

7. 道路土工・斜面

7.1 道路土工・斜面の被害概要

今回の地震により、何等かの通行規制を要する道路土工・斜面の被害は 80 箇所が生じた。内訳は、有料道路（能登有料道路）で 53 箇所、直轄国道（能越自動車道）で 1 箇所、補助国道で 9 箇所、県道で 17 箇所である。表-7.1.1、表-7.1.2、表-7.1.3、表-7.1.4 に直轄国道、補助国道、能登有料道路、県道の被災箇所の一覧を、また、図-7.1.1 にそれらの位置をそれぞれ示す。個々の被災箇所の状況については後述するが、道路土工の被害としては、傾斜地盤上に構築された盛土の崩壊が多く、基礎地盤の液状化による盛土全体の崩壊はほとんど見られない。こうした被災パターンの傾向は、これまでの地震においても、山間地における盛土被害の特徴として見られたものである。また、斜面の被害としては、落石による被害が多く、特に国道 249 号においては、高さ約 10m、幅約 30m、厚さ数m（推定）の岩盤が、約 50mの高さの斜面から崩落して八世乃洞門に直撃し、約 3 ヶ月間全面通行止めとなった。

表-7.1.1 直轄国道の被災箇所一覧（北陸地方整備局より 平成19年12月21日現在）

路線名	場所・区間	交通規制状況			被害状況等
		日	時刻	規制内容	
能越自動車道	能登空港IC～穴水IC	3/25	11:30	全面通行止め	路面段差 クラック
		3/26	6:30	規制解除	



図-7.1.1 被災箇所位置図

表-7.1.2 補助国道の被災箇所一覧（北陸地方整備局より 平成19年12月21日現在）

路線名	場所・区間	交通規制状況			被害状況等
		日	時刻	規制内容	
249	珠洲市逢坂	3/25	11:30	通行止め	トンネルで落石
		3/25	15:00	規制解除	
249	輪島市渋田	3/25	13:30	通行止め	崩土
		3/26	7:00	片側交互通行 規制解除	
249	輪島市深見	3/25	13:30	通行止め	段差
		3/25	15:00	片側交互通行 規制解除	
249	輪島市大野	3/25	13:30	通行止め	崖崩れ
		3/25	15:00	片側交互通行 規制解除	
249	輪島市門前町剣地	3/25	13:30	通行止め	陥没
		3/25	15:00	片側交互通行 規制解除	
249	輪島市里	3/25	10:00	通行止め	崩土
		3/27	10:00	規制解除	
249	志賀町深谷地内	3/25	12:30	通行止め	陥没、路肩決壊
		3/29	10:00	片側交互通行 規制解除	
249	志賀町大福寺内	3/25	12:30	通行止め	陥没、路肩決壊
		3/29	10:00	片側交互通行 規制解除	
249	輪島市町野町曾々木	3/27	10:00	通行止め	落石
		7/7	12:00	片側交互通行	

表-7.1.3 能登有料道路の被災箇所一覧

路線名	区間	NO.	被災箇所	kp	上下	被災状況	災害規模		
能登有料道路 (能登海浜道路)	柳田IC ～徳田大津JCT	海-1	志賀町上棚	9.2	上下	下部工クラック、ヒンジ部段差	橋梁損傷		
		海-2	志賀町矢駄その1	11.5	上下	下部工クラック	橋梁損傷		
		海-3	志賀町矢駄その2	12.0	上下	下部工クラック	橋梁損傷		
		海-4	志賀町矢駄その3	12.4	上り	路面陥没、クラック	崩落予想		
		海-5	志賀町安津見	15.0	上下	橋台背面陥没、クラック	路面変状		
		海-6	志賀町徳田その1	19.8	上下	横断クラック	路面変状		
		海-7	志賀町徳田その2	21.0	上下	下部工クラック	橋梁損傷		
能登有料道路 (能登半島縦貫 有料道路)	徳田大津JCT ～終点	縦-1	志賀町徳田	0.0	上下	縦横断クラック	路面変状		
		縦-2	七尾市中島町豊田その1	4.6	上下	クラック	崩落予想		
		縦-3	七尾市中島町豊田その2	4.8	上下	下部工クラック	橋梁損傷		
		縦-4	七尾市中島町豊田その3	4.9	上下	クラック	路面変状		
		縦-5	七尾市中島町豊田その4	5.4	上り	クラック	路面変状		
		縦-6	七尾市中島町豊田その5	5.6	上り	道路欠壊	大規模崩落		
		縦-7	七尾市中島町豊田その6	5.7	上下	路肩・横断クラック	崩落予想		
		縦-8	七尾市中島町豊田その7	6.0	上下	橋台背面陥没	路面変状		
		縦-9	七尾市中島町土川	6.3	下り	道路欠壊	大規模崩落		
		横田IC →	縦-10	七尾市中島町横田その1	10.6	上りONランプ	道路欠壊	大規模崩落	
			縦-11	七尾市中島町横田その2	10.8	上下	路面陥没	路面変状	
			縦-12	七尾市中島町横田その3	11.1	上り	センター・横断クラック	路面変状	
			縦-13	七尾市中島町横田その4	11.3	上下	横断クラック	路面変状	
			縦-14	七尾市中島町谷内	11.7	上下	道路欠壊	大規模崩落	
			縦-15	七尾市中島町小牧その1	12.7	上下	路肩・横断クラック	路面変状	
			縦-16	七尾市中島町小牧その2	12.9	上り	センター・横断クラック	崩落予想	
			縦-17	七尾市中島町小牧その3	13.0	上下	センター・横断クラック	崩落予想	
			縦-18	七尾市中島町小牧その4	13.2	上下	クラック、BOX損傷	崩落予想	
			縦-19	七尾市中島町小牧その5	13.7	上下	縦横断クラック	崩落予想	
		別所岳SA →	縦-20	七尾市中島町小牧その6	13.9	上下	センター・横断クラック	崩落予想	
			縦-21	七尾市中島町小牧その7	14.7	上下	道路欠壊	大規模崩落	
			縦-22	七尾市中島町小牧その8	14.8	上下	横断クラック	崩落予想	
			縦-23	七尾市中島町小牧その9	15.0	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-24	七尾市中島町小牧その10	15.1	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-25	七尾市中島町小牧その11	15.3	上下	センター・横断クラック	崩落予想	
			縦-26	七尾市中島町小牧その12	15.9	上下	道路欠壊、クラック	大規模崩落	
			縦-27	七尾市中島町小牧その13	16.1	上下	横断クラック	崩落予想	
			縦-28	七尾市中島町小牧その14	16.3	上下	センター・横断クラック	崩落予想	
			縦-29	七尾市中島町田岸その1	16.6	上下	縦横断クラック	崩落予想	
		越の原IC →	縦-30	七尾市中島町田岸その2	16.8	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-31	七尾市中島町田岸その3	16.9	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-32	七尾市中島町田岸その4	17.7	上下	道路欠壊、路面陥没	大規模崩落	
			縦-33	七尾市中島町田岸その5	18.2	上下	縦横断クラック	路面変状	
			縦-34	七尾市中島町田岸その6	18.6	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-35	七尾市中島町横見その1	19.0	上下	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-36	七尾市中島町横見その2	19.1	上り	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-37	穴水町根木	20.2	下り	縦横断クラック	崩落予想	
			縦-38	穴水町越の原その1	21.1	上下	道路欠壊	大規模崩落	
			縦-39	穴水町越の原その2	21.5	上り	道路欠壊	大規模崩落	
		田鶴浜道路	徳田大津JCT ～田鶴浜IC	縦-40	穴水町越の原その3	21.9	上下	縦横断クラック	路面変状
				縦-41	穴水町越の原その4	22.2	上り	道路欠壊	大規模崩落
				縦-42	穴水町鶴島	23.4	上下	縦横断クラック	路面変状
縦-43	穴水町宇留地			24.1～24.6	上下	橋台背面陥没、ウイング損傷等	大規模崩落 橋梁損傷		
縦-44	穴水町天神谷			25.5	上下	路面陥没、クラック	崩落予想		
田-1	志賀町徳田			-0.3	上下	ジョイント部段差	路面変状		
田-2	七尾市三引町	3.7	上下	橋台背面陥没、クラック	路面変状				

表-7.1.4 県道の被災箇所一覧（軽微なものを除く）（北陸地方整備局より 平成19年12月21日現在）

路線名	場所・区間	交通規制状況			被害状況等
		日	時刻	規制内容	
(主) 珠洲里線	珠洲市和歌山上山～ 輪島市町野町鈴屋	3/25	13:30	全面通行止め	亀裂
		4/2	17:00	規制解除	
(主) 珠洲里線	輪島市町野町里～川西	3/25	19:00	全面通行止め	崩土
		4/2	17:00	規制解除	
(一) 柳田里線	輪島市西院内	3/25	13:30	全面通行止め	土砂崩れ
		3/25	15:00	片側交互通行 規制解除	
(一) 県道庵鶴浦大田新線	七尾市大田	3/25	13:30	全面通行止め	陥没
		3/25	17:00	規制解除	
(一) 豊田笠師保停車場線	七尾市中島町塩津	3/25	13:30	全面通行止め	崩土
		3/27	10:00	規制解除	
(一) 七尾島屋線	七尾市国分～白馬	3/25	13:30	全面通行止め	陥没
		3/26	17:00	規制解除	
(一) 滝又三井線	輪島市三井町興徳寺	3/25	13:30	全面通行止め	崩土
		3/28	10:00	規制解除	
(一) 穴水剣地線	穴水町河内	3/25	10:00	全面通行止め	土砂崩れ
		3/26	17:00	規制解除	
(主) 穴水剣地線	輪島市門前町白禿	3/25	21:00	全面通行止め	崩土、路肩沈下
		3/27	17:00	規制解除	
(一) 深谷中浜線	志賀町西海	3/25	13:30	全面通行止め	崩土
		3/25	17:00	片側交互通行 規制解除	
(一) 百海七尾線	七尾市柑子町～佐野町	3/25	17:00	全面通行止め	路面段差
		3/27	10:00	規制解除	
(主) 輪島市浦上線	輪島市大沢町内	3/25	19:00	全面通行止め	落石の恐れ
		4/22	6:00	片側交互通行 規制解除	
(主) 輪島市浦上線	輪島市下山町	3/30	20:00	全面通行止め	崩土
		4/2	17:00	片側交互通行 規制解除	
(一) 小滝北川線	輪島市門前町猿橋	3/25	19:00	全面通行止め	電柱倒壊
		3/26	17:00	規制解除	
(主) 七尾能登島公園線	能登島大橋	3/27	10:00	全面通行止め	点検
		4/2	17:00	規制解除	
(一) 若葉台松木線	志賀町小室～若葉台	3/26	13:00	全面通行止め	路面亀裂・路肩 決壊
		3/27	17:00	規制解除	
(一) 滝又三井線	三井町興徳寺	3/25	14:11	全面通行止め	崩土
		4/2	17:00	規制解除	

7.2 道路土工の被害

7.2.1 概要

(1) 被害の概要

能登有料道路を中心として、強い地震動により、土工構造物に多くの被害が生じた。道路土工の被害としては、傾斜地盤上に構築された盛土の崩壊が多く、基礎地盤の液状化による盛土全体の崩壊はほとんど見られない。能登有料道路では比較的大きな盛土崩壊が11箇所、国道249号では比較的大きな盛土崩壊が2箇所が生じた。盛土の被害形態としては、沢や谷等の集水地形に築造された高盛土の流動性崩壊、カルバートや橋梁など異種構造物との取り付け部の段差、切土部から片切片盛などに構造が変化する部分の切盛境での段差等であった。

能登有料道路（金沢市栗崎町～穴水町此木間 82.9km）は、昭和45年11月に着手した能登海浜道路（金沢市栗崎町～田鶴浜町大津間 55.9km）とそれに続く能登半島縦貫有料道路（田鶴浜町大津～穴水町此木間 27km）を直結したものである。能登海浜道路（金沢市栗崎町～田鶴浜町大津間）は昭和48年～昭和57年に2車線で順次供用が開

始され、平成 5 年～平成 6 年に白尾～柳田間が 4 車線に拡幅されている。能登半島縦貫有料道路（田鶴浜町大津～穴水町此木間 27km）については、昭和 53 年に横田～終点間 15.9km が、昭和 55 年に徳田大津～横田間 11.1km が、それぞれ供用開始されている。

図-7.2.1 に能登有料道路被災箇所位置を示す。また、表-7.1.3 に能登有料道路の被災箇所の一覧を示した。表中の災害規模は石川県の定義にしたがい、「大規模崩落」は盛土がすべり崩壊したもの、「崩落予想」は概ねのり面の変状や路面のクラック等が路床まで達しているもの、「路面変状」は路床までは達していない路面クラック等の被害であり、以後、能登有料道路の被害程度はこの定義に従う。今回の地震で多くの盛土被害が生じた能登有料道路の柳田～穴水町此木間は、昭和 48 年～昭和 57 年に順次供用が開始された山岳道路であり、総じて切土・盛土による土工区間が多く、橋梁・トンネル等の構造物は比較的少ない。昭和 57 年に開通していることから、道路盛土の地震力に対する設計が初めて規定された昭和 58 年の道路土工指針（道路土工要綱）より以前に構築された構造物である。

能登有料道路では地震直後から柳田 IC～穴水 IC 間で全面通行止めの措置が執られた。応急復旧工法、本復旧工法は、地震後に設置された「能登有料道路復旧工法検討委員会」（委員長 金沢工業大学 川村教授）において検討された。柳田 IC～徳田大津 IC は応急復旧の後、3 月 29 日 15:00 より暫定二車線の供用が開始された。徳田大津 IC～穴水 IC については、迂回路設置等の応急復旧により、徳田大津 IC～横田 IC 間は 4 月 20 日に、横田 IC～穴水 IC は 4 月 27 日に供用が再開された。本復旧は順次行われ、11 月 30 日に全線で迂回路が解消され、本線供用が再開された。

一方で、直轄国道、補助国道、県道については、国道 249 号輪島市町野町曾々木の落石発生箇所を除いては本復旧が完了しており、この落石発生箇所についても 7 月 7 日に 5:00～20:00 の時間帯で片側交互通行による供用が開始された。

(2) 現地踏査

土木研究所では、道路土工の被害に関する現地調査を、地震発生から3日後の3月28日～3月30日と約6週間後の5月8日～5月11日の2回にわたって、表-7.2.1に示す区間について実施した。

第1回調査は、盛土の被害が多数生じた能登有料道路、能越自動車道や地域の基幹道路である国道249号の被災状況の把握を目的に実施した。調査方法は、主要な被害箇所を踏査であり、被災状況のスケッチ、写真による記録、土砂のサンプリング等を行った。

表-7.2.1 調査対象道路リスト

	調査期間	路線名	調査区間(地名)
第1回調査	3/28～3/30	能越自動車道	能登空港IC～穴水IC
		能登有料道路	柳田IC～穴水IC 徳田大津IC～田鶴浜IC
		国道249号線	七尾市～羽咋市
第2回調査	5/8～5/11	能登有料道路	徳田大津IC～穴水IC

第2回調査では、能登有料道路の徳田大津IC～穴水IC区間における被害箇所および無被害箇所を対象とした詳細な現地踏査を行った。現地踏査は、被害箇所および無被害箇所について、以下の項目を把握することを目的に実施した。調査箇所数の内訳を表-7.2.2に示す。

- ①盛土背後地の水の供給・湿潤状況（沢、池、湿地等の有無）
- ②盛土のり面、のり先の湿潤状況・湧水の有無、排水施設の健全性
- ③路面の沈下、亀裂、段差、のり面の亀裂・はらみだし等の変状、補修履歴、既往災害の有無

表-7.2.2 第2回調査の調査箇所内訳

被災程度		全盛土箇所数	調査箇所数
被害	大規模崩落	11	11
	崩落予想	19	19
	路面変状	12	8
無被害		61 (うち盛土高 15m 以上 31 箇所)	14 (盛土高 15m 以上)
計		103	52

(3) 地盤調査

能登有料道路において、①盛土の締固めの程度、②盛土内の水位、③盛土基礎地盤の崩積土の有無、④盛土材料の力学特性等と被害の関係を把握することを目的に、地盤調査を実施した。

調査箇所は、大規模崩落箇所および類似の盛土形状、地形条件の未崩落箇所とした。

地盤調査の内容は、ボーリング調査、標準貫入試験、密度検層、ラムサウンディング、現場密度試験、サンプリングおよび室内土質試験等である。表-7.2.2に調査箇所及び調査内容をまとめて示す。なお、盛土内の水位を把握する目的で、ボーリング箇所の孔内水位およびサウンディング孔内の水位を測定した。サウンディング孔の水位は、サウンディング孔に塩ビ管を挿入し、電極により測定した。

表-7.2.3 能登有料道路の地盤調査箇所及び調査内容

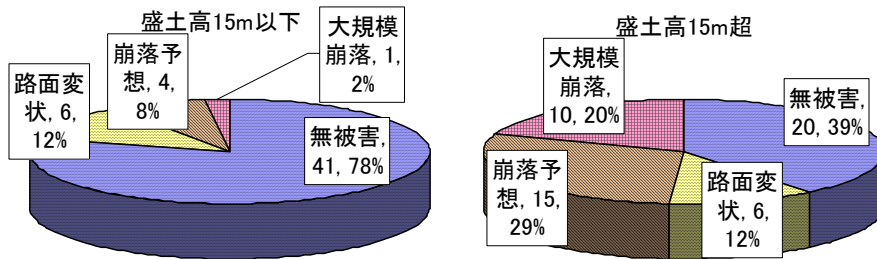
項目		調査箇所								
		縦5+1 無被害	縦6 大規模 崩落	縦9 大規模 崩落	縦21 大規模 崩落	縦22 崩落予 想	縦26(1) 無被害	縦26(2) 大規模 崩落	縦28+1 無被害	縦38 大規模 崩落
原位置 調査	機械ボーリング(孔径86mm)	○	○	○	○	○	○	○	○	
	標準貫入試験	○	○	○	○	○	○	○	○	
	密度検層	○	○	○	○	○	○	○	○	
	現場透水試験	○	○	○	○	○	○	○	○	
	シンウォールサンプリング	○	○	○	○	○	○	○	○	
	ラムサウンディング	○	○	○	○	○	○	○	○	
	簡易水位測定	○	○	○	○	○	○	○	○	
盛土材 料採取	RI計器による現場密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○	
	攪乱試料採取	○	○	○	○	○	○	○	○	
室内土 質試験	シンウォールサンプリングで 得られた試料による 室内土質試験	ブロックサンプリング	○	○	○	○	○	○	○	
		土粒子の密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の含水比試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の粒度試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の液性限界・塑性限界試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		湿潤密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○
	攪乱試料を用いた 室内土質試験 (盛土材)	圧密非排水(C _U)三軸圧縮試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の繰返し非排水三軸試験(液状化)	○	○	○	○	○	○	○	○
		土粒子の密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の含水比試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の粒度試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		土の液性限界・塑性限界試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		突固めによる土の締固め試験	○	○	○	○	○	○	○	○
		不攪乱資料を用いた 室内土質試験	○	○	○	○	○	○	○	○
土の含水比試験	○	○	○	○	○	○	○	○		
湿潤密度試験	○	○	○	○	○	○	○	○		

7.2.2 現地踏査に基づく道路盛土の被害の傾向

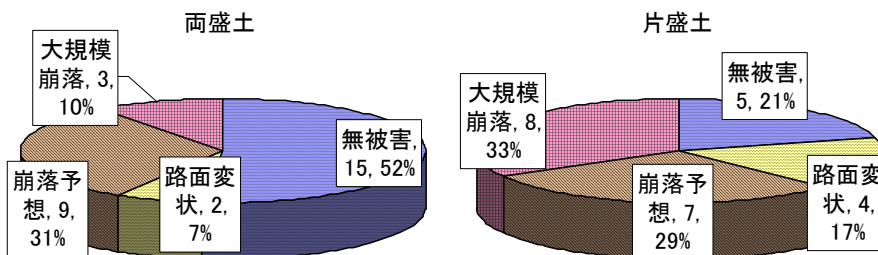
ここでは、能登有料道の徳田大津IC～穴水IC間の盛土を対象に実施した現地踏査の結果を整理する。徳田大津IC～穴水IC間の盛土は103箇所あり、このうち盛土高15m超の盛土は51箇所である。盛土高15m超の盛土を対象に詳細な現地踏査を実施した。

図-7.2.2、図-7.2.3に徳田大津IC～穴水IC間の盛土の盛土構造や地形条件と被害程度の内訳を示す。盛土被害の傾向を整理すると以下のとおりである。

- ①盛土高15m超の盛土で被害の割合が高い傾向が見られた。盛土高が高いほど被害を受けやすい傾向があるといえる。
- ②片盛土において大規模崩落の割合が高い傾向が見られた。このことから、切盛り境や地山傾斜地において被害が大きくなった可能性が考えられる。
- ③盛土背面の沢筋の有無やのり面からの湧水状況では被害程度に明確な傾向が見られなかった。このことから、盛土内の地下水の浸透状況は沢筋や湧水の状況のみでは判断が困難である可能性が考えられる。
- ④地山勾配について、のり尻勾配と盛土背面部勾配との比Zが小さい、すなわち盛土背面の勾配よりのり尻の勾配が緩い傾向が高いほど、被害の割合が高い傾向が見られた。
- ⑤のり先構造物が無い場合において被害の割合が高い傾向が見られた。このことから、のり先構造物は盛土のり尻の変形を抑制する効果が高い可能性が考えられる。

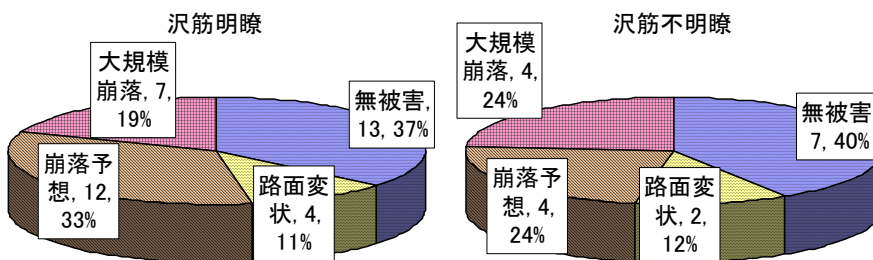


(a) 盛土高さ

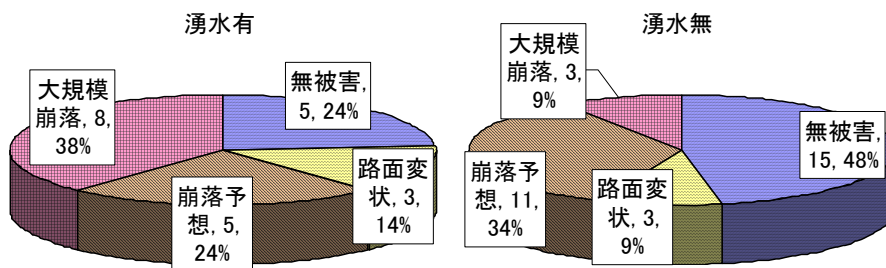


(b) 盛土形状

図-7.2.2 盛土構造と被害の関係

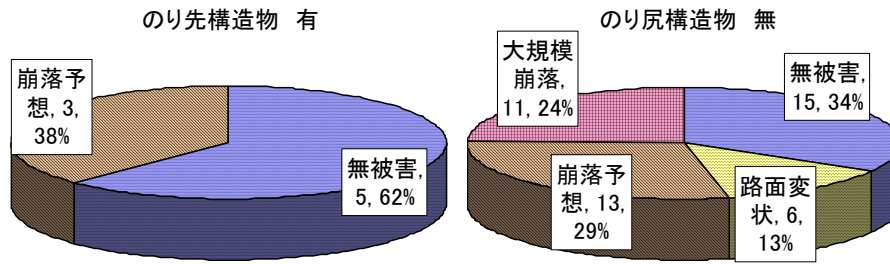


(a) 沢筋の影響

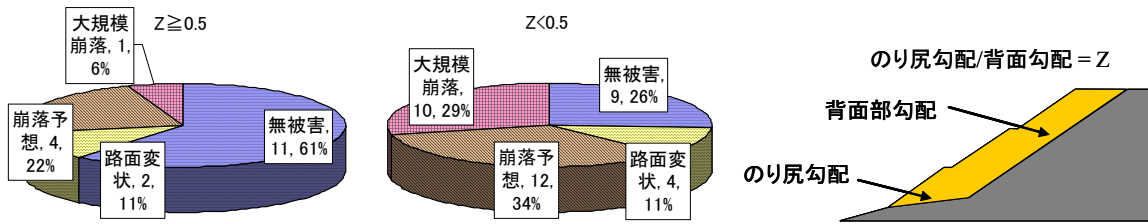


(b) 湧水の有無

図-7.2.3(1) 地形条件と被害の関係



(c) のり先構造物の有無



(d) 地山勾配の影響

図-7.2.3(2) 地形条件と被害の関係

7.2.3 地盤調査に基づく道路盛土の被害の傾向

地盤や盛土の条件が被害の程度に与える影響について調べるため、大規模崩落箇所と未崩落箇所において表-7.2.3に示した内容で地盤調査を行った。調査位置図、地盤柱状図については、「7.2.4 個別箇所の被害と復旧」の図中に示した。

図-7.2.4に盛土材料の粒径加積曲線、図-7.2.5に崩壊規模と平均粒径、細粒分含有率、液性限界、塑性限界の関係をそれぞれ示す。分析に用いたデータは、標準貫入試験により得られた試料あるいはシンウォールサンプリングにより得られた試料に基づくものである。盛土材料は全体的に細粒分含有率が高く、高液性限界のシルトや粘性土に分類される材料が多くみられ、崩壊規模による材料の大きな差異はみられなかった。

図-7.2.6に崩壊規模と盛土の締固め度、盛土のり尻付近の地下水位、 N 値の関係をそれぞれ示す。図(a)の盛土の締固め度は、盛土表層付近のブロックサンプリングあるいはシンウォールサンプリングにより得られた試料を対象に求めたものである。また、図(b)の地下水位は、地下水位を計測したボーリングあるいはサウンディング地点の盛土厚さに対する比で表している。さらに、図(c)の N 値は、ボーリング及びラムサウンディングの結果より得られた盛土部分の平均 N 値であり、礫等の影響により盛土内で N 値50前後となった深度の N 値については、その上下の深度における N 値の平均値とした。締固め度については、大規模崩落箇所において、締固め度が高い箇所がいくつかみられたが、全体的に80~90%の範囲でばらつき、崩壊規模と締固め度との間には明瞭な相関がみられなかった。盛土内の地下水位については、大規模崩落が生じた箇所においては、盛土のり尻付近の地下水位が盛土の表面近傍まで達している箇所が多く、のり尻付近の盛土内への水の浸潤状況が盛土への被害の一因となった可能性がある。ただし、水位は調査時点の孔内水位であり、また、大規模崩落箇所の水位の測定は縦38を除き崩土内で行っており、このため崩壊前の盛土内水位と一致して

ない可能性はある。N値に関しては、無被害盛土のN値は1～3程度であるのに対し、大規模崩落盛土のN値は2～8程度となっており、大規模崩落盛土の方が高いN値となる傾向がみられたが、全体的としてどの盛土においてもN値が低いため、両者の差は有意なものとは考えにくい。

表-7.2.4、図-7.2.7および図-7.2.8に力学試験の結果を示す。力学試験は、縦22（崩落予想）、縦26（無被害）、縦38（大規模崩落）の3箇所現場より、シンウォールサンプリングにより採取した試料に対して、圧密非排水三軸圧縮試験および繰返し非排水三軸試験を行った。三軸圧縮試験の結果より、試料採取箇所や被災程度によらず、いずれの供試体も応力-ひずみ関係に明確なピークと残留強度が見られず、比較的高い内部摩擦角・粘着力を有していた。また、液状化試験の結果より、液状化強度については大規模崩落箇所である縦38の結果が最も低い値を示したが、いずれも0.4以上と比較的高く、また、いずれの試料も繰返し载荷に伴うひずみの急激な増加は見られない。

以上のことから、今回地盤調査を行った盛土の材料は被災程度によらず類似した力学特性と物性を示すものが多く、被災程度と盛土材料との明らかな相関は認められなかった。ただし、盛土材料の力学特性は締固め度の影響を大きく受け、また盛土内の締固め度は大きくばらついていたことから、盛土材の力学特性と被災程度の関係については、締固め度の影響等の検討を含めより詳細な検討が必要である。

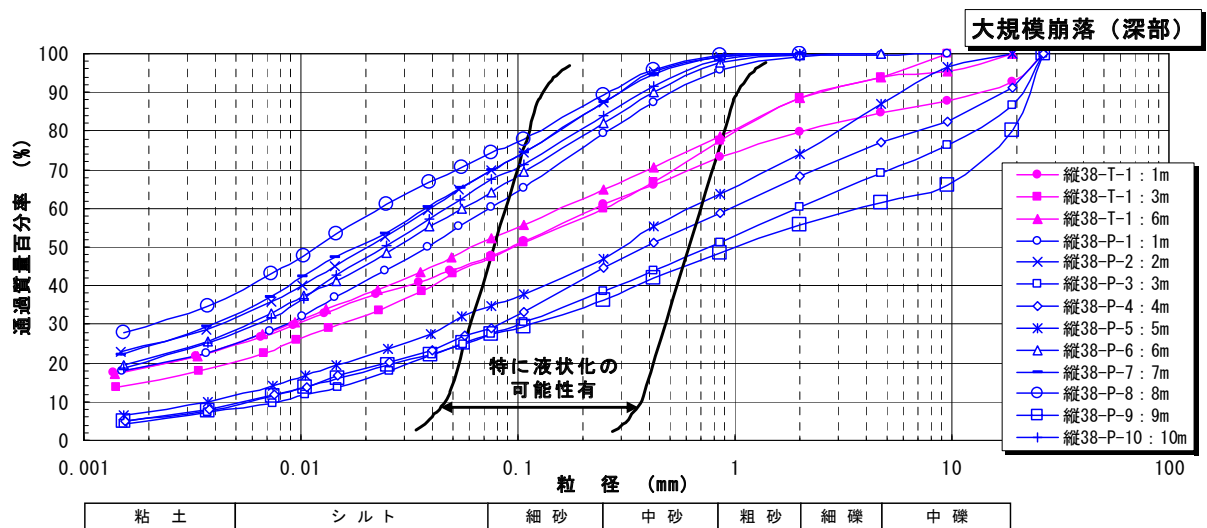
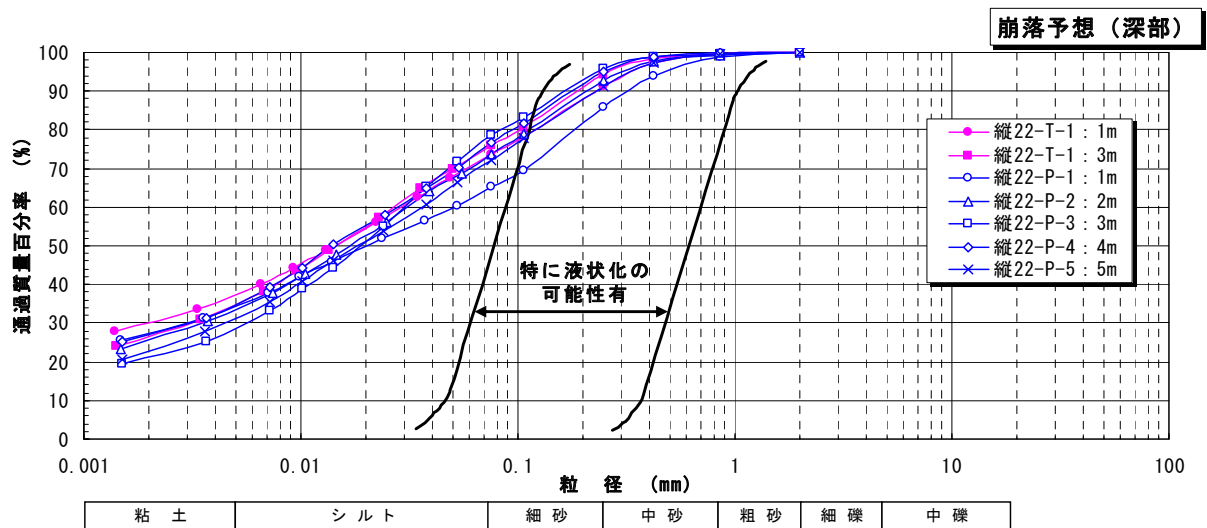
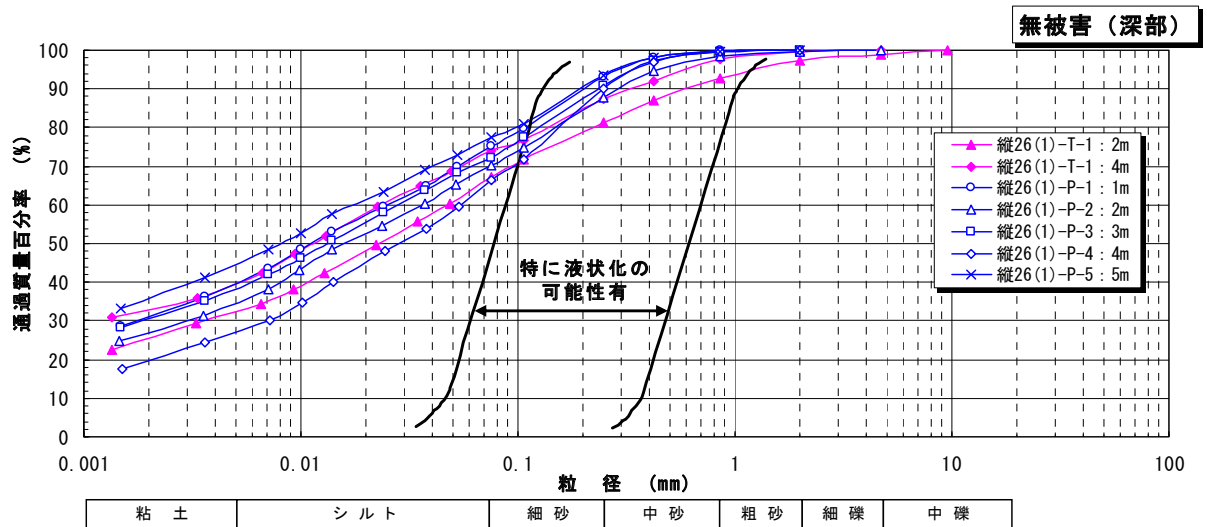
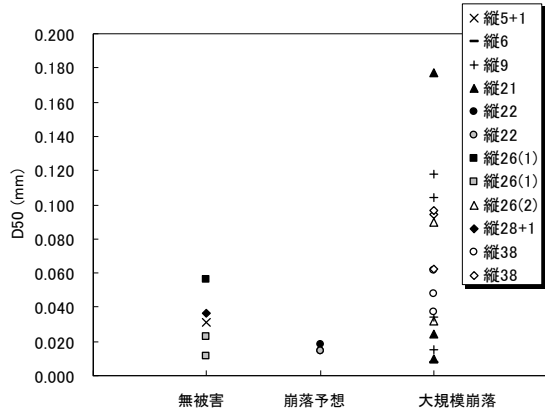
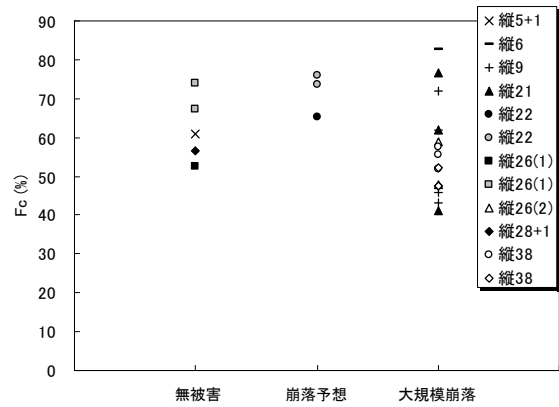


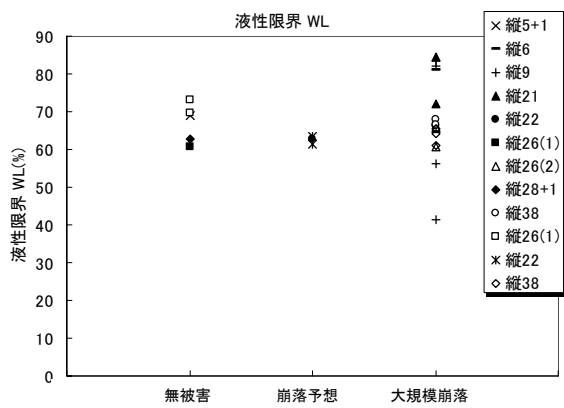
図-7.2.4 盛土材料の粒度分布図



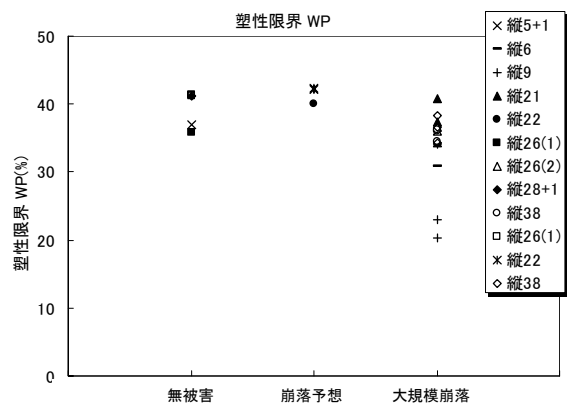
(a) D_{50}



(b) F_c

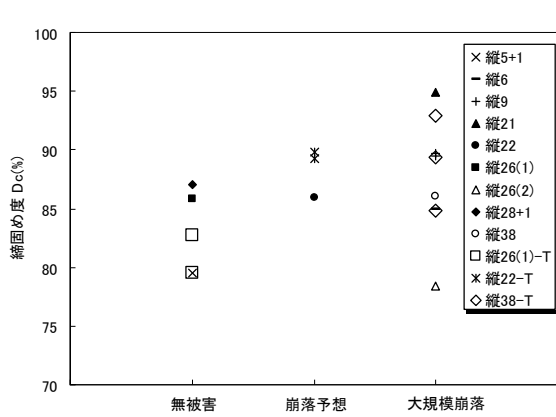


(c) 液性限界

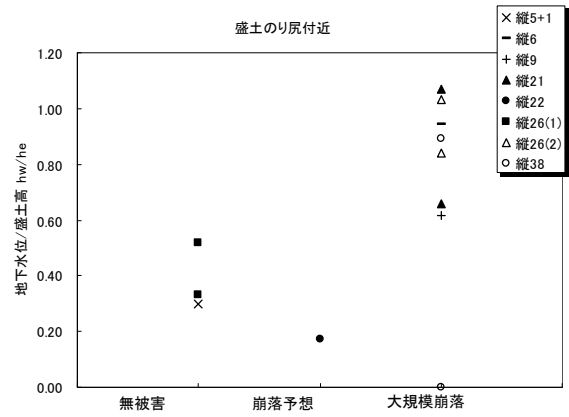


(d) 塑性限界

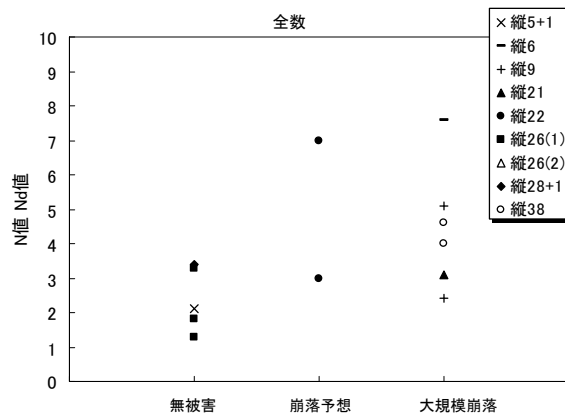
図-7.2.5 盛土材物性値と被害程度の関係



(a) 締固め度 (採取試料)



(b) 地下水位

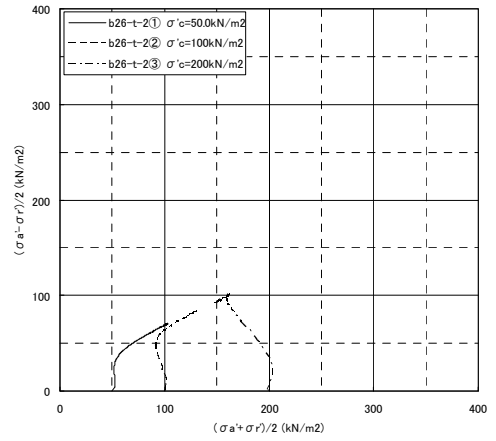
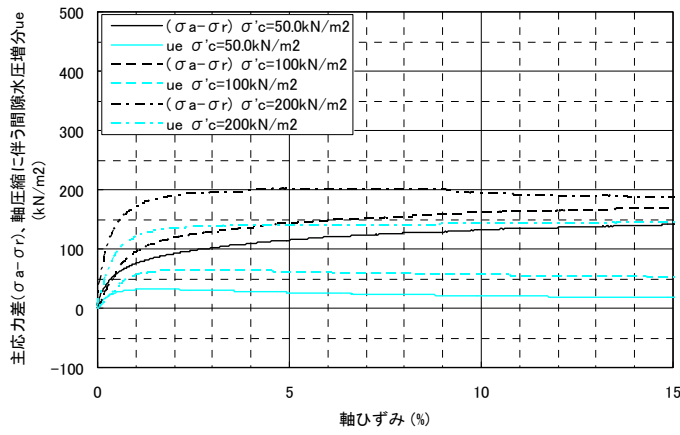


(c) N 値、 N_d 値 (崩土箇所控除)

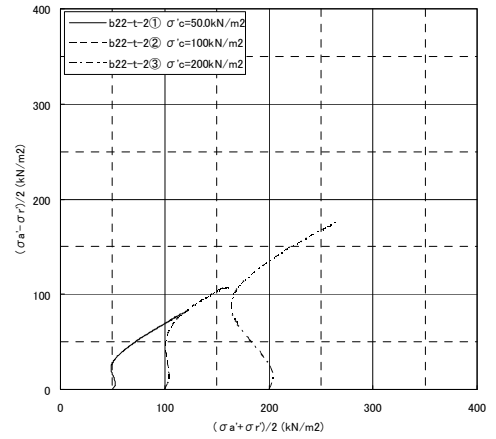
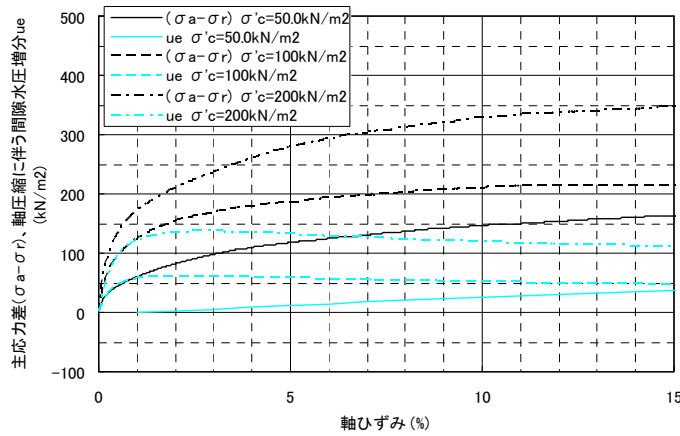
図-7.2.6 被害程度と地盤調査結果との関係

表-7.2.4 盛土材料の力学試験結果

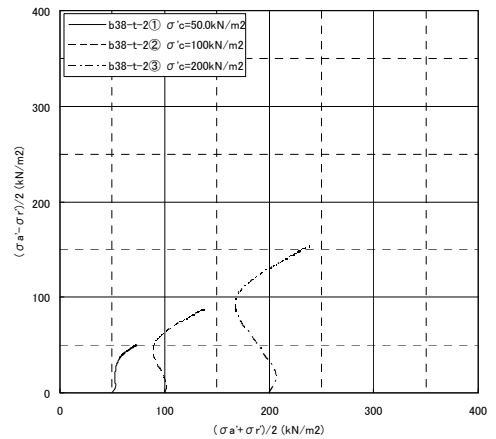
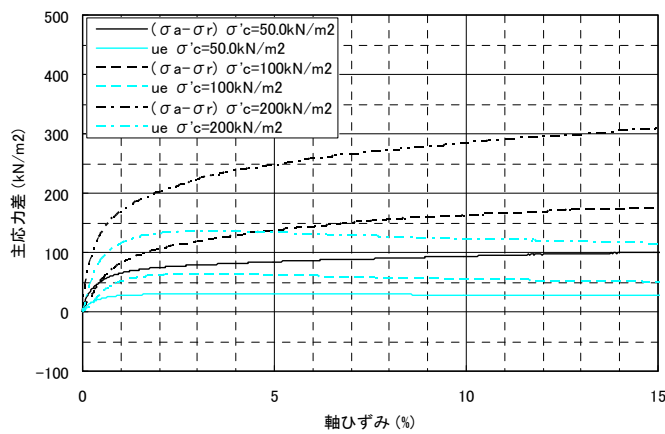
場所		縦26(1) (無被害)		縦22 (崩落予想)		縦38 (大規模崩落)			
試料番号		26-T-1	26-T-2	22-T-1	22-T-2	38-T-1	38-T-2	38-T-3	
区分		未崩落盛土	未崩落盛土	未崩落盛土	未崩落盛土	未崩落盛土	未崩落盛土	未崩落盛土	
深度 (GL-m)		2.00~ 2.80	4.00~ 5.40	1.00~ 1.80	3.00~ 4.70	1.00~ 1.80	3.00~ 3.80	6.00~ 9.23	
三軸 圧縮	CU条件 (全応力)	C (kN/m ²)	17.1	52.5	68.9	32.4	18.0	10.7	7.5
		ϕ (度)	18.68	9.52	17.78	22.52	21.66	24.16	24.50
	CU条件 (有効応力)	C' (kN/m ²)	4.6	20.1	7.5	6.2	4.6	3.7	3.3
		ϕ' (度)	38.67	30.90	40.65	39.95	37.30	39.04	38.10
液状化強度		Rl_{20}	—	0.518	—	0.637	—	0.429	—



(a) 縦26(1)の試料の例 (26-T-2) (無被害)

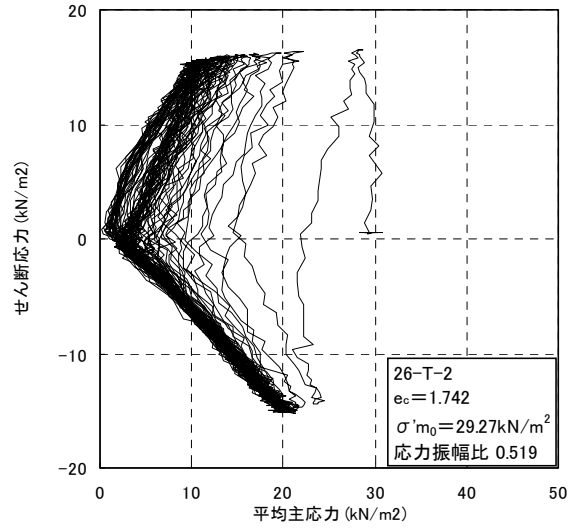
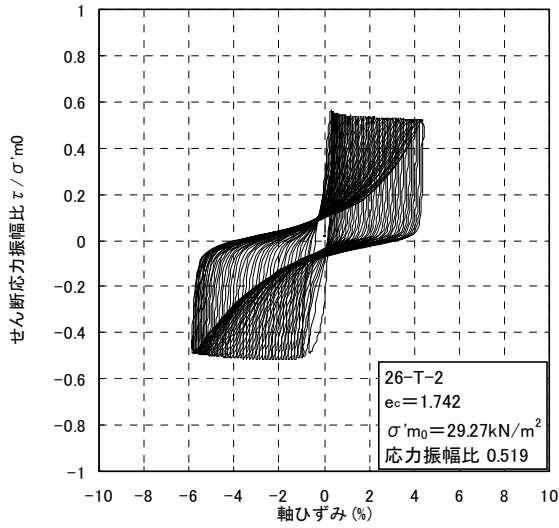


(b) 縦22の試料の例 (22-T-2) (崩落予想)

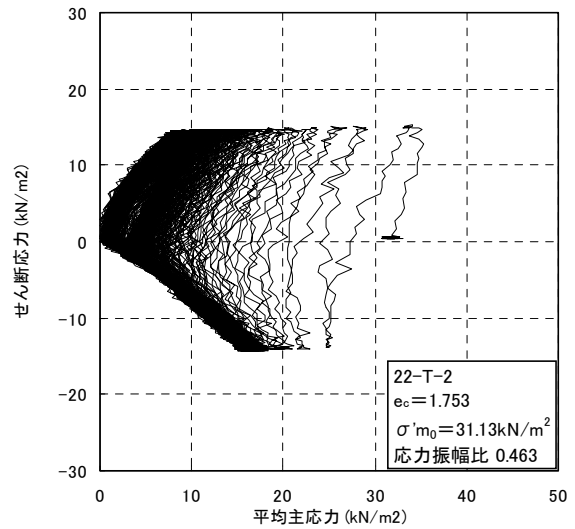
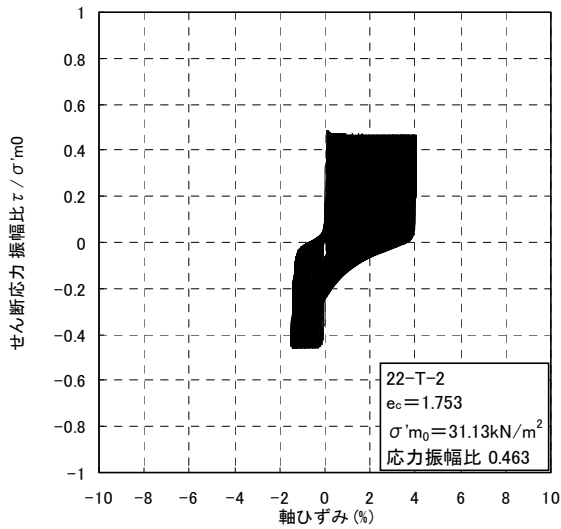


(c) 縦38の試料の例 (38-T-2) (大規模崩落)

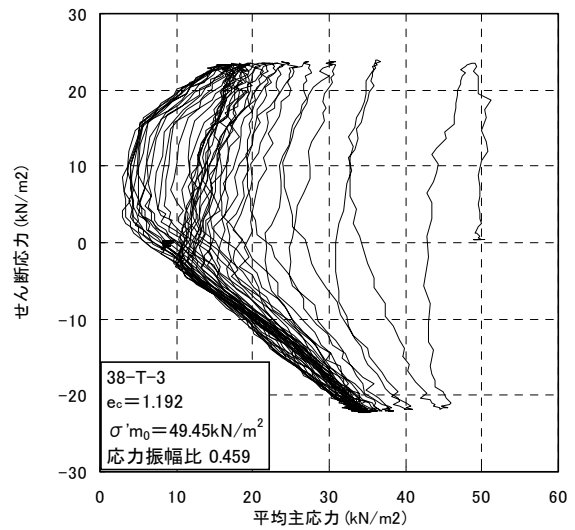
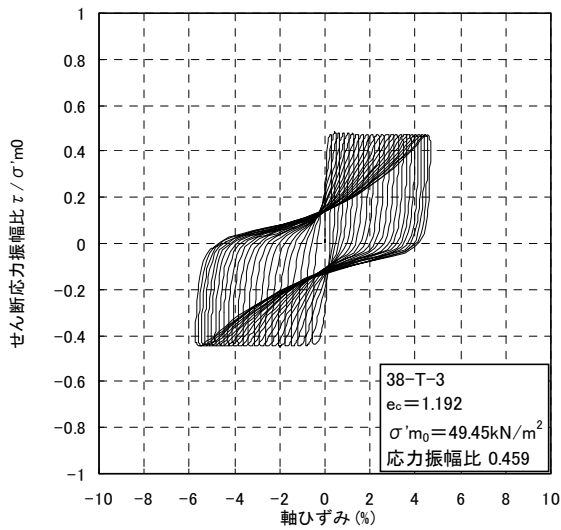
図-7.2.7 圧密非排水三軸圧縮 (CU) 試験結果



(a) 縦26の試料の例 (無被害)

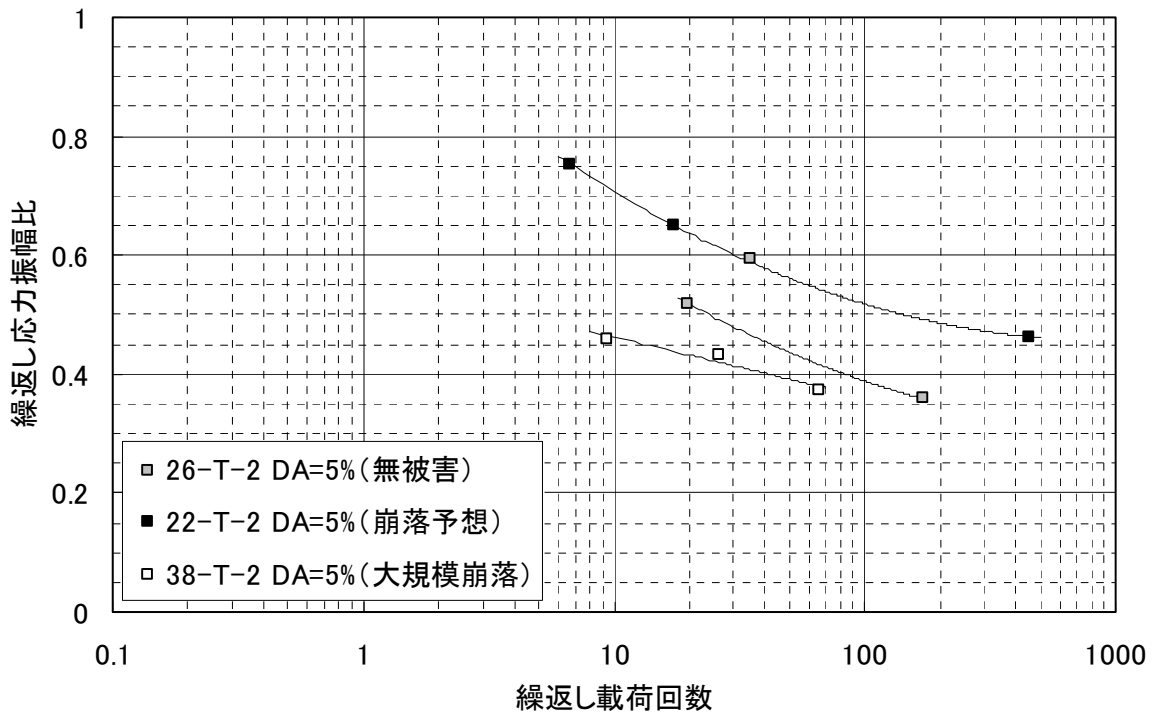


(b) 縦22の試料の例 (崩落予想)



(c) 縦38の試料の例 (大規模崩落)

図-7.2.8(1) 繰り返し非排水三軸試験結果



(d) 繰返し応力振幅比と繰返し回数の関係
 図-7.2.8(2) 繰り返し非排水三軸試験結果

7.2.4 個別箇所の被害と復旧

ここでは、能登有料道路、国道 294 号の主な盛土の具体的な被災状況について報告する。なお、比較のために、被害箇所に隣接する無被害箇所の状況も示している。

(1) 能登有料道路 七尾市中島町豊田その 5 5.6kp (道路欠壊) 縦-6

盛土高 25~30m の片盛土区間で、2 車線道路の上り 1 車線が崩壊した。崩壊の幅 60m 程度、頭部崩落崖の高さは最大 10m 程度の規模である。崩土は流動化して盛土下方の水田を 100m 程度先まで埋めた。また、路面から 5m 程度離れた盛土背後の平地に道路縦断方向のクラックが見られた。

本箇所は集水地形の沢埋め盛土である。沢筋は盛土中央に位置しており、盛土背後は路面と同程度の高さまで埋立てられている。基盤の地質は風化凝灰角礫岩で N 値 20~30 程度であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土で N 値 5~10 程度である。基盤と盛土間には、 N 値が 2~7 程度の腐植土を含む表層が存在する。地盤調査によれば、残盛土箇所の地下水位が盛土内にあることから、崩壊前の盛土のり先付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

盛土背後の平地は苔が繁茂する等、湿地化しており、背後地山から盛土内に常時から水分の供給がなされていた可能性がある。また崩土先端部の土砂は粘土分を多量に含んだ砂質土で、含水比は相当高いようであった。崩壊状況、盛土背後の状況から、山側からの地下水が浸透により盛土内へ供給され、盛土内の含水比が高かったことが被害の要因となった可能性が考えられる。

応急復旧では、盛土背後の平地部と一部の地山の切土により迂回路（2車線）が確保された。また崩壊の拡大が懸念されたため、崩壊部背後にH鋼杭及び頭部排土工を施工し、迂回路の安定性が確保された。

本復旧では、崩壊土砂を撤去し、盛土下部には良質土による補強土盛土が、盛土上部には現地発生土の改良土を用いた盛土が構築された。盛土内部には排水材を敷設するとともに、掘削面には排水層を施工し、暗渠工により流末へと浸透水が排出されている。



写真-7.2.1 被災箇所の航空写真（七尾市中島町豊田その5 5.6kp 縦-6）
（石川県提供）¹⁾



写真-7.2.2 被災状況（七尾市中島町豊田その5 5.6kp 縦-6）
（左：路面、右：のり先方向）

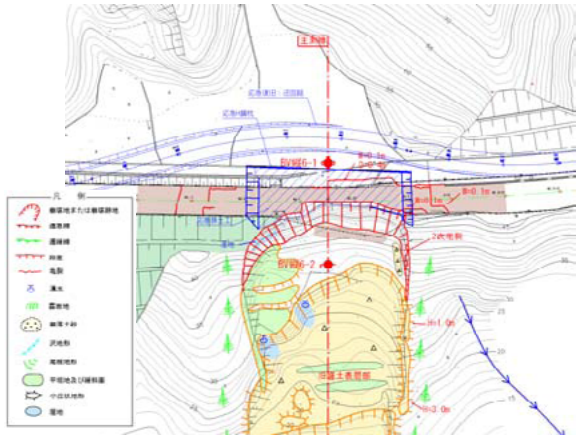


図-7.2.9 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.3 応急復旧及び本復旧状況（石川県提供）²⁾

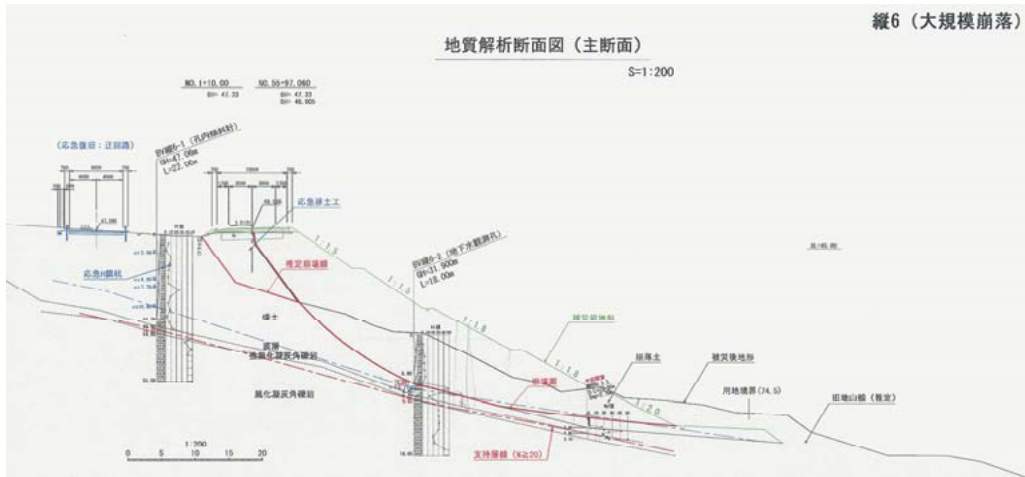


図-7.2.10 崩壊箇所の主断面図（七尾市中島町豊田その5 5.6kp 縦-6）²⁾

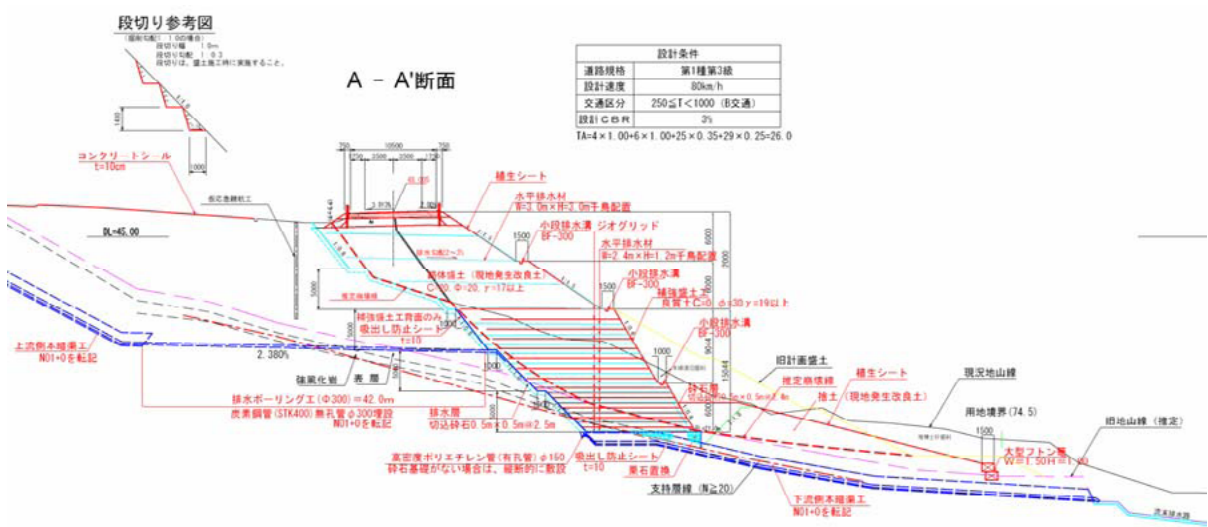


図-7.2.11 本復旧主断面図能登有料（七尾市中島町豊田その5 5.6kp 縦-6）²⁾

(2) 能登有料道路 七尾市中島町土川 6.3kp (道路欠壊) 縦-9

盛土高 20~25m 程度の沢埋めの片盛土、片切片盛土、谷埋めの両盛土が連続している箇所、延長 200m 程度にわたり、2 車線道路の 2 車線を残して崩壊した。写真-7.2.4、写真-7.2.5 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.12、図-7.2.13 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。当該箇所は、風化凝灰角礫岩上に表層が 2m 程度堆積した傾斜地盤上に構築された盛土である。

被災箇所は 3 本の沢が集まる地形であり、路面背後はポケット状の湿地となっていた。沢に挟まれた中央の切土部は、崩壊せずに残っている。崩壊箇所中央付近からは湧水が見られた。被災箇所終点側の両盛土背後はため池となっており、横断カルバートによる水路が盛土を横断しており、多量の水が流出していた。盛土のり先下方は水田として利用されていた形跡があり、盛土のり先付近の地山部は常に水分を含んでいた可能性がある。片盛土部の路面には縦断クラックを修繕した痕がみられることから、常時から変形していた可能性がある。なお、のり先の一部には井桁組擁壁が設置されていたが、井桁組擁壁に変状はみられない。

図-7.2.13 に示したボーリング柱状図によれば、基盤地質は風化凝灰角礫岩で N 値 10 程度以上であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土で N 値 5 程度となっている。基盤と盛土間には、 N 値が 5 程度の表層がある。地下水位はのり尻付近では盛土内にあることから、常時から盛土内に水の供給がなされていた可能性がある。盛土背後の状況や盛土のり先の状況から、山側の沢部から相当量の流水および地下水が盛土内へ供給され、特に盛土のり先部の含水比が高かったことが、被害の原因となった可能性が考えられる。

写真-7.2.6 に応急復旧後及び本復旧状況を示す。応急復旧では、切土を行うことにより山側に迂回路 (2 車線) が設置された。図-7.2.14 に本復旧断面を示す。本復旧では、補強土工が採用された。排水対策が十分に考慮され、のり尻付近は栗石による置き換えが行われ、盛土内には水平排水材が敷設された。また、補強土前面には押さえ盛土が設置された。



写真-7.2.4 被災箇所の航空写真 (能登有料 七尾市中島町土川 6.3kp 縦-9)
(石川県提供) ¹⁾

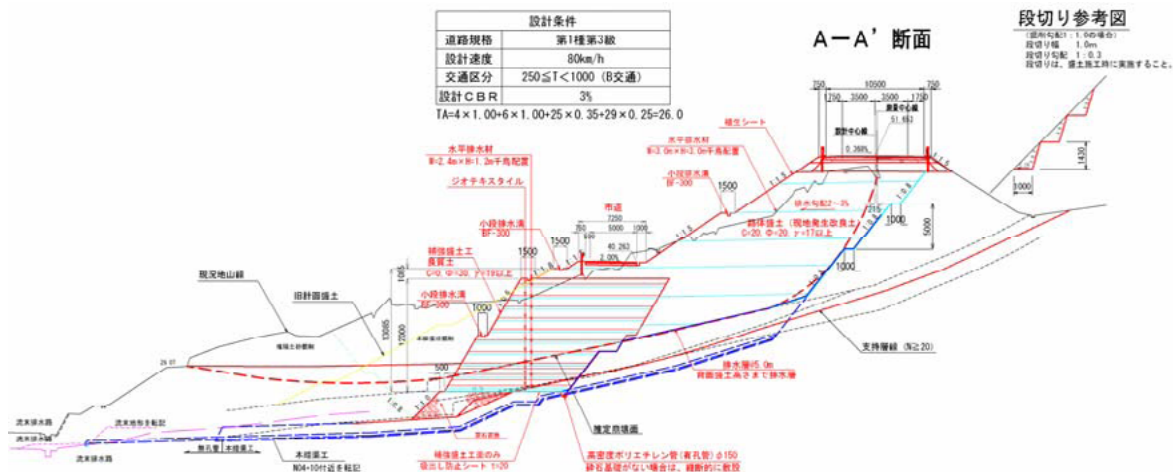


図-7.2.14 本復旧主断面図（能登有料 七尾市中島町土川 6.3kp 縦-9）²⁾

(3) 能登有料道路 七尾市中島町横田その1 10.6kp 上りオンランプ（道路欠壊） 縦-10

横田 IC 上り線オンランプの盛土高 20～25m 程度の腹付け盛土が延長 50m 程度にわたりすべり崩壊し、崩土は盛土下方の沢地形を走り 50～100m 程度先の棚田に達した。写真-7.2.7、写真-7.2.8 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.15、図-7.2.16 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。被災箇所は、平面 Y 型 IC であり、本線を境に下り線ランプ側が切土、上り線ランプ側が風化凝灰角礫岩上に表層が 2m 程度堆積した傾斜地盤上に構築された盛土で、2 本の沢が集まる地形に立地している。

本線には大きな変状は見られないものの谷側の路肩に補修済みの古い縦断クラックがあったことから、常時から変状が生じていた可能性がある。なお、切土側の下り線オフランプは無被害であった。

図-7.2.16 に示した被災後に実施されたボーリング柱状図によると、基盤地質は風化凝灰角礫岩で N 値 10 程度以上であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土で N 値 3 程度以上となっている。基盤と盛土間には、 N 値が 5 程度の腐食土層を含む表層が存在する。地下水位がのり尻付近では盛土内にあることから、常時から盛土内に水の供給がなされていた可能性がある。崩土先端は多量の水分を含み泥状となっていた。また、下方の棚田も湿地化しており、湧水も見られた。背後地山の沢筋は明瞭であったが、二次調査の際には雨天時にもかかわらず流水が見られず、背後地山からの水は表土内を伏流している可能性が考えられる。背後地山からの水は表面排水により一度集水マスに集められた後に横断パイプにより処理されているが、背後地山から伏流した浸透水が盛土内に浸入し、盛土内の水位が高まっていた可能性がある。

崩土の湿潤状況、盛土のり先の棚田の湿潤状況から、盛土は多量の水分を含んでいたことが被害の要因となった可能性が考えられる。

写真-7.2.9、図-7.2.17 に応急復旧後及び本復旧状況、復旧主断面図をそれぞれ示す。崩壊した上り線オンランプは本復旧を兼ねた耐候性大型土のうとジオテキスタイルにより復旧された。また、補強盛土基礎地盤は碎石置換が行われ、補強盛土下方の

崩土内にはφ1000mmの排水パイプが設置され崩土先端部には大型ふとん籠が設置されていた。本復旧ではこれに加え、補強盛土のり先に押さえ盛土が施された。



写真-7.2.7 被災箇所の航空写真（能登有料 七尾市中島町横田その1 10.6kp 上りオンランプ 縦-10）（石川県提供）¹⁾



(a) 盛土崩壊状況



(b) 崩土先端部

写真-7.2.8 被災箇所の状況（能登有料 七尾市中島町横田その1 10.6kp 上りオンランプ 縦-10）

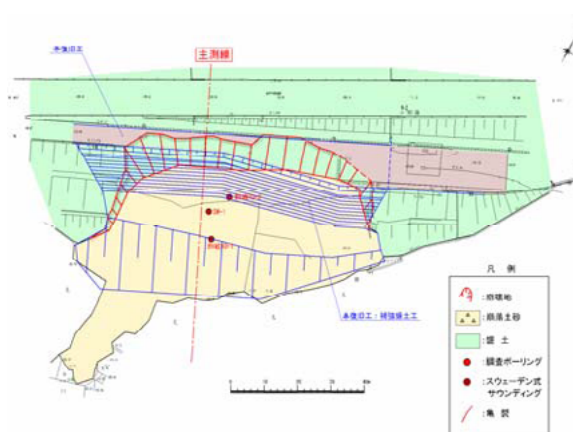


図-7.2.15 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.9 応急復旧及び本復旧状況（石川県提供）²⁾

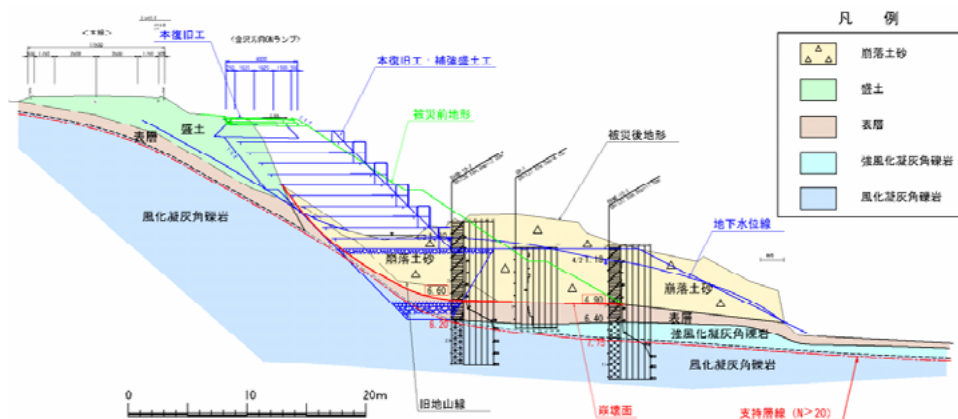


図-7.2.16 崩壊主断面図（能登有料 七尾市中島町横田その1 10.6kp 上りオンランプ 縦-10）²⁾

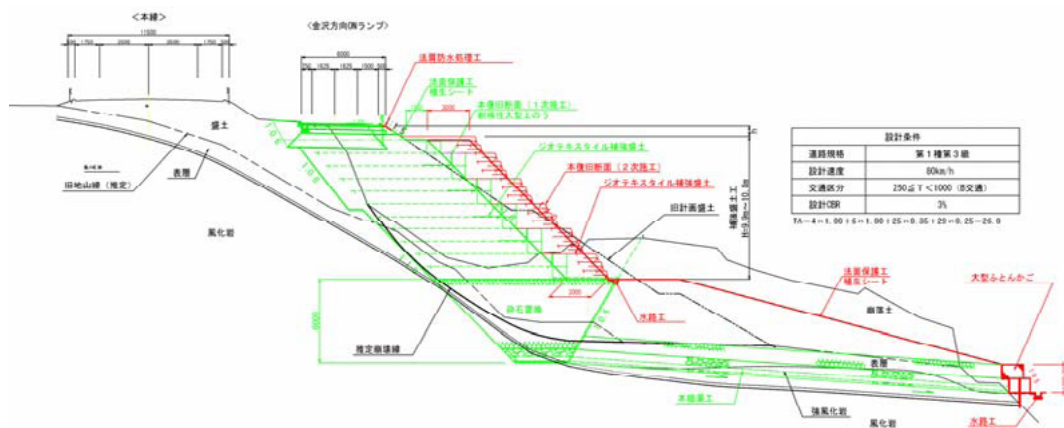


図-7.2.17 本復旧主断面図（能登有料 七尾市中島町横田その1 10.6kp 上りオンランプ 縦-10）²⁾

(4) 能登有料道路 七尾市中島町谷内 11.7kp（道路欠壊） 縦-14

傾斜地盤上の高さ 15m 程度の両盛土が延長 100m 程度、全車線にわたり崩壊した。写真-7.2.10、写真-7.2.11 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.18、図-7.2.19 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。崩壊箇所は沢埋めの両盛土区間で、山側の沢には常に流水があり、盛土背後は湿地化している。谷川ののり尻付近は隣接する沢が合流する箇所である。沢部山側の水はいったん U 字溝で集水マスに集められた後、横断カルバートで盛土内を横断させている。下流側では U 型排水溝が崩壊しており、盛土内を横断した流水は、崩土側方を流れ下方の沢に至っている。

図-7.2.19 に示した被災後に実施されたボーリング柱状図によると、基盤の地質は風化凝灰角礫岩で N 値 10 程度以上であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土で N 値 5 程度以下となっている。基盤と盛土の間には、 N 値が 5 程度の腐食土層を含む表層が存在する。地下水位はのり尻付近では盛土内にある。山側の沢からの流水は、横断カルバートにより排水されていたようではあるが、盛土内に地下水位が見られることから、山側からの浸透水等の影響により常時から盛土内に水の供給がなされていた可能

性がある。

以上より、山側からの水が盛土内へ浸透していたことが被害の一因である可能性が考えられる。

写真-7.2.12、図-7.2.20 に応急復旧後及び本復旧状況、復旧主断面図をそれぞれ示す。応急復旧では本復旧を兼ねた耐候性大型土のうとジオテキスタイルにより復旧された。補強盛土基礎地盤は砕石置換が行われ、補強盛土下方の崩土内にはφ1000mmの排水パイプを設置するとともに、崩土先端部には大型ふとん籠が設置されていた。本復旧ではこれに加え、補強盛土のり先に押さえ盛土が施された。



写真-7.2.10 被災箇所の航空写真（能登有料 七尾市中島町谷内 11.7kp 縦-14）
（石川県提供）¹⁾



(a) 盛土崩壊状況



(b) 崩土の状況

写真-7.2.11 被災箇所の状況（能登有料 七尾市中島町谷内 11.7kp 縦-14）



図-7.2.18 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.12 応急復旧状況

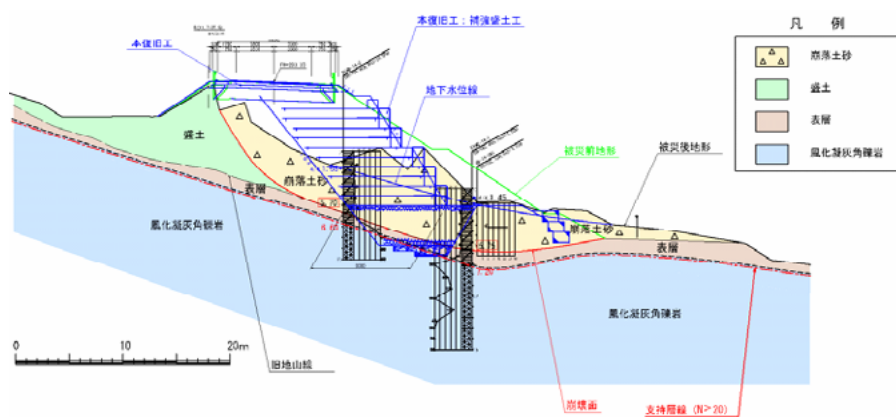


図-7.2.19 崩壊主断面図（能登有料 七尾市中島町谷内 11.7kp 縦-14）²⁾

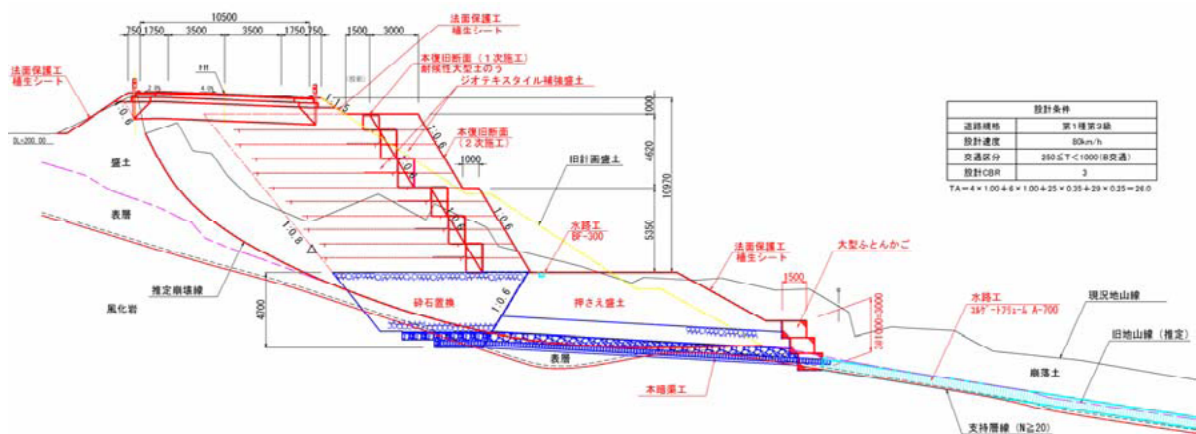


図-7.2.20 本復旧主断面図（能登有料 七尾市中島町谷内 11.7kp 縦-14）²⁾

(5) 能登有料道路 七尾市中島町小牧その7 14.7kp（道路欠壊） 縦-21

傾斜地盤上の高さ 30～35m 程度の片盛土が延長 100m 程度、2 車線にわたり崩壊し、崩土は下方の沢筋にそって 100m 程度流下した。写真-7.2.13、写真-7.2.14 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.21、図-7.2.22 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。崩壊箇所は、2 つの尾根に挟まれた沢埋めの片盛土区間で、山側の沢は林道として利用されており、流水等の状況は不明であった。

図-7.2.22 に示した被災後に実施されたボーリング柱状図によると、基盤の地質は風化凝灰角礫岩で N 値 50 以上であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土で N 値 5 程度以下となっている。のり尻付近の基盤と盛土間には、 N 値が 5 程度の腐食土層を含む表層が存在していた。盛土内には地下水位が浅い位置に見られ、常時から山側からの浸透水等の影響により盛土内に水の供給がなされていた可能性がある。また、被災後の崩壊面の元盛土のり尻の高さにあたる付近には、湧水が見られた。以上より、山側からの浸透水等の影響により盛土内には水が浸透していたことが被害の一因である可能性が考えられる。

写真-7.2.15、図-7.2.23 に応急復旧後及び本復旧状況、復旧主断面図をそれぞれ示す。応急復旧では、山側を切土し併走する林道に盛土を施すとともに、崩壊面側には H 鋼と大型土のうによる押さえ盛土を行うことにより 2 車線の迂回路が確保された。本復旧では、補強土工が採用された。排水対策が十分に考慮され、のり尻付近は栗石による置き換えが行われ、盛土内には水平排水材が敷設された。また、補強土前面には押さえ盛土が設置された。



写真-7.2.13 被災箇所の航空写真（能登有料 七尾市中島町小牧その7 14.7kp 縦-21）（石川県提供）¹⁾



写真-7.2.14 被災箇所の状況（能登有料 七尾市中島町小牧その7 14.7kp 縦-21）（石川県提供）¹⁾

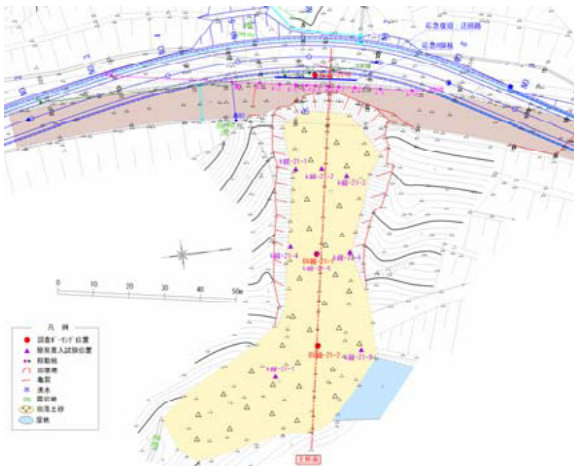


図-7.2.21 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.15 応急復旧及び本復旧状況
(石川県提供)²⁾

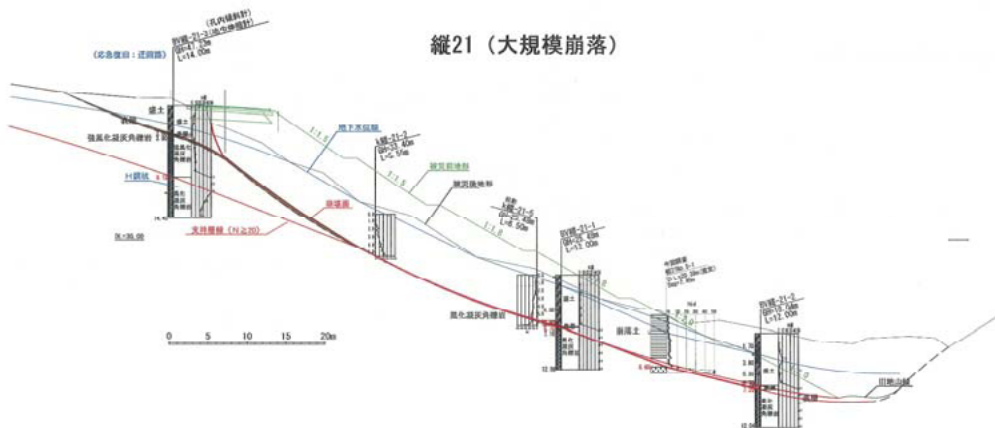


図-7.2.22 崩壊主断面図 (能登有料 七尾市中島町小牧その7 14.7kp 縦-21)²⁾

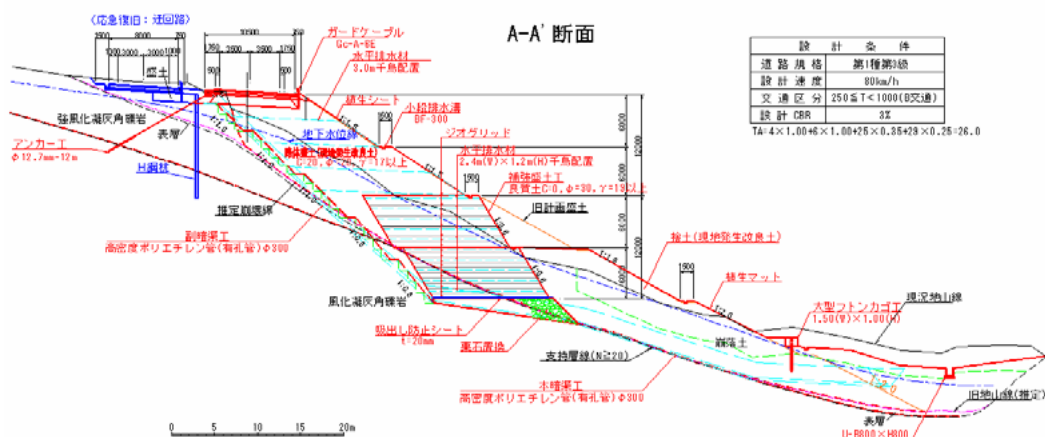


図-7.2.23 本復旧主断面図 (能登有料 七尾市中島町小牧その7 14.7kp 縦-21)²⁾

(6) 能登有料道路 七尾市中島町小牧その1 2 15.9kp (道路欠壊、クラック)

縦-26

能登有料道路の横田IC～越の原IC間の15.9kpの盛土高15～20m程度の片切片盛土区間で、2車線道路の上り1車線が崩落した。崩落の幅は100m程度、頭部崩落崖の高さは最大3m程度である。崩土はのり先を併走する沢の対岸の山腹に達し、沢の下流側に押し出されている。

本箇所は両盛土に挟まれた片切片盛土であり、旧地形図から崩壊箇所には横断方向に緩い沢筋が3本あり、のり尻付近には沢が道路縦断方向に流下している。基盤の地質は風化凝灰角礫岩でN値10程度以上であり、盛土材は礫混じりシルト質粘土でN値5程度以下となっている。基盤と盛土間には、N値が5程度以下の腐植土を含む表層が存在している。地下水位はのり尻付近では盛土内にある。

背面地山の地下水に加え、穴水側からの路面排水・地下水がのり尻付近の緩い沢筋を縦断方向へ流れている。このことから、のり尻付近の地下水位は高い状態となっていたことが被災の要因となったと考えられる。

応急復旧では、盛土背後の地山を切土し、迂回路を施工し2車線確保をしている。

本復旧では、崩壊土砂を撤去し、盛土下部に良質土による補強土盛土が、盛土上部には現地発生土の改良土を用いた盛土が構築された。盛土内部には排水材を敷設するとともに、掘削面には排水層を施工し、暗渠工により流末へと浸透水が排出されている。



写真-7.2.16 被災箇所の航空写真（能登有料 七尾市中島町小牧その1 2 15.9kp 縦-26）（石川県提供）¹⁾



写真-7.2.17 被災箇所状況（能登有料 七尾市中島町小牧その1 2 15.9kp 縦-26）（石川県提供）¹⁾



図-7.2.24 崩壊箇所平面図²⁾

写真-7.2.18 応急復旧及び本復旧状況（石川県提供）²⁾

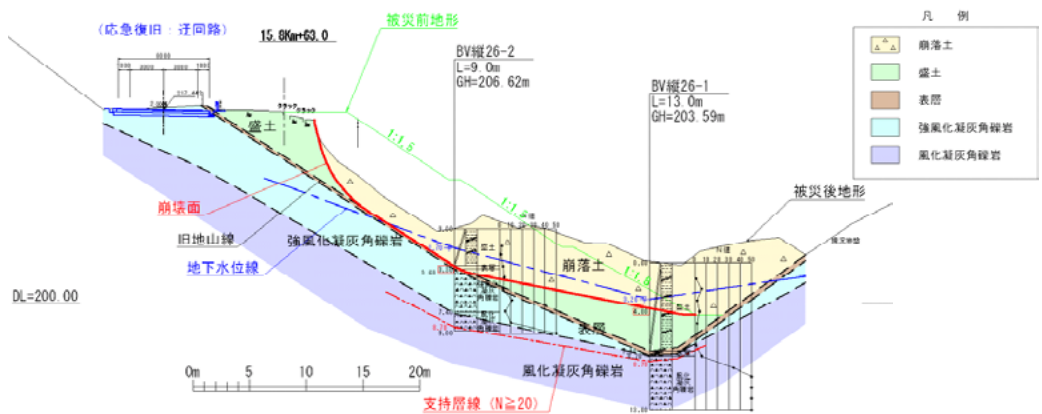


図-7.2.25 崩壊主断面図（能登有料 七尾市中島町小牧その1 2 15.9kp 縦-26）²⁾



写真-7.2.19 被災箇所の航空写真（能登有料 七尾市中島町田岸その4 17.7kp 縦-32）（石川県提供）¹⁾



写真-7.2.20 被災状況写真（能登有料 七尾市中島町田岸その4 17.7kp 縦-32）

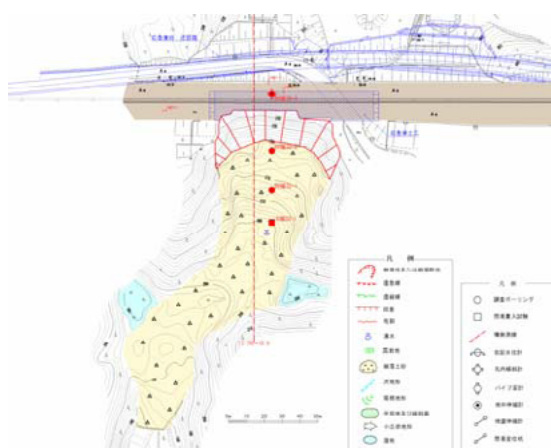


図-7.2.27 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.21 応急復旧及び本復旧状況（石川県提供）²⁾

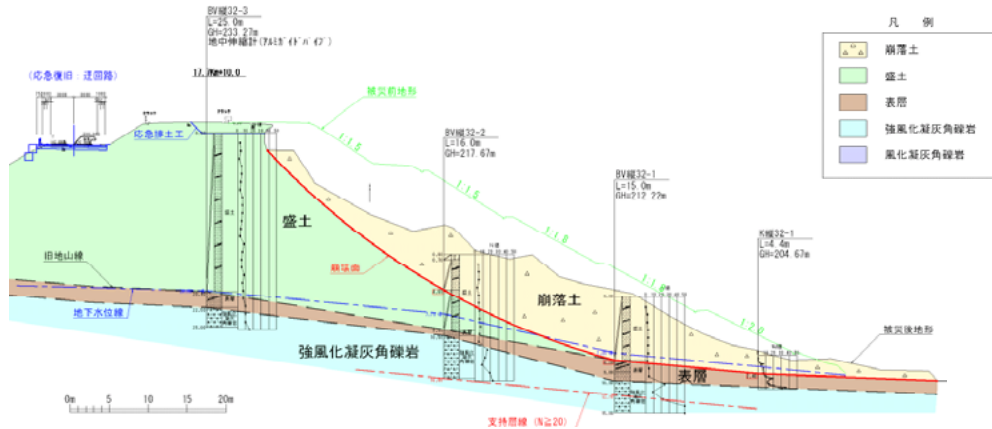


図-7.2.28 崩壊主断面図 (能登有料 七尾市中島町田岸その4 17.7kp 縦-32) 2)

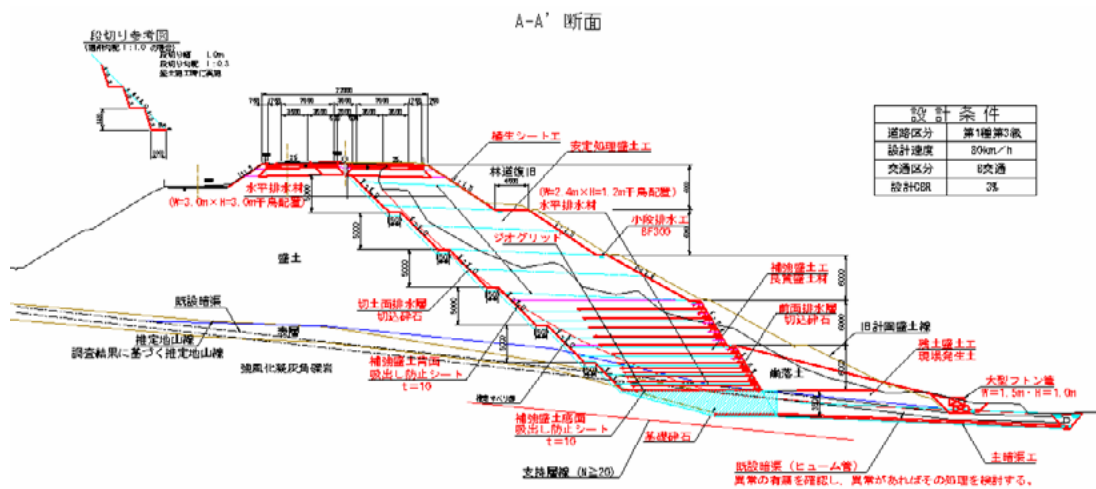


図-7.2.29 本復旧主断面図 (能登有料 七尾市中島町田岸その4 17.7kp 縦-32) 2)

(8) 能登有料道路 穴水町越の原その1 21.1kp (道路欠壊) 縦-38

谷地形を埋めた高さ20~25m程度の高盛土で、片切片盛土、片盛土、両盛土が連続する区間の片盛土部分が延長30m程度にわたり2車線を含んで崩壊した。崩土は100m程度下方に達した。

本箇所は集水地形となっており、上流側の沢から盛土内の横断排水へ流水が見られ、滑落崖では湧水箇所が多く見られた。基盤の地質は風化凝灰岩でN値10以上であり、盛土材は礫混じり砂質粘土でN値1~4程度である。基盤と盛土間には、N値が4~11程度の有機質土を含んだ旧表土層が存在する。被災後に行った地盤調査によれば、地下水位が旧表土中に位置していたことから、旧表土が透水層となっていた可能性が考えられる。また、本線谷路線や崩壊したアスファルト路面には縦断亀裂の補修痕、路面の打ち換え痕など補修履歴が認められることから、常時から変状が生じていた可能性が高い。

また、終点側の未崩落の両盛土のり尻付近において行った地盤調査の結果によれば、未崩落部分も崩落部分と同様の地盤条件となっており、地盤調査時の地下水位は高く、盛土内に水が浸潤していた。未崩落部分と崩落部分の地盤条件は同様であるが、切盛境で崩落の有無が分かれていた。

滑落崖から湧水が見られたこと、崩土は流動的に遠方にまで達していること、崩壊箇所には補修痕が見られたことから、常時より盛土内に水が浸透していたことが被害の一因となった可能性が考えられる。

応急復旧では、崩壊部分に排土工を行うとともに、下り線側に盛土を構築し、2車線の迂回路が確保された。

本復旧では、盛土下部には良質土による補強盛土が、盛土上部には現地発生土の改良土を用いた盛土が構築された。また、のり尻直下は砕石による置き換えが行われ、さらに、盛土のり先には暗渠を設置し排水機能を確保するとともに、現発生改良土による押え盛土、大型ふとん籠および鋼製土留め枠が設置された。



写真-7.2.22 被災箇所の航空写真（能登有料 穴水町越の原その1 21.1kp 縦-38）（石川県提供）¹⁾



(a) 盛土崩壊状況



(b) 崩土の状況



(c) 崩土の状況



(d) 盛土背後の状況

写真-7.2.23 被災時写真（能登有料 穴水町越の原その1 21.1kp 縦-38）

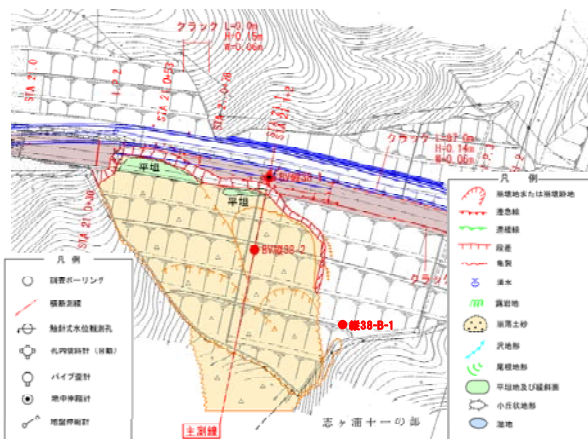


図-7.2.30 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.24 応急復旧および本復旧状況（石川県提供）²⁾

能性がある。

本箇所は、集水地形で盛土のり尻付近には道路縦断方向に沢が流下している。崩土により排水溝が埋没していたため、排水溝の状況は不明である。滑落崖からは、湧水が見られた。基盤の地質は風化凝灰角礫岩でN値3～20程度であり、盛土材は礫混じり砂質粘土でN値1～8程度である。盛土中腹からのり先にかけては、盛土と基盤との間には、N値7程度の植物根を含んだ旧表土層が存在する。また、被災後に行った地盤調査によれば、盛土のり尻付近で地下水位は高く、崩壊前の盛土のり尻付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

豪雨によると推測される被災履歴があり、崩壊状況や盛土周辺地形の状況等から、地下水が浸透により盛土内へ供給され、盛土内の含水比が高かったことが被害の一因となった可能性が考えられる。

2) 中央両盛土区間 (図-7.2.35)

中央の高さ15～20m程度の沢埋め盛土で、上から1段目の小段付近から幅40m程度にわたり盛土のり面の崩壊が生じた。道路の路肩には、道路縦断方向の亀裂が生じていた。

下り線側の沢筋には流水や湧水等は見られなかったが、滑落崖には湧水が見られ、また、盛土のり尻付近を道路縦断方向に流下する沢には流水も見られた。基盤の地質は風化凝灰角礫岩でN値3～20程度であり、盛土材は礫混り砂質粘土でN値1～30程度である。基盤と盛土の間には、N値が3程度の植物根を含んだ旧表土層が存在する。また、盛土のり先部分は谷底堆積物からなる地層上に構築されている。被災後に行った地盤調査によれば、盛土のり尻付近で地下水位は高く、崩壊前の盛土のり尻付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

崩壊状況、周辺地形、地下水位の状況等から、盛土のり尻付近の含水比が高かったことが被害の一因となった可能性が考えられる。

3) 終点側両盛土区間 (写真-7.2.25右、写真-7.2.27、図-7.2.36)

終点側の両盛土区間では、のり肩の崩壊と上り側1車線に50cm程度の路面陥没が生じた。盛土高さは15～20mで、路面から約5m下の盛土のり面上に側道が並走している。側道は被災箇所付近でカルバートにより盛土内を通過しており、カルバート出口は崩壊面に位置していた。盛土のり面は、のり面上の側道とともに5m程度すべり落ち、盛土のり先付近を道路縦断方向に流下する沢を閉塞させた。カルバートは2函構成で管体間の継ぎ目が10cm程度開いていた。崩土先端部から湧水、盛土近傍の地山からの流水があり、起点側から続く道路縦断方向に流下する沢と合流し、のり先の沢へと流下していた。また、崩土は多量の水分を含んでいた。地層構造は中央の両盛土区間と同様で、風化凝灰角礫岩からなる基盤上に植物根を含んだ旧表土が堆積し、旧表土上に盛土が構築されており、盛土のり先部分は谷底堆積物からなる地層上に位置している。被災後に行った地盤調査によれば、盛土のり尻付近で地下水位は高く、崩壊前の盛土のり尻付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

崩壊状況、周辺地形、地下水位の状況等から、盛土のり尻付近の含水比が高かったことが被害の一因となった可能性が考えられる。

応急復旧では、下り線側に並走する林道を盛土により嵩上げし、迂回路を確保した。

本復旧では、崩壊土砂を撤去し、現地発生土の改良土を用いた盛土が構築され、盛土のり尻部分には大型ふとん籠が設置された。盛土内部には排水材を敷設するとともに、暗渠工により流末へと浸透水が排出されている。



写真-7.2.25 被災箇所の航空写真（左：起点側、右：終点側）（能登有料 穴水町越の原その2 21.5kp 縦-39）（石川県提供）¹⁾



(a) 盛土崩壊状況

(b) 崩土の状況

写真-7.2.26 被災状況（起点側）（能登有料 穴水町越の原その2 21.6kp 縦-39）



(a) 盛土崩壊状況

(b) 側道の崩壊状況

写真-7.2.27 被災状況（終点側）（能登有料 穴水町越の原その2 21.7kp 縦-39）

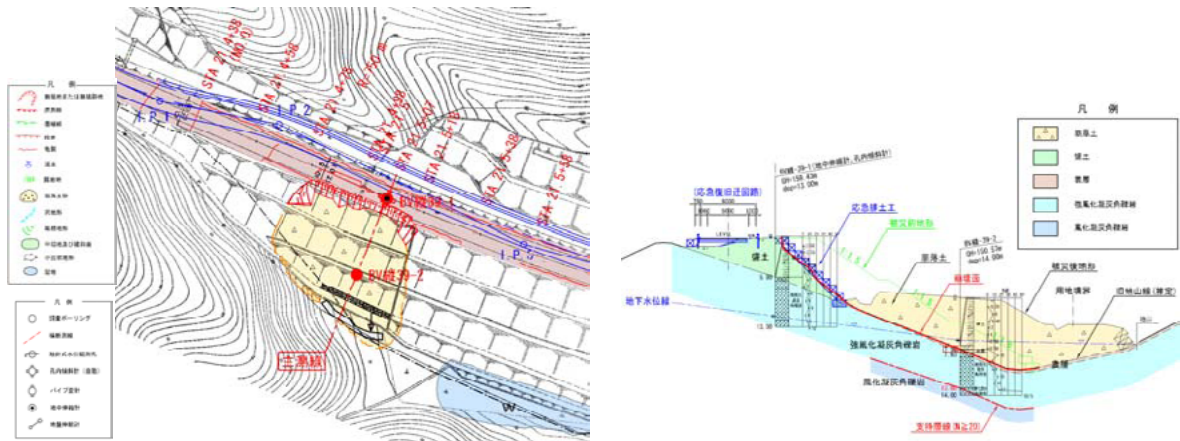


図-7.2.34 崩壊箇所平面図及び主断面図 その1 (能登有料 穴水町越の原その2 21.5kp 縦-39) ²⁾

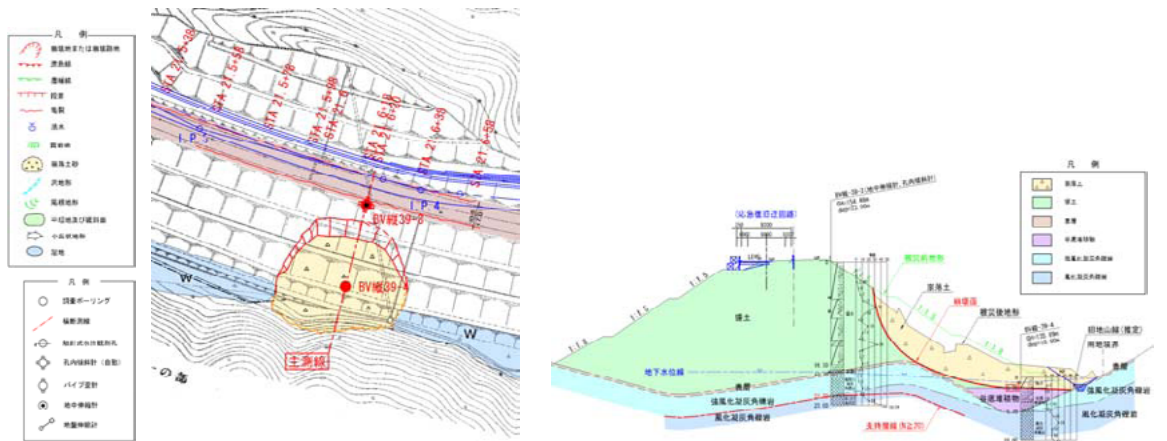


図-7.2.35 崩壊箇所平面図及び主断面図 その2 (能登有料 穴水町越の原その2 21.6kp 縦-39) ²⁾



図-7.2.36 崩壊箇所平面図及び主断面図 その3 (能登有料 穴水町越の原その2 21.7kp 縦-39) ²⁾



写真-7.2.28 応急復旧及び本復旧状況（能登有料 穴水町越の原その2 21.5～21.7kp 縦-39）（石川県提供）²⁾

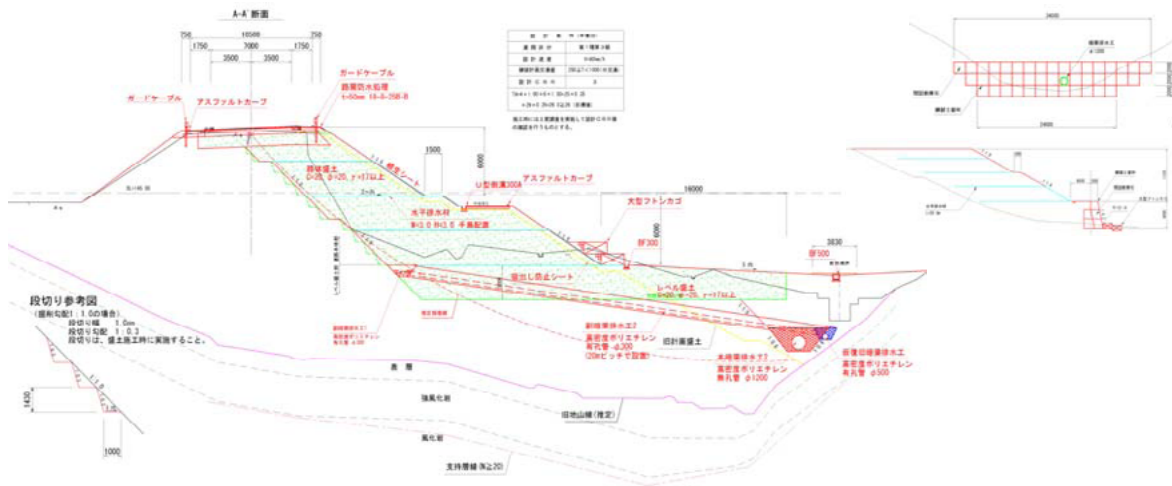


図-7.2.37 本復旧主断面図（能登有料 穴水町越の原その2 21.7kp 縦-39）²⁾

(10) 能登有料道路 穴水町越の原その4 23.4kp（道路欠壊） 縦-41

越の原ICオフランプ近傍で延長30m程度にわたり2車線道路の上り1車線が崩壊した。盛土高さは25～30m程度であり、盛土背後は平地で宅地利用されている。

本箇所は沢地形を埋めた盛土区間であり、盛土のり先には隣接する盛土から続く水路が道路縦断方向に流下している。基盤の地質は風化凝灰角礫岩でN値20以上であり、盛土材は礫混り砂質粘土でN値4～9程度である。盛土のり尻付近では基盤層と盛土との間に、N値3程度の植物根を含んだ旧表土の層が存在する。被災後に行った地盤調査によれば、盛土のり尻付近で地下水位は高く、崩壊前の盛土のり尻付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

当該箇所は昭和60年に降雨によるのり面崩壊が生じており、崩落したのり面にはのり枠工、のり尻ふとん籠が設置されていた。また、崩土部分に湧水が数箇所見られ、崩土は粘性土質で水分を多く含んでいた。このようなことから、盛土内の含水比が高

かったことが被害の要因となった可能性が考えられる。

応急復旧では、下り線側に2車線の迂回路が確保された。

本復旧では、現地発生土の改良土を用いたレベル盛土を構築し、レベル盛土上部に良質土による路体盛土が構築された。また、路体盛土内部には水平排水材を設置するとともに、路体盛土のり尻付近には大型ふとん籠が設置された。さらに、掘削面からレベル盛土のり尻付近にかけては暗渠工を行い、排水機能が確保された。



写真-7.2.29 被災箇所の航空写真（能登有料 穴水町越の原その4 23.4kp 縦-41）（石川県提供）¹⁾



(a) 盛土崩壊状況



(b) 崩土の状況

写真-7.2.30 被災状況（能登有料 穴水町越の原その4 23.4kp 縦-41）



図-7.2.38 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.31 応急復旧及び本復旧状況
(石川県提供)²⁾

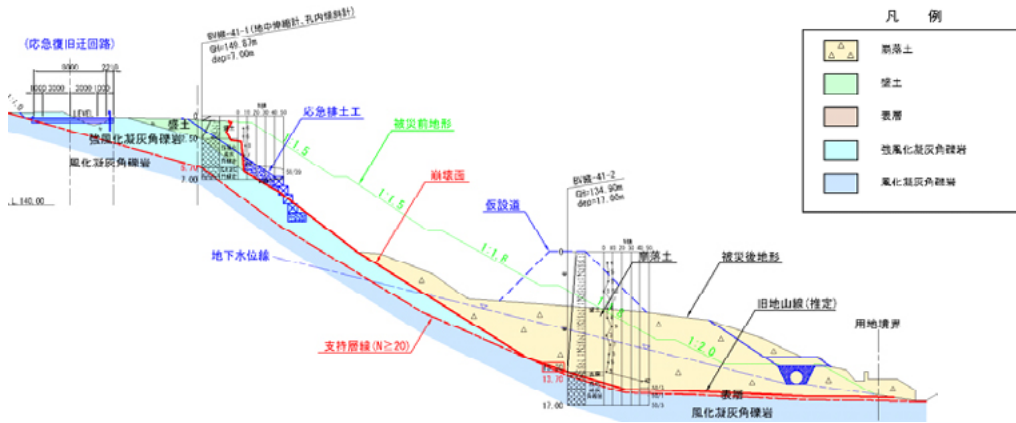


図-7.2.39 崩壊主断面図 (能登有料 穴水町越の原その4 23.4kp 縦-41)²⁾

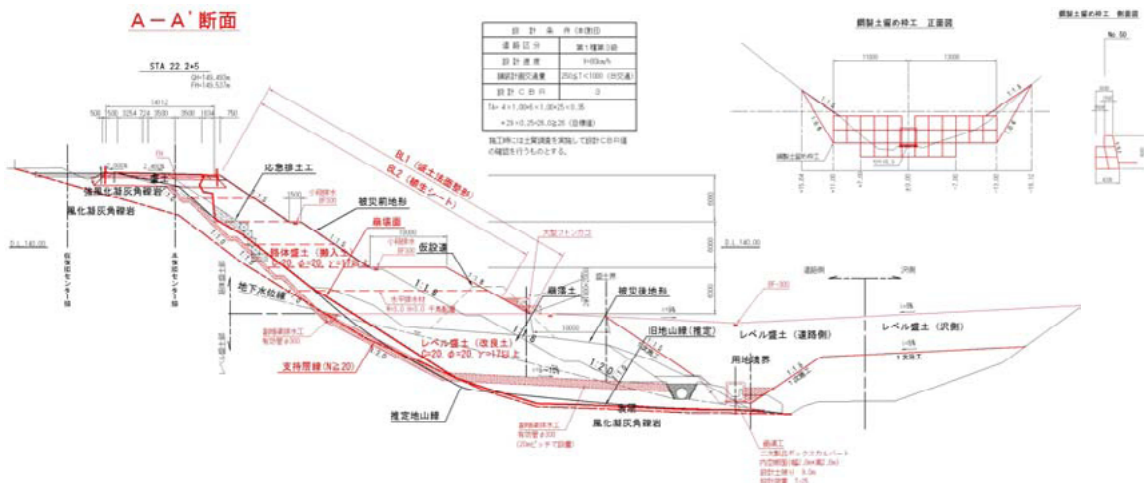


図-7.2.40 本復旧主断面図 (能登有料 穴水町越の原その4 23.4kp 縦-41)²⁾

(11) 能登有料道路 穴水町字留地 24.1kp～24.6kp（橋台背面陥没、ウィング損傷等） 縦-43

直高約30mの橋梁取付盛土の谷側のり面ですべり崩壊が生じ、取付盛土が30～40cm程度沈下した。

当箇所は、全長約450mにわたり谷地形を埋めた、終点側の橋梁へと接続する取付盛土であり、盛土両側の尾根より複数の沢が入り込む集水地形上に立地している。崩土は粘性土で多くの水分を含んでいた。基盤の地層は風化凝灰角礫岩で N 値10以上であり、盛土材は礫混り粘土で N 値1～4程度である。盛土と地山との境界には、 N 値4程度の腐植有機質土を含んだ砂質粘土層が存在する。被災後に行った地盤調査によれば、盛土のり尻付近で地下水位は高く、崩壊前の盛土のり尻付近も盛土内に地下水位があった可能性がある。

崩壊状況や周辺地形の状況等から、盛土のり尻付近の含水比が高かったことが被害の一因となった可能性が考えられる。

応急復旧は本復旧を兼ねて行われ、のり肩部にH鋼を打設し、沈下した取付盛土部分を切り返した後、補強土および現地発生土の改良土を使用した盛土が構築された。さらに本復旧では、改良土による押え盛土を行い、のり先部分に大型ふとん籠が設置された。



写真-7.2.32 被災箇所の航空写真（能登有料 穴水町字留地 24.1kp～24.6kp 縦-43）（石川県提供）¹⁾



写真-7.2.33 被災状況（能登有料 穴水町字留地 24.1kp～24.6kp 縦-43）（石川県提供）¹⁾

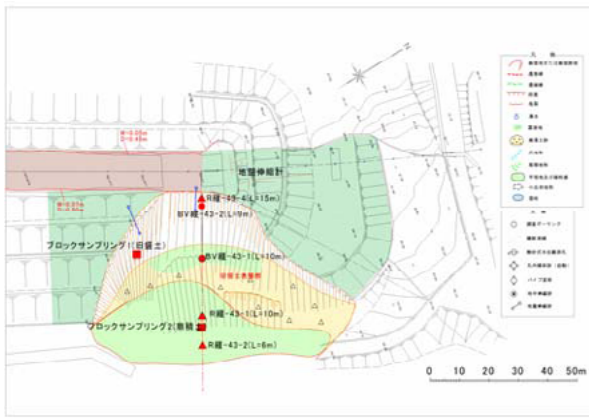


図-7.2.41 崩壊箇所平面図²⁾



写真-7.2.34 応急復旧及び本復旧状況（石川県提供）²⁾

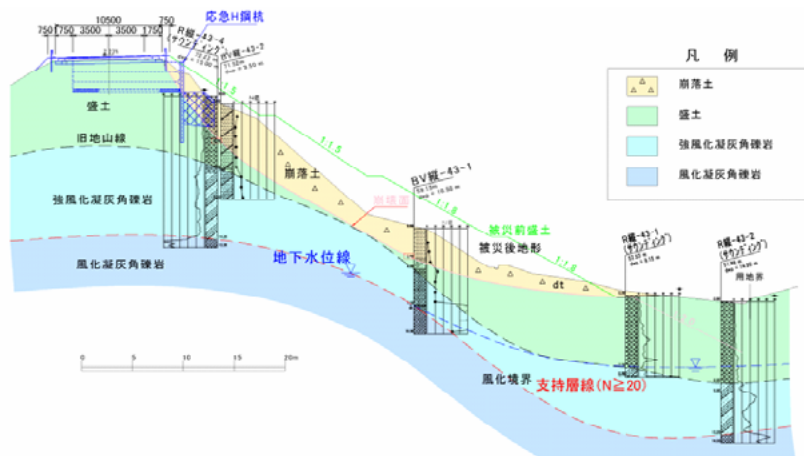


図-7.2.42 崩壊主断面図（能登有料 穴水町字留地 24.1kp～24.6kp 縦-43）²⁾

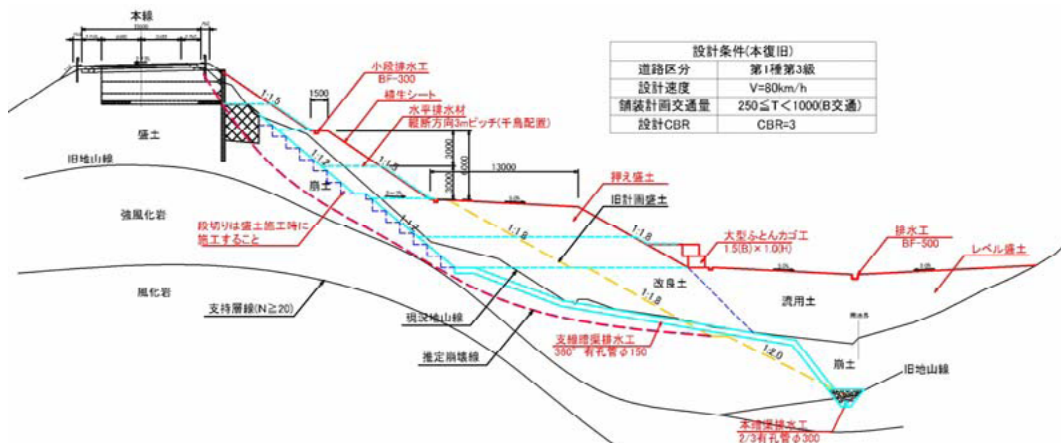


図-7.2.43 本復旧主断面図（能登有料 穴水町字留地 24.1kp~24.6kp 縦-43）²⁾

(12) 能登有料道路 七尾氏中島町小牧その8 14.8kp（横断クラック） 縦-22

傾斜地盤上の高さ 30~35m 程度の片切片盛~両盛区間の切盛境で横断クラックが発生した。図-7.2.44、図-7.2.45 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。当該箇所の尾根を挟んで隣接する片盛区間の縦-21 は(5)に示した大規模崩落区間である。集水地形の沢埋め盛土で、盛土背後地山から 2 本の沢筋流入しており、盛土のり尻付近にも道路に並行する沢が合流している。盛土背後の沢からの流水は一旦集水マスで集められた後、横断カルバートで盛土を横断させている。当該箇所では、昭和 62 年のり面中腹とのり尻付近に横ボーリング工が実施されていた。また、今回の地震後に、のり尻付近から横ボーリング工 4 本が施工されている。

図-7.2.45 に示した柱状図より、基盤地質、盛土材の N 値は隣接する縦-21 とほぼ同じである。一方、地下水位については、未崩落箇所の縦-22 の方が特にのり尻付近で低い傾向にあり、このことが、盛土の崩壊が生じなかった原因である可能性がある。

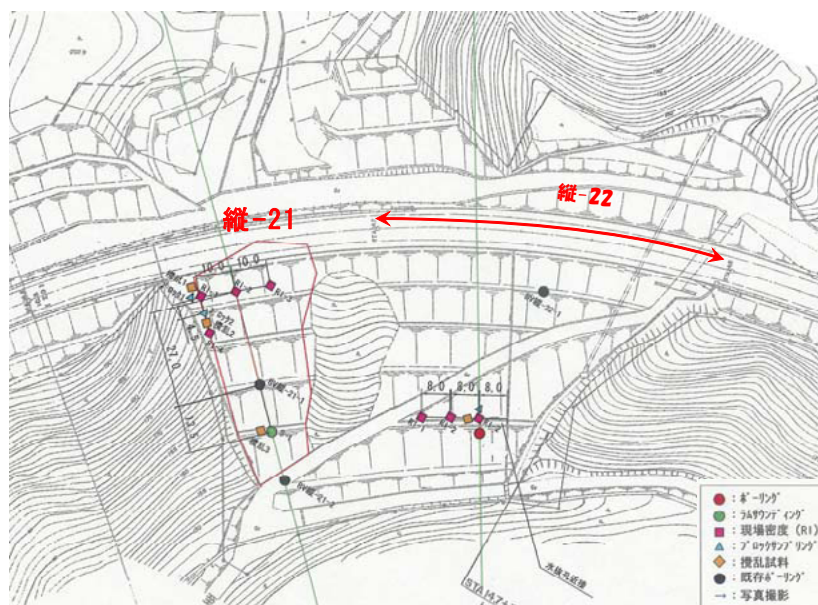


図-7.2.44 平面図（能登有料 七尾氏中島町小牧その8 14.8kp 縦-22）

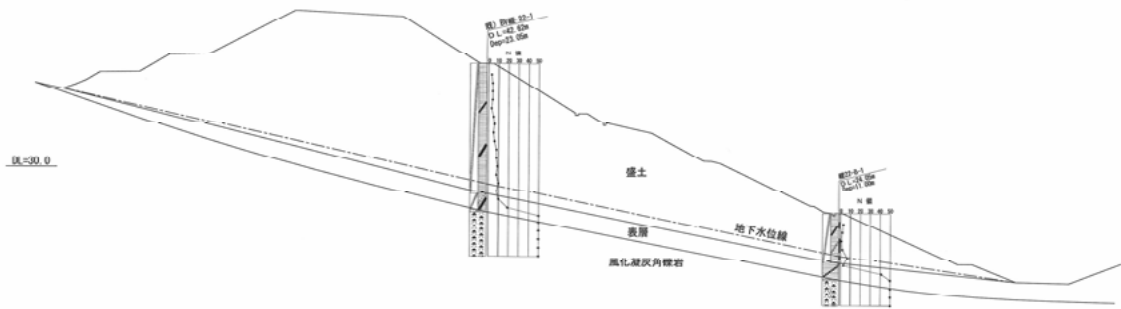


図-7.2.45 主断面図（能登有料 七尾氏中島町小牧その8 14.8kp 縦-22）

(13) 能登有料道路 七尾氏中島町小牧その12 15.9kp（無被害区間） 縦-26近傍
 能登有料道路の横田IC～越の原IC間の15.9kpの両盛土区間で、隣接する片切片盛土区間の縦-26は(6)に示した大規模崩落区間である。

集水地形の沢埋め盛土で、盛土背面から2本の沢筋があり、盛土のり尻付近では穴水側からの排水溝の流末となっている。また、のり尻には堰堤が設置されている。基盤地質、盛土材は隣接する盛土とほぼ同じであるが、基盤と盛土間の旧表土は、 N 値が10程度と当該箇所の方がやや大きくなっている。また、のり尻付近の沢筋の勾配は、旧地形図によると崩壊区間と比べてやや急な勾配となっている。

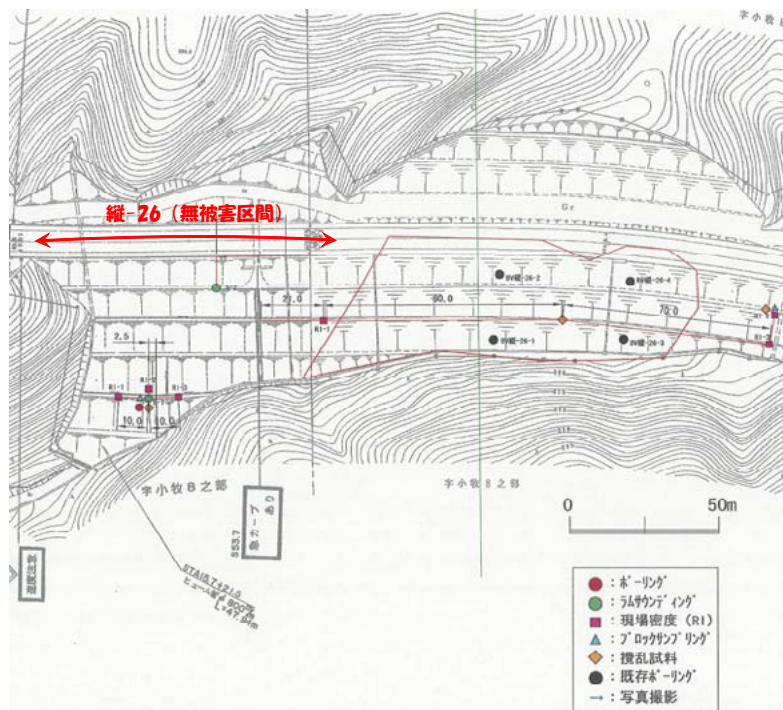


図-7.2.46 平面図（能登有料 七尾氏中島町小牧その12 15.9kp 縦-26 隣接）

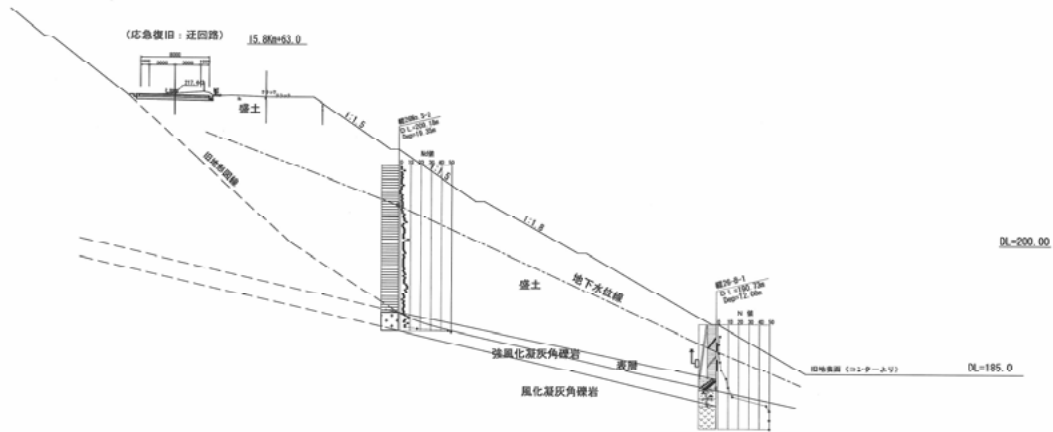


図-7.2.47 主断面図（能登有料 七尾氏中島町小牧その1 2 15.9kp 縦-26 隣接）

(14) 国道 249 号志賀町深谷（路面陥没）

丘陵地の中腹を南北に走る国道 249 号の沢地形を埋めた盛土高 20～25m 程度、延長 95m 程度の盛土の中央部が、崩壊幅 8m 程度にわたり 1m 程度陥没した。写真-7.2.35、写真-7.2.36 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.48、図-7.2.49 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。崩壊箇所は、元々沢地形に沿った曲線道路を線形改良のために沢地形を埋めて直線化した箇所である。盛土の下方約 20m には沢が流れている。陥没箇所周辺の盛土部の路面には陥没箇所を囲むように亀裂・段差が生じていた。盛土背後の地山は竹林で多量の水分が含まれており、一部に古い表層すべりの痕と思われる滑落崖がみられた。

図-7.2.49 に示した被災後に実施されたボーリング柱状図から、盛土は、約 10～15° 傾斜した凝灰砂岩を基盤とする崖錘堆積物上に構築されている。盛土内には地下水位が非常に浅い位置に見られ、常時から山側からの浸透水等の影響により盛土内には多量の水分が含まれていた可能性がある。図-7.2.50 に被災後に実施された標準貫入試験のペネ試料による盛土材の粒度分布を示す。盛土材は、細粒分を 60～70%程度含んでおり、高液性限界の礫混じり砂質粘土～砂質シルトに分類される。

以上より、山側からの浸透水等の影響により盛土内の含水比が高まっていたことが被害の一因である可能性が考えられる。

応急復旧では、山側の旧道部を利用して 1 車線の迂回路が確保された。調査時点(3月 30 日)では、崩壊部はビニールシートによる被覆を、亀裂にはアスファルトシートによる緊急措置が施されて、中継車を配置して動態観測を行いながら、片側交互通行による交通解放がなされていた（写真-7.2.37）。

本復旧では、下部の未崩落部をグラウンドアンカーにより安定を図り、盛土上部の崩壊部は掘削除去後、改良土により再構築された（写真-7.2.38）。また、排水については、上部盛土の底面に水平排水層を設けるとともに、背後地山の水位を低下させるために、のり尻部とのり面中腹部から横ボーリング工が施された。



写真-7.2.35 被災箇所の航空写真（国道 249 号志賀町深谷）（石川県提供）³⁾



(a) のり面の状況



(b) 路面の陥没状況

写真-7.2.36 被災状況（国道 249 号志賀町深谷）（石川県提供）³⁾

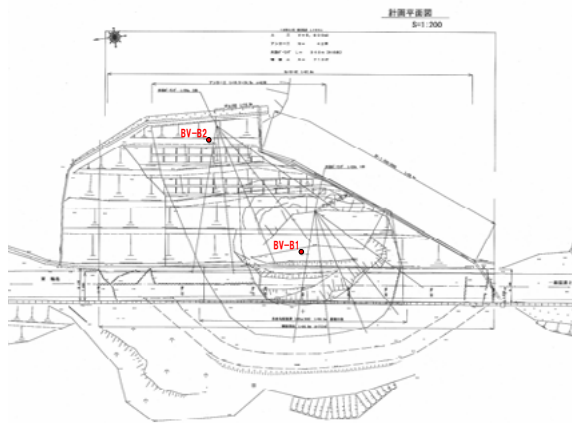


図-7.2.48 崩壊及び復旧平面図³⁾



写真-7.2.37 応急復旧状況

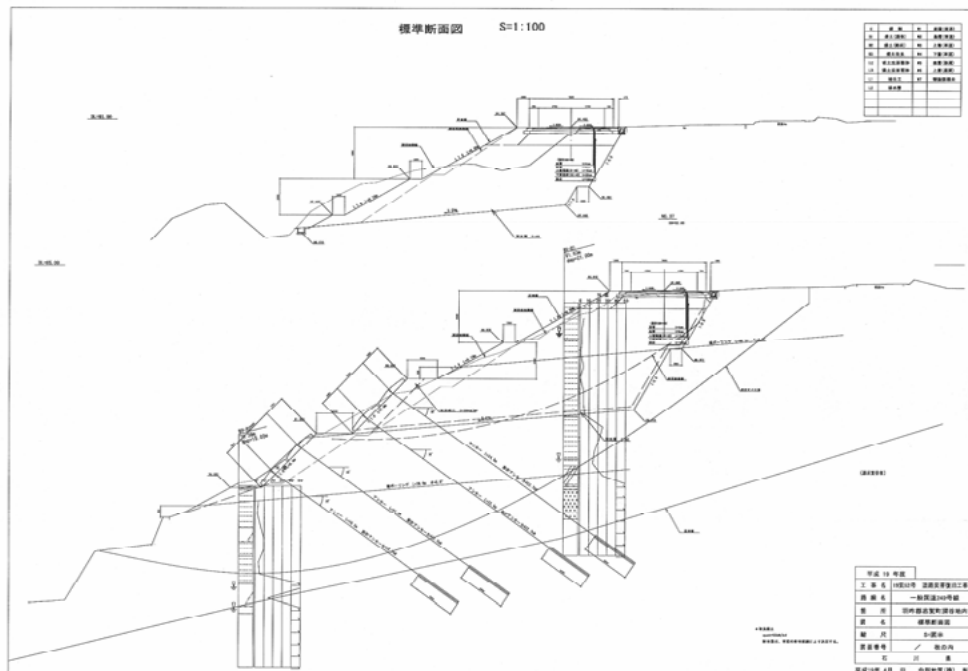


図-7.2.49 崩壊及び復旧断面図（国道249号志賀町深谷）³⁾

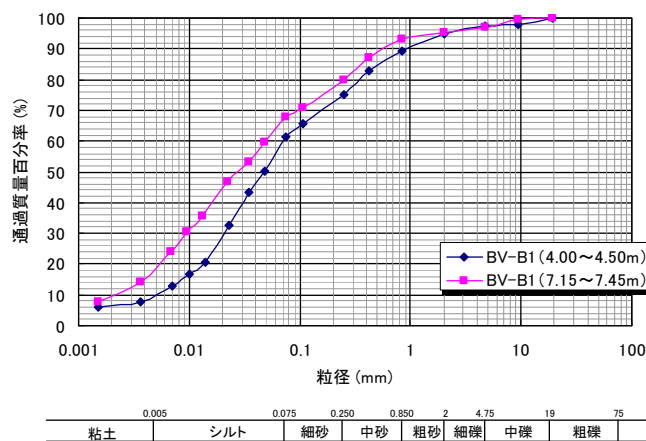


図-7.2.50 盛土材の粒度分布図³⁾



写真-7.2.38 復旧後写真（国道 249 号志賀町深谷）（石川県提供）³⁾

(15) 国道 249 号志賀町大福寺（路肩崩壊）

登坂車線のヘアピンカーブ付近で、腹付け盛土ののり面が、路肩付近で延長約 15m に渡り崩壊した。崩土は 100m 程度先まで達し、路面には亀裂と陥没が生じていた。

写真-7.2.39、写真-7.2.40 に被災箇所の航空写真、被災時の状況を、図-7.2.51、図-7.2.52 に被害箇所の平面図、断面図をそれぞれ示す。崩壊箇所は、2 本の沢に挟まれた出尾根地形に沿った高さ 30m、のり面勾配 1:1.2 の腹付け盛土である。盛土背後は集水地形ではないが、盛土のり尻は尾根の両側の 2 本の沢が合流する箇所に位置しており、地山からの水の供給は豊富であるようであった。図-7.2.52 に示した被災後に実施されたボーリング柱状図から、盛土は、約 30~45° 傾斜した凝灰岩を基盤とする崖錘堆積物上に構築されている。盛土内には地下水位が非常に浅い位置に見られ、常時から山側からの浸透水等の影響により盛土内には多量の水分が含まれていた可能性がある。図-7.2.53 に被災後に実施された標準貫入試験のペネ試料による盛土材の粒度分布を示す。盛土材は、細粒分を 45%程度含んでおり、細粒分質礫質砂に分類される。

大規模な流動性の崩壊性状を示していることから、盛土内にかんがりの浸透水が存在していたこと、および崩壊箇所は構造的に振動しやすいヘアピンカーブであったことが、被害の原因となった可能性が考えられる。また、盛土の基礎地盤に堆積する崖錘堆積物の影響も考えられるが、詳細な検証が必要である。

応急復旧では、山側を切り土することにより 1 車線の迂回路が確保された。調査時点（3 月 30 日）では、崩壊部はビニールシートによる被覆を、亀裂にはアスファルトシールによる緊急措置が施されて、片側交互通行による交通解放がなされていた（写真 7.2.41）。

本復旧では、崩壊土砂頭部を一旦掘削除去し、軽量盛土材（FCB 工法）にて盛土された（写真 7.2.42）。盛土下部の崩壊土砂の安定性確保のため、横ボーリング工が施工された。



写真-7.2.39 被災箇所の航空写真（国道249号志賀町大福寺）（石川県提供）⁴⁾



(a) 盛土崩壊箇所全景



(b) 盛土崩壊状況

写真-7.2.40 被災箇所の状況（国道249号志賀町大福寺）

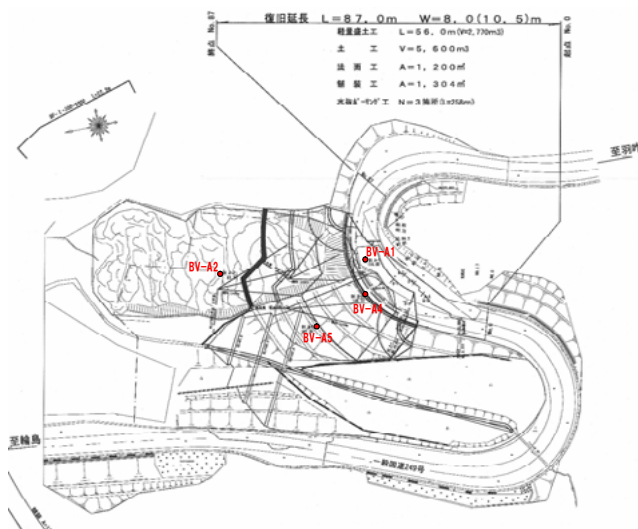


図-7.2.51 崩壊及び復旧平面図⁴⁾



写真-7.2.41 応急復旧状況

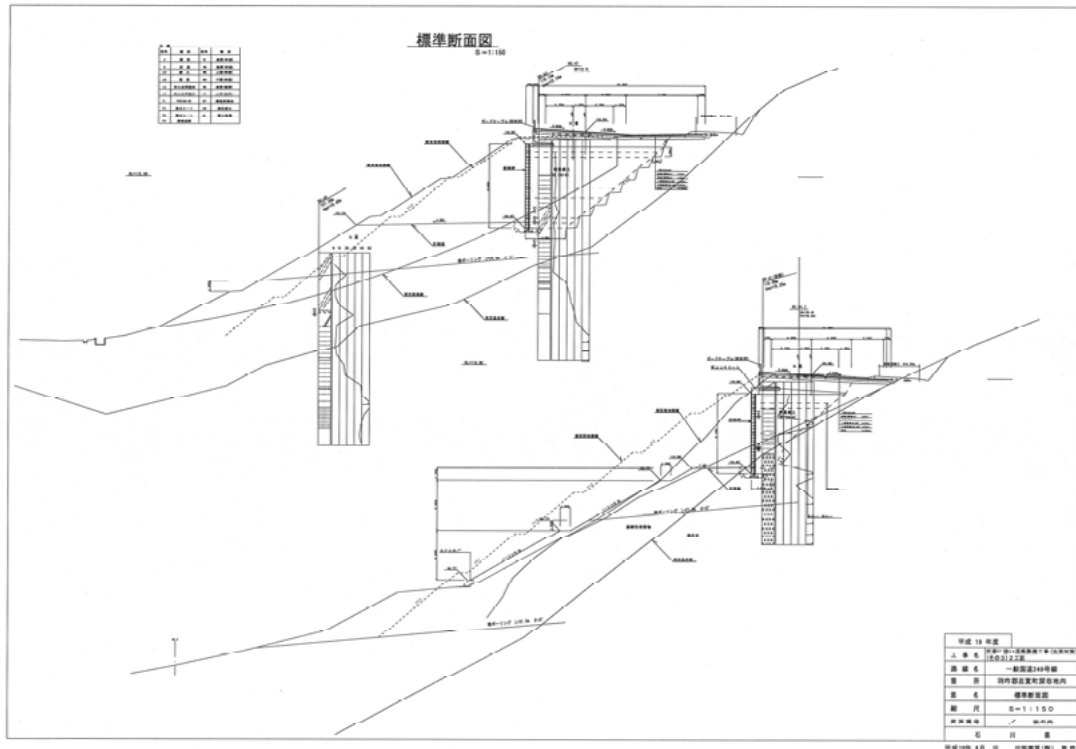


図-7.2.52 崩壊及び復旧断面図（国道249号志賀町大福寺）⁴⁾



写真-7.2.42 復旧後写真（国道249号志賀町大福寺）（石川県提供）⁴⁾

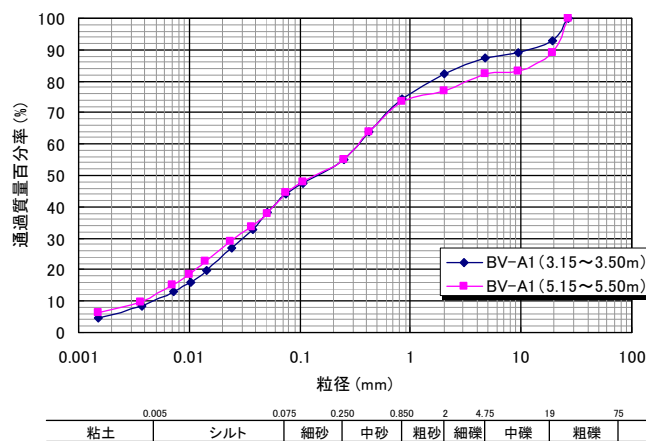


写真-7.2.53 粒度分布図⁴⁾

7.2.5 補強土構造物の被害調査

(1) 概要

一般に補強土はフレキシブルな構造を有し、高い耐震性を有するとされている。地震の発生後に主要な補強土工法を対象として被害状況の調査を行ったので報告する。

(2) 補強土構造物の被害事例

石川県内には、テールアルメ、多数アンカー式補強土壁、ジオテキスタイル補強土壁の主要な工法でおよそ 500 件の施工実績があった。この内被災地周辺で立地が判明しており、接近が可能だった 228 件について調査を行った。調査対象の分布を図-7.2.54に示す。

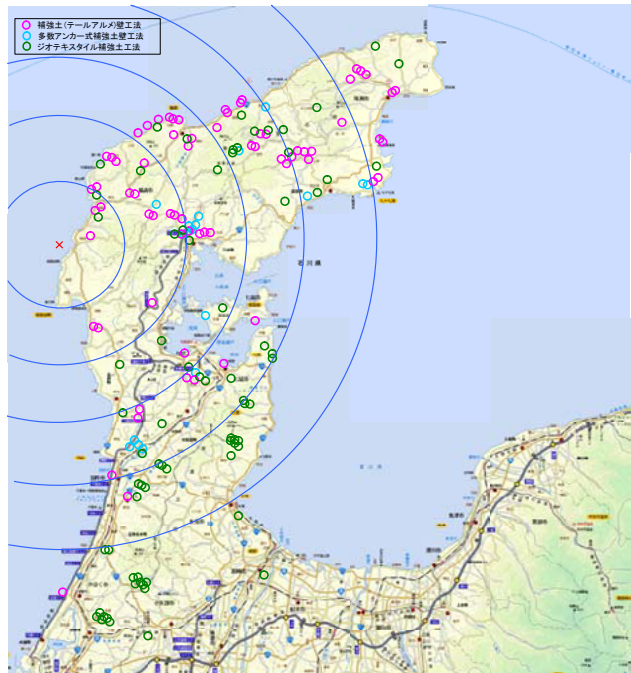


図-7.2.54 補強土壁の分布図

表-7.2.4 補強土工法の被災度判定結果

	被災度判定						調査計	石川県内
	I	II	III	IV	V	VI		
テールアルメ工法	113	8		1			122	380
多数アンカー式補強土壁工法	10	8	1				19	19

I 損傷無し
 II 軽微な損傷・安定性に問題なし
 III 経過観察しながら使用可
 IV 応急対策が必要。安定性に問題なし(部分的損傷)
 V 応急対策が必要。安定性に問題なし(広域損傷)
 VI 使用不可・立ち入り禁止

表-7.2.5 ジオテキスタイル補強土壁工法の被災状況調査結果

	被災度判定						調査計	石川県内
	I	II	III	IV	V	VI		
テールアルメ工法	113	8		1			122	380
多数アンカー式補強土壁工法	10	8	1				19	19

I 損傷無し
 II 軽微な損傷・安定性に問題なし
 III 経過観察しながら使用可
 IV 応急対策が必要。安定性に問題なし(部分的損傷)
 V 応急対策が必要。安定性に問題なし(広域損傷)
 VI 使用不可・立ち入り禁止

被災度判定は、外観からの判定に基づき損傷の有無、損傷のある場合は構造物としての安定性への影響の評価を行った。

補強土の被害はきわめて軽微であり、構造物の安定が損なわれるような変状は発生しなかった。

写真-7.2.43 および写真-7.2.44 は国道 249 号線沿いの損傷度IVのテールアルメ壁である。



写真-7.2.43 国道 249 号テールアルメ壁の被害

テールアルメに隣接するブロック積み擁壁と地山の崩壊に伴い、テールアルメ端部の壁面工に外力が作用して引きはがされるように損傷したものであり、テールアルメ壁自体の耐震性に起因する被害ではない。壁面工の脱落した部分については当面の安定性には問題はないと判断されたが長期的に不安定化する可能性を考慮して壁面工を撤去して再構築した。変状の生じていない部分については、写真-7.2.45に示すような壁面工の端部の破損程度であった。このような損傷は地震の影響に対して補強領域がフレキシブルに変形した際に発生するものであり、破損に伴う裏込め材の漏れだし等がなかったことから安定性に影響はないと判断した。また補強領域の健全性を判定するために補強材の引き抜き試験を実施した。試験の結果、安定確保に必要な引き抜き抵抗力を有していることが確認され、併せて行った壁面工のコンクリート中性化試験、壁面近傍ジョイント部の腐食状況の確認の結果とも併せて補修を行わないこととした。

また、大規模な盛土崩壊が発生した能登有料道路横田 I C から 400m 程度離れた場所にも 1996年に施工されたテールアルメ壁が存在したが、目立った被害はなかった（写真-7.2.46）。

また多数アンカー工法では被災度Ⅲと判定された物件があるが、これは地震発生以前から変状が発生していたものであり、地震に起因するものではないことが確認されている。



写真-7.2.44 テールアルメ壁に隣接する地山崩壊



写真-7.2.45 テールアルメ壁面工の端部破損



写真-7.2.46 能登有料横田 I C 付近テールアルメ壁

写真-7.2.47は能登有料道路終点の穴水インターチェンジのランプ付近に構築された多数アンカー補強土壁の状況である。約5mの直壁の上部に2段の盛土を設置しており、さらにランプ部のため縦断方向に急なカーブを描く構造となっている。この様な構造では屈曲部において壁面工が開くような変状を示すことが多いが、当該補強土壁については壁面には目立った損傷はなく、構造安定に無関係な天端笠コンクリートにわずかな亀裂が発生した程度であった（写真-7.2.48）。



写真-7.2.47 能登有料穴水 IC 多数アンカー

(3) まとめ

今回の地震において、補強土は非常に高い耐震性を示した。こうした高い耐震性は兵庫県南部地震や中越地震においてもよく知られているが、今回の地震では中越地震の経験を踏まえた応急被災度判定法により、被災後速やかにかつ客観的に確認をされた点が特徴である。しかしながら応急被災度判定手法はあくまでも外観により応急判定であり、補強メカニズムの健全性判定には、R249の事例で行ったような引き抜き試験などを行う必要があり、その際の判断基準などは明らかになっていない。今後は外観から問題の可能性が判明した補強土に対する健全性判定手法の開発が必要である。



写真-7.2.48 天端笠コンのクラック

7.2.6 道路土工の被害のまとめ

能登半島地震による道路土工の被害をまとめると以下のとおりである。

- (1) 能登有料道路を中心として、強い地震動により、盛土構造物に多くの被害が生じた。路面からみた被災パターンは、路面崩壊、路面陥没、路面段差や亀裂である。盛土の被害形態としては、沢や谷等の集水地形に築造された高盛土の流動性崩壊、カルバートや橋梁など異種構造物との取り付け部の段差、切土部から片切片盛などに構造が変化する部分の切盛境での崩壊等である。
- (2) 能登有料道路では比較的大きな路面崩壊が11箇所が生じたが、いずれの箇所においても、沢や湿地等の水の存在が確認された。これらの箇所では、発災時には

盛土内の浸透水の存在が崩壊の原因となった可能性が考えられる。

- (3) 盛土の陥没・崩壊、変状が生じた箇所の多くで、亀裂の補修痕、路面の打ち換え痕などの補修履歴が認められた。
- (4) 能登有料道路を対象として被害箇所と無被害箇所の現地調査を行い、被害の要因分析を行った。これによれば、盛土高が 15m 以上、沢部を埋めた盛土で大規模崩壊が生じやすい傾向が認められた。
- (5) 能登有料道路を対象に地盤調査及び室内土質試験を行った。その結果、今回地盤調査を行った盛土の材料は、大規模崩落箇所と未崩落箇所類似した物性を示すものが多く、被災程度と盛土材料との明瞭な相関はみられなかった。また、盛土の締固め度は、いずれの箇所も締固め度 80～90%であり、大規模崩落箇所と未崩落箇所有意な差は見られなかった。一方、大規模崩壊が生じた箇所においては、盛土のり尻付近において地下水位が高い傾向があった。
- (6) 今回の地震において、補強土は非常に高い耐震性を示した。

7.3 道路斜面の被害

7.3.1 概要

土木研究所地質チームおよび土質チームでは、能登半島地震に伴い国道249号において発生した道路斜面災害の状況及び対策工に関する現地調査を平成19年4月5～6日に実施した。

調査ルートおよび地点を図-7.3.1に示す。各地点における調査結果は7.3.2のとおりである。



図-7.3.1 道路斜面災害に関する現地調査地点位置図(図中の1～23)

7.3.2 道路斜面災害に関する現地調査結果

各地点における調査結果を以下に示す。

(1) 県道 6 号 町野町寺地 斜面小崩壊地

幅 6 m × 高さ 4 m 深さ 50cm 程度の表層崩落である。地形等の状況から過去の崩壊跡地と見られる。角型じゃかご工を設置して崩土の待ち受けポケットを作っていたことから、不安定土塊が存在しており、その部分が地震により崩壊したと考える。土砂が若干じゃかごを越流した跡があったが、小規模であり交通に大きな支障は無かったようである。



1-a 斜面全景



1-b 側方からの状況

写真-7.3.1 町野町寺地

(2) 町野町曾々木地区 八世乃（はせの）洞門

幅 15m × 高さ 15m 程度の流紋岩の岩盤が道路からの比高差約 50m の斜面から崩落した。岩盤の厚さは不明であるが、石川県の復旧検討会資料⁵⁾によれば、崩落前の写真より厚さ 3m 程度と推定されており、オーバーハング状態であった。崩落により輪島側坑口のロックシェッドが被災し、倒壊は免れたものの、変形して鉄筋コンクリート製の側壁や支柱が破壊された。崩落した岩盤の破片はロックシェッド手前（輪島側）の待ち受け擁壁の背後に堆積している。岩盤の崩落面は茶色に風化している部分が大半であり、地震発生以前から地山との分離が進んでいたと考えられる。

崩落した岩盤の背後斜面は、開口亀裂が発達しており、崩壊部の下面には比較的軟質と推定される凝灰岩の層（厚さ数 10 cm）がある。これらの地層は全体として流れ盤を呈しており、今回の崩壊自体は高角な亀裂（おそらく急崖下において二次的に形成されたもの）による崩壊であるが、地質的素因としてはこのような流れ盤の急崖の状況下に置いて、軟質な凝灰岩が変形する（あるいは微小なすべりも発生させると見られる）ことで、流紋岩の岩体に亀裂が発生し、不安定化を促進させているものと推定される。

なお、八世乃洞門の災害に関しては土木研究所の職員が直後の技術指導および復旧技術検討会に参画しており、災害の経緯を含め 7.3.3 で概要を述べる。



2-a 被災箇所の全景



2-b 洞門近景



2-c 破壊された支柱



2-d 洞門と待ち受け擁壁



2-e 待ち受け擁壁の背後の状況



2-f 崩落面遠景

写真-7.3.2 町野町曾々木地区 八世乃洞門



2-g 岩盤崩落箇所



2-h 開口亀裂が発達する背後岩盤

写真-7.3.2 町野町曾々木地区 八世乃洞門（続き）

(3) 町野町大川地区 1 表層崩壊

幅 18m×高さ 10m×深さ 30cm 程度の表層崩壊である。部分的に幅 2 m×高さ 2 m×深さ 1 m 程度の腰掛け状の抜け落ちが見られる。ラス張りに植生基材を吹付けて処置済みである。この斜面下の道路（盛土）にも変状（沈下、縁石たわみ）が見られたが、関係性は不明である。



3-a 崩壊箇所の全景



3-b 腰掛状の抜け落ち



3-c 道路盛土部の補修状況

写真-7.3.3 町野町大川地区 1

(4) 町野町大川地区 2 やや深い崩落

幅 27m×高さ 20m×深さ 4～5 m 程度のやや深い崩壊で、両側が沢地形の凸部の崩壊である。背面はほぼ平坦な海岸段丘ないし古い地すべり地形であり、その側部の縁が崩壊したものと考えられる。背面の平坦面には複数の段差が見られ、過去にも変動が発生した可能性がある。上記海岸段丘ないし古い地すべり地形の縁に相当する部分の道路面には亀裂が発生している。



4-a 斜面全景



4-b 滑落崖の状況



4-c 路面の亀裂の状況

写真-7.3.4 町野町大川地区 2

(5) 町野町大川地区 3 表層崩壊

幅 20m×高さ 10m×深さ 50cm 程度の表層崩壊で、(4)と同様に両端が沢地形の凸部の崩壊である。背面はほぼ平坦な海岸段丘ないし古い地すべり地形であり、このような地形の末端の急崖が崩壊したものである。斜面の背後 1 m 付近に平行に開口亀裂があり、側面を確認したところ斜面中腹に向かって 3 m 程度の亀裂が確認された。なお、この場所にも(4)と同様に平坦面の縁に相当する部分(片側のみ)の路面に亀裂が見られる。



5-a 斜面全景



5-b 背後斜面の開口亀裂

写真-7.3.5 町野町大川地区3

(6) 町野町大川地区 巻坂1 凸部の切土斜面

凸部の切土斜面において、幅 20m×高さ 10m×深さ 30cm 程度の範囲で植生の根茎を境にして層状にはく離崩落している。勾配は 45 度程度の斜面だが、岩がしっかりしており、植物の根茎が活着することができず地震により崩落したと考えられる。なお、崩壊斜面の右側上端部付近には、周辺よりもやや深い（深さ 1m 程度）、節理面をすべり面とする岩盤崩壊の発生箇所が認められる。凸型斜面のしかも上端付近のため地震動が増幅された可能性もある。



6-a 斜面左側の状況



6-b 斜面右側の状況



6-c 岩盤崩落箇所

写真-7.3.6 町野町大川地区 巻坂 1

(7) 町野町大川地区 巻坂 2 両切土部のり面のはく離崩落

両切りの開削道路のり面の、幅 45m×高さ 14m×深さ 30 c m程度の植生部分のはく離崩落である。道路をはさんで反対側にも小崩落が見られる。(6)と同様に、勾配は45度程度の斜面。岩盤は泥質岩で亀裂が多いものの、岩は比較的しっかりしており、植物の根茎が活着することができず地震により崩落したと考えられる。



7-a 斜面遠景



7-b 斜面近景



7-c 崩壊面の岩の状況

写真-7.3.7 町野町大川地区 巻坂 2

(8) 町野町大川地区 巻坂 3 小規模な表層崩壊

切土のり面の幅 5m×高さ 2m×深さ 50cm 程度の植生部分の小規模な表層崩壊である。道路の被災はなかった。



8-a 斜面遠景



8-b 斜面近景

写真-7.3.8 町野町大川地区 巻坂 3

(9) 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜 1 植生部分のはく離崩壊

切土のり面の幅 20m×高さ 12m×深さ 10cm 程度の植生部分のはく離崩壊である。(6)と同様に、勾配は 45 度程度の斜面だが、岩がしっかりしており、植物の根茎が活着することができず地震により崩落したと考えられる。ただし、崩壊面に向かって左側 2.5m 部分については、泥岩上部の崖錐とともにやや深く（70cm 程度か）崩壊している。併せて海側の道路路肩部の陥没が見られる。



9-a 斜面全景



9-b 道路路肩部の補修状況

写真-7.3.9 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜 1

(10) 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜 2 表層崩壊

幅 7m×高さ 7m×深さ 1m 程度の表層崩壊である。(6)と同様に、勾配は 45 度程度の斜面である。切土面は礫混じり土である。この斜面の盛土側道路面にも段差が発生している（これまでの斜面も、切土面で崩壊が発生している箇所では、谷側の盛土面でも変状が発生しやすい傾向にある）。



10-a 斜面の状況



10-b 斜面と盛土部の修復跡

写真-7.3.10 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜 2

(11) 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜3 植生部のはく離崩壊

幅 30m×高さ 20mの斜面の崩壊である。斜面左半分は、表層植生部のはく離崩壊で、深さは 50cm 程度。この部分は(6)と同様に、勾配は 45 度程度の斜面だが、岩がしっかりしており、植物の根茎が活着することができず地震により崩落したと考えられる。表層部分で崩壊土量も少ないため、簡易な防護柵で崩土を受け止めており、対策の効果が見られる。一方、斜面右半分（幅 8m 程度）は、くさび状の崩壊で深いところでは 3 m程度と見られ、のり砕工の裏側も抜け落ちている。くさびは、向かって左側が節理（面の走向傾斜は N60E40NE で条線は N18W 方向）であるのに対し、右側は岩塊状で明瞭な面をなさない（緩んだ岩盤）。



11-a 斜面全景



11-b くさび状の崩壊面



11-c 防護柵での崩土の受け止め



11-d のり砕工の裏側の抜け落ち

写真-7.3.11 町野町大川地区 巻坂～三ッ子浜3

(12) 町野町大川地区 三ッ子浜1 緩い凸型斜面の表層崩壊

幅 12m×高さ 12m×深さ 50cm 程度の緩い凸型斜面の表層崩壊である。斜面上部は、(6)～(10)に見られる様な切土のり面と植生の根茎境の崩落面と異なり、崖錐状（ないしゆるんだ岩塊状）のれき質土である。斜面下部では泥岩であるが山差しの開口亀裂が発達し、かなり緩んだ状態である。岩盤状態全体から見ると、もともと地すべり地である可能性もある。このように斜面の地質が脆弱な上、斜面の植生状況は若干松が生えているがほとんどがススキで根が浅く、地表面以深では根茎による緊縛力がほ



12-a 斜面全景



12-b 崩壊面の状態

写真-7.3.12 町野町大川地区 三ッ子浜 1

とんど働いていないため、地震により表層部がフレーク状に崩落したと考えられる。

(13) 町野町大川地区 三ッ子浜 2

幅 60m×高さ 20mの斜面左側約 3分の2で斜面の上半分が表層崩落である。左側 20m程度は植生部分のはく離崩落で中央部 20mは劣化したモルタル吹付部分がはく離崩落している。なお、切土の中腹付近には、流れ盤を示す節理面が断続して見られる。このことから、この節理面がのり面上部の不安定化に寄与したと考えられる。



13-a 斜面左側の状況



13-b 斜面右側の状況

写真-7.3.13 町野町大川地区 三ッ子浜 2



13-c 斜面上部の状況



13-d 崩壊面と吹付け工の状況

写真-7. 3. 13 町野町大川地区 三ッ子浜 2 (続き)

(14) 渋田町地区 大規模岩盤崩落

斜面は緩い凸型で、幅 60m×高さ 30m程度にわたってモルタル吹付け工を行っている。斜面左側上方で幅 26m×高さ 18m×深さ 3 m程度の吹付け工背面の岩盤が崩壊した。最大で長径 3 m×短径 2 m程度の岩塊が崩落し、道路の約 3 車線分 (10m程度) を閉塞している。泥岩中の節理でのくさびすべり (実際はやや複雑で 2 枚以上の節理面を使って階段状にも滑っている。) であり、向かって左側は走向傾斜が N35E38NW で条線が N60W 方向に認められる、褐色化 (リモナイトの濃集) した節理面をすべり面とする。一方、向かって右側は走向 N70E40NW で N20W 方向に条線が認められる。このように条線の方が左右でやや異なることから、岩盤は完全なマスとしてすべり崩壊したのではなく、岩盤はそれぞれの節理面の最大傾斜方向に近い形で (崩壊の中心部に向かって) 移動し、それに伴い移動岩体を破壊させつつ滑り落ちた可能性も考えられる。なお、今回崩壊していない吹き付け部分 (向かって左側) にも吹き付けに座屈や亀裂の発生が見られる。



14-a 斜面左側の状況



14-b 斜面右側の状況

写真-7. 3. 14 渋田町地区



14-c 斜面上部の崩落



14-d 吹付けモルタルの座屈



14-e 節理面と条線



14-f 崩落した巨大な岩塊

写真-7.3.14 渋田町地区（続き）

(15) 大野地区 小石浜周辺 地すべり地

井桁組擁壁を巻き込んで地すべりが発生した。上方に宅地がありその近傍に地すべりの滑落崖がある。計器等により監視・計測を実施している。



15-a 井桁組擁壁の崩壊



15-b 上部の状況

写真-7.3.15 大野地区 小石浜周辺



15-c 伸縮計による計測



15-d 簡易装置による計測



15-e 伸縮状況（圧縮変形）

写真-7.3.15 大野地区 小石浜周辺（続き）

(16) 長井町地区 畑地のり面の表層崩壊

幅 30m×高さ 3 m 程度の畑地のり面の表層崩壊である。一部ふとんかごや柵工によるのり面保護工があることから、以前にも小規模な崩壊があり不安定な斜面であったと推察され、今回の地震により不安定部分が崩壊したと考える。



16-a 斜面左側の崩壊



16-b 斜面右側の崩壊

写真-7.3.16 長井町地区

(17) 門前町安代原地区 沢沿い切土斜面の大規模崩落

沢沿いの切土斜面に比較的規模の大きな崩壊が発生しており、道路を閉塞している。奥の方を確認したところ、同様の崩壊が連続して発生していた。



17-a 斜面下部の状況



17-b 斜面上部の状況

写真-7.3.17 門前町安代原地区

(18) 門前町和田地区 施工中ののり面の崩壊

施工途中の切土のり面を含んだ、幅 30m×高さ 15m×深さ 1m程度の表層崩壊である。杉の植林地の凸型斜面の切土箇所、崩壊していないところの斜面の杉には根曲がりはなく、切株にも痕跡は見られない。一方、崩壊した部分では崩壊面端部に残った杉や、滑落崖近傍の切株には根曲がりが生じていた痕跡が見られることから、崩壊箇所にはもともと若干不安定な土塊があったと予想される。



写真-7.3.18 門前町和田地区（斜面全景）

(19) 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道脇の斜面の表層崩壊

長谷の潤隧道鹿磯方の脇の自然斜面で発生した、幅 40m×高さ 25m程度の表層崩壊で、部分的に 1～2m程度の抜け落ちも生じている。崩壊土量は、表土層が極めて薄かったことから少なく、道路を浅く閉塞する程度で道路脇の漁港へ到達した量は少なかったと見られる。ただし、上方からの崩落であったため一部電柱に被害も生じている。また奥の方では小規模な岩盤崩壊も生じていた。



19-a 斜面遠景



19-b 斜面近景

写真-7. 3. 19 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道脇の斜面

(20) 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道先 1 岩盤崩壊

高さ 50m 程度の海食崖の下方で発生した幅 7m×高さ 15m 程度の岩盤崩壊である。対策工の施されていない箇所より道路上に土砂（最大直径 1m 程度）が到達している。

また、この海食崖の上部から落下したと見られる落石（20m³ 程度）が漁港に配置されていたコンテナを直撃し、被害が生じている。路面上にもこの落石がバウンドした跡と見られる陥没が複数見られる。（この石は余震で落下したとの情報も有る）



20-a 斜面遠景



20-b 斜面近景

写真-7. 3. 20 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道先 1



20-c 落石による路面の陥没



20-d 落石によるコンテナの破壊

写真-7.3.20 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道先1 (続き)

(21) 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道先2 岩盤崩壊

(20)に連続する斜面で発生した、幅 15m 高さ 20m 程度の岩盤崩壊である。対策工として落石防護ネットに加え、擁壁および落石防護柵が施工されており、一定の効果を発揮していたが、設定した規模を超える崩壊が起こったため、道路まで最大直径 1m 程度の土砂が到達している。



21-a 斜面遠景



21-b 対策工の被災状況



21-c 道路に到達した土砂

写真-7.3.21 門前町鹿磯地区 長谷の潤隧道先2

(22) 門前町鹿磯地区 長谷の澗隧道先3 岩盤崩壊

(20)、(21)と同じ海食崖で発生した幅 25m、高さ 35m 程度の岩盤崩壊である。崩壊は主に斜面上部で発生したと考えられ、1m を超える土砂が道路を閉塞している。



22-a 崩壊面と土砂



22-b 落石防護ネットの状況



22-c 道路を閉塞した落石

写真-7.3.22 門前町鹿磯地区 長谷の澗隧道先3

(23) 深谷地区 大規模な崩壊

高さ約 30m、幅 50m 以上におよぶ大規模な崩壊である。擁壁および落石防護柵が施されているが、設定規模を超える崩壊により、道路まで土砂が到達したと考えられる。



23-a 斜面正面の状況



23-b 斜面側面の状況

写真-7.3.23 深谷地区

7.3.3 八世乃洞門における岩盤崩壊

八世乃洞門における岩盤崩壊は、本震発生から2日後の3月27日未明に発生した。落石検知センサのデータから0時～1時05分間に崩壊したと推定されている（八世乃洞門復旧検討会資料⁵⁾による）。被災前後の写真の比較により特定した崩落面は、全体に茶色に風化しており（写真-7.3.24）、以前から亀裂の大部分が地山と分離した状態であったと推定される。

本被災箇所周辺の周辺は、写真-7.3.25に示すように、流紋岩からなる亀裂に富んだ岩塊が高さ60m程度直立し、その上部には緩斜面を挟み再び高さ40m程度ほぼ直立した地形を呈している。崩落面背後の岩盤は、写真-7.3.26に示すように縦方向など多数の亀裂が発達し、不安定な岩盤ブロックが多く認められる。

このように危険な状態であることから、現場の国道249号は災害直後に通行止めとなり、南側の山間部を通る主要地方道珠洲里線が迂回路とされた。また、背後斜面の監視のため、伸縮計および地盤傾斜計が設置されて自動観測が開始され、また、ターゲットを設置しての光波測量が行われた（写真-7.3.27）。

土木研究所では、石川県からの要請により、災害直後の3月28日に地すべりチームの藤澤上席研究員および藤平主任研究員が現地指導を行った。また、復旧技術検討会へ地質チームの浅井総括主任研究員が委員として3月31日、4月6日、4月10日、6月18日、8月29日に参加し、復旧対策および対策完了までの監視に関する審議を行った。

現地の国道249号は生活道路であるとともに観光道路としても重要であり、地元からの早期開放の要望も高かったことから、応急対策として、被災した洞門の内部にボックスカルバートを施工した（写真-7.3.28）。カルバートの内空断面は高さ3.9m×幅4.1m（大型バスが通行可能）、厚さは側面が650mm、上版および底版が700mmで、早期施工のためプレキャスト方式とし、既設の被災洞門との隙間をコンクリートで充

填するとともに、サンドクッションを既設洞門上に設けた（写真-7.3.29）。また、崩落面背後の岩盤に対してロープネット（写真-7.3.30）を施工するとともに、洞門に隣接する待ち受け擁壁背後に堆積していた崩壊岩塊を撤去し空き容量を確保した。施工完了後、7月7日に片側交互通行により交通開放されたが、計器観測（伸縮計および地盤傾斜計）による監視および監視員の目視による監視の併用を継続しており、計器観測や目視監視によって落石や岩盤崩壊の前兆現象が確認されたとき、震度4以上の地震が発生したとき、連続雨量70mmを超えたときには通行止めとなる。また、通行時間は5:00～20:00に限定され、時間外は夜間で目視監視ができないため通行止めとなっている（5:00～日の出までと日没後～20:00は夜間照明で対応）。監視は恒久対策の迂回トンネル（下記）が開通し現道の供用が終了するまで継続される。

恒久対策は、斜面上部に危険な岩盤が残存していることと、周辺斜面にも同様の危険な岩盤が多数存在していることから、トンネルによる山側への回避ルートが決定し、平成21年度の完成が予定されている。



写真-7. 3. 24 崩落面の拡大写真（楢円内）



写真-7. 3. 25 被災箇所の被災前全景（復旧検討会資料⁵⁾より）



写真-7.3.26 背後の岩盤斜面の亀裂の状況（復旧検討会資料⁵⁾より）



写真-7.3.27 計器観測位置（復旧検討会資料⁵⁾より）



(a) 完成後の外観⁶⁾



(b) ボックスカルバート内部

写真-7.3.28 応急対策工（ボックスカルバート）



写真-7.3.29 サンドクッションの施工



写真-7.3.30 ロープネット（施工後）

7.3.4 道路斜面災害に関するまとめ

能登半島地震に伴い国道249号において発生した道路斜面災害の状況及び対策工に関する現地調査を平成19年4月5～6日に23箇所を実施した。結果は以下のとおりである。

- ①岩盤崩壊が多く、そのほかには崖錐等の地すべりや盛土部などがわずかに動いたものなどが見られた。
- ②岩盤崩壊は泥岩中の節理面を崩壊面とするくさび崩壊が複数見られるほか、八世乃洞門等では高角の亀裂面の分離による崩落もあった。
- ③これらの岩盤崩壊斜面は、地形的には凸部で、しかも斜面上部（遷急線付近）に多い傾向がある。これは地震による崩壊の一般的な特徴と整合的である。
- ④一部の斜面には、開口亀裂が生じたまま残存する斜面が見られた（調査地点2、5、14番など）。
- ⑤盛土部については、国道249号においては大きな災害は見られなかったが、軽微な段差・沈下、亀裂は多くの箇所で見られた。
- ⑥盛土部の変状が見られる箇所と、切土部の変状が見られる箇所が比較的一致する傾向が認められる。この理由は不明であるが、地形的要因（斜面が急、地形的に凸部など）、および地質的要因（地質が脆弱、ないし地すべり地形付近であること）が関与しているように思える箇所が複数見られた。

7.4 まとめ

能登半島地震による道路土工・斜面の被害をまとめると以下のとおりである。

(1) 道路土工

- ①能登有料道路を中心として、強い地震動により、盛土構造体に多くの被害が生じた。路面からみた被災パターンは、路面崩壊、路面陥没、路面段差や亀裂である。盛土の被害形態としては、沢や谷等の集水地形に築造された高盛土の流動性崩壊、カルバートや橋梁など異種構造物との取り付け部の段差、切土部から片切片盛などに構造が変化する部分の切盛境での崩壊等である。
- ②能登有料道路では比較的大きな路面崩壊が11箇所で生じたが、いずれの箇所におい

ても、沢や湿地等の水の存在が確認された。これらの箇所では、発災時には盛土内の浸透水の存在がすべり破壊に影響を及ぼした可能性が考えられる。

- ③盛土の陥没・崩壊、変状が生じた箇所は、亀裂の補修痕、路面の打ち換え痕など補修履歴の見られる箇所に多いように思われた。
- ④能登有料道路を対象として被害の要因分析を行った結果、大規模崩壊した盛土の特徴として、盛土高が15m以上、沢部を埋めた盛土であることが挙げられる。
- ⑤能登有料道路の大規模崩落箇所及び未崩落箇所を対象に地盤調査及び室内土質試験を行った。その結果、今回地盤調査行った盛土の材料は、類似した物性を示すものが多く、被災程度と盛土材料との相関はみられなかった。また、盛土の締固め度については、80～90%の間で大きくばらつき、大規模崩落箇所と未崩落箇所では有意な差は見られなかった。一方、大規模崩壊が生じた箇所においては、盛土のり尻付近において地下水位が高い傾向があり、盛土内水位の有無が盛土の被災規模に影響を与えた可能性が考えられる。
- ⑥今回の地震において、補強土は非常に高い耐震性を示した。

(2) 道路斜面

能登半島地震に伴い国道249号において発生した道路斜面災害の状況及び対策工に関する現地調査を平成19年4月5～6日に23箇所で実施した。結果は以下のとおりである。

- ①岩盤崩壊が多く、そのほかには崖錐等の地すべりや盛土部などがわずかに動いたものなどが見られた。
- ②岩盤崩壊は泥岩中の節理面を崩壊面とするくさび崩壊が複数見られるほか、八世乃洞門等では高角の亀裂面の分離による崩落もあった。
- ③これらの岩盤崩壊斜面は、地形的には凸部で、しかも斜面上部（遷急線付近）に多い傾向がある。これは地震による崩壊の一般的な特徴と整合的である。
- ④一部の斜面には、開口亀裂が生じたまま残存する斜面が見られた（調査地点2、5、14番など）。
- ⑤盛土部については、国道249号においては大きな災害は見られなかったが、軽微な段差・沈下、亀裂は多くの箇所で見られた。
- ⑥盛土部の変状が見られる箇所と、切土部の変状が見られる箇所が比較的一致する傾向が認められる。この理由は不明であるが、地形的要因（斜面が急、地形的に凸部など）、および地質的要因（地質が脆弱、ないし地すべり地形付近であること）が関与しているように思える箇所が複数見られた。

参考文献

- 1) 石川県道路公社：第2回 能登有料道路復旧工法検討委員会（土工部会）、委員会資料、2007
- 2) 石川県道路公社：第4回 能登有料道路復旧工法検討委員会（土工部会）、委員会資料、2007

- 3) 石川県道路公社：一般国道249号線 19災52号 道路災害復旧工事、2007
- 4) 石川県道路公社：一般国道249号線 19災53号 道路災害復旧工事、2007
- 5) 石川県：国道249号八世乃洞門復旧検討会資料（第1～5回）、2007
- 6) 石川県ホームページ：国道249号八世乃洞門供用再開、2007
<http://www.pref.ishikawa.jp/michi/hasenodoumon.pdf>