# 衝撃荷重を受けるコンクリート矩形床板の降伏条件による影響

#### 1. **まえがき**

衝撃荷重を受けるコンクリート材料の降伏条件式の 影響に関する研究では土木学会衝撃問題研究会が von Mises および Drucker-Prager の降伏条件式をコンクリー ト材料に適用し実験結果と解析結果の比較検討を行っ ている.その結果,工学的に重要な最大変位に限定す ると,低中速度衝突程度では両者は類似した挙動を示 すことを報告している.しかし,衝撃問題では材料の 降伏関数の相違が動的挙動に及ぼす影響に関して検討 している研究報告がそれ程多く見当たらないようであ る.

著者は三次元弾塑性有限要素法の動的応答解析用プログラムを用い衝撃実験結果における動的応答をシミュレートすることを目的として,降伏応力度の変化がコンクリート床板の衝撃挙動に及ぼす影響について検討してきた.それを踏まえて,本研究では弾・粘塑性のモデル化に降伏面と強度限界面と仮定した場合とvon Misesの場合の降伏関数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 578kg の重錘を落下高さ H=250mm



專修大学北海道短期大学 正会員 三上 敬司

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)形状は平底で直径が100mmの 円形である.試験体は形状寸法が400×400×75mmの コンクリート矩形床板で,図 1に示したように幅 50mm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300mmである.また,重錘が受 ける衝撃力はTup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 縮強度はf<sub>c</sub>=40MPa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<sub>0</sub>と強度限界面 F<sub>f</sub>と仮定した場合(Concrete3D と呼 ぶ)と von Mises の場合の 2 種類を用いた.また,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 数值解析結果

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 1,144 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 × 44.3mm 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  $\rho$  =2.4t/m<sup>3</sup>, ポアソン比が  $\nu$ =0.2, 降伏応力度  $\sigma_0$ =0.4  $f_c$ , ひび割れ引張応力度が  $f_i$ = 7MPa, 破壊ひずみが  $\varepsilon'_{cu}$ =0.0035 である.数値積分は時間刻み 80 $\mu$ sec で Newmark $\beta$ 法 ( $\beta_1$ =0.25,  $\gamma_1$ =0.5) を用いて行

キーワード:弾塑性衝撃応答解析,降伏条件,三次元有限要素法,コンクリート床板 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 0126-63-3666)



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 0.05 とした.

# 3.3 解析結果

図 - 2(a)~(f)は図 1 に示した節点 1,11 に おける z 方向変位, 要素 1, 10 における x 方向 および z 方向応力度の時刻歴応答波形を示し ている.なお,(a)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.(a)図にお ける鉛直変位では両降伏条件における差異が 見られない.一方,実験値と両解析値を比較 すると,両解析値は衝撃初期の 2msec まで実 験値とほぼ一致しているものの,その後は減 少している.一方,実験値は放物線的に増加 していることから両解析値ともに異なってい ることがわかる.(b),(e)図では両降伏関数と もに概ね一致しているものの, (c), (d), (f)図 ではやや異なった波形および応答値を示して いることがわかる.図-3は Concrete3D およ び von Mises の場合におけるコンクリート床板 裏面の変位分布を示している.両者は概ね酷 似した分布を示していることがわかる.図-4 は両解析および実験結果におけるコンクリー ト床板(1/4 モデル)のひび割れ分布を示している.解析

におけるひび割れは 1次,2次ひび割れおよび圧潰と



区別している.両降伏関数は若干ひび割れ分布が異なっているが,コンクリート床板のひび割れ分布を概ね シミュレートしていることがわかる.