

橋梁排水柵の形状の違いによる排水性能評価

株式会社コーセイ 正会員 ○大脇 賢治
株式会社ライフク 非会員 伊木 宏行
岐阜大学工学部社会基盤工学科 正会員 大橋 慶介

1. はじめに

橋梁における排水装置は排水柵と配水管によって構成され、道路の冠水を防ぐため速やかに雨水を排水し、降雨時の車両走行の安全性を保つ役目を担っている。しかし、近年のゲリラ豪雨では、設計基準を超えた局地的な降雨によって道路冠水がしばしば引き起こされている¹⁾。また、橋梁長寿命化が叫ばれるなか、排水管の破損や詰まり、或いは排水能力不足から雨水の滞留時間が増すことで橋梁全体にさまざまな悪影響を及ぼす状況となっている²⁾。現在、この橋梁長寿命化の課題に対して、国土交通省を始め様々な機関が取り組みを始めている³⁾。そこで、本研究は橋梁長寿命化の妨げとなっている雨水排水限界の向上を目的とし、排水柵の最適な形状について比較実験を通じて評価した。

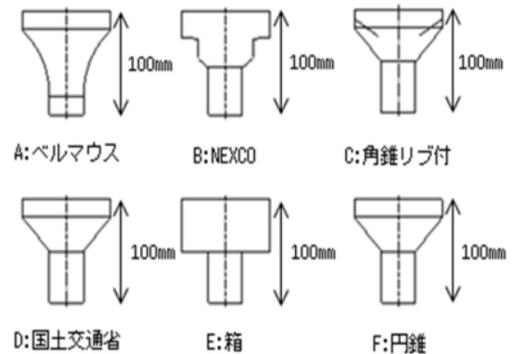


図-1 排水柵のバリエーション

2. 実験方法

a) 排水柵の形状 実験で用いる排水柵の形状を図-1に示す。それぞれ、ベルマウス形状を排水柵としたベルマウス型（ケースA）、中日本高速道路株式会社の標準的形状であるNEXCO型（ケースB）、角錐型の内部にリブを取り付けたリブ型（ケースC）、国土交通省の標準的形状である国土交通省型（ケースD）、旧式形状である箱型（ケースE）、漏斗状の円錐型（ケースF）の6種類である。流入部の形状は原型と同じ矩形断面とし、流入部から流出部までの高さは100mm、流出部は内径40mmの円形に統一されている。

b) フルード相似について 実物の排水柵による水理実験は流量の確保が困難であるため、1/4縮小模型を用いた。なお、フルード相似に基づき、流量の縮尺は $\lambda = (1/4)^{5/2} = 0.0313$ である。

c) 計測方法 図-2のように道路片側を再現した路面模型において、路肩の位置に排水柵を設置し、車道中央の位置へポンプで給水した。水位を一定に保った地下水槽から給水し、ポンプ流量を徐々に増加させていくと、排水柵の限界排水量を超えたところで路面冠水が始まる。その時点で給水流量を固定して、バケツを用いて単位時間あたりの排出量を計測した。なお、限界排水量は3回計測した平均値を用いている。

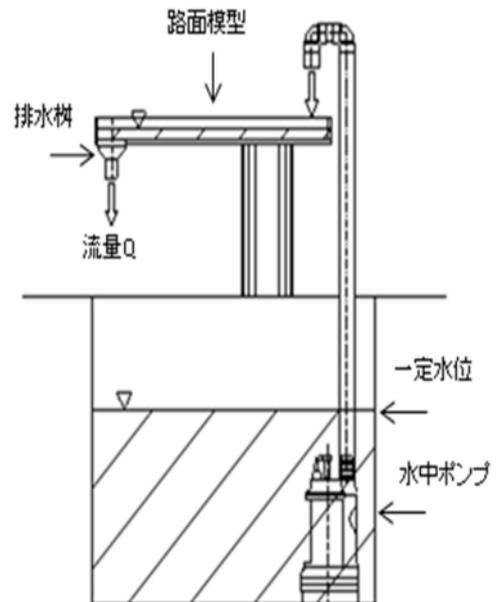


図-2 実験の模式図

3. 結果と考察

計測された縮小模型実験での限界排水量を図-3 に示す。Aのベルマウス型が他ケースと比較して約40%限界排水量が大きくなっている。表-1に原型換算の限界排水量、および箱型に対するT検定の結果を示す。各形状のなかで統計的に有意差が認められたものはベルマウス型と円錐型だけであった。円錐型はベルマウス型の簡易加工版という位置づけであり、ベルマウス型に準じた性能が期待されたが、結果は箱形に対する排水量向上率が約10%と低かった。ついで、限界排水量を決定する要因を探るため、ビデオ解析によって排水柵内部で発生する渦を観察した。図-4に限界排出状態のベルマウス型と箱形の流れの模式図を示す。路面から水平に流入した雨水は、流入部から排水柵に落下して流出部から排水される。このとき、箱型排水柵内部では大きな剥離渦が発生していることが確認された。一方、ベルマウス型では明確な剥離領域は確認されず、このことから流れの剥離による流体抵抗は小さいことが予想される。また、円錐型では上側の漏斗状部分と下側の管路部分との接合点において中規模な剥離渦が確認された。このことがベルマウス型との限界排水性能の違いであると考えられる。図-5には限界排水量未満での流れを示す。ベルマウス型では排水柵形状に沿って滑らかに流下するのに対して、箱型の場合は管路上部において水平方向に向かい合った流れが衝突することで大きな流体抵抗が生じ、急激に限界排水状態へ遷移した。このように雨水流入量が限界排水量に達していない場合であっても、それぞれの流れの様子は大きく異なっている。箱形以外の形状でも概ね同様の傾向が観察されており、このことから排水柵の通水性能は内部での流れの剥離状態によって決まることが予想される。特に、管路接合部分において剥離を抑制することが限界排水量の向上に繋がると考えられる。

4. おわりに

排水柵の形状としてベルマウス型が最適であり、限界排水量は箱形に対して約40%向上した。簡易ベルマウス型として設定した円錐型では約10%の向上にとどまり、期待した結果は得られなかった。国土交通省型、NEXCO型等の形状は箱形と同程度の性能であることが判明した。また、ビデオ解析の結果からベルマウス型以外は排水柵内に明確な剥離渦を伴い、大きな流水抵抗になっていることが確認された。今後は、この基礎実験に基づいて橋梁長寿命化のひとつの解決策として高機能排水柵の実用化を進める。また、排水管も含めた排水システムとしての最適化については今後の課題である。

参考文献 1) 中部地方整備局：道路維持管理方針(案)・道路維持管理計画(案)平成25年4月, <http://www.cbr.mlit.go.jp/road/ijikanri/pdf/keiyakuan.pdf>, 2014.12 現在. 2) 内藤幸美, 田邊千秋, 吉川昌宏：未来に残す橋作り～橋梁長寿命化に向けた取り組み～, 平成24年度国土交通省国土技術研究会, 2012. 3) 国土交通省関東地方整備局：老朽化対策の取り組み, <http://www.ktr.mlit.go.jp/honkyoku/road/kyouryoutaisaku/env/index.html>, 2014.12 現在.

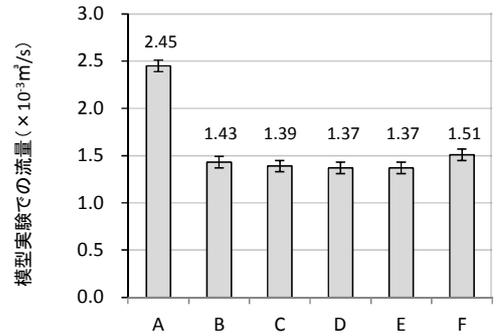


図-3 限界排水量の比較

表-1 模型および原型換算での限界排水量と箱形に対する有意性

形状	模型での限界排水量 (10 ⁻³ m ³ /s)	原型換算での限界排水量 (10 ⁻³ m ³ /s)	箱形に対する有意差 箱形に対する有意差
ベルマウス	2.45	78.46	○
NEXCO	1.43	45.72	×
リップ付	1.39	44.63	×
国土交通省	1.37	43.84	×
箱型	1.37	43.84	-
円錐	1.51	48.32	○

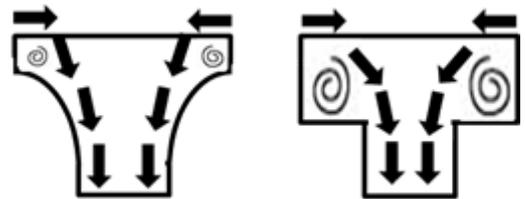


図-4 限界排水状態での流れ

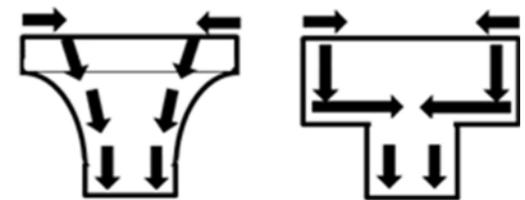


図-5 非限界排水状態での流れ