

コンクリート中詰め合成セグメントの設計と施工

京王電鉄(株) 正会員 寺田雄一郎
 京王電鉄(株) 岩村 忠之
 京王電鉄(株) 沼澤憲二郎
 清水建設(株) 正会員 入田健一郎
 清水・京王・間建設共同企業体 正会員 西井 成実

1. はじめに

東京都・調布市・京王電鉄株式会社は、京王線調布駅付近の交通渋滞緩和のため、調布駅部および京王本線、相模原線の当該駅付近の地下化を行っており、京王本線に2本、相模原線に2本、計4本の地下鉄シールドトンネルを営業線直下に低土被りで構築中である。このうち相模原線の平面線形は、地下鉄シールドトンネルとしては急曲線の曲線半径R=160m程度の線形であり、上下線の離間が小さい。この急曲線の上下線の区間では、先行トンネルである上り線の構築後、後行トンネル(下り線)の掘進および施工が先行トンネルに影響を与えることが懸念されたため、先行トンネル急曲線部のセグメントには、RCセグメントに比較して耐力に優れたコンクリート中詰め合成セグメントが採用された。本報告では、この合成セグメントの採用にあたり、その構造特長(設計)、各試験の実施結果、および急曲線施工の影響についての概要を述べるものである。

2. 工事概要

工事概要を表-1に示す。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)後、調布西立坑地下3階に到達する。ここでシールド機を回転して相模原線上り線を掘進(2本目)する。品川立坑に到達後回転して、相模原線下り線を掘進(3本目)し、調布西立坑地下2階に再度到達する。ここでシールド機は最後の回転を行い、京王線下り線を掘進(4本目)して鶴川立坑に到達する(図-1参照)。

特徴としては、営業線の直下を低土被り(最小土被り4.3m=0.64D)での掘進、最大礫径300mm程度が想定される立川礫層の存在、上下線の最小離隔が424mmと超近接の併設トンネルの構築が挙げられる。さらに、相模原線では最小曲線半径160mの急曲線を掘進する。

3. コンクリート中詰め合成セグメントの構造と性能確認試験の結果

コンクリート中詰め合成セグメントの主断面の構造およびコンクリート打設前の鋼材、配筋の状態を図-2、写真-1に示す。

セグメント本体は、主桁、スキンプレート、セグメント継手板(t=16)(これらを鋼殻と呼ぶ)で囲まれた部分の内側に周方向鉄筋を配置し、コンクリートを打設して、SRCの合成構造として設計を行った。

表-1 工事概要

工事件名	調布駅付近連続立体交差工事(土木)第4工区その3
発注者	京王電鉄株式会社
工事場所	東京都調布市小島町1丁目~小島町2丁目間
工期	2008年9月30日~2012年6月30日
工事内容	シールド工法(泥土圧シールド工法) 単線シールド総延長1,606mのうち、京王線379m×2線(上下線)、 相模原線424m×2線(上下線)
シールド機	泥土圧シールド、シールド機外径6,850mmを1台使用、 立坑にてUターンを3回実施
トンネル構造	セグメント外径6,700mm、覆工厚300mm コンクリート系セグメント(RC平板形、幅1.4m、急曲線部1.2m)、 コンクリート中詰め合成セグメント(幅1.2m)
線形	最大勾配3.5%、最小平面曲線半径160m、最小土被り4.3m
土質	立川礫層、上総層群部少質土、砂固結シルト互層

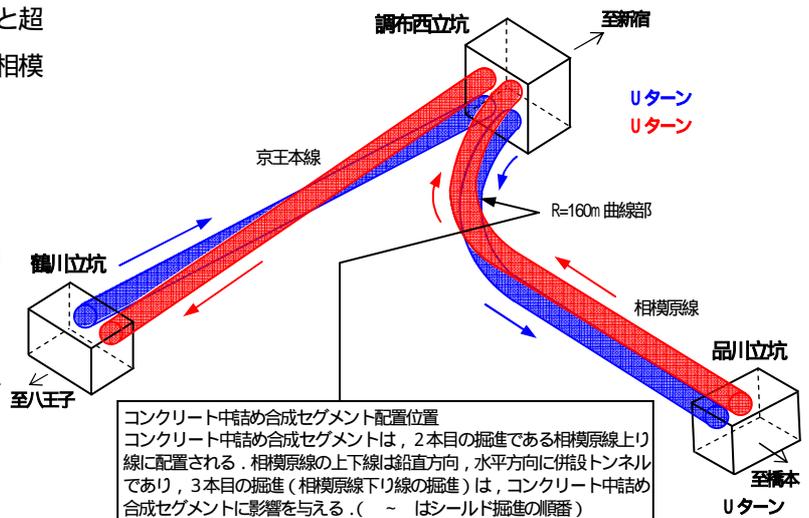


図-1 シールド施工手順

キーワード : 鉄道トンネル, 合成セグメント, 併設トンネル, 単体曲げ試験, 継手曲げ試験, 急曲線施工

連絡先 : 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 清水建設(株)土木技術本部 シールド統括部 TEL.03-5441-0555

また、「くの字」縦リブを配置して、曲げに伴い鋼殻とコンクリートとの界面に発生する周方向のせん断力を拘束し、沈埋トンネルのサンドイッチ構造に似た力学的状況を期待して、セグメント本体の合成構造を実現するものである。

本セグメントが、「合成構造をなしているか、要求される性能（耐力）を有しており、工事に適用が可能か。」を確認するために性能確認試験を実施した。性能確認試験では表-2に示す試験を実施したが、ここでは、単体曲げ試験（正曲げ）について、その概要を述べる。

表-2 実施した性能確認試験

番号	試験項目	試験目的
1	単体曲げ試験（正曲げ）	合成構造の確認、性能の確認
2	継手曲げ試験	性能の確認
3	推力試験	性能の確認
4	リング継ぎ引戻試験	性能の確認
5	単体曲げ試験（負曲げ）	合成構造の確認、性能の確認

注 単体曲げ試験（負曲げ）は、セグメント本体の構造が、正曲げおよび負曲げに対して対称構造ではないため、追加で実施した。

単体曲げ試験の結果のうち、供試体に載荷荷重（許容荷重、降伏荷重、両者の中間の荷重）による純曲げが発生したときに主断面の部材のひずみを計測した結果を図-3に示す。図-3の縦軸0mmの位置が主断面の外縁（圧縮縁）であり、横軸はひずみを示す（許容荷重：部材のいずれかが許容応力度に達するときの荷重、降伏荷重：部材のいずれかが降伏点に達するときの荷重）。

スキンプレート、主桁外縁、圧縮側のコンクリート、周方向鉄筋、主桁内縁のひずみの分布は、おのおのの載荷荷重において、ほぼ直線分布を示している。

この直線分布から得た中立軸の位置も、RC理論で計算した中立軸の位置と一致している。よって、主断面はひずみの平面保持を満足し合成構造であることが確認できた。なお、計測された供試体のたわみより曲げモーメントと回転角の関係（M- 曲線）を調べると、供試体は合成構造としての曲げ剛性（EI）を持っていることが分かった。以上より、本セグメントの本体は合成構造として取り扱うことができる。

4. 急曲線施工時のコンクリート中詰め合成セグメントの挙動

本セグメントは、曲線半径R=160mの急曲線部に配置されるため、曲線（左曲線）掘進時の本セグメントの挙動を計測することとした。

図-4に「くの字」縦リブに発生した縦断方向の応力の計測結果（応力-1：1時、応力-2：3時、応力-3：5時、応力-4：7時、応力-5：10時の位置（切羽に向かって））を示す。計測値は、掘進の影響を示しているが応力の変動は80N/mm²以下と小さく、部材が損傷するレベルではない。よって、良好な曲線掘進が行われたことが分かる。

5. あとがき

京王線調布駅付近立体交差工事（土木）第四工区は、2010年4月現在、相模原線上り線（先行トンネル）掘進を完了し、品川立坑でのシールド機Uターンののち、相模原線下り線（後行トンネル）の初期掘進を行っている。

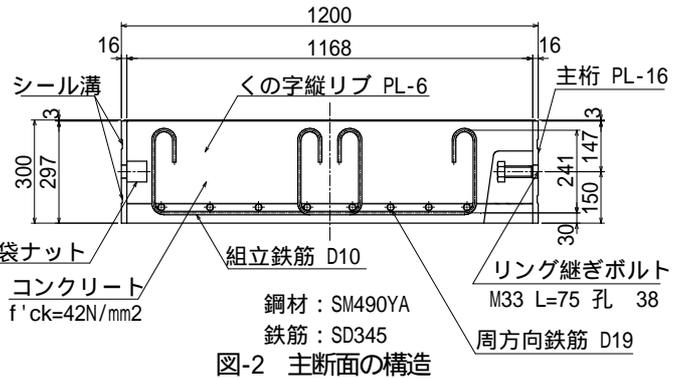


図-2 主断面の構造



写真-1 セグメントの構造（打設前）

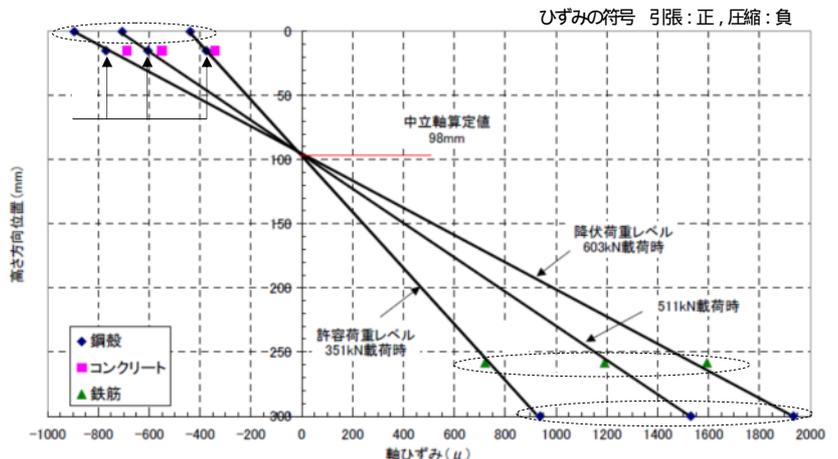


図-3 ひずみの分布

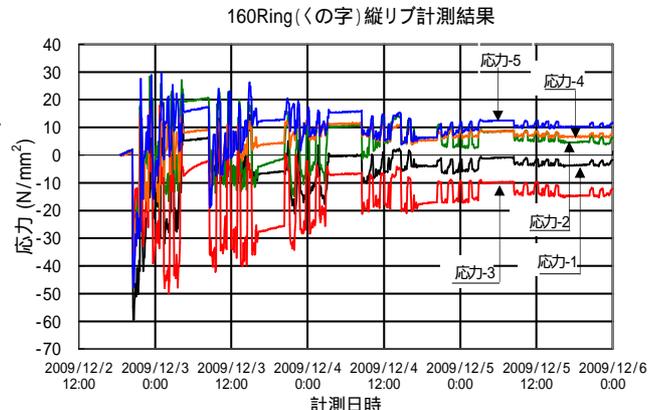


図-4 「くの字」縦リブの応力の経時変化