

徳島大学大学院 学生員 ○坂上 幸謙
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
 徳島大学大学院 正会員 成行 義文

1. はじめに

本研究では、加速度－変位応答スペクトルを用いた構造物の新たな耐震設計法あるいは安全性照査法¹⁾を導くための基礎的研究として、Bi-linear 型復元力特性を持つ 1 自由度系構造物が、レベル 2 地震動を受けた場合の道路橋示方書²⁾に定められたⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤における非弾性加速度－変位応答スペクトルを非弾性応答解析より求めた。そして、それらの解析結果について比較・検討するとともに、耐震設計あるいは安全性照査に有用と思われる非弾性加速度－変位応答スペクトルを作成し、この作成した照査用スペクトルを用いた、単柱式 RC 橋脚の力と変位に対する安全性照査方法を示した。

2. 加速度－変位応答スペクトル

加速度－変位応答スペクトルとは、図-1 に示すように、横軸に最大変位 S_d 、縦軸に最大加速度 S_a をとったスペクトルである。この加速度－変位応答スペクトルは、これを耐震設計に利用することにより、加速度と変位、即ち、構造物の地震荷重に対する保有耐力と許容最大変位に対する安全性を同時に照査することを目的として提案されたものである。なお、この加速度－変位応答スペクトルでは、固有周期 T は、図に示すように原点より伸びる放射線の傾き ω^2/μ で表される（式(1)、(3)参照）。

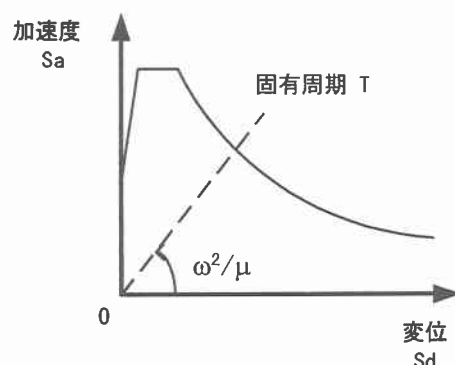


図-1 加速度－変位応答スペクトル

3. 入力地震動

本研究では、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に規定されている、レベル 2(タイプⅠ、タイプⅡ)地震動のⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤に対する動的解析用の加速度応答スペクトルを目標として、計 21 個の模擬地震動を作成³⁾し、入力地震動とした。

4. 構造特性値

本研究で用いた解析モデルは、Bi-linear 型復元力特性を有する 1 自由度系モデルであり、減衰定数 h などの諸量については、表-1 に示す値を用いた。

表-1 構造特性値

減衰定数 h	0.05
弾塑性剛性比 ρ	0.00
固有周期 T	0.1秒～3.0秒の範囲を0.1秒で刻んだ30通りの値
終局変位靱性率 μ_u	1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0, 8.0

5. 加速度応答スペクトルと変位応答スペクトルとの関係

周知のように、弾性応答では、弾性（擬似）加速度応答スペクトル S_{ae} と弾性変位応答スペクトル S_{de} の間には、式(1)の関係が成り立つ。これに対し、非弾性応答では、擬似加速度応答スペクトル S_a' は弾性加速度応答スペクトル S_{ae} をリダ

$$S_{de} = \frac{1}{\omega^2} S_{ae} = \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} \quad (1)$$

$$S_a' = \frac{S_{ae}}{R_\mu} \quad (2)$$

$$S_d = \frac{\mu}{R_\mu} S_{de} = \frac{\mu}{R_\mu} \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} = \mu \frac{T^2}{4\pi^2} S_a' \quad (3)$$

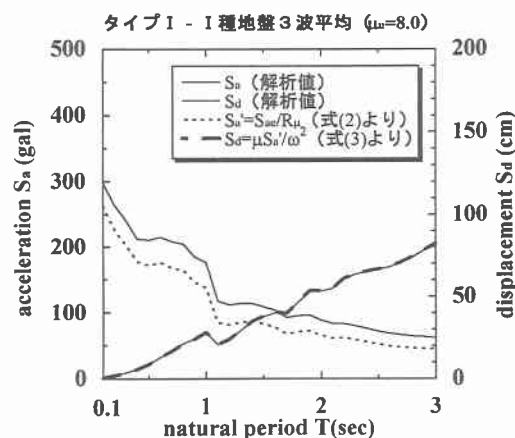


図-2 加速度応答スペクトルと変位応答スペクトル

クシオンファクター R_μ で低減した式(2)の関係が成り立ち、この S_a' を式(3)に用いることにより非弾性変位応答スペクトル S_d を求めることができる¹⁾。即ち、弾性加速度応答スペクトルとリダクションファクターから、非弾性での加速度応答スペクトル S_a' と変位応答スペクトル S_d を求めることができる。

図-2は、応答解析により求めた加速度応答スペクトル S_a 、変位応答スペクトル S_d と式(2)、(3)により求めた擬似加速度応答スペクトル S_a' 、変位応答スペクトル S_d とを比較したものであり、応答値による変位応答スペクトルと式(3)より求めた変位応答スペクトルは一致していることが分かる。

6. 解析結果・回帰結果

図-3は、終局変位靱性率 μ_u の相違による加速度－変位応答スペクトルの解析結果を比較したものである。弾性応答($\mu_u=1$)におけるスペクトルの形状は滑らかであるが、非弾性応答($\mu_u>1$)におけるスペクトルの形状は、終局変位靱性率及び変位が大きくなると、大変複雑となることが分かる。そのため、これらの加速度－変位応答スペクトルを直接、安全性照査に適用するのは望ましくない。そこで、本研究では、はじめに式(2)の擬似加速度応答スペクトル S_a' の回帰式を導き、次に、この回帰式 S_a' を式(3)に代入して、 S_a' - S_d 関係を求め、これを照査用非弾性加速度－変位応答スペクトルとした。

7. 安全性の照査方法

まず、図-4のように、Push-Over 解析によって求まる対象とする橋脚の水平力－変位関係における水平力 F を等価質量 m で除して、加速度－変位関係に変換したキャパシティースペクトルと対象橋脚の変位靱性率 μ_u に対する前述の加速度－変位応答スペクトルを図化する。次に、橋脚の固有周期 T に対応する、終局変位靱性率 μ_u における加速度－変位応答スペクトルの加速度 S_a' 、変位 S_d の値と設計値とを比較して、橋脚の安全性照査を行う。即ち、式(5)のように、求めた加速度 S_a' が保有水平耐力 F_y を等価質量で除した降伏加速度 S_{ay} より小さければ、力について安全であるという照査ができる。また、式(6)のように、変位 S_d が終局変位 S_{du} より小さければ、変位について安全であるとして照査する。

8. まとめ

本研究で検討した非弾性加速度－変位応答スペクトルは、その精度のよい回帰式が求まれば、これを用いて比較的簡便に構造物の力と変位に対する耐震安全性を同時に照査でき、力及び変位に基づく耐震設計法の開発に有用と思われる。

参考文献

1) Peter Fajfar : Capacity spectrum method based on inelastic demand spectra , Earthquake Engng. , Vol. 28, pp. 979-993, 1999.
2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，1996.12.
3) 澤田 勉、平尾 潔：目標スペクトルに合致する模擬地震動の一作成法、第17回地震工学研究発表講演概要、pp. 49-52, 1983.7.

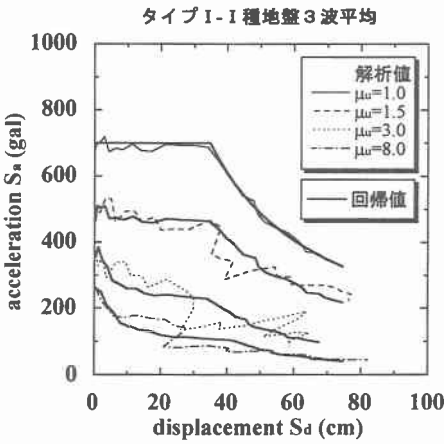


図-3 加速度－変位応答スペクトルの解析結果と回帰結果の比較

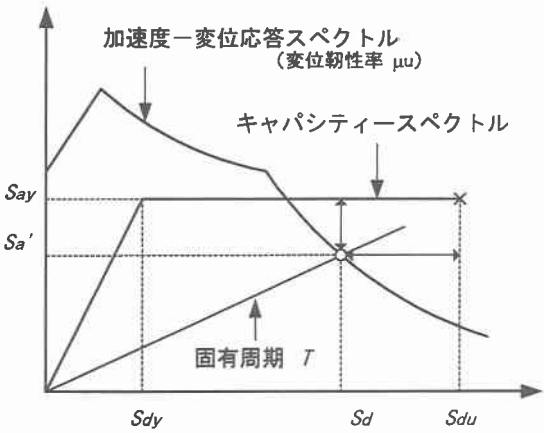


図-4 安全性照査方法

$S_a' < S_{ay}$ (安全) (5)

$S_d < S_{du}$ (安全) (6)