

深層混合処理工法による粘性土改良地盤の水平方向の変形特性

西松建設技術研究所 正会員 ○今村眞一郎 西松建設技術研究所 正会員 佐藤靖彦
西松建設技術研究所 正会員 宮崎啓一 西松建設技術研究所 正会員 平岡博明
西松建設技術研究所 正会員 萩原敏行 中央大学理工学部 正会員 藤井齊昭

1. はじめに

本報告では、深層混合処理良工法により造成された開削工事等の先行地中梁に関して、改良体マスとしての水平剛性の評価方法を確立することを目的として、改良杭の配置形式や改良率を変化させた改良体の水平載荷試験を遠心力場で実施し、改良体水平方向の変形特性を調べた。

2. 実験概要

実験装置の概要を図-1 に示す。実験は幅 600mm、高さ 500mm、奥行き 200mm（内寸法）の鋼製剛性容器を用いて、改良厚 4m、改良幅・奥行き 16mの先行地中梁を想定した 1/80 縮尺モデルによる遠心模型実験を行った。下層地盤は豊浦砂を用いて作製した相対密度 $D_r=80\%$ の乾燥砂地盤とし、先行地中梁をモデル化した改良体は、木節粘土に超速硬セメント、遅延剤を添加して、目標一軸圧縮強度 $q_u=500\text{kPa}$ の円柱体($\phi 40\text{mm}$)として作製したものを型枠に格子状、あるいは千鳥状に並べて作製した。ラップ施工の場合には円柱体と

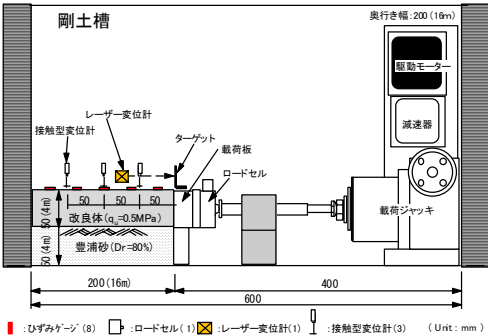


図-1 実験概要図

表-1 実験条件

Case	改良パターン	改良率 α (%)	試験体部位	湿潤密度 $\rho_t(\text{kN/m}^3)$	一軸圧縮強度 $q_u(\text{kN/m}^2)$	変形係数 $E_{50}(\text{MN/m}^2)$	降伏強度 $\sigma_{m(\max)}(\text{kN/m}^2)$	変形係数 $E_{m50}(\text{MN/m}^2)$	変形係数比 (E_{m50}/E_{50})
Case1	均一改良	100	改良部	15.0	472	151	536	111	0.73
Case2	格子状改良 (ラップ改良)	100	円柱改良部	15.0	493	181	531	70.1	0.39
			間隙未改良部	15.0	437	193			
Case3	格子状改良	93.1	円柱改良部	14.8	456	155	573	56.2	0.36
			間隙改良	14.8	413	135			
			間隙未改良部	17.1	33	0.4			
Case4	格子状改良	96.6	円柱改良部	15.0	572	208	564	57.4	0.28
			間隙改良	15.1	489	233			
			間隙未改良部	17.2	42	0.5			
Case5	格子状改良 (接円改良)	78.5	円柱改良部	15.0	535	177	487	24.3	0.14
			間隙未改良部	17.0	33	0.4			
Case6	千鳥状改良 (接円改良)	90	円柱改良部	15.1	487	170	528	23.4	0.14
			間隙未改良部	17.1	29	0.4			

同じ改良材を、未改良の場合には石粉に寒天を混練りしたもの($q_u=30\text{kPa}$)を間隙部に充填してモデル化した。土槽内壁との摩擦低減を図るため、改良体側面にグリースを塗布したセロハン紙を設置した。計測は、改良体のひずみ、水平荷重、鉛直変位および載荷板の水平変位とした。載荷はひずみ制御で、載荷速度 1mm/min とした。実験は改良杭の配置方法、改良率を変化させ、表-1 および図-2 に示す 6 ケースを実施した。

3. 実験結果

1) 配置方法の影響

図-3に、Case 2（格子：改良率100%）、Case 5（接円格子：78.5%）およびCase 6（接円千鳥：90%）について、水平載荷応力を改良コラム強度で除して正規化した強度比 $\sigma/q_{u(\max)}$ と改良体の水平変位量を改良幅Bで除して正規化した水平ひずみ $\delta/B(\%)$ との関係を示す。全体の水平抵抗力を比較すると、大きい方からCase 2、Case 6、Case 5 の順である。改良率が最も低いCase 5 では、載荷開始直後ではCase 2に近い水平抵抗を発揮しているが、その直後は水平変位が大きくなるにつれて緩やかな荷重増加を示し、強度比も最も小さい結果となった。なお、実験後の観察では改良コラムの約半数に割裂破壊が生じていた。これに対し、千鳥配置のCase 6 の初期勾配は他の2ケースを下回っているにも関わらず、Case 2 とほぼ同じ水平抵抗が認められる。また、Case 5 と破壊モードが異なるが、破壊したコラム本数は明らかに少なかった。このような荷重変位関係や破壊モードの違いは、改良キーワード 地盤改良，水平抵抗，遠心模型実験

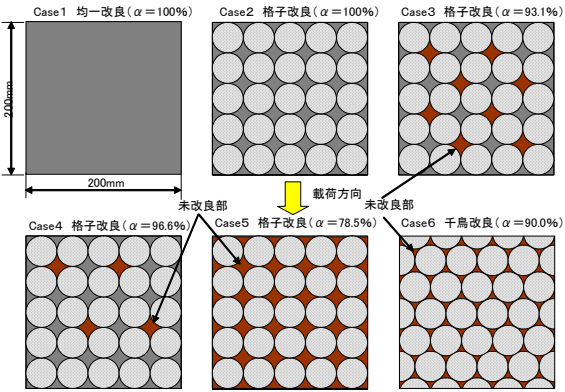


図-2 改良パターン概要図

ラムの配置方法が大きく影響しているため、配置方法の違いによる改良コラムの接円部における応力や間隙部における改良率が水平抵抗に大きく寄与していると考えられる。

2) 改良率の影響

Case 2 (改良率 100%), Case 3 (93.1%), Case 4 (96.6%) および Case 5 (78.5%) の 4 ケースについて、正規化した水平載荷応力 $\sigma/q_{u(max)}$ と水平ひずみ $\delta/B(\%)$ との関係を図-3 に示す。また、図-5 に Case 2, Case 3 および Case 4 について、実験後における改良体の破壊状況を示す。水平ひずみ δ/B が大きくなるにつれて、同一水平ひずみレベルでの載荷重の差が拡がり、改良率が高い

ほど初期剛性が大きくなる傾向が認められる。Case 2 と Case 3 とでは、水平ひずみ δ/B が約 1% までの範囲では改良率の相違がほとんど認められないが、Case 4 は Case 3 よりも改良コラム強度や改良率が若干高いにもかかわらず降伏強度が若干低く、水平ひずみ δ/B が 2% を超えるとひずみ軟化挙動を示している。初期の変形剛性には改良率の多少の違いは大きく影響しないが、2% 以上超えるひずみ範囲では、破壊変形状に差が現れる傾向がある。ただし、一軸圧縮試験のような急激なひずみ軟化は認められなかった。

3) 水平方向変形係数

図-6 に水平載荷応力 σ と水平ひずみ $\delta/B(\%)$ の関係を示す。実験から得られた包絡線から割線弾性係数 E_{50} を求め、改良コラムの割線弾性係数 E_{m50} に対する改良体の割線弾性係数 E_{m50} の比を変形係数比 (E_{m50}/E_{50}) と改良率との関係を図-7 に示した。

均一改良の Case 1 の変形係数比が改良コラムの変形係数に対して 0.73 であるのに対して、接円格子改良の Case 5 と接円千鳥改良の Case 6 の変形係数比は 0.14 と著しく小さい。格子改良の変形係数比は、改良率と相関関係にあることが認められるが、改良率 100% とした Case 2 でも、その変形係数比は約 0.4 であった。

4. おわりに

1) 改良幅一定の条件では、接円式配置では格子状よりも千鳥状、配置形式では接円式配置よりもラップ式配置が優れた水平抵抗を発揮することが確認された。また、格子改良では改良率が高いほど水平方向の剛性が大きくなるが、未改良部の位置や数に応じて改良体は異なる変形破壊性状を示す。

2) 格子改良での変形係数比は、改良率と相関関係にあることが確認された。

今後は、応力レベルの違いによる変形係数の評価を進める予定である。

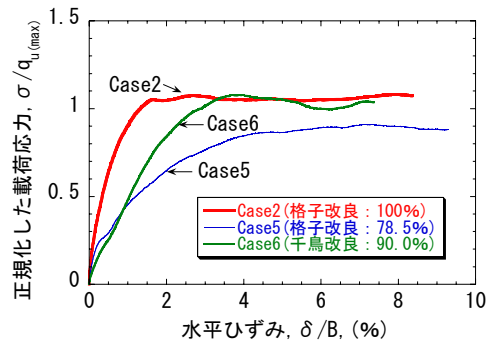


図-3 正規化した載荷応力とひずみの関係

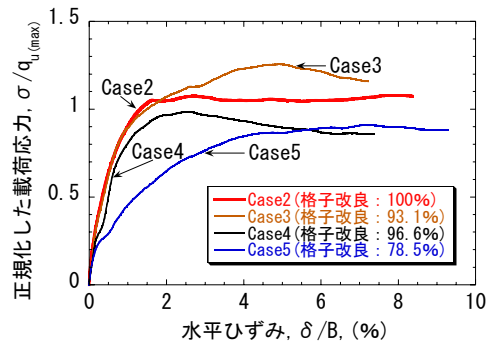


図-4 正規化した載荷応力とひずみの関係



図-5 改良体の破壊状況

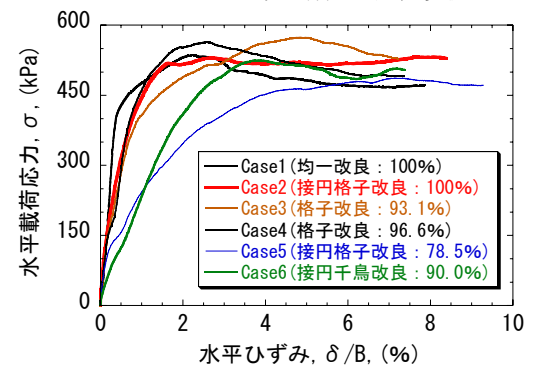


図-6 水平載荷応力と水平ひずみの関係

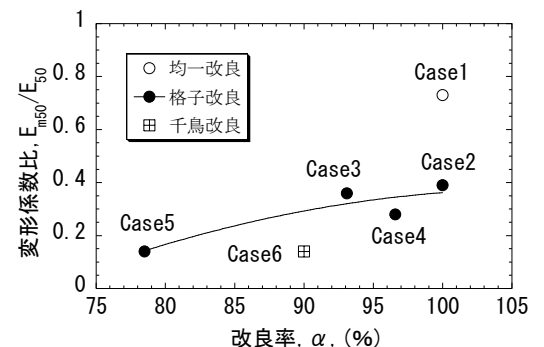


図-7 改良率と変形係数比の関係