

スクリーボルト継手の引張試験およびせん断試験

早稲田大学 学生会員 ○山田 陽介 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 メトロ開発 (株) フェロー 藤木 育雄
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

スクリーボルト継手（以下S B継手と呼ぶ）は，必要な性能を確保したうえで，セグメントの継手費用を低減する目的で開発されたリング継手である．S B継手はすでに小口径シールドの実工事に採用されているが，今回，中口径シールドや大口径シールドへの適用を考え，継手の仕様を変えて，S B継手部のみの引張試験およびコンクリート平板供試体を用いたS B継手のせん断試験を行った．本報告は，これらの試験結果をまとめたものである．

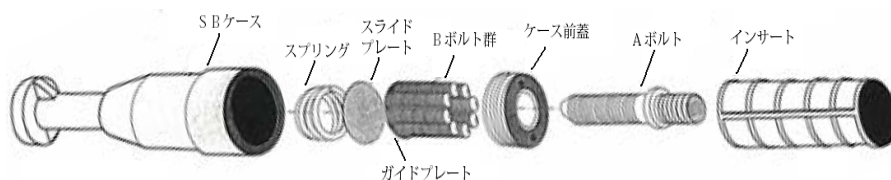


図 - 1 S B継手の構成

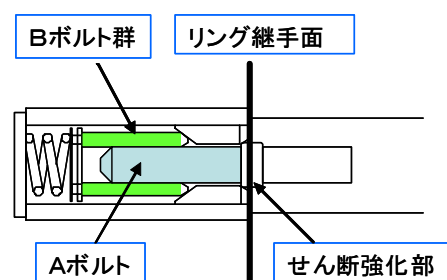


図 - 2 S B継手の締結イメージ

2. S B継手の概要

S B継手は，図 - 1に示すように，挿入側のボルト一本（Aボルトと呼ぶ）と受け側の複数本のボルト（Bボルト群と呼ぶ）から構成される．Aボルトを挿入すると，Bボルト群の先端にはテーパのついた前ふたがあり，これがAボルトを締め付けるため，引張力に対するかん合効果が発揮される構造となっている．図 - 2は締結のイメージを示した図である．

表 - 1 引張試験ケース

Aボルトの長さ	Bボルト群のボルト数		
	6本	7本	8本
58mm(標準)	case1	case2	case3
47mm	—	—	case4

3. 試験の概要

(1) 引張試験

S B継手部分のみを引張治具にセットし，アムスラー試験機を用いて引張試験を行った．AボルトはSCM435，M24，BボルトはSCM435，M10で，ピッチは両者ともに1mmである．表 - 1は試験のケースを示したものであり，試験はBボルト群の本数およびAボルトのねじ部の長さを変えて4ケース，各3体ずつ行っている．また，case3-4はBボルト群のボルトに焼入れを行ったケースである．試験はAボルトが抜け出すまで行い，継手の変位量（目開き量）を計測した．

表 - 2 引張試験結果

供試体	最大荷重 (kN)	平均(kN)
case1-1	177.7	159.2
case1-2	148.5	
case1-3	151.4	
case2-1	187.6	190.2
case2-2	193.7	
case2-3	189.3	
case3-1	209.6	211.7
case3-2	216.1	
case3-3	209.5	
case3-4	291.2	291.2
case4-1	190.2	
case4-2	216.4	
case4-3	207.6	204.7

表 - 2は引張試験の結果を示したものである．Bボルト群のボルトの本数が増えると，多少のばらつきはあるが，最大荷重が上がるのがわかる．また，Aボルトのねじ部の長さを短くした場合には，最大荷重の平均値はやや下がるが，標準の長さのものに比べてさほど大きな差はみられない．Bボルトに焼き入れを行っ

キーワード シールドトンネル，セグメント，リング継手，内面平滑，スクリーボルト

連絡先：〒141-0031 東京都品川区西五反田 7-3-1 大成ユーレック株式会社 TEL03-3493-4734

連絡先：〒124-0011 東京都葛飾区四つ木 4-18-17 ジョイント工業株式会社 TEL03-3691-2200

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 小泉研究室 TEL03-3204-1946

たものは、一体しか行っていないが、そのほかのものに比べて約40%ほど大きな最大荷重を示した。

図-3は引張荷重と目開き量の関係を示したものである。この図をみると、両者が線形となる範囲があり、この範囲で引張ばね定数を求めると、ばらつきが大きいものの、およそ50~150kN/mm程度であった。

(2) セン断試験

図-4はせん断試験の概要を示したものである。中央部の供試体と両端部の供試体とをS B継手で接続し、中央部の供試体を上面から押し抜く方法でせん断試験を行った。表-3は試験のケースおよび結果を示したものである。試験では荷重ごとのせん断変位量および継手の目開き量を計測した。試験はボルトが破断するまで行っている。表-3の破断荷重Vの計算値1, 2はそれぞれAボルトの降伏点 σ_y および引張強度 σ_u からせん断応力 τ を求め、上段はボルトの有効断面積Ae, 下段は軸部の断面積Abを用いて、次式から求めた値である。

$$V = A \times \tau, \quad \tau = \sigma / \sqrt{3}$$

破壊はすべてAボルトの破断であった。case1およびcase2は、Aボルトのねじ部で破断した。表-3をみると、実験値はボルトの降伏点に対して軸部の断面積を用いた計算値1の下段の値以上であることがわかる。せん断荷重とせん断変位との関係およびせん断ばね定数や、Aボルトの首の位置に、鍛造によりボルトの軸部より太いせん断部を設けたせん断強化型S B継手については参考文献2)で詳細に述べる。

3. まとめ

今回の実験で得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- ① S B継手は小口径のセグメントだけでなく、中口径や大口径のセグメントにも十分適用できるリング継手である。
- ② Aボルトのねじ部の長さはBボルトのねじの長さ(45mm)程度でよい。
- ③ S B継手のせん断耐力は、ボルトの軸部の断面積に降伏点を乗じた値の $1/\sqrt{3}$ とすれば、いずれも実験値より大きく、安全側の値として評価できる。

今後、これらの試験結果をもとに、S B継手の力学的性能を一般化して評価するために、引張ばね定数やせん断ばね定数を解析的に求める構造解析モデルを検討する予定である。

参考文献

- 1) 田中篤史他：シールドトンネルセグメントのリング継手開発，土木学会第63回年次学術講演概要集，VI-015
- 2) 田中篤史他：せん断強化型スクリーボルト継手の開発，土木学会第66回年次学術講演概要集(投稿中)

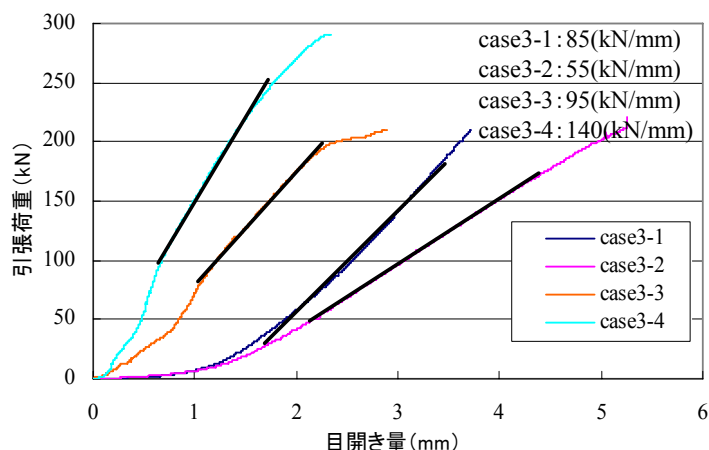


図-3 引張荷重 - 目開き量の関係 (case3 の例)

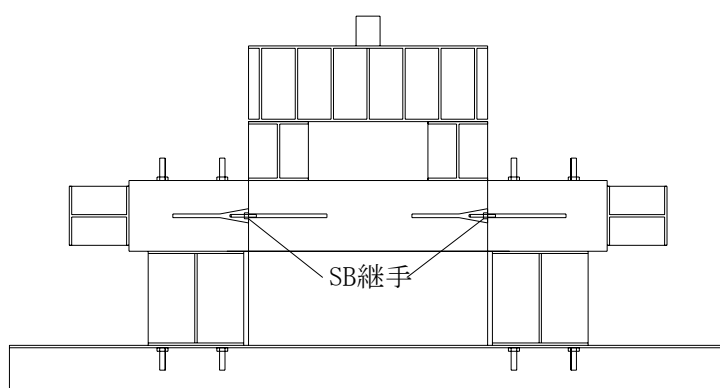


図-4 セン断実験概要

表-3 セン断実験ケースと結果

実験ケース	Aボルトの呼び径	せん断部の径	破断荷重(kN)		
			実験値	計算値1	計算値2
case1	M24	φ24	438	320	379
				410	485
case2	M20	φ20	337	222	263
				284	337