

VI-PS 5 発破倒壊シミュレーション手法の開発ー 1/2モデル倒壊実験との比較ー

佐藤工業（株） 正員○歌川紀之 近藤一平 吉田直人 伊東 守

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の発破解体計画において、発破箇所（どの部材を発破するか）、発破規模（どの程度破壊するか）、発破順序、発破秒時差、事前処理（事前はつり）などの検討は、発破倒壊を制御する上で重要な課題である。著者らは、このような発破倒壊を制御するファクターの検討を目的とした発破倒壊シミュレーション手法の開発を実施している。ここでは、1/2モデル倒壊実験との照合について報告する。

2. 発破倒壊シミュレーション手法¹⁾

RC立体骨組構造の発破倒壊をシミュレートするため、個別要素法(DEM)をベースにした、新たな数値解析手法およびコンピュータグラフィックス(CG)によるシミュレーション結果の可視化システムを開発した。

本解析手法では、梁・柱部材を数個の球形の剛体要素でモデル化して、各要素間は曲げ挙動を表現する法線方向バネ・接線方向バネおよび回転バネで接続する。さらに回転バネでは、RCの破壊挙動を表現するため、Bi-Linear型の復元力特性を考慮する。また、発破現象は、要素および接続されたバネの消失で表現する。一方、部材の他部材や地面との接触のモデル化のため、要素が接近した場合、要素間に法線方向および接線方向の接触バネを設ける。本手法では、DEMに従い、各要素の並進方向および回転方向の運動方程式を基礎方程式とし、時間積分についてはオイラー型の差分を用いstep by stepで計算する。

また、可視化システムは、CGによる可視化ツール(Application Visualization System)を用いて開発した。本システムにより、解析途中においても、任意の視点、縮尺で結果の三次元動画表示ができる。また、球形要素の並びを連続した立方体要素に置き換えることにより、柱・梁部材の現実感のある表示が可能である。

3. 1/2モデル倒壊実験のシミュレーション

RCの3層3スパン骨組構造の1/2モデル倒壊実験のシミュレーションを行った。実験では片側倒壊を想定し、秒時差0.25秒の6段発で発破した。実験の概要および報告を文献2)に示す。要素モデルおよび発破順序を図-1に示す。物性値については、実験に用いた部材と同様のものを用いた。ただし、荷重条件（質量）は計算の安定化を図るため、数倍程度の質量を用いており、降伏モーメントについても同様の処置を施した。いくつかの段発時における本結果と実験結果の比較を図-2に示す。また、梁・柱接合部の落下軌跡を比較して図-3に示す。発破開始～落下に至る挙動については、5段発時（発破開始1秒後）までは良好な一致を示している。しかし、6段発時以降については、実験では粉塵やガスの影響で部材が見えなくなり、挙動の追跡はできないが、最終倒壊形状から推測すると、発破位置に残存する鉄筋の影響で上層部が左方向に移動しているのに比較して、本結果では、発破時に梁部材が完全に切断されるモデル化となっているので、あまり左方向への移動は認められなかった。また、部材の破壊状況については、実験では1階右端部を除いたすべての梁・柱接合部で完全に破壊しているのに対し、本結果ではすべての梁・柱接合部で破壊しており、損傷程度の差異はあるものの実験結果と一致している。さらに、部材の散乱状況については、本結果では発破位置における鉄筋の拘束が考慮されていないので着地後の部材の滑動により、実験結果に比較して部材は多少広く散乱した。堆積高さについては、実験ではカウンターとして用いたPC板が瓦礫中に残存しているのに対し、シミュレーションではPC板を考慮していないので低い結果となった。

4. まとめ

発破倒壊シミュレーション手法を検証するため、1/2モデル倒壊実験との照合を行った。その結果、本手法により、発破後の残存鉄筋による拘束効果による落下挙動の違いはあるものの実験をほぼシミュレートできた。これらの結果を踏まえ、今後、発破倒壊制御のファクターに関するケーススタディを実施する、さらに、発破後の残存鉄筋による拘束効果や壁・床部材の解析への考慮についても検討する予定である。

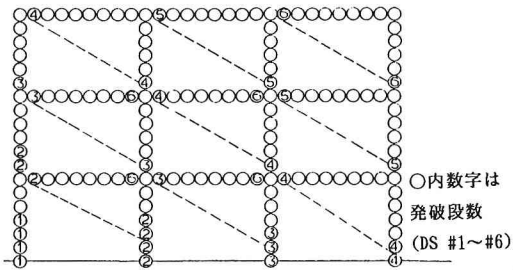


図-1 モデル図

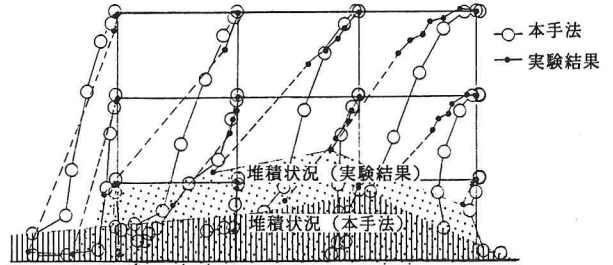
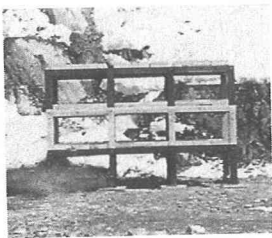
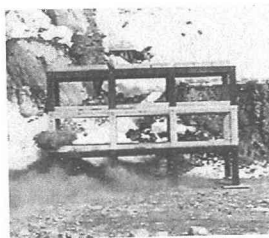


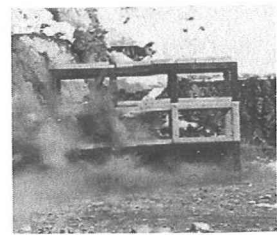
図-3 交点部の軌跡の比較



TIME=0.0000 (SEC)



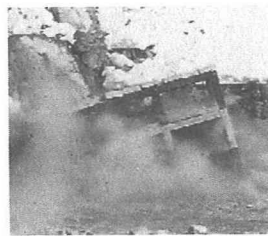
TIME=0.2600 (SEC)



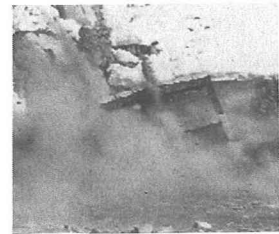
TIME=0.3120 (SEC)



TIME=0.7600 (SEC)



TIME=1.0120 (SEC)



TIME=1.2600 (SEC)

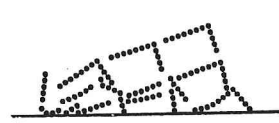
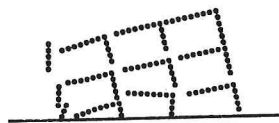


図-2 シミュレーションと実験の比較

参考文献1)歌川・近藤他: R C 構造物の発破倒壊シミュレーション, 第4回計算力学シンポ, 1990.

2)大野・福田他: 発破解体工法における1/2モデル倒壊実験報告, 第46回土木学会年次学術講演会, 1991.