

氏名	宇民正 う たみ ただし
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第810号
学位授与の日付	昭和50年9月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	橋脚周辺の流れの機構と洗掘防止法に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 石原安雄 教授 村本嘉雄 教授 中川博次

論文内容の要旨

この論文は、河道内に設置された橋脚周辺に生ずる局所流の水理学的特性を明らかにするとともに、その成果を利用して、局所洗掘の防止法についての基礎的研究をとりまとめたもので、緒論、結論のほか5章よりなっている。

緒論は、本研究の必要性、目的及び各章の研究概要を述べたものである。

第1章は、橋脚周辺に生ずる局所流及び洗掘防止法に関する従来の研究を整理検討するとともに、流れの機構に関して若干の基本的考察を加えたものである。すなわち、この場合の局所流は、橋脚の前面における馬蹄型渦領域と下降流領域及び後面における後流はく離領域に分けられるが、前2者は接近流の流速分布に含まれる渦度が流れの慣性力によって変化・集中する過程として特徴づけられるとしている。

第2章は、種々の局所流に関する従来の研究について広く調査検討し、橋脚周辺の局所流の研究がとくに遅れているのは、主として複雑な3次元的流れの計測の困難さに基因していることを示したのち、実際の橋脚周辺の流況把握とその解析法の手がかりを得るために、計測が比較的容易な層流状態のときを対象とし、平滑な固定床上に置かれた橋脚の前面に生ずる馬蹄型渦及び下降流について実験的解析的に究明した結果を述べたものである。

計測上の必要から、水深の比較的大きな層流状態の接近流を作るために、水とグリセリンの混合流体を使用しているが、この混合流体を利用する得失を示すとともに、水素気泡をトレーサーとした flow visualization の技術に種々の工夫を加え、鉛直型、水平型及び点型の3種の電極を用いた3次元的流況の計測方法を具体的に示している。この方法によって、角柱及び円柱の橋脚について実験を行い、馬蹄型渦を構成する流体は、流れの対称面の近傍で水深の中程より深くかつ底面付近を除く領域から供給され、この場合の渦度の変化・集中過程はほぼ Helmholtz の渦度保存則に従っていること、水深の中程より上の領域から供給される流体は橋脚直前の下降流を形成していること及び底面付近から供給される流体は馬蹄型渦に伴う逆流に押されて渦の外縁をまわるように横方向に流れることを見出している。また、馬蹄型渦領

域の外縁の境界面は、円柱橋脚の場合、その中心線を軸とし水路底面に向うほど広がった円錐面状を呈することを発見するとともに、馬蹄型渦の中心の位置を与える実験式を導いている。これらの実験的事実に基づいて、円柱まわりの2次元非回転流れと馬蹄型渦による流れとを重ね合わせた近似的解析モデルを提案し、下降流領域を除いて実験値と計算値がよく一致することを確かめている。

第3章は、第2章の結果を参照しつつ、接近流が乱流状態のときを対象として、円柱橋脚前面における局所流の流況把握とその解析モデルについて述べたものである。

乱流状態における3次元局所流の計測方法として、流体トレーサーをストロボ照明下で2台の普通カメラにより立体撮影して流跡線を測定しようとする flow visualization の技術を開発するとともに、水流中に注入した染料の拡散及び底面に散布した砂の移動の観察をも併用している。実験の結果、馬蹄型渦領域の中に一つの主渦と数箇の微小渦が存在することを除いては、時間平均的な流況は接近流が層流状態のときの流況とほぼ同じであることを確かめている。さらに、接近流の流速分布式と主馬蹄型渦の位置に関する実験式を用い、第2章と同じ解析モデルによる計算値が、下降流領域を除いて、実験値とよく一致することを示すとともに、下降流領域における補正の方法についても論及している。

第4章は、円柱橋脚に対して後流はく離領域における流況を実験的に検討した結果を述べたものである。一様流中に置れた円柱の後流の流況がレイノルズ数によってかなり異なることは従来からよく知られているが、接近流に流速分布がある本研究の場合も同様の变化を示すことを確かめるとともに、接近流が層流及び乱流のそれぞれの場合について、後流はく離領域における渦軸の動態とこの領域に巻込まれる接近流の範囲を明確にしている。

第5章は、主として第3章の結果に基づいて、各種の洗掘防止法の得失について論ずるとともに、その一つである杭型防止工の洗掘防止機能と最適配置などについて実験的に検討した結果を述べたものである。

橋脚周辺の局所洗掘と局所流の関係について考察したのち、洗掘を支配する主流、馬蹄型渦、下降流及び後流はく離渦の大きさないしは強さを軽減するための各種の方策を比較検討した結果、橋脚の水平断面の形状を工夫する方法がもっとも効果的であるが、円柱橋脚の場合は杭型防止工が優れていることを示している。前者についてはかなり研究が進んでいるので、本章では杭型防止工の局所流の発生を軽減する目的に対して、直径が橋脚の1/10の杭を橋脚の上流側で馬蹄型渦領域の外側境界線上に置くときが最適であることを固定床の実験によって確かめるとともに、そのときの洗掘深さの軽減率が約30%となることを移動床の実験で示している。

結論は、以上の研究成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

最近、陸上交通の整備に伴って、河道内に多数の橋脚が設置されつつあるが、その際、河川に悪影響を及ぼし災害原因とならないような橋脚の配置とともに、橋脚自体の安全性の確保が必要である。この論文は、橋脚周辺の局所流の水理学的特性を明らかにし、その結果を用いて、局所洗掘防止の一般の方策と、とくに円柱橋脚の場合の杭型防止工の有用性について論述したもので、得られた主な成果はつぎのとおり

である。

1) 橋脚周辺に形成されるような3次元的局所流を計測する方法として、水素気泡や異質の流体塊をトレーサーとした flow visualization の方法に種々の改良を加え、流線や流跡線の正確な測定を可能にした。

2) 固定床上に置かれた橋脚の前面に生ずる馬蹄型渦の成因については従来あまり明確でなかったが、計測が比較的容易な層流状態のときの流線測定に基づく研究結果を手がかりとして、接近流が乱流状態のときの流跡線の測定結果を詳細に検討し、馬蹄型渦は接近流の流速分布に含まれる渦度が橋脚周辺の流れの慣性力によって変化・集中するために形成されることを明らかにした。さらに、この過程に関与する流体は、橋脚の上流部において流れの対称面の近傍で、底面付近及び水深の中程より上の部分を除いた領域を通過するものであり、また、水深の中程より上の部分を通過する流体は橋脚直前を下降流となって流下することを実証した。

3) 固定床上に置かれた円柱橋脚の場合に、上記の馬蹄型渦領域の大きさ及び主渦軸の位置を与える実験式を提案し、橋脚周辺の河床保護工の施工範囲に対する基準を与えた。

4) 前2項の結果より、円柱橋脚の場合の局所流の3次元流速分布を求める近似解法を提案し、橋脚直前の下降流領域及び橋脚の背後領域を除いて、実験値と計算値とがよい一致を示すことを確めた。

5) 橋脚周辺の局所流の形成機構に基づく考察から、局所洗掘を軽減するには橋脚の断面形状を工夫するのがもっとも効果的であるという従来の実験結果の妥当性を説明した。さらに、実際に多数設置されている円柱橋脚の場合には杭型防止工が有用であることを見出し、その妥当性を固定床及び移動床の実験によって検証するとともに、もっとも有効な防止杭の大きさと設置場所を求めてその実用化をはかった。

以上を要するに、本論文は、河道内に設置された橋脚の周辺に生ずる局所流の3次元的特性について研究し、いくつかの新しい知見を得るとともに、その結果を橋脚周辺の局所洗掘問題に応用し、とくに円柱橋脚に対する杭型防止工の実用化をはかったものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。