

I-402 経年劣化した鋼鉄道橋の材料特性

鉄道総研 正員 ○小 芝 明 弘 鉄道総研 正員 阪 本 謙 二
鉄道総研 正員 阿 部 允 正員 杉 館 政 雄

1. はじめに

本研究では、鋼橋に対する健全度評価や補修・補強を、より合理的に行うための基礎資料として必要となる、鋼材の成分特性、素材の機械的性質および加工に伴う性質や特性の変化を把握し、これを実務において利用しやすい形で提供することを目的としたもので、本報告は、それらの目的で行っている各種試験結果について、その第一段階における結果を示すものである。

2. 試験の概要

2.1 試験に用いた鋼材

試験に用いた鋼材を表－1に示す。

2.2 試験項目と試験方法

試験としては表－2に示す項目について行うことにしているが、本報告では主に、加工前の母材そのものについての試験について示す。

表－1 試験に用いた橋桁鋼材

橋桁番号	鋼材記号	橋梁種別	構造形式	鋼材の採取位置	製作時期 (経年)
A	AMW 1	上路プレートガーダー	作30年式	主桁(腹板)	1886年頃(経年:103年程度)
	AMW 2	"	作30年式	"	1897年頃(経年:92年程度)
	AMSL	"	"	主桁(補剛材山形鋼)	"
	AMST	"	"	主桁(支材山形鋼)	"
	BTUT	下路トラス	トランケート型	上弦材(薄形鋼)	1907年(経年82年)
B	BTUF	"	"	上弦材(上フランジ板)	"
	BTEY	"	"	斜材(アイバー)	"
	BTSF	"	"	縦桁(下フランジ山形鋼)	"
	BTSW	"	"	縦桁(腹板)	"
	BTFW	"	"	横桁(腹板)	"
	BGMW	上路プレートガーダー	作35年式	主桁(補剛材山形鋼)	"
	BGSL	"	"	主桁(フランジカバープレート)	"
C	BGMC	"	"	主桁(フランジ山形鋼)	"
	C S L	上路プレートガーダー	連680	主桁(ソールプレート板)	1911年(経年:78年)
D	DGMW	上路プレートガーダー	連680	主桁(腹板)	1917年(経年:72年)
	DGMC	"	"	主桁(フランジカバープレート)	"
	DGMF	"	"	主桁(フランジ山形鋼)	"
E	E M W	上 路 ト ラ ス	リベット構造	縦桁(腹板)	1919年(経年:70年)
	E S F	"	"	縦桁(フランジ山形鋼)	"
	E M C	"	"	縦桁(フランジカバープレート)	"

表－2 試験項目と条件

試験項目		試験方法	主な目的等
母材・溶接部	○化学成分分析	・ J I S G 0321	・ 鋼材の特性および溶接等の施工条件を決めるための基礎値とする。
	○機械的性質に関する試験	・ J I S Z 2241 ・ J I S Z 2248 ・ J I S Z 2242 (Vノッチシャルピー) ・ J I S Z 2244 ・ ヒッカース硬さ (10kg)	・ 材料の基本的強度特性を把握し、補修・補強に伴う加工条件を決める基礎資料とする。
	○ミクロ試験		・ 金属組織や鋼材の加工度を調べ、加工条件の基礎資料とする。
	○清浄度試験	・ J I S G 0555	・ 鋼の非金属 inclusion を調べるために行い、特に入熱加工に対する条件を決めるための資料となる。
	○COD試験	・ B S 5762 (1979)	・ 発生した割れやき裂の限界長を決めるための資料とする。
	○疲労き裂伝播試験	・ A S T M E 647	・ き裂の伝播特性を把握し、進展速度の評価に用いる基礎資料とする。

3. 試験結果

3.1 化学成分分析

鋼材の化学成分の試験結果から、以下に示す傾向が見られた。

- (1) AMW 1, AMSTおよびAMSLはC量が 0.005以下、Mnが0.02～0.06と異常に低いのに比べ、S_iが0.10～0.16、またPが 0.378～0.493 と異常に多い。したがって、これは鉄銹と判断できる。
- (2) 古桁の鋼材は、一般的に現行の溶接構造用鋼材に比べS_iが非常に少なく溶接に適さないが、鋼材のP, Sが少なければ溶接棒の選択次第では溶接も可能となる。

例えば、1915年以降の鋼材はこの対象となる。しかし、1910年以前の鋼材（例えば作30年式、作35年式の桁）は溶接に適さないと考えるべきである。

3.2 機械的性質

機械的性質の試験結果から、以下に示す傾向が見られた。

- (1) 錬鉄は引張強さ 298～325 MPaと現行の41キロ鋼の70～80%程度で、降伏点が現れない。また、伸びもほとんど期待できない。
- (2) 作30年式桁の鋼材で、板材は引張強さ、降伏点および伸び共に現行の41キロ鋼の規格は満足できている。しかし、形鋼は引張強さが 342～361 MPa、降伏点も 221～292 MPaと低目であると同時に、伸びが2～15%とバラツキが大きく、値も極端に低い（現行の41キロ鋼の80%程度）。この値は、錬鉄とあまり変わらないと考えてよいように思われる。
- (3) 作35年式以降の鋼材の中には、現行の41キロ鋼の規格をわずかに下回るものもあるが、ほぼ41キロ鋼の値は満足している。特に、炭素量は現行の鋼材に比べて多く、引張強さは炭素量に応じて高くなっている。しかし、この中には降伏比がかなり高いものも見られる。このことは、破壊に対する余裕が少なくなるとも考えられるので、実施面で（安全率等で）配慮すべきものと思われる。
- (4) 大正時代に入ってから（1910年以降）の鋼材は、ほぼそれぞれの規格値を満足しているようである。しかし、この場合も炭素量が現行のものよりかなり多いので、強度だけ高くなっている傾向の鋼材も見られる。
- (5) 曲げ試験の結果は、作35年式桁を中心に行ったが、特に問題は見られなかった。

また、衝撃試験結果から、以下に示す傾向のあることが分かった。

- (6) ほとんどの鋼材が、現行の溶接用とされている鋼材の衝撃値を満足していない。20℃においても、1.1 ～2.8kgf・m 程度である。
- (7) ほとんどの鋼材は、-20℃における脆性破面率は95～100%で、延性部分が認められない。

表-3 老朽鋼材の特徴と加工上の注意点

鋼材名	製作時期	代表的な適用橋梁形式	使用上の注意点	判別方法
主として錬鉄	1883年程度以前 (M26年以前)	・作錬式 ・作30年式の補剛材 ・1886年製のボーン型、ボーストリング型ビントラスのアイバーと床組の一部に使用	・材質が不均一で層状剥離を起こりうる。 ・強度は現行の41キロ材より低い（引張強度：70～80%、伸び：数分の1程度、靱性：非常に多いものが多い）。 ・P, Sが多いものもあり、溶接は避けるべきである。	・火花試験 ・成分試験 ・引張試験 ・製作年代からの推定
主としてベッセマー鋼等	1909年以前の鋼 (M42年以前)	・クーパー型ビントラス ・日鉄型、北陸式 ・山陽基本型 ・山陽補強型 ・達1715, 達10のIビーム桁 ・鉄作乙1075 ・帝鉄880 ・作30年式 ・作35（鉄作7）	・強度は現行の鋼材と変わらないものもある。しかし、特にベッセマー鋼はバラツキが大きく、錬鉄と同程度と考えれば安心できる。 ・Siが少いため溶接性は劣る。溶接は避けた方がよい。 ・P, S, Oの含有率が高いため、靱性は劣る。	・火花試験 ・成分試験 ・引張試験 ・製作年代からの推定
鋼	S39	・Iビーム桁 達95, 達875 ・上路板桁 達680, 達540, 達425, 達94, 研甲355 ・下路板桁 達123, 達16, 達74	・材質的に不均一のものが多い。 ・強度的には規格値は保証されている。 ・しかし、靱性は低く割れやすい。 ・溶接は可能であるがその方法は検討の余地もある。	製作年代がある程度判明すれば、成分試験・母材のCOD試験もしくは衝撃試験で十分。
	SS39	「鋼鉄道橋設計示方書（メートル）」（S3） による橋梁 達344, 達827, 達1084, 達407	・老朽化した母材は、溶接部よりも靱性は劣っているし、一旦き裂がでると大きな割れに結びつきやすい。	

4. まとめ

今回の報告は、鋼橋として経年60年以上の鋼材について、特性を調べ、分類したものを示している。

今回の結果の一部を表-3にまとめてみた。

この研究では、この他にも古材に対する疲労や破壊靱性に関するものおよび補修等に関するボルトや溶接継手についても検討を行っているが、これらについては次の機会に報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 阿部、杉箱、小芝：経年劣化した鋼鉄道橋の材料特性、鉄道総研報告、'91.1