

構造用炭素鋼 SM490Y を溶接組立した部材の腐食による初期たわみの変化

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 宮崎 靖大

1. はじめに

我が国の橋梁に用いられる炭素鋼製溶接構造物の強度特性は、製作時に導入される初期不整の影響を大きく受けることが周知である。このような炭素鋼製構造物の損傷の主たる要因である腐食による初期不整の変化を明確にすることは、鋼構造物の残存強度の定量的評価等の維持管理において重要である。

本研究では、構造用炭素鋼板を溶接組立てした2種類の断面を構成する供試体の初期たわみに着目し、腐食前後にてその変化を実験により明らかにする。

2. 供試体概要

2.1 材料特性

本研究で対象とする鋼種は、板厚 12mm の構造用炭素鋼 SM490Y とする。対象材料は、図 1 に示す JIS Z2241 14B 号試験片を用いて健全状態および腐食損傷状態のそれぞれ3体計6体について、精密万能試験機(島津製作所製: AGX-300kN)を用いて、JIS Z2241¹⁾に準拠した引張試験を行う。表 1 および図 2 は、引張試験により得られた材料特性値および応力ひずみ関係を示す。これら図表中の試験片名は、初めの数字が腐食試験期間を意味する。材料特性の詳細については、4.に記述する。

2.2 初期たわみ測定用供試体

本研究で対象とする供試体は、図 3 に示す溶接組立て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、板厚 $t=12\text{mm}$ の SM490Y とし、各板幅 b を式(1)に示す幅厚比パラメータ 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、 ν はポアソン比を、 k は座屈係数を意味する。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 になるようにして決定する。

3. 試験方法

促進腐食試験は、Q-FogCCT1100(Q-Lab 社製)を用いた 5%NaCl 水溶液噴霧 2h、60°C 乾燥 4h、湿潤 2h の計 8h を 1 サイクルとした複合サイクル試験²⁾を 180 サイクル実施する。複合サイクル試験終了後は、ISO8407³⁾に準拠した腐食生成物の除去を行う。

初期たわみの計測は、定盤上に設置した供試体について、供試体断面を構成する各板を 8×8 領域に分割したラインの交点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。計測したこれらの値は、文献 4)による板のたわみモードとの誤差を最小二乗法により調べる。

キーワード SM490Y, 複合サイクル試験, 初期たわみ

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9439

表 1 引張試験片の機械的性質および断面諸量

試験片名	降伏応力	引張強度	ヤング係数	伸び	質量	断面積
	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	E (GPa)	δ (%)		
0-1	345	541	198	30.4	729.93	242.71
0-2	347	540	176	31.5	730.28	242.75
0-3	349	543	206	31.3	730.39	242.72
Average	347	541.3	193	31.1	730.2	242.73
180-1	367	538	203	22.3	712.06	225.22
180-2	359	537	209	22.0	713.15	225.98
180-3	354	532	228	19.7	712.53	225.24
Average	360	535.8	213	21.3	712.58	225.48

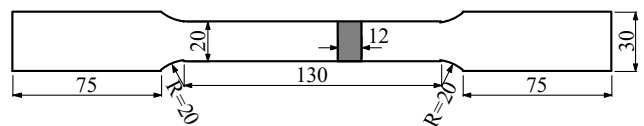


図 1 引張試験片¹⁾

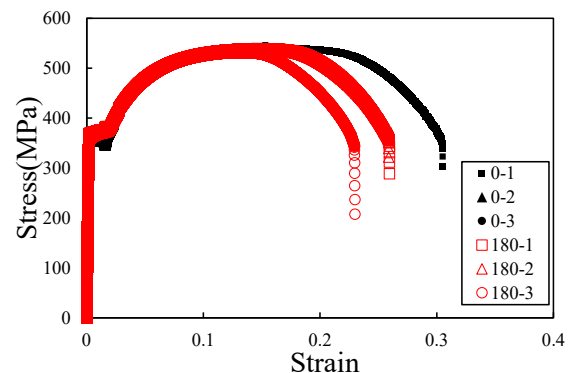


図 2 応力ひずみ関係

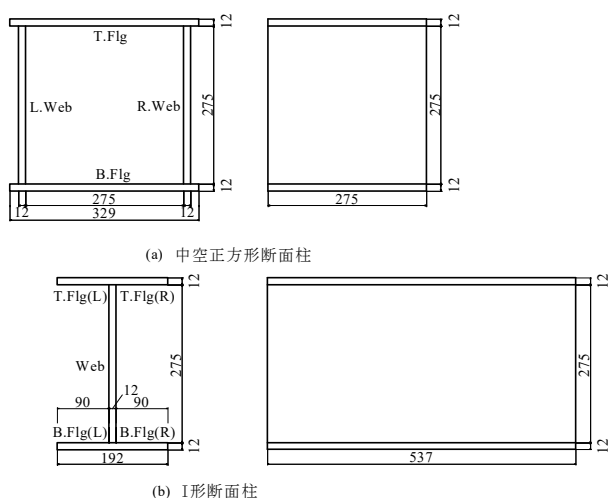


図 3 供試体形状および公称寸法値

4 試験結果

本研究で扱う腐食量は、引張試験片による換算板厚減少量⁵⁾を用いる。図4は、腐食後の引張試験片について、換算板厚減少量を考慮して算出した腐食前後の断面積の比である断面残存率を示す。同図より、腐食後試験片の断面残存率は、平均で92.9%となる。

表1に示した腐食後試験片の σ_y および σ_u 値は、健全状態試験片の約99.0から103.7%となる。また、図2の応力ひずみ関係より、腐食後試験片の破断伸びは、健全状態試験片の68.5%となることがわかる。

表2は、対象とした供試体断面を構成する各板について、図5に示す初期たわみモード⁴⁾に分解処理した結果を示す。同表中の供試体名の数字は複合サイクル試験のサイクル数を表す。また、同表中の記号は、 δ_{max} が各板の最大初期たわみ値、許容値が道路橋示方書⁶⁾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2より、全ての健全供試体断面を構成する板の最大初期たわみは、許容値に比べて12.3から51.2%となった。一方、腐食後供試体の最大初期たわみ値は、許容値に比べて11.4から116.3%となり、I形断面柱の上フランジ右側の自由突出板のみが許容値を16%程度大きくすることがわかる。

つぎに、表2より、健全供試体の初期たわみモードは、中空正方形断面柱およびI形断面柱における周辺単純支持板および自由突出板とともに5次モードが最も多く発生していることがわかる。また、腐食後供試体では中空正方形断面柱およびI形断面柱における周辺単純支持板で6次モード、自由突出板で5次および7次モードが多く現れることがわかる。これらより、腐食前後にて初期たわみモードの変化は、周辺単純支持板および自由突出板ともに発生することがわかる。

5 おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1)腐食後試験片の降伏応力および引張強度は、健全状態試験片との差が4%以内となる。
- (2)対象とした2種類の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、健全状態で12.3から51.2%、腐食後で11.4から116.3%となる。
- (3)対象とした2種類の供試体断面を構成する板について、健全状態では単純ねじりモードが最も多くみられ、腐食後では周辺単純支持板で板曲げモード1、自由突出板で単純ねじりモードおよび板曲げモード2が多く現れ、腐食前後で初期たわみモードの変化が生じることを確認した。

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)自動車技術会：JASO M609 自動車用材料腐食試験方法，自動車技術会，1991。
- 3)ISO8407：Corrosion of Metals and from Corrosion Test Specimen，ISO，2009。
- 4)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力の統計学的研究，日本鋼構造協会，Vol.16，No.170，pp.10-43，1980。
- 5)星野由，宮寄靖大：腐食損傷した単体およびハイブリッド引張鋼部材の強度評価に関する実験的研究，第39回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会，I-101，2021。
- 6)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。

表2 腐食前後の最大初期たわみおよび初期たわみモード

供試体名	部材名	δ_{max}	許容値	$\delta_{max}/(b \text{ or } h)$	mode	
before	SHS-180	T.Flг	0.225	1.830	1/1219	6th
		L.Web	0.403	1.831	1/681	5th
		R.Web	0.370	1.832	1/743	5th
		B.Flг	0.244	1.831	1/1126	6th
	IS-180	T.Flг(L)	0.319	0.896	1/281	7th
		T.Flг(R)	0.376	0.900	1/239	5th
		Web	0.579	1.841	1/477	5th
		B.Flг(L)	0.456	0.890	1/195	5th
	B.Flг(R)	0.453	0.894	1/197	5th	
after	SHS-180	T.Flг	0.209	1.830	1/1315	6th
		L.Web	0.462	1.831	1/595	5th
		R.Web	0.491	1.832	1/560	5th
		B.Flг	0.366	1.831	1/750	6th
	IS-180	T.Flг(L)	0.449	0.896	1/200	7th
		T.Flг(R)	1.046	0.900	1/86	5th
		Web	0.249	1.841	1/1111	6th
		B.Flг(L)	0.495	0.890	1/180	7th
	B.Flг(R)	0.625	0.894	1/143	5th	

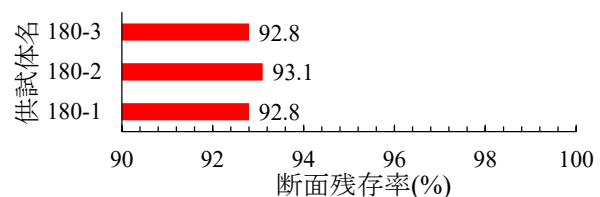


図4 断面残存率

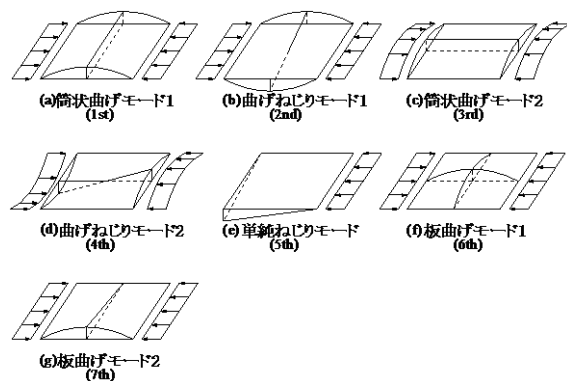


図5 たわみモード概形図⁴⁾