

道路土工 盛土工指針(平成22年度版)

2010年10月21日
平成22年度 設計技術研修会

(株)第一コンサルタンツ
中村 和弘

1. 盛土工指針 改編の主要点

これまでの指針において「道路土工 - のり面工・斜面安定工指針」、「道路土工 - 施工指針」、「道路土工 - 排水工指針」及び「道路土工 - 土質調査指針」に示していた盛土の調査、設計、施工、維持管理に関わる事項を再編し、新たに「道路土工 - 盛土工指針」として発刊した。

盛土において生じる種々の変状・崩壊形態を誘因別に整理し、盛土工の各段階で留意すべき事項と関連付けるように配慮した。

従来の経験に基づいた標準仕様設計の方法を維持しつつ、性能規定型設計の枠組みを導入した。それに伴い、盛土に要求される性能、及び要求される事項を満足する範囲で従来の規定によらない解析手法、設計方法、材料、構造等を採用する際の基本的考え方を整理して示した。

近年の豪雨、地震による盛土の被害を踏まえて、盛土の排水施設及び締固めに関する記述を充実するとともに、降雨に対する盛土安定性の照査、及び従来参考として示していた盛土の耐震設計について、新たに項を設けて記載した。

環境保全及び経済性の観点から、建設発生土の利用促進の重要性を示すとともに、建設発生土の利用に当たっての土質判定の目安や土質改良における基本的な考え方を示した。

維持管理の重要性を示すとともに、盛土の維持管理における点検の着眼点を記載した。

2. 盛土の誘因別崩壊・変状形態

誘因 (A)盛土の自重 (B)異常降雨 (C)地山からの地下水浸透 (D)地震

解表1-3-1 盛土の自重による変状・崩壊の分類

解説	模式図	備考
[A1] 軟弱地盤上に盛土する場合、地盤の強度が小さいと地盤を過剰に圧縮すべりが発生することがある。また、供用開始後の時間の経過とともに、軟弱層の圧密・変形により、地盤を上回る沈下・変形を生じることがある。特に切り盛り範囲や構造物取付け部では地盤の沈下の原因となることもある。		軟弱地盤 〔道路土工-軟弱地盤対策工指針〕参照 F
[A2] 高含水比粘性土によって急速施工を行う盛土では、施工中盛土内に過剰間隙水が滞留し、のり面のはらみ出しや微細な亀裂が生じることがある。また、盛土自体の圧縮変形により路面に変状が生じる。		盛土変遷に伴う過剰間隙水圧が発生するのり面のはらみ出し 火山灰質粘性土、例えば、関東ローム等 E
[A3] 地すべりまたは層状崩壊の部分が盛土した場合は、地すべりを助長することになり大きな崩壊を引き起こすことがある。		地すべり 層状 〔道路土工-切土工・斜面安定工指針〕参照 F
[A4] 火山灰質粘性土やスレーキングしやすい泥岩等で盛土した場合は、長期間に渡り圧縮が続くことがある。また、その他の盛土材料でも供用開始後の時間の経過とともに、盛土の圧縮・変形により地盤を上回る沈下・変形が生じることがある。特に、切り盛り範囲や構造物の取付け部では地盤の沈下の原因となることもある。		火山灰質粘性土、例えば、関東ローム 泥岩等 スレーキングしやすい材料 その他の圧縮しやすい材料 (追加)

- D** 旧指針 浅い崩壊
- E** " 深い崩壊
- F** " 基礎地盤を含む深い崩壊

2. 盛土の誘因別崩壊・変状形態

解表1-3-2 異常降雨等による変状・崩壊の分類

解説	模式図	備考
[B1] 雨水の浸透性によりよりどり(飽れ)ができる。のり面が浸透を受けやすいため構成されており排水施設が不十分な場合に生じる。		砂礫、まき土、しらす等 D
[B2] 雨水の浸透により異層すべりが生じる場合 a) のり面付近に傾斜角の不均質さ及び傾斜角の不十分な部分がある場合 b) ある程度の浸透性を持ち、しかも飽和度の上昇により著しく強度が低下する材料を用いた盛土の場合 c) 盛土中の弱土質層を用い、のり面排水が不十分な場合		砂質土、粘性土、特に砂質土(砂、砂)、シルト(泥)等では飽和度の上昇により強度が著しく低下するので注意を要する。 D
[B3] 雨水が土中、草木等で滞留され表面水がのり面に流れ出すことによる崩壊、微塵 a) 急カーブの地点等、路面が片側配となる箇所、または縦断方向に下り勾配が上り配に変わった地点、特に両側の条件が変った箇所雨水が一箇所に集中しやすい盛土形状の地点 b) のり面に設けた縦断排水等が閉塞される場合 c) 沢を横断する盛土箇所において、盛土内に埋設した縦断排水管の断面不足及び管の閉塞により雨水が路面から流れ出す場合		洗砂、崩壊と盛土材料はほとんど関係がないが、浸透性や土質はほぼ関係しやすくなる。 D
[B4] 横断方向に急勾配で傾斜した地盤上に盛土した場合、雨水の浸透により地盤と盛土との境界面に沿って崩壊が生じることがある。		傾斜地盤上の盛土 E
[B5] 河川や海岸沿いの急斜面に埋付けられた盛土では、増水した河川・海岸の浸水により崩壊の基礎が洗掘されたり、裏込めの土の吸出しが生じて、盛土が沈下したり流出することがある。		洗掘、吸出し 〔道路土工-填築工指針〕参照 (追加)

- D** 旧指針 浅い崩壊
- E** " 深い崩壊
- F** " 基礎地盤を含む深い崩壊

2. 盛土の誘因別崩壊・変状形態

解表1-3-3 地山からの地下水浸透による変状・崩壊の分類

解説	模式図	備考
【1】 周辺からの地下水の浸透が豊富な地帯崩壊に盛土した場合、盛土表面の荷重によって盛土が崩壊することがある。 a) 崩壊、傾斜方向における湧き出し、崩壊区域の盛土 b) 武蔵野の盛土地帯		武蔵野の盛土地帯 (追加)

解表1-3-4 地震による変状・崩壊の分類

解説	模式図	備考
【1】 地山からの浸透水により盛土内の地下水位が高い状態を維持すると、盛土内の間隙水圧が上昇し、液状化現象の発生を招くことがある。 盛土の下部に液状化現象の発生に誘引されている場合や、地山表面に地層土が露出している場合に発生しやすい。		武蔵野の盛土地帯 (追加)
【2】 盛土の基礎地盤が硬く、地盤は液状化による不安定な場合には、地震時に基礎地盤とともに崩壊することがある。		地すべり地、盛土(道路土工・堤防土工・新築安定工務科) 参照 (追加)
【3】 ゆるい粘り砂質土層上の盛土では、地震時に基礎地盤の液状化により大規模な崩壊を招くことがある。		沖積砂質土、埋立地(道路土工・軟弱地盤対策工務科) 参照 (追加)
【4】 地震時に崩壊が想定されている河川敷盛土に地すべり現象が生じ、盛土は崩壊することがある。		河川敷盛土の崩壊 (追加)
【5】 地震時の盛土内部や基礎地盤の砂すべり現象により、盛土や基礎(パー)等の崩壊現象の発生が懸念され、盛土を液状化現象を招くことがある。		構造物周辺の砂すべり (追加)

- ⓓ 旧指針 浅い崩壊
- ⓔ " 深い崩壊
- ⓕ " 基礎地盤を含む深い崩壊

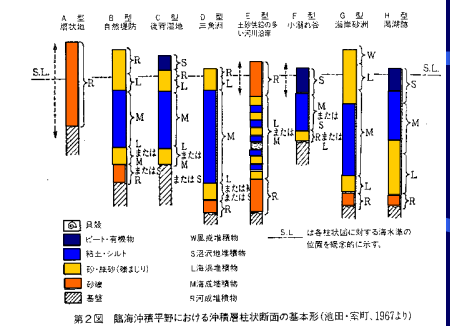
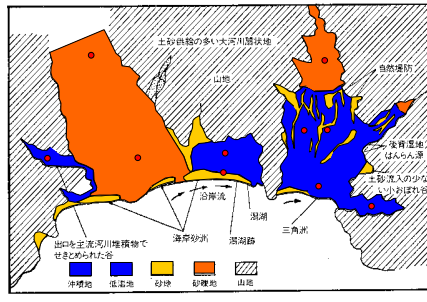
3. 盛土基礎地盤の分類

盛土基礎地盤を1)普通地盤 2)軟弱地盤に大別できるとし、具体的な地形図を示しその特徴を分かりやすく解説。

- 1)普通地盤・・・扇状地、自然堤防、海岸砂州、段丘地
- 2)軟弱地盤・・・後背湿地、三角州、せき止め沼沢地(小おぼれ谷)、潟湖跡



沖積平野の地形と地質



低地の地形区分と土質ならびに地盤条件					
地形	地表面コウ配	地形特徴	土質	地盤条件	
				N 値	良否
A 扇状地	1/1,000以上	同心円等高線、網状流、伏流	粗大な砂レキ	30以上	優
B 自然堤防	1/1,000 - 0.2/1,000	等高線の帯状突出、部落、畑の帯状配列	砂質土	10 - 20	やや良好
C 後背湿地	0.5/1,000以下	同中間の低平な水田	粘土、シルト、厚い軟弱層	10以下	やや不良
D 三角州	0.2/1,000以下	静かな内湾の河口	細砂、粘土、厚い軟弱層	10 - 5以下	不良
E 土砂供給の多い	1/1,000以上	ほぼ平行した等高線、網状流	砂レキ	20以上	良好
河川沿岸	0.2/1,000以下	洪水流、沿岸流に対し山影になる小谷中の水田	粘土、シルト、ピート	5以下	極不良
F 小水たし谷	0.2/1,000以下	海岸に平行した帯状の高まり	砂レキ	15以上	良好
G 海岸砂州	0.2/1,000以下	砂州背後の水田地	粘土、シルト、ピート、細砂	5以下	不良
H カタ(潟)湖跡					

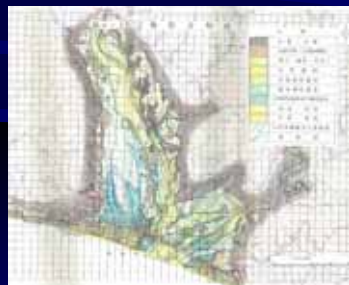
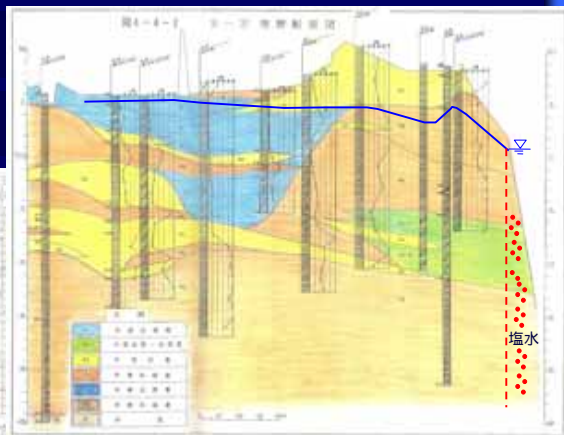
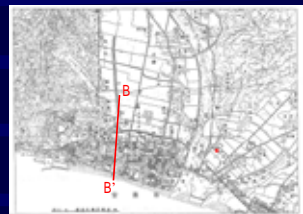
高知県の第四系層序区分

年代	層序区分	深度m	地質	地質記	堆積相
新世	1 現流戸湾期	0	第 a 砂礫層 (Gla)	河床堆積物、現地形の扇状地、自然堤防、三角州形成	河成
	2 後流戸湾期	10	第 b 泥質層 (M)	三角州底層層又は埋込堆積物	海成
	3 後流戸湾期	10	第 c 砂礫層 (Stv)	首地火山灰降下層、中ノ橋沿岸部	海成
	4 後流戸湾期	15	第 d 砂礫層 (S)	<軽微な不整合>	(河成)
	5 前流戸湾期	15	第 e 砂礫層 (Glb)	段状平坦面、埋込堆積物	
	6 前流戸湾期	20	第 f 泥質層 (M)	扇状地、扇状土の分布	
	7 前流戸湾期	20	第 g 泥質層 (M)	扇状土の分布	
	8 前流戸湾期	25	第 h 泥質層 (M)	<軽微な不整合>	
	9 前流戸湾期	30	第 i 砂礫層 (Gla)	下知面 (-30m 平坦面)	
	10 前流戸湾期	40	第 j 砂礫層 (Gla)	扇状土の分布	
新世	11 前高知層	40	第 k 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成
	12 前高知層	55	第 l 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成
	13 前高知層	70	第 m 泥質層 (M)	埋込谷堆積層	海成
	14 前高知層	80	第 n 砂礫層 (Gla)	扇状地性凹所埋積層	河成
	15 前高知層	85	第 o 砂礫層 (Gla)	扇状地性凹所埋積層	河成
	16 前高知層	90	第 p 砂礫層 (Gla)	扇状地性凹所埋積層	河成
	17 前高知層	95	第 q 砂礫層 (Gla)	扇状地性凹所埋積層	河成
	18 前高知層	100	第 r 泥質層 (M)	扇状地性凹所埋積層	河成
	19 前高知層	110	第 s 泥質層 (M)	扇状地性凹所埋積層	河成
	20 前高知層	120	第 t 砂礫層 (Gla)	扇状地性凹所埋積層	河成
新世	21 古流戸湾期	20	第 u 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成
	22 古流戸湾期	30	第 v 泥質層 (M)	埋込谷堆積層	海成
	23 古流戸湾期	40	第 w 泥質層 (M)	埋込谷堆積層	海成
	24 古流戸湾期	50	第 x 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成
新世	25 古流戸湾期	60	第 y 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成
	26 古流戸湾期	70	第 z 砂礫層 (Gla)	埋込谷堆積層	河成

C 資料 5,480 + 130年B.P. Gak-2321 (高知市編) 6,600 + 120年B.P. Gak-2322 (高知市ノ橋) 37,000 + 60年B.P. Gak-2323 (高知市吉田町) 国土地理院(1984)一部修正

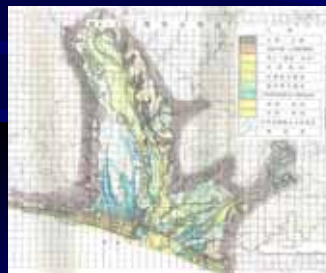
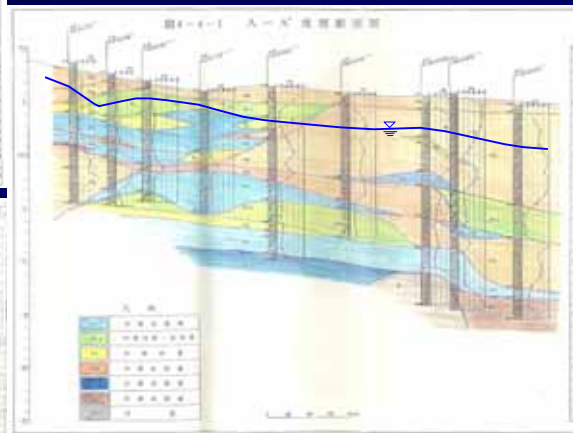
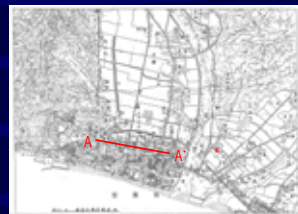
安芸市の軟弱地盤

安芸市南北方向断面図



安芸市の軟弱地盤

安芸市東西方向断面図

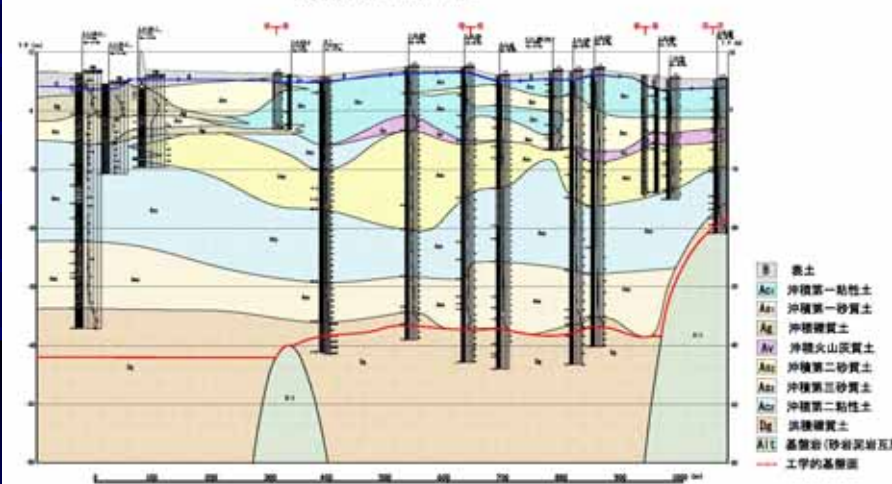


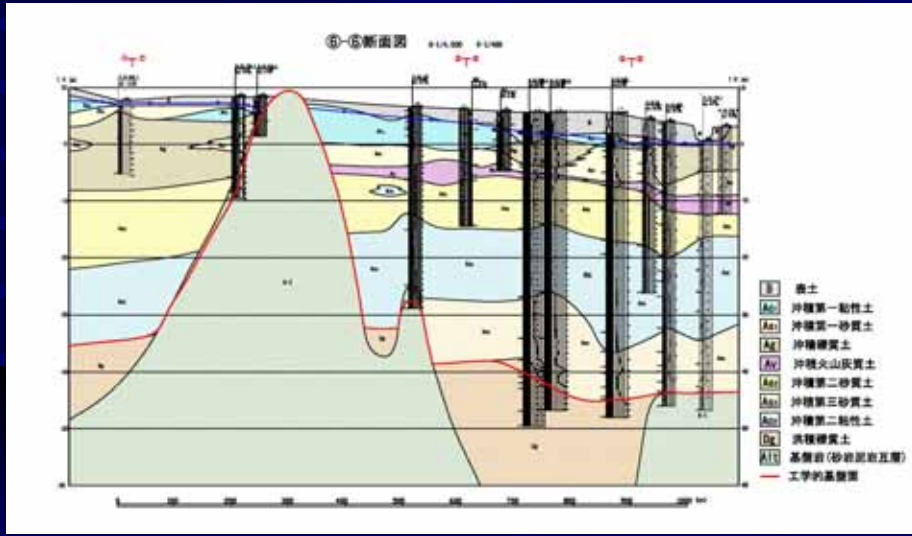
四万十市の軟弱地盤



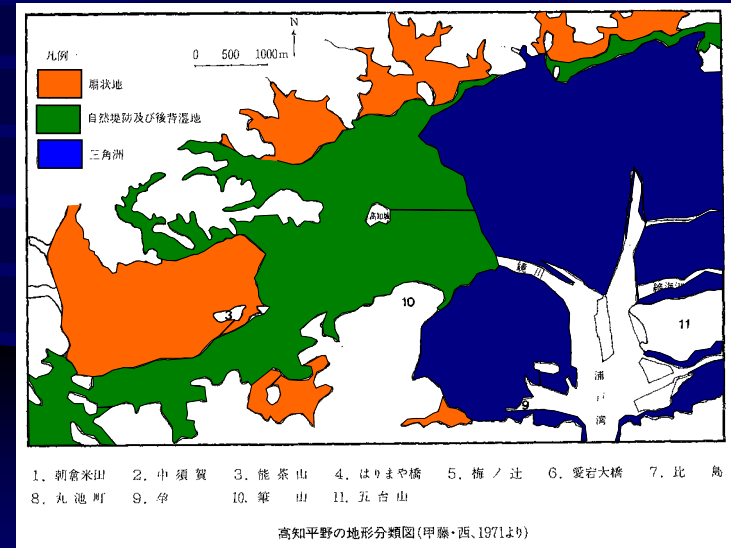
地質断面線
地質断面線

②-②断面図

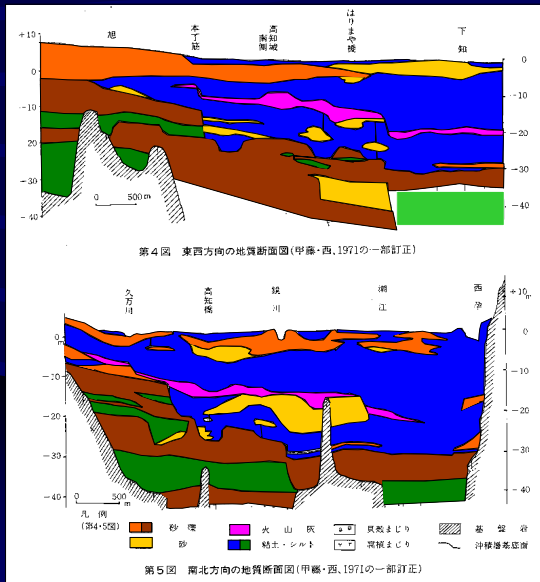




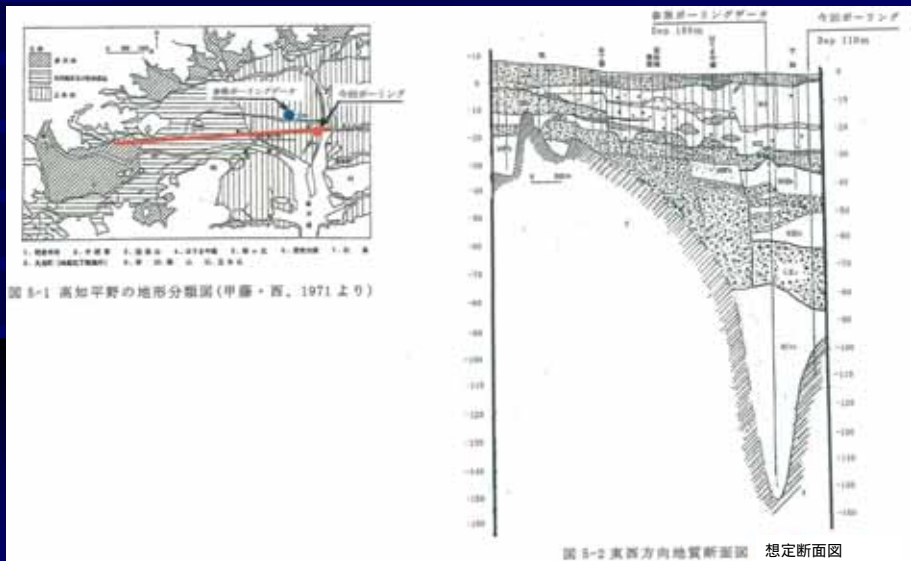
高知市の軟弱地盤



地質断面図



高知平野東西方向断面図



5. 設計 - 設計に用いる土質定数 - (土質試験)

解表 4-2-3 土質材料、検討対象時期に応じた土のせん断強さの標準的な求め方の例

土質材料	検討対象時期	試験法	せん断強さ
他	短期 (標準値)	UU	$\tau_f = c_u + (\sigma_v - u_0) \tan \phi_u$
		C(U), CU	
		D (CV)	
土	長期 (標準値)	CU (CU)	$\tau_f = c_{lv} + (\sigma_v - u_0) \tan \phi_{lv}$
		D (CP)	
不飽和土	短期・長期	C(D), (C,P)	$\tau_f = c_v + (\sigma_v - u_0) \tan \phi_v$
		D (C,P)	

UU : 土の非排水せん断水三軸圧縮試験方法 (JIS 0521)
 CU, CV : 土の圧密非排水三軸圧縮試験方法 (JIS 0522, 0523)
 CD : 土の圧密排水三軸圧縮試験方法 (JIS 0524)
D(CV), D(CP) : 土の圧密定体積、定圧一定せん断試験方法 (JIS 0560, 0561)

D: direct box shear test
 CV: consolidated constant volume
 CP: consolidated constant pressure

τ_f : せん断強さ (kN/m²) ... **全応力表示**
 σ_v : すべり面に作用する直応力 (kN/m²)
 u_0 : 浸透水によるすべり面上での定常水圧 (kN/m²)

安定計算法は、全応力法と有効応力法があるが、せん断中に発生する間隙水圧を知るのには困難であることから、実務上は間隙水圧として定常浸透水圧のみを考慮する**全応力法**が適している。

5. 設計 - 設計に用いる土質定数 - (経験的な土質定数)

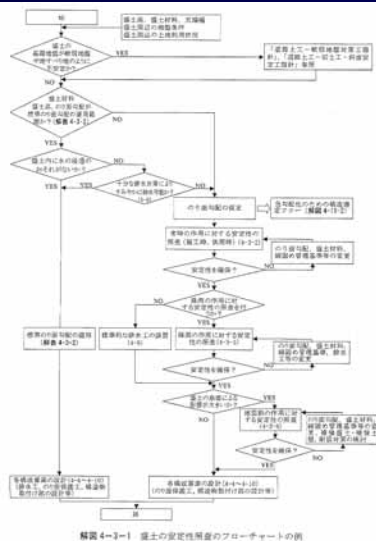
解表 4-2-4 設計時に用いる土質定数の仮定値⁽¹⁾

種類	状態	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	地盤工学協会標準 ⁽²⁾
土	締め固めたもの	20	40	0	(G)
	締め固めたもの 分級されたもの	20	35	0	(S)
砂質土	締め固めたもの	19	25	30以下	(S,F)
	締め固めたもの 分級されたもの	18	15	30以下	(M), (C)
粘性土	締め固めたもの	14	20	10以下	(V)
	締め固めたものまたは粘径幅の広いもの	20	40	0	(G)
細まじり砂	締め固めたもの	21	40	0	(G)
	締め固でないもの	19	35	0	(S)
砂	締め固でないものまたは粘径幅の広いもの	20	35	0	(S)
	締め固でないもの	18	30	0	(S,F)
自粘砂質土	締め固でないもの	17	25	0	(S,F)
	締め固でないもの	18	25	50以下	(M), (C)
粘質土	締め固でないもの (粘で強く押し多少へこむ) ⁽³⁾ や軟らかいもの (粘の中程度の方で貫入) ⁽³⁾	17	20	30以下	(M), (C)
	軟らかいもの (指が容易に貫入) ⁽³⁾	16	15	15以下	(M), (C)
粘土およびシルト	締め固でないもの (指で強く押し多少へこむ) ⁽³⁾ や軟らかいもの (指の中程度の方で貫入) ⁽³⁾	17	20	50以下	(M), (C)
	軟らかいもの (指が容易に貫入) ⁽³⁾	16	15	30以下	(M), (C)
関東ローム	締め固でないもの	14	10	15以下	(V)
	締め固でないもの	14	5(6)	30以下	(V)

注意
 この表の値は、適切に締固められた土について、飽和条件のもとで得られた試験結果から残留強度相当のせん断強度を幾分安全度側に設定されたものであるため、**地震動の作用に対する検討に使用すると、安定性を過小評価する可能性がある。**
 詳細な設計を行う段階で土質試験を実施し、設計定数の確認を行うのが良い。
高さ20m以下の盛土において、予備設計段階等で使用する。

注1) : N値の目安は次のとおりである。
 固いもの (N=8~15)、やや軟らかいもの (N=4~8)、軟らかいもの (N=2~4)
 注2) : 地盤工学協会標準の記号は、おおよその目安である。

5. 設計 - 盛土安定性の照査 -



解表 4-3-2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の目安

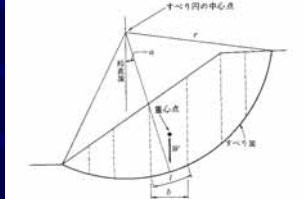
盛土材料	盛土高 (m)	勾配	標準
粒度の良い砂 (S)、礫及び細粒分選じり礫 (G)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5層に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。
粒度の悪い砂 (SS)	10m以下	1:1.8~1:2.0	() の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。
砂質土 (SF)、硬い粘質土、硬い粘土 (供養層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
粘土 (C)	5~10m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土 (V)	5 m以下	1:1.8~1:2.0	

(注) 盛土高は、のり面とのり面の高低差をいう (解表 4-3-2 参照)。
 近年ではこれを上回る高盛土も多く構築されている。綿密な排水処理と盛土の締固めがなされることを前提に、近隣あるいは類似土質条件の盛土の施工実績、災害事例あるいは詳細検討事例等をふまえて表中の盛土高さの範囲を拡大して適用することも可能である。



5. 設計 - 常時の作用に対する盛土安定性の照査 -

- (1) すべりに対する安定性
- (2) 変形の検討



圧縮性の低い材料を用い、適切な締固め管理基準値を満足すれば、盛土自体の変形、沈下の照査を省略可。
 盛土材に問題のある場合、軟弱地盤上の盛土では、**盛土中央部における残留沈下量として、舗装後3年間で10~30cm程度。**

解表 4-3-5 円弧すべり面を用いた常時のすべりに対する安定計算式

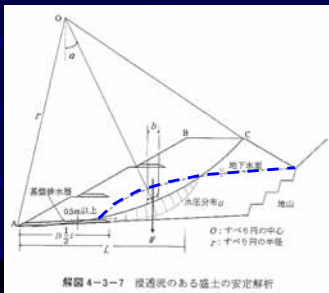
$$F_s = \frac{\sum [c + (W - u) \tan \alpha]}{\sum (W \sin \alpha)} \dots \dots \dots (解 4-1)$$

ここに、 F_s : 安全率
 c : 土の粘着力 (kN/m²)
 α : 土のせん断抵抗角 (度)
 l : 分割片で切られたすべり面の長さ (m)
 W : 分割片の全重量 (kN/m³)、**覆荷層を含む。**
 u : 間隙水圧 (kN/m²)
 a : 分割片の幅 (m)
 θ : 分割片で切られたすべり面の中心とすべり面の中心を結ぶ線と鉛直線のなす角 (度)

- ・長期間経過後 (供用時) $F_s=1.2$
- ・軟弱地盤上の盛土で詳細な土質試験、適切な動態観測による情報化施工を適用する場合、盛土直後 $F_s=1.1$

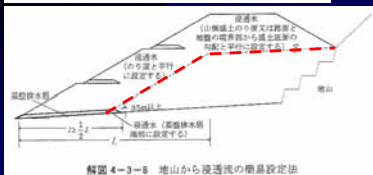
5. 設計 - 常時の作用に対する盛土安定性の照査 -

降雨の作用に対する安定性の照査は、降雨の作用による浸透流を考慮して、円弧すべり法によって安定を照査する。



解図 4-3-7 浸透流のある盛土の安定解析

- ・ 供用安全率 $F_s=1.2$
- ・ 十分な締固め、十分な排水施設を設置することにより、省略可。



解図 4-3-8 地山から浸透流の簡易設定法

5. 設計 - 地震動の作用に対する盛土の安定性の照査 -

(1) レベル1地震動に対する性能1の照査

(2) レベル2地震動に対する性能2の照査

	地震種別		
	1種	II種	III種
レベル1地震動	0.08	0.10	0.12
レベル2地震動	0.16	0.20	0.24

・ レベル1地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算定した $F_s = 1.0$

・ レベル2地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算定した $F_s = 1.0$

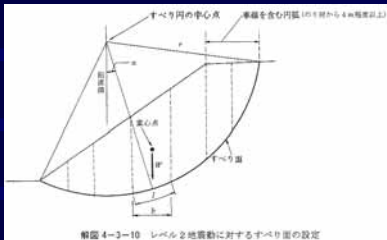
・ 残留変形解析法(ニューマーク法)で算定した盛土の変形量が、性能1の限界状態に対応した変形量の許容値を下回ること。

・ 十分な排水処理と入念な締固めを前提にレベル1地震動に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略可。

・ 残留変形解析によって算定した盛土の変形量が、要求性能に応じた限界状態に対応した変形量の許容値を下回ること。

5. 設計 - 地震動の作用に対する盛土の安定性の照査 - (照査手法)

(1) 震度法による安定解析



解図 4-3-10 レベル2地震動に対するすべり面の設定

$$F_s = \frac{\sum (c + W \sin \alpha - k_h W \sin \alpha) \tan \phi + \sum W \cos \alpha}{\sum (W \sin \alpha + k_h W \sin \alpha)} \quad \text{..... (解 4-2)}$$

- ここに、 F_s : 安全率
- c : 土の粘着力 (kN/m)
- ϕ : 土のせん断抵抗角 (度)
- l : 分割片で切られたすべり面の長さ (m)
- W : 分割片の全重量 (kN/m)
- u : 間隙水圧 (kN/m²)
- b : 分割片の幅 (m)
- α : 各分割片で切られたすべり面の中点とすべり円の中心とを結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)
- k_h : 式(解4-3)で定められる設計水平震度
- a : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離 (m)
- r : すべり円の半径 (m)

設計水平震度 k_h は、次式により算出してよい。ここに、地域別補正係数の値及び地震設計上の地震種別の算出方法については、「道路土工要綱 巻末資料 資料-1」によるものとする。

$$k_h = c_0 \cdot k_w \quad \text{..... (解 4-3)}$$

- ここに、 k_h : 設計水平震度 (小数点以下2桁に丸める)
- k_w : 設計水平震度の標準値で、解図4-3-3による。
- c_0 : 地域別補正係数

ニューマーク法による。
ニューマーク法は、すべり土塊が剛体であり、すべり面における応力ひずみ関係が剛完全塑性であると仮定して地震時のすべり土塊の滑動変位量を計算する方法である。

(「斜面の安定・変形解析入門」(社)地盤工学会 PP179 - 180 参照)