

# 道路盛土の地震動増幅特性に及ぼす基盤せん断波速度の影響

愛媛建設コンサルタント 正会員 西本 健一  
 愛媛建設コンサルタント 正会員 神野 邦彦  
 愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎

## 1. はじめに

軟弱地盤上に建設される盛土は盛土堤体下の地盤を地盤改良することが多い。また、盛土の上載効果により堤体直下の地盤は圧密され、剛性の増加が見込まれる。そのような特徴を持つ道路盛土における常時微動測定により盛土の増幅特性が佐伯ら<sup>1)</sup>により明らかにされた。本論文では、道路盛土の地震動増幅特性に及ぼす基盤せん断波速度の影響を検討するため、地盤を有限要素にモデル化して動的解析を実施し、数値解析により検討する。

## 2. 検討対象地盤と検討ケース

図-1 に解析モデルを示す。盛土は、盛土幅 60m、盛土高 9m である。盛土周辺の軟弱地盤の層厚は 20m である。解析には盛土幅の 3 倍である 180m をモデル領域として設定する。モデル領域は、盛土堤体、堤体下部、周辺表層地盤および基盤に分け、地盤のせん断波速度は、それぞれの領域で均質として設定する。表-1 に検討ケースを示す。基本的な振動特性を検討する目的で、パラメータの比が整数となるように設定するが、

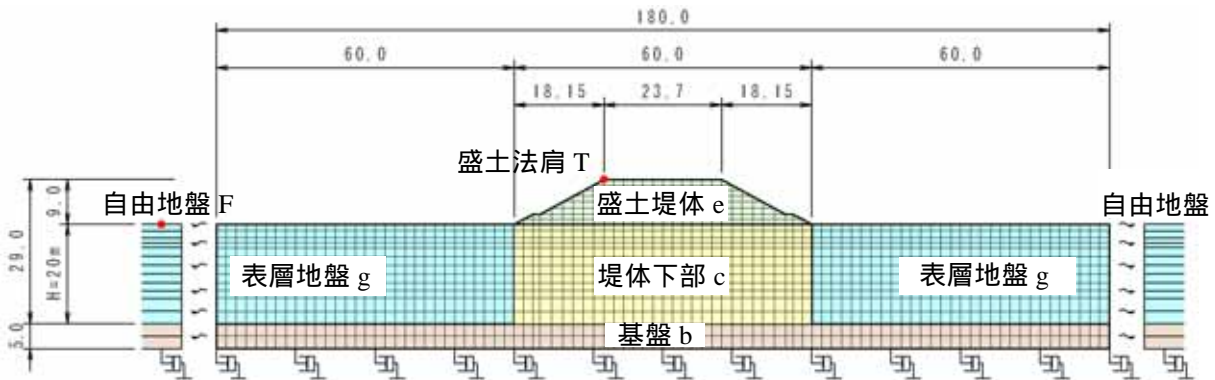


図-1 解析モデル (単位: m)

表中の「応用 1」は実際の物性を反映させている。解析は全て線形である。単位体積重量  $\gamma$  とポアソン比  $\nu$ 、減衰定数  $h$  はすべて一定値とした。

## 3. 解析結果と考察

ここで伝達関数は全て露頭基盤入力地震動を基準としたものである。表層厚が  $H$ 、せん断波速度が表層で  $V_{sg}$ 、基盤で  $V_{sb}$  である水平成層 2 層系地盤の基本固有振動数  $fg1$  は、重複反射理論に基づき次の 1/4 波長則が導かれる。

$$fg1 = V_{sg}/(4H) \quad (1)$$

また、その地震動増幅率は表層と基盤のインピーダンス比 ( $\gamma_g V_{sg}/\gamma_b V_{sb}$ ) に支配される。ここでは、地盤材料の密度を一定 ( $\gamma_g = \gamma_b$ ) であるので、せん断波速度比  $V_{sg}/V_{sb}$  はインピーダンス比 ( $r$ ) と等しい。基本固有振動数での増幅率  $a$  は、せん断波の重複反射理論に基づき、次式で表される。

$$a = 1/(r + h/2) \quad (2)$$

減衰がなければ  $a=1/r$  であるので、 $r=1, 1/2, 1/4$  に対し、

表-1 検討ケース(単位: m/s)

解析ケース	盛土堤体 $V_{se}$	堤体下部 $V_{sc}$	表層地盤 $V_{sg}$	基盤 $V_{sb}$
基本1	150	150	150	150
基本2	150	150	150	300
基本3	150	150	150	600
応用1	300	180	150	300
応用2	300	180	150	600

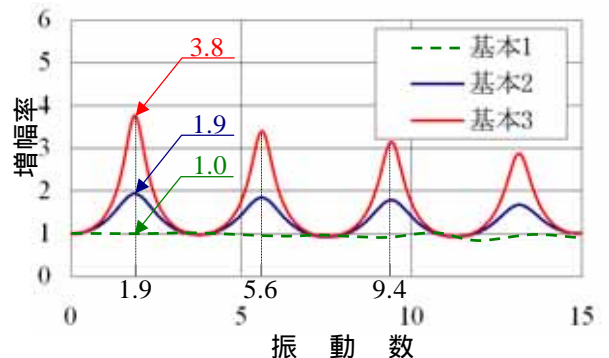


図-2 入力地震動に対する伝達関数 (基本: F/B)

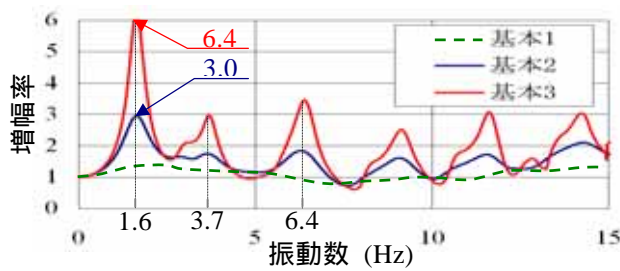


図-3 盛土の増幅特性(基本:T/B)

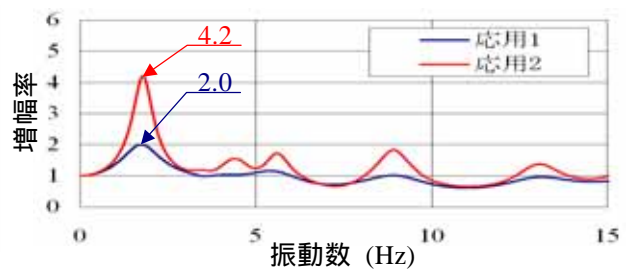


図-4 盛土の増幅特性(応用:T/B)

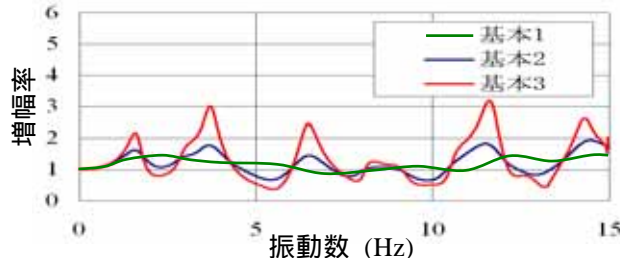


図-5 盛土の相対増幅特性

(盛土法肩/自由地表 基本:T/F)

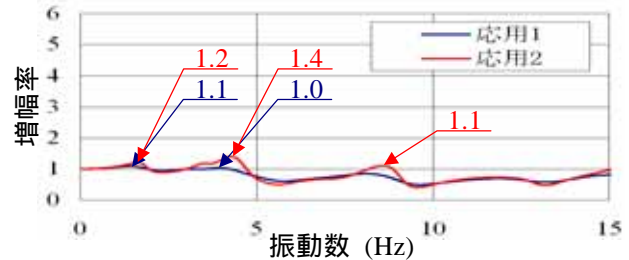


図-6 盛土の相対増幅特性

(盛土法肩/自由地表 応用:T/F)

増幅率はおよそ 1, 2, 4 となる。

図-2 に基本ケースの入力地震動に対する 2 層系地盤の地表の伝達関数 (F/B) を示す。この図より読み取ると、1 次、2 次、3 次のピークの振動数は、それぞれ 1.9, 5.6, 9.4 Hz である。2 次、3 次は  $fg_2=3fg_1$ ,  $fg_3=5fg_1$  となり均質地盤の理論通りである。また、各基本ケースの 1 次振動数の増幅率はそれぞれ 1.0, 1.9, 3.8 であり、同様に理論通りの結果が得られている。図-3 に盛土堤体のせん断波速度  $V_{se}$  が地盤のそれと同じ場合を扱う基本ケースの入力地震動に対する盛土の伝達関数 (T/B) を示す。図-2 の自由地盤の伝達関数と比較すると、各基本ケースともに盛土の方が増幅率が大きくなっている。また、「基本 2」、「基本 3」の盛土の 1 次、2 次、3 次のピークの振動数はそれぞれ 1.6, 3.7, 6.4 Hz であり、自由地盤のそれと比較すると、低振動数側にずれている。同じせん断波速度であるときには、表層地盤の層厚が厚くなったときと同じ効果及び地表の不定形の効果が現れている。次に、図-4 に応用ケースの入力地震動に対する盛土の伝達関数 (T/B) を示す。1 次振動数におけるピークの高次振動数ではその影響が小さくなる。図-5、図-6 に基本ケースと応用ケースの自由地盤に対する盛土の相対増幅特性を示す。図-5 の基本ケースでは、増幅と低減が繰り返され、表層と基盤のインピーダンス比が大きいほどその程度は大きい。一方、図-6 の応用ケースでは増幅率 1 を上回るピークがみられるものの、全体的には振動数軸方向に低減するのがわかる。特に「応用 2」ではほとんど増幅は見られず、増幅率 1 を下回った状態で、なだらかに減衰している。これは、基本ケースと比べ応用ケースでは、盛土堤体および堤体下部の剛性を増加させた影響によるものと考えられる。

#### 4. 結論

道路盛土の地震動増幅特性に及ぼす基盤せん断波速度の影響を検討した。得られた結論は以下の通り。

- 1) 水平成層 2 層系の自由地表の伝達関数では、1 次、2 次、3 次のピークの振動数は、それぞれ 1.9, 5.6, 9.4 Hz となり理論通りの結果が得られ、基盤のせん断波速度の増加に伴い増幅率も増加する。
- 2) 盛土堤体および堤体下部の剛性増加を考慮した場合、入力地震動に対する盛土の伝達関数 (T/B) は、1 次ピークの高次振動数ではその影響が小さくなる。自由地盤に対する盛土の相対増幅特性はほとんど増幅は見られず、せん断波速度を 2 倍にしても盛土法肩と自由地表の伝達関数比はそれほど大きく増幅しない。

謝辞 本研究は、四国建設弘済会「平成 18 年度 建設事業に関する技術開発・調査研究」の助成を得て実施したものである。記して謝意を表します。

参考文献 1) 佐伯 嘉隆, 森 伸一郎, 河野 幸一, 神野 邦彦: 常時微動による高速道路盛土の地震動増幅特性, 第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集 CD-ROM, pp. 1785-1786, 2007.7