

# V-105 形状非線形性を有するコンクリート 構造物の耐震設計

東京都立大学大学院 学生員 〇早川淳一  
東京都立大学 正会員 山崎 淳

## 1. 目的

軟弱地盤中のPC杭のように地震力により生ずる幾何非線形性が耐震設計に及ぼす影響を研究する。その方法として、幾何非線形性を顕著に示す構造物を取り上げ、マトリックス構造解析により求めた荷重-変位関係と杭のオイラーの理論解との比較をした場合、ほぼ満足できる結果を得た[1]。本研究の目的は、その荷重-変位関係を2次のパラボラに理想化して地震応答解析を行い、幾何非線形性を有する構造物の地震応答の特徴を見いだすことである。それにより、耐震設計における設計荷重の定め方の論拠を得ようとするものである。

## 2. 入力地震波

地震の応答解析に用いる地震波は、メキシコ地震波、El-centro地震波、正弦波を用いた。図1、2に示したメキシコ地震波、El-centro地震波の着目点の周期を供試体の固有周期0.94秒に合わせるため、また、供試体との相似則の関係で1/10となるように最大加速度を20.0(gal)に時間軸と加速度軸を修正したものを示す。地震波自体の特徴と構造物の地震応答の関連を見いだそうとしたものである。

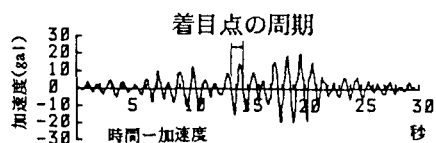


図1 メキシコ地震波

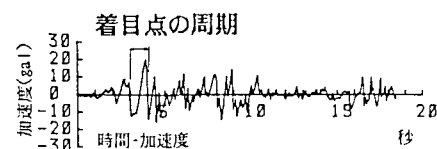


図2 El-centro地震波

## 3. 応答解析に用いる3種類の構造特性と荷重-変位 関係の理想化

幾何非線形ならびに比較のため、弾塑性の2つの応答解析を対象とした。幾何非線形は荷重-変位関係の代表例として図3のような2次のパラボラによる理想化を行った[1]。接線剛性は原点における値から最大荷重点におけるゼロ値まで変化する。また、材料非線形は完全弾塑性とし、ダクタリティー $\mu=2.0$ とする。弾塑性と等価の減衰を有する線形への変換は、既報[2]のような通常の方法による。減衰定数は(1)式より、 $h=0.093$ となる。

$$h = 1/\pi (1 - 1/\sqrt{\mu}) \cdots (1)$$

ここで、 $\mu=2$

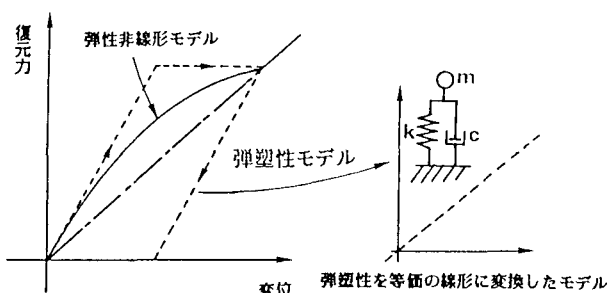


図3 荷重-変位関係の理想化

## 4. 地震応答解析

入力波の着目点の周期と構造物の固有周期との比率を種々に変化させ、ベースシャー係数の応答倍率を求めた。幾何非線形構造の固有周期は振幅によって異なるが、ここでは原点での接線剛性による値を用いた。幾何非線形構造の応答解析は、最大応答復元力が仮定した構造物の2次のパラボラの復元力-変位関係の頂点になるべく近くなる結果を求めた。さらに、幾何非線形構造を減衰を有する等価の線形構造に置き換えることを以下のように試みた。

## 5. 応答解析結果

正弦波に対する幾何非線形、弾塑性構造物の応答スペクトルを図4、5に示す。図5は幾何非線形構造の最大応答倍率と減衰を有する等価線形構造の最大応答倍率を一致させた時の応答スペクトルである。メキシコ地震波、El-centro地震波に対する幾何非線形、弾塑性構造物の応答スペクトルを図6、7に示す。図4に減衰定数が0.093と0.18の線形構造物の理論解を示した。角速度 $\Omega$ の応答倍率の理論解は次式となる。

$$\text{応答倍率} = 1 / \{ (1 - \Omega^2 / \omega^2)^2 + 4 \times (h \cdot \Omega / \omega)^2 \}^{0.5} \quad (2)$$

結果について以下のことが言えよう。

(1) 正弦波に対して幾何非線形構造を減衰を有する等価の線形構造に置換するために減衰定数を見つけ出すと、減衰定数 $h=0.0366$ の時に最大応答倍率が一致した。この $h=0.0366$ は(1)式によれば、ダクタリティー $\mu=1.28$ に相当する。

(2) さらに応答スペクトル波形(図5)をみると、幾何非線形構造の方が等価線形構造に比べ全体的に固有周期の比率で約0.1ほど左にシフトしていることが示されている。

(3) メキシコ地震波に対する幾何非線形構造の応答倍率をエルセントロ地震波の場合と比較すると1.5倍となる。正弦波の場合と比較すると1/2.35倍となる。

(4) 幾何非線形構造と減衰定数 $h=0.093$ (土木学会耐震設計推奨値 $\mu=2$ に相当)を有する弾塑性構造の最大応答倍率を比較すると、メキシコ地震波は5.7:4.0、エルセントロ地震波は3.8:2.3、正弦波は13.4:5.4となる。3種類の地震波ともに幾何非線形構造の場合の方が高い。

## 8. 結論

①入力地震波の特徴を着目点の周期で比較すると、応答倍率に及ぼす影響が大きいことが分かる。②正弦波に対する幾何非線形構造の応答を減衰を有する等価の線形構造に置き換えて算出する場合、第3節(1)式により、減衰定数は $h=0.0366$ 、固有周期を0.9倍、すなわち剛性を1.23倍すればよいと思われる。

謝辞：この研究は、文部省科学研究No.60302062（研究代表者、岡村甫東大教授）およびNo.61460161により行った。

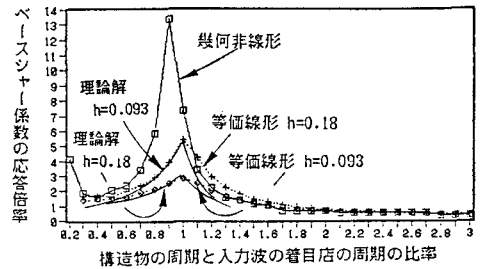


図4 正弦波に対する幾何非線形と等価線形の比較

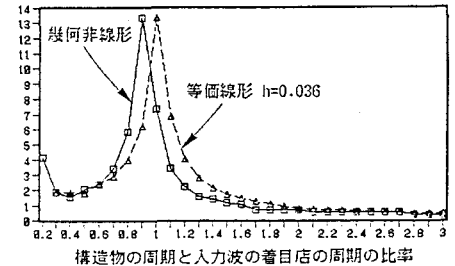


図5 正弦波に対する幾何非線形を減衰定数 $h=0.0366$ とした等価線形に置換した場合の比較

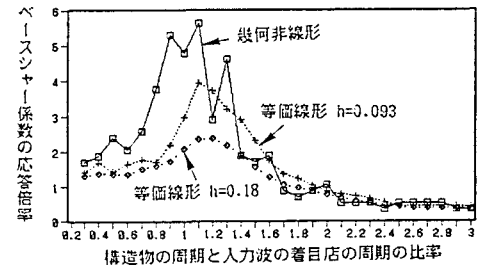


図6 メキシコ地震波に対する幾何非線形と等価線形の比較

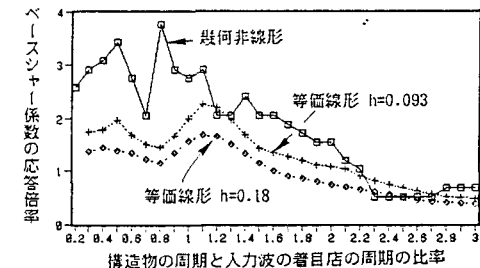


図7 El-centro地震波に対する幾何非線形と等価線形の比較

参考文献 [1] 早川、山崎：鉄筋コンクリート構造物の長柱効果と地震応答、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986、p.p.729-732 [2] 金子、山本、川田、山崎：鉄筋コンクリート梁の等価剛性と減衰定数の1つの算定方法、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984、p.p.697-700