

# ひび割れ発生ひずみがコンクリート矩形床板の衝撃挙動に及ぼす影響

専修大学北海道短期大学 正会員 三上 敬司

## 1. まえがき

著者らは重錘を落下高さ  $H=250\text{mm}$  からコンクリート床板に自由落下させた場合、降伏応力度、ひび割れ引張応力度そして鉛直方向の支持状況が床板の衝撃挙動に及ぼす影響について検討してきた。その結果、本解析は鉛直方向の支持が支持部全体で支持した場合かつ降伏応力度が  $\sigma_0=4.45\text{N/mm}^2$ 、ひび割れ引張応力度  $\sigma_g=4.45\text{N/mm}^2$  の場合が実験結果における床板裏面のひび割れ分布に比較的酷似していることを明らかにしている。

本研究では、落下高さ  $H=500\text{mm}$  におけるひび割れ発生ひずみが衝撃荷重を受ける四辺単純支持コンクリート矩形床板の弾塑性挙動に及ぼす影響に関して本解析結果と実験結果（床板裏面のひび割れ分布）と比較検討する。

## 2. 実験の概要

衝撃実験はブリティッシュ・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  $578\text{kg}$  の重錘を落下高さ  $H=250, 500\text{mm}$  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）形状は平底で直径が  $100\text{mm}$  の円形である。試験体は形状寸法が  $400 \times 400 \times 75\text{mm}$  のコンクリート矩形床板で、図-1に示したように幅  $50\text{mm}$  四方の鋼製支持台上に単純支持されている。これより、スパン長は  $300\text{mm}$  である。また、重錘が受ける衝撃力は Tip 内に埋め込まれているロードセルによって測定されている。床板中央裏面には床板載荷点直下の変位と床板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。なお、コンクリートの 28 日圧縮強度が  $f'_c=44.5\text{N/mm}^2$  になるように配合設計を行った。

## 3. 動的解析

### 3.1 コンクリート材料の降伏関数

本研究に用いた降伏関数はコンクリートの材料非線形モデルの圧縮挙動を弾・粘塑性のモデル化に降伏面  $F_0$  と強度限界面  $F_f$  と仮定した Drucker-Prager 型を用いた。一方、引張挙動は、引張剛性に  $e$  関数を用いてひび割れ発生後のモデル化を行い、ひび割れ発生モデルには一様ひび割れモデル(Smeared Model)を用いた。

### 3.2 数値解析結果

図-1に示した本解析モデルをコンクリート床板の  $1/4$  モデルとして、要素全体は 8 節点固体要素でモデル化している。節点数は 9,251 個、要素数は 7,840 個である。支持条件は供試体が周辺単純支持されていることにより、支持部の  $z$  方向の変位 517 点を拘束している。荷重は実験データより得られた衝撃荷重を図-1に示したようにモデル上部 100 節点に作用させている。なお、載荷幅は実験に用いた重錘底面積を等分布荷重かつ  $44.3 \times 44.3\text{mm}$  の矩形面積に換算して作用させている。実験結果より、コンクリート材料の物理定数はコンクリートの密度が  $\rho=2.4\text{t/m}^3$ 、ポアソン比が  $\nu=0.2$ 、降伏応力度  $\sigma_0=0.1f'_c \sim 0.3f'_c$ 、破壊ひずみが  $\epsilon'_{cu}=0.003$  である。数値積分は時間刻み  $\delta t=8\mu\text{sec}$  で Newmark $\beta$  法 ( $\beta=0.25, \gamma=0.5$ ) を用いて行った。減衰項には要素全体に Rayleigh 減衰を用い、その減衰定数  $h$  を 0.1 とした。

### 3.3 解析結果

図-2(a)および(d)には実験で得られた  $H=250, 500\text{mm}$  における衝撃力の時刻歴応答波形を作用衝撃荷重として、図-1に示したように載荷している。図(b), (e)はひび割れ発生ひずみが  $\epsilon_g=0.04\epsilon'_{cu}, 0.064\epsilon'_{cu}, 0.085\epsilon'_{cu}, 0.127\epsilon'_{cu}$  における節点 1 の  $z$  方向変位の時刻歴応答波形を、図(c), (d)は要素 1 の  $x$  方向応力度の時刻歴応答波形を示している。なお、(b)および(d)図には実験結果で得られた加速度値を 2 回積分して求めた載荷点直下における鉛直方向変位を示している。(b), (d)図における鉛直変位では  $\epsilon_g$  が小さくなる

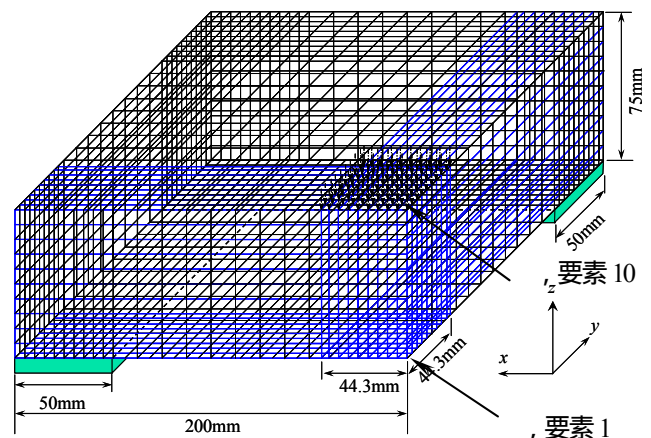


図-1 本解析モデル（実寸法の  $1/4$ ）

キーワード：三次元有限要素法，弾塑性衝撃応答解析，コンクリート板，ひび割れ発生ひずみ，ひび割れ分布

連絡先：専修大学北海道短期大学（〒079-0197 美唄市字美唄 1610-1，TEL 0126-63-0249，FAX 0126-63-3097）

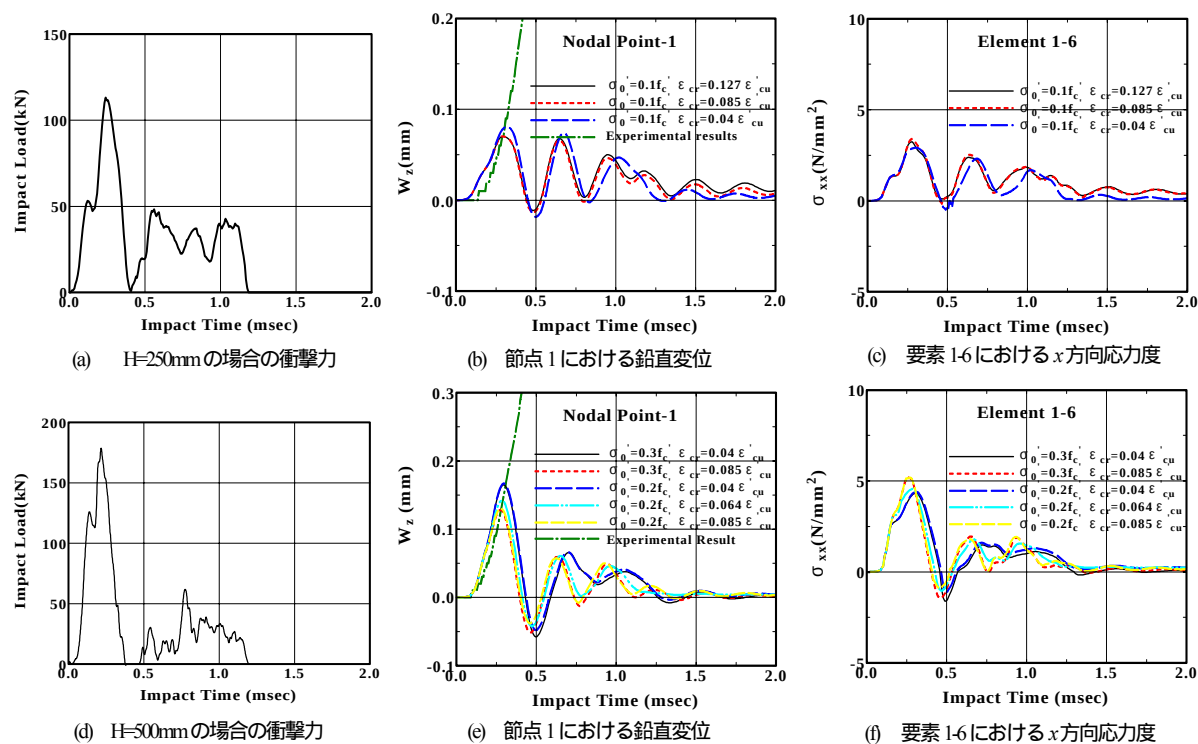
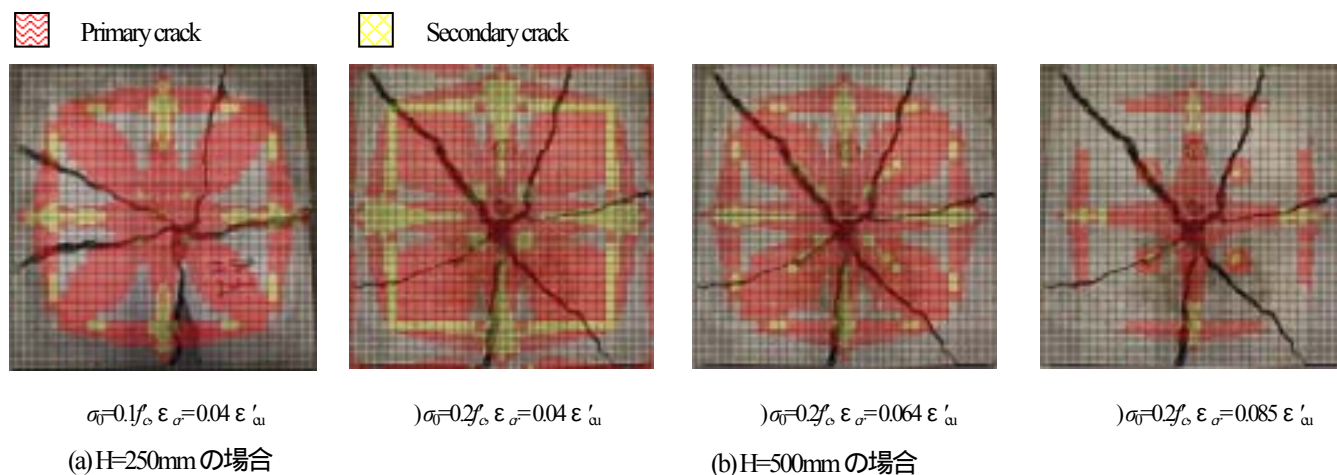


図-2 各接点, 各要素におけるz方向変位, x方向応力度の時刻歴応答波形

図-3 落下高さ H=250, 500mmにおけるコンクリート床板裏面のひび割れ位分布( $t=1.448\text{msec}$ )

に従って最大変位応答値が大きいかつ周期は僅かながら長く, 除荷後の自由振動波形は H=500mm の場合では H=250mm に比してドリフト量がやや減少するものの H=250mm の場合と同様に弾塑性挙動を示していることがわかる. 一方, 実験値と両解析値を比較すると, いずれの解析値も衝撃初期の約 0.3msec まで実験値とほぼ一致しているものの, コンクリート床板は破壊に至っているために実験値の変位はさらに増加していることがわかる. (c), (e) 図での各降伏応力度における x 方向応力度の応答値は  $\epsilon_{\sigma}$  が小さくなると最大応答値が減少しかつ自由振動後の応答値も減少していることがわかる. 図-3(a)には落下高さ H=250mm の場合 ( $\sigma_0=0.1f_c, \epsilon_{\sigma}=0.04 \epsilon'_{cu}$ ), (b)図には H=500mm

の場合 ( $\sigma_0=0.2f_c, \epsilon_{\sigma}=0.04 \epsilon'_{cu}, \epsilon_{\sigma}=0.064 \epsilon'_{cu}, \epsilon_{\sigma}=0.085 \epsilon'_{cu}$ ) におけるコンクリート床板裏面のひび割れ分布を実験結果と解析結果を重ね合わせて示している. なお, 解析におけるひび割れはコンクリート板のひび割れ分布上に一次ひび割れを赤色で, 二次ひび割れを黄色で示している. H=500mm の場合は  $\epsilon_{\sigma}=0.04 \epsilon'_{cu}$  ではひび割れ分布が床板全体に拡がり, また  $\epsilon_{\sigma}=0.085 \epsilon'_{cu}$  では十字方向にひび割れが拡がっているものの斜め方向ひび割れはそれ程進展していないことがわかる. 一方,  $\epsilon_{\sigma}=0.064 \epsilon'_{cu}$  における解析結果は H=250mm の場合と同様に支持部にもひび割れが発生しているものの, コンクリート床板裏面のひび割れ分布に概ね酷似しているものと考えられる.