

小田急小田原線複々線化事業におけるセグメント継手部実物大模型実験

—その1：実験概要—

小田急電鉄株式会社複々線建設部	中込 芳雄
小田急電鉄株式会社複々線建設部	梶原 誠
大成建設株式会社東京支店	田口 龍二
大成建設株式会社土木設計部	正会員 ○福田 隆正
大成建設株式会社土木設計部	正会員 高橋 健吾

1. はじめに

小田急小田原線複々線化事業は、代々木上原駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約2.2kmを連続立体交差化し、東北沢駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約1.6kmの複々線化を行うものである。

第3工区では地下に急行線（シールドトンネル）と緩行線（ボックスカルバート）を構築し、シールドトンネルを切抜けて下北沢駅を構築する。全体縦断面図を図1に、下北沢駅部の構造概要図を図2に示す。

1期施工ではシールドトンネル、駅舎躯体の構築および営業線のシールドトンネル内への地下化を行い、2期施工ではシールドトンネル上部の開削、ボックスカルバートの構築、駅舎残躯体の構築および埋戻しを行う。したがって、シールドトンネルのセグメントは施工時の影響により、複雑な変形および応力履歴を経ることとなる。特に2期施工は営業線を運行しながら実施するため、軌道の安全性確保の観点から覆工の変形を抑制する必要がある。そのため、セグメント本体と同程度の剛性をセグメント継手（以下、継手部）に付与し、剛性一様と同等にすべきであると判断した。

シールドトンネルには鋼製およびダクタイルセグメントを採用し、継手部は実績と施工性からボルト継手とした。ボルトの初期導入応力度については許容応力度の80%としている企業者があるが、一般に基準等に明記されていない。初期導入応力度を高めれば継手板接合面に発生する圧縮応力が増加するため、継手部の離間モーメントが大きくなり、継手部剛性の向上が期待できる。これに着目して継手部の実物大模型実験を行い、剛性一様の仮定が成立することを確認することとした。なお、初期導入応力度は「橋梁用高力ボルト引張接合設計指針：（社）日本鋼構造協会」（以下、引張接合指針）を参考に降伏点の75%とした。

2. 実験および供試体概要

実験対象は駅部に採用する鋼製セグメントとし、実物大供試体を用いた軸力・曲げ・継手曲げ試験を行った。実験概要図を図3に示す。荷重時の継手部の挙動に着目するため、供試体の全体形状は直線とし、2ピース分を模擬した。供試体概要を写真1に断面図を図4に示す。なお、縦リブの影響は軽微と考え、実際のT型ではなく平鋼とした。

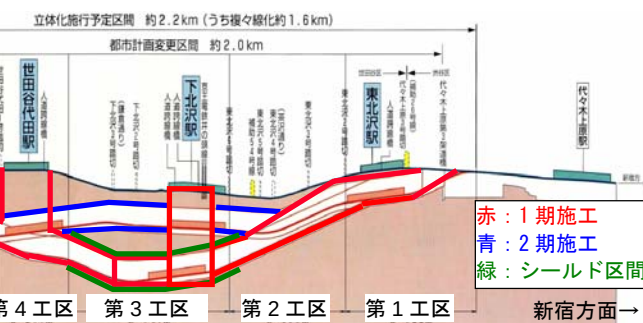


図1 全体縦断面図

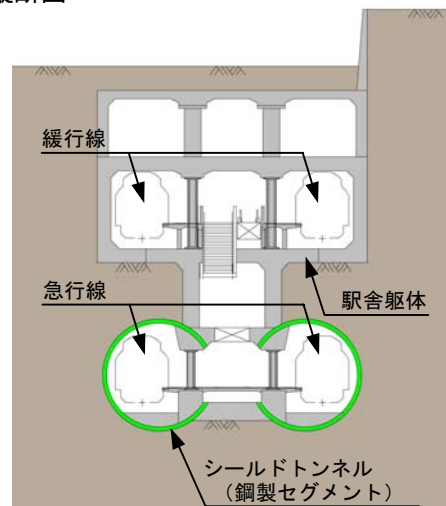


図2 下北沢駅部 構造概要図

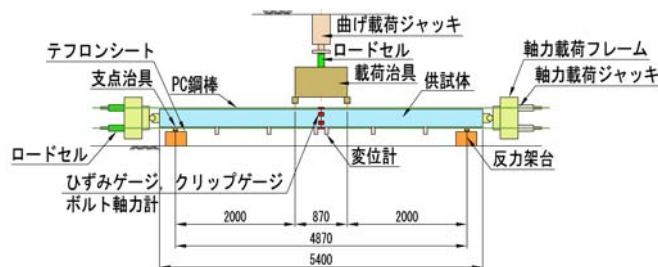


図3 実験概要図

キーワード 鉄道トンネル、シールド工法、切抜、開削工事、セグメント継手、実物大実験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

計測項目、計測目的および計測機器を表 1 に示す。継手部の剛性向上により剛性一様とするためには、同断面を有する継手のない梁（以下、基準梁）と同様の変位性状および応力勾配を呈する必要がある。

比較対象となる基準梁の変位および発生応力度の理論値を算定する場合、スキンプレートの取り扱いが課題となる。道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編（以下、道示）によれば、鋼げたの応力度と変形を計算するためのフランジの片側有効幅は、等価支間長と腹板の間隔で決定される。これにより算定したスキンプレートの片側有効幅は 300mm となり、3 主桁分の合計は 1200mm とほぼ全断面が有効となる。これに対し、トンネル標準示方書 シールド工法・同解説によると、セグメントの設計におけるスキンプレートの有効幅は 25t（t はスキンプレート厚）と規定されており、片側有効幅は 225mm（道示の 75%）となる。そこで、理論値としてはスキンプレート全考慮と有効幅 25t のみ考慮の 2 種を設定するが、設計対象がセグメントであることから、設計荷重レベルの範囲内で後者の理論値と同等以下であれば、剛性一様の仮定が成立すると判断する。

3. 実験ケース

実験ケースを表 2 に示す。表中の正曲げとはシールドトンネル内空側が曲げ引張状態となる場合であり、負曲げとは地山側が曲げ引張状態となる場合である。実験ケースは合計 9 ケースであり、設計断面力の軸力 350kN を載荷した CASE1～3, 6～8 を基本ケースとした。軸力の有無、ボルトの初期導入応力度の大小が継手部の剛性に与える影響を確認するため、3 ケースを追加した。

軸力が作用すると継手板接合面の圧縮応力が増加するため、見かけの剛性が高まる。この影響を排除し、軸力 0 の場合でも剛性一様の仮定が成立することを確認するため、CASE4 と CASE9 を設定した。

通常、シールドトンネルの施工では、セグメントリング組立後、後続台車後方からボルトの増締めを行う。そこで切羽部での実施工状態を勘案し、締付けトルクを約 20%に低減した CASE5 を追加することで、テール近傍での作用外力に対する変位性状および力学特性を確認することとした。

なお、載荷ステップ数は 2 もしくは 3 ステップで載荷・除荷を繰り返した、載荷速度は 20kN/分、除荷速度は 50kN/分を目安とした。

4. 結果概要

変位および発生応力度の実測値は、各施工段階における設計荷重レベルの範囲内で、スキンプレート有効幅 25t のみ考慮の理論値以下となった。よって、ボルトの初期導入軸力を降伏点の 75%とすれば、剛性一様の仮定が成立するといえる。結果の詳細については「その 2：実験結果」にて示す。

5. 謝辞

本実験にあたっては、小田急下北沢地区線増連立事業技術委員会の小山 幸則 委員長（(財) 地域地盤環境研究所）をはじめとする委員および幹事の方々から、貴重な御指導・御意見を賜りました。ここに記して謝意を表します。



写真 1 供試体概要
(下面がスキンプレート)

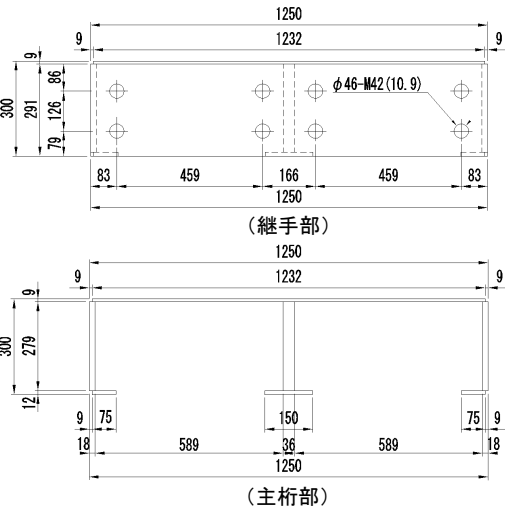


図 4 供試体断面図

表 1 計測項目、計測目的および計測機器

計測項目	計測目的	計測機器
供試体変位	・理論値との比較により、剛性一様状態となっていることを確認	変位計
スキンプレート、主桁およびフランジ応力度	・発生応力度の理論値との比較 ・平面保持の仮定が成立していることを確認	ひずみゲージ
継手板目開き	・設計荷重範囲内で目開きが抑制されていることの確認 ・変位性状との関連性の確認	クリップゲージ
ボルト軸力	・継手部での釣り合い状態の確認 ・継手部の安全性の確認	ボルト軸力計

表 2 実験ケース

ケース名	区分	軸力	ボルト初期導入応力度	最終荷重
CASE1, 2	正曲げ	有	降伏点の75%	終局荷重
CASE3	正曲げ	有	降伏点の75%	短期設計荷重
CASE4	正曲げ	無	降伏点の75%	短期設計荷重
CASE5	正曲げ	無	切羽部実施工レベル	終局荷重
CASE6, 7	負曲げ	有	降伏点の75%	終局荷重
CASE8	負曲げ	有	降伏点の75%	短期設計荷重
CASE9	負曲げ	無	降伏点の75%	終局荷重