

博士論文概要

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

Hideyuki KASANO

建設工学専攻 構造力学研究

2010年 11月

第二次世界大戦以後の建設ラッシュから 50 年近くを経た現在,我が国に存在する約 15 万の橋長 15m 以上の橋梁のうちの多くが,その更新または補修を必要とする時期を迎えている.国土交通省では,アセットマネジメントの手法を導入して,これらの橋梁の更新時期の平準化,ライフサイクルコストの縮減など,効率的・効果的な維持管理を重要施策の一つとしている.そこでは,現在供用下にある橋梁の安全性を損なうことのないように,効率的に維持管理していく具体的な方法を確立することが必要とされている.

近年,橋梁の維持管理の点では先進国とされる米国において,鋼トラス橋(I-35W 橋)が突然崩落するという事故が発生した.米国安全運輸委員会の調査報告によれば,崩落の原因は格点部の脆弱なガセットプレートの破壊によるものであるとされている.本来であれば,ガセットプレートは十分な強度を有し,崩壊の起点となるとは考えにくい部材である.それゆえに,日本においても,また,米国においても,ガセットプレートの詳細な強度照査が十分にはなされてこなかったことが事故要因の一つとされている.

米国の鋼トラス橋(I-35W 橋)の崩落事故が,格点部の脆弱なガセットプレートの破壊に起因していたという事実からもわかるように,鋼トラス橋において複数の部材を結び付けている格点部が損傷することは,部材が単体で損傷する場合に比べて,橋梁全体の崩壊へとつながる可能性が大きい.このため,構造的なリダンダンシーが少ないとされる鋼トラス橋においては,現在米国の橋梁管理の一つとして実施されている,FCM (Fracture Critical Member) の点検および照査に加えて,格点部の強度照査にも重点をおいて維持管理を行っていくことが必要である.

しかしながら,国内に多数存在する鋼トラス橋のすべての格点部の強度照査を実施するとした場合,その照査方法の内容によっては膨大な時間とコストが必要となることが予想される.したがって,強度照査の方法としては,はり要素のみを用いた骨組解析レベルの計算を行い,得られた断面力等を用いて強度の算定ができる,なるべく簡便な方法が期待されている.

以上のことから,本研究は,数多くある橋梁の中でも代表的な橋梁形式の一つである鋼トラス橋を対象にして,格点部の破壊性状に即した,定量的かつ簡便なガセットプレートの強度照査方法を提案することを目的としたものである.本研究で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.

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.

1 章では，本研究の背景と目的について述べている．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示し，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，これからの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挙げられることを示している．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強度照査の方法を提案することが目的であることを述べている．

2 章では，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説明を加えている．

3 章では，トラスの格点部に関する既往の研究について述べている．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説明し，既存のガセットプレートの設計基準を示した．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 の設計照査式および欧州の Eurocode の設計基準の比較対照である．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はなく，ガセットプレートの終局時の挙動に即した強度照査に用いるには不十分な照査項目しか規定されていないことがわかった．

次に，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説明し，米国の AISC2005, インドの ISO800 および欧州の Eurocode3 で使用されているブロックせん断破壊に対する強度照査式を示した．

4章では，FEM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た．この解析により，U10格点部の損傷が崩壊の起点となったことを確認した．さらに，U10格点部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ブーミング解析の手法を用いて，弾塑性有限変位解析を実施した．このような非線形解析により

I-35W橋崩落時のU10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把握した。

5章では、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検証した。I-35W橋のU10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た。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た。これらの照査方法を、既存の照査方法と比較・検討し、また、ガセットプレートの強度照査の項目を破壊性状によって分類することによって、ガセットプレートの終局強度照査式を具体的に提案した。

6章では、本研究によって得られた成果を総括し、今後の研究の展開等について言及している。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 笠野 英行 印

(2010年 11月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
①論文	
○ ①-1	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, 土木学会論文集 A, Vol. 66, No. 2, pp. 312-323, 2010年6月, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
○ ①-2	大規模トラス橋の地震時動的応答特性に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第15巻, pp. 239-244, 2007年11月, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
②講演	
②-1	鋼トラス橋ガセットプレートの板厚減少による強度低下に関する研究, 土木学会第65回年次学術講演会, I-617, 2010年9月, 高橋諒, 米津宏行, <u>笠野英行</u> , 依田照彦, 野上 邦栄, 村越 潤, 梁取 直樹, 前田 和裕, 澤田 守.
②-2	腐食損傷の著しい鋼トラス橋における活荷重載荷時の挙動計測, 土木学会第65回年次学術講演会, I-534, 2010年9月, 有村健太郎, 村越 潤, 梁取 直樹, 前田 和裕, 澤田 守, 依田照彦, 野上邦栄, <u>笠野英行</u> .
②-3	格点部を取り入れた実鋼トラス橋の解析モデルの妥当性について, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会, I-60, 2010年3月, 関根正之, <u>笠野英行</u> , 依田照彦, 野上邦栄, 村越潤, 梁取直樹, 前田和裕, 澤田守.
②-4	腐食劣化したトラス橋斜材の残存耐荷力に関するパラメトリック解析, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会, I-05, 2010年3月, 小峰翔一, 野上邦栄, 依田照彦, <u>笠野英行</u> , 村越潤, 梁取直樹, 前田和裕, 澤田守.
②-5	圧縮力を受けるガセットプレートの変形挙動に関する研究, 土木学会第64回年次学術講演会, I-449, 2009年9月, 関根正之, 仁藤健, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
②-6	鋼トラス橋のリダンダンシーに関する研究, 土木学会第63回年次学術講演会, I-378, 2008年9月, 古川貴之, 山本壘, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
②-7	大規模トラス橋の地震時動的応答特性に関する研究, 鋼構造シンポジウム2007 第15回鋼構造年次論文報告発表会, 2007年11月, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
②-8	免震支承を有する大規模トラス橋の地震時動的応答解析に関する研究, 土木学会第62回年次学術講演会, I-123, 2007年9月, <u>笠野英行</u> , 古川貴之, 山本壘, 依田照彦.
②-9	免震支承を有する大規模トラス橋の地震時時刻歴応答解析に関する研究, 早稲田大学・慶応義塾大学・東京工業大学 3大学シンポジウム2007, 2007年3月, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.

②-10	大規模トラス橋の地震時動的応答特性に関する研究, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会, I-059, 2007年3月, <u>笠野英行</u> , 依田照彦.
②-11	日本橋の構造特性に関する基礎的研究, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会, I-057, 2007年3月, 山下哲舎, <u>笠野英行</u> , 中山大介, 依田照彦.
②-12	展開可能なアルミニウム製応急橋に関する基礎的研究, 土木学会第59回年次学術講演会, I-529, 2004年9月, 和光太郎, <u>笠野英行</u> , 今井里織, 依田照彦.
③その他	
③-1	米国ミネソタ州高速道路橋(I-35W)の崩落について, 土木施工 JOURNAL for CIVIL ENGINEERS, Vol. 50, No. 1 pp. 30-34, 2009年1月, 依田照彦, <u>笠野英行</u> .