

初期締結力を導入可能なボルトレス継手の開発

住友金属工業（株）¹⁾ 正会員 ○前島 稔 正会員 岩橋 正佳
 （株）鴻池組²⁾ 正会員 石倉 洋一 正会員 西村 彰夫

1. はじめに

近年のシールドセグメントの継手は、組み立ての自動化・省力化を主眼として開発されており、従来のボルト式継手に代わるボルトレス継手がキーワードとなっている。しかし、このように現場施工の効率化を重視した結果、ボルト式継手では可能であった初期締結力の導入や締結力管理が欠如してしまうことが懸念される。そこで、筆者らはボルト式継手の長所を兼ね備えたボルトレス構造のセグメント継手の開発に着手した。これまで、継手嵌合実験により、製作誤差と施工誤差の吸収構造、初期締結力の導入と管理機能、および継手挿入力の管理機能の実用性を確認したので報告する。

2. 継手構造

図1に示すように、継手はスリット付き継手板、ハウジング、勾配受け金具、仮留めボルトからなるメス側と、勾配付きのT型金具、継手板からなるオス側で構成される。なお、本継手は、シールドジャッキによるトンネル軸方向へのスライド嵌合方式を想定している。

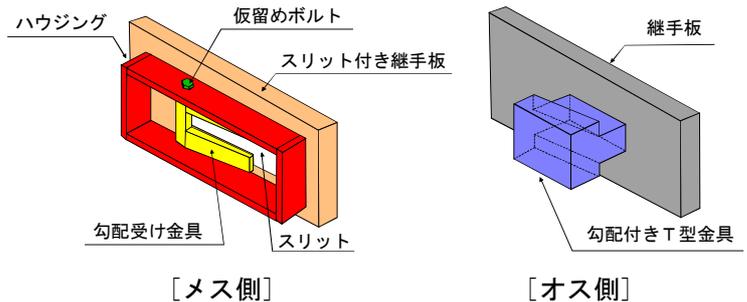


図1 継手構造

3. 継手締結メカニズム

本継手の締結メカニズムを3つのプロセスにわけて図2に示す。STEP1：T型金具をメス側のスリットへ挿入し、継手板を押し当てながら、挿入荷重Pで嵌合方向へスライドさせる。STEP2：オス、メス双方の継手勾配部が接触し、仮留めボルトが破断するまで締結力Nが導入される。STEP3：仮留めボルトが破断した後は締結力を維持したまま、所定位置までスライドさせる。

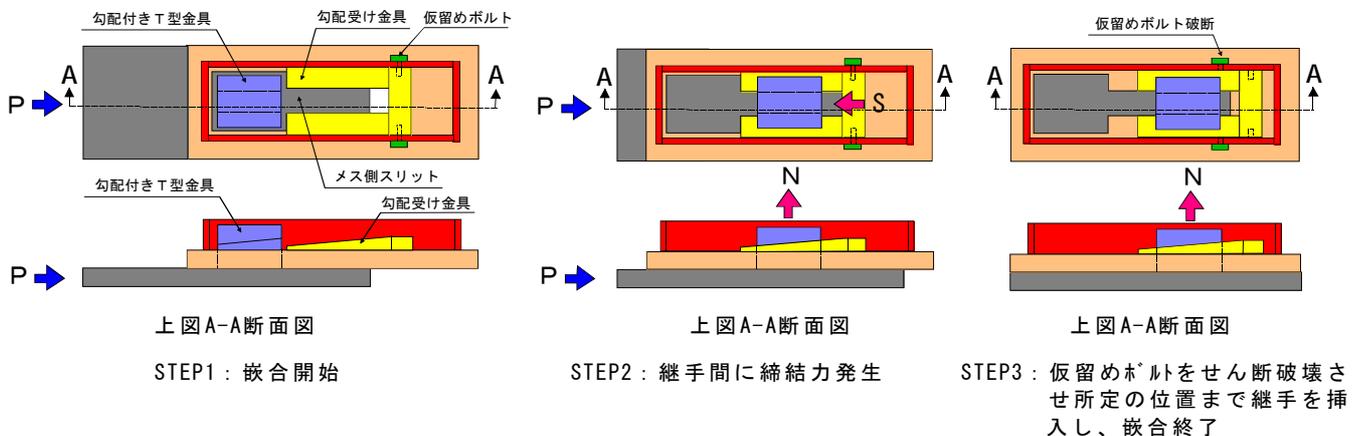


図2 継手締結メカニズム

4. 継手嵌合実験

4. 1 実験概要

実験供試体は、幅1,000mm、桁高200mmのセグメント本体を想定し、継手板に継手を2ヶ所取り付け付けた実物大とした。実験の目的は①継手に締結力が導入可能なか、②製作および施工上の誤差吸収が可能か、また③仮留めボルトの強度区分により挿入荷重を変更できるのかの3点とした。供試体の仕様を表1に示す。継手は、図3の設計値に示すように、T型金具の勾配を1/10、嵌合終了の40mm手前から締結力が導入されるものを基準に、T型金具のウェブ高さを変化させることで、製作および施工誤差を模擬した。すなわち、ウェブ高さを設計値(30mm)より2mm低くした供試体Aは、設計より20mm手前から締結力が導入され、同2mm長くした供試体B、Cは設計より20mm後ろからの導入となり、合わせて4mmの誤差を継手勾配から決定される40mmのスライド範囲で吸収させる

キーワード：シールドトンネル，セグメント継手，ボルトレス，初期締結力，誤差吸収

連絡先：1) 〒314-0255 茨城県鹿島郡波崎町砂山16-1 TEL: (0479) 46-5128 FAX: (0479) 46-5147

：2) 〒541-0057 大阪府中央区北久宝寺町3-6-1 TEL: (06) 6244-3671 FAX: (06) 6244-3676

こととなる。さらに、供試体Cではボルトの強度区分をA, Bの10.9から4.8に低減させた。また、より実施工に近づけるため、すべての供試体にシール溝およびシール材をとりつけた。

4. 2 実験結果

(1) 挿入荷重

図4に挿入荷重Pと挿入変位δの関係を示す。挿入変位δは嵌合終了位置を0とした。嵌合終了までの挿入挙動として、定性的に以下が推察される(供試体Aのみ図中に表記)。

①T型金具と勾配受け金具が馴染むのに伴い、継手間の摩擦抵抗により荷重が徐々に増加。②継手勾配部が完全に密着する位置から荷重が急激に増加し、仮留めボルトの破断まで継手締結力が導入される。③仮留めボルトがせん断破壊し、荷重が一時減少。④その後、継手締結力の発生により継手間の摩擦抵抗を伴いながら、継手の嵌合を終了。

挿入荷重の立ち上がりは、供試体Aは-60mm、供試体B, Cは-20mm近傍であり、予測どおりの挙動を示している。また、供試体A, Bの最大挿入荷重が、概ね380kNで一致していることから、挿入力をはば一定に管理できることが確認された。さらに供試体B, Cの比較より、仮留めボルトの強度区分を変更することで、容易に継手挿入力を調整できることも確認された。

(2) 継手締結力

挿入変位δと継手締結力Nの関係把握するため、図5に挿入変位δと締結力を計測するために取り付けた、T型金具ウェブ伸び方向の発生歪みε、およびその値より算出した締結力Nの関係を示す。T型金具の発生歪みは、全て図4の挿入荷重の立ち上がりに対応し、仮留めボルトがせん断破壊した時点で、供試体A, Bが600μ、供試体Cが360μであった。その後、継手の嵌合が終了するまで、概ねこの値を維持する挙動を示した。

これらの結果から供試体A, Bの継手締結力は1ヶ所あたり200kN、供試体Cは120kNと算出され、楔理論式どおり、継手勾配が同じであれば、締結力は仮留めボルトのせん断耐力で決まることを確認した。また、継手挿入力も仮留めボルトのせん断耐力に依存しており、本継手を設計する際は、シールドジャッキから決まる挿入力と継手に要求される初期締結力を勘案しながら、仮留めボルトの条件を決定するのが望ましい。

以上より、本継手構造がボルトのせん断耐力により締結力を得ることに加え、その後ボルトをせん断破壊させることで、継手締結力を一定に保ち、さらに継手の製作誤差および施工誤差を吸収する機能を有することを確認した。

5. おわりに

今回の継手嵌合実験により、本継手が誤差吸収機能を有し、締結力を導入可能なボルトレス継手として、十分に実用可能であることを確認した。今後は本継手を実際に試設計したセグメント本体に取り付け、引張りばね値、回転ばね値の確認を行い、試験施工による施工性、組立精度の確認を行う予定である。

表 1 供試体一覧

供試体名	継手勾配	継手誤差	仮留めボルト M8 強度区分
供試体 A	1/10	-2mm	10.9
供試体 B	1/10	+2mm	10.9
供試体 C	1/10	+2mm	4.8

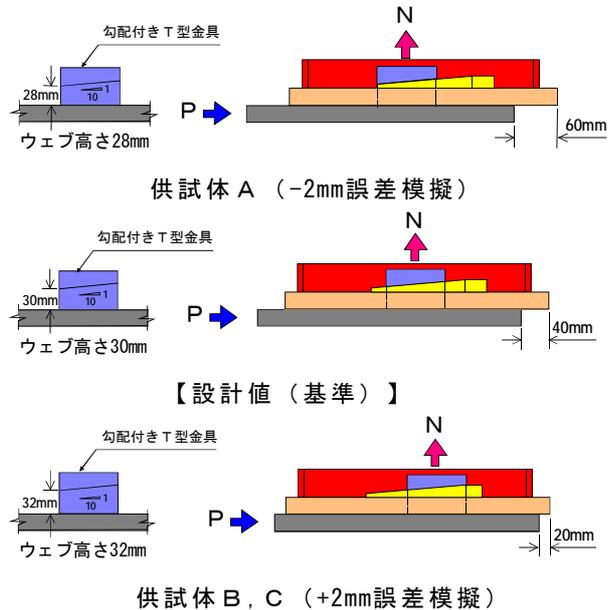


図 3 供試体の締結力導入位置

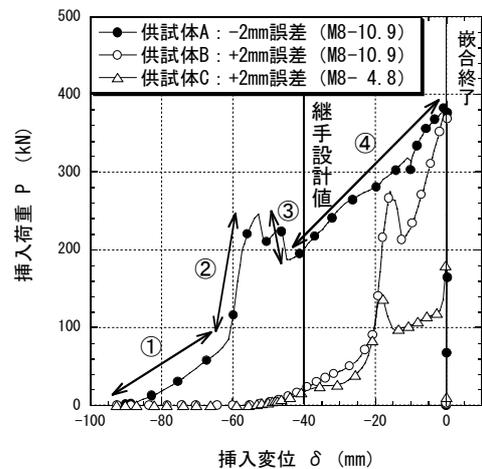


図 4 挿入荷重 P と挿入変位 δ の関係

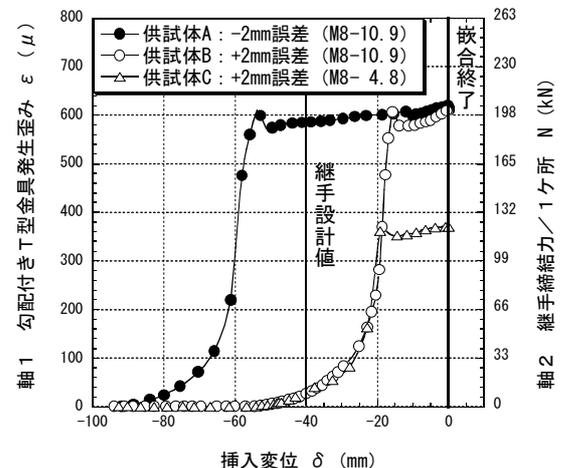


図 5 継手締結力 N と挿入変位 δ の関係