

# 橋の耐震性能を簡単チェック

## ～非線形時刻歴応答解析“EARMEST”の紹介～

Seismic Design System EARMEST

齋藤 道生  
Michio SAITOH

川田テクノシステム株式会社 設計部次長

西村 寧人  
Yasuto NISHIMURA

川田テクノシステム株式会社 設計部技術課

田巻 嘉彦  
Yoshihiko TAMAKI

川田テクノシステム株式会社 設計部技術課

平成8年12月に「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」(以下、道示と記す)が改訂されました。その後、雑誌「道路」(平成11年10月)において、「タイプBのゴム支承を用いた地震時水平力分散構造を有する橋は、地震時保有水平耐力法で耐震設計した結果を動的解析により照査するのが望ましい橋とする」という通達がありました。

これにより現在、反力分散構造などの橋梁を設計する上で動的解析による耐震照査は必須となり、動的解析の需要は高まるばかりです。道示には動的解析の手法として、非線形動的解析、等価線形化法を用いた線形動的解析、線形解析と地震時保有水平耐力法を組み合わせる方法、が挙げられています。現状、橋梁全体をモデル化し耐震照査を行うの方法を採用することが多いのではないのでしょうか。そこで今回、耐震設計支援システムEARMESTの動的解析に関する入出力および主な計算機能と当社にて作成したツールの紹介をします。

### EARMESTの機能

下表にEARMESTの動的解析に関する機能を示します。

EARMESTの動的解析機能一覧表

機能	応答スペクトル SRSS法 CQC法	時刻歴応答 モード法 直接法	非線形時刻歴 応答 直接積分法
減衰タイプ	ひずみエネルギー - 比例減衰		
	運動エネルギー - 比例減衰		
	モード比例減衰		
	Rayleigh型減衰		
	ダッシュポット	-	直接法
要素減衰行列	等価減衰行列	-	直接法
	要素減衰行列	-	直接法
	バイリニアモデル	-	-
材料非線形	武田モデル	-	-
	武藤モデル	-	-
	深田モデル	-	-
	ユ-ザ-定義モデル	-	-
履歴特性	P - 関係(バネ反力 - 水平変位)	-	-
	M - 関係	-	-
	M - 関係	-	-
	P - 関係(水平力 - 水平変位)	-	-

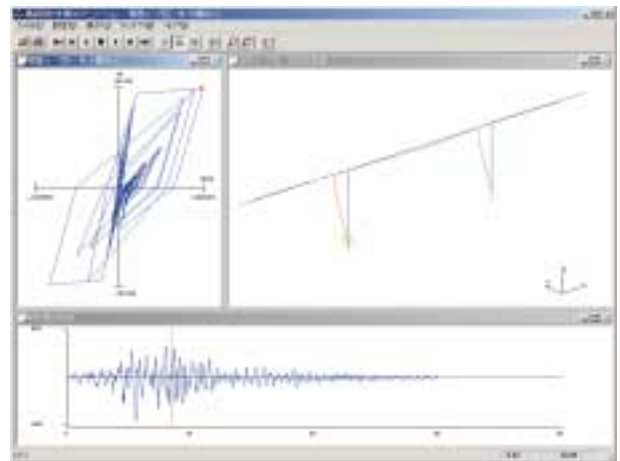
EARMESTでは道示に対応した耐震設計に用いられる動的解析を行うことが可能となっています。平面モデルのみならず立体モデルにも対応しており、格点数に関しての使用制限は1000格点(平成13年度バージョンアップにて2000格点に対応する予定)まで対応可能となっています。

EARMESTの主な特徴として、動的解析において使用する各諸数値を物性値自動算定というメニューにて算出可能であること、動的解析結果を報告書形式にて自動作成することが可能であること等が挙げられます。下表に物性値自動算定にて算出できる項目を示します。

物性値自動算定により算出できる項目

	項目
基礎バネ値	直接基礎
	ケーソン基礎
	杭基礎
非線形特性	RC断面
	鋼断面(コンクリート充填)
支承バネ値	SRC断面
	高減衰積層ゴム
	鉛プラグ入り積層ゴム
	弾性ゴム

その他、アニメーション機能にて時刻歴応答解析の結果を動画で確認することも可能です。



アニメーション画面

## 動的解析の作業フロー

動的解析の作業を下図に示します。



EARMESTの動的解析作業フロー

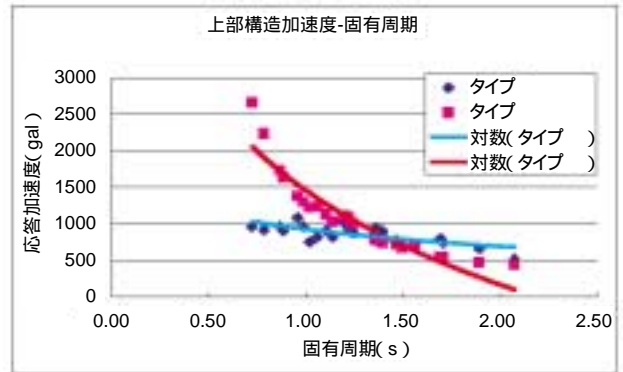
現在当社では、上記動的解析作業フローのうち、橋梁計算入力において、課内で作成したツールを使用しています。EARMESTのデータ入力フォーマットに合わせたエクセルシートを用意しており、格点座標・部材のつながり・材料特性など素早く正確にデータ作成が行えます。また、出力（報告書および作図）についてもツールを用意しています。

## 動的解析結果検証について

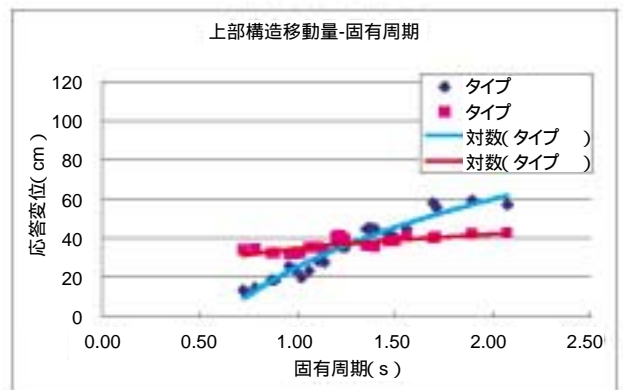
動的解析結果の妥当性を確認するにはかなりの労力を要します。上述しましたEARMESTのアニメーション機能を用いて実際の挙動を確認することは可能ですが、応

答値については、静的解析のように手計算にて検証することが困難となります。

そこで、現在までの受託動的解析の実績をもとに、動的解析結果の検証グラフを作成しました。これは、橋梁の固有周期がわかれば慣性力作用位置での最大応答加速度および最大応答変位が推定できるというものです。下図に 種地盤で用いるグラフを示します。



固有周期と加速度の関係



固有周期と変位の関係

このグラフを用いることで、おおよそではありますが結果の妥当性が判断できます。単純なデータミスがある場合、得られた結果がグラフと大きく異なります。

現在、種および種地盤についても作成中です。

## おわりに

Bタイプのゴム支承を有する反力分散構造の橋梁に対し、動的解析により耐震照査を行うと、支承の移動量が許容値を上回る場合が多々あります。そこで予備的な動的解析を行い、事前に支承の移動量等を把握しながら設計を進めていくことをお勧めしています。

上記の検証グラフには、固有周期以外のパラメータ（減衰等）を追加する予定です。最終的には、このグラフを動的解析結果の検証のみならず、予備動的解析時の照査に用いることができるようなものになりたいと考えています。