

RC骨組構造の発破解体解析コードの開発

Development of Blast Demolition Analysis Code for RC Framed Structures

根岸 亮介¹⁾, 磯部 大吾郎²⁾

Ryosuke Negishi and Daigoro Isobe

- 1) 筑波大学大学院 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1, s1120969@u.tsukuba.ac.jp)
 2) 博(工) 筑波大学 准教授 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1, isobe@kz.tsukuba.ac.jp)

A blast demolition analysis code for reinforced concrete (RC) framed structures is developed in this paper. The degrading tri-linear RC model with viscous damping effect is implemented in a numerical code based upon the ASI-Gauss technique. The numerical code is verified by performing a blast demolition analysis of a four-story two-span RC frame model.

Key Words : Blast Demolition, RC Framed Structures, ASI-Gauss Technique

1. はじめに

現在, 日本では老朽化し不要となったビルに対し, 重機を使用し上層から徐々に解体する工法が一般的に用いられている. しかし, この工法は重機による地道な解体作業を要するため, 工期が長期化し, それに伴いコストが増加するといった問題点がある. これに対し, 欧米ではビルの解体工法として発破解体がよく用いられる. 発破解体は部材の接合部などを爆薬により発破し, 建物の自重を利用して全体を崩壊させるため, 短期間かつ低コストで解体可能である. 一方で, 発破解体時に建物の倒壊方向を制御する難しさも指摘されている. 本研究では, 崩壊解析に実績のあるASI-Gauss法[1]に対し, RC構成則や発破アルゴリズムを導入することで, RC部材の耐力低下や発破現象について解析上で模擬的に表現した. まず導入したRC構成則について準静的解析より有効性を検証し, その結果を踏まえてRC骨組構造の崩壊過程を再現可能な発破解体解析コードを開発し, 数値例に適用した.

2. RC構成則

RC骨組構造の発破解体解析を実施するにあたり, まずはASI-Gauss法を用いた解析コードに対してRC構成則を導入し, その有効性を検証する. RC構成則には, 以下のように粘性減衰効果を考慮したDegrading tri-linear model [2]を採用した.

◇曲げ降伏強度

・柱

① $N_{\min} \leq N < 0$ のとき

$$M_y = 0.5(a_g \sigma_y + N)g_1 D \quad (1a)$$

② $0 \leq N \leq N_b$ のとき

$$M_y = 0.5a_g \sigma_y g_1 D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) \quad (1b)$$

③ $N_b \leq N \leq N_{\max}$ のとき

$$M_y = \left\{0.5a_g \sigma_y g_1 D + 0.24(1 + g_1)(3.6 - g_1)bD^2 F_c\right\} \frac{N_{\max} - N}{N_{\max} - N_b} \quad (1c)$$

ただし

$$N_{\min} = -a_g \sigma_y \quad (2a)$$

$$N_{\max} = bDF_c + a_g \sigma_y \quad (2b)$$

$$N_b = 0.22(1 + g_1)bDF_c \quad (2c)$$

・はり

$$M_y = 0.9a_g \sigma_y d \quad (3)$$

◇曲げひび割れ強度

$$M_c = \frac{1}{3} M_y \quad (4)$$

◇せん断終局強度

$$Q_y = \left\{ \frac{0.115k_u k_p (180 + F_c)}{M/Qd + 0.115} + 2.7\sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \frac{N}{bD} \right\} bj \quad (5)$$

◇せん断ひび割れ強度

$$Q_c = \frac{1}{3} Q_y \quad (6)$$

◇剛性低下率

$$a_y = \left\{ 0.043 + 1.65np_i + 0.043 \frac{M}{Qd} + 0.33\eta_0 \right\} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (7)$$

ここで, b:柱幅, D:柱せい, h_0 :柱の内法長さ, d:有効せい, g_1 :主筋重心間距離, F_c :コンクリートの圧縮強度, σ_y :引張鉄筋降伏応力度, σ_{wy} :せん断補強筋の引張降伏応力度, n:コンクリートと鉄筋のヤング率比, N:軸方向力, M/Qd:せん断スパン比, η_0 :軸力比=N/bDF_c, j:応力中心間距離=7d/8, k_u :部材寸法の係数=0.7, k_p :引張鉄筋比の補正係数=0.82p_t^{0.23}, p_t:引張鉄筋比=a_s/bD, p_w:せん断補強筋=a_w/bχ, a_s:引張鉄筋断面積, a_g:全主筋断面積, a_w:せん断補強筋1組の断面積, χ:せん断補強筋の間隔である.

解析対象として高さ100 [cm]のRC単純支持柱をモデル化し, 一定軸力下で部材両端部に逆対称モーメントを増分的に与えながら準静的解析を行った. 図1にASI-Gauss法(1部材当り2要素分割)による解, 図2に実験結果を示す. 両者の比較より, 繰り返し荷重におけるRC部材の剛

性低下や崩壊荷重を良好に表現できていることが確認できた。

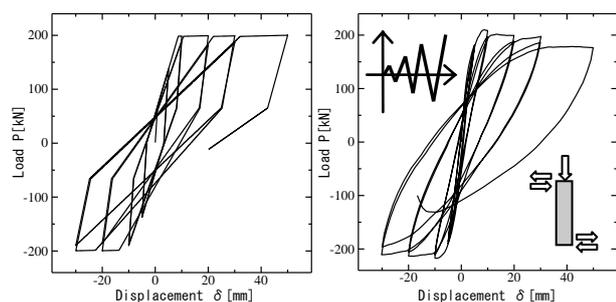


図1 ASI-Gauss法
(1部材2要素分割)

図2 実験値[3]
(Kanakubo *et al.*)

3. RC骨組構造の発破解体解析

3.1 解析モデル

発破解体解析では、図3に示すような4層2スパン奥行2スパンのRC骨組構造モデルを用いた。本解析モデルを構成する要素数は168、節点数は129である。柱とはりの部材長さはそれぞれ2.0 [m]とした。その他の断面寸法や配筋を部材リストにまとめて表1に示す。さらに、部材のコンクリート強度を23.5 [N/mm²]、鉄筋の引張降伏応力を411.6 [N/mm²]とし、解析の時間増分を1.0 [ms]、総ステップ数を7,000とした。なお、各部材における耐力消失の臨界値には一律に曲率 3.33×10^{-3} 、軸ひずみ0.170、せん断ひずみ 4.00×10^{-2} の値を用いた。ここでは、解体時の周辺被害を抑えるためにRC骨組構造を鉛直方向に解体することを考え、まず0.0 [s]に3F右側の柱部材を6本発破し、その後0.5 [s]の時点で1F左側の柱部材をさらに6本発破する発破計画を立て、解析を行った。

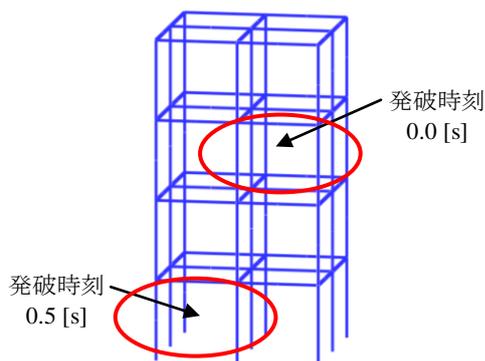


図3 4層2スパン奥行2スパンRC骨組構造

表1 部材リスト

部材	断面寸法[mm]	配筋
柱	500×500	8-D29 2-D10@200
はり	400×600	4-D22 2-D10@200

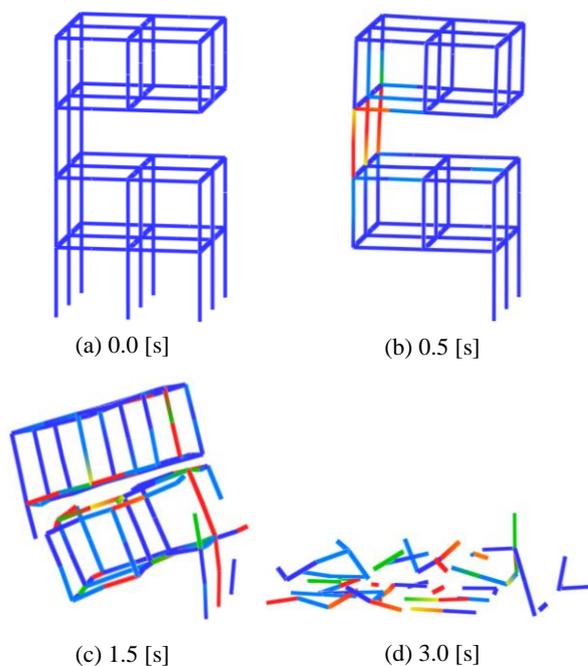


図4 解析結果

3.2 解析結果

図3に示した発破計画を基に解析を実施した結果を図4に示す。時刻(a) 0.0 [s]に3F右側の柱部材を6本発破し、4Fが右側に傾き始めるのと同時に時刻(b) 0.5 [s]で1F左側を6本発破した。その結果、3F左側の柱部材が4Fの自重を受けて耐力低下した後、完全に耐力を消失し、時刻(c) 1.5 [s]における4Fと2Fの衝突を契機として崩壊が進行し、時刻(d) 3.0 [s]の段階で鉛直方向への解体が終了した。

4. おわりに

本稿では、ASI-Gauss法を用いたRC骨組構造の発破解体解析コードを開発した。RC材の挙動を表現するための構成則を導入し、準静的解析より得られた1部材2要素分割のASI-Gauss法の解を実験結果と比較し、その有効性を確認した。さらに、発破アルゴリズムを導入することでRC骨組構造の発破を表現し、作成した解析モデルに対し発破計画を基に解体解析を行った。その結果、本解析コードを用いることで発破解体時の崩壊現象を模擬可能であることを確認した。今後は、実際に行われた解体事例に対し、比較・検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 磯部大吾郎, チョウ ミヨウ リン: 飛行機の衝突に伴う骨組鋼構造の崩壊解析, 日本建築学会構造系論文集, 第579号, pp.39-46, 2004.
- [2] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針(案)・同解説, 日本建築学会, 1997.
- [3] 金久保利之, 園部泰寿: 高強度人工軽量骨材コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材の耐震性能に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第441号, 1992, pp.63-72.