

既設基礎の耐震補強に関する検討（その１）

- 研究概要と試設計条件 -

建設省土木研究所 正会員 ○市村靖光 正会員 大下武志
正会員 福井次郎 正会員 西谷雅弘

１．はじめに

兵庫県南部地震以後、既設構造物の耐震補強の必要性が高まっている。橋脚については、鋼板巻き立てなどにより補強が進められているが、構造系全体の耐震性向上のためには、フーチング以下の基礎部の補強も不可欠である。しかしながら、例えば増し杭により補強を行う場合、通常フーチングより広い範囲を掘削しなければならない、作業空間確保のために広範囲にわたり道路通行規制を行う必要がある。また、新設基礎の場合と異なり桁下での作業となるため、施工が困難でコストも高額となるなどの課題を抱えている。以上から、建設省土木研究所、（財）先端建設技術センター、民間 12 社により、桁下空間や近接構造物の影響が少ない効率的な補強工法の開発を目的とし、平成 11 年度から 3 ヶ年の予定で「既設基礎の耐震補強技術の開発」に関する共同研究を実施している。本研究では、上記のニーズに応える補強技術として高耐力マイクロパイル工法、ST マイクロパイル工法、ねじ込み杭工法、小径ドレーン工法、SSP 工法の 5 工法（以下では新工法と称す）を対象に、設計・施工法の確立を目指している。本文では、新工法の概要と、それらの設計上の課題を明らかにするために行った試設計の目的、設計条件について述べる。

２．新工法の概要

(1)高耐力マイクロパイル工法：一般にマイクロパイルとは、小口径（最大φ300mm 程度）の場所打ち杭・埋め込み杭を総称したものである。その中でも高耐力マイクロパイルは、定着部分のグラウトを加圧注入することで高い周面摩擦力が期待できるようにし、さらに補強材として異形棒鋼に加え、削孔時のケーシングと併用する高強度鋼管を用いることで杭体の剛性も高めるようにしている。

(2)ST マイクロパイル工法：ST マイクロパイル工法は、セメントミルクの高圧噴射攪拌によって造成した改良体を再削孔（リボーリング）し、鋼管を挿入した後、鋼管と削孔壁の隙間を加圧充填する工法である。

(3)ねじ込み杭工法：ねじ込み杭工法は、小口径（最大φ300mm 程度）の鋼管に 4 枚または 2 枚のドーナツ状鋼板（φ600mm 程度）を螺旋状に取り付けた杭を、回転オーガーにより地盤中に無排土で回転貫入するものである。

(4)小径ドレーン工法：小径ドレーン工法は、構造物直下の飽和砂地盤中にφ5～10cm 程度の排水機能付き小径鋼管（小径ドレーン）を 50～150cm 間隔で所定の深度まで打設し、地震時に発生する過剰間隙水圧を速やかに消散させることで、液状化の原因となる間隙水圧の上昇を抑制する工法である。

(5)SSP 工法：SSP 工法は、パイルベント基礎の補強を目的とした鋼板巻き立て工法で、パイルベント周囲に鋼板を溶接し、圧入装置を使って所定の位置まで圧入する。

３．試設計の概要

(1)目的

レベル 2 地震動に対する既設基礎の耐震性能評価および耐震補強効果の照査計算にあたっては、道路橋示方書に示される基礎の地震時保有水平耐力法¹⁾に基づいて実施されることが多い。しかし、既設基礎の補強計算を実施する場合には、補強のために付加する新設部分の基礎が既設部分の基礎と比較して種類（材料、径および長さなど）や剛性、耐力などが異なることが予想されるので、必ずしも基礎を新設する場合と同様

キーワード：耐震補強、液状化対策、既設基礎、地震時保有水平耐力法

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 TEL 0298-64-4703 FAX 0298-64-0564

にその設計法が適用できるとは限らないと考えられる。そこで、耐震性能が不足している既設基礎に対し、提案する5つの新工法（ただし、SSP工法については別途異なる既設基礎をモデルとする）による補強効果を検証するために、現行の地震時保有水平耐力法による試設計を行った。

(2)設計条件

本試設計で対象とした既設橋は、参考文献 2)で増し杭補強の計算例で示されているものを用いた。上部工は支間 26m、幅員 10m の単純鋼 I 桁橋、下部工は単柱式橋脚（T 型橋脚）、基礎は外径 600mm、杭長 16m の打込み式 PC 杭である（図 - 1 参照）。また、小口径杭（高耐力マイクロパイル、ST マイクロパイル、ねじ込み杭）による増し杭補強時の設計条件は、表 - 1 に示すとおりとした。

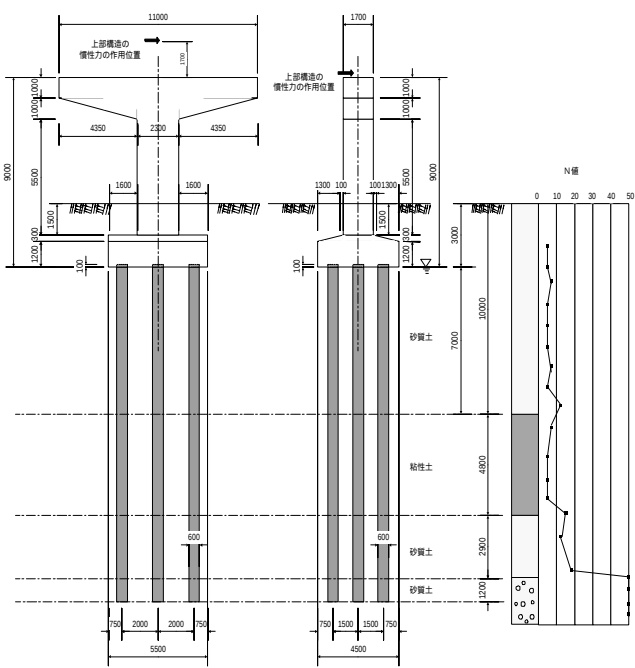


図 - 1 試設計の対象とした橋脚、基礎及び地盤条件

表 - 1 小口径杭による増し杭補強時の設計条件

項 目	設 定 値
水平地盤反力度の上限値 (砂質地盤の補正係数 $\eta_p \alpha_p$)	・最前列（増し杭のみ） → (増し杭間隔 / 増し杭径) ・中 列（既設杭と増し杭） → (増し杭と既設杭との最小間隔 / 既設杭径) × 1/2 ・最後列（増し杭のみ） → (増し杭間隔 / 増し杭径) × 1/2
フーチング前面の地盤抵抗 荷重分担	非液状化時は考慮、液状化時は無視 ・水平力および曲げモーメントは既設杭および増し杭に作用させる ・既設死荷重は既設杭で負担し、増設された死荷重は既設杭と増し杭の剛性比で分配する
補強後の基礎の降伏の定義	今回の試設計では、既設杭に過大な損傷を与えないという観点から、以下の状態を補強基礎の降伏と仮定した ・すべての既設杭の杭体が降伏した状態 ・増し杭あるいは既設杭の杭頭反力が押込支持力の上限に達した状態
解析モデル	地盤特性および杭剛性の非線形性を考慮したラーメン構造

なお、各工法による試設計結果については、参考文献 3)を参照されたい。

4．今後の課題

今後は、振動台実験や遠心載荷実験により異種杭の荷重分担や耐震補強効果を定量的に把握するとともに、既設構造物や地盤条件などの設計条件を変えた試設計などを実施し、新工法の設計法を確立していく予定である。また、桁下制限など制約条件のある実現場での施工性確認や標準的な品質管理法の提案、実大基礎に対する載荷試験なども実施する必要がある。

<参考文献>

1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編、耐震設計編、平成 8 年 12 月
2) (社)日本道路協会：既設道路橋基礎の補強に関する参考資料、平成 12 年 2 月
3) 中田ほか：既設基礎の耐震補強に関する検討（その 2）～（その 6） 第 55 回土木学会年次学術講演会、平成 12 年 9 月