

徳島大学工学部 正会員 ○河野 清
徳島大学工学部 学生員 納田 益資

1. まえがき

コンクリートの引張強度、ひびわれ耐力、脆性などを改善するため、鋼、ガラスなどの短繊維を用いた繊維補強コンクリート (FRC, SFRC, GFRC などと略記) が開発され、補強機構、特性などが多く研究が行われており、舗装、トンネルライニング、ショットクリート、製品などへの使用例が報告されている。FRC と土木、建築構造物に積極的に利用して行くためには、使用法、施工方法などについて、より活発な研究が必要である。工場生産されるコンクリート製品は、製造管理が比較的容易であり、また曲げ強度、ひびわれ強度の向上と生ずることが多いので今後注目すべき利用分野と考えられる。本報告では、FRC に対する蒸気養生の影響、振動台で稀固めした場合に繊維の移動による曲げ強度への影響、さらには小型の鋪設用平板と作成した板の品質に対する繊維量と成形時の加圧の影響、など製品へ利用する場合の基本的な問題について検討を行う。

2. 使用材料

繊維材料として、鋼繊維 (SF) は鋼筋とせん断して製造したせん断ファイバー、ガラス繊維 (GF) はファイラメント 100 本と集束した耐アルカリガラス繊維を用いた。他の材料とも品質を表-1 に示す。なお、粗、細骨材とも吉野川産のものである。

3. 蒸気養生に関する検討

(1) 実験の概要 目標スランプ 10 cm、水セメント比 60 % のコンクリート配合 (図-1 の対象参照、繊維混入率 1.0 % vol.) を用い、強制練りミキサで練り混ぜたものを、 $10 \times 10 \times 40$ cm のはり型枠に詰め、振動数 6000 upm、振幅 1.0 mm の振動台で 20 秒間稀固め成形を行う。直ちに、3 + 3 (15℃) + 3 (65℃) + 12 h の条件で蒸気養生を行い、脱型後は 20℃ の水中養生に移す。材料 3 日、7 日 および 28 日で、中央集荷載荷法で曲げ試験を行う。なお、比較のため、蒸気養生を行わないで標準養生のみの供試体も作成し、材料 7 日と 28 日試験を行う。

(2) 実験結果の検討 曲げ強度に対する蒸気養生の影響を示す図-1 からわかるように、プレーンコンクリートの相対曲げ強度は、蒸気養生材料 3 日で 69 %、7 日で 78 %、28 日で 87 % とあるのに対して、SFRC では 3 日で 93 %、GFRC は 92 % と示れ、蒸気養生 28 日の相対強度も高く蒸気養生の効果は明らか。プレーンコンクリートより高くなっていく。なお、蒸気養生 28 日強度を 3 種コンクリートと比較すると、プレーンコンクリートより SFRC で 30 %、GFRC では 38 % 曲げ強度が高くなっていく。

4. 載荷方向の影響に関する検討

(1) 実験の概要 鋼繊維混入率 1.0 % vol. とし表-2 に示すスランプの異なる 3 種配合のコンクリートと

表-1. 使用材料およびその性質

材 料	主 な 性 質
鋼 繊維	0.21×0.60×25 mm, 比重=7.8, $\eta_d=62.4$, 引張強さ=124 N/mm ²
ガラス	φ20×110×25 mm, 比重=2.7, $\eta_d=125$, 引張強さ=210~290 N/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 /kg, $U_{cs}=410 \%$
細骨材	川砂, 比重=2.62, 吸水率=0.99%, 含水率=0.03%, FH=2.80
粗骨材	川砂利, 比重=2.62, 吸水率=1.18%, 最大粒径=10 mm, FH=6.00

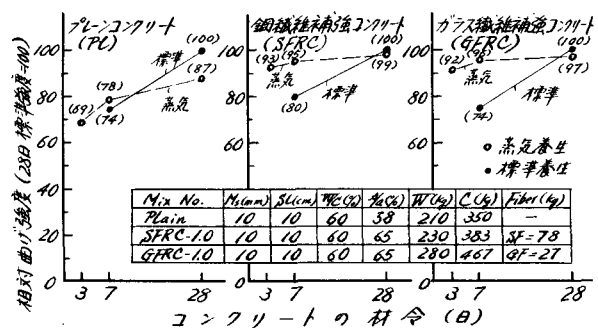


図-1. 各種コンクリートの曲げ強度に及ぼす蒸気養生の影響

表-2. 載荷方向の実験に用いたコンクリートの配合

Mix No.	M _s (mm)	S _L (mm)	W/C (%)	F _o (%)	W(kg)	C(kg)	S(kg)	G(kg)	SF(kg)
S-5	10	5	58	65	216	383	1059	570	78
S-10	10	10	60	65	230	383	1035	558	78
S-15	10	15	64	65	244	383	1012	545	78

$10 \times 10 \times 40$ cm はり型枠に詰め、振動台を用いて 6000 upm で 20 秒間の稀固めを行い、翌日脱型し材料 28 日

まで 20℃水中養生とす。所定荷重で水そうより伏試体を取り出し、2種の載荷方向すばり5図-2のように打込み面と上方にて載荷する場合(A)、と打込み面と下方にて1点の場合(B)について曲げ試験を行う。なお、載荷試験の際の荷重へにわき曲線を用いてタフネスも算出し、また、伏試体数は各配合についてそれぞれ3個を使用する。

(2) 実験結果の検討 伏試体に対する載荷方向の影響として、曲げ強度およびタフネスの載荷方向AとBとの比をとり、スランプ80を示すと図-4のようになる。すなわち、スランプが小さくなると比が大きくなる傾向がみられ、乾練りの15cmでは曲げ強度比が1.17となる。タフネスはより顕著であり、播動台による稀固め成形の際に繊維が多量に沈むためと思われる。

図-2. 成形1R伏試体に対する載荷方向

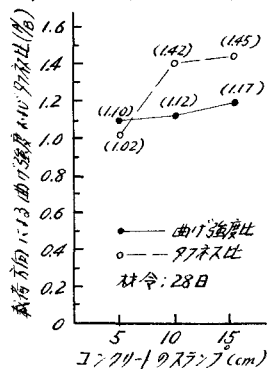


図-3. 載荷方向の曲げ強度とタフネスへの影響

4. 小型平板への利用に関する検討

(1) 実験の概要 舗道の平板用材として目標スランプ5cmのFRP補強コンクリートとし、表-3に示す単位セメント量一定で繊維混入率を変えて配合を用いる。30×30×6cmの平板が製造できる型枠を用い、播動台のせて6000rpmで20秒間を稀固めを行い、蒸気養生をうけ入れて、3+3.5(15℃/h)+3(65~70℃)+12hの条件で蒸気養生を行う。マチュリティーは1050℃/h前後となる。蒸気養生後の脱型は20℃水中養生に移し、材令7日でスパン24cmの中央集中載荷法で平板の曲げ試験を行う。つぎに、繊維混入率1.0%volのSFRCとGFRCおよび比較用に繊維を用いない平直セメント量350kgの配合(PL)を用い、播動稀固め後厚さ5mmの鉄板をのせ、圧縮試験機を用いて0, 3.7および10N/cm²で加圧成形し、その効果について調査する。

表-3. 平板の試験に用いたコンクリートの配合

鋼繊維補強コンクリート (SFRC)							ガラス繊維補強コンクリート (GFRC)						
SF	W/C	1/4	W	C	Fiber		GF	W/C	1/4	W	C	Fiber	
(Vol)	(%)	(%)	(kg)	(kg)	(kg)		(Vol)	(%)	(%)	(kg)	(kg)	(kg)	
0	55	56	193	350	—		0	43	58	195	450	—	
0.5	58	60	202	350	39		0.5	51	62	230	450	135	
1.0	60	65	210	350	78		1.0	59	65	265	450	270	
1.5	63	68	219	350	117		1.5	67	68	300	450	405	

注) 目標スランプ5cm, 粗骨材最大寸法10mm

(2) 実験結果の検討 i) 繊維混入率の影響 混入率を変えて配合で平板の曲げ強度と吸水率を試験し、結果を図-4に示す。SFRCでは混入率とともに曲げ強度が明らかに増加し、1.5%volの配合ではプレーンコンクリートに比べて1.56倍の値を示す。一方、GFRCでは繊維を増すと単位水量の増加が顕著なため、同一セメント量の配合では水セメント比が大きくなり、強度改善の効果はSFRCほどみられず、しかも吸水率も大となる。

ii) 成形時の加圧の効果 平板を成形する際に加圧を行うと内部組織が密集になり、過剰の水分が排除され、水セメント比が低減できるので播動稀固め後2分間加圧成形と適用する。すでに報告した加圧養生のようにその加圧力を保持せず、所荷にて蒸気養生を行うもので、図-5にみられるように成形時のみの加圧によっても曲げ強度は明らかに増加し、吸水率も低減しており、品質向上に効果的な方法である。したがって、繊維混入率と少なく、配合の選定も可能になる。

5. まとめ

繊維補強コンクリートに対する蒸気養生の効果はプレーンコンクリートに比べて顕著であり、また、成形時に加圧を行うと品質向上に有効である。今後、大型製品について工場でも積極的に研究を進める必要がある。

文献) 河野, 柳田, "繊維補強コンクリートの品質に対する加圧の効果" 日本コンクリート工学会 鋼繊維補強コンクリートに関するシンポジウム発表要録集, pp. 41~45 (昭和52年11月)。

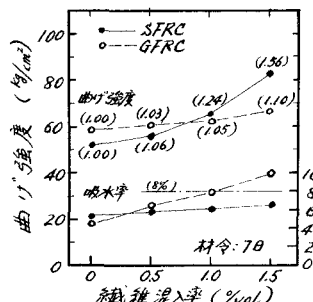


図-4. 繊維混入率が曲げ強度および吸水率に及ぼす影響

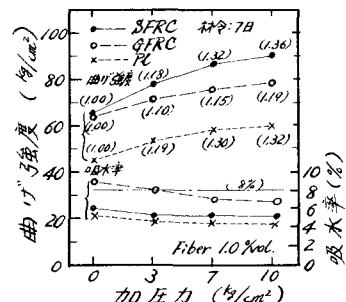


図-5. 平板の曲げ強度および吸水率に及ぼす成形時の加圧の影響