

繊維補強コンクリートに関する2,3の検討

徳島大学工学部 正会員 河野 清

〃 学生員 納田盛貴

〃 〃 〇原田辰夫

〃 〃 前田晴久

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。そこでコンクリート曲げ部材の耐力の増大のために 繊維材料を用いて曲げ強度の改善について研究を進めることが有意義と思われる。本研究では、まず、繊維補強コンクリートの曲げ強度に及ぼす蒸気養生の影響について標準養生と比較検討し つぎに、混合則理論に基づく曲げ強度推定式を算定し、さらに、曲げ試験の際の載荷方向 載荷方法による曲げ強度に及ぼす影響についても検討を行った。

2. 実験計画

(1) 使用材料

使用した繊維は、鋼繊維(SF)が住友金属社製、ガラス繊維(GF)が英国ビルキントン社製耐アルカリガラス繊維である。使用材料を表1に示す。

(2) コンクリートの配合

使用コンクリートは粗骨材の最大寸法は10mm、目標スランプ10cmとし、水セメント比は60%を基準にした。各実験における配合の種類は表2、表3に示すとおりで、曲げ強度推定式はスランプ10cmで水セメント比60%とした場合と水セメント比66%とした場合に分け、繊維混入率は0%から20%まで0.4%ずつ増加させた。なお載荷方法の影響を調べた配合は表2のSF10を用いた。

(3) 供試体の成形および養生

i) 成形 曲げ強度試験用供試体は $10 \times 10 \times 40$ cmのはり型わくを用い、品質管理のための28日圧縮

強度試験用供試体は $\phi 10 \times 20$ cmの円柱型わくを用いて成形した。締固めは振動台(6000rpm, 20秒)で行った。

ii) 蒸気養生 表面をこて仕上げた供試体を型わくのまゝ恒温室内で3時間前養生を行い、蒸気養生室へ入れ15℃/hrの昇温速度で3時間室温を上げ最高温度が65℃前後で3時間その温度を保ったのち、蒸気を止めて、翌朝まで徐冷を行った。24時間後養生室から出して脱型し、所定の材令まで水中養生した。

3. 試験方法

(1) 圧縮強度試験 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体を用い、JIS A1108の規定に準じて行った。

(2) 曲げ強度試験 $10 \times 10 \times 40$ cmのはり供試体を用い、スパンを30cmにとり、中央集中載荷法と3等分点載荷法で曲げ試験を行った。

(3) タフネスの測定 曲げ試験の際に、変位計、ロードセルおよびX-Yレコーダーを用い、供試体スパン中央で荷重-たわみ曲線を書き、図1

表1 使用材料

材 料	性 質
鋼 繊 維	0.21×0.60×25mm (フリンプしたもの) 比重 7.8 l/d=624 引張強度 124 kg/mm ²
ガラス 繊 維	φ20μ×25mm フィラメント100本 比重 2.7 l/d=125 引張強度 210~290 kg/mm ²
セメント	普通ポルトランドセメント, 比重 3.15, 比表面積 3140 cm ² /g
粗骨材	吉野川産川砂利, 最大寸法 10mm 比重 2.62, FM 6.00
細骨材	吉野川産川砂, 比重 2.62, 吸水率 0.993%, FM 2.80

表2 蒸気養生の影響を調べる配合の種類

配合 の種類	目標ス ランプ(cm)	W/C (%)	f/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	鋼繊維
PL	10	60	58	210	350	986	714	—
SF10	10	60	65	230	383	1035	558	78
GF10	10	60	65	280	467	906	488	—

表3 載荷方向が曲げ強度に及ぼす影響を調べる配合の種類

配合 の種類	目標ス ランプ(cm)	W/C (%)	f/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	鋼繊維
SF 5	5	56	65	216	383	1059	570	78
SF 10	10	60	65	230	383	1035	558	78
SF 15	15	64	65	244	383	1012	545	78

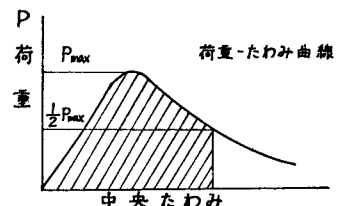


図1 本実験におけるタフネス

の斜線部で示される荷重-たわみ曲線下の面積をタフネスとした。

4. 実験結果およびその考察

(1) 繊維補強コンクリートの強度に及ぼす蒸気養生の影響

鋼繊維補強コンクリート、ガラス繊維補強コンクリートおよびプレーンコンクリートの曲げ強度に及ぼす蒸気養生の影響を標準養生と比較して示したのが図2である。図からわかるようにプレーンコンクリートでは蒸気養生した場合の3日強度は28日標準養生の69%であり、7日強度では78%、同じく28日強度は89%で

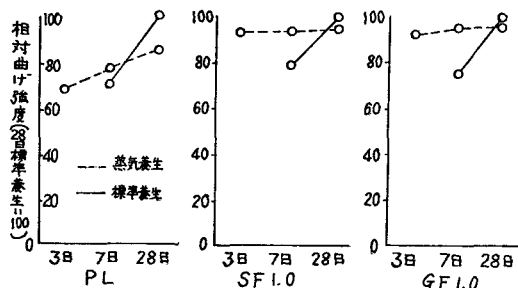


図2 PL, SFRC, GFRCの曲げ強度に及ぼす蒸気養生の影響

これはこれまでの曲げ強度に対する研究の結果と大差ない値になっている。鋼繊維やガラス繊維で補強したコンクリートでは蒸気養生を行うと3日で28日標準養生強度の93%の強度が出て、それ以後強度の増進率は低い。28日では標準養生28日強度に近い値となっており、FRCの方がプレーンコンクリートに比べて明らかに蒸気養生の効果が大きいことを示している。

(2) 繊維補強コンクリートの曲げ強度推定式

繊維がコンクリート中に一様に分散している場合の曲げ強度推定式は次式で表わされる。

$$\sigma_c = A \sigma_m (1 - V_f) + B V_f (l/d) \quad (1)$$

ここに、 σ_c FRCの曲げ強度 (kg/cm²)

σ_m マトリックスの曲げ強度 (kg/cm²)

l/d 繊維のアスペクト比

V_f 繊維混入率

(1)式を $\frac{\sigma_c}{V_f(l/d)} = A \frac{\sigma_m(1-V_f)}{V_f(l/d)} + B$ と変形して

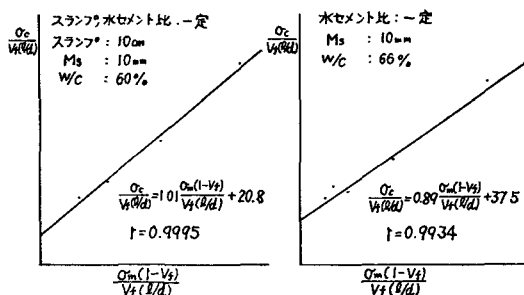


図3 FRCの曲げ強度推定式

最小2乗法によりA, Bを決定したのが図3である。相関係数(r)を求めてみると1に近く、きわめてよい相関がある。

(3) 繊維補強コンクリートの曲げ強度に対する載荷方向および載荷方法の影響

載荷方向を図4のようにA方向とB方向に変えて、曲げ強度タフネスの違いをスランパ別に示したのが図5である。この結果よりスランパ15cmの場合がもっとも強度比が大きく、繊維の分布が片寄っているためと思われる。しかしスランパ5cmのようなかた練りコンクリートでは、ほとんどこの傾向はみられない。中央集中載荷と3等分点載荷による曲げ強度の違いについて調査したが、3等分点載荷強度は、中央集中載荷強度の91%となり、プレーンコンクリートで報告されている75~80%の値より多少大となっている。

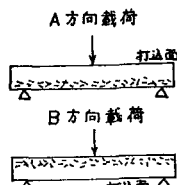


図4 載荷方向の違い

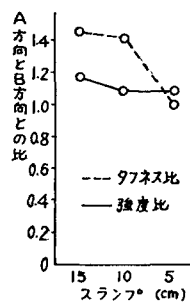


図5 載荷方向による影響

5. おわりに

鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度に対する蒸気養生の効果はプレーンコンクリートより顕著である。鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度推定式は、混合則を適用して算定できるが、繊維の配向および分散、付着強度を考慮した曲げ強度推定式をさらに研究する必要があると思われる。また、振動締固めの際にスランパが大きいと繊維が下側に沈み載荷方向によって曲げ強度は相違する。

参考文献：(1)コンクリート委員会，セメントコンクリートNo 311 pp 41~49 (Jan., 1973)