

リング継手に適用する SB 継手の改良 (免震機能・せん断補強)

メトロ開発(株) フェロー会員 藤木 育雄
 メトロ開発(株) 正会員 水上 博之
 大成ユーレック(株) ○正会員 田中 篤史
 ジョイント工業(株) 岩崎 吉孝

1 はじめに

シールドトンネルのセグメントにおけるリング間の締結用として、オス側のねじボルトをメス側に複数本配置したねじボルトに挿入するだけで締結が可能なワンパスタイプの継手である SB 継手¹⁾が広く採用されている。SB 継手は、工程短縮に寄与するものであり、免震機能やせん断補強を付加することでさらなる機能向上をはかることができる。本稿は、この SB 継手の改良に関して報告を行うものである。

2 免震機能付加改良

Fig.1 は、左側のメス継手にボルトが挿入した状態を示している。メス継手は、セグメントに埋め込んだダクタイル製のケースに奥から、スプリング、8 個のねじボルト群、前蓋 (①Taper ring ②Elastic material ③Front cover) を装着したものが、その構造である。オス継手であるボルトがメスねじボルト群の空間に挿入されようとすると、メスねじボルト群がスプリングの作用によりいったん後退してその空間が広がり、オスボルトが確実に挿入され、これにより両者が嵌合することとなる。継手に引張力が作用するとメスねじ群も引張られるが、前蓋にはテーパを設けており、ボルト直角方向の分力が作用し、さらにメスねじとオスねじの嵌合を増加させる。**Fig.1** の右側は、地震時にリング継手ボルトが引っ張られた場合の概念図を示す。リング継手が引っ張られようとすると前蓋の分力により嵌合力が増加しつつ、弾性体に圧縮力が作用することとなる。それにより、地震時の変位は弾性体が吸収することができる。弾性体の材料としてはゴム製品が一般的であるが、高応力度下でも脆性破壊を起こさないこと、厚さを薄くできることなどから弾性ワッシャーで使用されている硬質ウレタン製が優れていると考えられる。

Fig.2 は、硬質ウレタン製の荷重～変位曲線の概念図を示すが、一般に指数曲線となる。従来から免震材として使用されている弾性ワッシャーは、ボルトの初期締結力により圧縮力 P_0 を受けていることから、地震時には、その位置における接線が弾性体の弾性係数となる。したがって、初期載荷状態ではなく、弾性係数値が大きくなるとともに、変形余裕量が制限されることとなる。一方、免震機能付加 SB 継手の場合には、初期締結力の影響はないので、弾性係数は、本来弾性体が保有している初期載荷状態である柔らかい値となる。通常の大規模地震であれば、要求される 1 リングあたりの地盤変位吸収量は、2～3mm 程度である。今回使用した硬質ウレタンの荷重～変位曲線を **Fig.3** に示す。なお、硬質ウレタンの形状は、外径 52mm、内径 27mm、厚さ 6mm である。また、硬質ウレタンは高価であるため、ゴム製品ではなく、機械的に挙動する弾性体の開発も併せて行った。小さなコイル状に巻かれたスプリングを三重に巻き、このスプリングを横載荷することで、要求される機能を満足することができる製品である。なお、弾性体を介在させない前蓋を使用すれば、免震機能を持たせない通常の継手として使用できる。

2.2 せん断補強改良

通常のリングボルトは、その軸部の面積がせん断抵抗面積となる。SB 継手のオス継手は、ネジ切りを施した異形棒鋼にネジピンボルトを接続する構造であるが、

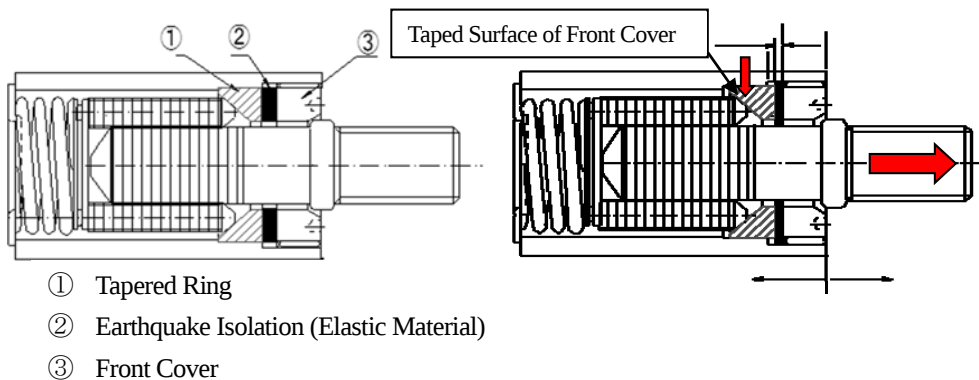


Fig.1 SB-Joint Structure

キーワード：シールドトンネル リング継手 免震機能 せん断補強

連絡先：〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11 番 9 号 メトロ開発(株) TEL 03-5847-7808 FAX 03-5847-7825

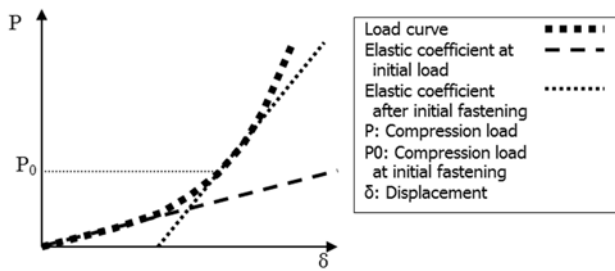


Fig.2 Hardened Urethane Load-Displacement Curve

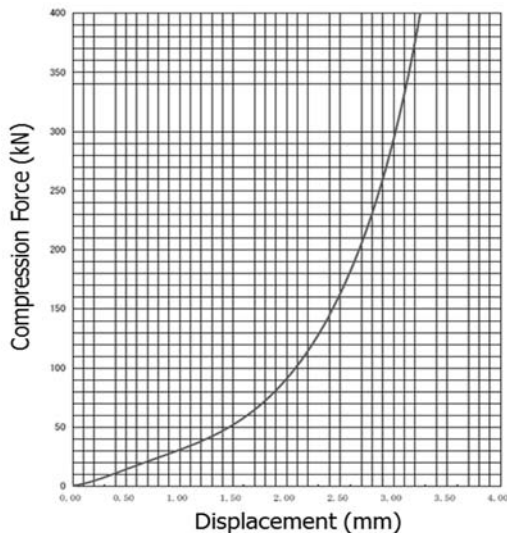


Fig.3 Seismic Isolation Material Load-Displacement Curve Capacity

せん断抵抗部分の面積を必要に応じ部分的に拡張することで、その他の部位を細くすることができる。このような改良を行うことで、オス継手だけではなく、メス継手全体も形状縮小させ大幅なコストダウンをはかることが可能となる。

そこで、改良された機能を確認する目的で、せん断実験を行った。Fig.4にせん断試験の概要図、Fig.5にせん断試験に用いたオスボルトピンの概要図およびFig.6にせん断試験結果を示す。No. 1 (M24) は、せん断耐力を超えた後にネジピンのネジ切り付け根部分でせん断破壊を発生した。No. 2 (M20) も同様な傾向を示す。一方、No. 3 (M20 φ24 せん断補強型) は、他のケースと異なりボルト軸部がメス側に引っ張られるように

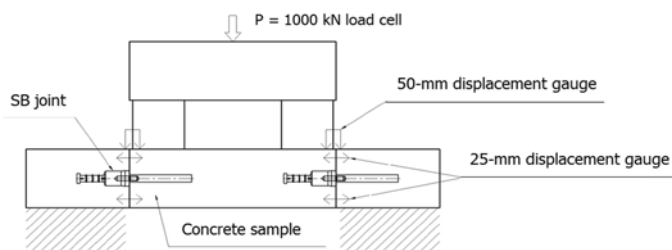


Fig.4 Joint Shear Testing

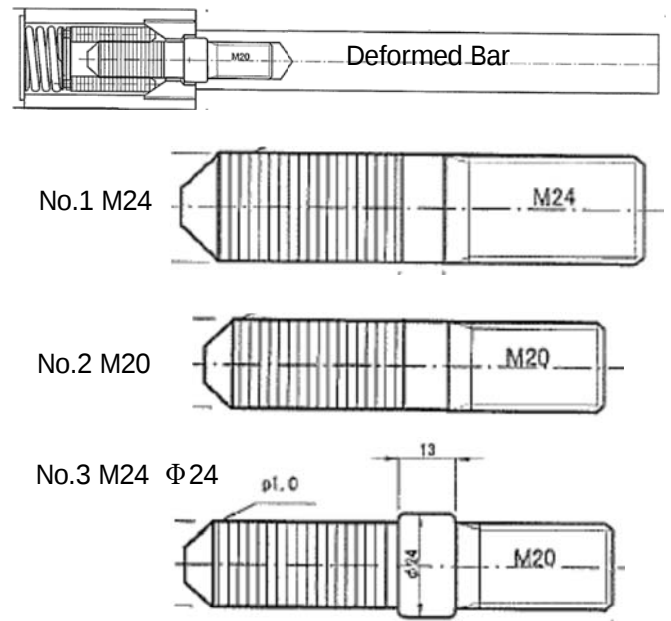


Fig.5 Testing Bolt pin

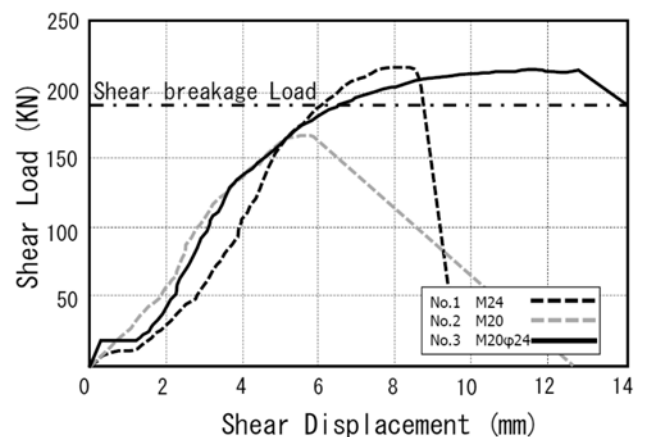


Fig.6 Load-Displacement Curve

破壊した。その結果として、せん断破壊独特の脆性的破壊ではなく、延性的な破壊を呈すと同時に、破壊耐力は、No. 1 (M24) と同等の値であった。そこで、この改良により、継手全体のコストダウンが図られるとともに、せん断破壊に対しても、じん性を保有させることが可能となった。

3 おわりに

工程短縮および内面平滑を目的としたSB継手に免震機能付加またせん断補強に関する改良を行った。今後は、ダクトイル製メス金物の形状変更等による重量軽減など、さらなるコストダウンをはかる検討を行っていく予定である。なお、免震機能付加SB継手は、海外のトンネルに、せん断補強型は国内の実工事に既に適用されている。

1) 田中篤史ら 土木学会第 63 回年次学術講演会 シールドトンネルセグメントのリング継手開発 平成 20 年 9 月