

駅構内における小型立坑圧入工法を採用した場所打ち杭の設計・施工計画

中央復建コンサルタンツ(株) ○今 村 り え
中央復建コンサルタンツ(株) 山 本 健 一
中央復建コンサルタンツ(株) 尾 崎 良 明
中央復建コンサルタンツ(株) 中 原 正 人

論 文 要 旨

在来線駅構内に新設する乗換こ線橋の設計において、島式ホーム内に設置する杭基礎に、小型立坑圧入工法(ケコム工法)の場所打ち杭を採用した。この工法は、施工完了後も鋼製ケーシングを存置するため、最大周面摩擦力は中掘り杭工法、杭先端の極限支持力度は場所打ち杭工法で支持力の検討を行った。

施工計画では、夜間の線路閉鎖時間内での施工という厳しい条件下で、自走式の杭打機が島式ホームへ渡るための仮設路として、発泡スチロールを用いて人力で短時間に施工できるホーム間工用仮設路(JDO工法¹⁾²⁾)を採用し、杭打機の効率的な搬入を可能とする計画を行った。

キーワード：駅構内、小型立坑圧入工法(ケコム工法)、場所打ち杭、ホーム間工用仮設路(JDO工法)

ま え が き

在来線の2面3線の地上駅における乗換こ線橋の詳細設計にあたって、営業線ホーム上にて杭基礎を打設する必要があること、同じ島式ホーム上に既設自由通路の柱があり搬入用の通路幅が制限されること、周辺地域は自噴井からの地下水を飲料水として利用されていることから、杭基礎の工法選定ならびに施工機械の搬入経路等の施工計画が課題となった(図-1)。

また、当該駅は、夜間の線路閉鎖時間が最少で2.5時間程度しかない中で、できるだけ多くの作業時間を確保できる施工方法を選定する必要があった。

1. 構造計画

(1) 地盤条件

乗換こ線橋は、階段桁、通路桁とそれらを支持する橋脚から構成される。通路桁の橋脚は、通路桁と階段桁の両方の荷重を受ける構造となっている。

当該地盤は、II種地盤(G3地盤)であり、主に砂礫層とシルト層で構成され、標準貫入試験では砂礫層にてφ10cmの玉石が確認されている(実際に隣接する自由通路の基礎杭施工時にはφ30cmの玉石が確認された)。深度10mよりも浅い位置の砂礫層は、L2地震時に液状化する。想定支持層は12m以深にあるN値20以上の砂礫層(洪積層)とした。

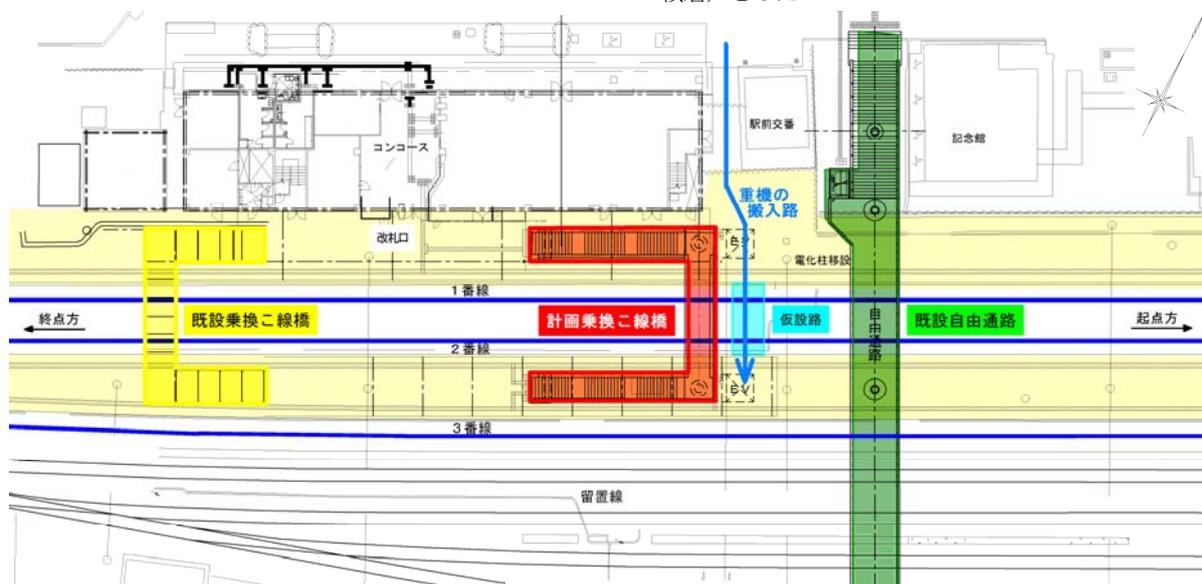


図-1 計画平面図

以上より、支持層の深さ及び支持力を確保できる基礎形式として、杭基礎形式を選定した。

(2) 橋脚の杭基礎工法の選定

橋脚の杭基礎として、以下の3工法の比較検討を行った結果を以下に示す。

- ・第1案：場所打ち杭工法 (TBH リバース工法) $\phi 1500$
- ・第2案：鋼管杭 (回転圧入鋼管杭工法) $\phi 400 \times 4$ 本
- ・第3案：場所打ち杭工法 (小型立坑圧入工法) $\phi 1500$

第1案の場所打ち杭 (TBH リバース工法) は、掘削土・泥水処理のためのプラント設備が必要であるが、島式ホーム上には設置が困難である。また、モルタル分が地下水へ流出することを防ぐため、薬液注入等により孔壁を保護する必要がある、工事費が増大する。

第2案の鋼管杭 (回転圧入鋼管杭工法) は、20cm~30cmの玉石が出現すると鋼管の圧入が困難であり、ボーリングで $\phi 10\text{cm}$ の玉石が確認されている砂礫層が存在するため適さない。また、杭径を上げると、フーチングが大きくなり、島式ホーム内では収まらない。

第3案の場所打ち杭 (小型立坑圧入工法) は、全周回転で鋼製ケーシングを圧入するケコム工法を活用し、その立坑内に配筋してコンクリートを打設することで基礎杭とする。第1案よりも施工機械がコンパクトで島式ホーム内に常駐かつ自走できること、 $\phi 1500$ の鋼製ケーシングを全周回転で圧入して径の大きな玉石を取り込むことができること、鋼製ケーシングを存置することか

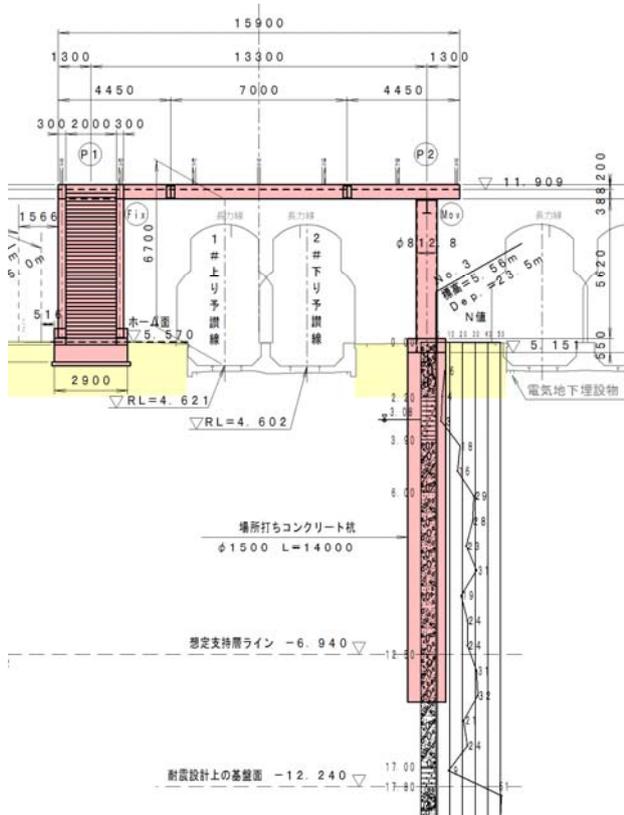


図-2 乗換二線橋横断面

らコンクリートのモルタル分流出のリスクが少なく地下水への影響もないことが利点である。

以上より、本設計では、第3案：場所打ち杭 (小型立坑圧入工法) を選定した (図-2)。

2. 場所打ち杭 (小型立坑圧入工法) の設計

(1) 小型立坑圧入工法 (ケコム工法) の概要

鋼製ケーシングを用いる小型立坑工法は、帯水地盤でもケーシング内を水中掘削でき、補助工法を不要とする下水道等の推進工法用立坑構築工法として開発された³⁾。大きく分類して6工法あるが、そのうち、ケコム工法は、鋼製ケーシング立坑を揺動圧入および掘削一体型の機械で構築する工法である (図-3)。近年は、全周回転機、超大口径にも対応し、自走式の施工機械で狭隘な箇所にも搬入できること、鋼製ケーシングを存置することで基礎の変位が小さく抑えられることから、鉄道の営業線近接工事の杭基礎に採用されることが増えている⁴⁾。

ケコム工法の施工機械は、全周回転圧入機とベースマシンがピンジョイントにて接続一体化しているため、回転反力が大きくとれる。鋼製ケーシング $\phi 1500$ の板厚は12mm、刃先に超硬チップを取り付けることにより硬質土や岩盤においても掘削が可能となる。小型立坑の杭長は、揺動圧入機・全回転圧入機では最大15mである。



図-3 小型立坑圧入工法 (ケコム工法) の施工機械

(2) 場所打ち杭 (小型立坑圧入工法) の設計

本構造物は列車荷重を受けない旅客・保守設備であるため、常時 (地震時以外) は『旅客・保守施設構造物設計マニュアル 平成26年9月 東日本旅客鉄道株式会社』⁵⁾に基づいて、許容応力度法で設計した。地震時は『鉄道構造物等設計標準 [耐震設計] 平成24年9月 (公財) 鉄道総合技術研究所』⁶⁾に基づいて耐震照査を行った。

場所打ち杭 (小型立坑圧入工法) は、オールケーシング工法 (自然泥水使用) として設計した。仮設時の鋼製ケーシングを存置させる工法であるため、最大周面摩擦力は鋼管杭と同等の中掘り杭工法 (最大周面支持力度 γ

= $2\text{N}(\text{kN}/\text{m}^2)$:砂質土)⁹⁾、杭先端の極限支持力度は場所打ち杭工法として、支持力の検討を行った。

L2地震時には液状化する層があるため、各層の低減係数に基づき、土質定数を低減させた。また、表層地盤の挙動(液状化・地盤の水平変位量)を評価するため、応答変位法により耐震照査を行った

設計の結果、場所打ち杭(小型立坑圧入工法)の杭径は $\phi 1500$ 、杭長は14.0m、主鉄筋D25-28本、帯鉄筋D16 ctc150mm(杭頭2D範囲はctc125)となった。

3. ホーム間工事前仮設路の計画

1番ホーム(相対式ホーム)から2番3番ホーム(島式ホーム)への仮設路として、発泡スチロールブロックを用いるホーム間工事前仮設路(JDO工法)の活用を計画した。

JDO工法によりホーム間の仮設路が短時間で設置され、杭打ち機等が1番ホームから最短距離で2番3番ホーム(島式ホーム)へと渡ることが可能となり、正味の作業時間を最大限確保することができる。

(1) JDO工法の特徴

JDO工法は、長さ2.0m×幅1.0m×高さ0.5mの発泡スチロールブロックと軽量樹脂敷板、ベニヤ合板の組合せで線路上に仮設路を設置する工法である。各資材とも人力で設置可能であり、軽量ながらも変形に強く、重機を走行させることが可能となる。2015年4月時点で150件と施工実績が多い。

施工時間は、2線跨ぎの場合、人力で設置に20分程度、撤去に20分程度と短い。ただし、事前にレール部のカット、バラスト形状などに応じた加工が必要となる。

(2) JDO工法採用時の注意点

工事前仮設路の設置高さが、既設ホームの高さと同等以上となるため、架線(トロッコ線)までの高さは3.8m程度となる。ケコム工法の施工機械の自走時の高さは約3.8mであり、架線までの空頭とほぼ同等となるため、走行時の上下の振動等による余裕高さがほぼない。そのため、設計時には架線をリフトアップして架線までの空頭を確保することを想定していたが、実際の施工では、架線のリフトアップに加えて、全周回転機を吊りこむワイヤーを変更して、施工機械の高さを3.8m→3.65mに下げることによって、架線までの空頭を確保した(図-4)。

また、発泡スチロールブロックは、 $14\text{t}/\text{m}^2$ 程度までは塑性変形しないことが実験で確認されているが、ケコム工法の施工機械(約36t)が一体で走行する際のキャタピラ(幅0.5m×長さ3.5m)の圧力を想定し、約 $10\text{t}/\text{m}^2$ 程度であることから、発泡スチロールブロックが変形する可能性は低いことを確認した。

4. 施工状況

設計完了後すぐに桁製作、支障移転工事にかかった。島式ホームの場所打ち杭の掘削には7夜間を要し、平成29年1月には基礎施工が完了した(図-5)。

平成29年4月には通路桁と階段桁の架設も完了し、平成29年9月には供用が開始される予定である。



図-4 ホーム間工事前仮設路の設置とケコム工法施工機械の移動状況



図-5 島式ホームでの掘削状況

あ と が き

既設駅のバリアフリー対応として、新たに乗換二線橋を計画するケースは、これから増えてくることが予想される。ただし、供用中の駅構内では、施工時間、搬入経路、架線との離隔等の施工条件が厳しいことが多く、現地の状況に合わせた工法選定が重要となる。

本設計では、現地の施工条件に合わせた基礎として、施工機械が掘削一体型のためコンパクトで、鋼製ケーシングを存置する小型立坑圧入工法(ケコム工法)を活用した場所打ち杭を採用した。また、ホーム間の仮設路としてJDO工法を採用することで、搬入路や短い施工時間等の厳しい条件をクリアした。

本設計事例が今後の設計、施工計画の参考になれば幸いである。

最後に、本設計に際して、四国旅客鉄道株式会社工務部
工事課 藤本副長、美馬主席 ならびに土木技術センター
笹部助役には、多大なご指導をいただきました。また、施
工現場を見学させていただきました保線区の皆様、鉄建建
設株式会社 加藤所長には、お忙しい中、大変お世話にな
りました。厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) (株)ジェイエスピー, 大鉄工業(株), 押谷産業(株),
鉄道工事用仮設道路及び該仮設道路形成用の熱可塑
性樹脂発泡体製組合せブロック, 特許第 4986803 号,
2012-05-11
- 2) 藤井孝晏, EPS を使用した渡線路用仮設道路構築工法
JDO 工法の開発, 鉄道建築ニュース, (一社)鉄道建築
協会, 2016.8.10, pp.47~49
- 3) 原田隆仁, 金子彰夫, 栗山泰晴, 山崎一雄, 山田昭彦,
青木健一, 石川和秀, 鋼製ケーシング工法の明日を展
望する, 月刊推進技術, 2014.11, pp.40~41
- 4) 高坪正明, 安井利成, 田中耕治, 宮崎薫, 鉄道近接下
における地中障害物撤去を伴う基礎杭建設—ケコム
カッティングロック工法—, 基礎工, 2011.9, pp.64~
67
- 5) 東日本旅客鉄道株式会社, 旅客・保守施設構造物設計
マニュアル, H26.9
- 6) (公財)鉄道総合技術研究所, 鉄道構造物等設計標準・
同解説 [耐震設計], H24.9
- 7) (社)土木学会, 国鉄建造物設計標準解説—基礎構造物
—, S61.3