

I - 150

固有振動数を用いた河川増水時の橋脚健全度についての検討

J R 東海 正会員 堤 要二
 J R 東海 山下 和敏
 (株)福山コンサルタント 正会員 中野 聡

1. はじめに

鉄道橋における増水時の運転規制は、従来規制水位を定めて管理・運用する方法をとってきた。これは、洗掘等による危険な状態を直接観測できないため、水位によって規制を行う方法である。今回河川増水時において橋脚の健全性を定量的に把握すべくこれに代わる運転規制の方法として、橋脚の固有振動数に着目した方法について検討した。これは、洗掘によって生じる危険な状態を固有振動数の変化で把握できるか否かの検討と、洗掘を想定した掘削によって、橋脚の固有振動数がどの程度変化するかを実験によって確認し、河川水位と固有振動数との相関性を確認したものである。

2. 橋脚の安定計算による限界固有振動数の算出

(1) 検討方法

検討方法は橋脚に対して、増水時の水圧と洗掘深さを考慮した安定計算から、安定計算上危険な状態となる水位と洗掘深さの関係を把握し、次に洗掘深さと橋脚の固有振動数の関係を橋脚に対する衝撃試験による実測値と振動モデルを用いた固有値解析によって算出し、この両者の関係から、安定計算上危険な状態となる水位と橋脚の固有振動数の関係を導き、これを橋脚の限界固有振動数とすることとした。ここでは、供用中の橋脚に対して以下の検討を行い、洗掘によって生じる危険な状態が橋脚の固有振動数の変化で把握できるか否かを検証した。

(2) 検討対象

検討の対象とした供用中の橋脚は、過去に度々洗掘を受け、現在も非常に厳しい水位規制で管理されている橋りょうである。この橋脚の一般図を図-1に示し、概略諸元を以下に示す。

上部工：スパン60m，トラス桁

下部工：ケーソン基礎，深さ15～17m

(3) 検討結果

橋脚に対する安定計算から、安定計算上危険な状態となる時の水位と洗掘深さの関係を算出した結果を図-2に示す。次に、洗掘深さと橋脚の固有振動数の関係を図-3に示す。これは、橋脚に対して衝撃振動試験を行った結果から算出した固有振動数の実測値と、その結果に対して洗掘によるケーソン側面の地盤バネの低下を想定した振動モデルを用いて固有値解析を行った結果から算出したものである。両者の関係から、安定計算上危険な状態となる時の水位と橋脚の固有振動数の関係を算出した結果が図-4である。この関係から、水位に係わらず、安全な橋脚の固有振動数は4.44Hz以上であることがわかった。

また、現状の橋脚の固有振動数は5.4Hzであり、1Hzの固有振動数の低下（20%の低下）は測定精度から十分捕らえることはでき、固有振動数の変化によって増水時の運転規制を行うことは可能であることがわかった。

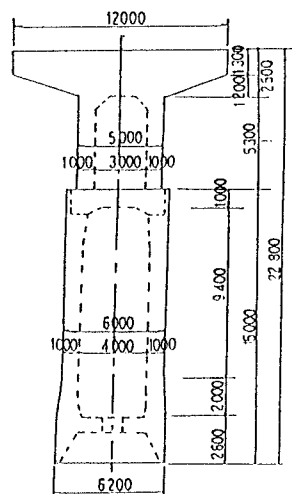


図-1 検討対象橋脚一般図

3. 洗掘深さと固有振動数の変化の確認

（1）試験概要

先に示した洗掘深さと固有振動数の関係は、振動モデルを用いた解析値であるため、図-1に示した橋脚と同形状の橋脚に対して、ケーソン周辺の地盤を掘削し、その時の橋脚の固有振動数を測定し、橋脚の洗掘深さと固有振動数の変化の関係を確認した。橋脚の掘削は現状（ケーソン天端から+3mの土被り）から3m掘削時（ケーソン天端0mの土被り）と5m掘削時（ケーソン天端から-2mの土被り）と7m掘削時（ケーソン天端から-4mの土被り）および埋戻し後（ケーソン天端から+3mの土被り）について行った。なお橋脚の固有振動数の測定は衝撃振動試験を用いた。

（2）試験結果

試験結果による橋脚の掘削深さと固有振動数の関係を図-5に示す。さらに、各掘削時における橋脚の応答波形を比較した結果を図-6に示す。このように、最も掘削したケーソン天端-4mの土被り時の固有振動数は5.2 Hzであり、これは図-3に示した解析値とほぼ一致することから、解析によって算出した洗掘深さと固有振動数の関係はほぼ妥当なものであることと、洗掘による固有振動数の変化は、測定可能であることを実験により確認した。

4. おわりに

橋脚の固有振動数を用いた増水時の運転規制は、実用可能であることがわかった。なお、現在は増水時の固有振動数の測定方法（衝撃加振装置）を（財）鉄道総合技術研究所が検証中であり、運転規制を行うにあたっての判断基準になり得るかどうか今後さらに検討を進める予定である。

最後に、今回の調査、研究に当たり（財）鉄道総合技術研究所の西村研究室の皆様には多大なるご協力を頂きましたことをこの場をお借りして感謝致します。

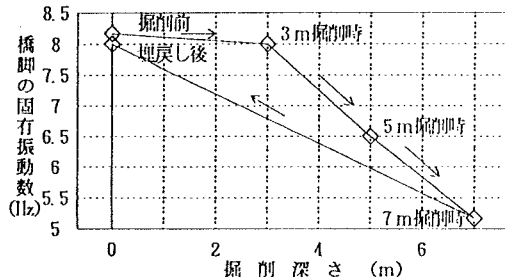


図-5 橋脚の掘削深さと固有振動数の関係

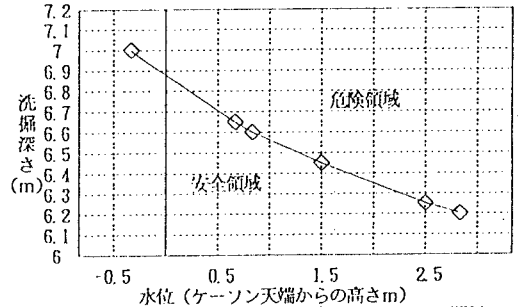


図-2 安定計算上危険となる水位と洗掘深さの関係

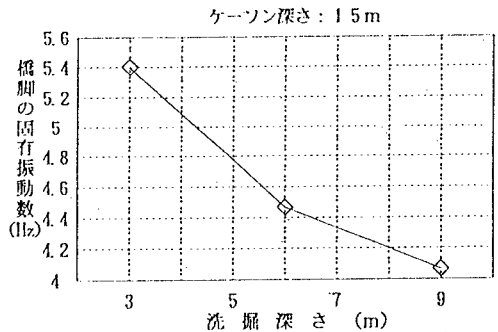


図-3 橋脚の洗掘深さと固有振動数の関係

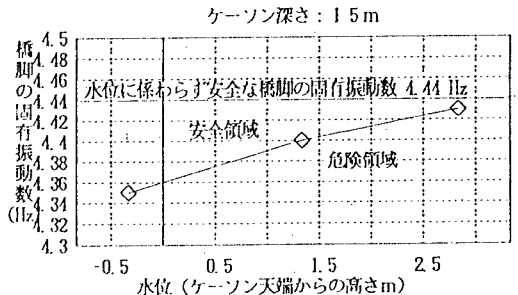


図-4 安定計算上危険となる水位と固有振動数の関係

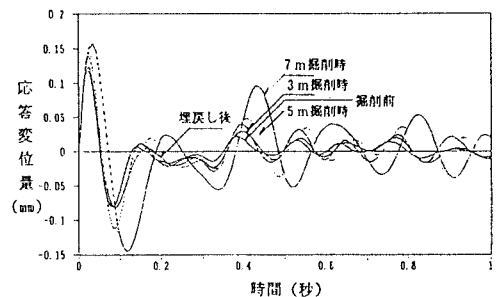


図-6 各掘削時における橋脚の応答波形の比較