兵庫県南部地震(1995 年)，新潟県中越地震(2004 年)におけるトンネルの被害の傾向

鉄道総研　　正会員　○橘　直毅　野城一栄　小島芳之
京都大学　　正会員　朝倉俊弘
鉄道・運輸機構　　正会員　野々村政一

1．はじめに

山岳トンネルは通常岩盤などの安定した地山内にあり，一般に地表の構造物と比較して地震に強い構造物といえる．しかし，地震の規模が大きい場合や震源域からの距離が近い場合には被害を受けることがあるとされている[1), 2)]．本稿では，兵庫県南部地震（以下，兵庫）および新潟県中越地震（以下，新潟）を対象に，山岳トンネルの地震被害の傾向について整理した．

2．対象トンネル

対象トンネルの被害事例は，兵庫は 110 トンネル[3)]，新潟では 139 トンネル[4), 5)]の計 249 トンネルである．**図 1** に対象トンネルの工法の分布を示す．大半のトンネルが在来工法により建設されている．NATM トンネルは在来工法より数は少ないが，被害の割合は比較的低いことがわかる．以下に被害トンネルの分析結果を示す．

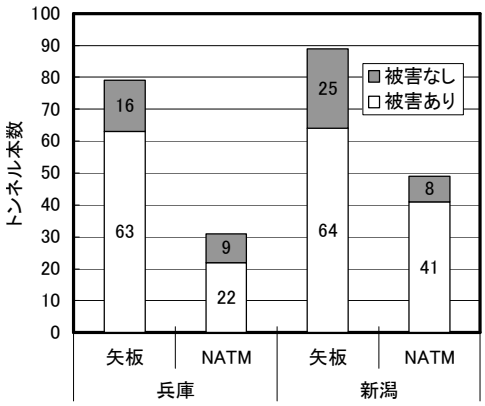


図 1　対象トンネルの工法

3．分析結果

（1）被害の分布

図 3 に被害を受けたトンネルの分布を示す．兵庫では，都市での直下型地震であり，想定震源断層付近の狭い領域に被害が集中している．一方で，新潟では，広い範囲に被害が発生していることがわかる．

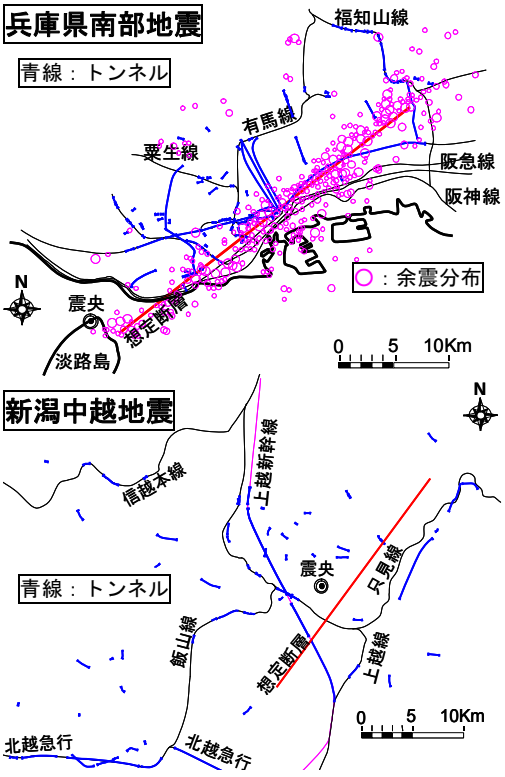


図 3　被災地内のトンネルの分布

（2）地震時の被害の形態の傾向

図 4 に被害の形態を示す．被害レベルＡのトンネルにおける被害状況は小土被り部の被害，地山不良部の被害，断層のずれによる被害の 3 通りにおおよそ分類できることがわかる．それ以外に含まれるのは，施工途上や材質不良の覆工，既変状を生じていたトンネルなどが大半である．なお，被害レベルはトンネルの被害の程度を示すもので，文献 4)，5)に従い，**表 1** の様に定義することとした．

（3）被害レベル毎のトンネル数

図 5 に被害レベル毎のトンネル数を整理した．兵庫で 10%，新潟で約 15%のトンネルが補強・補修を要したことがわかる．

（4）断層からの距離と被害レベルの傾向

震源からの距離と被害の程度に着目した．ここで，文献 1)，2)によると，震源からの距離とトンネルの被害レベルを比較する場合，狭義の震源(初動点)からの距離ではなく，広義の震源(破断面)からの距離で比較する必要があるとされ，本稿においても破断面からの距離により整理した．

図 6 に地震断層面からの距離と被害レベルとの関係を示す．既存の事例と同様に，地震断層面からの距離が 10km 以内の場合に被害を生じる可能性が高いことがわかった．

表 1　被害レベルの定義

被害レベル	兵庫	新潟	
A	補強，補修を必要とした被害	A1	大規模な補強・補修を必要とするもの
		A2	A1 以外で補強・補修を必要とするもの
B	補強，補修を必要としなかった被害	補強・補修を必要としない軽微なもの	
無し	被害無し	被害無し	

キーワード　山岳トンネル，地震被害，復旧・対策工
連絡先　　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(財) 鉄道総研 構造物技術研究部 トンネル　ＴＥＬ042-573-7266

（5）地震時被害の規模と復旧・対策工の傾向

図 7 に地震時被害の規模に対する復旧・対策工の実施件数について整理した．地震時の被害が大規模になると，打ち替え等の大規模な復旧・対策工を実施する割合が大きくなる傾向が見られた．

4．結論

本稿では，兵庫県南部地震および新潟県中越地震を対象とした山岳トンネルの地震被害の傾向について以下にまとめる．

① 大規模な被害(被害レベルA)を生じる割合が多いのは,断層面からの距離が 10km 以内である．

② 山岳トンネルの地震被害は，小土被り，地山不良，断層区間に生じやすい．

③ 被害が大きいほど，大規模な復旧・対策工を要している．

以上より，断層から 10km 以内の小土被り，地山不良，断層区間のトンネルは，他のトンネルと比較して，地震時に覆工に大きな変状を与える可能性が高く，今後，それらの条件の下，地震によって想定される作用力に対するトンネルの被害形態や被害発生メカニズムを解明することが課題である．

5．謝辞

本研究の一部は，独立行政法人鉄道・運輸機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」によるものである．

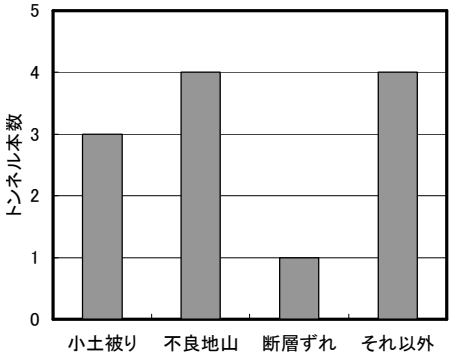
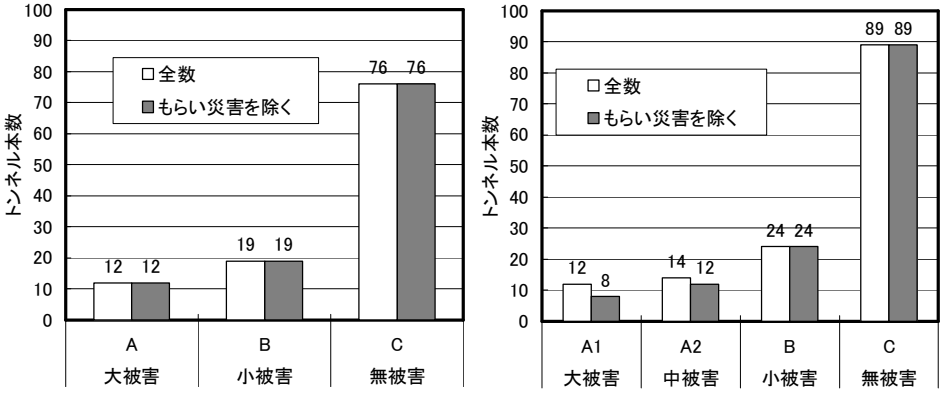
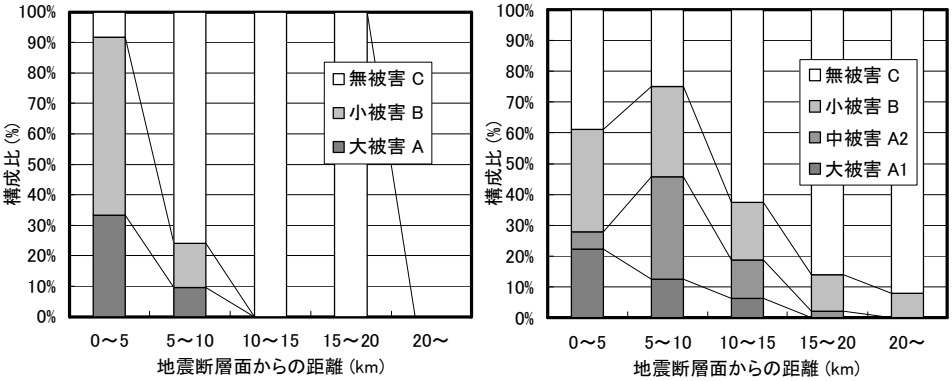


図 4　地震時の被害の形態



(a) 兵庫県南部地震　(b) 新潟中越地震

図 5　被害レベル毎のトンネル本数



(a) 兵庫県南部地震　(b) 新潟中越地震

図 6　地震断層面からの距離と被害レベルとの関係

参考文献

1) 吉川他：鉄道トンネルの震災事例調査，鉄道技術研究報告，No.1123，1979.9
2) 吉川：鉄道トンネルの震災と地震対策，トンネルと地下，1984.8
3) 小山他：兵庫県南部地震による山岳トンネルの被害と復旧，トンネルと地下，1996.3
4) 清水他：新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害，トンネルと地下，2005.5
5) 真下他：新潟県中越地震における道路トンネルの被害，トンネルと地下，2005.11

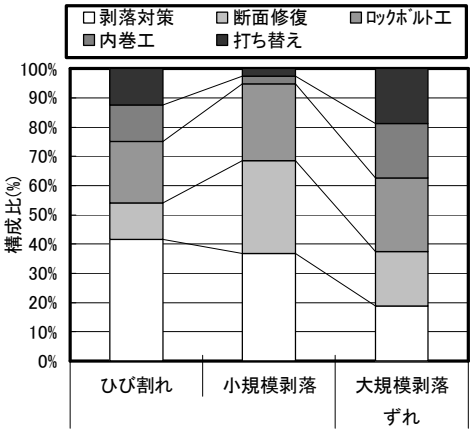


図 7　対策工の分布

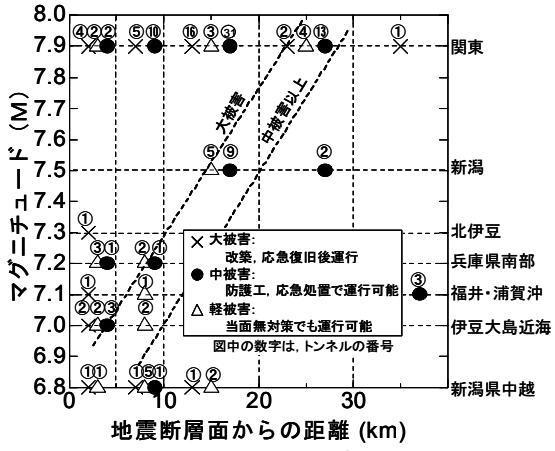


図 8　過去の地震被害との比較