

I - B 453

固有振動数と橋脚基礎の根入れ深さとの相関関係の評価

東日本旅客鉄道（株） 正会員 小野 桂寿

東日本旅客鉄道（株） 佐藤 吉次

東日本旅客鉄道（株） 庄子 勝彦

1. はじめに

現在の橋りょう下部工検査において、橋脚基礎の健全度を判定するための最も重要なことは、橋脚基礎の根入れ深さの把握である。一般に橋脚基礎の健全度判定は河床調査から得られる根入れ深さや、衝撃振動試験から得られる橋脚の固有振動数を用いて、以前に測定したデータと比較をして判定を行っている。河川増水時には橋脚基礎の根入れ深さの測定が困難である場合が多い。橋脚の根入れ深さと固有振動数の変化には関係があることは解っている。しかし固有振動数が変化した場合の橋脚における状態の変化が定量的に把握されていないのが現状である。

本研究の目的は橋脚の根入れ深さと固有振動数との定量的な関係の把握である。そこで固有振動数の他に橋脚の根入れ深さと相関関係があると考えられる要因を選定し重回帰分析（多変量解析）を行う。次に重回帰分析により得られた回帰式から橋脚の根入れ深さを予測出来る関係式を導く。なお本研究の対象とする橋脚をコンクリート製で直接基礎形式の橋脚とした。

2. 固有振動数と橋脚基礎の関係

橋脚基礎の健全度判定の際利用する固有振動数は衝撃振動試験によって得られる。衝撃振動試験は重錘により橋脚を打撃し、応答のフーリエスペクトルを調べることによって固有振動数を求める試験である。一般に橋脚における材料強度の低下や、橋脚基礎周辺の洗掘または地盤沈下による支持力低下等の変状による橋脚状態の変化は、橋脚の固有振動数の低下となって現れると考えられている。もし橋脚の根入れ深さと固有振動数との関係を利用することによって橋脚の根入れ深さが予測可能であれば、河川の増水等で河床調査が困難な状況において橋脚基礎の健全度判定に役立つものと考えられる。

3. 橋脚の根入れ深さに関係のある要因（変数）の分析

橋脚基礎の根入れ深さと関係のある要因を探するために、関係があると考えられる要因（変数）について相関分析を行う。次にその結果から要因を絞り込み重回帰分析を行い回帰式を作成する。

①相関分析

橋脚基礎の根入れ深さに関係があると考えられる要因として、以下に示す要因を選定し相関分析を行った。なお要因を選定した理由としては橋脚固有の値であり、かつ簡単に測定（算出）出来ることを条件として選定した。

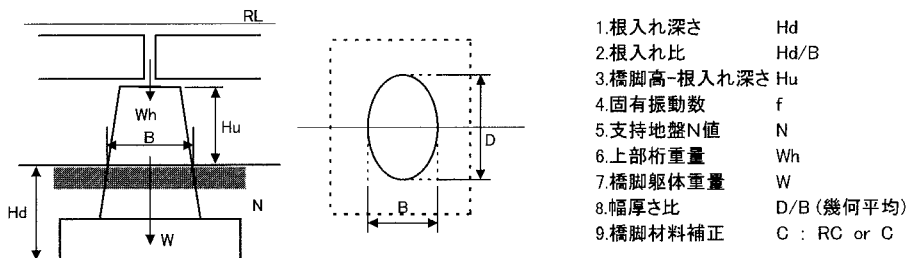


図1. 橋脚の根入れ深さと固有振動数の変化に関係があると考えられる要因

固有振動数 根入れ深さ 重回帰分析

〒983-0853 仙台市 宮城野区 東六番丁 31-2 TEL022-266-2397・FAX022-227-6605

次に相関分析結果を示す。なお今回解析に用いた橋脚のデータ数は 58 基である。

表 1. 相関分析結果

	根入れ深さ	根入れ比	橋脚高-根入れ深さ	固有振動数	支持地盤N値	上部桁重量	橋脚躯体重量	幅厚さ比	橋脚材料補正
根入れ深さ	1								
根入れ比	0.664	1							
橋脚高-根入れ深さ	0.245	-0.242	1						
固有振動数	-0.134	0.226	-0.737	1					
支持地盤N値	-0.109	-0.197	-0.021	0.225	1				
上部桁重量	0.513	0.200	0.236	-0.245	-0.184	1			
橋脚躯体重量	0.464	-0.075	0.837	-0.590	-0.157	0.523	1		
幅厚さ比	0.157	0.129	-0.328	0.334	-0.276	0.117	0.002	1	
橋脚材料補正	0.469	0.250	0.413	-0.398	-0.258	0.820	0.488	-0.086	1

上の表より「橋脚高-根入れ深さ」と、「固有振動数」及び「橋脚躯体重量」の相関係数が 0.7 を超え、相関があることが解った。一方「根入れ深さ」と「根入れ比」に関しては、各々を除いて相関が強い要因が無いことが解った。

②重回帰分析

重回帰分析を行うにあたって目的変数 (Y) と説明変数 ($X_1, X_2, X_3, \dots$) を決定する必要がある。そこで他の要因と強い相関があった「橋脚高-根入れ深さ, (Hu)」を目的変数とした。また説明変数を「固有振動数, (f)」、「支持地盤N値, (N)」、「上部桁重量, (Wh)」、「橋脚躯体重量, (W)」、「幅厚さ比, (D/B)」、「橋脚材料補正, (C)」とした。

$$Hu = f(f, N, Wh, W, D/B, C) \dots (1)$$

以下に重回帰分析の結果から得られた回帰式を示す。

$$Hu = -0.453 \cdot f + 0.053 \cdot N - 0.056 \cdot Wh + 0.021 \cdot W - 1.373 \cdot D/B + 6.058 \cdot C + 7.270 \dots (2)$$

回帰統計より重相関係数は 0.956 となり、回帰式の有効性を評価する寄与率は 0.914 となった。

③予測式の検証

次に新たに衝撃振動試験と河床調査を実施した水位規制橋りょう (15 基) の「橋脚高-根入れ深さ, (Hu)」の実測値と、重回帰分析から得られた回帰式を用いて算出した「橋脚高-根入れ深さ, (Hu)」の予測値との相関を示す。

図の直線上にデータがあれば予測した値と実測値は等しい。また回帰式から算出された予測値がどの位実測値を予測できているかを知るために、以下に示す予測率なるものを定義した。

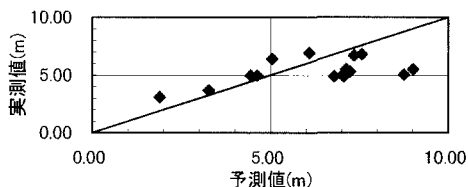


図 2. Hu の予測値と実測値の相関

$$\text{予測率}(\%) = (1 - |\text{実測値} - \text{予測値}| / \text{実測値}) \times 100 \dots (3)$$

以上で定義した予測率の式より、15 橋脚における予測率の全平均は 72.8% であった。今後さらにデータ数を増やしていく上で予測式の精度を検証していきたい。

4. まとめ

以上の解析の結果、「橋脚高-根入れ深さ」を目的変数とした回帰式が出来た。よって橋脚の根入れ深さ (Hd) の予測式は次のように表される。

$$\text{根入れ深さ (Hd) の予測値} = \text{橋脚高} - Hu \dots (4)$$

この予測式を用いることによって河川の流れが急な場合や、河川増水等で直接河床を調査するのが困難な状況においても、今回説明変数として採用した要因を予測式に代入する事によって橋脚基礎の根入れ深さの予測が可能である。つまり橋脚基礎における健全度判定の参考とすることが出来るものと考えられる。

最後に今後の展望として今回は直接基礎形式の橋脚を対象として解析を行ったが、要因を見直し同様の解析を行うことによって木杭基礎形式の橋脚に対しても応用が可能であると考えられる。

参考文献

1. 西村昭彦、棚村史郎：既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究、鉄道総研報告、Vol.3、No.8、1989.8
2. 西村昭彦：既設橋脚の固有振動数の標準値、施設協会誌、第 4 巻第 7 号、1990.7