斜め壁を有する格子状地盤改良の沈下抑制効果

竹中土木　正会員　○椎葉　偉久
竹中土木　正会員　津國　正一，今井　政之
竹中工務店　正会員　金田　一広

１．目的

格子状地盤改良において，コスト低減を図るため格子間隔を広げることが検討されている．しかし，格子間隔を広げると沈下が発生することが懸念される．現在，既設コンテナヤード荷さばき地の液状化対策として，コンテナを撤去せずに格子状地盤改良工法を適用する液状化対策が望まれている．既存コンテナを避けた状況で格子を配置すると格子間隔が広くなり対策効果が低下する．筆者らは，従来の格子状改良体の内側に斜め改良壁を組み合わせることで，対策効果を高める方法を考案した．南海トラフ地震を想定した地震波を入力地震動として用いた遠心模型振動実験を実施し，斜め壁を有する格子状改良体の効果を検討した．なお，鉛直格子のみの剛性を高めたり壁厚を大きくしたりすることも考えられるが，既設構造物の液状化対策である為に格子間隔が広くなることで，鉛直格子のみの改良では限界があると考えられたため，今回は斜め壁併用格子状地盤改良を取り上げた．本報告では，コストダウンの為に鉛直格子を液状化層に浮かせた時のコンテナ直下の沈下量について検討した．

２．実験条件

遠心模型振動実験は幅 1000mm，奥行 530mm，高さ 400mm のせん断土槽を用いて 60G 場で実施した．土槽は実大寸法で幅 60m×奥行き 31.8m×高さ 24m に相当(以降，全て実大寸法で表示)する．コンテナ (幅 2.4m，奥行 12.2m を水平方向に 6 列，高さ方向に 4 段積上げ (接地圧 42.89(kPa))) をモデル化した模型を製作した．実験では 1 つのコンテナ模型で水平方向 2 列をモデル化し，3 つのコンテナ模型でコンテナを水平方向に 6 列設置した状態をモデル化した(コンテナ模型間の間隔は 0.3m)．コンテナ部の加振方向幅は 15.0m，加振直交方向幅は 12.2m である．土槽寸法の制約からコンテナ模型の高さは 1.2m とした．**表-1** に実施した実験ケースを，**図-1** に計測機配置の平面図と断面図を示す．Case1 には，格子状地盤改良体の中心間隔 L=25m の格子 A と格子 B の 2 種類を配置した．格子 A の格子内には，逆四角錐状で先端に開口部を有する斜め改良壁を GL-1.5m～GL-10.0m（斜め長 L=12.0m）の深度で配置した．このケースは鉛直格子と斜め壁は接続しない状態であり，接続が不完全な場合を想定したものである．格子 B の格子内にも同じく，更に短い斜め改良壁を GL-1.5m～GL-7.5m（斜め長 L=9.5m）の深度で配置した．Case2 は，格子状地盤改良体の中心間隔 L=25m で格子自体を液状化層に浮かせ，液状化層上端から 13.5m の位置まで改良した格子 C と格子 D の 2 種類を配置した．格子内にも同じく，格子 A と同様の斜め改良壁（斜め長 L=12.0m）を配置した．格子 D の格子内にも同じく，格子 B と同様の短い斜め改良壁（斜め長 L=9.5m）を配置した．なおすべての実験ケースにおいて，地下水位は地表面に設定し，地表面から GL-1.5m を砕石層とすることで，地表面からの非液状化層の厚さ 1.5m を確保している．GL-1.5m～GL-21.5m の厚さ 20m を液状化層とし，相対密度 Dr=70%の豊浦砂で模型地盤を作製した．GL-21.5m～GL-23.0m は砕石で支持層を作製した．最大加速度は，Case1 が 168Gal，2 が 233Gal である．

表-1　実験ケース

ケース	格子間隔(L)	斜め改良体	逆四角錐	相対密度	最大加速度
Case1	L=25m(GL-1.5m～21.5m)	格子 A　改良長=12.0m(GL-1.5m～-10.0m)	先端開口（上部固定無）	Dr=70%（豊浦砂）	168Gal
		格子 B　改良長=8.5m(GL-1.5m～-7.5m)	先端開口		
Case2	L=25m(GL-1.5m～15.0m)	格子 C　改良長=12.0m(GL-1.5m～-10.0m)	先端開口（上部固定無）		233Gal
		格子 D　改良長=8.5m(GL-1.5m～-7.5m)	先端開口		

キーワード　液状化，格子状地盤改良，過剰間隙水圧比，
連絡先　〒136-8570　東京都江東区新砂 1-1-1　株式会社　竹中土木　技術・生産本部　ＴＥＬ03-6810-6215

© Japan Society of Civil Engineers

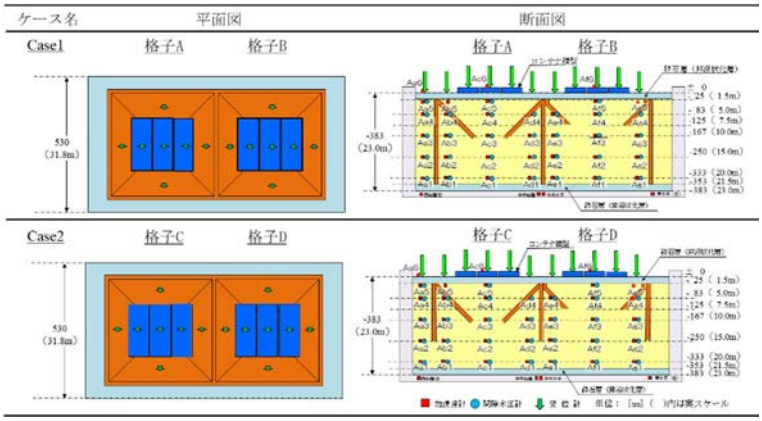

図-1　計測機配置の平面図と断面図

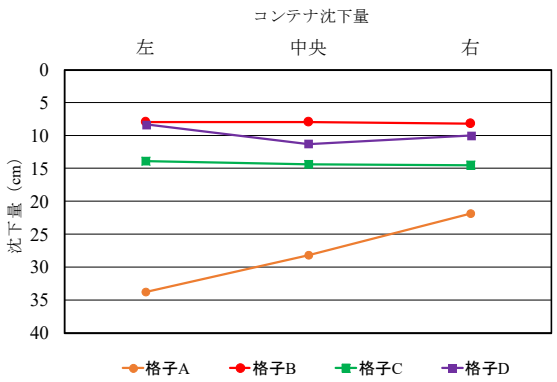

図-2　コンテナ沈下量

3．コンテナ沈下に関する結果

図-2 に加振 3 回目の各ケースにおけるコンテナ沈下量を，それぞれコンテナ左側，中央部，右側で示す．Case1 の格子 A では，左側コンテナで最大沈下量 33.7cm，中央部コンテナが 28.0cm，右側で 21.9cm である．格子 B は鉛直格子と斜め壁が接続していないため，斜め壁自体が沈下することによって沈下量が大きくなっている．　格子 B のコンテナ最大沈下量は右側コンテナで 8.1cm に収まっており，左側コンテナで 7.9cm，中央部で 7.9cm である．格子自体を液状化層に浮かせた Case2 では，格子 C で右側コンテナが最大沈下量 14.5cm，左コンテナで 13.9cm，中央部で 14.3cm である．格子 D では，中央部コンテナが最大沈下量 11.2cm，左コンテナで 8.3cm，右側で 10.0cm である．鉛直格子を液状化層に浮かせた Case2（格子 C，D）は，Case1（格子 A，B）と比べてコンテナ沈下量は極端に大きくはない．これはコンテナ沈下に関して表層の液状化の影響が大きいと考えられ，表層を改良することで効果が得られていると考えられる．鉛直格子を浮かせても，沈下量を 15.0cm 以下に抑える効果を確認できたことから，鉛直格子を浮かせてもコンテナ沈下の抑制効果があることが確認できた．特に，鉛直格子と斜め壁が剛に接続している場合は沈下抑止効果が高いことが確認できた．

4．過剰間隙水圧比に関する結果

図-3 に各ケースの格子中央部における過剰間隙水圧比の加振 3 回目の最大値の深度分布を示す．ここで過剰間隙水圧比は，計測によって得られた過剰間隙水圧を有効上載圧で除したものであり，中央部はコンテナの荷重を考慮している．格子 A においては，斜め壁が存在する GL-1.5m ~15.0m の中央部では過剰間隙水圧比の最大値は 0.2～0.6 となった．また GL-15.0m 以深では，過剰間隙水圧比が 0.9 程度まで上昇した．格子 B においては，斜め壁が存在する GL-1.5m~5.0m の中央部では過剰間隙水圧比の最大値は 0.2～0.45 となった．また GL-10.0m 以深では，過剰間隙水圧比が 0.8 程度まで上昇している．格子 C においては，斜め壁が存在する GL-1.5m ~10.0m の中央部では過剰間隙水圧比の最大値は 0.2～0.9 となった．また GL-10.0m では過剰間隙水圧比が 0.9 まで上昇した．格子 D においては，斜め壁が存在する GL-1.5m~GL-5.0m の中央部で過剰間隙水圧比の最大値は 0.4～0.5 となった．コンテナ直下において，斜め壁が存在する深度では過剰間隙水圧が上昇していないことから液状化発生を抑止できたことが分かる．

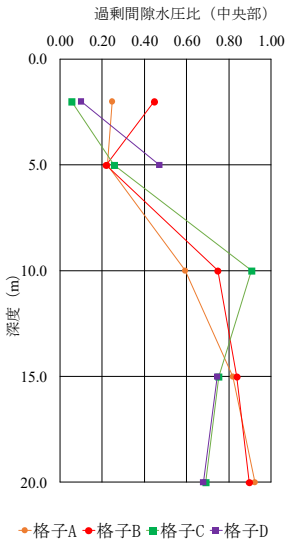

図-3　過剰間隙水圧比

5．まとめ

既存構造物の液状化対策工法として，従来の格子状地盤改良工法に斜め壁を併用した対策工法について遠心模型実験を実施し，その効果を検証した．特に，鉛直格子を液状化層に浮かせかつ斜め壁と剛に接続している場合コンテナ直下の沈下量を，11cm 程度に抑えられることが分かった．

参考文献

1）椎葉偉久他：斜め壁を併用した格子状地盤改良工法の遠心実験，第 14 回地盤改良シンポジウム，2019

© Japan Society of Civil Engineers