

骨組構造の爆破解体過程に関する定量的検証

Quantitative Verification on Blast Demolition Process of Framed Structure

○非 江口 正史 (筑波大院) 正 磯部 大吾郎 (筑波大)

Masashi EGUCHI, Graduate School, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

Daigoro ISOBE, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

1. 緒言

構造物をダイナマイト等で発破して崩壊させる爆破解体(発破解体)工法は、従来工法と比べ、重機が不必要で工期を短縮できる等、経済性・安全性において優れている[1]。しかし、解体の際に部材が周辺に飛散し、被害を与える危険性や、構造物が完全崩壊に至らず、不安定な状態で残存する可能性があり、その崩壊過程を事前に検討する必要がある。

現在、爆破解体は独自のノウハウを持つ欧米の一部の業者によってのみ行われており、日本では建築物への施工例は少ない。本研究は、様々な爆破計画をシミュレート可能な解析手法を構築することで、爆破解体工法をより広く普及させることを狙いとしている。

これまでの研究において、部材破断や接触の考慮を容易とする、ASI-Gauss 法[2]を用いた骨組構造の爆破解体解析システムを開発した[3]。本稿では、電磁デバイスを用いた爆破解体実験システム、および実機の特性を考慮した解析アルゴリズムの修正点について述べ、2つの骨組構造モデルに対する解析および実験結果を比較する。

2. 爆破解体実験システム

本実験システムでは、アルミパイプの両側に電磁ホルダを取り付けて部材とし、磁力により鉄製のコネクタを吸着し、部材同士を連結することで骨組構造モデルを組み立てる。

電磁ホルダは、部材中央のジャックからモジュラケーブルによって、磁界切替えスイッチと接続する。部材と接続する側のモジュラケーブルの爪は折っており、部材等と接触した際に容易に離脱し、崩壊過程への影響を小さくしている。

発破の信号は、PCから発破間隔コントローラを通して前述の磁界切替えスイッチへ送られる。この信号により、スイッチで指定した発破箇所の電磁ホルダへの電流を遮断し、部材と鉄製コネクタの連結を解除して発破を表現する。実験システムの概要を図-1に示す。

3. 実機の特性を考慮した解析アルゴリズムの修正

実験結果と比較するために、実機をモデル化して爆破解体解析を行った。柱およびはりの断面定数としては部材に用いたアルミパイプのものを使い、鉄製コネクタと電磁ホルダは、質量のみを考慮した。また、スパン長は接合部中心までの距離とした。以下にそれらのパラメータを示す。

柱：スパン長 280 (1階のみ 260) mm, 断面 40×40×2 mm

梁：スパン長 340 mm, 断面 30×30×2 mm

本実験システムの部材は、実際の骨組構造と比べ接合部強度が小さく、また脆性的な挙動を示すことを考慮し、以下のようにアルゴリズムを修正した。まず、降伏判定に用いられる全塑性曲げモーメントの値を、接合部で判定される場合に

のみ材料の10分の1として判定した。それと同時に、破断判定に用いる破断臨界曲率の値についても、接合部側に塑性ヒンジが存在する場合には、材料の値に比べ非常に小さな値である 5.0×10^{-4} (rad/mm) とした。これにより接合部において塑性化および破断が判定されやすくし、強度の低さを表現した。破断臨界ひずみはアルミの値を用いた。

柱を発破させた場合には、柱と接合部、および柱と地面(鉄制定板)との間に、通常の部材に比べ曲げ・せん断剛性を小さくしたヒンジ要素を作成した。これは、柱が直下の部材の上に単に乗っているという状態を表現するためである。このヒンジ要素の剛性は、あらかじめ最小単位のフレームモデルで行った解体実験を解析と比較することによって算出した。

4. 実験結果と解析結果の比較

前述の実験システムおよび解析アルゴリズムを用いて、6層1スパンと3層5スパン骨組構造に対する解体実験と解析を行った。両者の発破計画を図-2に示す。●印はその箇所において発破することを示し、爆発の印はその接合部と接触している全ての箇所を発破することを示す。

①6層1スパン骨組構造モデル

このような縦長の構造物に対しては、上層部から順に折り重なるように崩壊させる手法が多く用いられる。図-2の左に示す発破計画でも、全体を2層ずつに分け、はりの重さを利用して上層を左奥、中層を右手前、下層を左奥、と互い違いの方向に倒し、全体として部材の飛散を防ぐことように立案した。実験および解析結果を図-3に示す。

両者の結果において、計画通りに崩壊していることが分かる。また、解析結果の方が崩壊までの時間が多少短いものの、全体的に崩壊モードが良好に一致していることが確認できる。

②3層5スパン骨組構造モデル

横長の構造物においては、全体を中央に向けて解体させる手法が多く用いられる。それを念頭に置き、図-2の右に示すように、まず中央部のはりを落下させ、その後両側を中央部にむけて倒すように発破計画を立案した。実験および解析結果を図-4に示す。

両者を比較してみると、双方とも中央に向けて倒れこんでいる様子が確認できる。しかし、解析結果においてはほぼ左右対称に崩壊しているのに対し、実験結果においては左側が先に倒れ、その後右側の構造が倒れるなど、不安定な崩壊挙動を示していることが分かる。この原因としては、落下した中央部のはりが跳ね返り、外側の柱に当たって干渉したことが考えられる。

5. 結言

本稿では、電磁デバイスを用いた解体実験システムについて述べ、2種類の骨組構造物に対して、その実験結果と解析結果を比較した。両者とも解析結果では想定通りの崩壊挙動を示し、開発した解析システムが解体現象の把握に有効であることを確認した。縦長構造モデルに対する実験結果とは定量的にも良好に一致したが、3層5スパンの横長構造モデルに対する実験結果は、左右が非対称であるなど崩壊過程の再現性が乏しく、今後さらなる検証が必要であると考えられる。また、数値モデル化に関する検証も実施していく予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、独立行政法人日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究A1(課題番号:16206055)から援助を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] G.T. Williams: Explosive demolition of tall buildings inner city areas, Municipal Engineer, Vol. 7, No.4, (1990), pp.163-173.
- [2] 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, (2004), pp.39-46.
- [3] 江口正史, 磯部大吾郎: ASI-Gauss 法を用いた骨組構造の爆破解体解析, 日本建築学会学術講演梗概集, (2005), B-1, pp.331-332.

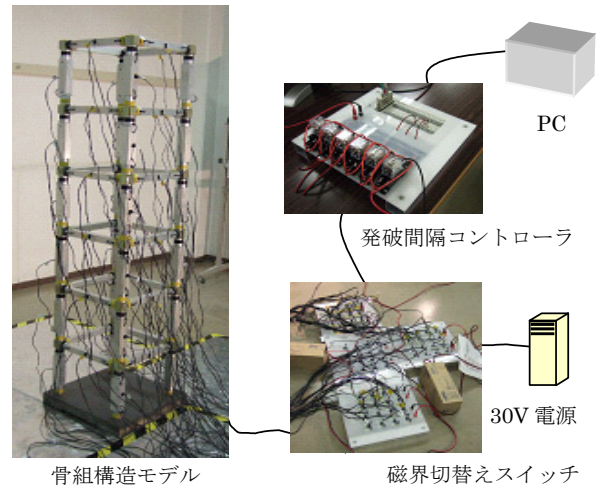


図-1 実験システム概要

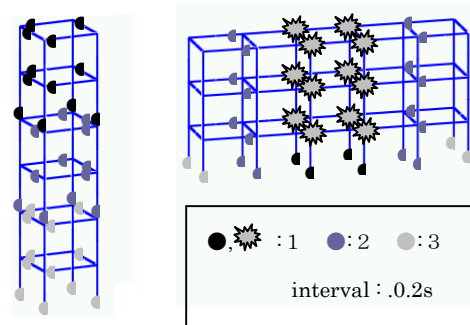


図-2 発破計画

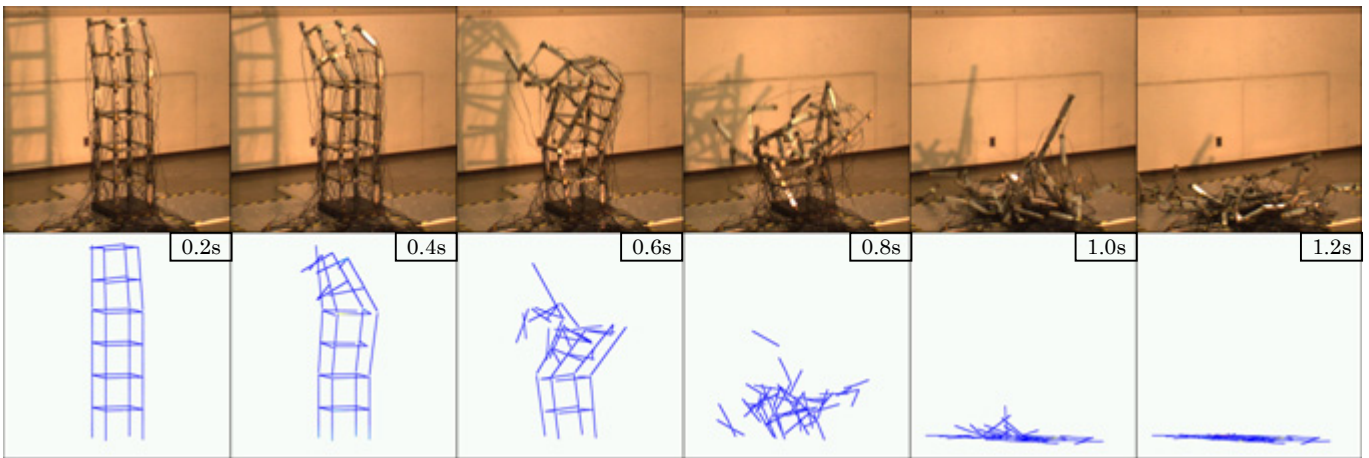


図-3 6層1スパン骨組構造モデルの実験結果および解析結果

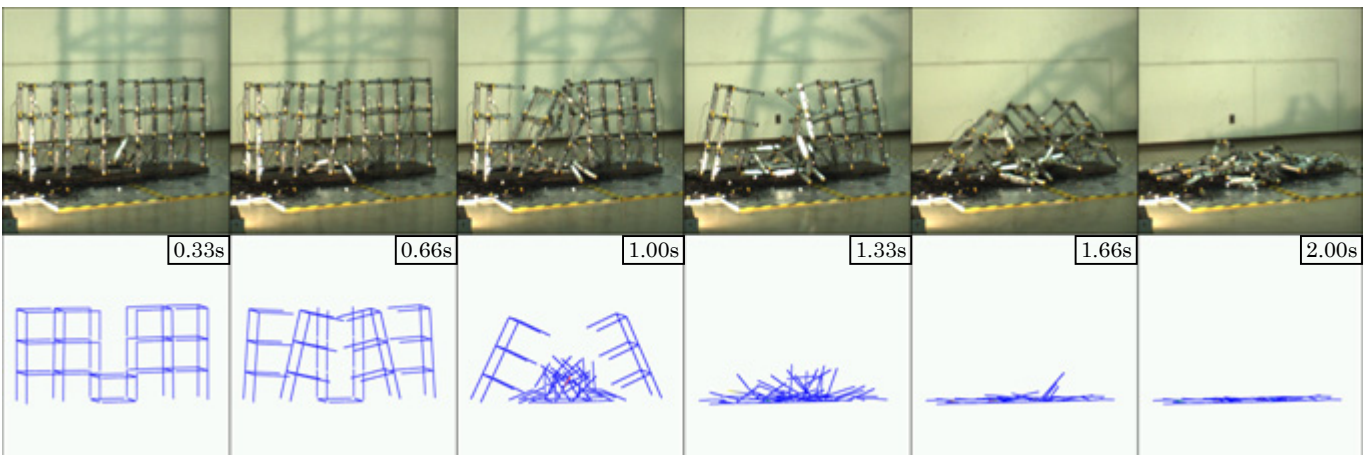


図-4 3層5スパン骨組構造モデルの実験結果および解析結果