

I-34 加速度-変位応答スペクトルに関する一研究

徳島大学大学院 学生員 ○三木 保雄 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
徳島大学大学院 正 員 成行 義文 徳島大学大学院 学生員 坂上 幸謙

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 あるいは安全照査を導くための基礎的研究として、レベル2地震動に相当する模擬地震動を入力した場合の加速度-変位応答スペクトルを求め、地震動タイプ、地盤種別及び各構造特性値等の相違がこのスペクトルに及ぼす影響について比較・検討を行った。そして、強震下における構造物の力及び変位に対する安全性の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の作成を試みた。

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、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_d で表される(式(1)、(3)参照)。

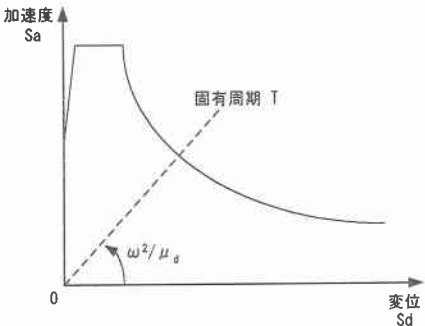


図-1 加速度-変位応答スペクトル

3. 入力地震動

本研究では、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編 2)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標準加速度応答スペクトルを目標として作成された計21個の模擬地震動を入力地震動として用いた。

4. 構造特性値

本研究では、Bi-linear型及びQ-hyst型復元力特性をもつ一自由度系構造物の非弾性地震応答解析を行った。その際に用いた構造特性値は表-1 のようである。

表-1 構造特性値

損傷指標 D	0.40, 0	終局変位靱性率 μ_u	1.0 (弾性応答)
減衰定数 h	0.02, 0.05, 0.07, 0.10		1.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 (非弾性応答)
弾塑性剛性比 γ	0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20	固有周期 T	0.1~3.0秒の範囲を0.1秒で刻んだ30通りの値
正の係数 β	0.00, 0.15, 0.30		

5. 加速度応答スペクトルと変位応答スペクトルの関係

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。

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

$$S_a' = \frac{S_{ae}}{R_\mu} \tag{2}$$

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

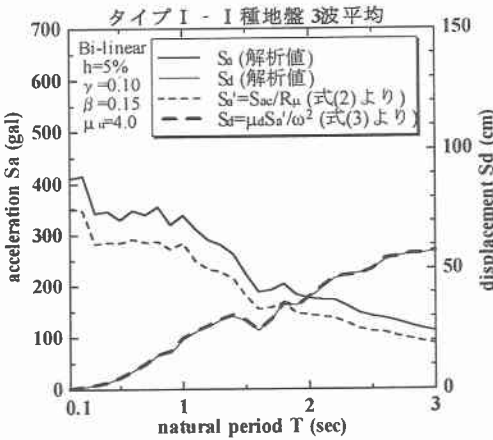


図-2 加速度応答スペクトルと変位応答スペクトルの関係

これに対し、非弾性応答では、式(2)、(3)より弾性加速度応答スペクトル S_{ae} とリダクションファクター R_{μ} から、擬似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、応答解析より得られ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 を比較したものであり、両者はよく一致していることが分かる。

6. 解析結果

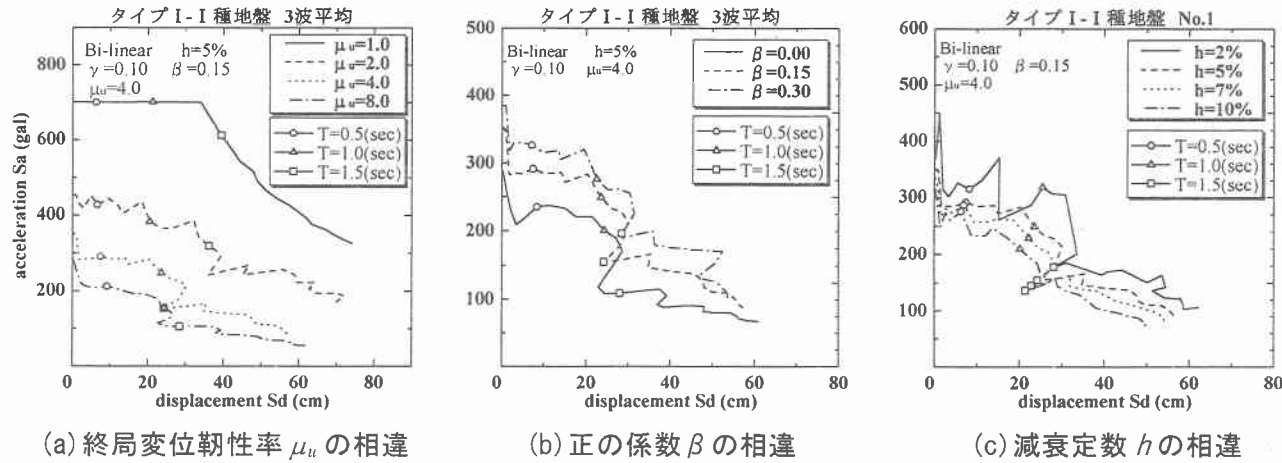


図-3 加速度－変位応答スペクトルの解析結果

図-3(a)、(b)、(c)は、それぞれ終局変位靱性率 μ_u 、正の係数 β 、減衰定数 h の相違による加速度－変位応答スペクトルを比較したものである。ちなみに、固有周期 T が0.5、1.0、1.5秒の時の応答値をそれぞれ○、△、□でプロットしている。この図より、加速度－変位応答スペクトルにおける加速度の値は、終局変位靱性率 μ_u が大きくなるにつれて小さくなり、逆に正の係数 β が大きくなると大きくなることが分かる。また、減衰定数 h が大きくなると加速度、変位とも原点を中心とした放射状に小さくなることが分かる。

7. 回帰結果

図-3の解析結果より固有周期 T が1.5秒あたりの長周期域では、スペクトルの形状が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、強震下における構造物の損傷を支配する重要なパラメータの1つである所要降伏強度比³⁾ R_r の回帰式を導き、この R_r ($R_r=1/R_{\mu}$)の回帰式と式(2)、(3)より、 S_a-S_d 関係を回帰した。その結果の一部を応答解析値と比較して図-4に示しておく。

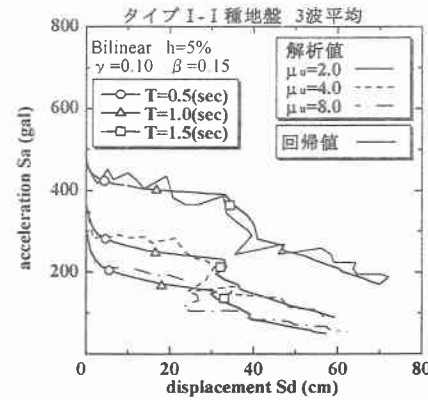


図-4 加速度－変位応答スペクトルの解析結果と回帰結果の比較

8. おわりに

各構造物特性値の相違が加速度－変位応答スペクトルに及ぼす影響は比較的顕著である。しかし、弾塑性剛性比 γ が0.0～0.2の範囲では、 γ の相違による影響はほとんど見られない。また、加速度－変位応答スペクトルの回帰精度を上げるためには、所要降伏強度比 R_r を周期範囲によって場合分けして回帰する必要がある。

9. 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) 平尾潔、笹田修司、成行義文、澤田勉、川端茂樹：所要降伏強度比スペクトルとこれを用いた強震時終局安全性の一照査方について、土木学会論文集 No. 525/I-33, pp213-225, 1995. 10.