

# 高速道路下部工事における近接施工について

田澤 浩二\* 築城 豪\*

## 要 旨

高速道路下部工事において、フーチング基礎が供用中である地下鉄構造物(ボックス構造及びトンネル構造)と近接関係にあった。施工に際し、地下鉄構造物への影響を解析により予測し、傾斜計等による計測管理を行なうことにより、解析結果を検証した。フーチング基礎は地下鉄形状や道路条件により、Ⅰ:ボックス構造部に直接上載するケーソン構造基礎、Ⅱ:トンネル構造部における鋼管矢板と場所打ち杭併用基礎、Ⅲ:トンネルを跨ぐ場所打ち杭基礎、の3つのタイプに分けられる。地下鉄構造物の形状を考慮し、ボックス構造部の掘削時における構造物浮上がり量及びトンネル構造部の場所打ち杭施工時・掘削時の変形量を FEM 解析及びフレーム解析により予測し、計測管理の基礎資料とした。

計測の結果、施工中の変位は地下鉄供用時の管理値内であったが、以下に示す事象が確認された。①ボックス構造物は掘削により浮上がり現象が生じたが、その程度は管理値内であった。②場所打ち杭の打設による変位は顕著に現れなかったが、変形の傾向が確認された。③トンネル部の掘削による浮上がりは微量であるが確認され、同様に変形の傾向も確認された。④コンクリート打設時の短期集中載荷(最大 4,500t)によるトンネルの変形が顕著に現れた。

## 1. はじめに

当該工事箇所は名古屋高速環状線と名神高速道路一ノ宮ICを接続する路線の市街地区間である。施工箇所は交通量が多い市街地であり、狭い道路直下には、地下鉄鶴舞線の駅舎(ボックス構造)及びシールドトンネルが存在している。設計時から構造型式の選定及び基礎型式の選定及び基礎形式について近接施工を考慮した工法となっていた。しかしながら、現場精査の結果、工法の適応性や障害物などの問題が発生し、工法及び基礎型式の変更を余儀なくされた。

本論文では、近接施工に対する検討から施工時に実施した計測管理とその結果について報告する。

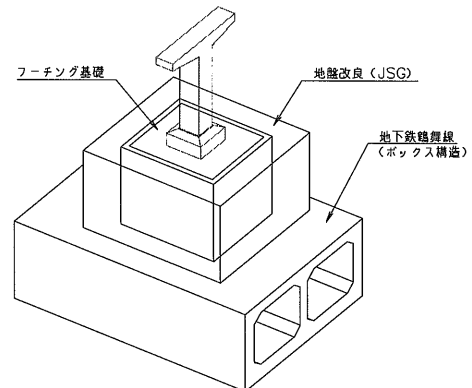


図-1 ケーソン構造基礎

## 2. 基礎構造形式

基礎の構造形式は、地下鉄の形状及び道路条件により以下の3つのタイプに分けられる。

- ① 地下鉄ボックス構造上に直接載荷するケーソン構造基礎
- ② トンネル構造部における鋼管矢板井筒と場所打ち杭基礎
- ③ トンネルを跨ぐ場所打ち杭基礎

各構造形式の立体図を図-1、2、3に示す。

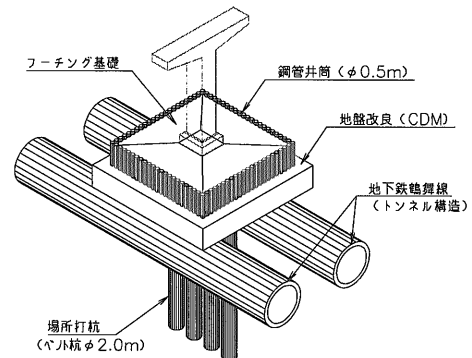


図-2 鋼管矢板+場所打ち杭基礎

\*名古屋支店

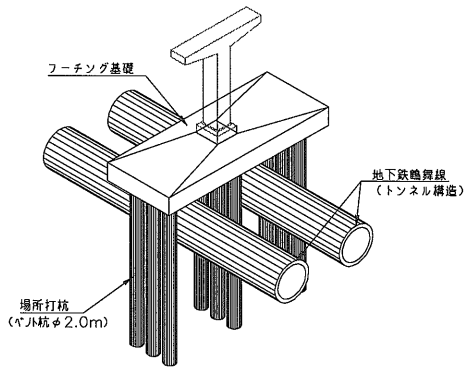


図-3 場所打ち杭基礎

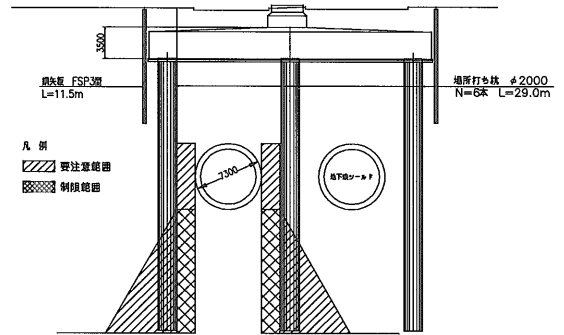


図-6 場所打ち杭の近接状況断面図

### 3. 近接の状況

各構造形式における地下鉄構造物との近接状況は以下のとおりである。

- ① 地下鉄ボックス構造部は基礎の掘削が近接し、その上部離隔はゼロである。
- ② 地下鉄トンネル部については、場所打ち杭が側面を貫通し、その最小離隔は1.2m程度である。
- ③ トンネル上部の掘削による近接は床付面からの離隔が最小で7.7mでトンネル外径(7.3m)程度である。

各構造形式における近接度の状況と近接度の判定の結果を図-4、5、6に示す。

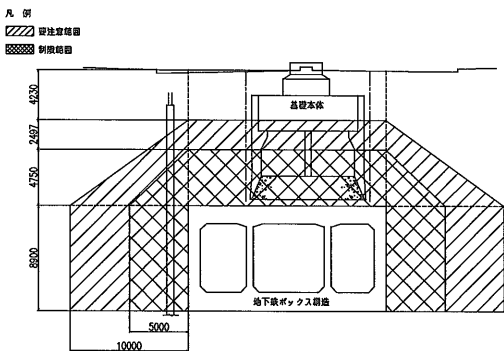


図-4 ケーソン構造基礎近接状況断面図

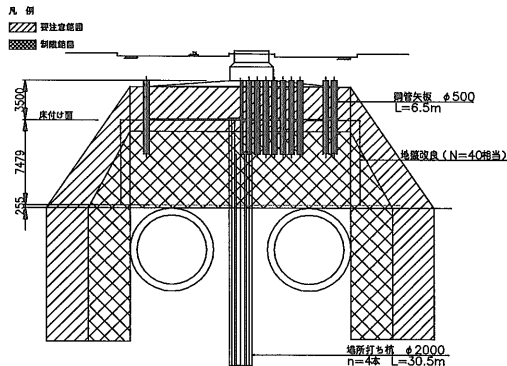


図-5 掘削による近接状況断面図

### 4. 影響解析

基礎工事によって近接する構造物への影響を把握するため解析を行った。以下にその概要を示す。

#### 4.1 ボックス構造部

掘削工事による上載荷重の開放に与える影響について、断面力照査及び縦断方向の浮上がり量をフレーム解析にて算定した。

その結果、地下鉄構造物の浮き上がりは、絶対変位で1mm程度発生することがわかった。

#### 4.2 トンネル構造部

トンネル側面を場所打ち杭にて掘削する場合、基礎本体の掘削する場合について FEM 解析により、変位量を算定した。

その結果、場所打ち杭施工時はトンネルの変位が鉛直方向、水平方向共に1mm程度発生し、掘削においては鉛直方向に6mm程度の浮上がりが生ずることがわかった。ただし、FEM解析の条件には二次覆工コンクリート(厚さ300mm)を考慮していないため、実変位量はこれより小さくなるものと予想された。

### 5. 計測の概要

橋脚18基について、全ての影響を観測するために全箇所計測器を設置して観測を行なった。

以下にその内容を示す。

#### ① 固定式傾斜

各橋脚の中心部及び前後10mの位置に設置した。これにより、10m当りでの相対沈下量を算定した。トンネル部においては二軸型を中心部に取付て、橋軸直角方向(以後Y方向という)の傾斜も観測した。

## ②水盛式沈下計

3種類ある各基礎形式の代表橋脚(P40、P47、P53)に設置した。傾斜計同様、橋脚中心部及び前後10mの位置に設置した。

これにより、各構造の鉛直変位量を直接定量的に計測することが可能となる。

## ③レーザー距離計

特殊な基礎構造である、鋼管矢板+場所打ち杭基礎において、変形を詳細に把握するために設置した。P47～P49橋脚の中心部に水平方向の距離を繰返し計測するように設置した。これにより、トンネルが上下又は左右に変形した場合、計測値に変化が生じると想定した。

## 6. 計測結果

構造形式別に計測結果を以下に示す。

### 6.1 ボックス構造部

P40に設置した沈下計の経時変化を参考に、掘削による地下鉄の変位について記載する。

図-8に示すように、一次掘削開始から五次(床付け)掘削までの段階を追って、各沈下計は浮上がり傾向を示している。特に中心部から南10mに設置したNo.1傾斜計にその変化が顕著に現れている。

浮上がり量は最大1.7mmが計測され、解析値の1mm程度よりも大きい値となったが、気温変化や電車通過時の風圧等の外的要因による計測器の誤差もあることから、概ね想定どおりであると考えられる。沈下計No.1がNo.2及びNo.3と比較して大きく変位したのは地下鉄構造物の施工継目付近であるためと推測される。

掘削により浮上がった構造物は、その後構築及び埋戻しによる、上載荷重の増加に対しては元に戻る(沈下する)ような傾向は現れなかった。

図-7に沈下計設置縦断面図を示す。

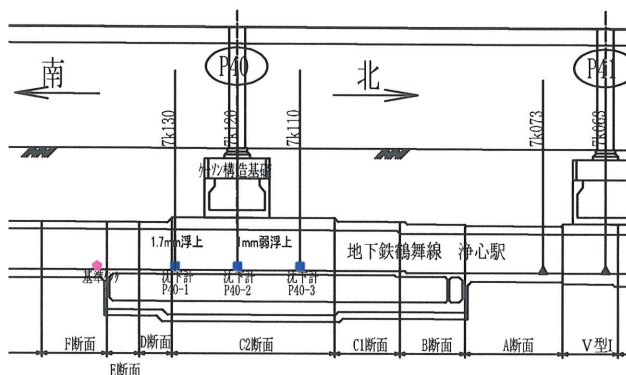


図-7 沈下計設置縦断面図(P40)

### 6.2 トンネル構造部

トンネル構造部の計測による変位・変形について、以下に記載する。

#### ①場所打ち杭工

場所打ち杭工における杭掘削時には傾斜計の値、特にY方向に変化が生じている。橋軸方向(以後X方向という)の変化傾向は確認されなかった。また、沈下計による変化も確認されなかった。

変化の傾向はトンネルに対して基礎杭を打設している方向へ傾斜計が傾斜しており、杭の掘削がトンネル以深に達すると周辺地山が緩み、その方向にトンネルが微小の変形を起していると考えられる。FEM解析では杭打設により水平方向にも変位することからつづれ変形が起きていると推察される。

図-9にトンネル変形の模式図、図-10に傾斜計設置平面図、図-11にP56傾斜計のY軸方向経時変化図を示す。

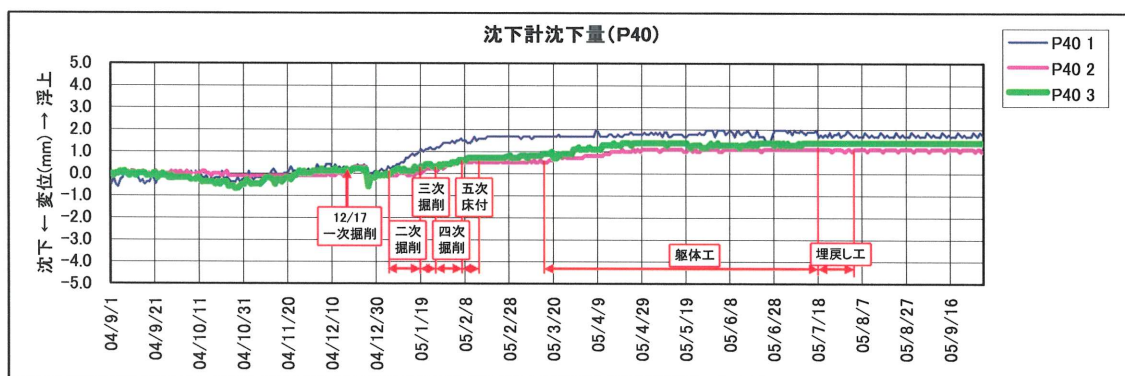


図-8 P40 沈下計経時変化図

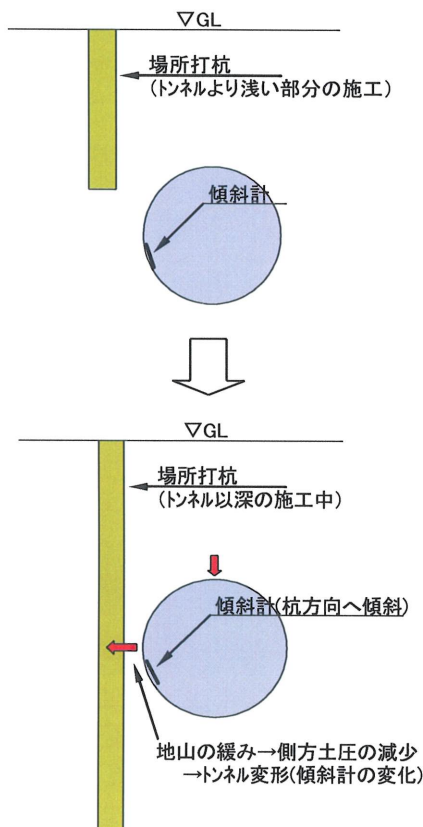


図-9 トンネル変形模式図

図-10及び図-11より、杭の施工が傾斜計の位置に近づく、前述の変化が起きることがわかる。西側の杭施工時には2番線側のNo.2傾斜計に変化が現れている。同様に東側の杭施工時はNo.1の傾斜計に変化が現れた。ただし、変化角度は微量のつぶれ変位を想定しても1mmにも満たないことから、特に構造物への影響は無いと考えられる。

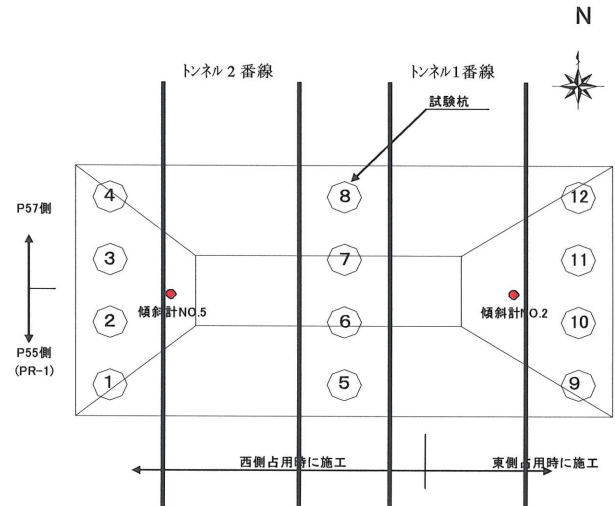


図-10 傾斜計設置平面図(P56)

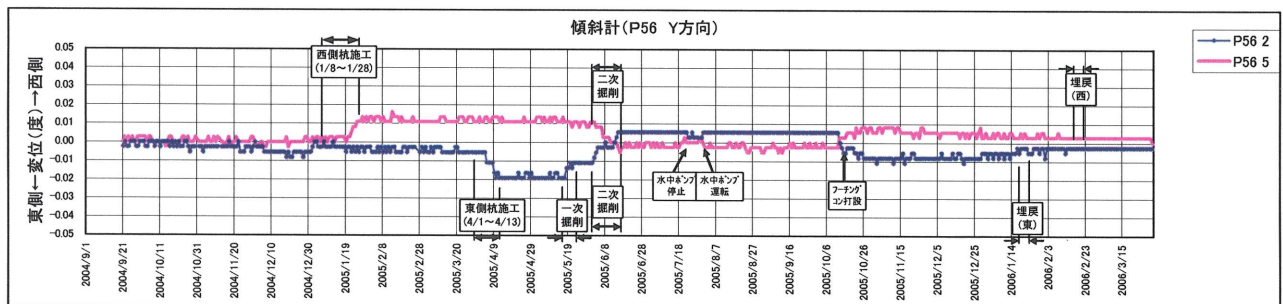


図-11 P56 傾斜計経時変化図

②掘削工

P47 のフーチング掘削における計測結果を以下に述べる。P47 には、傾斜計・沈下計の他にトンネルの水平変位を計測するレーザー距離計が追加されている。これにより水平方向のトンネル内空変位を常時観測した。図-12にレーザー距離計の設置位置図、図-13に沈下計、図-14にレーザー距離計の経時変化図を示す。

沈下計の掘削による変化は、微量で最大は 1mm に満たなかった。また、レーザー距離の変化は顕著でないが掘削の進行に伴い、水平方向距離の減少が確認された。当初、FEM 解析では掘削により最大 6mm の浮上りと水平方向に 4mm 程度のつぶれが想定されていたが、実際は、想定よりも相当小さい値となった。これは、先にも述べたが、FEM 解析条件に二次覆工コンクリート(厚さ 300mm)を考慮していないためであると考えられる。

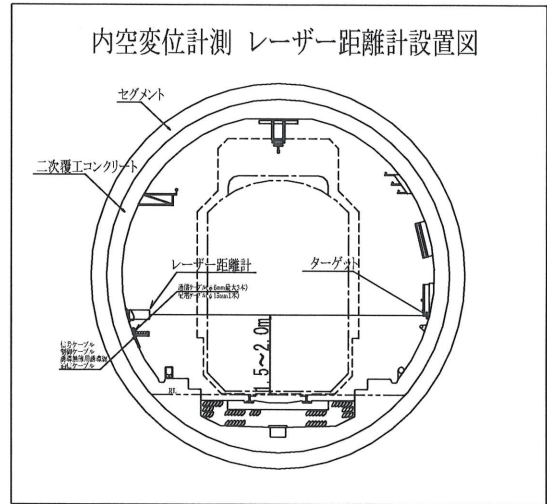


図-12 レーザー距離計設置断面図

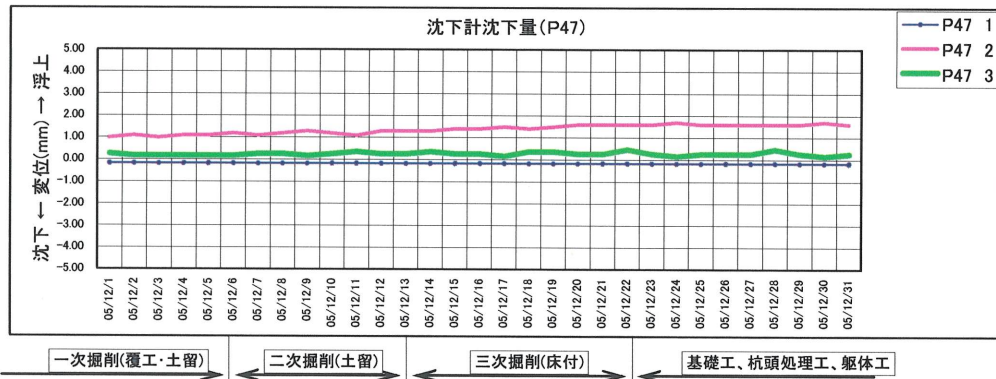


図-13 P47 沈下計経時変化図

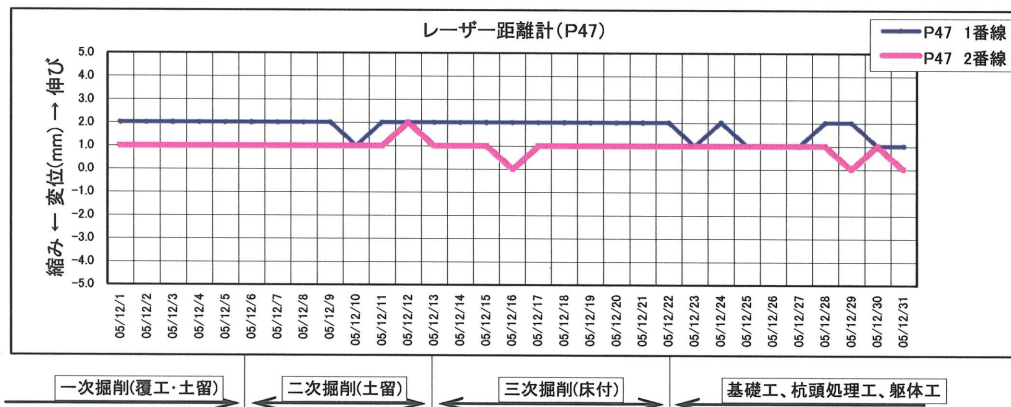


図-14 P47 レーザー距離計経時変化図

### ③コンクリート打設

P50～P56のフーチングの、トンネルを跨いで基礎杭を打設する関係上、形状が大きくなっている。そのためコンクリート打設が1日で最大 1,800m<sup>3</sup>となり、まだ固化しないうちはトンネルへ荷重として上載される。コンクリート量から換算すると最大 4,500t (45,000kN)の重量となり、打設中に傾斜計(Y方向)の変化が現れた。杭基礎の構造物は最終的に杭により支持されるが、コンクリート打設中は地盤を介して地下構造物へ荷重が伝播されたことが判明した。概念としては、掘削による荷重の開放でたまご型に変形したトンネルが、コンクリートによる载荷により元に戻るような状況である。

図-15にP56Y軸方向の傾斜計経時変化図を示す。

### 7. まとめ

一連の構造物の変位を計測して、構造物の種類、施工状況により変位の状況も変わるが、全体として掘削により浮上がり、コンクリート打設や埋戻しにより沈下する傾向がつかめた。ただし、各構造(ボックス構造・トンネル構造)とも、一旦浮上がるとコンクリートや埋戻し荷重では初期の状態には戻らないことがわかった。また、トンネル部では各施工段階で微小なつぶれ、伸び等の変形が発生していることがわかった。

以上の計測結果より、施工による、地下鉄の運行に支障をきたす変位は観測されず、構造物への影響は最小限に抑えることができたと考える。

### 8. おわりに

施工が無事完了するに当たり、施工協議からご指導・ご協力頂いた発注者の皆様と、営業線である名古屋市交通局の関係者に対して感謝の意を表します。

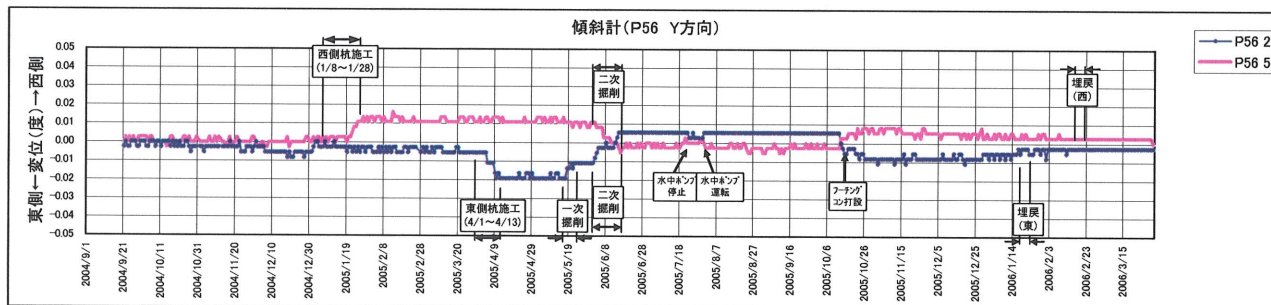


図-15 P56 傾斜計(Y軸方向)経時変化図