

吊橋の地震応答解析における長周期入力の影響

鹿児島大学工学部 学生員 津田 雅文
 鹿児島大学工学部 正員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 馬場 幸治郎

1. まえがき

最近わが国において、長大橋の架設が増加する傾向にある。そして深い基礎を有する長大橋は周辺の影響を受けやすく、先に起きたロマブリータ地震でのベイブリッジでわかるように地震に対する安全性が求められている。また地盤の増幅特性は、短周期領域においてS波の重複反射で説明されているが、長周期領域においては強震記録に表面波成分の存在が指摘され問題となっている。本研究は、吊橋の動的応答特性を明確にするために地震応答解析を行い、地震波の長周期成分の影響について検討を加えた。一般に地震力は、不規則な入力のパワースペクトル密度関数を利用して解析が行われている。本解析では、動的相互作用を考慮するために、地盤-基礎系からなる下部構造物系と上部構造物系を別々に取り扱い、両者を結合する動的サブストラクチャー法を適用した。そして長周期入力の影響を考慮したパワースペクトル密度関数を用いて地震応答解析を行い、その影響について検討した。

2. 動的応答解析の結果

本研究で用いる吊橋は、有限要素法により図-1に示すような梁およびケーブル要素に分割することによりモデル化を行ったもので、全長1700m、主塔の桁からの高さ100m、桁の中央径間1100mであり、基礎としては根入れのあるケーソンを想定している。動的応答解析では、初めに上部構造物のみを取り出し、その基礎を固定した場合の固有値解析を行い、応答を支配する振動モードを求めた。そして地盤-基礎系に対する運動方程式を加えて、動的サブストラクチャー法により全体系の運動方程式を求めた。入力地震波のパワースペクトル密度関数としては、金井-多治見型と長周期成分の影響を考慮したクラフ-ベンツェン型を用いた。また入力として加速度入力だけの場合と変位入力を加えた場合を検討したが、このモデルではほとんど差が出ず、ここでは変位入力も加えたときの応答を示した。図-2、図-3は1自由度系でのパワースペクトル密度関数と応答スペクトルを示したものであり、実線が金井-多治見型、点線がクラフ-ベンツェン型である。これによると、低振動数すなわち長周期領域の応答にかなり差があることがわかる。またこの研究で取り扱っているモデルの1次の固有振動数は、約0.8rad/s(固有周期約8.0s)である。これを応答スペクトルで見ると、金井-多治見型による応答がかなり大きいことがわかる。図-4は金井-多治見型のスペクトル、図-5はクラフ-ベンツェン型のスペクトルを用いたときの桁の鉛直方向の変位応答であり、図-1の接点3、8、11、14での応答を示している。これらは横軸に下層地盤のせん断波速度を縦軸に変位応答をとっている。この場合の入力の自乗平均加速度は約30galであり、位相伝播速度は1500m/sである。これらを比較すると、それぞれの点で応答値が約10倍金井-多治見型の方が大きいことがわかる。この現象は主桁の変位応答、断面力応答について同じ傾向を示している。応答形状は、両方とも下層地盤のせん断波速度が増すに連れてつまり地盤が堅固な状態になるに連れ、応答が小さくなり、金井-多治見型の方が多少その影響が強いことがわかる。図-6はクラフ-ベンツェン型のパワースペクトルを入力した時の下層せん断波速度300m/sの場合での位相伝播速度の変化による変位応答を示している。地震波の位相伝播速度の変化に対して、応答は大きな影響を受けていないことがわかる。図-7はクラフ-ベンツェン型の入力に対する主桁の各節点に置ける曲げモーメント応答を示めたものである。下層地盤のせん断波速度が増幅するに従って応答は若干減少するが、動的相互作用の影響は小さいことがわかる。これらの解析結果を見ると金井-多治見型のパワースペクトルを用いるとクラフ-ベンツェン型より応答値を過大に評価していることがわかる。これはモデルの1次固有振動数と1自由度系の応答スペクトルから予想された

ことである。従って長周期の固有周期を有するような長大構造物では、長周期成分の影響を取り入れたクラフペンツェン型のようなパワースペクトルによる応答解析が必要になるものと考えられる。

3. あとがき

長周期成分の影響を考慮したパワースペクトル密度関数を用いて、長大吊橋の地震応答解析を行った。長周期領域では、過大な応答評価を与えないためにも、入力特性について十分検討する必要があると思われる。最後に原稿作成にご協力いただいた鹿児島大学工学部 愛甲頼和技官に感謝します。

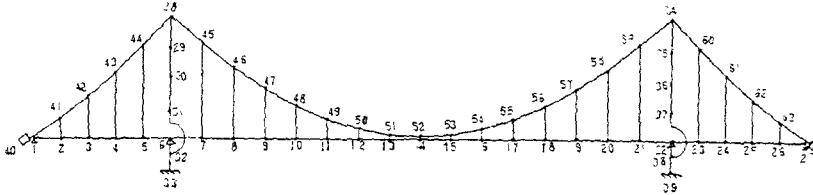


図-1 解析モデル

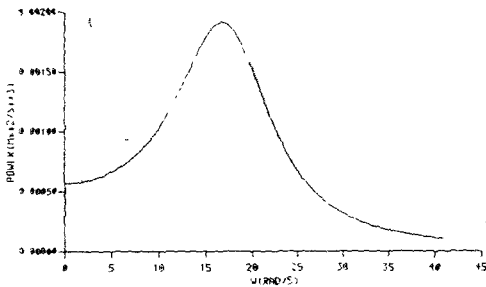


図-2 パワースペクトル密度関数 (1自由度系)

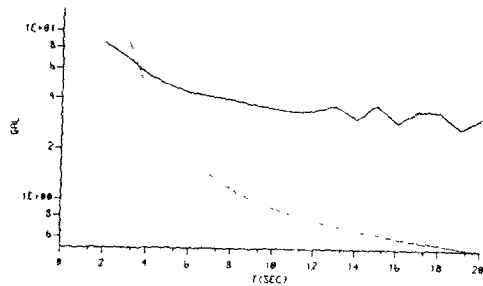


図-3 応答スペクトル (1自由度系)

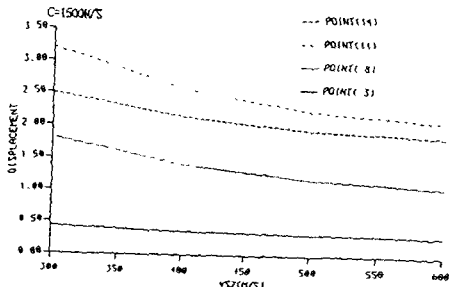


図-4 変位応答 (金井-多治見型)

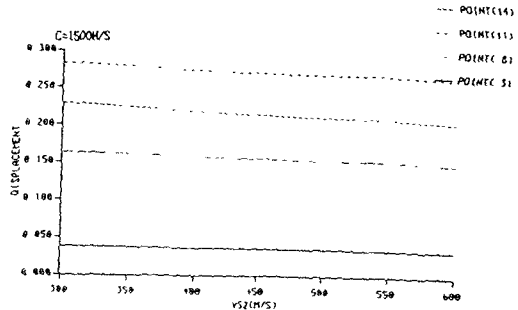


図-5 変位応答 (クラフペンツェン型)

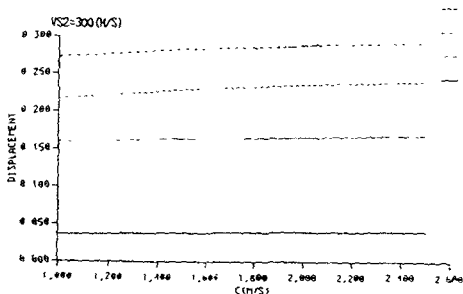


図-6 変位応答 (クラフペンツェン型)

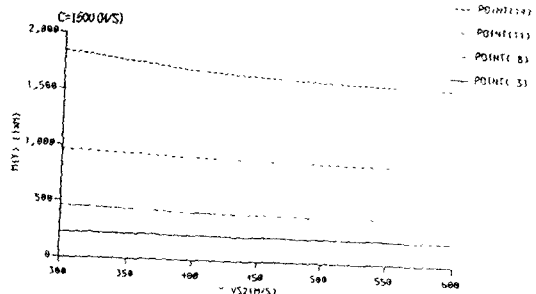


図-7 曲げモーメント応答 (クラフペンツェン型)