

鉄筋を併用した短繊維補強コンクリートのひび割れ特性に関する基礎的検討

三井住友建設(株) 正会員 ○竹山 忠臣 恩田 陽介
佐々木 亘 篠崎 裕生
岐阜大学 正会員 内田 裕市 黒田 宗之

1. はじめに

短繊維補強コンクリートに関する研究は古くから実施されており、コンクリート中に短繊維を混入させる目的の一つにひび割れ幅の抑制が挙げられる。国内で実用化されている短繊維補強コンクリート（以下、FRCC）の代表的な例として、圧縮強度の特性値が150N/mm²以上、鋼繊維を2vol.%程度混入した超高強度繊維補強コンクリート、一般的なコンクリートと同程度の圧縮強度のコンクリートに鋼繊維を混入し、せん断耐力の向上が期待できる鋼繊維補強コンクリートなどが挙げられる。

コンクリート中に混入した短繊維が効果を発揮するのは、ひび割れ発生後である。しかし、FRCCは一部の限定的な材料以外、使用状態でひび割れ発生後の繊維の架橋効果を考慮されていないのが現状である。ひび割れ発生後の繊維の架橋効果を考慮した部材設計を行うことができれば、より合理的な設計ができるものと考えられる。

本検討では、鉄筋とFRCCを併用した部材を対象とし、圧縮強度と引張軟化特性をパラメータとした鉄筋とFRCCの両引き試験を行うことで、繊維の架橋効果およびひび割れ特性を検討した。

2. 試験体

図-1に試験体を示す。1辺が120mmの正方形断面の中心にD19の異形鉄筋を配置し、試験体の長さは1500mmとした。鉄筋の材質はSD345とした。また、鉄筋とコンクリートの付着性能を低下させず、鉄筋応力を測定するために、鉄筋にひずみゲージを試験体中央の一箇所のみ設置した。試験体数は、1水準2体とした。

3. 試験パラメータ

本検討で実施した試験体一覧および試験パラメータ（圧縮強度、引張軟化特性）を表-1、図-2に示す。圧縮強度は、試験時の目標圧縮強度を40、80N/mm²の2水準、引張軟化特性は目標圧縮強度40N/mm²の水準の試験体はA、B（AよりもBが引張軟化特性は優れている）の2水準を設定した。目標圧縮強度80N/mm²の試験体はB水準よりも引張軟化特性の優れたC水準も採用し、A、B、Cの3水準とした。目標圧縮強度40と80N/mm²のプレーンコンクリート（PL）も採用した。繊維は、繊維長30mm、繊維径0.62mm、引張強度1100N/mm²で両端にフック加工が施された鋼繊維を使用した。いずれも予備試験練りを実施し、A、B水準は圧縮強度が異なっても、それぞれで引張軟化特性は同程度になるように、繊維混入量を調整した。その結果、図-2に示す通り、おおよそ想定通りの引張軟化特性が得られた。

4. 実験結果

本検討では、試験体中央のひずみゲージを設置した位置に、試験前に割裂引張力を与えひび割れを導入¹⁾

キーワード FRCC、架橋効果、引張軟化特性、ひび割れ特性

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設 TEL 04-7140-5200

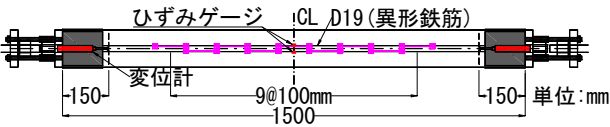


図-1 試験体

表-1 試験体一覧

試験体名	試験パラメータ		
	目標圧縮強度(N/mm ²)	目標引張軟化特性	
		引張軟化水準	繊維混入量(vol.%)
40-PL	40	PL(プレーン)	-
40-A		A	0.5
40-B		B	1
80-PL	80	PL(プレーン)	-
80-A		A	0.35
80-B		B	0.75
80-C		C	1.5

してから、試験体側面に検長長さ 100mm のパイ型変位計を設置し、両引き試験を実施した（図－1）。

図－3 に試験体中央で測定されたひび割れ幅と鉄筋ひずみの関係を示す。本検討では、事前に導入した試験体中央のひび割れの近傍に新たなひび割れが発生する試験体もあった。このため、本検討におけるひび割れ幅（開口幅）は、1 本ないし複数本のひび割れを含んだ値である。図より、鉄筋ひずみとひび割れ幅の関係には、線形的な関係があり、鉄筋ひずみに比例してひび割れ幅が増加している。これは、引張軟化特性が異なっても同様の傾向が認められる。ここで、鉄筋コンクリート部材のひび割れ幅は式 (1) より求めることができる。

$$w = l(\varepsilon_s - \varepsilon_c) \quad (1)$$

ここに、 w ：ひび割れ幅(mm)、 l ：ひび割れ間隔(mm)、 ε_s ：鉄筋の平均ひずみ、 ε_c ：コンクリートの平均ひずみ

図－3 には、コンクリートのひずみを無視し、ひび割れ間隔 l をかぶり c の 4 倍とした場合の計算値を示す。図より、図中の勾配がひび割れ間隔となり、ひび割れ間隔は、かぶりの 4 倍程度になっている。

図－4 に試験体側面で測定していたパイ型変位計の内の最大値と荷重の関係を示す。40 シリーズおよび 80 シリーズのいずれも同様に、引張軟化特性が高い水準ほど、

同一荷重時の最大ひび割れ幅は小さくなっていることが分かる。特に、80 シリーズは引張軟化特性が高くなるにつれて、同一荷重時のひび割れ幅は、顕著に小さくなっていることが分かる。これより、鉄筋と FRCC を併用する場合、ひび割れ面の鉄筋ひずみとひび割れ幅には一定の相関があり、FRCC の架橋力の分担分により、鉄筋ひずみとひび割れ幅を低減することができる。

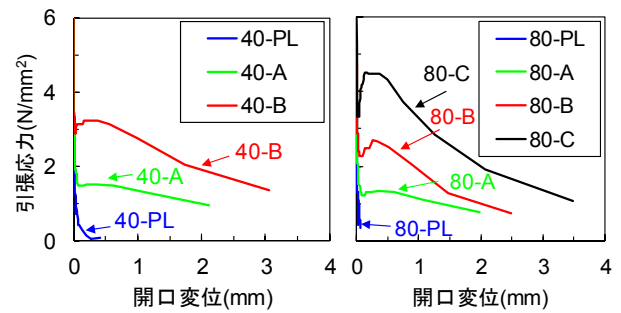
5. まとめ

本検討では、鉄筋と FRCC を併用し、FRCC に用いる圧縮強度、引張軟化特性を変化させた場合の両引き試験を実施した。本検討で得られた知見を以下に示す。

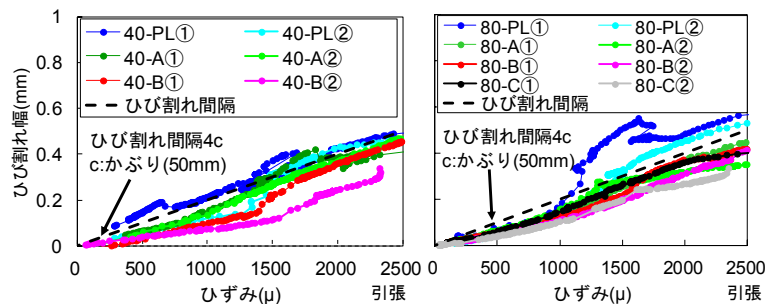
- ・鉄筋と本検討の範囲の FRCC を併用した場合、圧縮強度と引張軟化特性がひび割れ間隔に与える影響は小さく、従来の普通コンクリートと同程度であった。
- ・鉄筋と本検討の範囲の FRCC を併用した場合、ひび割れ面における鉄筋ひずみとひび割れ幅には一定の相関があり、FRCC の架橋力の分担分により、鉄筋ひずみとひび割れ幅を低減できる。

参考文献

- 1) 竹山, 佐々木, 篠崎, 内田：鉄筋と短繊維補強コンクリートのひび割れ特性に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, 2018 (投稿中)



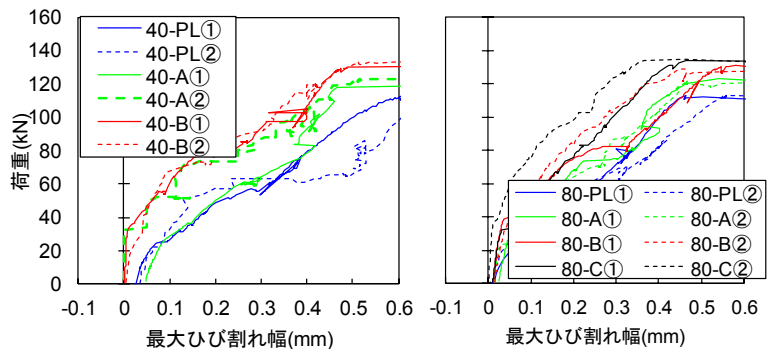
図－2 引張軟化曲線



a) 40 シリーズ

b) 80 シリーズ

図－3 ひび割れ幅と鉄筋ひずみの関係



a) 40 シリーズ

b) 80 シリーズ

図－4 最大ひび割れ幅