

格子状地盤改良に補助改良を併用したコンテナヤード荷さばき地の液状化対策

竹中土木 正会員 ○津國 正一
竹中工務店 正会員 金田 一広

1. はじめに

既設コンテナヤード荷さばきエリアの液状化対策に、コンテナを撤去しない条件で格子状地盤改良工法を適用する方法について検討した。このような条件下では格子間隔が広くなり対策効果が低下する。そのため格子壁とコンテナ間に補助の改良体を用いて対策効果を高める必要がある。南海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、補助改良体の効果を検討した。液状化対策効果はコンテナ沈下量で評価した。

2. 実験条件

遠心模型振動実験はせん断土槽を用い 60G 場で実施した。土槽の実大寸法は幅 60m×奥行き 31.8m×高さ 24m に相当(以降、全て実大寸法で表示)。コンテナ模型の接地圧 42.89(kPa)。表-1 に示す 3 ケースの実験を実施した¹⁾。図-1 に Case-3 の計測器配置図を示す。格子中心間隔 $L=25\text{m}$ の格子 C と格子 D がある。格子 C には、GL-1.5m~GL-4.0m(補助改良体高さ $H=2.5\text{m}$) に平面視で格子壁から 0.3m 離れた位置からコンテナ端部まで補助改良体(一軸圧縮強度 $q_u=986\text{ kPa}$)を併用した。格子 D の $H=5.0\text{m}$ (GL-1.5m~GL-6.5m)。Case-1 は無対策。Case-2 にも $L=25\text{m}$ の格子 A と格子 B がある。格子 A に補助改良体はない。格子 B には、格子 D と同じ $H=5.0\text{m}$ の補助改良体がある。しかし、 $q_u=138\text{ (kPa)}$ は、格子 C・D に比べて強度が低い。地下水位は地表面に設定した。地表面~GL-1.5m を碎石層とすることで、地表面からの非液状化層厚さ 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成した。GL-21.5m~GL-23.0m は碎石で支持層を作成した。格子状地盤改良模型は幅 0.9m のガラスエポキシ製である。図-2 に Case-1 の振動台で計測した水平応答加速度時刻歴を示す。最大加速度は 533Gal。

3. 実験結果に対する考察

(1) コンテナ沈下量に対する考察

表-1 にはコンテナ平均沈下量と地盤沈下量も示している。地盤沈下量はコンテナ近傍地表面(格子 D では Point-B)で計測した値である。無対策のコンテナと地表面沈下の時刻歴を図-3 に示す。入力地震動の主要動が始まる 40 秒付近から、めり込み沈下量が大きくなるのが分かる。補助改良体を用いない格子 A でも、コンテナ平均沈下量 0.396m

表-1 実験条件と沈下量

ケース名	格子間隔 (L)	補助改良体 (高さ H)	補助改良体の q_u	コンテナ平均沈下量	地盤沈下量
Case-1	—	—	—	0.641 m	0.286 m
Case-2	$L = 25\text{ m}$ (GL-1.5m~GL-21.5m)	格子A:なし	138 (kN/m ²)	0.396 m	0.229 m
		格子B: $H = 5.0\text{ m}$		0.252 m	0.136 m
Case-3	$L = 25\text{ m}$ (GL-1.5m~GL-21.5m)	格子C: $H = 2.5\text{m}$	986 (kN/m ²)	0.255 m	0.201 m
		格子D: $H = 5.0\text{ m}$		0.178 m	0.135 m

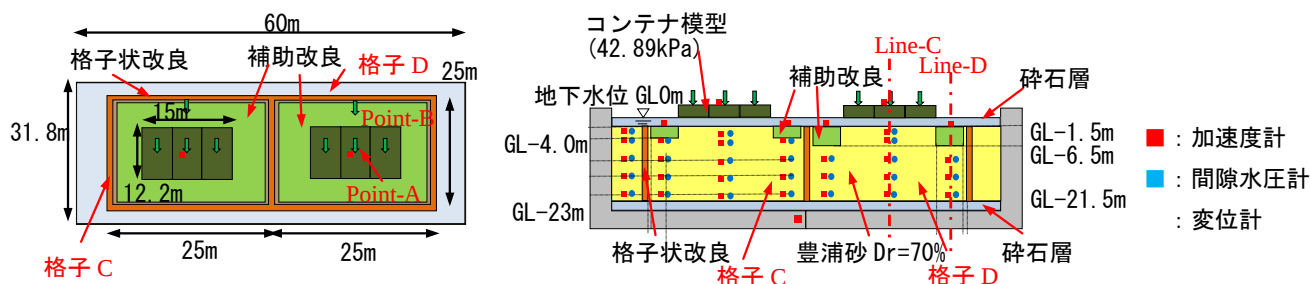


図-1 Case-3 の平面図(左)と断面図(右)

キーワード：液状化，格子状地盤改良，遠心模型実験，沈下

連絡先：〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 株式会社竹中土木 Tel:03-6810-6307

と無対策の 62 %に低減する効果がある。これは格子壁によって格子内地盤のせん断変形を抑制する効果によるものと考えられる。H=5.0m の補助改良体を用いた格子 B のコンテナ平均沈下量 0.252m は、無対策の 39 %であった。図-4 に格子 D のコンテナと地表面沈下量の時刻歴を示す。同じ H=5.0m で補助改良体の強度が大きい格子 D のコンテナ平均沈下量 0.178m と無対策の 28 %まで低減する効果があった。補助改良体の高さが同じであれば、強度の高い方がコンテナの沈下抑制効果が高くなる傾向が得られた。格子 D と補助改良体の強度は同じで、H=2.5m と低い格子 C のコンテナ平均沈下量は 0.255m であった。無対策の 40 %に低減できており、コンテナ沈下量を抑制する効果があった。補助改良体を用いると、格子壁に沿った地盤の鉛直方向の変形を抑止する効果が得られるためと考えられる。

(2) 水平応答加速度に対する考察

図-5 に無対策、格子 A と格子 D (Line-C) のコンテナ中央下の地盤で得られた水平応答加速度最大値の深度分布を示す。GL-2m~GL-10m での応答が小さくなっており、GL-10m 以深の地盤で液状化が発生しているものと考えられる。

(3) 過剰間隙水圧に対する考察

図-6 に無対策、格子 A と格子 D (Line-C) のコンテナ下の地盤で得られた過剰間隙水圧比最大値の深度分布を示す。無対策、補助改良体の有無で過剰間隙水圧比最大値の深度分布に殆ど差はなかった。また、GL-10m 以深では過剰間隙水圧比最大値が 0.8 以上に上昇しており、いずれのケースも液状化が発生していたと考えられる。図-7 に格子壁際(格子 D は Line-D) GL-10m 地点での過剰間隙水圧比時刻歴を示す。格子 A と H=5.0m の格子 D を比較した場合、過剰間隙水圧比の最大値に大きな差はないが、最大値に到達するまでの過剰間隙水圧上昇は、補助改良体を用いている方が緩やかである。補助改良体の部分は非液状化層となるので、格子壁際に補助改良体を含めた液状化発生が抑制される領域ができる。コンテナ下の地盤で液状化が発生するとコンテナの沈下のため、その下の地盤は格子壁側に押し出される地盤変位が発生する。この動きが格子壁際では鉛直方向に地盤を変位させる。しかし、補助改良体を含めた液状化発生が抑制された領域が、この鉛直方向の地盤変位を抑制することでコンテナ沈下量を抑制している。

4. まとめ

補助改良体を用いると、補助改良体を含めた液状化発生が抑制される領域によって、格子内地盤で液状化が発生してもコンテナ沈下に伴う地盤変位を抑制できるので、コンテナ沈下量とめり込み沈下量を抑制する効果を高めることができる。この効果は補助改良体の改良深度が深いほど高く、また、補助改良体の強度が高いほど高くなる。

参考文献：1)津國正一、金田一広(2018)：格子状地盤改良に補助改良を併用した液状化対策、第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中)。

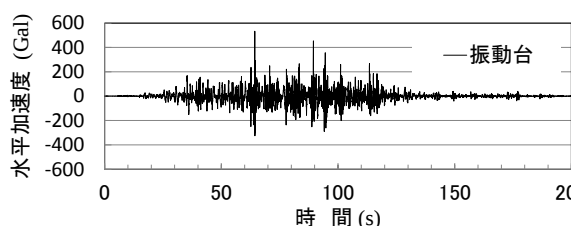


図-2 振動台の水平加速度時刻歴 (Case-1)

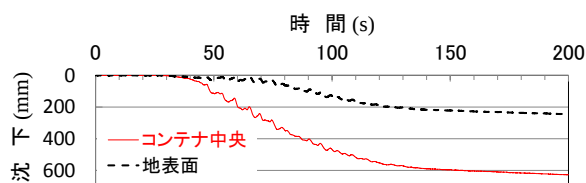


図-3 コンテナと地表面の沈下時刻歴 (無対策)

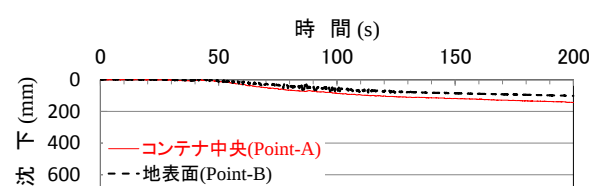


図-4 コンテナと地表面の沈下時刻歴
格子 D (Case-3)

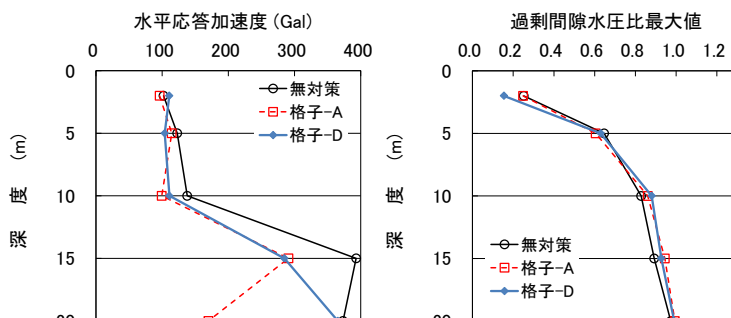


図-5 水平加速度最大値

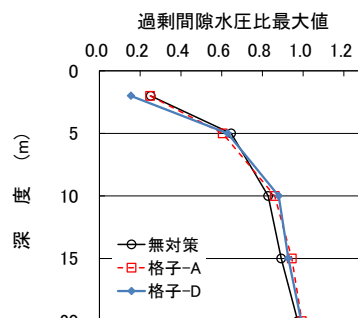


図-6 過剰間隙水圧比最大値

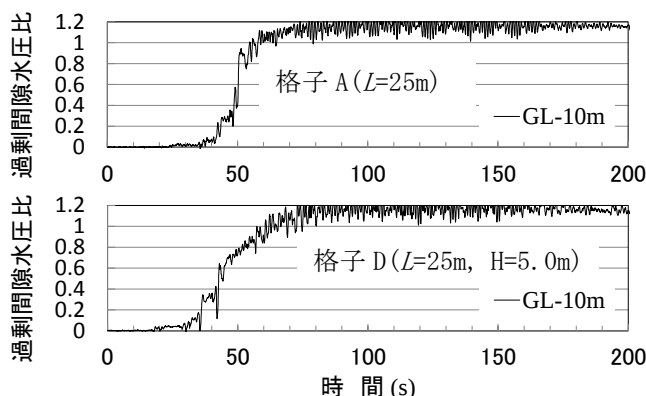


図-7 格子壁際の過剰間隙水圧比時刻歴