

圧縮力の伝達機構を付加した RC セグメント継手構造の開発

阪神高速道路（株） 正会員 ○増本 裕幸 飛ヶ谷 明人 小川 和花
 （株）IHI 建材工業 正会員 小林 一博 山口 隆一 清水 亮一

1. 目的

近年、土地利用の高度化・複雑化が進む都市部において、用地取得の困難さから、シールドトンネルはより地下深くに建設されることが多くなっている。地下深くに建設される等、土被りが大きく、高水圧が作用するような場合は、セグメントに作用する外力が大きくなり、本体部および継手部に発生する軸圧縮力が卓越する傾向がある。本体部は鉄筋量を増加させる等で補強が可能であるが、継手部については補強が困難であった。そこで、継手部に孔あき鋼板ジベルと支圧鋼板で構成される圧縮力伝達材を配置して補強する構造を考案した(図-1)。本稿では、要素試験及び実物模擬試験を通して補強構造の有効性について確認した結果を示す。

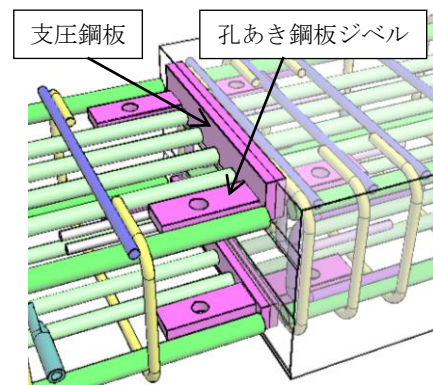


図-1 補強構造

2. 要素試験

補強構造の有効性と圧縮力の伝達機構を確認することを目的に要素試験を行った。試験は図-2 に示す圧縮力伝達材を設置した試験体に上方から載荷する方法とした。要素試験ではジベル形状を変化させ、破壊荷重の増加率を比較した。結果、図-2 に示すような圧縮力伝達材を設置した場合、破壊荷重が最大 25%増加することを確認した。次に、図-3 に載荷面から約 60mm 毎に計測断面を 5 つ設定し、試験体表面・ジベル・軸方向鉄筋に設置したひずみゲージから算出された各部材の荷重分担率を示す。ジベルおよび軸方向鉄筋の荷重分担率は、ひずみとヤング係数、断面積の積から荷重を算出し、載荷荷重で除して求めた。また、コンクリートの荷重分担率は 100%からジベルおよび鉄筋の荷重分担率を差し引いて算出した。図-3 より、載荷面から 300mm の位置のコンクリートの荷重分担率（85.1%）は、240mm の位置から載荷面側の 4 箇所（40mm、110mm、175mm、240mm）のコンクリートの荷重分担率（74.2%～82.3%）より大きいため、ジベルがコンクリートへの圧縮荷重を分担していることが確認できた。

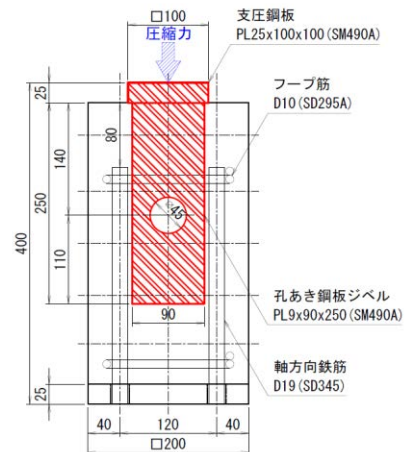


図-2 要素試験体

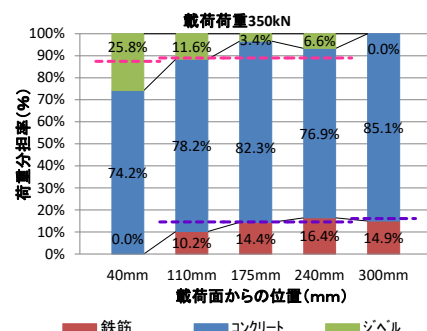


図-3 各部材の荷重分担率

3. 実物模擬試験

要素試験で効果が確認された形状のジベル（図-2）を用いて実物を模擬した試験を行った。図-4 に軸力を導入した継手曲げ試験の概要を示す。導入軸力と試験装置能力の制限から、試験体幅を 900mm とした。図-5 に継手面から約 150mm 毎に計測断面を 4 つ設定し、試験体表面・ジベル・主鉄筋に設置したひずみゲージから算出された各部材の荷重分担率を示す。この時導入した軸力は 5300kN であった。荷重分担率は要素試験と同様の方法で算出した。図-3, 5 の約 100mm の位置でのジベルの荷重分担率を比較すると 11.6%と 10.7%, 約 250mm の位置では 6.6%と 6.9%と同程度の荷重分担率を示しており、要素試験結果と同様にジベルが圧縮荷重

キーワード RC セグメント, 軸力卓越, 継手部補強, シールドトンネル

連絡先 〒553-0003 大阪市福島区福島 7 丁目 15 番 26 号 阪神高速道路（株） 大阪建設部 TEL 06-6136-6440
 〒130-0026 東京都墨田区両国 2 丁目 10 番 14 号 （株）IHI 建材工業 TEL 03-6271-7237

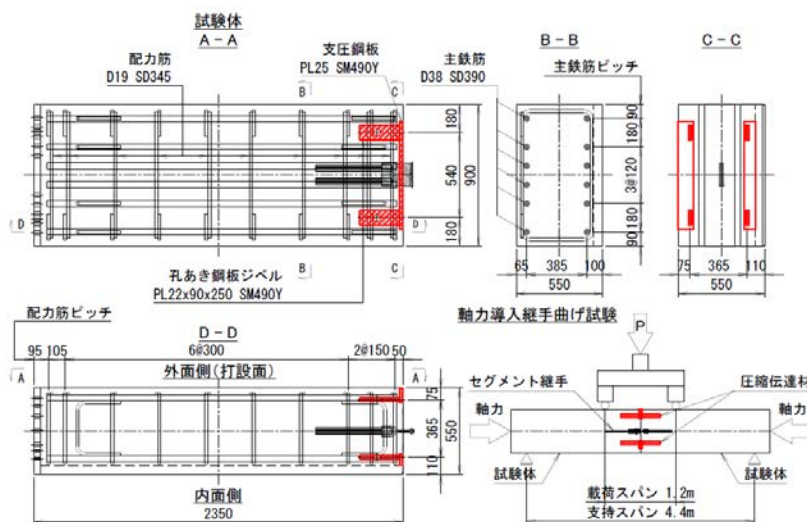


図-4 軸力導入継手曲げ試験の試験体と載荷方法

を分担していることを確認できた。

図-6 に導入軸力 5300kN 時の継手面から 100mm の位置でのひずみ分布を示す。図-6 より、計測ひずみがほぼ一直線状に分布していることからジベル・鉄筋・コンクリートが一体的に挙動していることを確認した。よって、軸力卓越の条件下において、継手部を、圧縮力伝達材を配置した複鉄筋コンクリート断面として設計が可能であると推察される。なお、今回の試験体仕様で一般的に応力度の算定に用いるヤング比 $n=15$ を用いてジベル・鉄筋・コンクリートの断面積とヤング係数の積から供試体の圧縮剛性を算定した場合、補強したものは約 25% 程度向上した結果となった。

図-7 に軸力を導入しない継手曲げ試験（補強試験体と無補強試験体の 2 体）の破壊までのモーメントと鉛直変位の推移を示す。結果、補強試験体の最大モーメントと最大変位は無補強試験体と比較して増加した。これは圧縮力伝達材を配置することで支圧鋼板によって継手面の角部コンクリートが保護されることが一因と考えられる（写真-1, 2）。なお、継手部に圧縮力伝達材を配置することで、継手部付近の鋼材比が部分的に高くなり、破壊形態が異なることが懸念されたが、目視等での性状確認の結果、補強の有無による違いは確認されなかった。

4. まとめ

軸力を導入した継手曲げ試験の結果から、本稿で考案した補強構造は、従来コンクリートのみで圧縮力を負担していた継手部において、孔あき鋼板ジベルを用いることでジベルがコンクリートと一体で挙動し、約 10% 程度コンクリートの荷重分担率を下げることを可能であることを示した。本構造を用いることで、RC セグメントの適用範囲を拡大できる可能性があり、経済的な設計を行うことも可能となるだろう。また、軸力を導入しない継手曲げ試験（破壊試験）の結果から、支圧鋼板による角部の保護によりアンカー筋降伏後、破壊に至る過程での粘り強さの向上といった副次的な効果も確認された。本稿の技術が今後のシールドトンネル技術への貢献の一助となれば幸いである。

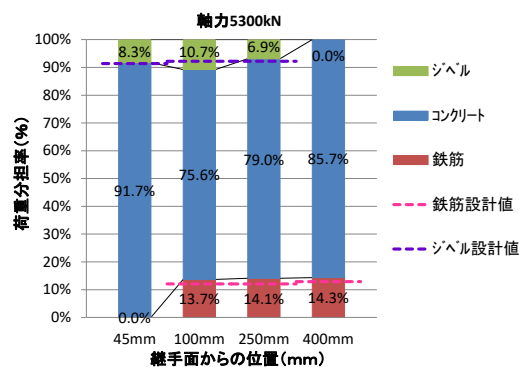


図-5 荷重分担率

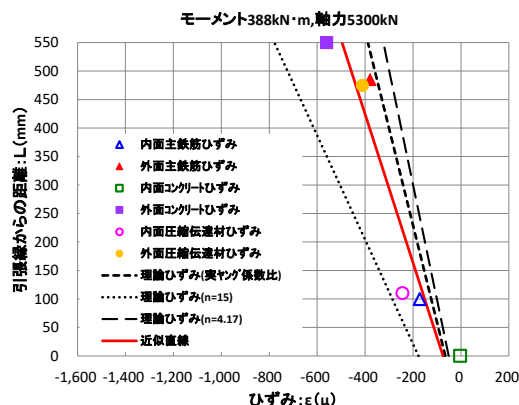


図-6 ひずみ分布（継手面から 100mm）

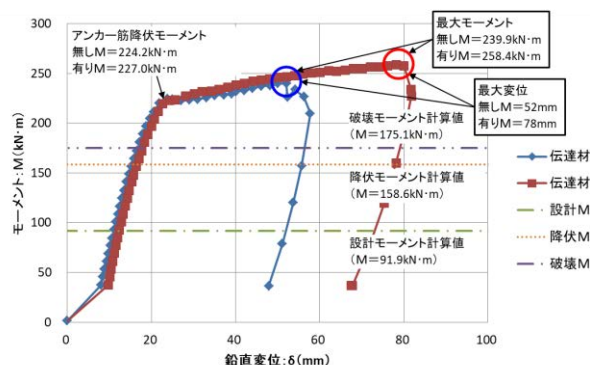


図-7 軸力導入なし継手曲げ試験結果

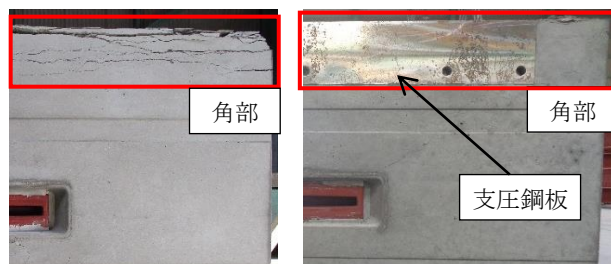


写真-1 補強無し継手部

写真-2 補強有り継手部