

橋脚側面および底面地盤の局所洗堀が直接基礎橋脚模型の振動性状に及ぼす影響

鉄道総合技術研究所 正○内藤 直人 正 渡邊 諭 正 布川 修
 鉄道総合技術研究所（現 J R 東日本） 正 樺 健典

1. はじめに

河川橋脚は増水によって周囲の地盤が洗堀されて最終的に橋脚が沈下・傾斜・流出するといった災害が発生する場合がある。河川増水が生じた場合には橋脚に異常がないか確認するが、河川内の橋脚基礎および周囲の地盤の状態を目視で直接確認することは容易でないため、橋脚基礎の健全度と相関が高い固有振動数等の振動に関する指標を用いて、増水後の運転再開の可否を判断することがある。ただし、既往の研究は橋脚側面の地盤（根入れ）の増減が主な検討範囲であり、橋脚底面の地盤が洗堀された場合の検討例は極めて少ない。一方、近年の豪雨頻度の増加に伴う河川増水の頻発が懸念されるため、橋脚底面が洗堀された場合の検討も必要である。そこで、本研究では、局所洗堀が生じた場合の橋脚の変状リスクが高い直接基礎橋脚を対象として、橋脚の側面および底面地盤を掘削した際の橋脚振動を計測する模型実験を実施した。

2. 実験概要

2. 1 模型概要

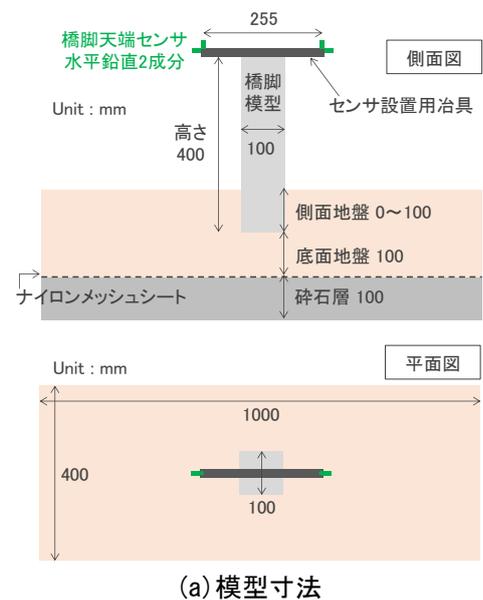
模型実験では、図1に示すように、内径が幅1000mm、奥行き400mm、高さ500mmの鋼製土槽に模型地盤を構築し、その上に100mm角、高さ400mmのモルタル製橋脚模型を設置した。模型地盤の初期条件は、土槽底面から順に、厚さ100mmの碎石層（人力で強く締め固めた状態）、ナイロンメッシュシート、厚さ100mmの底面地盤、模型橋脚の設置、厚さ100mmの側面地盤を構築した状態とした。

本実験では図2に示すような2つの地盤材料を用いており、Case1は珪砂3号のみで構成された地盤、Case2はCase1の間隙を珪砂7号（細粒分）で充填した地盤（珪砂3号:7号の質量比が5:1）とした。Case1は、珪砂3号の相対密度 $D_r=50\%$ （乾燥密度 $\rho_d=1426\text{kg/m}^3$ ）となるように計量して目標体積となるまで締め固めた。Case2は、図2に示すように珪砂3号の骨格がCase1と同等となるように計量して目標体積まで締め固めた。したがって、単位体積当たりのCase1とCase2の珪砂3号の質量は同等である。なお、地盤抵抗は、Case1よりもCase2の方が大きくなると考えられる。

地盤材料の含水状態は、橋脚底面地盤の掘削を実施するためにそれぞれの珪砂が自立する程度となることを目標に、珪砂3号（Case1）は含水比 $w=3\%$ 、珪砂7号は含水比 $w=15\%$ とし、Case2はそれぞれの珪砂の種類に対して上記の含水比となるように加水した後に2種類の珪砂を混合することで地盤材料を作成した。

2. 2 掘削実験概要

側面地盤（根入れ）は25mmずつ橋脚の全周を4回掘削し、底面地盤は図3に示すように、橋脚幅に対して10%ずつ橋脚の片側を3回掘



(a) 模型寸法



(b) 模型写真

図1 模型概要

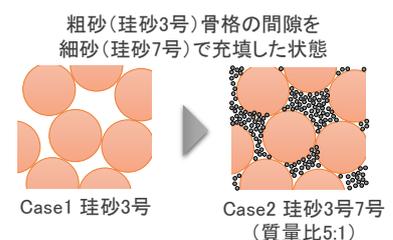


図2 実験に用いた地盤材料のイメージ

キーワード 常時微動, 固有振動数, 減衰定数, 橋脚, 直接基礎, 局所洗堀

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 防災技術研究部地盤防災 TEL042-573-7263

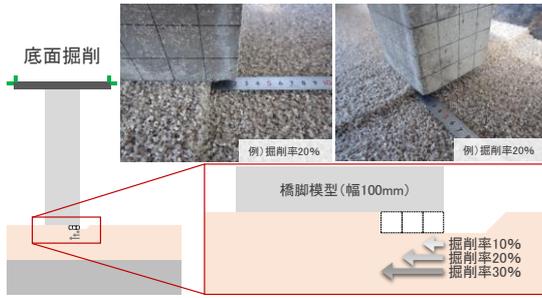


図3 底面掘削の概要

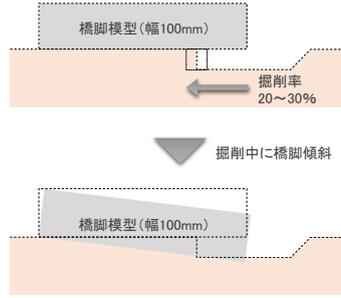


図4 橋脚傾斜のイメージ

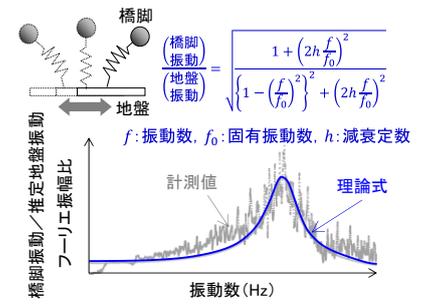


図5 1質点系ばねモデルの概要

削した。なお、Case1 の底面掘削率 30%の掘削の際に橋脚が傾斜し、図4に示すような状態で静止したため、参考値として傾斜した状態で振動計測を実施した。

2. 3 振動計測概要

常時微動計測は、センサに加速度計 (WILCOXON 社製 731-207) を用いて、サンプリング周波数 1kHz で 5 分間連続計測を実施した。計測箇所は、図1に示すように、橋脚天端に設置したセンサ設置用治具の両端部でそれぞれ水平方向と鉛直方向の2成分の計4成分である。本稿では、著者らが開発した橋脚天端の微動を用いた固有振動数同定手法¹⁾を用いて振動分析しており、橋脚天端で計測した振動から地盤振動を推定することができる。具体的には、図5に示すように、粘性減衰を有する1質点系ばねモデルを考えた場合に、計測値に対して固有振動数と減衰定数をパラメータとする地盤振動に対する橋脚振動の共振曲線の理論式でフィッティングして解を得ることができる。そのため、本稿では、橋脚の振動性状として地盤掘削時の固有振動数と減衰定数の変化を調べることにした。

3. 実験結果

図6は橋脚の側面および底面地盤の掘削に伴う橋脚の振動性状の変化を示している。また、側面および底面地盤掘削による定性的な傾向を把握するため、図6中には側面と底面地盤に分けて、それぞれCase1とCase2の結果をまとめた回帰直線を示している。

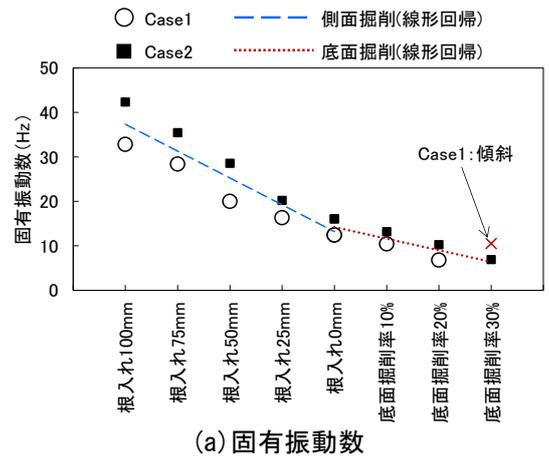
まず、地盤材料が異なるCase1とCase2の差に着目すると、地盤抵抗が大きいと考えられるCase2の方が、地盤-橋脚系の固有振動数および減衰定数は大きくなるのがわかる。続いて、側面と底面地盤掘削の影響の違いとして、固有振動数はいずれの掘削でも低下傾向にあるものの、減衰定数は、側面掘削時には低下傾向となる一方で底面掘削時には増加傾向となることがわかった。また、Case1の底面掘削率30%の掘削において橋脚が傾斜した際には、固有振動数および減衰定数が大きく上昇することがわかった。

4. おわりに

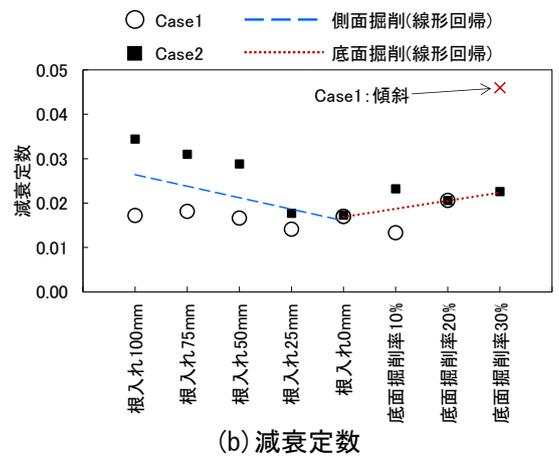
本模型実験は橋脚が桁を支持していない単純な振動条件であるため、本結果を一般化するためには桁を支持する橋梁模型で検討を進める必要がある。また、底面掘削過程で減衰定数が増加する傾向がある結果については、今後数値解析等も併用して現象を解釈する予定である。

参考文献

1) 樺健典, 湯浅友輝, 内藤直人, 渡邊諭: 橋脚天端両端部の微動計測による橋脚基礎地盤の洗掘に対する健全度評価手法, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.4, pp.319-327, 2018.12.



(a) 固有振動数



(b) 減衰定数

図6 橋脚の側面および底面地盤の掘削に伴う振動性状の変化