

## 2次元FEM解析による水平成層地盤上の高速道路盛土の地震動増幅特性

盛土，増幅，軟弱地盤

愛媛建設コンサルタント 正会員 神野 邦彦  
 愛媛建設コンサルタント 正会員 西本 健一  
 愛媛大学工学部 国際会員 森 伸一郎  
 愛媛大学大学院 学生会員 佐伯 嘉隆

### 1. はじめに

性能設計体系の下では道路盛土の耐震安全性を評価するためには，地盤～盛土系のS波速度構造を適切にモデル化して地震時の動的応答を合理的に評価する必要がある。そこで，高知自動車道における軟弱地盤区間の盛土を対象として，盛土堤体内の増幅特性を考慮した地盤～盛土系の数値解析を行い検討した。本検討では，盛土堤体下の地盤剛性を，盛土荷重による拘束圧依存性を考慮した場合と考慮しない場合に評価した解析モデルを用いて，水平成層地盤上の盛土における2次元動的FEM解析結果から盛土の増幅特性について考察する。

### 2. 検討対象地点と解析方法

検討対象地点は，高知自動車道須崎東ICに近い140.450kp地点とした。当該地点は厚さ20mの軟弱地盤上に幅23.7m高さ9mの盛土が築造されている。図-1に2次元FEMモデルを示す。この断面の地盤～盛土系の地震時応答を評価するために，線形解析と等価線形解析を行った。堤体下の地盤物性は，盛土荷重による拘束圧依存性を考慮した場合と考慮しない場合にモデル化して評価した。FEM部分の側方は十分な拡がりをもった水平成層地盤と仮定した。境界条件は，地盤の半無限性を考慮するために，側面はエネルギー伝達境界，底面には粘性境界を設けることとした。盛土と軟弱地盤のせん断剛性と減衰定数は，せん断ひずみに依存した非線形性を考慮した。基盤のせん断剛性と減衰定数は線形とし

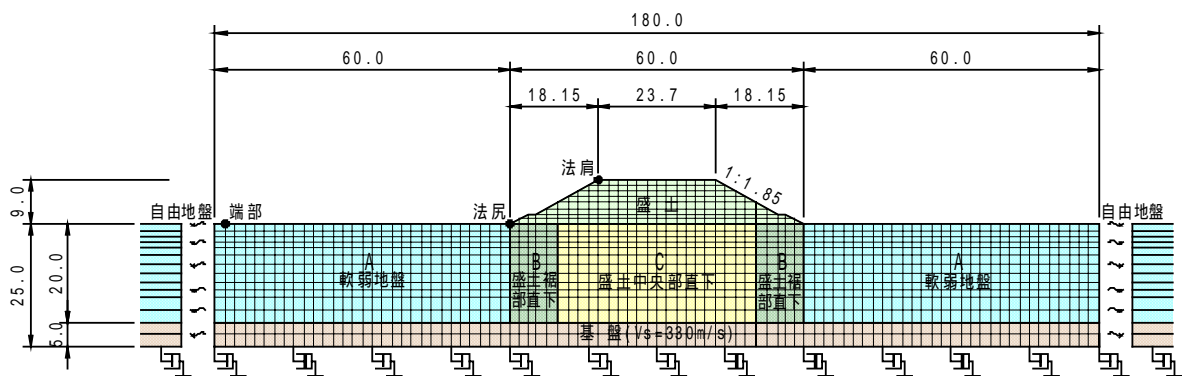


図-1 2次元FEMモデル(盛土荷重による拘束圧依存性を考慮した場合/単位:m)

表-1 解析に用いた地盤物性値

土質名	層厚(m)	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比	軟弱地盤A	せん断波速度Vs(m/s)	袖部直下B	せん断波速度Vs(m/s)	中央部直下C	せん断波速度Vs(m/s)
盛土	9.0	2.1	0.45	-	320	-	-	-	-
シルト混じり砂礫	1.35	1.9	0.45	A-1	202	B-1	293	C-1	365
シルト混じり砂礫	1.35	1.9	0.45	A-2	185	B-2	329	C-2	375
シルト	1.0	1.7	0.45	A-3	167	B-3	333	C-3	357
シルト	1.0	1.7	0.45	A-4	167	B-4	256	C-4	385
粘土	1.725	1.7	0.45	A-5	178	B-5	261	C-5	403
粘土	1.825	1.7	0.45	A-6	199	B-6	250	C-6	403
粘土	1.775	1.7	0.45	A-7	222	B-7	257	C-7	413
粘土	1.775	1.7	0.45	A-8	237	B-8	265	C-8	405
互層	1.55	1.5	0.45	A-9	263	B-9	267	C-9	413
互層	1.55	1.7	0.45	A-10	267	B-10	282	C-10	421
シルト混じり砂礫	2.55	1.9	0.45	A-11	271	B-11	300	C-11	336
シルト混じり砂礫	2.55	1.9	0.45	A-12	283	B-12	304	C-12	341
基盤	5.0	1.9	0.45	-	330	-	-	-	-

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の震度評価の際に計算された工学的基盤の地震動を利用した。地震動の入力基盤面はGL-25mとした。表-1に解析で用いた地盤物性値を示す。地盤物性値はボーリング調査結果やPS検層結果、表面波探査の測定結果を踏まえて設定した。

### 3. 解析結果

表-2に最大応答加速度から見た増幅率を示す。法尻の最大応答加速度はいずれの値も自由地盤の最大加速度より小さい。線形解析では、拘束圧依存を考慮しない場合には、法尻、端部、自由地盤ともに法尻との増幅率は増加する。一方、堤体下の地盤に拘束圧依存を考慮した場合には、法尻に対しては1.13と増加するが、端部、自由地盤に対しては0.92、0.91と減少する。等価線形解析でも同様のことが確認された。常時微動測定により盛土の増幅特性を把握する際には、盛土の法尻付近を基準にした増幅特性を評価すると、誤った判断をするおそれがあることがわかる。盛土荷重による拘束圧依存を考慮した地盤剛性を適切に評価することが盛土の耐震性評価上重要な要素である。

図-2に法尻/法尻、法尻/端部の伝達関数を示す。拘束圧依存を考慮しない場合には、法尻/法尻、法尻/端部ともに1Hz～5Hzの間にピークが見られる。一方、盛土荷重による拘束圧依存を考慮した場合には、法尻/法尻のピークは7Hzより高い周波数領域にシフトして現れるが、法尻/端部の増幅率は高周波数域で一部1.0を上回っているものの、ほとんど増幅していないことがわかる。

表-2 最大応答加速度から見た増幅率

解析種別	線形解析				等価線形解析			
	拘束圧依存を考慮しない場合		拘束圧依存を考慮した場合		拘束圧依存を考慮しない場合		拘束圧依存を考慮した場合	
着目点	最大加速度 (m/s <sup>2</sup> )	法尻との増幅率	最大加速度 (m/s <sup>2</sup> )	法尻との増幅率	最大加速度 (m/s <sup>2</sup> )	法尻との増幅率	最大加速度 (m/s <sup>2</sup> )	法尻との増幅率
法尻	516	-	428	-	463	-	404	-
法尻	426	1.21	380	1.13	384	1.21	358	1.13
端部	490	1.05	467	0.92	442	1.05	446	0.91
自由地盤	469	1.1	469	0.91	442	1.05	442	0.91

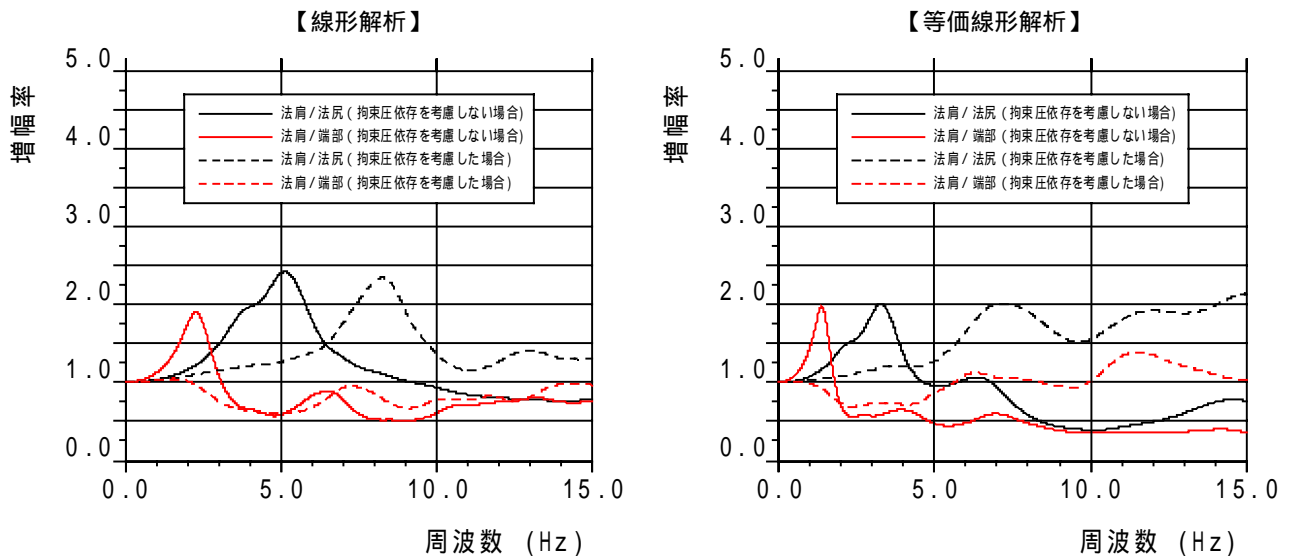


図-2 法尻/法尻，法尻/端部の伝達関数

### 4. 結論

盛土堤体下の地盤剛性を、盛土荷重による拘束圧依存を考慮した場合と考慮しない場合に評価した解析モデルを用いて、水平成層地盤上の盛土の増幅特性を検討した結果、以下のことがわかった。

- (1) 法尻の最大応答加速度はいずれの値も自由地盤の最大加速度より小さい。(2) 線形解析，等価線形解析ともに，拘束圧依存を考慮しない場合の盛土法尻の応答は，自由地盤の応答値より増幅するが，堤体下の地盤に拘束圧依存を考慮した場合には，自由地盤よりも小さくなる。(3)法尻/法尻および法尻/端部の伝達関数から，盛土法尻は，法尻に対しては増幅するが，端部に対しては増幅する場合と減少する場合の振動領域がある。

### 謝 辞

本研究は、地盤工学会四国支部内に設けられた「NEXCO 西日本四国支社 耐震性評価手法検討委員会」(委員長 愛媛大学 矢田部龍一教授)の研究の一環として実施したものです。実施にあたっては、NEXCO 西日本四国支社の関係者の皆様に大変お世話になりました。記して謝意を表します。