

経済性と高耐久性を追求した新型継手（その3）

東京地下鉄(株) 正会員 入江健二 正会員 ○村松 泰
 石川島建材工業(株) 正会員 浅野裕輔 正会員 國藤 崇
 メトロ開発(株) 正会員 白子慎介

1. はじめに

近年、シールドトンネルは地下鉄や地下河川などの用途が広がると共に、大深度化・大型化が進んでいる。従来このような用途のシールドトンネルに使用されるセグメントの継手金物はセグメント製作費全体に占める割合が大きく、経済性の高い継手金物の開発が求められている。

そこで地下鉄13号線の地盤条件を鑑み、経済性を主眼とすると共に、二次覆工の省略も可能となる高耐久性を追求した新型継手（BEST継手：Beam Structure Joint）を共同で開発してきた。本継手の構造は、ボルトボックス側金物とインサート側金物に大別され、ボルトボックス側金物はアンカー部を一体化したダクタイル製の金物であり、インサート側金物は、各種インサートを使用することができる。また、継手金物には緩衝材を貼付し、ボルト締め付け時に発生するひび割れの低減を図っている（図-1）。

地下鉄13号線の複線を想定したセグメント厚さ400mmの継手曲げ試験とひび割れ防止の確認試験については報告済みであり、本報告では、単線を想定したセグメント厚さ320mmの継手曲げ試験とひび割れ防止の確認試験について報告する。

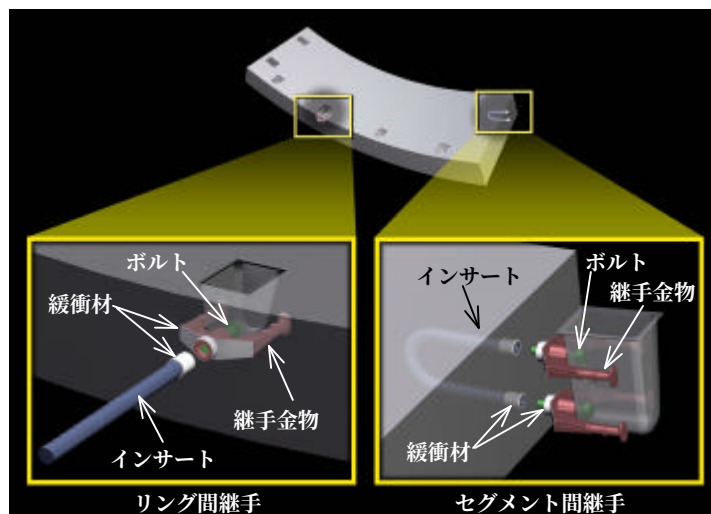


図-1 新型継手の構造および配置例

2. 試験の結果

2. 1 継手曲げ試験

①概要

本試験は、本継手を実トンネルに適用する際に用いられる、曲げ剛性と耐力および回転ばね定数を把握することを目的とする。試験供試体は、幅1.6×長さ2.0×厚さ0.32mの平板供試体で、M24(10.9)に対応した本継手を、1段で2箇所配置している。試験方法は、図-2のように、両端可動支持2点载荷で鉛直方向に载荷を行った。

②回転ばね定数の理論値

セグメント間継手の回転ばね定数 k_θ は継手の引張ばね定数 k を用いて求める。軸力が作用しない場合の回転ばね定数は式(1)で求める。なお、継手の引張ばね定数は、ボルト・継手金物（ボルトボックス側）・継手金物（インサート側）の直列ばねとして算出する。

$$k_q = a \cdot k \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot (d - x) \quad \text{式(1)} \quad \text{ここに、} a : \text{引張側継手の数、} d : \text{圧縮縁からボルトまでの距離}$$

x : 圧縮縁から中立軸までの距離

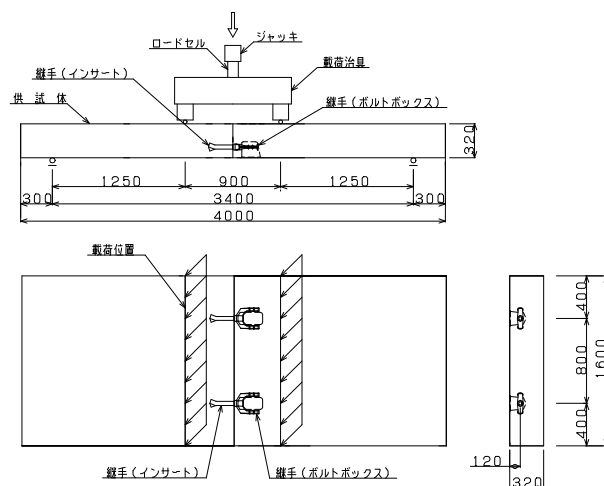


図-2 継手曲げ試験概要図

キーワード：セグメント、セグメント継手、経済性、耐久性、ダクタイル

連絡先：〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 石川島建材工業(株) セグメント事業本部 TEL03-5221-7240

③試験結果

図-3 に本試験で得られた正曲げ試験・負曲げ試験のモーメント-回転角の関係を示す。図中に示している割線勾配とは、設計荷重（ボルトの許容応力度到達時）までの割線勾配であり、これを実測の回転ばね定数とする。正曲げでは、理論値 $+k_{\theta}' = 23,600\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ に対して、実測値 $+k_{\theta} = 37,300\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ 、負曲げでは、理論値 $-k_{\theta}' = 8,000\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ に対して、実測値 $-k_{\theta} = 9,827\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ であった。これらから、回転ばね定数は解析的に求められることが認められた。

また、正曲げ試験・負曲げ試験共に、ひび割れの発生時の荷重は設計荷重を大きく上回り、最終荷重も理論上の破壊荷重を超える荷重を計測したことから、本継手を用いたセグメントは十分な耐力を有していることが確認された。

2. 2 ひび割れ防止の確認試験

①概要

組立時において、継手部周辺に発生するひび割れは、漏水などによる鋼材やボルトの腐食の原因となるため、ひび割れ発生を抑制する必要がある。本継手にはひび割れ発生を抑制することを目的として、継手金物に緩衝材（ポリエチレンフォーム）を貼付しており、その効果を確認するために、ボルトの許容軸力以上の締結力を作用させた際のコンクリート発生応力度、及び、ひび割れ発生状況を確認する。図-4 に試験概要図を示す。

②試験結果

セグメント間継手における、ボルトに導入される軸力と継手周辺に発生するコンクリート内面側応力度の関係を図-5 に示す。ボルトの許容軸力導入時のコンクリート応力は、ボルトボックス側・インサート側共に、コンクリートの引張強度 $3.04\text{N}/\text{mm}^2$ 以下となり、緩衝材を貼付した効果が認められた。なお、リング間継手の試験においても、コンクリートの発生応力度は引張強度を下回っている。

3. まとめ

本継手を用いた桁高 320mm のセグメントは、桁高 400mm のものと同様に、想定した強度・剛性を有し、緩衝材によるひび割れ抑制効果が確認された。また、回転ばね定数を解析的に予想することができ、実験で得られた回転ばね定数を用いても構造上問題ないことが確認された。これにより、本継手を用いたセグメントの、基本的性能を示すことができた。なお、軸力導入継手曲げ試験・せん断試験については、「経済性と高耐久性を追求した新型継手の開発（その4）」に詳細を示す。

参考文献：峰崎・小林・橋本 経済性と高耐久性を追求した新型継手の開発 土木学会第 57 回年次学術講演会概要集，2002.9
入江・高野・今井・村松・橋本・國藤 経済性と高耐久性を追求した新型継手の開発（その2）

土木学会第 58 回年次学術講演会概要集，2003.9

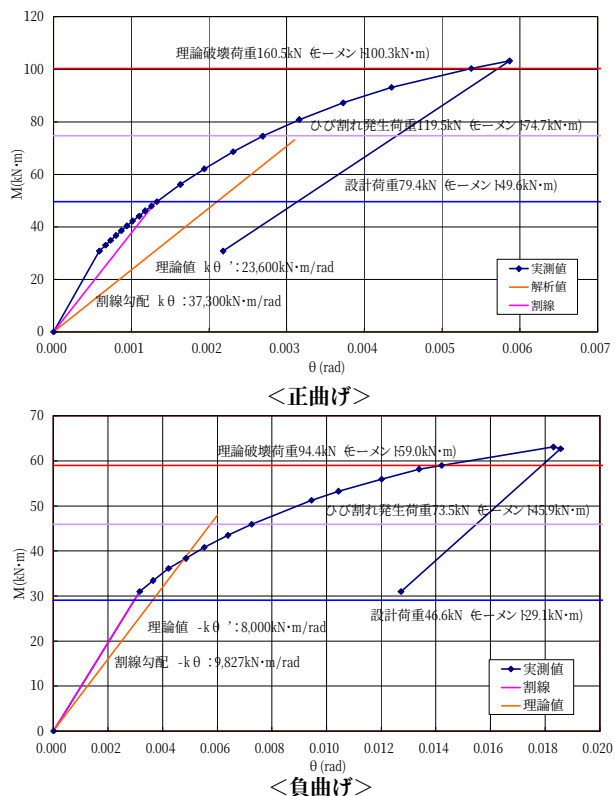


図-3 継手曲げ試験 M-θ 関係図

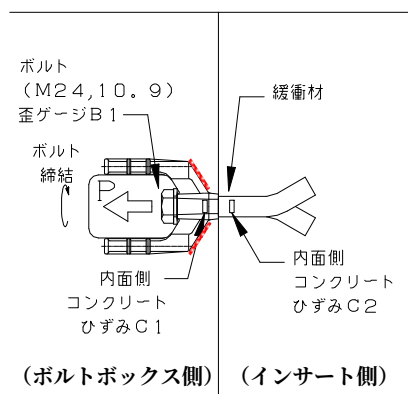


図-4 ひび割れ防止の確認試験概要

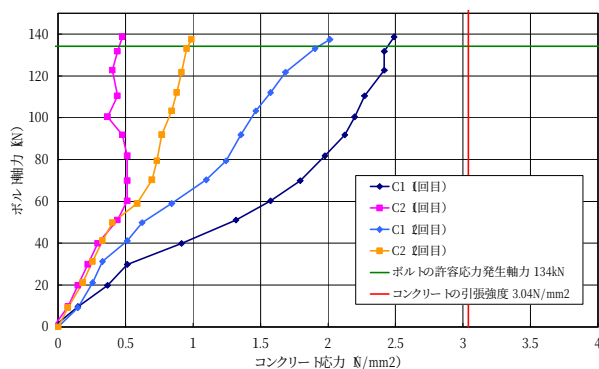


図-5 ひび割れ防止の確認試験結果（セグメント間）

図-5 ひび割れ防止の確認試験結果（セグメント間）