

表-4.2 材料の物性値

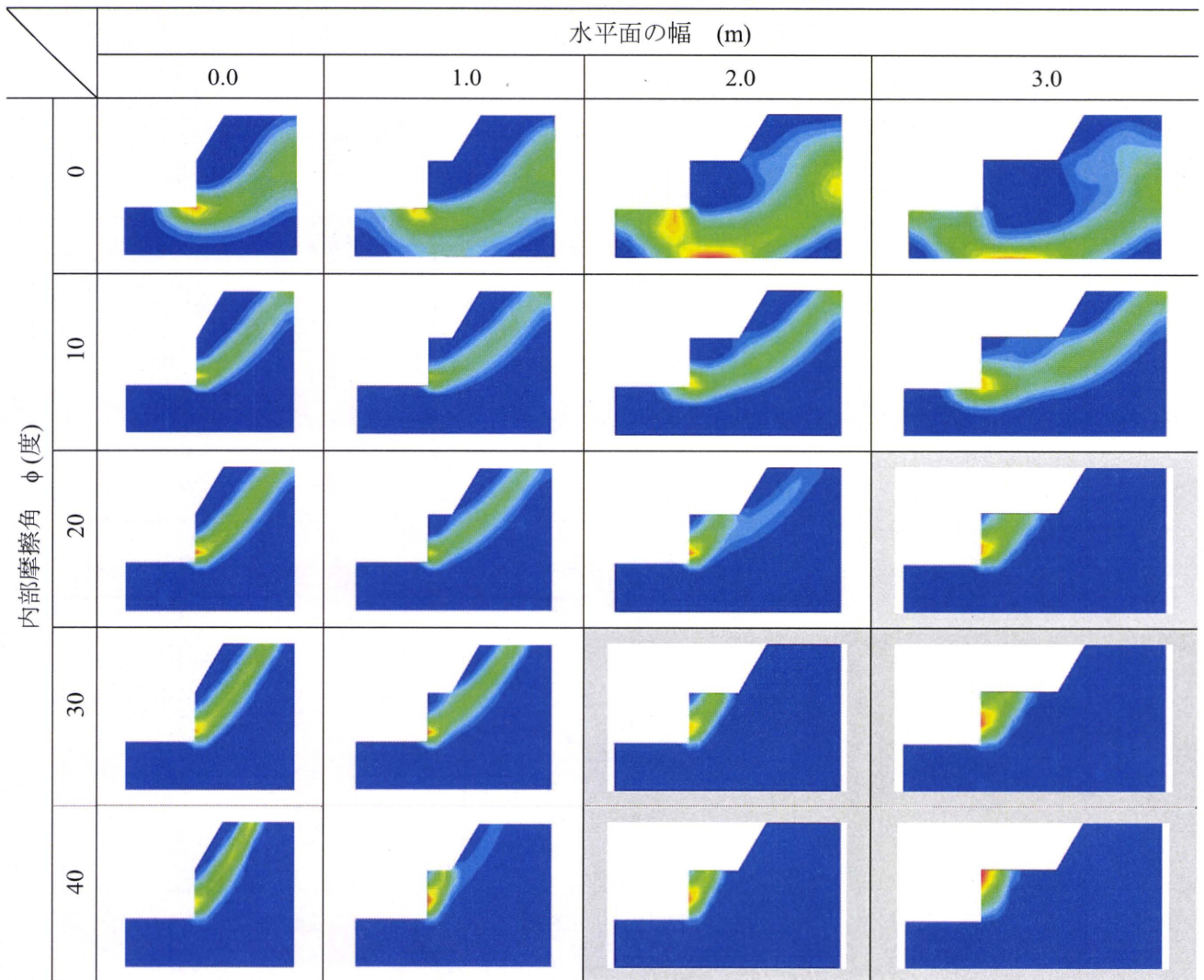
単位体積重量 γ (kN/m ³)	15.7
粘着力 c (kN/m ²)	10.0
内部摩擦角 ϕ (度)	0, 10, 20, 30, 40
ダイレイタンスー角 ψ (度)	ϕ

4.3.3 解析結果

1. 上段 2m60度, 下段 2m90度

上段 2m60度, 下段 2m90度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.3 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段の幅が 2m では内部摩擦角が 30度からであり, 小段幅が 3m では内部摩擦角が 20度からとなっている。

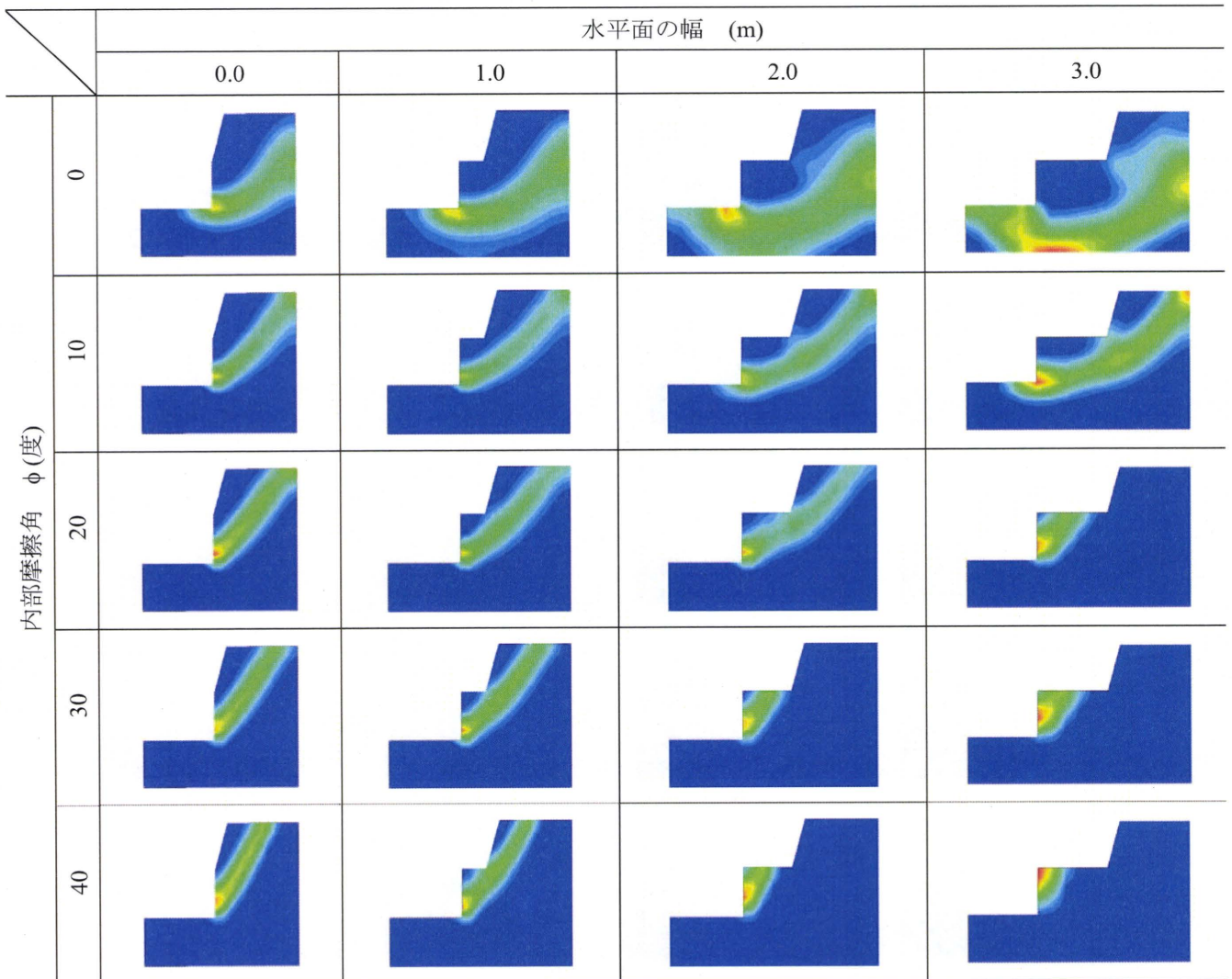
表-4.3 上段 2m60度, 下段 2m90度



2. 上段 2m75 度, 下段 2m90 度

上段 2m75 度, 下段 2m90 度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.4 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段の幅が 2m では内部摩擦角が 30 度からであり, 小段幅が 3m では内部摩擦角が 20 度からとなっている。

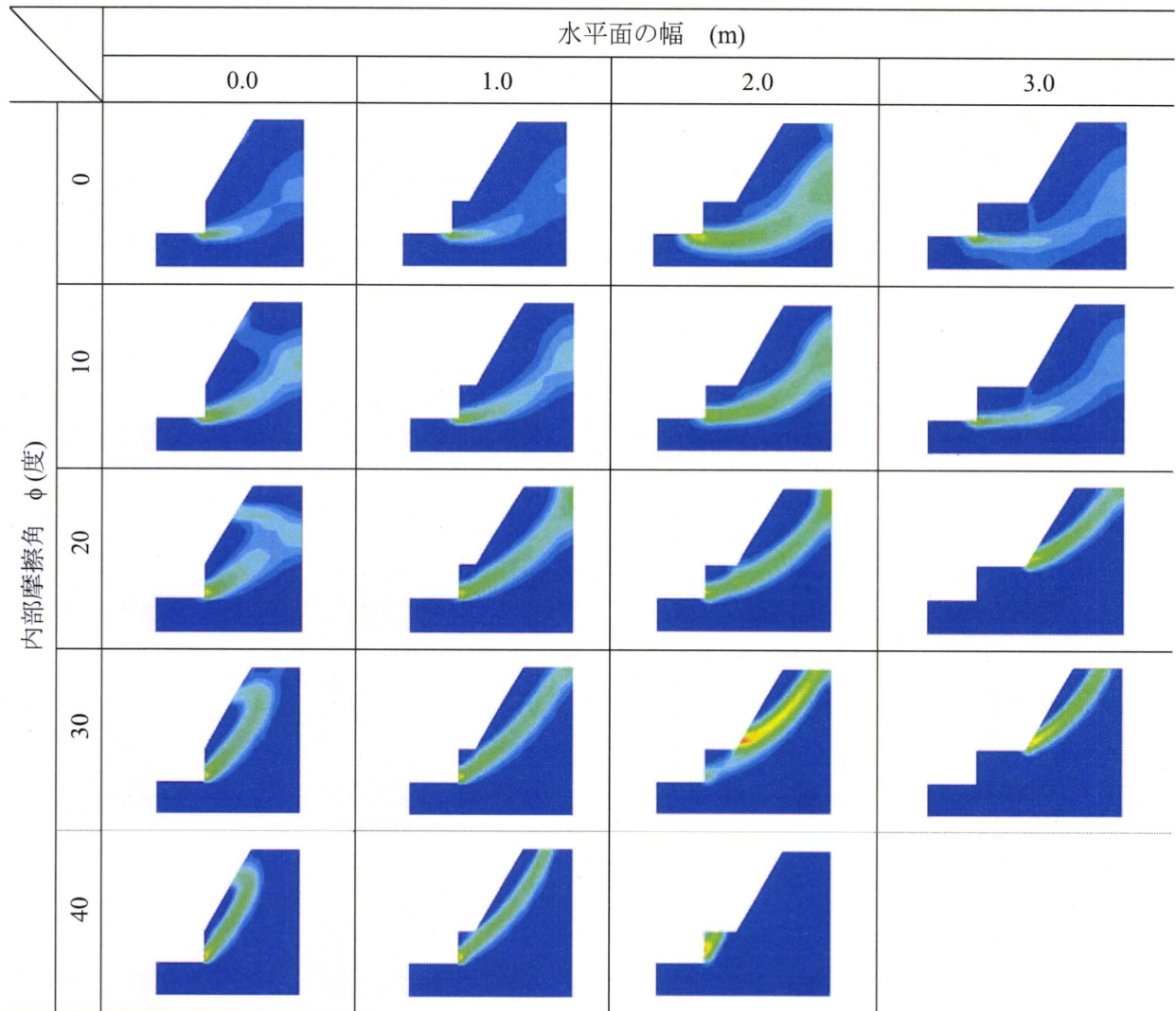
表-4.4 上段 2m75 度, 下段 2m90 度



3. 上段 5m60 度, 下段 2m90 度

上段 5m60 度, 下段 2m90 度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.5 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段の幅が 2m では内部摩擦角が 40 度のみであり, 小段幅が 3m では内部摩擦角が 20 度から上段が崩壊状態となった。

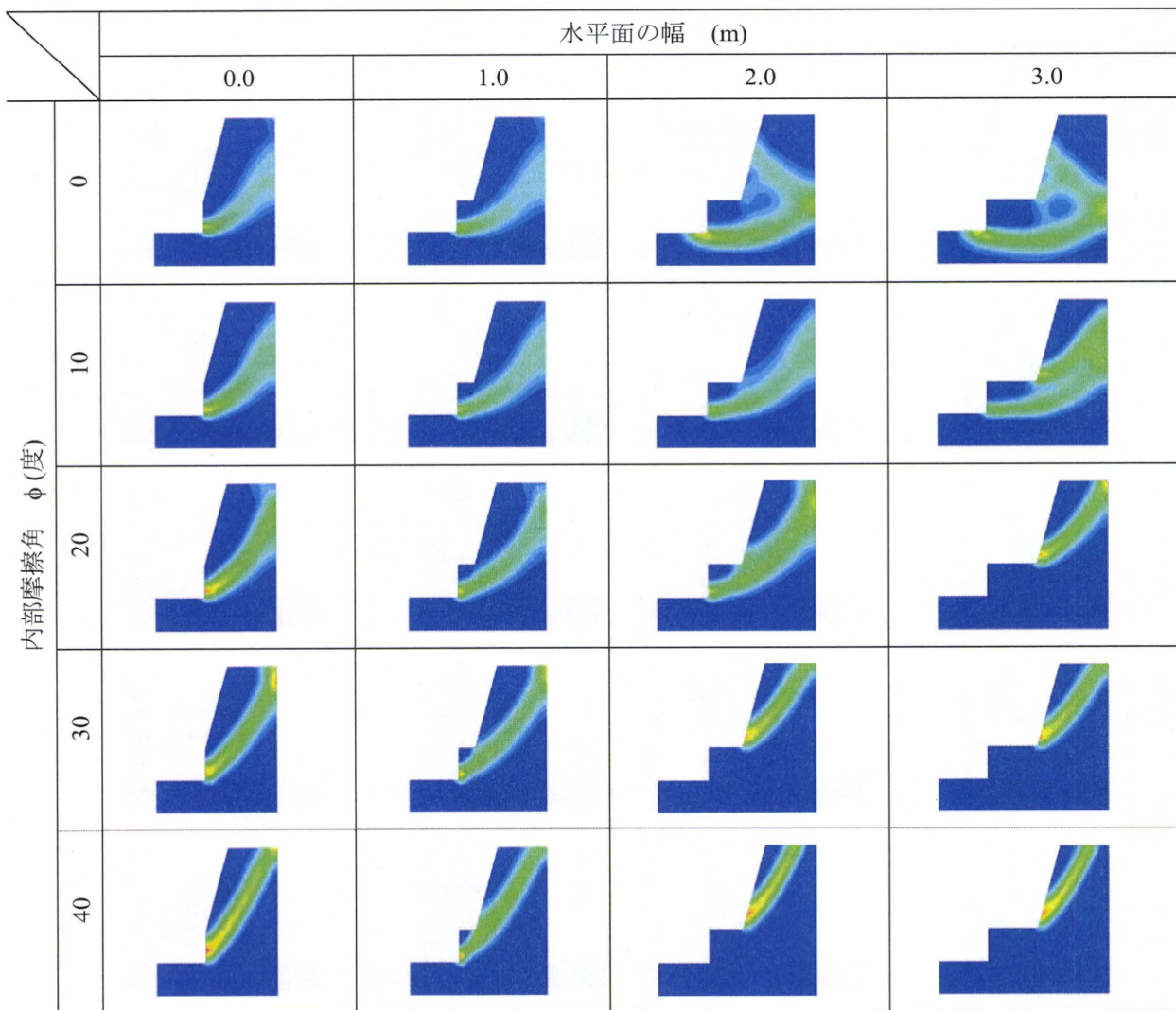
表-4.5 上段 5m60 度, 下段 2m90 度



4. 上段 5m75 度, 下段 2m90 度

上段 5m75 度, 下段 2m90 度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.6 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段の幅が 2m では内部摩擦角が 30 度から, 小段幅が 3m では内部摩擦角が 20 度からであり, 全て上段が崩壊状態となった。

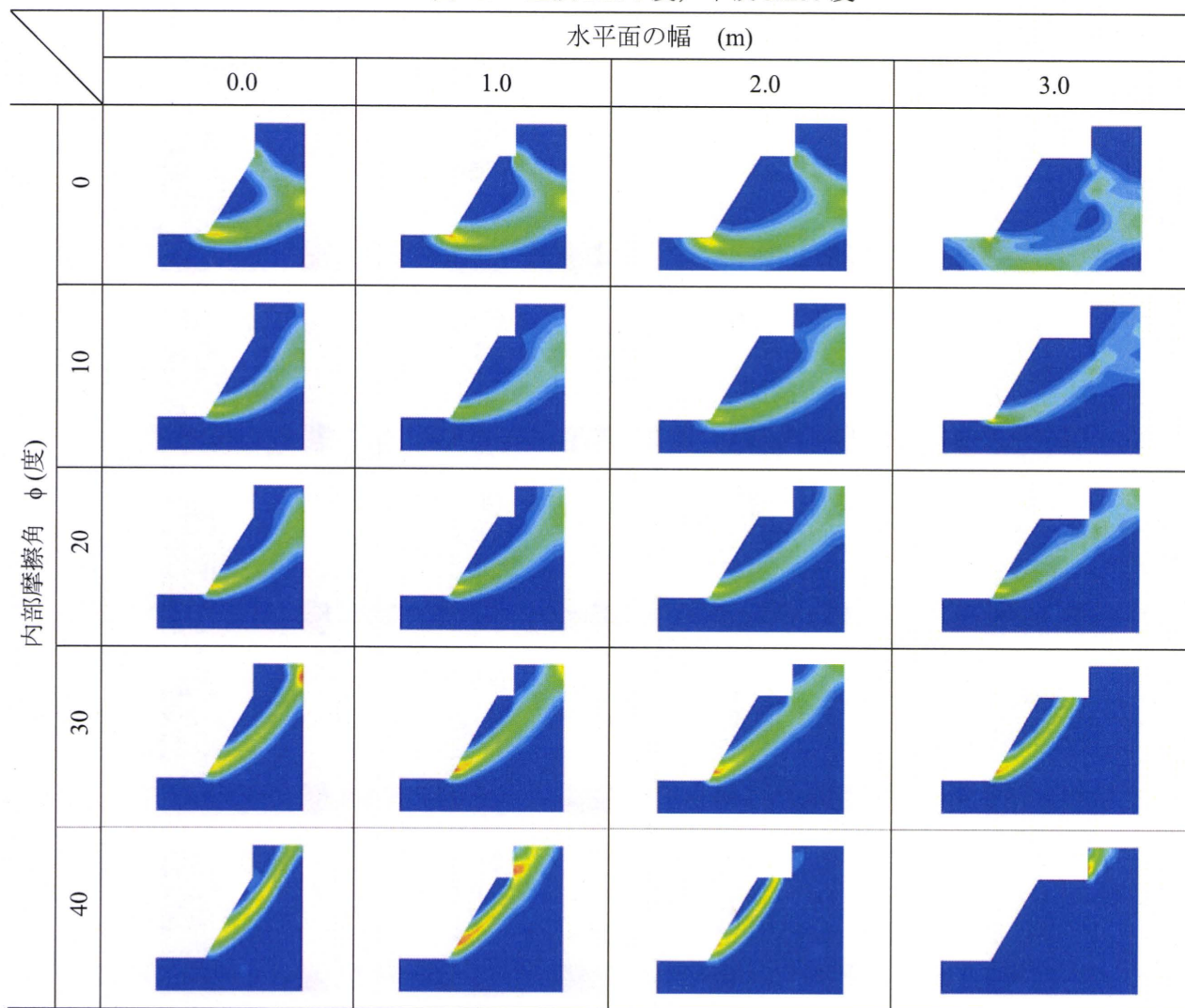
表-4.6 上段 5m75 度, 下段 2m90 度



5. 上段 2m90 度, 下段 5m60 度

上段 2m90 度, 下段 5m60 度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.7 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段幅 2m・内部摩擦角 40 度と小段幅 3m・内部摩擦角 30 度が下段で, 小段幅 3m・内部摩擦角 40 度は上段が崩壊状態となった。

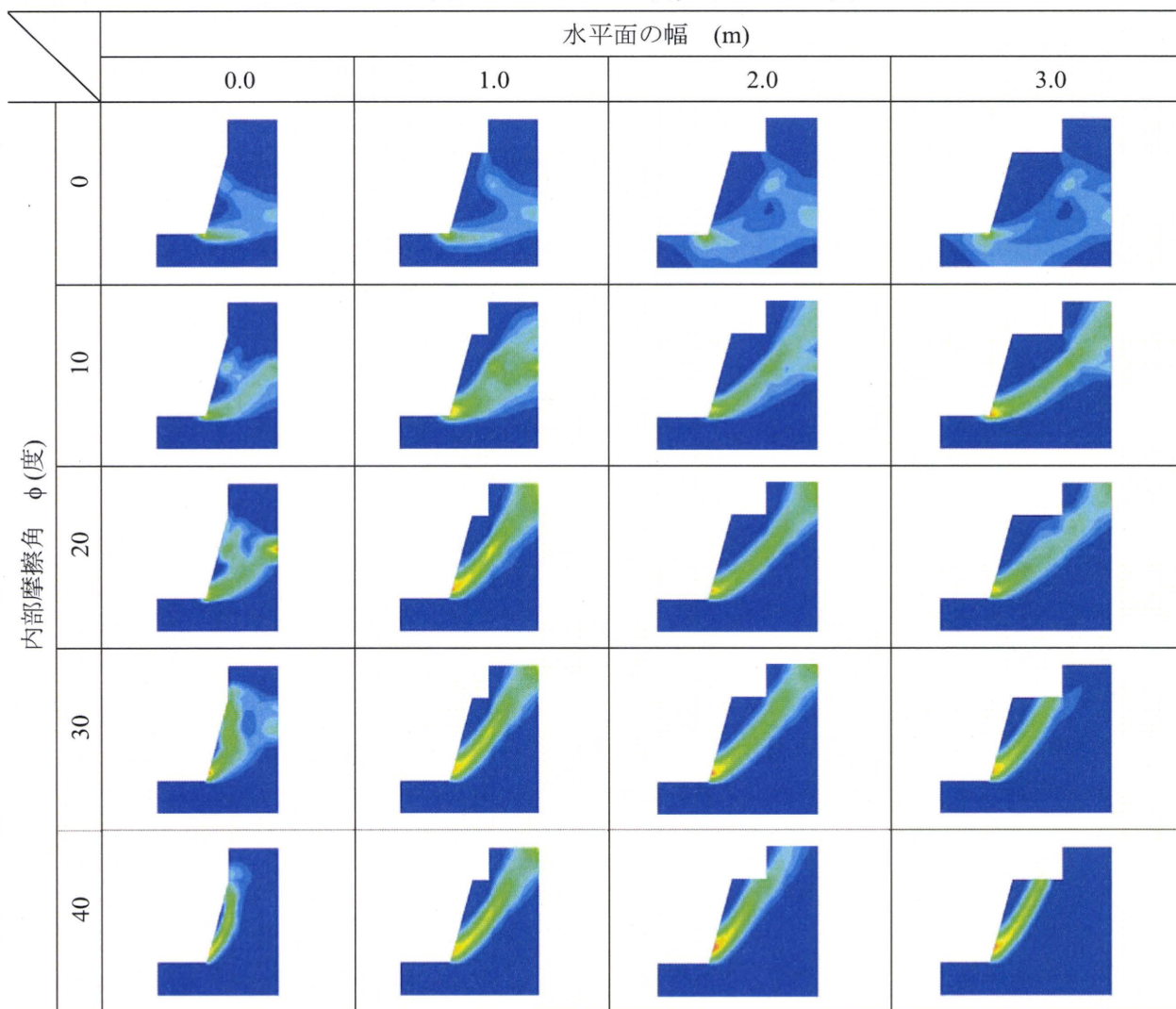
表-4.7 上段 2m90 度, 下段 5m60 度



6. 上段 2m90 度, 下段 5m75 度

上段 2m90 度, 下段 5m75 度における相当塑性ひずみ速度分布の一覧を表-4.8 に示す。上段もしくは下段のみ崩壊状態となっているのは, 小段の幅が 3m で内部摩擦角 30 度から下段が崩壊状態となるのみであり, 小段の幅が 2m では全体で崩壊する形状を示した。

表-4.8 上段 2m90 度, 下段 5m75 度



以上をまとめると, 内部摩擦角が 30 度以上の砂質土地盤の場合, 2m 以上の小段を設けることにより崩壊領域を分断することができる傾向が確認された。しかし, 砂質土地盤でも斜面の勾配や高さによっては崩壊領域が全体となる場合も見られた。一方, 1m 幅の小段では全てのケースで崩壊領域が全領域となり, 分断する効果は無かった。

4.4 まとめ

本報では、(1)小段設置に関する国内の代表的な機関で用いられている規則や設計基準を提示し、(2)小段の幅を変化させた剛塑性有限要素解析から、小段幅が斜面の安定性や崩壊形状に与える影響について検討を行った。以下に得られた知見を示す。

1. 国内の各機関で用いられている主要な規制および設計基準にて記載されている小段の幅と設置する高さの間隔は、各機関の目的に応じて決められていることから各基準で様々ではあるが、概ね法高5~10m毎に1~2mの小段を設けられている。
2. 規制・設計基準には、小段に斜面の安定性に寄与する効果を期待されて設置されるものもある。
3. 小段の幅、斜面の勾配と高さ、土質パラメータを変化させた剛塑性有限要素法による数値解析を行い、崩壊形状や安定性の検証を行ったところ、内部摩擦角が30度以上の砂質土地盤の場合、2m以上の小段を設けることにより崩壊領域を分断することができる傾向が確認された。しかし、砂質土地盤でも斜面の勾配や高さによっては崩壊領域が全体となる場合も見られた。一方、1m幅の小段では全てのケースで崩壊領域が全領域となり、分断する効果は無かった。

4.5 第4章の参考文献

1. 国土交通省監修 鉄道総合技術研究所 編：4.1.4 切土の形状，鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，pp.157-163，2007.
2. 社団法人日本道路協会 編：6-3-4 切土のり面の小段，道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成21年度版），pp.151-153，2009.
3. 日本塑性加工学会：非線形有限要素法—線形弾性解析から塑性加工解析まで—，コロナ社，pp.36-37，1994.

第5章 擁壁のより安全な施工方法に関する調査・検討

5.1 はじめに

建設工事における斜面崩壊による労働災害発生時に被災者が行っていた作業について、121件の死亡災害等を分析したところ、擁壁工では、擁壁築造に関連する型枠の組立・解体(20件)や床均し(11件)、丁張り(8件)、ブロック積み(6件)のように、地山・斜面掘削には直接関係しないが、切取った斜面の近くで行う作業中において被災するケースが多いことが明らかとなっている¹⁾。いわゆる「機械掘り」であったとしても、作業者が斜面下の危険箇所近づいて行う作業、例えば、床掘り箇所での床均し、写真撮影、計測、砂利等の敷詰め、布団籠内に石を詰める作業、型枠の組立・解体作業などは、崩壊の危険性を有しながら作業を行っている。崩壊の危険性のある斜面下でのこのような作業の必要性を見直し、作業者が危険にさらされる斜面下での作業を行わずとも済むような施工法を採用することが望ましい。

そこで、本章では土止め擁壁施工時の床掘りや急勾配掘削を行った斜面近傍で行う作業をなるべく軽減するような“より安全な”施工方法について調査・検討した。

5.2 床掘りについて

床掘りとは、構造物の築造または撤去を目的として、現地盤線または施工基面から土砂等を掘り下げ、埋め戻しを行う作業として土木工事数量算出要領(案)(国土交通省)²⁾に記載されている。なお、床掘り勾配とは、このときの斜面勾配を指す。

図-5.1に、切土斜面での土止め擁壁築造時の一般的な床掘り状況を示す。

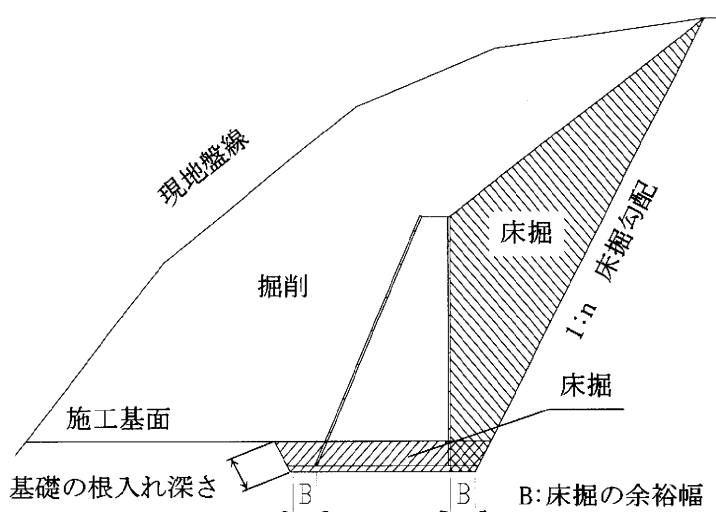


図-5.1 一般的な床掘り

5.2.1 基礎工事のための床掘り（擁壁の直接基礎）

1. 擁壁直接基礎の設計³⁾

擁壁の直接基礎は、良質な支持層上に設け、鉛直荷重は直接基礎底面の下の地盤のみで支持させることを原則としている。（図-5.2）なお、表層が軟弱であり、比較的浅い位置に良質な支持層がある場合には、支持層までの根入れをさせる方法のほか、安定処理や良質土による置き換えを行い、改良地盤を形成してこれを支持地盤とし、その上に直接基礎を設ける方法がある。（図-5.3）

また、山岳地などにおいて支持層となる岩盤が傾斜している場合や、一部に支持地盤として不適な地盤が存在する場合には、地盤の一部をコンクリートで置き換えてこれを支持地盤とし、その上に直接基礎を設けることができる。（図-5.4）

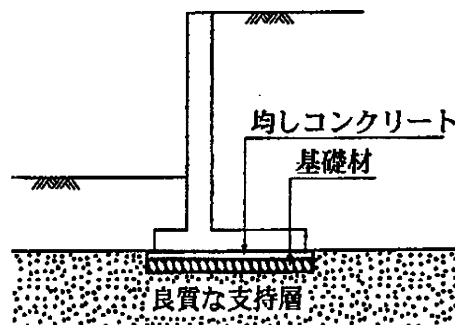


図-5.2 直接基礎

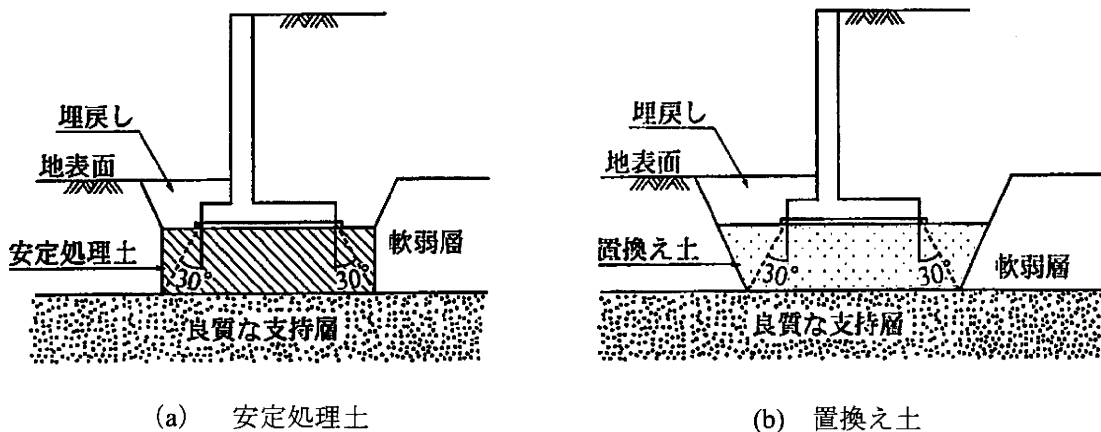


図 5.3 改良地盤上の直接基礎

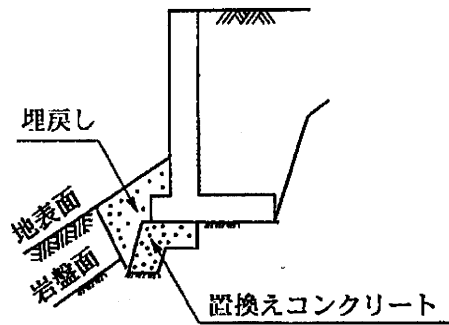


図-5.4 置換えコンクリート上の直接基礎

2. 基礎の根入れ深さ

道路土工—擁壁工指針では直接基礎の根入れ深さは、

- ① 擁壁の直接基礎の根入れ深さは、地表面から支持地盤までの深さとし、原則として 50cm 以上は確保するものとする。
- ② 片持ち式擁壁のように底版を有する形式の擁壁においては底版厚さに 50cm 以上確保するものとする。
- ③ 中位の砂地盤において高さが 2.5m 以上の重力式擁壁を設ける場合には、擁壁高さの 0.2 倍以上の十分な根入れ深さを確保することが望ましい。

としており、施工基面下の床掘りは、基礎の根入れ深さに関係している。

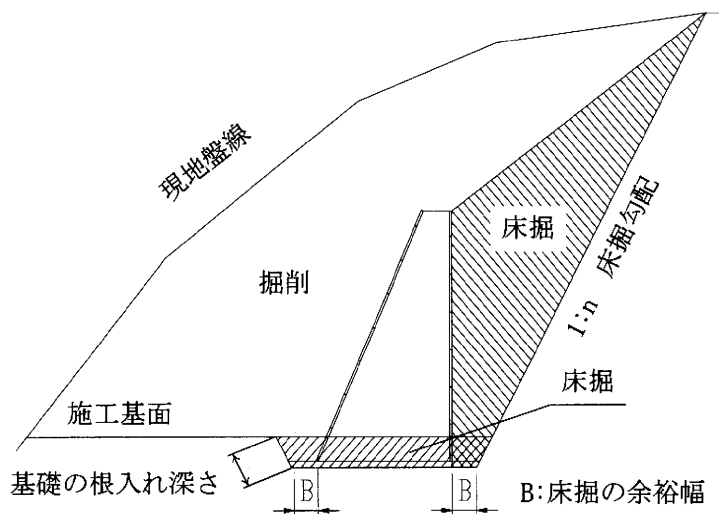


図-5.5 基礎の根入れ深さ

5.2.2 切土のり面と床掘りの各々の標準勾配

切土のり面標準勾配と床掘り標準勾配の違いを、表-3.1 と表-3.2 に示す。

1. 切土のりの標準勾配⁴⁾

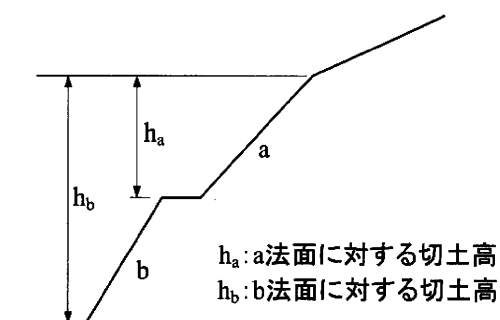
切土のり面での標準勾配は、土留構造物等を必要としないような無処理か、植生、コンクリート・モルタル吹付け程度の処理を行う切土法面を対象としている。

表-5.1 切土のり面標準勾配

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1:0.3~1:0.8
軟岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8~1:1.0
		5~10m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
粘性土		10m以下	1:0.8~1:1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土		5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5

注) ①上記標準勾配は地盤条件、切土条件等により適用できない場合がある。

②土質構成等により単一勾配としないときの切土高および勾配の考え方は下図のようにする。



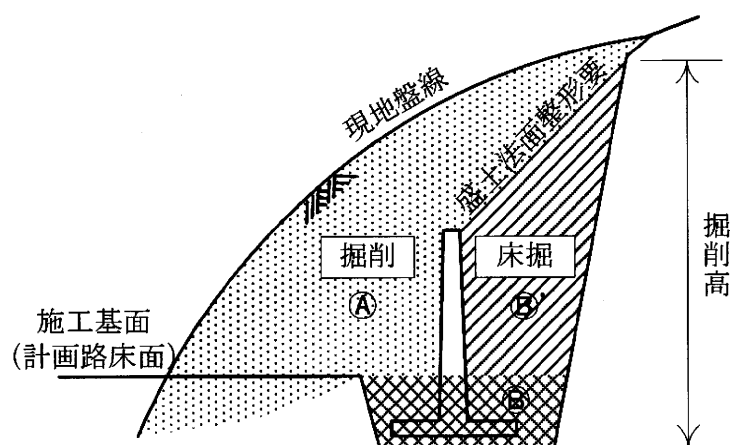
- ・ 勾配は小段を含めない
- ・ 勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

2. 床掘り標準勾配²⁾

床掘りでの標準勾配とは、構造物の築造または撤去を目的に、現地盤線または施工基面から土砂等を掘り下げ、「埋め戻し」を伴う切土斜面勾配である。

表-5.2 床掘りでの標準勾配

土質区分	掘削面の高さ	床掘り勾配	小段の幅
中硬岩・硬岩	5m未満	直	—
	全掘削高 5m以上	1 : 0.3	下からH=5m毎に 1m
軟岩Ⅰ・軟岩Ⅱ	1m未満	直	—
	1m以上 5m未満	1 : 0.3	—
	全掘削高 5m以上	1 : 0.3	下からH=5m毎に 1m
レキ質土・砂質土 粘性土・岩塊玉石	1m未満	直	—
	1m以上 5m未満	1 : 0.5	—
	全掘削高 5m以上	1 : 0.6	下からH=5m毎に 1m
砂	5m未満	1 : 1.5	—
	全掘削高 5m以上	1 : 1.5	下からH=5m毎に 2m
発破などにより崩壊しやすい状態になっている地山	2m未満	1 : 1.0	下からH=2m毎に 2m



B' 領域については、実作業は「掘削」行為となるが、数量算出上は、「床掘」として算出するものである

図-5.5 床掘の定義

5.3 斜面掘削を伴う構造物構築時の安全な施工方法

斜面掘削を伴う構造物構築時の安全な施工方法として床掘り・斜面安定化補助工法・裏込め土埋め戻しの有無によって表-5.3のように分類した。なお、安全性については、斜面近傍での作業がある場合には△としている。

表-5.3 斜面掘削を伴う構造物構築時の安全な施工方法

節	床掘	斜面安定化補助工法	裏込め土埋め戻し	施工方法	壁面施工	安全性
5.3.1	有り	有り	有り	切土勾配を緩くする	一般型枠	○
5.3.2	有り	有り	有り	切土斜面を補強する	一般型枠	◎
5.3.3	有り	無し	有り	残存型枠で内側から組み立てる (置換コンクリート)	残存型枠	△
5.3.4	有り	無し	有り	残存型枠を別なヤードで組み立てる (置換コンクリート)	残存型枠	△
5.3.5	有り	無し	有り	支持杭を併用して 床掘り作業を無くす方法	残存型枠	△
5.3.6	有り	無し	有り	杭とコンクリートパネルを 一体化した壁体による方法	二次製品	○
5.3.7	無し	有り	無し	仮設土留め杭 (H鋼など)	一般型枠	◎
5.3.8	無し	有り	無し	鋼管杭による連続壁を構築する方法	残存型枠	◎
5.3.9	無し	有り	無し	PC杭による連続壁を構築する方法	PC杭	◎

以下にそれぞれの方法の概要を示す。

5.3.1 切土勾配を緩くする

床掘り標準勾配(表-5.2)を切土標準勾配(表-5.1)と同様に緩くすることにより地山の安定化を図る。図-5.6に地盤種類による勾配の違いを示す。砂質土や岩塊玉石のような地盤種類の斜面では、大幅に緩勾配とする必要があることが分かる。

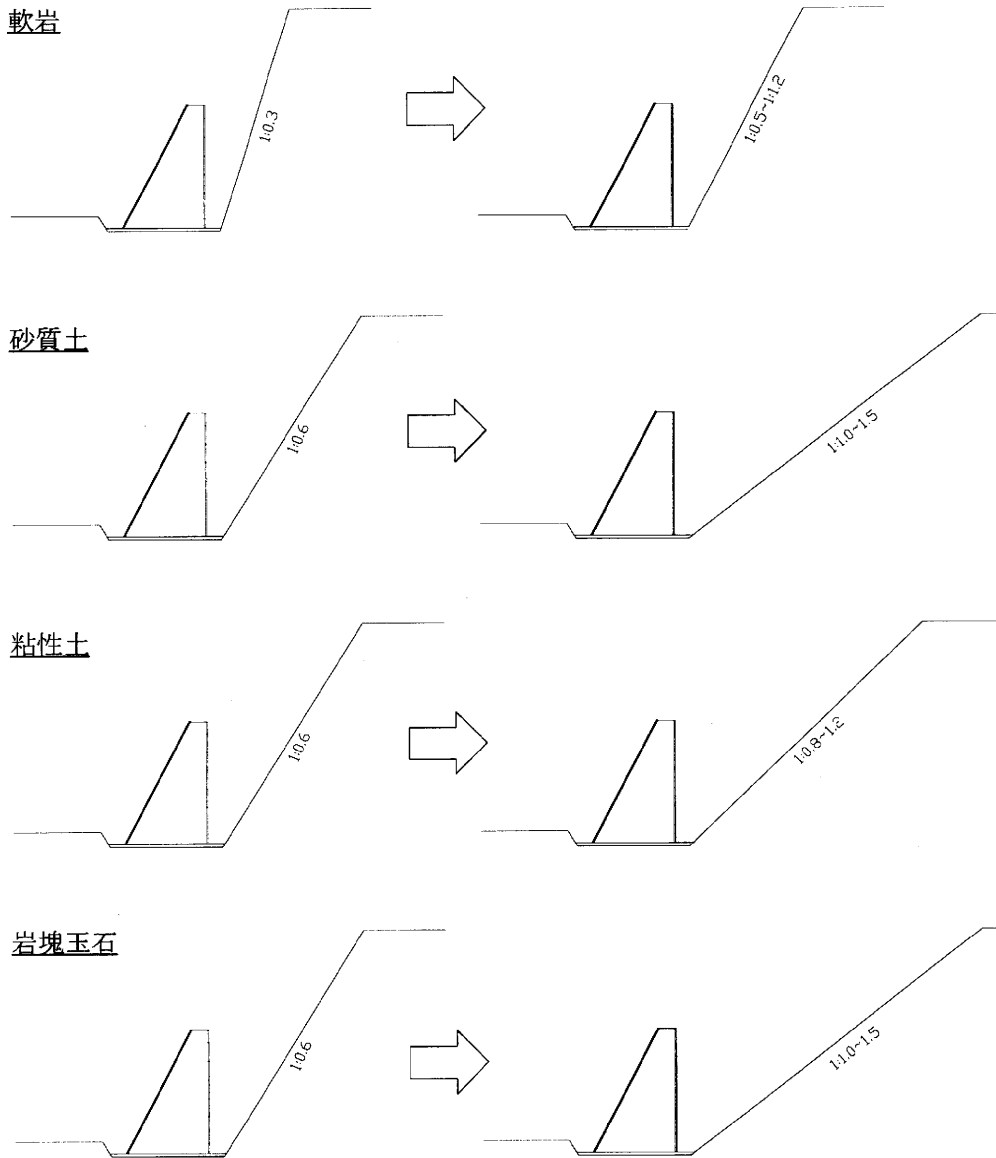


図-5.6 切土勾配を緩くする方法

5.3.2 切土斜面を補強する

補助的にアースアンカー工，鉄筋挿入工，吹付けコンクリートなどを施工し，常に切土斜面を補強しながら掘削し，切土斜面の安定化を図る方法。図-5.7に施工プロセスを示す。

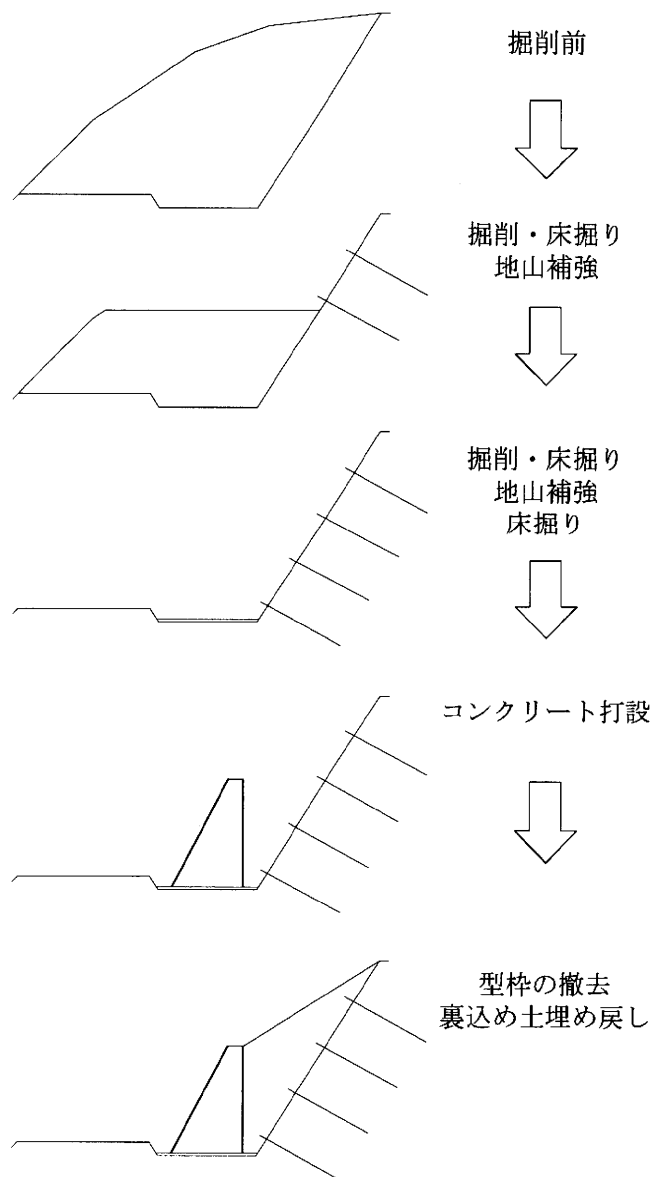


図-5.7 切土斜面を補強する方法

5.3.3 残存型枠（施工基面までコンクリートで置換する）を利用する方法

土止め擁壁の支持地盤として不適な地盤の土砂を取り除き、取り除いた土砂を施工基面までコンクリートで置換し、斜面を安定化させ、作業員が土留め擁壁と切土斜面内に立ち入る作業のないように残存型枠を用いて施工する方法。施工プロセスを図-5.8に示す。

残存型枠では、裏込め土の埋め戻しの際には、作業員が構造物の裏側（斜面側）に入る必要があり、斜面崩壊による労働災害のリスクがある。しかし、残存型枠のコンクリート高さに合わせて、裏込め土を埋め戻すことで、斜面が崩壊した場合でも従来工法よりも避難しやすいメリットがある。

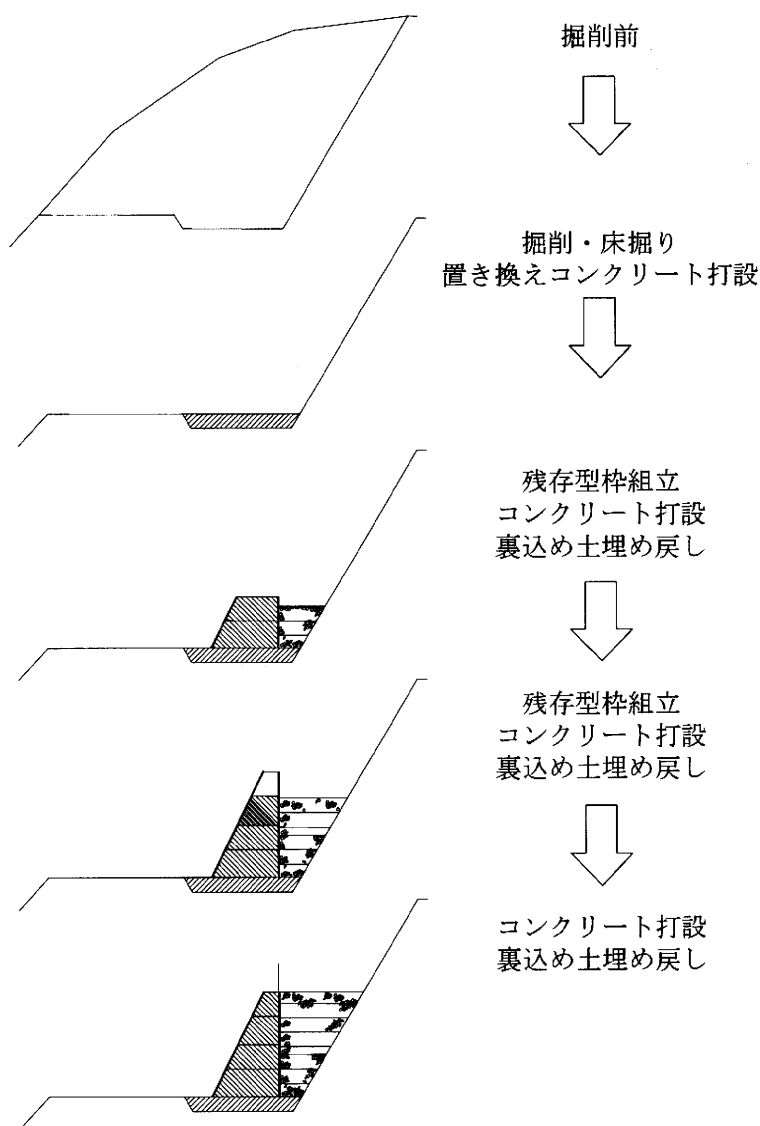


図-5.8 残存型枠を利用する方法

5.3.4 残存型枠を外部で組み立てる（施工基面までコンクリートで置換する）方法

5.3.3 は既存工法に比べて型枠取り外し作業が無いいため斜面崩壊にて被災するリスクから軽減されるが、急勾配にて切り取りした斜面近傍での作業は依然残っている。5.3.4 は、地山を掘削後、斜面崩壊の影響のない場所で残存型枠を組立て、ラフテレーンクレーンにより、コンクリート打設位置に設置する方法である。この方法は、急勾配下での作業は無くなるが、裏込め土の埋め戻しには、作業員が擁壁の裏側（斜面側）に入ることになり、埋め戻し時点での安全性には配慮する必要がある。

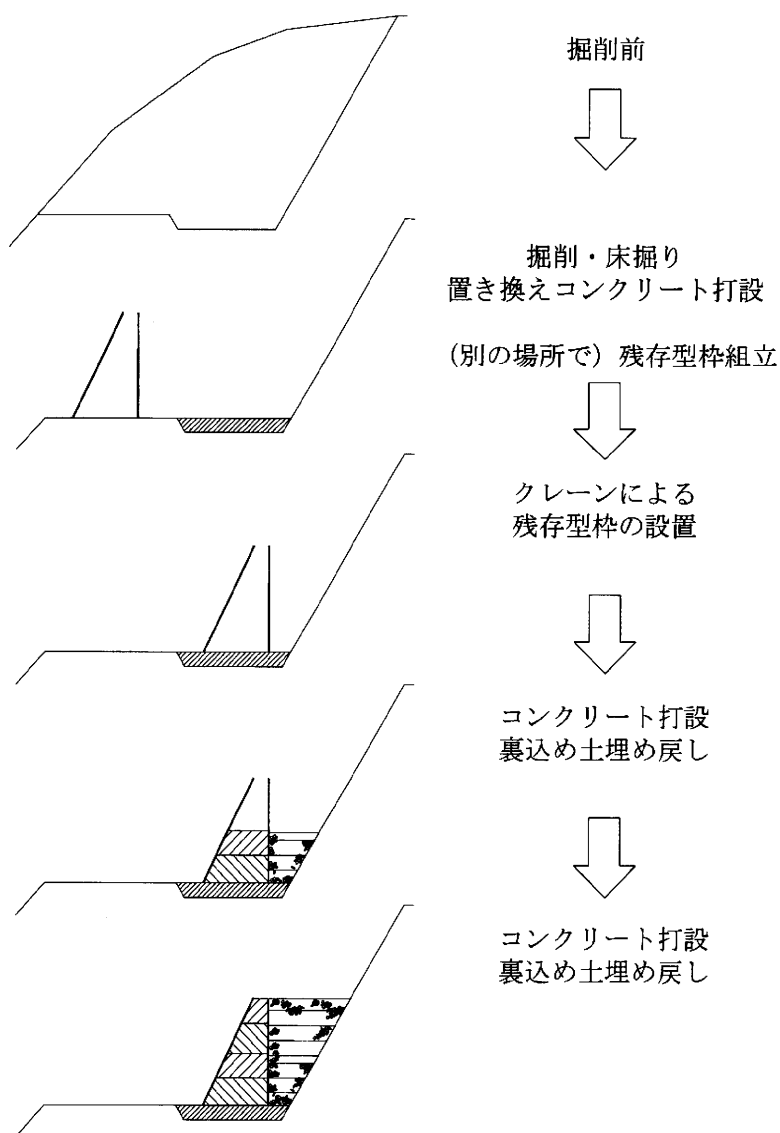


図-5.9 残存型枠を外部で組立て・設置する方法

5.3.5 支持杭を併用して床掘り作業を無くす方法

斜面崩壊による被災のリスクが高い床掘り作業を無くす方法として、擁壁の支持力を杭によって発現させる方法である。図-5.10 に施工プロセスを示す。この場合、基礎のつま先側の根入れを 50cm 以上とする。擁壁背面側の床掘りは少なくなるが、裏込め土埋め戻しには、擁壁裏側（斜面側）での作業があるため、埋め戻し時点での安全性に配慮する必要がある。

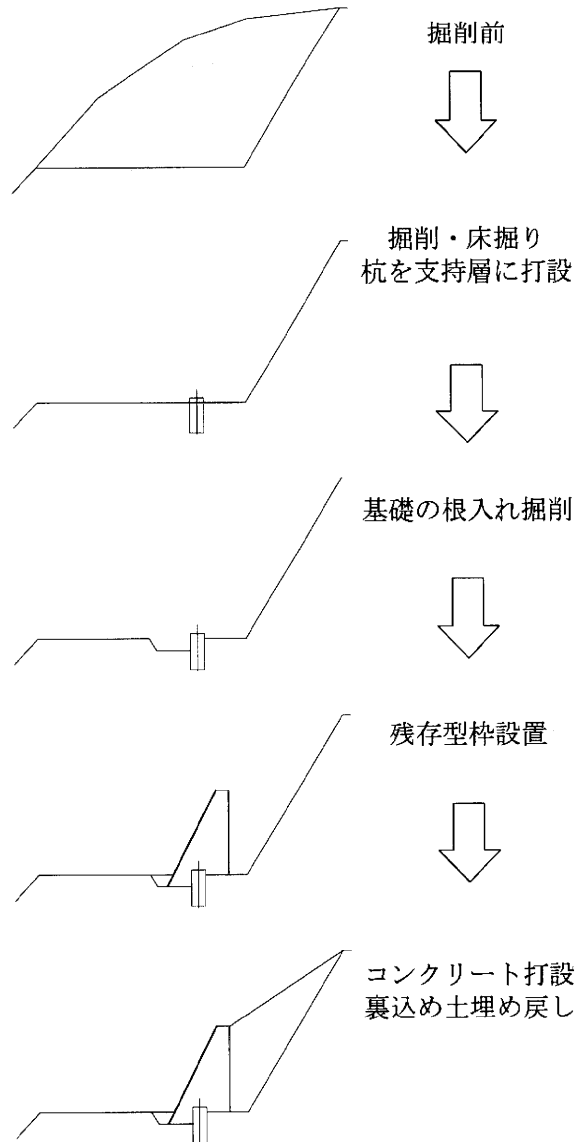


図-5.10 支持杭を併用して床掘り作業を無くす方法

5.3.6 杭とコンクリートパネルを一体化した壁体による方法

プレキャストコンクリートとして、杭とコンクリートパネルとを一体化させた薄肉壁体による方法がある。この工法は、長大な切土や基礎掘削が多くなる急峻地形での道路や敷地の拡幅工事などにおいて、切土や残土の発生を少なくできる特徴を有している。施工プロセスを図-5.11 に示す。この工法は、床掘り作業は低減するが埋め戻し作業があるため、埋め戻し時の安全性に配慮する必要がある。

このような既存の工法を利用して、床掘りを伴う斜面安定工事をより安全にすることも可能である。

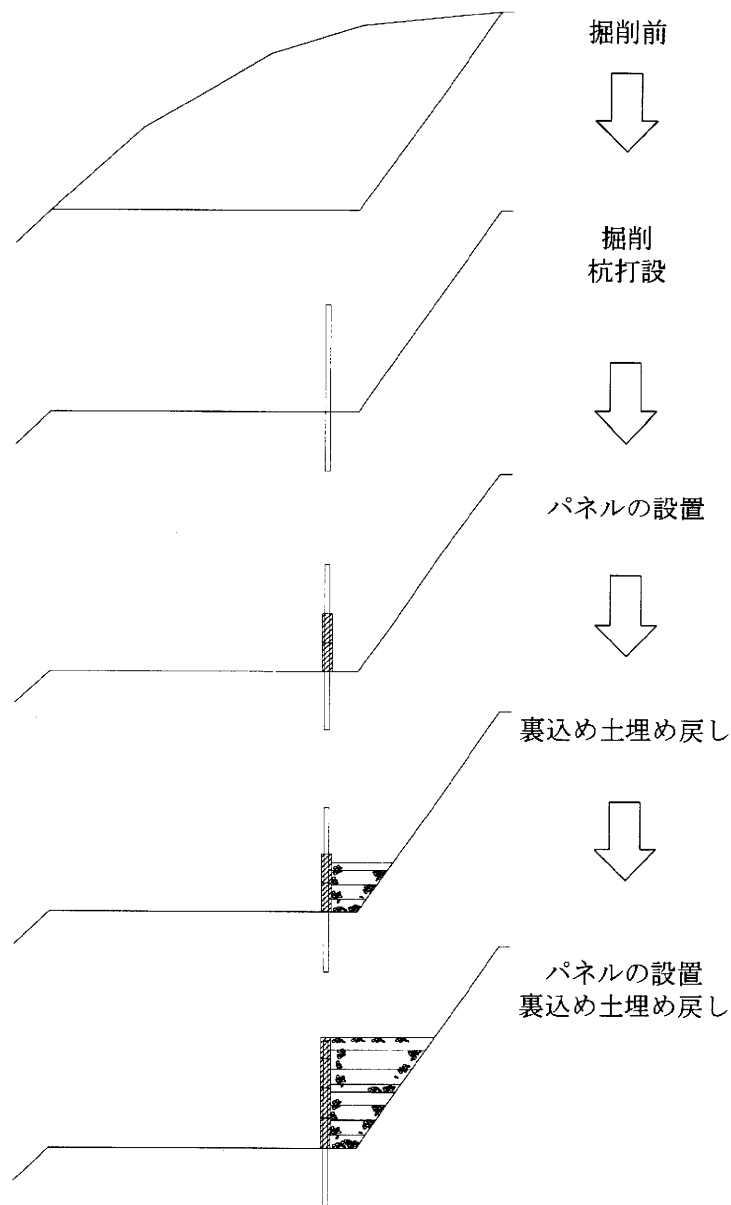


図-5.11 杭とコンクリートパネルを一体化した壁体による方法

5.3.7 仮設土止め杭による方法

仮設土止め杭による方法は、H型鋼を地山に打込み切土斜面を安定化させる方法である。切土側に支保工がないため、アンカーを併用したほうが、杭の変形は小さくすむ。施工プロセスを図-5.12に示す。仮設土止め杭を引抜かない場合には、擁壁背面側の型枠を仮設土止め杭にて代用できる。この工法では、斜面切取り時は杭によって斜面を安定化させていることや、床掘り作業がないため、作業中の斜面崩壊による被災のリスクは低い。

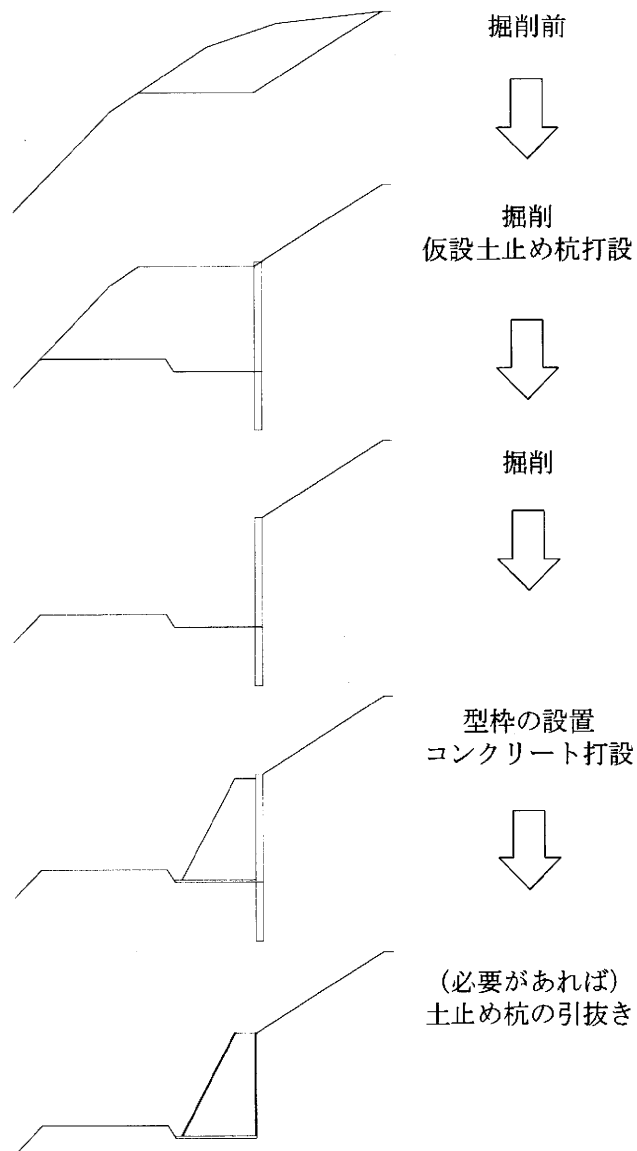


図-5.12 仮設土止め杭による方法