

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

濱本 敬治¹・松田 紀子²

¹近畿地方整備局 兵庫国道事務所 品質確保課 (〒650-1600 兵庫県神戸市中央区波止場町 3-11)

²近畿地方整備局 大阪国道事務所 管理第二課 (〒536-0004 大阪府大阪市城東区今福西2-12-35)

道路盛土の変状・崩壊は、盛土内に存在する「水」が引き金となる場合が多い。そのため、盛土内に「水」を入れない、盛土内に浸入した「水」は速やかに排水することが新設並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・崩壊のリスク低減につながる。こうしたことから、個別の盛土に対して材料特性・初期条件（締固め度・透水性等）・排水機能・水理的境界条件等を把握し、盛土の健全性を評価することが肝要であり、本稿では、道路盛土における排水施設の点検・管理手法の手引きを作成したので紹介する。

キーワード 道路盛土、地下排水工、のり面排水工、排水施設、点検管理

1. はじめに

良質な材料を用いてよく締固めた高品質の盛土で、排水機能が十分に発揮していれば、時間の経過とともに盛土は安定化へ向かう。一方、築造時に所定の性能を満たさない盛土が、さらに過酷な自然条件下に置かれると、時間の経過につれて安全性・性能が低下する。また、盛土構造物は、他の土木構造物（橋梁・トンネル等）とは異なり、盛土材料の厳密な品質管理が困難であることや立地の地形・地質も千差万別であること、さらに地形・環境条件への対応が不十分であることから、不具合が生じた場合には「応急復旧で対応」との考え方が主流であり、根本的な原因が排除されないために、変状・崩壊を繰り返す事例が散見される（写真-1）。

こうした不可避論から脱却するためには、個別の盛土に対して、材料特性・初期条件（締固め度・透水性等）・排水機能・水理的境界条件等を把握し、盛土の健全性を評価することが肝要であり、本稿では、その点検・管理手法の手引きについてとりまとめを行った。



写真-1 異常降雨及び地震による災害

2. 点検・管理の目的

道路盛土構造物の安定性に大きく寄与する排水施設の機能を点検・診断し、機能維持・改善に必要な対策を検討・実施することにより、将来的な崩壊を未然に防止する。現存する既設盛土の中には、盛土材料や締固めが不適切で、排水性能が不良なゆえに高含水状態となり、安定性が低下した箇所が数多くある。盛土内の地下水位が上昇して発生する崩壊は規模が大きいのが特徴である。

一方、既設ののり面排水工の不具合によって生じる崩壊は小規模であるが崩壊事例は数多く見受けられる。

これらの他、排水施設に生じる変状や不具合及びそれらが原因となって盛土の性能・安定に脅威となるリスクを表-1、2に整理する。

表-1 地下排水工における変状及び不具合

変状や不具合	盛土の性能・安定に及ぼすリスク
切盛境、片切片盛、谷埋め盛土等のように基礎地盤からの湧水等が存在、あるいは集水域が大規模で、地下排水工が設置されていない場合に、盛土内の地下水位が上昇する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 恒常的に地下水が供給され、盛土内水位を上昇させる原因となる。 ▶ 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。
材料の劣化や土圧により暗渠管が破損したり、フィルター層・排水層が目詰まりによって機能低下すると、盛土内の地下水位が上昇する。	

3. 対象とする排水施設

盛土の排水施設は、大きく分けて、のり面排水工と地下排水工に分類されることから、それぞれについて異なる点検体系に基づき点検・診断を行うこととした。

まず、のり面排水工は、のり面を流下する表面水によるのり面の浸食及び洗掘を防ぎ、盛土内への浸透を低減するための構造物であり、のり肩や小段、のり尻に設置された排水溝、これらを導く縦排水溝がある（図-1）。

のり面排水工は、地表に露出した小規模な構造物であることから、点検・管理は比較的容易であり、補修や対策工の施工も容易であることが多い。

一方、地下排水工は、盛土及び路盤内の地下水位を低下させるために、周辺地山からの湧水が盛土内に浸透し

そのため、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特に重要である。

4. 地下排水工の点検・管理

図-3 に地下水排水工の点検・管理フローを示した。

(1) 盛土材料と基礎地盤の性状確認

水位の上昇が懸念されるような盛土位置・形状、盛土材料であるか、あるいは、水位上昇により盛土が不安定

表-2 のり面下排水工における変状及び不具合

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。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 降雨時にのり面の表層崩壊を誘発するおそれがある。 ▶ 恒常的に流水があると、盛土内水位を上昇させる原因となる。 ▶ 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でオーバーフローを招き、盛土に水を供給する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 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。
恒常的な流水や融雪水は、表層及び盛土内にも水を供給する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ のり面の表層崩壊を招くおそれがある。 ▶ 盛土内水位が上昇し、大規模崩壊につながるおそれがある。
盛土の沈下等によって適切な縦断勾配を有さない場合、水が滞留して漏水やオーバーフローを招き、盛土に水を供給する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 降雨時は、短期的にのり面の表層崩壊を招くおそれがある。 ▶ 恒常的に流水があると、盛土内水位を上昇させる原因となる。 ▶ 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。
道路縦断方向の路面水を集水したり、切土部が集水域に入っている場合、流下能力を上回る水がオーバーフローし、盛土に水を供給する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 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)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 盛土に隣接するため池や河川の水位の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。

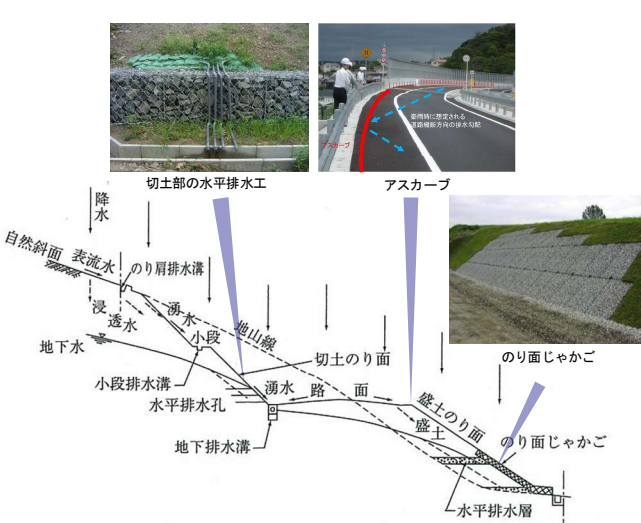


図-1 道路のり面とのり面排水工¹⁾

ないように排除するとともに、路肩やのり面からの浸透水を速やかに排除するための構造物であり、沢沿いや等高線に沿って線的に設置する地下排水溝（暗渠管）と、盛土内に面的に、碎石もしくは不織布等の排水材料を設置する水平排水層、切盛境に面的に設置する基盤排水層、盛土のり尻に設置する排水工等がある（図-2）。

これらは、盛土築造途中に設置されるために、設置時に点検手法が導入されていないければ、盛土完成後に管理・点検・対策を行うのが困難であり、不具合が生じて間接的な手法でしか評価することができないことが多い。

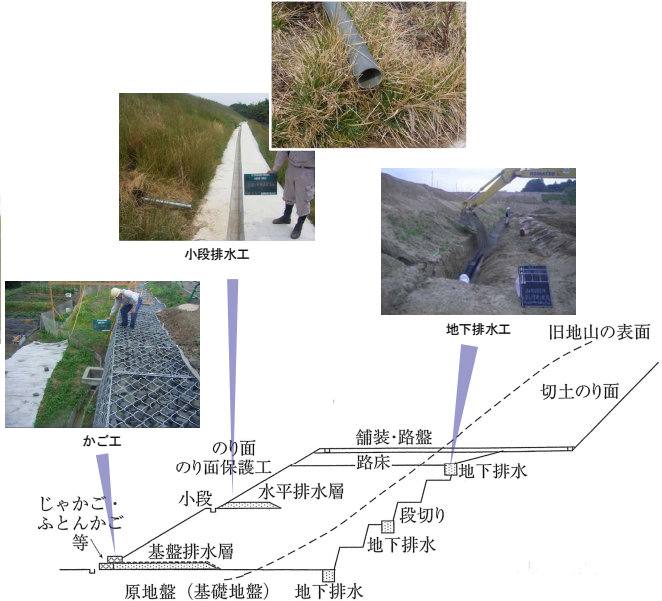


図-2 道路のり面と地下排水工

化するような基礎地盤性状であるかを机上及び現地踏査により確認を行う。

(2) 地下排水工の配置と健全性の確認

盛土内に地下水位が形成されると、盛土のり面の不安定化や盛土材料が劣化する恐れがある。そのため、地下排水工（表-3）の配置と健全性を確認し、盛土内の排水が適切に行われているかを判断する。

(3) 簡易調査の実施

盛土のり面からの湧水が認められる場合、あるいは、盛土内の地下水位の上昇が疑われる場合には、簡易動的コーン貫入試験等を実施して盛土材料の強度について調査を行い、以降の対応を判断する(図-4)。

簡易動的コーン貫入試験²⁾は単管式であり、貫入深度が深くなればロッドの周面摩擦の影響が大きくなるため、一般には地盤表層部4~5m以内が適用範囲とされている³⁾。このため、調査深度が深くなる場合や周面摩擦力が大きい盛土材料(粘性土など)を対象とする場合には、同じく人力での作業が可能なスウェーデン式サウンディング試験⁴⁾の適用を考える。スウェーデン式サウンディング試験は広く普及した試験であり、簡易動的コーン貫入試験に比べれば作業効率が低いものの、周面摩擦の影響が小さく、適用深度は大きい。ただし、いずれの試験も礫分が多い場合には貫入が困難となり、盛土の性状を十分に把握することができない場合がある。

そのような場合には、礫分を含むN値30程度の地盤にも適用可能なミニラムサウンディング試験⁵⁾の実施を検討する。簡易動的コーン貫入試験やスウェーデン式サウンディング試験に比べて、試験機や資材が大掛かりで、斜面上では足場の仮設が必要となる等の問題があるため、現場条件を踏まえて判断する(写真-2、3)。

(4) 詳細調査

簡易調査の結果、さらに詳細な調査が必要と判断す

表-3 地下排水工の種類⁶⁾

地下排水工の種類	機能	材料の特性等
地下排水溝	盛土内の浸透水の排除	透水性が高くかつ粒度配合が良い材料
水平排水層	盛土内の浸透水の排除	透水性が高くかつ粒度配合が良い材料
基盤排水層	地山からの盛土への水の浸透防止	透水性が高くかつ粒度配合が良い材料
のり尻工(ふとんかご・じゃかご工)	盛土内の浸透水の排除及びのり面の崩壊防止	岩塊等の透水性が高い材料
しゃ断排水層	路盤への水の浸透しゃ断	透水性が高くかつ粒度配合が良い材料

る場合には、盛土の安定性の照査及びその照査を行うための情報を詳細調査により把握する。詳細調査の内容は、盛土材料、基礎地盤の性状、地下水上昇の要因等を想定し、対象工法の検討も視野に入れて、個々の盛土で適切

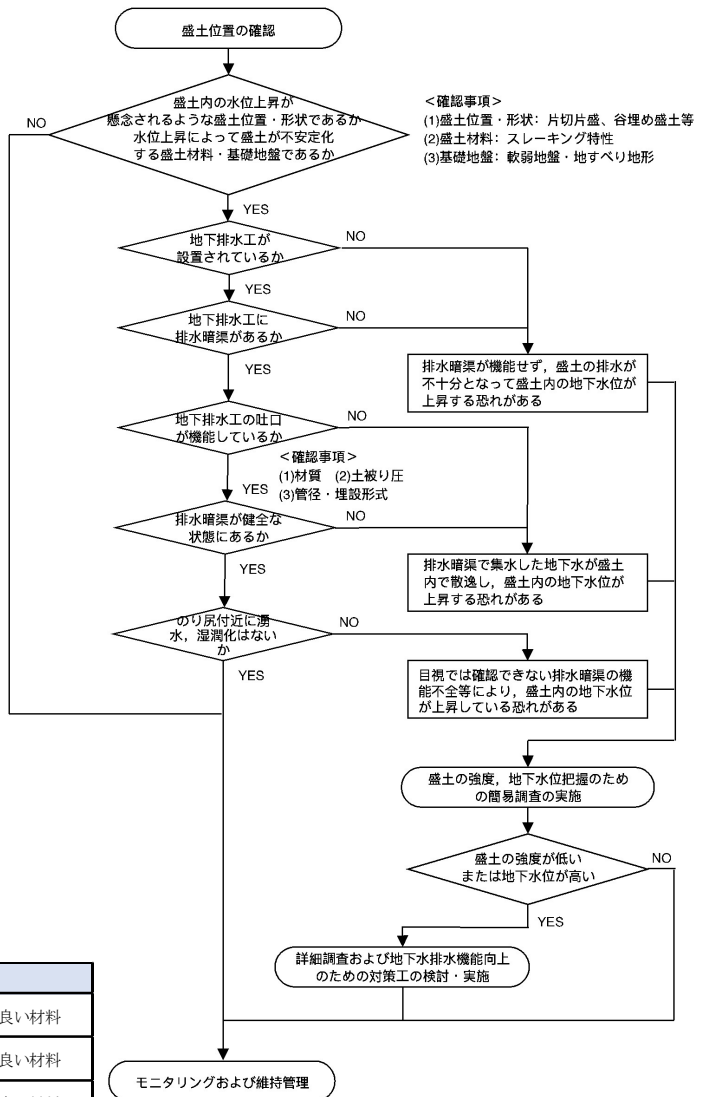


図-3 地下排水工の点検・管理フロー

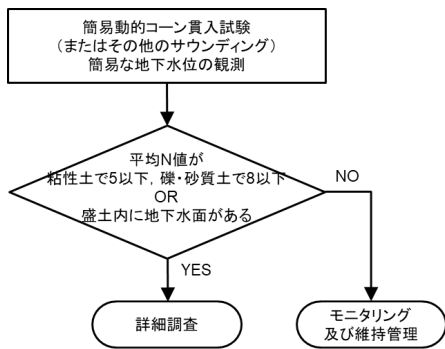


図-4 簡易調査による判定フロー



写真-2 サウンディング状況



写真-3 ミニラムサウンディング試験機材の移設状況

に計画する。安全性照査により必要安全率を満足しない結果が得られた場合、盛土のり面の変状、崩壊を防止するために、原則として、地下水位を低下させるための対策を講じる。

盛土の安定性照査に必要な情報を得るための手法としては、表-4 に示すようなものが標準的であるが、個々の盛土で状況が異なるため、調査にあたっては、机上資料の収集・整理や現地踏査の結果を踏まえて、適宜、必要な調査を追加することが必要である。

(5) 対策の実施

安定性照査で必要安全率を満足しない結果が得られた場合、盛土のせん断力低下により崩壊に至るおそれがあるため、地下水位を低下させるための対策を検討する。ただし、既設盛土において暗渠等の地下排水工を設置することは、安全性・施工性の観点から困難であり、現場条件に応じて効果的な対策工を選定することが重要である。なお、地下水対策は盛土性状や地下水の分布状況に

より、想定した効果が発揮されないといった不確実性が内在しており、地下水対策と併せて抑止策を講じることも有効である。

既設盛土に対して地下水位を低下させるための対策工を表-5 に示すが、いずれも盛土内に流入した水を盛土外に排水する工法である。なお、地下排水工の吐口の目詰まり等については、土砂・落葉の除去や清掃により対応することを前提とする。

対策工の選定にあたっては、まず地下水の位置を把握することが重要であり、その位置によって適用可能な工法が変わってくる。排水パイプ工やかご工は比較的経済性・施工性に優れるが、地表面に近い位置の地下水が対象となる。排水ボーリング工は削孔長を変えることにより、浅層から深層まで広範囲の地下水を対象とできる。

一方、集水井工は深層地下水を広範囲に抜く場合に有効であるが、大口径の集水井を盛土底部に深まで造る必要がある、経済性・施工性の面で他工法よりも劣る。

したがって、対策工の選定では地下水の位置や流入状

表-4 盛土の安定性照査に必要な情報と調査手法

必要な情報 調査手法	盛土部			基礎地盤			地下水		備 考	
	厚さ	強度特性	土質構成	分布状況	強度特性	土質構成	分布状況	水位変動		
ボーリング調査	◎		○	◎		○	○		【標準的な調査項目】 機械ボーリング：コア採取、各断面で1~2箇所 標準貫入試験：1m間隔で実施 乱れの少ない試料採取：深度3~5mに1試料採取 土質試験(物理試験)：土粒子密度、粒度、含水、液性、塑性 土質試験(力学試験)：三軸圧縮試験 地下水位観測：全てのボーリング孔で実施	
標準貫入試験		○			○					
乱れの少ない試料採取		◎								
土質試験(物理試験)		△	◎			△				
土質試験(力学試験)		◎								
地下水位観測							○	◎		
表面波探査	○	○		○	○		△			
電気探査							◎	△		
										盛土区間が長い等、広い範囲の状況把握が必要な場合に実施
										宙水等、複雑な地下水の分布が想定される場合などに実施

◎最適 ○:効果的 △:有効(間接的に把握可)

表-5 地下水位を低下させるための対策工

目的	工法	概要	適用
盛土内の地下水位を低下させる工法	排水パイプ工	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。	浅層地下水
	排水ボーリング工	削孔径φ66mm以上でボーリングした後、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35~40m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。深層地下水を広い範囲に抜く場合に有効である。	深層地下水
	かご工	盛土のり面や小段に設置し、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、のり面湧水
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-6 盛土・基礎の補強対策工

目的	工法	概要	適用
盛土の補強	アンカー工	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
	杭工	鋼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制する工法。	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

況を考慮して、効果的に排水できるよう経済性・施工性・維持管理等の観点から総合的に検討して決定する。

なお、盛土本体の不安定化が懸念される場合や地下水位を効果的に下げることが困難な場合は、表-6に示す抑止工も併せて実施することが望ましい。

(6) モニタリング及び維持管理

地下排水工や横断排水工は吐口に土砂が集まるなど、排水を妨げられないよう注意する必要がある。地下排水工には集水管を埋設する場合と粗粒材料の透水性を利用して地中の水を排水するものがあるが、両者ともに吐口に土砂が溜まると排水を阻害するため、定期的なモニタリングと維持管理により機能維持を図る必要がある。また、地下水の排水機能向上のための対策を行った後においても、対策効果が発揮されているかモニタリングを行う必要がある。

(7) 各種サウンディングによる貫入抵抗値とN値の関係

各種サウンディングで得られた貫入抵抗値とN値の関係式の一例を以下に示す。なお、盛土材料の土質区分が困難な場合は、抽出漏れを防ぐために、最も小さなN値となる換算式を用いる。

① 簡易動的コーン貫入試験³⁾

貫入抵抗値 $N_d \leq 4$ の場合

礫質土： $N = 0.50N_d$

砂質土： $N = 0.66N_d$

粘性土： $N = 0.75N_d$

貫入抵抗値 $N_d > 4$ の場合

礫質土： $N = 0.7 + 0.34N_d$

砂質土： $N = 1.1 + 0.30N_d$

粘性土： $N = 1.7 + 0.34N_d$

② スウェーデン式サウンディング試験⁷⁾

礫・砂・砂質土： $N = 0.002W_{sw} + 0.067N_{sw}$

粘土・粘性土： $N = 0.003W_{sw} + 0.050N_{sw}$

W_{sw} ：1000N以下で貫入した場合の荷重(N)

N_{sw} ：回転により貫入させた時の貫入量1m当たりの半回転数

③ ミニラムサウンディング試験⁸⁾

貫入抵抗値 $N_d = N$

5. のり面排水工の点検・管理

図-5にのり面排水工の点検・管理フローを示した。

(1) のり面排水工の状態確認

盛土のり面に降る雨水は表面水となり、のり面の浸食及び洗掘を生じさせるおそれがある。また、盛土内への雨水の浸透は地下水位上昇につながり、土のせん断強さの減少に伴う崩壊を助長するおそれもある。したがって、盛土のり面に降った雨水が適切に盛土外に排出されているか判断するために、のり面排水工(表-7)について、排水工の有無、追加設置の可否、排水勾配、変状の有無、流下能力を現地踏査で確認する。

(2) 周辺環境、外的要因等の確認

のり面排水工は、路面、盛土のり面及び近隣地域から道路内に流入する降雨や融雪水を道路外に速やかに排除して、盛土の安定性を確保する必要がある。ここでは、路面及び盛土のり面以外から道路内に流入する地域があるか確認する。なお、範囲外からの集水がある場合は、のり肩排水溝の排水能力の評価が特に重要となる。また、盛土範囲外からの集水がある場合、排水系統の分割が可能か検討する。側溝の流下能力が確保されていない箇所を特定した場合は、これより上方で排水系統を分岐させて各側溝が受け持つ流量を減らすことが可能か確認する。

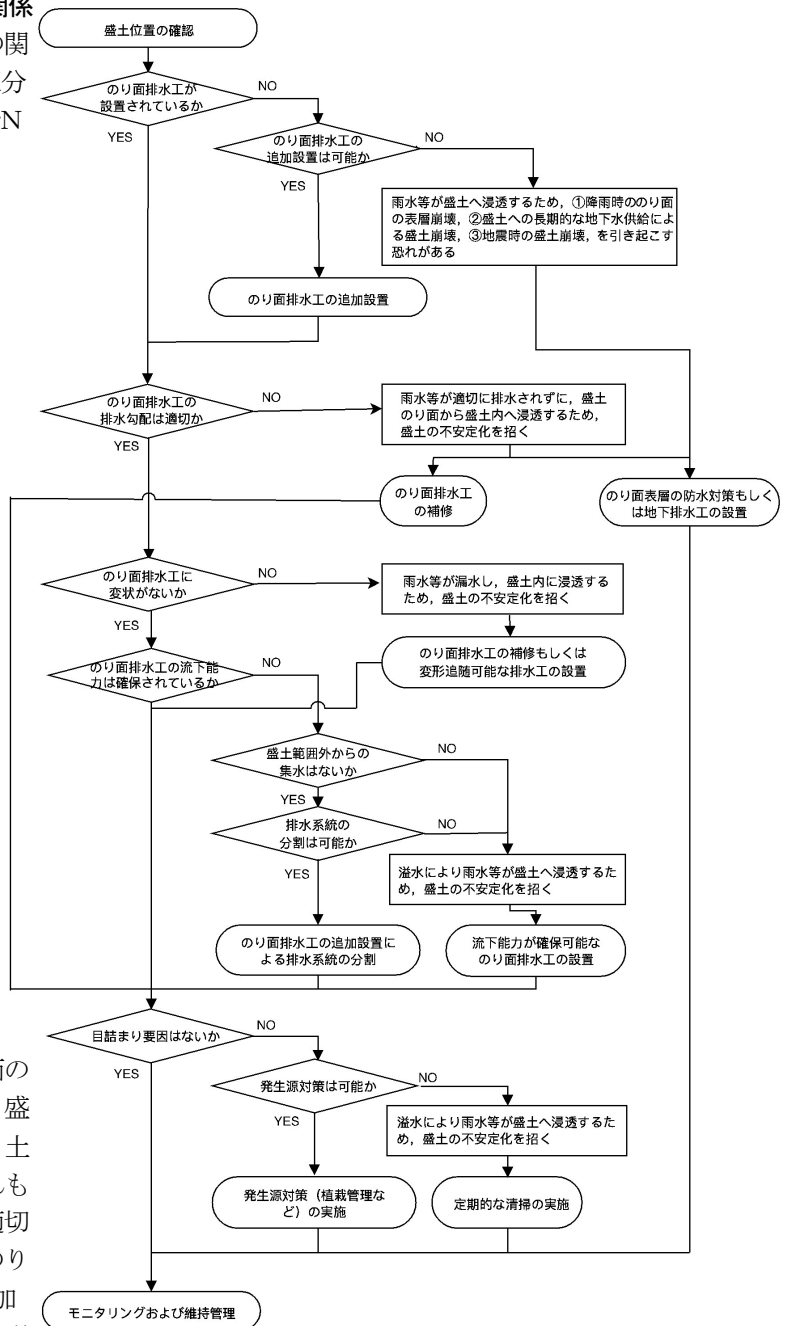


図-5 のり面排水工の点検・管理フロー

表-7 のり面排水工の種類

排水工の種類	機能/材料	必要な性能
のり肩排水溝	のり面への表面水の流下を防ぐ。 鉄筋コンクリートU形溝・現場打ち側溝・アスファルトカーブ等	想定する降雨に対して溢水、跳水、越流しない。
小段排水溝	のり面への雨水を縦排水溝へ導く。 鉄筋コンクリートU形溝等	
縦排水溝	のり肩排水溝、小段排水溝の水をのり尻へ導く。 鉄筋コンクリートU形溝・遠心力鉄筋コンクリート・コレゲート半円管・鉄筋コンクリート管等	
のり尻排水溝	のり面への雨水、縦排水溝の水を排水する。 鉄筋コンクリートU形溝等	
のり尻工	盛土内の浸透水の処理及びのり尻崩壊の防止。 ふんかご・じゃかご工等	

あるいは排水機能を低下させている目詰まり要因の有無を確認する。

(3) 対策の実施

のり面排水工の機能向上あるいは機能回復を図るための処置及び対策を表-8に示す。各種側溝の追加設置は基本であるが、既設盛土への施工は施工スペース等の関係から困難な場合がある。側溝の設置が困難な場合は、これに代わる工法として、盛土のり面内に水を浸透させないのり面防水工や浸透水を速やかに排除する地下排水工の適用を検討する。

また、新設による機能向上のみならず、既設側溝の補修や清掃等の維持管理により機能回復を図ることも有効な対策と考えられる。

表-8 のり面排水機能向上のための処置及び対策

目的	処置・対策	工法	概要
機能向上	側溝の設置	鉄筋コンクリートU形溝等	既存不適格な側溝の更新、追加排水系統との設置
	のり面防水工	合成樹脂製遮水シート	側溝からの溢水・越流対策、目詰まり対策 側溝設置が困難な箇所での代替工法
	地下排水工	排水パイプ工・かご工等	のり面排水工での対策が困難な場合、浸透水を速やかに排除する工法
機能回復	側溝の補修	取替え・間詰め・基礎材補充等	亀裂、浸食部の間詰め補修、排水勾配確保のための補修
	維持管理	-	定期的な点検・清掃の実施

(4) モニタリング及び維持管理

排水機能が十分に発揮できるよう定期的に点検を実施し清掃を行うとともに必要に応じて補修・補強対策を行うことにより、その機能保持に努めることが重要である。

また、排水機能向上のための処置及び対策を行った後もモニタリングを行う必要がある。

6. 記録の保存

排水施設の性能は、時間の経過とともに低下し、所定の機能を満足しなくなって、盛土材の品質を低下させる時期が必ず訪れることになる。そのため、盛土を長期間安定させるためには、維持管理における点検と対策により排水施設の機能を維持すること、また、排水施設の配置や構造等を把握しておくことが重要である。

そのために、調査計画から設計、施工の各段階で得られた情報や過去の維持管理における情報はできるだけ詳細に記録し、適切な方法により保存・引継ぎを行わなければならない。特に、施工時の仮排水を含めた地下排水工の配置や構造等は、盛土完成後に現地踏査で把握することが困難であるため、排水施設の点検・管理においては、設計図や出来高管理図等(表-9)が特に重要となる。しかし、こうした資料の整理・保管が適切になされていない場合があり、今後施工する新設盛土については、

施工時の仮排水工を含む排水施設の配置や構造等の情報を維持管理担当者へ確実に引き継ぐ仕組みづくりが重要である⁹⁾。

表-9 主な保存・引継ぎ資料

項目	点検・維持管理上の利用目的
① 設計図	排水施設の配置、構造等の把握 切り盛り境の把握等
② 出来高管理図	同上
③ 品質管理資料	締め固め度を考慮した土質定数の推定 宙水発生箇所の推定等
④ 盛土材料試験データ	同上
⑤ 動態観測データ	締め固め度の変化の推定 盛土内地下水位の有無等
⑥ 仮排水路の配置図 工事完了時の処理方法の資料	吐口的位置、排水効果の評価、水みちの推定等
⑦ 施工時の湧水箇所と湧水対策	湧水対策工の評価、追加対策検討時の地下水分布の推定と配置検討
⑧ その他、排水施設や地下水位の分布状況の把握、締め固め度の推定に役立つと考えられる情報	

7. おわりに

本稿では、既設盛土を対象とした現地点検フローを提案した。近畿技術事務所では、令和元年度末に、このフローを盛り込んだ「道路盛土における排水施設点検・管理手法の手引き(案)」を作成し、近畿地方整備局管内の道路関係事務所に発出したところである。この手引き並びに本稿を活用することにより、道路盛土の変状・崩壊のリスク低減の一助となれば幸いである。

謝辞：本手引きを取りまとめるにあたり、新都市社会技術融合創造研究会「道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する研究」のプロジェクトリーダーである、神戸大学大学院の渋谷啓教授をはじめ、当プロジェクトのワーキンググループのメンバーの方々にご多大なるご尽力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工要綱，2009.
- 2) 地盤工学会基準 簡易動的コーン貫入試験方法 (JGS 1433-2013) .
- 3) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 第6編 第3章 簡易動的コーン貫入試験，pp.317-323, 2013.
- 4) 日本工業規格 スウェーデン式サウンディング試験 (JIS A 1221:2013) .13) 地盤工学会基準 動的コーン貫入 試験方法 (JGS1437-2014) .
- 5) 地盤工学会基準 動的コーン貫入試験方法 (JGS 1437-2014) .
- 6) 日本道路協会：道路土工 盛土工指針，2010.
- 7) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 第6編 第4章 スウェーデン式サウンディング試験，pp.325-335, 2013.
- 8) 沖村孝，岡野靖，野並賢，網野功輔，前坂巖，門田浩一，片浦正雄：関西一部地域で実施された盛土の Nd 値と N 値の関係に関する検討，建設工学研究所論文報告集第56号，pp.123-144, 2014.
- 9) 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，No.4041, 2019.