

鋼繊維補強コンクリートの諸性状と繊維の形状特性

Effect of Fiber Geometry on the Proper Ties of Steel Fiber Reinforced Concrete

小林 一 輔*・伊藤 利 治*・星野 富 夫*

Kazusuke KOBAYASHI, Toshiji ITOH and Tomio HOSHINO

1. は し が き

コンクリートの構造材料としての弱点は、その引張強度が圧縮強度の 1/10 程度にとどまり、ひびわれを生じやすい点にある。このような脆性材料の強化方法としてまず考えられるのは繊維系材料による強化であって、この場合、一般には短繊維をコンクリート中にランダムに分散させる方法がとられる。繊維の種類としては、石棉、耐アルカリ性ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、鋼繊維などが検討されているが、実用的な見地からは鋼繊維が最もすぐれている。

本文では鋼繊維補強コンクリートに関する研究によって、これまでに余りとりあげられなかった繊維の形状特性が鋼繊維補強コンクリートの諸性質に及ぼす影響について実験的に検討を行なった結果を示したものである。

2. 使用した鋼繊維の種類と性質

引抜き鋼線を切断してつくったA型繊維と、冷延鋼板をせん断してつくったB型繊維（台形状断面）の2種類を使用した。これらの繊維の形状、寸法を表1に示す。

3. コンクリートに対する鋼繊維の混入方法

まず鋼繊維の混入に適したミキサの型式にたいして検討したが、可傾式、強制攪拌式などいづれを用いても大差のない結果が得られることを確かめたので、本実験ではいわゆるアイリッヒ型のミキサを使用することにした。

鋼繊維の混入方法についても種々検討した結果、先ずコンクリートのみを練りませ、ついで攪拌中のコンクリートに鋼繊維を少量ずつ添加する方法が、コンクリート

中に均等に分散させる上で最も適当な方法であることが明らかとなったので、本実験ではこの方法で繊維を混入することにした。

4. 限界混入率と影響する諸要因

攪拌中のコンクリートにある一定量以上の鋼繊維を混入すると、繊維同志がからみ合い、これとセメントペーストによってボール状となり、もはやコンクリート中に一樣に分散しなくなる。このような状態となる前の限界の混入量、すなわちコンクリート中における一樣な分散が確保される範囲における繊維混入量の最大値をここでは限界混入率と定義した。

この限界混入率は繊維の性質、コンクリートの配合および練りませ条件などによって左右されるが、繊維による補強効果を十分に発揮させるためには、これらの諸要因と限界混入率との関係を明らかにする必要がある。ここでは主として、繊維の形状寸法とコンクリートの配合条件が限界混入率に及ぼす影響について検討した。

図1は限界混入率に及ぼすアスペクト比の影響を示したもので、この図より限界混入率のアスペクト比依存性が著しいことがわかる。

表 1 鋼繊維の種類と性質

種別	直径 (mm)	長さ (mm)	アスペクト比	断面の周長 (mm)	引張強度 (kg/mm ²)
A型	0.15	12	80	0.5	290
	0.25	10	40	0.8	210
	"	15	60	"	"
	"	20	80	"	205
	"	25	100	"	"
	"	30	120	"	210
B型	0.35	28	80	1.1	220
	0.45	36	80	1.4	215
B型	0.5※	30	60	2.3	39(20*)

※……換算直径を示す。

*……降伏点を示す。

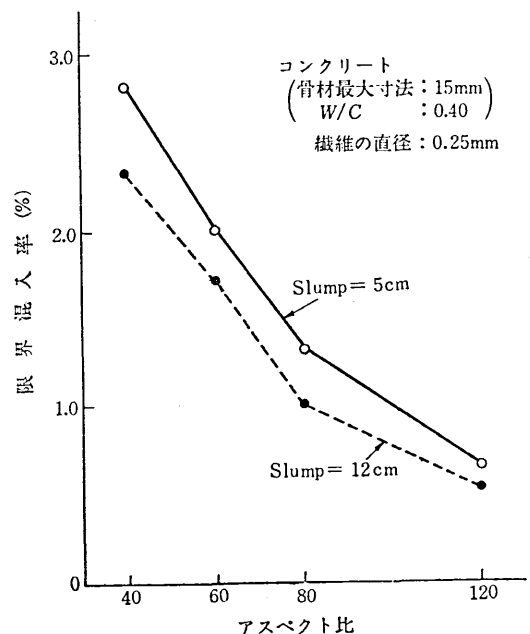


図 1 限界混入率とアスペクト比

* 東京大学生産技術研究所 第5部

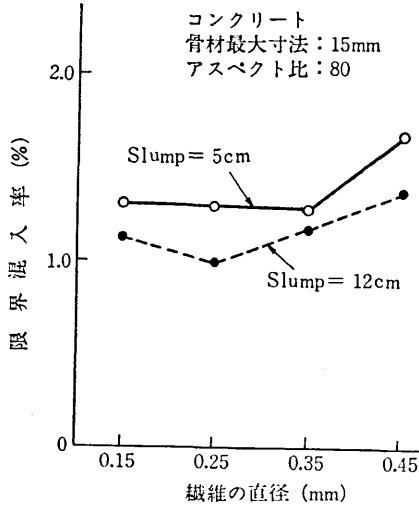


図2 限界混入率と繊維径

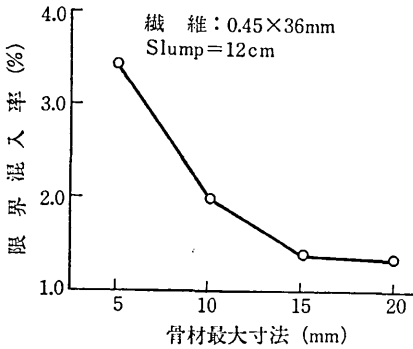


図3 限界混入率と骨材最大寸法

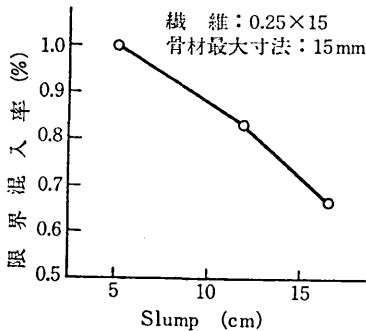


図4 限界混入率とコンシステンシー

また、図2は限界混入率と繊維の直径との関係を表わしたもので、直径の大きい繊維ほど限界混入率も増大する傾向がみられるが、この実験に用いた繊維径の範囲(0.15~0.45 mm)ではアスペクト比の影響は認められなかった。

図3および図4はそれぞれコンクリート中の骨材の最大寸法およびコンシステンシーと限界混入率との関係を

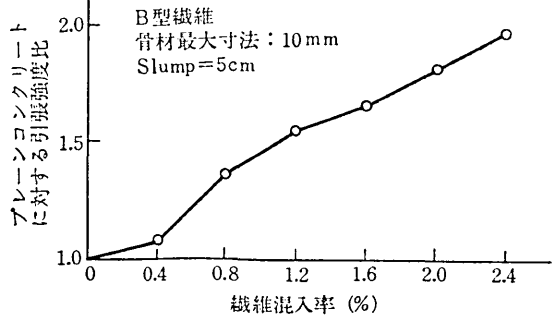


図5 繊維混入率と引張強度

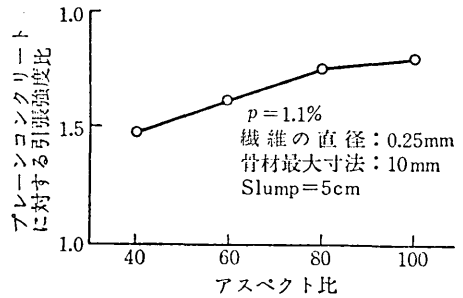


図6 アスペクト比と引張強度

示したものである。これらの図より、コンクリートとしては骨材の最大寸法が小さく、プラスチックでワーカブルな範囲内でコンシステンシーの小さいものを使用すると、大きい限界混入率が得られることを示している。

後者の条件に関しては、当初、コンシステンシーの大きいコンクリートほど限界混入率も大きくなると予想していたが、実験結果は逆の傾向を示した。この理由は、本実験に用いた鋼繊維の直径が150~500 μ 程度であって、一般の繊維の概念からすると相当に剛性が大きく、このような繊維をコンクリート中に均等に分散せしめるためには、マトリックスとしてのコンクリートにも繊維の剛性に応じた高い粘性を必要とすることによるものと思われる。

5. 繊維の特性と力学的諸性質

図5は繊維の混入率が鋼繊維補強コンクリートの引張強度に及ぼす影響を示したもので、この図から繊維の混入によりコンクリートの引張強度はほぼ直線的に増加することが示されている。また、図6はアスペクト比が鋼繊維補強コンクリートの引張強度に及ぼす影響を示したもので、これによると繊維混入率を一定(図6の場合は1.1%)とした場合、アスペクト比は少なくとも80程度とすることが必要であることが分る。

一方、図7は繊維混入率の異なる鋼繊維補強コンクリート梁の曲げ試験によって求めた荷重-たわみ曲線ならびにその曲線と座標軸によって囲まれた面積の大きさで

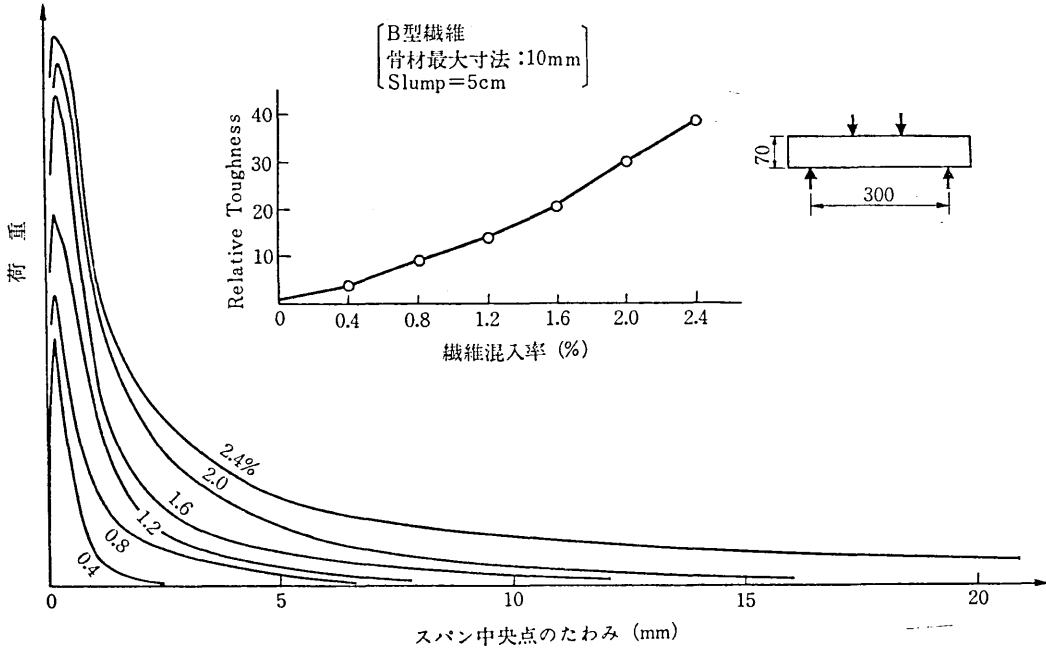


図 7 繊維混入率と toughness との関係

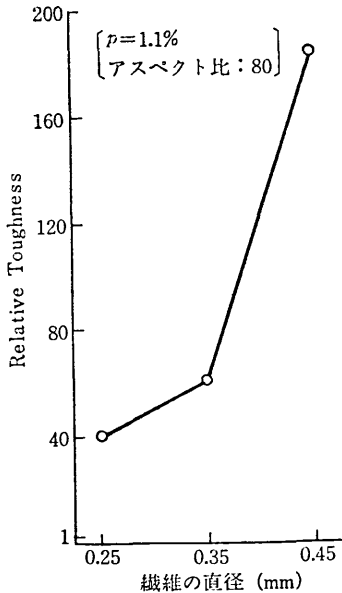


図 8 繊維径と toughness

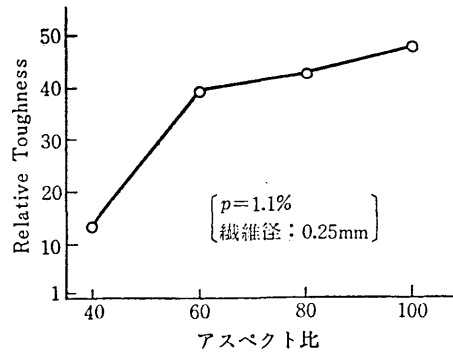


図 9 アスペクト比と toughness

また、図 8 および図 9 はそれぞれアスペクト比が大きく、直径の大きいものを用いるほど toughness は大きくなり、とくに後者の影響が顕著であることを示している。すなわち、繊維の直径が 0.45 mm の場合の toughness はプレーンコンクリートの値の約 200 倍に達している。

鋼繊維補強コンクリートにおいて、このような大きい toughness が得られる原因は、曲げ荷重の増大にともなってコンクリート部分にひびわれを生じたあとは、繊維のみで引張応力に抵抗し、しかもこれが徐々に引抜けつつ破壊に至ることにするものと考えられる (図 7 参照)。

なお、本研究の実施に当っては、東京製鋼株式会社に多大の御協力を頂いた。ここに記して深謝する次第である。

(1974 年 9 月 25 日受理)

表わした toughness が繊維混入率によってどのように変わるかを示したものである。

この図で示した relative toughness とは、プレーンコンクリートに対する鋼繊維補強コンクリートの toughness の比である。この図から、繊維混入率の増加にともなって toughness は著しく増大し、繊維混入率 2.4% ではプレーンコンクリートの値の約 40 倍に達している。