

建設中に不同沈下した建物のアンダーピーニング

Underpinning to the Foundations Settled Differentially under Construction

長谷川 太* 伊地知寿夫**
Futoshi Hasegawa Hisao Ijichi

有坂 七郎***
Shichiro Arisaka

要 約

軟弱地盤に直接基礎の建物を施工中、躯体完了時に最大120mm沈下し、傾斜角1/180mmの不同沈下を起した。これ以上の沈下防止と修正のためアンダーピーニングを実施した。

施工方法は、最も沈下した部分のレベルに合わせて、基礎下にH型鋼を挿入したBH杭を造成し、基礎下地盤に海水を噴射しながら沈下を促進させ、所定のレベルに達した後コンクリートで固定した。また、地盤の強化を図るため、基礎下にはセメントミルクを注入した。

建物のレベル修正は、有害な変形の発生もなく、また、最終的に建物として支障のない範囲のレベル差に納めることができた。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 設計時の構造計画
- §3. 不同沈下の発生状況
- §4. 沈下対策の検討
- §5. 杭種の選定と杭の配置
- §6. 建物レベルの修正方法
- §7. BH杭の造成
- §8. 不同沈下の修正と後処理

§1. はじめに

地盤が軟弱な海岸埋立地において、RC造2階建ての集合住宅を直接基礎で施工した。

躯体コンクリートが完了した時点で、建物が最大120mm沈下し、傾斜角1/180mmの不同沈下を起した。この状態では仕上工事が不可能な上、将来、建物としての機能に支障が生じるおそれがあり、施主からの要望を受けて今後、建物が絶対沈下しない措置を講ずるとともに、建物の傾斜も修正する方法としてアンダーピーニン

グを行った。

以下にその施工概要を報告する。

§2. 設計時の構造計画

当建物はRC造2階建てで、構造は経済性を考慮して壁式構造、直接基礎形式を採用していた。

構造計画では、建物全体の剛性を高める意味で地中梁を井桁に配し、基礎はベタ基礎に近い布基礎で、局部的支持力不足による不同沈下が生じないように配慮がなされていた。

さらに建物基礎が接する地盤面には接触沈下を防止するため、地盤改良剤混合による地盤改良を厚さ20cm行う設計仕様となっていた。

地盤の状況及び建物との関係を Fig1 に示す。

§3. 不同沈下の発生状況

年末に躯体工事が完了し、翌年1月に仕上げ用の墨出しを行ったところ、初めて建物全体が沈下していることが分った。そこで建物各所に測定点を設け、改めて詳細に測定したところ、躯体コンクリートには亀裂の発生は無かったが、建物全体が剛体回転状態で不同沈下していることが確認された。

* 九州(支)天草(出)主任
** 九州(支)天草(出)
*** 建築部計画課課長

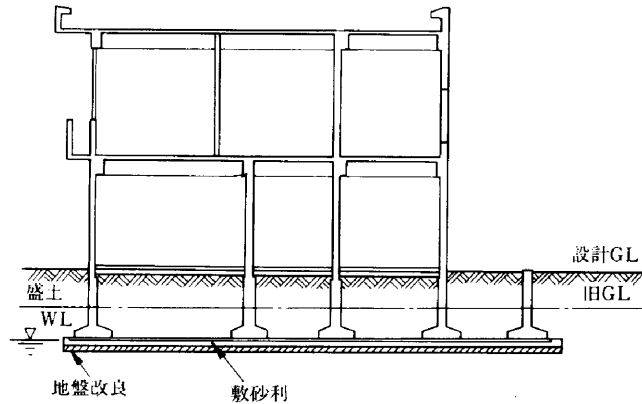
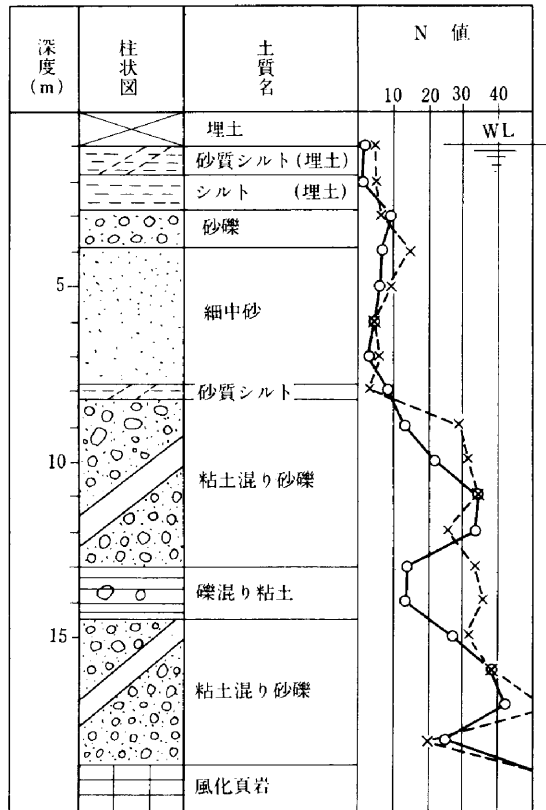


Fig.1 地盤と建物との関係

この不同沈下は、2階の型枠・鉄筋組立時に気付いていないことから、2階コンクリート打設後に沈下が始まったものと推察される。

§ 4 . 沈下対策の検討

建物の不同沈下の原因は、地盤の支持力不足によることが明らかであるため、建物を確実に支持する方法として、次の3つを検討した。

①地盤支持力の増大

建物基礎下地盤にある軟弱シルト層を、建物内外より布基礎状に薬液注入し、地盤の強化を図る。

②建物重量の軽減

1階上間コンクリート下の埋土を除去し、二重スラブのベタ基礎を設ける。

③杭基礎への変換

布基礎下に杭を設けて建物を支持する。

以上の方法を検討した結果、最も確実性のある③の杭基礎を、施主からの要望も考慮に入れて実施することにした。

§ 5 . 杭種の選定と杭の配置

既存建物の布基礎下に施工可能な杭としては、大口径地盤改良杭 (JSG工法) と BH 杭の2つがあるが、それぞれの耐久性、確実性、過去の実績等を比較した結果、後者の方が上位であると判断し、BH 杭を採用することにした。BH 杭の径、本数は、杭の長期支持力を100t/本とし、杭先端をGL-11.5mの位置にある砂礫層に根入れすると杭径は800mm必要である。また、建物1戸当たりの重量が557.36tであるため、必要杭本数は6本/戸となるが、建物の壁下に杭が位置するようにバランスよく配置すると、総本数は26本必要となる。

杭の配置及びアンダーピーニング断面を Fig.2 に示す。

§ 6 . 建物レベルの修正方法

沈下した建物のレベル修正は、元の位置まで戻すジャッキアップが一般的であるが、建物へのアプローチに支障が無い場合は、逆に建物を下げても目的は達せられる。

当建物の場合、1階床面が敷地地盤より約1.3m上がっており、アプローチにも支障が無いこと、地盤が軟弱な上基礎下30cmのところに地下水位があり、基礎下でのジャッキアップ作業が困難なことなどから、建物を最も沈下した位置まで下げることにした。

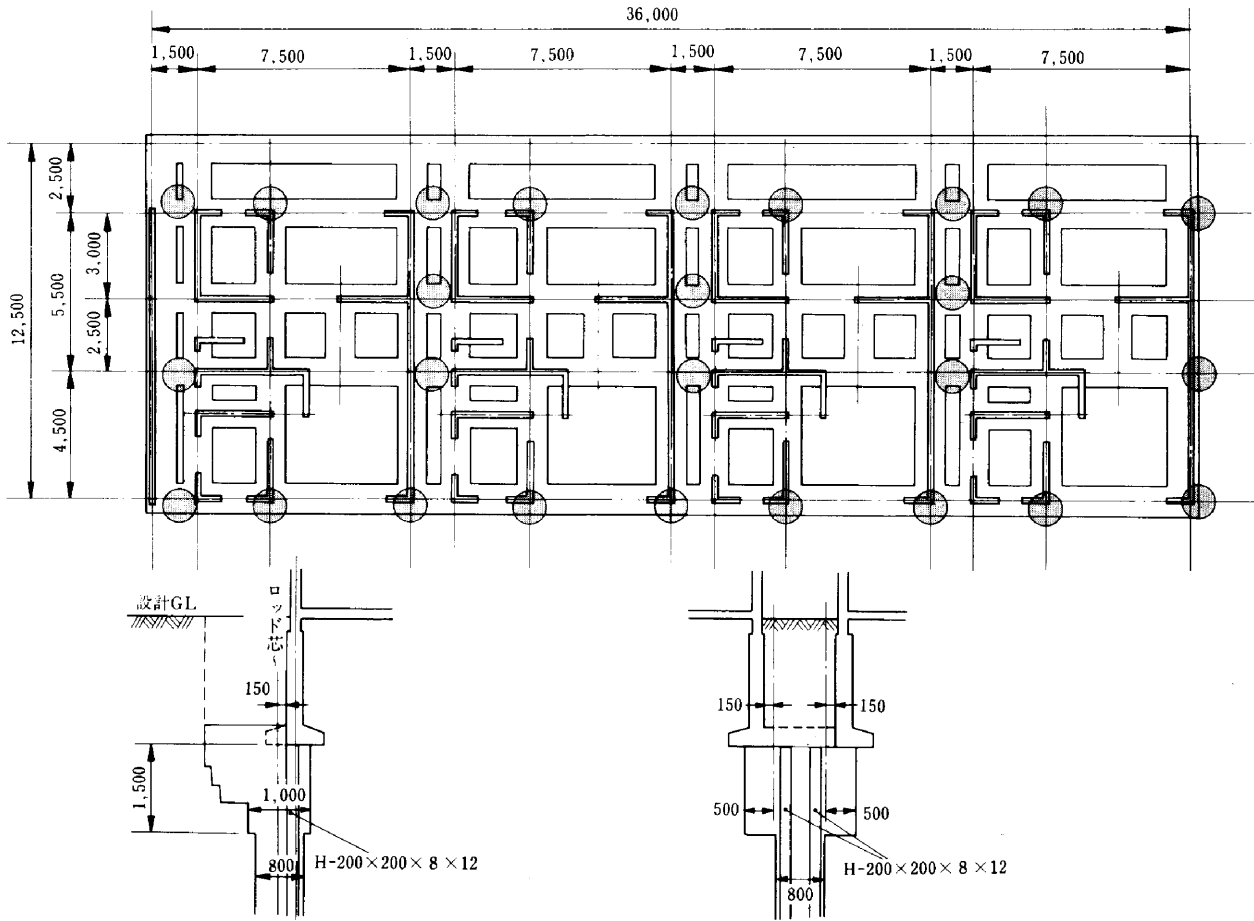


Fig.2 杭配置・アンダーピーニング断面

建物のレベル修正は、先ずBH杭の頭部を最も沈下した基礎下のレベルに揃えて造成した後、ウェルポイントのライザーパイプを基礎下地盤に設置する。次に、ウェルポイントと逆の要領でヘッダーパイプより送水し、ライザーパイプ先端から噴射させることにより基礎下地盤を乱して沈下を促進させる。沈下促進により建物レベルの修正が終了した時点で、ライザーパイプより地盤固化剤を注入し、基礎下地盤を強化する、という手順で行った。

§7. BH杭の造成

BH杭の造成順序は、建物の沈下が進行している状態で開始する必要があるため、沈下量の最も多い部分から着手し、順次沈下量の小さい方へと移行した。

既存基礎下に造成するBH杭の施工手順をFig.3に示す。

各段階での作業概要を説明する。

①削孔…杭位置に接する基礎際を1.8m×1.8m程度の大きさに簡易山止めをし、基礎下端まで掘削する。そ

の上にH鋼を架け渡し、削孔機のビットが基礎に当たらない範囲までできるだけ近づけた位置に削孔機をセットする。径1,000mmのビットを用い、ビット上端が基礎下に達するまで削孔を行う。

②マシン移動…ビットを回転させながら削孔機を徐々に建物側にスライドさせ、スピンドルが建物に当たる寸前で停止する。ロッドの垂直性を確認後、その位置で1.5mぐらい削孔を行う。ここでビット径を取替えるため、削孔機を元の位置まで戻しビットを引き上げる。

③再削孔…ビット径を800mmに取替え、先に削孔した基礎下孔までビットを挿入し、芯を合せながら所定の深度まで削孔する。スライム処理後、削孔ビットを引き上げる。

④H型鋼挿入…削孔穴には鉄筋籠の挿入が不可能なため、鉄筋籠に代るH型鋼を三又等を使って削孔個所に挿入する。基礎を受けるために、H型鋼の頂部には厚さ9mmのプレートを溶接しておき、沈下量が最大の基礎下レベルにプレート天端を合わせ、躯体より控えをとって固定する。

⑤コンクリート打設…トレミー管をセットし、コンクリ

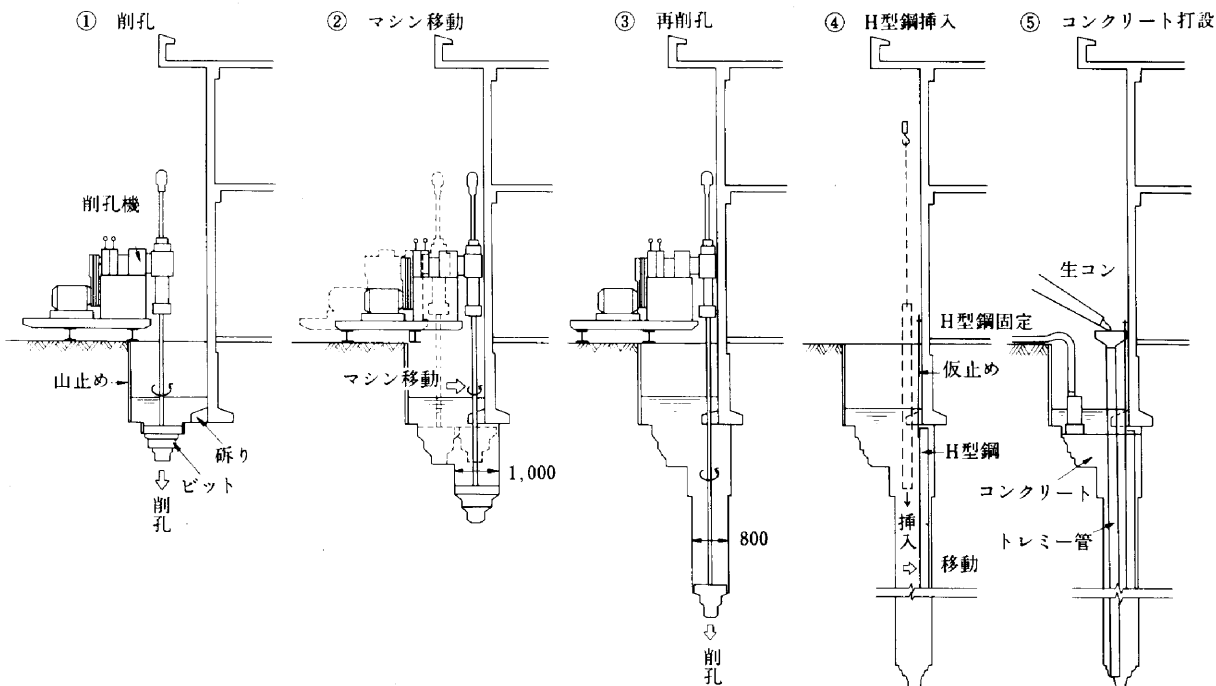


Fig.3 BH杭の施工手順

ートを打設する。コンクリート天端は、ゲル化したコンクリートをサンドポンプと人力によって除去し、H型鋼天端より15~20cm下げた位置で仕上げる。

以上の手順で造成したBH杭の施工実績をTable1に掲げる。

Table1 BH杭造成・不同沈下修正施工実績

作業種別	作業日数(日)	作業延人数(人)
BH杭段取・撤去	6	43
BH杭造成	29	246
ジェットニング段取・撤去	4	16
ジェットニング	9	43
グラウト段取・撤去	1	6
グラウト	1	8
機械トラブル	5	—
雨天・休日	12	—
計	67	362

BH杭仕様 径1,000mm~800mm 長さ10.5m 本数26本
削孔延長273m 掘削量156m³

§ 8 . 不同沈下の修正と後処理

BH杭が所定のレベルに合わせて造成された後、不同沈下修正のためのジェットングを開始した。

ジェットングは、事前に建物際に設置した水槽に、現場近くの海中から水中ポンプで吸み上げた海水を用意し、タービンポンプで建物周囲に配管したヘッダーパイプ(径150mm)へ圧送した。ヘッダーパイプに接続したラ

イザーパイプは、BH杭周囲の基礎下に、修正量に比例して杭1本当たり2~6本設置しておき、その先端(ジェット孔径10mm)より海水を噴射させた。なお、ジェットング時の海水吐出量は、建物の沈下が極力ゆるやかに進むようなるべく絞り気味とした。

ジェットング開始後は、建物のレベル測定頻度を多くし、部材変形角 $\theta = 1.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以上の有害な沈下を生じないように監視しながら送水した。約15日間で最大65mmの沈下が記録されたが、最終的に、最も変形角が大きくなった時の値は $\theta_{max} = 2.2 \times 10^{-4} \text{rad}$ で、建物に有害な変形も無く、仕上げにも支障の無い範囲のレベル差に納まった。

アンダーピーニング工事前後における沈下状況をFig.4,5に示す。

修正後の処理としては、杭頭を清水で洗い、基礎の研り部分の鉄筋を復旧してフーチング上端までコンクリートを打設した。さらに、基礎下地盤を強化するため、ジェットングに使用したライザーパイプを利用して、セメントミルク(w:c=1:1)を1.5kg/cm²の圧力をかけて注入した。

セメントミルクの注入は、建物のレベル変化と土間コンクリートの浮き上りに注意しながら、1回の注入を杭3本程度を対象として実施した。なお、セメントミルクの注入管は埋殺しとした。

注入完了後、杭造成部の掘削箇所を埋戻し、アンダーピーニングを終了した。

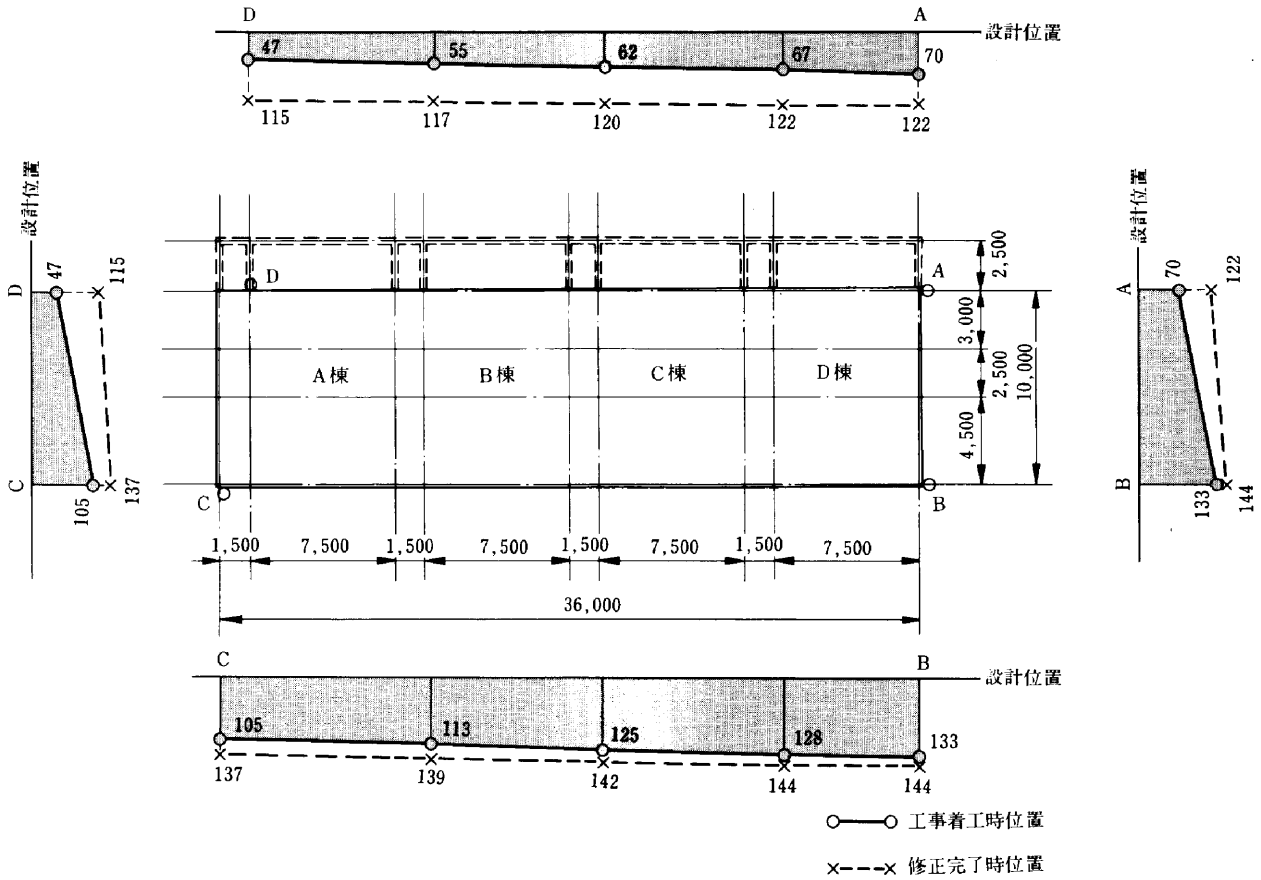


Fig.4 建物沈下測定位置と沈下形態

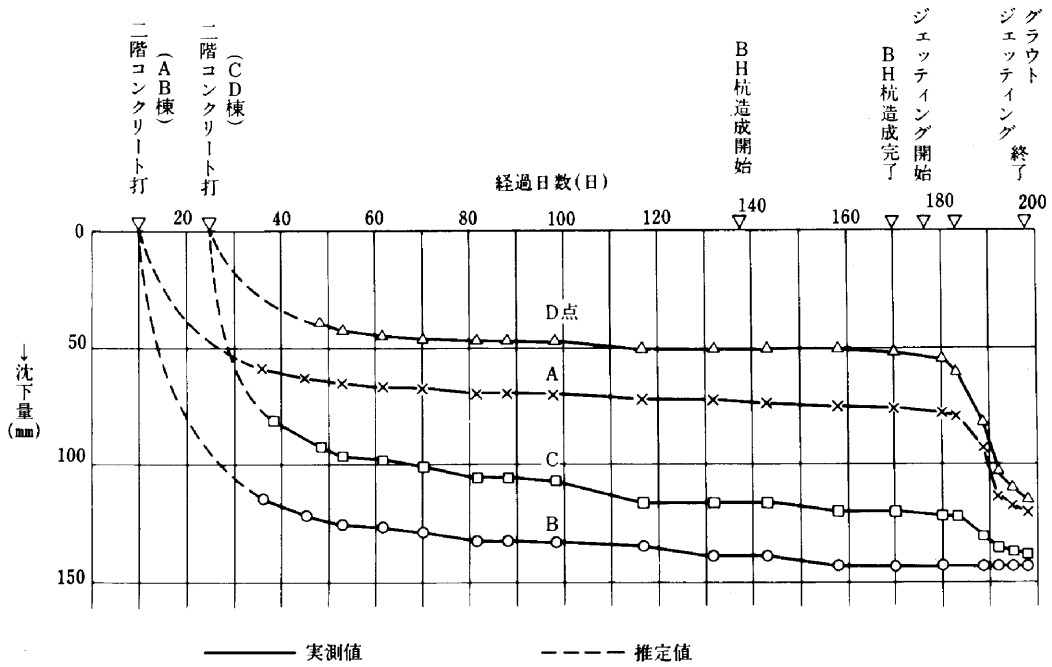


Fig.5 建物沈下量と経過時間