

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 21 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760516

研究課題名（和文） 相互作用の影響を受ける建築物の最大地震応答評価手法の開発

研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF MAXIMUM SEISMIC RESPONSE EVALUATION METHOD OF BUILDINGS CONSIDERING SOIL-STRUCTURE INTERACTION

研究代表者

秋田 知芳（AKITA TOMOFUSA）

千葉大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：60512374

研究成果の概要（和文）：杭基礎を有する鉄筋コンクリート造建築物を対象として、相互作用の影響を考慮した最大地震応答評価手法の構築を行い、評価手法の妥当性を検証した。「建物高さ」、「地盤剛性」、「入力地震動」の3つのパラメータに関する検討を行うことにより、各種の地盤上にある低層から中層までの鉄筋コンクリート造建築物の地震応答評価への適用性を探った。評価手法の妥当性および、「建物高さ」、「地盤剛性」、「入力地震動」の3つの因子が評価手法に及ぼす影響を示した。

研究成果の概要（英文）：Maximum seismic response evaluation method of buildings considering soil-structure interaction is proposed. The method is examined by static and dynamic analysis of reinforced concrete buildings with pile foundation. Applicability of the method is investigated regarding the low-rise and medium-rise reinforced concrete buildings which stand on various ground conditions. Validity of the method and influence of three factors (building height, ground stiffness and input earthquake motion) on the method are shown.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：地震応答評価、スウェイ、ロッキング、減衰定数、高次モード応答
静的非線形荷重増分解析、時刻歴地震応答解析、等価1自由度系

1. 研究開始当初の背景

建築物の地震応答は基礎固定とした解析モデルを用いて評価することが一般的であるが、実際の建築物の挙動は地盤の影響を受けるため基礎固定モデルの挙動とは異なったものとなる。したがって、より厳密な地震応答評価を行うためには相互作用の影響を考慮することが望ましい。相互作用に関する研究は古くから数多くなされてきており、その成果が設計にも反映されつつあるが、地下震度の設定法や基礎の埋め込みによる低減効果、群杭効果の考慮の仕方、杭周面に取り

付く地盤ばねのモデル化など未だ多くの研究課題を残している。現状では耐震設計において相互作用は部分的に取り入れられているものの設計者の工学的な判断に依存する面が大きく、一般的になるには至っていない。

しかしながら、1998年の建築基準法の改正に伴って2000年6月に導入された限界耐力計算では相互作用の影響を考慮した地震応答評価法が示され、また2006年11月に発表された日本建築学会および土木学会による「海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性能向上に関する共同

提言」においても相互作用について言及がなされており、耐震設計において相互作用を考慮することの重要性が急速に高まっている。

限界耐力計算では、基礎の埋込みがある場合、地表面の地盤増幅係数に根入れによる地震動の低減を考慮するための係数を乗じることによって入力損失を考慮している。また、地盤ばねには静的な値（振動数ゼロでの値）を採用し、地盤ばねの等価粘性減衰定数は簡便な関係式によって固有周期の伸びと減衰定数の増大を評価して、相互作用効果を考慮した建築物の共振振動数における値で代表させることにより相互作用を考慮している。上記の方法は、既往の研究の成果に基づいて安全側の評価がなされるように設定されたものであり、より精度良くかつ信頼できるものとするためには、理論的な研究に基づいた評価法へと改善する必要がある。

2. 研究の目的

既往の研究において、研究代表者は、一体解析モデルの静的非線形荷重増分解結果を用いて杭基礎建築物を等価1自由度系へ縮約する方法の中で、杭基礎部分の層せん断力-層間変形関係および杭基礎の回転変形からスウェイおよびロッキングの減衰を評価する手法を示した。しかしながら、時刻歴地震応答解析結果との比較による検討の結果、提案した手法ではスウェイおよびロッキングの減衰定数を過大評価することが分かった。一方、高次モード応答を考慮する手法については、既往の研究で提案されている方法に基づいて評価を行ったが、塑性時の高次モードの減衰定数を推定することが困難であったため、弾性時の減衰定数を用いて安全側の評価となるような評価法を提案するに留まった。また、これらを含めた相互作用の影響を受ける建築物の評価手順は非常に煩雑であり、現状のままでは建築物の応答評価法としての実用性に乏しい。

以上のことから、「スウェイおよびロッキングの減衰を静的非線形荷重増分解結果より評価する手法の開発」および「等価1自由度系の応答値に高次モード応答を考慮する手法の開発」を目的として、相互作用の影響が顕著に現れる建築物を対象として、これらの手法を取り入れた簡便で実用的な地震応答評価手法を開発することを目指す。

本研究では、相互作用の影響を受ける建築物の最大地震応答評価手法の開発に関して以下の達成目標を設定している。

- (1) 静的非線形荷重増分解結果に基づくスウェイ・ロッキングの減衰評価手法の開発
- (2) 等価1自由度系の応答値に高次モード応答を考慮する手法の開発
- (3) 相互作用の影響を受ける建築物に対する簡便で実用的な地震応答評価手法の開発

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、「評価手法の構築およびその妥当性の検証」（初年度）と「評価手法の適用範囲の検討と実用的評価手法への発展」（次年度）の2つのステージに分けて研究を実施する。初年度は構築した評価手法を、プロトタイプを用いて検証する。妥当性の検証は、構築した評価手法によって求めた応答値と時刻歴地震応答解析より得られた最大地震応答値とを比較することによって行う。次年度は建物高さや地盤剛性等をパラメータとしたパラメトリック解析を実施して、提案する評価法の適用範囲を探る。

(1) 初年度

初年度は評価手法の構築およびその妥当性の検証を行う。研究代表者が既往の研究で提案した方法を元にして、「スウェイ・ロッキングの減衰評価法」および「高次モード応答の考慮法」について見直しを行って評価手法の構築を行う（図1）。次にプロトタイプとなる建築物の静的非線形荷重増分解を実施して、その結果に基づいて当該建築物を等価1自由度系へと縮約し、提案する評価法によって最大地震応答値を算出する。一方で、同一のモデルに対して時刻歴地震応答解析を実施して最大応答値を求め、提案する評価法による応答値との比較を行って評価法の妥当性を検証する。プロトタイプには8階建ての鉄筋コンクリート造杭基礎建築物（図2）を用い、地盤種別は2種、入力地震動は既往波4波とする。

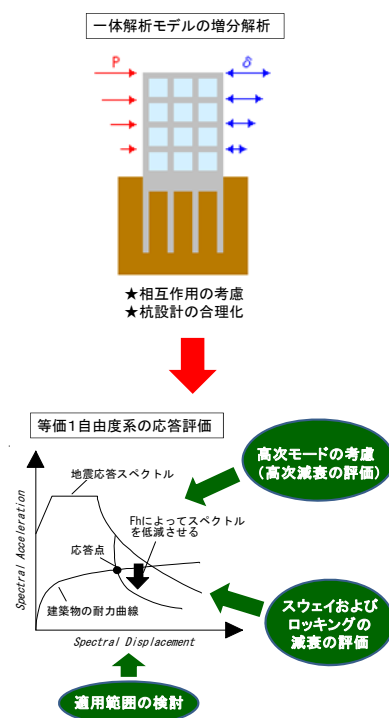


図1 一体解析モデルによる応答評価手法

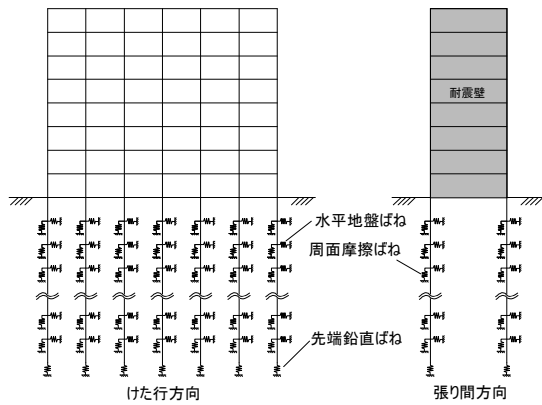


図2 杭基礎建築物（プロトタイプ）

(2) 次年度

次年度の研究では初年度で構築した評価手法を実用的なものへと発展させる。初年度で対象としたプロトタイプの解析モデルを基準として、評価手法の適用範囲の検討を行うためのパラメトリック解析を実施する。パラメータとして以下のものを設定する。

- ① 建物高さ（5階建て、8階建て、14階建ての3ケース）
- ② 地盤剛性（1種地盤、2種地盤、3種地盤の3ケース）
- ③ 入力地震動（既往波4波、告示波3波の7ケース）

以上に挙げたパラメータは評価手法の適用範囲の検討を行うという観点から、各々のパラメータの値をできる限り幅広く設定することが望ましい。しかしながら、パラメータの設定幅次第では膨大な解析量となるため、パラメータは研究の進捗状況を踏まえて再設定を行う。これら3つのパラメータに関する検討を行うことにより、各種の地盤上にある低層から中層までの建物の地震応答評価への適用性を探る。

4. 研究成果

(1) 初年度

評価手法は、研究代表者らによる既往の研究成果に基づいて構築した。構築した評価手法を適用するためのプロトタイプ建築物として、2種地盤上に建つ8階建の鉄筋コンクリート造建築物を設定した。当該建築物は、張間方向が1スパンの連層耐震壁、けた行方向が6スパンの純フレーム構造となっており、張間方向で相互作用の影響を大きく受けるものとなっている。当該建築物の静的荷重増分解析を実施して、その結果を用いて当該建築物を等価1自由度系へと縮約し、提案する評価法によって最大地震応答値を算出した。

妥当性の検証は、構築した評価手法によって求めた最大地震応答値と、時刻歴地震応答解析から得られる最大地震応答値とを比較

することによって行った。しかしながら、時刻歴地震応答解析に用いる解析モデルの構築に多くの時間を費やしたため、時刻歴地震応答解析は、予定していたものの一部を実施するにとどまった。そのため、妥当性の検証については未了となった。

初年度の主な研究成果は、以下の3つである。

- ① 評価手法の構築
- ② 提案手法による最大地震応答値の算出（図3）
- ③ 評価手法の妥当性および適用範囲の検討を行うための時刻歴応答解析用の解析モデルの構築

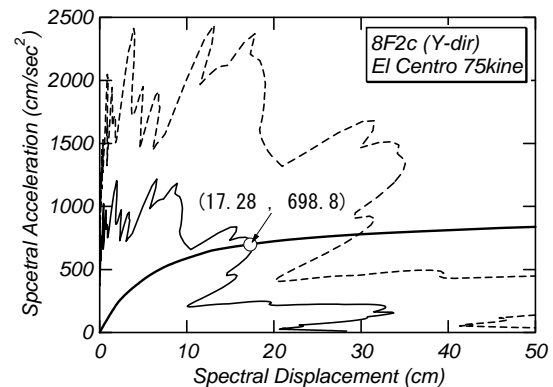
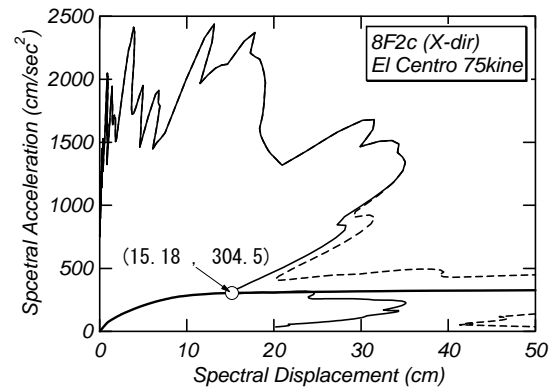


図3 最大地震応答値の算出結果

(2) 次年度

初年度に完了できなかったプロトタイプによる妥当性の検証を実施した後、評価手法の適用範囲の検討を行うためのパラメトリック解析を実施した。パラメトリック解析については、「建物高さ」、「地盤剛性」、「入力地震動」の3つについて優先的に検討を行った。これら3つのパラメータに関する検討を行うことにより、各種の地盤上にある低層から中層までの建物の地震応答評価への適用性を探った。

次年度の主な研究成果は、以下の2つである。

- ①プロトタイプを用いて評価手法の妥当性を示した(図4および図5)
 ②「建物高さ」、「地盤剛性」、「入力地震動」の3つの因子が評価手法に及ぼす影響を示した

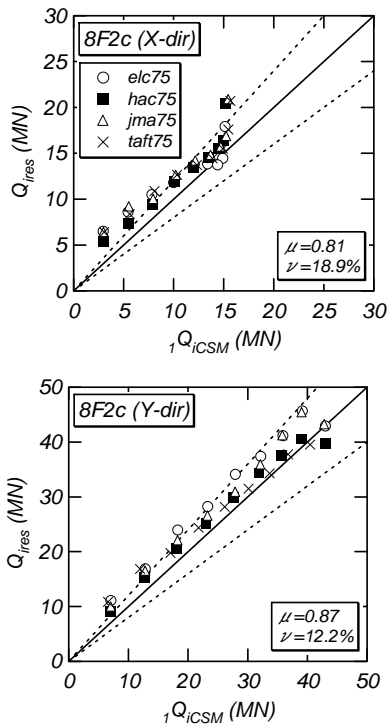


図4 層せん断力の評価精度

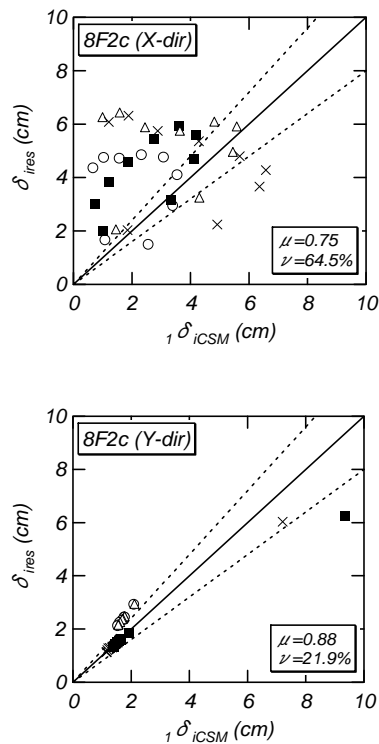


図5 層間変形角の評価精度

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0件)

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋田 知芳 (AKITA TOMOFUSA)

千葉大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 60512374

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: