

1. まえがき 最近、鋼繊維補強コンクリートの土木の分野への適用が検討され、とくに耐衝撃性の必要なロケット発射場、耐爆構造物、コンクリートくい、あるいは高い曲げ強度やすりへり抵抗性を必要とする高速道路、海洋構造物などが考えられ、すでに実用(飛行場の滑走路)に供されているものもある。これらの構造物を合理的に設計するためには、その曲げおよび衝撃特性を明らかにしておく必要があるが、わが国では、まだその配合および施工方法が確立していないこともあって、曲げじん性と衝撃特性の評価が定まっていなのが現状である。本報告は、主として、この曲げじん性と衝撃特性に関する実験を行ない、基礎的資料を得るとともに、計算機による曲げじん性のシミュレーションを試みた結果について述べたものである。

2. 実験方法 実験計画を表-1に示す。繊維の混入量を8種類に変化させたものについて表に示す実験を行なった。使用セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は木ノ川産の細骨材(比重:2.58、 $F.M.=2.80$)、および粗骨材(最大粒径10mm、比重:2.63、 $F.M.=7.31$)を用いた。鋼繊維は異形繊維(0.25×0.50×25mm、比重:7.85、 $\sigma_u=68\sim70\text{kg/cm}^2$ 、 $E_s=2.1\times 10^6\text{kg/cm}^2$ 、等価換算直径:0.4mm、アスペクト比:63)を用いた。混和剤は高性能減水剤(NL-4000)を用いた。配合はブレンコンクリートの配合を表-2に示すものとし、鋼繊維混入量はコンクリート体積の0.5~4.0%とした。(ただし、鋼繊維を細骨材と見なし、繊維の増加とともに同体積の砂量を減じている。)練混ぜは手練で行ない、打設後テーブルバイブレーターで締固めた。試験は、曲げ衝撃試験をベージュ試験機で行ない、曲げ試験は三等分点載荷とした。引張試験は純引張試験を行なった。(図-1)。衝撃強度の測定は1回で1cmづつ高さを増加させて、ひびわれ時の高さ、破砕時の高さを求め、衝撃エネルギーを求めた。またラピコダにより、ひびわれ高さ時の衝撃ひずみと二次打撃までの時間を測定した。

3. 実験結果 各試験の結果を図-2~11および表-3、-4に示す。ただしこれらの結果のうち衝撃エネルギーは(落錐重量)×(落下高さ)で求め、打撃応力は(動弾性係数)×(衝撃ひずみ)で求め、じん性は荷重〜たわみ曲線において供試体が最大荷重到達後、荷重が100kgになるまでの面積をとっている。

4. 計算によるじん性のシミュレーション 断面を図-12に示す20個の平行要素に分割し、その中央に混入量に相当する繊維要素を入れる。ブレンコンクリートおよび繊維の応力〜ひずみ関係を図-13のように仮定して計算させる。図-14は繊維混入量1,2,3%の3ケースについて計算した荷重〜曲率関係の結果の例である。(この場合は繊維の有効係数0.22を仮定している。)

5. 考察およびまとめ 鋼繊維の混入量を8種類変化した繊維補強コンクリートの力学的特性に関する実験を行ない、ブレン(混入量0%)のものと比較した結果、図-11で明らかのように圧縮・引張に対して、最も適当な混入量は2%であることが明らかとなった。しかし、曲げに関しては混入量3%のものが強度、じん性ともに優れていることが判明した。とくに、繊維混入による特性改善の程度はじん性において著しいこともわかった。このじん性を解析計算によってシミュレートさせることを試みたが、方法としては可能であるが、実際にはコンクリートおよび繊維の応力〜ひずみ関係、付着性状、繊維の有効係数(施工性も含めた)のとり方などに多くの問題が残されている。

6. 謝辞 本研究を行なうにあたり、実験に協力いただいた昭和50年度卒研 大堀誠三郎、岡本恒和の両君に深く感謝する。

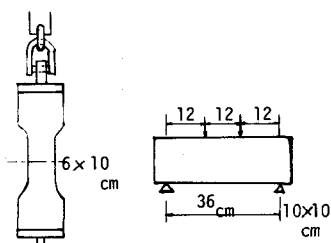
表-1 実験計画

繊維混入量 (%)	0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0
試験の種類	スランプ, 曲げ衝撃, 圧縮 (折片, 円柱) 純引張, 曲げ強度およびじん性

表-2 ブレンコンクリートの示方配合

Max. Size mm	Slump cm	Air %	W/C %	S/A %	Unit Weight (kg/m ³)			
					W	C	S	G
10	7.5	3	50	57	205	456	880	673

※セメント 100 kg につき減水剤 2000 cc を使用



Pure tension Bending

図-1 Test specimen

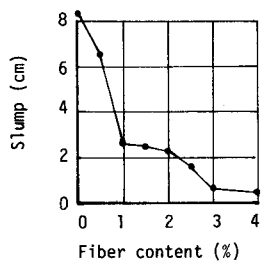


図-2 スランプと混入量

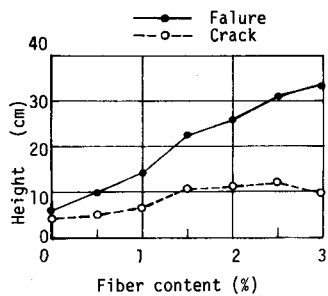


図-3 破壊高さ (ひびわれ高さ)

表-3 曲げ衝撃試験結果 (ひびわれ時)

混入量 (%)	ひすみ		二次衝撃 時間(sec)	衝撃力 (kg-cm)	打撃底力	
	圧縮	引張			圧縮	引張
0	347	188	0.025	10	105	57
0.5	406	169	0.040	12	136	56
1.0	521	696	0.064	12	190	—
1.5	888	1368	0.082	20	321	—
2.0	874	1131	0.094	26	314	—
2.5	1106	2814	0.092	28	342	—
3.0	735	1031	0.105	24	191	—

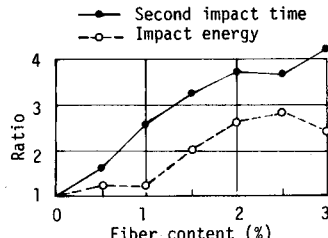


図-4 二次衝撃までの時間 および 衝撃エネルギー

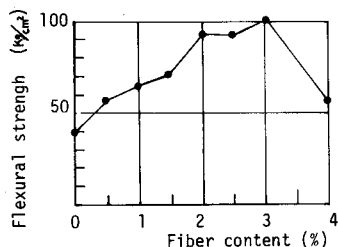


図-5 曲げ強度～混入量

表-4 曲げ試験結果

Fiber content (%)	Flexural strength (%σ_f)	Deflection (mm/100 mm)	Toughness (kg-mm)
0	38.7	13.7	4.54
0.5	56.7	25.3	15.50
1.0	64.7	29.7	26.30
1.5	71.7	31.0	55.50
2.0	94.7	66.3	70.80
2.5	93.2	83.0	119.6
3.0	107.8	78.0	116.2
4.0	58.1	89.0	70.30

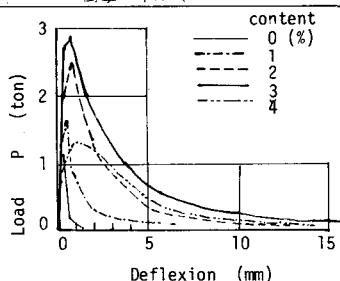


図-6 荷重～たわみ関係

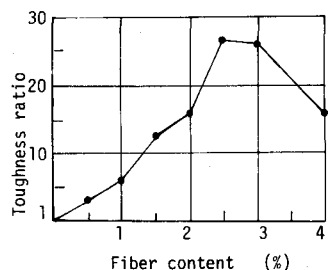


図-7 じん性～混入量

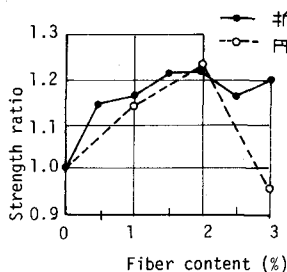


図-8 圧縮強度～混入量

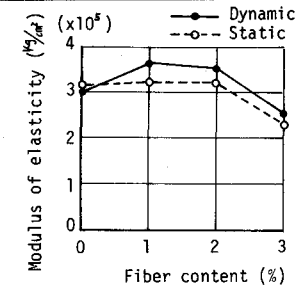


図-9 弾性係数～混入量

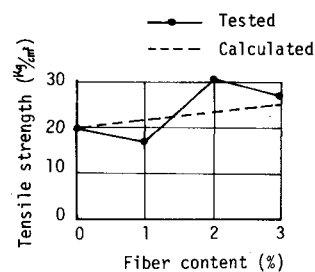


図-10 引張強度～混入量

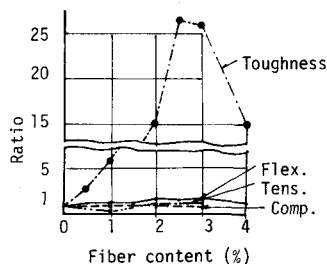


図-11 諸強度比～混入量

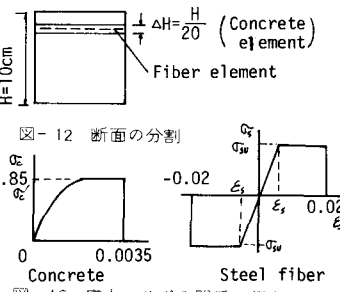


図-12 断面の分割

図-13 応力～ひずみ関係の仮定

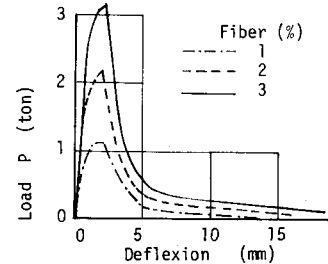


図-14 荷重～曲率関係 (計算例)