

I - B 96

表層地盤の地震動に及ぼす基盤形状の影響評価

(株)日建設計

(正) 石井 武司

(財)鉄道総合技術研究所

(正) 室野 剛隆, (正) 西村 昭彦

1. はじめに

表層地盤の地震動は基盤の不整形な形状によって増幅される。著者らの一人は、上部構造物に入力する地表面設計地震動に工学的基盤面( $V_s=400\text{m/sec}$ 相当)の不整形性を考慮する手法として、1次元重複反射理論で得られる鉛直下方からの直達波に、不整形部で発生する横方向伝播波を重ね合わせる簡易的な手法を提案した<sup>1)</sup>。本報告では、その考えに基づき、表層地盤に覆われた基盤の不整形性によって生じる横方向伝播波の評価方法を検討した。

2. 不整形地盤の影響評価

面内SV波が入射した場合を対象にして、地震動に与える不整形地盤の影響を次のような手順で評価する<sup>1)</sup>。

- ①不整形地盤における地表面の加速度  $g(t)$  を2次元FEM地震応答解析(使用コード: FLUSH)で算定する。
- ②地表面の各地点毎に水平成層地盤を想定し、地表面における直達波の加速度  $f(t)$  を1次元重複反射理論に基づく地震応答解析(使用コード: SHAKE)で計算する。
- ③表面波の横方向伝播波  $f'(t)$  は  $g(t)-f(t)$  で評価する。
- ④横方向伝播波  $f'(t)$  は波形が直達波の  $\alpha$  倍で、伝播速度が Rayleigh 波の位相速度に等しいと近似する。
- ⑤  $\alpha$  が整形の影響による増幅を表現する補正係数で、その値は不整形の形状毎に次式で評価される。

$$\alpha = |f'(t)|_{\max} / |f(t)|_{\max}$$

これより、地表面の波形  $g(t)$  は、直達波  $f(t)$  と補正係数  $\alpha$  で表現することができる。

3. 解析モデル

検討対象とした地盤のモデルを図-1に示す。基盤のせん断波速度は  $400\text{m/sec}$  で、不整形部の傾斜は  $1:5$  と鉛直の2通りとした。この基盤の上にN値8程度の粘性土が  $40\text{m}$  堆積した不整形地盤を想定した。表層地盤のせん断波速度は、設計標準の考え方に基づき<sup>2)</sup>、設計で考慮する地震動により生じるひずみの大きさを考えて、 $100\text{m/sec}$  で与えた。それに対応して減衰定数を  $0.15$  に設定した。このようにあらかじめ地盤物性にひずみ依存特性を評価することで、解析を計算が容易な線形で実施できるようにした。入力地震動には設計用基盤入力波(スペクトルII対応)<sup>3)</sup>を用いた。

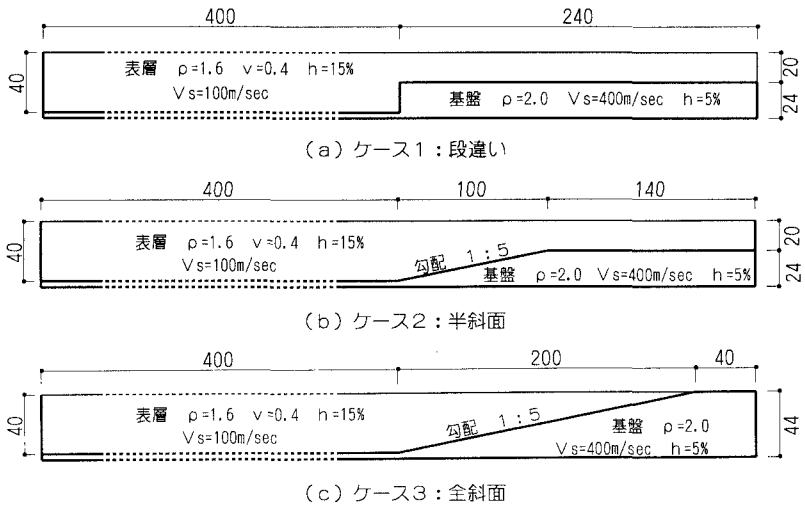


図-1 検討対象モデル

キーワード：不整形地盤、直達波、表面波、耐震設計

#### 4. 結果

地盤の不整形が影響する範囲を把握するために、2次元解析(以下、2-D)と1次元解析(以下、1-D)の最大加速度の比と不整形下端からの距離との関係を図-2に示す。この結果をみると、比率が最も大きな地点は、基盤が段違いの場合が不整形下端から平坦部側へ少し離れたところである。基盤の勾配が1:5の不整形地盤(ケース2とケース3)においては、不整形下端直上でその比率が最大となる。基盤の勾配によって比率が最大となる位置が異なるが、その差はわずかである。ケース2とケース3で斜面の長さの影響を比較すると、ケース2の基盤斜面上端となる距離-100mから400mの範囲は両者の比率がほぼ一致する。不整形部が表層に覆われていても斜面の高さが表層の半分程度あれば、比率は同程度と見なすことができるように思われる。さらに、ケース2の比率は基盤斜面上側の平坦部で1より大きくなる。すなわち不整形の影響を受けて地震動が増幅することがわかる。ただし、その増幅は小さい。

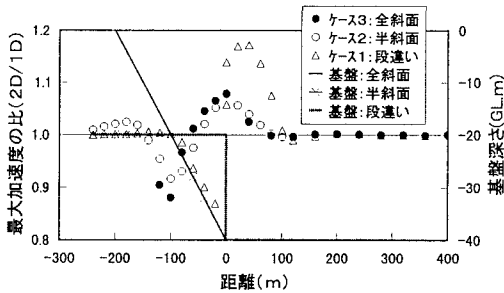


図-3 2次元解析と1次元解析の最大加速度の比

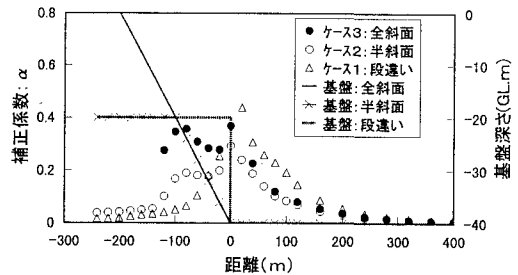


図-4 補正係数 $\alpha$ と距離の関係

次に、2-Dの加速度波形 $g(t)$ から1-Dの直達波 $f(t)$ を引いて、横方向伝播波 $f'(t)=(g(t)-f(t))$ を求める。この横方向伝播波が概ね直達波と相似であることは、Ricker-Wavler波を入射して確認した。この横方向伝播波の最大加速度と直達波の最大加速度の比、 $\alpha$ が不整形地盤の影響を評価した指標となる。図-4に基盤形状が段違いと半斜面ならびに全斜面の場合の補正係数 $\alpha$ と不整形下端からの距離との関係を示す。補正係数 $\alpha$ は、2-Dと1-Dの最大加速度の比と同様に、いずれも不整形下端直上付近で最大となる。平坦部(距離0~400m)においては、段違い(ケース1)が最も大きく、半斜面(ケース2)と全斜面(ケース3)がほぼ同じである。不整形部の基盤傾斜角が大きくなると補正係数 $\alpha$ も大きくなるものと思われる。

#### 5. まとめ

本報告では、表層地盤に覆われた基盤の不整形性として基盤形状が段違いと半斜面をとりあげて、地表面の地震動に及ぼす影響を、2次元解析と1次元解析で鉛直下方からの直達波に対する横方向伝播波の補正係数で評価した。その結果、以下のことがわかった。

- ①不整形下端部直上付近の最大加速度は2次元解析の結果が大きく、耐震設計の上で不整形の影響を考慮する必要がある。
- ②基盤が段違いの場合の補正係数は傾斜基盤よりも大きい。特に不整形直上においては2-Dと1-Dの最大加速度の比が傾斜基盤のより約0.1大きい。
- ③基盤の斜面高さが表層厚の半分程度の場合、補正係数 $\alpha$ がほぼ同じである。これらは全斜面の補正係数 $\alpha$ で代用できると思われる。

今後は、表層の厚さ、層構造、基盤不整形の形状などに関しても補正係数の算定を進めていく必要がある。

【参考文献】1) 室野,他(1998):地震動に与える表層地盤の局所的変化の影響と耐震設計への適用性に関する提案,土木学会 地震動の地盤内増幅(ローカルサイト・エフェクト)に関するシンポジウム, pp.183-188.  
 2) (財)鉄道総合技術研究所(1997):鉄道構造物等設計標準・同解説,基礎構造物・抗土圧構造物, pp.93-123.  
 3) (財)鉄道総合技術研究所(1998):鉄道構造物等設計標準・同解説,耐震設計(案),鉄道総研講習会資料