

I-14 非線形地震応答に影響を及ぼす地震動特性に関する基礎的検討

日本大学工学部 学 ○坂元 将史
日本大学工学部 正 中村 晋

1, はじめに

1995 年兵庫県南部地震以後、構造物の耐震設計は構造物の所要の耐震性能に応じた変形性能と強地震動時の非線形の応答の比較に基づいて行われている。その際、兵庫県南部地震のような内陸直下型の地震をレベル2地震動と考慮することが必要となる。この様な、従来の設計で用いられている地震動強さより大きな地震動に対して、構造物は非弾的な挙動を示すことから、構造物の変形性能、応答は構造物系の非線形応答として評価することが必要となる。

ここで、応答の評価指標である構造物の応答変位を簡易的に評価する手法は、弾性系の最大応答から弾塑性系の最大応答を予測する手法であるエネルギー一定則等が用いられる。一方、地震動の特性は加速度、速度、変位等の最大値、周波数特性、非定常特性など複雑であり、従来の構造物の応答に基づく評価には地震動の影響のみならず構造系の振動の影響も含まれていることから、非線形応答を支配する地震動の特性因子が十分に明らかとなっていない。

ここでは、構造物の非線形応答を支配する主要な地震動特性を把握するため構造物として最も単純な振動系である1質点系を対象とし、その非線形応答を支配する地動の特性について検討を行う。

2, 解析方法及びモデル

解析の対象とする図-1 に示す様な1質点系モデルに地震動が作用する際の運動方程式は

$$m\ddot{x}_r + c\dot{x}_r + kx_r = -m\ddot{y}_r \quad (1)$$

となる。ここで、 $\ddot{x}_r$ 、 $\dot{x}_r$ 、 x_r は質点の相対応答加速度、相対応答速度、相対応答変位を表し、 m 、 c 、 k は質量、減衰係数、剛性を表す。この系の応答は、Wilsonの θ 法によりもとめる。ここで、増分方程式(2)、(3)により得られる Δt 間の増分値の累積として各応答量を求める。

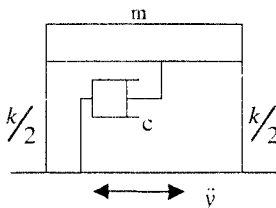


図-1 1質点系モデル

$$m\Delta\ddot{x}_r + c\Delta\dot{x}_r + k\Delta x_r = \Delta R_r m \quad (2)$$

$$\Delta R_r = -\theta(\ddot{y}_{r+\Delta t} - \ddot{y}_r) \quad (3)$$

復元力の非線形特性のうち骨格曲線にはバイリニア型と完全弾塑性型の2種類を用い、履歴特性には図-2 に示すモデルを用いた。

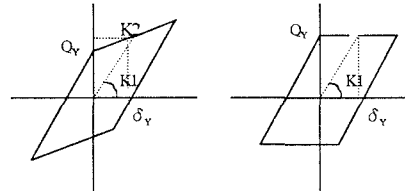


図-2 非線形の復元力特性

3, 解析結果

入力調和地動の周期毎に応答変位が降伏変位の整数倍となる際の入力地動の速度、加速度と周期の関係を求めた。図-4、図-6 においてバイリニア型と完全弾塑性型の両者に共通して、系の固有周期より、入力地動が短周期側では、変位が一定に近い値になっていることが分かる。

図-3、図-5 においては、両者ともに系の固有周期より長周期側で加速度は一定になるが、完全弾塑性型の復元力特性に関しては復元力特性もその関係に影響を及ぼしていることがわかる。

4, 考察

結果より、振動系の非線形応答の指標である応答塑性率と入力調和地動の振幅レベルの間に何らかの関連性があることが分かった。両者の関係を把握するため、固有周期より長・短周期側の周期特性を有する入力調和地動の加速度及び速度振幅レベルと応答塑性率の関係を図-7、8 に示す。ここで、加速度及び速度振幅レベルを入力係数と呼ぶ。各入力係数と応答塑性率はほぼ線形の関係にあることが分かる。

5, おわりに

入力地動に対する復元力の異なる1質点系の非線形応答解析に基づき応答変位を支配する地動の特性について検討を行った。その結果、弾性固有周期の長周期側では加速度振幅、短周期側では速度振幅が応答変位に影響を及ぼすことが明らかになった。

<参考文献>

- (1) 柴田明徳：最新耐震構造解析、森北出版
- (2) 大崎順彦：建築振動理論、朝日社

＜卒業研究発表＞

1995 年兵庫県南部地震以後、構造物の耐震設計では、まず目標とする構造物の傷み方を定める必要があり、傷み方は構造物の重要性、役割、さらに地震後に必要となる補修や補強の程度から定められています。私たちの研究では、構造物を支えている地盤の揺れの性質を表わす因子のうち、構造物の揺れに影響を及ぼす因子が何であるかを明らかにするため、簡単な振動系である 1 つの質点を持つモデルを用いて、地盤の揺れと構造物の揺れとの間の関係について、簡単な解析により調べました。

図-1 に示すように、構造物を支えている地盤が揺れるとき、構造物に揺れ(変位)が生じます。そのとき構造物は、元に戻ろうとする力(復元力)を表すバネ、構造物の揺れを抑えようとするダッシュボットを用いて、簡単にモデル化することが出来ます。また、弾性域から塑性域にはいるモデル(復元力特性モデル)を用いた図-2 では、1 質点系モデルのバネ部分のモデルで、これを用いて質点の変位が一定となるように地盤が揺れたときの数値計算を行った結果、質点の強震周期より長い周期では加速度の振幅が一定となり、短い周期では速度の振幅が一定となりました。このことから地震波と構造物からの応答との間に、加速度と速度が関係していることがわかりました。

この研究にあたり、まず振動に関する専門書を集め、振動に対する速度、加速度と周期の関係など基本的な事柄について勉強しました。そして、これらのことについてまとめると同時に解析方法について検討し、解析の際に使用するプログラムについても勉強しました。その後、実際にプログラムを用いた計算に移り、計算結果からグラフを作成し検討を行いました。

そうしたまとめの結果や、計算結果、グラフなどを用いて概要を仕上げ、今は、3 月に行われる土木学会東北支部の研究発表に向けて頑張っています。