

徳島大学工学部

正員 河野 清

建設省四国地方建設局 正員 川崎 末和

1. まえがき

コンクリートの引張強度、曲げ強度、衝撃抵抗、タフネスなどと改善・向上するべく、コンクリート中に繊維材料を加えた繊維補強コンクリートについて研究が進められ、米国では鋼筋のオーバーレイ、消波ブロックなどに実用されている。ここでは、金属繊維補強コンクリートの将来の利用分野としてコンクリート製品と見なし、成形の際の振動稀固め条件の影響と調べ、繊維による補強とより高まるべく、加圧成形と行ない加圧力、加圧養生などの影響について金属繊維と補強したコンクリートと比較しながら基礎的検討を行なった。

2. 実験の概要

(1) 使用材料

金属繊維は住友金属工業株式製のものを使用した。

使用材料を一括して表-1に示す。使用コンクリートは目標スランプ ≤ 10 cmとし、繊維の混入量と表-2に示す配合とし、フライアッシュを加えた。

(2) 供試体の作成と養生

i) コンクリートの練り混ぜ……容量50Lの強制練リミキサーを使用し、まず、細骨材とセメントを投入して水を加えてモルタルを練りながら金属繊維を手でほぐして投入し、注水後1分間練り混ぜたのち、ミキサーを止めて粗骨材を入れ、さらに1分30秒練り混ぜた。

ii) 振動台による稀固め成形……振動数2000~6000 rpm、振幅は0.5~1.5 mmの不平衡重錘式の振動台を用

い、表-3に示す稀固め条件を用いて成形し、振動数の影響を調査した。なお、供試体は $100 \times 100 \times 40$ mmの鉄製はり型枠を用いて成形した。

iii) 供試体の加圧成形……加圧成形供試体の作成は、振動台の最適稀固め条件で、加圧型枠（写真-1参照）を用いて稀固め成形したのち、5~20 MPaの範囲内で加圧力と3分間加え、ナットを締めて加圧力を保持し養生に移した。

iv) 供試体の養生……振動稀固め条件の影響を検討する場合のみ、成形後24時間20℃恒温室に静置したのち脱型し、初日7日まで18℃ ± 2 degの水中で養生した。加圧成形と行なったものは、2+3(17%) ± 5 (80%) ± 14 の条件で蒸気養生をうけ入れ、加圧養生（加圧高温養生、圧力養生などともいう）と行なったのち翌日脱型し、以後所定初日まで18℃ ± 2 degの水中で養生と行なった。

(3) 供試体の試験方法

- タフネスおよび曲げ強度試験……スパン30 cmとリ中央集中載荷法により曲げ試験と行なった。中央 $1/100$ gのアルゲージを2個取付け、荷重〜ひびき曲線よりタフネスを求めた。また、ヤニック法で弾性係数も測定した。
- 圧縮強度試験……はり切片より10 cm立方体と切り取り、切片供試体で圧縮強度試験と行なった。
- 衝撃抵抗試験…… $100 \times 100 \times 40$ mmはり供試体とスパン30 cmとリ衝撃試験台に固定し、高さ5 cmの位置から重量11.4 kgの重錘を落下させ、ひびわれ発生落下回数および破壊時の落下回数を調べ、衝撃抵抗を検討した。

表-1. 使用材料

材 料	性 質
スチールファイバー	0.21 $\times$ 0.60 $\times$ 25 mm (74 $\times$ 7 $\times$ 100 の) 比重=7.8, $d_d=62.4$, $\sigma_{sk}=124$ N/mm ²
セメント	普通ポルトランドセメント 比重=3.15, 3120 cm ³ /kg
フライアッシュ	比重=2.03, フレーン比表面積=3280 cm ² /g
粗骨材	吉野川砂利, 最大寸法=10 mm, 比重=2.62, F.M.=6.00
細骨材	吉野川砂, 比重=2.60, 吸水率=1.26%, F.M.=3.00

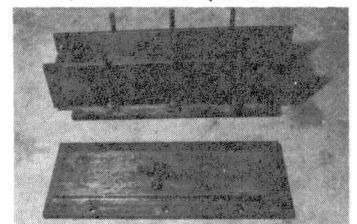
表-2. 金属繊維補強コンクリートの配合

配合 No.	繊維量 (%)	最大法 (mm)	W/C (%)	F/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
					W	C	FA	S	G	Fiber
I	0	10	60	60	205	342	—	1025	689	0
II	0.9	10	60	64	227	348	—	1008	572	70.2
III	1.0	10	60	66	230	383	—	1044	542	78.0
IV	1.2	10	60	67	235	392	—	1043	518	93.6
V	1.6	10	60	70	240	408	—	1056	456	124.8
VI	0	10	60	60	198	264	66	1032	693	0
VII	0.9	10	60	64	219	292	73	1065	604	70.2
VIII	1.2	10	60	67	227	302	76	1041	517	93.6
IX	1.6	10	60	70	236	314	79	1055	455	124.8

表-3. 振動稀固め条件

振動数 (rpm)	振 幅 (mm)	加速度 (g)	振動時間 (sec)
3000	1.21	6.6	15
4500	1.04	10.0	15
6000	0.96	18.5	15

写真-1. 加圧成形型枠



3. 実験結果とその考察

(1) 振動台の振動数の影響

締固めの条件として振動台の振動数に 3000, 4500 および 6000 vpm とし、曲げ強度・切片圧縮強度などの品質試験結果を示す表-4. をみられるように、振動数を高くすると、単位重量、強度などを上げ、明らかに締固め効果のよくなる傾向がある。とくに、切斷面と垂直する垂直方向より水平方向の断面の方が繊維の数が少なくなる傾向がある。振動台で締固めると、全層繊維が多少なる傾向が認められる。

表-4. 締固め条件の影響

振動数 (vpm)	単位重量 (γ/m^3)	曲げ強度 (γ/cm^2)	圧縮強度 (γ/cm^2)	タフネス ($\gamma \cdot mm$)	断面収縮 ($\%/mm$)
3000	2.35	49.7	195	1170	45.1
4500	2.37	58.3	203	1570	42.3
6000	2.39	68.0	217	1340	41.6

注) 配合比: 使用繊維量 1.2%, 材料 98% 養生

(2) 加圧成形の際の加圧力の影響

加圧工法は繊維補強コンクリートに於いては効果的な方法と考えられるので、繊維量 1.2% の配合を以て、繊維を用いたプレコンクリートと比較して加圧力 0.20 γ/cm^2 の範囲内で検討を行った。この結果、図-1. に示すように加圧力とともに品質が向上し、20% γ/cm^2 の加圧成形・加圧養生を行ったときの曲げ強度が 44% 増加している。また、加圧前後の

図-1. プレコンおよび繊維補強コンクリートの品質に対する加圧力の影響

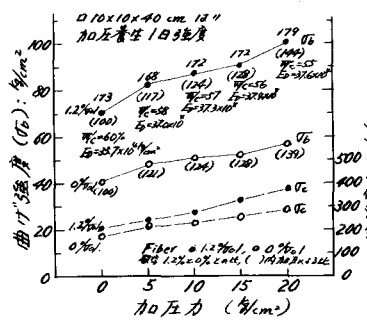
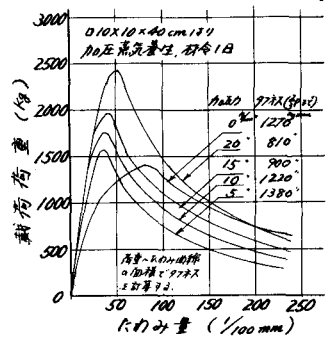


図-2. 荷重へたわみ曲線の例

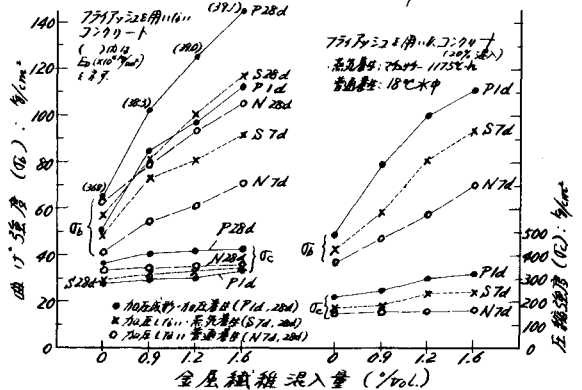


重量から γ/C 値を計算すると 2.45% であるが、コンクリートの単位重量は加圧力とともに増加し、加圧 10 γ/cm^2 の 2.37 γ/m^3 から 20 γ/cm^2 では 2.48 γ/m^3 の値となっている。つまり、荷重へたわみ曲線の代表例を示す図-2. のように、加圧成形による加圧力とともにタフネスは向上する傾向がみられる。

(3) 繊維量の影響

繊維量 5% 以上では 0.4% の発生曲げ強度と終極曲げ強度が増加することが知られているが、経済配合を以て、0.9, 1.2, 1.6% の種別を以て、加圧養生の結果と加圧成形による点養生および普通養生の結果とを比較検討した。図-3. に示すように、繊維量の増加とともに曲げ強度は向上し、とくに加圧養生すると材料 1 日で 28 日水中養生の品質がえられる。また、圧縮強度の増加はそれほど顕著ではない。また、繊維量の増加とともにタフネスも増加する。

図-3. 繊維量とコンクリートの養生条件と強度



(4) 衝撃抵抗について

供試体 1 個に対して 10 回の打撃回数で 0.4% の発生落下回数、供試体の上面で 0.4% が到達し落下し重量が 10% 以上減るまでの回数を破壊時落下回数として示す。表-5. のように繊維補強コンクリートは衝撃抵抗が改善され、加圧成形・加圧養生を行ったとくに効果的である。

4. まとめ

全層繊維補強コンクリートに加圧成形・加圧養生することにより、繊維補強効果と高み（および衝撃抵抗）を改善することが可能である。したがって、所要の品質を以ての全層繊維の混入量を低減することができると考えられ、実際の製品も考慮して今後さらに検討する必要がある。

表-5. 衝撃抵抗試験結果

使用コンクリート	繊維	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生
配合 No.	Fiber (%)	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生	100% 養生
I	0	60	10.2	2.38	3	4	292
	20	57	10.2	2.45	3	5	401
II	1.0	60	10.5	2.44	13	29	322
	20	56	10.5	2.50	69	99	430

注) 養生養生 2+3 (7%) + 5 (10%) + 44, 材料 28 日。