

I-B 345

土砂崩れによる建物崩壊過程の拡張個別要素法解析

中央大学大学院 ○学生会員 西川 大介
東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎
東京大学生産技術研究所 正会員 片山 恒雄

1. はじめに 都市化機能の集中化や人口の増加にともない、都市化地域は海岸や湖沼の埋め立て地、山地や斜面を切り開いた造成地にまで広がっている。これらの地域は、日常的には沈下や斜面崩壊など、地震時には液状化などの危険性を有している。とくに、建物に隣接する斜面の崩壊は、多数の人的被害の直接的な原因となるので、斜面の安定性や崩壊時の挙動と建物の位置関係などを適切に把握しておくことが肝心であり、この問題は今後益々重要となる。しかも、これまで非線形性の著しい大変形問題は、実験にしる数値解析にしる多くの制約を受け、十分な解析が困難であったのだが、最近の電子計算機のめざましい進歩により直接的に数値解析する事が可能となってきた。個別要素法(Distinct Element Method,以下 DEM)¹⁾もそのような数値シミュレーションの一つであり、要素同士が完全に離れたり、初期と違った要素と接触して新しい応力場を形成するような現象の追及が可能である。さらに DEM を基に改良を加えた拡張個別要素法(Extended DEM,以下 EDEM)²⁾ は、連続体から非連続体に至る挙動を統一的に解析できる手法であり、構造物の破壊解析手法に適した手法の一つである。本研究では、上記のような斜面の安定性や崩壊時の挙動と建物の位置関係などを適切に把握するための研究の第一歩として、1997年にマレーシアで発生した地すべり崩壊による建物崩壊過程を拡張個別要素法を用いて解析する。

2. 拡張個別要素法 本研究では佐藤らの開発による任意の多角形要素を扱える EDEM プログラム³⁾を用いた。この手法により大規模な構造物の解析が、少ない自由度のモデルで行うことができ、結果的に計算時間を短縮化することが可能となる。EDEM における要素間の力学モデルを図1に示す。

EDEM モデルを構成するある 1 要素 i (質量 m_i , 慣性モーメント I_i)について、次の運動方程式が成り立つ。

$$m_i \cdot \ddot{u} + C_i \cdot \dot{u} + F_i = 0 \quad \text{—— (1)}$$

$$I_i \cdot \ddot{\phi} + D_i \cdot \dot{\phi} + M_i = 0 \quad \text{—— (2)}$$

ただし、 F_i, M_i はそれぞれ要素 i に働く合力ベクトルと合力モーメント、 C_i, D_i は減衰定数、 u は要素の変位ベクトル、 ϕ は回転変位である。EDEM では要素に作用する力として、要素同士の接触力と間隙物質（接合剤）の効果を考えているので、 F_i と M_i は次の式のように表せる

$$F_i = F_{ie} + F_{ip} + m_i \cdot \alpha \quad \text{—— (3)}$$

$$M_i = M_{ie} + M_{ip} \quad \text{—— (4)}$$

ここで、 F_{ie} は要素 i に接触する全ての要素からの抗力の合力ベクトル、 F_{ip} は間隙物質からの抗力の合力ベクトルである。 M_{ie}, M_{ip} もそれぞれ接触要素と間隙物質の効果によって、要素 i に作用する合力モーメントである。 α は解析の場を決定する加速度である。

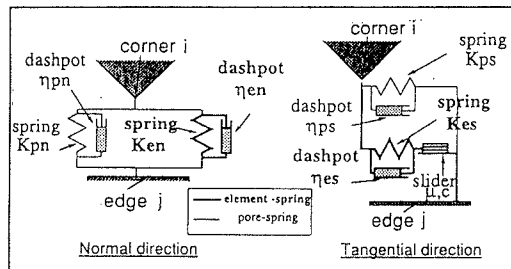


図1 DEMにおける力学モデル

3. 事故被害状況の概略

1994 年、雨季にあったマレーシアの 12 階建のビルの背面の斜面が地滑り崩壊しビルが崩壊する事故が発生した。この事故

による犠牲者は 70 余りに上り、甚大な災害となった。この事故で、崩壊した建物の概略図及び推定されている崩壊過程の概略を図2に示す。

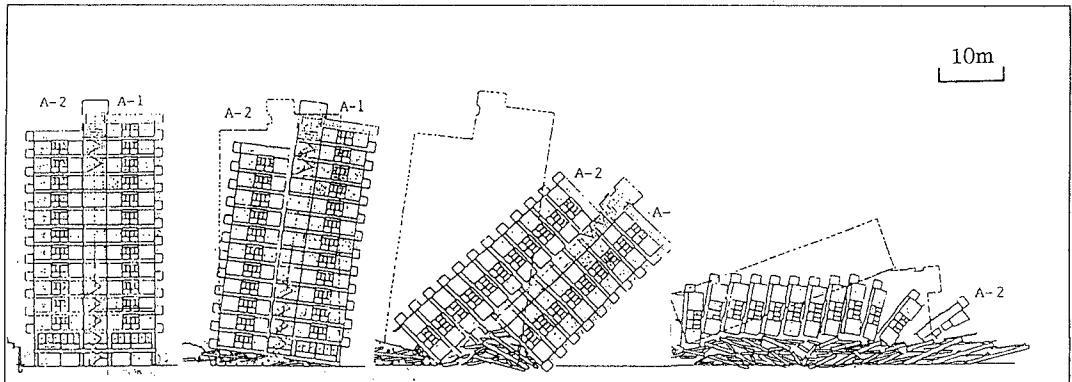


図2 斜面及び建物崩壊過程の推定図⁴⁾

4. 解析モデルと解析手順 本研究では、解析の対象となる斜面及び建物の材料物性値に関する資料不足のため、適宜、既往の地質構造、斜面形状、そして建物構造、構造物材料物性を参考に図3に示すような解析モデルを作成した。但し、図3の3次元モデル図は視覚に訴える効果をねらって適当な幅を与え描いたものであって、本研究で行う解析そのものは2次元解析である。解析は次の手順で行った。まず、自重による初期安定解析を行う。次に、適宜、雨水の浸透による効果を考慮して、すべりを促進させるべく各パラメータを変化させながら、地滑り崩壊及びそれにとりなる建物崩壊の挙動を逐次シミュレーションして、そのメカニズムを把握する。

5. まとめ 本研究は今現在解析中のため、結果は報告会において発表する予定である。

我が国でも、本研究で取り上げたマレーシアの例に見られるような地すべり災害が、毎年のように報告されている。斜面崩壊を代表とする地盤災害は、人的及び経済的に重大な問題であるために、大きな研究課題となっている。それだけに、斜面崩壊時における構造物と崩壊斜面の相互的な崩壊メカニズムの解明がのぞまれる。

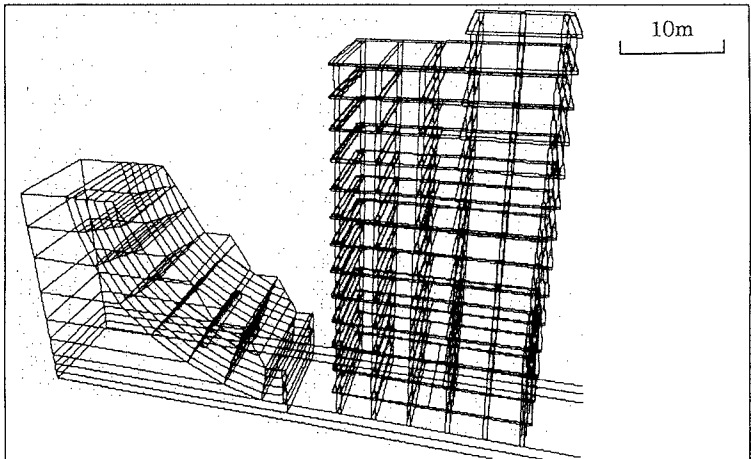


図3 斜面と建物の解析モデル

参考文献：

- 1) Cundall, P. A. : A Computer Model for Simulating Progressive, Large Scale Movement in Blocky Rocksystem, Symp. ISPM, Nancy, France, Proc., Vol. 2, pp. 129-136, 1977.
- 2) Kimiro MEGURO and Motohiko HAKUNO : Fracture Analyses of Concrete Structures by the Modified Distinct Element Method, Structural Eng./Earthquake Eng., Japan Society of Civil Engineers(JSCE), Vol. 6 No. 2, pp. 283s-294s, (Proc. of JSCE, No. 410/I-12), 1989. 10.
- 3) 佐藤・目黒・片山：矩形要素を用いた拡張個別要素法の構造物破壊解析への適用、土木学会第50回年次学術講演会概要集、I, PP. 900-901, 1995.
- 4) The Department of Civil Engineering at The Institute of Technology, MARA: International Conference on LANDSLIDES SLOPE STABILITY & THE SAFETY OF INFRASTRUCTURES, 1994. 9.