

首都高速道路公団 正員 ○丸山真佐雄
 首都高速道路公団 正員 矢作 枢
 大成建設 正員 浜田政則

1. はじめに

沈埋トンネルの地震時挙動については、すでに多くの模型振動実験、地震観測による研究が行なわれ、地震時応力度の解析法も提案⁽¹⁾されている。著者らは東京港海底トンネルにおいて、トンネル側壁のひずみの測定を主とした地震観測を行ない、解析手法の妥当性を検討するとともに、トンネルエレメント間の可撓性継手の有効性について検討している。

2. 観測体制および記録

地震観測計器の配置を図-1に示す。測定に用いた計器は加速度計17成分、ひずみ計22成分、およびトンネルエレメント間のジョイントひずみ計4成分である。加速度計は地盤(A1、A2、A3)、換気塔(A4)およびトンネル内(A5、A6、A7)に設置され、それぞれトンネル軸方向と軸直角方向の加速度を測定した。ひずみ計は左右側壁と上下床版の表面に設置されトンネル軸方向のひずみを測定した。また、トンネルエレメントの1号函と2号函および2号函と3号函のジョイント部に合計4台のジョイント計を設置し、エレメント間の相対変位を測定した。エレメント間のジョイントは図-2に示すように25mm厚のΩ型鋼板による構造で、トンネル一般部より著しく剛性が小さい。

1975年より地震観測を継続しているが現在までに、地表面加速度で5gal以上の地震を総計8回観測した。本文では本年1月14日の伊豆大島近海地震による記録について考察する。

3. 伊豆大島近海地震(1978年1月14日)による記録および考察

1978年1月14日伊豆大島近海で発生した地震(M=7)による観測記録の一例を図-3～図-7に示す。図-3はトンネル軸方向の水平加速度記録を示すが、地震動の最初の2.0秒区間では比較的短周期の地震動が卓越し、後半部になるに従って長周期成分が優勢になることがわかる。

図-4は左右側壁のひずみ波形からトンネルの軸方向変形によるひずみ、すなわち軸ひずみを求めたものである。図-5に曲げひずみと軸ひずみの最大値の分布を示すが、本地震では軸ひずみが著しく大きい。軸ひずみが比較的大きくなる時間領域は4.0^{sec}～6.0^{sec}の領域であり、図-3に示した加速度が卓越する時間領域(0～4.0^{sec})とは異なっている。

図-6に測点A3(大井側地表面)の加速度を積分して得られた速度波形を軸ひずみ波形と対比して示す。速度波形と軸ひずみ波形は良く類似しており、トンネルの軸ひずみが速度に依存することを示している。このことはみかけ上、トンネル軸に沿って地震波動が伝播し、これによりトンネルが変形したことを示すものである。測点A1と測点A7の加速度波形の相互相関々数によれば、この2点間で約0.54^{sec}の位相遅れがみとめられ測点A1に波動が早く到達している。

本地震の震央方向は図-1に示すようにトンネル軸から2.2度反時計回りの方向で、みかけ上この方向より波動が伝播したと考えられる。2測点間の位相遅れより求まるトンネル軸に沿ったみかけ上の波動速度は約1080m/secである。

図-7に加速度、速度および軸ひずみのパワースペクトルの一例を示す。速度および軸ひずみには7.4^{sec}の長周期成分が卓越しており両者は良く類似している。これに対し、加速度波形には1.59^{sec}～0.84^{sec}の短周期成分もみられ、軸ひずみのスペクトルとの相関性は比較的小さいと考えられる。

4. 数値解析によるトンネルの軸ひずみ

大島近海地震においては長周期地震動による軸ひずみが卓越した。ここでは次の条件のもとにシミュレー

ションを行ない解析的にトンネルの軸ひずみを算定した。

- (1) 測点A3の加速度波形を二重積分して、変位波形を求めこれが前述した波動速度でトンネル軸に沿って伝播するものとする。
- (2) トンネルは図-8に示すような弾性支承の梁と考え波動伝播によって生ずる地盤変位を地盤パネを介して強制変位として与え、トンネルの変形を算定する。

図-9に解析によって得られた軸ひずみ波形の一例を実測ひずみ波形と対比して示す。解析ひずみと軸ひずみは振幅、位相とも良く一致しており、上記の解析法が本地震におけるトンネルの挙動を十分な精度で説明していると考えられる。

5. あとがき

大島近海地震における観測記録と数値解析結果について報告した。本地震においては軸ひずみが卓越したが、地震波動の性質によっては曲げひずみが卓越する場合もある。これらの地震記録および解析結果については発表時に報告する。

参考文献

- (1) C.Tamura, S.Okamoto and M.Hamada:

Dynamic Behavior of a Submerged Tunnel during Earthquakes, Report of the Institute of Industril Science, The University of Tokyo, Vol.24, No.5, March 1975

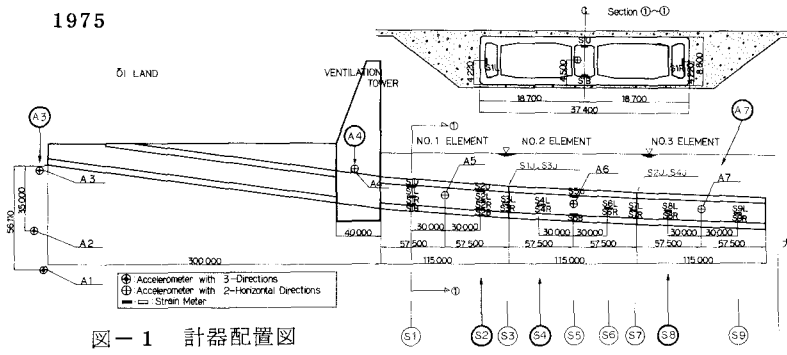


図-1 計器配置図

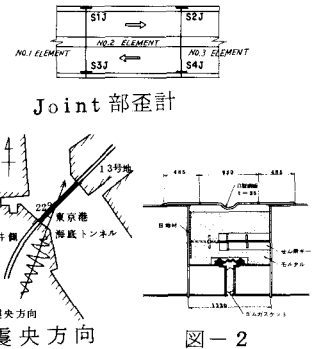


図-2 可撓性継手構造図

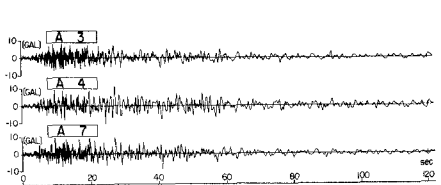


図-3 トンネル軸方向水平加速度 (A3, A4, A7)

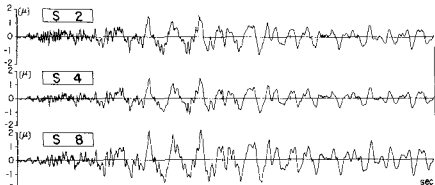


図-4 軸歪波形 (トンネル軸方向 S2, S4, S8)

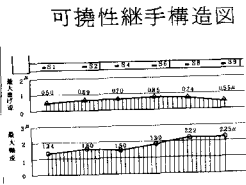


図-5 曲げ歪と軸歪の最大値分布 (函体一般部)

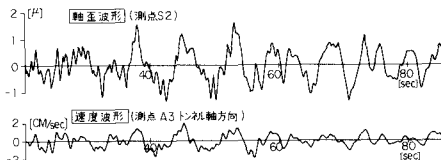


図-6 速度波形 (A3) と軸歪波形 (S2)

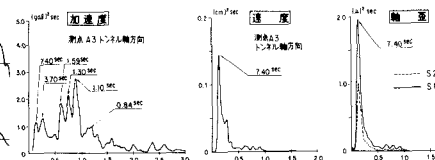


図-7 加速度 (A3) 速度 (A3) 軸歪 (S2, S8) のパワースペクトル

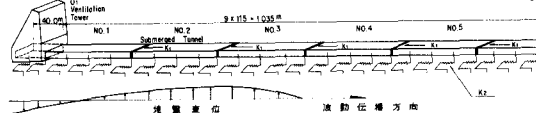


図-8 数値解析モデル

面体の断面積 $A = 1.2 \times 6.5 \text{ m}^2$
面体の弾性係数 $E = 3.5 \times 10^4 \text{ t/m}^2$
面体のバネ定数 $K_y = 2.6 \times 10^7 \text{ t/m}$
地盤のバネ定数 $K_x = 0.035 \text{ kg/cm}$

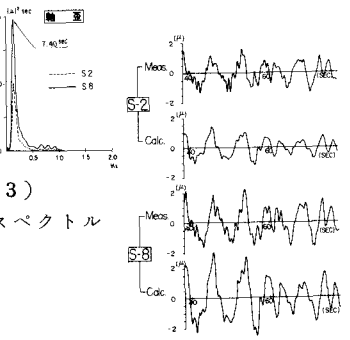


図-9 軸歪の実測値と解析値