圧縮力を受けるガセットプレートのブロックせん断破壊に関する研究

早稲田大学 正会員	○笠野英行	(独)土木研究所	遠山直樹
早稲田大学 フェロー	依田照彦	(独)土木研究所	澤田守
首都大学東京 フェロー	- 野上邦栄	(独)土木研究所	有村健太郎
(独)土木研究所 正会員	村越潤	(独)土木研究所	郭路

## 1. 研究の目的

一般に,静定構造を基本とする鋼トラス橋は構造的なリダンダンシーが少ないと考えられている.特に,複数の 主構部材を接続している格点部のガセットプレートが損傷した場合,主構部材が単体で損傷した場合に比べて,橋 梁全体が崩壊に至る可能性が大きい.事実,米国ミネアポリスで起きた鋼トラス橋の崩落事故では,過小サイズの ガセットプレートが崩落の起点となったとされている.詳細な解析によれば,圧縮斜材が接続された位置のガセッ トプレートの破断が初期の損傷であることがわかっている.そこで,本研究ではブロックせん断破壊に着目して, 圧縮力を受けるガセットプレートの終局時の力学的挙動を FEM 解析により検証することを目的とする.

#### 2. ブロックせん断破壊について

ブロックせん断破壊は、図-1 に示すような添接部の 破壊形式であり、諸外国では引張力を受ける添接部の 終局状態の一つとして周知されている<sup>1)</sup>. ところが米 国ミネアポリスの I-35W 橋の崩落事故後の検証では、 崩落の起点となった、圧縮斜材を接続したガセットプ レートにもブロックせん断破壊と類似した破壊形式 (図-2)が見られた.そこで、筆者らは既報において圧 縮力を受けるガセットプレートのブロックせん断破 壊に対する耐力評価式として、式(1)および式(2)を提 案した<sup>1)</sup>. これらの式は、ガセットプレートの圧縮を 受ける部位(破線①)が座屈もしは降伏し、せん断を受 ける部位(破線②)が破断するというメカニズムに基 づくものである.

$$R = R_c + \frac{1}{\sqrt{3}} f_u A_{nv} \quad -(1) \qquad \frac{R_c e}{M_p} + \frac{R_c}{N_u} = 1 \quad -(2)$$

- *R*<sub>c</sub>: 圧縮を受ける部位(破線①)における圧縮力と曲げ モーメントに対する耐力であり,式(2)より求める.
- f<sub>u</sub>: 鋼材の引張強度
- A<sub>nv</sub>: せん断に抵抗する有効断面の面積(破線②)
- e: ガセットプレートの初期たわみ量
- *M<sub>p</sub>*: 圧縮を受ける断面の全塑性モーメント
- N<sub>u</sub>: 座屈を考慮した圧縮耐力(道路橋示方書の耐荷力 曲線より算出する)



図-1 ブロックせん断破壊の破壊形式



図-2 I-35W 橋崩落の起点となった格点部

本解析では、図-3に示す格点部を対象にして、圧縮力を受けるガセットプレートでもブロックせん断破壊と同様の破壊形式が生じる可能性があることを確認し、式(1)および式(2)に示した耐荷力評価式の適用性について検証する.

#### 3. FEM 解析のモデル

対象とする格点部の有限要素モデルを図-4 に示す.本解析はガセットプレートの終局挙動を検証することが目的 であるため、ガセットプレートを構成する要素にのみ非線形の構成則を適用し、その他の部材には線形の構成則を 適用した.ただし、幾何学的にはすべて非線形として解析を行った.境界条件はそれぞれの部材端の全ての並進お キーワード 鋼トラス橋、ガセットプレート、ブロックせん断破壊、FEM 解析、耐力評価式

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学西早稲田キャンパス 51 号館 16 階 06 室 TEL 03-5286-3399

よび回転を拘束するものとした.荷重は図-4中に示すように斜材の部材端に載荷し,斜材に圧縮軸力が作用するようにした.鋼種はSS400とし,降伏点は235N/mm<sup>2</sup>とする.



## 4. 解析条件

非線形解析では、荷重を 100kN ずつ段階的に増加させて載荷し、ガセットプレートに生じる相当塑性ひずみが、 一般的な鋼材の破断ひずみである 20%に達するか、もしくは大変形により解析が発散した時点で解析を終了する. このときの最大荷重を FEM 解析による終局荷重とする.ガセットプレートは、板厚を 3mm, 5mm, ・・・13mm, 15mm と変化させて、それぞれの場合の終局荷重をもとめる.

## 5. 解析結果

図-5 に FEM 解析によって得られた終局時のガセットプレートの変形・相当塑性ひずみ図を示す.ガセットプレートの板厚が 7mm 以上の場合は、図-5 (a)に見られるように、リベット列に沿って大きなひずみが生じ、破線で示した部位には座屈が生じている.これは筆者らが定義した圧縮を受けるガセットプレートのブロックせん断破壊のメカニズムとよく一致した挙動である.しかしながら、図-5 (b)に示すように板厚が 5mm 以下の場合はガセットプレートの自由端の座屈がブロックせん断破壊に先行して生じるという結果となった.表1 に解析から得られた終局荷重の値と、式(1)および式(2)から計算されるブロックせん断破壊に対する耐力 R を比較した結果を示す.これに加え、ガセットプレートの板厚に対する

自由辺長の比も併せて示す.

# 5. 考察

本解析結果より, 圧縮力を受けるガ セットプレートの終局状態は, 自由辺 の座屈, もしくはブロックせん断破壊 の2通りが考えられる. これはガセッ プレートの板厚が関係し, 今回対象と したガセットプレートでは板厚に対す る自由辺の比が70前後が2つの終局状 態の境界となる. また, 式(1)および式 (2)から算出される耐力Rはガセットプ レートの板厚が大きくなるにつれて, 解析値より大きくなる傾向にある. こ れは, 斜材とガセットプレートの偏心 量などに起因するものと考えられ, 今 後の検討課題である.



図-5 ガセットプレートの変形(10倍)・相当塑性ひずみ図

表-1	耐力 R	と	FEM	終局荷重の	比較
-----	------	---	-----	-------	----

終局状態	自由辺	ヨ辺の座屈		ブロックせん断破壊			
板厚 (mm)	3	5	7	9	11	13	15
耐力 R (kN)	935	1630	2337	3044	3751	4459	5166
FEM 終局荷重 (kN)	900	1600	2500	2800	3400	3900	4500
R/ 終局荷重	1.04	1.02	0.93	1.09	1.10	1.14	1.15
自由辺長/板厚	140	84.0	60.0	46.7	38.2	32.3	28.0

謝辞:本研究は,(独)土木研究所,早稲田大学,首都大学東京の3者による,腐食劣化の生じた橋梁部材の耐荷性能の評価手法に関する共同研究の一環として行っており,建設技術研究開発助成を受けて実施されたものである. 参考文献 1) 笠野,高橋,依田,野上,村越,遠山,有村,澤田,鋼トラス橋の格点部におけるガセットプレートのブロックせん断破壊に対する耐力評価式の用適用性の検討,構造工学論文集,Vol. 57-A, pp104-113, 2011.