

[109] 鋼繊維膨張コンクリート床版の力学的特性

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. まえがき

近年、筆者らは鋼繊維と膨張材の複合効果を期待したいわゆる鋼繊維膨張コンクリートに関する一連の研究を行っており、乾燥収縮の低減、強度特性の改善等その有用性を明らかにしてきた^{1), 2), 3)}。さらに、はり部材の力学的特性の改善には太くて長い繊維がより効果的であることも明らかにしてきた⁴⁾。

本研究は、φ0.7x60mmの太くて長い鋼繊維をRC床版に利用した場合の力学的特性に関して、市販の0.5x0.5x30mmの鋼繊維を用いた場合と比較検討し、さらに膨張材の効果も実験的に検討しようとするものである。

2. 実験概要

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、細骨材是和歌山県日高川産の川砂(比重=2.62, FM=3.27)、粗骨材は最大寸法15mmの和歌山県由良産の硬質砂岩砕石(比重=2.62)をそれぞれ用いた。使用した鋼繊維は市販の0.5x0.5x30mmのセン断ファイバー(降伏点強度 $\sigma_{sy}=70\text{kgf/mm}^2$ 、以下X繊維と呼ぶ)と太くて長いφ0.7x60mmのカットワイヤー($\sigma_{sy}=120\text{kgf/mm}^2$ 、以下Y繊維と呼ぶ)である。コンクリートの基準配合は単位結合材量(セメント+膨張材)= 450kg/m^3 、水-結合材比=50%、細骨材率=68%である。実験計画を表-1に示す。

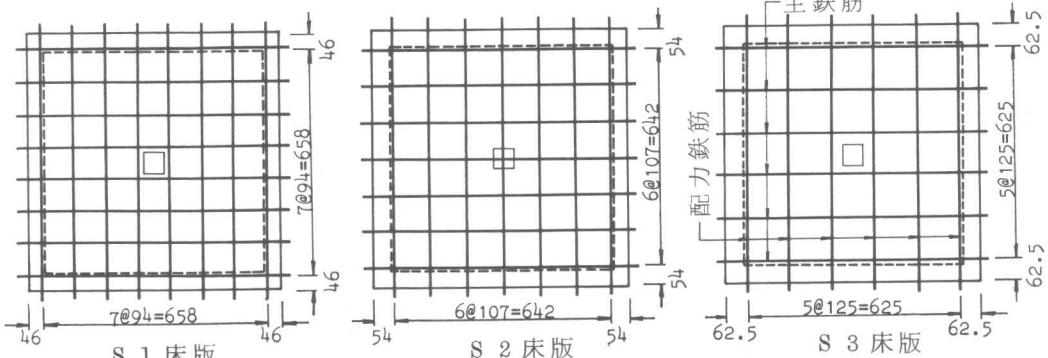
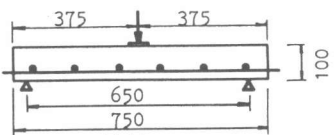
表-1 実験計画

記号	鋼 繊 維		膨張材 (kg/m^3)	床 版 種 類		
	種 類	混入量 (%)		S1 p=1.8%	S2 p=1.58%	S3 p=1.35%
0-0 0-50	—	0 0	0 50	● —	— —	— —
X1.5-0 X1.5-50	0.5x0.5x30mm ($\sigma_{sy}=70\text{kgf/mm}^2$)	1.5 1.5	0 50	● ●	— ●	— ●
Y1.5-0 Y1.5-50 Y0.75-0 Y1.5-70	φ0.7x60mm ($\sigma_{sy}=120\text{kgf/mm}^2$)	1.5 1.5 0.75 1.5	0 50 0 70	● ● ● ●	● ● ● —	● ● ● —

②供試体作成 床版はすべて75x75x10cmの正方形であり、主鉄筋の有効高さは7.5cm、配力鉄筋の有効高さは6.2cmである。配筋状況を図-1に示す。すなわ

(注) σ_{sy} : 降伏点強度, p: 鉄筋比

ち異形鉄筋D13mm($\sigma_{sy}=37\text{kgf/mm}^2$)を8本配置したS1床版(鉄筋比 p=1.8%, ピッチ=9.4cm)を基準床版とし、7本配置したS2床版(p=1.58%, ピッチ=10.7cm)及び6本配置したS3床版(p=1.35%, ピッチ=12.5cm)を作製した。また強度試験用として10x10x40cmの角柱供試体を曲げ及び圧縮試験用として作製した。供試体はすべて濡れ



(破線は支承線を示す)

図-1 床版の種類 (単位mm)

布をかぶせ、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の養生室内で試験日まで散水養生した。

③試験方法 床版載荷試験は、 $6.5 \times 6.5\text{cm}$ の載荷板を介して一点集中載荷とした。スパンはいずれの場合も 65cm であり、支持条件は四辺単純支持とした。たわみは載荷点直下、 $1/4$ 点及び支点において電気抵抗線変位計を用いて測定し、たわみ-荷重変位曲線をX-Yレコーダで記録した。また、床版中央部分において主鉄筋及び配力鉄筋のひずみを測定した。ひびわれ幅は、床版下面の所定の4ヶ所において π ゲージを用いて測定した。試験はすべて材令28日で行なった。

3. 実験結果と考察

①鉄筋ひずみ 図-2に主鉄筋ひずみの一例を示している。鋼繊維を混入することによって、通常のRC床版に比べ鋼繊維が引張り力を受け持つため鉄筋に作用する荷重は小さくなり鉄筋ひずみも小さくなる。鋼繊維とコンクリートの付着特性、鋼繊維自身の強度特性等の違いにより鉄筋の降伏荷重程度の荷重が作用するレベルでは鋼繊維種類によって繊維の荷重分担力には差異が生じることが認められる。本研究において、Y繊維は鉄筋降伏時以後の状態においても荷重分担能力が大きいことが認められた。また膨張材を添加することによって、荷重の増加に伴う鉄筋ひずみの増加は通常のRC床版に比べて小さくなり、鋼繊維と膨張材を併用することにより、さらにそれらの相乗効果が期待できることがわかった。

②たわみ特性 図-3～図-5には、各種床版の荷重-たわみ曲線を示している。主鉄筋比1.8%のS1床版について、設計荷重レベル(6.8tf)付近までのたわみはコンクリート種類間でおおきな差異は見られないが、それを上回る荷重が作用すると、鋼繊維の混入量の増加によってたわみの増加が減少すること、膨張材との併用により鋼繊維コンクリートのたわみ特性はさらに改善されること、また、鋼繊維の種類によってたわみ特性に差異があることが認められた。鉄筋降伏時において各種コンクリート床版のたわみを比較してみると、普通コンクリートでは 2mm 、Y0.75-0(Y繊維、膨張材なし)では 1.8mm 、Y1.5-0では 1.3mm 、Y1.5-50では 1.0mm 、Y1.5-70では 2.8mm 、X1.5-0では 1.7mm 、X1.5-50では 1.3mm であり、Y繊維を1.5%混入して膨張材を $50\text{kg}/\text{m}^3$ 併用すれば鉄筋降伏時のたわみを通常のRC床版の $1/2$ に減少させることが出来る。また、図-2に示しているように、Y繊維の方がX繊維よりも床版の荷重分担力が大きく、靱性的にもすぐれていることが認められる。基準床版S1より鉄筋比

表-2 試験結果

コンクリート種類	床版種類	曲げ強度 (kgf/cm ²)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ひびわれ発生荷重 (tonf)	終局荷重 (tonf)
0-0	S1	56	400	2.5	15.1
0-50		53	380	4	14.0
X1.5-0		79	431	4	18.9
X1.5-50	S2	64	418	5	21.1
				4.5	17.9
				4.5	15.8
Y1.5-0	S1	113	441	3.5	19.6
	S2			3.5	17.9
	S3			3.0	16.8
Y1.5-50	S1	99	438	5.5	21.9
	S2			5.5	18.8
	S3			5.0	17.7
Y1.5-70	S1	114	405	6	15.1
				3	17.0
Y0.75-0	S2	68	372	2.5	16.1
	S3			2.5	14.7

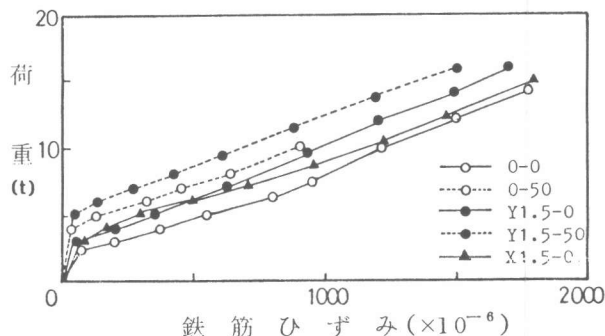


図-2 S1床版の鉄筋ひずみの一例

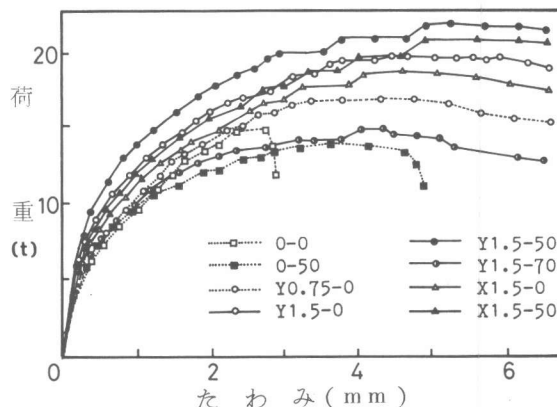


図-3 S1床版のたわみ

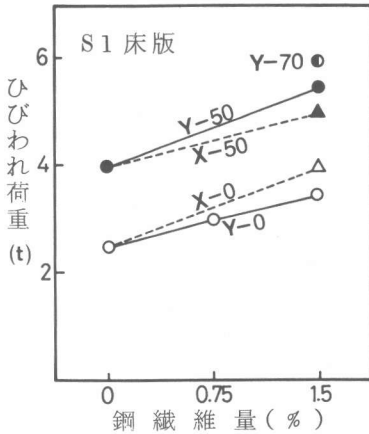


図-6 ひびわれ荷重と鋼繊維量との関係

を減少させたS2床版及びS3床版についても繊維の増加によってたわみ量が減少すること、膨張材を併用することによりさらに改善されること、その程度はY繊維のほうがX繊維よりもすぐれていることが認められた。

③ひびわれ荷重 図-6にS1床版に関するひびわれ発生荷重を示している。鋼繊維量の増加によってひびわれ荷重は増加することが認められる。また、膨張材と併用することによりさらに増加することがわかるが、ひびわれ発生荷重の改善に関しては膨張材のほうが鋼繊維よりも効果的である。

④最大耐力 図-7には鋼繊維混入率と最大耐力の関係、図-8には床版鉄筋比と最大耐力との関係を示している。S1、S2及びS3床版ともに鋼繊維混入量の増加に伴い最大耐力は増加している。膨張材のみを添加すると耐力は低下するが鋼繊維と組み合わせることにより鋼繊維のみを用いた場合より増加させることが出来る。例えばS1床版に

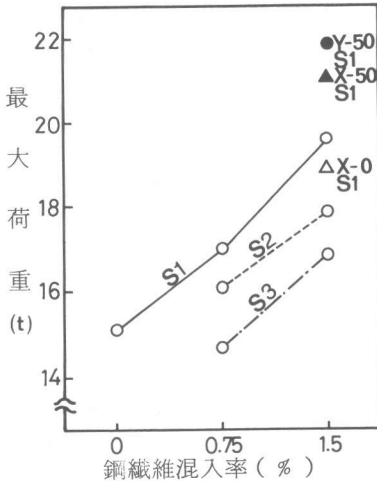


図-7 最大荷重と鋼繊維混入率との関係

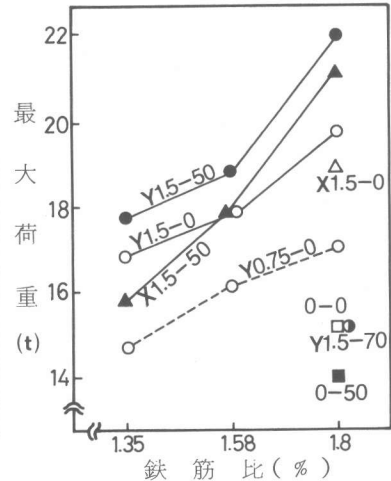


図-8 最大荷重と鉄筋比との関係

ついて、通常のRC床版(0-0): 15.1, 0-50: 14.0, Y0.75-0: 17.0, Y1.5-0: 19.6, Y1.5-50: 21.9, X1.5-0: 18.9, X1.5-50: 21.2 tonであり、Y繊維と膨張材を併用すれば最大耐力を通常のRC床版より45%高めることが出来る。鋼繊維の混入は床版の押し抜け破壊の発生時期を遅らせることが出来、膨張材の添加によりさらにその効果を高めることが出来る。また、Y繊維のほうがX繊維よりも最大耐力の

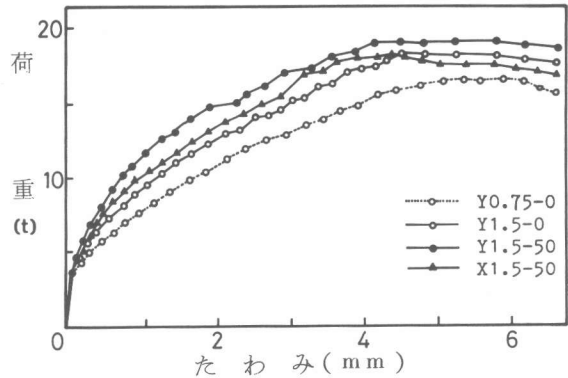


図-4 S2床版のたわみ

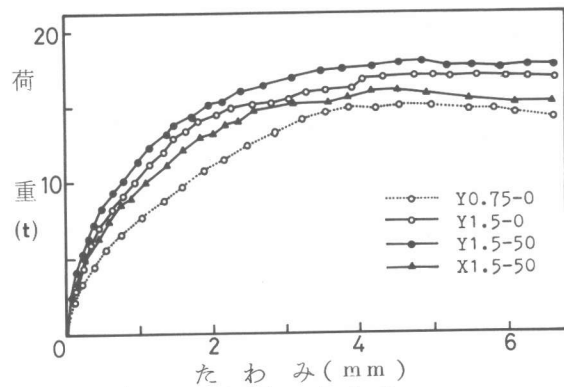
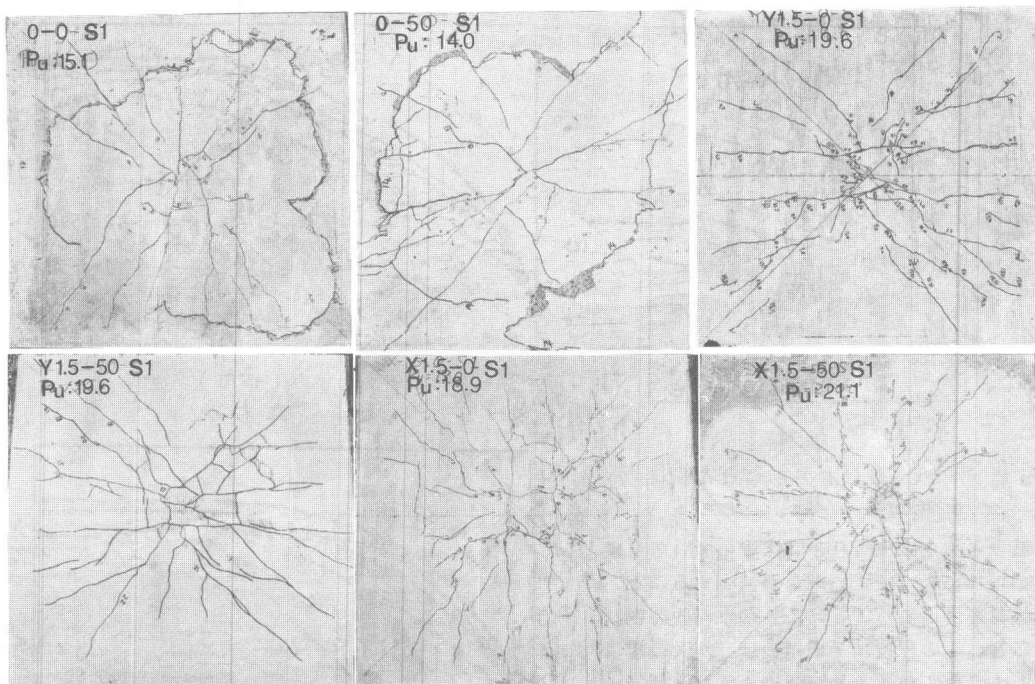


図-5 S3床版のたわみ



増加に関する効果は高いことが認められた。最大耐力については、Y繊維0.75%の混入で鉄筋比を15%、1.5%の混入で30%程度減少させても通常のRC床版とほぼ同程度であることが認められる。

⑤破壊状況 全ての床版は放射状びわれが発達して、押し抜きせん断破壊が起こった。普通コンクリート床版については最大耐力に達すると突然押し抜け破壊が生じた。鋼繊維コンクリートについては、最大荷重に達した後かなりの間はそれを維持し、その後徐々に耐力が低下しながら最終的には押し抜けた。鋼繊維膨張コンクリートについても同様の傾向を示した。膨張コンクリート床版については、暫く最大荷重を維持した後突然押し抜けた。

4. まとめ

鋼繊維膨張コンクリートは床版の力学的特性を大幅に改善出来ることが明らかになった。例えば、 $\phi 0.7 \times 60$ mmの鋼繊維 1.5%と膨張材 50Kg/m^3 を併用することにより、通常のRC床版に比べて鉄筋降伏時のたわみを1/2に、押し抜きせん断耐力を1.45倍にすることが出来る。また、 $\phi 0.7 \times 60$ mmの鋼繊維を1.5%混入することにより床版の鉄筋比を30%減じてでも力学的には通常のRC床版以上の性能を有する。概して太くて長く、しかも引張強度の高い $\phi 0.7 \times 60$ mmの鋼繊維のほうが $0.5 \times 0.5 \times 30$ mmの鋼繊維よりも床版の力学的特性の改善効果が大きいことが認められた。

(参考文献)

- 1) 戸川、中本：膨張セメントコンクリートのクリープ、乾燥収縮特性，セメント技術年報，Vol.32, 1978.
- 2) 戸川、中本：膨張コンクリート鋼合成構造に関する基礎的研究，コンクリート工学講演論文集，No.3, 1981.
- 3) 戸川、中本：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，コンクリート工学講演論文集，No.7, 1985.
- 4) Togawa et al., "Study of the Properties of Steel Fiber Reinforced Expansive Concrete," 3rd International Symposium on Development in Fibre Reinforced Cement & Concrete, Sheffield, England, 7, 1986.