

被災データに基づく道路橋基礎の洗掘の有無に関する線形判別分析

国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 正会員 ○宮原 史
 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 正会員 木村 崇
 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 正会員 七澤 利明

1. はじめに

災害に強い強靱な道路ネットワークを実現するためには、大規模地震や大雨による洪水等に対して道路機能への影響を最小限に留められるようにすることが求められる。この状態を早期にかつ合理的に実現するためには、耐荷性向上対策を実施すべき既設道路構造物基礎（橋梁基礎等）の構造条件等を提示する必要がある。

そこで本研究では、橋梁基礎の洗掘に着目し、洗掘しやすい構造条件、河川条件を抽出するため、洪水等で洗掘した橋梁群と、同じ洪水等を経験したにも関わらず洗掘しなかった橋梁群のデータを用いて、洗掘の有無を目的変数、構造条件、河川条件を説明変数とした線形判別分析を行った。

2. 分析対象とした橋梁群データ

(1) 洪水等で洗掘した橋梁群データ

平成 23 年から 28 年までに洪水で被災した道路災害査定データ（347 橋）と、平成 30 年 7 月豪雨で被災した橋梁データ（169 橋）を用いた。データ上の被災内容に洗掘が含まれている橋梁に加え、洗掘が含まれていないものの沈下、傾斜、倒壊、流出のいずれかが含まれている橋梁についても、洗掘していると判断し、分析対象とした。また、洪水規模の条件の影響を極力排除するため、位置が特定可能であり、かつ、同水系において(2)に示す橋梁データが確認された橋梁のみを分析対象とした。以上により、前述の 347 橋、169 橋のうち、それぞれ 108 橋、40 橋を抽出した。これらに(2)で後述する定期点検結果において洗掘していることが確認された橋梁群（35 橋）を加えた合計 183 橋を分析対象とした（以後「A 群」と呼ぶ。）。

(2) 洪水等で洗掘しなかった橋梁群データ

線形判別分析を行うため、(1)で抽出した A 群と同水系の河川を渡河する、洗掘していない橋梁群を抽出する。今回は、橋梁諸元データなど比較的多くのデータが利用可能であることから、国土交通省地方整備局、同北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局が平成 29 年度までに橋梁定期点検要領に基づいて実施した定期点検データを用いた。洗掘していないことの判断は、直近の定期点検結果において洗掘に関する損傷程度の評価が a（洗掘なし）のみであることと、洗掘に関する補修履歴が記録されていないことに基づいて行った。その結果、207 橋を抽出した（以後「B 群」と呼ぶ。）。ここで、B 群のうち、平成 23 年から 28 年までに洪水で洗掘した橋梁群と同水系の河川を渡河する橋梁群は、いずれも当該洪水以後に定期点検が行われていることを確認している。また、B 群のうち、平成 30 年 7 月豪雨で洗掘した橋梁群と同水系の河川を渡河する橋梁群は、いずれも当該豪雨以前に定期点検が行われているものの、平成 30 年 7 月豪雨で被災していないことを別途調査により確認している。なお、以上の抽出過程で定期点検結果において洗掘していることが確認されている橋梁群（35 橋）も抽出されたため、これらは(1)に示したとおり A 群に加え分析対象としている。

3. 説明変数の設定

(1) 既往研究のレビュー

洗掘深の推定式には、Tarapore, Andru, 小川ら、須賀らなど多くの提案式がある¹⁾。これらの提案式では、説明変数として、流速、水深、円柱径、河床材料の粒径が用いられている。鉄道橋脚周りの河床低下量の推定を試みた佐溝²⁾では、これらに加え、流量、河道の曲率が用いられている。さらに、佐溝は鉄道橋脚周りの洗掘の有無の予測も試みており、推定式には分担阻害率（橋脚毎の河積阻害率）、流路内位置比、橋脚と水際線

キーワード 道路橋, 基礎, 洗掘, 線形判別分析

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 TEL 029-864-7189

の距離、植生の有無が含まれている。

(2) 統計的分析における定量的説明変数の設定

1. で選定した分析対象の橋梁群が有する定量的データを表-1 に示す。統計的分析を行うには、(1)で示した既往研究で用いられている説明変数を極力揃えることが望ましい。しかし、今回は利用可能なデータの制約から、建設年次、橋長、径間数、最大支間長、流域面積、河床勾配、河川形状を用いることとした。なお、これらの説明変数の内部相関の有無を確認した結果、いずれの組合せも相関係数は 0.7 以下であったため、内部相関は見られないと判断し、いずれの説明変数も線形判別分析に用いることとした。

(3) 定性的説明変数の取扱

橋脚形式、橋脚基礎形式といった定性データは線形判別分析にそのまま適用し難い。そこで、A 群と B 群間での傾向を整理した結果、橋脚形式、橋台形式は洗掘しやすさに影響していることが想定された。そこで、橋脚形式、橋台形式の観点から予め分析対象をグルーピングした上での線形判別分析も行うことで、洗掘しやすさへの影響を考慮することとした。

4. 線形判別分析の結果

3. (2)で設定した定量的説明変数を用いて、洗掘の有無に関する線形判別分析を行った。線形判別分析では、分析対象とする変数の組合せによって、有意な説明変数として採用される変数が異なる可能性がある。そこで、全ての説明変数の組合せが考慮されるよう網羅的に分析を行った上で、実際の洗掘の有無との適合率の高い説明変数について考察することとした。

分析結果から、代表として 2 つのケースにおける判定結果を表-2 に示す。ケース 1 は最も適合率が高かったケースである。建設年次が古いほど、橋長が小さいほど、径間数が多いほど、河床勾配が急であるほど洗掘しやすいという結果となった。ケース 2 は、適合率は比較的低いものの、河道形状が説明変数として採用されたケースである。河床形状が湾曲の方が直線よりも洗掘しやすいという結果となった。最大支間長と流域面積はいずれのケースにおいても有意な説明変数として採用されなかった。以上の分析結果から、建設年次、橋長、径間数、河床勾配、河道形状が、

洗掘のしやすさに優位に影響していることが確認された。

次に、3. (3)で示したよう

に橋脚形式、橋台形式の観点から予め分析対象をグルーピングした上で線形判別分析を行った。その結果、グルーピングしたことで分析対象橋梁が減少するものの、洗掘有りに限ればケース 1 を上回る適合率が得られる結果も得られた。この結果から、橋脚形式、橋台形式も洗掘のしやすさに影響する可能性があると考えられる。

4. まとめ

線形判別分析に用いた B 群は国管理の橋梁から抽出したため、比較的橋長や径間数が大きい橋梁が多く、この偏りが分析結果にも影響した可能性がある。今後、国管理の橋梁以外からも対象橋梁を抽出するとともに、滞筋の経年変化の有無なども説明変数として分析対象とすることが考えられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：治水上から見た橋脚問題に関する検討，土木研究所資料第 3225 号，1993
- 2) 佐溝昌彦他：統計的手法による鉄道橋梁の増水時における被災注意橋脚抽出手法，No.3, Vol.69, 土木学会論文集 D3 (土木計画学)，2013

表-1 洪水による被災要因分析のために抽出した項目

	洗掘した橋梁群 (A 群：183 橋)	洗掘しなかった橋梁群 (B 群：207 橋)
建設年次	114	206
橋長	135	206
径間数	139	206
最大支間長	115	204
橋脚幅	34	13
流域面積(※)	84	129
河床勾配(※)	142	206
河道形状	183	207
河川幅	9	6
河床材料	4	0
被災時流量	12	0

※流域面積、河床勾配、河川形状は国土数値情報データから推定

表-2 洗掘の有無に関する線形判別分析の結果

ケース	建設年次	橋長	径間数	最大支間長	流域面積	河床勾配	河道形状	適合率
1	-0.4273	-0.8830	0.8208	—	—	0.4530	—	74%
2	—	—	0.5198	—	—	0.9375	-0.2521	65%