

徳島大学工学部 正会員 沢田 勉

徳島大学工学部 正会員 宇都宮 英彦

徳島大学工学部 学生会員 松浦 康博

1. まえがき 本四連絡橋耐震設計指針では、基本設計を修正震度法により行なうことが明示されている。本研究では、修正震度法に基づいて、比較的長周期のタワー状構造物の耐震設計を行ない、応答スペクトル法により求めた結果と比較することにより、修正震度法の妥当性、および問題点を検討する。

2. 設計震度 設計震度  $K_D$  は次式により求められる。  $K_D = \mu K_R$ 。ここで、 $\mu$  = 補正係数、 $K_R$  = 応答スペクトルより求められる基本応答震度である。また、 $\mu = \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 \mu_5$  であり、 $\mu_1$  = 地震の最大加速度に対する補正、 $\mu_2$  = 高次モードの影響による補正、 $\mu_3$  = 等分布震度に換算するための補正、 $\mu_4$  = 地震の作用方向に関する補正、 $\mu_5$  = 経験的事実に基づく補正である。本四連絡橋耐震設計指針では、 $\mu_2 = 1.1$ 、 $\mu_4 = 1$ 、 $\mu_5 = 1$  とし、 $\mu_3$  については、タワーの上半分で 1.25、下半分で 1.15 を用いている。また、 $\mu_1$  については、地震の最大加速度を 200gal とした場合には 1 である。故に、設計震度は、タワーの上半分で  $K_{Du} = 1.38 K_R$ 、下半分で  $K_{Dl} = 1.28 K_R$  となる。

3. 修正震度法による耐震設計 修正震度法に基づきタワー状構造物の耐震設計を行なう。タワーは 4 断面から成るものとし、解析モデルは多質点モデルで置換した。目的関数はタワーの全重量、制約条件は、部材断面の繰り力の制約、各質点間の相対変位の制約、下部断面が上部断面より大きいという制約、および設計変数の *side constraints* である。また、応答スペクトルとしては、文献 2) の模擬地震動によるものを用いた。設計手順は、(1) ある設計変数に対し固有値解析を行なう、(2) 応答スペクトルより基本固有周期に対する設計震度を求める、(3) 設計震度をタワーの高さ方向に分布させ、静的解析より応答を求める、(4) 制約条件および目的関数を作成し、S-L-P 法を用いて最適解を求める。

4. 計算例および考察 修正震度法による耐震設計では、高さ方向の震度分布が問題となる。ここでは、次の通りの震度分布を設定した。(a) 高さ方向の震度分布が一定の場合 (MS1 とする)、(b) タワーの上半分で  $K_{Du}$ 、下半分で  $K_{Dl}$  の震度を分布させた場合 (MS2)、(c) 震度分布をモード加速度の目果和平方根から求めた場合 (MS3)。これ以外に、応答スペクトル法による設計 (MR) を行ない、上の 3 つの設計と比較した。計算例としては、大鳴門橋のタワー程度の構造物を考え、タワー断面は十字形断面とした。タワー頂部の鉛直力  $P$  および水平バネ係数  $F$  については、次の 2 通りを考えた。Case A; 吊橋タワーのように  $P \neq 0$ 、 $F \neq 0$  の場合、Case B; 高層煙突のように  $P = 0$ 、 $F = 0$  の場合。計算結果より得られた結果を要約すると、(1) 修正震度法による設計は応答スペクトル法に比べてかなり安全側となる。(2) 目的関数の値は、MR に比べて、MS1 で約 40%、MS2 で約 9% の増加となり大差ない。従って、タワーの上半分と下半分で震度分布を変えることはあまり意味がない。また、震度分布を目果和平方根より求める MS3 では、構造系により設計特性が変わるため、普遍性のある設計がでない。(3) MR に比べて、MS1、MS2 による設計では上部断面と下部断面の差が大きい。(4) Case A の場合、MS1 による設計において、 $K_D = 1.1 K_R$  としても安全側の設計となった。この場合、等分布震度に換算するための補正係数は  $\mu_1 = 1$  となり、このような補正は不必要と思われる。(5) Case B の場合、最上部の質点に作用する加速度が他の質点の加速度の 2 倍以上になり動的な影響を考えた場合好ましくなく、設計変数に *side constraints* を設け、上部断面と下部断面の差が小さくなるような設計を行なった結果、最上部質点の加速度はかなり減少した。タワー状構造物においては、タワーの上部と下部で断面にあまり差をつけない方が振動学的にみて良い設計になると思われる。

参考文献 1) 土木学会、本四連絡橋技術調査委員会、耐震設計指針 (1967)、同解説および耐震設計詳説、2) 小堀他、擬似地震動に関する応答スペクトル、土木学会論文報告集、オ 198 号、1972 年 2 月。