

# 既設橋に極近接した条件下での場所打ち杭の施工

矢野 安 則・津 田 和夏希

JR 大船駅の南側約 600 m の位置に JR 横須賀線を跨ぐ道路橋がある。これが、築後 80 年以上経過した RC ラーメン構造の小袋谷跨線橋である。今回、この跨線橋の架替え工事を行うことになったが、跨線橋は老朽化しており、極近に設置する新設跨線橋の支持杭（大口径（ $\phi 3$  m）場所打ち杭）の施工による影響が懸念された。そこで、跨線橋に対する影響検討を実施し、トラス桁を用いたアンダーピニングによる変位抑制対策を実施した。

施工は、跨線橋の変位をリアルタイムに把握するために可視光通信三次元位置計測システムおよび直近地盤の傾斜計による計測を追加するとともに、一般車両・歩行者への安全に配慮した施工方法を用いた。  
 キーワード：極近接、大口径場所打ち杭、トラス桁、超遅延性減水剤、可視光通信三次元位置計測システム

## 1. はじめに

鎌倉都市計画道路 3・5・7 号腰越大船線は、鎌倉市腰越三丁目の国道 134 号を起点に、小袋谷二丁目の県道大船停車場線を終点とする延長約 5,280 m の道路であり、大船立体工区はその終点部の延長約 370 m を整備するものであった。

本工区には、JR 横須賀線を跨ぐ小袋谷跨線橋の架替えが含まれていた。既設の跨線橋は大船駅につながる主要道路で 1 日の交通量が約 15,000 台もあるにもかかわらず、築造後 80 年以上（1931 年築造）を経過しており、老朽化により桁のたわみや床版のひび割れが発生していた（写真—1）。



桁のたわみ

床版のひび割れ

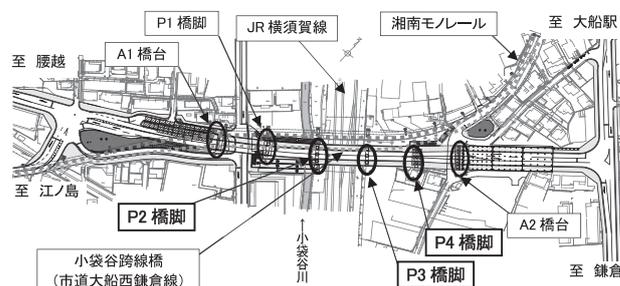
写真—1 小袋谷跨線橋の現況写真

また、幅員が狭く（2 車線、有効幅員 = 6.1 m）車両の通行と歩行者の通行の両方が危険であることから、交通ボトルネック対策、安全対策の面でも早期の

架替えが望まれていた。

## 2. 工事の概要

当工区の施工範囲は、新設跨線橋のうち JR 横須賀線を跨ぐ P2、P3 橋脚および P4 橋脚の施工であった。これらの橋脚のうち P2 橋脚の基礎は  $\phi 3$  m の大口径場所打ち杭で設計されており、小袋谷跨線橋、湘南モノレール、JR 横須賀線および小袋谷川に近接しているため、これらに影響を与えない杭基礎の施工計画を立案することが重要であった（図—1）。



図—1 全体一般図

特に、小袋谷跨線橋については地上部で 14 cm、地下部で約 72 cm と極めて近接した工事となるため、構造物だけでなく一般車両や歩行者の安全を確保しつつ施工を行わなければならなかった（図—2～4）。

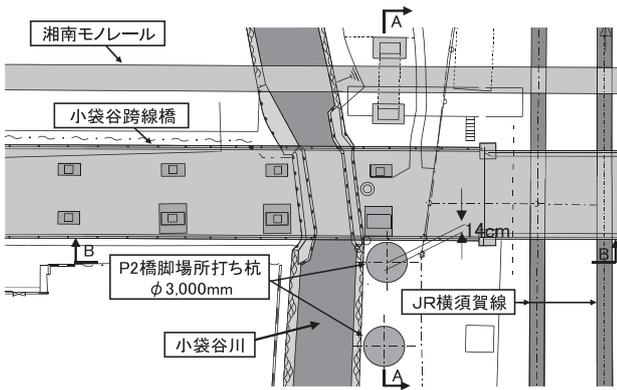


図-2 現況平面図

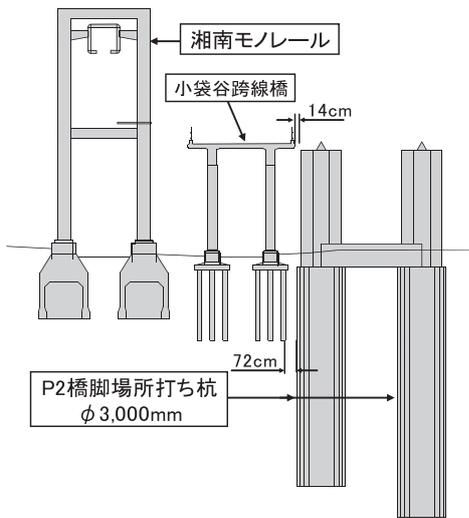


図-3 現況断面図 (A-A 断面)

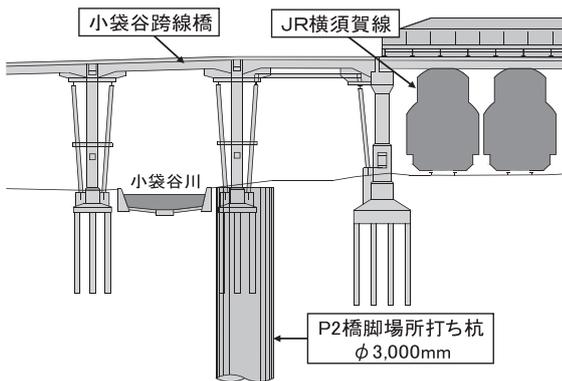


図-4 現況縦断面図 (B-B 断面)

### 3. 設計上の問題点

#### (1) FEM 解析による跨線橋への影響検討

近接施工への配慮から、設計段階において場所打ち杭にはオールケーシング工法が採用されており、万一の落橋を防止するためのアンダーピニングが計画されていた。しかしながら、オールケーシング工法を用い

た場合でも、ケーシングチューブ先端のカッティングエッジがケーシング外径より 1 cm 外側を切削するため、ケーシング外側に隙間が生じることになり、この隙間が地盤変位の原因となり得た。また、地盤が非常に軟弱 (N 値 = 0 ~ 3) であるため、ケーシング引抜き時に地盤が変位することも懸念された。当初計画のアンダーピニングは、鉛直荷重は支持するものの、これらの施工条件を考慮した水平変位を抑制できるものではなかった。

本工事は近接の程度が厳しいことに加えて、小袋谷跨線橋の支持杭である松杭が過去の小袋谷川の氾濫によって失われていたり、支持層まで届いていない可能性も考えられた。そこで、橋脚は松杭による横方向の抵抗を期待できないと安全側の仮定をして、FEM 解析を用いた場所打ち杭施工時の跨線橋に対する詳細な影響検討を実施した (図-5)。その結果、跨線橋基礎位置での地盤変位は水平に 9.6 mm, 鉛直に 7.6 mm となり (図-6), この影響による橋脚の傾斜を考慮すると跨線橋の最大変位は水平に 21 mm, 鉛直に 11 mm となると予想された (図-7)。

このままでは、許容値 (水平 15 mm, 鉛直 ±10 mm) を上回ることが懸念されたため、跨線橋のアンダーピニング方法 (仮受け) を再検討することにした。

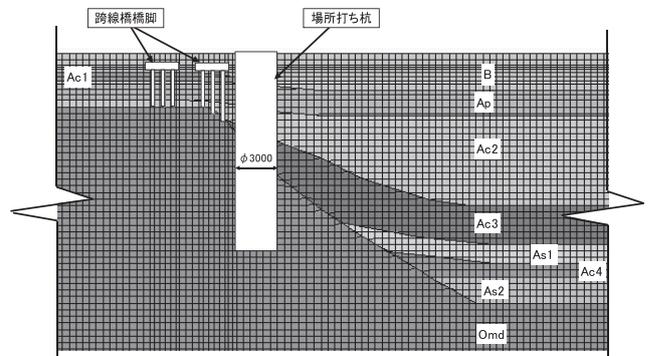
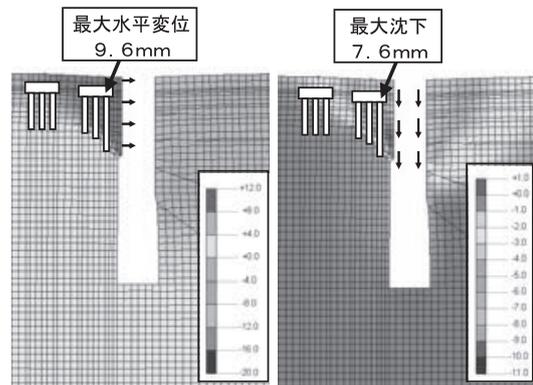


図-5 地盤の解析モデル図



解析結果図(水平変位) 解析結果図(鉛直変位)

図-6 地盤の水平・鉛直変位図

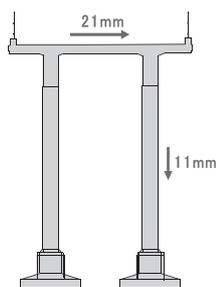


図-7 橋脚変位予想

(2) トラス桁を使用したアンダーピニング

原設計のアンダーピニングは、小袋谷川が支障となって支持杭が打設できないため、小袋谷川に構台を設置せず、代わりに左側に構台を追加する計画であった(図-8上図)。これでは近接する2橋脚について有効な仮受けができないと考え、支持杭スパンが長くても高い剛性を確保できる「トラス桁方式」を採用する計画とした。また、桁下の狭い空間で施工できるように、プレス材は長さを調整できるターンバックル材として、確実に跨線橋を仮受けできる構造とし、変位を抑制する計画に変更した(図-8下図)。これにより、跨線橋の最大変位は水平11mm(10mm低減)、鉛直5mm(6mm低減)と許容値以内に収まると計算された。

アンダーピニングの基礎は、アンダーピニング自体の施工中にできるだけ跨線橋への影響を与えないように、また、低空間施工となるため、コンパクトな油圧式リーダーレス型基礎機械(写真-2)を使用して、鋼管杭(φ508mm)中掘り工法により、跨線橋桁下での打込み作業を実施した。



写真-2 油圧式リーダーレス型基礎機械による施工状況



写真-3 工場製作時のアンダーピニング用トラス桁

トラス桁材は工場製作して現場での溶接作業を極力減らすことで、製作品質の確保と工程短縮を図った。工場での仮組検査を写真-3に示す。

4. 施工上の問題点

(1) トラス桁の施工手順

小袋谷跨線橋下の狭隘なスペースで、跨線橋に影響を与えることなく安全・確実にトラス桁を組み立てることが非常に困難であった。このため、材料(総重量:約44t)を小ブロックに分割するとともに(例:上弦材(21.3m)は1本を5.5m以下にし5分割して組立)、簡易門型クレーンやローラーコンベアおよびジャーナルジャッキ等の仮設備を使用し、跨線橋にアンカー等を一切設置しないでトラス桁を設置する計画とした(図-9)。施工は約2.5ヶ月もの期間を要した。完成したトラス桁の写真-4に示す。

(2) P2 場所打ち杭の施工

P2 橋脚のオールケーシング掘削機を使用した場所打ち杭の近接施工を安全・確実に実施できるように、以下に示す問題点を挙げてそれぞれについての対応策

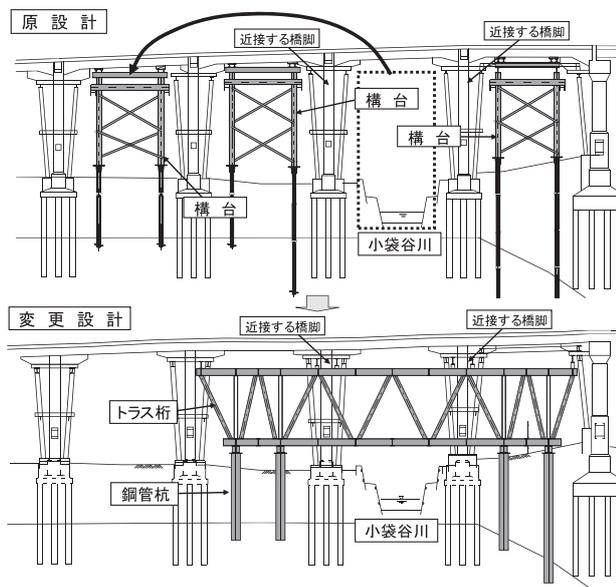


図-8 原設計と変更設計のアンダーピニング

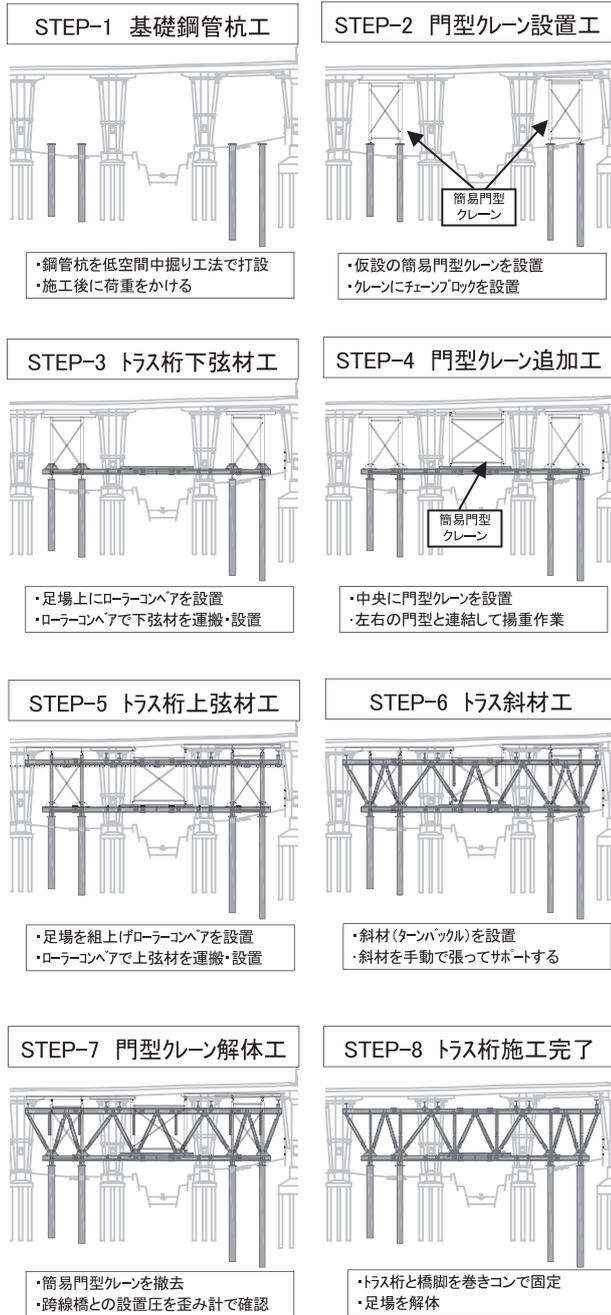


図-9 トラス桁の施工ステップ図(縦断面)



写真-4 現場に設置したトラス桁式アンダーピニング

表-1 P2 場所打ち杭の問題点と対応策

【問題点】	【対応策】
・一般車両・歩行者の安全確保	・跨線橋を片側交互通行にし、監視員、交通誘導員等を適切に配置する。
・掘削時のハンマグラブの荷振れ・振動	・掘削機械をハンマグラブからアースドリル掘削機(ドリリングバケット)に変更する。
・掘削時のワイヤーからの水しぶきの飛散	

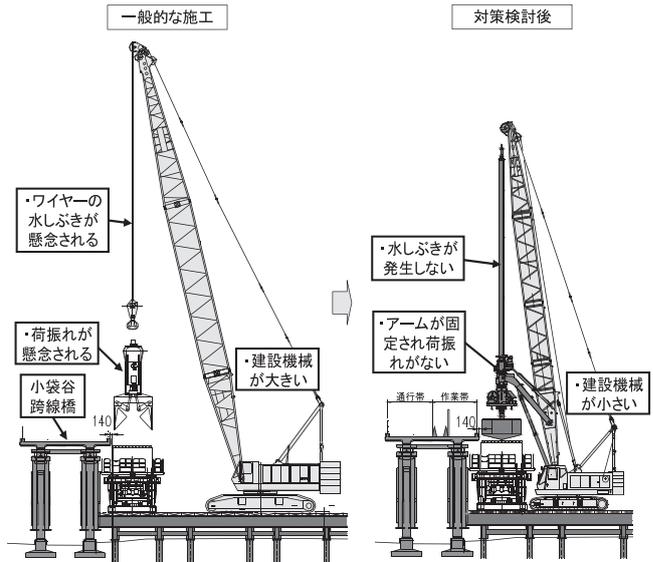


図-10 一般的な施工と対策検討後の施工



写真-5 施工状況(東側からJRを挟んで撮影)

を検討した(表-1, 図-10, 写真-5)。

(3) P2 場所打ち杭のコンクリート

場所打ち杭の杭径がφ3mと大きいこと、コンクリートが打ち込まれるトレミー管位置から杭外周までの距離が必然的に長くなること、鉄筋間隔が密(D51@170.83mm)であること、杭頭から3mの範囲には橋脚の主鉄筋

(D29 @ 123.4 mm) が定着され、2 段配筋となるという 3 つの難条件から、コンクリートがかぶりの範囲まで行き渡るかどうか懸念された。このため、スランプは、設計の 15 cm から 21 cm (道路橋示方書および杭基礎施工便覧の場所打ち杭のコンクリート打込み上限値) に変更した。

また、コンクリート打込み作業の途中で跨線橋の変位が増加した場合は、作業を一時停止したり、打込み速度を落とすといった管理を行う必要があり、その場合は打込まれた生コンクリートが長時間ケーシング中に滞留することになるため、スランプロスが大きくなって流動性が低下し、ケーシングを引き抜いた跡にコンクリートが充填されないことも懸念された。

さらに、交通渋滞による生コン車の遅延や、施工機械のトラブルなどの不測の事態が生じた場合でも、同様にコンクリートのスランプロスが懸念された。

そこで、生コンクリートのスランプロス試験を実施して、長時間スランプを維持できる生コンクリートを選出することにした。

スランプロス試験に使用した生コンクリートは、

- ①スランプ 15 cm (設計)
- ②スランプ 21 cm
- ③スランプ 21 cm + 超遅延性減水剤 (0.3% 配合)

の 3 種類とした。なお、③については、生コンクリートに超遅延性減水剤を添加して、スランプロスを小さくして流動性を向上させ、品質を確保することにした。

試験の結果、超遅延性減水剤を添加した③の生コンクリートのスランプが、コンクリート打設完了の予定時間の 7 時間 (420 分) 時点においてもスランプを 9.5 cm 維持しており、今回条件に適切な生コンクリートであると判断して採用した (図-11)。

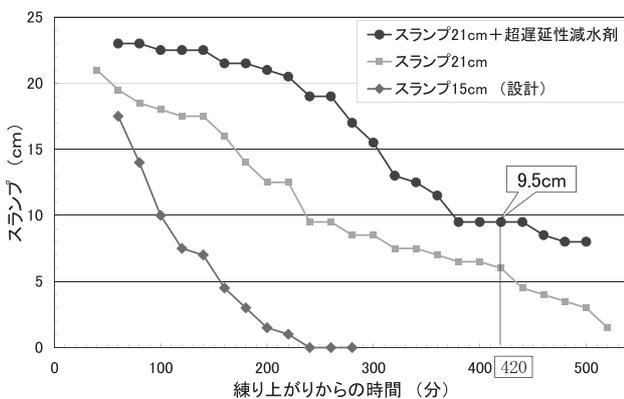


図-11 スランプロス試験結果

#### (4) 小袋谷跨線橋の計測と結果

##### ①多段式傾斜計の追加

原設計ではトータルステーションで跨線橋とモノ

レール変位を、画像変位システムで JR 変位を 15 分間隔で計測していたが、場所打ち杭の極近接施工の管理を確実にするために以下の計測を追加して実施した。

跨線橋変位の低減対策として、場所打ち杭施工時の地盤変形の早期把握のため、場所打ち杭と跨線橋杭との中間位置 (場所打ち杭外縁から 36 cm の位置) に多段式傾斜計を設置し、1 分間隔で細かく計測した (図-12)。これにより、跨線橋に影響を及ぼす手前で地山の水平変位を計測できるとともに、より細かい間隔で計測値を確認できるため、施工の続行・停止を常に判断できるようにした。

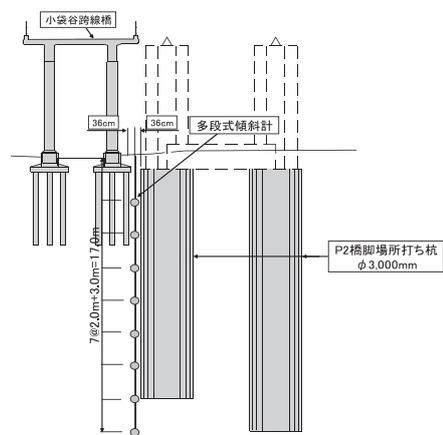


図-12 追加した多段式傾斜計

##### ②可視光通信三次元位置計測システムの追加

跨線橋とトラス桁の変位を、より多くの測点について高い頻度 (5 分間隔) で計測できる「可視光通信三次元位置計測システム」を用いた追加計測を実施した (図-13)。

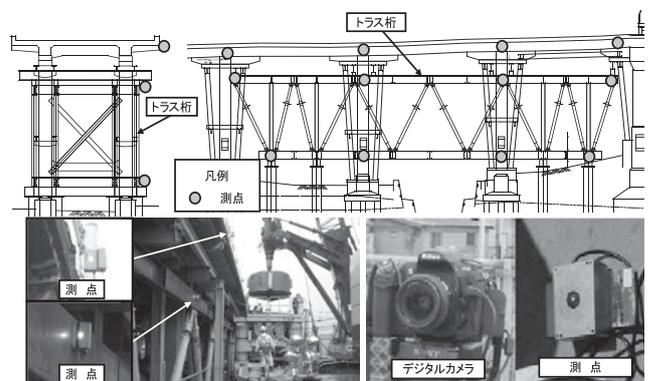


図-13 可視光通信三次元位置計測システム

このシステムは、目に見える光を高速点滅させることでデジタル信号を伝達するもので、測点の座標と ID 情報が同時に取得できるため、今回のように複数の測点が狭い視野角内に存在する場合にも測点の誤認

識がないシステムである。

測点は、鉛直方向に3箇所（跨線橋地覆部，トラス桁上部，トラス桁下部）の4断面，計12箇所に設置した。

これにより，跨線橋の変形状況を詳細に把握することができるとともに，トラス桁の変形状況を詳細に把握することで，トラス桁による仮受けが有効に作用しているかを確認しながら施工管理を行うことができた。

また，跨線橋とトラス桁との連結部にひずみ計を設置(12箇所=6箇所×2列)して自動計測することで，場所打ち杭施工時に跨線橋からトラス桁に作用する力をリアルタイム（15分間隔）に把握できるようにした（図-14）。これは，アンダーピニング架設時に跨線橋に支障を与えないための管理にも使用した。

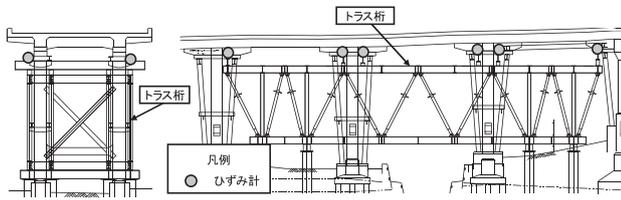


図-14 ひずみ計設置計画図

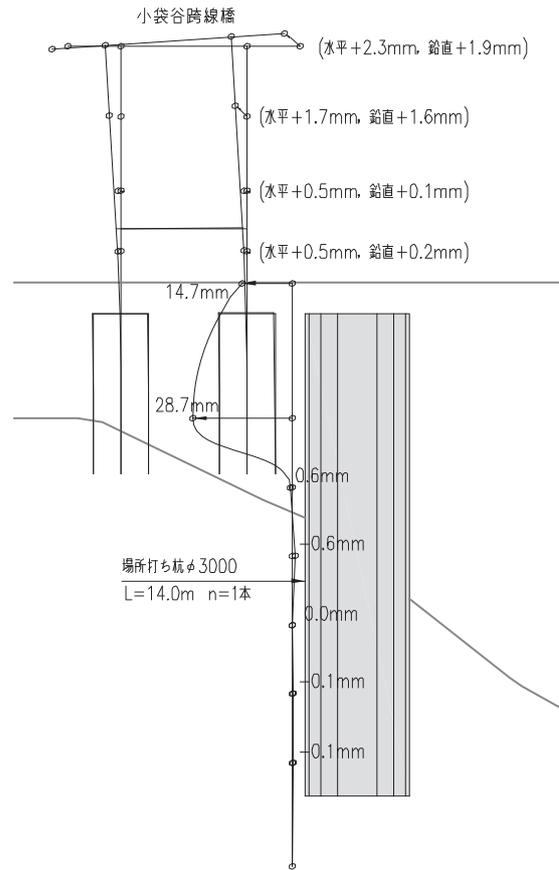


図-15 P2 場所打ち杭施工後の計測結果図

③計測結果

P2 橋脚（左杭）の施工は，平成 23 年 3 月 21 日から 4 日間にわたって，各種計測値を監視しながら慎重に実施した。その結果，ケーシングチューブの鋼板厚さ（45 mm）の影響により，地盤は最大 28.7 mm 水平に変位したが，跨線橋の最大変位は，地覆部分で水平 2.3 mm，鉛直 +1.9 mm と許容値（水平 15 mm，鉛直 ±10 mm）に対して大きく下回った（図-15）。

5. おわりに

小袋谷跨線橋，湘南モノレール，JR 横須賀線および小袋谷川の 4 つの構造物に近接し，特に，小袋谷跨線橋については，地上部で 14 cm と極近接の条件下で大口径（φ3 m）場所打ち杭工事は，極めて難工事である。

工事は，1 年以上の準備期間を設けて十数回の検討会を開催し，細心の注意を払って実施した。このような事例は稀であり，今後の近接場所打ち杭工事の参考になるものと思われる。

謝辞

無事竣工できたこと，発注者である神奈川県藤沢土木事務所をはじめ関係各位に感謝します。



【筆者紹介】



矢野 安則（やの やすのり）  
三井住友建設㈱  
東京土木支店 土木部技術グループ  
部長代理



津田 和夏希（つだ わかき）  
三井住友建設㈱  
土木本部 土木設計部 構造設計グループ  
次長