

合理化した鋼殻継手構造の実物大模型実験

小田急電鉄株式会社複々線建設部

小川 司

大成建設株式会社東京支店

田口 龍二

大成建設株式会社技術センター

正会員

三桶 達夫

大成建設株式会社土木設計部

正会員

中丸宗一郎

大成建設株式会社土木設計部

正会員

○山本 亮太

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。本工事の第3工区では、B4F に急行線（シールドトンネル）と B2F に緩行線（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地下化する。

図1に示すとおり、本工事では、B2F 側壁および B2F 中床版の一部に鋼殻が採用されている。鋼殻を含む躯体全体としての剛性を確保するために、鋼殻継手（以下、継手部）には、鋼殻本体と同程度の剛性を付与する必要がある。そこで継手部は、ボルトの初期導入力（「橋梁用高力ボルト引張接合設計指針：（社）日本鋼構造協会」を参考に降伏点の 75% とした）を高めることで離間モーメントを大きくし剛性向上が期待できる構造とした。

一般に、継手部に曲げが生じると、図2に示するような変形となるが、継手構造として有効な継手板はてこ反力の支点となる範囲までである。そこで、継手板の不要な部分の鋼材を合理化した継手構造[※]の実物大模型実験を実施し、設計上必要な曲げ剛性、ボルトの健全性および止水性を確認することで、設計の妥当性を検証した。

2. 実験および供試体概要

実験対象は駅部に採用する鋼殻とし、実物大供試体を用いた軸力載荷継手曲げ試験を行った。図3に実験概要図および表1に計測項目、計測目的・計測機器を示す。供試体の長さは、2,800mm/ピース×2ピース=5,600mm とした。

載荷は、油圧ジャッキを用い、供試体に対して単調漸増載荷（載荷速度は 20kN/分を目安）を行った。

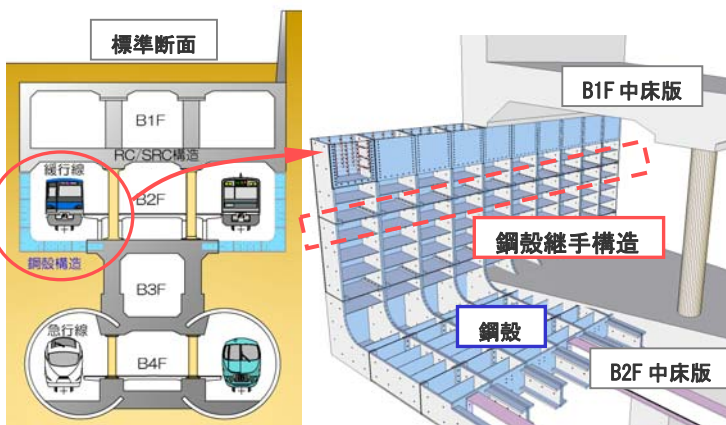


図1 小田急下北沢駅部（第3工区）躯体概要

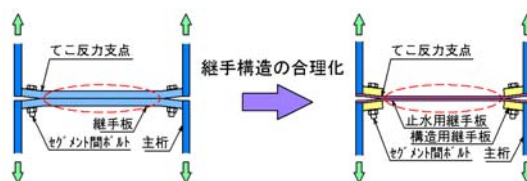


図2 鋼殻継手部変形概念図

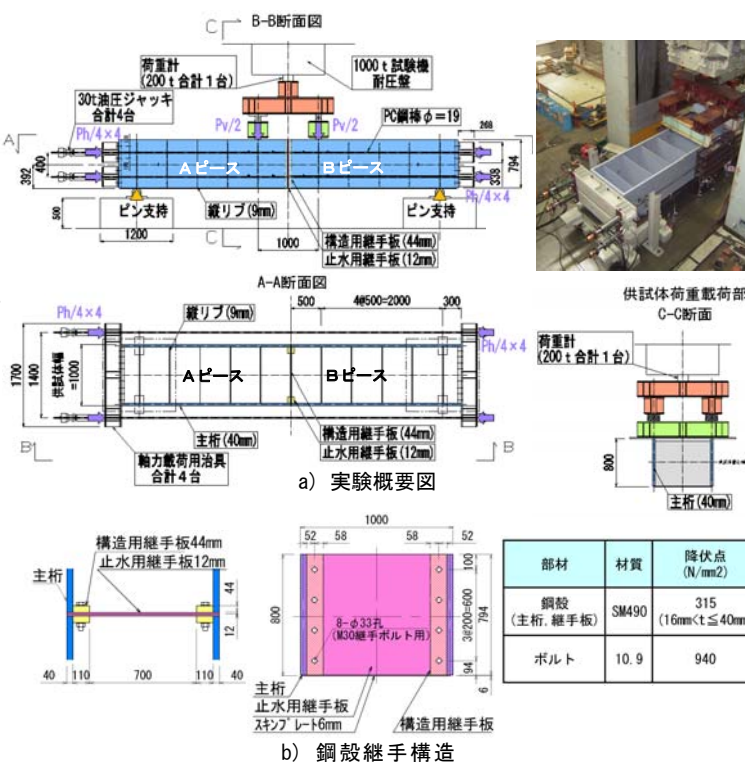


図3 実験概要図

キーワード 継手構造, 継手板, 鋼殻, 実物大模型実験

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 TEL 03-5381-5417

3. 実験ケース

表2に、実験ケースを示す。実験ケースは、スキンプレート側に圧縮応力が作用する正曲げと引張り応力が作用する負曲げの2つの応力状態を想定した2ケースとした。鉛直荷重は、正曲げ・負曲げ時におけるボルトの許容軸力に応じて設定した。正曲げ・負曲げの2種類の応力状態を1体の供試体で担うため、正曲げ載荷では確実にボルトを降伏させない長期許容ボルト軸力相当の設計荷重までを最終荷重とした。水平軸力は、正・負ともにボルトの発生応力が大きい地震時の設計軸力とした。

4. 実験結果

(1) 曲げ剛性

図4に、鉛直荷重-継手部鉛直変位相関図を示す。鉛直荷重増加に伴い、荷重-鉛直変位関係の勾配変化が見られる。この勾配変化は、鉛直荷重増加に伴い、ボルトの初期導入軸力による継手板の圧縮応力（以下、継手板応力）が完全に解放され、目開きが発生するために起こると考えられる。勾配変化開始の荷重レベル（以下、勾配変化点）を比較するとCASE1-正曲げ（A点:鉛直荷重300kN付近）の方が、CASE2-負曲げ（B点:鉛直荷重500kN付近）より低い。これは負曲げと比べ供試体への載荷軸力レベルが小さく、目開きが生じやすいことによる。両ケースとも、設計上の必要な曲げ剛性を確保できている。

(2) ボルトの健全性

図5に、鉛直荷重-引張縁側ボルト軸力相関図を示す。降伏点の75%としたボルトの初期導入軸力は396kNである。両ケースとも、ボルト軸力増加点は、図4の勾配変化点とほぼ同値であることがわかる。すなわち、曲げに伴う引張により継手板応力が解放されて目開きが発生し、引張側ボルトが応力を負担するためボルト軸力が増加する。長期許容ボルト軸力は、降伏点の90%に相当する474kNとし、地震時許容ボルト軸力は降伏点に相当する527kNとする。両ケースとも、許容ボルト軸力相当の設計荷重レベルにおける実ボルト軸力の最大値は、許容ボルト軸力以下となり、ボルトの健全性を確保できている。

(3) 止水性

図6に、鉛直荷重-引張縁側目開き量相関図を示す。両ケースとも、目開きが発生したことを表す勾配変化点は、図4の勾配変化点、図5の軸力増加点とほぼ同値であることから、変位・ボルト軸力・目開きが相互に関連しているといえる。両ケースとも、設計上の許容目開き量2mm以下となっており、止水性を確保できている。

5. まとめ

合理化した鋼殻継手構造においても、鉛直変位、ボルト軸力および目開きの実測値は、許容ボルト軸力相当の設計荷重レベルの範囲内となり、設計上必要な曲げ剛性、ボルトの健全性および止水性が確保でき、設計の妥当性が確認された。

※特許出願公開番号：特開2008-255669（P2008-255669A）

表1 計測項目、計測目的・計測機器

計測項目	計測目的	計測機器
供試体変位	設計上必要な曲げ剛性が確保できることを確認	変位計
スキンプレート、主桁応力度	平面保持の仮定が成立することを確認	ひずみゲージ
ボルト軸力	ボルト健全性を確認	ボルト軸力計
継手板目開き	止水性を確認	クリップゲージ

表2 実験ケース

CASE	曲げ区分	水平軸力 P_h (kN)	最終鉛直荷重 P_v (kN)
1	正曲げ	350 (地震時設計軸力)	642 (長期許容ボルト軸力相当)
2	負曲げ	770 (地震時設計軸力)	1,068 (地震時許容ボルト軸力相当)

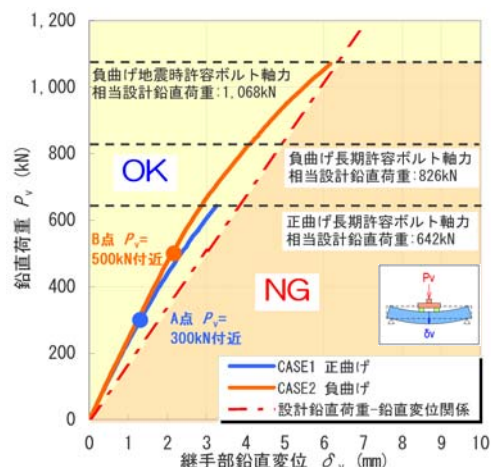


図4 鉛直荷重-継手部鉛直変位相関図

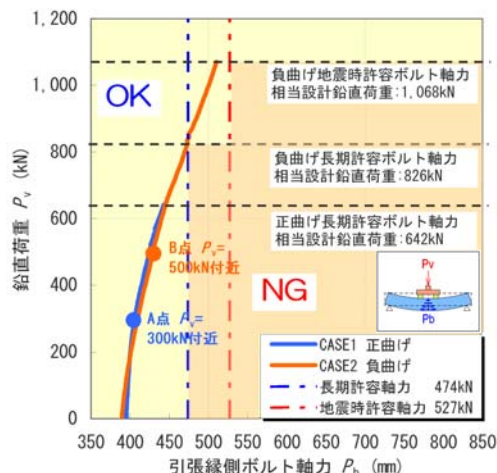


図5 鉛直荷重-引張縁側ボルト軸力相関図

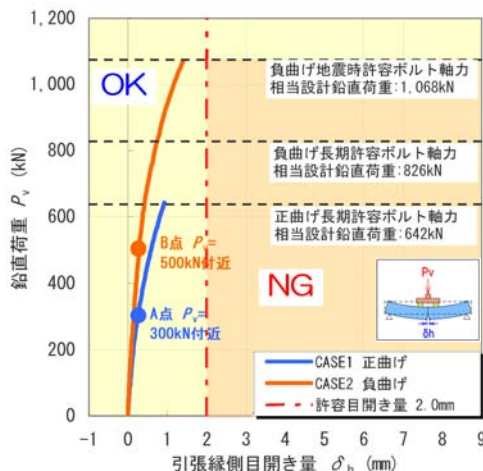


図6 鉛直荷重-引張縁側目開き量相関図