| | 鉄 | 建 | 建 | 設 | 技 | 裄 | 研 | 究 | 所 | 正会員 | 柳 | 博文 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|----|
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|----|

- 日本道路公団試験研究所 正会員 城間博通
- 日本シヒ、ックコンサルタント 正会員 斉藤正幸
- 鉄建建設技術研究所 正会員 松岡 茂

1.はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を用いた覆工の変形挙動を把握する目的で,砂金ら ⁻⁾は実大供試体 を用いた載荷実験を実施している.この載荷実験は鋼繊維の混入率を一定(0.5%)とし,鋼繊維長(60mm・ 30mm)と覆工厚(30cm・20cm)をパラメータとしたものである(表 - 1).その載荷実験結果によると,鋼 |繊維を混入するとひび割れ発生後の変形挙動が大きく改善され,ひび割れ発生後も荷重は増加した.また, ひび割れ発生後の変形挙動は、鋼繊維の長さにより異なることも実験結果で確認された。そこで、SFRC の力学特性と覆工の変形挙動との関係を明らかにする目的で,数値解析による検討を実施した.

2. 解析モデル

「SFRC柱部材の設計指針(案)」(土木学会編)によ ると,鋼繊維を混入してもコンクリートの強度はほとんど 変化しない.ただし,鋼繊維混入により引張強度あるいは 圧縮強度以降の変形挙動が改善される.特に,コンクリー トの応力がひび割れ発生強度である引張強度に達した後の

引張破壊特性に対する鋼繊維の効果は顕著である. 砂金らの実験条件では、覆工部材に曲げが卓越す るために複数の曲げひび割れが観察されている. 以上のことから,数値解析ではコンクリート中の ひび割れの発生・進展を考慮することができる益 田ら²⁾が提案している解析モデルを使用した.こ の解析モデルでは、コンクリートの強度特性以外 に引張破壊特性を表す引張軟化曲線が必要となる. 計算に使用した引張軟化曲線は,覆工の載荷実験 時にコンクリートの強度管理として行われた曲げ タフネス試験結果から「SFRC柱部材の設計指 針(案)」で記述されている方法で算定した.図-1に計算に使用したSFRCの引張軟化曲線を示 す.鋼繊維長が長くなると図-1に示すようにひ び割れ面で伝達される応力が無くなる限界ひび割 れ幅が大きくなる傾向がある.つまり,鋼繊維長 が長い方がひび割れ発生後の引張応力の低下率が 小さい.なお,コンクリートの圧縮特性は鋼繊維

実験ケース 表 - 1

| | 鋼繊維長(mm) | 覆工厚(cm) |
|-------|----------|---------|
| Case1 | 60 | 30 |
| Case2 | 30 | 30 |
| Case3 | 60 | 20 |



キーワード:ひび割れ,数値解析,鋼繊維,トンネル覆工 連絡先:鉄建建設(株)技術研究所,〒286-0825 成田市新泉 9-1 日本道路公団試験研究所,〒194-8508 町田市忠生 1-4-1 TEL 042(791)1621 FAX 042(792)8650 日本シビックコンサルタント(株), 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 TEL 03(5604)7527 FAX 03(5604)7558

TEL 0476(36)2355 FAX 0476(36)2380

混入の影響を受けないものと仮定し、「コン クリート標準示方書」(土木学会編)に準拠し て定めた.

載荷実験では,実トンネルで想定される地 盤反力を考慮してSLから10~40°の範囲に 油圧ジャッキによる反力を供試体に与えてい る.そこで,解析では油圧ジャッキが設置さ れている個所を線形のばね支承としてモデル 化し,そのばね係数は載荷実験で得られた油 圧ジャッキの荷重と変位量との関係から定め らた.また,計算領域は載荷実験の対象条件 を考慮して実大供試体の1/2の領域とした. 3.実験および解析結果

図 - 2 に載荷点である天端部の変位量と荷 重との関係を示す.図中の破線は実験結果を, 実線は解析結果を示している.なお,載荷実 験では供試体に初期軸力を導入していること



図 - 3 ひび割れ発生状況(解析結果)

から,図-2に示す変位の原点を初期軸力導入時点としている.図-3に解析で得られた計算終了時点での ひび割れ発生状況を示す.

解析結果によると覆工に発生するひび割れの発生位置および順序は,覆工厚および鋼繊維長に関係なく同様の傾向を示した.ひび割れは,最初に載荷点である天端部の内側から発生し,その後,アーチ肩65°付近の外側,40°付近の内面側の順序で発生した.ひび割れ発生状況については,載荷点である天端部分以外は 複数のひび割れが発生している.覆工厚30cmの解析結果によると,鋼繊維長によるひび割れ発生状況の違いはほとんど見られない.覆工厚20cmの場合には,30cmのものと比較してアーチ肩65°付近のひび割れ発 生状況に差異が見られる.具体的には,20cmの場合にはひび割れ幅が大きくかつ,ひび割れ本数についても 多くなっている.全ての解析結果で,曲げひび割れ断面の圧縮側領域にひび割れ発生領域が接線方向に生じ ている.このひび割れ領域における最大主応力は圧縮応力となり,その値はコンクリートの圧縮強度に達し ていることから,圧縮側コンクリートに生じる斜めひび割れであると考えられる.載荷実験においても,解 析結果とほぼ同様の位置で,圧縮応力によると推定される斜めひび割れの発生が確認されている.

図 - 2 に示すように同一覆工厚であれば,鋼繊維長が異なっても荷重 - 変位曲線の初期の挙動はほとんど 同じである.計算結果によると覆工にひび割れが発生し,新たなひび割れの発生が見られなくなると荷重 -変位曲線は鋼繊維長による相違が顕著になる.解析結果の最大値は,曲げひび割れ断面の圧縮領域における ひび割れ領域により決定されている.図 - 2 に示すように解析結果は実験結果の傾向を近似しており,SF R C 覆工の変形挙動は引張軟化曲線に大きな影響を受けているものと判断される.

4.まとめ

以上のように,覆工部材に曲げモーメントが卓越するような荷重状態の変形挙動について数値解析を行った.その結果,SFRCの特徴である引張軟化曲線を考慮した数値解析結果は,実験結果の変形挙動および 最大荷重を良く近似していることが判明した.この結果から,曲げモーメントが卓越するSFRC覆工の最 大耐力および変形挙動はSFRCの引張軟化曲線に支配されているものと考えられる.

【参考文献】

1) 真下,砂金ら:トンネル覆工の力学的特性に関する実験的考察,第55回年次学術講演会投稿中

2) 松岡ら:ひび割れ発生・進展に支配されたコンクリート構造物の解析モデル,土木学会論文集、No.620, -43,1999.5.