

小型土槽を利用した拡大根固め杭の支持力特性に関する基礎的検討

東海大学大学院 学生会員 ○藤川但助

東海大学 正会員 杉山太宏

1. はじめに

近年の既製杭では、低振動・低騒音等の周辺環境への影響を考慮した埋め込み杭工法が主流である。また、構造物の大型化や省資源化等の目的から、杭一本に対してより大きな支持力が要求されるため、杭先端の根固め部を杭径の 1.5 倍程度に拡大することでより大きな先端支持力を発揮する工法が開発され、施工実績が増加している¹⁾。現在この工法は、埋め込み杭工法の主流と言っても過言ではなく、より高い支持力を得るための改良や開発が進められている。しかしながら、根固め部あるいは地盤の支持力とその評価方法、根固め部内への最適な杭の設置位置など、施工実績の割には未解明の点が多い現状にある。本研究では、拡大根固め杭の支持力特性を調べるための基礎実験として、杭径や根固め部への設置位置を変化させた模型杭を作成し鉛直載荷試験を行い²⁾⁻⁵⁾、鉛直支持力あるいは根固め部の破壊挙動に与える影響について比較・検討した。

2. 実験方法

2.1 模型根固め杭

拡大根固め用の模型杭は、中実の鋼製杭と根固め部を模したモルタルで作成した。鋼製杭は長さ 50cm、直径が 2.5cm と 3.0cm の 2 種類である。所定の配合と方法で練り混ぜを行った後³⁾、直径 5.0cm、高さ 10cm の円筒型枠にモルタルを流し込み、図-1 のように杭下長（杭下端から根固め部底面の長さ L）が 2cm ～ 8cm になるように模型杭を固定し、1 週間養生したものを模型根固め杭とした。

2.2 実験土槽と模型地盤

模型地盤には珪砂 3 号及び豊浦珪砂（いずれも気乾状態）を使用した。珪砂 3 号の最大粒径は 3.0mm、土粒子密度は $2.68\text{g}/\text{cm}^3$ 、豊浦珪砂はそれぞれ 0.46mm と $2.639\text{g}/\text{cm}^3$ である。図-2 が使用した実験土槽で、内径 38.8cm、高さは 31.3cm、ドーナツ状のゴムバックを介して空気圧により上載圧を載荷する。底部から 2 層に分けて 12.8cm まで試料砂を詰めバイブレーターで締め固めた後、中央に模型根固め杭を設置し（写真-1）更に 2 層に分けて所定の高さまで試料砂を締め固めた。ゴムバックと上蓋をセットして上載圧を 0.2MPa 及び 0.1MPa 載荷後、以下の載荷試験 B を行った。載荷前後の相対密度は表-1 の通りである。

2.3 載荷試験

載荷試験 A: 砂の模型地盤による土槽実験（載荷試験 B）と比較するため、模型根固め杭を直接載荷装置（Auto graph, AG-10TE: (株) 島津製作所）にセットして根固め部が破壊するまで載荷した。この試験では写真-2 のように土槽の上蓋を杭のガイドに使用した。

載荷試験 B: 模型土槽による載荷試験である。

試験 A、B の載荷速度は $0.1\text{cm}/\text{min}$ で、杭頭にセットした荷重計で荷重を測定した。試験 B では試験後、根固め部周りの砂を丁寧に除去して、根固め部の破壊状態を観察した。

3. 実験結果と考察

3.1 載荷実験 A: 図-3 は、載荷試験 A から得られた貫入量と杭頭荷重の関係である。比較のためモルタルのみの載荷試験（圧縮試験、直径 5cm）を $L=0\text{cm}$ として示している。杭径によらず杭が 0.5mm 程度貫入すると、大きなきしみ音とともに杭と根固め部との周面摩擦が切れて一端応力は急激に減少した後、杭頭荷重は徐々に増加している。そ

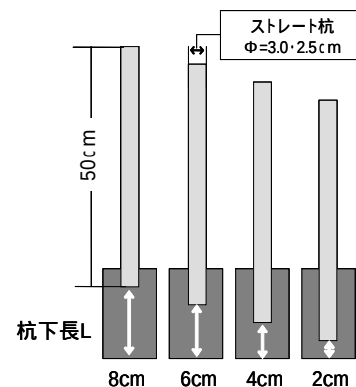


図-1 模型根固め杭の寸法

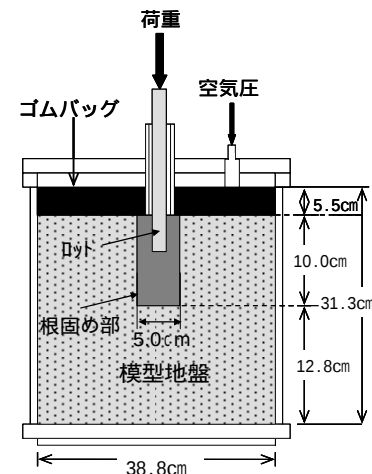


図-2 模型実験装置



写真-1 載荷試験 B 写真-2 載荷試験 A

表-1 載荷試験 B の上載圧と相対密度

砂	上載圧(Mpa)	載荷前(%)	載荷後(%)
珪砂3号	0.2	74	83
豊浦珪砂	0.2	70	72
珪砂3号	0.1	76	84
豊浦珪砂	0.1	71	75

キーワード：埋め込み杭，模型実験，先端支持力

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463-58-1211 E-mail: sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

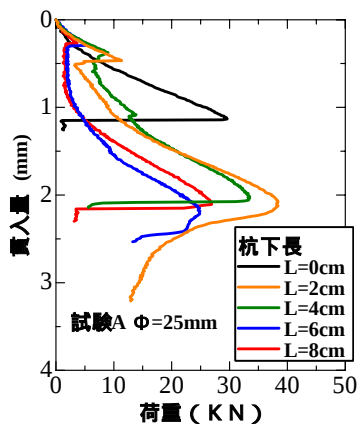


図-3 载荷試験 A の貫入量と杭頭荷

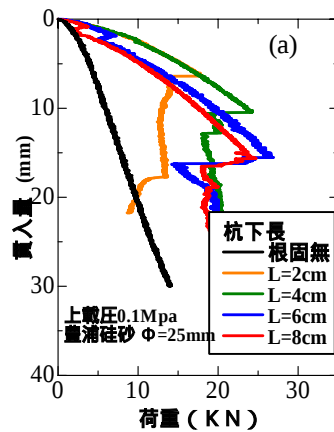
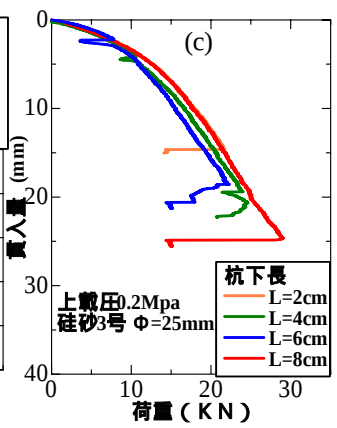
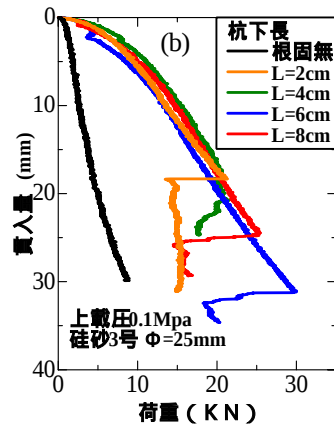


図-4 载荷試験 B の貫入量と杭頭荷重



の後、杭径の 1/10 程度貫入後に最大荷重値を示して根固め部は破壊し、その値は杭下長 L が短いほど大きくなる傾向を示す。

3.2 载荷実験 B：図-4(a)～(c)は、杭径 2.5cm で行った 2 試料の貫入量と杭頭荷重の関係である。図の黒実線は根固め部のない杭のみ結果で、当然ながら根固め部の存在は杭頭荷重を大きく増加させることが明らかである。杭下長 L の違いは、杭と根固め部との周面摩擦が切れる杭頭荷重（貫入量）と、根固め部破壊時の最大杭頭荷重ならびにその貫入量に影響を与えることがわかる。また、(b)と(c)図より上載圧が異なっても最大杭頭荷重はほぼ同値であるが、その時の貫入量が異なっている。杭下長 L によって载荷試験 A では L が小さいと最大杭頭荷重は増加する傾向を示したが、試験 B では全く逆の傾向で、支持地盤の硬軟の影響が現れている³⁾。

試験 B（杭径 2.5cm）で観察された根固め部の破壊状態を写真-2 に示す。杭下長が $L=4\text{cm} \sim 8\text{cm}$ では杭を模した鋼製杭の直下に杭径とほぼ同じ高さ 2.5cm 程の楔が形成されている。一方、 $L=2\text{cm}$ では高さ不足からきれいな楔が形成できず、写真-2(c)のように先端部が抜け出すような破壊形状である。杭下長 L による試験 A と試験 B の最大杭頭荷重を比較したのが図-5 である。杭頭応力は杭下長 L に対して、支持層が剛な試験 A では減少、試験 B では増加する傾向が上載圧の違いによらず観察される。また、杭径よりも杭下長が大きくなると、両試験の最大杭頭荷重はほぼ等しくなることがわかる。図-6 は、杭と根固め部の摩擦が切れた時の杭頭荷重と貫入量を杭下長 L で比較した図である。図中の破線は支持力の基準となる杭径 10% 貫入時の杭頭荷重で、 $L=8\text{cm}$ では全試験でこの値を下回った。したがって、今回の実験条件における図-5、6 の結果を勘案すると、杭下長は 4cm から 6cm 程度が適当と考えられる。

4. おわりに

拡大根固め杭の支持力特性、破壊挙動を調べる目的で、小型土槽による基礎的な実験を行った。本工法は広く利用されているにも関わらず未解明の点も多い。限られた実験結果ではあるが、適当な杭下長の提示ができた。

参考文献

- 1) 桑原文夫：建築分野における高支持力杭の現状と課題、基礎工、2008 年 12 月号, pp.002-006, 2008.
- 2) 日下部治他：根固め杭の先端支持力に及ぼす形状の影響、第 27 回土質工学研究発表会講演集, pp.1559-1562, 1992.
- 3) 藤川但助他：拡大根固め杭の支持力特性に関する基礎実験、第 5 回地盤工学会関東支部発表会発表講集, pp.137-138, 2008.
- 4) 木谷好伸他：埋め込み杭の先端拡大根固め球根の鉛直支持性能に関する模型実験、日本建築学会構造系論文集, 第 615 号, pp.137-143, 2007.
- 5) 山崎雅弘他：既製コンクリート杭根固め部の構造耐力機構、日本建築学会構造系論文集, 第 491 号, pp.73-80, 2007.

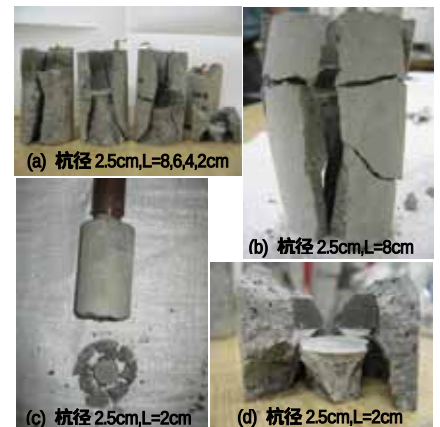


写真-2 载荷試験後の根固め部破壊状況

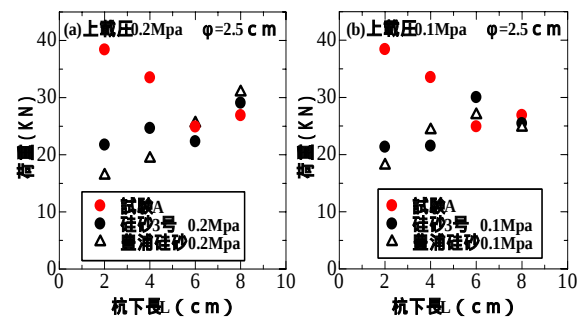


図-5 試験 A・B の最大杭頭荷重の比較

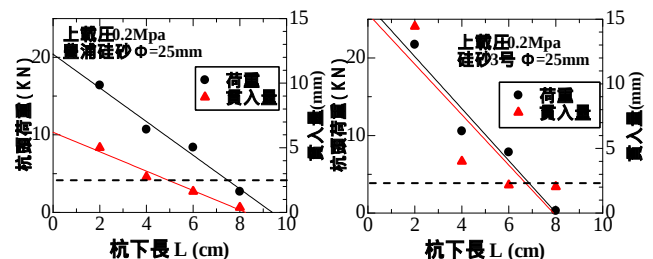


図-6 摩擦喪失時の杭頭荷重と貫入量