

IMD の耐震制振装置への適用性に関する考察

和歌山工業高等専門学校 正会員 小川 一志

1. はじめに

衝撃質量ダンパ(以下IMDと記す)は耐風制振装置として開発され、すでに幾つかの施工実績があり有効性は確認されている¹⁾。本稿ではIMDの耐震制振装置への適用性について検討する。一般に、風による振動(特に渦励振)では正弦波状の励振力と構造物との共振に伴って大きな振動となる関係から、制振装置IMDによって構造減衰を付加する方法は共振倍率を下げることから効果的な制振法となる。それに対して、地震による振動では励振力が突発的で不規則な波形であることから、IMDを用いて構造減衰を付加する制振法の妥当性については慎重な検討が必要と考えられる。本稿ではIMD付き塔状構造物を対象に、地震波を模擬した水平加速度を作用させて、地震時におけるIMDの制振性能を調査した結果について報告する。

2. 模型振動実験

2.1 実験方法

模型振動実験では水平振動台の上に塔状模型を設置し、地震加速度を模擬した水平加速度を作用させたときの塔状模型の応答を調べている。塔状模型は高さ1000mmの鋼製剛性棒の上端に質量調整用の鉄板を設置したもので、塔頂近くにIMDを付設している。地震加速度には、新潟県中越地震のときに十日町で観測された波(最大加速度100galに縮小)と千葉で観測された波(最大加速度35galに拡大)を用いている。振動条件としては、塔質量2.852kg、重錘質量0.062kg(塔頂部換算)、塔振動数2.284Hz、重錘振動数1.254Hzとしている。構造減衰(減衰定数)は塔状模型で0.0024、IMDで0.017であり、緩衝材(板バネで支持した硬質ゴム)と重錘の間の反発係数は0.83、滞留時間²⁾は0.043sである。

2.2 実験結果

地震加速度を受けたときの塔変位(塔頂変位の0.718倍:重錘衝突位置)に対するIMDの制振効果を実験的に調べたのが図1と図2である。突発的に作用する十日町の地震加速度の場合(図1)、塔変位の最大値に対してはIMD作動の効果は小さいが、その後の自由振動を短時間で収束させている。それに対して表面波の影響で繰返し作用する千葉の地震加速度の場合(図2)、塔変位の最大値を1.2cmから0.8cmに抑制している。地震加速度が構造物に突発

的・衝撃的に作用するのか、塔状構造物との共振を誘いながら作用するのかによって、IMDの制振効果も異なるものと考えられる。

3. 数値応答解析

3.1 解析方法

数値応答解析では、地震時における塔状構造物とIMD(重錘)の動きを、Lagrangeの運動方程式で数式化した後、Runge-Kutta法で逐次積分により時刻歴応答解析を行っている²⁾。

3.2 解析結果

千葉で観測された中越地震加速度(最大加速度35galに拡大)がIMD付き塔状模型に作用したときの重錘と塔の振幅を整理したのが図3である。数値応答解析結果(特に塔の振幅)は実験結果と概ね一致しており、本解析法によるIMD付き塔の地震応答解析に関する信頼性を確認できる。

3.3 変位応答スペクトル

千葉で観測された中越地震加速度(最大加速度200galに拡大)に対する塔状構造物の変位応答スペクトルを図4に示す。IMDが無い場合、塔振動周期7~10sの領域で塔の最大変位はピークを持つ。この領域は地震加速度と塔状構造物の間の共振域に相当すると考えられる。IMDが有る場合、塔振動周期7~10sのピーク領域は平坦となり、塔の最大変位は、IMDによって半減している。ここで、IMDの振動条件は次のとおりである。すなわち、重

キーワード 衝撃質量ダンパ, IMD, 耐震, 制振装置, 変位応答スペクトル

連絡先 〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 0738-29-8456

錘と塔の間の質量比 0.02 , 振動数比 1/2 , 反発係数 0.8 であり , 構造減衰(減衰定数)は重錘と塔でともに 0.02 である .

IMDの制振作用によって , 塔振動周期 7~10 s における塔の最大変位の増大を抑えている .

4 . まとめ

地震の励振力を受ける塔状構造物の応答に対する IMDの制振性能をまとめると次のようになる .

- (1) 地震によって大きく揺れた後の塔状構造物の自由振動を速やかに減衰させることができる .
- (2) 塔状構造物の応答(最大変位)が地震波と共振して増大するのを抑制することができる .

謝辞

本研究の実験に際しては , 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 5 年(研究当時)DucTri Le 氏と高垣雄一氏の協力をいただいた . ここに記して謝意を表する .

参考文献

- 1)小川 , 林 , 坂井 : 衝撃質量ダンパ (IMD) 方式による塔の耐風制振装置 , 風工学シンポジウム , 1990 .
- 2)小川 : 衝撃質量ダンパ (IMD) の衝撃力緩和に関する研究 , 構造工学論文集 , Vol.53A , 2007 .

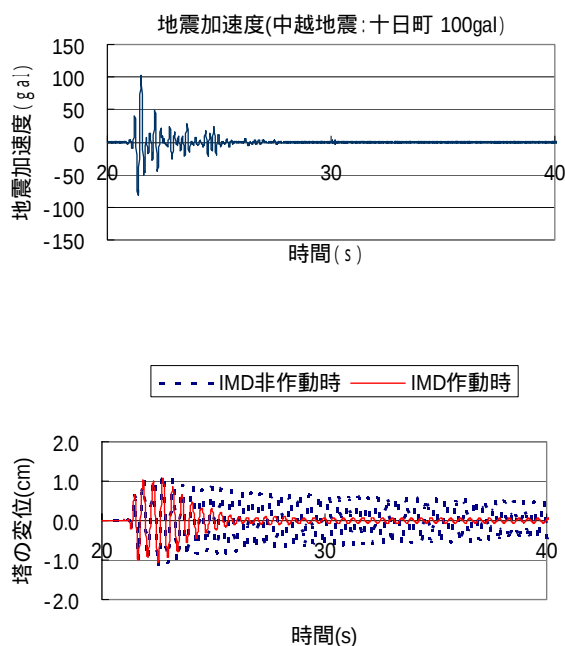


図 1 地震加速度 (十日町) と塔変位

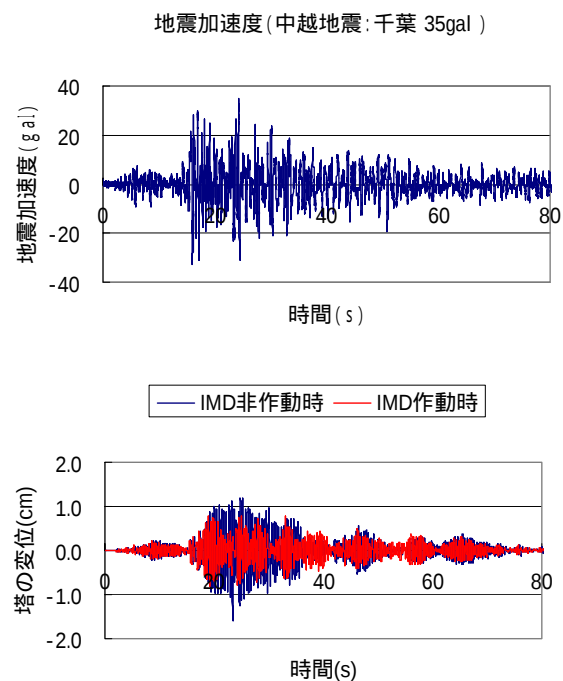


図 2 地震加速度 (千葉) と塔頂変位

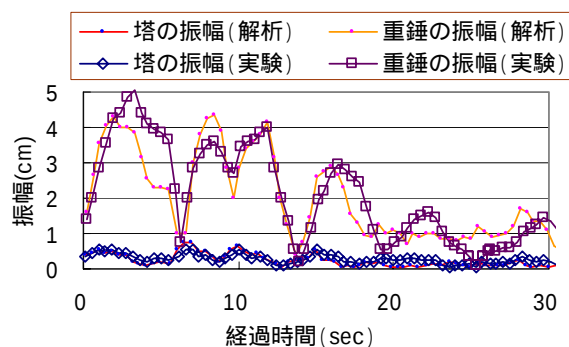


図 3 振動実験結果と数値応答解析結果の比較

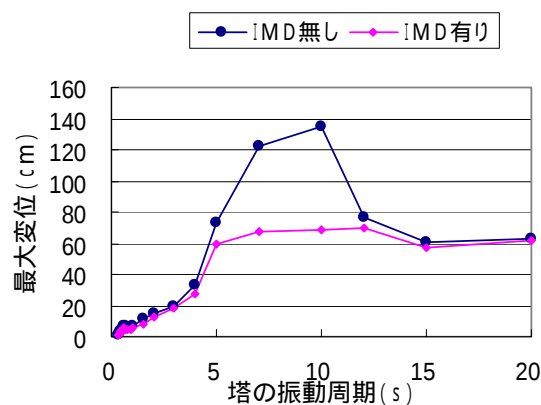


図 4 変位応答スペクトル