

鉄筋コンクリート版の衝撃破壊挙動とCGの適用

山口大学大学院 学生員 ○松本 剛
山口大学工学部 正 員 宮本文穂

1. はじめに

衝撃荷重下におけるコンクリート構造物の破壊挙動は、衝突時における応力波の発生、高次振動成分の卓越等によって静的荷重下のそれとは大きく異なるため、各種衝撃破壊挙動解析法による一般的な数値の比較や種々のグラフで示された解析結果からのみでは時々刻々と変化する破壊モードを捉えるのは容易なことではない。そこで本研究では、積層化非線形有限要素解析法による解析結果にCGを適用することにより、鉄筋コンクリート(以下RC)版の衝撃破壊モード、断面内応力分布等の時間的変化を視覚的に捉えるを試みた。

2. 衝撃破壊挙動解析手法の概要

本研究では、衝撃破壊挙動解析手法として積層化非線形有限要素解析法¹⁾を用いる。本解析法は、RC版を版厚方向に層状に分割し、各層に薄板の有限要素解析法²⁾を適用し、積層化手法を用いることにより弾塑性解析を可能にした手法である。コンクリートの破壊条件にはOttosenにより提案された4パラメータモデルを用い³⁾、動的平衡方程式の解法にはNewmark- β 法で $\beta=1/4$ とした一定加速度法を用いる。ただし、RC版モデルの対称性を考慮して1/4部分のみを解析している。

3. 衝撃破壊挙動の視覚化ソフトの開発

衝撃荷重を受けるRC版において、最下層の変形挙動で版全体の破壊挙動を表すものと考え、本研究ではRC版の最下層の変形挙動の視覚化を行い、破壊モードの時間的変化を捉える。

RC版の最下層をコンクリート要素を示す四角形の集合により生成される擬似的な3次元曲面として捉え、任意の視点からみたRC版を含む3次元空間に対して3次元平面L上への写像を行い、平面Lを2次元平面として捉えることによりCGを作成する。その概念図を図1に示す。

この手法を時間ステップごとにRC版に適用し、作成されたCGを連続的に表示することにより、衝撃荷重下におけるRC版の変形挙動の時間的変化をアニメーション的に視覚化する。また、本研究ではコンクリートの破壊基準としてOttosenにより提案されたモデル³⁾をもとに応力状態からコンクリート要素の破壊状態の判定を行う。この判定結果をもとに、CG上において四角形のモデルで表された各コンクリート要素を着色し、コンクリート要素の破壊状態を明確にする。

本ソフトでは、破壊モードの判定を容易に行うために、コンクリート版内部の破壊状態を明確にするよう、主筋方向および配筋方向断面の断面内応力分布も同一画面上に表示している。図2に画面構成の例を示す。

4. 衝撃破壊挙動へのCGの適用

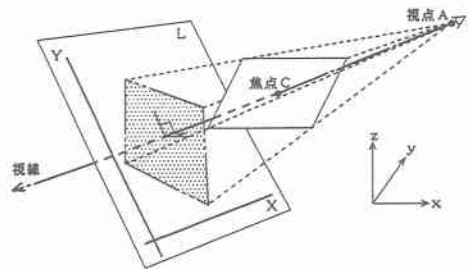


図1 CGの作成の概念

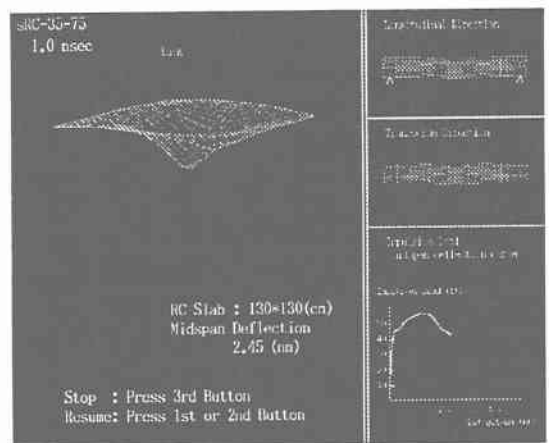


図2 画面構成の例

コンクリートとして普通コンクリートを、補強筋として普通鉄筋を組み合わせたRC-35版について積層化非線形有限要素解析法を用いて解析を行い、解析結果に対して視覚化ソフトを利用することによりソフトな衝撃荷重下のRC版に発生する各破壊モードの視覚化を行った。その結果を図3～図5に示す。図3～図5より変形状態および断面内応力分布とともに破壊モードの特徴を視覚化できている。とくに断面内応力分布においては、押し抜きせん断コーンの形状を予測できるほど視覚化されていることがわかる。



図3 解析により得られた曲げ破壊モードの変形および応力分布の例

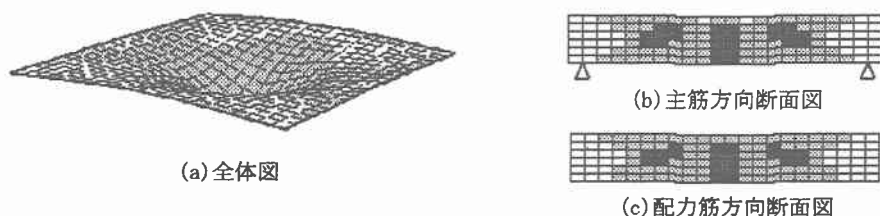


図4 解析により得られた曲げ→押し抜きせん断破壊モードの変形および応力分布の例



図5 解析により得られた押し抜きせん断破壊モードの変形および応力分布の例

5. 結論

本研究はRC版の衝撃破壊挙動視覚化ソフトを開発し、ソフトな衝撃荷重下におけるRC版の代表的な破壊モードの時間的変化を視覚化し、その有用性を検討したものである。本研究により得られた主な結果を以下に示す。

- ①本研究で開発した衝撃破壊挙動視覚化ソフトを用い、RC版の変形状態、破壊状態および断面内応力分布の時間的変化をアニメーション的に表示することにより、RC版の衝撃破壊モードの時間的変化を視覚的に捉えることができる。
- ②RC版の衝撃破壊挙動は複雑となるため、RC版の変形状態の表示のみでは破壊モードの正確な判定が容易ではないことも多く、破壊モードの判定を行う際には、断面内応力分布図による検討も必要である。

参考文献

- 1) A. Miyamoto, Michael W. King, M. Fujii: Nonlinear Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Slabs under Impulsive Loads, ACI Structural Journal, Vol. 88, No. 4, pp. 411-419, 1991. 7, 8.
- 2) Zienkiewicz O. C. 著, 吉識雅夫 監訳: マトリックス有限要素法, 培風館, 1984.
- 3) W. F. Chen: Plasticity in Reinforced Concrete, McGraw-Hill, 1982.