

河川の増水・出水による基礎地盤の局所洗掘現象が橋脚の固有振動数に及ぼす影響



新名 航

(2020年度 修士論文概要)

東京大学 工学部 社会基盤学科 土質・地盤研究室

概要

近年、台風や豪雨をはじめとする自然災害が多発し、多くの土木構造物が著しい被害を受けている。河川橋脚基礎の洗掘は古くから知られた現象で数多くの被災事例が近年も見られるが、**現状の洗掘被災リスクの維持管理指針は必ずしも体系的でなく、この信頼性を向上させるための知見が求められている。**

そこで本研究では「洗掘被災リスクの評価をより精緻に行うための1つの知見として、**橋脚の固有振動数と健全度の関係**を定量的に評価すること」を目的とし、出水を模した模型実験を実施した。

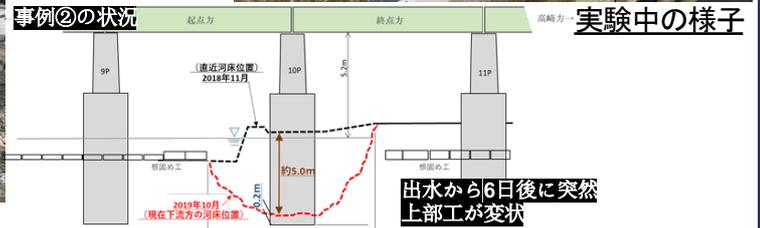
事例①



洗掘被災の事例



事例②



模型実験の詳細

開水路中に深さ0.17mの河床模型を構築し、水路中央にモルタル製橋脚模型を設置した。洗掘による橋脚の被災事例がセグメント1に立地する橋梁に多く見られることを勘案し、河床勾配は1/400とした。ポンプによって流量を段階的に増加させて、河床模型の洗掘を進行させた。河床模型を構成する材料として、本実験では鹿島珪砂4号、鹿島珪砂5号、鹿島珪砂2号と鹿島4号の混合砂、鹿島珪砂2号と鹿島5号の混合砂の4種類を用い、相対密度を管理した。流量が変化するタイミングでは一旦流れを止め、橋脚模型の上流側天端を打撃して下流側天端に設置した圧電型加速度計により加速度応答を測定した。高速フーリエ変換後のフーリエスペクトルのピークを橋脚模型の固有振動数とした。また、この固有振動数の測定時に橋脚模型近傍の河床高さを目視によって記録し、平均的な残存根入れ深さと固有振動数の関係を定量的に評価した。橋脚模型底面には4分割ロードセルが設置され、橋脚模型直下の地盤反力分布を経時的に測定した。同様にレーザー変位計を用いて橋脚模型の水平方向変位を経時的に測定した。

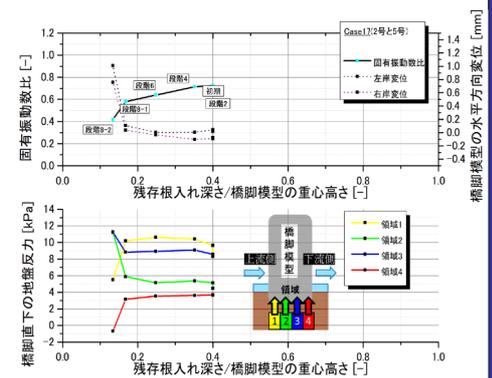
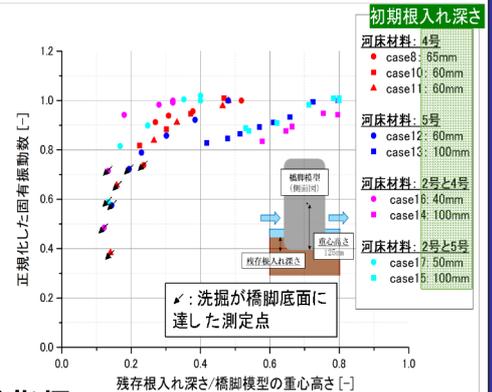
残存根入れ深さと固有振動数の関係

橋脚模型の固有振動数は、残存根入れ深さ（橋脚模型の拘束条件）に大きく依存する。これは残存土被りが洗掘・浸食されるにつれ、橋脚模型に対する地盤の水平方向の拘束圧（剛性）が低下するからだと考えられる。特に「残存根入れ深さ/橋脚模型の重心高さ」が約0.2を超えて低下すると、橋脚模型の底面地盤の浸食が始まり橋脚模型長さ方向の有効長さが減少し、固有振動数により鋭敏に影響を与える。

一方で同等の残存根入れ深さで比較した場合、河床材料の種類や相対密度が橋脚模型の固有振動数に与える影響は小さい。これは、橋脚模型の固有振動数が河床材料の違いよりも橋脚模型の拘束条件に大きく依存していることが原因であるからだと考えられる。

橋脚模型の不安定化を最も鋭敏に検出する指標

水平方向変位・地盤反力分布・固有振動数のうち、固有振動数が最も鋭敏に洗掘に伴う橋脚模型の不安定化を検出した。次点で地盤反力分布の変化が検出され、それと同程度もしくは少し遅れて橋脚天端の水平方向変位の変化が検出された。これは、固有振動数は橋脚模型近傍の残存根入れ深さ低下による影響を直ちに受けるが、地盤反力分布・水平方向変位は残存根入れ深さが十分に消失し橋脚模型の底面が露出してはじめて変化することが原因であると考えられる。



試験材料	相対密度Dr = 79% 時の密度 [g/cm ³]	相対密度Dr = 90% 時の密度 [g/cm ³]	D ₅₀	平均粒径 [mm]
4号	1.549	1.575	0.74	
5号	1.692	-	0.31	
2号と4号	1.679	-	1.3	
2号と5号	1.889	-	0.74	

河床材料の諸元

Case	河床材料	根入れ深さ / 橋脚幅 (70mm) [-]	相対密度 [%]	実験前の固有振動数 [Hz]
Case8	4号	0.93 (65mm)	79	34.3
Case10	4号	0.86 (60mm)	79	42.8
Case11	4号	0.86 (60mm)	90	44.9
Case12	5号	0.86 (60mm)	79	43.6
Case13	5号	1.43 (100mm)	79	54.1
Case14	2号と4号	1.43 (100mm)	79	57.6
Case15	2号と5号	1.43 (100mm)	79	57.1
Case16	2号と4号	0.57 (40mm)	79	36.1
Case17	2号と5号	0.71 (50mm)	79	40.6

実験の概要