

## 現存する日本最古の鋼 I 桁道路橋 明治橋の鉄鋼材料調査

ヤマト設計(株) 正会員 大田孝二 JFE エンジニアリング(株) 正会員 川畑篤敬  
 (株)宮地鐵工所 正会員 河西龍彦 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

## 1. はじめに

明治橋は明治 35(1902)年に大分県大野郡野津町(現 臼杵市)に架設された合成床版を有する鋼 2 主 I 桁橋(写真 1)であり、現在も供用されている同形式の道路橋としては国内最古<sup>1)</sup>である。昭和 36(1961)年に隣接して新明治橋が完成してからは歩道橋として用いられてきたが、平成 17 年 3 月には大分県指定有形文化財となっており、貴重な土木遺産であると言える。しかし、架設後 100 年以上が経過したのに加え、必ずしも十分な維持管理が行われてこなかったことから種々の損傷が発生しており、今後文化財として保存していくためには、十分な調査とそれに基づく補修、補強計画の立案が不可欠である。



写真 1 明治橋

このような背景から、平成 16 年 3 月に明治橋の詳細な構造・損傷度調査および載荷試験<sup>2)</sup>が実施された。本文はその調査結果のうち、本橋に使用されている鉄鋼材料について報告するものである。

## 2. 調査内容

A2 橋台側の対傾構から採取した板材およびボルト、ナットをサンプルとし、以下のような調査を実施した。なお、本橋の床版に用いられている板材に英国に現存する DORMAN LONG 社の刻印があったことから、使用された鉄鋼材料は英国からの輸入材であると考えられる。

- (1) 化学分析試験：表 1 に示す 12 元素について、それぞれの質量%を調査した。
- (2) 組織観察：断面マクロ組織観察、鏡面研磨まま観察、およびミクロ組織観察を実施した。
- (3) 引張試験：JIS Z 2241 に準拠し、JIS Z 2201 に規定される 5 号試験片を用いて板材のみ実施した。
- (4) 硬さ試験：ボルト・ナットのみ行い、JIS Z 2245 に準拠し、ロックウェル B スケール硬さ試験を実施した。測定はボルト、ナットとも 3 点で行った。

## 3. 調査結果

## (1) 板材

表 1 に示す成分分析の結果から、C を 0.2% 程度含み、不純物元素の P および S が目立つ低炭素鋼であると言える。マクロ組織観察においては、割れや著しい偏析は認められず、有害なマクロ的欠陥は認められなかった。しかし、研磨ままでの組織観察において、写真 2 に示すように多数の MnS 系介在物が認められた。介在物は、表面側よりも中心側に多く分布しており、板中央ほど清浄度が低くなっていた。一方、ミクロ組織観察において、写真 3 に示すように表層側の組織は比較的均一なフェライト+パーライト組織を呈していたが、板厚の中央部では、幅広のフェライトバンドが認められた。フェライトバンドは、フェライト形成元素である P の偏析によって生じることから、板中央部に P が偏析しているものと考えられる。また、パーライトの析出状態は、表層よりも 1/2t 位置の方が多く、C 濃度は表層部に比べて板厚中央の方が高いと考えられる。すなわち、板表面側は純度が高く、板中央に向かうほど、不純物および元素成分の濃化が認められることから、本板材はリムド鋼として脱酸・鑄造されたものと考えられる。鋼板の引張強度特性は表 2 に示すとおりであり、降伏点、引張強さおよび伸びは SS400 の規格値を満足していた。

キーワード：鉄鋼材料、化学成分分析、組織観察、引張試験、硬さ試験

連絡先：〒135-0031 江東区佐賀 1-1-3 第一富士ビル TEL 03-3820-1741, FAX 03-3820-1770

表 1 化学成分分析結果

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	N	O
鋼板	0.22	0.02	0.50	0.073	0.067	0.07	0.07	0.004	0.004	0.005	0.0027	0.0106
ボルト	0.01	0.09	<0.01	0.447	0.038	0.01	0.04	0.001	<0.001	0.004	0.0077	—
ナット	0.01	0.17	0.02	0.374	0.116	0.04	0.03	<0.001	<0.001	0.003	0.0090	—
JIS G 3101 SS400	—	—	—	≤0.040	≤0.050							

## (2) ボルト, ナット

表 1 に示すように、C は 0.01% と極めて少ないため鋼とは言えず、鉄に属すると考えられる。P, S の不純物を多量に含み、N 量も高めであり、不十分な精錬状態である。また、写真 4 に示すように、粗大で、多量の介在物が認められており、引張強度ならびに疲労特性、衝撃特性などの機械的性質は脆弱であると推定される。しかし、このようなフェライト主体の組織は加工性に富む性質を有しており、当時は鍛造や圧延技術によって棒鋼やその他の用途に応じた形状に変形させていたと考えられる。硬さについては表 3 に示すように、ボルトが 82HRB であり、JIS B 1051 に規定される”炭素鋼及び合金鋼製締結様部品の機械的性質—第 1 部：ボルト、ねじ及び植込みボルト”に規定される機械的強度区分は 4.8 に相当する。ナットは 73.5HRB であり、SAE J 417 を適用してピッカース硬さ値に換算すると 136HV となり、JIS B 1052 に規定されるナットの機械的強度区分は 4 となる。

## 4. おわりに

明治橋構造・損傷度調査および静的載荷試験は明治橋保存活動の一環として、土木学会、日本橋梁建設協会、Hitz 日立造船が共同で実施したものであり、野津町および日本橋梁建設協会床版研究委員会にもご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献 1) 岡崎文雄：明治橋はなぜ鋼橋なのか，第 4 回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2004.11 2) 杉原伸泰ら：100 年を経た合成床版を有する鋼 2 主 I 桁橋（明治橋）の構造・損傷度調査，同上

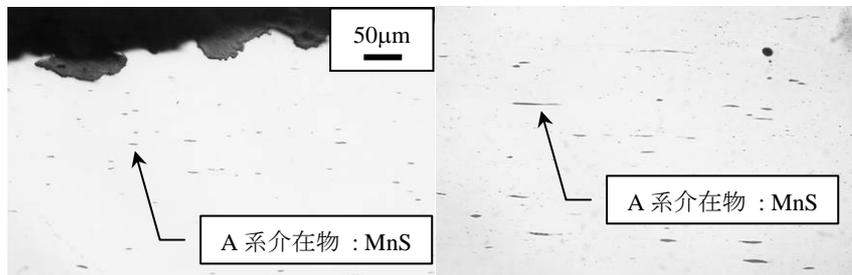


写真 2 研磨まま組織観察 ((左)表層側 (右)1/2t 位置)

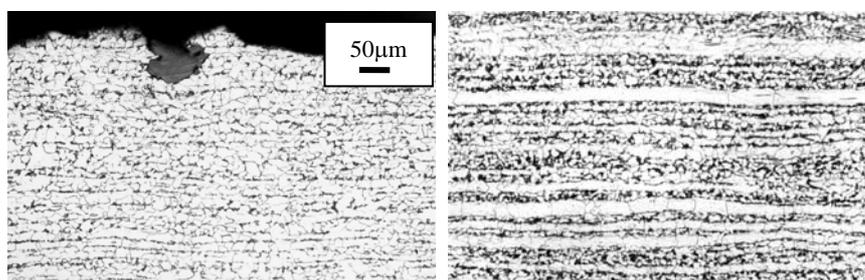


写真 3 板材のマイクロ組織 ((左)表層側 (右)1/2t 位置)

表 2 板材の引張試験結果

サンプル	上降伏点 (MPa)	下降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
板	299	296	430	31
JIS G 3101 SS400	245		400~510	21 以上

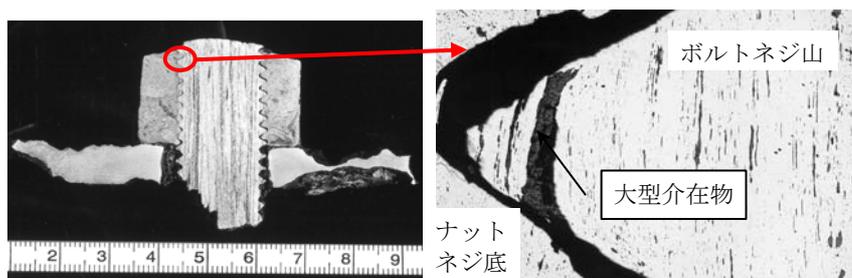


写真 4 ボルト・ナットの組織

表 3 ボルトおよびナットの硬さ試験結果

サンプル	測定結果 HRB	平均値 HRB	JIS による強度区分
ボルト	71.3	82.0	JIS B 1051 4.8
	83.5		
	86.3		
ナット	68.4	73.5 (136HV)*	JIS B 1052 4
	80.9		
	71.3		

\*:SAE J 417 換算