

I-322

設計震度スペクトルへの不整形性の影響の導入に関する検討

(株) 大林組技術研究所
同上

正員○江尻謙嗣
正員 後藤洋三

1. まえがき

表層地盤が比較的軟弱で基盤層との動的剛性比 ($IP = \rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2}$) が小さい場合は表層地盤の共振現象や不整形の影響による地震動の増幅が生じやすい。ここでは表層地盤の応答に及ぼす不整形の影響を設計震度スペクトルに簡易的に導入する方法を代表的な不整形構造の地震応答解析結果を基に検討した。

2. 地震応答解析

2.1不整形構造 不整形構造モデルは、表層地盤と基盤層の2層系の片側傾斜(Sモデル)と両側傾斜(谷地形Dモデル)の2種類で図-1に示すように合計6ケースを想定した。

表-1 地盤物性

| 剛性比IP | 1/6 | 1/4 | 1/3 | 1/2 |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|
| ρ_1, ρ_2 | 1.8/9.8 (ton/m ³) | | | |
| V_{s1} (m/s) | 100 | 150 | 200 | 150 |
| V_{s2} (m/s) | 600 | 600 | 600 | 300 |
| h_1, h_2 | 5 (%) | | | |

表層地盤最大層厚はH=20mとした。

2.2地盤物性 表-1に示す地盤物性値を用いて表層地盤と基盤層の動的剛性比を、1/6, 1/4, 1/3, 1/2の4種類とした。地盤材料はすべて線形弾性材料とし減衰は5%とした。

2.3入力地震動 道路橋示方書・耐震設計編¹⁾の第I種地盤上標準加速度応答スペクトル(h=0.05)に適合するようにTAFT波を修正したものを用いた。修正波の最大加速度は、117galである。

2.4解析方法 振動方向は、面内および面外の水平方向で鉛直入射波解析を実施した。解析コードは面内がFLUSH改良版、面外はFEM2D²⁾を用いた。また比較のため水平成層地盤応答をSHAKEにより求めた。

2.5解析結果の一例 図-2には、S2モデル面内の傾斜端部からの距離別の増幅率(地表面応答スペクトルと標準加速度応答スペクトルの比)を示す。傾斜部では表層地盤が厚くなるにつれて増幅率が大きくなってゆく。傾斜部から5Hの距離においてもその増幅率は水平成層地盤のそれよりもやや大きくなっている。

これは傾斜部で発生する波の表層地盤内における多重反射による影響と考えられる。卓越周期は傾斜部では短周期成分が卓越するが平坦部では水平成層地盤の値にほぼ等しい。図-3には、Dモデル面外の谷中央の応答の不整形構造別増幅率を示す。この図から谷幅が狭くなるほどその最大増幅率は大きくなり卓越周期も短周期になることがわかる。谷幅が広がるにつれて谷中央の応答は水平成層地盤のそれに漸近してゆく。

3. 不整形性の影響の設計震度スペクトルへの導入

3.1 増幅特性補正関数G(T) 第I種地盤上 G(T) = $\frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{T_g^2}{T^2})^2 + (\frac{T_g}{T})^2}} / G_{max}$ (1)
標準加速度応答スペクトルを解放基盤スペクトルと考えてこれに不整形性と表層地盤の軟弱性による増幅を補正する関数G(T)を乗ずる

ことにより目的とする設計震度スペクトルを求めることとした。G(T)は、(1)式で定義する。

ここにT; 周期、G_{max}; 最大増幅率、T_g; G_{max}を生ずる周期である。

3.2 G_{max} G_{max}は鉛直方向伝播波動と不整形構造により生ずる水平方向伝播波動による最大増幅率をそれぞれG_{vmax}、G_{Hmax}した時、これらの自乗和平方根として次式で求めることとした。

$$G_{max} = \sqrt{G_{vmax}^2 + G_{Hmax}^2} \quad (2) \quad \begin{aligned} G_{vmax} &= \beta \cdot 1.4 \cdot (1/IP)^{0.5} \\ \beta &= 0.8 \cdot \{ (h/H_0)^{0.3} + 0.25 \} \quad H_0 = 20m \\ &h \geq 50m \text{の時 } \beta = 1.25 \end{aligned} \quad (3)$$

なおG_{vmax}は式(3)に示すように水平成層地盤の応答解析結果からIPの関数とした。

3.3 T_G と G_{Hmax}

T_G と G_{Hmax} については、
図-4、5に示す片側傾斜と両側傾斜について応答解析結果を基にそれぞれ以下のように定義した。
多重反射による影響は、指数包絡関数で表現した。
(a)片側傾斜

$$T_G = \frac{4h}{V_{S1}} \quad (4)$$

$$G_{Hmax} = 1.4 \cdot \left\{ \frac{\alpha(1-IP)}{\alpha+IP} \right\}^{0.5} \cdot \left(\frac{h-H_U}{H_L} \right) \cdot \left(\frac{X}{L} \right) \exp\left(1 - \frac{X}{L}\right) \quad (5)$$

$$\alpha = H_L/H$$

L: 傾斜地盤の影響が最大となる傾斜端部からの距離
 $L = 4(D \cdot H_L)^{0.5}$

(b)両側傾斜

$$T_G = \frac{4H''}{V_{S1}} + \frac{4H_U}{V_{S1}} \quad (6)$$

$$G_{Hmax} = 1.4 \cdot \left(\frac{1-IP}{2(\alpha_L + \alpha_R)IP} \right)^{0.5} \cdot \left\{ (IP(\alpha_L - \alpha_R) + 2\alpha_L \alpha_R)^{0.5} \cdot \left(\frac{h-H_U}{H_{LL}} \right) \cdot \left(\frac{X}{L_L} \right) \exp\left(1 - \frac{X}{L_L}\right) + (IP(\alpha_R - \alpha_L) + 2\alpha_L \alpha_R)^{0.5} \cdot \left(\frac{h-H_U}{H_{LR}} \right) \cdot \left(\frac{W-X}{L_R} \right) \exp\left(1 - \frac{W-X}{L_R}\right) \right\} \quad (7)$$

H'' : 両側傾斜の等価深度

$$H'' = \frac{A}{W}$$

A: a, b, c, dで囲まれた谷断面積

$$\alpha_L = H_{LL}/H, L_L = 4(D_L \cdot H_{LL})^{0.5}$$

$$\alpha_R = H_{LR}/H, L_R = 4(D_R \cdot H_{LR})^{0.5}$$

4. おわりに

図-6には、S2, D1モデルの G_{max} の地表面に沿った変動の解析値との比較を示した。(5), (7)式は地震応答解析結果が示す傾向をうまく再現しており3.で定義した $G(T)$ を用いることにより不整形性の影響を設計震度スペクトルに容易に取り込むことが可能となる。

[参考文献]

- 1) 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、日本道路協会、1990
- 2) 安井他、有限要素法による不整形地盤の斜め入射波解析(その1) 大林組技術研究所報、No. 39, 1989

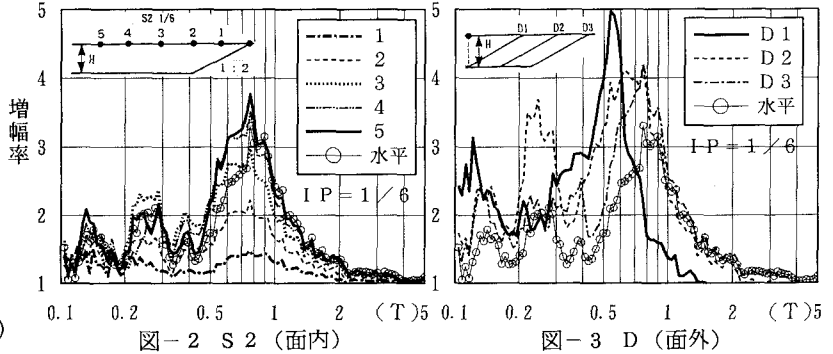


図-2 S2 (面内)

図-3 D (面外)

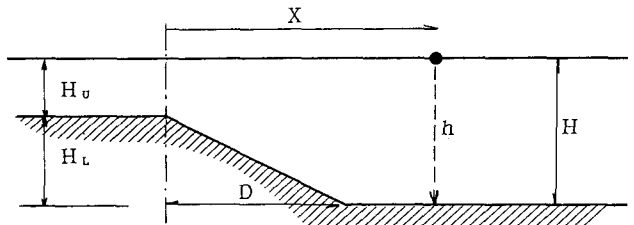


図-4 片側傾斜

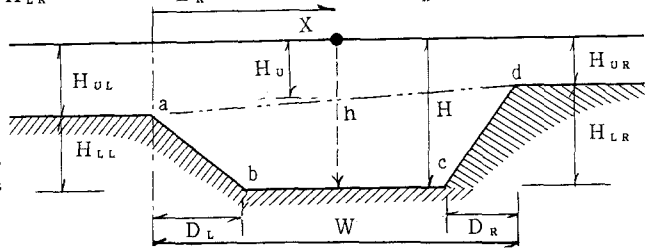


図-5 両側傾斜

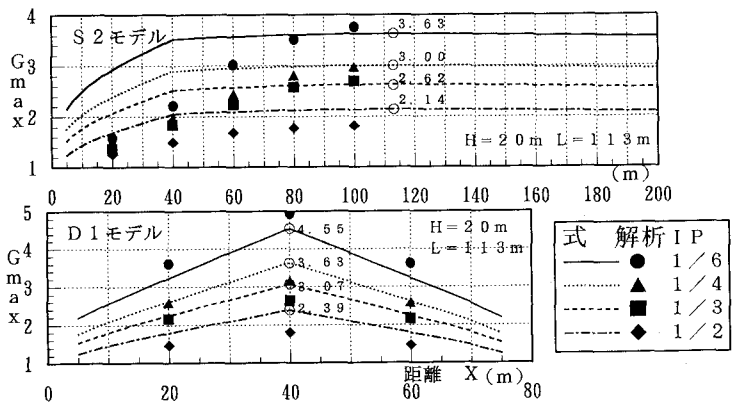


図-6 G_{max} の変動