

品川線シールドトンネル8 kmにおける測量精度向上の取り組み

東京都第二建設事務所	品川線建設事務所	非会員	後藤 広治
東京都第二建設事務所	品川線建設事務所	非会員	五十嵐 央
東京都第二建設事務所	品川線建設事務所	非会員	築取 優丞
大成建設(株) 東京支店	品川線シールド作業所	正会員	○山本 永朗
大成建設(株) 東京支店	品川線シールド作業所	非会員	中野 正晴
大成建設(株) 東京支店	品川線シールド作業所	正会員	足立 英明
	真栄測量株式会社	非会員	高木 泰則

1. はじめに

東京都が施行する「中央環状品川線シールドトンネル工事-2」は、掘進延長8 kmの長距離シールドを過去に例を見ない高速施工で進める工事である。本工事では高速施工の一方で、高い測量精度を確保して、到達地点では水平方向：左3 mm，鉛直方向：上5 mmという極小の誤差で到達を達成した。本稿では品川線シールド工事8 kmの測量に関する取り組みについて報告する。

2. GPS を用いた坑外基準点測量

掘進開始前の坑外基準点測量として路線沿線に存在する公共基準点4点を含む計11点をGPS基準点としてGPS測量を行い、公共基準座標の補正と新設基準点の設置を行った。既設の公共基準点の座標は最大7 mmの補正を行い、発進部、到達部に加えて接続工事を行う換気所、出入口付近に坑外基線を設けた。(図-1参照)

今回GPS測量を採用した理由は、長距離であるためトラバース測量では発進立坑から到達位置までの基準点数が非常に多くなり、方向角観測誤差及び距離測定誤差が累積することに対して、GPS測量の測位精度は $5\text{ mm} \pm 0.5\text{ ppm} \times D$ (D : 測定距離(m))であり、測定距離による誤差が生じにくいためである。

なお、GPS測量は11台のGPS受信機を設置して、同一日による同時観測をおこない、観測日の違いによる観測誤差を極力排除した。

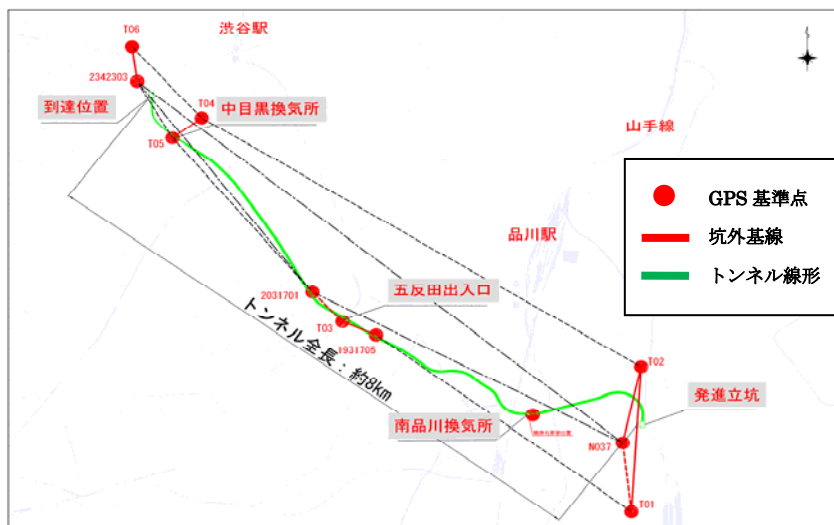


図 - 1 GPS 基準点配置図

3. 坑内基準点・水準点の管理

坑内基準点の管理として、掘進と並行して約600m毎(全12回実施)にトラバース測量により長さ200m~600mの坑内基線を設置した。真北測量による基線の確認方法は、高精度ジャイロ(標準偏差±3秒)を使用し、坑外基線+既設坑内基線+新設坑内基線の3基線以上を重複して測定することで、前回の真北測量の結果を再確認することとし、また坑外基線は日照の影響が少ない夜間に行った。それぞれの真北測量の結果は0.8秒から2.0秒程度の精度であり、高精度ジャイロの器械精度の範囲内であった。坑内の水準点は1kmに1回の割合で精密水準測量(0.1 mm精度)により精度を確保した。また日々の掘進管理で使用する基準点・KBM(ダボ点)は、JV職員、測量専門会社により、座標値が安定するまでの間、少なくとも3回以上の点検測量を行うこととして管理した。

キーワード 長距離シールド, 線形管理, GPS 測量, 公共基準点, 高精度ジャイロ, 真北測量

連絡先 〒140-0003 東京都品川区八潮1-3 地先 品川線シールド作業所 TEL 03-5755-9451

4. チェックボーリングによる坑内基準点の確認

本工事における掘進長は8kmと非常に長いため、高精度ジャイロの基線管理では、到達付近での理論上の精度が最大 $\sin(3'') \times 8,000\text{m} = 116\text{mm}$ となり、規格値である $\pm 50\text{mm}$ を確保することが困難であると想定された。そのため地上の作業用地を確保し、1.4km地点と4.7km地点にて地上からシールドトンネルに向かいチェックボーリングを行い、一時的な測量用観測孔を設置し、坑外と坑内の基準点をトラバース測量により閉合した。その時の坑外と坑内の基準点座標の較差を表-1に示す。

これらの結果より、各チェックボーリングによる基準点座標の較差を発進立坑からの基線の方向角の較差ととらえた場合それぞれ1.3秒、1.6秒となり、高精度ジャイロの器械性能である ± 3 秒以内である事から、良好な基線管理の精度を確保したと言える。

5. 震災後の基準点の再確認

平成23年3月11日に発生した東日本大震災の影響で、国土地理院は地殻変動の大きかった地域の基準点測量成果(電子基準点・三角点・水準点)につき公表を停止した。停止した範囲は東京都も含まれていたため、使用中の工事用基準点の点検測量が必要となった。ここで再度GPS測量により坑外基準点の点検及び高精度ジャイロを使用して全ての坑内基準点の点検を行った。

点検の結果、水平変位は坑外基準点で最大20mm、坑内基準点で最大17mm、また鉛直変位は坑外・坑内共に最大11mmであり、明らかに地震による影響はあったものの、変位は部分的かつ微小であり品川線全体を閉ざされた座標系ととらえれば、シールド線形の変更が必要となる程度の変位は見られなかった。

6. 到達部における測地系の違いと到達精度

品川線シールドトンネルの到達は供用路線である新宿線との接合となる。使用している測地系は、新宿線が日本測地系、品川線が世界測地系であり、それぞれ異なる座標系を使用していたため測地系の違いによる較差が想定された。このため到達部で両方の坑外基準点を測量照査した結果、シールド横断方向で8mm、シールド掘進方向で48mmの較差を確認し、到達掘進時の座標設定に反映させた。

また、到達付近7.5km地点で隣接する大橋連結路シールドトンネルからチェックボーリングをおこなったところ、坑内基準点の較差は $\delta X = 0\text{mm}$ 、 $\delta Y = 13\text{mm}$ であり、到達付近まで基線管理が高い精度で行われていた事が実証された。最終的なシールドマシン先端における到達精度は、水平方向が左3mm、鉛直方向が上5mmであり、良好な掘進精度を確保することができた。

7. おわりに

東京都施行の品川線シールドトンネルは、本掘進の最大月進量637m/月、平均月進量434m/月という過去国内の大断面シールドトンネルでは例を見ない高速施工を実現し、平成23年12月に無事到達した。測量管理においても様々な取り組みにより、高い測量精度を確保するとともに、トンネル出来形でも全区間に渡り $\pm 50\text{mm}$ 以内の精度を確保した。今回の取り組みが、これからの長距離シールドの測量管理、施工管理の一助になればと期待する。

表-1 坑外と坑内基準点の較差
(チェックボーリング結果)

測点	水平方向	垂直方向
1.4km地点	9mm	-2mm
4.7km地点	25mm	+6mm

※水平方向の較差は平面誤差の絶対値を示す。

表-2 震災による坑内基準点の最大変位

測点	水平変位	鉛直変位
坑外	20mm	+11mm
坑内	17mm	-11mm

表-3 測地系の相違による到達立坑での
測量整合結果

項目	較差
横断方向	右8mm
進行方向	-48mm
標高	0.5mm

表-4 到達付近での坑外と坑内基準点の較差
(チェックボーリング結果)

測点	δX	δY
7.5km地点	0mm	-13mm

表-5 到達部マシン先端位置における誤差

測点	水平方向	垂直方向
到達地点	-3mm	5mm



写真-1 坑内全景