

機関番号：92502
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20560543
 研究課題名（和文） 地盤建屋連成系地震応答解析に用いるエネルギー伝達境界の時間領域化及び非線形化
 研究課題名（英文） A STUDY ON TIME DOMAIN TRANSFORM AND NONLINEARIZATION OF ENERGY TRANSMITTING BOUNDARY FOR SEISMIC RESPONSE ANALYSIS OF SSI SYSTEM
 研究代表者
 中村 尚弘（NAKAMURA NAOHIRO）
 研究者番号：50416640

研究成果の概要（和文）：

建物の高精度な耐震安全性評価に用いられる、地盤建物連成系の非線形 3 次元 FEM 解析では、解析負荷の低減が課題であった。この対策として、モデルの波動境界を高精度化し解析領域を縮小する方法がある。本課題では、従来振動数領域の解析に限られていた高精度波動境界（エネルギー伝達境界）を時間領域に変換し、建物や近傍地盤の非線形性を考慮した解析を可能とした。解析時間は既往の主要な方法に比して 1/10 以下となった。

研究成果の概要（英文）：

For 3 dimensional nonlinear FEM models of the soil-structure interaction system used for high accuracy seismic safety assessment of the building, reduction of the computing time is a problem. For the purpose, it is efficient to shrink the analysis area by use of high accuracy wave boundary. In this study, the energy transmitting boundary, which is limited for the frequency domain analysis, is transformed to the time domain and applied analyses considering the nonlinearity of the building and it near field soil. By this method, the computing time is reduced to 1/10 comparing to the previous typical method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：建築構造・材料

科研費の分科・細目：構造解析

キーワード：地盤建屋相互作用，エネルギー伝達境界，時間領域変換，インパルス応答，地盤インピーダンス，非線形応答解析

1. 研究開始当初の背景

建物の耐震安全性を高精度に評価する方法としては、地盤－基礎－建屋を一体としてモデル化した、非線形3次元FEMによるシミュレーション解析が考えられる。しかしモデ

ル全体が巨大となるため、現在の高い計算機能力を持ってしても実用性には課題があった。この問題を解決するための方法として、地盤モデルの波動境界を高精度化し、解析領域を縮小することが考えられる。しかしこれ

までは、時間領域の解析に適用可能で高精度な波動境界が無かった。

2. 研究の目的

本研究はこれまで振動数領域の解析に限られていた高精度の側面波動境界であるエネルギー伝達境界（以下、伝達境界）を時間領域に変換し、現実の建物の耐震挙動評価に適用するものである。これにより、境界の内部領域は時間領域での解析が可能となるため、建物や近傍地盤の非線形性を考慮した解析が可能となる。さらに、自由地盤の非線形化に応じて伝達境界自身も非線形化することにより、さらに現実的な問題への適用性を高める。

3. 研究の方法

本課題の研究方法は以下である。

(1) 伝達境界を非線形化するため、自由地盤の時刻歴応答解析法を検討する。

(2) 2次元面内問題について、自由地盤の時々刻々の非線形変化を反映した、伝達境界の非線形化法を検討する。

(3) 3次元問題において、内部領域を適用性の高い矩形領域とした場合の時間領域伝達境界を検討する。さらにこれを非線形化する場合についても検討する。

4. 研究成果

本課題の主な研究成果は以下である。

(1) 伝達境界の非線形化の検討に先立ち、自由地盤の応答解析に用いる非線形解析法を選定した。既往の双曲線モデルやR-Oモデルに比して、G- γ 、h- γ 関係をより適切に評価できる方法として代表者の提案する因果的履歴減衰モデルが有効であることを確認した。

(2) 2次元面内問題について、(1)の方法による自由地盤の時々刻々の非線形変化を反映した、伝達境界の非線形化法を検討した。全時間断面において伝達境界を算定すると計算量が多大となるため、一定時間間隔で伝達境界を算定し、その間はこれを補間することとした。これにより計算時間の効率化が可能となった。

地盤・建物とも大きく非線形化する問題を例題モデルとして検討を行った結果、提案する非線形伝達境界モデルは、既往の粘性境界に比して小さなモデル化領域でも精度が高いこと、粘性境界を用いた場合に問題となる内部領域の全体回転挙動が生じないこと等の有効性が確認された。

(3) 3次元問題において、内部領域を適用性の高い矩形領域とした場合の時間領域伝達境界を検討した。3次元矩形問題では、伝達境界の理論解が存在しないため、2次元の面内問題と面外問題の伝達境界を組み合わせても用いる近似的な方法とした。

まず線形問題で例題検討を行った。本方法を用いることにより解析モデルの縮小が可能となり、計算時間は、一般的な粘性境界(Lysmer-Kuhlelameyerモデル)を用いた場合に比して1/10以下、より高度な粘性境界(前記+切欠き力)を用いた場合に比して1/2程度となり、計算負荷低減に有効性が高いことを確認した。

また(2)と同様の方法により伝達境界の非線形解析機能も付加した。この場合も粘性境界に比して精度が高く有効であることを確認した。

得られた成果の国内外における位置づけとインパクトは以下である。

(1) 国内においては、従来不可能であったことを可能とした点で、評価を得た。

(2) 海外に対しては、最大の目的である3次元場への適用に関して未発表(投稿準備中)の段階であるため、その発表後に評価を得ることとなる。

今後の研究の展望としては、解析事例を積上げることにより、各種の問題に対して有効性確認と課題抽出を行い、また解析アルゴリズムの見直しにより解析処理のより一層の効率化を図ることにより、研究成果の有効性をより広く示していくことを考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① 中村尚弘, 3次元・時間領域エネルギー伝達境界を用いた地盤-建物連成系の地震応答解析, 日本建築学会構造系論文集 No. 664, pp 1077-1086, 2011.6, 査読有

② 中村尚弘, 非線形エネルギー伝達境界に関する基礎的検討, 構造工学論文集 Vol.57B, pp 15-26, 2011.3, 査読有

③ 中村尚弘, 非線形エネルギー伝達境界を用いた地盤-建物連成系の地震応答解析, 日本建築学会構造系論文集 No. 253, pp 1227-1236, 2010.7, 査読有

④ Naohiro Nakamura, Nonlinear Response Analysis of Soil-Structure Interaction System Using Transformed Energy Transmitting

Boundary in the Time Domain, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.29, pp.799-808, 2009.5, 査読有

〔学会発表〕（計 10 件）

① Naohiro Nakamura, Time History Earthquake Response Analysis Using Causal Hysteretic Damping Model, Proc. 14th World Conference on Earthquake Eng., Paper No. 14-0060, 2008.10

② Naohiro Nakamura, A Study on Nonlinear Earthquake Response Analyses of Soil-Structure Interaction System Using Time Domain Energy Transmitting Boundary, AIMM'10, Jeju, Korea, 2010.5

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：応答解析方法，装置及びプログラム

発明者：中村尚弘

権利者：株式会社 竹中工務店

種類：特許

番号：特願 2010-170374

出願年月日：2010 年 7 月 28 日

国内外の別：国内

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 尚弘 (NAKAMURA NAOHIRO)

竹中工務店・技術研究所・主任研究員

研究者番号：50416640

(2) 研究分担者

鬼丸 貞友 (ONIMARU SADATOMO)

竹中工務店・技術研究所・主任研究員

研究者番号：60416641

