

トンネルの被害と教訓

長岡技術科学大学

海野隆哉

上越新幹線 魚沼トンネルの被害



上越新幹線魚沼トンネルの被害

(軌道スラブの浮き上がりと
路盤、中央通路の損壊)



上越新幹線魚沼トンネルの被害
(剥落したコンクリート)

上越新幹線 魚沼トンネル の被害

(側壁の剥落)



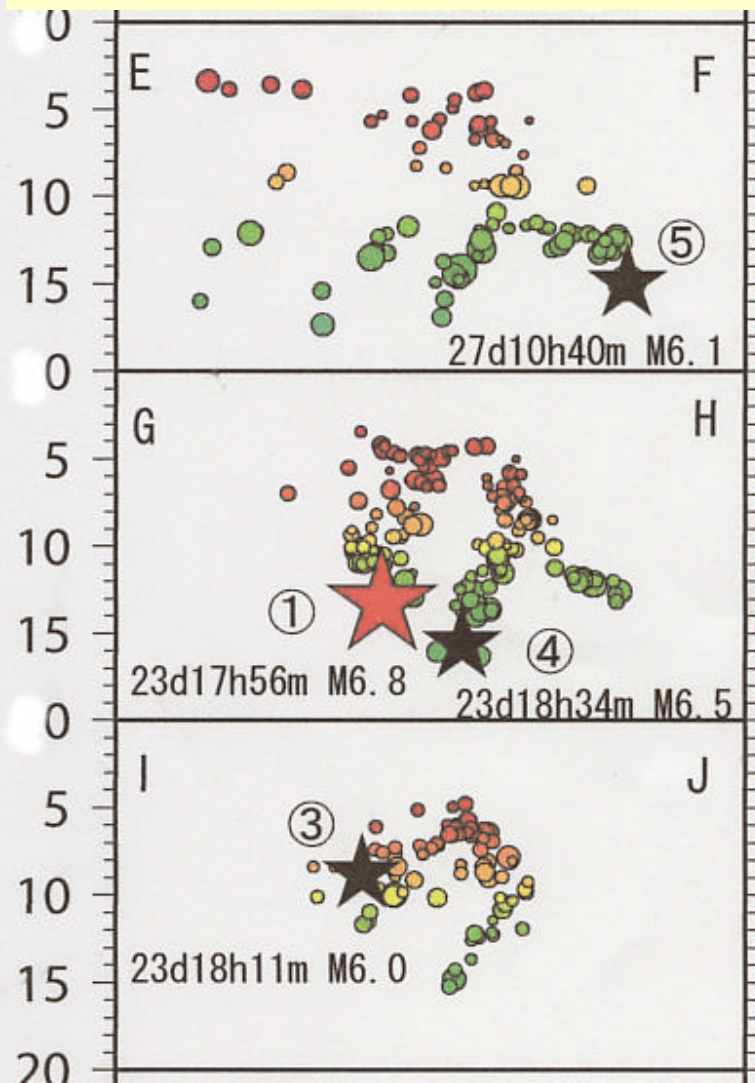
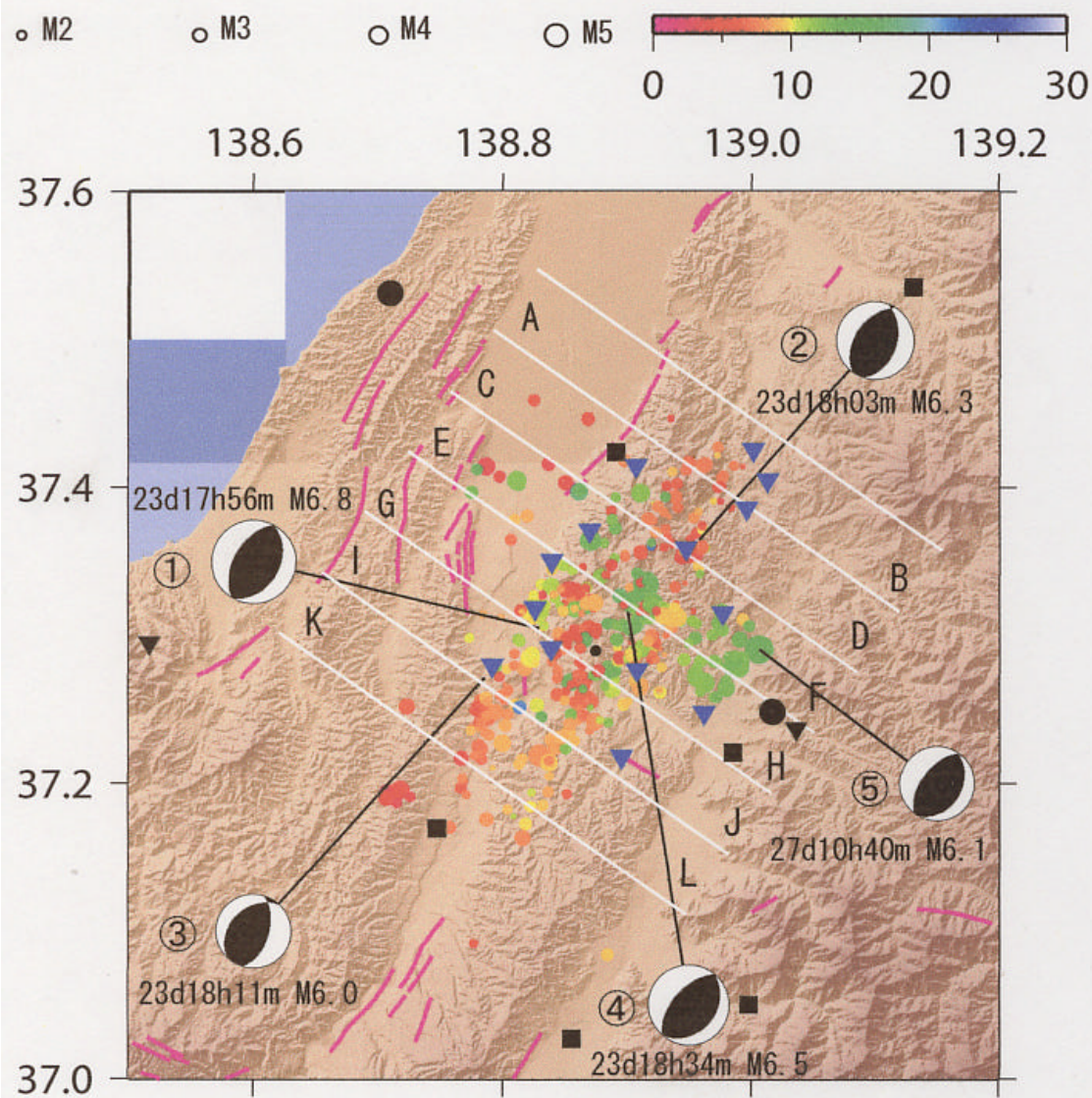
上越新幹線 魚沼トンネル の被害

(中央通路のずれ
と ひびわれ)





中越地震による地盤変動
[国土地理院による]



余震の震源分布 (3次元)

[東京大学地震研究所による]

魚沼トンネル(195k050付近)の 被災原因

- トンネル軸方向の圧縮による圧挫 (国土地理院によれば,中越地震により 旧大和町で10cm, 柏崎市で5cm震源断層の方向に移動)
- 中央通路の変形から、路盤が「ハ」の字状にごく僅かながら西側に押し出された。(ただし、岩盤が実際に動いたのかは、JR東日本で調査予定)

上越線 天王トンネルの被害

上越線(上り)天王トンネルの被害

(川口町天納)





上越線(上り)天王トンネルの被害

(川口町天納)



上越線(下り)天王トンネル脇の斜面崩壊
(川口町天納)



上越線(下り)天王トンネル脇の斜面崩壊
(川口町天納)

天王トンネルの被害の特徴

- 不安定な地盤の上に建設したため、斜面崩壊の影響を受けて沈下し、覆工コンクリートに亀裂が入るなどの被害を受けた

県道71号線 木沢トンネルの被害



県道71号線木沢トンネルの被害
(川口町木沢)



木沢トンネル脇の斜面崩壊
(川口町木沢)



木沢トンネル上の丘にできた段差
全体に丘の上に亀裂が走る

(道路) トンネルの被害とその原因

- 木沢トンネルは、中央部の標高が高く両坑口が低い太鼓型の縦断勾配になっている。そのため、地震動によって両坑口側に移動しやすく、北側の坑口は周囲の地山のすべり移動によって下部が下がり、覆工コンクリートに引っ張り亀裂が入った
- 羽黒山トンネルのように、坑口付近の斜面が大規模崩壊すると、覆工等に被害を大きな受ける。被害の程度は、斜面崩壊の規模・深さによって異なる

平成16年新潟県中越地震におけるコンクリート構造物の被害

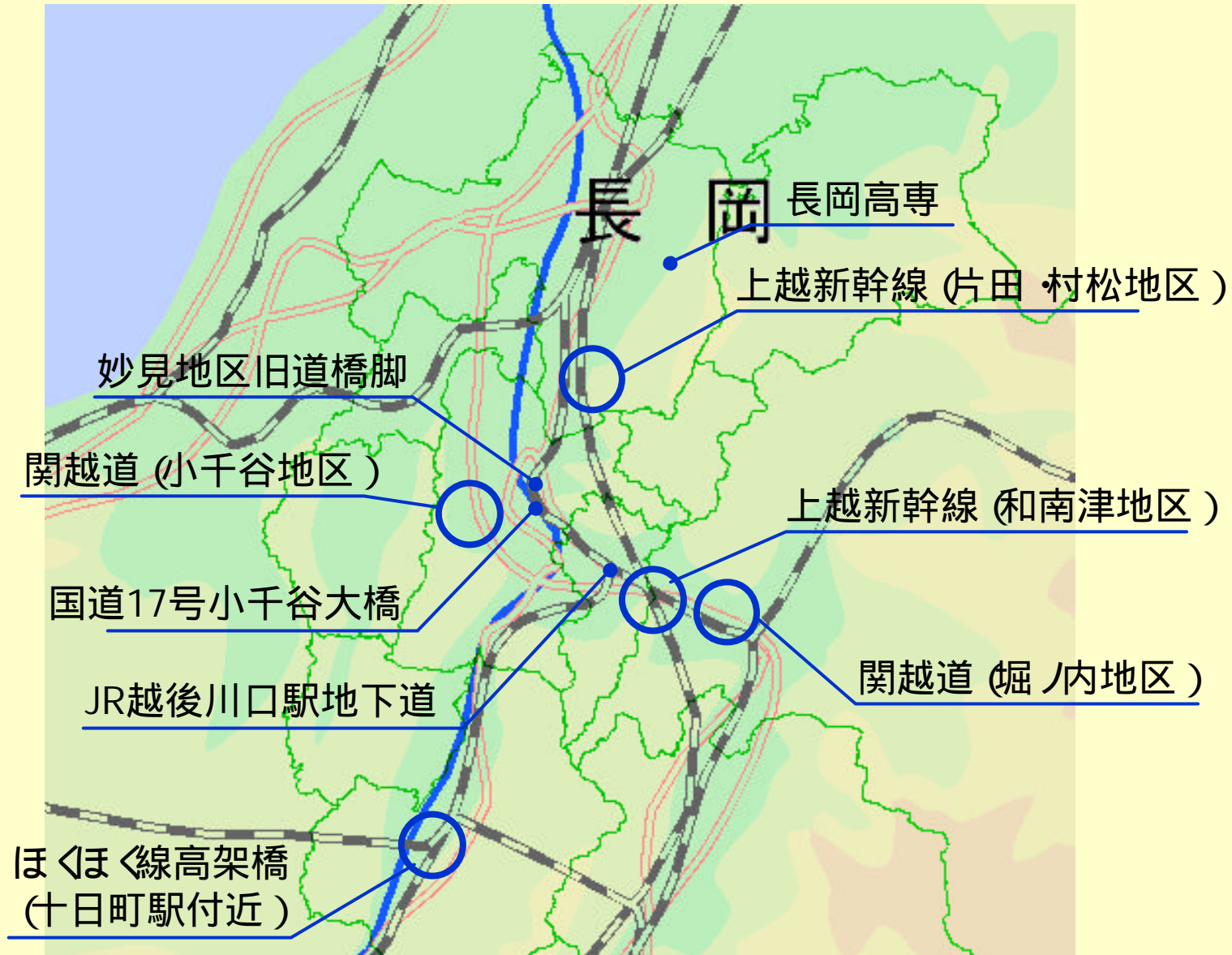
長岡技術科学大学 環境・建設系

下村 匠

中越地震におけるコンクリート構造物の被災

- 1995年1月17日の阪神淡路大震災以降はじめて経験する直下型震度6クラスの地震
- 阪神淡路大震災以降整備された耐震設計，耐震補強の有効性の検証

コンクリート構造物の被害調査箇所



(国土地理院の図に加筆)



上越新幹線 魚野川橋梁



■内側軸方向鉄筋の段落し部
における曲げ損傷

■かぶりコンクリートの剥落，
軸方向鉄筋のはらみだし



上越新幹線 第1和南津高架橋

- 橋脚のせん断破壊が見られた。
- 耐震診断の結果せん断破壊先行型と判定されており,2005年耐震補強予定であった。

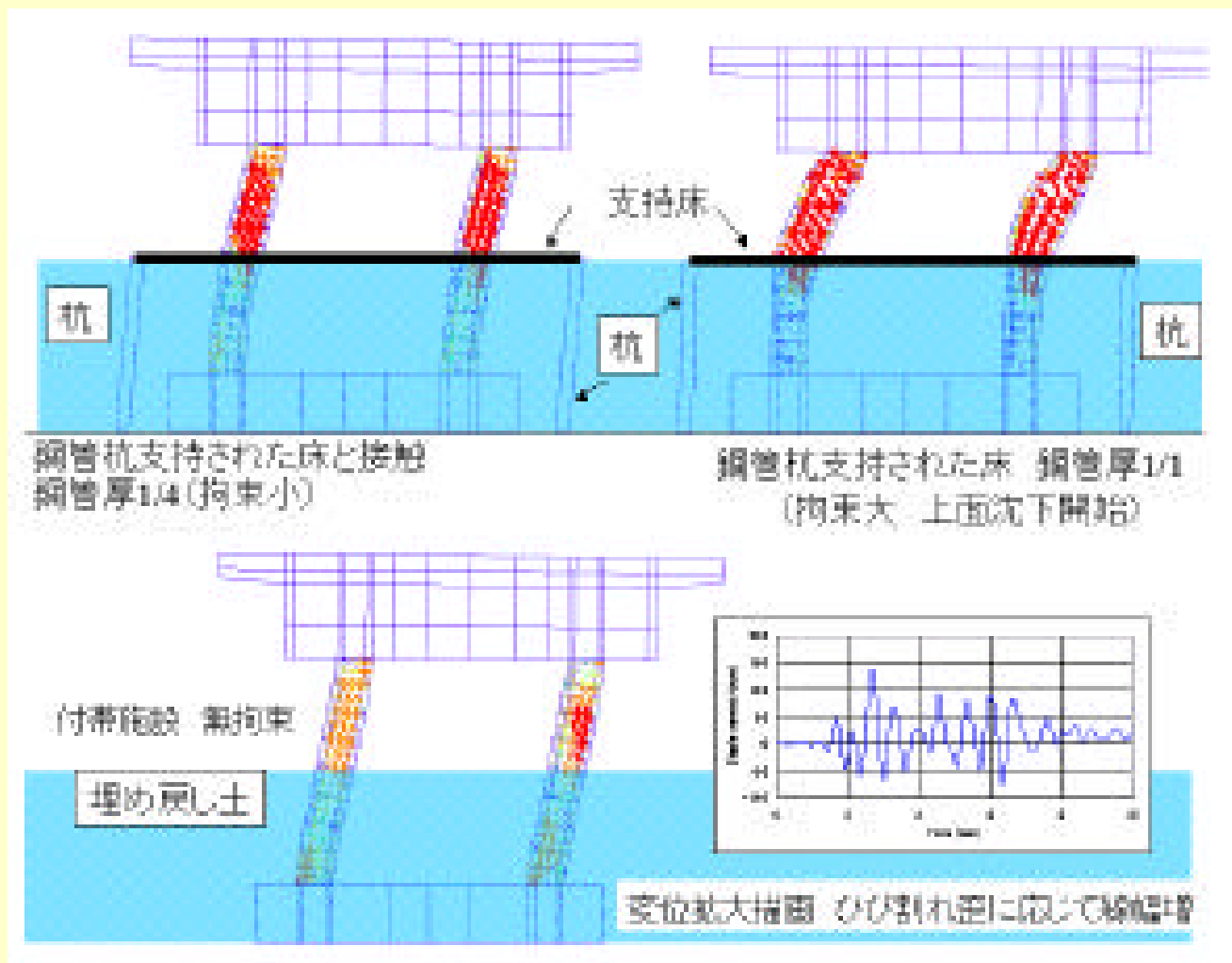


上越新幹線

第3和南津高架橋



- 橋脚のせん断破壊 ,軌道沈下
- 耐震診断上せん断破壊先行型ではないが ,高架橋完成後に作られた付帯設備の影響により ,構造系が変化したと考えられる .



主構造物の耐震挙動に及ぼす付帯設備の影響に関する数値解析による検討例 (類似の構造物を対象に検討)

(前川, 土木学会誌2004年12月号)



上越新幹線

村松高架橋

十日町高架橋

- 耐震補強済み区間には損傷は見られなかった。
- 耐震補強が施されていない区間は軽微な曲げ損傷に収まった。





北越急行ほくほく線 十日町駅付近高架橋



- 設計は旧基準に拠るが,耐震診断の結果合格と判定されたもの.
- シナリオ通りの軽微な曲げ損傷に収まり,震災後44時間で列車を通しながら,復旧工事を行う.

提言

- **構造物の耐震補強と技術開発の推進**
 - ・地震危険度と耐震性能の両面から工事の優先度を定め、これに基づく早急な補強の実施
 - ・付帯設備や地盤との相互作用を含めた構造物の耐震性能照査技術の高度化
- **耐震補強の環境整備**
 - ・耐震補強による国土の防災性強化が喫緊の課題であることに鑑み、民間事業者等に対する耐震補強による固定資産税増加の減免

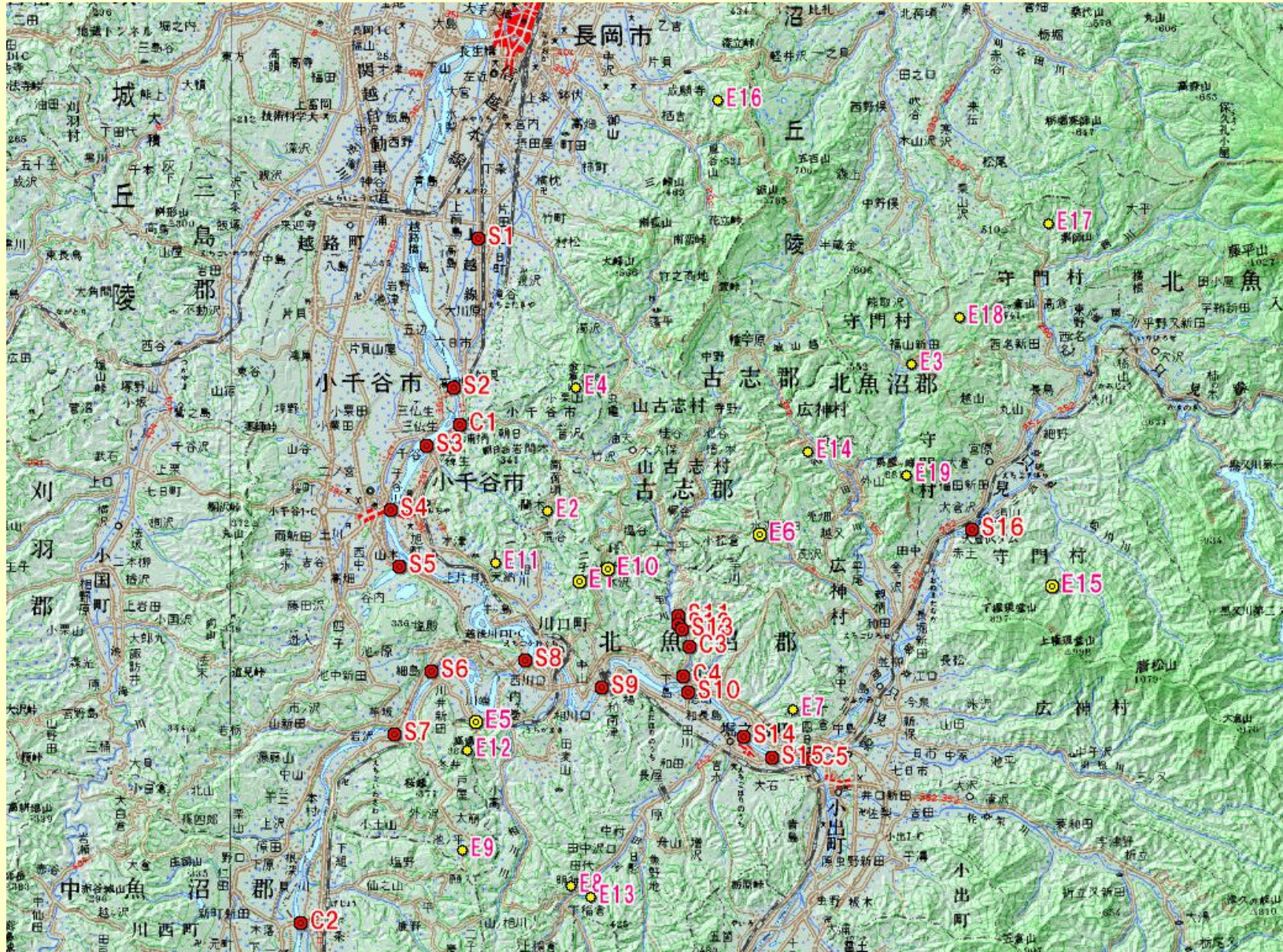
道路橋の被災状況

長岡技術科学大学

環境・建設系

岩崎英治

調査橋梁と震央分布



支承部の損傷



支承部の破損(S12:竜光1号橋)



桁下部の破断(S9:和南津橋)

補剛材の損傷



垂直補剛材の座屈(S2:越の大橋)



垂直補剛材の割れ(S2:越の大橋)

横構 , 対傾構の損傷



横構の変形(S1:十日町高架橋)



対傾構の変形(S2:越の大橋)

橋脚部の損傷



斜めひび割れ(C1:旧浦柄橋)



土砂の流出(S5:山辺橋)

橋台の損傷



桁衝突による損傷(S9:和南津橋)



桁移動による損傷(S10:宇賀地橋)

金属支承とゴム支承の比較



下沓ストッパーの破断
(C5:旧四日市橋)



ゴム支承(C5:四日市橋)

調査結果

- 支承部の損傷は多数みられる。
- 横構 , 斜材などの 2次部材の変形も一部の橋梁に見られる。
- しかし , 橋梁本体が終局状態に至る被害はない。
- 一方 , 橋台背面や橋梁周辺の土砂流出による被害は多く見られる。

調査結果 2

- 耐震設計 ,あるいは比較的新しい基準で設計 ,あるいは補修された橋梁の被害は少ない .
- 耐震補強工事が間に合わなかった橋梁に損傷が見られた .

通行制限等の処置を伴う被災

- 支承や伸縮継手の破損によるものは少ない。
- 大部分は、橋台背面の土砂陥没等による高低さに起因している。
- しかし、応急補修が迅速に行われている。

橋梁周辺の土砂流出による損傷



橋台背面の土砂流出(S5:山辺橋) 橋台移動による橋のずれ(S5:山辺橋)

道路ネットワーク班

1. 国道の早期復旧 川口町の孤立化を解消





国道17号 川口町和南津トンネル
コンクリートの崩落
(H16 .10 .24 撮影)



国道17号 川口町天納 道路崩壊
(H16 .10 .24 撮影)

国土交通省北陸地方整備局道路部提供



R17川口町^{てんのう}天納 緊急通路確保

緊急時及び生活道路を確保するための緊急通路（1車線）を10月25日1時に確保。



R17川口町^{てんのう}天納 迂回路設置

復旧に長期間を要すると判断されたことから、緊急に迂回路を設置し10月31日22時30分に2車線で交通確保。

国土交通省北陸地方整備局道路部提供

10月25日には一時的に緊急路を確保し緊急物資輸送が可能となった。

同時に迂回路の建設を進め、民間施設の一部を取り壊すなどの処置により、

10月29日には1車線、31日には2車線の迂回路が完成した。



R17号川口町わなづ和南津 トンネル損壊

和南津トンネルで覆工コンクリートの崩落、剥離等の損傷が発生。



R17号川口町わなづ和南津 トンネル応急復旧

新たな支保工（H鋼）設置とコンクリート吹付を行い、11月2日16時20分に片側交互通行で交通を確保。

国土交通省北陸地方整備局道路部提供

10月25日に行われたトンネル専門家による検査で一車線を応急確保する決断。

10月26日応急復旧工事着手、11月2日には片側交互通行で開通。

この結果、川口町へは国道17号を利用して南北両方向から流入可能となった。

1-1-2 一般国道

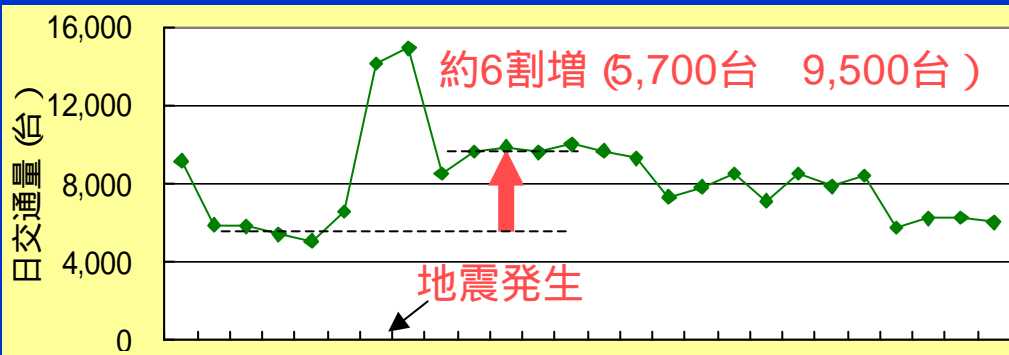
国道17号は関越自動車道を補完する重要な道路である。道路関係者による地上・上空から点検が早期の被害状態の把握につながった。和南津トンネルや天納地区の臨時迂回路など、多くの応急修復工事が早期に着工され、11月2日には全線で通行可能となった。非常事態に現場の意思決定を最優先させた結果である。

新潟県中越地震 (平成 16年 10月 23日午後 5時 56分頃発生)におけるネットワーク効果

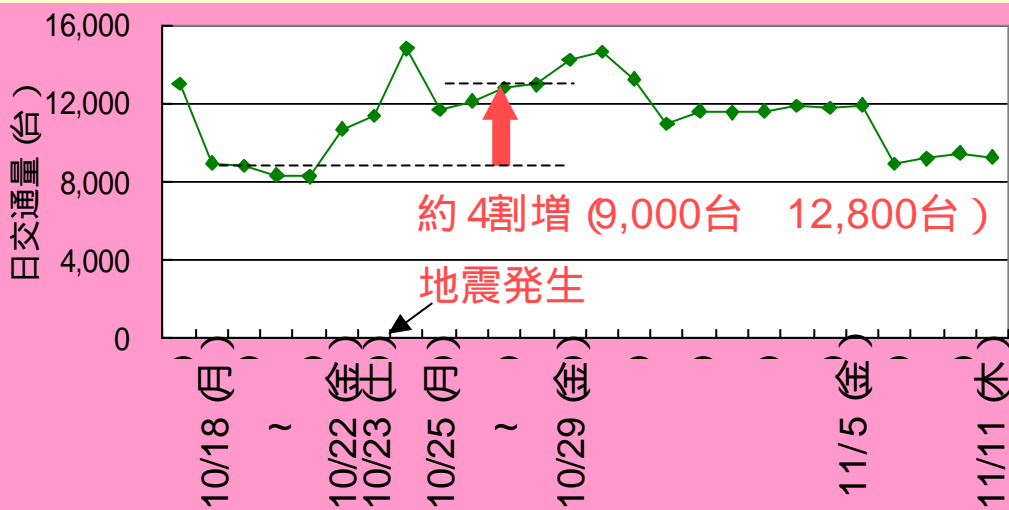
新潟県中越地震により関越道が途絶した際、磐越道と上信越道が迂回ルートとして活用され、**高速道路のネットワーク効果が発揮**された。

震災前後 (平日 5日間平均)の交通量比 磐越道 **約6割増加** 上信越道 **約4割増加**

磐越道 (西会津IC ~ 津川IC)



上信越道 (妙高高原IC ~ 信濃町IC)



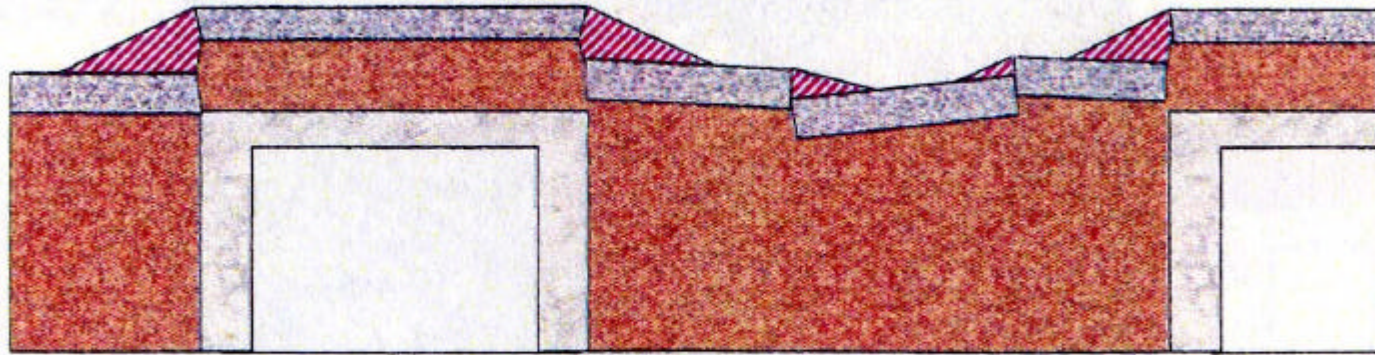
国土交通道路局提供

2. 高速道路の早期復旧 救援物資の輸送、首都圏との交通確保

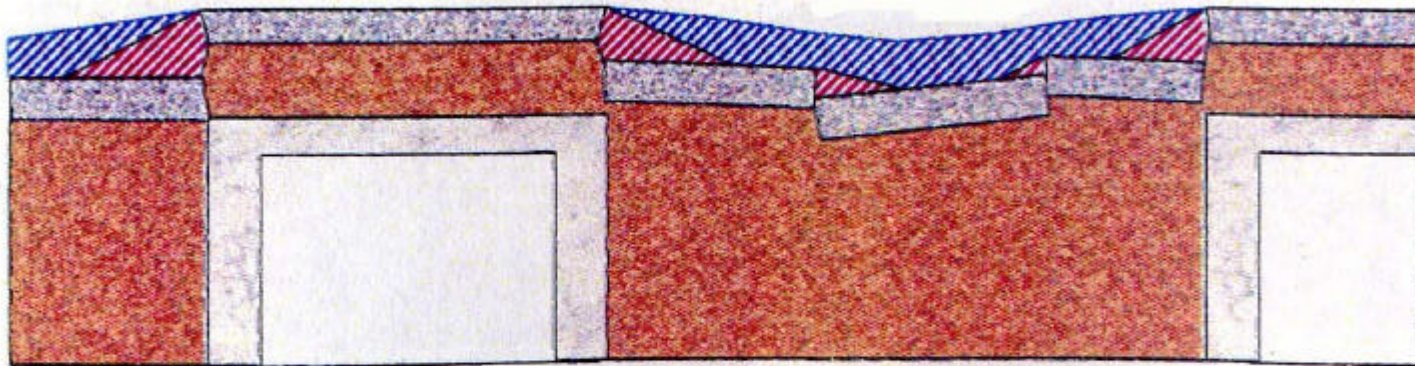
地震の翌日 (19時間後)には緊急車両通行可能となる



関越道(小千谷IC~川口IC)崩壊 (H16.10.24 撮影)



簡易なすり付けによる応急的な舗装のイメージ



一般車両が安全に通行できる状態のイメージ

11月26日 4車線で一般開放

日本道路公団北陸支社提供

4車線だったから早期交通開放が可能であった。

関東と北陸を直結する高速道であるが、震災後は上信越道や磐越道が迂回路として有効に機能していた。

地震後19時間後には車両がなんとか通れるように処置し、100時間後には緊急車両が通行可能な状態にした。さらに11月5日に一般車両の通行も可能とした。阪神・淡路大震災の教訓が活き、点検補修システムがある程度確立していた。2車線を使い応急処置をしながら、耐震補強を行って11月26日4車線復旧を完了した。このような早期の機能回復は着目すべきであり、4車線であることが車両を通行させながらの応急修復作業を可能とした。