

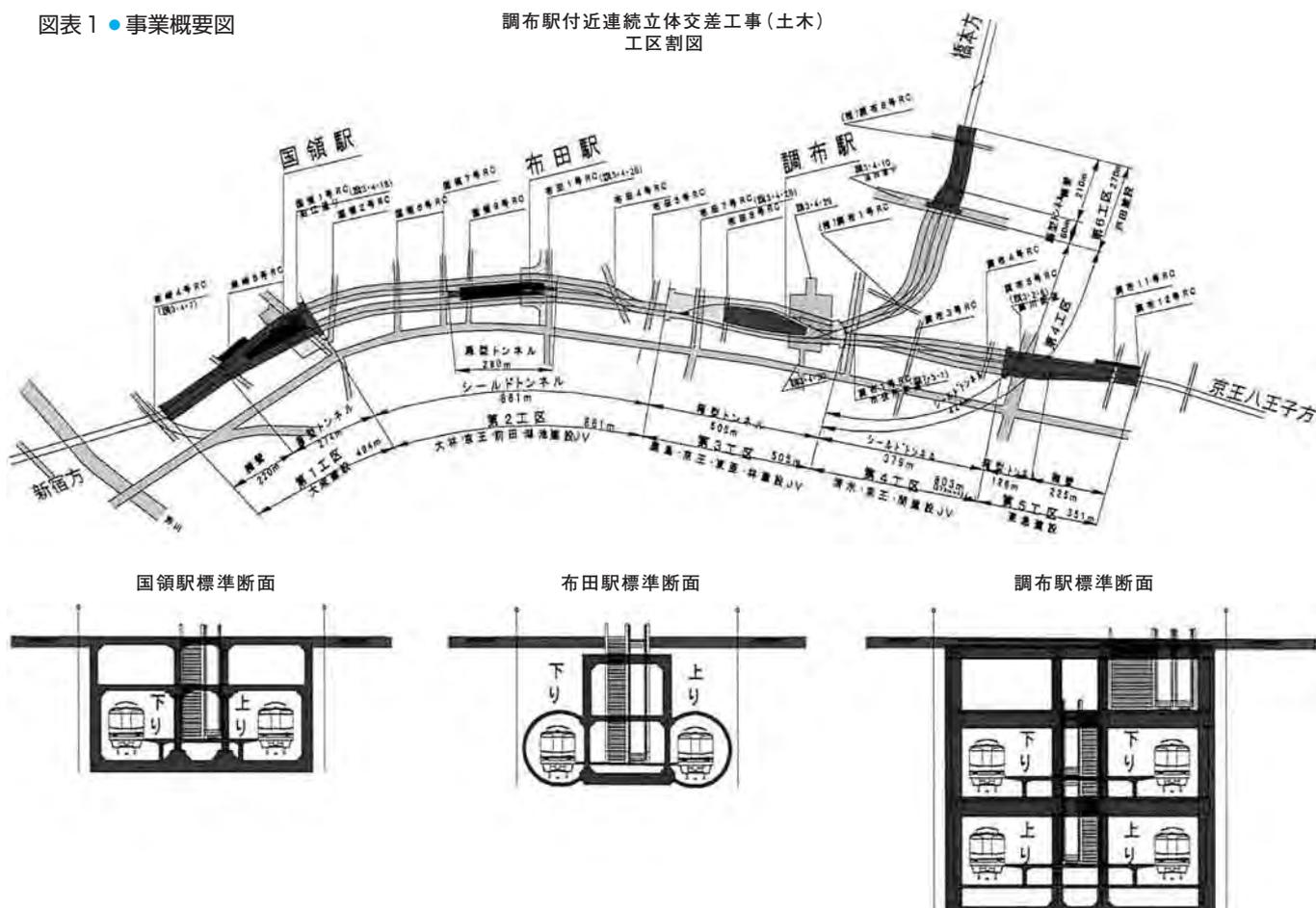
京王線調布駅付近連続立体交差工事 第3工区／第4工区

京王線は、新宿を起点に八王子・高尾・橋本を結んでいる東京都市圏西部地区における鉄道輸送大動脈のひとつである。この京王線調布駅付近において、18か所の踏切を解消するため、地下化連続立体交差事業を推進中である（図表1）。同事業は総延長3.7kmで、開削工事区間2.2km、シールド工事区間1.5km、全工事区間において営業線直下で地下化工事を施工するのが大きな特徴となっている。工事は6工区に分けて進めており、現在5年を経過し、工事の最盛期を迎えている。

技士会は、7月7日（火）、約70名が参加するなか、「京王線調布駅付近連続立体交差工事」の現場見学会を開催した。今回は、調布駅付近の開削工事を担当している「第3工区」および八王子方のシールド工事を担当している「第4工区」を視察、その工事概要について報告する。

図表1 ● 事業概要図

調布駅付近連続立体交差工事（土木）
工区割図



第3工区

on
the
spot
report

1 工事概要

(1) 工事概要

当工区は図表2に示すように、シールドの到達発進立坑となる東西の立坑および2～4線を工事桁で受け、開削工法にて地下3層の躯体（幅15～23m、深度23～25m）を構築する総延長505mが工事範囲である。現在、工事着手から5年が経過しており、既存地下駅舎解体に先立つ橋上駅舎の切替えや各種工事桁による軌道の仮受けが平成20年12月にはすべて完了し、急ピッチで軌道直下の工事を行っている。

(2) 工事数量

軌道内木製覆工	4,040 m ²
仮設土留工	25,100 m ²
仮設ホーム工	2,230 m ²
路面覆工	3,520 m ²
掘削工	251,200 m ³
軌道仮受工	506 m
本体コンクリート工（RC、SRC造）	73,780 m ³
橋上駅舎工	1式

(3) 施工順序

施工順序を次頁図表3に示す。南側一次土留杭および支持杭は、軌道内作業による厳しい時間的制約があることから、一次掘削（GL-9.0m）を施工できる最低限の長さとし、北側の土留杭は側道より打設した。その後、工事桁の架設と橋上駅舎化を行い、既存地下躯体の撤去と一次掘削（GL-9.0m）を行った。路下にてSMWによる南側二次土留杭の施工およびTBHによる構真柱の施工を行い、B1スラブ構築後、支持杭を仮受けして躯体を築造する手順である。

今までに当工事で行った代表的な工事として、PCR工法による軌道仮受工事と礫層を含む硬い地盤を削孔造成したSMW工事について説明する。

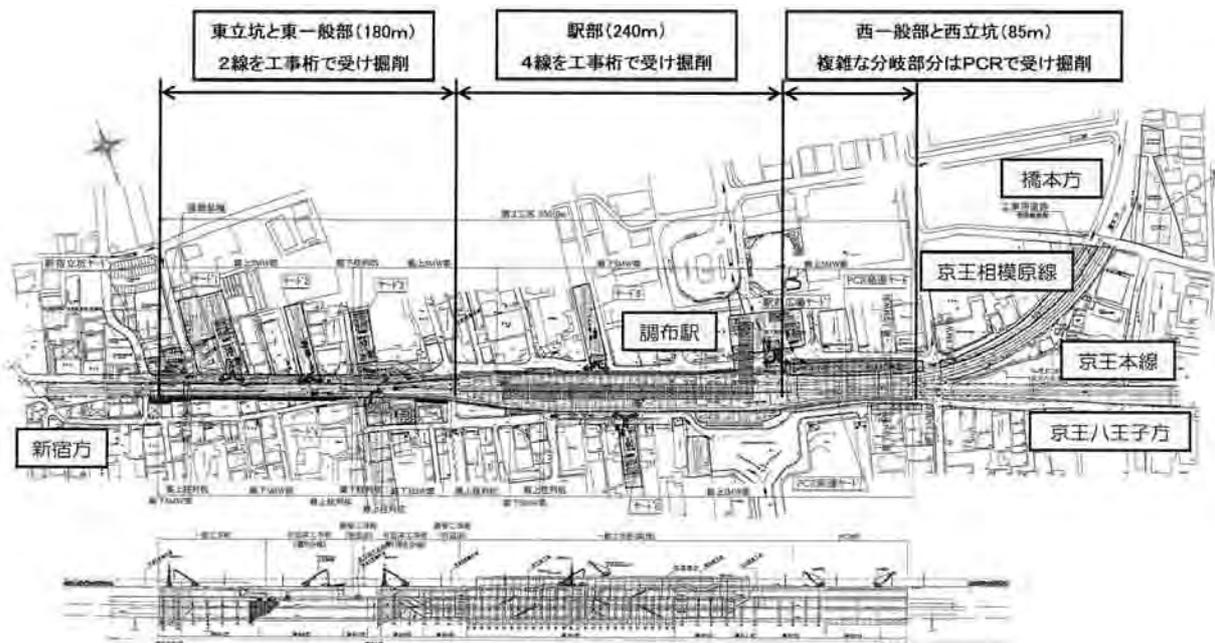
2 PCR工法による分岐器仮受工事

本工事は、営業線直下の軌道仮受工として、工法選定、詳細施工手順および施工管理手法の確立まで、数多くの制約条件をクリアしてきた代表的な工事である。

(1) 施工条件

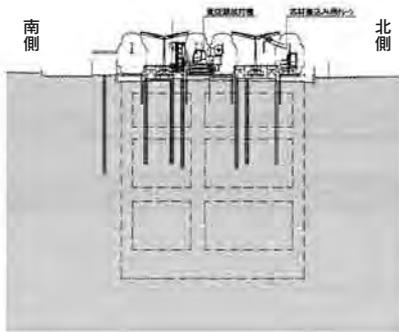
調布駅の八王子方では、京王本線と相模原線の分岐部であり、5台の分岐器が常時稼働している

図表2 ● 概要図（平面図・縦断面図）

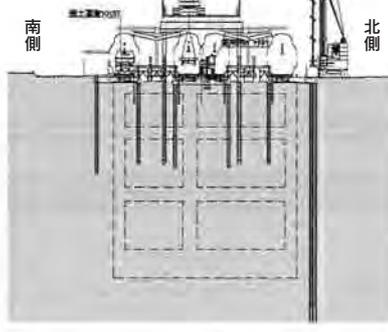


図表3 ● 施工順序図

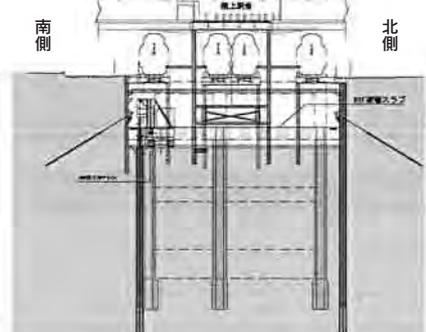
- ① (一次山留杭、各種支持杭の打設)
1. 軌道内覆工設置、仮ホーム化
2. 軌道内支持杭、一次土留杭打設



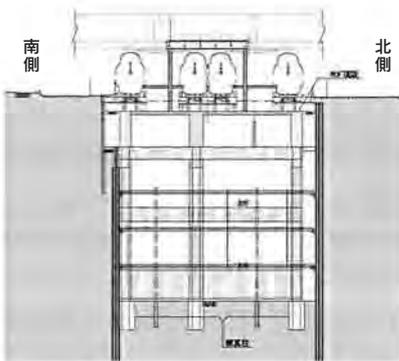
- ② (作業橋台、軌道ホーム仮受け)
1. 作業橋台設置
2. 軌道、ホームの仮受け
3. 北側路上SMW打設



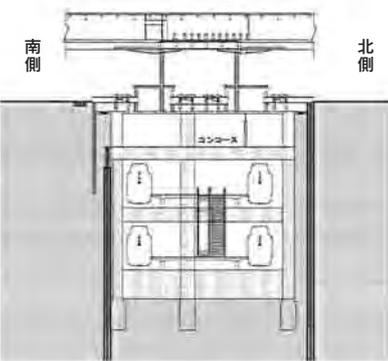
- ③ (橋上駅舎化～上半掘削～路下SMW施工～B1F逆巻き工)
1. 橋上駅舎切替
2. 上半掘削、土留支保工
3. 南側路下SMW工・横真柱打設～B1下逆巻きスラブ構築



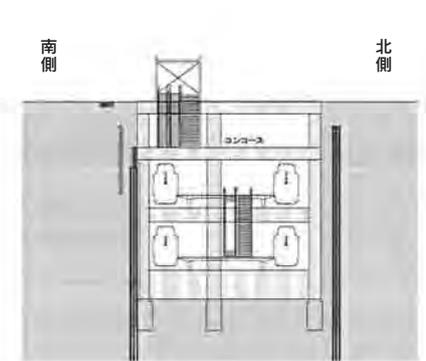
- ④ (下半掘削・土留支保工～順巻構築)
1. 下半掘削、土留支保工
2. B3F～B2F構築
3. BOF頂版構築～軌道受替え



- ⑤ (立体化、地下1階の施工)
1. 鉄道立体化
2. 橋上駅舎撤去
3. 軌道・ホーム仮受け杭、桁撤去



- ⑥ (土木構造物完成)
地上1階まで完成



線路幅員箇所である。また、作業用地としては、南側は鉄道用地内に幅員80mの用地があるものの、北側は幅員4.0mの公道しかなく、大型の重機を配置することができない場所である。そうした状況のなかで、軌道を仮受けし、分岐部の直下を掘削から躯体築造を行うとともに、シールド機の回転立坑となるため、軌道下に一定の空間を確保することが必要十分条件であった。

(2) 施工方法の検討

分岐部における工法選定のため、推進工法、有道床工事術工法および無道床工事術工法について比較検討を行った。

工事術工法を用いた場合には、支持杭を打設できる場所が限られるため大スパンの桁となり、限られた施工ヤードの中での施工が困難であることや、立坑部に支持杭が林立する形態となり、シールド工事に支障が生じるなどの問題が考えられた。

そこで、大スパンでの施工が可能で、かつ軌道外からの圧入施工が可能である推進工法を採用した。

推進工法のなかでの工法選定にあたっては、多くの分岐器を抱え、より精密な軌道管理が求められる。この条件のなかで、最大スパン23.8mの受替えスパンに対し、桁のたわみ量が最も小さく抑えられるPCR工法が最も有利であるとの判断で採用した。

(3) PCR 工法 (Prestressed Concrete Roof method) の施工概要 (次頁図表4)

①分岐部軌道敷地の南北に発進および到達立坑を構築し、比較的立坑スペースの確保できる南側を発進立坑とし、推進ジャッキおよび推進架台をセットする。②推進ジャッキにより線路横断方向に□-1200×1200の角型鋼管を、土被り1.2mにて圧入しながら鋼管内部を掘削する。今回、分岐部の影響低減と営業線の安全輸送を確保するため、

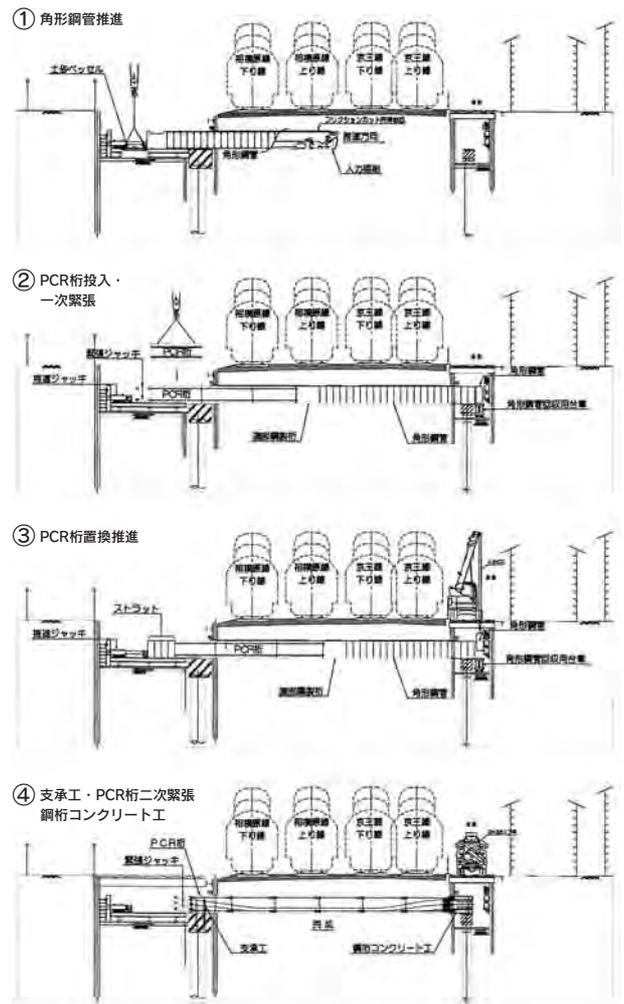
線路閉鎖時間での人力掘削にて行った。③角型鋼管が到達立坑に到達した後、発進立坑側から角型鋼管に同断面のPC桁を連結し、到達立坑にて角型鋼管を回収しつつ置換推進を行い、すべてPC桁に置き換える。④1列の角型鋼管がすべてPC桁に置き換わった時点で発進・到達立坑を定着部とするPC鋼線を挿入し緊張を行い、プレストレスを導入する。このようにしてPC桁を線路横断方向に連続して敷き詰め、81.2mの区間を65本の桁で仮受けする。⑤65本の桁を4つのブロックに分割し、線路方向にもPC鋼線を挿入・緊張（横締め）することでPC桁同士の一体化を図る。

なお、PC桁はそのまま本設スラブとして利用する計画であり、工事費削減と工期短縮を考えた計画となっている。

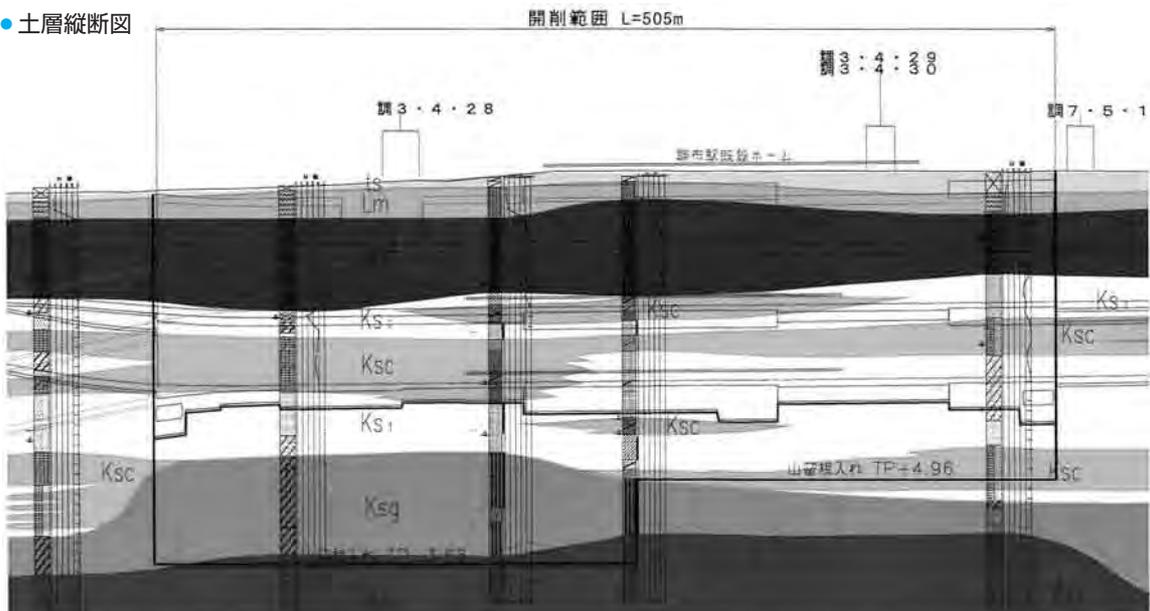
3 狭隘型SMW機による土留壁の施工

営業線に近接した幅員の狭い道路および路下の空頭制限下での土留壁施工にあたり、狭隘型SMW機を開発し施工を行った。特に、上部に堆積しているφ250以上の硬い礫層とその下部のN値50以上の上総層（図表5）を削孔造成した代表的な工事である。

図表4 ● PCR 施工順序図



図表5 ● 土層縦断面図



(1) SMW 機の要求性能

①杭芯から有効幅4.5mおよび空頭6.0mで施工可能なベースマシンであること。②N値50以上の礫、上総層を最大深度41mまで施工可能なこと。また、芯材形状より、削孔径がφ850~900mmとなり、高出力(240馬力)の3軸オーガを装着できること。③路上施工時は、駐機場所へ移動できる機動性を持つこと。また、営業線近接施工であるため、十分な本体安定性と操作上の安全性を確保できることである。

(2) SMW 機の開発

一般的なSMW機(DH658、全装備重量135t)クラスの能力では、作業幅は9.5m程度であるが、それを半分以下の4.5mに、旋回半径も2.2m以内とするため、以下の対応を行った(写真)。

①パワーユニットは、エンジンや油圧機器が既に一体化されているケーシング回転掘削機の油圧ユニットを使用した。②フロント装置は高出力(240馬力)の3軸オーガを装着可能とした。③走行は中型SMW機85tクラスの走行装置を採用し、機体幅を縮小した。④動力源であるパワーユニットから送り出される作動油の制御をすべて電気式とし、軽量化を図り、路下への搬出入を容易にした。また、全操作をオペ室のリモコンボックスに集約し

た。⑤機体幅の縮小化により本体安定性低下を防ぐため、伸縮式フロントジャッキを造成位置より前に張り出す方法を採用し、スクリーロッドの引抜力も最大600KNまで可能とした。

(3) 施工実績

建込み精度は1/150以下とし目標精度は1/200以下とした。

測定はオーガスクリーに内蔵した傾斜計で行い、変位で最小5mm(傾斜1/6,460)、最大147mm(傾斜1/219)、平均58mm(傾斜1/967)と良好な結果を得た。本削孔における芯材の建込みも所定深度まで無理なく建込むことができた。先行削孔2本および造成1セット(芯材建込み含む)に要する時間は、錐の切継ぎ長の違いが支配的となり、路上施工については6時間を要し、路下施工については9時間を要した。

4 おわりに

今後、逆巻き用の躯体であるB1Fスラブの築造と約15万m³の土量の掘削を1年で完了しなければならないなど、今後クリアすべき難題は山積しているが、今後も引き続き鋭意努力していく所存である。

【引用】岩村忠之・沼澤憲二郎「大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化」『トンネルと地下』(日本トンネル技術協会/Vol.40 No.3) 51~58頁

写真●狭隘型SMW機(左:路下型 右:路上型)



第4工区

on
-the
-spot
report

当工区は、調布駅から京王線と相模原線に分かれるV字区間の地下化をシールド工法によって行う。京王線は、調布駅西側から鶴川街道までの379m、相模原線は、調布駅西側から品川通りまでの424mの区間で、1台のシールド機を使用し、京王線と相模原線の上下4本、総延長1,606mのトンネルを構築する（図表1）。

1 工事概要

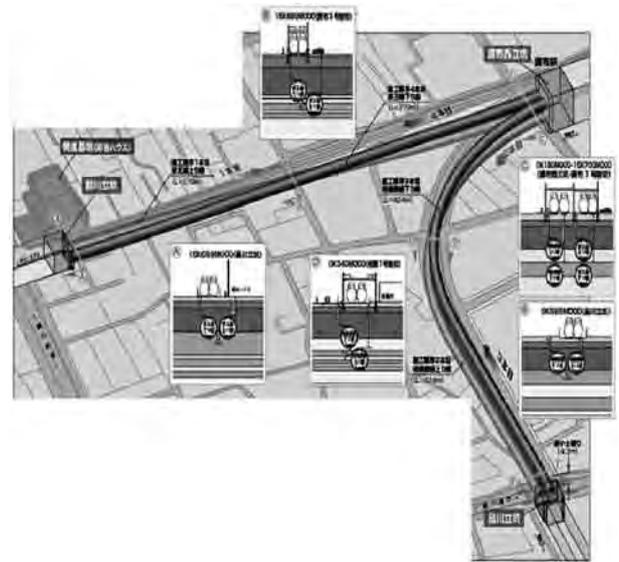
- シールド工法 ……泥土圧シールド工法
- 単線シールド ……京王線379m×2線（上下線）、相模原線424m×2線（上下線）、総延長1,606m
- シールド機外径 ……φ6,850mm
- トンネル構造 ……RCセグメント（幅1.4m、曲線部1.2m）、合成セグメント（幅1.2m）
- セグメント外径 ……φ6,700mm、厚さt=300mm
- 最小土被り ……4.3m
- 最大勾配 ……3.5%
- 最小曲線半径 ……R160m
- Uターン施工 ……3回

2 施工順序と工事の特徴

シールド機は、鶴川立坑より発進し、京王線上り線を掘進（1本目）、調布西立坑地下3階でシールド機を回転して相模原線上り線を掘進（2本目）、品川立坑で回転して、相模原線下り線を掘進（3本目）、調布西立坑地下2階でシールド機を回転して、京王線下り線を掘進（4本目）、鶴川立坑に到達する（図表6）。

工事の特徴として、営業線の直下を低土被り（最小土被り4.3m=0.64D）で掘進する。掘削する地盤は、最大礫径φ300mm程度が想定される立川礫層があり、上下線の最小離隔が424mmの超近接する併設トンネルである。さらに、相模原線では最小160mの急曲線半径区間がある。以上さまざまな

図表6 ● 施工順序図



点で技術的に難易度が非常に高い工事である。

3 地質概要

シールドトンネルが掘削する地盤は、立川礫層および上総層群砂質土層と砂固結シルト互層が出現する。立川礫層は、玉石状の砂礫層で径5～10cm前後の亜円礫を主体とし、粗砂～細砂からなっている部分がほとんどである。地下水位は低く、不飽和状態にある。透水係数は非常に大きく、 $1 \times 10^1 \text{cm/s}$ である。確認された最大礫径は30cm程度あり、径20cm程度の礫は、3～10個/m³程度混入している。

上総層群砂質土層は、比較的均質な細砂～粗砂が互層状になり、所々に粘性土薄層が介在する。また、貝殻片や腐食片が混入している。固結シルトと互層となり非常によく締まった地層である。

4 シールド機仕様

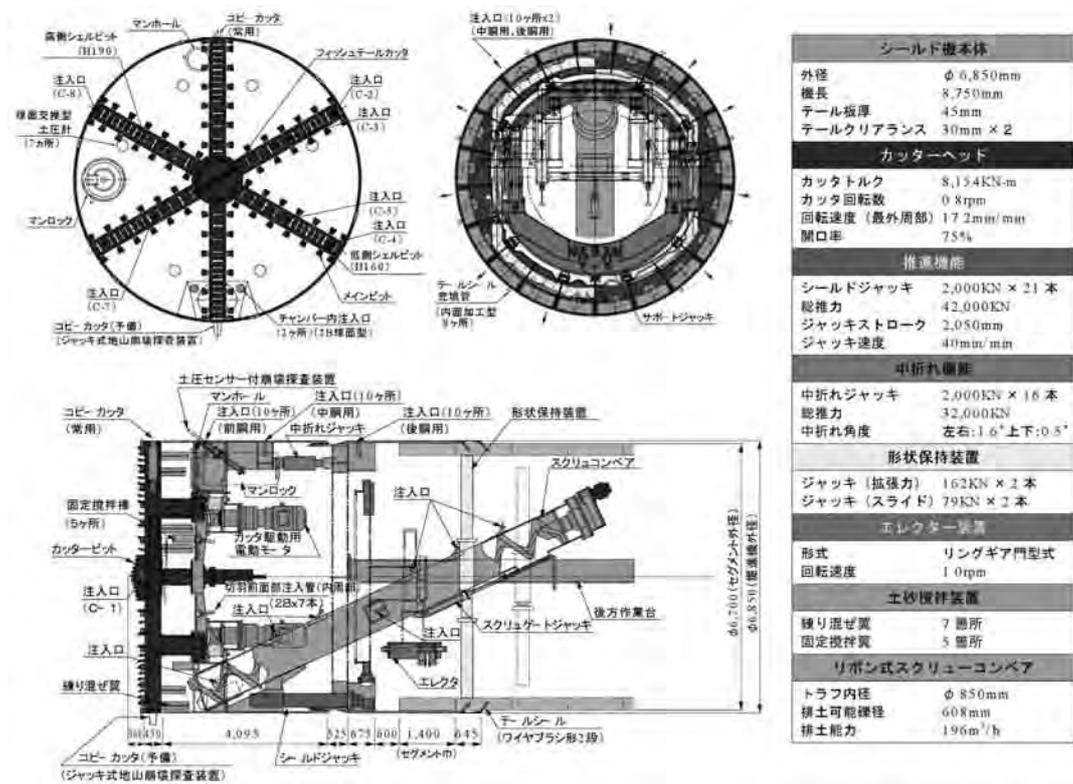
シールド機の仕様を次頁図表7に示す。シールド機製作にあたり、以下の点を考慮した。

(1) 京王相模原線区間の急曲線施工（R160m）

- X中折れ装置とセグメントに偏心荷重が働かない後胴押し方式を採用した。中折れ角度は、左右1.6° 上下0.5° 作動する。
- 余掘り部への早期充填のため、前胴部、中



図表7 ● シールド機仕様



胴部、後胴部に2Bの注入管を各10か所配置、充填材を円周方向に十分いきわたらせるようにした。

(2) 営業線下の掘進、低土被り対策

- 同時注入管を廃止し、テールシール給脂管を内側に埋め込むことで、マシン外周面の突起物をなくし、マシン引抜きがスムーズなるようにした。
- ジャッキに微速推進回路を装備し、発進到達部の土留杭に採用したSEW掘進に対応した。さらにインバーターモーターの採用により、カッター回転数を変化可能にして地山掘削の適応性を向上させた。
- 掘削時に空洞が早期に発見できるように地山探査装置3基（11' 12' 1' 土圧センサー付）を装備した。
- チャンバーの最上段1か所、上段2か所、中段2か所、下段2か所の合計7か所に土圧計を設置し、その塑性流動状態の直線性を確認できるようにした。

- 注入孔を切羽スポークのセンターに1か所、外周部に8か所配備し、添加材や気泡材が混ざりやすいようにした。

(3) 巨レキ対策

- 内径φ850mmリボン式スクリーコンベアを採用し、φ608×800Lの大きさまでを排出可能にした。

(4) 発進・到達時のSEW切削への対応

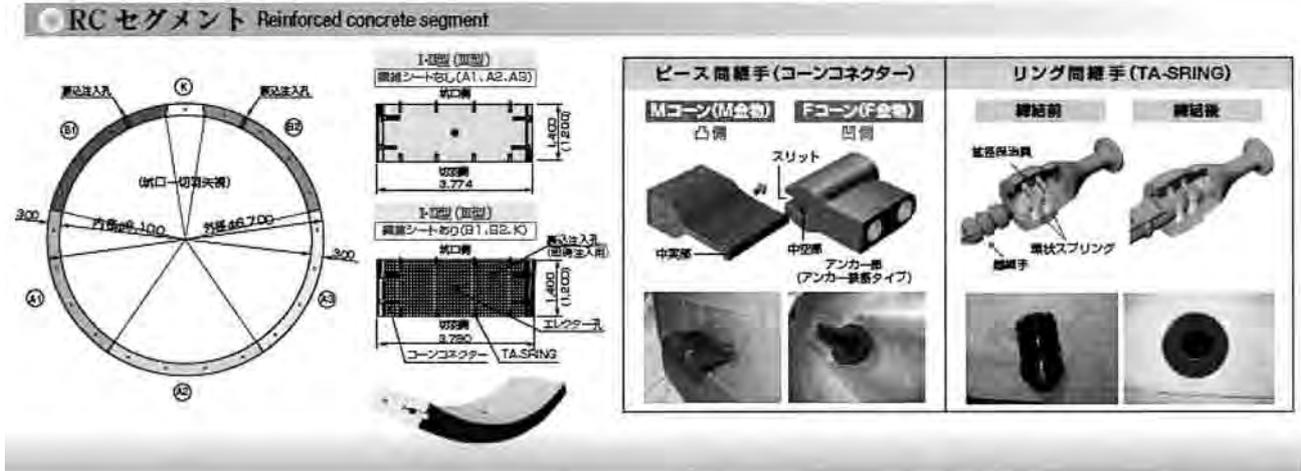
- シェルビットの段差配置を採用し、より健全なビットにより切削可能にした。

5 セグメント

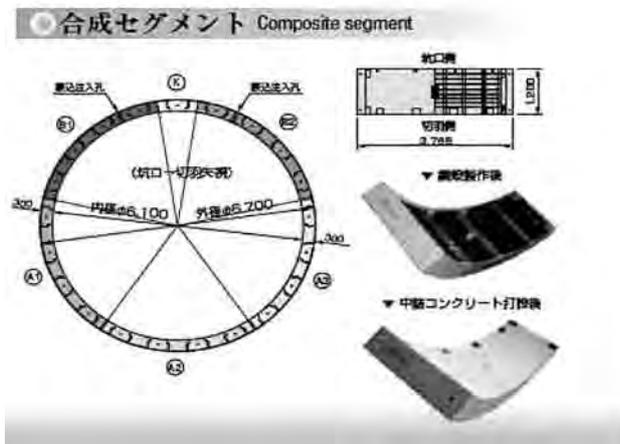
当工区では、平板型のRCセグメント（次頁図表8）と鋼殻と中詰めコンクリートを一体化した合成セグメント（次頁図表9）を使用する。外径はφ6,700mm、桁高300mm、幅は京王相模原線R160mの急曲線内は1,200mm、それ以外は1,400mmである。

RCセグメントの継手は、リング間をTA-SRING、ピース間はコーンコネクターを採用している。RCセグメントの上半部（K、Bセグメント）には、

図表8 ● RCセグメントと継手



図表9 ● 合成セグメント



EXP繊維シートを埋設してコンクリートの剥落防止対策を施している。

Bセグメントには、即時注入用の裏込注入孔を配置し、注入孔から予想される漏水対策に高止水逆止弁を採用している。

京王相模原線の急曲線部の先行トンネルでは、後行トンネルの施工時荷重を考慮し、合成セグメントが採用されている。

6 掘進状況

現在、1本目の京王線上り線の掘進途中である。

軌道部には、トンネル掘進の影響がリアルタイムでわかるトータルステーションによる常時監視

体制を行っている。電力柱等の鉄道施設物は、掘進前に地盤による仮受けをすませ、トンネル通過に備えた。また、人力による地盤変状測定、万一に備えての軌道工による軌道監視体制を敷いている。

土被りが浅く、礫層下の掘進であるため、地表に掘削音や振動が伝わるので、民家下通過時は、深夜の掘進作業は避けるようにした。巨レキ出現は頻繁にあるが、ビットにより破碎され、スクリーコンベアの後続設備であるロータリーポンプの通過を可能にしている。

7 おわりに

今後、シールド機引抜き、急曲線、低土被り(4.3m)、超近接する併設トンネル等の多くの課題に直面するが、関係者一同一丸となって、課題解決にあたっていく所存である。

工事名：京王線調布駅付近連続立体交差事業

発注者：京王電鉄株式会社

工期：平成15年4月～平成25年3月

受注者：第3工区（調布駅付近）

鹿島・京王・東亜・林建設共同企業体

第4工区（調布駅～鶴川街道付近、

調布駅～品川通り交差部付近）

清水・京王・間建設共同企業体