

続・橋の耐震性能を簡単チェック

～非線形時刻歴応答解析“EARMEST”による耐震照査～

Seismic Design System EARMEST

齋藤 道生
Michio SAITOH

川田テクノシステム㈱東京設計部
次長

西村 寧人
Yasuto NISHIMURA

川田テクノシステム㈱東京設計部
技術課

田巻 嘉彦
Yoshihiko TAMAKI

川田テクノシステム㈱東京設計部
技術課

平成14年3月に「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」(以下、道示Vと記す)が改訂され、耐震性能の照査方法を「静的照査法」と「動的照査法」に再構成し、橋の構造特性に応じた照査方法が明確になりました。地震時の挙動が複雑な橋については、「静的照査法」では地震時の挙動を十分に表すことができない場合もあるため、「動的照査法」によって耐震性能の照査を行うとされています。弾性ゴム支承を用いる地震時水平力分散構造を有する橋(以下、水平力分散構造と記す)に対しては、地震時の挙動が複雑な橋と位置付けられ、非線形履歴モデルを用いた時刻歴応答解析(以下、非線形動的解析と記す)などを行い、耐震性能の照査を行うこととなります。

非線形動的解析を行う場合には、解析モデルや解析方法などが橋の地震時の挙動を適切に表現できているか十分留意する必要があります。一般的には、固有値解析により算出された主要なモードおよび固有周期が妥当であるか、非線形を考慮した部材の履歴ループが構成されているかを確認します。しかし、動的解析の結果を静的解析のように手計算によって妥当性を確認することは極めて困難であるのが現状です。

今回の技術紹介では、水平力分散構造の橋を例に挙げて、橋の固有周期と応答加速度および応答変位の関係と動的解析に必要なチェックポイントを紹介します。

チェック1(固有周期と応答加速度の関係)

各地盤種別ごとの固有周期と上部構造の応答加速度の関係は図1および図2のようになります。印は動的解析によって得られた固有周期と応答加速度の関係となり、実線は道示V図・解4.3.1、4.3.2の固有周期と標準加速度応答スペクトルの関係となります。動的解析により得られた応答加速度は、標準加速度応答スペクトルと比べて応答値が大きくなる傾向にあるようです。また、種地盤のタイプでは、ほぼ近似していることも分かります。

つまり、橋の固有周期から応答加速度を予測し、標準加速度応答スペクトルと比較することで、橋の動的解析モデルの妥当性を確認することができます。

チェック2(固有周期と応答変位の関係)

水平力分散構造の橋では、動的解析により耐震性能を照査すると、弾性ゴム支承の移動量および遊間が許容値や設定値を上回ることがあります。ちなみに、固有周期と慣性力作用位置における応答変位の関係は、図1および図2の印のようになります。種地盤では0.7秒、種地盤では1.2秒、種地盤では1.5秒付近に変化点があるようです。これは標準加速度応答スペクトルの変曲点と一致します。比較のために柱剛性を変化させた1質点系の解析モデルを用いて、応答スペクトル法によりタイプの応答加速度および応答変位を算出すると、図3の結果となります。非線形動的解析と応答スペクトル法より得られる応答変位の結果は、ほぼ近似することが分かります。また、固有周期が長くなるほど応答変位が大きくなる傾向があるようです。よって、図3の結果を参考にすることで、比較的簡単に上部構造端部の遊間を設定することができます。動的解析による照査後に慌てることもなくなります。

チェック3(応答加速度と減衰定数の関係)

水平力分散構造の橋では、チェック1およびチェック2を行うだけで動的解析モデルの簡易チェックはほぼ終了です。しかし、解析モデルによっては大きな差異が見られる場合があります。例えば、免震橋のように履歴減衰の影響が大きい場合や、減衰定数を比較的大きめに設定した構造物の場合などが挙げられます。ただし、免震支承の等価剛性および等価減衰を用いた解析モデルの場合には、図2および図3の結果に対して、道示V図・解4.2.2の減衰定数別補正係数CD(減衰定数別補正係数 $CD=0.71$, $hi=0.15742$)による補正を行うことで、図4のように、あ

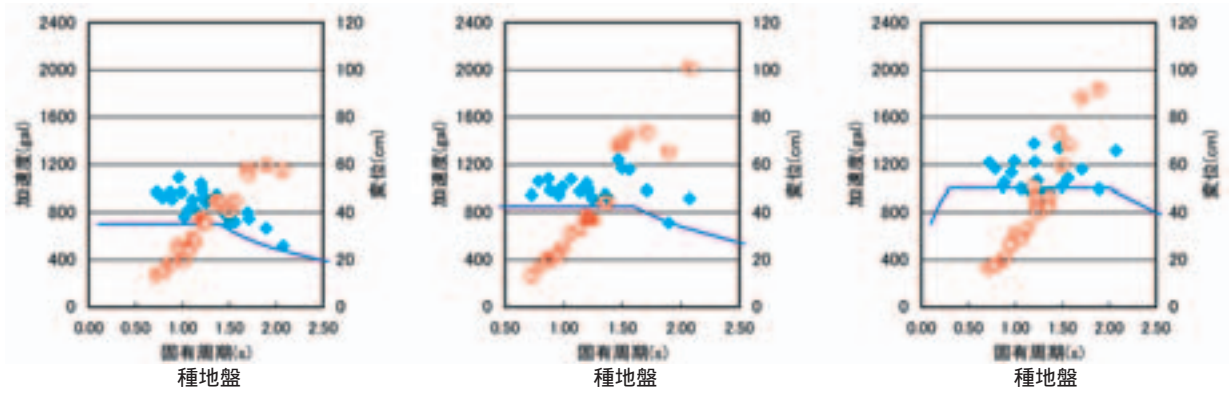


図1 固有周期と応答加速度および応答変位の関係（タイプ 1）

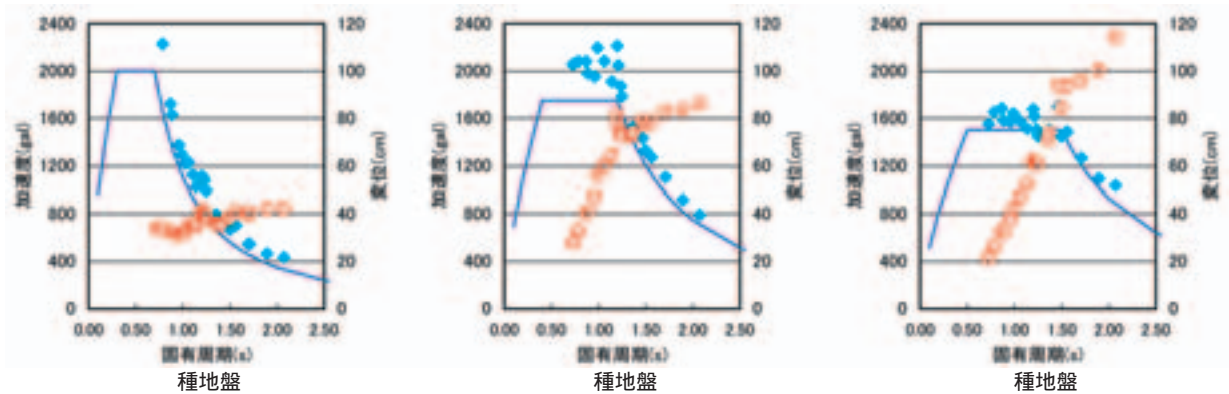


図2 固有周期と応答加速度および応答変位の関係（タイプ 2）

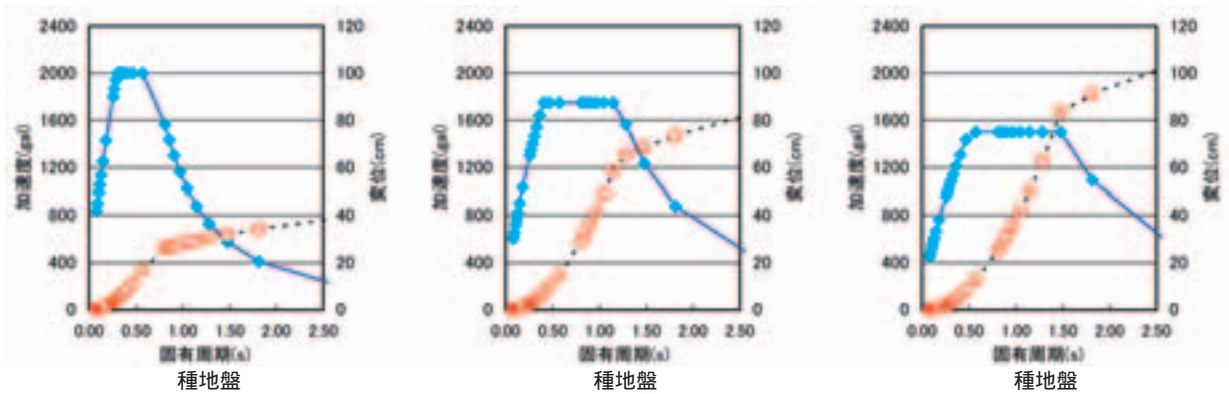


図3 応答スペクトル法による固有周期と応答加速度および応答変位の関係（タイプ 3）
1質点系のモデルによる解析

程度の応答値を予測できます。一般的には、免震橋の解析モデルは、支承部に非線形特性を考慮するモデルとします。この場合には、免震支承の履歴減衰の影響が大きいため、今回のような簡易チェックでは応答値を予測できません。もう一工夫必要になるようです。

おわりに

橋の固有周期と慣性力作用位置の応答加速度および応答変位には、何らかの関連性があります。水平力分散構造の橋であれば、橋の固有周期から慣性力作用位置の応答加速度および応答変位を予測することができます。今後は、免震橋のように履歴減衰の影響が大きい構造物などに、この簡易チェックができるように検討したいと考えています。

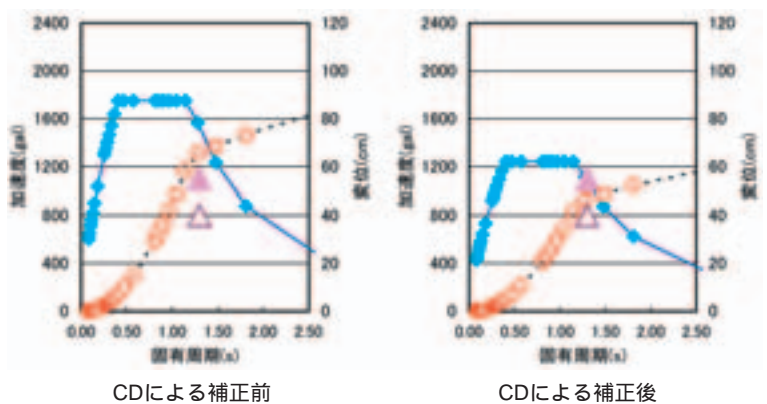


図4 固有周期と応答加速度および応答変位の関係（免震橋）