

(株)内山アドバンス 正会員 佐野 禎
千葉工業大学 正会員 伊藤 利治

1. はしがき

繊維補強コンクリートはすぐれた靱性やひびわれ拘束能力を有し、曲げ強度や曲げタフネス等が普通コンクリートに比べ大きく改善されていることは知られている。また、繊維補強コンクリートの曲げ特性は、用いられる繊維の性状（鋼繊維、合成繊維等）および繊維混入率などに影響されるが、ヤング率の大きい合成繊維に関する研究は殆どない。近年コンクリートに近い弾性係数を持つ合成繊維、ビニロンが開発された。そこで本研究はビニロン短繊維補強コンクリート（VFRC）の特性を求めることを目的に、繊維長、繊維混入率、骨材の最大寸法等がVFRCの曲げ強度、曲げタフネスなどに及ぼす影響について実験的検討を行ったものである。

2. 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は砕石で最大寸法を10, 15, および 20mm の3種を使用した。用いたビニロン繊維は弾性係数が 2.9×10^5 (kgf/cm²)、直径0.75X20, 30, 40mm 3種である。繊維混入率は配合により異なるが0.5%刻みで最大3.0%までとした。混和剤は高性能A E減水剤を用いた。水セメント比は50%とし、40, 60 %についても検討した。供試体の製作は100x100x400mmの角柱体を用い、JCI-SF2. SFRCの強度及びタフネス試験用供試体の作り方に準じ、振動台で5 Sec 締め固めた。なお、スランプは9~11 cm, 空気量は 4.5 ± 0.5 %とした。また、強度試験はJCI-SF4. SFRCの曲げ強度及び曲げタフネス試験方法に準じ、タフネスは中央点でたわみを測定し荷重-たわみ曲線を求め、たわみがスパンの1/150 (2mm) に達するまでに曲線で囲まれた面積をタフネスとした。

3. 実験結果と考察

3.1 フレッシュコンクリート

図-1は繊維混入率の異なるVFRCについて、細骨材率とスランプの関係を示したものである。図より明らかなように繊維混入率と単位水量を一定とし、細骨材率を変化させるとスランプが最大値を示す細骨材率、すなわちスランプ一定のもとで用いた場合、単位水量を最小値にする最適細骨材率が存在する。この細骨材率は繊維混入率が増加するにしたがって大きくなる。

図-2は最適細骨材率と繊維混入率の関係を繊維長ごとに示したものである。図よりVFRCの最適細骨材率は繊維長に影響され、長くなるほど細骨材率を大きくしなければならない。繊維長10mmの増減及び繊維混入率0.5%の増減に対して細骨材率を各々約4%増減し配合を調整する。

さらに、粗骨材の最大寸法の影響は骨材寸法を大きくする場合は、普通コンクリートと同様に細骨材率を小さくしなければならない。

3.2 荷重-たわみ曲線

図-3は繊維長30mmを用いたVFRCの荷重-たわみ曲

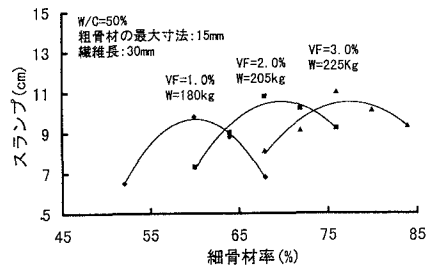


図-1 スランプと細骨材率の関係

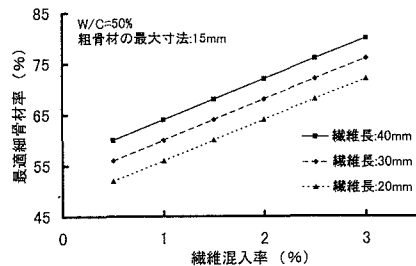


図-2 最適細骨材率と繊維混入率の関係

線を示したものである。図よりVFR Cの荷重－たわみ曲線には明らかに2つのピーク荷重が認められる。すなわち初めのピークは初期ひび割れ荷重発生時に現れ、荷重がやや低下し変形が進行したのち更に荷重が増加し2つ目のピークが現れる。この荷重－変形過程は繊維混入率および繊維長により異なり、既往のSFRC¹⁾の傾向に比べ顕著な相違が認められる。

一方、繊維混入率0%の場合、最大荷重に達したのち急激に荷重は低下し脆性破壊が生じている。

図－4に繊維長40mmを用いた場合の荷重－たわみ曲線を示す。図より明らかなように繊維混入率0.5%と少ない場合は初期ひび割れ荷重以下に第2ピークが生じている。しかし、繊維の混入量が1.0～2.5%の範囲では初期ひび割れ荷重の増大が認められ、更に荷重が変形と共に緩やかに増加し最大荷重となり、明確なピークは1つしか現れていない。さらに、最大荷重時におけるのたわみ量は繊維混入率及び繊維長が増加するほど大きくなる。この理由としては繊維の増加にともなうひび割れ間のブリッジ効果により、繊維の補強効果が顕著に作用するとともに、繊維のヤング率や繊維とマトリックスとの付着力等が曲げ強度、曲げタフネスの増加に大きく寄与したしものと考えられる。

一方、繊維長40mm、繊維混入率2.5%の場合2.0%に比べひび割れ強度、曲げタフネスが減少しているが、これは繊維混入率の増加にともない練り混ぜ、締固めなどが影響し繊維の分散が不十分で繊維の補強効果が十分に発揮できなかったことによるものと思われる。

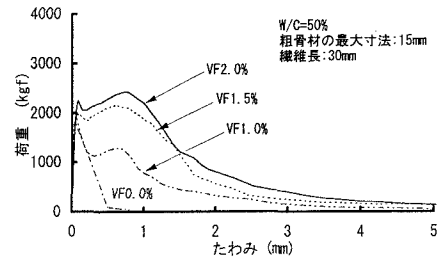
図－5に繊維混入率と曲げタフネス比の関係を示したものである。タフネス比とは、普通コンクリートの曲げタフネスに対する繊維補強コンクリートのタフネスの比率とした。図より繊維補強コンクリートの曲げタフネスは普通コンクリートに比べ繊維混入率2.0%の時、繊維長30mmを用いた場合で約65倍、繊維長40mmで約100倍に達している。この様に繊維補強コンクリートの曲げタフネスは、繊維長、繊維混入率が大きく影響している。

4. まとめ

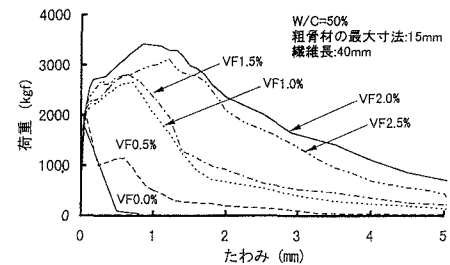
高ヤング率のビニロン繊維を用いた繊維補強コンクリートに関する実験結果を要約すると

- 1) ビニロン短繊維補強コンクリートは、普通コンクリートの欠点であるもろさを大幅に改善し、繊維長、繊維混入率が曲げ強度、曲げタフネスに寄与することを明らかにした。
- 2) ビニロン短繊維補強コンクリートの最適細骨材率は、繊維混入率により相違するが水セメント比による差はほとんど認められない。
- 3) ビニロン短繊維の高ヤング率化は、従来の合成繊維および鋼繊維補強コンクリートの曲げ破壊過程と異なり初期ひび割れが発生した後も、繊維によるひび割れ間のブリッジ効果による応力の伝達作用等が増大し、更に荷重が増加し最大荷重に達したのち徐々に低下し破壊に至ることを明らかにした。

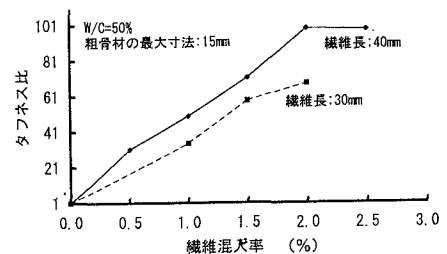
参考文献 1) 小林 一輔：繊維補強コンクリート特性と応用：オーム社



図－3 繊維長30mm 荷重－たわみ曲線



図－4 繊維長40mm 荷重－たわみ曲線



図－5 タフネス比と繊維混入率の関係