

既設橋に近接した条件下での場所打ち杭の施工

三井住友建設株式会社	土木設計部	○津田	和夏希
三井住友建設株式会社	土木技術部	柴田	敏雄
三井住友建設株式会社	東京土木支店	高木	克輔
三井住友建設株式会社	東京土木支店	青山	善久
三井住友建設株式会社	東京土木支店	矢野	安則
三井住友建設株式会社	技術開発センター	掛橋	孝夫

1. はじめに

神奈川県の大船駅南側において、大船立体事業が進行中である。これは、鎌倉市腰越の国道 134 号を起点とし、同市小袋谷の県道 301 号（大船停車場）を終点とする都市計画道路腰越大船線のうち、終点部の JR 横須賀線を跨ぐ延長約 370m 区間を整備するものである（図-1）。

本事業で架替えが行われる小袋谷跨線橋（市道大船西鎌倉線）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）を経過して老朽化により橋脚の沈下や床版のひび割れが発生しており（写真-1）、幅員は狭小である（2 車線、有効幅員 6.1m）。そのため、構造面からだけでなく、交通ボトルネック対策および安全対策の面からも早期の架替えが望まれていた。

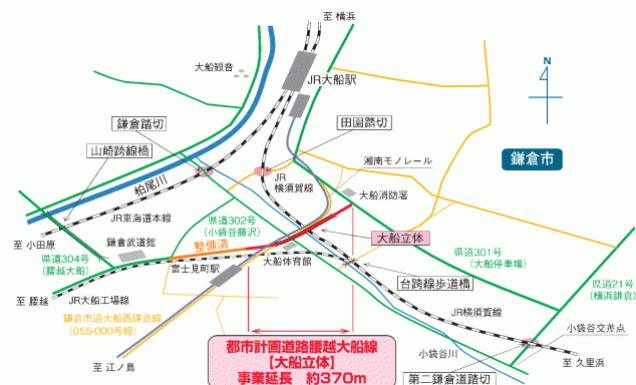
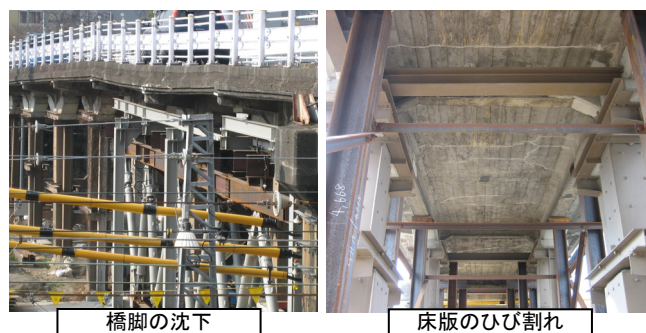


図-1 大船立体位置図¹⁾



橋脚の沈下

床版のひび割れ

写真-1 小袋谷跨線橋の現況

2. 工事概要

- ・工事名称：平成 21 年度緊急地方道路(街路)整備工事(県単)(その 2) 他
- ・発注者：神奈川県藤沢土木事務所
- ・施工者：三井住友建設株式会社
- ・工事場所：神奈川県鎌倉市小袋谷～台
- ・工期：2009/7/31～2011/8/31
- ・主要工事数量：場所打ち杭工 26 本
橋脚躯体工 3 基
アンダーピニング工 1 式
仮設構台工 1 式
地盤改良工 1 式
変位計測工 1 式

当社では、新設跨線橋のうち JR 横須賀線の両脇の P2、P3 橋脚と、P4 橋脚の施工を行った。これらの橋脚のうち P2 橋脚の基礎はφ3,000mm 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（図-2）、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。

特に、小袋谷跨線橋については地上部で 14cm、地下部で約 72cm 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う必要があった（図-3～5）。

キーワード 場所打ち杭、近接施工、アンダーピニング、トラス桁、計測管理、地盤変位

連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃二丁目 1 番 6 号 三井住友建設株式会社 土木設計部 TEL 03-4582-3063

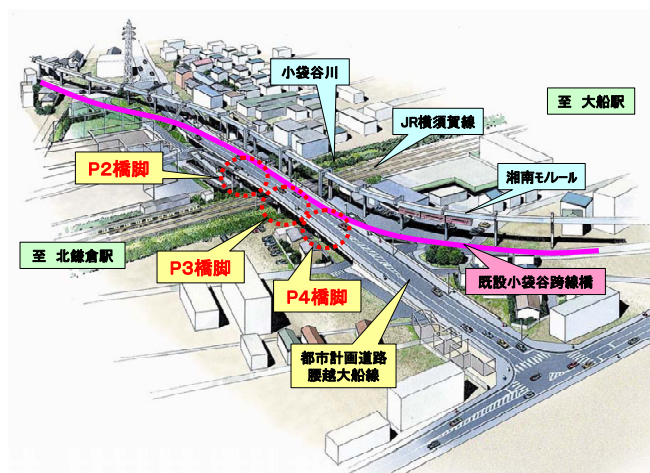


図-2 完成後鳥瞰図¹⁾に加筆

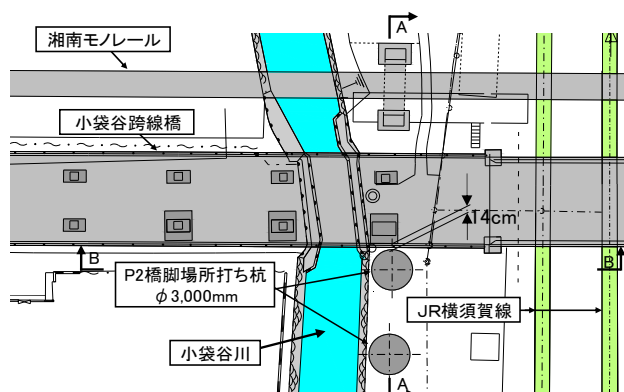


図-3 P2 平面図

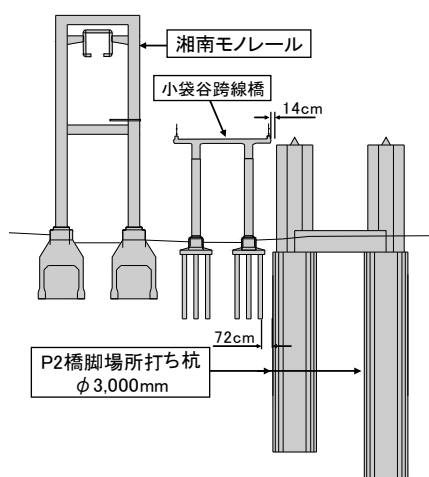


図-4 A-A 断面図

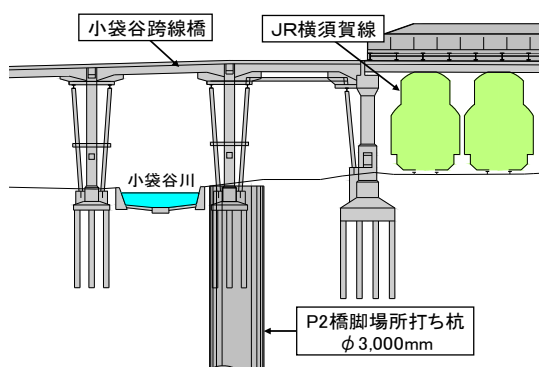


図-5 B-B 断面図

3. アンダーピニング

(1) FEM 解析による近接影響検討

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、万一の場合の落橋を防止するために上部工の重量を鉛直支持できる支柱形式のアンダーピニング（仮受け）が計画されていた。しかし、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 1cm 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える。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内部の生コンクリートとの圧力差により地盤が変位することも懸念された。

小袋谷跨線橋は前出の写真-1 のように、9cm 程度の橋脚の沈下が見受けられた。基礎杭の松杭については、当工区近辺では支持層である土丹層に大きな起伏があり、部分的に支持層まで届いていないことが懸念された。また、以前の調査報告書等の情報によると、過去の小袋谷川の氾濫によってフーチング下部の地盤が洗掘を受けており、松杭が消失している可能性も考えられた。

以上の状況から、松杭による支持を期待できないという条件のもと、FEM 解析を用いた場所打ち杭施工時の跨線橋に対する影響検討を実施した（図-6）。その結果、跨線橋基礎位置での地盤変位は水平 9.6mm、鉛直 7.6mm となり（図-7）、橋脚の傾斜も考慮すると跨線橋の最大変位は水平 21mm、鉛直 11mm と予想された。これは許容変位（水平 15mm、鉛直 ±10mm）を上回る値であったため、跨線橋のアンダーピニング方法を再検討することとした。

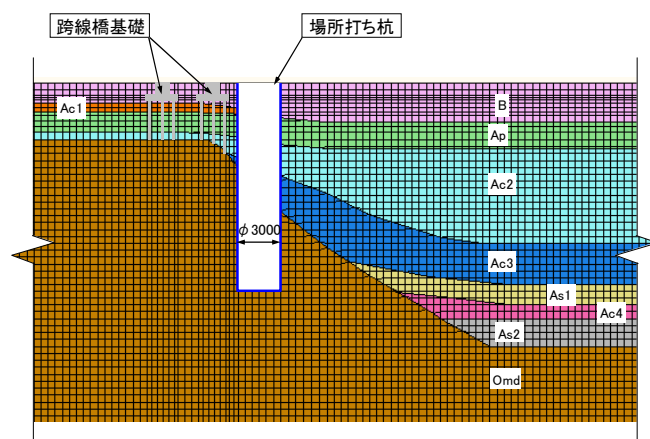


図-6 地盤の解析モデル

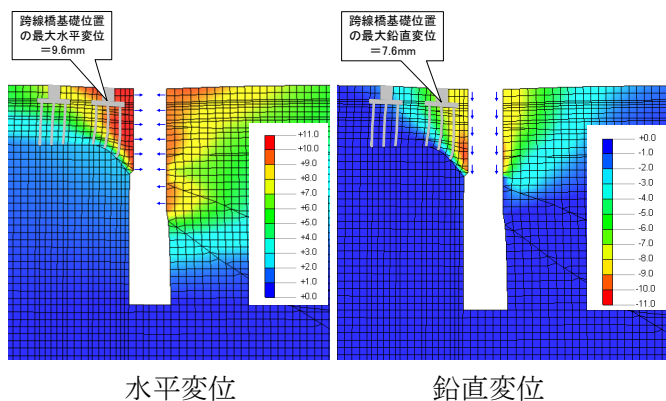


図-7 地盤の水平・鉛直変位

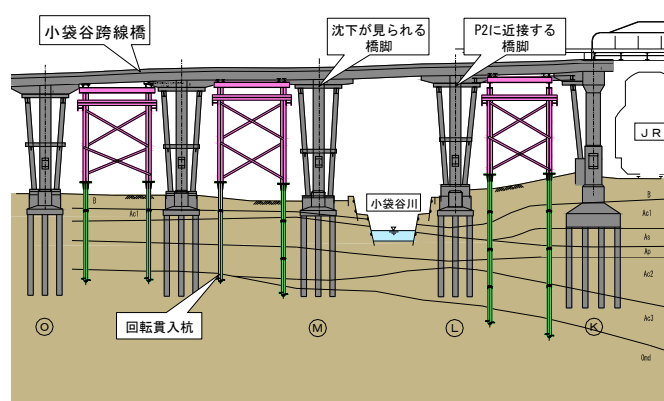


図-8 原設計のアンダーピニング

(2) トラス桁方式のアンダーピニング

原設計でのアンダーピニングを図-8に示す。

アンダーピニングを再検討するに当たって、鉛直方向については原設計と同様に上部工の桁を支持するのがよいと考え、水平方向については、できるだけ地盤面に近い位置で支持するのが効果的と考えた。場所打ち杭に最も近接する橋脚および沈下が見られた橋脚は小袋谷川の兩岸に位置していたが、協議の結果、小袋谷川を阻害することは不可とされたため、アンダーピニングの基礎は河川外に設置する必要がある。

以上の条件から、跨線橋の桁下空間を利用した、軽量で剛性の高い構造として、トラス桁方式のアンダーピニングを採用した（図-9）。

鉛直方向は上弦材で支持するものとし、支持位置を橋脚近傍に移動して、跨線橋の桁に負の曲げモーメントが作用することを防止した。水平方向は弱軸方向を補強した下弦材で橋脚を挟み込んで間詰モルタルで一体化し、下弦材で水平トラスを構成することで支持した（図-10）。鉛直ブレースにはターンバックル材を使用し、現地での長さ調整を可能にした。基礎は、施工時の跨線橋への影響を低減するため、中掘り工法による鋼管杭（φ508mm）とした。

トラス桁方式のアンダーピニングにより、跨線橋の最大変位は、水平 11mm、鉛直 5mm で許容値以内に収まると計算された。

(3) アンダーピニングの施工

トラス桁材は工場製作し、現場での溶接作業を極力低減することで、製作品質の確保と工程短縮を図った。工場での仮組立状況を写真-2に示す。

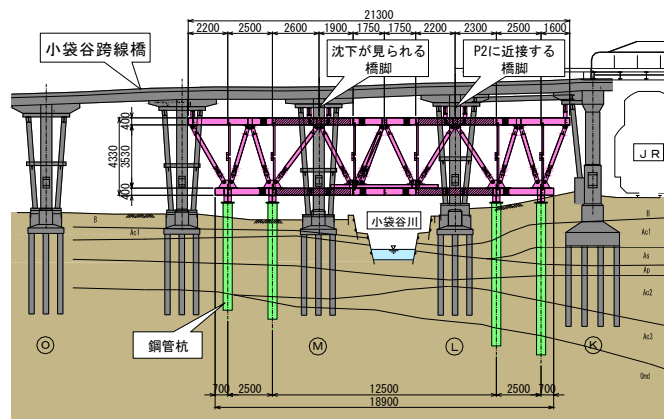


図-9 トラス桁方式のアンダーピニング

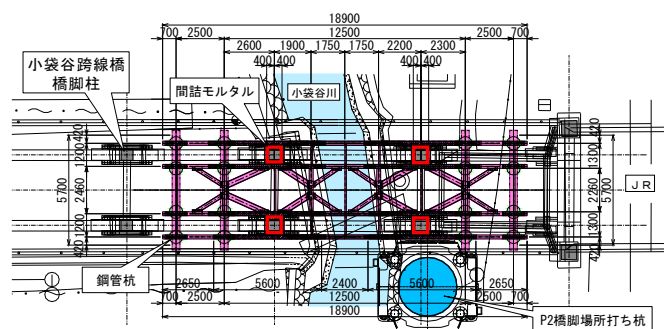


図-10 下弦材平面図

現地でのアンダーピニングの施工ステップを図-11に示す。最初に、鋼管杭を低空頭の中掘り機を用いて施工した。総重量約 44ton のトラス桁部分については、跨線橋下の狭いスペースで、跨線橋に影響を与えることなく安全・確実に組み立てるために、綿密な施工計画を策定した。まず、材料は小さなブロックに分割した。次に、ローラーコンベアを用いて材料を桁下空間に引き込み、あらかじめ設置しておいた簡易門型クレーンにより所定の高さまで吊り上げて組み立てを行った。これにより、跨線橋にアンカーを設置することなく施工が可能となった。ブレース材のターンバックルを張る際には、あらかじめ鉛直支持点の鋼材にひずみゲージを取り付けてお



写真-2 トラス桁の仮組立状況



写真-3 アンダーピニング完成

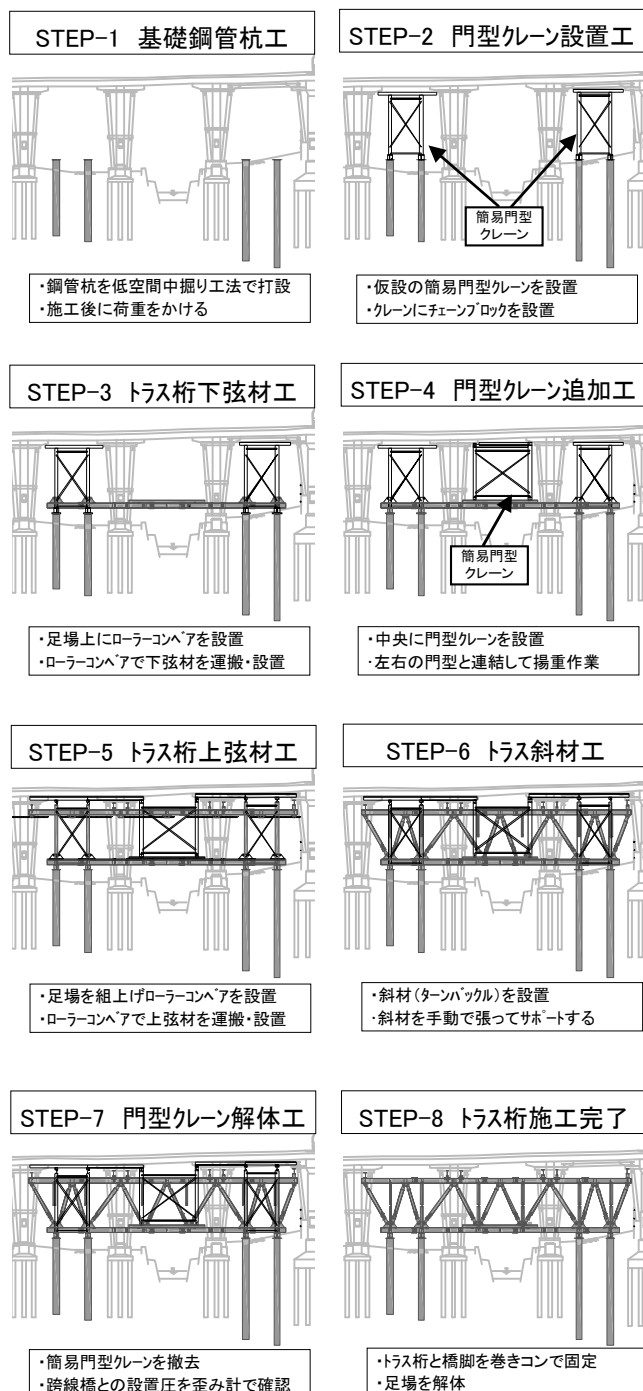


図-11 アンダーピニングの施工ステップ

き、その計測値から接触を検知することで、跨線橋の不要な持ち上げを防止した。完成したアンダーピニングを写真-3 に示す。

4. 仮設構台進入路

場所打ち杭の施工は小袋谷川を跨いで作業となるため、仮設構台が必要であり、進入路は盛土として計画されていた。仮設構台の高さは2mを越えており、用地の関係から跨線橋の直近に高さ2m以上の盛土を行うことになるため、軟弱な地盤が変位して跨線橋に影響を与えることが懸念された。

そこで、EPS 工法を採用して盛土材料の一部に発泡スチロールブロックを用いることで、盛土荷重を低減し、跨線橋への影響を抑制した(図-12)。

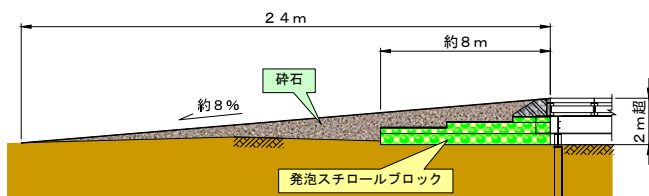


図-12 仮設構台進入路

5. 場所打ち杭の施工

(1) 安全対策

オールケーシング工法での掘削には一般的にハンマグラブが用いられるが、荷振れや水しぶきの飛散がないように、アースドリル掘削機(ドリリングバケット)に変更した(図-13)。

また、場所打ち杭施工時には、跨線橋を片側交互通行とし、一般車両および歩行者の安全を確保した。

施工状況を写真-4 に示す。

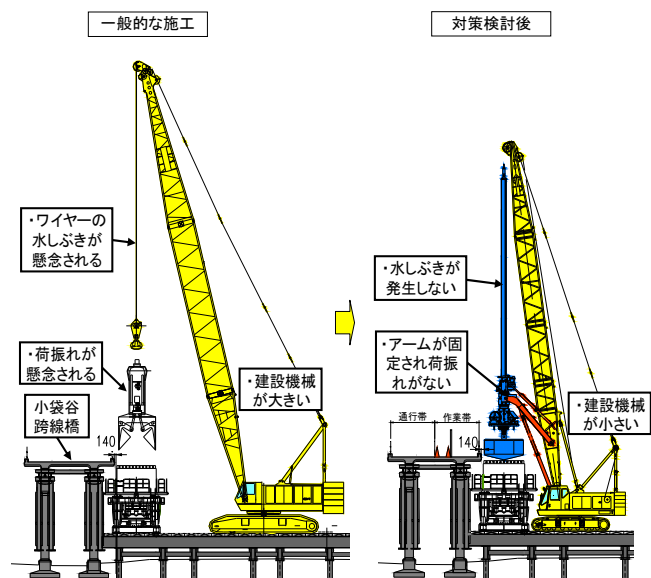


図-13 掘削方法の変更



写真-4 場所打ち杭施工状況

(2) コンクリートの配合

場所打ち杭の杭径がφ3000mm 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、主鉄筋・帯鉄筋とも間隔が密であること、また杭頭から3mの範囲には橋脚の主鉄筋が定着され2段配筋となることから、コンクリートがかぶりの範囲まで行き渡るかどうか心配された。そこで、スランプロスを設計の15cmから21cmへ変更した。

さらに、コンクリート打ち込み作業の途中で跨線橋の変位が増加した場合には、作業を一時停止するか、あるいは打ち込み速度を減じるといった管理を行う必要があり、そのような場合は打ち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

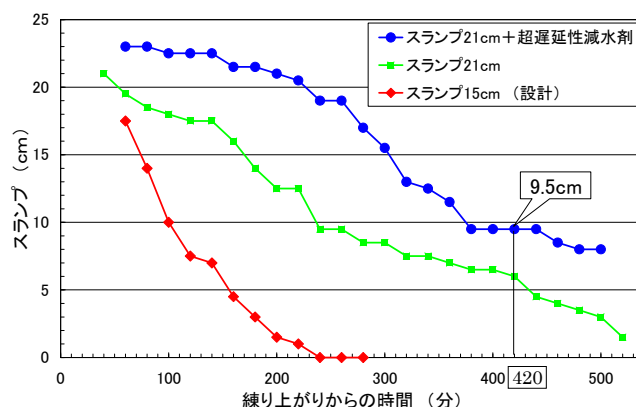


図-14 スランプロス試験結果

し、ケーシングを引き抜いたあとにコンクリートが充填されないことが懸念された。

そこで、生コンクリートのスランプロス試験を実施して、長時間スランプロスを維持できる配合を選定することにした。試験の結果、超遅延性減水剤を添加した配合ではコンクリート打設完了予定時間の7時間（420分）時点においてもスランプロスを9.5cm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-14）。

6. 計測管理

原設計では、トータルステーション等により小袋谷跨線橋およびモノレールの変位を、また画像変位システムによりJRの変位を、いずれも15分間隔で計測することになっていたが、近接した場所打ち杭の施工管理のために以下の追加計測を実施した。

(1) 多段式傾斜計

場所打ち杭施工時の地盤変位を早期に把握するため、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36cmの位置）に多段式傾斜計を設置して、1分間隔の高頻度で計測した（図-15）。これにより、跨線橋に影響を与える要因となる地山の変位を直接計測できるとともに、より細かい時間間隔で計測値を確認できるため、施工の続行・停止を高頻度で判断できるようにした。

(2) 可視光通信三次元位置計測システム

跨線橋躯体とトラス桁の変位を、より多くの測点について、5分間隔の高頻度で計測した（図-16）。可視光通信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

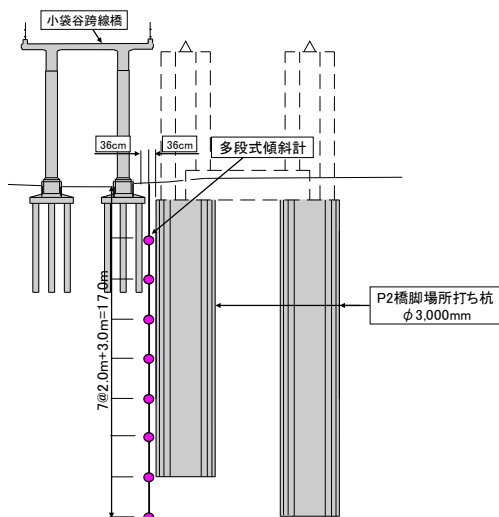


図-15 多段式傾斜計設置位置

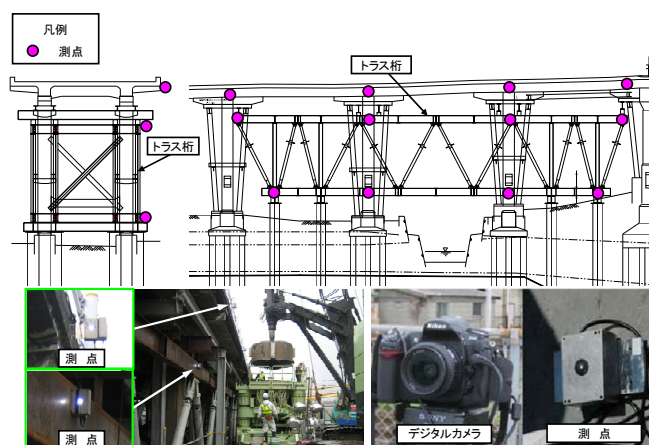


図-16 可視光通信三次元位置計測システム

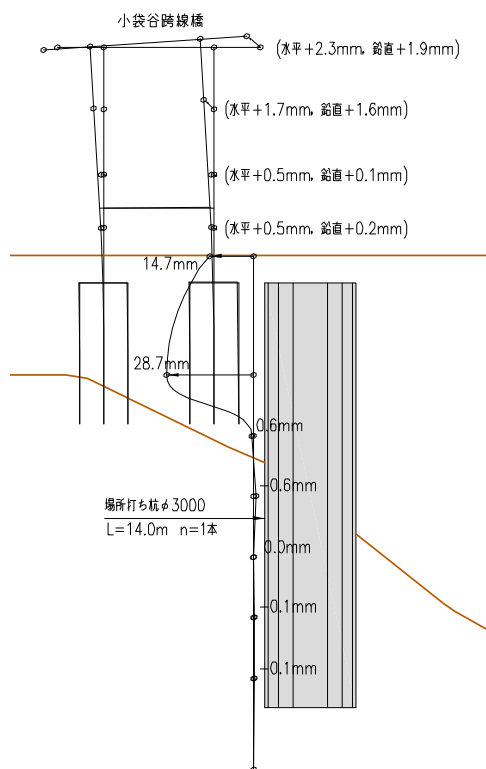


図-17 場所打ち杭施工後の変位

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、測点を誤認識
することがないシステムである。これにより、跨線
橋およびトラス桁の変形状況を詳細に把握するこ
とができた。また、測点に光源を使用するため夜間
でも計測が可能であり、日没後も日中と変わらぬ管理
手法で施工を継続できた。

(3) 計測結果

施工時の計測結果では、掘削前のケーシング圧入
時に多段式傾斜計において場所打ち杭の外向きに
30mm 程度の変位が計測された。その後、跨線橋の
変位を監視しながら慎重に施工を進めた結果、最終
的には跨線橋の変位は水平 2.3mm、鉛直 1.9mm とな
り、許容値以内で施工を完了できた（図-17）。当初
の予想とは逆方向の変位であったが、これは圧入に
よりケーシングチューブの鋼板厚（45mm）分のうち
かなりの地山が外側へ押し出され、それがカッティ
ングエッジ通過後の隙間分の内側への戻り量より大
きかったものと推測される。

7. おわりに

老朽化した既設橋の直近での大口径場所打ち杭の
施工であったが、事前の綿密な検討のもと、アンダ
ーピングによる変位対策や計測工の充実により、
無事工事を完了できた。これも、発注者をはじめ関
係各位のご理解とご協力によるものと感謝する次第
である。今後の更新工事では、近接施工の条件もよ
り厳しいものになってくるものと思われるが、ここ
で得られた貴重なデータと経験を、今後の近接施工
に活かしていきたい。

本工事が今後の同種工事の参考になれば幸いであ
る。

参考文献

- 1) 神奈川県ホームページ：
<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f4866/p13953.html>
- 2) 既設橋の 14cm 脇で場所打ち杭打設，日経コンス
トラクション，2011.4.25