

パイルド・ラフト基礎に節杭を適用した建物の挙動 (その1: 建物概要と沈下解析)

杭・沈下・設計

安井建築設計事務所 正会員 ○松尾雅夫 正会員 辻 英一
 (株) ジオトップ 正会員 二見智子 国際会員 小椋仁志
 同上 正会員 伴野松次郎

1. はじめに

パイルド・ラフト基礎は、直接基礎と杭が複合して外力に抵抗する基礎形式であり、従来の直接基礎や杭基礎、支持杭や摩擦杭などに分類するような単純な考え方にとらわれず、性能設計に対応した多様で合理的な設計が可能な基礎形式である。この基礎形式を実建物に適用するには、支持力や沈下特性に関して、建物-基礎-地盤の相互作用を考慮した十分な検討が必要である。特に、沖積地盤上の建物にこれを採用する場合は、精度の高い沈下予測に基づいた建物の要求性能の確認が必要となる。しかし、日本での実施例や実測例がまだ少ないため、その挙動は十分に解明されているとは言えない状況にある。

筆者らは、沖積地盤上に計画された建物基礎に、節杭を沈下低減杭として用いたパイルド・ラフト基礎を採用した。本報告では、建物概要、設計時に行った沈下解析などについて紹介する。

2. 地盤および建物の概要

建物は、大阪市の港湾地域に建設される。上部構造は、S造で、用途上階高やスパンなどが異なる2つの建物(平屋のA棟と2階建てのB棟)をエキスパンションジョイント(EXP.J)によって分離している。建築面積は、全体で約766m²、積載荷重満載時の建物全体の接地圧は、約32~42kN/m²となっている。基礎部の平面図を図-1に示す。

地盤は、図-2に示すように、GL-0.0~4.5mが埋土層、GL-4.5~8.4mが沖積砂層、GL-8.4~25.2mがN値2程度の沖積粘性土層、GL-25.2~36.3mが沖積砂層、GL-36.3m以深がN値50以上の洪積層から成っている。沖積粘性土層は、ほぼ正規圧密状態である。

3. 基礎の設計概要

上部構造はEXP.Jによって分離しているが、建物の接地

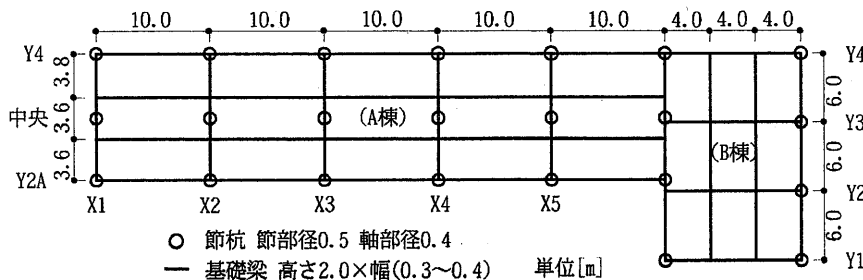


図-1 基礎部平面図

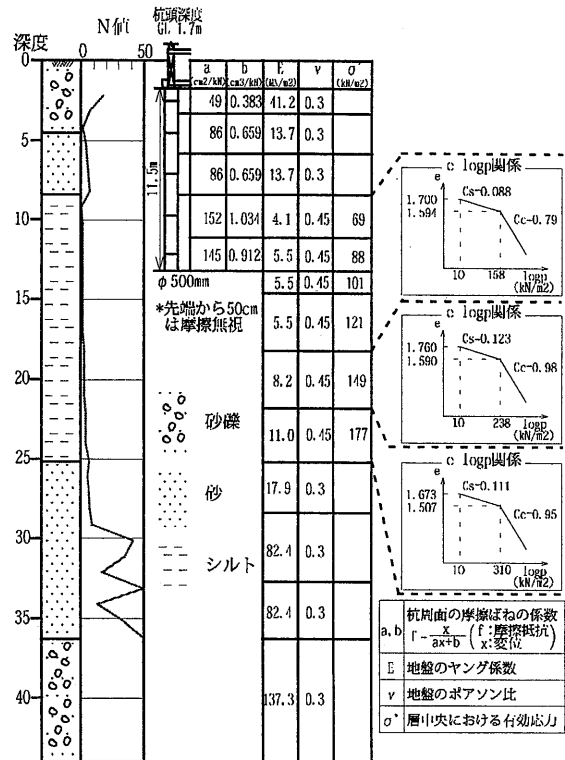


図-2 地盤図

圧はほぼ一様とみなせるので、基礎は一体として計画した。基礎底に位置する砂礫層の長期許容支持力度を50kN/m²と小さめに評価しても、本建物の接地圧は最大で42kN/m²と小さく、支持力の面からみるとべた基礎での設計が可能である。しかし、次の3つの問題に対応するために、パイルド・ラフト基礎を採用することとした。

- 1) べた基礎とした場合、圧密沈下を含む最大沈下量の計算値が、約6.5cmと大きくなる。
- 2) 上部構造がA棟とB棟で異なるため、不同沈下が生じる可能性がある。
- 3) GL-4.5~8.4mの砂層は地震時に液状化し、地盤の支持力が失われる可能性がある。本建物で採用したパイルド・ラフト基礎の設計方針は、次の通りである。
 - a) ほぼ正規圧密状態と考えられる沖積粘性土層の増加応

力をできるだけ小さくするために、建物全域で1.55mの排土を行う(セミフローティング基礎とする)。

b) 不同沈下に抵抗させるために、梁背2.0mの基礎梁と厚さ30cm~35cmの底版、厚さ15cm~20cmの1階スラブによる箱型断面を形成して基礎の剛性を高める。

c) 基本的に基礎は、鉛直荷重・水平荷重に対して、べた基礎として設計する。

d) 沈下低減杭は、建物の全重量(ラーメン用積載荷重)を極限支持力で支持するとして本数・配置を決定する。

e) 液状化時には、建物の固定荷重+地震用積載荷重に対して、液状化層より上の摩擦力を無視した杭の極限支持力で支持できるようにする。

以上を踏まえて、沈下低減杭には、摩擦杭としての実績が多いこと、大きな摩擦抵抗が期待できること等から、節杭を採用した。節部径500mm 軸部径400mm、杭長12mの節杭を23本、図-1の位置に改良セメントミルク工法で埋め込んだ。

4. 沈下解析

4. 1. 解析条件

解析には、地盤と上部構造との変形を適合させた実用沈下解析法^{1) 2)}を用いた。地盤の非線形性を考慮するため、荷重増分解析を行っており、増分ステップは10としている。砂層は即時沈下、粘性土層は圧密沈下するものとした。本解析法で得られる圧密沈下量は、圧密完了時の値である。解析に用いる地盤定数やe-log ρ 関係は図-1中に示したが、これは土質試験結果などから設定したものである。地盤の初期剛性係数は、平均N値から2.8N(MN/m²)と小さめに設定している。

解析モデルを図-3に示す。A棟の基礎底版は、基礎梁に囲まれている部分を4分割に、B棟はA棟に合わせて分割した。杭は、摩擦負担長がほぼ同じになるように6分割とした。杭と地盤との摩擦は、摩擦抵抗~変位量関係を双曲線にモデル化し、文献3)で提案した式を用いてN値から求めた。ただし、杭周表面の摩擦抵抗~すべり変位量関係が剛塑性に近くなる⁴⁾ことから、初期接線勾配はN値から求めた値の100倍としている。また、節杭の周面摩擦力の作用面は節部径を径とする円筒面とし、杭の圧縮剛性は軸部の値とした。上部構造が剛性の小さいS造であることから、架構剛性は基礎梁と底版のみを考慮した。

建物荷重は、図-3に示すように、1階部分と2階部分を分けて各節点に与えた。1階部分の荷重は単位面積あたりの建物重量(積載荷重を含む)に各節点の負担面積から算定した値とし、2階以上は柱位置に柱荷重として与えた。

4. 2. 沈下解析結果

X6とX7通りの解析沈下量を図-4(a)に、Y2Aと中央

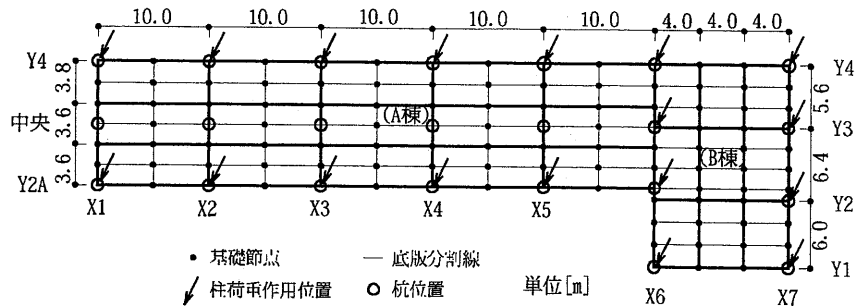


図-3 解析モデル図

通りの解析沈下量を図-4(b)にそれぞれ示す。比較のため、べた基礎とした場合の沈下量も同図に合わせて示す。この図より、パイルド・ラフト基礎の場合は、べた基礎に比べて沈下量が約30%低減されていることが分かる。また、杭と底版の荷重分担率は、杭が約47%となった。

これより、べた基礎ではなく、パイルド・ラフト基礎を用いることによって、沈下量が低減できることが分かった。

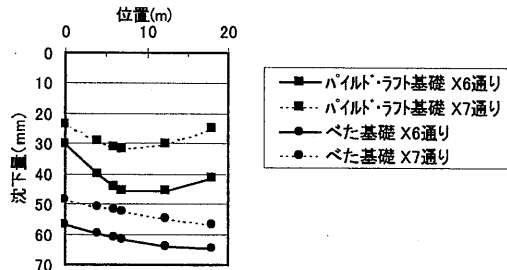


図-4(a) 沈下量分布図 X 通り

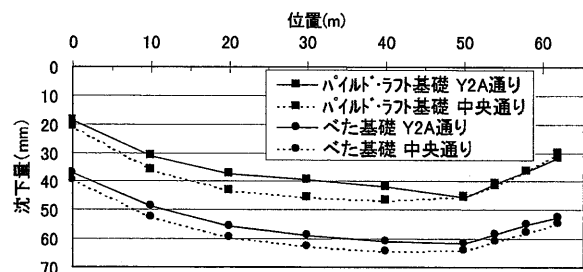


図-4(b) 沈下量分布図 Y 通り

5. おわりに

本報告では、沖積地盤上に計画された建物基礎に、節杭を沈下低減杭とするパイルド・ラフト基礎を採用した建物の概要と、設計時に行った沈下解析の結果を紹介した。なお、この建物では沈下量等の計測を行う予定である。

参考文献

- 1) 松尾雅夫、山肩邦男：パイルド・ラフト基礎建物の実用不同沈下解析法について、第30回土質工学研究発表会、pp.1595-1598、1995.7
- 2) 松尾雅夫、山肩邦男：地盤の変形を考慮した杭基礎の鉛直荷重時実用解法、日本建築学会構造系論文集、第477号、pp.87-76、1995.11
- 3) 二見・小椋：埋込み節杭のデータから摩擦杭の荷重~沈下量関係推定法の提案、第44回地盤工学シンポジウム、Ⅲ-7、pp.127-132、1999.11
- 4) 加藤・小椋・山肩・伊藤：中型単純せん断試験を用いた砂~鋼板間の摩擦試験、第25回土質工学研究発表会、1990.2

パイルド・ラフト基礎に節杭を適用した建物の挙動 (その2: 計測概要と計測結果の速報)

杭・沈下・計測

(株) ジオトップ 正会員 ○二見智子 国際会員 小椋仁志
同上 正会員 伴野松次郎
安井建築設計事務所 正会員 辻英一 正会員 松尾雅夫

1. はじめに

同名論文(その1)¹⁾では、節杭を沈下低減杭とするパイルド・ラフト基礎を、沖積地盤上の建物の基礎として用いたときの沈下解析結果を報告した。本報では、これを検証するために計画された建物や地盤の沈下量などの計測について、その概要と速報値を紹介する。

2. 計測の概要

2.1 計測項目と設置位置

実施する計測の項目と数を以下に示す。また、これらを計測するための機器等の設置場所を図-1に、各層の沈下量と軸力の計測位置を図-2に示す。

- ・地盤内各層の沈下量: A棟建物中央部1ヶ所(3断面)
- ・基礎底版の接地圧: 3ヶ所
- ・基礎底版位置での間隙水圧: 1ヶ所
- ・杭体の軸力: 2ヶ所(各4断面)
- ・杭頭の軸力: 2ヶ所
- ・建物の沈下量: 19ヶ所(各柱下)
- ・地表面沈下量: 2ヶ所

地盤内各層の沈下量は、各層ごとの沈下特性と、建物の代表的な位置での沈下量を調べるために計測する。このため、GL-40.0mの砂礫層に定着したスクリーアンカー(不動点とみなす)と、図-2の各位置に油圧式アンカーで固定した検出器との相対移動量を、計測ロッドの摺動抵抗によって計測する方式の層別沈下計を、図-1に示す建物中央部位置に設置する。計測範囲は20cmまでで、精度はその1%、分解能はその0.01%である。

基礎底版の接地圧は、それが負担する荷重を調べるために計測する。このため、図-1のように、基礎梁に囲まれた底版の中央部の下方に、二重ダイヤフラム型のひずみ計式土圧計(外径200mm、容量200kN/m²)を設置する。また、有効応力を知るために、間隙水圧も計測する。このため、容量200kN/m²の間隙水圧計を、図-1の位置に設置する。これらは、基礎梁等を施工するために地盤を掘削した後、基礎底版打設用の捨てコンクリートを打設する直前に設置する。

杭体や杭頭の軸力は、杭が負担する荷重や杭の支持力特性を調べるために計測する。このため、杭を製造する段階で、ひずみ計を取り付けた鉄筋を杭体内部に設置する。ひずみ計の位置は、図-2のように、杭頭、杭先端および地盤の変化位置のGL-8.0m付近とする(杭頭の軸力計測用の杭では杭頭のみ)。これらの杭は、図-1に示す位置に、本設杭と同じ施工法で設置する。

建物の沈下量は、建物の不同沈下量や傾斜角などを調べるために計測する。これは、標点を基礎梁の図-1に示す各柱位置に設置しておき、そのレベルを計測することによって調べる。地表面沈下量は、建物の沈下量を自然な圧密沈下と建物荷重による沈下とを分離するためのものであり、建物の近くにある敷地境界杭と電柱を利用して計測する。基準点は、約450m離れた道路橋の橋脚に設ける。

2.2 計測時期

計測は、基礎底版が打設される前の2001年11月に開始する。ただし、建物沈下量を計測するための標点は基礎梁に設置するため、この計測は基礎梁打設後から開始することになる。

その後の計測時期は、表-1のように、建物の建設中は荷重が変動した時点とし、建物竣工後は3ヶ月後、半年後、1年後、2年後のように、ある程度の期間をおいた時とする。最終的には、圧密沈下がほぼ終了と思われる建物竣工から8年後の2010年3月まで、約8年間計測する予定である。

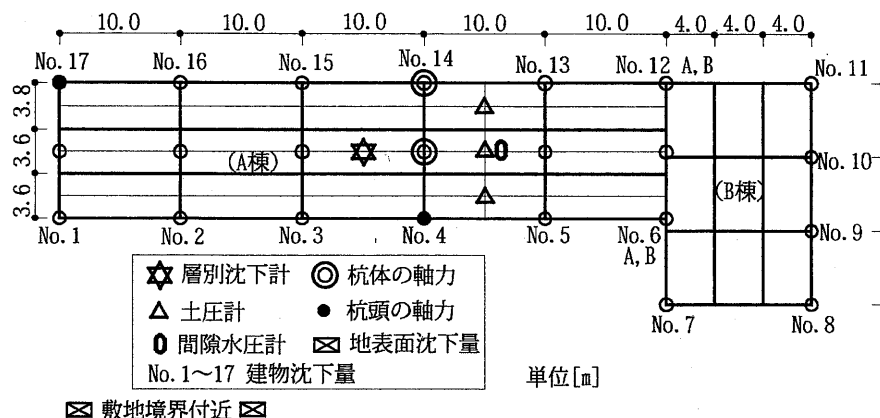


図-1 計測器設置位置

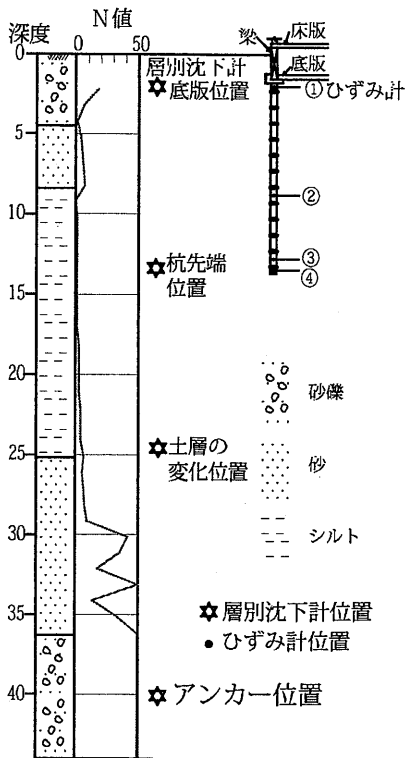


図-2 層別沈下計等設置位置

表-1 計測時期

計測項目	建物・地表面沈下量以外	建物・地表面沈下量	計測
基礎底版打設前	計測器設置		済
①基礎底版打設直後	1回目		
②基礎梁打設直後	2回目	計測器設置	
③1階・2階床打設直後	3回目	1回目	
竣工時	4回目	2回目	未
竣工後3,6,12ヶ月	5,6,7回目	3,4,5回目	
" 2,4,8年	8,9,10回目	6,7,8回目	

3. 計測結果の速報

2002年2月末現在、建物は建設中であり、計測は表-1の③まで終了している。本報では、2.1で述べた計測項目のうち、地盤内各層の沈下量について、層別沈下計を設置してから1階・2階床の打設後まで約45日間計測した結果を速報値として紹介する。

図-3に、基礎底版打設直後からの建物中央部での各層の沈下量と深さとの関係を示す。3本の線は、それぞれ表-1のように、①基礎底版打設直後、②基礎梁打設直後、③1階・2階床打設直後の時期での沈下量である。この時の単位面積あたりの平均荷重は、①では約7.2kN/m²、②では約14kN/m²、③では約18kN/m²となっている。この図から、以下のことが分かる。

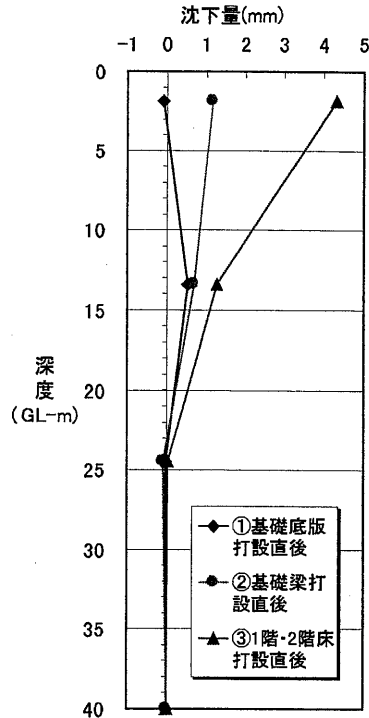


図-3 層別沈下量の経時変化

i) ③の時期での沈下量は、GL-2.0mでは約4.3mm、GL-13.5mでは約1.3mm、GL-25.0mではほぼ0になっている。すなわち、砂質土層と上部シルト層(合計厚さ約11.5m)が約3.0mm、その下方の下部シルト層(厚さ約11.5m)が約1.3mm圧縮したことになる。GL-25.0m以深の砂層は圧縮されていない。

ii) GL-2.0~13.5mの層の圧縮量が比較的大きいが、これは、建物荷重による即時沈下が砂質土層を中心に生じているためであろう。GL-13.5~25.0mの層の圧縮量は小さいが、今後、圧密沈下の進行によって増加するであろう。

4. おわりに

本報では、節杭を沈下低減杭とするパイルド・ラフト基礎を用いた沖積地盤上の建物について行う沈下量などの計測について、その概要と速報値を紹介した。現在、建物はほぼ竣工しており、今後は、積載荷重も作用することになる。引き続き計測を行い、(その1)で述べた解析結果との比較も含めて報告していきたい。

謝辞

本計測をご承認賜った日本貨物鉄道(株)、ご協力頂いた(株)浅沼組の関係各位に謝意を表します。また、解析や計測計画について貴重なご助言をいただいた日本建築学会近畿支部摩擦杭設計技術研究委員会(委員長:永井興史郎摂南大学教授)の諸氏に、深く感謝いたします。

参考文献

1)辻・松尾・二見・小椋・伴野:パイルド・ラフト基礎に節杭を適用した建物の挙動(その1 建物概要と沈下解析)、第37回地盤工学研究発表会(大阪)、2002.7