

繊維補強コンクリートの衝撃抵抗性に関する一実験

石川工業高等専門学校 学生員 吉田好寿
正会員 小泉 徹
高桑信一

1. はじめに

繊維補強コンクリートはコンクリート中に繊維を一様に分散させることにより、脆性材料としての欠点を補おうとするものである。一般に引張強度、曲げ強度、耐衝撃性の改善が期待される。

繊維補強コンクリートの衝撃抵抗性を評価する試験方法は確立されておらず、曲げ試験より得られる曲げタフネスが衝撃抵抗性と高い相関があるとされている。本研究では重錘落下衝撃試験により、コンクリート供試体に衝撃荷重を加え、発生するひび割れの状況を評価して曲げ試験より得たタフネスとの相関を確認する。

2. 使用材料・実験方法

使用した繊維は鋼繊維とビニロン繊維であり、いずれも繊維長 30 mmでストレートタイプのものである。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は手取川産川砂（比重 2.56、吸水率 2.02%、FM3.02）、粗骨材は手取川産玉砕石（比重 2.60、吸水率 1.52%、MS 15 mm）である。コンクリートの示方配合を表-1に示す。打設したコンクリートは各繊維の混入率を 0.5、1.0、1.5、2.0 vol %としたものと混入率 0%の9種類であり、繊維を混入する場合は骨材に置換して配合を決定した。各コンクリートにおいて作製した供試体は 10 * 10 * 40 cm角柱供試体 32 本であり、4 本を曲げ試験（JCISS-4）に、28 本を衝撃試験に供した。衝撃試験は図-1に示す重錘落下装置

表-1 コンクリートの示方配合 注) 繊維量の () 内はビニロン繊維量

により、曲げ試験に用いる3等分点曲げ載荷装置上に重錘を衝突させ衝撃荷重を加えようとするものである。重錘の質量と落下高さの積を衝撃エネルギーとして、衝撃荷重を受けた供試体に発生したひび割れを目視観察による6段階で評価し、その評価量と衝撃エネルギーの関係を調べた。ひび割れの評価を表-2に示す。

繊維混入率	W/C	単位量 (kg/m ³)					
		セメント	水	細骨材	粗骨材	繊維量	混和剤
0 %	55 %	364	200	737	913	0	0.82
0.5 %	55 %	364	200	730	907	39 (6.5)	0.82
1.0 %	55 %	364	200	724	900	78 (13.0)	0.82
1.5 %	55 %	364	200	719	892	117 (19.5)	0.82
2.0 %	55 %	364	200	714	884	156 (26.0)	0.82

3. 実験結果および考察

(1) 曲げ強度 曲げ強度試験の結果を図-2に示す。鋼繊維では繊維混入率 0%に対して混入率 0.5%では強度が同程度であったが、混入率 1.0、1.5%、2.0%では0%に対して 35 ~ 100%の強度増加を示した。しかし混入率 2.0%では1.5%の強度に対して伸びが少なく、これは混入率 2.0%では打設したコンクリートが締固め困難な状況であったことによるものと考えられる。

ビニロン繊維では混入率 0%に対して 1.5、2.0%では強度が 30 から 60%増加しているのに対して、混入率 1.0%では0%と同程度、0.5%では逆に低下を示した。ビニロン繊維の弾性係数は 30kN/mm²と鋼繊維に比べて小さいことより、混入量が小さい範囲では曲げに対する補強効果はないと考えられる。

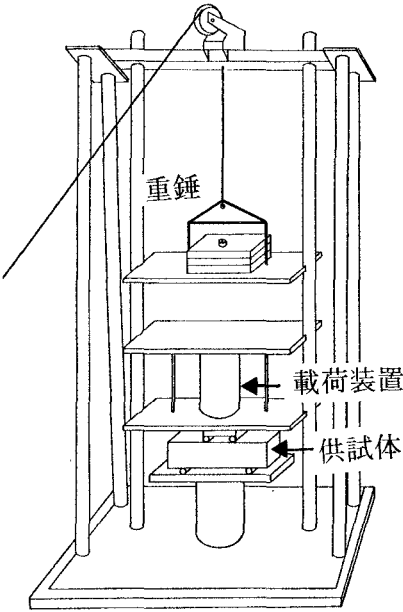


図-1 重錘落下装置（衝撃試験）

(2) 曲げタフネス 曲げ試験における荷重～変位曲線より求めた曲げタフネスと繊維混入率の関係を図-3に示す。図より繊維混入率0%と比較すると鋼繊維では約50から100倍、ビニロン繊維では約20から60倍の大きな値を示した。曲げ強度ではビニロン繊維の混入率0.5、1.0%では繊維による補強効果が認められなかったが、曲げタフネスに関しては混入率に比例して増加した。鋼繊維では混入率1.5%と2.0%ではタフネスに差はなかった。これは混入率2.0%では締固め困難なコンクリートとなったため曲げ強度が増加しなかったことによると考えられる。

(3) 衝撃試験 図-4、5に衝撃試験により得た衝撃エネルギーとひび割れの評価量の関係を示す。ひび割れの評価量は、重錘質量と落下高が同一である4本の供試体のひび割れの評価を平均したものである。これより、すべてのコンクリートにおいて衝撃エネルギーとひび割れの評価量の関係は1次式で近似できると考えられる。プレーンコンクリートでは衝撃エネルギーの小さな変化によりひび割れの程度が大きく変わることが示された。鋼繊維では繊維混入率0%に対して0.5、1.0、1.5%と混入率が増加するに伴い、直線の傾きが緩やかになり、衝撃抵抗性の増大を示している。2.0%では曲げ強度、曲げタフネスと同じように1.5%とほとんど差のない結果となっている。ビニロン繊維では混入率0.5%では混入率0%と直線の傾きがほぼ同一であり、衝撃抵抗性の改善があまり期待できないと言えるが、1.0、1.5、2.0%では直線の傾きが緩やかになっている。繊維補強コンクリートの衝撃抵抗性とタフネスの相関を調べるため、中程度のひびわれである「ひび割れの評価3」をコンクリートの限界状態と考えて、得られた結果より各繊維混入率において最小二乗法により直線式を求め、ひび割れの評価量が3となる衝撃エネルギーを計算で求めた。この衝撃エネルギーと曲げタフネスの関係を図-7に示す。図より鋼繊維の2.0%の結果を除けばいずれの繊維混入率においても高い相関があると言える。

4. まとめ

以上をまとめると以下の通りである。(1) 重錘落下試験より、繊維補強コンクリートに加えられる衝撃エネルギーと発生するひび割れの評価量は1次式で近似できる。(2) 繊維補強コンクリートの衝撃抵抗性は曲げタフネスと高い相関をもつことが確認される。

表-2 ひび割れの評価

評価量	ひび割れの程度
0	ひび割れなし
1	微小なひび割れ (ヘアクラック)
2	小程度のひび割れ (2mm程度まで)
3	中程度のひび割れ (数mm程度)
4	破断に等しいひび割れ
5	供試体破断

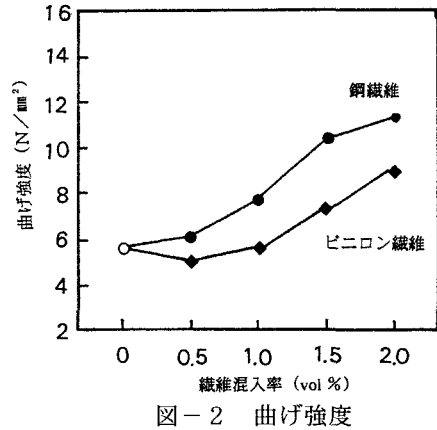


図-2 曲げ強度

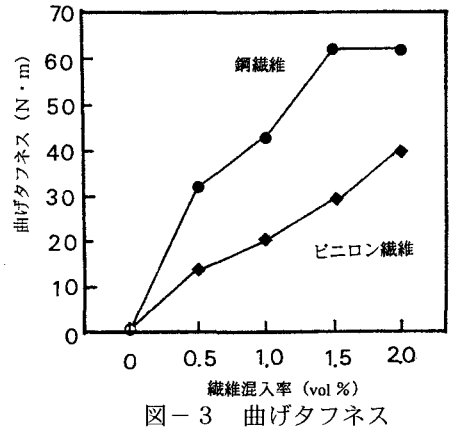


図-3 曲げタフネス

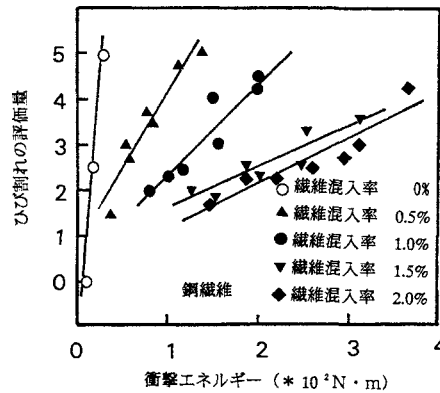


図-4 ひび割れの評価量 (鋼繊維)

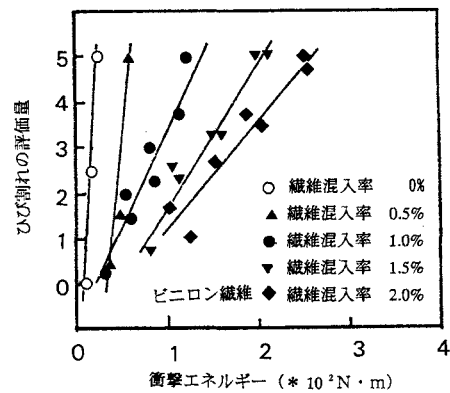


図-5 ひび割れの評価量 (ビニロン繊維)

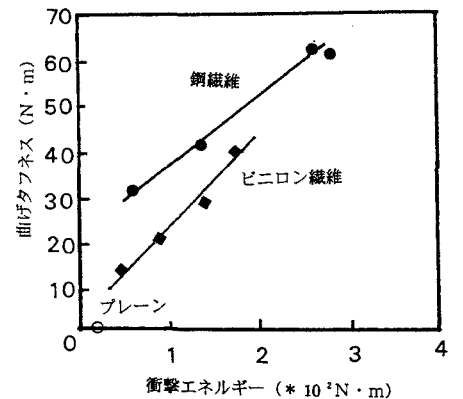


図-6 衝撃エネルギーと曲げタフネス