

第4章 斜面地建築物の構造計画

4.1 斜面地建築物の検討内容

斜面地建築物は、斜面地の地質、利用形態、基礎形式に応じた検討を行い、斜面地、建築物ともに安全性を確認しなければならない。

斜面地建築物は平坦地の場合と異なり、斜面の安定性、土圧の評価、支持力の評価等の問題がある。また、斜面の利用形態に応じてこれらの問題点が異なるものである。

(1) 斜面地建築物の分類

斜面地建築物は、斜面地に対する位置関係から以下のように分類できる。

- a 斜面上に位置する建築物
- b 斜面中に位置する建築物
- c 斜面下に位置する建築物

検討方法の詳細は、第5章で述べるがここでは斜面地の利用形態に応じた問題点の検討事項を示す。

a 斜面上に位置する建築物

斜面上建築物では、建築物の位置する土地を含む斜面の安定が確保されることが必要である。

また、斜面からの距離に応じて直接基礎では支持力を低減させることが必要となり、杭基礎の場合には、地盤の横方向支持力の低減も考慮しなければならない。

さらに、斜面の崩壊は建築物の安定に大きな影響を与えるため、長期的な観点から斜面を保護することも必要となる。

b 斜面中に位置する建築物

斜面中建築物の場合には、自然斜面の形状が大きく変化する場合が多い。このため、施工中を含めた斜面の安定が重要で、建築物を作ることによって斜面の安定が損なわれることがあってはならない。

また、直接基礎の場合には傾斜地盤を考慮した支持力の低減が必要となり、杭基礎の場合にも横方向支持力の低減を考慮しなければならない。

さらに、斜面中建築物では片側土圧が作用する場合が多く、土圧の評価に際しては斜面の地質に応じた適切な上圧係数を採用することが重要である。

c 斜面下に位置する建築物

斜面下建築物の場合には斜面地が建築物の根切工事によって不安定になることを避けなければならない。

また、斜面の長期的な安定性も把握し、斜面が崩壊する可能性のある場合には、建築物が斜面の崩壊に対して安全となるように対処することが必要となる。

(2) 盛土斜面を利用した斜面地建築物

盛土斜面を利用した斜面地建築物では、建築物を含む敷地の安定性、支持力、沈下等の全般について問題を生じる場合が多い。

これは、盛土の土質特性の評価が困難であること、盛土が不均質であることに起因する。

そこで、本指針では、盛土斜面の危険度判定をDランクと定めている。地盤調査及び建築物の検討事項は、より詳細に行う必要がある。

以上の問題点を表4-1にまとめた。また、表4-2には、斜面地の利用形態が決まり、地質パターンが判明した場合に、斜面安定、片側土圧、支持力などの検討をどの地質を対象として実施すれば良いかを示した。

なお、2段の斜面地の中段に建築物が位置する場合など、斜面上、斜而中、あるいは斜面下として該当する場合が考えられるが、このように利用形態が複合した場合は、当然それぞれの検討事項を行う。

表4-1 利用形態と問題点

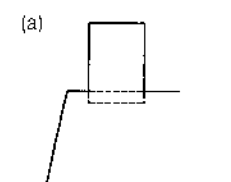
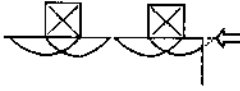
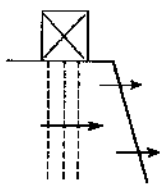
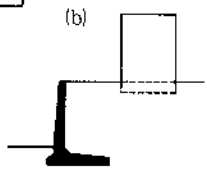
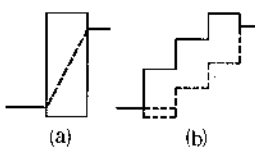
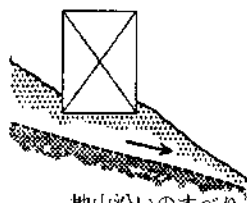
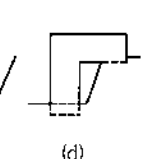
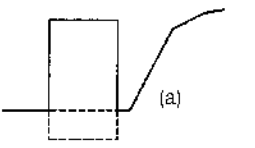
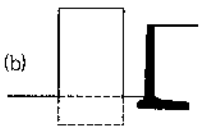
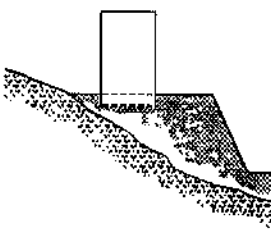
利用形態		問題と検討事項	
		問題点	備考
斜面 上	 <p>(a)</p>	<p>(直接基礎)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すべり、崩壊 (含む地震時) ・支持力の評価 ・沈下 <p>(杭基礎)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横方向支持力の評価 ・杭の形式 (長杭、短杭) 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面上の鉛直支持力は、斜面からの離れによって平坦地より小さくなる。 ・杭の横抵抗は崖からの距離によって減少する。   <p>地盤も杭と一緒に動く</p> <p>* 杭の長短も関係する。</p>
	 <p>(b)</p>		
斜面 中	 <p>(a)</p>	<p>(直接基礎)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・傾斜地盤の支持力 ・すべりに対する安定 ・滑動に対する安定 ・土質に応じた土圧の考え方 (含む水圧) ・切盛地盤の支持力評価 <p>(杭基礎)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横方向支持力 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面上と同様に鉛直支持力が平地より小さい。 ・建物を含む地震時の円弧すべりでは相当の地盤強度がないと危険になる。 ・土圧の評価方法を適切にする。  <p>地山沿いのすべり</p>
	 <p>(b)</p>		
斜面 下	 <p>(a)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面からの離れ (斜面の安定性の評価) ・土圧の考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面下の建物では、斜面の将来的な安定性が問題となる。(将来的な斜面の開発計画も問題) ・土圧の評価に対する問題は斜面中と同じ。
	 <p>(b)</p>		
盛土		<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の強度評価 (調査、試験方法) ・すべりの検討手法の問題 ・沈下 	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の強度評価は原位置試験や室内試験によることが多いが、これらの適用にあたっては盛土材料 (土質) に応じて手法を使い分ける必要がある。

表4-2 斜面の利用形態と地質に応じた検討事項

利用形態 基礎形態 検討事項 地質形態	斜面上利用						斜面中利用						斜面下利用					
	直接			杭			直接			杭			直接			杭		
	安定	土圧	支持力	安定	土圧	支持力	安定	土圧	支持力	安定	土圧	支持力	安定	土圧	支持力	安定	土圧	支持力
① 軟質ローム 基盤	(a)	-	(a)	(a)	-	(c)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(c)	(a)	(a or a or c)	(a)	(a)	(a or a or c)	(a)
② 軟質ローム 硬質ローム 基盤	(a・b)	-	(a)	(a or a or c)	-	(c)	(a・b)	(a・b)	(a・b)	(a or a・b)	(a or a・b)	(c)	(a・b)	(a・b・c)	(b)	(a・b)	(a・b・c)	(c)
③ 硬質ローム 基盤	(b)	-	(b)	(b)	-	(c)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(c)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(c)
④ 軟質ローム 基盤	(a・c)	-	(a)	(a・c)	-	(c)	(a・c)	(a・c)	(a・c)	(a)	(a・c)	(a)	(a・c)	(a・c)	(c)	-	-	-
⑤ 軟質ローム 硬質ローム 基盤	(a・b・c)	-	(a)	(a or a or b or a or b or c)	-	(c)	(a・b・c)	(a・b・c)	(a or b or c)	(a・b・c)	(a or a・b)	(c)	(a・b・c)	(a・b・c)	(c)	-	-	-
⑥ 硬質ローム 基盤	(b・c)	-	(b)	(b・c)	-	(c)	(b・c)	(b・c)	(b)	(b)	(b)	(c)	(b・c)	(b・c)	(c)	-	-	-
⑦ 基盤	(c)	-	(c)	-	-	-	(c)	(c)	(c)	-	-	-	(c)	(c)	(c)	-	-	-
⑧ 盛土 基盤	(d)	-	(d)	(d)	-	(c)	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)	(c)	(a)	(d)	(d)	(d)	(d)	(c)

①: 軟質ローム ②: 硬質ローム ③: 基盤 ④: 盛土

4.2 斜面地建築物の構造計画

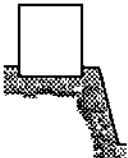
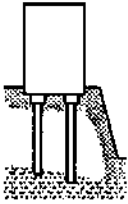
4.2.1 斜面上に位置する場合

斜面上に建築物が位置する場合、その基礎は次によることとする。

- (1) 原則として表4-4の安定角度（斜面地の高さが5メートルを越える場合は θ_1 を、斜面地の高さが5メートル以下の場合は θ_2 の数値とする。）の下側に入るように設置すること。
- (2) 建築物の規模を考慮した斜面地の安定性及び地盤の支持力、沈下等を検討し、建築物の安全性を確認すること。

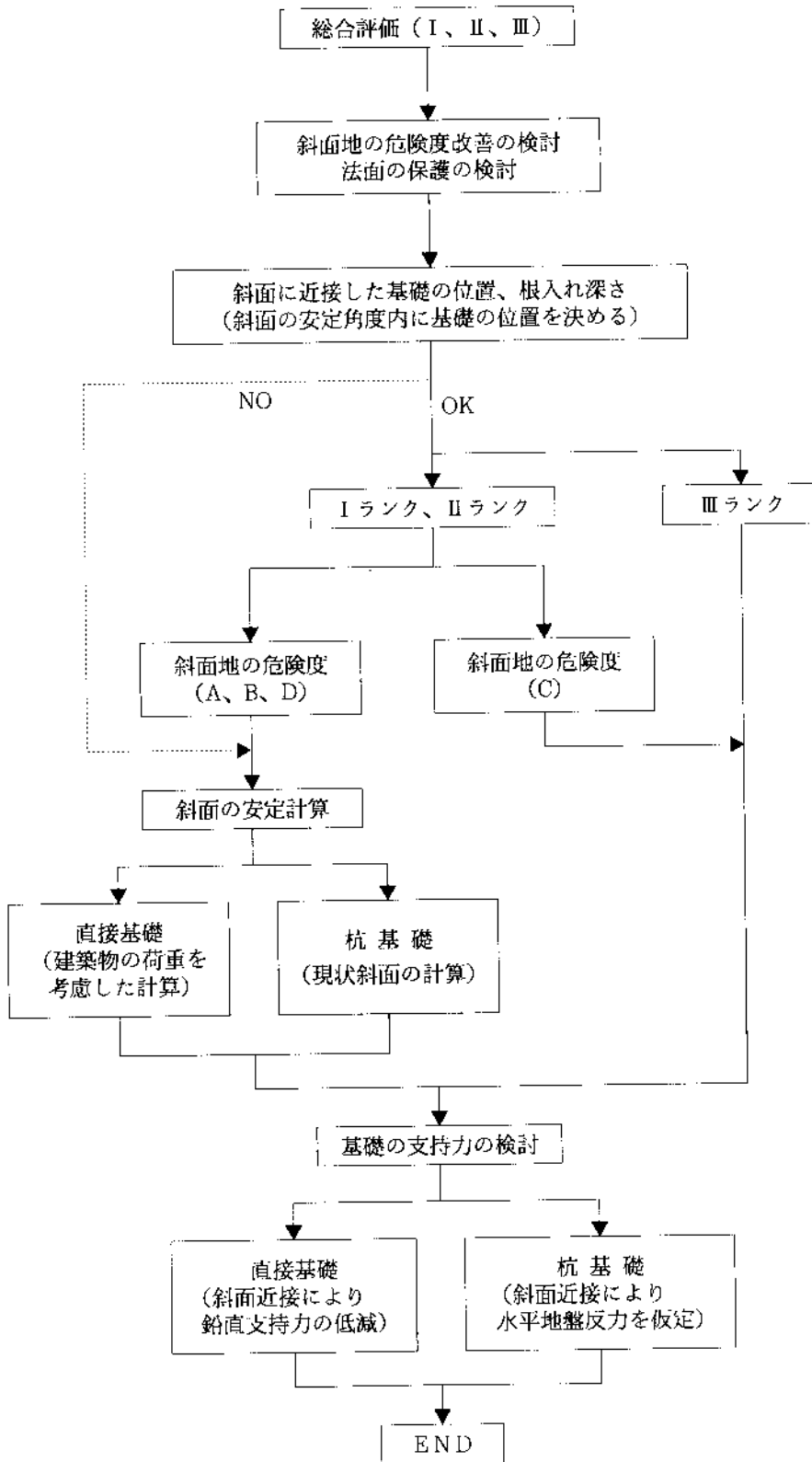
斜面上の基礎を計画するうえで考慮すべき主な検討項目を表4-3に示す。主な検討項目は、直接基礎と杭基礎の場合に分かれるが、基本的な考え方はどちらも建築物完成後の斜面の安定が確保されていることと、建築物の荷重を地盤に安全に伝達させていることを確認することである。

表4-3 斜面上の基礎で考慮すべき検討項目

	総合評価	主な検討事項			備考
		斜面の安定	地盤の支持力	基礎梁の設計	
直接基礎 	I	建物荷重を上載圧とした斜面安定計算※	斜面の影響を考慮した基礎の支持力	基礎の不同沈下の検討（必要に応じて）	法面の保護
	II				
	III	必要に応じて			
くい基礎 	I	現状斜面の安定計算※	斜面の影響を考慮した杭の水平抵抗	水平荷重に対する基礎の偏心杭長が異なる場合に対する検討	法面の保護
	II				
	III	必要に応じて			

※ 斜面の危険度ランクがAランク、Bランク、Dランクのものについて実施

斜面上建築物の検討フロー



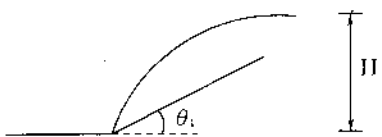
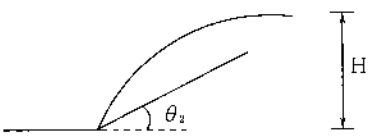
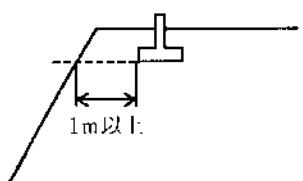
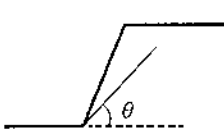
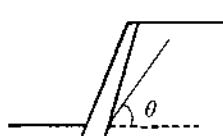

(1) 直接基礎の場合

斜面上建築物の主な検討項目は、斜面形状を考慮した地盤の鉛直支持力の検討、水平方向の支持力、及び建築物荷重を上載圧として考慮した場合での敷地の安定性（斜面安定計算）である。また、斜面の危険度判定のランク改善や法面の保護の検討も重要である。

直接基礎の場合は、基礎からの地中応力をその斜面にあまり伝えないようにするため、また斜面の安定性に関しては不利な状況をつくらないように基礎の位置を計画することが必要である。そのために基礎を表4-4の角度線の下側に入るように設置することを原則とする。

斜面上に位置する建築物は、傾斜地盤での支持力の低下割合や斜面の安定を考慮してその支持地盤を決定しなければならない。傾斜地盤の支持力については「5.3 斜面上の基礎の支持力」を参照されたい。斜面上に位置する建築物の場合、建築物位置によっては建築物荷重により斜面の安定性が減少する。そのため、各基礎の支持力だけでなく、建築物荷重を上載荷重とみなした斜面安定計算を行い建築物完成後の斜面の安定性を確認しておくことも必要である。一般的に考えられる支持地盤を建築物規模と地盤条件との関係で表4-4に示す。原則としてこの角度線の下側に基礎を計画するものとする。なお、宅地造成等規制法により造成された盛土地盤は原則として表4-4の範囲を支持地盤と考えて良いが、できるだけ地盤調査結果に基づき安全と考えられる層に支持するように検討する。

表4-4 直接基礎の支持地盤と安定角度

地 質		安 定 角 度						参 考			
		2F (※1)		3F ~ 5F		6F 以上		3条1項3号		宅造基準	
		θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2
基 盤	軟 岩	60°	80°	55°	70°	50°	60°	60°	80°	60°	80°
	風 化 岩	40°	50°	35°	45°	30°	40°	40°	50°	40°	50°
	軟 質 ロ ー ム	35°	45°	30°	40°	—	—	35°	45°	35°	45°
	硬 質 ロ ー ム	35°	45°	—	—	—	—				
	盛 上	30° (※2)		—	—	—	—	25°		25°	
備 考		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>θ_1: 斜面高さ $H/5m < H$</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>θ_2: 斜面高さ $H/0m \leq H \leq 5m$</p> </div> </div> <p>* 法面が保護されておらず、斜面高さが5mをこえる場合安定角度線より水平距離を原則として1m程度以上とすることが望ましい。</p>  <p>* 安定角度のとり方は、原則として次のようにする。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>※1 木造または軽量鉄骨3Fを含む。 ※2 宅地造成等規制法などにより造成された盛上の場合</p>									

通常、表4-4の角度線の下側に基礎を入れた場合には、斜面の安定性はおおよそ確保されていると考えられるため、基本的には支持力、沈下の安定性を確認すれば良いものとする。しかし、現状の斜面地の危険度判定がA、B、Dランクの地盤の場合は、斜面安定の検討を行うことが必要である。そして、より低い危険度判定ランクとなるように斜面の表層処理などを考慮する配慮が望ましい。

なお、斜面安定の計算方法については「5.2 斜面の安定計算」を参照されたい。また、この角度線の上側に基礎を設置する場合は、支持力や沈下の検討のほかに斜面安定の検討も行い、建築物の安全性を確認しなければならない。

斜面に近接する基礎の支持力は、通常の平らな地盤での支持力より低い。斜面上の基礎の支持力を検討する場合は、斜面角度、斜面長さや建築物規模を考慮する必要がある。斜面上の基礎の支持力の検討方法は、「5.3 斜面上の杭基礎の支持力」を参照されたい。斜面上の直接基礎では支持層が傾斜している場合、基礎の深度を一定にすると各基礎の支持地盤が異なる場合が生じる。(図4-1(a))

このような場合には、図4-1(b)のように、部分的に基礎の根入れを深くするか、杭基礎を併用し、各基礎の支持地盤を同じにするような配慮が必要である。同一建築物の基礎で異種の基礎を併用することは原則として避けるべきであるが、支持層が傾斜している場合は、支持地盤が異なる一つの基礎形式にするより、支持地盤を同じくする異種の基礎を併用する方が望ましい。また、建築物重量の分布によっても異種の基礎の併用が必要となる場合がある。

このような場合では、各基礎の荷重沈下関係を考慮し、不同沈下に対する影響も検討する必要がある。

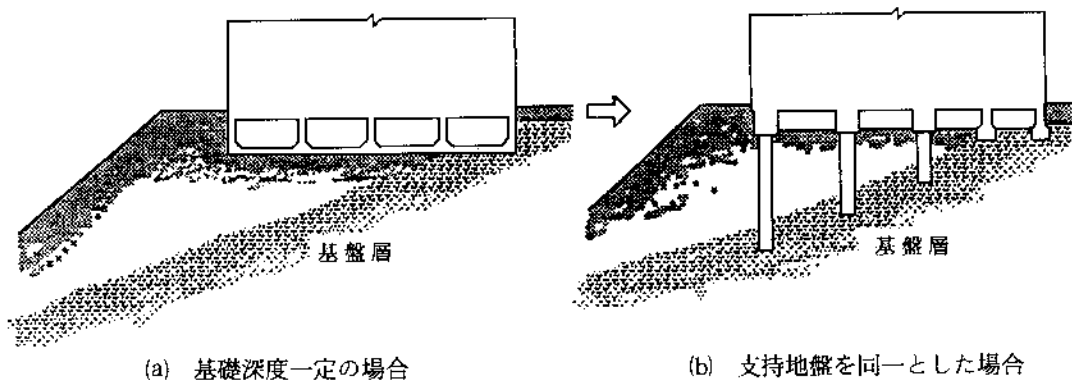


図4-1 直接基礎の支持地盤が傾斜している場合

(2) 杭基礎の場合

杭基礎の場合、建築物荷重はすべて直接基盤層に伝達することを原則とする。なお、基盤層が表4-2の④⑤⑥の場合は、表4-4の安定角度の下側に杭を支持させる。そのため、傾斜地盤への鉛直応力の増加は原則として生じないものと考えられる。斜面上の基礎構造の検討で重要となるのは、杭の水平抵抗の評価である。斜面に近接して設けられた個々の杭の水平抵抗の検討法は「5.4 斜面地上の杭基礎の支持力」を参照されたい。

なお、杭基礎の場合でも現状の斜面が安全であることが前提であり、現状斜面の危険度判定でA、B、Dランクの場合は、斜面安定の検討を行い、斜面の安定を確認することが必要となる。また、直接基礎の場合と同様に法面の保護も重要である。

斜面上に杭基礎を設ける場合、斜面近くの土は、杭と一緒に動くため杭を固定する地盤とは考えに

く。斜面上の建築物を受ける杭基礎の設計ではできるだけ斜面の影響を受けない範囲の杭で水平力を負担させるように設計すべきである。また、斜面の影響を受ける杭にも水平力を分担させる場合は、各杭の水平剛性を求め、基礎位置での水平変位を等しく置くなど方法により、各杭の分担荷重を算出することが必要である。

斜面地では一般に支持層も傾斜していることが多い。支持層が傾斜している場合は支持層深度に合わせた杭長の設計が行われるため、各杭の水平剛性が異なる場合、各杭の水平荷重分担率が異なり、剛性の高い杭ほど大きな荷重を分担することになる。このような場合も、各杭の水平剛性を求め、各杭の分担荷重を算定することが必要となる。また、この杭の剛性の違いにより、基礎にねじれが生じる可能性もあり、設計時には十分な配慮が必要となる。(図4-2)

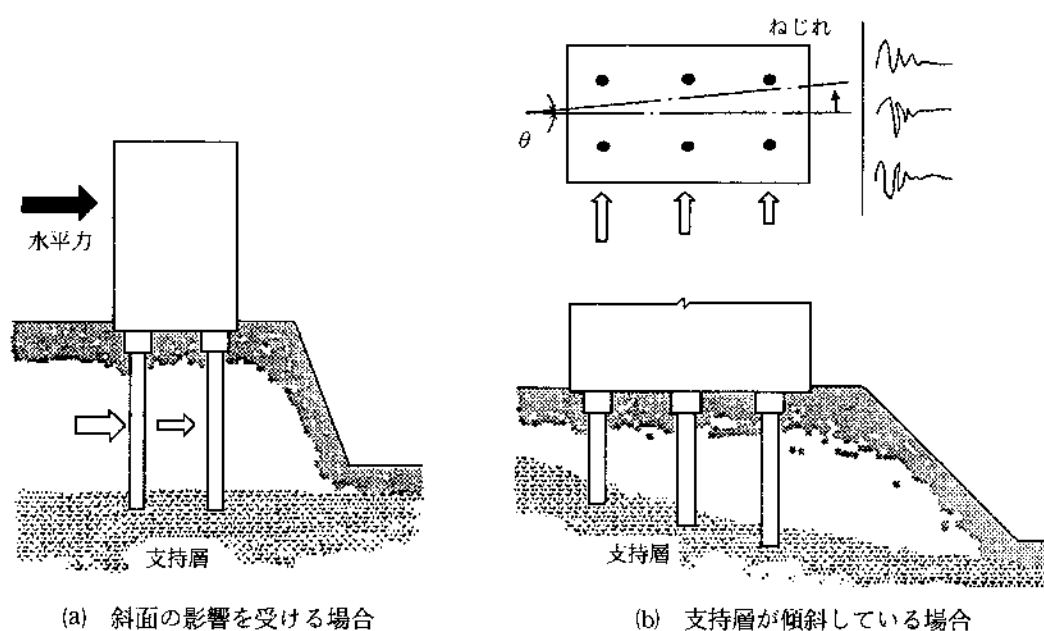


図4-2 杭の水平剛性が異なる場合の水平力の分担

斜面の危険度判定でA、B、Dランクの場合は、地震時や豪雨時に、斜面崩壊の発生するおそれのあることを示している。一般に大規模な斜面崩壊の可能性に対して、通常の杭基礎のみで抵抗することは不可能である。斜面崩壊に対する安全性は、個々の建築物基礎設計とは別に十分な対応策を講じておくことが原則である。

なお、建築物の近傍における局所的な斜面崩壊の可能性が若干でも想定される場合には、このような崩壊が生じても建築物の使用上致命的被害が生じないように、抵抗の大きな杭の使用や杭本数を増やすなど、杭基礎の増強を図っておく必要がある。

一方、斜面崩壊に対する対策工が実施されている場合には、新たに施工される杭基礎が対策工に悪影響を与えることのないようにするとともに、対策工の挙動が杭基礎に悪影響を及ぼさないように、杭の種類、施工法、配置などを検討する必要がある。また、新たに抑止工を計画する場合は、杭基礎をこれら抑止工として利用したり、その一部として併用することは、原則として避ける必要がある。

4.2.2 斜面中に位置する場合

斜面中の建築物の基礎は、次によることとする。

- (1) 原則として表4-4の安定角度（斜面地の高さが5メートルを超える場合は θ_1 を、斜面地の高さが5メートル以下の場合は θ_2 の数値とする。）の下側に入るように設置すること。
- (2) 建築物の規模を考慮した斜面の安定性及び地盤の支持力、沈下等を検討し、建築物の安全性を確認すること。
- (3) 近接する斜面地は、完成時だけでなく、施工時の斜面形状についても安定性を損なわれないこと。
- (4) 片側土圧による水平力が、常時建築物に作用する場合は、水平方向のすべり及び建築物の荷重の偏心を考慮した接地圧に対して、地盤の支持力が安全であること。

斜面中の計画では、自然斜面を切土あるいは切り盛りして敷地を造成することが多く、建築物の利用形態は図4-3に示すようなものとなる。このため、斜面中の建築物では、直接基礎、杭基礎の場合とも斜面の安定、基礎の支持力、沈下の検討を行う必要がある。また、斜面の傾斜と直行する方向の地震力に対して、基礎ねじれ上部構造が被害を受ける恐れがあるため、基礎の剛性を十分考慮して設計を行うことが必要である。さらに、山側切土斜面からの片側土圧を受ける場合が多く、この土圧に対する建築物の安全性の検討も必要であり、これらが特に重要な検討事項となる。

斜面中の基礎を計画するうえで、考慮すべき主な検討項目を一括整理して表4-5に示す。

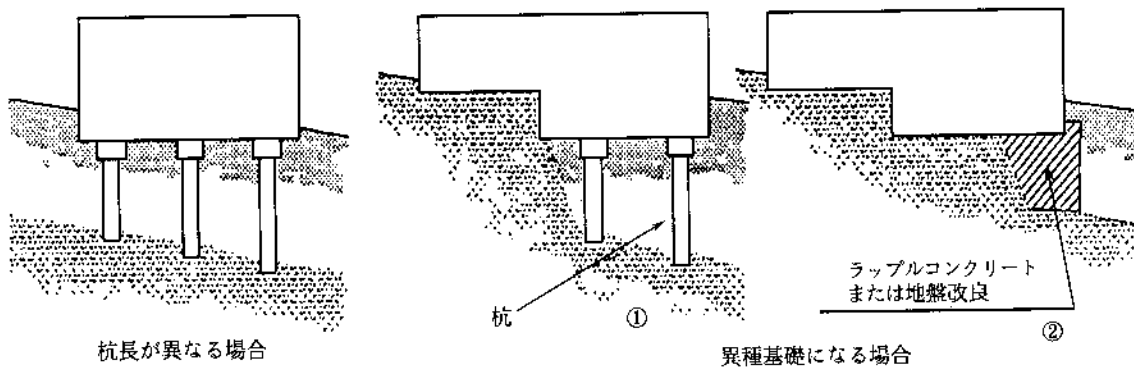


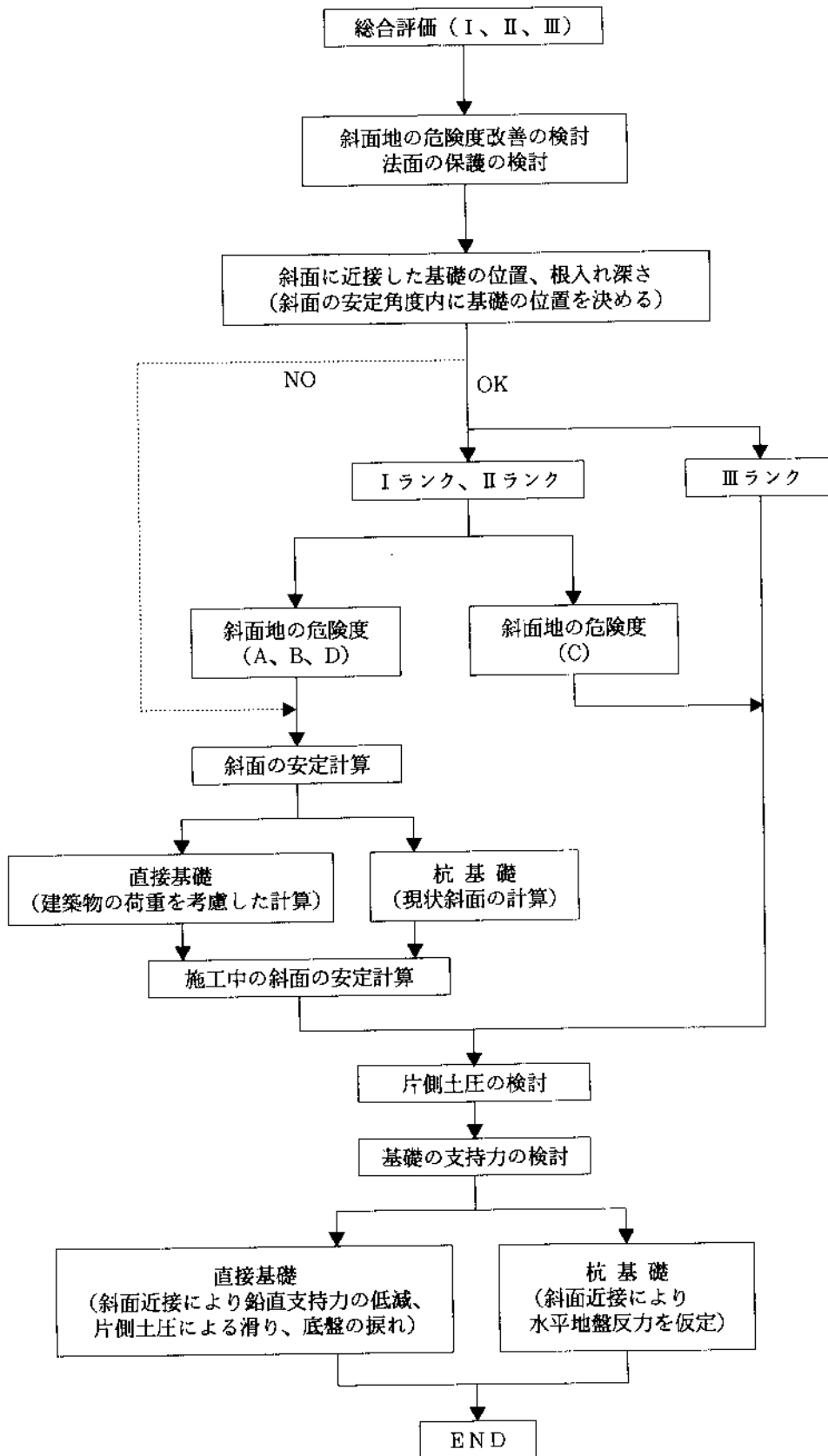
図4-3 斜面中の建築物の基礎計画

表4-5 斜面の基礎で考慮すべき検討項目*

		建築物と斜面の関係	斜面安定	基礎の支持力	基礎の沈下量	片側土圧に対する建物の水平移動(滑り)
直接基礎の場合	片側土圧有り	(a)	-----	・片側土圧を考慮した基礎の支持力	・基礎の不同沈下の検討	・片側土圧に対する建物のすべりの検討
		(b)	・建物荷重を上載圧とした斜面の安定計算	・片側土圧を考慮した基礎の支持力 ・斜面の影響を考慮した支持力		
		(c)				
	無し	(d)	・建物荷重を上載圧とした斜面の安定計算	・斜面の影響を考慮した基礎の支持力	・基礎の不同沈下の検討	-----
		(e)				
杭基礎の場合	片側土圧有り	(a)	-----	・片側土圧を考慮した杭の支持力	・杭長が異なる場合に対する検討	・片側土圧に対する杭の水平耐力の検討
		(b)	・現状斜面の安定計算	・片側土圧を考慮した杭の支持力 ・斜面の影響を考慮した杭の水平抵抗		
		(c)				
	無し	(d)	・現状斜面の安定計算	・斜面の影響を考慮した杭の水平抵抗	・異種基礎に対する不同沈下の検討	-----
		(e)			・杭長が異なる場合に対する検討	

* この検討は、表2-3に示す総合評価のランクがIあるいはIIの場合で斜面の危険度がA、BまたはDの場合に行うものとする。

斜面中建築物の検討フロー



(1) 直接基礎の場合

直接基礎の場合の主な検討事項は、建築物の重さを上載圧として考慮した場合の斜面の安定、斜面形状を考慮した基礎の支持力及び片側土圧に対する検討である。

斜面の安定に関して、斜面中の建築物では、斜面上と同様に表4-4の安定角度より下側に基礎を計画すれば、斜面の安定性に関しては、おおよそ確保されるものと考えられるが、以下に示す場合においては安定計算を行うものとする。

- ① 表2-3に示す総合評価のランクがⅠ、あるいはⅡの場合で、斜面の危険度判定がA、BまたはDの場合
- ② 建築物の基礎が表4-4安定角度線の下側に入らない場合
- ③ 建築物背面の山側斜面が条例第3条に示す角度線を超える場合

以上は、建築物の完成後の長期的な斜面の安定についての記述であるが、建築物を築造するまでの期間に切り盛した地山が不安定になる恐れがあるため、施工中の斜面の安定についても、十分慎重に検討することが必要である。また、これらの検討方法については「5.2 斜面の安定計算」の項を参照されたい。また、支持力のうち斜面の影響を受ける基礎の支持力については、通常の平らな地盤のときの支持力より低減されることになるが、この検討方法については、「5.3 斜面上の直接基礎の支持力」を参照されたい。なお、表4-5の(b)、(d)、(e)については、法面の長期的安定の観点からこの表層を確実に保護することが必要である。

表4-5中の直接基礎の(c)、(d)については、斜面の傾斜と直交する方向の地震力に対して、建築物がねじれを生ずる恐れがある。このような形式の建築物を計画する場合には、壁を補強するなどねじれに対して構造物全体の剛性を高める設計を行うことが必要である。

建築物に片側土圧が作用する場合については、水平方向のすべりに対する検討及び偏心を考慮した基礎の支持力の検討を実施する必要がある。この片側土圧に対する検討は特に重要であり、以下、この検討方法について詳しく説明する。なお、この片側土圧については、静止土圧を用いることにするが、詳しくは「5.1 斜面に接する部分の外壁に作用する土圧（片側土圧）」を参照されたい。

a 水平移動に（すべり）に対する検討

片側土圧による建築物のすべりに対して直接基礎の場合には、基礎底面のせん断抵抗によって抵抗するものと考え、次式によって検討を行う。

$$R_B = W \cdot \mu + A \cdot C \geq F_s \cdot P$$

R_B : すべりに対する抵抗力 (t)

W : 建築物の総重量 (t)

μ : 基礎底面と地盤の摩擦係数

$$\mu = \tan \phi \quad (\phi \text{ 内部摩擦角})$$

A : 基礎の底盤面積 (m^2)

C : 支持地盤の粘着力 (t/m^2)

F_s : 安全率 (長期) $F_s = 1.5$

(短期) $F_s = 1.2$

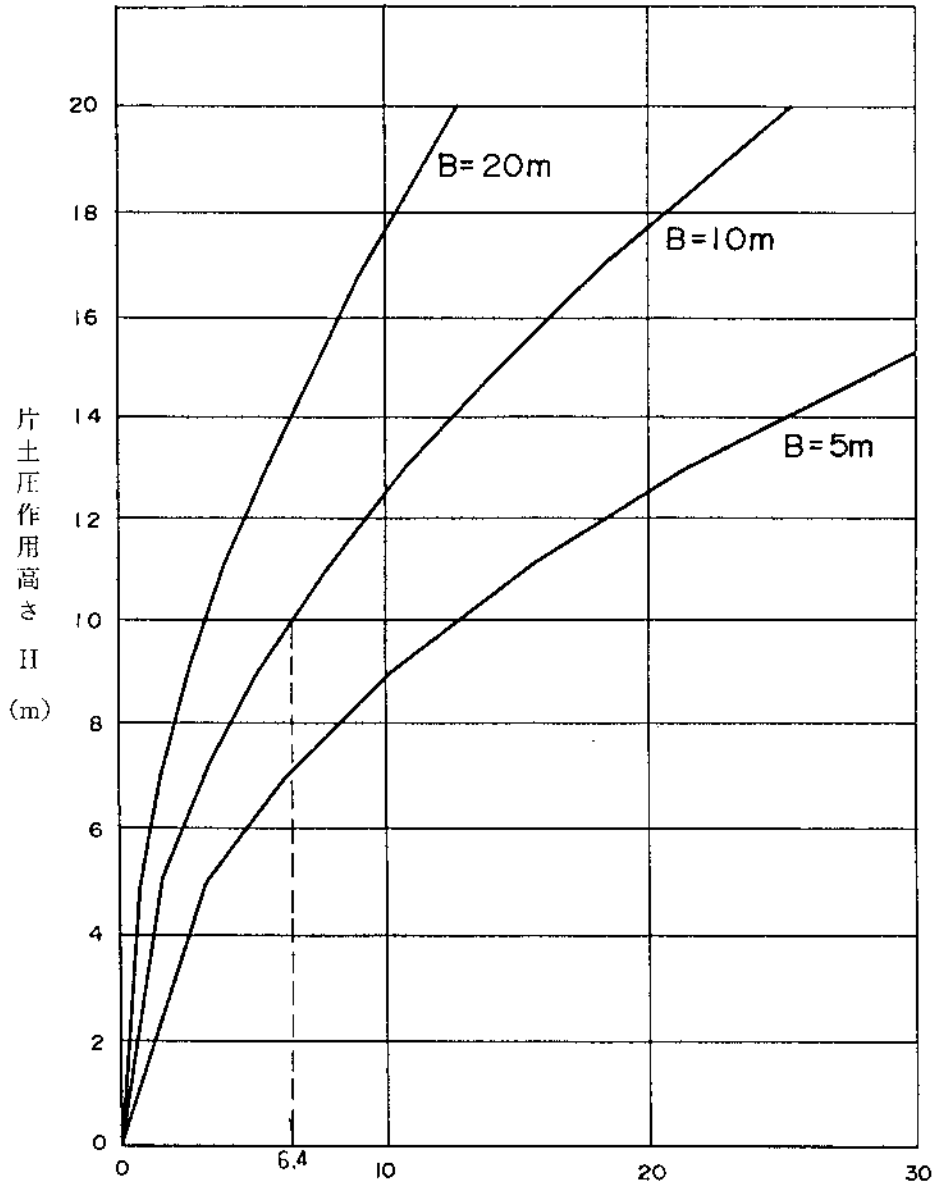
$w = 1.4 \text{ t/m}^2$ で、5層の建築物とすると

$W = 1.4 \times 5 \times 10 = 70 \text{ t/m}$

$H = 10 \text{ m}$ (縦軸)、 $W = 70 \text{ t/m} \rightarrow \phi = 42.3^\circ$ (横軸)

したがって、すべり抵抗として内部摩擦角が 42.3° 以上の地盤でないと安全率1.5が確保できないことになる。

粘性土地盤の場合



粘着力 C (t/m^2)

※ $r = 1.7 \text{ t/m}^2$, $K_a = 0.5$ の場合

図4-5 粘着力と片側土圧作用高さの関係 ($F_s = 1.5$)

砂質土地盤の場合

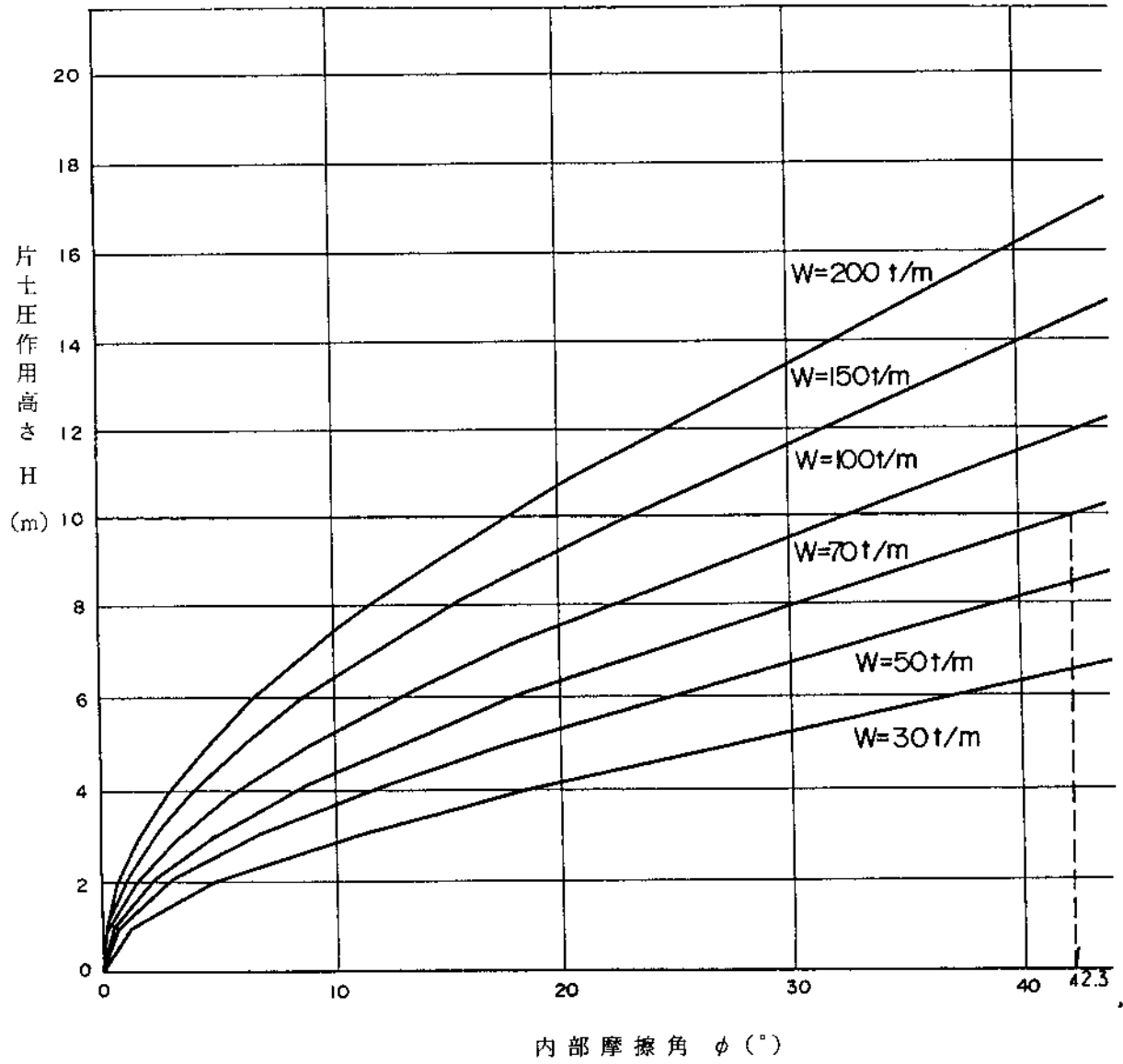


図4-6 内部摩擦角と片側土圧作用高さの関係 ($F_s = 1.5$)

基礎底面での滑り抵抗によって十分な安全性が得られない場合は、下図のように基礎底面に突出部を設けるか、基礎の根入れを深くするか、杭あるいはアースアンカーを使用する。

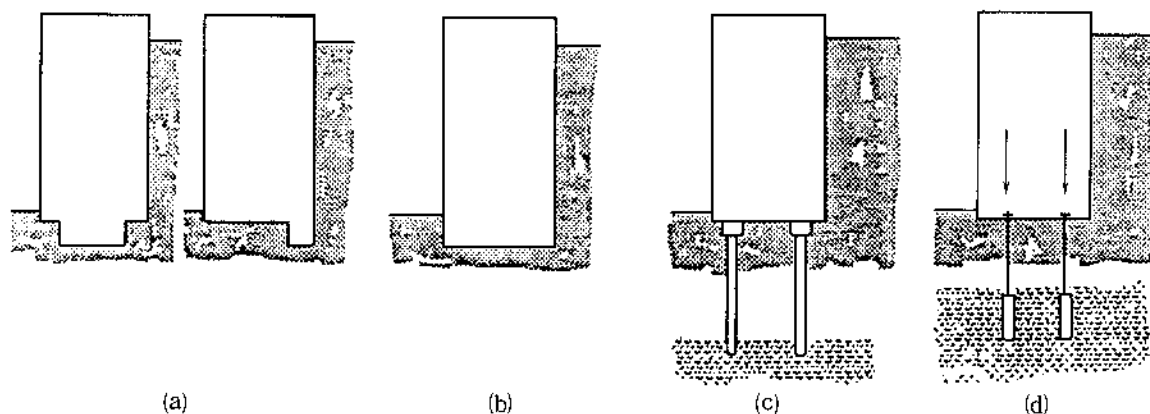


図4-7 建築物の水平移動に対する対策

図4-7の(a)、(b)は、地盤の受動土圧によって水平力に抵抗する方法である。また(c)は、杭の水平抵抗による方法、(d)は、鉛直アンカーのプレストレスによる水平抵抗に期待する方法である。

このうち(a)、(b)の受動土圧については、ランキン土圧によって求めることにする。この土圧は、変形が大きく進んだ段階において水平力に抵抗すると考えられるため、土圧を求める場合の内部摩擦角として、 $\tan\phi' = (2/3) \cdot \tan\phi$ 、粘着力として $C' = (2/3) \cdot C$ を用いるなど、設計上では極限値を用いず控えめの値をとることが望ましい。ただし、受動側の根入れ深さがあまり大きくなく壁の外側の土が施工時や建物完成後に緩められるおそれのある場合や、将来隣接地が掘削されるおそれのある場合には、この受動土圧によって水平力に抵抗することはできない。

(c)の水平抵抗の検討については、『建築基礎構造設計指針』及び『地震力に対する建築物の基礎の設計指針』を参照されたい。ただし、この場合(c)では、杭で直接建物の荷重を支持するため、前記の(a)、(b)の場合と異なり、基礎底面での摩擦抵抗は期待できない。

また、(d)の鉛直アンカーについては、内部摩擦角のある支持地盤に限り、水平抵抗を期待できることになるが、この場合、導入するプレストレス力が恒久的に持続することを建設大臣が認定する永久アンカーの採用が必要となる。

なお、建築物のすべりに対して効果的に働く斜めアンカーは、現時点では、永久アンカーとしての採用が認められていないため使用できない。しかし、近い将来、この採用が可能になると思われる。この場合には、鉛直アンカーと同様、斜めアンカーについても永久アンカーとしての認定を取得したものを採用することが必要である。

b 基礎の許容支持力の検討

基礎の許容支持力については接地圧は直線的に分布するものと仮定し、荷重の偏心を考慮し、次式によって検討する。

$$\text{(長期)} \quad \sigma_e = \alpha W / A \leq f_e \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$\text{(短期)} \quad \sigma'_e = \alpha W' / A \leq f'_e \text{ (t/m}^2\text{)}$$

- σ_e : 長期の設計用接地圧 (t/m²)
 - σ_e' : 短期の設計用接地圧 (t/m²)
 - W : 建物の長期鉛直荷重 (t)
 - W' : 建物の地震時鉛直荷重 (t)
 - A : 基礎の底面積 (m²)
 - f_e : 地盤の長期許容支持力度 (t/m²)
 - f_e' : 地盤の短期許容支持力度 (t/m²)
 - α : 荷重の偏心と底面の形状によって、力とモーメントのつり合い条件から決まる接地圧係数、ただし長期の場合 $\alpha \leq 2.0$ とする。
- なお、長方形基礎における α は、図4-8により求めることができる。

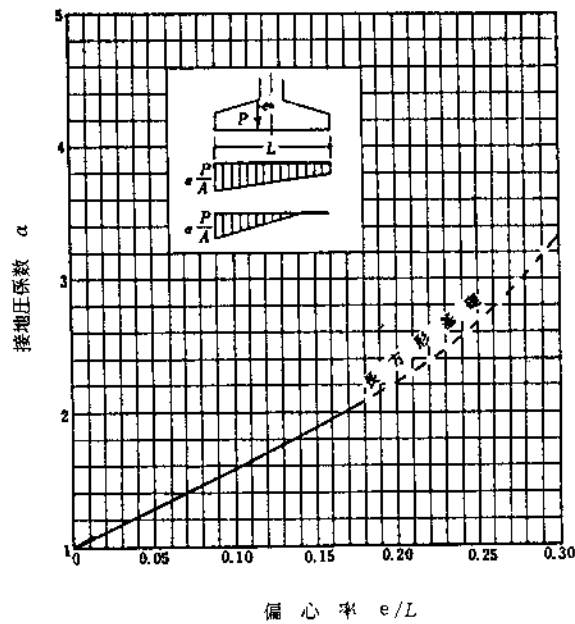


図4-8 接地圧係数と偏心率の関係

ここに e/B : 偏心率 (長期の場合 $e/B \leq 1/6$)

B : 建築物の基礎幅 (m)

e : 偏心率 (m)

(長期) $e = P_H \cdot h / W$

(短期) $e = (P_H' \cdot h' + Q \cdot a) / W'$

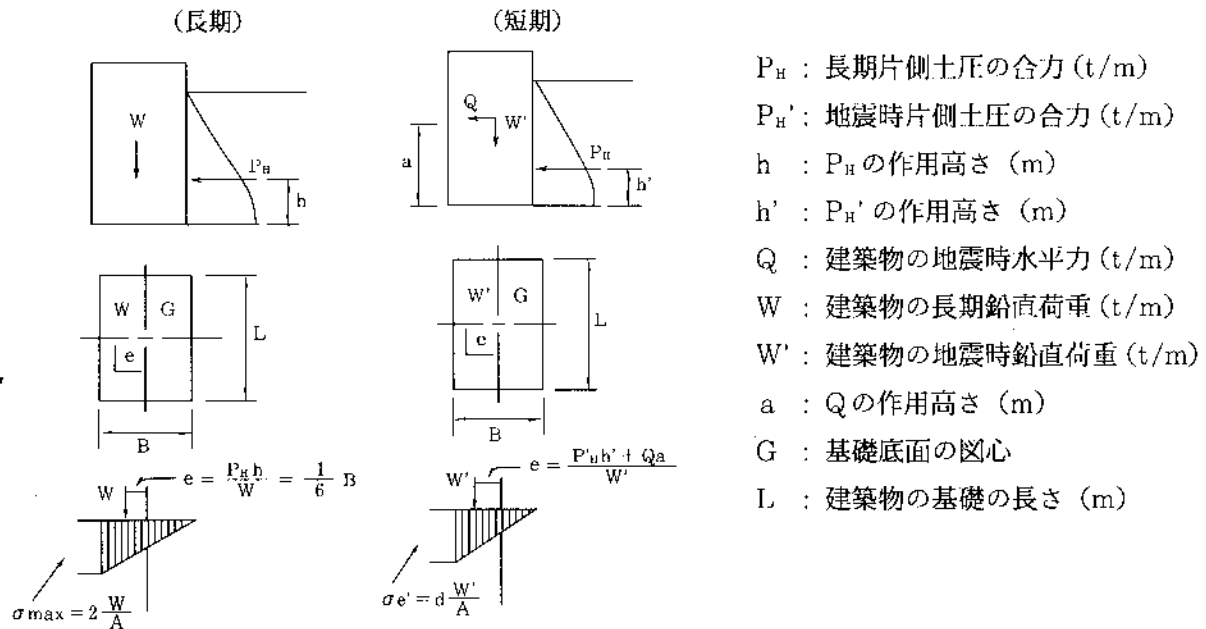


図4-9 基礎底面の接地圧分布

基礎底面における接地圧に関して、本指針では特に長期の場合においては、図4-11に示すように接地圧0の部分が生じないように規定することにした。この規定により長期の場合、偏心率は $e/B \leq 1/6$ としなければならず、接地圧係数は $\alpha \leq 2$ となる。しかし、計画建物の立地条件から偏心率がどうしても $e/B > 1/6$ になることもある。このような場合には、前述した鉛直アンカー等の利用が効果的で、これによって偏心率を上記の規定値以内に納めるように計画する。

また、地盤の許容支持力については、斜面の影響を受ける場合、これを考慮し低減を行うことが必要である。斜面の影響を考慮した支持力低減方法については「5.3 斜面上の基礎の支持力」の項を参照されたい。

図4-11は長期の許容支持力の検討において支持層の地盤を粘性土として接地圧係数を $\alpha = 2.0$ とした場合、基礎幅 B がどの程度あればよいかを目安として示したものである。この図から計画建築物がどの程度の片側上圧を受けることが可能か、あるいは計画の限界を知ることに役立つ。ただし、この図は片側土圧が作用する地盤の単位体積重量 γ を一律に 1.7 t/m^3 として作成している。

下図をモデルとした図4-11の使用例を以下に示す。

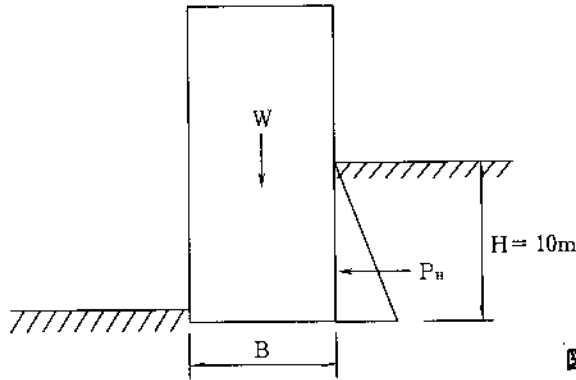


図4-10 計算モデル

図4-13を使用し、Bを求める。

$$H = 10$$

$$n \times w = 7 \times 1 = 7 \text{ (t/m}^2\text{)} \quad \Rightarrow \quad B \geq 11.0 \text{ (m)}$$

したがって、基礎幅Bは11.0m以上必要となる。

ただし、本検討では、建築物前面の受動土圧による水平抵抗を安全側の余力として無視している。

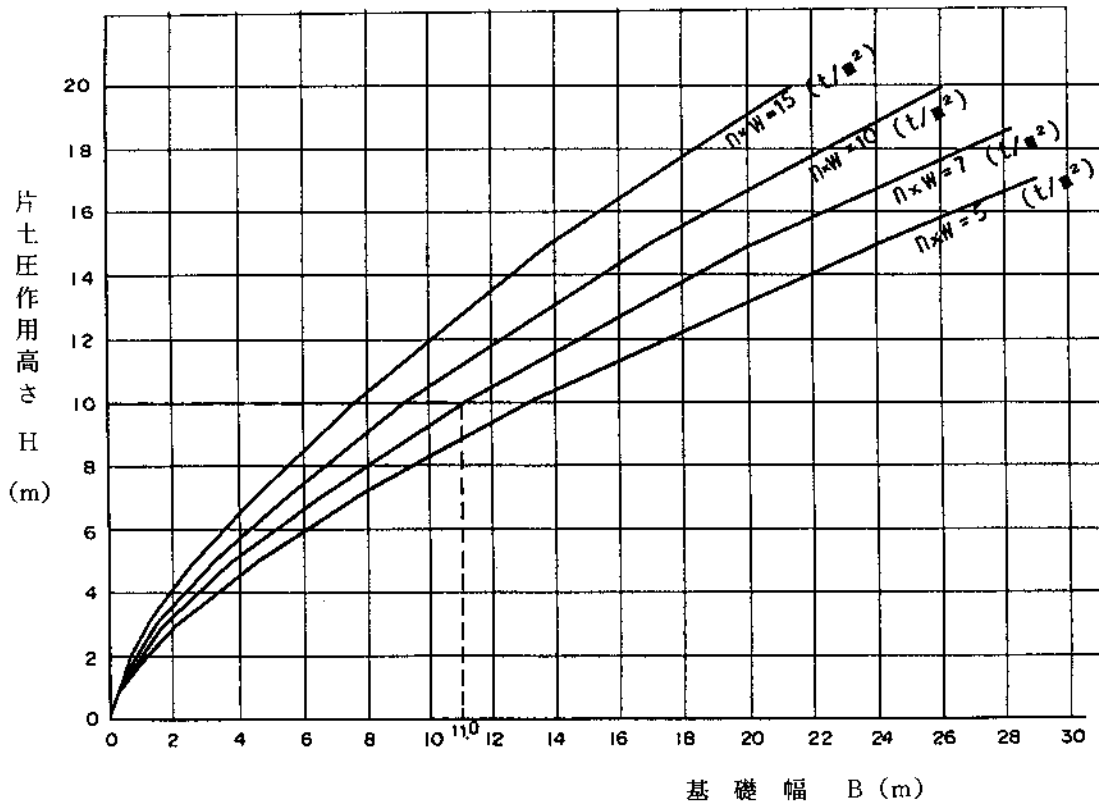


図4-11 片側土圧作用高さ、建物荷重と基礎幅の関係

(2) 杭基礎の場合

杭基礎の場合、建築物荷重はすべて直接基盤層に伝達することを原則としているため、この上部の傾斜地盤への鉛直応力の増加は基本的に生じないものとする。したがって、杭基礎の場合の主な検討事項は、現状斜面の安定、斜面の影響を考慮した杭の水平抵抗の検討、杭長が異なる場合あるいは異種基礎になる場合の支持力と沈下の検討、および片側土圧に対する検討である。

斜面の安定については、現状斜面が表4-4に示す安定角度線の下側に納まれば安定性については、おおそ確保されているものと考えられるが、表2-3に示す総合評価のランクがⅠあるいはⅡの場合で斜面の危険度判定ランクがA、B、Dの場合には、この検討を行うことにする。また、斜面では表層を保護することも重要である。

斜面に近接する杭の水平抵抗の検討、杭長が異なる場合あるいは異種基礎になる場合の検討については、「4.2.1 斜面上に位置する場合」を参照されたい。

表4-5の杭基礎の(c)、(d)については、斜面の傾斜と直交する方向の地震力に対して、杭がねじれを生じる恐れがある。このような形式の建築物を計画する場合には、ねじれに対して基礎全体の剛性を高める設計を行うことが必要である。

また、片側土圧が作用する場合については、直接基礎の場合と同様に水平方向のすべりと荷重の偏心を考慮した支持力に対する検討を行う必要がある。このうち、水平方向のすべりに対する杭の水平抵抗の検討については、『建築基礎構造設計指針（日本建築学会）』及び『地震力に対する建築物の基礎の設計指針（日本建築センター）』を参照されたい。なお、杭の水平変位量については、建築物の構造上、十分余裕をもった値に抑えるようにすることが必要である。

一方、片側土圧を考慮した杭の鉛直支持力に関しては、地震時のほか長期時にも杭に引抜き力が作用する場合が考えられるため、この引抜き力の取扱いについて十分注意することが重要である。この長期時の引抜き力については、杭の自重（地下水位以下の部分については浮力を考慮する。）までの値を期待して良いことにする。なお、引抜きに加えて曲げあるいはせん断が杭に作用する場合、特に場所打ち杭では、杭体にひび割れが入らないように、杭体に生じる応力をコンクリートの許容せん断応力度以下に抑えるように計画することが必要である。

4.2.3 斜面下に位置する場合

斜面下に位置する建築物の基礎計画に際しては、近接する斜面地の現状態、建築物の完成時、及び施工等（根切り時）の斜面形状について安定性を損なわれないよう留意する。

斜面下に建築物を計画する場合、斜面地が隣接に含まれるか否かにかかわらず近接する斜面地の安定性を確保する必要がある。

斜面地の安定については総合評価及び斜面地の危険度判定基準に従い、各ランクでの検討基準により現状の斜面地、施工時並びに完成時の斜面地の安全性を検討する。

ここで完成時というのは、完成時に法面形状が、原形に復旧されないで変更された場合のことをいう。

斜面安定の検討は原則として安定計算を行い、最小安全率が施工時（根切り時）で1.2以上、現状態及び建築物の完成時で1.5以上確保できているかどうか確認する。

施工時に1.2の安全率が確保できない場合には本章で述べる対策工をより万全なものとし、山留めの変形をより小さくして斜面に変形の影響のない工法を検討のうえ施工する必要がある。

建築物の計画に際しては斜面と建築物の間の地下水位が上昇しないよう、排水計画を織り込む必要がある。

なお、建築物に作用する土圧の算定は、「5.1 斜面に接する部分の外壁に作用する土圧」に準じて行う。

表4-6 斜面の下に位置する建築物での検討項目

総合評価	斜面地ランク	検 討 項 目	備 考
I	A	完成時の斜面の安定計算 ($F \geq 1.5$) 施工時の斜面の安定計算 ($F \geq 1.2$) 建築物側の防護措置、または法面保護	B、Cランクになるような改善、補強の検討
	B	Iに準ずる	
	C	IIIのCに準ずる	
II	A	現状斜面の安定計算 ($F \geq 1.5$) が満足すればIIIのCに準ずる	IIのBで左記満足できなければIに準ずる 小規模工事（根切り50cm以下）はIIIのCに準ずる
	B	IIのBに準ずる	
III	A	図表（表4-7、図4-13）により、施工時の検討を行う 完成時の斜面の安定計算 ($F \geq 1.5$) または、建築物側の防護措置	
	B	IIのBに準ずる	

(1) 斜面地の総合評価及び危険度判定結果による基本的な考え方

① 斜面の危険度判定 A (Dを含む) ランクの場合 (総合評価 I、II)

斜面地の危険度評価が A ランクの場合は B、C ランクとなるよう斜面を改善、補強することが望ましい。隣地であるなどの理由により改善、補強が不可能な場合は、建築物が小規模の場合 (根切り深さが 50cm 以内) を除き、施工時の斜面形状に対して安全率が 1.2 を確認すること、及び建築物の完成時において安全率が 1.5 を確認することが必要である。また、建築物完成時の斜面安定を確認するだけでなく、法面の保護についても配慮することが望ましい。

建築物の完成時の安全率 1.5 を満足することができない場合は、対策工を施すと共に建築物の完成後の斜面の崩壊に対し、斜面に面した外壁が鉄筋コンクリート造の防護壁となるように構造検討を行う必要がある。防護壁の必要な範囲は斜面の上端から条例の定める角度の線が建築物に接する部分を対象として考える。

なお、建築物の完成時の斜面に対する検討は、以下同様に考える必要がある。

② 斜面の危険度判定 B の場合 (総合評価 II、III)

現状斜面の安定計算を行い、最小安全率が 1.5 以上確保されていることを確認する。

1.5 以上確保されている場合は後述の総合評価 II の C ランクと同様の手順で基礎計画を行う。

1.5 未満の場合は、斜面地の危険度 A ランクの場合に準ずる。この場合、施工時の斜面安定計算 ($F \geq 1.2$)、建築物完成時の斜面安定計算 ($F \geq 1.5$) を確認することになる。

なお、建築物が小規模なもの (根切り深さが 50cm 以内) は、後述の危険度判定の C ランクの手順で基礎計画を行ってもよい。

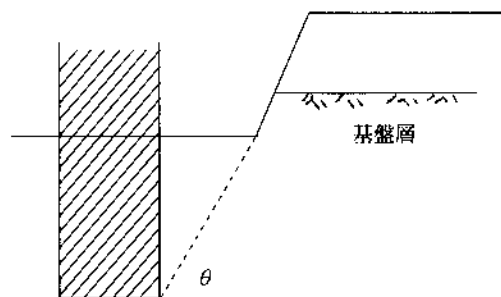
③ 斜面の危険度判定 C ランクの場合 (総合評価 II、III)

2章の斜面タイプ④～⑦の斜面内に基盤層がある場合は基礎の位置が基盤層の種別により法尻からの角度内に入らないように計画する。

斜面タイプ①～③の場合は、図4-13の限界線より上の基礎の位置があれば、施工時の斜面安定について安全率 1.2 以上確保できているものと判断してよいものとする。ただし、建築物規模タイプが a、b のものについては施工時の安定計算をすることが望ましい。施工時の安全率が 1.2 未満の場合は対策工を行って施工時の安全性を確保することを前提で基礎計画を行う。

表 4-7 基盤層種別による限界角度

基盤層種別	θ
軟 岩	70°
風化の著しい岩	50°
砂 利	45°



④ 斜面の危険度判定 D ランクの場合 (盛土の場合)

安定計算を実施し、施工時で 1.2 以上、完成時で 1.5 以上の安全率を確保するものとするが、盛土高が大規模な場合には、2.0 以上の安全率を確保するものとする。

⑤ 斜面に擁壁がある場合

前記の方法によって擁壁の安定性のチェックすると共に擁壁基礎下を通るスベリ線での安定計算を行い、施工時1.2以上、完成時1.5以上の最小安全率が確保できるよう計画する。

ただし、基礎の掘削位置は、図4-12に示すように擁壁から擁壁高さの0.4倍以上かつ1.5m以上離すように計画することが望ましい。

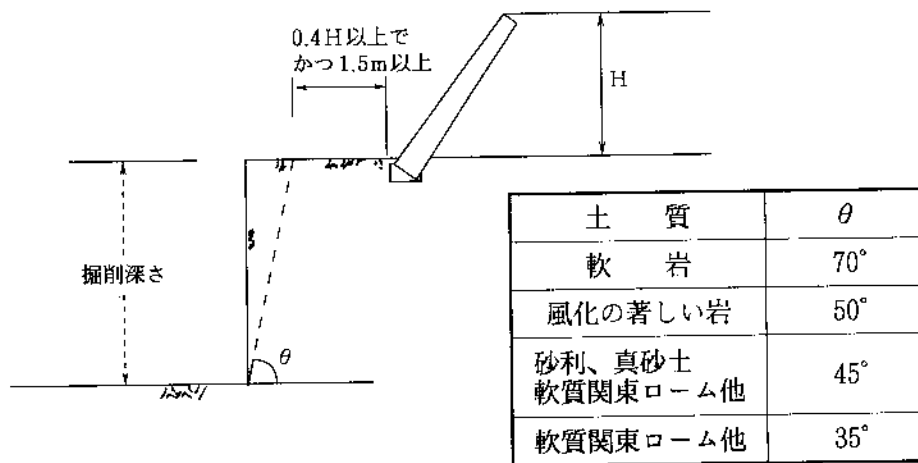


図4-12 斜面下建築物の掘削位置と擁壁との距離

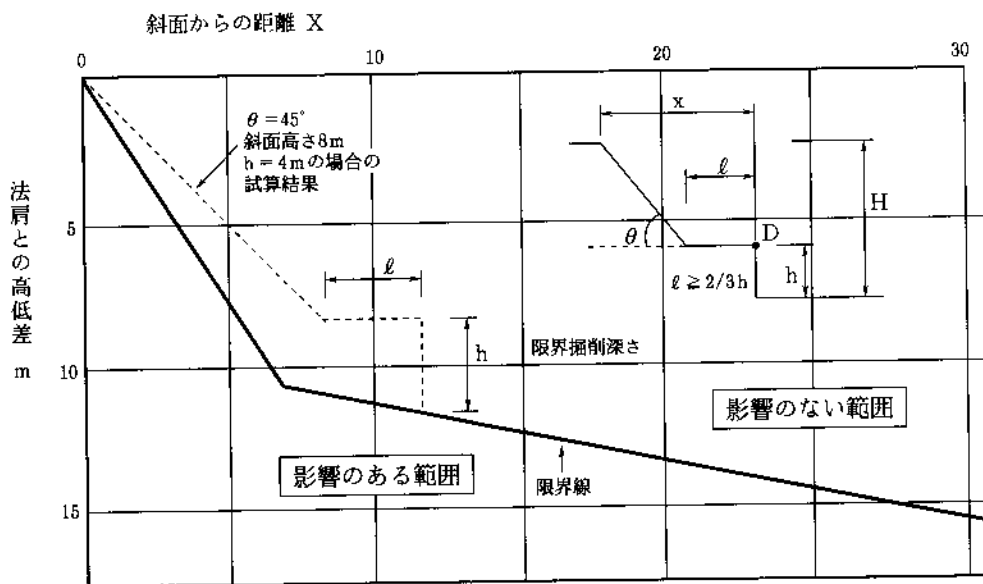
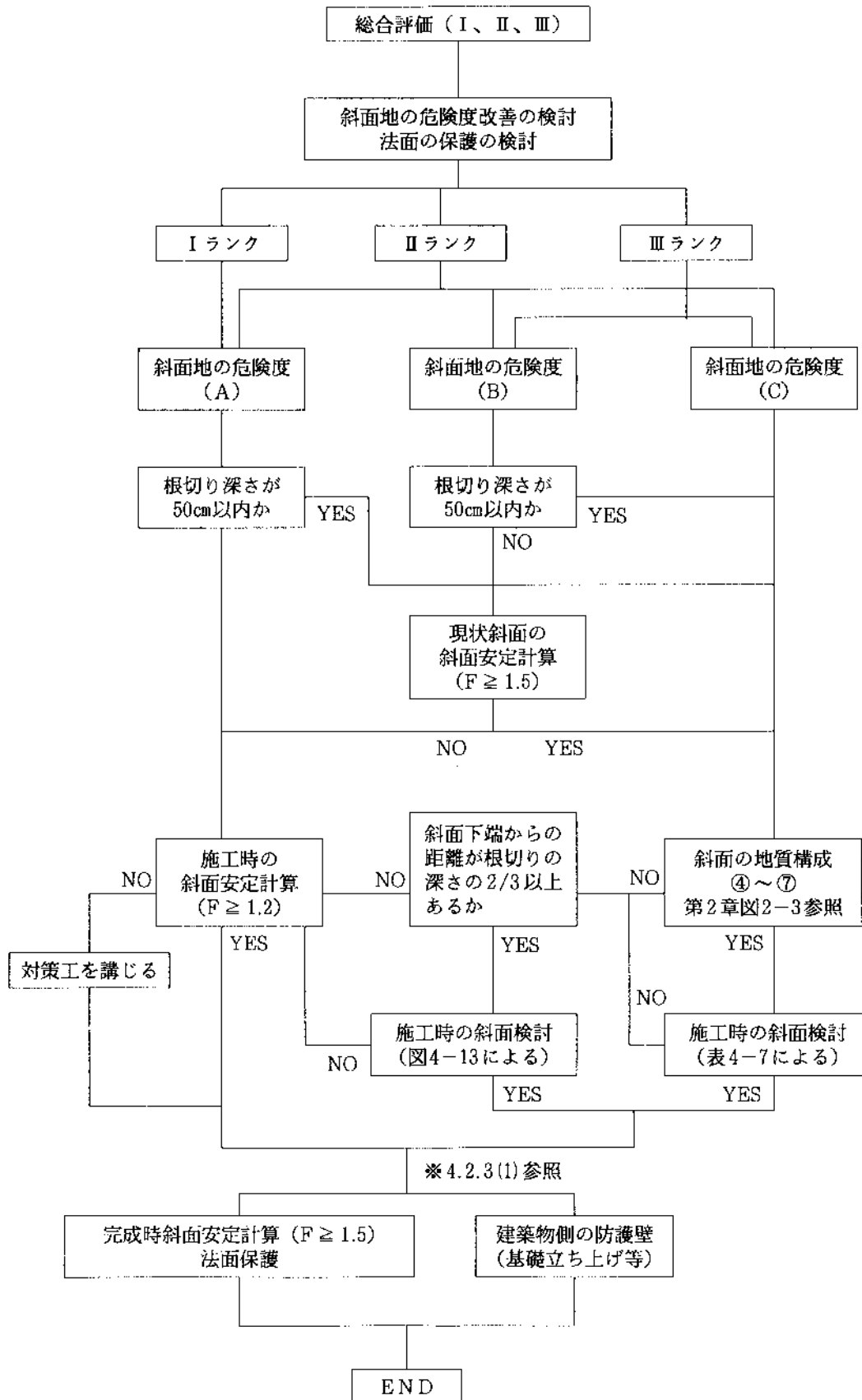


図4-13 斜面の影響を考慮しなくてよい範囲

検討方法について以下に示す

- 図中に、原点を法肩にして法面形状を画く ($\theta \leq 45^\circ$)
- 法尻からの距離 l を画く
- D点から鉛直に降ろした線と上図の限界線を結んだ深さ h が根切りの限界 (ただし、 $l < (2/3) \cdot h$ の場合は安定計算を行う)
- θ が 45° より大きい場合は、法肩から 45° の線を引きこれを仮想法面として a ~ c の手順でチェック

斜面下の建築物の検討フロー



(2) 対策工

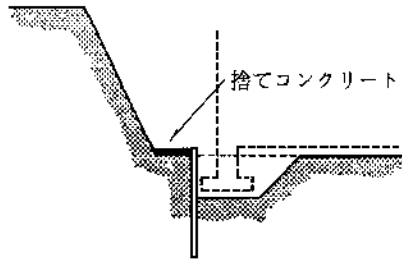
変形を考慮した山留め計画を行い、斜面からの土砂崩壊防止も考慮した施工計画を立案することを対策工の基本とする。

山留めの計画の際、山留め計算は部材の応力の検討のみでなく、変形も重視し、山留め壁の許容最大変形量は20mm程度、斜面に特に近い場合は10mm程度を目標とする。原則として山留め壁は埋め殺す計画とし、できない場合は同等の結果が得られるよう地盤改良を行うなどの検討を行い計画に織り込む。

対策工を行う場合のポイントは、次のとおりである。

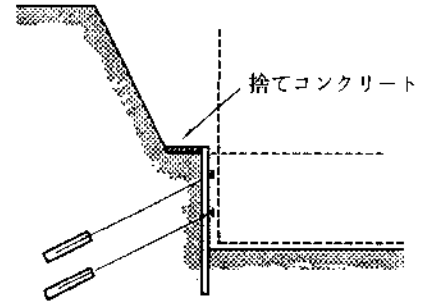
- ① 法尻部から山留め壁までは捨てコンクリート等を打設し力の伝達がスムーズになるようにすると共に側溝を設けて排水を行う。
- ② 山留め支保工は、地表面近くに架設し、解体時の架払いを含めて検討する。
- ③ 埋戻し土はセメント混入などして、層厚30～50cm毎に、入念な転圧を行い、強固に埋戻す。

A. 自立工法



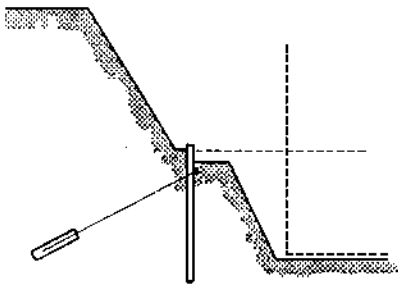
根切り深さが浅い場合

B. アースアンカー工法



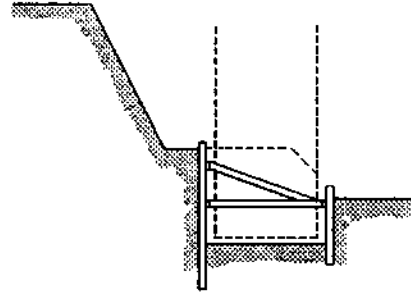
切ばり架設が困難な場合

C. 法切りオープンカット工法



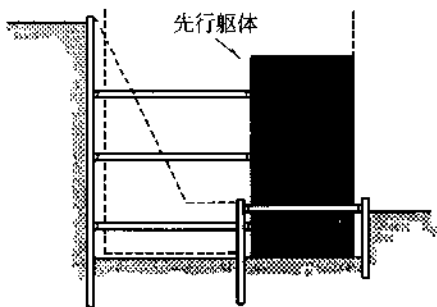
法面を延長しても安定勾配である場合
(場合によってはアンカー併用もある)

D. 斜め切梁工法



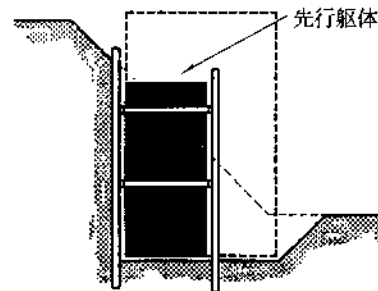
水平切梁が架設できない場合

E. 谷側先行部分掘削工法



法から離れた部分の躯体を一般山留工法で先行施工し、その躯体を反力として、法面付近の施工を行う。

F. 山側先行部分掘削工法



法部に関する躯体を図のごとく先行施工し、その躯体を自立擁壁としてその他の躯体を施工する。

図4-14 対策工事例