複合アーチ型シールドトンネルにおける隅部セグメントの開発(その2)

配筋に関する解析的検討

㈱大林組 正会員 武田 篤	史
㈱大林組 正会員 前田 知	就
㈱大林組 正会員 佐藤 清	

1. はじめに

複数の異なる曲率を組み合わせたセグメントによる複合アーチ型シールドトンネルは、矩形断面に比べてセグメントの桁高低減を図りつつ、円形断面に比べて必要な空間を確保するための掘削断面を小さくできる利点を有する. 一方で、地震時には曲率半径の小さい隅部に腹圧力が作用することが予想されるため¹⁾、この隅部に関して、鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント(以下、SFRCセグメント)の特徴を考慮した配筋を検討した.本稿では、その隅部の適切な配筋についてFEM解析により検討した結果について述べる.

2. 解析の概要

解析検討対象とした隅部セグメントを図-1 に示す. セグメントの配 筋は平行配筋のみを有するもの(配筋 A),配筋を隅部でクロスさせて 内側主筋を外側主筋位置で定着させたもの(配筋 B),平行配筋を帯鉄 筋により補強したもの(配筋 C),クロスさせた配筋を帯鉄筋により補 強したもの(配筋 D)の4ケースを比較検討の対象とした. それぞれの 配筋の FEM 解析モデルを図-2 に示す.またセグメントは一般に梁部材 として設計を行うことから,平行配筋のみを考慮してモデル化したフ ァイバーモデルを比較対象とした.荷重条件は図-2 に合わせて示すと

おり, 片側をピン支持, もう片側をピンローラー支持とし, セグメントを開く方向の曲げ(正曲げ)を生じさせる条件 とした. 解析にはコンクリート構造物の非線形 FEM 解析プ ログラム "FINAL"を使用した. 解析に用いたパラメータ 及び材料構成則は表-1, 図-3 に示すとおりである.

3. 解析結果とその考察

荷重の載荷点における水平荷重 P と水平変位δの関係 を図-4 に示す.配筋 A では鉄筋初降伏時の水平荷重がフ ァイバーモデルの約57%となり,配筋 B~D と比べて負担 できる水平荷重が極端に小さくなっていることが分かる. 内側主鉄筋を隅部でクロスさせて外側主鉄筋の位置で定 着させた配筋 B,隅部に帯鉄筋を入れた配筋 C では配筋 A に比べて鉄筋初降伏時の水平荷重が大きくなっており耐 力が向上しているが,ファイバーモデルと比べると耐力 は不十分であり,梁部材としての耐力が得られていない ことが分かる.帯鉄筋と主鉄筋のクロスを併用した配筋 D では配筋 B,Cに比べてさらに耐力が向上し,ファイバー モデルでの解析による耐力値を満足しており,梁部材と



キーワード SFRC セグメント,シールドトンネル,腹圧力,隅部配筋,FEM 解析 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 構造技術研究部 TEL 042-495-1085 しての設計が可能であることを示している.

配筋 A~D のモデルの隅部付近の主要なひび割れ図を図 -5 に示す. 配筋 A では、曲率半径の小さい隅部で、セグ メントの厚さ方向に進行する通常の曲げひび割れだけで なくセグメント軸線方向に近い角度のひび割れが多く発 生していることが分かる.これは隅部に正の曲げモーメン トが作用するときに内側の引張応力の作用方向が変化す ることによって生じる腹圧力の影響によるものと考えら れる.この腹圧力はセグメントの内被りを内側へはく落さ せる向きに作用するが、配筋 A ではこの腹圧力に抵抗する 鉄筋が無いことが、耐力低下の原因となっていると考えら れる.一方 B~D の配筋では,配筋 A で見られたようなセ グメント隅部の内側に進行する軸線方向のひび割れが見 られなくなっており、これらのひび割れの拡大がクロスさ せた主筋や補強筋によって抑えられているのがうかがえ る.

図-5中の2つの矢印はそれぞれ各FEMモデルでの鉄筋の 初降伏位置とファイバーモデルでの鉄筋の初降伏位置を 示す. 配筋 A での鉄筋の初降伏位置は隅部の曲率半径が最 も小さい部分であるのに対し, 配筋 B, C では配筋 A に比 べてセグメント厚が薄い側に寄っており, 配筋 D ではファ イバーモデルにおける鉄筋の降伏位置よりさらに端部寄 りで降伏している. 隅部に入れた補強筋とクロス配筋によ って主筋の降伏位置が端部寄りに移動することで、降伏 位置と水平荷重の作用線の間の距離(水平荷重によるモ ーメントのアーム長)が短くなることも耐力向上に寄与 しているものと考えられる.

配筋A~Dの鉄筋初降伏時の鉄筋応力コンター図を図-6 に示す. 配筋 B~D に関しては鉄筋のクロス部や帯鉄筋部 でも引張力を負担しており、腹圧力に抵抗していること がうかがえる.これらの配筋によって図-5に示したよう に特にセグメント軸線方向のひび割れ幅の拡大が抑えら れ,耐力が向上したものと考えられる.





4. おわりに

シールドトンネルのセグメントの設計が梁部材として行われているのをふまえ, FEM モデルとファイバーモデル による解析の比較を通じて、曲率半径の小さな隅部を有するセグメントの適切な配筋について検討した.その結果、 セグメントの内側主筋を隅部でクロスさせて外側主筋の位置で定着し、隅部に補強筋を入れることで梁部材として の耐力が得られることが分かった.

参考文献 1) 前田, 武田, 佐藤, 吉田: 複合アーチ型シールドトンネルにおける隅部セグメントの開発(その 1)設計的課題, 土 木学会第65回年次学術講演会概要集(投稿中),平成22年9月

2)株式会社大林組,建設技術審査証明事業(一般土木工法)報告書 高機能 SFRC セグメント,平成 20 年 11 月

-452-