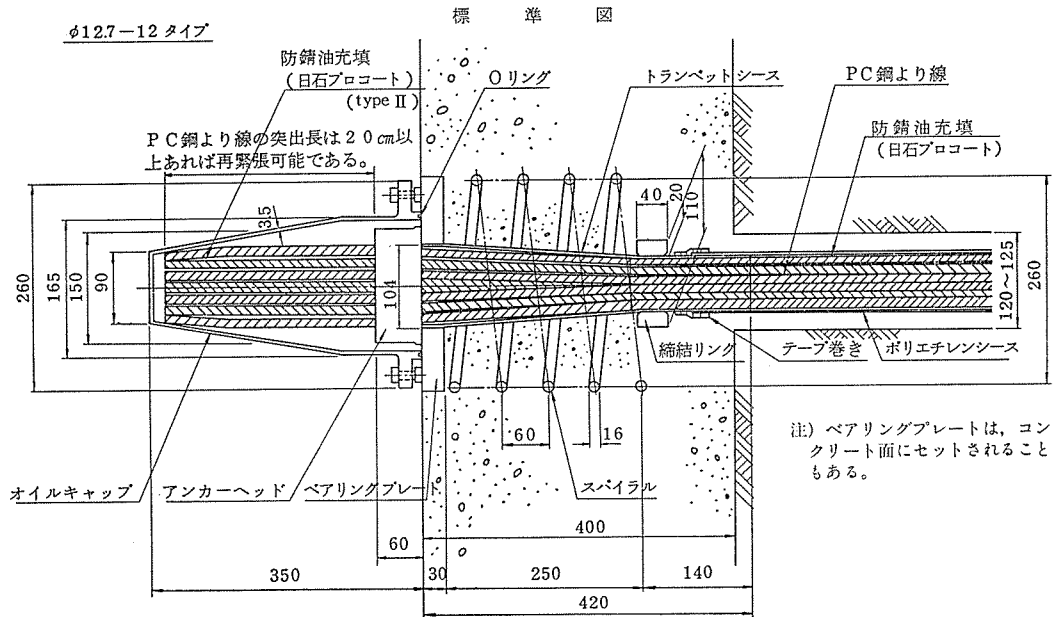


図-2 オイルキャップ

したがって、FIP グランドアンカー指針では、アンカーされる構造物に対するアンカーの基本的な設計思想を明確にし、それを具体的かつ確実に施工業者に伝えることをコンサルタントの義務であるとしている。

(6) 施工後の管理

アンカーされた構造物は、施工後も追跡調査を行う必要がある。その目的は、アンカーおよびアンカーされた構造物が、機能を十分に発揮しているかを確認するためで、錆や損傷による引張り材の破断の危険性、および地下水の移動などによる荷重の変化等が調査の主体となる。

永久用アンカーで、特に公共性の高い構造物に対しては、構造物の変形および外観、地盤の変状、アンカー緊張端の外観、防錆材の品質の変化、アンカー周辺の荷重条件の変化等について定期的に確認しておきたい。

FIP グランドアンカー指針では、この点について明確化している。

(7) 防錆処置

アンカーケーブル自由長部の防錆は、通常、ポリエチレンシースにより PC 鋼材をカバーし、その中に防錆油が充填されるので問題ないとされている。しかし、ポリエチレンシースの厚さ、ポリエチレンシースに与える防錆油の化学的作用、緊張された PC 鋼材に対する防錆油の効果と化学的作用について調査しておく必要がある。

アンカー体定着部においては、緊張によってアンカーグラウトに引張クラックが入り、これから水が浸透して錆を生じる恐れがある。特に海水に触れる場合にはアンカーケーブル定着部に異形シースをかぶせ、その内外部ともにグラウトを行って、クラックが入ったとしても海



写真-1 オイルキャップ

水が PC 鋼材に達しないようにする必要がある。アンカー頭部においては、オイルキャップをかぶせ、その内部に防錆油を充填することが必要である。また、これによりアンカーの作用荷重のチェックおよび再緊張を行うことが可能である。オイルキャップを 図-2、写真-1 に示す。再緊張のためのケーブルの突出長は、ストロングホールド工法では 25 cm でよい。

2. 構造物等への適用例

日本において、構造物に対して使用されたアンカーの代表的な施工例について述べる。

2.1 土留め構造物

土留め構造物にアンカーを使用することによる利点は、重機掘削による省力化、工期の短縮、安全管理の容易さ、構築物の品質の向上等である。また、プレストレスを与えることにより、土留め壁の変形、掘削近隣の地盤沈下を最小限に留めることができる。

論 説

アンカーに対して、どれだけの初期導入力を与えるかについていろいろ議論があったが、地山の受働抵抗はかなり大きいこと、土留め壁に大きな荷重集中がないこ

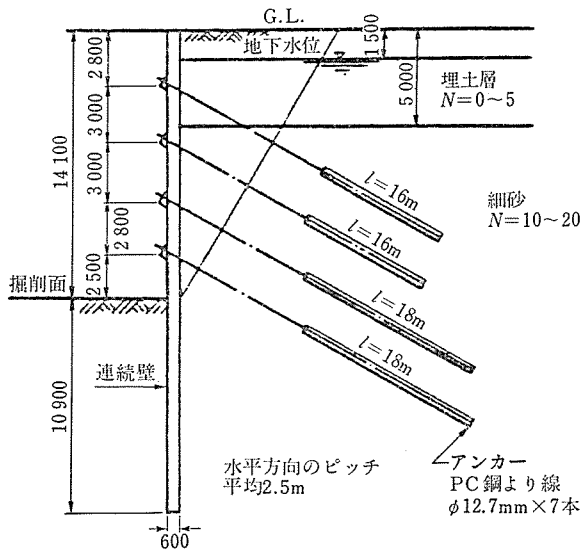


図-3 茅ヶ崎処理場 標準断面図

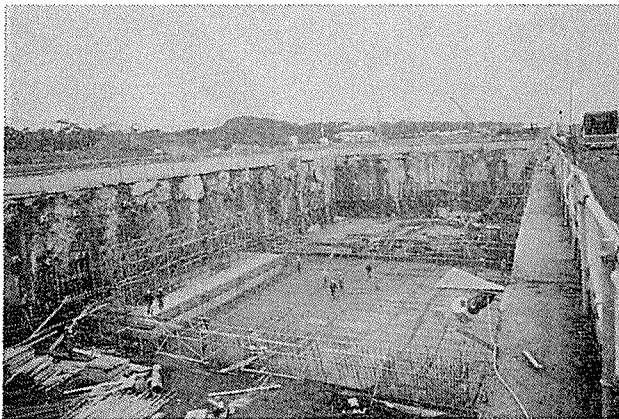


写真-2 茅ヶ崎処理場

と、自由長部に防錆油を塗り、防錆油を浸み込ませた布テープを巻いた場合には、摩擦抵抗があることなどから、土留め壁の変形を拘束するためには、設計引張力を100% 与えるべきである。ただし、背面の地山の状況、土留め壁の剛性については、チェックが必要である。

図-3、写真-2 は、1973年(昭和48年)に建設された神奈川県茅ヶ崎処理場における土留め工事で、地下連続壁に対して切梁の代わりにアンカー工法が採用された。当時これだけの規模のアンカーが、地下水位も高く、 $N$ 値が10~30の砂質地盤で施工されたのは我が国で初めてのことであり、これ以後、被圧水のある場所における施工法も進歩した。また、地下水位の高い所では、土留め壁に水圧がすべて作用するので、水圧分以上のアンカー力を与える必要がある。

2.2 斜面安定のための構造物

斜面安定へのアンカー工法の適用の利点としては、以下のことが考えられる。

- ① 急傾斜地においても施工が可能である。
- ② 削孔径が小さいので、硬岩での削孔が可能である。
- ③ 常時押付け力が地盤に働いているため、上層の地盤の引込みを少なくでき、連鎖反応的に上層部の土塊が崩壊していくのを防止できる。
- ④ 施工中、推定した地盤条件に変化があっても設計変更が容易である。
- ⑤ 大きな抑止力を得ることができる。

プレストレス力を与えるためには、斜面上に反力板を設ける必要があり、吹付けコンクリートによるストロングフレーム工法が最適である。

図-4 は、1979年(昭和54年)に施工された大渡ダム地すべり対策工事であり、ダムの湛水によって生ずる

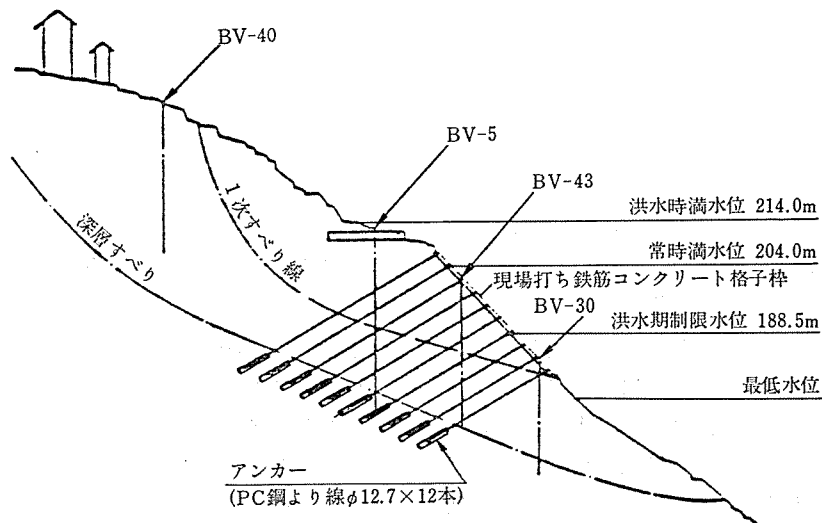


図-4 大渡ダム 地すべり対策標準断面図

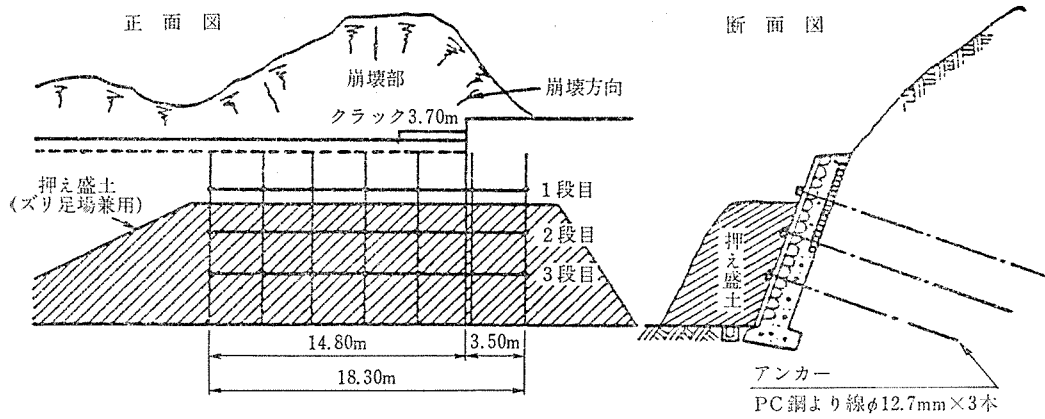


図-5 アンカーおよびストロングフレーム施工位置図

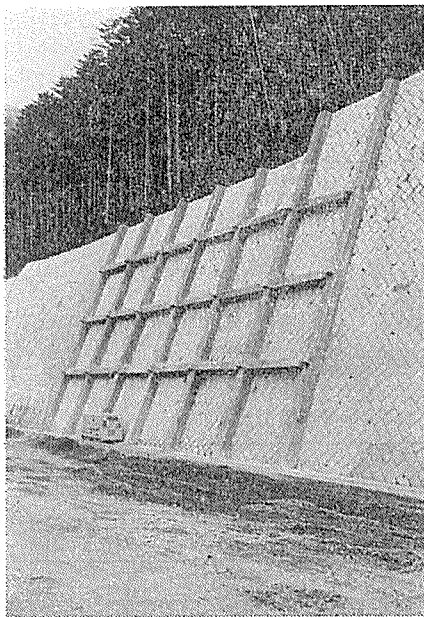


写真-3 霧ヶ峰有料道路 ストロングフレームとアンカーによるブロック積み擁壁の補強

地すべりに対して、アンカーを水平方向に 4m ピッチで 10 段に配置している。

### 2.3 擁壁の補強

RC 擁壁や石積擁壁などが、完成後あるいは裏込め土の埋戻し中に、はらみ出すという例がかなりある。背面の水位の上昇、埋戻し中の主働土圧以上の荷重の作用、背面のすべりの誘発、地震などが考えられ、その対策としてアンカー工法が用いられる。アンカーの施工により、はらみ出した擁壁が元に戻ることは無いが、プレストレスの導入により地山を受働領域におくことになるので、安定な状態となる。

また、擁壁を設けるために地山をカットする場合、背面の地山は不安定な状態に置かれる。そこで、最近では、前もって杭を打設し、アンカーにより固定しながら順次掘削し、根切り終了後に化粧壁程度を杭前面に設ける方法がとられている。

図-5、写真-3 は、1980 年（昭和 55 年）、霧ヶ峰有料道路美ヶ原線において、崖すい地帯であり、すべり土荷重と水圧が作用したためにはらみ出した石積擁壁の対策工事である。石積擁壁では、直接アンカー反力を受けることができないので、見映えが良く、型枠と鉄筋とを兼用できるストロングフレーム工法による吹付け場所打ちコンクリート梁を用いた。

### 2.4 構造物の転倒防止

建築物やその他の構造物が水平力を受け、浮き上がり力が発生する場合、構造物の転倒を防止するため、構造物を鉛直方向に押し付けようとするものである。また、アンカーの定着地盤が浅すぎると、構造物にプレストレスを与えるだけで、引抜き抵抗力とはならないことに注意する必要がある。

図-6 は、1974 年（昭和 49 年）に建設された伊方原子力発電所の燃料取替用水タンクと復水タンクの地震時の安定のために用いられた例である。原子力関係の構造物ということで、300 Gal の地震力を考えており、設計荷重が 200t 以上のアンカーを 24 本使用している。

ここでは、構造物の変位やアンカーの荷重の変化などを長期的に観測し、不測の事態に備えて再緊張できるように、アンカー頭部にオイルキャップをかぶせている。

### 2.5 構造物の浮上り防止

上下水道関係の構造物は、比較的重量が軽く、水密性に富んだ箱である。このような構造物を地下水位の高い場所に構築する場合、浮き上がる心配がある。

このための解決策の一つとして、マスコンクリートとして重量を増大する方法があるが、掘削土量や打設コンクリート体積の増加で建設コストがかかりすぎる。

これに対してアンカーを使用すれば、マスコンクリートに見合う荷重を容易に得ることができる。

浮力をうける構造物に対してアンカーを施工する場合、当然、地下水の噴出が予想されるので、対処の方法を講じなければならない。

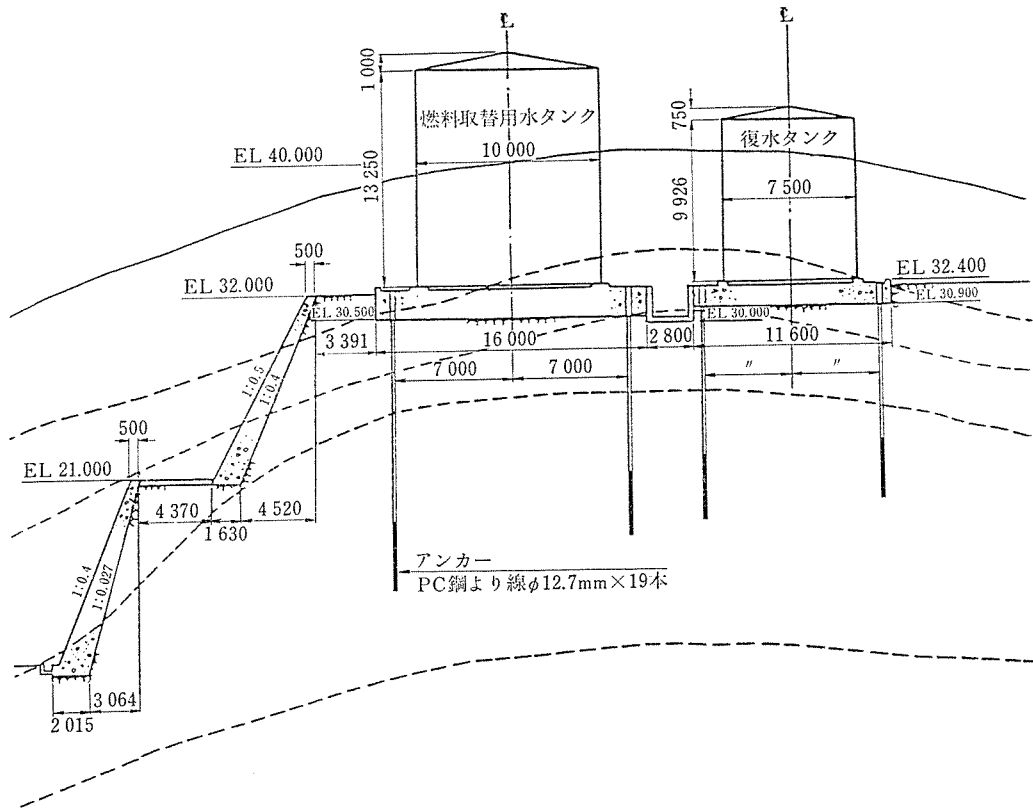
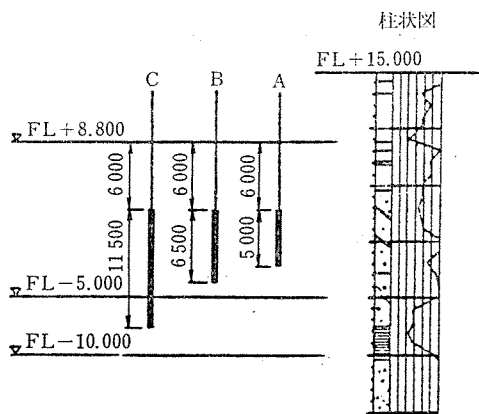
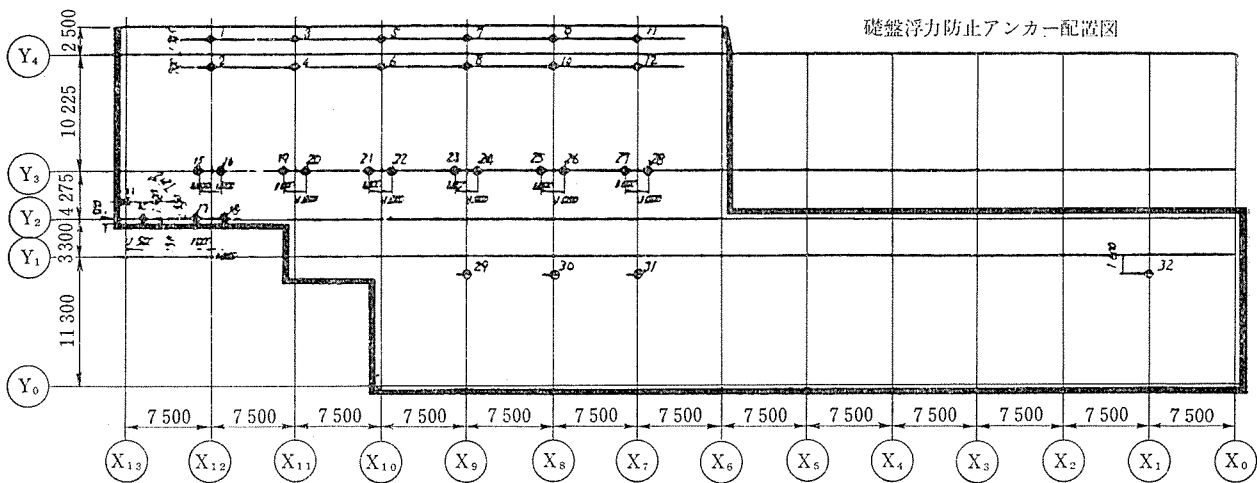


図-6 伊方原子力発電所 タンク基礎の安定



型	符号	設計荷重	本数	非定着長	定着長	アンカー長	延アンカー長
A	⊕	40t	4	6.00m	5.00m	11.00m	44.00m
B	●	50t	14	6.00	6.50	12.50	175.00
C	○	75t	14	6.00	10.50	16.50	231.00

- (注) 1. 使用鋼線：PC鋼より線φ12.7mm-7本使用  
 2. アンカー長：底盤下面よりの長さ  
 3. 削孔径 d=135mm  
 4. アンカー工法 加圧注入アンカー工法

図-7 瑞穂浄水場 浮力防止アンカー

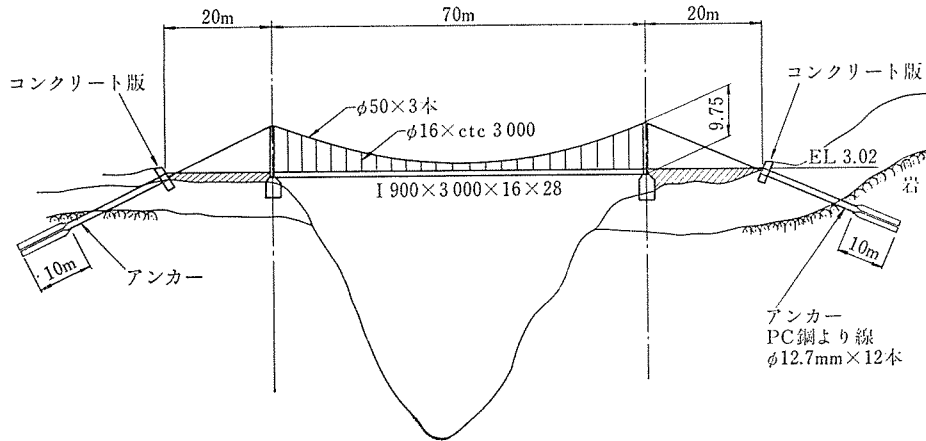


図-8 仮設吊り橋のケーブルの引張り力への抵抗

図-7 は、1974年（昭和49年）建設された名古屋市瑞穂浄水場の浮力防止用アンカーの使用例である。

噴出水に対しては、パッカーで止水した後、加圧注入を行っている。

2.6 引張り力の反力

吊り橋やケーブルクレーン等のケーブルの引張り力に対する反力としてアンカーが用いられ、ケーブルの引張り力は、アンカーにより固定された版に伝達される。ケーブルは、構造物に対し重要な役割をもつので、通常、大きな安全率が採用されている。一方、ケーブルには繰返し荷重が作用するので、アンカーに生ずる繰返し応力のレンジを小さくするためケーブルに作用する最大設計引張荷重の1.5~2.0倍の荷重をアンカーの設計荷重とすべきである。

ケーブルの引張り力としてマスコンクリートを打設する方法は、地山の大規模カットに伴う地山の安定や環境保全に問題がある。

図-8 は、あるトンネル掘削工事における架設吊り橋の例である。

2.7 大規模地下構造物

地下発電所などの大規模地下構造物の壁面の補強のため、アンカー工法が使用される。現在までのところアンカー工法に関する確定した設計方法がないのでFEMによる計算結果から、ゆるみゾーンの岩塊のすべり落ちるのを防ぐだけのアンカー力が考えられている。

図-9、写真-4 は、1981年（昭和56年）に建設された中国電力俣野川発電所工事のものであり、地下約400mの位置に、幅24.5m、高さ46.3m、長さ155mの大空洞掘削を行って、コンクリート構造物を構築する。アンカーケーブルは、掘削に伴う応力開放およびその変形に追従でき、緊張端定着部の確実性を増すことができるように、両端ウィズボンド、中間アンボンドタイプとした。

また、硬岩におけるアンカーは、比較的自由長が短くなるので、緊張時のセットロスによる緊張力の減少が大きい。そこで、この現場ではくさび圧入のできるストロングホールド工法によるマルチ緊張方式が採用された。

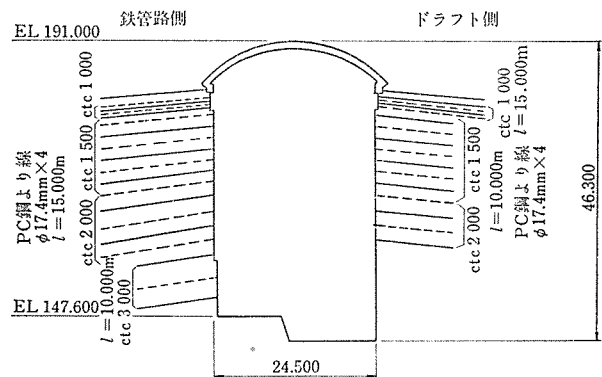


図-9 俣野川発電所 壁面補強アンカー

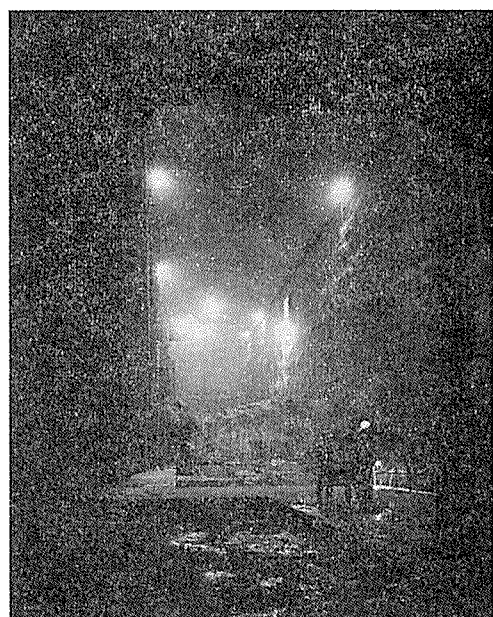


写真-4 俣野川発電所

2.8 ダムの嵩上げに伴う安定

貯水量を増やすためにダムの嵩上げが行われる。これに伴う水圧の増加により、ダムは不安定となる。この対策として、旧コンクリートに新しいマスコンクリートが

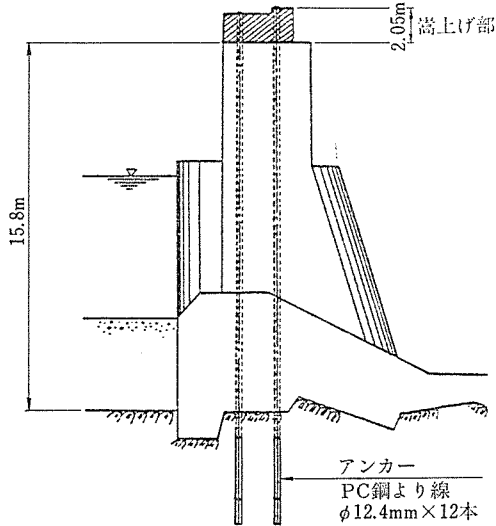


図-10 阿摺ダム嵩上げ工事

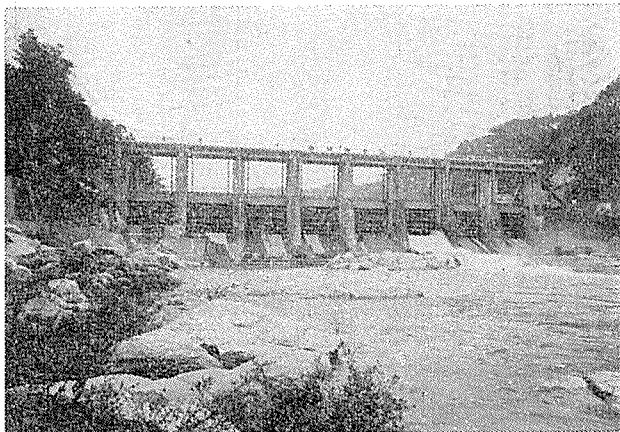


写真-5 阿摺ダム全景

打ち足されるが、この代わりにアンカーが施工される。

図-10、写真-5 は、1970年（昭和45年）の中部電力阿摺ダム（矢作川）の嵩上げに伴うものであり、ダムの滑動、転倒に対する検討に加え、ダムに生ずる曲げ、新旧コンクリートの打継面の処理、プレストレス力により旧コンクリートに生ずる応力の大きさなどを検討して、プレストレス力を決定している。

2.9 杭の引抜き抵抗の増大

水平力を受ける構造物の支持杭には、引抜き力と押し込み力とが作用する。杭の引抜き抵抗と押し込み抵抗とが引抜き力と押し込み力とを満足する場合には問題ないが、支持層の関係から押し込み力に対しては満足しても、引抜き抵抗を満足しないことがある。この場合、杭の本数を増やしたり、杭の長さを長くするか、アンカーにより引抜き抵抗を増大させることになる。

図-11 は、1970年（昭和45年）に横浜根岸埠頭に設置された荷役施設であり、クレーン基礎の鋼管杭の引抜き抵抗をアンカーにより増大した例である。アンカーは、鋼管の内側に設置され、海中アンカーであることから定着部にはシーソをかぶせ、防錆処置を行った。

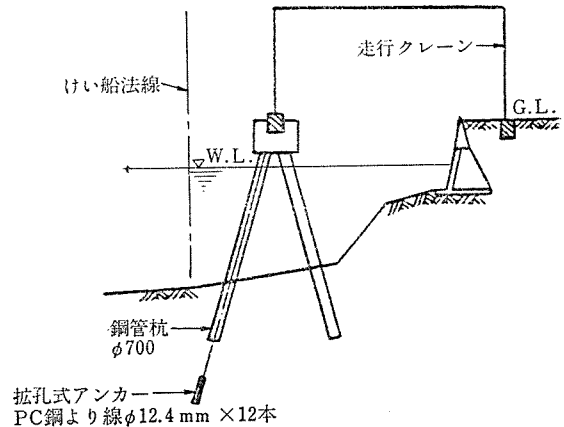


図-11 日清製油磯子工場 鋼管杭の引抜き抵抗の増大

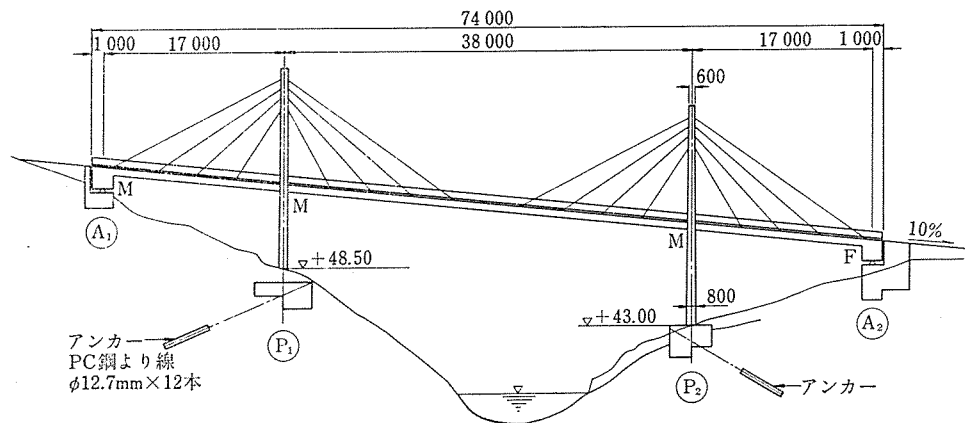


図-12 宇部カントリークラブ PC斜張橋橋脚基礎の安定

### 2.10 斜面上の構造物の安定

傾斜地にある構造物が斜面に沿って滑動するのを防ぐため、水平あるいは斜め下方に打設したアンカーにより水平力を与えて抵抗させている。

図-12 は、1980 年（昭和 55 年）に、宇部カントリークラブ内に建設された PC 斜張橋の基礎をアンカーで固定した例である。

### 2.11 構造物に作用する荷重の分担

荷重を受けている構造物の一部を取り除く場合、アンカーによりその荷重を分担することがある。例えば、図-13 に示すように中央自動車道笹子トンネルにおいて、待避所を設置するためにトンネル側壁の一部を撤去する場合、作用する荷重をアンカーで受け持たせたものである。このアンカーは、上向きに打設された。

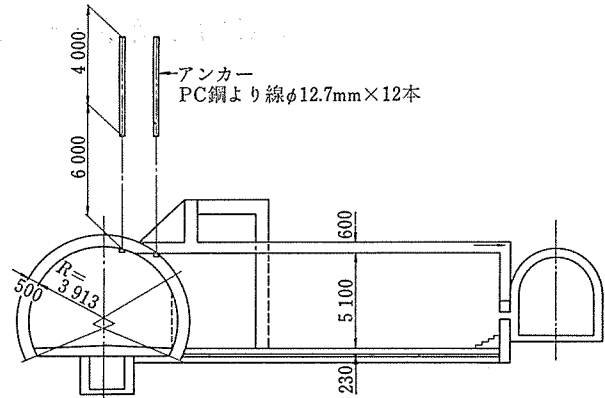


図-13 笹子トンネル 待避所工事

る。

今後、アンカー工法の有効性が認識され、信頼性が高まると共に、アンカー工法の発展を期待するものである。

#### 参 考 文 献

- 1) 山田邦光：“土留めアンカー工法”，理工図書，1979.
- 2) 山田邦光編著：“最近の斜面安定工法”，理工図書，1982.
- 3) 土質工学会：“アースアンカー工法”，1976.

## 3. あとがき

構造物等へのアンカー工法の応用は、先に挙げた例にとどまらず、数多くの構造物が対象となり、ますます重要構造物へも適用され、これに伴いアンカー工法の重要度も増大するであろう。しかし、計画・設計・施工に当たって基本となるのは、“1. 概説”であげた諸事項である。

## ◀刊行物案内▶

### “プレストレストコンクリート” 総目次

#### 第 1 巻 (1959 年)～第 21 巻 (1979 年)

本書は、創刊 20 周年を記念し、編集委員会でこれを取りまとめ、本誌第 22 巻第 5 号と 6 号の 2 回にわたり掲載したものを 1 冊にしたものです。

過去の記録を調べる際、あるいはバックナンバー購入の際などに便利であると思います。なお、調査しやすいように、項目別に分類し、特に「報告」は、内容別に分け索引を付してあります。ご利用ください。

体 裁：B 5 判 43 頁

定 価：1,000 円（会員特価 750 円） 送 料：250 円

お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ