

圧縮荷試験による鋼トラス橋格点部の終局状態に関する研究

(独) 土木研究所 正会員 本多 弘明

| | | | | | |
|--------|--------|------|-----------|-----|------|
| 早稲田大学 | 学生会員 | ○丸翔一 | (独) 土木研究所 | 正会員 | 村越潤 |
| 早稲田大学 | 正会員 | 笠野英行 | (独) 土木研究所 | 正会員 | 高橋実 |
| 早稲田大学 | フェロー会員 | 依田照彦 | (独) 土木研究所 | 正会員 | 本多弘明 |
| 首都大学東京 | フェロー会員 | 野上邦栄 | (独) 土木研究所 | 正会員 | 田代大樹 |
| 首都大学東京 | 正会員 | 岸祐介 | | | |

1. 背景及び目的

2007年8月に米国ミネソタ州ミネアポリス市I-35W橋の落橋事故が起きた。この橋は鋼トラス橋であり、落橋の原因の一つとして格点部ガセットプレートの脆弱性があげられる¹⁾。日本においても腐食等によるトラス橋の劣化事例が報告されている。2007年6月には木曾川大橋で、斜材が腐食により劣化し、破断に至った状態で発見された。また、秋田県の本荘大橋や、大分県の筒井大橋などでも、腐食の劣化による損傷や破断が確認された。このように、日本でも鋼橋の腐食等による劣化は進行しており、維持管理の体制を強めることは非常に重要となっている。そのためにも、鋼橋の終局状態における力学的挙動を調べ、適切な維持管理を行うことが必要である。

既存の研究では、引張やせん断を受ける鋼トラス橋格点部のガセットプレートの挙動に関する研究は行われてきたが、圧縮によるガセットプレートの終局状態に関しての研究は少ない。そのため、笠野らは実橋梁の格点部を利用した荷重試験を基に圧縮によるガセットプレートの終局状態に関しての理論式の検討を進めてきた²⁾。本研究では旧銚子大橋を参考に、格点部を作成し、圧縮荷試験を行った結果について報告する。

圧縮力を受けるガセットプレートの耐荷力を算出するための、理論式は式(1)、(2)のとおりであり、斜材から伝達される圧縮力に抵抗する断面及び部位に関する仮定は図1に示すとおりである。せん断を受ける断面をボルト列に沿った青色の断面とし、圧縮を受ける部位として赤い斜線で囲っている位置を定義している。

本研究の目的は、この理論を実験にて確認し、圧縮荷によるガセットプレートの挙動をひずみ計及び変位計を用いて調査することである。

$$R = R_c + \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_y A_{gv} \quad (1)$$

$$R_c = \frac{\pi^2 EI}{le^2} \quad (2)$$

ここに、R: 圧縮力を受けるガセットプレートの耐力

R_c : 圧縮力を受ける部分の耐力

σ_y : 鋼材の降伏応力

A_{gv} : せん断に抵抗する全断面積

E: 鋼材のヤング係数

I: 断面2次モーメント

le: 座屈換算長

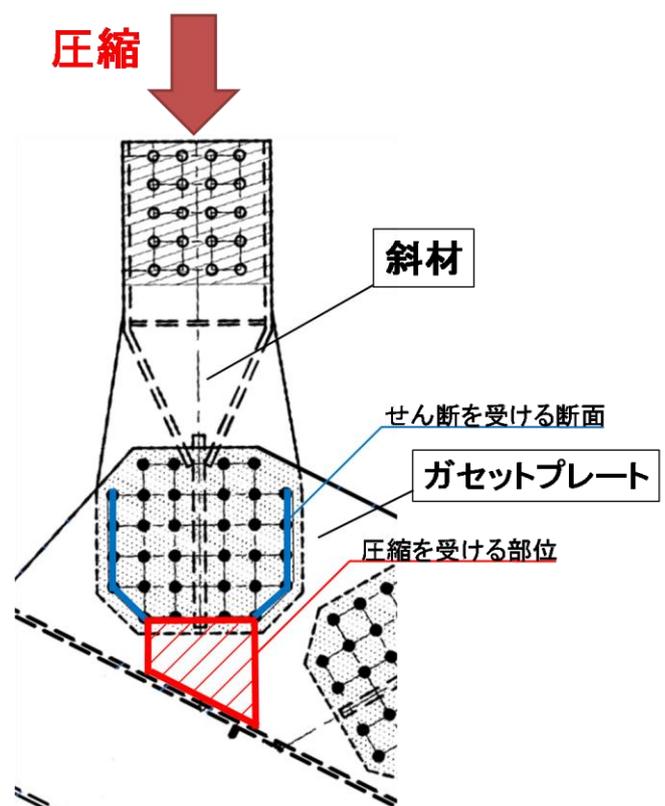


図1 理論式における圧縮力に対する抵抗断面及び部位

2. 研究対象モデル

本研究の対象としているのは旧銚子大橋格点部を

参考に、作成した格点部である。本研究で使用された格点部を図2に示す。旧銚子大橋での斜材とガセットプレートの接合ではリベットが用いられていたが、格点部の作成上の都合から、接合には図3に示すように普通ボルトを採用した。リベットと力の伝達方法の差異を少なくするためボルトは摩擦式ではなく支圧式のボルトを用いている。



図2 新規格点部



図3 ボルト接合の様子

図4に実際の格点部載荷試験の概要図を示す。本研究では図4の手前側が北側、奥側が南側としている。この格点部を図に示すように赤い矢印方向に圧縮斜材のみ圧縮載荷し、ガセットプレートの挙動をひずみ計及び変位計を用いて確認した。本研究ではB位置に設置した3軸ひずみゲージと、A位置に設置した1軸ひずみゲージのデータを基にガセットプレー

トの力学的挙動を調べる。A位置には北側、南側合わせて6個の1軸ひずみゲージ、またガセットプレート裏側にも同数配置されているため計12個、B位置には北側、南側合わせて12個の3軸ひずみゲージが貼り付けられている。

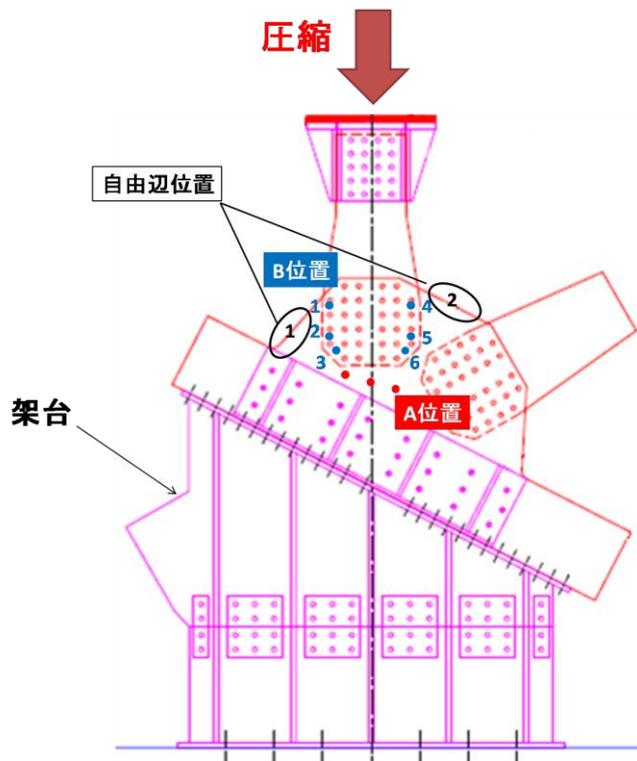


図4 圧縮載荷試験概要図

3. 載荷試験結果

1) 荷重-変位曲線

以下の図5に圧縮載荷試験で得られた荷重-変位曲線を示す。今回の実験では接合部分に支圧式ボルトが採用されていたため、実験中に多くのボルトにすべりが発生した。

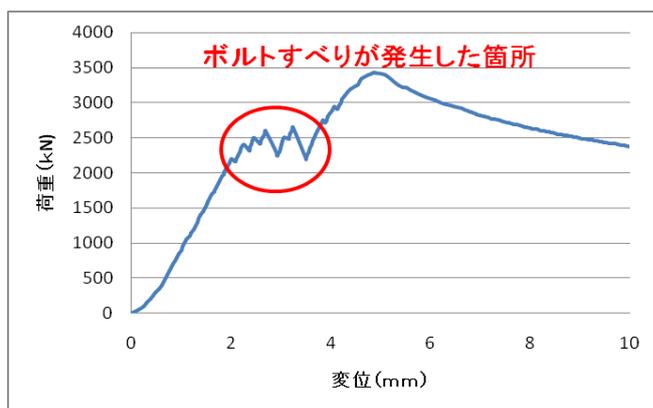


図5 荷重-変位曲線

図5に示すように、弾性領域内において複数回のボルトすべりが発生した。一方、約2500 kNから3000 kN付近で荷重-変位曲線が緩やかになってきているため、ガセットプレートが部分的に降伏し始めていることが確認できる。また、この荷重試験での最大荷重は3427 kNとなり、理論式から算出した最大荷重は3492 kNとなった。

2) 圧縮荷重による斜材端部の座屈

荷重試験により図4に示すA位置では図6に示すような局部座屈が生じた。局部座屈の形状は、A位置北側では凸になり、南側では凹となった。



図6 斜材端部で発生したガセットプレートの座屈 (正面北側)

A位置と図4に示す自由辺位置での1軸ひずみゲージ計測結果を比較する。それぞれの計測結果は以下の図7から12に示す。この結果より圧縮を受ける部位では自由辺と比べて軸方向の力が卓越していることがわかる。

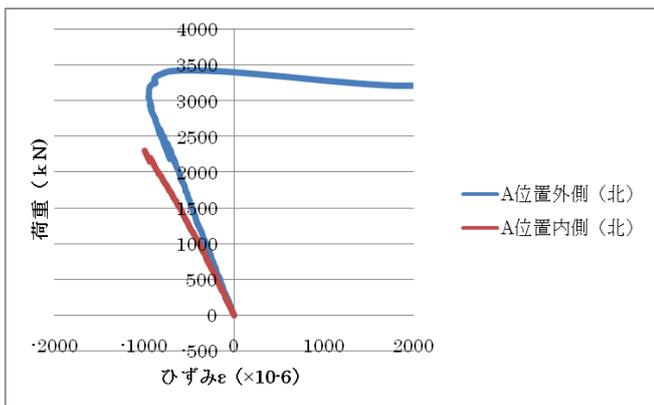


図7 A位置での1軸ひずみ計測結果 (北側)

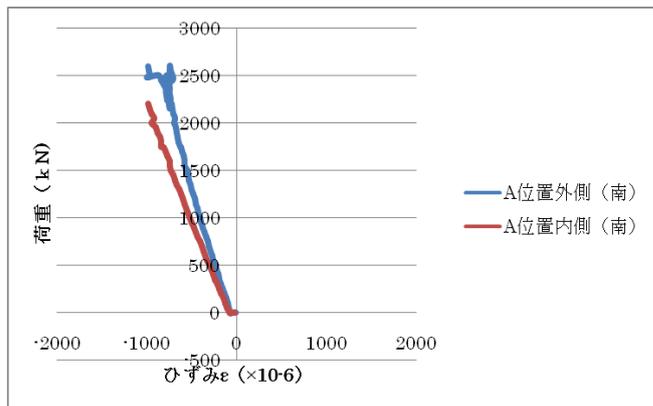


図8 A位置での1軸ひずみ計測結果 (南側)

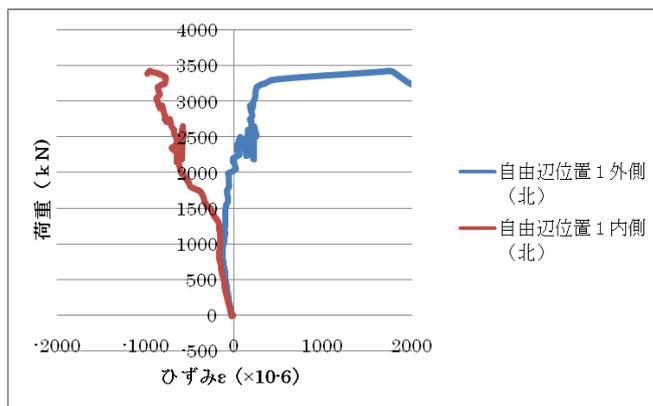


図9 自由辺位置1での1軸ひずみ計測結果 (北側)

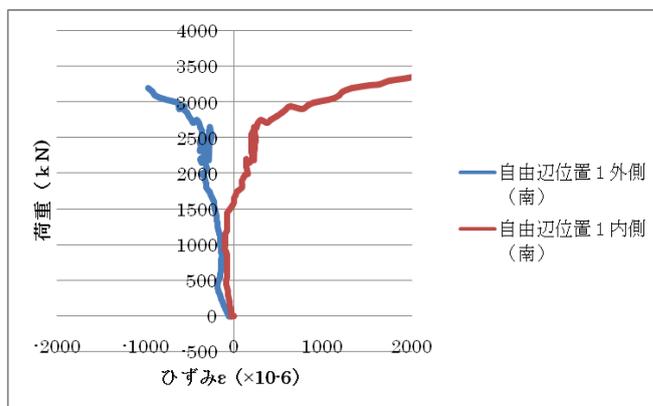


図10 自由辺位置1での1軸ひずみ計測結果 (南側)

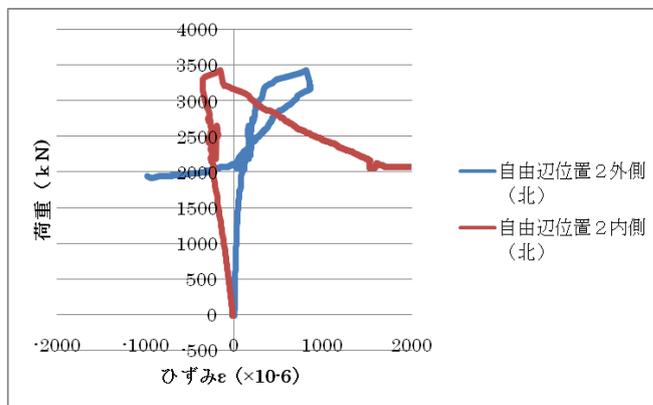


図11 自由辺位置2での1軸ひずみ計測結果 (北側)

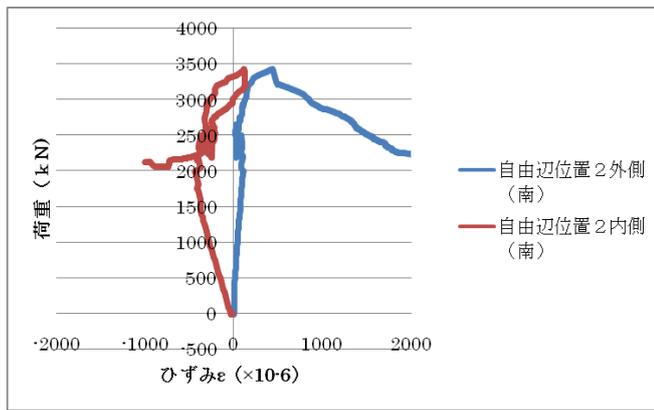


図12 自由辺位置2での1軸ひずみ計測結果(南側)

3) ボルトに沿って発生したせん断

B位置の3軸ひずみゲージの測定結果よりせん断方向を算出した。せん断方向を可視化したものを図13に示す。この結果より、理論の通り外側のボルト列に沿った方向にせん断が生じたことが確認できた。

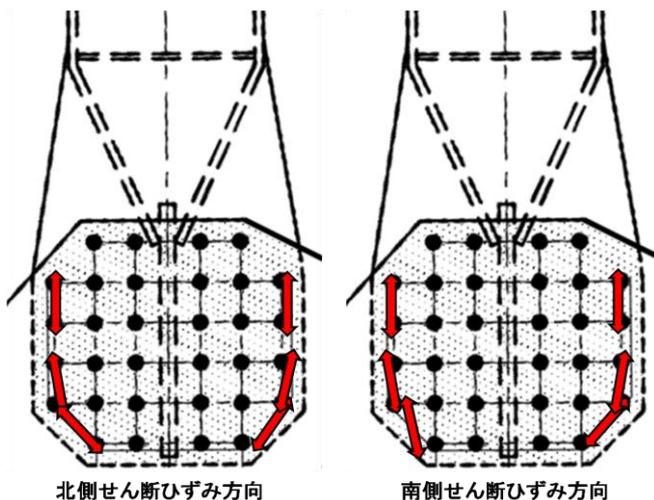


図13 せん断方向概要図

またこのB位置でのせん断ひずみを算出し、荷重-せん断ひずみ関係を図14に示す。この図より約2500から3000 kN付近でせん断降伏が始まっていることが確認できる。また、南側の結果を以下の図15に示す。南側でも同様に2500 kNから3000 kN付近で降伏していることが読みとれる。

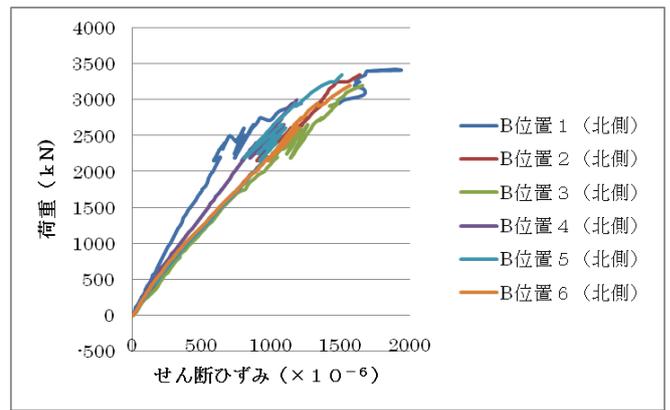


図14 B位置での荷重-せん断ひずみ関係(北側)

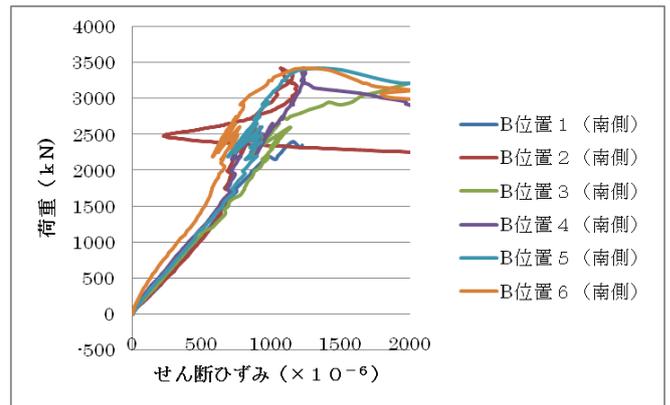


図15 B位置での荷重-せん断ひずみ関係(南側)

4. まとめ

今回の実験では、圧縮を受ける部位での座屈及びせん断を受ける断面でのせん断降伏を確認することができた。また、せん断を受ける断面での3軸ひずみゲージより算出したせん断方向より、せん断方向はほぼ理論通りの方向になっている。よって、圧縮力を受けるガセットプレートの耐荷力を算出するための理論式と、実験により得られたガセットプレートの力学的挙動が整合することが確認できた。

5. 参考文献

- 1) 笠野英行, 依田照彦: 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, pp312-323, 2010.
- 2) H. Kasano, T. Hirayama, T. Yoda, K. Nogami, J. Murakoshi, T. Enomoto, D. Tashiro: Strength Verification of Steel Truss Gusset Plates Subjected to Compressive Force, Proceeding of the 4th international Symposium on Life-Cycle Engineering (IALCCE 2014), Paper 241, 2014.