

傾斜構造地盤の H/V スペクトルの特性について

熊谷組 正会員 ○植本安彦 福井工業大学 正会員 安井 謙
 (社)近畿建設協会 藤井悠介 長野県警察 宮入潤一

1. 目的

福井平野は、東西の端にある基盤岩に挟まれた盆地構造をなしており、中央部には溺谷を有している場合もある。こうした不整形地盤の H/V スペクトルの特性を把握することは、常時微動観測結果を解釈して地盤モデル構築に役立てるための重要な課題と言える。そこで本研究では、ある傾斜構造を有する地盤を例として H/V スペクトルの特徴を解析的に検討することとした。

2. 検討モデル

図-1 に傾斜構造地盤のモデルを示した(D モデルと称する)。本モデルは丸岡地点¹⁾について小林ほか²⁾の重力探査モデルを参考にして作成したもので、洪積層直下の第3紀層が十分の一の傾斜構造をなしているとしている。地震を想定した基盤加振では GL-4,200m において正弦波を与えた。また、常時微動における振源として地表面に正弦波集中荷重を作用させた。応答は主として図中の D1~D5 点に着目することとした。参考のため D1~D5 点直下の地盤が地震基盤深さまで水平に成層構造をなしている土柱モデルも考え、これらをそれぞれ S1~S5 モデルと呼ぶこととした。解析手法は底面にダッシュポット境界を、側面に波動伝達境界を有する2次元 FEM³⁾とした。このとき対象とする振動範囲は 0.25~2Hz となるように最小メッシュ幅とモデルの深さを定めた。本モデルの総節点数と総要素数はそれぞれ 725 と 672 で、自由地盤の層数は 24 層である。また、表-1 には解析モデルの地盤の諸定数を示してある。

表-1 検討モデルの地盤構造

土質	ρ (ton/m^3)	V_s (m/sec)	V_p (m/sec)	h (%)
洪積層	1.8	660	2,020	1
第3紀層	2.0	1,800	3,290	1
地層基盤	2.5	3,200	4,840	1

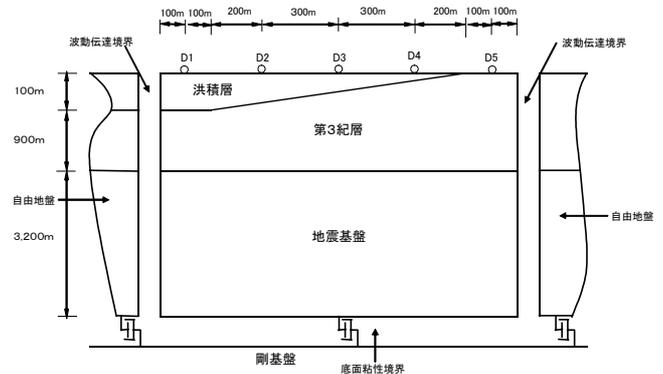


図-1 検討モデル

3. 基盤加振

図-2 に剛基盤に SV 波が鉛直入射したときの D1~D5 地点に関する入射波振幅 E0 に対する地震応答倍率を示した。

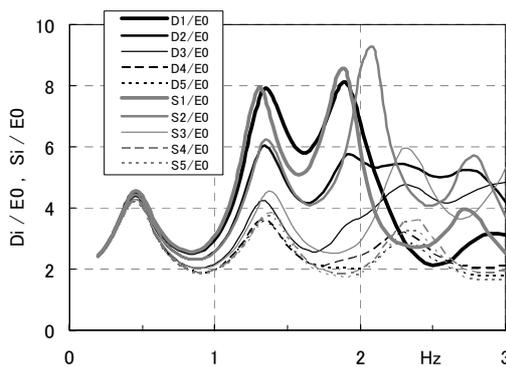


図-2 地震応答倍率

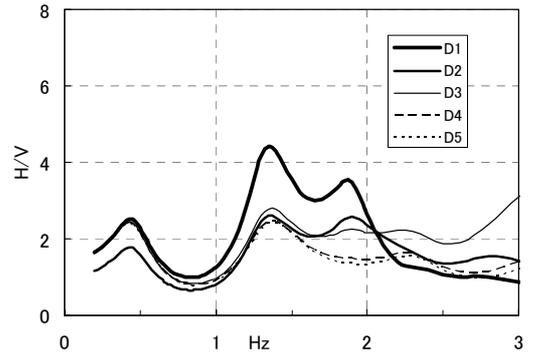


図-3 H/V スペクトル (基盤加振)

また、同図に

は、S1~S5 モデルの地震応答倍率も示してある。S モデルと D モデルの応答倍率はほぼ一致しており、一次元の重複反射法の有用性が確認される。また、図-3 に、傾斜構造地盤の剛基盤に SV 波、SH 波および P 波が同時に鉛直入射したときの D1~D5 地点の H/V スペクトルを示した。同図は、図-2 とほぼ同じ振動数でピークを示してお

キーワード H/V スペクトル、傾斜地盤構造、2次元 FEM、地震動特性、生活振動

連絡先 〒910-8505 福井市学園 3-6-1 福井工業大学 TEL 0776-29-2554

り、地震波の H/V スペクトルが傾斜地盤の速度構造を反映する可能性があることが注目される。

4. 地表面加振

1) H/V スペクトルの評価法について

いま、 D_i 地点に、面内水平 (RH)、上下 (RV)、および面外水平方向 (L) にそれぞれ単位の大さの正弦振動する集中荷重を加えたとする。その際、図-4 に示すように、2,000m の範囲を 100m ピッチに分割し、その j 地点の応答変位を次のように定義する。即ち、 RH 加振による水平変位と上下変位を、それぞれ H_{ij}^{RH} と V_{ij}^{RH} とし、 RV 加振による水平変位と上下変位を、それぞれ H_{ij}^{RV} と V_{ij}^{RV} とする。また、 L 加振による水平変位を H_{ij}^L とする。このとき、マックスウェルの相反作用の定理を考慮すると、 i ピッチ地点を加振したときの D_j 地点の水平変位 H_{ij} と上下変位 V_{ij} は次のように定義できる。

$$H_{ij} = \sqrt{(H_{ij}^{RH})^2 + (V_{ij}^{RH})^2 + (H_{ij}^L)^2} \quad (1)$$

$$V_{ij} = \sqrt{(H_{ij}^{RV})^2 + (V_{ij}^{RV})^2} \quad (2)$$

さらに、2,000m 全域にわたる加振点による D_j 地点の水平変位 H_j と V_j を次式により定義する。

$$H_j = \sqrt{\sum_i (l_{ij} H_{ij})^2} \quad (3), \quad V_j = \sqrt{\sum_i (l_{ij} V_{ij})^2} \quad (4)$$

ここに、 l_{ij} は i 地点と j 地点の距離で、 l_{ij} を乗じたのは、加振源の 3 次元的な広がり近似的に評価するためである。H/V スペクトルは H_j/V_j により計算できる。

2) 解析結果

図-5 に、図-4 の a) のように傾斜地盤構造の左側を加振した場合 (盆地側加振と称する；生活振動に対応) の $D1 \sim D5$ 地点の H/V スペクトルを示した。基盤加振のときに現れた 0.4Hz 付近と 1.4Hz 付近にピークが見られる。また、傾斜地盤の厚さが浅くなるにつれて、1.4Hz のピークが大きくなるようである。

図-6 に、図-4 の b) のように傾斜地盤構造の右側を加振した場合 (山側加振と称する；地震や波浪などによる自然振動に対応) の $D1 \sim D5$ 地点の H/V スペクトルを示した。盆地側加振の場合と比べて 1.4Hz のピークが大きくなるようである。

5. 結論

傾斜構造地盤モデルと一次元モデルの震動特性はほぼ一致した。また、地震による H/V スペクトルのピーク振動数は地震応答倍率曲線に現れたピーク振動数とほぼ一致した。さらに、傾斜地盤構造を考慮した H/V スペクトルの評価法を示した。盆地側加振と山側加振とでは、1.4Hz 付近のピークの相対的な大きさが異なる様子が見られた。

参考文献

- 1) 森本鉄郎他：土木学会第 61 回年次学術講演会，PP. 551-552，2006 年 9 月
- 2) 小林直城他：地震，第 2 輯，第 54 巻，pp. 1-8，2001 年
- 3) Yasui, Y., et al. : Proc. 9th WCEE, III, pp. 447-452, 1988.
- 4) 若松邦夫他：日本建築学会構造系論文集，第 471 号，pp. 61-70，1995
- 5) Lachet, C., Bard, PY : J. Phys. Earth, 42, pp. 377-397, 1994

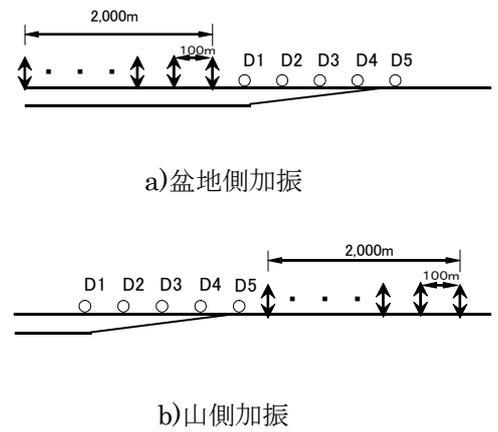


図-4 盆地側加振と山側加振

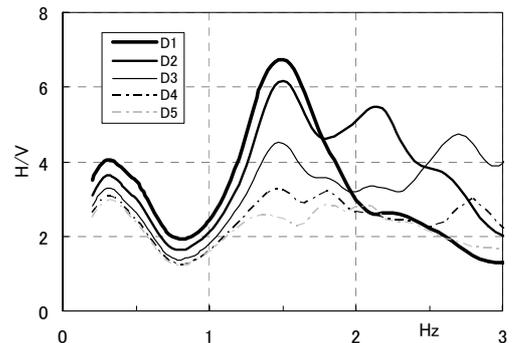


図-5 H/V スペクトル (盆地側加振)

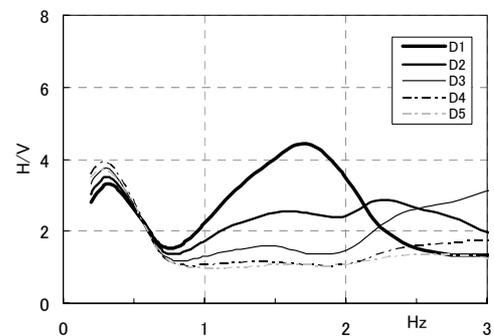


図-6 H/V スペクトル (山側加振)