

I-645

長大橋下部構造の高減衰化の試み

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 橋 義 規
同 上 正会員 田 中 努

1. まえがき

吊橋の下部構造は、堅固な地盤の上にマッシブなコンクリート塊からなる基礎を設けているため、固有周期が短く、慣性力が大きく、躯体内部の減衰は小さい。また、超長大橋になるほど基礎が大型化し、基礎自身の慣性力による地盤反力の軽減のためさらに基礎が大型化する傾向がある。本研究は、長大吊橋の主塔基礎を念頭に置き、基礎躯体に相對運動が生じる構造を考案し、この相對運動を利用した下部構造の高減衰化を研究したものである。なお、研究のモデルは、実存する最大規模の吊橋として、明石海峡大橋の主塔基礎を選んだ。

2. 高減衰化の基本方針

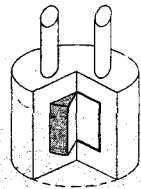
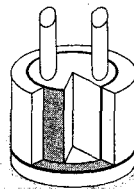
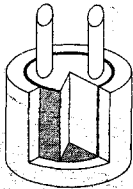
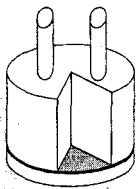
減衰性能の高い構造を実現するために、以下の2タイプの構造を考案した。

(1) 基礎と地盤の縁を切り減衰材を設置する構造〔アイソレーションタイプ〕

基礎を2重構造として、地盤と接する外殻と基礎本体との境界に高減衰材料を設置し、基礎と地盤の縁を切るとともに、外殻と基礎本体の相對運動に伴う減衰を期待する構造。

(2) 基礎系の内部に減衰機構を構築する構造〔マスダンパータイプ〕

剛体基礎の断面は応力で決まっていないため、応力伝達を必要としない範囲の質量を利用して、TMDに似た減衰機構を作る。但し、調和外力やホワイトノイズに対する最適化手法では、実地震動に対し有効でない可能性もあるため、必ずしも同調型の高減衰なダンパーを目指すのではなく、所要の減衰性能があり、かつ、有効な周期帯が広いダンパーとする。



(a) 根入れがない場合 (b) 根入れがある場合

図-1 アイソレーションタイプの構造案

(a) 根入れがない場合 (b) 根入れがある場合

図-2 マスダンパータイプの構造案

3. 試算検討

次の条件で地震応答解析を実施し、高減衰化の可能性を調べた。

- ①主塔基礎の寸法は直径80m×高さ70mとし、剛体2自由度系としてモデル化する。
- ②マスダンパーの寸法は、内部の場合は基礎躯体の部材厚を20m程度確保するものとして、直径40m×高さ35mとし、外部の場合も同じ質量とした。
- ③減衰材料として、高減衰ゴムを考える。高減衰ゴムは、1000×1000×50mmの板状のものに加工し、縁を切る境界あるいはマスダンパーの下に所要の枚数を敷き並べるものとし、今回の試算では特に最適化することは考えていない。剛性および履歴減衰は等価な線形系に置き換えて考慮する。
- ④地震時の上部工反力の増加分は、1割程度であるため計算では無視する。
- ⑤入力地震動は、道路橋示方書耐震設計編の1種地盤用標準波形を用い、入力損失は考慮しない。
- ⑥水の存在を無視し、付加質量や造波減衰を考慮しない。

根入れの有無および支持地盤のせん断波速度2種類(450m/s, 600m/s)をパラメータとして解析を行った。

図-3, 4に本体加速度の低減率を, 図-5, 6に応答波形の例を示す。

アイソレーションタイプは, 並進加速度を原型の60~80%に低減し, また, 回転加速度を40~20%と大幅に低減することができる。一方, 並進変位は原型よりも大きくなる傾向にあるが, 基礎の回転角は原型よりも小さくなる。加速度が減少し変位が増加するのは, 応答波形に示されるように, 長周期化によるものと考えられる。なお, 基礎の水平変位が上部構造に与える影響は, 入力地震動や橋梁の支間長によっても異なるが, 長大吊橋であれば今回検討した8cm程度の値は, 十分対応可能な範囲と考えられる。また, 高減衰材料のせん断ひずみは最大130%となっており, ゴム系の材料であれば問題のない範囲である。

マスダンパータイプは, 応答値の低減率はいずれも小さいが, 加速度, 変位とも低減されており, 適切な剛性と減衰性能の材料を用いることで, より効果の大きいマスダンパーとなる可能性もある。応答波形によれば, 基礎本体とマスダンパーにはわずかな位相ずれが認められ, この位相ずれによる相対運動によって減衰が付加されたものと考えられる。なお, 高減衰材料のせん断ひずみは最大100%となっており, ゴム系の材料であれば問題のない範囲である。

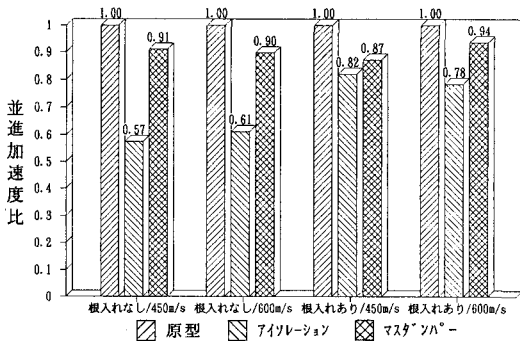


図-3 本体の応答並進加速度の低減

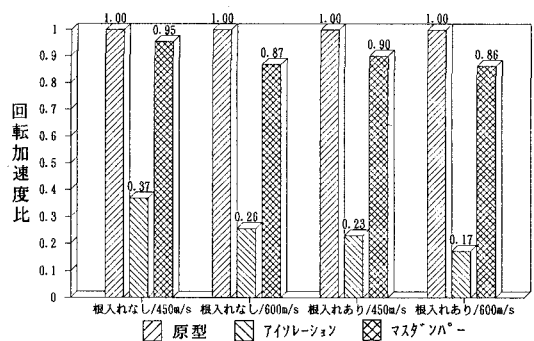


図-4 本体の応答回転加速度の低減

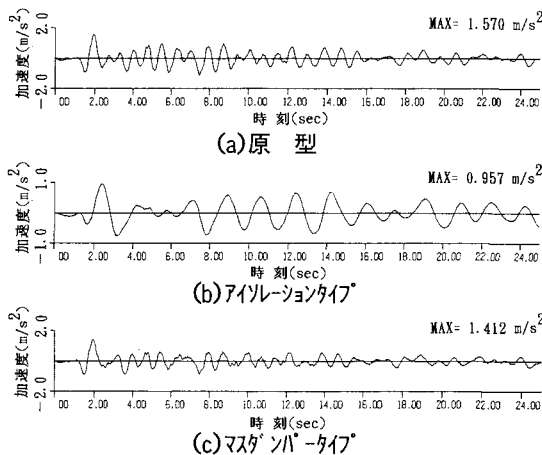


図-5 応答加速度波形

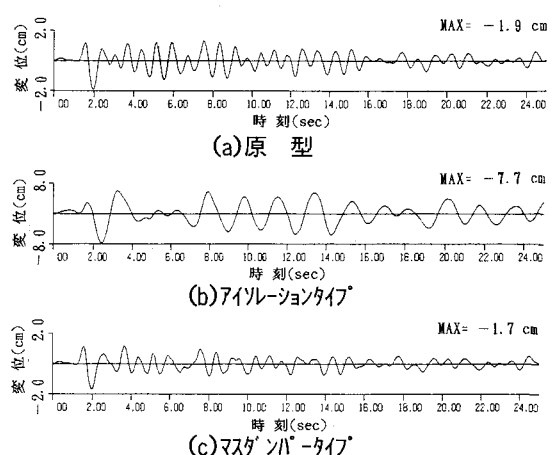


図-6 応答変位波形

4. あとがき

試算検討の結果, アイソレーションタイプ, マスダンパータイプともある程度の減衰効果があることが確認された。今後はより高い効果を発揮できる条件や, 逆に悪影響が発生する可能性を調べるとともに, 構造を具体化する上で, 常時の安定検討および外殻の構造検討, 施工法の検討, 経済性の比較等が必要である。

最後に, 本研究は建設省土木研究所, 土木研究センターおよび民間19社による共同研究「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術の開発」の1テーマとして実施したものであり, 関係各位に謝意を表する。