

1. はじめに

日本では毎年数多くの地震が発生し、その対策が長年の課題となっている。今日ではダムや橋梁といった大型土木構造物だけでなく、大都市における高層建物などの建築構造物が増えてきており、これらについての対策も重要である。現在のように構造物が長周期化されていくなかで、長周期で大規模であると予想されている東海地震や南海地震、南海地震などに対する地震応答解析が必要とされている。本研究では地震動の周期特性の違いが建築構造物の被害状況に与える影響を知るために建物高さが10m、30m、50m、70mである鉄筋コンクリート造の建築構造物を一質点系モデルで表し、短周期地震動と長周期地震動を入力し、動的解析を行った。

2. 一質点系モデルの定式化

解析方法は節点とはり要素から成る構造モデルをつくり、地震応答解析を行った。また、数値解析にはニューマークβ法を使用した。解析対象の建築構造物をモデル化したものが図1である。また、コンピュータによる計算をする上で要素を持たせる必要があるので、図1の右から2つの質点を

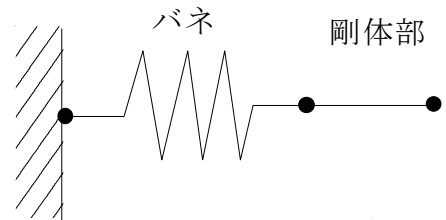


図1 対象構造物のモデル

間を剛体とし、非線形バネは地盤内にあるもので一方向のみに力を与えるものとする。一質点系モデルの有効高さは多層構造物の全高の2/3とする。

次に対象構造物の復元力特性は図2に示した荷重変位曲線とする。この図2は数個の建物を対象に解析を行い、得られたものである。地震応答解析を行う際の構造物のパラメータは建築構造物の高さから図2により求めたP-δ関係により決定するものとする。

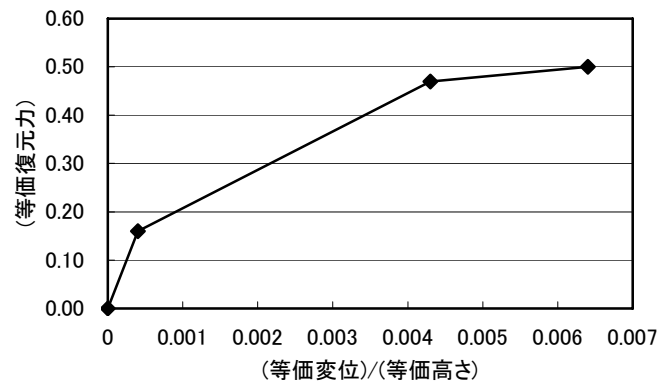


図2 復元力特性

3. 一質点系モデルの評価

一質点系モデルの定式化が正しくできているのか、実際に地震波を入力した時に信憑性のある値、被害状況が得られるのか等の実用化できるか否かの試験を行う。解析方法は解析対象の構造物を、今までに示した一質点系のモデルと多数の質点で表したモデルとで解析し、結果を比較する。対象構造物は地上2階建、鉄筋コンクリート造の構造物で固有振動数は5.96(Hz)、固有周期は0.17(s)である。入力外力は弾性域内で収まるような比較的弱い力と塑性化するような強い地震波を与える。弾性域内で収まる力として振動数f=1(Hz)の余弦波を、塑性化する地震波として最大加速度536.8(gal)、卓越振動数4.5~4.8(Hz)である濃尾地震を与える。

図3、4より、構造物に余弦波を与えた場合は多質点系での結果の方がわずかに小さい値をとっているがほぼ波形は一致しているといえる。

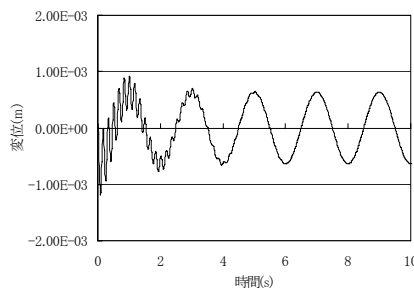


図3 多質点系の波形(余弦波)

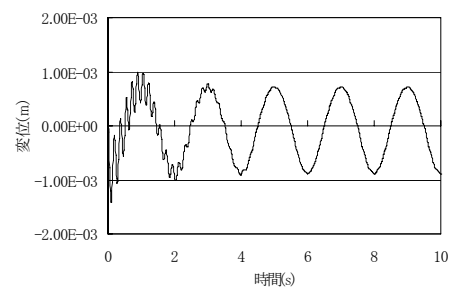


図4 一質点系の波形(余弦波)

図5、6より、構造物に地震波を与えた場合は多質点系の方がわずかに大きい値をとっているがほぼ波形は一致しているといえる。

これより、構造物に外力を与えたときに弾性域でも塑性域でも多質点系と一質点系の解析結果が一致しているといえるので一質点系の定式化が正しく、地震波を入力したときの被害も信憑性のある結果が得られることがわかった。

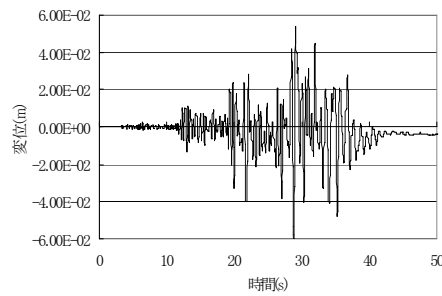


図5 多質点系の波形(地震波)

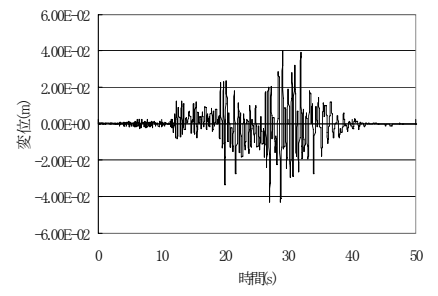


図6 一質点系の波形(地震波)

4. 建築構造物の地震応答解析

比較的長周期成分が卓越している地震波、比較的短周期成分が卓越している地震波を、計測震度ごとに4種類の固有周期を持つ建築構造物に対してそれぞれ与えて、地震動の周期成分と構造物の固有周期の関係性を検証する。解析対象とする構造物は建物高さ10(m), 30(m), 50(m), 70(m)の4ケースである。即ち $T=0.02h$ より固有周期0.2(s), 0.6(s), 1.0(s), 1.4(s)の構造物である。入力地震波は119成分の地震波を卓越周期が1.0(s)を越える地震波を長周期地震、反対に卓越周期が1.0(s)以下の地震波を短周期地震とし、長周期地震が42成分、短周期地震が77成分である。

図7から10は地震応答解析を行い、計測震度と建物の破壊率の関係を示した図である。

これらの結果より、建物高さが10mの場合は短、長周期地震動とも似た結果となったが、やや短周期地震動の方が長周期地震動よりも破壊率が大きくなった。しかし、建物高さが30mの場合になると短周期地震動よりも長周期地震動の破壊率が大きい結果となり、さらに建物高さを高くした場合の50m, 70mでも同じように短周期地震動よりも長周期地震動の破壊率が大きくなり、短周期地震動と長周期地震動の結果の差が広がっている。これは建物高さが

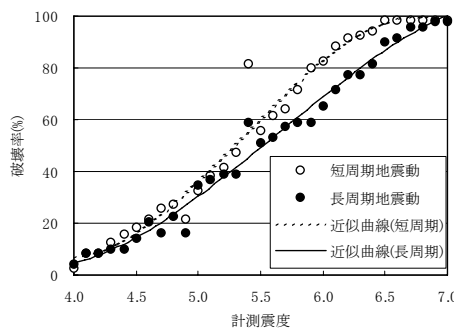


図7 建物高さ 10m の結果

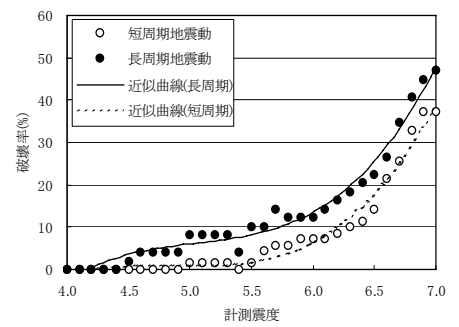


図8 建物高さ 30m の結果

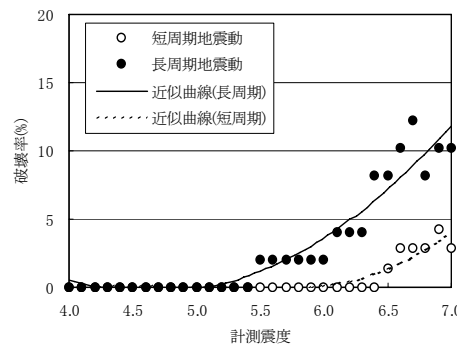


図9 建物高さ 50m の結果

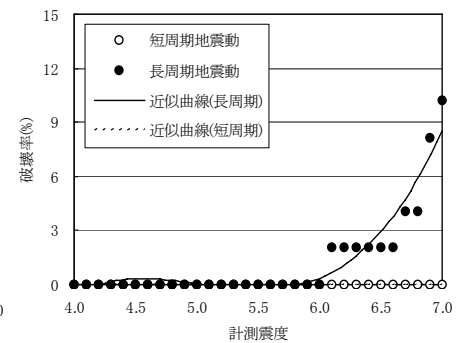


図10 建物高さ 70m の結果

大きくなるにつれて、建物の固有周期が長くなり、長周期地震動の周期と揺れが重なり被害が大きくなったためである。また、建物高さの違いによって破壊率をみても、建物高さが高くなるにつれて破壊率が低くなっていくことがわかる。このようになったのは建物の固有周期が長くなるにつれて徐々に建物に加わる地震力が小さくなり、被害が小さくなったためである。

5. 結論

本研究では地震動の周期特性の違いが建築構造物の被害状況に与える影響を検証し、以下の傾向がみられた。

建築構造物の固有周期が短いと長周期地震動より短周期地震動による被害の方が大きい。建築構造物の固有周期が長くなるにつれて長周期地震動の方が短周期地震動よりも被害が大きくなる。これは固有周期の長い建物が長周期地震動と共振したことが原因だと考えられる。