

第5章 地震時安定性の検討

5.1 安定性検討の基本事項

造成宅地の地震時の被害には主に液状化、のり面のすべり・変形、擁壁の崩壊・変形がある。これらのうち検討対象造成地において発生が予想される被害パターンを特定し、それに応じて地盤の液状化、のり面の安定、擁壁の安定性を検討する必要がある。これらの検討方法も簡易な方法から詳細な方法までであるので、調査の精度や重要度などを考慮して適切な検討方法を選ぶことが望まれる。検討結果に関しては家屋も含めて対策の必要性を総合的に判断することが望まれる。

5.2 地盤の液状化の検討

- 液状化の判定方法
 - … 簡易判定法 (限界 N 値法, F_L 法「建築基礎構造設計」)
 - … 詳細判定法 (全応力法 (u の考慮)・有効応力法)
- 点検・対策設計用の地震動
 - … 中地震 (損傷限界検討用: 200cm/s^2)
 - … 大地震 (終局限界検討用: 350cm/s^2)
- 液状化に伴う基礎への影響
 - … 液状化指標 (PL) を用いる方法
 - … 地表面動的変位を用いる方法
 - … 地表面の非液状化層の存在を考慮する方法

”5.5 その他の構造物の安定性の検討“

液状化判定法の種類および適用

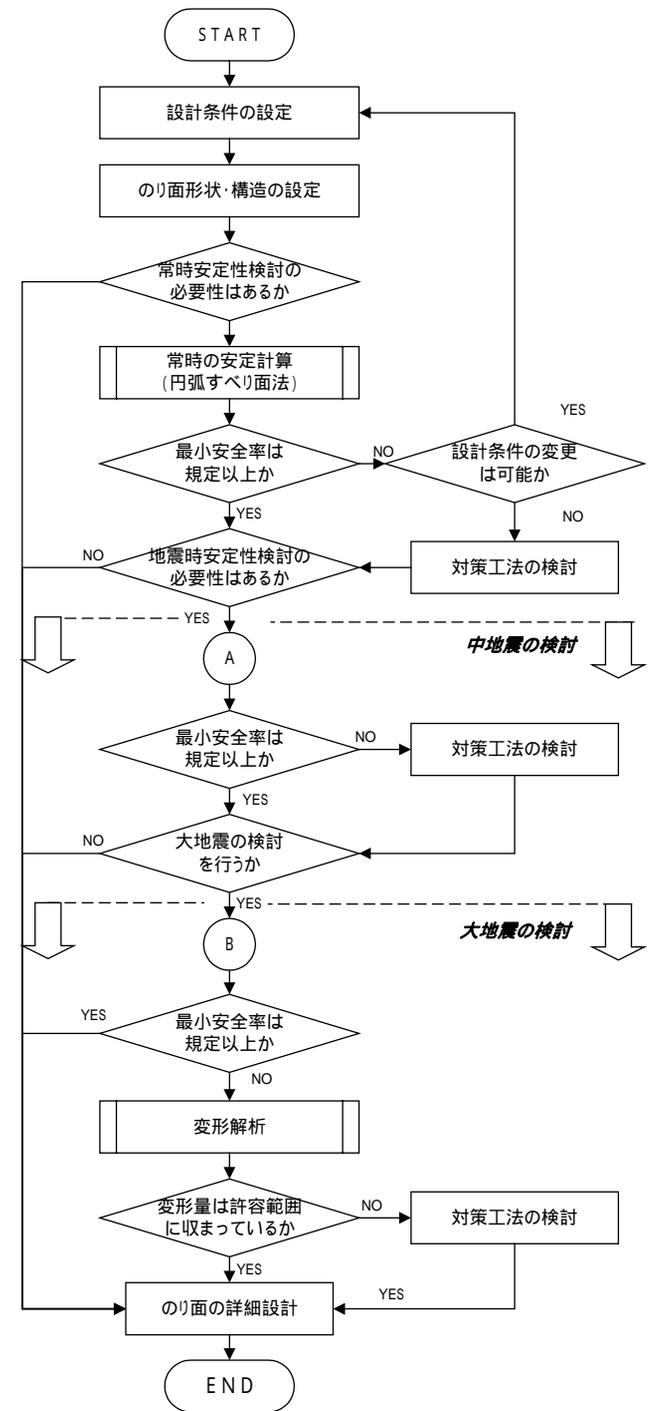
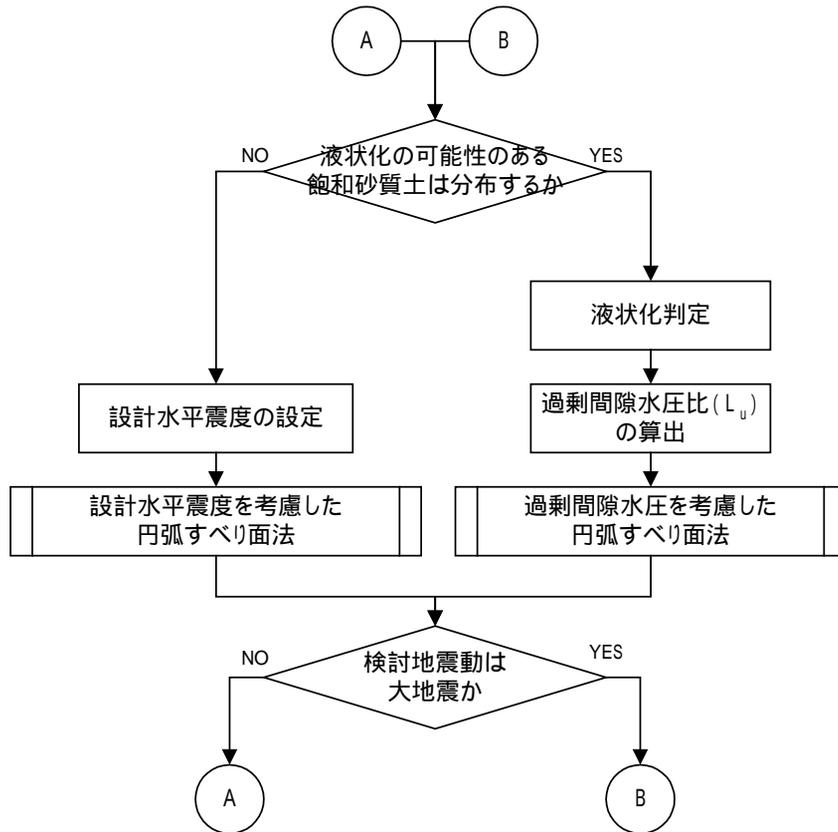
- 概略判定法
- 簡易判定法
 - － 限界N値
 - － FL法
- 詳細判定法
 - － 全応力法
 - － 有効応力法
- 実験的判定法
 - － 模型実験
 - － 原位置実験

判定法の種類	判定法の細分		判定法の概要	判定法の適用性
概略判定法	微地形分類	----	地形、地質をもとに判定する。	簡易であるが精度は低い。
	液状化履歴	----	過去に液状化した場所は再液状化しやすい。	液状化しないことの判定はできない。
簡易判定法	限界N値	----	地下水位、粒度、N値などをもとにして判定する。	ボーリング調査結果だけで判定できる。港湾の基準のように高度なものもある。
	FL法	地表面震度から簡易的にせん断応力を推定	簡易的に求められたせん断応力と実験式などにに基づき、N値などから求められた液状化強度を比較する。	指針等に多用される方法。
		応答計算によりせん断応力を推定	最大せん断応力と、実験式などにに基づきN値などにより求められた液状化強度を比較する。	簡易法の最大せん断応力を計算により求めた分精度が高くなっている。
詳細判定法	全応力法	FL法	最大せん断応力と、液状化強度試験で求められた液状化強度を比較する。	液状化強度も試験値を用いるので精度が高くなる。
		過剰間隙水圧発生予測	せん断応力時刻歴より、過剰間隙水圧の発生量を予測する。	FL法が最大せん断応力のみに着目しているのに対し、せん断応力の時刻歴も使っているだけ精度は高い。特別な解析コードが必要。
		過剰間隙水圧消散予測	過剰間隙水圧の発生量を入力とし、透水方程式を解いて過剰間隙水圧の消散解析を行う。	グラベルドレーンなど、特殊な場合に用いられる。
	有効応力法	----	有効応力法による地震応答解析を行う。	原理的には数値計算のうちで最も精度が高いが、データの準備、数値計算の両方で最も費用が掛かる。また、結果の判定にも高度な判断力が要求される。
実験的判定法	模型実験	振動台実験	振動台を用いて模型地盤の地盤・構造系の加振実験を行う。	特殊なケースのみに用いられる。相似則に注意を要する。
		遠心力载荷実験装置を用いて模型地盤や地盤・構造物系の振動実験を行う。	特殊なケースのみに用いられる。相似則が満足される。	
	原位置実験	----	原位置で加振実験を行う。	液状化を起こさせることが困難。費用が多く掛かる。

5.3 のり面の安定性の検討

- **のり面の安定性の検討方法**
 - …グレード1 (概略判定法「現地踏査」)
 - …グレード2 (極限平衡法「円弧すべり安定計算」)
 - …グレード3 (地震時変形解析手法「FEM,その他」)
- **点検・対策設計用の地震動**
 - …中地震 (設計水平震度 $k_h = 0.15$)
 - …大地震 (設計水平震度 $k_h = 0.25$)
- **安定性の評価**
 - …最小安全率 = 1.0
 - …許容変形量, 許容変形角 (大地震)

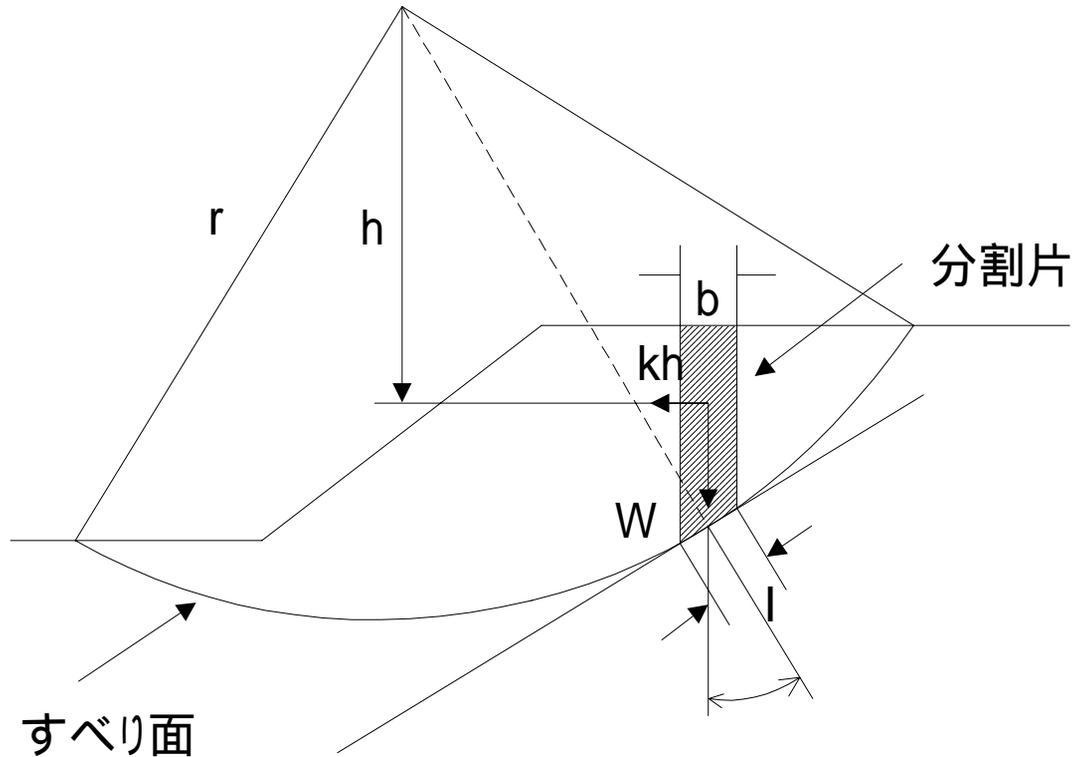
のり面の安定性の検討の流れ



安定性検討のグレード

グレード 1	概略点検(現地踏査)
グレード 2	円弧すべり安定計算(極限平衡法)
グレード 3	地震時変形解析(FEM, その他)

のり面の安定検討 (グレード2)



$$F_{sd} = \frac{\sum [c \cdot l + \{(W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha\} \tan \phi]}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W)}$$

のり面の安定(グレード3)

	手 法	プログラム名 バージョン	過剰間隙水圧 の発生	土の強度・剛 性の低下	盛土の沈下の主な原因		
					盛土自重による基礎地盤の 変形	盛土に作用する慣性力による 変形	過剰間隙水圧 消散に伴う沈下
有限要素法	動的	LIQCA	LIQCA2D04				
		FLIP	FLIP Ver.7.1.3				
累積積分法	ニューマーク法	COSTANA Ver.13.2C	×	剛塑性におかれ繰返しに伴う累積性や軟化性は考慮されない	×		×

) ニューマーク法は極限平衡値を超える慣性力の累積積分値である。

のり面の安定性検討 (グレード 3)

変形解析手法 の選定表

変形解析手法 選定条件		有限要素法		その他(累積積分法)
		LIQCA	FLIP	ニユーマーク
解析手法の特性	プログラムの普及度			
	パラメータ設定の難易度(難: x ~ 易:)	x	x	
	モデル化の難易度(難: x ~ 易:)	x	x	
	計算時間(長い: x ~ 短い:)	x	x	
	理論上大変形まで対応可能	x	x	
	変形量の時刻歴			
	地震波の入力			
	残留変形量(水平・鉛直)の算出が可能			
	解析の安定性(高い: ~ 低い: x)	x		
	適応性の限界(高い: ~ 低い: x)			x
	予測精度(高い: ~ 低い: x)			
基礎地盤の特性	盛土自重による基礎地盤の変形量の算出が可能			x
	互層状の複数の液状化層への対応が可能			
	液状化層の過剰間隙水圧の発生を考慮している			x
	液状化に伴う土の強度低下を考慮している			x
	液状化に伴う土の剛性低下を考慮している			x
	過剰間隙水圧消散に伴う圧密沈下を考慮している			x
	非液状化層についても非線形性を考慮している			x
盛土の特性	盛土に作用する慣性力による変形量を考慮している			
	構造物(建物)の慣性力が考慮できる			x
	造成宅地盛土の強度が考慮できる			
適応対策工	固結タイプのモデル化が可能			
	鋼材タイプのモデル化が可能			
	締固めタイプのモデル化が可能			
	ドレーンタイプのモデル化が可能			x
その他	解析の難易度(高い: x ~ 低い: x)	x	x	
	適切な事業規模(大: ~ 小: x)			x
	解析費用(安い: ~ 高い: x)	x	x	
	実務設計の実績(多い: ~ 少ない: x)			

安定性の評価方法

- グレード1
基準要素点を満足する
- グレード2
最小安全率を満足する
- グレード3
許容変形量・許容変形角を満足する

地震時における変形によって背後の宅地や構造物などに悪影響を及ぼすことがないように十分な配慮が必要である。