

CFRP 筋で補強した曲がりボルト継手の性能確認試験

鹿島建設(株) 正会員 鈴木義信 小坂琢郎 北原雅俊 森下真那人 平 陽兵
 ジオスター(株) 尾上 聡
 日鉄ケミカル&マテリアル(株) 正会員 〇林 悠志 吉澤弘之

1. はじめに

近年、鋼材や鉄筋に代わる補強として、連続繊維を用いたコンクリート部材の利用が増加している。シールドトンネルにおいても、分岐部や合流部構築時の開口部にシールド機で切削可能な連続繊維補強材を用いたコンクリート製セグメントを適用する事例が増えてきている。

筆者らは、シールド機で切削可能な継手として、セグメント組立時に設置したボルトを、継手金物がなく、のちに撤去が可能な曲がりボルトとし、ボルト周囲の補強鉄筋を CFRP 筋に代えた継手構造を考案した。

本稿では、このセグメント継手構造の基本性能を確認する試験を実施したので、その結果を報告する。

2. CFRP 筋で補強した曲がりボルト継手の構造

CFRP 筋で補強した曲がりボルト継手の構造概要を図-1 に示す。従来の RC セグメントに用いられていた曲がりボルト周辺の補強鉄筋の代わりに、フープ形状の CFRP 筋（補強筋 1～3）を曲がりボルトとボルトボックスを囲うように配置した。曲がりボルトを通すシース管にはコルゲート管を用いた。写真-1 に継手部の組立状況図を示す。

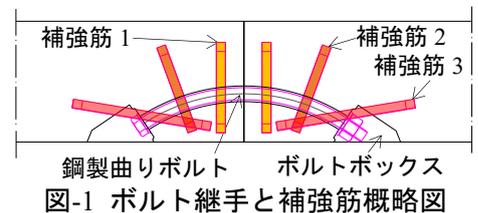
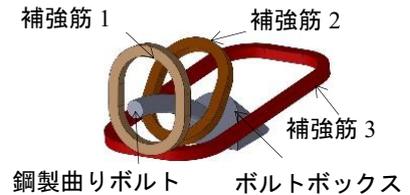


図-1 ボルト継手と補強筋概略図

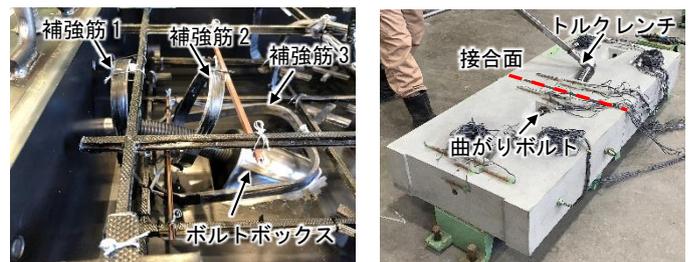


写真-1 継手部の組立状況

写真-2 試験状況

3. 継手引張試験

3.1 試験目的

継手の引張耐力と CFRP 筋の補強効果を確認するため、継手引張試験を実施した。

3.2 試験方法

試験状況を写真-2 に示す。継手引張試験は、長さ 750mm、幅 650mm、高さ 200mm のコンクリート製平板型ブロック 2 体を曲がりボルト（M20、曲がり半径 R=300mm）で連結した試験体に、トルクレンチで軸力を導入して実施した。なお、軸力はトルク換算で計測した。試験に用いた継手の仕様を表-1 に示す。

3.3 試験結果

図-2 に曲がりボルト引張力と補強筋ひずみの関係を示す。引張力が 40kN の時に初期ひび割れが発生し、M20（強度区分 6.8）の短期許容引張力（77kN）を大きく超えて 124kN でコンクリートの圧壊により終局に至った。また、補強筋 1～3 のひずみから、引張力により発生する腹圧力は補強筋 3 本が負担しており、有効に機能していることが確認できた。

表-1 継手仕様の一覧

継手	補強筋1～3
曲がりボルト M20（強度区分6.8）	CFRP筋（C19） 断面積148mm ²

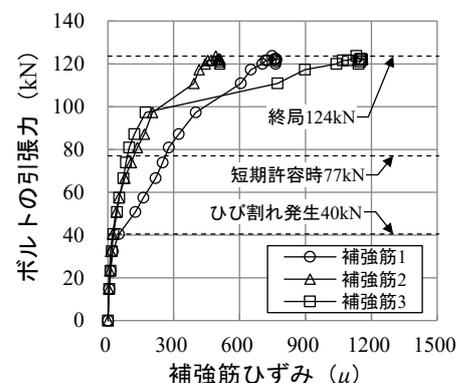


図-2 ボルトの引張力と補強筋ひずみの関係

キーワード シールドトンネル、セグメント、曲がりボルト、炭素繊維筋、継手曲げ試験

連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 日鉄ケミカル&マテリアル(株) TEL03-3510-0343

4. 継手曲げ試験

4.1 試験目的

継手の曲げ耐力確認と CFRP 筋の補強効果を確認するため、継手曲げ試験を実施した。

4.2 試験方法

試験状況を写真-3 に示す。継手曲げ試験は、長さ 1500mm、幅 800mm、高さ 200mm のコンクリート製平板型ブロック 2 体を曲がりボルトで連結した試験体に、曲がりボルトに長期許容応力度相当の引張力を導入した後、自重の影響を受けない 2 点荷重方式で実施した。図-3 に試験概要図を示す。なお、補強筋、主筋およびフープ筋は、継手引張試験と同等の筋材量とした。



写真-3 試験状況

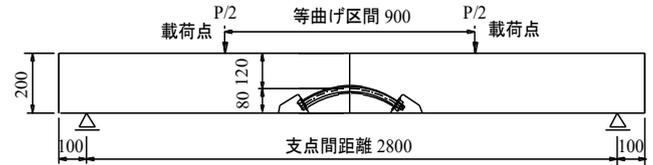


図-3 試験概要図

4.3 試験結果および考察

荷重と変位の関係を図-4 に示す。荷重荷重 35kN の時に曲がりボルトが短期許容応力度に達し、58kN の時に曲がりボルトの降伏で終局に至るといった設計に対し、約 40kN の時にひび割れが発生し、65kN で曲がりボルトが降伏して終局に至った。

図-5 にボルトの引張力と補強筋ひずみの関係を示す。ひび割れが発生した後、補強筋 1, 2 は継手引張試験と同様に、引張力の増加とともにひずみが線形で増加した。一方、補強筋 3 は主筋と同じように試験体に対して水平に配置されているため、ボルトに生じた引張力を負担し、補強筋 1, 2 よりひずみの値が大きくなった。

補強筋 3 とラップしている範囲の引張側主筋のひずみ分布を確認すると、補強筋 3 から主筋へ力が伝達されていることがわかり、ボルトボックス周辺の補強のために配置した補強筋 3 の有効性が確認できた (図-6~8)。

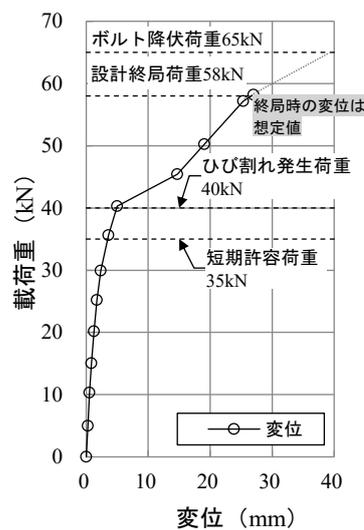


図-4 荷重-変位関係

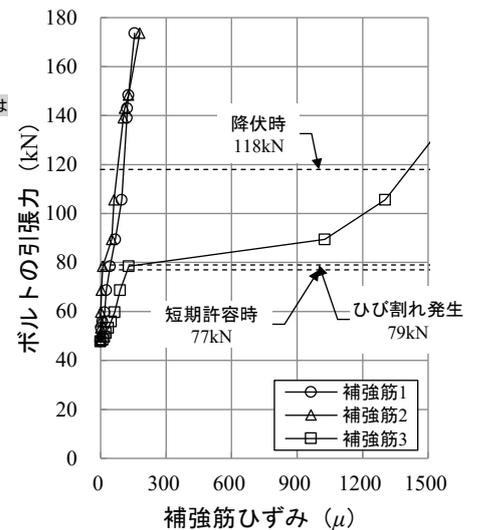


図-5 ボルトの引張力と補強筋ひずみの関係

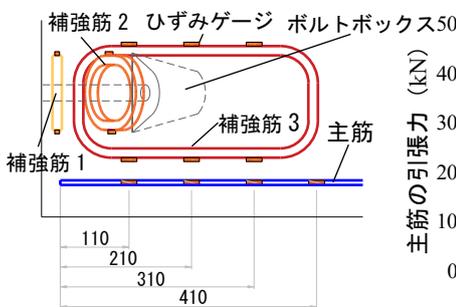


図-6 ひずみゲージ位置

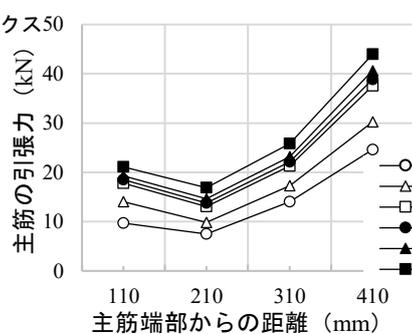


図-7 主筋の引張力分布

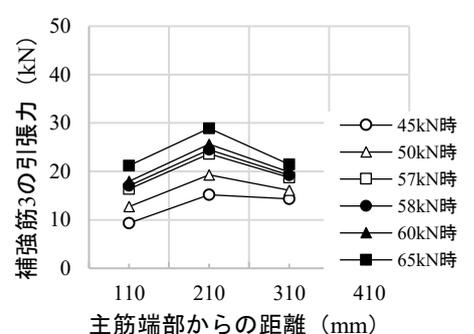


図-8 補強筋3の引張力分布

5. まとめ

継手引張試験および継手曲げ試験により、ボルトの設計降伏荷重に耐える曲がりボルト継手構造が確立できた。今後、この実験結果を踏まえて、CFRP 筋で補強した曲がりボルト継手の実用化を図っていきたい。