# 高力ボルト摩擦接合された鋼トラス橋格点部の力学的挙動とその設計法に関する基礎的研究

三菱重工業株式会社(研究時,京都大学大学院)正会員 〇吉田 晋侑 京都大学大学院 正会員 橋本国太郎 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

#### 1. 研究背景および目的

現在、我が国には、高度経済成長期およびそれ以前 に建設されたトラス橋が多数現存しており、その多く は今も供用されている. そのような中, 2007 年 8 月, 米国ミネソタ州にて上路トラス橋 I-35W Mississippi River Bridge が崩落した. また, その2カ月前には, 我 が国で木曽川橋(下路トラス橋)の斜材破断が発見さ れるなど、トラス橋の事故が相次いだ. これらの事故 をきっかけに、我が国でも現存するトラス橋の安全性 が改めて注目され、トラス橋の安全性を評価する手法 についての検討が進んでいる. トラス橋の中でも, 図 -1に示すガセットプレートについては、米国における 落橋事故の原因の一つであることが判明したこともあ り、終局状態に至るまでの格点部力学的挙動の解明な らびにそれらを考慮した設計方法の見直しが求められ ている. そのような中, 現在我が国におけるガセット プレートの設計式は、ガセットプレートの応力状態を 正確に把握して定められたものとは言えず、経験式を 用いているのが現状である.したがって、これを適切 に把握した上で、ガセットプレートの板厚を合理的に 設計できる手法の確立が求められている.

本研究では、格点部のガセットプレートと腹材との 高力ボルト摩擦接合継手に着目し、一般的な構造詳細 および断面構成を有する格点部モデルに対して FEM 解 析を行い、高力ボルト摩擦接合継手部の終局状態に至 るまでの挙動を解明することを目的の一つとしている. また,これらの結果に対して本州四国連絡橋や建築分 野で用いられるガセットプレートの有効幅の算定方法 の考え方を用いて考察を行い,ガセットプレートの板 厚設計式における適切な有効幅算定方法を提案する.

### 2. FEM 解析モデル

本解析では、実橋に近い荷重レベルおよび様々な継 手形式での結果を得るため、アンケート調査により実 橋の構造諸元を複数入手し、これらをもとに解析モデ ルを構築した.

本解析で設定した解析モデルの一覧を表-1 に示す. 表-1 に示すように調査対象橋梁の最大支間長の順に モデル A~H を構築した.

解析モデルごとの使用鋼材の一覧および材料特性値 を表-2および表-3にそれぞれ示す.本解析ではモデ ルA~Hを用いて,まずケースA-1~H-1においてトラ ス橋格点部の挙動を再現し,次にケースA-2~H-2にお いて,ガセットプレートを降伏させることを目的に,

表-1 解析モデルの概要

		格点部寸法(mm)				
モデル	最大支間長		ガセット板厚			
	(m)	行×列	ゲージ幅	ピッチ幅	縁端距離	t
Α	143.0	4 × 6	75	75	40	23
В	127.0	4 × 8	90	75	40	30
С	83.7	4 × 7	85	75	45	27
D	78.7	4 × 5	75	75	40	28
E	68.1	4 × 5	75	75	40	28
F	64.2	4 × 4	75	75	40	15
G	58.8	4 × 4	75	75	40	22
Н	29.1	4 × 6	75	75	40	20



表-2 解析モデル材料特性一覧

Eデル	ケース	Guss PL	WEB PL	FLG PL	SPL PL	Dia PL	FILL PL	HTB
	A-1	SM490YB	SM490YB	SM490YB	SM490YB	-	SS400	F10T
A	A-2	SM490YB	RIGID	RIGID	RIGID	-	SS400	F10T
в	B-1	SMA490BW	SMA490AW	SMA490BW	SMA490AW	-	SS400	F10T
D	B-2	SMA490BW	RIGID	RIGID	RIGID	-	SS400	F10T
~	C-1	SM490YB	SM490YB	SM490YB	SM490YB	-	SS400	F10T
0	C-2	SM490YB	RIGID	RIGID	RIGID	-	SS400	F10T
D	D-1	SM490YB	SM490YA	SM490YB	-	-	-	F10T
	D-2	SM490YB	RIGID	RIGID	-	-	-	F10T
E E-	E-1	SM490YB	SM490YA	SM490YB	-	-	-	F10T
	E-2	SM490YB	RIGID	RIGID	-	-	-	F10T
F	F-1	SM490YA	SM490YA	SM490YA	SM490YA	SS400	SS400	F10T
۲ F	F-2	SM490YA	RIGID	RIGID	RIGID	RIGID	SS400	F10T
G	G-1	SM490YA	SM490YA	SM490YA	SM490YA	SS400	SS400	F10T
	G-2	SM490YA	RIGID	RIGID	RIGID	RIGID	SS400	F10T
н	H-1	SM490YB	SM490YA	SM490YB	SM490YB	-	SS400	F10T
	H-2	SM490YB	RIGID	RIGID	RIGID	-	SS400	F10T

表-3 解析に用いた材料特性値

		一般部材	剛体要素 (RIGID)	
降伏点	(N/mm <sup>2</sup> )	JIS規格	10,000	
引張強度	€(N/mm²)	JIS規格	-	
弾性係数	牧(N/mm²)	200,000	2,000,000	
ポアソン比		0.3	0.3	
麻肉反粉	鋼板−鋼板	0.45	0.45	
库惊怖蚁	鋼板−座金	0.1	0.1	

キーワード 鋼トラス橋, ガセットプレート, 高力ボルト摩擦接合, 有効幅 連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3棟 253 号室 T

TEL 075-383-3162

ケース A-1~H-1 を基準に表中に示す腹材(H鋼)の各 部位に剛体要素を用いた解析を行った.解析方法は, ガセットプレート下端部を完全固定し,設計ボルト軸 カ(205kN)を導入後,斜材軸方向に強制変位(20mm あるいは 30mm)を与えた.

### 3. 解析結果

図-2は、解析結果より得られた荷重-変位曲線の一 例(モデルG)である.図中には、接合面すべり(S)、 支圧限界(P)およびガセットプレート全断面降伏(Q) の位置を示しており、解析結果のコンター図をもとに 判定している.また、図中には、比較のため設計すべ り耐力およびガセットプレートの設計耐力を示してい る.図-2より、G-1では生じなかったガセットプレー ト全断面降伏(Q)がG-2では生じているのがわかる. また、解析結果から、G-1とG-2の接合面すべり後の 荷重差は、H鋼の降伏耐力(G-1)とガセットプレート の降伏耐力(G-2)であると考えられる.

## 4. ガセットプレートの有効幅の検討

腹材に剛体要素を用いた A-2~H-2の解析結果を用い て、ガセットプレートの有効幅の算定を行った.有効 幅の算定方法は式(1)を用いた.

$$b_e = \frac{P}{2 \cdot \sigma_{\max} \cdot t} \tag{1}$$

ここで, *b<sub>e</sub>*: 有効幅, *P*: 斜材軸力, *σ<sub>max</sub>*: 図-3 に示す G<sub>1</sub> 断面内に発生する斜材軸方向最大応力(有効幅 1) もしくは G<sub>2</sub> 断面内に発生する斜材軸方向最大応力(有 効幅 2), *t*: ガセットプレート板厚である.

図-4に有効幅算定結果のまとめを示す.また,表-4に各モデルの接合方法を示す.図-4より,既往の実 験結果および供試体モデルを用いた解析の結果を含め た差込み継手の結果に対しては、*b<sub>e</sub>=b+ad* において



a=1.0 としたときの有効幅によって安全側の評価がで きており,突合せ継手の結果に対しては,本州四国連 絡橋で採用している a=0.8 としたときの有効幅によっ て安全側の評価ができている.これらの結果から,ガ セットプレートの設計降伏荷重の評価には,継手形式 によって a=1.0 あるいは a=0.8 が妥当であると考えられ, 式(2)が提案できる.

$$P = 2(b + \alpha \cdot d) \cdot t \cdot \sigma_{v} \tag{2}$$

ここで, *P*: 斜材軸力, *b*: 連結ボルトの荷重直角方向 の最遠ボルト間隔, α: 表-5 に示す係数, *d*: 連結ボル トの荷重方向の最遠ボルト間隔, *t*: ガセットプレート 板厚, *σ<sub>y</sub>*: 鋼材の降伏点である.

## 5. まとめ

本研究では、高力ボルト摩擦接合された鋼トラス橋 の格点部の力学的挙動に関して、実際のトラス橋を対 象とし解析的に検討した.その結果、ガセットプレー トの降伏挙動や腹材も含めた格点部全体の力学的挙動 を明らかにすることができた.また、ガセットプレー トの設計に必要な既存の有効幅の算定方法に対し、よ り合理的な設計式を提案することができた.



