

VI-67

衝撃振動試験により求めた鉄道橋梁の固有振動数の標準値

(財) 鉄道総合技術研究所 ○ 正会員 棚村 史郎

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 西村 昭彦

1. はじめに

既設橋梁の橋脚の健全度判定手法の一つとして、JRでは衝撃振動試験¹⁾を実施している。これは、橋脚の頭部を重さ 30 kgf 程度の重錘を用いて水平方向に打撃し、橋脚の変位または加速度の応答を測定、応答波の周波数分析により橋脚の固有振動数を求め、前回の測定値あるいは標準的な値（以下、標準値という）と比較することにより、橋脚の健全度を判定しようとするものである。したがって、前回の測定値がない場合は標準値が必要になる。そこで、JR各社で実施した合計約 1170 橋脚の衝撃振動試験のデータ収集を行い、統計解析を行って標準値の算定式の作成を試みた。本論文では、データ数の最も多い直接基礎形式について概要を報告する。

2. 解析方法

解析は次の方法および順序で行った。

- (1) 収集データのファイルを作成する。これは、標準値を設定する際の目的要因である固有振動数と上部工のスパンと重量、下部工の形状・寸法および地盤条件などの説明要因で形成される。
- (2) 基本データファイルについて、各要因項目ごとに単純集計を行う。この際、量的要因についてはあらかじめその範囲を調べ、適切なカテゴリー区分を行う。また、相関分析が可能な要因項目を選別する。
- (3) 説明要因の選定を行う。説明要因の中には各要因相互間において強い相関を示すものの存在が予想されるため、クロス集計を行い、内部相関の強いものについては要因の絞り込みを行う。
- (4) 統計処理によるモデルの作成が可能と判定された目的要因に対してモデルの作成を行い、標準値の算定式を作成する。

3. 解析結果

解析に用いた直接基礎の有効データは 362基である。上部工形式としては 92 %がプレートガーダーであり、支持線数としては 95 %が単線支持の橋脚である。また、橋脚の材質は 90 %がRCまたは無筋コンクリートである。単純集計の一例として、基礎底面の地盤条件に関するデータの分布状況を図1に示す。ここで解析地盤定数と

表1 各要因項目の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 固有振動数（直方向）		0.808	0.412	0.490	0.120	0.494	0.578	0.037	0.265	0.240	0.070	0.187	0.046	0.000
2 固有振動数（横方向）			0.562	0.152	0.139	0.522	0.532	0.075	0.375	0.192	0.097	0.190	0.061	0.073
3 支間長				0.844	0.174	0.583	0.566	0.282	0.497	0.192	0.198	0.320	0.073	0.068
4 桁重量					0.103	0.145	0.119	0.185	0.041	0.220	0.236	0.402	0.008	0.006
5 橋土被り						0.488	0.105	0.011	0.339	0.205	0.115	0.049	0.051	0.055
6 橋脚高さ							0.919	0.074	0.583	0.074	0.086	0.117	0.149	0.139
7 デ（橋脚高-土被り）								0.079	0.512	0.177	0.046	0.155	0.147	0.134
8 l 直方向平均値									0.079	0.070	0.487	0.243	0.034	0.034
9 ク 横方向平均値										0.097	0.197	0.035	0.043	0.027
10 基礎厚さ											0.490	0.570	0.255	0.270
11 直方向の傾												0.768	0.032	-0.012
12 ク 横方向の傾													0.008	0.008
13 側面の解析地盤定数														0.006
14 底面の解析地盤定数														

は、衝撃振動試験で得た橋脚の固有振動数および振動モードから固有値解析により求めた基礎底面における鉛直方向地盤反力係数 k_v と建造物設計標準²⁾に従って算定した地盤反力係数 k_c との比を、 k_c を算定したときの N 値に乗

じた値である。表1は各要因項目の相関係数を示したものである。固有振動数との相関が比較的強い項目は支間長、桁重量、橋脚高さ、橋脚高さとし土被りの差（以下、見かけの橋脚高さという）であるが、支間長と桁重量および橋脚高さで見かけの橋脚高さはともに内部相関が強いため、桁重量および見かけの橋脚高さで代表させることとした。固有振動数との関係を図2、3に示す。また、表1では地盤条件との相関は低いが、地盤をその強度により区分することによって全体の精度が向上することが確かめられ、これらの説明要因を用いて回帰分析を行った結果を次に示す。

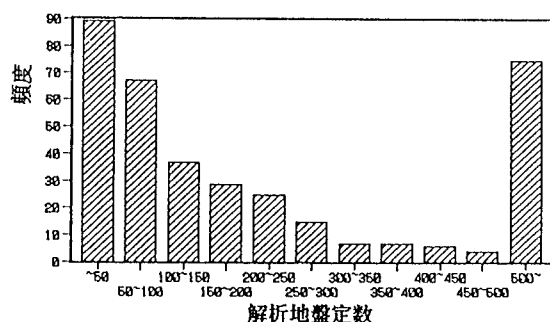


図1 地盤強度の頻度分布

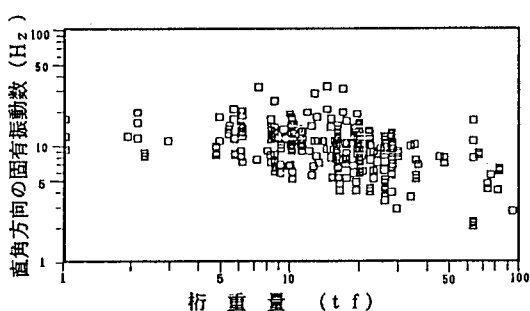


図2 桁重量と固有振動数の相関

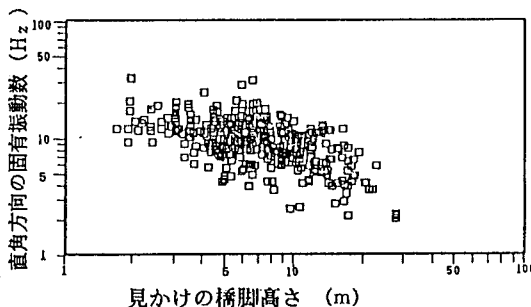


図3 見かけの橋脚高さと固有振動数の相関

(解析地盤定数) (固有振動数の推定式)

$$100 \text{ 以下} : F = 25 H_d^{-0.5} W_h^{-0.11}$$

$$101 \sim 300 : F = 49 H_d^{-0.47} W_h^{-0.24}$$

$$300 \text{ 以上} : F = 84 H_d^{-0.71} W_h^{-0.20}$$

ここに、

H_d : 見かけの橋脚高さ

W_h : 桁重量

この場合の相関係数はいずれも0.7を超え、比較的よい精度を示している。図4は実測固有振動数と上式による計算固有振動数の関係を示したものである。固有振動数の高い範囲でデータのばらつきが見られるが、これはいずれも背が低く、また、土被りが大きい橋脚で、試験が難しい橋脚である。この式から求まる値を標準値とし、実務では実測固有振動数がこれよりもかなり低い場合にはより詳細な検査を実施している。

4. おわりに

上記手法を用いた衝撃振動試験により、支持状態が不健全な橋脚を実際にいくつか発見しておりその有効性が確かめられている。しかし、解析に用いたデータは地盤の強度などに関して不明なものが多く今後さらにその精度を高め、有効な手段として活用していくために、地盤に関するデータの収集に務めたいと考えている。

- 参考文献 1) 西村, 中野: 衝撃振動試験による構造物の振動特性の把握, 第19回地震工学研究発表会, 1989.
2) 日本国有鉄道: 建造物設計標準 (基礎構造物), 昭和61年3月。

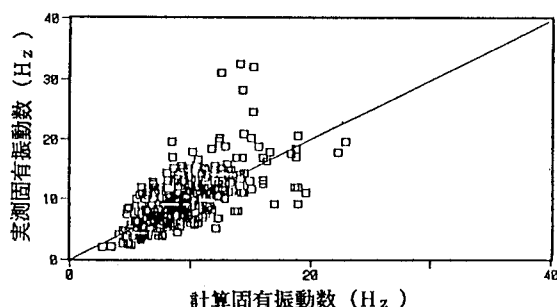


図4 実測値と計算値の比較