

V-258

高強度S F R Cの引張軟化曲線に及ぼす配合要因の影響

鹿島 技術研究所 正会員 高尾洋平
 同 上 正会員 信田佳延
 同 上 正会員 高田和法
 名古屋工業大学 正会員 梅原秀哲

1. はじめに

高強度繊維補強コンクリート(高強度F R C)は、高い強度と靱性を兼ね備えた高機能コンクリートである。しかしながら、構造材料としての利用をより積極的に推進するには、最も優れた特性である破壊時の靱性を定量的に設計に取り入れる必要がある。本研究では、高強度F R Cの破壊特性、特に靱性を評価する指標として引張軟化曲線に着目して合理的な材料設計法の確立を目指しており、本報告では、鋼繊維を混入した圧縮強度60～90N/mm²程度のコンクリート(高強度S F R C)について、繊維混入率、繊維長さ、粗骨材寸法、粗骨材混入量、さらにマトリクス強度を決定する水セメント比(W/C)を要因として取り上げ、引張軟化曲線に及ぼす影響を検討した。なお、引張軟化曲線の評価には、六郷、内田らの提案する修正J積分法を用いた。

2. 実験概要

引張軟化曲線はRILEMの提案する切り欠き梁の3点曲げ試験結果から修正J積分法を用いて推定した。使用材料を表-1に、実験の要因と水準を表-2に示す。切り欠き梁試験体の寸法は100×100×840mm(断面長800mm)で、深さ50mmの切り欠きを試験体中央部に設けた。切り欠き梁試験体作製時には圧縮試験、割裂引張試験用の円柱試験体(φ100×200及びφ150×200)も作製した。強度試験及び切り欠き梁3点曲げ試験は、20℃の水中で28日間養生した後に実施した。曲げ載荷は変位制御で行い、載荷初期は載荷板の変位を0.5mm/minに、載荷荷重が最大荷重の1/2以下まで減少した以降は載荷速度を上げ、2mm/minに制御した。測定項目は載荷重、荷重点変位、支点変位及び切り欠き先端の開口変位であり、開口変位は、パイゲージを用いて測定した。図-1に載荷試験の概要を示す。載荷試験は、各ケース4～5本ずつ行い、その平均値を測定結果とした。

3. 実験結果

曲げ載荷試験に供したコンクリートの圧縮強度は60～90N/mm²、曲げ強度は10～40N/mm²(繊維無混入：5～10N/mm²)であった。以下では、引張軟化特性の形状について記述する。引張軟化曲線はひび割れを伝達する結合応力とひび割れ幅の関係を示すもので、引張軟化曲線下の面積は破壊エネルギーに対応している。なお、修正J積分法では、軟化開始時の結合応力 f_t と結合応力が0となる最終ひび割れ幅 W_c が推定できない。そこで、 f_t には各ケースにおける割裂引張強度を適用し、また、測定精度の問題から引張軟化曲線の推定をひび割れ幅4mmまでに限定した。図-2、3に繊維混入率及び繊維長さとの引張軟化曲線の関係を示す。これらから繊維混入率及び繊維長さが増加するに従って、ひび割れ幅当たりの結合応力は増大することが分かる。一方、図-4、5に粗骨材

表-1 使用材料

使用材料	名 称	摘 要
セメント	普通ポルトランドセメント	N社製 比重 3.15
細骨材	山 砂	君津産 表乾比重 2.63 吸水率 1.33% 実積率 68.5% 粗粒率 2.65
粗骨材	硬質砂岩砕石	Gmax 東京都八王子産 表乾比重 2.66 吸水率 0.74% 実積率 56.3%
		15mm 東京都八王子産 表乾比重 2.66 吸水率 0.90% 実積率 60.7%
		20mm 東京都八王子産 表乾比重 2.66 吸水率 0.90% 実積率 60.7%
短繊維	スチールファイバー	神戸製鋼製 比重 7.85 繊維径 0.6mm 引張強度 100kgf/mm ²
混和剤	高性能A E減水剤	ポリカルボン酸系 比重 1.05

表-2 実験の要因と水準

要 因	水 準
繊維混入率	C×0, 0.6, 1.2, 1.5, 1.8%
繊維長さ	20, 30, 40mm
粗骨材混入量	C×0, 10, 20, 30%
粗骨材寸法	15, 20mm
水セメント比	25, 30, 35%

※繊維混入率及び粗骨材混入量は、コンクリート全体に対する%表示

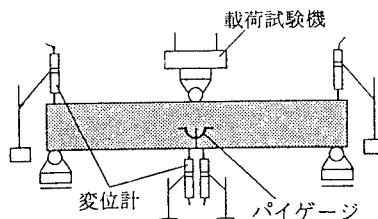


図-1 載荷試験の概要

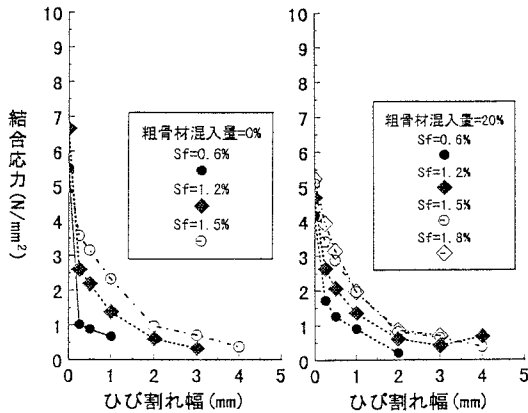


図-2 繊維混入率と引張軟化曲線の関係

混入量及び粗骨材寸法と引張軟化曲線の関係を、図-6に水セメント比と引張軟化曲線の関係を示す。これらの関係から、粗骨材混入量、粗骨材寸法、水セメント比の減少に伴って、軟化開始時の結合応力は増加するものの、その後の軟化曲線はいずれの場合もほぼ同じ傾向にある。これは、ひび割れ発生時の結合応力（割裂引張強度）には、繊維混入率、繊維長さ、粗骨材混入量、粗骨材寸法、水セメント比のいずれも影響を与えるが、ひび割れ発生以降の結合応力は、繊維の付着抵抗に委ねられており、粗骨材混入量及び粗骨材寸法が異なることによる影響やマトリクス強度の影響よりも、繊維の付着抵抗に直接関係する繊維混入率及び繊維長さの影響が大きいことを示している。以上から本実験の範囲では、繊維混入率及び繊維長さが同じであれば、粗骨材混入量、粗骨材寸法及び水セメント比が異なっても、ひび割れ発生以降の結合応力は同様の軟化傾向を呈しており、ほぼ1本の曲線で表される（1本の曲線でモデル化が可能である）ことが分かった。

4. おわりに

今後は、各配合要因がひび割れ発生条件（引張強度）に及ぼす影響の定量化を行い、またひび割れ発生以降の結合応力に繊維の長さや混入率、今回は取り上げなかった繊維の形状や材質の違いが与える影響の定量化を行って、高強度FRCの引張軟化曲線モデルの構築を目指す予定である。

〈参考文献〉

- [1] 高田和法, 信田佳延, 高尾洋平, 梅原秀哲: 高強度繊維補強コンクリートの力学特性と破壊パラメータに及ぼす配合要因の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, 1995
- [2] RILEM Draft Recommendation(50-FMC): Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend tests on notched beams, Materials and Structures, Vol. 18, 1985
- [3] 内田裕市, 六郷恵哲, 小柳 洽: 曲げ試験に基づく引張軟化曲線の推定と計測, 土木学会論文集, No. 426, 1991

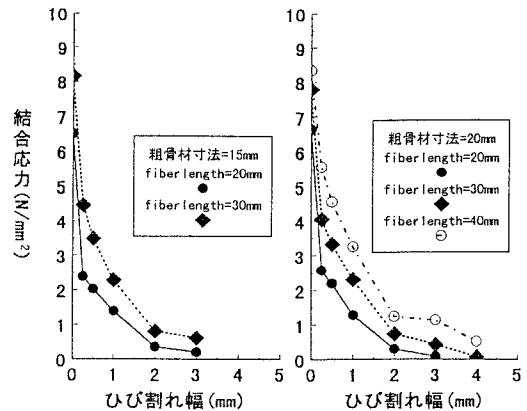


図-3 繊維長さ引張軟化曲線の関係

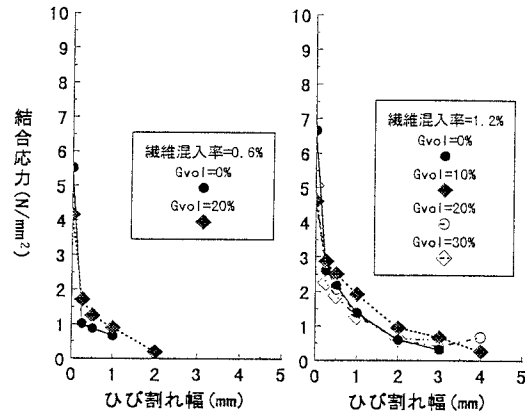


図-4 粗骨材混入量と引張軟化曲線の関係

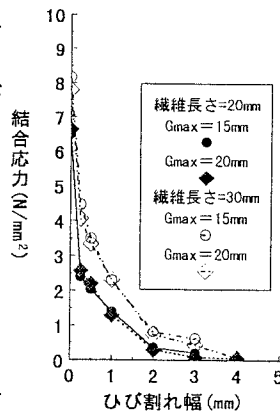


図-5 粗骨材寸法と引張軟化曲線の関係

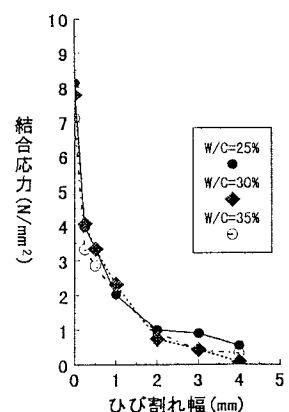


図-6 水セメント比と引張軟化曲線の関係