

鋼 織 維 補 強 コンクリートの 曲げ強度 推定式 に関する 2, 3 の 検 討

徳島大学工学部 正会員 河野 清
 徳島大学大学院 学生員 ○原田辰夫
 大豊建設 (株) 正会員 谷口信夫

1. ま え が き

一般の土木構造物に使用されるコンクリート曲げ部材では、荷重による曲げ引張応力により、ひびわれが発生することが多い。鋼繊維補強コンクリートは、短い鋼繊維をランダム配向状態でコンクリート中に均等に分散させた複合材料であり、ひびわれに対する抵抗性が大きく靱性がすぐれている。本研究では、とくに鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度推定について着目し、その強化機構である混合則理論による曲げ強度推定と、弾性理論に基づく初期ひびわれ曲げ強度推定について実験データを用いて検討し、考案を行った。

2. 実験計画および実験方法

表-1 本研究に用いた使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント, 比重 3.16, 圧縮強さ 344 kg/cm ²			
細骨材	比重 2.63, 吸水率 1.44%	粗粒率 (FM) 2.74		
粗骨材	比重 2.67, 吸水率 1.17%	粗粒率 (FM) 6.00		
鋼 織 維	比重 7.8, 形状 0.21×0.60×25mm, アスベクト比 62.4	(L/d)		

〈実験Ⅰ〉繊維混入率の曲げ強度への影響
 繊維混入率を 0% から 2.4% まで 0.4% ずつ増加させ、コンクリートの配合は次の 2 つの方法に分け、28 日曲げ強度を試験した。

1) スラフ・10cm で水セメント比 65% とした場合 (表-2 参照)

2) コンクリートマトリックスの配合を変えずに、繊維混入率のみ変えた場合 (表-3)

表-2 スラフ・水セメント比を一定にした時の推定式算出のための配合

配合の 種類	鋼骨材 の最大 寸法 (mm)	スラフ 厚さ (cm)	鋼骨材 の割合 (%)	水セメント 比 (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
P L	10	10	61	65	201	323	1056	685
SF 0.4	10	10	63	65	218	335	1065	634
SF 0.8	10	10	65	65	226	348	1070	585
SF 1.2	10	10	67	65	233	358	1078	593
SF 1.6	10	10	69	65	242	372	1078	492
SF 2.0	10	10	71	65	255	392	1066	442
SF 2.4	10	10	73	65	265	408	1060	398

〈実験Ⅱ〉繊維とコンクリートの付着強度
 実験Ⅰの配合において繊維を混入せず、はり供試体の両端に 9 本ずつ繊維をうめこみ、28 日後引抜き試験を行い付着強度を求めた。

表-3 コンクリートマトリックスを一定にした時の推定式算出のための配合

配合の 種類	鋼骨材 の最大 寸法 (mm)	スラフ 厚さ (cm)	鋼骨材 の割合 (%)	水セメント 比 (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
P L	10	19	58	66	233	353	953	701
SF 0.4	10	17	58	66	232	352	949	698
SF 0.8	10	15	58	66	231	350	945	695
SF 1.2	10	13	58	66	230	349	942	693
SF 1.6	10	11	58	66	229	347	938	690
SF 2.0	10	9	58	66	228	346	934	687
SF 2.4	10	7	58	66	228	345	931	685

(1) 使用材料

使用材料は表-1 に示すとおりである。

(2) コンクリートの配合

使用配合は表-2 および表-3 に示す。

(3) 供試体の成形および養生

i. 曲げ供試体: □10×10×40cm のはり型わくを用いて成形し、6000rpm の振動数で 20 秒間、締固め所定の材令まで水中養生を行った。

ii. 引抜き試験用供試体: □10×10×40cm のはり供試体の両端に繊維をうめ込むために発泡スチロールに繊維を固定して、それを型わくの両端に動かないようにしてコンクリートを打込んだ。翌日、発泡スチロールが移動しないように脱型して、所定の材令まで水中養生を行った。

(4) 試験方法

i. 曲げ強度試験: □10×10×40cm のはり供試体を用い、中央集中載荷法により曲げ試験を行った。また同時に、X-Y レコーダを用いてタフネスを測定した。

ii. 繊維の引抜き試験: うめ込まれた繊維を図-1 のように引抜くために、ミハリエスニ重テコ型曲げ強さ試験機により散弾の増加で荷重を制御した。

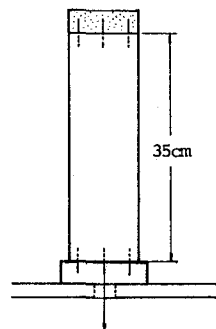


図-1 繊維の引抜き試験装置

4. 実験結果およびその考察

(1) 混合則に基づく曲げ強度推定式

鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度を σ_b 、コンクリートマトリックスの曲げ強度を σ_m 、そして、 L/d を鋼繊維のアスペクト比とすると、鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度は混合則を適用して次式で表わされる。¹⁾

$$\sigma_b = A \sigma_m (1 - V_f) + B V_f (L/d)$$

上式を変形して縦軸に $\sigma_b / V_f (L/d)$ 、横軸に $\sigma_m (1 - V_f) / V_f (L/d)$ をとり示すと図-2のとおりである。スランプー定の配合ではAが1に近く、破壊がコンクリートマトリックスの破壊に支配され、マトリックスー定の配合ではAが0.87くらいでコンクリートマトリックスが破壊する前に繊維の付着破壊が起こっていることを示していると考えられる。また $B(L/d) - A\sigma_m$ を α 、 $A\sigma_m$ を β とすると $\sigma_b = \alpha V_f + \beta$ と書き直される。 α 、 β を最小二乗法により求めて、繊維混入率と曲げ強度との関係を示したのが図-3である。

(2) 弾性理論に基づく初期ひびわれ曲げ強度推定

曲げ破壊面における応力分布を図-4のように仮定して、破壊面において外力を荷重、内力をコンクリートマトリックスの強度および実験Ⅱで求めたコンクリートマトリックスと繊維との付着強度の合力を考え、外力モーメントと内力モーメントとが等しいことから初期ひびわれ曲げ強度を推定し、この推定値と実験Ⅰで求めた実験値との比較を行ったのが図-5である。繊維混入率によっては、実験値と推定値とがかなりはなれているが、これはコンクリート中の繊維の配向や分散の影響があると考えられる。

なお、タフネスについては繊維混入率とともに大幅に増大しており、鋼繊維の混入は靱性の改善にきわめて効果的である。

5. むすび

混合則を用いて鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度の推定は可能であり、弾性理論に基づく方法でも繊維混入率1.0%~1.5%であれば初期ひびわれ曲げ強度が推定可能である。今後、繊維の種類や L/d をかえて、更に検討する必要がある。

文献1) ACI Committee 544 ACI Journal Nov. 1973 P735

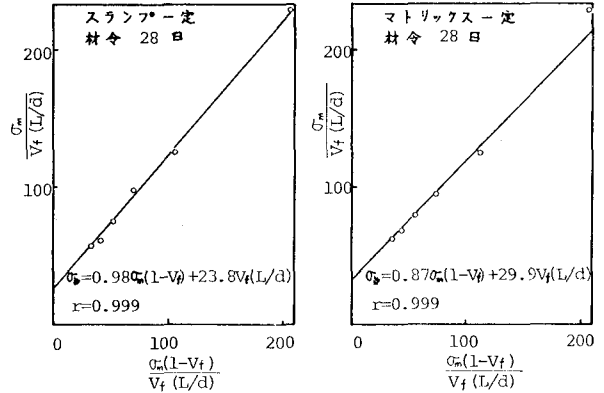


図-2 混合則による曲げ強度推定式

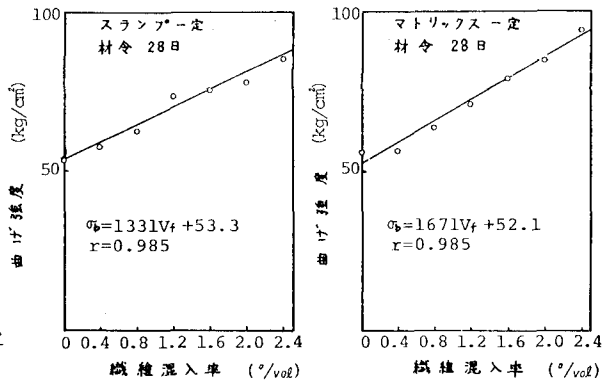


図-3 繊維混入率と曲げ強度との関係

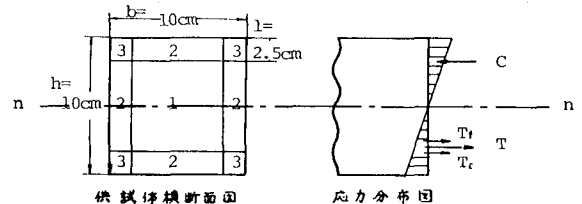


図-4 供試体断面における応力分布仮定図

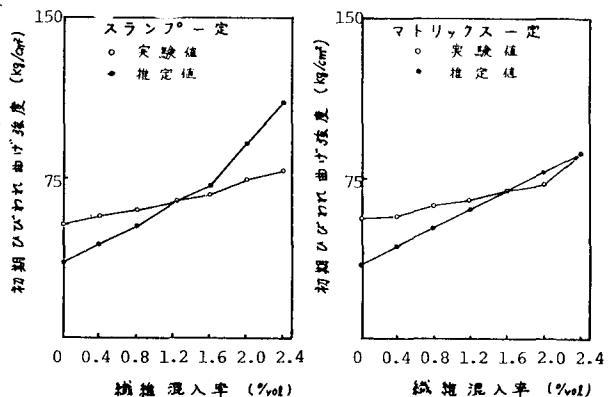


図-5 弾性理論による初期ひびわれ曲げ強度推定値