

清水建設(株) 正会員 大 槻 明
群馬大学工学部 春 海 佳三郎

1. はしごき

従来、土木建築の分野における地震応答解析は振動論的立場からの解析が主に行われてきている。これは振動論的立場からの解析手法は、数学的取り扱いが比較的簡単であるためかなり複雑なモデルに対しても解析が可能であること、また、通常の構造物(地盤も含む)に対し工学的に問題とされる波長が構造物の幾何学的寸法に比べて十分長い場合には、地震を振動としてとらえた解析手法で十分工学的目的が達しうることが明らかにされていることなどによるためであろう。しかし、最近検討されているロックストアーや突電所用地下空洞などをみても、従来の軟弱地盤における構造物に比べ工学的に問題とされる周波数帯域が高い方に拡大され、しかも、平面かつ深さ方向に大きな広がりをもつ構造物になって来ている。このような現状を考えると地震を単に振動としてとらえるだけでなく、地盤や構造物中の波の伝播、反射、屈折を考慮に入れる波動論的立場からの解析も必要と思われる。そこで、本報文においては波動論的立場から地震時の大規模地下空洞及びその近傍の挙動について定性的な検討を行なった。

2. 解析方法とその精度

ここで用いる解析手法は、二次元平面歪の波動方程式を有限要素法と質点系モデル(差分)とを融合した方法により定式化し、時間及び空間軸に沿ってステップバイステップで数値解析を行なう方法である。本手法の精度を調べるため図-1に示すように均一無限地盤中に円形空洞がありその空洞に縦波が垂直入射した場合の空洞表面での変位をPAOの解と比較してみた。図-2にその結果を示す。本手法とPAOの解は $\theta=90^\circ$ から 180° の範囲ではかなり良く一致しているが、 $\theta=0^\circ$ から 90° では若干両者の値は異なっている。これはPAOの解は定常解であるのに対し本手法は過渡解であること、また、PAOの解は空洞表面を伝わる波や空洞に沿ってまわりこむ波は考慮していないのに対し、本手法は考えているためであろう。いずれにしても全体的に両手法の解は良い一致をみしており、本手法の妥当性が認められる。

3. 地下空洞の波動シミュレーション

この解析で用いた地下空洞の形状寸法は図-3に示す通りである。ケース1,2は空洞一基で入力波は5Hz,15HzのSine波、ケース3は空洞三基で入力波は15HzのSine波とした。地盤定数は縦波速度3000m/s 横波速度1500m/s 密度2.6とし空洞の土被りは120mと仮定した。なお各ケースのメッシュ幅は入力波の波長を精度よく表現できる幅とした(1/2波長 $20 \times \lambda$)。図-4には各ケースについて、ある時刻における空洞及びその近傍の波動伝播状況を変位ベクトル表示で示した。

4. 考察

ケース1では空洞寸法に比べて入力波の波長がかなり長いので、空洞が存在することによる波動のみだれはなく、空洞は周辺岩盤の動きと一体となってせん断変形している様子が認められる。これに対しケース2の場合をみると、入力波の波長がケース1に比べ短くなったため空洞周辺でかなり波動のみだれが認められ、特に水平動の他に上下動を伴った動きが空洞周辺に生じている。このことより入力波の波長が空洞寸法に

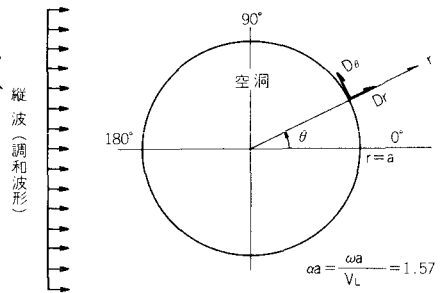


図-1 解析モデル

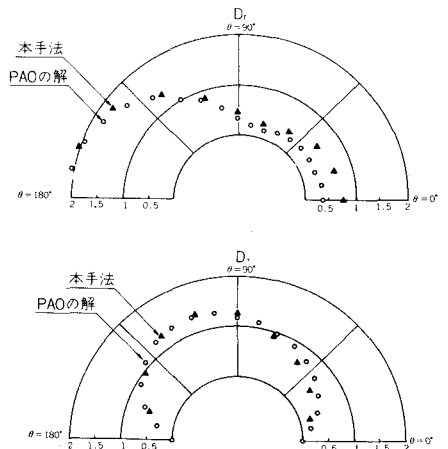


図-2 本手法とPAOの比較

べて短くなるにつれ空洞の挙動は複雑になり、振動論的立場に立ったセン断系モデルだけの解析では空洞の挙動を十分表現できないことが推測される。しかし、岩盤中の地震波の解明が十分なされていない現状では、本手法により得られるような上下成分を含む高次振動モードをどの程度考慮すればよいか不明であり、今後の実測資料の蓄積が必要と思われる。ケース2と3と比較すればわかるように、今回程度のモデルであれば空洞が隣接することによる相互干渉の影響は少ないものと考えられる。

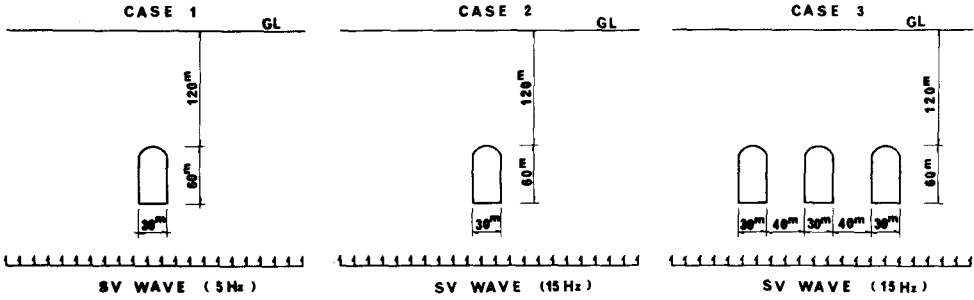


図-3 解析モデル

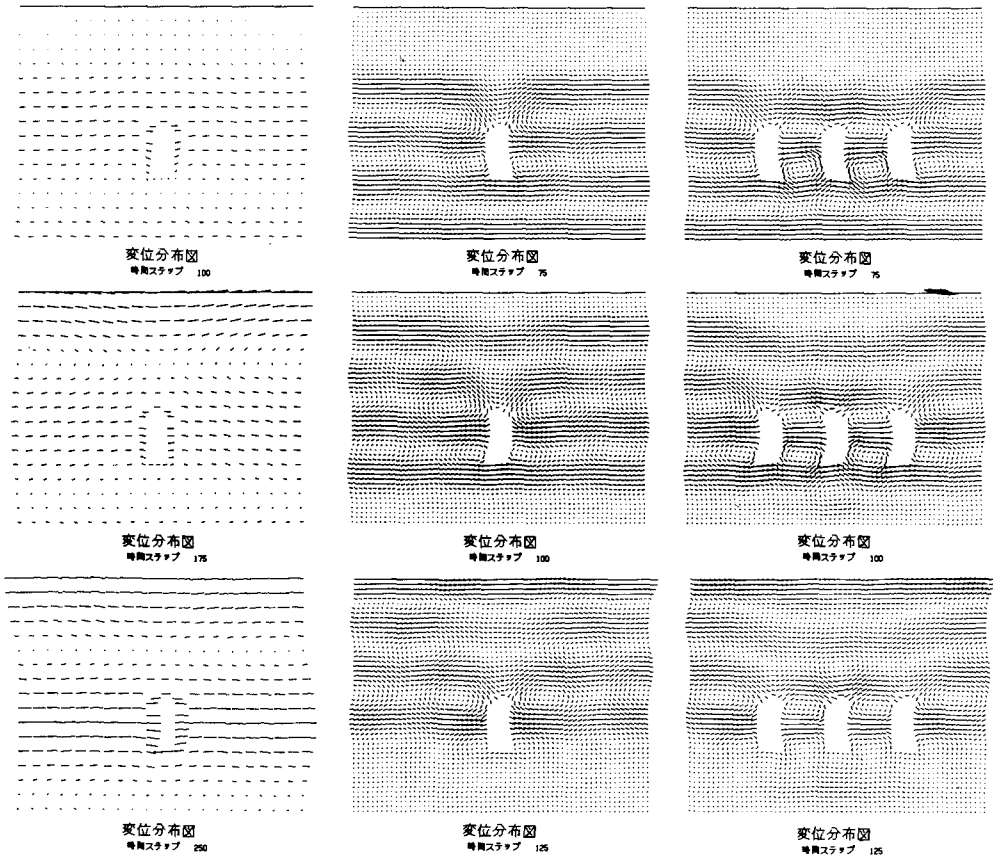


図-4 空洞周辺の波動伝播状況

参考文献 1) 大槻 春海, 山原 “地震時の地盤挙動に関する波動論的考察” 土木学会年次大会講演集 才部門 PP476-477 (1980)
 2) 大槻 春海, 山原 “波動論的考察による地震時の地盤振動シミュレーション” 第27回 構造工学シンポジウム PP67~76 (1981)
 3) Y. PAO “Dynamic Stress Concentration in an Elastic Plate” Journal of Applied Mechanics (1962)