

III-212 トンネル空洞に入射する発破振動波の特性について

電力中央研究所	本荘 静光
同 正員	駒田 広也
同 正員	日比野 敏
北海道電力 正員	藤田 秀悦
大成建設 正員	○石田 修

1. はじめに

岩盤内の地下空洞の地震時挙動の解明を目的として、発破振動を利用した道路トンネル及びその周辺岩盤の振動計測を実施した。発破振動は、地震時の震動とは振幅、周波数特性等やや異なる点はあるが、弾性波入力に対する地下空洞の応答の共通性に着目して実施したものである。本報は、トンネル空洞に入射する岩盤内の波動に着目し、発破振動の伝播方向、振幅特性及び周波数特性について検討したものである。

2. 測定の概要

発破振動の計測は、図-1に示すように、トンネル空洞及び周辺岩盤を対象として、加速度計7台(18成分)、覆工ひずみ計10台(10成分)を用いて実施した。トンネルは内径約11m、覆工厚60cmの馬蹄形で、発破地点からの距離は約150~500mの範囲にある。

加速度計は発破振動が高振動数であることを考慮して圧電型加速度計を、ひずみ計はトンネル覆工に生ずるひずみ量が小さいことを予想して高感度の半導体ゲージを使用した。

発破地点からトンネルまでの地層構成は、図-2に示すように、凝灰角礫岩、凝灰岩等の火山碎屑岩類より成り、PS検層によれば、 $V_p = 2.5 \sim 3.7$ km/s、 $V_s = 1.3 \sim 1.8$ km/sである。トンネルは凝灰質泥岩層($V_p = 1.9$ km/s、 $V_s = 0.8$ km/s)に位置し、トンネル下方には、石英安山岩($V_p = 3.5$ km/s)がある。岩盤内の加速度計はこの凝灰質泥岩及び石英安山岩中に埋設され、トンネル覆工から約20m離れた位置にある。

3. 発破振動波の特性

凝灰質泥岩中で得られたA-1地点の加速度波形の一例を、図-3に示す。この記録は距離200m、薬量(ANFO)700kgの斉発発破のものである。波形は比較的単純であり、X方向成分(発破点方向)は初動の部分で振幅が大きく徐々に小さくなる傾向にあるが、Y・Z方向成分(鉛直方向、トンネル軸方向)は、初動より遅れて振幅が大きくなる傾向にある。加速度振幅はX方向で最大66galを示し、X・Z方向はその約70%~80%である。また、図-4に示すフーリエスペクトルによれば、10~40Hzに卓越する振動数がみられ、これに、50Hz以上の高振動数成分も若干含まれている。

まず、トンネル周辺における発破振動波を2次元平面内の平面波と考え、以下の方法で発破振動波のトンネルへの入射方向を調べた。即ち3点の加速度波形(X方向)の初動を読み取り、その時間差と距離から次式を用いて入射角(θ)を求めた。

$$\tan \theta = t_2 / t_1 \cdot l_1 / l_2 \quad \text{ここで} \quad \theta \quad ; \text{入射方向と水平軸とのなす角度}$$

$$t_1, t_2 ; A-1, A-2 \text{ と } A-3 \text{ との初動の時間差}$$

$$l_1, l_2 ; A-1 \sim A-3, A-1 \sim A-2 \text{ の距離}$$

これによれば、波動はトンネル横断面水平軸より下方約7°の方向から入射していることが推定された。即ち、トンネルのほぼ真横から波動は伝播してきており、その方向はX軸とほぼ等しい。

次に、波動の周波数特性の時間変化を調べるために、非常スペクトルを求めた(図-5参照)。処理を施した時間帯は、図-3に示した時刻歴波形の0.1~0.5秒の0.4秒間であり、周波数は2.5~500Hzの範囲である。これによれば、入射方向とみられるX方向と、これと直交するY・Z方向では、波動のもつエネルギーのピーク値に時間遅れがみられる。これは波動の入射方向から考えて、X方向成分がP波、Y・Z方

向成分がS V波, S H波とみなされることから, 各波動の伝播速度の差が明瞭に現われた結果であると考えられる。この時間遅れは約0.05秒であり, 発破点からの距離200mと合わせて 当地点の岩盤のP波, S波速度を推定すると, ほぼ前述した弾性波速度が得られた。またP波, S波の卓越振動数には余り違いはみられず, ほぼ14~36Hzと推定され, この値から各波長を推定するとそれぞれ50~130m, 20~60mとなる。

4. おわりに

発破振動により生ずる波動はトンネルにほぼ真横から入射し, P波, S波の両成分が含まれていることが明らかとなった。今後はこの結果をもとに, トンネル空洞の発破振動挙動について解明してゆく予定である。

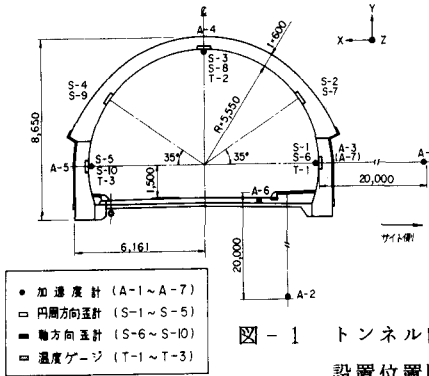


図-1 トンネル内計器
設置位置図

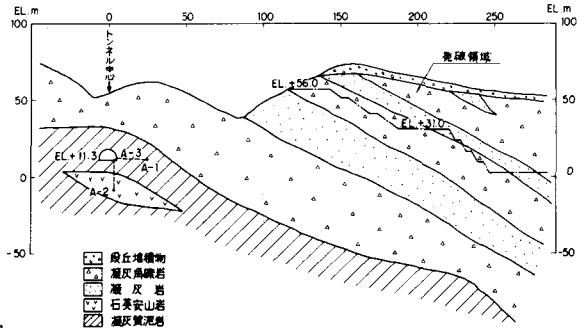


図-2 地層断面図(発破点~トンネル間)

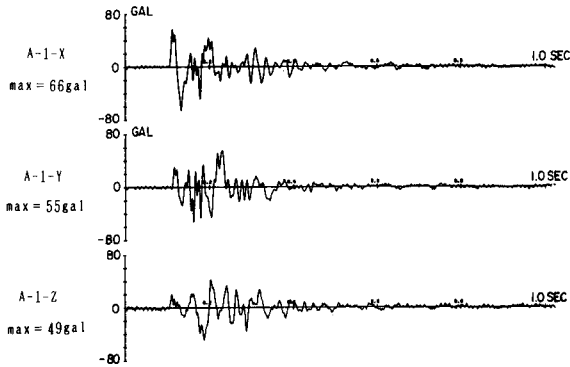


図-3 岩盤内加速度波形(測点A-1)

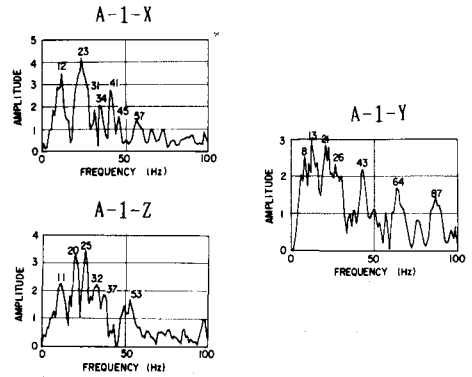


図-4 フーリエスペクトル(測点A-1)

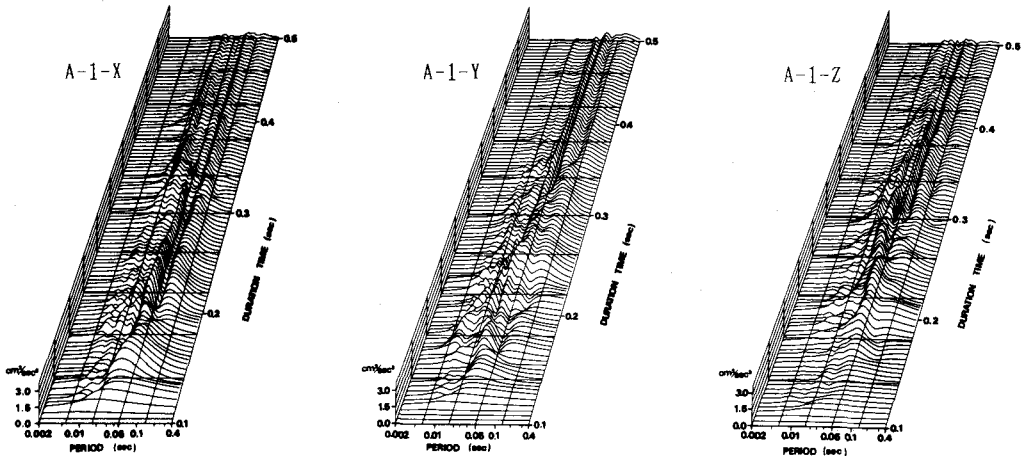


図-5 非定常スペクトル(測点A-1)