

道路盛土の地震動増幅特性に及ぼす盛土直下地盤の圧密の影響

盛土, 増幅, FEM

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 国際会員 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、森・佐伯<sup>1)</sup>が示したように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>2)</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盛土直下地盤の圧密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. 解析モデルと解析ケース

図-1 に解析モデルを示す。盛土は、盛土幅 60m、盛土高 9m でのり面勾配が 1:2 である。盛土周辺の軟弱地盤の層厚は 20m である。解析にはプログラム FLUSH を用い、盛土幅の 3 倍である 180m をモデル領域として両側の側方境界にエネルギー伝達境界を、下方に粘性境界を設定する。モデル領域は、盛土堤体、堤体下部、周辺表装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 に解析ケースを示す。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、標柱の「応用 2」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 とポアソン比、減衰定数 h はすべて一定値とし、それぞれ 2.0kN/m<sup>3</sup>, 0.45,

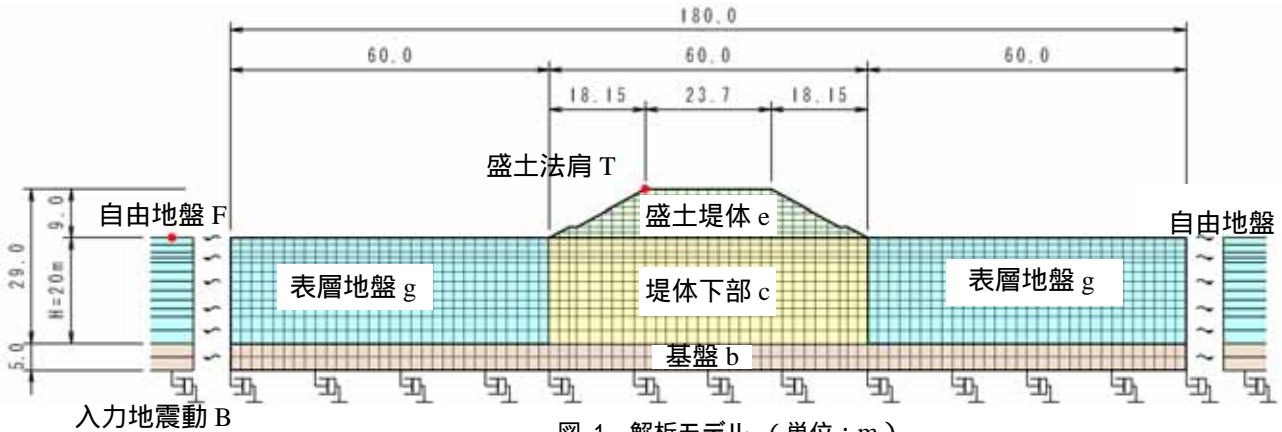


図-1 解析モデル (単位: m)

1.0%である。入力地震動は、中央防災会議が公開している地震動のうち南海地震を想定した工学的基盤面における一つの地震動を用い、基盤層下面 GL-25m の粘性境界を通して入力する。

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<sub>sg</sub>、基盤で V<sub>sb</sub> 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。

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

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 (  $gV_{sg}/ bV_{sb}$  ) に支配される。ここでは、地盤材料の密度を一定 (  $g= b$  ) 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。

$$a = 1/(r+ h/2) \tag{2}$$

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

表-1 解析ケース (単位: m/s)

解析ケース	盛土堤体 V <sub>se</sub>	堤体下部 V <sub>sc</sub>	表層地盤 V <sub>sg</sub>	基盤 V <sub>sb</sub>
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	150	150	300
応用2	300	180	150	300

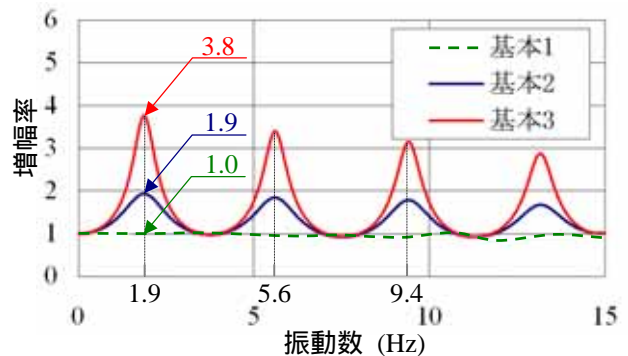


図-2 入力地震動に対する伝達関数(基本: F/B)

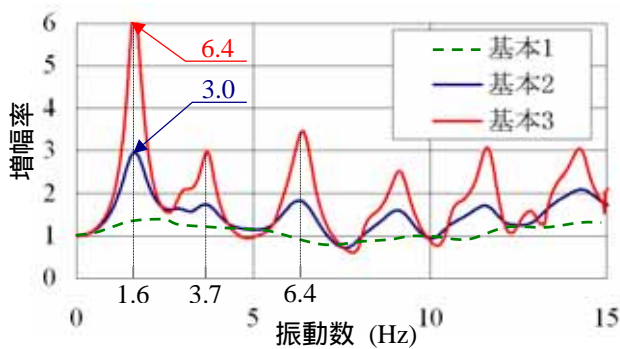


図-3 盛土の増幅特性(基本:T/B)

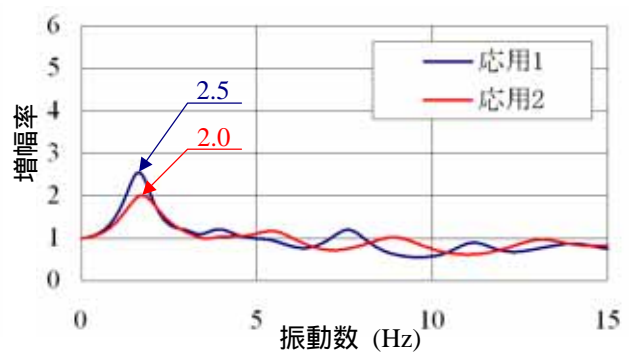


図-4 盛土の増幅特性(応用:T/B)

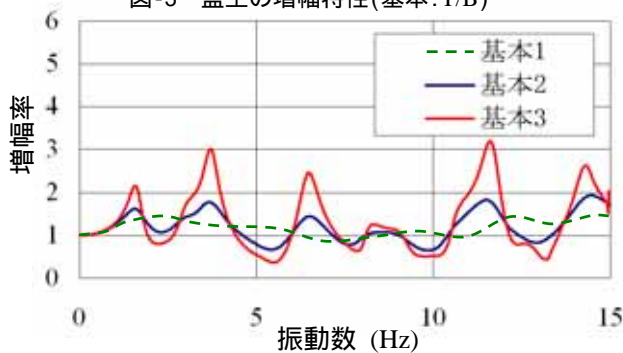


図-5 盛土の相対増幅特性  
(盛土法肩/自由地表 基本:T/F)

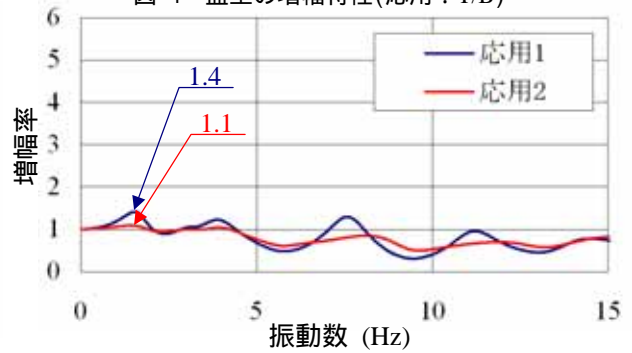


図-6 盛土の相対増幅特性  
(盛土法肩/自由地表 応用:T/F)

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、1次振動数の増幅率は基本1、基本2基本3の各ケースでそれぞれ 1.0, 1.9, 3.8 とな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1、基本2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, 6.4Hz 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影響が現れている。次に、図-4に应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はそれぞれ 2.5, 2.0 であり、基本ケースと比べて堤体直下の地盤の剛性増加を考慮した应用ケースは増幅が小さい。これは森らにより明らかにされた常時微動測定結果と一致している<sup>1)</sup>。また、両者ともに 3Hz より高振動数側では増幅は見られない。さらに、基本2と应用1とを比較すると、盛土堤体の剛性が大きくなるほど盛土の応答は低減される。これらより盛土堤体の剛性評価が盛土の増幅特性評価で重要であることが分かる。

図-5、図-6に基本ケースと应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、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の应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。特に应用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。このことから盛土堤体下部の拘束圧増加や地盤改良などによる剛性増加を適切に評価するのが重要であることが分かる。

#### 4. 結論

道路盛土の地震動増幅特性に及ぼす盛土堤体や盛土直下地盤の剛性増加の影響を、数値解析により検討した。得られた結論は以下の通りである。

- 1) 堤体直下の地盤の剛性増加を考慮した場合は、考慮しない場合と比べて、盛土の増幅特性が低減する。
- 2) 盛土堤体直下の地盤と表層地盤の剛性が一樣である場合、盛土堤体の剛性が大きくなると盛土の増幅率は小さくなる。

謝 辞

本研究は、四国建設公済会の「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) 森 伸一郎, 佐伯 嘉隆: 異なる拘束圧下における土質のせん断波速度, 第42回地盤工学研究発表会発表講演集 CD-ROM, pp. 337-338, 2007.7
- 2) 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