

### 5.3.8 鋼管杭による連続壁を構築する方法

鋼管杭を地山に打込み、地山を安定化させた後に掘削を行い、切土斜面に鋼管杭の連続壁を作る工法である。図-5.13 に施工プロセスを示す。鋼管杭が土圧を受け持つため、鋼管杭の前面は簡易な保護壁等でよい。この工法は、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。

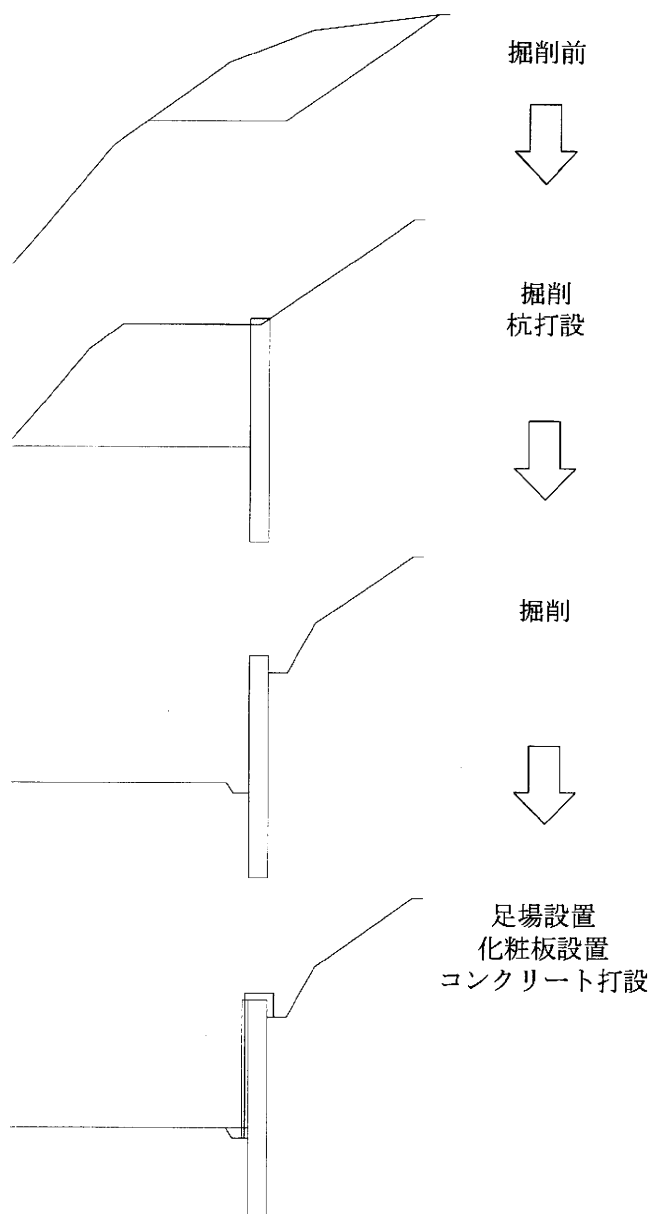


図-5.13 鋼管杭による連続壁を構築する方法

### 5.3.9 PC杭による連続壁を構築する方法

PC杭を地山に打込み、地山を安定化させた後に掘削を行い、切土斜面に柱列連続壁を作る工法である。図-5.14に施工プロセスを示す。PC杭が土圧を受け持つため、PC杭の前面に新たに壁面を設ける必要はない。この工法は、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。

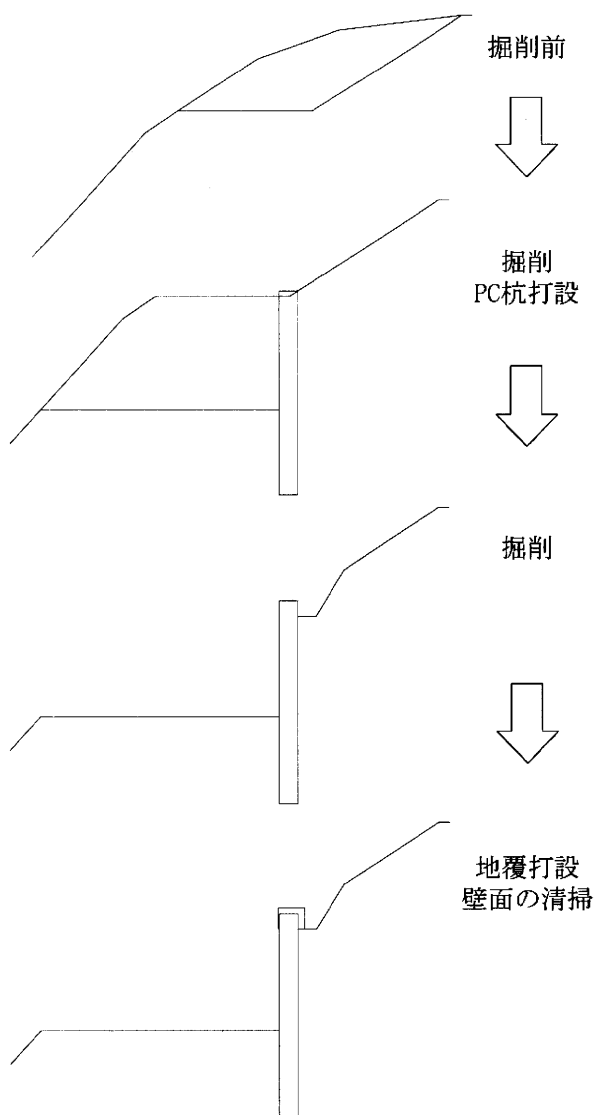


図-5.14 PC杭による連続壁を構築する方法

## 5.4 擁壁工事での残存型枠の利用による施工方法に関する調査・検討

前節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・検討を行い、以下の6種類の対策方法の提案を行った<sup>1)</sup>。すなわち、

- ① 切土勾配を緩くする。
- ② 床掘り斜面を安定化させるために、地山補強や土留め杭を併用する。
- ③ 床掘り斜面を長期間開放しないように、コンクリート打設後型枠を撤去せずに、構造物の裏側を埋め戻す。
- ④ 床掘り斜面から離れたところで型枠を組立て、床掘り斜面付近の作業時間を少なくする。
- ⑤ 床掘り作業を無くすように構造物基礎の支持層定着は、杭基礎や置換えコンクリートを併用する。
- ⑥ 床掘りがない土留め杭（鋼管杭、PC杭等）で築造する。

本節では、これらの対策方法の中で、③の方法である残存型枠を利用した対策方法について、コンクリート構造物築造のための一般型枠との比較・検討を行った。

### 5.4.1 残存型枠

#### 1. 残存型枠工

残存型枠工とは、薄肉プレキャスト・セメントコンクリート製の型枠製品と組立て部材を使用し、コンクリート打設後の脱型作業を必要としない型枠工のことであり、1998年頃から砂防堰堤などで使用されるようになった。



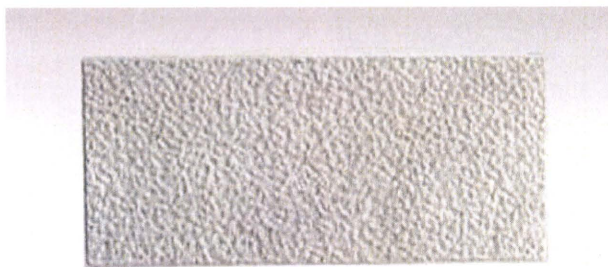
写真-5.1 化粧型枠による砂防堰堤



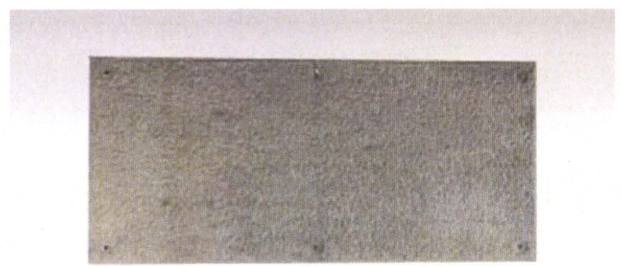
写真-5.2 残存型枠施工中

## 2. 残存型枠の種類

残存型枠工に用いる型枠工には、意匠性を目的としない残存型枠と、化粧が一体となった意匠性を目的とした残存化粧型枠がある。残存型枠は多くのメーカーが存在するが、代表的な残存型枠を図-5.15に示す。



プロテックメーク



プロテックワンダー



パットウォール・Dウォール



パットウォール・ライナー





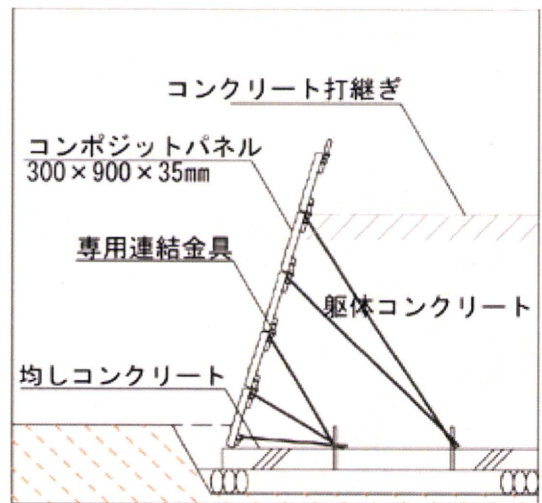
PCF 工法



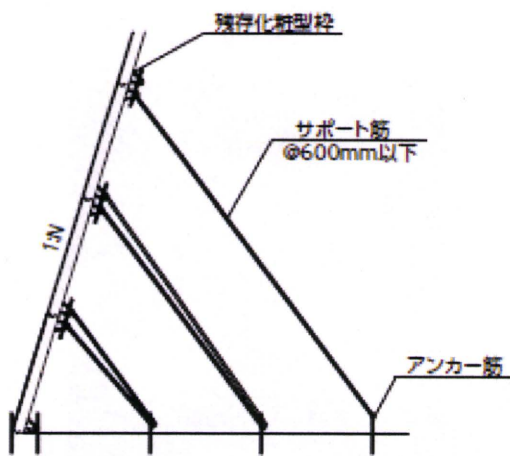
残存メッシュ型枠



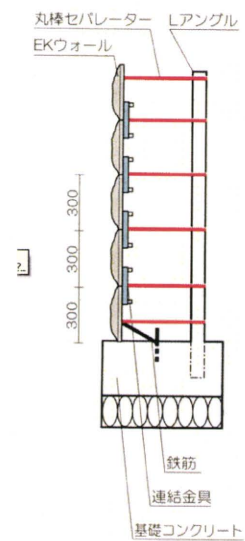
AKYパネル



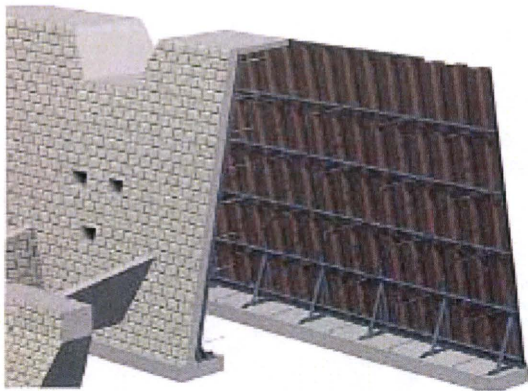
コンポジット残存型枠工法



スーパーコンパネくん



EK ウォール



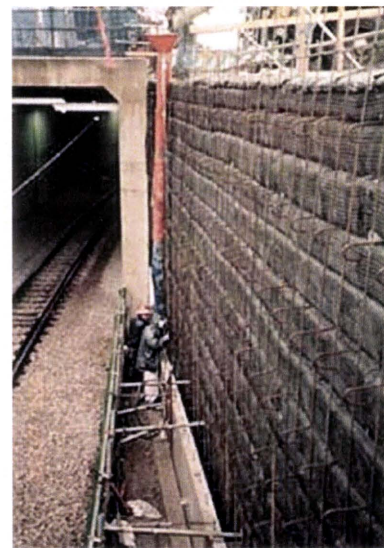
LUC-SB ウォール



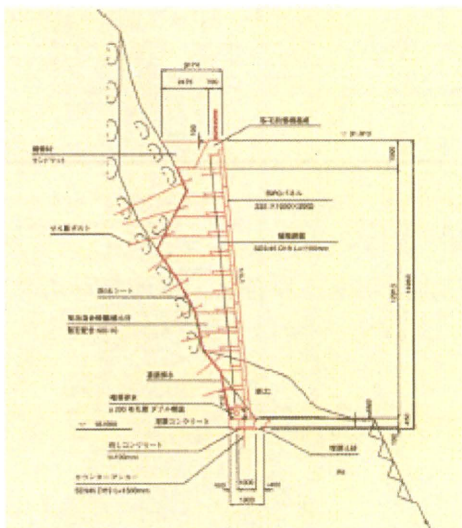
イーウォール



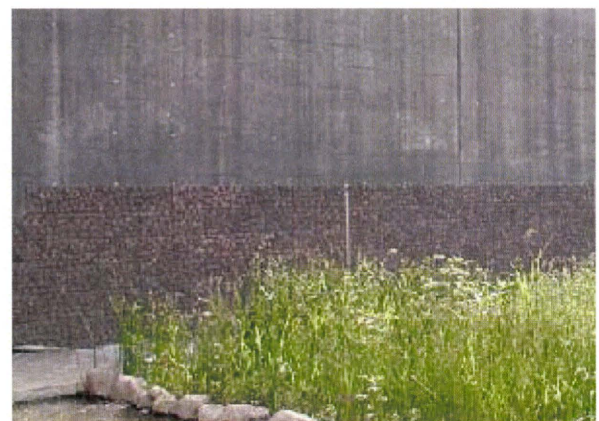
LB パネル



RRR パネル工法



SPCW 工法



ビオマーク





ムジンガー



Riv&Sea パネル

図-5.15 代表的な残存型枠

### 3. 残存型枠の特徴・留意点

残存型枠の特徴・留意点を以下に示す。

#### 【特徴】

- 1) 工場生産のため、納入後すぐに組立て・設置することができる。
- 2) 軽量化された残存型枠は、型枠組立にクレーンが不要なものがある。
- 3) 組立てが容易にできる。
- 4) 製品の厚さが薄いため、現場での型枠加工（切断）が簡単にできる。
- 5) 外側に型枠や単管等の取外し作業がないため、コンクリート打設後すぐに埋め戻し作業ができる。
- 6) 型枠として使用し取り外さないため建設廃材が減少できる。
- 7) 専用組立部材を使用することで内部より安全に作業ができる。
- 8) 構造物によっては、足場が不要になる。

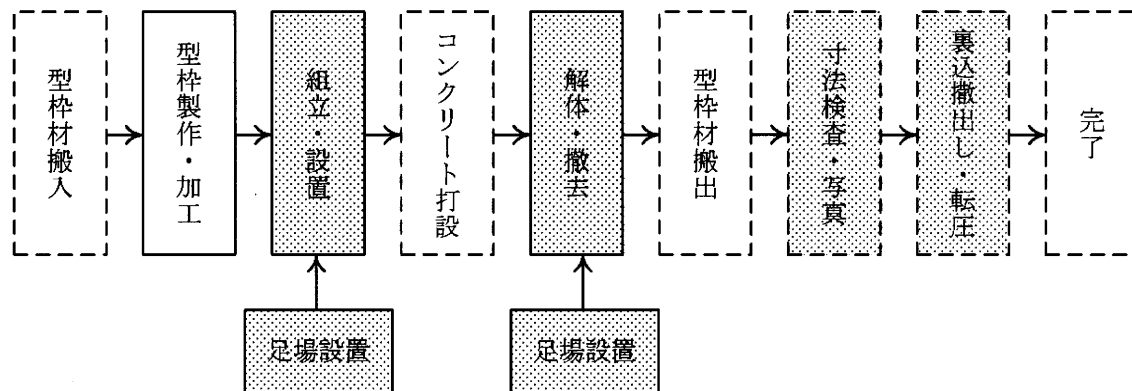
#### 【留意点】

- 1) セパレートの間隔が広いいため、1回の打設高さが限定される。
- 2) パネルを曲線にすることはできないため、構造物に曲線がある場合は、目地部を利用して曲線部を施工する。

## 5.4.2 一般型枠の施工手順

### 1. 一般型枠の施工フロー

標準的な一般型枠（コンパネやメタルホーム）の施工フローを図-5.16に示す。重力式擁壁等の構造物型枠の組立・設置、撤去の工程において、構造物の前面側や背面側（斜面側）で作業する。



網掛けは、構造物の背面側（斜面側）での作業がある

※ 歩掛りに対応しているのは実線部分のみ

図-5.16 一般型枠の施工フロー



## 2. 一般型枠の施工手順

一般型枠の設置・組立て手順の概要図を図-5.17 に示す。

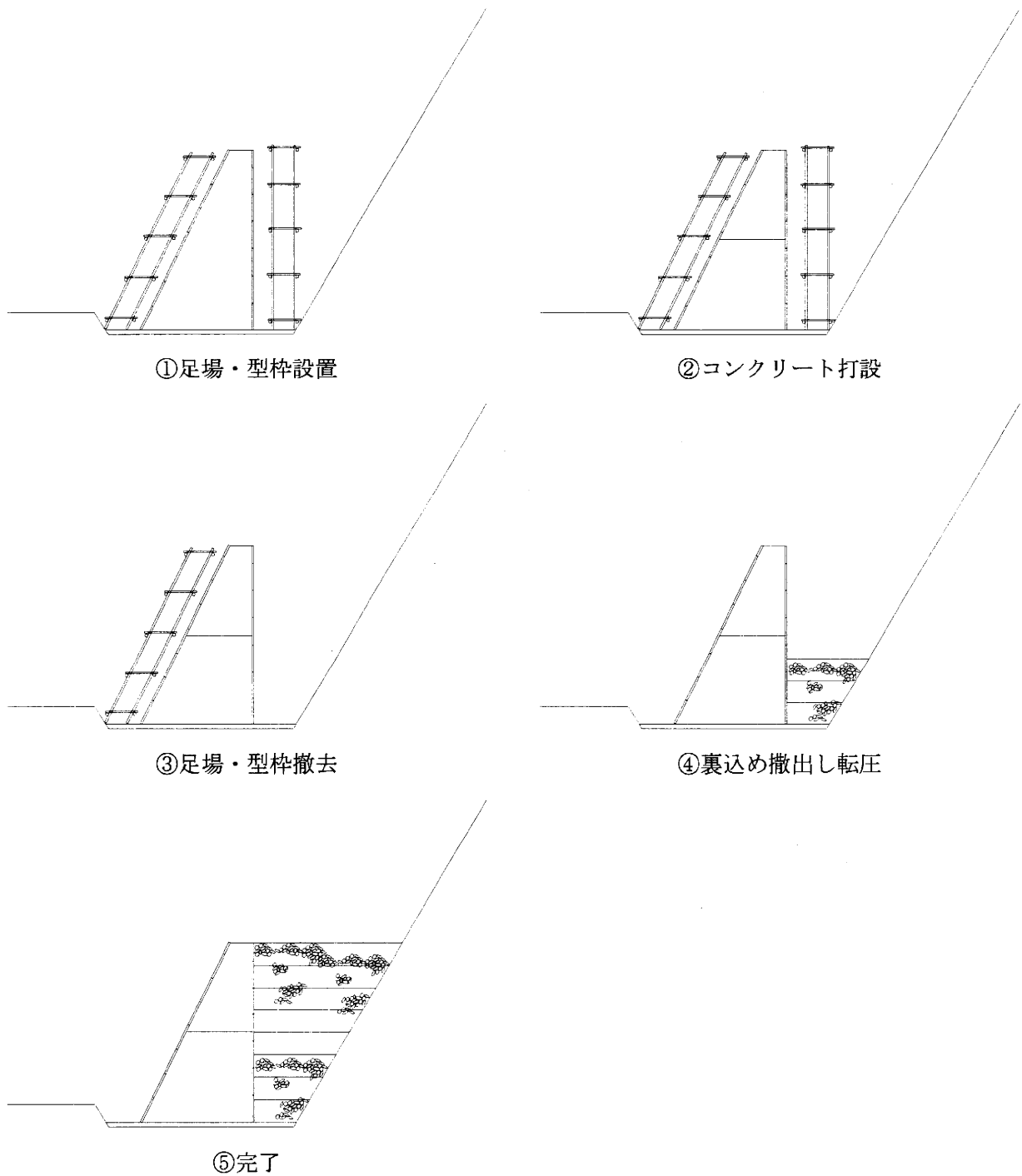


図-5.17 一般型枠の施工手順

### 3. 残存型枠の施工フロー

残存型枠の組立・設置は、構造物（型枠）の内側から施工することが標準である。また、残存型枠は一般型枠に比べてセパレートの間隔が広がっているため、コンクリートの標準打設高さは 1.0m～1.5m 程度としている。残存型枠を用いた場合の施工フローを図-5.18 に示す。

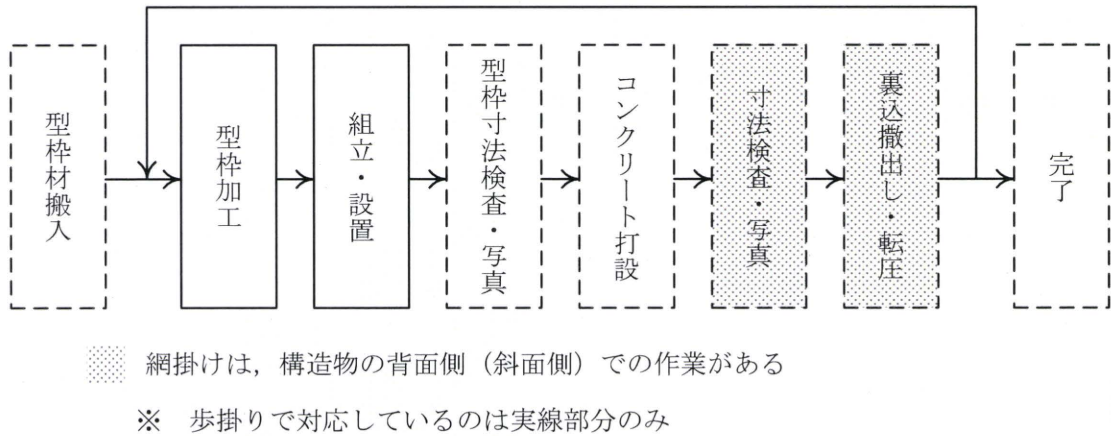
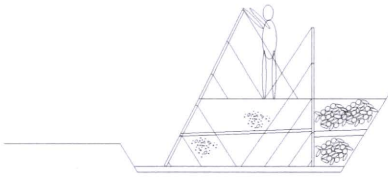


図-5.18 残存型枠の施工フロー

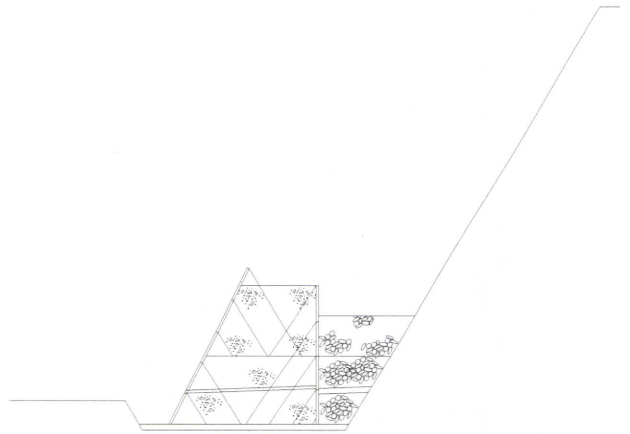
### 4. 残存型枠の施工手順

残存型枠の設置・組立て手順の概要図を図-5.19 に示す。

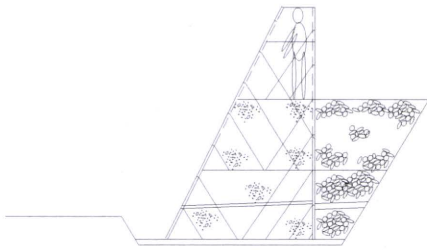




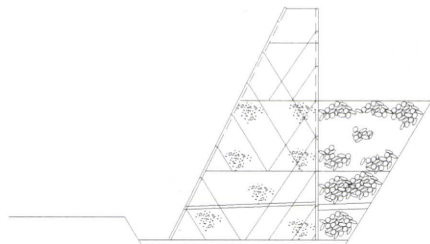
③型枠設置



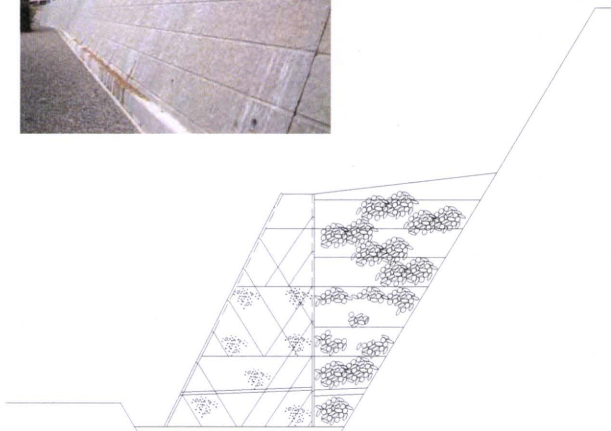
④コンクリート打設・裏込め撤出し転圧



⑤型枠設置



⑥コンクリート打設



⑦了

図-5.19 残存型枠の施工手順



### 5.4.3 一般型枠と残存型枠の概算材工費

一般型枠と残存型枠の型枠 1m<sup>2</sup>当たりの概算材工費を表-5.4 に示す。なお、歩掛りは「国土交通省土木工事積算基準 平成 19 年度版」<sup>5)</sup>を、労務費および機械賃貸料は「積算資料 2009 年 5 月 東京」<sup>6)</sup>をそれぞれ参照した。

表-5.4 一般型枠と残存型枠の概算材工費

	一般型枠					残存型枠				
	名称	単位	数量	単価	金額	名称	単位	数量	単価	金額
型枠工	世話役	人	3.1	19,800	61,380	世話役	人	1.7	19,800	33,660
	型枠工	人	15.7	17,600	276,320	型枠工	人	3.3	17,600	58,080
	普通作業員	人	10.0	13,800	138,000	普通作業員	人	3.5	13,800	48,300
	機械賃貸料	日	0.0	49,000	0	機械賃貸料	日	0.0	49,000	0
	諸雑費	%		23.0	109,411	諸雑費	%		13.0	18,205
	小 計				585,111	小 計				158,245
型枠費	別工種					パネル類	m <sup>2</sup>	100	6,000	600,000
	小 計				0	小 計				600,000
足場設置工	単管足場 (安全ネットなし)				(100m <sup>2</sup> 当たり)	型枠の設置・撤去用足場(設置延長 10m 当たり)				
	世話役	人	1.7	19,800	33,660	世話役	人			
	とび工	人	5.8	17,300	100,340	とび工	人			
	普通作業員	人	1.9	13,800	26,220	普通作業員	人			
	機械賃貸料	日	0.7	49,000	34,300	機械賃貸料	日			
	諸雑費率	%		21	40,849	諸雑費率	%			
	小 計				235,369	小 計				0
	合 計				820,480	合 計				758,245
	m <sup>2</sup> 当たり				8,205	m <sup>2</sup> 当たり				7,582
	※機械賃貸料は、ラフテレーンクレーン t25 とした					※残存型枠は人力施工で行うため機械損料を計上しない。				

一般型枠の工事費は、「国交省土木工事積算基準 コンクリート工 型枠工」より算出した。また、残存型枠工の歩掛りについては、「国交省土木工事積算基準 コンクリート工」には記載されていないため、「国交省土木工事積算基準 砂防 残存型枠工」より算出している。表-5.4 を見ると、m<sup>2</sup>当たりの材工費は残存型枠工のほうが安い結果となった。これは残存型枠工の歩掛りを「国交省土木工事積算基準 砂防 残存型枠工」から算出したためではないかと思われる。すなわち、一般的なコンクリート構

造物よりも、砂防堰堤等の規模が大きいため積算にも影響しているものと考えられる。しかし、それらを鑑みても残存型枠工は一般型枠工と同程度のコストにて施工することが可能であるものと思われ、斜面側での作業が少ない分、作業員が斜面崩壊にて被災する危険は低減されるものと言える。

## 5.5 まとめ

床掘りを伴う斜面安定工事の重力式擁壁などの構造物築造では、構造物の背面側（斜面側）での作業（型枠の設置、撤去、裏込め土砂の埋戻しなど）があるため、作業員が斜面崩壊にて被災する可能性がある。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・検討を行った。その結果、以下のような対策方法が考えられる。すなわち、

1. 切土勾配を緩くする。
2. 床掘り斜面を安定化させるために、地山補強や土留め杭を併用する。
3. 床掘り斜面から離れたところで型枠を組立て、床掘り斜面付近の作業時間を少なくする。
4. 床掘り斜面を長期間開放しないように、コンクリート打設後型枠を撤去せずに、構造物の裏側を埋め戻す。
5. 床掘り作業を無くすように構造物基礎の支持層定着は、杭基礎や置換えコンクリートを併用する。
6. 床掘りがない土留め杭（鋼管杭、PC杭等）で築造する。

また、本章では上記の検討結果の中で残存型枠について詳細な検討を行い、一般型枠と残存型枠の概算材工費を比較した。その結果、以下のことが分かった。

1. 残存型枠は型枠の撤去がないため、コンクリート打設（打設高 1.0m～1.2m程度）後すぐに、裏込め土を埋め戻すことができるため、斜面崩壊の危険を低減できる。
2. 残存型枠は型枠の撤去がないことから型枠の設置やコンクリートの打設の検査、管理写真の撮影がすぐに行える。
3. 一般型枠と残存型枠の型枠 1m<sup>2</sup>当たりの概算材工費を比較したところ、残存型枠工のほうが安価な結果となった。これは算出した土木工事積算基準が異なることも影響している可能性があるが、それを鑑みてもコスト的には一般型枠と同程度と考えられる。

## 5.6 参考文献

1. 伊藤和也，豊澤康男，Tamrakar S. B.，堀井宣幸：建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析，日本地すべり学会誌，Vol. 41, No. 6, pp.17-26, 2005.
2. 国土交通省国土技術政策総合研究所：平成 21 年度版 土木工事数量算出要領（案），<http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/sr/yoryo.htm>
3. 日本道路協会：道路土工－擁壁工指針，pp.108-109, 1999.
4. 日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針，p.138, 2007.
5. 国土交通省大臣官房技術調査課（監修）：国土交通省土木工事積算基準（平成 19 年度版），建設

物価調査会，973p，2007.

6. 財団法人経済調査会：積算資料 2009年 5月 東京，月刊 積算資料，2009.



## 第6章 斜面上付加荷重による斜面安定の影響

### 6.1 はじめに

斜面崩壊の一原因として、工事中にしばしば発生する斜面上に重機や資材などを置くことによって発生する斜面上付加荷重が想定される。そのような斜面上の付加荷重による斜面崩壊形態は、荷重直下に発生する局所的な崩壊と、斜面全体の不安定さを増大させて発生する大規模な崩壊とが想定される。本章では、上記のような問題意識のもとですべり安定計算と遠心実験を行い、付加荷重による斜面安全率の低減を簡便に示す図表を作成した結果を示す。

### 6.2 安定計算による影響評価

#### 6.2.1 修正フェレニウス法による安定計算

ここでは、斜面上に分布荷重が作用する位置、荷重強度等によって斜面の安定性、特に安全率やすべり面に関してどのような影響が出るのかを、斜面安定計算法の円弧すべり法の一つである修正フェレニウス法を用いて評価を行った。具体的な目的を、以下に挙げる。

- ・ 斜面上に載荷することにより、安全率のコンター図を描画した際に、安全率の目が 2 つ出来ることを確認する。
- ・ 法面上に載荷することによって安全性が低下することを確認するとともに、原斜面の安全率と比較してどの程度安全率が低下するのかを評価する。
- ・ 斜面パラメータ(盛土高さ、斜面角度、荷重の大きさ)によって、安定性の変化にどのような影響があるのか評価する。

以上 3 つの点を目的に安定計算を行った。

#### (1) 計算概要

修正フェレニウス法は、現在最もよく利用されている斜面安定計算法の一つである。計算の概要としては、様々に斜面の条件を設定し、その条件に対し、法面上に荷重位置・荷重幅・分布荷重を変化させ、安定性の変化を調べた。以下、位置の設定や幅等の設定について述べる。荷重は、直接基礎を考慮し、解析では斜面表面上に作用させた。

#### (2) パラメータ

土要素のパラメータについては、単位体積重量を一般的な $\gamma_t = 15.0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ と設定した。また、見かけの粘着力として、粘着力 $c = 10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を用いた。さらに、内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ と設定した。また、斜面のパラメータについては、盛土高さ $H = 10\text{m}, 20\text{m}, 30\text{m}$ の 3 種類。斜面角度 $\theta = 25^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ の 3 種類の計 9 種類の条件の盛土斜面に対して計算を行った。そして、各ケースにおいて、荷重の幅、荷重系を載せる位置、荷重の大きさを変化させて計算を行った。ここで、荷重に関するパラメータは、荷重幅 $L$ を斜

面長  $L$  で割った係数を  $\alpha$ 、法肩からの荷重の位置  $D'$  を斜面長  $L$  で割った係数を  $\beta$  と無次元化を行った。

つまり、 $\alpha$ 、 $\beta$  は  $L' = \alpha L$ 、 $D = \beta L$  である。図 6.1 に  $\alpha$ 、 $\beta$  設定の模式図を示す。ここで、 $\lambda$  は、 $\lambda = \frac{\gamma_1 H \tan \phi}{c}$

で表される無次元パラメータで、Janbu の安定図表において用いられる指数である<sup>1</sup>。また、荷重幅、荷重を載せる位置については、図 6.1 に記したように、荷重幅  $L'$  を斜面長  $L$  で割った係数を  $\alpha$ 、法肩からの荷重の位置  $D'$  を斜面長  $L$  で割った係数を  $\beta$ 、として無次元化を行っている。また、Case については Case □—□—□ と設定し、 $H - \theta - q$  の順に並べた。 $q$  の部分は番号が 1, 2, 3 の順に 25, 50, 100 ( $\text{kN/m}^2$ ) と設定した。

## 6.2.2 計算結果

ここでは、章の始めに挙げた 3 つの目的に沿って計算結果を示していく。

### 1. 安全率のコンター図

単純斜面に対して、安全率のコンター図を描くと、安全率の最小値の目を一つ持ったコンター図が描ける。法面上へ構造物を載せると、元々の斜面のすべり面に加えて、構造物の基礎の真下から壊れる局所的な破壊をもたらすすべり面も考えられ、コンター図の中心が 2 つ現れる。これを図 6.2、図 6.3 に示した。中心が 2 つある場合は、安全率の小さい方で壊れる可能性が高い。そのため、2 つの目の安全率の大小関係は非常に重要である。この 2 つの目における最小の安全率の大小関係は、荷重系、土質パラメータ等によって変化する。このことから、斜面上に構造物を設置する際には、この 2 つの安全率の目を中心としたすべり面について照査せねばならない。表 6.2 に今回の計算結果を全て示したが、この中で、灰色に塗りつぶされている安全率は、すべり面が斜面全体に及んでいる Case である。表 6.2 より、斜面全体の安全率の方が低いケースは全体の 10% 程度は存在している。斜面全体の安全率によって斜面の安定性が決まる際は、特に斜面全体への補強等が必要となる事が考えられる。一方で、局所的な崩壊によって斜面の安定性が決まる場合には、基礎の形状等で安全率を高めることが出来ると考えられるため、大規模な補強は必要ないと考えられる。

### 2. 各パラメータと安全率の変化の関係

いずれの Case においても法面上に載荷を行うと、斜面の安定性が低下することが確認された。そのため、法面上における荷重の位置、大きさといったパラメータが斜面の安定性に対してどの程度影響しているのかを考察する。ここで、次に挙げるパラメータ  $R_f$  と先に挙げた荷重幅、位置に関するパラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて評価することとする。

$$R_f = \frac{\Delta F_s}{F_{s0}}$$

ここで、 $\Delta F_s$ : パネルを法面上に設置した前後での安全率変化、 $F_{s0}$ : パネル設置前の原斜面安全率である。各 Case において、 $\alpha$ 、 $\beta$  を変化させ、その時の  $R_f$  を求め、コンター図を描き、評価を行った。

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $R_f$  が関係を求めたコンター図を図 6.4~図 6.10 に載せる。

この図から、どの位置に載荷した際にどの程度安全率が提言されるのかを簡便に調べることが出来る。

また、図番号とともに、一般的な計画安全率である  $F_s = 1.2$  を下回る際の  $R_f$  値を載せた。この値よりも小さい値の場合は、斜面の補強や荷重形態の再検討が必要となることが考えられる。

### 3. 斜面パラメータに伴う変化

斜面高さを変化させたときの安全率の低減率の移り変わりを Case1-1-2, Case 1-2-2, Case1-3-2 を比較して図 6.11 に示す。斜面が高くなるにつれて安全率の低下率は小さくなるが、斜面高さを高くすると、原斜面の安全率が低下するために、安全率の値は小さくなっている。原斜面の安全率は、表 6.2 中に  $F_{s0}$  として載せている。さらに、計画安全率である  $F_s = 1.2$  となる際の  $R_f$  をグラフ中に☆印で示した。☆よりも下側は計画安全率を下回る事になる。このグラフを見ると、計画安全率を下回るようなケースが盛土高さを高くすると多くなることが分かる。このことから、高盛土の斜面法面に荷重を設置する場合は、設置場所について検討をよくする必要があることが分かる。また、斜面角度の変化による安全率の低減率は、Case 1-1-2, Case 2-1-2, Case 3-1-2 を比較し、図 6.12 に示す。斜面角  $\theta = 30^\circ$  の際の  $R_f$  が最も小さくなっているが、この場合も斜面角が急になると安全率が 1.2 を切るケースが発生している。さらに、Case 1-1-1, Case 1-1-2, Case 1-1-3 より分布荷重の変化による  $R_f$  の変化を見ると、分布荷重が増す毎に  $R_f$  の大きさが大きくなることが分かる。(図 6.13)ここで、荷重強度が  $50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  程度であれば、この斜面パラメータの場合、どの  $\alpha, \beta$  でも安全率が 1.2 を下回らないことがこの図から分かる。

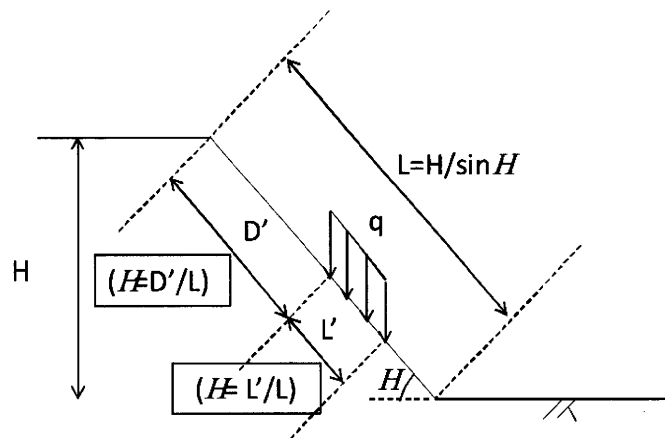


図 6.1  $\alpha, \beta$  に関する設定



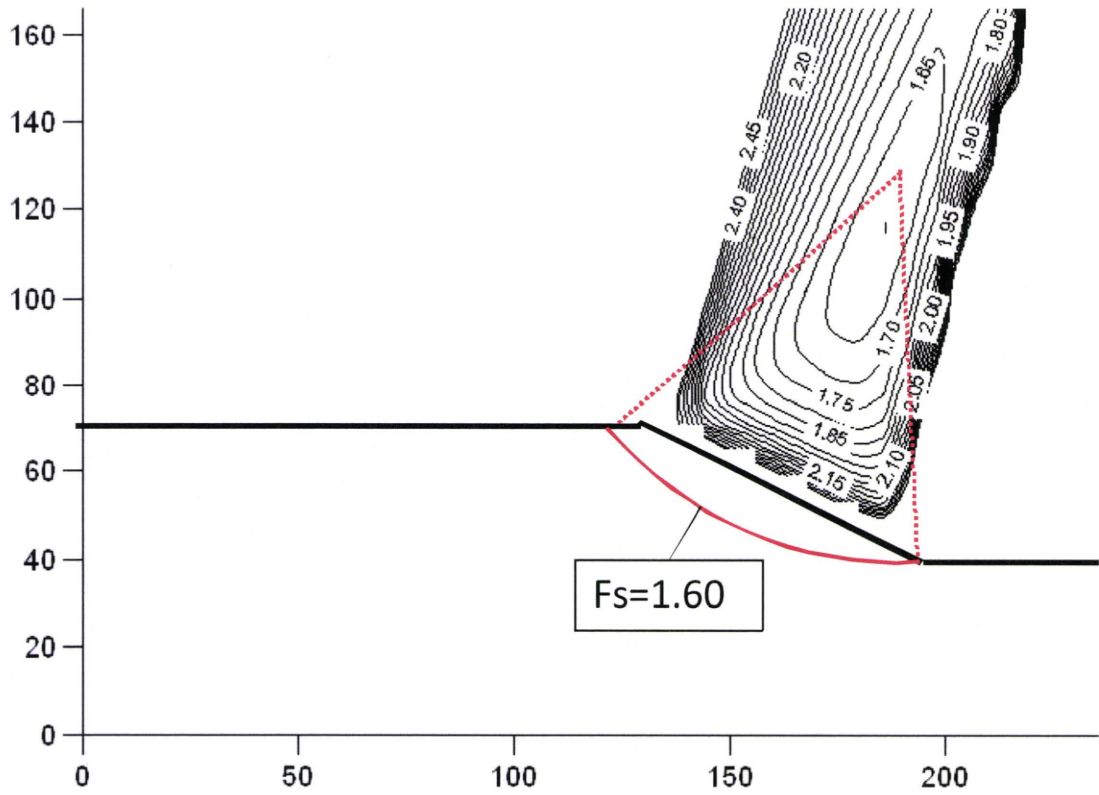


図 6.2 Case2 原斜面に対する安全率コンター図とすべり面位置

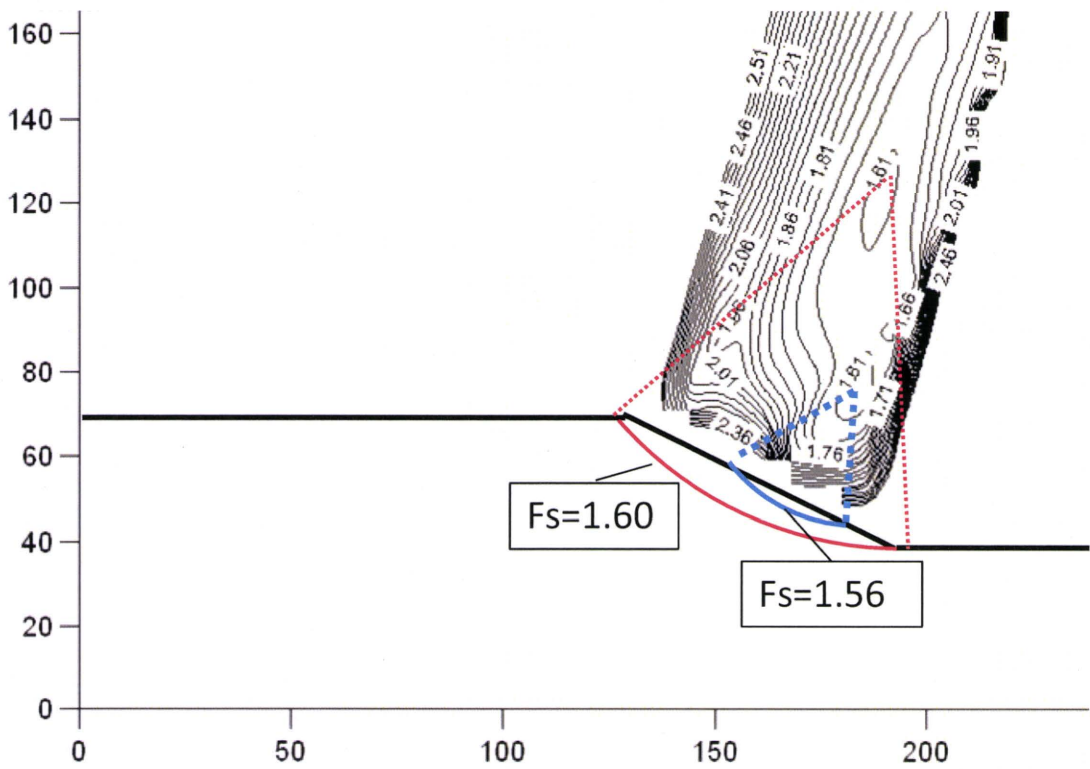
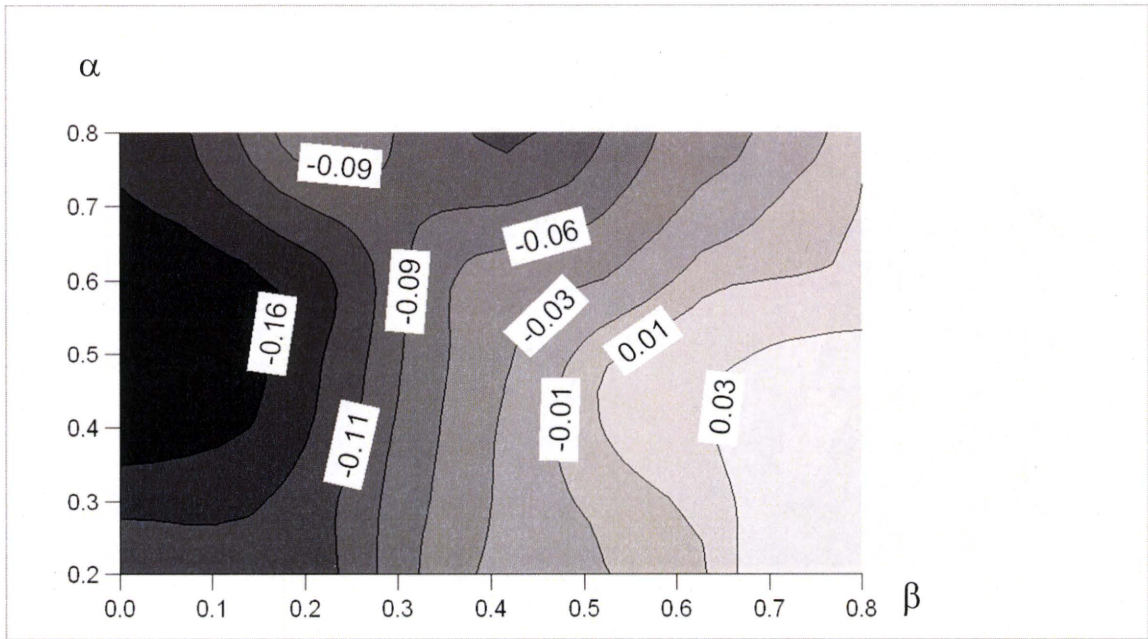
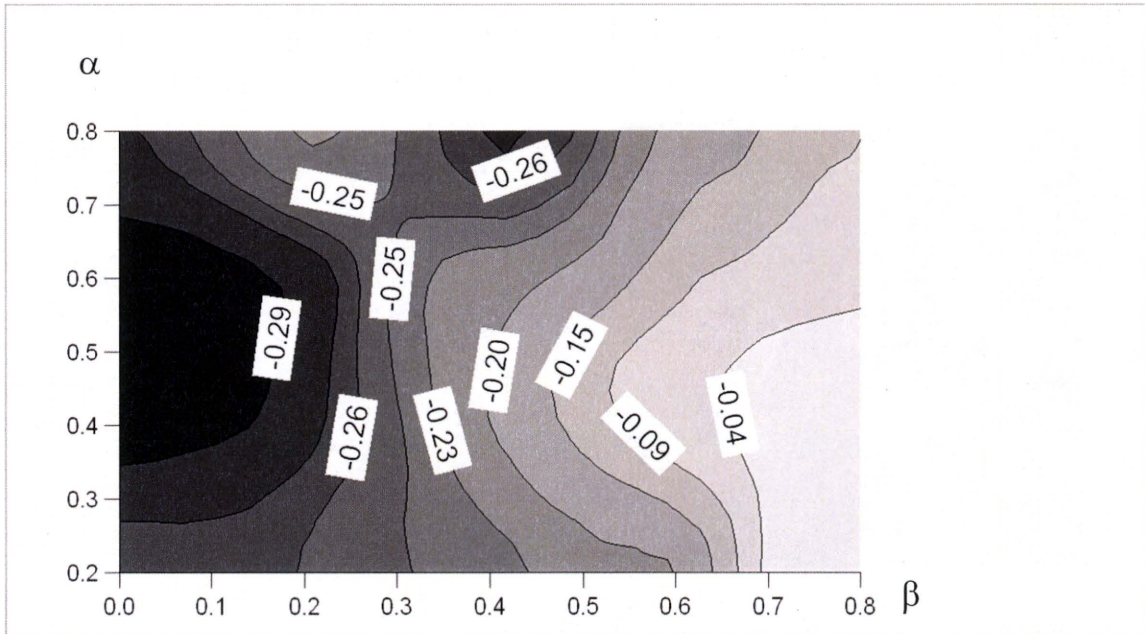


図 6.3 Case3-3-1 ( $\alpha = 0.2, \beta = 0.4$ )における全体と局所的なすべり面それぞれの安全率比較



☒ 6.4 Case 1-1-1 (-0.33)



☒ 6.5 Case1-1-2 (-0.33)

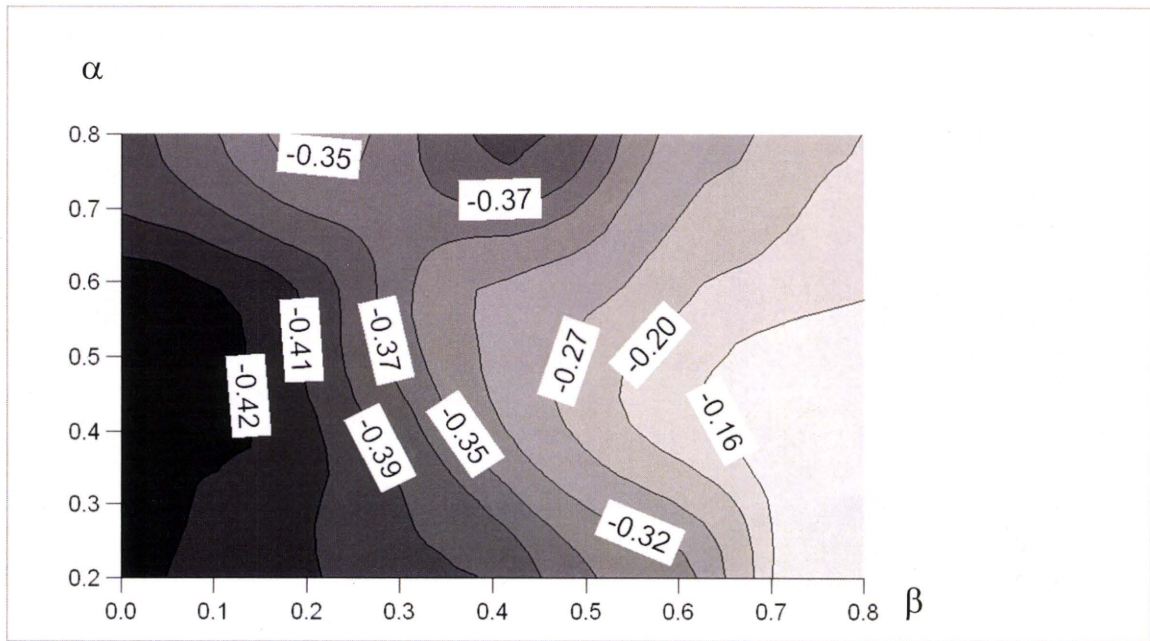


图 6.6 Case1-1-3 (-0.33)

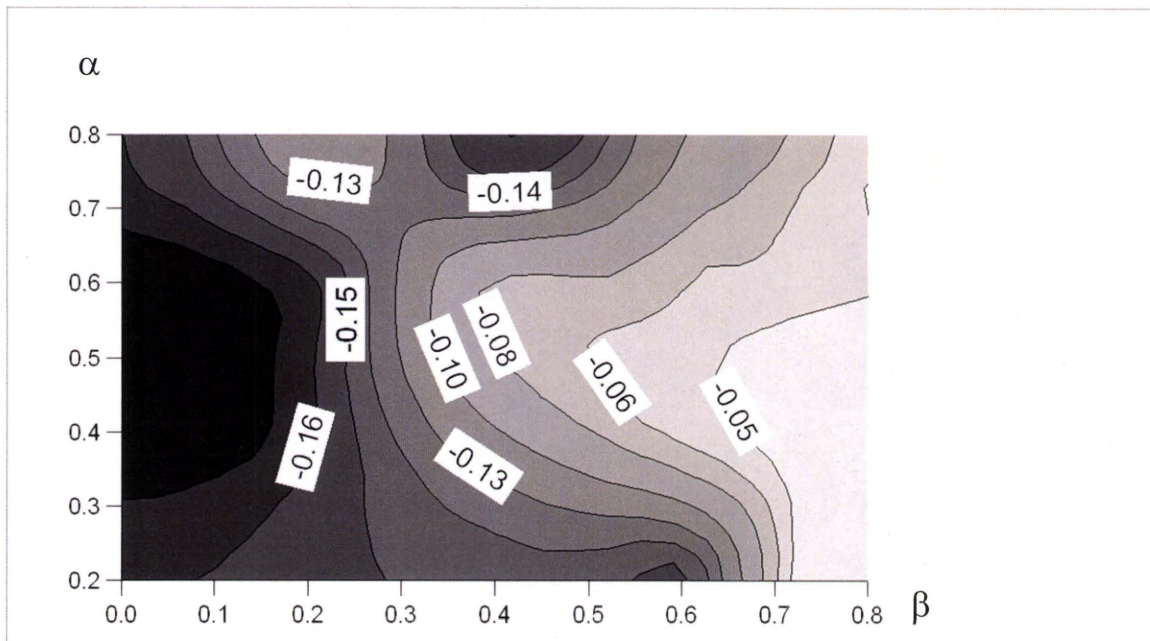


图 6.7 Case1-2-2 (-0.18)