

1) - 3 回転貫入鋼管杭斜杭工法による既存杭基礎の耐震補強に関する技術開発

Study on a Seismic Reinforcing System for Pile Foundations by means of Inclined Steel Screw Pipe Piles

(研究期間 平成 22 年度)

構造研究グループ

平出 務

Dept. of Structural Engineering

Tutomu Hirade

In this research, it aimed to confirm the effect of the seismic reinforcing of the pile when the steel screw pipe pile was used as a battered pile by the experiment. The experiment executed in-site loading test and the indoor loading test that used the model specimen, and verified the effect. In the horizontal load ratio of all horizontal resistance power of the in-site loading test, the strait pile was about 22 % and the screw pile were about 38~40 % and the axial horizontal component of the screw pile were about 32 ~36%.

【研究目的及び経過】

杭基礎を用いた建物において、地震時の杭の損傷は建物の傾斜や転倒につながり、建物機能の維持や長期使用、財産保全の観点から基礎構造も耐震性を確保することが望ましい。また、上部構造に対して選択される改修・補強方法によっては、既存の杭基礎だけでは建築物の支持力が不足する場合があります、基礎に対する補強が必要となるが、都市部においては、敷地が狭い等の理由により従来の工法では施工が困難となる場合があります、そのような場合においても対応可能な汎用性を有する杭基礎の補強法が求められている。

本研究では、回転貫入鋼管杭（建築基準法第 3 7 条指定材料に適合する鋼管杭）を斜杭として用いることで、敷地が狭いなどの施工条件に制約がある場合についても適用可能な汎用的杭基礎の耐震補強法について、原位置における実大載荷実験と模型試験体を用いた室内載荷実

験によりその効果を検証するとともに補強に用いた杭の挙動に関するデータの収集を目的としている。

【研究内容】

1. 原位置における実大水平載荷実験

複合構造実験棟の反力壁北側の屋外において原位置の実大水平載荷実験を実施した。表 1 に試験体諸元を、図 1 に試験体の平面配置を示す。試験体 O1 は直杭 1 本、O2 と O3 は直杭 1 本と斜杭 2 本で構成されている。杭は先端閉塞の鋼管杭(直径 $\phi 216.3$ mm, 厚さ: $t=8.2$ mm, 鋼種: STK490)で、 $\phi 550$ mm の先端翼を有する。斜杭の傾斜角度は 15° 、杭頭部は RC のラフトで剛結されている。載荷は反力壁に固定した油圧ジャッキにより、載荷初期段階（水平変位 5 mm まで）は 1 方向多サイクル方式、それ以降は 1 方向 1 サイクル方式とした。

2. 軟弱地盤における室内載荷実験

表 1 に試験体諸元を、図 2 に試験体配置を示す。試

表 1 原位置試験体諸元

No.	杭の構成	ラフト・杭の仕様
O1	直杭単杭	ラフト: 600×600×600 直杭: $\phi 216.3$ ($t=8.2$), $L=6.2$ m, 先端翼 $\phi 550$ ($t=22$)
O2 (平行)	組杭 (直杭1本 + 斜杭2本)	ラフト: 1800×600×600 直杭: $\phi 216.3$ ($t=8.2$), $L=6.2$ m, 先端翼 $\phi 550$ ($t=22$) 斜杭: $\phi 216.3$ ($t=8.2$), $L=6.44$ m, 先端翼 $\phi 550$ ($t=22$)
O3 (直交)	組杭 (O2と同じ)	ラフト: 600×1800×600 杭: O2と同じ

(単位: 特記以外は mm)

表 2 室内実験試験体諸元

No.	杭の構成	ラフト・杭の仕様
Is1	斜杭 (単杭)	ラフト: 500×500×600 斜杭: 傾斜角 15 度(OUT), $\phi 76.3$ ($t=2.8$), $L=2.5$ m 先端翼 $\phi 200$ ($t=9$)
Is2	増杭補強	ラフト既存部: 1580×1300×600 補強部: 500×500×600 既存杭: $\phi 114.3$ ($t=4.5$), $L=5.0$ m, 先端翼 $\phi 200$ ($t=9$) 増杭: 前方・後方傾斜 15 度, $\phi 76.3$ ($t=2.8$), $L=2.5$ m 先端翼 $\phi 200$ ($t=9$)

(単位: 特記以外は mm)

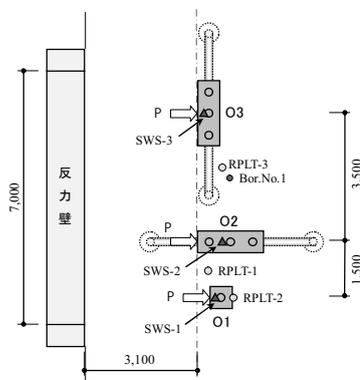


図 1 原位置載荷実験試験体の平面配置

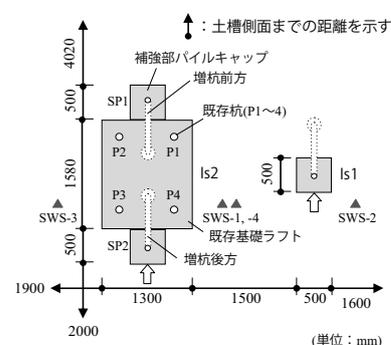


図 2 室内載荷実験試験体の平面配置

験体 Is1 は斜杭単杭で、外側に 15 度傾斜している。加力に際しては、杭頭部の回転を抑止するため、治具によりラフト天端を回転拘束した。Is2 は既存基礎の建物内側方向への斜杭による増杭補強を想定した試験体で、既存杭としての直杭 4 本と増杭である斜杭 2 本で構成されている。斜杭増杭は荷重前後面に 1 本ずつ既存基礎側に 15 度傾斜させ配置した。試験地盤は砂質シルトである。

【研究結果】

1. 原位置における実大水平載荷実験

図 3 に各試験体の水平荷重(P)－水平変位(y)関係を示す。ここで示した水平変位は地表面から 100 mm 上のラフト鉛直面に対して測定された水平変位 2 点の平均値である。直杭 1 本の O1 に対して、斜杭 2 本を追加した O2 の同変位時の荷重は 7～9 倍で推移し、O2 と同諸元で荷重方向をその直交方向とした O3 の荷重は、O1 の 3 倍で推移している。残留変位は O1 で 10.5 mm、O2 で 12.1 mm、O3 で 9.1 mm であった。

図 4 に O2 における水平力の釣合模式図を示した。ひずみ測定値から算定したせん断力 Q, 軸力 N (杭長分の平均値)を用いて、O2 の杭 3 本の水平抵抗力の和 H を式(1)で求め、直杭の水平力負担率 r_{p1} 、斜杭の水平力負担率 r_{sp1} 、 r_{sp2} および斜杭 2 本の軸力の水平成分の割合 r_{spa} を式(2)～(5)と定義した。

$$H = Q_{p1} + (Q_{sp1} + Q_{sp2}) \cos \theta + (N_{sp1} + N_{sp2}) \sin \theta \quad (1)$$

$$r_{p1} = Q_{p1} / H \quad (2)$$

$$r_{sp1} = (N_{sp1} \cdot \sin \theta + Q_{sp1} \cdot \cos \theta) / H \quad (3)$$

$$r_{sp2} = (N_{sp2} \cdot \sin \theta + Q_{sp2} \cdot \cos \theta) / H \quad (4)$$

$$r_{spa} = (N_{sp1} + N_{sp2}) \sin \theta / H \quad (5)$$

ここで添字の p1 は直杭、sp1 は IN 杭、sp2 は OUT 杭を表し、 θ は杭の傾斜角を表す。図 5 に示すように、直杭の水平力負担率(r_{p1})は全水平抵抗力の 22%前後で推移しているのに対し、斜杭はそれぞれ 38～40%前後で推移している。一方、斜杭 2 本の軸力の水平成分の割合 (r_{spa})は 32～36%で推移している。

組杭において、斜杭の傾斜方向に荷重した場合には、IN 杭、OUT 杭ともに軸力による抵抗が生じることで水平抵抗力が大きくなることが分かった。

2. 軟弱地盤における室内載荷実験

既存基礎の建物内側方向への斜杭による増杭補強を想定した試験体での水平載荷実験での水平力負担率を実大水平載荷実験と同様に求めた。図 6 に既存杭の水平力負担率 r_{p1-p4} 、増杭の水平力負担率 r_{sp1} 、 r_{sp2} 、および増杭 2 本の軸力の水平成分の割合 r_{spa} と同せん断力の水平成分の割合 r_{sps} と水平変位の関係を示す。ここで、各値は図中の式によって定義しており、添字は図 2 の杭

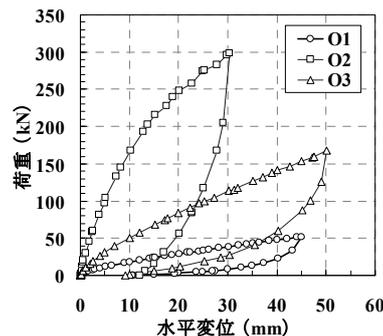


図 3 実大水平載荷実験の荷重－水平変位関係

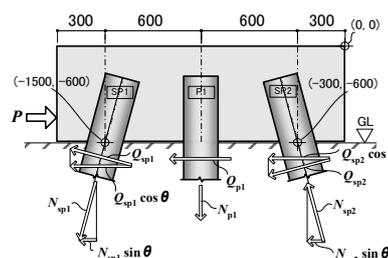


図 4 実大水平載荷実験試験体 O2 の水平力の釣合

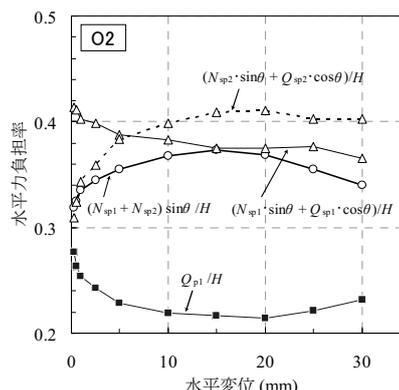


図 5 実大水平載荷実験試験体 O2 の水平力負担率

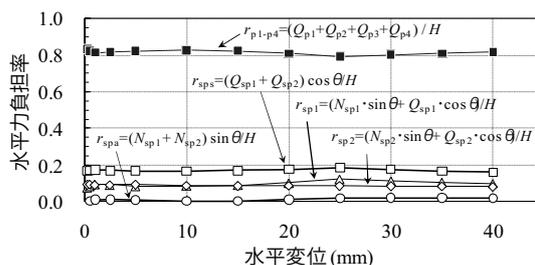


図 6 室内載荷実験の水平力負担率

符号に対応し、 θ は杭の傾斜角を表す。既存杭の水平力負担率(r_{p1-p4})は全水平抵抗力の 82%前後で推移しており、増杭は 9%前後で推移している。これは、既存杭／本の負担率を 20.5%程度とすると増杭との断面積比 2.4 倍にほぼ等しい水平力を負担していることとなる。

建物内側方向への斜杭による増杭補強を想定した場合においても、ある程度の水平抵抗力が期待できることが明らかとなった。