格子状改良における排水性が液状化対策効果に与える影響

名古屋工業大学　学生会員　○中谷　一貴
名古屋工業大学　学生会員　武田　祐輔
名古屋工業大学　正会員　森河由紀弘
名古屋工業大学　正会員　前田　健一

1.　目的

近年世界中で深刻な液状化被害が発生しており，我が国でも戸建て住宅などの小規模な既設構造物にも適用できる経済的な液状化対策の開発が急務となっている．そこで，本研究では二次元の振動台模型実験を行い，改良深度が浅い排水性格子状改良による液状化対策効果について検討を行った．本研究が対象としているのは従来の高価な液状化防止対策ではなく，経済的な液状化被害の低減対策である．

2.　排水性改良体による過剰間隙水圧の消散効果

2.1.　実験条件

図 1 に実験概要を示す．本検討では排水性格子状改良による過剰間隙水圧の消散効果を確認するため，液状化地盤内の変位状況が視認可能な幅 500mm×奥行 85mm×高さ 500mm の透明なアクリル製土槽を用いた二次元模型実験を行った．また，本実験では 1 方向にのみ加振を行う一般的な振動台ではなく，遠心モーターの振動を利用した簡易的な振動台を用いた．ここで，模型縮尺は 1/30 程度を想定し，模型地盤は珪砂 7 号を用いた層厚 300mm の緩い飽和地盤（D_r=36.8%）とした．排水性改良体には透水性は変わらずに粒子同士を接着できる固化材で固化した珪砂 2 号を使用した．ここで，珪砂 7 号および排水性改良体の透水係数はそれぞれ k=6.5×10^{-5}m/s，k=2.2×10^{-4}m/s であり，改良体同士の間隔は L=96mm，改良体深度は H=120mm である，なお，本検討では模型構造物は用いず，間隙水圧計は排水性改良体近傍の G.L.-80mm，G.L.-120mm の位置に設置した．また，地盤内の状況を観察しやすくするため，模型地盤と同じ珪砂 7 号を墨汁で着色した色砂を水平方向に 20mm ごとの間隔で設置した．

入力加速度を図 2 に示す．本検討では加振中に側面から撮影を行うため，振動の振幅は小さく，かつ地盤を完全に液状化させる必要がある．そのため，入力加速度の周波数は 20Hz，最大加速度が 5m/s^2 程度の正弦波を用いた．ここで，加振は遠心モーターへの電源供給のみによって制御されているため，実際の加振時間はモーターが駆動している時間（10 秒）とモーターが完全に停止するまでの時間（15 秒）を合わせた 25 秒程度となっている．

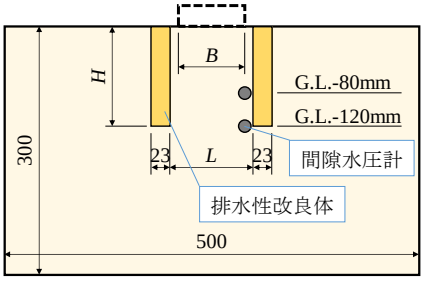

図-1　実験概要図

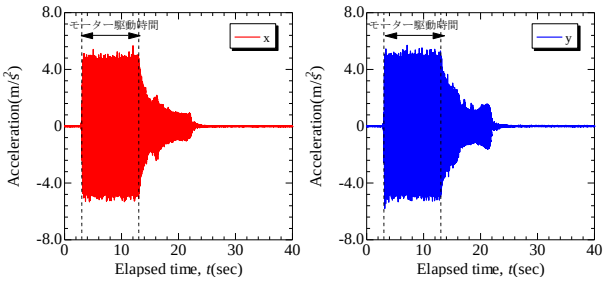

図-2　入力加速度（左：横方向，右：奥行き方向）

2.2.　実験結果

図 3 に加振前後における地盤内変位状況を示す．色砂の状況から全体的に地盤内が液状化によって大きく乱れていることが分かる．しかし，排水性改良体の近傍では過剰間隙水圧の上昇（液状化）と消散が同時に起こるため，水圧の消散や改良体に向かう透水力などの影響により乱れが小さいことが分かる．

図 4 に過剰間隙水圧比を示す．改良体近傍においても両深度では過剰間隙水圧が 1.0 付近まで上昇し，液状化に至っている．しかし，排水性改良体の近傍では未改良地盤と比べ，加振後における過剰間隙水圧の消散が早いことが分かる．

以上より，排水性格子状改良には加振中の改良体近傍における地盤剛性の低下抑制効果や，加振後の過剰間隙水圧の早期消散効果が期待できる．

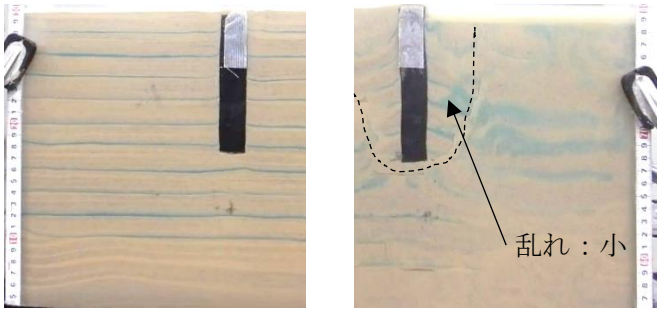

図-3　地盤内の状況（左：加振前，右：加振後）

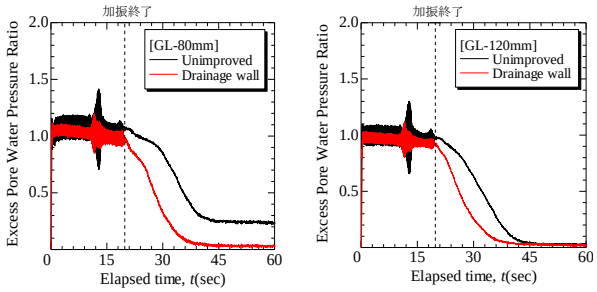

図-4　過剰間隙水圧比（左：G.L.-80mm，右：G.L.-120mm）

3.　排水性改良の改良範囲・深度の検討

3.1.　実験条件

本検討では排水性格子状改良による構造物の沈下抑制効果を確認するため，基礎幅 B=80mm，奥行き80mm，高さ 25mm，設置圧 q=0.67kPa のアルミニウム製の模型構造物を用いた 2 次元模型実験を行った．表 1 に実験ケースを示す．本検討では改良体の排水性，改良体の間隔，改良深度を変えた検討を行い，それらが改良効果に与える影響を検討した．ここで，入力加速度や改良体，地盤条件などは上述した検討と同様である．

表-1　実験ケース

	Type of wall	L/B	H/B
Case 0	Unimproved	-	-
Case U-1	Undrain	1.2	1.5
Case D-1	Drain	1.2	
Case D-2		1.4	
Case D-3		1.6	0.8
Case D-4			1.5
Case D-5			2.3

3.2.　実験結果

図 5 に未改良地盤の Case 0，不透水性改良体の Case U-1，排水性改良体の Case D-1 における構造物の沈下量を示す．ここで，Case U-1 と Case D-1 では改良体の排水性のみが異なる．実験結果より，改良を行ったケースでは未改良地盤である Case 0 よりも構造物の沈下量を抑制できている．ここで，液状化直後においては Case U-1，Case D-1 ともにほぼ同様の沈下挙動を示しているが，液状化時間が継続するにつれて Case D-1 の方が Case U-1 に比べ沈下量が小さくなる事が分かる．よって，排水性改良体は液状化の継続時間が長いほど効果が高いと考えられる．

図 6 に排水性改良体を用いた Case D-1～Case D-5 における実験結果を示す．ここで，縦軸は各ケースにおける構造物の沈下量が S=10mm および S=20mm に達するまでの加振時間 t を未改良地盤（Case 0）における加振時間 t_0 で正規化した沈下時間比(t/t_0)であり，t/t_0=1.5 の場合はある沈下量に達するまでの時間が未改良地盤の 1.5 倍であることを意味する．改良間隔を比較した改良深度 H/B=1.5 のケースに着目すると，改良間隔が広くなるにつれて沈下時間比，すなわち改良効果が小さくなる傾向にある．また，改良深度を比較した L/B=1.6 のケースに着目すると，同じ改良間隔でも改良深度が深くなるにつれて改良効果が高くなることが分かる．また，全体的に沈下量が大きい場合に改良効果が高くなることが分かる．これは，上述した結果（図-5）と同様である．

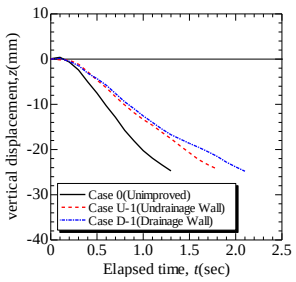

図-5　排水効果の影響

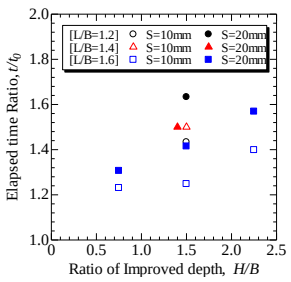

図-6　改良仕様の影響

4.　まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す．

- 加振時間が長くなればなるほど，排水性による効果が増大する．
- 改良体の間隔が狭く，改良深度が深いほど側方流動の抑制に基づく改良効果が高くなる．