

## PVA 短繊維を混入した四辺支持 RC 版の耐衝撃性状に関する実験的研究

飛島建設（株） 正会員 ○宮川 健太 三井住友建設（株） フェロー 三上 浩  
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 北海道開発土木研究所 正会員 栗橋 祐介

## 1. はじめに

本研究では、PVA（ポリビニルアルコール）短繊維を混入した RC 版の耐衝撃性状に及ぼす短繊維体積混入率（以下、短繊維混入率  $V_f$ ）の影響を明らかにすることを目的に、この種の RC 版に関する重錘落下衝撃実験を実施した。

## 2. 実験概要

図-1 には、本実験に用いた試験体の概要図を示している。試験体は形状寸法が  $2,000 \times 2,000 \times 180$  mm、下端鉄筋に D16 を用いて版中央部より 150 mm 間隔で格子状に配置した RC 版である。なお、一対辺の支持間隔は 1,750 mm である。表-1 には、試験体の一覧を示している。試験体名は英文字 F に短繊維混入率  $V_f$  を付して示している。実験は、質量 300 kg、先端部の直径が 60 mm の円柱状鋼製重錘を RC 版中央部に自由落下させることにより実施した。载荷方法は、初回衝突速度および増分速度を 1 m/s と設定し、終局に至るまで重錘を繰り返し落下させる漸増繰り返し载荷を採用した。なお、実験の終了は各試験体とも明瞭な押し抜きせん断ひび割れが発生し、試験体が著しく損傷した時点とした。測定項目は、重錘衝撃力  $P$ 、合支点反力  $R$ （以後、支点反力）および载荷点変位  $\delta$ （以後、変位）である。また、実験終了後には RC 版の裏面および中央部切断面のひび割れ分布を撮影している。

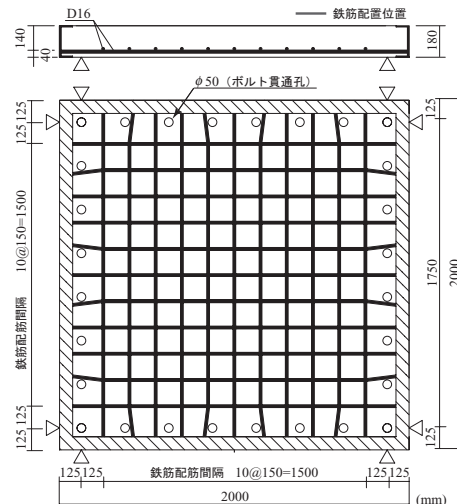


図-1 試験体概要図

表-1 試験体一覧

| 試験体名 | 短繊維混入率 $V_f$ (vol.%) | 圧縮強度 (MPa) | 衝突速度 $V$ (m/s) |
|------|----------------------|------------|----------------|
| F0   | 0                    | 40.8       | 1 ~ 4          |
| F1   | 1                    | 39.4       | 1 ~ 5          |
| F2   | 2                    | 34.2       | 1 ~ 6          |
| F3   | 3                    | 36.5       | 1 ~ 7          |

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 重錘衝撃力、支点反力および変位波形

図-2 には、各試験体の重錘衝撃力  $P$ 、支点反力  $R$  および変位  $\delta$  に関する各応答波形を衝突速度  $V = 4$  m/s ~ 6 m/s の場合について示している。重錘衝撃力波形  $P$  は、衝撃初期の振幅が大きい第 1 波とその後の振幅が小さい第 2 波で構成されている。なお、第 2 波目の波形は、F0 では  $V = 4$  m/s、F1/F2 では  $V = 5$  m/s、F3 では  $V = 6$  m/s において振

幅が低減していることから、押し抜きせん断面が形成され、塑性化が進行したものと考えられる。支点反力波形  $R$  は、衝突速度にかかわらず各試験体とも継続時間が 8 ms 程度の正弦半波の波形と高周期成分から構成されている。F1 の  $V = 4$  m/s 時と 5 m/s 時を比較すると、衝突速度の増加に伴い最大支点反力が大幅に低下している。一方、F2/F3 の場合には、その低下幅は小さい。このことより、いずれの試験体も衝突速度の増大に伴い押し抜きせん断破壊によ

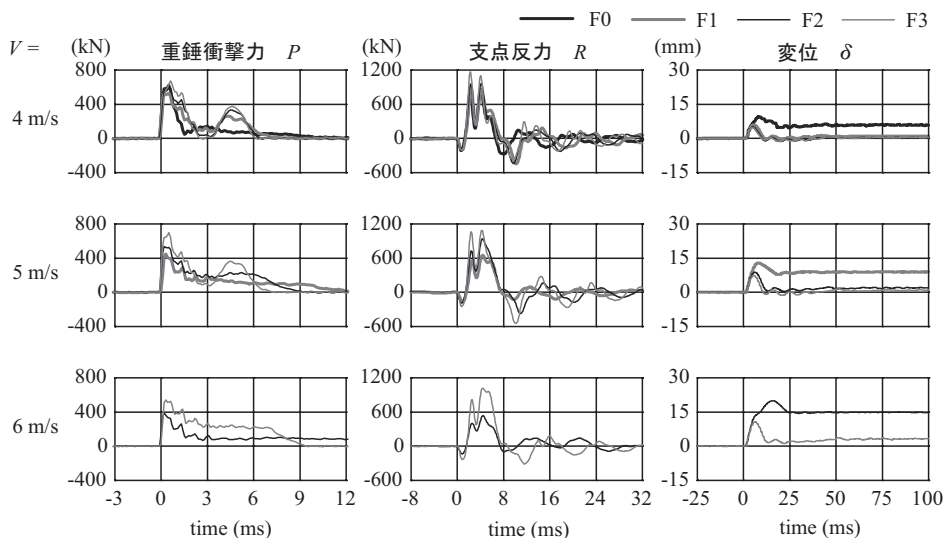


図-2 各種応答波形

キーワード：RC 版、PVA 短繊維、重錘落下衝撃実験、耐衝撃性

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

る塑性化が進行するものの、 $V_f$ の増加によって剛性低下の程度が低減することが分かる。変位波形 $\delta$ は、各試験体とも正弦半波状の性状を示しており、衝突速度の増加とともに残留変位が増大している。また、 $V_f$ の増加に対応して周期が短くなり、残留変位は減少傾向を示している。これは、短繊維の架橋効果により脆性的な破壊が抑制されたことによるものと推察される。

### 3.2 各種応答値の比較

図-3には、最大支点反力 $R_{ud}$ および最大変位 $\delta_{max}$ と衝突速度 $V$ との関係を示している。図より、 $R_{ud}$ はいずれの試験体も $V=3\text{ m/s}$ まではほぼ線形的に増大している。その後、 $V=4\text{ m/s}$ ではF0が低下傾向を示している。これは、入力エネルギーが押し抜きせん断コーンの形成に費やされ、支点部に振動が伝達されなかったためと考えられる。また、 $V_f$ の増加とともに $R_{ud}$ の剛性低下が抑制され、F1/F2/F3はそれぞれ5, 6, 7 m/sと最終衝突速度が増加している。これより、最終衝突速度より算出した入力エネルギーはF3はF0の約3倍程度を示す。 $\delta_{max}$ は $V_f$ の大きさにかかわらず $V=4\text{ m/s}$ までは同様の値を示している。しかしながら、 $V=5\text{ m/s}$ 以降は $V_f$ の増加に伴い、最大変位の増加勾配が小さくなっている。このことから、押し抜きせん断ひび割れの開口に対しても短繊維の架橋効果が効果的に作用しているものと推察される。

### 3.3 短繊維混入による耐力向上効果

表-2には、別途実施した静荷実験の結果と最大支点反力の結果の一覧を示している。なお、表中の動的耐力比(最大支点反力比)は、F0の最大支点反力を基準として各試験体の最大支点反力を除した値であり、動的応答倍率は最大支点反力 $R_{ud}$ を実測静的押し抜きせん断耐力 $P_{us}$ で除した値である。動的耐力比は $V_f$ の増加に対応して増大し、最大で1.3程度を示す。これより、動的耐力は短繊維の架橋効果により向上することが分かる。また、動的応答倍率は2.6～2.9程度であり、短繊維を混入した試験体の場合には小さくなる傾向を示している。

### 3.4 ひび割れ分布性状

図-4には、実験終了後におけるF0/F3底面のひび割れ分布性状を示している。図より、F0/F3とも版中央部に円形状のひび割れが発生していることから、押し抜きせん断破壊により終局に至っていることが分かる。また、F3の場合には円形状のひび割れ発生範囲内でひび割れが多数発生する傾向を示している。写真-1には、F0/F3の中央断面における切断面内のひび割れ状況を示している。写真より、両試験体とも荷重点部から斜めひび割れが発生しており、押し抜きせん断コーンが形成されていることが確認できる。両者を比較すると、F3の場合には重錘が15 mm程度貫入した後に押し抜きせん断コーンが形成され、かつ、せん断ひび割れの発生角度がゆるやかになる傾向にあることが分かる。

## 4. まとめ

本研究の範囲内で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 短繊維混入率の増加に対応して脆性的な押し抜きせん断破壊が抑制される傾向にある。
- 2) 動的耐力比(最大支点反力比)は短繊維の混入によって最大1.3倍程度まで増大する。
- 3) 衝撃破壊時の入力エネルギーは短繊維混入率の増加に対応して増大し、最大で3倍程度を示す。

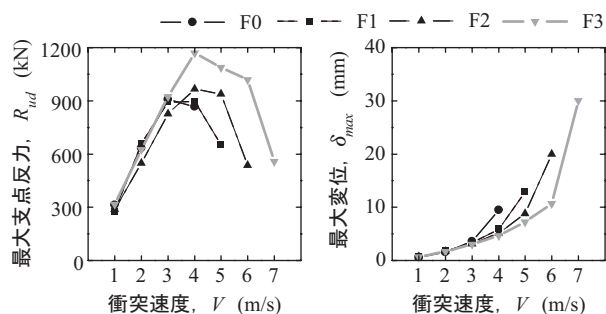


図-3 各種応答値

表-2 実験結果の一覧

| 試験体名 | 実測静的押し抜きせん断耐力 $P_{us}$ (kN) | 最大支点反力 $R_{ud}$ (kN) | 動的耐力比 | 動的応答倍率 $R_{ud}/P_{us}$ |
|------|-----------------------------|----------------------|-------|------------------------|
| F0   | 286.5                       | 907.3                | 1     | 3.17                   |
| F1   | 312.3                       | 894.9                | 0.99  | 2.87                   |
| F2   | 372.8                       | 966.0                | 1.06  | 2.59                   |
| F3   | 430.3                       | 1169.3               | 1.29  | 2.72                   |

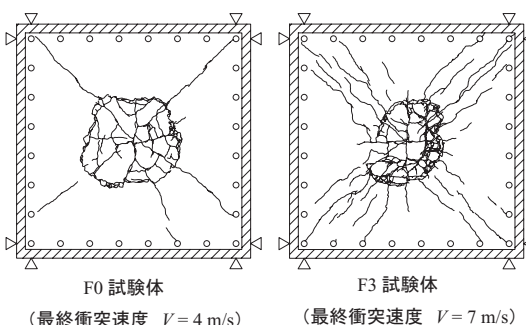


図-4 底面のひび割れ分布性状

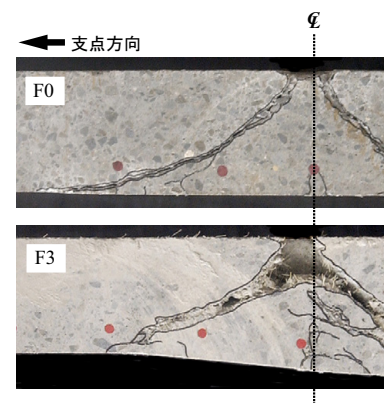


写真-1 切断面のひび割れ状況