

住友金属工業 (株) 正会員 山川純雄
同 同 白川 潔
同 同 ○小山清一

1 まえがき

最近、鋼繊維補強コンクリートの吹付け工法への適用が活発に行なわれその有効性が確認されつつあるが、吹付けコンクリートの物性が非常に多くの要因(吹付け機種、施工条件、配合等)に左右されるため、不明な点もまだ多く残されている。そこで、これらの要因のうち、吹付け条件(モルタル吐出量、空気量)および鋼繊維形状寸法の影響を、原理模型吹付け機(湿式)を用いて種々検討を行なってきた。ここでは、このうち鋼繊維形状寸法が吹付けコンクリートの諸特性に及ぼす影響につき述べる。表1 鋼繊維の種類※

2 実験概要

鋼繊維(SF)の種類を表1、配合を表2に示す。SFは薄板切断品で、長さ l 9~35mm、アスペクト比 l/de 33~64、異形およびフラットの合計14種類である。鋼繊維補強モルタル(SFRM)のSF混入率はすべて1.0 vol%一定とした。吹付け条件は表3のとおりで、原理模型吹付け機はあらかじめ混練されたモルタルを油圧ジャッキにより押し出し、ノズル先端で圧縮空気により吹付ける構造となっている。

実験は床面に垂直な木製パネル(1.8m×1.8m)上にモルタル約70ℓを平均厚さ10cmとなるよう吹付けし、はね返り率、SF付着率(SFの計画混入率に対する吹付け後の実質混入率の割合)を測定した。また、同時に型枠(500×700×100mm)内にも吹付け、SFRM硬化後カッターで切り出した供試体および比較としての流し込み成型品の曲げ(材令1.5ヶ月)圧縮(材令5ヶ月)試験を行なった。

3 実験結果

3.1 はね返り率、SF付着率

SF長さとはね返り率または、SF付着率の関係を図1、2に示す。SF長さが長くなるにしたがってSFRMおよびSFのはね返り率は大きく、逆にSF付着率は小さくなる。この現象は粒径の大きい骨材ほどはね返り易いという既往の結果と類似している。しかし、SF長さ $l=20\sim35$ mmの範囲ではSF長さがはね返り率、付着率に及ぼす影響は小さい。また、SF形状の影響はバラツキの範囲内である。なお、ブレンモルタル(PM)、SFRMのはね返りとはともに吹付け初期に多く、吹付け厚さ1cmまでのSFのはね返り率はSF長さに関係なく、定常状態(吹付け厚さ4cm以上)でのその約2倍であった。

3.2 曲げ強度・曲げタフネス

吹付けSFRMの曲げ強度は図3に示すごとく、アスペクト比にはほぼ比例して向上し、SF断面寸法にほとんど影響されない。したがって、はね返り率は若干増大するが、曲げ強度向上の観点からはア

断面 W×h (cm)	換算 直径 de(mm)	長さ l (mm)		
		$l/de=$ 33	$l/de=$ 48	$l/de=$ 63
0.25×0.25	0.28	9	—	18
0.25×0.5	0.40	13	19	25
0.25×1.0	0.56	19	27	35
0.5×0.5	0.56	19	27	35

※異形:全面波形(但し、0.25×0.5断面の場合はフラットも供試)

表2 鋼繊維補強モルタル(SFRM)の配合

空気量 (%)	スラン (cm)	水セメ ント比 W/C (%)	鋼繊維 混入率 V _f (vol%)	単位量 (Kg/m ³)			
				W	C	S ⁽²⁾	SF
4	10±1	5.5	0	243	441	1482	0
4	10±1	5.5	1.0	258	469	1420	7.8

(1) SFRMのスラン10±1は鋼繊維0.25×0.5×25を用いた場合

(2) 比重:2.57

表3 吹付け条件

項 目	条 件
モルタル吐出量	5 m ³ /hr
空気量	5 m ³ /min
空気圧	5 kg/cm ²
ノズル先端径	32φ mm
吹付け距離	1 m

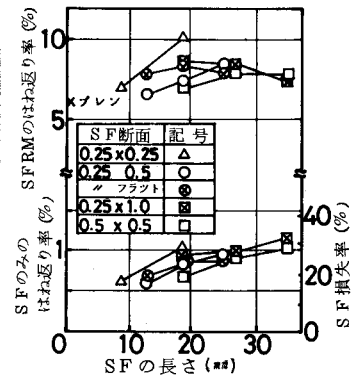


図1 SF長さとはね返り率との関係

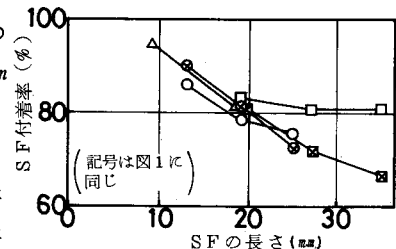


図2 SF長さとはね返り率との関係

スペクト比の大きいSFを使用する方が有利であるといえる。また、吹付けSFRMの実質SF混入率は計画混入率に比べ10~30%低下するにもかかわらず、曲げ強度はSF寸法に関係なく流し込みの場合より高くなっている。これは、SFが吹付方向に垂直な平面内にほぼ二次元ランダム配向し、応力に対し有利な配向状態となるためである。そこで、吹付けの場合のSF配向係数 α をX線写真より求め²⁾、実質SF混入率 V_f とアスペクト比との積で図3の結果を整理し直すと図4のごとくなる。これより、吹付けおよび流し込みの場合の曲げ強度は、 α, V_f を考慮することによりほぼ同一グループで示されることがわかる。

曲げ荷重-たわみ曲線より求められる曲げタフネスは評価基準によって傾向が異なる場合がある。ここでは最大荷重を基準とした場合(図5)とACI提唱のToughness Indexの概念を用いたたわみ量2mmを基準とした場合の曲げタフネス(図6)を検討した。これより、(1)最大荷重を基準とした曲げタフネスは吹付け、流し込み両者の場合とも、曲げ強度同様 $\alpha, V_f, l/de$ の積に比例して大きくなる。他方、(2)たわみ量2mmを基準とした曲げタフネスはSF断面が一定の場合 $\alpha, V_f, l/de$ の積に比例するが、SF断面が大きくなるとタフネスも向上する。これは、図7に示すようにSF断面が大きくなると臨界アスペクト比が大きくなり、SFの引き抜け確率が高くなるためと考えられる。なお、吹付けの場合にも流し込みの場合同様異形の補強効果が認められた。

3.3. 圧縮強度, 圧縮タフネス

図8に示すとおり、吹付け方向载荷の圧縮強度・圧縮タフネスは、吹付け直角方向载荷の場合より優れており、中原らの結果同様異方性が認められた。なお、圧縮強度・タフネスへのSF寸法の影響は小さく、吹付け直角方向载荷の物性は流し込み成型の場合のそれとほぼ同等である。

4 まとめ

ここでは、吹付けSFRMの強度、靱性の観点からSF形状寸法の検討を行なった結果、アスペクト比が大きく、且つ断面の大きいSFが優れていることが判明した。

- 5 参考文献 1) 中原, 中里, 須藤: 土木学会第34回年次学術講演会概要集V, 1979, PP153-154
2) 山川, 白川, 小山, 能勢: 第2回コンクリート工学年次講演会論文集, 1980 6月

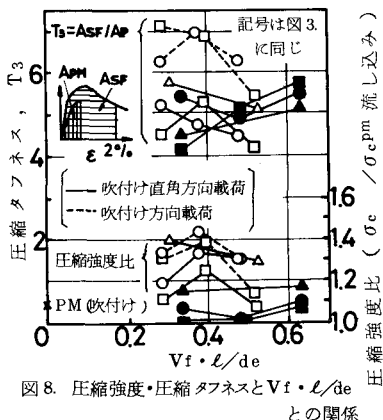


図8. 圧縮強度・圧縮タフネスと $V_f \cdot l/de$ との関係

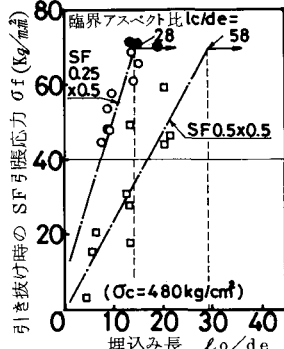


図7. 異形SFの付着試験結果

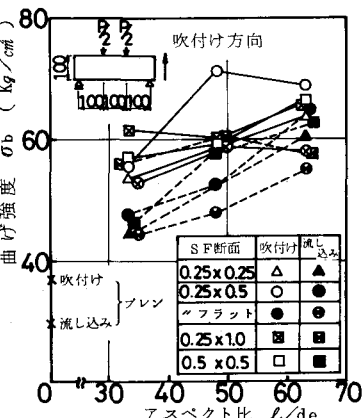


図3. 曲げ強度とアスペクト比との関係

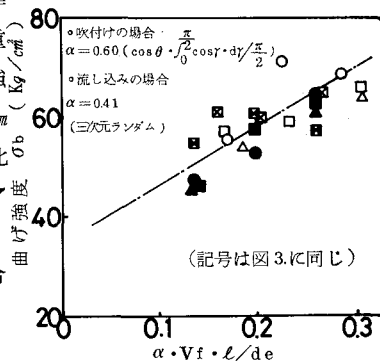


図4. 曲げ強度と $\alpha \cdot V_f \cdot l/de$ との関係

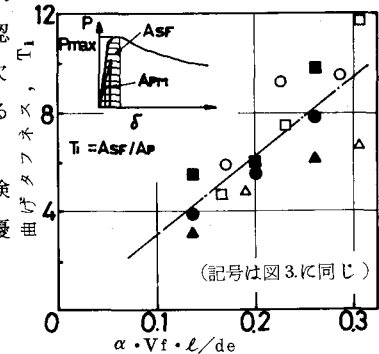


図5. 最大荷重を基準とした場合の曲げタフネス

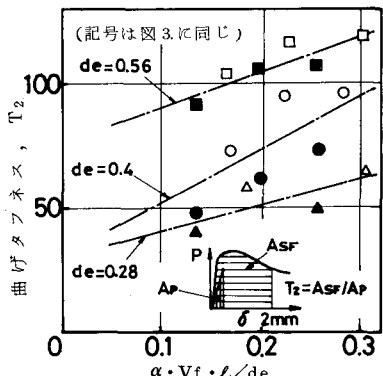


図6. たわみ量2mmを基準とした場合の曲げタフネス