

FEM 解析による傾斜基盤上盛土の振動特性の評価

道路盛土，地震応答，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
 愛媛大学大学院理工学研究科 国際会員 森 伸一郎

1. はじめに

平成 19 年能登半島地震では能登有料道路の道路盛土や斜面が被災した。徳田大津 IC～穴水 IC 間では 11 カ所にわたって路面が大規模崩落した¹⁾。崩壊した箇所は、傾斜基盤上に盛られた谷埋め盛土もしくは腹付け盛土であった。四国的高速道路でも傾斜基盤上の盛土が点在し、来るべき南海地震に備えてその動的挙動を把握することが望まれる。

本研究では、傾斜基盤上の道路盛土の地震時挙動について動的 FEM 解析を行い、基盤斜面の影響が盛土の地震応答に及ぼす基本的特性を明らかにする。

2. FEM によるパラメータ解析

図-1 に解析モデルの概略図を示す。モデル A は水平基盤上に盛土がある場合、モデル B は傾斜基盤を考慮した盛土で表層地盤が傾斜基盤上にある場合、モデル C は盛土の一部が傾斜基盤上にある場合、モデル D は傾斜基盤上に盛土がある場合である。基盤の傾斜は 1:3 とした。盛土と表層地盤のせん断波速度（以下 Vs という）は 300m/s とした。基盤の Vs はモデル A，モデル B，モデル C では 300m/s（砂礫層想定）と 600m/s（軟岩想定）とした。また、モデル D では 1200m/s（硬岩想定）も検討した。解析は線形解析と等価線形解析を行った。単位体積重量は 2.0kN/m³，ポアソ

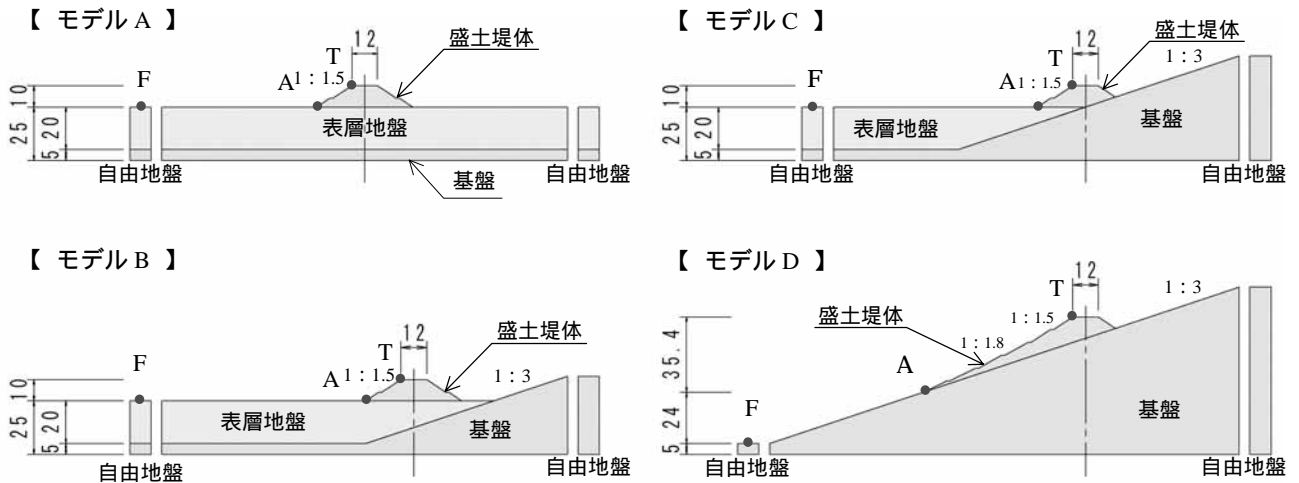


図-1 解析モデルの概略図（単位:m）

表-1 解析ケースと動的 FEM 解析の結果

解析 ケース	入力値 せん断波速度 (m/s)			線形解析結果									等価線形解析結果							
				最大加速度 応答値 (cm/s ²)			最大加速度応答 値の入力地震動 に対する増幅率			自由地盤に対 する最大加速度 応答の増幅率			最大加速度 応答値 (cm/s ²)			最大加速度応答 値の入力地震動 に対する増幅率			自由地盤に対 する最大加速度 応答の増幅率	
	盛土 堤体 Vse	表層 地盤 Vsg	基盤 Vsb	自由 地盤 F	盛土 法尻 A	盛土 法肩 T	自由 地盤 F/B	盛土 法尻 A/B	盛土 法肩 T/B	盛土 法尻 A/F	盛土 法肩 T/F	自由 地盤 F	盛土 法尻 A	盛土 法肩 T	自由 地盤 F/B	盛土 法尻 A/B	盛土 法肩 T/B	盛土 法尻 A/F	盛土 法肩 T/F	
モデルA	A-300a	300	300	300	365	388	454	0.98	1.04	1.22	1.06	1.24	351	376	447	0.94	1.01	1.20	1.07	1.27
	A-300b	300	300	600	509	576	669	1.37	1.55	1.80	1.13	1.31	473	467	612	1.27	1.26	1.65	0.99	1.29
モデルB	B-300a	300	300	300	365	376	441	0.98	1.01	1.19	1.03	1.21	351	361	423	0.94	0.97	1.14	1.03	1.21
	B-300b	300	300	600	509	536	591	1.37	1.44	1.59	1.05	1.16	473	448	485	1.27	1.20	1.30	0.95	1.03
モデルC	C-300a	300	300	300	365	334	414	0.98	0.90	1.11	0.92	1.13	351	316	366	0.94	0.85	0.98	0.90	1.04
	C-300b	300	300	600	509	364	526	1.37	0.98	1.41	0.72	1.03	473	403	628	1.27	1.08	1.69	0.85	1.33
モデルD	D-300a	300	-	300	370	329	481	0.99	0.88	1.29	0.89	1.30	375	314	324	1.01	0.84	0.87	0.84	0.86
	D-300b	300	-	600	370	322	666	0.99	0.87	1.79	0.87	1.80	370	334	812	0.99	0.90	2.18	0.90	2.19
	D-300c	300	-	1200	371	345	825	1.00	0.93	2.22	0.93	2.22	371	347	938	1.00	0.93	2.52	0.94	2.53

入力地震動(B)の最大値 372 (cm/s²)

ン比は 0.45, 減衰定数 1.0% (線形解析) とし, すべて一定値とした. 等価線形解析では, Vs を 300m/s と想定した砂礫層のみ動的変形特性を考慮した. 砂礫層のひずみ依存特性は今津・福武の式を用いた.

地震応答解析に用いる入力地震動は, 中央防災会議が公開している南海地震を想定して計算された地震動のうち, 高知道の工学的基盤面における地震動を利用した. 地震動は粘性境界を介して各モデル底面に入力した.

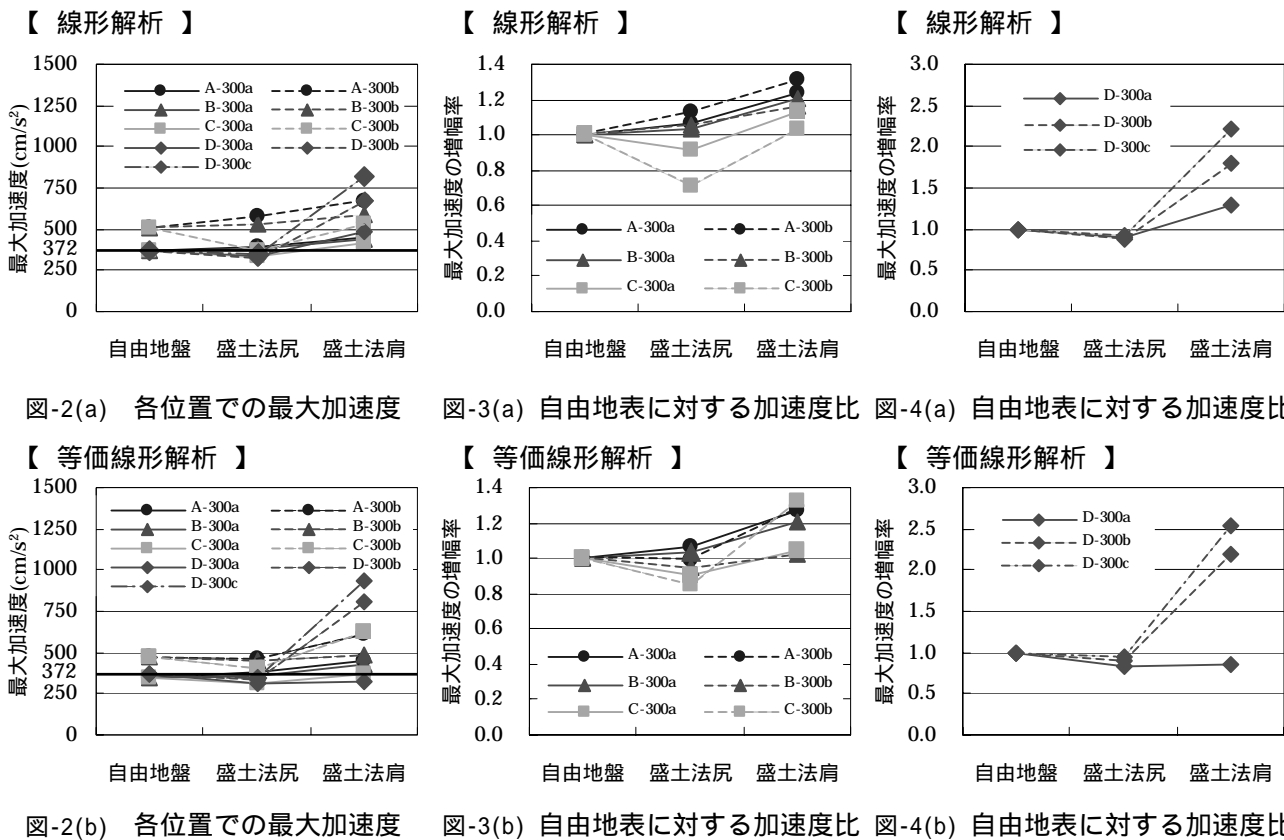


図-2(a) 各位置での最大加速度

図-3(a) 自由地表に対する加速度比

図-4(a) 自由地表に対する加速度比

図-2(b) 各位置での最大加速度

図-3(b) 自由地表に対する加速度比

図-4(b) 自由地表に対する加速度比

3. 解析結果と考察

表-1 に線形解析, 等価線形解析の解析結果として, 自由地盤地表, 盛土法尻および盛土法肩における最大加速度, 入力地震動に対する増幅率, 自由地盤地表に対する盛土法尻と盛土法肩の相対増幅率を示す. 図-2 に(a)線形解析と(b)等価線形解析の各位置での最大加速度を示す. 線形解析の場合, 盛土法肩の最大加速度はすべてのケースで入力地震動に対して増幅するが, 盛土法尻の最大加速度はモデル C とモデル D では, 入力地震動より小さくなっている. 盛土法尻, 盛土法肩ともに表層地盤の Vs が基盤の Vs より小さい場合, すなわちインピーダンス比 ($g_b=V_{sg}/V_{sb}$) が 1 より小さい場合には, $g_b=1$ の場合より増幅率は同程度もしくは大きくなる. 等価線形解析の場合, モデル C-300a とモデル D-300a では盛土法肩の最大加速度は入力地震動に対して 0.98, 0.87 倍であり, 増幅していない. これは盛土にかかる背面の傾斜基盤の振動特性が盛土-表層地盤-基盤系内の動的相互作用に影響を及ぼした結果と考えられる. 一方, モデル C-300b やモデル D-300b, D-300c の場合, 盛土法肩の最大加速度は入力地震動に対して 1.69, 2.18, 2.52 倍であり, 大きく増幅している. 盛土が Vs=600m/s 以上の工学的基盤面に相当する傾斜基盤上に築造された場合, 傾斜基盤の Vs が大きいほど盛土の現実的な応答は大きいことがわかる. 図-3, 図-4 に(a)線形解析と(b)等価線形解析の場合の自由地盤地表に対する各地点の最大加速度比を示す. 実質的な最大加速度に関する盛土内の増幅率と読み取れる. 線形解析と等価線形解析の盛土法肩の増幅率を比較すると, モデル C-300b やモデル D-300b, D-300c では, 自由地盤に対する最大加速度応答の増幅率は等価線形解析の方が大きくなっている. これは盛土の一部もしくは全体が傾斜基盤上にあり, 盛土と傾斜基盤とのインピーダンス比が 0.5 より小さくなるほど盛土の現実的な応答は大きくなることを示唆している.

4. 結論

傾斜基盤上の道路盛土の地震時挙動について動的 FEM 解析により検討し, 盛土の振動特性に影響する要因として, 次の結論を得た.

- (1) 盛土・表層地盤と基盤とのインピーダンス比が小さいほど, 盛土の増幅率は大きくなる.
- (2) 傾斜基盤上の盛土においても基盤の Vs が大きいほど, 盛土の現実的な応答は大きくなる.

参考文献

1) (社)地盤工学会: 2007 年能登半島地震道路災害データ集, 2007.