

建設から 115 年が経過する鋼トラス橋組立材の材料特性

明石工業高等専門学校 正会員 ○三好 崇夫 熊本高等専門学校 正会員 岩坪 要
九州工業大学 正会員 高井 俊和 舞鶴工業高等専門学校 正会員 玉田 和也

1. はじめに

市町村管理橋には、鋼材の割れや腐食等の経年劣化が見られるものもあり、その補修、架け替え等の老朽化対策が急務となっている。鋼橋の老朽化対策コストは、市町村の財政に重くのしかかっており、合理的な耐荷性能の評価法、点検、補修技術の開発が喫緊の課題である。また、1900 年代前半頃の鋼材の製造方法は現代と異なるため、経年劣化を持つ鋼部材の補修技術、実用的な耐荷性能評価法の開発に向けては、経年鋼材の材料特性に関するデータ蓄積が必要である。本研究では、建設から 115 年が経過する鋼トラス橋（1906 年竣工の森村橋）から撤去された組立材（図-1）のレーシングバー（L. B.）、溝形鋼の腹板、フランジから各種試験片を採取し、機械的特性、低温ぜい性特性や硬さ等の材料特性について明らかにすることを目的とする。

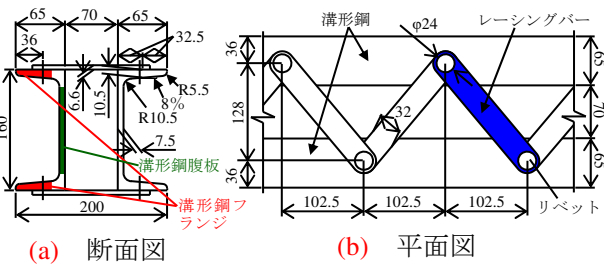


図-1 撤去材の概略図

表-1 実施した試験と試験片数

試験名称	準拠規格	試験温度	試験片採取箇所と数量			試験片形状
			腹板	フランジ	L.B.	
引張試験	JIS Z 2241	室温	3本	3本	1本	5号
		室温	—	—	1本	5号ハーフ
Vノッチシャルピー衝撃試験	JIS Z 2242	6温度	3本/温度	3本/温度	—	ハーフサイズ
ビッカース硬さ試験	JIS Z 2244	室温	1か所	1か所	1か所	—
化学成分分析	JIS G 0321	—	1か所		1か所	—
サルファブリント試験	JIS G 0560	—	1か所	1か所	1か所	—
結晶粒度試験	JIS G 0551	—	1か所	1か所	1か所	—
非金属介在物試験	JIS G 0555 (付属書1)	—	1か所	1か所	1か所	—

2. 実施した試験

組立材の材料特性を把握するため、表-1 に示す試験を実施した。各試験は同表中に示す規格に準拠して、同表中に示す温度、試験片形状、数量で実施した。このうち、本文では、引張試験、V ノッチシャルピー試験、硬さ試験と化学成分分析結果について報告する。

3. 試験結果

3. 1 引張試験

試験結果として、腹板、フランジと L.B.の応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。なお、同図には、一般構造用圧延鋼材 SS400 の降伏応力 (Y. S.) と引張強度 (T. S.) の最小保証値も示した。これより、い

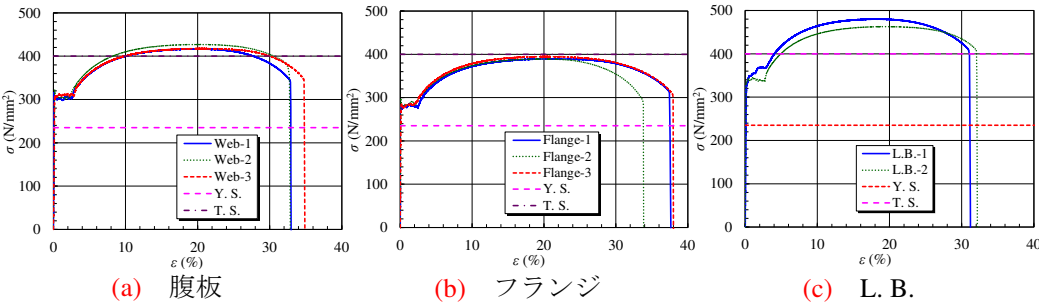


図-2 応力-ひずみ曲線

表-2 機械的特性値

試験片	弾性係数 E (kN/mm ²)	Poisson 比 ν	上降伏点 σ _{yu} (N/mm ²)	下降伏点 σ _{yl} (N/mm ²)	引張強度 σ _u (N/mm ²)	一様伸び ε _u (%)	破断伸び ε _f (%)
Web-1	207	0.29	315	298	417	20	35
Web-2	206	0.29	323	301	427	20	35
Web-2	206	0.29	304	305	417	21	38
Flange-1	207	0.29	280	276	390	22	41
Flange-2	207	0.29	298	280	389	20	35
Flange-3	206	0.29	285	282	395	20	41
L.B.-1	211	0.28	327	348	480	18	33
L.B.-2	208	0.29	331	336	463	19	35
SS400	—	—	—	245 ≦	400 ≦	—	17 ≦

各試験片の弾性係数、Poisson 比、上降伏点、下降伏点、引張強度、一様伸び、破断伸びと絞りを表-2 に示す。同表中にはあわせて、SS400 の各々の特性値の材料規格値を示す。これより、いずれの降伏応力も、SS400 の降伏応力の最小保証値は満たしているものの、フランジの引張強度はその最小保証値を下回った。いずれも一様伸びは 20% 程度、破断伸びは概ね 35% を超えており、SS400 の破断伸びの最小保証値を上回った。

キーワード：経年鋼材、組立材、材料特性

連絡先（〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3、TEL：078-946-6173、FAX：078-946-6184）

3. 2 Vノッチシャルピー衝撃試験

試験結果として、腹板、フランジのぜい性破面率をその遷移曲線とともに図-3に示す。なお、本研究では、ハーフサイズ試験片とフルサイズ試験片との板厚の相違による結果の補正は行っていない。これより、ぜい性破面率は、腹板では0℃で100%であるのに対して、フランジでは0℃で平均60%となった。また、同図中に示す破面遷移温度 vT_s は、腹板で39℃、フランジで4℃と、いずれも0℃を上回ったが、腹板の方がより脆い性質を示した。

図-4は、腹板、フランジの吸収エネルギーをその遷移曲線¹⁾とともに示している。ただし、上部棚吸収エネルギー vE_{shelf} が実験的に得られていないため、同曲線の定数の決定に際しては、 vE_{shelf} は vT_s のエネルギーの2倍と仮定した。これより、0℃の吸収エネルギーは、腹板では0J、フランジでも平均38Jであり、フランジの方が高い吸収エネルギーを示した。しかし、0℃における吸収エネルギー100J、ぜい性破面率10%以下を示す溶接構造用熱間圧延鋼材 SM400A²⁾に比べて、組立材は著しい低温ぜい化特性を示すことが分かる。

3. 3 硬さ試験

腹板、フランジとL.B.の板厚方向に沿ったビッカース硬さ H_v の分布を図-5に示す。硬さは板厚を4等分する5か所で1か所あたり3回計測し、同図中には横軸を板厚方向の無次元座標 z/t として、各計測結果と平均値を示した。これより、 H_v は腹板で120~160、フランジで110~140、L.B.では120~140を示した。一方、それぞれ1927年、1931年架設の鋼橋撤去材(R1, R2材)とSM400Aの計測結果²⁾によれば、 H_v は経年鋼材では140~200、SM400Aでは140~180を示しており、組立材は若干軟らかいことが分かる。

3. 4 化学成分分析

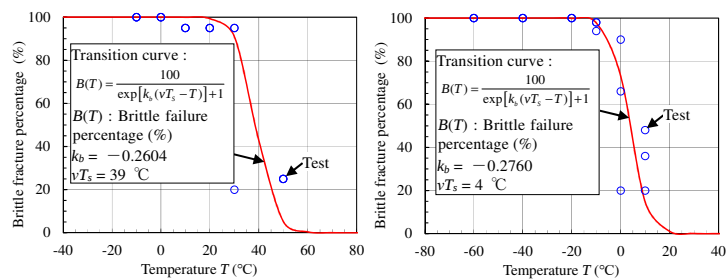
化学成分分析結果として、L.B.と腹板の化学成分の質量分率を、1927年、1931年架設の鋼橋撤去材(R1, R2材)と現代の鋼材SM400A²⁾に関する計測結果と比較して表-3に示す。同表より、腹板、L.B.とも、R1, R2材やSM400Aに比べて、鋼材の性質に悪影響を及ぼすとされているSやPの含有率が高い反面、強度の向上に寄与するCの含有率の少ないことが分かる。腹板やL.B.の H_v がR1, R2材やSM400Aに比べて小さいのは、C含有量の低さによるものと考えられる。

4. まとめ

115年前に建設された鋼トラス橋組立材の溝形鋼、レーシングバーについては、現代のSS400の引張強度を下回る場合がある。また、それらは現代の鋼材に比して著しい低温ぜい性特性を示し、現代の鋼材に比して炭素含有量が低いため軟らかく、硫黄やリンの含有量が多いことが示された。

【謝辞】本研究の遂行に当たって、森村橋撤去材は静岡県駿東郡小山町からご提供を頂いた。また、科研費基盤研究(C) 腐食した組立部材の圧縮耐力特性に関する研究(研究課題番号19K04587, 研究代表者 三好崇夫)、公益財団法人 木下記念事業団 学術研究活動助成(腐食した形鋼からなる柱部材の残留応力分布の把握と圧縮強度の評価, 研究代表者 三好崇夫)の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

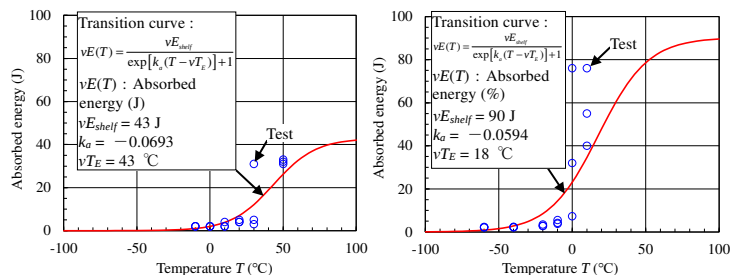
【参考文献】1) 日本溶接協会: 溶接継手のぜい性破壊発生及び疲労き裂進展に対する欠陥の評価方法 WES2805, 2007. 2) 金ら: 高経年鋼材の溶接性および継手の機械的特性評価 ―既設橋梁の溶接を用いた補修・補強に関する研究(I)―, 鋼構造論文集, Vol.12, No.46, pp.19-25, 2005.



(a) 腹板

(b) フランジ

図-3 ぜい性破面率と遷移曲線



(a) 腹板

(b) フランジ

図-4 吸収エネルギーと遷移曲線

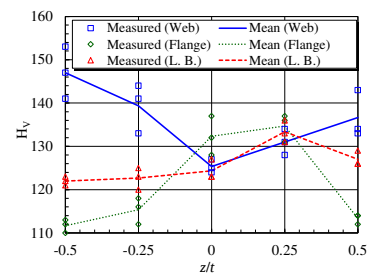


図-5 硬さの分布

表-3 化学成分分析結果

Specimen	Chemical composition $\times 10^{-2}$ (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	B
Web	5	<1	54	7.6	5.8	4	2	<1	<1	<1	<0.1
L.B.	1.3	<1	26	8	11	4	3	<1	1	<1	<0.1
R1	11.3	1	44	5.7	3.9	4	3	0	20.6	0.1	0
R2	20.7	1	52	3.5	4.3	3	1.6	0	7	0	0
SM400A	15	10	69	2.4	0.7	2	2	0.5	1	0.1	0.1