

[62] 鋼繊維の形状及び膨張材量がコンクリートのタフネスに 及ぼす影響

正会員 戸川一夫 (和歌山工業高等専門学校)
正会員 ○中本純次 (和歌山工業高等専門学校)

1. 本研究の目的

筆者らは鋼繊維と膨張材との複合効果がコンクリートの各種強度あるいはタフネスに与える影響について、ここ数年来研究を重ねてきた。その結果、注目する点は鋼繊維は太くて長いものが曲げタフネスの増大に効果的であるということであった。

本実験は旧年来の実験をさらにおし進めたものであって、曲げタフネスの増大には鋼繊維はどの程度まで太いのがよいか、またどの程度長いのがよいかについて検討を加えたものである。あわせて、曲げ強度、曲げひびわれ強度、圧縮強度及び圧縮タフネスについても鋼繊維の形状寸法の影響を考察し、さらに各種強度等の改善に関して膨張材の効果についても検討を加えた。

2. 実験計画

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、膨張材はカルシウムサルホアルミネート系膨張材、細骨材は和歌山県日高川産川砂(比重=2.61, F.M=3.30)、粗骨材は最大寸法15mmの和歌山県由良産の硬質砂岩碎石(比重=2.62)をそれぞれ用いた。使用した鋼繊維は現在我国で得られるもののうちで、引張強さができるだけ高く、径と長さが任意に選べるということで、表-1に示す伸線加工の製品を選んだ。径は $\phi 0.5, 0.6, 0.7, 1.0$ 及び 2.0mm の5段階、長さは15, 30及び60mmの3段階をそれぞれ組合せて、径と長さの異なる9種類の鋼繊維を実験に供した。そのうち、丸形の $\phi 0.5 \times 30\text{mm}$ と異形の $\phi 0.6 \times 60\text{mm}$ は昨年度も実験したものであり、今年度の実験と比較検討するために用いた。

コンクリートの基準配合条件は、単位結合材量(セメント+膨張材)= 450kg/m^3 、水結合材比=50%、細骨材率68%である。鋼繊維混入量の基準は1.5%であるが、径が太い繊維については、コンクリートの練り混ぜが可能な程度でかなり多量に入れる場合を計画した。また、膨張材量は 30kg/m^3 と 50kg/m^3 の2段階を計画した。

2.2 供試体作製及び養生方法

コンクリートの練り混ぜには強制練りミキサーを使用した。コンクリート材料を投入後1分間練り混ぜ、つぎに鋼繊維を手でほぐしながら入れて2分間練り混ぜた。曲げ強度及び曲げタフネスを測定するためには $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を使用した。圧縮強度及び圧縮タフネス測定用には $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いた。供試体は材令1日まで $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の空調室で湿潤養生し、材令1日で脱型して、材令28日まで水中養生($20 \pm 3^\circ\text{C}$)した。なお、曲げ試験供試体は、あわせて、長さ変化を測定するために、打込み直後にホイットモアゲージポイントを埋め込んだ。長さ変化の測定は材令1日を基長にした。

2.3 試験方法

曲げタフネス及び圧縮タフネス試験方法はJCIの提案方法に準じた。曲げ荷重は3等分点2点荷重方法であり、荷重方法は最大荷重まではJIS A 1106に準じ、最大荷重以後はたわみ速度を 0.2mm/sec に保った。変位は荷重点下と中央点下において電気抵抗式変位計を用いて測定した。圧縮試験における荷重速度は、圧縮応力度の増加を毎秒 3kgf/cm^2 となるようにし、供試体が急激な変形を始めた後は荷重を加える速度の調整を中止して荷重を加えた。変位は供試体高さの中央部 $1/2$ (100mm)間の平均変形量として差動変位計で計測した。供試体数は曲げ試験用として4個、圧縮試験用として3個用意した。

3. スランプ性状

表-1 鋼繊維種類

種類	断面寸法 (mm)	引張強さ (kgf/mm^2)	形状
No.1	$\phi 0.5 \times 30$	138	普通丸形
No.2	$\phi 0.6 \times 60$	127	異形
No.3	$\phi 0.7 \times 30$	120	異形
No.4	$\phi 0.7 \times 60$	120	異形
No.5	$\phi 1.0 \times 30$	114	異形
No.6	$\phi 1.0 \times 60$	114	異形
No.7	$\phi 2.0 \times 15$	107	異形
No.8	$\phi 2.0 \times 30$	107	異形
No.9	$\phi 2.0 \times 60$	107	異形

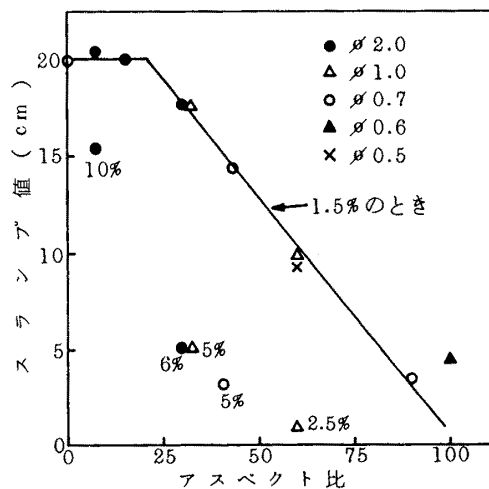


図-1 鋼繊維のアスペクト比とコンクリートのスランプとの関係

図-1

に各種の鋼繊維を混入したコンクリートの練り上がり時のスランプ値を示している。結果より、鋼繊維の混入量が1.5%の一定のとき、鋼繊維のアスペクト比が20以上になるとコンクリートのスランプは直線的に低下することがわかった。

また鋼繊維

の混入量が増すとスランプは低下するが、その低下の程度はアスペクト比の大きいものの方が著しいことが確かめられた。

4. 曲げタフネス

本報告では曲げタフネスは荷重点下で得られた荷重-たわみ曲線のデータを用いて考察する。

図-2は鋼繊維補強膨張コンクリートの曲げタフネスの測定結果を示している。前回の実験では径は $\phi 0.6\text{mm}$ 、長さは60mmを最大として、鋼繊維の形状が曲げタフネスに与える影響を検討した結果、径は太いほど、さらには長さは長いものが曲げタフネスの増大に効果的であることが明らかになった。今回は径を最大2mm、長さは60mmとして実験したところ、図で明らかのように、今回用いたコンクリートに関しては、 $\phi 0.7\text{mm}$ で長さが60mmの鋼繊維が曲げタフネスの増大に最も効果があることが示された。そして、径が太くなって1.0mm、あるいは2.0mmにもなると、効果は低減し、特に $\phi 2.0\text{mm}$ の太い鋼繊維についてはタフネスの増大はほとんど望めなくなることが認められた。たとえば、 $\phi 2.0\text{mm}$ の鋼繊維は10%と多量に入れてもタフネスの増大はほとんどないと言ってよい。また、 $\phi 0.7\text{mm}$ の鋼繊維でも長さが30mmの場合では、5.0%入れても上述した $\phi 0.7 \times 60\text{mm}$ を1.5%入れた場合よりも曲げタフネスは低いのである。写真-1にコンクリート中の鋼繊維の分散状況の一例を示す。これは荷重点下部分をカッターで切断して写したものであり、写真上方向が供試体打込み上面である。荷重方向は供試体側面に直角である。写真から明らかなように、径の太いあるいは長さの短い鋼繊維を用いたコンクリートはスランプ低下が比較的小さいので、鋼繊維が底面に沈みがちであ

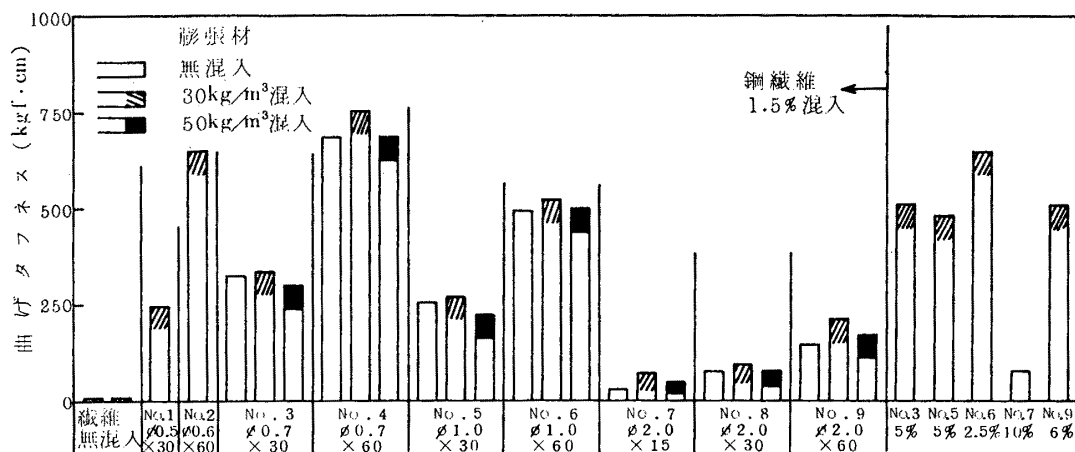


図-2 曲げタフネス実験結果

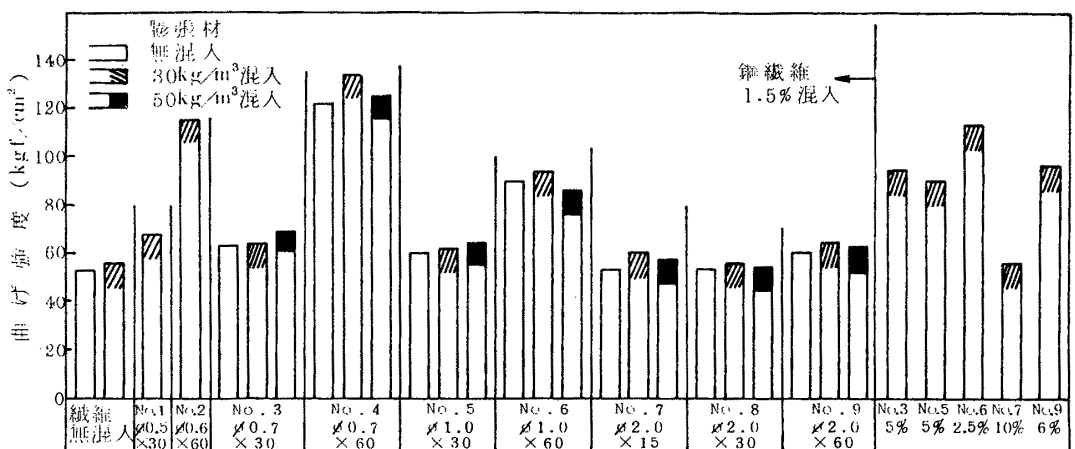


図-3 曲げ強度実験結果

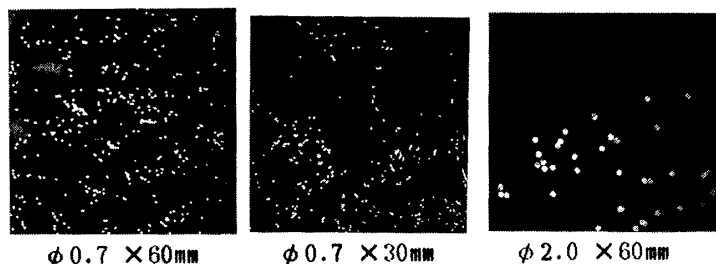
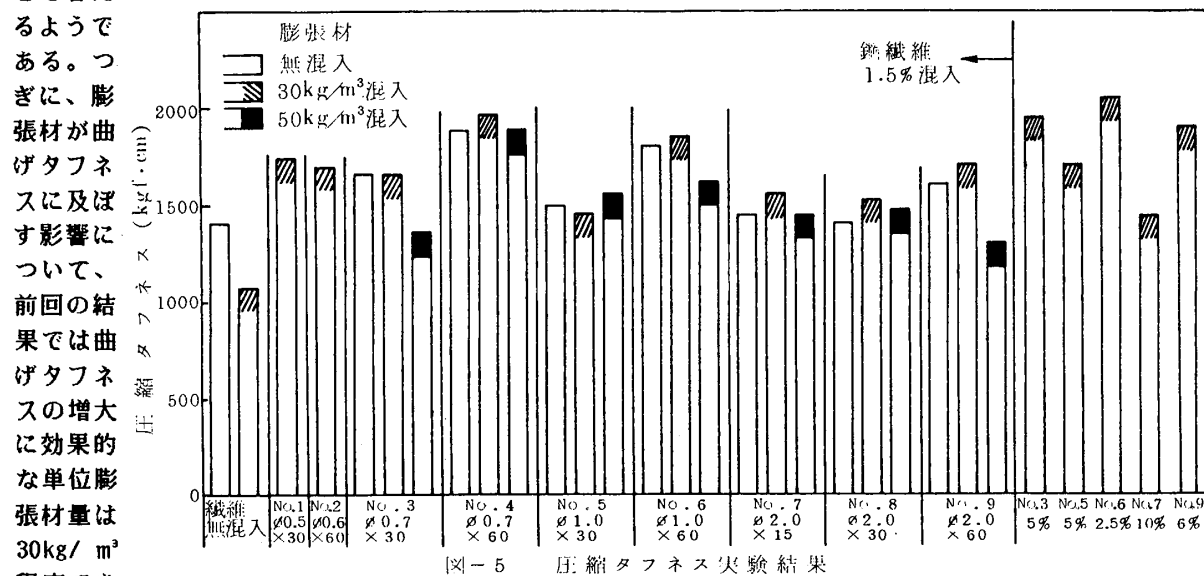
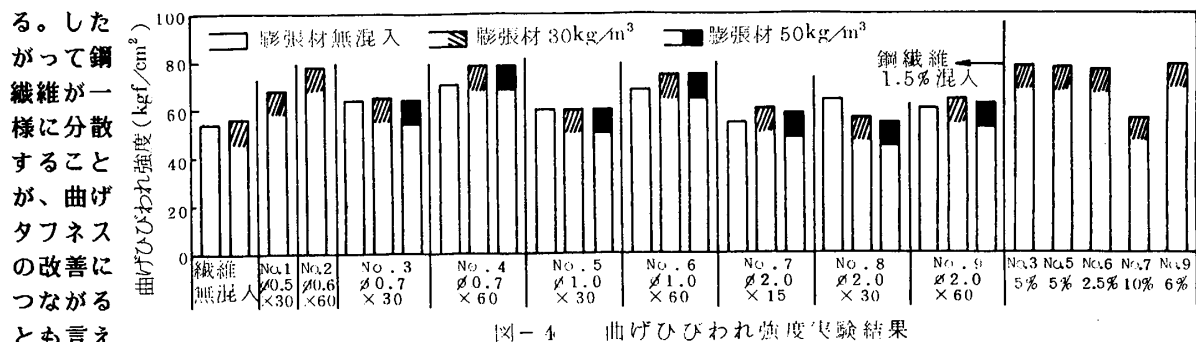
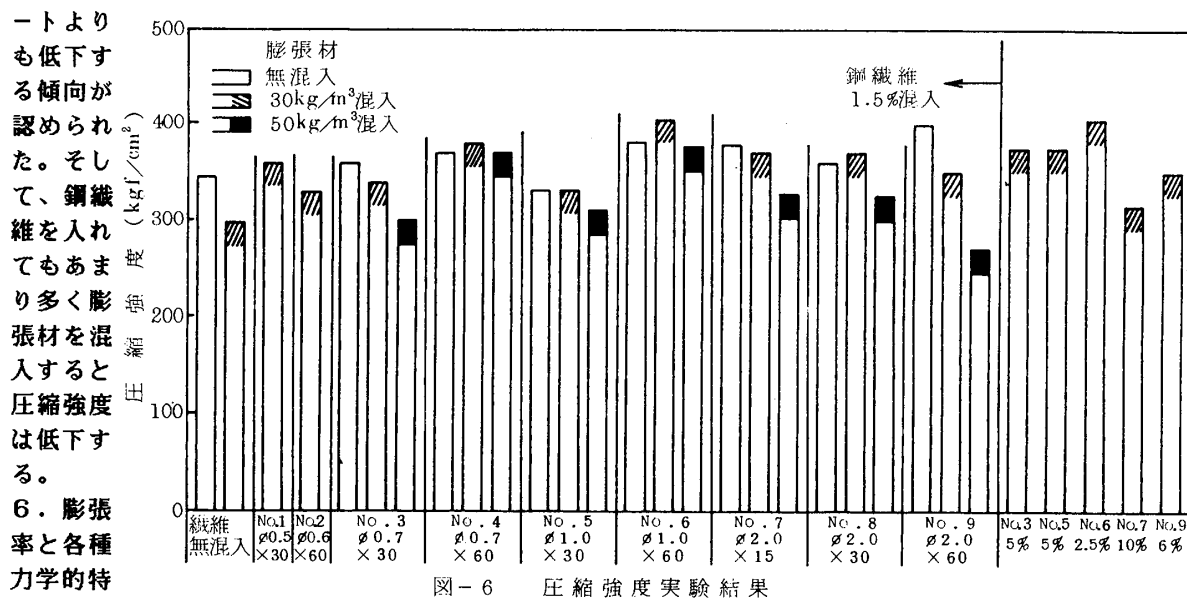


写真-1 各種鋼繊維の分散状況 (1.5%混入)





6. 膨張率と各種力学的特性との関係

図-7は各種の力学的特性と膨張率との関係を示したものである。各種の強度比は同一鋼繊維を用いたコンクリート間で膨張材無混入のコンクリートに対する膨張材を混入したものの強度比である。筆者らは、膨張率が過大になると各種強度が膨張材無混入のものに比べて低下することは以前にも指摘した。その時の結果では強度低下が生じる膨張率の限界値が存在し、その値は曲げ強度の場合 3000×10^{-6} 程度、圧縮強度の場合 1700×10^{-6} 程度であった。今回の実験では、曲げ強度は膨張ひずみが 3500×10^{-6} 程度になっても低下しない。また、圧縮強度は膨張ひずみが 2000×10^{-6} 程度以上になると若干低下している。そして、圧縮タフネスについては圧縮強度と同様の傾向であり、曲げタフネス及び曲げひびわれについては曲げ強度と同様であると考えられる。

7. 結論

前回の実験では、コンクリートの曲げタフネスの増大には鋼繊維は太くて長いものが効果的であることが明らかになった。その結果にもとづいて、今回はどの程度まで太くて長い鋼繊維が曲げタフネス等の増大に最も効果的であるかを検討した。その結果、今回用いた配合のコンクリートでは $\phi 0.7 \times 60\text{mm}$ の鋼繊維が曲げタフネス、曲げ強度、曲げひびわれ強度、圧縮タフネス及び圧縮強度の増大に最も効果的であることがわかった。また、膨張材を 30kg/m^3 程度混入することは上述した各種力学的特性をさらに増大させることが明らかになった。

本研究を実施するにあたり、多大なるご援助とご指導を賜わりました住友金属工業中央技術研究所波崎研究センター主任研究員、山川純雄氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 戸川、中本：鋼繊維膨張コンクリートのタフネスに及ぼす繊維形状の影響，第6回コンクリート工学年次講演会論文集，pp.313～316，1984
- 2) 戸川、中本：鋼繊維補強膨張コンクリートの力学的特性に関する研究，セメント技術年報，No.36，pp.397～400，1982

