現地点検による既設道路盛土の排水工点検フローの提案

Proposal of Site Investigation Scheme for Examining the Drainage System of In-Service Road Embankment

野 並 瞖 澁 谷 啓 片岡 沙都紀 大 村 官 史 Satoshi Nonami Satsuki Kataoka Masashi Omura Satoru Shibuya 中西典明 濱本敬治 松田紀子 Noriaki Nakanishi Keiji Hamamoto Noriko Matsuda

1. はじめに

国土交通省では、社会資本全般に関する本格的なメンテナンス時代に向け、2013 年を「メンテナンス元年」と位置付け、本格的な対策を始動させている¹⁾。斜面やのり面のような土構造物の維持管理については、管理費用の制約等から橋梁やトンネルに比べると、その対応は十分ではないものの必要性は認められており、潜在的なニーズはあるといえる。一方、道路盛土の変状や崩壊は盛土内に存在する「水」が引き金となる場合が多い。このため、盛土内に「水」を入れない、また盛土内に浸入した「水」は速やかに排水することが、新設ならびに既設の道路盛土を維持管理する上で最も重要な視点であり、盛土の変状や崩壊のリスク低減につながる。無数にある既設道路盛土の維持管理と、対策必要箇所の合理的な抽出に際して、道路台帳が整理された高速道路では、新潟県中越地震で被災した盛土の傾向に着目して、盛土形状などの基本情報から耐震性の低い盛土を抽出する手法²⁾や、盛土諸元に経験的に得られた点数を配して得られる管理注目度と呼ぶ概念を用いて危険度を評価する手法³⁾などが検討されている。ただし、そこまで重要度が高くない道路盛土は、台帳が未整備の場合も多いため、現地点検結果に基づき実施するのが現実的といえる。

既設盛土の維持管理の最適化を進めるにあたっては、多くのインフラ構造物で採用されているアセットマネジメントの考え方に基づく性能曲線の概念⁴⁾の導入が一案として挙げられる。これに対し、排水施設の不具合等により盛土内部の飽和度の上昇を招き、長期的に健全性が低下することを、飽和-不飽和連成弾塑性有限要素解析による事例解析で示した例や⁵⁾、地下水排除工の性能低下を、確率密度関数を用いることにより表現し、のり面のライフサイクルコストを定量的に示した研究⁶⁾ はあるが、現地点検で可能な評価に即した形で性能曲線を取りまとめた事例は見られない。

一方,道路盛土の現地点検は、「道路防災点検の手引き」⁷⁾にある「平成 18 年度防災点検要領」が既設盛土の安定性を評価する標準な手法となっている。これは、管理対象道路の防災レベルに基づいて点検対象区間を選定し、対象区間に対して机上調査および現地確認によって安定性に関する点数付けを行い、安定度調査票(防災カルテ)を作成し、今後の対応方針(対策および点検継続の判断)を定めるものである。客観性の確保や作業の容易さに留意して作成されているが、盛土の安定性を的確にとらえていない事例が見られるなどの課題もある⁸⁾。しかし現況での利用実績を考慮すると、実用性のある現地点検手法は、安定度調査票を補完する形で検討することが現実的な方針といえる。

以上の背景に基づき、本研究では既設道路盛土の排水施設に関する点検手法の検討を行った。まず、維持管理の観点から見た道路盛土の特徴をまとめた。そして、現地点検に対応した盛土の性能曲線の考え方を整理し、その結果から導かれる排水工の点検の意義と修繕の重要性について示した。それらを踏まえて、実用性に配慮したのり面排水工と地下排水工それぞれの現地点検フローをまとめた。さらに、提案フローを実盛土に適用しその妥当性を検証するとともに、簡易安定性評価時の物性値設定手法について検討した。なお、提案フローは前述の安定度調査票とは独立した内容とな

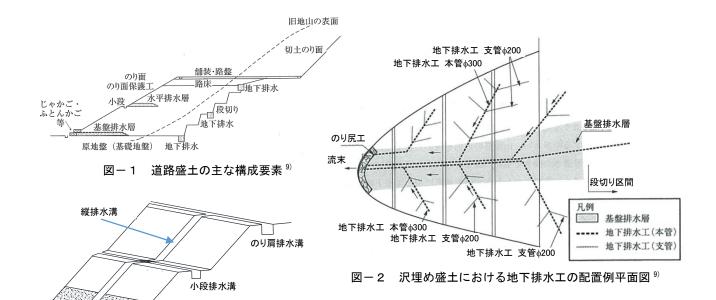


図-3 のり面排水工概要図

^yのり尻エ

のり尻排水溝

表-1 地下排水工の種類 9)

排水工の種類	機能/材料	必要な機能
水平排水工	表層水の盛土内の水の浸入を防ぐ(特に表層部). また, 施工時に盛土内に浸入した水を流下させる. 砕石, ジオテキスタイル等	盛土内の水 の浸入を防ぐ /盛土内に 浸入した水を
基盤排水工	基盤からの水の浸入を防ぐ、また、盛土内に浸入した水を流下させる. 砕石、ジオテキスタイル等	度入した水を 速やかに排 出する.
地下排水工 (有孔管)	のり肩排水溝、小段排水溝の水をのり尻 へ導く。 硬質ポリ塩化ビニル管、強化プラスチック 複合管等	盛土外の水 を流下させる /盛土内に 浸入した水を
地下排水工 (無孔管)	のり面への雨水を縦排水溝へ導く. 遠心力鉄筋コンクリート管・硬質ポリ塩化 ビニル管、強化プラスチック複合管等	速やかに排出する.

機 能/材 料 排水工の種類 必要な機能 のり面への表面水の流下を防ぐ. のり肩排水溝 鉄筋コンクリートU形溝・現場打ち側溝・ <u>アスファ</u>ルトカーブ等 のり面への雨水を縦排水溝へ導く. 小段排水溝 設計流量に 鉄筋コンクリートU形溝等 対して溢水、 のり肩排水溝、小段排水溝の水をのり尻 跳水、越流 へ道く 縦排水溝 せずに流下 鉄筋コンクリートU形溝・遠心力鉄筋コン させる. クリート・コルゲート半円管等 のり面への雨水、縦排水溝の水を排水 のり尻排水溝 する.

盛土内の浸透水の処理及びのり尻崩壊

十分な透水

性の確保.

鉄筋コンクリートU形溝等

の防止

ふとんか

表ー2 のり面排水工の種類 9)

っており、両者を併用することもできる。このため防災カルテ対応となっている既設道路盛土に対し、排水工を重点的 に点検するような場合においても適用可能であり、十分な実用性を有していると考えられる。

のり尻エ

2. 現地点検に対応した盛土の性能曲線の検討

前章で述べたように、盛土の維持管理を行うにあたっては、性能曲線の考え方に基づき現地点検を行うことが合理的 と考えられる。そこで本章では、道路盛土を構成する要素の特性と、それぞれが担っている安定性の役割を整理し、排 水工の現地点検フローの基本となる性能曲線の検討を行った。

2. 1 道路盛土の構成の確認

道路盛土の標準的な横断図⁹⁾を図-1に示した. 道路盛土は,①路体,路床からなり,盛土の主体をなす盛土材,② 基盤排水層や水平排水層,小段の水路などからなる排水施設,③その他の付帯構造物,から構成される.以下に,盛土 安定性の観点からそれぞれの概要を述べる.

2. 1. 1 盛土材

盛土材は土質材料からなり、盛土を主に構成し、安定性の支配的な要因をなすものである。よく締まった盛土は続成

表-3 排水施設に生じる変状や不具合と盛土の安定性および性能に及ぼすリスク

排水施設	変状や不具合	盛土の性能・安定に及ぼすリスク
	盛土の沈下、排水工の劣化により、目地開き・クラック等が生じ、そこから盛土内に雨水が浸透する.	降雨時にのり面の表層崩壊を招くおそれがある.排水工に 恒常的に流水があると、盛土へ長期的に地下水を供給する こととなり、盛土内水位を上昇させる原因となる.このよ うな盛土に降雨時のさらなる地下水供給や地震力が複合 的に作用すると、盛土の崩壊につながる.
	土砂等が堆積あるいは植物等が繁茂することによって排水工の目詰まりが生じ、排水不良を生じてオーバーフローを招き、盛土に水を供給する.	降雨時にのり面の表層崩壊を招くおそれがある. 排水工の 劣化等による漏洩・浸透に比べて供給量が多く, より危険 性が高い.
	恒常的なのり面への流水がある場合やのり面の積雪融水がある場合,表層への供給はもちろん盛土内にも水を供給する.	のり面の表層崩壊を招くおそれとともに、地下水位の上昇 を助長するため、盛土の大規模崩壊につながるおそれがあ る.
のり面 排水工	排水施設が盛土の沈下等によって適切な縦断勾配を有しておらず、逆勾配となった箇所に水が滞留し、そこから漏水もしくはオーバーフローを招き、盛土に水を供給する.	降雨時にのり面の表層崩壊を招くおそれがある.排水工に 恒常的に流水があると、盛土へ長期的に地下水を供給する こととなり、盛土内水位を上昇させる原因となる.このよ うな盛土に降雨時のさらなる地下水供給や地震力が複合 的に作用すると、盛土の崩壊につながる.
	道路縦断が勾配を有していて、上り勾配からの路面水を集水したり、切土部が集水面積に入っているような場合(設計時と施工時とで集水面積が変わる場合や、設計時に流量計算を行っていない場合を含む)、排水工の流下能力を上回る水を集水してオーバーフローを招き、盛土に水を供給する.	降雨時にのり面の表層崩壊を招くおそれがある.
	水際沿いの盛土(ため池や河川沿いの盛土等)	盛土に隣接するため池や河川の水位変動に呼応して盛土 内の水位が変化することで、盛土の安定性が大きく変化する。
** **********************************	切盛境, 片切片盛や谷埋め盛土等のように基礎地盤からの 湧水等が存在する場合や, 盛土の集水面積が大規模なとこ ろに地下排水工を設置せず, 盛土内の地下水位が上昇す る.	長期的に地下水を供給し、盛土内水位を上昇させる原因となる。このような盛土に降雨時のさらなる地下水供給や地震力の作用があると、盛土の崩壊につながる。
排水工	暗渠管が材料の劣化や、土圧に対する抗力を有していない ことにより破損したり、フィルター層・排水層の目詰まり により機能が低下し、盛土内の地下水位が上昇する.	同上

作用により時間とともに安定性は上昇するが、水の影響を受ける盛土は吸出しによる劣化や有効応力の減少により、安定性が経時的に低下する。また、岩砕ずりのようなせん断強度が大きく透水性の高い材料と、粘性土のようなせん断強度が小さく保水性の高い材料とでは性能に差を生じることが避けられず、性能規定を行うことが難しいといえる。

一方,盛土の施工管理は締固め度 D_c を指標とし,仕様設計の考え方に基づき品質保証の下限値を用いて行う 9 。しかしながら,盛土の安定性はせん断抵抗角 ϕ や粘着力 c などの強度特性や,地下水位や盛土形状等によって定まり,管理基準である締固め度で一義的に決まらない。また,締固め度に加えて飽和度管理を行う重要性も指摘されている 10 。したがって,管理基準を満足する盛土でも,盛土材料の違いにより築造当初から品質が異なっている。このことは,盛土の品質評価を困難なものにしている一因となっている。加えて,盛土材の性状が品質を大きく左右するということは,一旦盛土が築造されると,抜本的な対策が困難であることを示している。

2. 1. 2 排水施設

側溝や排水暗渠、カルバートボックスなど、コンクリートやポリエチレン素材からなる人工構造物である。舗装も広義の排水施設の一つとみなせる。降雨時の走行機能の確保や、盛土前に存在していた渓流の代替機能の確保のみならず、盛土内に水を入れない、あるいは浸入した水を速やかに排出するという、盛土の品質を安定させるために重要な役割を担う構造物である。竣工直後が最高の品質を発揮し、時間とともに劣化する。また、想定される外力や設置箇所に応じた機能を発揮させる必要があり、これらは設計・施工時に考慮するべきものである。

排水施設は図-2および表-1に示す地下排水工と、図-3および表-2に示すのり面排水工に大別される。地下排水工は盛土内に設置するものであるため、設置時に機能を確認するための点検方法を導入していなければ、盛土完成後

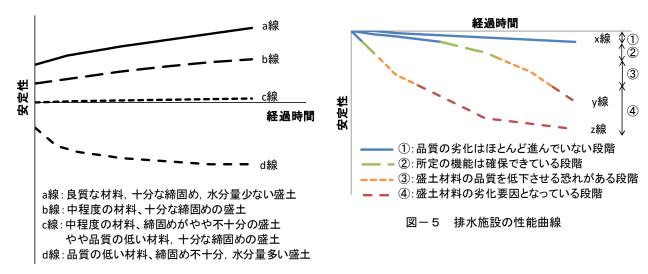


図-4 盛土材の性能曲線

に点検、対策を行うのが困難である。このため、排水機能を発揮させ続けることが維持管理上、重要となる。一方、のり面排水工は構造物が地表に露出しており、また小規模な構造物で構成されることから、機能回復が容易である。 表ー3には排水施設に生じる変状や不具合と盛土の安定性および性能に及ぼすリスクをまとめた。現地点検フローに必要な点検項目はこれらのリスク回避を念頭に設定する必要がある。

2. 1. 3 付帯構造物

標識、ガードレールなど、道路盛土の安定性には直接関係しないが、道路施設として不可欠なものである。盛土の不安定化によりこれらの機能も低下することがあるため、変状の程度が盛土安定性の指標になることがある。

2. 2 現地点検時の評価を見据えた盛土の性能曲線

ここでは2.1節での整理に基づき、現地点検時に評価可能なランク区分を提案した。そして、盛土材と排水施設とで別の性能曲線を検討し、それらを統合して提案するランク区分に適合した性能曲線を示した。

2. 2. 1 盛土のランク区分

盛土の安定性を示すランク区分はランク A~D の 4 段階とする。細分化の目安として、本来力学的な照査で行う盛土 安定性を現地点検によって概略的に評価することを目的としているため、実用性のある精度が得られる区分を念頭に設 定した。以下に各ランクの定義を示す。

- ・ ランク A: 所定の安全性を十分に有しており、今後も急激に低下する可能性が低い。点検頻度を落としてもよい盛 土である。
- ・ランクB:排水施設の経年劣化が始まっているものの、所要の機能は発揮されており、目立ったリスクも発生しておらず、法尻の擁壁や法枠など安定性に寄与する構造物を含めた所定の安全性は確保できている。ただし排水施設の機能確保に関して経過観察が必要となる盛土である。
- ・ランク C: 排水施設の機能低下もしくは機能不足に起因する変状が生じ、特に降雨時において盛土材の飽和度の上昇を抑えることができないため、盛土の安全性が低下した状態にある。ただし、排水施設の補修もしくは改善を行えば、盛土の安全性は回復可能である。排水施設の補修・改善を要する盛土である。
- ・ ランク D: 悪質な材料, 締固め不良, 不十分な排水機能, 危険な盛土形状などに起因し所定の安全性を満足していない。補修対策のみでは安全性機能の改善が十分でないため, 抜本的な対策が必要となる盛土である。

なお、上述のランク A~D 区分は、道路土工構造物点検要領 ¹¹⁾ の特定土工点検における診断での判定区分 I~IV の考え方に符合している。

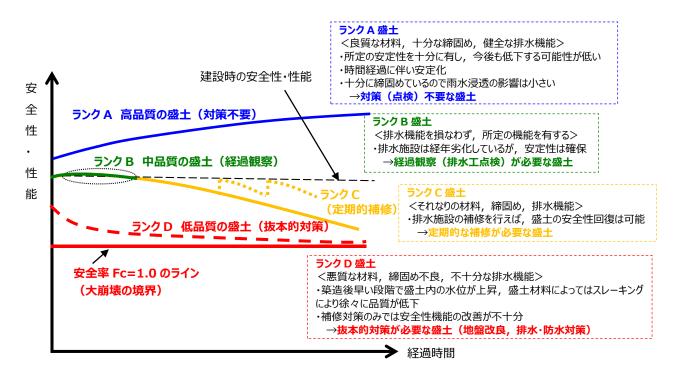


図-6 現地点検での評価のための盛土の性能曲線

2. 2. 2 盛土の性能曲線の提案

前節の整理結果に基づき、盛土材の性能曲線を図-4に示した。図中の a~d 線はそれぞれ盛土ランクが A~D に相当する盛土材を指している。前述のように、同じ締固め度で締固め管理を行っても、盛土材の性状により性能が異なることから、竣工時から品質は異なっていると考えられる。加えて、a 線のように良質な盛土材を用いよく締まった盛土は続成作用で強度が増加し、d 線のように低品質もしくは締固めが不十分な盛土は水の影響により劣化することを反映した性能曲線とした。b、c 線はその中間的な性質を有するとしている。

次に、排水施設の性能曲線を図-5に示した。排水施設の機能低下は避けられないことを踏まえ、排水施設の維持管理段階を以下の4段階で評価した。①竣工して間がなく、品質の劣化はほとんど進んでいない段階。②徐々に性能は低下しているが、所定の機能は確保できている(盛土材料の品質低下にはまだ至っていない)段階。③性能の低下が進み、盛土材料の品質を低下させる恐れがある段階。④所定の品質を喪失し、盛土材料の劣化要因となっている段階。なお、排水施設は人工構造物であり、設置時の性能は等しいとしている点が、盛土材の性能曲線と異なっている。

図-5の x 線は、図-4の a 線の状態にある盛土材に設置されたのり面排水工、もしくは安定して機能を発揮している状態にある地下排水工である。盛土材に変状がほぼ生じていないため、のり面排水工の目地切れや逆勾配化は起こらない。また、地中で安定した状態にある地下排水工も劣化速度が小さいため、①の状態を継続的に保つと考えられる。-方図-5の z 線は、図-4の d 線のような品質の低い盛土材に設置されたのり面排水工、もしくは破損した地下排水工である。盛土概成直後から盛土変状が生じるが、相互の変状が相乗効果をもたらし急速に機能が低下して④の状態に移行する様子を表している。y 線はその中間にある、一般的なのり面排水工である。

既設道路盛土の性能曲線を「盛土材(主)」+「排水施設(従)」とし、図-4と図-5を統合したものを図-6に示した。なお、図-6は地震や降雨などの外力が作用することによる突発的な安定性の低下 12 を省略していることに留意されたい。提案する性能曲線では、ランク B とランク C の境界が排水施設、特にのり面排水工の機能によって決まる。この境界を現地点検時に見出すことが、排水工点検フロー適用時の重要なポイントになると考えられる。また、ランク D の盛土は地下排水工が機能していないか、低品質な盛土で生じる変状がのり面排水工にも現れている状態を示している。このような盛土は数が少ないものの、一旦変状すると大きな変状をもたらす 13 , 14 ため、抜本的対策が必要となる。安全性の極端に低い盛土を抽出することも、排水工点検フロー適用時のポイントとなる。ランク D の盛土の性能曲線は他

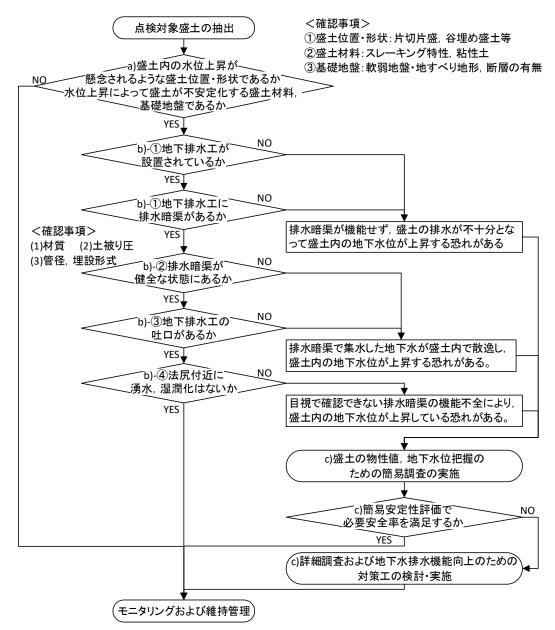


図-7 地下排水工点検フロー(フロー中の丸数字は3.1節中の説明部分を表しており,a)は3.1.1項,b)は3.1.2項,c)は3.1.3項を指す)

と異なり下に凸な形状としたのは、安定性低下の主原因が盛土内の水分量の上昇であり、築造当初の状態から飽和度が上昇し、やがて定常状態になると品質の低下は鈍化すると考えているためである。過去の高速道路盛土の降雨による被災が、築造後 5~10 年程度で発生する傾向にある ¹⁵⁾ ことが、このことを裏付けている。なお、主たる地下水面と不連続で、局所的に存在する「宙水」の存在も、盛土の安定性低下につながることが指摘されている ^{16),17)}。地下排水工が健全な場合でも発生する恐れがあるため、その発生原因および対処方法についての検討が望まれる。

3. 排水工点検フローの提案

本章では、地下排水工とのり面排水工の具体的な点検フローの検討を行った。点検フローは現地作業に手戻りなく実施できるような手順の配置を念頭に作成した。また、これまでの点検実績と実用性を考慮し、安定度調査表 で「カルテ対応」と評価される道路盛士に適用することを念頭に整理し、排水工に関する項目に特化している。ただし対象盛士は限定しておらず、基本的にはすべての盛士に対して適用可能である。

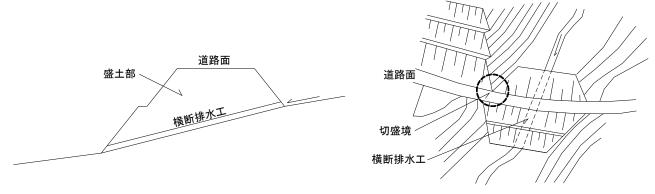


図-8 谷地形に築造された盛土(谷埋め盛土)模式図

3. 1 地下排水工点検フロー

図-7に地下排水工点検フローを示した。まず、盛土の規模、盛土材料、基礎地盤の性状により、地下排水工がなければ盛土内水位が上昇するような盛土であるのかどうかを評価する。次に現地もしくは机上資料を基に、地下排水工の有無や排水機能の現況について確認を行い、必要に応じ簡易調査~詳細調査を経て補修や抜本的対策を行う。なお、地下排水工は基本的に盛土築造の段階で設置されることから、あらかじめ点検手法が導入されていなければ、維持管理段階での点検および管理は通常困難である。このため、設計時の図面や施工時の出来形管理図の資料収集と確認が重要となる。

3. 1. 1 盛土材料と基礎地盤の性状確認

地下排水工がなければ水位上昇が懸念されるような盛土位置および形状であるかの確認、および水位が上昇しやすく不安定化を招きやすい盛土材料および基礎地盤性状であるかの確認を行う。すなわち、①盛土位置や形状が地下水位の上昇を招きやすいものであるか、もしくは安定性が問題となる高盛土か、②盛土材料が粘性土主体もしくはスレーキング特性を有するか、③基礎地盤が軟弱地盤もしくは地すべり地形であるか、などを確認する。以下に各項目の留意点を示す。

- ① 盛土位置および形状:平坦地に築造された両盛土は降雨以外の盛土外からの水の流入はないが、山間部の片切片 盛、傾斜地の盛土、谷埋め盛土は雨水や地下水の流入量が多く、盛土の含水量が上昇する恐れが高い。これらを 新旧地形図や道路台帳、現地点検により確認する。特に危険性の高い谷埋め盛土の模式図を図-8に示した。
- ② 盛土材料:スレーキング特性を持つ材料の場合,経年の乾湿繰り返しによって強度が低下するばかりか,盛土内の宙水発生の要因となり盛土が不安定化するおそれがある。ここでスレーキングとは、乾燥と湿潤の繰り返しにより組織の結合力が破壊されて泥状あるいは細粒化する現象をいう。スレーキングの可能性がある盛土材料の有無は盛土のり面の緊急点検要領 ¹⁸⁾ に示された手順を参考に地質図から抽出し、現地点検結果と合わせて確認する。また、粘性土を主体とする盛土は他の材料と比べ被災する割合が高い ³⁾ ため、注意が必要である。
- ③ 基礎地盤:基礎地盤が軟弱地盤や移動土塊である場合、外力作用時に不安定となり、盛土の変状を招く恐れがある。また、断層は地下水の供給源となって盛土の含水量を増加させる恐れがある。これらを表層地質図や旧地形図、現地点検時の周辺部の踏査によって確認する。

3. 1. 2 地下排水工の配置と健全性の確認

前節での検討の結果、水位上昇による不安定化が指摘された盛土は、地下排水工により盛土内に浸入した水を速やかに排水させる必要がある。そこで、地下排水工の配置および健全性について、①地下水排水工および排水暗渠の有無、②排水暗渠の健全性、③地下水排水工の吐口の状況、④のり尻付近の湧水、を確認する。以下に各項目の留意点を示す。

① 地下水排水工および排水暗渠の有無:盛土内に地下排水工が設置されているか確認する。現地点検で確認できるのはのり尻工のみなので、他は設計・施工時の資料(設計図・出来形管理図)で確認する。

表-4 地下水位を低下させるための対策工例

目的	工法	概要	適 用
盛土内の地下水位を低下させる工法	排水パイプエ	ストレーナー加工された鋼製パイプを盛土のり面に打設し、排水機能を付加するとともに、地盤の締固め効果も期待できる工法。打込みによるものから削孔・挿入する工法がある。	
	排水ボーリングエ	削孔径 ¢66mm以上でボーリングした後に、ストレーナー加工した保 孔管を挿入する。L=20~50mが一般的で、浅層から深層地下水を 排水する。孔口保護工(かご工等)が必要。	浅層~ 深層地下水
	集水井工	集水ボーリングにより集められた地下水を直径3.5~4.0mの集水井に溜め、排水ボーリング孔により盛土外に排水する。深層地下水を広範囲に抜く場合に有効である。	
	かごエ	盛土のり尻や小段に設置し、盛土内の地下水位上昇の抑制を図る 工法。盛土のせん断強度の増強効果も期待できる。	小段, のり尻湧水
盛土に水を流入させ ない工法	(参考) 盛土防水工	盛土内に高透水性排水面を設けて、盛土への地下水流入をしゃ断 あるいは抑制し、地下水位低下を図る工法。新技術検討中。	盛土外流入水

表-5 盛土・基礎の補強対策工例

目的	工 法	概要	適 用
	アンカーエ	鉄筋挿入工やグラウンドアンカー工に代表される補強工法。摩擦抵抗や引張力により盛土本体を補強する。大径補強材を用いたラディッシュアンカー工も盛土では用いられる。	盛土本体
盛土の補強	- 調管杭を堅固な基礎地盤まで打ち込み、杭の抵抗力により盛土本体の変形を抑止する工法。		盛土本体
	矢板工	盛土側方の地盤に矢板を打設して、盛土本体のすべり崩壊を防止 するとともに、地盤の側方変形を減じて盛土の安定化を図る工法。	盛土本体 基礎
基礎の補強	地中連続壁工	地下に連続的な溝孔を掘削して、場所打ち鉄筋コンクリート壁等を構築する工法。軟弱地盤において地盤のせん断変形抑制や液状化防止に効果がある。	基礎

- ② 排水暗渠の健全性:盛土施工後の地下排水工は吐口を除いて点検することは難しく、ここに異常が認められない場合でも、土圧や地震時外力などによって盛土内の排水暗渠が破損している可能性がある。そのため、排水暗渠の構造的な健全性について机上調査により確認する。排水暗渠はパイプカルバート工に準じた構造計算が可能であるが、盛土材料、埋戻し材および基礎の状況を把握することは詳細な工事記録が保管されていない限り困難であり、計算による照査は現実的ではない。したがって、現状で把握可能である構造形式や管径、埋設形式と土被りについて確認を行い、管種ごとの土被り圧〜管径の適用範囲の関係図表 19)などを用いて作用する土圧が排水暗渠の耐力の許容範囲にあるかどうかを通じ、健全性を確認する。また、ドレーン材のみで集水管のないもの、水平排水層、基盤排水層およびしや断排水層等の粗粒材料の透水性を利用した地下排水工は、出来形管理図があれば適切な位置に配置されていることを確認する。加えて外観調査によって砕石の欠損などがないか、吸出しによる細粒分の流出跡を生じていないかや、地下排水工設置箇所以外からの漏水がないかなどの確認を通じ、健全性の評価を行う。なお、設計時は地下排水工の効果の検証は行わず、排水工を適切に配置することで、盛土内の地下水位が発生しないことを前提としている。ただし、工事前に地表水や地中の浸透水を把握するのは困難であり、現場判断により有効な排水工を設置することが多い。このことからも施工時の出来高管理図が重要となる。
- ③ 地下水排水工の吐口の状況:盛土施工時の仮排水工が残置され,呑口あるいは吐口が閉塞している場合,地下水が適切に排水されず地下水位が上昇する恐れがある。そこで,設計図および出来形管理図に加えて施工時の仮排水図や仮設図で確認を行う。また,既存資料で地下排水工が確認されない,あるいは不明の場合は,現地点検で確認する。このとき,地下排水工からの水が盛土外に適切に排水されているのかも確認する。

④ のり尻付近の湧水の確認:ふとんかご工などの地下排水工が設置されていないのり尻などに湧水がある場合は, 盛土内の排水暗渠が破損し、排水機能が低下しているおそれがあるため、現地点検により確認する。なお、季節 変動も生じるため、「防災カルテ⁷⁾」等の既往点検記録も参考とする。

3.1.3 簡易安定性評価と対策方針

前節の①~④について不具合が指摘される場合は、盛土内の含水量が増加し、外力作用時に盛土の不安定化を招くおそれがあると判断する。このような盛土は図-6におけるランク C もしくはランク D 盛土とみなせる。両者の境界は2.2. 項で述べたように、排水施設の補修・改善により、盛土の安定性が回復するか否かが基準となる。一旦は点検結果に基づいて判断を行い、抜本的な対策が困難とみなされる場合はランク D 盛土となる。ただし、その精度を高めるためには、適切な盛土材が用いられているかどうかや、盛土の締り度合いおよび水分量を把握する必要があると考えられる。そこで、ランク C・ランク D 盛土(図-7のフローで「NO」が該当するような盛土)に対しては物理探査とサウンディングを組合せて盛土性状を把握し、簡易に安定性評価を行うことが望ましい。本研究では4章に検討事例を示すこととした。

簡易安定性評価の結果、必要安全率を満足しない場合、詳細調査および対策工の検討、実施を行う。地下水排水工の補修、再構築は現実的でないことが多いため、排水機能を向上させる排水パイプ工、集水ボーリング工、かご工や、盛土を補強する擁壁工やアンカー工などを、盛土性状や経済性、施工条件、維持管理特性などを総合的に考慮し決定する。表-4に地下水位を低下させるための対策工例を、表-5に盛土・基礎の補強対策工例を示した。

なお、盛土のランク区分に際しては、客観性を確保するため、盛土材料や基礎地盤の性状や、変状の程度を点数化するなどして、定量的に判断することが望まれる。しかし、地下排水工は機能することを前提として設計される構造物であるため、その効果を定量的に評価することが困難であることや、変状の程度と盛土の安定性の関係に関する検討がほとんど行われていないことなどから、本研究では点検時の着目点の整理に留まっている。現状ではランク区分は点検者の経験的判断に委ねられているため、客観的な点検基準の作成が今後の課題といえる。

3. 2 のり面排水工点検フロー

図-9にのり面排水工点検フローを示した。まず排水工の有無と、設置の可能性を道路台帳や現地点検により確認する。次に既設の排水工について、適切に配置されているか、排水を漏水するような変状は生じていないか、現状でもその機能が維持されているかなどを点検する。適切に設置された排水工は詰まりが生じていないかなどの管理状況を確認し、必要に応じて補修や更新を行う。のり面排水工は補修が容易であり、変状が盛土安定性に及ぼす影響も比較的小規模であることから、不具合のある盛土は図-6におけるランクBもしくはランクC盛土とみなせる。したがって補修や更新を行えば、盛土の安定性は回復すると考えられる。このことを踏まえて点検フローは変状に対する対策方針もあわせて示すこととした。以下に具体的な調査内容を作業順に示した。ランクB盛土とランクC盛土の境界は2.2.2項で述べたように、補修等の対策が必要か否か、言い換えれば盛土の安定性に影響を与えるようなのり面排水工の設置状況にあるか、もしくは変状を生じているかどうかで判断を行う。なお、③の変状状況の確認については客観的な判断基準の設定が望まれるが、本研究では定性的な着目点の指摘に留まっている。排水工の現地点検に関する検討は端緒についたばかりであり、今後、点検事例との収集および分析を行い、定量的な判断基準の作成を行うことが課題として挙げられる。

- ① のり面排水工の有無および追加設置の可否:表-2に示すのり面排水工が設置されているかを現地点検で確認する。盛土の排水対策として排水溝の設置は不可欠であり、一部でも設置されていない場合は追加設置の可否を検討する。施工性や流末処理の制限から追加設置ができない場合、のり面からの雨水等の浸入を抑えるため、遮水シート等の防水対策を施す必要がある。遮水シート敷設事例を写真-1に示した。これら表面排水対策が行われていない盛土は、原則としてランクC盛土として扱う。
- ② 排水勾配の確認:路面上およびのり面の水を排除するためには排水勾配を適切に確保する必要があり、不十分であれば排水不良や土砂等の堆積をもたらす。さらに、盛土の沈下や樹木根系の発達等によりのり面排水工が逆勾配になって排水不良に陥ると、長期間帯水し地下水供給源となる恐れがある。そこでのり面排水工の流下方向お

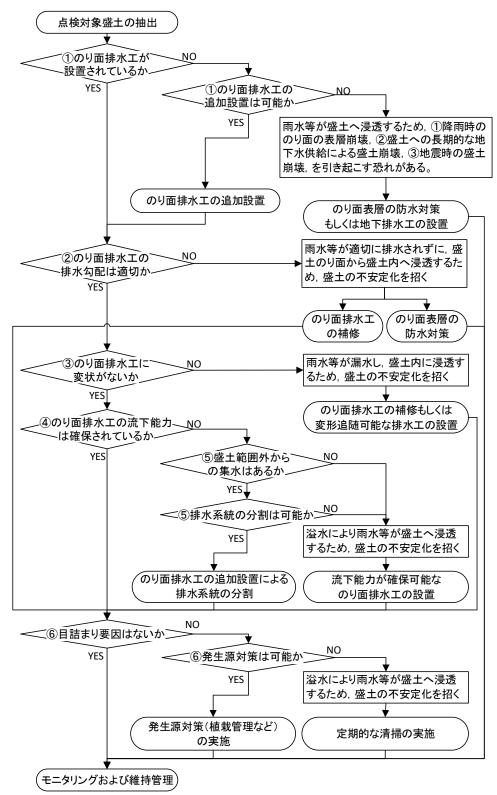


図-9 のり面排水工点検フロー(フロー中の番号は3.2節中の説明部分を表している)

よび排水勾配を道路台帳,設計図および出来形管理図等から確認するとともに,現地点検で適切な勾配が確保されているかを調査する。横断方向の勾配は道路構造令²⁰⁾に準じコンクリート舗装およびアスファルト舗装では1.5~2.0%,その他の路面については3~5%勾配が参考となる。縦断方向の勾配は一概に決められないが,排水溝が滞水している場合は呑口へ逆勾配となっている恐れがあり,注意を要する。排水不良に伴う側溝周辺の変状も把握し,それらの不具合が見つかった場合はのり面排水工の更新もしくは補修,および周辺盛土の補修を行う。



写真-1 遮水シート敷設事例



(a) 縦排水溝の破損状況



(b) 縦排水溝の圧壊状況



(c) 路面排水溝の目地の開き



(d) 縦排水溝の亀裂状況



(e) 路面の亀裂(ヘアクラック程度) 写真-2 のり面排水工の変状事例



(f) 路面の亀裂(ポットホール)

常時湛水しているような排水溝を有する盛土は、原則としてランクC盛土として扱う。

- ③ 変状状況の確認:のり面排水工が適切に配置されている場合でも、施工後の不同沈下や押出し等により目地の開きや亀裂が生じ、漏水を招いて盛土に水を供給する恐れがある。また、老朽化によって所定の機能を果たさないものなどを現地点検で確認する。特に、プレキャスト排水溝の目地開き、小段排水溝と縦排水溝やのり尻排水溝の接合部、断面変化部、切盛境部は変状が生じやすいため注意深く確認を行う。路面の亀裂も含め変状が認められた場合は、側溝の補修を行う。変状や老朽化によってのり面排水工から盛土内への水の供給が認められるような盛土は、原則としてランク C 盛土として扱う。のり面排水工の変状事例を写真 2 に示した。なお、勾配の不具合も含めて頻繁に変状を生じる箇所は盛土材に問題のあることが多く、繰返し発生する傾向がある。変形追随可能な側溝などの技術開発により、メンテナンス費用を抑える方策が望まれる。
- ④ 流下能力の把握:のり面排水工に変状がない場合でも、設計時と施工時の現地状況の相違等の理由により流下能力が不足している場合がある。現地点検で溢水がみられるような箇所については、排水溝の流下能力を現地踏査および机上調査に基づき確認する。のり面排水工の流下能力不足に起因する変状事例を写真-3に示した。現地踏査では排水溝の寸法および勾配を計測し、マニング式により流下能力を算出する。机上調査では、当該地点における計画流量を合理式などで算出し、排水溝の流下能力と比較して排水可能であるか確認する。なお、通常の側溝では計画流量に対して20%程度余裕を持った断面を計画することが多いが、既設側溝に対する流下能力は維



(a) のり肩からの流水による盛土のり面の崩壊



(b) 縦排水溝への土砂・礫堆積による側溝側部の浸食



(c) 盛土のり面の流水跡



(d) 縦排水溝からの溢水による浸食状況

写真-3 のり面排水工の流下能力不足に起因する変状事例

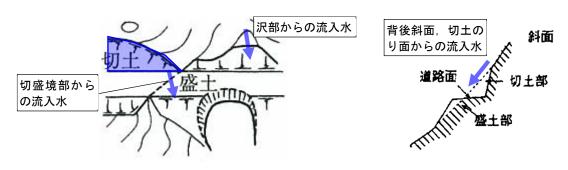


図-10 盛土範囲外からの集水例 ^{9)に一部加筆}



(a) 側溝への土砂堆積状況



b) 小段排水溝の埋没

写真-4 のり面排水工の目詰まり事例

持管理を前提とし、当面は満水状態で照査すればよいと考えられる。また、盛土施工後に周辺の地形改変が行われたり、近年の豪雨履歴から降雨強度の更新があった場合は、最新の情報を用いて計算を行う。

⑤ 盛土範囲外からの集水の有無と排水系統の分割の可否:④での照査で流下能力が不足している箇所は、切土のり面や路面からの水を集水している可能性がある。盛土範囲外からの集水例を図-10に示した。現地路査および机上調査によりこれを確認し、排水系統の分割の可否について検討する。変状時のリスクを考慮すると、1箇所当たりの排水溝の流量は小さいほうが望ましいため、排水工の追加設置による分割を積極的に検討する。できない場合は、所定の流下能力が確保可能な断面を有した排水工の設置を検討する。なお、④と⑤については、その他の点検項目と比べるとリスクとしては大きくないと考えられることや、リスクに対して処置すべき内容が比較的大掛かりとなることから、対策優先度はそれほど高くないといえる。



写真-5 ファイバー断面に届く太陽光による落ち葉の堆積の確認状況 (落ち葉の堆積による排水溝への自然光の遮断を光ファイバーで検知している)

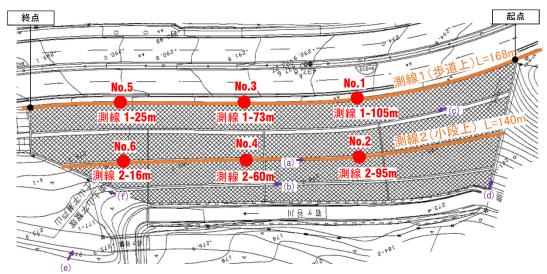


図-11 点検対象盛土平面図 (S=1:1,200) 〈アルファベットは写真-6 の撮影位置を示す〉

⑥ 目詰まり要因の有無:竣工時は健全であっても,経年的な土砂堆積や落葉で排水溝が閉塞し,流下断面が阻害されることが多くみられる。目詰まり要因とその対応および周辺の変状について現地踏査により確認を行う。のり面排水工の目詰まり事例を写真-4に示した。排水溝の目詰まりがなく,その誘因も認められない場合は対策不要と判断する。落葉樹の剪定などの植栽管理や,コンクリート張工などの表面浸食防止による土砂発生の抑制,側溝蓋の設置など,目詰まり要因の発生源対策が可能な場合は,その適用を検討する。発生源対策が困難な盛土は,定期的な清掃を実施し,機能回復を行う。

一方、目詰まりの発生頻度はそれ以外の変状に比べて多く、発生の有無を確認するだけでも多大な労力を必要とする。このため、写真-5のように低コストでメンテナンスフリーな光ファイバーを利用した目詰まり計測システム²¹⁾ など、簡易な点検手法の開発が期待される。

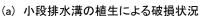
上記では点検時の着眼点と対策方針について記したが、点検後もしくは対策後のモニタリングも重要である。盛土の変位に起因する排水施設の不具合が少なからず想定されるが、排水施設の修繕を行っても盛土性状は抜本的に変化するわけではないため、不具合は繰返し起こる傾向があると考えられる。そのような盛土は上記の点検内容に加え、定期的な横断測量を実施し、盛土法面形状の変化を把握するなどの対応が望まれる。

4. 点検フローの実盛土への適用性

本章では、提案した排水施設の現地点検フローを実装し、簡易安定性評価を行った事例を通じ、提案フローの適用性の検討を行った。対象とした盛土は国土交通省が直轄管理し、防災カルテ対応となっている道路盛土である。

4. 1 点検フロー適用結果







(b) 小段排水溝と縦排水溝の境界の破損(c) 小段排水溝の枯葉による埋没状況



(e)河床の断層の露出



(f) 排水溝への湧水状況

(d) 縦排水溝の枯葉による埋没状況

写真-6 対象盛土の排水施設変状状況

4. 1. 1 のり面排水工

図-11に点検対象盛土の平面図を、写真-6に現地調査時の状況写真を示した。写真撮影箇所は図-11中に示している。基盤岩は新第三紀の礫岩であり、法尻の小規模な河川に露頭している。のり面にはコンクリート製の軽量法枠が設置され、在来種の樹木が多く植わっている。のり面排水工は不足なく設置されており、法肩および小段排水溝の勾配は道路縦断勾配と同じ3%程度であることから、流下能力に問題はない。盛土のり面外からの流入も見られず、舗装は近年オーバーレイされており、ヘアクラックがある程度であったことから、図-9中の①・②・④・⑤に対して問題がないといえる。ただし、経年劣化と樹木の根系生育の影響で写真-6(a)、(b)のように図-9中の③に対応する排水溝の破損が確認された。この変状箇所から盛土へ水の供給を招く恐れがあることから、のり面排水工の状況からランク C 盛土として評価される。このような変状に対し点検フローでは排水溝の補修もしくは再設置を提案しているが、現況を的確に指摘できているといえる。また、写真-6(c)、(d)のように図-9中の⑥に対応する枯葉の堆積による閉塞箇所が多く見られた。盛土のり面の樹木は降雨による浸食の緩和作用や根系による表層付近の補強効果は認められるものの、のり面排水工に対しては悪影響を与えることが多いため、排水溝近くの樹木は生長度合いが人力で伐根できる程度までに対応することが望ましいと考えられる。

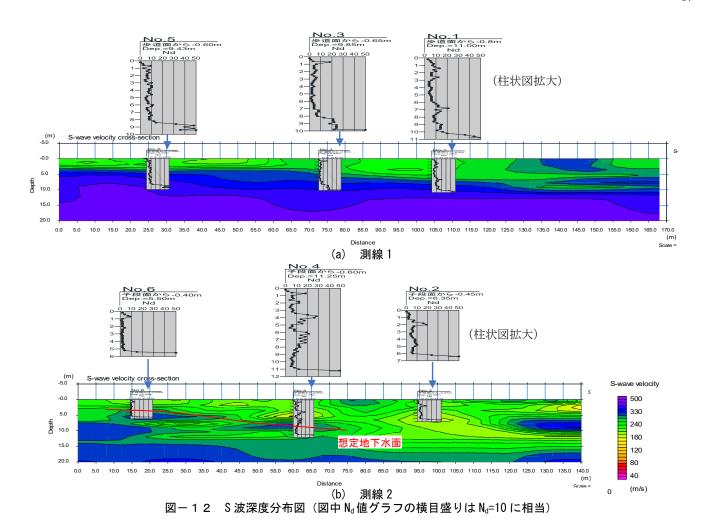
4. 1. 2 地下排水工

当盛土は斜面に腹付けされており,図-7中の a) と照合すると地下排水工の点検が必要な盛土である。しかし,沢埋め盛土のように渓流がなかったこともあり,踏査および既存資料では地下排水工は確認できなかった。また河床で確認された写真-6 (e) の断層の延長線上に,写真-6 (f) のように常時の湧水があったり,のり先の河川護岸を兼ねたブロック積擁壁からも湧水がみられたことから,図-7中の b) に対応した盛土内の水位上昇の可能性が指摘できる。ただし,湧水に起因する盛土の変状までは認められなかった。このことは,抜本的対策までが望まれるような状態に至っていないと判断されるため,ランク C 盛土として評価される。そこで簡易調査および簡易安定性評価を行うこととし,次節にその結果を示した。

4. 2 簡易調査および安定性評価

4. 2. 1 簡易調査結果

調査内容は筆者らが提案する簡易安定性評価のための調査フロー220を参考に,安定計算に供する物性値が得られるよ



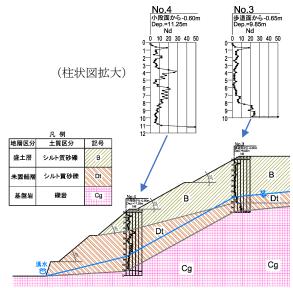
うに設定した。具体的な調査内容を表-6に示した。表面 波探査による S 波速度分布図と動的コーン貫入試験による N_a 値の深度分布を図-12に示した。これより,地山と みなせる V_s =300m/s 以上の深度が動的コーン貫入試験 No. 2 地点を除き 5~7m あたりで出現しているのがわかる。 小段で実施した測線 2 の No. 2 地点は,地表面の肌落ちや緩みの影響で受振器と盛土の密着性が十分でなく,振動を受信することができていなかったため,実態より小さな V_a 値を示している可能性が高い。一方 N_a 値はその深度以深も 概ね 10 以下となっており,未固結の地山層が分布していることが想定される。図-12中には地下水位観測結果を 示したが,湧水が見られた No. 6 地点の水位がやや高くなっており,地下水位観測結果の妥当性を確認している。た

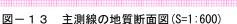
表一6 簡易調査内容

調査手法	箇所数	目的
表面波探査	2 測線	探査で得られる S 波速度から、盛土 の締固め度の変化や盛土と基礎地盤 の境界等を把握する。
動的コーン貫入 試験(ミニラムサ ウンディング)	6 地点	N _a 値から盛土の締まり度合いを評価し、安定解析の必要性や、安定解析に用いる土質定数の推定に用いる.
簡易サンプリング	4 地点 (No.1,3 ,4,6 孔)	盛土性状を把握するための乱した試 料採取を行う.
土質試験 (物理試験)	4 地点	採取試料の各種物理試験を実施し、盛 土性状の把握に利用するとともに、安 定解析に用いる土質定数の推定に用
地下水位観測 (打込み式水位観 測孔+自記水位 計)	(No.2,4	地下水位の変動を把握し、盛土の安定性評価の必要性を判断する、また、安定解析の際の地下水位を設定する。

だし、地下水位は地表面に達するものでないことから、局所的な水みちを通って漏水しているものと考えられる。

図-13に盛土の中心部で最も盛土厚が厚いとみなせる測線の地質横断図を示した。のり面勾配は法肩より2段目までは盛土の標準勾配である1:1.8で,そこより法尻まではそれよりも急な1:1.2であった。このことと表面波探査結果を合わせて盛土範囲を推定した。その結果,盛土は上部2段が主体で,3段目は未固結の地山層が分布していると評価し,のり面付近で未固結の地山層が緩んで盛土と同程度の状態になっているとして地層線を設定した。未固結地山層と礫岩の境界は N_d 値が50を超える深度とした。図-14にはバイブロサンプリングにより採取した試料の粒径加積曲線を示した。これより,盛土材は礫分が主体であり,基礎地盤の礫岩が風化した未固結層を切土した際の発生土を用いて





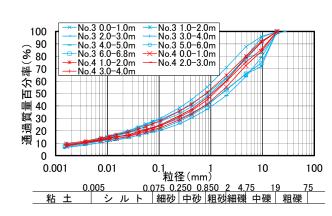


図-14 No. 3, No. 4 孔の盛土層の粒径加積曲線

盛土していることが想定された。

4. 2. 2 簡易安定性評価

調査結果に基づき、円弧すべり法による安定計算を実施し、簡易安定性評価を行った。物性値の設定方法が計算結果に与える影響を検討するため、盛土と未固結の地山層について、1) ¼値のみを用いる式から推定した場合、2) ¼値と 粒度特性を用いる式から推定した場合、3) 別途実施した一面せん断試験結果から設定した場合、の3種類で設定を行った。通常行われる簡易安定性評価はパターン1もしくはパターン2の物性値設定方法に基づいて行われるが、今回は 物性値の設定過程の妥当性検証のため、一般に詳細調査で実施するものであるパターン3の手法も採用した。

パターン 1 はせん断抵抗角 ϕ を道路橋示方書に示された式(1) ²³⁾ から求めた。単位体積重量は道路土工盛土工指針にある一般値 $^{9)}$ とした。

$$\phi = 4.8\log N_{\rm d1} + 21\tag{1}$$

ただし、 N_{01} : 上載圧 100kN/m² に換算した N_{0} 値

パターン 2 は筆者らが提案している N_{01} 値~締固め度 D_{0} ~せん断抵抗角 ϕ の関係 24 を適用した。すなわち, N_{01} 値~締固め度 D_{0} の関係が式(2)で示されることから,傾き A を求める式(3)と, D_{0} =80%における N_{01} 値である $N_{01:De=80\%}$ を求める式(4),(5)を用いて N_{01} 値より締固め度 D_{0} を推定し,種々の粗粒土の試験結果から得られた D_{0} ~ ϕ 関係の最低値を内包する式(6)を用いて盛土層の ϕ を求めた。湿潤単位体積重量は N_{01} 値~湿潤密度 ρ_{0} (g/cm^{3})の関係式(7)に重力加速度を乗し求めた。

$$N_{\rm d1} = A \cdot D_c + N_{\rm d1;Dc=80\%} \tag{2}$$

$$A = 0.009 \cdot D_{80} + 0.077 \sqrt{D_{80}} + 0.202 \tag{3}$$

$$N_{\text{d1;Dc=80\%}} = 1.07 \cdot \exp(0.01 \cdot F_{\text{c mod}})$$
 (4)

$$F_{\rm c\ mod} = F_{\rm c} + 80 \cdot \log(D_{80})$$
 (5)

$$\phi = 6.42 \cdot \exp(0.018D_c) \tag{6}$$

$$\rho_{\rm t} = 0.54 \cdot \log(N_{\rm d1}) + 1.51 \tag{7}$$

ただし、 $D_{80}:80\%$ 通過粒径(mm)、 $F_{c}:$ 細粒分含有率(%)

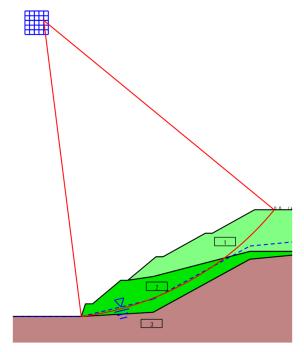


図-15 安定計算出力図<物性値パターン1,レベル 2 地震動> (S=1:800)

表-7 簡易安定性評価の設定物性値 (地層名は図-13参照)

(地層石16四十万多無)				
設定パターン	地層	粘着力 <i>c</i> (kN/m²)	せん断 抵抗角 φ(°)	湿潤単位 体積重量 y _t (kN/m³)
パターン 1	B層	0	30.3	20
(B 層:N _d 値から φ	Dt 層	0	32.4	19
を換算)	Cg 層	54.6	38.0	18.2
パターン 2	B層	0	32.7	19.3
(B層: Nd値と D80,	Dt 層	0	35	19
<i>F</i> 。から φ を換算)	Cg 層	54.6	38.0	18.2
パターン3	B層	22	37.5	19.3
(B 層: 一面せん断 試験による c, φ	Dt 層	0	35	19
を設定)	Cg 層	54.6	38.0	18.2

表-8 簡易安定性評価結果一覧(斜字は必要安全率不足)

設定パターン	常時の安全率	レベル 1 地震時 の安全率	レベル 2 地震時 の安全率
パターン1	1.12	0.94	0.84
パターン 2	1.20	1.01	0.92
パターン3	1.55	1.30	1.11

採用した試験データは、盛土層の湿潤化のため明らかに小さな Na値となった No. 6 孔以外のものを用いた。なお、推定締固め度の平均値は Dc=90%であり、RI 法による道路盛土の管理基準 Dc=92%をやや下回るものであった。未固結の地山層は続成作用があるため盛土層のせん断抵抗角を下回らないとして、一般値 9 より設定した。

パターン3は先述のように、物性値の設定過程の妥当性検証のために採用した。盛土材を採取して 2mm せん頭粒度試料とし、標準エネルギーによる締固め試験を行い、締固め度の推定結果を参考に D_c =90%で最適含水比に調整した供試体で定圧一面せん断試験を実施した。設定した物性値を表-7にまとめた。これより、粒度特性を設定時に反映したパターン 2 は N_d 値のみのパターン 1 よりもせん断抵抗角 ϕ は大きくパターン 3 の値に近づいており、こちらの方が強度定数の信頼性が高いといえる。

円弧すべりの計算式は盛土工指針 9 に従い、設計水平震度は I 種地盤としてレベル 1 地震動 0.08、レベル 2 地震動 0.16 とした。レベル 2 地震動では天端の道路面を通るすべりとした。安定計算結果出力図例として、物性値パターン 1、レベル 2 地震動のものを図ー 1.5 に示した。また、計算結果を表-8 に示した。これより、パターン 1.5 の計算結果は常時、レベル 1 地震時ともに必要安全率(常時 1.2、地震時 1.0)を満足しないのに対し、パターン 2 は共に上回る結果となった。レベル 2 地震動については、パターン 3 のみが必要安全率を満足した。築造後 50 年以上経つ盛土の安定計算結果が常時、レベル 1 地震時ともに必要安全率を下回ることは実態を表していないと考えられるため、簡易安定度評価を行う際には、粒度特性を反映した強度定数の設定が望まれるといえる。今回の検討では同一の検討断面でも異なる安全率が得られたが、信頼性が最も高いパターン 3 に基づくと、当該盛土が有すべき安全性は確保されているといえる。

なお、今回の事例は簡易調査としては実施数量が多いが、主測線の動的コーン貫入試験2本と簡易サンプリングおよび物理試験のみでもパターン2の設定に必要な地盤情報は得られるため、今回の結果と同程度の安全率が得られることを付記しておく。

5. おわりに

本研究では盛土の構成要素の特徴を踏まえた既設道路盛土の排水工点検フローを提案し、実盛土への適用性を検討した。得られた結論は以下のとおりである。

1) 維持管理特性の観点から, 道路盛土は①盛土の主体をなす盛土材, ②地下排水工とのり面排水工に大別される排

水施設,③その他の付帯構造物,から構成される。盛土材は材料によらず締固め度による管理が行われるため,性能規定を行うことが難しく,築造後の性能の向上も困難であることを述べた。また,排水施設は経年的な劣化が避けられず,維持管理が必要であることを述べた。

- 2) 現地点検で反映可能な精度を考慮した道路盛土の性能曲線を提案した。その概要として,道路盛土の維持管理は,のり面排水工の点検および補修が重要であることが表現されている,また,地下排水工の機能不全や,低品質な盛土で生じる変状がのり面排水工にも現れている盛土は,抜本的な対策が必要なランクと設定した。
- 3) 盛土の地下水位上昇の可能性と、排水機能の確認方法を念頭にした地下排水工点検フローを提案した。既設の地下排水工の点検・管理および補修・改良は困難であるため、不具合のある場合は盛土性状を把握する簡易調査を行い、安定性評価を行って必要に応じ対策工を行うフローとした。
- 4) 既存の安定度調査票を補完するのり面排水工の点検フローを提案した。補修が容易な構造物であるため、変状および性能不足の状況に応じた対策方法を示している。既設盛土に本フローを適用したところ、現況を適切に反映することを確認した。また、適用結果を通じ、のり面の植生管理がのり面排水工の維持管理に重要であることを述べた。
- 5) 湧水の見られた盛土に対し表面波探査と動的コーン貫入試験,簡易サンプリングによる簡易調査を実施し,盛土の性状を概ね把握できることを示した。また,簡易安定性評価で設定する盛土層の物性値が計算結果に大きな影響を与えることから,粒度特性を反映した設定手法の有効性を示した。

本研究の成果に基づき、地下水排水工点検フローにおける簡易安定性評価の手順を簡略化した点検マニュアル²⁵⁾ およびその概要^{26),27)}がまとめられており、今後実盛土への適用事例が増えていくものと考えられる。その際に得られる成果や課題を反映し、より効果的な排水施設点検フローを検討することが望まれる。

なお、本研究では簡易調査として動的コーン貫入試験を実施した事例を示したが、労力や迅速性の観点から、上述のマニュアルでは点検作業時に平行して、比較的容易に実施可能な簡易動的コーン貫入試験の採用を推奨している。ただし、この試験から得られる N_d 値と盛土の締固め度の関係や含水量の影響、最大粒径の適用限界等の検討は途上にあり、今後の課題である。

謝辞

本研究は平成 25~27 年度にかけて設置された,「新都市社会技術融合創造研究会」のプロジェクトである「道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する研究」(研究代表者: 澁谷 啓)の成果の一部を示したものであり、関係各位のご支援, ご協力のもとに進められました。ここに謝意を表します。また、実盛土の現場データをご提供いただいた国土交通省近畿地方整備局に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省編:平成25年度国土交通省白書 第I部 これからの社会インフラの維持管理・更新に向けて ~ 時代を越えて受け継がれる社会インフラ~,2014.
- 2) 中村 洋丈, 横田 聖哉, 吉村 雅宏: 高速道路盛土の地震災害マネジメントにおける耐震性評価手法の構築, 土木学会論文集 F4, Vol. 69, No. 2, pp. 156-175, 2013.
- 3) 大窪 克己, 亀村 勝美, 濱田 政則:高速道路盛土の自然災害事例分析に基づいた事業継続計画の策定に関する研究, 土木学会論文集 F5, Vol. 69, No. 1, pp. 1-13, 2013.
- 4) 例えば西川和廣: 道路橋の寿命と維持管理, 土木学会論文集, No. 501/I-29, pp. 1-10, 1994.
- 5) 山本 剛,中井 卓巳,丸木 義文,小高 猛司,岸田 潔,大西 有三:長期劣化の概念を導入した道路法面の健全 性評価手法の提案,地盤工学ジャーナル Vol. 4, No. 1, pp. 21-33, 2009.
- 6) 大津 宏康, 松山 裕幸, SUPAWIWAT Nutthapon, 高橋 健二: 斜面対策工の性能低下過程の不確実性を考慮した LCC 評価, 土木学会論文集 F, Vol. 62, No. 2, pp. 405-418, 2006.

- 7) (財)道路保全技術センター:道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等),2007.
- 8) 戎 剛史, 眞弓 孝之, 鍋島 康之, 野並 賢, 片岡 沙都紀, 澁谷 啓: 既設道路盛土の広域点検手法に関する研究, Kansai Geo-Symposium 2016 論文集-地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー, pp. 167-172, 2016.
- 9) 日本道路協会編:道路土工 盛土工指針,2012.
- 10) 龍岡 文夫:盛土の設計・施工・維持管理における幾つかの課題, 地盤工学会誌, Vol. 66, No. 6, 2018.
- 11) 国土交通省道路局:道路土工構造物点検要領,2018.
- 12) (一社)建設コンサルタンツ協会近畿支部:公共土木施設の維持管理に関する研究委員会報告書 第 2 編道路分科会 3. 斜面・のり面の適切な点検方法の手引きと補修・補強工法選定資料, 2012.
- 13) 土木学会・地盤工学会編: 2007 年能登半島地震被害調査報告書, 第5章道路被害, pp. 132-215, 2007.
- 14) 西日本高速道路株式会社中国支社,財団法人高速道路技術センター編:山陽自動車道 災害調査検討委員会報告書、2005.
- 15) 奥園 誠之:道路供用後の傾斜地盤上盛土の崩壊事例とその対策,地盤工学会誌 Vol. 56, No. 4, PP8-11, 2008.
- 16) 片岡沙都紀, 澁谷啓, 肥後陽介, 野並賢: 盛土内宙水の形成メカニズムに関する事例研究, 建設工学研究所論文 集第 63 号, pp. 1-10, 2021
- 17) 肥後陽介, 南野佑貴, 加藤亮輔, 片岡沙都紀, 甲斐誠士: 道路盛土内の宙水の原位置調査および再現解析, Kansai Geo-Symposium 2016-地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集-, pp. 183-188, 2016
- 18) 国土交通省道路局:盛土のり面の緊急点検要領(案), 2009.
- 19) 日本道路協会編: 道路土工 カルバート工指針, 第6章パイプカルバートの設計, pp. 168-262, 2010.
- 20) 日本道路協会編:道路構造令の解説と運用, 第3章 線形および視距, pp. 436-440, 2015.
- 21) 芥川 真一: On-Site Visualization のすすめ, 光の屈折率の違いに注目した光ファイバーセンシング, 土木技術, Vol. 73, No. 5, pp. 60-64, 2018.
- 22) 野並 賢, 戎 剛史, 片岡 沙都紀, 澁谷 啓, 谷 和夫, 千野 克浩: 沢埋め盛土を対象とした簡易安定性評価手法 の提案とその検証事例, 地盤工学ジャーナル, Vol. 13, No. 4, pp. 269-281, 2018.
- 23) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説, IV下部構造編, pp. 604-606, 2012.
- 24) 野並 賢, 澁谷 啓, 片岡 沙都紀, 鳥居 宣之, 千野 克浩: 動的コーン貫入試験と粒度特性を用いた既設盛土の 締固め度推定方法の検討, 土木学会論文集 C, Vol. 77, No. 1, pp. 32-42, 2021.
- 25) 近畿地方整備局近畿技術事務所: 道路盛土における排水施設点検・管理手法の手引き(案), 2020.
- 26) 濱本 敬治, 松田 紀子: 道路盛土における排水施設点検・管理手法について, 第33回日本道路会議論文集, No. 40-41, 2019.
- 27) 濱本 敬治, 松田 紀子: 道路盛土における排水施設点検・管理手法の手引きについて,近畿地方整備局研究発表会論文集,イノベーション部門 II, No.6, 2020.

著者

野並 賢 所員(非常勤),神戸市立工業高等専門学校,博士(工学),地盤工学

澁谷 啓 所員,建設工学研究所,博士(工学), Ph. D., 地盤工学,地盤材料学,減災工学

片岡 沙都紀 研究員(非常勤),神戸大学大学院工学研究科,博士(工学),地盤工学

大村 宜史 復建調査設計株式会社, 学士(理学), 地盤工学

中西 典明 客員研究員,復建調査設計株式会社,学士(工学),地盤工学

濱本 敬治 国土交通省近畿地方整備局,博士(工学),交通工学,地盤工学

松田 紀子 国土交通省近畿地方整備局,学士(農学),地盤工学