

I-783

P C 長大斜張橋の免震化を図る研究・第二報
（簡易モデル及びダンパー総量の決定法）

開発コンサルタント(株) 正会員 山下幹夫
開発コンサルタント(株) 正会員 ○謝 嬋娟
開発コンサルタント(株) 正会員 白鳥愛介

1 まえがき

著者らは、支点に免震装置を有する2径間P C斜張橋を対象に、最適免震設計の実用化を図っている。前報告では、中間支点のみに、免震装置を設けた斜張橋の各主要応答値が最小になる最適なダンパー量を検討してきた¹⁾。本報告では、3節点の簡易モデルを提案し、このモデルに基づく最適ダンパー量の簡易計算方法を検討したので、この点について報告する。

2 簡易モデルの設定

対象とした橋梁は図-2~4に示すが、簡易モデルとして、主桁は水平移動可能な1節点系に、主塔と主橋脚は梁要素に、斜材とダンパーは水平バネ要素にして考慮することとした（図-1）。主塔、主橋脚と斜材の質量は分布質量とし、主桁の質量は集中質量として節点2におくこととした場合の運動方程式は次式で表される。

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{1\}\ddot{Z}$$

ここに、

$$[M] = \frac{1}{420} \begin{bmatrix} 156M_T + 140M_C & 22M_T L_T & 70M_C & 54M_T & -13M_T L_T \\ 22M_T L_T & 4M_T L_T^2 & 0 & 13M_T L_T & -3M_T L_T^2 \\ 70M_C & 0 & 140M_C + 420M_G & 0 & 0 \\ 54M_T & 13M_T L_T & 0 & 156(M_T + M_F) & 22(M_F L_F - M_T L_T) \\ -13M_T L_T & -3M_T L_T^2 & 0 & 22(M_F L_F - M_T L_T) & 4(M_T L_T^2 + M_F L_F^2) \end{bmatrix}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} 12K_T + K_C & 6K_T L_T & -K_C & -12K_T & 6K_T L_T \\ 6K_T L_T & 4K_T L_T^2 & 0 & -6K_T L_T & 2K_T L_T^2 \\ -K_C & 0 & K_C + K_D & -K_D & 0 \\ -12K_T & -6K_T L_T & -K_D & 12K_T + K_D + 12K_F & 6(K_F L_F - K_T L_T) \\ 6K_T L_T & 2K_T L_T^2 & 0 & 6(K_F L_F - K_T L_T) & 4(K_F L_F^2 + K_T L_T^2) \end{bmatrix}$$

$$\{u\} = \{u_1 \ \theta_1 \ u_2 \ u_3 \ \theta_3\}^T, \quad M_C = \rho C A_C L_C, \quad M_T = \rho T A_T L_T,$$

$$M_F = \rho F A_F L_F, \quad M_G = \rho G A_G L_G, \quad K_T = E_T I_T / L_T^3,$$

$$K_F = E_F I_F / L_F^3, \quad K_C = \sum (E A \cos^2 \alpha / L) C.$$

式中、添字 C, F, T, G, D は、斜材、主橋脚、主塔、主桁とダンパーを表し、 ρ は単位体積あたりの質量、 α は斜材と主桁の傾斜角度である。

3 最適ダンパー量の簡易計算法

最適ダンパー量を以下の手順により求める。

- ① 橋梁を提案した3節点系にモデル化する。
- ② ダンパーはバイリニア型とし、その一次剛性 K_1 をパラメータにとってパラメータスタディを実施する（ほかのタイプのダンパーを用いる場合には、パラメータを変えればよい）。

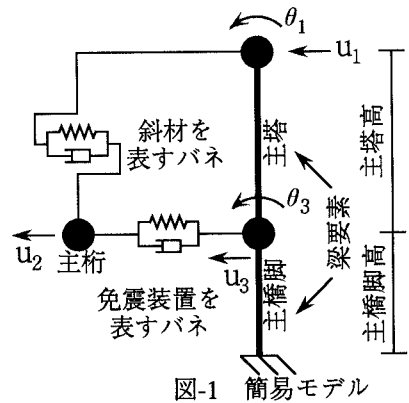


図-1 簡易モデル

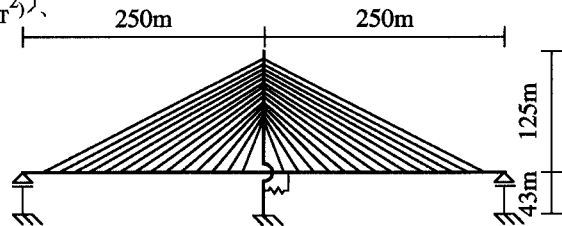


図-2 スパン250mの解析モデル

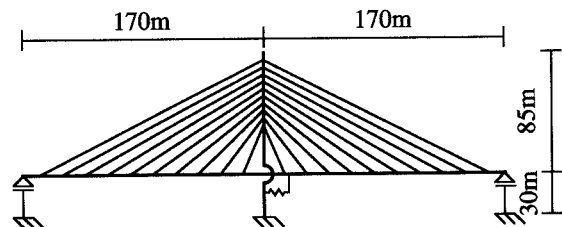


図-3 スパン170mの解析モデル

③上記の K_1 に対し等価線形法の応答スペクトル解析を行う。

④桁最大変位、主塔基部と主橋脚基部の最大曲げモーメントを算出し、これらの K_1 に対する変化を求める。

⑤下限値であるケースを見出し、そのダンパー量を最適ダンパー量と設定する。

4 適用性の確認

本簡易モデルの検討は、最適ダンパー量の設定を目的としている。これは3に示したように、最適ダンパー量の決定での着目点は、応答値ではなく、その変化傾向である。すなわち、簡易モデルとして、シミュレーションした各主要応答値の変化傾向が詳細モデルと合致することができれば、適用性があると考えられる。適用性の確認に用いた橋梁モデルは、図-2～4に示す支間長の異なる3タイプである。いずれのモデルでも主桁の幅員およびケーブル間隔は同一としている。図-5に示すように、桁変位、主塔基部および主橋脚基部モーメントに着目して、フローティング・タイプの応答値に対する比を算出し、詳細モデルでの値と対比した。

提案モデル（簡易モデル）は、全体的に詳細モデルとほぼ同様の变化傾向を示し、十分に最適なダンパー量設定の精度を有していると考えられる。

なお、提案簡易モデルは、汎用プログラムでの解析はむろんの事、パソコンでプログラム化しても容易な計算レベルであり、実際の応用への利便性を考慮したものである。

5 あとがき

本研究では、3節点簡易モデルを提案し、長大斜張橋の最適免震設計の簡易化を検討したもので、詳細モデルでの解析でなくとも適性ダンパー量の試算が容易に行なえることによって省力化が可能となり、免震設計の普及に有効な一助となるものと考えられる。今後、このモデルをベースにしてさらに研究を進める予定である。

なお、本報告は建設省土木研究所、土木研究センターと民間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」の一環として行われたものである。

〔参考文献〕1)山下幹夫・謝 嬋娟・白鳥愛介：P C長大斜張橋の免震化を図る研究・第一報，土木学会第49回年次学術講演会概要集，1-643，pp.1284-1285，1994

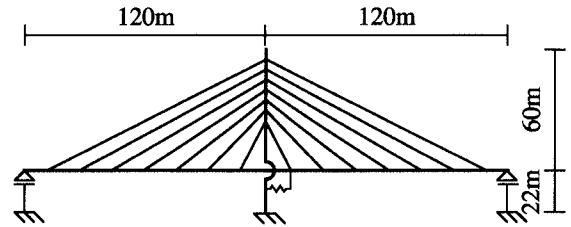


図-4 スパン120mの解析モデル

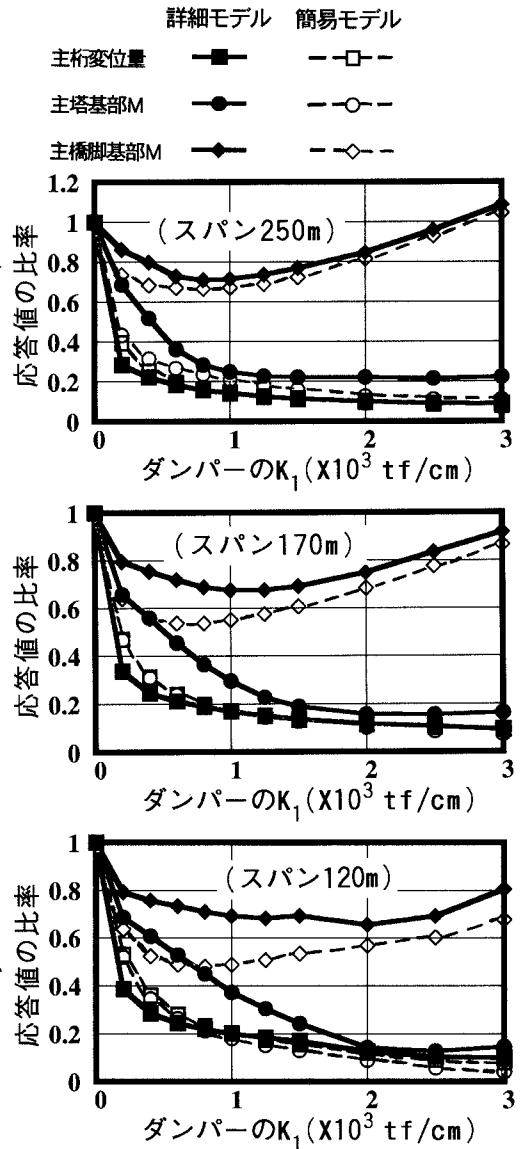


図-5 応答値の比率と K_1 の関係