

コンクリートの水密性に対する鋼繊維の組合せの効果

Effect of hybrid fiber for water tightness of steel fiber reinforced concrete

北海道大学大学院 ○学生員 堀口 至 (Itaru Horiguchi)
北海道大学工学部 フェロー 佐伯 昇 (Noboru Saeki)
北海道大学工学部 正 員 堀口 敬 (Takashi Horiguchi)
北海道大学工学部 正 員 志村和紀 (Kazunori Shimura)

1. はじめに

近年、コンクリートの使用が多種多様化し、これに対応するためにコンクリートの高性能化が求められている。これらの要求の一端を担うために開発されたのが、長短の鋼繊維を組合せて効果的にひび割れ荷重、曲げ補強を向上させたハイブリッド繊維補強コンクリートである。ハイブリッド繊維補強コンクリートの力学的性能に関する報告¹⁾は見られるが、耐久性に関する報告はほとんど無い。そこで本研究においてはハイブリッド繊維補強コンクリートの耐久性と密接な関係にある水密性の検討を行った。本論文では長さの異なる鋼繊維 4 種類(30, 12, 6, 3mm)を用いて、単一で混入した場合と 2 種類組合せて混入した場合のコンクリートの透水試験を行い、その結果を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

試験には、セメントに普通ポルトランドセメント、粗骨材には最大骨材寸法 20mm の川砂利、細骨材には川砂を用いた。混和剤はプレーンコンクリート(PC)には AE 剤、繊維補強コンクリートには繊維の分散を良好にするため高性能減水剤を用いた。また空気量調節のために消泡剤と AE 剤を用いた。繊維は長さ 30, 12, 6, 3mm の 4 種類の鋼繊維を用いた。表-1 に繊維の特性を示し、表-2 にコンクリートの配合を示す。配合表に示す記号は、繊維を 1 種類だけ混入したコンクリートを単一繊維補強コンクリート(Single Fiber Reinforced Concrete: SC)とし、2 種類の繊維を組合せて混入したコンクリートをハイブリッド繊維補強コンクリート(Hybrid Fiber Reinforced Concrete: HC)とし、後に続く数字は繊維の長さを示し、例えば HC30-12 なら SF30 と SF12 の 2 種類の繊維を混入したことを意味する。繊維混入率は SC の場合 1.0%、HC の場合 2 種類の繊維を 0.5%づつ混入し、総混入率が 1.0% になるようにした。

2.2 試験方法

本研究の透水試験は DIN 1048 に基づくインプット法を採用した。図-2 に透水試験装置を示す。供試体には 200×200×120mm の角柱を用い、水圧が作用する部分は直径 100mm の円形となっている。圧力水が漏れないように水圧が作用しない部分にはセメントペーストキャッピン

表-1 使用繊維の特性

記号	長さ (mm)	直径 (mm)	アスペクト比	引張強度 (MPa)	形状
SF30	30	0.5	60	780	波型
SF12	12	0.6	20	1211	インデント
SF6	6	0.1	60	920	平滑
SF3	3	0.09	33	635	平滑

表-2 配合

記号	混入率 V _f (%)	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	SP (C×%)
PC	—	—	45	—	—
SC30	1.0	50	60	164	1.2
SC12					0.8
SC6					0.7
SC3					0.7
HC30-12	0.5 +0.5	50	60	164	0.8
HC30-6					0.8
HC30-3					0.8
HC12-6					0.7
HC12-3					0.8
HC6-3					0.8

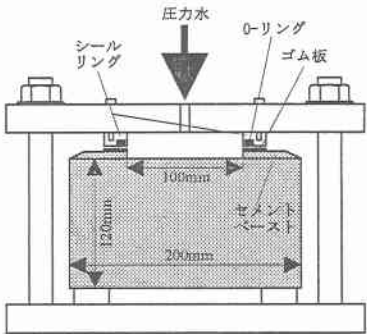


図-2 透水試験装置(DIN 1048 に基づく)

グ(W/C=25%)を行った。水圧は最初に 0.1MPa の水圧を 48 時間作用させ、次に 0.3MPa と 0.7MPa の水圧をそれぞれ 24 時間作用させ、合計 4 日間供試体に水圧を加える。水圧作用期間終了後、供試体を割裂して水の浸透深さを計測した。水密性の評価方法としては以下の式(1)を用いて、平均浸透深さ d (m)より透水係数 k (m/s)を算出した。

$$k = d^2 / 2ht \quad (1)$$

h : 水頭(m), t : 水頭を与えた時間(s)

3. 試験結果及び考察

3.1 単一繊維補強コンクリート

図-3 に単一繊維補強コンクリートの透水試験結果を示す。試験結果より、SC30、SC12 の透水係数が繊維無混入のPCと比較して若干低い値を示したのに対して、SC6、SC3の透水係数はPCよりもかなり低い値を示した。

繊維をコンクリート中に混入することによって透水性が低下する理由はまだ明らかではないが、次のように考えられる。コンクリート中の水の移動はコンクリートの欠陥部において生じる。例えば気泡や粗骨材下面の空隙、微小なひび割れ、遷移帯などがそれにあたる。コンクリートに繊維を混入することにより、それらの欠陥を拘束する、または分散しコンクリート中の水の移動が困難になり、その結果透水性が低下したと思われる。

3.2 ハイブリッド繊維補強コンクリート

図-4 にハイブリッド繊維補強コンクリートの透水試験結果を示す。図より SF12 と SF6 を組合せて混入した HC12-6 の透水係数がもっとも低い値を示した。しかし SF12 と SF3 を組合せた HC12-3 や、SF6 と SF3 を組合せた HC6-3 の透水係数は他の繊維の組合せと比較して高くなる傾向を示し、繊維の組合せが必ずしも水密性の向上に対して有効であるとは限らないことが分かった。

3.3 繊維本数と透水係数の関係

コンクリートの透水性の低下が、繊維による欠陥の拘束または分散が原因であるとするならば、繊維補強コンクリート中に含まれる繊維本数が透水係数に対して影響を与えるものと思われる。図-5 にコンクリート 1m³に含まれる繊維本数と透水係数の関係を示す。図より、単一繊維補強コンクリート(SC)において、コンクリート中の繊維本数が増加するに伴い透水係数は低下する傾向を示す。これはSC6、SC3に混入されている繊維が、SC30、12と比較して非常に小さい繊維であり、繊維本数は約 100 倍以上であることが原因だと考えられる。繊維本数が多くなるに伴いコンクリートの透水性に対する補強量が多くなるため、その結果水密性が向上したと思われる。

一方、ハイブリッド繊維補強コンクリート(HC)においても、コンクリート中の繊維本数が多くなるに伴い透水性は低下する傾向が見られるが、HC12-3、HC6-3においては逆に透水係数は高い値を示した。SF12、SF6、SF3を用いた他の組合せでは透水係数が低い値を示していることから、HC12-3、HC6-3における繊維の組合せでは繊維混入率 0.5%+0.5%が適当でないものと考えられる。HC30-3においては同等の繊維本数で透水係数は低い値を示していることから、繊維の組合せによってコンクリートの水密性向上に対して効果のある繊維本数は異なるものと考えられる。したがって、HCにおいては用いる繊維によって、繊維量のバランスが存在するものと思われる。本研究では 0.5%づつの繊維の組合せについて試験を行ったが、各繊維の混入率に傾斜配分をつける、繊維混入率を小さくするなどの繊維の組合せについての検討が必要である。

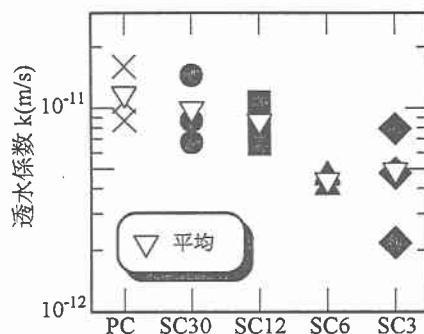


図-3 透水試験結果(単一繊維補強コンクリート)

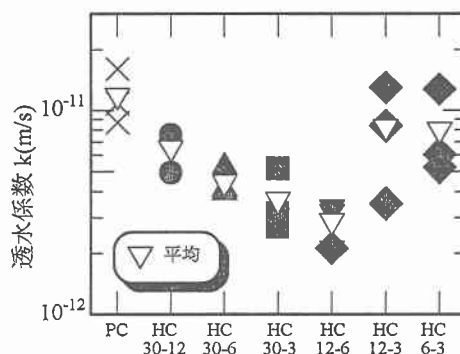


図-4 透水試験結果(ハイブリッド繊維補強コンクリート)

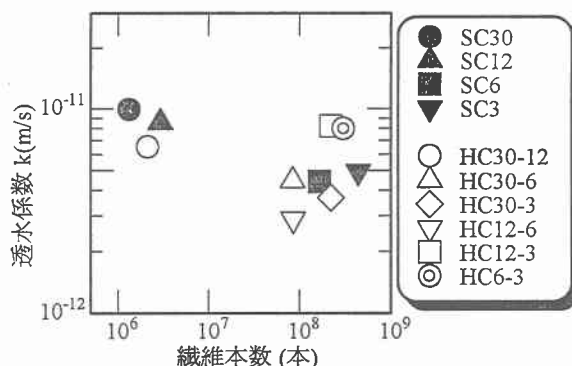


図-5 繊維本数と透水係数の関係

4. まとめ

- 1) 単一繊維補強コンクリートにおいては水密性向上のために、繊維長が 6mm と 3mm 程度の鋼繊維を混入することが有効であることがわかった。
- 2) 長さの異なる繊維を 2 種類 0.5%づつ組合せることによって、組合せにより水密性は向上する傾向を示した。本研究の場合、水密性向上に対して最も有効である組合せは長さが 12mm の繊維と 6mm の繊維の組合せであった。
- 3) 1 種類の繊維を混入したコンクリートの透水性は、コンクリート中に含まれる繊維本数の増加に伴い低下する傾向を示したが、2 種類の繊維を混入したコンクリートにおいては、繊維本数が多くても高い透水性を示したものもあり、繊維の組合せによっては繊維量のバランスが存在するものと思われる。

<参考文献>

- 1) 金南旭：長短繊維を混入したハイブリッド繊維補強コンクリートのひび割れ抵抗性に関する研究、北海道大学学位論文 (2000)