

I-479

3次元動的FEMにおけるRitzベクトルを用いた自由度縮合法の適用性

清水建設(株) 土木本部技術第一部	正員	河野 泰直
清水建設(株) 大崎研究室	正員	奥村 俊彦
清水建設(株) 大崎研究室	正員	竹脇 尚信
清水建設(株) 土木本部設計部	正員	中沢 亨

1. はじめに

近年、動的問題の分野において3次元FEM解析が実施されつつあるが、この3次元FEM解析を実施する場合には、電算機の容量と計算時間の観点から膨大な解析自由度への対処方法が大きな問題となる。この大自由度への対処方法の一つとして大自由度系を小さな自由度系に縮合して解析を実行する方法がある。

著者らは、既に“Wilsonらによって提案されたRitzベクトル(以後Ritzベクトルと呼ぶ)”による自由度縮合法¹⁾を2次元FEMモデルに適用し、その有用性を固有値解析と応答解析の両面から検討した。²⁾

本報告は、既報の2次元解析による検討に引き続き、3次元動的FEM解析におけるRitzベクトルを用いた自由度縮合法の適用性について検討したものである。

2. 解析条件

解析対象は、軟弱地盤上に構造物が存在している状態を考え、これを右図に示すように388個の8節点ソリッド要素でモデル化する。底面は基盤とし、側面は粘性境界条件である。このモデルの総自由度は1485であり、これを25, 50, 75, 100の各自由度に縮合した場合と縮合しない場合について応答解析を行い、各々の場合の構造物の中央点(A点)の応答加速度波形を比較する。

地震波の入力はX, Y, Z方向の3成分入力(基盤入力)とし、各々、El Centro N-S, E-W, U-D成分を最大加速度342gal, 210gal, 206galで入力する。

構造物

$$\begin{aligned} E &= 3,000,000 \text{ t/m}^2 \\ \nu &= 0.167 \\ \gamma &= 2.4 \text{ t/m}^3 \\ h &= 1\% \end{aligned}$$

地盤

$$\begin{aligned} E &= 5,000 \text{ t/m}^2 \\ \nu &= 0.4 \\ \gamma &= 1.8 \text{ t/m}^3 \\ h &= 5\% \end{aligned}$$

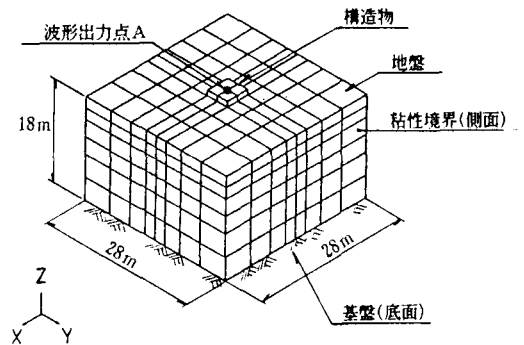


図-1 解析モデル

3. 解析結果

図-2(a), (b), (c)に解析モデルに示すA点のX, Y, Z各方向の応答加速度波形を示す。ただし、50, 100自由度に縮合した場合の応答波形は省略した。また、図-3に縮合自由度と最大応答値の関係を示す。図-3の横軸は全自由度に対する縮合自由度の割合であり、縦軸は縮合しない場合の最大応答値を1.0として表した最大応答値の比である。

縮合自由度25(全体の1.7%)では、応答波形の位相は各方向とも縮合しない場合と概ね一致しているが、そのピーク値にはかなりの差(最大応答値はX, Y, Z方向でそれぞれ縮合しない場合の81%, 70%, 84%の値)があり、精度的に十分とは言えない。

これに対し、縮合自由度を75(全体の5.1%)とした場合には、X, Z方向は、応答波形の位相、ピーク値ともに縮合しない場合とほぼ一致しており、最大応答値もX方向で3%、Z方向で2%の誤差である。Y方向に関しては、位相はほぼ一致しているものの、最大応答値では14%の誤差があり他の2方向に比べ若干精度が落ちる。

以上の応答波形の位相、ピーク値及び最大応答値からみると、今回解析したモデルでは、縮合自由度を75までとれば実用上は十分な精度が得られると言える。

一方、各縮合自由度で解析を実行した場合の計算時間(CPU TIME)を縮合しない場合と比較すると表-1の通りである。(縮合しない場合を1.0とする) 縮合自由度75の場合の計算時間は縮合しない場合の38%であり、計算時間が大幅に短縮されることがわかる。

4. まとめ

以上、Ritzベクトルによって自由度を縮合し3成分入力による応答解析を行った結果、今回のモデルでは縮合自由度を75(全体の5.1%)とすれば縮合しない場合の38%の計算時間で実用上十分な精度が得られ、3次元動的FEM解析においてRitzベクトルを用いた自由度縮合法が有効であることが確認できた。 今後は、種々の構造物及びさらに大自由度の問題に適用して適切な縮合自由度について検討を加えて行きたいと考えている。

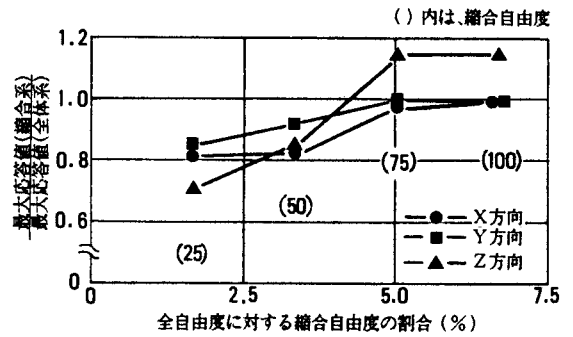


図-3 縮合自由度と最大応答値の関係

表-1 計算時間の比較

縮合自由度	縮合なし	100 (6.7%)	75 (5.1%)	50 (3.4%)	25 (1.7%)
CPU比	1.0	0.51	0.38	0.27	0.17

() 内は、全体の自由度に対する割合

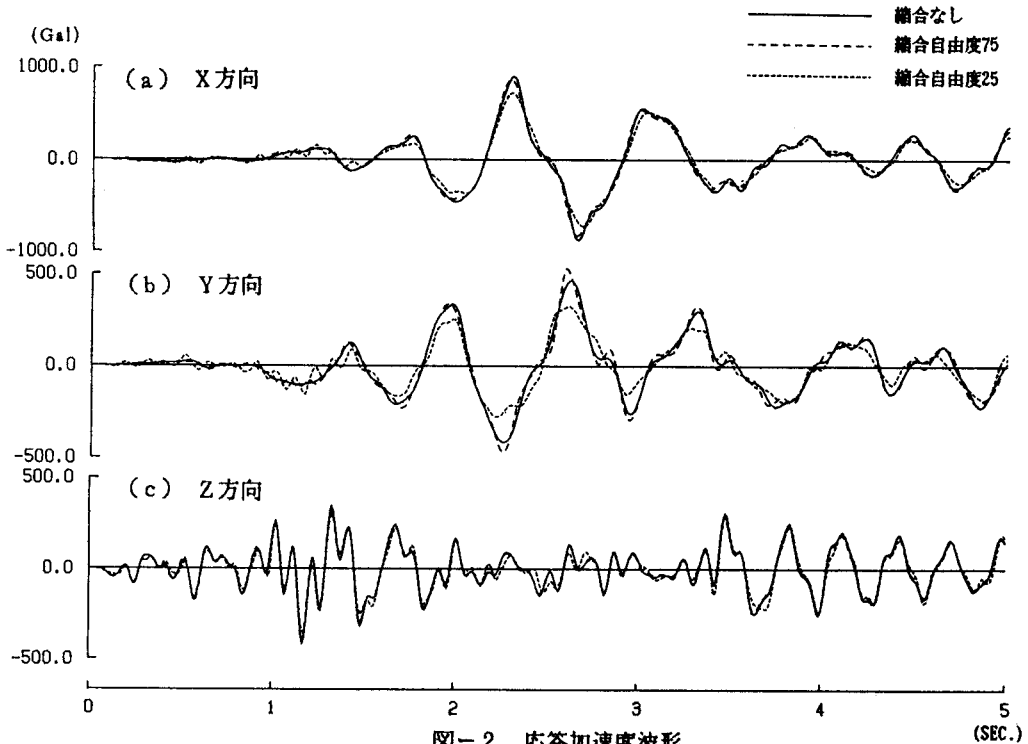


図-2 応答加速度波形

<参考文献>

- 1) E.L.Wilson, M-W.Yuan, J.M.Dickens: "Dynamic Analysis by Direct Superposition of Ritz Vectors", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.10 pp813-821, 1982
- 2) 吉村隆, 奥村俊彦, 竹脇尚信: "Ritzベクトルを用いた自由度縮合法の適用性", 第40回年次学術講演会講演概要集第1部, pp753-754, 1985