

氏名	やまむら こういち 山村 浩一
本籍（国籍）	岩手県
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工 第50号
学位授与年月日	平成28年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当 論文博士
学位論文 題目	支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の挙動特性と健全度 評価に関する研究
学位審査委員	主査 教授 岩崎 正二 副査 教授 海田 輝之 副査 教授 出戸 秀明 副査 准教授 大西 弘志 副査 准教授 小山田 哲也

論文内容の要旨

現在、橋梁の維持管理は、5年に1回の頻度で目視点検を行い、その結果に基づき予防保全的な維持管理を行っている。その一方で、維持管理費の縮減、技術者不足及び架設後50年以上経過した高齢化橋梁増加への対応が課題となっている。橋の高齢化が進行すると、設計活荷重に対して対象橋梁が安全であるかの判断を行う必要性が生じる。その際、実橋載荷試験を実施し、得られた実測値と計算値とを比較し、現状の健全度を推定する必要がある。しかしながら、線支承やBP-A支承を用いた既設鋼鈹桁橋では、経年劣化等により可動支承の摩擦係数が増加し、支点拘束状態になっていることが多いため、支点状態を考慮した健全度評価が必要となるが、その手法については、ほとんど検討されていない。さらに、支点拘束を有する橋の挙動特性や支点拘束が橋梁の各部に及ぼす影響についても十分な研究がなされていない。これらの現状を踏まえて本研究の目的は、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の維持管理に資するために、当該橋梁の挙動特性を明らかにし、健全度評価手法を提案することである。

そこで、まず、岩手県内に架設されている複数の1径間鋼鈹桁橋を対象として実橋載荷試験を行い、これらの結果とFEM解析を用いた数値解析の結果から、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の静的および動的挙動が設計で想定しているそれらと大きく異なることを明らかにした。さらに、支点拘束実験と支点開放実験の結果から、支承部にかなり大きな値の水平支承反力が生じることや支点拘束を解消するにはゴム支承への交換が有効であることを示した。また、支点拘束が上部工構造に及ぼす影響について、FEM解析モデルを用いて検討し、支点拘束がかなり強い状態でも設計活荷重に対して主桁、横桁が許容応力度を超えないことを明らかにするとともに

に、上部構造の温度が 1℃高くなった状態では、設計活荷重の 0.7 倍程度の小さな荷重が載荷された場合でも、主桁の応力度が設計活荷重時の応力度と同程度になることを明らかにした。

次に、支点拘束を有する 2 径間単純鋼鈹桁橋において、主桁の挙動が橋脚変形の影響を受けていることを静的および動的載荷試験により明らかにするとともに、車両走行時の主桁のたわみ・ひずみの応答および水平支承反力について、各径間の主桁の伸びと、下部構造上端の水平変位との適合条件から求める応力法的な解析方法を提案した。そして、本提案手法を用いて実測値に近い主桁のたわみ・ひずみを再現できることが分かり、解析上からも下部構造が主桁の動的挙動に影響を及ぼしていることを明らかにした。

次に、支点拘束を有する 2 径間鋼鈹桁橋の温度挙動を 1 分間隔で 15 日間連続計測した結果より、主桁の支点近傍のひずみおよび支間中央のたわみの変動が温度変動と強い相関関係にあることを明らかにした。また、下部構造および基礎構造をも含む橋梁全体をモデル化した 3 次元フレーム解析により、既設鋼鈹桁橋の温度挙動をほぼ再現できることも分かった。そして、本モデルを用いて、主桁や床版を劣化・損傷させた複数のモデルを作成し、それら主桁のひずみ、たわみが温度変化に対してどの程度変化するかをシミュレーションした結果より、橋梁モニタリングデータとして有効であることを示した。

最後に、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の簡易健全度評価手法を提案している。本手法は、まず、床版コンクリートと鋼桁との任意のヤング係数比を定め、主桁下フランジのひずみの実測値を用いて水平支承反力を逆算する。水平支承反力の推定には、ひずみの計測位置に応じて梁理論と 2 次元弾性論から誘導した二つの式を提案している。次に、支点拘束が最も強い状態である両端ピン支点とした場合の水平支承反力を計算し、この反力とひずみの実測値から逆算した水平支承反力との比を支点拘束率とする。そして、この支点拘束率に対する固有振動数が実測値の固有振動数と一致するまで、ヤング係数比を変えて計算を繰り返す。対象橋梁の健全度は、固有振動数が一致した時のヤング係数比を用いて評価するものとし、ヤング係数比が 10.5 を超えた場合に健全度が低下している可能性が高いと判断する。ここで、健全度評価の判定基準としたヤング係数比 10.5 は、新設橋梁や健全度の高い複数の既設橋梁における載荷試験の実測値とヤング係数比 10.5 を用いた FEM 解析値とがほぼ一致することより定めたものである。

本提案手法と FEM 解析から求めた支点拘束率、ヤング係数比を照査したところ、いずれも 7%以内の誤差に収まり、簡易な提案式でも十分有効であることが検証できた。本手法は、支点近傍の主桁下フランジの実測ひずみと地覆上に設置した加速度計による実測固有振動数を用いるのものであり、計測点が少なく、計測機器の設置も比較的容易なことから多数の橋梁を迅速・低廉に健全度評価できるため実用的であると考えている。

論文審査結果の要旨

現在、橋梁の維持管理は、5年に1回の頻度で目視点検を行い、その結果に基づき予防保全的な維持管理を行っているが、今後は、架設後50年以上経過した高齢化橋梁増加への対応が課題となる。橋の高齢化が進行すると、設計活荷重に対して対象橋梁が安全であるかの判断を行う必要性が生じる。その際、実橋載荷試験を実施し、得られた結果と試験と同じ荷重状態での計算値とを比較し、現状の健全度を推定する必要がある。しかしながら、線支承やBP-A支承を用いた既設橋梁では、経年劣化等により可動支承の摩擦係数が増加し、支点拘束状態となっていることが多い。このため支点状態を考慮した健全度評価が必要となるが、その手法については、ほとんど検討されておらず、また、支点拘束を有する橋の挙動特性についても明らかにされていない。

これらの現状を踏まえて本論文では、複数の1径間鋼鈹桁橋を対象として実橋載荷試験を行い、それらの結果とFEM解析を用いた数値解析の結果より、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の挙動特性を明らかにしている。また、支点拘束を有する2径間単純鋼鈹桁橋では、主桁の挙動に下部構造が影響を及ぼしていることを静的および動的載荷実験により明らかにするとともに、車両走行時の主桁のたわみ・ひずみの応答および水平支承反力について、各径間の主桁の伸びと、下部構造上端の水平変位との適合条件から求める応力法的な解析方法を提案している。そして、本提案手法を用いて実測値に近い主桁のたわみ・ひずみを再現できることが分かり、解析上からも下部構造が主桁の動的挙動に影響を及ぼしていることを明確にしている。

次に、橋梁各部の温度挙動を1分間隔で15日間連続計測した結果より、主桁の支点近傍のひずみおよび支間中央のたわみの変動が温度変動と強い相関関係にあることを明らかにするとともに、下部構造および基礎構造をも含む橋梁全体をモデル化した3次元フレーム解析により、支点拘束を有する鋼鈹桁橋の温度挙動がほぼ再現できることを示している。そして、本モデルを用いて、主桁や床版を劣化・損傷させた複数のモデルを作成し、それら主桁のひずみ、たわみが温度変化に対してどの程度変化するかをシミュレーションした結果より、橋梁モニタリングデータとして有効であることを示している。

最後に、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の挙動特性を活かし、支点近傍ひずみと固有振動数の実測値を用いた健全度評価手法を提案している。実橋載荷試験の結果より、本提案手法を用いて健全度評価を行い、その結果、本提案手法による結果とFEM解析結果の結果が7%以内の誤差に収まることを示し、支点拘束を有する既設鋼鈹桁橋の健全度評価手法として十分有効であることを実証している。本提案手法は、支点近傍の主桁下フランジの実測ひずみと地覆上に設置した加速度計による実測固有振動数を用いるものであり、計測点が少なく、計測機器の設置も容易なことから簡易で低廉な評価手法と言える。加えて、計算モデルにおいて支点拘束の強弱に応じた支点境界条件を設定する必要がないため、実用的である。

以上の結果より、これまで十分に研究されていなかった支点拘束を有する既設鋼
鈹桁橋について、その挙動特性を実橋載荷試験と構造解析の両面から明らかにした
上で、新たな健全度評価手法を提案し、その有用性を示した点が評価されるもの
と言える。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。

原著論文（3編）

題 目 既設 2 連鋼鈹桁橋の静的および動的特性に及ぼす下部工の影響について
著者名 山村浩一,岩崎正二,出戸秀明,五郎丸英博,田中正徳
学術雑誌等名 土木学会編・構造工学論文集, Vol.54A,pp.607-616
発行年月 2008 年 3 月

題 目 支承機能低下が既設鋼合成 I 桁橋の応力に及ぼす影響度について
著者名 山村浩一,出戸秀明,岩崎正二
学術雑誌等名 土木学会編・構造工学論文集,Vol.56A,pp.701-709
発行年月 2010 年 3 月

題 目 温度日変動に伴う既設合成鋼鈹桁橋の実挙動の検討について
著者名 山村浩一,岩崎正二,出戸秀明
学術雑誌等名 鋼構造年次論文報告集,第 19 巻,pp.19-26
発行年月 2011 年 11 月