

第三集-4

地滑り技術基準案編

目 次

1	特定開発行為における対策工事等に関する基本的留意事項	(三)-4- 1
2	対策工事等の計画	(三)-4- 5
	(1) 土砂災害の防止	(三)-4- 5
	(2) 対策工事の実施単位	(三)-4-11
	(3) 対策工事等の周辺への影響	(三)-4-13
3	対策工事計画の基本	(三)-4-15
	(1) 安定解析により設計外力を設定する対策工事	(三)-4-16
	(2) 移動土塊の堆積による力から設計外力を設定する対策工事	(三)-4-19
	(3) 単独では効果を数値化せず補助工法として用いる対策工事	(三)-4-24
4	対策工事の計画	(三)-4-25
	(1) 地滑り防止工の計画	(三)-4-25
	(2) 地滑り堆積施設の計画	(三)-4-31
5	対策工事の設計	(三)-4-32
	(1) 地滑り防止工の設計	(三)-4-32
	(2) 地滑り堆積施設の設計	(三)-4-54

1 特定開発行為における対策工事等に関する基本的留意事項

【令第7条】

(対策工事等の計画の技術的基準)

令第7条 法第12条の政令で定める技術的基準は、次のとおりとする。

- 一 対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物における土砂災害を防止するものであるとともに、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。
- 二 対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。
- 五 土砂災害の発生原因が地滑りである場合にあっては、対策工事の計画は、地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を特定予定建築物の敷地に到達させることのないよう、次のイからへまでに掲げる工事又は施設の設置の全部又は一部を当該イからへまでに定める基準に従い行うものであること。
 - イ 地滑り地塊の除去 地形、地質等の状況を考慮して、地滑りを助長し、又は誘発することのないように施行し、かつ、地滑り地塊の除去により形成されたのり面を安定するように施行すること。
 - ロ 水流の付替え 地形、地質、流水等の状況を考慮して、流水が速やかに流下するように施行すること。
 - ハ 排水施設 地滑りの原因となる地表水及び地下水を地滑り区域から速やかに排除することができる構造であること。
 - ニ 土留及びくい 地滑り力に対して安全な構造であること。
 - ホ ダム、床固、護岸、導流堤及び水制 地滑り地塊を安定させている土地を流水による浸食に対して保護する構造であること。
 - へ 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を堆積するための施設 土圧、水圧、自重及び地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の移動により当該施設に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造であること。
- 六 対策工事の計画及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画において定める高さが2メートルを超える擁壁については、建築基準法施行令(昭和25年政令第338号)第142条(同令第7章の8の準用に関する部分を除く。)に定めるところによるものであること。

【解 説】

法第12条に特定開発行為が許可される基準として、開発者が以下の2つの工事を政令第7条に従って計画することが規定されている。

- (イ) 地滑りによる土砂災害を防止する対策工事
- (ロ) 対策工事以外の特定開発行為に関する工事

図1-1に特定開発行為の申請から特別警戒区域の解除までのフローを示す。

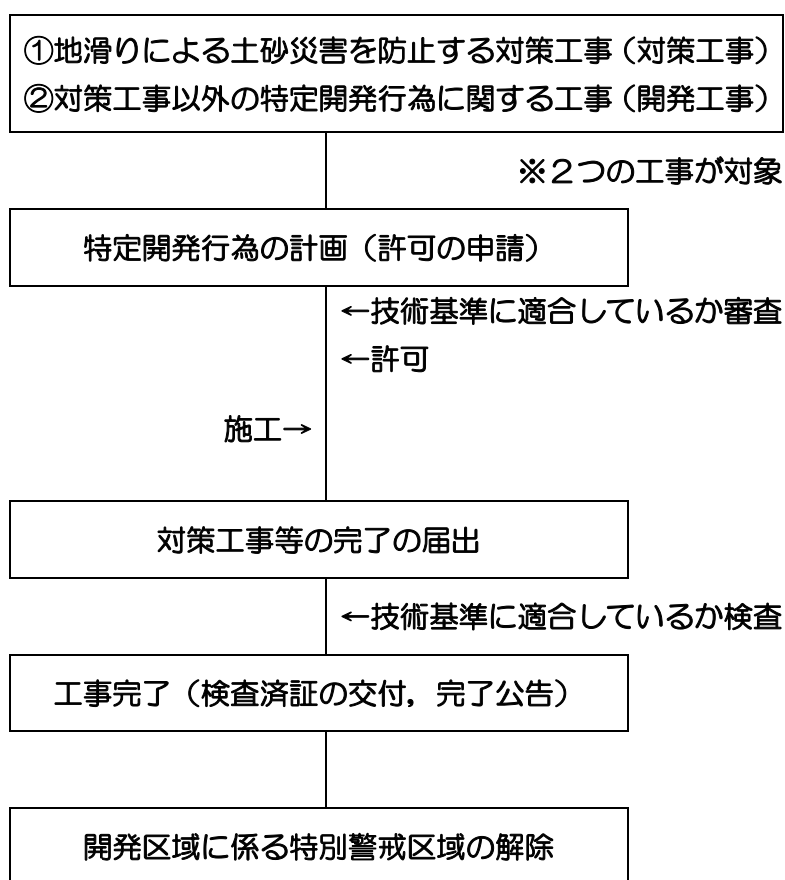


図1-1 特定開発行為の申請から特別警戒区域の解除までのフロー

政令第7条第5号に規定する土砂災害の発生原因が地滑りである場合の技術基準は、地すべり等防止法第12条による地すべり防止施設の築造等の基準を原則的に準用している。これは、地すべり等防止法第12条第1項の「地すべりの原因、機構及び規模に応じて、有効かつ適切なものとしなければならない。」との規定に基づき実施される地すべり防止工事と同等の技術的基準を満たすことが必要との判断からである。

ただし、土砂災害防止法では政令第7条第5号「へ」において、「地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を堆積するための施設に関する事項」を定めている。これは、土砂災害防止

法の主旨が「国民の生命及び身体の保護」を目的としているため、地滑りそのものの発生を防止する「地滑り防止工」に加えて、土石等が特定予定建築物の敷地に到達するまでに堆積させる^{※1}ための施設による対策工事が新たに盛り込まれたものである。

特定開発行為に対して都道府県により、これら2つの工事の計画・設計が政令第7条の技術的基準に適合しているかどうか審査された上で特定開発行為は許可される。許可されない場合これら2つの工事を着工することができない。着工後、工事が完了した際には、同様にその工事が政令第7条の技術的基準に適合しているかどうか検査される。検査に合格しない場合特定予定建築物を建築することができない。審査及び検査の際の主な着眼点は以下のとおりである。

(1) 対策工事全般に関して

ア 対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないよう計画されているか。複数の工事又は施設を組み合わせた場合も同様に、対策工事が全体として、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないように計画されているか。

イ 対策工事に係る開発区域及びその周辺の地域における土砂災害のおそれを大きくさせてないか。

(2) 対策工事以外の特定開発行為に関する工事全般に関して

ア 対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害のおそれを大きくさせてないか。

イ 対策工事の機能を妨げていないか。

1) 地滑り地塊の除去に関して

- ① 地滑り地塊の頭部の荷重を除去することにより地滑り地塊の地滑り力を低減させるものであるか。
- ② 地形、地質等の状況を考慮して、地滑りを助長し、又は誘発することのないものであるか。
- ③ 地滑り地塊の除去により形成されたのり面が安定するものとなっているか。

※1：土砂災害防止法の原文では「堆積する」となっているが、本マニュアルでは「堆積させる」と表記する。

2) 水流の付替えに関して

- ① 地形及び地質の状況を考慮して、地滑りしている区域内への流水の流入を低減させ、流水が速やかに流下するものであるか。
- ② 地形、地質、流水等の状況を考慮して、流水が速やかに流下するものであるか。

3) 排水施設に関して

- ① 排水施設は、地表水及び地下水の状況を変化させることによって、地滑りを停止又は緩和させるものとなっているか。
- ② 地下水位の上昇を防止する地表水排除工の機能や地滑り区域に流入する地下水及び地滑り地塊にある地下水を排除して地下水位を低下させる地下水排除工の機能を有するか。
- ③ 地滑りの原因となる地表水及び地下水を地滑り区域から速やかに排除することができる構造であるか。

4) 土留及びくいに関して

- ① 土留及びくい（アンカー工、擁壁工及び杭工）は、地滑り地塊を安定させるために最適の工種が採用されているか。
- ② 構造物の滑りに対する抵抗力により地滑り地塊は安定しているか。

5) ダム、床固、護岸、導流堤及び水制に関して

- ① 流水を地滑り地塊から離して、地滑り地塊の浸食防止及び河床の低下の防止を図る機能を有しているか。
- ② 地滑り地塊を安定させている土地を流水による浸食に対して保護する構造であるか。

6) 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を堆積させるための施設に関して

- ① 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を堆積させるための施設（以下、「地滑り堆積施設」と称する）は、土圧、水圧、自重及び地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の堆積^{※2}により当該施設に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造となっているか。
- ② 地滑り堆積施設は、土石等を堆積させるための十分な空間が確保できる構造となっているか。

※2：土砂災害防止法の原文では「土石等の移動により当該施設に作用する力」となっているが、告示式をもとに算定される力は、クーロンの受働土圧式に基づいているため、本マニュアルでは「土石等の堆積により当該施設に作用する力」とした。以下、同様の表記、または「移動土塊の堆積による力」という表記を用いる。

2 対策工事等の計画

(1) 土砂災害の防止

対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物における土砂災害を防止するものであること。

その対策工事は「地滑り地塊の除去」、「水流の付替え」、「排水施設」、「土留及びくい」、「ダム、床固、護岸、導流堤及び水制」、及び「地滑り堆積施設の設置」に区別され、これらのうちどれか、又は、これらを組み合わせた対策工事によって特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないようにするものとする。

【解 説】

ア 特定予定建築物における土砂災害の防止

特定予定建築物における土砂災害を防止することが対策工事の目的である。特定開発行為に関する工事では、対策工事以外の工事も対策工事に近接して施工されることが多く、特定予定建築物における土砂災害の防止に無関係とはいいきれない。そのため、特定予定建築物における土砂災害の防止に対しては、対策工事及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の両者をトータルで評価する必要がある。

対策工事以外の特定開発行為に関する工事が、特定予定建築物における土砂災害の防止に関連する例としては、対策工事以外の特定開発行為に関する工事によって対策工事の効果を損なってしまうというケースがあげられ、具体的には以下のものがあげられる。

- (ア) 地滑り地塊に荷重を加え、地滑り地塊の地滑り力を増大させるような工事。
- (イ) 地滑り地塊の末端部の荷重を除去することにより地滑り地塊の抵抗力を低減させるような工事。
- (ウ) 地滑りしている区域内に流水や地下水を流入させるような行為。
- (エ) 地滑りしている区域内に流水や地下水を停滞させるような行為。
- (オ) 地滑り防止工の周辺地塊を乱して、地滑りを助長し、又は誘発するような行為。
- (カ) その他、地滑り防止工の効果を低減させうるような行為。

なお、地すべり等防止法では、表 2-1 のような制限行為を設けており、土砂災害防止法の「地滑りしている区域内」においても同様の制限を加えるものとする。

表 2-1 地すべり防止区域の制限行為など

地すべり等防止法	地すべり等防止施行令
<p>(行為の制限) 第18条 地すべり防止区域内において、次の各号の一に該当する行為をしようとする者は、都道府県知事の許可を受けなければならない。 (1)地下水を誘致し、又は停滞させる行為で地下水を増加させるもの、地下水の排水施設の機能を阻害する行為その他地下水の排除を阻害する行為(政令で定める軽微な行為を除く。) (2)地下水を放流し、又は停滞させる行為その他地表水のしん透を助長する行為(政令で定める軽微な行為を除く。) (3)のり切又は切土で政令で定めるもの。 (4)ため池、用排水路その他の地すべり防止施設以外の施設又は工作物で政令で定めるもの(以下「他の施設等」という。)の新築又は改良。 (5)全各号に掲げるもののほか、地すべりの防止を阻害し、又は地すべりを助長し、若しくは誘発する行為で政令で定めるもの。</p> <p>2. 都道府県知事は、前項の許可の申請があった場合において、当該許可の申請に係る行為が地すべりの防止を著しく阻害し、又は地すべりを著しく助長するものであると認めるときは、これを許可してはならない。</p> <p>3. 都道府県知事は、第1項の許可に、地すべりを防止するため必要な条件を附することができる。</p>	<p>(政令で定める許可を要しない軽微な行為) 第4条 法第18条第1項第1号の政令で定める軽微な行為は、次の各号に掲げるものとする。 (1)地すべり防止区域外からの鉄管、コンクリート管、竹管その他のろう水のおそれの少ない管渠でその有効断面積が45平方センチメートル以下のものをもって地下水を引く行為。 (2)地下水をくみ上げる行為(一馬力をこえる動力を用いてくみ上げる行為を除く。) (3)水道管(有効断面積が45平方センチメートルをこえる水道管で地すべり防止区域外から地下水を引水するものを除く。) (4)ガス管その他これらに類する物件の埋設 (5)前各号に掲げるもののほか、地すべり防止区域の状況を勘案して都道府県知事が指定する軽微な行為</p> <p>2. 法第18条第1項第2号の政令で定める軽微な行為は、次の各号に掲げるものとする。 (1)水田(地割れその他の土地の状況により地表水の浸透しやすい水田を除く。)に地表水を放流し、又は停滞させる行為 (2)かんがい用に供するため土地(水田及び地割れその他の土地の状況により地表水の著しく浸透する土地を除く。)に地表水を放流する行為 (3)日常生活の用に供するため、又は日常生活の用に供した地表水を土地(地割れその他の土地の状況により地表水の著しく浸透する土地を除く。)に放流する行為 (4)海、河川その他の公共の水域又は用排水路に地表水を放流する行為 (5)ため池、池その他の貯水施設に地表水を放流し、又は貯留する行為 (6)前各号に掲げるものの他、地すべり防止区域の状況を勘案して都道府県知事が指定する軽微な行為</p> <p>(政令で定める制限行為) 第5条 法第18条第1項第3号の政令で定めるのり切又は切土は、のり切にあつてはのり長3メートル以上のものとし、切土にあつては直高2メートル以上のものとする。 2. 法第18条第1項第4号の政令で定める施設又は工作物は、次の各号に掲げるものとする。 (1)断面積が600平方センチメートルをこえる用排水路又は断面積が600平方センチメートル以下の用排水路で地割れその他の土地の状況により地表水の浸透しやすいもの (2)容量が6立方メートルをこえるため池、池その他の貯水施設又は容量が6立方メートル以下のため池、池その他の貯水施設で地割れその他の土地の状況により地表水の浸透しやすいもの (3)載荷重が1平方メートルにつき10トン(地形、地質その他の状況により都道府県知事が載荷重を指定した場合には、当該載荷重)以上の施設又は工作物</p> <p>3. 法第18条第1項第5号の政令で定める行為は、次の各号に掲げるものとする。 (1)地表から深さ2メートル以上の掘さく又は地すべり防止施設から5メートル(地すべり防止施設の構造又は地形、地質その他の状況により都道府県知事が距離を指定した場合には、当該距離)以内の地域における掘さく(地すべり防止施設から1メートルをこえる地域における地表から深さ50センチメートル未満の掘さくで当該掘さくした土地を直ちに埋め戻すものを除く。) (2)載荷重が1平方メートルにつき10トン(地形、地質その他の状況により都道府県知事が載荷重を指定した場合には、当該載荷重)以上の土石その他の物件の集積</p>

イ 対策工事の種類

対策工事は、「地滑り防止工」又は「地滑り堆積施設」によるものとする。

【解 説】

土砂災害防止法では「対策工事」として、「地滑り地塊の除去」、「水流の付替え」、「排水施設」、「土留及びくい」、「ダム、床固、護岸、導流堤及び水制」、及び「地滑り堆積施設の設置」が掲げられている。対策工事・工法の分類とその概要を表 2-1、表 2-2 に示す。

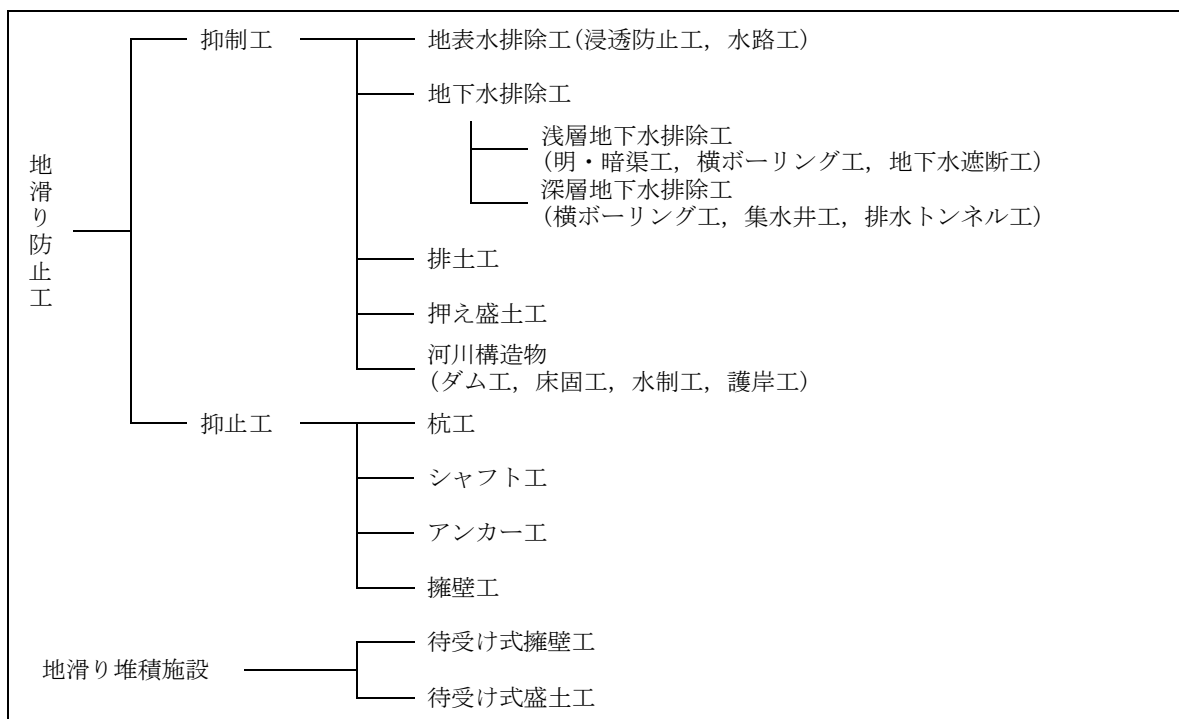
対策工事のうち「地滑り堆積施設」以外の対策工事を実施する際には、地すべり対策事業等と同様の「地滑り防止工」が施工される(図 2-1、図 2-2)。

「地滑り防止工」は抑制工と抑止工とに大別される。抑制工は地滑り地の地形、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、地滑り運動を停止または緩和させることを目的とする。抑止工は構造物を設けることによって、構造物の持つせん断強度等の抵抗力を利用して地滑り運動の一部または全部を停止させることを目的とする。

したがって、対策工事にあたっては、発生機構、規模等に応じて適切に抑制工および抑止工を組み合わせて計画するものとする。

「地滑り堆積施設」は、地滑りそのものの抑制・抑止には至らないものの、特定予定建築物の敷地に到達するまでに、生じた土石等の移動を停止・堆積させるよう計画するものである。一般的な地滑り防止工にはない工法であるが、地滑り規模が小規模な場合には、地滑りに伴う移動土塊を堆積させることが可能な場合もある。

表 2-1 対策工事の分類



急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成26年4月改訂版) P152, 153, 広島県を参考に作成

表 2-2 工法の分類とその概要

対策工事		工 法		概 要	方針	
地滑り防止工	地滑り地塊の除去	排土工（切土工）	抑制工	地滑り地塊の頭部排土により、起動域の荷重を除去し、地滑り地塊の地滑り力を低減させる工法。地滑り背後の斜面に新たに地滑り発生の可能性が少ない場合には、有効である。	A	
	水流の付替え	浸透防止工		き裂の発生箇所に対して粘土、セメントの充填、ビニール布の被覆等の対策を講じ、降水・地表水の浸透を防止する工法。	C	
		水路工		地滑り地域内の降水・地表水を速やかに地域外に排除するために、地域内に水路網を計画するもの。	C	
	排水施設	明・暗渠工		地表水および地下数mまでに分布する地下水を排除するとともに、降水による浸透水を速やかに排除するために計画する。暗渠工と地表排水路工とを組み合わせたものを明暗渠工という。	C	
		横ボーリング工		地表から横ボーリングを行い、地下水を排除し、すべり面に働く間隙水圧の低減や地滑り地塊の含水比を低下させることを目的とした工法。	A	
		地下水遮断工		地滑り地域外にしゃ水壁を設けて地滑り地域内に流入する地下水をしゃ断し、併せて地下水排除工によりこれを排水する工法。	A	
		集水井工		φ3.5m程度の井戸を掘削し、基盤付近で集中的に地下水を集水する工法。横ボーリング工では延長が長くなり過ぎる場合にも計画する。集水地下水が自然排水できるよう、排水ボーリングを設ける。	A	
	土留及びくい	排水トンネル工		地滑り厚が大きく、地下水が深部にあり、集水井工や横ボーリング工により難しい場合には排水トンネル工を計画する。	A	
		押え盛土工		地滑り末端部に盛土をすることにより滑動力に抵抗する力を増加させ、地滑りの安定化を図る工法。	A	
		杭工		杭を不動地盤まで挿入することによって、せん断抵抗力や曲げ抵抗力を付加し、地滑り地塊の滑動力に対し直接抵抗する工法。通常、鋼管杭が多く用いられる。	A	
		シャフト工		すべり推力が大きく、杭工では所定の計画安全率の確保が困難な場合で、基礎地盤が良好な場合に計画される。φ2.5~6.5mの縦坑を不動地盤まで掘り、これに鉄筋コンクリート構造の場所打ち杭を施工する工法。	A	
		アンカー工		グラウンドアンカー工は、基盤内に定着させた鋼材の引張強さを利用して、地滑り滑動に対抗しようとする工法で、引張効果あるいは締め付け効果が効果的に発揮される。	A	
	ダム、床固、護岸、導流堤及び水制	ダム工 床固工 護岸工 導流堤 水制工		擁壁工	井桁擁壁工などの擁壁工は、地滑り末端の小崩壊の防止や、押え盛土工の基礎工として計画する。一般に地滑り地では柔軟な構造で、排水良好なものが用いられる。	A
				抑制工	流水の侵食による河床低下、渓流侵食が地滑り地塊の安定を損なって地滑り発生の誘因となる場合に、河川の付替え、砂防ダム工、床固工、護岸工、水制工等により渓岸の保護と地滑り末端部の安定を図る工法。	C
地滑り堆積施設	待受け式擁壁 待受け式盛土	抑制工	地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等を待ち受け式の擁壁または盛土で堆積させる工法。地滑り規模が小さく、かつ地滑り区域と保全対象の間に土石等を堆積させるための十分な空間を確保できる場合には計画できる。	B		

A：地滑り安定解析により所定の安全率を確保するよう計画する。

B：移動土塊の堆積による力に耐えうるよう計画する。

C：単独では効果を数値化せず、補助工法として用いる。

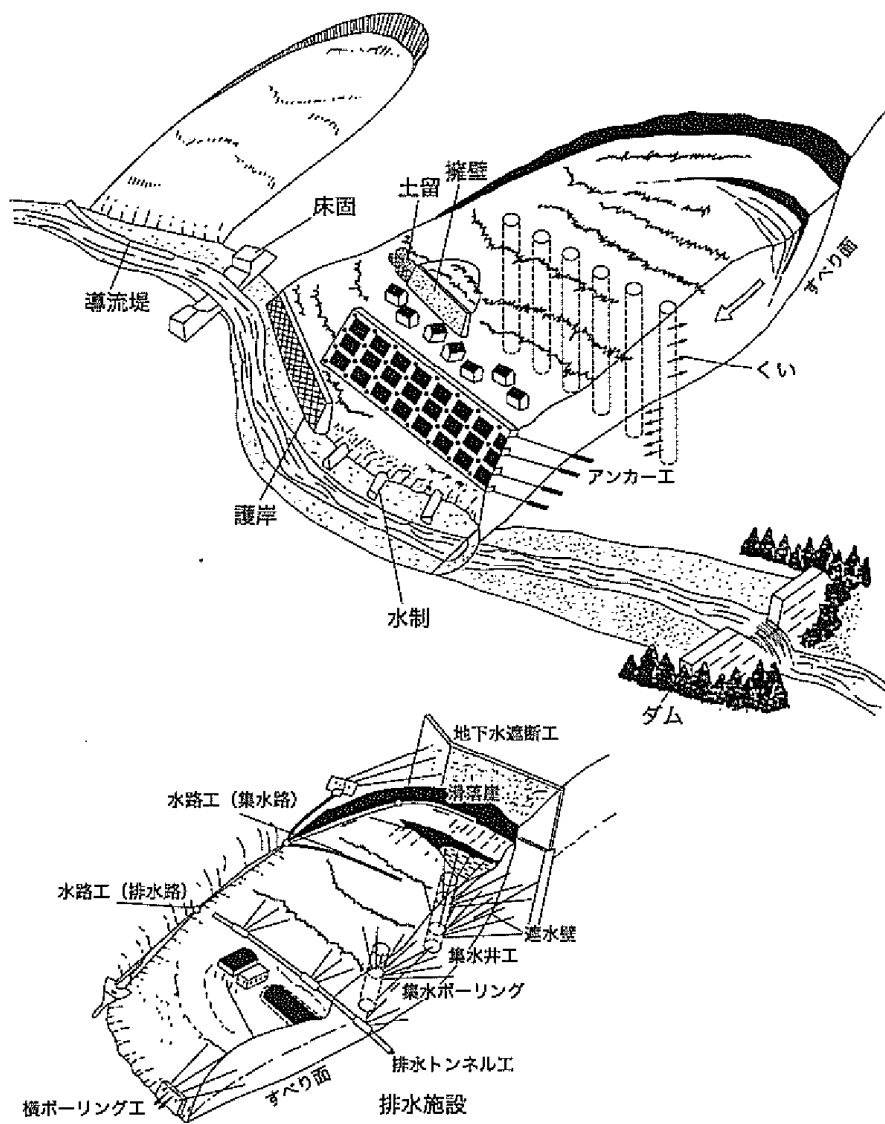


図 2-1 地滑り防止工による対策工事

出典：土砂災害防止法令の解説 (H28) P154, (社)全国治水砂防協会

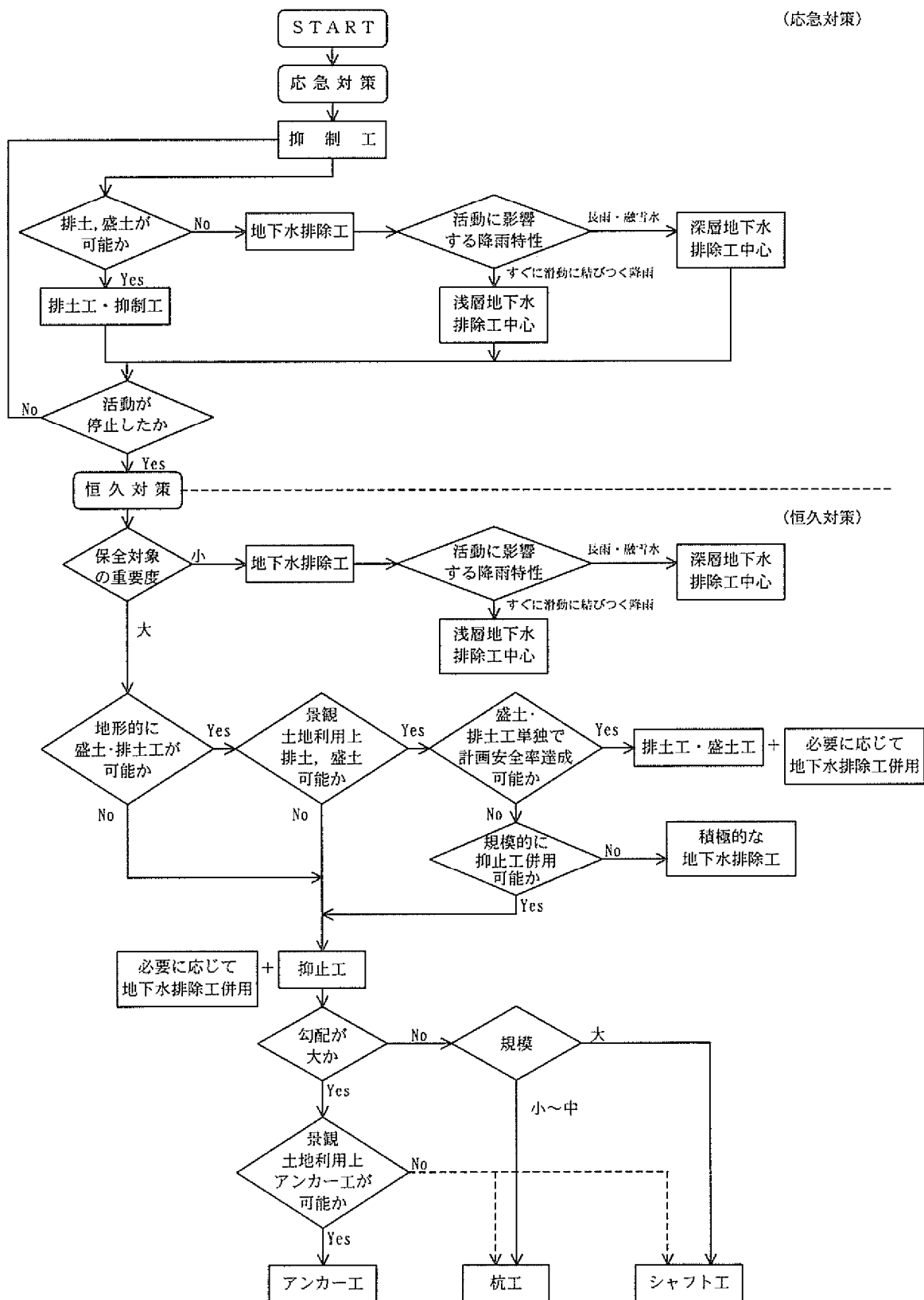


図 2-2 地滑り防止工の選定フロー

出典：急傾斜・地すべり・雪崩技術指針（平成 13 年度改訂版）P118，広島県

(2) 対策工事の実施単位

ア 地滑り防止工による対策工事の実施単位

地滑りは、一つの運動ブロックが一体で滑動する現象であり、地滑り地塊の一部のみに地滑り防止工を実施してもその活動を停止させることは困難であるため、地滑り防止工による対策工事の計画の実施は、「地滑りブロック」単位とする。

【解説】

地滑りは運動ブロックごとの地塊が「一体」で滑動するものであるため、地滑り防止工によりその活動を停止させるためには、活動地滑りブロックの全域に対策工を施す必要がある。

「地滑りブロック」の一部を対象に地滑り防止工を実施したとしても、全体の滑動に対しては、十分な対策効果が得られない。特に、地滑りブロックの一部分に抑止工による対策工事を実施した状態で地滑りが滑動すると、その構造物に集中した滑動力が加わり、構造物が破壊に至ることもある。したがって、地滑り防止工は1つの「地滑りブロック」を実施範囲の「単位」とするものとする。

なお、図 2-3 に示すように、特別警戒区域が設定された地滑りブロックを包括するような大きな地滑りブロックが存在するような場合においても、対策工事の実施は特別警戒区域の対象ブロックのみとする。

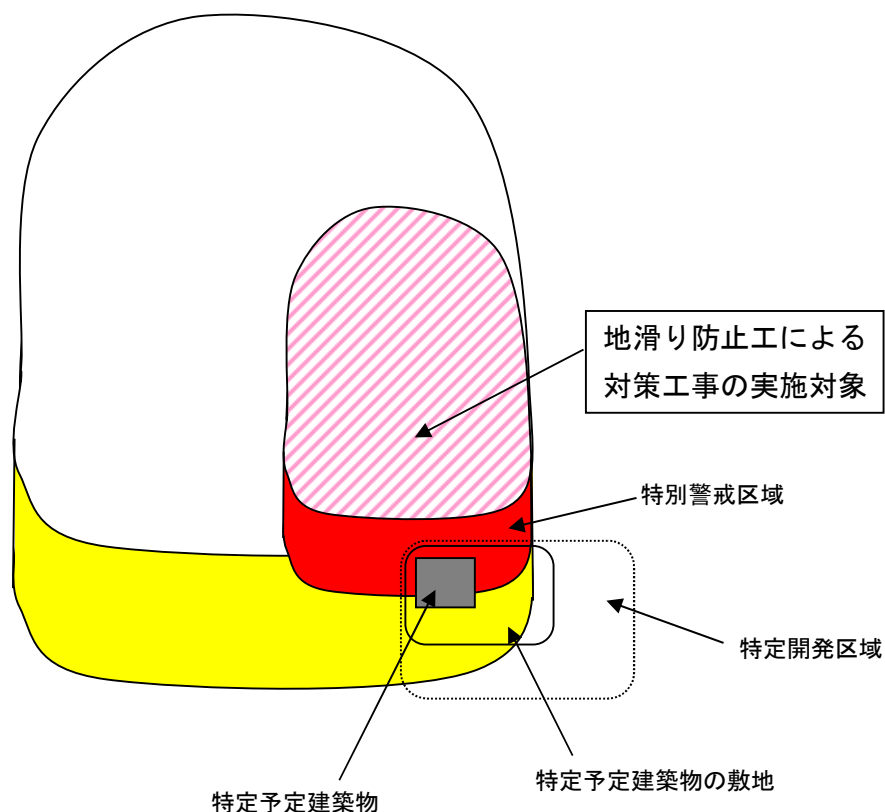


図 2-3 地滑り防止工による対策工事の実施単位

(3) 対策工事等の周辺への影響

対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。

対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。

【解説】

対策工事等によって、周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることがあってはならない。対策工事及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の両者のトータルで、周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることがないようにする必要がある。

当該開発区域及び周辺の地域における土砂災害のおそれを増大させる対策工事等の例は以下のものなどがある。

- (ア) 地滑り地塊頭部の排土工が、上部別ブロックの末端部の荷重を除去に該当し、地滑り地塊の抵抗力を低減させるような工事
- (イ) 地滑り地塊の末端部の擁壁や押え盛土工等の荷重が、下部別ブロックの頭部に荷重を加え、地滑り地塊の地滑り力を増大させるような工事
- (ウ) 地滑りしている区域内の排水工事の流末に別ブロックがあり、その区域内に流水や地下水を流入・停滞させるような工事
- (エ) 地滑り堆積施設の設置に伴い、別ブロックの頭部に荷重を加え、地滑り地塊の地滑り力を増大させるような工事
- (オ) 地滑り堆積施設の設置に伴い、別の開発区域に土石等が移動し、災害につながる恐れがある工事

なお、「地滑りによる土砂災害を防止するための対策工事」と「対策工事以外の特定開発行為に関する開発工事」が相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであることが重要であるため、開発工事による地形改変が地滑りの安定に与える影響を十分に考慮した上で、対策工事の計画を行う必要がある。

すなわち、図 2-5 の事例①のように開発行為が地滑り末端部に盛土することにより敷地を確保する工事であれば、その盛土による地滑りの抑制効果を見込むことができる。逆に、事例②、③のようにやむを得ず、開発工事の一部が地滑りに悪影響を及ぼす恐れがある場合には、適切な地滑り防止工（抑制工・抑止工）により地滑り対策を講じる必要がある。

ただし、事例③のように開発行為により地滑り地塊を不安定化させ、これを抑制工・抑止工により安定化させることなく、地滑り堆積施設の設置により移動土塊を停止させようとする対策工事は許可しない。

なお、施工にあたっては適切な工法や施工順序の選定により施工中の安全を確保する必要がある。

	<p>事例①：地滑り地塊の末端部の盛土による開発工事（許可）</p> <p>地滑り地塊の末端部に盛土をすることにより敷地を確保する開発工事であれば、その押え盛土効果による地滑りの安全率上昇を見込むことができる。</p>
	<p>事例②：地滑り地塊の末端部を切土し、地滑り防止工で対策を行う場合（許可）</p> <p>やむを得ず、開発工事により地滑り末端部の一部を切土する場合にあっては、適切な地滑り防止工（抑制工・抑止工）により地滑り対策を講じる必要がある。この場合、適切な工法や施工順序の選定により施工中の安全を確保する必要がある。</p>
	<p>事例③：地滑り地塊を不安定化させ、堆積施設のみによる対策工事を行おうとする場合（不許可）</p> <p>開発工事により地滑り地塊を不安定化させ、これに対し、「地滑り堆積施設」のみにより対策工事を行うことは許可しない。 （開発工事により不安定化させた地滑り地塊は、一連の工事ですべて「地滑り防止工」により安定化させる。）</p>

図 2-5 特定開発行為と対策工事との組み合わせ事例

3 対策工事計画の基本

対策工事の計画にあたっては、以下の方針に従うものとする。

- (ア) 「地滑り地塊の除去」, 「明・暗渠工を除く排水施設」, 「土留及びくい」については、地滑り安定解析により所定の安全率を確保するよう計画する。
- (イ) 「地滑り堆積施設の設置」については、移動土塊の堆積による力の大きさを求め、これに耐えうるよう計画する。
- (ウ) 「水流の付替え」, 「排水施設のうち明・暗渠工」, 「ダム」, 「床固」, 「護岸」, 「導流堤及び水制」については、その効果を数値で評価することは困難であるため、原則として補助工法として用いる。

【解説】

一般に地滑り防止工は、安定解析によりその諸元が決定される。安定解析では、地滑りの「抵抗力」と「滑動力」の比の値を「安全率(Fs)」といい、これが所定の値(計画安全率;pFs)を上回るように計画される。すなわち、「抵抗する力」が「滑ろうとする力」を上回るよう設計するもので、地滑りが「すべる」という現象を防止するための対策である。しかし、地滑り防止工の中でもその効果を定量的に評価することが困難なものもある。

一方、「地滑り堆積施設の設置」については、「すべる」という現象を防止するものではなく、「移動する」土塊を安全に堆積させるための対策工事である。したがって、対象とする外力は「移動土塊の堆積による力の大きさ」となる。

計画方針とそれに該当する対策工種は、以下のとおりである。

表 3-1 計画方針とそれに該当する対策工種

地滑り安定解析により所定の安全率を確保するよう計画する対策工事	地滑り地塊の除去(排土工) 排水施設(横ボーリング工, 地下水遮断工, 集水井工, 排水トンネル工) 土留及びくい(押え盛土工, 杭工, シャフト工, アンカー工, 擁壁工)
移動土塊の堆積による力に耐えうるよう計画する対策工事	地滑り堆積施設 (待受け式擁壁, 待受け式盛土)
単独では効果を数値化せず, 補助工法として用いる対策工事	水流の付替え(浸透防止工, 水路工) 排水施設(明・暗渠工) ダム, 床固, 護岸, 導流堤及び水制(ダム工, 床固工, 水制工, 護岸工)

イ 現況安全率 (Fs0)

現況安全率は、地滑りの滑動状況により $F_{s0}=0.95\sim0.98$ の間で設定する。

一般に、地滑りの「滑ろうとする力」と「抵抗する力」がちょうど同じときに、地滑りはつり合った状態にあり、このときの安全率が $F_s=1.00$ である。

本技術基準案が対象とする地滑りは、「特別警戒区域」が設定されている地滑りであるので、「滑動中」であることが前提であり、安全率 F_s が 1.00 に満たないものであると判断される。

「広島県基礎調査マニュアル(案)(地滑り編)」では、地滑りが滑動中であると判定する基準において「地表伸縮計やパイプ歪計等の簡易的な動態観測方法によって、表 3-2 の変動 A～C 相当の変動が確認されること」が挙げられている。

地滑りの現況安全率 F_{s0} を設定する際にもこの表を参考にし、地滑りの変動量が「変動 A～B」相当であれば初期安全率を $F_{s0}=0.95$ とし、「変動 C」相当であれば $F_{s0}=0.98$ とする。

表 3-2(1) 地滑り動態観測の一般的な変動種別 (地表伸縮計)

変動種別	日変位量 (mm)	累積変動量 (mm/月)	一定方向への累積傾向	変動形態 (引張り, 圧縮, 断続)	総合判定	
					変動判定	活動性ほか
変動 A	1 以上	10 以上	顕著	引張り	確定	活発に運動中, 表層・深層すべり
変動 B	0.1~1	2~10	やや顕著	引張り, 断続	準確定	緩慢に運動中, 粘質土・崩積土すべり
変動 C	0.02~0.1	0.5~2	ややあり	引張り, 圧縮	潜在	継続観測必要
変動 D	0.1 以上	なし	なし	規則性なし	異常	局所的な地盤変動・その他

表 3-2(2) 地滑り動態観測の一般的な変動種別 (パイプ歪計)

変動種別	累積変動値 (μ /月)	変動形態		地形・地質学的観点からのすべり面の存在の可能性	総合判定	
		累積方向	変動状態		すべり面種別	活動性ほか
変動 A	5,000 以上	顕著	累積変動	あり	確定	顕著に活動している岩盤・崩積土すべり
変動 B	1,000 以上	やや顕著	〃	〃	準確定	緩慢に活動しているクレープ型地すべり
変動 C	100 以上	ややあり	累積断続攪乱回帰	〃	潜在	すべり面存在有無を断定できないため, 継続観測必要
変動 D	1,000 以上 (短期間)	なし	断続攪乱回帰	なし	異常	すべり面なし. 地滑り以外の要因

ウ 計画安全率 (pFs)

計画安全率(pFs)は、対策工事によって斜面の安定度を高め斜面の保全を図るための目標値であり、決定にあたっては地滑りの現象と規模、保全対象の重要度、および想定される被害の程度等を考慮すべきである。一般に、地すべり対策事業においては保全対象の重要度に応じ計画安全率は $pFs=1.10\sim 1.20$ の間から選択されるが、土砂災害防止法における保全対象は「人命」であるため、 $pFs=1.20$ とする。

なお、ここでいう計画安全率は開発行為による地形変化等（開発行為に伴う切土や盛土）も考慮したもので、「地滑りによる土砂災害を防止するための対策工事」と「対策工事以外の特定開発行為に関する開発工事」が相まって、計画安全率を確保することが重要である。

エ すべり面強度定数 (c, φ)

安定計算に用いるすべり面強度定数 c 、 ϕ は、既存の信頼度の高い調査試料がある場合はこれを使用する。ない場合は原則的に地滑りの形態、土質を参考に現状の安全率を用いた逆算により設定することを原則とする。

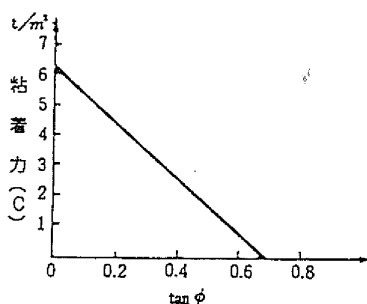


図3-2 c-tan φ 関係図

すべり面強度の決定方法は理想としてはすべり面付近の試料(いわゆる地滑り粘土)を地滑り頭部、中間、末端部の各地区から不攪乱の状態でも可能な限り(少なくとも 50 試料程度)採取し、それぞれについて力学試験を実施した後、それによって得られた c および ϕ の頻度分布曲線を作成し、このうち最多頻度をすべり層の平均強度とすることが望ましい。

しかしながら、実際問題として既存の調査試料が当該箇所のジャストポイントであることは極めて稀であり、しかも多数の試料採取は種々の点で困難である。したがって、原則的には粘着力 c を表 3-3 から定め、逆算法により ϕ を設定する。

なお、地滑り地塊の単位体積重量は一般地滑りでは 18kN/m^3 を用いる。巨石の多い地塊や間隙の大きい地塊、火山変質を受けた地塊では原位置で測定して決定することが望ましい。

表 3-3 垂直層厚と粘着力

地滑りの垂直層厚(m)	粘着力 c (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

(2) 移動土塊の堆積による力から設計外力を設定する対策工事

地滑り堆積施設については、移動土塊の堆積による力の大きさを求め、これに耐えるよう計画する。

【解説】

地滑り堆積施設については、「すべる」という現象を防止するものではなく、「移動する」土塊を堆積させるための対策工事である。したがって、対象とする外力は「移動土塊の堆積による力の大きさ」が対象とする

ア 土砂災害防止法における移動による力 (F₁)

土砂災害防止法では「地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の移動による力が建築物に作用した時から30分間が経過した時において、建築物に作用すると想定される力の大きさ」を設定するために、下記の告示式を用い算出する。地滑り地塊の滑りに伴って生じる土石等の移動による力 (F₁) は、次の式に従い計算する。

この式はあくまでも「30分間が経過した時」において作用する力の大きさを求めるものであり、「土石等を堆積するための施設」で土砂を堆積させるのに十分な力をあらかわすものではない。

【告示式】

$$F_1 = \gamma (L - X) \left[\frac{\cos \phi}{1 - \sqrt{2} \sin \phi} \right]^2 \tan \phi \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、
$$F_1 = 2\gamma \left[\frac{\cos \phi}{1 - \sqrt{2} \sin \phi} \right]^2 \tan \phi \quad \dots\dots\dots (2)$$

を越えないものとする。

上式における変数は以下に示すとおりである。

- F₁ : 移動による力が建築物に作用した時から30分間が経過した時の建築物に作用すると想定される力の大きさ (kN/m²)
- γ : 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の単位体積重量 (kN/m³)
- L : 地滑り区域下方の危害のおそれのある土地の長さ(ただし最大250m) (m)
- X : 地滑り区域下端から当該建築物までの地滑り方向における水平距離 (m)
- φ : 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の内部摩擦角(度)

イ 移動による力の最大値 (F_{max})

土砂災害防止法における告示式はあくまでも「30分間が経過した時」において作用する力の大きさを求めるものであり、「土石等を堆積するための施設」で土砂を堆積させるのに十分な力をあらかわすものではない。「土石等を堆積するための施設」は、それが30分間機能すればよいというものではなく、それ以降においても保全対象まで土石が到達しないよう、十分な外力に耐えうる構造でなければならない。

告示式は、F₁を求める際の土石の高さを図3-3のように考え、(2)式は30分経過したときにかかる力を求めるため、30分後(時速4mで移動するとされている地滑りが2m移動したとき)の移動土塊の高さをH = 2 tan φ と考えたものである。

地すべり危険箇所調査要領 (H8) P22 では、移動土塊の堆積深度をすべり面の最大深度 h_{max} 程度と考え、すべり面の最大深度 h_{max} はボーリング調査等が十分に行われていない場合には、地滑りブロック幅の 1/7 として求めるよう示されている。

これらのことを参考に、移動による力の最大値 F_{max} は次式のように求められる。

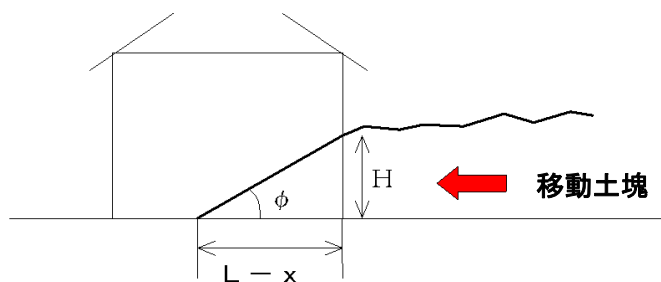


図 3-3 移動土塊の堆積による力の大きさの模式図

$$F_1 = \gamma (L - X) \left[\frac{\cos \phi}{1 - \sqrt{2} \sin \phi} \right]^2 \tan \phi \quad \dots \dots \dots (1)$$

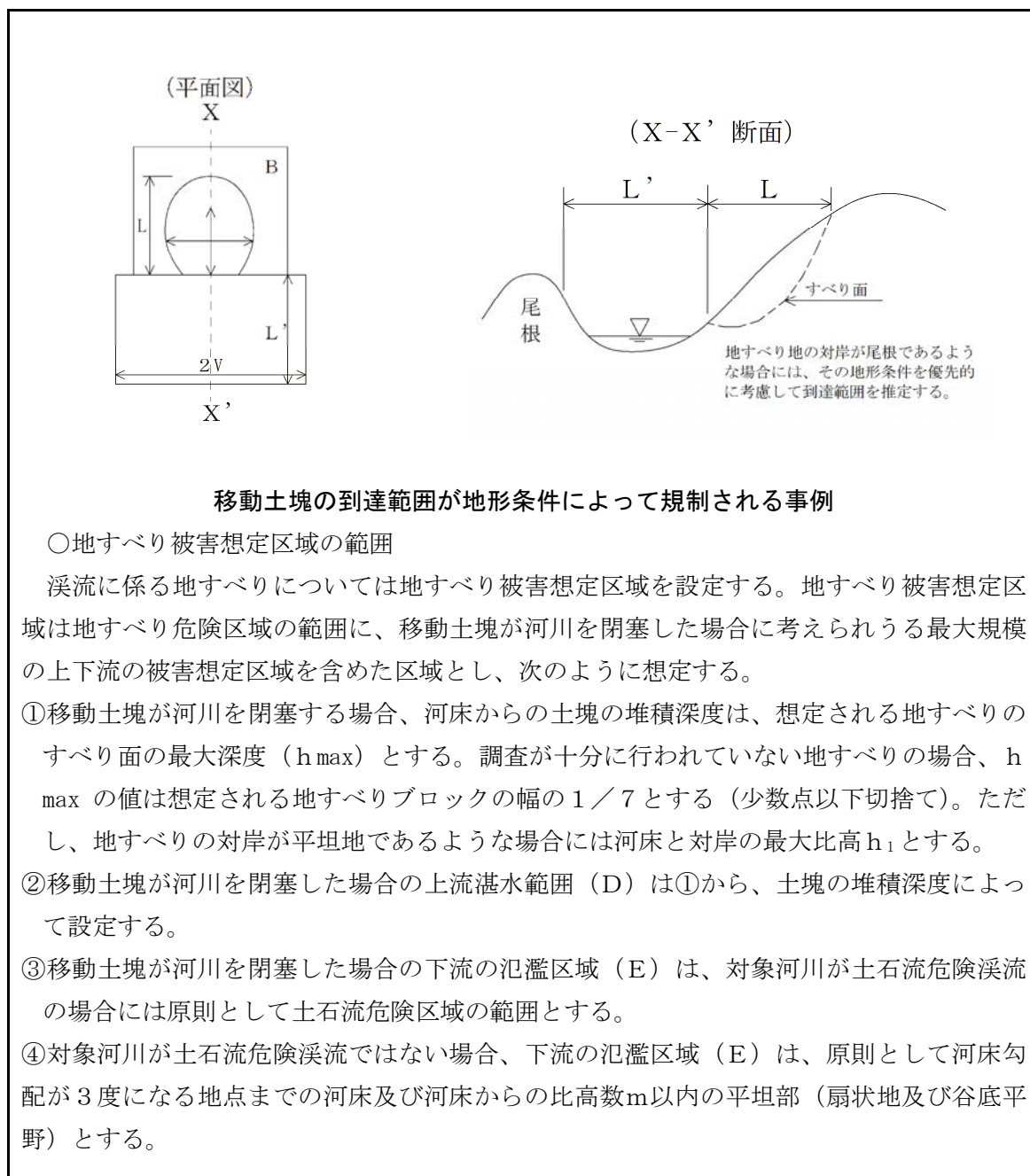
$$F_{\max} = h_{\max} \gamma \left[\frac{\cos \phi}{1 - \sqrt{2} \sin \phi} \right]^2 \quad \dots \dots \dots (3)$$

ただし、式(1)によるF₁がF_{max}より小さい場合はF₁を用いる。

上式における変数は以下に示すとおりである。

- F_{max} : 移動による力の最大値 (kN/m²)
- h_{max} : 移動土塊の堆積深度(すべり面の最大深度=不明の場合は地滑りブロック幅の1/7) (m)
- γ : 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の単位体積重量 (kN/m³)
- L : 地滑り区域下方の危害のおそれのある土地の長さ(ただし最大 250m) (m)
- X : 地滑り区域下端から当該構造物までの地滑り方向における水平距離(m)
- φ : 地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の内部摩擦角(度)

【参 考】



ウ 移動土塊の堆積による力から設計外力を設定する際の土質定数

移動土塊の堆積による力から設計外力を設定する際には、以下の土質定数を決定する必要がある。

- ① 土石等の単位体積重量 (γ)
- ② 土石等の内部摩擦角 (ϕ)

① 土石等の単位体積重量 (γ)

(ア) 地滑り防止工事が実施されている地滑りブロックでは、この計画・設計において採用されている値を用いる。

(イ) (ア)以外の対象地滑りブロックについては、 18kN/m^3 を用いることとする。

(ウ)

② 土石等の内部摩擦角 (ϕ)

ここで用いる ϕ は「地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の内部摩擦角」であり、前述の地滑り安定解析で用いられる「すべり面強度」から得られる内部摩擦角とは異なったものである。したがって、解析結果で得られた逆算値でなく土質を反映した値とすべきものと考えられる。この値を求めるためには、以下の方法が考えられる。 ϕ の信頼度は、(ア) > (イ) > (ウ)の順に高いが、土質試験を行わない場合は、広島県では(ア)、(イ)の方法を用いてよいものとする。

(ア) 地滑り地塊の土質試験を行う（すべり面粘土ではなく、地滑り地塊による試験）

(イ) 地質調査結果（ボーリングコアやN値等）を参考に決定する。

(ウ) 地滑りの型の分類を参考に土質状況を推定する。

(イ)、(ウ)により値を求める際には、表 3-4 を参考にする。

表 3-4 地滑り地塊の内部摩擦角の参考値

地滑り地塊の土質	せん断抵抗角(ϕ)	地滑りの型分類
礫質土	30°	風化岩地すべり (巨礫混じり土砂または強風化岩)
砂質土	25°	崩積土地すべり (礫混じり土砂、一部粘土化)
粘性土	20°	粘質土地すべり (粘土または礫混じり土砂化)

※ () 内の記載は、表 3-5 を参考とする。

広島では事例の少ない岩盤地滑りを取り扱う場合は、別途検討する。

表 3-5 地滑り型分類

分類 特徴	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
平面形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形, 沢形 ボトルネック形	沢形, ボトルネック形
微地形	凸状尾根地形 凸状台地形	凸状台地形 単丘状凹状台地形	多丘状凹状台地形 単丘状凹状台地形	凹状緩傾斜地形 多丘状凹状台地形
すべり面形	椅子形, 舟底形	椅子形, 舟底形	階段状, 層状	階段状, 層状
おもな土塊の性質 (頭部)	岩盤または弱風化岩	風化岩(亀裂が多い)	巨礫または礫混じり土砂	巨礫または礫混じり土砂
おもな土塊の性質 (末端部)	風化岩	巨礫混じり土砂または強 風化岩	礫混じり土砂, 一部粘土 化	粘土または礫混じり土砂 化
運動速度 (活動時の平均)	2cm/日以上	1.0~2.0cm/日程度	0.5~1.0cm/日	0.5cm/日以下
運動の継続性	短時間, 突発性	ある程度断続的(数十~ 数百年に一度)	断続的(5~20年に1回 程度)	断続的(1~5年に1回程 度)または継続的
すべり面の形状	平面すべり(椅子形)	平面すべり(頭部と末端 がやや円弧状)	曲面状と平面状, 末端が 流動化	頭部が曲面状だが大部分 は流動状(沢状)
ブロック化	たいてい単一ブロック	末端, 側面に2次的地す べり発生	頭部がいくつかに分割さ れ2~3ブロックになる	全体が多くブロックに 分かれ, 相互に関連し合 って運動
予知の難易	地すべり地形が不明瞭な ため非常に困難, 綿密な 踏査と精査を必要とする	1/3000~1/5000地形図で 予知できるし, 空中写真 の利用も可能	1/5000~1/10000地形図 でも確認できる 地元での聞き込みも有用	地元での聞き込みによっ て予知できるし, 非常に 容易に確認できる
一般的な斜面形	一般に台地部があるか不 明瞭である。凸形斜面に 多く, 鞍部から発生する	明瞭な段落ち, 帯状の陥 没地と台地を有す。 大きく見れば凹形だが, 主要部は凸形	滑落崖を形成し, その下 に沼, 湿地等の凹部があ り, 頭部にいくつかの残 丘があり凹形斜面に多い	頭部に不明瞭な台地を残 し大部分は一樣な緩斜 面。沢状の斜面である
平均的な安全率	大抵の場合 $F_s > 1.10$, 一時的にある程度の切 土, 盛土も可能	$F_s = 1.05 \sim 1.10$, 一時的 には5%程度の安全率 を低下させる事は可能	$F_s = 1.03 \sim 1.05$, 一時的 には3%程度安全率を 悪化させても安定して いる。	切土, 盛土は不可能, 少 量の土工でも運動を再 発する。
主要な対策工	深層地下水排除, 土塊除 去, 抑止工	深層地下水排除, 土塊除 去, 地表水排除, 抑止工	頭部での深層地下水排 除, 地表水排除, 溪流工	頭部での集水井工, 末端 での浅層地下水, 地表水 排除, 溪流工
対策工の効果	即効的で完全安定化可 能	即効的であるが, 異常事 象時に再発の恐れがあ る。	対策工施工後1~3年を 要す, 末端部の安定化が 困難	遅効性で対策工施工後 数年を要し, 完全な安定 化は困難
主な原因	大規模な土工, 斜面の一 部の水没, 地震, 強雨	集中豪雨, 異常な融雪や 河岸決壊, 地震, 中規模 な土工その他	異常な霧雨, 融雪, 台風, 集中豪雨, 土工等	霖雨, 融雪, 河川浸食, 積雪, 小規模な土工
主な地質と構造	断層, 破碎帯の影響を受 けるものが多い。	結晶片岩地帯, 新第三紀 層に広く分布する。断 層, 破碎帯の影響あり。	結晶片岩地帯, 中・古生 層, 新第三紀層に広く分 布	新第三紀層に最も多く, 破碎帯等の構造線沿い にも一部見られる。

(建設省河川砂防技術基準調査編(案)P202, 道路土工切土・斜面安定工指針P376 より抜粋し作成した)

(3) 単独では効果を数値化せず補助工法として用いる対策工事

「水流の付替え」、「排水施設のうち暗渠工、明暗渠工」、「ダム」、「床固」、「護岸」、「導流堤及び水制」については、その効果を数値で評価することは困難であるため、原則として補助工法として用いる。

【解 説】

「水流の付替え」、「ダム」、「床固」、「護岸」、「導流堤及び水制」については、地滑りの滑動を抑制する効果がある対策工事であるが、現段階ではその効果を数値で評価する手法が確立されていない。したがって、その外力を数値で評価することは困難であるため、原則として補助工法として用いる。

ただし、ダムや床固の堆砂により押え盛土効果が期待できる場合は、前述の安定解析によりこれを数値化することができる。

4 対策工事の計画

対策工事は「(1)地滑り防止工」又は「(2)地滑り堆積施設」により実施するものとする。以下に、各々の計画について記載する。

(1) 地滑り防止工の計画

地滑り防止工の計画に際しては、各ブロックの運動特性及び工法の特徴を十分検討し、以下のことを踏まえ、適切な工法、位置、数量、施工順等を計画するものとする。

- ① 対策工の計画にあたっては、まず抑制工により滑動を停止させてから、抑止工を計画するものとする。
- ② 地滑り防止工による対策工事の計画の達成を判定するにあたっては、施工後の地滑り滑動が完全に停止していることを確認するものとする。

【解説】

①施工順等の計画

本技術基準案が対象とする地滑りは、「特別警戒区域」が設定されている地滑りであるので、「滑動中」であることが前提である。滑動中（あるいは継続的に滑動中）の地滑りでは、抑止工を先行すると、対策工事の施工中、部分的に実施した段階で地滑りが滑動した場合、その構造物に集中した滑動力が加わり、構造物が破壊に至ることもある。

したがって、地滑り防止工においては、原則として抑制工（応急対策工を含む）により滑動を停止させてから、抑止工を計画するものとする。抑止工を主体とした対策工で地滑りを停止させる計画にあっても、必ず応急対策工により $F_s=1.00$ を超える安全率を確保した後、抑止工の施工に着手するものとする。

②計画達成の判定

地滑り防止工による対策工事の計画の達成を判定するにあたっては、施工後の地滑り滑動が完全に停止していることを確認する必要がある。地滑り現象は一般には緩慢で、かつ、異常気象（豪雨、長雨、融雪等）によって繰り返し活動する場合が多いので、効果の判定にあたっては工事完了後に必要な期間（最低1年以上）の観測を継続し、地滑り滑動が発生しないことを確認する必要がある。

なお、ここでいう「地滑り滑動」とは、前述の表 3-2 による「変動A」～「変動C」のことを指し、「変動C」の基準に達する変位が発生しないことを1年以上の観測により確認することが必要である。

また、地下水排除工の効果判定にあたっては、1年以上の地下水位観測により、計画を満たす水位低下効果があること（計画水位を上回る水位上昇がないこと）を確認する必要がある。

ア 抑制工の計画

(7) 地表水排除工

降水の浸透や湧水、沼、水路などからの再浸透による地滑りの誘発を防止するために、地表水排除工を計画するものとする。降雨量と運動が密接に関連している場合は、直ちに地表水排除工を実施するものとする。

地表水排除工は、安定計算においては数量的に表現することはできないが、地滑り防止工として多くの場合に有効である。

a 浸透防止工

き裂の発生箇所に対して粘土、セメントの充填、ビニール布の被覆等の浸透防止工を計画するものとする。沼、水路などの漏水防止工として、不透水性の材料による被覆、沼の開削、水路の付替えおよび改良等を計画するものとする。

b 水路工

地滑り地域内の降水を速やかに集水して地域外に排除するために、地域内に水路網を計画するものとする。

水路工は集水路工と排水路工に分かれる。

①集水路工

斜面における降水、地表水をできるだけ集めるために、通常斜面を横切って作り、比較的幅が広く、浅いものとし、排水路に連結させる。

②排水路工

排水路は集めた水をできるだけ早く地域外に排水するため用いられるので、比較的急勾配で、流出計算によってその断面が決定されなければならない。排水路は谷形の部分に設け、原則として20～30m間隔に帯工を設ける。排水路の末端、合流点等には床止めを設置する。

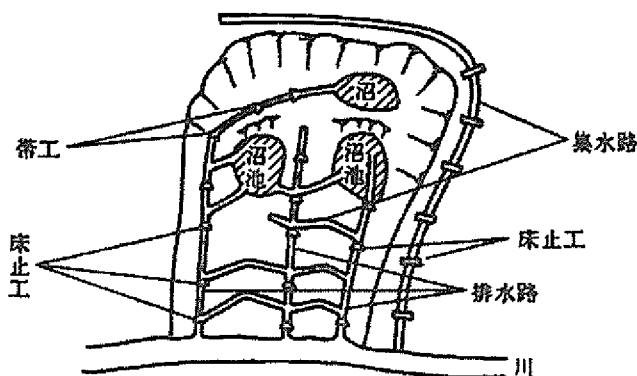


図 4-1 地表水排水路工

(イ) 地下水排除工

地下水排除工は、地滑り地域内に流入する地下水および流域内にある地下水を排除することによって地滑り地塊の含水比、間隙水圧(地下水位)を低下させ安定に導くことを目的とする。地下水排除工は、浅層地下水排除工と深層地下水排除工とに大別される。

地下水排除工による地下水位の計画低下高は、地滑り厚 20m 程度の場合は次の値を採用することを標準とする。これより大きな規模の地滑りにおいては別途検討を行って決定するものとする。

- ①横ボーリング工 3 m
- ②集水井工 5 m
- ③排水トンネル工 5 ~ 8 m

なお、ここに示した計画低下高は地下水排除工により期待できる地下水位低下高さの最大値であり、地下水排除工 1 基あたりによる低下高を示すものではない。また地滑り厚さ 20m 以上の大規模な地滑りでは地下水の分布が複雑であることから、別途調査を行って慎重に検討する必要がある。

a 暗渠工

暗渠工は、地表から 3 m ぐらいまでに分布する地下水を排除するとともに、降水による浸透水を速やかに排除するために計画するものとする。特に透水係数の小さい土層中の地下水を排除する場合に積極的に計画するものとする。

b 明暗渠工

浅層地下水は、地表水と同様に地表の地形に左右され、地表の凹部、谷部に集まりやすいので、このような場所には暗渠工と地表排水路工とを組み合わせた構造のものを計画する。

c 横ボーリング工

地形的に横ボーリング工が可能で明暗渠工により難しい場合には延長 20~50m の横ボーリング工を計画するものとする。横ボーリングの間隔は、地中の先端で 5~10m とし、すべり面を貫いて 5~10m 程度余掘を見込んで計画するものとする。

d 集水井工

集水井工は、深さ 30m 以内の基盤付近で集中的に地下水を集水しようとする場合、または、横ボーリング延長が長くなり過ぎる場合に計画するものとする。

集水井の位置は、地下水の集中している地域の付近で集水井の安全を考慮して決定し、集水井から地表への排水が自然排水となるよう、集水井の配置あるいは工法を検討するものとする。

e 排水トンネル工

地滑り厚が大きく、地下水が深部にあり、集水井工や横ボーリング工により難しい場合には排水トンネル工を計画するものとする。

地下水排除のために地下水の流路位置で上向きまたは斜ボーリングを併せて計画するものとする。

(ウ) 排土工(切土工)

地滑り背後の斜面に新たに地滑り発生の可能性が少ない場合には、必要に応じ地滑り頭部の排土工を計画するものとする。複数の地滑りブロックが連鎖的に関連している場合には最上部のブロックを考慮して計画するものとする。

排土工の計画に際しては、地滑りの規模、すべり面の分布をできるだけ正確に求め、安定計算によって排土量を決定するものとする。

(イ) 押え盛土工

押え盛土工は、地滑り抑制工として効果的であり、地滑り末端部に空地のある場合に計画するものとする。

押え盛土工は、排土工と併用すると効果的であるので通常これらを組み合わせて計画する。盛土量については安定計算によるものとする。また、盛土背面の地下水位の上昇を考慮して、地下水排除工を併用することが望ましい。

(オ) 河川構造物

流水の侵食による河床低下、渓流侵食が地滑り地塊の安定を損なって地滑り発生の誘因となる場合には、河川の付替え、砂防ダム工、床固工、護岸工、水制工等により渓岸の保護と地滑り末端部の安定を図るものとする。

イ 抑止工の計画

(7) 杭工

杭工は、基盤が強固で移動土塊に対し十分抵抗できるような地点で施工することとするが、地滑りの活動が激しくその速度が 1 mm/日以上動きがある場合には、計画した杭の全部が一度に施工されない限り、杭の働きは個別的なものとなって効果が期待できないので、このような箇所では原則として計画しないこととする。計画位置は、地滑りブロックの中央部から下部のすべり面が水平に近い位置で、すべり厚が大きい所に計画するものとし、杭長が原則として 30m までの場合に計画するものとする。

杭工は、杭を打設して地滑り地塊と不動地盤の間のクサビとして地滑りを抑止するものがある。杭にかかる圧力の分布は、実験によると、まずすべり面付近に集中して土圧がかかり、以後地塊のかく乱とともに放射線形に変化してくる。したがって、杭によって地滑りが抑止できるものとするれば、この初期におけるすべり面でのせん断力に抗し得ればよいことになる。

しかし、受働部地塊の地耐力が期待できない場合や崩壊の可能性がある場合には、曲げ応力がかかるものとして考えなければならない。

(4) シャフト工

シャフト工は、同時施工が可能であり、又、水を使わない利点もある。地滑り土圧が大きく杭工では所定の計画安全率の確保が困難な場合で、基礎地盤が良好で地滑り層厚が 20m 以上の場合に計画するものとする。

シャフト工は掘削の手段が橋脚の基礎工のような掘削工式となり、径 1.5~2.5m の井戸を掘り、これに鉄筋コンクリートを填充したシャフトをもって杭に代える工法である。通常深さ 20m ぐらいまでは十分施工可能であり、掘削中に水を使わず逆に排水するので地滑り運動を促進する心配がない。数基あるいは数十基を一度に着工できる。

(7) グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工は、基盤内に定着させた鋼材の引張強さを利用して、地滑り滑動に対抗しようとするもので、引張効果あるいは締め付け効果が効果的に発揮される地点に計画するものとする。

グラウンドアンカー工は、高強度の鋼材を引張材として地盤に定着させ、引張材の頭部に作用した荷重を定着地盤に伝達し、群体としての反力構造物と地山とを一体化することにより安定化させる工法である。

地滑り地の地形・地質およびその移動状況等に基づいて検討を行い、地滑り地が急勾配で、

杭工、シャフト工では十分な地盤反力が得られない場合、又は緊急性が高く早期に効果の発揮が望まれる場合に計画する。

(エ) 擁壁工

井桁擁壁工などの擁壁工は、地滑り末端の小崩壊の防止や、押え盛土工の基礎工として計画するものとする。一般に地滑り地では地盤の変動がかなり大きく湧水も多いので、柔軟な構造を有し、かつ、排水良好なものを計画するものとする。

ウ 地滑り防止工の効果評価

効果の判定に当たっては、「地滑り防止工が計画安全率を確保する計画であるか」、「地滑り滑動が確実に停止しているか」を確認する必要がある。併せて、地下水排除工にあっては「計画以上の水位低下があったか」を確認する必要がある。

【解 説】

地滑り防止工の効果の評価に当たっては、「地滑り防止工が計画安全率を確保する計画であるか」ということと「地滑り滑動が確実に停止しているか」ということを確認する必要がある。併せて、地下水排除工にあっては「計画以上の水位低下があったか」を確認する必要がある。

これらの確認方針は、以下のとおりとする。

(ア) 計画安全率の確保

地滑り防止工の効果により「滑動していた地滑りが対策効果により沈静化した」と判定する際には「所定の計画安全率を確保した計画であること」を確認するものとする。

(イ) 地滑り滑動の停止の確認

地滑り対策の効果判定に当たっては、1年以上の観測により、「地滑り滑動が確実に停止していること」（前述の表 3-2 の「変動C」の基準に達する変位が発生しないこと）を確認する必要がある。

(ウ) 水位低下の確認

地下水排除工により計画以上の水位低下があったかを確認する場合には、1年以上の地下水位観測により、計画水位を上回る水位上昇がないことを確認する必要がある。

(2) 地滑り堆積施設の計画

地滑り堆積施設は、地滑り規模が小さく、かつ地滑り区域と保全対象の間に土石等を堆積させるための十分な空間を確保できる場合には計画することができる。

【解 説】

地滑り堆積施設は、「すべる」という現象を防止するものではなく、「移動する」土塊を堆積させるための対策工事である。したがって、施設を設置できる位置は、地滑り区域から離れ、土石等を堆積させるための十分な空間が確保できる場所ということが条件となる。

地滑り堆積施設としては、待受け式擁壁、待受け式盛土等が考えられる。

これらの施設を設計する際に対象とする外力は「移動土塊の堆積による力の大きさ」である。土砂災害防止法の告示式では、「土石等の移動による力 (F_1)」に、30分という時間から来る上限値を設けているが、土石等を堆積するための施設で土石を堆積させるのに十分な力を求めるためには、移動土塊の最大堆積深度（すべり面の最大深度 h_{max} 程度）による力を考慮しなければならない。

したがって、これに対応できる構造物を計画できる地滑りは、すべり面の最大深度が数m程度までの小規模なものに限られる。

土石等を堆積させるための空間については個別に詳細な検討が必要であるが、この観点においても地滑り規模が小さく、かつ地滑り末端部と保全対象の間がある程度離れている場合でなければ、その土量を堆積させることは困難である。なお、周辺に安全な場所がある場合は、そちらに向かって移動方向を変更させるよう誘導することも有効と考えられる。

5 対策工事の設計

(1) 地滑り防止工の設計

対策工事の設計にあたっては、各々の所定の方法により対策効果を設定し、その諸元を決定するものとする。

【解 説】

地滑り防止施設は、地滑り防止施設計画に基づき、適切な機能と安全性を有するよう設計するものとする。地滑り防止施設の設計に際しては長期の機能保持のため、耐久性のある材料を使用し、経時的な安全率の低下や手戻りを防止し、また維持管理が容易で費用や手間がかからぬよう考慮するとともに、施工時に得たデータから、条件の変化に応じ随時設計を変更して、現地での適応に努めるものとする。

抑止工は十分な計画安全率をもって設計するものとするが、抑制工との併用が望ましい。また、工費の軽減を図り、一かつ施工中の災害のないよう、工事の安全性について十分考慮しつつ準備工、付帯工の設計を行うものとする。

ア 抑制工の設計

(7) 地表水排除工

地表水排除工の設計にあたっては、その目的とする機能を有するよう、地滑りの状況を十分に考慮するとともに、安全性、維持管理の容易さ等を考慮する。

地表水排除工の設計にあたっては、次のことに留意する必要がある。

- ① 地表水排除工は、地滑りの状況に応じ、早急に施工できる工法を選定するものとする。
- ② 地滑り地域内に設ける地表水排除工の構造は、柔軟なものとし、ある程度の変状に対して、それに応じて機能を維持でき、また修理の容易なものとするものとする。
- ③ 地表水排除工は、必要に応じて暗渠工併用の構造とするものとする。
- ④ 地滑り地へ流入する地表水の排除路は地滑りのき裂や滑落から離れた位置に計画するものとする。

a 浸透防止工

浸透防止工のうち主な被覆工法を以下に示す。

① 充填工法

き裂箇所粘土やコンクリートを充填するもので、早急に浸透の防止を要する場合に適している。

② ビニール被覆工法

水が流下しやすいように地表面をならし、適当な幅のビニールシートで被覆するもので、き裂箇所への応急的な浸透防止工として適している。

③アスファルト板工法

主に沼、湿地等の漏水防止に適するが、湧水のある場合または地下水位の高い場合は、暗渠工を併設し、地下水等の外圧をできるだけかけないようにする必要がある。

アスファルト板の敷設は、水路等の潤辺部を法切り、整形したのち、厚さが30cm程度になるよう切込砂利あるいは砕石等を敷き、その上に厚さ5～15mm程度のアスファルト板を並べ・シールして漏水を防止するものである。草木等は完全に除根しておく必要がある。また、薬液注入工を行い、地盤改良を施す方法を用いることもある。

④その他の工法

- ・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
- ・コンクリートを用いるもの(モルタル吹付工を含む)
- ・アスファルトを用いるもの
散布(被膜)工法、流し込み工法、ジョイント工法
アスファルト板工(池沼の浸透防止)

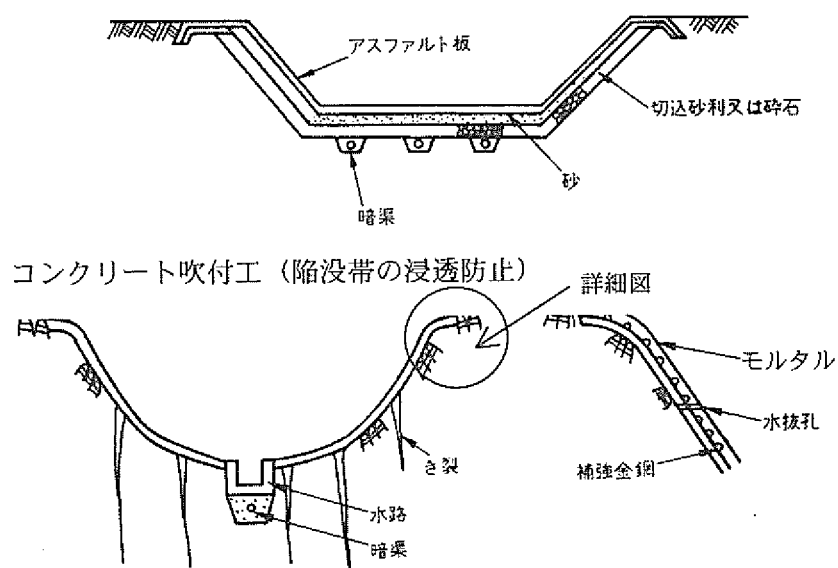


図 5-1 浸透防止工の例

b 水路工

水路工の断面の決定は、次に示す方法によるものとする。

- ① 水路工は、斜面からの地表水の集水とともに、凹部に集まる水の再浸透を防ぐ目的を持っているため、掘込水路とするが、地滑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ものとする。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ものとする。

- ② 断面は、流量計算を行って対象流量を求め、決定するものとする。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 水路断面は、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で求めた断面面積の 20%以上の余裕をみておく必要がある。なお、水路工の設計においては、特に次の点に留意するものとする。
 - ・ 水路は底張りを行うのを原則とする。
 - ・ 支線水路との合流点、屈曲部、勾配の変化点には集水枡を設けるものとする。
 - ・ 地下水位の高い所に設ける水路は、原則として暗渠を併用して明暗渠工とする。
- ④ 水路の肩および切取り法面は、柵工・そだ工・植生工・玉石張工・アスファルト乳剤散布工等で保護することを原則とする。特に水路肩を水が走ると水路を破損し、流水が地下に浸透するおそれがあり、また草が繁茂すると水の疎通を妨害するので、特に注意が必要である。
- ⑤ 水路工は、原則として盛土の上には設置しないものとする。
- ⑥ 活動中の地滑り地域内の水路工は、柔軟性を備えたものを標準とする。なお、落差のある水路部に集水枡を設ける場合、枡の内りりは、落差高、流速、越流水深を考慮して決定するが、標準的には次式によって求めるものとする。

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

k : 2.5~3.0

L : 枡の内りり (m)

t : 上流水路の水深 (m)

h_1 : 上下流水路床間の落差 (m)

h_2 : 枡の水褥深さ (0.2~0.5m)

※ 水褥 (ウォータークッション)

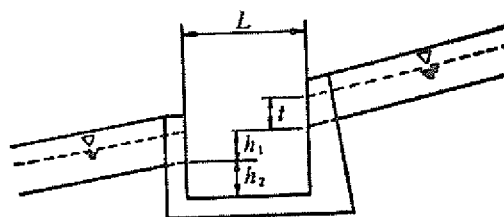


図 5-2 集水枡の側面図

集水枡の距離間隔は一般に 20~30m とし、最大でも 50m 以下とする。

ただし、緩勾配の水路はこの限りではない。

集水枡は、縦断勾配の変化点に適宜設けるものとする。

(イ) 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、地滑りの状況および施設の安全性、維持管理の容易さ等を考慮するものとする。

a 暗渠工

暗渠工は、原則として地滑り地域全体の水位を低下させるように設計するものとする。また、地滑り地域外から供給される浅層地下水を排除する場合は、地滑りの冠頂部付近で浅層地下水を遮断するよう暗渠工を設計するものとする。

暗渠工は、土粒子の間隙に存在する地下水を排除することによって、地滑り地塊の強度を高めたり、深い地下水への水の供給を防止したりするものであり、次の点を考慮して設計するものとする。

- ① 暗渠の配置は、土質、地下水の状況を勘案して定める。
- ② 1本の暗渠の長さは20m程度の直線とし、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2m程度を標準とする。底には漏水防止のため防水シート等を布設し、暗渠管の周囲並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。
- ④ 暗渠管の周囲は、目詰まりを起こさせないため、および浅層地下水の吸水を容易にするため、フィルター材を詰める。
- ⑤ 地表水も吸収しようとする場合は、地表まで栗石または切込碎石を詰める。
- ⑥ 暗渠管の材料は、ある程度の地盤変動にも耐える構造のものとする。蛇籠または集水管が一般的である。なお、急勾配の場合には、杭等により固定する必要がある。

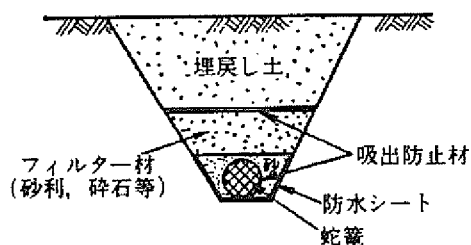


図 5-3 暗渠工の施工例

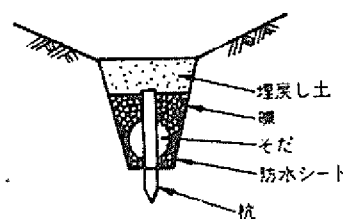


図 5-3 そだ詰暗渠

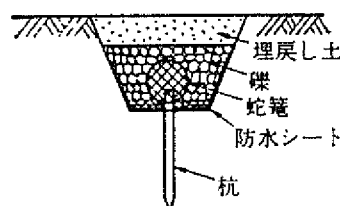


図 5-4 蛇籠暗渠

b 明暗渠工

明暗渠工は、地滑り地域の状況を十分考慮し、効果的に水が集まり、かつ適切に排水できるように設計するものとする。

明暗渠工の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りますので、現地の状況等を考慮して長さを定めるものとする。20m程度間隔で設けた集水枡、あるいは落差工を利用して、地下水を集水し、地表の水路に導いて排水することを標準とする。

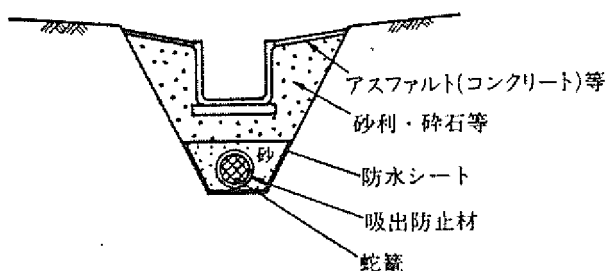


図 5-5 明暗渠工

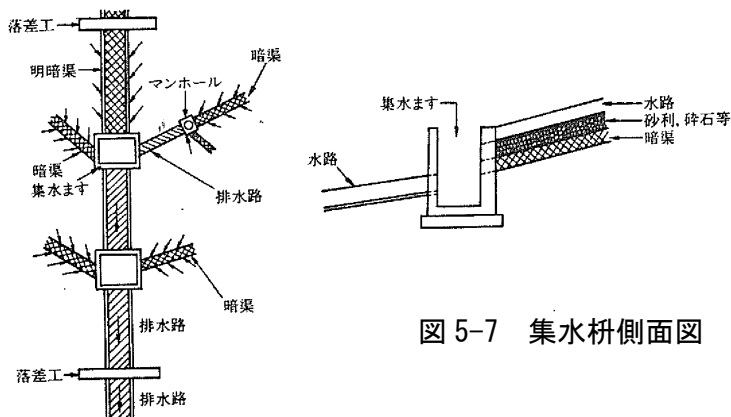


図 5-6 明暗渠工の配置図

図 5-7 集水枡側面図

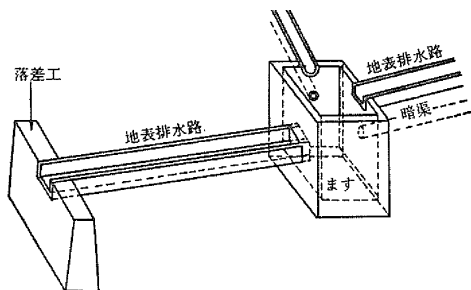


図 5-8 集水枡の例

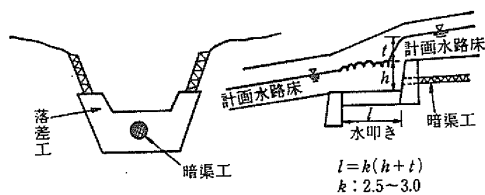


図 5-9 落差工の例

c 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設計するものとする。

横ボーリング工は、地下水を排除し、これによって、すべり面に働く間隙水圧の低減や地滑り地塊の含水比を低下させることを目的としている。したがって、設計に際しては、地滑り地域のみならず、周辺の地形・地質および地下水調査等から、滞水層の分布・地下水の流動層を推定して、最も効果的に集水できるようにボーリングの位置、本数、方向および延長を決定するものとする。

設計にあたっての留意点は、以下のとおりである。

- ① 横ボーリング工は・通常、浅層地下水の集水している部分に設けるものとし、ボーリング先端での間隔が5～10mとなるよう放射状に設計する。集水した水は、集水柵や排水路を通じて速やかに地滑り地域外に排水するものとする。孔口の位置は、安定した地盤に設け、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。
- ② 掘進勾配は、集水した地下水が自然流下するように概ね仰角5～10度とし、掘進孔径は66mm以上とする。長さは、目的とする滞水層、またはすべり面からさらに5m以上先までの余裕をもったものを標準とする。地滑り地域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ものとする。

掘進終了後には、目的とする滞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、または突合せ継手とする。

横ボーリング工に使用する保孔管は、内径40mm以上の硬質塩化ビニール管または鉄管を使用し、滞水層区間あるいは保孔管全区間にわたって、ストレーナ加工を行う。ストレーナは円形またはスリット状とする。保孔管の継手はソケット継手または突き合わせ継手とし、継手長さは、内径の1.5倍程度を標準とする。

なお、深層地下水排除工として横ボーリング工を採用するときには、以下の点に留意する。

- ① ボーリング工の延長については、長尺なものほど孔曲がりを生ずるおそれがあるため、施工実績を考慮のうえ決定するものとし、50m程度までを標準とする。
- 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、地滑り地域内に地下水が侵入する可能性があるため注意を要する。
- ③ 掘削進勾配は、排除の対象とする滞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、ボーリング工延長を短縮するよう俯角とする等の手法を用いてよいが、一般的には5～10度の上向きとする。

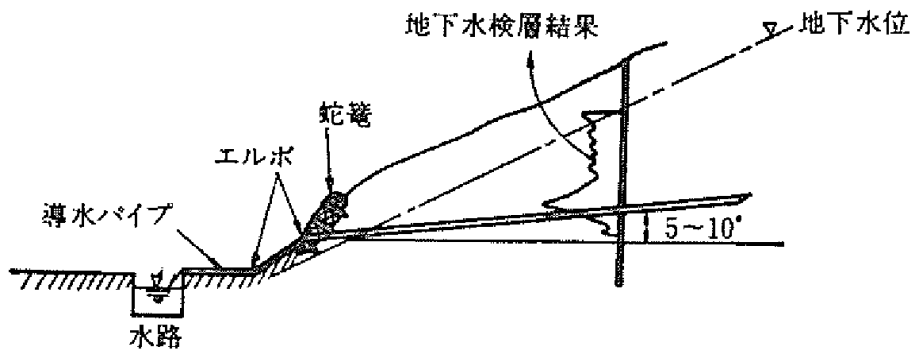


図 5-10 横ボーリング工横断面図

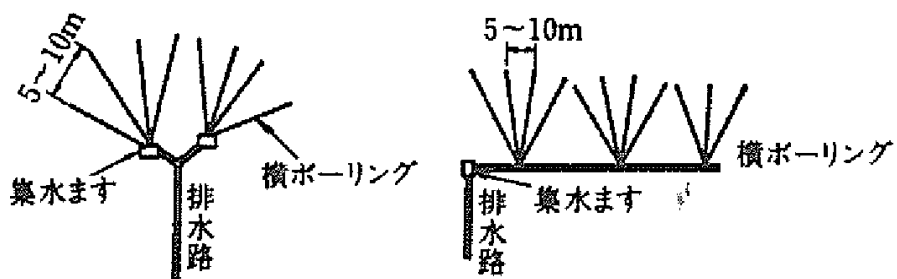


図 5-11 横ボーリング工横配置図

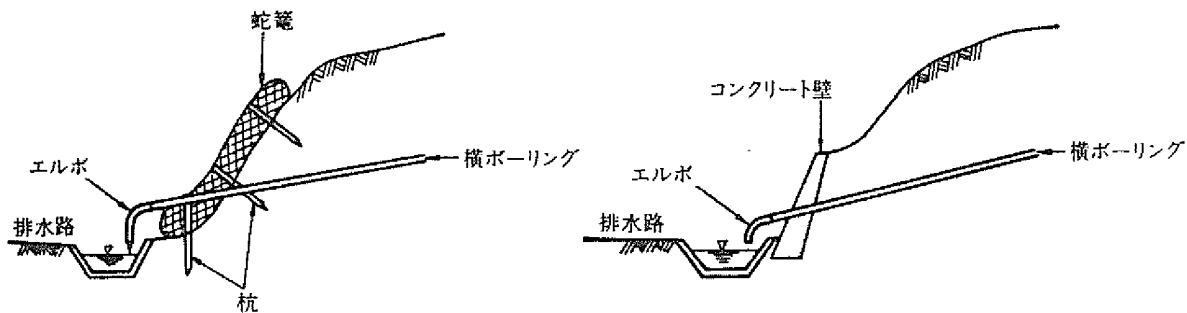


図 5-12 横ボーリング工の孔口保護工

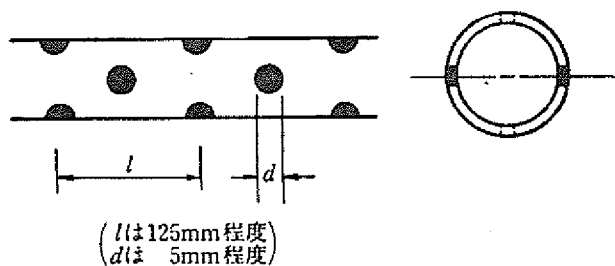


図 5-12 保孔管のストレーナの例

d 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ものとする。なお、地下水が広範に賦存している、2基以上の集水井を設撮する場合には、地滑り地域の状況を十分考慮して、適切な間隔になるよう配置するものとする。

集水井工においては、横ボーリング工からの集水効果に主眼を置くが、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場合がある。

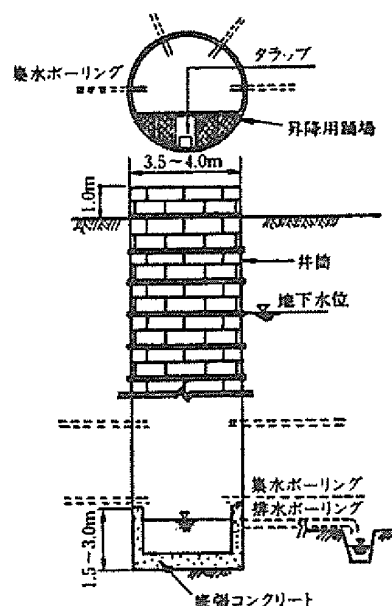


図5-13 集水井工

①集水井の深さ

集水井の深さは、原則として、活動中の地滑り地域内では底部を2m以上すべり面より浅くし、休眠中の地滑り地域および地滑り地域外では基盤に2～3m程度嵌入させるものとする。

活動中の地滑り地域では、集水井の沈下または掘削が長時間にわたる場合、土質の変化、土圧の増大等により掘削が困難になることがあるので、できるだけ施工期間の短縮を図る必要がある。

また、活動中の地滑り地域では、集水井底部を基盤部に嵌入させ筒と、すべり面付近で集水井が破壊される危険性があるので、基盤部へ嵌入させない設計とすることを原則とする。

一方、休眠中の地滑り地域では、地滑り深度が一般に不明なので、底部を基盤部に嵌入させることを原則とする。一般に集水井の深さは、10～30m程度である。

また、底部は底張コンクリートを厚さ50cm程度施工することによって地滑り層、または基盤への地下水の供給を絶ち、地滑り活動を助長しないようにするものとする。

集水井の頂部は部外者等が集水井に立ち入らないように地表面より井筒の頂部を1m程度出し、蓋をしておく必要がある。

②集水井の構造

集水井は、土質、地質や施工性等を考慮し、安全な構造となるよう設計するものとする。

集水井の形状は円形の井筒であり、その内径は、3.5～4.0mが標準である。ただし、土質・地質が礫および転石混じり土砂、硬岩、破碎岩等ボーリング工の削孔が困難な場合には適宜内径を大きく設計する。

集水井は、集水および排水ボーリング工の維持管理上、原則として中空とするが、地滑り活動の著しい地域での井筒の保守が困難である場合には、栗石・玉石等を充填し集水井の維持を図る。

集水井の材料には、鋼(亜鉛引きしたライナープレート、コルゲート)、鉄筋コンクリート等があるが、一般に地滑り地域は山間部であるため、大型機械による材料運搬が困難な地形が多く、また、同一地点で多量の材料を使用することが少ないため、軽量で施工性の容易なものが要求される。

③排水ボーリング工

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設計するものとする。

集水井の恒常的な排水は、原則として自然排水とする。排水ボーリング工延長は、長くなると孔曲がり等により施工が困難となるので80m程度を標準とし、保孔管は内径80～100mmの鋼管を標準とするものとする。

排水ボーリング工延長が長くなり、排水ボーリング工の施工が困難な場合は、70～80m離れた位置に中継井戸を設けて排水ボーリング工によって連結するか、排水トンネルを施工する。

排水孔が地滑り面を横切る場合は、保孔管がせん断、よじれ等により破壊されることがあるので、数本の排水孔を使用する場合もある。

排水ボーリング工の流末は、地滑り地域外に設置するか、または水路工で地域外に排除し、保孔管の末端には、蛇籠または擁壁等で法面保護工を施工するものとする。

④集水ボーリング工

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・本数等を定めるものとする。

集水ボーリング工は、滞水層ごとに1ないし数段、放射状に配置し、浅層地下水の排除も同時に行うものとする。

1本の集水ボーリング工の延長は施工実績を考慮し50mを標準とする。

集水ボーリング工のうち、滑落崖直下のすべり面を切って更に基盤内に掘進する場合は、80～100mの延長を必要とすることもある。

集水ボーリング工の位置・方向・間隔・本数等については地質および地下水調査の結果によって設計し、施工中の集水状況、地下水の変化によって方向・間隔・本数を変更する必要がある。

保孔管は、硬質塩化ビニール管または鉄管とし、ストレーナを設けるものとする。保孔管については横ボーリング工の解説を参照。

また、井筒周辺の浸透地下水の集水を助けるため、予想される湛水位以上の井筒の壁面に集水孔を設けることもある。ただし、湛水面以下の井筒壁面には、集水孔を設けてはならない。

⑤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梯子を設置し、頂部は鉄綱および鉄筋コンクリート板等の蓋で閉塞し、周囲にはフェンスを設置するものとする。

昇降階段、梯子等は、底部まで降りられるものとし、直高約5mごとに踊り場を設けるものとする。蓋および集水井を囲むフェンスは、集水井内への部外者の立ち入りをなくし、安全性を確保するためのものであり、蓋およびフェンスの出入口は施錠するものとする。

⑥詳細設計の参考基準

集水井工の詳細設計については、以下の文献によるものとする。

急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成26年4月改訂版), H26.4, 広島県

e 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、地滑り地域内の水を効果的に排水できるように設計するものとする。

排水トンネル工は、地滑り規模が大きい場合、地滑り地塊層が厚い場合、および運動速度の大きい場合に用いられるものであり、原則として基盤内に設置し、トンネルからの集水ボーリング工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深層地下水を効果的に排水することを目的とする。

①位置

トンネルの位置は、基盤内とし、緩み範囲を考慮して、すべり面よりトンネル天端まではトンネル断面長の2倍以上離すものとする。トンネルの位置は、地滑り活動に影響を与える地下水脈の分布、およびそれに対する地下水排除効果の効率性などを総合的に判断して定めるものとする。また、トンネルの坑口は、できるだけ地盤の堅固な箇所に設けるものとする。

②トンネルの縦断勾配

トンネルの縦断勾配は、集水した地下水を自然排水するため、孔口に向かって俯角をつけるものとし、その勾配は一般に15/1, 000以下とする。

③トンネルの断面および構造

排水トンネルの断面形状には、使用する材料によって断面形状は馬蹄形・円形・半円形・台形および矩形等がある。トンネルは、集水施設を含めた維持管理のため原則として中空とし、耐久性を考慮して覆工を設け、人間が点検に入るのに支障をきたさない大きさを確保するものとする。覆工の材料としては、コンクリート、ライナープレートおよびコルゲート等を用いる。ライナープレートを用いる場合は、原則として含銅鋼板に亜鉛メッキを施したものを使用する。できればその上を瀝青塗料で被覆したものを用いる。

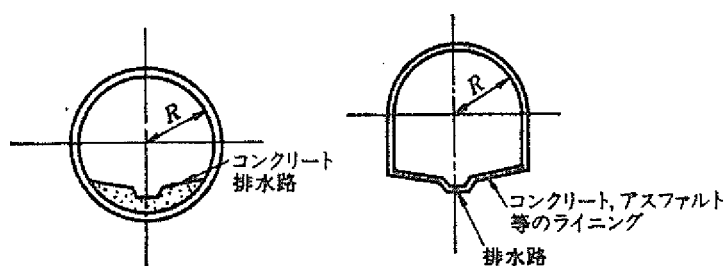


図5-14 排水トンネル断面の例

④非常時の脱出用坑口

トンネルの奥行が1, 000mを超える場合には、安全管理上、非常時に脱出する斜坑や立坑等の坑口を設ける必要がある。集水井とトンネルを接続する立体排水を計画する場合には集水井を立坑の兼用としてもよい。

⑤集水工

排水トンネルによる集水は、原則として集水ボーリング工によるものとし、目的とする滞水層に向けてトンネル内より上向き、放射状に設計するものとする。ボーリング工の角度は滞水層までの距離、ボーリング工の全長および滞水層を横切る区間の長さを勘案して決定する。また、急角度の上向きボーリング工を行う場合等には、必要に応じてトンネルの断面を大きくしたボーリング室を設ける。集水ボーリング工の長さおよび保孔管については前述を参照する。

また、地滑り内に地滑りに影響を与える地下水が多層にわたり存在し、その量も非常に多いと推定される場合には、集水ボーリング工のほかに集水井の排水ボーリング工および垂直ボーリング工を組み合わせ、地滑り地内の地下水排除を立体的に行うことも検討する。

⑥排水工

集水ボーリング工によって排除された地下水が再び地盤へ浸透しないよう、トンネルのインバート部分は水路工と同様な構造で施工するものとする。

また、排水トンネルの覆工にライナープレートおよびコルゲート等を使用する場合には、底部のジョイントが破損したり、ボルトの緩みなどにより漏水したりする可能性が大きいので、底版はコンクリート等をもって施工し、排水工としての機能を保持する必要がある。

⑦トンネルに作用する土圧

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・施工時期および地山の性状等を考慮して定めるものとする。

⑧トンネルの維持管理

トンネル内への部外者の立ち入りをなくすため、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の手法も検討しておく。

また、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。

(ウ) 排土工（切土工）

排土工は、原則として地滑り頭部の排土により、斜面の安定を図るよう設計するものとする。

排土工の設計においては、安定計算により排土量、排土すべき位置、切土法面勾配、直高等を決めるが、次の内容を考慮するものとする。

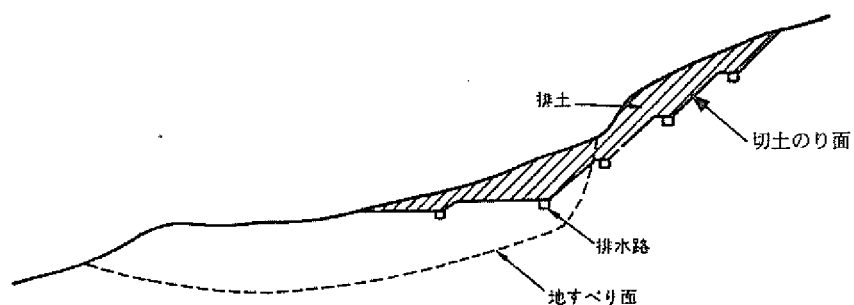


図 5-15 排土工(切土工)概要図

①切土法面

切土法面の勾配および直高は、地質条件等から法面の安定性に関し事前に調査検討して定めるものとする。

軟岩等における切土法面の勾配は、1:0.5~1:1.2程度、小段幅は直高7mごとに1.0~2.0m程度とする例が多い。砂質土の場合における切土法面の勾配は、切土高5~10mの場合には1:1.0~1:1.5程度、小段幅は直高5mごとに1.0~2.0m程度とする例が多い。

切土法面は、施工後、時間の経過とともに次第に不安定となり、表層崩壊が起こる場合

があるので、地質条件等を検討して切土法面の勾配および直高を決める必要がある。

②背後斜面安定性の検討

排土を行う場合には、排土予定地の上方斜面に潜在性地滑りが存在していて、排土により背後斜面の安定度を低下させ、地滑りを誘発し、あるいは拡大する可能性がないか、事前に十分調査検討を行うものとする。

上方の地滑りが小規模の場合は、これについての排土が必要になるし、規模が大きい場合には原則として排土は避けるものとする。

③排土後の法面保護

排土後の法面については、地形に応じた表面排水路と斜面には多くの小段を設けて集排水路を設置し、水はけをよくするとともに、法面の侵食や風化を防止するため植生または構造物で法面の保護を行うものとする。

排土後の法面は、一般に降雨等によって軟弱化しやすく、斜面崩壊をおこしやすいので、集排水路を十分に設け、法面の洗掘を防止する。植生が不適な法面または植生だけでは安定が期待できない法面については、石張工・ブロック張工・枠工等を併用し、法面を保護する必要がある。基岩が露出した部分においても、き裂が発達し、風化しやすい場合には、モルタル吹付工や厚層基材吹付工等を施工することが望ましい。

(I) 押え盛土工

押え盛土工は、原則として地滑り末端部に盛土により斜面の安定を図るよう設計するものとする。

押え盛土工は、地滑り地塊の下部に盛土を行うことにより、地滑り滑動力に抵抗する力を増加させるもので、安定計算により所定の計画安全率を得られるように盛土量・盛土の位置を設計する。

なお、地滑り末端部は、かく乱されて軟弱な場合が多く、盛土の底部破壊が起きる可能性があり、また盛土部の下方斜面に潜在性地滑りがある場合には、これを誘発する可能性がある。押え盛土の設計にあたっては、基礎地盤の調査結果による盛土部基盤の安定性についての検討を行う必要がある。地滑り地塊は、現状の状況によりその性質を異にするが、押え盛土の盛土高、法面勾配は盛土材料の材質、盛土基礎地盤の特性により定めるが、一般に、盛土ののり勾配は1:1.8~1:2.0とし、盛土の直高5mごとに1.0~2.0m程度の小段を設けている例が多い。小段には水路を設ける必要がある。

地滑り末端部では、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、暗渠等を併設する必要がある。

押え盛土法面は、降雨等によって崩壊や洗掘を受けやすく、これを防止するため植生等により保護する必要がある。法面の保護工としては、植生工・蛇籠工・枠工等が一般的に用いられ、コンクリート張工等の剛な構造物は、できるだけ用いないほうが望ましい。ただし、ダム湛水池内に設ける保護工としては、石張工・ブロック張工等を用いる場合もある。

のり尻には原則としてのり止め擁壁を施工し、一般にふとん籠、鉄筋コンクリート枠擁壁、消波根固めブロック擁壁等が用いられる。コンクリート重力式擁壁を用いる場合には、基礎掘削等により地滑りを誘発しないように十分な注意を要する。

地滑り末端部で地下水が浸出しているような場合、押え盛土工により地下水の流末をふさぐ結果となり、盛土自身の飽和による軟弱化と背後斜面内部での地下水位の上昇により斜面が不安定になるおそれがあるため、地下水の処理には十分注意する必要がある。

また盛土位置での地下水透水層が浅部にあるとき、盛土荷重による圧密の結果、透水層を遮断してその背後部に貯水されているおそれがあるなど、盛土による地下水経路の変化は斜面の安定を左右するので、地下水の処置には十分注意する必要がある。

(オ) 河川構造物

地滑り防止のための河川構造物は、次の各項により設計するものとする。

- 1) 砂防ダム、床固工等を設置する場合は、原則として、地滑り地域直下流部で地滑りの影響のない安定な基盤に設けること。
- 2) 溪床の基盤および溪岸掘削は、最小限となるように構造物を設計すること。
- 3) 河川構造物の設置により、地滑り地域内の地下水位を上昇させることのないよう排水に注意すること。
- 4) 河川構造物を活動中の地滑り地域内に設ける場合は、柔軟な構造でしかも流水の破壊力に対して安全なものとする。

地滑り末端部の地塊が溪流の流水によって侵食されると、その地塊は安定を損なって地滑り誘発の原因となる。“また、溪岸崩壊が連鎖的に大規模な地滑りを誘発する場合がある。このように溪岸の安定を失うことのないよう、河川構造物を設ける場合がある。

地滑り地域の直下流部に砂防ダム工、床固工を設ければ、その堆砂によって地滑り末端部の崩壊や侵食を防止し、その堆砂により押え盛土と同様の効果を期待できる。

地滑りの地域内に一連のダム工または床固工を設ける場合には、その直下流で地滑りの影響のない地点を最下流端のダムサイトと定めた設計とする。

地滑り地域内において、大規模な掘削を行うことは、地滑り地塊の安定を損ない、連鎖的に地滑りを誘発するおそれがあるので、掘削量が最小限となるように構造物を設計する必要がある。

また、構造物を設けることにより、地滑り地域の地下水の流れを止めたり、地下水位を上昇させたりして地滑り地塊の安定を損なわないよう、地下水の排除ができる構造とする。

イ 抑止工の設計

(7) 杭工

杭工は、対象となる地滑り地域の地形、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ものとする。

杭にかかる応力は杭の施工位置により、せん断応力を重視する杭と、曲げ応力を重視する杭に区分し、それぞれの杭の有する許容応力を杭の有する限界の抑止効果とするのが一般的である。また、施工可能な杭の強度を基準として、地滑り抑止に必要な単位幅あたりの応力に足る杭の本数を算出する。

杭の施工は、削孔した垂直孔に杭を挿入し、グラウトするのが一般的であるが、地滑り対策の応急措置として、鋼管杭・H型鋼杭等の打込杭が用いられることもある。

しかし、打込杭は、礫の多い土層などでは所定の位置までの施工が困難であること、基岩中への打込みは極めて限られており、水平力に対する杭の効力が薄いうえ、基岩を砕破して風化が促進されることなどのマイナス面もあるので、恒久対策として打込杭を設計することは避ける。

なお、杭工の設計においては、次の点を考慮するものとする。

①杭の設置位置

原則として、地滑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な所で、地滑り地塊の圧縮部で、しかもすべり層の厚さの比較的厚い受働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滑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とすることもある。

②杭に対する設計外力の考え方

杭の設計にあたっては、原則として曲げおよびせん断に対する検討を行うものとする。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してもよい。ただし、すべり面が4~6mの比較的浅い地滑りでは、杭の傾倒による被災例が報告されているので、原則どおりとする。

③圧縮部に設置する杭

圧縮部に設置する杭の位置は、図5-16のように地滑り運動ブロックの最末端部より、多分割片ごとの滑動力 T_i と抵抗力 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、境界よりも下方で十分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。

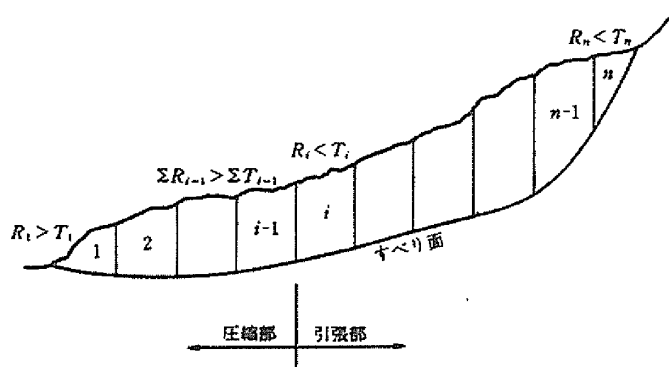


図 5-16 圧縮部に設置する杭の位置

また、地滑り末端部に杭を施工する場合には、杭の上部に図 5-17 のような受働破壊による新しいすべりが発生しないよう配慮する必要がある。

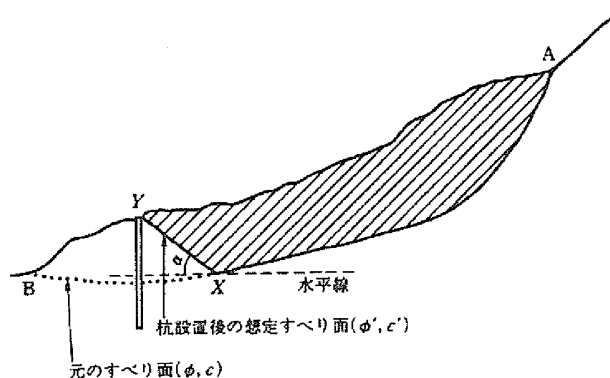


図 5-17 杭の上部の受働破壊

④引張部に設置する杭

地滑り防止工事の保全対象となる構造物、または斜面が地滑り運動ブロックの引張部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で、かつ地滑り運動ブロックの引張部に設置することもある。この場合には、杭背面の地盤反力は期待できず、杭の上方からの地滑り推力のすべてを受けもつ形となるので、これに対応できる片持ちばりの用いる杭の設計としなければならない。

⑤詳細設計の参考基準

杭工の詳細設計については、以下の文献によるものとする。

急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成 26 年 4 月改訂版), H26. 4, 広島県

(イ) シャフト工

シャフト工は、対象となる地滑り地域の地形および地質等を考慮し、所定の計画安全率が得られるよう設計するものとする。

地滑り地域で地盤等の条件により大口径の機械削孔を行うことが困難な場合や曲げ杭では地滑り土圧に抵抗できない場合にシャフト工を用いる。この場合、掘削の手段を集水井と同様な工法でライナープレート等を用いて掘削し、表示は掘削後これに鉄筋コンクリートを構築してシャフトとするものである(図 5-18 参照)。

シャフト工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配置するものとする。シャフト工が単位幅の地滑り地塊に対して負担すべき荷重は杭の場合と同様に求める。

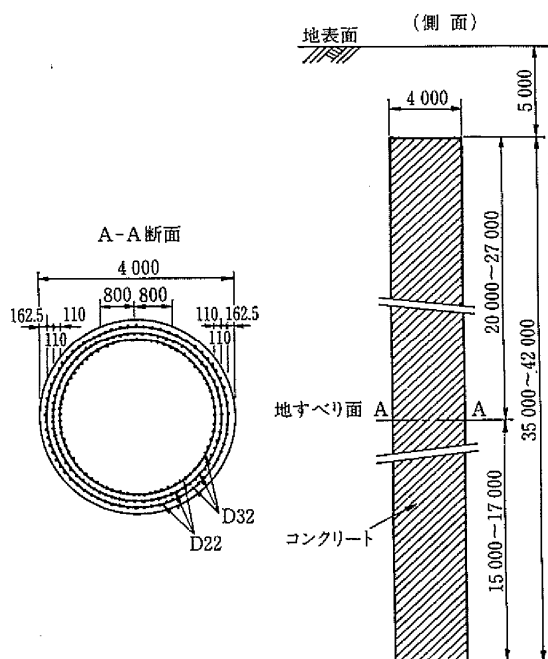


図 5-18 シャフト工の例(単位:mm)

①シャフト工の設計方法

シャフト工は、根入れ部地盤の横方向地盤係数、シャフトの前面幅(外径)、すべり面からのシャフトの根入れ長、シャフトの弾性係数、シャフトの断面二次モーメントから、杭として設計するか、ケーソンとして設計するかを判定する。

②シャフト工の安全条件

シャフト工は掘削中に水を使わず、逆に排水するので地滑り運動を促進する必要がないし、数基を一度に着工できる。ただ人力掘削を主とするので、施工中の安全に注意を要する。シャフト工の安全条件は、次のとおりである。

- 1) シャフト自身がせん断応力に十分耐えること。
- 2) シャフト工が水平力で生じる曲げモーメントに十分耐えること。
- 3) シャフト工の基礎地盤がせん断応力によって破壊されないこと。
- 4) 基礎地盤中の反力によって、シャフト工底部の地盤が破壊されないこと。

③詳細設計の参考基準

シャフト工の詳細設計については、以下の文献によるものとする。

急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成26年4月改訂版), H26.4, 広島県

(ウ) グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工は、対象とする地滑り地域の地形および地質等を考慮し、所定の計画安全率が得られるよう設計するものとし、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、定着地盤およ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ものとする。

アンカーは基本的には、①アンカー頭部(反力構造物を含む)、②引張部、③アンカー定着部(アンカー体および定着地盤)の3つの構成要素により成り立っており、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工法である。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。その設置位置、定着地盤の位置、アンカーの配置、アンカーの傾角および反力構造物の規模および構造等は、地滑り地の地形、地質および移動状況を考慮し十分注意して決定する必要がある。

①必要アンカー力の算定

地滑り対策工として使用されるアンカーには、締付効果を利用するもの、ひき止め効果を利用するものの2つのタイプがある。

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、地滑り地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、地滑り地塊をひき止めようとするものであり、それぞれ図5-17に示す力によって表される。

設計にあたっては、以下の3つの方法があるが、地滑り地の地形、地質および移動状況を考慮し十分注意して決定するものとする。

- 1) 引止効果を考慮する
- 2) 締付効果を考慮する
- 3) 引止効果+締付効果を考慮する

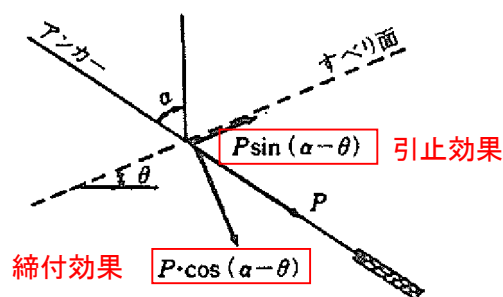


図5-17 アンカーの機能

②アンカー定着長

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、地盤とグラウトとの間の付着長およびテンドンとグラウトとの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定着長とする。ただし、アンカー体の定着長は原則として3.0m以上～10.0m以下とする。

したがって、計算においてアンカー定着体長が上限の10.0mを超えた場合には、許容アンカー力を小さくする等の検討が必要である、また、計算上3.0mより短い場合には、アンカー体定着長を3.0mとする。

③アンカー自由長

アンカー自由長は、極端に短くなるとアンカーされる構造物に地盤を通じてアンカー体から直接応力が作用することや、地盤のせん断抵抗や土塊重量が小さく十分な引抜き抵抗力を得られなくなるなどの理由から最小長を原則として4.0mとする。また、地滑り抑止に使用されるアンカーの場合、アンカー定着部がすべり面より深部の不動層で堅固な岩盤に定着されるように自由長を設定する。

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および定着地盤の安定と近隣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およびアンカーの方向や間隔は、設計段階の初期に予め想定しておかなければならない。

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、トンネルおよ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およびアンカー水平角を検討する。

2) アンカー傾角

アンカーの傾角は、力学的有利性だけから決定されるものではなく、地形、地質および施工条件等を考慮して決定するが、アンカー施工上の問題(残留スライムおよびグラウト材のブ

リージング)から原則として水平面より-10~+10° の範囲内は避けるものとする。

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、アンカー体径およ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。

⑤アンカーの構造

アンカーの構造は、原則として二重防食処理のなされた永久アンカーとするものとする。アンカーの防食は、施工時およ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、防食の対策を講ずる必要がある。

一般の施工条件および環境に対しては、以下に示す防食構造を標準とする。なお、二重防食とは、P C鋼材を連続する2種類の異なった材料で保護した状態をいう。

1) アンカー体の防食

アンカー体の防食は、一定の厚みと強度を有する防食機能のある素材で覆い、その内部を防食機能のあるグラウト材等で充填することを標準とする。なお、グラウト材による被覆について有害なひび割れの発生のおそれがなく、テンドンとの被り厚が十分な場合には、グラウト材を防食の1つとして考えてよいものとする。

2) 引張部の防食

引張部の防食は、テンドンを一定の厚みと強度を有する素材によって被覆し、さらに、テンドンとシースの間に防食用秘料(防錆油)を充填することを標準とする。再緊張を必要とするアンカーの場合には、テンドンの伸びを拘束しない防食材料を選定しなければならない。

3) アンカー頭部の防食

アンカー頭部の防食は、保護キャップと防食罵材料(防錆油)の組み合わせを標準とする。また、再緊張の必要性に応じて適切な防食方法を選定する。

4) その他

引張材に関して、それ自体の防食能力を向上させたものや、引張材に高耐食性材料(新素材)を使用したもの等、二重防食構造の永久アンカーと同等かそれ以上の防食能力を有するものは、その構造が二重でなくとも永久アンカーとして考えてもよい。なお、引止め効果を期待する場合は、延性が大きいものほど有効である。

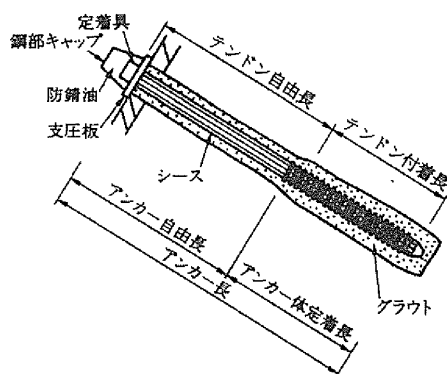


図 5-17 永久アンカーの例

⑥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ものとする。受圧板は、アンカー工を定着させるために斜面等に設定される反力構造物である。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、維持管理およ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ものとする。

1) 受圧板への作用力

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し、受圧板に使用するコンクリートおよ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)によるものとする。

2) 断面力の算定

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。

⑦詳細設計の参考基準

グラウンドアンカー工の詳細設計については、以下の文献によるものとする。

急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成 26 年 4 月改訂版), H26. 4, 広島県

(I) 擁壁工

擁壁工は、地盤の変動、湧水等を考慮し、原則として柔軟な構造物として設計するものとする。

擁壁工は、地滑り末端部斜面の法先が崩壊し、次々に上部まで移動するような場合に用いられる。したがって大規模な地滑りの抑止には、擁壁工のみではあまり大きな効果を発揮することができない。一般的には押え盛土と併用して、その土留めとして用いられることが多い。

一般に地滑り地域では地盤の変動が大きく、湧水量も多いので擁壁の形式としては柔軟性があり、透水性の良好な枠工および中詰材を用いることがよい。

また、地滑り末端部の基礎掘削や、斜面の切取りを行うことにより地滑りを誘発することがあるので・設計にあたっては安全性を十分考慮するものとする。一般には切土掘削等を行うことによる地滑り誘発のおそれの最も少ない枠工等を用いるのがよい。

また、杭工やシャフト工を基礎にして小規模な擁壁を設けることもある。

代表的な擁壁工の形式は次のとおりである。

- 1) 鉄筋コンクリート枠擁壁
- 2) ふとん籠擁壁
- 3) 鋼製枠擁壁
- 4) 大型コンクリートブロック擁壁
- 5) コンクリート擁壁

擁壁工の詳細設計については、以下の文献によるものとする。

急傾斜・地すべり・雪崩技術指針(平成26年4月改訂版), H26.4, 広島県

(2) 地滑り堆積施設の設計

地滑り堆積施設の設計にあたっては、以下のことを満たすこととする。

- ① 土石等を堆積させるための十分な空間が確保できる。
- ② 設置箇所で想定される最大の移動土塊の堆積による力に耐えうる構造を有する。

【解 説】

地滑り堆積施設の設置にあたっては、「土石等を堆積させるための十分な空間が確保」でき、「設置箇所で想定される最大の移動土塊の堆積による力の大きさ」に抵抗できる構造とする必要がある。

地滑り堆積施設としては、

- a) 待受け式擁壁
- b) 待受け式盛土

等が考えられる。

設計にあたっては、地滑りの規模、運動特性、移動土塊の性質、施設位置の地盤状況等を十分に検討した上で、個別に設計する必要がある。

待受け式擁壁の概要図を図 7-1 に示す。

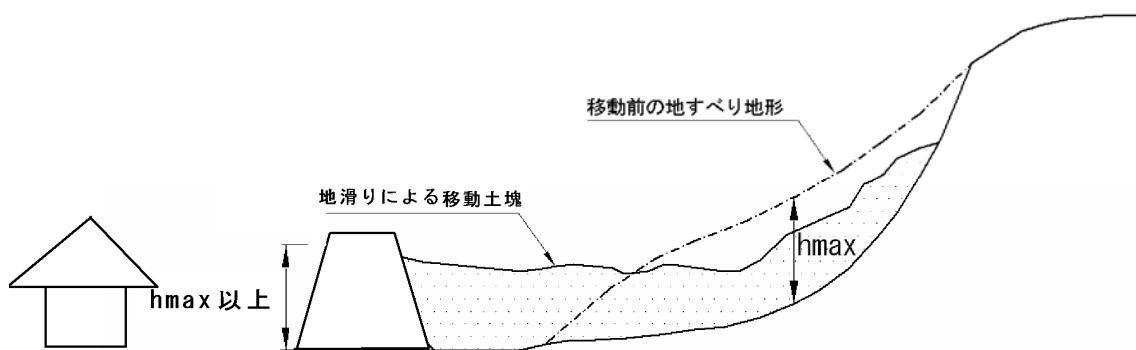


図 7-1 待受け式擁壁工の概念図