

既設構造物基礎の耐震補強工法の開発 - その1 遠心載荷模型実験概要 -

八戸工業大学 フェロー 塩井 幸武

不動建設 正会員 加藤 康司 白石 弘幸

日特建設 大矢 勉 日本工営 正会員 李 黎明

1. はじめに

適用指針の改訂により、考慮する地震動の見直しや社会資本整備の拡充を目的とした付加機能の追加などに伴い、現状の既設基礎の耐力不足は潜在的な問題点として挙げられる。一般に基礎の補強工事は、桁下空頭などの制約条件より工費・工期を要するため、他の補強工事と比較してその施工実績はあまり多くない。しかしその一方で、東海・東南海・南海地震は、今世紀前半にもその発生が懸念されており、社会施設各種の防災対策に対して見直しが行われるという現状を考慮すると、施工的に効率の良い基礎の耐震補強工法の開発は、将来の社会的ニーズに合致すると考えられる。そこで、低コスト化および工期の短縮を図ることができると共に、狭い作業現場でも容易に施工することができる、既設構造物基礎の耐震補強工法を提案することとした。図-1に示すように、本補強構造は、既設構造物基礎の近傍を所定の深さまで鋼矢板等の地中壁で囲み、その内部を固化改良するものである。この構造により基礎の水平および鉛直抵抗の増大を期待している。

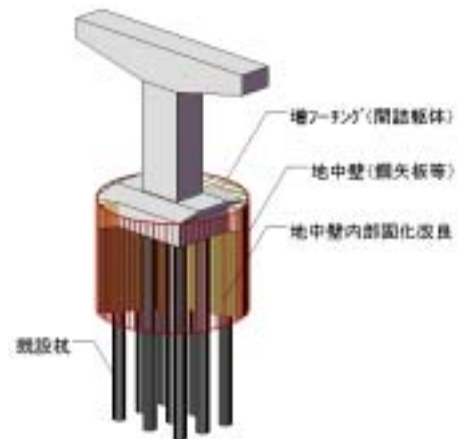


図-1 既設基礎耐震補強工法

本報では、この提案構造による耐震補強効果を定量的に確認するために実施した50G遠心載荷模型実験の概要と結果について述べる。

2. 実験概要

実験模型は、3次元条件とし、長さ4.5m×幅5.5m×高さ1.5mの長方形フーチングと長さ16m、外径600mmの打込みPC杭9本で構成される既設構造物基礎（以下、既設基礎）及びこれに対してフーチング直下4.5mの表層地盤を鋼矢板で囲んで固化改良し補強した基礎（以下、補強基礎）を対象構造物とし、縮尺1/50でモデル化した（図-2）。実験は、50Gの遠心加速度場において、内寸法：長さ600mm×幅500mm×高さ530mmの鉄製剛土槽に、同時に設置した既設基礎と補強基礎の模型に対して、電動式スクリージャッキより変位制御（0.3mm/min）で、載荷点の水平変位を4mm（実物換算200mm）まで水平載荷を行った。なお、載荷点からフーチング底面までの距離は80mm（実物換算4.0m）である。

模型地盤は、均一な砂質土地盤を対象とし、材料物性の再現性を考慮して、乾燥重量比8:2の豊浦珪砂：カオリン粘土混合物を最適含水比で加水調整した人工材料を、 $D_c=90\%$ の密度管理による締固めで作成した。模型地盤材料の基本物性は、湿潤密度 $\rho_t = 1.89\text{g/cm}^3$ 、粘着力 $C = 5.2\text{kN/m}^2$ 、内部摩擦角 $\phi = 33.4^\circ$ となっている。模型杭は、アルミ合金製のもので、曲げ剛性EIを実物に合わせた。杭の境界条件として、頭部はフーチングに剛結し、先端は模

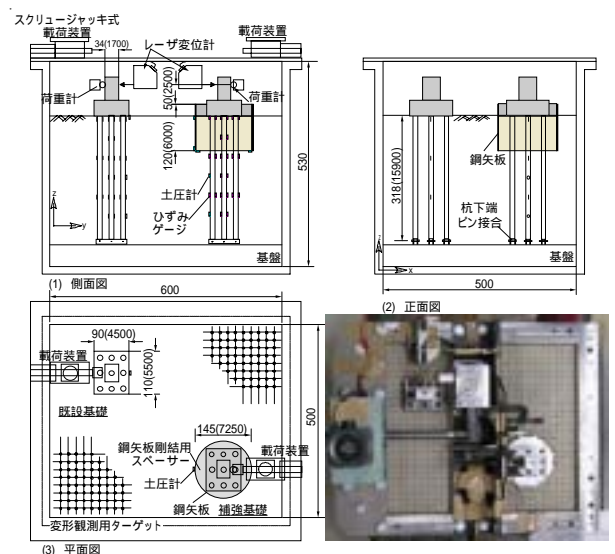


図-2 模型の概要

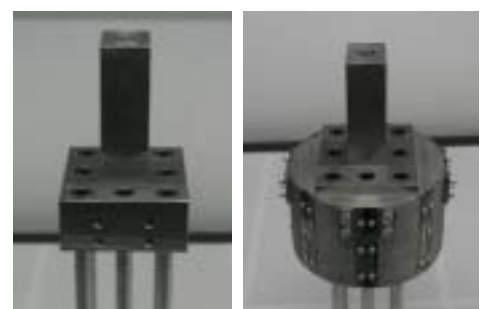


図-3 フーチング部の詳細

キーワード 地震防災、既設構造物基礎、耐震補強、遠心載荷模型実験、相似則

連絡先 〒110-0016 台東区台東1-2-1 不動建設(株) TEL:03-3837-6002 FAX:03-3837-6125

型土槽底面にピン結合した。なお、自重応力履歴段階では、杭基礎が地盤の沈下に追従できるように、ピン下端の鉛直方向拘束を一旦解除した。フーチングは、鉄製のもので、自重および上部工の荷重を集積させた。模型間詰躯体は、RC構造に単位体積重量を合わせるため、アルミ製とした。模型地中壁鋼矢板は鉄製で平面のものとし、軸方向の単位幅あたりの曲げ剛性（鋼矢板型相当）を実物に合わせた。ジョイントを考慮して、模型矢板は円周方向8分割し、厚さ0.5mmのパネ鋼で可とう性継ぎ手にした。今回のケースでは模型鋼矢板の頭部は、間詰躯体を介してフーチングに剛結している。2種類の模型のフーチング部詳細構造を図-3に示す。地中壁内部固化改良地盤は、模型地盤材料を母材に、添加率500kgf/m³になるように、水セメント比W/C=0.8のセメントミルクを添加し、スラリー状のモルタルを地中壁内部に打設した。載荷実験までの養生時間は7日とし、目標一軸圧縮強度とE50はそれぞれ7.35MN/m²、1800MN/m²である。

計測は、載荷重、載荷点の水平変位および模型杭の発生軸・曲げひずみについて行った。なお、載荷による周辺地盤の変形計測は、地表面に観測メッシュおよび標点を設置し、重力場(1G)において、載荷前後の標点座標の測定より行った。

3. 実験結果と考察

主な実験結果及び提案耐震補強工法の補強効果について、代表的な実験結果を示す。

図-4に、自重応力履歴過程における地盤、既設基礎、補強基礎の沈下量の経時変化を示す。図から、沈下量は3者ほぼ同じく1mm強となっており、圧縮ひずみで表すと最大で0.5%程度であり、自重履歴による地盤密度などの変化は無視してよいと言える。

図-5に、既設基礎と補強基礎の載荷実験から得た荷重～変位曲線(P～曲線)を示す。図より、載荷過程において、既設基礎の場合ではほぼ線形的なP～曲線を示すのに対して、補強基礎では、やや上凸のP～曲線を呈する。これは、杭のみの場合と地中壁固化改良体がある場合のそれぞれに対して、非線形性を持つ地盤パネの働き方が異なることによるものと考えられる。また、載荷終了時(実物換算=200mm)において、既設基礎の載荷重に比べて補強基礎のほうが約1.6倍高く、既設基礎を提案工法により補強した結果、地震動が主要因となる水平荷重に対して6割程度の耐力増となることが確認された。また、同一荷重レベルにおける変位量を見ると補強基礎の方が既設基礎に比べ半分以下に抑えられていることが確認できた。

図-6に、既設基礎と補強基礎の載荷過程における杭頭の発生曲げひずみの水平変位に対する変化を示す。これより、押込側の杭にフーチング底面抵抗の影響が見られ値が低めに出ているが、押込側、中央、引抜側ともにほぼ同レベルであり、既設基礎杭頭部に1500 μ の曲げひずみが発生しているのに対して、補強基礎杭頭にはほとんど発生していないことが確認された。これより、杭頭の降伏に対する補強効果が期待できると考えられる。

4. まとめ

既設構造物基礎および本提案工法による補強基礎に対する遠心力場における静的水平載荷実験の結果から、補強基礎の水平荷重に対する耐力が既設基礎に比べて大幅に増加し、耐震補強工法としての効果が確認された。本検討以降、杭の先端支持条件や、補強工の規模(範囲・深度)の影響について検討を進めている。

本検討は、不動建設、日特建設、白石の3社による「地盤・基礎21研究会」における成果である。

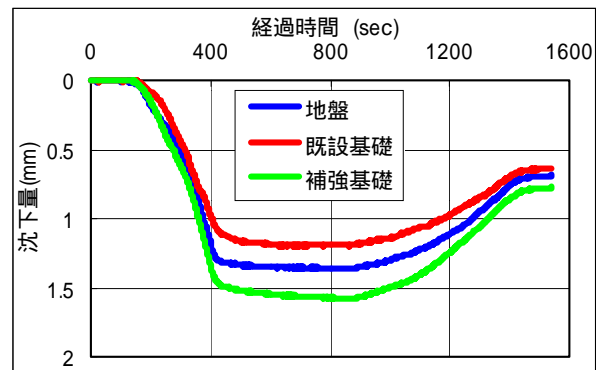


図-4 自重履歴過程

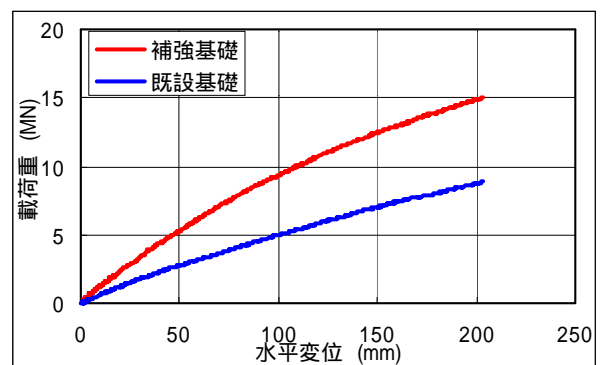


図-5 P-曲線の比較

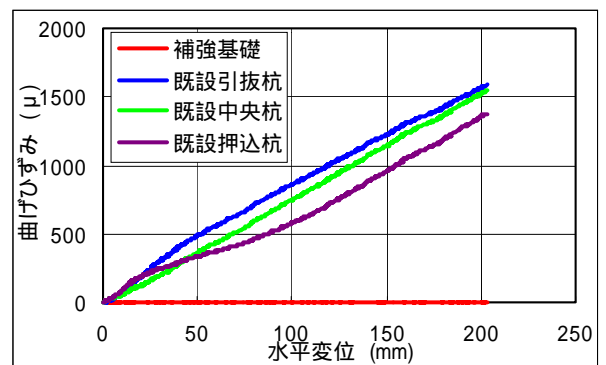


図-6 杭頭発生曲げひずみの比較