

## 小土被り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 ○磯谷 篤実 野々村政一  
 鉄道総合技術研究所 正会員 野城 一栄 小島 芳之  
 京都大学大学院 正会員 朝倉 俊弘

### 1. はじめに

一般に、山岳トンネルは、地上構造物と比較して耐震性に富む構造物といわれている。しかし、①地震規模が大きい、②断層面からの距離が近い、③特殊条件が介在するなどの場合には、甚大な被害を受ける場合もある<sup>1)</sup>。山岳トンネル覆工の地震被害パターンは、①坑口部、小土被り部、②不良地山区間、③断層のずれの3パターンに大別されることがこれまでの研究で示されている<sup>2)</sup>。これらの被害パターンのうち小土被りトンネルに着目し、現在建設中の東北新幹線(八戸・新青森間)のうち、全線にわたり土被りほぼ1D以下である牛鍵トンネルにおける地震時挙動の計測結果について報告する。

### 2. 計測項目と計測システム

地震時挙動の計測は、地震規模の把握と計測開始のトリガーを目的とした加速度計とトンネル覆工コンクリートに設置したひずみ計によりトンネル内空側の縁ひずみを測定するものである。図-1、図-2にひずみ計測位置、計測位置平面図を、図-3に牛鍵トンネルの想定地質断面図を示す。計測は、土被りおよそ10mの無筋コンクリート覆工(巻厚 $t=30\text{cm}$ )区間で実施した。計測断面付近の地質は、高館段丘構成層の粘性土(N値=5~10)、砂質土(N値=10~20)である。ひずみ計は、トンネル横断方向のひずみ測定用を3箇所、トンネル縦断方向のひずみ測定用を1箇所の合計4箇所に設置した。加速度計は、ひずみ計計測断面の近傍にある器材坑内に設置した。

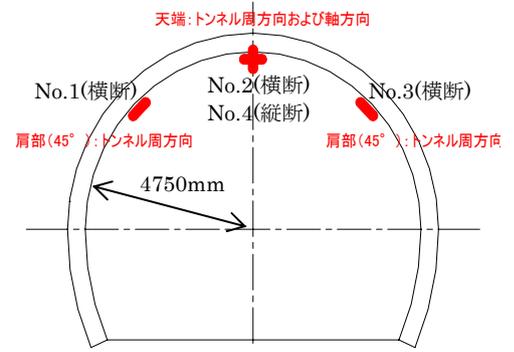


図-1 ひずみ計測位置

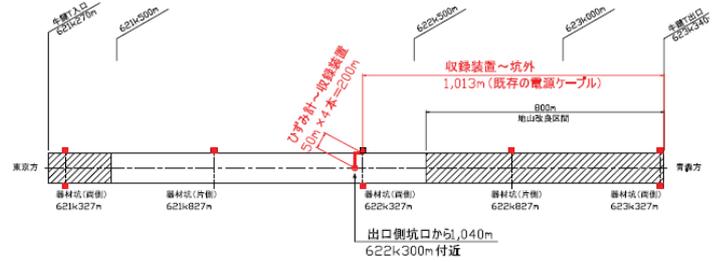


図-2 計測位置平面

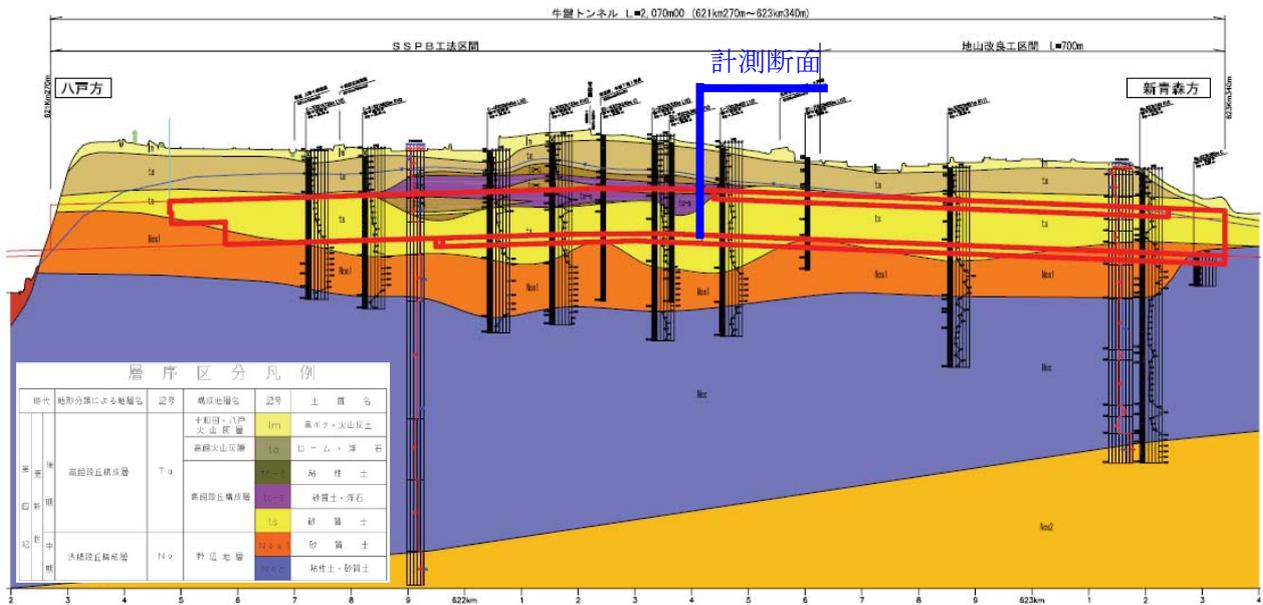


図-3 想定地質断面図

キーワード : 山岳トンネル, 耐震, 地震計測

〒231-8351 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー TEL : 045-222-9082

3. 当該地における地震記録

本計測は、平成18年3月から実施しており、平成19年2月末までの計測結果について整理した。この期間に東北地方では、計測期間中に震度3以上の地震が21回観測されている。このうち、当該地において、震度2以上の地震を表-1に示す。なお、最大速度スペクトルは、牛鍵トンネル内の地震計計測結果から算出したものである。

- CH01 加速度計 X方向 (トンネル縦断方向)
- CH02 加速度計 Y方向 (トンネル横断方向)
- CH03 加速度計 Z方向 (鉛直方向)
- CH04 ひずみ計 No.1 (横断方向, 左肩部)
- CH05 ひずみ計 No.2 (横断方向, 天端部)
- CH06 ひずみ計 No.3 (横断方向, 右肩部)
- CH07 ひずみ計 No.4 (縦断方向, 天端部)

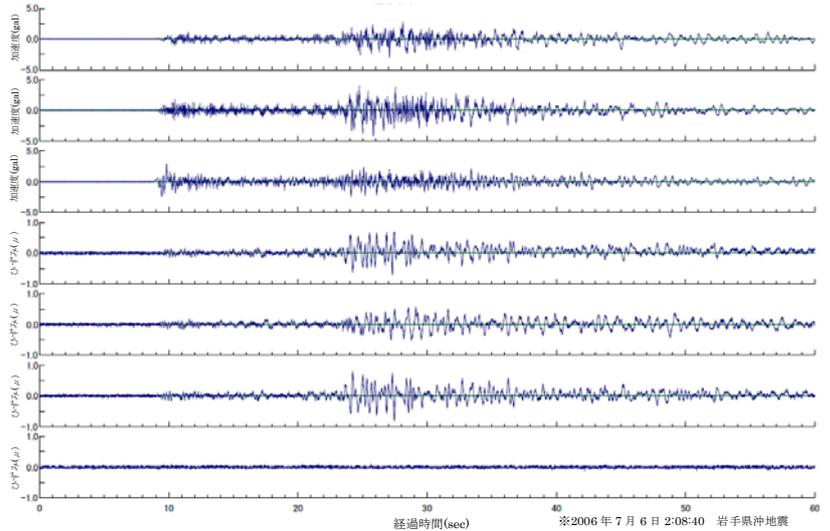


図-4 地震計測結果

4. 地震計測結果

図-4に2006年7月6日に発生した岩手県沖地震の地震計測波形の一部を示す。CH01~CH03が加速度計の波形を示しており、CH04~CH07が覆工コンクリートひずみを示している。計測された最大加速度は、X成分(縦断)で2.8gal、Y成分(横断)で4.0gal、Z成分(鉛直)で2.9galであった。計測されたひずみは、最大で1μ程度と小さなものであったが、加速度波形と整合するひずみ波形が得られている。図-4より①トンネル横断方向のひずみに対してトンネル縦断方向のひずみは小さい、②天端より左右両肩部のひずみの変動が大きいことがわかる。図-5に左右肩部のひずみ分布を示す。左右の肩部におけるひずみは、第2象限と第4象限に多く分布している。これは、左肩部のひずみが圧縮から引張に変化する時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。計測結果のひずみ発生分布とトンネルの変位挙動の関係を荷重の作用方法をパラメータとしてFEM応答変位法<sup>3)</sup>により検討した。図-6に計測結果によるひずみ分布となるときの変位分布図を示す。このことから、トンネルは横断方向から荷重を受け左右に振動するような変形となったものと推定される。

表-1 当該地における地震記録(震度2以上)

地震発生日	地震発生時刻	震央距離(km)	深さ(km)	マグニチュード	名称	最大速度応答スペクトル
2006年3月12日	7:06	151	35	M:5.0	岩手県沖	0.9sec
2006年7月6日	2:08	147	36	M:5.4	岩手県沖	0.75sec
2007年1月13日	13:23	1687	30	M:8.2	千島列島東方	2.0sec
2007年2月17日	9:02	301	40	M:6.2	十勝沖	3.5sec

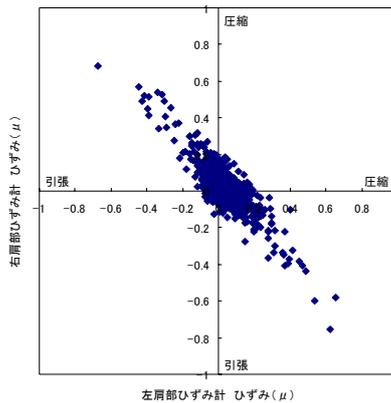


図-5 両肩部のひずみ分布

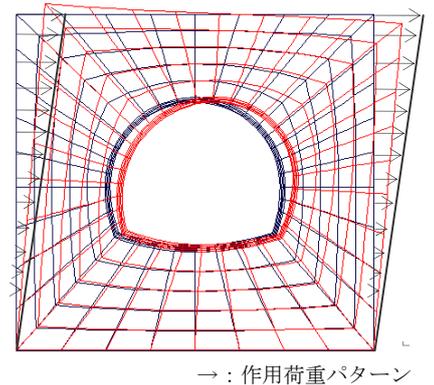


図-6 トンネル変形挙動(推定)

5. おわりに

今回の計測期間内で計測された地震の当該地区の震度は、震度1~2であり、計測されたひずみも非常に小さなものであった。しかし、計測結果は、一般的にいわれている小土被りトンネルの地震時における変形挙動を再現しており、地震時の挙動を的確に捉えられたものと考えられる。今後は、さらに長期的に計測を行い、小土被りトンネルの地震対策あるいは耐震設計の基礎的資料としていきたい。なお、本研究は、鉄道・運輸機構基礎研究制度によるものである。

【参考文献】

- 1) 吉川：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) 朝倉，志波，松岡，大矢，野城：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-52,27-38，2000.9
- 3) 土木構造物の耐震設計入門：土木学会地震工学委員会地震防災技術普及小委員会，pp162-171，2001.8.