

I-415 岩盤内地震動の主軸の特性について

○ 大成建設(株) 正員 岡本 晋
同 上 正員 岩野 政浩
同 上 正員 石田 修

1. はじめに 近年、岩盤内において重要構造物の建設が計画されるようになり、地下深部の空洞の耐震設計の研究が進められている。耐震設計において不可欠の要因である地下深部の地震動については、既往の研究より、振幅特性等は明瞭に示されつつあるものの、未だ不明確な部分が多いのが現状である。本報告では、複雑な挙動を示す岩盤内地震動の卓越振動方向に着目し、岩盤と第4紀層における地震観測記録(加速度)を用いて、振動の主軸の時間変動を中心に、岩盤内地震動の主軸特性について検討し一例を示す。

2. 検討方法 図-1に本検討におけるフローを示す。本検討は、地震動の継続時間中における、平均的な卓越振動方向を固定主軸を用いて、また時間変化を変動主軸を用いて算定し、振動の卓越状態、時間的変化の状況を評価する。

(1)固定主軸の算定

地震動の3主軸は、3方向地震動 $x_i(t)$ の共有する全エネルギー行列

$$S_{Iij} = \int_{-\infty}^{\infty} E\{x_i(t) \cdot x_j(t)\} dt \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

の固有値を求めることにより求まる。ここで $E\{\}$ はアンサンブル平均を示す。

(2)変動主軸の算定

3方向地震動 $x_i(t)$ の共分散行列

$$S_{IIij} = \int_{-\infty}^{\infty} W^2(t-u) E\{x_i(u) \cdot x_j(u)\} du \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (2)$$

の固有値を求めることにより、地震動の3主軸を算定する。

ここで $W(t)$ はガウス型ウィンドウ関数である。

3. 検討結果 表-1に今回検討に用いた3地点の地盤条件を示す。A, B地点が岩盤内の観測地点で、C地点が第4紀層内の観測点である。

図-2に、観測波形の一例として、A地点において得られた加速度記録($M = 6.3$, $\Delta = 65$ km, $H = 40$ km)を示す。本記録は、3成分の最大値がほぼ同じ値を持つ。求められた固定主軸と震央の方向を併せて図-3に示す。また、図-4に変動主軸における固有値の時間変化を示す。図-3より、本地震の場合、固定主軸と震央の方向には相関性があまりみられない。他の地点においても、マグニチュード、震央距離、震源深さなど等質

表-1 検討地点

地 点	岩 質	深度 (m)	Vs (km/sec)
岩 盤	A 粘板岩	- 140	2.7 ~ 3.6
	B 花崗岩	- 130	2.8 ~ 3.2
第4紀層	C 洪積砂層	- 55	0.3 ~ 0.5

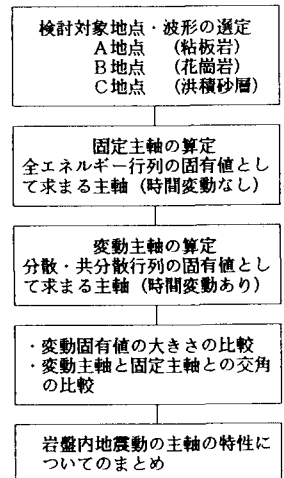


図-1 検討フロー

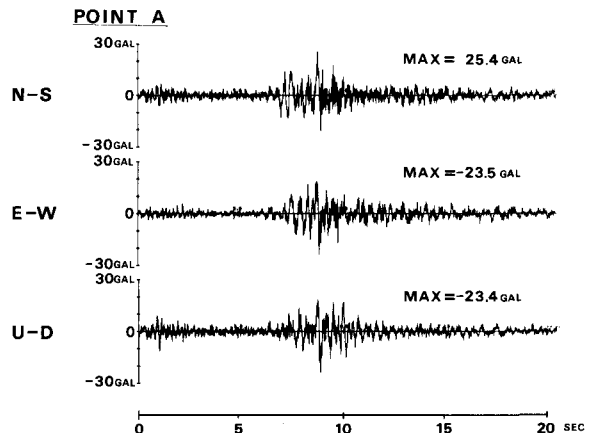


図-2 観測記録例 (加速度, A地点)

なデータとは言い難いが、比較検討の一例を示す意味で、同様な解析を実施した。

表-2に各地点における変動主軸の最大値間の比率を比較して示す。これより第4紀層においては、中間、最小固有値の比率が小さいため、振動が一方方向に卓越していることが認識できる。岩盤内においては、中間、最小ともに、第4紀層における比率より大きく、振動が多方向におよんでいる事が予想される。特にB地点において使用した記録波形は、中間固有値が最大固有値と同程度であり、2方向の振動エネルギーがほぼ等しく、平面的な振動が卓越している事を示している。

図-5に各地点における最大固有値に対する変動主軸と固定主軸との交角(3-D. ANGLE)の時間変化を、変動最大主軸と併せて示す。岩盤では全時間領域にわたり、主軸の方向が変動しているのに対し、第4紀層では図-3 固定主軸の方向(A地点)主要動の始まる10秒以前の区間を除いてはほぼ主軸の変動はみられない。さらに、継続時間中の変動を定量的に検討するため、変動主軸と固定主軸との交角の分散値を求め、表-3に示す。岩盤では、最大、中間主軸の分散値がほぼ等しく、最大主軸の分散値が小さい。これより、第4紀層では卓越する振動方向の時間変動が少ないのに対し、岩盤では逆に変動が大きいことを示している。

4. まとめ 第4紀層と岩盤における地震動の主軸の特性を比較し、岩盤では振動の卓越方向の時間変動が大きく、第4紀層においては、卓越振動の方向が一方方向に限定されている様子を示した。今後、多くの観測記録に対し、本手法を適用し、一般性を持たせる方向で研究を進め、データの蓄積と共に、岩盤内地震動の特性を明瞭にしていくつもりである。

表-2 変動固有値の比較

地 点		最大固有値	中間固有値	最小固有値
		最大固有値	最大固有値	最大固有値
岩 盤	A	1.00	0.43	0.19
	B	1.00	0.93	0.31
第4紀層	C	1.00	0.24	0.13

表-3 変動主軸と固定主軸との交角の分散性

地 点		最大主軸	中間主軸	最小主軸
岩 盤	A	0.354	0.350	0.267
	B	0.270	0.230	0.148
第4紀層	C	0.139	0.391	0.360

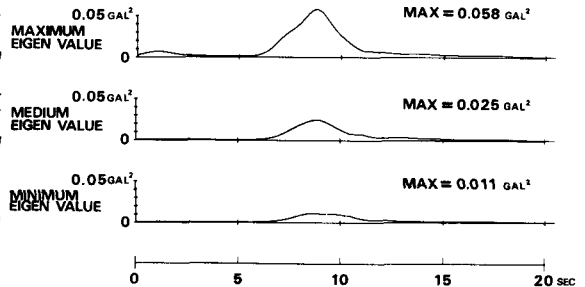
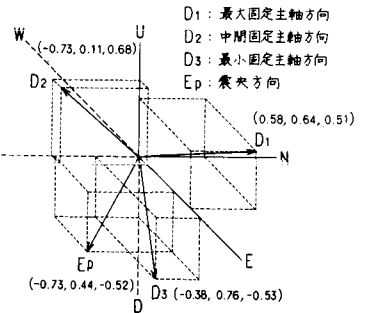


図-4 変動主軸における固有値の時間変化(A地点)

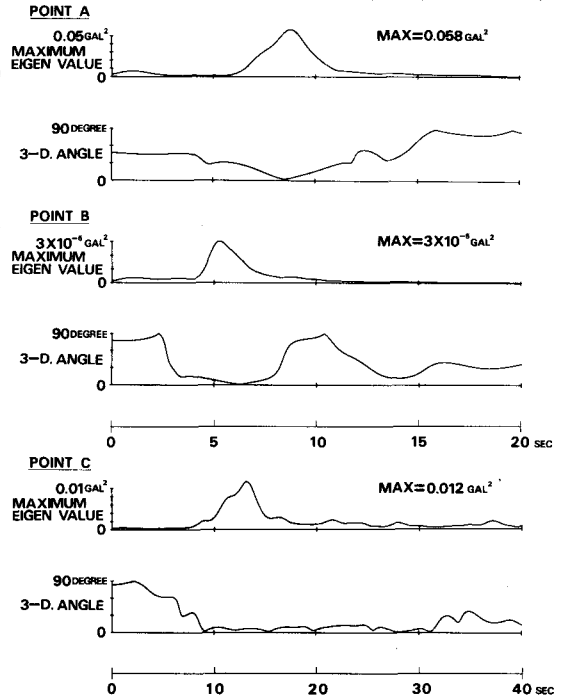


図-5 最大主軸の時刻歴変化

- 参考文献) 1) 駒田他 地下発電所における地震観測: 土木学会論文集, 第309号, 1981年5月
 2) 浜田他 岩盤内空洞の地震時挙動観測と考察: 土木学会論文集, 第341号, 1984年1月
 3) 星谷他 地震動ベクトルの主軸と波形特性: 土木学会論文集, 第268号, 1977年12月