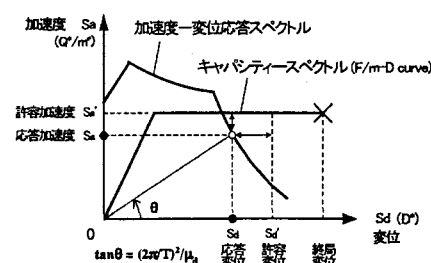


I-17 力及び変位に基づく RC ラーメン橋脚の耐震設計に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○五枝 茂幸 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
 徳島大学工学部 正会員 成行 義文 大鉄工業(株) 正会員 三木 保雄

1.はじめに 本研究では力及び変位に基づく道路橋の新たな耐震設計法を導くための基礎的研究として、道路橋示方書のレベル2地震動に対応した非弾性加速度－変位応答スペクトルを非弾性応答解析より求め、その回帰式を導いた。そして、その回帰式を用いた「力及び変位に基づく設計法」による RC ラーメン橋脚の設計を試みた。また現行の地震時保有水平耐力法による設計結果との比較検討も試みた。

2.キャパシティースペクトル法 キャパシティースペクトル法とは、図－1に示すように Push-Over 解析により得られる対象構造物の等価1自由度系に対する荷重－変位関係の荷重を等価質量で除して得られるキャパシティースペクトルと、この等価1自由度系の構造特性値に対応する加速度－変位応答スペクトルを対比して描くことによって、加速度及び変位の許容値(Capacity)と応答値(Demand)の大小関係から、力と変位に対する耐震安全性を同時に照査しようとする方法である。



図－1 キャパシティースペクトル

3.入力地震動と構造特性値 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地震動に対する標準加速度応答スペクトルを目標として作成した模擬地震振動 72 波を入力地震動として用いた。また、1 自由度系の構造特性値として、表－1の値を、また、復元力特性としては完全弾塑性型 Bi-linear モデルを用いた。

表－1 各構造特性パラメータ

損傷指標D	0.4
正の係数β	0.15
減衰定数h	0.05
弾性剛性比γ	0.00
終局変位靱性率μd	1.0(弾性応答) 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0, 8.0, 12, 14, 16, 18, 20 (非弾性応答)
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

4.加速度－変位応答スペクトルの回帰式 加速度－変位応答スペクトルは、図－1に示すように、縦軸に応答加速度 S_a 、横軸に応答変位 S_d をプロットしたスペクトルであり、この S_a － S_d の関係は式(2)で表される。また、構造物の固有周期 T は応答値と原点を結んだ放射線の傾き $A = \tan \theta$ の値が分かれば、式(3)の関係より求めることができる。

$$S_a = R_r \cdot S_{ae} \quad (1)$$

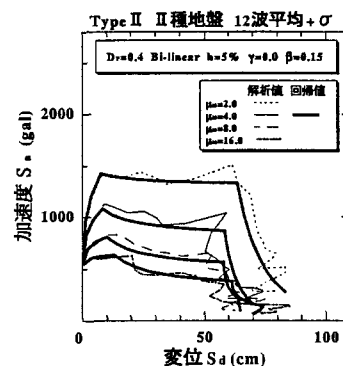
$$S_d = \mu_d \cdot R_r \cdot S_{de} = \mu_d \cdot R_r \cdot \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} = \mu_d \cdot \frac{T^2}{4\pi^2} S_a \quad (2)$$

$$A = \tan \theta = \frac{S_a}{S_d} = \frac{1}{\mu_d} \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (3)$$

ここで、 S_{de} 、 S_{ae} はそれぞれ、弾性応答変位、弾性応答加速度をまた、 μ_d 、 R_r はそれぞれ、変位靱性率、所要降伏強度比を表す。

一例として、図－2に、タイプII地震動、II種地盤に対する解析結果

と回帰結果を比較して示しておく。なお、図－2 から分かるように、加速度－変位応答スペクトルの形状は複雑であり、これらを直接回帰することは困難であるため、本研究では、まず、所要降伏強度比 R_r と変位靱性率 μ_d の回帰式を求め式(1)、(2)の関係より、加速度応答スペクトル S_a 、変位応答スペクトル S_d の回帰式を求め、これらを、設計用加速度－変位応答スペクトルとして用いた。



図－2 解析結果と回帰結果の比較

5. RC ラーメン橋脚への適用例 ここでは4.で求めた、設計用加速度－変位応答スペクトルを用いて、RC ラーメン橋脚の「力及び変位に基づく設計法」による設計結果と、保有耐力を等しく設計、地震時保有水平耐力法

による設計結果とを比較し、若干の考察を行う。

(1) 設計条件 上部構造は B 活荷重を載荷した単純桁橋、下部構造は 1 層の RC ラーメン橋脚とした。また、Ⅱ種地盤を対象とし、橋脚の寸法、設計条件は図-3 に示す。

(2) 力及び変位に基づく設計法

図-4 にその設計フローを示す。「力及び変位に基づく設計法」の設計手順を説明すると共に、設計手順フローを図-4 に示す。

① まず、等価 1 自由度系構造物(対象橋脚)の等価質量 m^* 、目標加速度 S_a (目標強度 $F_y = m^* \cdot S_a$)、目標変位 S_d を決定する。

② R_r 及び μ_d に対する回帰式より、①で決定した、目標加速度 S_a 、目標変位 S_d に対応する終局変位靱性率 μ_u 、固有周期 T を算出する。

③ ①、②の各目標値を満足するように橋脚の設計を行うとともに、終局変位靱性率 μ_u' 、固有周期 T' を求める。 μ_u の目標値(手順②)と設計値の μ_u' (手順③)、及び T の目標値(手順②)と設計値の T' (手順③)、との比較を行い両者とも許容誤差内(誤差が ε_μ 、 ε_T 以内)であれば、設計を終了する。一方、誤差内に収まらなければ手順②に戻る。

(3) 設計結果 ここでは、目標加速度 600(gal)、目標変位 15(cm) を満たす橋脚の設計を行った。その結果を図-5 と表-2 に示す。

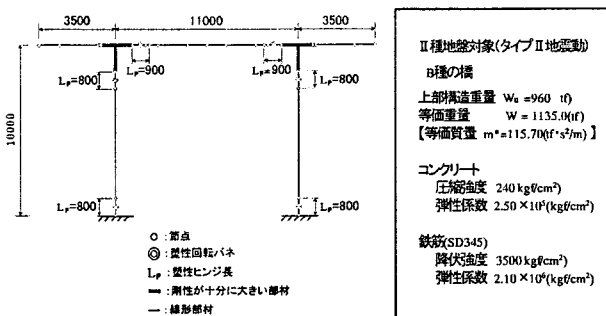


図-3 設計橋脚のモデル図と条件

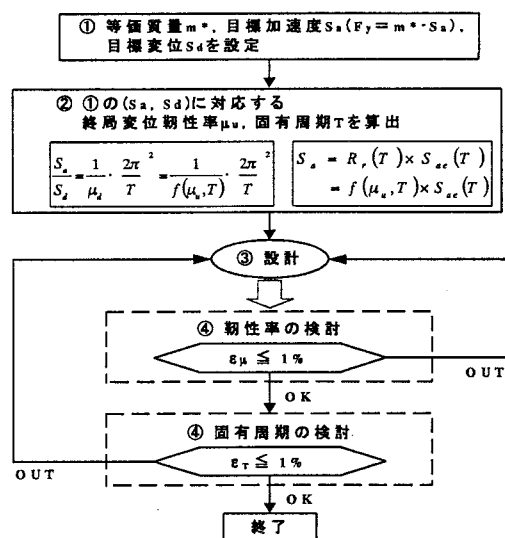


図-4 力及び変位に基づく設計法の計算フロー

表-2 目標値及び設計値

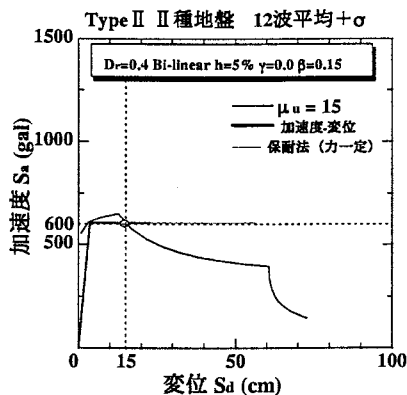


図-5 設計結果の比較

力及び変位に基づく設計法	
等価質量 m^* (tf·m/s²)	115.700
目標加速度 S_a (gal)	600
目標耐力 F_y (tf)	694.200
目標変位 S_d (cm)	15
終局変位靱性率 μ_u	15
固有周期 T^* (sec)	0.4584
保有耐力 P_s (tf)	702.047
降伏加速度 S_{ay} (gal)	606.780
終局変位靱性率 μ_u	14.87
固有周期 T^* (sec)	0.481
変位 (cm)	15
許容塑性率 $\mu_u = S_d / \delta_y$ (cm)	10.330

保有水平耐力法(力一定)	
等価質量 m^* (tf·m/s²)	115.700
目標加速度 S_a (gal)	600
設計地震力 $k_h W$ (tf)	692.35
固有周期 T^* (sec)	0.4584
保有耐力 P_s (tf)	700.841
降伏加速度 S_{ay} (gal)	605.740
終局変位靱性率 μ_u	6.33
固有周期 T^* (sec)	0.468
許容変位 $\mu_u \times \delta_y$ (cm)	16.250
許容塑性率 $\mu_u = S_d / \delta_y$ (cm)	4.513

6. まとめ 本研究で導いた加速度-変位応答スペクトルは比較的精度のよいものとなった。また、表-2 より「力及び変位に基づく設計法」による設計結果は、耐力、変位及び靱性が目標値をほぼ満足する結果となった。しかし、固有周期については許容誤差以内に収めることができなかった。また、保有耐力を等しくした「保有水平耐力法」との比較では、「力及び変位に基づく設計法」の方が「保有水平耐力法」に比べ終局変位靱性率 μ_u が大きくなり、降伏後の粘りが期待できる設計になっていることが分かる。

7. 参考文献 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，2002.3. 2) 平尾 潔他：力及び変位に基づく単柱式 RC 橋脚の耐震設計に関する基礎的研究，土木学会論文集 No724/I-62，2003.1.