鋼繊維補強鉄筋コンクリート（RSF）セグメントの合理的設計および品質管理

大成建設株式会社　土木設計部　正会員　○長崎　了，　正会員　加藤　隆
大成建設株式会社　土木技術研究所　正会員　福浦　尚之，　正会員　三桶　達夫

１．はじめに

鋼繊維補強鉄筋コンクリート（RSF）セグメントは，鋼繊維補強効果を考慮した設計によって主鉄筋を低減し，配力鉄筋を省略できる合理的・経済的な構造となる可能性が既往の研究成果[1)]より示されている．また，近年はコスト縮減と高速施工の観点からセグメント幅を広くすることが望まれるなど，セグメントの合理的な設計が望まれている．

そこで本研究では，既往の研究[1)]よりも主鉄筋を低減し，文献 2）で決定される RC セグメントの最小鉄筋比（p_{min}=0.5%）以下とするのに加え，幅広（桁高 150mm，幅 1300mm）化した RSF セグメント（図-1）のはり載荷試験および平板載荷試験を行い，RSF セグメントの耐力および配力鉄筋の省略による応力分散効果への影響の評価を行った．

２．RSF 部材の設計および引張軟化曲線の特性化

RSF 部材の設計では，コンクリートの引張応力ひずみ関係として，鋼繊維の架橋効果による引張軟化特性を考慮している．本研究では，最小鉄筋比の RC セグメントと同程度の耐力を確保することを目的として，RSF セグメントの主鉄筋比を RC セグメントの最小鉄筋比の 80%とし，鋼繊維を 0.4%vol 混入することとした．図-2 に RC セグメント（図中①）と RSF セグメント（②）の曲げモーメント-曲率（M-φ）関係を示す．なお，比較のために RSF セグメントと同一の主鉄筋比とした RC セグメント（③）の M-φ関係も併せて示す．最小鉄筋比を満足しない③は，ひび割れ発生荷重からほとんど荷重が増加することなく終局荷重に達するが，②はひび割れ発生後，鋼繊維により耐力が向上するため，①と同等以上の耐力を有している．

なお，上記設計計算に用いる引張軟化曲線は，鋼繊維の混入量，分散性，ならびに配向性の違い等に依存するため，引張軟化曲線のばらつきの影響を考慮する必要がある．鋼繊維混入率 0.4%vol の場合において，破壊エネルギー試験を多数実施し，引張軟化曲線の特性値を求めた[3)]．試験結果，平均曲線，特性化曲線を図-3 に示す．このグラフより引張軟化曲線は指数関数で近似され，その特性値は平均化された曲線の 0.59 倍である．RSF 部材の引張軟化曲線の設計値として，特性化した引張軟化曲線を用いることで，ばらつきを考慮した設計が可能である．

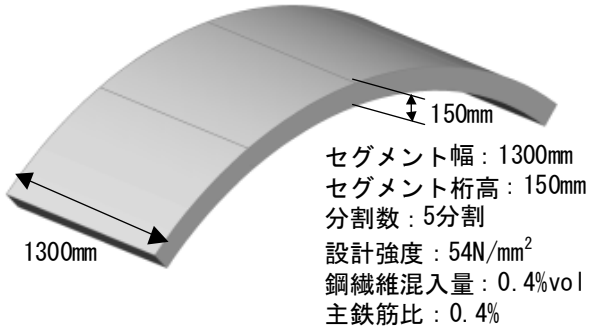


図-1　RSF セグメントの概要

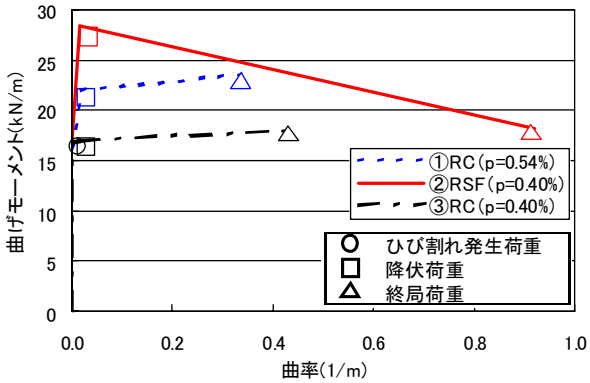


図-2　断面性能(M-φ関係)比較

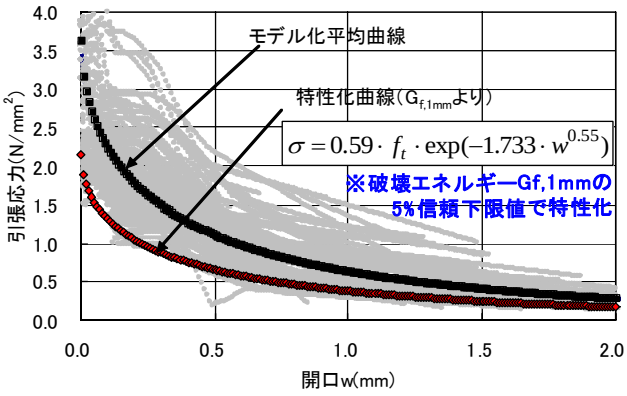


図-3　引張軟化曲線の平均曲線および特性化曲線

３．試験概要および試験結果

(1) はり載荷試験

主鉄筋を低減した場合の耐力を評価するため，以下に示すはり載荷試験を行った．図-4 に試験体の諸元を示す．試験体は前述した配筋量（単鉄筋）・鋼繊維混入量の RC，RSF はり試験体の 2 ケースであり，試験は各ケース 3 体ずつ行った．有効高さはそれぞれ RC が 108mm，RSF が 110mm である．試験より得られた荷重-変位関係を図-5 に示す．RSF は RC と

キーワード　鋼繊維補強鉄筋コンクリート，RSF，引張軟化曲線，セグメント，主鉄筋比
連絡先　〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1　大成建設㈱土木本部土木設計部設計計画室　TEL：03-5381-5420

同程度の耐力を有することが確認でき，主鉄筋を RC の最小鉄筋量以下とした場合にも脆性的に破壊しないことが確認できた．また，両試験体とも等曲げ区間のひび割れ分散性，ひび割れ幅は同程度であった．

(2) 平板載荷試験

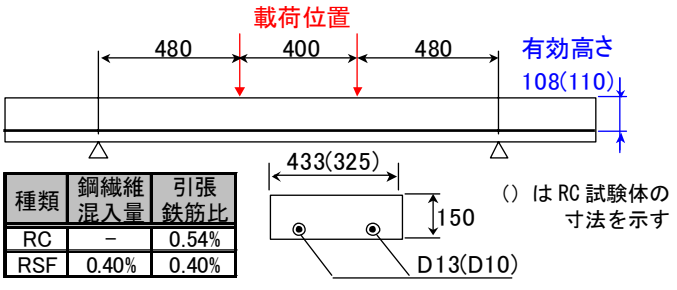
配力鉄筋を省略した場合の応力分散効果を確認するために，リング継手部に局所荷重を鉛直下向きに作用させる平板載荷試験を行った．**図-6** に試験体の寸法と配筋状況を示す．試験体は，配力鉄筋として D10@200 を配置した RC 平板試験体，配力鉄筋を配置しない RSF 平板試験体の 2 体とし，寸法は両試験体とも幅 1300mm，曲げスパン 2700mm，高さ 150mm である．なお，本試験体は実物セグメントと同様に上側鉄筋を配置している．試験により得られた荷重-スパン中央たわみ関係を**図-7** に，ひび割れ発生前および発生後の荷重レベル（15kN，40kN）における主鉄筋ひずみの幅方向分布を**図-8** に示す．**図-7** より，RSF の降伏荷重は RC と同程度であることが分かる．また，**図-8** より両試験体とも主鉄筋が応力を均等に分担しており，鋼繊維の架橋効果によって良好な応力分散効果が得られたと考えられる．なお，RSF は RC と比較して，主鉄筋のひずみが小さく引張を負担していない．これは，鋼繊維の架橋効果が発揮されたためだと考えられる．

4．まとめ

はり載荷試験結果より，RSF セグメントの主鉄筋比を RC セグメントの最小鉄筋比の 80%とした場合でも，鋼繊維を 0.4%vol 混入することで最小鉄筋比を確保した RC と同等の耐力を有することが確認できた．また，RC セグメントと同様に脆性的な破壊が生じないことも確認できた．平板載荷試験の結果より，RSF セグメントは，配力鉄筋を省略しても鋼繊維の架橋効果によって，配力鉄筋を配置した RC セグメントと同程度の応力分散効果を確保出来ることが確認できた．今後，実構造物への適用事例を通じてより多くのデータを蓄積していく予定である．

参考文献

1) 三桶ら：鋼繊維補強コンクリートを用いた実大セグメントの構造実験および解析，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.2，pp.1261-1266，2009.
2) 土木学会：セグメントの設計，トンネル・ライブラリー第 6 号，1994.
3) 土木学会：鋼繊維補強鉄筋コンクリート製セグメントの設計・製作技術に関する技術評価，2010.



種類	鋼繊維混入量	引張鉄筋比
RC	–	0.54%
RSF	0.40%	0.40%

図-4 試験体寸法および配筋

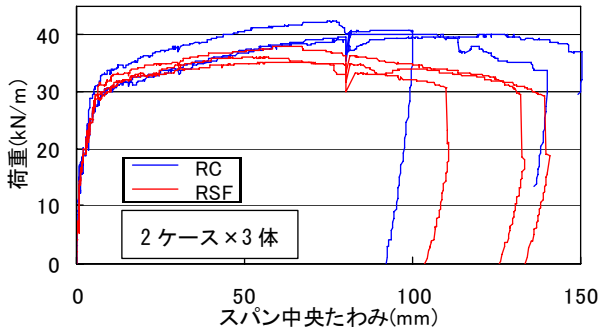


図-5 荷重-スパン中央たわみ関係

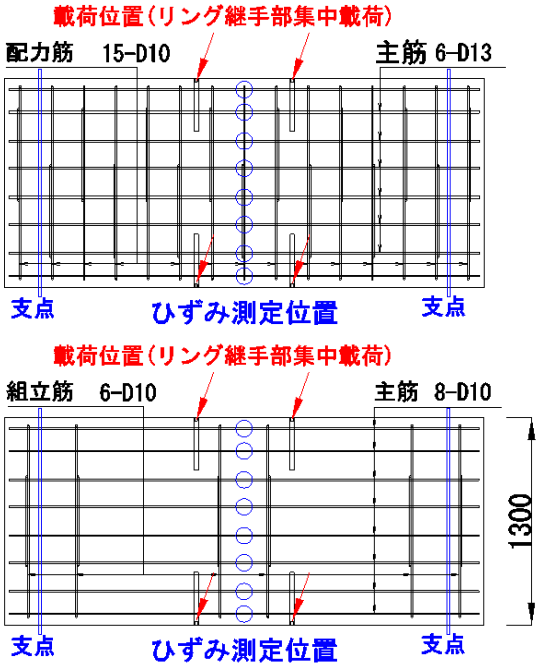


図-6 試験体寸法および配筋(上：RC，下：RSF)

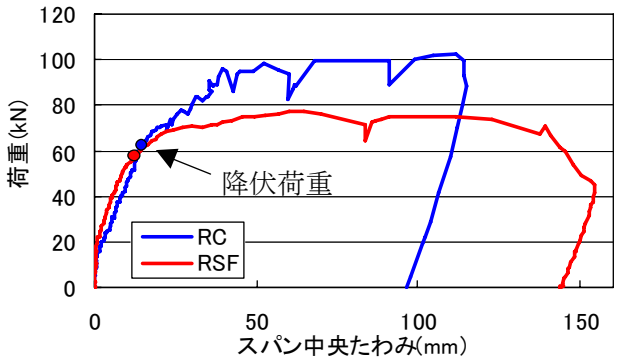


図-7 荷重-スパン中央たわみ関係

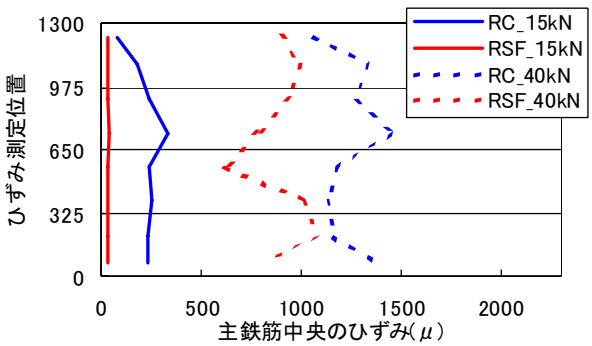


図-8 主鉄筋ひずみの幅方向分布