

東京理大 正員 森地 重暉
東大生研 正員 田村 重四郎

1. はしがき 地中坑道内の振動源、例えば走行する地下鉄道車輛等によって生ずる坑道、及びその周辺地盤の振動状況を動力学的に検討するに当って、地中坑道より発生する波動の地盤内での伝播状況を解明することは基本的であると考えらる。この種の解明は、振動源の動的特性、地盤の力学的性質、幾何学的形状等の諸要素が重なり合うために、一般には容易でない。

本文では坑道を含む地盤模型を製作して波動実験を行うことにより地中坑道から発生する波動の地盤内での伝播状況を調査したので、その結果を報告する。

2. 実験計画 及び 実験方法 実験対象としたのは地中坑道横断面方向の地盤内の波動伝播状況であり、実験には二次元的模型を用いた。地盤模型は硬い基層上にある表面層と考え、その中に地中坑道があるとした。地盤内に伝播する波動の把握は光弾性実験を利用して行った。

地盤模型材料としてはゼラチンゲルを用いた。ゼラチンゲルの横波伝播速度は著しく低いことから波動現象の早さが低減しうるために、比較的小さな模型でも容易に現象の捕捉が行いうる。又、この材料の光弾性感度は著しく高いために光弾性実験法により応力の把握が容易に行いうる。

地盤模型は高さ10cm、横巾50cm、厚さ10cmの角筒形のものとし、地盤模型の中心線上、中位レベルに2.3×2.3cm(肉厚1mm)の正方形の坑道模型をそう入した。模型底面はアルミニウム板とした。地盤模型材料(ゼラチンゲル)の横波伝播速度は2.74m/secで弾性率は0.236kg/cm²、又、坑道模型材料(シリコンゴム)の弾性率は4.1kg/cm²である。本模型では地盤材料と坑道材料との弾性率の比が1:17.5であり、実際の坑道材料の弾性率を200,000kg/cm²とすると地盤材料の弾性率は11,500kg/cm²と通常よりはやや硬めの地盤を想定していることになる。

波動現象を捕捉するには高速度撮影機(HITACHI, 16HD)を使用し、本実験の場合でのコマ撮り速度は1,000コマ/secとした。波動発振源は地中坑道内にあると考えて、実験上ではシンチュウ丸棒(4mmφ)を坑道内に設置した。波動の発生には、波動発振源とした丸棒を電磁式加振器の加振棒に連結して、加振器の電源を入れる際に発生する過渡的な加振棒の変位を利用している。

3. 実験結果 及び その検討 上述の方法で波動を坑道模型より発生させ、地盤模型内に伝播する波動に伴う等色線模様を撮影した結果が写真-1-(1)、(2)、(3)及び(4)に示されている。

これらの写真から認められる波動現象は大略、次のようである。波動発生後、発振源直下に著しい等色線の発生があり、次いで発振点が地中坑道下床にあるにかかわらず、坑道全体が発振源であるかのような波面の発生が認められ、それが拡大してゆく。その波面が拡大進行してゆくと、鉛直方向には基層からの波動の反射が生ずるのが認められる。

写真-1-(2)における等色線分布は図-1に示す通りである。図中における等色線上の点(黒丸印)に注目し、それらの点の移動速度を算出すると2.75~2.46m/secとなる。本地盤模型材料の横波伝播速度が2.74m/secであることを考慮すると図-1に示した等色線模様は横波によるものであることが分かる。

このように横波が進行して行くと考えると写真-1-(2)以前の、波動発振後の写真である写真-1-(1)は縦波の影響を表わしたものと考えられる。縦波の伝播速度は本模型材料のポアソン比(0.5)の関係上、著しく高いために波面の移動を明瞭にみることはできない。但し、写真-1-(1)で示されるように、縦波は坑道の上、側方に比べて坑道下部方向へ相対的に高い応力で伝播して行くのが認められる。

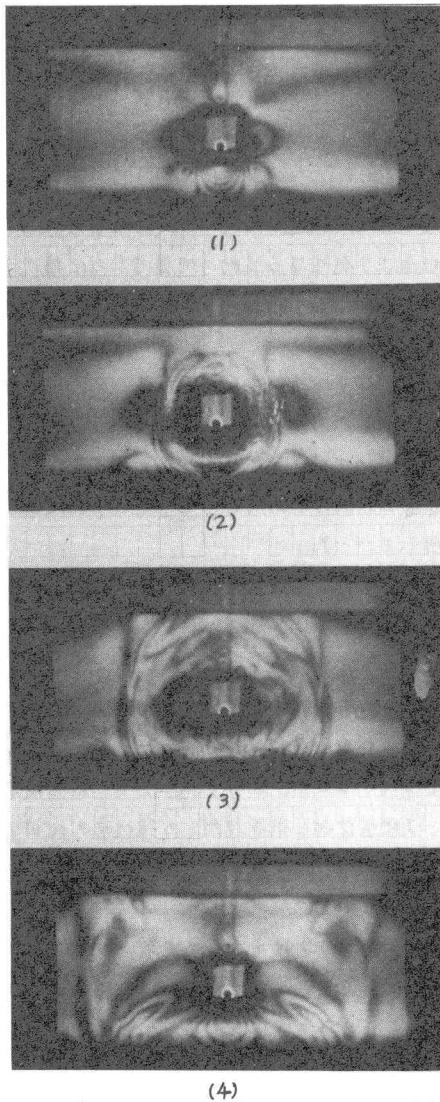


写真-1

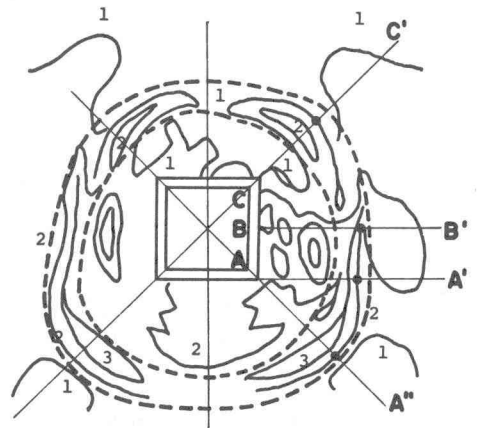


図-1

写真-1-(2)に示される横波の波面はやや下ぶくれの形状を呈している。この波面の形状は地盤模型材料と坑道模型材料との横波伝播速度の差異を考えて波動の発振点からの波面の進行の様子を幾何学的に求めたものと類似している。このことは、発表当日に詳述する。

図-1における点線内を波面の近傍と考えると点線内では等色線の様子からみて坑道を中心点から約 45° の方向に最大せん断応力が極値をもつと推定される。又、最大せん断応力の大きさは坑道上床側よりも発振点のある下床側の方が大きい。

写真-1-(2)に示す波面が拡大して行くと、やがて、地表面及び基層において、波面の反射が生ずる。写真-1-(4)では明らかに基層か

らの反射波による等色線が認められる。しかし、地表面からの反射波は前者程には明瞭に確認できなかった。

4. まとめ 模型実験により地中坑道から地盤へと伝播する波動の解析を行った。実験結果の検討を要約すると次のようである。① 横波のものと思われる波面が坑道全体から拡大進行して行くのが認められる。② 波動発生直後に発振点位置から縦波の伝播が認められる。又、縦波は坑道下部から上方、側方に比べて相対的に高い応力で下方に伝播して行く。③ 横波の波面はやや下ぶくれの形状を呈する。この波面の形状は幾何学的にも説明できる。④ 坑道下部から発生する横波は上部からのものに比べて高い応力で伝播して行く。又、水平軸とほぼ 45° の方向で最大せん断応力が極値を示す。⑤ 地表面からの反射波は、基層からのもの程には、明瞭に認められない。

終りに本研究を実施するに当たっての帝都高速度交通管団の御好意に謝意を表する次第である。