

設計編
第4章 地すべり防止施設編
目 次

第1節	総説	1
1. 1	基本的考え方	1
第2節	地表水排除工	4
2. 1	総説	4
2. 1. 1	適用範囲	4
2. 1. 2	用語の定義	4
2. 2	機能	4
2. 3	設計の基本	5
2. 4	基本的な構造	6
2. 5	安全性能の照査等	6
2. 6	各部位の設計	7
第3節	地下水排除工	10
3. 1	総説	10
3. 1. 1	適用範囲	10
3. 1. 2	用語の定義	10
3. 2	機能	10
3. 3	設計の基本	11
3. 4	暗渠工及び明暗渠工	12
3. 4. 1	基本的な構造	12
3. 4. 2	安全性能の照査等	13
3. 4. 3	各部位の設計	13
3. 5	横ボーリング工	15
3. 5. 1	基本的な構造	15
3. 5. 2	安全性能の照査等	16
3. 5. 3	各部位の設計	16
3. 6	集水井工	18
3. 6. 1	基本的な構造	18
3. 6. 2	安全性能の照査等	19
3. 6. 3	各部位の設計	20
3. 7	排水トンネル工	24
3. 7. 1	基本的な構造	24
3. 7. 2	安全性能の照査等	25
3. 7. 3	各部位の設計	25
第4節	排土工及び押え盛土工	28
4. 1	総説	28
4. 1. 1	適用範囲	28
4. 1. 2	用語の定義	28
4. 2	機能	28
4. 3	設計の基本	28

4. 4	基本的な構造.....	29
4. 5	安全性能の照査等.....	30
4. 6	各部位の設計.....	30
第5節	その他の抑制工.....	32
第6節	杭工.....	33
6. 1	総説.....	33
6. 1. 1	適用範囲	33
6. 1. 2	用語の定義.....	33
6. 2	機能.....	34
6. 3	設計の基本.....	34
6. 4	基本的な構造.....	36
6. 5	安全性能の照査等.....	39
6. 6	各部位の設計.....	40
第7節	グラウンドアンカー工.....	41
7. 1	総説.....	41
7. 1. 1	適用範囲	41
7. 1. 2	用語の定義.....	42
7. 2	機能.....	42
7. 3	設計の基本.....	43
7. 4	基本的な構造.....	44
7. 5	安全性能の照査等.....	46
7. 6	各部位の設計.....	46

適用上の位置付け

河川砂防技術基準設計編は、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けを分類している。

分 類		適用上の位置付け	末尾の字句例
考え方	技術資料	●目的や概念、考え方を記述した事項。	「…ある。」「…いる。」 「…なる。」「…れる。」
必 須	技術基準	●法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「…なければならない。」「…ものとする。」
標 準	技術基準	●状況や条件によって一律に規制することはできないが、特段の事情がない限り記述に従い実施すべき事項。	「…を標準とする。」 「…を基本とする。」 「…による。」
推 奨	技術資料	●状況や条件によって実施することが良い事項。	「…望ましい。」 「…推奨する。」 「…努める。」 「…必要に応じて…する。」
例 示	技術資料	●適用範囲や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ●状況や条件によって限定的に実施できる技術等の例示。 ●具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	「…などの手法（事例）がある。」 「…などの場合がある。」 「…などが考えられる。」 「…の場合には…ことができる。」 「…例示する。」 「例えば…。」 「…事例もある。…もよい。」

関連通知等	関連する通知やそれを理解する上で参考となる資料
参考となる資料	例示等にした手法・内容を理解する上で参考となる資料

第5章 地すべり防止施設の設計

第1節 総説

1. 1 基本的考え方

<考え方>

本章は、地すべり等防止法で定められる事項に加え、地すべり防止施設を設計する場合の一般的かつ基本的な規定を示すものである。なお、その適用に当たっては、各項の規定するところに従い実状に即した適切な判断をするべきである。

地すべり等防止法では地すべり防止という目的のために、地すべりしている、又は地すべりするおそれのきわめて大きい区域（地すべり区域）、及びこれらに隣接する地域のうち地すべりを誘発、助長、又はそのおそれがきわめて大きいもの（隣接区域）を合わせたもの（地すべり地域）を地すべり防止区域として指定し、地すべりの防止に有害な行為の規制や地すべり防止工事が実施される。

地すべり防止施設は、地すべり防止を目的として、地すべり防止工事により整備された施設であり、それらの持つ機能の違いから抑制工と抑止工に分類される。

抑制工は、地すべり地域の地形、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、地すべり滑動を緩和又は停止させる工法である。

抑止工は、設置した構造物の持つ抵抗力を利用して、地すべり滑動を停止させる工法である。

これまで一般的に用いられてきた主な地すべり防止施設を分類すると図 4-1-1 のとおりである。

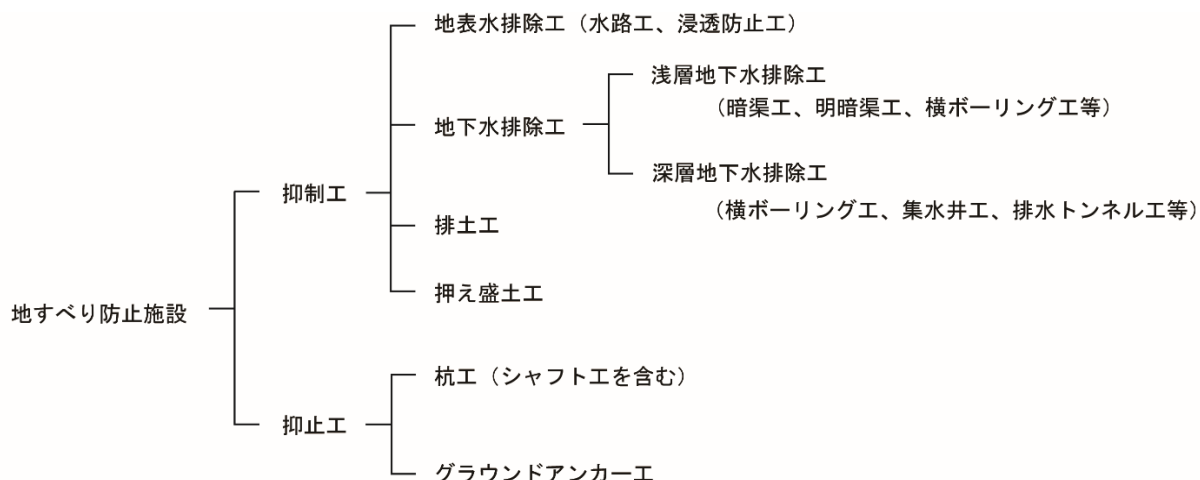


図 4-1-1 主な地すべり防止施設の分類

本基準における地すべり防止施設の計画から設計に至る手順は次のとおりである。まず、地すべり防止計画において、地すべりの現象、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を総合的に考慮し、計画安全率を設定することで、地すべり防止施設の計画規模を定める。次に、計画安全率を確保するように、抑制工と抑止工を適切に組み合わせて工法を選定し、それぞれの地すべり防止施設に求める機能及び配置、規模を定め、設計を行うという手順となっている。

地すべり防止施設は、地すべり防止施設配置計画に基づき、目的と機能に適合し、構造物としての安全性を有すると共に、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施

工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計する必要がある。

地すべり防止施設の機能とは、地すべり防止という目的を達成するために不可欠な当該地すべり防止施設の働きのことである。例えば、地下水排除工においては、地すべり地域の地下水を集水して地すべり地域外へ排水する働きである。また、杭工においては、地すべりの滑動に対して杭が抵抗することによって地すべりの滑動を抑止する働きである。

地すべり防止施設が機能を発揮し、目的を達成するために求められる構造物の機能的な要件としては、目的と機能との適合性、構造物の安全性、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等がある。

目的と機能との適合性は、目的を達成するために、地すべり防止施設が計画どおりに機能を発揮できるようになっていることであり、構造物としての安全性は、想定する状況での作用に対して必要とされる施設の安定性や強度等のことであり、どちらも施設が機能を発揮するために必須であると考えられる。

また、実際に施設を地すべり地域に設置するためには、施設を設置する周辺の状況や施設の設置される条件等を踏まえ、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等についても総合的に考慮することが求められる。

設計にあたっては、地すべり防止施設配置計画に基づき、目的と機能との適合性及び対象とする状況と作用に応じた安全性能を満足させることが求められる。このように、本基準では、要求する事項を規定する性能規定の考え方を基本としている。目的と機能との適合性については、地すべり防止施設配置計画に照らして確認し、安全性能は、状況と作用を設定して照査を行うことが基本となる。また、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等についても総合的に考慮し、それらを適切に設計へ反映する必要がある。

本章における設計では性能規定の考えを基本とし、施設に求められる要件を満足する範囲で、これまでにない材料、構造、解析手法等を採用することができる。しかし、地すべり現象は地中深いところで発生する自然現象であり、地すべりの特性を全て把握し、地すべりや構造物の挙動、地すべり防止施設の効果、周辺への影響等を正確に予測することは極めて困難である。このような理由から、地すべり防止施設について、目的と機能との適合性や安全性等を、調査、試験及び工学的計算の結果に基づいて定量的に評価し得る場合は多くなかった。そのため、これまでは経験的技術を用いながら、施工中あるいは施工後に地すべり防止施設の効果評価を行い、必要に応じて計画や設計を見直すということが行われてきた。これらの背景を踏まえ、設計にあたっては、用いようとする材料、構造、解析手法等の適用性を総合的な観点から判断することが必要である。

これらの判断は、理論的で妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づいて行う必要がある。

理論的で妥当性を有する手法や実験等による検証がなされた手法を用いる場合には、施設の機能発揮や構造物の安全性は、地すべり現象と施設の構造、材料との相互作用として結果が現れることを踏まえて、採用しようとする方法が、地すべり現象の多様さ、地すべり地域の地盤や地下水の複雑さを考慮した際に、方法の適用が妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証をすることが必要である。また、十分な試験施工等を行い、その結果を設計にフィードバックすることが重要である。

また、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法を適用する場合には、その方法の内容に応じて、対象とする地すべり地域の地形及び地質・土質、地下水状況、運動特性並びに構造物の規模及び構造、使用材料、施工及び維持管理といった条件を踏まえ、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、適用性について検討することが重要である。これらのことを前提として、従来の河川砂防技術基準及び地すべり防止技術指針に記載された手法は、これまでの経験・実績に照らし合わせると、本章改定後も変わらず適用が可能と考えられ、本章では、経験・実績から妥当とみなせる方法として、各節の「各部位の設計」の＜考え方＞に示している。

＜標準＞

地すべり防止施設は、地すべり防止施設配置計画に基づき、目的と機能に適合し、構造物としての安全性を有すると共に、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

＜推奨＞

各構造物の設計の過程等において、現場条件等により、構造物としての安全性、環境・景観との調和、維持管理、施工性、経済性等の面から、当該地すべり防止施設の設置位置またはその構造を見直すことが必要となる場合がある。当該地すべり防止施設のための設計では目的や機能、安全性の確保等の観点から十分に期待する効果が得られないことが想定される場合等においては、施設配置計画について再検討することが望ましい。

また、地すべり防止施設は、長期間にわたる機能保持のために耐久性のある材料を使用し、また経時的な変化による安全率の低下を防止し、維持管理が容易で費用がかからぬよう、設計時点において十分な検討を行うことが望ましい。

地すべり防止施設の配置計画を検討する際は、地中の情報と地すべり防止施設の3次元的な位置関係を適切に把握する必要があるが、BIM/CIMを活用することにより、3次元的な位置関係が視覚化され、適切な理解が促進されることが考えられる。地すべり防止施設の設計に当たっては、BIM/CIMを活用し、地形や土地利用等の地表面情報をすべり面や地質構造等の地下情報を踏まえた検討を行うことが望ましい。

令和6年能登半島地震でも過去の地震と同様、対策済みの地すべりとは異なるブロック範囲やすべり面深度、または局所的な地盤の変動が生じて被災した例が複数確認された。抑制工については、地すべり滑動が収まっていない状況でも施工されることを併せて考慮すると、地すべり滑動によって破損、閉塞等による機能低下や機能損失が生じにくい構造とすることが望ましい。また、抑止工についても、地すべり土塊や地盤の性状について十分に調査し、地すべり滑動や地震によって地盤等が変形した場合であっても地すべり防止施設の機能が失われにくい構造となるよう検討することが望ましい。

＜関連通知等＞

- 1) 河川砂防技術基準 調査編, 令和5年5月, 国土交通省水管理・国土保全局, 第18章地すべり調査。
- 2) 河川砂防技術基準 計画編, 平成31年3月, 国土交通省水管理・国土保全局, 基本計画編第3章第3節地すべり防止計画に関する基本的な事項。
- 3) 河川砂防技術基準 計画編, 令和3年4月, 国土交通省水管理・国土保全局, 施設配置計画編第3-2章第7節地すべり防止施設配置計画。

- 4) 河川砂防技術基準 維持管理編（砂防編），令和 6 年 6 月，国土交通省水管理・国土保全局，第 5 章地すべり防止施設及びその周辺の状態把握。
- 5) 「地すべり防止技術指針」の適用について，平成 20 年 1 月 31 日付け，国河砂第 61 号・国河保第 65 号，砂防計画課長・保全課長通知。
- 6) 地すべり防止技術指針及び同解説，平成 20 年 4 月，国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所。

<参考となる資料>

BIM/CIM の活用については，下記の資料が参考となる。

- 1) BIM/CIM 活用ガイドライン（案）第 3 編砂防及び地すべり対策編，令和 3 年 3 月，国土交通省。

令和 6 年能登半島地震での被災事例については，下記の資料が参考となる。

- 1) 杉本宏之，小野和行，岸本海笛，鶴見侑生，古谷元，金俊之，小川内良人，田中靖政：令和 6 年能登半島地震による地すべり防止施設の被災－令和 6 年度能登半島地震砂防学会調査団第 4 班調査報告－，令和 7 年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 27-28, 2025。
- 2) 檜垣大輔，綱木亮介：令和 6 年能登半島地震での調査団活動概要報告，斜面防災技術，Vol. 52, No. 1, 2025。

第2節 地表水排除工

2. 1 総説

2. 1. 1 適用範囲

<考え方>

本節は、地表水排除工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の地表水排除工の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。

<標準>

本節は、地表水排除工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

2. 1. 2 用語の定義

<標準>

本節における用語の定義は、次のとおりとする。

- 1) 水路工：降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透を抑制するため、地表水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように水路で地すべり地域外に排水するものをいう。
- 2) 浸透防止工：地表水の亀裂からの浸透、池や沼地等の水の地中への浸透を防止するため、不透水性の材料で充填または被覆するものをいう。

2. 2 機能

<考え方>

降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透は地下水を増加させ、地すべりの発生の原因となる。地表水排除工は降水等の浸透を防止する浸透防止工と地表の水をすみやかに地域外に集水排除する水路工に分けられる。

水路工は、降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透を抑制するため、地表水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外に排水する機能が求められる。

浸透防止工は、地表水の亀裂からの浸透、池や沼地等の水の地中への浸透を防止する機能が求められる。

<標準>

水路工は、降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透を抑制するため、地表水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外に排水する機能を有するよう設計することを基本とする。

浸透防止工は、地表水の亀裂からの浸透、池や沼地等の水の地中への浸透を防止する機能を有するよう設計することを基本とする。

2.3 設計の基本

<考え方>

降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透は地下水を増加させ、地すべりの発生の原因となることから、地表水排除工によって、降水等の浸透防止及び地表の水のすみやかな地域外への集水排除が重要である。

地表水排除工の配置の検討に当たっては、対象とする地すべりの地形、地質、土質、豪雨・長雨・融雪等の誘因、地すべり地域における溪流や沼地の分布等を踏まえ、地すべり防止施設配置計画において地表水排除工の工種及び配置を検討する。

地表水排除工の設計に当たっては、「2.2 機能」に示す事項を満足するとともに、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

また、地表水排除工の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等も考慮する。

地表水排除工は、地すべり滑動が収まっていない状況で施工されることも考慮し、破損、閉塞等による機能低下や機能喪失が生じないように設計することが重要である。

さらに、周囲の環境や地表水の生活利用への影響を十分に考慮して設計されることが望ましい。

「2.4 基本的な構造」～「2.6 各部位の設計」では、設計及び照査の基本的な考え方並びに目的と機能に適合し、構造物としての安全性を満たすと考えられる従来手法について示す。

<標準>

地すべり防止施設配置計画において必要とされる機能を有する構造となるよう設計することを基本とする。

地表水排除工の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行う。
- 2) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計するとともに、地表水排除工や地下水排除工等の施設を単独あるいは組み合わせて設計する。

2. 4 基本的な構造

＜考え方＞

水路工は、降雨による地表水あるいは溪流や沼地等の水の浸透を抑制するため、地表水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外に排水することを目的としている。浸透防止工は、地表水の亀裂からの浸透、池や沼地等の水の地中への浸透を防止することを目的としている。

地表水排除工は、「2.3 設計の基本」までに示したとおり、地表水等の集排水、浸透の防止等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

地表水排除工の使用材料は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮し、適切に選定する必要がある。

＜標準＞

地表水排除工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

地表水排除工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

地表水排除工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

2. 5 安全性能の照査等

＜考え方＞

地表水排除工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

地表水排除工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の流出等が生じることによって生じる。

また、水路工等の地表水排除工の被災により、地すべり地域へ地表水が供給され、地すべり滑動が誘発・助長されないようにするための考慮が必要となる場合がある。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による水圧と自重が対象になると考えられ、地表水排除工が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、土圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

地表水排除工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

地表水排除工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、水圧

※土圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

2. 6 各部位の設計

<考え方>

1) 水路工

水路工は、地すべり地域の凹地に樹枝状に配置する集水路と、これを排水する排水路からなる（図 4-2-1）。

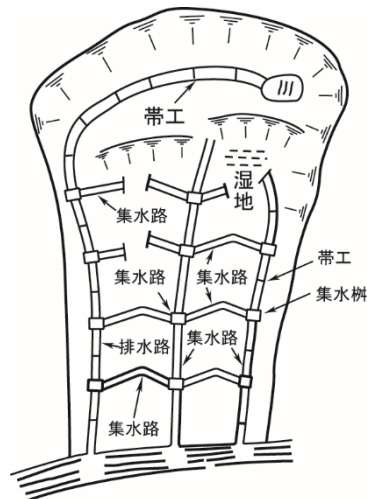


図 4-2-1 地表排水路網

水路工の設計に当たっては、以下の点に留意する。

- ①水路工は、地すべり地域の地表水の集水と凹地に集まる水の再浸透を防ぐため掘込水路とする（図 4-2-2）。水路のルートは、地すべり地域の掘削を最小限に留めるよう設定する。

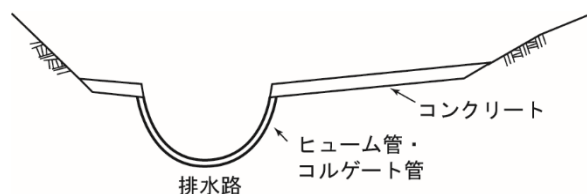


図 4-2-2 地表排水路

- ②集水路及び小規模な排水路の幅は、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。

- ③水路は、底張りを行って流水の浸食を防ぎ、支線との合流点や屈曲部、勾配の変化点では集水枡を設け、水路の肩は表流水が流れ込みやすいようにコンクリートあるいはアスファルト等で被覆する。
- ④幹線水路では、計画最大高水流量を求め水路の通水断面を決定する。なお、計画対象降水量は超過確率 1/50 程度の規模とすることが多い。この他、水路断面は、土砂等の堆積による断面の減少を考慮して、20%以上の余裕を見込んでおく必要がある。
- ⑤集水枡が落差工となるような場合は、落差高、流量、越流水深を考慮して標準的に式 4-2-1 によって、枡の大きさを決める（図 4-2-3）。

$$L = k(h_1 + t) \quad (4-2-1)$$

L : 枡の内り (m)

k : 2.5~3.0

t : 上流水路の水深 (m)

h_1 : 上下水路床間の落差 (m)

h_2 : 枡の水唇深さ (m) (0.2~0.5m)

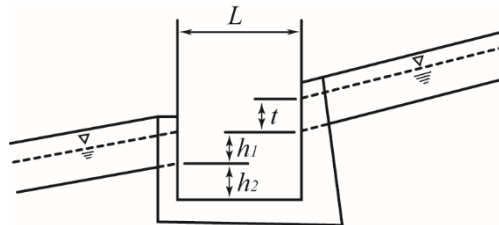


図 4-2-3 集水枡側面図

- ⑥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た明暗渠工とする。
- ⑦図 4-2-4 には、集水枡と落差工の標準図を示した。集水枡あるいは落差工は、20 ~50m 毎に設ける。

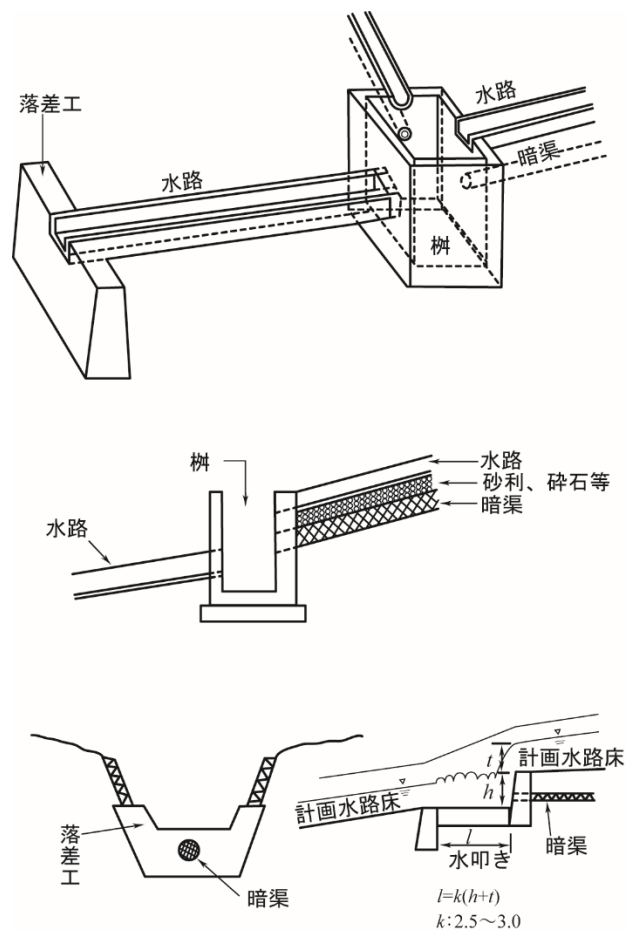


図 4-2-4 集水樹と落差工の例

- ⑧雑草の水路への倒れ込みが懸念される場所では、水路の両側 1m 程度をコンクリートにより被覆することにより雑草の水路への倒れ込みを少なくすることも有効である。
- ⑨地すべり運動に伴う地盤の隆起、沈下等によって、水路のジョイント部が開いたり、水路が破壊されて漏水することがあるので、定期的な点検と修復が必要である。
- ⑩水路工は、原則として盛土の上に設置しないものとする。

2) 浸透防止工

浸透防止工には、以下のような工種がある。

- ①充填工法：亀裂に粘土やコンクリートを詰めるもので、応急対策に適している。
- ②ビニールシート被覆工法：亀裂をビニールシートで被覆するもので、応急対策に適している。
- ③漏水防止工法：沼地で漏水がある場合は、底部をアスファルト等の不透水性の材料で被覆する。

<標準>

地表水排除工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、有効に地表水等の集排水、浸透の防止ができるようにするとともに、ある程度の地盤変動にも耐えられるように設計することを基本とする。

第3節 地下水排除工

3. 1 総説

3. 1. 1 適用範囲

<考え方>

本節は、地下水排除工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の地下水排除工の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ適用することができる。

<標準>

本節は、地下水排除工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

3. 1. 2 用語の定義

<標準>

本節における用語の定義は、次のとおりとする。

- 1) 浅層地下水排除工：すべり面付近への地下水供給を抑えることで、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するために浅層の地下水を排除する地下水排除工。
- 2) 深層地下水排除工：すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するために主として深層の地下水を排除する地下水排除工。
- 3) 暗渠工：暗渠で浅層地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図るものをいう。
- 4) 明暗渠工：暗渠と地表排水路からなり、浅層地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図るものをいう。
- 5) 横ボーリング工：浅層地下水排除工としての横ボーリング工は、集水管によって明暗渠工等では排除できない浅い地層の地下水を排除することですべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図るものをいう。深層地下水排除工としての横ボーリング工は、集水管によって深層地下水を排除することで、すべり面付近の間隙水圧の低下を図るものをいう。
- 6) 集水井工：井筒、排水ボーリング、集水ボーリング、維持管理施設からなり、深層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近の間隙水圧の低下を図るものをいう。
- 7) 排水トンネル工：排水トンネル、集水ボーリング、付帯施設からなり、深層地下水を排除することによってすべり面に作用する間隙水圧の低下を図るものをいう。

3. 2 機能

<考え方>

自然発生する多くの地すべりの発生の原因は、豪雨・長雨・融雪等によって地下水の供給量が増加することですべり面に作用する間隙水圧が上昇することにある。地下水排除工には、すべり面に作用する間隙水圧を低下させるため、地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外へ排水する機能が求められる。

浅層地下水排除工は、すべり面付近への地下水供給を抑えることで、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するため、浅層の地下水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外へ排水する機能が求められる。

深層地下水排除工は、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するため、主として深層の地下水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外へ排水する機能が求められる。

<標準>

浅層地下水を排除する地下水排除工は、すべり面付近への地下水供給を抑えることで、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するため、浅層の地下水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外へ排水する機能を有するよう設計することを基本とする。

深層地下水を排除する地下水排除工は、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図り、地すべり滑動を抑制するため、主として深層の地下水を集水し、地すべり地域で再浸透しないように地すべり地域外へ排水する機能を有するよう設計することを基本とする。

3. 3 設計の基本

<考え方>

自然発生する多くの地すべりの発生の原因は、豪雨・長雨・融雪等によって地下水の供給量が増加することですべり面に作用する間隙水圧が上昇することにあることから、地下水排除工によって、地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧を低下させる。

地下水排除工の配置の検討に当たっては、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面の位置及び状態、豪雨・長雨・融雪等の誘因、地すべり地域における地下水の分布・流動方向、地すべり地域への地下水の供給経路、すべり面に作用する間隙水圧の分布等を踏まえ、地すべり防止施設配置計画において地下水排除工の工種及び配置を検討する。

地下水排除工の設計に当たっては、「3.2 機能」に示す事項を満足するとともに、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

また、地下水排除工の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等も考慮する。

地下水排除工は滑動している地すべりにおいて施工されることも多いため、地下水を集排水する機能を維持するために横ボーリング工の孔口や集水井工の排水ボーリングの流末孔口を積雪や崩壊から保護することで耐久性を確保することが重要である。

地域への影響については、例えば、生活利用されている地下水に対して地下水排除工が影響を及ぼすことも考えられるため、周囲の環境や地下水の生活利用への影響を十分に考慮して設計することが望ましい。

地下水排除工の組み合わせについては、水路工の設置により地すべり地域へ流入する渓流水の浸透防止を図りつつ、明暗渠工や横ボーリング工により浅層地下水を排除することや、横ボーリング工や集水井工の排水を地表水排除工として設置された水路工を利用して地すべり地域外に排水すること等の経済的な設計も考えられるため、施設を単独あるいは組み合わせで設計する事が望ましい。

なお、地下水排除工による目標とする間隙水圧の低下が見られない場合には、追加調査や計画変更を検討する必要がある。

「3.4 暗渠工及び明暗渠工」～「3.7 排水トンネル工」では、設計及び照査の基本的な考え方や並びに目的と機能に適合し、構造物としての安全性を満たすと考えられる従来手法について示す。

<標準>

地すべり防止施設配置計画において目標とされた間隙水圧の低下を図ることができる構造となるよう設計することを基本とする。

地下水排除工の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行う。
- 2) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計するとともに、地表水排除工や地下水排除工等の施設を単独あるいは組み合わせて設計する。

3.4 暗渠工及び明暗渠工

3.4.1 基本的な構造

<考え方>

暗渠工は、浅層地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図ることを目的としている。明暗渠工は、暗渠と地表排水路からなり、浅層地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図ることを目的としている。

暗渠工及び明暗渠工は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、施設を単独あるいは組み合わせで地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧を低下させる等、求める機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「3.4 暗渠工及び明暗渠工」では、このうち暗渠工及び明暗渠工の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

暗渠工及び明暗渠工の使用材料は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮し、適切に選定する必要がある。

<標準>

暗渠工及び明暗渠工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

暗渠工及び明暗渠工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

暗渠工及び明暗渠工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

3. 4. 2 安全性能の照査等

<考え方>

暗渠工及び明暗渠工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

暗渠工及び明暗渠工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の侵食等が生じることによって生じる。

また、暗渠工及び明暗渠工の被災により、地すべり地域へ地表水や浅層地下水が供給され、地すべり滑動が誘発・助長されないようにするための考慮が必要となる場合がある。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による土圧と自重が対象になると考えられ、暗渠工及び明暗渠工が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

暗渠工及び明暗渠工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

暗渠工及び明暗渠工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

3. 4. 3 各部位の設計

<考え方>

1) 暗渠工の設計に当たっての留意点を以下に示す。

①暗渠の配置は、土質、地下水の状況を勘案して決定する。

②1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に集水桝を設け、地表排水路に排水を行う。

③暗渠の深さは2m程度とし、底には漏水防止のために防水シートを敷設する。また、暗渠管の周囲には土砂の吸い出しを防止するため吸い出し防止材を敷設する（図4-3-1）。

④暗渠管周囲は、浅層地下水の集水を良くするためにフィルター材を詰める（図4-3-1）。

⑤地表水も集水しようとする場合は、地表まで栗石または碎石等を詰める。

⑥暗渠の材料は、ある程度の地盤変動にも耐えられるものとし、蛇籠や多孔管を用いる。なお、勾配が急な場合は、図4-3-2に示すように杭等で固定する。

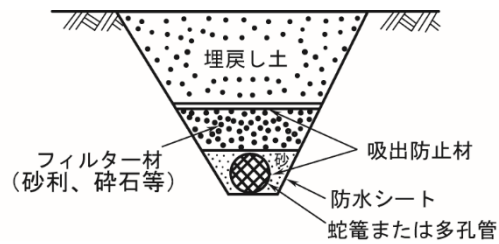


図 4-3-1 暗渠工の施工例

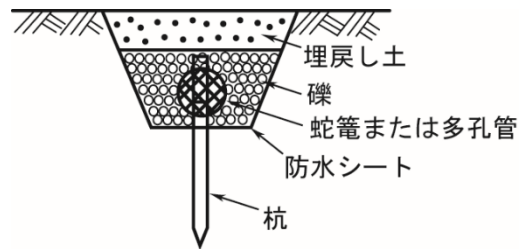


図 4-3-2 蛇籠暗渠

2) 明暗渠工の設計に当たっての留意点を以下に示す。

- ①明暗渠工は、1本の長さが長すぎると集水した水が再浸透する可能性がある。このため、その長さは、現地の状況を考慮して決定する。
- ②一般に、図 4-3-3 に示すように集水した地下水は、20m 程度の間隔で設けた集水枡あるいは落差工を利用して、地表の水路へ導いて排水する。

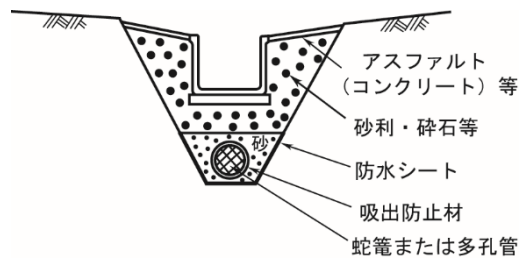


図 4-3-3 明暗渠工横断図

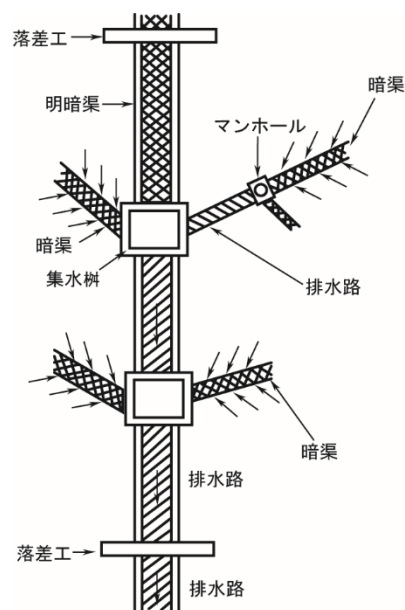


図 4-3-4 明暗渠工の配置図

<標準>

暗渠工及び明暗渠工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、有効に集排水できるようにするとともに、ある程度の地盤変動にも耐えられるように設計することを基本とする。

3. 5 横ボーリング工

3. 5. 1 基本的な構造

<考え方>

浅層地下水排除工としての横ボーリング工は、明暗渠工等では排除できない浅い地層の地下水を排除することですべり面付近への地下水供給を抑え、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図ることを目的としている。深層地下水排除工としての横ボーリング工は、深層地下水を排除することで、すべり面付近の間隙水圧の低下を図ることを目的としている。

横ボーリング工は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、施設を単独あるいは組み合わせて地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧を低下させる等、求める機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「3.5 横ボーリング工」では、このうち横ボーリング工の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

横ボーリング工の使用材料は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水等を考慮し、適切に選定する必要がある。

<標準>

横ボーリング工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工

性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

横ボーリング工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

横ボーリング工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

3. 5. 2 安全性能の照査等

＜考え方＞

横ボーリング工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

横ボーリング工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の侵食等が生じることによって生じる。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による土圧と自重が対象になると考えられ、横ボーリング工が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

＜標準＞

横ボーリング工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

横ボーリング工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

3. 5. 3 各部位の設計

＜考え方＞

1) 浅層地下水排除工としての横ボーリング工の設計に当たっての留意点を以下に示す。

①地下水検層結果等に基づき、地下水の流動層の位置を考慮して配置する（図 4-3-5）。

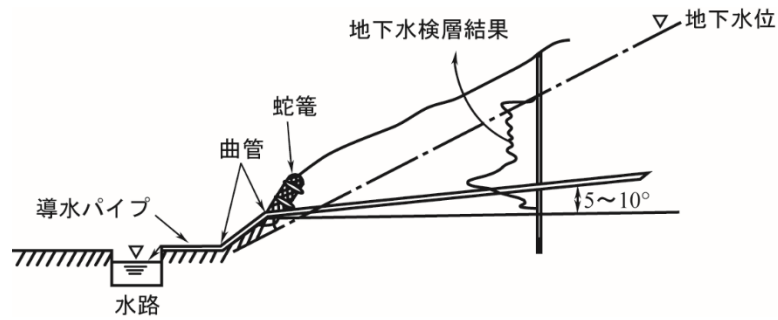


図 4-3-5 横ボーリング工横断面図

②横ボーリング工は、一般に浅層地下水の集中している部分に設け、ボーリング先端での間隔は5~10m となるように放射状あるいは平行に設計する(図 4-3-6)。また、横ボーリング工は、目的とする滞水層、またはすべり面を貫いて5~10m の余掘りを行うように計画する。

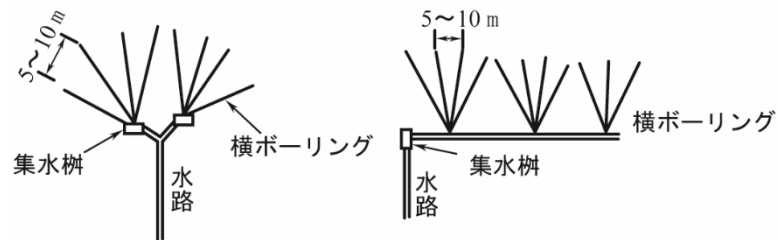


図 4-3-6 横ボーリング工の配置図

- ③集水した地下水は、集水樹や排水路に導き、速やかに地すべり地域外へ排水する。
 ④ボーリング孔口は、安定した地盤に設け、表流水や排水による孔口の崩壊や孔口の破損等を防止し、維持管理を容易にするために保護工を設置する(図 4-3-7)。

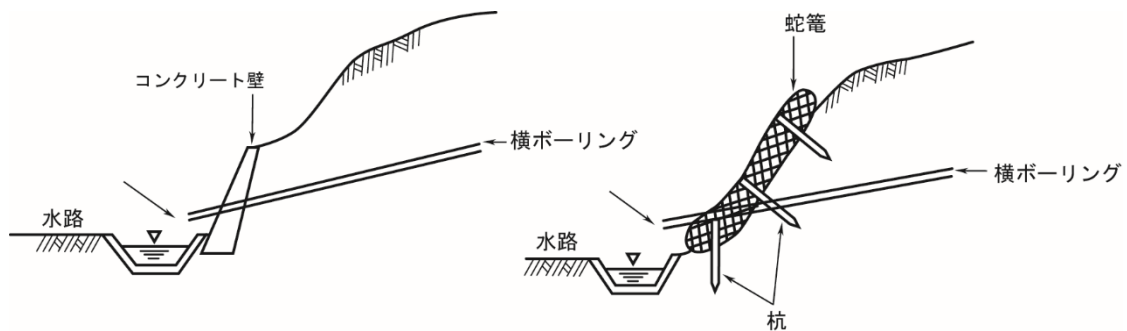


図 4-3-7 横ボーリング工の孔口保護工

- ⑤ボーリング掘進勾配は、集水した地下水が自然流下するように概ね仰角 5~10° とし、掘削孔径は 66mm 以上とする。
 ⑥地すべり地域の土質が粘質土で透水係数が小さい場合は、ボーリング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。
 ⑦集水管は、内径 40mm 以上の管を用い、帯水層区間にストレーナ加工(図 4-3-8)を行う。内径 300~600mm の鋼管を用いる手法もある。

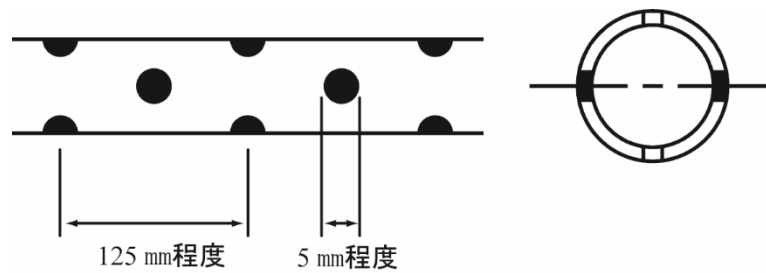


図 4-3-8 集水管のストレーナ（円形）の例

⑧横ボーリング工からの排水量を定期的に確認し、目詰まり等により機能の低下が認められるときは孔内洗浄を行う。

2) 深層地下水排除工としての横ボーリング工の設計に当たっての留意点を以下に示す。

- 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、施工実績を考慮のうえ決定するものとし、50m 程度までとする。
- ②集水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、地すべり土塊の性状によっては、途中で地下水が散逸して、地すべり地域に地下水が侵入する可能性があるため注意を要する。ボーリングの方向は十分検討し、また孔曲りのないように注意して施工し、集水した地下水が集水管から漏水しないようにする。
- ③被圧地下水を排除する場合は、斜め下向きにボーリングを行い、自噴により排水させることもある。

<標準>

横ボーリング工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、有効に集排水できるようにするとともに、ある程度の地盤変動にも耐えられるように設計することを基本とする。

3. 6 集水井工

3. 6. 1 基本的な構造

<考え方>

集水井工は、井筒、排水ボーリング、集水ボーリング、維持管理施設からなり、深層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近の間隙水圧の低下を図ることを目的としている（図 4-3-9）。集水井工は、集水ボーリング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。

井筒は、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、地下水が広範囲に賦存し、2 基以上の集水井工を設置する場合は、集水ボーリング長及び井筒による地下水位の低下範囲、地下水の賦存状況等を考慮して適切に配置する。

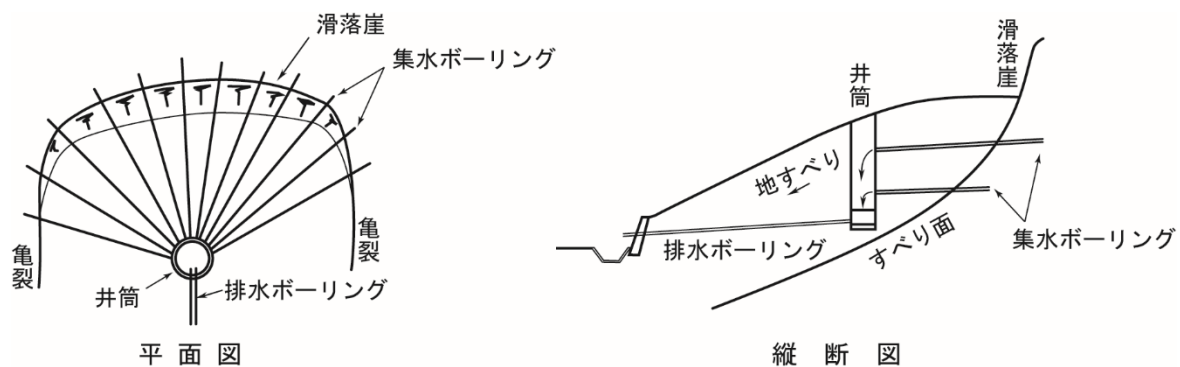


図 4-3-9 集水井工

集水井工の施工時は、地すべり地域の地質及び土質状態、すべり面の位置及びすべり面の状態等を直接観察できる機会であることが多い。また、不攪乱試料を採取することも可能であることから、単に工事をするだけではなく調査への活用等が考えられる。

集水井工は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、施設を単独あるいは組み合わせて地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧を低下させる等、求める機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「3.6 集水井工」では、このうち集水井工の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

集水井工の使用材料には、鋼構造（ライナープレート）や鉄筋コンクリート等がある。対象となる地すべり地の地形及び地質等を考慮し、適切に選定する必要がある。

<標準>

集水井工は、井筒、排水ボーリング、集水ボーリング、維持管理施設から構成され、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

集水井工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

集水井工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

3.6.2 安全性能の照査等

<考え方>

集水井工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべりの特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、地下水調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品

質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

集水井工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の流出、自沈等が生じることによって生じる。

また、集水井工の施工により、地すべり層、または基盤へ地下水が供給され、地すべり滑動が誘発・助長されないようにするための考慮が必要となる場合がある。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による土圧と自重が対象になると考えられ、集水井工を構成する各部位が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

集水井工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

集水井工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

3. 6. 3 各部位の設計

(1) 井筒

<考え方>

井筒の深さは、原則として、移動中の地すべり地域では底部を2m以上地すべり面より浅くし、停止している地すべり地域及び地すべり地域外では基盤に2～3m程度貫入させる。これは、移動中の地すべり地域では、井筒底部をすべり面下に貫入させると、移動に伴いすべり面付近で井筒が破壊されるためである。一方、停止している地すべり地域では、一般にすべり面深度が不明であり、悪影響を及ぼす帯水層の特定も難しいことから、井筒の集水効果を高めるために底部を基盤の中まで貫入させる。

移動中の地すべり地域では、井筒の施工が長期間にわたる場合、土質の変化、土圧の増大等により施工が困難になることがあるので、施工期間の短縮を図る。

井筒の形状は円筒形であり、その内径は3.5～4.0mとし、土質が礫及び転石混じり土砂、硬岩、破碎岩等で、集水ボーリングの削孔が困難な場合には、必要に応じて内径を大きく設計する。

また、井筒は、集水及び排水管の維持管理のために中空とする。

井筒の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、地すべり層、または基盤への地下水の供給を絶ち、地すべり滑動を助長しないようにする。

井筒の頂部は、部外者等が集水井に立ち入らないよう、地表面より井筒の頂部を1m程度出し、天蓋を設ける。

①鋼構造（ライナープレート）集水井の井筒の設計

鋼構造（ライナープレート）集水井の井筒の設計に当たっては、以下の点に留意する。

井筒外周面に作用する荷重は、原則として土圧のみとし、水圧は考慮しない。土圧は主働土圧とし、原則として地すべり滑動に伴い発生する土圧は考慮しない。しかしながら、実際の地

すべり挙動は複雑であるため、必要に応じて地すべり滑動に伴い発生する土圧を考慮した計算手法を用いることもある。また、井筒の変形が予想される場合は、ラテラルストラットやバーチカルスティフナーを用いて井筒を補強する。この他、偏土圧が予想される場合は、それを考慮した設計を行う。

座屈に対して安全な部材の断面（板厚）決定は、井筒外周面に作用する最大土圧 P_{max} を用いて次式によって決定する。

$$q_A = \frac{3 \cdot E \cdot I}{f \cdot R^3} > P_{max} \quad (4-3-1)$$

q_A ：井筒外周面の許容外圧（kN/m²）

E ：ヤング率（kN/m²）

I ：ライナープレート、コルゲート深さ 1 m 当たりの断面二次モーメント（m⁴/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、ボルト孔等がない場合の断面二次モーメント）とする。

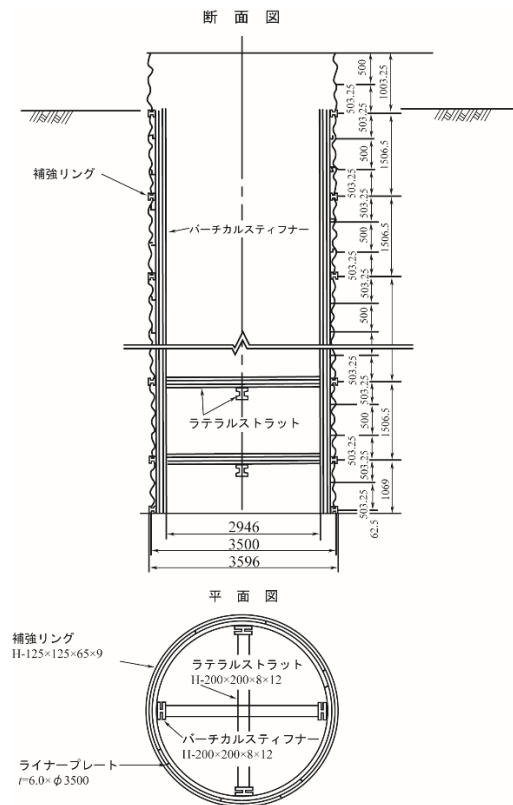
f ：安全率（1.5～2.0）

R ：井筒半径（m）

P_{max} ：井筒外周面に作用する最大土圧

式 4-3-1 は、鋼板の波形の影響を考え、ポアソン比を零とした場合の外圧を受ける薄肉円筒における単位長さあたりの座屈の式である。これを満足しない場合は、ライナープレート、コルゲートの水平継ぎ目、または、内側に H 型鋼による補強リングをはめ込んで補強する。なお、補強リングの断面及び間隔は、補強リングの間隔を単位長さに換算して決定する（図 4-3-10）。

なお、土圧等の設計条件が明確な場合は、部材の断面を土圧の分布に応じて変化させることができる。



(注) 必要に応じてラテラルストラット、パーチカルスティフナーを用いる。

図 4-3-10 ライナープレートによる井筒の例 (単位 : mm)

井筒外周面に作用する最大土圧算定式には、周囲の土のアーチアクション（円弧作用）を考慮して求めるテルツァギーの式やランキンの土圧式がある。しかしながら、一般に、土圧は深さ 15m 程度以上では増加しないものとし、静止土圧の三角形分布とする式 4-3-2 及び式 4-3-3 が多く用いられている（図 4-3-11）。

$$P_h = k \cdot \gamma \cdot h \quad h < 15m \quad (4-3-2)$$

$$P_h = 15 \cdot k \cdot \gamma \quad h \geq 15m \quad (4-3-3)$$

P_h : 土圧 (kN/m^2)

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 (kN/m^3)

h : 地表面からの深さ (m)

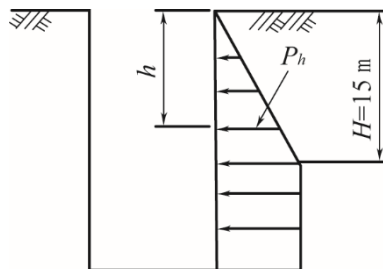


図 4-3-11 井筒外周面に作用する土圧

なお、 $h=15\text{m}$ 以深においても土圧が増加すると判断される場合は式 4-3-3 を準用する場合がある。

②鉄筋コンクリート集水井の井筒の設計

鉄筋コンクリート集水井の井筒は、以下に示す場合などに用いられる。

- ・ 一般に地質が砂質地盤等の比較的均質な地盤であり、井筒が自重により容易に沈下する場合
- ・ 地盤が、多量の地下水のためにボーリング（噴泥現象）を起こしやすい砂質の場合
- ・ 地盤が、ヒービング（被圧地下水により被覆層が押し上げられる現象）を起こしやすい軟粘質土の場合

<標 準>

井筒は、設置箇所の地盤の安定性、地すべり土塊の滑動による破壊の可能性等を考慮して、自重、土圧等に対して安全な構造となるよう設計することを基本とする。

（２） 排水ボーリング

<考え方>

排水ボーリングは、排水管によって井筒から排水を行うものである。恒常的な排水は、原則として自然排水によるものとする。

排水管には、内径 80～100mm の鋼管等が使用されるが、排水する地下水が多く見込める場合は、必要に応じて孔径を大きくするか複数の排水ボーリングを施工する。

排水ボーリングの流末は、地すべりブロック内に設置し、水路で地すべり地域外に導く。なお、流末孔口は蛇籠や擁壁等を用いてのり面の保護を行う。

排水ボーリングの長さが長くなったり、排水ボーリング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排水ボーリングを連結する等の手法がある。

<標 準>

排水ボーリングは、地すべり土塊の滑動による破壊の可能性等を考慮して、集水した地下水を井筒から有効に排水できるよう設計することを基本とする。

井筒からの恒常的な排水は、原則として排水ボーリングからの自然排水を基本とする。

（３） 集水ボーリング

<考え方>

集水ボーリングは、帯水層毎に 1～数段、放射状に施工し、浅層地下水の排除も同時に行う。集水ボーリング長は施工実績を考慮のうえ決定するものとし、50m 程度とされることが多いが、滑落崖直下のすべり面を切って基盤内に掘進する場合は、80～100m の長さになる場合がある。

集水ボーリングの位置、方向、間隔、本数等については、地質や地下水調査の結果に基づいて決定するが、施工中の集水状況によって、必要に応じて方向、間隔、本数等を変更する。集水管は「3.5 横ボーリング工」に準じて設計する。

<標 準>

集水ボーリングは、地形、地質、土質、すべり面、地下水の状況等を十分考慮して、有効に集水できるように設計することを基本とする。

(4) 維持管理施設

<考え方>

集水井工の機能を保持するためには、適切な維持管理を実施することが必要であることから、維持管理施設を設置する。昇降階段及び梯子等は、施設の点検を行うためのものであり、底部まで降りられるものとし、必要に応じて踊場を設けるものとする。

また、集水井工内への部外者の立入りをなくし、安全性を確保するため、蓋及び集水井工を囲むフェンスを設置する。

<標準>

集水井工の維持管理のため、内部には昇降階段、または梯子を、頂部には、鉄網または鉄筋コンクリート板等の蓋を、周囲には立ち入り防止柵を設置することを基本とする。

3. 7 排水トンネル工

3. 7. 1 基本的な構造

<考え方>

排水トンネル工は、深層地下水を排除することですべり面に作用する間隙水圧の低下を図ることを目的としている。排水トンネル工は、地すべりの規模が大きく地すべり層が厚い場合や移動速度が大きい場合に用いられ、原則として地すべり土塊内には設置せず安定した基盤内に設置し、深層地下水の排除はトンネルからの集水ボーリングや集水井工との連結等により行う(図 4-3-12)。

排水トンネル工は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、施設を単独あるいは組み合わせて地すべり地域に流入あるいは浸透する地下水及び地すべり地域に分布する地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧を低下させる等、求める機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「3.7 排水トンネル工」では、このうち排水トンネル工の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

排水トンネル工の使用材料は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水等を考慮し、適切に選定する必要がある。

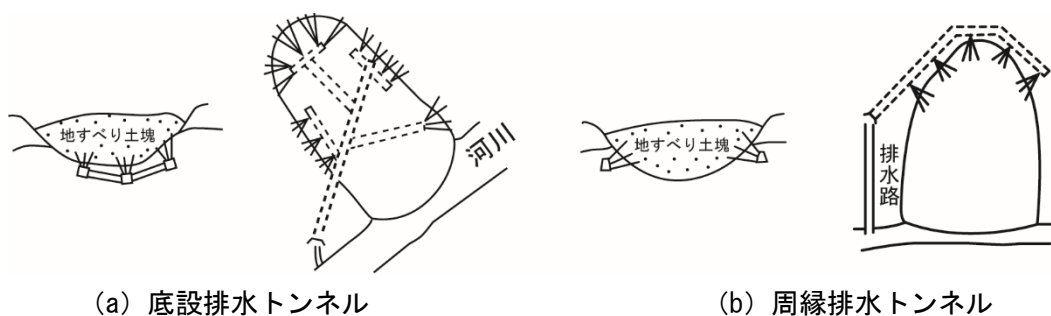


図 4-3-12 排水トンネル工

<標準>

排水トンネル工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工

性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

排水トンネル工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

排水トンネル工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

3. 7. 2 安全性能の照査等

＜考え方＞

排水トンネル工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

排水トンネル工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の侵食等が生じることによって生じる。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による土圧と自重が対象になると考えられ、排水トンネル工が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

＜標準＞

排水トンネル工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

排水トンネル工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

3. 7. 3 各部位の設計

＜考え方＞

排水トンネルの設計に当たっては、深層地下水を効果的に排水し、間隙水圧（地下水位）を低下させるため、配置、縦断勾配、断面及びその構造を以下の点に留意して設計する。

①排水トンネルの配置

基盤岩内の排水トンネル天端からすべり面までの距離は、地盤の緩み範囲を考慮して、トンネル径の2倍以上とする。また、排水トンネルの配置は、地すべりに影響を与える地下水脈の分布を考慮し、特に地下水の集まりやすい滑落崖直下と地すべり両側面部からの排水を考慮して配置する。この他、排水トンネル坑口は、できるだけ地盤の堅固な場所に設ける。

②排水トンネルの縦断勾配

排水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、坑口に向かって俯角をつける。なお、その勾配は、一般に 15/1000 以下とする。

③排水トンネルの断面及び構造

排水トンネルの断面形状には、使用する材料によって馬蹄形、円形、半円形、台形及び矩形等がある（図 4-3-13）。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る。また、トンネルの断面は、施工を含めた維持管理時の作業性も考慮し施工から維持管理までのトータルコストを考慮して定める。

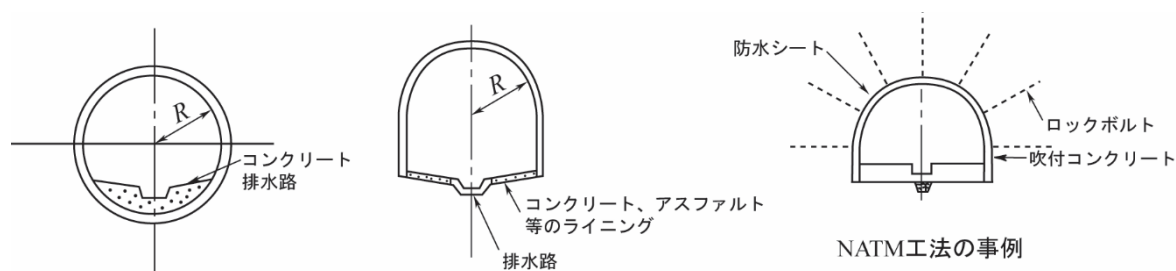


図 4-3-13 排水トンネルの断面形状の事例

④非常時の脱出用坑口

排水トンネルの奥行きが 1000m を越える場合は、安全管理のために、非常時に脱出できる斜坑や立坑等を設ける必要がある。

⑤集水

排水トンネルによる集水は、原則として集水ボーリングによるものとする。集水ボーリングは、帯水層に向けてトンネル内から横あるいは上向きで放射状に計画する。ボーリングの角度は、帯水層までの距離、ボーリングの全長、帯水層を横切る区間長等を勘案し決定する。

また、急な角度のボーリングを実施する場合は、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。集水ボーリングの長さ及び集水管については、「3.5 横ボーリング工」を参照されたい。

そして、地すべり地域内に地すべ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、集水ボーリングのほかに集水井工の排水ボーリング及び垂直ボーリングを組み合わせ、地すべり地域内の地下水排除を立体的に行うことも検討する。

⑥排水

排水トンネルの底部は、集水ボーリングによって集水された地下水が再び地盤に浸透しないように、原則として水路工と同様な構造とする。また、排水トンネルの覆工にライナープレートやコルゲート等を使用する場合には、底部のジョイントの破損やボルトの緩み等により漏水する可能性が大きいので、底部はコンクリート等による水路とし、排水工としての機能を保持する。

⑦排水トンネルに作用する土圧

排水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。

表 4-3-1 に参考値を示す。

表 4-3-1 Terzaghi の支保工に作用する土荷重の表

岩盤の状態	土荷重の高さ (m)	摘 要
①堅固でおかされていないもの	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	$0 \sim 0.5B$	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	$0 \sim 0.25B$	
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れ目の多いもの	$(0.35 \sim 1.10) (B+H_t)$	側圧は小さいか、またはない
⑥完全に破砕されているが、化学的には風化していないもの	$1.10 (B+H_t)$	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の各値は 50% 減としてよい。

⑧トンネル支保工の材料

トンネル支保工には、木材や鋼材を用いる。一般に、木材は堅固な岩盤の場合や短期間で中埋めを施す場合に使用し、鋼材は土圧が加わる箇所や覆工をするまでの期間が長い場合に使用する。最近では、吹付コンクリートとロックボルトを用いる NATM 工法が用いられている。

⑨付帯施設

トンネル内への部外者の立入りをなくすため、トンネルの入り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枴を設置する。

<標準>

排水トンネル工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、有効に集排水できるように設計することを基本とする。

第4節 排土工及び押え盛土工

4. 1 総説

4. 1. 1 適用範囲

<考え方>

本節は、排土工及び押え盛土工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の排土工及び押え盛土工の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。

<標準>

本節は、排土工及び押え盛土工を単独あるいは組み合わせて、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

4. 1. 2 用語の定義

<標準>

本節における用語の定義は、次のとおりとする。

- 1) 排土工：地すべり頭部の土塊を排除し、地すべりの滑動力を低減させるために実施されるものをいう。
- 2) 押え盛土工：地すべり末端部に盛土し、地すべりの滑動力に抵抗する力を増加させるために設置されるものをいう。

4. 2 機能

<考え方>

地すべりの発生の原因は、降雨・融雪、地震、人為的作用等によって、地すべり土塊の滑動力と抵抗力のバランスが変化し、滑動力が抵抗力を上回る状態になることにある。一般的な地すべりのすべり面形状は、地すべり頭部は急勾配で滑動力が大きくなる領域であり、末端部は緩勾配または逆勾配で抵抗力が大きくなる領域である。排土工には、地すべり頭部の土塊を排除することによって地すべりの滑動力を低減する機能、押え盛土工には、末端部に盛土することによって地すべりの滑動力に抵抗する力を増加させる機能が求められる。

<標準>

排土工は、地すべり頭部の土塊を排除し、地すべりの滑動力を低減する機能を有するよう設計することを基本とする。

押え盛土工は、末端部に盛土し、地すべりの滑動力に抵抗する力を増加させる機能を有するよう設計することを基本とする。

4. 3 設計の基本

<考え方>

地すべりの発生の原因は、降雨・融雪、地震、人為的作用等によって、地すべり土塊の滑動力と抵抗力のバランスが変化し、滑動力が抵抗力を上回る状態になることから、排土工や押え盛土工によって滑動力と抵抗力のバランスを改善し、地すべり滑動の抑制を図る。

排土工及び押え盛土工の配置、排土量及び盛土量については、地すべり防止施設配置計画の検討において、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を踏まえて安定計算によって決定する。

排土工及び押え盛土工の設計に当たっては、「4.2 機能」に示す事項を満足するとともに、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

また、排土工及び押え盛土工の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等も考慮する。

「4.4 基本的な構造」～「4.6 各部位の設計」では、設計及び照査の基本的な考え方並びに目的と機能に適合し、構造物としての安全性を満たすと考えられる従来手法について示す。

<標準>

地すべり防止施設配置計画において目標とされた安全率の向上を図ることができる構造となるよう設計することを基本とする。

排土工及び押え盛土工の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行う。
- 2) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計するとともに、排土工及び押え盛土工等の施設を単独あるいは組み合わせて設計する。

4.4 基本的な構造

<考え方>

排土工は、地すべり頭部の土塊を排除し、地すべりの滑動力を低減することを目的としている。押え盛土工は、末端部に盛土し、地すべりの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。

排土工及び押え盛土工は、「4.3 設計の基本」までに示したとおり、地すべりの滑動力の低減、滑動力に抵抗する力の増加等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

排土工及び押え盛土工の使用材料は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮し、適切に選定する必要がある。

<標準>

排土工及び押え盛土工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

排土工及び押え盛土工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

排土工及び押え盛土工の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

4. 5 安全性能の照査等

<考え方>

排土工及び押え盛土工の設計に当たっては、常時（地すべりが静止した状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

排土工及び押え盛土工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、のり面の崩壊や流出等が生じることによって生じる。

設計の対象とする作用は、常時（地すべりが静止した状況）の作用による土圧と自重が対象になると考えられ、排土工及び押え盛土工が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

排土工及び押え盛土工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

排土工及び押え盛土工の状況	作用
常時（地すべりが静止した状況）	自重、土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

4. 6 各部位の設計

(1) 排土工

<考え方>

図 4-4-1 に排土工と切土のり面の概念図を示す。切土のり面の勾配及び直高は、地質条件等によりのり面の安定性を事前に調査検討して定める。

軟岩等の切土のり面勾配は、1:0.5～1:1.2 程度、小段幅は直高 7m 毎に 1.0～2.0m 程度とする例が多い。

砂質土の切土のり面勾配は、直高 5～10m の切土のり面の場合、勾配は 1:1.0～1:1.5 程度、小段幅は直高 5～10m 毎に 1.0～2.0m 程度とする例が多い。

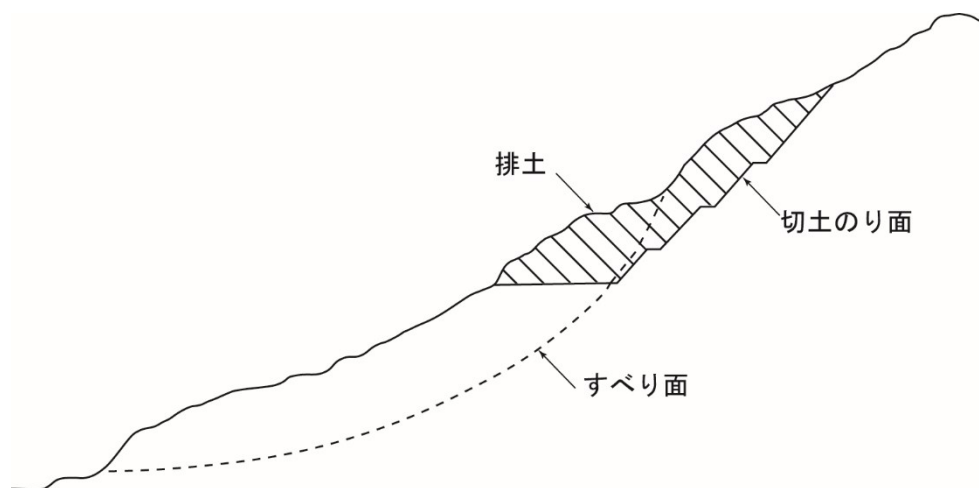


図 4-4-1 排土工と切土のり面の例

排土工の設計に当たっては、排土予定地の上部斜面の安定性及び潜在性の地すべりの有無を事前に十分調査し、排土により背後斜面の安定性を低下させ、地すべりが誘発されることが無いよう、本工法の採用の可否も含めて十分な検討を行う。

排土後ののり面は、一般に降雨等によって軟弱化しやすく斜面崩壊を起こしやすい。このため、排土後ののり面には、地形に応じた表面排水路と小段を設け、集排水路を設置し、水はけを良くする。さらに、のり面の侵食や風化を防止するために、植生や構造物でのり面を被覆して保護を行う。基岩が露出した部分においても、亀裂が発達し、風化しやすい場合には、モルタル吹付工や厚層吹付工等を施工することが望ましい。

<標準>

排土工は、排土予定地の上部斜面の安定性及び潜在性の地すべりの有無、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、地すべり頭部の排土により地すべり滑動を抑制するとともに、排土後の法面が保護されるよう、設計することを基本とする。

<参考となる資料>

排土工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) (公社) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版），2009.
- 2) (公社) 地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル, 2011.

(2) 押え盛土工

<考え方>

図 4-4-2 に押え盛土工の概念図を示す。

地すべり末端部は、攪乱され軟弱な場合が多いため、盛土の底部破壊が起こる可能性がある。また、盛土部の下方斜面が不安定であったり、潜在性の地すべりがある場合には、これを誘発する可能性がある。そのため、押え盛土の設計に当たっては、基礎地盤の各種調査結果をもとに盛土部基盤の安定性について検討する必要がある。

また、押え盛土の盛土高、のり面勾配は盛土材料及び盛土基礎地盤の土質特性をもとに定める。一般に、盛土の直高 5m 毎に 1.0～2.0m 程度の小段を設けることが多い。なお、小段には水路を設ける。

地すべり地域末端部には、一般に湧水が見られる場合や横ボーリング工等の施設が設置されている場合があるため、盛土によりこれらの排水を阻害しないようにする必要がある。また、盛土位置に浅層地下水の帯水層がある場合は、押え盛土やその荷重によって地下水の出口が塞がれ、背後斜面の地下水位の上昇により、斜面が不安定化する恐れがあるため、盛土背後地の地下水処理には十分注意する必要がある。

押え盛土のり面は、降雨等によって崩壊や洗掘を受けやすいため、のり面保護工等により保護する必要がある。のり面保護工には、植生工、蛇籠工、杵工等を用い、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方が望ましい。ただし、ダム湛水池内に設ける水没のり面保護工には、石張工及び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として、ふとん籠、鉄筋コンクリート杵擁壁、消波根固ブロック擁壁等を設置する。この他、コンクリート重力擁壁を用いる場合は、基礎掘削等により地すべりを誘発しないように十分注意する必要がある。盛土部は表面侵食の防止、自然環境・景観に配慮して緑化に努める。

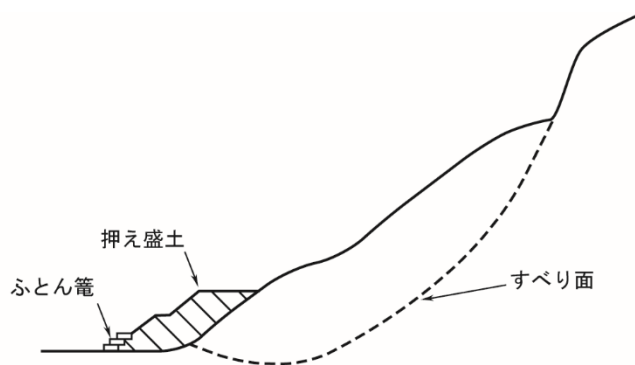


図 4-4-2 押え盛土工

<標準>

押え盛土工は、盛土部基盤の安定性、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分考慮し、地すべり末端部の盛土により地すべり滑動を抑制するとともに、盛土背後地の地下水処理に十分注意し、かつ、盛土のり面及びのり尻が保護されるよう、設計することを基本とする。

<参考となる資料>

押え盛土工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) (公社) 日本道路協会：道路土工－盛土工指針（平成 22 年度版），2010.

第5節 その他の抑制工

(1) 侵食防止工

<考え方>

地すべり地域の末端部や側部が流水等により侵食されると、これが原因となって溪岸崩壊が発生し、地すべり運動が活発化する場合がある。このため、地すべり地域の侵食防止として砂防設備や河川構造物を侵食防止工として用いる場合がある。砂防設備や河川構造物の設計に当たっては、それぞれの設計基準に準じるが、地すべり防止の観点から以下に留意することが望ましい。

- ①施工時の掘削等は最小限とする。

- ②地すべり地域内の地下水位が、施設設置により上昇しないように、必要に応じて地下水排除施設を設ける。
- ③移動中の地すべり区域内に構造物を設ける場合は、柔軟な構造で流水等の影響に対して安全なものとする。
- ④活発に移動中の地すべりの場合は、掘削のない構造物とするか、あるいは下流の安全な位置に砂防堰堤を設け、堆積した土砂に押え盛土工としての効果を期待する。

<参考となる資料>

砂防設備や河川構造物の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) 建設省：河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔Ⅱ〕，（株）山海堂, 1997.
- 2) 河川砂防技術基準 設計編, 令和5年10月, 国土交通省水管理・国土保全局, 第1章河川構造物の設計 第4節護岸・水制.

（２） 地下水遮断工

<考え方>

地下水遮断工は、地すべり地域外に遮水壁を設けて地すべり地域内に流入する地下水を遮断し、併せて地下水排除工を設けてこれを排水するものである。透水層が比較的浅い地域で明瞭な地下水脈が認められた場合に用いられた事例がある。地下水遮断工の実施に当たっては、十分な事前調査と検討により、新たな地すべりや崩壊を誘発しないようにする必要がある。

<参考となる資料>

地下水遮断工については、下記の資料が参考となる。

- 1) 建設省：河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔Ⅱ〕，（株）山海堂, 1997.

第6節 杭工

6. 1 総説

6. 1. 1 適用範囲

<考え方>

本節は、杭工（シャフト工を含む）を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の杭工の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。

<標 準>

本節は、杭工（シャフト工を含む）を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

6. 1. 2 用語の定義

<標 準>

本節における用語の定義は、次のとおりとする。

- 1) 杭工：鋼管杭等をすべり面を貫いて不動土塊まで挿入することによって、杭の曲げ抵抗やせん断抵抗力を付加し、地すべり移動土塊の滑動力に対し、直接抵抗するものをいう。
- 2) シャフト工：杭工のうち、大口径の立坑を不動土塊まで掘って設置する鉄筋コンクリート製の杭。
- 3) 曲げ杭：地すべりの滑動時に地すべり土塊が変形し、杭にせん断力と曲げ応力が発生する条件を想定して設計する杭。曲げ杭には、「くさび杭」と「抑え杭」がある。

- 4) くさび杭：移動土塊と一体となって移動した杭がすべり面の上下でたわむときに発生するせん断力、曲げ応力を考慮して、地すべりの滑動力がすべり面位置に集中荷重として作用するものとして、設計する杭。
- 5) 抑え杭：杭の谷側の地盤反力が期待できない場合に、杭を片持ち梁と見なし、地すべりの滑動力が移動層中の杭に分布荷重または集中荷重として作用するものとして、設計する杭。抑え杭は地すべりの末端部や頭部付近に杭を設置する場合に用いられる。
- 6) せん断杭：地すべりの滑動時に地すべり土塊が変形しない（杭に曲げ応力が発生しない）条件を想定して、地すべりの滑動力がすべり面に集中荷重として作用するものとし、せん断力のみを考慮して設計する杭。

6. 2 機能

<考え方>

杭工は、鋼管杭等をすべり面を貫いて不動土塊まで挿入することによって、杭材の曲げ応力やせん断応力を付加し、地すべりの滑動力に対し、直接抵抗する機能が求められる。

シャフト工は、すべり面を貫く立坑に鉄筋コンクリートを打設したシャフトにより、地すべり移動土塊の滑動力に対して直接抵抗する機能が求められる。地すべりの滑動力が大きく、杭工では所定の計画安全率の確保が困難な場合で不動地盤が良好な場合に計画する。

また、杭を適切に配置することによって、杭間の地盤に地すべりの滑動力によるアーチ効果が働き、地すべりを抑止する機能が求められる。

<標準>

杭工は、地すべりの滑動に対して杭が抵抗することによって、地すべりの滑動を抑止する機能を有するよう設計することを基本とする。

6. 3 設計の基本

<考え方>

杭工とは、鋼管杭等をすべり面を貫いて不動土塊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、地すべり移動土塊の滑動力に対し、直接抵抗する工法である。鋼管杭等を、地すべりの不動基岩層まで貫通するように掘削した孔に挿入し、充填グラウトによって地盤に密着させる。地すべりの滑動に伴って杭に発生する曲げ応力及びせん断応力と地すべり滑動力とを釣り合わせ、または滑動力の一部を地盤反力によって支持するのが杭の抑止効果である。

杭工の採用に当たっては、以下を十分に考慮する必要がある。

①地質特性

- ・ 流動現象を伴う等の軟弱な地盤には採用しない。

②移動層厚さ

- ・ 過去の実績では移動層厚が 20m 以内であることが多い。

③移動層の状態

- ・ 移動層が一体として動くことを前提とする。
- ・ 多くの亀裂により移動層が小塊に分断されていないこと。

④配列

- ・ 原則として単列。
- ・ 千鳥配置にする場合は地すべり変位に伴う上段の杭及び杭周辺地盤の変形が下段の杭に影響しないことを確認する必要がある。

- ・ 複数列での施工を計画する場合は、それぞれの杭設置位置での地すべり変位の大きさや方向が同じで、かつ、滑動時期も同じであることを確認し、そのうえで、必要抑止力の配分方法を慎重に検討する必要がある。

⑤施工時期

- ・ 地すべり滑動が休止している時期の施工であること。

杭工の設計に当たっては、「6.2 機能」に示す事項を満足するとともに、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。そのため、杭等に所定の抑止力を作用させた場合の内部応力に対する杭等の安定性を検討するとともに、杭周辺地盤の破壊が生じないように検討する必要がある。その際には、以下の設計上の前提条件を十分に考慮する必要がある。

①杭体の前提

- ・ 杭体を弾性体と見なしている。
- ・ 杭体は断面性能に方向性がない円形断面としている。

②作用外力の前提

- ・ 1本の杭に作用外力は集中することがない。
- ・ 杭間の土は中抜けせず、杭に所定の外力が作用する。

③地盤条件の前提

- ・ 杭と地盤は密着している。
- ・ 削孔、建て込みによって地盤条件は変化しない。
- ・ 杭周辺の地盤反力を常に期待できる（抑え杭以外）。

設計上は、抑え杭以外では、杭周辺の地盤反力を常に期待できること等を前提条件としていることに十分留意する必要がある。せん断杭の採用に当たっては、杭の曲げ破壊の危険性が無いことを慎重に検討する必要がある。せん断杭は斜面内の浅い地すべりにより傾倒する事例が見られることに注意が必要である。

杭の施工は、削孔した鉛直孔に杭を挿入し、グラウトするのが一般的であるが、地すべり対策の応急処置として、鋼管杭及び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り、基岩中への打込み深度は極めて限られている。また、基岩を破碎するため風化が促進されること等の懸念もある。このため、恒久対策として打込杭を設計することは避ける。

また、杭工の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等も考慮する。

「6.4 基本的な構造」～「6.6 各部位の設計」では、設計及び照査の基本的な考え方並びに目的と機能に適合し、構造物としての安全性を満たすと考えられる従来手法について示す。

<標準>

地すべり防止施設配置計画において目標とされた抑止効果が得られる構造となるよう設計することを基本とする。

杭工の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行う。

- 2) 杭に所定の抑止力を作用させた場合の内部応力に対する杭の安定性を検討するとともに、杭周辺地盤の破壊が生じないように検討する。
- 3) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響及び経済性等を総合的に考慮して設計する。

＜参考となる資料＞

杭工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) (社) 地すべり対策技術協会：新版地すべり鋼管杭設計要領, 1990.

6. 4 基本的な構造

＜考え方＞

杭工は、すべり面を貫いて不動土塊まで掘削された孔に挿入された鋼管杭等が、充填グラウトによって地盤に密着して設置される。

杭工は、「6.3 設計の基本」までに示したとおり、地すべりの滑動に対して杭が抵抗することによって、地すべりの滑動を抑止する機能等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「6.4 基本的な構造」では、杭工の基本的な構造に関する事項についての考え方を示す。

①杭が負担する抑止力

杭工、地すべり防止施設配置計画における所定の計画安全率が得られるように設計する。

単位幅当りの杭が負担する抑止力 P_r (kN/m) は、簡便法を用いた場合、次式により求められる。

$$P.F_s = \frac{\sum(W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' + c' \cdot \sum l + P_r}{\sum W \cdot \sin \theta} \quad (4-6-1)$$

$$P_r = P.F_s \cdot \sum W \cdot \sin \theta - \sum (W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' - c' \cdot \sum l \quad (4-6-2)$$

P_r ：単位幅あたりの杭の抑止力 (kN/m)

$P.F_s$ ：計画安全率

W ：分割片の重量 (kN/m)

U ：分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

l ：分割片のすべり面長 (m)

θ ：すべり面の分割片部における傾斜角 (°)

ϕ' ：すべり面の内部摩擦角 (°)

c' ：すべり面の粘着力 (kN/m²)

抑制工を併用する場合には、式 4-6-2 の右辺の U 、 W 、 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。

②杭の設置位置

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比較的緩やかであって、地すべり土塊の圧縮部である必要があり、さらに移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊の起こらない位置とする。

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とすることもある。

圧縮部に設置する杭の位置は、地すべり運動ブロックの末端より、各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、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 (図 4-6-1)。

$$T_i = W_i \cdot \sin \theta_i \quad (4-6-3)$$

$$R_i = (W_i \cdot \cos \theta_i - U_i) \cdot \tan \phi' + c' \cdot l_i \quad (4-6-4)$$

T_i : 各分割片ごとの滑動力 (kN/m)

R_i : 各分割片ごとの抵抗力 (kN/m)

W_i : 分割片の重量 (kN/m)

U_i : 分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

l_i : 分割片のすべり面延長 (m)

θ_i : すべり面の分割片部における傾斜角 (°)

ϕ' : すべり面の内部摩擦角 (°)

c' : すべり面の粘着力 (kN/m²)

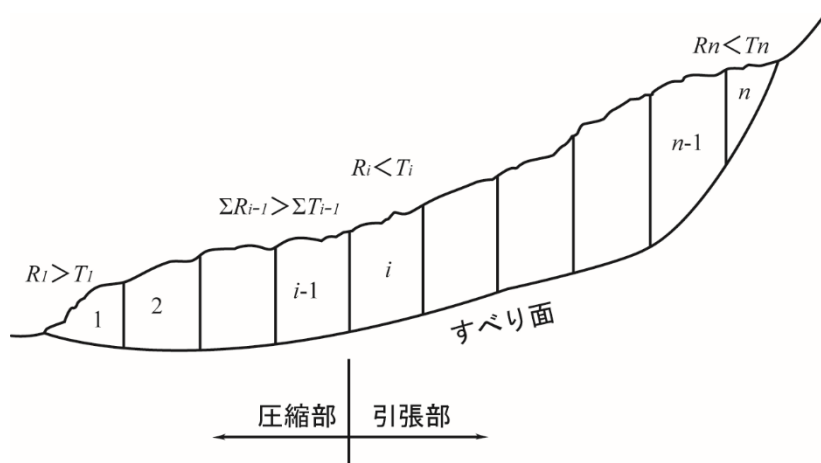


図 4-6-1 圧縮部に設置する杭の位置

ただし、地すべり地域の上部から下部まで地盤伸縮計を連続的に設置し、各点の伸縮挙動の計測結果により、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 4-6-2)。このためには、 $P \cdot F_S' \text{ (式 4-6-6)} \geq P \cdot F_S \text{ (式 4-6-5)}$ を満足することが必要である。

$$P \cdot F_S = \frac{\sum \{ (W_{ab} \cdot \cos \theta - U_{ab}) \cdot \tan \phi' + c' \cdot l_{ab} \} + P_r}{\sum W_{ab} \cdot \sin \theta} \quad (4-6-5)$$

$P \cdot F_S$: 杭設置後の元のすべり面に対する安全率

P_r : 単位幅あたりの杭の抑止力 (kN/m)

W_{ab} : すべり面 ab における分割片の重量 (kN/m)

l_{ab} : すべり面 ab における分割片のすべり面長 (m)

U_{ab} : すべり面 ab における分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

θ : すべり面 ab の分割片部における傾斜角 (°)

ϕ' : すべり面 ab の内部摩擦角 (°)

c' : すべり面 ab の粘着力 (kN/m²)

$$P.F_S' = \frac{\sum\{(W_{ax} \cdot \cos \theta_{ax} - U_{ax}) \cdot \tan \phi_{ax}' + c_{ax}' \cdot l_{ax}\} + \sum\{(W_{xy} \cdot \cos \theta_{xy} - U_{xy}) \cdot \tan \phi_{xy}' + c_{xy}' \cdot l_{xy}\}}{\sum W_{ax} \cdot \sin \theta_{ax} + \sum W_{xy} \cdot \sin \theta_{xy}} \quad (4-6-6)$$

$P.F_S'$: 杭設置後の想定すべり面 axy に対する安全率

W_{ay} : すべり面 ax における分割片の重量 (kN/m)

W_{xy} : すべり面 xy における分割片の重量 (kN/m)

l_{ay} : すべり面 ax における分割片のすべり面長 (m)

l_{xy} : すべり面 xy における分割片のすべり面長 (m)

U_{ay} : すべり面 ax における分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

U_{xy} : すべり面 xy における分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

θ_{ax} : すべり面 ax の分割片部における傾斜角 (°)

θ_{xy} : すべり面 xy の分割片部における傾斜角 (°)

ϕ_{ax}' : すべり面 ax の内部摩擦角 (°)

ϕ_{xy}' : すべり面 xy の内部摩擦角 (°)

$$\alpha = 45^\circ - \frac{\phi_{xy}'}{2} \quad (4-6-7)$$

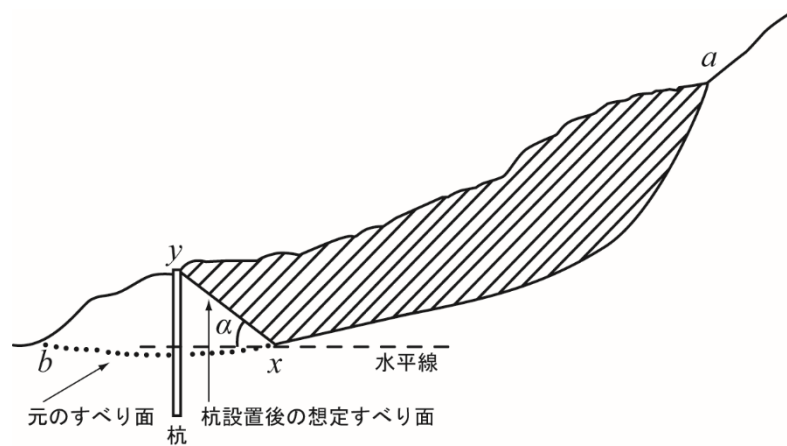


図 4-6-2 杭の上部の受働破壊

地すべり防止工事の保全対象となる構造物または土地が地すべり運動ブロックの引張部のみに限られている場合には、杭の施工位置を地すべりブロックの引張部であっても保全対象に近接した地点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、杭の上方斜面からの地すべりの滑動力をすべて受け持つ形となるので、これに対応できる抑え杭の設計としなければならない。

③使用材料

使用材料は、設置目的に応じて要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものでなければならない。このため、JIS 等の公的な品質規格に適合し、その適用範囲が明らかな用途に対して使用すること

が望ましい。公的な品質規格がない材料の場合には、材料特性が杭工に及ぼす影響を試験等によって確認するとともに、品質についても JIS 等の規格と同等であることを確認する必要がある。

杭工は、「6.3 設計の基本」までに示したとおり、地すべりの滑動に対して杭が抵抗することによる地すべり滑動の抑止等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

<標準>

杭工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性を総合的に考慮して設計することを基本とする。

杭工は、地すべり防止施設配置計画における所定の計画安全率が得られるようにするとともに、杭より上部の移動層における受働破壊、基礎地盤の破壊、杭間土塊の中抜けが生じないように設計することを基本とする。

杭工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

杭工の使用材料は、要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

6.5 安全性能の照査等

<考え方>

杭工の設計に当たっては、地すべり土塊の滑動時（必要抑止力以下の滑動力により土塊が滑動している、または滑動しようとしている状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

杭工の被災は、杭による抑止力不足、杭の安定性の不備、杭の破壊、杭より上部の移動層における受働破壊、基礎地盤の破壊、杭間土塊の中抜けが生じることによって生じる。

設計の対象とする作用は、地すべり滑動時の作用による土圧が対象になると考えられ、杭工を構成する各部位、及び地盤が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

杭工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

	杭工の状況	作用
	地すべり土塊の滑動時	土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

6. 6 各部位の設計

(1) 杭に対する設計外力の考え方

<考え方>

杭の設計に当たっては、原則として曲げ応力及びせん断応力に対する検討を行うものとする。

<標準>

杭工の設計に当たっては、杭に所定の抑止力を作用させた場合の曲げ応力及びせん断応力に対する杭の安定性を検討することを基本とする。

(2) 杭の配置

<考え方>

杭は、地すべりの運動方向に対して概ね直角で、等間隔になるよう配置する。

杭の間隔は、採用した杭の設計条件を考慮して検討する。ただし、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ので、表 4-6-1 の間隔を標準とし、杭の直径の 8 倍以内を目安とする。

なお、杭の施工による基盤の破損を避けるため、孔壁間の距離は、1m 以上確保する必要がある。計算上、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。

表 4-6-1 杭の間隔

杭設置位置の移動層の厚さ	杭の間隔
0 ～ 10 m	2.0 m 以下
10 ～ 20 m	3.0 m 以下
20 m 以上	4.0 m 以下

<標準>

杭は、地すべりの運動方向に対して概ね直角で、等間隔になるよう配置することを基本とする。

(3) 基礎への根入れ

<考え方>

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。根入れ長さは、採用した杭の設計条件を考慮して検討する。

孔壁と杭との間は、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。そのため、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を行う。

<標準>

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ことを基本とする。

(4) シャフト工

＜考え方＞

シャフト工の設計に当たっては、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。

また、シャフト工の間隔は、1本のシャフト工の抑止力を、所定の抑止力を得るために必要な単位幅当たりの抑止力で除して求めるが、中抜けや基礎破壊を起こさないような間隔としなければならない。

立坑掘削中の施工の安全管理に留意する必要がある。また、掘削中の排水処理を十分に行うために、事前に地下水や湧水に対する調査、検討を十分に行う必要がある。

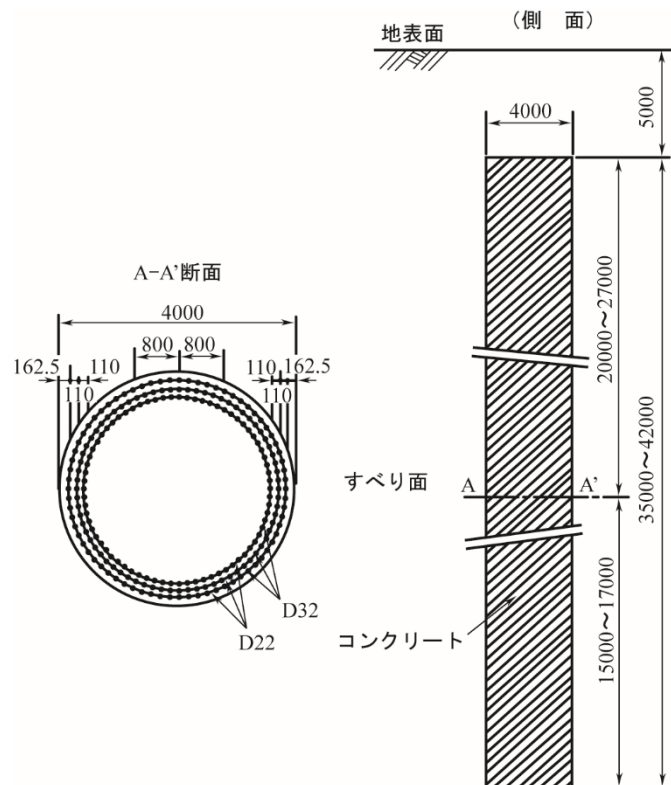


図 4-6-3 シャフト工の例（単位：mm）

＜標準＞

シャフト工の設計に当たっては、杭工と同様に杭工の水平負担力、設置位置、配置及び基礎への根入れに十分留意するほか、地下構造を十分に調査し、過去の経験・類似地すべりの実績等を基にしつつ、施工性や経済性等を考慮して設計することを基本とする。

第7節 グラウンドアンカー工

7. 1 総説

7. 1. 1 適用範囲

＜考え方＞

本節は、グラウンドアンカー工（またはアンカー工、単にアンカーということもある）を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設のアンカー工の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。

＜標準＞

本節は、グラウンドアンカー工を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

7. 1. 2 用語の定義

＜標準＞

本節における用語の定義は、次のとおりとする。

- 1) グラウンドアンカー工：斜面から不動地盤に鋼材等を挿入し、基盤内に定着させた鋼材の引張強さを利用して斜面を安定化させるものをいう。
- 2) 締め付け効果：アンカーのすべり面に対する垂直方向の分力を増加させることによって、すべり面のせん断抵抗力を増加させようとする効果。
- 3) 引き止め効果：地すべり土塊がすべり面に沿って移動しようとした時に、アンカーのすべり面に対する接線方向の分力によって、地すべり土塊を引き止めようとする効果。

7. 2 機能

＜考え方＞

グラウンドアンカー工は基本的には、アンカー頭部、引張部及びアンカー定着部（アンカー体とグラウトからなる）の3つの構成要素により成り立っている（図4-7-1）。アンカー頭部に作用した荷重を、引張部及びアンカー定着部を介して定着地盤に伝達することにより、地すべり土塊と不動土塊とを一体化させて安定化させる機能が求められる。

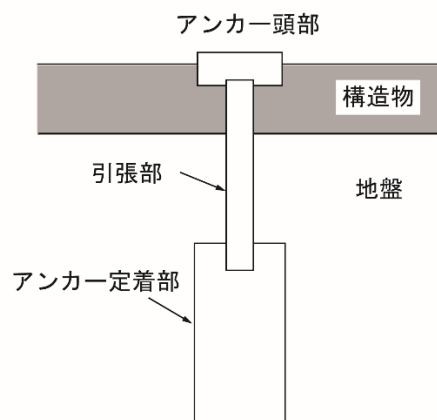


図 4-7-1 グラウンドアンカー工の構成要素

＜標準＞

グラウンドアンカー工は、アンカーの締め付けによってすべり面強度を増加させようとする効果やアンカーの引き止めによって地すべりの滑動に抵抗する効果等によって、地すべりの滑動を抑止する機能を有するよう設計することを基本とする。

7.3 設計の基本

＜考え方＞

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すべり不動土塊に定着させ、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すべり土塊を一体化することにより地すべりを安定化させる工法である。地すべり区域が急勾配で、杭工では十分な地盤反力が得られない場合や緊急性が高く早期に効果の発揮が望まれる場合等に、適切な位置に計画する。

グラウンドアンカー工の採用に当たっては、以下について留意する必要がある。

①締め付け効果を期待するグラウンドアンカー工

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（図 4-7-2）。締め付け効果を期待できる条件としては、移動土塊が緊張力をかけたとき大きな圧縮、圧密変形をしないということが必要である。したがって移動土塊が粘性土や崩積土あるいは亀裂に富んだ風化岩盤で構成されるような場合には締め付け効果を期待することは困難である。また、すべり面深度が深い場合にも効果を期待することは難しい。

②引き止め効果を期待するグラウンドアンカー工

地すべり土塊がすべり面に沿って移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、地すべり土塊を引き止めようとするものである（図 4-7-2）。鋼材の引張抵抗力を十分発揮させ、滑動力の大きな地すべりに対して用いられ、杭工が困難な地すべりで利用される。

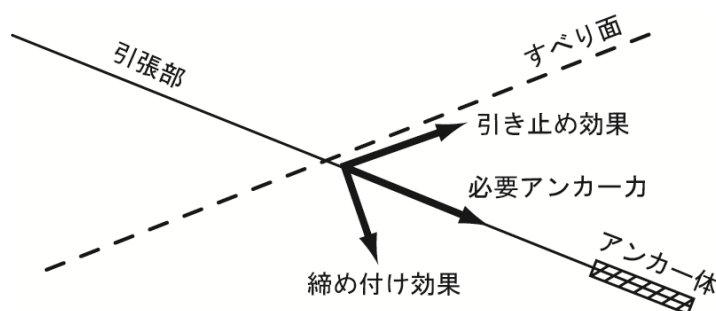


図 4-7-2 アンカーの効果

地すべりの防止を目的とするグラウンドアンカー工は、地すべり末端部に引き止め効果を期待して設置されることが多いが、上記の両方の効果を期待する場合もある。設計の際には、アンカーの傾角、すべり面の勾配・深さ等を考慮して、これらの効果を適切に設計に反映させる必要がある。

グラウンドアンカー工の設計に当たっては、「7.2 機能」に示す事項を満足するとともに、対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。そのため、所定の抑止力を作用させた場合の引張力に対するアンカーの安定性を検討するとともに、アンカーより上部の移動層における受働破壊等が生じないように必要に応じて検討する。

また、グラウンドアンカー工の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等も考慮する。

「7.4 基本的な構造」～「7.6 各部位の設計」では、設計及び照査の基本的な考え方並びに目的と機能に適合し、構造物としての安全性を満たすと考えられる従来手法について示す。

<標準>

地すべり防止施設配置計画において目標とされた抑止効果が得られる構造となるよう設計することを基本とする。

グラウンドアンカー工の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする地すべりの地形、地質、土質、すべり面、地下水、地すべりの滑動状況等を考慮した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似地すべりや近隣地すべりでの実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行う。
- 2) グラウンドアンカー工の構造物全体について、所定の抑止力を作用させた場合の引張力に対する安定性を検討するとともに、アンカー周辺地盤の破壊が生じないよう検討する。
- 3) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響及び経済性等を総合的に考慮して設計する。

<参考となる資料>

グラウンドアンカー工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) (公社) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012.
- 2) (国研) 土木研究所, (一社) アンカー協会, 三重大学, (株) 高速道路総合技術研究所：グラウンドアンカー維持管理マニュアル, 2020.
- 3) (公社) 土木学会：コンクリート標準示方書, 2023.

7. 4 基本的な構造

<考え方>

グラウンドアンカー工は、アンカー頭部に作用した荷重を定着地盤に伝達する構造により、地すべり土塊と不動土塊とを一体化させて地すべりの安定化を図るものである。

グラウンドアンカー工は、「7.3 設計の基本」までに示したとおり、アンカーの締め付けによってすべり面強度を増加させようとする効果やアンカーの引き止めによって地すべりの滑動に抵抗する効果等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性及び公衆の利用の影響等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

「7.4 基本的な構造」では、グラウンドアンカー工の基本的な構造に関する事項についての考え方を示す。

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、締め付け効果を利用するもの、引き止め効果を利用するものがある（図 4-7-2）。グラウンドアンカー工の設計における必要アンカー力の算定は、機能別に次式により求める。

- ・ 締め付け効果を利用した必要アンカー力の算定

$$P.F_S = \frac{\{\sum(W \cdot \cos \theta - U) + P \cdot \cos(\alpha - \theta)\} \tan \phi' + c' \cdot \sum l}{\sum W \cdot \sin \theta} \quad (4-7-1)$$

- ・ 引き止め効果を利用した必要アンカー力の算定

$$P.F_S = \frac{\sum(W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' + c' \cdot \sum l + P \cdot \sin(\alpha - \theta)}{\sum W \cdot \sin \theta} \quad (4-7-2)$$

$P.F_S$ ：計画安全率

W ：分割片の重量（kN/m）

U : 分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

P : 必要アンカー力 (kN/m)

ϕ' : 内部摩擦角 (°)

c' : 粘着力 (kN/m²)

l : 分割片のすべり面長 (m)

θ : アンカー打設位置におけるすべり面の傾斜角 (°) (図 4-7-2 参照)

α : アンカー打設角 (°) (図 4-7-2 参照)

②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、設計段階の初期に予め想定しておかなければならない。

・ アンカーの計画位置

すべり面勾配が急な地すべり頭部など、アンカーとすべり面の交わる角度が直角に近い場合には、アンカーの抑止効果が小さくなり、アンカーがせん断されることもある。

アンカーの計画位置には十分留意し、原則として地すべり頭部は避けるものとする。

・ 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、それらの構造物にグラウンドアンカー工の影響が及ばないように十分考慮して検討する必要がある。アンカーの打設方向は、地すべり移動方向と一致させる必要がある。

・ アンカーの傾角

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、地質及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 $-5^\circ \sim +5^\circ$ の範囲は避ける。

・ アンカーの設置間隔

アンカーの設置間隔は、設計アンカー力、アンカー体の径及び定着長等のアンカー諸元を考慮して決定する。

③使用材料

使用材料は、設置目的に応じて要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものでなければならない。

グラウンドアンカー工は、「7.3 設計の基本」までに示したとおり、締め付けによってすべり面強度が増加する効果や引き止めによって地すべりの滑動に抵抗する効果等による地すべり滑動の抑止等、求められる機能を有するように設計するとともに、地すべり地域等の特性を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、経済性等を総合的に考慮し、設計することが重要である。

<標準>

グラウンドアンカー工は、対象とする地すべりの地形、地質、土質、地下水、地すべりの滑動状況等を十分に検討するとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、環境及び景観との調和、事業実施による地域への影響、経済性を総合的に考慮して設計することを基本とする。

グラウンドアンカー工は、地すべり防止施設配置計画における所定の計画安全率が得られるようにすることを基本とする。

グラウンドアンカー工は、想定される作用に対して、目的とする機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるよう設計することを基本とする。

グラウンドアンカー工の使用材料は、要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

7. 5 安全性能の照査等

<考え方>

グラウンドアンカー工の設計に当たっては、地すべり土塊の滑動時（必要抑止力以下の滑動力により土塊が滑動している、または滑動しようとしている状況）等の安全性能を確保することが求められる。

照査に当たっては、地すべり地域の特性、維持管理に必要となる前提条件等を地形調査や地質調査、すべり面調査、地表変動状況調査、土質調査等に基づき設定する必要がある。

また、理論的で妥当性を有する方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。その際には、採用しようとする方法の適用が、当該地すべり及び施設に対して妥当であるかという妥当性確認、及び要求される結果の品質、精度が十分であるかの検証を行うことが必要である。その際の基本的な考え方については、「第1節総説 1.1 基本的考え方」を参照されたい。

グラウンドアンカー工の被災は、地すべり土塊の滑動による破壊、周辺地盤の流出等が生じることによって生じる。

設計の対象とする作用は、地すべり土塊の滑動時の作用による土圧が対象になると考えられ、グラウンドアンカー工を構成する各部位、及び地盤が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を考慮するものとする。

<標準>

グラウンドアンカー工の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

グラウンドアンカー工の状況	作用
地すべり土塊の滑動時	土圧

※水圧、雪荷重、載荷重、流水の流体力、流水・地下水流による侵食、地震等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

7. 6 各部位の設計

(1) アンカーの防食

<考え方>

グラウンドアンカー工は、原則として確実な方法で防食された永久アンカー（図 4-7-3）とする。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、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。

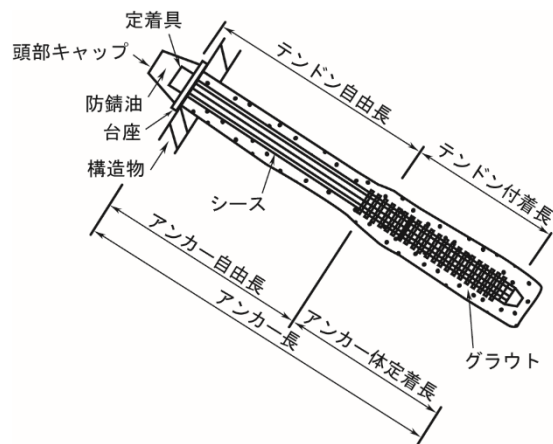


図 4-7-3 永久アンカーの例

①アンカー体の防食

アンカー体の防食は、引張り力を地盤に伝達するというアンカー体の機能を妨げない構造とする。

②引張部の防食

引張部の防食は、シーすとその他の防食材料を用いて確実な方法で行う。

③アンカー頭部の防食

アンカー頭部の防食は、リフトオフ試験や再緊張等の維持管理を妨げない構造とし、腐食しないように確実な方法で行う。

<標準>

アンカーの防食は、アンカー体の機能や維持管理を妨げない構造とし、確実な方法で防食を行うことを基本とする。

(2) 受圧板

<考え方>

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。受圧板は、グラウンドアンカー工を定着させるために斜面等に設置される構造物である。反力構造物である受圧板には、様々な型の独立受圧板とのか砕工等による連続受圧板があるが、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、斜面状況に応じた設計を行う。

地すべり対策として用いられるグラウンドアンカー工では、受圧板設置のために切土のり面が形成される。この切土の際には地すべり運動を活発化させないように事前に十分な検討が必要である。地すべりの場合、切土の少ない独立受圧板を用いることが多い。

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。

③受圧板設置斜面の緑化

受圧板を設置するために形成された切土のり面の侵食防止、自然環境・景観の保全のため斜面の緑化に努める。

<標 準>

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ことを基本とする。

<参考となる資料>

受圧板に使用するコンクリート及び鉄筋の許容応力度については、下記の資料が参考となる。

- 1) (公社) 土木学会：コンクリート標準示方書, 2023.