

短繊維を用いたケミカルプレストレスの導入要因に関する検討

鹿児島大学工学部 学生員 ○辺志切 祐希

鹿児島大学大学院 学生員 上原 尚也

鹿児島大学工学部 正会員 松本 進

1. はじめに

コンクリート構造物における欠点の1つとして引張強度が小さいことが挙げられる。これにより浮体構造物(ボートやヨット等)へのコンクリート構造物の適用を狭めているのが現状である。見掛け上、引張強度を上げる方法として機械的プレストレス導入があるが、上記した薄肉の浮体構造物に適用する場合には制約が大きく実現困難である。本研究では導入方法の簡単なケミカルプレストレストを取り上げ、拘束材として短繊維を用い、ケミカルプレストレスの導入特性に与える配合条件の影響に関する検討と繊維分布を考慮したケミカルプレストレスの推定方法に関する検討を行った。表-1 示方配合

2. ケミカルプレストレスの導入要因に関する検討

2.1 実験概要

モルタルの配合要因として W/C および S/C を変化させ、それぞれ膨張材混入量を 0.5, 10, 15, 20% としてセメント重量置換した。繊維量は体積比で混入し、ガラス繊維(以下 GF と略す)で 2.0%、炭素繊維(以下 CF と略す)で 1.0% 混入した。また短繊維混入状態に

おいて、フロー試験(目標値 140mm)を行い、モルタルの配合を決定した。表-1 に示方配合表、表-2 に使用材料を示す。実験用供試体は 40×40×160mm のモルタルバーで、各配合で膨張材混入量別に 5 種類、3 本ずつ計 15 本作製した。打設 24 時間後に脱型し、図-1 に示すように養生中の膨張ひずみを測定するため供試体の上下にコンタクトゲージ用チップを取付け、水中、気中養生をそれぞれ 7 日間行った。養生後、図-2 に示すように 3 等分点曲げ試験方法を用い、曲げひびわれ強度と曲げ強度を測定した。また曲げ試験後の折片を用いて圧縮強度を測定した。

2.2 ひびわれ発生応力から求める実測プレストレス

曲げ試験から求められる荷重-ひずみ曲線において、曲線勾配の急変点をひびわれ発生荷重とし、ひびわれ発生応力 σ を求め、膨張材無混入供試体のひびわれ発生応力 σ_0 との応力差を示す次式(1)によって実測プレストレス σ_p とした。

$$\text{実測プレストレス} : \sigma_p = \sigma - \sigma_0 \quad (1)$$

ここで、 $\sigma = M/Z$ 、 $\sigma_0 = M_0/Z$

Z : 断面係数

M : 膨張材混入率 5, 10, 15, 20% のひびわれ発生モーメント

M_0 : 膨張材混入率 0% のひびわれ発生モーメント

2.3 実験結果及び考察

材令 7 日目の膨張ひずみについて、単位膨張材量 E と S/C の比($E/(S/C)$)を用いて W/C 毎に整理したものを図-3 に示す。図中の太線は指数近似したものである。これより GF の場合、 $E/(S/C)$ が大きくなると膨張ひ

	W/C (%)	S/C	単位量(kg/m ³)					SP(C) × %
			W	C	S	繊維	増粘剤	
GF	40	1.0	358	894	894	54	0.4	1.0
		1.5	305	763	1157			2.0
		1.75	284	711	1244			4.0
	50	1.5	355	708	1062			0.0
		1.75	331	663	1160			0.5
		2.0	312	623	1246			2.0
CF	60	1.5	396	660	990	17.7	0.4	0.0
		2.0	351	586	1171			0.0
		2.0	399	665	997			0.0
		2.0	354	590	1179			0.0

表-2 使用材料

材料	特性
セメント	早強ポルトランドセメント(比重3.14)
細骨材	富士川産川砂(比重2.64)
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
膨張材	エトリンガイド系 比重2.92
増粘剤	メチルセルロース系
ガラス繊維	ヤング率: $7.65 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 繊維長: 19mm、比重2.7
炭素繊維	ヤング率: $24 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 繊維長: 30mm、比重1.77
鋼繊維	ヤング率: $21.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 繊維長: 30mm、比重7.86

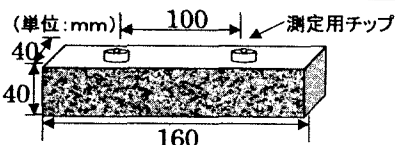


図-1 実験用供試体概図

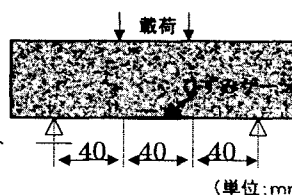


図-2 曲げ試験図

ずみは大きくなり、 $E/(S/C)$ が同一の場合でも W/C が大きくなると膨張ひずみが大きくなる。また GF と CF を比較すると、 $W/C60\%$ において $E/(S/C)$ が同一の場合、膨張ひずみにおいて CF が GF より小さい値を示した。この理由として、CF の繊維混入率と繊維の弾性係数の積が GF の 1.57 倍となっており、GF に比べてモルタルの膨張を拘束する効果が大きいということが考えられる。

3. 繊維分布を考慮したケミカルプレストレス推定について

3.1 実験概要

短繊維を用いたケミカルプレストレスの導入性状は繊維分布の影響を強く受けているものと考えられる。そこで、繊維分布を目視により測定し、プレストレス推定式を作成した。実験用供試体については鋼繊維(以下 SF)を体積比 1.5 および 3.0% 混入し、図-1 と同形状のモルタルバーを用いた。なお、使用材料、配合については既往の検討¹⁾による。また繊維分布の測定は曲げ試験後の供試体破断面を用いた。ここで繊維の拘束効果について式(2)に示す配向係数 α を用いた。これは供試体長手方向に対する繊維の水平、鉛直角を求めて乗じ、総本数で除した値である。本研究では短繊維を用いたケミカルプレストレスにも配向係数を用いることができるものとし、推定式(3)を作成した。

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos \phi_i \cdot \cos \theta_i \quad (2)$$

$$\sigma_{cp} = E_f \cdot \varepsilon \cdot \alpha \cdot A_f / A_c \quad (3)$$

ここで、 ϕ_i 、 θ_i : 水平角、鉛直角 n : 繊維総本数
 E_f : 繊維の弾性係数 ε : 材令 7 日の膨張ひずみ
 A_f : 断面内の繊維面積 A_c : モルタル断面積

3.2 実験結果及び考察

繊維の分布状況を図-4 に示す。水平角、鉛直角の平均値はそれぞれ 0.4、1.7 度、標準偏差は 21.6、14.7 度で共に正規分布に近い分布が得られた。配向係数は式(2)より 0.919 であった。SF の計算プレストレスと実測プレストレスの関係を示した図-5 より、一部を除いて良好な関係が得られた。また同様に GF、CF についても同じ配向係数を用い、比較した場合の関係を示した図-6 から、プレストレス量が 12 kgf/cm^2 以下では両者の間には良い一致が見られるものの、 15 kgf/cm^2 以上では計算プレストレスの方が極めて大きい結果となった。この原因として、計算プレストレスにおいては付着の考慮がされていないためと考えられる。

4. まとめ

配合要因として膨張材量と S/C の比を取り上げ、膨張ひずみの傾向を系統的に把握することができた。また、プレストレスの推定については、高プレストレス領域では付着の検討が必要であることが分かった。

【参考文献】1) 上原尚也 他: 短繊維を拘束材として用いたケミカルプレストレスの導入性状について、平成 12 年度土木学会西部支部講演概要集、pp.544-545、2001

2) 小林一輔: 特殊コンクリート、pp.121-156、技報堂、1980

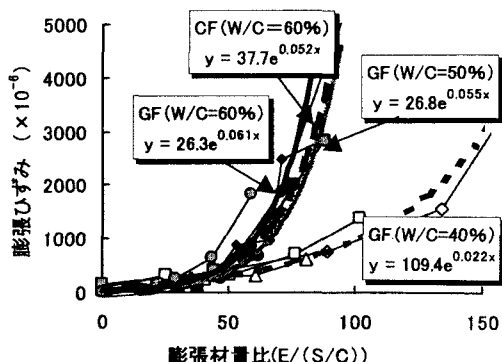


図-3 材令 7 日までの膨張ひずみと膨張材量の関係

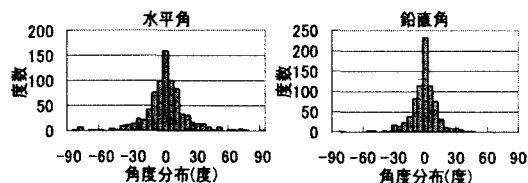


図-4 繊維の分布状況

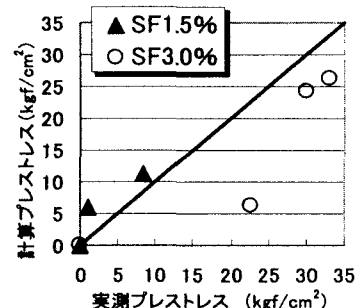


図-5 SF の実測プレストレスとの整合性

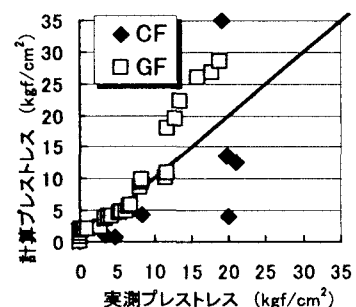


図-6 GF、CF の実測プレストレスとの整合性