

土木学会 トンネル工学委員会  
新潟県中越地震特別小委員会  
報 告 書

2005 年 6 月

## まえがき

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震は、小千谷市東の東山山地で多数の土砂災害を引き起こした。震源域に発生した斜面崩壊は、至る所で道路を寸断し、移動を自動車に依存した地域では多くの集落が孤立した。また、活褶曲地帯を蛇行して流れる魚野川、信濃川沿いの国道17号、117号、関越自動車道路、上越新幹線、上越線などの主要幹線にも多大な被害が生じた。

震源域に位置するトンネルは、その大部分が山岳工法で施工されており、その種別は道路、鉄道、発電用水路と多岐に渡っている。これらの中には、地質的要因や構造的要因等の特殊条件が重なった場合にひび割れや剥落等の被害が発生したものもあり、国道17号和南津トンネルや上越新幹線魚沼トンネルで発生した覆工コンクリートの崩落に対しては社会的にも大きな関心が集まった。

このように、従来から耐震性に富むと考えられてきたトンネル構造物においても特殊な条件が重なった場合に被害が発生したことを受け、トンネル工学委員会では改訂中のトンネル標準示方書に代表される活動中の分科会、部会への反映方針を検討する目的で新潟県中越地震特別小委員会を時限特別委員会として設立し、早急な対応を図った。また、道路トンネル被害調査として調査団（団長：西村和夫 首都大学東京教授）を派遣し、震災直後のトンネルの被害状況を調査した。

本特別小委員会は、震災後の調査・復旧に直接携わった事業者、大学、研究機関施工会社、コンサルタント会社を中心に委員を構成し、4ヶ月という限られた期間内で震災地域内のトンネルの保有状況や代表的な被害事例の整理等を行った。また、現在活動中のトンネル標準示方書改訂小委員会、都市NATM限界状態設計法検討部会、維持管理部会との相互調整を図り、今後発刊予定のトンネル標準示方書、トンネルライブラリーに対して、新潟県中越地震において発生したトンネルの被害を踏まえた今後の対応方針を設計・施工・維持管理の観点で提言した。

本報告書は、このような小委員会の活動成果をとりまとめたものである。今後、トンネル構造物の地震に対する取り組みにおいて、本成果が資することとなれば幸いである。

トンネル工学委員会 新潟県中越地震特別小委員会  
委員長 朝倉 俊弘

登録 番号	平成17年7月22日
	第 54419 号
社団法人 土木学会	
附属 土木図書館	

**トンネル工学委員会**  
**新潟県中越地震特別小委員会 委員構成**

委員長

朝倉 俊弘 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻

委員

大嶋 義隆 前田建設工業(株) 土木本部 土木技術部

太田 裕之 応用地質(株) 技術本部 防災保全センター トンネル設計グループ

河村 直明 東京電力(株) 工務部工務土木

小島 芳之 (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 トンネル

笹尾 春夫 鉄建建設(株) エンジニアリング本部 土木技術部 設計第3グループ

佐藤 雅之 東北電力(株) 新潟支店 電力流通本部

重田 佳幸 (株)ダイヤコンサルタント 関東支社 設計センター トンネル設計チーム

清水 満 東日本旅客鉄道(株) 建設工事部 構造技術センター 地下・トンネルグループ

白旗 秀紀 (株)大林組 土木技術本部 技術第二部 山岳トンネル施工技術グループ

西村 和夫 首都大学東京 都市環境学部 都市基盤環境コース

野々村政一 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 設計技術部

馬場 弘二 日本道路公団 試験研究所 トンネル研究室

原山 茂 新潟県 土木部 道路管理課

真下 英人 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ

盛重 知也 西松建設(株) 土木設計部 土木設計課

山本 拓治 鹿島建設(株) 技術研究所 地盤グループ

委員兼幹事

松長 剛 パシフィックコンサルタンツ(株) 交通事業本部 トンネル部 マネジメントチーム

前委員

折笠 昇 新潟県 土木部 道路管理課

(※所属は部会所属当時)

# 目 次

まえがき

委員構成

1. 調査対象トンネルの概要	1
1.1. 調査対象トンネル	1
1.2. 震災によるトンネル被害の概要	1
1.3. トンネルと震源との位置関係	1
2. 道路トンネルの被害	7
2.1. 概要	7
2.2. 木沢トンネルの概要	7
2.3. 被害状況	7
2.4. 復旧方法（案）	7
3. 鉄道トンネルの被害	9
3.1. 概要	9
3.2. 地質およびトンネルの概要	9
3.3. 魚沼トンネルの被害状況	9
3.4. 妙見トンネルの被害状況	10
3.5. 復旧方法	10
4. 水路トンネルの被害	11
4.1. 概要	11
4.2. 姦神発電所水路トンネルの概要	11
4.3. 被害状況	11
4.4. 復旧方法	12
5. 交差トンネルの被害	13
5.1. 概要	13
5.2. 国道17号和南津トンネル	13
5.3. JR上越線と南津トンネル	14
6. まとめ	15
6.1. トンネルにおける地震被害の概要	15
6.2. 被害要因に関する考察	15
6.3. 今後の建設・維持管理に向けた提言	16

# 1. 調査対象トンネルの概要

## 1.1 調査対象トンネル

2004年新潟県中越地震の被災地内の道路トンネル、鉄道トンネル、発電用水路トンネルを対象に被害状況の把握を行った。表1-1～表1-3に調査対象トンネルの基本データと被害の概要を示す。

調査対象としたトンネル数は、合計138トンネル（延長：264km）である（図1-1参照）。トンネル工法別にみると、矢板工法によるトンネルが104トンネルと最も多く、次いでNATMが33トンネルである。

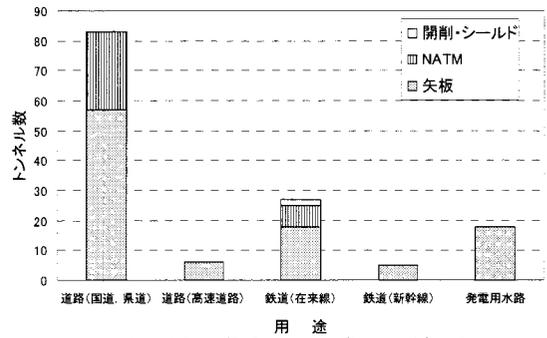
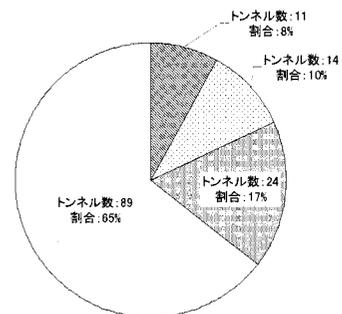


図1-1 調査対象トンネル数（用途別）

## 1.2 震災によるトンネル被害の概要

図1-2に被害の程度の割合を示す。被害の程度は、「大規模な補修・補強を必要としたトンネル（A1）」～「被害なし」を4つに分類した。被害が発生したトンネル（A1, A2, B）は、全体の35%であり、そのうち、大規模な補修・補強を必要としたトンネル（A1）は8%であった。



■ A1: 大規模な補修・補強を必要とするもの  
 □ A2: A1以外で補修・補強を必要とするもの  
 ■ B: 補修・補強を必要としない軽微なもの  
 □ 被害なし

図1-2 被害の割合

図1-3に施工法別の被害程度の割合を示す。矢板工法によるトンネルでは、39%に被害がみられたが、NATMでは、23%であり、矢板工法に比べて被害の割合が低い状況であった。

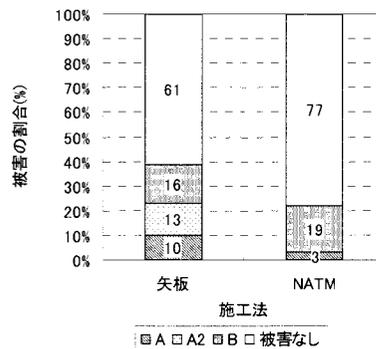


図1-3 被害の工法別割合

補修・補強を必要としたトンネルの主な被害は、覆工コンクリートの剥落や崩落、打継ぎ目の開口、圧さ、せん断ひび割れ、引張ひび割れ、インバートの隆起等や坑口斜面の崩壊に伴うトンネルの損傷である。これらの被害のメカニズムについては、各機関で検討中であるが、震源断層面からの距離、不良地山や地すべり等の地形・地質的要因、覆工背面の空洞やコールドジョイント等の構造的要因が原因となっていると考えられる。

## 1.3 トンネルと震源との位置関係

今回の調査対象トンネルの位置を図1-4に整理した。同図において、対象トンネルは東西約90km、南北約80kmの範囲内に位置することになる。また本震の震源（M6.8：10/23，17:56発生）付近の拡大図を図1-5に示す。なお今回の地震に関しては、地表では明確な地震断層が確認されていないが、図1-4に付記した解説図に示すように、概ね南北方向の地震断層が想定されている。図1-4の推定地震断層のモデルにおいて、

本震の地震断層は(a)図の赤マッシュ面(N35° E)に相当し、西側に約50°傾斜した断層面として推定されている。また(b)図は、この断層面を平面に投影し、すべり量をコンターで示したものであるが、想定される断層面上でのすべり量は最大2mとなっている。

上記の本震に関する推定地震断層位置とトンネル被害との関係について整理すると以下ようになる。

- ① トンネルの被害規模と地震断層面の関係では、断層面上にあるすべてのトンネルで被害が発生しているわけではなく、地震断層面上ですべり

量が大きいと推定される範囲の地表付近で被害程度  
 が大きいA1トンネルが多いことが特徴である。  
 ②地震断層を挟んで上盤側に位置するトンネルで、

被害規模 A1,A2 のトンネルが多く分布する。

③被害規模 A2 および B のトンネルは、上記の地震  
 断層周辺以外でも確認されている。

表 1-1 調査対象トンネル一覧 (その1)

No.	施工法	被害 程度	トンネル名	事業者	種 別	路線名	竣工 (年)	断面 規模	延長 (m)	土壌り(m)		覆工 (壁厚:cm)	幅 (m)	高さ (m)	地形、地質 (著名断層)	被害状況
										最大	代表					
1-1	矢板	A1	和南津	国土交通省	道路	国道17号	1963	2車線	309	40	40	C(50)	8.3	4.6	新第三紀鮮新世和南層砂岩	覆工コンクリート(天端部)の一部崩落、覆工コンクリート剥離・ひび割れ、覆工コンクリート(側壁部)のはらみだし、側壁の変状
1-2	矢板		小千谷第1	国土交通省	道路	国道17号	1985	2車線	381.7	50		C(60)	9.5	4.8	新第三紀鮮新世和南層砂岩	被害報告なし
1-3	矢板	A2	小千谷第2	国土交通省	道路	国道17号	1983	2車線	1988	62		C(60)	9.5	4.8	新第三紀鮮新世和南層砂岩	覆工コンクリート(側壁・アーチ下部)に継断方向ひび割れ、横断目地付近で覆工コンクリート片剥離
2-1	矢板		下倉山(上り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	803	105		C(55~70)	10.0	7.2	魚沼層~凝灰角レキ岩、レキ岩	被害報告なし
2-2	矢板		下倉山(下り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	815	100		C(55~70)	10.0	7.2	魚沼層~凝灰角レキ岩、レキ岩	被害報告なし
2-3	矢板		越後川口(上り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	293	60		C(70)	10.2	7.5	砂岩、シルト岩	被害報告なし
2-4	矢板		越後川口(下り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	275	45		C(70)	10.2	7.5	砂岩、シルト岩	被害報告なし
2-5	矢板	B	山本山(上り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	1,838.5	140	50	C(60~70)(60)	10.2	7.5	魚沼層群~泥岩、砂岩、レキ岩の互層	ひび割れ
2-6	矢板		山本山(下り)	日本道路公団	高速度	関越自動車道	1981	2車線	1,804.5	135		C(60~70)	10.2	7.5	魚沼層群~泥岩、砂岩、レキ岩の互層	被害報告なし
3-1	矢板	B	山中	新潟県	道路	国道252号	1972	2車線	1,307.0	200	100	C(60~75)	6.50	4.50	砂岩、泥岩	アーチ部に継断方向ひび割れ
3-2	矢板		越ヶ沢	新潟県	道路	国道252号	1973	2車線	554.0			C	6.50	4.50		被害報告なし
3-3	矢板		三坂	新潟県	道路	国道252号	1976	2車線	896.0			C(50~60)	6.00	4.50		被害報告なし
3-4	矢板		六十里越	新潟県	道路	国道252号	1966	2車線	788.5	120	70	C(30~70)	6.70	5.35	汽成岩、頁岩、砂岩、凝灰岩	被害報告なし
3-5	矢板		真師	新潟県	道路	国道253号	1978	2車線	2,805.0			C(55~70)	6.00	4.50	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-6	NATM		名ヶ山	新潟県	道路	国道253号	1985	2車線	1,155.0			C(45~60)	8.50	4.50	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-7	矢板		鏡亥	新潟県	道路	国道253号	1982	2車線	400.2	55	25	C	8.50	4.50	砂岩、泥岩、凝灰岩	被害報告なし
3-8	NATM		吉田	新潟県	道路	国道253号	2000	2車線	980.0	40	20	C(35~50)	9.25	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-9	矢板		八差	新潟県	道路	国道253号	1967	2車線	1,179.0			C	8.20	6.57	礫岩、泥岩	被害報告なし
3-10	矢板		人面	新潟県	道路	国道290号	1983	2車線	360.0			C(60)	7.00	4.70	砂質土	被害報告なし
3-11	NATM		石峠	新潟県	道路	国道290号	1991	2車線	1,045.0			C	8.50	4.70		被害報告なし
3-12	矢板	B	武石	新潟県	道路	国道291号	1996	2車線	831.0	140	100	C(50~60)	7.00	7.74	砂岩、泥岩	側壁に縦亀裂
3-13	NATM		坂町	新潟県	道路	国道291号	2000	2車線	1,972.0			C(30~50)	8.50	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-14	矢板	B	栗上	新潟県	道路	国道291号	1987	2車線	250.0	35	25	C	7.00	4.70		アーチ部施工目地に開き
3-15	矢板	A2	竹沢	新潟県	道路	国道291号	1995	2車線	18.2	6	6	C	6.00	4.50		側壁・アーチ肩部に貫通ひび割れ、路盤にひび割れ
3-16	NATM		中上	新潟県	道路	国道291号	1998	2車線	913.0	120	100	C(30~35)	8.50	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-17	NATM		城上	新潟県	道路	国道291号	2000	2車線	921.0			C	8.50	4.70		被害報告なし
3-18	NATM		新覆	新潟県	道路	国道351号	1988	2車線	2,393.5	120	80	C(50~80)	7.00	4.70	砂岩、泥岩、安山岩質凝灰岩	被害報告なし
3-19	矢板		刈苅	新潟県	道路	国道352号	1979	2車線	550.6	38	20	C(60~65)	10.20	7.80	砂層	被害報告なし
3-20	NATM		中水	新潟県	道路	国道352号	2001	2車線	1,879.0	180	100	C(30~50)	7.50	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-21	NATM		種芋原	新潟県	道路	国道352号	1999	2車線	337.3	20	20	C	7.00	4.70		被害報告なし
3-22	NATM	B	城上	新潟県	道路	国道352号	1997	2車線	128.0			C	7.00	4.70		側壁の継断方向にひび割れ
3-23	NATM	B	折中	新潟県	道路	国道352号	1994	2車線	374.0	60	50	C	9.25	4.70		側壁、アーチ部にひび割れ
3-24	NATM	B	小平尾	新潟県	道路	国道352号	1991	2車線	390.0	90	45	C	9.25	4.70		全周に輪切りひび割れ、目地に圧縮剥離、路盤側溝と車道にあき
3-25	NATM		グミ沢	新潟県	道路	国道352号	1991	2車線	301.0	100	50	C(30~50)	7.50	4.70	花崗岩、流紋岩	被害報告なし
3-26	NATM		折居	新潟県	道路	国道353号	1988	2車線	141.0	25	15	C	9.25	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-27	NATM		小岩	新潟県	道路	国道353号	1991	2車線	1,423.5	190	60	C(30~50)	9.25	4.70	砂岩、泥岩	被害報告なし
3-28	矢板		豊原	新潟県	道路	国道353号	1981	2車線	975.2	270	170	C(50~70)	8.50	4.50	砂岩、泥岩、凝灰岩	被害報告なし
3-29	矢板		薫ノ鼻	新潟県	道路	国道353号	1955	1車線	43.0			C				被害報告なし
3-30	矢板		清津峡	新潟県	道路	国道353号	1982	2車線	845.4			C	6.00	4.50		被害報告なし
3-31	NATM		猿倉	新潟県	道路	国道353号	1997	2車線	185.0			C	8.50	4.70		被害報告なし
3-32	矢板		十二峠	新潟県	道路	国道353号	1979	2車線	1,180.0			C(50~70)	8.00	4.50	安山岩、凝灰岩、泥岩	被害報告なし
3-33	矢板		小窪	新潟県	道路	国道403号	1914	1車線	295.0			C				被害報告なし

表 1-2 調査対象トンネル一覧 (その2)

No.	施工法	被害程度	トンネル名	事業者	種別	路線名	竣工(年)	断面規模	延長(m)	土被り(m)		覆工(厚層:cm)	幅(m)	高さ(m)	地形、地質(著名断層)	被害状況
										最大	代表					
3-34	NATM	B	浅海	新潟県	道路	国道403号	1995	2車線	860.0			0	6.00	4.70		アーチ肩部の目地にコンクリート剥離
3-35	矢板		大倉	新潟県	道路	国道403号	1957	1車線	109.6			0				被害報告なし
3-36	矢板		小島	新潟県	道路	国道403号	1956	1車線	68.7			0	4.90			被害報告なし
3-37	矢板		梨ノ木	新潟県	道路	主要地方道 長岡新長森線	1982	2車線	135.0	20	15	C(50~60)	8.50	6.15		被害報告なし
3-38	矢板		畔屋	新潟県	道路	主要地方道 柏崎小国線	1969	2車線	129.0			0	6.00	4.70		被害報告なし
3-39	矢板		日代	新潟県	道路	主要地方道 松代高田線	1971	2車線	130.0			0	6.00	4.70		凝灰質砂岩(軟岩)
3-40	矢板		楡原	新潟県	道路	主要地方道 身延高田線	1985	2車線	229.0			C(60)	6.00	4.70		被害報告なし
3-41	矢板		地蔵	新潟県	道路	主要地方道 柏崎高浜線の内線	1989	2車線	482.6			0	6.70	5.15		凝灰質砂岩(軟岩)
3-42	NATM		大積	新潟県	道路	主要地方道 柏崎高浜線の内線	2000	2車線	1,334.0	120	70	C(30~50)	8.50	4.70		砂質シルト岩
3-43	矢板	A1	羽黒(車道)	新潟県	道路	主要地方道 柏崎高浜線の内線	1967	1車線	506.0	100	50	C(50)	5.60	5.20		アーチ天端に圧さ、歩道路盤の浮上り、アーチ部・側壁に貫通したひび割れ
3-44	NATM	A2	羽黒(歩道)	新潟県	道路	主要地方道 柏崎高浜線の内線	1994	歩道	550.0	100	50	C(30)	2.20	2.85		NATM区間(139m)に被害報告なし、乗降区間の吹付コンクリート剥離
3-45	矢板	A1	一二平	新潟県	道路	主要地方道 柏崎高浜線の内線	1989	2車線	210.0	40	35	C(50~80)	8.50	4.70		
3-46	矢板		高師	新潟県	道路	主要地方道 桑園西山線	1970	2車線	426.0			C(60)	5.50	4.50		被害報告なし
3-47	矢板		千手	新潟県	道路	主要地方道 小千谷一日町	1978	2車線	289.0			C(50~70)	8.80	6.10		被害報告なし
3-48	矢板		1号折立	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1954	2車線	183.7			C(30)	6.55	4.80		被害報告なし
3-49	矢板		2号西ノ沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1954	2車線	169.0			C(30)	6.50	5.00		被害報告なし
3-50	矢板		3号中上	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1954	2車線	76.0			C(30~50)	6.60	4.80		被害報告なし
3-51	矢板		4号猿沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1954	2車線	100.0			C(30)	6.90	4.70		被害報告なし
3-52	矢板		5号鮎見	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1955	2車線	37.3			C(60)	7.70	4.80		被害報告なし
3-53	矢板		6号真平	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1955	2車線	118.0			C(30)	6.40	4.80		被害報告なし
3-54	矢板		7号吹上	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1955	2車線	63.6			C(30)	6.50	5.00		被害報告なし
3-55	矢板		8号小瀬場	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1955	2車線	78.7			C(30)	6.50	4.80		被害報告なし
3-56	矢板		9号トが沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1955	2車線	395.7			C(50)	6.55	4.80		被害報告なし
3-57	矢板		10号高田	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	481.1			C(50)	6.60	4.80		被害報告なし
3-58	矢板		11号榎ノ木	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	67.9			C(30)	6.50	4.80		被害報告なし
3-59	矢板		12号津久岐	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	1,603.0			C(30)	6.50	4.70		被害報告なし
3-60	矢板		13号徳ノ沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	2,263.7			C(30)	6.55	4.80		被害報告なし
3-61	矢板		14号黒俣	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	1,481.3			C(30~50)	6.50	4.80		被害報告なし
3-62	矢板		15号源沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	659.3			C(15~40)	6.45	5.00		被害報告なし
3-63	矢板		16号居守沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	284.0			C(30)	6.40	4.80		被害報告なし
3-64	矢板		17号須神	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1956	2車線	3,920.0			C(15~20)	6.50	4.60		被害報告なし
3-65	矢板		18号荒沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1957	2車線	3,070.0			C(5~30)	6.50	5.00		被害報告なし
3-66	矢板		19号入沢	新潟県	道路	主要地方道 小出奥只見線	1957	2車線	3,129.7			C(30)	6.40	4.80		被害報告なし
3-67	NATM		阿弥陀順	新潟県	道路	主要地方道 奥羽自動車線	1999	2車線	912.0			0	8.50	4.70		西山層、反爪層
3-68	NATM		須川	新潟県	道路	主要地方道 小出守門線	2000	2車線	238.0			0	6.00	4.70		被害報告なし
3-69	矢板	A2	蘭木	新潟県	道路	主要地方道 小千谷川口大和線	1989	2車線	590.0	180	100	C(60)	6.00	4.70		アーチ肩部に陥断方向ひび割れ、歩道の隆起
3-70	矢板	A2	楢谷	新潟県	道路	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		アーチ天端に陥断方向ひび割れ、アーチ部全面に陥切りひび割れ
3-71	NATM	A1	大沢	新潟県	道路	主要地方道 小千谷川口大和線	1991	2車線	305.0	80	25	C(30~70)	6.00	4.70		側壁に押し出し変形、側壁・アーチ肩部に水平に圧さ、トンネル軸方向に伸び、覆工・路盤の目地に関
3-72	矢板	A1	荻谷	新潟県	道路	一般県道 小栗山川口線	1977	2車線	262.0	45	20	C(60)	7.50	5.64		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、車道路盤の陥き・段差
3-73	NATM	B	柄尾	新潟県	道路	一般県道 楊屋庄井線	2001	2車線	854.0			C(50~50)	10.25	4.70		新第三紀西山層
3-74	矢板		楢之入	新潟県	道路	一般県道 身延高田線	1981	2車線	208.5	44	20	C(50~60)	6.00	4.50		継ぎ目から漏水
3-75	NATM		石動	新潟県	道路	一般県道 出雲越後線	1999	2車線	154.0			C(35~50)	10.75	4.70		砂質泥岩、泥質砂岩
3-76	矢板		山の神	新潟県	道路	一般県道 浅草山大白川停車場線	1979	2車線	507.2			0	6.60	4.75		被害報告なし
3-77	NATM		清瀬公園	新潟県	道路	一般県道 清瀬公園線	1997	2車線	179.0			0	5.50	4.70		被害報告なし
3-78	NATM	B	神見峠	新潟県	道路	一般県道 上津島線	2009	2車線	1,080.0			0	8.50	4.70		側壁部に陥断方向ひび割れ
3-79	矢板		栗川	新潟県	道路	一般県道 浅草高田線	1991	2車線	490.0	70	40	C(50~60)	4.00	4.70		砂岩、泥岩
3-80	矢板		真田(中条)	新潟県	道路	一般県道 真田高田線	1953	1車線	187.6			C(50)	4.00	3.80		被害報告なし
4-1	矢板	B	蒲佐	JR東日本	新幹線	上越新幹線	1979	新幹線 複線	6,087	15		C(70~90)	9.6	8.3		凝灰角礫岩
4-2	矢板	A2	堀之内	JR東日本	新幹線	上越新幹線	1978	新幹線 複線	3,900	100		C(70~90)	9.6	8.3		礫岩
4-3	矢板	A1	魚沼	JR東日本	新幹線	上越新幹線	1977	新幹線 複線	8,624	70		C(50~90)	9.6	8.3		泥岩、砂・泥岩互層
4-4	矢板	A1	妙見	JR東日本	新幹線	上越新幹線	1976	新幹線 複線	1,459	65		C(70~90)	9.6	8.3		シルト岩
4-5	矢板	A2	瀧谷	JR東日本	新幹線	上越新幹線	1977	新幹線 複線	2,673	55		C(70~90)	9.6	8.3		シルト岩、砂岩
4-6	矢板	A2	新福山	JR東日本	新幹線	上越線	1963	単線	1,463	7.5		C(45)	4.8	5		覆工圧さ、ひび割れ
4-7	矢板	B	福山	JR東日本	新幹線	上越線	1923	単線	1,350	7		C(30)	4.8	5.6		軟岩

表 1-3 調査対象トンネル一覧 (その3)

No.	施工法	被害程度	トンネル名	事業者	種別	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)	地形・地質(著名断層)	被害状況
										最大	公差					
4-8	矢板	A1	和南線	JR東日本	鉄道	上越線	1966	複線	725	41	30	C(50)	8.5	7.5	砂岩	覆工崩落、ひび割れ、圧さ、追め杭破壊
4-9	矢板	B	中山	JR東日本	鉄道	上越線	1966	複線	1,205	92	71	C(50)	8.5	7.5	頁岩、砂岩	ひび割れ
4-10	矢板	A2	牛ノ島	JR東日本	鉄道	上越線	1966	複線	432		14	C(50)	8.5	7.5	頁岩、砂岩	坑門ひび割れ、目地剥落
4-11	矢板	A1	天三	JR東日本	鉄道	上越線	1965	単線	285	11	4	C(45~60)	4.7	5.1	頁岩、砂岩	ひび割れ、坑門ひび割れ
4-12	矢板	A1	新穂峠	JR東日本	鉄道	上越線	1967	単線	1,372		75	C(30~50)	4.7	5.1	頁岩、砂岩	圧さ、ひび割れ
4-13	矢板	A2	瀧峠	JR東日本	鉄道	上越線	1921	単線	641		70	CB(23~56)	4.8	5.4	頁岩、砂岩	ひび割れ
4-14	矢板	B	鼻田	JR東日本	鉄道	信越線	1967	複線	890	28		C(60)	8.6	6.3	頁岩、砂岩	剥離
4-15	矢板	A2	森山	JR東日本	鉄道	信越線	1966	複線	1,766		150	C(50,60)	8.7	6.3	頁岩、砂岩	圧さ、ひび割れ
4-16	矢板	B	東山	JR東日本	鉄道	信越線	1968	複線	166	22		C(60)	8.8	6.4	泥岩、砂岩	剥離
4-17	矢板	B	岩山	JR東日本	鉄道	飯山線	1927	単線	652	54	50	CB(39~56)	4.7	5.2	砂岩	剥離
4-18	矢板	B	岩沢	JR東日本	鉄道	飯山線	1927	単線	203	36	29	CB(39~47)	4.6	5.1	砂・シルト	剥離
4-19	矢板	A2	砂高山	JR東日本	鉄道	飯山線	1927	単線	1,465	151		CB(23~91)	4.6	5.2	水成岩	ひび割れ
4-20	矢板	A2	高場山	JR東日本	鉄道	飯山線	1970	単線	506	67	36	C(45~60)	4.8	5.1	軟岩	圧さ、ひび割れ
4-21	矢板	A2	穴ヶ巻	JR東日本	鉄道	飯山線	1927	単線	425	30	18	CB(47~87)	4.6	5.2	泥岩	圧さ、ひび割れ
5-1	矢板	B	赤倉	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1974	単線	10,471	440	※15	C(45~70)	4.36~8.54	6.16~6.66	新第三紀新世泥岩、砂岩	覆工裏面コンクリート剥落、側壁・アーチ部の既存のひび割れ部からの湧水量増大
5-2	開削	B	十日町	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1975	単線	1,695	10	4.0	RC(55)	5.05	5.68	新第三紀新世砂礫層	側壁コンクリート上部表面に湧水にしみ出し
5-3	矢板	B	萬師峠	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1979	単線	6,199	250	※70	C(45~60)	4.36~8.54	5.60~6.66	新第三紀新世泥岩、砂岩	覆工裏面コンクリート剥落、側壁・アーチ部の既存のひび割れ部からの湧水量増大
5-4	NATM		大伏	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1886	単線	667	37	※23	C(35)	4.36	5.88	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-5	NATM		第2田沢	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1991	単線	1,894	180		C(25)	4.36	5.88	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-6	NATM		鍋立山	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1995	単線	6,129	270	※90	C(45~100)	4.36~8.54	5.60~6.88	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-7	NATM		森山	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1888	単線	1,585	195	※37	C(35~45)	4.36	5.60	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-8	NATM		森ヶ岳	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1992	単線	3,732	165	※17	C(35~45)	4.36~4.95	5.60~5.93	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-9	NATM		有島	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1988	単線	697	142	※93	C(35)	4.36	5.60	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
5-10	NATM		第1飯室	北越急行線	鉄道	ほくほく線	1991	単線	3,287	180	※13	C(35)	4.36	5.60	新第三紀新世泥岩、砂岩	被害報告なし
6-1	矢板		初明発電所	東京電力	発電用水路	中津川	1955		11,227	260.5	88.6	C(20, 25)	2.3	2.3	凝灰岩、玄武岩	被害報告なし
6-2	矢板		中津川第一発電所	東京電力	発電用水路	中津川	1924		18,218	192	50	CB(36, 45)	2.91	2.91	安山岩、凝灰角礫岩	被害報告なし
6-3	矢板		中津川第二発電所	東京電力	発電用水路	中津川	1922		6,584	113.5	53.9	CB(24, 36)	2.91	2.91	凝灰岩	被害報告なし
6-4	矢板		下船渡発電所	東京電力	発電用水路	信濃川	1954		3,757	43.5	26.2	C(26, 30)	3.28	3.28	凝灰岩、凝灰角礫岩	被害報告なし
6-5	矢板		信濃川発電所	東京電力	発電用水路	信濃川	1959		39,183	173.9	46.8	C(76)	7.39	7.39	凝灰角礫岩、砂岩	被害報告なし
6-6	矢板		清津川発電所	東京電力	発電用水路	清津川	1958		12,336	318	126.9	C(25)	1.96	1.96	ひん岩	被害報告なし
6-7	矢板		湯沢発電所	東京電力	発電用水路	魚野川	1923		5,302	184.5	56.3	C(30)	2.93	2.27	凝灰岩、安山岩	被害報告なし
6-8	矢板		石打発電所	東京電力	発電用水路	魚野川	1926		2,047	23.2	13.4	C(39)	3.24	2.95	凝灰角礫岩、凝灰岩	被害報告なし
7-1	矢板	A1	菱神発電所	東北電力	発電用水路	碓氷川	1941		4,856	100	42	C(40)	4.35	4.35	チャート	アーチ部崩落
7-2	矢板	B	上奥発電所	東北電力	発電用水路	碓氷川	1927		3,265	95	43	C(24, 2)	3.334	3.424	チャート	ひび割れ
7-3	矢板	B	深原発電所	東北電力	発電用水路	碓氷川	1913		1,324	25	6	C(30)	2.98	2.42	花崗岩	ひび割れ
7-4	矢板		湯之谷発電所	東北電力	発電用水路	佐梨川	1925		305	5	4	C(30, 3)	1.696	1.666	産産堆積物、凝土築造	被害報告なし
7-5	矢板		水松発電所	東北電力	発電用水路	五十沢川	1945		2,198	145	70	無巻	1.5	1.9	花崗岩、安山岩	被害報告なし
7-6	矢板		五一沢第一発電所	東北電力	発電用水路	三厩川	1967		7,798	20以上	無巻	2.448	2.1	はんれい岩	被害報告なし	
7-7	矢板	B	五一沢発電所	東北電力	発電用水路	三厩川	1920		1,322	49	8	C(47.6)	2.12	2.52	砂礫層	ひび割れ
7-8	矢板	B	壺川発電所	東北電力	発電用水路	壺川	1942		2,723	237	81	C(20)	1.5	1.8	花崗岩	ひび割れ
7-9	矢板		宮野原発電所	東北電力	発電用水路	千三川	1928		1,185	33	15	C(24, 2)	1.97	2.393	火山泥流堆積物	被害報告なし
7-10	矢板		灰岡発電所	東北電力	発電用水路	千三川	1929		333	32	19	C(12)	0.9	1.75	火山泥流堆積物	被害報告なし

・被害程度

- A1 : 大規模な補強・補修を必要とした被害
- A2 : A1 以外で補修・補強を必要とした被害
- B : 補修・補強を必要としなかった軽微な被害

・覆工

- C : コンクリート
- CB : コンクリートブロック
- RC : 鉄筋コンクリート
- BR : 煉瓦
- ST : 石造

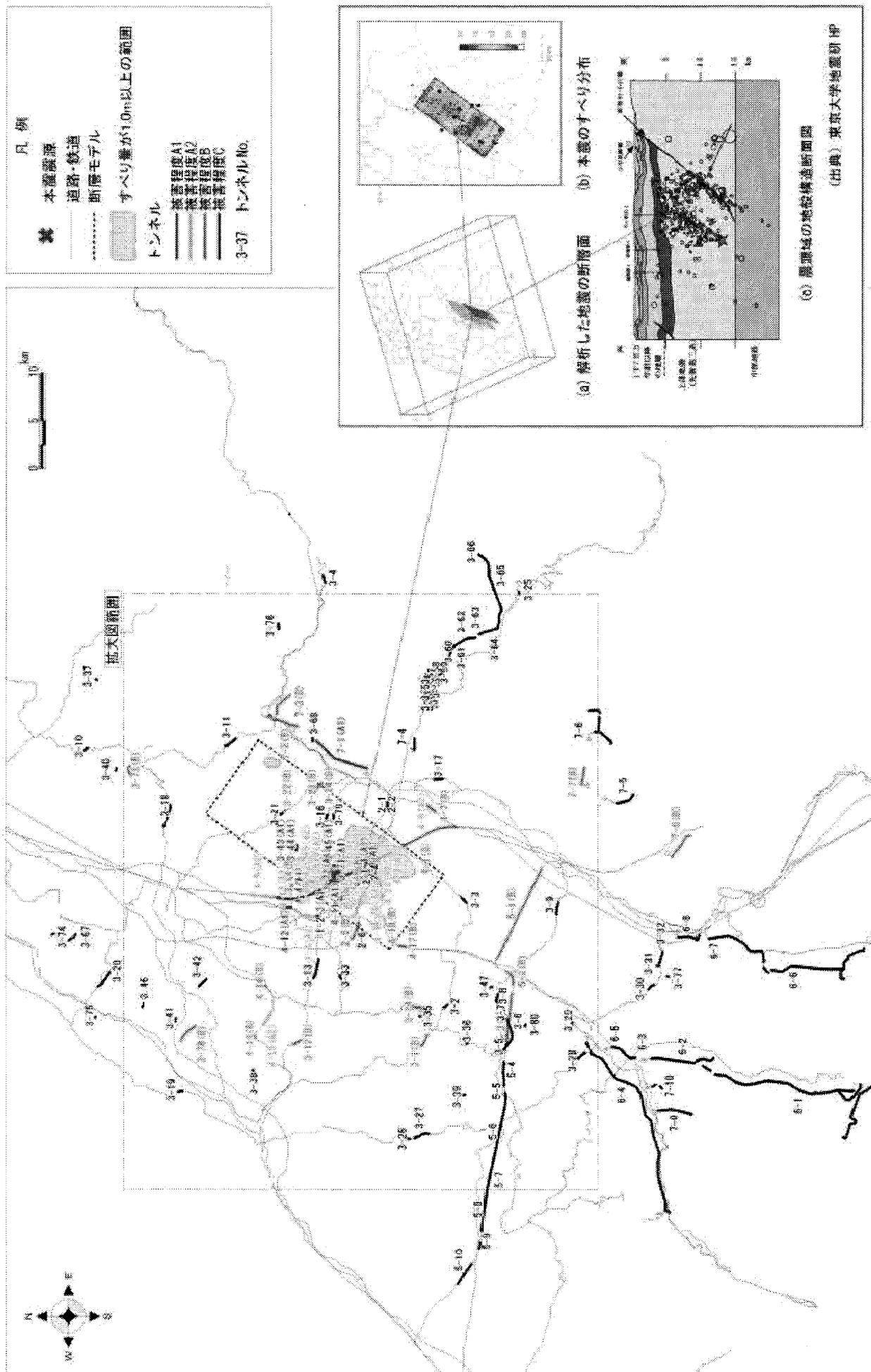


図 1-4 震災域におけるトンネルの位置図 (全体図)

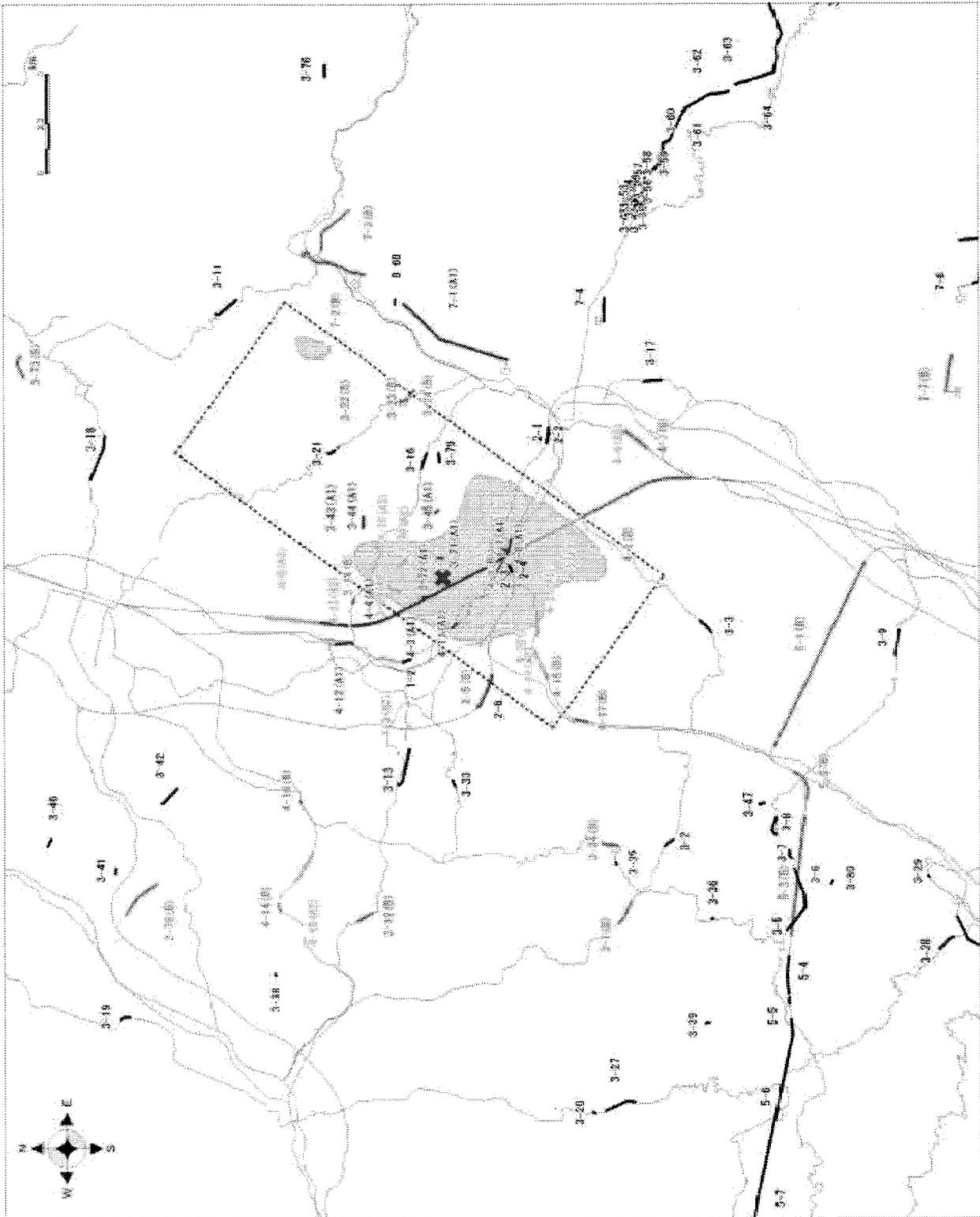
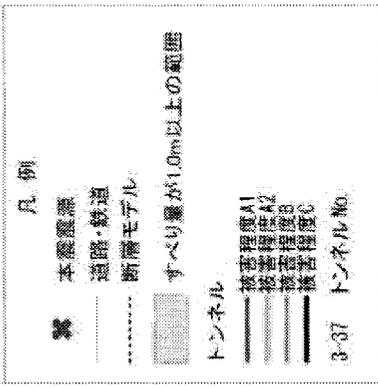


図1-5 震災域におけるトンネルの位置図（拡大図）

## 2. 道路トンネルの被害

### 2.1. 概要

新潟県の管理する道路トンネルの内、震源に近い5トンネルでは覆工が破壊する被害を受けたが、その他は、軽微なひび割れ程度の被害にとどまった。ここでは、特徴的な被害を受けた木沢トンネルについての状況を紹介する。

### 2.2. 木沢トンネルの概要

主要地方道小千谷川口大和線木沢トンネルは、北魚沼郡川口町大字木沢地内に位置し、同町峠地区側を起点、木沢地区側を終点にした延長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ポーリング $L=2m$ をほぼ全線に渡り施工している。覆工厚はアーチ部30cm、側壁45cm、インバート50cmである。トンネル土被りは、概ね30m弱程度で、木沢側坑口部の36m間は明かり巻施工となっている。地質縦断図および平面図を図2-1、図2-2に示す。

### 2.3. 被害状況

木沢トンネルの変状展開図を図2-3に示す。

中間部（峠地区側）(TD.30~80)は、最も変状の顕著な区間で、側壁からアーチ部に斜め方向の大規模な亀裂が、山側と谷側の両側に発生している。また、亀裂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る。(写真2-1)大規模な亀裂の他にも、アーチ部や側壁部に縦断・横断方向に多くひび割れが発生している他、舗装目地が開口し、最大150mmに及ぶものもある。

中間部（木沢地区側）(TD.80~240)では、横断方向のひび割れが数多く発生し、開口幅が30mmを越えるものもある。特に起点から180m付近、220m付近および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る。また、舗装目地はほとんどの箇所でも開口しており、最大150mmを超える箇所もある。(写真2-2)

被害のほとんど見られない峠側坑口部の道路中心位置を基準に、相対的な変位量を測定した。横断方向の変位では、道路センターが、峠地区側坑口より70m付近から急激に谷側に変位し、約200~400mmの変位量が終点までほぼ平行に発生している。また、延長方向の変位は、峠地区側坑口より70m付近から大きくなり、木沢地区側に引き伸ばされるような形で、木沢地区側坑口では累計1,000mm程度変位している。

### 2.4. 復旧方法（案）

大規模亀裂区間（TD.30~80）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により復旧を行うこととした。



写真 2-1 山側側壁部の亀裂 (TD. 60 付近)



写真 2-2 舗装版のひび割れ (TD. 230 付近)

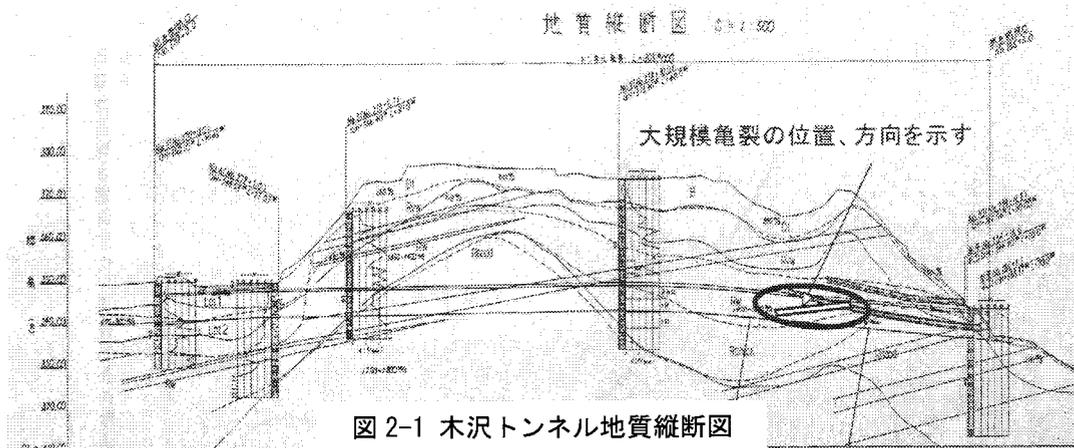


図 2-1 木沢トンネル地質縦断図

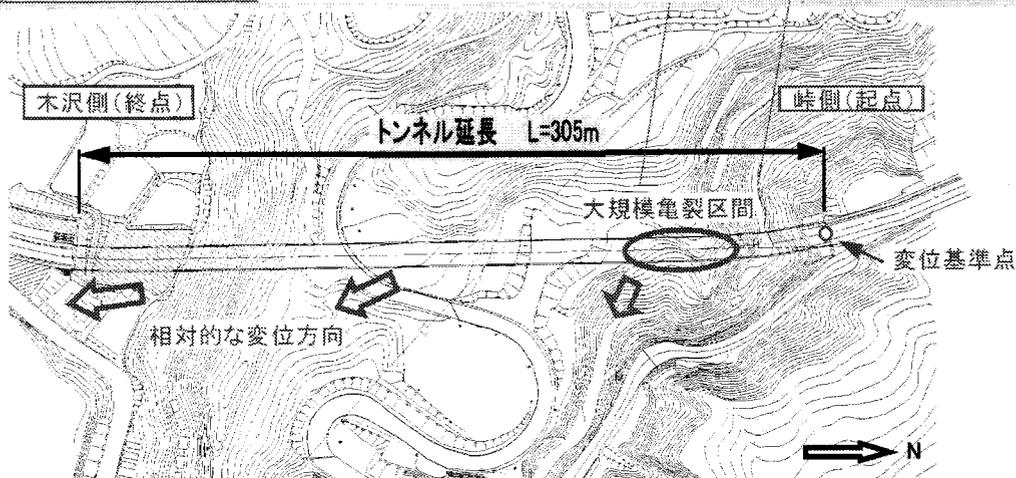
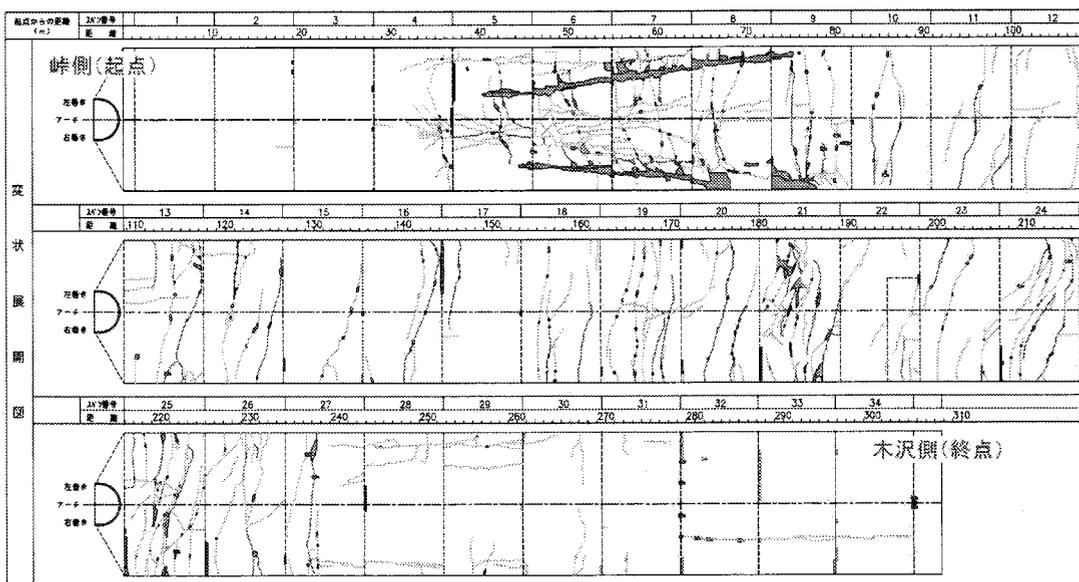


図 2-2 木沢トンネル平面図 ※平面図と変状展開図の向きが逆



- 凡例
- 掘工目地
  - ~~~~~ ひびわれ 開口幅5mm未満
  - ~~~~~ ひびわれ 開口幅5mm以上10mm未満、単位:mm
  - ~~~~~ ひびわれ 開口幅10mm以上30mm未満、単位:mm
  - ~~~~~ ひびわれ 開口幅30mm以上、単位:mm
  - 陥 亀 矢印側突出、数値は段差(mm)
  - 新 露 出
  - ~~~~~ 浮き、はく離
  - ~~~~~ はく離(はく落跡)
  - ~~~~~ 遊離石灰
  - ~~~~~ 湧水(噴出)
  - ~~~~~ 湧水(湧下)
  - ~~~~~ 湧水(湧水)
  - ~~~~~ 湧水(にじみ)

図 2-3 木沢トンネル変状展開図

### 3. 鉄道トンネルの被害

#### 3.1. 概要

上越新幹線浦佐・長岡間の5トンネル（東京方より、浦佐、堀之内、魚沼、妙見、滝谷の各トンネル）において被害が発生した。このうち魚沼トンネルと妙見トンネルの被害が著しく、魚沼トンネルでは覆工コンクリートの崩落、路盤コンクリートの隆起などが発生し、妙見トンネルでは覆工コンクリートクラウン部の大規模な圧ざおよび一部路盤の隆起が発生した。このため、この2トンネルの復旧に約2ヶ月を要することとなった（図3-1）。

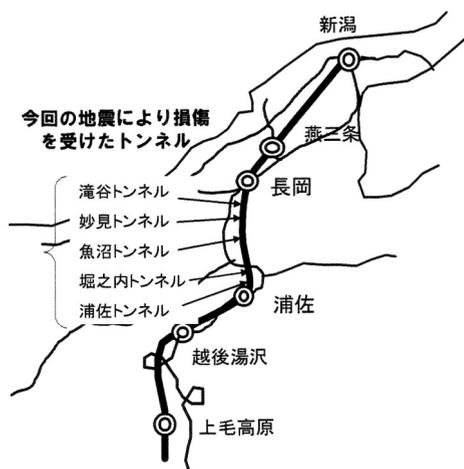


図 3-1 上越新幹線位置図

#### 3.2. 地質およびトンネルの概要

この2トンネルが位置する地質は、新第三紀中新世および鮮新世の堆積岩が中心である。このうち魚沼トンネルの被害箇所は鮮新世西山層のシルト岩層および中新世椎谷層の泥岩・砂岩互層部であり、妙見トンネルの被害箇所は鮮新世灰爪層のシルト岩層である。

この区間のトンネルは、1972年～79年頃に矢板工法により、地質、地山条件に応じて底設導坑先進工法、側壁導坑先進工法等により建設されている。覆工巻厚は、岩種別に50cm、70cmを標準とし、地質、地山条件によっては90cm以上の場合もある。路盤はスラブ軌道の採用に伴い、全区間に厚さ25cmの路盤鉄筋コンクリートが施工され、地山状況に応じて、この下に厚さ35cmまたは50cmのインバートコンクリートが施工されている。



図 3-2 魚沼トンネル全体被害状況

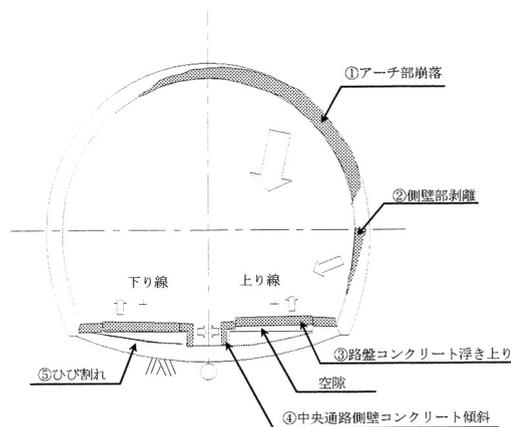


図 3-3 魚沼トンネル被害状況（195k080m 付近）

#### 3.3. 魚沼トンネルの被害状況

魚沼トンネル（延長 8625m）においては、トンネル中間部の3箇所被害が発生したが、このうち195km080m 付近の被害が顕著であり、覆工コンクリートアーチ部の崩落（延長約5m）、覆工コンクリートのひび割れ、側壁の押し出し、インバートコンクリートのひび割れと、これに

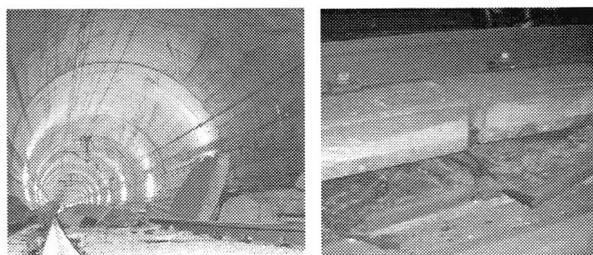


写真-1 魚沼トンネル被害状況

伴う路盤コンクリートの隆起（約 250mm），中央通路側壁傾斜等の被害が発生した（図 3-2，図 3-3，写真 3-1）。

### 3.4. 妙見トンネルの被害状況

妙見トンネル（延長 1459m）においては，トンネル中間部の 2 箇所において顕著な被害が発生し，202k500m 付近においてクラウン部に大規模な圧ざ（延長約 50m）とこれに伴う覆工コンクリートの剥落が発生し，この圧ざ発生区間の覆工コンクリートにはトンネル軸方向および斜め方向の多数のひび割れが発生した。また，この区間の一部下り線側路盤コンクリートが隆起（約 40mm）しており，下部のインバートコンクリートにひび割れが発生していることが確認された。（図 3-4，図 3-5，写真 3-2）

なお，202km860m 付近においても同様な圧ざ（延長約 50m）と覆工コンクリートのひび割れが発生したが，路盤コンクリートの隆起は発生していない。

### 3.5. 復旧方法

大規模被災箇所での復旧方法として，まずインバート損傷部の補修（モルタル，セメントミルク注入+ロックボルト補強）と路盤コンクリートの打ち替えを行い，覆工コンクリート崩落箇所は，ロックボルト打設（L=3.0m，R32，自穿孔ボルト，ctc1.0m），吹付けコンクリート，ひび割れ注入，繊維補強板（t=6mm，ビニロン繊維混入セメント板，1.8m×0.9m）による内面補強等を行い，クラウン部に空洞の存在が考えられることから，最終的にクラウン部の裏込め注入を実施した。（図 3-6，図 3-7）

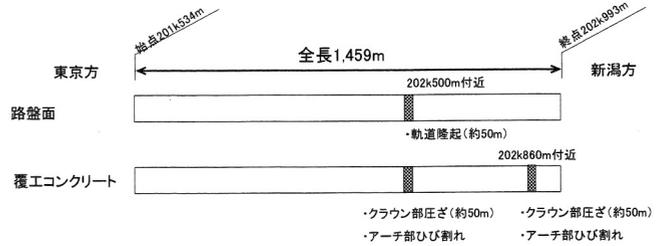


図-4 妙見トンネル全体被害状況

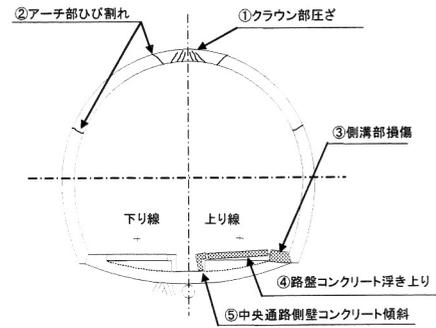


図 3-5 妙見トンネル被害状況 (202k500m 付近)



写真 3-2 妙見トンネル被害状況

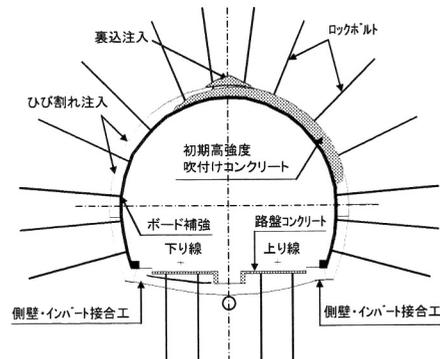


図 3-6 魚沼トンネル復旧概要

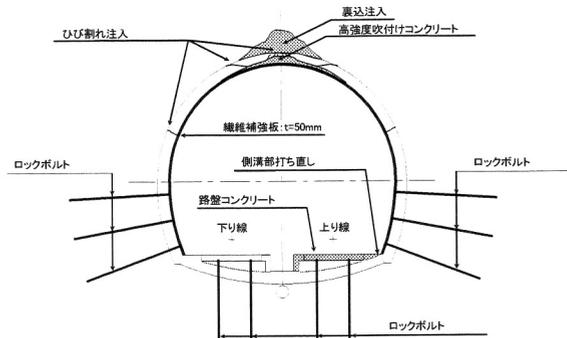


図 3-7 妙見トンネル復旧概要

## 4. 水路トンネルの被害

### 4.1. 概要

震災地域内の山岳工法による水力発電用水路トンネルのうち、菟神発電所水路トンネルでは、覆工コンクリートが落盤する被害が生じた。その他の発電用水路トンネルでは、ひび割れが数ヶ所見られた程度であった。

### 4.2. 菟神発電所水路トンネルの概要

菟神発電所水路トンネルは、昭和 16 年に竣工した内空断面 4.35m、延長約 4.9km の馬蹄形コンクリート覆工水路トンネルで、越後山脈に属する破間川左岸の山麓部を通っており、大部分が中～古生層のチャート、一部崖錘堆積物で構成されている。

被害地点は、図 4-1、図 4-2 に示すとおり水路延長 4.9 km のうち水路始点から 862m 付近のチャート層に位置し、土被りは約 40m である。

### 4.3. 被害状況

図 4-3 に示すとおり、水路アーチクラウン部の設計厚さ 40cm の覆工コンクリートが、長さ約 5m、幅約 2m に亘り落盤し、覆工背面の地山土砂が高さ約 5m 崩落した。

また、開口部から上下流方向にはアーチ頂部に縦断方向ひび割れが発生（上流側約 6m、下流側約 3m）し、特に下流側のひび割れは段差約 50mm を伴っており、側壁スプリング部にも圧縮によると思われる縦断方向ひび割れが発生している。なお、下流側のひび割れは TD.870 m にある施工継手で収束している。

落盤・崩落状況を写真 4-1、写真 4-2 に示す。

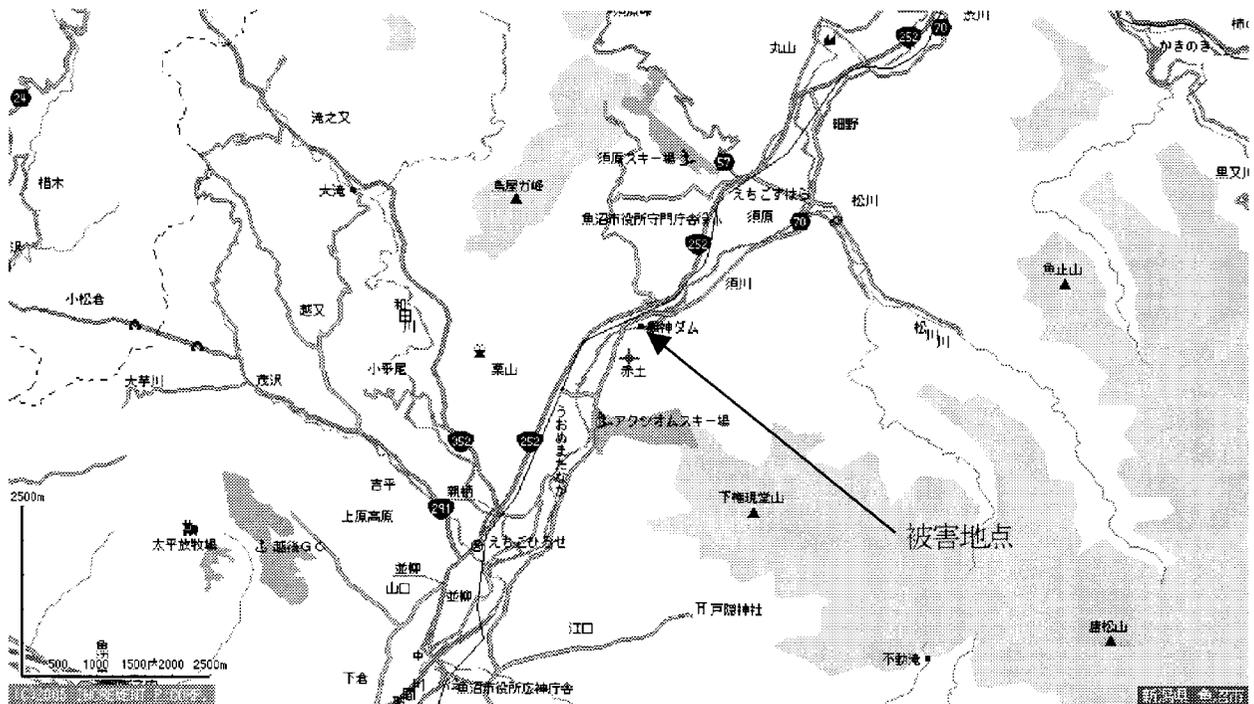


図 4-1 被害地点位置図

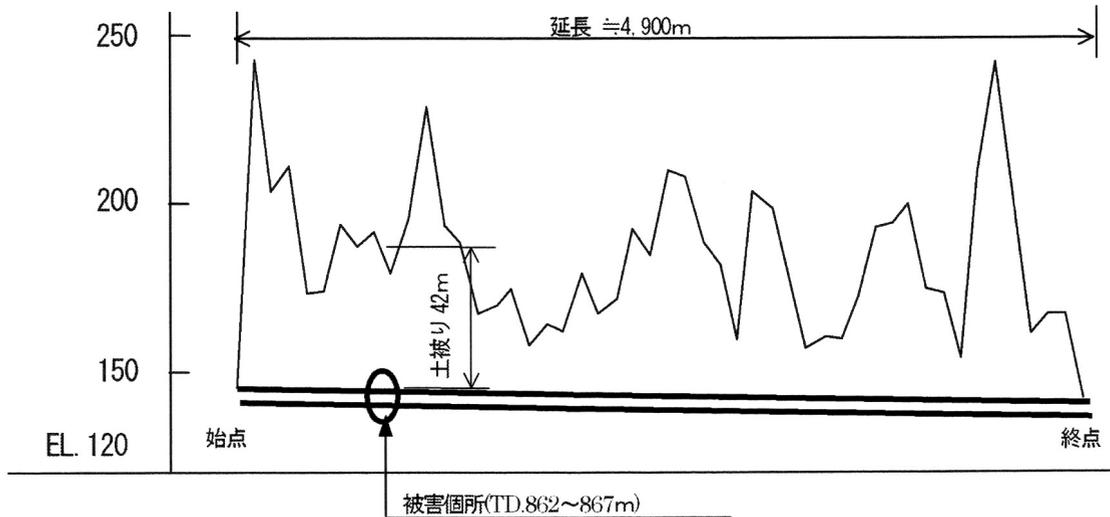


図 4-2 水路縦断図

#### 4.4. 復旧方法

被害発生後の余震における背面地山の崩落は進行しておらず、地山は安定した状態であることから、鋼製支保工 (H-100@1.0m) 建込み後、コンクリートで内巻する二重巻工法により復旧した。

なお、施工範囲は、落盤・崩落したアーチ開口部周辺には上下流方向にひび割れが発生していたことから、ひび割れの影響範囲を考慮して TD.856~870m の 14m 区間とした。

また、土砂崩落に伴う覆工背面の空隙部は、エアモルタル (配合 1 : 6) により充填した。

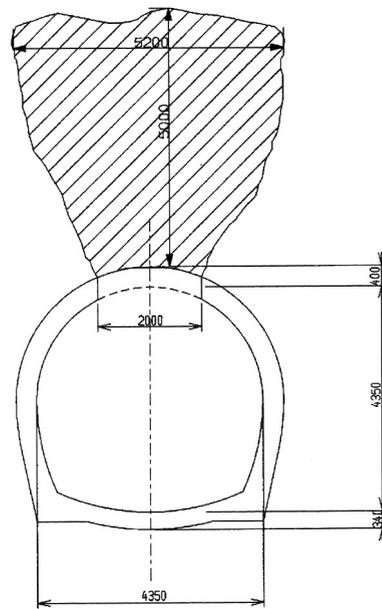


図 4-3 水路断面図 (崩落状況)

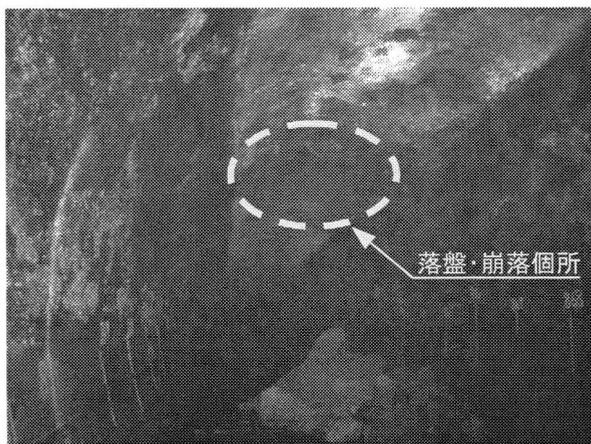


写真 4-1 水路崩落状況 (全景)

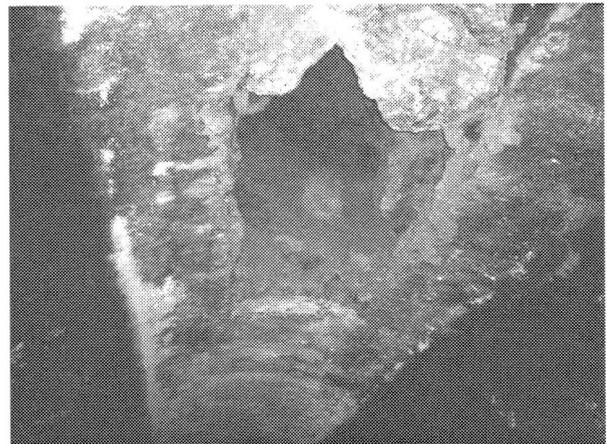


写真 4-2 水路崩落状況 (アーチ頂部)

## 5. 交差トンネルの被害

### 5.1. 概要

被災地域内では、いくつかの山岳トンネルが被害を受けているが、交差したトンネルで被災したのは、和南津地域にある交差した2本のトンネルである(図5-1)。この交差したトンネルは、上部が道路トンネルの国道17号和南津トンネルで、下部が鉄道トンネルのJR上越線南津トンネルである。両トンネルとも、覆工が剥落し、補強・補修を要する大きな被害を受けた。トンネル交差部の構造図を図5-2に示す。

トンネル周辺の地質は、新第三紀鮮新世和南津層砂岩からなり、マトリックスは微細均等砂が主体で固結度は低い地山性状である。

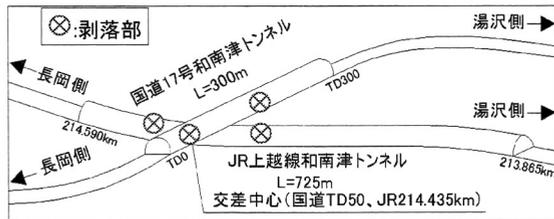


図5-1 トンネル交差の状況

### 5.2. 国道17号和南津トンネル

1965年に建設された国道17号和南津トンネル(国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所)は、延長300m、内空幅9.3mの在来工法により施工された複線道路トンネルである。

長岡側坑口を起点として、TD90~107m間の天端覆工コンクリートが幅2~6mで剥落した(写真5-1参照)。剥落部は、背面の鋼製支保工、裏込注入材(補修工事時に充填したもの)、矢板等が露出しているが、これらには目立った変状は見られない。

長岡側坑口から見て右側の現場打ち側溝がほぼ全線に渡って変状した。道路側の側壁が下端より折れ曲がっている。

二次覆工のアーチと側壁の接続部において側壁が内空側に5~15cmはらみ出した状況(写真5-2参照)が、TD10~30m間で見られた。

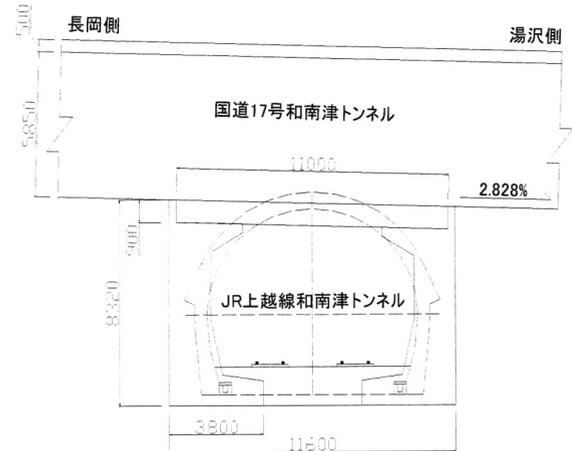


図5-2 トンネル交差部の構造

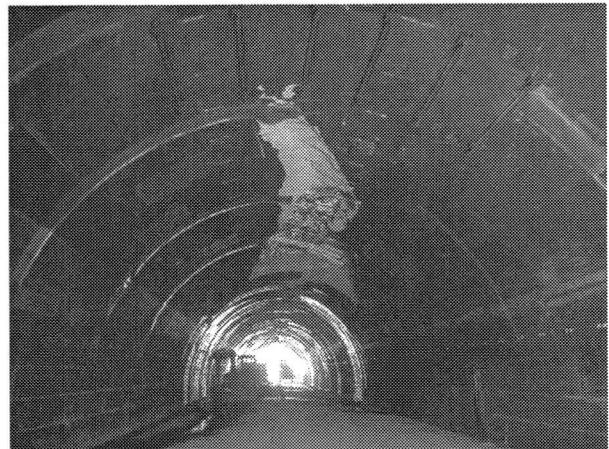


写真5-1 国道17号和南津トンネル覆工剥落部



写真5-2 国道17号和南津トンネル接続部のはらみ出し状況

また、縦断方向ひび割れは、肩部に確認された。長岡側坑口の坑門壁において、コンクリート打ち継ぎ面に目開きや段差が生じた。川側の上部

ブロック（幅 8m, 高さ 2m）は、川側へ 20cm, 坑外長岡側へ 12cm 移動した。また、坑口のもたれ擁壁は、打設面の上段が道路側に 5~10cm 移動した。

なお、覆工剥落部および側溝・坑門部は新設場所打ちコンクリート構造物に置換えた。

### 5.3. JR 上越線と南津トンネル

1966 年に建設された、JR 上越線と南津トンネルは、在来工法で施工された延長 725m の複線鉄道トンネルである。

湯沢側坑口より約 500m 付近において、SL から天端部にかけて広範囲に覆工コンクリート（ $t=500\text{ mm}$ ）が剥落した。鋼製支保工がむき出しになっており、一部は曲がっている状態であった。剥落部の軸方向両側の天端部には、圧ざによると思われる剥落が生じていた。この剥落部分の延長は、剥落部を含めて約 30m であった。写真 5-3 に剥落部の状況を示す。

二次覆工のアーチと側壁の接続部において、幅 50~70cm, 深さ 20cm 程度のコンクリート圧壊が確認された。断続的に発生しており、総延長で 100m 程度であった（写真 5-4 参照）。湯沢側の明かり巻坑門の移動が確認された。移動距離はトンネル横断方向に約 35cm, トンネル軸方向に約 40cm あった。そのため、移動しなかった坑門との間に隙間ができた（写真 5-5 参照）。坑門自体にはひび割れ等の変状は確認されていない。

ひび割れは、ほぼ全線にわたって断続的に縦横断方向に発生し、ひび割れ幅は 0.1~1mm であることが確認された。

なお、天端覆工コンクリート剥落部はアーチ部の全面打替え、その他損傷の少ない箇所は、ひび割れ注入、断面修復、ロックボルト、裏込め注入工、アラミド繊維シートにより補強・補修した。坑門は、油圧ジャッキで既設位置まで戻し、ステンレス鋼板にて固定、補強した。



写真 5-3 JR 和南津トンネル覆工剥落部



写真 5-4 JR 和南津トンネル接続部の崩壊

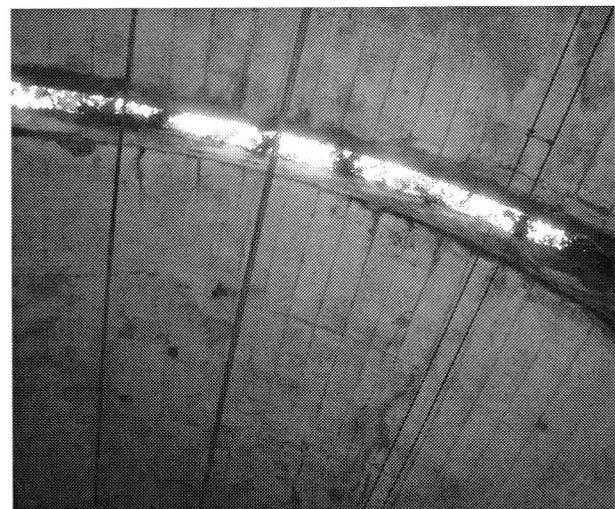


写真 5-5 JR 和南津トンネル湯沢側坑門の移動

## 6. まとめ

### 6.1. トンネルにおける地震被害の概要

新潟県中越地震でトンネルが受けた被害には、次のようなものがあった。

本震の震源に近い国道 17 号和南津トンネルでは側壁部のはらみ出し、上越新幹線魚沼トンネルでは路盤の隆起が確認され、両トンネルにおいてアーチ部の覆工コンクリートが一部崩壊するという被害を受けた。また、上越新幹線妙見トンネル、滝谷トンネルでは、アーチ部に圧縮が発生し、アーチ部から側壁部にかけてせん断ひび割れや引張ひび割れが発生した。更に、蕨神発電所水路トンネルでは、アーチ部が落盤・崩落し、縦断方向に連続したひび割れが確認された。これらはすべて矢板工法で施工されたものであり、逆巻工法のトンネルでは打継ぎ目が開口し、端部が剥落したのもあった。

また、主要地方道柏崎高浜堀之内線羽黒トンネルでは、坑口斜面において大規模な崩壊が発生し、坑門・坑口がひび割れや段差、施工目地の開口といった被害を受けた。更に、主要地方道小千谷川口大和線木沢トンネル（NATM）では、坑口部の地山変状によって覆工が顕著な変形を受け、コンクリートの破壊や顕著な施工目地の開口（最大 150mm）が発生した。

新潟県中越地震で確認されたトンネルの被害を過去の事例と比較すると、以下のような特長があった。

1923 年の関東地震（M7.9）では、大規模な斜面崩壊によってトンネル坑口部の崩壊を伴う甚大な被害が発生した。しかしながら、新潟県中越地震では、一部のトンネル坑口部で斜面崩壊によって坑門工の沈下や段差、坑内における打継ぎ目の開口や引張ひび割れ等が確認されたが、その割合は極めて少なかった。また、斜面崩壊のもらい災害として、トンネルが崩壊に至った事例は確認されていない。

1995 年の兵庫県南部地震（M7.2）では、断層破砕帯区間や不良地山区間において覆工が崩壊するトンネルが数例確認された。しかしながら、新潟県中越地震では、断層のずれによって覆工が崩壊する事例は確認されていない、また、覆工が剥落した区間と地震断層の存在が直接的に関係している事例も、確認されていない。

### 6.2. 被害要因に関する考察

トンネルは、従来から耐震性に富む構造物といわれているが、過去の震災事例の調査結果に基づく分析結果から、①地震規模が大きく、②地震断層面からの距離が近く、③特殊条件が介在すれば、トンネルも地震の被害を受けることが報告されている。なお、ここでの特殊条件は、坑口部での斜面災害や地震断層といった地形・地質条件とトンネルおよび周辺地山の欠陥といった構造条件に大別される。

ここで、新潟県中越地震は直下型地震（M6.8）であるが、地震断層面からある一定距離内にあるすべてのトンネルで被害が発生しているわけではなく、地震断層面上ですべり量が大きいと推定される範囲（すべり量 1.0m 以上）で顕著な被害が発生していることが特徴である。ただし、同トンネルにおける被害発生区間の隣接区間では、被害の有無やその程度に大きな差異が確認されている。

震源からの距離が同等でありながら、被害の有無およびその程度に差が生じている点については、地すべり地形や不良地山等の地形・地質的要因、背面空洞やコールドジョイント等の構造的要因が影響していることが考えられる。これらの特殊条件については、建設時における設計・施工や日常の維持管理において対応できるものもあるため、既変状箇所に対する常時の維持管理の重要性を再認識することとなった。

### 6.3. 今後の建設・維持管理に向けた提言

本特別小委員会における活動を通じ、現在作成中のトンネル標準示方書、トンネルライブラリーに対し、今後のトンネルの建設や維持管理に向けて、以下のような提言を行った。

トンネル標準示方書改訂小委員会に対しては、計画段階における地すべり地形や不良地山を回避したルート選定の重要性、覆工コンクリート施工時における構造欠陥（巻厚不足、空隙、コールドジョイント、鉄筋被りの確保等）の排除等について示方書への反映を提言した。

都市 NATM 限界状態設計法検討部会に対しては、同部会の検討対象が都市 NATM の鉄筋

コンクリート構造ということで、被災地域内のほとんどが山岳トンネルであった新潟県中越地震とは直接的な関連性がないことから、設計法に関する提言を行うには至らなかった。しかしながら、鉄筋コンクリート区間における被りコンクリートの剥離といった被害事例を踏まえ、鉄筋被りの確保が重要であることをライブラリーに記載すべきとの指摘を行った。

維持管理部会に対しては、既変状や構造欠陥が大規模地震時の被害を拡大する恐れがあることから、日常の維持管理が地震時の被害軽減につながることを提言した。