

ライナープレート用急速締結材の開発

日鉄建材株式会社 正会員 ○大高範寛, 阿部幸夫
 日鉄建材株式会社 吉田幸司, 原田剛男, 藤本雄充
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

深礎工法などに用いられるライナープレート（以下「LP」と呼ぶ）は、隣り合う LP 同士を 4 辺のフランジを介し、ボルトで締結する構造である（写真-1）。近年、鉄道・道路・電力分野における基礎工事において、施工時間の制約や労働力不足の観点から、LP の組立て時間の短縮要望が挙がっている。土留壁材としての安全性を低下させることなく、施工時間を短縮することを目的に急速締結材の開発を行った。ここでは、新しい締結材の概要と性能試験結果について報告する。



写真-1 深礎工法用ライナープレート立坑

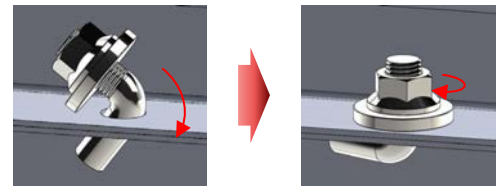
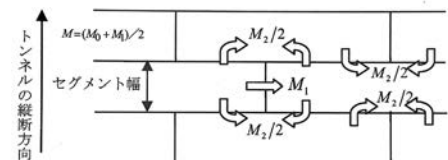


図-1 急速締結方法

2. 急速締結材の概要

ユニット化された急速締結材「エルボルト」は、文字どおりボルトをL字形にした構造であり、図-1 のようにボルトのL形の底部先端からボルト孔に落とし込み、そのままナットを締めるだけのシンプルな構造である。L形の底部先端が LP 壁面に接触することで、ボルトが供回りをすることなく、上面（片側）からのみの作業で締結が可能となる。

図-2 継手による曲げモーメントの伝達のイメージ¹⁾

3. 試験概要

LP 立坑は、一般的に逆巻きで施工を行うため、坑口部分を根巻きコンクリート等で固定した後、順次吊り下げながら組み立てる形式となる。また、LP を千鳥組にすることで、軸方向継手の存在による剛性低下を、円周方向継手を介して隣接する LP に曲げモーメントを伝達することで、補う構造である。これは、図-2 に示すシールドトンネル用セグメントの曲げモーメントの伝達の考え方と同じである。したがって、吊り下げる荷重に対して耐えられるだけの鉛直方向の引張強度と土圧および水圧によって生じる断面力に対して、十分な強度と剛性をもつ構造とする必要がある。これらの検証のため、標準的なボルトを用いた場合とエルボルトを用いた場合の 2 つのケースについて、締結部の引張試験および添接曲げ試験を行った。



写真-2 引張試験状況 写真-3 添接曲げ試験(負曲げ)

1) 締結部の単体引張試験

写真-2 は LP の 1 ピッチ (157mm) 分を模擬した試験体である。引張試験はこれに単純な引張荷重を载荷して行った。

2) 添接曲げ試験

図-3 および写真-3 にコルゲート・ライナー技術協会が規定された添接曲げ試験の载荷方法および試験の状況を示す。試験体 I, II は、1 枚の長さが半分の P-5(L785×W500mm), III, IV には、P-10(L1570×W500mm)を

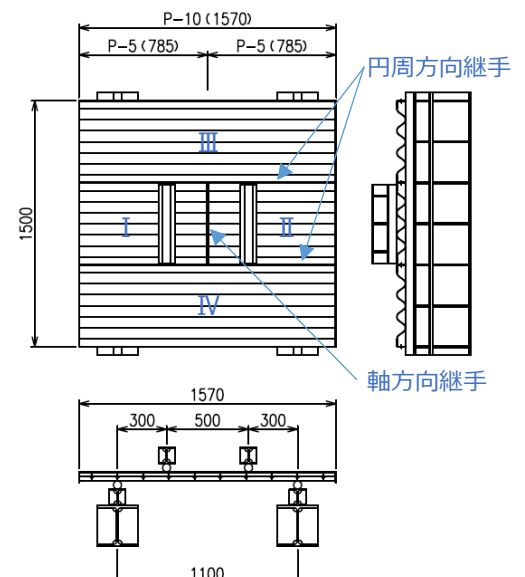


図-3 添接曲げ試験(正曲げ)

キーワード 急速締結, ライナープレート, ボルト, 継手

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 4 丁目 14-1 秋葉原 UDF 日鉄建材株式会社 TEL 03-6625-6250

使用した。試験体はLPを3枚組んで幅1.5mとし、中央の列に軸方向継手を設けている。支承は、3枚組みの全幅を支える水平ローラ支承とし、荷重は、軸方向継手を有する中央列のみを500mmの離隔を取って2線荷重する4点曲げ荷重とした。試験体の諸元は表-1のとおりである。なお、試験では、エルボルトの締付けトルクの違いによる影響等の確認試験も行ったが、紙幅の関係上、本報告では割愛する。

4. 試験結果

1) 締結部の単体引張試験

荷重-変位図を図-4に示す。エルボルトは荷重7kN付近で、標準ボルトに比べて変位が大きくなるものの、15kNを超えるとほぼ同等の挙動を示した。これは、非対称構造であるエルボルトの場合、座金近傍のLPのフランジ部がボルト頭部と片あたりすることより、標準ボルトに比べて、フランジの降伏が早く生じたためと考えられる。なお、荷重後のボルトには、いずれも残留変形はなかった。過去のLP立坑での実績では、ボルト1本あたりに作用する荷重は、最大でおおよそ5.6kN/本であったことから、エルボルトの引張耐力は十分な安全性を確保していると判断される。

2) 添接曲げ試験

図-5に正曲げの場合、図-6に負曲げの場合の荷重と中央部のたわみの関係を示す。図中の水色の直線はLP1枚分の基準降伏荷重を示し、黄色の線は2枚分の、オレンジ色の線は3枚分の基準降伏荷重を示している。これらの図を見ると、正曲げの場合も負曲げの場合も、LP3枚分の基準降伏荷重を超えるまでは、標準ボルトと同等の変形挙動を示していることがわかる。この結果、通常の設計で使用される荷重範囲においては、標準ボルトと同じ設計でよいことがわかった。また、3枚分の基準降伏荷重を超える範囲においては、標準ボルトとの終局耐力に差が見られた。なお、エルボルトの正曲げの場合に、変位100mm近傍で急激に荷重低下が生じているが、これは軸方向継手部のエルボルトが抜け落ちたことによる。なお、円周方向継手のエルボルトの脱落は見られず、軸方向継手部での曲げモーメントの伝達ができないような状態になっても、円周方向継手を介した曲げモーメントの伝達により、脆性的な破壊は抑制されていることが確認された。

5. まとめ

新たに開発した急速締結材「エルボルト」は、LPの実設計で用いられる範囲において、標準ボルトと同等の強度と剛性を持つことがわかった。したがって、「LP設計・施工マニュアル」に基づく標準的な設計法が適用できる。また、許容応力度を超えるような荷重が作用した場合にも、標準的なボルトに比べて変形量は大きくなるが、脆性的な破壊は起こりにくく、目標とする安全性を低下させることなく、施工性を向上させることが可能となった。なお、施工性については、別に実施した組立て試験にて、標準ボルトの約50%の時間での組立てが可能であることを確認している。

参考文献：1)土木学会 トンネル標準示方書 シールド工法編・同解説、2016年制定

表-1 試験体諸元

LP材質	SS330材
LP板厚	2.7mm(軸方向フランジ3.2mm)
標準ボルト	M16×30mm 強度区分 4.6
エルボルト	M16×35mm 強度区分 4.6
特殊座金	φ45×t6mm

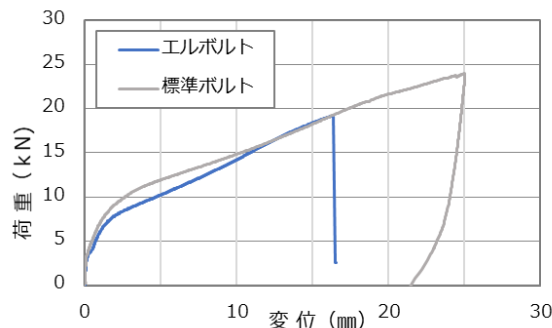


図-4 締結部の単体引張試験

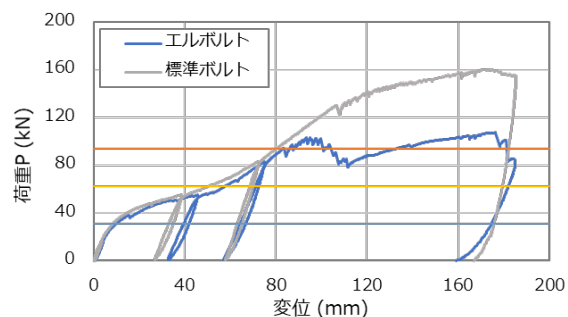


図-5 添接曲げ試験(正曲げ)

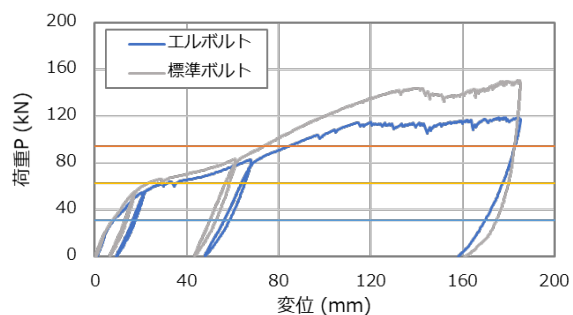


図-6 添接曲げ試験(負曲げ)