

VI-129

既設地下鉄駅舎直下のアンダーピニングの設計 —都営地下鉄12号線大門（浜松町）駅新設工事—

東京都地下鉄建設(株) 正会員 山田 宏
鹿島建設(株) 正会員 吉川 正
鹿島建設(株) 正会員 西嶋 徹
鹿島建設(株) 嶋田 義人

1. はじめに

都営地下鉄12号線大門（浜松町）駅（以下「新駅」とする）は、港特別区道1021号線下に開削工法で施工される延長235m、地下3～5階、島式ホームの地下駅である。本駅部は、その一部が同区道と国道15号線（第一京浜）との交差点直下において都営浅草線大門駅（以下「旧駅」とする）と直交して立体交差するよう計画されており、その施工に際しては、旧駅をアンダーピニング（受重量 約8800t）する必要がある。本工事においては旧駅構築下端と新駅構築天端とのクリアランスが約940mmと少なく、桁構造での受防護工が困難なため、杭間隔を小さくした杭受構造（111本）を採用した。ここでは、このアンダーピニングについて報告する。

2. アンダーピニングの概要

アンダーピニングは旧駅中央の軌道部、改札及び通路からなる1層6～7径間のラーメン構造に対して実施され、受防護範囲は約1070m²（約22m×50m）である。アンダーピニングの形式は、前述のように桁構造が困難であるために、先行掘削した2.6m×3.7mの導坑内より、受杭（H-350）を2.0～2.5mピッチ（軌道軸直角方向）で5列（全111本）打設し（図-1, 2参照）、これに縦桁（H-400）を架設して旧駅を支持する杭受構造を採用した。また受防護工全体の安定性を高めるため、縦桁の間に横桁（H-400）を配置した。旧駅直下の地盤に対しては、導坑掘削時の安定性確保を目的として、薬液注入工を行った。また、PIP（柱列式地下連続壁）による土留壁の外側には、導坑掘削時の止水、旧駅の沈下防止を目的とした超高压噴射注入工を実施した。

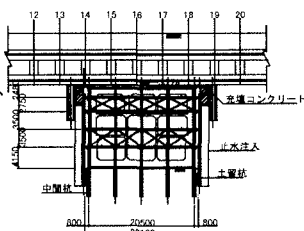


図-1 標準断面図

3. アンダーピニングの設計

今回の受防護工では、旧駅構築は、受防護工完成時において、受杭及び縦桁によって支持されるが、受防護工施工時においては、地盤、改良地盤、改良体及び受杭によって支持され、支持形態が異なる。そのため、アンダーピニングの設計では、受防護工完了時と施工時の2ケースを想定して、旧駅構築の安全性に対する検討を実施した。

3. 1 受防護工完成時における旧駅の安定性の検討

受防護工完成時の検討は次の様な考えに基づき行った。すなわち、旧駅躯体の壁及び柱の位置に路面覆工桁を支える杭を建て込み、路面覆工後、上床上の3.5mある土砂を撤去して荷重を軽減させる。更に中柱をフレーム補強して施工前よりも安全な状態とすることから、旧駅躯体の上床版及び中柱の検討は省略し、凸型梁及び下床版についてのみ検討した。検討を実施する凸型梁については、凸型梁が受防護工完成時に5列の受杭によって支持されることから、軌道軸方向に対してのみ行うこととし、受杭を支点とする連続梁とした。この凸型梁は、下床版自重及び列車荷重を支持していると考え、電車荷重を受ける軌道を挟む3列の凸型梁（図-2参照）について検討を実施した。下床版のスラブは、受防護工完成時においては、軌道と平行に配置さ

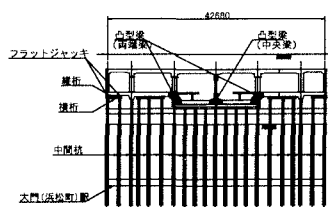


図-2 C導坑縦断面図

キーワード：アンダーピニング、開削工法、地下鉄工事

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30 TEL 03-5561-2111 FAX 03-5561-2155

れた横桁（軌道下2.0mピッチ、その他2.5mピッチ）で支持されることとなるため、横桁を支点とする一方スラブにモデル化して解析を行った。荷重は凸型梁の検討と同様に下床版自重と電車荷重とした。

3. 2 受防護工施工時における旧駅の安定性の検討

受防護工施工時については、導坑掘削の各施工段階における逐次解析を軌道軸方向について実施した。検討対象は下床部の梁、下床版、柱及び壁とし、上床版については、受防護工完成時と同様に検討を省略した。梁及び壁の検討においては、弾性床土上の梁モデルを用いたが、中央梁については、せん断力に対する安全性向上を目的とした鋼枠の補強工を設置したため、解析においては上梁、下梁、中央柱及び補強工からなる弾性床土上のフレームモデルを用いた。支承条件は、原地盤部、超高压噴射注工及び薬液注入部に区分して地盤バネを算出し、受杭施工完了箇所については杭によるバネ支持とした。なお薬液注入部については、導坑掘削時の地盤のゆるみを考慮することとし、掘削された導坑部は地盤バネを0に、対数らせん法により求めたゆるみ領域内は地盤バネ値を1/2に低減した。

下床版については、受杭施工後、縦桁を設置し、フラットジャッキで支持して、次の受杭列についても同様の手順で旧駅を順次支持し、杭列間を抜掘掘削して横桁を設置するという手順で施工した。そのため横桁設置前の状態では、一時的に下床版が縦桁（5.10～5.15mピッチ）と凸型梁（8.16mピッチ）によって支持された状態になる。この状態については、荷重として死荷重と列車荷重を考慮し、死荷重に対しては2方向スラブとして、列車荷重に対しては支承に近い位置に載荷した軌道直角方向の1方向スラブとして各々断面力を算定し、これらを足し合わせることによって応力度を照査した。

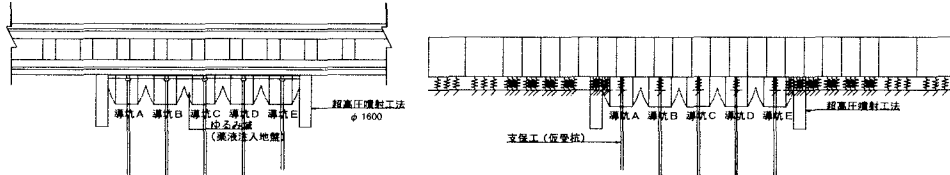


図-3 施工状況図と解析モデル図

4. 変形量の検証

施工に伴う躯体の変形量については、計画段階で二次元FEMによるリバウンド検討及び弾性床土上のフレームを用いた沈下検討により推定した。薬液注入の影響については、動態観測で対応することとした。薬液注入時から導坑掘削時における大門駅構築の水盛式沈下計による変形量の推移を図-4に示す。薬液注入により隆起したが、旧駅下部の掘削に伴い沈下する傾向となった。これは、旧駅部掘削時において、一般的に考えられるリバウンドによる浮き上がりよりも杭の沈下量の方が大きかったことによるものと考えられる。薬液注入圧については測定することが困難であるため、薬液注入圧を等分布荷重と仮定し

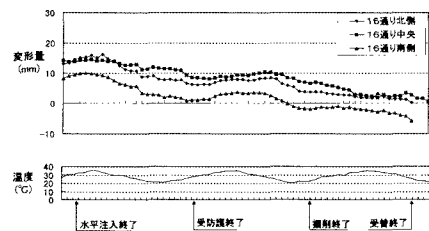


図-4 水盛式沈下計計測データ

計測変形量を基にフレームモデルで逆解析を実施して、薬液注入による見かけの荷重を推定した。そして、このモデルを用いて旧駅構築の発生応力度が許容応力度となる状態の変形量を管理値とし、応力状態についても、仮受け杭を弾性支点とするフレーム解析を実施して躯体の安全性を確認しながら施工を進めた結果、最終的には、旧駅躯体に影響を与えることなく安全に工事を完了することが出来た。

5. 今後の課題

今回のアンダーピニングにおいては、受防護する構造物が営業線の地下鉄駅舎で、断面形状が4径間から7径間まで変化しており、形状が非常に複雑な構造物であった。また、リバウンドや薬液注入圧など、影響を定量的に評価することが困難な要素があり、構造的にも3次元の拘束効果があると考えられる。さらには、計測データからリアルタイムに構造物の安全性を確認したい等のニーズもあることから、構造物全体の応力状態が一挙に把握できる3次元FEM解析を取り入れた計測管理システムの開発が望まれる。