

1. まえがき

橋りょうRC床版、高架橋高欄、海洋コンクリート構造物などは衝撃的な荷重作用を受ける。これに対し、コンクリートに、メッシュ筋の配置、鋼繊維の混入、鋼繊維と膨張材の併用およびプレストレスの導入によって、主によりじん性を高め、動的挙動の向上をはかることが試みられている。しかし、上述のものを組合せたコンクリート版としての耐衝撃性に関する研究が極めて少ないのが現状である。本研究は、鉄筋コンクリート版をもとに、メッシュ筋、鋼繊維、膨張材の量および組合せが、主により耐衝撃性にいかに貢献するかを、静的および衝撃じん性の向上破壊時のコンクリート破片飛散防止への寄与、版としての各種限界状態への影響およびひびわれ分散効果に着目して実験的に明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

(1) 供試体： 供試床版は $130 \times 130 \times 13 \text{ cm}$ の正方形板で、スパン 120 cm の2辺単純支持とし、床版中央載荷の場合の計算許容荷重、曲げ破壊荷重および押抜きせん断荷重はRC床版に対しそれぞれ 49 t 、 14.6 t 、 18.9 t である。配筋図および供試体の種類を図-1、表-1に示す。コンクリートの設計基準強度は 30 N/mm^2 とし、その配合比を表-2に示す。

(2) メッシュ筋、鋼繊維および膨張材： メッシュ筋は線径 2.6 mm 、網目寸法 50 mm の溶接金網を、鋼繊維はISファイバー($0.25 \times 0.55 \times 25 \text{ mm}$ 、住友社製)を、膨張材はデンカCSAをそれぞれ用いた。

(3) 実験方法： (a) 静的試験、門型載荷装置を使用し、油圧ジャッキにより床版中央に設置した載荷板($15 \times 15 \text{ cm}$)に荷重をかけた。荷重段階は、上限も2tずつ増加させ、下限も0とする繰返し載荷とし、各荷重段階で10回繰返した。(b) 衝撃試験、載荷装置を図-2に示す。供試床版はコンクリート打設時に埋込んだボルトにより、支脚用フレームに固定した。衝撃荷重は、重量 500 kg の振り型重錘を、電動クレーンで所定の高さまで上昇させた後、クレーンの連結部を開放することにより加えた。なお、振り型重錘の鉛直になる時、重錘が供試体と打撃し、衝撃荷重が、版中央で水平方向に伝わるようにした。また、載荷位置には載荷板($15 \times 15 \text{ cm}$)とゴム板($15 \times 15 \times 1 \text{ cm}$)を重ねて固定した。重錘の落下高さには5cmピッチの斬層(増減位置エッジ一定)衝撃荷重で、各落下高さで10回ずつの繰返しを行なった。

(4) 測定項目および方法： 静、衝撃荷重下の測定項目を表-3に示す。測定は各荷重段階で繰返し数1, 2, 3, 5, 10で行うことを原則とした。衝撃試験における加速度、変位はアンプレコーダーに、鉄筋ひびわれはビデオカメラにそれぞれ記録した。各測定位置も図-1に併記する。

3. 結果および考察

(1) ひびわれ

および破壊

性状、

表-4に実験

結果の一覧

を示す。

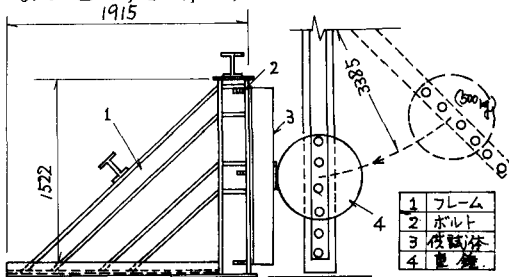


図-2 衝撃試験装置

表-1 コンクリート版の種類と記号

	衝撃	静的
RC版	RC-1	RC-2
鋼繊維混入RC版	FRC-1	FRC-2
鋼繊維、膨張材混入RC版	CFRC-1	CFRC-2
メッシュ筋(下面のみ)配置RC版	1MRC-1	1MRC-2
メッシュ筋(上下面)	2MRC-1	2MRC-2

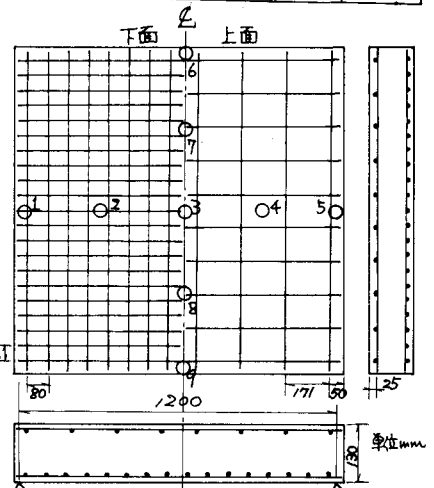


図-1 配筋図および測定点

静的試験：測点1~9
衝撃試験：測点3, 8, 9
衝撃加速度：測点6, 7, 3, 2, 1

表-3 測定項目

静的	衝撃
鉄筋のひびわれ分布	応答加速度分布
たわみ分布	重錘加速度
ひびわれ状況	ひびわれ分布
	重錘のひびわれ位置
	コンクリート破片飛散量

また、図-3は衝撃破壊後の断面下のひびわれ状況と一例としてRC、FRC版について示したものである。表-4より、鋼繊維、炭素繊維の混入は、静、衝撃荷重下でのひびわれ荷重および破壊荷重を増加しており、特に破壊形式が押指しで断れ曲げ圧縮に転じていることから、破壊の脆性が著しく増大していることがひびわれ、限界状態の使用性能に反映するようになると考えられる。また、筋筋の配置はRCとFRC、CFRCの中間程度の結果を發揮している。図-2より、RCひびわれの衝撃荷重下のひびわれ片の分散は、FRC、CFRCでは破壊時に全くとれ、IMRC、2MRCでは、ひびわれ発生で止まるがひびわれは程度であり、この差の結果も著しい。

(2) 落下高と衝撃力および力積、図-4は一例としてRC、CFRC、2MRC版の落下高と衝撃力、力積の関係と両対数で示したものである。これより、RC版では、ひびわれ発生後は両者の関係は急変しているが、IMRC、2MRCではひびわれ発生後もしばらく同一の傾向を示した後、変化がある。これに対し、FRC、CFRCではひびわれ発生直後は変化があるものの以後はほぼ同一の傾向に引き直る。

(3) 荷重と変位、図-5は静、衝撃荷重下の荷重と変位の関係と各版中央側変位について示したものである。また、表-5は変位分布より、主、配筋筋方向の破壊時における曲率を求めたものである。これより、静的荷重下では剛性は、 $RC < IMRC \approx 2MRC < FRC \approx CFRC$ という傾向が明らかであるが、衝撃荷重下では顕著でない。しかし、破壊時の曲率は静的荷重下より衝撃荷重下の方がRCに対する割合が大となっている。

4. あとがき、本研究と並行するにあたり、神村大西村教授、藤井助教授に有益な助言をいただいた。

また、本研究に対し、昭和52年度吉田研究奨励金と授与された。ここに敬上し、借りて感謝の意を表す。

表-5 破壊時曲率 (mm⁻¹)

		$1/R_x$ (左筋向)	$1/R_y$ (配筋向)
RC	-1	4.13×10^{-5}	2.39×10^{-5}
	-2	2.96×10^{-5}	3.73×10^{-5}
FRC	-1	1.23×10^{-4}	6.33×10^{-5}
	-2	1.73×10^{-4}	4.24×10^{-5}
CFRC	-1	1.25×10^{-4}	9.88×10^{-5}
	-2	1.13×10^{-4}	2.76×10^{-5}
IMRC	-1	1.17×10^{-4}	3.74×10^{-5}
	-2	9.48×10^{-5}	3.42×10^{-5}
2MRC	-1	8.82×10^{-5}	2.53×10^{-5}
	-2	7.82×10^{-5}	3.32×10^{-5}

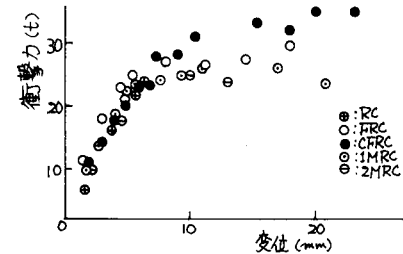
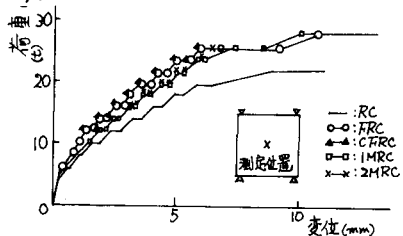


図-5. 荷重(衝撃力)と変位の関係

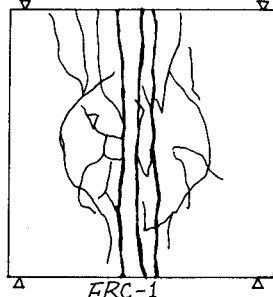
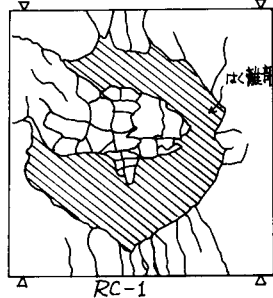


図-3. ひびわれ状況(衝撃)

表-2. 示方配合表

	RC	IMRC	FRC	CFRC
CSA混入率(%)	0	0	13	
鋼繊維・炭素繊維(%)	0	1.5	1.5	
水セメント比(%)	46	46	46	
細骨材率(%)	38	38	38	
セメント	322	322	280	
CSA	0	0	42	
水	148	148	148	
粗骨材	1133	1108	1107	
細骨材	763	688	687	
鋼繊維	0	118	118	
炭素繊維	0	118	118	
減水剤	875	875	875	

* 最大粗骨材寸法 20mm
目標スパン 10mm (標準)

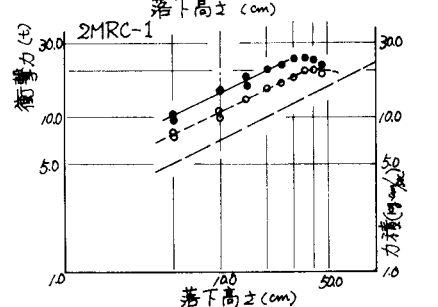
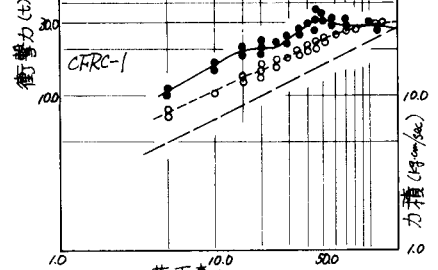
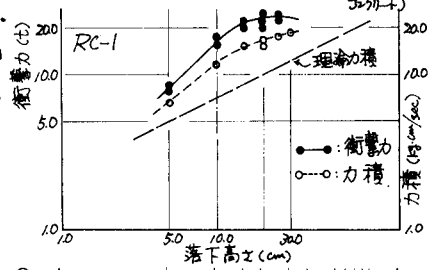


図-4. 落下高と衝撃力および力積の関係

表-4. 実験結果

		σ_c (kg/cm^2)	σ_b (kg/cm^2)	E_c (kg/cm^2)	折角 (°)	ひびわれ深さ Br (mm)	ひびわれ長さ Hcr (mm)	破壊荷重 P_u (t)	破壊変位 H_u (cm)	ひびわれ長さ ④	ひびわれ長さ ⑧	破壊形式
RC	-1	25.5	26.9	2.3×10^5	17	16.9	10	25.8	35	88	77	押指しで断
	-2	"	"	"	14	8.0	—	23.0	—	87	75	"
FRC	-1	37.8	46.3	2.7×10^5	13	22.0	15	33.8	100	—	—	曲げ圧縮
	-2	"	"	"	10	12.0	—	27.2	—	72	—	"
CFRC	-1	42.5	55.0	2.9×10^5	19	18.1	15	26.2	170	75	—	"
	-2	"	"	"	17	12.0	—	28.5	—	77	—	"
IMRC	-1	38.5	29.1	2.3×10^5	12	12.5	10	30.3	50	—	—	"
	-2	"	"	"	10	12.0	—	28.9	—	100	—	押指しで断
2MRC	-1	31.9	30.3	2.4×10^5	14	14.3	10	25.7	45	77	85	"
	-2	"	"	"	12	10.0	—	28.0	—	85	—	"