

I-477 岩盤内深部の地震動特性について —境界要素法と有限要素法による動的解析—

（独）組技術研究所 正会員 山口 靖紀
同 上 辻田 満
同 上 脇田 和試

1. まえがき

岩盤内深部に立地される高耐震構造物の耐震安定性を論ずる場合には、空洞および周辺岩盤の地震時挙動を、地震観測および動的解析によって把握する必要がある。

筆者らは、東日本旅客鉄道株式会社および鉄道総合技術研究所と共同で、伊東線新宇佐美トンネルにおいて地震観測を実施している。また、地震観測で得られた観測データの分析および境界要素法による動的解析手法を用いた地震観測結果のシミュレーションを実施している。^{1), 2)} 境界要素法は、要素分割がモデル境界上のみでよく、空洞の径に比べて地表面までの被り厚さが非常に大きい場合でも、空洞部周辺の詳細な検討が可能になるため、岩盤内深部の地震時挙動の検討に対して有用な手法であると考えられる。

本報では、観測サイト周辺の地形を考慮したモデルについて境界要素法と有限要素法による動的解析を行い、両者の結果を比較するとともに、観測結果との比較も行い、境界要素法の有用性についての検討を行った。

2. 解析モデル

解析モデルの形状・寸法および動的解析に用いた物性値を図-1に示す。また、境界要素法および有限要素法の要素分割図を図-2に示す。境界要素法、有限要素法とも周波数応答による線形解析を実施した。境界要素法においては、材料の内部減衰は無視した。また、有限要素法においては、モデル側方にエネルギー伝達境界を設け、下方境界にグッシュボットを設けた。なお、境界要素法および有限要素法による動的解析には、それぞれ当社で開発したプログラム DCAVERN および FLUSH に一部改良を加えた NFLUSH を用いた。

図-3に入力地震動（水平）の加速度時刻歴を示す。境界要素法、有限要素法とも入力地震動を同一の深さで入射波として与えた。

3. 解析結果

表-1に、境界要素法および有限要素法による動的解析結果の加速度の最大値の比較を示す。また、図-4および図-5に、加速度のフーリエスペクトルの比較を示す。これらの図においてB点、D点は、地震観測における加速度計の設置位置に対応しており、C点は、トンネル位置に対応している。これらの図・表より、境界

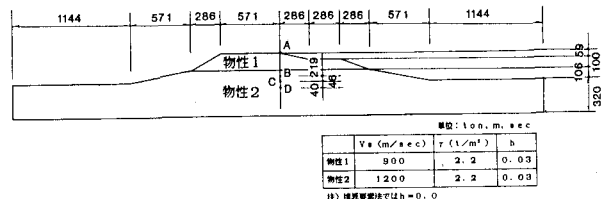
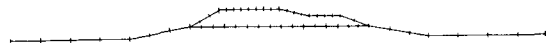


図-1 解析条件



(a) 境界要素法の要素分割図



(b) 有限要素法の要素分割図

図-2 要素分割図

最大値 4.791 gal (11.5秒)

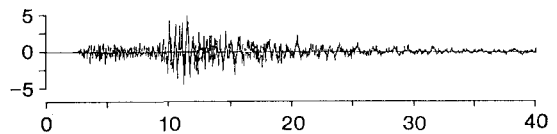


図-3 入力地震動の加速度時刻歴 (2E)

表-1 加速度の最大値の比較

	B E M		F E M	
	最大値 (gal)	発生時刻 (sec)	最大値 (gal)	発生時刻 (sec)
A	4.762	10.66	3.369	12.03
B	4.109	11.91	2.867	11.84
C	2.662	12.54	2.717	12.29
D	2.772	11.38	2.394	11.74

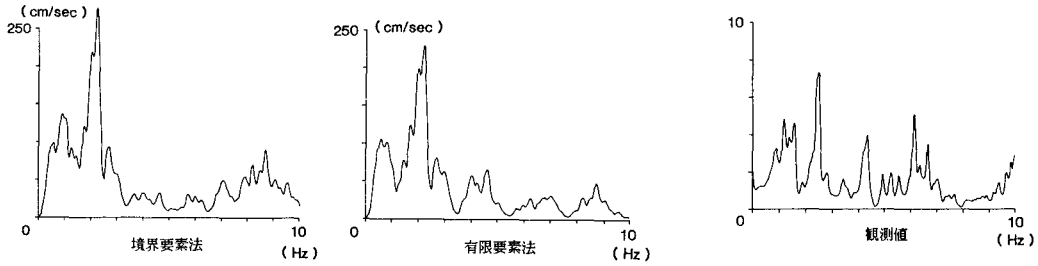


図-4 加速度のフーリエスペクトル (B点)

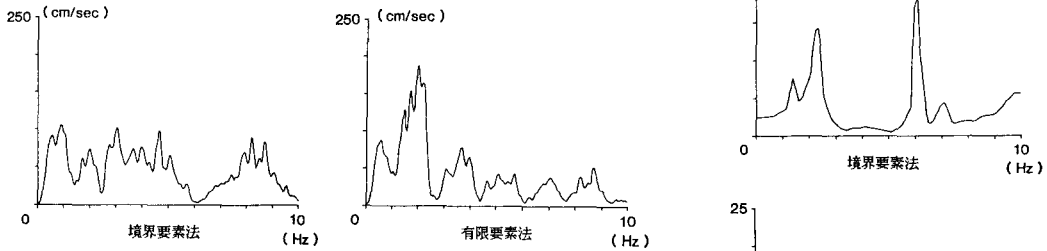


図-5 加速度のフーリエスペクトル (D点)

要素法と有限要素法の加速度応答は、境界要素法において内部減衰を無視している点を考慮すれば、岩盤内深部の各点で良い対応を示していると考えられる。

図-6は、B点のD点に対する、加速度のスペクトル比を観測結果、境界要素法および有限要素法で得られたものについて比較したものである。スペクトル比の算出には、ハニングウィンドウを10回施した。これらの図において、スペクトル比のピーク出現位置は、観測結果とそれぞれの手法が比較的良い対応を示していることがうかがえる。

図-6 加速度のスペクトル比 (B点/D点)

今回の境界要素法による解析では、地表面に近いほど有限要素法より大きな応答値を与える傾向が示された。この原因として境界要素法において、内部減衰を考慮していない点も考えられるため、今後は、内部減衰が応答値に与える影響を定量的に検討する必要がある。また、境界要素法、有限要素法とも、スペクトル比における一次のピークの立ち上がりの度合いが観測値に対して小さい。この点については、種々の観測波形について同様の検討を実施した上で、その原因をモデル化における物性の与え方、要素分割、あるいは周波数応答における周波数の読みとばし個数の面から検討する必要がある。

4. あとがき

本観測は東日本旅客鉄道株式会社および鉄道総合技術研究所と共同で実施しているものであり、観測結果の公表を快くお許しいただいた東日本旅客鉄道株式会社および鉄道総合技術研究所の関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) Yamaguchi, Y., Tsujita, M., Wakita, K.: SEISMIC BEHAVIOR OF A ROCK TUNNEL, Proc. of JSCE No. 374/1-6, pp. 292~302, 1986. 10.
- 2) 山口, 辻田, 脇田: 山岳トンネルにおける空洞および周辺岩盤の地震時挙動—境界要素法を用いた地震観測のシミュレーション—, 第19回岩盤力学に関するシンポジウム, PP. 461~465, 1987年2月