

鋼繊維補強コンクリート RC 部材の曲げ耐力に及ぼす鉄筋比の影響に関する研究

岐阜大学大学院
岐阜大学大学院
岐阜大学

学生会員
非会員
正会員

○井口 裕介
本田 貴之
内田 裕市

1. 研究の目的と背景

既往の研究によれば、鋼繊維補強コンクリート RC 部材 (SFRC はり部材)の曲げ耐力に対する引張分担力は鉄筋比に依存し、鉄筋比が低いほど SFRC の引張分担力が小さくなることが報告されている。

SFRC はり部材の曲げ耐力の算定に用いる SFRC の引張応力-ひずみ曲線として、図-1 に示すモデルが提案されている¹⁾。SFRC はひび割れ発生後、引張応力が低下するが、その後も鉄筋降伏時の引張応力を保持し続ける性質を持っている。この影響については、応力の低減係数 β で定義されており、鉄筋比との関係は図-2 に示す通りである。本研究では、SFRC の引張分担力の鉄筋比依存性を再確認するために、SFRC はり部材の曲げ載荷試験を行った。

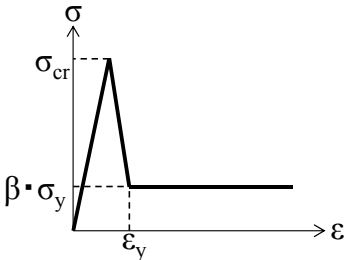


図-1 モデル化された SFRC の引張応力-ひずみ曲線

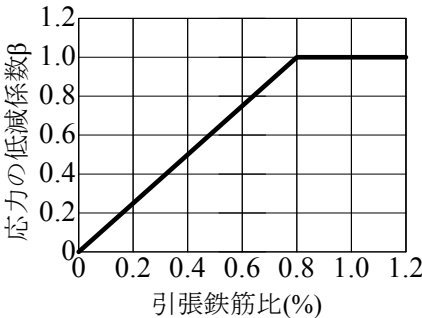


図-2 応力の低減係数と引張鉄筋比の関係

2. 実験概要

2.1. 試験体の寸法と条件

本研究では、鉄筋比、繊維混入率、乾燥の有無をパラメータとした SFRC はり部材を作成し、曲げ載荷試験を行った。

図-3 に試験体の寸法と載荷条件を示す。部材の平均曲率を計測するにあたり、曲げひび割れの間隔が大きい場合、できるだけ等曲げ区間の長さを大きく取ることが望ましいと考え、本実験では等曲げ区間の長さを有効高さの 5 倍とした。表-1 に試験体の条件を示す。かぶりを一定として、2 種類の鉄筋(D10, D13)を用いる。鉄筋比はそれぞれ 0.46%, 0.83%である。繊維の混入率は 0%, 0.5%, 1.0%とした。また、乾燥の有無を条件として加えた。1 条件に対して 2 体ずつ、計 24 体の試験体を作成し、曲げ載荷試験を行った。

また、本実験では試験体を 2 ヶ月間乾燥させ、乾燥ありの試験体は全て 300 μ 程度の乾燥収縮が生じた。

2.2. 実験結果

図-4 にモーメント-曲率曲線の実験値とコンクリートの引張を無視した計算値を示す。図中の赤線は繊維混入率 0%, 青線は繊維混入率 0.5%, 緑線は繊維混入率 1.0%である。繊維を入れることで、ひび割れ発生以降の剛性、鉄筋降伏時のモーメントが増加していることがわかる。また、

表-1 試験体の条件		
鉄筋比(%)	繊維混入率(%)	乾燥の有無
0.46	0	あり
		なし
	0.5	あり
		なし
	1.0	あり
		なし
0.83	0	あり
		なし
	0.5	あり
		なし
	1.0	あり
		なし

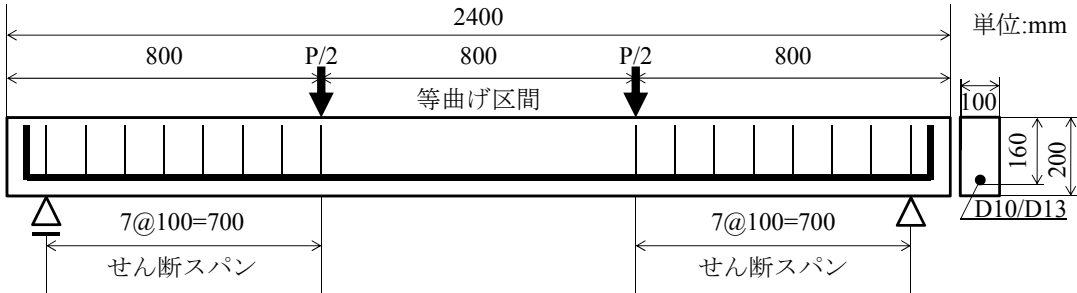


図-3 試験体の寸法と載荷条件

乾燥ありの試験体は乾燥なしの試験体に比べ、ひび割れ発生時のモーメントが低下し、鉄筋降伏時の曲率が大きくなっている。これは、乾燥収縮がモーメント-曲率曲線に影響を及ぼす典型的な挙動である。

図-5 にモーメント-曲率曲線の逆解析により求められた SFRC の引張応力-ひずみ曲線を示す。図-5 より、繊維混入率 0.5% の場合、鉄筋比によらず同程度の引張応力となった。よって、繊維混入率 0.5% の場合も、コンクリートの引張分担力の鉄筋比依存性は確認されなかった。一方、繊維混入率 1.0% の場合、 $p=0.46\%$ の引張応力は $p=0.83\%$ の引張応力の 70% 程度となっており、引張分担力の鉄筋比依存性が確認された。

3. 考察

鉄筋比による引張応力の変化の原因として、等曲げ区間内のひび割れ本数の違いに着目した。 $p=0.46\%$ 、繊維混入率 1.0% の試験体では、等曲げ区間内のひび割れ本数は 4~7 本(4 試験体の平均ひび割れ本数は 5.25 本)であった。また、 $p=0.83\%$ 、繊維混入率 1.0% の試験体では、等曲げ区間内のひび割れ本数は 7~9 本(4 試験体の平均ひび割れ本数は 6.75 本)であった。一方、 $p=0.46\%$ 、繊維混入率 0.5% の試験体では、等曲げ区間内のひび割れ本数は 4~5 本(4 試験体の平均ひび割れ本数は 4.25 本)であった。また、 $p=0.83\%$ 、繊維混入率 0.5% の試験体では、等曲げ区間内のひび割れ本数は 4~5 本(4 試験体の平均ひび割れ本数は 4.75 本)であった。繊維混入率 1.0% の試験体は、鉄筋比が高い場合にはひび割れ本数が増えていた。また、鉄筋降伏時のひび割れ幅の違いに着目すると、 $p=0.46\%$ 、繊維混入率 1.0% の試験体では 0.251mm であったのに対し、 $p=0.83\%$ 、繊維混入率 1.0% の試験体では 0.218mm であった。一方、繊維混入率 0.5% の試験体では鉄筋比によらず 0.280mm であった。繊維混入率 1.0% の試験体は、鉄筋比が高い場合にはひび割れ本数が増え、ひび割れ幅は小さくなっていた。繊維混入率 0.5% の試験体は、相対的に繊維量が少なく、ひび割れ発生に対して十分に抵抗できず、鉄筋比が高い場合でもひび割れ本数は増えず、ひび割れ幅も小さくならなかった。

図-6 に繊維補強コンクリート RC 部材に引張力が作用した時のひび割れ状況の模式図を示す。ひび割れパターン 1 は複数のひび割れが発生し、ひび割れパターン 2 は 1 本のみのひび割れが発生した状況である。部材全体の伸びが等しい場合、ひび割れパターン 2 のひび割れ幅は、ひび割れパターン 1 よりのひび割れ幅より大きくなる。繊維補強コンクリートでは、ひび割れ面に繊維による架橋応力が存在する。図-7 に示す繊維補強コンクリートの引張軟化曲線より、ひび割れ開口変位が大きくなると、引張応力が小さくなることは明らかである。したがって、図-6 のひび割れパターン 2 のようにひび割れ幅が大きくなると、繊維による架橋応力は小さくなり、その結果曲げ耐力が低下したと考えられる。

参考文献

1) 三桶達夫, 堀口賢一, 福浦尚之, 丸屋剛, 服部佳文: 繊維補強鉄筋コンクリートを用いたシールドセグメントの設計手法, コンクリート工学, Vol.48, No.10, pp.18~26, 2010 年 10 月

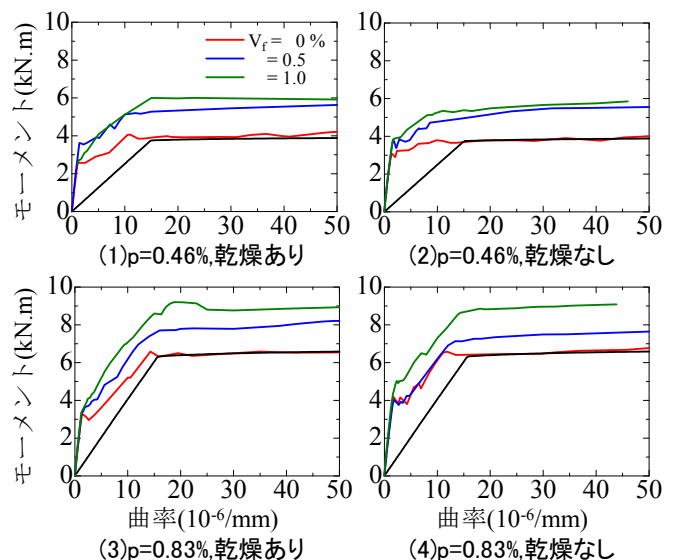


図-4 モーメント-曲率曲線

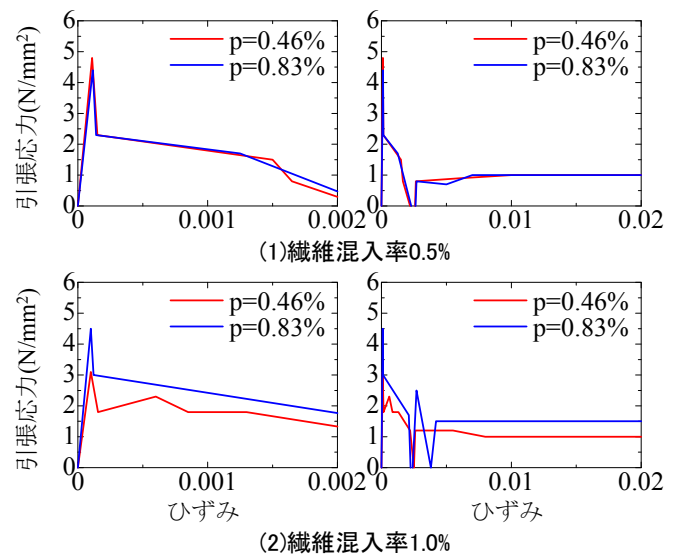


図-5 引張応力-ひずみ曲線

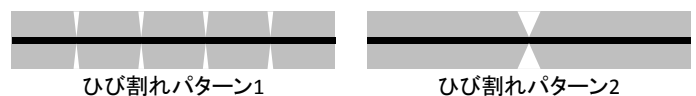


図-6 繊維補強コンクリートに引張力を加えた後のひび割れ発生状況

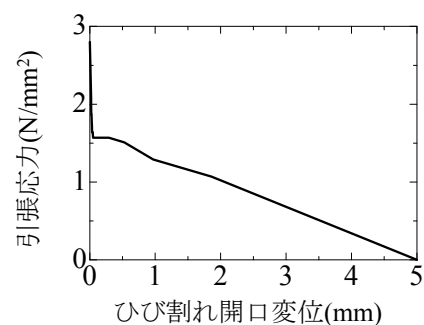


図-7 引張軟化曲線