

## 固化改良体を用いた地下構造物の耐震補強効果に関する土槽載荷試験による検討

ハザマ 正会員 ○浦野 和彦 西村 毅 足立 有史  
豊橋技術科学大学 正会員 河邑 眞 学生会員 山崎 祥平

### 1. はじめに

既設の地下構造物については、施工上の制約などから構造物周辺地盤の地盤改良による耐震補強が最近行われるようになってきている。そのため、筆者らは固化改良体による地下構造物の補強効果と改良体の損傷過程を確認するため気中における正負交番載荷試験を実施した<sup>1)</sup>。

本報では、実際の地盤中での挙動により近い土槽を用いた正負交番載荷試験を実施し、固化改良体による補強効果の確認と固化改良体の破壊挙動の特徴を検証する。

### 2. 試験条件と試験方法

#### (1) 試験条件

図-1 に地下構造物の土槽載荷試験の概要図を示す。写真-1 に示す土槽の大きさは幅 3.0m×高さ 2.2m×奥行き 1.0m で、土槽内に構造物模型を設置し、表-1 の乾燥砂(東北珪砂 5号, 相対密度 90%, 単位体積重量 17kN/m<sup>3</sup>) により模型地盤を作成した。ここで、構造物模型の土被りは 2m 相当 (34kN/m<sup>2</sup>) を想定しており、不足分については鋼製インゴットで補充した。土槽の左右の載荷版は鋼製で、下端はヒンジ構造となっている。また、構造物模型の底面は PC 鋼棒で反力床に固定した。

構造物模型は、実構造物の 1/3 縮尺モデルを想定しており、壁厚 0.1m, 幅 1.0m×高さ 1.0m の単ボックスカルバートとした。構造物模型の材料物性を表-2 に示すが、主鉄筋は D6 鉄筋を 150mm ピッチ (引張鉄筋比 0.25% 程度) で配置した。また、構造物模型の補強として、粘性土の固化改良体 (幅 0.5m×高さ 0.9m×奥行き 1.0m) を構造物模型の両側に設置した。

#### (2) 試験方法

載荷試験では地震によるせん断変形を模擬するため、載荷版上部に油圧ジャッキ先端を固定して水平方向に変位させる。ここで、地盤にせん断変形を生じさせるため、左右のジャッキに同一方向の同一変位を作用させた。載荷方法は、図-2 に示すような変位制御による正負交番載荷とし、60mm (変形角 3%) まで実施した。計測項目は、図-1 に示すように、ジャッキ荷重、試験体変位の他に、試験体周辺の土圧及び地盤のせん断歪みとした。

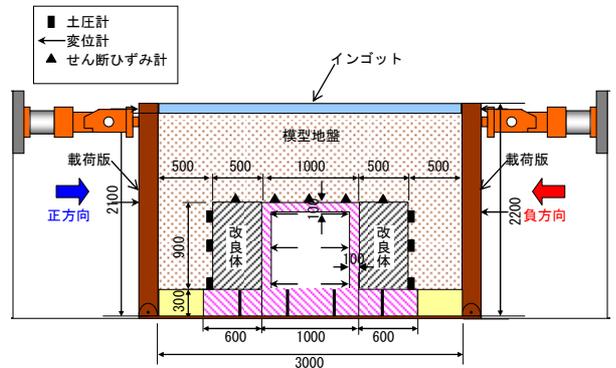


図-1 土槽載荷試験概要



写真-1 載荷試験状況

表-1 東北珪砂5号の物性

土粒子密度 Gs (g/cm <sup>3</sup> )	最大密度 ρ <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	最小密度 ρ <sub>min</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	平均粒径 D <sub>50</sub> (mm)	均等係数 U <sub>c</sub> (mm)
2.645	1.735	1.453	0.52	1.8

表-2 構造物模型と固化改良体の材料物性

鉄筋	コンクリート	固化改良体	
降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
314.5	26.8	1.85	0.21

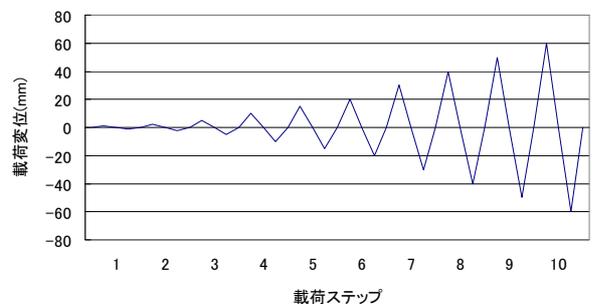


図-2 載荷サイクル

キーワード 地下構造物, 地盤改良, 耐震補強

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 ハザマ技術研究所 TEL:029-858-8813

### 3. 載荷試験結果

#### (1) 荷重－変位関係

図-3 にジャッキ荷重－ジャッキ変位曲線を示す。構造物模型の鉄筋降伏は、改良体が無い場合にはジャッキ変位が約 15mm, 改良体がある場合には約 20mm 載荷時に側壁下端部で発生した。その際の構造物模型の側壁上端部の変位は 3mm 程度であった。固化改良体がある場合の方が無い場合と比較して大きな荷重となっており、固化改良体による補強効果が確認された。また、改良体の有無にかかわらず、変位の増加に伴い荷重は増加しており、これは地盤の受働抵抗力の増加によるものと考えられる。

#### (2) 損傷状況

図-4 に構造物模型のひびわれ図を示すが、最初の鉄筋降伏は側壁下端で発生している。改良体が無い場合は、土圧が分布荷重として作用するため、ひびわれは側壁上から下まで全体的に発生している。一方、改良体有りの場合は、改良体の損傷による影響で端部以外に側壁中央部にもひびわれが発生している。写真-2 に固化改良体のひびわれ状況を示すが、改良体にはせん断による斜めひびわれが発生しており、気中載荷試験と同様な損傷状況である。また、改良体の下端には引張によるひびわれが発生していた。

#### (3) 地盤挙動

図-5 に構造物模型の側壁に作用している載荷時増分土圧を示す。載荷版が側壁に近づく正方向載荷時の左側壁及び負方向載荷時の右側壁では最大で 300kN/m<sup>2</sup> を超える増分土圧が作用している。一方、載荷版が側壁から離れる正方向載荷時の右側壁及び負方向載荷時の左側壁ではほとんど増分土圧は作用していない。以上の結果より、試験体の左右で作用する土圧が異なっていることが確認された。

図-6 に構造物模型の頂版部に作用しているせん断歪みを示す。正方向載荷の場合には正方向のせん断歪み、負方向の載荷の場合には負方向のせん断歪みが計測されており、最大で 5% 程度の大きなせん断歪みの発生が確認された。

### 4. まとめ

土槽を用いた地下構造物の交番載荷試験により、固化改良体の補強効果や改良体の破壊挙動について確認することができた。この結果をもとに数値シミュレーションなどを行い、設計に関する検討を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 浦野和彦, 足立有史, 西村毅, 河邑眞, 長柄真人: 固化改良体による地下構造物の耐震補強効果に関する検討, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011.

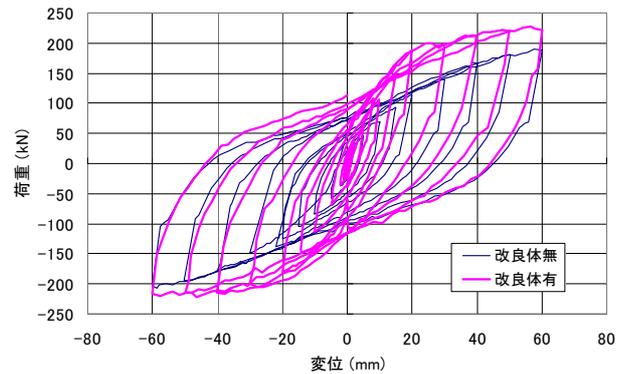
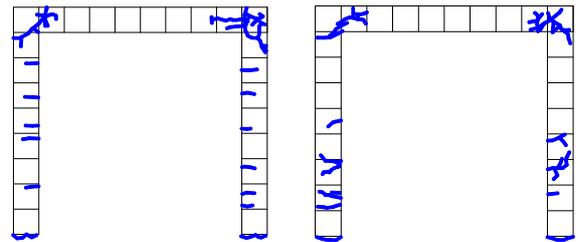


図-3 荷重－変位曲線

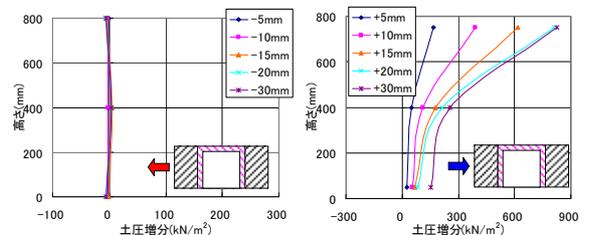


(a)改良体無し (b)改良体有り

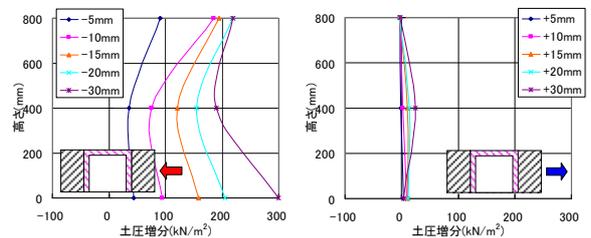
図-4 構造物模型のひびわれ図



写真-2 固化改良体のひびわれ状況



(a)左側壁



(b)右側壁

図-5 側壁の土圧分布(改良体有り)

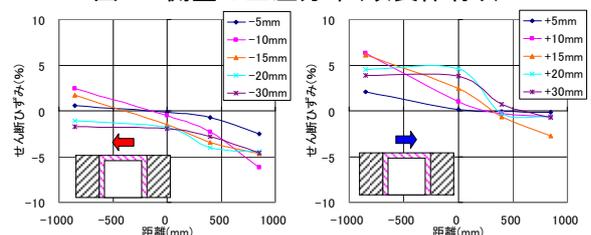


図-6 頂版のせん断ひずみ分布(改良体有り)