

IV-355

衝撃振動試験における橋りょうの振動特性についての基礎的研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 中村 浩司
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 富沢今朝男
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 星野 和夫
 東日本旅客鉄道株式会社 田中 和彦

1. はじめに

衝撃振動試験は、橋りょうの橋脚における固有振動数を測定し、その健全度を評価するシステムである。試験の方法は、重さ 30.0kgfの重りを橋桁から吊るして橋脚の上部を数回打撃し、その時の橋脚の変位および応答加速度を測定して、固有振動数を求めるものである。橋脚の固有振動数は、躯体の自重や剛性および地盤の支持力により決定されるため、実測値と健全時における橋脚の固有振動数の変化を時系列的に把握することにより、その橋脚の健全度を評価できる。

本研究においては、具体的なモデル橋りょうを抽出し、その衝撃振動試験から得られたデータの信頼性に着目することから、①技術者は衝撃振動試験の結果をどの程度精密にシュミレーションしているか、また、②衝撃振動試験の結果がどの程度モデル橋りょうについて精密なシュミレーションであるかを総合的に分析することにより、衝撃振動試験から得られたデータをもとにして、ファジィ理論を適用することから、モデル橋りょうの洗掘状態を把握するための振動特性の推定について基礎的なアプローチを試みる。

2. ファジィ理論の適用による信頼性解析

技術者の経験的な知識を情報として集約することは、信頼性の高い振動特性を把握するために有効なことである。しかし、これらの情報は定性的なものであり、橋りょうの洗掘状態を推定するための振動特性の推定には客観的に採用することが難しい。すなわち、相違する定性的な情報が技術者に与えられた場合、相違する推定結果が発生する可能性がある。ここにファジィ理論を採用することにより、技術者の経験的な知識を情報として定量的に集約することが可能になる。

技術者への意識調査では、たとえば「衝撃振動試験で得られる振動特性の信頼度はどれくらいか」という質問に1（圧倒的に低い）～5（普通）～9（圧倒的に高い）の9段階評価を用いて与える。この結果をメンバーシップ関数として広汎に採用されている三角形メンバーシップ関数 $\mu(x)$ で近似する（図1参照）。ここで、信頼度の全被験者にわたる平均値を m 、標準偏差を σ とした場合、三角形メンバーシップ関数の中心は m 、幅は $q\sigma$ （ $0 < q \leq 1$ ）を設定する。図2は信頼性の重み付き平均を採用し、ファジィ積分をすることから橋脚の安全率1.2における振動特性メンバーシップ関数を構築したものである。固有振動数が5.8Hz以下になるとメンバーシップ値は常に1になることを把握しなければならない。

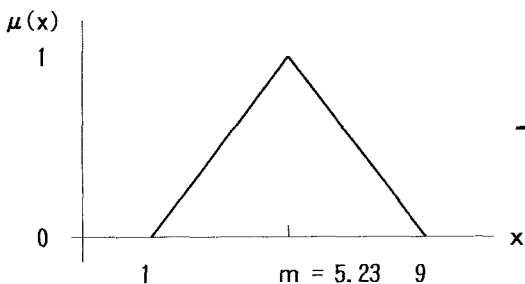


図1 信頼度のメンバーシップ関数

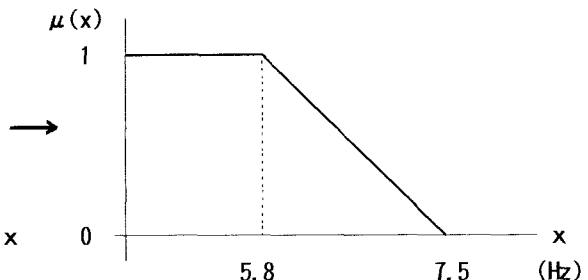


図2 振動特性メンバーシップ関数

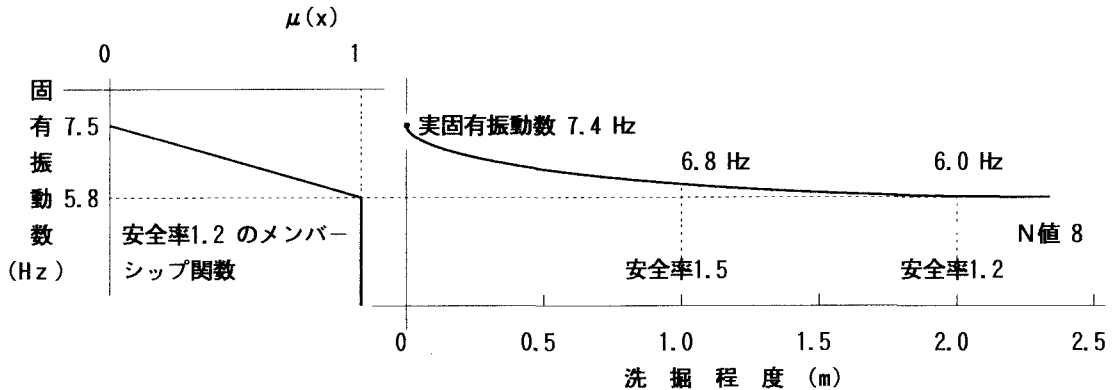


図3 衝撃振動試験における橋脚の振動特性

3. 振動特性への適用

周知のとおり、橋脚の洗掘程度が増大すると橋脚は不安定になり、固有振動数は小さくなる¹⁾。図3はN値8の橋りょうの橋脚について洗掘程度を変数としてその安定計算を行い、各洗掘程度に対応する固有振動数を算出したグラフである。現在の橋脚の実固有振動数は7.4 Hzであり、橋脚の安全率が1.5の場合は6.8 Hz、および安全率が1.2の場合は6.0 Hzと推定される。橋脚の洗掘程度が増大すると橋脚は不安定になることが図3のグラフから分析できる。また、健全時における固有振動数の数値から安全率が1.5の場合への固有振動数の数値の差は0.6 Hzであるが、安全率が1.5の場合から1.2の場合への固有振動数の数値の差は0.8 Hzである。列車平常運転→徐行運転→運転停止と安全率の変化に伴い列車運転規制が変化するが、①平常から徐行と②徐行から停止、それぞれの固有振動数の数値の差が近似できることから、洗掘程度の進行の度合いと列車運転規制の進行の度合いは同程度であると推定される。次に、橋脚の安全率が1.2の固有振動数を変数としたメンバーシップ関数から、5.8 Hzの場合メンバーシップ値が1であることから、技術者の定量的判断と振動特性の推定は相関性が高いことが分析される。表1は、N値を3分類した場合の各分類における技術者の定量的判断と振動特性の推定について、各橋脚の安全率（ $f_s = 1.5$ 、 $f_s = 1.2$ ）についての相関分析を行った結果である。相関係数は0.7以上であり、ここからも技術者の定量的判断と振動特性の推定は相関が高いと分析される。

4. まとめと今後の課題

衝撃振動試験における橋脚の振動特性は、何らかの基準を設定して振動特性を検討をすることが現在に至るまでの課題であったが、本研究を遂行するにあたり、技術者の経験的な知識を情報として上述の基準を定量的に記述することが可能となった事実は、今後の衝撃振動試験における分析の立案に対して何らかの影響を与える重要な意義を持つであろう。

表1 N値と安全率の相関関係

		橋 脚 の 安 全 率	
		$f_s = 1.5$	$f_s = 1.2$
N 値	5～9	0.785	0.779
	10～19	0.865	0.885
	20～29	0.855	0.897

【参考文献】

- 1) 寄田 他：「衝撃振動試験測定時間の短縮とデータの活用」，日本鉄道施設協会誌，1994年11月