

圧入鋼管杭による既存建物のジャッキアップ施工

今淵寿之* 浜田雅典* 稲井田洋二** 渡辺則雄***

摩擦杭で支持された建物において、敷地内の地層が大きく傾斜していることと中間の腐植土層の沈下が進行したことにより建物両端で200mm以上のレベル差となる不同沈下が発生した。

この建物の傾斜を修正するために、沈下部位の基礎下に圧入杭を打設し、既存の摩擦杭を撤去後、油圧ジャッキを設置してジャッキアップを行って正規のレベルに戻し、その支持力を確認した。その実施施工計画と鋼管圧入記録、載荷試験結果等について報告するものである。

キーワード：摩擦杭、不同沈下、鋼管杭圧入、載荷試験

1. はじめに

竣工後約5年目の建物にて、建物内部床のひびわれ、外構地盤の沈下が発生したため、内部床のレベルを調査したところ、不同沈下が生じていることが判明した。この不同沈下対策工事として、建物を使用しながらの施工が可能となる外部からの鋼管杭圧入ジャッキアップ工法を採用し、建物レベルを水平に復旧することができた。

本報は、当修復工法の選定から施工計画、鋼管杭圧入管理、載荷試験の結果等について報告するものである。

2. 建物沈下状況

2.1 対象建物概要

- ① 建物用途：医療施設
- ② 構造規模：鉄骨造 2 / 0階
- ③ 建築面積：340.84m²
- ④ 延床面積：551.85m²

2.2 建物沈下の調査

建物の不同沈下判明後、継続して約2年間建物南側の玄関位置を基準にした相対的なレベル差を測定したところ、沈下は進行しており、玄関から13~23m離れた北西面で200mm程度以上であった。基礎等の躯体に顕著なひびわれや建具の開閉不良は発生していないため、ねじれや曲げの少ない剛体変位に近い状態であると考えられた。

当該敷地は、地形的には谷底低地域に位置し、そこに盛土された地盤であり、周辺の状況からもこの付近一帯は地盤沈下地帯であると推察される。当建物の基礎は、

長さ8mのセメントミルク充填異形摩擦杭で支持されている。不同沈下修復工事に追加ボーリング調査をしたところ、建物の下部地盤には急激に傾斜した軟弱な腐植土層があり、南側の杭先端はこの軟弱層の下の比較的良好な洪積粘性土で支持されているが、北側の杭先端は腐植土層内にあることがわかった。この北側の杭が腐植土層の沈下と共に下がり、不同沈下が生じたものである。但し、この不同沈下に伴う設備・電気関係配管への影響は、見られなかった。

2.3 不同沈下の状況

建物ジャッキアップ前の不同沈下状況を内部のレベル差としてのモデル図で表現するとFig.1になる。

Y1通りの南東面を軸に、北西面が全体的に沈下しており、南東面の最も高い南東部(X3、Y0)と北西部コーナーとの高低差は255mmであった。

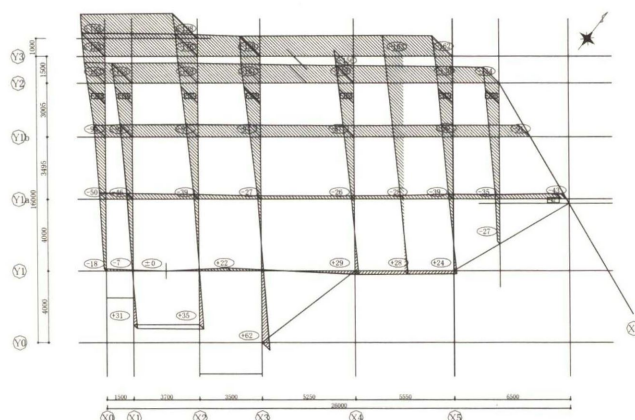


Fig.1 沈下レベル測定結果モデル図

3. 修復工法

3.1 修復工法の選定

建物の不同沈下に対する対策としては、①鋼管杭圧入ジャッキアップ工法と②地盤改良のための深層注入工法

- | | | | |
|-----|-------|------------|-----------|
| * | 首都圏支店 | 建築事業部 | 建築部第1工事部 |
| ** | 首都圏支店 | 建築事業部 | 建築部技術グループ |
| *** | 技術研究所 | 地盤基礎研究グループ | |

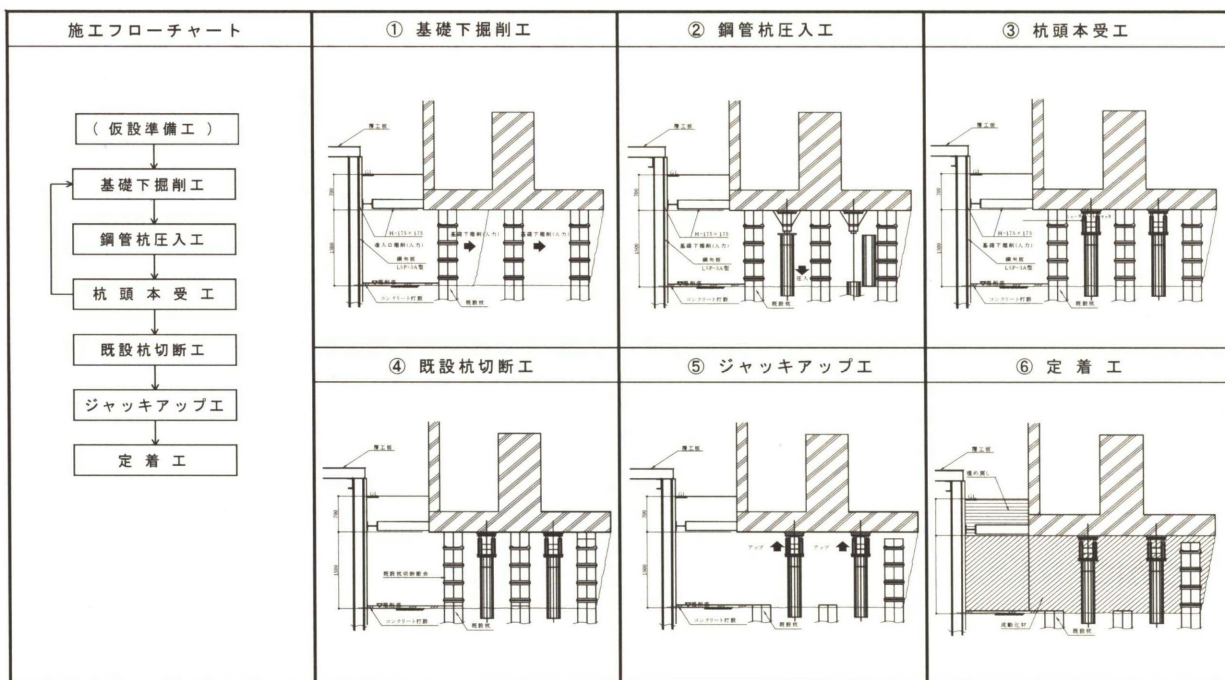


Fig. 2 工法手順図

が挙げられる。①は、基礎下で新規の鋼管杭を支持層となる洪積砂質土層（深さ18m）まで圧入して基礎を支えながら既設の杭を切断したあと、所定のレベルまでジャッキアップする工法である。②は腐植土層にセメントミルク等の改良材を注入して軟弱な地盤を強固なものにすることにより沈下の進行を止める工法である。②の地盤改良は①の工法に比べて、安価であるが、腐植土中では改良材が側方に流れ改良地盤を構築できないことが予想され、また建物各部位毎のレベル調整は困難であるため、建物を使用しながら不同沈下の修復には適さない。以上より、鋼管杭圧入ジャッキアップ工法を採用した。

3. 2 修復工法手順

当工法の施工フローと施工順序図を Fig. 2 に示す。また修復工事は以下の施工手順で実施した。

- (1) 準備工事
 - 1) 建物レベル測定
 - 2) 既存設備配管切り直し
- (2) 土工事
 - 1) 進入口山留（鋼矢板）
 - 2) 進入口掘削
 - 3) 基礎下人力掘削・掘削土砂搬出
 - 4) 基礎下既存捨てコンクリート撤去
 - 5) 簡易釜場設置
- (3) 鋼管杭圧入、既設杭撤去
 - 1) 圧入用ジャッキ取付け
 - 2) 先端鋼管杭建込み・圧入・上杭継足し・溶接
 - 3) 圧入用ジャッキ撤去・サポートジャッキ設置
 - 4) プレロード
 - 5) 既設杭切断・搬出

- (4) ジャッキアップ工、定着工
 - 1) 建物レベル測定・アップ量の検討
 - 2) ジャッキアップ
 - 3) 基礎下流動化処理土充填
 - 4) 進入口の埋め戻し

4. 施工

4. 1 進入口掘削工事

基礎下への進入口を Fig. 3 の位置に2箇所設けた。その進入口掘削のための山留として鋼矢板を打ち込み、一次掘削後、腹起しおよび既存躯体を利用した切梁を設置した。（Fig. 4 参照）根切り底には、コンクリートを打設し、簡易釜場を設けた。

進入口完了後、基礎下の掘削を人力・機械併用で掘り進み、ベルトコンベアーにより搬出した。

フーチング下1.5mまで掘削し、床付け後、フーチング下に付着している捨てコン等をはつりとった。

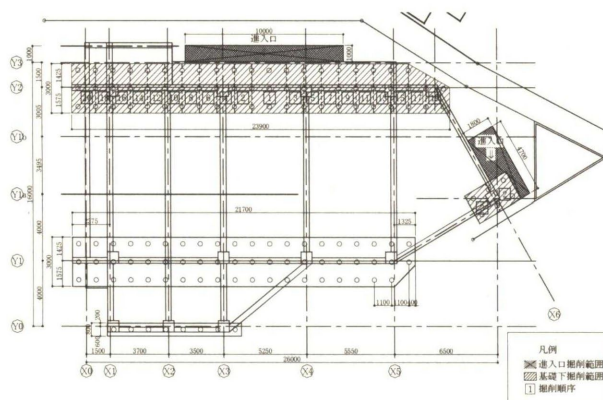


Fig. 3 進入口配置図

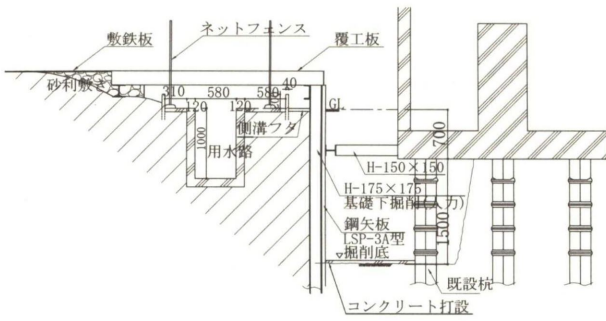


Fig. 4 山留計画図

4.2 鋼管杭圧入工事

4.2.1 鋼管杭の仕様

鋼管材は、建物総重量に対する軸力をもとに、鋼管杭の配置および径を以下のように設定した。

使用した鋼管の仕様は以下のとおりであり、圧入する鋼管杭の配置図を Fig. 5 に示す。

- 1) 材質 : STK400
- 2) 外径 : φ 216.3mm
- 3) 厚み : 5.8mm
- 4) 長さ : 1000mm ごとに切断加工
- 5) その他 : S L シート使用
(ネガティブフリクション低減のため、腐植土層にあたる杭の部分に S L シートを巻きつける。)

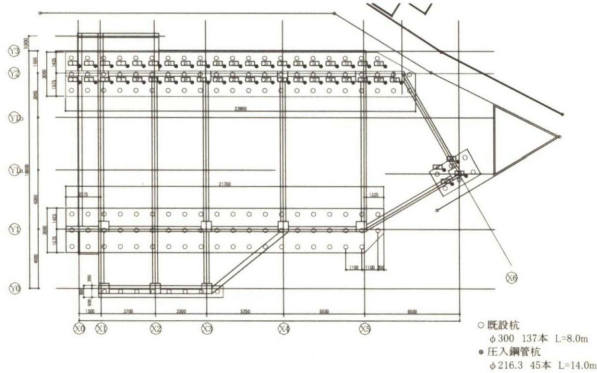


Fig. 5 圧入杭配置図

4.2.2 鋼管杭の圧入

鋼管杭の圧入は以下の手順で行った。圧入の計画荷重は杭ごとに柱軸力から算定した 156~285kN に設定した。

- 1) 杭位置墨出し。
- 2) 圧入用の 500kN 油圧ジャッキ取付け。
- 3) 長さ 1000mm に切断加工された鋼管をセット。
- 4) 建物自重を反力に油圧ジャッキで圧入。
- 5) ジャッキシリンダーを戻し次の鋼管をセット。
- 6) 杭の継手はアーク溶接で接合。
- 7) 上記③~⑥を繰り返して、圧入荷重が計画荷重に達した深度、または建物が浮上した時点まで圧入。
- 8) 圧入完了後、油圧ジャッキの撤去、サポートジャ

ッキと入れ替えセット。

9) サポートジャッキ頂面と基礎下面の空隙に、急結性無収縮モルタルを充填し、当ジャッキにて杭にプレロードをかけ固定。

4.2.3 圧入管理

鋼管杭の圧入は、計画荷重 156~285kN に達した深度または建物が浮上した時点までとし、圧力の管理は圧力変換機にて行った。設計杭長は、18.0m であったが、予定深度以下で計画荷重に達し、建物の浮き上がりも見られなかったため、最終圧入荷重は 490kN 以下で建物に影響が出ない範囲まで荷重を上げて圧入した。

圧入管理グラフの例を Fig. 6 に示す。

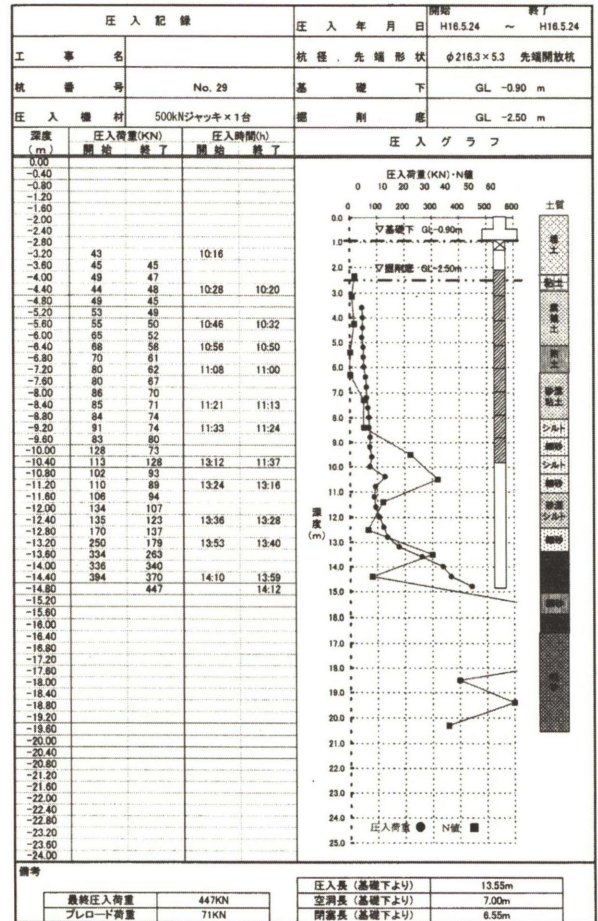


Fig. 6 圧入管理グラフ例

4.3 ジャッキアップ工事

鋼管杭圧入完了後、ジャッキアップする前に既設杭の切断・解体を行い、以下の手順でジャッキアップを行った。ジャッキアップ完了後のレベル測定結果のモデル図を Fig. 7 に示す。

- 1) 各鋼管杭のサポートジャッキ (本設) 内にオイルジャッキ (ジャッキアップ用) を設置する。
- 2) オイルジャッキは杭にかかる荷重の 2 倍程度の能力となる 500kN の複動式を使用する。
- 3) ジャッキアップは各杭を反力とする。

- 4) 第一ステップとして半数の杭のオイルジャッキに計画荷重の約50%の荷重を載荷させ、ジャッキストローク内の150mm程度ジャッキアップする。
- 5) 次に、第一ステップとは別の杭にオイルジャッキを盛替え、所定量までジャッキアップする。
- 6) 所定のアップ量に達した箇所からオイルジャッキ作動をロックする。
- 7) オイルジャッキの1回のジャッキアップ最大量は約150mmとし、最大量に達したジャッキは、シリンダーを戻しサポートジャッキ上に盛替え用ピースを設置する。
- 8) ジャッキアップ完了後、1階の室内レベルを測量し、微調整を行う。
- 9) レベル修復完了後、サポートジャッキのナットを固定する。
- 10) 各柱間の許容相対レベル差は1/500以下とし、ジャッキアップ中の測定は、レベル測量・ワイヤー式変位計の併用で行った。変位計は基礎下に8点(Y2通りX1~X6, Y1通りX6)に設置しパソコン画面に表示させ、ジャッキアップ量を管理する。なお、進入口の切梁は、ジャッキアップに合わせて微調整しながら盛り替える。

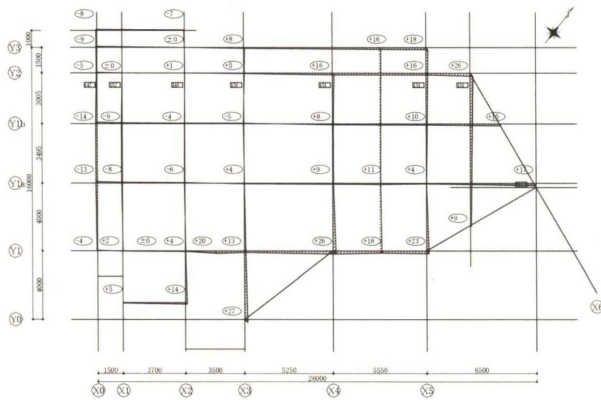


Fig. 7 修復完了後レベル測定結果モデル図

4. 4 定着工事

基礎下には、流動化処理土をポンプ車にて打設した。打設口は進入口に設け、充填確認のため配管を基礎下により2箇所配置した。進入口は砕石を敷き、締め固めを行った。流動化処理土の計画図をFig. 8に示す。

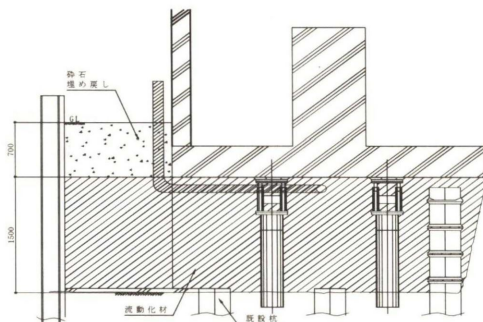


Fig. 8 流動化処理土打設計画図

5. 載荷試験

5. 1 試験概要

杭の支持力を確認するために、多サイクル試験法による鉛直載荷試験を行った。試験の内容は、Table1の試験方法にて3箇所について実施した。

試験は、鋼管杭圧入後2週間の養生期間後に実施した。

Table1 載荷試験方法

項目	内容	
試験荷重	最大荷重 Pmax=320kN (負担荷重×3+10%)	
加力装置	最大荷重の120%の能力 (500kN用油圧ジャッキ)	
反力装置	建物自重を利用	
試験方法	地盤工学会「杭の鉛直載荷試験方法」に準ずる	
荷重管理	圧力変換機	PG-1 TH
荷重段階 (kN)	1サイクル	0→40→80→40→0
	2サイクル	0→40→80→120→160→120→80→0
	3サイクル	0→80→120→160→200→240→200→160→80→0
	4サイクル	0→80→160→200→240→280→320→280→240→160→80→0
載荷速度	増荷重: 40kN/min	
	減荷重: 80kN/min	
各荷重保持時間	処女荷重	: 30分
	各サイクル0荷重	: 15分
	最終0荷重	: 30分
	履歴内の荷重	: 2分
測定項目	杭頭部沈下量: 変位計4点	
	建物浮上り量: 変位計1点	

5. 2 試験結果

試験杭1の荷重(P)、時間(t)、沈下量(S)の測定結果から、第1限界抵抗力(Py)、第2限界抵抗力(Pu)の判定のために、試験結果総合図(荷重・沈下量-時間曲線)、logP~logS曲線、S~logt曲線、ΔS/Δlogt~P曲線をFig.9~12に示す。試験杭2、3もほぼ同様な結果であった。なお、全試験杭の最大荷重、最大沈下量、最大残留沈下量はTable2であった。

Table2 試験結果

項目	試験杭1	試験杭2	試験杭3
試験最大荷重	320kN	320kN	320kN
最大沈下量	4.95mm	5.00mm	4.95mm
最大残留沈下量	0.36mm	0.18mm	0.34mm

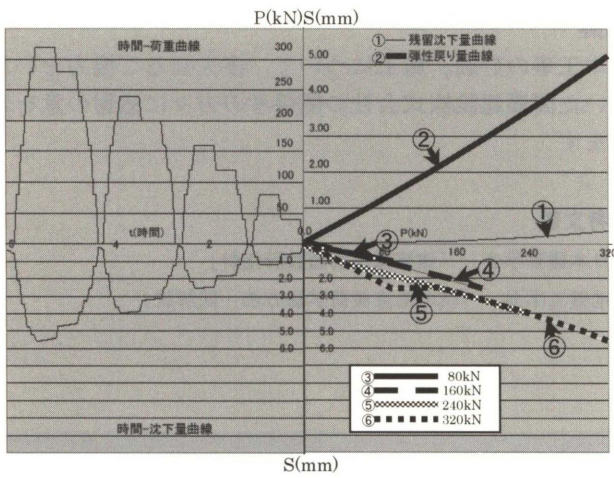


Fig. 9 荷重・沈下量—時間曲線

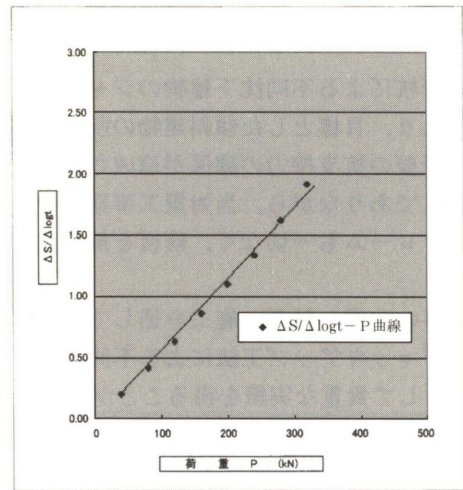


Fig. 12 $\Delta S/\Delta \log t \sim P$ 曲線

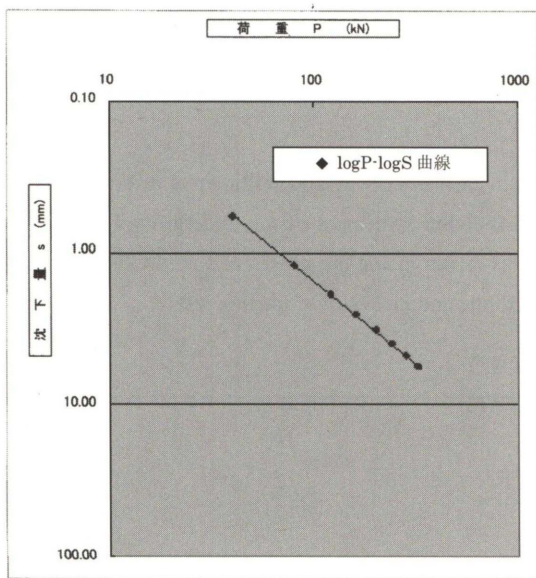


Fig. 10 $\log P \sim \log S$ 曲線

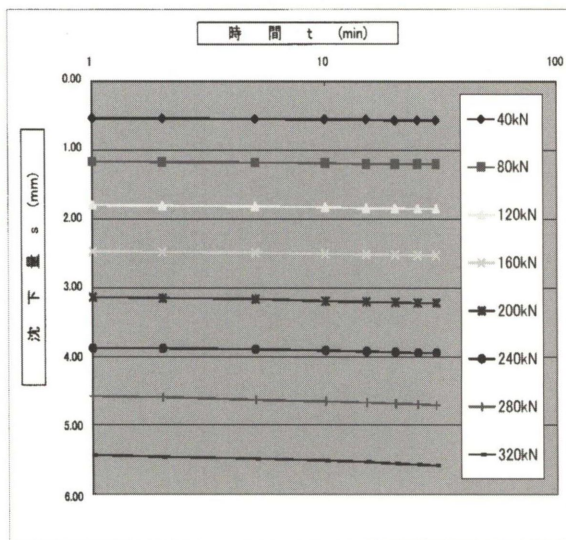


Fig. 11 $S \sim \log t$ 曲線

5.3 杭の鉛直支持力

(1) 第1 限界抵抗力の判定

荷重・沈下量—時間曲線の $P \sim S$ 曲線および $S \sim \log t$ 曲線では試験最大荷重 ($P_{max} = 320 \text{ kN}$) において沈下量が増加する傾向は見られない。また、 $\log P \sim \log S$ 曲線、 $\Delta S/\Delta \log t \sim P$ 曲線において急折点没有出现してない。従って第1 限界抵抗力は 320 kN 以上であると判定される。

(2) 第2 限界抵抗力の判定

試験最大荷重 ($P_{max} = 320 \text{ kN}$) においても杭の先端変位量が杭先端直径の 10% 以下であり、急激な沈下量の増加は表われていない。また、 $\log P \sim \log S$ 曲線において急折点没有出现してない。従って、第2 限界抵抗力も 320 kN 以上であると判定される。

(3) 許容支持力

長期許容支持力 (R_a) は、載荷試験による降伏荷重の $1/2$ 、極限荷重の $1/3$ の最小値であり、降伏荷重を第1 限界抵抗力 (P_y)、極限荷重を第2 限界抵抗力 (P_u) と考えると以下になる。

① 第1 限界抵抗力から $R_a = 1/2 \cdot P_y \geq 160 \text{ (kN)}$

② 第2 限界抵抗力から $R_a = 1/3 \cdot P_u \geq 107 \text{ (kN)}$

柱軸力からの鋼管杭 1 本あたりの分担荷重は $52 \text{ kN} \sim 95 \text{ kN}$ であることから、所要の支持力は十分に得られているものと判断される。

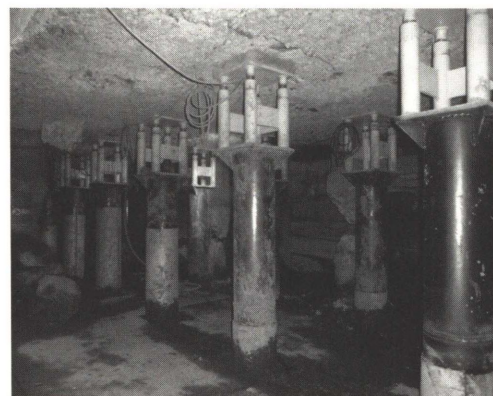


photo. 1 ジャッキアップ完了状況

6. まとめ

圧入鋼管杭による不同沈下建物のジャッキアップ工法の採用により、目標とした傾斜建物の所定レベルへの復旧および所要の杭支持力の確保が達成された。また、居ながら施工でありながら、当対策工事期間中の建物使用者からのクレームも一切なく、修復を無事完了することができた。

当該工事の立案、計画、施工を通して、圧入鋼管杭を使用したジャッキアップ工法による不同沈下建物の傾斜修復事例として貴重な実績を得ることができた。

謝辞

本工事の計画、施工について、多大なるご協力をいただいた間瀬建設株式会社の関係者の方々に感謝の意を表します

参考文献

- 1) 日本建築学会 「建築基礎構造設計指針」
- 2) 地盤工学会 「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」

Jack up construction by steel pipe pile for a existing building

Hisayuki IMABUCHI, Masanori HAMADA, Youji INAIDA and Norio WATANABE

Abstract

A certain building supported with the friction pile was inclined and the height difference was 200 millimeters at both ends of this building. Because the friction pile in one side of the building sank with consolidation settlement of the underground humus soil. In order to restore the uneven settlement of this building, another steel pipe pile was driven in and the subsidence portion was raised using the hydraulic lifter. We report on this planning, the construction record of jacked pile and the result of loading test.

Keywords: Friction pile, Differential settlement, Jacked steel pipe pile, Loading test
