

## 個別要素法による建物の振動シミュレーション

T06K659A 伊藤 彬  
指導教員 中村友紀子講師

### 1. 研究の背景と目的

日本は世界中でも有数の地震国である。日本の陸地面積は世界の約 0.2%に過ぎないが、日本付近で起こる地震エネルギーは全世界の 10%を占めると言われている。地震が集中的に発生していると首肯せざるを得ない。以上のような事実を踏まえると、地震時における建物の挙動を把握することは重要であると考えられる。

本研究では、個別要素法を用いて対象建物をモデル化し、地震応答解析を実践することで地震時の対象建物の動的挙動を究明することを目的とする。

### 2. 概要

#### 2-1 対象建物

対象とした建物は、新潟大学工学部南端に建つ地上 5 階建て、1982 年 12 月竣工の鉄筋コンクリート造建物である。階高は各 3.8m、桁行 19.8m、梁間 14.8m で、基礎構造は杭基礎である。また、床面積あたりの単位重量は 1.2 t/m<sup>2</sup>と仮定している。本研究では基礎を含め、1 層を 1 球形要素にモデル化し解析を行っている。

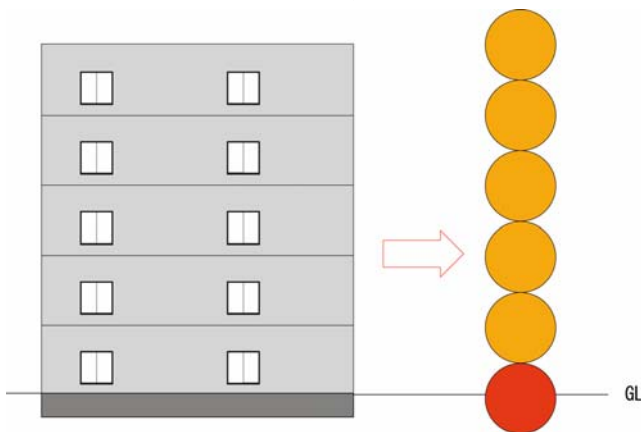


図1 対象建物のモデル化

本研究は建物の崩壊箇所を明らかにするシミュレーションを行うことが目的ではないため、多数の要素に設定していない。加えて、このモデル作成における背景を説明する。このモデルの作成データは、元々は地震時にお

ける街の被害状況を究明する為のものである。つまり、「建物が倒壊するか否か」を解明できればよい為、建物の崩壊過程を仔細に把握する必要はない。以上のことから、本研究では1層1要素という方法を取った。

#### 2-2 個別要素法

個別要素法とは、解析対象物を円形(2次元の場合)、球形(3次元の場合)等の要素の集合体と見做し、不連続面で区切られた要素の集合体において、個々の要素ごとに独立した2階常微分の運動方程式をたて、これを差分近似し、時間領域においてステップ・バイ・ステップで前進的に解くことで要素の挙動を追跡し、その集合体としての動的挙動を解析するというものである。

解析の構成要素は要素(質点)と要素間ばね(部材)により成り、要素間ばねには要素ばねと間隙ばね等の複数のばね系を考慮する。また、ばね系は直ばね、せん断ばね、回転ばねの3種類で構成され、それぞれ弾性ばねとダッシュポッドにより構成される。それぞれのばねは、伸びが限度を超えるか、(ばね×変位+粘性×速度)で求められる力が限度を超えれば破壊する。要素*i*の質量*m<sub>i</sub>*、慣性モーメント*I<sub>i</sub>*として、次の運動方程式が成立する。

$$m_i \ddot{u} + C_i \dot{u} + F_i = 0 \quad (2.1)$$

$$I_i \ddot{\phi} + C_{ri} \dot{\phi} + M_i = 0 \quad (2.2)$$

*F<sub>i</sub>* : 要素に働く合力 *M<sub>i</sub>* : 要素に働く合モーメント

*C<sub>i</sub>*、*C<sub>ri</sub>* : 減衰定数 *u* : 要素の変位ベクトル

*φ* : 要素の回転変位ベクトル

変位ベクトル *u*、回転ベクトル *φ* は全ての要素について設定される。前ステップの要素変位増分、回転増分から現時刻における合力、及び粘性力を求め、これから要素に作用する力を求めて、(2.1)式、(2.2)式により加速度を求め、それを数値積分することにより速度、変位量を求める。

### 3. 地震応答解析

ばね(部材)には柱とEW方向の耐震壁を考慮している。壁は柱型付壁(片側)と判断し、壁1枚あたり柱2本分として扱う。つまり、1層あたりの柱の総数に8本分の柱を加算している。対象建物5階にはEW方向の壁が無い為、壁の考慮はしていない。また、解析を行う際ばねが容易に破壊しないように強度を大きめに設定してある。

対象建物の1階に設置された地震計で記録した中越地震の地震波を図2に示す。これを用いて解析し、地震時におけるモデルの動的挙動を探索する。

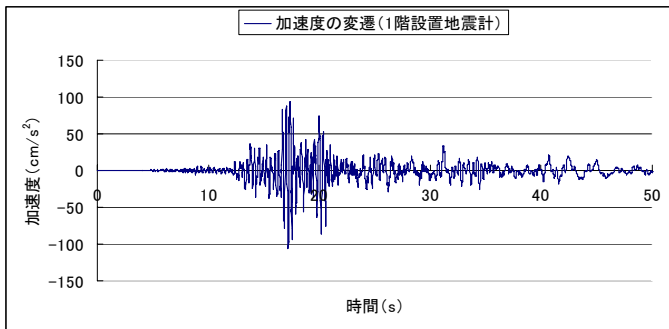


図2 1階設置地震計が記録した地震波(加速度)

### 4. 解析結果

解析結果を図3~9に示す。

最大変位は地震波入力開始から17.89s後の $1.09 \times 10^{-3}$ (m)であり、図4に示している。

図3は頂部要素の変形とEW方向のせん断力の関係を示す荷重-変形角曲線である。この荷重-変形角曲線の傾き(=剛性k)から周期を算出する。変形角は変位に変換する必要がある。

$$T = 2\pi\sqrt{m/k} \quad (3.1)$$

$$k = F / \Delta y \quad (3.2)$$

$$\text{変形角} = \frac{\Delta y}{h} \times 100 \quad (3.3)$$

上記の式を用いて計算すると、 $T=0.296$ s となる。観測結果に基づく対象建物の固有周期は $T=0.29$ sであるから、解析結果から得られた周期は概ね近い値と言える。

また、図5~9の各層のせん断力の時刻歴を比較すると、上層に行くに従って緩やかに減少しているのが分かる。

### 5. まとめ

以上の結果から、作成モデルが地震波に呼応した揺れ方をしており、振動モードの再現ができたと言える。また、作成モデルの固有周期が一致しているという点も踏まえると、1層1要素という個別要素法としては極めて要素数の少ないモデルであっても、解析モデルとしての妥当性があると判断できるだろう。

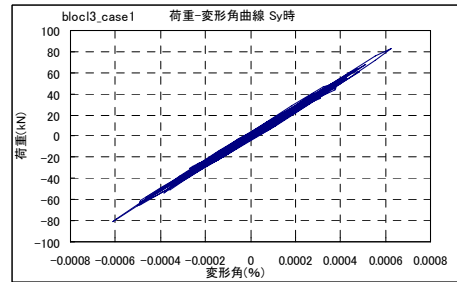


図3 荷重-変形角曲線

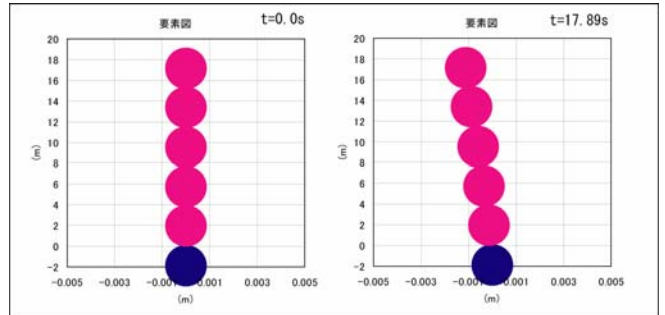


図4 最大変位記録時のモデルの比較

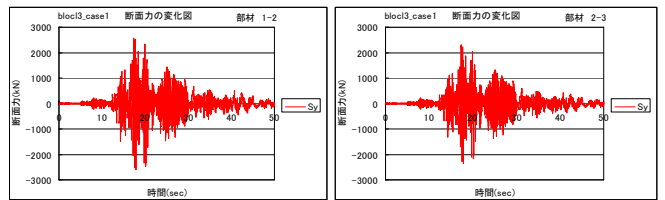


図5 せん断力の時刻歴(1階)

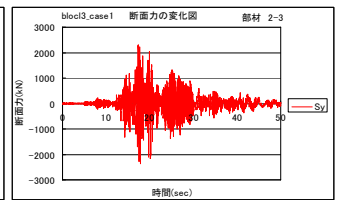


図6 せん断力の時刻歴(2階)

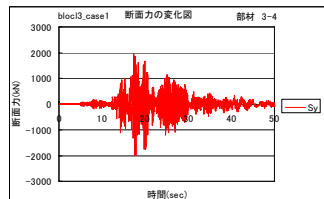


図7 せん断力の時刻歴(3階)

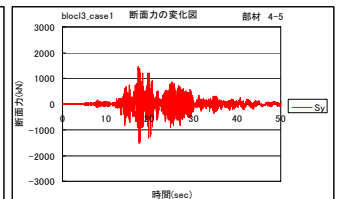


図8 せん断力の時刻歴(4階)

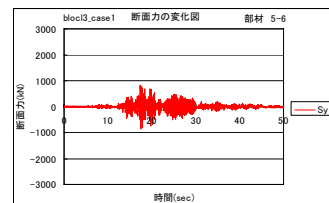


図9 せん断力の時刻歴(5階)

### 参考文献

- 1) 伯野元彦「破壊のシミュレーション, 拡張個別要素法で破壊を追う」, 森北出版株式会社, 2004
- 2) 足助晃一「実観測記録に基づく鉄筋コンクリート造学校建物の地震応答解析」, 新潟大学工学部建設学科卒業論文, 2003