

摩擦接合による増し杭補強を用いた新幹線高架橋の応答加速度抑制に関する解析的検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○野本 将太 正会員 阿部 慶太
フェロー会員 高崎 秀明 正会員 池本 宏文

1. 目的

新潟県中越地震、東北地方太平洋沖地震において新幹線の脱線被害が発生しており、新幹線沿線全体での列車走行安全性の向上を考えると、軌道面に発生する不同変位の抑制が有効となる。不同変位の抑制方法は、上部工での対策が難しい軟弱地盤の場合、基礎の補強が有効と考えられる。基礎補強の一つとして増し杭補強が挙げられるが、全体の剛性が高まることで新幹線車両に入力される応答加速度が増大し、列車走行安全性が低下する可能性がある。増し杭補強時に増大する応答加速度を抑制させる工法として、摩擦材による増し杭の接合方法（以下、摩擦接合）を、せん断土槽による 1/20 模型での加振実験で検討してきた¹⁾²⁾。本研究では、摩擦接合による増し杭補強における、高架橋天端の応答加速度の抑制効果のメカニズム検証のため、模型実験の再現解析を実施した。

2. 解析方法

既往の研究¹⁾²⁾で実施した実験のうち、加速度抑制の効果が高かった増し杭に斜杭を用いたケースの再現解析を行う。解析モデルは、自由地盤と構造物の一体化モデルとした。図-1 に示すように、せん断土槽地盤を再現した 2 次元要素と、杭・高架橋模型を再現した梁ばねモデルでモデル化した。増し杭の設置位置が加振直角方向であるため、本来は 3 次元でのモデル化が望ましい。しかし、青木ら³⁾実験による杭周りの地盤の水平地盤バネを、既設杭と増し杭でそれぞれ設定することで、2 次元でのモデル化でも十分に実験を再現できると考えた。

模型地盤は、せん断土槽のサイズに合わせた地盤を 2 次元要素にて設定した。底面はピン固定とし、側面はせん断土槽のように地盤の幅が変わらない設定とした。地盤の初期せん断剛性 G_0 は、清田ら⁴⁾の実験を参考に、土槽を 1 層 0.1m の 12 分割としたときの有効上載圧合わせて設定した。地盤の非線形特性には、修正 Ramberg-Osgood モデル⁵⁾ ($\gamma_r = 0.000195$, $h_{max} = 0.27$) を用いた。せん断土槽をモデル化した地盤のうち、模型の杭が設置されていた位置の接点の変位を、杭に設けた水平地盤ばねに入力する設定とした。水平地盤ばねのバネ値は、青木ら⁵⁾の実験に合わせて設定した。ばねの降伏値は、鉄道の設計標準⁶⁾を参考に設定した。鉛直方向の地盤ばねは、実験結果よりスウェイの挙動が見られたため、影響は少ないと考え設定していない。

既設フーチングと増しフーチングの固定方法の再現には、それぞれのフーチング中央部を、水平方向のバネで結

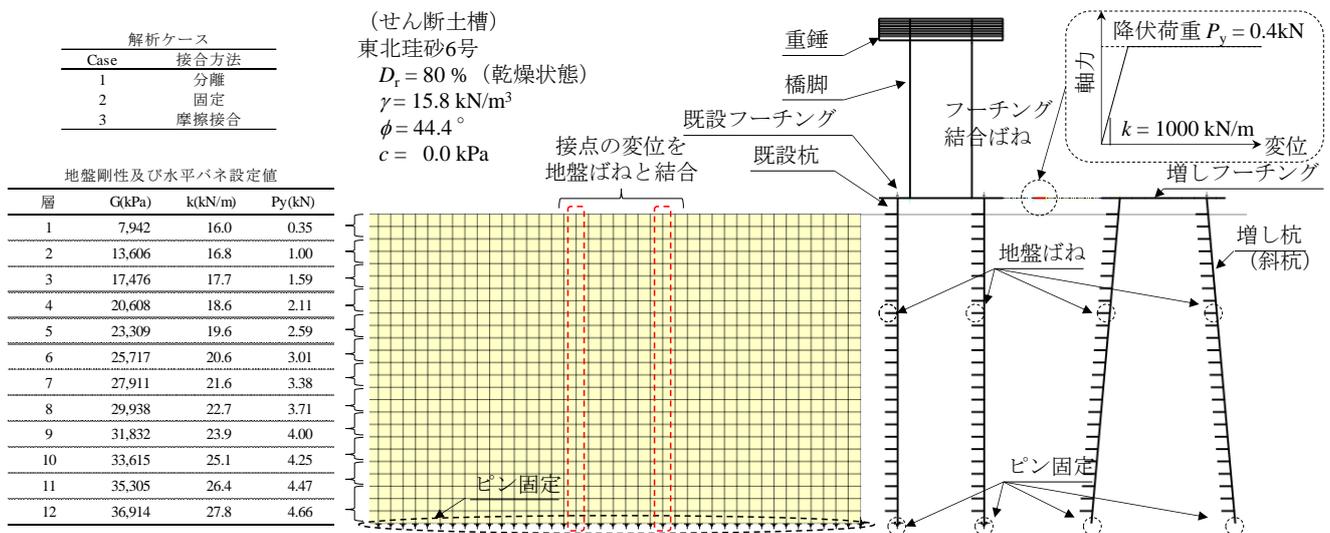


図-1 解析モデル

キーワード 杭基礎, 基礎補強, 摩擦接合

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 479 番地 JR 東日本研究開発センター TEL048-651-2552

合することで再現した。摩擦接合の場合には、バイリニア型の弾塑性バネを設定した。別途実施した摩擦接合面の繰り返し載荷試験の結果から、 $k = 1,000 \text{ kN/m}$ のバネ値を設定した。また、バネの降伏荷重は、摩擦接合面に作用する締め付け力 0.5 kN に動摩擦係数 0.8 を乗じた、 $P_y = 0.4 \text{ kN}$ を設定した。固定の場合には、 $k = 1,000,000 \text{ kN/m}$ の非常に硬いバネ値を設定した。

入力波形には、L1 地震動 (G1 地盤, 137gal)⁵⁾ を実験で加振した際の、各ケースで土槽底板に設置した加速度計から計測された加速度時刻歴を用いた。

解析手順として、Case1 (分離)、Case2 (固定) にて実験結果とのパラメーターフィッティングを行ったうえで、Case3 (摩擦接合) の解析を実施した。

3. 解析結果

図-2 に、各解析ケースにおける高架橋天端の応答加速度時刻歴を、解析結果と実験結果を合わせて示した。図中には、それぞれピークの値(絶対値)を示している。

解析値は、実験値を概ね再現することができた。Case1 (分離)、Case2 (固定) については、加速度のピークを示す時刻も一致した。Case3 (摩擦接合) の結果では、ピークを示す時刻は実験と異なるものの、通常の増し杭を想定した Case2 (固定) の結果と比較して、ピークの加速度が低減する結果となった。なお、今回割愛したが、変位の時刻歴についても同様に、解析結果は実験結果を概ね再現している。

図-3 に、Case3 (摩擦接合) におけるフーチング接合ばねの履歴を示した。加振中にバネが降伏値に達し、ループを描く結果となった。模型実験においても摩擦接合面に働く力が動摩擦力に達し、ズレが生じた際の摩擦損失により、高架橋天端の応答加速度が抑制したと考えられる。また、増しフーチングを既設フーチングに摩擦接合させた補強については、バイリニア型のバネによりフーチングを接合することで、2次元のモデル化で解析できると考えられる。

4. まとめ

本研究では、摩擦接合による増し杭補強における、高架橋天端の応答加速度の抑制効果のメカニズム検証のため、模型実験の再現解析を実施し、以下の知見を得た。1) 増しフーチングを既設フーチングに摩擦接合させた補強については、バイリニア型のバネによりフーチングを接合することで、2次元のモデル化で解析できると考えられる。2) 摩擦接合による増し杭補強では、摩擦接合面での摩擦損失により、高架橋天端の応答加速度が抑制したと考えられる。

参考文献

- 1) 野本ら：摩擦接合による増し杭補強を用いた新幹線高架橋の応答加速度抑制に関する実験的検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，第73回，pp231-232，2018.8
- 2) 野本ら：摩擦接合による増し杭補強を用いた新幹線高架橋の変位抑制に関する実験的検討，地盤工学研究発表会発表講演集，第53回，pp1217-1218，2018.7
- 3) 青木ら：杭の慣性力設計と応答変位法に用いる水平地盤反力係数に関する一考察，土木学会第64回年次学術講演会，2009.9
- 4) 清田ら：珪砂6号の動的変形特性に関する研究，第30回土質工学研究発表会，1995.7
- 5) 龍岡ら：土の力学(Ⅲ)，新体系土木工学，技報堂出版，1981.
- 6) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，pp.275，1999.

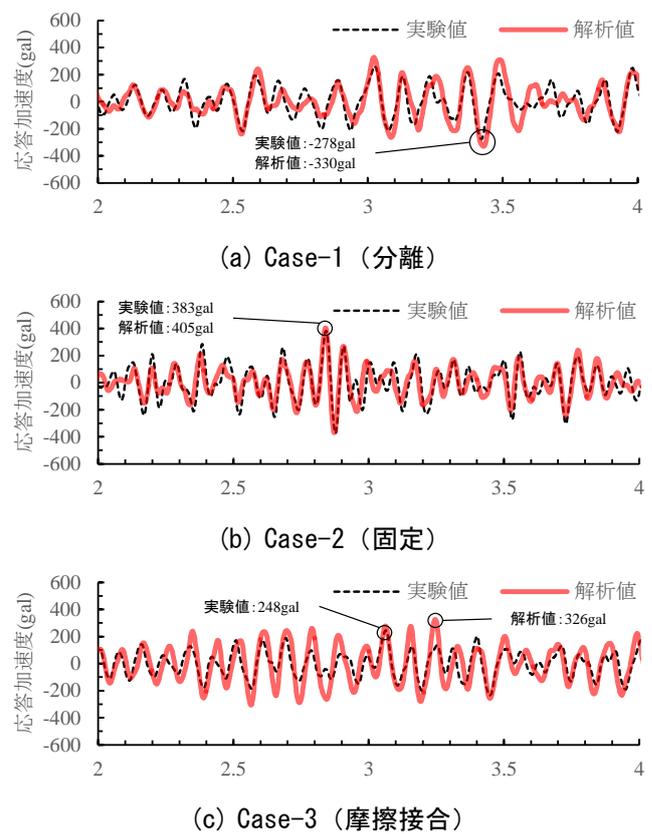


図-2 各ケースの高架橋天端の応答加速度時刻歴

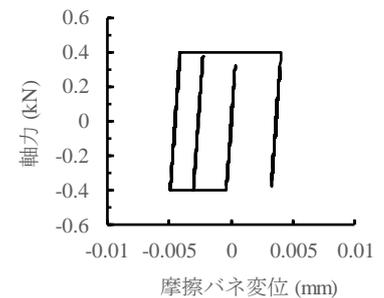


図-3 摩擦ばねの履歴