斜め壁を有する格子状地盤改良工法の遠心模型実験

（株）竹中土木　正会員　○小西 一生
正会員　津國 正一
（株）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方法が望まれている．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．こうした中，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．液状化対策効果はコンテナ直下の沈下量で評価した．

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．表-1に実施した実験ケースを示す[1]．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)し，コンテナ模型の接地圧は42.89(kPa)である．図-1にCase-2 の計測器配置図を示す．格子状改良体は中心間隔L=25mの格子A と格子B の2種類を配置した．

格子Aには平面視で格子壁4辺の内側に，逆四角錐状で先端が閉塞された斜め改良壁（取付け角45°）をGL-1.5m～GL-15.0m（斜め長L=19.0m）の深度に配置した．格子Bの格子内にも同じく，逆四角錐状で先端に開口部を有する短い斜め改良壁をGL-1.5m～GL-10.0m（斜め長L=12.0m）の深度で配置した．なお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厚さ1.5mを確保，GL-1.5m～GL-21.5mの厚さ20mを液状化層として，相対密度Dr=70%の豊浦砂で模型地盤を作成した．またGL-21.5m～GL-23.0mは砕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-2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440Galであった．

表-1　実験条件

ケース名	格子間隔(L)	斜め改良体	逆四角錐形状	地盤相対密度	最大加速度	備考
Csae1	―（無対策）	―	―	Dr=70%（豊浦砂）	230Gal※	既報告1)
Csae2	L=25m (GL-1.5m～GL-21.5m)	格子A　改良長=19.1m (GL-1.5m～GL-15.0m)	先端閉塞	Dr=70%（豊浦砂）	440Gal	
		格子B　改良長=12.0m (GL-1.5m～GL-10.0m)	先端開口			

※既報告1)からの参考値

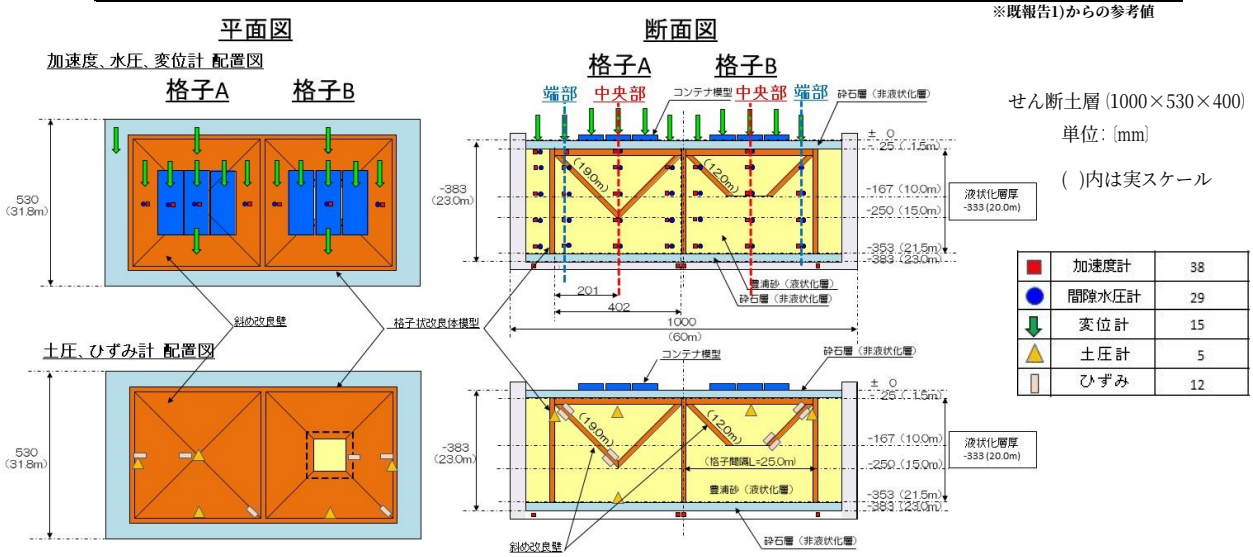

図-1　Case2 のモデル図(計器配置図)

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

図-3に加振によるコンテナ沈下量の時刻歴を示す．Case2の格子A，格子Bについては，格子中央部のコンテナ沈下

キーワード：格子状地盤改良，液状化対策，斜め改良，遠心模型実験
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:03-6810-6215

© Japan Society of Civil Engineers

量を示しており，無対策は昨年報告したCase1[1] のものである．無対策については入力地震動の主要動が始まる40秒付近から沈下量が増加し，最大で65cm程度の沈下が読み取れる．一方，Case2については入力加速度がCase1より大きいにもかかわらず，改良深度H=13.5mの斜め改良体を用いた格子Aでコンテナ最大沈下量が12cmと，無対策の18%であった．また格子Bの改良深度H=8.5mでは，逆四角錐の先端が開口されていてもコンテナ最大沈下量は8cmで収まっており，無対策の12%に低減する効果があった．なお，格子Aと格子Bの沈下量の差の有意性については，今後の検討課題としたい．沈下の抑止効果が得られるメカニズムとしては，斜め改良体を格子の内側に配置させることにより，①見かけの格子間隔が深度方向に連続的に狭くなるため，地震発生初期の揺すり込みでコンテナ底面と斜め壁で囲われた地盤の拘束が高まり，同地盤のせん断変形が抑止されること，また②コンテナ沈下に伴い発生する支持地盤の横方向への塑性流動に斜め壁という制限が加えられること，などが推察される．

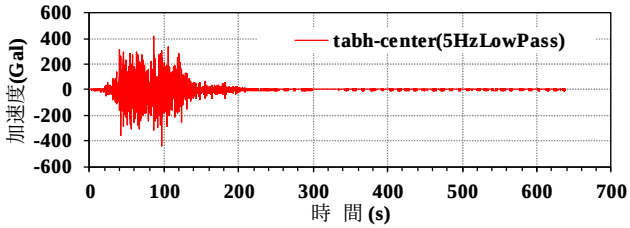

図-2　振動台の水平加速度時刻歴（Case2）

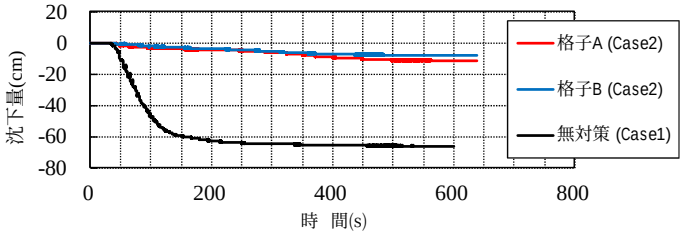

図-3　コンテナの沈下時刻歴

(2)過剰間隙水圧に対する考察

図-4に無対策の格子中央部と，格子A，格子Bの格子中央部ならびに格子端部（鉛直壁際）の過剰間隙水圧比の最大値の深度分布を示す．斜め壁が存在するGL-10mの中央部では過剰間隙水圧比の最大値は0.2～0.6と，液状化に至るほどの水圧の上昇は見られない．またGL-15.0mでは，過剰間隙水圧比が0.8まで上昇し，液状化に近い状態となっている．一方，端部においては，GL-10mで過剰間隙水圧比が1.0に到達しており，液状化の発生がうかがえる．これらから，斜め壁の下部では，ほぼ全域で液状化が発生していたと考えられる．図-5に斜め壁下面の土圧の時刻歴を，また写真-1および写真-2に格子Bの実験後の模型解体状況を示す．土圧は加振とともに正（圧縮）の土圧が増加し，加振終了後，過剰間隙水圧の消散とともに加振前の状態に戻っている．また斜め壁撤去後の地盤面および斜め壁裏側の観察状況からも，斜め改良壁と地盤面に隙間等が発生した様子は見られず，開口があっても液状化による格子内土砂の格子外への流出はなかったものと考えられる．　以上から判断すると，斜め改良壁で囲まれた部分は，前項(1)の沈下の考察でも述べたとおり，コンテナ荷重と斜め壁の拘束効果から液状化の発生が抑制された状態となり，斜め壁が構築された深度まで非液状化層を形成する．一方，それ以深では液状化の発生はするものの，地表付近の非液状化層の存在により噴砂は発生せず，地表面への影響が出にくくなったものと考えられる．

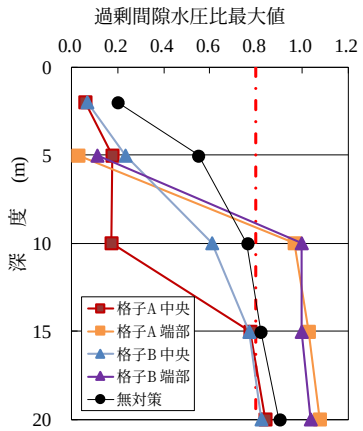

図-4　最大過剰間隙水圧比の分布

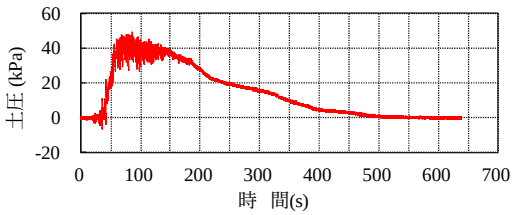

図-5　斜め改良壁下部地盤の土圧

4．まとめ

格子状改良と逆四角錐状の斜め改良体を組み合わせると，コンテナ底面と斜め改良体で囲まれた領域には非液状化層が形成され，格子内下部地盤で液状化が発生しても，コンテナ沈下量を抑制する効果を高めることができることがわかった．　なお，上載荷重が無い状態でも同様の効果が得られると考えるが，それらについても今後検討を進める予定である．

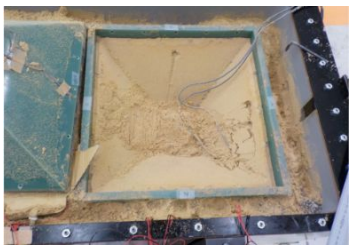

写真-1 斜め壁下部地盤の状況

写真-2 斜め壁裏側の状況

【参考文献】 1) 津國正一 他：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,第73回年次学術講演会,土木学会,2018.

© Japan Society of Civil Engineers