

## 鋼鉄道橋に使用された古い鋼材の材料特性

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○宇佐美 龍一, 正会員 他谷 周一, 正会員 伊藤 裕一  
日本車輛製造(株) 正会員 荒川 慎平, JFE テクノリサーチ(株) 久保 高宏

## 1. はじめに

JR 東海管内の在来線には約 3,700 連の鉄桁がある。JIS 規格制定以前に製作された鋼材を使用した鉄桁も多数含まれ、製作から 100 年を超えるものも存在する。このような鋼材が使用された鉄桁を今後も末永く使用していくためには、その材料特性を把握して、特性に応じたメンテナンスを実施することが重要である。そこで、取替に伴い撤去した桁を使用して、材料試験を実施した。

## 2. 試験概要

本試験に用いた橋梁の概要を表-1 に、各材料試験に用いた試験体の採取位置を表-2 に示す。ここでは、実施した材料試験のうち、成分試験、サルファプリント、引張試験、シャルピー衝撃試験、CTOD 試験について述べる。

## 3. 成分試験

成分分析結果を表-3 に示す。本試験に用いた 4 橋に加えて、過去の調査結果<sup>1)</sup>を併記する。鋼材の性質を決定するうえで重要な C 量は、錬鉄で著しく小さいものの、それ以外の試験片で大きな違いは確認できなかった。今回調査した鋼材には P, S 量が多いものが含まれ、SS400 (JIS G 3101) の規格値である 0.05%を上回るものもあった。なお、B, D 橋においては、図-1 のサルファプリント結果に見られるように、S の偏析が確認された。

## 4. 引張試験

引張試験の結果を図-2 に示す。図中の値は、各試験体 3 体の平均値を示しており、形鋼寸法が小さいため試験片 14A 号とした。いずれの試験体も降伏点又は耐力及び引張強さは、SS400 に近い値であったが、D 橋のフランジ (C 方向) では、破断伸びが SS400 で要求される 21%を下回った。A, C 橋の首部 (C 方向)、D 橋のフランジ (C 方向) の破断面には、カップアンドコーン型破壊が確認できず、脆性破壊を確認した (写真-1)。

表-1 対象橋梁の概要

橋梁名	桁式 (活荷重)	推定製作時期	形鋼形状 (鉄鋼メーカー)	備考
A	I 梁 (E33)	1926 (T15)	190x380x22.5x15 (Bethlehem Steel Co.)	支間長 3.55m 寅契橋 1227
B	I 梁 (E40)	1929 (S4)	185x610x21x17 (Bethlehem Steel Co.)	支間長 5.11m 辰契橋 1244
C	I 梁 (不明)	1897 (M30)	155 x 411 x 25 x 16 (メーカー不明)	支間長 3.72m 民鉄設計施工 参宮鉄道式
D	トラフガーダー (KS15)	1948 (S23)	175 x 450 x 20 x 11 (八幡製鐵所)	支間長 6.0m そ 560-80

表-2 試験体の採取位置

試験の種類	対象橋梁	部材	方向 <sup>※</sup>
成分試験	A・B・C・D	ウェブ	—
サルファプリント	A・B・C・D	フランジ・ウェブ	—
マクロ試験	D (溶接補強部)	フランジ・ウェブ	—
引張試験 14A号	A・B・C・D	フランジ	L,C
	A・C	ウェブ	L,C
	A・C	形鋼首部	L,C
CTOD試験 フルカーブ	A	形鋼首部	L,C
CTOD試験 (3温度)	C	形鋼首部	C
	A	ウェブ	C
シャルピー 衝撃試験 フルカーブ	A・C	ウェブ	L,C
	A・C	形鋼首部	L,C

※L 方向：圧延方向 C 方向：圧延直角方向

表-3 成分分析結果

化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	C <sub>eq</sub>	P <sub>CM</sub>
A橋	0.19	0.04	0.79	0.014	0.044	0.22	0.06	0.03	<0.01	<0.005	<0.0001	0.334	0.246
B橋	0.15	0.03	0.57	0.019	0.045	0.14	0.03	0.04	<0.01	<0.005	<0.0001	0.258	0.191
C橋	0.2	0.06	0.47	0.065	0.064	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.0001	0.286	0.23
D橋	0.19	<0.01	0.59	0.023	0.053	0.26	0.06	0.03	<0.01	<0.005	<0.0001	0.299	0.237
JSSC 1897年 錬鉄	0.005	0.11	0.06	0.424	0.025	0.05	—	—	—	—	—	—	—
JSSC 1907年	0.26	0.01	0.53	0.028	0.066	—	—	—	—	—	—	—	—
JSSC 1917年	0.22	0.04	0.43	0.006	0.036	—	—	—	—	—	—	—	—

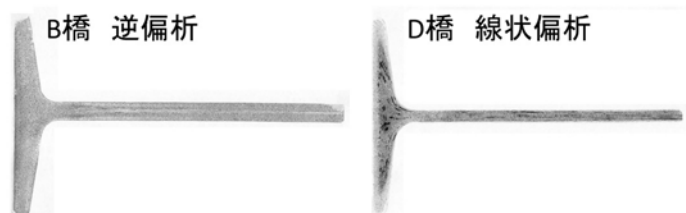


図-1 サルファプリント結果

キーワード 鋼鉄道橋, 古い鋼材, 材料特性, 材料試験, CTOD 試験, 破壊靱性値

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道(株) 技術開発部 TEL 0568-47-5370

### 5. シャルピー衝撃試験及びCTOD試験

シャルピー衝撃試験から得たシャルピー吸収エネルギーを図-3に示す。シャルピー吸収エネルギーは各試験体3体の平均値を示す。JIS規格によって製作された鋼材ではないものの、C方向では全ての試験体で現行のSM400B (JIS G 3106) で要求される27Jを下回った。

次に、破壊靱性値と試験温度の関係を図-4に示す。なお、破壊靱性値は、CTOD試験で得た限界CTOD(δ)をもとに算出したものである。ここで示した破壊靱性値は、安定破壊時のCTOD(δ<sub>m</sub>)を含んでいるものの、バラつきが大きいことがわかる。

シャルピー吸収エネルギーが小さいことと、破壊靱性値のバラつきが大きくなった原因を確認するため、図-5にCTOD試験の破壊時荷重から算出される応力拡大係数と延性き裂の進展長の関係を示す。試験体によっては、応力拡大係数の値に関係なく、き裂が著しく進展するケースが確認できる。これは、荷重の上昇なしにき裂が進展する、すなわち延性き裂に対する抵抗が小さいことを示している。

以上より、延性き裂に対する抵抗が小さいため、シャルピー吸収エネルギーが小さくなったと考えられる。また、試験片によっては、き裂が進展することでCTODが大きく観察され、それが破壊靱性値のバラつきに影響した可能性がある。S系在物は延性き裂に抵抗できないと考えられるため、S量の多さが原因となった可能性がある。

### 6. まとめ

- ・成分分析の結果、今回調査した鋼材は、P、S量が多いものが含まれていた。
- ・引張試験の結果、降伏点又は耐力及び引張強さは、現行のSS400をほぼ満足していたが、破断伸びが小さいものがあった。
- ・破断面を確認した結果、脆性的に破断する試験体(C方向)があり、Iビーム首部で顕著であった。
- ・靱性評価の結果、JIS規格制定以前の鋼材の破壊靱性値を得ることができた。また、延性き裂に対する進展抵抗が小さいことがわかった。

### 参考文献

1) 既設鋼橋部材の耐力・耐久性診断と補修・補強に関する資料集:JSSCテクニカルレポート No.51,2002

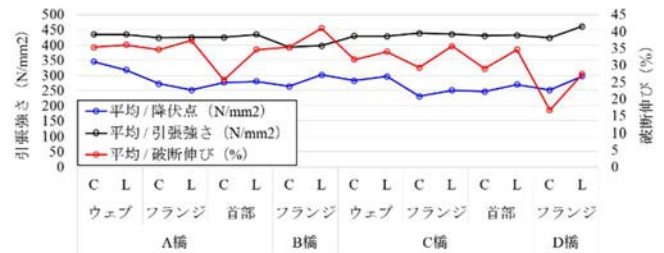


図-2 引張試験結果



写真-1 引張試験体の破断面



図-3 シャルピー試験結果

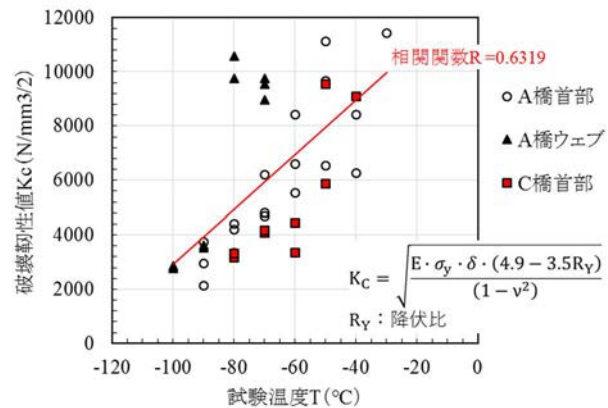


図-4 破壊靱性値と試験温度の関係

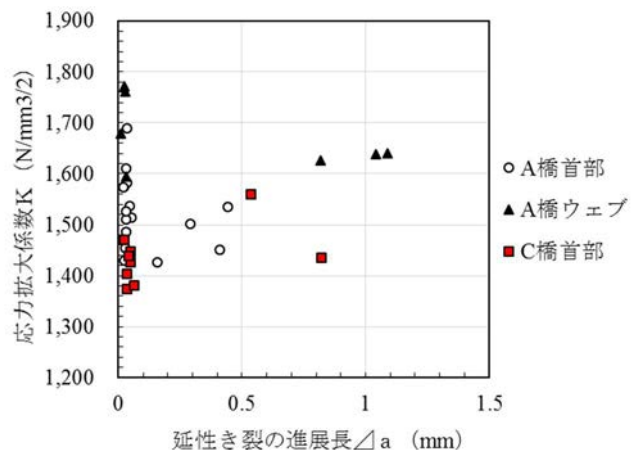


図-5 応力拡大係数と延性き裂進展長の関係