

既設基礎の耐震補強に関する検討（その6）
- 改良体の水平抵抗を考慮したSTマイクロパイル工法の試設計 -

東洋建設（株）正会員 ○三木 健男 正会員 岡 憲二郎
土木研究所 正会員 大下 武志
国土技術政策総合研究所 正会員 市村 靖光

1．はじめに

本報は、制約条件下における既設基礎の効率的な補強方法のひとつとして、ST マイクロパイル工法を用いた増し杭補強効果について試算検討を報告するものである。本工法は小型施工機械でセメントミルクの高圧噴射攪拌による改良体を造成し、芯材として高張力鋼管を設置する工法である。前報¹⁾も試算検討を報告したが、本工法の水平抵抗については、改良体まで含めた抵抗特性を考慮していなかった。今回は、実大試験施工～水平載荷試験結果を反映した増し杭の水平抵抗をモデル化し、既設基礎の補強効果について検討を加えた。

2．検討概要

検討モデルは旧基準で設計された単柱式T型道路橋脚（PC杭基礎）であり、既設基礎を囲むように増し杭補強を想定した（図-1）。検討方法としては道路橋示方書²⁾の地震時保有水平耐力法に基づき、既設杭と増し杭を含めたラーメン構造として非線形フレーム解析を行った（解析コード：RESP-T）。なお、既設基礎の設計条件や、荷重分担等の補強設計の考え方に関しては参考文献²⁾を参照されたい。検討ケースとしては非液状化時を対象とし、前報と同様に改良体の水平抵抗を期待しないCASE1、改良体の水平抵抗を期待するものとしてCASE2、CASE3とした（表-1）。

表-1 検討ケースおよびモデル

解析ケース	鋼管径 (mm)	鋼管肉厚 (mm)	改良体直径 (mm)	水平地盤抵抗幅 (mm) (水平抵抗に関する計算上の杭径D)	増し杭本数
CASE1	267.4	15	600	267.4 (改良体の水平地盤抵抗無視)	12
CASE2	267.4	15	600	450 (改良体の水平地盤抵抗考慮)	12
CASE3	216.3	12	600	350 (改良体の水平地盤抵抗考慮)	12

3．増し杭の各抵抗特性のモデル化（CASE2,CASE3）

(1) 杭軸直角方向の抵抗特性

改良体まで含めた水平抵抗の評価手法を検討するため、水平載荷試験および非線形解析を実施した³⁾。試験杭の諸元は鋼管径 165.2mm、改良体出来形はφ1,000mmである。検討した水平抵抗の評価手法は、杭の曲げ剛性には改良体を考慮しないが、改良体のある範囲を水平地盤抵抗の増大要素（水平バネの増大）として期待

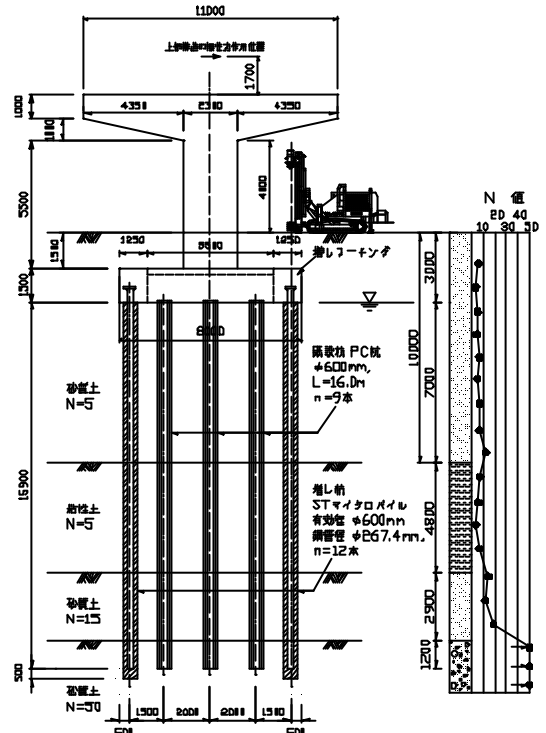


図-1 既設基礎の耐震補強検討モデル

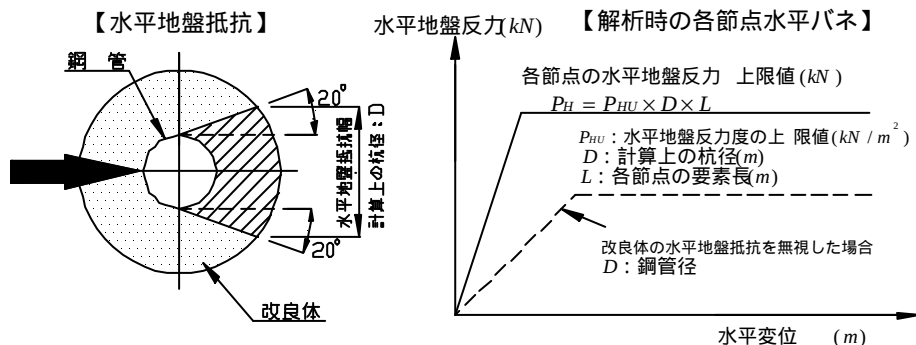


図-2 拡径改良体の水平地盤抵抗の設定

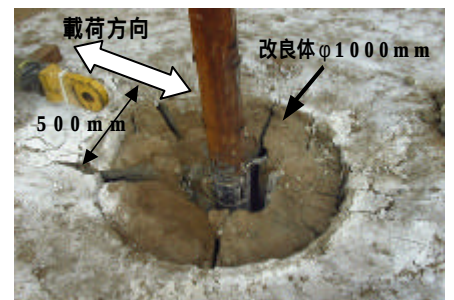


写真-1 水平載荷試験の杭頭状況

キーワード：耐震補強、既設基礎、マイクロパイル、水平抵抗、地震時保有水平耐力法

連絡先：〒101-8463 東京都千代田区神田錦町 3-7-1 興和一橋ビル TEL 03-3296-4622,FAX 03-3296-4662

するものである（図-2）。ここでは、地盤抵抗の増大効果を期待する杭の抵抗幅（水平抵抗に関する計算上の杭径）として、載荷試験時の改良体ひび割れ状況（写真-1）から500mmと設定し非線形解析を実施した。図-3に非線形解析と試験結果の比較を示すが、水平変位が100mm程度までは両者がよく一致しており、今回の試算検討においても同様な考え方を適用することとした。なお、鋼管径や改良体直径によって抵抗幅は変化すると考えられ、今回は図-2、表-1のような抵抗幅と設定した。

(2) 杭軸方向の抵抗特性

支持力の上限值に関しては、押込みおよび引抜き載荷試験結果⁴⁾から、改良体直径を杭径とする道路橋示方書「場所打ち杭」支持力推定式を準用して求めた。また、軸方向バネ定数 K_v に関しては、これまで実施してきた載荷試験結果を参考に、簡便的に求めた推定式⁴⁾により設定した。

(3) 杭体の曲げモーメント M ～ 曲率 ϕ 関係

杭の水平変位が増加すると改良体にひび割れが生じ、改良体自体の曲げ抵抗はあまり期待できないため、杭体の曲げ剛性 EI は芯材鋼管と鋼管内に充填したグラウトのみを考慮するものとした。また、非線形性については鋼管のみの全塑性モーメントを上限值としたバイリニア型とした。

4. 検討結果

検討結果として、図-4に荷重～変位関係を示す。CASE1に対してCASE2の基礎の降伏時（既設杭全列が降伏）荷重は1.2倍増加しており、改良体の水平地盤抵抗を考慮する有効性が確認できた。また、図-5には各杭に生じるせん断力を示す。本検討においては、設計水平荷重（5,534kN）に対して基礎の降伏状態には余裕があるものの、既設PC杭のせん断耐力照査で増し杭諸元が決定されており、増し杭が負担できるせん断力が設計上大きなポイントとなっている。検討結果では、CASE2のように増し杭が受け持つ水平地盤反力の増加により既設杭に生じるせん断力を大幅に低減させ、CASE3のように鋼管径を1ランク下げても設計照査を満足する結果が得られた。

5. おわりに

今回の検討により、改良体の水平地盤抵抗を考慮した場合の基礎補強への有効性が確認できた。今後は、確実な荷重伝達等を目的とした杭頭部の補強方法などを検討していく予定である。なお、本報告は、国土交通省土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」、平成12年度活動に基づき取りまとめたものである。

【参考文献】

- 1) 三木、岡、大下、市村：既設基礎の耐震補強に関する検討（その4）、土木学会第55回年次学術講演会、2000。
- 2) 建設省土木研究所他：既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書（その1）、2000。
- 3) 三木、岡、村田、黒崎、小林：地盤改良併用型マイクロパイルの水平載荷試験、第36回地盤工学研究発表会、2001.(投稿中)
- 4) 村田、黒崎、小林、岡、三木：地盤改良併用型マイクロパイルの引抜き載荷試験、第36回地盤工学研究発表会、2001.(投稿中)

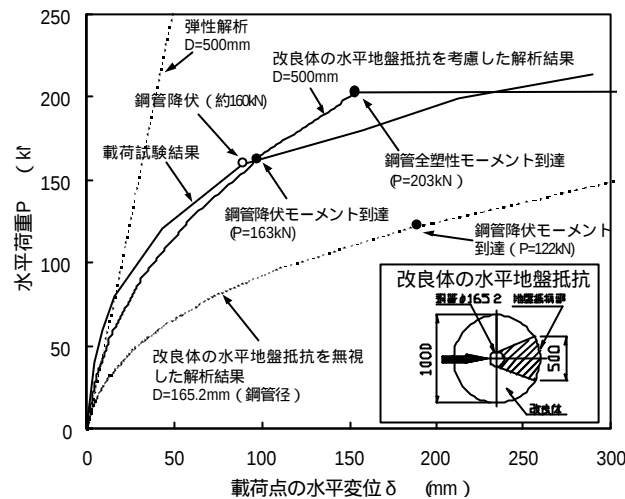


図-3 水平載荷試験および解析結果

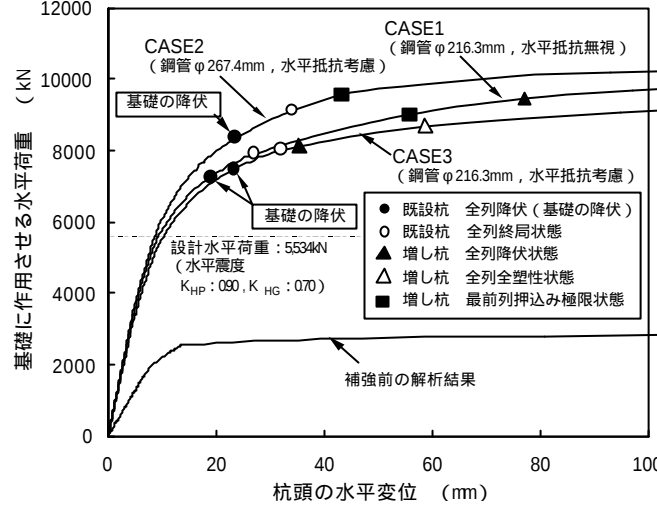


図-4 補強検討結果：P～ δ 関係（橋軸直角方向）

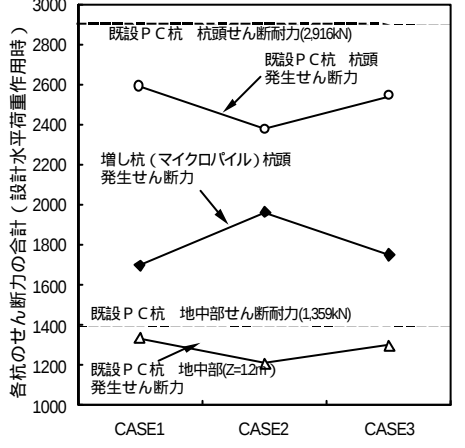


図-5 補強検討結果：各杭のせん断力（橋軸直角方向）