

# 基礎補修工事に伴う杭頭荷重の変動

谷岡 靖之\* 加藤 千博\* 本山 一弘\*\* 堀内 徹也\*\*

**要約:** 兵庫県南部地震では、上部構造の被害は微小であるものの杭基礎が損傷を受け、使用限界を超える不同沈下を生じた構造物の例が報告されている。これらの構造物の居室利用を妨げることなく基礎部のみの補修を行うために、鋼管杭を増設し支持力を負担させ、ジャッキアップにより不同沈下を修正する工法が採用されている。本工事は、兵庫県南部地震により杭基礎の耐力が低下し不同沈下を生じた建物の耐震改修を伴う不同沈下修正工事であり、上部構造を使用した状態で施工を行った事例である。本報告では、WRC造5階建集合住宅での補修工事における着工からジャッキアップ前までの間、工事進捗に伴い既存PC杭と鋼管杭の杭頭荷重がどのように変動したかを検討した。

**キーワード:** 基礎, 不同沈下, アンダーピニング, 鋼管杭, ジャッキアップ

**目次:**

1. 工事概要	5. ジャッキアップ時の補強鋼管杭・既設PC杭の杭頭荷重変動
2. 施工方法	6. 荷重再配分の解析的検討
3. 計測結果	7. まとめ
4. 不同沈下修正	

## 1. 工事概要

表1に対象となった建物の概要を示す。上部構造は剛性の高いWRC造5階建、基礎はPC杭を採用している。表2に補強鋼管杭の仕様を示す。補修工事後の建物荷重は、全て鋼管杭で負担するように設計された。図1に鋼管杭配置を示す。補修工事前の建物沈下状況は、図1で示す様にC通りを回転軸として南側に傾斜していた。

表1 建物概要

用途	共同住宅	
構造規模	WRC造5階	
建築面積	593.71㎡	
延床面積	2834.19㎡	
既設杭	杭種	PC杭(A種)
	杭径	φ300mm
	杭長	8.0m
	長期支持力	350 kN
	短期支持力	700 kN
	杭本数	82本
建物総重量	23.7 MN	
最大沈下量	69mm(着工時)	

## 2. 施工方法

建物下部の掘削が上部構造へ悪影響を与えないように、6ブロックの工区分けを行い隣り合うブロックを連続して掘削しないようにした(図1 施工順序参照)。掘り出された既設PC杭の損傷の状態により掘削を中止し先行して鋼管杭の圧入を行った。建物の傾斜は、南面に設置し

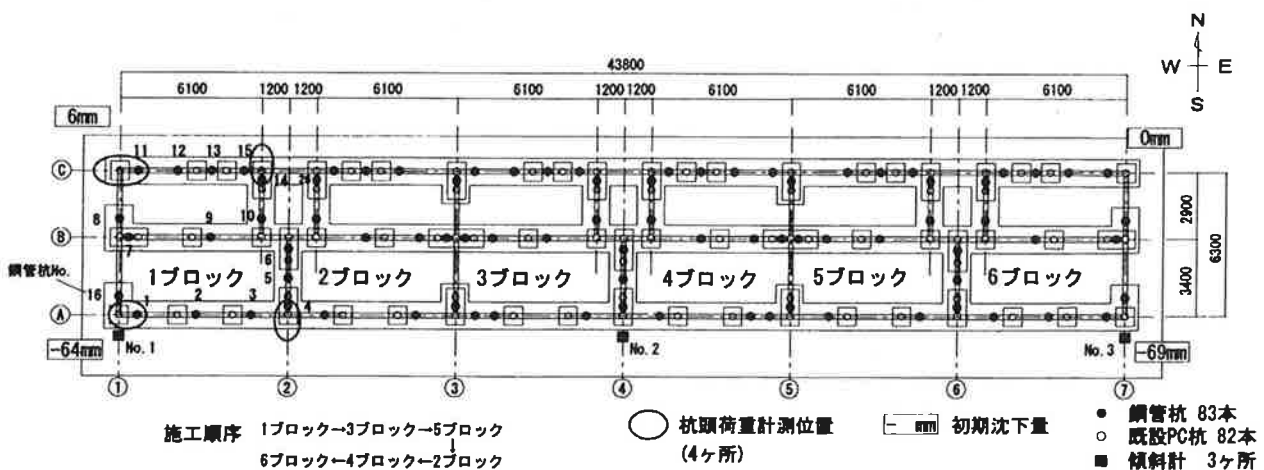


図1 平面配置図

た傾斜計(3ヶ所)により常時監視を行い安全性を確保しながら施工を進めた。図2に既設PC杭の破壊状況を示す。

圧入後の鋼管杭には、建物挙動の安定を図るためにプレロード(250kN)を与え、周囲の掘削および他の鋼管杭圧入の影響を受けないようにした。耐圧版(既存基礎-1.5m)打設後、既設PC杭を耐圧版上部で切断し、鉛直耐力を確認するために簡易載荷試験を実施した。その結果、杭頭部で損傷が認められたPC杭の中で、深部の鉛直耐力が保持されているものも確認された。既設PC杭上にH型鋼を井桁に架設し(サンドル)、地中梁と連結することによって荷重を伝達させた。全ブロックの掘削および鋼管杭圧入が終了後、ジャッキアップにより不同沈下を修正し、定着コンクリートを打設して埋戻しを行った。

### 3. 計測結果

図3に建物傾斜の経時変化を示す。

建物南面に設置した3台の傾斜計の施工期間中における変動はいずれも0.04°(約1/1400)以下であり、掘削および鋼管杭圧入による上部構造の居室利用への影響はなかったともと思われる。

図4に鋼管杭および既設PC杭の杭頭荷重の経時変化を示す。

鋼管杭および既設PC杭の杭頭荷重は、ともに施工の進捗に伴う増減が認められる。また、鋼管杭の杭頭荷重が変動する要因としては以下の点が考えられる。

杭頭荷重減少の要因

- ① 周辺部の鋼管杭圧入
- ② 耐圧版の打設 (接地圧の発生)
- ③ 既設PC杭の簡易載荷試験

表2 鋼管杭仕様

鋼管杭	杭種	鋼管 STK400
	杭径	φ 355.6 × 11.1
	杭長	7.0m
	杭本数	83本
	工法	ジャッキ圧入工法
	継ぎ手	半自動アーク溶接
	圧入荷重	726 kN

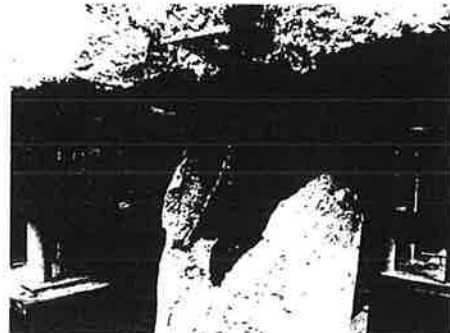


図2 既設PC杭破壊状況

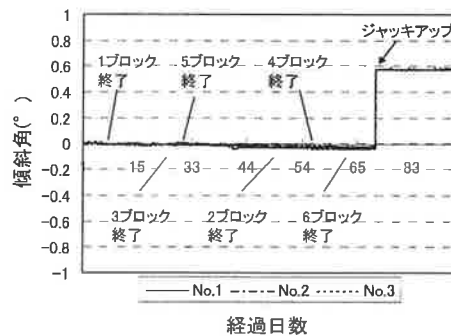
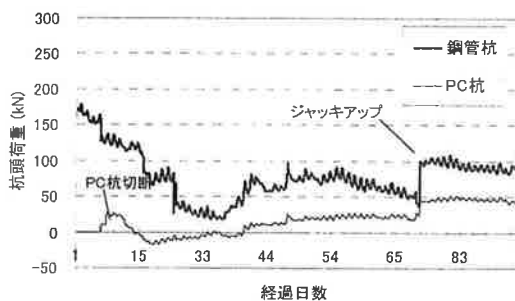
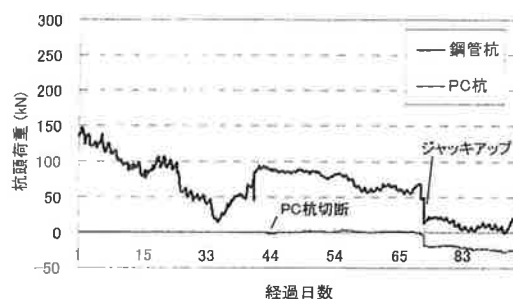


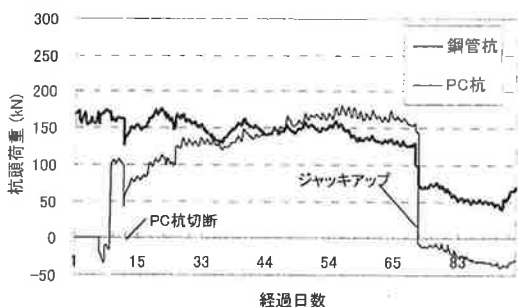
図3 傾斜の経時変化



(a) 杭頭荷重 No.11 (北西)



(b) 杭頭荷重 No.14 (北東)



(c) 杭頭荷重 No.1 (南西)



(d) 杭頭荷重 No.4 (南東)

図4 杭頭荷重の経時変化

杭頭荷重増加の要因

- ① 周辺部の掘削
- ② 既設 PC 杭の切断

鋼管杭にプレロードを与えた後の杭頭荷重の変動は、隣接する既設 PC 杭の現状の耐力（健全性）に差があることなどから、計測部位による違いが確認できる。図 4(a)～(d)から、計測開始直後は鋼管杭の荷重負担割合が大きく、作業進捗に伴い減少する傾向が確認できる。この間、PC 杭の杭頭荷重は緩やかに増加する傾向がある。

ジャッキアップ時の鋼管杭の荷重変動は、A 通り側の No. 1 および No. 4 で減少し、C 通り側の No. 11 で増加の傾向を示している。C 通りに位置する No. 14 の杭頭荷重が No. 11 と異なり減少しているのは、階段室付近(②-C 通り)の荷重再配分が複雑であるためと考えられる。但し、大局的に判断すると、ジャッキアップに伴い A 通り側から C 通り側へ荷重が移行したのと思われる。

4. 不同沈下修正

不同沈下修正に使用した油圧ジャッキは、補強鋼管杭に 83 台、既設 PC 杭位置の耐圧版上に井桁に組んだ H 型钢(サンドル)に 34 台設置し、1 台の油圧ポンプで制御してジャッキアップを行った。建物の挙動は、変位計(24ヶ所)およびレベル(17ヶ所)にて観測を行った。ジャッキアップ時の同スパン内での相対変位量は、上部構造にクラックが発生しないように 3mm 以下に抑えた。

図 5 にジャッキアップ前後の A 通り(南面)の沈下量を示す。C 通り(北面)の沈下量が 0mm 付近で推移したことから、不同沈下の修正の効果が確認された。

5. ジャッキアップ時の補強鋼管杭・既設 PC 杭の杭頭荷重変動

建物の傾斜は南北方向が支配的であり、沈下修正は主に南北方向の傾斜を水平にする形で行った。図 6 に杭頭荷重を計測した鋼管杭と既設 PC 杭の配置を、図 7 にジャッキアップ時の杭頭荷重の経時変化を示す。

No. 1 の PC 杭の杭頭荷重は、ジャッキアップ開始直後に大きく減少し、ジャッキアップ中は 0 kN 付近で推移している。これは、(1) PC 杭と油圧ジャッキが耐圧版上のサンドルを介して連結されていること、(2) PC 杭と耐圧版が応力を伝達しないように縁きりがなされていることの影響であると思われる。No. 1 の鋼管杭では、杭頭荷重はジャッキアップと共に徐々に減少し、最終的に 20%程

度の減少が見られる。これに対し、No. 11 の鋼管杭および PC 杭の杭頭荷重は、ジャッキアップ開始から徐々に増加する傾向にあり、最終的には 2～2.5 倍程度となった。

表 3 にジャッキアップの前後における①通りの荷重の移行状況を示す。建物裏側の杭全体で負担する荷重はジャッキアップにより①-A 側から①-C 側へ移るものと考えられるが、①-A 側では隣接する鋼管杭 No. 16 の影響も考慮する。No. 16 の鋼管杭の計測は行われていないが、No. 1 の鋼管杭と同じ軸力が作用しているものとする。また、No. 1 の鋼管杭と隣接しているため、ジャッキアップによる建物の変位量は同等であることから、ジャッキアップ後の軸力も No. 1 の鋼管杭と同一だと仮定した。その結果を表 3 に示すが、荷重が①-A 側から①-C 側へ移行したことがわかる。ジャッキアップ前後の荷重の合計差分は、B 通りなど周辺に荷重が分散したのと思われる。

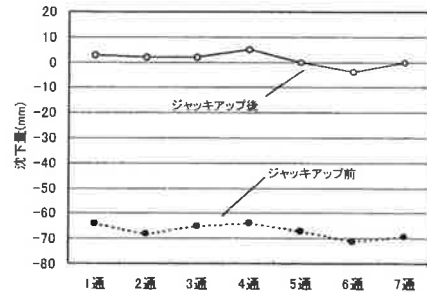


図 5 A 通り不同沈下修正結果

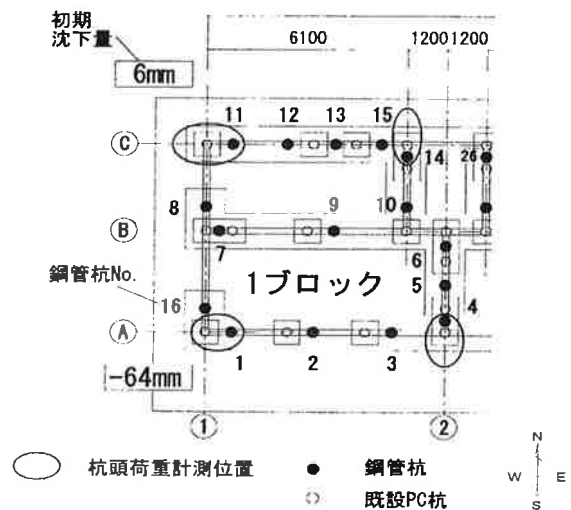


図 6 杭頭荷重計測位置

表 3 ①通りにおける荷重の移行状況

	①-A 通り				①-C 通り			合計
	PC杭	鋼管杭 No.1	鋼管杭 No.16	小計	PC杭	鋼管杭 No.11	小計	
ジャッキアップ前	145	117	117	379	30	48	78	457
ジャッキアップ後	0	87	87	174	58	125	183	357

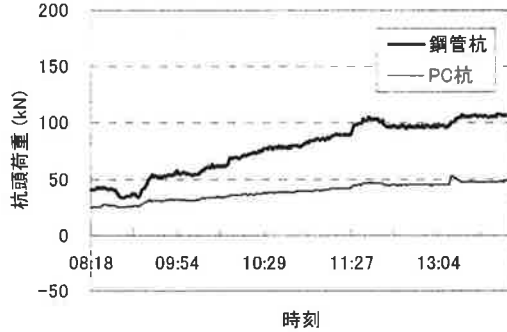
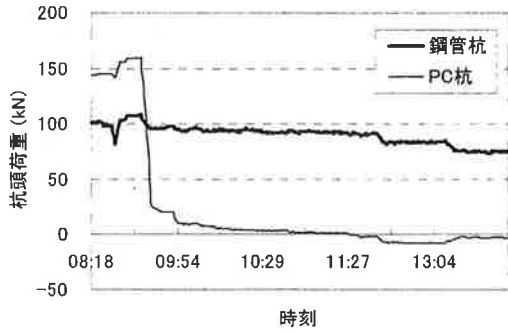


図7 ジャッキアップ時の杭頭荷重経時変化

以上の結果から、建物妻側で負担する荷重は、ジャッキアップによって耐震壁を介して鋼管杭へ適切な再配分が行われたと考えられる。

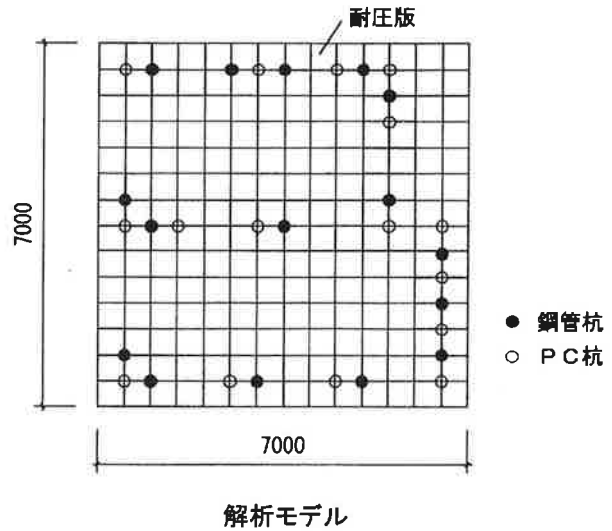
### 6. 荷重再配分の解析的検討

解析には簡易なフレームを適用し、ジャッキアップ前後のシミュレーションを行った。図8に解析モデルを示す。鋼管杭、PC杭、耐圧版に接する地盤をそれぞれの剛性を考慮したバネモデルに置換した。図9にはジャッキアップ前の、図10にはジャッキアップ後の荷重分布解析結果を示す。

ジャッキアップ前後の杭頭荷重は、鋼管杭およびPC杭ともにA通り側で減少し、C通り側では逆に増加する傾向が解析でも確かめられた。なお、鋼管杭 No.1 および No.11 の杭頭荷重は、ジャッキアップ前は 1.5 : 1 の割合であったが、ジャッキアップ後は近似した値を示した。その結果、ジャッキアップ後に鋼管杭の負担する荷重のパラッキが小さくなり、安定した状態となることを解析的にも確認した。

### 7. まとめ

本建物の基礎には、既設PC杭、増設鋼管杭合せて165本の杭が使用され、工事中の荷重の再配分も複雑であったが、最終的には増設の鋼管杭が、建物荷重を主に負担する安定した杭基礎構造となったと判断される。



解析モデル

地盤N値	30	
バネ定数		
耐圧版～地盤	0.46～1.84	kN/mm
PC杭～地盤	4	kN/mm
鋼管杭～地盤	10	kN/mm
荷重	JU前	傾斜を考慮した偏心荷重
	JU後	等分布荷重

図8 解析モデル

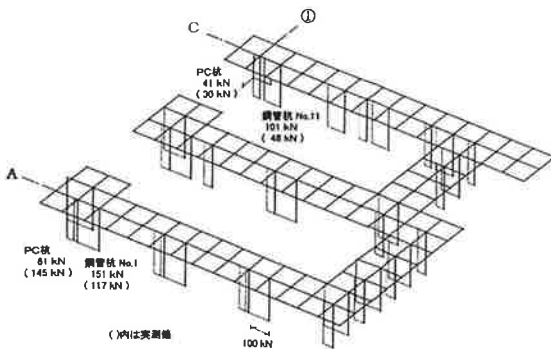


図9 杭頭荷重分布(ジャッキアップ前)

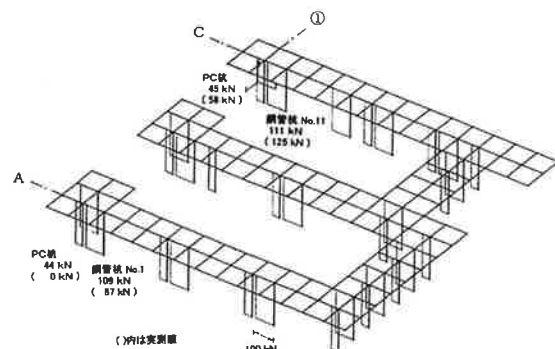


図10 杭頭荷重分布(ジャッキアップ後)

謝 辞

本工事遂行に関し御指導頂きました(株)間瀬コンサルタントならびに技術指導頂きました早稲田大学風間了教授に謝意を表します。

FLUCTUATION OF PILE HEAD LOAD  
WITH CONSTRUCTION WORK OF FOUNDATION

Y.Tanioka, K.Kato, K.Motoyama, and T.Horiuchi

The example of structure is reported differential settlement that exceeds use limit in Hyogo- ken Nanbu Earthquake. The damage of the superstructure is minute . But pile foundation is ruptured. Construction method that corrects differential settlement by jacking up and cause bearing capacity shared and extend steel pipe pile, to do repair of only foundation without preventing application of superstructure is adopted. In this paper, Pile head load of established pile and steel pipe pile express how they fluctuated during repair work in WRC 5-storied multiple dwelling house.

