

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	圧縮力を受ける冷間成形リップ溝形断面部材の最大耐力と崩壊形式
Title(English)	Maximum Resistance and Collapse Mode of Cold-Formed Lipped Steel Channel Members under Compression
著者(和文)	大畑 朋也, 五十嵐規矩夫, 光廣 日向子, 三井 和也, 小橋 知季, 桑田 涼平
Authors(English)	Ohata Tomoya, Kikuo Ikarashi, Hinako Mitsuhiro, Kazuya Mitsui, Tomoki Kobashi, Ryohei Kuwada
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , pp. 733-734
Citation(English)	Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, , , pp. 733-734
発行日 / Pub. date	2022, 7
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

圧縮力を受ける冷間成形リップ溝形断面部材の最大耐力と崩壊形式

正会員 ○大畑 朋也*1 正会員 三井 和也*4
 同 五十嵐規矩夫*2 同 小橋 知季*5
 同 光廣 日向子*3 同 桑田 涼平*5

薄板軽量形鋼 載荷実験 ゆがみ座屈
 初期不整 最大耐力 座屈モード

1. 序

圧縮力を受ける冷間成形リップ溝形断面部材はゆがみ座屈と呼ばれる独特な座屈形式をとる¹⁾。そのゆがみ座屈の大変形挙動について検討するため圧縮試験を行った。また図1のような有限要素法による数値解析を行う際は初期不整の適切な導入が必要であり、短柱の場合は既往の文献により検討されている^{2), 3)}。本研究では長柱に対しても同様の検討を行い、より材長の長い部材にも適用可能な初期不整導入方法を提案する。

2. 冷間成形リップ溝形断面部材の初期不整形

圧縮試験に用いた試験体一覧を表1に示す。試験体選定では図2に示すようにウェブ幅Hに対するフランジ幅Bの比率、ウェブ幅Hに対するリップ幅Cの比率、材長Lを変化させた。材長Lは座屈長 $L_e=300\sim 1500(\text{mm})$ となる範囲を検討している。また表1にエネルギー法⁴⁾から導出した両端固定支持の弾性局部座屈耐力 $\sigma_{cr,fix}$ および弾性ゆがみ座屈耐力 $\sigma_{cr,d,fix}$ 、全体曲げ座屈耐力 $\sigma_{cr,Euler}$ 、実験における最大耐力 σ_{max} と最大耐力時モードを示す。表1より、両端固定支持の弾性座屈耐力が最小となるモードと実験における最大耐力時のモードはおおむね一致しており、エネルギー法により座屈モードの予測が可能となっている。

圧縮試験に先行し、レーザー変位計を用いた形状計測を行い、試験体の幾何学的初期不整を明らかにした。図3に計測概要を示す。まず図4にゆがみ座屈波形の最大初期不整量 $\delta Imp(\text{mm})$ の計測結果を示す。ここではウェブとフランジのなす角度が90度以上である場合を開き型、90度未満である場合を閉じ型に分類しており、エンドプレートを溶接した本試験体では閉じ型が多くなっている。また最大初期不整量は開き型、閉じ型共に図4中の式でおおむね評価できている。次に図5に全体曲げ座屈波形の最大初期不整量 $Imp(\text{mm})$ の計測結果を示す。ここではウェブ側凸型、リップ側凸型に分類しており、本試験体ではウェブ側凸型の方が多くなっている。最大初期不整量は慣用的に用いられる $L/1000$ により安全側に評価できている⁵⁾。以上をもとに初期不整導入方法を提案する。初期不整はエネルギー法による弾性座屈耐力⁴⁾が最小となる座屈モードの初期不整が生じているものと仮定し、各モードの最大初期不整量はゆがみ座屈モードの場合図4の閉じ型の式、全体曲げ座屈モードの場合図5中の式、局部座屈モードの場合文献2)に示された式から導出するものとする。

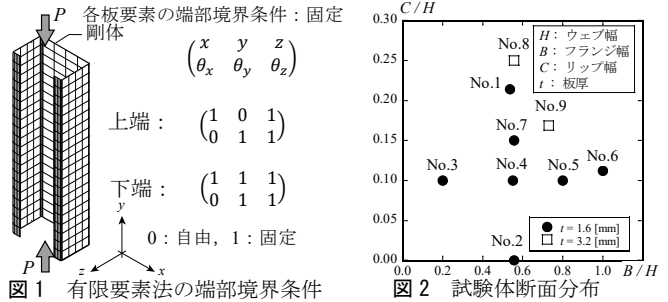


図1 有限要素法の端部境界条件

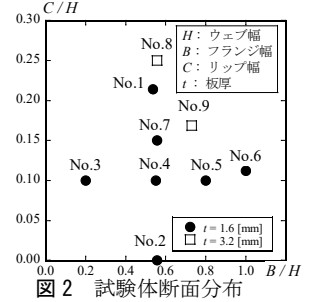


図2 試験体断面分布

表1 試験体一覧

試験体名	断面形状	L_e (mm)	エネルギー法による座屈耐力 (太字は最小値)				実験結果
			$\sigma_{cr,fix}$ (N/mm^2)	$\sigma_{cr,d,fix}$ (N/mm^2)	$\sigma_{cr,Euler}$ (N/mm^2)	σ_{max} (N/mm^2)	
No.1-05	C-140×75×30×1.6	500	134	4575	6878	201	局部座屈
No.1-15		1500	125	654	768	182	
No.2-05	[-80×44.5×1.6	500	388	175	1568	223	ゆがみ座屈
No.2-15		1500	391	166	178	167	
No.3-05	C-100×20×10×1.6	500	286	513	368	148	局部座屈
No.3-15		1500	277	410	41	33	
No.4-05	C-100×55×10×1.6	500	254	453	3039	227	局部座屈
No.4-15		1500	245	305	333	212	
No.5-05	C-100×80×10×1.6	500	227	306	6257	188	(局部・)ゆがみ連成座屈
No.5-15		1500	222	175	700	158	
No.6-03	C-89×89×10×1.6	300	265	815	21287	227	局部(・ゆがみ)連成座屈
No.6-05		500	241	304	7688	176	
No.6-10	C-89×89×10×1.6	1000	235	186	1930	152	ゆがみ座屈
No.6-15		1500	232	139	844	146	
No.7-05	C-80×44.5×12×1.6	500	396	835	2125	268	局部座屈
No.7-15		1500	392	551	234	170	
No.8-03	C-80×44.5×20×3.2	300	1690	6624	5753	322	全体座屈
No.8-05		500	1600	2839	2072	265	
No.8-10	C-80×44.5×20×3.2	1000	1568	2192	520	203	全体座屈
No.8-15		1500	1603	1947	232	145	
No.9-05	C-89×65×15×3.2	500	1207	1144	3972	269	ゆがみ座屈
No.9-15		1500	1166	784	440	194	

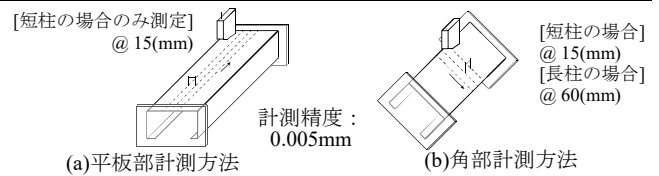


図3 レーザー計測概要

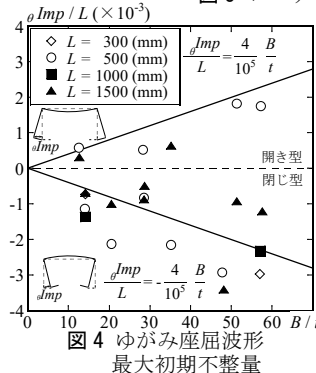


図4 ゆがみ座屈波形最大初期不整量

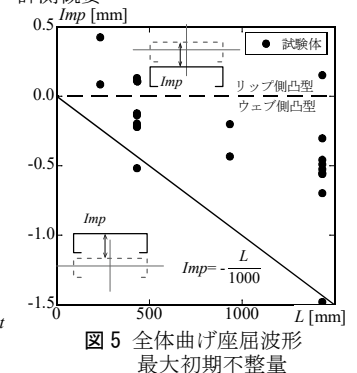


図5 全体曲げ座屈波形最大初期不整量

3. 冷間成形リップ溝形断面部材の圧縮性状

図6に圧縮試験概要、図7に圧縮試験における端部概要、表2に鋼材の機械的性質を示す。実験ではナイフエッジに

より弱軸まわりの回転を許容するものの、試験体端部にエンドプレートを溶接していることから、各板要素の端部境界条件は固定支持である。载荷に際し、偏心が生じないようにひずみゲージの値から試験体位置を調整した。

図8に $L_e=500(\text{mm})$ の場合の応力度-変位関係を、図10に $L_e=1500(\text{mm})$ の場合の応力度-変位関係の例を示す。図9の最終変形写真より No.1-05 は局部座屈が発生し、No.6-05 はゆがみ座屈が発生している。また図10(a)では図2の横軸である B/H を変化させた No.3, No.4, No.5, No.6 の結果を、図10(b)では図2の縦軸である C/H を変化させた No.1, No.2, No.4, No.7 の結果を示している。図10(a)において、No.4-15 より B/H が小さい No.3-15, No.4-15 より B/H が大きい No.5-15, No.6-15 は No.4-15 より最大耐力が小さい。これは B/H が小さく全体曲げ座屈が生じた No.3-15 や B/H が大きくなりゆがみ座屈が生じた No.5-15 より、局部座屈が生じた No.4-15 の方が最大耐力が大きくなる傾向を示している。また図10(b)でも C/H が0となる No.2-15 よりも C/H が大きい No.1-15, No.4-15, No.7-15 の方が最大耐力が大きい傾向が見られた。これは C/H が小さい場合ゆがみ座屈が発生するためである。図11に No.5-15, No.7-15 の最終変形写真を示している。

図8には短柱の実験結果とともに大変形解析結果を示す。大変形解析では、実験におけるピンの位置で図1に示す端部境界条件とし、初期不整導入方法は前節で提示した初期不整導入方法またはレーザー変位計による計測結果を用いている。図9には初期不整導入方法が最大耐力時モードに及ぼす影響を示す。図9(b)では初期不整導入方法により、最大耐力時に発生するモードが異なっているものの、図8より最大耐力についてはいずれの試験体も実験結果と初期不整形が異なる大変形解析結果がおおむね一致している。これより最大耐力を検討する際は前節で提示した初期不整導入方法でも問題ないことが示された。

4. 結

冷間成形リップ溝形断面材の圧縮試験により断面形状や材長が座屈性状や最大耐力に及ぼす影響を明らかにした。またレーザー変位計による初期不整計測結果から数値解析を行う際の適切な初期不整導入方法を示した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H02294 を受けて行ったものであります。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本鉄鋼連盟「薄板軽量形鋼造建築物設計の手引き」編集委員会：薄板軽量形鋼造建築物設計の手引き，2014.3
- 2) 三井和也，渡辺茜，小橋知季，五十嵐規矩夫：圧縮力が作用する冷間成形リップ溝形断面材の数値解析結果に幾何学的初期不整が及ぼす影響，日本建築学会構造系論文集，第86巻，第779号，pp.157-167，2021.1
- 3) 渡辺茜，五十嵐規矩夫，三井和也，小橋知季：圧縮力を受けるリップ溝形断面材の座屈性状に及ぼす幾何学的初期不整の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.797-798，2021.9
- 4) 光廣日向子，五十嵐規矩夫，三井和也，小橋知季，桑田涼平：圧縮力を受ける冷間成形リップ溝形断面材の弾性座屈耐力に及ぼす端部境界条件の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，2022.9
- 5) EN 1993-1-1. Eurocode 3: design of steel structures – part 1-1 : General rules and rules for buildings. Brussels: European Committee for Standardization, 2005

*1 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 修士課程
 *2 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 教授・博士(工学)
 *3 元 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 修士課程
 *4 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 助教・博士(工学)
 *5 日本製鉄株式会社

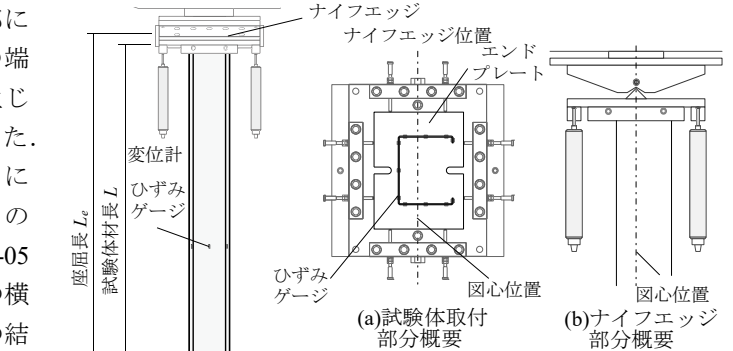


図7 圧縮試験における端部概要

表2 鋼材の機械的性質 (実測めつき厚を除いた板厚(カッコ内に示す)から算定)

板厚 t [mm]	ヤング係数 E [N/mm ²]	降伏応力度 σ_y [N/mm ²]	引張強度 σ_u [N/mm ²]	降伏比 $Y.R.$
1.6 (1.56)	197×10^3	394	466	0.845
3.2 (3.18)	183×10^3	325	449	0.724

図6 圧縮試験概要

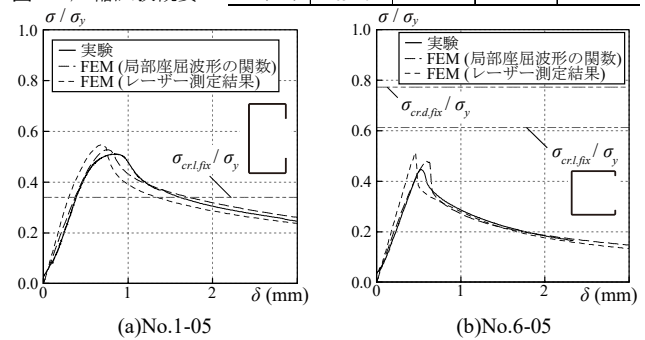


図8 応力度-変位関係 ($L_e=500(\text{mm})$)

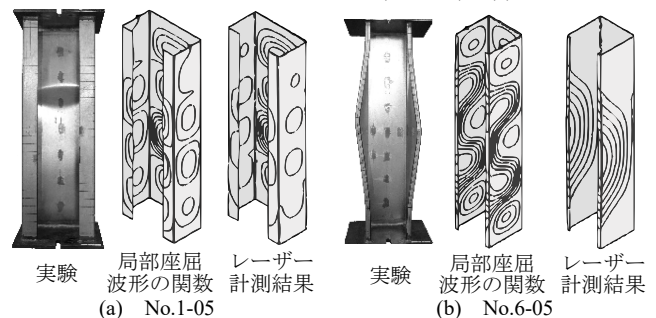


図9 最終変形写真および最大耐力時モード ($L_e=500(\text{mm})$)

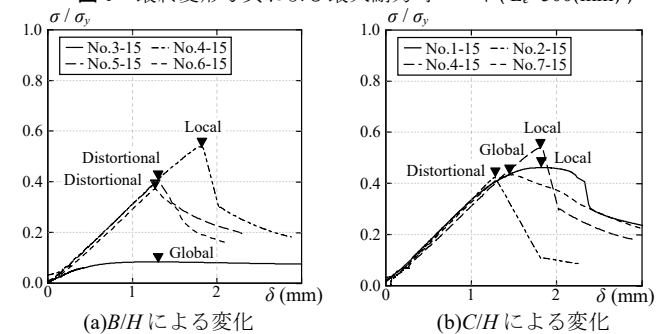


図10 応力度-変位関係 ($L_e=1500(\text{mm})$)

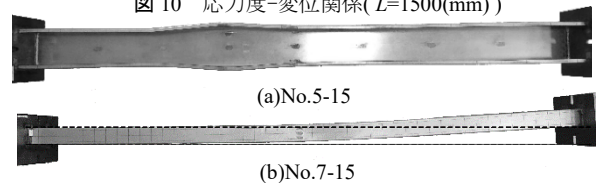


図11 最終変形写真 ($L_e=1500(\text{mm})$)

*1 Graduate Student of Arch. and Build. Eng., Tokyo Institute of Technology
 *2 Prof., Dept. of Arch. and Build. Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
 *3 Graduate Student of Arch. and Build. Eng., Tokyo Institute of Technology, M. Eng.
 *4 Assist. Prof., Dept. of Arch. and Build. Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
 *5 NIPPON STEEL CORPORATION