

大成建設	正員	杉原	豊
同上	正員	浜田	政則
同上	正員	横山	正義

1 はじめに

ロックオイルタンクなど近年大型化の一途をたどる岩盤内構造物の耐震性を検討する目的で、岩手県釜石市の国鉄盛線石塚トンネルにおいて、トンネル覆工ひずみとトンネル周辺岩盤の加速度の測定を主とした地震観測を実施している。本研究は、この観測結果をもとに地震時のトンネル覆工ひずみと周辺岩盤のひずみとの関係に着目して考察を行なったものである。

トンネルは図-1に示すように馬蹄形断面で、その全長は4670mである。トンネル周辺岩盤はセン断波速度2.7~3.6Km/s、一軸圧縮強度540~2250kg/cm²の安定した粘板岩からなり、湧水は少ない。

2 観測概要

測点の配置を図-2に、縦断面を図-3に示す。観測地点は釜石側坑口より盛側に580~650mの区間で実施した。この付近での土被りは110~135mである。A4の加速度計は坑口に設置され、他の4台はトンネルを囲んで三角錐の頂点を構成するように岩盤の動きを検出する。14台のひずみ計はトンネル内の4断面において覆工のトンネル軸方向ひずみ、周方向ひずみを測定する。

3 観測記録および考察

53年4月に観測を開始してから表-1に示す7個の地震による記録を採取した。ここではM=5.8、震央距離=105Kmの宮城県沖地震の余震IST06による記録について報告する。

図-4, 5に岩盤および坑口での加速度波形およびフーリエスペクトル、図-7, 8に覆工のひずみ波形およびフーリエスペクトルを示す。これより以下の事が考察される。

- 1) 岩盤内の加速度(A1X, A5X)の波形およびスペクトル形状は互いに良く類似し、0.5~0.25秒の周期の波が卓越している。これより、周辺岩盤はほぼ同様な動きをしていることがわかる。
- 2) 坑口の加速度(A4X)は岩盤の加速度の約2倍程度に増幅されている。図-6にA4XとA1Xのスペクトル比を示す。特に0.2秒以下の短周期成分の増幅が著しい。
- 3) 軸方向ひずみ(S-1, S-8)の波形およびスペクトル形状は互いに良く類似しており、トンネルは軸方向にほぼ一様にひずんでいると考えられる。
- 4) 周方向ひずみ(S-9: トンネルクラウン部)は軸方向ひずみに比較して0.3秒以下の周期の波が卓越しており、軸方向ひずみの約2倍の大きさである。
- 5) 覆工打継目のひずみ(S-14)は他の軸方向ひずみの約10倍程度で、この部分で相対変位が発生していることがわかる。ここでのひずみ1.0μは0.5×10⁻³mmの相対変位に相当する。

4 岩盤のひずみとトンネルのひずみ

岩盤中に建設された構造物も他の地中構造物同様、周辺岩盤のひずみに支配されると考えられる。そこでトンネル周辺岩盤のひずみを算定し覆工のひずみとの比較を行なった。一般に波動によるひずみ ϵ_{ij} は次式のように、波動速度(V)と粒子速度($\partial u/\partial t$)の比として得られる。

$$\epsilon_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} = - \left(\frac{1}{V_{ij}} \frac{\partial u_j}{\partial t} + \frac{1}{V_{ji}} \frac{\partial u_i}{\partial t} \right), \quad \epsilon_{ii} = - \frac{1}{V_{ii}} \frac{\partial u_i}{\partial t} \quad (i, j = x, y, z)$$

ここで V_{ij} は*i*方向に伝播する*j*方向振動成分の波動速度であり、実体波と仮定すれば周波数に関係なく一定となる。 V_{ij} は各測点の加速度の相互相関関数より求まる位相遅れ時間および各測点間の距離から算出される。 $\partial u/\partial t$ は速度記録で、ここではA3における加速度を積分して求めた。このようにして得た岩盤ひず

表-1 地震記錄

み波形の一例として、トンネル軸方向ひずみ ϵ_{xx} を覆工の軸方向ひずみ (S-1) と対比して図-9, 10 示す。覆工のひずみは岩盤のひずみの3割強の大きさであるが、両者の位相ならびにスベクトルは良好な一致を示した。

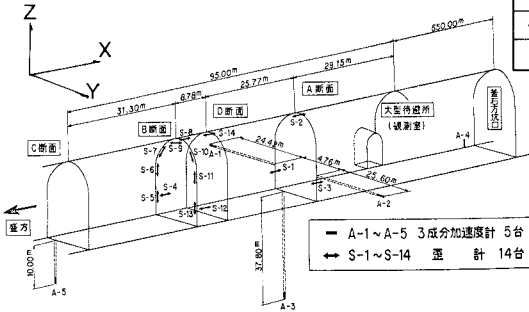


圖-2 測點配置圖

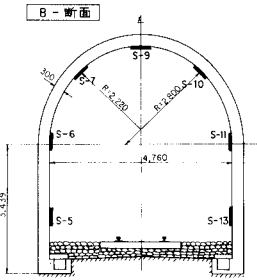


図-1 トンネル断面図

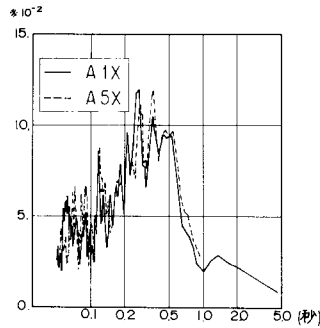


図-5 加速度フーリエスペクトル

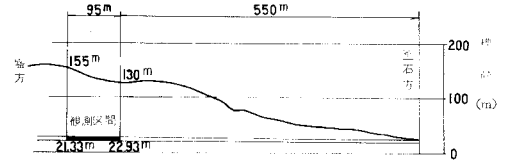


図-3 トンネル縦断面図

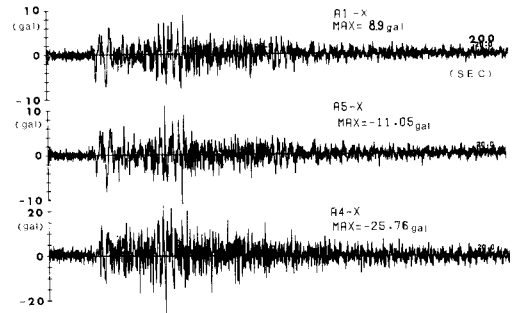


图-4 加速度波形

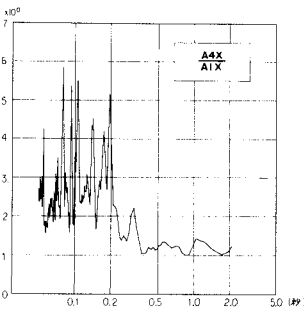


図-6 A4X/A1Xスペクトル比

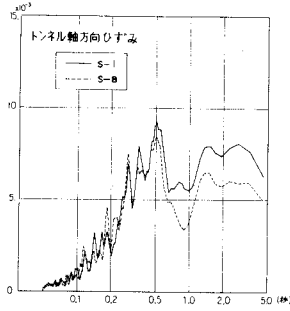


图-8 (a)

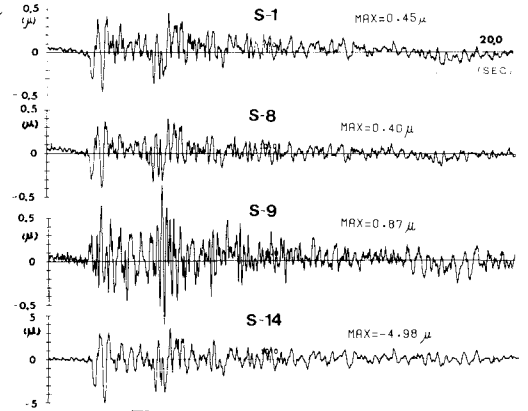


図-7 トンネル覆工ひずみ波形

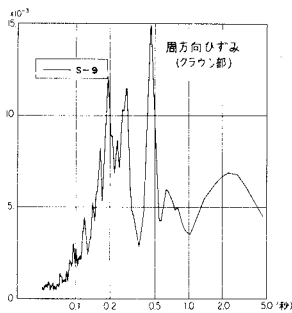


图 8 (b)

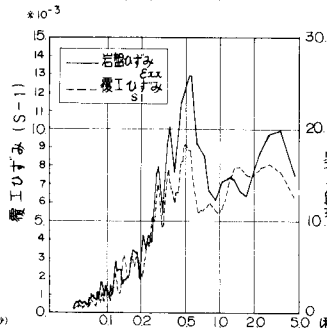


图-10

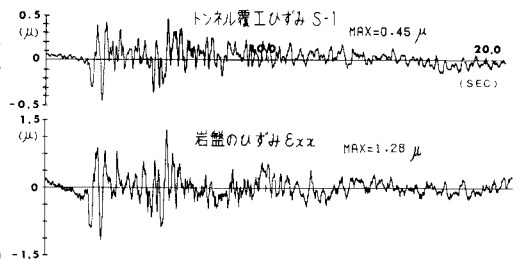


図-9 岩盤のひずみ(ε_{xx})とトンネル覆工ひずみ