

# 繊維補強コンクリートの耐衝撃性に関する研究 (I)

## — 繊維種類と繊維混入率の影響 —

Studies on Impact Resistance of Fiber Reinforce Concretes

伊藤利治\*・小林一輔\*・今泉和郎\*  
Toshiji ITO, Kazusuke KOBAYASHI and Kazuro IMAIZUMI

### 1. はしがき

繊維補強コンクリートは、曲げ強度やタフネスなどの諸特性がすぐれていることが明らかにされているが、疲労、耐衝撃性など動的挙動に関する研究結果は比較的少ない。

本文は、鋼繊維補強コンクリート、ポリエチレン繊維補強コンクリートならびに鋼繊維とポリエチレン繊維による混成補強コンクリート<sup>1)</sup>について、重錘落下曲げ衝撃試験を行った結果をとりまとめたものである。

今回は主としてこれの繊維補強コンクリートの耐衝撃性に及ぼす繊維の種類、繊維混入率の影響についての検討結果を示すことにする。

### 2. 実験の概要

#### 2.1 使用材料、配合および供試体

鋼繊維はデフォーメーションを有しないせん断ファイバーとインデント加工を行った異形のカットワイヤーの2種を使用した。これらの断面寸法は、それぞれ  $0.5 \times 0.5 \times 30$  mm および  $0.5 \phi \times 30$  mm である。ポリエチレン繊維は軸線方向に一定間隔で“こぶ状”の突起を有する単繊維で、その円換算断面直径は  $0.9$  mm、長さ  $40$  mm、ヤング率  $500$  kg/mm<sup>2</sup>、引張強度  $25$  kg/mm<sup>2</sup>、比重  $0.96$  のものである。セメントは早強ポルトランド（日本社）を、粗骨材は最大寸法  $15$  mm の秩父両神産の砕石を、細骨材は川砂（富士川産）を使用した。

繊維混入率は2種の鋼繊維補強コンクリートの場合、それぞれ  $0.5$ 、 $1.0$  および  $2.0$  %、ポリエチレン繊維補強コンクリートの場合、 $0.5$ 、 $2.0$ 、 $3.0$  および  $4.0$  % とし、混成補強コンクリートの場合には、鋼繊維1%に対してポリエチレン繊維を1%としたものと、3%としたものの2種類を用いた。コンクリートマトリックスの水セメント比は全て  $50$  % とした。

供試体は  $10 \times 10 \times 40$  cm の角柱体を用い、コンクリートを1層で打設し、振動台を用いて締め固めた。供試体の養生は、試験前日まで水中養生 ( $20 \pm 2$  °C) したものと、試験前に空中 ( $20 \pm 2$  °C,  $50 \pm 5$  % R. H) に1週間放置した2種とし、材令は強度の安定したと思われる3カ月以上とした。

#### 2.2 衝撃試験と計測装置

衝撃曲げ試験機は、荷重、変位等の計測やひびわれ等の観察が容易なガイド式重錘落下試験機を使用した。載荷方法はスパンを  $30$  cm とする3等分点2点載荷とし、供試体の両支点は重錘打撃時における移動を防止するために硬質ゴムを用いて拘束した。

衝撃力は重錘重量を  $3 \sim 10$  kg に変化させるとともに、重錘が落下して供試体に接触するときの重錘の落下速度、すなわち衝撃速度を  $7$  m/sec 以下の範囲で、落下高さを  $2.4$  m までの範囲で変化させることにより与えた。

衝撃荷重の測定はロードセルで、また衝撃たわみは供試体の中央部において、非接触型変位計を用いて測定した。衝撃によるおのおのの波形はメモリスコープに記憶し、X-Yレコーダーに記録し解析した。写真-1に衝撃荷重と衝撃たわみの波形の1例を示した。また、図-1は衝撃試験装置の概略を示す。

繊維補強コンクリートの耐衝撃性は、供試体が1回の

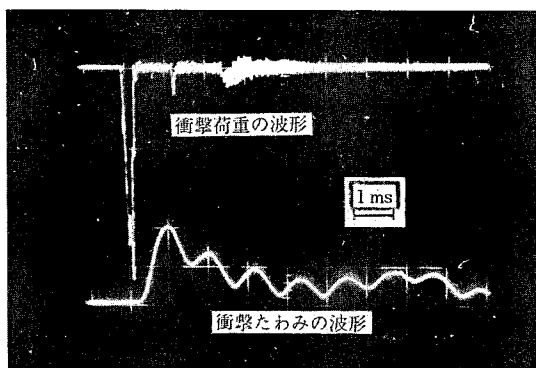


写真1 衝撃荷重ならびに衝撃たわみの波形

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

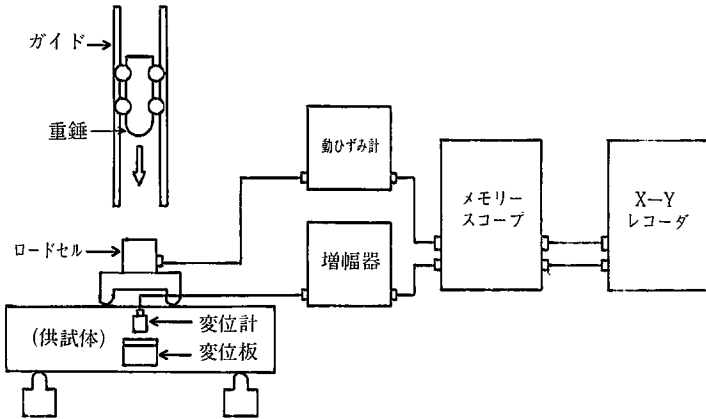


図1 衝撃試験装置ならびに荷重—変位測定システム

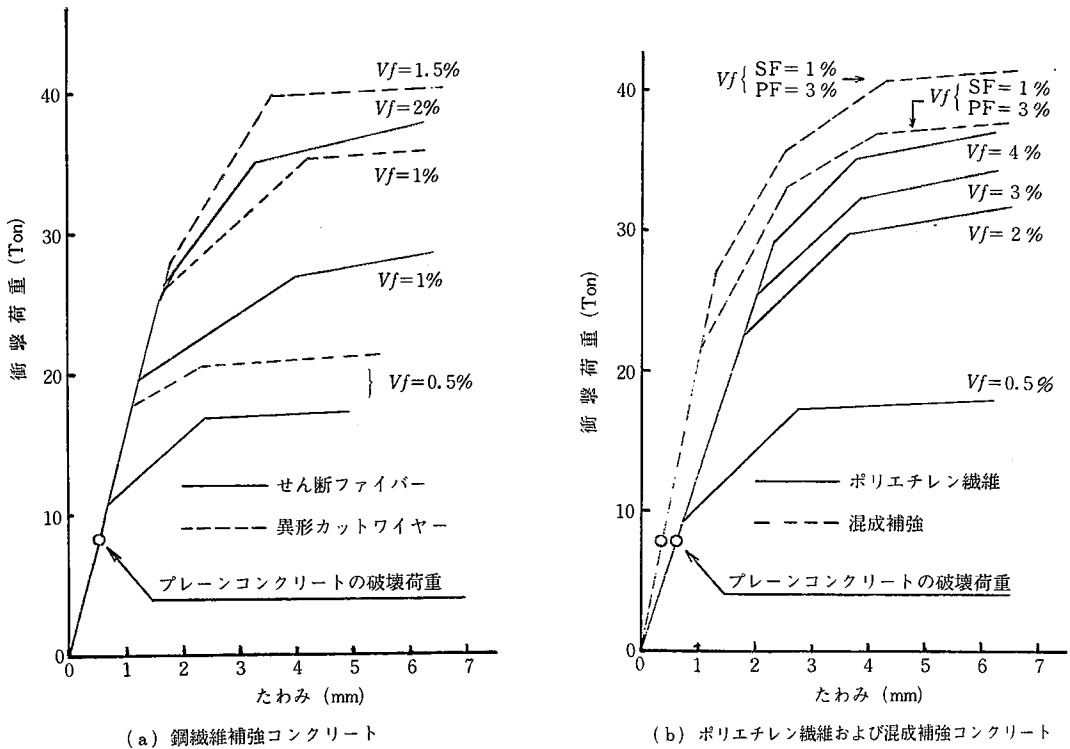


図2 衝撃荷重とたわみとの関係

落下衝撃で破壊する荷重を求める実験と、繊維を混入しないプレーンコンクリートの衝撃破壊荷重にほぼ等しい荷重をくり返して載荷し、その破壊までの回数を求める実験を行い、これらの結果を総合して評価することにした。

### 3. 実験結果

#### 3.1 破壊性状

繊維補強コンクリート梁の衝撃曲げ破壊は、いずれの

場合も、ほぼ衝撃載荷点内、すなわち等モーメント区間で生じた。

本実験で採用したような3等分点2点載荷方式による衝撃曲げ試験では、衝撃速度によってその破壊性状が変化する。すなわち、繊維補強コンクリートの破壊性状は衝撃速度が大きくなるに従って、その破壊は曲げ破壊からせん断破壊に移行する。この傾向は繊維の種類、繊維混入率に関係なく認められた。

研究速報

3.2 1回落下衝撃試験

図-2は各種の繊維補強コンクリートの衝撃荷重と衝撃たわみとの関係を示したものである。図より明らかなように衝撃荷重-たわみ曲線は、ひびわれ発生までの弾性領域とひびわれ荷重以降の塑性領域に大別される。塑性領域はひびわれ発生後たわみが急激に増加しはじめる降伏荷重までの領域と、それ以降破壊までの領域に区分される。この図より、繊維補強コンクリートのひびわれ荷重が繊維混入率とともに増大すること、塑性領域が大幅に拡大してエネルギー吸収能力が著しく改善されることがわかる。

しかし、このような傾向は用いる繊維の種類と形状により差異が認められる。

図-2(b)に示した鋼繊維とポリエチレン繊維を併用した混成補強コンクリートの場合には、塑性領域において2つの特異点、すなわち、一次降伏と二次降伏現象が認められた。これはヤング率の著しく異なる2種の繊維を混合して使用したためと考えられる。

3.3 くり返し衝撃試験

図-3および図-4は、プレーンコンクリートの破壊荷重に相当する衝撃荷重(重錘:10kg,落下高さ:0.2m)をくり返し載荷した場合のくり返し回数とたわみとの関係を示したものであり、図-5は同様な荷重を加えた場合の繊維混入率とくり返し回数との関係を示したものである。これらの図より明らかなように、繊維補強コンクリートの破壊までのくり返し数は、繊維混入率とともにほぼ直線的に増大しているが、その程度は繊維の種類や形状によって異なっている。

一方、混成補強コンクリートの場合についてみると、鋼繊維1%とポリエチレン繊維3%を組み合わせた場合

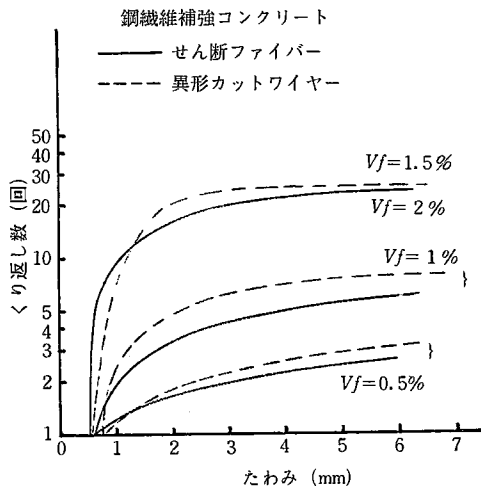


図3 くり返し数とたわみとの関係

には破壊までのくり返し回数が著しく増大し、いわゆる混成効果を生じたことがわかる(図-5)。

3.4 各種コンクリートの耐衝撃性

表-1は各種コンクリートの衝撃破壊荷重と静的破壊荷重について示した。プレーンコンクリートの衝撃破壊荷重は静的破壊荷重に比較して約4倍であるが、繊維を0.5%混入した場合でその値は約7~9倍となる。さらに繊維混入率を増加するにつれ、その値は約11~14倍となり、繊維補強コンクリートの耐衝撃性が他の諸性状に

ポリエチレン繊維および混成補強コンクリート

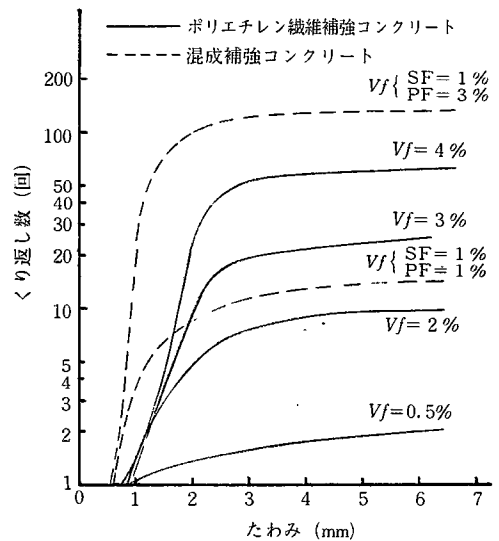


図4 くり返し数とたわみとの関係

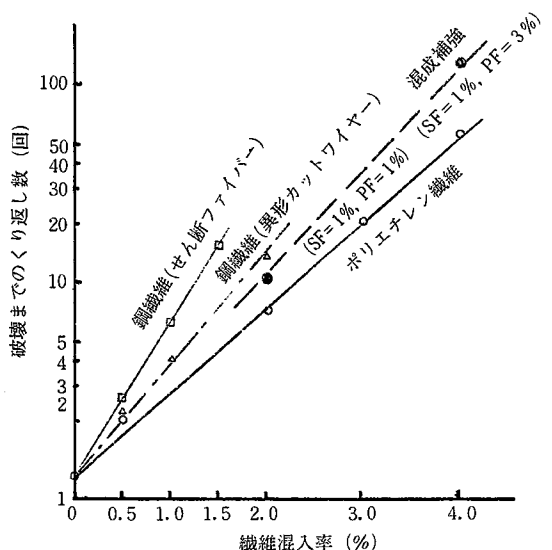


図5 繊維混入率と破壊までのくり返し数との関係

表1 各種コンクリートの耐衝撃性

コンクリートの種類	Vf (%)	Pst (ton)	耐衝撃荷重 (ton)			荷 重 比			
			Pcr	Py	Py'	Py/Pst	Pcr/Po	Py/Po	Py'/Po
鋼繊維補強コンクリート (せん断ファイバー)	0.5	2.0	10.6	16.8	—	8.4	1.3	2.1	—
	1.0	2.5	19.8	26.6	—	10.6	2.5	3.3	—
	2.0	3.9	25.4	34.5	—	8.8	3.2	4.3	—
鋼繊維補強コンクリート (異形カットワイヤー)	0.5	2.2	17.6	20.3	—	9.2	2.2	2.5	—
	1.0	3.2	25.6	35.0	—	10.9	3.2	4.4	—
	1.5	3.7	26.6	38.8	—	10.5	3.3	4.9	—
ポリエチレン繊維補強 コンクリート	0.5	2.3	8.8	17.2	—	7.5	1.1	2.2	—
	2.0	2.3	22.4	29.5	—	12.8	2.8	3.7	—
	3.0	2.3	25.2	32.2	—	14.0	3.2	4.0	—
	4.0	2.9	29.1	35.0	—	12.1	3.6	4.4	—
混成補強コンクリート	1:1	2.8	21.0	33.4	36.8	11.9	2.6	2.9	4.2
	1:3	3.2	26.6	35.4	40.4	11.1	3.3	4.4	5.1
プレーンコンクリート	0	2.0	8.0			4.0	1.0		

Pst : 静的曲げ荷重

Pcr : ひびわれ荷重

Py : 降伏荷重

Py' : 二次降伏荷重

Po : プレーンコンクリートの破壊荷重

比べて著しくすぐれていることがわかる。

なお、次報では養生条件、衝撃速度等の影響について報告する予定である。

(1981年8月31日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) 小林, 趙, 西村, 今泉: 鋼繊維とポリエチレン繊維による混成補強コンクリートの曲げ特性.  
生産研究, Vol. 32, No. 4 (1980. 4)

