

I - B247

三次元拡張個別要素法を用いた組積造構造物の動的破壊解析

千代田化工建設株式会社
東京大学生産技術研究所正会員 西川 大介
正会員 目黒 公郎

1. はじめに：全世界を対象として、地震による人的被害の原因を調べると、耐震性に乏しい構造物の崩壊による圧迫死や窒息死が圧倒的に多数を占める。その中でも、レンガや日干しレンガ（アドベ）、石などを積み重ねてつくる、いわゆる組積造構造物は、「耐震性が極端に低く、脆性的に崩壊すること」、「部材がバラバラになって内部に生存空間ができにくいこと」、「崩壊時に大量の土埃が発生して呼吸困難になってしまうこと」などの理由から、最も死傷者を出しやすい構造物と言える（写真1）。地震による人的被害を世界的な視野から軽減するには、これら組積造構造物の崩壊を防ぐ何らかの対策を講じることが不可欠である。



写真1 組積造構造物の崩壊被害例
（1997年5月イラン・ガエン地震の被害）

ではどのような対処をすべきなのであろうか？

防災先進国の材料と工法を用いた構造物を全世界に適用させようとすることは全く解決にならない。現地の技術と材料を基本とし、それに現地でも実施可能な「工夫」を施すことで耐震性を大幅にアップさせるとか、フェールセーフの機能を持たせるような手法を提案することが重要である。そのためにはまず、地震時に組積造構造物がどのような挙動をするかを調べる必要があるが、この種の研究は人気がない。人的被害の軽減という重要な意味を持つにもかかわらず、先進国の研究者はもちろん、この種の構造物を多く抱えている国々の研究者でさえもあまり興味を示さず、結果的に研究はあまり進んでいない（もちろん全くないと言っているのではない）。高層ビルなどの動的挙動解析とか、免震・制震技術とか、その手の最先端技術に関する研究でないかという研究者として評価されないからだという声も聞く。しかし地震工学の目的が、地震による犠牲者を少しでも減らすことにあることを疑う人はいないだろうし、この種の構造物の崩壊による死傷者が発生し続ける限り、この問題は取り組まなくてはならない重要課題なのである。

そこで本研究では、個別要素法 (Distinct Element Method, DEM)¹⁾を基に開発された二次元拡張個別要素法 (2-D Extended DEM, 2-D EDEM)²⁾を、三次元に拡張した³⁾三次元拡張個別要素法 (3-D EDEM)を開発し、これを用いて地震外力を受ける組積造構造物の動的破壊挙動の基礎的な解析を試みた。

2. 三次元拡張個別要素法：3-D EDEM
を以下の仮定の下に開発した。

- (1) 三次元直方剛体ブロック要素を解析の基本要素とする。^{4), 5)}

- (2) 他の要素との接触判定は、図1に

示すように適当な半径(r)を用いて、頂点を1/8球、辺を1/4円柱と仮定することで行う。

(1),(2)の仮定により、接触のパターンは(図2)に示すような頂点と頂点、頂点と辺、頂点と面、辺と辺の4つに分類でき、接触力の算定が簡便化される³⁾。また本研究で扱うような大変形問題では、ブロックの頂点は応力集中により破損し、丸みをおびるので、この点

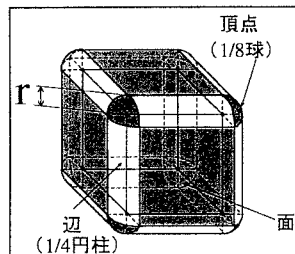


図1 解析の基本要素

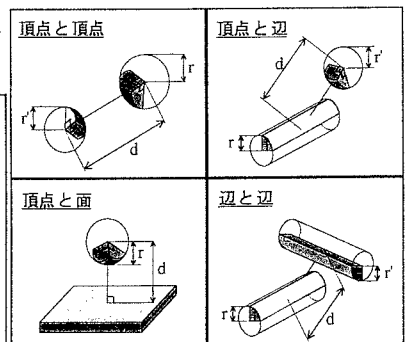


図2 要素間の接触パターン

表1 解析モデルの諸元

	材料1	材料2
材質	レンガ	レンガ
寸法	0.1×0.1×0.1(m)	0.1×0.1×0.2(m)
密度	2.2×10 ³ kg/m ³	2.2×10 ³ kg/m ³
質量	2.2kg	4.4kg
摩擦係数	0.4	0.4

* 但し、床との間の摩擦係数は0.7とする。

キーワード：三次元拡張個別要素法、個別要素法、動的破壊解析、組積造構造物、震害、イラン・ガエン地震
〒106-8558 東京都港区六本木 7-22-1 東京大学生産技術研究所 TEL. 03-3402-6231 内線 2662

でも現実的である。

3. 組積造家屋の動的破壊解析

3.1. 解析モデル：解析には2種類の直方剛体ブロックを用いた。使用した剛体ブロックの各諸元は、表1に示す通りである。ただし、地震外力としては神戸海洋気象台で記録された NS 及び EW 方向の加速度波形を数値積分して得

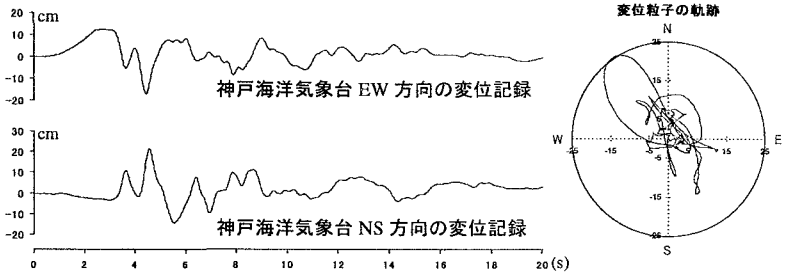


図3 入力波形とその軌跡

られた変位波形を用いた(図3)。また、88個の要素を用いた組積造家屋モデルは図4に示す通りである。

3.2. 解析結果：シミュレーションの結果を図4に示す。図より、強震地震外力を受けた構造物が、崩壊していく過程が再現されている。崩壊の方向が北西方向に卓越しているのが確認できるが、これは図3より波形変位の最大値がおおよそ北西方向で観測されていることに起因している。

4. おわりに：本研究では 3-D EDEM を開発し、複数の剛体ブロックから構成される組積造構造物の動的破壊挙動の三次元解析を行った。その結果、定性的ではあるが 3-D EDEM によってその崩壊過程を再現できることを確認できた。

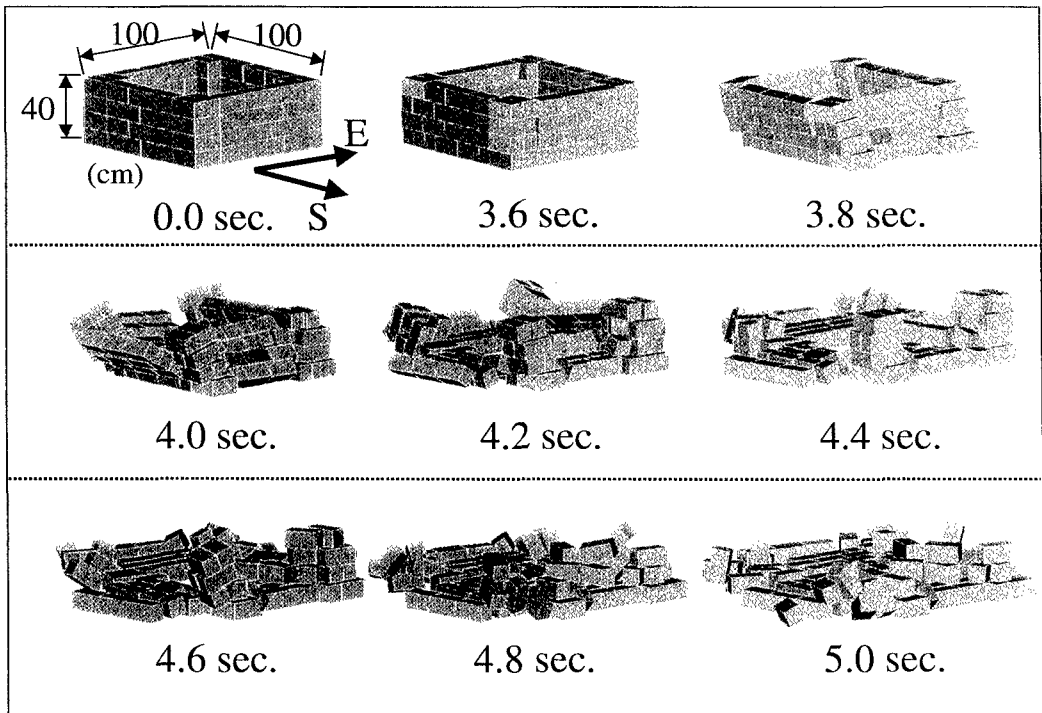


図4 組積造家屋の崩壊シミュレーション

参考文献

- 1) Cundall, P.A: A Computer Model for Simulating Progressive, Large Scale Movement in a Blocky Rocksystem, Symp. ISPM, Nancy, France, Proc., Vol. 2, pp. 129-136, 1971.
- 2) 目黒公郎：個別要素法による動的破壊解析に関する研究，東京大学博士論文，1991. 3.
- 3) 目黒公郎・西川大介：3次元個別要素法による地震時の家具の動的挙動解析，第53回土木学会年次講演集，1998(投稿中)
- 4) 東京大学応用物理学教室：力学，東京大学出版会，1960. 10.
- 5) Ishiyama, Y.: Motions of Rigid Bodies and criteria for overturning by earthquake excitation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 10, pp. 635-650, 1982.