

拘束条件が SFRC 版の耐衝撃性挙動に及ぼす影響

専修大学道短期大学 土木科 正会員 三上 敬司 UBC Dept of Civil Eng. Piti Sukontasukkul
 UBC Dept of Civil Eng. Sidney Mindess UBC Dept of Civil Eng. Nengkumar Banthia

1. まえがき

プレーンコンクリート材料は非等質であるために脆性的であり、引張力に対して脆弱でありかつ靱性に乏しいことが上げられ、このことは耐衝撃挙動に対しても同様なことが言われている。これに対して、プレーンコンクリート内にファイバーを混入することによって、そのコンクリートは静的にも動的にも靱性を改善させることができる。そこで、著者らは二軸方向から拘束された四辺単純支持 SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete) 矩形版の耐衝撃性挙動に及ぼす落下高さおよび三種類 (Hooked END, Crimped, Flattened END) の Steel Fiber, ファイバー混入率の影響に関する研究を行ってきた。さらに、本研究では拘束力を受けない場合、一軸または二軸方向から拘束力を受ける場合、これらの拘束条件が重錘落下衝撃力を受ける四辺単純支持 SFRC 矩形版の耐衝撃性挙動に及ぼす影響に関して検討を行った。

2. 実験の概要

本実験は写真 - 1 に示したように、プリティッシュ・コロンビア大学土木工学科に設置されている大型衝撃実験装置を用いて行った。衝撃力は質量 578kg の重錘を所定の高さから自由落下させることによって発生させている。なお、重錘の先端 (Tup) の形状は平底、その直径が 100mm である。本実験は重錘の落下高さを $H=250$ mm として行った。試験体は形状寸法 $400 \times 400 \times 75$ mm で、寸法 300×300 mm の鋼製支持台上に単純支持され、さらに供試体は油圧ジャッキによって一軸または二軸方向から鋼製版の寸法 $400 \times 75 \times 50$ mm で挟まれ 5MPa の拘束応力を受けている。また、Tup 内には重錘が受ける衝撃力を、ジャッキ内には供試体への拘束力をチェックするためにロードセルが埋め込まれている。版中央裏面には版載荷点直下の変位と版の慣性力を求めるために加速度計が取り付けられている。実験データはデータ処理システムに基づいた高速コンピュータによって得られている。表 - 1 は試験体名を示している。いずれの試験体名は先頭から 5 はファイバーの混入率 0.5%, PL が Plain を、HE が Hooked END を、FL が Flattened END を、CP が Crimped を表し、25 は落下高さ 250mm, EB は Biaxial, UN は Uniaxial, 0 は拘束力がないことを意味し、5 は拘束力 5MPa, 末尾 1 は試験体の順序番号を表している。なお、コンクリートの平均圧縮強度は Plain の場合では 44.5Mpa, FRC の場合では 45.1Mpa であった。

3. 実験結果

図 - 1(a), (b) は衝撃力の時刻歴応答を示している。また、文献 1), 2) に従って、曲げ衝撃力 P_b は Tup のロードセルから得られた衝撃力 P_t から版の慣性力 P_i を差し引いて次式のように求めた。

$$P_b(t) = P_t(t) - P_i(t) \quad (1)$$

式(1)の版の慣性力 P_i は版の破壊モードまたはひび割れ状況から、版中央で得られた加速度 $\ddot{u}_0(t)$ より版の加速度分布を仮定して求めていると、次式のように示される。

i) 曲げ破壊の場合

$$P_i(t) = \frac{320}{243} \rho h \ddot{u}_0(t) l_d^2 \quad (2)$$

ii) 押し抜きせん断破壊の場合

$$P_i(t) = m_b \ddot{u}_0(t) \quad (3)$$

iii) 梁と酷似した曲げ破壊の場合

$$P_i(t) = 0.023 \rho \ddot{u}_0(t) \frac{l}{3} \quad (4)$$



写真-1 大型衝撃実験装置

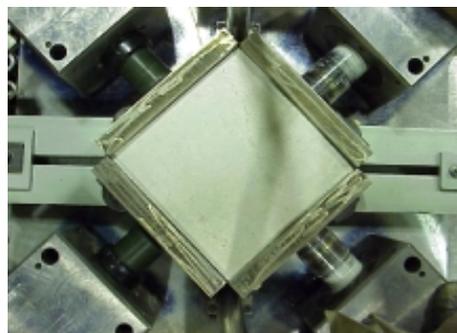


写真-2 二軸方向から 5MPa の拘束力を受けている四辺単純支持 FRC 版

キーワード：衝撃実験，衝撃力，鋼繊維コンクリート版，拘束力，ひび割れ

専修大学北海道短期大学 (〒079 0197 美唄市光珠内町, TEL 01266-3-0249, FAX 01266 3 3097)

表-1 試験体一覧, 最大衝撃力, 版の最大慣性力および破壊状況

Specimen Designation	Percent volume fraction of fibers (%)	Confinement Type and Stresses (MPa)	Measured Peak load (KN)	Inertial load (KN)	Failure mode
PL250	0	Without Confinement	157	55	Flexural mode
PL25UN51	0	Uniaxial and 5	170	39	Combined flexural –shear mode
PL25EB51	0	Biaxial and 5	255	21	Punching shear mode
5HE250	0.5	Without Confinement	160	49	Flexural mode
5HE25UN51	0.5	Uniaxial and 5	237	64	Combined flexural –shear mode
5HE25EB51	0.5	Biaxial and 5	290	21	Elastic region
5CP250	0.5	Without Confinement	116	50	Flexural mode
5CP25UN51	0.5	Uniaxial and 5	179	23	Combined flexural –shear mode
5CP25EB51	0.5	Biaxial and 5	315	26	Elastic region
5FL250	0.5	Without Confinement	168	53	Flexural mode
5FL25UN51	0.5	Uniaxial and 5	162	24	Combined flexural –shear mode
5FL25EB51	0.5	Biaxial and 5	321	21	Elastic region

iv) 弾性的挙動の場合

$$P_i(t) = \rho h \ddot{u}_o(t) \frac{l^2}{4} \quad (5)$$

ここで, l : 純スパン長, l_d : 純スパン長の斜め方向長さ/2,
 ρ : コンクリートの密度, h : 版の厚さ, m_b : 押し抜きせん断破壊によって生じたコンクリート片の質量

表-1は、前述した試験体一覧、重錘が受ける最大衝撃力、版の最大慣性力を示している。最大衝撃力は重錘の最大衝撃力では拘束力を受けない場合、一軸方向拘束力を受ける場合および二軸方向拘束力を受ける場合によって増加し、二軸方向拘束力を受ける場合が最大値を示している。さらに、二軸方向拘束力を受ける各 FRC 版は Plain の場合と比較してそれぞれ大きめな値を示していることがわかる。他の拘束条件の場合も二軸方向拘束力の場合とほぼ同様な傾向を示している。版の慣性力の場合には二軸方向拘束力の場合が他の拘束条件と比較して最小値を、重錘衝撃力に対する割合は約 10%前後を示している。版の破壊状況、版裏面のひび割れおよび剥離状況は表-1および写真-3（図(a)は Plain の場合、図(b)は Hooked END の場合）に示している。なお、矢印は拘束力の作用方向を示している。破壊状況は拘束力を受けない FRC 版では曲げ型破壊を、一軸方向拘束力を受ける FRC 版では曲げと押し抜きせん断の混合型破壊を示している。一方、二軸方向拘束力を受ける FRC 版は Plain の場合では押し抜きせん断型破壊を、Hooked END の場合ではほぼ弾性挙動を示していることがわかる。以上より、各種の拘束力を受ける FRC 版は重錘の衝撃力、版の慣性力および版の破壊状況に大きな影響を受けることがわかる。

4. まとめ

拘束力を受けない場合、一軸方向拘束力 5MPa を受ける場合、二軸方向の拘束力 5MPa を受ける SFRC 版の耐衝撃挙動について重錘落下衝撃実験を行った。Plain および SFRC 版は拘束条件によって耐衝撃性および破壊状況に大きな影響を受けることがわかった。今後はエネルギー的観点やファイバー混入率 1% の場合についても同様な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Banthia, N., "Impact Resistance of Concrete", Ph.D. Thesis, University of British Columbia, 1987.
- 2) Sukontasukkul, P., Mindess, S. and Banthia, N. "Fiber Reinforced Concrete Plates under Impact loading", APSC, 1999

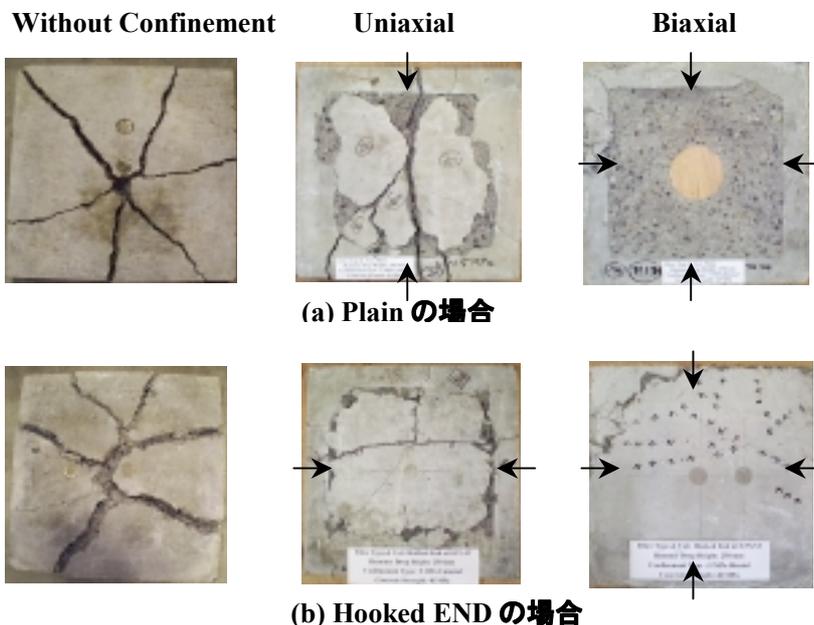


写真-3 拘束条件における版裏面のひび割れおよび剥離状況