

回転鋼管圧入杭を用いた桁式ホームにおける設計上の工夫について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○白藤 哲也
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 大西 一陽

1. 概要

現在当社では、駅ホームにおける安全性向上のため、ホームドア整備を進めている。停車場区間など構造物とごく接近した環境において、近接する構造物と車両の離隔は列車の走行安全性に影響を及ぼすと考えられる¹⁾。ホームドアを配置することに伴い、これまで以上にホームドア固定部となるホームの変位を抑制する必要がある（水平変位量の制限値：10mm）。本設計による桁式ホーム構造を図-1に示す。本稿では、鋼管杭を用いたホームドア設置予定の桁式ホーム設計において、制限値を満たすようホーム変位を抑制するため、鋼管杭内部充填コンクリート断面評価についての検討、深礎部の設計計算上の検討、杭とホーム橋脚の接合部の剛性検討を行ったので報告する。

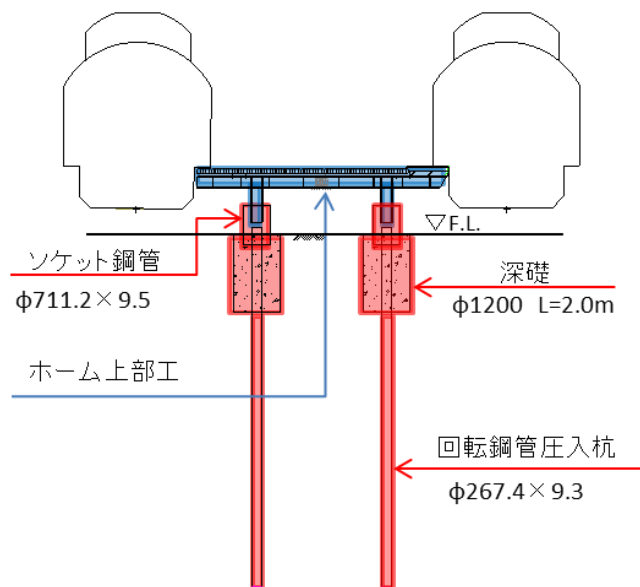


図-1 ホーム構造図

2. ホーム設計時の水平変位の考え方

地震時のホームの変形において、高さの低い構造物では、ホーム基礎杭と地盤が一体に挙動することが期待できる。その場合、ホーム端と軌道までの接近量は地表面より上部のホーム構造において生じる変位に一致すると考えられる。よって、本検討では施工基面（F.L.）とホーム先端の水平変位の相対変位量 $\delta H - \delta$ に着目する（図-2）。なお、風荷重時は上部工のみが変動する

ためホーム先端位置の絶対変位量で照査を行う。ここで、ホームドア整備に伴う乗降場改良設計における許容水平変位量は、当社が定める鉄道施設の基準に基づくホームに対する建築限界 1,475mm と、同基準のホームの軌道中心からの離れ 1,485mm の差とし、10mm とする。

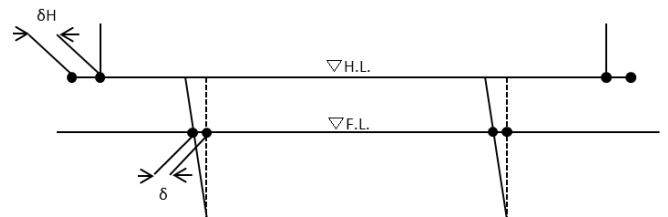


図-2 ホームの変形・変位の概念図

3. 前提条件

当該箇所における施工においては、狭隘なホームのためホーム上に作業ヤードを確保できない。また、線路閉鎖間合いの短時間内に杭の打設を行う必要があること等、制約条件が厳しい中で打設が可能な杭の構造を検討することが必要となる。

本設計におけるホーム杭については回転鋼管圧入杭を採用した。杭の打設において、1m打設するごとに次の鋼管杭を継ぎ足していく。通常、機械式継手による容易な接合が可能であるが、変位を抑制するために鋼管杭の板厚を増すと、鋼管杭の継手に溶接が必要となるため、1日の施工数量が大幅に減少してしまう。また、杭径を上げることによる変位抑制も考えられるが、打設により大きな杭打機を要する。本施工は杭の打設をホーム上で行うため、既存ホームの荷重制限を考慮すると大きな杭打機の使用は困難である。そのため、本設計では板厚と杭径を上げずに変位量を抑えることが求められる。なお、本検討における課題となる荷重条件として、風荷重においては列車を支持する鉄道構造物の設計における風荷重と同値とし、 3.0kN/m^2 とする。地震荷重においては、当該の構造物を地震の影響が小さい構造物であると判断し、従来用いられてきた中規模地震動に該当する設計水平震度に $k_h = 0.25$ を用いる。

連絡先 〒151-0053 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所

TEL : 03-3372-7976 E-mail : t-shirafuji@jreast.co.jp

表-1 コンクリート充填時水平変位

case	δ (mm)	$\Delta \delta$ (mm)	判定	δ_a (mm)	備考
風荷重時	12.029	—	NG	10.00	絶対変位
	12.024	—			
地震荷重時	26.225	10.248	NG	10.00	相対変位
	15.970				
	26.150	10.525			
	15.625				

4. 検討

4.1 鋼管内充填コンクリートの剛性検討

当初の本設計においては、鋼管杭のみの断面による耐力の計算を行ったところ、風荷重時と地震荷重時の水平変位が許容値を満たさない結果となった。そこで、鋼管内に充填するコンクリートを鋼管断面として評価することとした。充填コンクリートと杭体の断面を一体として考慮することで、断面剛性を向上させ、水平変位の抑制を図った。コンクリート充填を評価することにより、風荷重及び地震荷重による水平変位は抑制されたが、制限値には収まらなかった。照査の結果を表-1に示す。

4.2 深礎工の検討

上記 4.1 に記載の条件に加えて、鋼管杭の上部に設けた深礎工の直径を杭径と考慮することによる水平変位抑制の検討を行った。杭の水平地盤反力の算出時に、深礎掘削部の範囲において、杭径を深礎の直径とみなして計算を行う。なお、深礎工の寸法は深さ 2m、 $\phi 1200$ mmとする。水平変位が大きい箇所の水平地盤反力係数が大きく考慮されることで、変位の抑制が確認できたが、制限値を超える結果となった。水平地盤反力係数の計算式を以下に示す。

$$k_h = f_{rk}(0.6 \cdot \alpha \cdot E_0 \cdot D_p^{-3/4})$$

f_{rk} : 地盤抵抗係数 (=1.0)

k_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

α : D_0 の算定方法および荷重条件に対する補正係数

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

D_p : 杭体の直径 (杭頭以深 2m まで 1.2m)

4.3 杭接合部と杭の剛性検討

上記 4.2 までの条件に加えて、さらに水平変位を抑制するため、接合部について検討を行った。桁式ホームと杭の接合には、ソケット接合を採用している。ソケット接合は、図-3 に示すように杭径よりも大きな鋼管内に杭と橋脚を差し込み、コンクリートを充填することにより一体化を図る接合構造である。そこで、ソケット接合部設計マニュアル²⁾に基づき、ソケット鋼管と内部の充填コンクリートを剛性断面として評価することで、水平変位は制限値の 10mm を下回る値となり、条件を満たす結果となった。照査の結果を表-2に示す。

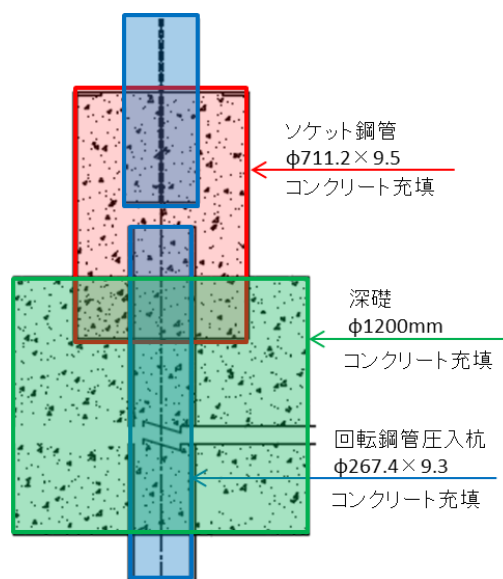


図-3 杭とホーム橋脚接合部

表-2 接合部剛性考慮時水平変位

case	δ (mm)	$\Delta \delta$ (mm)	判定	δ a(mm)	備考
風荷重時	5.943	—	OK	10.00	絶対変位
	5.903	—			
地震荷重時	10.138	3.492	OK	10.00	相対変位
	6.646				
	10.075	4.077			
	5.998				

5. 考察

本検討は、制約条件を考慮し施工性に重点を置いた設計としたため、杭径や板厚の増大等の一般的な耐力向上の対応を行うことは不可能であった。しかし、制約条件の多い施工現場、特に鉄道工事において、本検討の実績を参考とし設計を行うことで、より効率的な施工が可能となることが期待できる。ホームドア整備予定のホーム桁式化の設計において、水平変位抑制の課題に対して、本検討による杭の考え方を活用していくことが有効であると考えられる。

6. まとめ

本稿は、ホームドア整備に伴うホーム構造の設計において、杭の設計について検討を行い、付帯する口元管や橋脚接合部等の構造との剛性を考慮した設計によるホーム水平変位抑制について報告した。

本検討を通して、杭構造の検討によりホームの変位抑制を図るうえでは、杭径および板厚を増大させることなく杭と橋脚の接合部における剛性の考慮、口元管、鋼管杭及びソケット鋼管内部へのコンクリート充填が有効であるという知見を得た。

7. 参考文献

- 1) 小西ら、ホームの合理的な設計に向けた地震時水平変位の解析的検討、平成 30 年土木学会全国大会学術講演会
- 2) ソケット式接合部設計マニュアル、東日本旅客鉄道、2006.7