

大成建設	正員	杉原	豊
同	上	正員	浜田 政則
同	上	正員	石田 修

1. はじめに

岩盤内構造物の耐震設計のための基礎資料を得る目的で、釜石市郊外にある山岳トンネルにおいて、トンネル覆工のひずみと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。前報^{*}に引きつづいて、トンネル覆工のひずみと岩盤のひずみの関係について、考察を行なったのでその結果を報告する。

2. トンネル覆工のひずみと岩盤のひずみ

トンネルの横断面および縦断面を図-1, 2に、観測計器の位置を図-3に示す。解析の対象とした地震は53年6月に発生した宮城県沖地震の余震($M=5.8$, 震源深さ $=40\text{km}$, 震央距離 $=105\text{km}$)である。図-4~6に、観測された覆工のひずみ記録ならびにトンネル周辺岩盤の加速度から算定した岩盤ひずみを示す。岩盤のひずみは以下の仮定の下に算定した。

- i) 岩盤ひずみを発生させる波動はすべて実体波によるものとする。
- ii) 岩盤ひずみはトンネル空洞の影響のない、いわゆる自由地盤でのひずみとして算定する。
- iii) 見かけ上、地表面と平行に伝ばする波動は進行波のみとして、反射・屈折は考慮しない。
この波動による岩盤ひずみは、粒子速度と見かけ上の伝ば速度との比で算出できるものとする。
- iv) 見かけ上、トンネル鉛直軸方向に伝ばする波動による岩盤ひずみは、波動が地表面で反射する影響を考慮して、重複反射理論により算定する。

図-4(a)(b)は、トンネル軸(x)方向の覆工ひずみと、岩盤ひずみ γ_{xx} の波形およびスペクトルである。岩盤ひずみ γ_{xx} は、見かけ上x軸方向に伝ばし、かつ振動する波動によるものと仮定した。粒子速度(速度記録)は、x方向の加速度記録を積分して求めた。伝ば速度は、x軸に沿う2測点での加速度記録の相互相関関数から得た位相遅れ時間と、2測点間の距離から算出した。覆工ひずみは岩盤ひずみ γ_{xx} の約30%であるが、波形およびスペクトル形状は良く一致している。

図-5(a)(b)は、覆工のアーチ部分 45° の周方向ひずみと岩盤のせん断ひずみ γ_{yz} の波形およびスペクトルである。測点S7, S10はトンネル鉛直軸(z)をはさんで対称の位置にあり、その波形は位相が反転して類似していること、および両者の波形・スペクトルは、岩盤ひずみ γ_{yz} のそれと良く一致していることの2点から、トンネルのアーチは岩盤のせん断ひずみ γ_{yz} の作用により、図-5(c)に示す逆対称の変形をしていると考えられる。岩盤ひずみは γ_{yz} はz軸下方から伝ばし、かつ水平(y)方向に振動する波によるものと仮定し、最も下方(A3)のy方向加速度記録をもとに、重複反射理論により算定した。

図-6(a)(b)は覆工のクラウンと左右側壁の周方向ひずみ、および岩盤ひずみから求めた合成ひずみの波形・スペクトルである。クラウンと左右側壁のひずみの波形・スペクトルは良く類似しているが、波形の位相が反転していることにより、トンネルは図-6(c)のような変形をしていると考えられる。このような変形を与える岩盤ひずみとして、直ひずみ γ_{yy} と γ_{zz} が考えられるが、両者が同時に作用した結果、クラウン・側壁の周方向ひずみが発生する。そこで γ_{yy} と γ_{zz} を重ね合せることにより、これらのひずみがシュミレーションできると考えた。 γ_{yy} と γ_{zz} を1:1の比率で重ね合せ、側壁のひずみを模したのが、合成ひずみである。この際岩盤ひずみに対する覆工ひずみの応答を50%と仮定し、 γ_{yy} と γ_{zz} の振幅を $\frac{1}{2}$ にした。合成ひずみは実測の覆工ひずみより若干小さいが、実測された覆工のひずみと良好な一致を示している。

ここで用いた岩盤ひずみ γ_{yy} と γ_{zz} は、それぞれyまたはz方向に、見かけ上伝ばし、かつ振動する波動によるものと仮定し、それぞれ先に述べた γ_{xx} および γ_{yz} と同様の方法で算出した。

3. まとめ

以上のように、観測された加速度記録をもとに、地震波動の伝ば方向ならびに振動方向を仮定し、トンネルに変形を与える岩盤ひずみを算定した。岩盤ひずみの大きさは覆工ひずみより大きいが、両者の間にはきわめて高い相関性のあることを示した。すなわち、この方法を用いれば岩盤内構造物に作用する地震時入力が推定できることを示しており、さらに多くの観測例を待たねばならぬが、岩盤内構造物の耐震設計の今後の方向を示す有力な資料になると考える。

参考文献

- * 杉原・浜田・横山：岩盤トンネルにおける地震観測，第34回年次学術講演会講演概要集 I

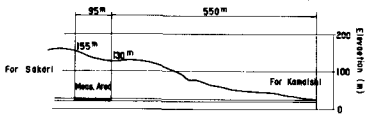


図-2 トンネル縦断面

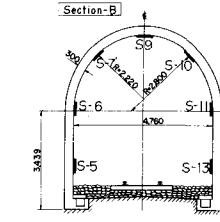


図-1 トンネル断面

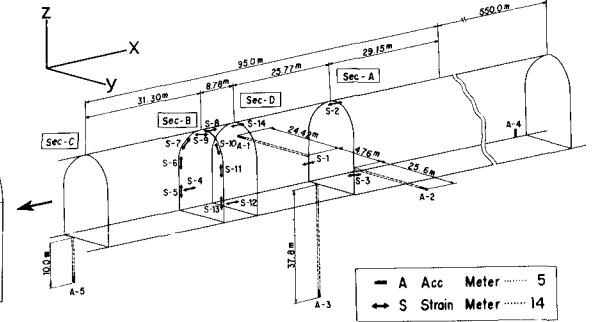
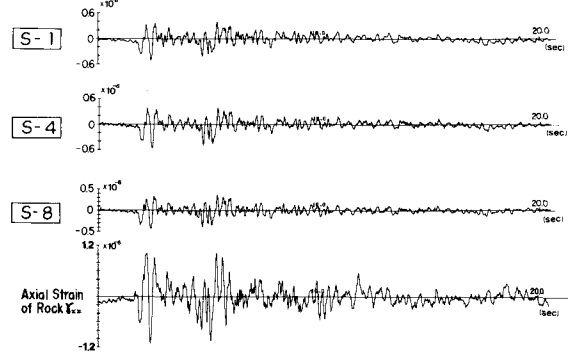
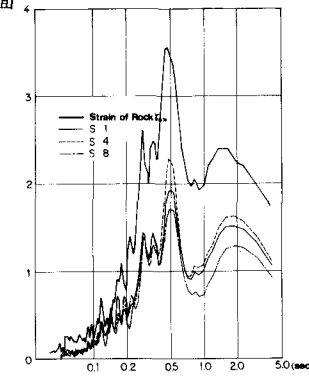


図-3 測点配置図

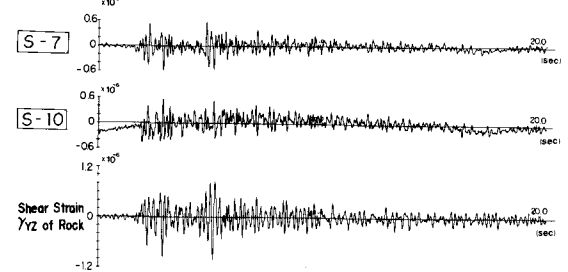


(a) ひずみ波形

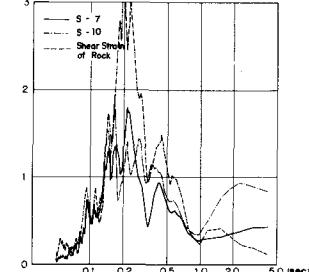


(b) フーリエスペクトル

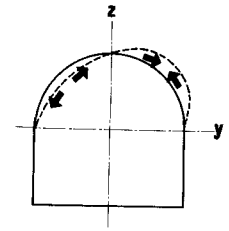
図-4 トンネル覆工の軸方向ひずみと岩盤ひずみ γ_{xx}



(a) ひずみ波形

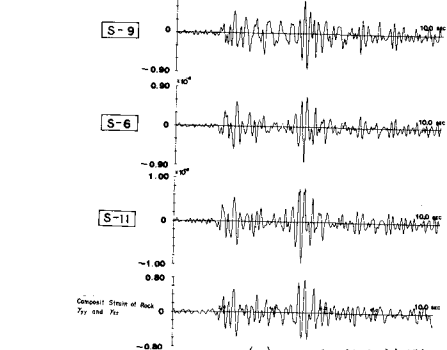


(b) フーリエスペクトル

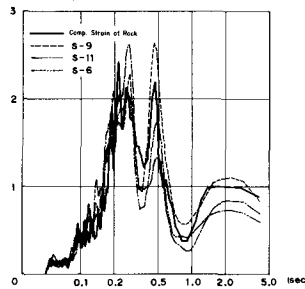


(c) 変形のモード

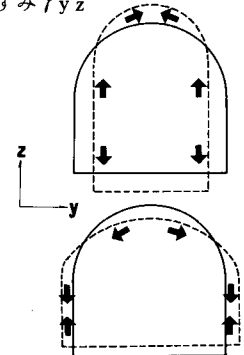
図-5 トンネル覆工アーチ 45° の円周方向ひずみと岩盤ひずみ γ_{yz}



(a) ひずみ波形



(b) フーリエスペクトル



(c) 変形のモード

図-6 トンネル覆工のクラウン、側壁の円周方向ひずみと合成ひずみ