

## 論文の内容の要旨

論文題目 橋軸直角方向強震時における鋼上路式アーチ橋横構の挙動と設計法  
氏名 佐野 泰如

鋼上路式アーチ橋は、床版質量が上方に集中するためアーチリブ基部の地震時の作用力が大きく、幾何学的非線形の影響もあることから、地震時の挙動は複雑で、耐荷力に大きな影響を与える部材を明確にして耐震設計を行う必要がある。さらに、実際の挙動に即した解析モデルで動的解析を行うことが、耐震設計の信頼性向上のためには不可欠である。しかし、現在までの検討は、このような橋梁の実験が大規模となり困難であるため、解析的な検討に限定され実験的な検証がなされていなかった。このため、設計実務者レベルの耐震設計においては、実験で検証されていない解析モデルが用いられているのが現状である。したがって、解析でのモデル化が不十分な部位が地震時に損傷し、それが原因で全体の耐荷力が低下すると、耐震設計の信頼性が低下することが懸念された。

アーチリブを互いにつなぐブレース材である横構は、兵庫県南部地震以前の設計では、風や震度法の地震による作用力に対して弾性座屈を許容した引張力のみで抵抗する部材として設計され、アーチリブの面外座屈の固定点としては重要な部材であるものの、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編の最大細長比の規定で決定され、形鋼で構成される比較的小さい断面となるが多かった。しかし、近年は橋軸直角方向地震に対して、抵抗部材として十分な伸び剛性を有する必要があるため、耐震設計上は重要な部材となった。

以上のことから、1) 実際に設計された橋梁の構造パラメータを反映した橋軸直角方向についての構造実験により損傷メカニズムを明らかにし、2) ファイバーモデルによる非線形解析で実際の挙動をより正確に反映できるモデル化を行うとともに、3) 耐震設計上重要なアーチリブの横構としての必要伸び剛性を明確にして設計することが、鋼上路式アーチ橋の橋軸直角方向地震に対しての耐震性能向上のために必要とされていると考えた。本論文は地震時の挙動が複雑となる鋼上路式アーチ橋に着目し、アーチリブの横構伸び剛性および横構と他の部材との連結部（以下、横構ガセット）の板厚が橋軸直角方向の耐荷力に与える影響について

実験および解析により研究した成果を詳述したものである。本研究の目的を以下にまとめる。

- 1) 実際に設計された橋梁の構造パラメータを反映した実験供試体2体の橋軸直角方向についての構造実験により、鋼上路式アーチ橋のアーチリブの損傷メカニズムを明らかにする。
- 2) 橋軸直角方向の正負交番载荷による、弾性域から弾塑性域の最大耐力までの複弦アーチリブの構造実験結果をもとにして、現状の解析モデルの留意点の明示と改善方法の提案を行う。
- 3) 鋼上路式アーチ橋の橋軸直角方向地震時の耐震性能向上のために、横構と横構ガセットに関する必要伸び剛性や必要板厚を算出する簡易式および設計フローを提案する。

本論文は、以下に示す7章の構成と概要になっている。

第1章「序論」では、本研究の背景として、鋼上路式アーチ橋についての検討課題について概要を述べた。また、これまで鋼上路式アーチ橋に関し、橋軸直角方向の構造実験、動的解析のモデル化およびアーチリブの横構の必要伸び剛性について検討されている既往の研究の概要を整理した。それを踏まえ、本研究の位置づけと目的と概要について述べた。

第2章「既設鋼上路式アーチ橋の構造パラメータに関する調査」では、既設の鋼上路式アーチ橋について、設計や検討用のデータ拡充と第3章の実験供試体への反映を目的として、11個の構造パラメータの調査を行い、パラメータの分布範囲やアーチ支間との相関関係について分析した。本研究により、鋼上路式アーチ橋の構造パラメータの傾向を定量的に示すことができた。

第3章「鋼上路式アーチ橋のアーチリブの橋軸直角方向地震時耐荷力に関する実験的研究」では、既設の鋼上路式アーチ橋における、アーチリブの橋軸直角方向の地震時耐荷力を評価する目的で実験による検討を行った。実験は、既設橋を可能な限り反映し、幅厚比パラメータを変えた2体の複弦アーチリブ実験供試体（縮小スケール 1/10 程度）を用いて行った。载荷実験は以下の実験をそれぞれ行った。本研究により、今まで明らかにされていなかった複弦アーチリブの橋軸直角方向の正負交番载荷時の損傷メカニズムが明らかになった。

- 1) 死荷重载荷実験：実験供試体のアーチリブに実橋と同程度の死荷重相当の軸力を導入することと、死荷重相当の载荷状態での鉛直方向の変形、アーチリブの発生ひずみを確認した。
- 2) 橋軸直角方向の弾性载荷実験：実験供試体の橋軸直角方向の弾性挙動（アーチリブの水平、鉛直方向変位、アーチリブと横構のひずみ）を確認した。
- 3) 橋軸直角方向の正負交番载荷実験：弾塑性域から終局状態に至るまでの破壊メカニズムを確認した。

第4章「鋼上路式アーチ橋のアーチリブの橋軸直角方向地震時耐荷力に関する解析的研究」では、既設の鋼上路式アーチ橋における、アーチリブの橋軸直角方向の地震時耐荷力を評価する目的で、ファイバーモデルを用いた解析によって第3章の実験結果の再現性の検討を行った。本研究により、横構の伸び剛性およびアップリフト作用時の支点条件を解析モデルに反映することで、実際の挙動をより精緻にシミュレーションすることが可能となった。

第5章「鋼上路式アーチ橋のアーチリブの横構および横構ガセットに関する研究」では、鋼上路式アーチ橋において、アーチリブの橋軸直角方向地震時耐荷力を向上させる目的で、横構の必要伸び剛性について2つのアプローチで検討を行った。さらに、提案する横構必要伸び剛性に対して、横構ガセット部が弱点とならないように、横構ガセットの必要板厚についても提案と検証を行った。本研究により、横構必要伸び剛性と横構ガセットの必要板厚を動的解析によらない簡易式で設定でき、橋軸直角方向地震時に横構および横構ガセットが弱点とならないため、橋梁全体の耐荷力が急激に低下することを防止できるようになった。

第6章「鋼上路式アーチ橋の橋軸直角方向地震に関するアーチリブの横構設計法に関する研究」では、第5章の提案式を用いて鋼上路式アーチ橋の横構を設計する方法について、設計フローに整理し試設計を行った。また、提案設計法と従来設計法それぞれで設計を行った鋼上路式アーチ橋のモデルについて橋軸直角方向の Pushover 解析を行い、提案設計法の優位性を示した。さらに、横構ガセットについても、FEM 解析により応力分布を確認し提案設計法の妥当性を示した。本研究により、提案設計法は合理的な設計が可能であることが分かった。

第7章「結論」では、各章で得られた成果から本研究の結論を述べた。