

## 洗掘で被災した直接基礎橋脚の残存支持力評価に関する模型載荷試験

鉄道総合技術研究所 正○黒木 悠輔, 正 佐藤 武斗  
正 西岡 英俊, 正 佐名川太亮

### 1. はじめに

近年、台風や集中豪雨により、旧式河川鉄道橋梁が洗掘により被災する事例が増えている。洗掘により橋脚が沈下や傾斜した鉄道橋梁は、列車の運休を余儀なくされる場合が多く、社会的な影響も大きいため、早期の運行再開が望まれる。洗掘により被災した橋脚の応急復旧法の一つに、載荷試験により被災橋脚の安定性を確認し、被災橋脚を再供用する方法があるが、被災橋脚の支持性能が明らかになっていないため、これまで安全側の対策を実施した後、再供用を行っていた。

洗掘により沈下・傾斜した橋脚の支持性能（以下、残存支持力）が明らかになれば、より早期かつ経済的に応急復旧を行うことができると考えられる。そこで筆者らは、実際の流水により沈下・傾斜させた直接基礎模型の載荷試験を実施し、被災橋脚の残存支持力について確認した。本報文ではその試験概要と試験結果について報告する。

### 2. 模型試験概要

**2.1 模型概要** 今回の試験に用いた模型の概要図を図1に示す。内寸法で長さ1700mm、幅400mm、高さ500mmのアルミ製土槽に地盤を構築し、そこに直接基礎橋脚を模擬して作製したモルタル製の橋脚基礎模型（重さ5.3kg）を設置しており、橋脚基礎模型には図2に示すように荷重計、変位計、傾斜計を設け基礎模型の底面には、基礎底面支持力の分布を計測するため、図3のようにロードしている。

**2.2 試験条件** 模型試験は、鹿島砂6～8mmと東北砂6号を混合して乾燥密度 $\rho_d = 1.70 \text{ g/cm}^3$ で構築した地盤に対して、被災前を想定した洗掘の無い状態における単調載荷と被災後を想定した流水による洗掘で残留変位が残った状態における単調載荷の2ケースで実施した。なお、土質材料の混合率は重量比で鹿島砂：東北砂＝1：1としたCase1と鹿島砂：東北砂＝2：3としたCase2で実施している。基礎模型の洗掘については流水を与え続けることで再現し、図2中のD01とD02の平均値が基礎幅の10%以上となる変位が発生するまで継続した。

### 3. 試験結果

図4(a)(b)に模型試験におけるCase1とCase2の荷重変位関係と、基礎底面荷重の推移をそれぞれ示す。Case1とCase2ともに洗掘前の荷重変位関係は同様の傾向を示していることがわかる。しかし、流水による洗掘により基礎幅の10%以上の残留変位が発生した後の単調載荷については、Case1の残存支持力は洗掘前と同程度となっているものの、Case2については洗掘前のおよそ1/2程度に留まっていることが分かる。Case1とCase2では、特に載荷初期での剛性の大きさに違いがあり、例えば、橋脚死荷重のおよそ2倍の荷重である100Nが載荷された際に累積する沈下量はCase1が基礎幅の0.38%程度であるのに対して、Case2については基礎幅の0.73%であり約2倍の変位となっている。このことから、洗掘により沈下・傾斜した直接基礎橋脚についても、高い残存支持力が期待できる場合があり、定性的には初期の剛性が高い場合に高い残存支持力が期待できるものと考えられる。

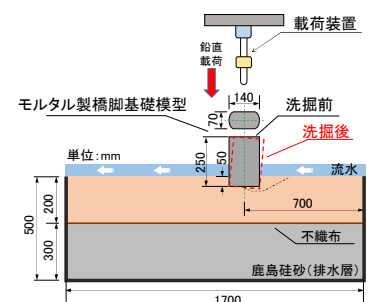


図1 流水模型概要図

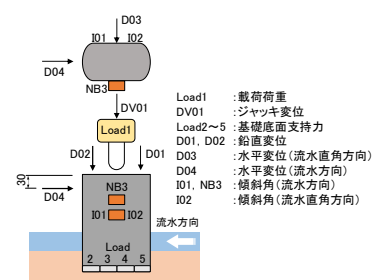


図2 計測器設置概要図

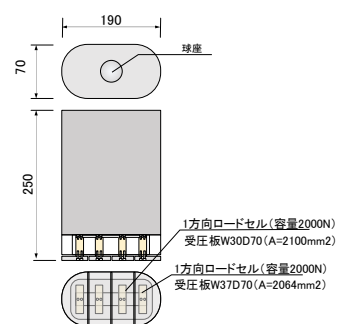


図3 橋脚基礎模型概要図

キーワード：直接基礎、洗掘、沈下、支持力

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 TEL：042-573-7261

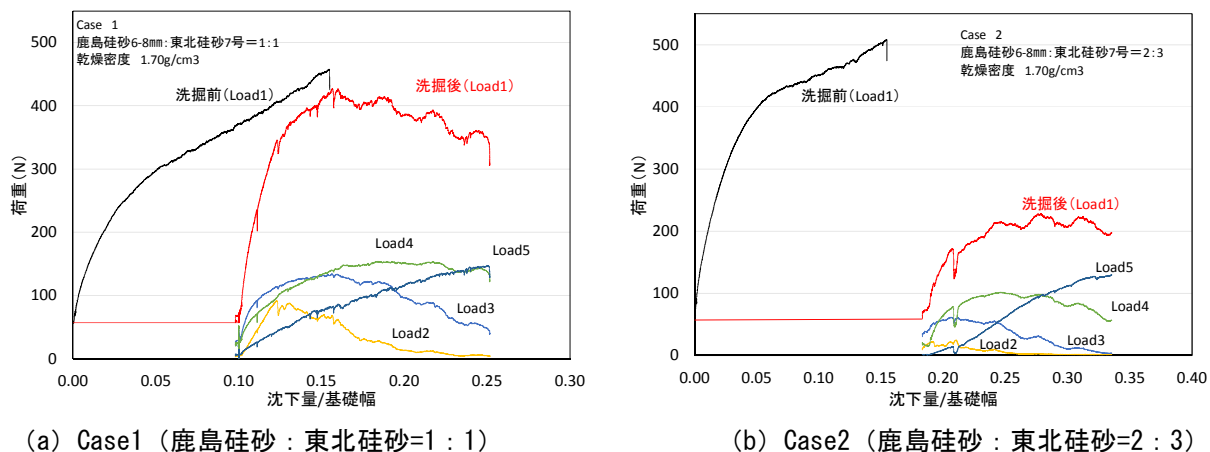


図4 载荷試験における荷重変位関係と基礎底面支持力の推移

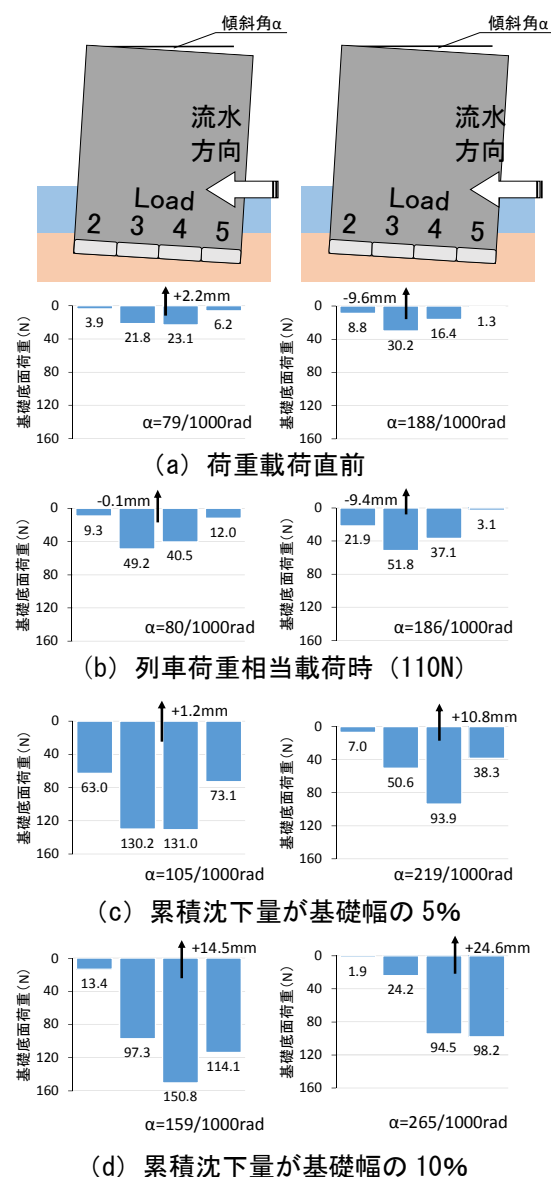
また、図4の模型底面の支持力の推移については、どちらのケースも同様の傾向を示しており、荷重载荷初期については、上流方の基礎底面が洗掘されたことにより下流方の基礎底面で荷重を支持し、その後、载荷荷重が大きくなるに伴って上流方の基礎底面に大きな荷重が作用していることが分かる。

基礎底面の支持力の分布と傾斜角の推移を図5に示す。棒グラフについては、図5上部の概略図のロードセルの位置と対応しており、図中の黒矢印は上流方（グラフの右方向）を正とした基礎底面支持力の作用中心を表している。図から、载荷初期で荷重が小さい(a)や(b)では、基礎底面の支持力分布に大きな変化が無いが、Case2では、底面の支持力の作用中心が下流方に9mm程度移動しており、上流方が大きく洗掘されていたものと推察される。荷重が大きくなる(c)や(d)では、傾斜角が大きくなるのに伴って徐々に上流方に作用の中心が移動しており、特にCase2においてその傾向が顕著であることが分かる。Case2はCase1と比較して洗掘による上流方基礎底面地盤の塑性化が進んでいたものと考えられ、傾斜の進行により下流方の基礎底面が接地しなくなり、上流方の基礎底面でのみ荷重を支持しているものと推察される。相対的には洗掘後も高い支持力が確認されたCase1については、基礎底面荷重の作用中心が、基礎の中心から大きく移動しておらず下流方の基礎底面でも支持力が発揮されている。よって洗掘で被災した橋脚においても、基礎底面を安定化させれば、沈下や傾斜による変位が残留した状態でも高い支持力が期待できるものと考えられる。

#### 4. おわりに

本報文では、洗掘により沈下・傾斜した直接基礎の残存支持力の確認のために実施した、直接基礎模型の载荷試験の概要と結果を述べた。本報文が、洗掘被害を受けた橋梁の早期かつ経済的な復旧に寄与すれば幸いである。

【謝辞】本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

図5 基礎底面支持力と傾斜角の推移  
(左: Case1, 右: Case2)