

東京大学生産技術研究所 正員 小林 一 輔
 会 上 ○正員 趙 カ 采

1. まえがき

短い鋼繊維をコンクリート中にランダムに分散させた鋼繊維補強コンクリートの力学的性質に関する理論的かつ実験的研究は相当の数に上るが、それらの強度及び変形特性に及ぼす繊維形状の影響について、包括的に検討を行なった研究は極めて少ない。本研究では短繊維のアスペクト比を広範囲に変化させて実験を行なった。すなわちその形状が実質的には粒子状のものからアスペクト比の著しく大きい繊維状のものを含む短繊維を使用してこれらがコンクリートの力学的性質に及ぼす影響を実験的に検討し、この結果に基づいて鋼繊維補強コンクリートの強化機構について考察を行なったものである。

2. 実験の概要

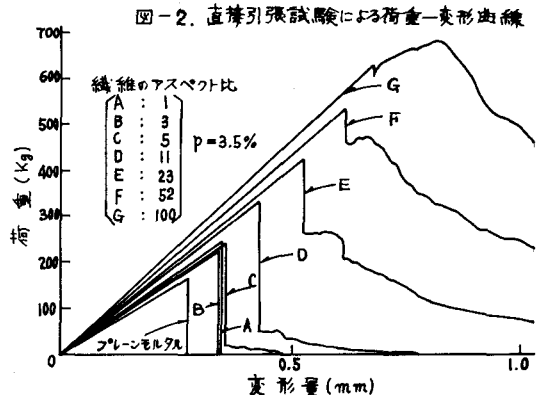
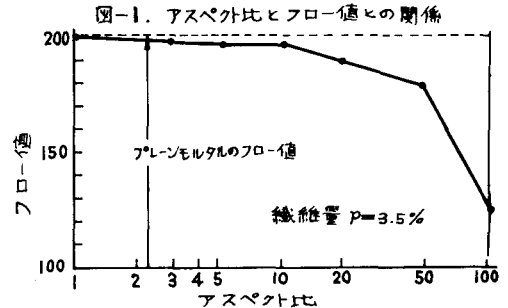
表-1に示すように1個の容積がほぼ等しく、アスペクト比が1から100までの計7種類の短繊維(粒子)をモルタルマトリックス中に分散させ、その引張、曲げ、圧縮強度、変形特性ならびにコンシステンシーを調べた。なお繊維混入率(容積百分率)は1%及び3.5%の2種類とした。またそれぞれの混入率における単位容積中の繊維(粒子)数はアスペクト比の如何を問わず同数になっている。

表-1. 繊維の諸元

種類	アスペクト比	長さ(mm)	直径(mm)	容積(mm ³)
A	1	1.0	1.0	0.79
B	3	2.0	0.7	0.79
C	5	3.0	0.6	0.79
D	11	5.0	0.45	0.80
E	23	8.0	0.35	0.77
F	52	14.0	0.27	0.80
G	100	22.0	0.22	0.83

3. 実験結果と考察

図-1は繊維を3.5%混入して作った繊維混入モルタルについてフロー試験を行ない、混入繊維のアスペクト比によるフロー値の変化を示したものである。この図よりアスペクト比50以上になるとフロー値が著しく低下し一般的に繊維混入による特性を示すことがわかる。図-2は繊維補強モルタルの荷重-変形曲線(直接引張試験による)に及ぼす繊維のアスペクト比の影響を示したものである。この図よりそれぞれの容積と数がほぼ同じ繊維(粒子)を混入しても、その形状が粒子状から繊維状に変わることによって補強効果や変形特性が著しく変化することがわかる。即ちアスペクト比が5以下のものはほぼアレンモルタルと同程度の脆性的挙動を示すが、アスペクト比が10以上になると次第に繊維としての特性を示しタフネスが大きくなって一度ひびわれを生じたあとでもなお破断に至るまで繊維が引抜けつつ荷重に抵抗する。とくにアスペクト比が100程度になるとひびわれを生じたあとにも、繊維とマトリックスとの付着力によってさらに荷重の増加に抵抗して最大値に達し、そのあとは次第に繊維が引抜けつつ耐荷力を減ずる。図-3及び図-4はそれぞれ繊維のアスペクト比と繊維補強モルタルの直接引張強度ならびに曲げ強度との関係を示したものである。これらの図から補強効果が出てくるのはアスペクト比が10程度以上になった場合であることがわかる。一方、図-5及び図-6はそれぞれアスペクト比と



引張及び曲げ試験における荷重-変形曲線から求めた相対タフネスとの関係を表したものである。この場合もアスペクト比10程度が繊維としての特性を表わす限界であることを示している。図-7はアスペクト比と圧縮強度との関係を示したものであるが、図からアスペクト比50以下の繊維ではほぼブレンモルタルと同程度で補強効果はなく、50から100において約10%程度の強度増加が得られにすぎない。図-8は図-3の結果を用いて、繊維補強コンクリートのひびわれ強度が繊維間隔によって支配されるとする繊維間隔説の検討を試みた結果である。即ち引張断面における繊維の同心間の平均間隔 S の平方根の逆数と引張強度との関係を求めたものであつて、この結果は平均間隔が0.4mm以上であれば上記の二つの量の関係は直線で表わされることを示している。これより繊維が多い場合(3.5%)にはアスペクト比が10以上、少ない場合(1%)には50以上の繊維を用いたコンクリートに対しては粒子強化系複合材と類似の強化機構を考へることができるといえる。

図-3. アスペクト比と引張強度との関係

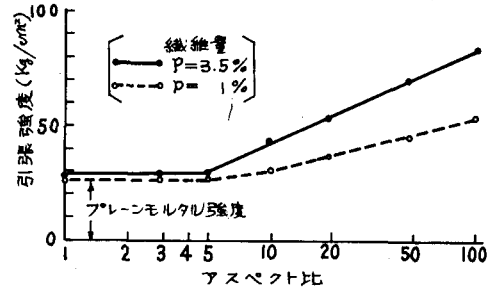


図-4. アスペクト比と曲げ強度との関係

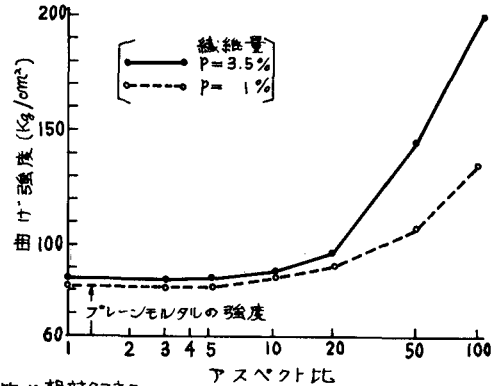


図-7. アスペクト比と圧縮強度との関係

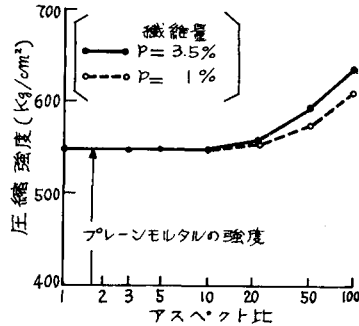


図-5. アスペクト比と相対タフネス (引張に對して)

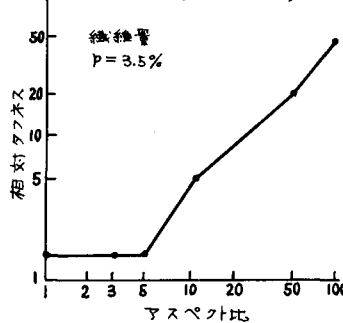
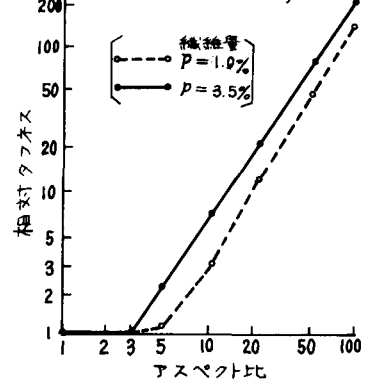


図-6. アスペクト比と相対タフネス (曲げに對して)



4. 結論

以上の結果をまとめると次のようである。

- (1). 短繊維の形状がセメント系脆性材料の強度及び変形特性に及ぼす影響は繊維のアスペクト比が10以上になると補強効果を示し始めるが、それ以下のものは普通の骨材とみなしうる。
- (2). 現在、多く使用されている鋼繊維のアスペクト比は50から100であるが、それ以下の繊維では最大荷重がひびわれ荷重であるのに対してこの範囲の繊維は一般にひびわれを生じたあとも、繊維とマトリックスの付着状態によってさらに荷重の増加に抵抗するので引張、曲げ強度は大きくなる。
- (3). 直接引張強度に関しては繊維量の多い場合はアスペクト比が10以上、少ない場合には50以上の繊維を用いたコンクリートに対して、粒子強化系複合材と類似の強化機構を考へることができるといえる。

図-8. 繊維の平均間隔と引張強度

