

博士論文審査報告書

論文題目

既設鋼トラス橋のガセットプレートの
終局強度照査に関する研究

STUDY ON ULTIMATE STRENGTH
VERIFICATION OF GUSSET PLATES IN
EXISTING STEEL TRUSS BRIDGES

申請者

笠野	英行
Kasano	Hideyuki

建設工学専攻 構造力学研究

2011年 2月

社会基盤施設の維持管理の必要性が叫ばれている中、2007年8月1日、米国ミネソタ州ミネアポリス市のミシシッピ川にかかる鋼トラス橋が崩落した。多数の死傷者が出る重大な事故であった。米国では高い頻度で点検が行われ、「点検の制度化」や「資格制度」が導入されているが、今回の事故が防げなかった。米国の事故を教訓にその原因を解明し対策を考え、我が国の橋梁の管理・点検、補修・補強対策に生かしていく必要性は大きい。ミネアポリス市の I-35W 橋と呼ばれる鋼トラス橋が崩落した原因の一つが格点部を構成するガセットプレートの脆弱性にあったことが判明してから、ガセットプレートの終局強度を正しく評価し、それを基に照査する方法を構築することが喫緊の課題となっている。

ガセットプレートの終局限界状態の形式の一つとして、ブロックせん断破壊と呼ばれる破壊形式があり、この破壊形式が I-35W 橋の崩落と深く関係していることが指摘されている。このブロックせん断破壊に関する研究は 1980 年代から北米を中心に始まった。しかしながら、設計基準に示されている終局強度評価式はそれぞれが異なり、現在においてもその統一的な見解は得られていない。また、部材の添接形式によっても終局強度評価式の精度に違いが生じるという研究報告もなされている。

本論文では、多数存在する鋼構造物の添接形式の中でも、特に、鋼トラス橋の格点部におけるガセットプレートのリベット接合を対象に、ブロックせん断破壊に対する終局強度評価式を提案することを目的としている。ただし、取り扱う格点部の形式は、弦材および腹材とガセットプレートがリベット接合、または高力ボルトにより支圧接合されているものとしている。さらに、各々の設計基準で定められているブロックせん断破壊に対する終局強度評価式を比較・検討し、鋼トラス橋の格点部を対象とした有限要素モデルによる解析から得られた結果と最もよく適合する終局強度評価式を提示することも目的としている。最終的に、引張を受けるガセットプレートのブロックせん断破壊に対する終局強度評価式を拡張し、圧縮を受けるガセットプレートのブロックせん断破壊に対する終局強度評価式を提案している。

本論文は 6 章から構成されている。各章ごとの概要は以下のとおりである。

第 1 章は、「序論」であり、本研究の背景と目的について記述している。現在、日本に存在する橋梁の多くが適切な維持管理を必要としている実状について述べ、日本、米国および諸外国の橋梁の点検体系を調べ、それらを比較している。さらに、近年の米国の鋼トラス橋(I-35W 橋)の崩落事故および国内の鋼トラス橋の破損事故を踏まえ、橋梁の維持管理のための具体的な点検・診断方法の一つとして、鋼トラス橋の格点部の強度照査の実施が必要であることを明らかにしている。このような背景から、本研究では米国での落橋事故を詳細に分析することにより、鋼トラス橋の格点部の終局挙動を把握し、ガセットプレートの定量的かつ簡便な終局強度照査方法を提案すること

を目標としたことを述べている。

第 2 章は、「トラス構造の特徴」であり，一般的な鋼トラス橋の構造と力学的な挙動について説明している。鋼トラス橋は三角形を形成する主構部材から構成される構造であり，これらの主構部材を連結している部材がガセットプレートである。鋼トラス橋においては，格点部が構造的に重要となる部位であることを示し，現在，道路橋示方書によって規定されているガセットプレートの基本的な構造および形状について記述している。

第 3 章は、「ガセットプレートに関する従来の研究および設計法」であり，トラスの格点部に関する既往の研究について考察を加えている。まず，過去に実施されたトラス格点部の実験的および解析的な研究から得られた，ガセットプレートの基本的な力学的挙動について述べ，既存のガセットプレートの設計基準を比較している。具体的には，現行の道路橋示方書の設計基準，本州四国連絡橋建設時の設計基準，米国 FHWA（連邦道路庁）の設計基準および欧州の Eurocode の設計基準などを比較し，検討を加えている。その結果，それぞれの設計基準の内容は大きく異なるだけでなく，ガセットプレートの終局時の挙動を照査するには不十分な照査項目しか規定されていないことを明らかにしている。さらに，ブロックせん断破壊と呼ばれる添接部で生じる終局限界状態のメカニズムについて述べ，米国，インドおよび欧州で使用されているブロックせん断破壊に対する終局強度照査式を比較・検討し，我が国でもこのような終局強度照査式が必要であることを強調している。

第 4 章は、「米国ミネアポリス I-35W 橋の崩壊メカニズムと格点部の損傷評価」であり，有限要素法の汎用プログラムを用いて，崩落した I-35W 橋のはり要素モデルを作製し，崩壊のメカニズムを解析している。この解析により，格点部のガセットプレートの損傷が崩壊の起点となったことを明らかにし，さらに，格点部のガセットプレートの詳細なシェル要素モデルを作製し，I-35W 橋全体のはり要素モデルの中に組み込んだ解析モデルを用いて，弾塑性有限変位解析を実施している。このような非線形解析により I-35W 橋崩落時の格点部の損傷状態を定量的に評価し，終局限界状態での格点部の力学的挙動を明らかにしている。

第 5 章は、「鋼トラス橋におけるガセットプレートの設計強度照査方法の提案」であり，I-35W 橋の格点部において，実際に生じたガセットプレートの破壊性状について詳細に検討している。I-35W 橋の格点部のガセットプレートに生じた破壊性状に，それぞれ対応する終局強度の照査式を適用し，これらの強度照査式のうち，ブロックせん断破壊に対する強度照査式と，危険断面のせん断破壊に対する強度照査式は，崩落した I-35W 橋のガセットプレ

ートの終局時の実挙動を比較的よく評価したものであることを確認している。さらに、既存の終局強度照査方法を比較・検討することにより、また、ガセットプレートの強度照査項目を破壊性状によって分類することにより、ガセットプレートの終局強度照査式を具体的に提案している。

第6章は、「結論」であり、本研究によって得られた成果を総括している。

以上が本論文の要旨であるが、これを要するに著者は既設鋼トラス橋の格点部の重要性に鑑み、格点部のガセットプレートの力学的挙動に注目し、その終局強度の照査方法を提案している。ガセットプレートの終局強度の照査をより一般的な観点から再構成したことの意義は大きく、我が国の鋼トラス橋の格点部の設計法の改善への道を拓くとともに、今後の鋼トラス橋の維持管理に多大な貢献をなすものと考えられる。本論文で得られた成果は、構造工学および橋梁工学の発展に大いに寄与するものと評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認められる。

2011年2月

審査員

主査	早稲田大学	教授	工学博士（早稲田大学）	依田	照彦
	早稲田大学	教授	工学博士（東京大学）	関	博
	早稲田大学	教授	工学博士（早稲田大学）	小泉	淳
	早稲田大学	教授	工学博士（東京工業大学）	清宮	理