

# 地中構造物の耐震補強に用いる固化改良体の効果に関する水平載荷試験による検討

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

## 1. はじめに

大地震が発生した場合、被災者が特に確保したいのが、水やガス、電気などのライフラインである。水やガスは当然ではあるが、近年では電気の供給も地下から行うようになってきている。このことから大地震の対策としては、施工上の制約などから既設構造物の周辺地盤の地盤改良による耐震補強が近年行われている。そこで本研究では、単ボックスカルバートを模擬した縮尺約 1/3 の模型試験体を作製し、構造物周辺に固化改良体が有る場合と無い場合の正負交番載荷試験を実施した<sup>1)</sup>。その試験結果より、固化改良体による補強効果の確認とともに、固化改良体の破壊挙動の特徴を検証する。

## 2. 試験概要

図 1 に模型載荷試験の概要図を示す。構造物模型は壁厚 10cm、幅 1m×高さ 1m の単ボックスカルバートとし、主筋は D6 鉄筋を 150mm ピッチで配置した(奥行 50cm、引張鉄筋比 0.25%程度)。構造物模型の材料強度を表 1 に示すが、模型の大きさの関係からコンクリートの粗骨材の最大寸法は 15mm とした。また、構造物の補強として、固化改良体(幅 50cm×高さ 90cm×奥行 50cm)を模型構造物の両側に設置した。

固化改良体は、高圧噴射攪拌工法により造成される地盤固化改良体を想定し、セメントミルクに粘性土(ジョージアカオリン)を添加し作製した。目標一軸圧縮強度を 2MPa とし、事前の室内配合試験の結果をもとに表 2 の配合量を決定した。

載荷試験では地震によるせん断変形を模擬するため、構造物模型頂版位置に載荷板を配置し、油圧ジャッキにより水平に載荷する。構造物模型と固化改良体には、上部から鋼製インゴットによる拘束圧(18kN/m<sup>2</sup>:土被り 1m 相当)を作用させた。試験ケースは固化改良体無・有の 2 ケースとした。

載荷方法は鉄筋の降伏変位  $\delta_y$  を基準とした変位制御による正負交番載荷とし、 $\pm \delta_y$ 、 $\pm 2 \delta_y$ 、 $\pm 4 \delta_y$ 、 $\pm 6 \delta_y$ 、 $\pm 8 \delta_y$ 、 $\pm 10 \delta_y$  の順番で実施した。ここで、 $6 \delta_y$  までは同一変位に関して 2 回繰り返す、それ以降は 1 回の載荷とした。計測項目はジャッキ荷重、試験体変位、試験体歪み、鉄筋歪みの 4 つである。また、載荷段階で構造物模型及び固化改良体に発生したひび割れのスケッチを行っている。

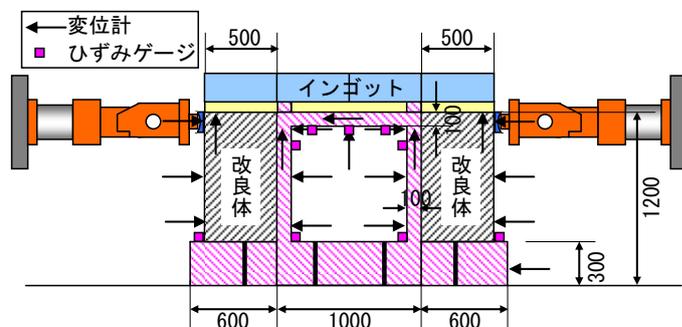


図 1 載荷試験概要

表 1 構造物模型の材料特性

鉄筋(SD345)		コンクリート( $f'_{ck}=24$ )
降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏歪み ( $\mu$ )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
314.5	1649	26.8

表 2 改良体の配合と強度

配合 (1m <sup>3</sup> 当たり)	セメント C(kg)	234
	水 W(kg)	702
	カオリン N(kg)	554
	W/C	3.00
	W/(C+N)	0.89
強度	圧縮強度 $\sigma_c$ (MPa)	1.85
	引張強度 $\sigma_t$ (MPa)	0.21

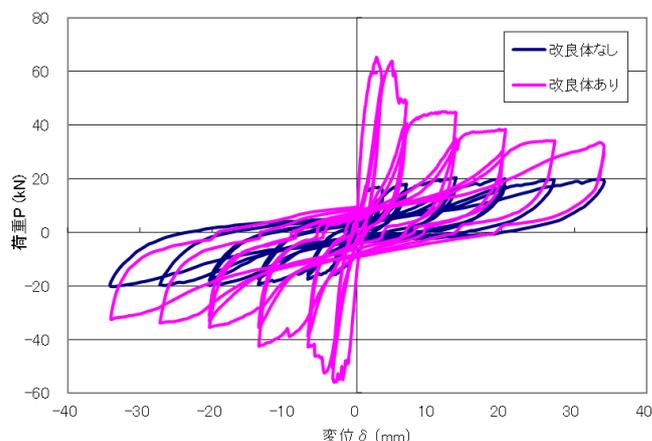


図 2 荷重-変位曲線

### 3. 試験結果ならびに考察

ジャッキ荷重とボックスカルバート頂版中心部における水平変位を荷重-変位曲線として図 2 に示す。同程度ボックスカルバートを変位させるのに、改良体有の場合ではより大きい荷重を必要としていることがわかり、改良体による補強効果が確認できる。しかし改良体無の場合は変位が増加しても荷重が 20kN/m<sup>2</sup>程度を保持しているのに対して、改良体有の場合は変位の増加とともに荷重は低下している。これは改良体自体が大きく破壊されていることが原因であると推測できる。

図 3、図 4 に改良体無・有の比較として±2δy 時のボックスカルバートの両側壁の変位を示す。改良体有の方では微小ながらも高さ 400mm において変位が小さくなり変化が見られる。図 5 の固化改良体のひび割れ図を見るとわかるように、改良体に側壁中央部から底面にかけて斜めに特徴的な破壊が見られる。この斜めひび割れによって改良体の上半分の補強効果が弱くなったと推測できる。ただし改良体に破壊が見られても、高さ 800mm において同じ 2δy だけ変位させるのに約 3-4 倍の荷重が必要なことがわかる。

改良体の破壊メカニズムは、載荷時に引張側となる改良体の下部でひび割れが発生し、次に圧縮側となる改良体に斜めひび割れが発生している。±2δy の変位まで破壊の進行は顕著に見られた。しかし改良体の破壊が減少したのと同時に、図 2 の荷重-変位曲線の改良体有の荷重が緩やかに低下した。よって 4δy 以降の変位では、改良体の補強効果が低下したと判断できる。

図 6、図 7 に示す改良体の無・有による構造物の破壊の比較をみてみると、改良体有の方で側壁中心部にひび割れが見られる。これは改良体の斜めひび割れの影響により、構造物の側壁中央部に応力集中が起こり、ひび割れが発生したと考えられる。

### 4. まとめ

固化改良体による補強効果の確認、ひび割れの進展や改良体の破壊挙動を把握することができた。今後の課題として、3次元有限要素法などの解析手法での検討が挙げられる。またこの研究を、土中を模擬した土槽載荷実験の研究における基礎的資料とする。

#### 参考文献

- 1) 浦野和彦, 足立有史, 西村毅, 河邑眞: 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, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011

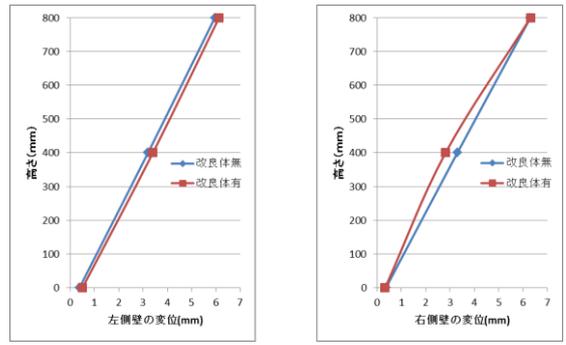


図 3 +2δy 時の構造物の変形

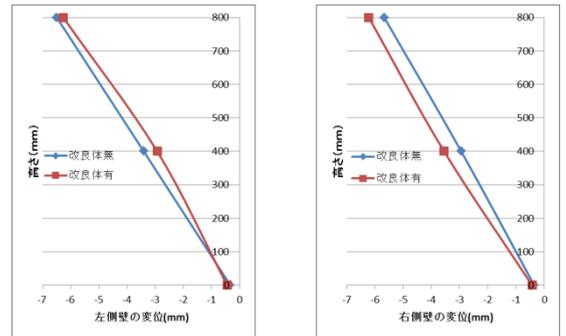


図 4 -2δy 時の構造物の変形

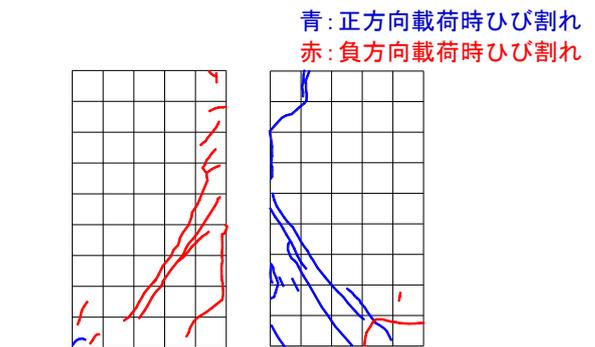


図 5 ±2δy 時の固化改良体のひび割れ図

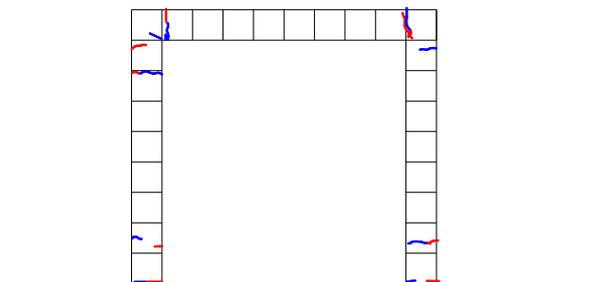


図 6 ±2δy 時の構造物のひび割れ図(改良体無)

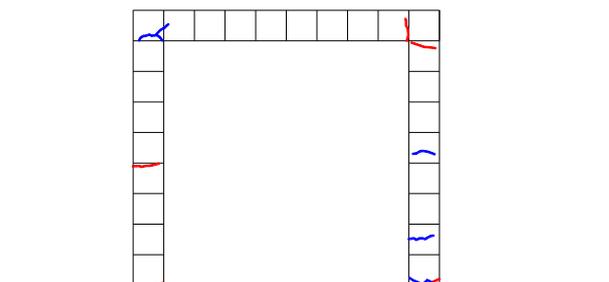


図 7 ±2δy 時の構造物のひび割れ図(改良体有)