

超高強度繊維補強コンクリートの引張特性に対する検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○前堀 伸平
 太平洋セメント(株) 上田 宣人
 太平洋セメント(株) 正会員 片桐 誠
 太平洋セメント(株) 正会員 下山 善秀

1. はじめに

本研究は、超高強度繊維補強コンクリートに特有の性能である引張特性を把握し、設計等での考慮を可能にするため、各種供試体を用いた載荷試験を行い、結果の評価を試みたものである。

2. 割裂引張試験の概要

2.1 供試体の諸元

超高強度繊維補強コンクリートは、太平洋セメント社製のプレミックス DP-200 と $\phi 0.2 \times 15\text{mm}$ の鋼繊維（引張強度 $2,000\text{N/mm}^2$ ）を使用し、単位水量 180kg/m^3 、水セメント比 22%、鋼繊維混入量 2Vol.% の配合とした¹⁾。割裂引張試験に用いた供試体は、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体である。供試体は、 20°C で 48hr 湿潤養生した後に脱型し、脱型後は恒温恒湿槽により 90°C 、100%R.H. の条件で、48hr の熱養生を行った。

2.2 割裂引張試験方法

割裂引張試験としては、プレーンコンクリートの試験方法を準用し、JIS A 1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」によった。ただし繊維の架橋効果によって、割裂ひび割れ発生後も供試体は破断しないので、荷重は更に上昇する。そこで、図-1 に示すとおり、予め円柱供試体の端面中心に載荷方向と直交する方向にひずみゲージを貼り付けておき、試験載荷時にひずみ値を一定荷重ごとに計測し、荷重の増分に対してひずみの増分が大きく変化した点からひび割れ発生時を特定して、割裂引張強度を求めるものとした²⁾（図-2）。

3. 直接引張試験の概要

3.1 供試体の寸法および作製方法

超高強度繊維補強コンクリートでは、多くの場合高強度を活かした薄肉の部材として用いるので、直接引張試験³⁾に用いた供試体は $10 \times 50 \times 300\text{mm}$ の平板供試体とした。供試体は平板型枠への流し込みにより成形された。なお、超高強度繊維補強コンクリートの配合および養生条件は割裂引張試験と同一とした。作成した供試体は、熱養生終了後につかみ金具および変位計固定金具をエポキシ系接着剤で取り付けた。

3.2 直接引張試験装置

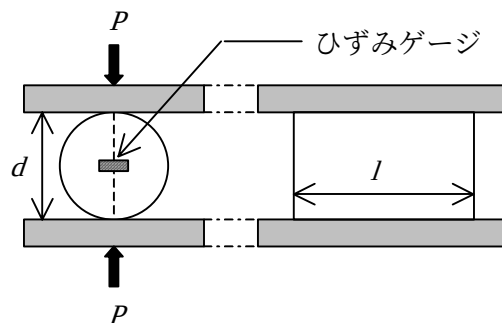


図-1 割裂引張試験方法

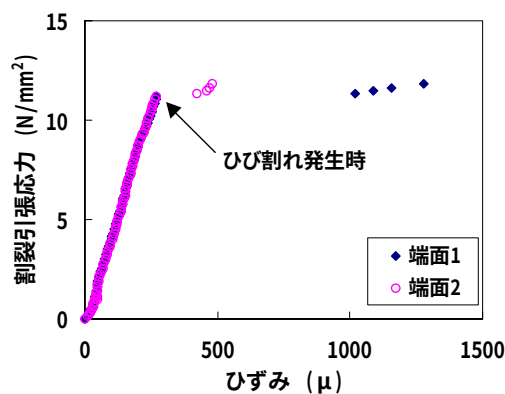


図-2 割裂試験時のひずみ計測結果例

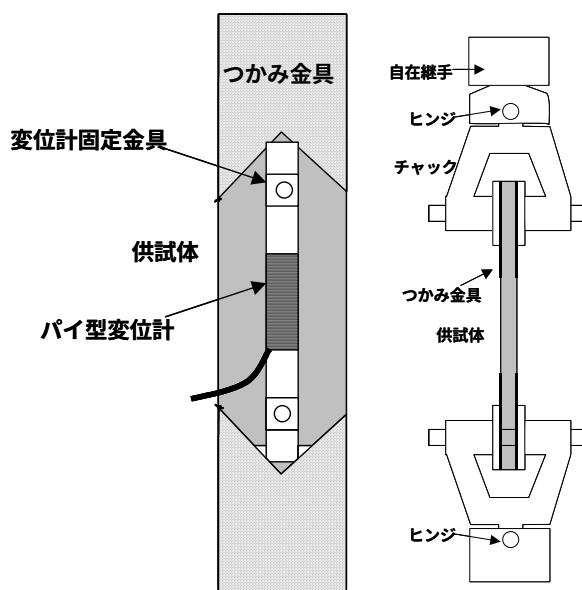


図-3 直接引張試験の供試体と試験治具³⁾

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、割裂引張試験、直接引張試験、ひび割れ発生強度、引張強度
 連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL 043-498-3902 FAX 043-498-3821

試験装置は上下ともヒンジとした。平板供試体の変位は、供試体の表裏2箇所に取り付けたパイ型変位計で計測した（図-3）。変位制御が可能な INSTRON 社製 1125 試験機（容量 100kN）を使用し、試験機ヘッドの速度を 0.5mm/min とした。

4. 試験結果と考察

4.1 割裂引張試験の結果

ひずみゲージにより確認されたひび割れ発生時には、ほとんどの供試体において、亀裂音とともに荷重が一時低下したので、ひび割れ発生時は容易に特定できた。割裂引張試験の結果より得られた割裂引張強度の度数分布を図-4に示す。試験結果には少しばらつきが見られるものの、安定した結果が得られた。23本の供試体より、割裂引張強度の平均値 11.7N/mm^2 、標準偏差 1.3N/mm^2 を得た。

4.2 直接引張試験の結果

直接引張試験による 11 体の強度結果および 4 本の計測された応力-変位曲線を図-5に示す。ひび割れ発生時まではほぼ弾性的な挙動を示し、平均値 15.1N/mm^2 、標準偏差 1.6N/mm^2 のひび割れ発生強度を得た。ひび割れ発生後もさらに引張応力は増加

し、供試体には複数の微細なひび割れが観察された。おおよそ変位が 0.2-1.0mm の間で引張応力は最大となり、引張強度の平均値 16.6N/mm^2 、標準偏差 1.4N/mm^2 が得られた。その後はひび割れの局所化が進み、特定のひび割れのみ幅が拡大し、引張応力は緩やかに減少した。

4.3 考察

直接引張試験のひび割れ発生強度は、割裂引張強度よりも大きくなる傾向が見られた。これは供試体が薄板であるために、打ち込み時において繊維が2次元的に配向しやすいことや、弾性範囲においても小さな偏心が生じるため、引張だけでなく曲げ応力が加わり、断面内の応力分布が均一とならない場合があることなどが要因と考えられる。また直接引張試験では、ひび割れ発生後も一定の間引張応力は低下しなかった。これは、マトリクスに比べて鋼繊維の強度が十分に大きく、かつマトリクスと鋼繊維の付着が良好であるため、微細ひび割れ発生後も、繊維の架橋効果により、鋼繊維が十分に応力を分担できているためと考えられる。

5. まとめ

割裂引張試験では安定した試験結果が得られ、平均 11.7N/mm^2 の割裂引張強度となった。一方直接引張試験では、ひび割れ発生強度および引張強度ともに 15N/mm^2 以上が得られた。また、鋼繊維の架橋効果により、一軸引張応力下においても、ひび割れ発生後一定の間引張応力が低下しないことが確認された。

参考文献

- 1) 下山善秀, 鶴澤正美: ダクタイル(Ductal[®])の特性と応用分野, 太平洋セメント研究報告, No.142, pp55-62, 2002
- 2) 掛井孝俊, 村田裕志, 兵頭彦次, 二羽淳一郎: 鉄筋補強された超高強度繊維補強セメント系複合材料はり部材の曲げ挙動, 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集, V-180, pp359-360, 2003.9
- 3) S. Maehori, et al.: Tensile Behavior of Reactive Powder Composites, JCI, DFRCC-2002, Takayama, pp113-120, 2002

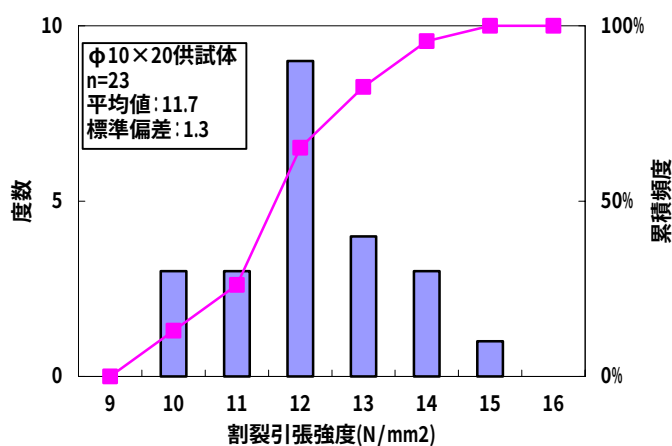


図-4 割裂引張強度の度数分布

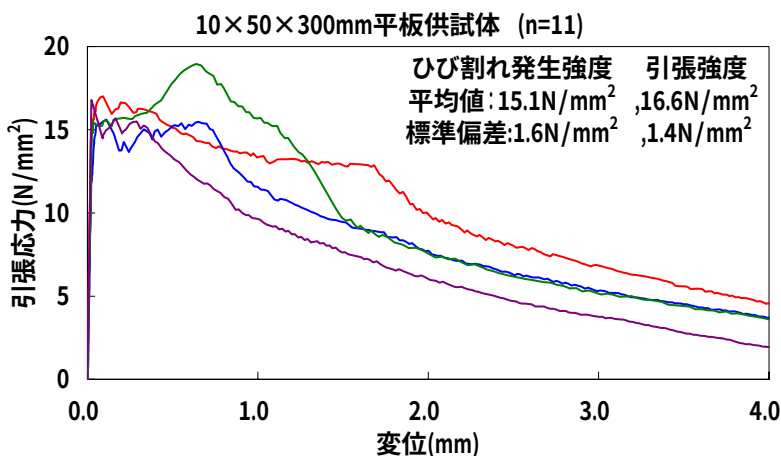


図-5 直接引張試験による強度結果と計測された応力-変位曲線