

第 8 編 道路施設

道路橋

玉越 隆史^{*1}

中洲 啓太^{*4}

遠藤 和男^{*7}

塩島 亮彦^{*10}

二井 伸一^{*13}

村越 潤^{*16}

石田 雅博^{*19}

野々村 佳哲^{*22}

渡辺 陽太^{*2}

武田 達也^{*5}

小林 寛^{*8}

Mohammd Reza Salamy^{*11}

Solo Shanmuganathan^{*14}

田中 良樹^{*17}

竹口 昌弘^{*20}

浅井 隆一^{*23}

廣松 新^{*3}

運上 茂樹^{*6}

西田 秀明^{*9}

加納 匠^{*12}

福井 次郎^{*15}

中谷 昌一^{*18}

梅原 剛^{*21}

道路土工・斜面

松尾 修^{*24}

佐々木 靖人^{*27}

杉田 秀樹^{*30}

小野寺 誠一^{*25}

塩見 哲也^{*28}

近藤 益央^{*31}

桑野 玲子^{*26}

矢島 良紀^{*29}

佐々木 哲也^{*32}

道路トンネル

真下 英人^{*33}

Highway Bridges

by Takashi Tamakoshi,
Keita Nakasu,
Kazuo Endo,
Akihiko Siojima,
Shiniti Futai,
Jun Murakoshi,
Masahiro Ishida,
Yoshinori Nonomura

and

Youta Watanabe,
Tatsuya Takeda,
Hiroshi Kobayashi,
Dr. Mohammd Reza Salamy,
Dr. Solo Shanmuganathan,
Yoshiki Tanaka,
Masahiro Takeguchi,
Ryuichi Asai

Arata Hiromatsu,
Dr. Shigeki Unjoh,
Hideaki Nishida,
Takumi Kanou,
Jiro Fukui,
Shochi Nakatani,
Tsuyoshi Umehara,

Road Earthworks / Slopes

by Osamu Matsuo,
Yasuhito Sasaki,
Dr. Hideki Sugita,

Seiichi Onodera,
Tetsuya Shiomi,
Masuo Kondoh

and

Dr. Reiko Kuwano,
Yoshinori Yajima,
Tetsuya Sasaki

Road Tunnels

by Dr. Hideto Mashimo

細 目 次

1 . 概 要	5
2 . 道路橋	5
2.1 道路橋被害の概要及び分布	5
2.2 被害状況	8
2.2.1 新組跨線橋（下り線）	8
2.2.2 小千谷大橋・小千谷ランプ橋（ひ生IC）	10
2.2.3 山辺橋	11

2.2.4 その他の橋梁	15
2.3 まとめ	22
3 . 道路土工・斜面	23
3.1 道路土工・斜面の被害概要	23
3.2 道路盛土	28
3.2.1 概要	28
3.2.2 道路盛土被害の傾向	28
3.2.3 道路盛土の被害事例	30
3.2.4 道路盛土の被害のまとめ	46
3.3 擁壁	48
3.3.1 概要	48
3.3.2 道路擁壁の被害状況	48
3.3.3 コンクリート擁壁の被害	49
3.3.4 補強土擁壁の被害	53
3.3.5 道路擁壁の被害のまとめ	58
3.4 カルバート	59
3.4.1 概要	59
3.4.2 被害事例	59
3.4.3 カルバートの被害のまとめ	62
3.5 斜面災害	63
3.5.1 道路斜面災害の概要	63
3.5.2 1年後の復旧状況	63
3.5.3 被害事例	63
3.5.4 道路斜面被害のまとめ	70
3.6 まとめ	71
4 . 道路トンネル	72
4.1 はじめに	72
4.2 道路トンネルの被害状況	72
4.3 和南津トンネルの被害	72
4.3.1 和南津トンネルの概要	72
4.3.2 和南津トンネルの被害状況	74
4.3.3 和南津トンネルの復旧方法	74
4.4 木沢トンネルの被害	75
4.4.1 木沢トンネルの概要	75
4.4.2 木沢トンネルの被害状況	75
4.4.3 木沢トンネルの復旧方法	76
4.5 荒谷トンネルの被害	76
4.5.1 荒谷トンネルの概要	76
4.5.2 荒谷トンネルの被害状況	76
4.5.3 荒谷トンネルの復旧方法	77
4.6 羽黒トンネルの被害	77
4.6.1 羽黒トンネルの概要	77
4.6.2 羽黒トンネルの被害状況	77
4.6.3 羽黒トンネルの復旧方法	78
4.7 十二平トンネルの被害	78

4.7.1 十二平トンネルの概要	78
4.7.2 十二平トンネルの被害状況	78
4.7.3 十二平トンネルの復旧方法	78
4.8 まとめ	79
5 . まとめ	79
謝 辞	80
参考文献	80

-
- *1 国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室長
 - *2 国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究主任研究官
 - *3 北陸地方整備局信濃川下流河川事務所調査設計課長（前国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室研究官）
 - *4 国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究主任研究官
 - *5 国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室研究員
 - *6 土木研究所耐震研究グループ（耐震）上席研究員、工博
 - *7 土木研究所耐震研究グループ（耐震）主任研究員
 - *8 土木研究所耐震研究グループ（耐震）主任研究員
 - *9 土木研究所耐震研究グループ（耐震）研究員
 - *10 前土木研究所耐震研究グループ（耐震）研究員
 - *11 土木研究所耐震研究グループ（耐震）専門研究員、工博
 - *12 ㈱荒谷建設コンサルタント（前土木研究所耐震研究グループ（耐震）交流研究員）
 - *13 ㈱ウエスコ（前土木研究所耐震研究グループ（耐震）交流研究員）
 - *14 Opus International Consultants Ltd.(前日本学術振興会招聘研究員)、工博
 - *15 土木研究所構造物研究グループ長（前土木研究所構造物研究グループ（基礎）上席研究員）
 - *16 土木研究所構造物研究グループ（橋梁構造）上席研究員
 - *17 土木研究所構造物研究グループ（橋梁構造）主任研究員
 - *18 土木研究所構造物研究グループ（基礎）上席研究員
 - *19 総合政策局国土環境・調整課 課長補佐(前土木研究所構造物研究グループ（基礎）主任研究員)
 - *20 土木研究所構造物研究グループ（基礎）主任研究員
 - *21 中部地方整備局沼津河川国道事務所工務第三課(前土木研究所構造物研究グループ（基礎）研究員)
 - *22 土木研究所構造物研究グループ（基礎）研究補助員
 - *23 ㈱大林組（前土木研究所構造物研究グループ（基礎）交流研究員）
 - *24 土木研究所耐震研究グループ長
 - *25 土木研究所技術推進本部（施工技術）主任研究員
 - *26 土木研究所材料地盤研究グループ（土質）主任研究員、工博
 - *27 土木研究所材料地盤研究グループ（地質）上席研究員
 - *28 土木研究所材料地盤研究グループ（地質）交流研究員
 - *29 土木研究所材料地盤研究グループ（地質）研究員
 - *30 土木研究所材料耐震研究グループ（振動）上席研究員、工博
 - *31 土木研究所材料耐震研究グループ（振動）主任研究員
 - *32 土木研究所材料耐震研究グループ（振動）主任研究員
 - *33 土木研究所基礎道路研究グループ（トンネル）上席研究員、工博

1. 概 要

道路施設の被害は、長岡市、小千谷市を中心とした国道8号、17号、117号等の主要幹線道路、関越自動車道、県道、市町村道等において、橋梁、土工、トンネルを対象とした調査により多数確認された。

道路橋では、落橋に至る大きな被害は無かったものの、調査を行った橋梁40橋のうち、27橋に対して地震に起因したと考えられる損傷が確認された。

土工・斜面崩壊に関しては、高速道路を除く国道及び県道で通行止め箇所が241箇所のうち209箇所が土工・斜面崩壊に関わる通行止めとなっていた。

トンネルに関しては、10本あまりのトンネルにおいては何らかの被害が生じており、軽微な補修で済むものから大規模な補強が必要なまでの被害の状況は大きく異なっていた。

各構造物の調査及び被害、原因の詳細については、
2. 以降に述べる。

2. 道路橋

2.1 道路橋被害の概要及び分布

道路橋の被害状況の把握及び復旧支援を目的として、平成16年10月26日から11月23日にかけて3回にわたり長岡市及び小千谷市を中心とした地域の主要幹線道路にかかる橋梁の調査を行った。橋梁の諸元及び被害状況ならびに位置を表-8.2.1、図-8.2.1に示す。

調査を行った道路橋のうち、比較的被害の大きかった3橋（新組跨線橋（下り）、小千谷大橋、山辺橋）を中心として被害状況を述べる。

表-8.2.1(1) 調査橋梁一覧

NO	橋梁名	路線	竣工年	橋長(m)	橋梁形式(上部)	橋梁形式(下部)	損傷の概要(注1)
1	新組跨線橋 (下り線)	国道8号	1989	170.0	(2径間単純+3径間連続+2径間単純)鋼鈑桁	RC(円形)	橋脚かぶりコンクリート剥落及び水平・せん断ひびわれ・軸方向鉄筋座屈(P5柱頭部段落とし部)、橋脚水平・せん断ひびわれ(P5を除く橋脚)、支承上変位制限ストッパ一部変形・破断
2	長岡大橋	国道8号	1970	1078.2	(4+3+3)径間連続鋼鈑桁+(3+3)径間連続鋼鈑桁	RC(小判)	支承カバプレート及びサイドブロック変形、主桁ウェブ変形
3	宮本橋	国道8号	1971	40.2	単純鋼鈑桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台ウイングひびわれ
4	観音橋側道橋	国道8号	2002	29.0	単純PC鈑桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台バラベツひびわれ
5	新佐梨橋	国道17号	1962	83.0	3径間単純鋼鈑桁	RC(小判)	損傷なし
6	堀之内橋	国道17号	1964	218.0	(2+3)径間連続鋼鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ、支承サイドブロック変形、脱落、支承ピンの水平方向へのずれ、ピンカバ脱落
7	和南津橋	国道17号	1954	189.7	7径間鋼ゲルバー鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋台バラベツひびわれ、橋台上主桁破損、添架物破損、橋台上の桁の沈下、ゲルバー部桁間連結プレートボルト脱落(主として腐食による)
8	小千谷大橋	国道17号	1982	584.9	単純鋼鈑桁+(4+3)径間連続鋼鈑桁	RC(円形)	橋脚かぶりコンクリート剥落、水平、斜めひびわれ、軸方向鉄筋座屈(P2、柱梁境界部)、橋脚水平・斜めひびわれ(P4、P6、P7上流側)、箱桁下フランジ座屈、支点上垂直補剛材の座屈・破断(P3、固定支承)、可動支承上変位制限ストッパおよびサイドブロック破損
9	越の大橋	国道17号	1998	519.4	2径間連続鋼鈑桁+(3+3+2)径間連続鋼鈑桁	RC(小判) RC水門からの張出	橋台背面土沈下、橋脚に鉛直方向の貫通ひびわれ、支承セットボルト及びサイドブロック破損、支点上垂直補剛材座屈
10	十日町高架橋 (上下線)	国道17号	上り 1978 下り 1995	534.8	(4+4)径間連続RC中空床版桁+(3+3)径間連続鋼鈑桁+(6+6)径間連続RC中空床版桁	RC(角柱)	ゴム支承残留変形、アンカーバー変形、対傾構・下横構の変形
11	清津大橋	国道117号	1996	519.0	PC単純鈑桁+多径間連続鋼鈑桁(耐震性鋼材)	RC(小判)	損傷なし
12	魚沼橋	国道117号	1965	205.6	3径間単純鋼鈑桁+ランガー	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋台背面路肩崩落、側道橋部と車道橋部の衝突による車道部地覆コンクリート剥落、アンカーボルト若干引き抜け及び音座モルタルわれ(ランガー固定支承部)、ソールプレート割がれ(ランガー可動支承部)
13	山辺橋	国道117号	1987	222.0	単純鋼鈑桁+ローゼ+単純鋼鈑桁+単純鋼鈑桁	RC(壁、一層ラーメン(矩形)+耐震壁、二層ラーメン(円柱)、一層ラーメン(円柱))	橋台背面土沈下、かぶりコンクリート剥落・軸方向鉄筋座屈(P1)、ラーメン梁部縦ひびわれ及びラーメン円柱(短柱)斜めひびわれ(P3)、中間梁ひびわれ及びラーメン円柱2基水平・斜めひびわれ(P4)、支承上変位制限ストッパ一部破断、深礎杭鉄筋引張破断及び橋台躯体傾斜、側道橋橋座コンクリートの破壊(両橋台)
14	栄橋	国道252号	1964	403.0	多径間RC鈑桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、RC高欄・地覆・親柱破損
15	十日町橋	国道253号	1967	476.3	4径間単純鋼鈑桁+10径間RCゲルバー鈑桁(ゲルバー部剛結)	RC(小判)	橋台背面土沈下、桁下部と橋脚の接触による桁コンクリート破損、橋軸直角方向の変位制限構造(コンクリートブロック)脱落

表-8.2.1(2) 調査橋梁一覧

16	錦鯉橋	国道291号	1990	19.7	プレテンPCスラブ桁	両端橋台	橋台背面土沈下、橋台傾斜、ひびわれ
17	旭橋	国道291号	1959	350.5	14径間単純鋼ゲルバー鉄桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚2基水平ひびわれ
18	長生橋	国道351号	1937	851.7	ゲルバートラス(下路)	RCラーメン	橋台背面土沈下
19	蔵王橋	国道352号	1994	808.0	多連4径間連続箱桁	RC(小判)	損傷なし
20	宮中橋	国道353号	1976	261.7	多連鋼鉄桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、沓座モルタル破損及びアンカーボルト露出・引抜け(左岸橋台固定支承部)、中央桁下フランジ変形(右岸橋台)、支承上音変位制限ストッパー部変形
21	室島橋	国道403号	1959	42.0	曲弦トラス	両端橋台	損傷なし
22	大手大橋	国道404号	1985	878.3	多連3径間連続箱桁橋	RC(小判)	橋脚コンクリート剥落
23	塩殿橋	関越自動車道	1981	181.0	鋼単純鉄桁+2径間連続上路トラス	RC(壁)	支承の変形、橋脚掛け違い部における水平ひびわれ
24	高見橋	関越自動車道	1978	上り97.2 下り69.0	上り:3径間連続鉄桁 下り:2径間連続鉄桁	RC(円形)	損傷なし
25	信濃川橋	関越自動車道	1975	963.0	鋼連続箱桁	RC(小判)	損傷なし
26	天神高架橋	関越自動車道	1978	278.7	鋼単純鉄桁	RC(壁)	損傷なし
27	芋川橋	関越自動車道	1982	上り271.0 下り295.0	3径間連続PC箱桁	RC(角柱)	下り縁橋脚1基斜めひびわれ、桁の衝突による橋台ひびわれ、支承部損傷
28	根小屋橋	県道23号線 (主)柏崎高浜堀之内線	1956	200.0	4径間単純鋼鉄桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ、橋台前部ひびわれ、支承上音変位制限ストッパー部破断(右岸橋台固定支承部)
29	越路橋	県道23号線 (主)柏崎高浜堀之内線	1998	596.0	7径間連続鋼箱桁	RC(壁)	橋台背面土沈下、橋脚水平ひびわれ
30	小出橋	県道47号 (主)小出停車場線	1975	270.6	多連単純鉄桁	鋼製(円形)	損傷なし
31	川口橋	県道71号 (主)小千谷川口大和線	1954	211.0	9径間RCゲルバー桁	RCラーメン(円形)	橋台背面土沈下、左岸側橋脚1基柱頭部付近水平ひびわれ、右岸側橋脚柱部(下流側)及び柱頭部(上流側)水平ひびわれ、桁側面のコンクリート剥離
32	西倉橋	県道83号 (主)川口塩殿線	1974	310.0	(3+3)径間連続鋼鉄桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、桁間ジョイント部段差(最大45mm)、支承ローラー抜け出し・ボルト破断、支点上垂直補剛材座屈
33	四日町橋	県道458号 (一)下倉小出線	1985	139.4	鋼連続鉄桁	RC(小判)	損傷なし
34	青島大橋	県道232号 (主)浦佐小出線	1989	222.2	鋼連続鉄桁	RC(小判)	損傷なし
35	姿大橋	県道285号 (一)姿土市停車場線	1967	183.7	4径間単純鋼鉄桁	RC(円形)	損傷なし
36	宇賀地橋	県道333号 (一)中山電光堀之内線	1990	236.6	(3+2)径間連続鋼鉄桁	RC(小判)	橋台背面土沈下、右岸側橋台ウイング部ひびわれ、左岸側橋台パラベット基部コンクリート剥落、支承上音変位制限ストッパー部破断(右岸側橋台可動支承部)、支承上音変位制限ストッパー部変形(左岸側橋台可動支承部上流側)
37	新柳生橋	県道532号 (一)五箇小出線	1984	215.8	鋼連続鉄桁	RC(小判)	損傷なし
38	青島跨線橋	県道532号 (一)五箇小出線	1984	81.4	鋼単純鉄桁	RC(小判)	損傷なし
39	浦橋橋(旧橋)	県道589号(旧道) (一)小千谷長岡線	不明	不明	RCラーメン	RCラーメン(3柱2層)	橋脚せん断ひびわれ
40	川井大橋	小千谷市道	1994	307.0	4径間連続鋼箱桁	RC(円形)	橋台背面土沈下、落橋防止装置と取り付けウェブ座屈

(注1) 損傷の概要は、平成16年10月26日から11月23日にかけて実施した3回の調査で確認したものであり、また対象橋梁すべてを詳細に調査したものではない。

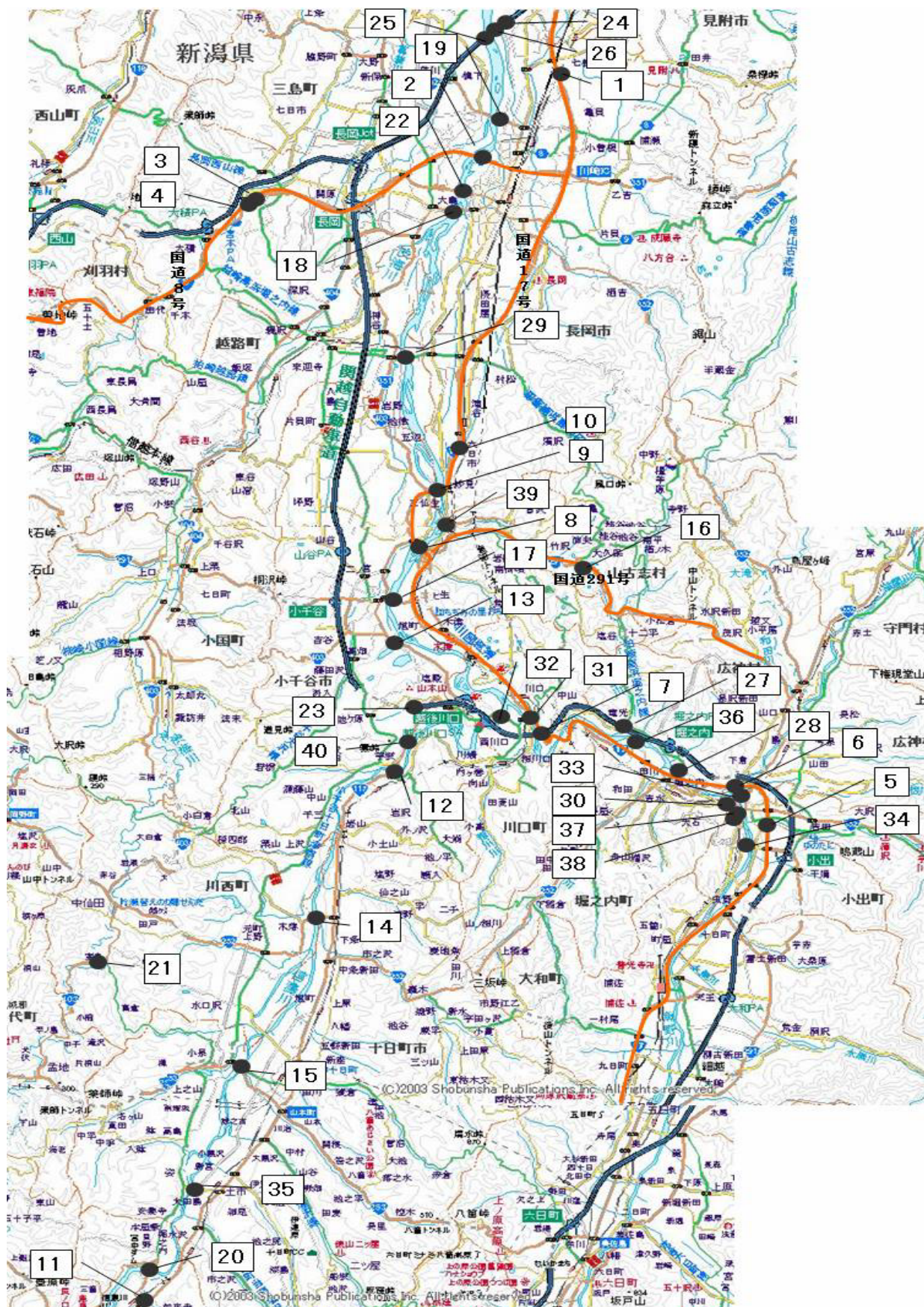


図-8.2.1 調査橋梁一覧

2.2 被害状況

2.2.1 新組跨線橋（下り線）

新組跨線橋の下り線は、1989年に竣工したJR信越本線を跨ぐ国道8号の橋である（写真-8.2.1）。上部構造は2径間単純＋3径間連続＋2径間単純鋼鈑桁、下部構造は円柱RC橋脚で杭基礎により支持されており、支承はBP支承である。上り線は1981年に竣工しており、下り線とはほぼ同じ構造であるが、板巻立てによる耐震補強が実施されていた（写真-8.2.2）。なお、下り線は耐震補強されていなかった。

地震により、下り線（柏崎方面）のP5橋脚の軸方向鉄筋(D32)の段落し位置でかぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋(D16、150mm間隔で配筋)の重ね継手のはずれが生じた（写真-8.2.3、写真-8.2.4）。また、P6橋脚でも斜めひびわれとかぶりコンクリートのうきが確認された。その他の橋脚では、橋脚柱上部に水平及び斜めひびわれが生じていた。さらに下り線A2橋台上におけるBP支承5基の移動制限ストッパー部に破損が確認された。特に両外桁のストッパーの変形が著しく、一部破断も確認された。

橋脚については、地震後10月26日から断面修復、炭素繊維シート巻立て（P5及びP6橋脚）ならびにひびわれへの樹脂注入（P5、P6橋脚以外）による応急復旧が行われた（写真-8.2.5、写真-8.2.6）。



写真-8.2.3 P5橋脚の断面損傷状況



写真-8.2.4 P5橋脚の断面損傷状況（拡大）



写真-8.2.1 新組跨線橋（手前が下り線）



写真-8.2.2 上り線橋脚の鋼板巻立て補強



写真-8.2.5 モルタルによる断面修復後の状況（P5橋脚、この後に炭素繊維シート巻立て）



写真-8.2.6 炭素繊維シート巻立てによる応急復旧状況（P6橋脚）

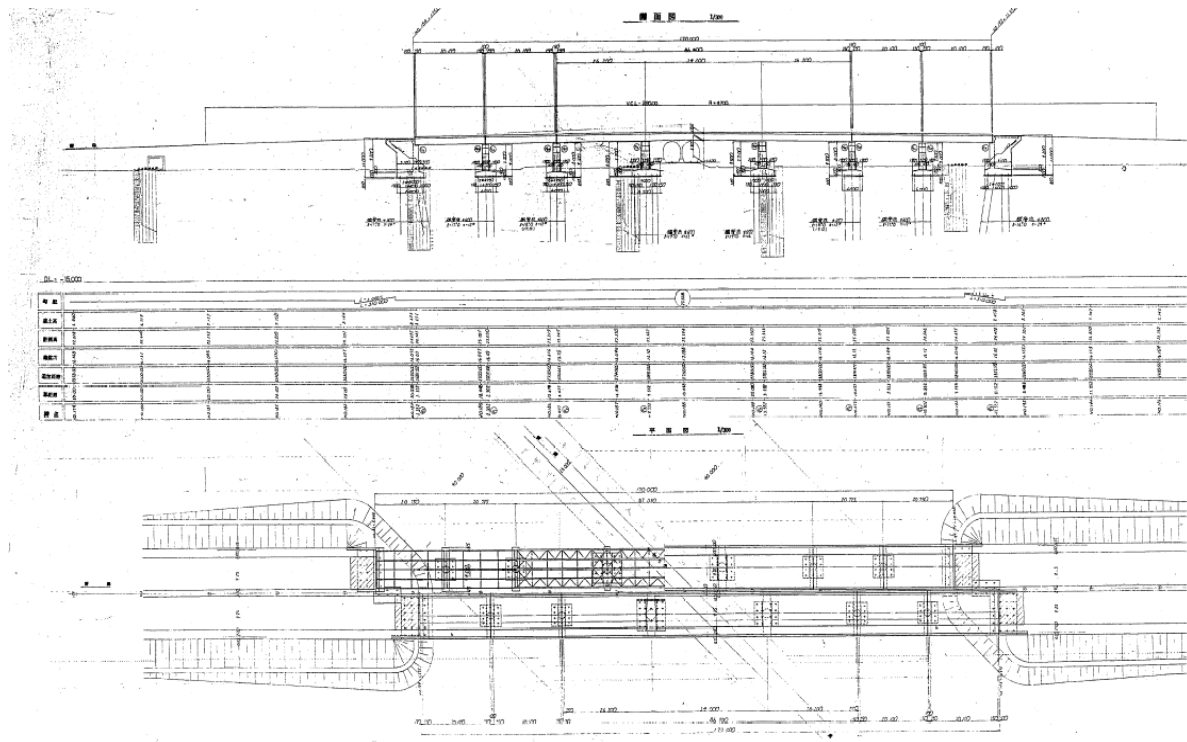


图-8.2.2 新組跨線橋橋梁一般図

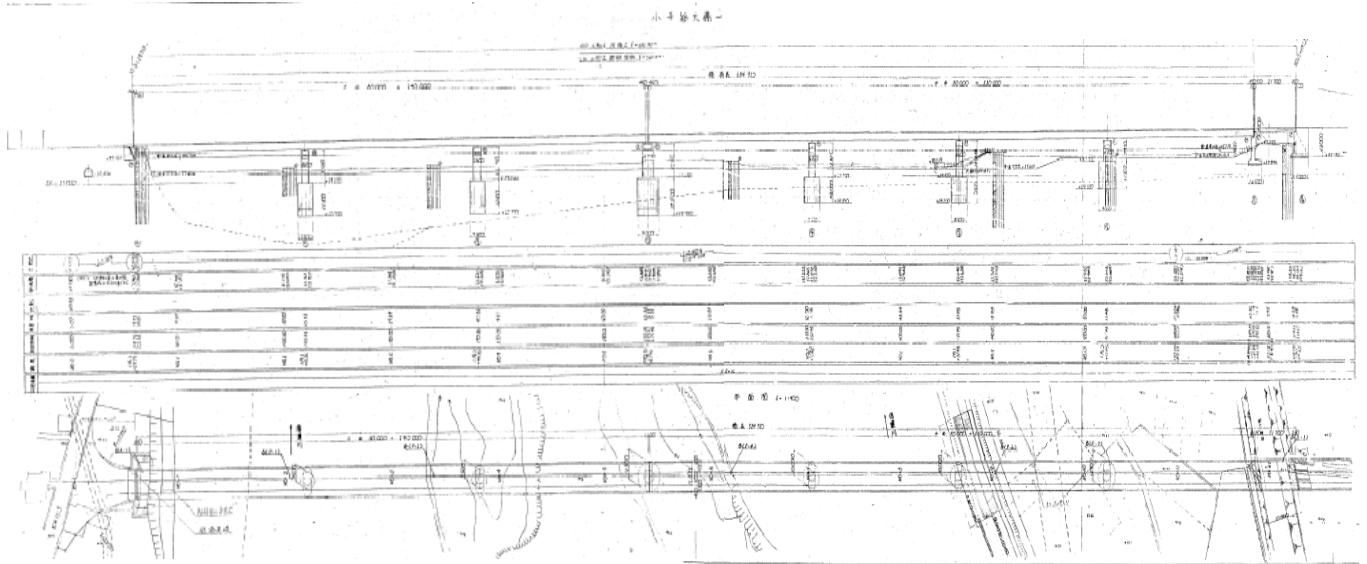


图-8.2.3 小千谷大橋橋梁一般図

2.2.2 小千谷大橋・小千谷ランプ橋（ひ生IC）

国道17号小千谷大橋は、1982年に竣工した信濃川を渡河する橋梁である（写真-8.2.7）。上部構造は、起点側（右岸側）から4径間と3径間の連続鋼箱桁、下部構造は円形RC橋脚、支承部はピン・ローラー支承である。なお、右岸側には側径間が1径間あり全8径間となる。このうち、4径間連続桁の固定部にあたるP2橋脚の柱部と横梁部の境界付近において、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれ、斜めひびわれが生じた（写真-8.2.8～写真-8.2.10）。可動支承のみを有する橋脚のうち、P4、P6及びP7橋脚の上流方向に水平及び斜めひびわれが生じた（写真-8.2.11）。この他に、支承部の移動制限ストッパー部やサイドブロック等の損傷（写真-8.2.12、写真-8.2.13）、3径間連続桁固定支承部の箱桁下フランジの変形、支承上補剛構造の局部座屈・亀裂が生じた（写真-8.2.14、写真-8.2.15）。10月26日から、P2橋脚では断面修復ならびに炭素繊維シート巻立てによる応急復旧が行われた（写真-8.2.16）。

また、右岸側の小千谷ランプ橋においては支承のサイドブロックの損傷が見られた。



写真-8.2.7 小千谷大橋（手前が起点側）



写真-8.2.8 P2橋脚の損傷状況



写真-8.2.9 P2橋脚の損傷状況（拡大：P1側）



写真-8.2.10 P2橋脚の損傷状況（拡大：上流側）



写真-8.2.11 橋脚に生じたひびわれ(P6橋脚)



写真-8.2.12 可動支承の損傷状況 (A2 橋台)



写真-8.2.15 箱桁端部支承上補剛構造の損傷状況 (P4 橋脚上)



写真-8.2.13 支承サイドブロックの損傷(P6橋脚上)



写真-8.2.16 P2橋脚の炭素繊維シート巻立てによる応急復旧状況



写真-8.2.14 箱桁下フランジの変形(P5橋脚上)

2.2.3 山辺橋

山辺橋は、1986年に竣工した、JR信濃川発電所の導水管を跨ぐ国道117号の橋である。上部構造は、起点側（十日町側）から、単純鋼鈑桁、鋼ローゼ桁、単純鋼箱桁、2径間単純鋼鈑桁の全5径間である。下部構造は、起点側から、RC壁式橋脚（P1）、耐震壁付きRC1層ラーメン橋脚（P2）、RC2層円柱ラーメン橋脚（P3）、RC1層円柱ラーメン橋脚（P4）からなり、橋台を含めて全て深礎杭で支持されている。支承部は、単純桁部がBP支承、ローゼ桁部がピン・ローラー支承である。地震当時は、鈑桁部と橋台部で上部構造 - 下部構造を結ぶ落橋防止ケーブルの取り付け工事中であり、ローゼ桁部 - 橋脚間のみ完成している状態であった。また、ローゼ桁部には段差防止構造も設置されて



写真-8.2.17 山辺橋（右が小千谷方向）

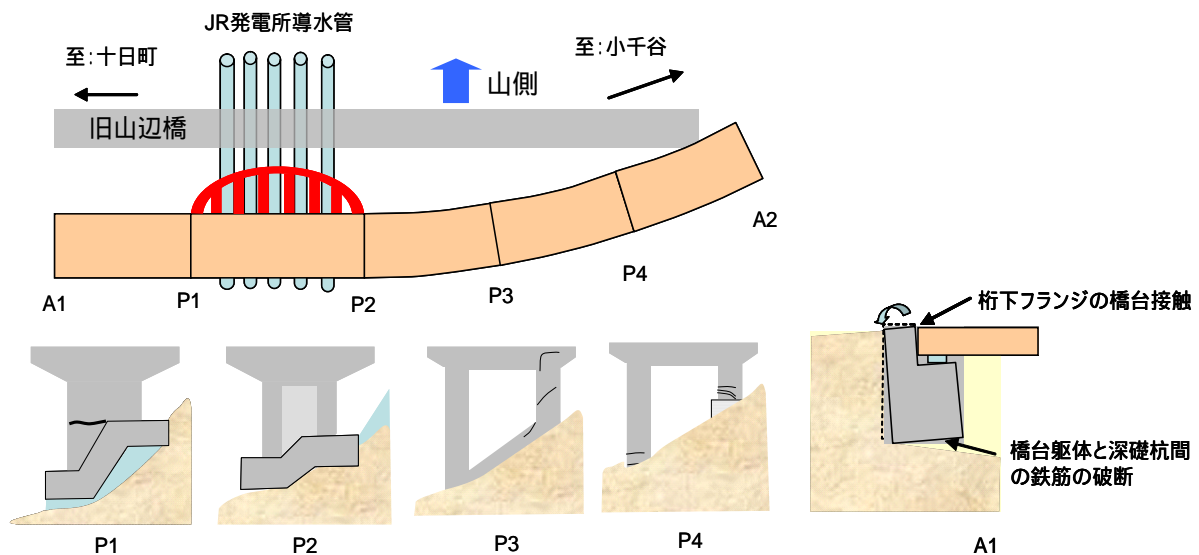


図-8.2.4 山辺橋の周辺状況と下部構造の損傷状況

いた（写真-8.2.17、図-8.2.4）。

ローゼ桁固定側（単純桁側は可動）のP1橋脚において、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれが生じた（写真-8.2.18）。損傷の程度はA1橋台側の面の方が大きく、P2側はかぶりコンクリートが剥離している状態であった（写真-8.2.19）。これらの損傷位置は、壁式橋脚の山側半分ほどの基部にあたり、断面の剛性が急変しているところである。また、この橋脚のフーチング下面では深礎杭の頭部が露出していたが、これは周辺の斜面や擁壁部が沈下したためと考えられる。ローゼ桁可動側のP2橋脚についても基礎周辺は同様な状況であったが、橋脚自体に損傷は見られなかった（写真-8.2.20）。

P3橋脚（写真-8.2.21）では、山側の柱部の上部に位置する梁部に縦ひびわれが生じた。このひびわれは、この柱の谷側からかぶりコンクリートの厚さ分内側の位置付近を起点に上方に延びており、梁上端付近で山側に曲がるように生じていた（写真-8.2.22）。さらに、山側の短柱では柱の中間付近に斜面に沿う方向にせん断ひびわれが生じていた（写真-8.2.23）。また、斜面に沿って設置されている中間梁についても、山側の柱基部付近から谷方向にひびわれが生じていた。谷側では深礎杭の頭部が露出していた。

P4橋脚では、山側の短柱の基部付近から柱高さの半分程度にわたり水平および斜めひびわれが生じており、深礎杭の頭部が露出していた（写真-8.2.24）。さらに、谷側の長柱では、柱基部付近で水平ひびわれが発

生した。P3橋脚と異なり、梁部には損傷は見られなかった。

A1橋台は、橋台背面盛土の沈下その他、固定支承の移動制限ストッパー部が破断し、桁の下フランジがパラペットに衝突してジョイント部の遊間も無くなっていたが（上フランジ側は逆に遊間が広がっていた）、橋台躯体には衝突痕が残る程度で損傷がなかった。また、橋台基礎周辺地盤が沈下し、橋台躯体部と深礎杭間の鉄筋が破断しているのが確認された（写真-8.2.25）。これら2点をあわせると、橋台が足下をすくわれる形で前面に押し出され、傾斜したものと考えられる（図-8.2.4の右の図）。

A2橋台は、橋台背面盛土が1m程度沈下した他（写真-8.2.26）、固定支承の移動制限ストッパー部が破断していたが、こちらも橋台躯体には損傷は見られなかった。また、橋台周辺地盤の沈下により深礎杭の頭部が露出していたが、A1橋台のような鉄筋の破断は確認できなかった。

各ジョイント部における山側と谷側の遊間量を計測し、道路線形の設計時に対する地震後の状態を推定した（図-8.2.5）。P1、P2、P3橋脚部では、山側の遊間量は谷側に比べ大きく、P4、A2ではその逆となっていた。この傾向は、各可動支承の移動状況と整合していた。このことから、ローゼ桁（P1～P2間）の線形を不動と仮定した場合、設計に比べ全体的に谷側に道路線形が振れていることになる。

山側にある旧山辺橋（1949年竣工、RC鈹桁橋）は、橋台背面盛土は1m程度沈下していた（写真-8.2.27）。また、橋脚上では2～3 cm程度の路面段差が生じていた。



写真-8.2.18 P1橋脚の損傷(A1橋台側、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみだし、帯鉄筋の重ね継手のはずれ)



写真-8.2.19 P1橋脚の損傷(P2橋脚側)



写真-8.2.20 P2橋脚 (P3橋脚側)



写真-8.2.21 P3橋脚 (P2橋脚側)



写真-8.2.22 P3橋脚梁部のひびわれ



写真-8.2.23 P3橋脚短柱側面の斜めひびわれ



写真-8.2.24 P4橋脚（短柱側）の水平・斜めひびわれ



写真-8.2.25 A1橋台部における橋台躯体と深礎杭間の鉄筋の破断



写真-8.2.26 A2橋台背面盛土の沈下



写真-8.2.27 旧山辺橋（左）の橋台背面盛土

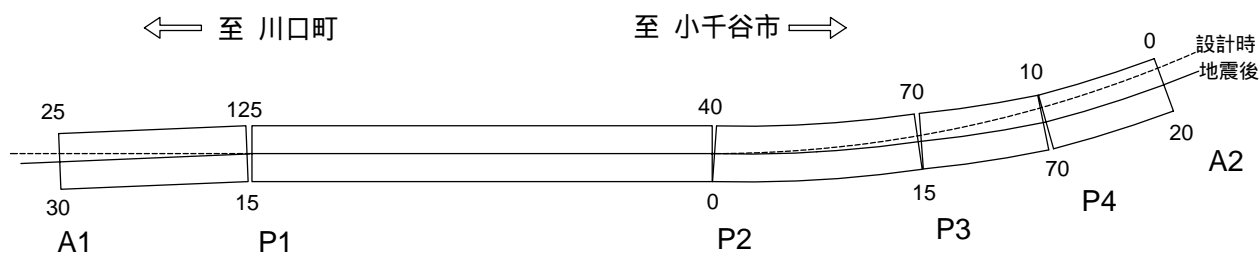


図-8.2.5 山野辺橋における伸縮装置の遊間量(mm)と橋梁線形の推定イメージ
(P1～P2間の線形を不動と仮定した場合)

2.2.4 その他の橋梁

上記3橋梁に比べると構造的な被害は少ないが、支承部の損傷や橋台、橋脚のひびわれ等の損傷が生じている橋が多く見られた。表-8.2.1において損傷が確認された橋梁の状況を、表の順番に従って以下に示す。なお、数多くの橋梁で生じている橋台背面土の沈下については、表-8.2.1に記載し、本節においては記述を省略する。

(1) 長岡大橋

長岡大橋では、支承カバープレート及びサイドブロックの変形、ロッカーローラー支承の傾斜、主桁ウェブの変形等が生じた（写真-8.2.28）。また、支間の中央部における添架管の破損や高欄の破損も見られた。

(2) 宮本橋

宮本橋では、橋台ウイング部にひびわれが生じた（写真-8.2.29）。

(3) 観音橋側道橋

観音橋側道橋では、橋台パラペットと桁の衝突に起因すると考えられるひびわれが見られた。（写真-8.2.30）。

(4) 新佐梨橋

新佐梨橋では、小千谷側のA2橋台で支承の下沓のわれが見られた（写真-8.2.31）。

(5) 堀之内橋

堀之内橋では、P1 橋脚の固定支承においてサイドブロックの変形・脱落及び支承ピンの橋軸直角方向へのずれ、ピンカバーの脱落が見られ、支点上の桁ウェブ面にはらみが生じた（写真-8.2.32）。また、P2 橋脚の高さ方向中心部と、地表面付近に水平ひびわれが生じた（写真-8.2.33）。



写真-8.2.28 サイドブロックの変形（長岡大橋）



写真-8.2.29 A2 橋台ウイング部のひびわれ（宮本橋）



写真-8.2.30 橋台パラペットのひびわれ（観音橋側道橋）



写真-8.2.33 P2 橋脚の水平ひびわれ（堀之内橋）

(6) 和南津橋

和南津橋では、小出側A1橋台上ではパラペットのひびわれ、主桁端部の腐食の激しい部分での損傷や、添架物の破損が生じた（写真-8.2.34、写真-8.2.35）。また、P1、P2間のゲルバー部において桁間連結部の固定ボルトの損傷やサイドブロックの損傷が見られた（写真-8.2.36）。さらに、小千谷側A2橋台においても、桁の衝突による橋台パラペット部下端のひびわれ・剥離が生じた。

(7) 越の大橋

越の大橋では、P1橋脚において垂直方向へ貫通ひびわれが生じた（写真-8.2.37）。また、P1橋脚の固定支承の支承セットボルトの破断（写真-8.2.38）及びサイドブロックの破損が生じた。P2においても可動支承のサイドブロックの破損、支点上垂直補剛材の座屈変形や亀裂、対傾構の変形が生じた。

(8) 十日町高架橋

十日町高架橋では、中空床版桁の支承アンカーバーの損傷及びゴム支承の残留変形がA1～P12の間で見られた（写真-8.2.39）。また、P12からP18の連続鉄桁部における対傾構・下横構の変形（写真-8.2.40）や、床版下面のコンクリートの剥離、主桁ウェブ突合せ溶接部塗膜剥離が生じた。A1～P12の間の橋脚基部では、液状化による噴砂及び地割れが確認された。

(9) 魚沼橋

魚沼橋では、右岸側橋台のランガー桁固定支承部のアンカーボルトが若干抜け出るとともに（写真-8.2.41）、ランガー桁可動側の橋脚上の側道橋側固定支承における沓座モルタルのわれ、側道橋部と車道橋部の衝突による車道地覆コンクリートのわれが生じた。また、側道橋では兩岸橋台上の沓座コンクリートの損傷が見られた。



写真-8.2.31 A2 橋台部支承下沓のわれ（新佐梨橋）



写真-8.2.32 支点上の桁ウェブ面のはらみ（堀之内橋）

(10) 栄橋

栄橋では、桁コンクリートのひびわれおよび線支承沓座モルタルのわれが生じた（写真-8.2.42）。

(11) 十日町橋

十日町橋では、2橋脚上で橋脚および支承との接触による桁下部のコンクリートの剥離が確認できた。また、橋軸直角方向のコンクリート製の変位制限構造が無くなっている箇所が4カ所確認できたが、全てが今回の地震が原因かは確認できなかった（写真-8.2.43）。さらに、左岸側橋台部（A1）では、親柱と高欄の衝突痕も確認できた。

(12) 錦鯉橋

錦鯉橋では、両橋台の基部が河川側に移動して橋台背面方向へ傾斜し、背面土工部が沈下するとともに、橋台躯体に斜めひびわれが生じた（写真-8.2.44）。

(13) 旭橋

旭橋では、右岸側橋脚2基に水平ひびわれが生じた。また、上流側の側道橋では、右岸側橋台部で桁との衝突による橋台の破損、沓座モルタルのわれ、アンカーボルトの抜け出しが生じた。下流側の側道橋では、右岸から7～8径間目付近の桁間連結プレートのボルトがはずれた（写真-8.2.45）。

(14) 宮中橋

宮中橋では、左岸側橋台の支承部（固定支承）で沓座モルタルが剥落し、支承のアンカーボルトが露出するとともに、抜け出しも生じており、応急処置としてH鋼の仮受けが施されていた（写真-8.2.46）。また、右岸側橋台の支承部では中央の主桁の下フランジの変形、左岸から1本目の橋脚上のかげ違い部では単径間側可動支承の移動制限ストッパー部の変形をそれぞれ確認した。



写真-8.2.34 A1 橋台上主桁の損傷（和南津橋）



写真-8.2.35 橋台パラベットのひびわれ（和南津橋）



写真-8.2.36 P1-P2 ゲルバー部におけるボルトの破損（和南津橋）



写真-8.2.37 P1 橋脚の垂直ひびわれ（越の大橋）



写真-8.2.38 ピボット支承セットボルトの破損
(越の大橋)



写真-8.2.41 ランガーアーチ固定支承部のアンカーボルトの引き抜け(魚沼橋)



写真-8.2.39 ゴム支承の変形(十日町高架橋)



写真-8.2.42 桁コンクリートおよび支承沓座モルタルの剥離(栄橋)



写真-8.2.40 連続鈑桁における対傾構・下横構の変形(十日町高架橋)



写真-8.2.43 橋軸直角方向の変位制限構造のはずれ(十日町橋)



写真-8.2.44 橋台に生じた斜めひびわれ（錦鯉橋）



写真-8.2.45 桁間連結プレートとボルトのはずれ（旭橋）



写真-8.2.46 左岸側橋台部支承部の損傷状況（宮中橋）

(15) 大手大橋

大手大橋では、既設橋のP1橋脚と下流側に建設されたRC小判型橋脚を連結するRC壁連結部でかぶりコンクリートのひびわれおよび剥落が生じた（写真-8.2.47）。

(16) 塩殿橋

塩殿橋では、橋脚のかけ違い部には震災前のものと思われる補修跡が見られたが、その箇所に水平ひびわれが見られ、補修モルタルの一部が欠けていた（写真-8.2.48）。

(17) 芋川橋

芋川橋では、下り線の固定支承を有する橋脚1基で橋軸直角方向の面にせん断ひびわれが生じた（写真-8.2.49）。また、桁衝突により高欄および橋台が損傷した（写真-8.2.50）。なお、この他に、本橋では支承部の破損が報告されている。

(18) 根小屋橋

根小屋橋では、両端の橋台から1本目の橋脚で、いずれも水面から1.5m程の高さに水平ひびわれが生じた（写真-8.2.51）。また、右岸側橋台の固定支承の移動制限ストッパー部の破断及び橋台ウイング部のひびわれ、左岸側橋台の可動支承の移動位制限ストッパー部に衝突痕を確認した。

(19) 越路橋

越路橋では、右岸側橋台から2本目のRC壁式橋脚に地表面から高さ1.5mと2mほどのところに微小な水平ひびわれが生じた。また、高欄および右岸側橋台のBP支承（可動）に3、4cm程度の擦過痕を確認した（写真-8.2.52）。

(20) 川口橋

川口橋では、左岸側1本目の橋脚の上流側柱部の柱頭部付近に水平ひびわれが、また、右岸側1本目の橋脚の上流側梁接合部に水平ひびわれ、下流側柱部に斜めひびわれが生じた（写真-8.2.53）。さらに車道部と側道部の衝突により側道地覆コンクリートが損傷した。

(21) 西倉橋

西倉橋では、2連のかけ違い部のジョイント部に段差が生じており、その差は車道部の下流側45mm程度、上流側5mm程度となっていた。かけ違い部橋脚上の右岸側連続桁下流側主桁における支承で、ボルト破断によるサイドブロックの損傷、支点上垂直補剛材の座屈が見られた（写真-8.2.54）。この箇所では、路面段差の程度から、ローラーが抜け出していたものと考えられる。一方、段差が軽微であった上流側の支承部は、

右岸側、左岸側ともに支承のローラーの抜け出しが確認された。橋台部の支承でもストッパーのボルト抜け出しが見られた。橋台部の支承でもストッパーのボルト抜け出しが見られた。

(22) 姿大橋

姿大橋では、側道橋部で支承アンカーボルトの若干のずれ、橋脚天端の沓座モルタルの破損が生じた（写真-8.2.55）。

(23) 宇賀地橋

宇賀地橋では、両端橋台の parapet 基部付近でひびわれ及び剥離が生じるとともに、両端橋台部の可動支承の移動制限ストッパー部が変形した（写真-8.2.56）。

(24) 浦柄橋(旧橋)

県道589号線（旧国道17号線）の浦柄橋の上流部にある旧橋では、長岡側の三柱ラーメン柱部のうち2柱に斜めひびわれが生じ、一部かぶりコンクリートが剥落して鉄筋が露出していた（写真-8.2.57）。

(25) 川井大橋

川井大橋では、橋台部の落橋防止装置の面外曲げ変形とその取付け部ウェブの座屈変形が生じた（写真-8.2.58）。また、その近傍のソールプレートと支承の間では 1 mm 程度のずれが生じた。



写真-8.2.47 RC 壁連結部でのかぶりコンクリートの剥離（大手大橋）



写真-8.2.48 橋脚かけ違い部の水平ひびわれ（塩殿橋）



写真-8.2.49 固定橋脚に生じたせん断ひびわれ（芋川橋）



写真-8.2.50 桁衝突による高欄および橋台の損傷（芋川橋）



写真-8.2.51 橋脚に生じた水平ひびわれ（根小屋橋）



写真-8.2.54 支点上垂直補剛材の座屈（西倉橋）



写真-8.2.52 BP 支承に生じた擦過痕（越路橋）



写真-8.2.55 沓座モルタルの損傷（姿大橋）



写真-8.2.53 左岸側 1 本目の橋脚の上流側柱頭部に生じた水平ひびわれ（川口橋）



写真-8.2.56 可動支承上沓の変位制限ストッパー部分の変形（宇賀地橋）



写真-8.2.57 ラーメン柱部に生じたせん断ひびわれ（浦柄橋旧橋）

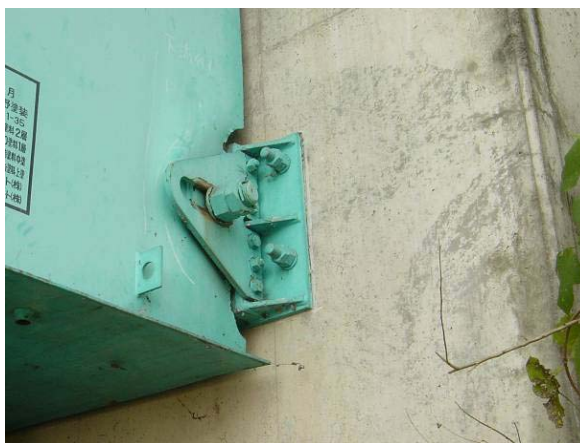


写真-8.2.58 橋台部落橋防止装置の変形状況（川井大橋）

2.3 まとめ

今回の地震により、道路橋では、鉄筋コンクリート橋脚段落とし部や支承部の損傷、桁端部の衝突およびそれに伴う橋台の損傷、橋台取付け盛土の沈下等が生じたが、ほとんどの事例は従来の地震における損傷形態と同様のものではあった。新組跨線橋、小千谷大橋および山辺橋では、損傷の程度が相対的に大きかったが、応急復旧により交通を確保できる程度のものであり、被災地における交通ネットワークの確保及び早期の震後復旧に対する要求を満足できたものと考えられる。しかし、強震域に道路橋自体がそれほど多くなかったことが、被害が少なかった要因である可能性もあることから、今後、地震動と橋梁の被害程度や地震応答特性の関係について検討し、道路橋の耐震設計に反映させていく必要があると考えられる。

3．道路土工・斜面

3.1 道路土工・斜面の被害概要

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、山間地の自然斜面の崩壊や土工構造物の崩壊など、各地において土砂災害が多く発生した。道路においても山間部の土工構造物の被害や斜面崩壊が多発し、道路の寸断から集落が孤立するといった事態も生じた。本章では、直轄国道、県管理の国道、県道の主な道路土工・斜面の被災状況について報告する。

図-8.3.1は、道路土工・斜面崩壊に係わる地震被害による通行止め箇所を示したものである。表-8.3.1に直轄国道の土工・斜面区間において交通規制の対象となった箇所の一覧を示す。また、表-8.3.2に国道291号の直轄権限代行区間における道路土工関係の被災箇所と通行規制状況を示す。図-8.3.2に示す国道291号の大規模な土砂災害が生じた約10kmの区間では、北陸地方整備局が直轄権限代行により災害復旧を行っている。

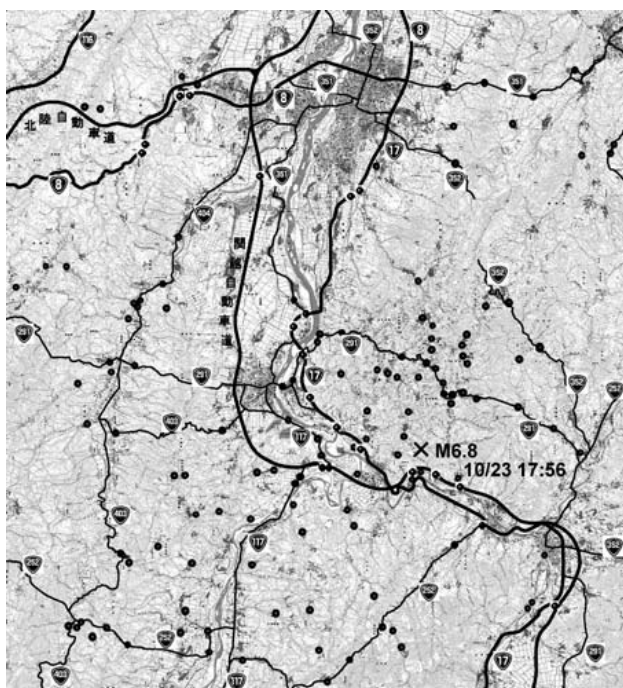


図-8.3.1 道路土工の被害及び斜面崩落による通行止め箇所

図-8.3.1の範囲外も含めた国道及び県道の通行止め箇所は241箇所（高速道路を除く）であり、そのうち道路土工の被害、斜面崩壊による通行止め箇所は209箇所であった。したがって、土工・斜面に係わる被害箇所は全体の87%を占め、新潟県中越地震による道路の被害の特徴として土工部の被害が多かったことがわかる。

また、表-8.3.3 に、新潟県の管理する国道・県道における、被害形態別の全面通行止め箇所数を示す。新潟県の管理する国道・県道において、地震発生直後に全面通行止めの措置がとられたのは合計 224 箇所（補助国道：61 箇所、県道：163 箇所）であった。被害形態別に集計したものが図-8.3.3 である。「その他」を除く、施設被害による通行止め箇所数 197 箇所の内訳は、斜面崩壊 82 箇所（41.6%）、路面損傷 108 箇所（54.8%）、構造物損傷 7 箇所（3.5%）となっており、いわゆる土工部（斜面崩壊および路面損傷）の被害は 96.5%を占めている。なお、この被害形態分類は新潟県によっているが、橋梁取り付け盛土の段差は路面損傷に分類されている。1995 年兵庫県南部地震において、土工部の被害が施設被害全体に占める割合は58%であり¹⁾、このことから今回の地震による道路被害は土工部の被害が目立ったことが裏付けられる。

今回の地震発生3日前にあたる10月20日には、台風23号の通過にともなう激しい雨が長岡市を中心に降った。表-8.3.4に地震発生前5日間の日降雨量を示す。長岡観測所における累積降雨量は124mmに達した。10月の月間平均降雨量（気象庁、1979年～2000年の平均値）が195.3mmであることから、わずか5日間に月間平均降雨量の約64%にあたる降雨があった。このため、地震前には土壌は多くの水分を含んでいたものと推定され、このことが土工・斜面の被害を拡大させたことも考えられる。

道路土工・斜面の主な被害は、沢埋め盛土の沈下や崩壊、ブロック積擁壁の倒壊、ボックスカルバートの沈下及び目地部の開き、斜面の崩壊等であった。



図-8.3.2 国道291号における直轄権限代行区間

表-8.3.3 新潟県の管理する国道・県道における全面
通行止め箇所数

被害形態		箇所数	(比率)
斜面崩壊	土砂崩れ	78	34.8
	落石	2	0.9
	石積み倒壊	2	0.9
路面損傷	道路決壊	30	13.4
	道路陥没	78	34.8
構造物損傷	橋梁	4	1.8
	シェッド	2	0.9
	トンネル	1	0.4
その他	事前通行規制	22	9.8
	その他	5	2.2
合 計		224	100

注1) 新潟県が管理する道路(国道・県道)において、地震後に
通行規制を実地した箇所

注2) 被害形態の分類は新潟県による

注3) 出典：新潟県道路管理課

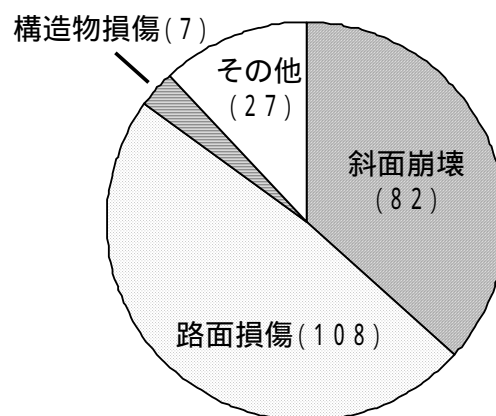


図-8.3.3 新潟県の管理する国道・県道における被害
形態別の全面通行止め箇所数

表-8.3.4 長岡市及び小千谷市周辺での降雨量

	24時間降雨量(但し、23日については17時 間累計)				
	10月 19日	10月 20日	10月21 日	10月 22日	10月 23日
長岡観測所	4mm	101mm	13mm	1mm	5mm
小千谷観測所	4mm	98mm	16mm	21mm	5mm
堀之内観測所	6mm	74mm	15mm	23mm	9mm
上条観測所 (守門村)	7mm	76mm	12mm	13mm	3mm

国土交通省水文水質データベースより

表-8.3.1(1) 直轄国道の土工区間における交通規制状況
(国土交通省北陸地方整備局災害対策本部情報より)

番号	路線名	被災地名	概況	キロ標	被災内容		交通規制
					道路施設分類	内容	通行止(応急復旧)
1	8号	見附市大字上新田字新江東	橋梁取付部盛土区間	49k560 ~ 50k110	盛 土	盛土変状(法面崩壊)	【全面通行止め】 (H16.10.23 20:05 ~ H16.10.24 18:36) 【片側交互通行】 (H16.10.24 18:36 ~ H16.10.30 17:00)
					擁 壁	ブロック積破損	
					函 渠	ボックスカルバート沈下・目地開口	
4	8号	長岡市喜多町字金輪	I.Cに位置する盛土区間	64k280 ~ 65k830	盛 土	盛土変状(法面変状)	交通規制なし
					函 渠	ボックスカルバート沈下・目地開口・頂版破損	
6	8号	長岡市宮本町字新保	盛土区間	69k391 ~ 69k990	盛 土	盛土変状(法面崩壊)	【全面通行止め】 (H16.10.27 11:02 ~ H16.10.28 6:00)
					擁 壁	擁壁変状 ブロック積破損 補強土壁変状	
					函 渠	ボックスカルバート沈下	
7	8号	長岡市大積3丁目	片切片盛区間	73k480 ~ 74k320	擁 壁	擁壁沈下	【全面通行止め】 (H16.10.23 23:35 ~ H16.10.25 0:45)
8	8号	柏崎市北半田一丁目	橋梁取付部盛土区間	92k353 ~ 92k448	擁 壁	擁壁損傷、地覆損傷	【全面通行止め】 (H16.10.23 20:25 ~ H16.10.23 22:00)
					函 渠	ボックスカルバート目地開口	
10	17号	魚沼市(旧堀之内町)大字田戸字前島	橋梁取付部盛土区間	250k280 ~ 252k140	擁 壁	石積擁壁崩壊 L型擁壁沈下・傾斜	【全面通行止め】 (H16.10.23 20:58 ~ H16.10.25 4:30) 【片側交互通行】 (H16.10.25 4:30 ~ H16.10.28 6:00)
11	17号	魚沼市(旧堀之内町)大字下島字若宮	切土区間	254k360 ~ 256k600	盛 土	盛土沈下・陥没	【全面通行止め】 (H16.10.23 19:00 ~ H16.11.2 16:20) 【片側交互通行】 (H16.11.2 16:20 ~ H16.12.26 14:55)
					斜 面	斜面崩壊 斜面クラック・変状	
					擁 壁	ブロック積破損、ブロック張破損 重力式擁壁破損	
12	17号	北魚沼郡川口町大字和南津字野中	盛土区間	256k905 ~ 257k203	擁 壁	ブロック積破損	【全面通行止め】 (H16.10.23 19:00 ~ H16.11.2 16:20) 【片側交互通行】 (H16.11.2 16:20 ~ H16.12.26 14:55)
14	17号	北魚沼郡川口町大字和南津字仏古田	片切片盛区間	257k363 ~ 258k190	盛 土	盛土沈下	【全面通行止め】 (H16.10.23 19:00 ~ H16.10.24 15:20) 【片側交互通行】 (H16.10.24 15:20 ~ H16.11.2 16:20)
					擁 壁	ブロック張・ブロック積・石積破損	
					函 渠	函渠変位・継目開口	
15	17号	北魚沼郡川口町大字川口字前島	片切片盛区間	260k405 ~ 261k570	盛 土	盛土変状(法面崩壊)	交通規制なし
					擁 壁	ブロック積破損 グラウンドアンカーの抜け	
16	17号	北魚沼郡川口町大字牛ヶ島字貝之沢	片切片盛区間	261k780 ~ 262k375	擁 壁	ブロック積破損 擁壁破損	【全面通行止め】 (H16.10.23 18:45 ~ H16.10.29 9:00)
17	17号	北魚沼郡川口町大字牛ヶ島字落田	切土盛土区間	262k375 ~ 262k580	盛 土	盛土変状	【全面通行止め】 (H16.10.25 9:35 ~ H16.10.29 20:00) 【片側交互通行】 (H16.10.29 20:00 ~ H16.10.31 6:00)
					斜 面	斜面崩落	
					擁 壁	ブロック積倒壊、擁壁損傷	

表-8.3.1(2) 直轄国道の土工区間における交通規制状況
(国土交通省北陸地方整備局災害対策本部情報より)

番号	路線名	被災地名	概況	キロ標	被災内容		交通規制
					道路施設分類	内容	通行止(応急復旧)
20	17号	北魚沼郡川口町 大字相川字天納	片切片盛区間	263k427 ~ 263k483	盛 土	盛土崩壊	【全面通行止め】 (H16.10.23 18:45 ~ H16.10.25 1:00) 【片側交互通行】 (H16.10.25 1:00 ~ H16.10.31 22:30)
					擁 壁	擁壁倒壊	
21	17号	小千谷市大字上 片貝字川向	片切片盛区間	263k483 ~ 264k170	擁 壁	ブロック積沈下・傾斜	【全面通行止め】 (H16.10.23 18:45 ~ H16.10.25 1:00) 【片側交互通行】 (H16.10.25 1:00 ~ H16.10.31 22:30)
22	17号	小千谷市大字ひ 生字広田	盛土区間	264k610 ~ 265k802	盛 土	盛土崩壊・変状	【全面通行止め】 (H16.10.23 23:25 ~ H16.10.25 18:30)
					擁 壁	ブロック積破損、倒壊	
					函 渠	函渠変位・継目開口	
23	17号	小千谷市大字ひ 生字河内	トンネル橋梁間の切 土盛土	266k300 ~ 266k356	盛 土	盛土法面の滑落	
25	17号	小千谷市大字ひ 生字前山	トンネル坑口切土法 面	267k460 ~ 267k630	斜 面	斜面崩壊	【全面通行止め】 (H16.10.23 23:25 ~ H16.10.25 18:30)
					擁 壁	ブロック積破損	
					函 渠	ボックスカルバート沈下・目地開口	
28	17号	長岡市十日町字 狐塚	I.Cに位置する盛土区 間	275k590 ~ 276k852	盛 土	盛土変状	【全面通行止め】 (H16.10.24 0:50 ~ H16.10.24 17:38) 【片側車線通行止め】 (H16.10.24 17:38 ~ H16.10.25 10:00) 【車線減少】 (H16.10.25 10:00 ~ H16.10.30 17:00)
30	17号	長岡市片田町字 三辺	盛土区間	277k200 ~ 278k240	函 渠	ボックスカルバート袖部開口	全面通行止め (H16.10.24 0:50 ~ H16.10.24 17:38) 【片側車線通行止め】 (H16.10.24 17:38 ~ H16.10.25 10:00) 【車線減少】 (H16.10.25 10:00 ~ H16.10.30 17:00)
31	17号	長岡市高畑町字 上裏	盛土区間	280k375 ~ 281k100	擁 壁	ブロック積破損・倒壊	全面通行止め (H16.10.24 0:50 ~ H16.10.24 17:38) 【片側車線通行止め】 (H16.10.24 17:38 ~ H16.10.25 10:00) 【車線減少】 (H16.10.25 10:00 ~ H16.10.30 17:00)
32	17号	長岡市鉢伏町字 京田	盛土区間	281k200 ~ 281k940	擁 壁	ブロック積破損・倒壊	【車線減少】 (H16.10.23 10:00 ~ H16.10.24 14:00) 【片側車線通行止め】 (H16.10.24 14:00 ~ H16.10.25 10:00)
33	17号	長岡市長倉町字 久保田	I.Cに位置する盛土区 間	282k070 ~ 284k040	函 渠	ボックスカルバート沈下・目地開口	交通規制なし
						地下横断歩道目地破損	

表-8.3.2 国道291号直轄権限代行区間における土工関係被災箇所と通行規制状況

番号	箇所名	被害内容	交通規制状況		箇所番号
			一般車両	工事車両等	
1	山古志村大字小松倉	斜面・道路崩壊 L=50m, 道路崩壊 L=10m, 路面不陸 L=110m	通行不可	通行可	1 - - A
2	山古志村大字小松倉	斜面・道路崩壊 L=35m, 道路崩壊 L=45m, 路面不陸 L=100m	通行不可	通行可	1 - - C
3	山古志村大字小松倉	斜面・道路崩壊 L=70m, 路面不陸 L=70m	通行不可	通行可	
4	山古志村大字小松倉 ～東竹沢	斜面・道路崩壊 L=25m, 道路崩壊 L=310m, 路面不陸 L=925m	通行不可	通行可	1 - - G
5	山古志村大字東竹沢	斜面崩壊による道路埋没 L=300m, 冠水 L=100m, 路面不陸 L=180m	通行不可	一部通行 不能	
6	山古志村大字東竹沢	斜面・道路崩壊 L=110m, 道路崩壊 L=60m, 路面不陸 L=120m	通行不可	通行可	1 - - A, 1 - - B
7	山古志村大字東竹沢	斜面崩壊 L=110m, 路面不陸 L=60m	通行不可	通行可	1 - - C, 1 - - D
8	山古志村大字東竹沢	道路崩壊 L=80m, 路面不陸 L=90m	通行不可	通行可	1 - - E, 2 - - A
9	山古志村大字東竹沢	道路崩壊L=40m, 崩壊土砂 V=220m ³ , 路面不陸 L=160m	通行不可	通行可	
10	山古志村大字東竹沢	斜面・道路崩壊 L=50m, ブロック積崩壊 L=35m, 路面不陸	通行不可	通行可	2 - - B
11	山古志村大字東竹沢	斜面・道路崩壊 L=50m, 道路崩壊 L=70m, 吹きつけコンクリート崩壊 A=600m ² , 路面不陸 L=91m	通行不可	通行可	
12～ 14	山古志村大字竹沢	斜面・道路崩壊 L=490m, 道路崩落 L=50m, 路面不陸 L=150m, 吹付コンクリート剥離A=7430m ² , ブロック積崩壊L=30m, 雪崩予防策滑落N=30基	通行不可	一部通行 不能	
15	山古志村大字竹沢	斜面崩壊 L=30m, ブロック積崩壊 L=30m, トンネル内クラック, 路面不陸 L=441m	通行不可	通行可	
16	山古志村大字竹沢	斜面崩壊 L=90m, 道路崩壊 L=460m, 吹付コンクリート剥離A=1000m ² , 路面不陸 L=250m	通行不可	通行可	
17	山古志村大字竹沢	道路陥没 L=440m, ブロック積はらみ出 L=30m, 井桁擁壁はらみ出 L=70m, 路面不陸 L=181m	通行不可	通行可	
18	小千谷市大字南荷頃	道路陥没 L=300m, 路面不陸 L=180m	通行不可	通行可	4 - A - 1, 4 - A - 2, 4 - A - 3
19	山古志村大字竹沢	道路陥没 L=50m, 路面不陸 L=580m	通行不可	通行可	

3.2 道路盛土

3.2.1 概要

今回の地震は中山間地域に震源域を持ったことから、河岸段丘沿いの盛土や、山間部の盛土に被害が生じた。特に、山岳部盛土における沢部盛土の大規模な被害が目立った。また、山間部で発生した地震のため、液状化による道路土工構造物に対する地震被害は比較적少なかったが、一部の取付盛土では液状化に起因すると考えられる被害が見られた。

3.2.2 道路盛土被害の傾向

道路盛土の被害の傾向を確認するため、国道17号の道路施設の被害が報告されている範囲内の道路盛土を対象に、被害傾向に関する分析を行った。

調査では、図-8.3.4に示す堀之内町田戸付近（kp250）から長岡市川崎町付近（kp284）までの延長約34kmを調査対象とした。この区間は、震度7を記録した川口町を含む区間である。分析に用いた資料は、道路施設台帳およびMICHIデータ、被災状況に関する資料として災害査定資料である。

道路管理図（道路平面図）から対象区間における道路盛土の総延長は約19.5kmで、盛土構造別の延長割合は図-8.3.5のようになる。また、図-8.3.6に高さ別の延長を示す。検討対象区間の盛土の約80%が、盛土高6m以下の比較的低い盛土となっている。ただし、盛土

高10mをこえるような高盛土が1.2km程度（全延長の7%程度）含まれている。

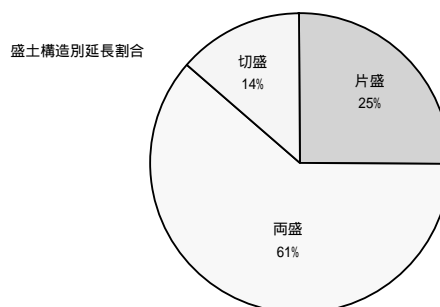


図-8.3.5 検討対象区間における盛土構造別の延長割合

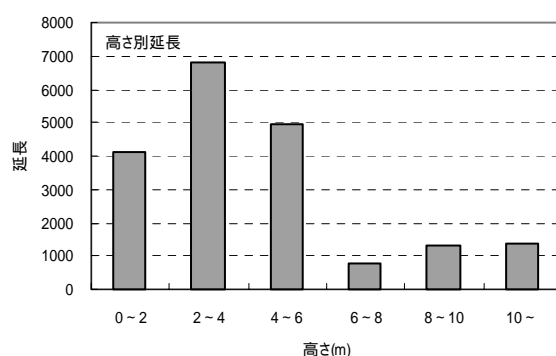


図-8.3.6 検討対象区間における盛土高さ別の延長



図-8.3.4 国道17号盛土の被害分析対象箇所

上記の検討対象範囲の盛土について、「道路震災対策便覧（震災復旧編）」²⁾の被災パターン分類表（表-8.3.5、表-8.3.6）を用いて、被災パターン、被災度の判定を行った。判定に際しては、災害査定資料および現地写真をもとに被災パターンを判定し、被災度判定に用いる変状量（きれつ幅・沈下等）については、写真判読により行った。図-8.3.7に国道17号における盛土の被災パターンの割合を示す。盛土のり面のすべりによる被害であるⅠ型・Ⅱ型の被害が多く見られ、全体の半数以上を占めている。また、橋梁やカルバートの取付部の段差によるⅢ型被災も多い。一方で、基礎地盤の液状化に起因することが多いⅣ型、Ⅴ型の被害については、比較的軽微な損傷であるⅣ型でも3%程度であり、大規模な破壊であるⅤ型に至ってはまったく生じていない。

表-8.3.5 盛土の被災パターン分類²⁾


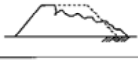
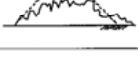
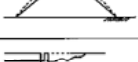
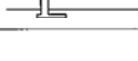
被災パターン	被災模式図	被害形態
Ⅰ型		のり面の流出、崩壊またはきれつ幅の発生が道路車線まで及ばず、のり肩にかざれるもの。
Ⅱ型		盛土のすべり崩壊またはきれつ幅の発生が道路車線まで及ぶもの。
Ⅲ型		破壊が基礎地盤におよぶ盛土形状が原型をとどめないもの。
Ⅳ型		盛土の均一な沈下に伴って、盛土形状をある程度保ちつつ変形したもの。
Ⅴ型		構造物背面の盛土が沈下およびきれつを起こしたもの。

表-8.3.6 盛土の被災度分類²⁾

被災パターン	被災度	被災度の説明
Ⅰ	B	きれつ幅 15cm 以上または段差量 20cm 以上
	C	きれつ幅 15cm 未満、かつ段差量 20cm 未満
Ⅱ	A	きれつ幅 30cm をこえ、かつ段差量 50cm をこえたもの
	B	きれつ幅 30cm 以下または段差量 50cm 以下
Ⅲ	A	—
Ⅳ	B	沈下量 50cm 以上
	C	沈下量 50cm 未満
Ⅴ	B	沈下量 20cm 以上
	C	沈下量 20cm 未満

被災状況を整理するために、被災率と盛土構造および盛土高さの関連性を検討した。ここで、被災率は、被災延長／盛土延長と定義した。図-8.3.8に、盛土構造別の被災率を示す。片切片盛土間における被災率が高いことがわかる。特に大規模な被害（被災度A）は片切片盛土間で生じており、傾斜地盛土における被害が大きかった傾向があるといえる。図-8.3.9は、盛土

高さとの被災率との関係を示したものである。盛土高さが高いほど被災率が高い傾向があり、特に、10mをこえる盛土では約70%が何らかの被害を受けていることがわかる。

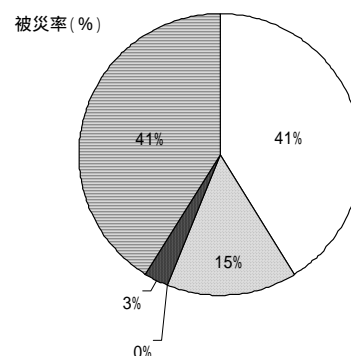


図-8.3.7 検討対象区間における盛土の被害形態割合

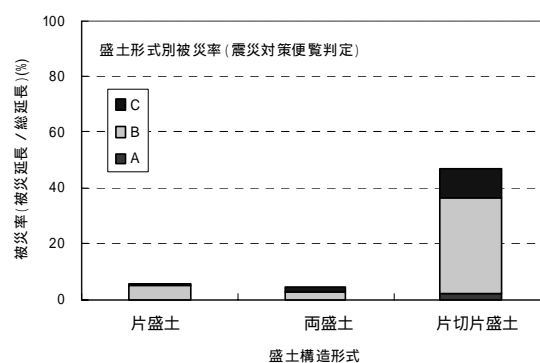


図-8.3.8 盛土構造別の被災率

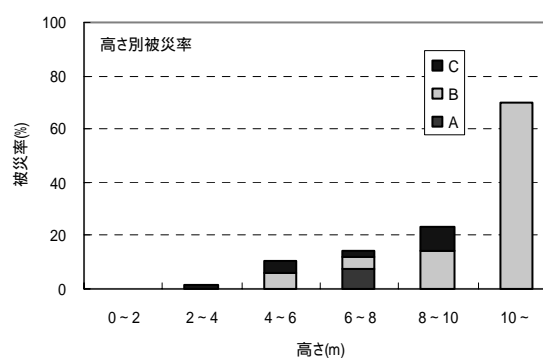


図-8.3.9 盛土高さ別の被災率

3.2.3 道路盛土の被害事例

ここでは、直轄国道、県管理の国道、県道の主な盛土の被災状況について報告する。

(1) 一般国道8号見附市大字上新田字新江東（橋梁取付盛土）

一般国道8号49k560～50k110地点の信濃川と魚沼丘陵に挟まれた沖積低地（氾濫平野）に築造された見附大橋への取付部盛土が被災した。主な被害としては、のり面崩壊、橋梁取付部の段差、ボックスカルバートの沈下及び目地開き、ブロック積擁壁の変状であった。写真-8.3.1に被害箇所周辺の航空写真を、図-8.3.10に被災箇所周辺の平面図を示す。当該地の地盤は、自然堤防性の砂質土、後背湿地性の粘性土が複雑に分布しており、盛土は刈谷田川の旧河道部に当たるものと考えられる。

図-8.3.11に盛土の標準断面と主な被害状況を示す。また、写真-8.3.2に取付盛土と橋梁部との段差の様子を示す。盛土と橋梁との段差は約40cmであった。見附橋の橋台は50～70mm程度河川側に変位しており、この影響で橋台背面の裏込め土が盛土部よりも大きく沈下したものと考えられる。



写真-8.3.1 国道8号見附市大字上新田の被災箇所全景



写真-8.3.2 取付盛土と橋梁部との段差（国道8号）

写真-8.3.3、図-8.3.12に、長岡側上り線ののり面崩壊状況と、この箇所の断面図をそれぞれ示す。図-8.3.12に示したボーリングデータから、盛土直下には緩い砂質土層が分布しており、地震動によりこの層が液状化したことが、盛土ののり面に大きな変形を引き起こした原因であると考えられる。

応急復旧としては、盛土ののり面の崩壊の拡大防止を図るために、崩壊末端と本線部分の盛土のり尻に大型



写真-8.3.3 のり面の崩壊状況（国道8号）

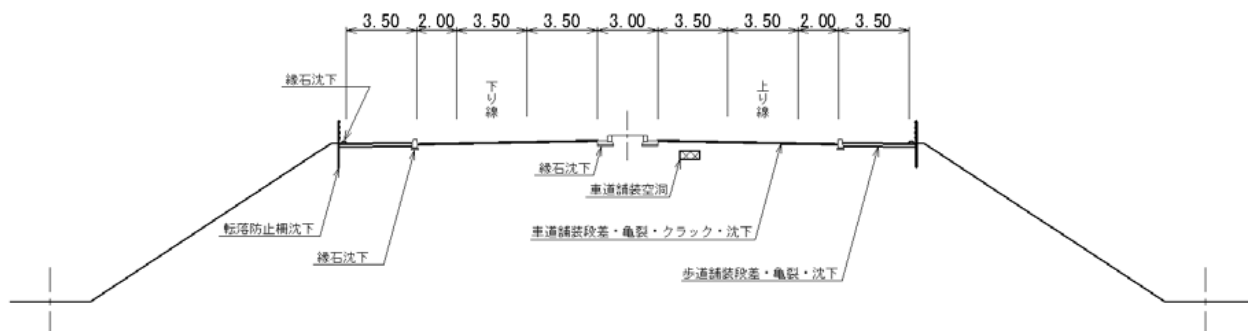
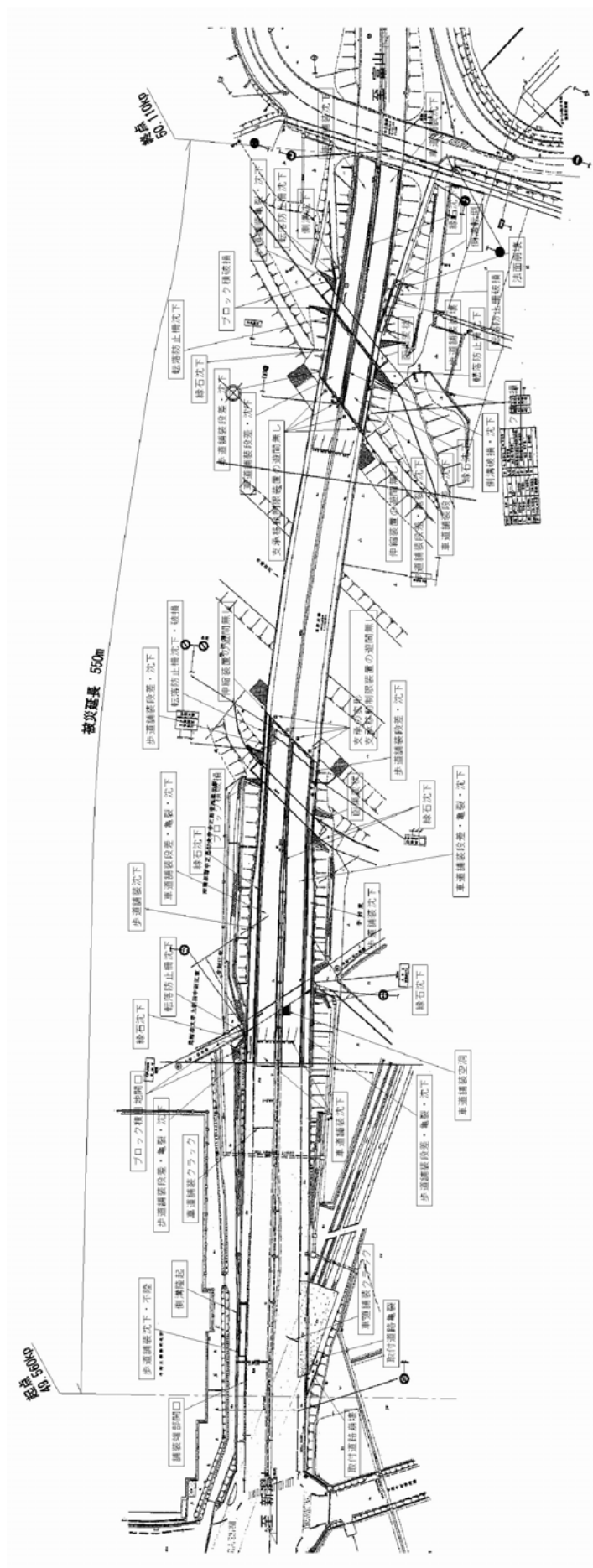


図-8.3.11 盛土標準断面と被害状況（国道8号）



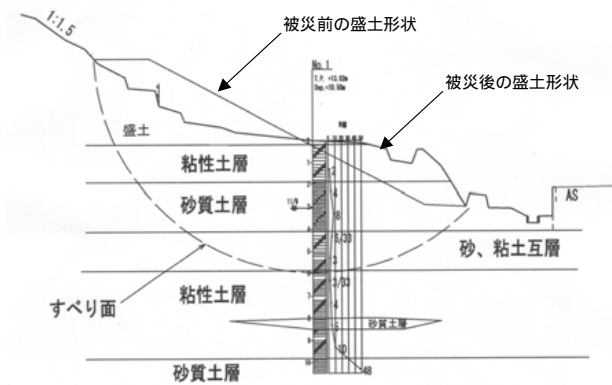


図-8.3.12 のり面崩壊箇所断面図と地盤柱状図
(国道8号)

土のうを設置し、さらに、崩壊頭部にブルーシートを敷設し、雨水の浸透防止が図られた。本格復旧としては、盛土のり面直下を改良幅5m、改良深さ9m、改良率35%で深層混合処理工法により強化復旧することが検討された。

(2) 一般国道8号長岡市宮元町字新保 (のり面崩壊)

一般国道8号69kp391～69kp990の長岡市の西方を流下する一級河川黒川の低地と信濃川中段段丘面の関原台地の境界付近の道路盛土および擁壁部分に、盛土のり面の崩壊、L型擁壁、補強土壁の変状等の被害が生じた。

写真-8.3.4および写真-8.3.5に、のり面の崩壊状況および歩道部に生じた段差の様子をそれぞれ示す。盛土の被災としては、上り線の盛土のり面が下方の民地側に大きく変位し、歩道部分が60cm程度沈下した。これに伴い道路面にも全体に亀裂、沈下が多く生じた。図-8.3.13に、盛土のり面崩壊箇所の模式断面図を示す。盛土のり面の崩壊が生じた箇所は丘陵との境界部にあたり、地下水位が流入しやすい部分であることから、地震前までの雨により盛土内に雨水が浸入していたことが、被害を拡大した原因と考えられる。

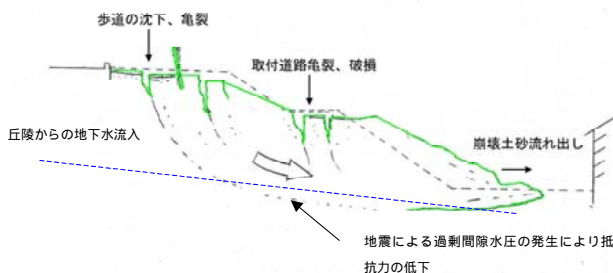


図-8.3.13 盛土のり面崩壊箇所の模式断面図
(国道8号)



写真-8.3.4 被災した盛土の状況 (国道8号)



写真-8.3.5 歩道部の沈下の状況 (国道8号)

応急復旧としては、盛土崩壊の拡大を防ぐことを目的に、大型土のうがのり尻に設置された。本復旧に当たっては、盛土のり面直下地盤を締め固め改良(グラベルコンパクションパイル工法)により強化することが検討された。

(3) 一般国道17号新潟県川口町大字和南津字仏古田 (腹付盛土の沈下)

和南津橋を挟む一般国道17号257k363～258k190の延長827mの区間で魚野川に架かる和南津橋の取付盛土およびその先の新潟側の片切片盛土間で被害が生じた。

写真-8.3.6に和南津橋右岸側の橋梁取付部の段差の様子を、図-8.3.14に取付盛土の被災箇所の断面図をそれぞれ示す。和南津橋の新潟側取付部では、盛土高約9m、のり勾配1:1.5の盛土が全体的に沈下するとともに、拡幅で腹付けされた上り線側の路肩や下り線側歩道部が、旧盛土線に沿ってすべるように沈下し、盛土のり肩からのり尻にかけて大きく変形した。この沈下により、両路肩付近には開口亀裂(最大20cm)、段差

(最大40cm)が発生した。盛土のり尻部ではブロック積・ブロック張の目地・ブロック間の開きや石積擁壁が崩壊した。図-8.3.14に示したボーリング調査の結果から、旧盛土と腹付け盛土の境界部に腐食物を含むシルト層が分布し、腹付け盛土のほうが旧盛土に対してN値が相対的に低いことがわかる。したがって、被災の原因としては、旧盛土と拡幅盛土の強度の違いにより、腹付け盛土が旧盛土との境界に沿って変位したものと考えられる。

写真-8.3.7に片切片盛区間に生じた路面段差の状況を示す。257.7KP付近から新潟側については片切片盛の構造であり、路面・路床の亀裂・段差、縦排水溝の破損・変形、盛土のり尻水路の変位、横断函渠の破損などが生じた。同区間の被災は、地山に腹付けされた盛土が地山に沿って変位したものと考えられる。

復旧方針として、橋梁取付部については、盛土全体の沈下については、沈下したものの特に地すべり的な滑動ではないことから、盛土嵩上げで対処することが検討された。ただし、路肩及び表層のり面の滑落については、過去の拡幅工事で腹付された盛土が地震により揺すられて旧盛土線に沿ってすべるように沈下したものであるため、この腹付け部分を一時撤去、段切り後に腹付け・転圧により盛土の強度を上げるとともに、のり面は鋼製のり枠で補強することが検討された。切盛区間では、亀裂の発生が著しい車道中心から下り線側について路床入れ替えを行い、舗装は全層打ち換えすることが検討された。



写真-8.3.6 橋梁取付部の段差状況 (国道17号)



写真-8.3.7 片切片盛部の路面変状 (国道17号)

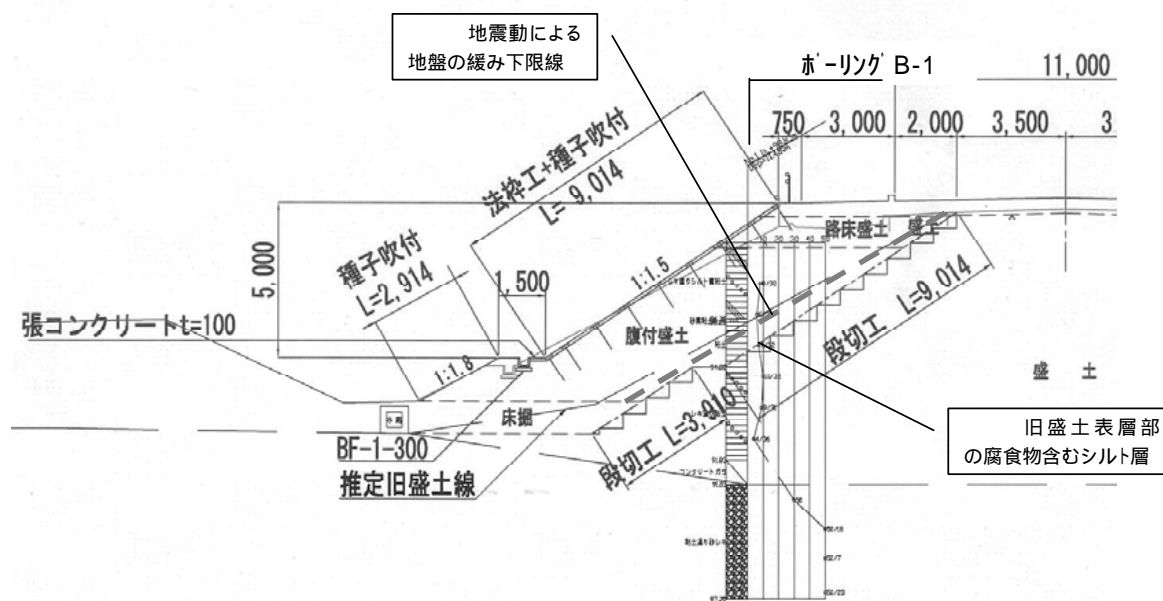


図-8.3.14 取付盛土の被災箇所断面図およびボーリング柱状図 (国道17号)

(4) 一般国道17号川口町大字川口字前島（盛土のり面の崩壊）

一般国道17号260k405～261k480の信濃川と魚野川の合流点より約0.3km上流の信濃川右岸に位置する自然斜面に腹付け盛土で作られた区間が被災した。主な被害は腹付け盛土の沈下、盛土のり面の崩壊、ブロック積擁壁の倒壊及び変状、グラウンドアンカーの抜け等であった。被災箇所の地質は、新第三紀鮮新世の川口層の砂岩・泥岩互層を基盤としているが、山腹斜面には基盤岩起源の崖錐堆積物が分布している。

図-8.3.15に被害区間のうちkp261～kp261.480区間の平面図を示す。また、写真-8.3.8および写真-8.3.9にkp261.2～261.4付近の盛土のり面の変状および路面の変状の状況を示す。盛土の被災箇所の背後は沢地形となっており、盛土内に水が進入していた可能性が考えられる。

本復旧に際しては、盛土表層部がすべりにより沈下しているため、すべり部分を撤去し、再転圧しながら腹付盛土を行い復旧するとともに、のり面は鋼製の軽量のり枠で補強することが検討された（図-8.3.16）。なお、隣接するブロック積み擁壁の被災箇所では、ジオテキスタイル補強盛土の採用が、グラウンドアンカーの被災箇所の復旧に際しては、抜けたアンカーの下方に吹付のり枠を追加し、代替のアンカーを設置することが検討された。



写真-8.3.8 盛土のり面の変状（国道17号）



写真-8.3.9 路面の変状（国道17号）

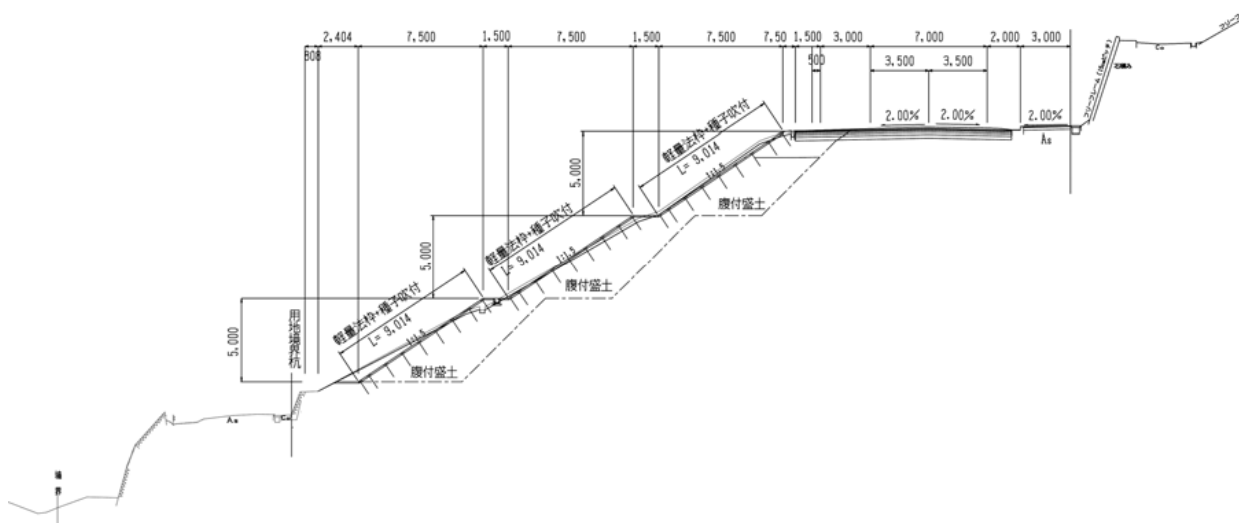


図-8.3.16 盛土区間の復旧断面図（国道17号）

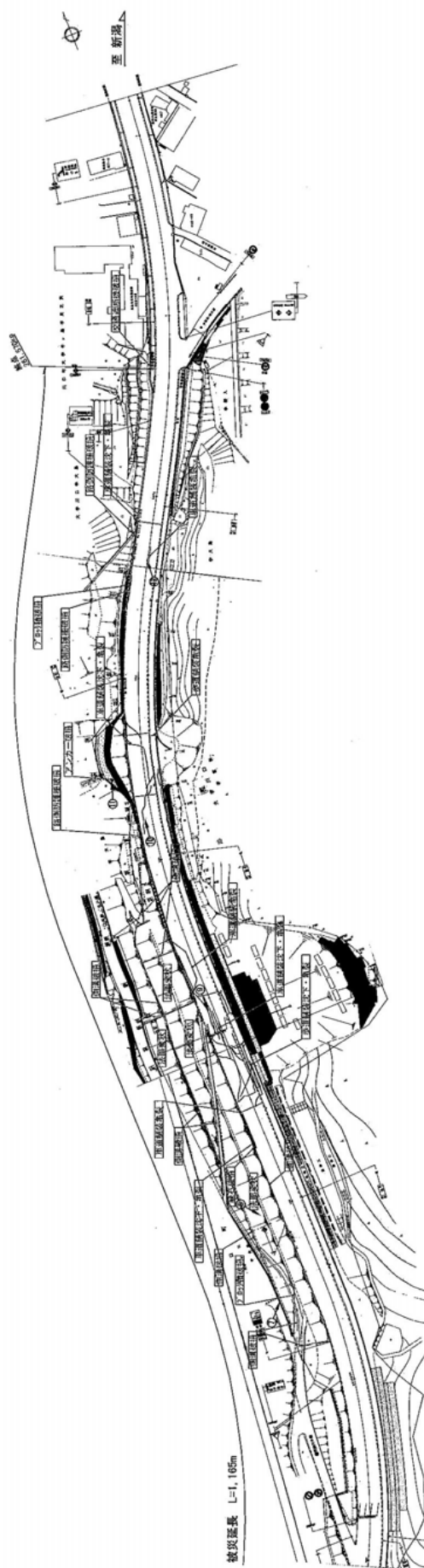


图-8.3.15 被灾箇所平面图 (国道17号)

(5) 一般国道17号川口町大字相川字石田南平（沢埋め盛土の沈下）

一般国道17号263k206～263k427の信濃川の支流石田川が形成した沢を埋めるように築造された、延長221mの盛土区間が被災した。図-8.3.17に被災箇所の平面図および断面図を示す。主な被害としては、写真-8.3.10、写真-8.3.11に示すように路面の沈下及び路肩の滑落、沈下に伴う舗装の亀裂・段差である。また、道路左側のブロック積擁壁では、背面側（石田川上流側）への沈下と亀裂が生じている。

盛土は最大高さ20m程度の高盛土であり、道路右側（石田川上流側）の盛土勾配は1:1.5～1:1.8程度である。一方、道路左側（石田川下流側）には、ブロック積擁壁の下に路面より3～4m程度低い位置をJR上越線が並走している。このJR線の盛土が幅広な小段的な形状となっていることから、盛土全体の平均勾配として考えた場合は道路左側に比べて道路右側の勾配が急勾

配となっている。盛土下には石田川の沢水を流下させる幅3.0mのアーチカルバートが存在している。



写真-8.3.10 盛土の沈下に伴う路面段差の状況（国道17号）

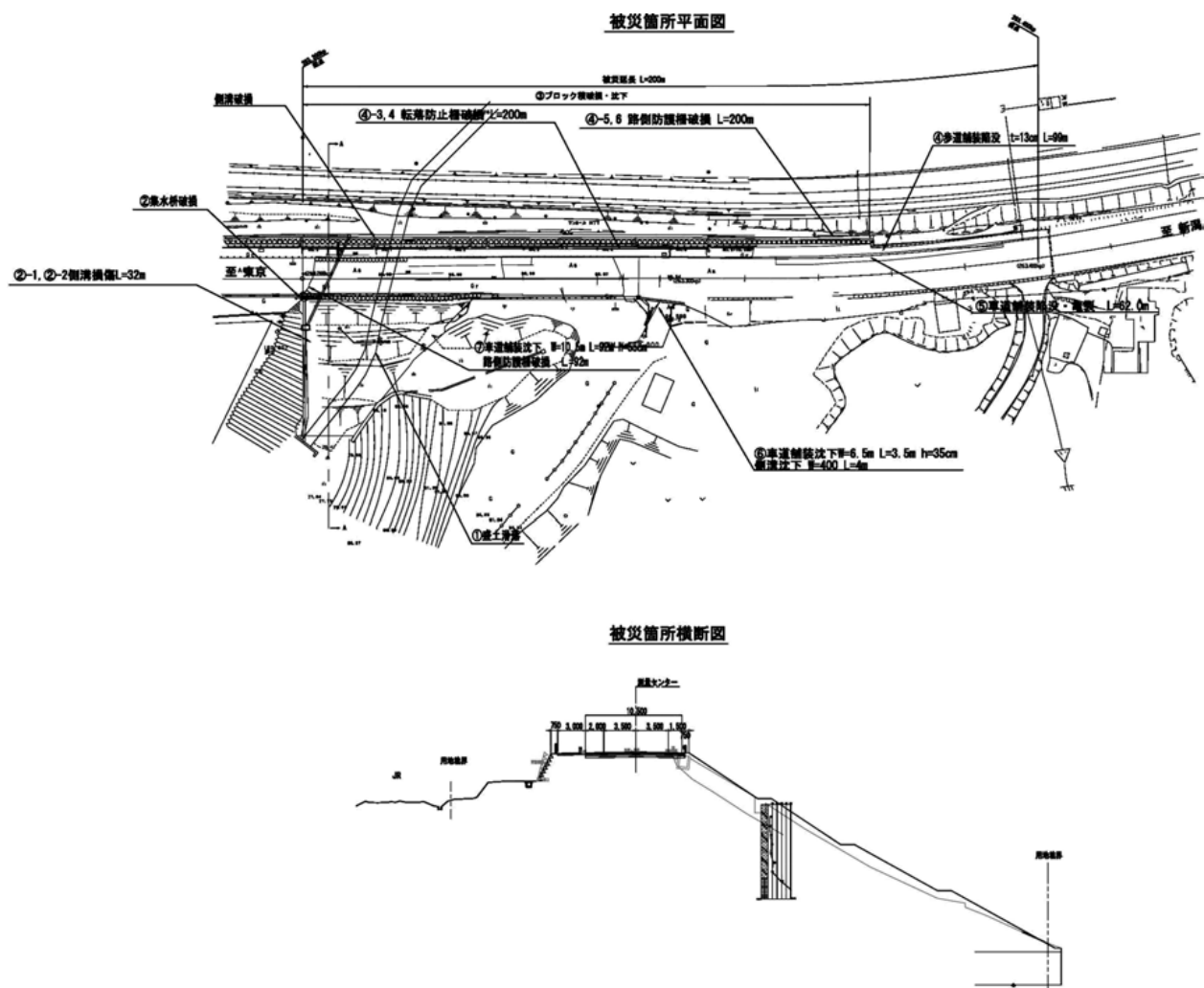


図-8.3.17 川口町大字相川字石田南平の平面、断面図（国道17号）



写真-8.3.11 石田川上流側盛土のり面の変状（国道17号）

路面の沈下は0.5～1m程度であり、沈下に伴い道路直交方向に数十cm程度の段差が発生した。最も沈下した位置は盛土高が最も高い石田川の沢筋と概ね一致している。アーチカルバート自体には顕著な変状は認められなかった。路肩の崩壊は、盛土の平均勾配が急である道路右側（石田川上流側）で発生しており、盛土高の高い道路起点側で大きくなっており、路肩を含めた幅2m程度が0.3～1.0m程度崩壊した。

被害の原因としては、最大沈下位置が沢筋と概ね一致することから、路面に発生した沈下は地震動による盛土自体の沈下であると考えられる。また、国道に沿ってJR線が併走する道路左側では、JR線が押え盛土的な効果を発揮した結果、道路右側ほどの変状は発生しなかったものと考えられる。

本復旧として、盛土全体の沈下については、すべり的な変位ではないことから、盛土嵩上げで対処し、路肩及び表層の崩壊については、盛土撤去再転圧した後、盛土のり面にのり砕工を設置することが検討された。

(6) 一般国道17号川口町天納（道路崩壊）

一般国道17号天納地区の263.46KPの、信濃川の右岸の段丘面縁をJR線と併走する区間において、幅約40mにわたってのり面が崩壊した。写真-8.3.12に被災箇所の航空写真を、写真-8.3.13、写真-8.3.14に被災状況を示す。また、図-8.3.18に被災箇所断面図を示す。

被災箇所付近の平均斜面傾斜は、約25°であり、道路は古い崩壊により形成された浅い谷地形の頭部に位置している。被災箇所の基盤地質は、新第三紀鮮新世、川口層の砂岩・泥岩互層であり、この上位に第四紀更新世の段丘砂礫層（未固結の円礫層、シルト層、粘土層）や古い崩壊地を覆う崖錐堆積物が堆積してい

る。被災区間の崩落面（滑落崖）には、段丘礫層が露出し、崩壊地の側壁には基盤岩（砂岩・シルト岩互層）が約25°の流れ盤として露出していた。

崩壊面内に古い吹き付けモルタル面が確認されたことから、1車線＋歩道部については盛土により拡幅拡幅工事が行われていたものと考えられる。したがって、崩壊箇所は明らかに沢地形であることから、台風23号による降雨により斜面および盛土内の水位が高い状態にあり、地震動により間隙水圧が上昇することにより、盛土部が崩壊したものと考えられる。また、併走するJR上越線の盛土のり先では噴砂のような現象も確認されたことから、盛土のり先付近の地盤の液状化も崩壊に關与していた可能性も考えられる。



写真-8.3.12 被災箇所周辺の航空写真（国道17号）



写真-8.3.13 崩壊した道路（国道17号）



写真-8.3.14 崩壊した道路（国道17号）



写真-8.3.15 山側に設置した緊急迂回路（国道17号）

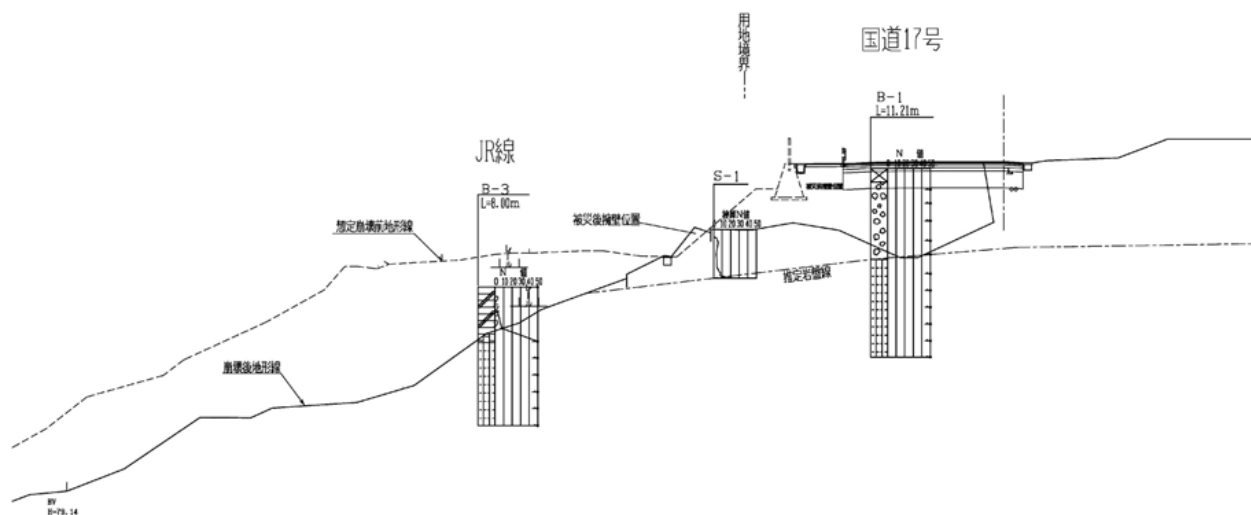


図-8.3.18 被災箇所断面図（国道17号）

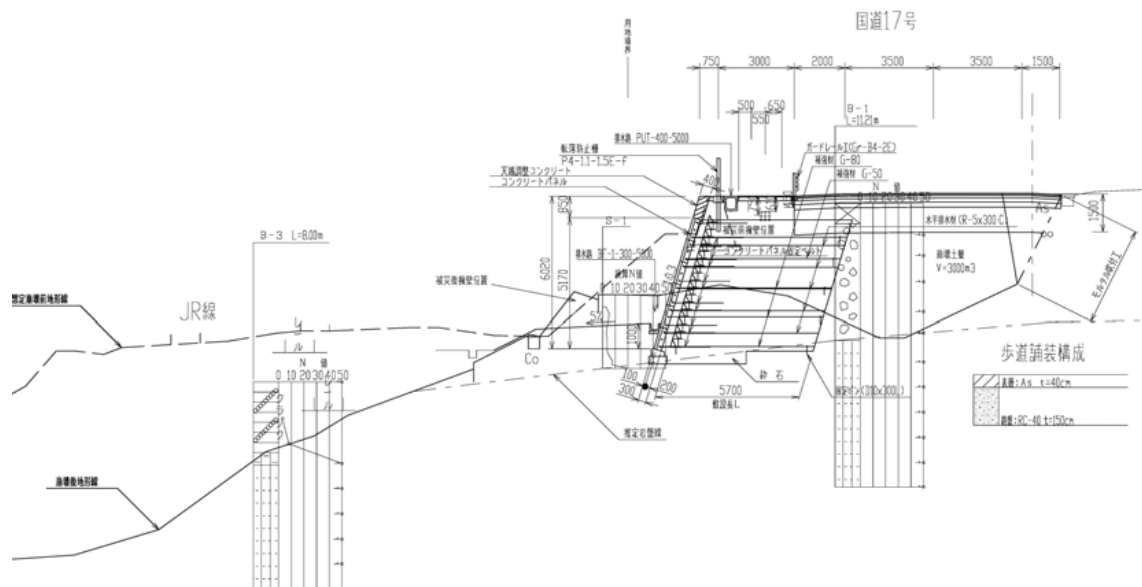


図-8.3.19 補強土壁による本復旧断面（国道17号）



写真-8.3.16 ジオテキスタイル補強土壁による復旧状況（国道17号）

応急復旧として、崩壊の拡大防止を図るためにのり面にモルタル吹き付けるとともに、ブルーシートで被覆された。あわせて、緊急的に現道の路肩部分に緊急車両、地域交通を通すべく1車線の迂回路を設置した。さらに山側に暫定的な迂回路を設置し、11月1日には2車線を確保し、一般車両の通行規制が解除された。

本復旧としては、下方のJR線の盛土の復旧工事と調整を図りながら、写真-8.3.16、図-8.3.19に示すようにジオテキスタイル補強土擁壁により強化復旧がなされた。

(7) 国道117号小千谷市細島（のり面崩壊）

国道117号小千谷市塩殿の谷部を横断する高さ約20mの道路盛土およびそれに近接する片切片盛土が大きく崩壊した。

図-8.3.20に被災箇所周辺の平面図を示す。図中右側の盛土が沢部を横断する盛土である。図-8.3.21に断面図を示す。谷部を横断する高さ約20mの道路盛土の下流側のり面が大きくすべり崩壊し、崩壊土は完全に流動化して下流側の水田を数十m先まで埋めた。崩壊の上端部は2車線道路の路肩に達した。

のり尻先端部の移動量やすべり土塊先端部の状況から、台風23号の降雨により盛土内の含水比が高かったことにより、盛土が流動的な崩壊を生じたものと考えられるが、盛土内に存在する地下水の供給源については現時点で明確でない。

現地では、崩壊部に碎石による余盛りを施し、暫定的に片側交互通行により11月1日より一般車両の交通解放がなされた。

図-8.3.20の左側の尾根部を挟んで隣接する片切片盛区間では片盛部が車線全部を含む形ですべり崩壊し

た。図-8.3.22に崩壊した片盛り区間の断面図を示す。崩壊土は隣接する水田を数十m遠方まで覆っており、また、のり尻に隣接する水田には明確な液状化の痕跡が見られていないことから、盛土内の含水比が高かったことが被害の原因と考えられる。山側には明確な沢地形は見られなかったが、斜面から表面水が流れているのが確認されたことから、山側からの地下水が盛土内へ供給されていた可能性がある。



写真-8.3.17 盛土のり面の崩壊状況（国道117号）



写真-8.3.18 崩壊土先端部の状況（国道117号）



写真-8.3.19 崩壊土によるアンダーパス道路の閉塞

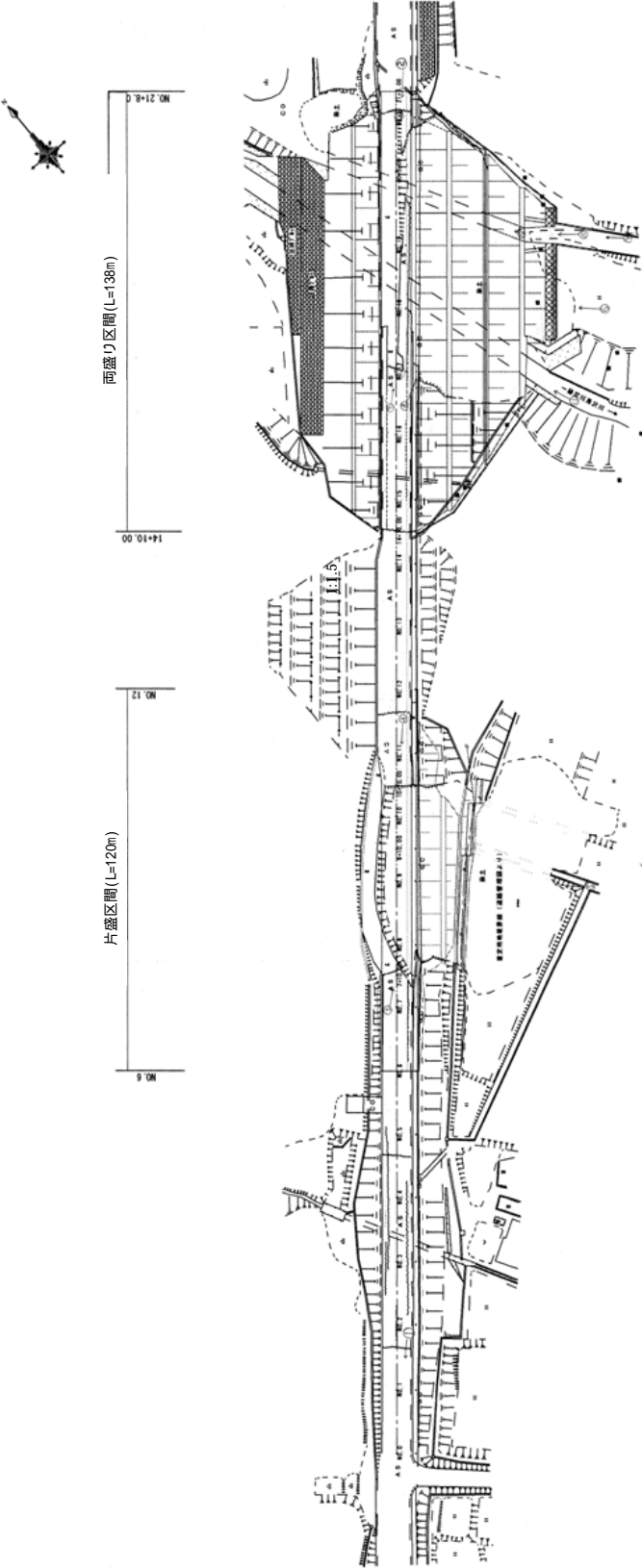


図-8.3.20 小千谷市細島の崩壊盛土周辺の平面図 (国道 117号)

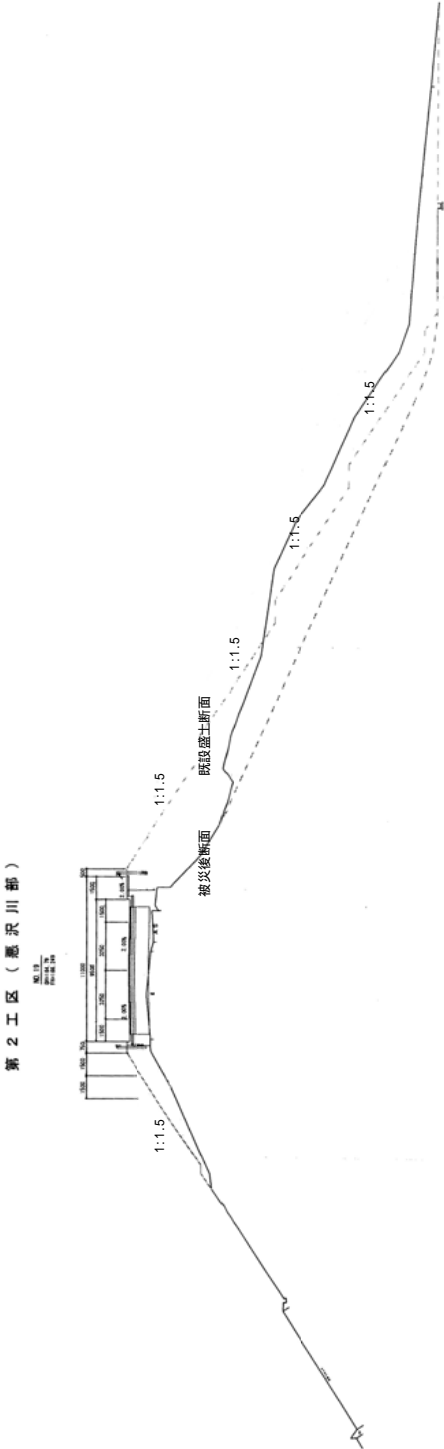


図-8.3.21 崩壊した盛土の断面図 (両盛り区間) (国道 117号)

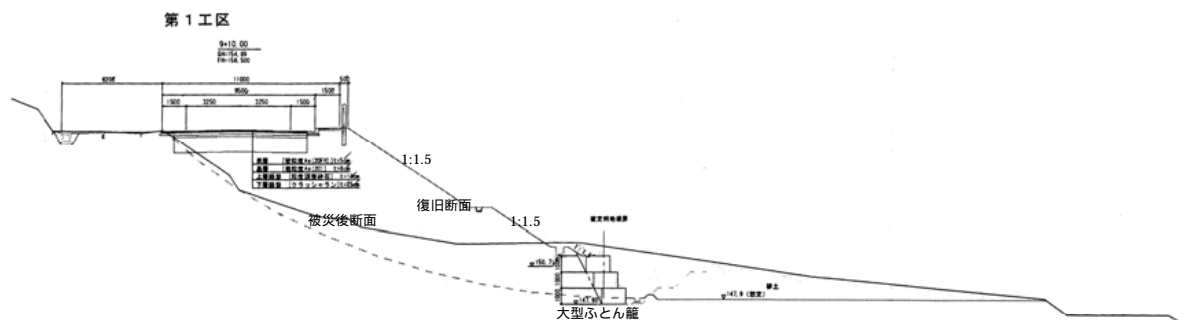


図-8.3.22 崩壊した盛土の断面図（片切片盛区間）（国道117号）



写真-8.3.20 片切片盛土のり面の崩壊状況（国道117号）



図-8.3.22 大型ふとん籠工による復旧状況（国道117号）



写真-8.3.21 崩壊土先端部の状況（国道117号）



写真-8.3.23 盛土の崩壊状況（国道351号）

本復旧として、写真-8.3.22に示すように、盛土崩壊部ののり先に大型ふとん籠工を3段設置してのり先の排水性高め、盛土が再構築された。

8) 国道351号長岡市宮地町（切盛境にある盛土の崩壊）

国道351号長岡市宮地町において切盛り境にある盛土が大きく崩壊した。図-8.3.23に盛土崩壊箇所周辺

の平面図を、図-8.3.24に断面図を示す。また、盛土崩壊の状況を写真-8.3.23に示す。崩壊した盛土は盛土高が約15mであり、盛土区間の前後は切土区間になっている。崩壊した盛土周辺は緩い沢地形となっており、地山からの水の供給により盛土内の地下水位が高かったことが考えられる。

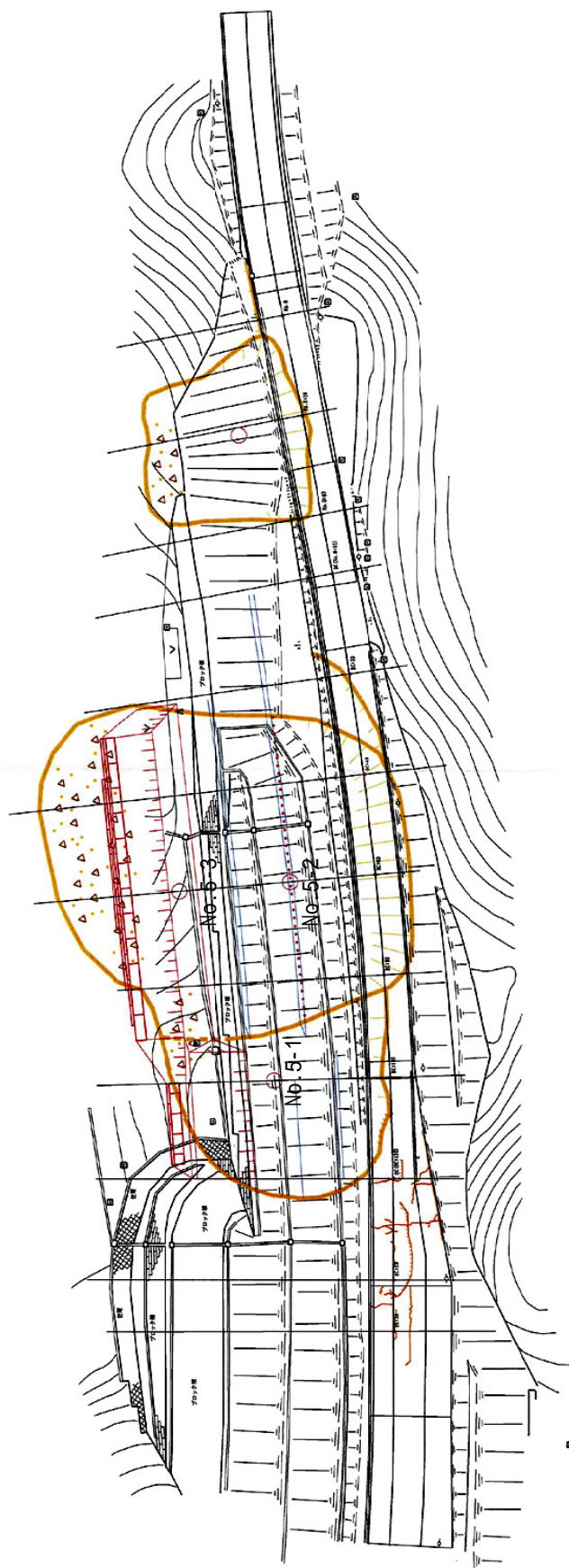


図-8.3.23 長岡市宮地の崩壊盛土周辺の平面図（国道 351 号）

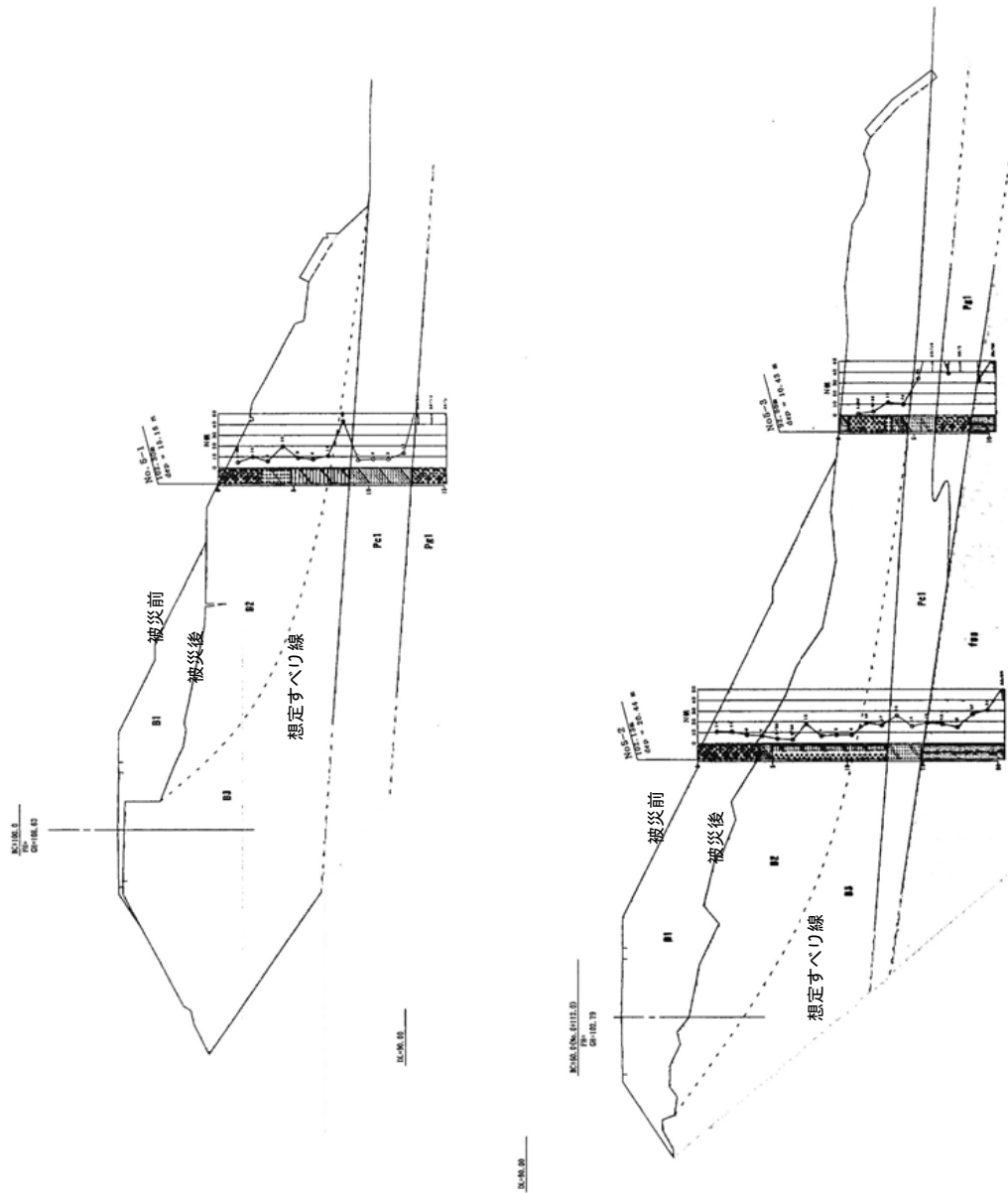


図-8.3.24 長岡市宮地の崩壊盛土周辺の断面図（国道351号）

(9) 国道290号栃尾市栗山沢（沢部の盛土の崩壊）

国道290号栃尾市栗山沢において線形改良のために沢部を埋めた盛土が大きく崩壊した。写真-8.3.24に崩壊箇所周辺の航空写真を、写真-8.3.25に崩壊の状況を示す。また、図-8.3.25、図-8.3.26に崩壊箇所周辺の平面図および断面図をそれぞれ示す。

写真-8.3.24右上の山側に屈曲した道路は、沢地形に沿って作られた旧道である。旧道は無被害であった一方で、線形改良のために比較的最近に沢部を埋めた盛土が下部斜面上を大きく流動崩壊した。被災状況から、地震時に盛土中に地下水が進入し盛土内の含水比が高い状態にあったことが考えられる。なお、写真-8.3.25に示した補強土盛土の崩壊は、過去に降雨により崩壊した箇所を補強土盛土により強化復旧した箇所が、周囲の盛土の崩壊に引きずられて部分崩壊したものである。

応急対策として旧道を利用した交互通行により交通解放されていた。



写真-8.3.24 盛土崩壊箇所周辺の航空写真
（国道290号）



写真-8.3.25 盛土の崩壊状況（国道290号）

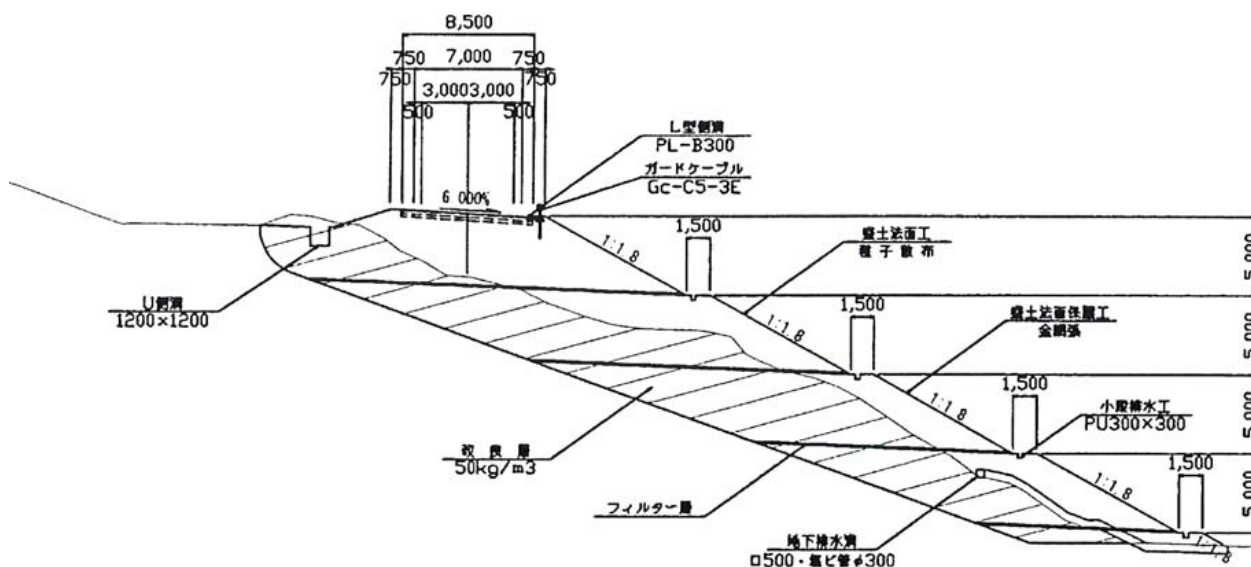


図-8.3.26 崩壊箇所の断面図（国道290号）



図-8.3.25 崩壊箇所周辺の平面図（国道290号）

(10) 一般県道大沢小国小千谷線小国町法末（沢部の盛土の崩壊）

一般県道大沢小国小千谷線小国町法末において、線形改良のために沢部を埋めた盛土が断続的に崩壊した。写真-8.3.26、写真-8.3.27に崩壊箇所周辺の空中写真を、写真-8.3.28に崩壊状況を示す。写真-8.3.26の左上から谷川に沿って走る道路に断続的に4箇所の区間が被害を受けた。写真-8.3.27、写真-8.3.28はそれらのうちの1箇所の被害状況をそれぞれ示している。また、図-8.3.27、図-8.3.28に、写真-8.3.26の右側2箇所の崩壊箇所周辺の平面図と断面図をそれぞれ示す。崩壊した4箇所のいずれにおいても上方の山側に屈曲した道路が見えるが、これらは沢地形に沿って作られた旧道である。

特徴的な点は、沢地形に沿って作られた旧道は無被害であったのに対して、線形改良のために比較的最近に沢を埋めて作られた新道が崩壊したことである。なお、旧道と新道に挟まれた部分は、以前から水田などとして利用されており、常時より地下水が盛土内に供給されていた可能性が高く、このことが盛土の被害を拡大させた原因と考えられる。

3.2.4 道路盛土の被害のまとめ

以上より、2004年新潟県中越地震における道路盛土の被害をまとめると以下になる。

- ・国道17号の盛土区間を対象に道路盛土の被害形態に関する分析を行った結果、片切片盛土における被災率が高く、特に大規模な被害は片切片盛土間で生じており、傾斜地盛土における被害が大きい傾向があることがわかった。
- ・道路盛土の被害の中では、山岳部盛土における沢部盛土の大規模な被害が目立った。
- ・今回調査した範囲では、大規模な崩壊が生じた盛土は、沢部を埋めた盛土のうち盛土高さが15mから20mの高盛土であった。
- ・山間部で発生した地震のため、液状化による道路土工構造物に対する地震被害は比較的少なかったが、国道8号の見附橋への取付盛土では液状化に起因すると考えられる被害が見られた。

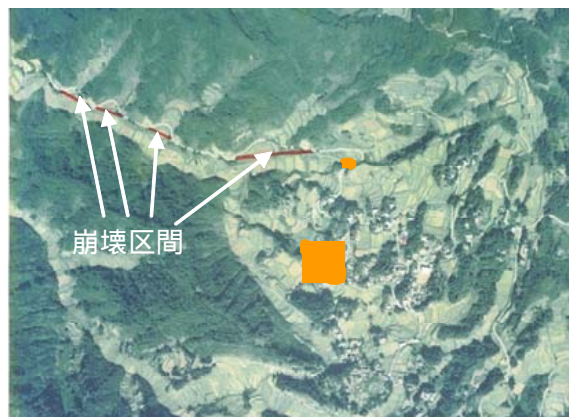


写真-8.3.26 崩壊箇所周辺の空中写真（小国町法末）



写真-8.3.27 沢埋め盛土の崩壊状況の空中写真（小国町法末）



写真-8.3.28 盛土の崩壊状況（小国町法末）

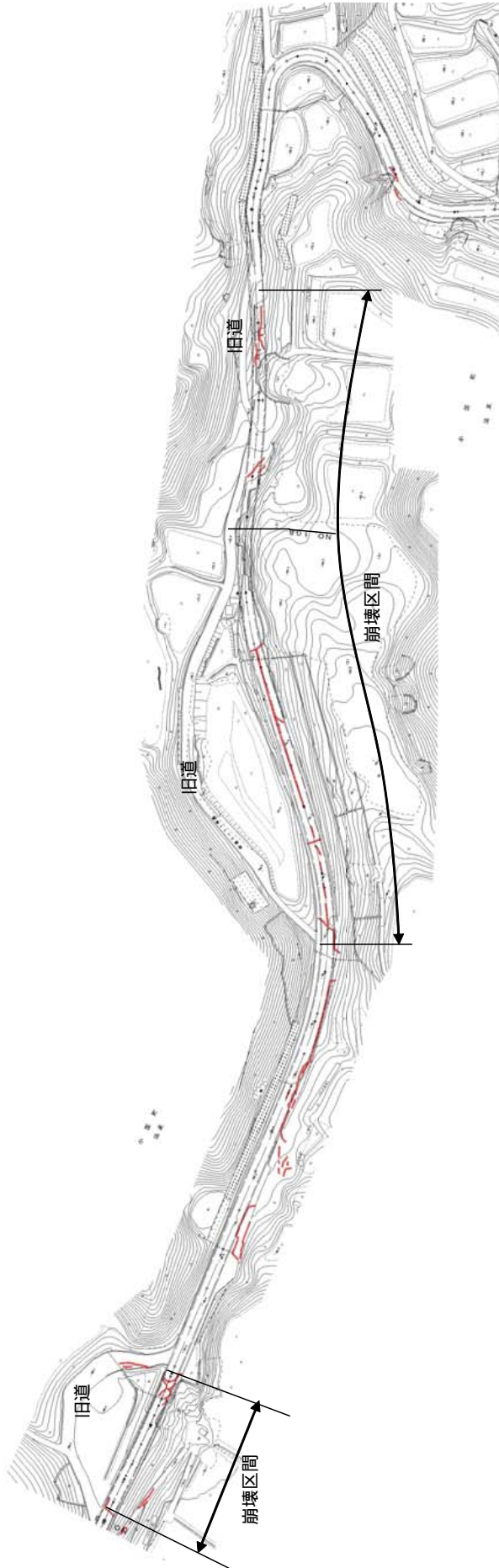


図-8.3.27 崩壊箇所周辺の平面図（小国町法末）

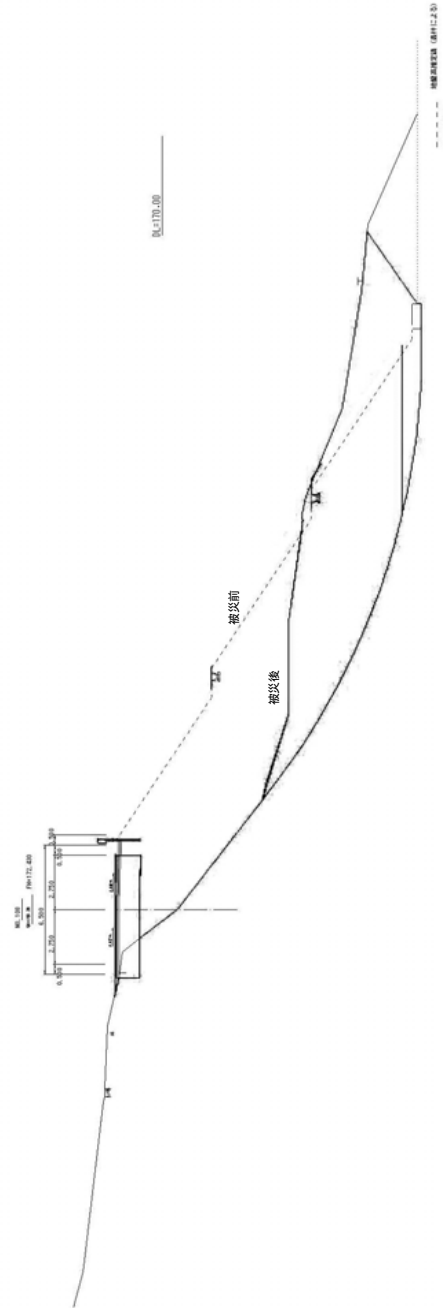


図-8.3.28 崩壊箇所(No.108)の断面図（小国町法末）

3.3 擁壁

3.3.1 概要

道路擁壁の被害は、各種構造形式の擁壁に対して見られた。特に、耐震性が比較的低いと考えられるブロック積（石積）擁壁では、他の形式の擁壁に比べて被災率が高く、被害の程度も大きい傾向にある。比較的新しい擁壁構造である補強土擁壁でも被害は見られるが被害の程度は比較的小さく、耐震性の高さが確認された。

3.3.2 道路擁壁の被害状況

道路擁壁の被害状況や擁壁種別毎の被害傾向を把握するためには、地震により影響を受けた地域の全ての道路擁壁を対象に調査分析する必要があるが、対象とする擁壁の数が膨大であり、擁壁のデータも十分に整っていないことから、ここでは国道17号を対象に調査分析した結果を紹介する。

調査対象とした区間は、国道17号の魚沼市（旧堀之内町）田戸付近（kp250）から国道8号と合流する長岡市川崎町付近（kp284）までの約34km区間であり、道路施設台帳やMICHIシステムから擁壁の諸元を、災害査定資料や現地調査結果から被災状況・復旧状況のデータを収集した。この区間は、震度7を記録した川口町を含む区間であり、激震地であったと言える。

(1) 国道17号の擁壁の特徴

国道17号の調査対象区間には、計397基の擁壁が存在し、これらを擁壁種別毎に分類すると図-8.3.29のようになる。なお、擁壁種別は「道路土工 - 擁壁工指針」³⁾に従い分類している。擁壁種別では、ブロック積（石積）擁壁が約43%と最も多く、次に重力式擁壁（約27%）、片持ばり式擁壁（約20%）となっている。

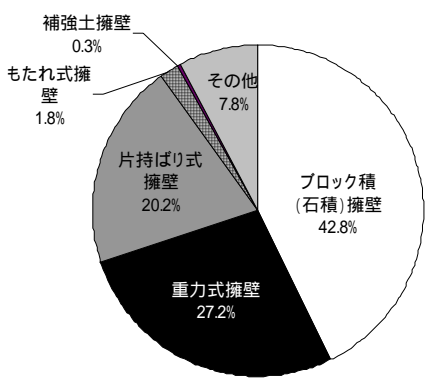


図-8.3.29 国道17号の擁壁種別割合

これら擁壁は、図-8.3.30に示すように高さが低いもの多く、全体の約37%は高さが2m以下の低い擁壁である。擁壁種別毎の擁壁高さの割合を見ると、重力式

擁壁、片持ばり式擁壁では高さ4m以下のものが大部分であるのに対して、ブロック積（石積）擁壁では4～6mの擁壁高さ、もたれ式擁壁では6m以上の擁壁の割合が高くなっている。

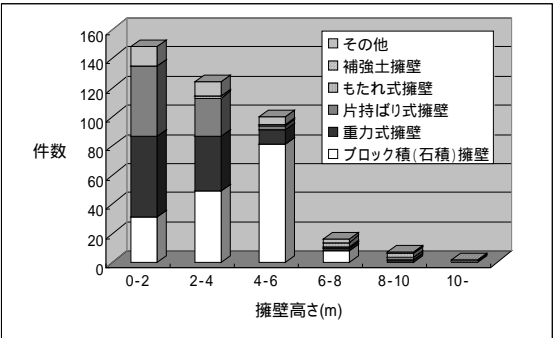


図-8.3.30 擁壁高さの割合

擁壁の完成年は、データあるものだけで整理すると図-8.3.31の様に、兵庫県南部地震以前の1995年より前に施工された擁壁が全体の約88%を占め、殆どの擁壁において耐震設計が行われていないか、行われていたとしても、大規模地震動対応の耐震設計は実施されていないと推測される。

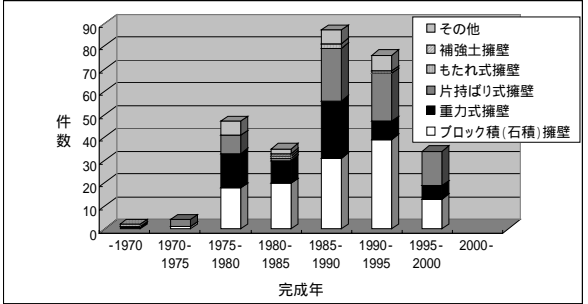


図-8.3.31 擁壁の施工年

(2) 国道17号の擁壁の被災状況

擁壁の被災状況を、以下の考え方に従い被災度を三段階に判定した。なお、判定に際しては、主に災害査定資料や現地写真に基づき判定しているため、変状量（滑動・沈下・はらみ出し等）は、写真判読により大凡の値を抽出した。

表-8.3.7 被災度判定の考え方

被災程度	被災状況
大	変状量(滑動・沈下・はらみ出し)が50cm以上の場合
	擁壁が転倒または倒壊した場合
中	変状量(滑動・沈下・はらみ出し)が10cm以上50cm未満の場合
	変状量が小さいが、擁壁躯体がせん断破壊していると考えられる場合
小	変状量(滑動・沈下・はらみ出し)が10cm未満の場合
	擁壁に軽微な亀裂や目地の開口が見られる場合

調査対象区間における被災度毎の擁壁数と被災率

(擁壁種別毎及び擁壁全体)を表-8.3.8、図-8.3.32、8.3.33示す。擁壁全体の被災率は約14%程度であり、種別毎に見るとブロック積(石積)擁壁の被災率が約28%と大きな値となっており、被災の程度が大きい比率も高い。ブロック積(石積)擁壁は、主としてのり面の保護に用いられ、経験に基づいて設計されており、耐震性は比較的低い構造形式と言われていたが、このような傾向が明らかに見られる結果となっている。重力式擁壁、片持ばり式擁壁は、被災率が2%程度と被災率は非常に低い値となっている。この理由としては、重力式擁壁、片持ばり式擁壁の殆どは設計計算に基づき設計をしていること、また今回の調査区間では比較的高さの低い擁壁の割合が多かったことなどが考えられる。しかし、もたれ式擁壁が約14%と大きな値を示しているが、全体の母数が7と小さいために擁壁種別毎の被災率として評価するには問題がある。このため、擁壁全数(397件)に対する被災率で表すと、ブロック積擁壁以外は1%未満となり、地震動が大きかったと考えられる国道17号の区間においても、被災率は比較的小さかったと考えられる。

表-8.3.8 擁壁の被災数・被災率

	全体	種別毎の被災数・被災率					
		ブロック積 (石積)	重力式	片持ばり式	もたれ式	補強土	その他
擁壁数	397	170	108	80	7	1	31
被災数 (大)	6	6	0	0	0	0	0
被災数 (中)	32	28	2	1	1	0	0
被災数 (小)	16	13	1	1	0	1	0
被災数合計	54	47	3	2	1	1	0
被災率 (大)	1.5%	3.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
被災率 (中)	8.1%	16.5%	1.9%	1.3%	14.3%	0.0%	0.0%
被災率 (小)	4.0%	7.6%	0.9%	1.3%	0.0%	100.0%	0.0%
全体被災率 (種別毎)	13.6%	27.6%	2.8%	2.5%	14.3%	100.0%	0.0%
全体被災率 (全体)	13.6%	11.8%	0.8%	0.5%	0.3%	0.3%	0.0%

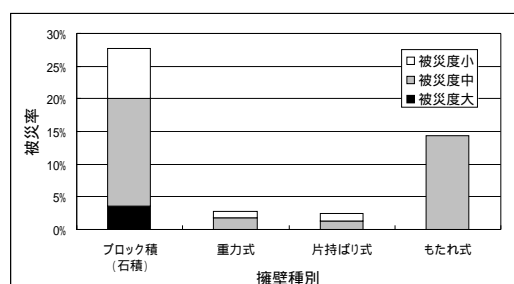


図-8.3.32 擁壁種別毎の被災率

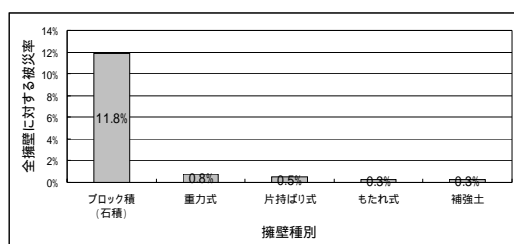


図-8.3.33 擁壁全体に対する被災率

被災率が高いブロック積擁壁に限定し、被災率と高さの関係を図-8.3.34に示す。ブロック積擁壁において、擁壁高さが高くなるほど被災率が高くなる傾向にある。今回調査対象としたブロック積擁壁のうち、高さが6-8mの件数は他の高さに比べて少ないが、このような高いブロック積擁壁の場合には、耐震性に留意する必要があると考えられる。

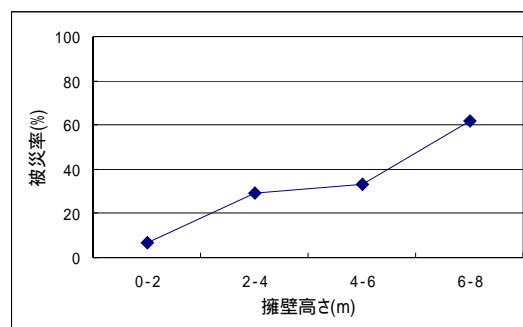


図-8.3.34 ブロック積擁壁の高さと被災率の関係

図-8.3.35に被災した擁壁の復旧方法を擁壁種別毎に示す。全体的には、被災度中程度以上の擁壁では再構築により復旧するケースが多い様である。また、被災度が小程度の場合でも、ブロック積擁壁では再構築するケースが多く、被災規模の割には復旧規模が大きくなる傾向にあると言える。一方、補強土擁壁では、被災度が小さかったこともあり、無対策となっている。

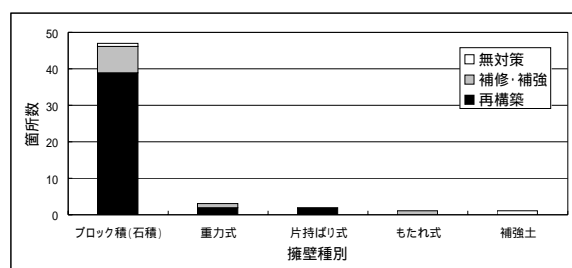


図-8.3.35 被災した擁壁の復旧方法

以上の様に、今回の調査分析は、道路施設管理が適切に行われている直轄国道の例であり、比較的規模の小さな擁壁が多い区間であったが、耐震設計を行っていない擁壁でも常時の設計で安定性を確保していれば、地震時の安定性もある程度確保できたとされていた従来の経験を確認できたと考えられる。ただし、被災した場合の復旧規模が大きくなる場合もあることから、今後は路線の重要度や復旧の難易度に応じて適切に耐震設計を行う必要もある。

3.3.3 コンクリート擁壁の被害

コンクリート擁壁等の被害について、構造形式毎の特徴的な被害を以下に記す。

(1) ブロック積（石積）擁壁の例

写真-8.3.29は、国道17号（川口町牛ヶ島地区）でのブロック積擁壁の被害状況である。被災箇所は、信濃川右岸側の丘陵地であり、国道は尾根部を切土、沢部を盛土により通過しており、切土側の斜面が崩壊し、切土側に設置された最大高さ5.2mのブロック積擁壁が約40mに渡って倒壊し、車道へ崩壊土砂が堆積した。また、斜面崩壊現場の谷側には重力式擁壁が設置されていたが、写真-8.3.30のように、擁壁躯体に2～3mm程度の縦クラックが入っており、前面に押し出されたために路面では約20cmの陥没が発生していた。



写真-8.3.29 ブロック積擁壁の倒壊（国道17号）

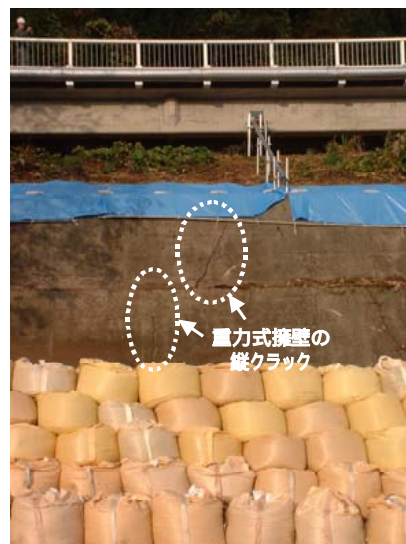


写真-8.3.30 谷側の重力式擁壁の縦クラック

地山の地質は、図-8.3.36に示すように新第三紀鮮新世川口層の砂岩・泥岩の互層であり、道路のり面に対してやや緩い流れ盤構造であった。また、広域的には、段丘地形の縁辺部に位置することから斜面内の風化が進行していたと考えられる。さらに、斜面からの湧水も確認されたように集水地形であると考えられ、地震前の台風23号により斜面内の地下水位も高い状態にあったと推測される。この様なことから、斜面崩壊が発生し、ブロック積擁壁が広範囲に倒壊したものと考えられる。

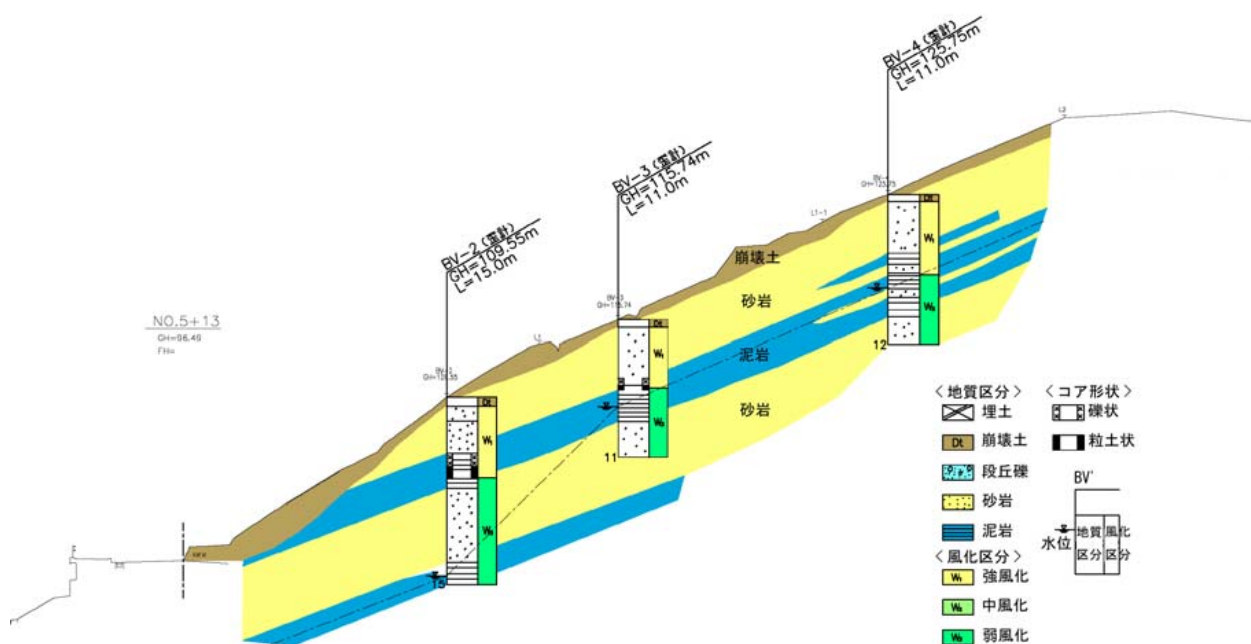


図-8.3.36 想定地質断面図

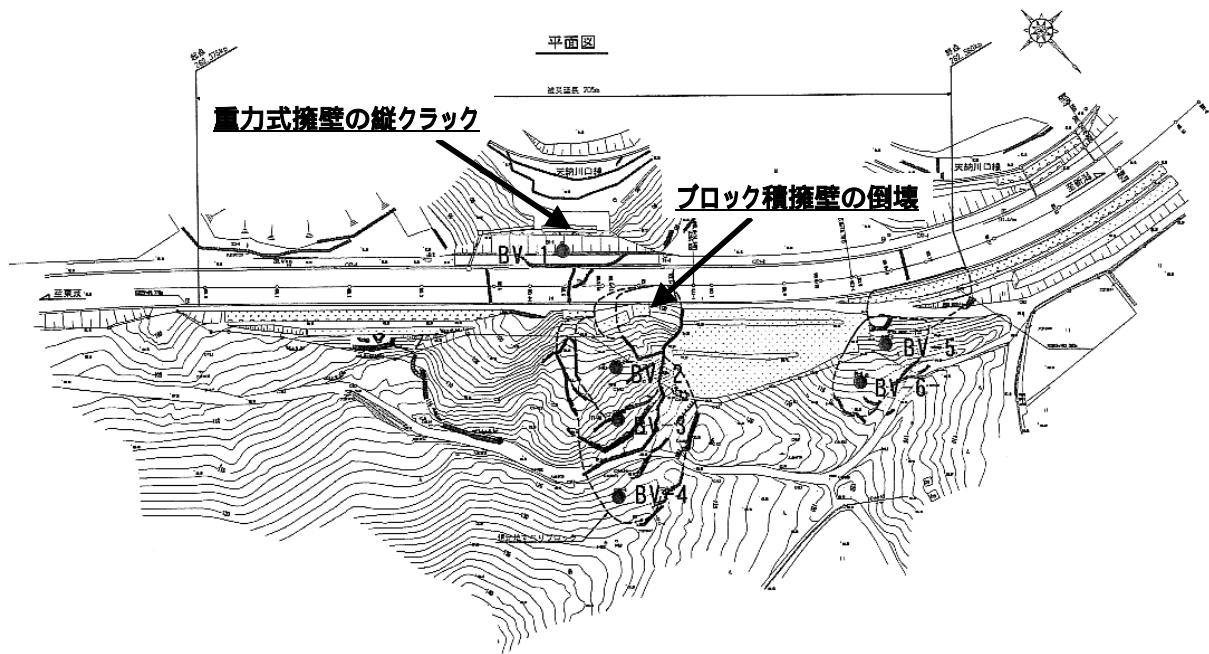


図-8.3.37 被災箇所平面図

写真-8.3.31は、国道117号（小千谷市上片貝地区）でのブロック積擁壁の倒壊の例である。このブロック積擁壁では、最大高さ約8mと比較的高さが高かったことから、擁壁躯体の慣性力により擁壁自体の転倒・中折れにより倒壊したものと推測される。



写真-8.3.31 ブロック積擁壁の倒壊（国道117号）



写真-8.3.32 ブロック積擁壁の躯体のせん断破壊例

ブロック積（石積）擁壁では、上記の様に倒壊に至らなくても、躯体の亀裂、ブロックの落下、はらみ出しなどの変状も多く見られた。写真-8.3.32は、ボックスカルバートのウイング周辺に設置されたブロック積擁壁（国道17号道の駅ちぢみの里周辺）であるが、凸型形状の擁壁配置と飽和状態の背面土からの過大な土圧により擁壁躯体がせん断破壊している例である。

(2) 重力式擁壁・もたれ式擁壁

重力式擁壁では高さの低いものでは、斜面・盛土上に設置された擁壁が斜面・盛土の変状に伴い被害を受ける例が見られる。写真-8.3.33は、国道351号（小千谷市ひ生地区）のJR上越線を跨ぐ跨線橋の高さ約15mの取付け盛土がすべり破壊を起こし、これに伴い盛土が大きく沈下するとともに、高さ約1.7mの重力式擁壁も変状した例である。これにより、跨線橋との間に約75cmの段差が生じたとともに、擁壁が支持する歩道部も沈下が生じていた。

また、高さが比較的高いもたれ式擁壁では、写真-8.3.34の国道17号和南津トンネル坑口でみられたように、コンクリート打継ぎ目でのズレが生じたり、写真-8.3.35の国道291号（小千谷市南荷埴地区）の擁壁のように、基礎地盤の支持力不足により基礎コンクリート部が転倒し、擁壁全体が変状している被害も見られる。



写真-8.3.33 跨線橋取付け盛土の沈下（国道351号）

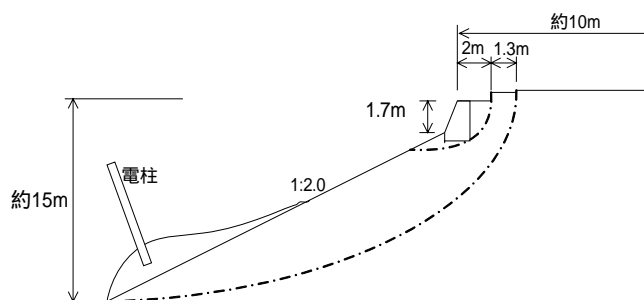


図-8.3.38 跨線橋取付け盛土の変状概念図



写真-8.3.34 もたれ式擁壁の被災例（国道17号）



写真-8.3.35 もたれ式擁壁の被災例（国道291号）

(3) 片持ばり式擁壁

片持ばり式擁壁では、比較的高さの高いものは多くなく、その変状も小さい。一方、斜面・盛土上に設置された片持ばり式擁壁は、高さが低くても斜面・盛土の変状に伴い沈下・傾斜する被害が見られた（例えば、写真-8.3.36）。また、地下水位が高い軟弱な基礎地盤上にされたL型擁壁が足元をすくわれるように傾斜した被害も報告⁴⁾されている。

さらに、今回の地震において片持ばり擁壁の特徴的な被害としては、関越自動車道の盛土でのり尻に設置されていた高さ約1.5mのプレキャスト製のL型擁壁が、写真-8.3.37のように滑動・傾斜、たて壁の損傷などの被害を受けていた。これらの擁壁は、高速道路への侵入防止の目的で設置されたものであり、積極的に背面盛土を支持するものでなかったことから、擁壁の倒壊による高速道路への影響はそれ程大きく無かった。



写真-8.3.36 盛土上のL型擁壁の被害例



写真-8.3.37 倒壊したL型擁壁（関越道小千谷市内）

(4) 井桁組擁壁

井桁組擁壁は、透水性に優れることから、山間部などの湧水の多い切土部に設置されることが多いことから、今回の地震において、写真-8.3.38の例（国道117

号小千谷市上片貝地区)に示すように斜面の崩壊に伴い井桁組擁壁が破壊したり、目地間が開いて背面土がこぼれ出すなどの被害が見られた。



写真-8.3.38 井桁組擁壁の破壊例

一方、井桁組擁壁自体は比較的柔な構造であるため、大きな変形にも追従し、写真-8.3.39の例(旧山古志村役場付近の県道)に示すように大きく傾いてはいるが、倒壊には至らない程度の被害で収まっている場合も見られた。

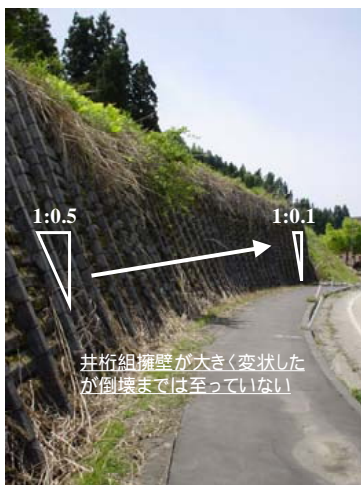


写真-8.3.39 井桁組擁壁の変状事例

(5) 軽量材を用いた擁壁

写真-8.3.40は、県道(小千谷市岩沢地区)に設置されたEPS(発泡スチロール)ブロックを用いた擁壁の被害状況である。写真のように、EPSの前面を保護するコンクリート製のパネルが地震動により損傷を受け、一部落下している。しかし、擁壁全体では、大きな変状はなく、隣接する石積擁壁に比べて変位量も小さく抑えられている。このため、この様な軽量材を用いた擁壁は耐震性が比較的高いと考えられるが、壁面材等の使用する部材の強度・耐久性も十分に考慮の上で設計・施工される必要があると考えられる。



写真-8.3.40 EPSを用いた擁壁の被害

3.3.4 補強土擁壁の被害

(1) 中越地方における補強土擁壁

補強土擁壁は、1970年代に我が国で初めて施工されて以降、着実にその施工実績を伸ばし、現在では施工壁面積が年間100万 m^2 を超えるまでとなっており、道路擁壁として一般的に採用されている。中越地震により被害を受けた地域においても、多くの補強土擁壁が施工されており、地震発生後にこれら補強土擁壁の被害状況の詳細な調査が実施された。被害調査が行われた補強土擁壁の分布を図-8.3.39に示すが、我が国の代表的な補強土擁壁である帯鋼補強土壁、アンカー補強土壁、ジオテキスタイル補強土壁だけでも当該地域において計201件(壁面積:約47,500 m^2)の調査が実施された。

調査された補強土擁壁の多くは、本震の震源近くに位置しており、図-8.3.40に示すように全体の約63%(126件)が本震において震度6弱以上の強い揺れを経験していると推測され、中には震度7の激しい揺れを経験した補強土擁壁もある。補強土擁壁の高さは、5~8mの高さのものが多く、8mを超える高さのものも約25%(51件)あり、壁面勾配は帯鋼補強土壁、アンカー補強土壁の殆どが直勾配であるが、ジオテキスタイル補強土壁では3分勾配が多い。各補強土擁壁の施工年の割合を図-8.3.41に示すが、約半数が2000年以前に施工されており、これらの中には耐震設計を行っているものもあると推測されるが、殆どは「道路土工・擁壁工指針」(平成11年3月)での大規模地震対応の設計は実施されていないと考えられる。



図-8.3.39 調査した補強土擁壁の分布

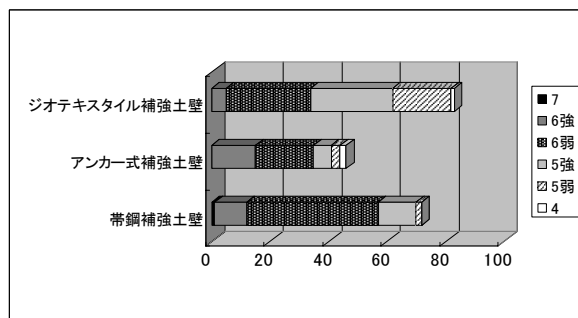


図-8.3.40 調査した補強土擁壁の本震での震度

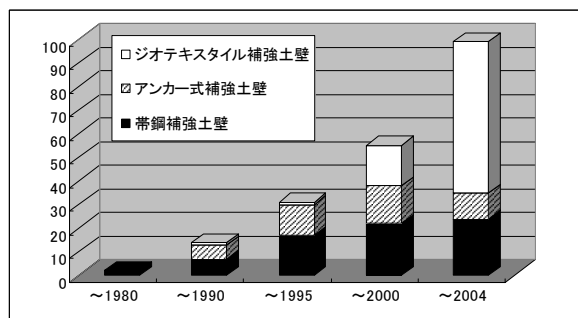


図-8.3.41 調査した補強土擁壁の施工年

(2) 補強土擁壁の被害の傾向

調査された各補強土擁壁の被害の程度を、補強土擁壁が支える道路の被害と補強土擁壁自体の構造物としての被害の観点から、表-8.3.9の指標により評価した。

補強土擁壁の被害の程度を図-8.3.42に示すが、道路や構造物に大きな被害が生じた補強土擁壁も見られたが、殆どの補強土擁壁において被害は小さく、7割

以上の補強土擁壁では全く被害が無かった。また、構造物としての被害が比較的大きいが道路の被害が比較的小さい補強土擁壁も多く見られる。これは、補強土の特徴である地震時に粘り強い挙動を示すことにより、補強土擁壁自体は変形・損傷するが崩壊には至らず、このため、道路の被害が小さく、道路の復旧も比較的容易に出来たものと考えられる。

表-8.3.9 補強土擁壁の被害程度の定義

道路の被害	I	道路としての機能を喪失し、復旧に長期間を要する
	II	道路としての機能を一時的に喪失したが、短期間での復旧が可能
	III	何とか通行可能であり、短期間での復旧が可能
	IV	無被害。または通常の通行が可能であり、軽微な補修で修復可能
構造物の被害	1	崩壊または大変形をし、復旧には再構築が必要
	2	変形・損傷したが、補強対策や部材の交換・補修等で修復可能
	3	部分的に変形・損傷したが、軽微な補修で修復可能
	4	無被害。または補修を必要としない程度の損傷・変形

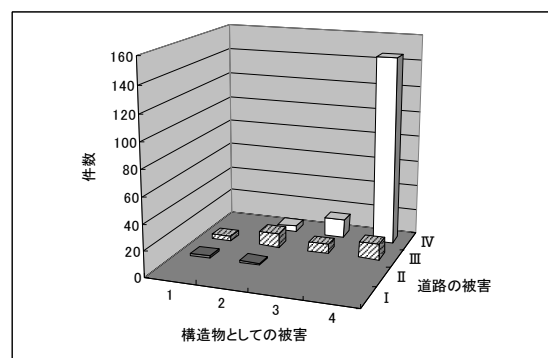
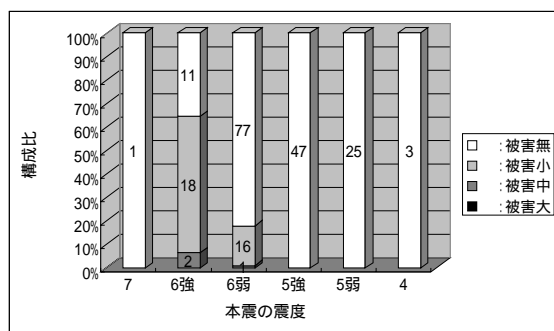
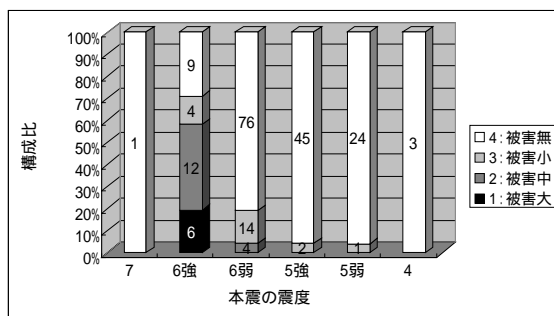


図-8.3.42 補強土擁壁の被害のまとめ



道路の被害と震度の関係



構造物の被害と震度の関係

図-8.3.43 補強土擁壁の被害と震度の関係

補強土擁壁の被害の程度と本震での震度との関係を図-8.3.43に示すが、道路の被害は震度6弱以上の場合にのみ発生しており、震度が高い（震度6強）ほど被災の割合が高くなっている。また補強土擁壁の構造物としての被害も殆どが震度6弱以上で発生しており、特に被害の程度が大きい（被害程度1）のは、震度6強以上の強い揺れが発生した場合のみであることが分かる。この様に、今回の地震の被害状況から、補強土擁壁では震度5以下程度の供用期間中に発生する確率の高い地震に対しては、殆ど被害が発生することは無く、供用期間中に発生する確率が低いが激しい地震動に対してはある程度の被害は生じるが、短期間で復旧可能な程度の被害に収まることが推測される。

補強土擁壁の被害が発生した震度6弱以上の経験をした補強土擁壁を対象に、構造物としての被害の程度と壁高との関係を図-8.3.44に示す。被災の割合としては、高さによる明確な違いは見られないが、被害の程度では、大きい被害（被災程度1）の割合が壁高8mを超えると多くなる傾向が見られる。一般に補強土擁壁は従来のコンクリート擁壁では適用が難しい壁高の高い場合に採用される場合が多く、この様に8mを超えるような壁高が高くなる場合には、耐震設計を行うなど安定性の確保に努めることが必要である。

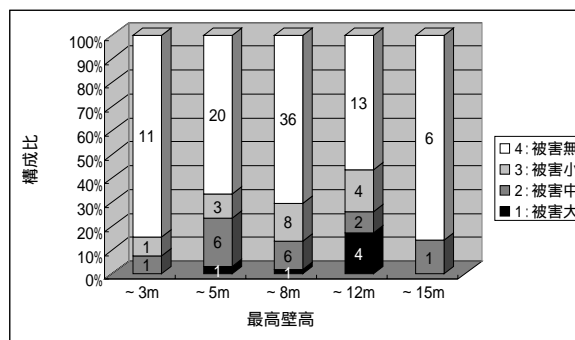


図-8.3.44 補強土擁壁の被害と壁高の関係

(3) 補強土擁壁の特徴的な被害

調査した補強土擁壁の内、補強土擁壁の被害の特徴が見られる事例を以下に幾つか紹介する。

1) 帯鋼補強土壁の例

(a) 国道117号（小千谷市上ノ山地区）

この補強土擁壁は、橋梁のアプローチ盛土部に1998年に施工された最大高さ4mのテールアルメ壁であり、高さの低い場合に適用されるミニテールアルメ（壁面材の寸法：1m×1m、厚さ110mm）が用いられている。本震の震源から約7kmに位置し、震度6強を経験したと推測される。周辺は水田が広がっており、軟弱な地盤が厚さ2.0m程度で堆積しているため、基礎地盤は砕石で置換えを行っている。変状は、写真-8.3.41に示すように壁面の天端付近が若干はらみ出しており、壁面材に水平方向にクラックが発生している。この原因としては、壁面材天端に設置した笠コンクリートが地震動により大きく振動し、その影響でクラックが発生したものと考えられる。この様な変状を防止するためには、笠コンクリートの設置方法の改善が必要と思われる。



写真-8.3.41 壁面材のクラックの発生

また、写真-8.3.42に示すように、横断排水管の両側で不同沈下が生じ、壁面材の縦クラックや目地の開きが発生している。この原因としては、補強土擁壁の

基礎地盤は地震動により沈下を発生したが、杭基礎などで支持されている横断排水管の沈下は少なく、この影響で不同沈下が生じたものと考えられる。この対策として、一般には横断構造物に接する位置には縦目地を設けて不同沈下の影響を軽減するような対策を行っており、今回の補強土擁壁でもこのような対策を行っていれば、壁面材の大きな損傷は防げたと考えられる。道路面の被害は、補強土擁壁の沈下や変位の影響により歩道部で沈下が見られたが、通行に大きな影響を及ぼす程の被害は見られなかった。



写真-8.3.42 横断排水管周辺の不同沈下

(b) 県道（長岡市濁沢町地区）

この補強土擁壁は、県道の道路拡幅のための腹付け盛土の擁壁として2001年に施工された最大高さ6mのテールアルメ壁である。本震の震源から約8kmに位置しており、震度6弱を経験していると推測される。地震による腹付け盛土部の沈下・変状により写真-8.3.43に示すように既設道路と拡幅部との間に縦断方向に段差が生じており、片側1車線の通行規制がなされた。



写真-8.3.43 道路面の損傷

補強土擁壁は、全体的にはらみ出しや壁面材のクラックや角欠けなどが見られるが、特に大きな損傷とは成っていない。この区間では、補強土擁壁と隣接して片持ばり式のコンクリート擁壁が設置されているが、写真-8.3.44のように、コンクリート擁壁の前面の路

面が大きく隆起しているのに対して、補強土擁壁の前面では殆ど変状が見られない。



写真-8.3.44 補強土擁壁とコンクリート擁壁の変状

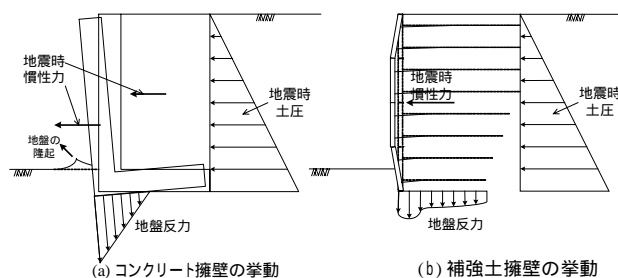


図-8.3.45 地震時の挙動の違い

これは、図-8.3.45に示すように、コンクリート擁壁では地震時の土圧や慣性力による荷重が剛な擁壁のつま先部に集中して作用するため基礎地盤が変状したのに対して、補強土擁壁では補強土全体で外力に抵抗するために基礎地盤への作用圧力が分散され基礎地盤の変状が避けられたものと考えられ、補強土擁壁の特徴が大きく表れた現象と言える。

2) アンカー補強土壁の例

(a) 県道（小千谷市小栗山地区）

この補強土擁壁は、尾根上の斜面に設置された最大高さ8.8mのアンカー式補強土壁であり、1985年に施工されている。本震の震源から約6kmに位置し、震度6強を経験していると推測される。補強土擁壁の被害の状況は、写真-8.3.45に示すように補強土擁壁の下から約1/3の高さの位置で大きくはらみ出し、それに伴い壁面材の目地の開き（100mm程度）やクラック等が確認された。壁面からは、排水の跡が明確に確認され、常に水の供給がされやすい現場であったことと、地震直前の台風23号による豪雨の影響により補強土擁壁内の地下水位が高い状態にあったと考えられること、更には尾根上のヘアピンカーブ状の道路線形となっており、地震動の影響を大きく受けやすい立地条件にあったことなどが影響し、大きく変状したものと考えられ

る。しかし、補強土擁壁天端の道路面はきれいに修復され（平成17年5月調査時点）、補強土擁壁が大きく変状した状態でも道路擁壁としての機能は当面維持されていた。



写真-8.3.45 アンカー式補強土壁の被災状況

一方、この現場から100m程度手前では、斜面上にL型擁壁が設置されていたが、地震により大きく変状し（写真-8.3.36）、地震後半年経過後でも復旧出来ずに、片側1車線通行規制が行われている状態であった。

(b) 県道（小千谷市首沢地区）

この補強土擁壁も、斜面上に設置された最大高さ11.6mのアンカー式補強土壁であり、2000年に施工されている。本震の震源から約5kmに位置し、震度6強を経験していると推測される。



写真-8.3.46 アンカー式補強土壁の変状

補強土擁壁の被害の状況は、写真-8.3.46に示すように約半分の高さの位置においてははらみ出す様な変状をしており、はらみ出した位置より下方に壁面材の目地からの多量の排水跡が見られる。この補強土擁壁は、背面地山から長期的に継続して地下水の供給がなされ、常に約半分の高さの位置まで地下水位があったと考えられることから、今回の地震による変状も地下水による盛土材料の強度低下、及びヘアピンカーブ状の道路線形が影響して、変状を生じたものと考えられる。ただし、補強土擁壁天端の道路面では、部分的な補修に

より通常の走行が可能な状態（平成17年5月調査時点）にあり、斜面崩壊や落石防護擁壁の転倒などの被害が見られる周辺の状況と比較しても比較的被害は小さかったと言える。

3) ジオテキスタイル補強土壁の例

(a) 市道（小千谷市池ヶ原地区）

この補強土擁壁は、斜面上に設置された最大高さ6mのジオテキスタイル補強土壁である、2000年に施工されている。本震の震源から約7kmに位置し、震度6強を経験していると推測される。壁面工は1:0.5勾配で補強材に用いたジオグリッドを巻き込んで形成し、表面は植生で保護されている。基礎は一部の区間でジオグリッドによるマットレス基礎を用いて補強している。



写真-8.3.47 天端の道路面の被害状況



写真-8.3.48 ジオテキスタイル補強土壁の壁面の状態

補強土擁壁の被害は、写真-8.3.47の様に天端の道路面に縦断方向に幅10cm程度以上の亀裂が生じており、起点側の高さの低い区間では円弧状にクラックが生じている。円弧状のクラックが生じた高さの低い区間は、小さな谷筋地形となっており山側からの湧水も確認され、基礎もマットレスで補強されておらず、地震動により補強土擁壁が若干滑動したものと考えられる。また、高さが比較的高い区間では、補強土擁壁が約1/3の高さの位置で若干のはらみ出しが確認された（写

真-8.3.48)。はらみ出しの確認された部分周辺で壁面に苔が壁面全面に生えていることから、盛土内の含水比が常に高い状態にあったと考えられ、盛土内の水も影響して補強土擁壁が変状したものと考えられる。ただし、路面の変状は、短期間の補修で修復可能な程度であり、この箇所から約50m先の盛土区間では路面に大きな段差が生じて通行止めが続いている状況（平成17年5月調査時点）や周辺の家屋の被害状況と比較すると、補強土擁壁は比較的被害が小さかったと考えられる。

(b) 国道291号（旧山古志村向田地区）

この補強土擁壁は、旧山古志村内の国道291号に設置された最大高さ14m、1:0.5勾配のジオテキスタイル補強土壁であり、1994年に施工されている。本震の震源から約4kmに位置し、震度6強を経験していると推測される。この補強土擁壁は、地すべり地形の谷側に設置されており、地震により地すべり変位を受けたにもかかわらず、補強土擁壁には大きな損傷は見られず、路面に段差が生じたが早期に復旧が可能な程度の損傷に収まっている。この区間では、写真-8.3.49に示すように井桁組擁壁が隣接して設置されているが、井桁組擁壁では基礎地盤の沈下に伴うと思われる変状により路面の沈下が生じており、一部通行規制がなされていた（平成17年5月時点）。



写真-8.3.49 ジオテキスタイル補強土壁の遠景

(4) 補強土擁壁の被災道路の復旧への適用

補強土擁壁は、耐震性の高さや施工性などから、被災した道路の復旧にも適用されている。写真-8.3.50は、国道17号川口町天納地区において、国道とJR上越線が併設する区間が大規模に崩壊した現場で、国道の復旧にジオテキスタイル補強土壁が用いられた例である。これにより、この区間の国道は地震発生後約2ヶ月後の平成16年12月29日に復旧が完了している。また、旧山古志村を横断する国道291号の復旧においても、多くの区間で補強土の適用が計画されている。



写真-8.3.50 補強土擁壁の道路復旧への適用例

3.3.5 道路擁壁の被害のまとめ

以上より、今回の中越地震における道路擁壁の被害として、以下のことが言える。

- ・ブロック積（石積）は、他の擁壁形式と比較して被災率が高く、壁高が高いと被災率も大きくなる傾向が見られる。
- ・国道17号では、ブロック積（石積）擁壁以外の擁壁形式では被災の程度は比較的小さかった。
- ・コンクリート擁壁では、盛土・斜面上の擁壁で、盛土・斜面の変状に伴い被害を受けている擁壁も見られる。
- ・被災した擁壁の復旧は、再構築が行われる場合が多く、路線の重要度や復旧の難易度に応じて適切に耐震性を確保する必要があるとともに、被災した擁壁の補修・補強方法の更なる技術開発も必要である。
- ・補強土擁壁は、他の土構造物に比べて被害は小さく、被害を受けても道路への影響は比較的小さかった。
- ・補強土擁壁の被害の殆どは、震度6弱程度以上の激しい地震動を経験した場所で発生している。
- ・補強土擁壁は、耐震性や施工性の面から、被災した道路の復旧にも利用されている。

3.4 カルバート

3.4.1 概要

本節では長岡国道事務所管内の直轄国道を横断するボックスカルバートを対象とする。カルバートの被害は、周辺地山を形成する盛土の被害と連動するが、阪神淡路大震災の際の被害状況とほぼ同様で、比較的軽微なものにとどまった。損傷パターンは、目地部の開きやズレ、カルバートあるいは周辺地盤の沈下により生じる路面の段差、ウィングの損傷等が大半で、短期間で応急復旧が可能であった。

3.4.2 被災事例

災害査定資料や施設台帳を元にボックスカルバート

の被災状況を整理したところ、長岡国道事務所管内の国道8号、17号、116号におけるカルバートの被災は計10件で比較的広範囲（小千谷市、長岡市、見附市、柏崎市）にわたっていた。図-8.3.46に被災したボックスカルバートの位置、表-8.3.10に被災概要の一覧を示す。また、写真-8.3.51～57（長岡国道事務所撮影）に、被災パターンの典型的な例を示す。なお、JH関越自動車道においても、主に盛土高さ6～10m程度のパラレルウィングを有する2～3ブロックのカルバートボックス（約20箇所）において、継目の開き、本線の不同沈下、取付部の段差などが見られ、大きな地震力により道路直角方向に慣性力および土圧が作用し、カルバートボックスが滑動したものと推察されている⁶⁾。

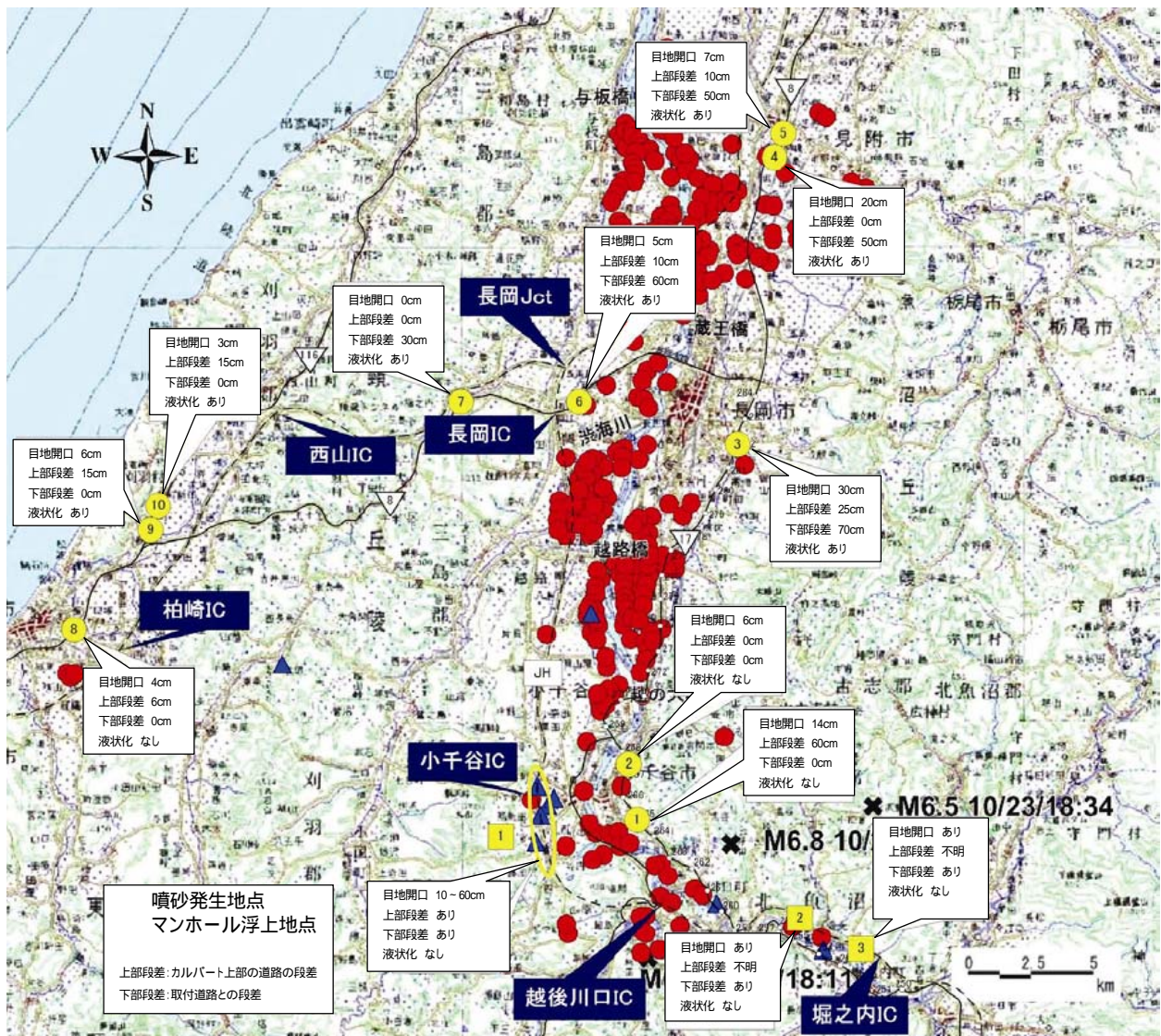


表-8.3.10 長岡国道事務所管内一般国道におけるボックスカルバートの被災状況

路線	位置	形式	断面寸法	最小土被り	被災状況	番号
R17	小千谷市大字ひ生字 広田 (kp264.9)	門型	B4.0×H3.0	0.5m	ボックス目地の開口 14cm カルバート内部への土砂流入 上部盛土の沈下 (段差 60cm) 坑口部段差 30cm 坑口擁壁間の開口 30cm	
R17	小千谷市大字ひ生字 前山 (kp267.54)	ボックス	B8.0×H4.85	7.5m	目地開口 9cm 盛土の沈下 30cm	
R17	小千谷市大字ひ生字 前山 (kp282.19)	ボックス	B6.0×H3.9	1.6m	ボックス目地の開口 30cm 内部への土砂流入、噴砂 上部道路の段差 (25cm) 取付道路の隆起 (70cm)	
R8	見附市大字上新田字 新江東 (kp50.0)	ボックス	B6.0×H3.9 B5.5×H4.5	1.6 0.8	ボックス目地の開口 20cm、7cm 内部への土砂流入、噴砂 上部道路の段差 (10cm) 取付道路の隆起 (50cm)	
R8	長岡市喜多町字金輪 (kp64.28)	ボックス	B7.0×H3.6	1.7	ボックス目地の開口 7cm 内部において噴砂 上部道路の段差 (10cm) 取付道路の隆起 (60cm)	
R8	長岡市宮本町字新保 (kp69.5)	ボックス	B4.5×H2.5	1.7	内部において噴砂 取付道路の隆起 (30cm)	
R8	柏崎市北半田一丁目 (kp92.4 付近)	ボックス	-	-	ボックス目地の開口 ボックスとウィング間の開き 上部道路の段差 (7cm)	
R116	刈羽郡刈羽村大字正 明寺字南向 (kp0.755 付近)	ボックス	B2.5×H2.5	0.4	ボックス目地の開口 6cm 内部において噴砂 上部道路の段差 (15cm)	
R116	刈羽郡刈羽村大字下 高 (kp1.32 付近)	ボックス	B2.5×H2.5	0.5	ボックス目地の開口 3cm 内部において噴砂 上部道路の段差 (15cm)	

国道17号 (kp250～kp284) について着目すると、当該区間には106箇所のボックスカルバートが設置されており、そのうち38箇所が車道または歩道、68箇所が水路に用いられている。被災が確認されたのは3箇所 (図-8.3.44の ～) で全て道路用ボックスであった。道路用ボックスカルバートは水路用に比べて内空幅が大きく、延長が短く、土被りが小さい傾向にある。

なお、変状のあったボックスカルバートへの対策として、目地の開口量に応じた補修が施された。また、地盤の液状化が見られた箇所には、ボックス内部から底版の配筋を切断しない小口径の削孔を行い、薬液注入によって地盤改良を行っている。道路に生じた段差については舗装のオーバーレイにより対応しているのが一般的である。



写真-8.3.51 地点 : 上部盛土の沈下 (60cm)



写真-8.3.54 地点 : 取付道路の隆起 (70cm)



写真-8.3.52 地点 : 継目の開き (14cm)



写真-8.3.55 地点 : 上部道路の段差 (25cm)



写真-8.3.53 地点 : 坑口擁壁間の開口 (30cm)



写真-8.3.56 地点 : 内部への土砂流入、噴砂



写真-8.3.57 地点 : 継目の開口 (30cm)

3.4.3 カルバートの被害のまとめ

カルバートの被害は、盛土の破壊や変状に連動し、カルバート本体の損傷は継手部の開口が大半であった。また、上部道路、及び取付道路との段差なども盛土の規模に応じて発生した。これらの変状は、基礎地盤の液状化が見られた地点で多く見られた他、液状化と関連が薄いと思われる箇所でも発生した。従来ボックスカルバートの設計では地震の影響を考えていないが、今回のような強い地震でも被害は比較的軽微なものにとどまり、地震の影響は小さかったと考えられる。

3.5 斜面災害

3.5.1 道路斜面災害の概要

本節では、道路上方斜面（切土を含む）の崩壊で発生した災害、道路下方斜面（盛土を除く）の崩壊で発生した災害について記述する。

今回の地震は中山間地域に震源域を持ち、山間地の集落を結ぶ道路の多くが斜面崩壊によって被災した。これは、誘因としての地震動が強かったことや、台風の通過に伴う降雨によって地盤が湿潤状態であったことのほかに、素因としてのこの地域の地質的脆弱性が挙げられる。この地域の地質は、第2編で述べたように褶曲構造が発達しており、岩盤内に引張性の亀裂や小断層が形成され、斜面によっては流れ盤構造が形成されている。また地質的に比較的新しい新第三紀中新世以降の堆積岩を主体とし、物理的・化学的な作用に対する抵抗性が低い軟岩が分布することも影響し、地すべりの多発地帯となっている。また人工的な地盤改良も斜面崩壊の一因となっており、地すべり地形を改変した棚田や養鰻池等の下方斜面や、切土斜面などでも崩壊が発生している。

上記のような状況下で発生した斜面崩壊は、大きく以下のタイプに分けられる。

地すべり

地すべり地帯であることから多く見られる。規模の大きいものは、道路より離れた上方斜面で発生した場合でもその崩土が道路まで到達し道路上を被覆するあるいは末端部で道路構造物に変状を与えるなどの被害を与えている。旧山古志村では多くの道路が地すべり地内を通過しており多大な被害を受けている。

岩盤崩壊

岩盤内の層理面に沿った崩壊、層理面と節理面に囲まれた範囲がくさび状に抜け落ちた崩壊（くさび状崩壊）などがあり、調査した限りでは流れ盤構造に起因している。小千谷市横渡の国道291号沿いでは大規模な崩壊が発生し、岩塊が道路を広く被覆している。

表層崩壊

表層部の表土や崩積土、岩盤の強風化部で崩壊が発生し、崩壊深度が比較的浅いもの。基盤岩と未固結の表層部の境界が平滑な層理面で流れ盤となっている場合は、岩盤上の表層部のみが崩壊していることもある。また受け盤斜面でも発生している。段丘崖では、未固結の段丘堆積物の崩落も見られる。小規模なものを含めると数は多いが、道路への被害は比較的小さい。

3.5.2 1年後の復旧状況

中山間地域における道路はライフラインとして重要であり、早急な復旧が必要とされる。しかし今回の地震による斜面崩壊には規模の大きなものもあり、現道復旧が難しく場合によっては道路線形を改良せざるを得ない所もでてきていた。

地すべりによる被災箇所では、地表踏査、ボーリング調査、動態観測等の調査が行われ、崩壊機構の把握、対策工の選定が概ね行われていた。復旧工事も開始され法枠工、アンカー工等の地すべり対策が進行していたが、道路への直接の被害が小さい箇所では、対策工事が着手されておらず被災当時と大きく変化のない箇所、動態観測が続けられている箇所などがあった。

岩盤崩壊による被災箇所のうち規模の大きい小千谷市横渡では崩壊した岩塊は被災当時のままで仮設道路が設けられているが、規模の小さい箇所では対策が完了しているところもあった。

表層崩壊による被災箇所では、崩積土を排土するだけで通行が可能となる箇所が多く、1年後では概ね通行可能となっていた。規模の大きい箇所では不安定土砂として残る表層部の排土あるいは緩勾配での切土が施工中のところもあった。

3.5.3 被害事例

2004年10月26～27日と11月24～25日に現地調査を実施した。調査を実施した道路のリストを表-8.3.11に、調査ルートおよび調査地点を図-8.3.47に示す。なお1年が経過した2005年10月24～25日に、同じ地点の追跡調査も実施した。調査方法は自動車で移動しながら被害状況の目視観察、写真による記録を行い、主要な被害箇所については踏査を実施した。

調査した中のいくつかの被害事例について、1年後の調査結果も交えて以下に記述する。

表-8.3.11 調査対象道路リスト

路線名	調査区間（地名）
国道17号	小千谷市街～川口町和南津トンネル
国道117号	小千谷市塩殿
国道291号	小千谷市横渡～旧山古志村竹沢、旧山古志村東竹沢
県道83号	川口町西川口～小千谷市塩殿
県道421号	川口町牛ヶ島
県道582号	川口町天納
県道23号	長岡市村松町～旧山古志村虫亀
県道24号	旧山古志村竹沢
県道589号	長岡市妙見町白岩

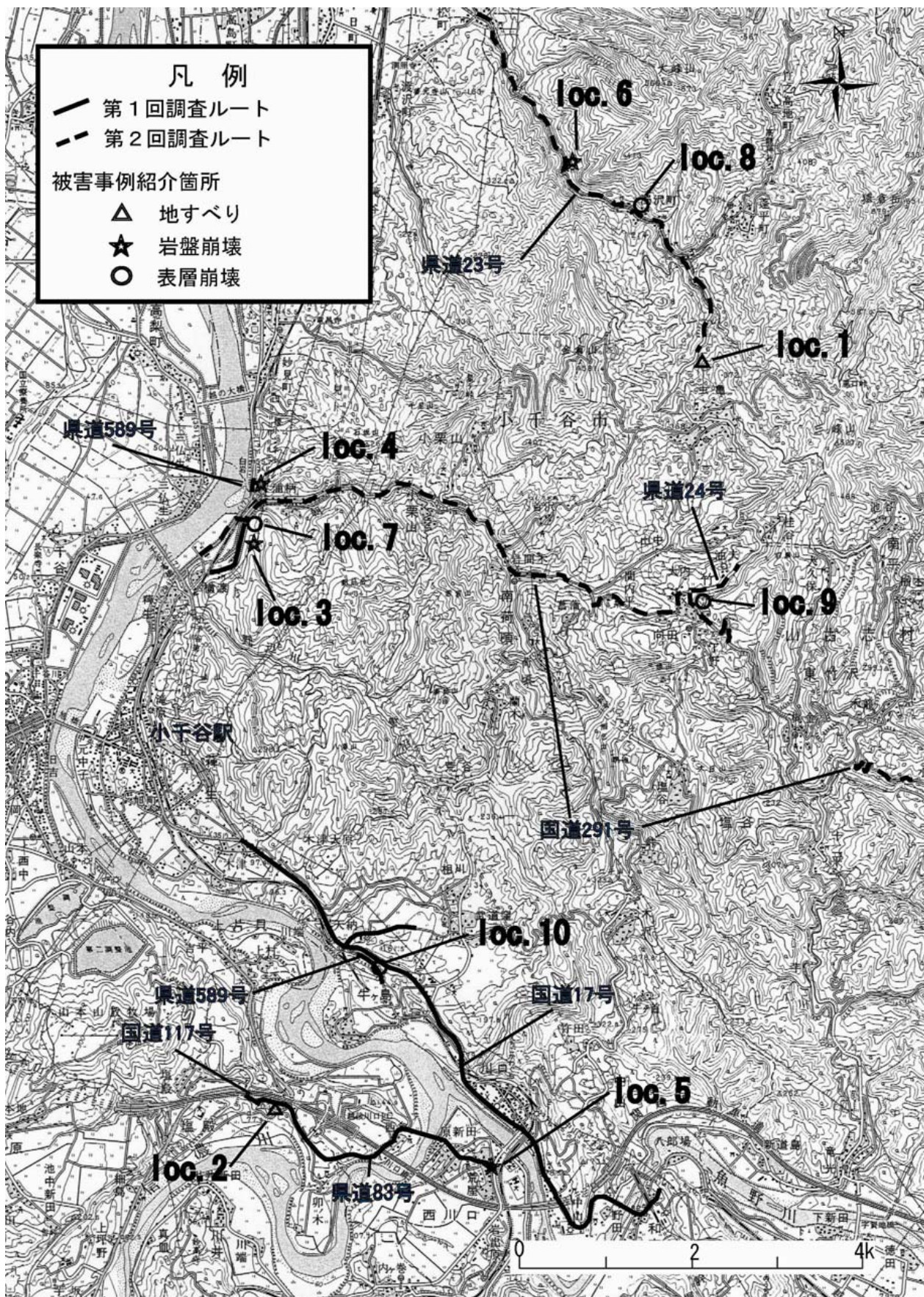


図-8.3.47 道路斜面災害調査ルート

(1) 地すべり

1) 県道23号 旧山古志村虫亀細声地区 (loc.1)

県道の上方斜面で幅約60～100m、長さ約250m、移動層厚平均10mの規模の大きい崩壊が発生した。崩積土は県道を超え斜面下方の細声川にまで達し、県道は長さ約160mに渡り崩積土に被覆された(写真-8.3.58)。崩壊が発生した斜面は傾斜が約30°で、基盤の荒谷層の泥岩の上に表土や風化泥岩が分布していた。新潟県が実施した調査では基盤の泥岩は流れ盤の地質構造となっており、表土や風化泥岩が地震により移動したとされている(図-8.3.48)。

道路復旧のための対策工としては、道路を被覆した崩積土への切土工が計画されている。1年後に現地を訪れたときには崩積土上に仮設道路が設けられ、また上部斜面の地すべりに対してアンカー工や法枠工等の地すべり対策工が行われていた。



写真-8.3.58 被災1ヶ月後の道路の状況 (loc.1)

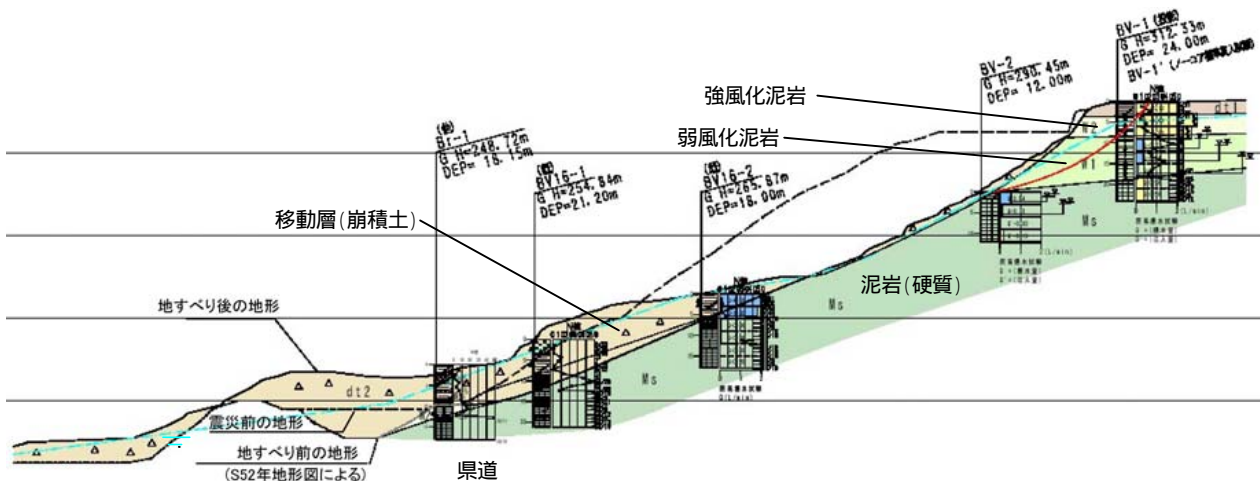


図-8.3.48 崩壊箇所の推定地質断面図 (県道23号 旧山古志村虫亀)

2) 国道117号 小千谷市塩殿 (loc.2)

道路が通る低位段丘が地震で川側に崩壊し道路の一部が欠落した(写真-8.3.59)。崩壊は隣接して2箇所が発生し、崩壊規模は幅約30mと60mで延長は約70mであった。滑落崖はいずれも明瞭な馬蹄形を呈し、移動土塊はあまり乱れず分離丘として残存していた。

崩壊した斜面は基盤に牛ヶ首層の泥岩が、その上位に段丘堆積物が分布している。新潟県の調査では泥岩は流れ盤構造を有し、また段丘堆積物直下で斜面側の泥岩は風化していたと考えられている。崩壊は基盤の風化部を巻き込んで流れ盤となっている層理面上ですべりが発生したと考えられている(図-8.3.49)。

1年が経過した時点での被災箇所には、崩壊時と比べて大きな変化は見られなかったが、実施された調査結果を受けて、費用、用地、施工期間等を勘案し盛土



写真-8.3.59 被災直後の道路の状況 (loc.2)

による復旧が計画されていた。

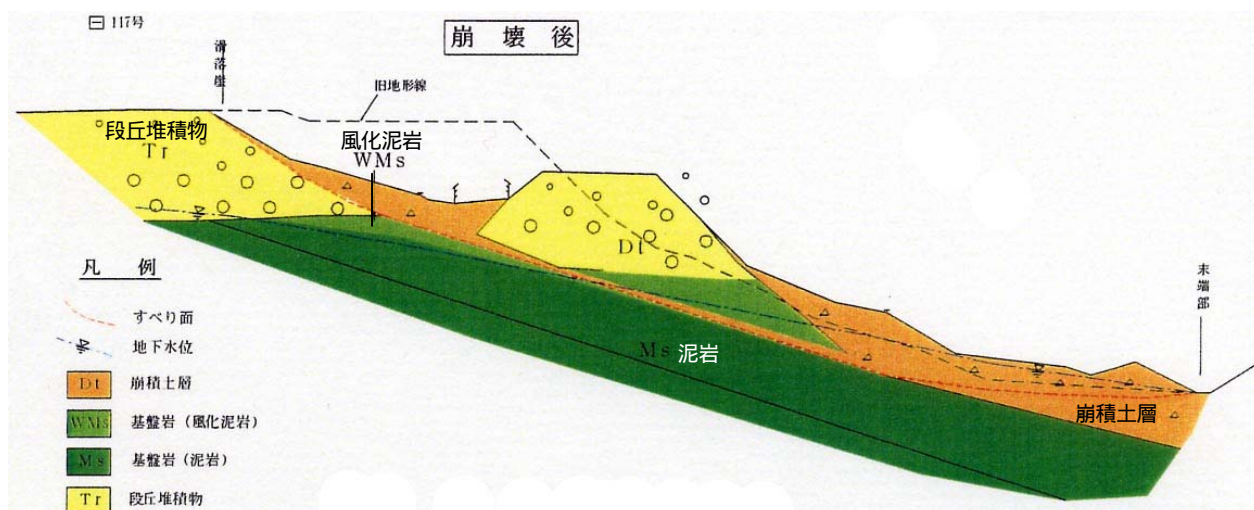


図-8.3.49 崩壊機構概念図（国道117号 小千谷市塩殿）

(2) 岩盤崩壊

1) 国道291号 小千谷市横渡 (loc.3)

信濃川に面する西向き斜面において大きく3つの岩盤崩壊が発生した。道路は斜面直下を通っており、崩壊した岩塊に被覆され、また川側に押し出されるなどの被害を受けた（写真-8.3.61）。

崩壊の規模は北側の崩壊が幅約40m、長さ約80m、中央の崩壊が幅約40～60m、長さ約100m、南側の崩壊が幅約40m、長さ約50mであった。北側と中央の崩壊は深さ約5～7mで、概ね新鮮な塊状のシルト岩（白岩層）が崩壊した。斜面下方には崩壊した岩塊群が分布し、中には5m程度の強大な岩塊も見られた（写真-8.3.62）。また南側の崩壊は滑落崖に強風化岩や崖錐堆積物が見られ、これらが崩壊していた。

地質構造は概ね南北走向で約22°で西に傾斜する。この地質構造は斜面に対して流れ盤構造となり、崩壊跡にはこの方向のすべり面が広く現れた（写真-8.3.63）。北側の崩壊の側方崖ではすべり面に分布していた厚さ約1cm、中粒～粗粒で灰白色の凝灰岩の薄層が観察された。崩壊はこの薄層をすべり面とし、上位のシルト岩が崩壊したことにより発生した。なおこの付近の斜面はこの地質構造と概ね同様の方向性を持っている。

1年後に現地を訪れたときには、崩壊した斜面はほぼ当時のままで、仮設道路が崩壊土の前面に施工されていた。この区間は規模の大きな崩壊が3つ隣接して発生しているため現道復旧が難しく、道路線形の変更が計画されていた。また斜面では不安定岩塊・土砂の除去、直立した測方崖の切土、斜面上の水路工等の対策が検討されていた。



写真-8.3.60 小千谷市横渡の岩盤崩壊 (loc.3)



写真-8.3.61 南側の崩壊により押し出された道路 (Loc.3)



写真-8.3.62 巨大岩塊の堆積状況（中央の崩壊）



写真-8.3.63 北側の崩壊状況 (loc.3)

2) 県道589号 長岡市妙見町白岩 (loc.4)

県道を巻き込み幅約200mに渡り崩壊が発生し（写真-8.3.64）、車に乗った母子二人が犠牲となった。

地質はloc.3と同様で塊状のシルト岩からなり、斜面下方には崩壊した道路とともに新鮮で巨大な岩塊が多く見られる。滑落崖や側方崖の多くは高さ10m程度で、高角度の節理によって切り立つ。地質構造はloc.3と同様と考えられ、新潟県が実施したボーリング調査では、シルト岩に挟まれる形で川側に見かけ約20°で傾斜する凝灰質の砂岩・泥岩層の分布がすべり面付近に推定されている。この地点の崩壊は、流れ盤となる比較的低角度のすべり面と背後の高角度の節理面に囲まれた範囲で発生したことが考えられる。

1年後の崩壊現場は、崩壊斜面の裏側を通るJRのトンネル上部斜面で法枠工が施工されていた他は、ほぼ崩壊当時のままであった。なお県道では上部斜面の不安定岩塊の除去および切土による現道ルートでの復旧が新潟県で計画されている。

3) 県道83号 川口町西川口 (loc.5)

道路の下方斜面が崩壊し、斜面側の車線に亀裂や段差が発生した（写真-8.3.65）。崩壊後の斜面には風化した川口層の泥岩が現れ、斜面に対し流れ盤となる平滑な層理面や節理面を有し、一部ではくさび状崩壊を呈していた（写真-



写真-8.3.65 被災直後の道路の状況 (loc.5)



写真-8.3.64 崩壊直後の斜面の状況 (loc.4)

8.3.66)。

この斜面では地震で被災する前に歩道整備に伴う盛土が計画され、ボーリング調査が実施されていた。その調査結果によると斜面表層部には風化した泥岩の分布が推定されている（図-8.3.50）。今回の地震では斜面表層の岩盤が風化していたという条件と、流れ盤構造という条件が重なり崩壊に至ったと考えられる。

1年後に現地を訪れたときには、斜面前面に歩道整備に伴う盛土が施工されていた（写真-8.3.67）。

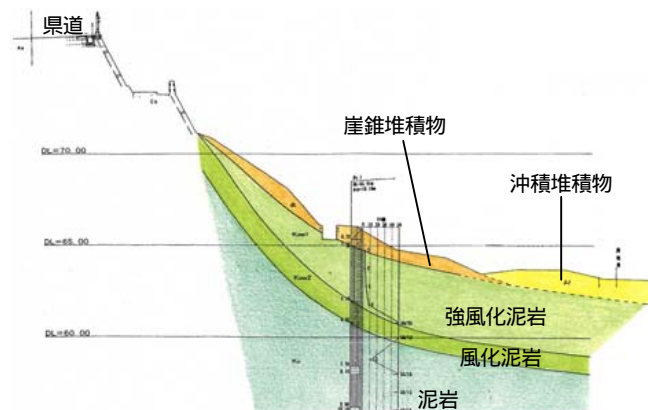


図-8.3.50 被災前の調査結果に基づく推定地質断面図 (loc.5)



写真-8.3.66 崩壊直後の斜面の状況 (loc.5)



写真-8.3.67 復旧後の斜面の状況 (loc.5)

4) 県道23号 長岡市濁沢町弁天地区 (loc.6)

県道の上方斜面で崩壊が発生し、崩積土が道路を被覆した。

新潟県の調査によれば、地質は砂岩礫岩互層からなる。層理面の走向は北北東-南南西走向で北西に約 50° で傾斜し、西向きの道路斜面に対しては約 40° の流れ盤構造となる。



写真-8.3.68 崩壊直後の斜面の状況 (loc.6)

斜面では層理面と節理面に囲まれた範囲がくさび状に抜け落ちたくさび状崩壊が起こり(写真-8.3.68)、基盤の新鮮部、風化部が流れ盤に起因して崩落した(図-8.3.51)。同様の崩壊は数箇所では発生している。また崩壊部より上方の斜面では亀裂が確認されており、より大きな地すべりが懸念されている。

1年後に現地を訪れたときには、被災箇所には崩壊時と比べて大きな変化は見られず、対策工も実施されていなかったが、地下水位観測や歪み計による観測が実施されていた。

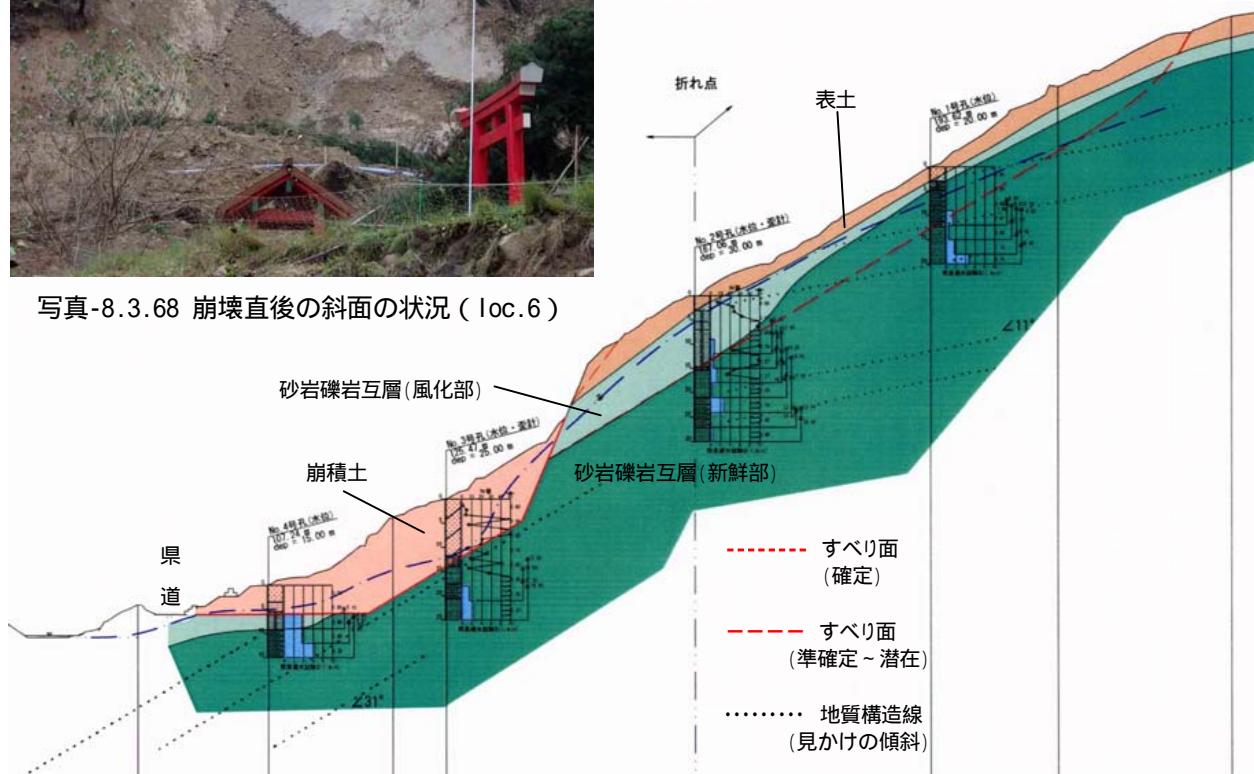


図-8.3.51 推定地質断面図 (県道23号 長岡市濁沢町弁天地区)

(3) 表層崩壊

1) 国道291号 小千谷市横渡 (loc.7)

白岩層のシルト岩が露出する切土のり面の上部の斜面から表層が崩壊し、崩積土が道路を被覆した(写真-8.3.69、写真-8.3.70)。被災直後は排土して片側は通行できるようにされていた。

基盤のシルト岩は斜面に対して流れ盤構造となっており、1年後に現地を訪れたときには、基盤上に残っていた表層がすべて排土されていた(写真-8.3.71)。



写真-8.3.69 被災1ヶ月後の道路の状況 (loc.7)



写真-8.3.70 崩壊1ヶ月後の斜面の状況 (loc.7)



写真-8.3.71 1年後の斜面の状況 (loc.7)

2) 国道291号 旧山古志村竹沢 (loc.8)

吹付けコンクリート背後の風化した荒谷層の泥岩の表層部が崩壊し、道路を被覆した。崩積土は比較的早く排土され、1ヶ月後に現地調査を実施したときには通行できるようになっていた(写真-8.3.72)。1年後に現地を訪れたときには、被災前より緩い勾配で切土が施工されていた(写真-8.3.73)。



写真-8.3.72 被災1ヶ月後の道路の状況 (loc.8)



写真-8.3.73 1年後の道路の状況 (loc.8)

3) 県道23号 長岡市濁沢町 (loc.9)

吹付けコンクリート背後の表層部が崩壊し、崩積土が道路を被覆した(写真-8.3.74)。崩積土には風化岩塊が多数混在し、風化した岩盤の表層部が崩壊したと考えられる。またこのことから吹付けコンクリート背後の岩盤は、崩壊以前に風化が進行していたものと考えられる。1年後に現地を訪れたときには、崩積土が排除され、吹付けコンクリートが施工されていた(写真-8.3.75)。



写真-8.3.74 被災1ヶ月後の道路の状況 (loc.9)



写真-8.3.77 崩壊直後の斜面の状況 (loc.10)



写真-8.3.75 1年後の道路の状況 (loc.9)

4) 県道421号 川口町牛ヶ島 (loc.10)

段丘崖直下を道路が通っており、崩壊した段丘堆積物が道路を被覆した(写真-8.3.76)。段丘崖の下半分には川口層の泥岩が分布し、崩壊したのはその上位に分布する段丘堆積物の斜面側の表層部であった。この付近では段丘崖が連続し同様の崩壊が数箇所では発生していた。1年後に現地を訪れたときには、被災箇所



写真-8.3.76 被災直後の道路の状況 (loc.10)

には崩壊時と比べて大きな変化は見られなかったが、仮設道路が崩積土の前面に施工されていた。

3.5.4 道路斜面被害のまとめ

今回の地震は東山丘陵や魚沼丘陵に震源域が分布する。この丘陵には新第三紀以降の比較的新しい地質が分布し、褶曲等の構造運動を受けて地質的にも脆弱で、地すべり地形や流れ盤斜面を形成していた。このような状況下で強い地震動を受けて多くの斜面崩壊が発生し、道路も多くの被害を受けた。道路斜面の被害をまとめると以下ようになる。

- ・斜面崩壊は大きく 地すべり、 岩盤崩壊、 表層崩壊に分けられる。
- ・地すべりは旧山古志村をはじめとして数多く発生し、また大規模なものも発生し、各所で道路が寸断された。
- ・岩盤崩壊は、流れ盤構造を有する斜面において多く発生した。層理面をすべり面とする崩壊には規模が大きく、また巨大な岩塊が集積し復旧が困難なものとなっている地点が見られた。
- ・流れ盤による岩盤崩壊の一部は、層理面と節理面に囲まれた範囲がくさび状に抜け落ちるくさび状崩壊を形成しているものがあった。
- ・表層崩壊は道路に直接面した斜面のほか多くの斜面で発生していた。また山間部の斜面のほか段丘崖でも発生していた。
- ・表層崩壊は規模の大きなものは少なく、道路への被害も崩積土に被覆される程度で、被害は比較的小さかった。
- ・調査した限りでは落石による被害は見られなかった。

3.6 まとめ

2004年新潟県中越地震における道路土工・斜面の被害状況、被災要因等について以下にまとめて示す。

- ・国道及び県道の通行止め箇所のうち、土工・斜面の被害に係わる箇所が全体の87%を占めた。
- ・今回の地震は中山間地域に震源域を持ったこと、台風23号の影響による直前の降雨により、盛土・斜面の含水比は高かったことが、土工・斜面の被害を拡大した可能性がある。
- ・道路盛土の被害の中では、山岳部盛土における沢部盛土の被害が目立った。
- ・今回調査した範囲では、大規模な崩壊が生じた盛土は、沢部を埋めた盛土のうち盛土高さが15mから20mの高盛土であった。
- ・山間部で発生した地震のため、液状化による道路土工構造物に対する地震被害は比較的少なかったが、長岡市内の盛土区間では液状化に起因すると考えられる被害が認められた。
- ・ブロック積（石積）は、他の擁壁形式と比較して被災率が高く、壁高が高いと被災率も大きくなる傾向が見られる。
- ・国道17号では、ブロック積（石積）擁壁以外の擁壁形式では被災の程度は比較的小さかった。
- ・コンクリート擁壁では、盛土・斜面上の擁壁で、盛土・斜面の変状に伴い被害を受けている擁壁も見られる。
- ・被災した擁壁の復旧は、再構築が行われる場合が多く、路線の重要度や復旧の難易度に応じて適切に耐震性を確保する必要があるとともに、被災した擁壁の補修・補強方法の更なる技術開発も必要である。
- ・補強土擁壁は、他の土構造物に比べて被害は小さく、被害を受けても道路への影響は比較的小さかった。
- ・補強土擁壁の被害の殆どは、震度6弱程度以上の激しい地震動を経験した場所で発生している。
- ・補強土擁壁は、耐震性や施工性の面から、被災した道路の復旧にも利用されている。
- ・ボックスカルバートの目地部で開きが発生し、盛土材が流入した。このため、カルバート内が閉塞したり、カルバート上の道路路面に開口部が発生する等の被害が確認された。
- ・震源域は、地すべりの多発地帯として有名な東山丘陵・魚沼丘陵の直下にあり、地すべりをはじめとする斜面崩壊により、山間地の集落を結ぶ道路の多くが被災した。
- ・斜面崩壊が多発した理由には、誘因としての地震動が強かったことや、台風の通過に伴う降雨によって地盤が湿潤状態であったことのほかに、素因としての褶曲構造が発達したこの地域の地質的脆弱性が挙げられる。
- ・斜面崩壊には地質構造が大きく関与し、表層崩壊を除き、多くが流れ盤斜面で発生していた。
- ・表層崩壊による被害は比較的小さいものが多く、復旧も早い。地すべりや岩盤崩壊では規模の大きなものが発生し、被災から1年経過した段階でも依然として復旧中あるいは計画中のものが多く見られた。とりわけ岩盤崩壊が発生した箇所では巨大な岩塊が集積し、復旧を困難なものにしているところが見られた。

4．道路トンネル

4.1 はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震においては、関越自動車道、国道17号、国道291号などの幹線道路、上越新幹線、上越線などの主要鉄道幹線に大きな被害が生じ、特に地震の被害を受けにくいと言われてきたトンネルで多くの被害が生じたのが特徴となっている。

本稿は、今回の地震により発生した道路トンネルの被害とその復旧の概要について報告するものである。

4.2 道路トンネルの被害状況

今回の地震により被害が発生した国道・県道の道路トンネルは、図-8.4.1および表-8.4.1に示す21トンネルである。被害があったトンネルのうち、補修・補強を必要とするトンネルは10本、被害が軽微で補修・補強を必要としないトンネルは11本であった。補修・補強を必要とするトンネル10本のうち8本が震央から約6km以内に分布しており、今回のトンネル被害は狭い範囲に限定的に発生している。また、トンネル工法別には矢板工法によるものが7本、NATMによるものが3

本であった。今回の地震による被害の主なものとしては、覆工コンクリートのひび割れおよびそれに伴う覆工コンクリートの剥落または崩落、側壁部の押し出し、路面の隆起、側溝の変状などとなっている。被害の発生箇所は、規模の大きな被害の多くは土被りが15～40mで過去の地震において被害が発生したトンネルと同様に坑口部付近で発生したが、トンネルの中間部で規模の大きな被害が発生したトンネルも見られたことが今回の地震による被害の特徴となっている。

以下に比較的規模の大きな被害が発生した5つの道路トンネルについて被害状況と復旧方法の概要を紹介する。

4.3 和南津トンネルの被害

4.3.1 和南津トンネルの概要

和南津トンネルは、矢板工法により建設された延長300m、全幅9mの2車線道路トンネルで昭和40年に竣工した。掘削工法としては底設導坑先進上部半断面工法が採用され、覆工厚は500～900mmである。トンネル周辺の地質はシルト質砂岩により構成されており、トンネルは最大土被り40m程度の段丘地形を通過している。

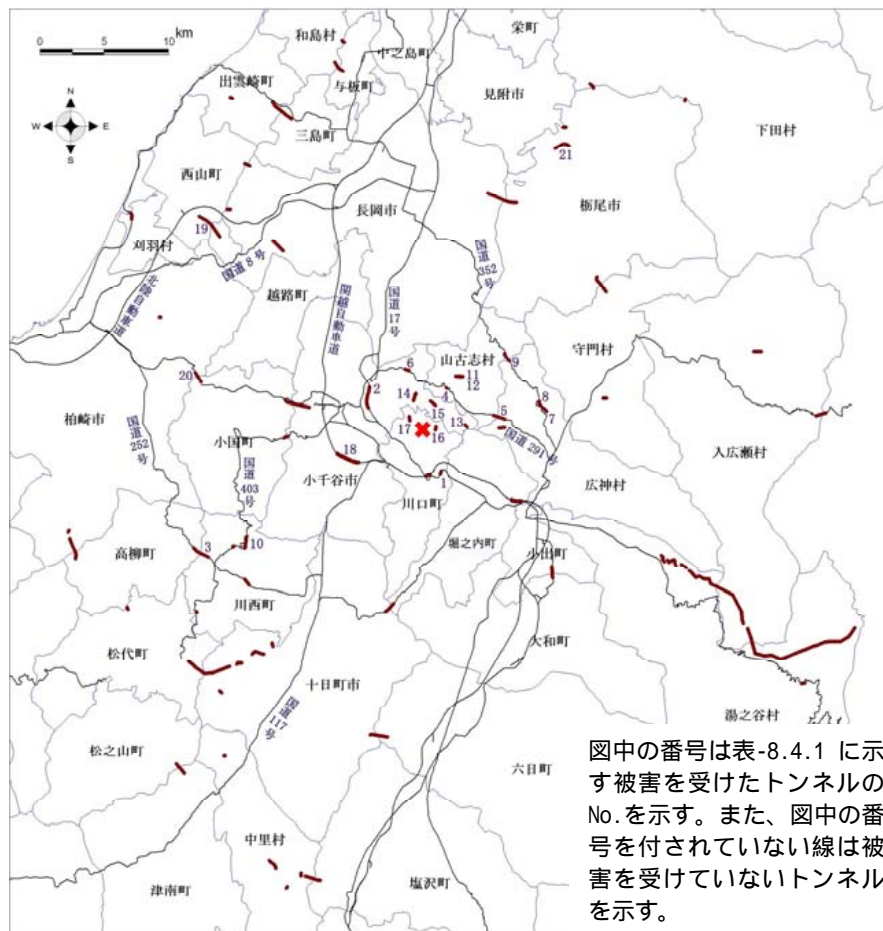


図-8.4.1 被害が発生したトンネル位置図

表-8.4.1 被害が発生したトンネルの概要

No.	被害 程度	トンネル名	路線名	竣工(年)	断面 規模	延長 (m)	土被り(m)		覆工(巻厚:cm)	幅(m)	高さ(m)	施工法	地質	主な被害状況
							最大	代表						
1	A1	和南津	国道17号	1965	2車線	300	40	40	C(50~90)	9.0	4.60	矢板	新第三紀鮮世 和南津層砂岩	覆工コンクリート(天端部分)の一部崩落、覆工 コンクリート剥落・ひび割れ、覆工コンクリート (側壁部)のはらみだし、側溝の変状
2	A2	小千谷第2	国道17号	1983	2車線	1088	62		C(60)	9.50	4.80	矢板	新第三紀鮮世 和南津層砂岩	覆工コンクリート(側壁・アーチ下部)に縦断方 向ひび割れ、横断目地付近で覆工コンクリート 片剥離
3	B	山中	国道252号	1972	2車線	1307	200	100	C(60~75)	6.50	4.50	矢板	砂岩、泥岩	アーチ部に縦断方向ひび割れ
4	A2	竹沢	国道291号	1965	2車線	182	6	6	C	6.00	4.50	矢板		側壁・アーチ部に貫通ひび割れ、路盤にひび割 れ
5	B	中山	国道291号	1988	2車線	913	120	100	C(30~35)	8.50	4.70	NATM	砂岩、泥岩	横断目地付近でコンクリート剥離
6	B	東山	国道291号	1987	2車線	220	35	25	C	7.00	4.70	矢板		アーチ部施工目地に開き
7	B	小平尾	国道352号	1991	2車線	390	90	45	C	9.25	4.70	NATM		全周に輪切りひび割れ、目地に圧縮剥離、路 肩側溝と車道にあき
8	B	折中	国道352号	1994	2車線	374	60	50	C	9.25	4.70	NATM		側壁・アーチ部にひび割れ
9	B	城山	国道352号	1997	2車線	128			C	7.00	4.70	NATM		側壁の縦断方向にひび割れ
10	B	浜海	国道403号	1995	2車線	860			C	6.00	4.70	NATM		アーチ肩部の目地にコンクリート剥離
11	A1	羽黒(車道)	主要地方道柏崎高浜堀之内線	1967	1車線	506	100	50	C(45)	5.50	5.20	矢板		アーチ天端に圧さ、歩道路盤の浮き上がり、ア ーチ部・側壁部に貫通したひび割れ
12	A2	羽黒(歩道)	主要地方道柏崎高浜堀之内線	1994	歩道	550	100	50	C(30)	2.20	2.85	NATM		NATM区間(136m)に被害報告なし、素掘区間の 吹付けコンクリート剥落
13	A1	十二平	主要地方道柏崎高浜堀之内線	1986	2車線	210	40	35	C(60~80)	8.70	4.70	矢板		アーチ肩部の圧さ、盤ぶくれ
14	A2	蘭木	主要地方道小千谷川口大和線	1989	2車線	590	180	100	C(60)	6.00	4.70	矢板		アーチ肩部に縦断方向ひび割れ、歩道の隆起
15	A2	塩谷	主要地方道小千谷川口大和線	1983	2車線	512.5	110	50	C(50~60)	7.50	5.85	矢板		アーチ天端に縦断方向ひび割れ、アーチ部全 周に輪切りひび割れ
16	A1	木沢	主要地方道小千谷川口大和線	1991	2車線	305	30	25	C(30~70)	9.00	4.70	NATM		側壁に押し出し変形、側壁・アーチ肩部に圧 さ、トンネル軸方向に伸び、覆工・路盤の目地 に開き
17	A1	荒谷	一般県道小栗山川口線	1977	2車線	292	45	20	C(60)	7.60	5.64	矢板		側壁・アーチ肩部に水平に圧さ、アーチ部に斜 めひび割れ、側壁に押し出しによるせん断ひび 割れ、歩道路盤の浮き上がり、車道路盤の 開き・段差
18	B	山本山(上 り)	関越自動車道	1981	2車線	1838.5	140	50	C(60~70)	10.20	7.50	矢板	魚沼層群・泥岩、砂 岩、礫岩の互層	ひび割れ
19	B	沖見峠	一般県道礼拝長岡線	2000	2車線	1080			C	8.50	4.70	NATM		側壁部に縦断方向ひび割れ
20	B	武石	国道291号	1986	2車線	831	140	100	C(50~60)	7.00	7.74	矢板	砂岩、泥岩	側壁に縦亀裂
21	B	栃尾	一般県道栃尾田井線	2001	2車線	854			C(30~50)	10.25	4.70	NATM	新第三紀西山層	綻ぎ目から漏水

・被害程度 A1：大規模な補強・補修を必要とするもの A2：A1以外で補強・補修を必要としない軽微なもの B：補強・補修を必要とするもの

・覆工 C：コンクリート

4.3.2 和南津トンネルの被害状況

地震により発生した変状の展開図を図-8.4.2に示すが、主な被害としては終点側（長岡側）坑口から20～110mの区間で天端部において縦断方向に圧ざあるいはせん断破壊によると思われる覆工コンクリートの剥落が発生し、特に、終点側坑口から90～107m区間では天端部において幅約2～6mのコンクリート塊が崩落した（図-8.4.3、写真-8.4.1参照）。また、終点側坑口から10～30m間においては両側壁（特に山側）が5～15cm内空側に押し出すとともに、側壁部とア・チ部の水平打ち継ぎ目付近において圧縮破壊によるコンクリートの剥落（図-8.4.4、写真-8.4.2参照）が発生した他、ほぼ全線（特に山側）で側溝の変形破損が発生した。なお、終点側坑口部では、坑門壁においてコンクリート打ち継ぎ目に目開きや段差が生じたほか川側の上部ブロック（幅8m、高さ2m）が川

側へ約20cm、坑外長岡側へ12cm移動し、坑口部のもたれ擁壁も5～10cm移動した。

4.3.3 和南津トンネルの復旧方法

和南津トンネルの復旧対策は、一刻も早い通行の

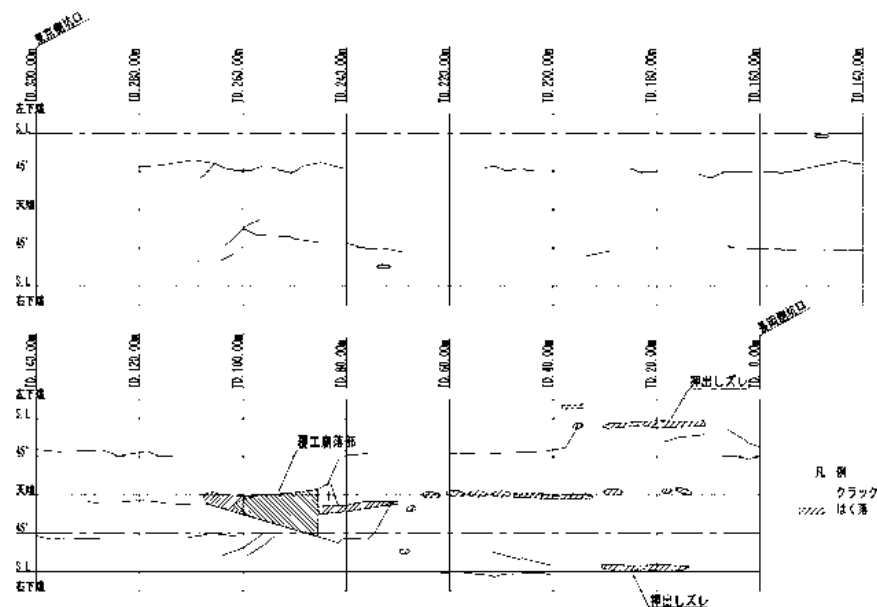


図-8.4.2 和南津トンネル変状展開図

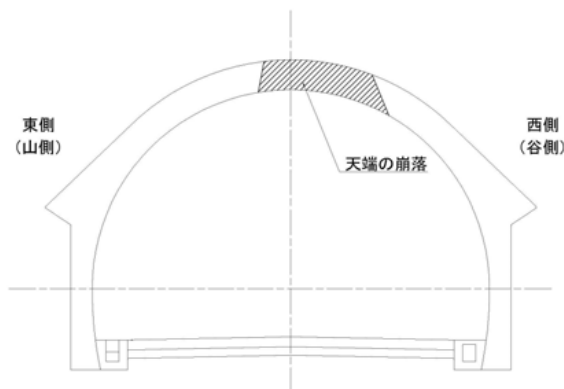


図-8.4.3 和南津トンネル被害状況図
（終点側坑口から100m付近）

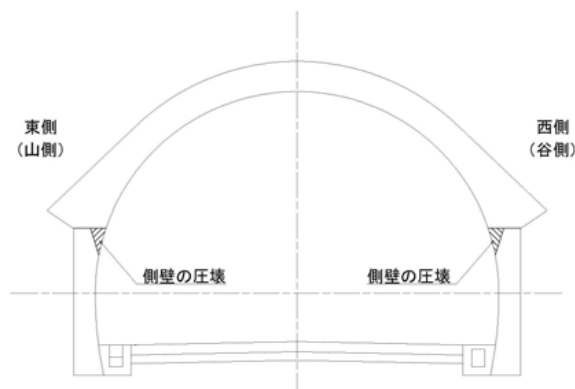


図-8.4.4 和南津トンネル被害状況図
（終点側坑口から20m付近）

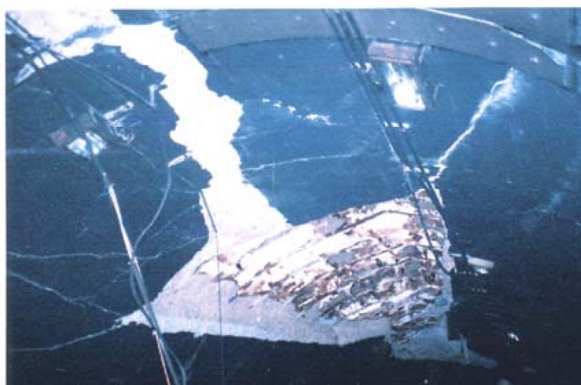


写真-8.4.1 和南津トンネルの被害状況
（天端の崩落）



写真-8.4.2 和南津トンネルの被害状況
（側壁の押し出し）

確保が求められたことから応急対策と本復旧対策の2段階に分けて実施された。応急対策としては終点側坑口から約120mまでの天端に圧座などが発生した区間において、覆工が崩落した箇所をコンクリートで充填した後、覆工の内側に鋼製支保工（H-200）を建て込むとともに鋼製支保工間を吹付けコンクリートで充填することなどによりトンネルの安全性を確保した（図-8.4.5参照）。また、本復旧対策は、応急対策として鋼製支保工の設置と吹付けコンクリートの施工を行った終点側坑口から120mの区間において、内側に最小巻厚150mmのコンクリートを巻き立てるとともに、変状が発生した側溝・坑門部は場所打ちコンクリート構造物に置き換えた。

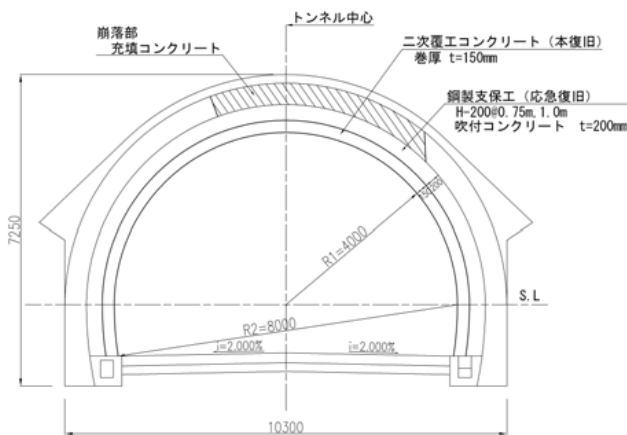


図-8.4.5 和南津トンネル復旧方法

4.4 木沢トンネルの被害

4.4.1 木沢トンネルの概要

木沢トンネルは、延長305m、全幅9.0mの道路トンネルで平成3年に竣工した。施工方法はNATM、掘削工法は上半先進ベンチカット工法で、補助工法として上半フォアパイルL=2mをほぼ全線にわたり施工している。覆工厚はアーチ部300～700mm、側壁450～700mm、インバート500mmである。トンネルの土被りは、大半の区間で30m弱程度であり、終点側（木沢側）坑口部の36m区間は明かり巻き施工となっている。

4.4.2 木沢トンネルの被害状況

地震により発生した変状の展開図を図-8.4.6に示すが、ひび割れや変位の状況から、木沢トンネルの変状形態は次の3パターンに大別できる。

起点側（峠側）坑口から30～80mの区間は、最も変状をきたした区間で、側壁からアーチ部にかけて山側と谷側の両側に大規模な連続したひび割れが発生した。また、ひび割れ上部の半断面が谷側に変位し、山側側壁部では大きな剥落が生じ、トンネルが破壊した状態であった（写真-8.4.3参照）。大規模なひび割れの他にも、アーチ部や側壁部に縦断方向および横断方向の多くのひび割れが発生した他、舗装目地が開口し、最大150mmに及ぶものもあった。

起点側坑口から80～240mの区間では、横断方向

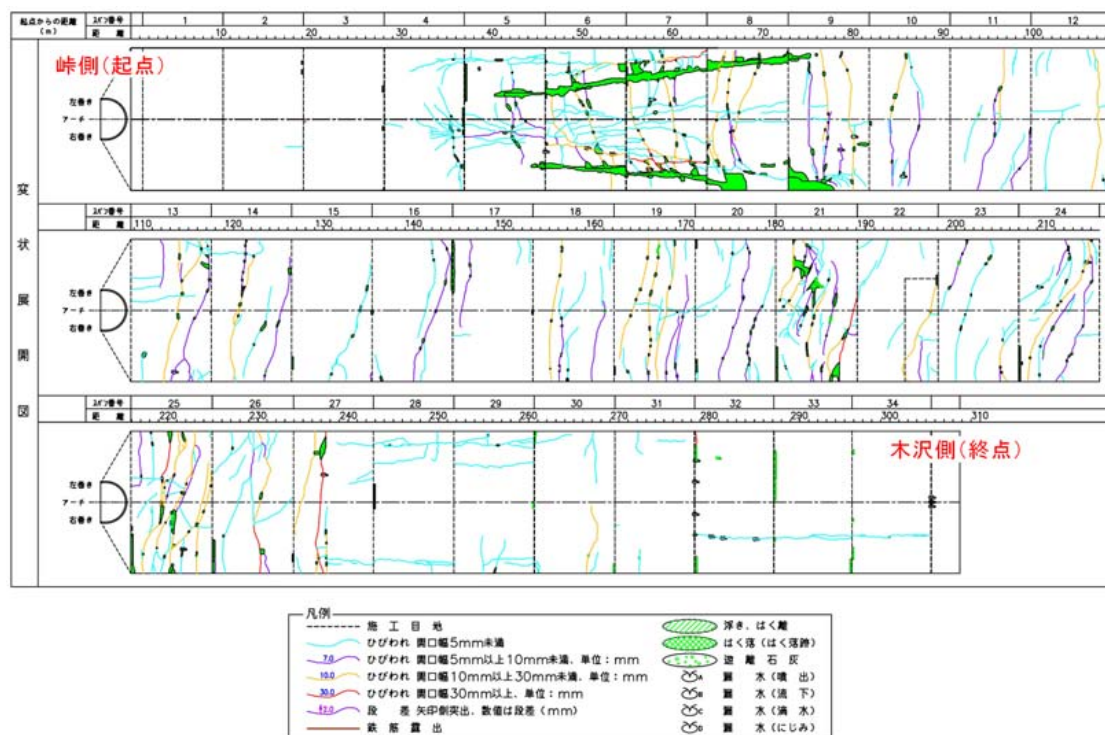


図-8.4.6 木沢トンネル変状展開図

のひび割れが数多く発生し（写真-8.4.4参照）、特に起点より180m付近、220m付近及び240m付近では開口幅の大きいひび割れが密集し、ひび割れが閉合して剥離した状態であった。また、舗装目地はほとんどの箇所で開催しており、最大150mmを超える箇所もあった（写真-8.4.5参照）。

起点側坑口から240～305m区間（終点側坑口部）では、横断方向のひび割れは少なく、ア - チ部や側壁部に縦断方向の連続したひび割れが発生した。舗装目地の開口も認められるが一部の箇所を除いて開口幅は比較的小さかった。

4.4.3 木沢トンネルの復旧方法

起点側坑口から30～80mの大規模ひび割れ区間については、覆工の損傷が激しいことから縫返しによって覆工背面の状態を確認した上でトンネル改築工



写真-8.4.3 木沢トンネルの被害状況
（側壁部からアーチ部のひび割れ）



写真-8.4.4 木沢トンネルの被害状況
（横断方向のひび割れ）



写真-8.4.5 木沢トンネルの被害状況
（舗装版のひび割れ）

による対策を行うこととした。また、覆工自体は安定しているが、ひび割れが集中した剥落の危険のある面積の広い箇所には、内面補強工として建築限界を確保でき経済的なセメント系繊維補強材内巻き工を採用し、その他の剥落危険箇所には剥落防止対策として、炭素繊維複合板接着工を施工することとした。

4.5 荒谷トンネルの被害

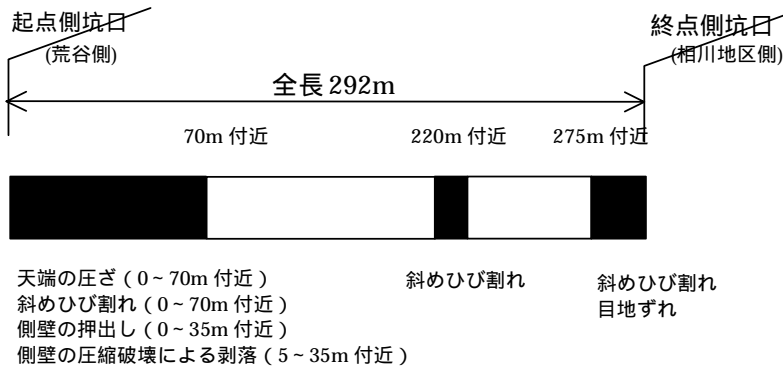
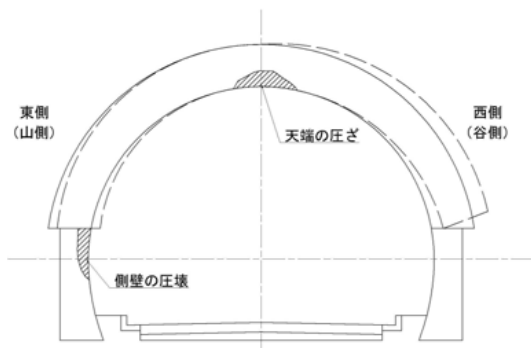
4.5.1 荒谷トンネルの概要

荒谷トンネルは、延長292m、全幅7.6mの道路トンネルで、昭和52年に竣工した。施工方法は矢板工法、掘削工法は底設導坑先進掘削工法である。覆工厚はア - チ部600mm、側壁600mmである。トンネルの土被りは最大45m程度で両坑口に向かいなだらかに減少している。

4.5.2 荒谷トンネルの被害状況

荒谷トンネルの全体被害状況を図-8.4.7に示すが、被害は両坑口部付近に集中して発生した。

起点側（荒谷側）坑口から0～70m区間では、ア - チ部から側壁部にかけて多数の斜め方向ひび割れ（写真-8.4.6）、あるいは天端部に圧ざと思われる剥落が発生した（図-8.4.8、写真-8.4.7参照）。また、側壁部の押し出しあるいは側壁部とア - チ部の水平打ち継ぎ目付近における圧縮破壊によるコンクリ - トの剥落が発生（図-8.4.8、写真-8.4.7参照）した他、横断目地部においても水平横方向に段差が確認された。さらに、舗装面にも複数のひび割れが

写真-8.4.6 荒谷トンネルの被害状況
(斜め方向ひび割れ)図-8.4.8 荒谷トンネル被害状況図
(起点側坑口付近)写真-8.4.7 荒谷トンネルの被害状況
(天端の圧さ、側壁部の圧壊)

発生した。

終点側（相川地区側）坑口部では、ア - チ部や側壁部に多数の斜め方向や横断方向のひび割れが発生した。また、ア - チ部と側壁間の目地部において、水平横方向にずれが発生し、横断目地部においても水平横方向に段差や目地開きが確認された。

なお、中間部では坑口部より被害が少ないものの、ア - チ部から側壁部にかけて斜め方向ひび割れなどが発生した。

4.5.3 荒谷トンネルの復旧方法

荒谷トンネルの復旧工法はひび割れ補修工、断面修復工、コンクリート剥落防止対策工（内面補強工）の3種類の中でコンクリート剥落防止対策工（内面補強工）が中心的な役割を受け持ち、ひび割れ補修工、断面修復工はコンクリート剥落防止対策工（内面補強工）を施工する前処理工と位置付けた。コンクリート剥落防止対策工（内面補強工）としては炭素繊維複合板接着工を施工することとした。

4.6 羽黒トンネルの被害

4.6.1 羽黒トンネルの概要

羽黒トンネルは、延長506m、全幅5.5mの道路トンネルで、昭和42年に竣工した。施工方法は矢板工法、掘削工法は側壁導坑先進工法である。覆工構造は巻厚450mmで逆巻工法により築造された。地質は、施工時の記録によれば準硬岩程度の頁岩となっているがその後の調査で風化泥岩の存在が確認されており、トンネルの土被りは最大で100m程度である。

4.6.2 羽黒トンネルの被害状況

羽黒トンネルの全体被害状況を図-8.4.9に示すが、被害は両坑口付近に集中して発生した。起点側（西側）坑口部では、トンネル南側の斜面崩壊に伴い坑門工にひび割れや目開き、段差などの大規模な変状が発生した。また、天端部に幅1.5m程度の連続した圧さが発生、ア - チ肩部や側壁目地部では長さ十数mに及ぶ縦断方向のひび割れが発生し、コンクリート片の剥落がいたるところで発生した。中間部では、坑口部より被害は少ないものの、ア - チ部肩部に長さ数m程度の縦断方向のひび割れが発生し、側壁部では目地モルタルのはらみ出しや剥落が発生した。

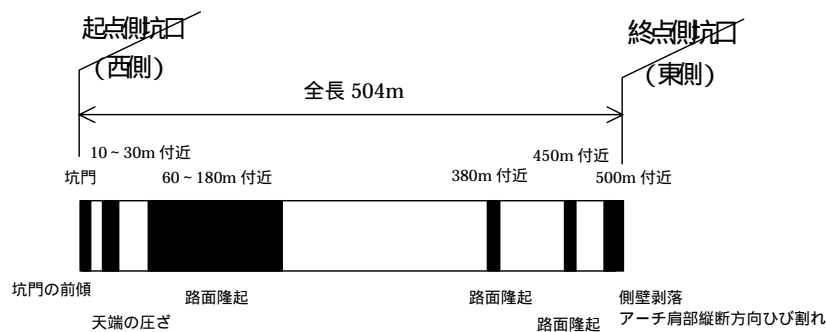


図-8.4.9 羽黒トンネルの全体被害状況図

写真-8.4.8 羽黒トンネルの被害状況
(舗装版の隆起)

さらに舗装版においてもひび割れや目開きが確認され、連続的に50～100mm程度隆起した（写真-8.4.8参照）。終点側（東側）坑口部でも、トンネル背面の斜面崩壊で坑門工にひび割れや目開き、段差などの大規模な変状が発生した。また、ア - チ肩部に十数m程度の縦断方向ひび割れが確認され、側壁部では目地モルタルのはらみ出しや剥落が見られた。さらに、舗装版においてもひび割れが密集し、500mm程度の隆起が確認された。

4.6.3 羽黒トンネルの復旧方法

羽黒トンネルでは、代替ル - トが無いという地理的条件から通行不能期間を最短とするため、既設覆工コンクリ - トの内側に鋼製支保工を建て込むとともに吹付けコンクリートを施工した。ただし、内空断面が減少し、一車線幅員しか確保できないため、隣接する歩道トンネルを一車線歩道付断面に拡幅新設することとした。

4.7 十二平トンネルの被害

4.7.1 十二平トンネルの概要

十二平トンネルは、延長210m、全幅8.7mの道

路トンネルで昭和61年に竣工した。施工方法は矢板工法、掘削工法は上部半断面先進掘削工法である。覆工厚は600～800mmで、トンネルの最大土被りは40m弱程度である。

4.7.2 十二平トンネルの被害状況

十二平トンネルの全体被害状況を図-8.4.10に示す。起点側（北側）坑口部付近は、他の区間に比べて変状は少なく、左ア - チ部に縦断方向のひび割れが見られる程度であった。

起点側（北側）坑口から70～90mの区間では、著しい変状が見られ、谷側のアーチ肩部に縦断方向の圧迫が見られるとともに、天端部においてはせん断破壊によるものと思われるひび割れが亀甲状に入っており、山側側壁部には大きな剥落も発生した（図-8.4.11、写真-8.4.9参照）。また、舗装版に大きな開口も見られ、山側の車線が約20mにわたり、50mm程度浮き上がる現象が発生した。終点側坑口部においては、坑口より約20mの明かり巻き区間が折れるように谷側に移動するとともに、ア - チ部と側壁部の水平打ち継ぎ目において圧縮破壊によるコンクリートの剥離が、アーチ部コンクリートあるいは側壁コンクリートに発生した（図-8.4.12、写真-8.4.10参照）。

4.7.3 十二平トンネルの復旧方法

当該トンネルの復旧工法は、起点側坑口から60m～110m区間ではファイバーポリマーモルタル吹付工を施工した後、プレキャスト版内巻工を施工することとした。それ以外の区間はひび割れ補修工と断面修復工を施工した後、ファイバーポリマーモルタル吹付工を施工することとした。明巻区間は上部法面と合わせて対策工法を検討中である。

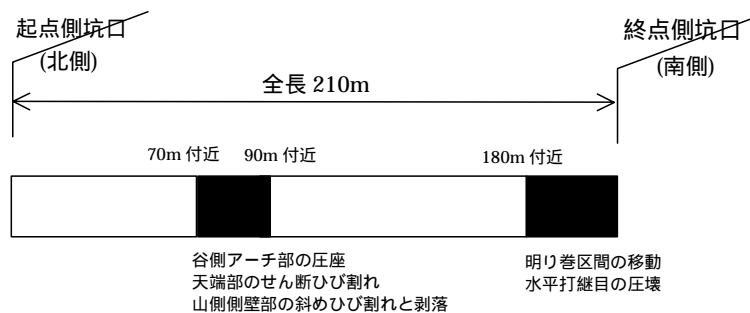


図-8.4.10 十二平トンネルの全体被害状況図

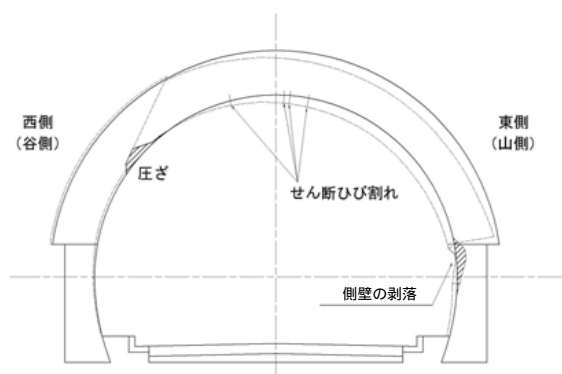


図-8.4.11 十二平トンネル被害状況図
(起点側坑口から70～90m付近)



写真-8.4.9 十二平トンネルの被害状況
(アーチ肩部の圧さ、側壁部の剥落)

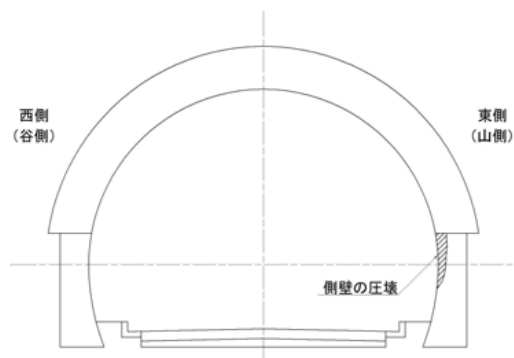


図-8.4.12 十二平トンネル被害状況図
(起点側坑口付近)



写真-8.4.10 十二平トンネルの被害状況
(側壁部の圧壊)

4.8 まとめ

過去の震災事例の調査結果に基づく分析結果によれば、地震規模が大きく、地震断層面からの距離が近く、地形・地質条件やトンネル構造などに問題がある場合は山岳トンネルも地震の被害を受けることが報告されている。今回の地震により比較的規模の大きな被害を受けたトンネルも、旧地すべり地あるいは断層を通過する場合や、土被りが浅く偏圧地形を有する場合など地形・地質的に問題を有する場合が多いことが明らかとなってきた。しかし、発生した被害は、天端部における圧さ、側壁から肩部にかけた縦断方向のひび割れ、横断方向のひび割れ、側壁部の押し出し、側壁部とアーチ部の打ち継ぎ目部付近における圧壊、路面の隆起などトンネルによって異なった形態を示しており、また、同一トンネルでも区間によって被害の有無やその程度に差が見られるなど被害の発生には個々のトンネルの条件が大きく影響しているものと考えられる。

今後は、被害が発生したトンネルの特徴を震源や断層との位置関係、地盤の変形、トンネル周辺の地質・地形、トンネル工法・構造などの観点から分析した上で、地震時におけるトンネルの挙動を再現できる数値解析モデルを開発し、大規模地震時の被害発生メカニズムを究明することにより、地震時の被害を最小に抑制する対策法を確立することが必要である。

5. まとめ

新潟県中越地震により、道路橋、道路土工・斜面、道路トンネル等に多くの被害が生じた。被害の特徴は、次のように分類することができる。

道路橋では、鉄筋コンクリート橋脚段落し部や支承部の損傷、桁端部の衝突及びそれに伴う橋台の損傷、橋台背面土の沈下等が生じたが、ほとんどの事例は従来の地震における損傷形態と同様のものであった。新組跨線橋、小千谷大橋及び山辺橋では、損傷の程度が比較的大きかったが、応急復旧により交通を確保できる程度のものであった。また、耐震補強が完了していた橋脚には大きな損傷は見られず、耐震補強が未完了のものに大きな損傷が生じていた事より、耐震補強の有効性がかくにんされた。

道路土工の被害や斜面崩壊による国道及び県道の通交止め箇所は209箇所に及んだ。主な被害は、盛土のり面の崩壊、ブロック積擁壁の倒壊、ボッ

クスカルバートの沈下及び目地部の開き、切り土のり面及びその上部斜面の崩壊等である。また、今回の地震は中山間地域に震源をもったことより盛土、斜面の含水比が高かったことが、土工、斜面の被害を拡大した可能性がある。

道路トンネルでは20本余りのトンネルで何らかの被害が発生していることが確認された。被害があったトンネルのうち、補修・補強を必要とするトンネルは10本であり、今回のトンネル被害は狭い範囲に限定的に発生した。主な被害は、トンネル覆工コンクリートのクラックおよびそれに伴う覆工コンクリートの剥落または崩落、側壁部の押し出し、路面の盤膨れ、側溝の変状等であった。また、被害の発生箇所は、規模の大きな被害の多くは土被りが15～40mで坑口部付近で発生したが、トンネルの中間部で規模の大きな被害が発生したトンネルも見られた。今後は、地震時におけるトンネルの挙動を再現できる数値解析モデルを開発し、大規模地震時の被害発生メカニズムを究明することにより、地震時の被害を最小に抑制する対策法を確立することが必要である。

謝 辞

現地調査や資料収集にあたっては、国土交通省北陸地方整備局道路部、同長岡国道事務所および新潟県土木部道路管理課の関係各位より多大なご便宜を図っていただいた。また、補強土擁壁の被害の取りまとめにおいては、JFE商事(株)及び岡三リビック(株)、三井化学産資(株)、前田工織(株)に資料・データの提供をいただいた。ここに記して、深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：占用施設・沿道施設の耐震性評価に関する調査（その1）平成7年兵庫県南部地震における被災調査、土木研究所資料第3557号、1998
- 2) （社）日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編）、2002
- 3) （社）日本道路協会：道路土工－擁壁工指針、1999
- 4) 古関潤一：一般道路の被害と復旧、基礎工、Vol.33、No.11、2005
- 5) 若松加寿江、吉田望、規矩大義：液状化とその

特徴、平成16年新潟県中越地震被害調査報告会概要集、pp.53-60、2004

- 6) 大久保克己、浜崎智洋、横山康弘：土構造物における被災状況、ハイウェイ技術、30、pp.27-33、2005

