

第 Ⅲ 編 設 計

1 土 工

1 土 工

1-1	施工基面の設定条件	設、土-1
1-2	伐開、除根	設、土-1
1-2-1	伐開	設、土-1
1-2-2	除根	設、土-2
1-3	切土	設、土-2
1-3-1	切土法面勾配	設、土-2
1-3-2	法尻の余幅	設、土-2
1-3-3	切土小段	設、土-3
1-3-4	切土箇所の安定対策	設、土-3
1-3-5	土取場	設、土-4
1-4	盛土	設、土-4
1-4-1	盛土高	設、土-4
1-4-2	基礎基盤	設、土-4
1-4-3	盛土法面勾配	設、土-5
1-4-4	盛土小段	設、土-6
1-4-5	盛土材料	設、土-6
1-4-6	軟弱地盤の盛土	設、土-6
1	軟弱地盤の判定	設、土-6
2	基礎地盤	設、土-7
3	対策工の種類	設、土-8
4	対策工法	設、土-12
1-4-7	特殊盛土	設、土-16
1-5	残土	設、土-18
1-5-1	残土処理場の構造	設、土-18
1-6	不良土対策	設、土-18

1 土 工

1-1 施工基面の設定条件

路面の基準高となる施工基面高は、縦断線形の縦断勾配によって設定するものとし、交通の安全等のほか、路線選定条件の関連事項を十分に考慮のうえ、次によって選定する。

- 1 できるだけ横断的に切土及び盛土が均衡する縦断勾配を設定する。
- 2 縦断勾配変移点間の距離は、50m又は縦断曲線長を最小とする。
- 3 路面が砂利の林道では、路面洗掘を抑制するためできるだけ緩勾配とする。
- 4 最小縦断勾配は、路面水や側溝水の自然流下による排水を妨げない値とし、舗装路面やコンクリート二次製品等の側溝の箇所では0.5%以上、砂利路面や素掘り側溝の箇所では2.0%以上を目安とする。特に、曲線部にあっては、片勾配によって曲線内側が低くなることから、路面水や側溝水の帯水が生じない縦断勾配を設定する。
- 5 曲線部の縦断勾配は、合成勾配の最大値を超えないよう設定する。
- 6 勾配変移点は、小半径曲線、大盛土、構造物などの区間内はできるだけ避ける。
- 7 水面に接する区間の施工基面高は、その高水位から山地部で2.0m以上、平地部で1.0m以上を確保する。
- 8 暗きよの設置箇所については、土かぶり厚を考慮した縦断勾配を設定する。
- 9 土場、森林作業道の取付口等の林業作業用施設又は他の道路等との取付けは、施工基面を考慮して設定する。
- 10 橋梁箇所については、「8 橋梁工」に定める「8-1-4桁下余裕高」を考慮した縦断勾配を設定する。
- 11 洗越工の流路中央部分は、縦断勾配の凹型変移点とする。

1-2 伐開、除根

伐開及び除根は、伐開区域内の工事に支障となる立木、笹、雑草、倒木、切株等をあらかじめ除去する。

1-2-1 伐 開

伐開は、基礎地盤付近で植生を除去することとし、盛土区域内の立木については、地山の段切り等盛土基礎部の造成に必要な範囲について実施する。

なお、伐開区域は次の伐開幅及び延長とする。

- 1 切土、盛土等にあつては、その全延長と用地幅による区域。
- 2 構造物にあつては、床掘の最大外縁に1.0mを加えた長さの区域。ただし、アンカー等で部分的に点在する区域は除く。
- 3 地下掘削のトンネル等にあつては、地表掘削部分を対象として、構造物又は切土、盛土等に準じた区域。
- 4 橋梁にあつては、構造物の区域及び橋下等に架設施設等を設ける場合の区域。
- 5 仮設物、諸設備、残土処理場等を設ける場合は、切土、盛土等に準じた区域。

1-2-2 除 根

除根は、切土法頭及び盛土法尻が不安定とならないように留意し、切土箇所にあつては伐根 区域内、盛土箇所にあつては総幅員で施工基面下0.5m以内（アスファルト舗装等の場合は1.0m以内）であつて締固めに支障が生じる範囲内の根株について実施する。

1-3 切 土

1-3-1 切土法面勾配

1 切土法面勾配は、普通の土砂であつては1:0.8、緊結度の高い土砂にあつては1:0.6、風化しにくい岩石にあつては1:0.3を目安とし、地質及び地質構造、現地の自然条件、のり面保護工や擁壁工の要否、施工性、近隣の林道における切土法面の維持状況、災害による被災状況及び災害復旧に用いられた工種・工法等の既往の実績を参考に最も適切な勾配を検討する。

ただし、下部が岩石で上部が層厚1m程度以内の土砂層で構成される法面においては、安定性に支障がない場合に限り、土砂層の切土勾配は岩石と同じ勾配とすることができる。

2 除去する根株等は、林地への自然還元や建設資材としての利用を積極的に図る。

3 1断面における法面勾配は、可能な限り単一の勾配とするが、法面を構成する土質が複数の場合は、土質区分の比重に応じて区分以下となるように結合する。

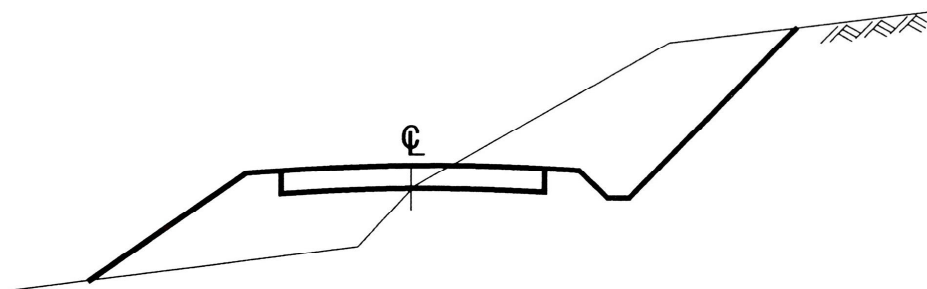
表1-3-1 切土における既往実績による標準法面勾配

道 路 土 工(施工指針)			林道の切土勾配
地 山 の 土 質	切土高(m)	勾 配	(割)
硬 岩		1:0.3~1:0.8	0.1~0.3
軟 岩	軟岩(II)	1:0.5~1:1.2	0.3~0.5
"	(I)B	"	0.5~0.8
軟 岩	(I)A	"	0.8~1.0
砂		1:1.5~	1.5~
砂 質 土	密実なもの	0~5	1:0.8~1:1.0
		5~10	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	0~5	1:1.0~1:1.2
		5~10	1:1.2~1:1.5
砂利又は岩塊まじり砂質	密実なもの、又は粒度分布の良いもの	0~10	1:0.8~1:1.0
		10~15	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、又は粒度分布の悪いもの	0~10	1:1.0~1:1.2
		10~15	1:1.2~1:1.5
粘 性 土 な ど		0~10	1:0.8~1:1.2
岩塊又は玉石まじりの粘性土		0~5	1:1.0~1:1.2
		5~10	1:1.2~1:1.5

1-3-2 法尻の余幅

切土法尻には、原則として余幅は設けない。ただし、L型、U型等の側溝を設置する場合には据付けに必要な余幅を設けることができる。

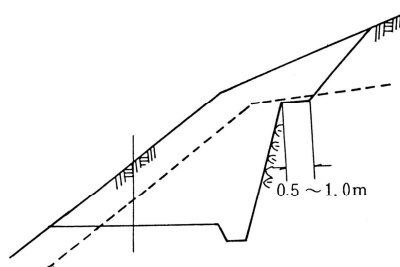
図1-3-1 のり尻の余幅



1-3-3 切土小段

- 1 切土法面には、原則として小段を設けない。
ただし、次のような場合には設置を検討する。
 - 1) 高さが10mを超える土砂の切土法面であって、法面が崩落するおそれのある場合
 - 2) 落石対策工等の基礎を設ける必要がある場合
- 2 小段の幅は、上記1)の場合は0.5m程度とし、上記2)の場合は設置する施設の基礎に応じた幅とするが、1.0mまでとすることを目安とする。小段の設置高は、上記1)の場合は5～10m程度ごとを目安とし、上記2)の場合は設置する施設の配置や規模に応じるものとする。
- 3 小段はできるだけ水平に設定することとし、小段上に雨水等が滞留しないよう横断方向に5～10%程度の勾配を設けることとする。地質構造その他の理由により小段を水平に設定できない場合、小段を水平に設定するより土工量を縮小できる場合、切土法面の安定性が優位な場合は、小段に路線の縦断勾配以下で可能な限り緩勾配の縦断勾配を設定することとし、小段上における雨水等の流量等に応じて縦排水工による排水対策を行う。
- 4 小段によって法面が浸食又は崩壊の恐れのある場合は、小段排水工等を設ける。

図1-3-2 切土小段の一例



1-3-4 切土箇所の安定対策

切土箇所の安定対策

地質構造等が不安定な箇所において切土を行う必要がある場合には、切土箇所の安定性を確保するため、次のような対策を講じる。

- (1) 地質構造が流れ盤である箇所の切土は、流れ盤の傾斜に沿った切土勾配とする、又は擁壁工ロックボルト、アンカー工を設置する。

なお、擁壁工等を計画する場合は、地層界におけるすべり等の流れ盤の影響による構造物の破壊や施工中の崩落に十分留意する。

- (2) 地質が強風化層である箇所の切土は、切土勾配を緩くする、又はのり尻付近に適切な基礎を設け擁壁等を設置する、若しくは良質な地層を定着部とするアンカー工を設ける。

なお、強風化層と弱風化層又は基岩の境界において地すべりの兆候がある場合は、アンカー工等の抑止工、地下水排水工等の抑制工を設ける。

- (3) 地質がシラスである箇所の切土は、切土勾配を急勾配とする、又はのり頭排水工を設ける、若しくはのり面保護工を設ける。

- (4) 地質が泥岩、蛇紋岩等の風化しやすい岩石である箇所の切土は、切土勾配を緩くする、又はモルタル吹付等ののり面保護工を設ける。

- (5) 節理の発達した岩石である箇所の切土は、節理の状況に応じて、モルタル吹付工やロープネット工等ののり面保護工、落石防護網工等を設ける。

- (6) 湧水や地下水の染み出しの多い箇所での切土は、地下水排水工若しくはのり面排水工又は

のり尻に透水性の擁壁工を設ける。

(7) 積雪寒冷地での切土は、地質、地質構造、土質、地下水の湧出状況等を踏まえるとともに、融雪水の流入又は凍結融解作用等を考慮してのり頭排水工及び侵食や凍結融解によるのり面崩壊等を防止するのり面保護工を設ける。

また、積雪の匍行により、切土のり面の侵食や植生工によるのり面保護工が損傷するおそれがあるため、工種の選定に当たっては十分留意する。

(8) 地すべり地形や崩落のおそれのある斜面の末端部での切土は、行わない。このような箇所を通過する必要がある場合は、盛土施工となるよう留意する。

1-3-5 土取場

土取場の設定については、宅地造成及び特定盛土等規制法（昭和 36 年法律第 191 号）第 13 条及び第 31 条に規定する技術的基準（同法施行令及び同法施行規則の関係条項を含む）、同法施行令第 20 条に規定する都道府県等の規則、盛土規制法の関連通知並びに盛土等防災マニュアル（令和 5 年 5 月 26 日）による。

1-4 盛 土

1-4-1 盛土高

盛土高は、基礎地盤の傾斜、地質、土質等の条件に適合し、盛土に適した材料により、盛土の安定、土工の抑制、森林へのアクセス、森林作業道の取付け、環境保全への配慮等から、可能な限り低くする。

1-4-2 基礎地盤

- 1 盛土の基礎地盤は、盛土重量、交通荷重等に対して必要な許容支持力を有すること。
- 2 基礎地盤に湧水、流入水等がある場合は、地下排水施設や盛土区域内に流入させないための地表排水施設等を設ける。
- 3 基礎地盤に植物の根系や腐植土壌がある場合にはこれを除去するとともに、基礎地盤が傾斜地である場合には盛土各層の設置状況に応じて段切り等により盛土基礎部を造成して盛土構造を安定させる。
- 4 地すべり地や崩壊地、崖錐地形の頭部では盛土を行わないこととするが、これらの箇所では盛土を行う必要がある場合には、地すべり等の条件に応じた対策を講じる。
- 5 軟弱地盤を基礎とする場合は、次の工法や地下排水施設との併用による対策を検討する。
 - ① 基礎地盤から横断勾配を付さない場合の施工基面までの盛土厚を 3 m 以下とする。
 - ② 火山灰等の軽量の盛土材料を使用する。
 - ③ 軟弱地盤の厚さ、地下水位や湧水等の基礎地盤の条件に応じ、置換工法、緩速載荷工法、サンドマット工法等を用いる。
 - ④ 発泡スチロール(EPS)ブロックのほか、発泡スチロールのビーズ、気泡モルタル等を混練した軽量盛土を用いる。

表1-4-1 基礎地盤の許容支持力

基礎地盤の土質	許容支持力 (KN/m ²)	基礎地盤の土質	許容支持力 (KN/m ²)
ぬれた砂	200	ごく軟らかい粘土	100以下
乾いた細砂	200~300	軟らかい粘土、ローム又はシルト	100
よく締まった細砂	300~600	乾いた硬い粘土	200~400
厚い層をなしている礫又は粗砂	500~800	特に乾いた状態で厚い層の粘土	400~600

1-4-3 盛土法面勾配

1 盛土法面勾配は、交通荷重、基礎地盤、盛土材料、気象条件、法面保護工の有無、種類等の条件に基づく安定計算結果、隣接物件の有無、近隣の盛土法面勾配等の実態によって決定するが、森林法等法令による特段の規定がなく、かつ、交通荷重、基礎地盤、盛土材料等の条件から特別に安定計算を行う必要がないと判断される場合は、次によることができる。

1) 法面勾配は1割5分を標準とする。

2) 法尻における基礎地盤の傾斜が概ね表1-4-3の値より急な場合であって、盛土高が10m程度以下の場合に限り1割2分とすることができる。ただし、必要に応じて法面保護工を設ける。

表1-4-2

盛土材料	礫交り土	その他の土
基礎地盤の傾斜(割)	3.0	2.0

2 地形その他の条件から法面勾配を1割2分より急にする必要がある場合は、法面保護工や土留工等の構造物の設置を含めて盛土の安定計算を行う。

3 1断面における法面勾配は可能な限り単一の勾配とするが、複数の法面勾配を用いる場合は法尻側を緩勾配とし、必要に応じて法面勾配別及び全体について安定計算などによる検討を行う。

4 理由

盛土を斜面基礎上に施工する場合、その基礎(地山)の勾配によっては盛土高が大きくなり、現場条件によっては薄層盛土となって安定を大きく損なう因子になる。ある限度以上の斜面基礎については、盛土のり勾配を急(1割2分)にすることによって、盛土高を小さくすることが可能になり、盛土に安定をもたらすことになる。

このことから、盛土材料を礫交り土とその他の土とし、これに対応する基礎地盤の傾斜をそれぞれ3割、2割とし、概ね表1-4-2の値より急な法尻付近における基礎地盤の箇所は、盛土高10m程度以下に限り1割5分より安定する1割2分を適用することができる。

上記理由は、昭和55年~57年の3ヶ年にわたって林野庁が実施した調査「林道盛土のり面安定調査」により、盛土の実態、崩壊、安定の細部調査、土質試験、安定計算等を行った結果である。

1-4-4 盛土小段

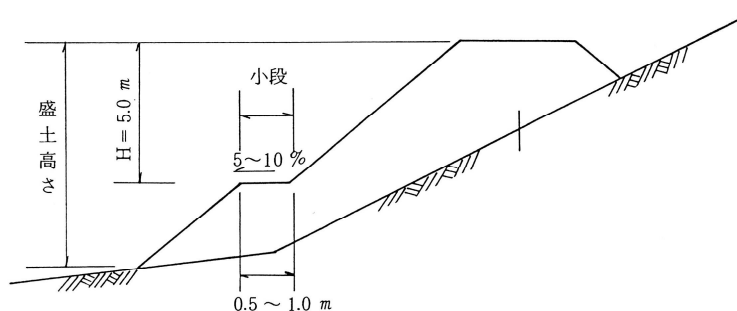
1 盛土高が5mを超える場合は、盛土厚が1.0m程度以下の薄層の盛土である場合を除き、盛土高5mごとに小段を設けることを標準とする。その際、次のような状態が生じないように留意する。

- 1) 小段への雨水等の滞留
- 2) 雨水等の盛土内への浸透

2 小段は雨水等が滞留しないよう横断方向に5~10%程度の横断勾配を付して幅0.5~1.0m程度で設ける。

地形その他の理由により小段を水平に設定できない場合、小段を水平にするより土工量を縮減できる場合、盛土の安定性が優位な場合は、小段上における雨水等の流量等に応じて縦排水工による排水対策を行う。

図1-4-1 盛土小段の設置



1-4-5 盛土材料

1 盛土材料は、原則として礫交り土、砂質土、破碎岩、破碎岩交じり土等の、良質な材料を優先して使用し、次のような盛土に適さない土は使用しない。

- 1) ベントナイト、酸性白土、植物の根系含む土、腐植土、珪藻土等の吸水性が高い土、火山灰性粘性土等の圧縮性が高い土
- 2) 凍土、氷雪及び土の含水状態を害するおそれのある土等~~もの~~

2 盛土不適土やこれに準ずる不良土を盛土材料に使用する必要がある場合には、良質の盛土材料との混合又はセメント若しくは石灰等による安定処理を行う。

3 高盛土高を高くする、又は盛土法面勾配を急勾配とする必要がある場合は、特に良質な盛土材料を使用する。

4 盛土に高含水比粘性土等の材料を使用する場合は、水平排水層を設ける、又は排水ブランケット等を用いることにより、排水性を高める。

1-4-6 軟弱地盤の盛土

1 軟弱地盤の判定

軟弱地盤は一般に粘土やシルトのような微細な粒子に富んだやわらかい土、間げきの大きい有機質土又はビート及びゆるい砂などからなる土層によって構成されている。これらの土層は、盛土及び交通荷重によって圧密沈下又はすべり破壊を伴うので、土質調査によって安定計算を行い限界盛土高、全沈下量及び対策工法を決定しなければならない。

- 1) 道路土工において表1-4-3、表1-4-4に示した程度の土層または土質からなる地盤の場合は、その地盤は軟弱地盤とみなす。

表1-4-3 軟弱地盤の区分と一般的な土質

地形的分布地域	地盤区分	土層土質区分		土質					
				自然含水比 Wn (%)	間隙比 ?n	一軸圧縮強さ qu (kg/cm)	N値		
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">枝谷</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">後背湿地</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">おぼれ谷</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">三角州低地</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">臨海埋立地</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">自然堤防海岸砂州</div> </div>	泥岩質地盤	高有機質土 (Pm)	ピート (Pt)	繊維質の高有機質土	300以上	7.5以上	0.4以下	1以下	
			黒泥 (Mk)	分解の進んだ高有機質土	300~200	7.5~5			
	粘性土地盤	粘性土 Fm		有機質土 (O)	塑性図A線下、有機質	200~100	5~2.5	1以下	4以下
				火山灰質粘性土 (V)	塑性図A線下、火山灰質、二次体積粘性土				
				シルト (M)	塑性図A線下、ダイレタンシー大	100~50	2.5~1.25		
				粘性土 (M)	塑性図A線の上なたはその付近、ダイレタンシー小				
砂質地盤	粗粒土 Cm		砂質土 (SF)	74μm以下15~50%	50~30	1.25~0.8	-	10~15以下	
			砂 (S)	74μm以下15%未満	30以下	0.8以下			

表1-4-4 軟弱地盤の調査の標準値

標準貫入試験 N 値	コーン貫入試験 qc (kg/cm ²)	盛土の安定および沈下
N > 4	qc > 4	沈下、安定について問題はない。
2 < N < 4	2 < qc < 4	盛土が特に高いと安定性が問題になることもあるが、一般には安定、沈下については一応の検討が必要
N < 2	qc < 2	安定及び沈下に対して十分な調査が必要

なお、盛土によって生ずる沈下量が過大なときは、単に盛土の土量を増すだけでなく、橋台、擁壁、あるいはカルバートなどに沈下や水平移動などの悪影響を与えることがあるので、盛土の沈下に対しては周辺地盤の沈下まで見込んで盛土量を設計したり、盛土の沈下が十分進んだ後に構造物を施工するなどの配慮が必要である。

2 基礎地盤

- 軟弱地盤等を基礎とする場合は、次の施工方法を検討し、あわせて地下排水工の併用を考慮する。

ア 盛土の施工基面高を3m以下とする。

イ 火山灰などの軽量の盛土材料を使用する。

ウ 軟弱層内の圧密による強度増加に対応した土量を、徐々に盛土する緩速施工法による。

- 水田、湿地又は地表の腐植土壌等が軟弱であって、基礎地盤の許容支持力が不足する場合は、軟弱層の厚さ地下水位又は排水量に応じた断面の地下排水工を設ける。特に軟弱層が厚

い場合又は地下排水工で十分でない場合は、0.5～1.0mの厚さのサンドマット工又は高分子材料のシートと薄層のサンドマットの組合せ工法による。

3 対策工の種類

軟弱地盤を処理するために採用される主な工法は表1-4-6のとおり。対策工の種類によって、得られる効果が異なることは当然であるが、対策工の効果は一般に単一ということではなく、主目的とする効果と、それに付随した二次的効果を併せもつことが多い。そうした意味から、表1-4-6には対策工法によって得られる効果を表1-4-5に示した記号を用いて併記し、主として期待される効果には○印を付して、他の二次的効果と区分している。

表1-4-5 軟弱地盤対策工の目的と効果

対策工の目的	対策工の効果	区分
沈下対策	圧密沈下の促進：地盤の沈下を促進して、有害な残留沈下量を少なくする。	A
	全沈下量の減少：地盤の沈下そのものを少なくする。	B
安定対策	せん断変形の抑制：盛土によって周辺の地盤が膨れ上がったり側方移動したりすることを抑制する。	C
	強度低下の抑制：地盤の強度が盛土などの荷重によって低下することを抑制し、安定を図る。	D
	強度増加の促進：地盤の強度を増加させることによって、安定を図る。	E
	すべり抵抗の増加：盛土形状を変えたり地盤の一部を置き換えることによって、すべり抵抗を増加し安定を図る。	F
地震時対策	液状化の防止：液状化を防ぎ、地震時の安定を図る。	G

表1-4-6 軟弱地盤対策工の種類と効果

工 法		工 法 の 説 明	工法の効果
表層処理工法	敷設材工法 表層混合処理工法 表層排水工法 サンドマット工法	基礎地盤の表面にジオテキスタイル（化学製品の布や網）あるいは鉄網、そだなどを敷広げたり、基礎地盤の表面を石灰やセメントで処理したり、排水溝を設けて改良したりして、軟弱地盤処理工や盛土工の機械施工を容易にする。 サンドマットの場合、圧密排水の排水層を形成することが上記の工法と違って、バーチカルドレーン工法など、圧密排水に関する工法が採用される場合はたいてい併用される。	Ⓒ D E F
置換工法	掘削置換工法 強制置換工法	軟弱層の一部または全部を除去し、良質材で置き換える工法である。置き換えによってせん断抵抗が付与され安全率が増加し、沈下も置き換えた分だけ小さくなる。 掘削して置き換えるか、盛土の重さで押出して置き換えるかで名称が分かれる。 地盤による液状化防止のために、液状化のしにくい砕石で置き換えることがある。	B C Ⓕ G
押え盛土工法	押え盛土工法 緩斜面工法	盛土の側方に押え盛土をしたり、のり面勾配をゆるくしたりして、すべりに抵抗するモーメントを増加させて盛土のすべり破壊を防止する。 盛土の側面が急に高くはならないので、側方流動も小さくなる。 圧密によって強度が増加した後、押え盛土を除去することもある。	C Ⓕ
盛土補強工法	盛土補強工法	盛土中に鋼製ネット、帯鋼またはジオテキスタイルなどを設置し、地盤の側方流動および地すべり破壊を抑止する。	C Ⓕ
荷重軽減工法	軽量盛土工法	盛土本体の重量を軽減し、原地盤へ与える盛土の影響を少なくする工法で、盛土材として、発泡材（ポリスチレン）、軽石、スラグなどが使用される。	Ⓖ D
緩速載荷工法	漸増載荷工法 段階載荷工法	盛土の施工に時間をかけてゆっくり立上げる。圧密による強度増加が期待できるので、短時間に盛土した場合に安定が保たれない場合でも、安全に盛土できることになる。盛土の立上りを漸増していくか、一時盛土を休止して地盤の強度が増加してからまた立上げるなどといった載荷のやり方で、名称が分かれる。 バーチカルドレーンなどの他の工法と併用されることが多い。	C D
載荷重工法	盛土荷重載荷工法 大気圧載荷工法 地下水低下工法	盛土や構造物の計画されている地盤にあらかじめ荷重をかけて沈下を促進した後、あらためて計画された構造物を造り、構造物の沈下を軽減させる。載荷重としては盛土が一般的であるが水や大気圧、あるいはウェルポイントで地下水を低下させることによって増加した有効応力を利用する工法などもある。	Ⓐ E

工 法		工 法 の 説 明	工法の効果
バ チド カレ ル ン 工 法	サンドドレーン工法 カードボード ドレーン工法	地盤中に適当な間隔で鉛直方向に砂柱やカードボードなどを設置し、水平方向の圧密排水距離を短縮し、圧密沈下を促進し、併せて強度増加を図る。 工法としては、砂柱を袋やケーシングで包むもの、カードボードの代わりにロープを使うものなど各種のものがあ り、施工法も鋼管を打込んだり、振動で押込んだ後砂柱を 造るものや、ウォータージェットでせん孔して砂柱を造る ものなど各種のものがある。	Ⓐ C E
サシ ンヨ ドン コバ ンイ パル ク工 法	サンドコンパ クションパイル工法	地盤に締固めた砂ぐいを造り、軟弱層を締め固めるとと もに砂ぐいの支持力によって安定を増し、沈下量を減ず る。施工法として打込みによるもの、振動によるもの、ま た、砂の代わりに砕石を使用するものなど各種のものがあ る。	A Ⓑ C Ⓕ Ⓖ
振 動	バイブロフロー ーション工法	ゆるい砂質地盤中に棒状の振動機を入れ、振動部付近に 水を与えながら、振動と注水の効果で地盤を締め固める。 その際、振動部の付近には砂または礫を投入して、砂ぐい を形成し、ゆるい砂質土層を締まった砂質土層に改良す る。	B F Ⓖ
締 固 め	ロッドコンパ クション工法	ゆるい砂質地盤の締固めを目的として開発されたもの で、棒状の振動体に上下振動を与えながら地盤中に貫入 し、締固めを行いながら引抜くものである。 地盤に上下振動を与えて締め固めるため、土の重量が有 効に利用できる。	B F Ⓖ
工 法	重錘落下締固め工法	地盤上に重錘を落下させて地盤を締め固めるとともに、 発生する過剰水を排水させてせん断強さの増加を図る。振 動・騒音が発生するため、環境条件・施工条件について事 前の検討を要するが、改良効果が施工後直ちに確認でき る。	B C Ⓖ

工 法		工 法 の 説 明	工法の効果
固 結 工 法	深層混合処理工法	軟弱地盤の地表から、かなりの深さまでの区間を、セメントまたは石灰などの安定材と原地盤の土とを混合し、柱体状または全面的に地盤を改良して強度を増し、沈下およびすべり破壊を阻止する工法である。施工機械には、かくはん翼式と噴射式のものがある。	ⓑ ⓒ ⓕ
	石灰パイル工法	生石灰で地盤中に柱を造り、その吸水による脱水や化学的結合によって地盤を固結させ、地盤の強度を上げることによって安定を増すと同時に、沈下を減少させる工法である。	ⓑ
	薬液注入工法	地盤中に薬液を注入して透水性の減少、あるいは原地盤強度を増大させる工法である。	ⓑ
	凍結工法	土中に凍結管と呼ばれる鋼管を設置し、地盤中の間げき水を人工的に凍結させるものである。 仮設工法として用いられることがある。	ⓕ
構 造 物 に よ る 工 法	矢板工法	盛土側方の地盤に矢板を打設して地盤の側方変位を減じて安定を高める。それによって周辺地盤への膨れあがりや沈下の影響も少なくする。	ⓒ ⓕ
	くい工法	既成ぐいを打設し矢板工法と同様な効果をねらう。この場合には盛土の下部にもぐいを打設して、盛土本体の安定性を増し、沈下を減少させるという工法もとられる。 支柱ぐいとしての作用をさらに高めるため、支持ぐいの上にスラブを打設して盛土をその上に施工する工法がスラブ工法で、橋台の背面の盛土箇所などに使われることがある。また、くい頭部を鉄筋で縦横に連結し、盛土を行う場合もある。	ⓑ ⓒ ⓕ
	カルバート工法 (高架工法)	盛土では荷重が大きく、不安定となり沈下量も大きいといった場合に盛土の代わりにカルバートを計画することもある。 またカルバートの代わりに、コルゲートパイプをならべて盛土をするなどの工法もある。軟弱地盤に盛土をする対策工の工事費が高くなったり、将来の維持が問題になる場合は高架形式がとられることもある。	ⓑ ⓓ

注) A～G : 表1-4-5 参照、○印 : 主効果

4 対策工法

軟弱地盤対策工法として有効であると考えられる工法は、次のとおりである。

1) 表層処理工法

ア サンドマット工法

本工法は、軟弱地盤上に厚さ0.5～1.2m程度の敷砂（サンドマット）を用いるものであるが、超軟弱地盤ではサンドマットのみで、トラフィカビリティを確保しようとするとう厚さが大になり不経済となる場合が多く、表層排水工あるいは敷設材工を併用する。サンドマットの標準的な厚さは表1-4-7による。

表1-4-7 サンドマットの標準的な厚さ

表層部のコーン支持力 q_c (kgf/cm ²)	サンドマットの厚さ (cm)
1.0 以下	80 ～ 120cm
1.0 ～ 2.0	50 ～ 80cm
2.0 以上	50 cm 程度

イ 敷設材工法

本工法は、敷設する材料のせん断力および引張力を利用して施工機械のトラフィカビリティを確保するとともに、盛土荷重を均等に支持して地盤の局所的な沈下および側方変位を減じ、地盤の支持力の向上を図ることを主目的としている。建設材としては古くから、そだ、竹柵などが用いられてきたが、入手の難易性、施工の迅速性などの面から、近年ではジオテキスタイルなどが用いられている。なお、本工法は表層処理工法であって、あくまでもトラフィカビリティの確保と初期盛土の安定を目的としており、後述する盛土補強工法のように積極的に盛土全体の安定を確保することまで目的としていない。

ウ 表層混合処理工法

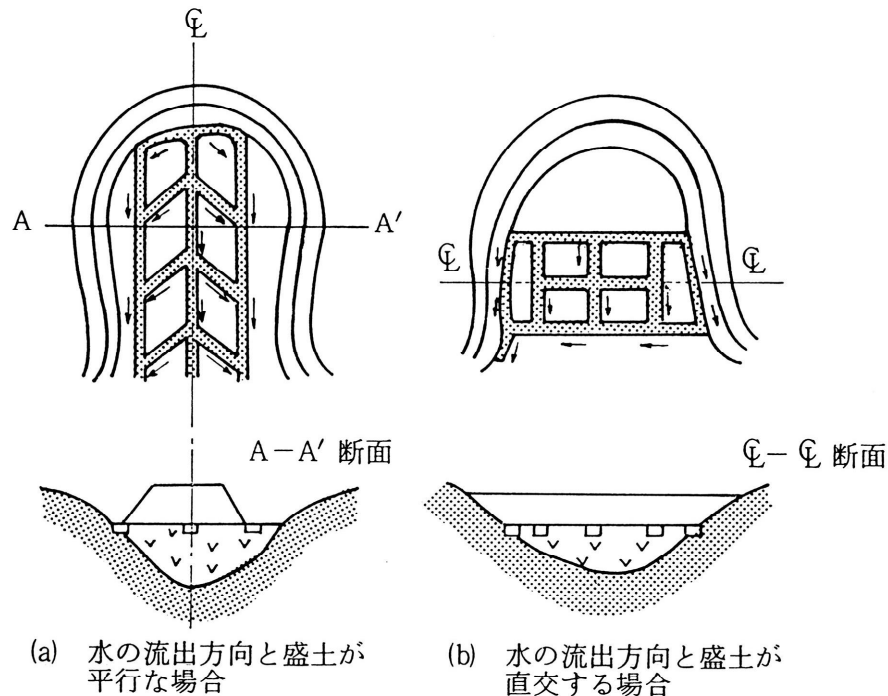
本工法は、軟弱な表層粘性土に石灰やセメントなどの安定材を混入し、地盤の圧縮性や強度特性などを改良することにより、重機のトラフィカビリティの確保や支持力の増加を図るものである。

本工法の目的のためには、生石灰や、消石灰、セメントなどの安定材がよく用いられる。

エ 表層排水工法

本工法は、地表面にトレンチを掘削して、表面水を排除し、同時に地盤表層部の含水比を低下させ、施工機械のトラフィカビリティを確保する。開削したトレンチは盲排水溝としての効果を発揮させるため透水性の良い砂礫で埋戻す。トレンチの寸法は一般に0.5m、深さ0.5～1.0m程度とする。

図1-4-2 トレンチの配置例



2) 載荷重工法

ア 載荷重工法

載荷重工法は、盛土上あるいは盛土に隣接して設置される舗装または構造物、あるいは盛土内に埋設される構造物に生じる有害な沈下および破壊を防止するために、あらかじめ軟弱地盤の圧密沈下を促進させるとともに強度増加を図る工法である。圧密沈下を促進させる工法としては、①地盤に加わる全圧力を増す工法と②土中の間げき水圧を減らして有効応力を増す工法がある。①の工法では、盛土荷重を用いる場合が一般的であるので盛土荷重載荷工法と呼ばれる。②の工法では、ウェルポイント、ディープウェルなどによる地下水低下工法と、地表面に砂を敷き不透水膜をかぶせて真空にし、大気圧により圧密を促進させる大気圧載荷工法とがある。盛土荷重載荷工法は常に地盤の安定を考える必要があるのに対して、地下水低下工法、大気圧載荷工法は地盤の破壊を招くおそれがない点が優れている反面、適用地盤が限られ、一般に工費が高くなるなどの欠点がある。

イ 緩速載荷工法

軟弱地盤における盛土の施工にあたっては、地盤が破壊しない範囲に盛土速度を制御することが基本である。各種の軟弱地盤対策工が行われている場合には、地盤の強度は無処理よりも大きくなっているので、比較的速い速度での施工が可能となる。一方、無処理の場合は盛土速度を遅くせざるを得ない。緩速載荷工法は、できるだけ軟弱地盤の処理を行わないかわりに、時間をかけてゆっくり盛土を行う工法である。この方法は、特別な施工機械あるいは材料を要するわけではなく、時間だけを必要とするのであるから、他の工法

に比べて経済的であり、一般に他の軟弱地盤対策工法に先行あるいは併用して検討される。

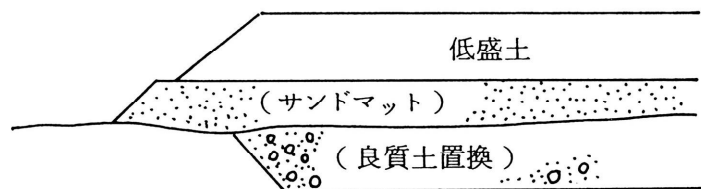
本工法は地盤の圧密進行に伴い、逐次変化する地盤のせん断強さの増加のみを期待する。したがって、圧密に要する時間は排水距離の2乗に比例することから、軟弱層が厚い場合は圧密に長時間を要するので、バーチカルドレーン工法と併用して用いられる。しかし、軟弱層の厚さが薄い場合や、軟弱層中に何層もの砂の薄層を挟み実質的な排水距離が短い場合には、比較的圧密が早く進むので、本工法単独で適用される場合も多い。

3) 置 換 工 法

本工法は、軟弱土と良質土を入れ換える工法であり、盛土の安定確保と沈下量の減少を目的としている。本工法は施工方法により、軟弱土を掘削し良質土を埋め戻す掘削置換工法と盛土自重により軟弱土を押し出す強制置換工法に分類される。いずれの工法も比較的施工が容易であり、また短時間にその目的を達成できる場合が多いが、掘削置換工法の方が確実性が高い。一般に置換材としては、水浸によっても支持力の低下しにくい粗粒土を用いる。なお、排水して施工する場合には必ずしも粗粒土でなくてもよいが、十分な締固めを行う必要がある。

また、掘削あるいは押し出された軟弱土の捨場所はできるだけ近くに確保することが望ましく、運搬中に使用道路を汚さないような処置を必要とする。

図1-4-3 置 換 工 法



4) ～1 サンドコンパクションパイル工法

本工法は、衝撃荷重あるいは振動荷重によって砂を地盤中に圧入し砂ぐいを形成させるものであり、ゆるい砂質地盤に対しては液状化の防止のために、粘土質地盤では支持力を向上させたり沈下量の減少を図る目的で用いられる。また、砂の入手が困難な場合や、より大きなパイル強度を必要とする場合は、砂の代わりに碎石や砂利などが用いられることもある。

この場合は、砂利コンパクションパイルまたは碎石コンパクションパイルなどと呼ばれているが、改良原理はサンドコンパクションパイルと同じである。なお、サンドコンパクションパイルを軟弱な粘土質地盤や泥炭質地盤に施工すると、打込みによって地盤を乱し、一時的に著しい強度低下をもたらすことがあるので注意しなければならない。

本工法の原理は、砂質地盤と粘土質地盤の場合に異なる。

(i) 砂 質 地 盤

打設時の振動による締固め効果と砂の圧入による締固め効果を併用したもので、砂質地盤の間げき比を減少させ、密度を増してせん断強さの増大を図るものである。

(ii) 粘 土 質 地 盤

軟弱な粘土質地盤中に多数の砂ぐいが打ち込まれると、砂ぐいと粘性土により構成され

た複合地盤となる。この複合地盤上に載荷すると、パイル砂と粘性土とはその物理的、力学的な性質が異なるため、載荷重は砂ぐいに多く分担される。その結果、粘性土に加わる応力は軽減し、圧密沈下量も小さくなる。また、せん断強さは粘性土より砂の方が大きいので、粘性土と置き換えた分だけ地盤の強度は増加する。このほか、バーチカルドレーンと同様に排水柱としての効果も期待できる。

4) ～2 固結工法

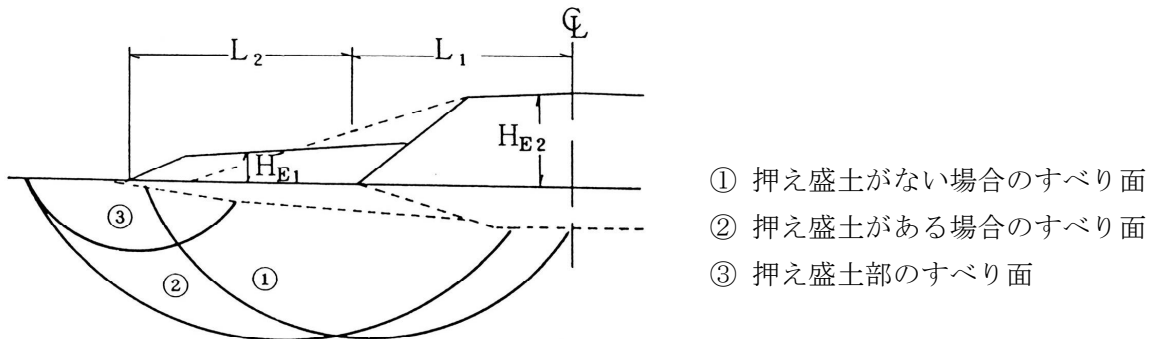
固結工法は、セメントや石灰などの安定材による科学的固結作用、あるいは人工凍結などにより軟弱地盤を固結させ安定させる工法である。

科学的固結工法には、安定材と原位置の軟弱土を強制的にかくはん・混合する深層混合処理工法、地盤中に生石灰パイルを打設してその脱水・固結作用で地盤を改良する石灰パイル工法、さらには薬液を地盤中に注入する薬液注入工法などがある。

5) 押え盛土工法

ア 押え盛土工法は、主として施工中に生ずる盛土のすべり破壊に対して所要の安全率が得られない場合、盛土本体の側方部を押さえ盛土の安定を図る工法である。この工法は、盛土敷幅が著しく増すので、盛土法面勾配を緩くした場合と同様の効果が期待できる。

図1-4-4 押え盛土の有無による最終沈下とすべり面



- ① 押え盛土がない場合のすべり面
- ② 押え盛土がある場合のすべり面
- ③ 押え盛土部のすべり面

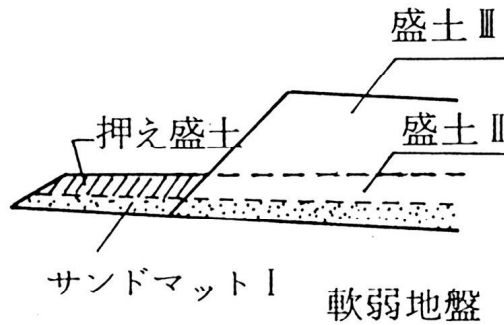
なお、地盤の表層部が極めて軟弱な場合は、押え盛土自体ののり先にすべり破壊③が生じることも多いので、押え盛土の高さHは、一般に次式で求めた値以下とする。

$$H_{E2} = \frac{H_{EC}}{F_s}$$

ここに H_{EC} : 限界盛土高
 F_s : 安全率

イ 押え盛土の施工は、一般に次の図に示すように押え盛土部を含めてサンドマットⅠおよび盛土Ⅱを施工し、引き続いて盛土本体Ⅲの順序で行う。

図1-4-5 施工順序

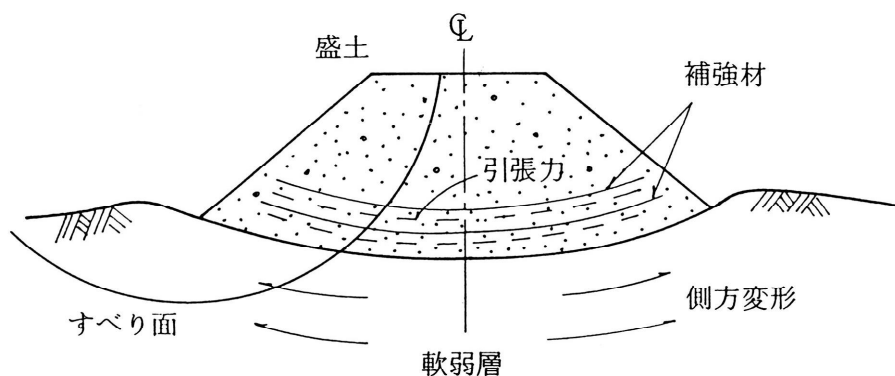


6) 盛土補強工法

盛土補強工法は、盛土中に鋼製ネット、帯鋼またはジオテキスタイルなどを設置し、図1-4-6に示すように補強材が盛土と一体化することによって、地盤の側方流動に伴う盛土底面の広がりや拘束し、さらには盛土のすべり破壊を抑制することを目的とした工法である。

この方法は、工費が安いいため、単独または他の対策工法の補助的な目的で用いられることが多い。

図1-4-6 盛土補強工法の概念



1-4-7 特殊盛土

盛土の構造等が、次のように特殊な場合は、既往の実態、安定計算などの資料を基に検討し、排水施設、擁壁、法面保護工等の対策を講ずる。

- 1 盛土高が10m程度以上又は急な面勾配の盛土
- 2 流水、湧水、浸透水等の影響を受ける盛土
- 3 不安定な基礎地盤上の盛土
- 4 基礎地盤になじまない長い薄層の盛土
- 5 人家、学校、道路等に隣接する盛土
- 6 発泡スチロールブロック（EPS）や発泡スチロールのビーズ、気泡モルタルなど混練した軽量盛土（土圧軽減工法）
- 7 安定計算
 - 1) 安定計算は、すべり面上の土塊を地表の変化点とともに6～8個程度に分割して、最も安全率の小さいすべり面について行う。
 - 2) 過剰な間隙水圧のない盛土の安定計算は、次式の全応力法による。

$$F_s = \frac{R \sum S \cdot L}{\sum W \cdot X} = \frac{\sum (C \cdot \ell + W \cdot \cos \theta \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \theta}$$

ここに

F_s = 安全率

R = 円弧の半径 (m)

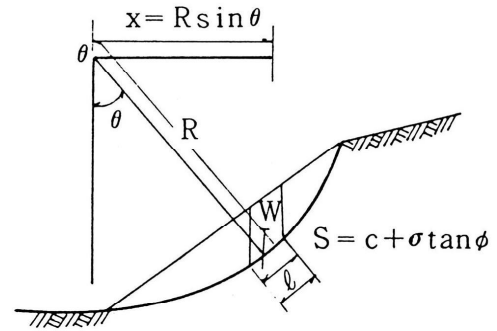
W = 分割片の重量 (t/m)

ℓ = 各分割片がすべり

面を切る弧長 (m)

S = 土のせん断強さ (t/m²)

= $C + \sigma \cdot \tan \phi$



ここに C = 土の粘着力 (t/m²)

σ = すべり面上の垂直応力 (t/m²)

ϕ = 土の内部摩擦角 (度)

x = 円弧の中心と分割片の間の水平距離 (m)

θ = 分割片とすべり面の傾斜角 (度)

3) 次のような盛土の安定計算は、間隙水圧を考慮した有効応力法による。

ア 高含水比粘性土等による施工中の盛土

イ ゆう水又は浸透水などの避けられない盛土

ウ 流水又は貯水に接する盛土

4) 有効応力法による安定計算は次式による。

$$F_s = \frac{R \sum S \cdot \ell}{\sum W \cdot X} = \frac{\sum \{C' \cdot \ell + (W \cdot \cos \theta - u \cdot \ell) \tan \phi'\}}{\sum W \cdot \sin \theta}$$

ここに S = 土のせん断強さ (t/m²) = $C' + \sigma' \cdot \tan \phi'$

ここに C' = 有効応力にもとづく土の粘着力 (t/m²)

σ' = すべり面上の垂直方向の有効応力 (t/m²)

= $\sigma - u$

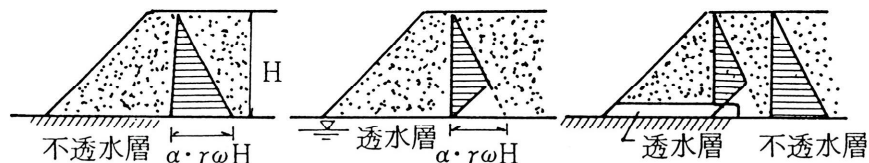
ϕ' = 有効応力に基づく土の内部摩擦角 (度)

u = すべり面に作用する間隙水圧 (t/m²)

$F_s, R, W, \ell, x, \phi, \sigma$ = 2 の計算式の記号に同じ

5) 間隙水圧は、間隙水圧計等による実測が望ましいが、次によって求める。

ア 地下水位又は湿潤面が明らかでない場合は、次図によって計算する。また、すべり面上の土の重量に対し、シルト又は粘土60~80%、粘性土は50%を間隙水圧とする。



注 γ_w = 水の単位体積重量 (KN/m³)、 α = 高含水比粘性土1.0、普通土0.5

イ 地下水位又は湿潤面が明らかな場合は、図解法によって求めた流線及び等ポテンシャル線からなる圧力水頭曲線と、すべり面に囲まれた部分によって、すべり面上全体の間隙水圧を算定する。なお、地下水位又は湿潤面は、実測によって求めることが望ましいが、次の経験値を参考として判断する。

(1) すべり面の深さが4 m以下の場合は2 m以下、20m以下の場合は5 m以下

(2) 地すべり面深さに対し、岩盤地すべりの場合は70%、風化岩地すべりの場合は50%、崩積土地すべりの場合は30%又は粘質土地すべりの場合は10%

6) 最小安全率のすべり面上に交通荷重、構造物等を載荷する場合は、その重要度に応じ、これらを過載荷重として計算することができる。

7) 安定計算によって求めた盛土の安全率は、1.2以上を標準とする。

8) 特に滑りやすい平面が存在するときは、その態様に応じてすべり面又は複合すべり面等の計算方法による。

1-5 残 土

切取、床掘等によって発生した土砂や岩石は、できる限り盛土や埋戻し土等として活用するが、残土が生じた場合には残土処理場を設けて安定かつ機能的に処理する。

なお、路線内において残土処理が行えず、路線外の既定の残土処理場を利用する場合や他事業との調整により他事業の盛土材等として活用する場合は、当該残土処理場や他事業の現地における処理方法による。

残土処理場の設定については、宅地造成及び特定盛土等規制法(昭和36年法律第191号)第13条及び第31条に規定する技術的基準(同法施行令及び同法施行規則の関係条項を含む)、同法施行令第20条に規定する都道府県等の規則、盛土規制法の関連通知並びに盛土等防災マニュアル(令和5年5月26日)による。

1箇所当たりの残土処理量は、流出して下流に被害を与えないよう分散して行う。

1-5-1 残土処理場の構造

1 基礎地盤の傾斜が緩勾配で、自然斜面に囲まれ、他に流出するおそれのない凹地等において透水性の土留工等の構造物を設置して処理する。

2 残土処理の量が土留工等の構造物を設置する必要がない規模の場合は、各種安定処理工法を用いて処理する。

1-6 不良土対策

不良土については現場条件、周辺の環境保全、不良の度合、経済比較を勘案し、その対策を検討するものとする。

不良土はトラフィカビリティが確保されなかったり、盛土材料として十分な強度が得られないため障害となっている。しかし、不良土の判定は、それぞれの現場条件(施工時期、工法、工期)により左右される場合もありその対策については、これらの条件に不良の度合、環境保全の制約を加えて、捨土処理あるいはセメント、石灰等による安定処理など、何らかの処置をして有効利用をはかるなど、経済比較をも組み合わせた検討が必要である。

なお、参考に不良土の判定基準について記載する。

(参 考)

不 良 土 の 判 定

1 不良土の定義についての明確なものはないが、ここでは、地山掘削したままの自然含水状態で盛土材料として使用するのに適さない土および盛土完成後何らかの変状を起こし、一般交通に支障をあたえることが十分予想される土を「不良土」と定義した。

2 不良土の判定は、土質により異なり定量的な判断はむずかしいが判定の方法としては次の基準が参考になる。

1) 土質定義による判定（北海道開発局土木試験所 昭和41年度年報から）

ア 自然含水比（ W_n ）／最適含水比（ W_{opt} ） ≥ 1.4

イ 自然含水比（ W_n ）／塑性限界（ W_p ） ≥ 1.5

ウ 液性指数（ I_L ） ≥ 0.75

$I_L = \{ \text{自然含水比} (W_n) \cdot \text{塑性限界} (W_p) \} / \text{塑性指数} (I_p)$

2) 室内トラフィカビリティによる判定（北海道開発局土木試験所 昭和41年度年報から）

$q_c=300\text{kN/m}^2$ 以下は、湿地ブルドーザの走行性が確保できない。

3) スレーキングによる判定（高速道路株式会社の方法）

スレーキングが起こるか否かの確認

4) 盛土として用いない土（土質工学ハンドブック）

蛇紋岩の粘土化したもの、温泉余土、酸性白土、ベントナイトおよび凍土などは、盛土材料として望ましくなく、一般に捨土する。

5) 土質試験結果と日本統一分類からの不良土判定

ア 風化火山灰のうち VH_2 （火山灰質粘性土Ⅱ型）に分類されたものは、液性限界が高いことから圧縮性が大きく、こねかえしに対する影響から、ただちに不良土と判定できる。

イ CH（粘土）に分類された試料も圧縮性が大きく、こねかえしの影響も大きいので、これも不良土と判定してよいと考えられる。

ウ W_n （自然含水比）が W_L （液性限界）より高い場合は、これも不良土と判定できる。

(解 説)

(1)不良土の定義

不良土を参考のように定義したが、実際問題として不良土の定義と一概にいても判断するのが困難な面もある。

盛土材料として要求される性質としては、対象とする土構造物の種類、盛土高、法勾配、施工場所及び施工方法などによって変わってくるので、定量的に、これを示すのは困難である。しかし定性的には、次の条件を満足しなければならない。

(ア) 施工機械のトラフィカビリティが確保できるものであること。

(イ) 敷均し締固めの施工が困難でないこと。

(ウ) 盛土法面の安定に必要なせん断強さ十分有すること。

(エ) 盛土の圧密沈下が舗装などの上載諸施設に大きな変形を起こさせず、十分支持できるものであること。

(オ) 完成後の交通荷重などを、舗装などの大きな上載諸施設に大きな変更を起こさせず、十分支持できるものであること。

(カ) 雨水などの侵食に対して強く、吸水により膨潤性が低いこと。

したがって、これらの条件を満足していない材料は「不良土」と判断される。また、これとは別

に原則的に盛土材料として使用すべきでない土もある。

- ① 蛇紋岩の粘土化したもの、ベントナイト、温泉余土、酸性白土、有機質土などの吸水による膨張性が大で、圧縮性が大きい土。
- ② 凍土及び雪氷、草木、切株、その他腐植物が含んだ土。
- ③ ピート（泥炭）、黒炭などの高有機質土。

以上のものも当然「不良土」の範ちゅうに入る。

泥炭については、使用用途に応じて粒度調整及び土質改良等を行い、リサイクルを図るものとする。ただし、盛土材に使用する時には、将来の沈下等の不確実性等を考慮する必要がある。