

## 既設道路盛土の点検管理手法に関する研究

国土防災技術株式会社 ○ 戎 剛 史  
神戸大学大学院 工学研究科 澁谷 啓  
神戸大学大学院 工学研究科 片岡 沙都紀

### 論文要旨

日常点検による既設道路盛土の維持管理においては、安定度の低いあるいは近い将来に不安定化する盛土を的確に漏れなくスクリーニングし、詳細な二次調査および対策工へと繋げることが最重要である。本論文では、現行の既設道路盛土の広域点検手法の改善案を提示している。改善案では、既往点検表の諸課題を抽出・分析し、盛土が有する「素因」と、盛土に発生した「変状」から、将来起こり得る「災害形態」を予測した上で安定性を評価する新たな点検手法を取り入れている。そして、実道路盛土群を対象とした点検を実施し、本提案法の優位性を検証した。

キーワード：道路盛土、排水施設、盛土材料、安定性、点検評価

### まえがき

道路防災事業の推進に伴って道路災害件数は年々減少傾向にあるが依然止まないのは、近年の気象条件の変化から頻発する豪雨が背景にある。本研究で取り扱う対象は一般的に豪雨に対して耐性が低い道路盛土であり、新設ならびに既設の道路盛土を維持管理する上で、道路盛土の変状や崩壊の原因となる「水」を盛土に入れないこと、盛土内に浸入した場合は速やかに排水することが最も重要な視

点となる。しかし、既存の広域点検管理手法がこの視点を踏まえておらず、対策すべき道路盛土が満足な処置を行わぬまま時を経た結果、道路災害の発生に繋がっているのが実情である。したがって、本研究では既設道路盛土における従来の点検手法が抱える課題を抽出・分析し、迅速・簡易かつ効果的な安全度調査票(改善案)の作成、ならびに実盛土で改善案を用いた点検を行い、新たな広域点検管理手法の適用性について検証することを目的とする。

表-1 既存安定度調査表(盛土)<sup>1)</sup>に加筆

要因	評価項目	盛土区分毎の配点						各要因の内の最高配点
		片切・内盛土部	深流横過部	橋脚地部	平坦地部	切盛境部	切盛境部	
変状	構造的なクラック・亀裂あり	2	2	2	2	2	/(3)	
	のり面下部の洗掘あり	3	3	3	3	3		
	補修箇所多数あり	2	2	2	2	2		
	のり面の肌落ちあり	1	1	1	1	1		
基礎地盤	該当なし	0	0	0	0	0	/(3)	
	地すべり・クリーブ	2	2	2	2	2		
	軟弱地盤	1	1	1	1	1		
	崖壁	1	1	1	1	1		
盛土材	安定地盤	0	0	0	0	0	/(3)	
	砂質土	1	1	1	1	1		
	粘性土	0	0	0	0	0		
	硬質土	0	0	0	0	0		
のり面・自然斜面に浸水あり	不明	1	1	1	1	1	/(3)	
	のり面が湿潤	6	6	6	6	6		
	盛土のり面に流水跡あり	6	6	6	6	6		
	周辺の土地利用が湿潤	-	2	2	-	-		
山側原部に側溝なし	側溝、縦排水溝断面が不十分	4	4	4	2	6	/(3)	
	該当なし	0	0	0	0	0		
	深流内に土(砂)石流、流木あり	3	3	-	-	-		
	上流側に崩壊地あり	2	2	-	-	-		
深流の現状	常時流水はないが、ガリーがある	2	2	-	-	-	/(3)	
	排水溝開口部への集水が悪い	2	2	-	-	-		
	該当なし	0	0	-	-	-		
	排水工断面(φ、D)が不十分	6	6	-	-	-		
横断排水施設	排水工流末処理不十分	3	3	-	-	-	/(3)	
	盛土内部での排水工の屈曲・縮小あり	3	3	-	-	-		
	横断排水施設がない	6	6	-	-	-		
	該当なし	0	0	-	-	-		
浸水の影響	のり面が洪水、高潮時に冠水	2	2	2	2	2	/(3)	
	洪水、高潮時に排水工流末が冠水	2	2	2	2	2		
	のり面が湿潤常時冠水(攻撃斜面)	1	1	1	2	2		
	のり面が常時冠水	1	1	1	1	1		
該当なし	0	0	0	0	0	/(3)		

【課題1】評価項目に変状と素因が混在

【課題2】当該項目以外に配点差が無く、盛土区分毎に評価する意義が薄い

【課題3】対策工の有無のみで、現状機能に関わらず、安定度補正されている点検実情

【課題4】下記の場合、履歴なしと同等となる

【課題5】枠内項目は【総合評価】に影響しない

【課題6】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題7】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題8】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題9】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題10】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題11】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題12】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題13】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題14】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題15】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題16】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題17】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題18】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題19】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題20】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題21】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題22】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題23】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題24】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題25】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題26】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題27】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題28】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題29】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題30】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題31】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題32】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題33】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題34】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題35】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題36】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題37】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題38】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題39】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題40】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題41】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題42】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題43】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題44】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題45】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題46】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題47】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題48】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題49】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題50】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題51】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題52】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題53】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題54】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題55】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題56】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題57】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題58】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題59】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題60】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題61】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題62】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題63】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題64】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題65】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題66】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題67】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題68】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題69】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題70】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題71】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題72】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題73】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題74】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題75】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題76】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題77】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題78】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題79】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題80】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題81】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題82】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題83】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題84】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題85】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題86】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題87】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題88】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題89】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題90】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題91】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題92】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題93】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題94】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題95】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題96】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題97】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題98】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題99】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題100】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題101】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題102】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題103】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題104】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題105】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題106】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題107】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題108】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題109】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題110】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題111】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題112】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題113】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題114】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題115】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題116】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題117】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題118】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題119】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題120】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題121】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題122】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題123】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題124】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題125】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題126】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題127】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題128】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題129】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題130】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題131】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題132】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題133】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題134】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題135】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題136】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題137】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題138】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題139】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題140】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題141】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題142】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題143】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題144】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題145】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題146】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題147】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題148】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題149】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題150】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題151】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題152】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題153】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題154】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題155】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題156】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題157】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題158】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題159】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題160】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題161】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題162】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題163】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題164】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題165】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題166】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題167】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題168】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題169】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題170】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題171】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題172】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題173】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題174】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題175】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題176】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題177】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題178】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題179】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題180】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題181】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題182】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題183】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題184】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題185】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題186】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題187】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題188】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題189】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題190】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題191】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題192】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題193】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題194】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題195】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題196】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題197】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題198】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題199】評点と【総合評価】に反映されていない

【課題200】評点と【総合評価】に反映されていない

### 1. 既存安定度調査表を用いた点検手法の課題

一般的に道路盛土の広域点検は表-1に示す「道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)<sup>1)</sup>」にある安定度調査票を用い、点検結果に応じて対策工を導入や継続観測を行うが、点検時に盛土の安定度を的確に捉えていない事例が散見される。図-1は平成9～16年度及び平成20～22年度における直轄国道の道路災害発生件数を平成8年度及び平成18年度に実施した一斉点検評価毎に区分したものである。一斉点検後に発生した道路災害発生件数の内、点検時に「対策不要」及び「点検対象外」と評価された道路盛土は6割以上を占める。また、図-2に点検対象外と評価された盛土で発生した道路災害の内、詳細な記録のある20件について、点検対象外と判定した理由について調査をした結果を示す。図より、災害形態・規模の想定外が全体の70%を占め、また対策工が導入済みである道路盛土が全体の75%を占めることがわかる。これらより点検対象盛土で想定される災害形態・規模や、それらに即した対策工種であるか否かの検討を十分に行わず、対策工が導入されたという事実のみで、以後の継続観測や追加対策の必要がないと判断されたことが考えられる。すなわち、既存の安定度調査票を用いた点検手法では総合評価が点検対象盛土の安定度や、

将来想定される災害形態・規模を必ずしも的確に評価できていないことを示唆し、点検時の評価基準となる調査票の改善を必要とする。したがって、本研究では既存調査票の課題を抽出し、これら課題を解消すべく改善案の作成を行った。表-2に改善時に考慮すべきポイントをまとめた。

### 2. 点検調査票の改善案

#### (1) 道路盛土の災害形態を予測するための評価様式

道路盛土の安定度を評価する際に最も重要な視点は、①盛土が持つ素因から盛土を劣化させる可能性の有無を予測し、②盛土に発生している変状の進行程度を把握し、③盛土に将来起こり得る災害形態・規模を総合的に評価することである。上記を踏まえて改善した安定度調査票(改善案)を表-3(以下、【様式-1】)に示す。【様式-1】内で評価項目を二つの表に大別(左表:「素因評価項目」、右表:「変状評価項目」)し、素因評価項目の横軸右方向には「災害形態評価項目」を配置している。災害形態は盛土の持つ素因から想定し、変状の進行程度から絞り込める形とした。また、「総合評価」は「素因評定点」および「変状評定点」から一義的に決定できる様式とし、点検盛土において継続観測を行うのが望ましい変状については、別途表-4(以下、【様式-2】)にて変状に応じた沈下量や亀裂開口量等、定量データの記録を記入する様式とした。

#### (2) 総合評価

安定度の総合評価は、①盛土材、②排水施設、③付帯構造物の3項目に基づく。これらの内、②・③は現地踏査で確認できるが、①の材質や締固め度については外観から判定ができず、施工記録の確認を行わない限りは直接的な評価が難しい。また、盛土築造後の①の品質向上は困難であるため、盛土の安定度を維持する役割は②と③が担うことになる。ただし、コンクリートを主とした構造物である②および③は経年劣化するため、時間の経過に伴い自身の劣化のみならず①の品質低下をもたらす。上記を踏まえた、各々の性能曲線について、以下に述べる。

①盛土材は、よく締まった状態であれば、盛土内に水が浸入しにくいと時間と共に安定化するが、水の影響を受ける盛土は時間と共に劣化する。また、岩盤ずりのようなせん断強度が大きく透水性の高い材料と、粘性土混じり砂のようなせん断強度が小さく保水性の高い材料とでは、同

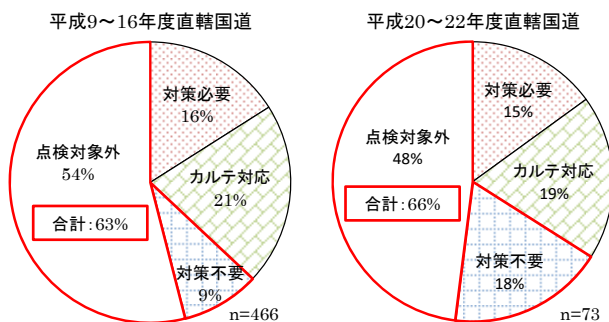


図-1 評価区分毎の道路災害発生件数<sup>2)</sup>

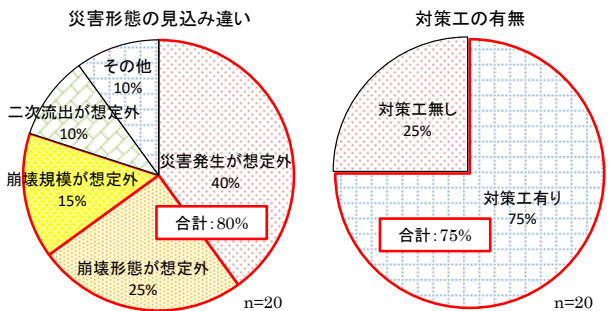


図-2 盛土を点検対象外とした要因<sup>2)</sup>

表-2 既存安定度調査表の問題点および改善のポイント

既存安定度調査表の問題点	改善のポイント
1. 評価項目に素因と変状が混在	→ 点検盛土で進行している災害形態を具体的に把握するために、素因と変状は分けて評価すべきである。 → ・素因: 点検盛土が劣化する可能性を予測できる。 → ・変状: 点検盛土内で発生した変位の進行程度を把握できる。一定量のデータを取得し、進行程度を分析する。 → ・災害形態: 素因、変状から形態・規模を総合的に評価し、絞り込む。
2. 盛土区分の違いによる配点差が無い	→ 片盛土、両盛土、谷埋め盛土等は、築造後に盛土の安定性に影響を与える素因として評価すべきである。
3. 対策工の有無のみで決まる安定度の評価	→ 対策工の有無で決定するのではなく、対策工が適切な排水機能・構造を有する場合のみ評価すべきである。
4. 履歴評価の配点一部不適切	→ 被災履歴があっても、被災履歴の無い盛土と同等の配点となってしまうケースがあるため、見直す必要がある。
5. 総合評価に影響しない評価項目	→ 現行は評価しても総合評価に影響しない項目がある。これらは素因として評価すべきである。
6. 一貫性のない評点に基づく総合評価	→ 総合評価を決定するために一貫性のある基準を設けるべきである。

表-3 安定度調査表(改善案)【様式-1】

素因評価項目		素因評価項目 (盛土が持つ素因)	災害形態評価項目		想定される災害形態			
要因	素因の状態	配点	評点	崩壊	圧密沈下	即時沈下	液状化	地下浸食
盛土区分	基礎面が平坦地	片切・片盛土	0					
	基礎面が傾斜地	覆付け盛土 両盛土	1 2 3					
	基礎面が谷地形		1					
	※ 切盛がある・道路構造部取付部である		-1					
基礎地盤	※ 法原部が平坦、または尾根・起伏基礎上である盛土		-1					
	※ 基礎地盤面に適切な良切・排水工が行われ、異常が見当たらない		-1					
	岩盤・礫質土等安定した支持地盤		0					
	崖壁・沖積低地		1					
盛土材料	判定根拠	良質 粒調整土・セメント改良土等 通常 礫質土・砂質土 悪質 粘性土・有機質土	3 2 1					
	※ 脆弱性を含む(泥岩・凝灰岩・花崗岩等)、選別している		-1					
	※ 明らかに盛土材料の種類度が低い		-2					
	盛土高	盛土高<5.0m 5.0m<盛土高<10.0m 10.0m<盛土高	0 1 3					
盛土勾配	※ 高さ5.0m程度以内で幅1.5m以上の小段を設けている		-1					
	盛土材料・盛土高に施した標準勾配以下		0					
	盛土材料・盛土高に施した標準勾配以上		3					
	※ アンカー工・鉄筋挿入工等抑制対策が行われ、異常が見当たらない		-1					
湧水	湧水無し		0					
	湧水有り	地質境界・法尻 上記ではない法面(切盛端部・宙水)	2 3					
	※ 地下水排水工や浸透防止のための法面保護工が行われ、異常が見当たらない		-1					
	盛土外へ適切に排水できている		0					
盛土の排水対策	排水施設劣化・不十分により、水が盛土表面・内部へ流入可能性有り		2					
	排水対策無し・機能不全		3					
	※ 集水地形であり、盛土外から表面水が集まりやすい		-1					
	※ 前記補強施工(アンカー工・鉄筋挿入工・杭工等)		0					
盛土の補強構造	土留め構造施工(重力式、逆T型擁壁、補強土壁工等)		1					
	土留め構造施工(布面縫工・ブロック積・構内擁壁工等)		2					
	補強対策無し・機能不全		3					
	※ 被災履歴無し		0					
被災履歴	被災履歴有り	過去に被災し、対策工後は被災履歴無し	2					
	対策工後も被災を繰り返す		3					

変状の有無		変状の症状		変状評価項目			評点	
変状箇所	変状の有無	変状の症状	変状の有無	変状の有無	変状の有無	変状の有無	0 1 2 3	
変状の有無	Ⅰ 盛土法面	○	① ハアクラック(幅:0.3mm以下、深さ:4mm以下) ② 凹凸変形(亀裂が伴わない程度の変形)	○	○	○	○	
	Ⅱ 舗装	○	③ 目地の欠損 ④ 表面浸食跡	○	○	○	○	
	Ⅲ 路面排水工	○	⑤ 基礎洗掘跡 ⑥ 縁状ひびわれ(縦・横・円弧)	○	○	○	○	
	Ⅳ 小段排水工	○	⑦ 亀甲状ひびわれ	○	○	○	○	
	Ⅴ 縦排水工	○	⑧ ほらみ出し	○	○	○	○	
	Ⅵ 横断排水工	○	⑨ 盛土材の流出・吸い出し ⑩ 沈下・段差亀裂	○	○	○	○	
	Ⅶ 法面保護工(吹付工等)	○	⑪ 剥離・ポットホール ⑫ 土砂・枝葉による断面閉塞	○	○	○	○	
	Ⅷ 擁壁工	○	⑬ 擁壁亀裂 ⑭ 開口亀裂(盛土材変動・植生生育・繁茂)	○	○	○	○	
	Ⅷ 抑土工(アンカー工等)	○	⑮ 目地の欠損	○	○	○	○	
	Ⅸ 法尻排水工(布面縫工等)	○	⑯ 圧壊(植生生育・盛土材変動)	○	○	○	○	
			⑰ 法面崩壊跡 ⑱ 鋼材露出・腐食	○	○	○	○	
	評点説明 ① 変状が認められない。または、長期の継続観測において症状1の進行が認められない。 ② 経年劣化程度の症状。盛土内への水の浸入は許さず、排水機能は損なわれていない。 ③ 症状1が進行し、変状箇所から盛土内へ水の流入を許さず、排水施設の補修を行えば機能が回復する。 ④ 症状2が進行し、排水施設の構造変化が著しく機能していない。補修のみでは機能が回復が不十分。							
	確認された変状		変状の詳細					評点
	変状-1	変状-2	変状-3	変状-4	変状-5	変状-6	変状-7	

素因・変状評点項目毎最大点による総合評価	変状評点	変状Max	総合点
変状:無	0	0	0
変状:小	1	1	1
変状:中	2	2	2
変状:大	3	3	3

素因・変状評点項目毎最大点による総合評価	変状評点	変状Max	総合点
素因:無	0	0	0
素因:小	1	1	1
素因:中	2	2	2
素因:大	3	3	3

表-4 安定度調査表(改善案)【様式-2】

着目すべき変状	① 縦排水工の開口亀裂	② 擁壁工の転倒	③ 法面保護工の座屈	④ 横断排水工の破断	⑤
状況写真					
点検月日	I H26.6.27 II H27.12.5				
変位傾向	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動
次回点検目安	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後
着目すべき変状	⑥	⑦	想定される災害シナリオ ※ 想定されるもの ① 崩壊 ② 圧密沈下 ③ 液状化 ④ 表面浸食 ⑤ 地下浸食 ⑥ 圧密沈下 ⑦ 液状化		
状況写真	絞り込んだ災害形態を【様式1】へ		(災害シナリオフローチャート) 		
点検月日	I	II	III	IV	
変位傾向	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	初回計測・無変動・交互変動・一時変動・断続累積・累積変動	特記事項 ・今回が変位量計測が初期段階であり、変状が進行していないとして災害シナリオの絞り込みを行った。したがって、計測観測により、変状の進行が認められたらば、想定される災害シナリオは変化し、これを考慮した総合評価をすべしと考える。		
次回点検目安	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後	1ヶ月以内・豪雨後 or 3ヶ月以内・1年後			

じ締固め度を確保しても、性能に差が生じるため、性能規定を行うことが難しい。②排水施設は、側溝や暗渠工等、主にコンクリートからなる人工構造物(舗装も広義の排水施設)であり、盛土内に水を入れれないという、盛土の品質を安定させるために重要な役割を担う。これらは竣工直後

が最高の品質を発揮し、時間と共に劣化する。③付帯構造物は道路盛土の安定度には直接関係しないため、性能曲線の検討は行っていない。上記を踏まえて道路盛土の性能曲線は、①盛土材の性能曲線と②排水施設の性能曲線を合わせた曲線(図-3)で表し、この性能曲線に基づいてランク

表-5 盛土の安定度に関するランク区分および次回点検目安一覧表

評価ランク	変状	素因	盛土の状況	改善案での評価及び次回点検目安	既存調査票での評価
ランクA (健全)	無～軽	無	・変状がない、あるいは軽微な変状があるが排水機能は保持されている。 ・悪影響を及ぼす素因がない。	1年程度の間隔で定期点検を行う。	特に新たな対策を必要としない。
ランクB (要経過観察)	無～軽	軽微	・変状がない、あるいは軽微な変状があるが排水機能は保持されている。 ・悪影響を及ぼす軽微な素因を持つ。	毎年、及び地震直後・豪雨毎の継続点検を要する。	防災カルテを作成し、対応する。
ランクC (要補修・改善)	無～軽	重	・変状がない、あるいは軽微な変状があるが排水機能は保持されている。 ・悪影響を及ぼす可能性の高い素因を持つ。	変状箇所の補修・改善を要する。	対策が必要とされる。
ランクD (要抜本的対策)	中	重	・明らかな変状が発生している。ただし、補修・改善で排水機能は回復可能。 ・悪影響を及ぼす軽微な素因を持つ。	早急に抜本的な対策工を必要とする。	
	重	無～重	・明らかな変状が発生している。ただし、補修・改善で排水機能は回復可能。 ・悪影響を及ぼす可能性の高い素因を持つ。 ・顕著な変状が発生しており、補修・改善で排水機能の回復は不可能。 ・盛土の持つ素因によらない。		

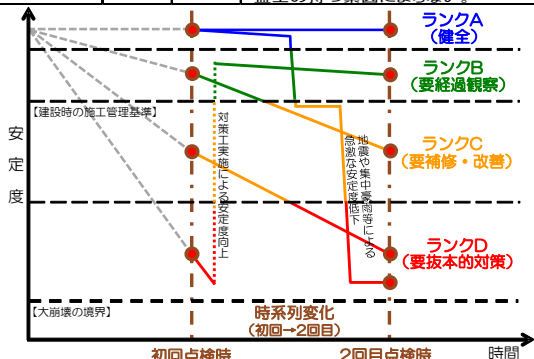


図-3 既設道路盛土の性能曲線概念図<sup>3)</sup>に追記

区分をA～Dの4段階に区分する。ここで盛土ランク区分を4段階としたのは、現地踏査による概略的な判断では、これ以上細分化しても十分な精度が得られないと判断したためである。また、表-5に各ランクにおける盛土の状況、次期点検目安、既存調査票における対比等をまとめた。

**(3) 素因評価項目(【様式-1】内左表)に関する検討**

道路盛土の安定度を評価する上で着目すべき素因を9つの「要因」に分類し、「要因」の横に「素因の状態」を配置した。項目の選定に至っては、既往の検討内容<sup>3,4)</sup>を参考にした。また、道路盛土を劣化させる可能性が高い状態に応じて高い配点を付与(最高点:3点)し、想定される災害形態に対して効果が期待される対策工が導入済みの場合や、要因に追記項目がある場合は、配点に追加点(-1点～+2点)を付与できるようにした。素因は全ての道路盛土が持つことから、盛土の安定度を各要因の総和(27満点)に対する評点で評価することを検討したが、要因毎の重み配分が難しく、現段階では素因の総和は点検毎の時系列な推移を把握するに留め、素因評定点は盛土を劣化させる可能性が高いと考えられる3点項目の有無で評価した。

**(4) 変状評価項目(【様式-1】内右表)に関する検討**

道路盛土の安定度を評価する上で着目すべき変状は多岐に渡り、すべての変状項目を表記すると煩雑になることから、「変状箇所」欄、「変状の症状」欄および「評点説明」欄の各項目について評価し、「認められた変状」欄に記載する様式とした。各々の変状に対して上記方法で評点を付け、その総和で盛土の安定度を評価することも検討したが、軽微な変状が多く発生している盛土と一つの有意な変状が発生している盛土があった場合、通常は安定度が低いと考えられる後者の盛土が抽出できない可能性があるため、変状評定点は最大点で評価することとし、変状評点の総和は素因と同様に点検毎の時系列な推移を把握するに留め

た。また、継続観測を行うのが望ましい有意な変状については、「様式-2 リンク」欄にチェックを行い、【様式-2】にて変状に応じた沈下量や亀裂開口量等、定量データの記録を行う。定量データは継続観測を行うことで変状の進行を表す時系列データとなり、変状進行状況の把握を容易にし、災害形態の絞り込みに大きく寄与する。

**(5) 想定される災害形態に関する検討**

【様式-1】左表にある素因評価項目の右側に「想定される災害形態」の項目を設け、素因と災害形態の交差箇所には、その素因項目から発生することが想定できる災害形態に○を付けている。これによって、点検者が将来起こり得る災害形態を想定し易い工夫をした。【様式-2】赤枠内は災害形態の絞り込みフローチャートを示す。ここで扱う変状は、点検盛土で確認された変状の内、特に継続観測すべきと判断されたものを抽出する。これら抽出された変状の進行状況から、現在、点検盛土で進行している災害形態をフローチャートに即して絞り込むことができる。同じ点検盛土で複数の変状があり、フローチャートによって複数の災害形態に絞り込めると判定された場合は、現場で複数の災害形態が進行していることを意味する。【様式-2】で絞り込んだ災害形態を再度【様式-1】に列挙することで、点検盛土で起きる可能性のある災害形態や、中でも現在進行している災害形態を特定し、絞り込むことが可能である。

**3. 実盛土での点検結果及び改善案の適用性検証**

現在共用中の道路盛土(和歌山県紀南地区:17箇所、兵庫県神戸市:17箇所、計:34箇所)にて、既存調査票および改善案を用いた点検を実施した。ここでは同盛土を2つの調査票を用いて点検を行った際に総合評価が異なった事例について述べる。ここで、表-5にも記載の通り、既存調査票と改善案における点検結果の比較を容易にするため、「対策不要」をランクA相当、「カルテ対応」をランクB相当、「対策必要」をランクCあるいはD相当とした。

**(1) ランクC/D相当→ランクDと評価された盛土**

図-4に示す盛土は谷埋め盛土であり、法尻部に設置された布団籠工下位に貯水池が位置する。適切な斜面勾配・高さで小段が設けられているが、20mを超える高盛土である。現地踏査時に以下の5つの状態を確認できた。①法尻部に設置している布団籠工の基礎地盤が洗掘に起因する崩壊、②法尻部の布団籠上位に設置されている擁壁工の天端・基礎に約5cmの沈下、(躯体表面には変状なし。)③縦

排水工は全体に枝葉によって閉塞され、盛土内への表面水流入を許す線状の開口亀裂、④盛土法面は全体に湿潤化しており、盛土内地下水位が高いと推測される、⑤舗装に認められる変状は経年劣化によるヘアクラック程度である。

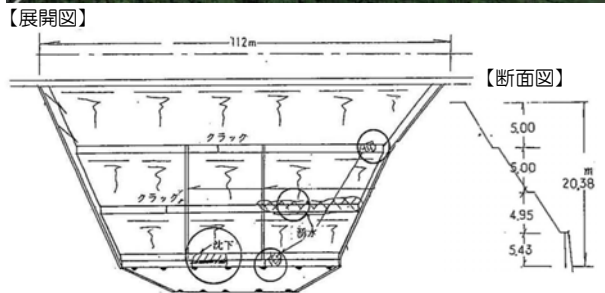


図4 現場全景及び各種変状状況

踏査結果から盛土法面全体が湿潤化しており、盛土内の地下水位を下げるまでの効果は発揮されていない。これは法面保護工等が施工されておらず法面から盛土へ水の浸入を許す余地があること、また過去の航空写真からも当該盛土は谷埋め盛土であり、地下水を集水しやすい地形上に築造されていることに起因する。盛土法尻部に位置する布団籠工の基礎洗掘は、この高い地下水分布状態に集中豪雨あるいは長期にわたる降雨によって貯水池の水位上昇が重なったことで発生したものと考えられる。一方、盛土法尻部に施された重力式擁壁の基礎地盤ならびに天端コンクリートに沈下が認められることや、縦排水工に線状ひび割れが発生していることから、地下浸食による擁壁工裏込め材の流亡は進行している。現在は盛土法尻が一部被災しているだけであるが、将来的に路面を巻き込む表層崩壊まで拡大することが懸念される。これを抑制するには、盛土内の地下水位を下げるのが最も効果的であり、地下水排除工の導入を検討すべきである。上記より、当該盛土は排水機能の補修・改善のみでは安定度向上の根本的な解決策とはならず盛土に浸入する水を常時排水し、地下水位を許さない抜本的な対策が必要である。したがって、当該盛土は『抜本的な対策を要する盛土(=ランク D)』と評価した。

表-6、表-7にそれぞれの調査票による当該盛土の点検結

果を示す。既存調査票ではランク C / D 相当、改善案ではランク D と評価された。共に「対策が必要」と判定できたが、既存調査票では点検盛土に施工された排水施設が絶対的に不足している事実を正確に捉えられていない。これは盛土に発生した変状に対して有効でない対策工種であるにも関わらず、導入事実のみで安定度の向上補正したためである。また、盛土法尻部に擁壁工が施工されているため「構造的な対策」と見なされて4点減算されるが、擁壁工で確認されたのは「構造的なクラック(=2点)」ではなく、擁壁天端部・基礎部における沈下である。天端部の沈下には裏込め材の吸い出しに起因することから、例えば水抜きパイプの増設が有効な対策であるが、擁壁工が盛土の安定度向上に寄与したと総合的に評価したことが誤認である。

一方、改善案では盛土の劣化要因を確実に指摘できている。盛土の安定度を向上させるためには、既存の排水施設では不足しており、抜本的な対策を導入する必要があることから「ランク D」と評価し、不足対策工種を指摘できた。

表-6 既存調査票による点検結果ダイジェスト版

【要因】(A)			
要因	評価区分	盛土区分別の配点 間盛土 平坦地	各要因の 最高配点
変状	のり面下部の洗掘あり	3	3
基礎地盤	層状	1	1
盛土材	擁壁工	0	0
地下水・表水の盛土への影響	のり面が湿潤	6	6
現況の状況	該当なし	0	0
橋脚排水施設の現状	該当なし	0	0
河川水・波浪の影響	法尻部が常時浸水	1	1
合計		(A) 11	

【対策工】(B)=(A)+α			
対策目的	評価区分	配点(α)	評価
変状対策	構造的な対策	-4	-4
基礎地盤	のり面・なし	±0	0
地下水・表面水対策	掘削	±0	-1
選流対策	のり面・なし	±0	0
河川水・波浪対策	のり面・なし	±0	0
合計		(α) -5	(B) 6

【評点】(B)の換算 (E)-(C)			
(B)	(C)	(E)	(C)
6.7	40点		

【履歴】(D)			
項目	評価区分	配点	評点
被災	なし	0	0
合計		(D) 0	

【総合評価】			
要因からの評点 (C)	40	対策の対応	判定
(C)(D)の内、大きい方 (E) 40		対策が必要と判断される	判定
		防災がルネを生成し、対応する	
		特に新たな対応を必要としない	

表-7 改善案による点検結果ダイジェスト版

要因評価項目			
要因	要因の状態	配点	観点
盛土区分	谷埋め盛土	3	3
基礎地盤	層状・沖積低地	1	1
盛土材	擁壁工	1	1
盛土高	10.0m<盛土高	-3	-3
盛土勾配	※ 高さ5.0m間隔以内で小段あり	-1	-2
湧水	標準勾配以下	0	0
盛土の排水対策	湧水無し	0	0
盛土の補強構造	排水施設により、盛土内へ流入可能性あり	2	2
被災履歴	土留め構造施工済	1	1
	被災履歴無し	0	0
		Max: 3	合計: 10

変状評価項目			
変状	変状の詳細	配点	評点
III	(1) ヘアクラック程度	1	1
IV	(6) 縦排水工に線状の亀裂があり、表面水が流入	2	2
IV	(12) 縦排水工が浸食により一部閉塞しているが、排水機能は維持	1	1
VII	(10) 擁壁天端・基礎が一部沈下	2	2
IX	(9) 布団籠が基礎洗掘により崩壊	3	3
		Max: 3	合計: 8

変状・要因特定項目毎最大点による総合評価			
変状	変状: 無~小	変状: 中	変状: 大
要因: 無	A	C	D
要因: 無	B	C	D
要因: 無	C	D	D

認定される災害形態			
災害形態	予測される	進行している	
崩壊	○	○	
表面崩壊	○	○	
圧密沈下	○	○	
即時沈下	○	○	
沈下	○	○	
表面浸食	○	○	
地下浸食	○	○	
湖・海岸浸食	○	○	

(2) 各調査票による点検結果の考察

表-8に道路盛土34箇所的一次点検結果一覧表(上段:改善案,下段:既存調査票)を示す。

点検結果の違いは、以下の3タイプに分類できる。

① 「対策工導入効果の判定」による違い

総合評価がランク A 相当→ランク B のタイプで14箇所道路盛土が該当した。該当盛土は対策工を導入することによって、盛土の安定度が大幅に向上した直後に点検を行ったケースであり、従来の点検手法では、対策工を導入し

たことにより自動的に「点検対象外」とされる可能性の高い盛土であるが、道路被災件数の約6割が「点検対象外」の道路から発生していることから、その判断は慎重にすべきである。「点検対象外」の評価は、複数回の継続観測によって変状の進行性が認められない場合や、盛土の安定化の兆しがあった場合に慎重を期して判定すべきと考える。

② 「早急な排水施設の補修必要性の提案」による違い

総合評価がランク A あるいは B 相当→ランク C のタイプで 15 箇所の道路盛土が該当した。該当盛土は点検時に確認した変状は軽微でだが、盛土を劣化させる可能性が高い素因を持つケースである。現況では軽微な変状であるため、補修レベルで排水機能を容易に回復できる場合が多く、改善案による点検は早急な対策を導入することを可能とし、道路盛土への被災を抑制するのに寄与したと言える。

一方で変状が軽微であるため、継続観測による状況把握をすべきという課題も浮き彫りとなった。例えば、道路路線の重要度に応じて総合評価をランクアップ(ダウン)させる判断もあり得る。このように総合評価の段階において、経済的波及効果、保全対象、各種の外力因子等を適切に組み込むことが、改善案の今後の課題である。

③ 「対策工の優先順位判定」による差異

総合評価がランク C あるいは D 相当→ランク C またはランク D のタイプで、5 箇所の道路盛土が該当した。安定度の低下した盛土を、改善案・既存調査票共に「対策が必要」と判定できたことは評価できる。しかし、「対策工が必要」と判断される道路盛土は多数あり、事業計画を行う上で点検結果が羅列された状態から確実に優先度の高い道路盛土を抽出することは難しい。改善案では、対策工の

必要性のみならず、変状の進行状況に応じて「補修・改善」あるいは「抜本的な対策」のいずれを行うべきかの選択を可能とした。これは安定度の低い盛土に対して対策工の優先順位を付与し、事業計画の効率化に資すると言える。

4. まとめ

本論文の結論ならびに今後の展望を以下に述べる。

- ① 日常点検における既設道路盛土の安定度評価に関して、盛土が持つ素因から盛土を劣化させる可能性の有無を予測した上で、盛土に発生した変状の進行状況と併せ、将来起こり得る災害形態・規模を想定するという新たな評価手法を提案した。
- ② 実盛土で既存調査票および改善案を用いて安定度を評価した。改善案による点検結果は既存調査票と比べて盛土の現況をよりの確に捉えることが分かった。
- ③ 改善案では、沈下量等、盛土内同一箇所継続した定量データを取得し、差分値から変状の進行状況を把握することにより、災害形態の絞り込みが可能である。
- ④ 本論文で提案した点検手法では、「豪雨、地震等の極端な外力因子」や「道路重要度」は考慮されていない。道路盛土の維持管理を行う上で、両項目共に重要な項目であることから、これらを取り込めるよう調査票の改善を追求することが肝要である。

あ と が き

本研究は国土技術政策総合研究所の道路政策の質の向上に資する技術研究開発で採択された「沢埋め道路盛土の経済的な耐震診断と耐震補強の開発」(神戸大学への委託研究, 研究代表者: 澁谷 啓)の一環として実施した。また国交省近畿地方整備局ならびに神戸市建設局道路部には点検盛土の提供, 調査実施における課題抽出, 改善検討等において有益な助言を頂戴した。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) (社)全国地質調査業協会連合会: 道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等), pp.68, 2014.
- 2) (社)全国地質調査業協会連合会: 防災点検の有効性と災害の低減に向けて -10 年間の防災対策の進捗と課題-, pp.19-21, 2013.
- 3) 野並賢: 既設道路盛土の原位置安全点検のための性能曲線の検討, 神戸市立工業高等専門学校研究紀要, No.55, pp.31-37, 2017.
- 4) 大窪克己, 亀村勝美, 濱田政則: 高速道路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.
- 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のり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.

表-8 一次点検結果一覧表

		A	B	C	D			A	B	C	D
		A相当	B相当	C or D	C or D			A相当	B相当	C or D	C or D
紀南 Site.1	改善			○		神戸 Site.1	改善			○	
紀南 Site.1	既存		○(20)			神戸 Site.1	既存		○(20)		
紀南 Site.2	改善			○		神戸 Site.2	改善			○	
紀南 Site.2	既存			○(40)		神戸 Site.2	既存		○(30)		
紀南 Site.3	改善		○(20)			神戸 Site.3	改善			○	
紀南 Site.3	既存			○		神戸 Site.3	既存	○(0)			
紀南 Site.4	改善				○	神戸 Site.4	改善				○
紀南 Site.4	既存				○(40)	神戸 Site.4	既存	○(0)			
紀南 Site.5	改善		○			神戸 Site.5	改善				○
紀南 Site.5	既存	○(0)				神戸 Site.5	既存	○(10)			
紀南 Site.6	改善		○(20)			神戸 Site.6	改善		○		
紀南 Site.6	既存			○		神戸 Site.6	既存	○(0)			
紀南 Site.7	改善			○		神戸 Site.7	改善		○		
紀南 Site.7	既存	○(0)				神戸 Site.7	既存	○(0)			
紀南 Site.8	改善			○		神戸 Site.8	改善			○	
紀南 Site.8	既存			○(40)		神戸 Site.8	既存		○(30)		
紀南 Site.9	改善		○(20)			神戸 Site.9	改善			○	
紀南 Site.9	既存			○		神戸 Site.9	既存		○(20)		
紀南 Site.10	改善				○	神戸 Site.10	改善				○
紀南 Site.10	既存				○(50)	神戸 Site.10	既存	○(10)			
紀南 Site.11	改善		○(20)			神戸 Site.11	改善		○		
紀南 Site.11	既存			○		神戸 Site.11	既存	○(0)			
紀南 Site.12	改善		○			神戸 Site.12	改善		○		
紀南 Site.12	既存	○(0)				神戸 Site.12	既存	○(0)			
紀南 Site.13	改善		○			神戸 Site.13	改善		○(20)		
紀南 Site.13	既存	○(5)				神戸 Site.13	既存		○		
紀南 Site.14	改善		○			神戸 Site.14	改善		○		
紀南 Site.14	既存	○(10)				神戸 Site.14	既存	○(0)			
紀南 Site.15	改善		○			神戸 Site.15	改善				○
紀南 Site.15	既存	○(5)				神戸 Site.15	既存			○(40)	
紀南 Site.16	改善		○			神戸 Site.16	改善		○		
紀南 Site.16	既存	○(0)				神戸 Site.16	既存	○(0)			
紀南 Site.17	改善		○			神戸 Site.17	改善		○		
紀南 Site.17	既存	○(0)				神戸 Site.17	既存	○(0)			

既存案	改善案	該当	分類
点検結果	点検結果	現場数	
A	B	14箇所	①対策導入効果の判定
A	C	5箇所	②早急な補修必要性の提案
B	C	10箇所	②早急な補修必要性の提案
C or D	C	2箇所	③対策工の優先順位判定
C or D	D	3箇所	③対策工の優先順位判定