

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

鹿児島大学工学部 正会員 ○上原 尚也
鹿児島大学工学部 厚山伊智朗
鹿児島大学工学部 正会員 松本 進

1. はじめに

浮体構造物をコンクリートで造る場合、コンクリートの高引張強度化および薄肉化が要求される。これにはプレストレストコンクリート構造にするのが一般的であるが、薄肉部材に適用するには現行の方法では制約が大きく実現困難である。拘束材として短繊維をコンクリート中に混入する事で、拘束材の配置作業が省力化でき、より簡易にケミカルプレストレスを導入する事が考えられる。ここでは鋼繊維およびグラスファイバーを用い、ケミカルプレストレスの導入性状に関して基礎的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

実験に使用した材料を表-1 に、繊維の特性を表-2 に示す。セメントとして早強ポルトランドセメント、膨張材としてエトリンサイト系膨張材、混和剤としてポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を用いた。拘束材として、グラスファイバー(GFと略す)および鋼繊維(SFと略す)を使用した。

2.2 実験供試体について

実験には40×40×160mmのモルタルバーを用い、表-3に示す要因および水準について行った。拘束材としてグラスファイバー及び鋼繊維を混入した。配合は、適度な作業性を有し、分離を生じないように表-4のように決定した。なお、グラスファイバーを3.0%混入したモルタルについては適当な配合を決定できなかったためその結果は省略した。膨張材の混入はこの配合を基に、混入率に応じてセメントの一部を膨張材に重量置換した。膨張材混入率は比較用の0%から5%毎に20%まで変化させ、供試体は同一条件において各3体作製した。練混ぜはモルタルミキサーを用いて行い、振動を加えながら型枠に打設した。打設24時間後脱型し、6日間水中養生した。養生中の膨張ひずみを測定するため、図-1に示すように1体にはモールドゲージを埋設し、残り2体にはコンタクトゲージ用の測定チップをエポキシ系接着剤を用いて接着した。

2.3 実験方法

養生中の膨張ひずみは、コンタクトゲージおよびモールドゲージを用いて測定した。また、養生後に曲げ載荷試験を行った。図-2に示すように載荷し、載荷中の荷重および供試体底面のひずみを測定した。荷重-ひずみ曲線の急変点を曲げひびわれ発生荷重とし、これより導入されているプレストレスを算出した。また、曲げ試験後の供試体を用いて圧縮強度を測定した。

表-1 使用材料

材 料	特 性
セメント	早強ポルトランドセメント(密度 3.14)
細骨材	富士川産川砂(最大寸法 5mm, 密度 2.64)
混和剤	高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)
膨張材	エトリンサイト系

表-2 繊維の性質

項 目	鋼繊維*1	グラスファイバー
弾性係数(N/mm ²)	2.0×10 ⁵	7.5×10 ⁴
断面形状	0.5×1.0mm	φ10μm, 204本集束
繊維長	30mm	19mm

*1 インデント有

表-3 要因及び水準

短繊維	鋼繊維, グラスファイバー
繊維混入率	体積比 1.5%, 3.0%
膨張材混入率	0.5, 10, 15, 20%

表-4 モルタルの示方配合

種 類	W/C (%)	S/C	単位量 (kg/m³)					SP (C×)
			W	C	S	纖維	増粘剤	
SF1.5%	35	1.5	274.8	373.2	1195.8	117.9	0.2	1.0%
SF3.0%	35	1.5	270.6	773.3	1159.9	773.0	0.2	1.0%
GF1.5%	45	1.0	374.5	849.8	849.2	40.5	0.5	1.0%

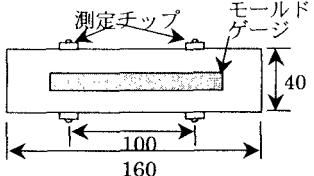


図-1 膨張量測定概要

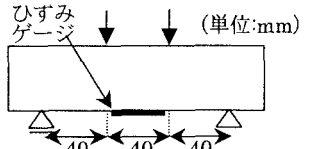


図-2 曲げ試験概要

3. ケミカルプレストレスの評価

3.1 膨張ひずみの測定結果によるプレストレスの推定

供試体の膨張ひずみの測定結果から膨張材の混入によるプレストレスを式(1)により推定した。ここで、拘束材は供試体と同様のひずみを生じているものと仮定している。

$$\sigma_p = E_f \cdot (\varepsilon - \varepsilon_0) \cdot A_f / A \quad (1)$$

ここに、 E_f :拘束材の弾性係数、 A_f :繊維の断面積、 A :モルタル断面積
 ε :膨張ひずみ、 ε_0 :膨張材 0%の供試体の膨張ひずみ

3.2 曲げひび割れ発生荷重によるプレストレスの計算

曲げひび割れ発生荷重の試験結果より、供試体に導入されていたプレストレスを式(2)により算出した。ひび割れ発生時の曲げ応力 σ を求め、膨張材無混入供試体の曲げひび割れ発生応力 σ_0 を求め、その差をプレストレスとした。

$$\sigma_p = \sigma - \sigma_0 \quad (2)$$

ここに、 $\sigma = M/W$ 、 $\sigma_0 = M_0/W$ 、 W :断面係数

M :各供試体のひび割れ発生モーメント

M_0 :膨張材 0%の供試体のひび割れ発生モーメント

4. 実験結果および考察

4.1 最適膨張材量の検討

膨張材の混入量と圧縮強度の関係を図-3に、曲げ強度の関係を図-4に示す。この結果からいずれの強度においても膨張材混入量が15%から20%にかけて、特に鋼繊維の場合は強度が大きく低下している。このことから、膨張材混入率を15%程度に設定すれば、強度が低下しない範囲でプレストレス導入に有効な膨張ひずみが得られると考えられる。

4.2 ケミカルプレストレスの評価について

曲げ試験の結果より、曲げひび割れ発生荷重を表-5に、これより求められた実測プレストレスを図-5に示す。これによると膨張材の混入率が大きくなるほどひび割れ発生荷重も大きく、ケミカルプレストレスが導入されていることがわかる。また、GF1.5%、SF1.5%、SF3.0%の順にプレストレスが大きくなっているが、これは鋼繊維とガラスファイバーの弾性係数の比および繊維の混入率に起因するものと考えられる。また、膨張ひずみから得られた計算プレストレスを図-6に示す。膨張材混入率15%についてみると、実測プレストレスは計算プレストレスの8割程度導入されているのがわかる。

5. まとめ

短繊維と膨張材を用いるとケミカルプレストレスの導入が可能であり、その量のある程度推定できた。しかしながら、推定精度を上げるには繊維分布の影響については更なる検討を要する。

謝辞：実験にあたり、膨張材を電気化学工業(株)よりご提供頂きました。また拘束材として、グラスファイバーをインフラテック(株)より、鋼繊維を(株)住友金属建材よりご提供頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

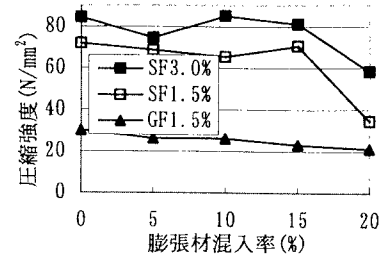


図-3 圧縮強度

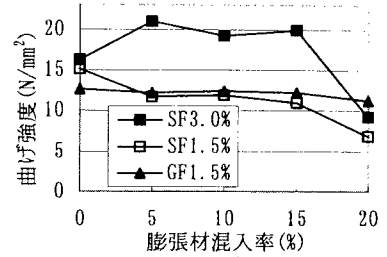


図-4 曲げ強度

表-5 曲げひび割れ発生荷重

膨張材 混入率(%)	荷重(単位:N)		
	SF3.0%	SF1.5%	GF1.5%
0	5057	4609	3508
5	6527	4381	3740
10	6197	4936	3717
15	7265	5187	4260

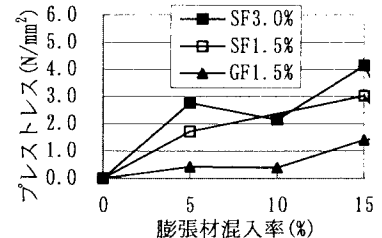


図-5 実測プレストレス

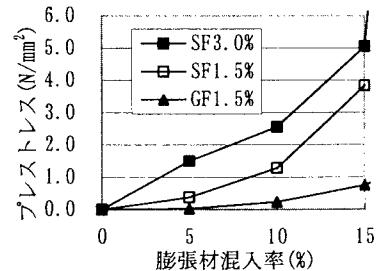


図-6 計算プレストレス