

圧縮鋼材を配置した RC セグメント継手部補強構造の開発

阪神高速道路㈱ 正会員 ○小川 和花 飛ヶ谷 明人 増本 裕幸
J F E 建材㈱ 長岡 省吾 西山 桂樹

1. はじめに

近年、都市部の過密化や用地取得が困難となってきたことによりシールドトンネルは地下深くに建設される傾向にある。これに伴いセグメントリングには高い軸圧縮力が作用する。トンネル覆工材として、一般的に圧縮に強いとされる RC セグメントの適用を考えた場合、セグメント本体部は鉄筋とコンクリートの合成構造で応力を負担するのに対し、セグメント継手部ではコンクリートのみで応力を負担する。このため高圧縮力下では、セグメントの厚みは継手部で決定される場合がある。そこで本稿では、継手部に“圧縮鋼材”を設置することで、継手部圧縮力をコンクリートと圧縮鋼材で負担する新たな合理的セグメント端部構造について提案する。

2. 構造案と要素試験

圧縮鋼材は鋼板に鉄筋を溶接にて取り付けた写真-1のような構造を考えた。これを継手部に配置することで、圧縮鋼材（鉄筋）でも圧縮力を負担することによりコンクリートの発生応力の軽減を図る。



写真-1 圧縮鋼材

圧縮鋼材の鉄筋長を変化させた場合のコンクリート応力低下率を検証するため、要素試験を行った。要素試験体は写真-2 に示すように幅 400mm、高さ 550mm、長さ 1200mm の供試体に圧縮鋼材を埋め込み、試験体に荷重を載荷することで、コンクリートの応力低減効果を確認した。なお、圧縮鋼材の鉄筋長は、ケース①12・D(D は鉄筋径)、ケース②15・D、ケース③9・D、ケース④圧縮鋼材配置無しとした。

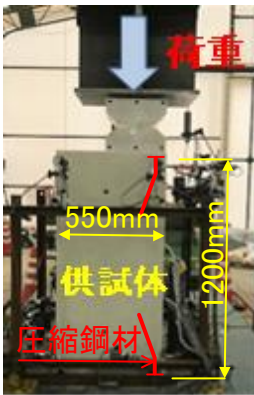


写真-2 要素試験状況

表-1 は最終計測荷重（4000kN 載荷時）の各ケースのコンクリート発生応力とケース④を比較したコンクリート応力低減効果を整理したものである。圧縮鋼材の鉄筋長が 12・D 以上で顕著なコンクリート応力低減効果を確認した。

表-1 圧縮鋼材（鉄筋）長さによる結果一覧

供試体	圧縮鋼材長 (mm)	コンクリートひずみ(μ)	コンクリート応力低下率
ケース①	456 (12・D)	910	13.6%
ケース②	570 (15・D)	895	15.1%
ケース③	342 (9・D)	1069	0.0%
ケース④	無し	1054	-

3. 軸力導入継手曲げ試験

要素試験の結果を踏まえ、実物大のセグメントを模擬した継手曲げ試験を実施した。圧縮鋼材の鉄筋長は要素試験結果をふまえて 15D とした。導入軸力は PC 鋼棒で導入可能かつ、試験設備などの関係から軸力 6000kN を最大とし、幅 650mm、桁高 550mm、長さ 2100mm の供試体 2 ピースを接続して試験を行った。支点スパンは 3800mm、載荷スパンは 1100mm とした (図-1)。

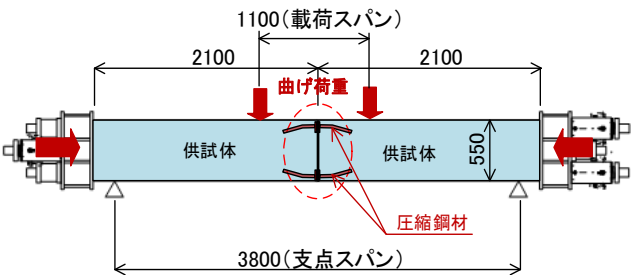


図-1 継手曲げ試験概要

キーワード RC セグメント、圧縮鋼材、継手部コンクリート応力低下

連絡先 阪神高速道路㈱大阪建設部 〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島 7-15-26 (大阪 YM ビル) TEL 06-6136-6440
JFE 建材㈱セグメント技術部 〒108-0075 東京都港区港南 1-2-70 (品川シーズンテラス) TEL 03-5715-7890

表-2 軸力導入時の曲げ荷重

導入軸力 (kN)	曲げ荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
2000	586.4	423.9
4000	824.4	584.6
6000	634.9	456.7

コンクリート短期許容応力度27 N/mm²

試験は表-2 に示す通り導入軸力 2000kN, 4000kN, 6000kN の3パターンとし、軸力を一定に保った状態で曲げ荷重を載荷した。載荷は継手部コンクリートが短期許容応力度 27N/mm²に達するまでとし、弾性挙動を確認するため、各3回の繰り返し載荷を行った。

図-2 に各導入軸力下における圧縮側コンクリートひずみ(平均値)の試験結果を示し、計測位置を図-3 に示す。

図-2 には試験結果とともに各導入軸力下で圧縮鋼材を鉄筋とみなした場合のコンクリートひずみの理論値をあわせて示している。各軸力下での試験結果は理論値(圧縮鋼材有りの試算値)と比較しても小さいひずみ量となっており、圧縮鋼材が無い場合の理論値とは異なった結果を示していた。この結果から、圧縮鋼材を配置することで、圧縮鋼材を鉄筋とみなした断面と同等の耐力を有することが示された。

なお、導入軸力が 2000kN 時の理論値が他のケースと異なる理由は、載荷する曲げ荷重の増加に伴い、断面に引張域が生じてくるため中立軸位置が変化し、圧縮域が減少することによる。そのため、載荷される荷重に対するコンクリートひずみが大きくなる傾向にある。

また、表-3 には導入軸力が 6000kN 時の圧縮鋼材による理論値に対するコンクリートひずみ低下率を示している。表-3 から 15%程度の低減効果が確認でき、要素試験時の結果と近似していることも確認できた。

試験体は安全を考慮して軸力開放の条件下で曲げ荷重のみで最終破壊するまで載荷した。破壊後の試験体を確認したが、継手面に設置した圧縮鋼材付近からのクラックやコンクリートの剥離等は見られず、継手金物(コーンコネクター継手)の引張による降伏で破壊していた。

4. まとめ

圧縮鋼材を 15D の長さで継手面に設置することによりコンクリートの圧縮力負担を約 15%低減でき、鉄筋として考慮した RC 断面による理論値と概ね一致することを確認した。本技術によって、従来、設定した継手部の圧縮力許容値を超えた場合、圧縮鋼材の配置によって圧縮力が許容値内に収まり、RC セグメントの適用範囲を拡大できる可能性がある。本技術が今後のシールドトンネル技術への貢献となれば幸いである。

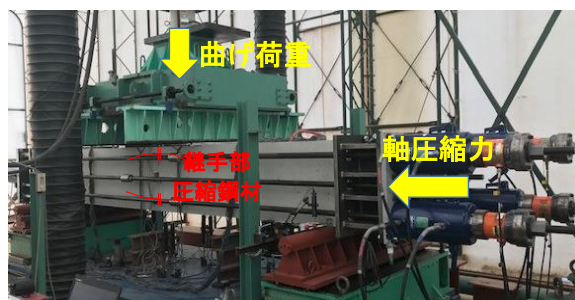


写真-3 軸力導入継手曲げ試験状況

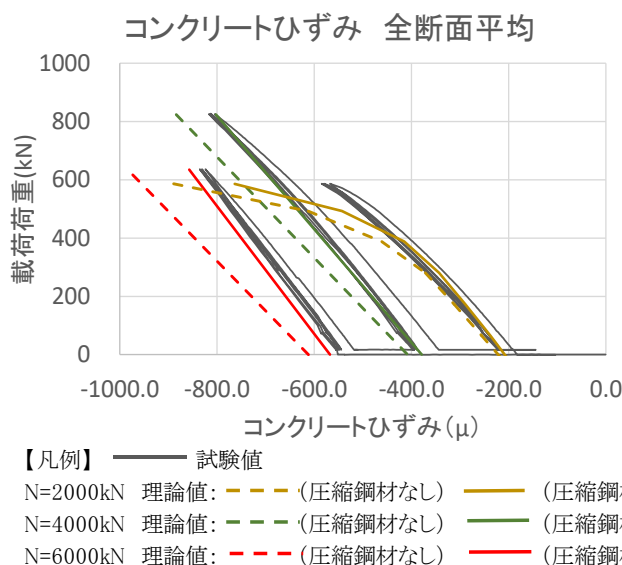


図-2 曲げ荷重とコンクリートひずみの関係

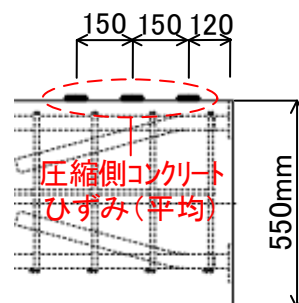


図-3 コンクリートひずみ計測位置

表-3 圧縮鋼材によるコンクリート発生ひずみの低減効果 (N=6000kN)

軸圧縮力 (kN)	曲げ荷重 (kN)	コンクリートひずみ (μm)		圧縮鋼材による コンクリート ひずみ低下割合
		理論値 圧縮鋼材なし	実験値 圧縮鋼材あり	
6,000	300	787	668	15.1%
	600	963	812	15.6%