

## 補強杭と連結した土留め壁の耐震補強効果に関する一考察

東日本旅客鉄道 正会員 ○鈴木 健一 正会員 池本 宏文  
正会員 高崎 秀明 正会員 藤原寅士良

## 1. はじめに

首都直下型地震に備えた土構造物の耐震補強では、地山補強材を用いた補強工を採用するケースが多い<sup>1)</sup>。しかし、壁体背面が他者の用地であり補強材が設置できず、前述の工法を適用できない場合には土留めの再構築が必要となり、補強工が高額となる。このような課題に対し、壁体背面に用地がない環境下における補強方法として、壁体とその背面に構築する補強杭とを連結する工法が提案されている<sup>2)</sup>。本工法を適用した土留めの模型振動台実験を行ったので、本報では、連結材に着目してその補強効果を報告する。

## 2. 模型実験概要

模型振動台実験は、図-1に示す3ケースを実施した。剛土槽中に5mのもたれ壁を想定した模型を縮尺約1/10で製作した。Case2は壁体背面にH形鋼(H-250)を用いた補強杭(3m間隔)を想定した鋼材(□-25)を設置し、壁体と補強杭の頭部をステンレスワイヤー(φ2mm)連結し、Case3では頭部のほか、前面側地盤面から20mm上方の壁体を削孔し、補強杭と連結させた。なお、本実験では土留め壁の全体系の安定に対する補強効果を検証することを目的とし、壁体、補強杭、連結材は降伏させない諸元としている。

模型地盤の物性は図-2に示すとおりで、壁体背面には栗石層を設けた。

振動台実験の加振波形は1ステップ正弦波5Hz、10波とし、目標最大加速度を約100gal刻みで増加させ、大規模な変形を呈するまで行った。背面土上には、上載荷重として、1kN/m<sup>2</sup>(実規模10kN/m<sup>2</sup>相当)を載荷した。

設置した計測器は図-3に示す加速度計等のほか、補強杭にはひずみ計および圧力計(φ7.6mm)を75mm間隔で、連結材には軸力を測定するためのセンターホール型ロードセルを設置した。

## 3. 実験結果

加振終了後の試験体の形状を図-4に示す。最終的にCase1は転倒、Case2は滑動、Case3は転倒と滑動が連成した変形モードを示している。

壁体に作用する水平力(以下、壁体水平力)を慣性力(壁体に張付けた加速度計の加速度×壁体質量)と地震時土圧(壁体背面のロードセルによる計測値)の合計とし、各加振ステップにおける壁体水平力が最大となった時点のデータを抽出し整理した。

図-5は、壁体水平力と壁体水平変位の関係である。Case1では0.65kN/m(最大加速度約200gal)付近から変位

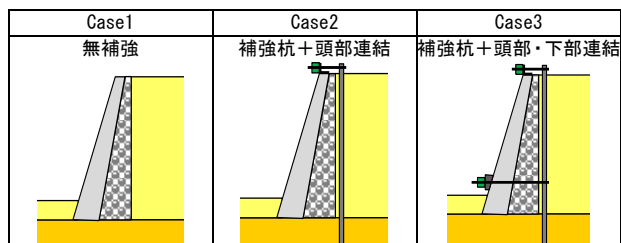


図-1 試験ケース概要

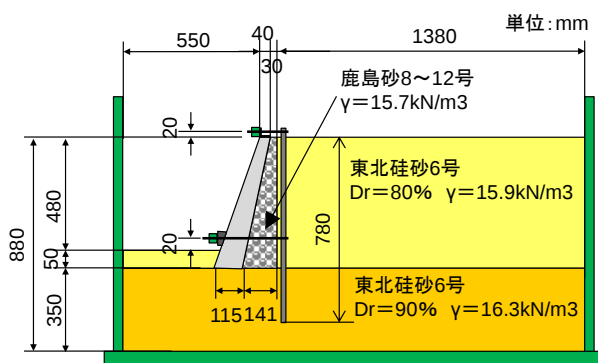


図-2 試験体諸元 (case3)

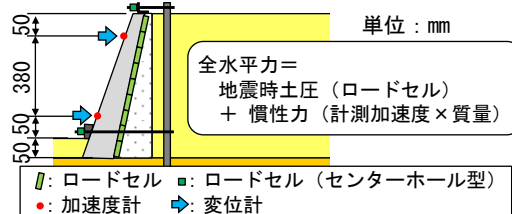


図-3 計測機器設置位置

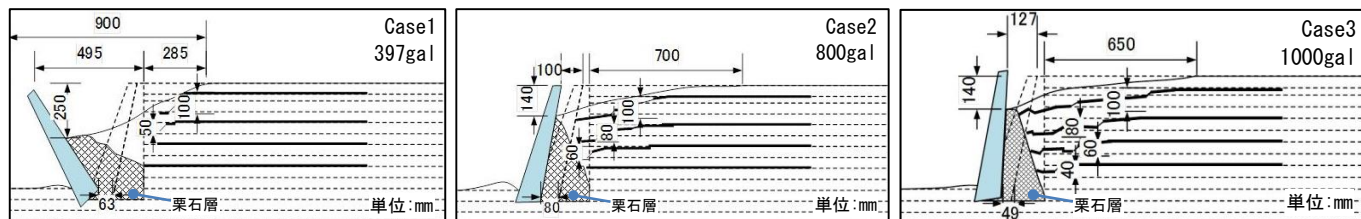


図-4 崩壊形状スケッチ

キーワード 土留め壁, 補強杭, 耐震性能, 連結

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道 構造技術センター TEL 03-6276-1251

が生じはじめている。上部と下部の変位はほぼ比例しており、各変形が回転によるものであることがわかる。Case2, Case3においても1.4kN/m（最大加速度約500gal）程度までは回転による変形が主となっているが、それ以降、下部の変位の勾配が大きくなっており滑動していることがわかる。

図-6 は壁体水平力と連結材の軸力を比較したものである。各ケース0.8kN/m付近から軸力が生じ、無補強の場合に変形が生じ始める荷重と概ね一致しており、連結材が回転を抑制していることがわかる。頭部の連結材の軸力を比較すると、Case2 に比べて下部を連結したCase3のほうが小さくなっており、下部の連結材も回転の抑制に寄与していることが確認できる。壁体の回転中心を壁体のつま先と仮定して連結材により壁体に作用するモーメントを算出すると、Case3 下部連結材により作用するモーメントは、壁体が滑動しはじめる1.4kN/m程度までは頭部連結材の約2～3割であった（図-7）。これより、回転を抑制したい場合には、連結材の設置位置は壁体の上方とすることが有利であると考えられる。また、壁体が滑動し始める1.4kN/m以降のCase3の各連結材軸力の推移をみると、頭部連結材の勾配が徐々に小さく、下部連結材の勾配が徐々に大きくなっており、滑動が支配的な状況に対しては、下部の連結材がより有効であると考えられる。

図-8 に杭前面地盤反力の推移を示す。杭前面地盤反力は、杭前面の圧力計による計測値から算出しているが、本来杭の回転中心以深では杭背面に土圧が生じるが、今回はこれを無視している。Case3では、2.8kN/m（最大加速度約900gal）以降で杭前面地盤反力が伸びておらず、杭前面地盤が降伏したものであると思われる。図-6 から連結材軸力も同様の傾向となっている点を確認でき、杭前面地盤の降伏により補強効果が得られなくなっていることが分かった。一方、Case2では頭部の連結材のみでは滑動を抑制できず、杭前面地盤の降伏前に変形が顕著となり、補強効果が十分に発揮できなかったものと考えられる。

#### 4. まとめ

土留め壁背面に補強杭を設置、連結した場合の補強効果について模型振動台実験を実施し、以下の知見を得た。

- ・補強杭と壁体の連結により土留めの耐震性能を向上させることが可能であり、補強杭との連結を複数行うことでさらに耐震性能を向上させられるが、補強杭前面地盤が降伏すると連結材の軸力が増加しなくなるため、補強杭前面の有効抵抗土圧を考慮して補強効果を評価する必要がある。
- ・壁体の回転を抑制したい場合には壁体の上方で、壁体の滑動を抑制したい場合には壁体の下方で連結することが有効であることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 藤原他：首都直下地震に備えた鉄道盛土の耐震補強工事，地盤工学会誌 Vol. 62 No. 7, 2014. 7
- 2) 中島他：既設鉄道路留め壁の耐震補強工法に関する振動台実験，第57回地盤工学シンポジウム，2012. 11
- 3) 鈴木他：補強杭と連結した土留め壁の耐震性能に関する実験的検討，第51回地盤工学研究発表会，2016. 9（投稿中）

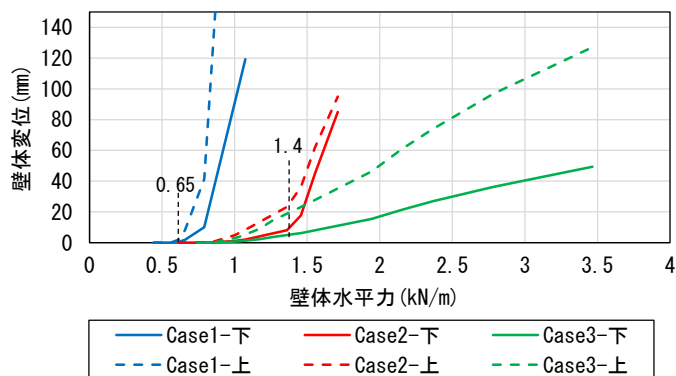


図-5 壁体水平力－壁体変位

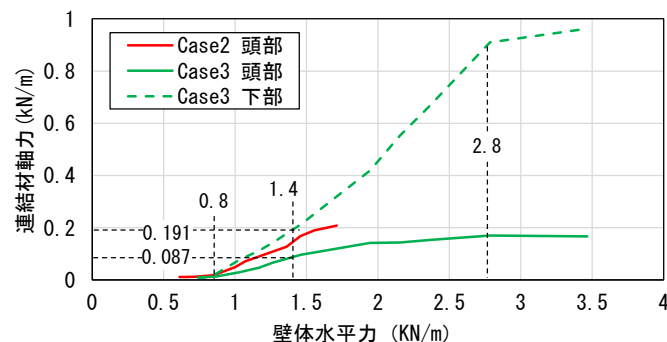


図-6 壁体水平力－連結材軸力

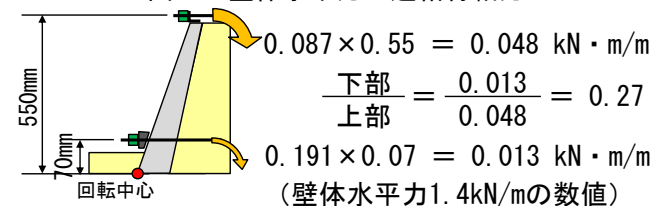


図-7 連結材から壁体に作用するモーメント (case3)

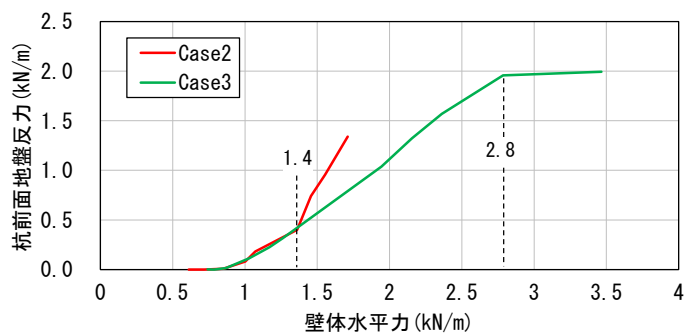


図-8 壁体水平力－杭前面地盤反力