

R C 構造物の発破解体における倒壊現象の数値解析手法について 正会員○歌川紀之*

その1 個別要素法による発破倒壊現象の数値解析

高橋 浩**

正会員 吉田 望*

1. はじめに 近年、副都心・核都市の建設など地域や都市の再開発事業が多く見られ、開発に伴う既存ビルの解体作業も増加している。また、地震や台風などの大災害の復旧時には全壊半壊構造物の早期解体撤去が望まれる。そのような解体のニーズに対して、工期短縮や費用低減につながる、火薬により構造物を破砕する『発破解体工法』が注目されつつある。しかし、日本の都市部では火薬の取り扱いなどの法的な規制があり、現状では発破解体は行われていない。そこで、通産省では昭和62年度から発破解体の安全性確保と審査の指針となる保安技術基準の策定を進めている。安全性の問題以外にも、騒音や振動などの問題や、耐震設計のため、鉄筋量が多いという構造的な問題がある。本研究では、発破解体工法の基礎的な課題である、R C 構造物の発破倒壊メカニズムの解明を目的としており、ここでは個別要素法の発破倒壊シミュレーションへの適用性を検討した。

2. 発破倒壊メカニズムの解明 笠井ら¹⁾によると発破倒壊は以下のように分類される。

- (a) 片側倒壊：片側に倒壊させる。
- (b) 内側倒壊：内側にたたみ込むように倒壊させる。
- (c) 外側倒壊：外側に広げるように倒壊させる。
- (d) ジグザグ倒壊：層毎に倒壊方向を交互に変え、ジグザグにたたみ込むように倒壊させる。
- (e) 定位置倒壊：下部を破壊して上部構造がいずれの方向にも偏ることなくそのままの位置で崩れるように倒壊させる。

(a)～(d)の手法は各構造部材を秒時差をつけて爆破撤去する手法で、破砕状態が良く、周囲に及ぼす影響は小さい。(e)の手法は落下慣性力に頼る手法で、十分に落下高さを取らなければ、破砕状態が悪くなる。

発破解体の事前検討フローを図-1に示す。このような検討では上記の倒壊型を踏まえ、削孔位置・装薬量などの発破法、発破する部材（発破位置）、発破順序・発破秒時差（段発）、事前はつりなどの補助工法、環境対策工法を決定する。工法検討を合理的に行うためには、発破倒壊現象を十分に把握しなければならない。本研究では、発破倒壊をコントロールする因子として、発破位置、段发到着目し、これら因子が倒壊現象と最終倒壊性状に与える影響を検討する。

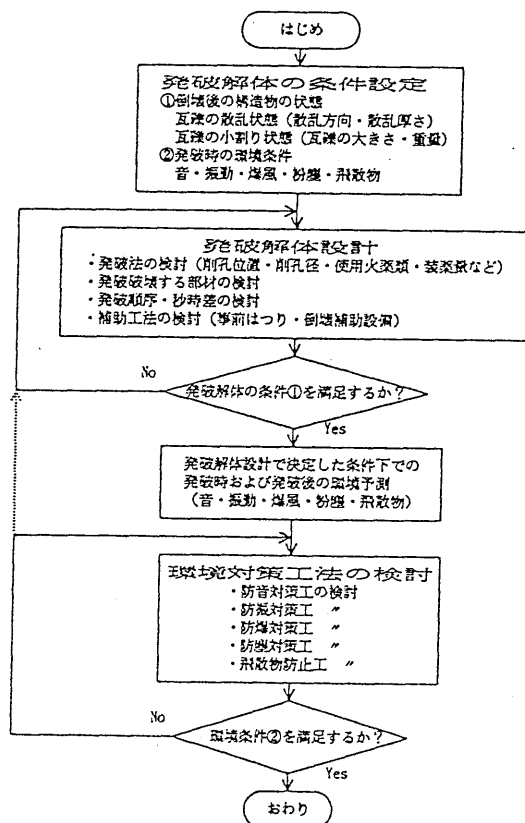


図-1 発破解体の事前検討フロー

3. 発破倒壊現象の数値解析 R C 構造物の発破解体工法における倒壊現象を数値解析するためには、爆破・衝撃波の伝播・破壊・落下などの現象や発破位置・発破順序・発破秒時差、補助工法などの発破解体工法の数値モデル化が必要となる。そこで、連続体が非連続体となる現象すなわち、部材の落下・衝突・破壊・散乱現象が再現できる、個別要素法(DEM)を選定した。DEMを発破倒壊現象の解析に適用した例を以下に示す。

3.1 (a)～(d)の各構造部材を秒時差をつけて爆破撤去する手法において、構造物の倒壊方向を予測する目的で、ラーメン構造の発破倒壊現象の数値解析を実施した。解析コードは、Cundallにより開発された汎用個別

要素法コード(UDEC)²⁾を用いた。解析モデルを図-2に示す。梁および柱は剛体であり、各部材はバネで接合されている。また、爆破現象は瞬時に爆破した部材を削除する手法でモデル化した。図-3は、秒時差500msで1段目に①②部材、2段目に③④部材を爆破した片側倒壊の解析結果である。また、図-4は、秒時差500msで1段目に③⑤部材、2段目に④⑥部材を爆破した内側倒壊の解析結果である。これらの結果から、適切な接合部のバネ定数の設定により、本コードを用い構造物の倒壊方向や最終倒壊性状の概略が予測できることが分かった。

3. 2 (e) 定位置倒壊における、構造物の破壊の起因となる、部材の落下衝突現象の数値解析に適用した。解析コードは目黒・伯野の文献³⁾を参考に作成した。鉛直方向から45度の傾きを持つ、二次元の長方形部材を自由落下させ、地盤と衝突して部材が破壊する現象を解析した。部材を円形の剛体要素の集合体でモデル化し、剛体要素間はバネで結ばれている。図-5に部材の落下・衝突・破壊時の剛体要素の位置を示す。これらの結果から、部材自体が落下衝撃により破壊する現象に対しても、DEMの適用が可能であることが確かめられた。

4. まとめ R C構造物の発破解体工法における倒壊現象の数値解析手法として、個別要素法を選び、数値解析を実施した。その結果、個別要素法がこのような解析に利用できることが分かった。今後、バネ定数の選定、R C部材の数値モデル化や三次元化の検討を行い、発破倒壊現象全般の数値解析手法を確立する、さらに数値解析とともにモデル実験を行い、R C構造物の発破倒壊メカニズムの解明を進める予定である。

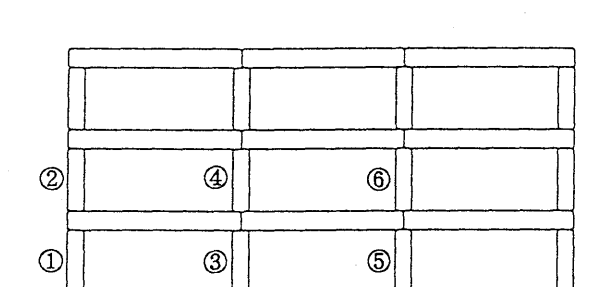
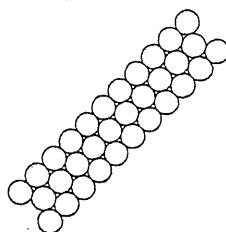


図-2 解析モデル

[落下]



[衝突]

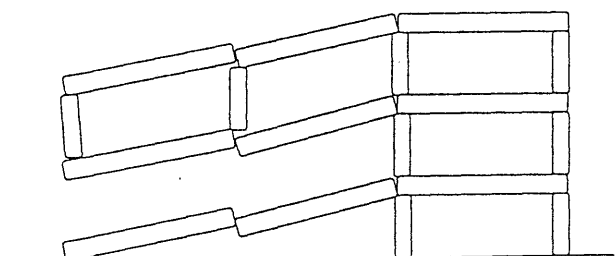
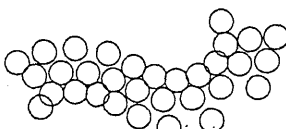


図-3 片側倒壊



[破壊]

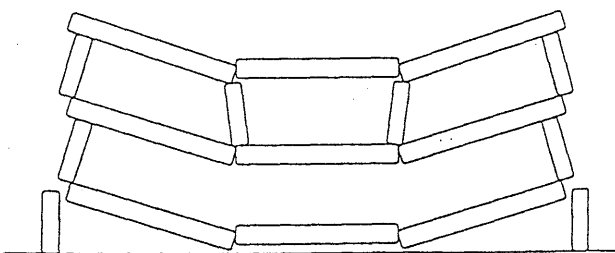


図-4 内側倒壊

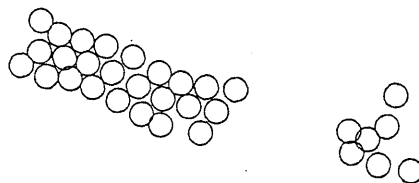


図-5 落下衝突現象の数値解析

参考文献 1)笠井, 柴田; コンクリート構造物のとりこわしにおける倒壊型について, 建築学会関東支部第41回学術研究発表会, 1970.

2)ITASCA Consulting Group, Inc.; Universal Distinct Element Code (Version ICG1.5), 1989.

3)目黒, 伯野; 粒状体シミュレーションによるコンクリート構造の破壊解析, 東京大学地震研究所集報, Vol. 63, pp. 409-468, 1988.

* 佐藤工業(株) 中央技術研究所・耐震解析研究室 ** 佐藤工業(株) 技術本部技術開発部