

# 板厚 12mm の SM490Y を溶接組立した部材の初期たわみに関する実験的研究

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○岡村実咲  
長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄靖大

## 1. はじめに

我が国の橋梁をはじめとした供用中の鋼構造物は、構造用炭素鋼を溶接組立した部材が用いられている。溶接組立された鋼構造物の強度特性は、製作時に導入される初期たわみおよび残留応力などの初期不整の影響を大きく受けることが周知である。橋梁に用いられる鋼板部材は、8mm以上の厚板であるため、厚板で構成される部材の初期不整を明確にすることは、炭素鋼製の溶接構造物の力学的特性を把握する上で必要不可欠である。本研究では、板厚 12mm の構造用炭素鋼 SM490Y の鋼板を溶接組立した中空正方形断面柱および I 形断面柱の初期たわみを実験により明らかにする。

## 2. 供試体概要

### 2.1 材料特性

本研究では、精密万能試験機(島津製作所製：AGX-300kN)を用いて、JIS Z2241<sup>1)</sup>に準拠した引張試験を行う。表 1 は、本研究で対象とする板厚 12mm の構造用炭素鋼 SM490Y のミルシートに記載の機械的性質および化学成分を示す。ここで、表中の  $\sigma_y$  は降伏応力を、 $\sigma_u$  は引張強度を、 $\delta$  は伸びを意味する。図 1 は、本研究で実施する引張試験片形状を示す。引張試験片は、JIS Z2241 14B 号試験片とし、3 体の試験片を使用する。

引張試験時の負荷条件は、文献 1) に従い、ミルシートの基準耐力までを応力増加速度 3 MPa/s とし、その後、試験機のスローク速度を 0.0325 mm/s として与える。表 2 および図 2 は、引張試験より得られた材料特性値および応力ひずみ関係を示す。

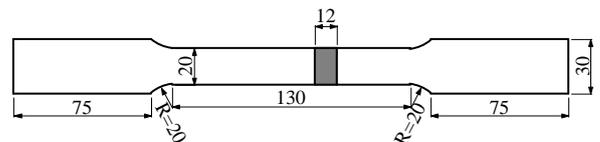


図 1 引張試験片

表 1 供試体を構成する材料のミルシート値

鋼種	$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_u$ (MPa)	$\delta$ (%)	化学成分(%)							
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
SM490Y	386	548	27	0.16	0.44	1.45	0.012	0.003	0.01	0.02	0.02

表 2 材料試験により得られた材料特性値

鋼種	$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_u$ (MPa)	$E$ (GPa)	$\nu$	$\delta$ (%)
No.1	345	541	198	0.283	30.4
No.2	347	540	176	0.283	31.5
No.3	349	543	206	0.285	31.3
Average	347	541	193	0.284	31.1

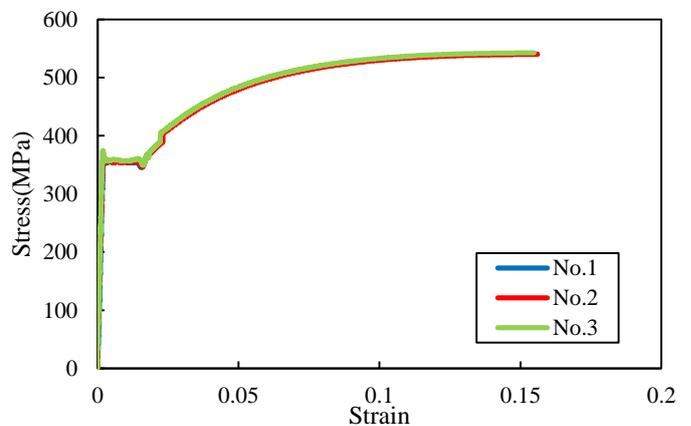


図 2 応力ひずみ関係

## 2.2 初期たわみ測定用供試体

初期たわみの測定を行う供試体は、図3に示す溶接組立された中空正方形断面柱およびI形断面柱とする。これらの柱断面を構成する板は、2.1で明らかにしたSM490Yとし、板厚 $t=12$  mm, 各板幅 $b$ を式(1)に示す供試体断面を構成する板の幅厚比パラメータ $R$ を0.5として決定する。

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

ここで、 $\sigma_y$ は降伏応力(=355MPa),  $E$ はヤング係数(=206GPa),  $\nu$ はポアソン比(=0.3),  $k$ は座屈係数(周辺単純支持板では4.0, 自由突出板では0.425)を意味する。柱長さについては、中空正方形断面柱およびI形断面柱を構成する板の縦横比が周辺単純支持板で1.0 自由突出板で6.0になるように決定する。表3は、以上のように決定した各供試体の実測寸法値を示す。同表中の $\bar{\lambda}$ は式(2)に示す柱の細長比パラメータを意味する。

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \frac{L}{r} \quad (2)$$

ここで、 $r$ は断面二次半径を、 $L$ は柱長さを意味する。

## 3. 溶接組立したSM490Y製部材の初期たわみ

### 3.1 初期たわみ測定方法

初期たわみの測定は、定盤上に設置した供試体を、小径高感度変位計(東京測器研究所製: CDP-25M)を用いて行う。初期たわみの測定位置は、供試体断面を構成する各板について、8×8領域に分割し、分割したラインの交点の面外たわみを測定する。図4は、このようにして測定する各供試体断面の測定位置を示す。なお、I形断面柱については腹板の柱長さ方向と高さ方向の縦横比が1:1かつ柱長さ方向中央部の領域を対象範囲とする。以上のように測定した初期たわみは、文献3)による板のたわみモードとの誤差を最小二乗法により検証する。

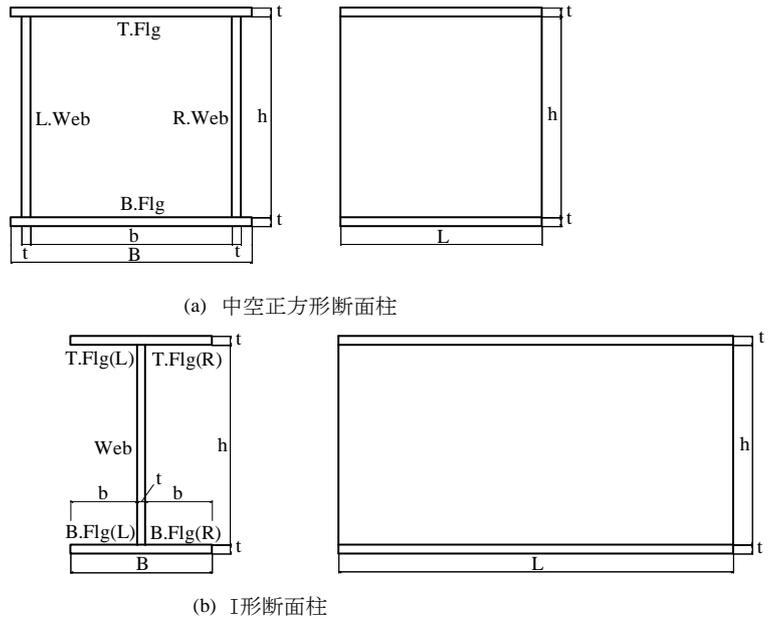
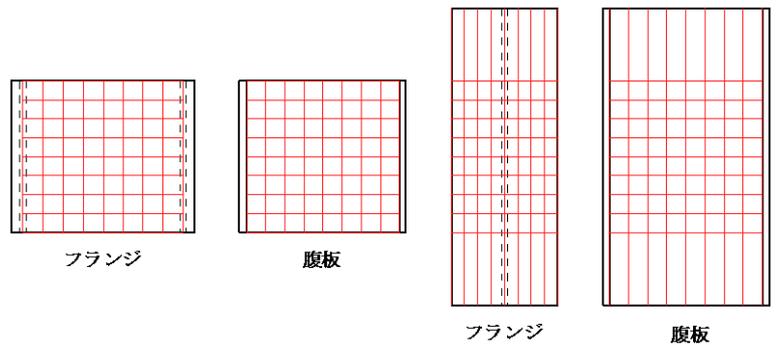


図3 供試体形状および寸法

表3 供試体寸法緒元

供試体名	部材名	柱長さ	板幅	柱高さ	支持間隔	板厚	$R$	$\bar{\lambda}$
		$L$ (mm)	$B$ (mm)	$h$ (mm)	$b$ (mm)	$t$ (mm)		
SHS	T.Fl	274.0	328.2	—	274.5	12.1	0.503	0.031
	L.Web	274.7	—	274.7	—	12.1	0.507	
	R.Web	273.8	—	274.8	—	12.2	0.504	
	B.Fl	275.0	328.2	—	274.7	12.1	0.507	
	公称値	275.0	329.0	275.0	275.0	12.0	0.5	
IS	T.Fl(L)	536.2	191.1	—	89.6	12.2	0.503	0.171
	T.Fl(R)	—	—	—	90.0	12.2	0.510	
	Web	536.2	—	276.2	—	12.2	0.506	
	B.Fl(L)	536.3	190.8	—	89.0	12.1	0.506	
	B.Fl(R)	—	—	—	89.4	12.1	0.507	
	公称値	537.0	192.0	275.0	90.0	12.0	0.5	



(a)中空正方形断面柱 (b)I形断面柱

図4 初期たわみ測定位置

### 3.2 初期たわみ

図5は、実験により得られた各板の最大初期たわみの発生位置を示す。同図(a)より、中空正方形断面柱を構成する周辺単純支持板の最大面外たわみの発生位置は、左側腹板を除いて、溶接部近傍で発生していることがわかる。また、同図(b)のI形断面柱の最大面外たわみ発生位置は、上下フランジで自由辺、腹板で溶接部近傍にて発生していることがわかる。

表4は、対象とした供試体断面を構成する各板毎に、図6に示す初期たわみモード<sup>3)</sup>の分解処理により得られた結果を示す。ここで、 $\delta_{max}$ は各板の最大初期たわみの大きさを、許容値は道路橋示方書<sup>2)</sup>で規定される周辺単純支持板および自由突出板の製作誤差の最大値に相当する値( $b/150$  または  $h/150$  および  $b/100$ )を意味する。表4より、全ての板において最大初期たわみ値は許容値に対して小さくなることがわかる。また、周辺単純支持板では単純ねじりモード(5th)または板曲げモード1(6th)、自由突出板では単純ねじりモード(5th)または板曲げモード2(7th)が現れることがわかる。

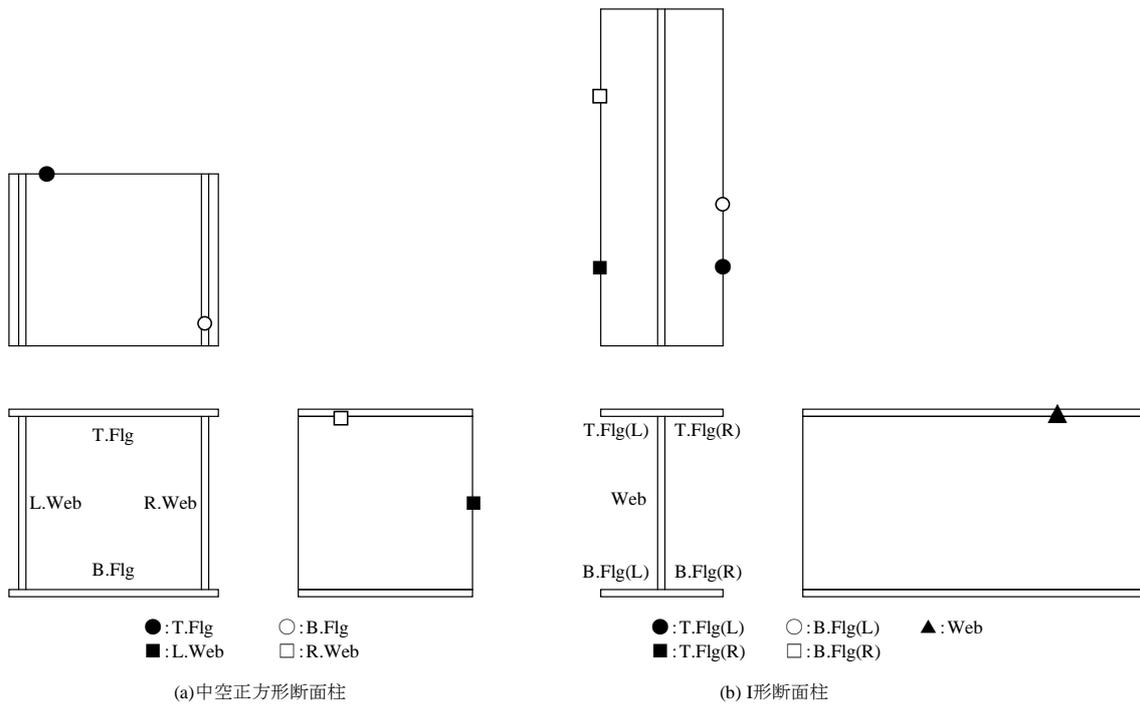


図5 最大初期たわみ発生位置

表4 最大初期たわみおよび初期たわみモード

		$\delta_{max}$	許容値	$\delta_{max}/\text{許容値}$	$\delta_{max}/(b \text{ or } h)$	mode
SHS	T.Fl	0.225	1.830	0.123	1/1219	6th
	L.Web	0.403	1.831	0.220	1/681	5th
	R.Web	0.370	1.832	0.202	1/743	5th
	B.Fl	0.244	1.831	0.133	1/1126	6th
IS	T.Fl(L)	0.319	0.896	0.356	1/281	7th
	T.Fl(R)	0.376	0.900	0.418	1/239	5th
	Web	0.579	1.841	0.314	1/477	5th
	B.Fl(L)	0.456	0.890	0.512	1/195	5th
	B.Fl(R)	0.453	0.894	0.506	1/197	5th

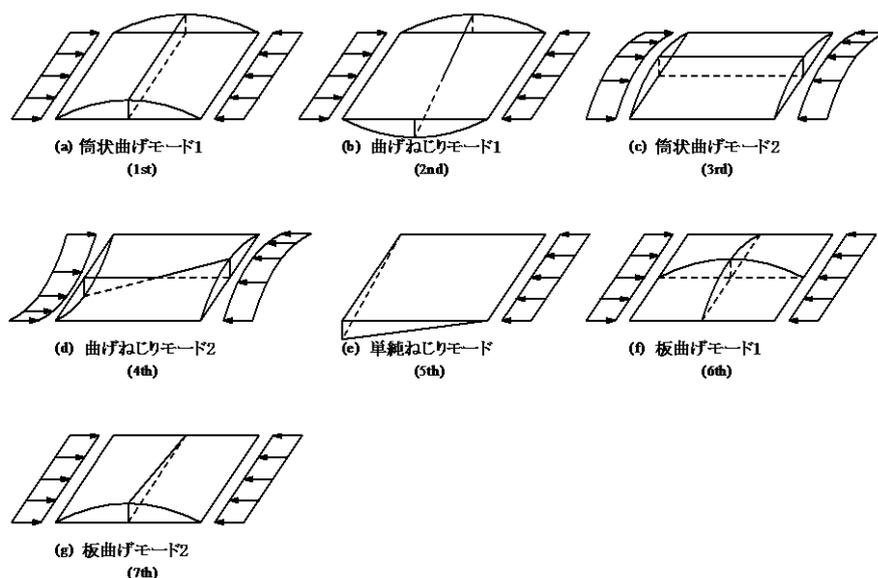


図 6 初期たわみモードの概略図<sup>3)</sup>

#### 4. おわりに

本研究では、溶接組立した SM490Y の中空正方形断面柱および I 形断面柱の初期たわみを実験的に明らかにした。以下に、本研究で得られた結果をまとめる。

- (1) 対象とした 2 種類の供試体について、断面を構成する周辺単純支持板とした板の最大面外たわみは、溶接部近傍にて現れることを確認した。
- (2) 対象とした全供試体の断面を構成する板の面外たわみは、道路橋示方書で規定される製作許容誤差の最大値に比べて、12.3～51.2%となる。
- (3) 対象とした 2 種類の断面を構成する板について、周辺単純支持板および自由突出板において単純ねじりモードが最も現れる。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K04243 の助成を受けたものです。ここに記して、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：JIS Z2241 金属材料引張試験方法，日本規格協会，2011.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II 鋼橋・鋼部材編，日本道路協会，2017.
- 3) 日本鋼構造協会関西地区連絡会関西地区委員会 IDM 委員会：鋼橋部材の形状初期不整と耐荷力の統計学的研究，日本鋼構造協会，Vol.16，No.170，pp.10-43，1980.