

左右非対称断面の溝形断面梁, リップ溝形断面梁の横座屈

正会員 ○木藤 一輝 準会員 佐藤 凱斗
正会員 薩川 恵一 正会員 鈴木 敏郎

梁の横座屈 有限要素法 弾塑性解析
非対称断面 せん断中心 曲げねじり剛性

1. はじめに

非対称断面である溝形鋼、リップ溝形鋼の梁部材としての性能は、曲げを受けた際のねじれやすさが欠点との一般的な認識とは反対に、横方向曲げ剛性、曲げねじり剛性は左右対称の H 形断面と比較して極めて大きいとされている。そこで、リップ付き溝形断面部材の諸剛性を誘導し、対称断面との対比により非対称断面梁の横座屈荷重と力学性能を調べる。

2. 溝形鋼, リップ溝形鋼の曲げ・ねじり剛性

リップ溝形鋼断面のせん断中心、曲げねじり定数を誘導するにあたっては、図 1(b)に示すようなリップ位置を設定し、図 1(a)の溝形鋼と同様の手順とした。断面中心 G とせん断中心 S はウェブ面を挟み左右に

$$e = (b^2 + 2ab)/(d + 2b + 2a) \quad (1-1)$$

$$x_0 = ed^2A/4I_x$$

主軸周りの断面二次モーメントは

$$I_x = d^3t/12 + 2bt(d/2)^2 + 2a^3t/12 + 2at(d/2)^2 \quad (1-2)$$

$$I_y = 2b^3t/12 + dte^2 + 2bt(b/2 - e)^2 + 2at(b - e)^2$$

であり、横座屈強さに関わる y 軸周りの剛性は断面を構成する各部位が重心軸から離れることで付加する剛性は大きくなる。ねじり剛性と曲げねじり剛性は

$$K = (d + 2b + 2a)t^3/3$$

$$\Gamma = d^2/4\{I_y + \pi^2A(1 - d^2A/4I_x)\} \quad (1-3)$$

であり、下段に示す式は溝形断面とリップ付き溝形断面と同じ表現の期としたが、リップに関わる一部の項(現規格品では 2%未満の誤差)を省略している。

等モーメントで単純支持梁の横座屈荷重は次式で

$$M_{cr} = \frac{\pi}{i} \sqrt{EI_y GK} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{i^2} E\Gamma/GK} \quad (1-4)$$

同じ断面積の梁とし、表 1 に示すリップ溝形鋼、溝形鋼、H 形鋼の 3 種の材長に応じた固有値解析の結果を図 2 に示す。解析には立体要素を使用している。非対称断面と対称断面との差異は明らかである。

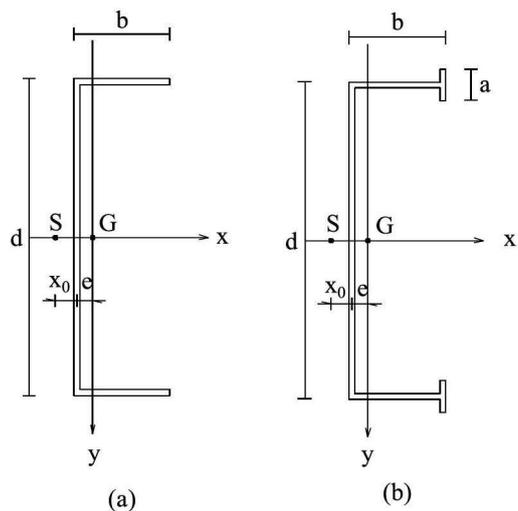


図 1 梁断面図

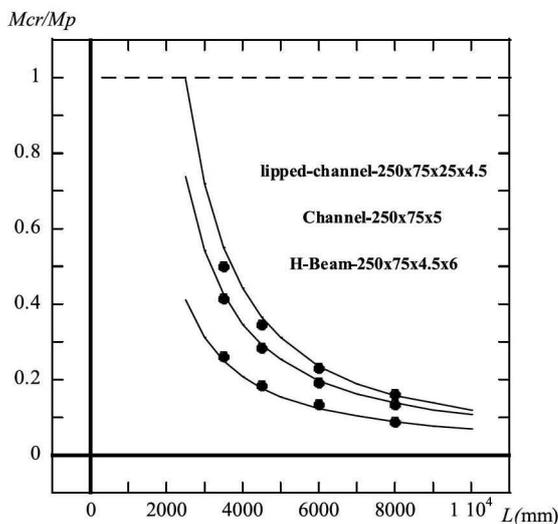


図 2 固有値解析結果

表1 断面性能

	d	b	a	t _r	t _w	e	A	I _x	I _y	y ₀	K	Γ	M _y	M _p
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	×10 ⁶ mm ⁴	×10 ⁶ mm ⁴	mm	×10 ⁴ mm ⁴	×10 ⁹ mm ⁶	×10 ⁷ Nmm	×10 ⁷ Nmm
lipedChannel C-250×75×25×4.5	245.5	70.5	22.75	4.5	4.5	18.93	1944	17.649	1.372	31.42	1.312	13.751	4.313	5.055
Channel C-250×75×5.0	245	72.5	0	5	5	13.48	1950	17.007	0.916	23.19	1.625	9.916	4.165	4.915
H-beam H-250×75×4.5×6	244	75	0	6	4.5	0	1998	18.843	0.422	0	1.821	6.279	4.634	5.303

Lateral buckling of channel and lipped-channel section beams with one-axis of unsymmetry

KITO Kazuki*1, SATO Kaito*1
SATSUKAWA Keiichi*2, SUZUKI Toshiro*3

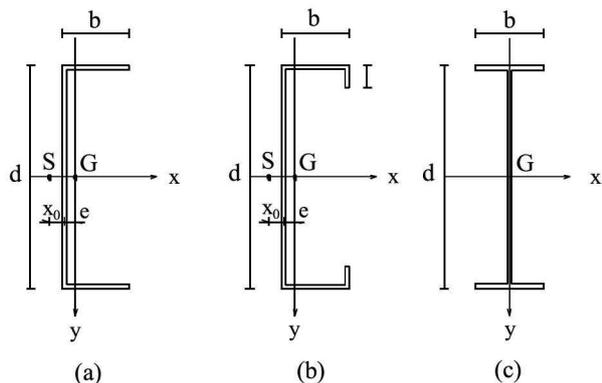


図3 解析モデル断面図

図3に梁断面性能算出に用いた梁断面形状を示す。梁性能比較には、リップ付き溝形鋼として規格品の内、一番大きな断面のC-250×75×25×4.5を選択し、溝形鋼としてC-250×75×5.0を、H形鋼はH-250×75×4.5×6.0とした。3種は同じ断面積、曲げ強さなども同じである。図3の各比率は、横方向曲げ剛性は3.25 : 2.17 : 1.00、曲げねじり剛性は2.19 : 1.59 : 1.00である。横座屈荷重をこれら両剛性の積の平方根と見なせ、非対称断面である溝形鋼、リップ付き溝形鋼の梁強さはH形鋼と比較して大きい。

3. 任意曲げを受ける梁の弾塑性解析

上記3種の梁で材長6000mmについて、均等に3箇所横方向変形を拘束して梁の弾塑性挙動を調べた。作用荷重設定は、左右部材端部の曲げモーメントとして逆対称から対称まで5段階に変えた。

図4は各断面の解析結果であり、(a)はリップ溝形鋼、(b)は溝形鋼、(c)はH形鋼である。各図の縦軸は梁強さを全塑性モーメントで除したものであり、横軸は変形角をその時点での塑性変形角で除したものである。

図4(a)のリップ付き溝形鋼は3種の中で最も安定しており、最大耐力は降伏荷重を超え、横座屈拘束を適切に配置することで全塑性モーメントが確保される。塑性化以降も耐力は安定的に維持され、耐震性能上優れた梁としての可能性がある。同図(b)の溝形鋼は、横座屈拘束により降伏荷重を確保することは可能であるが全塑性モーメントに到達しない。同図(c)のH形鋼は、横座屈による耐力低下が早期に進行し、全塑性モーメントに到達せず、他と比較して最大耐力後の低下が激しいことがわかる。

(参考文献)

FRIEDICH BLEICH : 「BUCKLING STRENGTH OF METAL STRUCTURES」, MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1954

*1 愛知工業大学 大学院生
 *2 愛知工業大学 学部生
 *3 愛知工業大学 教授
 *4 構造材料研究会

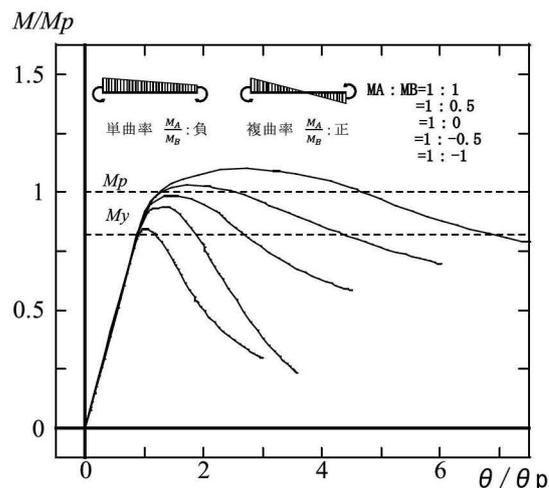


図4(a) Lipped-channel-250×75×25×4.5

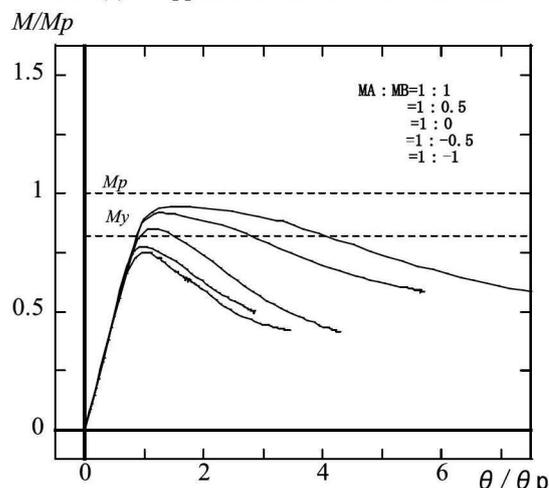


図4(b) Channel-250×75×5.0

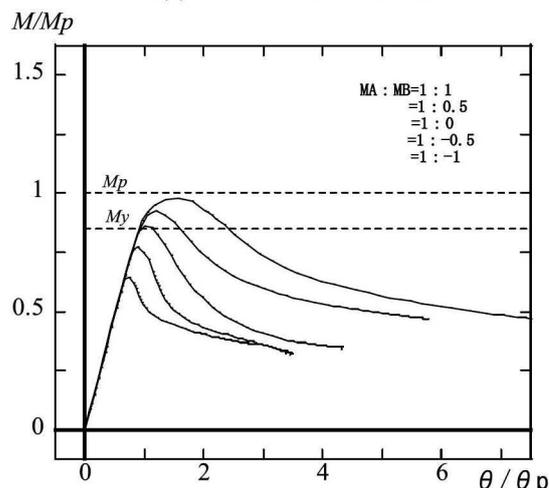


図4(c) H-beam-250×75×4.5×6

*1 Graduate student, Aichi Institute of Technology
 *2 Undergraduate, Aichi Institute of Technology
 *3 Professor, Aichi Institute of Technology
 *4 Suzuki Laboratory of Material and Structure