

四辺単純支持されたコンクリート矩形床板の衝撃応答解析

専修大学北海道短期大学 環境システム科 正会員 三上 敬司

1. まえがき

近年、幾つかの研究機関で非線形衝撃解析コード Ls-Dyna を用いて衝撃問題を解析し、解析結果と実験結果と比較して解析結果の妥当性について検討している。岸ら¹⁾は低速な重錘落下衝撃を受ける各種コンクリート梁の衝撃応答解析を、また大沼ら²⁾は高速衝突荷重を受ける鉄筋コンクリート床版の衝撃応答解析を検討し、両結果は大略一致していることを報告している。しかし、このような解析コードは高価なアプリケーションであることから、一般的に普及されていないようである。

そこで、本研究で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³⁾を用い衝撃実験結果をシミュレートすることを目的として、最初に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性挙動に関して古典板理論および修正板理論と本解析結果を比較検討することとする。

2. 実験の概要

衝撃実験は写真-1 に示したようにブリティッシュ・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 $H=250, 500\text{mm}$ 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 (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 $400 \times 400 \times 75\text{mm}$ の矩形床板で、写真-1 に示したように寸法 $300 \times 300\text{mm}$ 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。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。供試体はプレーンコンクリート、3 種類の鋼繊維補強コンクリート床板 (Hooked End, Flattened End, Crimped) を作製した。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 衝撃荷重を受けた四辺単純支持されたコンクリート床板

3. 解析仮定および結果

本研究では x および y 方向に対称であることから、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 10,571、要素数は 9,000 である。支持条件は供試体が周

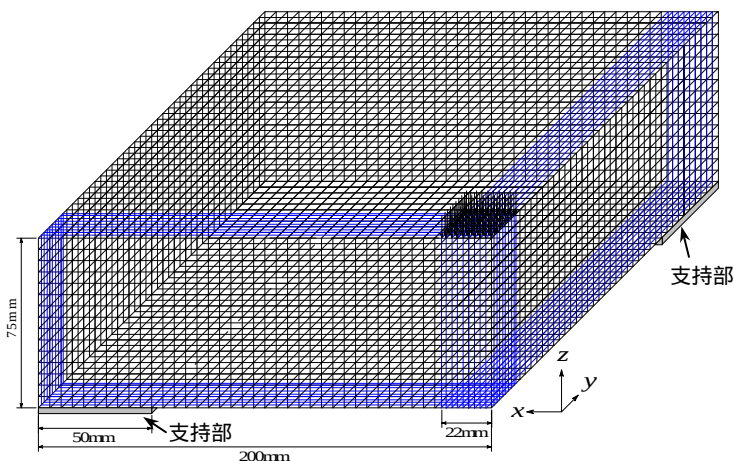


図-1 本解析モデル(実寸法の 1/4)

辺単純支持されていることにより、 z 方向の変位 1,232 点を拘束している。荷重は実験データより得られた衝

キーワード：衝撃応答解析，三次元有限要素法，コンクリート床板

専修大学北海道短期大学（〒079 - 0197 美唄市字美唄 1610-1，TEL 01266-3-0249，FAX 01266-3-3097）

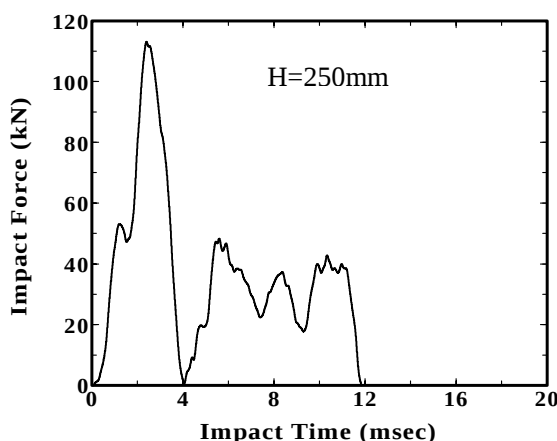


図-2 落下高さ H=250mm の場合
における重錘衝撃力の時刻歴応答

撃荷重を図-1のようにモデル上部 100 節点に接点荷重として作用させている．なお，本論文では前述した重錘底面積の 1/2 として換算すると載荷幅は $22 \times 22\text{mm}$ である．実験結果より，コンクリートの材料物性は弾性係数 E_C が $3.5 \times 10^7 \text{kN/m}^2$ ，密度 ρ が 2.4t/m^3 ，ポアソン比 ν が 0.2 である．数値積分は時間刻み $1 \mu\text{sec}$ で Newmark β 法 ($\beta=0.25$, $\gamma=0.5$) を用いて行った．減衰定数 h はいずれもゼロである．

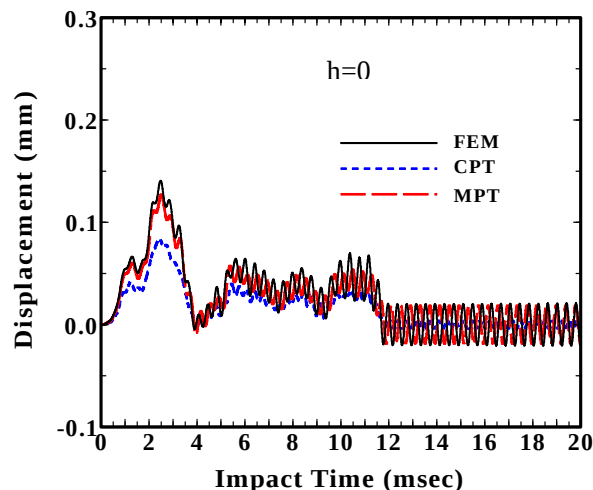
本解析では図-2 に示したように実験結果から得られた落下高さ $H=250\text{mm}$ の場合における重錘衝撃力を作用させた場合のコンクリート床板の弾性挙動を検討した．図-3 は三次元有限要素法（実線），古典板理論(CPT)（点線）および修正板理論(MPT)（破線）で求めた中立軸位置における z 方向変位 w と x 方向下縁応力 σ_{xx} の時刻歴応答を示している．図(a)より，各応答変位波形は載荷時間内では衝撃力波形と酷似し，除荷後は最低次固有周期で自由振動していることがわかる．CPT の最大変位は約 0.093mm ，MPT の場合は 0.13mm ，FEM の場合は 0.14mm となり，CPT の場合は他に比べてやや小さ目で FEM および MPT の場合はほぼ一致していることがわかる．図(b)も図(a)の場合と同様な傾向を示し，FEM および MPT の x 方向最大下縁応力は約 23N/mm^2 で，CPT の場合は約 20N/mm^2 と前者に比べて小さな値を示している．これより，床板厚とスパン長との比が $d/a=75/300=0.25$ であることから，床板が曲げモーメントとせん断力の影響を受けていることが推測される．従って，せん断変形および回転慣性を考慮に入れた修正板理論の方が古典板理論に比べて本解析結果とほぼ一致しているものと考えられる．

4. あとがき

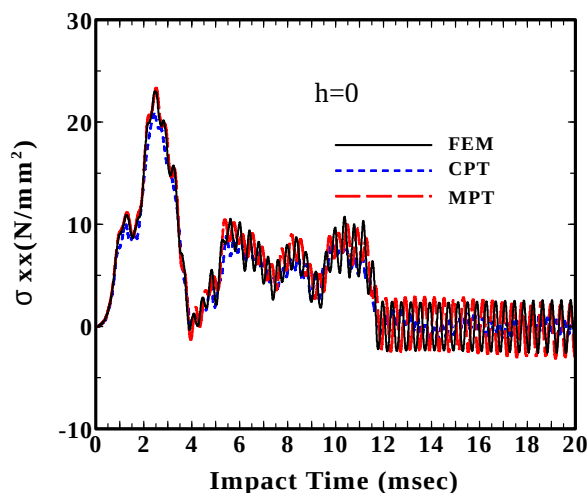
本研究では実験結果をシミュレートするために，三次元有限要素法によって衝撃荷重を受ける四辺単純支持されたコンクリート矩形床板の動的解析を行い，本解析結果と古典板理論および修正板理論とを比較検討した．その結果，本解析結果と修正板理論とは大略一致していたが，古典板理論とは若干の差が見られた．

参考文献

- 1) 岸ら：矩形 RC 梁の重錘落下衝撃挙動に関するラウンドロビンアナリシス，構造工学論文集，Vol.49A，pp.1299-1310.
- 2) 大沼ら：Dynamic Response and Local Rupture of Reinforced Concrete Beams and Slabs under Impact Loadings, 8th SMIRT, 1985.
- 3) Ernest Hinton: Numerical Methods and Software for Dynamic Analysis of Plates and Shells, Pineridge Press, 1988.



(a) 中立軸位置の z 方向の変位



(b) x 方向の下縁応力

図-3 変位および応力の時刻歴応答