

## 東工大レーザートンネルの地震時挙動における地震動と地震時ひずみの観測

東京工業大学 学生会員 水野 剣一

正会員 大町 達夫

正会員 井上 修作

### 1. 背景・目的

近年、地下鉄や共同溝など、多くの地中構造物が建設されており、その耐震性の確保はますます重要になっている。一般に、地中構造物の地震時挙動は周辺地盤の変位やひずみに支配されることが知られているが、地震時に地中構造物に生ずるひずみを詳細に把握するためには、実際にひずみ観測を行うことが有効と思われる。しかし、実際には、観測事例はあるものの十分とはいえず、トンネルや地下構造物の地震時挙動にはまだ不明な点が多く残されている。

そこで、地震時における地中構造物の挙動を解明するため、本研究では東工大すずかけ台キャンパスにあるレーザートンネルで地震観測を行い地震動と地震時ひずみの関係を検討した。

### 2. 観測の概要

東工大レーザートンネルは、すずかけ台キャンパス内にあり、内空 $2 \times 2$ mの正方形断面をもつ厚さ25cmのコンクリート製で、長さは50m、その中央西側に避

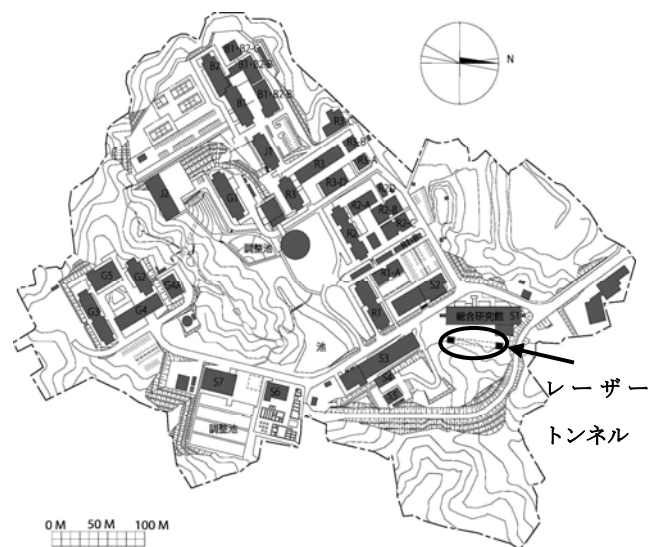


図1 キャンパス内レーザートンネルの位置<sup>1)</sup>

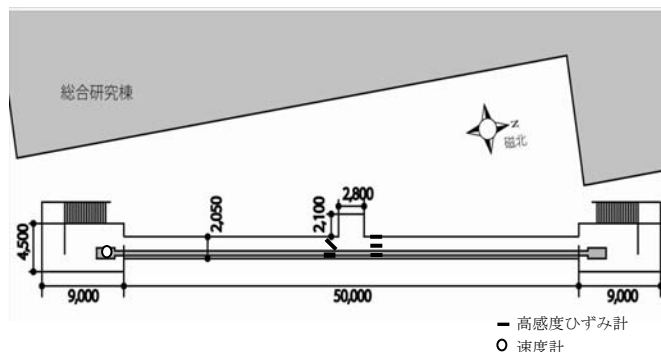


図2 トンネル平面図と計器設置位置(mm)

難用のアルコーブがある。図1はキャンパス内のトンネル位置を示している。

2007年3月に、トンネル南端に3成分速度計(水平2成分はNS成分とEW成分)とトンネル中央付近の断面の上下面および左右壁面トンネル軸方向に、また、天井と東壁面にはトンネル軸方向から45度回転した方向に、高感度ひずみ計(引張りを正、圧縮を負)が計6個設置され、サンプリング周波数100Hzで常時観測中である。図2はトンネル平面図と計器設置位置を示している。

### 3. 観測記録の特徴

2008年1月末までに、最大水平速度(2成分合成)0.1cm/s以上を観測した地震は7つである。その中で最も大きい水平速度値(2成分合成)は2007/7/16の新潟県中越沖地震(M6.8 震源深さ17km)による1.34cm/sであり、最大上下速度値は0.46cm/s、最大地震時ひずみ値は底面 $4.01 \mu$ 、天井 $3.85 \mu$ 、東面 $3.91 \mu$ 、西面 $0.37 \mu$ 、東面45度 $1.66 \mu$ 、天井45度 $1.26 \mu$ であった。トンネル各面の地震時軸方向ひずみの時刻歴波形を図3に示す。この記録のように、西面の地震時ひずみは著しく小さな値(床面に対して約0.14倍)を示すことが判明した。

キーワード 地震時ひずみ, 実測, 東工大レーザートンネル

連絡先: 〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259-G3-2 東京工業大学大町研究室 TEL045-924-5605

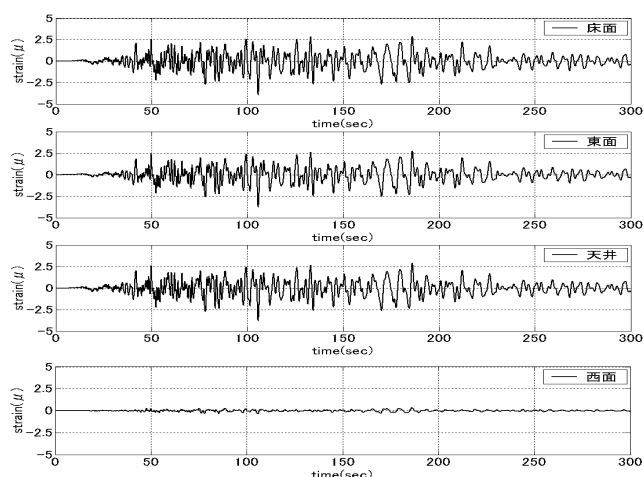


図3 7/16の速度とひずみの時刻歴波形

得られた地震時ひずみ記録から求めた各面と床面の最大値の比を図4に示す。西面の地震時最大ひずみ比はどの地震でも0.2以下となっている。念のため、計器の作動状況を検査するため西面の計測器を東面に移設して測定した。11/26の最大ひずみ比はその結果であり、これから計器に異常がないことが確認された。よって、トンネル西面の軸方向地震時ひずみが他の3面より著しく小さい原因は、西面にあるアルコーブの影響と思われる。

#### 4. 軸方向ひずみと地震動との関係の検討

従来から、トンネル軸方向ひずみ $\varepsilon$ は単純な水平地震盤では地震動速度 $V$ との相関性が高く、大まかに次式のようにあらわせることが知られている<sup>2)</sup>。

$$\varepsilon = V/C (C: \text{一定値}) \cdots \text{式(1)}$$

これを踏まえ、トンネル軸方向ひずみを(床面のひずみ+天井のひずみ)/2で求め、それと地震動速度 $V$ との相関性について検討した。

水平2成分速度記録を用いて、S波到達から波形の包絡が最大値の半分となるまでの時間範囲について、速度と軸方向ひずみの相関性を調べた結果を図5に示す。図中横軸の角度はNS方向を0度とし、反時計方向に回転させた角度である。7/16と10/1の地震では共にNS方向との相関が大きい。相関係数が逆符号であった。これは二つの震源位置がトンネルに対して南北逆方向にあったことによるとと思われる。

また、図6にNS方向の最大速度値と最大軸方向ひずみ値の関係を示す。両者はほぼ線形関係にあり、図中示したように二つの最大値の間には式(2)の関係が認

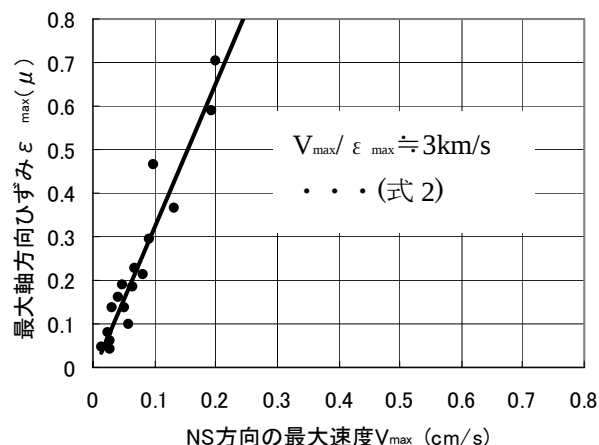


図4 最大NS速度と最大ひずみの関係

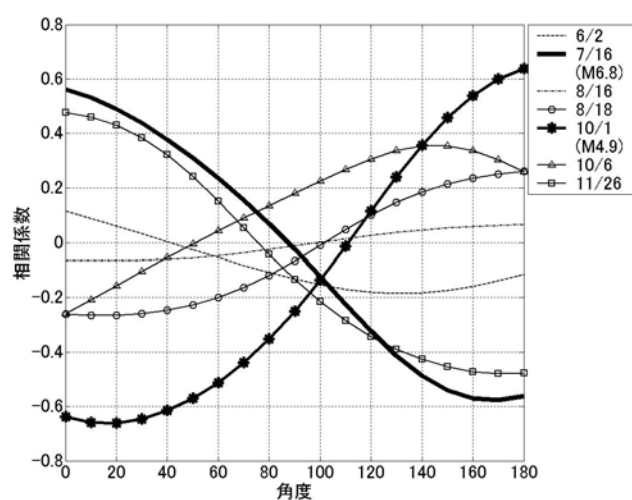


図6 水平速度と軸方向ひずみの相関関係

められる。

#### 5. まとめ

レーザートンネルで地震観測した結果、アルコーブによって西面の地震時軸方向ひずみが格段に低減されることが明らかになった。また、軸方向ひずみ $\varepsilon$ はNS方向の速度 $V$ との相関性が高く、両者の最大値には式(2)の線形関係が認められた。この理由や意味の解明を含め、今後も地震観測を継続し、更なる検討をしていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 東京工業大学 施設運営部ホームページ：  
<http://131.112.67.37/InstitutionMng/PDFprint01.aspx>
- 2) 中村 正博ほか: 地中構造物の実測地震時ひずみに関する定量的研究 土木学会論文報告集 第320号 pp.35~45 1982