

大規模盛土・渓流盛土の安定性評価に関する 技術提案書（基本方針） Version 2.3（2026.3）

【注意】この提供させていただいた方がご自身の問題解決のために活用されるのは結構ですが、関係のない他のコンサル企業・行政の審査機関等への提供はご遠慮ください。

まえがき

本技術提案書は大規模盛土・渓流盛土に関する許可申請プロトタイプの基本方針、解析手法、およびスケジュールを示している。

背景には熱海市伊豆山逢初川災害後の盛土規制法による新たな技術基準の制定がある。盛土規制法の技術基準解説書『盛土等防災マニュアルの解説』においては、大規模盛土・渓流盛土（ $H > 15$ m）においては、三次元解析（変形解析・浸透流解析および安定解析）を実施し多面的に検証することが「望ましい」とされている。

【3次元浸透流解析：原則非実施】

本技術提案書では、3次元浸透流解析の理論的・技術的限界を考慮し、原則として3次元浸透流解析は実施しない方針を採用している。（参考：静岡県 逢初川土石流災害の発生原因調査検証委員会「逢初川土石流の発生原因調査報告書（2022年9月8日）」第6章 浸透流解析による崩落地への水の流動解析 において3次元浸透流解析の技術的限界が示されているからである <https://www.pref.shizuoka.jp/machizukuri/kasensabo/1076945/1076996/1078251.html>）

その代替として、『盛土等防災マニュアルの解説』p.190にある表V・3-4に示される、盛土高の1/3（または1/2）という「仕様規定」を設定水位とする。盛土規制法では盛土内に地下水がないことを基本としており、崩壊した場合に被害が大きくなる大規模盛土と渓流盛土（ $H > 15$ m）に関して、安全余裕として間隙水圧を考慮することとなっている。「基本は地下水なし」であるが「地下水には未知な点が多く（p.12）、間隙水圧が上昇することが懸念される盛土では、間隙水圧を考慮することが望ましい」からである。「未知な点」を解析条件に入れることも、「暗渠工の不具合程度」を設定することも実務的には不可能なので、一定の仕様で評価するほうが妥当である。

【3D LEMによる弱点診断と2D LEMによる許認可判定を組合せ評価】

盛土の安定度を評価する力学解析については、3次元極限平衡法（3D LEM）による弱点の抽出と、2次元極限平衡法（2D LEM）による許認可判定を組み合わせて実施する方針である。

解析の位置づけは診断（3D）と判定（2D）に分けられる。盛土を実施する箇所の地形は3次元形状で、複雑な谷形状であったり、地山部の傾斜にも局所的なばらつきがあったりするため、従来の「最大断面位置・中央部位置を代表断面とする」といった単純な方法だけでは危険性を見逃す恐れがある。このため、まず実際の地形（3D）で最も安定性が低くなる場所を探し出し（診断）、その場所において詳細な安定解析（2D）を実施する。

3Dの弱点診断は、変形解析（有限要素法：FEM）でも安定解析（極限平衡法：LEM）のいずれでも良い。ただし、有限要素法（FEM）では解析パラメータが多いことや、歪量分布・変形量分布が直接的な解であり、安定度を評価するためにはせん断強度低減法（SSR）を経てせん断強度低減係数（SRF：極限平衡法の安全率に相当する）を導く必要がある。一方、極限平衡法（LEM）では解析パラメータが少なく、直接的に安全率とスベリ面形状が得られるので、実務的には極限平衡法（LEM）の方が盛土の安定度評価には適している。このため3次元解析においても極限平衡法（3D LEM）を採用する。

【最終判定は2D LEMの最小安全率と必要安全率の比較で行う】

最後に2次元安定解析を実施するのは、『盛土等防災マニュアルの解説』において、盛土の安定性評価を2次元安定計算（極限平衡法；LEM）結果の「最小安全率」と、安全性基準となる「必要安全率（常時1.5以上、大地震時1.0以上）の比較で行うことになっているからである。

1. 基本方針

『盛土等防災マニュアルの解説』に記載されている内容をベースとして実施するが、熱海市逢初川土石流災害の発生原因調査検証委員会が2022年9月8日に取りまとめた「逢初川土石流の発生原因調査報告書」の内容を考慮して、次のような方針で行うこととする。

【基本方針】

- ・地下水がないことを基本とする盛土において、「未知な点」や「暗渠工の不具合程度」を評価することは不可能なため、3次元浸透流解析は実施せず、盛土高の1/3（または1/2）の仕様で間隙水圧の設定を行う
- ・3次元極限平衡法による安定計算(3D LEM)と2次元極限平衡法による安定計算(2D LEM)の組み合わせで評価する。3D LEMは弱点の診断目的で、弱点となる場所の代表断面を抽出した後に2D LEMで安定度の判定を行う
- ・盛土の安定度の判定基準は、2次元極限平衡法による安定計算(2D LEM)の最小安全率と、『盛土等防災マニュアルの解説』に記載されている必要安全率（常時1.5以上、大地震時1.0以上）の比較で行う

以下にそれぞれの理由を説明する。

・「3次元浸透流解析は実施せず盛土高の1/3（または1/2）に設定する」について

『盛土等防災マニュアルの解説』においては、盛土内の地下水について次の記述がある。

(V・2 排水施設等、p.10) 盛土内の地下水が完全に排除されるように計画することが基本。

(V・3・2 盛土法面の安定性の検討、p.12) 適切に地下水排除工等設けることにより、盛土内に間隙水圧が発生しないようにすることが原則。ただし、地下水位や間隙水圧の推定は未知の点が多いので間隙水圧が上昇する懸念がある盛土では、間隙水圧を考慮した安定計算により盛土法面の安定性を検討すること。(同様の記載が複数箇所あり)

(V・5 溪流等における盛土の基本的な考え方、p.15) 溪流等の盛土は、地下水が上昇しやすいので慎重な計画が必要である。大規模な盛土は3次元の変形解析や浸透流解析等により多角的に検証を行うことが望ましい。

この記載は、「今後の新設盛土は盛土内に地下水がないような排水施設を設置し、盛土内に間隙水圧が発生しないことが原則であるが、溪流等の盛土では一般に地下水位が上昇しやすいので、慎重を期して間隙水圧を考慮した安定計算を行うこととする。間隙水圧の考慮には3次元変形解析や3次元浸透流解析を実施することが望ましい」という意味である。

特に間隙水圧の挙動が盛土の安定性に重要であるため「3次元浸透流解析」で間隙水圧を予測することが望ましいとなっている。しかし、後述するように理論的・技術的限界により3次元浸透流解析の実施は困難である。

表1.1に盛土規制法に関連した出来事の時系列整理表を示す。この時系列の中で、逢初川の原因究明において断念された3次元浸透流解析が、盛土等防災マニュアルに記載されたままとなった原因

を紐解くことができる。

2022年5月27日に盛土規制法は公布され、1年以内に施行されることになった。2023年5月26日に同法は施行され、同時に技術基準である「盛土等防災マニュアル」が公表された。

同法は、国会の審議中2022年4月の国土交通委員会で、従来の技術基準となっていた「大規模盛土変動予測ガイドライン」の水圧の取り扱いにおいて「地下水が豊富にある既存盛土の過剰間隙水圧（液状化）を考慮しないことを前提とした2次元安定計算を標準とする」としたことが2006年の宅造法改正時の説明と矛盾することが指摘され、当時の斉藤国土大臣が改善を約束していた。この流れの中で3次元解析の必要性が急遽検討されることになった。

盛土の安定性において地下水が重要であることはかねてから認識されていたが、大半の既存盛土内に大量の地下水が存在する原因として、旧法の技術基準解説書である『宅地防災マニュアルの解説』で推奨されている中央縦排水工法が、暗渠工の機能低下の原因と考えられ、新法（盛土規制法）では工事中の仮排水を、竣工後の地下水排水設備の暗渠工に接続せず「別系統」とすることとした。そして、地下水排水設備により盛土内に地下水がないことを基本とすることと定めた。

地下水の重要性を考える中で、3次元浸透流解析により地下水位を解析的に推定する案が出てきた。この解析法は不均質な地盤に対しては解析精度に難があると考えられている方法だったが、2021年7月3日に発生した熱海市伊豆山の逢初川土石流災害で検証委員会が3次元浸透流解析に取り組んでいたのが実現可能としたと考えられる。逢初川土石流災害の発生原因調査検証委員会の検討期間（2021年9月7日～2022年9月8日）と、新法の技術基準である「盛土等防災マニュアル」の作成時期（2022年5月ごろ～2023年5月26日）が重なっているが、このことが、当該マニュアルに3次元浸透流解析が望ましいと記載された原因であろう。

しかし、「盛土等防災マニュアル」が公表される1年2ヶ月前の2022年3月29日の第3回逢初川土石流原因検証委員会で、パイプ流の存在や、地盤の複雑さ・不均質さにより3次元浸透流解析で「十分な解析精度を得ることはできなかった」。さらに「水みち（パイプ流）のような局所的な江東吹部を考慮したうえで地下水の流れを再現するには多数の現地試験データを必要とするが、現実性はない」「実現現象をモデル化する際の困難性により解析精度に限界がある」と記載されている。すなわち、大災害を引き起こした逢初川において、調査に巨費と十分な時間、有識者の知見をもってしても3次元浸透流解析はできなかった。

さらに、新法の技術基準では十分な排水設備により、盛土内に地下水がないようにすることが基本とされている。それでも大規模盛土や溪流盛土においては、地下水には未知のことが多いのでその目標が実現されない可能性もあるため「念の為に」間隙水圧を考慮した安定計算をすることと規定されている。地下水の未知な部分には、排水設備の効果に関することもある。

逢初川の「答えがある現象」ですら再現できない3次元浸透流解析を用いて、盛土後の盛土内地下水位及び暗渠工等の排水設備の効果との組み合わせを推定するのは明らかに不可能である。

代替案として、『盛土等防災マニュアルの解説』の表V・3-4 (p.190) の設定水位（盛土高の3分の1または2分の1）にする方法を採用する。

以上の理由で、「3次元浸透流解析は実施せず盛土高の1/3（または1/2）に設定する」とした。

表 1.1 盛土規制法に関連した出来事の時系列整理表

項目	'21年	'22年	'23年	'24年	'25年	'26年
逢初川土石流災害発生	● 7/3	災害直後から静岡県において精力的に地質調査・水文調査が実施され、有識者会議が作られた				
逢初川土石流発生原因検討委員会 (静岡県 計5回開催)	▲▲ 9/7~	▲▲▲ ~9/8	第2回委員会までは3次元浸透流解析を試みていたが、 第3回委員会(3/29) ではパイプ流の存在等を考慮できないため断念している			
国会審議(主に国土交通委員会)		● 4/6-13	「大規模盛土変動予測ガイドライン」の不備(底面液状化が抜けている)が質問され、斉藤国交大臣が改善すると答弁			
盛土等防災マニュアル等検討ワーキンググループ		●●●● 8/22	●●●● 3/22			
「令和4年度 盛土等の安全確保に向けた総合的な検討業務」工期 2022年2月22日 ~2023年3月29日、パンフィックコンサルタンツ	第1回 22/8/22 マニュアルとガイドラインの作成内容を確認 第2回 22/9/28 マニュアルとガイドラインの骨子たたき台(案) 第3回 22/10/27 同上 第4回 22/11/21 マニュアルとガイドラインの骨子(案) 第5回 22/12/8 マニュアル案、ガイドライン案 第6回 23/1/25 同上(ブラッシュアップ作業) 第7回 23/2/27 同上(ブラッシュアップ作業) 第8回 23/3/22 同上(ほぼ完成のはず)					
盛土規制法 公布		● 5/27	公布後1年以内に施行(施行と同時に技術基準「盛土等防災マニュアル」が公表される)			
盛土規制法 施行			● 5/26	2年間は猶予期間(経過措置)のため旧法の基準適用も可		
新法:盛土規制法の技術基準 盛土等防災マニュアル		→ ● 検討期間	● 5/26	斉藤大臣の答弁を反映させるための作業がこの間に行われた。3次元解析もその中に含まれる。		
旧法:宅造法技術基準解説『宅地防災マニュアルの解説 三次改定』		● 2月	新法:盛土規制法公布直前に、旧法:宅造法の技術基準の解説本が発刊。工事中の仮排水を暗渠管に排水することが「推奨」されている			
新法:盛土規制法の技術基準解説『盛土等防災マニュアルの解説』出版		----- ● 執筆期間	● 11/20	盛土内に地下水がないことの原則や工事中の仮排水を暗渠工に接続するのを「禁止」。別系統とする		
特定盛土等規制区域の指定	都道府県知事等が必要と認める限り、指定は無期限で継続される		→ 24~25年に順次指定			
新法による申請・審査開始	3次元解析により多面的検討が望ましいとされる大規模盛土・渓流盛土の審査方法が'26年1月現在で確定していない		● 5月以降	→		
地盤品質判定士会審査部が「高度技術案件」の対応を予定	地盤品質判定士会に自治体から技術支援が依頼されており、大規模盛土・渓流等における高さ15m超の盛土など「高度技術案件」の支援が予定されている		● 3月以降			
新法の技術基準である「盛土等防災マニュアル」に3次元浸透流解析が記載されたのは、 逢初川検証委員会で、3次元浸透流解析で地下水挙動が解析可能と考えていた時期 に記載されたかからと考えられる(ただし、 パソコンの業務開始は3次元浸透流解析を断念する委員会の1ヶ月前なので、その間に素案を作成済だったのかもしれない)。同委員会ではマニュアル公表の1年2ヶ月前に3次元浸透流解析では十分な精度で解析ができないと結論づけているが、その結論がマニュアルに反映されなかったものと考えられる。逢初川検証委員会で示された理論的・技術的限界から、盛土申請の審査において3次元浸透流解析を行う合理性はないものと判断する。						

『盛土等防災マニュアルの解説』の発刊は、「令和4年度 盛土等の安全確保に向けた総合的な検討業務」工期 2022年2月22日~2023年3月29日、パンフィックコンサルタンツ、が実作業部隊だったと思われる。情報公開請求して報告書を取り寄せたところ、逢初川委員会で3次元浸透流解析を断念した2022年3月29日の第3回委員会の約1ヶ月前の2月22日からその業務が開始されていた。

受託者は、素案・骨子たたき台・骨子を作成し、「盛土等防災マニュアル等検討ワーキンググループ」の有識者が2022年8月22日から2023年3月22日まで8回に渡って会議を行い検討している。かなり時間的に余裕のない工程だったと思われる。この委員の中で、3次元数値解析の専門家と言えるのは群馬大学の若井明彦先生のみと思われる。

盛土等防災マニュアル等検討ワーキンググループ

(委員は50音順、敬称略)

氏名	所属
委員長	二木 幹夫 (一財)ベターリビング 統括役
委員	浅野 志穂 (国研)森林研究・整備機構森林総合研究所 森林防災研究領域長
	新井 洋 (国研)建築研究所構造研究グループ 上席研究員
	内田 太郎 筑波大学生命環境系 准教授
	岡島 賢治 三重大学大学院生物資源学研究所 教授
	釜井 俊孝 京都大学防災研究所 名誉教授
	新見 達彦 神戸市建設局防災課 防災担当部長
	末松 孝朗 (独)都市再生機構 技術・コスト管理部 建設マネジメント室 担当課長
	高野 昇 (一財)先端建設技術センター企画部参事役
	森田 晃司 (株)大林組 土木本部 生産技術本部 技術第二部 上級首席技師
	安田 進 東京電機大学 名誉教授
横土 俊之 千葉県 県土整備部都市整備局都市計画課 課長	
若井 明彦 群馬大学大学院理工学府環境創生部門 教授	

「令和4年度 盛土等の安全確保に向けた総合的な検討業務 報告書」から抜粋

・「3次元極限平衡法による安定計算（3D LEM）と2次元極限平衡法による安定計算（2D LEM）の組み合わせで評価する」について

『盛土等防災マニュアルの解説』では、力学解析として「3次元変形解析」と「3次元安定解析」及び「2次元安定解析」が記載されている。

変形解析は有限要素法解析（FEM：Finite Element Method）のことであり、歪の集中や変形量の解析に用いられる。

安定解析は極限平衡法解析（LEM：Limit Equilibrium Method）のことであり、土塊が滑動しようとする力と、それに抵抗する強度との釣り合いを計算し、その比を安全率（Factor of Safety: Fs）として評価する安定計算手法である。

『盛土等防災マニュアルの解説』では、盛土の安定性の評価を、2次元極限平衡法の安定解析（2D LEM）の最小安全率と、必要安全率（常時 1.5 以上、大地震時 1.0 以上）を比較して実施することとなっている。すなわち、盛土申請の最終評価は2次元極限平衡法（2D LEM）の安定計算で行うことが決まっている。

一連の検討の中で、3次元の力学解析が持つ意味は「3次元構造の盛土の中でどの場所が最も安定度が低いか」を診断することである。

3次元有限要素法解析（3D FEM）であれば、歪の集中箇所が弱点と評価できるが、それがどの程度の弱点なのか知るためには、極限平衡法の安全率に相当する値をせん断強度低減法（SSR）を用いて解析し、せん断強度低減係数（SRF）と呼ばれる値を導く必要がある。

3次元極限平衡法（3D LEM）であれば、2次元極限平衡法（2D LEM）と同様に、最小安全率となる滑り面形状を探索する解析となり、結果として安全率と滑り面形状が得られる。

解析に必要な盛土土塊の情報は、3D FEM の場合には、(1)土塊の単位体積重量、(2)土塊の内部摩擦角、(3)土塊の粘着力の3要素のほか、(4)引張強度（ピーク強度）、(5)引張強度（残留強度）、(6)内部摩擦角（残留強度）、(7)粘着力（残留強度）、(8)ヤング係数、(9)ポアソン比、などが計算に必要なとなる。

一方、3次元極限平衡法の場合には、2次元極限平衡法と同じ、前述の(1)～(3)の強度定数のみで良い。

盛土の安全性評価においては、最終的に2次元極限平衡法で「最小安全率と必要安全率の比較」で行われるので、(1)～(3)の強度定数は必ず準備されるが、(4)～(9)は準備されない。この準備されない値は、いわゆる「標準的な値」という実測に基づかない値が「代入」されることになる。

それでも「変形量」が問題になるのであればFEM解析を実施する意味はあるが、盛土申請における評価は、変形量ではなく「破壊するか否か＝必要安全率を閾値とした判定」である。

実測されない値を代入し、変形解析を経て安全率相当の SRF（せん断強度低減係数）を導くよりも、直接的に極限平衡法を用いて安全率と滑り面形状で評価するほうがよほど確実である。

以上のことから、「3次元極限平衡法による安定計算（3D LEM）と2次元極限平衡法による安定計算（2D LEM）の組み合わせで評価する」とする。

・「盛土の安定性は、2次元極限平衡法による安定計算（2D LEM）の最小安全率と、『盛土等防災マニュアルの解説』に記載されている必要安全率（常時 1.5 以上、大地震時 1.0 以上）の比較で判定する」について

3次元解析（3D LEM）で3次元盛土土塊の弱点を診断し、その位置において2次元極限平衡法による安定計算（2D LEM）を実施する。3次元解析で弱点とされた断面位置が、安定性の判定を行う2次元解析においても最も安全率が小さくなるのだから、その断面における安定計算結果が盛土安定の判定として最も合理的である。

また、2次元安定解析（2D LEM）では3次元安定解析（3D LEM）よりも詳細な検討が可能となる。例えば、盛土強度と最小安全率を土質強度の要素ごとに感度分析することも可能となるので、盛土材料の最低限必要な強度を導くこともできる。

このように、3次元解析（3次元極限平衡法：3D LEM）で弱点を「診断」し、その弱点となる断面において2次元解析（2次元極限平衡法：2D LEM）で安定性の「判定」を行う。

省 略

<解析・維持管理計画のイメージ>

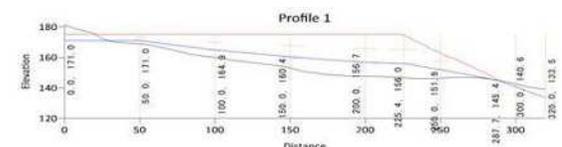
1. 3次元解析モデルの設定

現況地形図及び盛土計画図から3次元地盤モデルを作成する。



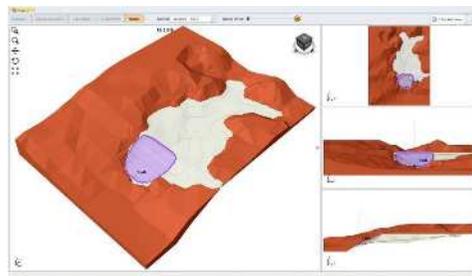
2. 地下水位の設定

中心断面付近で、盛土厚の1/3（場合によっては1/2）となる地下水位線を決定し、それを3元的に展開する。



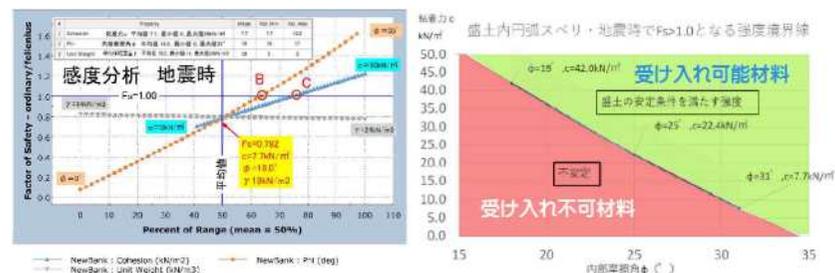
3. 3次元安定計算（極限平衡法）の実施

最小安全率となる三次元滑り形状を計算する（常時・地震時）。この計算結果の安全率は盛土安定性の評価ではない。最も危険となる2次元解析断面を決定するために実施する。ただし、盛土底面等に過剰間隙水圧が発生しない前提。常時の地下水流が存在すると地下侵食が起き地震時等に過剰間隙水圧が発生する恐れがあり、その場合、2次元安定計算は成立しないので、「施工中・竣工後に盛土内に常時地下水が存在する場合の対処」を行う必要がある。



4. 2次元安定計算で盛土の安定性を評価

3次元安定計算で、最も小さな安全率となる断面を2次元安定計算用の断面として切り出し、2次元安定計算を実施する。常時 1.50、地震時 1.00 の閾値を用いて、盛土の安定性を評価する。なお、残土処分地のようにあらかじめ搬入される土の材料が確定されていない場合には、受け入れできる土の強度を「感度分析」により決定する。（受け入れ時の強度計測法については別途提示する）



5. 施工中・施工後の地下水位観測

『盛土等防災マニュアルの解説』では、盛土には地下水がないのが原則である。崩れた場合に被害の大きい大規模盛土や溪流盛土では、地下水の未知な挙動が存在することを考慮して、地下水位を設定した安定計算をしているが、「盛土内に地下水がない原則」はそのままである。「地下水があっても良い」とはならない。このため、盛土内に地下水位観測を実施し、安全性の担保を確認できるようにする。

6. 万が一盛土内に地下水が存在した場合の「あと施工」対策の提案

盛土全体が崩壊するのは、盛土底面付近で地下水流により地下侵食が生じ空洞化が発生する場合である。大地震時には地震動によりその空洞が潰れることにより、また記録的豪雨時には空洞の排水能力を超える地下水供給がある場合に過剰間隙水圧が発生し抵抗強度を失うためである。

故に、「あと施工」対策は、過剰間隙水圧が盛土底面付近で発生しないようにする、過剰間隙水圧消散工が必要である。その工法の提案も行う。（地下水位観測の結果、盛土内に地下水が存在しないことが確認できれば、この対策は不要である）

省 略

本文の一部または全部を著者の許可なく複製、転載、翻案、配布することを禁じます。

許可申請先：株式会社地盤リスク研究所（相談役）太田英将

<https://risk-lab.net/>

Mail office-risk@risk-lab.net

phone 050-7102-2517

phone/fax 078-201-0077

(相談役直通) mobile 090-3284-6299

Mail ohta-risk@risk-lab.net