

第5章 盛土工の設計

関連条項〔基準 11、運用 11〕

5.1 一般事項

5.1.1 盛土工

盛土工の設計においては、すべり破壊、表層崩壊及び侵食に対する安定性について検討を行う。盛土部がすべり破壊に対して安定するように、法面勾配を設計する。

5.1.2 盛土法面の構造

盛土法面は十分な強度を保持するとともに、盛土完了後の降雨等の外的要因に対し、法面保護工等により耐久性を確保する構造としなければならない。また、排水工、維持管理等のため小段を適切に設けなければならない。

(1) 盛土法面勾配の標準

盛土法面勾配は、既往の数多くの施工実績や経験に基づき、表-5.1.1 に示す値を標準とする。表-5.1.1 に示す標準法面勾配とは、基礎地盤の支持力が十分にあり基礎地盤からの地下水の流入、あるいは浸水のおそれがなく水平薄層に敷均し・転圧された盛土で、必要に応じて侵食の対策（土羽工、植生工、簡易な法枠、ブロック張工等による保護工）を施した法面の安定性確保に必要な標準勾配を示したものである。

したがって、表-5.1.1 より緩い勾配で樹林化を行う場合や、法面勾配を緩やかにして建設発生土を処理する場合等を妨げるものではない。

表-5.1.1 盛土材料及び盛土高に対する標準法面勾配の目安¹⁶⁾

盛土材料	盛土高 (m)	勾 配	摘 要
粒度の良い砂(S)、礫及び細粒分混じり礫(G)	5m 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、締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準法面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5~15m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
粒度の悪い砂(SG)	10m 以下	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
岩塊（ずりを含む）	10m 以下	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8	
	10~20m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
砂質土(SF)、硬い粘質土、硬い粘土（洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等）	5m 以下	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8	
	5~10m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m 以下	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	

注) 盛土高は、法肩と法尻の高低差をいう（図-5.1.7 参照）。

一般に、低い盛土での法面勾配は、盛土材料に問題がなければ、1 : 1.5 での良好な施工で、大きな崩壊を起こすことはまずないと考えてよい。しかし、1 : 1.5 では法面の締固めが不十分となりやすく、それが原因となって表面付近のはだ落ちや侵食が起こる危険性がある。そのため、標準法面勾配では、機械転圧が可能のように 1 : 1.8 を必要に応じて適用できるように定めている。

また、河川や海岸等の堤防と共用されるときは、その機能を考えて法面勾配を定め、洗掘防止

にも十分配慮しなければならない。

なお、法面を急勾配とする場合には、盛土の安定性の照査を行うとともに、侵食等の防止のため法面保護工について十分な検討が必要である。また、法面の急勾配化のために補強盛土や軽量盛土を採用する場合には「5.4 補強盛土・軽量盛土」に従うものとする。

図-5.1.1 に標準法面勾配を適用した場合の盛土断面の仕様の例を示す。同図は砕石等の土質材料を基盤排水層として用いた場合の例である。ただし、岩砕盛土等の盛土材料の透水性が高い場合や平地部の両盛土で基礎地盤の地下水位が深い場合には、排水対策を省略してもよい。

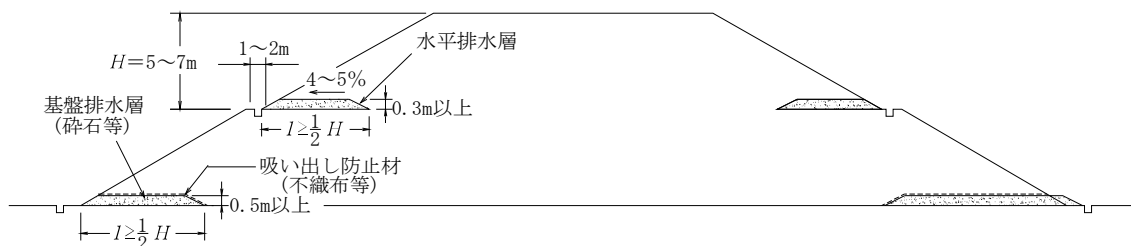


図-5.1.1 標準法面勾配を適用した場合の盛土例¹⁶⁾

(2) 法面形態と盛土構造

盛土構造は現場ごとの条件（地盤条件、材料、気象等）、盛土の安定性、施工性等を配慮した合理的な設計をするものとし、法面は少なくとも小段と小段にはさまれた部分を単一勾配とするのがよい。

また、2種類以上の材料による高い盛土では、各土質に応じた標準法面勾配を小段ごとに適用するものとする。

(3) 小段

法面では、法肩から垂直距離5～7m程度下がるごとに幅1～2m程度の小段を設ける必要がある。小段の勾配は図-5.1.2のように5～10%程度付けることを標準とする。小段を設置する目的は次のとおりである。

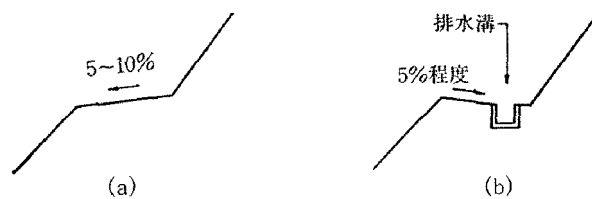
- ① 施工中及び施工後の降雨による法面の侵食防止のために、法面を流下する水の流速を抑え、とともに、小段に排水溝を設けてこれを排除
- ② 土工構造物は当初設計に修正補足を加えつつ構築せざるを得ないものであり、小段はそのための余裕（構造物による法面保護工の基礎を設ける場所等）の確保
- ③ 点検のための通路としての役割、補修・補強対策（構築後の災害復旧、部分的な法面の補強等）用の足場等の役割

狭い谷を横断して盛土を構築する場合は、最大盛土高（ほぼ谷の中央部）を基準とせず、平均高を基準に小段の設置高さを設定すればよい。

盛土内に水平排水層を設ける場合、そこからの湧水を処理するため、小段と水平排水層の位置関係を考慮して設計する。（図-5.1.1 参照）。

小段は利点と欠点を持ち合わせているため、小段を設置する場合は点検・補修の難易、法面勾配、盛土高、法面を構成する土質、経済性等の諸条件を考慮して決定すべきである。

具体的な利点、欠点は「6.3.4 切土法面の小段」に示す。

図-5.1.2 小段の横断勾配¹⁶⁾

なお、近年では法面の草刈りに無線遠隔操作草刈機を導入している事例が見られ、導入する場合は機械の能力に応じた法面の形状や勾配を検討することが望ましい。検討に当たっての基本的な考え方や留意点については、「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」等を参照のこと。

(4) 法面の保護

法面の保護にかかる記載については「6.4 法面保護工」を参照すること。

5.1.3 盛土材料

(1) 盛土材料の調査

盛土材料の調査に当たっては、盛土材料の土質特性、施工時期、気象条件等の特性を考慮し、土層分布の確認、試料の採取及び土質試験を実施する。

調査方法は主として、切土箇所の調査に併せ、ボーリング等により土層分布の確認、試料の採取、土質試験等を実施する。

締固め試験、CBR 試験等の力学特性の把握を目的とした土質試験では、大量の試料が必要となる。このため、試料の採取に当たっては、表-5.1.2 を参照の上、目標とした土層から必要とする量の試料が確実に得られる採取方法を選択するとともに、土工計画に沿った土質試験を実施しなければならない。

盛土材料を取得するための土取り場の調査も切土箇所の調査に準じて行うものとし、予定する土取り場の土の盛土材料としての適性、運搬経路の状態や経済性等の検討が必要である。

表-5.1.2 試料の採取方法¹⁶⁾

採取方法	可能深度	対象とする試験項目	摘 要
オーガボーリング	一般には 5 m ただし、粘性土、砂質土等で礫の混入が少ないもの	物理試験 乱した試料の力学試験	試料採取のためには、ボーリングより有利である。 試料採取量（粘性土の場合） φ 15cm 約 25kg/m φ 25cm 約 45kg/m
土取り場、切取箇所、崩落箇所等の露頭採取	—	物理試験 乱した試料、乱さない 試料の力学試験	表面付近は含水比、粒度等が変化しているため 50cm 程度掘削して試料を採取する。自然含水比については他の調査法で確認する必要がある。また、土層の均一性に注意が必要である。
ボーリング	—	同上	切土部のボーリング調査時に併せて実施する。

(2) 盛土材料の把握

盛土材料として望ましい条件として次の項目が挙げられる。

- ① 盛土の安定のために締め固め乾燥密度やせん断強さが大きいこと
- ② 締め固めやすいこと
- ③ 盛土の安定に支障を及ぼすような膨脹あるいは収縮のないこと
- ④ 材料の物理的性質を変える有機物を含まないこと
- ⑤ 施工中に間隙水圧が発生しにくいこと
- ⑥ トラフィカビリティが確保しやすいこと
- ⑦ 重金属等の有害な物質を溶出しないこと

通常、ほとんどの土質材料は盛土材料として使用できるが、高有機質土(腐食土等)、ベントナイト、変質の著しい岩、風化の進んだ蛇紋岩、温泉余土、凍土等は、盛土完成後の圧縮性・膨脹性が大きいため、そのまま盛土材料として使用せず土質改良等の対策を検討する。

高盛土や地震による影響を検討する場合等、盛土材料のせん断強さ等の強度定数が必要な場合には、三軸圧縮試験等を実施するものとする。

なお、表-5.1.3 に示す項目は標準的な項目を示したものであり、盛土材料の特性に応じた適切な試験を実施しなければならない。

表-5.1.3 盛土材料の検討事項と適用すべき土質試験法¹⁶⁾

調査方法		土 質 試 験																	
		土の含水比試験方法	土の液性限界・塑性限界試験方法	土粒子の密度試験方法	土の粒度試験方法	突固めによる土の締固め試験方法	締め固めた土のコーン指数試験方法	C B R 試験方法 締め固めた土のC B R 試験	土の一軸圧縮試験方法	土の非圧密・非排水 UU	土の圧密・非排水 CU	土の圧密・非排水 CT	土の圧密・排水 CD	土の圧密試験方法	凍上性判定のための土の凍上試験方法	突き固めたセメント安定処理土混合物の 凍結融解試験方法	土壌の汚染に係る環境基準について 環境省告示第46号	岩のスレーキング率試験方法	岩の破碎率試験方法
調査項目		(w_n)	(w_L) (w_P)	(ρ_s)			(q_c)		(q_u)										
土層の連続性と土質分類		◎	◎		◎														
盛土法面の安定	粘土、粘性土	△	△		△	△		△	△ ₁₎	△ ₁₎	△ ₁₎	△ ₁₎		○ ₁₎					
	細砂、砂質土等	△	△		△	△							△ ₁₎						
盛土自体の圧縮		○	○	○	○	○	○							○ ₁₎				○ ₄₎	○ ₄₎
施工機械のトラフィカビリティ		○	○		○	○	○												
路床裏込材としての使用可否	盛土材料に関する試験	◎	◎	◎	◎	◎		○											
	風化・細粒化に対する長期安定性	○	○	○	○ ₂₎	○		○										○	○
	安定処理試験	○	○	○	○	○		○	○							△	◎		
	凍上・凍結融解に対する安定性	△	△		△			△	△						△ ₃₎	△ ₃₎			
締固め管理の基準・方法		◎		◎	◎	◎													

凡例 ◎：基本的に実施する試験 ○盛土材料に応じて実施する試験 △：設計条件等に応じて実施する試験

- 1) 試験はモールド内で突き固めた試料について行う。
- 2) 突固め後の粒度試験を行う。
- 3) 特殊な装置を必要とする。
- 4) 泥岩等スレーキングに対する耐久性

(3) 盛土材料の選定

盛土に用いる材料としては、前述の「(2) 盛土材料の把握」に示すとおりであり、粒度配合の良い礫質土や砂質土がこれに当たる。

盛土材料として適する土質であるかどうかの概略の判定は、土質分類に基づき表-5.1.4 を目安に行うことができる。盛土材料の選定に当たっては、室内締固め試験、コーン指数試験や試験施工等によりその特性を確認の上、適切に選定する必要がある。この際、敷均し層厚、施工性、品質の確保の観点等を考慮して材料の最大粒径に注意する必要がある。

表-5.1.4 盛土材料としての土質特性の一般的評価の目安¹⁶⁾

分類	路体材料	路床材料・ 裏込め材料	備考
岩塊・玉石	△	×	破砕の程度によって使用区分を考える。
礫{G}	○	○	
礫質土{GF}	○	△	有機質、火山灰質の細粒土を含む(GO、GV等)材料の場合：△
砂{S}	○	○	粒径が均質な場合には降雨の作用により法面崩壊・侵食を受けやすいため、法面付近に用いる場合：△
砂質土{SF}	○	○	有機質、火山灰質の細粒土を含む(GO、GV等)材料の場合：△
シルト{M}	△	△	
粘性土{C}	△	△	
火山灰質粘性土{V}	△	△	
有機質土{O}	△	×	
高有機質土{Pt}	△	×	

凡例 ○：ほぼ問題ないもの △：注意して用いるか、何らかの処理を必要とするもの ×：用いられないもの

(4) 現地発生土の有効利用

環境保全の観点から、盛土の構築に当たっては建設発生土を有効利用することが望ましい。建設発生土は、表-5.1.5 に示されるようにその性状やコーン指数により分類される。盛土材料として適する土質であるかどうかの判定に当たっては、表-5.1.6 に示す道路盛土等の適用用途標準を目安にするとよい。現状の発生土の土質区分基準では、利用用途に対して○や△の場合は、含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等の土質改良を行うことにより利用することができる。

盛土の設計に当たっては、図-5.1.3 や以下に示すような処理方法及び用途について検討を行い、発生土の有効利用及び適正処理に努める必要がある。

- ① 安定や沈下等が問題となる材料は、障害が生じにくい法面表層部・緑地等へ使用する。
- ② 高含水比の材料は、なるべく薄く敷き均した後、十分な放置期間をとり、ばっ気乾燥を行い使用するか、処理材を混合調整し使用する。
- ③ 安定が懸念される材料は、盛土法面勾配の変更、ジオテキスタイル補強盛土やサンドイッチ工法の適用、排水処理等の対策を講じる、あるいはセメントや石灰による安定処理を行う。
- ④ 支持力や施工性が確保できない材料は、現場内で発生する他の材料と混合する、あるいはセメントや石灰による安定処理を行う。
- ⑤ 有効な表土は、可能な限り仮置きを行い、土羽土として有効利用する。
- ⑥ 透水性の良い砂質土や礫質土は、排水材料への使用を図る。
- ⑦ 岩塊や礫質土は、排水処理と安定性向上のため法尻への使用を図る。

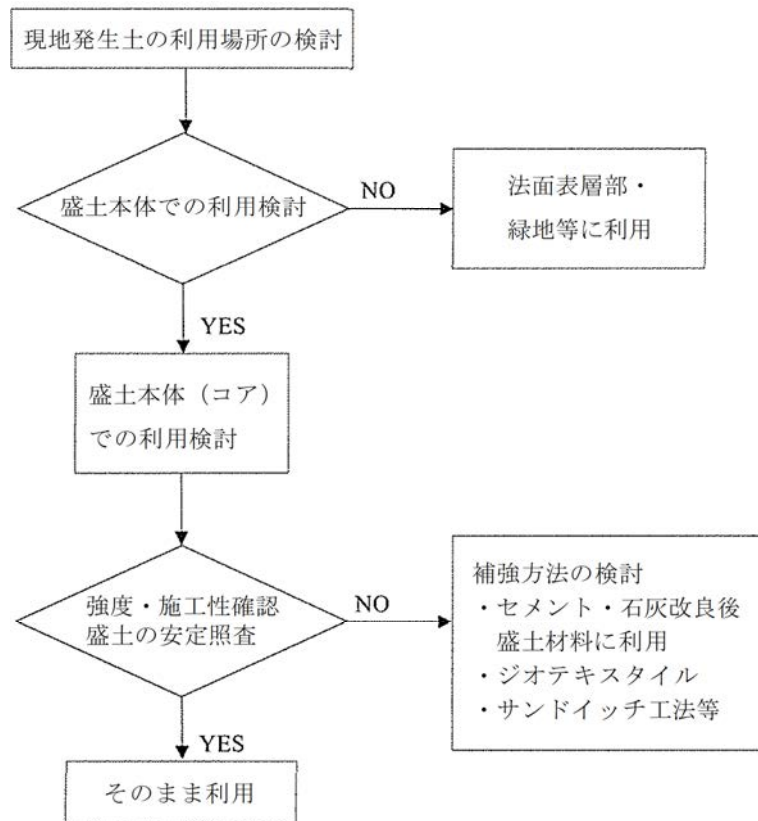
図-5.1.3 現場発生土の利用方法¹⁶⁾

表-5.1.5 土質区分基準¹⁶⁾

区 分 (国土交通省令) ^{注1)}	細区分 ^{注2)、3)、4)}	コーン 指数 q_c ^{注5)} (kN/m ²)	土質材料の工学的分類 ^{注6)、7)}		備 考	
			大分類	中分類 土質(記号)	含水比 (地山) w_n (%)	掘削方法
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに 準ずるもの)	第1種	—	礫質土	礫{G}、砂礫{GS}	—	
	第1種改良土 ^{注8)}		砂質土	砂{S}、礫質砂{SG}		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及び これらに準ずるもの)	第2a種	800 以上	人工材料	改良土{I}	—	
	第2b種		礫質土	細粒分まじり礫{GF}	—	
	第2種改良土		砂質土	細粒分まじり砂{SF}	—	
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保 される粘性土及びこ れに準ずるもの)	第3a種	400 以上	人工材料	改良土{I}	—	
	第3b種		砂質土	細粒分まじり砂{SF}	—	
	第3種改良土		粘性土	シルト{M}、粘土{C}	40%程度以下	
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準 ずるもの (第3種建設発生土 を除く))	第4a種	200 以上	火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	—	※排水に考慮 するが、降水、 浸出地下水等 により含水比 が増加すると 予想される場 合は、1ランク 下の区分とし る。
	第4b種		人工材料	改良土{I}	—	
	第4種改良土		砂質土	細粒分まじり砂{SF}	—	
			粘性土	シルト{M}、粘土{C}	40～80%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	—	
泥土 ^{注1)、9)}	泥土a	200 未満	有機質土	有機質土{O}	40～80%程度	※水中掘削等 による場合は、 2ランク下の 区分とする。
	泥土b		人工材料	改良土{I}	—	
	泥土c		砂質土	細粒分まじり砂{SF}	—	
			粘性土	シルト{M}、粘土{C}	80%程度以上	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	—	
			有機質土	有機質土{O}	80%程度以上	
			高有機質土	高有機質土{Pt}	—	

注1) 国土交通省令（建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59号、建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60号）においては区分として第1種～第4種建設発生土が規定されている。

注2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを定めるものではない。

注3) 表中の第1種～第4種改良土は、土（泥土を含む）にセメントや石灰を混合し化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土又は泥土を安定処理し、コーン指数400kN/m²以上の性状に改良したものである。

注4) 含水比低下、粒度調整等の物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合には、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。

注5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメータで測定したコーン指数

注6) 計画段階（掘削前）において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系（（公社）地盤工学会）と備考欄の含水比（地山）、掘削方法から概略の区分を選定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して発生土の区分を決定する。

注7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについても本基準を参照して区分し、適切に利用する。

注8) 砂及び礫と同等の品質が確保できているもの

注9) ・港湾、河川のしゅんせつに伴って生じる土砂その他これに類するものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。

（廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について 昭和46年10月16日 環整43 厚生省通知）

・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である。（建設工事等から生じる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環廃産276 環境省通知）

・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続により利用が可能となる。

〔出典：（独）土木研究所 建設発生土利用技術マニュアル（第3版）2004〕

表-5.1.6 道路盛土等の適用用途標準¹⁶⁾

適用用途			工作物の埋戻し		土木構造物の裏込め		道路用盛土			
			評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種 建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	礫質土 砂質土	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
	第1種改良土	改良土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
第2種 建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種	礫質土	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第2b種	砂質土	◎	細粒分含有率注意	◎	細粒分含有率注意	◎		◎	
	第2種改良土	改良土	◎		◎		◎		◎	
第3種 建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの)	第3a種	砂質土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
	第3b種	粘性土 火山灰質粘性土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
	第3種改良土	改良土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
第4種 建設発生土 (粘性土及びこれらに準ずるもの)	第4a種	砂質土	○		○		○		○	
	第4b種	粘性土 火山灰質粘性土 有機質土	△		△		△		○	
	第4種改良土	改良土	△		△		△		○	
泥土	泥土a	砂質土	△		△		△		○	
	泥土b	粘性土 火山灰質粘性土 有機質土	△		△		△		△	
	泥土c	高有機質土	×		×		×		△	

◎：そのまま使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意事項を示している。

○：適切な土質改良（含水比低下、粒度調整、付加機能・補強、安定処理等）を行えば使用が可能なもの

△：評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間がより必要なもの

×：良質土との混合等を行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの

土質改良の定義

含水比低下：水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの

粒度調整：利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗留分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの

機能付加・補強：固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量性等の付加価値を付けることや、補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの

安定処理等：セメントや石灰による化学的安定処理や高分子系の無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの

留意事項

最大粒径注意：利用用途先の材料の最大粒径、又は1層の仕上がり厚さが規定されているもの

細粒分含有率注意：利用用途先の細粒分含有率が規定されているもの

粒度分布注意：液状化や土粒子の流出等の点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの

施工機械の選定注意：過転圧等の点で問題があるため、締固め等の施工機械の接地圧に注意を要するもの

〔出典：（独）土木研究所 建設発生土利用技術マニュアル（第3版）2004〕

ア 利用における注意事項

ローム等の高含水比粘性土は、機械施工によってこね返されると軟弱化し、強度が低下し圧縮性も高くなる。しかし、盛土路体部においては、高含水比粘性土についても、適切な排水層やジオテキスタイル等を用いた施工法あるいは安定処理を施すことによって、ほとんどの場合、構造的に安定性を満足させることが可能になるため、特に不良なものを除いて盛土材料として不適当とみなすケースは少ない。

次に、岩や転石、玉石層等の掘削によって得られる破碎岩、あるいは岩塊玉石等の多く混じった土砂は、敷均しや締固め作業が難しく取り扱いにくい材料であるが、盛土としてできあがった場合には安定性が高いことが特徴として挙げられる。したがって、これらの材料は小割りすることによって路盤材料として利用することが可能である。また、盛土材料として利用する場合には、大塊は盛土の下部等に埋めて使用するとともに岩塊の隙間は細粒土等で埋め（図-5.1.5 参照）、路床部分では岩塊の大きさを制限して使用することにより、安定性の高い良好な材料として利用することができる。

新第三紀層の泥岩、頁岩、風化した蛇紋岩、圧碎岩、風化結晶片岩、変質した安山岩（特にかなり温泉余土化したもの）等の脆弱岩は膨潤性を示すことが多い。これらの岩石は、乾湿の繰返しによって細片化するスレーキング現象を示し、盛土完了後に大きな圧縮沈下を起こすことがある。また、盛土材料のスレーキングが要因となって地震時に崩壊したと考えられる事例もある。そのため、これらの材料を盛土材料として用いる場合には、施工に当たって材料ができるだけ小粒径となるような掘削方法を検討し、薄層にまき出してタンピングローラ、大型振動ローラ等で転圧破碎することが望ましい。また、乾燥・湿潤作用の繰返しにより細粒化が促進されるため、降雨対策、地震対策の観点からも盛土内の排水処理を十分に行う必要がある。

ベントナイト、酸性白土、多量の腐植物を含んだ土等は、そのままでは盛土材料に使用してはならない。ただし、これらの材料を使用せず新たに購入土を求めるかあるいは何らかの処理（例えば安定処理等）をして盛土材料に利用するかについては、盛土に必要な強度特性、土量の均衡、近傍の土取り場有無、建設発生土受入地の制約、環境への影響、経済性等を総合的に検討して決定する必要がある。

また、盛土工事以外のシールド工事、地中連続壁工事、場所打ち杭等から発生する建設汚泥については、産業廃棄物に該当するが、安定処理、脱水等の適切な改良により盛土工事で有効利用することが可能である。

なお、建設発生土の利用に当たっては、章末の引用・参考文献 5)～10)により利用用途に応じた強度等の適切な品質管理を行う必要がある。また、廃棄物混じり土についても適切に分別等を行い有効利用することが望まれる。

イ 安定処理

図-5.1.3 に示したように、強度・施工性及び盛土の安定性が懸念される材料を盛土本体で利用するために、セメントや石灰による安定処理を行うことがある。安定処理を行う場合の配合設計の指標、基準値は、適用する部位や安定処理の目的により異なる。安定処理を行う場合の配合設計の考え方を表-5.1.7 に目安として示す。ここで、現場における固化材の添加量の決定に当たっては、改良目的に応じて、設計強度を補正し改良目標強度を設定する、あるいは固化材添加量を補正する。

表-5.1.7 安定処理を行う場合の配合設計の考え方の例¹⁶⁾

	必要性、目的	配合設計の指標	設計強度	施工管理の指標
路 体	トラフィカビリティの改善	コーン指数	$q_c > 400 \text{ kN/m}^2$	締固め度
	安定性の確保	せん断強さ	盛土の安定性に必要となる強度	締固め度 一軸圧縮強さ
路 床	材料規定を満足しない場合 強度不足	CBR	路床、舗装厚設計時のCBR	締固め度 一軸圧縮強さ
構造物裏込め	材料規定を満足しない場合 圧縮沈下の低減	一軸圧縮強さ	許容沈下量から得られる一軸圧縮強さ	締固め度 一軸圧縮強さ

盛土の安定性確保を目的とする場合には、配合試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等の室内土質試験、安定性検討を行った上で、盛土の安定性に必要な強度を確保するように安定処理土の設計強度を設定する。この際、室内土質試験に用いる供試体の密度、養生条件については、施工条件、環境条件に応じて設定する。養生条件について、一般的には、セメント系の固化材では空気中3日、水浸し4日、石灰系の固化材では空気中6日、水浸し4日とすることができる。なお、固化材を混合した後、所定期間放置し、ときほぐして施工を行うことが想定される場合には、その影響を考慮する必要がある。

(5) 特に注意の必要な盛土材料

盛土の安定が問題となる土、トラフィカビリティが問題となる土、降雨により侵食を受ける土等については、盛土の変状・崩壊につながるおそれがあるため、盛土材料の検討について慎重に実施しなければならない。

ア 粘性土が主体となる土

粘性土のせん断強さは他の材料に比べて弱く、粘性土が主体の高盛土を構築する場合は、盛土の安定性の照査を行う必要がある。

含水比が高い粘性土(特に液性指数 $IL > 0.8$)等では、急速に施工を行うと盛土内に間隙水圧が発生し、盛土の安定性が問題となる場合が多い。

これらの材料のせん断強さを検討するに当たっては、こね返しによる強度低下を考慮して三軸圧縮試験等のせん断試験を実施する必要がある。

イ 高含水比の粘土、粘性土、砂質シルト等

高含水比の粘土、粘性土、砂質シルト等を取り扱う工事では、施工機械の走行に耐え得る土の能力(トラフィカビリティ)が必要である。これらの材料は、こね返しによって強度が大きく低下し、施工機械のトラフィカビリティが得られず、降雨等により水を含むと自然には排水しづらい性質を持っている。特に雨期や気温の低い時期は、著しい難工事となることが多い。したがって、土工の円滑な作業を行うためには、材料のトラフィカビリティに応じた機種を選定するのがよい。

トラフィカビリティの判断を行うためには、こね返しによる強度低下特性を把握する必要がある。トラフィカビリティは、「締め固めた土のコーン貫入試験(JGS 0716)」により判断することが一般的である。

また、粘性土(特に火山灰質粘性土)の盛土では、こね返して強度低下を生じても、放置乾燥

することで強度がある程度回復するものもある。

土の施工性を判断するための重要な項目は、自然含水比、液性限界、塑性限界である。これらの測定は、土質試験の中でも容易に行うことができる試験なので実施する。また、大量に取り扱う工事では、現地踏査での聞き取り、施工事例の収集等を土質試験と併せて行うことが有用である。

ウ 砂又は砂質系の材料

まさ土、山砂、シラス等の砂又は砂質系の材料は、一般に粘着性に乏しいため、施工中又は施工後に降雨、集中豪雨、春先の融雪水により法面の侵食や法面の崩壊を生じることがある。

調査に当たっては、自然含水比と最適含水比に注目するとともに、含水比の変化により強度が著しく変化する材料であるかどうか確認を行っておくとよい。また、細粒分(75 μm ふるい通過分)が比較的多い(10~15%以上)ものは、一度入った水が抜けにくく、豪雨、融雪時に盛土が侵食を受けたり崩壊を起こしたりしやすいため、降雨災害等が起こりやすい地域については特に注意が必要である。

エ 風化の速い土(脆弱岩)

新第三紀層の泥岩、頁岩、凝灰岩、風化した蛇紋岩、圧砕岩、風化結晶片岩、変質した安山岩(特にかなり温泉余土化したもの)には、スレーキングや破碎の著しい現象を生じる脆弱岩がある。

脆弱岩は掘削時に硬く(硬岩・軟岩)、塊状で産出し、盛土材料としてこれを使用した場合、施工中にほとんどが細粒化してしまうものから、施工中には塊状であるが時間の経過とともに徐々に細粒化するものまである。特に後者に属するものは、盛土完成後に長期間にわたる圧縮沈下を引き起こしたり、地震時に被害を受けたりすることがある。

これらの材料を盛土材料として用いる場合には、岩のスレーキング試験、岩の破碎試験を実施して、スレーキング性の材料であるかどうかを確認するとよい。スレーキング性の材料と判断される場合には、掘削時において盛土材料が小粒径となるような施工方法、及び薄層で敷き均した後に破碎転圧する等の空隙を少なくする施工方法を検討することが望ましい。

オ 敷均しの困難な土(岩塊・転石・玉石)

岩塊材料は、道路掘削やトンネル掘削に伴って発生する硬いしっかりした硬岩材料(エ 風化の速い土(脆弱岩)とは異なる。)をいい、土石流跡地や扇状地等においては、転石や玉石等、一般の土砂と比較して粒径の大きい材料が産出する場合がよくある。これらの材料を盛土材料として用いる場合には、露頭調査や施工事例の収集を行い、最大粒径や粒度分布の把握を行っておくことが望ましい。また、岩塊盛土の上層に粒度分布の異なる材料を施工する場合には、降雨等によりその材料が岩塊の空隙に落ち込み不同沈下を生じるおそれがある。このような場合には、図-5.1.4に示すような粒度調整中間層を設ける必要がある。調査に当たっては、この中間層に使用する材料調査も併せて行っておくとよい。

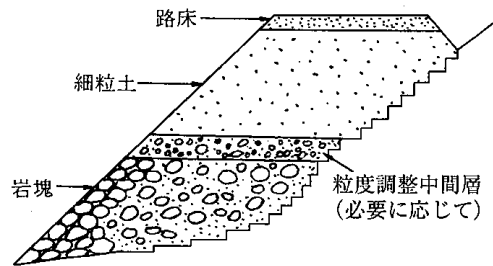


図-5.1.4 透水性の良い材料（例えば岩塊）の有効利用の例¹⁶⁾

カ 凍上の被害が生じやすい土

凍上被害の生じやすい土質の種類、具体的な凍上対策を考える上で必要な凍結深さの求め方、及び各種の凍上対策のための調査については、「8.6 凍上防止対策」の記述を参考とする。

5.1.4 盛土の設計に用いる荷重

(1) 考慮すべき荷重

盛土の設計に当たっては、盛土の設置地点の諸条件、形式等によって以下に示す荷重より適宜選定する。また、寒冷地では凍上の影響も考慮する。凍上に関する事項については、「道路土工要綱 第3章 凍上対策」（(公社)日本道路協会 平成21年6月）によるものとする。

なお、荷重の作用方法は、想定する範囲内で盛土に最も不利となるよう作用させるものとする。

ア 自重（死荷重）

単位体積重量については一般的には、表-5.1.8 に示す値を用いてよい。なお、シラス等の材料で明らかに軽い材料や軽量盛土材料等を使用する場合又は急勾配盛土で安定性の照査を必要とする場合には、締固め試験を実施し、適切な締固め程度に応じた単位体積重量を使用する。

なお、舗装部を含めた盛土の自重は、盛土材料の湿潤単位体積重量 γ_t に盛土体積（舗装部を含む）を乗じて算出することができる。

表-5.1.8 土の単位体積重量(kN/m³)¹⁶⁾

地 盤	土 質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛 土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土(ただし、 $\omega_L < 50\%$)	18	

注) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれ表から 9kN/m³ を差し引いた値とすることができる。

また、プレロードの場合は転圧が不足することがあるため締固め程度に応じて適宜割り引く。

イ 載荷重（活荷重）

載荷重は、自動車の交通状況や施工状況を考慮して適切に設定するものとする。

盛土の設計に当たっては、「10.1.10 荷重の種類と組合せ」による。

ウ 降雨の影響

降雨の影響として、表流水や地山からの浸透水を考慮するものとし、そのときの降雨強度は地域の降雨特性、盛土の特性、照査項目等を考慮して適切に定めるものとする。排水対策は「8.4 地下排水」、「8.5 法面排水」、法面の保護にかかる内容については「6.4 法面保護工」を参照すること。

エ 地震の影響

地震の影響として、盛土の地震応答に起因する慣性力、液状化の影響を考慮する。

(ア) 慣性力

慣性力による盛土の地震時の変形や破壊は、一般に水平方向が支配的であるため、鉛直方向の慣性力の影響は考慮しなくてよい。静的照査法により照査する場合の慣性力は、質量に設計水平震度を乗じた水平力とし、設計水平震度の値については、地震動レベル、構造形式、構造物の立地条件に応じて適切に設定する。円弧すべり面を仮定した震度法による安定解析に用いる設計水平震度については、「5.2.2 地震動の作用に対する盛土の安定解析」に示している。

(イ) 液状化の影響

液状化地盤上の盛土では、支持地盤の変形が盛土の変形に影響する。このため、地震時に液状化が生じる可能性がある場合は、液状化が生じると判定される土層の土質定数を低減させる等、液状化の影響を適切に考慮する必要がある。

オ その他

水辺に接した盛土や地下水位が高い場合には水圧・浮力を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

盛土の設計は、同時に作用する可能性が高い荷重の組合せのうち、盛土に最も不利となる条件を考慮して行わなければならない。

表-5.1.9 に一般的な荷重の組合せの例を示す。

表-5.1.9 荷重の組合せの例¹⁶⁾

想定する作用		考慮する荷重
常時の作用	施工時	自重(+載荷重) 注1)
	供用時	自重(+載荷重) 注1)
降雨の作用 注2)	供用時	自重+降雨の影響
地震動の作用	レベル1地震動	自重+地震の影響
	レベル2地震動	自重+地震の影響

注1) ()内のものは盛土への影響や施工条件等を踏まえて必要に応じて考慮する。

注2) 降雨の作用に対してはこのほかに排水工の設計も行う。

5.1.5 土質定数

盛土の基礎地盤及び盛土材料は多様であり、現地条件により大きく異なり、また大きく変化する。このため、設計に用いる土質定数は、地盤調査結果及び土質試験結果に基づき設定することを原則とする。

(1) 常時、降雨時に用いる土質定数

常時、降雨時に用いるせん断強さは、降雨等により盛土内に水が浸透する可能性を考慮して、一般的には飽和状態の値を用いる。また、強度定数は拘束圧に大きく依存するため、対象としている盛土に応じて適切な拘束圧の下で試験を行うのが望ましい。なお、土のせん断強さ特性は諸条件により多様に変化する。したがって、土質試験を計画し、適用するに当たっては、「地盤材料試験の方法と解説」を参照するとともに、既往の調査検討事例を参考にすることが望ましい。

(2) 地震時に用いる土質定数

地震時に用いるせん断強さは、「5.2.1 常時・降雨の作用に対する盛土の安定性の照査」に示す円弧すべり面を仮定した安定計算法、ニューマーク法等により地震動の作用に対する安定性の照査を行う場合において、盛土材料のせん断試験を行って求める。この際、砂質土や礫質土等の圧密時やせん断中の排水が良好である粗粒土の場合には、圧密排水条件で試験を実施し、地震時等の短時間では排水が困難な粘性土等の細粒土の場合には、圧密非排水条件で試験を実施する。なお、盛土内の完全排水が期待できない場合には盛土の底部が飽和状態となることを想定しなければならないが、適切な材料を選択する又は十分に締め固めることにより、地震動の作用により容易に強度低下をさせないことが設計の基本であり、かつ、上記の照査法の適用条件である。

なお、十分な締め固めを行った盛土材料においては、せん断強さが増加し、地震時の残留変位量を低減させる効果がある。一般に、良質な材料を十分に締め固めることにより、締め固め土の増加に伴いピーク強度は急激に増加する傾向があることがわかっている。このため、ニューマーク法の適用に当たっては、十分な締め固めを行うことを前提として、一旦ピーク強度を示した後、すべりが発生することにより土の強度が軟化し残留強度まで低下する影響を考慮することができ

(3) 経験的な土質定数の利用

高さ 20m 程度以下の盛土において、予備設計段階等で土質試験を行うことが困難な場合は、締め固め基準を満足することを前提として、経験的に推定した表-5.1.10 の値を用いてもよい。ただし、詳細な設計を行う段階で必要に応じて土質試験を実施し、設計時に用いる土質定数の確認を行うのがよい。なお、擁壁工等では、降雨時に裏込め土に地山等の地下水が浸水した際は、表-5.1.10 の数値（特に粘着力）は過大になるおそれがあり、粘着力は見込んでいない。このため、適用に当たっては留意する必要がある。

表-5.1.10 設計時に用いる土質定数の仮定値¹⁶⁾

種 類		状 態		単位体積重量 (kN/m ³)	せん断抵抗角 (°)	粘着力 (kN/m ²)	地盤工学会 基準 ^{注2)}
盛 土	礫及び礫まじり砂	締め固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締め固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの		19	25	30 以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの		18	15	50 以下	{M}、{C}
	関東ローム	締め固めたもの		14	20	10 以下	{V}
自然 地盤	礫	密実なもの又は粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないもの又は分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なもの又は粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないもの又は分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30 以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ） ^{注1)}		18	25	50 以下	{M}、{C}
		やや軟らかいもの （指の中程度の力で貫入） ^{注1)}		17	20	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入） ^{注1)}		16	15	15 以下	
	粘土及びシルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ） ^{注1)}		17	20	50 以下	{M}、{C}
		やや軟らかいもの （指の中程度の力で貫入） ^{注1)}		16	15	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入） ^{注1)}		14	10	15 以下	
	関東ローム			14	5(ϕ_w)	30 以下	{V}

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) (公社) 地盤工学会基準の記号は、おおよその目安である。

表-5.1.10 の使用に当たっては、次の点に注意するものとする。

- ① 地下水位以下にある土の有効単位体積重量は、それぞれ表中の値から飽和土の場合は 10kN/m^3 、不飽和土の場合は 9kN/m^3 を差し引いた値とする。
- ② 土の単位体積重量を決定する場合は、次の点に注意するものとする。
 - ・ 砕石は、礫と同じ値とする。
 - ・ トンネルずりや岩塊等では、粒径や間隙比により値が異なるので既往の実績や現場試験により決定する。
 - ・ 礫まじり砂質土や礫まじり粘性土は、礫の混合割合及び状態により適宜定める。
- ③ せん断抵抗角及び粘着力の値は、飽和条件の下で得られた概略的な値である。
- ④ 砕石、トンネルずり、岩塊等のせん断抵抗角及び粘着力は、礫の値を用いてよい。
- ⑤ 粒径幅の広い土とは、様々な粒径の土粒子を適当な割合で含んだ土で、締固めが行いやすいものをいう。分級された土とは、ある狭い範囲に粒径のそろった土で、密な締固めが行いにくいものをいう。
- ⑥ (公社) 地盤工学会基準の記号は、おおよその目安である。

なお、本表の値は、適切に締め固められた土について、上記③に述べたように飽和条件の下で得られた試験結果から残留強度相当のせん断強度をいくぶん安全側に設定したものである。このため、地震動の作用に対する検討を本表の数値を用いて行くと安定性を過小評価する可能性があるため、詳細な設計を行う段階で土質試験を実施し、設計時に用いる土質定数の確認を行うのがよい。

5.1.6 盛土の安定性の基本的な考え方

盛土の設計に当たっては、想定する作用に対し、盛土及び基礎地盤が安定であること、変位が許容変位以下であることを照査することを原則とする。ただし、既往の経験・実績や近隣あるいは類似土質条件の盛土の施工実績、災害事例等から要求性能を満足するとみなせる仕様については、その適用範囲においてはこれを活用し、実績を大きく超える場合や、既往の事例から想定する各作用により変状・被害が想定されるような条件の場合においては、工学的計算を適用するよう配慮するのが望ましい。

このため、ここでは盛土の安定性検討のフローチャートの例を図-5.1.5に示し、設計の手順と照査方法の選択の考え方を述べる。

図-5.1.5において、盛土本体の設計を、既往の経験・実績に基づく仕様（標準法面勾配）の適用、あるいは工学的計算による盛土の安定性の照査のいずれで行うかは、基礎地盤や盛土の条件等による。

盛土及び盛土周辺地盤の条件が表-5.1.11に示すいずれかに該当する場合には、常時の作用に対して、さらには必要に応じて降雨の作用及び地震動の作用に対する安定性の照査を行い、盛土構造（盛土材料の使用区分等）、地下排水工、法面勾配及び保護工、締固め管理基準値を検討するとともに、必要に応じて地盤対策を検討する。また、表-5.1.11に示す条件のいずれにも該当しない、あるいは該当しても対策等によりその不安定要因（条件）に対処できる場合には、標準法面勾配を適用することができる。

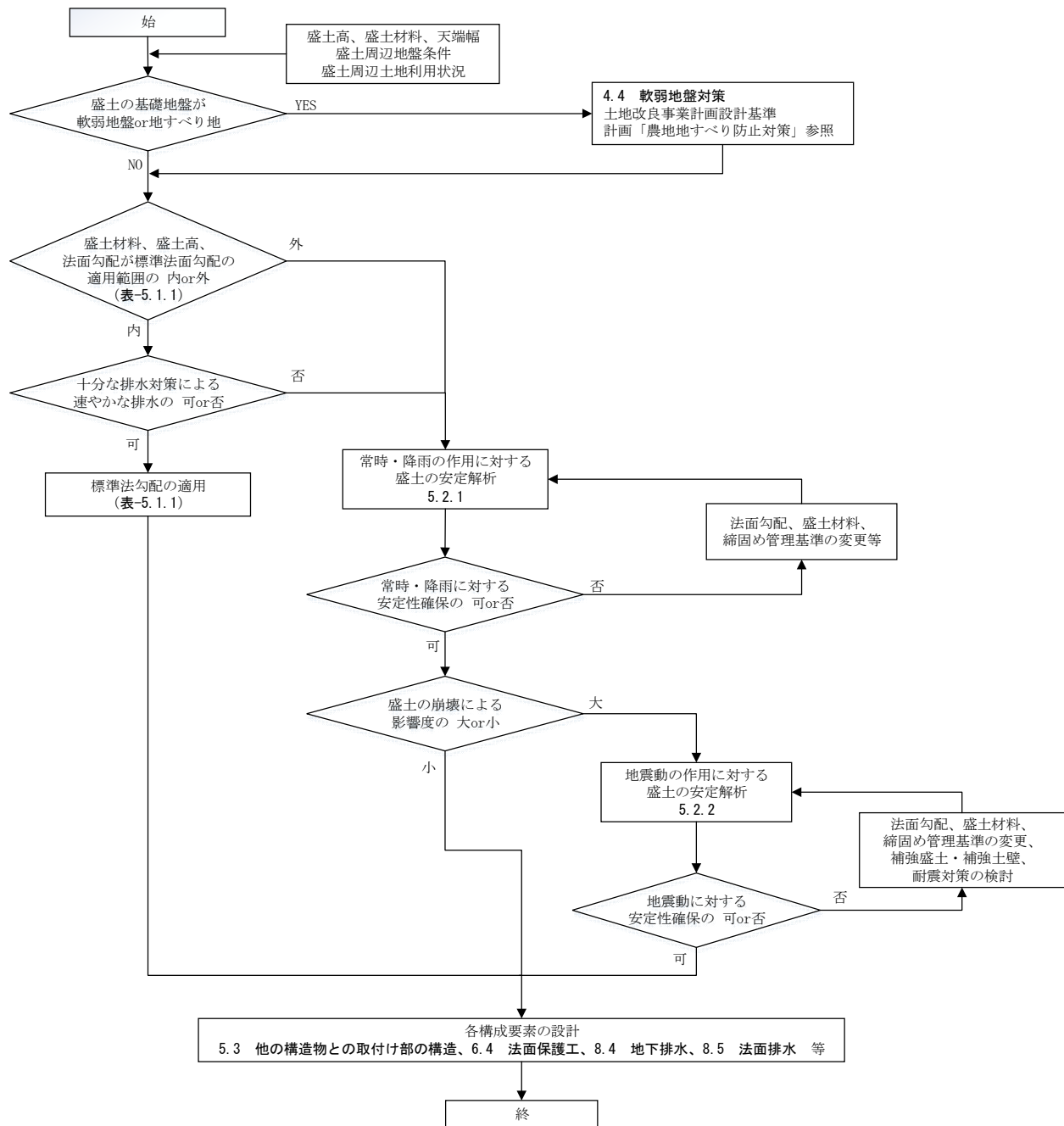
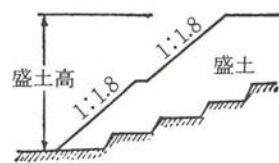
図-5.1.5 盛土の安定性照査のフローチャートの例¹⁶⁾

表-5.1.11 盛土の安定性の照査を行う盛土の条件¹⁶⁾

	条 件	判断基準	備 考
盛土自体の条件	盛土高さ・勾配	盛土高・法面勾配が表-5.1.1に示す標準値を超える場合	
	盛土材料	盛土材料が泥土等の表-5.1.1に該当しないような特殊土からなる場合	
盛土周辺の地盤条件	基礎地盤	盛土の基礎地盤が軟弱地盤や地すべり地のように不安定な場合	「第4章 基礎地盤の設計」を参照する。 土地改良事業計画設計基準・計画「農地地すべり防止対策」（農林水産省令和4年5月）を参照する。
	湧水	降雨や浸透水の作用を受けやすい場合	ただし、「第8章 排水施設の設計」に従い、排水対策を十分に行い、表-5.1.1に示す標準法面勾配の範囲内であれば安定性の検討を省略することができる。
	水際の盛土	盛土法面が常時及び洪水時等に冠水したり、法尻付近が侵食されたりするおそれがある場合	

図-5.1.6 盛土高の定義¹⁶⁾

5.2 盛土の安定性の照査

5.2.1 常時・降雨の作用に対する盛土の安定解析

(1) 基本的な考え方

表-5.1.11 に示したように、標準法面勾配等の既往の経験・実績に基づく仕様の適用範囲を超える盛土については、常時の作用に対する安定性の照査を行い、降雨時に盛土が崩壊することが多い箇所の盛土(地下水位の高い箇所に構築した盛土、傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土、片切り片盛り、切り盛り境部)については降雨の作用に対する安定性の照査を行うことを原則とする。表-5.1.1 に示した盛土材料及び盛土高に対する標準的な法面勾配をその適用範囲において用いる場合には、規定に従って入念に締め固め、十分な排水施設を設置することを前提に、常時・降雨の作用に対する照査を省略することができる。

(2) 照査の方法

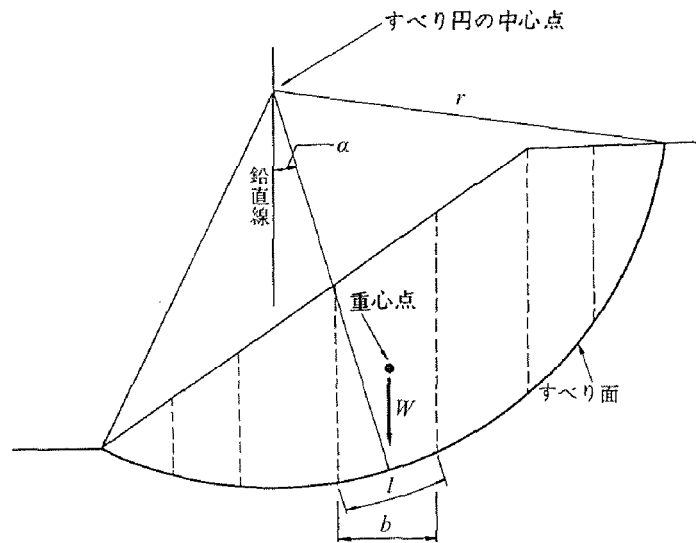
施工時、供用時に自重、載荷重等の組合せに対する盛土の安定性を照査する。このため、照査に当たっては、盛土材料、盛土の基礎地盤の土質、湧水、地形等の条件を十分に考慮する必要がある。ただし、盛土自体の沈下については、圧縮性の低い材料を用い、締め固め管理基準値を満足すれば、盛土自体の変形、沈下の照査を省略することができる。路床については、均一で十分な支持力を確保するために、舗装設計で仮定した強度を確保する必要がある。

ア 照査指標及び許容値

すべりに対する安定に関する照査指標としては、円弧すべり安全率を用いてよい。許容値は、地盤条件、施工中の動態観測の有無に応じて適切に設定する必要がある。「(イ)安定計算式」に示す方法を用いる場合については、長期間経過後(供用時)における許容安全率は1.2を目安とする。また、盛土材料として含水比の高い細粒土を用いる場合や、軟弱地盤上の盛土で詳細な土質試験を行い適切な動態観測による情報化施工を適用する場合には、常時の安定性の照査を行う場合の盛土施工直後の安全率1.1とすることができる。

イ 安定計算式

安定計算は、一般に、図-5.2.1 に示すような円弧すべり面を仮定した分割法を用いて行つてよい。この方法はすべり面上の土塊を幾つかの分割片に分割し、各分割片で発揮されるすべり面上のせん断力と抵抗力を求め、それぞれ累計し、その比率によって安全率を求めるもので、計算式は以下に示すとおりである(修正フェレニウス法)。なお、盛土の構造、構成によっては、円弧すべり面の代わりに直線を含む複合すべり面を仮定する。

図-5.2.1 円弧すべり面を用いた常時のすべりに対する安定計算法¹⁶⁾

$$F_s = \frac{\Sigma \{c \cdot \ell + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\Sigma (W \cdot \sin \alpha)} \quad \dots\dots\dots \text{式 (5.2.1)}$$

ここに、

- F_s : 安全率
- c : 土の粘着力 (kN/m²)
- ϕ : 土のせん断抵抗角 (°)
- 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)、載荷重を含む。
- u : 間隙水圧 (kN/m²)
- b : 分割片の幅 (m)
- α : 分割片で切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (°)

一般に載荷重は、表-5.1.1 に示す盛土の標準法面勾配を用いる場合、安定計算に対しての影響は少ないため考慮する必要はない。

しかし、以下のような盛土については、交通荷重や施工時の荷重を載荷重として考慮して安定計算を実施することが望ましい。

- ① 急勾配盛土工法、補強土壁工法
- ② 軟弱地盤上の低盛土 (2～3 m 以下の盛土)

また、降雨の作用により法面及び地山から浸透する水の影響を考慮して、便宜性・経験的に円弧すべり面を仮定した安定計算により照査することができる。ただし、盛土や原地盤の構造、構成によっては、円弧すべり面の代わりに直線を含む複合すべり面を仮定する。

図-5.2.2 において円弧 AC をすべり面とし、図示のような浸透流があるものとする、このときの安全率は常時の作用に対する安定性の照査と同じく式 (5.2.1) で与えられる。式 (5.2.1) から、降雨により土の単位体積重量が増加したり (W の増加)、地中の間隙水圧 u が上昇したりすると、法面のすべり安全率 F_s が低下する。この場合、間隙水圧としては通常の

地下水による間隙水圧と降雨等の浸透流による間隙水圧を含む全水圧を用いる。盛土斜面の長期安定検討に当たっては、この間隙水圧の決定が最も重要である。この間隙水圧は、盛土の土質・形状、排水層の配置、原地盤の状態等を勘案して浸透流解析や図解法等によって推定することが望ましい。

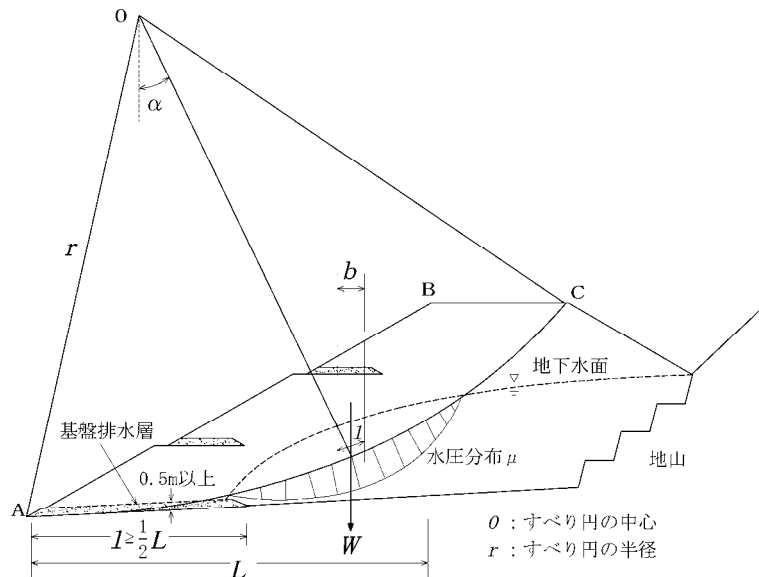


図-5.2.2 浸透流のある盛土の安定解析¹⁶⁾

ただし、地山の境界条件、盛土の浸透特性等の不確定な面が大きいため、実務上は「8.4.4 地下排水施設の材料」に示す排水材料、厚さの基盤排水層を設置することを前提に、図-5.2.3に示すような地山からの浸透流を仮定した簡便法で行う。また、雨水の浸透によって発生する間隙水圧は盛土の構成によってはかなり大きな値となることがあるので、必要に応じて法面からの浸透水も考慮する。ただし、法面保護工を設置し、かつ、表面排水施設及び各小段に水平排水層を設置した場合には、法面からの浸透水を考慮しなくてもよい。

このような計算によって法面の安定性の照査を行い、安定を確保するのに必要な地下水位の低下量や、基盤排水層の長さ等を検討しなければならない。

しかし、粘着力の小さい材料では式(5.2.1)が適用されるような全般破壊よりもむしろ、図-5.2.4に示すように法尻付近ではまず一次的な崩壊を生じ、これが原因となって二次的なすべりを誘発することが多い。

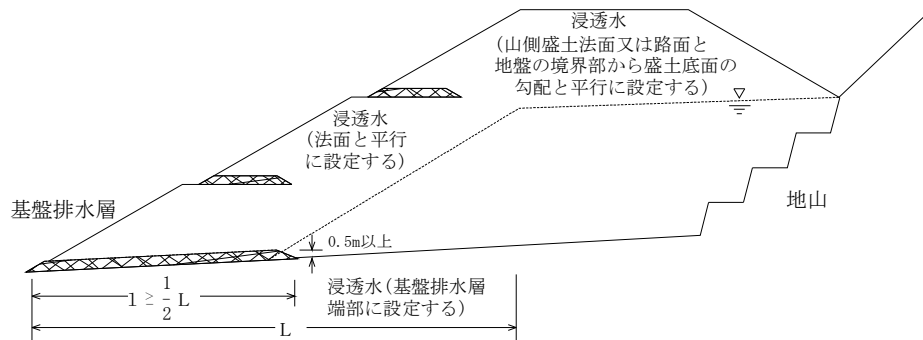
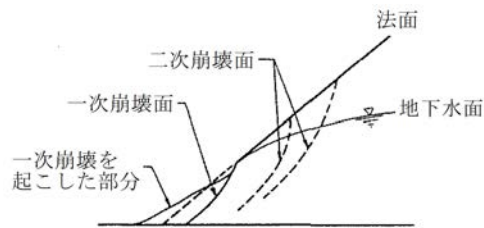


図-5.2.3 地山から浸透流の簡易設定法¹⁶⁾

図-5.2.4 盛土法面の一次と二次崩壊¹⁶⁾

このため、上記安定検討を行った場合にも、その結果に関わらず、盛土法尻には法尻から法肩までの水平距離の 1/2 程度以上の長さの基盤排水層を設置し、また必要に応じてふとんかご・じゃかご工を設置することが望ましい。これらの地下排水工については、事前調査や施工時の観察等によりその配置計画や規模を設定するが、地山からの湧水及びその可能性については特に慎重に配慮し、地形・地質的にその可能性があり得ると考えられる場合には、余裕を持った地下排水工の配置、規模とすることが望ましい。

5.2.2 地震動の作用に対する盛土の安定解析

(1) 基本的な考え方

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査に当たっては、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することができる。これは、盛土は既往の経験・実績から一般に復旧性に優れていること、基礎地盤の処理、排水処理、十分な締固め等の入念な施工が行われていれば、被害は限定的であることを考慮したものである。ただし、極めて重大な二次的被害のおそれのある盛土については、レベル2地震動に対する照査を行うことが望ましい。

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査手法には、土質・地質調査、試験も含めて多くの仮定や不確定要素を含んでおり、数値解析等の結果のみで判断するのではなく、数値解析等はあくまでも検討の一手段として取り扱い、周辺の道路等における類似盛土の条件（土質、盛土高等）、施工実績や災害事例等の調査も含めた総合的な検討を行う必要がある。

(2) 照査の方法

ア 照査指標と許容値

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査手法については、従来種々の動的照査法や静的照査法が提案されている。しかしながら、盛土の地震時挙動を精緻に推定することはいまだ困難であり、ここでは、実務への適用性を考慮して比較的良好に用いられる解析手法を示す。

(ア) レベル1地震動に対する照査

表-5.2.1 に示したレベル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地震時安全率の値が 1.0 以上であれば、盛土の変形量は十分に小さいと考えられるため、レベル1地震動に対して安全であるとみなすことができる。

(イ) レベル2地震動に対する照査

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地震時安全率の値が 1.0 以上であれば、盛土の変形量は限定的なものにと

どまると考えられる。なお、変形量を求める場合には、別途残留変形解析を行う必要がある。この場合については、算定した盛土の変形量が、設定した変形量の許容値を下回ることを確認する。

イ 照査手法

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査手法は、構造物の変形を直接的に求めることができる残留変形解析手法と構造物の地震時安定性を安全率等により照査する震度法による安定解析手法に大別される。残留変形解析手法は直接的に構造物の残留変形を求めることができるのに対し、震度法による安定解析手法は構造物の安定性の有無を照査するものであり、直接的に構造物の残留変形を評価するものではない。ただし、解析手法の種類によっては、これまでの被災事例等の分析により安全率に基づき経験的に盛土の変形性能や被災程度等を評価している手法もある。

残留変形解析手法には、構造物の地震時挙動を動力学的に解析する動的照査法と、地震の影響を静力学的に解析する静的照査法に大別される。動的照査法には、ニューマークのすべりブロック法や、動的弾塑性有限要素解析等がある。ニューマーク法は、入力パラメータの設定が円弧すべり法と同等であるが、比較的簡便に地震時の盛土の残留変位を求めることができる。動的弾塑性有限要素解析は、地震時の現象を詳細にモデル化したもので、詳細な地盤調査とそれに基づく入力データの設定と高度な技術的判断を必要とする。一方、静的照査法には、地震動による繰返し荷重による地盤の残留変形を見かけ上の剛性の低下によるものとしてモデル化して、静的な自重変形解析を実施する静的自重変形解析法等がある。

解析手法の選定に際しては、設計地震動の設定、構造物の地震時挙動、想定される被害形態、各々の解析手法のパラメータの設定方法、解析手法の適用限界、必要とされる精度等を考慮して、適切な手法を選定する必要がある。

ここでは、一般的な震度法によるものを記載する。残留変形解析手法については、道路土工等の関連技術書を参考とすること。盛土が主として慣性力で崩壊すると考えられる場合には、修正フェレニウス法に震度法を適用した式(5.2.2)を用いて安全率を算出することができる。本式では常時の強度を用いるが、地震動が作用すると水で飽和した土は、非排水条件での繰返し載荷の影響により地盤の強度が低下する場合もある。このため、土の強度低下が著しくない、十分な締固めがなされた山地部の盛土や粘性土の卓越した平地部盛土が一般的な適用範囲であり、液状化が生じる可能性のある地盤上の盛土等、地震動の作用による土の強度低下が著しい場合には適用できない。

$$F_s = \frac{\Sigma \{ c \cdot \ell + [(W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha] \tan \phi \}}{\Sigma \left(W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W \right)} \quad \dots\dots\dots \text{式 (5.2.2)}$$

ここに、

- F_s : 安全率
- c : 土の粘着力 (kN/m²)
- ϕ : 土のせん断抵抗角 (°)
- 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)
 a : 各分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (°)
 k_h : 式 (5.2.3) で定められる設計水平震度
 h : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離 (m)
 r : すべり円弧の半径 (m)

設計水平震度 k_h は、次式により算出することができる。ここに、地域別補正係数の値及び耐震設計上の地盤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」((公社)日本道路協会 平成 21 年 6 月)によるものとする。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \quad \dots\dots\dots \text{式 (5.2.3)}$$

- k_{h0} : 設計水平震度の標準値 (表-5.2.1 参照)
 c_z : 地域別補正係数 (表-10.1.20 参照)

表-5.2.1 に示す設計水平震度の標準値は、円弧すべり面を仮定した安定計算に用いることを想定して、既往地震における盛土の被害・無被害事例の逆解析結果に基づいて設定したものである。このため、上記以外の照査法により照査を行う場合には、表-5.2.1 の値を用いてはならない。なお、円弧すべり面を仮定した安定計算に用いるレベル 2 地震動の設計水平震度は、地震動タイプによらず一律に与えることとした。これは、既往地震の逆解析に用いたデータが限られているため、考慮すべき設計水平震度に地震動タイプによる有意な差が見られなかったためである。表-5.2.1 の設定根拠については、「道路土工—盛土工指針 付録 2. 地震動の作用に対する照査に関する参考資料」を参照すること。

表-5.2.1 設計水平震度の標準値 (k_{h0})¹⁶⁾

	地盤種別		
	I 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

なお、レベル 2 地震動に対する照査に適用する場合には、すべり円弧の設定に際して、法面表層付近のすべりは無視し、図-5.2.5 のように車道を横切る (法肩から 4 m 程度以上) 円弧を設定するのがよい。

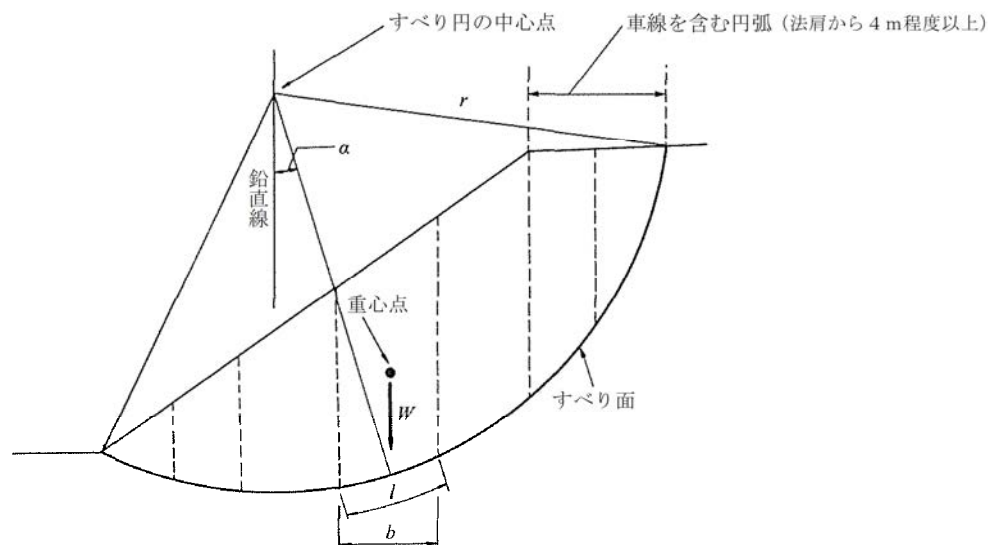


図-5.2.5 レベル2地震動に対するすべり面の設定¹⁶⁾

5.3 他の構造物との取付部の構造

盛土と切土や他の構造物との取付部には、通行機能に影響する道路供用開始後の段差等の発生を抑制するため、良質の材料を用い、適切な処理を施すものとする。

盛土と橋台、カルバート等の構造物との取付部、あるいは切り盛り境部、片切り片盛り部では、道路供用開始後に不同沈下による段差が生じやすく、そのため舗装の平坦性が損なわれがちである。このような変状の発生を抑制するために、これらの構造物等との取付部については盛土材料、締固め、排水、すり付けの処理等に特段の配慮をする必要がある。

(1) 構造物取付部の盛土

ア 構造物取付部の段差対策

構造物取付部の段差の発生は、軟弱な基礎地盤上に構築された盛土部分に多く見られるが、段差の原因としては、基礎地盤の沈下、盛土自体の圧縮沈下、構造物背面の盛土荷重による構造物の変位等が挙げられる。

盛土と構造物との取付部の段差を抑制する対策としては、以下に示す方法がある。

- ① 裏込め材料として、締固めが容易で、非圧縮性、透水性があり、かつ、水の侵入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を選ぶ。
- ② 構造物裏込め付近は、施工中、施工後において、水が集まりやすく、これに伴う沈下や崩壊も多い。したがって、施工中の排水勾配の確保、地下排水溝の設置等の十分な排水対策を講じる。
- ③ 盛土と構造物との取付部に踏掛版を設ける。
- ④ 軟弱地盤上の取付部では特に沈下が大きくなりがちであるので、プレロード等の必要な処理を行って、道路供用開始後の基礎地盤の沈下をできるだけ少なくする。

イ 裏込め及び埋戻しの材料

構造物の裏込め部、あるいは切土における構造物の埋戻し部には、良質の材料を使用しなければならない。

構造物の裏込め部や埋戻し部に用いる材料は以下の性質を有するものがよい。

- ① 供用開始後に構造物との間に段差が生じないような圧縮性の小さい材料
- ② 雨水等の浸透による土圧増加が生じないような透水性の良い材料

このため、裏込め部及び埋戻しの材料には粒度分布の良い粗粒度を用いることが望ましい。また、裏込め部に粗粒土を用いた方が地震による沈下の被害が少ないことも報告されており、地震対策上の観点からも望ましい。

表-5.3.1 は、裏込め及び埋戻しに最適と考えられる材料の粒度を示したものである。この表では最大粒径、細粒分（粒径 $75\mu\text{m}$ 以下）含有率、さらに、細粒分含有率が 25% 以下であっても圧縮性、透水性の観点から粘土分含有量を低く抑えるために、塑性指数の範囲を設定している。なお、このような良質材料を大量に使用することが工事費の面等から困難な場合には、大型の締固め機械を使用して十分な締固めが可能ならば、特にこのような良質材料に限ることなく入手できる盛土材料のうちから粒度分布の良い材料を使用してもよい。

表-5.3.1 裏込め及び埋戻しに適する材料¹⁶⁾

項 目	範 囲
最大粒径	100mm 以下
4, $750\mu\text{m}$ (No. 4) ふるい通過質量百分率	25～100%
$75\mu\text{m}$ (No. 200) ふるい通過質量百分率	0～25%
塑性指数 ($425\mu\text{m}$ ふるい通過分について)	10 以下

リ 裏込め及び埋戻しの構造

図-5.3.1 にボックスカルバートの裏込め構造の例を、図-5.3.2 に橋台の裏込め構造の例を示す。裏込め部は盛土に先行して施工するのが望ましい。これは、確実な締固め施工ができる施工スペースを確保でき、かつ、施工時の排水処理が行いやすいためである。

裏込め及び埋戻し部には雨水が集中しやすいので、排水施設を設ける（図-5.3.3 参照）。排水施設として構造物壁面に沿って裏込め排水工を設け、これに水抜き孔を接続し、集水したものを盛土外に導く。構造物壁面に沿って設置する裏込め排水工の材料としては、栗石等の自然材料のほかに土木用合成繊維で作られた透水性材料やポーラスコンクリートパイプ等がある。

湧水量が多い場所や地下水位が浅い場所に構造物を設置する場合は、図-5.3.4 に示すように、地下排水溝に加え透水性の高い砂利、切込み砕石等を用いた基盤排水層を設置するのがよい。

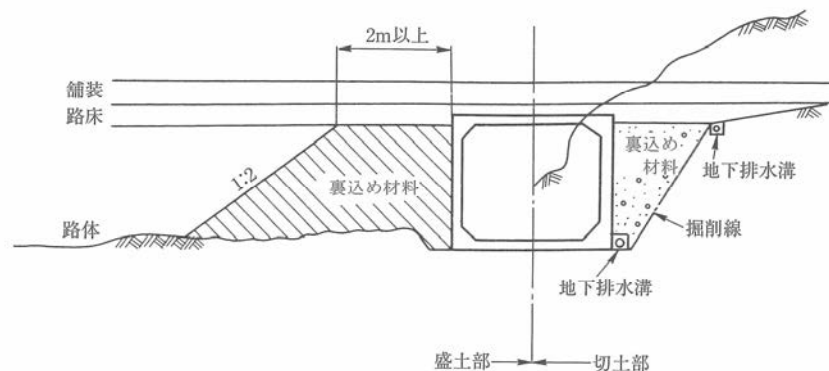
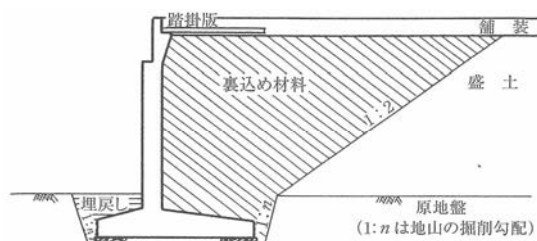
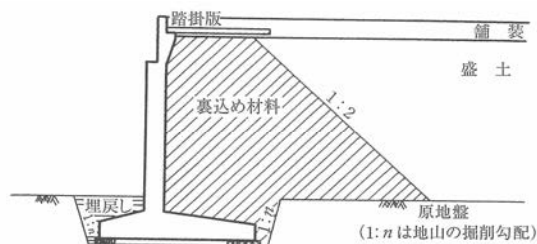
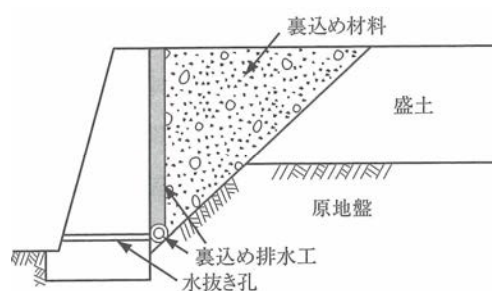
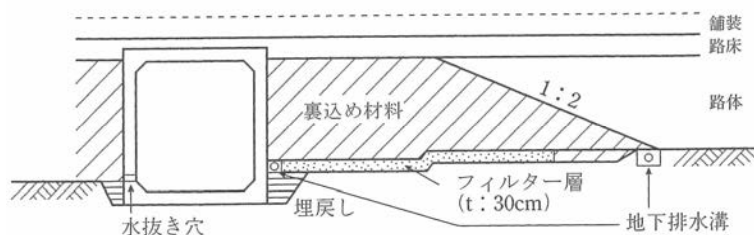


図-5.3.1 ボックスカルバートの裏込め構造の例¹⁶⁾

(a) 盛土部先行例



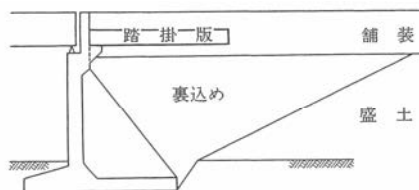
(b) 構造物先行例

図-5.3.2 橋台の裏込め構造の例¹⁶⁾図-5.3.3 構造物裏込めの排水¹⁶⁾図-5.3.4 湧水量が多い場合の排水工の例¹⁶⁾

(2) 踏掛版

踏掛版は、図-5.3.5 に示すように、盛土と橋台等の構造物との取付部に鉄筋コンクリート版を掛け、その境界に生じる段差の影響を緩和するものである。

これは車両の走行性の低下を防ぎ橋梁等の構造物本体への衝撃を緩和し、補修・補強対策費の低減にも寄与する。また、特に、地震により段差が生じることが多いため、踏掛版は地震対策として効果的である。

図-5.3.5 踏掛版の例¹⁶⁾

このように、補修・補強対策費の低減、地震後の通行機能を確保する観点から、盛土と橋台との取付部には、踏掛版を設置することが望ましい。また、盛土と土かぶりの薄いボックスカルバートとの取付部についても、踏掛版を設置する場合がある。

ただし、踏掛版を設置した場合には、維持管理段階で、踏掛版の下に生じる空洞の発見及び処置に留意する必要がある。したがって、特に以下のような場合には、道路の性格や効果、維持管理の容易性、経済性を考慮した上で、踏掛版の設置の可否を慎重に検討する必要がある。

- ① 地盤が良好で盛土高さ（構造物底面から路面まで）が6 m 未満で良質な裏込め材料が使用されるような場合
- ② ボックスカルバートで土かぶりが厚く、不同沈下の影響が土かぶり部である程度吸収されるような場合
- ③ 軟弱地盤上に設けられた構造物で地盤の残留沈下が大きく、かつ、長期にわたるため、踏掛版の設置効果が十分に果たされないおそれのある場合

踏掛版の長さは、一般に5～8 m 程度である。踏掛版の長さを決定する要因は多数あり、一般に次のように考えられている。

- ① 設計速度の高い道路ほど長いものが必要である。
- ② 以下に示すような沈下量が大きい盛土ほど長いものが必要である。
 - ・ 軟弱地盤上の盛土
 - ・ 盛土高の高い盛土
 - ・ 中抜き又は盛りこぼし型橋台に接続する盛土
- ③ 交通量が多い道路あるいは段差の補修作業が困難な箇所には長いものを設置し補修回数を少なくする。

表-5.3.2 に橋台接続部における踏掛版の設置長さの基準の例を示す。

表-5.3.2 橋台接続部における踏掛版設置長さ（例）¹⁶⁾

橋台の形式	地盤の種類	普通地盤		軟弱地盤
	裏込め材の種類 盛土高	切込砂利、硬岩等締固めによって細粒化しないもの	左記以外の材料	全ての条件
下記以外の形式	6m 未満	設置しない	5	8
	6m 以上 12m 未満	5	5	8
	12m 以上	5	5	8
中抜き盛りこぼし	6m 未満	5	5	8
	6m 以上	5	5	8

注) 盛土高とは、フーチングの下面から舗装面までの高さとする。

数字は踏掛版の長さ（単位：m）。

(3) 片切り片盛り部、切り盛り境部

片切り片盛り部や、切り盛り境部では、完成後に沈下や段差が生じる場合がある。このため、**図-5.3.6** のようなすり付けを行い、地下排水溝、基盤排水層を設置する必要がある。すり付け勾配は1:4を標準とし、排水溝は法肩、法尻の両方に設置する。切り盛り境部の縦断方向の構造については、**図-5.3.7** のようにすり付け区間を設けて、路床の支持力の不連続を避けるようにする。

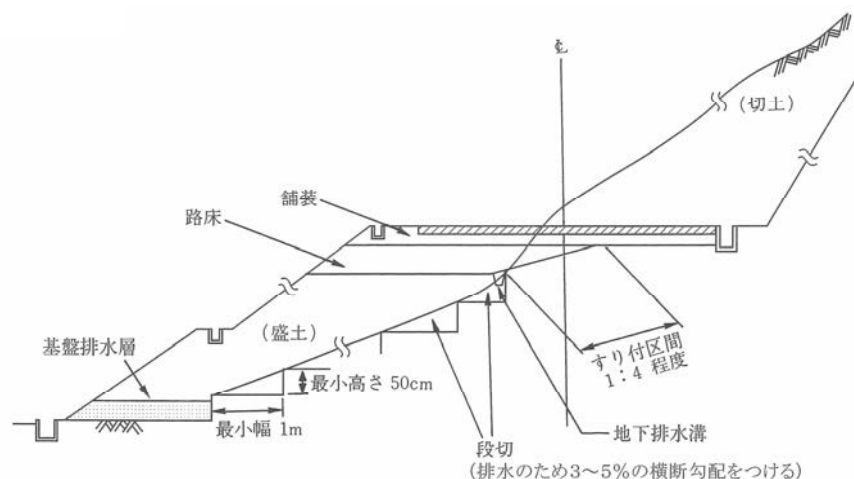


図-5.3.6 片切り片盛り部のすり付けの例¹⁶⁾

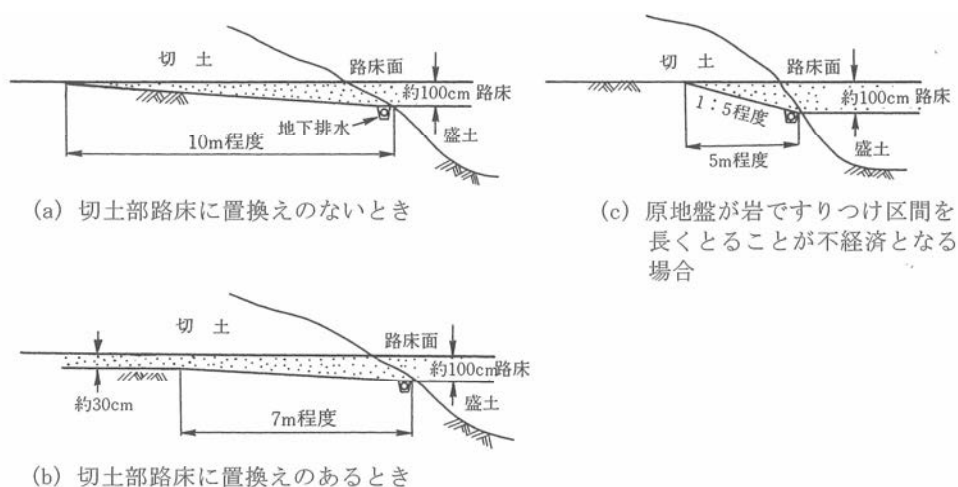


図-5.3.7 切り盛り境部のすり付けの例¹⁶⁾

5.4 補強盛土・軽量盛土

(1) 補強盛土・軽量盛土の適用

補強盛土・軽量盛土には以下のような特徴があり、現場の条件に応じて補強盛土・軽量盛土の適用を検討する。

- ① 法面を急勾配とすることが可能であるため、地形上・用地の制約等から急勾配盛土とする必要がある場合、擁壁と並んで有効な手法である。

- ② 土質材料の強度不足を補い、耐震性を高めることができる。
- ③ 軽量盛土は、軟弱地盤対策としても有効である。
- ④ 図-5.4.1 に示すように、切土構造を盛土構造にすることにより、切土量が低減でき、環境保全にも有効となる。

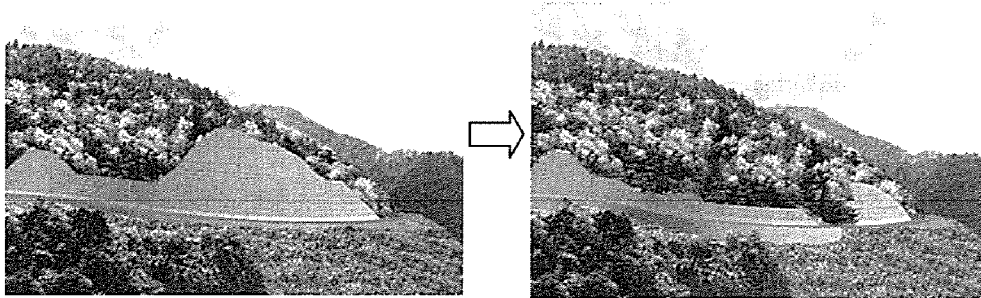


図-5.4.1 補強盛土・軽量盛土の山地部の道路への適用による切土量低減のイメージ¹⁶⁾

一方で、通常の盛土と比較して変状や損傷が生じた場合の復旧性に劣るものもあり、適用に当たっては変状や損傷が生じた場合の修復方法等について検討しておく必要がある。

補強盛土・軽量盛土を適用する場合、「5.1 一般事項」～「5.3 他の構造物との取付部の構造」に述べられている事項を踏まえた上で、図-5.4.2 に示すようなフローを目安に構造を選定する。擁壁形式を用いる場合、詳細については「10.1 擁壁」によるものとする。

補強盛土・軽量盛土に用いられる材料、技術について、現時点における代表的なものとその特徴、設計の考え方等を以下に示す。施工時の留意点については「道路土工－盛土工指針」が参考となる。

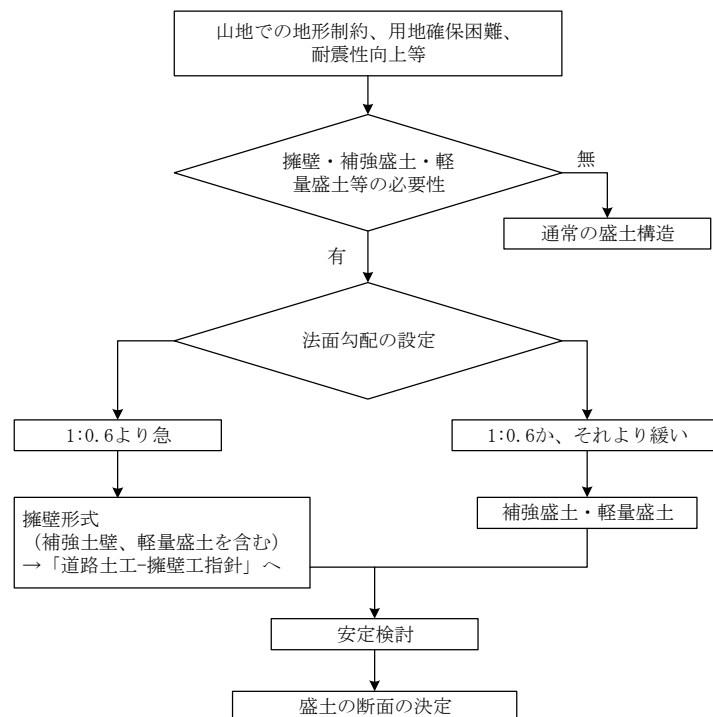


図-5.4.2 急勾配化のための構造選定フロー¹⁶⁾

(2) 補強盛土の特徴と設計の考え方

ここでは、安定した盛土を構築するための補強材を用いた補強盛土の概要について述べる。なお、法面勾配がかなりきつく（法面勾配 1 : 0.6 以上）なる場合には便宜上補強土壁に分類され、その設計の考え方については、「10.1.16 補強土壁」又は、「道路土工－擁壁工指針」（（公社）日本道路協会 平成 24 年 7 月）ほか関連技術書を参照されたい。

ア 概要と特徴

補強土は、ジオテキスタイル（織布、不織布、ジオグリッド、ジオネット等の総称）や鋼材（帯鋼や鉄筋）等の補強材を盛土中に敷設して、急勾配化、法面の安定性の向上、耐震性の向上を図るものがある。また、既設の盛土の急勾配化、安定化のためにアンカー構造を埋め込むものもある。補強盛土への適用方法としては、以下のような種類がある。

① 浅いすべり破壊や表面侵食の防止

- ・ 法面付近の転圧補助
- ・ 侵食を受けやすい土（細砂、まさ土、シラス等）からなる盛土の表面侵食の防止
- ・ 砂質土等のようにある程度の透水性をもち、しかも飽和度の上昇による強度低下の著しい材料を用いた盛土の表層すべりの防止

② 深いすべり破壊の防止

- ・ 高含水比粘性土による盛土の施工中の過剰間隙水圧の消散
- ・ 地山からの浸透水の影響を受けやすい盛土（傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土、片切り片盛り、切り盛り境部の盛土等）の排水と補強

③ 安定した高盛土の構築

④ 安定した急勾配盛土の構築

⑤ 重要盛土構造物の安定性の向上

イ 適用上の留意点

補強盛土の適用上の留意点を列挙すると次のとおりである。

- ① 沢部等の地山からの浸透水のおそれがある場合は、十分な排水工を設置した上で本工法を適用する必要がある。
- ② 補強材は、各種試験により特性を明らかにし、十分な強度、耐久性を有するものを用いなければならない。
- ③ 安全性、耐震性を高めることが可能である一方で、万一変状や損傷が生じた場合の補修が通常の盛土と比較して一般に困難であるため、十分な安全性、耐久性を持った構造とする必要がある。
- ④ 補強盛土の基礎地盤にすべりを生じやすい弱層や、既設の盛土等がある場合には、基礎地盤を通るすべりに対する安定の検討を行う必要がある。
- ⑤ 盛土材料としては、通常の盛土で使用されているほとんどの材料が使用できると考えてよいが、粘性土の含有が多い材料では、安定処理や排水機能をもつジオテキスタイルとの共用等を検討する。また、pH が 4 程度以下の強酸性土や pH が 12 程度以上の強アルカリ性の土や石灰安定処理土等では、補強材（ジオテキスタイル等）の種類によってはその耐久性に影響を及ぼす場合があるので、使用に当たっては化学的な耐久性試験を行う等、慎重な配慮を要する。このほか、岩砕や礫混じりの土では、施工中に補強材が損傷を受けるおそれがあるので、試験施工や破壊試験等による検討が必要である。

- ⑥ 補強盛土であっても、補強材の材質、配置のほかに、盛土材料、補強領域の排水、締固めが安定性に大きく影響するため、これらの事項について十分に配慮する必要がある。

リ 設計の考え方

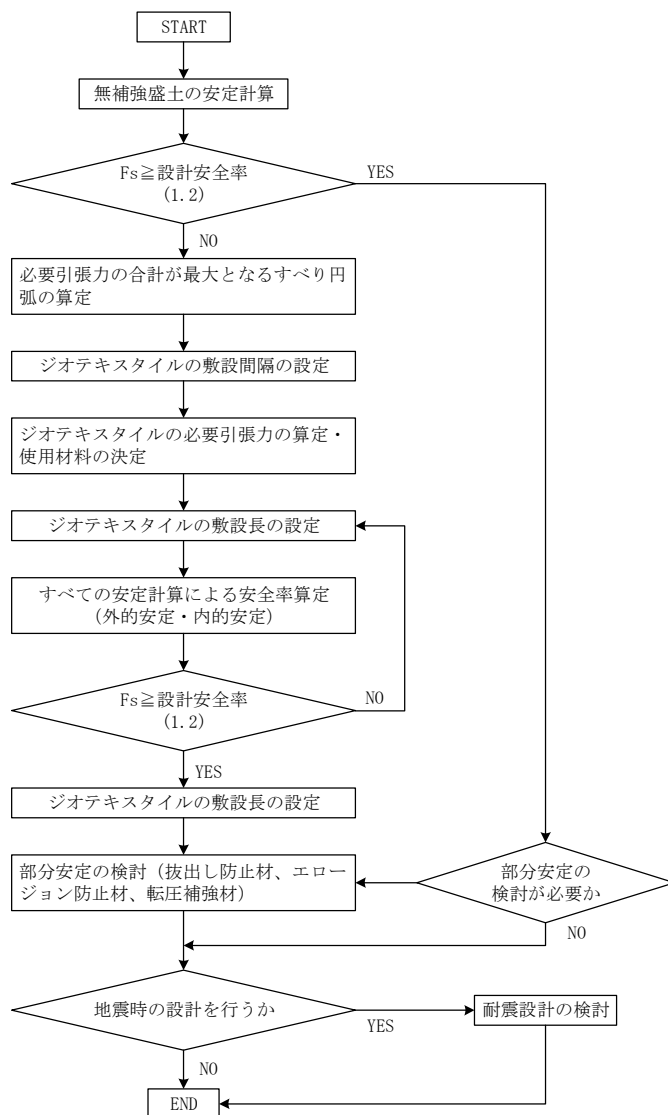
(ア) 浅いすべり破壊や表面侵食の防止

盛土の法面付近では締固めが不十分となりやすく、それが原因となって降雨時等に表層すべりや表面侵食が起こることがある。このため、通常の盛土では重機による転圧が行えるよう法面勾配を1:1.8程度まで緩くするが、ジオテキスタイルを利用することにより、比較的勾配のきつい盛土においても機械転圧を行うことが可能になる。転圧補助材としてジオテキスタイルを利用するときの標準的な方法としては、引張強度が2 kN/m程度以上のジオテキスタイルを敷設間隔30cm程度、敷設長2 m程度で配置するのがよい。

また、侵食を受けやすい土（細砂、まさ土、シラス等）で構築される盛土では、侵食のおそれの少ない細粒土等による土羽土を設けることが望ましいが、ジオテキスタイルを利用して盛土の侵食抵抗を高めることも可能である。侵食防止用ジオテキスタイルとしては、引張強度2 kN/m程度以上のものを敷設間隔30cm程度、敷設長1 m以上で配置することが望ましい。

(イ) 排水補強材としての設計

排水性を有するジオテキスタイルを利用して、高含水比粘性土による盛土の施工中の過剰間隙水圧の消散を図り、圧密による土の強度増加を促進することによって盛土を補強する方法である。この場合は、試験や実績等により十分な排水機能を有することを確認したジオテキスタイルを使用する必要がある。また、ジオテキスタイルの引張補強効果と排水効果を併せて期待することもある。

図-5.4.3 ジオテキスタイルによる補強盛土の一般的な設計手順¹⁶⁾

(ウ) 引張補強材としての設計

ここでは、ジオテキスタイルを引張補強材として用いた場合の基本的な考え方を示す。一般的な設計の手順を整理すると図-5.4.3のようになる。まず、「5.2 盛土の安定性の照査」に従い無補強盛土の安定計算を行い、安全率が所定の値を満足しない場合には、ジオテキスタイルによる補強を検討する。

補強盛土の設計に当たっては、補強盛土の破壊モードとして次の三つを考慮し、それぞれの破壊モードに対して安定が確保されるようにジオテキスタイルの必要引張強さ、敷設間隔、敷設長を決定する（図-5.4.4 参照）。

- ① 補強領域内部を通るすべり破壊に対する検討（同図（a）、（b））
- ② 補強領域の外側を通るすべり破壊に対する検討（同図（c））
- ③ ジオテキスタイルで挟まれた土塊の抜け出し、侵食等の検討（同図（d））

①の補強領域内部を通るすべり破壊に対する検討は、補強材の張力を考慮した次式のいずれかを用いる。

$$F_s = \frac{M_R + r \sum T_i}{M_D} \dots\dots\dots \text{式 (5.4.1)}$$

$$F_s = \frac{M_R + r \sum (T_i \cdot \cos \theta + T_i \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi)}{M_D} \dots\dots\dots \text{式 (5.4.2)}$$

ここに

- F_s : 安全率
 M_R : 無補強時の土塊の抵抗モーメント (kN/m・m)
 $M_R = r \sum [c \cdot \ell + \{(W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha\} \tan \phi]$
 M_D : 無補強時の土塊の滑動モーメント (kN/m・m)
 $M_D = r \sum \left(W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W \right)$
 θ : ジオテキスタイルとすべり線の交点とすべり線中心を結ぶ直線が鉛直線となす角度 (°)
 T_i : 各ジオテキスタイルの引張力 (kN/m)
 c : 土の粘着力 (kN/m²)
 ϕ : 土のせん断抵抗角 (°)
 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を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (°)
 k_h : 設計水平震度 (小数点以下2桁に丸める) 式 (5.2.3) 参照
 h : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離 (m)
 r : すべり円弧の半径 (m)

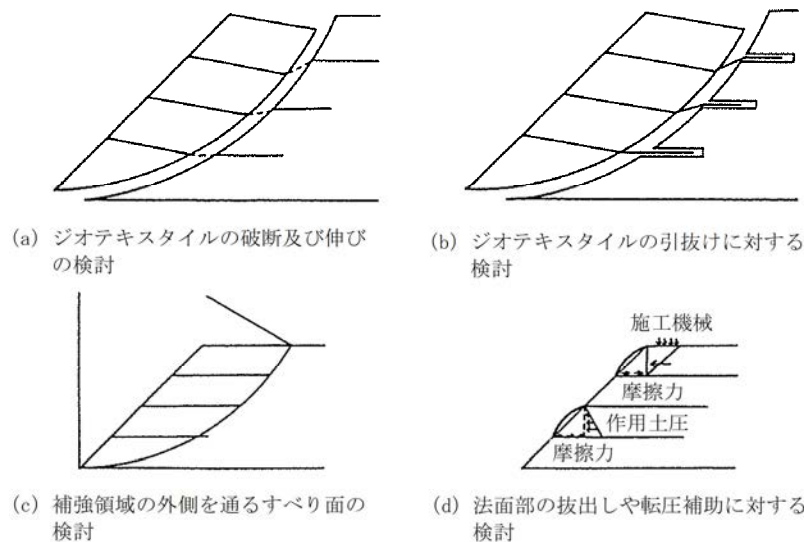


図-5.4.4 ジオテキスタイルによる引張補強を行う際に検討すべき破壊モード¹⁴⁾

各ジオテキスタイルの引張力としては、ジオテキスタイルの発揮可能な引張強さを用い、ジオテキスタイルの許容引張強さとジオテキスタイルの引抜き抵抗力の小さい方をとる。

また、地震動の作用に対する安定性の照査及び用いる設計水平震度の大きさと許容安全率については、「5.2.2 地震動の作用に対する盛土の安定解析」に準じてよい。

ジオテキスタイルの許容引張強さは、ジオテキスタイルの基準強度や力学的特性を考慮して、荷重の組合せに応じて、適切な安全度が確保できるように設定しなければならない。したがって、ジオテキスタイルの設計引張強さは、単に引張試験による最大引張強さを用いるのではなく、ジオテキスタイルのひずみレベルやクリープ限度強さを考慮したものとする。すなわち、クリープ変形によってジオテキスタイルの伸びが大きくなりすぎたり、あるいは破断したりしないように、クリープ試験によって、耐用年数内に生じるジオテキスタイルのひずみが許容値内に収まるようなクリープ限度強さを考慮して設計引張強さを決定する。この場合、ジオテキスタイルの耐用年数としては、おおむね100年程度を目安とする。さらに、施工中にジオテキスタイルが損傷を受ける可能性がある場合やジオテキスタイルを接合して使用する場合、あるいは強酸性、強アルカリ性の土壌条件、地熱地帯等の熱の影響を受ける条件、水的作用を繰り返し受ける条件等で使用する場合は、これらの環境下におけるジオテキスタイルの引張強さやクリープ限度強さの低下を調べ、必要な材料安全率を見込まなければならない。

(3) 軽量盛土の特徴と設計の考え方

盛土自体を軽量化し、地盤に加わる負荷や隣接する構造物に作用する土圧を軽減しようという盛土構造である。

軽量盛土は、基礎地盤の種類によらず適用でき、盛土自体の荷重を低減するため、沈下量の低減、すべり安定性の向上、側方流動の抑制及び材料によっては遮水等の幅広い効果を有するものである。その他の対策工法との併用も困難ではなく、これによって、地盤改良や構造物断面が低減できる。

現在我が国で使用されている軽量盛土材料の種類をまとめると、表-5.4.1のとおりである。なお、軽量盛土は擁壁にも利用されることが多いため、設計等留意事項については、「10.1 擁壁」を参照する。

表-5.4.1 代表的な軽量盛土工法¹⁶⁾

軽量盛土材料の種類	単位体積重量(kN/m ³)	特徴	備考
発泡スチロールブロック	0.12～0.3	超軽量性、合成樹脂発泡体	- 標準的寸法は2m×1m×0.5m - 一軸圧縮試験による5%圧縮ひずみ時の圧縮応力で定義して、単位体積重量に応じて70～180kN/m²程度の圧縮強さがある。
気泡混合軽量土	5～12 程度	密度調整可、流動性、自硬性、発生土利用可	- 流動性があり施工が容易 - 泥土等の低品質な土を含む様々な発生土の使用も可能
発泡ウレタン	0.3～0.4	形状対応性、自硬性	- 圧縮強度：120kN/m²以上 - 使用温度範囲：-70℃～80℃で耐薬品性に優れている。
発泡ビーズ混合軽量土	7 程度以上	密度調整可、土に近い締固め・変形特性、発生土利用可	- 通常の土に近い変形追随性があり、透水性も調整が可能 - 水と固化剤を加えてスラリー状にするタイプもある。
水砕スラグ等	10～15 程度	粒状性、自硬性	材料の環境安全性を土壤環境基準等で確認し、地下水位より上部に使用する必要がある。
火山灰土	12～15	天然材料（シラス等）	- 地域性があるので、入手が可能な地域か確認が必要 - 材料の環境安全性を土壤環境基準等で確認し、地下水位より上部に使用する必要がある。

5.5 性能設計

盛土の設計に当たっては、前項までの標準法面勾配を適用するほか、後述する性能設計に基づき行うことも可能である。なお、「5.1 一般事項」～「5.4 補強盛土・軽量盛土」に従って設計するとともに、適切に施工、品質管理、維持管理が行われる場合には、後述する性能を満足するとみなしてよいこととしている。なお、本項目は基本事項のみ記載しているため、詳細は関連する技術図書を参考とする。

5.5.1 性能設計の基本

使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮し、原則として、想定する作用に対して要求性能を設定し、それを満足することを照査するものである。

また、これらは論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる手法等、適切な知見に基づいて行うものとする。

(1) 要求性能と照査

盛土の設計に当たっては、原則として、使用目的との適合性、構造物の安全性について、「5.5.2 想定する作用」に示す想定する作用に対して安全性、復旧性、使用性の観点から要求性能を設定し、盛土がそれらの要求性能を満足することを照査する。また、表面排水施設については、想定する降雨の下で安全性、使用性の観点から要求性能を設定することを基本とする。

(2) 設計手法

地盤や盛土材料の性状は一般的に複雑で、地盤の挙動や対策の効果を調査・設計段階で確実に把握し、工事中若しくは工事後の土工構造物の挙動又は周辺への影響を正確に予測することは困難であることが多い。このため、土工構造物の設計に当たっては、これまでの経験技術が重視されており、豪雨、地震等についても、特別な異常時を除いて考慮されているものとみなすことができる。また、法面保護工、地下排水施設や構造物取付部の設計等、現在の技術では定量的な照査の対象として取り扱うのが適当でなく、経験・実績に基づく仕様により設計するのが適当であるものが少なくない。

以上のことから、これまでの経験・実績から要求性能を満足するとみなせる仕様(材料・施工方法等)については、その適用範囲においてはこれを活用し、実績を大きく超える場合や、既往の事例から変状・被害が想定されるような条件の盛土について工学的計算を適用するよう配慮するのが望ましい。盛土の安定性の照査の詳細は「**5.2 盛土の安定性の照査**」に述べるが、図-5.1.6の検討フローを参照しつつ、適切な設計手法を用いるのがよい。また、基礎地盤の処理、盛土材料の選定、法面の構造、法面保護工や地下排水工、構造物取付部等は、「**4.3 特に注意の必要な基礎地盤**」「**5.1 一般事項**」「**5.3 他の構造物との取付部の構造**」に述べた経験・実績に基づく仕様を参考に設計するのがよい。

さらに、盛土の設計に当たっては、類似土質条件の地点の施工実績・災害事例等を十分に調査し、総合的な立場により決定することが大切である。この際、盛土の安全性等には、盛土の設置箇所の地形・地質、基礎地盤の性状、盛土材料の特性、表流水及び地下排水、湧水等の排水処理が大きく影響するため、設計に当たってはこれらの項目について十分配慮する必要がある。

5.5.2 想定する作用

盛土の設計に当たって想定する作用には、常時の作用、降雨の作用、地震動の作用及びその他の作用がある。その他の作用については、盛土の設置条件によって、凍上、水圧、浸透水や洗掘の作用等を考慮する必要がある。

5.5.3 盛土の要求性能

(1) 盛土に必要とされる性能

本技術書では、想定する作用に対して、使用目的との適合性、構造物の安全性について、安全性、復旧性、使用性の観点から要求性能を設定することを基本としている。各要求性能については、「**1.7.2.1 農道の要求性能**」を参照のこと。

(2) 盛土の要求性能の水準

盛土の「**1.7.2.2 要求性能の水準**」に対応する要求性能の水準は、表-5.5.1を基本とする。

表-5.5.1 盛土の要求性能の水準

性 能	盛土の要求性能	要求性能の水準	機 能
健全性を損なわない	損傷しても道路としての機能に支障を及ぼさない (道路としての通行機能に支障がない)	想定する作用によって盛土が健全である、又は盛土は損傷するが当該盛土の存する区間の道路としての機能に支障をおよぼさない性能	安全性、復旧性、使用性全てを満たす (通常の維持管理程度の補修で盛土の機能を確保できる)
限定された損傷にとどめる	損傷が限定的で道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる (一次通行規制を行うが、簡易な復旧により通行機能を回復する)	想定する作用による盛土の損傷が限定的なものにとどまり、当該盛土の存する区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる性能	安全性及び復旧性を満たす (盛土の機能が応急復旧程度の作業により速やかに回復できる)
致命的な損傷を防止する	損傷が道路の機能に支障を及ぼすが、致命的なものとはならない (全面通行止めは行うが復旧工事により通行機能が回復する)	想定する作用による盛土の損傷が当該盛土の存する区間の道路の機能に支障を及ぼすが、当該支障が致命的なものとはならない性能	復旧性、使用性は満足できないが、安全性を満たす (盛土には大きな変状が生じても、盛土の崩壊等により隣接する施設等に致命的な影響を与えない)

(3) 盛土の重要度

重要度区分は、盛土が損傷した場合の道路の交通機能への影響と、隣接する施設に及ぼす影響の重要性を総合的に勘案して決定するものとする。

盛土が損傷した場合の道路の交通機能への影響は、必ずしも道路の規格による区分を指すものではなく、迂回路の有無や緊急輸送路であるか否か等、万一損傷した場合の道路ネットワークとしての機能に与える影響の大きさを考慮して判断することが望ましい。

盛土の「1.7.3 重要度区分」に対応する標準的な重要度は、表-5.5.2を基本とした。

表-5.5.2 盛土の標準的な重要度区分

重要度区分	重要度の指標
A 種	影響が大きい施設 (基幹的農道及び幹線農道のうち、地域の防災計画上の位置付けや利用状況等に鑑みて、特に重要な道路の盛土又は損傷すると隣接する施設に著しい影響を与える盛土)
B 種	影響がある施設 (上記以外の盛土)

(4) 盛土の要求性能

盛土の設計で考慮する要求性能は、「5.5.2 想定する作用」に示した想定する作用と上記(3)に示した盛土の重要度に応じて、上記(2)に示す性能の水準から適切に選定する。一般的には、盛土の要求性能は表-5.5.3を基本とするのがよい。

表-5.5.3 盛土の重要度に応じた要求性能¹⁶⁾

重要度区分 想定する作用		A 種	B 種
常時の作用		損傷しても道路としての機能に支障を及ぼさない (道路としての通行機能に支障がない)	
降雨の作用		損傷しても道路としての機能に支障を及ぼさない (道路としての通行機能に支障がない)	
地震動の作用	レベル 1 地震動	損傷しても道路としての機能に支障を及ぼさない(道路としての通行機能に支障がない)	損傷が限定的で道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる(一次通行規制を行うが、簡易な復旧により通行機能を回復)
	レベル 2 地震動	損傷が限定的で道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる(一次通行規制を行うが、簡易な復旧により通行機能を回復)	損傷が道路の機能に支障を及ぼすが、致命的なものとはならない(全面通行止めは行うが復旧工事により通行機能が回復)

注) 5.1～5.4 に準じた設計であれば、表-5.5.3 の要求性能は満たすものとする。

5.5.4 盛土の性能の照査

盛土の設計に当たっては、原則として要求性能に応じて限界状態を設定し、想定する作用に対する盛土の状態が限界状態を超えないことを照査するものとし、設計に当たっては、前提とする盛土の要求性能を実現できる施工、品質管理、維持管理の条件を定めなければならない。

「5.1 一般事項」～「5.4 補強盛土・軽量盛土」に従って設計し、適切に施工、品質管理、維持管理を行えば、上記を行ったとみなすことができる。

5.5.5 盛土の限界状態

盛土の構成要素ごとの要求性能に応じた限界状態の考え方及び照査項目を例示すると、表-5.5.4 のとおりである。

なお、各限界状態に対応した変形量の許容値は道路及び盛土の特性によって異なるため、盛土の形式、想定される被災パターンと修復の難易、立地条件と周辺への影響、道路の社会的役割等を総合的に勘案して定めるのがよい。

表-5.5.4 盛土の要求性能に対する限界状態と照査項目¹⁸⁾

盛土の要求性能	盛土の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査手法
損傷しても道路としての機能に支障を及ぼさない (道路としての通行機能に支障がない)	盛土が健全である、又は盛土は損傷するが当該盛土の存する区間の道路としての機能に支障を及ぼさない限界の状態 (道路の安全性、復旧性、使用性を全て満足する観点から、盛土に軽微な亀裂や段差が生じた場合でも、平常時においての点検と補修、また地震時等においての緊急点検及び緊急措置により、道路としての機能を確保できる限界の状態)	基礎地盤	基礎地盤の力学特性に大きな変化が生じず、盛土、路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
		盛土	盛土の力学特性に大きな変化が生じず、かつ、路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
損傷が限定的で道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる (一次通行規制を行うが、簡易な復旧により通行機能を回復する)	盛土の損傷が限定的なものにとどまり、当該盛土の存する区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが、速やかに回復できる限界の状態 (道路の安全性及び復旧性を満足する観点から、盛土に損傷が生じて通行止め等の措置を要する場合でも、応急復旧等により道路の機能を回復できる限界の状態)	基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	変形	変形照査
損傷が道路の機能に支障を及ぼすが、致命的なものとはならない (全面通行止めは行うが復旧工事により通行機能が回復する)	盛土の損傷が、当該盛土の存する区間の道路の機能に支障を及ぼすが、当該支障が致命的なものとはならない限界の状態 (盛土の大規模な崩壊によって道路自体が失われたり、隣接する施設等への甚大な影響が生じたりするのを防止できる限界の状態)	基礎地盤	隣接する施設等へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	隣接する施設等へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査

5.5.6 照査方法

照査は、盛土の形式、想定する作用、限界状態に応じて適切な方法に基づいて行うものとする。
 盛土を含む構造物一般の性能照査方法を表-5.5.5に示す。

表-5.5.5 盛土を含む構造物一般の性能照査方法

照査方法	具体的手法	照査指標・許容値
論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた解析手法等	照査の対象となる項目(変形量等)を論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた適切な手法等で照査する。	・照査指標としては、安全率、沈下量、側方変位量等があり、照査指標の種類は照査項目(安定、沈下、変形の照査、地震動の作用に対する照査)や照査方法によって適切に定める。 ・限界状態に応じた許容値の設定は、構造条件、施工条件、日常点検、異常時の緊急点検と緊急復旧体制を含めた維持管理の容易さ等を考慮して定める。
既往の経験・実績から妥当とみなせる解析手法	既往の経験・実績からほぼ適切な結果を与えると見なせる解析手法等で照査する。	・既往の経験・実績から妥当な結果を与えるとみなせる解析手法、及び既往の経験・実績から要求性能を満足するとみなせる仕様の適用範囲については、「5.2 盛土の安定性の照査」～「5.4 補強盛土・軽量盛土」に示す。
既往の経験・実績から要求性能を満足すると見なせる仕様(標準法面勾配等)の適用	既往の経験・実績に基づいて要求性能を満足すると見なせる構造仕様を所定の適用範囲の下で適用する。	

注) 既往の経験・実績から要求性能を満足すると見なせる仕様は、定量的な照査という行為を必要としないが、ここでは便宜上同列に扱う。

引用・参考文献

- 1) (公社)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説（令和2年12月）
- 2) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」（平成15年4月）
- 3) 安田進、吉田望、安達健司、規矩大義、五瀬伸吾、増田民夫：液状化に伴う流動の簡易評価法、(公社)土木学会論文集、No. 638/Ⅲ-49、pp. 71-89（1999）
- 4) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：設計要領 第一集 土工保全編・土工建設編（令和2年7月）
- 5) (独)土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル(第3版)（2004）
- 6) (一財)土木研究センター：発生土利用促進のための改良工法マニュアル（1997）
- 7) (独)土木研究所：流動化処理土利用技術マニュアル（1997）
- 8) (独)土木研究所：建設汚泥再生利用技術マニュアル（2008）
- 9) (公財)日本産業廃棄物処理振興センター：建設廃棄物処理指針（1999）
- 10) (独)土木研究所監修、(一財)土木研究センター編：建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル（2009）
- 11) 松尾修、杉田秀樹、佐々木哲也：新潟県中越地震の被害から見た道路盛土の耐震技術の課題、土木技術資料、Vol. 47、No. 12、pp. 36-39（2005）
- 12) 竹下春見：新編道路工学、金原出版（昭和38年1月）
- 13) (公社)地盤工学会：盛土の調査・設計から施工まで(第一回改訂版)（平成22年7月）
- 14) (一財)土木研究センター：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル(第2回改訂版)（平成25年12月）
- 15) (公社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成30年5月）
- 16) (公社)日本道路協会：道路土工-盛土工指針（平成22年4月）
- 17) (公社)日本道路協会：道路土工-軟弱地盤対策工指針（平成22年8月）
- 18) (公社)日本道路協会：道路土工構造物技術基準・同解説（平成29年3月）
- 19) 農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年5月）
- 20) 農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和5年3月）