

大成建設(株) 正会員 ○岩野 政浩
 同上 正会員 泉 博允
 同上 正会員 村野 正明

1. はじめに 岩盤内に建設された構造物が、地震時に地上構造物のような甚大な被害を受けた例はきわめてまれである。しかし、近年計画されている岩盤内貯油槽、また将来建設が予想される地下式原子力発電所等は、従来の岩盤空洞に比較し、より高い耐震性を要求されるため岩盤内での地震動の性質および構造物の地震時挙動について定性的かつ定量的な検討が必要であると考えられる。このような観点から、釜石市郊外の岩盤トンネルにおいて、トンネル周辺岩盤の加速度、覆工コンクリートの動ひずみの測定を主とする地震観測を実施し、その概要について既に報告している。本報告はこれらの観測データに基づき、岩盤内の構造物に対する地震時外力としての周辺岩盤の動ひずみに着目し、動ひずみの算定手法について考察を加えるものである。

2. 観測手法 トンネルの横断面、縦断面ならびに観測計器の配置を図-1に示す。トンネル周辺岩盤は、一軸圧縮強度 $500 \sim 2300 \text{ kg/cm}^2$ 、せん断波速度 $2.7 \sim 3.6 \text{ km/s}$ の安定した粘板岩からなる。岩盤内部の4測点(A1~A3, A5)は、トンネル空洞を3次元的に包むように配置され、4測点を頂点とする三角錐を形成する。

3. 解析手法 現在までのところ、岩盤の地震時動ひずみが直接観測された例はきわめてまれであり、他の観測データより間接的に動ひずみを推定せざるを得ない。本報告では、種々の推定手法のうち、次に示す3つの手法を用いて観測加速度記録より岩盤の動ひずみを間接的に算定し、考察を加える。

解析に用いた地震は、1978年の宮城県沖地震の余震のひとつで、マグニチュード、震源深さ、および震央距離はそれぞれ5.8, 50 km, 110 kmである。図-2に測点(A1)の加速度記録を示す。なお解析は、波長と空洞径及び観測点間の距離を考慮して0.2~8.0 HZの周波数領域を対象として行った。

手法1: 観測された地震動のすべてが実体波によるものと仮定し、観測点と震源の位置関係、あるいは、観測された地震動の主軸の方向により、波動の入射方向を推定する。さらに観測点の加速度記録より入射方向に対する入射P, SV, SH波を求め、この地表面での反射波と重ね合わせることで、任意点での地動および動ひずみを算定する。

手法2: 岩盤内の測点での加速度記録を周波数領域で積分することにより地震動の粒子速度を求め、これと波動のみかけ上の伝播速度の比として、動ひずみを算定する。

手法3: 岩盤内に形成された三角錐の4頂点での加速度記録を、周波数領域で2回数値積分を行い、同時性を有する変位記録を求め、三角錐内の変位を頂点の変位と座標の1次関数で近似し、三角錐内で定みず

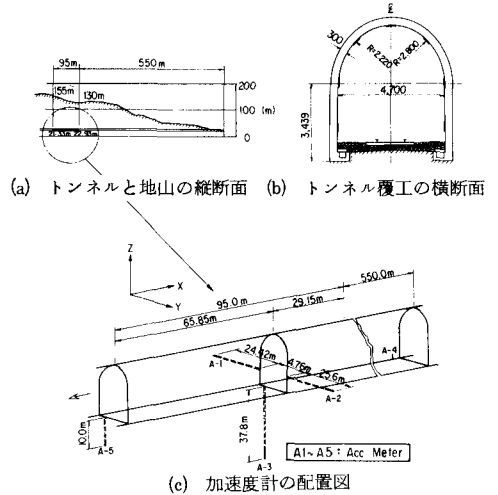


図-1 トンネルの概要と計測機器の配置

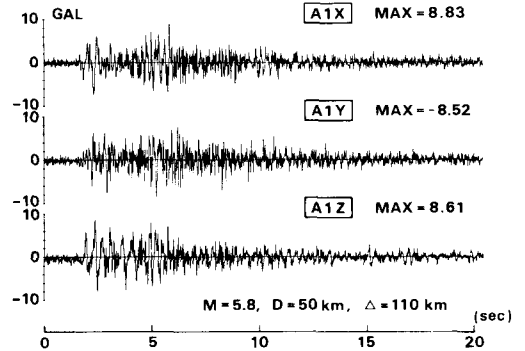


図-2 観測加速度波形

(2) み状態を仮定して岩盤の動ひずみを算定する。

手法1, 2に対しては、岩盤内の4測点(A1~A3, A5)の地震動の周波数特性、振幅値がほぼ同一であることを確認したうえで測点A1の加速度記録を用いて解析を行った。さらに手法2に対しては、測点A1と測点A3での加速度の位相遅れを、相互相関関数によって検出し、波動のみかけ上の伝播速度を4.2 Km/sとした。

4. 解析結果及び考察 図-3にトンネル軸方向の岩盤ひずみ(γ_{xx})の解析波形を示す。3つの手法による結果はかなりよく一致しているが、手法3の場合は、手法1, 2に比べ最大値は若干小さく、短周期成分がやや少ない波形となっている。図-4は γ_{xx} のフーリエスペクトルを示したものである。手法3は短周期側では値が若干小さく、逆に長周期側では大きくなっているが、全体的な形状は3つの手法とも類似している。これらより軸方向の伸縮ひずみについては地盤の速度と強い相似性があることが追認され、間接的にはあるが手法1, 3の妥当性が検証された。

図-5はトンネル横断面内のせん断ひずみ(γ_{xy})の解析波形を示す。手法2に対しては、せん断ひずみを算定するのは難しく、地表面までの距離と伝播速度の比が小さい場合にはせん断ひずみと加速度の間に相似性⁽³⁾があるため、8 Hzで短周期成分をカットしたY方向の加速度記録を示した。手法3によるひずみは手法1に比べてかなり長周期となるのは軸ひずみの場合と同様であるが、軸ひずみほど両者の結果に類似性はみられない。また、手法1による結果の場合、形状はY方向の加速波形と類似しており、土被り厚が100m以上の地中においてもせん断ひずみと加速度との相似性が確認され、手法1の妥当性を間接的に示しているものと考えられる。手法3で若干結果が異なる原因については、観測波形中に含まれる空洞の存在の影響、数値積分上の誤差および三角錐を形成する4測点の加速度計間の精度、同時性等が、他の2つの手法より解析結果に微妙に影響するためと考えられる。

5. まとめ 地震観測による加速度記録より岩盤内の動ひずみを間接的に算定する手法について3つの手法を取り上げ考察を加えた。これら3つの手法は岩盤内の動ひずみの定量的、定性的概略を示し得るもののその適用にあたっては多くの問題点を含んでいると思われる。今後、岩盤内の地震動のデータの蓄積を図ると共に、地震時動ひずみの合理的な算定手法、計測方法について研究を進めていきたい。

(参考文献)

- (1) 浜田・杉原・志波・岩野；岩盤空洞の地震時挙動観測と考察，土木学会論文報告集，第341号，1984年1月
- (2) 川島・田村・相沢；地震時の有限地盤ひずみの解析，第17回地震工学研究発表会，1983年
- (3) 土岐；地震時における地中応力と地表面加速度の関係，第12回地震工学研究発表会，1972年

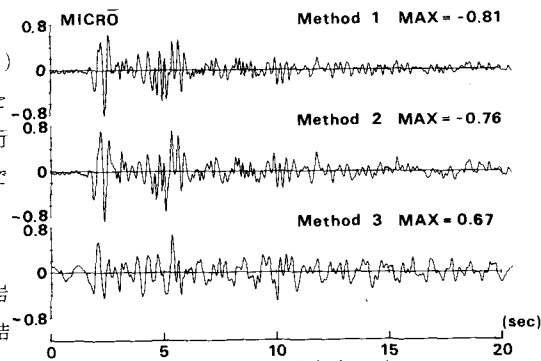


図-3 トンネル軸方向ひずみ $\times 10^{-6}$ sec

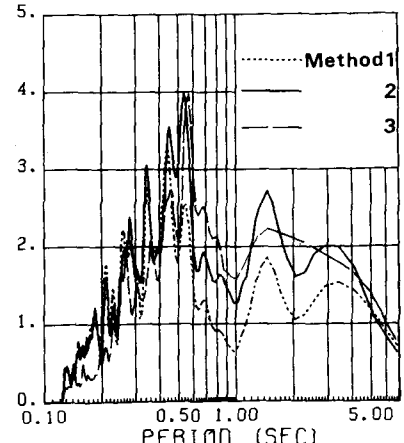


図-4 軸方向ひずみのフーリエスペクトル

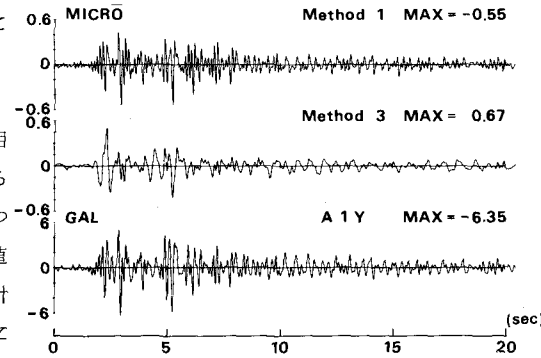


図-5 トンネル横断面せん断ひずみと加速度波形