

鋼繊維材料を用いた RC 橋脚の耐震補強実験評価

九州工業大学 学生会員 ○井上 敦雄 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
九州工業大学 正会員 合田 寛基 大日本コンサルタント(株) 正会員 清水 英樹

1. はじめに

鋼繊維補強材料は、非常に大きな靱性を有する材料である。これを従来の RC 構造物の補強に使用することで、耐震性だけでなく、耐久性についても向上効果が得られることが既往の研究から判明している。ここでは、鋼繊維補強材料の使用量を少量に留めて、十分な効果が得られる方法を考案する。

2. 試算による評価

図-1 に供試体諸元および形状、表-1 に材料諸元を示す。供試体は、一般的な RC 単柱式橋脚を想定してモデル化しており、主鉄筋比および帯鉄筋比は、破壊形態が曲げ破壊型となるように設定している。図-2 に本研究における検討断面を示す。No.1 は普通 RC 柱であり、No.2, 3 は柱基部から 700mm の断面全域が鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）のもの、No.4 は効率的な高靱性材料の使用法を検討するため、柱基部から 350mm の柱外周面にのみ鋼繊維補強モルタル（以下、SFRM）を使用したものである。No.2 には鋼繊維の単位体積混入率 1.0%、No.3 には 1.6% の SFRC を使用し、No.4 には単位体積混入率 2.0% の SFRM を使用している。

試算は、道路橋示方書に基づいて行った。ただし、普通コンクリートの応力-ひずみ関係は、Mander らの提案式を使用した。鋼繊維補強材料を用いるケースでは、終局時にもかぶりコンクリート部分を計算に含めた。また、鋼繊維補強材料は、繊維による応力架橋効果により、引張側における応力の負担も期待できる材料であるが、今回の試算では引張力を考慮しなかった。さらに、試算では応力が最大圧縮応力の 30% まで低下した点でのひずみを終局ひずみと定義し、圧縮側最外縁ひずみが終局ひずみに達した時の変位を終局変位とした。

図-3 に試算によって求めた水平荷重-水平変位関係を示す。試算の結果、今回の仮定の下では、いずれのケースでも、No.1 に比べ最大荷重が 5% 程度上昇し、変形性能についても、1.1~1.6 倍程度の向上が見られる。これは試算上では圧縮域がほぼ鋼繊維補強材料の範囲であることから、鋼繊維補強材料の強度、終局ひずみが結果に大きく影響しているためである。特に No.4 では圧縮強度が大きいと断面内の釣り合い計算時に、中立軸が圧縮側に大きく寄り、その結果算出される曲率が大きくなるため終局変位が大幅に向上している。

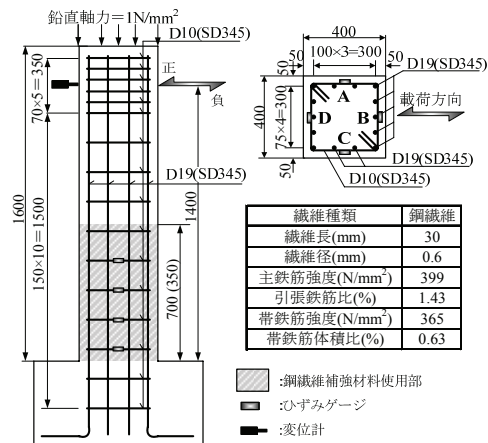


図-1 供試体諸元及び形状

表-1 材料諸元

供試体番号	No.1	No.2	No.3	No.4
普通コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)	30.3	39.3	36	24.9
鋼繊維補強材料				
圧縮強度 (N/mm ²)	-	39.2	41	68.1
引張強度 (N/mm ²)	-	-	-	3.6
鋼繊維混入率 (体積比) [%]	0	1	1.6	2

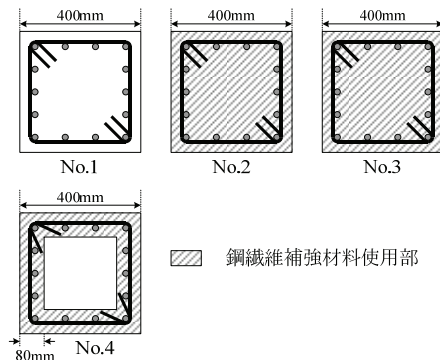


図-2 検討断面

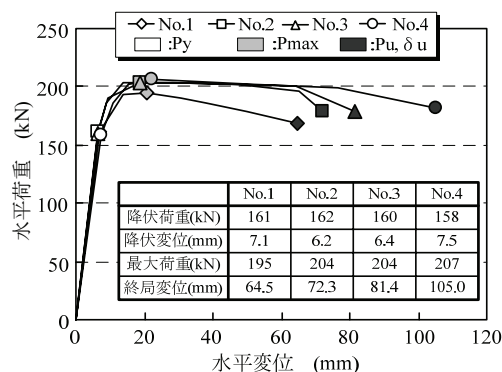


図-3 試算結果

キーワード 鋼繊維補強モルタル, 靱性, 巻き立て補強

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 工学部建設社会工学科 TEL093-884-3123

3. 実験概要

実験は正負交番荷重により行った。荷重は引張側主鉄筋が降伏するまでは荷重制御を行い、それ以降は降伏変位 (δ_y) の整数倍を変位制御により実施した。なお、各荷重ステップの繰返し回数は1回とし、最大荷重以降で荷重が降伏荷重 (P_y) に低下した時点を終局荷重 (P_u) と定義し、荷重が $0.5P_{max}$ に低下した時点で実験を終了した。また、実構造物の死荷重を考慮し、柱供試体の上面より 1.0N/mm^2 相当の一定軸力を載荷した。

4. 実験結果及び考察

図-4 に実験における水平荷重-水平変位関係を示す。SFRC を使用した No.2, 3 では No.1 に比べ、終局変位が約 20mm 向上し、SFRM を使用した No.4 では約 40mm 向上しており、鋼繊維補強材料を用いることで柱部材の靱性を向上することが可能であり、特に No.4 のように柱基部の限定的な使用でも十分に効果が得られると考えられる。

実験結果と試算結果を比較すると最大荷重、終局変位とも精度良く評価できている。今回の試算では鋼繊維補強材料による引張力の負担を考慮していない。図-5 に No.4 での実験値と試算値の比較を示す。引張力を考慮した試算では引張力を考慮しない場合に比べ試算結果の最大荷重が上昇し、実験結果を過大評価している。また、最大荷重以降、荷重が急激に低下する現象が見られる。この原因として図-6 に示す様に、最大荷重となる変位 20mm 時点では引張側に使用した鋼繊維補強材料が引張力を負担しているが、変位が進むにつれて断面内の中立軸が圧縮側に移動することで引張ひずみが急増し、変位 40mm 時点で引張縁からかぶり 50mm の範囲ではひずみが 0.04 を越えており、このとき鋼繊維補強材料の引張応力は 0 となる。このため引張側で鋼繊維補強材料が引張力を負担できなくなる事が考えられる。このため、鋼繊維補強材料による引張力を考慮しない試算の方が実験との対応は良い。

図-7 に No.4 の変位 17.8mm 時点での損傷状況を示す。図より引張縁において、最大で幅 1.0mm を越えるひび割れが発生しており、実際はこの時点でも引張力を負担できていないと考えられる。

以上のことから柱のような断面幅の大きい部材では鋼繊維補強材料による十分な引張力の負担は期待できないと思われる。

5. まとめ

- 1) 柱基部から 350mm の柱外周面 80mm に SFRM を用いた供試体では、普通 RC の供試体に対し 50%、SFRC を用いた供試体に対し 15%の終局変位の向上が確認された。
- 2) 試算と実験を比較した結果、鋼繊維補強材料の引張力を考慮しない試算によって実験値を精度よく評価できており、柱のような断面幅の大きい構造物では鋼繊維補強材料による十分な引張力の負担は期待できないと考えられる。

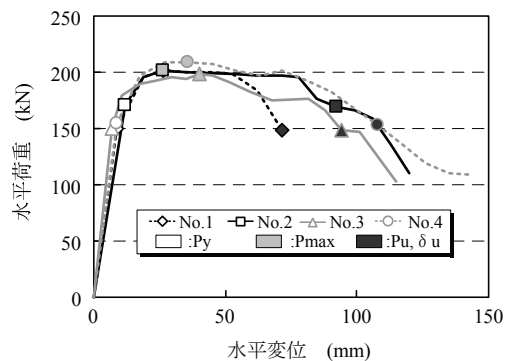


図-4 水平荷重-水平変位関係(実験値)

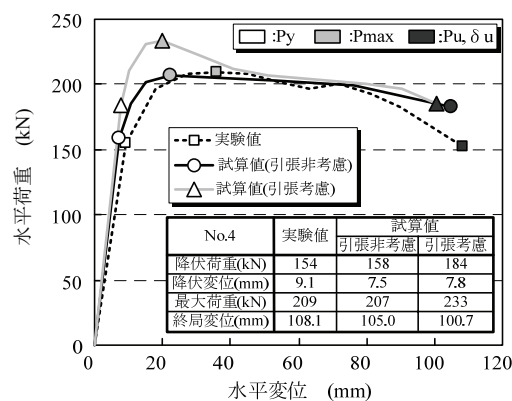


図-5 試算における引張力の影響 (No. 4)

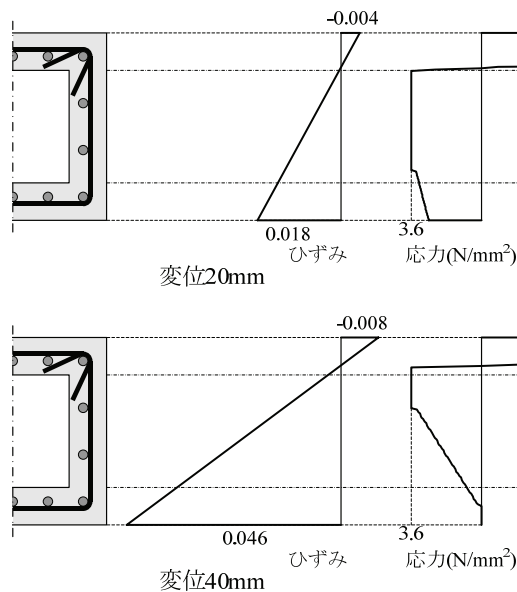


図-6 断面内ひずみ(試算)

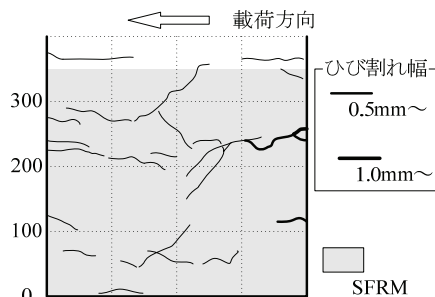


図-7 損傷状況 (2 δ_y :17.8mm)