

周辺拘束力を受ける四辺単純支持 SFRC 床版の耐衝撃性挙動

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. Nemkumar Banthia

1. まえがき

コンクリートは経済性、耐久性、施工性などの点で有利性を持つことからあらゆる構造物に長い間広く用いられている材料である。このようなコンクリート構造物は供用中にさまざまな荷重を受ける可能性がある。自重や圧力などの静的な荷重も含め、原子炉、海洋構造物、落石覆工、擁壁のようなコンクリート構造物は動的荷重や衝撃荷重に対して耐えなければならない。

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韌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、衝撃荷重を受けるプレーンコンクリートの耐衝撃性はコンクリート内にファイバーを混入することによって向上させることができる。そこで、本研究では重錘落下衝撃力を受ける二軸方向から拘束された四辺単純支持 SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete) 矩形床版の耐衝撃性挙動に対して、三種類 (Hooked END, Crimped, Flattened END) の Steel Fiber が及ぼす影響について衝撃実験を行ってプレーンコンクリートと比較検討した。

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 (Tip) の形状は平底、その半径が 5cm である。本実験は重錘の落下高さを $H=250$ と 500mm として行った。試験体は形状寸法 $400 \times 400 \times 75\text{mm}$ で、寸法 $300 \times 300\text{mm}$ の鋼製支持台上に単純支持され、さらに写真 - 2 に示したように供試体は油圧ジャッキによって二軸方向から鋼製版の寸法 $400 \times 75 \times 50\text{mm}$ で挟まれ 5MPa の拘束力を受けている。また、Tip 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。床版中央裏面には床版載荷点直下の変位と床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。これらの試験体名は PL がプレーンを、HE が Hooked END を、FL が Flattened END を、CP が Crimped を意味している。例えば、5HE25EB51 の 5 はファイバーの混入率、25 は落下高さ 250mm 、EB は Biaxial、5 は拘束力 5MPa 、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 28 日圧縮強度はいずれの試験体も 40MPa になるように設計されている。



写真 - 1 大型衝撃実験装置

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) に従って、衝撃力 P は Tip のロードセルから得られた衝撃力 P_i から床版の慣性力 P_j を差し引いて次式のように求めた。

$$P(t) = P_i(t) - P_j(t) \quad (1)$$

$H=250\text{mm}$ の場合における慣性力は PL 以外ほぼ弾性的な挙動を示していることから、文献 2) に従って求めている。また、後述するが $H=250\text{mm}$ の場合の PL を含め $H=500\text{mm}$ の場合の試験体は全て押抜きせん断型破壊を生じたことから、その慣性力は衝撃力によって押抜かれたコンクリート片の質量に加速度を掛けて求めた。 $H=250\text{mm}$ における最大衝撃力は、PL の場合では約 274KN 、HE の場合では約 244KN で最も小さな値を示し CP と FL の場合では両者共に約 320KN となり最も大きな値を示していることがわかる。HE の場合は PL と比して小さな衝撃力を示しているが、衝撃作用時間は約 14msec

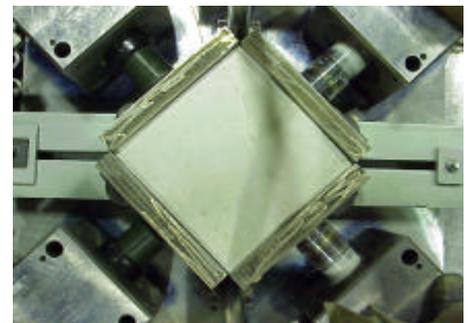


写真 - 2 二軸方向から 5MPa で拘束力を受ける四辺単純支持 FRC 床版

キーワード：衝撃実験、衝撃力、Steel Fiber、床版、ひび割れ

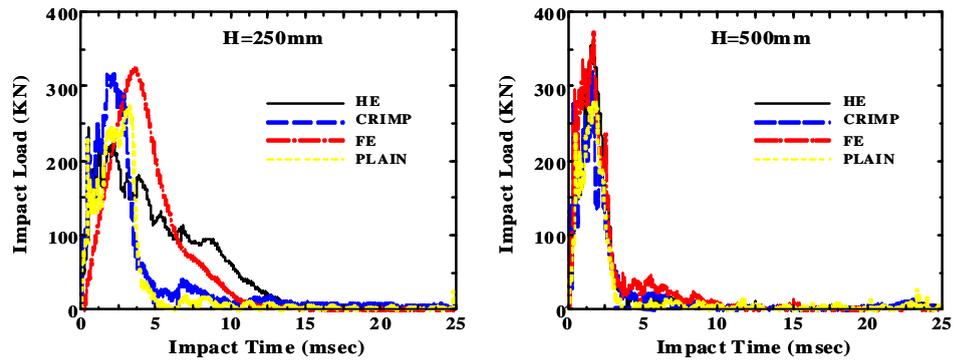
専修大学北海道短期大学 (〒079 0197 美幌市光珠内町, TEL 01266-3-0249, FAX 01266 3 3666

表 - 1 試験体の一覧

Specimen Designation	Percent volume fraction of fibers(%)	Dropped Height (mm)	Confinement Type and Stresses (MPa)
PL25EB51	0	250	Biaxial and 5
PL50EB51	0	500	Biaxial and 5
5HE25EB51	0.5	250	Biaxial and 5
5HE50EB51	0.5	500	Biaxial and 5
5CP25EB51	0.5	250	Biaxial and 5
5CP50EB51	0.5	500	Biaxial and 5
5FL25EB51	0.5	250	Biaxial and 5
5FL50EB51	0.5	500	Biaxial and 5

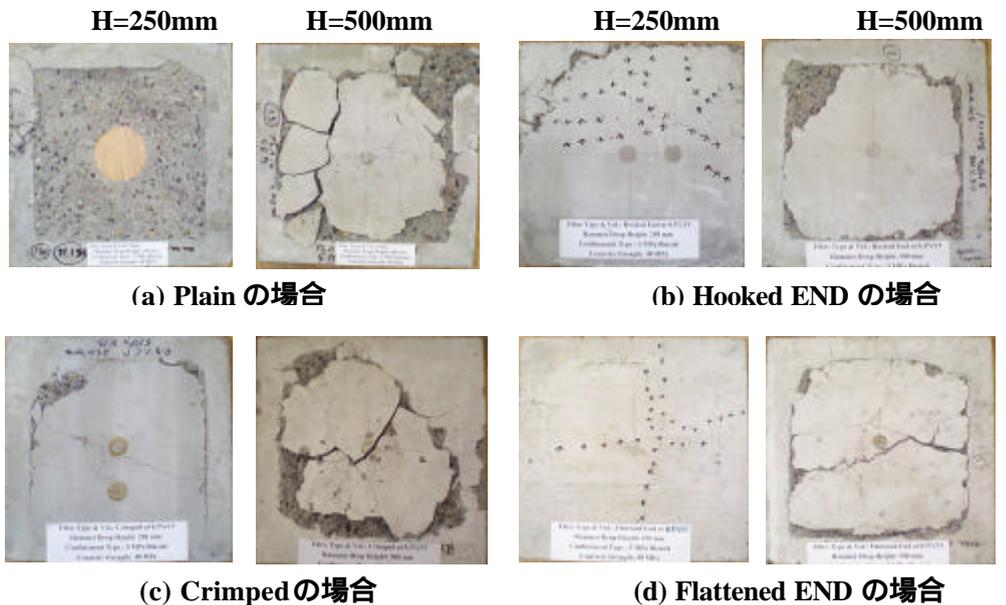
となり PL に比べて二倍以上の長さとなる．一方，H=500mm の場合の最大衝撃力は，いずれの試験体も H=250mm の場合に比べて同値以上の値を示し，それらの最大値を示すと HE では 356KN，CP では 320KN となり H=250mm の場合とほぼ同じ値を示し，FL では 372KN，PL では 280KN となり，この場合では FL が最も大きな値を，PL が最も小さな値を示している．また，各ファーバーは最大値到達時間や衝撃作用時間について大差が見られないものの，PL の衝撃作用時間はファイバーに比べて短いことから，PL は早い時間で破壊しているものと思われる．図 - 3 (a) ~ (d) は落下高さ H=250，500mm における各床版裏面のひび割れおよび剥離状況を示している．写真 - 3 (a) に示したように，H=250mm における PL の場合は押抜きせん断型破壊を生じ，押抜かれたコンクリート片を取り除いた床版裏面である．SFRC は HE の場合では床版上方にひび割れや剥離が生じ，CP の場合では支持台に沿ってひび割れや若干の剥離が生じていることがわかる．FL の場合はひび割れがほぼ床版中心より放射状に発生している程度であることがわかる．これらのことから，いずれの SFRC はほぼ弾性的な挙動を示しているものと推定できる．

一方，H=500mm の場合では，全ての供試体が押抜きせん断型破壊を生じ，各写真は押抜かれたコンクリート片を元へ戻して撮ったものである．PL の場合は大きめのコンクリート片と4つの小さなコンクリート片に分割されながら押抜かれていることから，PL は裏面損傷度が Steel Fiber に比べてかなり大きいことがわかる．以上より，SFRC は衝撃力の時刻歴応答，裏面ひび割れや剥離の状況から判断すれば，PL に比べて耐衝撃性が向上しているものと思われる．



(a) H=250mm (b) H=500mm

図 1 衝撃力の時刻歴応答



(a) Plain の場合 (b) Hooked END の場合 (c) Crimped の場合 (d) Flattened END の場合

写真 3 落下高さ H=250，500mm の場合の床版裏面ひび割れおよび剥

4. まとめ

二軸方向の拘束力 5MPa を受ける SFRC 床版の耐衝撃挙動について重錘落下衝撃実験を行った．その SFRC 床版は 0.5% 混入率の三種類の Steel Fiber が及ぼす影響についてプレーンコンクリートと比較しながら検討を行った．その結果，Hooked END，Crimped，Flattened END の Steel Fiber はプレーンコンクリートに比べて耐衝撃性が優れていることがわかった．今後は吸収エネルギー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) Gupta, P., Banthia, N., and Yan, C. "Fiber Reinforced Wet-Mix Shotcrete under Impact", ASCE, 1999.