

第4章 地すべり防止施設的设计

第1節 抑制工的设计

1. 1 地表水排除工

地表水排除工的设计にあたっては、その目的とする機能が十分に発揮されるように、地すべりの状況を十分考慮する。また、安全性及び維持管理の容易さ等を考慮する。

解説

(本设计の留意事項)

1. 地すべり地域内に設ける地表水排除工はある程度の変状に対しても機能を維持できる柔軟な構造とし、また修理の容易なものとする。
2. 地表水排除工は、必要に応じて暗渠工併用の構造とする。

地表水排除工とは、浸透防止工と水路工である。

(1) 浸透防止工

浸透防止工は、特に浸透しやすい亀裂部や地下水の補給源となる沼地等を対象とする。

工法の種類及び適用は次表による。

表4. 1 浸透防止工の種類と適用条件

工法の種類	応急工法 恒久工法 の別	地すべり移動状況
粘土充てん工、ビニール覆工	応急工法	地すべり移動中
土を用いるもの アースライニング ベントナイトライニング		
コンクリート吹付工 モルタル吹付工 アスファルト板工	恒久工法	静止又は緩慢

浸透防止工の実例

ア. コンクリート吹付工（陥没帯の浸透防止）

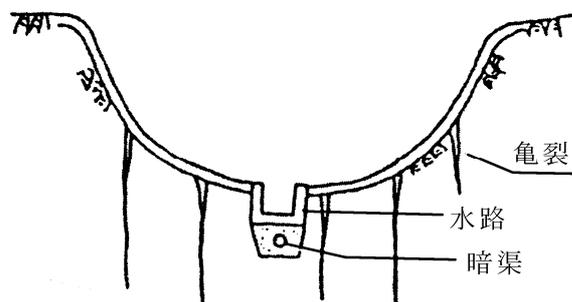


図 4-1 コンクリート吹付工
（陥没帯の浸透防止）標準図



図 4-2 コンクリート吹付工
（陥没帯の浸透防止）標準図

イ. アスファルト板工（池沼の浸透防止）

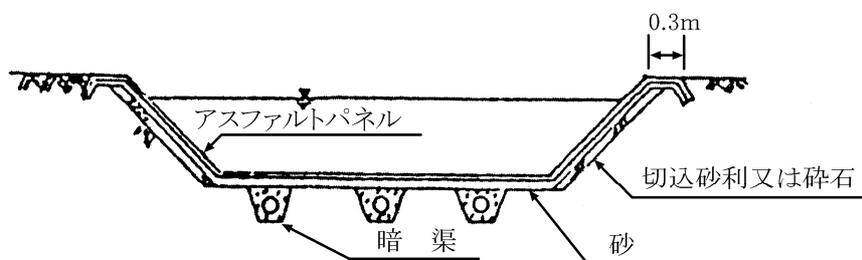


図 4-3 アスファルト板工（池沼の浸透防止）標準図

(2) 水路工

- 1) 水路工は掘込水路とし、地すべり地内では掘削を最小限度にとどめるようにルートを選定する。また、将来の維持管理を考慮して、なるべく幅の広い浅い形状となるようにする。
- 2) 幹線水路で集水面積が10ha以上のものについては、流量計算を行って対象流量を求めて決定する。これに用いる計画対象降雨量は、原則として超過確率1/50の規模とする。ただし、断面の最小幅は30cmとする。
- 3) 水路面積は、一般的に土砂等の堆積や変形による断面の減少等を考慮して2)で求めた断面積の20%以上の余裕をみておく。
- 4) 水路工は、原則として底張りを行う。
- 5) 支線水路との合流点、屈曲部及び勾配の変化点には集水柵を設ける。また、原則として20～30m（最大50m）間隔に、集水柵あるいは床止工を設ける。なお、落差のある水路部に集水柵を設ける場合は柵の内りでは、落差高や流速及び越流水深を十分考慮して決定する。

また、標準的には次式によって求める（図4-4参照）。

$$L = k (h_1 + t)$$

k : 2.5~3.0

L : ますの内のり (m)

t : 上流水路の水深 (m)

h_1 : 上下水路床間の落差 (m)

h_2 : ますの水褥深さ (0.2~0.5m)

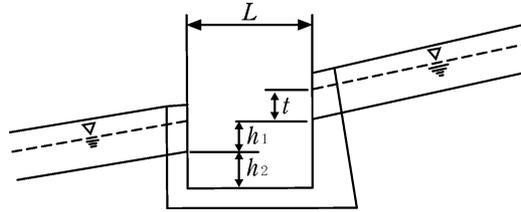


図 4 - 4 集水柵側面図

- 6) 地下水位の高いところに設ける水路は、原則として暗渠を併用した明暗渠工とする。
- 7) 水路工の肩及び切取りのり面に対しては、その破損を防止するため、原則としてのり面保護を行う。
- 8) 水路工は、原則として盛土の上には設置しない。
- 9) 活動中の地すべり地域内の水路工は、柔軟性を備えたものを標準とし、活動停止後には点検・補修する。
- 10) 生態系保全のため、明暗渠工を問わず、必要に応じて水生生物等が再生できる構造を検討する。

1. 2 地下水排除工

1. 2. 1 地下水排除工

地下水排除工の設計にあたっては、斜面の安定のために必要な地下水位の計画低下高、地すべりの状況、施設の安全性及び維持管理の容易さなどを考慮する。

1. 2. 2 浅層地下水排除工

(1) 暗渠工

暗渠工は、漏水を防止し、また、地盤の変形や目詰まりに対してもその機能が維持されるように設計する。

解 説

(本設計の留意事項)

- ① 暗渠の配置は、地すべり土塊の土質・地下水の状況を十分勘案して定める。

- ② 1本の暗渠の長さは20m程度の直線とする。目詰まりや集水した地下水が再浸透しないよう、集水柵を設けて地表排水路に排水を行う構造とする。
- ③ 暗渠の深さは1.5～2.0m程度を標準とし、底には漏水防止のため防水シート等を布設する。また、暗渠管の周囲ならびに上部には土砂の吸出しによる陥没を防止するため吸出防止材を布設する（図4-5参照）
- ④ 暗渠管の周囲は、目詰まりを起こさないようにしておく。特に浅層地下水の吸水を容易にするためのフィルター材を詰めておく（図4-5参照）。
- ⑤ 地表水を吸収しようとする場合には、地表まで栗石、または切込砕石を詰める。
- ⑥ 暗渠管の材料は、ある程度の地盤変動にも耐える構造とする。この場合、集水管、蛇籠を用いるのが一般的である。なお、急勾配の場合には、杭等により固定する（図4-6参照）。

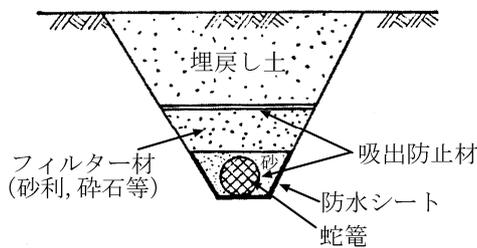


図4-5 暗渠工の施工例

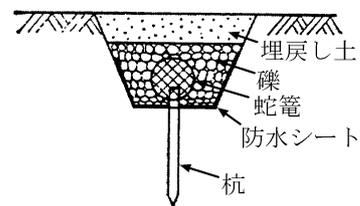


図4-6 蛇籠暗渠

(2) 明暗渠工

暗渠工は、地すべり地域の状況を十分考慮し、効果的に水が集まり、かつ、適切に排水するよう設計する。

解説

明暗渠工は、1本の長さが長すぎると集水した水が地下に再浸透する場合がある。このため、現地状況を考慮して長さを定める。一般的には、20m程度の間隔で設けた集水柵、あるいは落差工を利用して地下水の集水を行う。また、地表の水路に導いて排水する（図4-7～4-11参照）。

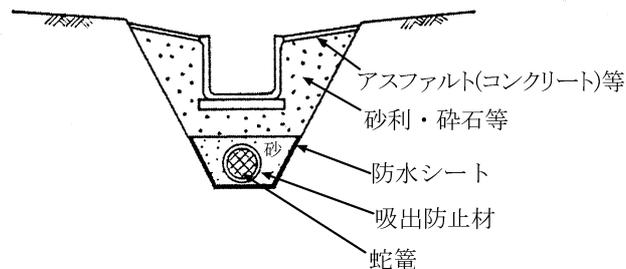


図4-7 明暗渠工横断面図

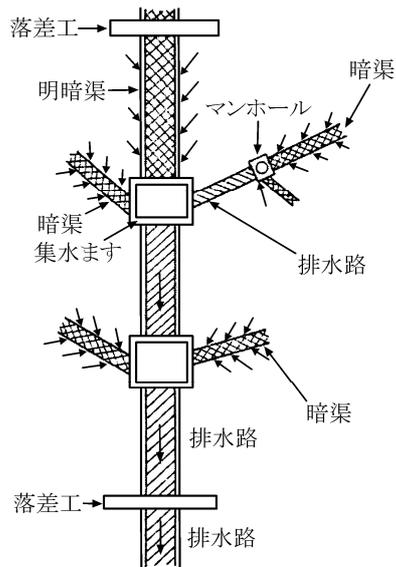


図 4-8 明暗渠工の配置図

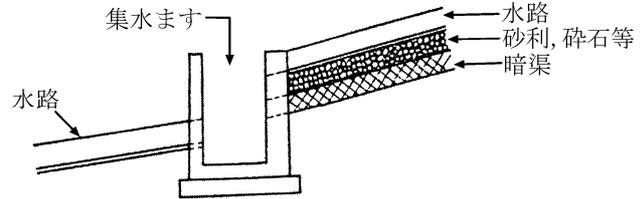


図 4-9 集水樹側面図

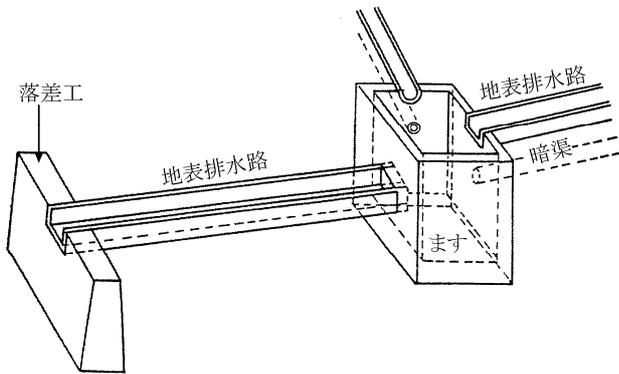


図 4-10 集水樹の例

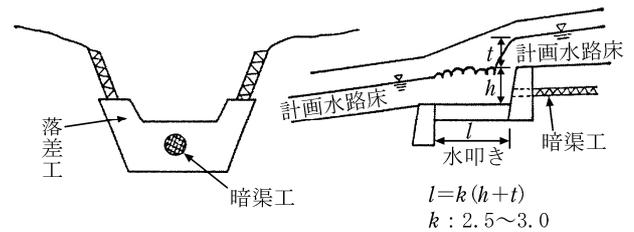


図 4-11 落差工の例

(3) 横ボーリング工

横ボーリング工は、効果的に地下水位を低下させるように設計する。

解 説

横ボーリング工は、移動土塊もしくは地すべり土塊の地下水を排除すること。及びすべり面に働く間隙水圧の低減を目的としている。

(本設計の留意事項)

- ① 横ボーリング工は、原則として浅層地下水の集中している部分に設ける。ボーリング先端での間隔が5～10mとなるように設計する。
- ② 集水した水は、集水樹や排水路を通じて速やかに地すべり地域外に排水する。孔口の位置は、安定した地盤に設ける。また、排水による孔口の崩壊を防止するための保護工を設置する(図4-13、4-14参照)。

- ③ 掘進勾配は、集水した地下水が自然流下するようにおおむね仰角 $5\sim 10^\circ$ とし、掘進孔径は66mm以上とする。長さは、目的とする帯水層、またはすべり面からさらに $5\sim 10\text{m}$ までの余裕長をもたせ、 5m 単位に丸めておく。

地すべり範囲の土質が粘質土等で透水係数が低い場合は、孔径を大きくする等、集水量の確保を図る設計を検討する（図4-13参照）。

- ④ 施工に当たっては、目的効果を最大限発揮するよう長野県土木部地すべり技術指針（案）の巻末6（地すべり防止抑制工選定と設計・施工お基本フロー及び留意点）P11~12を参考とする。

- ⑤ 掘削終了後には、目的とする帯水層区間にストレーナ、またはスリット加工を施した硬質塩化ビニール管や鉄管等の保孔管を挿入する。管の先端部分については、土砂が入り目詰まりを起こさないよう処置を施す。管の継手はソケット継手、または突合わせ継手とする（図4-15参照）。

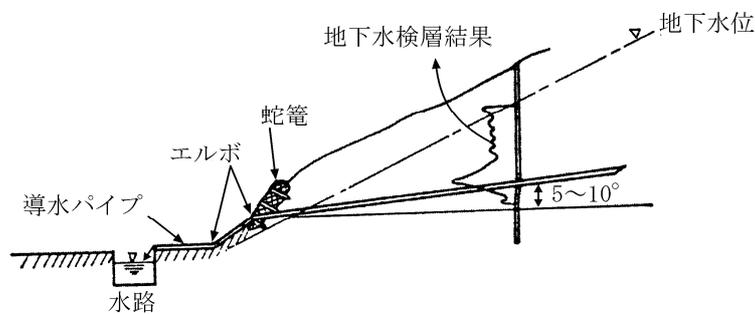


図4-12 横ボーリング工横断面図

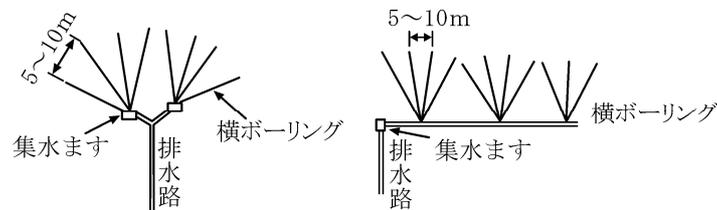


図4-13 横ボーリングの配置図

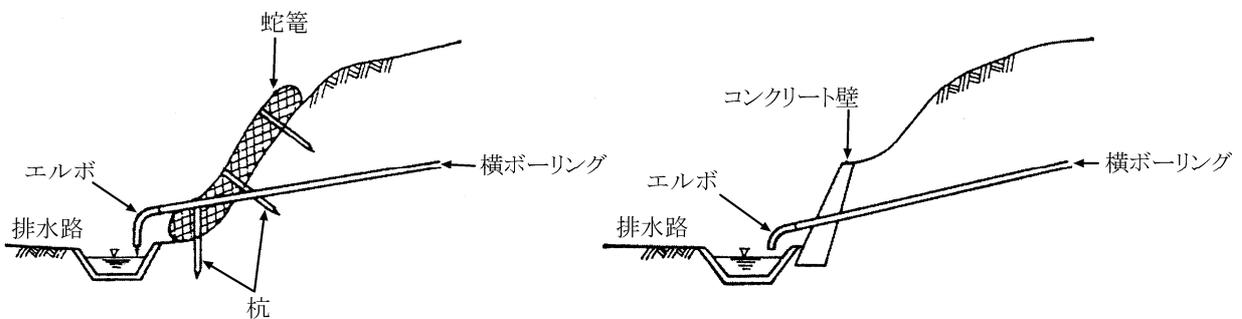


図4-14 ボーリング工の孔口保護工

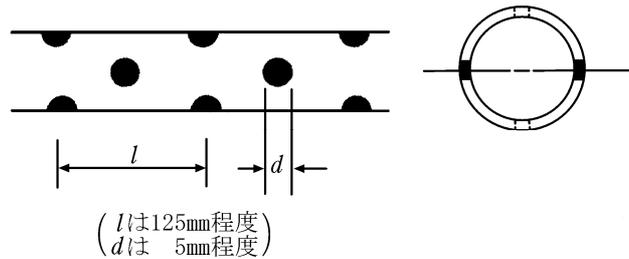


図 4 -15 保孔管のストレーナの例

(4) 地下水遮断工

地下水遮断工は、地下水の流入経路及び流入量を十分に把握した上で、効果的に地すべり地内に流入する地下水を遮断するよう設計する。

解 説

地すべり地域内に他の地域から水脈を通して流入する地下水を、遮水壁を設けてカットすることを目的としている。

(本設計の留意事項)

- ① 事前に地下水追跡、地下水検層等により地すべり地域内に侵入する地下水が明瞭な透水層に沿って多量に流入していることを確認する。
- ② 透水層の下の地層は、透水係数が 10^{-4} (cm/sec) 以下の不透水層であることを確認する。
- ③ 施工位置は地下水の流れを遮断する方向で帯状に設計する。
- ④ 遮水された地下水は地下水排除工事により、速やかにかつ確実に地すべり地域外へ排除する。
- ⑤ 本工法の採択にあたっては、その効果や周囲に対する影響を十分検討する。
- ⑥ 遮水壁工の工法としては次の方法がある。
 - ・鋼矢板工法
 - ・目的深さまで開削してコンクリート壁・粘土壁等を築造する工法
 - ・地中に薬液等を注入する工法

1. 2. 3 深層地下水排除工

(1) 横ボーリング工

横ボーリング工は、地下水を効果的に排水できるように設計する。

解 説

設計にあたっての留意点は、1. 2. 2 (3) に示したものと同様である。しかし、深層地下水の排除工のためには、次の事項も留意する。

(本設計の留意事項)

- ① ボーリングの延長については、長尺なものほど孔曲がりを生ずる恐れがあるため、施工実績を考慮の上行う。また、削孔延長は80m程度までを標準として行う。
- ② 保孔管のストレーナ加工については、全区間にわたって施す場合もあるが、土質によっては途中で地下水が散逸して、地すべり地域内に地下水が浸入する可能性があるため、注意を要する。
- ③ 掘進勾配は、排除の対象とする帯水層が被圧地下水であり、自噴による排水が期待できる場合には、ボーリングの延長を短縮するよう低角とする等の手法を用いてもよいが、一般的には5～10°の上向きとする。
- ④ いわゆるφ300mm以上の口径で掘削する大口径集水ボーリングについては、集水効果と経済性を十分考慮して設計する。
- ⑤ 施工に当たっては、深層地下水排除工の場合と同様の配慮が必要である。

(2) 集水井工

集水井は、効果的な地下水の集水が可能な範囲内で、原則として堅固な地盤に設置するよう設計する。なお、地下水が広範に賦存し、2基以上の集水井を設置する場合には地すべり地域の状況を十分考慮し、適切な間隔になるよう配置する。

解 説

集水井工においては、横ボーリングからの集水効果に主眼を置く。さらに井筒周辺の浸透地下水の集水を助けるため、地下水位以下の井筒の壁面に集水孔を設けることがある。

1) 集水井

(本設計の留意事項)

- ① 井筒外周面に作用する荷重は、土圧のみとし、原則として水圧は考慮しない。
- ② 井筒外周面に作用する最大土圧を求めるには、原則として土圧は深さ15m程度以上では増加しないものとし、静止土圧の三角分布とする次式を用いる（図4-16）。

$$P_h = k \cdot \gamma \cdot h \quad (h < 15\text{m}) \quad (4-1)$$

$$P_h = k \cdot 15 \cdot \gamma \quad (h \geq 15\text{m}) \quad (4-2)$$

P_h : 土圧強度 (tf/m² {kN/m²})

k : 静止土圧係数 (砂質土、粘性土にかかわらず0.5とする)

γ : 土層の単位体積重量 (tf/m³ {kN/m³})

h : 地表面からの深さ (m)

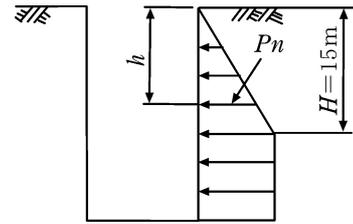


図4-16 静止土圧三角分布図

なお、上式において $h = 15\text{m}$ 以深においても土圧が増加すると判断される場合には、 15m 以深についても (4-1) 式を適用することがある。

- ③ 深 さ—原則的に10~30m程度とし、活動中の地すべり範囲内に施工する場合は、底部を2.0m以上すべり面より浅くする。また、休暇中の地すべり範囲及び範囲外では基盤に2~3m程度貫入させる。

やむを得ず30m以上になる場合は、材料、施工性、土圧、偏土圧等の作用外力等を十分考慮する。

- ④ 集水井の材料—原則として、鋼構造 (ライナープレート) または鉄筋コンクリート集水井を検討する。

一般的には鉄筋コンクリート集水井は、以下のような地盤条件の悪い時に用いられる。

- ・シールド式が採用できる場合。
- ・多量の地下水のため、ボイリングの発生しやすい砂質地盤の場合。
- ・ヒービングの発生し易い軟粘土質地盤の場合。
- ・孔壁の崩壊が著しく、掘削施工中の安全確保が難しい場合。

- ⑤ 底 部—底張コンクリートの厚さは、50cmを標準とするため桝。

- ⑥ 集水井天端—集水井の天端は地表より1m程度突出させる。また、天端は鋼製などの安全なふた板をする。ふた板には施錠する。

- ⑦ 集水井の直径—一般的には、内径で3.5mを標準とする。

- ⑧ 集水井の集水孔は次のとおりとする。

- a) 集水孔を設ける深度はおおむね最高地下水位より、底張コンクリートの天端付近までとする。
- b) 集水孔の孔径はライナープレートの場合、径60mm、孔数はプレート1枚につき2個を標準とする。
- c) 土質が軟弱で泥ねい化し、水抜孔より落下する場合は、集水孔にフィルターを設ける。

- ⑨ 中詰集水井—地すべり変位土塊の運動により集水井が変形又は破壊する恐れがある場合は、井

内に栗石又は玉石を填充する。この場合できるだけ、集水井内の中央に塩化ビニールパイプ（ストレーナーのついたもの）径300mmのものを設置する。これにより地下水調査用の井戸として使用できる。

⑩ 集水井には図4-17に示す名板をつけること。

⑪ ライナープレート集水井の設計

(i) 許容応力度

○ライナープレート

JIS G 3101 SS330 許容曲げ応力度 : $\sigma_{LA} = 120\text{N/mm}^2$

○補強部材 (H形鋼)

JIS G 3101 SS400 許容曲げ応力度 : $\sigma_{Ha} = \sigma_{Sa} = 140\text{N/mm}^2$

許容圧縮応力度 :

$$\lambda \leq 18 \quad \sigma_{HN_a} = \sigma_{Sb} = 140\text{N/mm}^2$$

$$18 < \lambda \leq 92 \quad \sigma_{HN_a} = \sigma_{Sb} = 140 - 1.23(\lambda - 18)\text{N/mm}^2$$

$$92 < \lambda \quad \sigma_{HN_a} = \sigma_{Sb} = 1200000 / (6700 + \lambda^2)\text{N/mm}^2$$

ここに

$$\lambda : \text{細長比} \quad \lambda = \ell_k / i_H$$

$$\ell_k : \text{座屈長} \quad (\text{mm})$$

$$i_H : \text{補強部材の断面二次半径} \quad (\text{mm})$$

添字H、Sはそれぞれ補強リング、支保部材を示す

また、ライナープレート及び補強部材の弾性係数は以下の値を用いる。

$$\text{弾性係数} : E = 200\text{kN/mm}^2$$

(ii) 許容座屈荷重

$$q_A = 3EI / fR^3 > P_{tmax} \quad \dots\dots (4.3)$$

これは、鋼板の波形の影響を考えポアソン比を0とした場合の外圧を受ける薄肉円筒の単位長さあたりの座屈の式である。

$$q_A : \text{井筒外周面の許容外圧} \quad (\text{tf/m}^2 \{ \text{kN/m}^2 \})$$

$$R : \text{集水井半径} \quad (\text{m})$$

$$E : \text{ヤング率} \quad (2.1 \times 10^7 \text{tf/m}^2 \{ \text{kN/m}^2 \})$$

$$I : \text{ライナープレート、コルゲート深さ1mあたりの断面二次モーメント} \quad (\text{m}^4/\text{m})$$

ただし、集水孔、ボルト孔等を考慮して有効断面二次モーメントは $0.8 I_0$ (I_0 : 集水孔、

ボルト孔がない場合の断面二次モーメント) とする。

f : 安全率 (1.5~2.0)

P_{tmax} : 最大土圧強度 (tf/m² {kN/m²})

補強リングを用いた場合の許容座屈荷重は、以下の式となる。

$$q_A = \frac{3E \left(I_l \frac{I_H}{l_H} \right)}{f \cdot R^3} > P_{tmax} \quad \dots\dots (4.4)$$

ここに、

I : ライナープレートの断面2次モーメント (m⁴/m)

I_H : 補強リングの断面2次モーメント (m⁴)

l_H : 補強リングの間隔 (m)

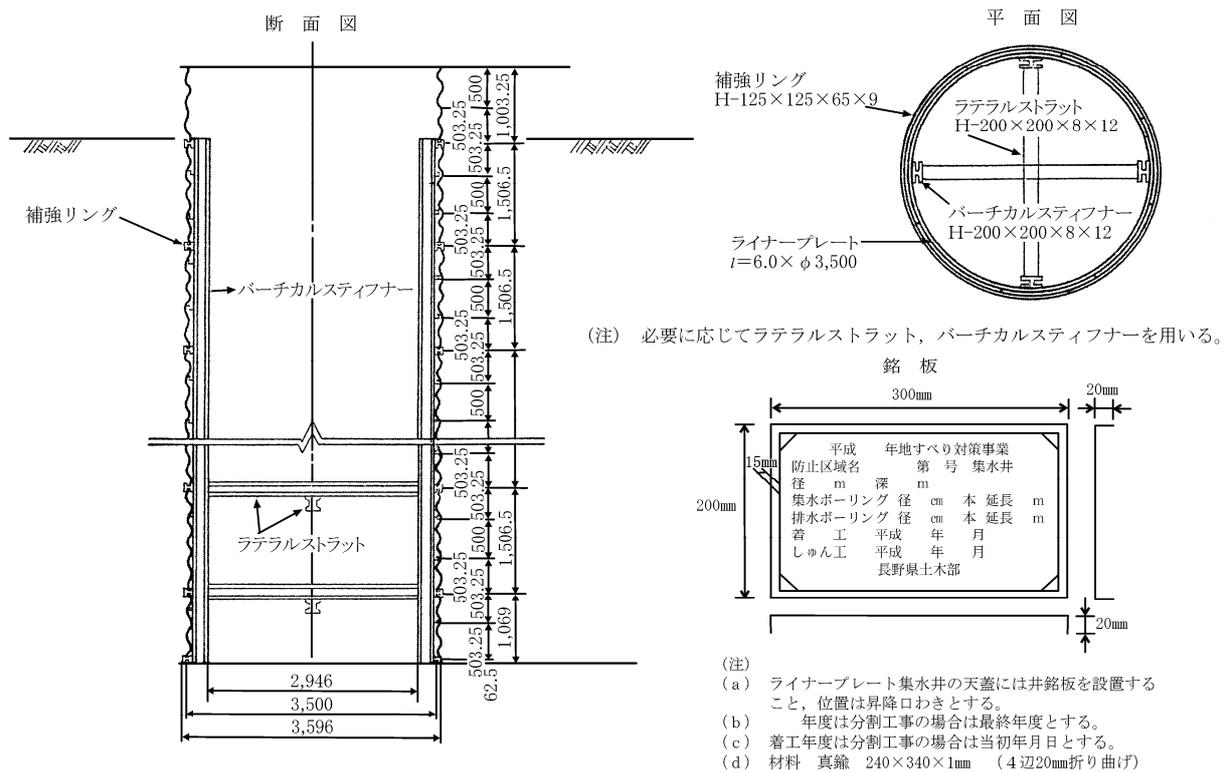


図4-17 ライナープレートによる集水井の例 (単位: mm)

(iii) 集水井施工上の安定性を保つ必要が生じる場合や、運動中の地すべりにおいて、地すべり土塊の緩みが著しく、予想外の偏土圧が発生する可能性が高いものと判断される場合は、ラテラルストラットで補強することを考慮する。少なくとも、このような場所では集水井の変形時のラテラルストラットを設置できるように、パーティカルスティフナーだけでも設置しておくことが望ましい。

⑫ 鉄筋コンクリート集水井の設計

(i) 許容応力度は次のとおりとする。

区 分	材 質	引張応力度 (N/mm ²)	圧縮応力度 (N/mm ²)
鉄 筋	SR235	140	—
鉄 筋	SD295	180	—
コンクリート	$\sigma_{ck}=42 \text{ N/mm}^2$	—	16

(ii) 許容座屈荷重

ライナープレート集水井の計算にて行う。

(iii) 基盤の支持力度

集水井の基盤の許容支持力度は、その地盤の極限支持力を安全率 (n=3) で除した値以上とする。

$$q_d = (1/n) (q_a - \gamma_2 D_t) + \gamma_2 D_t$$

$$q_a = \alpha C N_c N_\gamma + (1/2) (\beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_t N_q)$$

において $q_a \geq q_d$

q_a : 底面地盤の許容支持力度 (tf/m² {kN/m²})

D_t : 地表面から集水井までの深さ (m)

γ_1, γ_2 : 底面より下 (γ_1) か上 (γ_2) の地盤の単位体積重量
で、地下水位以下では水中単位体積重量とする。
(tf/m² {kN/m²})

N_c, N_q, N_γ : 支持力係数で図4-18から求める。

q_d : 底面地盤の極限支持力度 (tf/m² {kN/m²})

α, β : 底面の形状係数、円形集水井で $\alpha=1.3, \beta=0.6$

B : 集水井の直径 (m)

C : 底面地盤の粘着力 (tf/m² {kN/m²})

ϕ : 底面地盤の内部摩擦角 (度)

n : 安全率

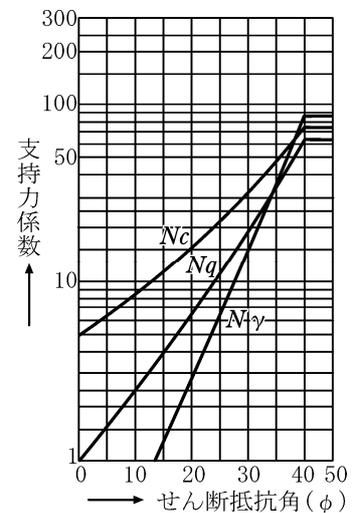


図4-18 支持力係数の値

2) 排水ボーリング

排水ボーリングは、集水した地下水を集水井から有効に排水できるように設計する。

(本設計の留意事項)

- ① 集水井の恒常的な排水は、自然排水方式を原則とする。
- ② 排水ボーリングの1本当りの延長は、最大100m程度までとする。保孔管は鋼管とし、内径は80

～100mmを標準とする。

- ③ 排水ボーリングが100mを超える場合は、中継井戸の配置を検討する。
- ④ φ300mm以上の口径で掘削する大口径排水ボーリングは、延長100m以上の長尺ボーリングに対しても実績はある。しかし、その場合でも経済性をよく考慮して検討する。
- ⑤ 排水量がより多い場合には、適宜口径を大きくするか、複数の排水ボーリングを検討する。

3) 集水ボーリング

集水井に設ける集水ボーリングは、地質、地下水位等を十分考慮し、有効に集水できるように位置、方向及び本数などを定める。

(本設計の留意事項)

- ① 調査結果により帯水層ごとに1段ないし数段放射状に設計する。浅層地下水排除も同時に設計する。
- ② 集水ボーリング1本当たりの長さは、50mを標準とする。なお、地形条件や周辺状況を十分考慮して延長を計画する。
- ③ 削孔径、先端間隔、保孔管などは1. 2. 3 (1) の横ボーリング工に準ずる。
- ④ 径300mm以上の口径で掘削する大口径集水ボーリングは、経済性と集水効果をよく考慮して検討する。
- ⑤ 施工にあたっては、地表からの横ボーリング工と同様の配慮が必要である。

4) 維持管理施設

集水井の維持管理のため、内部には昇降階段または椅子を、頂部には鉄網及び鉄筋コンクリート板蓋を、周囲にはフェンスを設置する。

(本設計の留意事項)

- ① 踊場は深さ5.0m程度に1箇所設けることを標準とする。
- ② タラップはラセン状タラップとし、蓋板より1.0m程度突出させ、底張コンクリートより0.5m程度離す。
- ③ 蓋及びフェンスの出入り口は必ず施錠する。

(4) 排水トンネル工

排水トンネル工は、原則として安定した地盤に設置し、地すべり地域内の水を効果的に排水できるよう設計する。

解 説

排水トンネル工は、地すべり変位土塊の規模が大きい場合、移動土塊層が厚い場合、及び運動速度が大きい場合などに用いられる。

原則として基盤内（地すべり不動岩盤）に設置し、トンネルからの集水ボーリングや集水井との連結などによって、すべり面に影響を及ぼす地下水を効果的に排水することも目的としている。

（本設計の留意事項）

- ① あらかじめ地質構造の検討と地下水脈等の調査を十分に実施してトンネル工の位置を決定する。
また、すべり面とトンネル天端はトンネル断面幅の2倍以上離す（2～5D）。
- ② トンネルの縦断勾配は15/1000以下を標準とする。
- ③ トンネルの坑口の位置はできるだけ地盤の堅固な箇所に設ける。
- ④ トンネルの奥行きが長大となる時には、非常時に脱出するための坑口を設けておく必要がある。
- ⑤ トンネルの断面は一般に径2.75m程度、集水ボーリング室の拡幅断面は3.5m程度とする。特に最近の事例では施工機械の進歩により、その断面形状は地質状況を勘案して円形、半円形、馬蹄形等とする。
- ⑥ 覆工材料には、余堀が少なくすみ、補強材が簡単に組み込めるライナープレートやNATM工法を用いた吹付ロックボルト工を使用することがある。
- ⑦ トンネル内には、必要に応じて集水ボーリング工の施工を容易にするため拡幅断面としてボーリング室を設ける。
- ⑧ 集水ボーリングは径90mmを標準とし、ボーリング完了後は図4-15に示す40A～90Aのストレーナー加工した保孔管を挿入する。
- ⑨ トンネルのインバート部分には排出される流量に応じて水路工を設ける。
- ⑩ トンネルに作用する土圧の大きさは、地質、トンネル断面の大きさ、施工法、覆工の種類、施工時期及び地山の性状等を考慮して定める。参考値は表4-2に示すとおりである。

表4-2 支保工に作用するTerzaghiの土荷重

岩盤の状態	土荷重の高さ (m)	摘 要
①堅固で侵されていないもの	0	はだ落ちや山はねのある場合は軽易な支保工を要する。
②堅固で層状または片岩状のもの	0～0.5B	軽易な支保工を用いる。荷重は場所ごとに不規則に変化する。
③大塊状で普通程度の節理のあるもの	0～0.25B	
④普通程度に塊状で割目のあるもの	$0.25B \sim 0.35(B + H_t)$	側圧はない。
⑤はなはだしく小塊で割目の多いもの	$(0.35 \sim 1.10)(B + H_t)$	側圧は小さい、またはない。
⑥完全に破砕されているが、化学的には侵されていないもの	$1.10(B + H_t)$	相当の側圧、漏水によりトンネル下部が軟弱となるときは、支保工下部に通し土台をするか、円形支保工とする必要がある。

1) この表は、土被り $1.5(B + H_t)$ 以上の場合の鋼アーチ支保工天端に作用する土荷重の高さを示す。

B：トンネル掘削断面の幅（m）

H_t：トンネル掘削断面の高さ（m）

2) この表は、トンネル天端が地下水位以下にあるものとする。ただし、永久的に地下水位以上にある場合は、④～⑥の各号の値は50%減してよい。

⑪ トンネルの維持管理

- ・トンネル内部への部外者の立入りをなくすため、トンネルの入口には鋼製等の扉を設け、通常はこれを施錠しておく。
- ・長大なトンネルとなる場合には、換気設備を設置する。
- ・排水量の増減を計測し、集水施設の洗浄等の時期を把握できるように適宜計量柵を設置する。
- ・坑内照明を設置し点検時に使用できるようにする。

1. 3 排土工及び押え盛土工

1. 3. 1 排土工

排土工は、原則として地すべり頭部の排土により斜面の安定を図るよう設計する。

解 説

本工法は、地すべり土塊頭部の荷重を減じて滑動力を減少させることを目的としている。

(本設計の留意事項)

- ① 排土量や排土すべき位置は、地すべりの安定計算を行って、所定の計画安全率を満足するように決定する。
- ② 排土を行う場合は、排土予定地の上方斜面に潜在性地すべりが存在していて、排土により上方斜面の地すべりを誘発、拡大する恐れがないか十分調査する。
- ③ 切土法面は地質条件を調査検討して勾配及び直高を決定する。
また、標準的には次のとおりとする。

表 4 - 3 標準的な切土勾配一覧

土 質	勾配	直高	小段の幅
軟 岩	1:0.5~1:1.2以上	7.0m以内	1.0~2.0m
砂質土等	1:1.0~1:1.5以上	5.0m以内	1.0~2.0m

- ④ 排土後の法面は、降雨等により軟弱化、雨裂等の表面浸蝕を起しやすいため、適切に小段を設けて排水を行い法面の洗掘を防止する。法面には、植生工、ブロック張工、枠工等の適切な法面保護工を計画する。

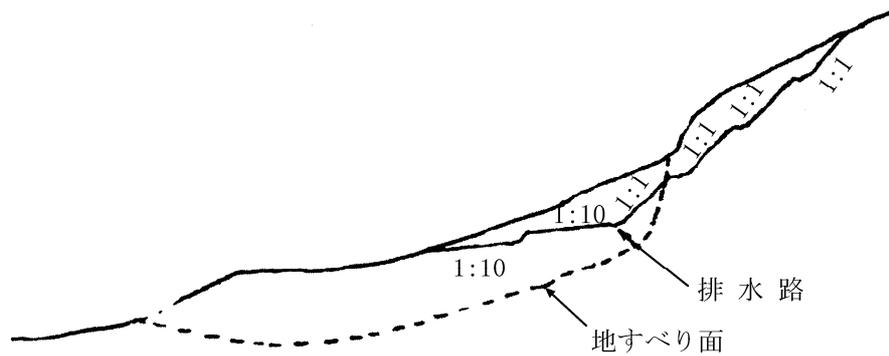


図4-19 排水工切土法面標準図

1. 3. 2 押え盛土工

押え盛土工は、原則として地すべり末端部の盛土により斜面の安定を図るよう設計する。

解 説

本工法は、地すべり土塊の末端部に盛土を行い、地すべり滑動力に抵抗する力を増加させることを目的としている。

(本設計の留意事項)

- ① 盛土量や盛土すべき位置は、地すべりの安定計算を行って、所定の計画安全率を満足するように決定する。
- ② 設置位置については、盛土による底部破壊の起こる可能性及び下方斜面に対する地すべりの誘発の可能性を十分調査して決定する。
- ③ 盛土法面の法勾配、直高及び小段の幅は盛土材料や盛土基礎地盤の特性により定めるが、一般には勾配1:1.5～1:2.0とし、直高5.0mごとに幅1.0～2.0mの小段を設ける。また、小段には排水路を設ける。
- ④ 法面保護工は剛な構造物は極力避け、植生工、可撓性のある蛇籠工、枠工等として通水性のあるものを使用する。また、法尻には原則として法止め擁壁を施工する。一般に布団籠、鉄筋コンクリート枠擁壁とする。
- ⑤ 盛土位置での地下水の透水層が浅部にある場合、または地すべり末端部で地下水が浸出しているような場合には、押さえ盛土やその荷重によって地下水の出口が塞がれたり、後背部の地下水位が上昇したりして斜面が不安定になる恐れがあるため、盛土底面に排水層を設けるなど地下水の処置には十分注意する必要がある。
- ⑥ 地すべり末端部では、一般に湧水や排水ボーリング等の施設があるので、盛土によりこれを遮断することのないよう、暗渠等を併設する。

1. 4 河川構造物

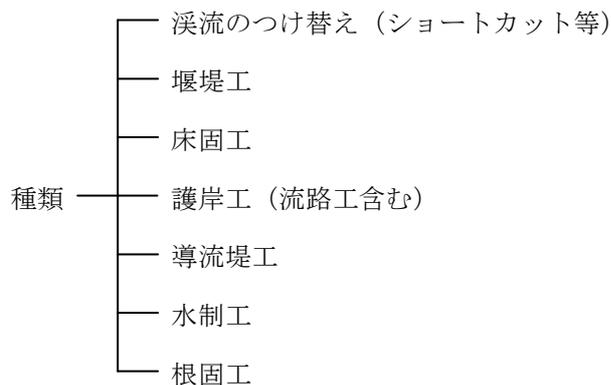
地すべり防止のための河川構造物は、次の各項により設計する。

1. 溪床の基礎及び溪岸の掘削が最小限となるように設計する。
2. 河川構造物の設置により地すべり地内の地下水位を上昇させることのないよう水抜き施設を設計する。
3. 活動中の地すべり地内に設ける場合は、柔軟な構造でしかも流水の破壊力に対して安定するように設計する。

解 説

溪流の河床低下又は溪岸の浸食により地すべりを誘発させている場合、河川構造物により溪岸・溪床の保護と地すべり末端部の安定を図ることを目的としている。

○河川構造物の種類



(本設計の留意事項)

- ① 堰堤工、床固工等の設置位置は、原則として地すべり地域直下流部で地すべりの影響のない安定な地盤に設ける。
- ② 地すべり地域内に一連の堰堤工又は床固工を設ける場合は、最下流部の堰堤工は地すべりの影響のない安定した地点に設置する。
- ③ 構造物の基礎根入れや溪岸の掘削は必要最低限とし、工事中の地すべりの誘発を防ぐ。
- ④ 構造物の設置により流水を貯留させないよう十分に排水孔や水抜暗渠を設ける。
- ⑤ 滑動中の地すべり地域内に設ける場合は、柔軟な構造とし、流水や土砂の衝撃で破壊しない構造とする。
- ⑥ 設計の詳細は砂防施設設計基準等により行う。

第2節 抑止工の設計

2. 1 杭工

2. 1. 1 杭工

杭工は、対象となる地すべり地域の地形及び地質等を考慮し、所定の計画安全率が得られるよう設計する。

解 説

地すべり対策に用いられる抑止杭の種類は、機能的な面から分類すると、図4-20に示すようにくさび杭、補強杭、せん断杭、抑え杭に分類することができる。

また、杭の種類を設計という観点より分類すると図4-21に示すように大きくせん断杭と曲げ杭に大別される。

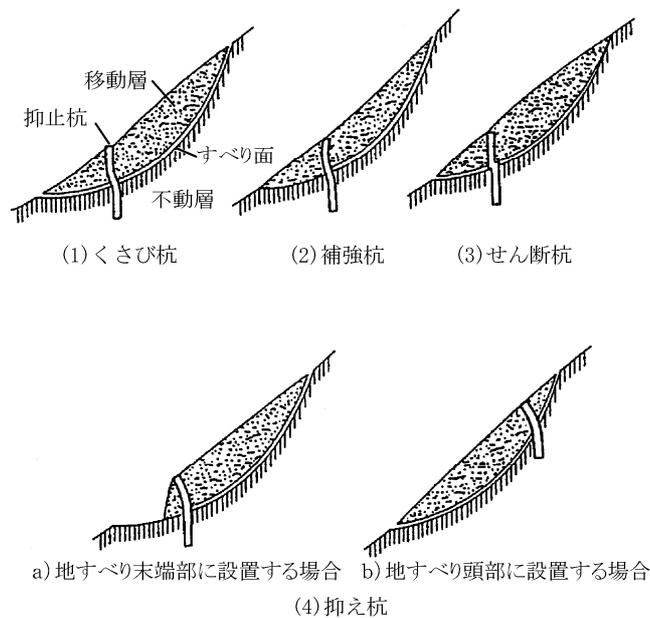


図4-20 機能的な面からみた杭の分類

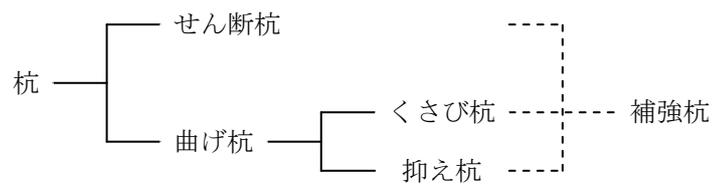


図4-21 設計からみた杭の分類

くさび杭……杭が移動層と一体となって変形し、すべり面の上下でたわむとき発生する抵抗力
によって地すべり力に抵抗するもの。

補強杭……くいを弾性床土上の梁と考え、地すべり推力の一部を根入れ地盤に伝達し、残りの
推力を下流側移動層の抵抗力に委ねるとするもの。

(“せん断杭”と同じせん断検定を行うようになっている。)

せん断杭……杭の効果としてすべり面のせん断抵抗力のみを増加させると考えるもの。

抑え杭……杭を片持ち梁として扱うもの。

(本設計の留意事項)

- ① 杭の施工は建込みにて行う。地すべりの応急対策工事として鋼管やH型鋼の打込杭を用いるこ
ともあるが、恒久対策工としては採用できない。
- ② 所定の計画安全率を得るために、単位幅あたりの杭に必要な抑止力 P_r (tf/m {kN/m}) は、
簡便法を用いた場合、次式により求めること。

$$P \cdot F_s = (\Sigma (N - U) \cdot \tan \phi + \Sigma c \cdot l + P_r) / \Sigma T$$

$$P_r = P \cdot F_s \cdot \Sigma T - \Sigma (N - U) \cdot \tan \phi - \Sigma c \cdot l \quad \dots\dots\dots (4. 5)$$

P_r : 単位幅あたりの杭の抑止力 (tf/m {kN/m})

$P \cdot F_s$: 計画安全率

N : $W \cdot \cos \theta$

T : $W \cdot \sin \theta$

W : 分割片の重量 (tf/m {kN/m})

U : 分割片に働く間隙水圧 (tf/m² {kN/m²})

l : 分割片のすべり面長 (m)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 (度)

c : すべり面の粘着力 (tf/m² {kN/m²})

θ : すべり面の分割片部における傾斜角 (度)

抑止工を併用する場合には、上式の右辺の U 、 N 、 T 、 l を抑制工法ごとの効果量に応じて変
化させ、杭工に必要な抑止力を求める。

- ③ 杭が負担すべき地すべり単位幅あたりの水平力は、杭の機能に応じて次の各式を使い分ける。

$$H_u = P_r \quad \dots\dots\dots (4. 6)$$

$$H_{su} = P_r \cdot \cos \theta = \{ (P \cdot F_s - F_o) \Sigma T \} \cos \theta \quad \dots\dots\dots (4. 7)$$

$$H_{mu} = \quad \dots\dots\dots (4. 8)$$

ここに、 P_r : 地すべり単位幅あたり必要抑止力 (tf/m {kN/m})

ΣT : 各スライスの重量 W のすべり面接線力の総和 (tf/m {kN/m})

θ : 杭打ち地点でのすべり面傾角 (°)

F_0 : 初期安全率

$P.F_s$: 計画安全率

これらの式は次のように使い分けている。

(4. 6) 式 : くさび杭

(4. 7) 式 : せん断杭、補強杭 (せん断検定 $H_u = H_{su}$)、抑え杭

(4. 8) 式 : 補強杭 (モーメント検定 $H_u = H_{mu}$)

- ④ 杭の設置位置は、原則として地すべり運動ブロックの中央部より下部の、すべり面の勾配が緩やかで、地すべり土塊の圧縮部で、しかもすべり層の厚さの比較的厚い、受動破壊の起こらない所とする。

防止工事の対象となる範囲が地すべり運動ブロックの上端部に限られている場合には、杭の設置位置をすべり面勾配の比較的急な引張部に計画することがある。

- ⑤ (圧縮部に設置する杭)

圧縮部に設置する杭の位置は、図4-22に示すように、地すべり運動ブロックの最末端部より、各分割片ごとの滑動力 T_i と抵抗 R_i とを比較して、 $\sum R_i > \sum T_i$ (圧縮部) と $\sum R_i < \sum T_i$ (引張部) の境界を求め、この境界よりも下方で十分に背面土圧の期待できる位置に選定することを原則とする。

$$\sum T_i = \sum W_i \sin \theta_i$$

$$\sum R_i = \sum ((W_i \cos \theta_i - U_i) \tan \phi + c l_i) \quad (4. 9)$$

W_i : 分割片の重量 (tf/m {kN/m})

θ_i : すべり面の分割片部における傾斜角 (度)

U_i : 分割片に働く間隙水圧 (tf/m {kN/m})

l_i : 分割片のすべり面延長 (m)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 (度)

c : すべり面の粘着力 (tf/m² {kN/m²})

- ⑥ 一般的には地すべり斜面の上部から下部まで伸縮計を連続的に設置し、各点の伸縮挙動の計測結果より、圧縮部か引張部かを判定する方法が最も正確である。

また、杭の下端位置の決め方として、地すべり末端部に杭を施工する場合には、杭の上部に受動破壊による新しいすべりが発生しないよう配慮すること (図4-23参照)。また、この場合に

は、次式を満足することが必要である。

$$P.Fs = \frac{\Sigma\{(Wab \cdot \cos \theta - Uab) \cdot \tan \phi + C \cdot lab\} + Pr}{\Sigma Wab \cdot \sin \theta} \quad (4.10)$$

(ただし、P.Fsは杭設置後の元のすべり面に対する安全率：計画安全率)

Wab：すべり面における分割片の重量 (tf/m {kN/m})

lab：すべり面における分割片のすべり面長 (m)

Uab：すべり面における分割片に働く間隙水圧 (tf/m² {kN/m²})

$$P.Fs' = \frac{\Sigma\{(Wax \cdot \cos \theta - Uax) \cdot \tan \phi + C \cdot lax\} + \Sigma\{(Wxy \cdot \cos \theta - Uxy) \cdot \tan \phi' + C' \cdot lxy\}}{\Sigma Wax \cdot \sin \theta + \Sigma Wxy \cdot \sin \theta} \quad (4.11)$$

(ただし、P.Fs'は杭設置後の想定すべり面AXYに対する安全率で、P.Fs' ≥ P.Fsとする。)

$$a = 45^\circ - \phi' / 2$$

φ'：土塊の内部摩擦角 (度) (= φ)

C'：土塊の粘着力 (tf/m² {kN/m²}) (= c)

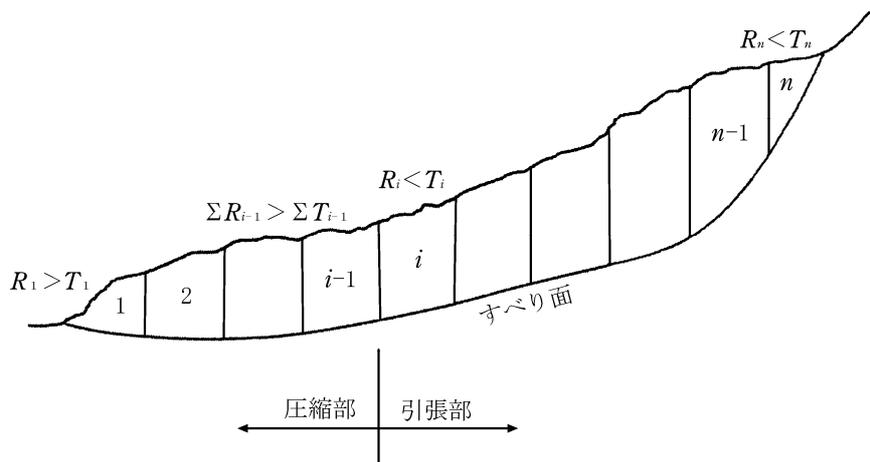


図 4-22 圧縮部に設置する杭の位置

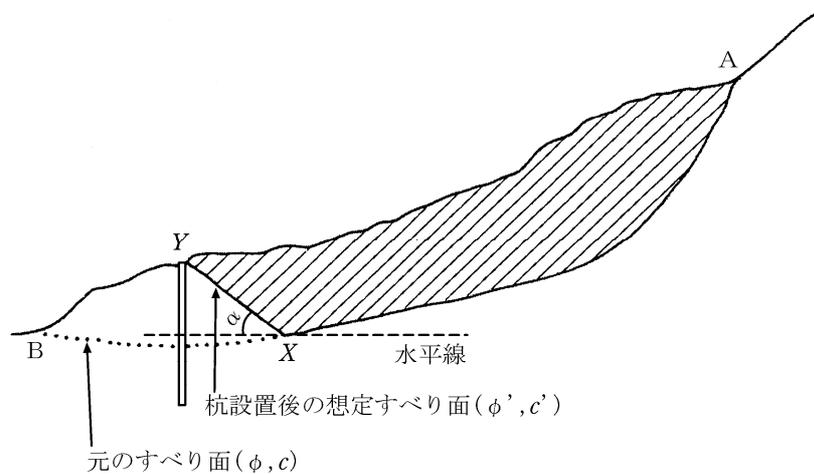


図 4-23 杭の上部の受動破壊

⑦ (引張部に設置する杭)

地すべり防止工事の保全対象となる構造物、または斜面が地すべり運動ブロック引張部のみに限られている場合には、杭の施工位置を保全対象物に近接した地点、かつ、地すべり運動ブロックの引張部に設置することがある。

この場合には、杭背面の地盤反力は期待できず、杭の上方からの地すべりの推力をすべて杭で受け持つ形となるので、これに対応できる片持ばり的に用いる杭（おさえ杭）の設計とする。

⑧ (杭に対する設計外力の考え方)

杭の設計にあたっては、原則として曲げ応力及びせん断力に対する検討を行う。杭背面（谷側）に十分大きな地盤反力が期待できる場合は、所定の計画安全率を得るのに必要なせん断強度のみを満足するせん断杭として設計することがある。ただし、すべり面が4~6mの比較的浅い地すべりでは、杭の傾倒による被災例が報告されているので設計しない方がよい。

2. 1. 2 杭の構造

杭の構造は、地すべりの規模及び周辺の状況に応じて選定する。また、外力に対し杭の全断面が有効に働くように設計する。

解 説

杭工に使用される杭材としては、鋼管杭、H形鋼杭、RC杭及びPC杭等がある。このうち、H形鋼杭は、応急対策工事に用いられることが多い。

鋼管杭を使用する場合には、外力に対し全断面が有効に働くよう中空部にコンクリートやプレキャストコンクリート（孔内の地下水位が高い場合）を充填するが、中詰め強度は設計上無視する。

すべり層に対して杭の有効長が著しく短い杭の場合には、地すべり土塊内に新たなせん断破壊面が生じるため、杭の抑止力が十分発揮できない場合があるので、杭の長さは原則として地表面までとする。また、すべり土塊と杭が一体となるように設計する。

2. 1. 3 杭の配列

杭の配列は、地すべりの運動方向に対して概ね直角で、等間隔になるよう設計する。

解 説

杭の間隔は、杭1本あたりの許容応力を所定の計画安全率を得るために必要な単位幅あたりの必要抑止力で除して求めるものとし、次の式を参考に行う。

1. 杭間隔の計算式（曲げモーメントを考慮する場合）

(1) 地すべり移動土塊の反力が期待できる場合

$$D = \sigma_{\max} Z_p / M_{\max}$$

$M_{1\max}$: すべり面の上部で発生する単位幅あたりの最大曲げモーメント (t・m/m {kN・m/m})

$M_{2\max}$: すべり面の下部で発生する単位幅あたりの最大曲げモーメント (t・m/m {kN・m/m})

M_{\max} : $M_{1\max}$ 、 $M_{2\max}$ のうち、大きいほうの値

Z_p : 杭の断面係数 (m³)

σ_{\max} : 杭材の許容曲げ応力度 (tf/m²)

(2) 地すべり移動土塊の反力が期待できない場合

$$D = \sigma_{\max} Z_p / M_{\max}$$

2. 杭間隔の計算式（曲げモーメントを考慮しない場合）

$$D = S_p / P_r, \quad S_p = A_p \times f_a$$

D : 杭の中心間隔距離 (m)

P_r : 所定の安全率を得るのに必要な単位幅あたりの杭の抑止力 (tf/m {kN/m})

S_p : 杭のせん断強度 (ただし、中詰コンクリートの強度は考慮しない) (tf {kN})

A_p : 杭材の断面積 (m²)

f_a : 杭材の許容せん断強度 (tf/m² {kN/m²})

(本設計の留意事項)

- ① 土塊の性状によっては、削孔による地盤の緩みや土塊の中抜けが生じる恐れがあるため、杭間隔は表4-4及び杭径の8倍以内を一応の目安とする。

表4-4 杭の間隔

移動層の厚さ (m)	杭の間隔 (m)
～10	2.0以上
10～20	3.0以上
20以上	4.0以上

- ② 孔壁間の距離が1m未満となる場合は、杭配列を千鳥配列とする。
- ③ 杭に使用する鋼材の強度は、抑制工を併用する場合には、原則として短期許容応力度を用いること。設計強度としては、表4-5の数値を参考とする。ただし、鋼材の板厚が40mm以上になる場合は「道路橋示方書 同解説 鋼橋編」を参考にして別途検討する。なお、鋼管杭に使用する部材はJIS A 5525、JIS G 3444、JIS G 5201、JIS G 3101を参照する。

表 4-5 杭の設計強度

区 分	短期許容応力度 kgf/cm ² {N/mm ² }		長期許容応力度 kgf/cm ² {N/mm ² }	
	せん断	曲げ	せん断	曲げ
SKK400及び同等品	1200 {120}	2100 {210}	800 {80}	1400 {140}
SM490及び同等品	1650 {160}	2850 {280}	1100 {105}	1900 {185}
SM570及び同等品	2250 {220}	3900 {380}	1500 {145}	2600 {255}

- ④ SM570材相当の強度を有する鋼材を使用する場合、「地すべり鋼管杭設計要領」等に従って、原則として現場溶接による継手は行わない。

2. 1. 4 基礎への根入れ

杭の基礎部への根入れ長さは、杭に加わる土圧による基礎部破壊を起こさないよう決定する。

解 説

1. 曲げ杭の根入れ長

根入れ長は、次式を参考に決定する。

$$hb > (1.0 \sim 1.5) \times \frac{\pi}{\beta} \quad (4. 1 2)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4EI}}$$

hb : 杭の根入れ長 (m)
 K : すべり面より下部基盤の横方向地盤係数
 d : 杭の外径 (m)
 E : 杭材の弾性係数 (tf/m² {kN/m²})
 I : 杭の断面二次モーメント (m⁴)

ただし、(4. 1 2)式における()内の定数で1.0を用いるのは、地盤の性状や状況が確実に把握できている場合とする。

2. せん断杭の根入れ長さ

せん断破壊に対する検討だけでよい杭の場合、基礎地盤の強度により根入れ長さは、原則として杭の全長の1/4~1/3とする。

基礎地盤のN値が50以下のときは杭の全長の1/3以上を根入れする。ただし、すべり面以下の地盤が特に柔らかい場合は、打設位置及び工法を含め、別途検討する。

3. 基礎部のグラウト

孔壁と杭との間の間詰めを行うことにより、杭と基礎地盤との一体化を図る必要がある。基礎部のグ

ラウトを行わないと、基礎部に地下水が回って風化を早め、軟弱化する恐れがある。

このため、杭を削孔して設置する場合、孔壁と杭の間にグラウトパイプを挿入し、モルタルグラウトを行って基礎部の亀裂の充填及び孔壁と杭間の間詰めとすること。

2. 2 シャフト工

シャフト工は、対象となる地すべり地域の地形及び地質等を考慮し、所定の計画安全率が得られるよう設計する。

解 説

シャフトの設計にあたっては、すべり面等の地下構造を十分調査し、できるだけ堅固な地盤に設置する。シャフト工が単位幅の地すべり土塊に対して負担すべき荷重は、杭の場合と同様に求める。

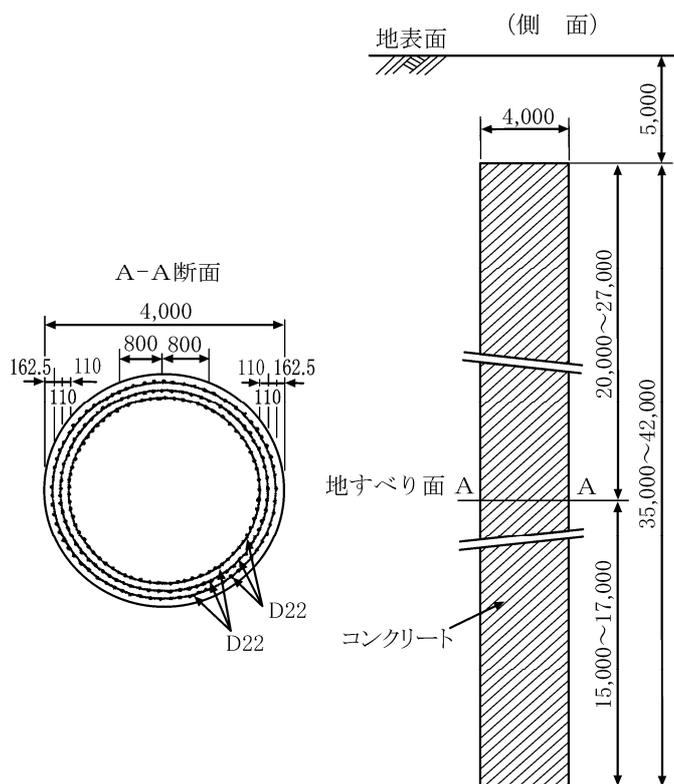


図 4-24 シャフト工の例 (単位 : mm)

(本設計の留意事項)

- ① シャフト工のような大口径構造物を杭として設計するか、ケーソンとして設計するかの判定は、一般に次式により行う。

$\beta l \leq 2$ の場合はケーソンとして設計する。
 $\beta l > 2$ の場合は杭として設計する。
 $2l < d$ の場合は直接基礎として設計する。

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4EI}} \quad (\text{m}^{-1}) \quad (4.13)$$

K : 根入れ部地盤の横方向地盤係数 (tf/m³ {kN/m³})
d : シャフトの前面幅 (外径) (m)
l : 地すべり面からのシャフトの根入れ長 (m)
E : シャフトの弾性係数 (tf/m² {kN/m²})
I : シャフトの断面二次モーメント (m⁴)

また、中詰めも十分考慮すること。

- ② シャフトの中詰めには一般に鉄筋コンクリートを用いる。また、シャフト工に集水井工としての機能を併せてもたす場合には、中空鉄筋コンクリート円筒とし、排水ボーリング及び集水ボーリングを施工後、中空部に栗石を充填し、シャフトの補強とすることがある。
- ③ 断面の決定、または応力度の計算では、鉄筋及びコンクリートの弾性係数をそれぞれ $E_s = 2.1 \times 10^7 \text{tf/m}^2$ { $2.1 \times 10^8 \text{kN/m}^2$ }、 $E_c = 1.4 \times 10^6 \text{tf/m}^2$ { $1.4 \times 10^7 \text{kN/m}^2$ } とする。

なお、コンクリートの弾性係数は、「コンクリート標準示方書」(土木学会)によることもできる。

2. 3 グラウンドアンカー工

2. 3. 1 グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工は、対象とする地すべり地域の地形及び地質等を考慮し、所定の計画安全率が得られるよう設計する。その引張力に対するアンカー自体の安定性を確保するとともに、定着地盤及び反力構造物を含めた構造物系全体の安定が保たれるよう設計する。

解 説

アンカーは基本的には、アンカー頭部(反力構造物を含む)、引張部及びアンカー体(アンカー全体及び定着地盤)の3つの構成要素により成り立っている。アンカー頭部に作用した荷重を引張部を介して定着地盤に伝達することにより、反力構造物と地山とを一体化させて安定させることを目的とする。

このため、十分な耐久性が必要とされ、かつ引張荷重に対して各部位の安定性が保たれなければならない。アンカー工の設置位置、定着地盤の位置、アンカーの配置、アンカー傾角及び反力構造物の規模及び構造等は、地すべり地の地形、地質及び移動状況を考慮し十分注意して決定する。

(本設計の留意事項)

(1) 必要アンカー力の算定

地すべり対策工として使用されるアンカーには、(i) ひき止め効果を利用するもの、(ii) 締付効果を利用するもの、の2つのタイプがあるが、原則的に (i) ひき止めアンカーとして設計する。ただし、すべり面深度が浅く、地すべり移動土塊がプレストレスをかけたとき、大きな圧縮変形をしない場合、及びすべり面の内部摩擦角が適確に把握されている場合は、締付け力を考慮することがある。

(i) ひき止め効果用必要アンカー力の算定

$$P \cdot F_s = \frac{\sum(W \cdot \cos \theta - u) \tan \phi + \sum c \cdot l + P \cdot \sin(\alpha - \theta)}{\sum W \cdot \sin \theta} \quad (4. 14)$$

(ii) 締付効果も考慮した必要アンカー力の算定

$$P \cdot F_s = \frac{\{\sum(W \cdot \cos \theta - u) + P \cdot \cos(\alpha - \theta)\} \tan \phi + P \cdot \sin(\alpha - \theta) + \sum c \cdot l}{\sum W \cdot \sin \theta} \quad (4. 15)$$

締付効果は、すべり面に対する垂直応力を増加させることによって、せん断抵抗力を増加させようとするものである。また、ひき止め効果は、地すべり土塊がすべり面に沿って滑動しようとした時に、アンカーのすべり面の接線方向の分力によって、地すべり土塊をひき止めようとするものであり、それぞれ、図4-25に示す力によって表される。

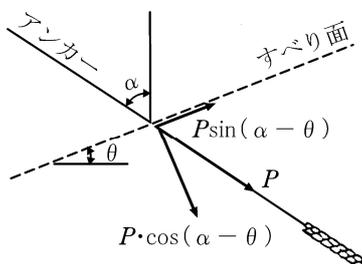


図4-25 アンカーの機能を示す図

次に、設計アンカー力 (T) (アンカー1本あたりが負担するアンカー力) の算定は次式により求める。

$$T = m \cdot P / n \quad (4. 16)$$

- | | |
|--|---|
| P · F _s : 計画安全率 | W : 分割片の重量 (t {kN}) |
| P : 必要アンカー力 (tf/m {kN/m}) | U : 分割片に働く間隙水圧 (tf/m ² {kN/m ² }) |
| m : 水平方向のアンカー設置間隔 (m) | l : 分割片のすべり面長 (m) |
| n : アンカー設置段数 | φ : すべり面の内部摩擦角 (度) |
| α : アンカー打設角 (度)
(垂直とのなす角) | |
| θ : アンカー打設位置におけるすべり面の傾斜角 (度)
(水平とのなす角) | |
| T _m : 設計アンカー力 (t/本 {kN/本})
(アンカー1本あたりが負担するアンカー力) | |

(2) アンカー体長

アンカーの許容引抜力が設計アンカー力を上回るために必要となる、地盤とグラウト間の付着長及びテンドンとグラウト間の付着長について比較を行い、それらのうち長いほうをアンカー体長とする。

① 地盤とグラウトとの間の必要付着長 (1 a)

$$l_a = \frac{f_s \cdot T}{\pi d_A \cdot \tau} \quad (4.16)$$

l a : 地盤とグラウトとの間の必要付着長 (m)

f s : 安全率

T : 設計アンカー力 (tf/本 {kN/本})

d A : アンカー体径 (mm)

τ : 単位面積あたりの周面摩擦抵抗 (kg · f/m² {N/m²})

安全率 (f s) は一般に2.5とする。

また、周面摩擦抵抗の値は試験を行って決定するのを原則とするが、それによりがたい場合には表4-6による。

表4-6 アンカーの周面摩擦抵抗

地盤の種類		摩擦抵抗 (N/mm ² (kgf/cm ²))	
岩盤	硬岩	1.5 ~ 2.5	{15~25}
	軟岩	1.0 ~ 1.5	{10~15}
	風化岩	0.6 ~ 1.0	{6~10}
	土丹	0.6 ~ 1.2	{6~12}
砂礫	N値	10	0.10~0.20 {1.0~2.0}
		20	0.17~0.25 {1.7~2.5}
		30	0.25~0.35 {2.5~3.5}
		40	0.35~0.45 {3.5~4.5}
		50	0.45~0.70 {4.5~7.0}
砂	N値	10	0.10~0.14 {1.0~1.4}
		20	0.18~0.22 {1.8~2.2}
		30	0.23~0.27 {2.3~2.7}
		40	0.29~0.35 {2.9~3.5}
		50	0.30~0.40 {3.0~4.0}
粘性土		1.0c	(cは粘着力)

アンカー体径は一般的に削孔径に等しい。アンカー体部の地盤が孔壁崩壊し易い場合や亀裂が多くて著しくグラウトが漏れる場合には、アンカー体とグラウト注入パイプを同時に挿入し、ケーシングを抜管しながらグラウトを注入する必要があるため、削孔径を決める際には、グラウト注入パイプの有無をよく考慮する必要がある。

② テンドンとグラウトとの間の必要付着長〔テンドン拘束長〕

$$l_{sa} = \frac{T}{\pi d_s \cdot \tau_b} \quad (4.17)$$

l_{sa} : テンドンとグラウトとの間の必要付着長 (m)

T : 設計アンカー力 (tf/本 {kN/本})

d_s : テンダンの直径 (mm)

τ_b : テンドンとグラウトとの許容付着応力度 (kg・f/cm² {N/cm²})

テンドンとグラウトとの許容付着応力度は表4-7による。

表4-7 許容付着応力度

(N/mm² (kgf/cm²))

グラウトの設計基準強度		15 {150}	18 {180}	24 {240}	30 {300}	40以上 {400以上}
テンダンの種類	PC鋼線	-	-	0.88	0.99	1.0 {10}
	PC鋼棒					
	PC鋼より線					
	多重PC鋼より線					
	異形PC鋼棒					

③ アンカー体長は、原則として3m以上10m以下とする。

(3) アンカー自由長

① アンカー自由長は、原則として4m以上とする。

② アンカー体をすべり面より深部の不動層で、できるだけ堅固な岩盤に設置できるように、アンカー自由長を設定する。

(4) アンカーの配置

アンカーは、反力構造物とその周辺地盤及び定着地盤の安定と近接構造物への影響を考慮して配置する。アンカーの定着位置及びアンカーの方向や間隔は、設計段階の初期に必ず予め想定しておく。

① 近接構造物への影響

アンカー打設位置の近傍に地中埋設物、トンネル及び杭等がある場合は、それらの構造物にアンカー工の影響が及ばないように十分考慮してアンカー傾角及びアンカー水平角を検討する。

② アンカー傾角

アンカー施工上の問題（残留スライム及びグラウト材のブリージング）から原則として水平面より -5° ～ $+5^{\circ}$ の範囲内は避ける。

③ アンカー設置間隔

アンカーの設置間隔は、設計アンカー力、アンカー体径及びアンカー体定着長等のアンカー諸元と定着地盤の性状からアンカーの相互作用を考慮して決定する。

④ アンカー体の土被り

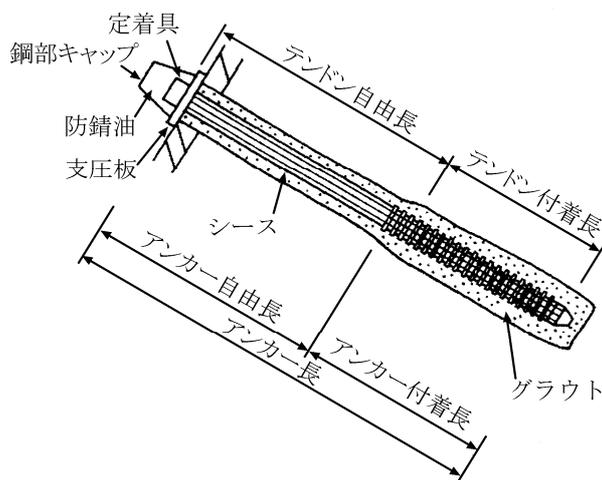
アンカー体の土被りは5 m以上を標準とする。

2. 3. 2 アンカーの防食

アンカーの構造は、原則としてその供用期間中に機能の低下しない確実な防食を行った永久アンカーとする。

解 説

アンカーの防食は、施工時及び施工完了後の腐食環境を十分考慮し、その構造の検討を行わなければならない。また、必要に応じてアンカーの供用期間にわたって最も不利となる腐食条件を設定し、必ず防食の対策を講ずること。永久アンカーの例を図4-26に示す。



※テンドン付着長→テンドン拘束長
アンカー体定着長→アンカー体長
と解説書によっては言い換える
場合がある。

図4-26 永久アンカーの例

(本設計の留意事項)

(1) アンカー体の防食

① 防食が必要な tendon は、アンカー体部シースなどに収め、その内部をグラウトや防食用材料で充填するか、あるいはその他の方法で確実な防食を行う。

(2) 引張り部の防食

- ① 防食が必要なテンドンは、アンカー自由長部シーブとその他の防食用材料との組み合わせにするか、あるいはその他の方法で確実な防食を行う。
- ② 引張り部とアンカー体、あるいは引張り部とアンカー頭部との境界部は、特に腐食の危険性が高いため、慎重に防食を行う。

(3) アンカー頭部の防食

- ① 定着具の防食は、頭部キャップを被せ、その内部に防食用材料を充填する。
- ② 頭部キャップは、防食用材料の漏れや有害物質の侵入がない構造とする。
- ③ 頭部キャップは、損傷に対して抵抗できるものとし、必要に応じて防食を行う。
- ④ 再緊張を考慮したアンカーのアンカー頭部と頭部キャップは、再緊張を妨げない防食を行う。

(4) その他

材料自体が腐食しない連続繊維補強材とか、鋼材の表面に確実な防食層を持つ材料は、腐食の恐れがなく、防食を必要としない材料とすることがある。

2. 3. 3 受圧板

受圧板は、アンカーの引張力に十分耐えるように設計する。

解 説

受圧板は、アンカー工を定着させるために斜面等に設置される反力構造物である。

受圧板には、のり枠や板、十字ブロック等があるが、斜面の状況、アンカーの諸元、施工性、経済性、維持管理及び景観等を十分考慮して選定し、受圧板の形式と斜面状況に応じた設計を行う。

(本設計の留意事項)

(1) 許容応力度

- ① 受圧板にのり枠を用いた場合のコンクリート及び鉄筋の許容応力度は、「のり枠工の設計・施工指針」（全国特定法面保護協会）に従う。
- ② のり枠以外の鉄筋コンクリート構造物を受圧板として用いた場合のコンクリート及び鉄筋の許容応力度は、「コンクリート標準示方書」（土木学会）に従う。

(2) 受圧板への作用力

- ① 受圧板への作用力は基本的に設計アンカー力（ T ）とその反力としての地盤反力とする。

(3) 断面力の算定

- ① 断面力の算定は、原則として梁モデルにて行うものとし、地盤反力を等分布荷重として扱うか、アンカー力を集中荷重として扱うかは、背面地盤の状況を十分考慮して決定する。
- ② 受圧板としてののり枠を用いた場合、原則としてアンカー力は、縦、横梁のどちらか一方に

のみ作用するものとして検討する。

ただし、凹凸の無い整形が可能な切土法面で、土質的に地盤反力が均等に作用するものと判断された場合には、アンカー力が両方向に作用するものとして検討する。

2. 4 鉄筋挿入工

本工法は、地山と補強材との相互作用によって局所的な斜面の安定性を高める工法であり、地すべり対策工法の補助工法である。

解 説

- (1) この工法は、鉄筋やロックボルトなどの比較的短い棒状補強材を地山に多数挿入することによって、自然斜面や法面を補強する工法である。地山に複数の削孔を行い、その中に注入材及び補強材を挿入し、地山を一体化させる方法をとる場合に用いられる（図4-27）。
- (2) この工法には頭部処理の方法や定着方法などに多くの型式が存在しているが、基本的な機能面からすれば本工法の構造は、補強材、注入材、頭部、のり面工に分かれる。
- (3) この工法は、地すべり防止工法ではないが、地すべりに伴う斜面崩壊や表層性のすべりを抑止するのり面保護工として補助的に用いられる。

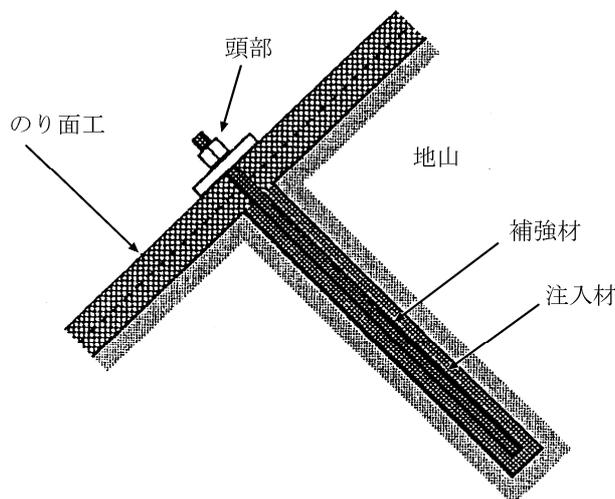


図4-27 鉄筋挿入工法基本構造図

(本設計の留意事項)

- ① 本工法の設計は、原則として「切土補強土工法設計・施工要領」（JH日本道路公団）に基づいて行う。
- ② 「切土工法設計・施工要領」（表4-8）には、過去の施工例から諸元を定めた経験的設計法が掲載されているが、これは以下の様な条件の時のみ用いる。

- (i) 崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに、深さ2 m程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合。
- (ii) 仮設的に短期間安定が保たればよい切土法面、もしくは自然斜面で、深さ2 m程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合。
- (iii) 表層斜面がスレーキングし易い場合、また表層斜面の節理面に対して岩盤を排土する場合の法面保護を行う場合。

表4-8 経験的設計法諸元

項目	諸元
削孔径	φ40mm以上
鉄筋径	D19~D25
鉄筋長	2~3 m*)
打設密度	約2 m ² 当り1本
角度	水平下向き10° ~のり面直角

*) 深さが1 mであると予想される場合には2 m、
深さが2 mであると予想される場合には3 mを
目安とする。

- ③ 本工法は地すべり対策工として積極的に採用されるものではない。むしろ地すべり対策工に併用される補助工法として行う。

例えば、杭工やアンカー工と併用する場合でも、直接計画安全率に寄与しない浅層の法面保護工や応急的な対策工として使用する。