

## 第9章 グラウンドアンカー工の設計・施工

## 第9章 グラウンドアンカー工の設計・施工

### 9.1 総 説

#### 9.1.1 目的および一般的留意事項

##### (1) 目 的

グラウンドアンカー工は硬岩または軟岩の斜面において岩盤に節理・亀裂・層理があり、表面の岩盤が崩落または剥落するおそれがある場合や不安定土塊が斜面に残存している場合、直接安定な岩盤に緊結したり、あるいは現場打コンクリート枠工、コンクリート張工、擁壁工、杭工等の他の工法と併用して、その安定性を高める目的で用いられる。

なお、アンカー工については、昭和 63 年 11 月に新しく土質工学会基準が制定され、平成 2 年 2 月に同学会から、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」が発刊され、平成 24 年 5 月に地盤工学会から改訂版が発刊された。グラウンドアンカー工については、上述学会基準に準ずるものとする。

##### (2) 一般的留意事項

###### (i) 計 画

グラウンドアンカー工を斜面崩壊防止工事に用いる場合、次のような点を考慮する。

- ① グラウンドアンカー工法は、一般に他の工法に比して工費が高くなる場合が多いが、次のような条件の斜面では有効な工法となる。
  - (a) 斜面上下部に人家が接近していて、切土工や待受式コンクリート擁壁工等が施工できない場合、あるいは斜面勾配が急であったり斜面長が長くて現場打コンクリート枠工やコンクリート擁壁工等では安定が不足する場合。
  - (b) 定着地盤・岩盤が比較的堅固で斜面表面より浅い位置（すなわちすべり面が比較的浅い）にあり、アンカー体造成が確実視される場合。
  - (c) 斜面崩壊の形状から、特に面的対策が必要とされる場合。
  - (d) 大きな抑止力を必要とされる場合。
  - (e) 杭工法等では、大きな曲げ応力の発生する場合。
- ② グラウンドアンカー工法を永久構造物として用いる場合は、特に定着荷重の点検、維持管理等を考慮して計画する。
- ③ アンカーの定着地盤はよく締まった砂礫層や岩盤とし、緩い砂層や粘土層、または被圧地下水のある砂地盤では避けなければならない。

###### (ii) 調 査

グラウンドアンカー工の設計・施工にあたっては、地質条件や地下水条件などの概況を知るとともに過去の崩壊状況を把握するなどの一般的な斜面調査に加えて、次のような調査を重点的に行うことが望ましい。

- ① すべり面推定のための調査：設計に必要なアンカー力を求め、アンカーの定着位置を決定するため、ボーリング、弾性波探査等を重点的に行うのが望ましい。

- ② 定着地盤・岩盤の強度およびアンカー体の極限付着力の調査：アンカーの耐力やアンカー工の施工性はその定着地盤・岩盤の位置（深さ）、性質、強度により大きく左右されるため定着地盤・岩盤の強度特性を十分に調査することが望ましい。またアンカー体の設計の基本事項であるアンカー体極限付着力を正確に推定するために、基本調査試験を行うことが望ましい。

### 9.1.2 グラウンドアンカー工の基本的要素

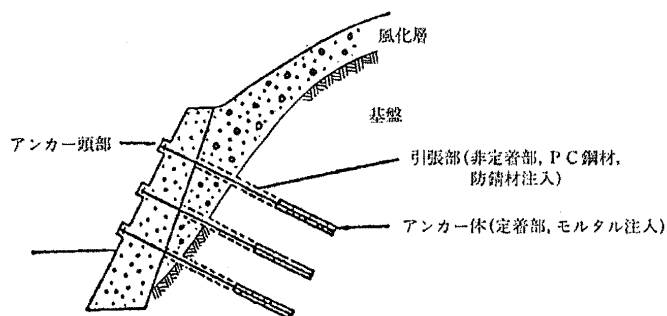


図 9-1 斜面アンカー工の例（擁壁の補強）

グラウンドアンカーは、作用する引張り力を地盤に伝達するシステムで、図 9-1 に示すように次の 3 つの基本的要素からなる。

- ① アンカー頭部：構造物からの力を引張り部に無理なく引張力として伝達させるための部分。
- ② 引張り部：アンカー頭部からの引張り力を基盤内のアンカー体へ伝達する部分。
- ③ アンカー体：引張り部からの引張り力を基盤に伝達し抵抗する部分。

アンカー体は、特殊な場合を除き、引張り材（テンドン）とグラウトから構成され、テンドンの引張り力をテンドンとグラウトの摩擦抵抗、グラウトと地盤の摩擦抵抗もしくは支圧抵抗によってアンカーの引張り力を地盤に伝達する。

テンドンとグラウトの付着は、単純にテンドン表面とグラウトの摩擦によるものと、耐荷体と称する支圧機構を有する部材を用いて、グラウトの圧縮力も期待するものがある。

また、アンカーは、供用期間と設置条件（繰り返し荷重や腐食条件）によりランク A と B に区分し、重要度も考慮して安全率や低減率・仕様などを設定する（表 9-1）。

斜面安定工に用いるグラウンドアンカーはほとんどがランク A のアンカーである。グラウンドアンカーの基本的構造と各部の名称を図 9-2 に示す。

表 9-1 アンカーの供用期間と構造物の置かれる条件による分類

供用期間	2 年未満	2 年以上
構造物の種類		
一般の構造物	ランク B	ランク A
特殊な条件下にある構造物	ランク A	

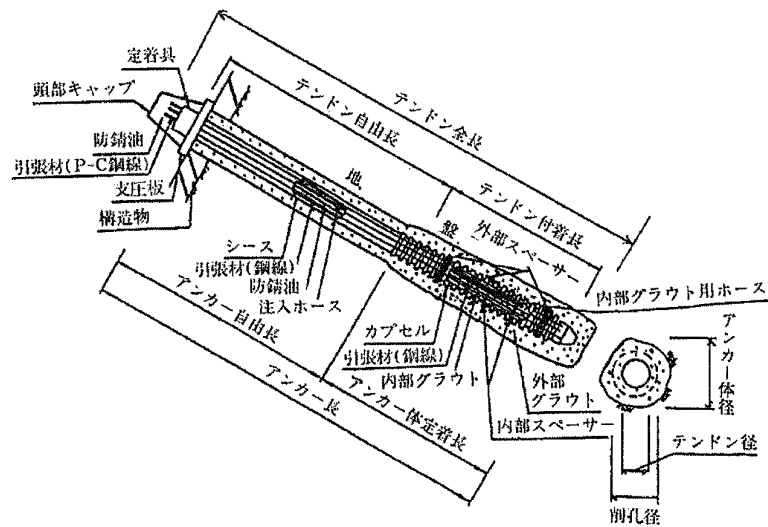


図 9-2 ランク A のアンカーの一例

## 9.2 グラウンドアンカー工の設計

### 9.2.1 一般的留意事項

斜面安定工に用いるグラウンドアンカー工の一般的な設計手順を図 9-6 に示す。

グラウンドアンカー工の設計において特に留意しなければならない事項は次のとおりである。

#### (1) すべり面の想定

すべり面をなるべく的確に想定することが的確な設計荷重を設定するための基本である。すべり面の想定については第 3 章を参照されたい。

#### (2) グラウンドアンカーおよび構造物の配置検討

グラウンドアンカーおよび構造物の配置（平面的配置、横断面的配置、アンカー角）はグラウンドアンカーおよび構造物の斜面安定効果に重大な影響を与えるので慎重に検討する必要がある。

なお、アンカー引張力によって、構造物に曲げ応力が発生する場合には、曲げ応力が非常に大きなものになるので注意を要する。特にのり枠工併用のグラウンドアンカー工においては、枠の許容曲げ応力度が、グラウンドアンカーのテンドン（引張材）の引張力に比して非常に小さいので、アンカー引張力は、枠の許容曲げ応力度によって規制されることが多い。

#### (3) 斜面の安定の検討および必要アンカー力の算定

すべり面が想定され、グラウンドアンカーの施工によって目的とされる計画安全率が決定されると、単位幅当たりの必要抑止力が算定される。それに対するグラウンドアンカーの配置（施工幅、段数、打設角度等）が決定されると、グラウンドアンカー1本当たりの必要アンカー力が算定される。計画安全率は、1.20 以上で計画されることが多い。なお、グラウンドアンカーに作用する外力の算定については第 2 章を参照されたい。

#### (4) グラウンドアンカー体の設計

単位幅当りの必要アンカー力からアンカー間隔等を検討し、1本当りの設計アンカー力を求める。次にアンカーの種類を決定する。アンカー体を設計するため定着地盤・岩盤におけるアンカー体の極限周辺摩擦抵抗力を推定する。なお事前にアンカー基本試験を実施してある場合にはその結果を利用する。次にアンカー体の安全率（アンカーの引抜きに対する安全率）を決定する。アンカー体の安全率は1.5～2.5が用いられるが、斜面安定工に用いられるようなランクAのアンカーの安全率は、2.5（常時）を用いるものと地盤工学会基準で定められている。

またアンカー体の長さは、地盤工学会基準により、自由長は4m以上、定着長は3～10mとするように定められている。

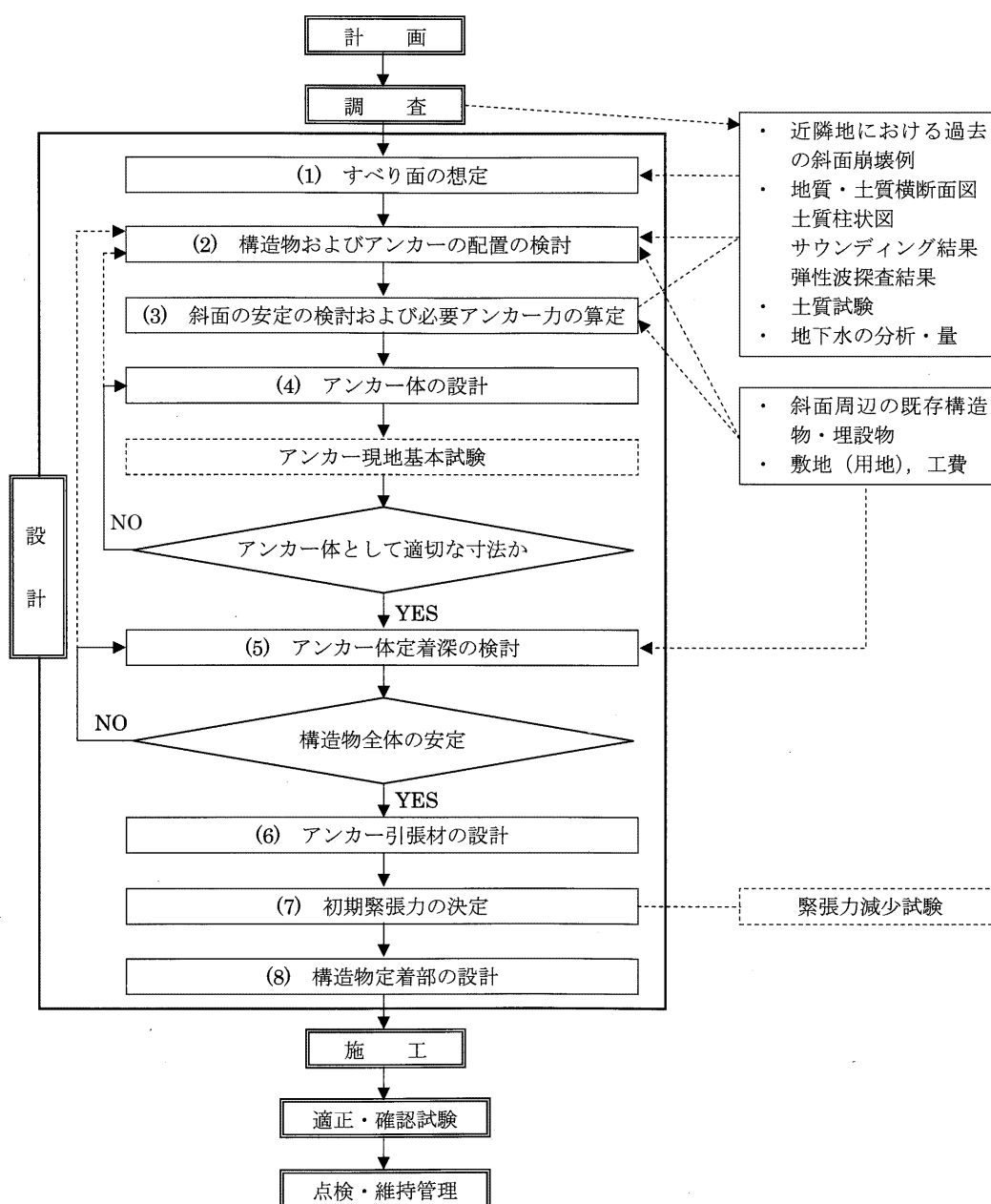


図 9-3 グラウンドアンカー工の一般的な設計手順

#### (5) アンカー一体定着位置の検討

アンカー一体の定着基盤は想定すべり面より深い位置の安定地盤・岩盤とするのは当然であるが、アンカー一体を打設した場合の斜面の全体的な安定を検討し、さらにアンカーのグループ効果およびアンカー体の土かぶり厚等も考慮し施工性、工事費等を加味して最終的なアンカー一体の定着深すなわちアンカー長を検討し決定する。

なお、アンカー定着部については、すべり面の凹凸や不確実性も考慮して、すべり面の 1.0～1.5m 以上の深さをとることが通常である。

#### (6) アンカー引張材（テンドン）の設計

アンカー引張材（テンドン）としては一般に PC 鋼材が用いられており鋼線、鋼より線、複合より線束および鋼棒などの種類があり、それぞれ鋼材の断面積、構成、材質等が規格化されている。

テンドンの選択・設計にあたってはアンカーの種類、アンカー長、アンカー一体径、設計アンカー力、アンカー一体をグラウト材との付着力、アンカー頭部許容変位量、鋼材許容引張応力度、リラクセーション、施工性、工費、点検・維持管理等を考慮して決定する。なおランク A のアンカーでは引張鋼材の腐食は重大な問題であり、充填材・被覆材・コーティング材・耐腐食性引張材などで、防錆処理を十分に行うことが、地盤工学会基準で定められている。

#### (7) 初期緊張力の決定

斜面安定に用いるアンカーにおいて初期緊張力（あるいは初期有効緊張力）は慎重に決定されるべきである。構造物やアンカーの種類・形状・材料、斜面地山の強度・性質、アンカー一体定着地盤・岩盤の強度・性質およびアンカー締付金具等は初期有効緊張力（初期定着力）、緊張力（定着力）の経年変化に影響を与えるため、これらを総合的に検討して決定する。また必要に応じ、現地において基本調査試験を行い、その結果を参考にするとよい。アンカー有効緊張力は原則として、斜面崩壊に対して構造物の最大の抵抗力とアンカーの設計アンカー力が同時に働くよう決定されるべきである。これを誤ると設計アンカー力が働く前に土塊のすべりが生じたり、構造物の抵抗力が働かないうちにアンカーに設計アンカー力以上の力が加わったりすることになる。またアンカーの初期有効緊張力は長期的な時間の経過とともに引張鋼材のリラクセーション、地盤の変形、構造物の二次変形等により多かれ少なかれ減少する。初期有効緊張力の減少が大きくなると予想される場合には、事前にアンカーのクリープ試験を行ったり、施工後緊張力の変化が測定できるような施設・構造とし、必要に応じて再緊張やアンカーの再打設ができるような構造としておくことが望ましい。

#### (8) 構造物定着部の設計

アンカー締付金具はアンカー引張鋼材の種類・構成によりそれらに適したものが規格化されている。またアンカーの締付金具との接合は、構造物からの力を無理なくテンドンに引張力として伝えることができるような構造とする。一方、アンカーの集中的な力を安全・確実に構造物を通して地盤に分散できるよう考慮することも大切である。一般に構造物のアンカー頭



### 9.2.3 斜面安定の検討および必要アンカー力の算定

グラウンドアンカー工のための斜面安定の検討は、一般に必要なアンカー力を算定するための斜面の安定計算が主体となる。自然斜面の場合は、斜面を構成している地盤の強度や水に関する性質が異方性、不均質性を示すため、斜面の安定計算は調査結果をもとに慎重に行う必要がある。

斜面の安定計算方法は斜面を構成する地盤の性質、想定すべり面の形状、崩壊の要因、構造物およびアンカーの種類と配置等により異なるが、くさび形の崩壊が想定される斜面においてアンカーを擁壁等の補強に用いる場合と比較的勾配が緩く斜面長が長い斜面内で円弧すべりが想定される場合の、2つの場合に大別できる。

また、図 9-7 に示すようにグラウンドアンカー工には、次の2つの機能、

- ① すべり面における垂直力を増加させ、せん断抵抗力を増大させる。  
……………締めつけ（押さえ込み）機能
- ② すべり滑動力を減殺する。  
……………引き止め（待受け）機能

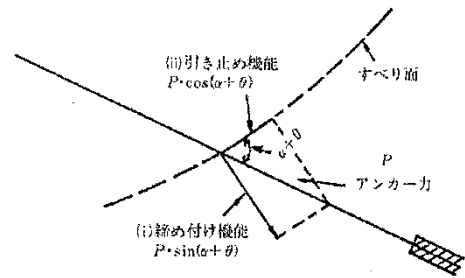


図 9-7 グラウンドアンカー工の2つの機能

があると考えられている。

のり面・斜面を安定させるための永久構造物としてのグラウンドアンカー工の設計（後述する、くさび形すべりおよび円弧すべり型）においては、上記の2つの機能が同時に発揮されるかどうか明らかでない場合があり、状況によっては安全側に考えてどちらか一方の機能のみ重点的に考慮する場合がある。

どちらの機能を優先するかは、経済性および以下の技術的な観点から判断される。

(i) 締めつけ機能（押さえ込み機能）を期待するアンカー

図 9-8 に示すようにすべり面勾配が急でかつ、すべり面の位置が比較的浅い場合に、締めつけ機能を期待することが多い。

図 9-8 に示すように、アンカーが水平に近い角度で打設されると  $P \cdot \sin(\alpha + \theta) \cdot \tan \phi$  締めつけ機能が大きくなる。逆に  $P \cdot \cos(\alpha + \theta)$ （引き止め機能）は小さくなり、安全側を考慮しこれを無視する機会が多い。つまり、同じアンカー引張力ならアンカー打設角がすべり面に垂直に近いほど締めつけ機能は大きくなる。これらを考慮すると、締めつけ機能を期待するアンカーでは、初期緊張力として、アンカー耐力の100%を採用する機会が多い。

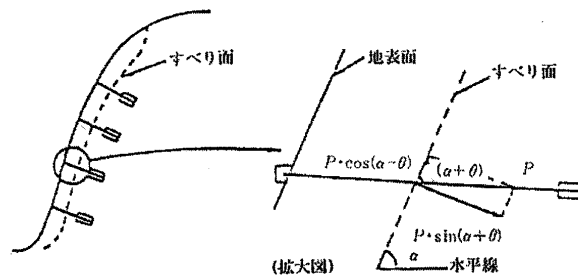


図 9-8 締めつけ機能を期待する場合（すべり面の勾配が急な場合）



(ii) 引き止め機能（待受け機能）を期待するアンカー

図 9-9 に示されるように、勾配が緩やかで、かつすべり面が比較的深い場合に引き止め機能を期待することが多い。

アンカーの打設角がすべり面に平行に近い角度になると  $P \cdot \cos(\alpha + \theta)$ （引き止め機能）は大きくなる。逆に、 $P \cdot \sin(\alpha + \theta) \cdot \tan$ （締め付け機能）は小さくなり、安全側を考慮しこれを無視することがある。

しかし、アンカーが水平に近い打設角では、アンカー角で述べたとおり、グラウト時にはブリージング水がたまって、耐力の低下が心配されるので、水平に対して  $+5^\circ \sim -5^\circ$  は避けるようにすべきである。

また、引き止め機能を期待する場合、1 本当たりの引張力が大きくなると、特に未固結地盤や軟岩では定着部のクリープなどが懸念されるために、初期緊張力は大きくできないので留意する。

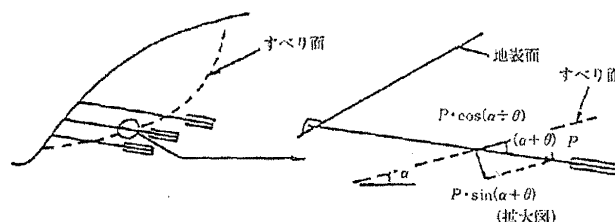


図 9-9 引き止め機能を期待する場合（すべり面の勾配が緩い場合）

**(1) くさび形すべり型（擁壁などの補強としてアンカーを用いる場合）**

この計算方法は対象斜面において図 9-10 のようなくさび形すべり面が想定された場合に用いられる。このようなすべりに対しては、力の多角形を用いて構造物およびアンカーによる必要すべり抵抗力 (E) を求め、これから構造物によるすべり抵抗力 (F) を減じて必要アンカー (P<sub>n</sub>) を求める（第 8 章参照）。

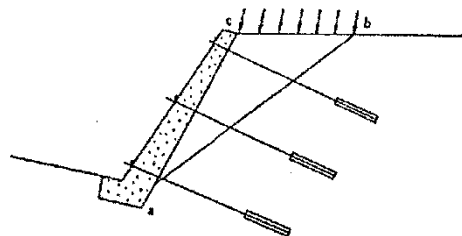


図 9-10 くさび形すべり型

**(2) 円弧すべり型（主としてアンカーにより斜面安定を図る場合）**

この計算方法は対象斜面において図 9-11 のような円弧すべり面が想定された場合に、図のように想定すべり面の全体にわたってアンカーを打設して斜面崩壊を防止しようとするものである。

このような場合には一般に構造物としては現場打コンクリート砕工、コンクリート張工等が併用工として多く用いられており、構造物のみによるすべり抵抗力はアンカー工の抵抗力に比して小さいので一

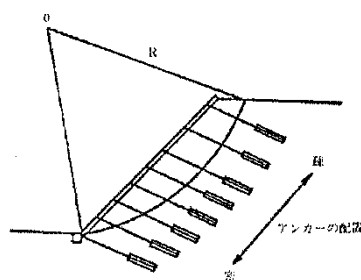


図 9-11 円弧すべり型およびアンカー配置

アンカーのある斜面の安定計算方法としては、一般の円形すべり安定計算と同様に単位幅当たりで想定すべり土塊をいくつかスライスに分割し、各スライスにおけるアンカー引張力 ( $P_0$ ) による抵抗力 ( $P_A$ ) (実際にはすべり円弧の中心点  $O$  に関するモーメント) を図 9-12 より次のように算定する。

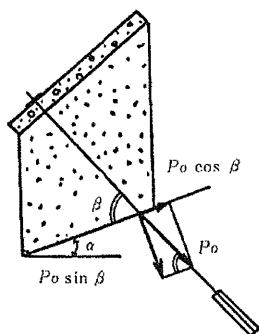


図 9-12 各スライスに働くアンカー力 ( $P_0$ )

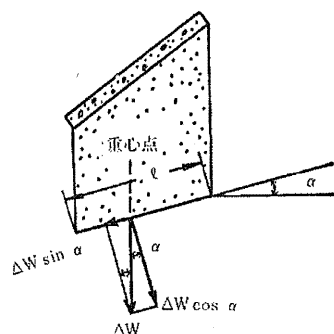


図 9-13 各スライスに働く土塊+構造物の自重 ( $W$ )

$$P_A = P_0 \cos \beta + P_0 \sin \beta \cdot \mu \quad \dots \dots \dots (9.1)$$

$P_A$  : 各スライスのアンカーによるすべり抵抗力 (kN/m)

$P_0$  : 各スライスのアンカー引張力 (kN/m)

$\beta$  : アンカー引張鋼材とすべり面のなす角 ( $^\circ$ )

$\mu$  : すべり面に沿う摩擦係数 (=  $\tan \phi$ )

また各スライスにおける土塊+構造物の自重 ( $\Delta W$ ) におけるすべり起動力 ( $P_m$ ) およびすべり抵抗力 ( $P_r$ ) は図 9-13 より、有効応力法の場合、

$$P_m = \Delta W \sin \alpha \quad \dots \dots \dots (9.2)$$

$$P_r = c' \cdot \ell + (\Delta W \cos \alpha - u \cdot \ell) \tan \phi' \quad \dots \dots \dots (9.3)$$

全応力法の場合、

$$P_m = \Delta W \sin \alpha$$

$$P_r = c' \cdot \ell + \Delta W \cos \alpha \cdot \tan \phi'$$

$P_m$  : 各スライスにおけるすべり起動力 (kN/m)

$P_r$  : 各スライスにおけるすべり抵抗力 (kN/m)

$\Delta W$  : 各スライスの土塊重量+構造物の自重 (kN/m)

$\alpha$  : 想定すべり面と水平面のなす角 ( $^\circ$ )

$c'$  : 有効応力に関する土の粘着力 (kN/m)

$\ell$  : 各スライスのすべり面の弧長 (m)

$u$  : 間隙水圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi'$  : 有効応力に関する土の内部摩擦角 ( $^\circ$ )

$c$  : 粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi$  : 内部摩擦角 ( $^\circ$ )

以上よりアンカーおよび構造物設置後の安全率 ( $F_s$ ) は、

$$\begin{aligned}
F &= \frac{\Sigma(P_r + P_A)}{\Sigma P_m} \\
&= \frac{\Sigma\{c' \cdot \ell + (\Delta W \cos \alpha - \mu \cdot \ell) \tan \phi'\} + \Sigma P_0(\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi)}{\Sigma \Delta W \sin \alpha} \\
\text{or} &= \frac{\Sigma(c \cdot \ell + \Delta W \cos \alpha \cdot \tan \phi) + \Sigma P_0(\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi)}{\Sigma \Delta W \sin \alpha} \quad \dots \dots (9.4)
\end{aligned}$$

したがって単位幅当たりの必要アンカー力 ( $P_n$ : 単位幅、各スライス当たり) は計画安全率を  $F_{sp}$  とすると、

$$\begin{aligned}
P_n &= \frac{\Sigma \Delta W \sin \alpha \cdot F_{sp} - \Sigma\{c' \cdot \ell + (\Delta W \cos \alpha - \mu \ell) \tan \phi'\}}{\Sigma(\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi)} \\
\text{or} &= \frac{\Sigma \Delta W \sin \alpha \cdot F_{sp} - \Sigma(c \cdot \ell + \Delta W \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\Sigma(\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi)} \quad \dots \dots (9.5)
\end{aligned}$$

(9.4) 式は、土留め壁などの仮設アンカー (ランプ B) に対しては従来から適用され、実績も有しているが、斜面崩壊防止工で永久構造物としてアンカーを用いる場合は必ずしも妥当でないと考えられる場合もある。その理由は、アンカー定着部の岩のクリープ等によって、長時間ではアンカーの緊張力が減少すると考えられるからである。したがって、永久構造物としてアンカーを用いる場合は安全側に考えて (9.4) 式の分子の  $[\Sigma P_0 \sin \beta \tan \phi]$  の項を見込まない場合がある。

しかしながら、想定される土塊の体積が増加すると考えられる部分については、アンカーの緊張力が減少しないとし、(9.4) 式の第 2 項を見込んで想定される土塊のすべりに対する防止工を設計する立場からは差し支えないであろう。すなわち、図 9-12 に示すように、想定すべり面の末端部やすべり面の勾配が緩くなった部分のスライスでは (9.4) 式をそのまま適用し、残りの部分については、(9.4) 式の  $[\Sigma P_0 \sin \beta \tan \phi]$  の項を見込まない場合もある。

そのような場合は、想定されたすべり下部にアンカーを密に設置し、上部は疎に設置することになる (図 9-14 参照)。

また斜面上部での小崩壊が図 9-15 のように想定される場合には、その小崩壊を防止する目的でアンカーを斜面上部に設置する。

上述のように、クリープ性の著しい岩盤の場合には、上部斜面アンカーにおいて、再緊張等の考慮を要する。

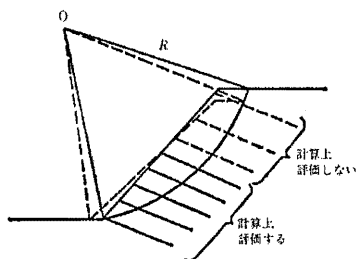


図 9-14 円弧すべり型におけるアンカーの評価

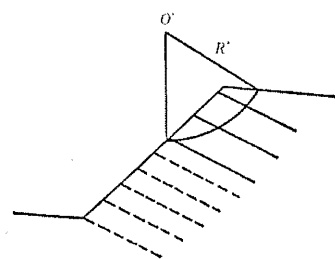


図 9-15 斜面上部の小崩壊に対するアンカー

### (3) その他

その他アンカーを用いた山留め壁の内的安定の検討方法としては、Kranz の計算法が有名である。また想定すべり面が円弧の場合の斜面の安定計算法には、(2) に述べた計算法のほか、Bishop 法があり、想定すべり面が非円弧の場合には代表的なものとして Janbu 法や Morgenstern 法がある。

#### 9.2.4 アンカー体の設計

以上のように単位幅当たりの必要アンカー力 ( $P_n : P_1, P_2 \dots$  等) が求めれば、構造物の構造、アンカー耐力、施工性等を考慮してアンカーの配慮・間隔を決定し、1 本当たりの必要設計アンカー力 ( $P_n'$ ) が求められる。

以下では、地盤とアンカー体周面の摩擦抵抗を期待するアンカー体の一般的な設計方法を述べる。

#### (1) アンカー体の周面摩擦抵抗 ( $\tau$ ) の推定

アンカー体の周面摩擦抵抗はアンカー体定着地盤の強度・性質・深度、アンカー体の長さ・径、地盤の削孔方法、グラウトの施工方法の良否等に左右される。その中でも特にアンカー体定着地盤の強度・性質により大きく変化するため、事前に現地でアンカー基本調査試験を 1~2 本実施して、この結果からのアンカー体の周面摩擦抵抗を推定する方法が現在最も有効な方法の 1 つといえる。

しかしながら、急傾斜地崩壊防止工事の対象斜面では人家が斜面に近接し、かつ密集している場合が多く、対象斜面内で基本調査試験を実施することは必ずしも好ましくない場合がある。現地で基本調査試験を行う場合には対象斜面と類似した、人家等に対して安全な近隣の斜面で行う等の配慮が必要である。

したがって以下では主として既往の基本調査試験の結果を利用して、対象斜面の地盤調査結果をもとにアンカー体の周面摩擦抵抗 ( $\tau$ ) を推定する方法を述べる。

現在最も一般に用いられている  $\tau$  の推定方法は地盤工学会基準で示されている表 9-2 を利用して定着地盤の種類から  $\tau$  を推定する方法である。

低減率については明確にされていないが、表 9-2 を用いた場合はなるべく低いほうの値を用いるべきであろう。

図 9-16 には日本各地で実施されたアンカーの基本調査試験結果を整理し、 $\tau$  は地盤・岩盤との関係を求めたものである。なお、この図で斜線を施した範囲は表 9-2 に示された関係を示している。

表 9-2 アンカーの極限周面摩擦抵抗

地盤の種類		摩擦抵抗 (MN/m <sup>2</sup> )	
岩盤	硬岩	1.5~2.5	
	軟岩	1.0~1.5	
	風化岩	0.6~1.0	
	土丹	0.6~1.2	
砂礫	N 値	10	0.1~0.2
		20	0.17~0.25
		30	0.25~0.35
		40	0.35~0.45
		50	0.45~0.7
砂	N 値	10	0.1~0.14
		20	0.18~0.22
		30	0.23~0.27
		40	0.29~0.35
		50	0.30~0.4
粘性土		1.0c (c は粘着力)	

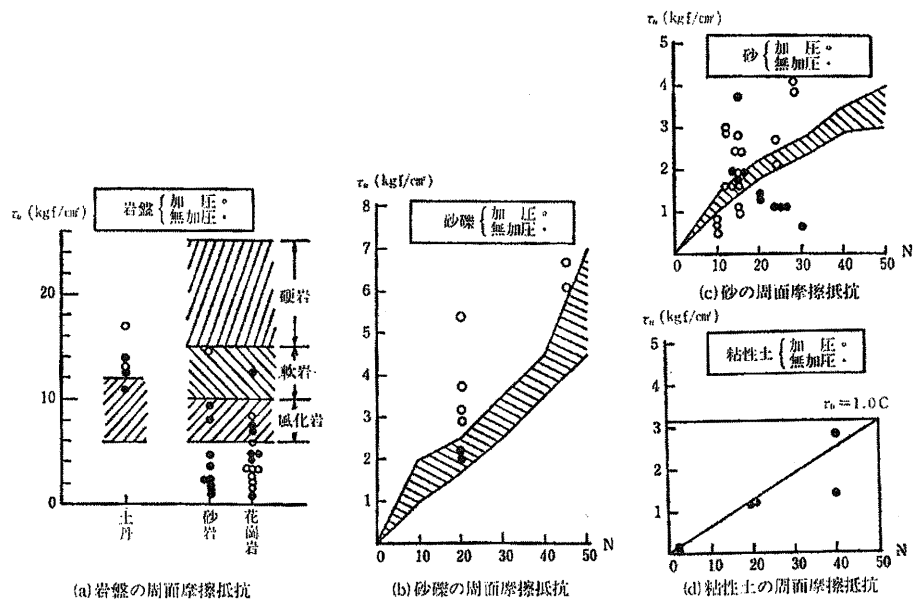


図 9-16 周面摩擦抵抗 ( $\tau$ ) と地盤・岩盤の関係

図 9-16 より、砂および岩盤に定着されたアンカー体の周辺摩擦抵抗 ( $\tau$ ) はばらつきが大きく表 9-2 に示された値よりも小さな  $\tau$  がかなりみられる。特に風化岩の場合その具体的な土質定数が明示されていないためばらつきがひどく、その風化の度合いが強い場合にはむしろ土砂並みの扱いをしたほうがよい場合があり注意を要する。同様に、新第三紀の泥岩や蛇紋岩なども周面摩擦係数が極端に小さい、あるいは、スレーキングによって低下する場合があるので注意が必要である。

このようなことから今後は地盤・岩盤の土質定数(一軸圧縮強度、粘着力、内部摩擦角、変形係数等)と  $\tau$  の関係を調査し、資料を集積することにより、より正確に  $\tau$  を推定できるようにする必要がある。

アンカー体を形成するためのグラウト注入時に加圧することが一般的である。

加圧応力は地盤・岩盤の性質、強度、加圧方法等を考慮して決定する。ただし加圧によりアンカー体周辺地盤を破壊しないよう加圧圧力の決定にあたっては注意を要する。

## (2) アンカー体の安全率 ( $F_s$ ) の検討

一般の摩擦型グラウト式アンカーは次に述べる 1 つかあるいは複数の原因により破壊すると考えられる。

- ① 地盤内部の破壊によるもの。
- ② 地盤とグラウトの付着面で破壊するもの。
- ③ グラウトと引張鋼材の付着の破壊によるもの。
- ④ 引張鋼材あるいは定着機構の破壊によるもの。

ここでは②の地盤とグラウト付着面での破壊に対する安全率をアンカー体の安全率 ( $F_s$ ) として検討する。

このアンカー体の安全率 ( $F_s$ ) は供用期間、荷重条件、腐食環境、構造物の重要度によって地盤工学会基準により、表 9-3 のように定めている。

表 9-3 テンドンの極限・降伏引張り力に対する低減率

		テンドン極限引張り力( $T_{us}$ ) に対して	テンドン降伏引張り力( $T_{ys}$ ) に対して
ランク B		0.65	0.80
ランク A	(常時)	0.60	0.75
	(地震時)	0.80	0.90
初期緊張時,試験時			0.90

表 9-4 許容付着応力度

		テンドン極限荷重( $T_{ug}$ )に対して
ランク B		$T_{ug}/1.5$
ランク A	(常時)	$T_{ug}/2.5$
	(地震時)	$T_{ug}/1.5 \sim 2.0$

(3) アンカー体径 ( $d_A$ ) の選定

所定のテンドンの拘束力を発揮するためにアンカー体のグラウトによるかぶり厚を 10mm 以上確保する必要がある、セントライザー等を用いてかぶり厚を確保するものとする。

(4) アンカー体長 ( $l_\alpha$ ) の選定

アンカー体長は、主にグラウトとテンドン (引張り材) との付着力とグラウトの地盤との付着力によって決まるので、次式で求められる両者のうち、定着長の長くなるほうを採用する。

グラウトとテンドンとの付着

$$l_\alpha = \frac{T_d}{\pi \cdot d_s \cdot \tau_b} \dots \dots \dots (9.6)$$

$$l_\alpha = \frac{T_d}{U \cdot \tau_b}$$

$T_d$  : 設計アンカー力  
 $D_s$  : 引張り鋼材の見かけの直径  
 $\tau_b$  : 許容付着応力度  
 $U$  : 見かけの周長

グラウトと地盤との付着

$$l_\alpha = \frac{T_d \cdot fs}{\pi \cdot d_A \cdot \tau} \dots \dots \dots (9.7)$$

$d_A$  : アンカー体径  
 $\tau$  : 周面摩擦抵抗  
 $fs$  : 安全率

グラウトとテンドンとの付着、地盤とグラウトとの付着のうち、長くなる付着条件で定着長  $l_\alpha$  を決定するが、原則として  $l_\alpha$  は地盤工学会基準で 10m 以下と定められている。その理由としては、アンカー体長を長くしても極限引抜き力は比例して大きくなり、10m を超えるとはほとんど増加しなくなり、期待する効力が得られなくなる場合が多いからである。

また逆にアンカー体定着長 ( $l_\alpha$ ) を極端に短くすることは、実際の施工時に定着地盤の局部的な強度低下に対して危険性が高くなること、また 1 本当たりのアンカー耐力が必然的に低下し工費的にも不利になる。

## (5) アンカー現地基本試験による適否の検討

以上のようにしてアンカー体の大きさ等が決定されたならば、可能な限り施工前に現地でアンカー基本調査試験を実施して、設計されたアンカーの適否を判定し、もし不適と判断された場合には、その試験結果を参考に再設計を行わなければならない。

しかしながら前述したように斜面崩壊防止工事においては、斜面に対する安定性、工費、工期等の面から制約され、現実には必ずしも現地におけるアンカー基本試験が可能ではないことがある。

このような場合は所定の設計荷重に対する確認試験時のアンカーおよび周辺地山の挙動よりアンカー工の妥当性を検討することが重要になってくる。

### 9.2.5 アンカー体定着位置の決定

これまでの検討から構造物およびアンカーの平面的・横断面的配置の概要が決定され、アンカー体の径や長さも決定されたわけであるが、次に斜面、構造物およびアンカーの全体的な面からアンカーの適否をチェックしてアンカーの定着位置(アンカー体の間隔、アンカー体の定着深等)を決定する。

#### (1) アンカーテンドンの自由長 ( $l_{sf}$ ) の検討

アンカーの引張材自由長部は地山に有効プレストレスを与えるため、またそのプレストレスがクリープにより減少するのを少なくするため、さらに定着部または地盤に小さな変位が生じてアンカーの緊張荷重が大きく変化しないようにするため、地盤工学会基準では 4.0m 以上必要とされている。引張材自由長部はすべて土塊から横方向の力を加えられないよう、モルタル等で、グラウトとして地山に密着することは避けることが望ましい。

#### (2) アンカー体の土かぶりの厚さの検討

アンカー体の定着基盤と斜面の表層の土層の厚さが薄い場合(すなわちアンカー体定着基盤の深さが浅い場合)には、アンカー体は定着基盤の最小かぶり厚は 5.0m 以上確保することが望ましい。

### 9.2.6 テンドン(アンカー引張り材)の設計

#### (1) テンドン(アンカー引張り材)の種類

テンドンとしては一般に PC 鋼材が用いられている。これは他の一般の鋼材に比して引張強さが大きい(例えば SR295 では  $480\sim 610\text{N}/\text{mm}^2$  であるのに対して PC 鋼棒では  $930\text{N}/\text{mm}^2$  以上)こと、およびリラクセーションが少なく緊張定着力の経時による減少が少ないことなどによる。テンドンとして用いられる PC 鋼材には鋼線・鋼より線、複合より線束、鋼棒(丸鋼、異形)がある。これらのテendonはその種類、本数等により特殊な締付金具を用いる場合があるのでこれらも合わせて検討する。

#### (2) 引張材断面積 ( $A_s$ ) の算定

以上のようにしてアンカー引張材に用いる鋼材の種類が決定されたならば、次に 1 本当た

りの設計アンカー力 (P<sub>0</sub>) を満たす引張材断面積 (A<sub>s</sub>) を算定し、それに適した鋼材径 (あるいは本数) を選定する。

まず、材断面積 (A<sub>s</sub>) は

$$A_s \geq \frac{P_0}{\sigma_{pa}} \dots \dots \dots (9.8)$$

ここに、

A<sub>s</sub> : 引張材断面積 (mm<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub> : 設計アンカー力 (kN)

σ<sub>pa</sub> : 引張材の許容引張材応力度 (kN/mm<sup>2</sup>)

でなければならない。さらに σ<sub>pa</sub> は鋼材の引張強度 (σ<sub>pu</sub>) および鋼材の降伏点応力度 (σ<sub>py</sub>) に対して検討を行い、

$$\sigma_{pa} \leq 0.60 \sigma_{pu}$$

$$\sigma_{pa} \leq 0.75 \sigma_{pu}$$

のうちいずれか小さな σ<sub>pa</sub> を用いなければならない。

ただし、試験時あるいは初期緊張時の一時的な荷重に対しては、

$$\sigma_{pa}' \leq 0.90 \sigma_{py}$$

とする。

### (3) 引張鋼材およびアンカー頭部の腐食対策

アンカーを永久構造物として用いる場合、引張鋼材および締付金具の腐食は重要な問題となる。

一般に引張鋼材および締付金具は、工事完成後はキャップやモルタル等で覆われてしまうため外からはその状況が判断できず、長期間の後には重大な腐食が生じ引張鋼材や締付金具の強度の低下をもたらす、最終的にはアンカーの破壊につながるおそれがある。

鋼材の腐食には主として水や化学薬品などによる化学的腐食と漏洩電流による電氣的腐食がある。一般に化学的腐食は鋼材全体にわたることが多く、電氣的腐食は局部的なものが多い。

これらの腐食の原因となるものは主として、鋼材の傷、加工やコイリングによるひずみが残っている場合、有害な化学作用のある土質で地下水のある場合、グラウト厚が不足し亀裂等より水が侵入した場合などが考えられる。

したがって、引張鋼材およびアンカー頭部の腐食対策としては次の事項があげられる。

#### ① 全般的な注意事項として

- (a) 鋼材に傷をつけないよう取り扱いに注意する。
- (b) 鋼材の加工時に余分なひずみを与えない。
- (c) 鋼材を長期にわたって放置しない
- (d) 鋼材の設置にあたっては、傷や錆を事前にチェックし十分な防錆 (防錆材の塗付等) を行う。

#### ② アンカーの頭部に関しては、

- (a) 保護蓋を設置し内部に防錆材 (グリス、グラウト材等) を封入する。
- (b) 頭部キャップ部と頭部背面は防食の不連続部が多く、各部材の接合部の水密性を十分



に確保する。

- (c) 頭部キャップの防錆油は劣化しやすいため、定期的に点検・交換する。
- ③ アンカー自由長部に関しては、
  - (a) シース（ポリエチレン製等）をかぶせ内部に防錆材（グリス等）を封入する。
  - (b) あるいは引張鋼材表面に防錆材料を塗付する。
  - (c) なお上述の対策を行うとき、引張材の伸縮を拘束しないような構造とする。
- ④ アンカー体に関しては、
  - (a) グラウトのかぶり厚を十分とる（10mm以上）。また施工にあたってはPC鋼材が削孔した孔の中央部に設置されるよう保持する。
  - (b) 一般にグラウトの上部のほうはブリージング水等により弱くなるので設計アンカー一定着長より余分にグラウトし、シースと重複させる。
  - (c) グラウト材には腐食を生じさせる有害な物質を使用しない。
  - (d) 施工にあたっては念入りなグラウトを行う。

なお、アンカーの軸方向が、のり枠工や擁壁の側面と垂直にならず斜交する場合は、アンカーの緊張時に壁体と台座がずれるおそれがあるので、十分注意する必要がある。

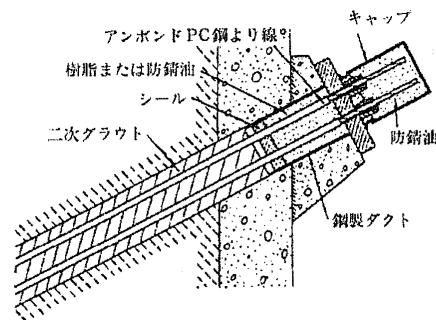


図 9-17 アンカー頭部および引張り部の防食工例（PC 鋼より線）

### 9.2.7 初期緊張力の決定

打設されたアンカーの緊張計画をたてることは、アンカーの設計のなかでも重要な項目の1つといえる。アンカーの緊張力をいくらにとるかにより施工されたアンカーが有効に働くか否かを左右する場合もあるので、慎重に検討し、決定する必要がある。

アンカーの緊張は、まず計画最大荷重  $P_{max}$  で緊張し、一定期間荷重を保持しアンカーのクリープ量、その他の変状がないか否かを確認した後除荷し、途中で再び載荷して初期緊張力 ( $P_i$ ) まで達したならアンカーの締付金具で引張鋼材を固定し、次にジャッキの荷重を除いていく。この場合最終的に引張鋼材に導入される緊張力は、初期有効緊張力  $P_e$  である。したがって、ジャッキの初期緊張力 ( $P_i$ ) と実際に引張鋼材に導入される初期有効緊張力 (初期定着力)  $P_e$  には  $\Delta P = P_i - P_e$  の差があることに注意する必要がある。

この差  $\Delta P$  は、引張鋼材の種類や長さ、締付金具の種類、斜面を構成する地盤・岩盤、構造物等により変化するため、実際には現地において実測するのがよい。

斜面安定に用いるアンカーに対して、現在アンカーの初期有効緊張力をいくらにするかにつ

いては統一された考え方がなく、各設計者や現場担当者が斜面の状況、構造物の特性およびアンカーの特性等考慮してケースバイケースで決定している場合が多い。

(1) くさび形すべり面に用いたアンカーの場合

前述したくさび形のすべりでは、すべり面でのせん断抵抗力 ( $K$ ) を見込んでいる。しかしながら、図 9-18 に示すように  $K$  は一定でなく、すべり面の変位に伴い変化する。同様にアンカー緊張力 (抑止力) も壁体の変位に伴い変化する。

したがって常時におけるアンカーの有効緊張力 ( $P_e$ ) はすべり土塊のせん断抵抗力 ( $K$ ) および構造物の滑動抵抗が最大となる時点で、 $P_e = P_0$  (設計アンカー力) となるように設定されることが望ましい。言い換えれば図 9-18 において  $P_e = P_2$  で設定されることが望ましい。もし  $P_e = P_1$  で設定されれば、土塊のせん断抵抗および構造物の滑動抵抗が最大になる前にアンカーに設計アンカー力 ( $P_0$ ) を超える荷重が作用しアンカーが破壊されるおそれがあり、 $P_e = P_3$  で設定されれば、逆に設計アンカー力 ( $P_0$ ) が発揮される前にすべり面のせん断が生じてしまう可能性がある。

以上のことによりアンカー有効緊張力 ( $P_e$ ) を適正に求めるためには、図 9-18 における  $\Delta d = d_s - d_n$  が求められればよいことになる。

$\Delta d$  は斜面の状況やすべりの動きあるいは構造物およびアンカーの種類、大きさ等により異なるため正確に求めることは困難であるが、一般に常時には動きはなく、亀裂なども発生していない斜面では、 $\Delta d = 3 \sim 5 \text{mm}$  と考えられることが多い。

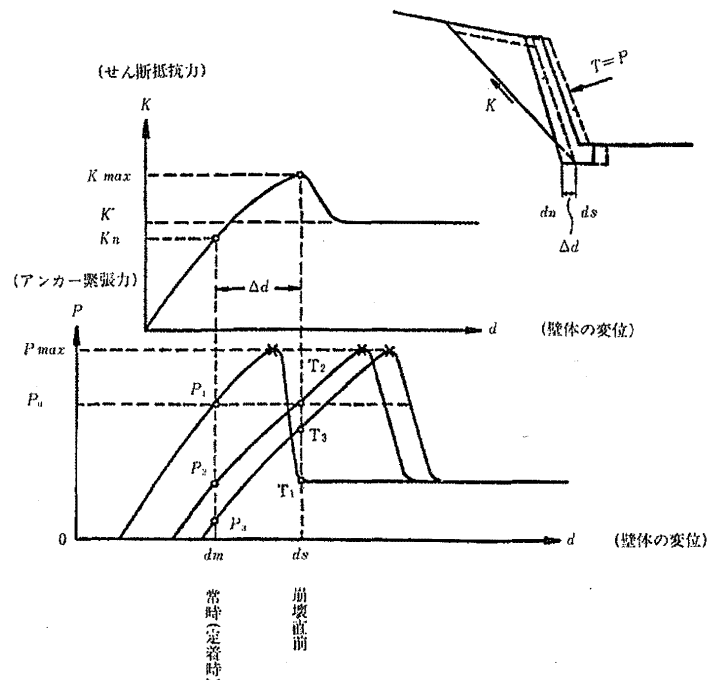


図 9-18 壁体の変位とアンカー緊張力およびせん断抵抗力の関係

## (2) 円弧すべり面で用いたアンカーの場合

円弧すべり面に用いたアンカーの場合も、原則的にはすべり面におけるせん断抵抗力が最大となる時点で、設計アンカー力 ( $P_0$ ) が生ずるように初期緊張力および初期有効緊張力が設定されることが望ましい。ただし注意しなければならないことは、大きな円形すべりではわずかにすべり始めたときの斜面形の変化は図 9-19 に示すように斜面下部ではふくらみ、斜面上部ではへこむ。

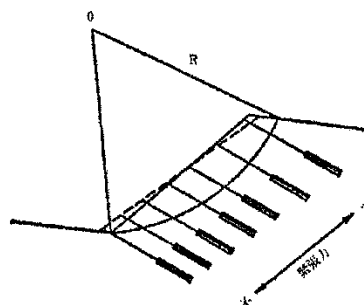


図 9-19 円弧すべりの崩壊直前の斜面形の変化

したがって、このとき実際にアンカーの抑止力が働くのはすべり面下部に設置されたアンカーであり、すべり面上部に設置されたアンカーはあまり効果がないと考えられる。すべり面下部に設置されたアンカーに対しては、鋼材のリラクセーション、定着部の岩のクリープなどによる長期間でのアンカー緊張力の緩みと、すべり土（岩）塊のふくらみ（体積膨張）によるアンカー緊張力の増加の兼ね合いで初期緊張力を決めるべきであるが、これらについては十分な知識、技術がないのが現状である。したがって、地山の状況や設計アンカー力の大きさなどから、ケースバイケースで判断することになるが、設計緊張の 40～80% を初期緊張力とするのが目安であろう。すべり面上部に設置されたアンカーに対しては、想定すべり面の形状とアンカーの方向から、図 9-12 において  $\cos \beta \geq 0$  であれば、これよりやや強めに初期緊張力をかけるのが妥当であろう。なお、すべり面上部に設置されたアンカーはすべり面上部に発生する局所的な小すべりに対しては有効である。

## (3) アンカーのクリープ（緊張力減少）現象

アンカー打設後、適正な養生を終えたアンカーは、確認（あるいは適正）試験後、初期緊張力 ( $P_i$ ) で緊張され、初期有効緊張力 ( $P_0$ ) で定着される。一般にこの  $P_0$  は定着後、時間の経過とともに減少していく場合が多い。

このため必要に応じて現地においてアンカーのクリープ試験を行ったり、また施工するアンカーの頭部に緊張力測定用のタイバック計（センターホール型荷重計）を設置して定期的な点検し、緊張力の減少が激しい場合には再緊張、あるいはグラウトの再注入等ができるような構造にしておく。さらに機能を有さなくなったアンカーに対しては、新しいアンカーに置き換えることができるよう構造物およびアンカーの設計にあらかじめ考慮しておく場合もある。

アンカータイプによっては、再緊張するための除荷が不可能であったり、再緊張の際のジャッキのつかみ代のないタイプのものもあるので、再緊張が容易に行えるタイプのものを選定することが大切である。

### 9.2.8 構造物定着部の設計

構造物への定着部は一般にアンカー頭部と呼ばれ、模式的には図 9-20 に示される構造をしている。アンカー頭部は構造物からの力を無理なく引張材に伝えるために設けられる。一般に構造

物からの力は、テンドンの軸方向と必ずしも一致しない場合が多い。このためテンドンに引張力のみを確実に伝えるためには適切な処置を行う必要がある。一方、アンカーの集中的な力を分散して安全に構造物や地山に伝えるのもアンカー頭部の重要な機能である。またアンカー頭部には鋼材が多く用いられているため、テンドンも含めて防錆を十分に行っておく必要がある。

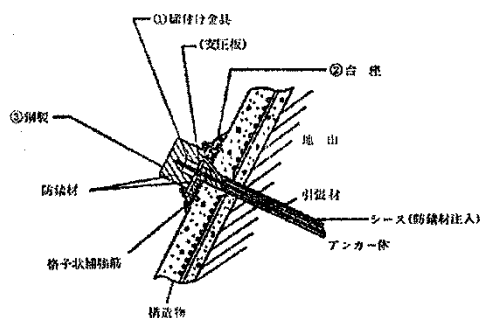


図 9-20 構造物定着部の模式図

次にアンカー頭部を構成している各部材について述べる。

### (1) 締付金具および支圧板

締付金具は引張材を捕縛してテンドンにかかる力を支圧板に伝える機能をもつ。また支圧板はこの力を分散して台座および構造物に伝達する機能をもつ。締付金具および支圧板は引張材の種類および径、鋼線および鋼より線の本数等により、それぞれ決まったものが使用される。さらに引張材の捕縛方式の違いによりナット定着方式とくさび定着方式に分類される。

- ① ナット定着方式：一般の PC 鋼棒（ケビンデスターブ、丸鋼）や SEEE ストランドに使用される。カップラーは鋼棒の接続用に用いられるものである。この方式は必然的に鋼棒（材）の一部または全部をねじ加工する必要がある。
- ② くさび定着方式：一般の PC 鋼線および鋼より線に用いられる。PC 鋼線および鋼より線の径や本数の違いにより、それに適合したものを使用しなければならない。

### (2) 台 座

台座は締付金具または支圧板と構造物の間に設置され、アンカーの引張力を構造物に無理なく伝達するものである。台座の形状は構造物の種類、設計アンカー力の大きさ、アンカー角、締付金具の種類などを検討のうえ決定する。

アンカーには引張力のみがテンドンの軸方向に加わるように、台座の表面はできる限りテンドンの軸と直角になるよう念入りに設計・施工する必要がある。

PC 鋼棒を用いた傾斜定着 PC 鋼棒の引張強度の関係に関する実験により、次のことがわかっている。

PC 鋼棒と定着ナットの接する面の傾斜角  $\alpha$  (図 9-21) が  $7^\circ$  を超えると PC 鋼棒の強度は急激に低下し、傾斜度  $5^\circ$  ぐらいでもクリーブ破断を起こす危険がある。したがって、台座の設置または台座の角度の調整にあたってはできるだけ傾斜角  $\alpha = 0^\circ$  となるよう努める。また設計アンカー力の小さな場合には球座等を利用して補正する場合もある。

また台座には局部的に大きな力が加わるため、鉄筋をコンクリート中に配置し補強することが望ましい。

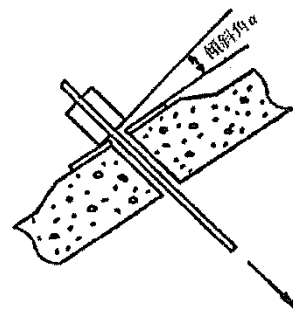


図 9-21 アンカー頭部の傾斜定着

### (3) アンカー頭部の防錆および保護

アンカー頭部の防錆および外力からの保護のためコンクリート等で締付金具や支圧板を埋め殺す場合も多いが、維持管理における点検や緊張力の測定および再緊張等を考慮して鋼製の蓋等でアンカー頭部を覆い、内部にグリス等の防錆材を注入しておく等の処置も必要である。なお再緊張を予定している場合には、ジャッキの引き代および鋼材のつかみ代を考慮して、引張鋼材を一般の場合より長く残しておく必要がある。

## 9.3 アンカー工の施工

### 9.3.1 一般的留意事項

#### (1) 安全管理

アンカー工を施工する場所は一般的に傾斜が急で施工位置も高所になる場合が多いので、しっかりした足場を確保し安全施工に努める。

#### (2) 施工計画

施工計画のため周囲の環境等の調査を行う。

#### (3) 準備

アンカー工の施工の準備として機材の使用計画を立て手配する。またアンカー孔の削孔のために相当量の清水が必要である。引張材の保管および加工・組み立て・搬入にあたっては引張材に傷をつけないよう細心の注意を要する。

#### (4) 設計書の検討

アンカー工の施工にあたっては事前に設計書を十分に検討し、不明な点があれば監督員あるいは設計者に申し出る。特に設計に用いた地盤・岩盤条件を吟味し、ボーリングによる削孔中に設計と異なっていないか比較する必要がある。

#### (5) 削孔

削孔技術の良否が施工されたアンカーの良否に大きく左右するため、削孔にあたっては地盤を緩めたり、水みちをつくったり、有害なスライムを残さないよう十分に注意する必要がある。また地盤・岩盤の局所的な変化にも細心の注意を払い、設計条件と異なっている場合には直ちに監督員あるいは設計者と協議し設計変更等の処置を行う。また削孔時に使用する水が斜面に害を及ぼさないよう注意する必要がある。

#### (6) テンドンの加工、組み立て、防錆および挿入

テンドンの取り扱いにあたっては傷をつけないよう十分注意し防錆処理を行うとともに、ごみ、油等の不純物を清掃する。引張材の孔内への挿入およびグラウトはアンカー孔削孔後直ちに行う。またテンドンの挿入にあたっては孔壁を乱さないよう注意し、さらに必要なグラウト

トかぶり厚を確保するためセントライザーを用いる。

### (7) グラウト

グラウトも施工されたアンカーの良否を決定する重要な工程である。グラウト材の配合にあたっては設計条件を満たすよう行う。注入は孔内水や空気をグラウトで置換するよう行うとともに亀裂性岩盤などでグラウト材の漏水があれば再注入を行うなど、健全なアンカー体を形成するよう努める。

### (8) 養生

グラウト材の圧縮強度が所定の値以上になるまで養生し、アンカーに外力や変位を与えないようにする。

### (9) 試験

アンカー工においては表 9-5 に示すような試験を行う。表 9-5 に示す以外の特殊試験には次のようなものがある。

- ① 群アンカー試験
- ② クリープ試験
- ③ 繰り返し試験

表 9-5 アンカー試験の概要比較

項目	基本調査試験		適性試験	確認試験
	引抜き試験	長期試験		
1) 目的	アンカーの設計に用いる定数を求める	共用期間中の残存耐力の推定のための定数を求める	アンカーの設計と施工が適切であったかどうかを確認する	設計アンカーに対して安全かどうかを確認する
2) 実施時期	実驗開始前	施工前	施工時の初期段階	施工時
3) 計測値の主な関係	極限耐力に至るまでの荷重～変位関係	長期間における残存耐力～時間関係	多サイクル載荷時の荷重～変位位置関係	1 サイクル載荷時の荷重～変位位置関係
4) 試験の対象アンカー	試験用アンカー	共用アンカーと同じ仕様の試験アンカー	供用するアンカー	供用するアンカー
5) 試験本数	1本(一般) ※設置地盤 施工方法ごと共用アンカーが望ましい	1本(一般) ※設置地盤 施工方法ごと	施工本数×5%かつ3本以上	適性試験を除くその他のアンカー全数
6) 計画最大荷重( $T_p$ )	$T_p \geq T_u$ 場合によっては $T_p \geq T_u$	$T_p = 1.1 T_u$	ランク A : 1.25 $T_u$ ランク B : 1.10 $T_u$	ランク A : 1.25 $T_u$ ランク B : 1.10 $T_u$
7) サイクル数	5~10 サイクル	1 サイクル	5 サイクル以上	1 サイクル
8) 各サイクルの最大荷重	$0.4 T_p$ , $0.7 T_p$ , $0.8 T_p$ , $0.9 T_p$ , $1.0 T_p$	1.1 $T_u$ (初期の1 サイクル載荷時) 1.1 $T_u$ (長期試験時)	$0.4 T_u$ , $0.55 T_u$ , $0.7 T_u$ , $0.85 T_u$ , $1.0 T_u$	ランク A : 1.25 $T_u$ ランク B : 1.10 $T_u$
9) 荷重保持時間	新規荷重	15min 以上 (設置地盤によって異なる)	1~180min 以上 (設置地盤によって異なる)	1~15min (設置地盤によって異なる)
	履歴内荷重	1~2min	1~2min	1~2min
	変位の安定	1mm/3min 以下		通常：クリープ係数 $\epsilon \leq 0.5\text{mm}$ 時間延長：クリープ係数 $\epsilon \leq 20\text{mm}$
10) 計測時期	各新規荷重内で1min ごと	0, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60min, 以後30min 間隔で7~10 日間	各新規荷重内で1min ごと	各新規荷重内で1min ごと
11) 判定項目	極限耐力(参考) 摩擦損失量 テントン自由長	引限りの低下係数 共用期間中における残存耐力の推定値	設計と施工が適切 弾性変位量 クリープ係数、見かけ自由長	設計アンカーが安全 弾性変位量
12) 1 週間経過後の前基準	引抜き試験	長期試験	多サイクル確認試験	1 サイクル確認試験

\*1) 記号:  $T_p$  (計画最大荷重),  $T_u$  (設計アンカー力),  $T_L$  (極限アンカー力),  $T_R$  (アンカーの極限耐力),  $T_D$  (テントンの摩擦耐力),  $F$  (深部耐力: 連続線荷重係数)

\*2) 計画最大荷重  $T_p$  は、どのアンカー試験においても、 $T_p \leq 0.9 T_u$  (PC鋼材),  $T_p \leq 0.75 F$  (連続線荷重係数) とする。

\*3) 初期荷重  $T_0$  は  $T_0 = 0.1 T_p$  もしくは  $T_0 = 0.1 T_u$  を目安とする。場合によっては  $T_0$  の大きさを左記値と変更しても可。

\*4) 各荷重履歴中の載荷速度は、増荷時 ( $T_i$  (10~20)) kN/min, 減荷時 ( $T_f$  (5~10)) kN/min を目安とする。

**(10) 緊張・定着**

前記の試験を完了した後に設計書に記された所定の初期有効緊張力で定着する。このとき油圧ポンプの圧力ゲージの値は事前に検定しておく。

**(11) アンカー頭部の防錆・保護**

緊張・定着の完了したアンカーは、設計書に指示された方法でアンカー頭部の防錆・保護のための処置を行う。

**【第9章 参考文献】**

- 全国治水砂防協会:新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 本編、令和元年5月