

PC版の耐衝撃性向上に関する基礎的研究

神戸大学工学部 正員 藤井 学
 神戸大学工学部 正員 宮本文穂
 神戸大学大学院 学生員 ○森川英典

1. まえがき

PC構造は衝撃荷重下での力学的挙動が、RC版に比して未解明の部分が多く、現在までに公表されている文献¹⁾によると、エネルギー吸収、靱性の点でRC構造に劣り、突発的な脆性破壊を起こす傾向があるということが問題となっている。PC構造をより有利な、かつ安全な構造として利用するためにはこのような衝撃荷重下での力学的挙動を改善する必要がある。そこで本研究においてはその基礎としてPC版の衝撃荷重下での力学的挙動の解明のため、種々のRC、PC版の静的、衝撃試験を行ない、力学的性状の比較検討を行なう。表1 版の種類と記号

	SF混入の有無	静的試験	衝撃試験
PCⅠ種版	X	PC1-S	PC1-D
PCⅡ種版	X	PC3-S	PC3-D
PCⅢ種版	○	FPC3-S	FPC3-D
RC版	X	RC-S	RC-D
RCⅢ版	○	FRC-S	FRC-D

SF: 鋼繊維

2. 実験概要

1) 供試版 表1に示す5種類の版について静的、衝撃試験を行なった。全版ともに $130 \times 130 \times 10 \text{ cm}$ の正方形版で、支間長 120 cm で2辺単純支持とし、設計荷重がほぼ等しくなるように設計した。

2) コンクリートの配合および使用材料 コンクリートの示方配合を表3に示す。設計基準強度はRC版で 300 kg/cm^2 、PC版で 400 kg/cm^2 とした。鋼繊維はコンクリート体積に対して1%混入し、さらに高流動化剤をセメント重量に対し0.7%混入した。PC鋼棒は $\phi 9.2 \text{ mm}$ 、鉄筋はRC版で $D13 \text{ mm}$ 、PC版で配筋方向に $D13 \text{ mm}$ 、PCⅢ種版で主筋方向に $D10 \text{ mm}$ を用いた。

3) 実験方法 静的試験においては門型載荷装置を用い、油圧ジャッキにより版中央に設置した載荷板($15 \times 15 \text{ cm}$)を介して荷重を加えた。荷重は 2 ton ビッチで増加させ、各荷重段階で下限を 0.2 ton とする10回の繰返し載荷とした。衝撃試験においては大型振り子式衝撃試験装置を用い、 500 kgf の重錘により衝撃力を加えた。載荷面には載荷板($15 \times 15 \text{ cm}$)とゴム板($15 \times 15 \times 1 \text{ cm}$)を重ねて固定した。重錘の落下高さは原位置から 5 cm ビッチで上げていき、各落高で10回繰返した。

4) 測定項目 静的試験では鉄筋ひずみ、PC鋼棒ひずみ、コンクリートひずみと図1に示す測点での変位。衝撃試験ではそれらに加えて重錘加速度と図1に示す測点での加速度応答を測定した。

3. 実験結果および考察

1) ひびわれおよび破壊性状 PC版については静的、衝撃両荷重

表2 版の設計

	鉄筋比 (%)	プレストレストンク度係数*	設計荷重(t)
RC	2.23	0	5.0
FRC			
PC3	0.91	0.615	4.9
FPC3			
PC1	0.77	1.0	5.0

プレストレストンク度係数* = $A_p \sigma_{ps} / (A_s \sigma_{sy} + A_s \sigma_{sy})$
 A_p, A_s : PC鋼材および鉄筋の断面積 (cm^2)
 σ_{ps}, σ_{sy} : PC鋼材および鉄筋の降伏応力 (kg/cm^2)

表3 示方配合表

項目	供試体	PC版	RC版
粗骨材最大寸法(mm)	25	25	
スランパ (cm)	9.0	9.0	
空気量 (%)	1.5	1.5	
水セメント比 (%)	38	58	
細骨材率 (%)	45	45	
単位重量 (kg/m^3)	セメント	500	284
	水	190	165
	粗骨材	917	1052
	細骨材	750	861

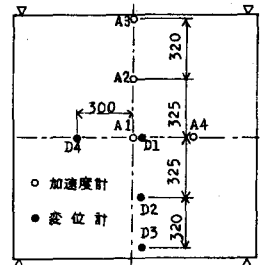


図1 版の測点

FUJII, MANABU, MIYAMOTO, AYAHO, MORIKAWA, HIDENORI

下においてプレストレスング度係数が増加すると、残留ひびわれ幅が破壊近傍まで小さく、破壊は表4に示すように、より脆性的な形式となる。一方、鋼繊維を混入した版ではひびわれ拘束性、靱性の向上に大きな効果を示し、延性的な曲げ破壊となる。また、衝撃荷重下ではコンクリート片の飛散が発生しやすくなるが、鋼繊維混入によってかなり改善される。

2)剛性および変形能 図2は各々静的、衝撃試験における荷重と変位の関係を示したもので、これによると、両荷重下においてPC版は初期の剛性が大きいが、荷重増加とともにRC版より大きな剛性低下を示す。また、プレストレスング度係数が小さいほどその度合が大きい。一方、コンクリートに鋼繊維を混入すると、曲げ剛性の増加により、版の剛性を高め、たわみを減少させる。また、PC版の最終変形量は衝撃荷重下における方が静的荷重下より小さいが、PC3、FPC3版ではかなり改善される。

3)吸収エネルギー 表5は荷重～変位曲線下の面積として求めた吸収エネルギーを示したもので、これによると、衝撃荷重下での吸収エネルギーは静的荷重下より小さくなっている。この傾向は、PC1版で著しく、PC3、FPC3版とすることによりかなり改善される。

4)剛性比と最大加速度的関係 図3は版の剛性比と最大加速度的関係を示したものである。ここで、固有振動数 f_1 、 f のときの版剛度を各々 D_1 、 D とすると、版の剛性比は、 $D/D_1 = [f/f_1]^2$ で表わされ、ここでは f_1 もRC版の重錘落下高さ2.1cmのときの固有振動数とした。図3によると、PC1、RC版はFPC3、FRC、PC3版に比して、高剛性比においては大きな加速度を呈しているが、破壊近傍に至っては最大加速度がかなり小さくなっている。これは前者が脆性的な押抜きせん断破壊形式、後者が延性的な曲げ、あるいは曲げに近い破壊形式を呈していることと対応している。

4. 結論

本研究は、PC版の衝撃荷重下での力学的挙動の解明を目的とし、主としてプレストレスング度、鋼繊維混入による影響を実験的に調べたものである。その結果、PC版においてはプレストレスング度係数の増大とともに破壊形式が脆性的になり、エネルギー吸収が低下する。一方、鋼繊維を混入した版ではひびわれ拘束性、靱性、エネルギー吸収の面で大きく改善され、延性的な曲げ破壊を呈し、耐衝撃性向上に大きな効果が期待される。

今後の課題としては、耐衝撃性を明確に定義づけることともに、耐衝撃性能の評価法を確立することが挙げられる。

参考文献 1)池尾孝司；コンクリート版構造の耐衝撃性評価法に関する研究，神戸大学修士論文，1981

表4 主な実験結果

	圧縮強度 (kg/cm ²)	曲げ強度 (kg/cm)	ひびわれ荷重 (t)	ひびわれ高さ (cm)	破壊高さ (cm)	破壊荷重 (t)	破壊形式
RC-S	286	38.9	6.0	—	—	22.0	せん断
RC-D	—	—	6.7	8.3	24.8	15.6	せん断
FRC-S	327	53.3	8.0	—	—	26.0	曲げ
FRC-D	—	—	11.2	16.5	—	17.4	曲げ
PC1-S	488	40.7	10.0	—	—	23.2	せん断
PC1-D	—	—	11.1	12.4	49.6	16.2	せん断
PC3-S	430	40.5	8.0	—	—	18.0	曲げ
PC3-D	—	—	5.9	4.1	41.3	13.6	せん断
FPC3-S	—	—	10.0	—	—	20.9	曲げ
FPC3-D	541	57.7	6.3	4.1	—	15.6	曲げ

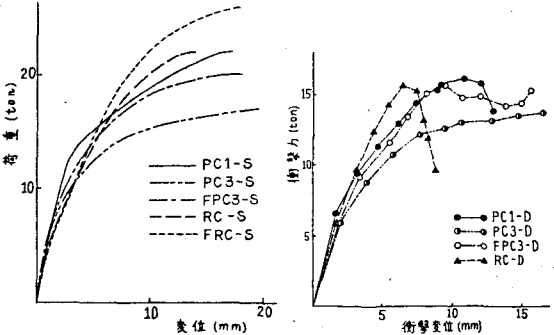


図2 荷重と変位の関係

表5 吸収エネルギー (単位 kg・cm)

項目	静的1	衝撃1	静的2	衝撃2
供試体				
RC版	4138	3860	0.933	20659
FRC版	4093	—	—	27706
PC3版	3990	3072	0.770	26518
FPC3版	4586	3434	0.749	28618
PC1版	4989	3709	0.743	28439

静的1, 衝撃1 : 変位 5 mm までの吸収エネルギー
静的2, 衝撃2 : 最大荷重までの吸収エネルギー

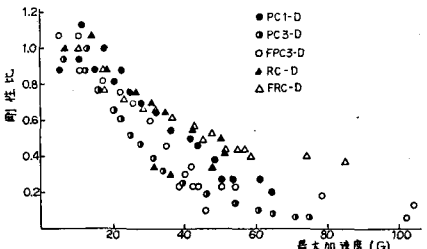


図3 剛性比と最大加速度 (A3) の関係