

大規模アンダーピニング工の施工実績 (その1)

— 地下鉄躯体の仮受け工における計画・設計と施工管理 —

鹿島建設(株) 正会員 ○谷澤 史剛 岩下 直樹 板橋 信男 山本 章貴
坂梨 利男 渡邊 洋介 米花 萌

1. はじめに

相鉄・東急直通線で新設される新横浜駅(仮称)は、営業線である横浜市営地下鉄新横浜駅と立体交差する。地下鉄躯体の交差部範囲(延長33m)は躯体周囲の掘削、仮受けの後、直下を掘削するため、地下鉄の軌道・躯体に対し、細心の注意を払った施工が求められた。本報文中では、地下鉄躯体の仮受け工の計画・設計ならびに施工管理について報告する。

2. 工事概要

2.1 仮受け構造

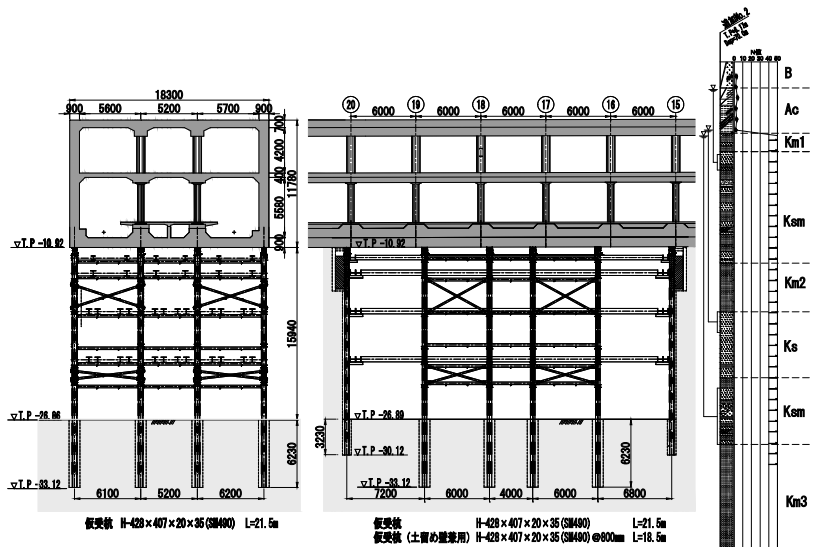
仮受けする市営地下鉄躯体は約35年前に構築されたカルバートンネルであり、幅約18.3m、高さ約11.8mの断面を有した2層構造で、断面内2列、奥行6m間隔で柱を有している。新駅は地下鉄躯体の直下1.5mの位置に構築するため、杭で直接支持する「杭直受け方式」を採用した。なお、地下鉄躯体は柱通り断面毎に左右の側壁と柱の直下4箇所を受ける計画とし、地下鉄躯体が露出される6列の柱通り(15~20通り)の合計24箇所を支える仮受け構造とした。また、両端の支持杭(15・20通り)は、地下鉄躯体直下を掘削するための土留め壁も兼用する(図-1)。

2.2 施工手順

同種の工事では、躯体周囲の土砂掘削が完了したら掘削は一旦止め、躯体底部に導坑を掘り、仮受け杭を設置する手順が一般的である。しかし、本工事では、工程促進のため、地上からの土留め掘削と並行して、地下鉄躯体底部にアクセスする導坑を掘削し、仮受け杭設置を先行する手順を採用した(図-2)。

3. 仮受け工の設計

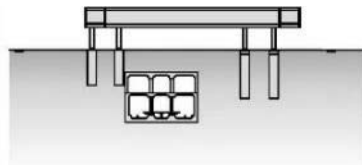
2.2に記した施工手順の場合、仮受け工設置期間中に支持する躯体重量や、躯体に作用する土圧および水圧が段階的に変化する。そこで、地下鉄躯体と仮受け工をモデル化した逐次解析を実施し、地下鉄躯体については各施工



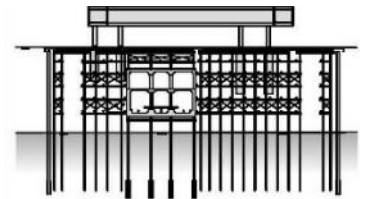
(a) 地下鉄躯体横断方向 (b) 地下鉄躯体縦断方向

図-1 地下鉄躯体・仮受け構造

(1) 施工前

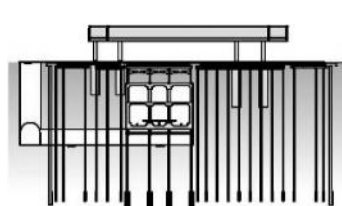


(3) 掘削(躯体回り)・躯体仮受け完了



(2) <地上>土留め壁造成、掘削

<地下>導坑掘削・仮受け杭設置



(4) 躯体直下掘削

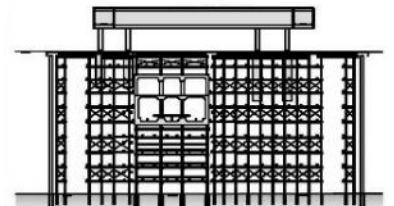


図-2 施工手順

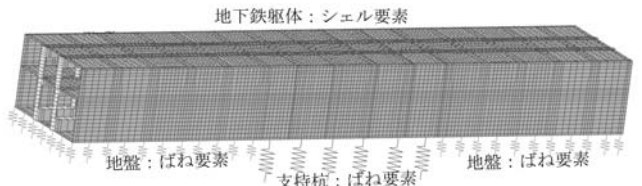


図-3 解析モデル概念

キーワード 仮受け工、アンダーピニング、地下鉄躯体、計測管理

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL03-6229-6657

段階での健全性を確認し、仮受け工については、杭やジャッキの仕様だけでなくプレロード荷重（地下鉄躯体の変位抑止を目的）や導入するタイミングを設定した（図-3）。

4. 地下鉄躯体の施工管理

地下鉄躯体の仮受け杭設置箇所と同じ位置（12～24 通りの各通りの左右両側壁と柱位置）に設置した開水路式変位計により、鉛直・水平方向の変位を5分毎に測定し、「列車の走行安全性」と「地下鉄躯体の健全性」の2項目において限界値の80%以下で管理した。なお、本地下鉄躯体は側部・底部を堅固な洪積層（Km層、Ksm層、Ks層）で覆われていたため、部材の配置鉄筋量が比較的小さく、外力に対する耐力が小さい。そのため、「地下鉄躯体の健全性」に関する限界値が小さく、相対変位を数mm以下に抑えた施工が求められた。

「列車走行安全性」は軌道整備基準値をもとに限界値を設定した（表-1）。一方、「躯体の健全性」については、地下鉄躯体部材の発生応力度を直接測定することができないため、限界応力度に達する測点間（仮受け杭設置間）の相対変位を骨組み解析により算定し、それを目安に変位で管理した。なお、本躯体の場合、鉄筋の曲げ引張が決定要素であったため、部材の鉄筋応力度が降伏応力度（295N/mm²：SD295）に達する際の相対変位を限界値とした。また、算定される相対変位は躯体の方向や変形モードによりそれぞれ異なるため、様々な検討ケースから、「躯体横断・縦断」ならびに「変位が生じる方向（正負）」で、それぞれ絶対値が最小となる値を管理に用いる限界値として採用した。さらに、地下鉄躯体は周囲の掘削状況により作用を受ける荷重が異なるため、3つの施工段階（①掘削前、②掘削後、③仮受け後）で、限界値を設定した（表-2）。

表-1 列車の走行安全性に関する限界値

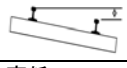

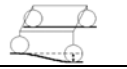
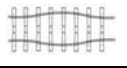
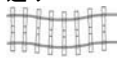


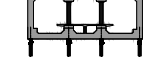
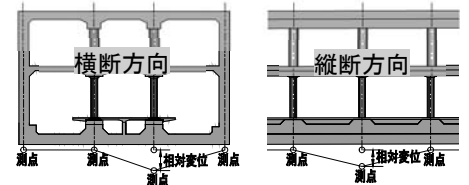
軌道の変位		基準値
鉛直方向	水準 	±9mm
	高低 	10m 以内で ±10mm
	平面性 	±14mm
水平方向	軌間 	+10mm -5mm
	通り 	10m 以内で ±10mm

表-2 地下鉄躯体の健全性に関する限界値

検討ケース	相対変位 ^{※1}	
	横断	縦断
掘削前 	-5.3mm +6.4mm	-7.4mm +8.0mm
掘削後 	-4.2mm +3.0mm	-7.6mm +7.9mm
仮受け後 	-6.0mm +3.0mm	-9.8mm +8.7mm

※1：相対変位



※2：変位の符号

+：上に凸となる相対変位 -：下に凸となる相対変位

5. 施工実績

仮受け完了後の地下鉄躯体は、細やかなジャッキ制御で施工の影響をほとんど受けていない。一方、仮受け完了までの期間は、躯体底版下の導坑掘削で地盤を緩め、躯体が数mm沈下することが予測されていた。しかし実際は、躯体の支持地盤が想定よりも堅固で、導坑掘削時に沈下はほとんど生じなかった。そのため、躯体に生じる相対変位も小さく、「列車の走行安全性」、「地下鉄躯体の健全性」とともに問題なく施工することができた。また、躯体の沈下防止のために計画していたプレロードは、その状況を反映して、導坑掘削時は止め、仮受け完了時も設計の30～60%で導入する計画へ変更した。支持地盤が堅固であった影響は、杭反力値にも表れた。仮受け完了後の杭反力を設計と実測した結果を図-4に示す。各通り（4本）の杭反力合計は概ね一致したが、側壁と柱下の杭の反力負担は柱部が小さくなり、設計値と3割程度の相違となった。これは、導坑掘削時の沈下が小さく、躯体重量が杭に対して均等に作用したためと考えられる。

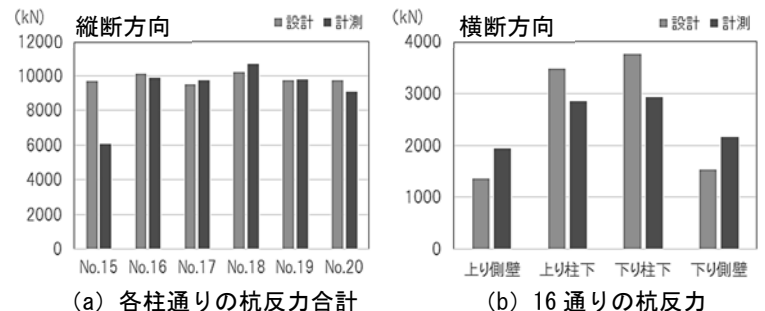


図-4 仮受け杭反力の設計と実測の比較

6. おわりに

本工事では、仮受け工に作用する荷重が大きく変わる施工手順を配慮して、計画・設計および施工管理を実施し、無事に仮受けや躯体直下の掘削を完了することができた。本報文が、今後、同様の工事の一助となれば幸いである。