

建設発生土受入地の標準的な設計・施工基準の策定

—令和6年度終了技術開発課題—

鉄道技術センター

設計部基礎・土構造課 高梨 謙

1. はじめに

新幹線工事で発生した土砂（以下、建設発生土）のほとんどは、地元自治体や地元住民が所有する用地を受入地として搬出し、盛土される。受入地の設計や施工管理は、国や自治体が定める法令、条例などや事業者が定める基準や指針などに従って進められるが、受入地固有の様々な条件により、受入地の設計の考え方や仕様にばらつきが生じる可能性がある。

建設発生土のうち、基準を超える重金属の溶出がない発生土（以下、無対策土）受入地の盛土設計においては、準拠する基準や指針などが区々としているのが現状である。また、盛土行為については規制強化の動きがあり、盛土設計の煩雑化や施工条件の厳格化が課題となる。

本研究では、建設発生土受入地において準用すべき基準類を整理した。また、標準仕様合理化のため試設計を行い、適合みなし仕様を作成、設計条件選定フローに反映した。本研究成果を「建設発生土受入地盛土 設計・施工の手引き案」として整理することで、適用基準の明確化、設計作業の省力化に寄与できると考えている。なお、本手引きは無対策土受入地、かつ受入先に技術基準類が指定されていない場合に限る点に注意が必要である。

2. 受入地土工施設の基準類整理

各種団体、協会などにおける建設発生土の受入基準、土工の設計・施工技術基準類の調整、整理を行った。収集した土工施設関連の基準類一覧を表-1に示す。

令和5年に施行された「盛土規制法」に関する「盛土等防災マニュアル」「盛土等防災マニュアルの解説」以外に、鉄道、道路、河川砂防、ダム、宅地、ため池、太陽光発電、掘削土の盛土に関する基準、北海道新幹線及び北陸新幹線事業にかかる都道府県の砂防技術基準や都市計画法による開発許可申請手引などを収集した。収集した技術基準類は、受入基準、要求性能、照査指標、設計用値・設計限界値、土工施設の仕様、施工管理基準、検査・定期報告ごとに整理し、比較検討を行った。

表-1 土工施設基準一覧

対象	基 準 書 名	発 行 元
盛土	盛土等防災マニュアル	国土交通省 農林水産省 林野庁
	盛土等の安全対策推進ガイドライン及び同解説	
	盛土等防災マニュアルの改正概要と考え方	
	不法・危険盛土等への対処方策ガイドライン	
	盛土等防災マニュアルの解説	
鉄道	鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物	鉄道総合技術研究所
	鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土）	
	鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 盛土・切土	
道路	道路土工要綱	日本道路協会
	道路土工-盛土工指針	
	設計要領 第1集 土工【保全編】【建設編】	
	道路土構造物点検要領	
河川 砂防	道路防災カルテ運用・点検マニュアル（案）	道路保全技術C 政令第199号 国土技術研究センター 日本河川協会 国交省水管理・国土保全局 北海道 大阪府 京都府 京都府 国土開発技術C 国交省河川局
	河川管轄施設等構造令	
	河川土工マニュアル	
	河川堤防の構造検討の手引き	
	防災調整池等技術基準（案）解説と設計実例	
	河川砂防技術基準 計画編	
	河川砂防技術基準 設計編	
	河川砂防技術基準 調査編	
	砂防技術指針（案）（技術基準編）	
	砂防指定地内行為許可技術審査基準	
ダム	基礎調査マニュアル	国土開発技術C 国交省河川局
	斜面崩壊防止技術指針（案）地すべり・急傾斜地	
	フィルダムの耐震設計指針（案）	
宅地	大規模地盤に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説	UR都市機構 日本河川協会 国土交通省 北海道 福井県 京都府 京都府
	宅地土工指針（案）	
	大規模宅地開発に伴う調整池技術基準（案）	
	大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン・同解説	
	都市計画法による開発許可制度の手引	
	都市計画法による開発許可申請の手引	
ため 池	都市計画法開発許可申請の実務	京都府 京都府
	特定開発許可マニュアル	
太陽 光	『詳細ニューマーク-Ⅱ法 SERID』によるため池等土構造物の耐震診断マニュアル（案）	SERID 研究会 農村振興局
	土地改良事業設計指針「ため池整備」（案）	
掘削 土	傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン	新エネガ・産業技術総合開発機構
	地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン	
建設 工事	建設発生土利用技術マニュアル	土木研究センター マニュアル改訂委員会
	建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル	

3. 盛土安定の試設計

技術基準類の整理結果を踏まえ、盛土及び補強盛土の土工定規を設定、適合みなし仕様の策定に向けた地震時の安定計算を実施した。

3-1 盛土

盛土の土工定規は、のり面勾配 1:1.8、盛土高 5m ごとに幅 1.5m 以上の小段を設定した。この土工定規をベースに小段幅を拡張、急勾配化することで標準仕様の合理化を検討する。

(1) 検討パターン

1) 盛土材料：礫混じり土、砂質土、粘性土

2) 盛土形状

① 盛土高 : 15m、20m、25m、30m、35m

② のり面勾配 : 1:1.8、1:1.5、1:1.2

③ 小段幅 : 1.5m、2.5m、4.0m

- 3) 地下水位：あり（盛土高 1/3）、なし
 4) 設計震度：Kh=0.25、0.20、0.16
 5) 基礎地盤の勾配：0°、10°
- (2) 設計定数

盛土材料の設計定数を表-2に示す。一般的に採用実績の多い道路土工の基準から選定した。なお、トンネルずりは礫混じり土に該当する。

表-2 盛土材料の設計定数

盛土材料	単位体積重量 γ_t (kN/m³)	粘着力 C (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ (°)
礫混じり土	20	0	40
砂質土	19	15	25
粘性土	18	25	15

(3) 検討結果

地下水位なし、設計震度 0.25、基礎地盤の勾配 0° の結果を対象に小段幅の拡張及び急勾配化した盛土の比較検討を行う。

1) 小段幅を拡張した盛土

小段幅と最小安全率の関係を表-3に示す。小段幅の拡張に伴い、全ての盛土材料において安全率が上昇する傾向を示した。また、各小段幅のうち、盛土高が低いものほど、その上昇傾向は顕著に表れた。

表-3 小段幅と最小安全率の関係

のり面勾配	土質	水位	小段幅 (m)	盛土高 (m)	安全率 F_{se} (Kh=0.25)
1:1.8	礫混じり土	なし	1.5	15	1.039 ≥ 1.0 ○
			25	1.050 ≥ 1.0 ○	
			35	1.055 ≥ 1.0 ○	
		なし	15	0.928 < 1.0 ×	
			25	0.939 < 1.0 ×	
			35	0.944 < 1.0 ×	
	砂質土	なし	15	0.806 < 1.0 ×	
			25	0.817 < 1.0 ×	
			35	0.820 < 1.0 ×	
		なし	20	0.822 < 1.0 ×	
			30	0.827 < 1.0 ×	
			35	0.971 < 1.0 ×	
	粘性土	なし	15	0.843 < 1.0 ×	
			25	0.782 < 1.0 ×	
			35	0.903 < 1.0 ×	
		なし	15	0.777 < 1.0 ×	
			25	0.718 < 1.0 ×	
			35	0.831 < 1.0 ×	
	粘性土	なし	15	0.755 < 1.0 ×	
			25	0.707 < 1.0 ×	
			30	0.673 < 1.0 ×	
		なし	35	0.647 < 1.0 ×	
			15	0.904 < 1.0 ×	
			25	0.711 < 1.0 ×	
			35	0.621 < 1.0 ×	

2) 急勾配化した盛土

のり面勾配と最小安全率の関係を表-4に示す。のり面勾配を 1:1.8 から 1:1.5 に、さらに 1:1.2 にした結果、目標安全率を満足する結果が大幅に減少した。特に設計震度 0.25 の場合、礫混じり土、かつのり面勾配 1:1.8 以外は全て目標安全率を下回る結果となった。以上の結果から、無補強で盛土量を増加させる場合は、急勾配化より小段幅を拡張したほうが効果的であるとわかった。

表-4 のり面勾配と最小安全率の関係

小段幅 (m)	土質	水位	のり面勾配	盛土高 (m)	安全率 F_{se} (Kh=0.25)
1.5	礫混じり土	なし	1:1.8	15	1.039 ≥ 1.0 ○
			25	1.050 ≥ 1.0 ○	
			35	1.055 ≥ 1.0 ○	
		なし	1:1.5	15	0.928 < 1.0 ×
			25	0.939 < 1.0 ×	
			35	0.944 < 1.0 ×	
	砂質土	なし	1:1.8	15	0.806 < 1.0 ×
			25	0.817 < 1.0 ×	
			35	0.820 < 1.0 ×	
		なし	1:1.5	20	0.822 < 1.0 ×
			25	0.827 < 1.0 ×	
			35	0.971 < 1.0 ×	
	粘性土	なし	1:1.8	15	0.843 < 1.0 ×
			25	0.782 < 1.0 ×	
			35	0.903 < 1.0 ×	
		なし	1:1.5	15	0.777 < 1.0 ×
			25	0.718 < 1.0 ×	
			35	0.831 < 1.0 ×	
	粘性土	なし	1:1.8	15	0.755 < 1.0 ×
			25	0.707 < 1.0 ×	
			30	0.673 < 1.0 ×	
		なし	1:1.5	15	0.647 < 1.0 ×
			25	0.594 < 1.0 ×	
			35	0.536 < 1.0 ×	

のり面勾配 1:1.2 の急勾配盛土では、全ケースで目標安全率を下回る結果となった。そのため、ジオテキスタイルを用いた補強盛土の設計を行い、建設発生土受入地 1か所当たりの搬入土量増加に向けた検討を実施した。

3-2 補強盛土

補強盛土の土工定規は、盛土の土工定規に加え、対策工として補強材とのり面強化材を設置した。補強材及びのり面強化材の敷設高さは、それぞれ盛土高 2.5m、0.5m ごとに、のり面強化材の敷設長は 2.0m とした。

(1) 検討パターン

- 1) 盛土材料：礫混じり土、砂質土
- 2) 盛土形状

① 盛土高：15m、20m、25m、30m、35m

② のり面勾配：1:1.2

③ 小段幅：1.5m

3) 地下水位：あり（盛土高 1/3）、なし

4) 設計震度：Kh=0.25、0.20、0.16

5) 基礎地盤の勾配：0°、10°

(2) 設計定数

盛土と同様、一般的に採用実績の多い道路土工の基準から選定した（表-2）。

(3) 補強材の設計強度

表-5に補強材の設計強度を示す。材料の性能証明として、建設技術審査証明を取得していること、NETIS 登録実績があること、以上 2 点を満たす材料で経済比較を行った結果、高強度帶状ジオシンセティックスを採用した。

表－5 補強材の設計強度

品番	50L	100L	150L	200L	250L	300L
設計強度(地震時) T_{AE} (kN/m)	41	83	124	166	208	249

(4) 検討結果

地下水位なし、設計震度0.25、基礎地盤の勾配0°の結果を対象に、盛土材料の違いによる補強材仕様の比較検討を行う。表－6に盛土高さ15mにおける礫混じり土及び砂質土の補強材仕様を示す。なお、盛土高20mから35mの結果については、後述する適合みなし仕様の結果(表－9)と同様のため、本項では表記を省略する。最大抑止力の円弧は、礫混じり土の場合、のり面表層にすべり面があるのに対し、砂質土では盛土深くまですべり面が発生する結果となった。砂質土は、礫混じり土と比較して、内部摩擦角が小さいため、円弧すべり面が盛土深くまで発生し、補強盛土の規模、つまり補強材の設計強度や敷設長が大きくなつたと考えられる。

表－6 補強盛土の補強材仕様

材料	礫混じり土		砂質土	
模式図		+675.0m ³		+675.0m ³
補強材仕様	敷設枚数 5枚 必要強度 35.7kN/m 延長 10.0m	敷設枚数 5枚 必要強度 57.6kN/m 延長 20.0m		

また、補強盛土の検討は建設発生土受入地1か所当たりの搬入土量増加を目的としているため、急勾配化による盛土量増分について検証を行った。のり面勾配1:1.8の盛土と補強盛土(のり面勾配1:1.2)の盛土量を比較した結果を表－7に示す。急勾配化によって盛土量は増加し、盛土高さが高い程、その効果が大きいことがわかった。

表－7 急勾配化による盛土量増分

盛土高	15m	20m	25m	30m	35m
盛土量増分※ (m ³)	675	1,200	1,875	2,700	3,675

※区間長 L=10m当たり

(5) 補足検討

補強材は2.5mごとに敷設されるため、盛土高17.5mなどの施工も想定される。盛土高減少に伴い、最大必要引張力を除す敷設枚数が減少することから、補強盛土の安全率が目標安全率を満足するとは限らない。そのため、最も設計強度が必要となる条件にて安全率の傾向を確認し

た結果、補強材の規格や長さは変えず、敷設枚数のみを減らして盛土を設計した場合、安全率が上昇した。つまり、盛土高17.5mの場合、盛土高20mの補強材規格、補強材長さを使用し、盛土高減少分に応じて補強材を減らすことで対応可能となる。

4. 適合みなし仕様

適合みなし仕様とは、要求性能水準を満足していることを事前に検証されている具体的な形状、材料、構築方法などの仕様を指すもので、設計計算なしで適用可能となる。試設計の結果を踏まえ、盛土及び補強盛土それぞれで計12ケース(設計震度3×基礎地盤の勾配2×地下水位2)の適合みなし仕様の表を作成した。表－8、9に地下水位なし、設計震度0.25、基礎地盤の勾配0°の結果を示す。

表－8 盛土の適合みなし仕様

盛土高(m)	礫混じり土	砂質土	粘性土
H = 15	小段幅1.5m 勾配1:1.8	小段幅2.5m 勾配1:1.8	×
15 < H ≤ 20	小段幅1.5m 勾配1:1.8	小段幅4.5m 勾配1:1.8	×
20 < H ≤ 25	小段幅1.5m 勾配1:1.8	×	×
25 < H ≤ 30	小段幅1.5m 勾配1:1.8	×	×
30 < H ≤ 35	小段幅1.5m 勾配1:1.8	×	×

表－9 補強盛土の適合みなし仕様

盛土高(m)	礫混じり土	砂質土
H = 15	設計強度35.7kN以上 敷設長10.0m	設計強度57.6kN以上 敷設長20.0m
15 < H ≤ 20	設計強度44.0kN以上 敷設長12.0m	設計強度104.7kN以上 敷設長29.0m
20 < H ≤ 25	設計強度52.5kN以上 敷設長15.0m	設計強度150.9kN以上 敷設長36.0m
25 < H ≤ 30	設計強度61.2kN以上 敷設長17.0m	設計強度196.7kN以上 敷設長39.0m
30 < H ≤ 35	設計強度70.5kN以上 敷設長21.0m	設計強度242.4kN以上 敷設長42.0m

5. 設計条件選定フロー

技術基準類の整理及び適合みなし仕様の策定を踏まえ、無対策土受入地における盛土及び補強盛土の設計条件選定フローを図－1のとおり設定した。なお、別表は道路土工の基準から選定した。設計条件を選定するうえで、重要なポイントを以下に示す。

(1) 盛土材料の性状

建設発生土の土質区分は、国土交通省が定める「発生土利用基準について」に則り、原則、コーン指数及び土質材料の工学的分類体系により区分する。その土質区分に基づき、規制区域内外での適用可否を判断する。盛土材料の性質及び設計に必要な試験項目を表－10に示す。

表-10 用途別の試験項目

試験項目	試験方法	用途		
		計画	設計	施工
土粒子の密度試験	JIS A 1202	○		○
土の含水比試験	JIS A 1203	○		○
土の粒度試験	JIS A 1204	○		○
土の液性・塑性限界試験	JIS A 1205	○		○
突固めによる 土の締固め試験	JIS A 1210			○
締固めた土の コーン指數試験	JIS A 1228	○		
土の三軸圧縮試験	JGS 0521～0524		○	
岩の破碎率試験	試験法109		○	○
岩のスレーキング率試験	試験法110		○	○

(2) 適用基準

盛土規制法の区域内は「盛土等防災マニュアル」、区域外は「道路土工－盛土工指針」に準拠する。なお、受入先に技術基準類が指定されている場合は、それに準拠する。

(3) 地山からの水の影響

①腹付け盛土、②傾斜地盤上の盛土、③谷埋め盛土に該当する場合、個別検討が必要となる。なお、②は基礎地盤の勾配が11°以上とする。個別検討では、水位上昇（盛土高1/3～1/2）、盛土材料の強度低下、三次元の詳細検討を適切に組み合わせることで、盛土全体の安定性を検討する。

(4) 基礎地盤の安定

適合みなし仕様を使用する際、基礎地盤の安定は必須条件となる。軟弱地盤などに対しては、対策工の実施を原則とし、基礎地盤の安定性を確保する。参考として良質な支持地盤の条件を表-11に示す。

表-11 良質な支持地盤の条件*

支持地盤の種類	許容鉛直支持力度 q_u (kN/m²)	目安とする値	
		一軸圧縮強度 q_u (kN/m²)	N値
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	10000以上
	亀裂の多い硬岩	600	10000以上
	軟岩・土丹	300	1000以上
疊層	密なもの 密でないもの	600 300	— —
砂質地盤	密なもの 中位なもの	300 200	30～50 20～30
粘性土地盤	非常に堅いもの 堅いもの	200 100	15～30 10～15

* 道路土工－カルパート工指針

(5) 十分な排水対策

適合みなし仕様を使用する際、十分な排水対策は必須条件となる。基盤排水層及び水平排水層の設置を原則とし、十分な排水能力を確保する。

6. おわりに

本研究の成果を「建設発生土受入地盛土 設計・施工の手引き案」として整理した。手引きでは、無対策土受入地における調査、計画、設計、施工に関する方法や注意事項を記載している。発行後は、業務の一助となれば幸いである。

最後に、本手引き案の策定に対し貴重なご意見とご指導を賜った関係者の方々へ厚く感謝の意を表したい。

【別表】盛土の標準のり面勾配

盛土材料	盛土高	のり面勾配
粒度の良い砂、 礫及び細粒分混じり礫	5m以下 5～15m	1:1.5～1:1.8 1:1.8～1:2.0
粒度の悪い砂	10m以下	1:1.8～1:2.0
岩塊（すり含む）	10m以下 10～20m	1:1.5～1:1.8 1:1.8～1:2.0
砂質土、硬い粘質土、 硬い粘土	5m以下 5～10m	1:1.5～1:1.8 1:1.8～1:2.0
火山灰質粘性土	5m以下	1:1.8～1:2.0

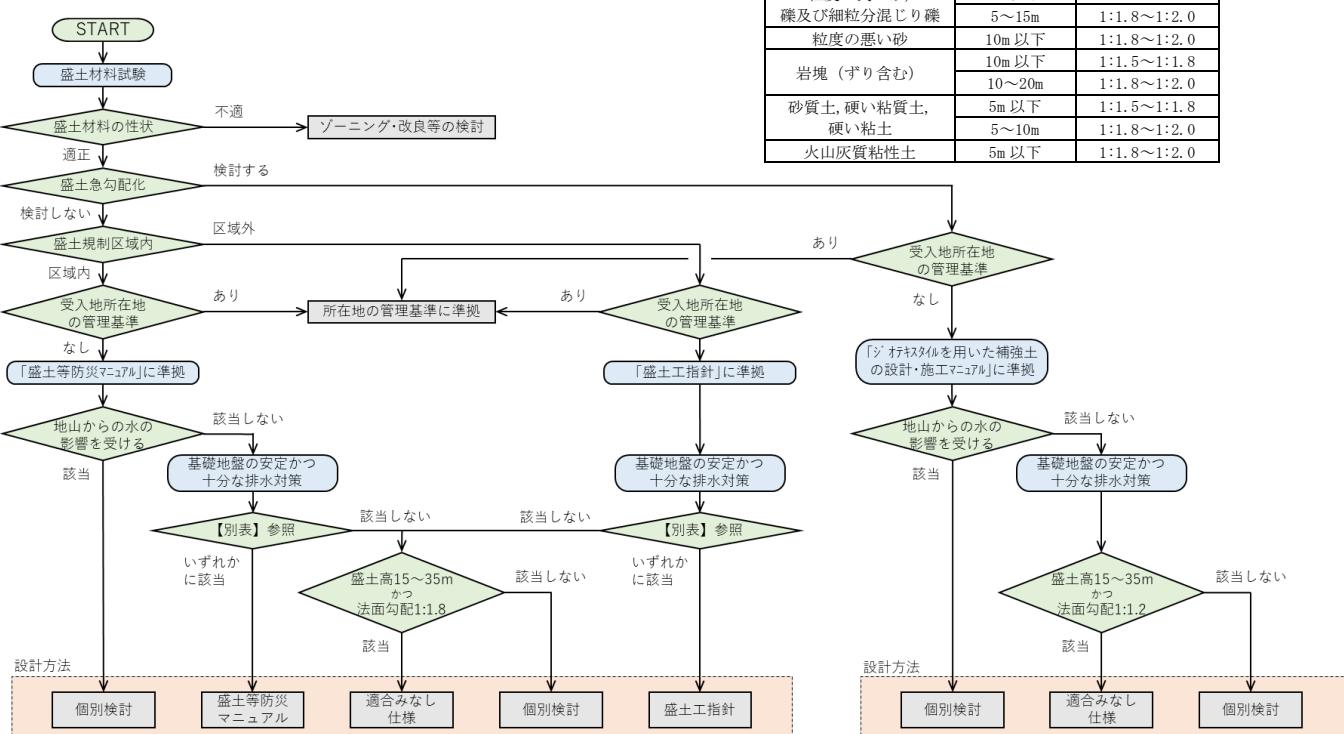


図-1 設計条件選定フロー（左：盛土、右：補強盛土）