

有楽町線小竹向原～千川間改良工事における長尺鉄筋の挿入工法について

東京地下鉄株式会社	○正会員	長谷	篤
東京地下鉄株式会社	正会員	伊藤	聡
東京地下鉄株式会社		嶋田	司

1. はじめに

東京メトロ有楽町線・副都心線は、始点方の和光市方面、西武線方面と、終点方の有楽町線新木場方面、副都心線渋谷方面を結ぶ4つの運行経路がある。平成20年6月の副都心線開業を契機に、小竹向原駅・千川駅間の平面交差部が起因となる列車遅延の問題が顕在化した。このため安定輸送確保を目的とした対策を検討した結果、平面交差を解消する立体交差の連絡線築造を計画した。本稿は、小竹向原駅・千川駅間に新たに築造する開削トンネルの既設構造物との接合に関する施工方法について報告する。

2. 工事概要

本工事では、既設構造物を拡幅するが、既設部分は、折り曲げ鉄筋を使用し構造上最適な配筋形状となっている。今回の拡幅工事では構造が変わり、鉄筋の折り曲げにより鉄筋量が少なくなった側壁付近に、大きな曲げモーメントが作用する。これにより鉄筋の発生応力度が許容値を超えることとなるため、鉄筋量不足を補うことを目的に既設下床版を水平方向に削孔し、長尺のアンカー鉄筋を設置することとした。

3. 補強概要

既設配筋は、折り曲げ鉄筋を利用し、圧縮側の鉄筋を少なくしているが、拵幅により応力状態が変わり、図-2のように発生応力度が許容値を超える箇所が発生する。

この補強方法を検討した結果、①既設構造物内が営業線であること、②供用開始時期が決まっていることを考慮し、既設構造物下床版の不足する鉄筋量をアンカー鉄筋で補うこととした。補強アンカー鉄筋の設置概要を図-3に示す。アンカー鉄筋は、主筋（ $\phi 22$ ）の6本分に相当し、有効高さの減少も考慮したD51とし、最小の削孔本数とした。また、かぶりは既設鉄筋に支障しない位置を考慮して200mmとした。

4. ウォータージェット工法による削孔

補強アンカー長4.7mの削孔方法は、コアボーリングが一般的である。しかし、この方法では補強範囲の既設鉄筋を切断してしまう可能性があり、既設下床版を弱体化する恐れがある。既設下床版の鉄筋を保護する観点から、今回はウォータージェットによる削孔を採用した。採用にあたり直進性、削孔精度、削孔能力、既設鉄筋への影響、モルタルの充填性、鉄筋の定着を検討、確認するため、既設配筋を再現した供試体で試験施工を行った。

削孔は水のみで行い、削孔の完了後、孔内のガラを清掃

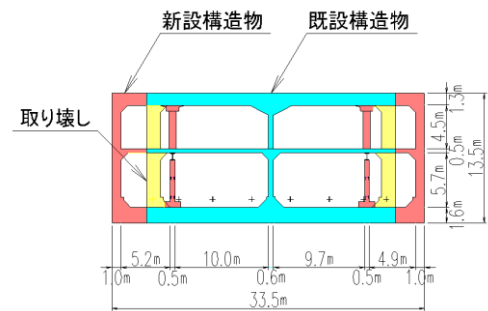


图-1 断面图

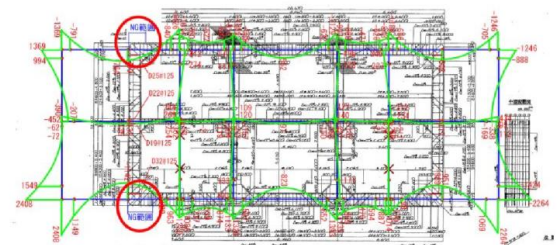


図-2 既設配筋と断面力合成図

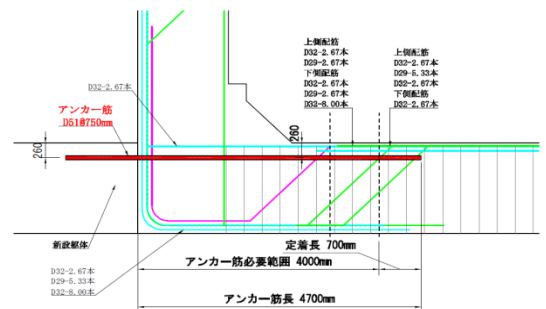


図-3 下床版補強鉄筋設置概要図

表-1 WJ削孔仕様（1セット当たり）

機材名	仕様	単位	数量	使用目的
超高压水発生装置	155MPa、 300HP 831/min・MAX	台	1	超高压水送水
WJ 削孔はつり装置	φ 75～95、 L=4.8m	台	1	コンクリート穿孔・はつり
水中ポンプ	2 吋	台	1	給排水
集水ポンプ		台	1	排水
水タンク	10m3	台	1	給水用
超高压ホース	2500kg/cm2 対応	式	1	超高压水送水 100m
コンプレッサー		台	1	バキューム吸引機

キーワード : 既設構造物改築, アンカー鉄筋, ウォータージェット

連絡先 〒164-0013 東京都中野区弥生町 5-23-17 東京地下鉄(株) 第二工事事務所 TEL03-3381-6610

しプレミックス高流動無収縮モルタルをホース圧送後、鉄筋を挿入する方法とした。

この結果、直進性、削孔精度は問題ない事が確認できたが、削孔能力に関しては初回に削孔径が不足していたため圧力、噴射時間を変えて数回トライアルを実施した。

既設配筋に対する影響とモルタル充填性については硬化後、1.5m・3.0m・4.5mの位置でコアを採取して確認した。結果は、既設鉄筋への影響は皆無であり、モルタルの充填性も本試験の方法でエア溜りが残ることなく充填できることが確認できた。

鉄筋の定着は、センターホールジャッキを用いてコーン破壊耐力580 k Nの120%=700 k Nの耐力確認を実施した。

はつり装置の写真を図－4に示す。

4. 施工結果

試験施工の結果からウォータージェット削孔の仕様を表－1の通りとし、実際の現場で施工した。ウォータージェット削孔は鉄筋を損傷しない反面、太径鉄筋の挿入時に鉄筋が支障することがある。これは、現場では必ずしも設計図通りに鉄筋が配置されていないことによるものであるが、この場合は鉄筋間隔分(αc125)削孔位置を変えて再削孔を行った。今回の施工では、全体の63%が鉄筋に支障して再削孔を行ったが、計画した106本全てのアンカー鉄筋の施工を完了することができ、本工法の有用性を確認できた。現場における施工結果は以下の通りである。

- 1) 実強度 $q = 4\text{kN/cm}^2$ のコンクリートに対して、WJ穿孔は、 $Q = 83\frac{\text{L}}{\text{min}}$ 、 $P = 1400\text{Mps}$ 、 $200 \sim 300\text{rpm}$ の仕様で、D51の鉄筋挿入に必要な穿孔径； $\phi 65\text{mm} \sim \phi 75\text{mm}$ が確保できる。
- 2) 穿孔速度は、 $V = 8\text{cm/分} \sim 10\text{cm/分}$ が最適となる。
- 3) 実測穿孔精度は、水平 $\pm 1/480$ 、鉛直 $-1/480$ （前下がり）であった。
- 4) 1本当たりの平均的施工時間は、再削孔を考慮しない場合、穿孔時間60分（4.8m/本）、付帯工事時間（モルタル充填、鉄筋挿入等）30分（4.8m/本）であった。

5. コアボーリングとの比較

比較結果は表－2の通りであり、施工ヤードの必要性や騒音発生の度合いといった設備面からは、コアボーリング工法が有利である。

しかし、施工速度は、削孔時間が半分以下となるウォータージェットが有利であり、既設鉄筋の組立精度良く、鉄筋の支障がなければ4分の1の早さとなる。また、ウォータージェットは既設鉄筋を損傷させないことが重要な利点であり、今回の施工をコアボーリングで行うと、全体の63%で鉄筋を損傷させると考えられる。これだけの範囲で鉄筋の強度を失うことは、構造物への影響が大きい。よって、ウォータージェットによる長尺鉄筋挿入は、既設構造物への影響を最小限にとどめる最適な方法であると言える。

6. おわりに

現在、本工事では新設部分の構築工が進んでいる。今後は、既設構造物の側壁を撤去し新たな空間を生み出す工事へと進んでいくが、構造物の挙動や今回設置したアンカー鉄筋の応力状態などを確認しながら慎重に施工を進めていく所存である。東京メトロではこれからも地下構造物の改造、増築を計画しており、今回得た結果を生かしてより高品質な構造物をつくっていきたいと考えている。



図－4 ウォータージェットはつり装置



図－5 現場での施工状況

表－2 工法比較表

	ウォータージェット	コアボーリング
施工ヤード	超高圧ポンプが必要となりプラントの施工ヤードが必要	主な機械は、コアボーリングのみ
水	大量の削孔水が必要（今回は10m3タンクを設置）	通常の水道水があればよい
施工速度	4.8m 60分（鉄筋支障なし） 4.8m 136分（今回平均）	4.8m 300分（通常の場合）
削孔精度	問題なし	問題なし
既設鉄筋	損傷しない	当たれば切断
鉄筋付着強度	削孔面の凹凸が大きく付着強度は高い	削孔面は円滑であり付着強度は低い
騒音	超高圧ポンプが、大きな音がでる	問題になる音はでない