

PVA 短繊維を混入した軽量コンクリートを用いたせん断破壊型 RC 梁の耐衝撃性状

北電総合設計（株） 正 会 員 ○津田 裕介 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

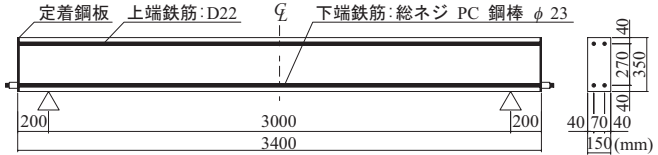
三井住友建設（株） フェロー 三上 浩 ドーピー建設工業（株） 正 会 員 竹本 伸一

1. はじめに

本研究では、せん断破壊型軽量コンクリート RC 梁に PVA 短繊維（ポリビニルアルコール短繊維: 以下、短繊維）を混入した場合の耐衝撃性能向上効果を検討することを目的として、短繊維の体積混入率（以下、短繊維混入率 V_f ）を変化させたせん断破壊型軽量コンクリート RC 梁を用いた重錘落下衝撃実験を行った。

2. 実験概要

図－1 には、RC 梁の形状寸法および配筋状況を示している。本実験に用いた試験体は、断面寸法（幅 × 高さ）が 15 × 35 cm、純スパン長が 3 m、上・下端鉄筋に D22 および総ネジ PC 鋼棒を 2 本ずつ配置した複鉄筋矩形 RC 梁である。下端鉄筋に総ネジ PC 鋼棒を使用したのは、曲げ耐力を大きくして、確実にせん断破壊で終局に至らしめるためである。PC 鋼棒の降伏強度は 1071 MPa であった。表－1 には、試験体の一覧を示している。表中には、軽量コンクリートの圧縮強度、せん断耐力を曲げ耐力で除したせん断余裕度 α および別途実施した静载荷実験より得られた実測静的耐力 P_{us} も併せて示している。試験体数は、短繊維混入率 4 種類、衝突速度各 4 種類の全 16 体である。試験体名は大文字 F に短繊維混入率 V_f (%) を付すことにより表している。本実験に用いた試験体はいずれも $\alpha < 1.0$ であることより静载荷時にはせん断破壊することが予測できる。また、静载荷実験結果、全ての梁がせん断破壊により終局に至ったことを確認している。衝撃载荷実験は、ピン支持に近い構造を持つ跳ね上がり防止用治具付の支点治具上に設置した RC 梁のスパン中央部に、所定の高さから質量 300 kg 重錘を一度だけ自由落下させる単一载荷により行っている。測定項目は、重錘衝撃力 P 、合支点反力 R （以下、支点反力）および载荷点変位 δ （以下、変位）である。また、実験終了後には梁側面に生じたひび割れを記録している。



図－1 RC 梁の形状寸法および配筋状況

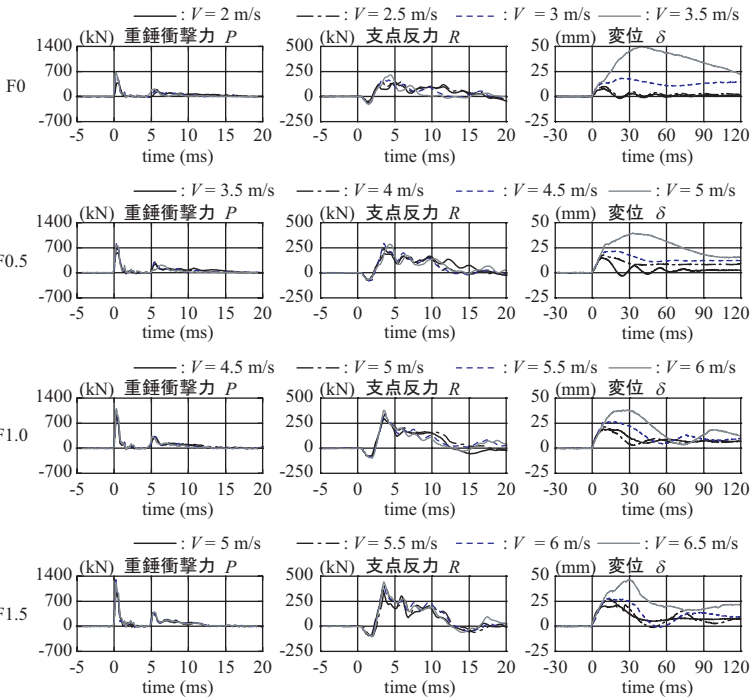
表－1 試験体の一覧

試験体名	短繊維混入率 V_f (vol. %)	軽量コンクリートの圧縮強度 f'_c (MPa)	せん断余裕度 α	実測静的耐力 P_{us} (kN)	衝突速度 V (m/s)
F0	0	31.1	0.27	87.9	2, 2.5, 3, 3.5
F0.5	0.5	31.4	0.27	123.3	3.5, 4, 4.5, 5
F1.0	1.0	35.1	0.27	173.8	4.5, 5, 5.5, 6
F1.5	1.5	34.8	0.27	195.7	5, 5.5, 6, 6.5

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、各梁の重錘衝撃力 P 、支点反力 R および変位 δ に関する各応答波形を試験体毎に示している。図より、重錘衝撃力波形 P は、各梁ともに衝撃初期の振幅が大きく周期の短い第 1 波とその後の振幅が小さく周期の長い第 2 波から構成されている。各波形の最大振幅は V_f や衝突速度が増大するのに対応して増加している。支点反力波形 R は、各梁ともに継続時間が 5 ～ 15 ms 程度の三角形波と周期が数 ms 程度の波形が合成された波形を



図－2 重錘衝撃力、支点反力および変位波形

キーワード：RC 梁，軽量コンクリート，PVA 短繊維，重錘落下衝撃実験，耐衝撃性状

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

示している。F0 では衝突速度の増大に伴い振幅が大きく継続時間が短くなる傾向を示している。これは、衝突速度の増大に対応して斜めひび割れや割裂ひび割れが卓越し、梁の局所応答が支配的になるためと推察される。一方、F0.5/1.0/1.5 の波形性状は、いずれの衝突速度においてもほぼ同様となっている。変位波形 δ を見ると、各梁ともに正弦波状の波形性状を示している。F0 では衝突速度が小さい場合には短周期の振動状態を示しているが、 $V=3$ m/s 以降では振動が励起されていない。このことから、F0 は $V=3$ m/s において塑性化が著しく進行し、 $V=3.5$ m/s では終局限界を超えているような状態に至っているものと推察される。F0.5 は $V=3.5$ m/s では振動状態を示しているが、 $V=4$ m/s 以降では過減衰と類似の振動状態を示している。F1.0/1.5 の場合は、両梁とも周期の比較的長い振動状態を示している。また、最大衝突速度以下における波形性状はほぼ同様となっている。以上のことから、短繊維を混入した RC 梁は破壊に至らない段階の衝突速度では、急激な塑性化が抑制され類似の応答性状を示すことが分かる。

3.2 ひび割れ分布性状

図-3 には、各 RC 梁の衝撃载荷実験後のひび割れ分布性状を示している。F0 は $V=2.5$ m/s において、せん断破壊型特有のひび割れ分布を示すものの、ひび割れの開口等は見られない。 $V=3$ m/s ではアーチ状のひび割れの開口、下縁かぶり部の剥落が生じており、せん断破壊によって終局に近い状態であることが分かる。F0.5/1.0/1.5 ではいずれの衝突速度においてもアーチ状のひび割れの開口が確認できる。また、衝突速度の増加に伴いアーチ状のひび割れの開口が拡大する傾向にあることがうかがえる。ここで、F0.5/1.0/1.5 は本実験ではいずれの衝突速度においても類似のひび割れ性状を示していることから、終局をひび割れ分布性状から特定することは不可能である。また、F0 ではコンクリートの剥落が見られるが、短繊維を混入した RC 梁では剥落は見られない。これは短繊維の架橋効果によるものと判断される。

3.3 動的耐力比と短繊維混入率の関係

図-4 には、短繊維混入率 V_f と F0 を基準とした最大支点反力比の関係を示している。なお、最大支点反力は衝突速度にかかわらず、各梁の最大値とした。図より、 V_f の増加に対応して最大支点反力比がほぼ線形に増大することが分かる。

3.4 動的応答倍率

図-5 には、短繊維混入率 V_f と動的応答倍率 R_{ud}/P_{us} との関係を示している。動的応答倍率とは最大支点反力 R_{ud} を実測静的耐力 P_{us} で除した値である。図より、動的応答倍率は 2.2～2.4 程度に分布していることが分かる。以上のことから、動的応答倍率を 2.0 程度とすることで PVA 短繊維を混入したせん断破壊型軽量コンクリート RC 梁の耐衝撃性を安全側に評価することが可能であるものと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた結果を整理すると、以下のとおりである。すなわち、

- (1) PVA 短繊維を軽量コンクリートに混入することにより、耐衝撃荷重に対して壊滅的なせん断破壊が抑制され、コンクリートの剥落も防止できる。
- (2) 短繊維混入率の増加に対応して、最大支点反力比はほぼ線形的に増大する。
- (3) 各梁の動的応答倍率は PVA 短繊維混入率にかかわらず 2.2～2.4 程度を示す。

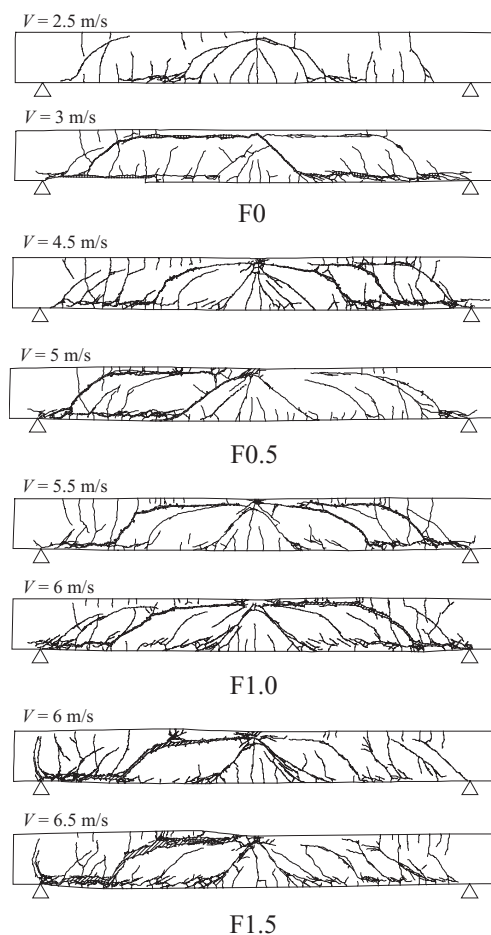


図-3 ひび割れ分布性状

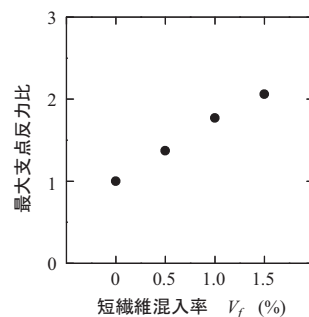


図-4 最大支点反力比と短繊維混入率の関係

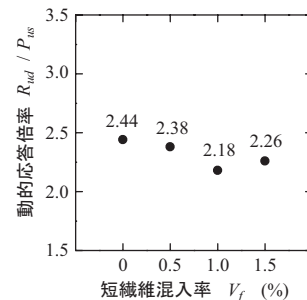


図-5 動的応答倍率と短繊維混入率の関係