

腐食により一部の部材が消失した組立柱の耐力に関する基礎的検討

九州工業大学 学生会員○森本 賢太
明石工業高等専門学校 正会員 三好 崇夫
舞鶴工業高等専門学校 正会員 玉田 和也

九州工業大学 正会員 高井 俊和
熊本高等専門学校 正会員 岩坪 要

1. はじめに

形鋼をレーシングバーやタイプレートでつないだ組立柱は古い橋梁に見られる。近年、経年の腐食等によりレーシングバーが欠落している事例がある。構成部材が多く挙動が複雑なため、一部の部材が欠落した場合の座屈挙動や、圧縮耐力は、未だ不明な点が多い。文献[1]では、あるアーチ橋の柱部材を対象に、シェル要素とトラス要素でモデル化し、解析的な検討が行われている。また文献[2]では、組立柱を模擬した小型の簡易な柱を対象に、ソリッド要素でリベット結合部を再現した解析モデルを作成し、耐力解析への適用性と基礎的な挙動を確認している。

本研究では、実橋の組立柱[1]を対象にソリッド要素でリベット結合部を含めたモデルを作成し、弾塑性有限変位解析を実施して、一部のレーシングバーが消失した組立柱の耐力や圧縮挙動を基礎的な視点から確認した。

2. 解析条件

解析対象は図-1 に示す組立柱[1]である。溝形鋼 2 本、タイプレート 4 枚、レーシングバー40 本、リベット 114 本から成る。モデルの諸元を表-1 に示す。初期不整は図-1 に示すように X 軸と Y 軸の両方向の初期たわみを与えた。解析モデルに設定した真応力とひずみの関係は、降伏点と引張強さのみを用いたトリリニア型とし、ヤング率は 200,000 MPa、ポアソン比は 0.3 とした。境界条件は、両端回転支持を想定し、柱両端の図心の X 方向と Y 方向の変位と Z 軸のねじりを拘束した。図心 1 に X 方向への変位を与え、図心 2 の X 方向の変位を拘束することで圧縮荷重を作用させた。

解析ケースを表-2 にまとめる。レーシングバーの消失位置は図-3 に示す。合計で 16 ケースを設定した。

3. 解析結果と考察

図-4 に荷重－変位関係を示す。縦軸、横軸とも設計降伏荷重とその時点の変位でそれぞれ無次元化している。

図-5 に各ケースの最大荷重と、レーシングバーが消失

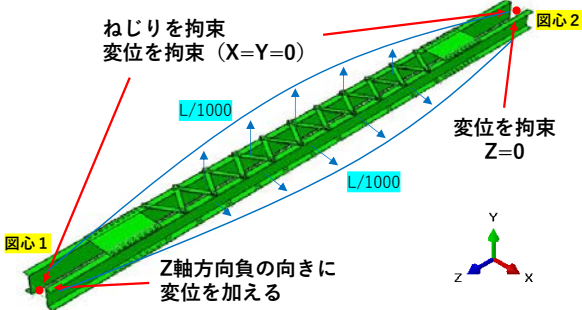


図-1 モデル概要 (L=8000mm)

表-1 モデルの諸元

鋼種		SS400	小リベット	呼び径(mm)	22
溝形鋼	フランジ(mm)	90		頭部径(mm)	35
	ウェブ(mm)	250		頭部高さ(mm)	15.5
	厚さ(mm)	9		首下長さ(mm)	33.5
	部材長(mm)	8000		大リベット	呼び径(mm)
	孔径(mm)	22	頭部径(mm)		35
タイプレート	長さ(mm)	700	頭部高さ(mm)		15.5
	幅(mm)	450	首下長さ(mm)		42.5
	厚さ(mm)	9			
レーシングバー	長さ(mm)	520			
	幅(mm)	60			
	厚さ(mm)	9			

表-2 解析ケース

リベット	有	無		有	
レーシングバー消去	なし	両面	片面	両面	片面
フルモデル	1-0	-	1-0s	-	-
2本消去(端)	-	1-2	1-2s	-	-
5本消去(端)	-	1-5	1-5s	1-5-r	1-5s-r
(中央)	-	2-5	2-5s	2-5-r	2-5s-r
10本消去(端)	-	1-10	1-10s	-	-
(中央)	-	2-10	2-10s	-	-

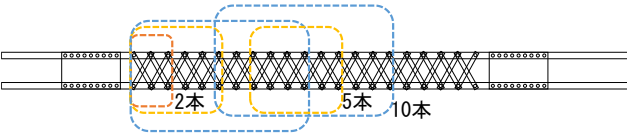


図-3 レーシングバーの消失位置

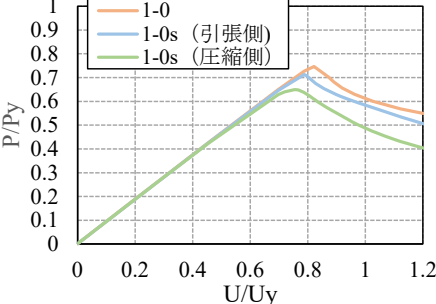


図-4 荷重 - 変位関係 (ケース : 1-0, 1-0s)

キーワード 組立柱, 耐力, レーシングバー, FEM 解析

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 工学部 建設社会工学科 TEL:093-884-3123

していないケース 1-0 に対する各ケースの最大荷重の低下率を示す。

まず、片側のレーシングバーがすべて消失したケースで比較すると、図-4、図-5(a)より引張側が消失したケースより圧縮側のケースの最大荷重が約 8%低下した。したがって、片側のレーシングバーが消失する場合で、低めの最大荷重を得て、安全側の評価をするには、座屈時に圧縮となる側のレーシングバーを消去することが望ましいといえる。

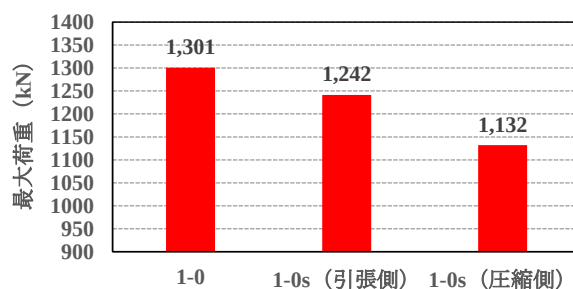
次に、図-5(b)よりレーシングバーの消失本数と位置の違いの比較を行うと、消失位置の違いによる耐荷力の低下は、5 本消失した場合は端よりも中央のレーシングバーの消失のほうが最大荷重の低下は大きかったが、10 本消失した場合は逆であり、消失本数によって異なる傾向となった。また消失する本数が多いほど片面消失と両面消失の最大荷重の差が大きくなり、最大で 15%の差が生じた。

最後にリベットの消失の有無による耐荷力の低下の比較を行う。図-6に最大荷重時のミーゼス応力分布を 2-5、2-5-r を例として示す。レーシングバーのみ消失しリベットが残っている場合は、図-6(b)のようにリベット孔周辺の応力集中は確認されなかった。さらに図-5(c)より、レーシングバーとリベットがともに消失した場合と比べて、2-5-r、2-5s-rにおいて最大荷重の低下が 5%程度抑えられた。また、レーシングバーの消失がない 1-0 と比較して、レーシングバーのみが消失した場合、両面で最大 1%程度、片面は 0.20%程度以下の低下とわずかであった。これらのことから、レーシングバーが 5 本程度消失してもリベットが残っていれば耐荷力の影響は少ないが、リベットも消失した場合は最大荷重が大きく低下し、耐荷力への影響が大きいことを確認した。

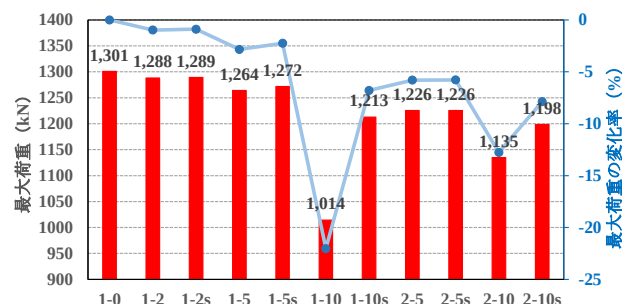
謝辞 本研究はJSPS 科研費 19K04587 の助成を受けたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

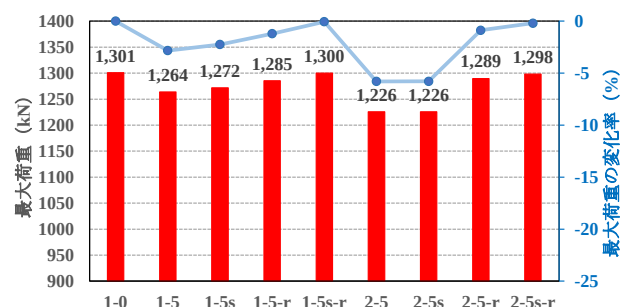
- [1] 中來田 幸, 三好 崇夫, 岩坪 要, 高井 俊和, 玉田 和也: レーシングバーが消失した組立柱の耐荷性状, 鋼構造年次論文報告集, 第 30 巻, pp.767-776, 2022.11
- [2] 森本 賢太, 古市 大陽, 高井 俊和, 三好 崇夫, 岩坪 要, 玉田 和也: リベット接合部を考慮した組立て柱部材の腐食劣化後の座屈挙動に関する解析的検討, 令和 4 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, I-28, pp. 55-56, 2023.3



(a) 片面のレーシングバーが全て消失した場合

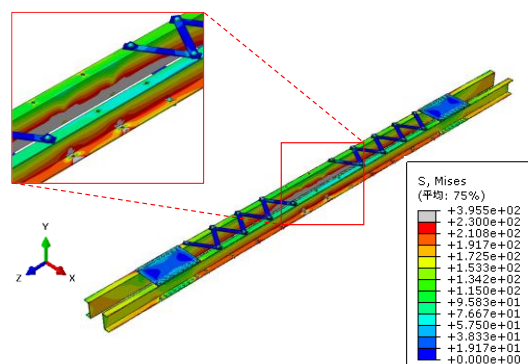


(b) レーシングバーの消失本数と位置が異なる場合

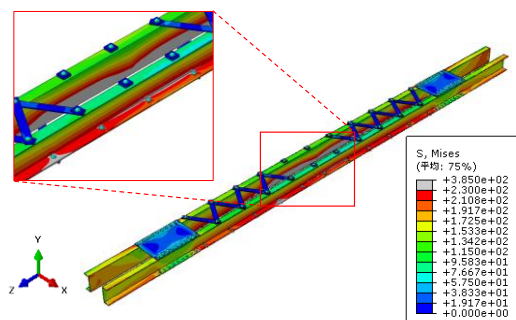


(c) リベットの消失の有無が異なる場合

図-5 最大荷重とケース 1-0 に対する変化率



(a) 2-5



(b) 2-5-r

図-6 応力分布図