

山岳トンネルにおける地震時挙動の計測

鉄道・運輸機構 正 会 員 ○玉井 達毅, 野々村 政一

鉄道・運輸機構 正 会 員 木村 裕俊, 佐原 圭介

1. はじめに

近年, 1995 年兵庫県南部地震 ($M=7.2$), 2004 年新潟県中越地震 ($M=6.8$) に見られるような大規模な地震の発生により, 交通施設でも多大な被害を受け, 耐震性能の向上が急務となっている。

トンネルは, 地震の規模や震源域からの距離によっては覆工コンクリートの崩落などの被害を受ける場合もあり, 新潟県中越地震の上越新幹線魚沼トンネルの覆工コンクリートの崩落の例に見られるように, 一旦被害を受けると地表の構造物に比べ復旧に多大な時間を必要とし, 社会的・経済的に大きな影響を与えることとなる。

このような背景の中で, 多くの長大トンネルを高速で通過する新幹線については, 大規模地震に対する安全性の確保がより一層要求される社会情勢になっており, 山岳トンネル構造物の耐震性能評価・品質の向上を図る技術の開発が急務となっている。そのため, 今回山岳トンネルの覆工コンクリートの地震時挙動を把握することを目的に, 現在建設中の東北新幹線八戸・新青森間の牛鍵トンネル坑内にて, 地震計及びひずみ計を設置し, 山岳トンネルの地震時挙動の計測を行った。以下は, その計測結果について述べるものである。

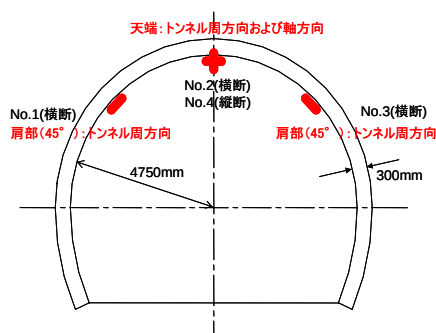


図-1 牛鍵トンネル計測位置

2. 牛鍵トンネルにおける地震時挙動の計測

山岳トンネルの覆工コンクリートは一般的に地山の変位が収束後に構築されるので, 通常の状態では自重のみが付加される構造となっているが, 地震時には地山と一体となって挙動すると考えられる。そこで, 地震時の覆工コンクリートの挙動を詳細に把握するため, 牛鍵トンネル内に地震計(加速度計)を設置し, 覆工にはひずみ計を取り付けて長期間にわたりトンネルの動的観測を実施した。ひずみ計設置位置付近の地質は, 第四紀更新世の粘性土, 砂質土から構成されており, 土被りは約 10m である。計測は, 牛鍵トンネルのほぼ中央付近の巻厚 30cm の無筋覆工コンクリート区間で実施した。

2-1 ひずみ計および加速度計設置位置

図-1 に牛鍵トンネル計測断面における計測位置を示す。ひずみ計は, 横断方向 3 箇所, 縦断方向(天端)



写真-1 ひずみ計及び収録装置

1 箇所にて計測を実施した。加速度計については, 牛鍵トンネル電気設備器材坑内に設置した。写真-1 に牛鍵トンネル内に設置したひずみ計と地震記録収録装置を示す。各成分の方向はトンネル縦断方向を X, トンネル横断方向を Y, 鉛直方向を Z と定めた。

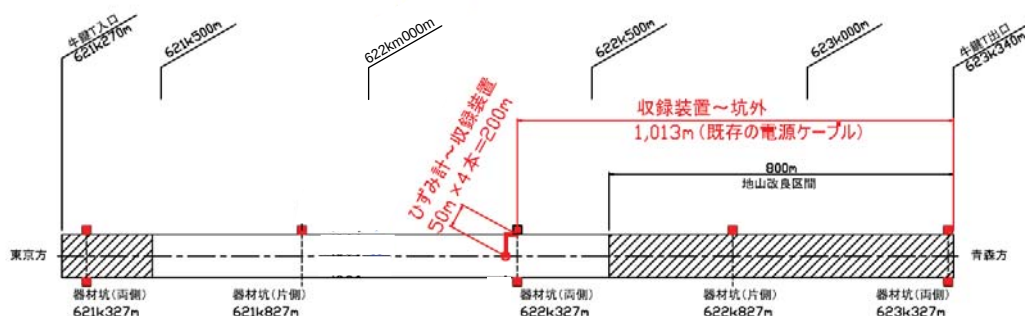


図-2 計測機器設置平面図

2-2 観測された地震動

平成18年2月26日～平成19年2月21日の期間において、牛鍵トンネル周辺で震度2以上の地震動を記録した地震の計測結果を表-1に示す。

地震動の最大応答スペクトルでは、岩手県沖地震は比較的短周期の地震動であるのに対し、千島列島東方、十勝沖地震では、比較的長周期の地震動であった。

3. トンネル覆工の地震時挙動

図-4に岩手県沖地震(2006年7月6日)の際、牛鍵トンネル内で計測された加速度及びひずみの記録波形を示す。ひずみ計データ(ひずみ計No.1～No.4)をみると、トンネル縦断方向のひずみ計(CH7、ひずみ計No.4)は他のひずみ計より小さいひずみであり、縦断方向には大きな変位はみられないものと考えられる。

図-5に岩手県沖地震(2006年7月6日)でのひずみ計の相関図を示す。以下に相関性についてまとめる。

① No.1(左肩部)とNo.2(天端部)あるいは、No.2(天端部)とNo.3(右肩部)に相関関係は認められない。

② No.1(左肩部)とNo.3(右肩部)は、第二象限と第四象限に多く分布している。これは、左肩部のひずみ圧縮から引張に変化するとき右肩部のひずみは引張から圧縮となるような挙動であると推定される。

③ No.2(天端：横断)とNo.4(天端：縦断)の相関をみると、横断方向のひずみが大きく、縦断方向のひずみは小さい傾向となっている。

4. まとめ

今回計測された地震動は、最大で4gal程度のものであり、計測されたひずみも0.5～1 μ と小さな値であった。しかし、各ひずみ計の同時刻における波形を比較することでトンネルの挙動をある程度とらえたものと判断される。現段階では、4ケースと少ないケースでの分析であるため、今後もデータを蓄積していくことで、より多くの照査を行い、挙動予測の確度を高める予定としている。

なお、この研究は、鉄道・運輸機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」により実施した研究(平成18年度採択、3ヵ年計画)の平成18年度における研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 朝倉俊弘ほか：山岳トンネルの地震被害とそのメカニズム，土木学会論文集，No. 659/III-52，pp. 27-38，2000. 9

表-1 牛鍵トンネル周辺で観測された地震動(震度2以上)

No.	地震発生月日	地震発生時刻	北緯	東経	深さ	マグニチュード	名称	最大速度 応答スペクトル	牛鍵トンネル内 地震計による震度
No.2	2006年3月12日	7:06:44	40°6.9'N	142°27.2'E	35km	M5.0	岩手県沖	0.9sec	1.3
No.11	2006年7月6日	2:08:40	40°9.0'N	142°25.8'E	38km	M5.4	岩手県沖	0.75sec	1.4
No.21	2007年1月13日	13:23:13	46°56.2'N	155°3.1'E	30km	M8.2	千島列島東方	2.0sec	1.8
No.22	2007年2月17日	9:02:57	41°43.9'N	143°43.3'E	40km	M6.2	十勝沖	3.5sec	2

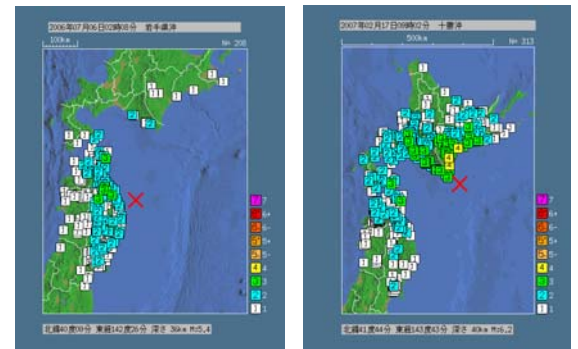


図-3 震度分布図及び震源位置

(気象庁ホームページより)

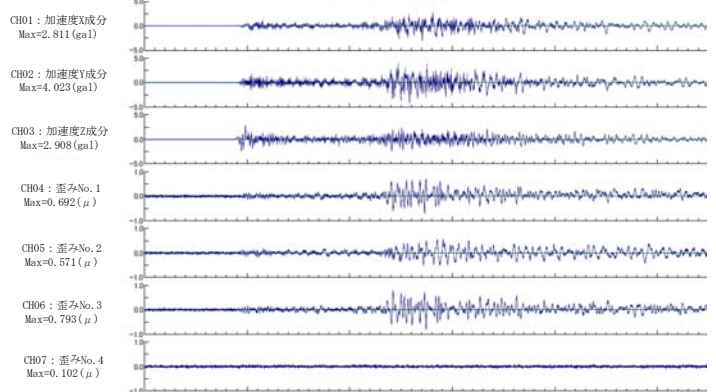


図-4 牛鍵トンネル内加速度計及びひずみ記録

(2006年7月6日岩手県沖地震)

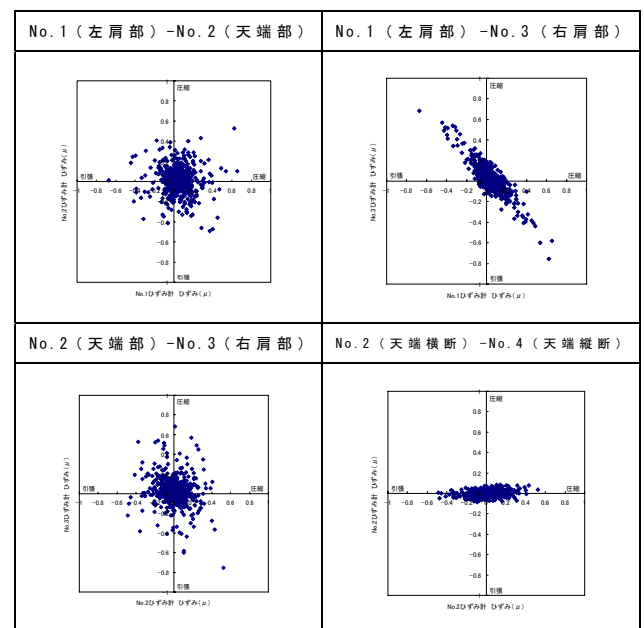


図-5 ひずみ計相関図(2006年7月6日岩手県沖地震)