

完結編・橋の耐震照査を簡単チェック！

～動的解析結果の簡易チェック法～

Easy Checking Method of Dynamic Seismic Analysis

石井 喜代志
Kiyoshi ISHII

川田テクノシステム㈱東京設計部
設計二課

田巻 嘉彦
Yoshihiko TAMAKI

川田テクノシステム㈱東京設計部
設計二課

田中 大策
Daisaku TANAKA

川田工業㈱橋梁事業部技術部
大阪技術部設計一課

平成8年に道路橋示方書が改訂され、動的解析にもとづく耐震設計法が導入されました。また、平成14年の道路橋示方書の改訂により、ラーメン橋、鋼製橋脚に塑性化を考慮する橋のように平成8年の道路橋示方書改訂時には明文化されていなかった構造形式の橋に対しても動的解析を行うよう明記されました。耐震設計における動的解析の必要性が今まで以上に高まってきたのです。その流れに沿うように、動的解析専用ソフトは様々な改良がほどこされ、現在では経験の浅い設計技術者でも、様々な構造形式の橋に対して、容易に動的解析を行うことができるようになりました。

しかし、動的解析ソフトを使用して容易に計算ができて、その結果の妥当性を検証することは容易ではありません。なぜなら、固有振動特性や減衰の影響など、構造特性に対する動的解析特有のパラメータが解析結果に大きく影響を及ぼすからです。そこで、「誰でも簡単に」動的解析結果を概算的に検証できるように、応答値（加速度と変位）の予測方法を考えました。

川田技報Vol.22～23において、弾性ゴム支承および履歴減衰の影響が大きい免震支承や機能分離型支承を有する橋梁に対応する応答値の予測方法を紹介しました。本稿では、上下部一体で構造物の挙動が示されるラーメン橋に対して、応答値を予測する方法を紹介したいと思います。

ラーメン橋における応答値の予測方法

(1) ラーメン橋における応答値の特徴

川田技報Vol.23で紹介した弾性ゴム支承や免震支承を有する橋は、上部構造と下部構造が支承によって相互に結合されている構造形式になります。地震時には図1①のような変形状態となり、おもに支承に変形が生じます（図1①の赤色部分）。それに対して、ラーメン橋は上部構造と下部構造が剛結されている構造形式です。地震時

には図1②のような変形状態となり、上部構造と橋脚が一体になって変形しますので、上部構造の剛性も構造物の挙動に影響を及ぼします。

このように、弾性支承、免震支承および機能分離支承を有する橋の場合、支承の特性（支承の塑性率）に着目することで精度の良い応答値を予測することが可能でした。しかし、ラーメン橋の場合は、上部構造および下部構造の剛性の影響を考慮する必要があり、これまでに紹介した予測方法では精度良く応答値を予測することはできませんでした。

そこで、今までの予測方法に改良を加え、ラーメン橋に対して精度良く応答値を予測する方法を考えましたので紹介致します。

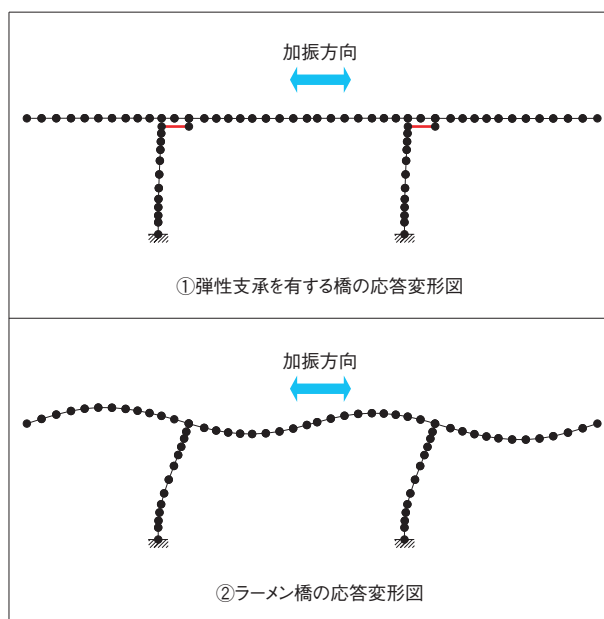


図1 応答変形図

(2) 応答値の予測例

今回は、表1に示す条件の4径間連続RCラーメン橋に対する動的解析結果の予測を紹介致します。前回までの予

表1 入力パラメータ

地域区分	B地域
地盤種別	I種地盤
1次モードの固有周期 T(s)	1.317
1次モードのひずみエネルギー減衰 h_i	0.02373

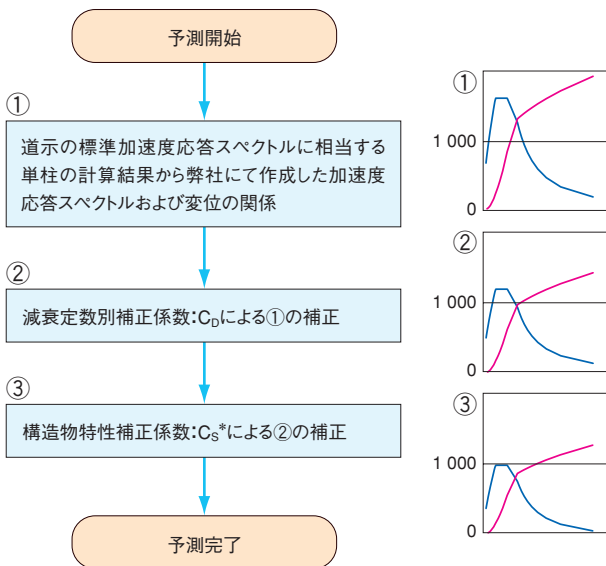


図2 応答値の予測フロー図

測方法に従い、図2に示すフローの手順で予測を行います。最初に①によって、固有周期から初期予測を行います。(川田技報Vol.22をご参照ください。)

次に②の減衰定数別補正係数による1次補正を行います。弾性ゴム支承等の支承構造物の予測時には、構造物の応答に影響の大きい1次モードに着目して、式(1)に固有値解析から得られた1次モードのひずみエネルギー減衰、ここでは表1に示す $h_i=0.02373$ を直接入力して、減衰定数別補正係数を算出していました。

$$C_D = \frac{1.5}{40h_i + 1} + 0.5 \quad (1)$$

ラーメン橋の場合は、上部構造と下部構造が一体となって動くことから、地震時の挙動が支承構造物の場合とは異なりますので、 h_i の設定が異なります。過去の経験に基づきラーメン橋に対応した減衰 h_i を式(2)のように設定します。

$$h_i' = h_i \Phi h_j + h_k \quad (2)$$

ここに、

h_i' : 調整後のひずみエネルギー減衰

h_i : 1次モードのひずみエネルギー減衰

h_j : 橋脚における非線形部材の減衰定数 (=0.02)

h_k : 弊社の過去の経験に基づく減衰定数 (=0.10)

h_k は橋脚の履歴減衰効果を考慮して、0.10を設定しています。式(2)より h_i' を算出し、式(1)の h_i に h_i' を代入し、減衰定数別補正係数 C_D を算出します。今回のケ

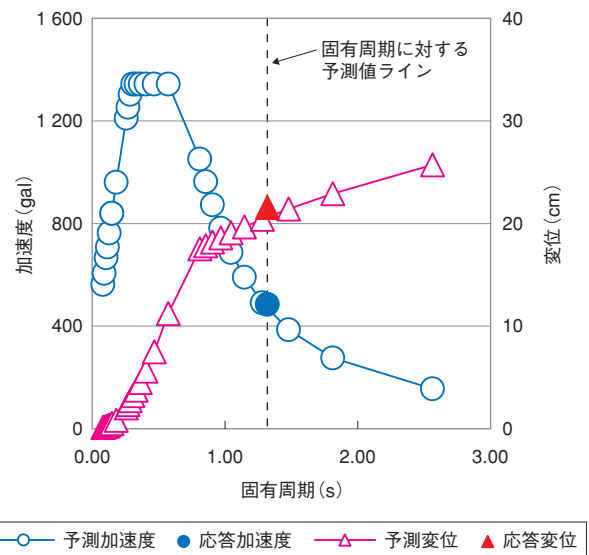


図3 動的解析結果の予測例 (I種地盤)

表2 動的解析結果の予測例 (I種地盤)

	応答加速度 (gal)	応答変位 (cm)
動的解析結果	483.94	21.55
予測値	469.96	20.59
誤差 (%)	3%	4%

ースでは $h_i'=0.104$ 、 $C_D=0.79$ となります。

次に③の構造物特性補正係数による2次補正を行います。支承構造の応答値を予測する際には、支承の塑性率を構造物全体の塑性率とみなして、塑性率 μ^* を支承の種類によって設定していましたが、ラーメン橋では構造物全体の塑性化は微小と考え、弊社の過去の経験に基づき $\mu^*=1.0$ と設定します。

$$C_s' = \frac{1}{\sqrt{2\mu^*} \Phi 1} \quad (3)$$

式(3)より構造物特性補正係数 $C_s^*=1.00$ を算出します。

最後に、地域別補正係数 $C_Z=0.85$ 、 $C_D=0.79$ 、 $C_s^*=1.00$ を乗じたものから、弊社で作成した単柱の加速度応答スペクトルおよび変位の関係を補正します。ここで、本橋の固有周期は1.317秒(図3;破線)なので、予測加速度○および予測変位△と破線で示す固有周期との交点から予測値を得ることができます。図3および表2からわかるように、予測値は解析結果(●, ▲)と3~4%の誤差で近似された結果を得ることができました。

おわりに

3回にわたり応答値の予測方法を川田技報に掲載してきました。今回は完結編として、ラーメン橋の応答値の予測を紹介しましたが、今後も様々なケーススタディを行い、基礎資料の充実をはかり、精度の良い予測やオーダーチェックをできるようにしていきたいと思ひます。