

小田急電鉄代々木上原駅～梅ヶ丘駅間線増連続立体交差（第5工区）矩形セグメント施工実績 ～合成セグメントのR&C工法への適用～

小田急電鉄株式会社 非会員 中込 芳雄
小田急電鉄株式会社 非会員 上塘 祥二郎
鹿島建設株式会社 非会員 木元 清敏
鹿島建設株式会社 正会員 〇川登 一幸

1. 工事概要



図-1 全体工区図

本工事は、図-1 に示す代々木上原駅～梅ヶ丘駅間線増連続立体交差事業の一部であり、1日7万台の交通量がある環状七号線下で鉄道上下線を複々線化する工事である。鉄道アンダーパスで実績の多いR&C工法により土被り4mで合成セグメントを推進してアンダーパス施工するものである。

なお、図-2 に示すように施工延長は45mである。

セグメント概要 (図-3)

サンドイッチ型合成セグメント

断面外寸法 8,084×10,575mm 桁高 400mm

鋼材：SM490 コンクリート： $f'_{ck} = 42 \text{ N/mm}^2$

セグメント間・リング間ボルト M33 (10.9)

中柱 外形φ400mm 板厚22mm(2リングに1本)

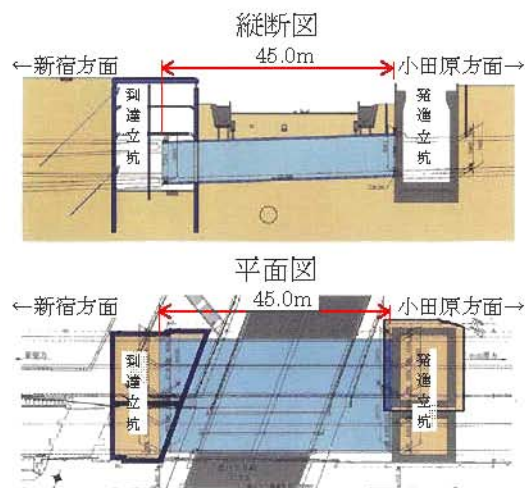


図-2 縦断面図・平面図

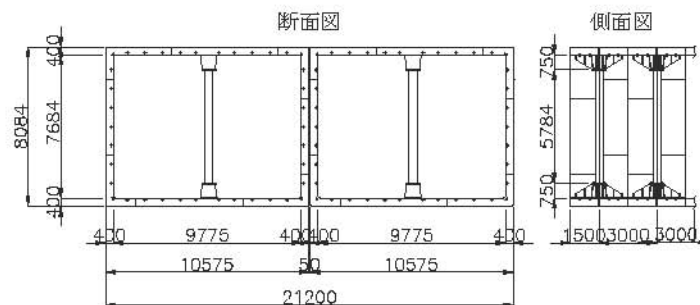


図-3 セグメント断面図・側面図

2. 工事の特徴

本工区のアンダーパス構築施工が、全体工事のクリティカルパスとなるため、シールドトンネルで使用されているプレキャストセグメント形式を採用して、工期短縮を行った。

また、本工区は路線によって軌道が上下方向に分かれる場所であるため、通常の鉄道断面より縦長の断面となっており、通常の鉄道断面よりも土圧によって側壁に大きな変位が生じやすい形状条件となっている。なお、R&C工法を含めて推進工法における本格的なセグメント形式の採用は国内において初となる試みである。

3. セグメント概要

シールドトンネルのセグメントは通常円形で軸力卓越となるのに対し、本工事のセグメントは矩形であるため曲げモーメント卓越となる。また、鉄道トンネルであることから厳しい変位制限があり、曲げ剛性を高くする必要があった。線形上の理由でセグメントの桁高に制限もあったため、少ない桁高で高い強度と曲げ剛性を確保出来る6面鋼殻サンドイッチ型セグメントが採用されている。

キーワード R&C工法, 合成セグメント, アンダーパス,

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5番10号 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-6229-6612

4. 施工時の品質確保・安全性に対する検討

推進ジャッキによるセグメントへの推力作用時に、セグメントに生じる応力状態を把握するため解析を行った。

1) 解析条件

荷重の設定は、全ジャッキ 1500KN/本で推進していた時、左右のジャッキストローク差が 50mm 発生し、偏心荷重が生じた場合の荷重を想定した。(図-4、5 参照)

2) モデル

解析モデルは、2リングモデルとし、3次元 FEM 解析を行った。鋼殻部はシェル要素、コンクリート部をソリッド要素とし、セグメントの継手面は全てバネとして評価した。また中柱はセグメントに剛結された棒部材とし、以下の2ケースでの検討を行った。(図-6 参照)

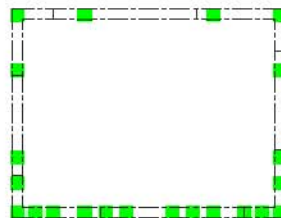


図-4 ジャッキ配置図

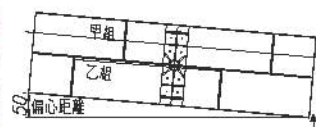


図-5 偏心イメージ図

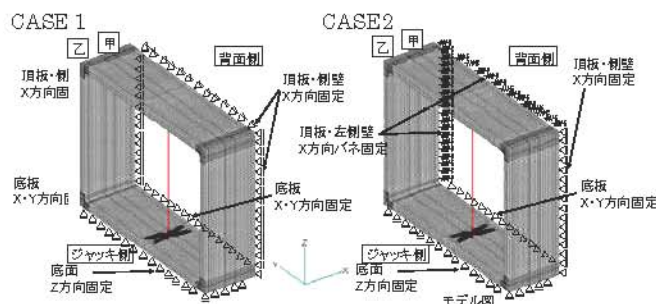


図-6 境界条件図

表-1 境界条件

	固定条件	位置	理由
CASE1	X	背面側全面	掘進時は次のリングもしくは箱型ルーフがあるものと想定した。
CASE2	X	背面側 頂板・左側壁バネ支持 背面側 底版・右側壁固定	片側が引掛っている状態で全ジャッキを押し、片側のみ引掛かりが無くなった場合を想定した。 頂板・左側壁に引掛かりが無くなったと想定し、セグメントリング2リング分の形状バネに変更した。
共通	Y	背面側底版	下面には本来摩擦力が生じるがモデル化が難しいため、左右への倒れを考えたときも厳しい条件となる背面側底版のみ固定とした。
	Z	下面全面	鉛直方向には動かないものとした。
その他		背面側リングボルト位置	背面側のリング継手位置にせん断バネを設けた。次のリングとのXY軸方向の拘束をモデル化した。

3) 結果

解析の結果、推進ジャッキによる圧縮荷重が偏荷重として作用する CASE 1 では、セグメントに損傷を与える局所的な応力集中や変形がなく、施工時の安全性が確認出来た。またセグメント継手部の変形についても、目開き 0.1mm、目違い 0.01mm と非常に小さい値となった。

これに対し、切羽側のセグメントの一部が引っかかりねじり変形が生じる CASE2 では、セグメント継手部の変形は目開き 0.3mm、目違い 0.01mm と非常に小さい値となったが、図-7 に示す背面側の固定条件となっている箇所に、 34N/mm^2 と非常に大きい値を示し、コンクリートが圧縮破壊する結果となった。

このため、実施工ではジャッキストローク差 30 mm 以内の管理の管理を行った。

5. 止水

本セグメントには、通常のシールドトンネル用のセグメントで使用するシーリング材を採用した。ただし、推進工法であることから施工時の一時的な目開き発生時においても、シーリング内に再び封入出来る程度の膨張率として 200% の低膨張タイプを採用した。

6. 実施工

本工事は、2007 年 11 月に片側トンネルの全延長の施工を完了している。実際の推進時にはセグメントストローク差は 10 mm 以内と安定的で、推進施工時のセグメントの不具合はなかった。推進完了後の目開き・目違いもほとんど無く、組立時の高精度を保ったまま変形も少なく施工を完了した。

また、止水性に関しても施工時・完成時ともに漏水は無く良好であった。

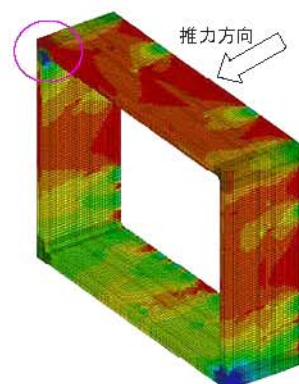


図-7 コンクリート最小主応力コンター図



写真-1 セグメント写真



写真-2 施工完了時内面