

ガラス繊維補強コンクリートの最適細骨材率と蒸気養生の影響

徳島大学工学部 正員 河野 清
 徳島大学工学部 正員 堀井克章
 島根県庁 正員 〇作野裕幸

1. まえがき

コンクリートの欠点を改善するために、繊維補強コンクリートが使用されるようになった。また、主として鋼繊維補強コンクリートについて研究が行われており、ガラス繊維補強コンクリート（以下GFRCと略記）についての研究は少ない。そこでGFRCの細骨材率を変えてその影響を調べ、配合選定の際の最適細骨材率について研究を行、たのち、GFRCに対して蒸気養生を行、た場合、最高温度が圧縮強度、曲げ強度およびせん断強度に及ぼす影響について調べ、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末などの混和材の効果についても検討した。さらに、GFRCの動弾性係数と圧縮強度との関係も調査した。

2. 実験概要

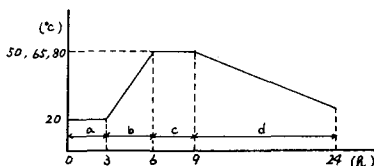
表1 細骨材率を変化させた場合の配合

配合の 種類	Ms (mm)	Sl (mm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	VE (%/vol)	単位量 (kg/m ³)				AE-WR Agent (Cwt)
							W	C	S	G(mm) 5-10	
GF-56					56				769	606	
GF-60					60				824	551	
GF-64					64				879	496	
GF-68					68				934	441	
GF-72					72				988	386	
GF-76					76				1043	331	
GF-80	10	-	4	60	80	1.0	276	460	1098	276	1.0
GF-84					84				1153	220	
GF-88					88				1208	165	
GF-92					92				1263	110	
GF-96					96				1318	55	
GF-100					100				1373	0	

表2 蒸気養生を行った場合の配合

配合の 種類	Ms (mm)	Sl (mm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	VE (%/vol)	単位量 (kg/cm ³)					蒸気 養生 (Cwt)
							W	C	FA	BS	S (5-10)	
FL-0	10	10	5	60	68	1.0	270	450	-	-	932	1.0
FA-20	10	10	5	60	68	1.0	264	352	88	-	932	1.0
BS-45	10	10	5	60	68	1.0	267	254	-	200	932	1.0

図1 蒸気養生条件



- a: 前養生期間: 3時間, 所温 20°C
 b: 急昇上昇期間: 3時間
 10, 15, 20 °C/R
 c: 最高温度期間: 3時間
 50, 65, 80 °C
 d: ソーキング期間: 15時間
 計 24時間

(1) セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。骨材は、吉野川産の川砂(比重2.60, 吸水率1.82%, FM 2.12)および玉砕石(最大寸法10mm, 比重2.61, 吸水率1.78, FM 5.97)を用いた。ガラス繊維($l=25\text{ mm}$, $l/d=135$, $G_x=100\text{ kgf/mm}^2$)は、シラスを原料とした国産の耐アルカリガラス繊維を使用した。配合は、水セメント比を60%と一定にし、細骨材率の影響を調べる場合の細骨材率は56%から100%まで4%おきに変化させた。蒸気養生を行、た場合の細骨材率は、先の研究結果より68%とし、混和材としてのフライアッシュは20%, 高炉スラグ微粉末は45%セメントに代替して混入した。なお、AE減水剤は、使用セメント量の1.0%とした。配合は、表1および表2に示す。

(2) 供試体の作製

GFRCの練りまぜには強制練りミキサを用いた。まず、セメントと細骨材とを投入し、ミキサを回転させながら水と繊維とを加え1分間練りまぜたのち、ミキサを止めて粗骨材を投入し、さらに1

分30秒間練りまぜを行、た。供試体の成形は、 $10 \times 10 \times 40\text{ cm}$ のU型わくにコンクリートを一層に詰め、振動台に載せて振動締めを行、た。その締め条件は、振動数6000Vpm, 振幅1mm, 振動時間を20秒とした。成形後はただちに $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温室に移して、標準養生を行、う場合には24時間静置したのち脱型し、所定の材令まで水中養生を行、た。蒸気養生を行、う場合は図1の蒸気養生条件を採用し、そののち標準養生の場合と同様とした。

3. 実験結果

(1) GFRCにおいては、図2にみられるように細骨材率が大きくなると締めエネルギーは小さくなり、そ

ルタルに近い配合になるとその差は小さくなる。したがって、GFRCの最適細骨材率は、粗骨材の最大寸法が10mm、繊維混入率が1.0%vol.の配合では図2の最初の段階でVB値が最小となる68%の値であり、しかもこの時スランプは最大となっている。一方、細骨材率が增加するに従い、圧縮強度、曲げ強度およびせん断強度は徐々に低くなる傾向があり、最適細骨材率より多少低目の所で各強度が最大となる。(表3参照)

(2) GFRCに対して蒸気養生を行った場合、表4のように各強度とも最高温度が高いものは長期強度増進率が低くなる。この傾向は、圧縮強度においてよりも、曲げ強度およびせん断強度において、より顕著である。(図3参照)これは、最高温度が高いとセメントの水和によって生ずるCa(OH)₂によってガラス繊維が侵食されやすくなることを示していると思われる。したがって、GFRCにおいては蒸気養生の際の最高温度を低目にしたほうが有利である。

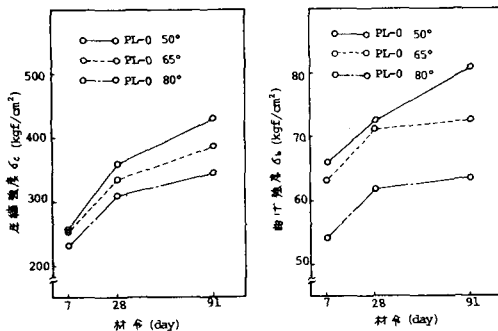
(3) GFRCにフライアッシュを用いて蒸気養生を行った場合には、材令91日までは混和材を用いたフレンコンクリートに比べ各強度とも下がるが、材令28日から91日への強度増進率は大きい。高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは、材令28日および91日における強度発現が顕著であり、蒸気養生に対して最も有効である。(図4参照)

(4) GFRCにおける動弾性係数と圧縮強度との関係は、次式で表わされる。

$$E_0 = 1.65 \sigma_c^{0.485} \times 10^4 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

また、同じ圧縮強度の場合、GFRCはフレンコンクリートに比べ約20%ほど動弾性係数が小さい値となる。

図3 最高温度の圧縮強度、曲げ強度への影響



4. まとめ

粗骨材の最大寸法が10mmのGFRCでは、最適細骨材率は68%前後であり、蒸気養生の際には、最高温度を低目にするのがよい。また、高炉スラグ微粉末の使用はGFRCの品質改善に極めて効果的である。なお、GFRCの長期材令の品質についてさらに調査をすすめる必要がある。

図2 GFRCの σ/α とスランプ、VB値との関係

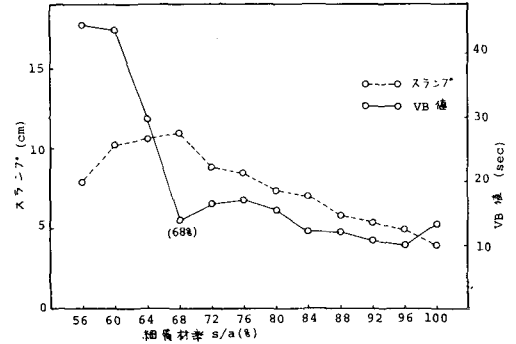


表3 σ/α を変化させた場合の結果

配合 (種類)	単位 重量 (t/m ³)	動弾性係数 ($\times 10^4$ kgf/cm ²)	圧縮 強度 (kgf/cm ²)	曲げ 強度 (kgf/cm ²)	せん断 強度 (kgf/cm ²)
GP-56	2.28	30.3	370	68.6	65.9
GP-60	2.27	29.6	352	67.5	61.5
GP-64	2.26	28.7	359	69.8	61.5
GP-68	2.26	28.6	360	68.2	63.1
GP-72	2.25	29.6	358	65.8	61.8
GP-76	2.24	29.5	344	63.2	60.6
GP-80	2.23	28.7	336	62.0	61.3
GP-84	2.21	28.3	329	62.0	59.0
GP-88	2.20	27.7	326	59.5	58.8
GP-92	2.19	27.2	328	54.3	59.0
GP-96	—	—	—	—	—
GP-100	2.17	26.2	295	59.9	54.4

表4 GFRCに対して蒸気養生を行った場合の結果

配合 の 種類	養生条件		単位重量		動弾性係数		圧縮強度		曲げ強度		せん断強度						
	養生 方法	最高 温度 (°C)	(t/m ³)		(x10 ⁴ kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)						
			材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)	材令 (day)					
			7	28	91	7	28	91	7	28	91	7	28	91			
FLR-0	標準 養生	20	2.25	27.7			361		76.4		66.1						
	蒸気 養生	50	2.23	22.4	2.24	25.8	27.3	257	359	430	65.9	72.5	80.7	53.9	63.8	69.2	
	蒸気 養生	65	2.24	22.4	2.25	25.6	27.2	29.4	252	334	387	63.1	71.1	72.6	49.5	52.3	57.1
	蒸気 養生	80	2.24	22.4	2.23	25.4	26.4	28.1	230	309	344	54.1	61.7	63.5	49.5	52.3	57.1
FA-20	標準 養生	20	2.24	26.5			298		69.7		56.4						
	蒸気 養生	50	2.24	22.4	2.25	21.6	24.8	32.2	189	286	399	62.3	71.4	80.1	43.4	60.1	67.2
	蒸気 養生	65	2.23	22.4	2.23	23.1	25.1	29.8	211	281	360	58.3	64.8	70.0	46.2	57.8	59.8
	蒸気 養生	80	2.23	22.4	2.23	23.1	25.1	29.8	211	281	360	58.3	64.8	70.0	46.2	57.8	59.8
BS-45	標準 養生	20	2.25	24.7			345		74.5		62.5						
	蒸気 養生	50	2.26	22.5	2.26	19.0	26.0	31.5	180	356	441	56.4	82.4	88.1	44.6	67.8	74.0
	蒸気 養生	65	2.23	22.3	2.23	19.6	26.2	31.8	217	359	449	59.1	82.6	88.8	47.5	68.8	74.3
	蒸気 養生	80	2.23	22.3	2.23	19.6	26.2	31.8	217	359	449	59.1	82.6	88.8	47.5	68.8	74.3

図4 混和材の圧縮強度、曲げ強度への影響

