

橋脚の固有振動数に及ぼす水深の影響に関する基礎実験

（財）鉄道総研 正会員 ○佐溝昌彦 正会員 渡邊 諭
正会員 淵脇 晃 正会員 杉山友康
国土館大学 フェロー会員 岡田勝也

1. はじめに

河川増水時には橋脚基礎が不安定化することがあり、必要により運転規制で列車の安全を確保している。しかし、規制を解除する時機の判断は難しい。そこで、筆者らは橋脚の微動を測定し、増水中に橋脚基礎の安定性を評価する手法を開発中であり、増水時であれば橋脚天端での微動から橋脚の固有振動数が特定できることを示した¹⁾。一方、水中にある柱状構造物が振動する場合には、水深の影響で固有振動数が低下するといわれている^{2), 3)}。河川増水時における橋脚の固有振動数に着目して橋脚基礎の安定性を評価する上で、水深によって固有振動数が変化するようであれば、その影響の程度や条件を把握しておく必要がある。そこで、実橋脚での測定例と縮尺模型による基礎実験を行い、実橋脚では水深による固有振動数の明瞭な差は認められなかったものの、模型実験では水深によって固有振動数が低下する傾向が見られたので報告する。

2. 実橋梁における水深の影響

実橋脚で水深の変動による固有振動数への影響を確認するため振動測定を行った。測定は、干満の差によって橋脚周りの水深が大きく変動する I 橋梁の 2 号橋脚（以下 2P）を選び、満潮時と干潮時に衝撃振動試験と微動測定を行った。

I 橋梁は単線橋梁で、上部工は上路鉸桁で支間長 12.9m、下部工は直接基礎形式の円柱形のコンクリート造橋脚である。橋脚の全高は 6.6m、橋脚天端から河床面まで 3.4m である。干潮時（低水時）には河床面まで水位が下がり、水深は 0m である。満潮時（増水時）は水深 1.5m に達する（図 1）。



(a)満潮時 (b)干潮時

図 1 I 橋梁の満潮時と干潮時の状況

衝撃振動試験の結果、満潮時（増水時）と干潮時（低水時）における橋脚の固有振動数はいずれの場合も 10.1Hz であり、両者で差はなかった。また、微動測定のフーリエスペクトルでも両者に明瞭な差は認められなかった。

3. 理論式による検討

実橋脚での測定では水深の影響は認められなかった。しかし、これまで、桜井²⁾、後藤・土岐³⁾によって、水中で柱状構造物が振動する場合の見かけ上増加する質量の理論式が提案されている。これらの理論式は円柱の直径と水深を主要なパラメータとしている。そこで、図 2 は、後藤・土岐の理論式を基に、I 橋梁 2P における固有振動数の変化を計算したものである。図中の水深 0.7m 以下に計算値がないのは理論式の適用範囲外のためである。この結果、水深が約 1.5m 上昇することで、固有振動数は 9.53Hz に低下すると計算され、水深 0m の時の固有振動数に比して約 5% 低下することとなった。ただし、この

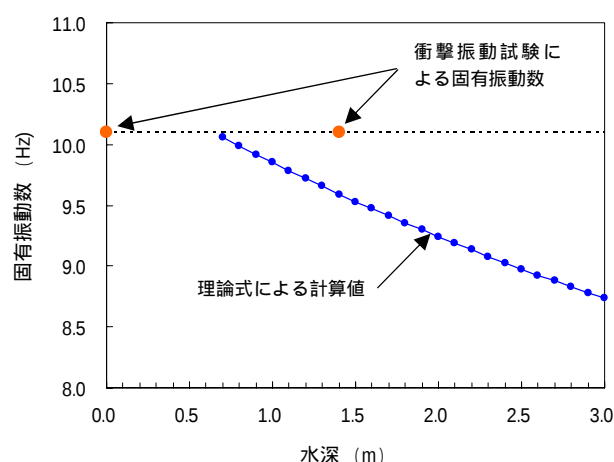


図 2 I 橋梁における理論式による固有振動数の低下傾向

キーワード 橋脚，固有振動数，微動，直接基礎，河川増水，付加質量

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7263

結果は実橋脚での実測結果と異なる。

4．模型実験による付加質量の影響

水深の変動による固有振動数の低下傾向が理論式と実橋脚による測定とで異なることから、固有振動数が橋脚周りの水深の変動に伴う橋脚の固有振動数への影響を検討するための水理模型実験を実施した。実験は、静水中に設置した模型橋脚に対して、水深と模型橋脚を支持するばねの剛性をパラメータとして衝撃加振を与え、その際の模型橋脚の固有振動数の変化を捉えるものである。実験の実施状況を図3に示す。

模型橋脚は円柱形とし、材質は無筋コンクリートとした。模型橋脚の寸法は、直径 250 mm、高さ 1250 mmとした。模型橋脚の支持条件は、打撃方向とそれに直角の方向にそれぞれ同一の剛性を持つ板ばねを介して堅固な床面に固定した。測定は、模型橋脚の打撃方向の加速度と変位をサンプリング周波数 500Hz で行った。

実験の結果を水深比（水深を橋脚高で除した値）と固有振動数で整理し、図4に示した。図4によれば、水深比が大きくなるに伴い、固有振動数が低下する傾向を示し、水深比が 0.5 を超えるとその傾向はさらに強まり、水深比が 0.84 になると固有振動数が概ね 0.8Hz ~ 1.2Hz 低下する。この傾向は、板ばねの剛性によらずほぼ同じである。

今回の実験では微動によるフーリエスペクトルから求めた固有振動数でも水深の増加によって低下する傾向が見られた。

模型実験や理論値からは橋脚周りの水深の変動が橋脚の固有振動数に影響を及ぼすことが確認できた。しかし、実橋脚ではその影響が確認できず、付加質量の影響評価について今回明確にすることができなかった。過去に実施したより小さな縮尺模型による実験⁴⁾の結果では水深の変動による影響が今回の結果よりも大きく現れており、模型の縮尺の影響や水の粘性の影響も考えられる。橋脚の固有振動数に及ぼす水深の変動による影響については今後も検討を続ける必要がある。

なお、本研究は国土交通省の補助金を受けて実施したものである。

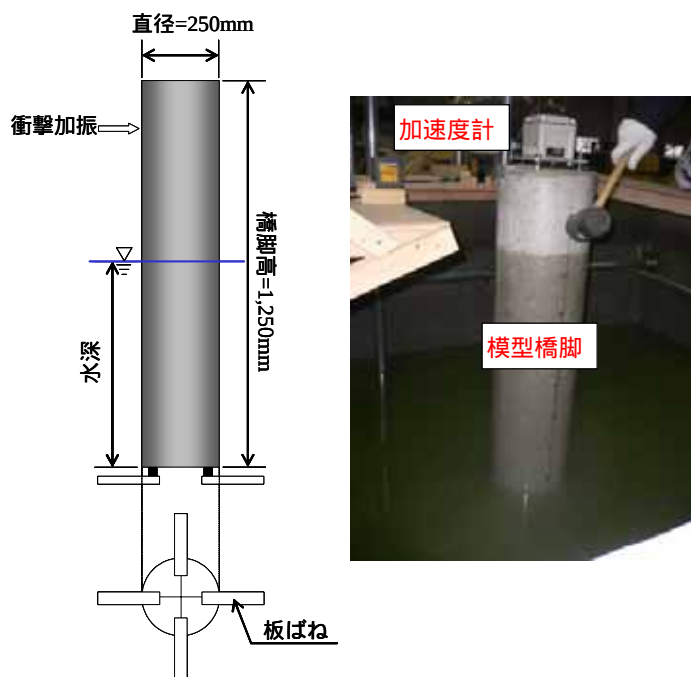


図3 模型実験の模式図と実施状況

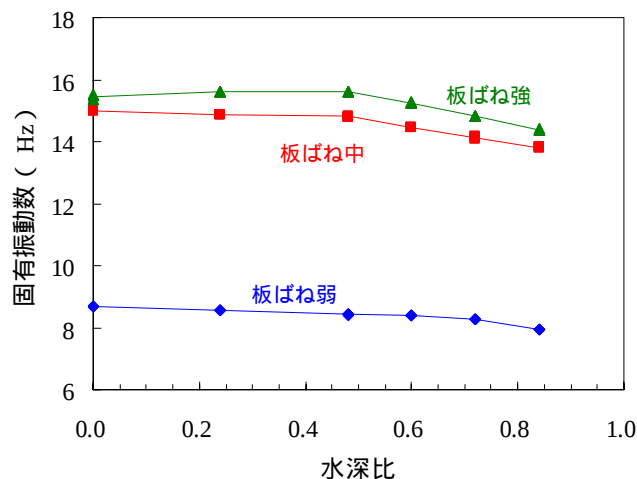


図4 静水中における水深比と固有振動数との関係

参考文献

- 1) 淵脇晃, 佐溝昌彦, 渡邊諭, 杉山友康, 岡田勝也: 河川増水時において微振動から橋脚の固有振動数を特定する一手法について, 第41回地盤工学会研究発表会, 2006.7
- 2) 桜井彰雄: 水中に立てられた柱状構造物の振動, 土木技術, 第16巻6号, pp.11-17, 1961.
- 3) 後藤尚男, 土岐憲三: 水中橋脚の振動と耐震設計に関する基礎研究, 土木学会論文集, No.100, pp.1-8, 1963.12
- 4) K.Ogihara, H.Muraishi, M.Samizo, D.Nakajima: Movement of Bridge Pier by Water Flow under Flood Condition, First International Conference on Scour of Foundations, Texas, USA, Nov. 2002