

## 上向きシールド工法による共同溝分岐立坑の施工

大成建設株式会社	関西支店	正会員	○井櫻 潤示
大成建設株式会社	関西支店	正会員	小森 敏生
大成建設株式会社	関西支店	正会員	内田 泰彦
大成建設株式会社	関西支店	正会員	川口 雄大

### 1. はじめに

御堂筋共同溝は、国土交通省近畿地方整備局と大阪府が大阪のシンボルロードである御堂筋の地下に整備を進めている幹線共同溝である。御堂筋共同溝の完成により、大阪市内を東西に結ぶ梅田共同溝・福島共同溝と、南に伸びる浪速共同溝が接続され、東西と南北のネットワークが完成する（図-2）。共同溝の収容物件は、水道管と電力ケーブルである（図-1）。



図-2 御堂筋共同溝位置図

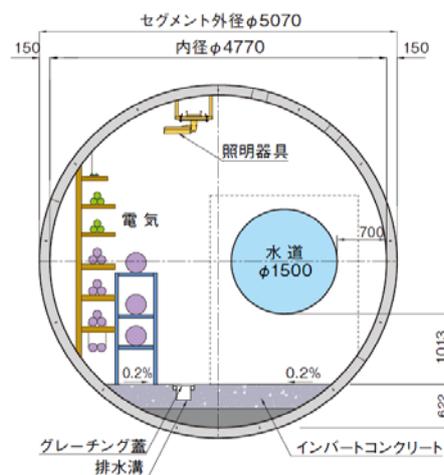


図-1 共同溝断面図

国道25号御堂筋共同溝立坑工事は、延長約4kmの共同溝の途中に8カ所の分岐立坑を構築するものであり、このうちの7カ所のシャフト部の施工において地下から地上に向けて立坑を施工する上向きシールド工法が採用され、現在施工中である。工事の概要を以下に示す。

工事名称：国道25号御堂筋共同溝立坑工事

工期：平成23年3月17日～平成26年3月10日

工事場所：大阪市浪速区難波中1丁目地先～北区曾根崎2丁目地先

発注者：国土交通省近畿地方整備局（大阪国道事務所）

施工者：大成・五洋特定建設工事共同企業体

### 2. 地質概要

御堂筋（国道25号）は、南行の一方通行であり主に本線4車線と両側に分離帯を挟んで1車線ずつの側道を持つ。共同溝の大部分は西側の分離帯の下に位置するが、立坑の施工に当たっては側道または本線を一部規制して工事を行う必要がある。また、分離帯にはその景観が文化財にもなっているイチョウ並木がある。

立坑施工箇所での共同溝の土被りは30～35mであり、土質構成としては下部がN>50の洪積砂礫層またはN=10～20の粘性土層、上部がN=10～40の沖積砂質土層とN=1～10粘性土層の互層となっている。

キーワード 立坑, 上向きシールド, 交通規制, シャフト, 転用, 直接切削

連絡先 〒556-0011 大阪府大阪市浪速区難波中1丁目12 TEL06-6575-9211

事前の土質調査で、地下水にメタンガスが溶存していることが確認されているため、上向きシールドには防爆型の機器を採用している。

図- 3, 図- 4に、路線平面図及び地質縦断面図を示す。



図- 3 平面図

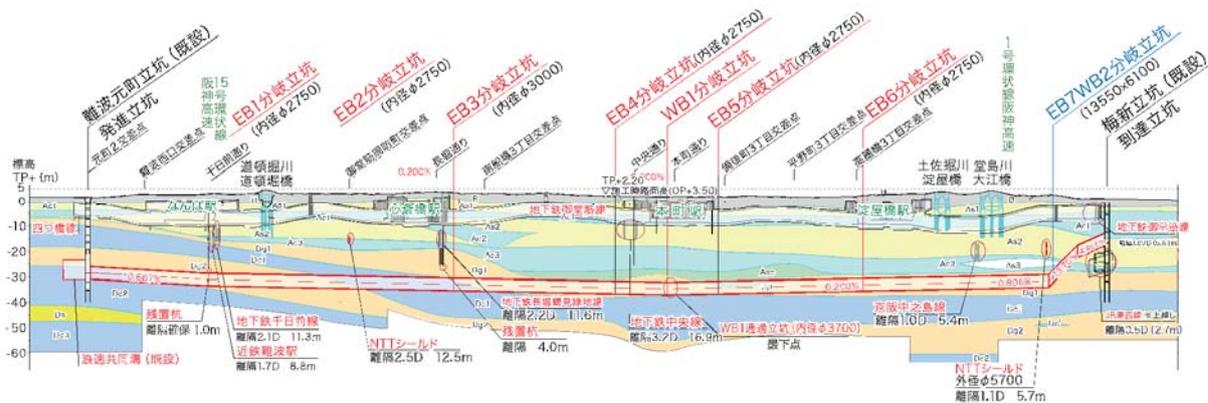


図- 4 地質縦断面図

共同溝は、大阪市営地下鉄でも最も歴史があり、利用客の多い地下鉄御堂筋線とほぼ平行な位置関係にあり、ほとんどの区間で近接影響範囲に入っている。このため、上向きシールド工法により施工する7カ所の立坑もすべて近接施工となっている。立坑の施工に当たっては、鉄道管理者との協議により地下鉄躯体または地盤変位の計測を行い、施工に反映している。

### 3. 上向きシールド工法の概要

上向きシールド工法は、既設の地下構造物内部から地上に向けて上向きにシールドトンネルを構築する技術である。材料の運搬・供給、掘削残土の搬出を地下で行うことから、立坑施工のための地上での作業や設備を最小限に抑えることができる。これらのことから、工事による周辺環境への影響を最小限に抑えるべく、シャフト部の施工に上向きシールド工法が採用された。

写真- 1に上向きシールド機の構造図を示す。本工法の利点を以下に列挙する。

- ・ 立坑施工中の周辺環境への影響を最小限に抑制できる。
- ・ 発進部に切削可能な部材を使用し、機械式のエントランス装置を採用することで、接続部の防護工を省略可能である。
- ・ シールド機を回収し、転用することが可能である（本工事では



写真- 1 上向きシールド機

1台のシールド機で7カ所の立坑を施工)。

- 立坑本体がセグメントで構築されるため、安定した品質が得られる。

上向きシールドの掘削機構としては、基本的には泥土圧シールドであるが、以下のような特徴を持つ。

- 排土調節機構としてピンチバルブを装備しており、閉塞等のトラブルへの対応や補助的な排土調整のためにスライドゲートを装備している。
- チャンバーとの隔壁が横向きとなるため、中央に排土管を取り付けている。
- 共同溝のセグメントを切削して発進することから、このセグメントの形状に合わせてカッターをドーム形状としている。さらにシールドジャッキの微速制御により、セグメントの大割れを防いでいる。

図-5に施工手順図を示す。

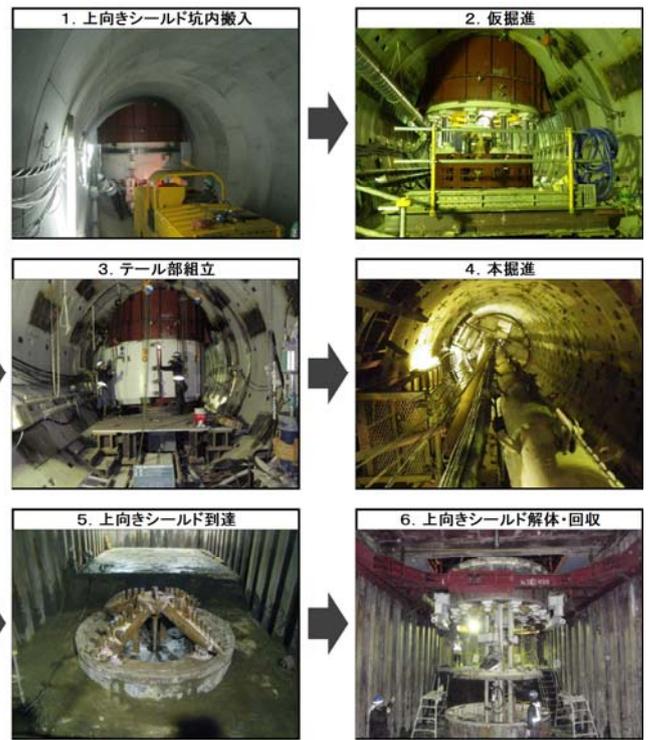


図-5 施工手順

#### 4. 立坑及び接続部の構造

本工事で施工する立坑は、共同溝本体（シールドトンネル）と電力ケーブルまたは水道管等が分岐する分岐室をシャフト部と呼ぶ円筒形の構造でつなぐ構造である。代表的なものとして、EB1分岐立坑の構造図を図-6に示す。シャフト部には、電力ケーブルまたは水道管のほかに管理用の鋼製階段やグレーチング床版が設置される。

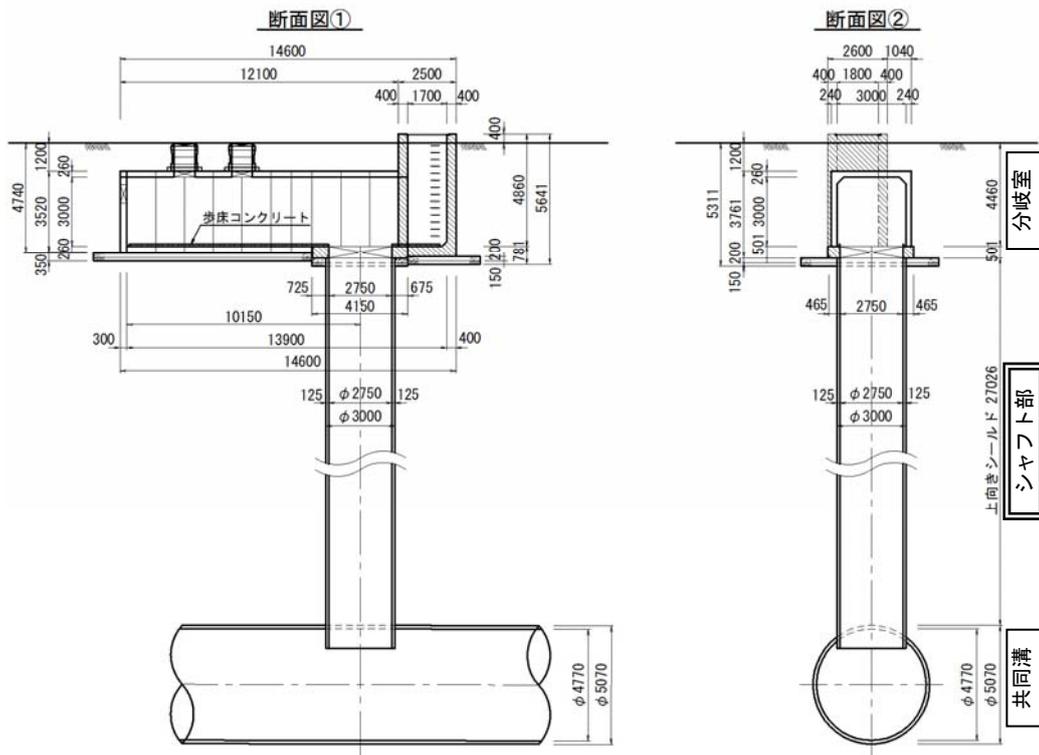


図-6 立坑構造図（EB1分岐立坑）

シャフト部は、収容する電力ケーブルや水道管等により、内径 $\phi 3,000\text{mm}$ のものと $\phi 2,750\text{mm}$ の2種類がある。シャフト部に使用するセグメントは、内部構築を省略するためRCセグメントとしているが、断面性能の確保と割れ欠け防止を目的として鋼繊維を混入したセグメント(RSFセグメント)を採用している(写真-2)。また、共同溝本体との接続部では、荷重が不均一になることと共同溝本体との接合を考慮した構造としている。セグメント幅はいずれも500mmである。

シャフトが接続する共同溝の上向きシールド発進部には、シールド機で直接切削できるFFU(Fiber Formed Urethane)部材を使用したセグメントが採用されている。また、この直接切削セグメント前後には開口部ができることによる影響を考慮した構造としている。上向きシールド発進部付近のセグメントを写真-3に示す。



写真-2 上向きシールド用セグメント



写真-3 上向きシールド発進部

## 5. 施工実績

### 5.1 上向きシールド掘進

上向きシールドの掘進に先立ち、反力架台及び後続設備等の準備を行う。後続設備の内、シールド機パワーユニット、操作盤、受変電設備等は、上向きシールド発進部前後の坑内に配置した。反力架台は、上向きシールド発進部の下部に桁材を設置し、シールド発進時の推力をセグメント下部に伝達させた。

上向きシールドは、発進立坑(難波元町立坑)でフード部とボディ部を接合して坑内を運搬した。エントランス装置は、発進部で所定の位置に上向きシールドをセットした後、直接切削セグメントに溶接接合した。上向きシールドテール部は、シールドを発進させて坑内にスペースが確保できた時点で分割搬入し、接合した。

切羽土圧は、緩み土圧+地下水圧+予備圧より設定し、予備圧を $0.03\sim 0.05\text{MPa}$ の範囲で管理した。また、裏込注入はシールド下部に接続した裏込注入用デッキにてセグメント注入孔から行った。注入圧は切羽土圧+ $0.1\text{MPa}$ を上限とし、注入率は概ね $120\sim 130\%$ であった。

上向きシールドでは掘削対象土質が土層に合わせて急変するため、加泥材(掘削添加材)は排土性状を入念にチェックしながら配合・注入量を調整した。材料としては高分子系の材料を使用し、注入率は砂礫・砂質土で $20\sim 40\%$ 、粘性土で $10\sim 30\%$ であった。

上記のような管理を行った結果、後述する通り地盤内計測においても大きな変状は発生せず、妥当性が確認できた。また、施工精度(蛇行量)は $\pm 35\text{mm}$ 以内に収まっており、鉛直誤差は $1/500$ 以下である。

到達後のシールド機は、大型クレーン(160tクレーン)を分岐立坑地上に設置し、夜間作業にてフード部とボディ部に分割して回収した(写真-4)。



写真- 4 上向きシールド到達回収状況



写真- 5 完成後のシャフト内部

## 5.2 上向きシールド改造

本工事では、2種類の外径のシャフト部を、1台の上向きシールド機で施工している。まず大きい径のシャフト部（外径 $\phi$ 3,300mm；シールド外径 $\phi$ 3,450mm）の施工を行った後、シールド機を縮径改造した後に小さい径のシャフト部（外径 $\phi$ 3,000mm；シールド外径 $\phi$ 3,150mm）を施工している。改造方法は、以下の通りである。

- ①カッター本体：カッタースポークを切断し縮小（その後オーバーカッタービット取付）
- ②フード（前胴）部：あらかじめ小さい径のシールドの外周に設置していた拡径リングを撤去して縮径
- ③ボディ（中胴）部：新作した鋼殻にシールドジャッキ等の機器を再装備

なお、テール部は立坑毎に新作し、現地にて接続している。

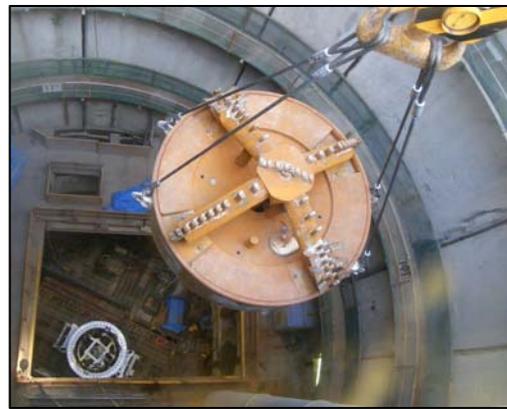


写真- 6 縮径前後の上向きシールド機（シールド機投入時）

## 5.3 近接施工計測結果

共同溝及び立坑が地下鉄と近接していることから、立坑と地下鉄躯体の間の地盤に計測器を設置し、近接施工のための計測を行った。計測項目は、深さ2mごとに設置した傾斜計による地盤の水平変位、層別沈下計による土層ごとの沈下量（鉛直変位）、間隙水圧計による地下水位の変動である。計測器の設置図を図-7に示す。

計測結果から、以下のことが確認できた。

- ・ 切羽土圧及び裏込注入圧による地下水位の変動及びこれに伴う鉛直変位（最大1mm程度の隆起または沈下）が発生している。
- ・ 上記によりシールドの位置に合わせて水平変位（最大2mm程度）が発生しているが、分岐室部分の開削による影響が大きいものと考えられる。

一部の立坑においては、地下鉄躯体の計測も実施しているが、上向きシールドによる影響として計測値に現

れるようなものは発生していない。

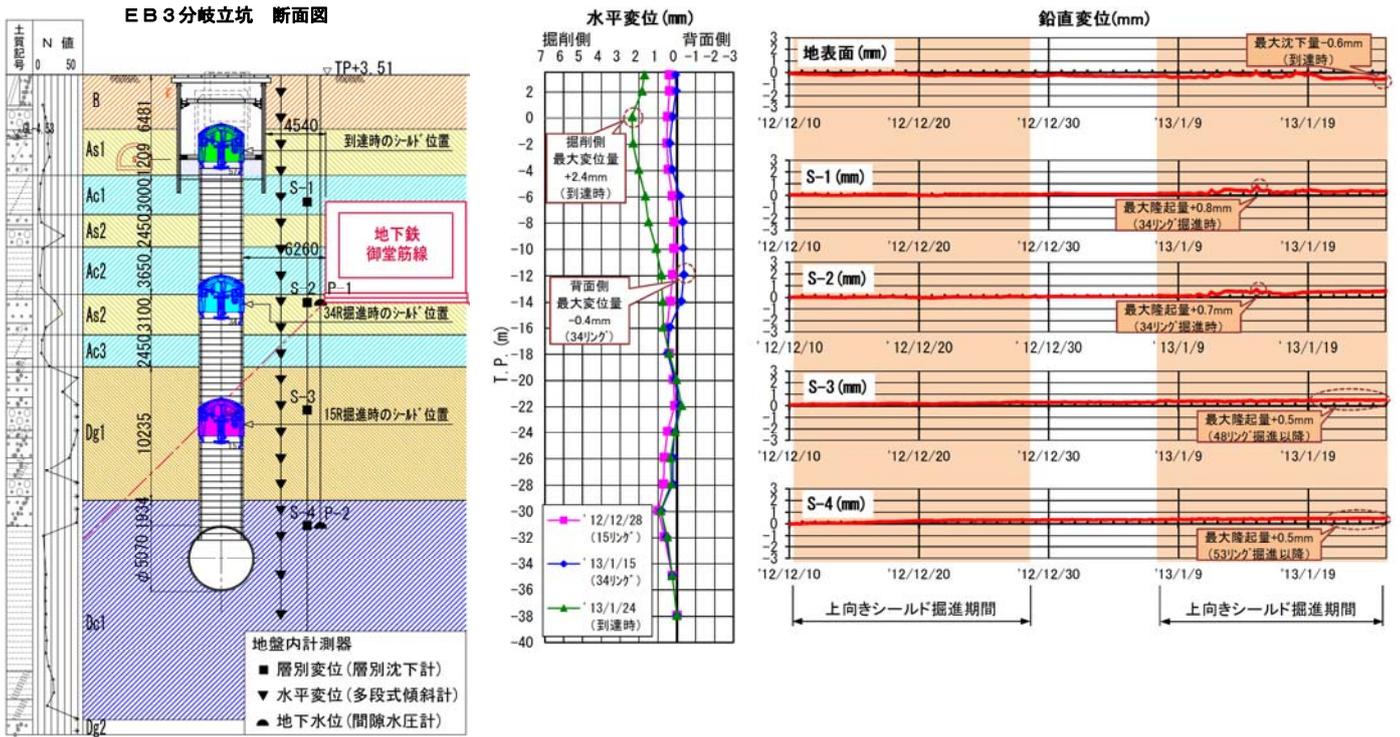


図- 7 地盤内計測結果（EB 3分岐立坑）

## 6. おわりに

上向きシールド工法は、都市部の工事による周辺環境への影響を最小限に抑制しながら、大深度になるほど経済的になる立坑の構築技術である。本工事のような共同溝の分岐立坑のほか、換気・避難用シャフト、流入人孔など、様々な用途への要望がある。また、今回の施工により近接構造物への影響が非常に小さいことも確認できた。

本稿執筆中の2013年6月末現在、本工事では4カ所目（EB 5分岐立坑）の上向きシールド掘進を完了している。今後残りの3カ所の施工により、更なる技術の検証及び発展を目指している。