セメント系改良による改良形式が液状化抑制効果に与える液状化層厚の影響

ケミカルグラウト(株)	正会員	○荒木	一弘	同	川村	淳
中央大学研究開発機構	正会員	石井	武司			
中央大学理工学部	正会員	齋藤	邦夫			

1. はじめに

セメント系改良による砂地盤の液状化抑制効果は、改良形式に大きく影響を受けることが知られている¹⁾. 筆者 は、既報²⁾において、既往の実験結果の整理および実地盤を対象とした数値解析から、改良体の曲げ剛性 EI を指標 とすることで改良形式に応じた液状化抑制効果を評価できる可能性を示した.しかし,EIと液状化抑制効果の関係 は、改良地盤の形状寸法に依存するものと考えられる. そこで、本報では、液状化層厚がこれらの関係にどのよう な影響を与えるのかについて数値解析的に検討した.

2. 検討方法

検討に用いた数値解析ツールは、Misko, Ishihara によって提案された砂の液状化挙動が再現可能な弾塑性モデル 「Stress-Density Model (S-D モデル)」^{3),4)}を組み込んだ2次元有効応力解析プログラム「DIANA-J2」である.

図1に地盤条件を示す.神戸ポートアイランドの鉛直アレー観測地点を参考としたもので、地盤の構成は地表よ り,まさ土による埋土(B),沖積粘性土(Ac),沖積砂礫層(Ag),地下水位はGL-3mである.地下水位以深の埋土を液 状化層とし、その層厚Hが4.5m、9m、12m、15m、21mの場合について検討を行った.

3. 解析モデルと解析条件

図 2 に解析モデルを示す. 埋土は S-D モデルでモデル化し, Misko ら⁵⁾を参考にパラメータを設定した. その他 の層は線形モデルでモデル化し、等価線形解析で収束したせん断剛性を与えた.改良対象範囲は、幅 24m, Ac 層下 端までである.改良率は 50%,地盤の奥行き幅は 6m と設定した.改良体は,既報²同様,図3に示すような考え 方で、3m 間隔の9 本の曲げせん断変形を考慮できる線形梁要素に置き換えてモデル化した.改良形式の違いは、 梁要素の断面2次モーメントIを変えることで表現される.改良体の入力パラメータを表1に示す.ヤング係数E は、一軸圧縮強度 quを 3MPa として E50=200quで推定した.境界条件は底面を固定、側方は左右境界上の節点を等 変位とした.入力地震動は兵庫県南部地震において同地点で観測された GL-32m の NS 成分を最大 150gal に調整し たものとした.波形を図4に示す.解析時間は20sec,解析時間間隔は0.002秒とした.



図4入力地震動(1995年兵庫県南部地震)

ンバス物	改良体	梁要素1	改良体全体	
		改良体断面積 断面2次モーメント		断面2次モーメント
	本数 n	A/n (m ²)	l∕n (m⁴)	I (m ⁴)
600	9	8	1, 10,	9, 90,
		(改良率50%)	100, 1000	900, 9000

4. 解析結果と考察

図5に未改良地盤の液状化層上部,中央部,下部におけるt=20sec の過剰間隙水圧比△U/σ_{v0}'を示す. △U/σ_{v0}'は深度により差がある ものの, 概ね 0.6 以上で,地盤の剛性が大きく低下しているもの と推定できる. 液状化層厚 H が 15m 以上になると,中央部の △U/σ_{v0}'は 0.95 以上を示し,液状化に至っていると判断できる. なお,いずれの層厚においても, △U/σ_{v0}'は主要動がおさまる t=12sec 付近でピークに達し, 20sec までほぼ横ばいである.

図6に液状化層中央部における改良地盤の過剰間隙水圧 (Uを 未改良地盤のそれで正規化した (Ui/ Uo と改良体の曲げ剛性 EI の関係を示す. 図中に示すように,改良率約50%の改良形式の EI は,杭,壁状,格子状形式の順で大きい.改良体の EI が同じ場合, 液状化層が厚いほど、 (Ui/ (Uo) は高いことが分かる.また,いず れのHにおいても,改良体の EI が増加するにつれ, (Ui/ Uo) は 低くなり,次第に収束することが分かる.これは EI がある値以上 になると,改良体に曲げの変形モードが現われ難くなるためと考 えられる.さらに,Hが低下すると,この収束し始める EI も小さ くなる傾向が見られる.これも,改良体の EI が同じ場合,層厚が 薄いほど曲げの変形モードが現われ難くなるためと考えられる.

次に, 改良体の EI を通常曲げ変形が生じない構造とされるコー ベル (梁のスパン *l* と高さ h の比 *l*/h が 1 以下の片持ち梁)の曲げ 剛性(EI)_cで正規化した EI/(EI)_c と Δ U_i/ Δ U₀の関係を図 7 に示す. ここで,(EI)_cは *l*/h=1, *l* を液状化層下端までの深度として算出し た。いずれの H においても,EI/(EI)_cが 1 以上の範囲で Δ U_i/ Δ U₀ は概ね一定値を示している.EI/(EI)_cが 1 より低くなるあたりから, Δ U_i/ Δ U₀は上昇し始めることが分かる.このことより,Hによら ず,改良体に曲げの変形モードが発生するか否かが,液状化抑制 効果を評価する 1 つの基準になりうることが分かる.

5. まとめ

以上をまとめると図8にようになる. すなわち,正規化した改 良体の曲げ剛性 EI/(EI)。が増加すると,液状化抑制効果は高くな るが,同値が1以上の範囲でほぼ上限に達する. その上限値は液 状化層厚が厚いほど高い. 今後,発表当日までには東北地方太平 洋沖地震で記録されたような継続時間が長い海洋型の地震動を入 力したケースについても検討しておきたい.

謝辞 本研究に際し、中央大学研究開発機構石原研而教授に貴重 なご意見を頂きました.ここに記して感謝の意を表します.

参考文献 1) 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,土木学会第41回年次学術講演会,1986.2) 荒木一弘:セメント系 改良による改良形式および改良体の曲げ剛性が液状化抑制効果に与える影響,

2011 年度日本建築学会学術講演会, 2011.8 (投稿中).3) Misko Cubrinovski and Kenji Ishihara: Modelling of sand behaviour based on state concept, soils and foundations, Vol.38, No.3, 115-127, 1998. 4) Misko Cubrinovski and Kenji Ishihara: State concept and elastoplasticity for sand modelling, soils and foundations, Vol.38, No.4, 213-225, 1998. 5) Misko Cubrinovski, Kenji Ishihara, Kenro Furukawazono: Analysis of two case histories on liquefaction of reclaimed deposits, 12th world conference on earthquake engineering, 2000.



