

III - A139

格子状深層混合処理工法の液状化対策効果に関する数値解析

建設省土木研究所 正会員 松尾 修

1. まえがき

砂質土地盤に深層混合処理工法を格子状に施工し、格子内部の未改良砂質土に生じる地震時せん断応力を低減させることにより液状化の発生を抑制し、構造物の被害を抑止する工法がある<sup>1)</sup>。既往の模型実験<sup>2,3)</sup>によれば間隙水圧抑制効果は（格子内幅）/（液状化層厚）に依存するとされている。しかしながら、この整理に従えば、液状化層厚が小さいほど格子内幅を小さくする、すなわち密に施工する必要があるということになるが、再検討の必要があると思われる。ここでは、強震記録が得られた実施工現場を対象に、2次元等価線形解析により対策効果を調べた事例を報告する。

2. 検討対象<sup>4)</sup>

ここで検討対象とするのは、信濃川本川下流部左岸本堤の直下地盤を改良された地点である。強震観測のために地中加速度計と間隙水圧計が設置されており、1995年4月1日の新潟県北部地震において記録が得られ、改良地盤の外の未改良地盤では過剰間隙水圧の蓄積が見られたのに対し、格子内の未改良地盤では過剰間隙水圧の蓄積が見られなかったこと、改良部の地震動増幅は未改良部に比べて小さいこと、が報告されている。改良深度は14.4m、堤防横断方向の改良部幅が11.4m、その中に内寸3mの格子が2列配置されている。

3. 解析内容・条件

以下の3ケースを対象とした：  
 (Case A) 対策なし、(Case B) 対策あり（正方形格子内寸3m；上記2. のとおり）、(Case C) 対策あり（格子内寸を7.8mに仮想的に拡大）。これらについて、2次元等価線形有限要素解析（使用プログラム：FLUSH）を実施した。一例として、Case Bの有限要素モデルを図-1に示す。同図で、網掛けの部分(⑧)が堤防方向（面外方向）の改良壁である。また、それら改良壁に挟まれた部分(⑨～⑭)は同一の有限要素分割がなされた二重要素となっており、未改良地盤と堤防直交方向（面内方向）改良壁をそれぞれモデル化している。二重要素は左右の辺においてのみ連結（節点を共有）されている。すなわち、このモデル化においては、面内・面外壁および格子内部の未改良土のいずれも平面ひずみ変形を仮定しており、面内壁と未改良土の間の摩擦を無視していることになる。二重要素の物性（単位体積質量及びせん断剛性）については、堤防方向の占有幅比に応じて低減させた。物性を表-1に示す。モデルの左右境界には伝達境界を、底面には粘性境界をそれぞれ設定し、底面に地震時に観測された堤防直交方向水平加速度記録（図-2）を入力した。

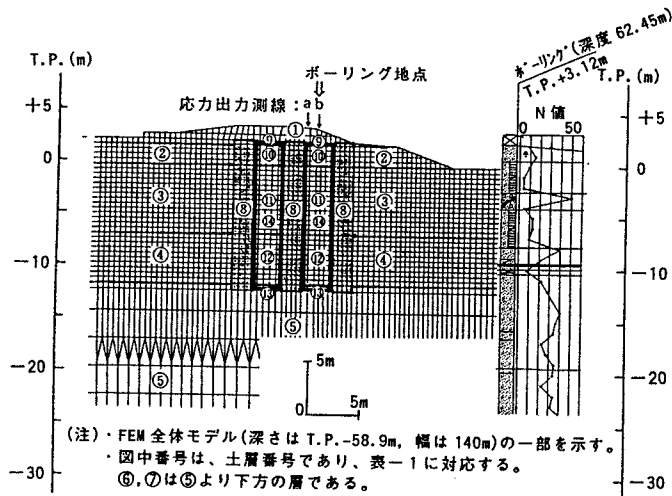


図-1 解析モデル（Case Bの例）

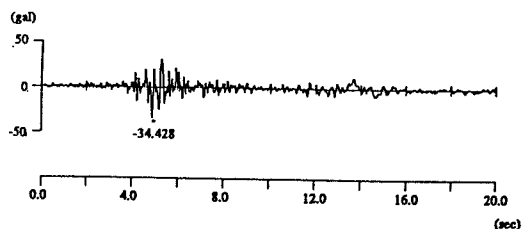


図-2 入力地震動（GL-62.0m NS成分）

キーワード：液状化、対策工、深層混合処理工法、盛土

連絡先：〒305-0804 つくば市旭1番地、Tel.0298-64-2933 Fax.0298-64-2576

4. 解析結果

図-1 に示した位置における格子内部の未改良土の地震時最大せん断応力  $\tau_{max}$  の深度分布を図-3 に示す。ここで、 $\tau_{max}$  は次式で定義される応力の時刻歴中の最大値である。

$$\tau_{max} = \{ \tau_{xy}^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2 / 4 \}^{1/2}$$

$\tau_{xy}$  でなく  $\tau_{max}$  をとった理由は、面外格子壁の変形拘束効果により水平直応力  $\sigma_x$  の変動により生じるせん断応力も無視できないためである。同図より、①格子内部の未改良土に発生する地震時せん断応力は、無対策の場合に比べて低減されていること、②その低減効果は格子内寸が小さいほど顕著であること、および③改良深度上下に比べて中間部での低減効果が著しいこと、等が見出される。③については、改良体下方の地盤あるいは上部の盛土のせん断応力がそのまま伝達されるために上下端近くのせん断応力低減効果は小さいのに対し、中間深さではせん断変形抑制効果が卓越するために低減効果が著しく顕れたものと理解される。

図-4 に、面内改良壁に生じる  $\tau_{max}$  の深度分布を示す。これより、①格子内寸が大きいほど  $\tau_{max}$  は大きいこと、②面内改良壁に生じる  $\tau_{max}$  は格子内未改良壁のそれ（図-3 参照）に比べてはるかに大きいこと、がわかる。①については、概ね格子内寸に比例して大きくなっているが、これは面内改良壁に生じるせん断応力は、せん断変形を抑制すべき未改良土の体積に依存すること、②については、面内改良壁と未改良土のせん断剛性と占有幅の比率による、と理解される。なお、Case C 測線 b の中央深度で応力の集中が生じているが、これは改良壁の上下端を自由端としておりせん断応力がゼロとなるためと考えられる。

以上のことから、格子状改良の内寸法の最適設定にあたっては、格子内未改良土のせん断応力低減効果と、改良壁に生じるせん断応力の両者を考慮すべきであることがわかる。

表-1 解析パラメータ

土層番号	土質	FEMモデル	$\rho$ (9.81kN/m <sup>3</sup> ) (t/m <sup>3</sup> )	$V_s$ (m/sec)	$h$ (%)	$C_u$ (9.81kPa) (t/m <sup>2</sup> )	$\nu$	動的変形 曲線
①	盛土	—	1.8	100	5	1830	0.45	岩崎・龍岡 (1977)による
②	砂質土	—	1.8	80	5	1170	0.45	
③	砂質土と粘性土の互層	—	1.8	110	5	2220	0.45	
④	砂質土	—	1.8	150	5	4130	0.45	岩崎・龍岡 (1977)による
⑤	砂質土	—	1.8	200	5	7340	0.45	
⑥	砂質土	—	1.9	240	5	11190	0.45	
⑦	盛土	—	1.9	290	5	16300	0.45	線形
⑧	改良体	—	1.8	800	5	117550	0.45	
⑨	盛土	二重要素形	1.15	90	5	1170	0.45	岩崎・龍岡 (1977)による
⑩	砂質土	二重要素形	1.15	84	5	749	0.45	
⑪	砂質土と粘性土の互層	二重要素形	1.15	88	5	1420	0.45	線形
⑫	砂質土	二重要素形	1.15	120	5	2640	0.45	
⑬	砂質土	二重要素形	1.15	160	5	4700	0.45	
⑭	改良体	二重要素形	0.65	480	5	42320	0.45	

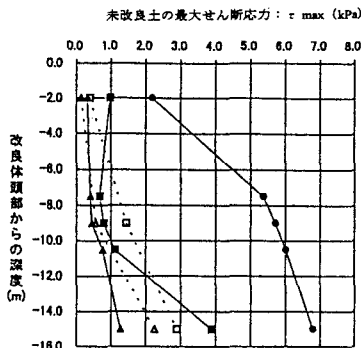


図-3 未改良土の地震時最大せん断応力  $\tau_{max}$  の深度分布

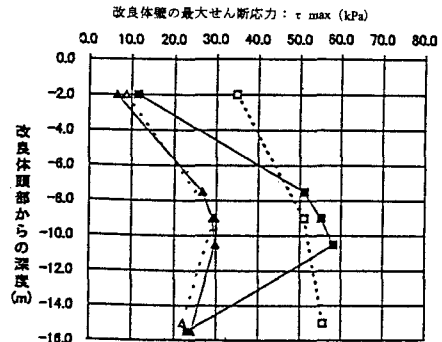


図-4 面内方向改良壁の地震時最大せん断応力  $\tau_{max}$  の深度分布

5. まとめ

格子状改良により未改良土に生じる地震時せん断応力が低減されること、格子内寸が大きくなるとその低減効果は小さくなり、改良壁に生じるせん断応力が大きくなること、がわかった。なお、液状化抑止効果が（格子内幅）/（液状化層厚）にほぼ一意的に依存するかどうかについては今後の課題である。

最後に、計算実行に御尽力いただいた応用地質(株)山本明夫・稲垣賢亮両氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) たとえば、建設省土木研究所他：耐震地盤改良工法に関する共同研究報告書（その6）、共同研究報告書第68号、1992。
- 2) 古賀泰之他：深層混合処理工法による砂地盤の液状化対策に関する模型振動実験（その2）、第23回土質工学研究発表会、pp.1019-1020、1987。
- 3) 奥村良他：格子状改良地盤の液状化抑制効果に関する遠心模型振動実験、第33回地盤工学研究発表会、pp.845-846、1998。
- 4) 西本晴男他：深層混合処理工法により改良した信濃川堤防基礎地盤の地震動記録、第13回土木学会新潟会研究調査発表会論文集、pp.255-259、1995。