T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

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

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（北海道） 2022 年 9 月

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状

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=300～1500(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 $\sigma_{cr.l.fix}$ 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 $\sigma_{\max}$ 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 $_{\theta}Imp$(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(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．

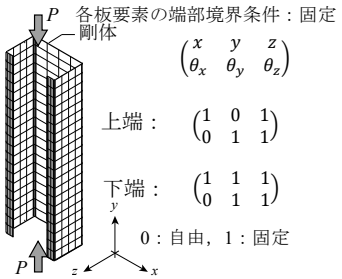


図 1 有限要素法の端部境界条件

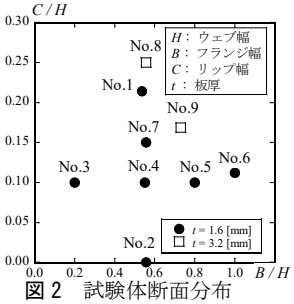
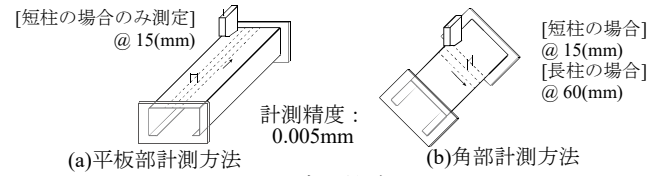


図 2 試験体断面分布

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） $\sigma_{cr.l.fix}$ (N/mm²)	$\sigma_{cr.d.fix}$ (N/mm²)	$\sigma_{cr.Euler}$ (N/mm²)	実験結果 $\sigma_{\max}$ (N/mm²)	最大耐力時モード
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	全体（or ゆがみ）座屈
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	全体座屈
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	ゆがみ座屈
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	ゆがみ座屈
No.6-10		1000	235	**186**	1930	152	
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	全体座屈
No.8-03	C-80×44.5×20×3.2	300	**1690**	6624	5753	322	局部座屈
No.8-05		500	**1600**	2839	2072	265	
No.8-10		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	全体座屈



(a)平板部計測方法 (b)角部計測方法

図 3 レーザー計測概要

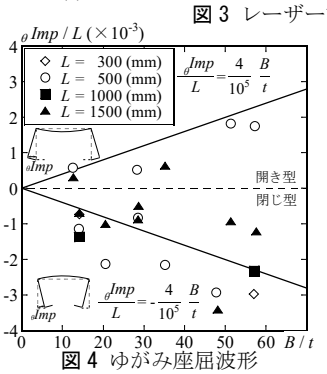


図 4 ゆがみ座屈波形
最大初期不整量

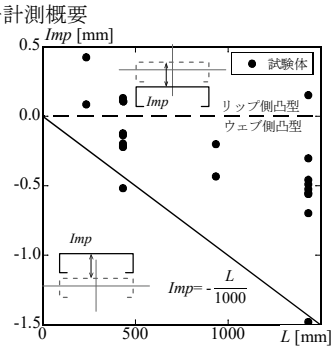


図 5 全体曲げ座屈波形
最大初期不整量

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

Maximum Resistance and Collapse Mode of Cold-Formed Lipped Steel Channel Members under Compression

Ohata Tomoya，Kikuo Ikarashi，Hinako Mitsuhiro
Kazuya Mitsui， Tomoki Kobashi，Ryohei Kuwada

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．載荷に際し，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(mm)の場合の応力度−変位関係を，図 10 に L_e=1500(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．

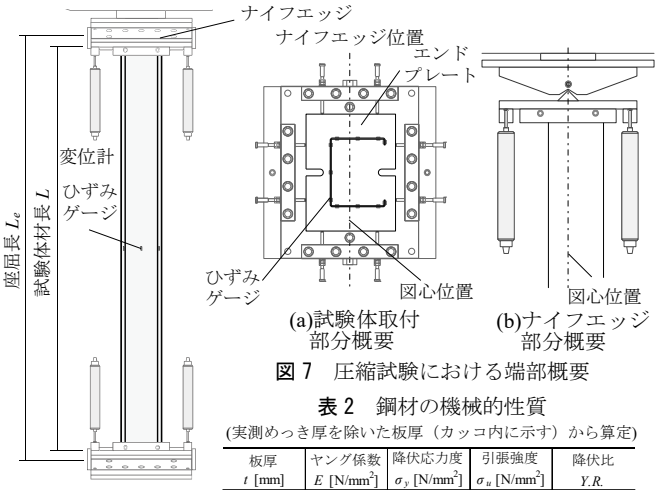
図 8 には短柱の実験結果とともに大変形解析結果を示す．大変形解析では，実験におけるピンの位置で図 1 に示す端部境界条件とし，初期不整導入方法は前節で提示した初期不整導入方法またはレーザー変位計による計測結果を用いている．図 9 には初期不整導入方法が最大耐力時モードに及ぼす影響を示す．図 9(b)では初期不整導入方法により，最大耐力時に発生するモードが異なっているものの，図 8 より最大耐力についてはいずれの試験体も実験結果と初期不整形状が異なる大変形解析結果がおおむね一致している．これより最大耐力を検討する際は前節で提示した初期不整導入方法でも問題ないことが示せた．

4. 結

冷間成形リップ溝形断面部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付溝形断面部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部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部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



(a)試験体取付部分概要　(b)ナイフエッジ部分概要

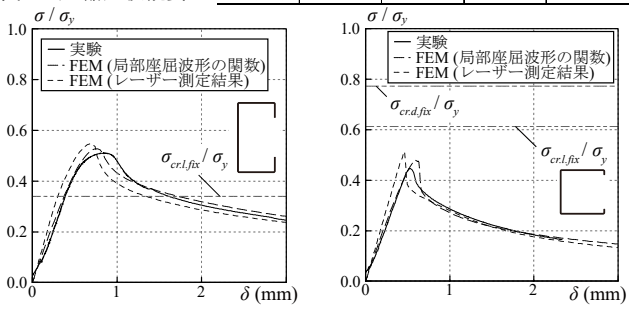
図 7　圧縮試験における端部概要

図 6　圧縮試験概要

表 2　鋼材の機械的性質

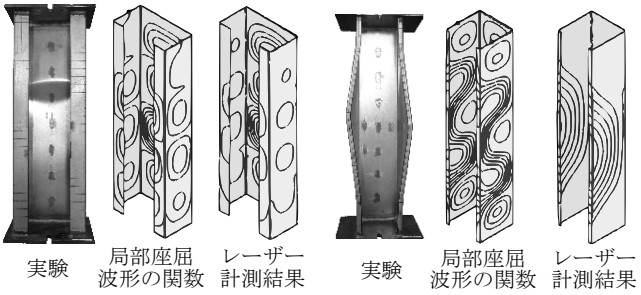
(実測めっき厚を除いた板厚（カッコ内に示す）から算定)

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



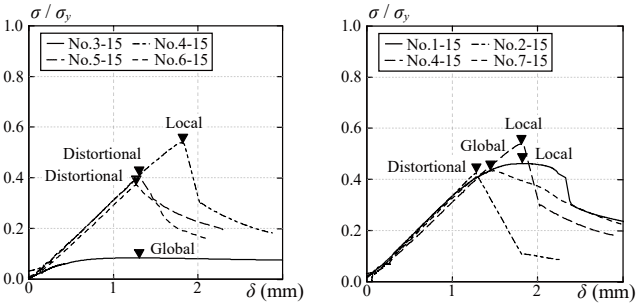
(a)No.1-05　(b)No.6-05

図 8　応力度−変位関係(L_e=500(mm))



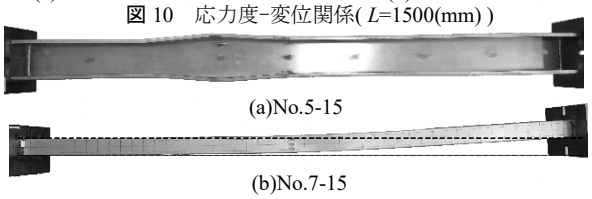
(a)　No.1-05　(b)　No.6-05

図 9　最終変形写真および最大耐力時モード(L_e=500(mm))



(a)*B*/*H* による変化　(b)*C*/*H* による変化

図 10　応力度−変位関係(*L*=1500(mm))



(a)No.5-15

(b)No.7-15

図 11　最終変形写真(*L*=1500(mm))

*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

*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