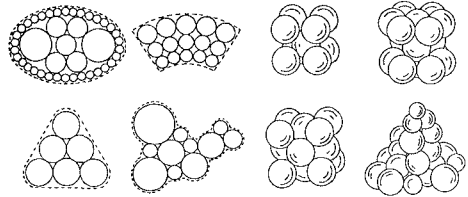


PS I-3 不規則形状要素から成る媒質を如何にして個別要素解析するか?

東京大学大学院 学生員○目黒公郎
 東京大学地震研究所 正会員 伯野元彦
 埼玉大学工学部 正会員 岩下和義

はじめに 個別要素解析において、『不規則な形状の要素から構成される媒質の挙動を如何にして解析するか?』が大きな問題となっている。本研究は、この問題に1つの解決策を提案するものである。連続体多層(相)媒質の解析が可能な改良個別要素法(Modified Distinct Element Method, MDEM¹⁾)では、間隙バネ(Pore-spring)によって連結された複数要素の塊は、平進・回転を含め、あたかも1つの物体の様に挙動する。そこでMDEMを用いて、不規則形状要素から成る媒質を挙動解析できる手法について考察を試みた。すなわち、接触判定の簡単な粒状要素(2次元では円形、3次元では球形)を用いて、任意形状の要素から成る媒質の挙動を表現できる個別要素解析手法を検討した。そして実際に2次元MDEM解析によって、不規則な形状の要素から構成される媒質の挙動解析を行った。解析において不規則な形状の要素は、円形要素の塊“組合せ個別要素(Combined Discrete Element, CDE)” (Fig.1)として取り扱い、CDE内の連結力は間隙バネを配置することによって表現した。本手法は、円形要素を球形要素に置き換えるだけで、3次元問題にも容易に適用できるものである。



(a) 2-Dimensional Model (b) 3-Dimensional Model
 Fig.1 Examples of CDE models composed of circular(2-D) or spherical(3-D) elements

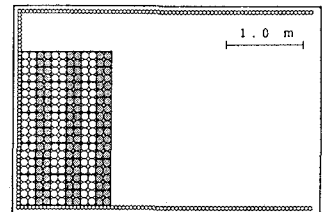
解析モデルと解析結果 CDEとして円形要素を4角形(2×2個と2×4個)に組み合わせ、Fig.2に示すように縦に積み上げたモデル(Model1)と、横に積み上げたモデル(Model2)を作成し、4角形CDEから構成される媒質の挙動解析を行った。解析結果は、Fig.3に示す通りである。更に、Fig.4に示すモデルを用いて、不規則な形状のCDEから構成される媒質の挙動解析を行った。このモデルは、内部要素130個、壁要素48個、合計178個の要素から構成されているが、130個の内部要素は初期状態として、3~11個の円形要素から成る22個のCDEと、19個の単独要素から構成されている。解析はいずれの場合もモデルを水平から30°傾斜させた条件で行った。解析結果を見ると、いずれの場合も各CDEは、それぞれの形状の1つの物体のように種々の挙動(回転、放物落下、衝突、摩擦、滑動、転倒など)を示している。Fig.3からは、CDEの積み方の違いによる破壊モードの差が明らかに見られ、Fig.4ではCDE内部にクラックが生じ、CDE自体が粉砕する現象が見られる。

おわりに 本研究により、不規則な形状の要素から成る媒質の挙動は、CDEを用いることによりMDEM解析できることがわかった。以下に、本研究で提案する手法の主な長所を記す。

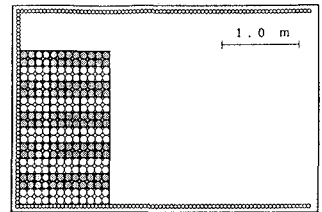
- ・CDEの概念をMDEM解析法に導入することにより、不規則形状要素の挙動を、粒状(2次元では円形、3次元では球形)要素を用いて表現できる。
- ・粒状要素を用いることで接触判定が容易になり、多角形(多面体)要素を用いる場合に比べ、計算時間を短縮化できる。
- ・粒径の違う複数の粒状要素を組合せることによって、CDEは十分任意な形状(2次元的にも3次元的にも)をとることができる。
- ・各粒状要素の運動方程式を解き進めることにより、任意形状のCDEの種々の挙動(回転、放物落下、衝突、摩擦、滑動、転倒など)を自然と表現することができる。
- ・CDE自体の破壊挙動も自然と表現できる。
- ・不規則形状のCDEを用いることによって、要素の形状効果による媒質の異方性を表現することができる。

☆☆参考文献☆☆

- 1)MEGURO, K. and HAKUNO, M.: Fracture Analyses of Concrete Structures by the Modified Distinct Element Method, Structural Eng./Earthquake Eng. Japan Society of Civil Engineers, Vol.6 No.2, pp.283-294. 1989.



(a) Model 1



(b) Model 2

Fig.2 The models composed of square shaped CDEs

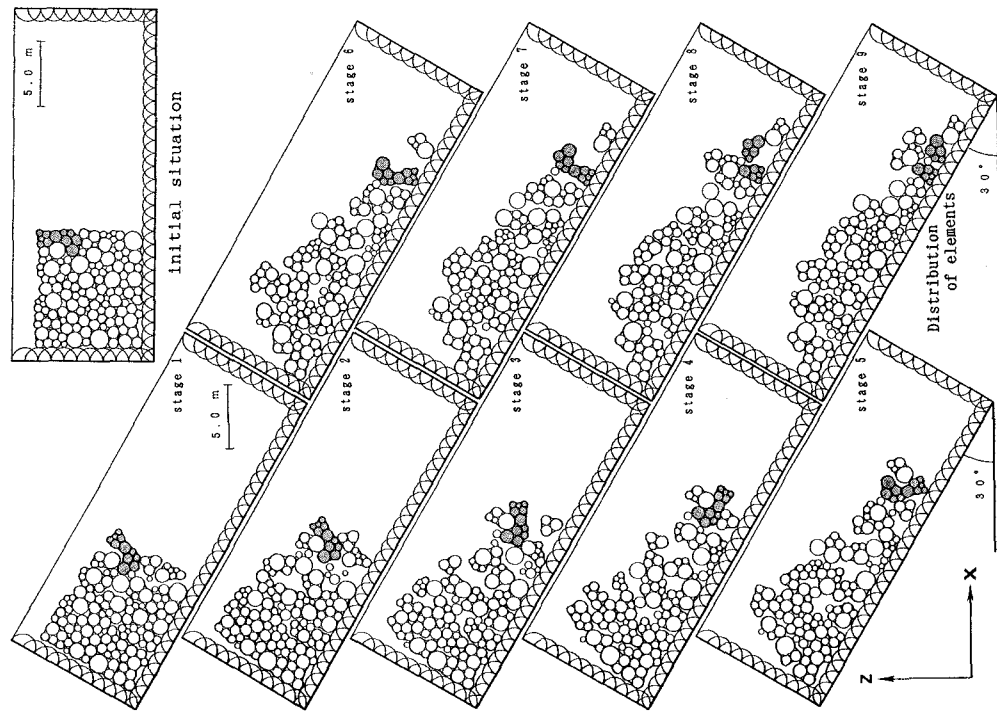


Fig. 4 Fracture Process of the media composed of irregular shaped CDEs

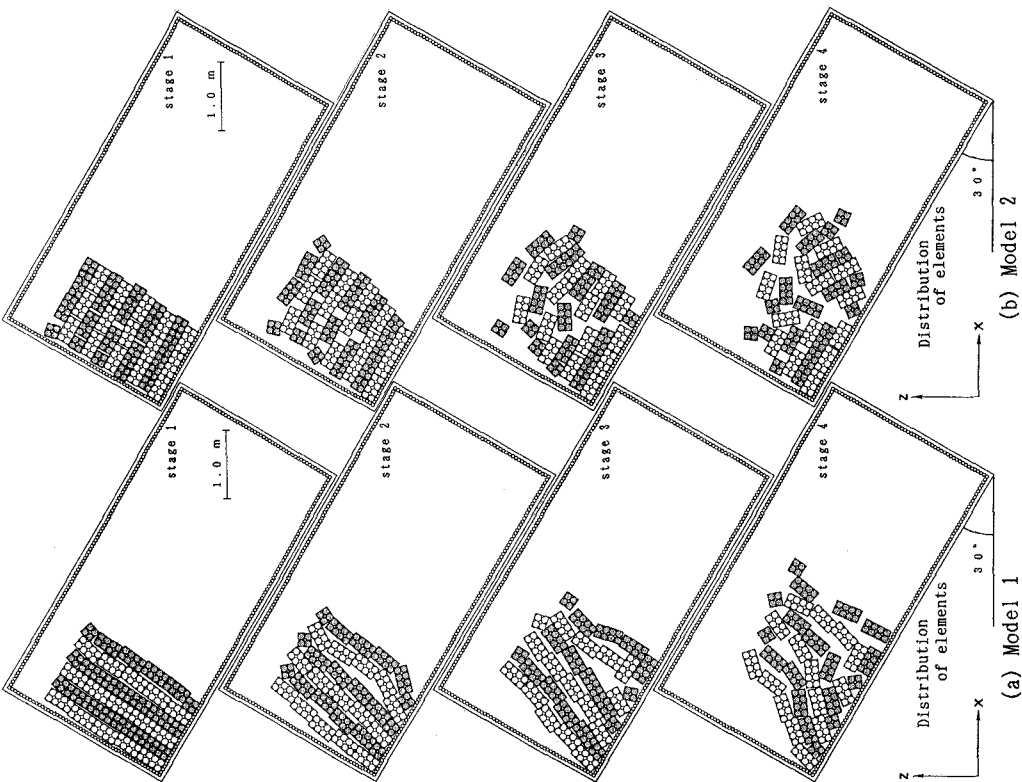


Fig. 3 Fracture Process of the media composed of square shaped CDEs