

[41] 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ性状

正会員 大 浜 嘉 彦 (日 本 大 学 工 学 部)

正会員 管 貞 弘 (日 本 大 学 工 学 部)

正会員 ○ 宮 良 政 克 (日 本 大 学 工 学 部)

1. はじめに

従来の鋼繊維補強コンクリートに、セメント混和用ポリマーディスパージョンを混入することにより、セメントマトリックスの強度増進が図られるだけでなく、鋼繊維系複合体にとっては重要な性状である鋼繊維とマトリックスの付着特性が向上することも期待される。本研究は、鋼繊維混入率及びポリマーセメント比を変化させた一連の調合の鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートについて曲げ強度試験を行い、その曲げ性状について検討するものである。

2. 使用材料

(1)セメント及び骨材 セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は粒径2.5 mm以下の川砂、粗骨材は粒径5~10 mmの川砂利を使用した。

(2)セメント混和用ポリマーディスパージョン ポリマーディスパージョンは、スチレンブタジエンゴム(SBR)ラテックスを使用した。その性質は、表-1に示す通りである。

(3)鋼繊維 鋼繊維は、表-2に示す性状のものを使用した。

3. 試験方法

(1)供試体の作製

単位セメント量 400 kg/m^3 、細骨材率60%、ポリマーセメント比0、10及び20%、鋼繊維混入率0、1.0及び2.0vol%と変化させた調合の供試コンクリートを、JIS A 1138(試験室におけるコンクリートの作り方)に準じて練り混ぜ、スランパが $10 \pm 1 \text{ cm}$ となるように水セメント比を調整した。

供試コンクリートの調合を表-3に示す。供試コンクリートをJIS A 1132(コンクリートの強度試験用供試体の作り方)に準じて寸法 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ に成形し、その後、2日湿空(20°C、80%R.H.)、5日水中(20°C)、21日乾燥(20°C、50%R.H.)養生を行って供試体とした。

(2)曲げ強度試験

曲げ強度試験は、JIS A 1106(コンクリートの曲げ強度試験方法)に準じて、変位制御型のインストロン型万能試験機を用い、クロスヘッドの速度を毎分2 mmとして行い、供試体中央部のたわみを測定した。同時に、供試体の引張縁にワイヤーストレインゲージを張り付け、ひずみを測定した。

4. 試験結果及び考察

図-1には、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度と鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係を示す。一般に、鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の増加に伴い、鋼繊維補強ポリマーセメントコン

表-1 セメント混和用ポリマーディスパージョンの性質

Type of Polymer Dispersion	Appearance	Specific Gravity (20°C)	pH	Viscosity (20°C, cP)	Total Solids (%)
SBR	Milky-White	1.016	7.1	53	43.7

表-2 鋼繊維の性質

Size (mm)	Specific Gravity (20°C)	Modulus of Elasticity (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)
0.25 x 0.55 x 25	7.85	2.1×10^6	72.7

表-3 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの調合

Type of Concrete	Unit Cement Content (kg/m ³)	Sand-Aggregate Ratio (%)	Polymer-Cement Ratio (%)	Steel Fiber Content (vol %)	Water-Cement Ratio (%)	Slump (cm)
Unmodified	400	60	0	0	55.3	10.5
				1.0	57.7	9.0
				2.0	61.5	9.0
SBR-modified	400	60	10	0	37.8	10.5
				1.0	40.7	9.0
				2.0	45.0	9.0
			20	0	25.0	9.5
				1.0	31.0	9.0
				2.0	39.0	9.0

クリートの曲げ強度は、ほぼ直線的に著しく増大する。特に、鋼繊維混入率2.0 vol%、ポリマーセメント比20%における鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度は、ポリマー未混入・鋼繊維未補強コンクリートのその約2.5倍にも達する。以上の結果より見れば、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度に影響を及ぼす主要な要因として、鋼繊維混入率、ポリマーセメント比及び水セメント比が挙げられる。図-2には、これらの要因をパラメーターとして曲げ強度算定のための実験式を求める手法

を示す。求めた曲げ強度算定式を次に示す。¹⁾

$$\sigma_f = A\sigma_{po}(1-P/C)(1-V_f) - B(P/C) \quad (1)$$

ここに σ_f : 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度

σ_{po} : ポリマー未混入鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度

P/C : ポリマーセメント比、 V_f : 鋼繊維の容積分率

A, B : 実験定数

(1)式は、ポリマー未混入鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度を基礎とした算定式である。図-3には、鋼繊維未補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度を基礎として、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度算定式を求める手法を示す。得られた曲げ強度算定式は次の通りである。

$$\sigma_f = a\sigma_{fo}(1-P/C)(1-V_f) + bV_f \quad (2)$$

ここに σ_{fo} : 鋼繊維未補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度

$\sigma_f, P/C, V_f$: (1)式に同じ、 a, b : 実験定数

(1)及び(2)式を用いて、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度を算定するためには σ_{po} 及び σ_{fo} が既知である必要がある。同じ調合条件において、鋼繊維未補強でポリマー未混入セメントコンクリートの曲げ強度を基礎として、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度算定式を求める手法を図-4に示す。求められた曲げ強度算定式は、次のごとくである。

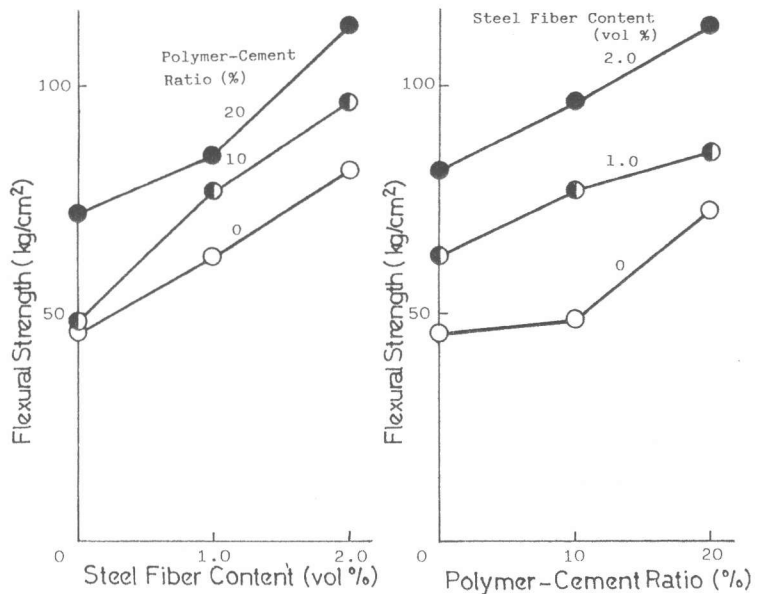


図-1 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度と鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係

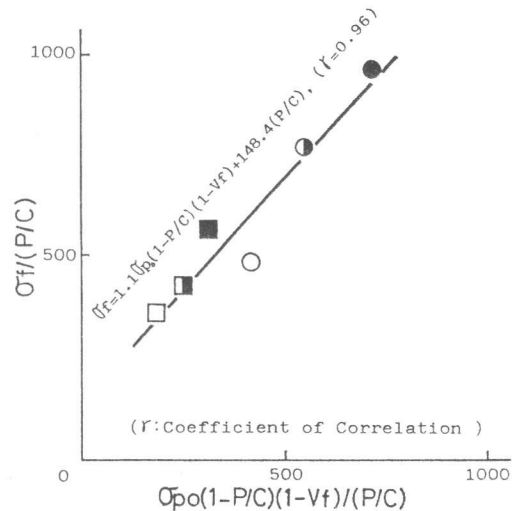


図-2 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度算定図 (その1)

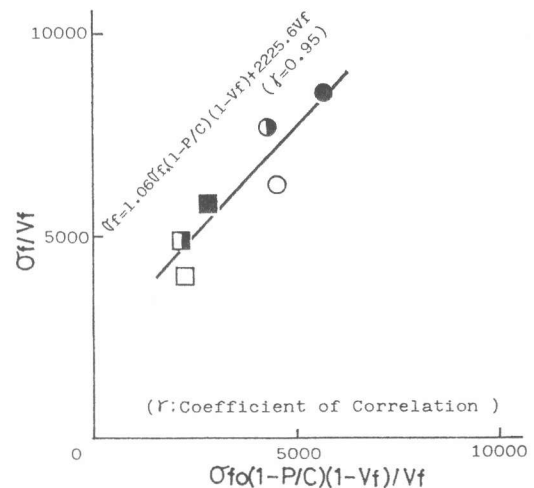


図-3 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度算定図 (その2)

$$\sigma_f = \alpha(\sigma_{pof0} + \beta v_f)(1 - P/C)(1 - v_f) - \lambda(W/C) \quad (3)$$

ここに σ_{pof0} : 鋼繊維未補強・ポリマー未混入セメントコンクリートの曲げ強度

$\sigma_f, P/C, v_f$: (1) 及び (2) 式に同じ、 W/C : 水セメント比

α, β, λ : 実験定数

従って、本研究の調査条件において、鋼繊維混入率、ポリマーセメント比、水セメント比及び鋼繊維未補強・ポリマー未混入セメントコンクリートの曲げ強度が既知であれば、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度は、(3)式を用いて容易に算定できる。

図-5から図-7には、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度試験時における曲げ荷重-たわみ曲線を、又、図-8には、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げタフネスと鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係を示す。

ここで曲げタフネスとは、たわみが3mm(スパンの1%)に達するまでの曲げ荷重-たわみ曲線とたわみ軸とによって囲まれた面積 ($kg \cdot cm$) である。これ

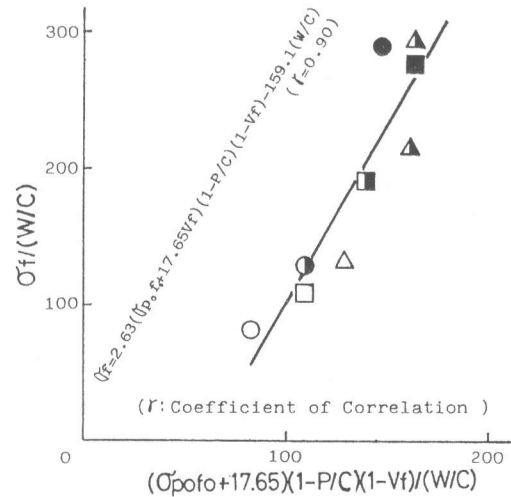


図-4 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度算定図(その3)

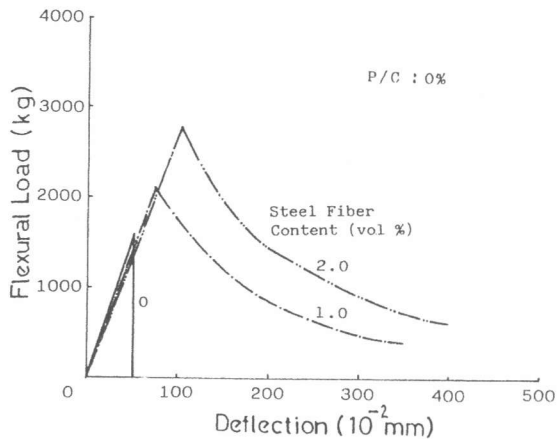


図-5 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線(その1)

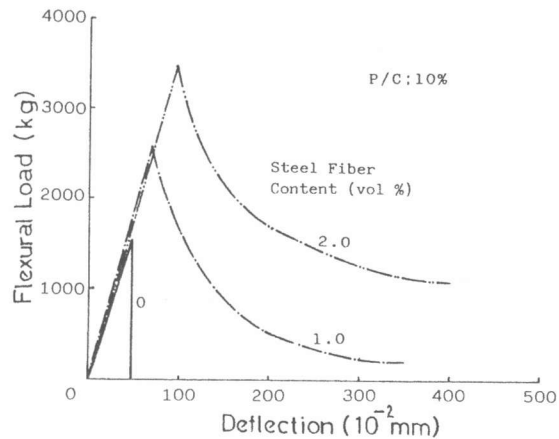


図-6 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線(その2)

らの図から明らかなように、鋼繊維補強により、最大荷重に達した後も、供試体破断面の鋼繊維がマトリックスからの引き抜けにより曲げ荷重に抵抗し、破壊するまでに多くの仕事を要することから、タフネスが著しく改善され、図-8に見られるように、鋼繊維混入率とポリマーセメント比の増加に伴って鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げタフネスは著しく向上する。しかしながら、その曲げタフネスに及ぼす影響はポリマーセメント比よりも鋼繊維混入率の方が相当に大きい。

図-9には、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの最大荷重時における引張縁の最大ひずみと鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係を示す。一般に、鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の増加に伴い、そ

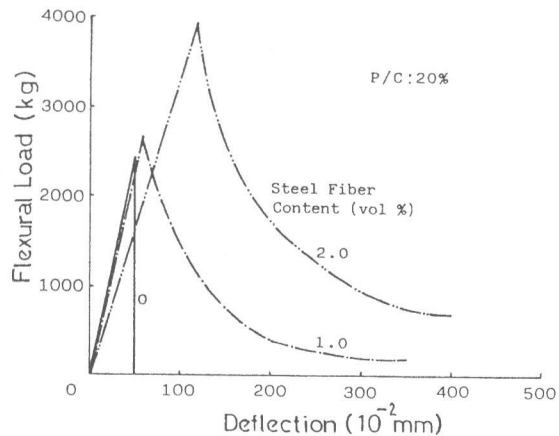


図-7 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線(その3)

の最大ひずみは増大する。特に、鋼繊維混入率の増加に伴う最大ひずみの増加は著しいが、それに比較して、ポリマーセメント比の影響は小さい。鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの伸び能力は、主に、その鋼繊維混入率に依存しているといえる。

5. 総括

(1) 鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の増加に伴い、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度は、著しく向上し、これらの要因をパラメーターとした曲げ強度算定式は次のごとく提案できる。

$$\sigma_f = A\sigma_{po}(1-P/C)(1-V_f) + B(P/C)$$

$$\sigma_f = a\sigma_{po}(1-P/C)(1-V_f) + bV_f$$

$$\sigma_f = n(\sigma_{pofo} + \beta V_f)(1-P/C)(1-V_f) - \lambda(W/C)$$

ここに、 σ_f : 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げ強度、 σ_{po} : ポリマー未混入鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度、 σ_{pofo} : ポリマー未混入・鋼繊維未補強セメントコンクリートの曲げ強度、 P/C : ポリマーセメント比、 V_f : 鋼繊維の容積分率、 W/C : 水セメント比、 $A, B, a, b, \alpha, \beta, \lambda$: 実験定数

(2) 鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の増加に伴い、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの伸び能力は向上すると同時に、そのタフネスも飛躍的に改善され、特に、鋼繊維混入率の増加に伴い、その傾向が著しい。

(3) 鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の増加に伴い、鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの引張縁の最大ひずみは増大する傾向にある。特に、鋼繊維混入率の増加に伴い、その傾向は顕著である。

参考文献 1) Ohama, Y. and Sugahara, T., "Drying Shrinkage of Steel Fiber Reinforced Polymer-Modified Mortars", *Polymers in Concrete, Proceedings of the Third International Congress on Polymers in Concrete, V.1, 1982, pp.250-260.*

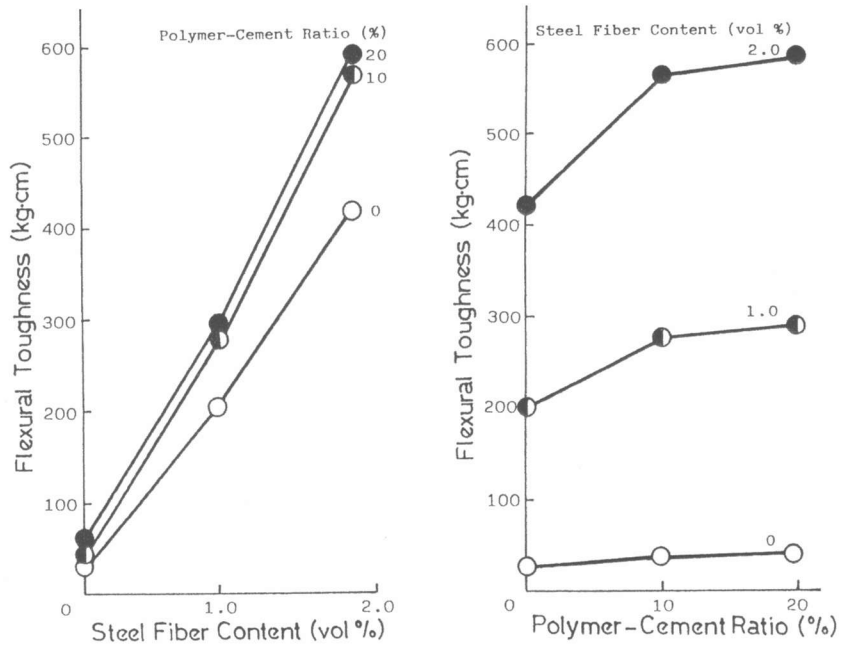


図-8 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの曲げタフネスと鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係

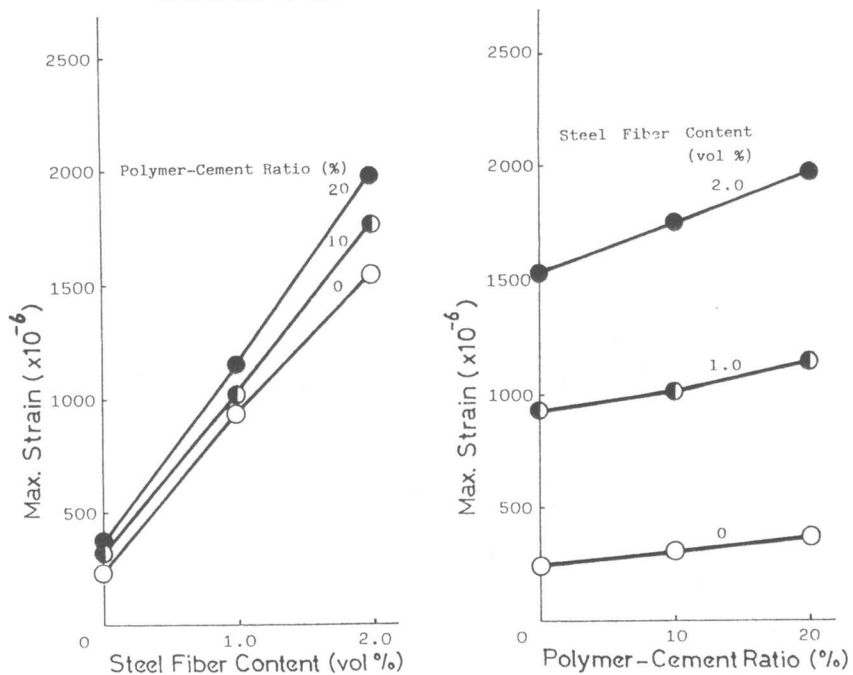


図-9 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの引張縁最大ひずみと鋼繊維混入率及びポリマーセメント比の関係