

国士舘大学審査学位論文

「博士学位請求論文の内容の要旨及び審査結果の要旨」

「河川増水時における鉄道橋脚の被害の実態と
橋脚の安定性評価に関する研究」

佐溝 昌彦

学位論文要旨

研究科 工学研究科

専攻名 応用システム工学専攻 博士課程

氏名 佐溝昌彦

1. 題目(外国語の場合は、和訳を併記する)

河川増水時における鉄道橋脚の被害の実態と橋脚の安定性評価に関する研究

2. 要旨(2000 字程度にまとめる)

わが国の鉄道網は昭和初期までの期間に整備が進み、その当時に建造された古い構造形式の建造物は現在でも数多く存在し供用されている。その中でも河川橋梁は、橋脚基礎部の洗掘や河床低下の影響を受けやすく、それらを原因とする洪水時の橋梁災害がこれまで数多く発生している。

このような被害を防ぎ、旅客および列車の安全を確保するためには、橋梁の健全度を診断する検査を定期的を実施し、対策の要否や優先度を判断している。これらの対策には、各種の防護工を施工するハード対策と橋梁近傍での水位がある値に達した際に列車の運行を規制する、運転規制といわれる方法を併せて行うものである。

橋脚基礎の健全性を橋脚振動から把握しようとする研究は古くから実施されてきたが、いくつかの健全度を判定する試験法が開発された。しかし、これらの方法はいずれも平常時における橋梁下部工の健全性を評価することが主な目的であり、設備や作業者の安全面からも増水時への適用は限定的に行われている。

一方、河川水位に応じた運転規制は、運行を再開する時機の判断には課題がある。これは、増水中に橋梁周りの洗掘深さを明確にとらえることは難しく、橋梁下部工の基礎の状態を把握することがきわめて困難なためである。

河川増水時などの異常時における橋梁の安定性把握と鉄道の運行管理をより合理的に行う研究はやや遅れているのが現状であり、増水時の橋脚の安全性を適切に評価する手法の構築が求められている。

前述の背景を鑑み、本研究は、河川増水時の橋脚基礎の安定性を効率的に評価することを念頭に置き、本研究では二つのフェーズからなる評価方法を検討した。

フェーズ 1 では日常の維持管理を通して洗掘の危険性が高い橋脚を予め選定するための手法、また、フェーズ 2 では増水終息時における列車運行再開の判断に資するデータを提供するための橋脚安定性評価方法、を検討した。これら二つを適用することによって効果的な橋脚の維持・管理と異常時の適切な安全性評価とが実現できると考えた。

本論文の構成および内容は、第1章の序論、第2章の鉄道橋梁の洗掘被害に対する防災の取り組みと課題、第3章の増水時の洗掘被災危険性評価手法（フェーズ1）、第4章の増水時における橋脚基礎の安定性評価システムの開発（フェーズ2）と第5章の結論からなる。

第1章では、研究の背景を述べるとともに河川増水時における鉄道橋梁下部工の安定性評価に関連する既往の研究の概略を示し、本研究の内容を述べた。

第2章では、鉄道の命題である安全・安定輸送の確保の観点から増水時の橋梁災害の防止に向け実施している維持管理上の取り組み（フェーズ1）と運行管理上の取り組み（フェーズ2）について整理した。維持管理上の取り組みについては日常の検査業務を中心とした橋脚の健全性評価と防護対策の課題について述べ、運行管理所の取り組みについては運転規制の方法とその技術的課題について述べた。その上で、それらの現状と技術的な課題の解決に向けて本研究での取り組みについて述べた。

第3章では、被災事例から洗掘被害の要因を整理し、日常の検査業務を通して効率的かつ簡易な手法で洗掘に対して注意すべき橋脚を抽出する手法（フェーズ1における手法）について検討した。ここでは、河川特性および橋脚特性を表わすパラメータを整理し抽出した上で、判別分析による検討を行い、提案する判別分析手法が過去の被災事例を精度良く判別できることを確認した。また、他の橋梁で同手法の検証を行った際の判別結果が妥当であったことを述べた。

さらに、危険性が高い橋梁として抽出された橋梁を対象に重回帰分析を行い、今後進行が懸念される河床低下量を定量的に予測する手法について述べた。判別分析と重回帰分析を組み合わせより対策の優先度が高い橋梁・橋脚を個別に選定する手法を提案した。

第4章では、増水時における橋脚基礎の安定性判定を基に適正な運行管理を実現するために運転規制の解除時機の判断を支援することを目的とした評価システム（フェーズ2における手法）の開発について述べた。ここでは流水中における橋脚の振動特性を現地試験と模型実験や数値解析によって検討した。ついで、増水時において固有振動数の変化を既往の健全度判定手法よりも簡易かつ安全に実施することを目的として、常時微動による固有振動数の評価手法について検討した。特に、増水時における橋脚の固有振動数の変化を常時微動により安定的に特定し捉えることのできる新たなデータ整理手法を提案した。さらに、この計測・データ整理手法の機能を具備した評価システムを試作し、その現地稼働試験の結果についてまとめた。

第5章では、本論文の結論として、鉄道の安全かつ安定輸送の観点から橋梁の洗掘災害に対して遂行すべき維持管理上および運行管理上の取り組みについて述べた。

本論文は、河川増水時における鉄道橋脚の安定性評価において解決すべき問題として、被害の実態把握、要注意橋梁の抽出と洗掘危険度の現時点と将来の評価法について論じたものである。本研究の成果は、実務への適用を考慮した簡便な洗掘評価手法の提案と位置付けることができる。しかし、実務への寄与度という面で、災害危険度評価と災害防止対策を含めた社会のニーズに大きく答えるものであり、学術と実務の両面において大きく寄与できると考えられる。

学位論文の審査結果の要旨

平成 26 年 1 月 25 日

工学研究科 博士課程

専攻名	応用システム工学	学籍番号	10-DE001	氏名	佐溝 昌彦
-----	----------	------	----------	----	-------

わが国の鉄道網は、1872 年新橋・横浜間に初めて鉄道が開業して以来、昭和初期までの期間に急速に整備が進んだ。その当時に建造された古い構造形式の建造物は現在でも数多く存在し供用されている。その中でも河川橋梁は、国土の地勢的な条件の影響から鉄道網を整備する上で避けられない構造物であり、数多くの橋梁が建設された。これらの橋梁は支間長が比較的短く、根入れ長さが浅い直接基礎であることが多いため、橋脚基礎部の洗掘や河床低下の影響を受けやすく、それらを原因とする洪水時の橋梁災害がこれまで数多く発生している。最近では、局地的な豪雨が多発する傾向とも相まって、河川増水に伴い広範囲にわたり鉄道橋梁が壊滅的な被害を受ける事例も増えている。

このような被害を防ぎ、旅客および列車の安全を確保するためには、河川増水に対して十分な耐力を有する構造に造り替えることが最も有効であるが、数多くの橋梁すべてを更新することは現実的でない。そこで、橋梁の健全度を診断する検査を定期的実施し、対策の要否や優先度を判断している。

従来行われてきた多くの研究は、主に平常時における橋梁下部工の健全性を評価する、いわゆる維持管理を目的として実施されてきた。しかし、河川増水時などの異常時における橋梁の安定性把握と鉄道の運行管理をより合理的に行う研究はやや遅れているのが現状であり、増水時の橋脚の安全性を適切に評価する手法の構築が求められている。

こうした問題に対して、鉄道橋梁の洗掘被害に対する防災の取り組みと課題、増水時の洗掘被災危険性評価手法（フェーズ 1）、増水時における橋脚基礎の安定性評価システムの開発（フェーズ 2）について、着目したものである。

第 1 章では、研究の背景を述べるとともに河川増水時における鉄道橋梁下部工の安定性評価に関連する既往の研究の概略を示し、本研究の内容を述べた。

第 2 章では、鉄道の命題である安全・安定輸送の確保の観点から増水時の橋梁災害の防止に向け実施している維持管理上の取り組み（フェーズ 1）と運行管理上の取り組み（フェーズ 2）について整理した。維持管理上の取り組みについては日常の検査業務を中心とした橋脚の健全性評価と防護対策の課題について述べ、運行管理所の取り組みについては運転規制の方法とその技術的課題について述べた。その上で、それらの現状と技術的な課題の解決に向けて本研究での取り組みについて述べた。

第3章では、被災事例から洗掘被害の要因を整理し、日常の検査業務を通して効率的かつ簡易な手法で洗掘に対して注意すべき橋脚を抽出する手法（フェーズ1における手法）について検討した。ここでは、河川特性および橋脚特性を表わすパラメータを整理し抽出した上で、判別分析による検討を行い、提案する判別分析手法が過去の被災事例を精度良く判別できることを確認した。また、他の橋梁で同手法の検証を行った際の判別結果が妥当であったことを述べた。

また、危険性が高い橋梁として抽出された橋梁を対象に重回帰分析を行い、今後進行が懸念される河床低下量を定量的に予測する手法について述べた。判別分析と重回帰分析を組み合わせ、より対策の優先度が高い橋梁・橋脚を個別に選定する手法を提案した。

第4章では、増水時における橋脚基礎の安定性判定を基に適正な運行管理を実現するために運転規制の解除時機の判断を支援することを目的とした評価システム（フェーズ2における手法）の開発について述べた。ここでは流水中における橋脚の振動特性を現地試験と模型実験や数値解析によって検討した。ついで、増水時において固有振動数の変化を既往の健全度判定手法よりも簡易かつ安全に実施することを目的として、常時微動による固有振動数の評価手法について検討した。特に、増水時における橋脚の固有振動数の変化を常時微動により安定的に特定し捉えることのできる新たなデータ整理手法を提案した。さらに、この計測・データ整理手法の機能を具備した評価システムを試作し、その現地稼働試験の結果についてまとめた。

第5章では、本論文の結論として、鉄道の安全かつ安定輸送の観点から橋梁の洗掘災害に対して遂行すべき維持管理上および運行管理上の取り組みについて述べた。

本論文は、河川増水時における鉄道橋脚の安定性評価において解決すべき問題として、被害の実態把握、要注意橋梁の抽出と洗掘危険度の現時点と将来の評価法について論じており、本研究の成果は、実務への適用を考慮した簡便な洗掘評価手法の提案と位置付けることができる。本論文は、独創的かつ新しい知見を得たものであり、実務への寄与度という面だけでなく、災害危険度評価と災害防止対策を含めた社会のニーズに大きく答えるものであり、学術と実務の両面において大きく寄与できると考えられる。

これらを鑑み、学位論文の審査結果として合格したものと結論できる。