

4. ~余部鉄橋~ 「100 年前の材料を調べる」

**中外テクノス株式会社
工業エンジニアリング事業本部
小迫 伸聰**

余部鉄橋

～100年前の鋼材を調べる～

小迫 伸聰¹

¹ 中外テクノス株式会社 工業エンジニアリング事業本部 (〒733-0013 広島市西区横川新町10-21)

JR山陰本線余部鉄橋は、1912年に建設され、以後2010年までの98年にわたり鉄道橋として運用されてきた。今回、この貴重な撤去廃材を用いて、明治後期に製造された鋼材の性質・状態の調査を実施し、その結果から現代の材料との比較を行った。さらに冶金学的にみて古い鋼材で造られた補修・保全面で化学成分や金属組織が及ぼす影響について検討・考察を行った。

Key Words :Amarube bridge, old steels, Method of sulphur print for steel, lamellar tear,welding, High temperature cracking, Solidification Cracking, Sulphide, MnS

1. はじめに

JR山陰本線余部鉄橋は、明治45年（1912年）に建設されて以来、98年にわたり鉄道橋として運用されてきた。

平成22年（2010年）にコンクリート橋にその役割を受け継ぎ、解体・撤去（一部は現地に保存）されることになった。

今回、解体・撤去された材料を用いて明治時代後期に建設された鉄鋼材料の性質・状態を調査した。その結果から現代の材料との比較を行い、冶金学的にみて補修・保全面で化学成分や金属組織が及ぼす可能性について検討・考察を行った。

2. 余部鉄橋の概要

余部鉄橋は、明治42年（1909年）に着工し、明治45年（1912年）に竣工した橋梁である。

製鋼の歴史からみても、1856年にベッセマー転炉が発明され、铸鐵・鍊鐵から本格的な鋼の時代が訪れた時期であり、日本国内においても1901年に官営八幡製鉄所の創立により工業近代化が推し進められている時代であった。余部鉄橋は、上部工は23基の鋼プレートガーダー桁で構成され、当時の東京石川島造船所（現IHI）で製作され、下部工の鋼トレッスル式橋脚（11基）は米国で製造されたものが使用されている。

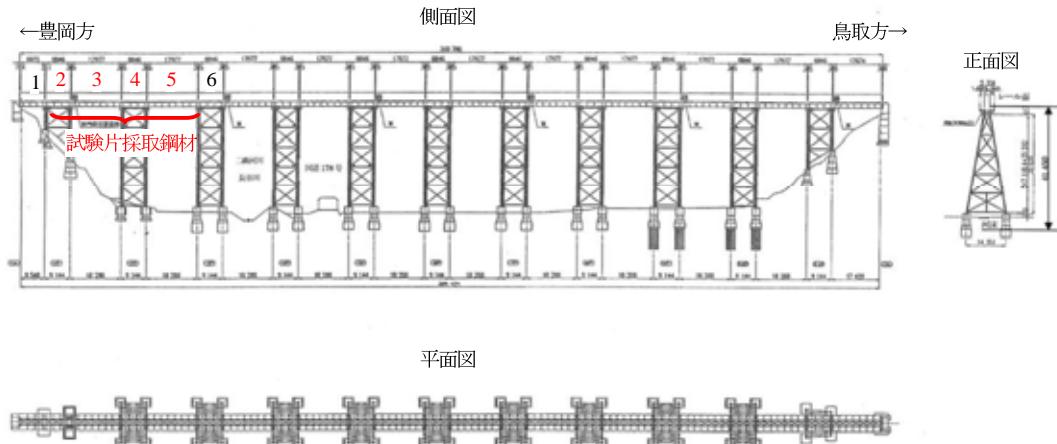


図1 余部橋梁の概要図と試料採取位置

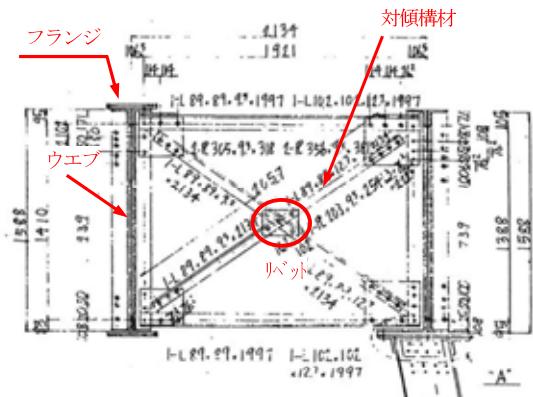


図2 上部工断面図

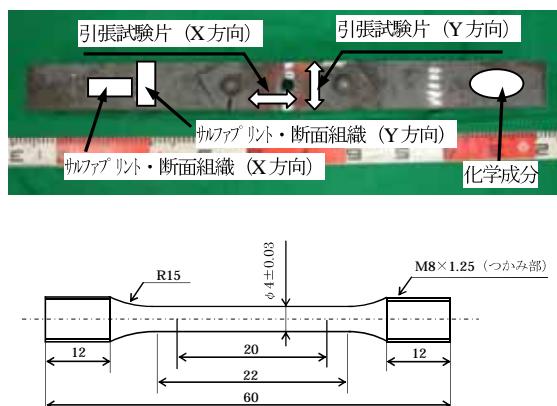


図3 試験片採取位置及び引張試験片形状
(対傾構材を代表例として表示)

3. 余部鉄橋の材料調査

現在から約100年前に製作された橋梁材料の性質・状態を調査するため、取替・補修履歴の少ない上部工[豊岡方(京都方)から2~5番の部材]より採取した(図1, 2)。尚、調査対象部材は、対傾構材と主桁(ウェブ、フランジ)及びリベット材とした。調査項目を以下に示す。

(1)断面サルファプリント試験(対傾構材、リベット材)

鋼材の硫化物分布を確認するため、JIS G 0560により鋼のサルファプリント試験を行った。

(2)断面金属組織観察(対傾構材、リベット材)

鋼材の組織不均一の有無を確認するためのマクロ組織観察、金属組織を把握するためのミクロ組織観察を行った。

(3)引張試験(対傾構材、リベット材)

現在の鋼材規格強度特性と比較を行うため、対傾構材とリベット材の引張試験を行った。試験片は対傾構材は圧延方向による強度のばらつきを確認するため、X方向

(長手方向)とY方向(Xと直交方向)の2方向から試験料を採取した。リベット材は、鋼板2枚重ねのリベット(リベット①)と鋼板3枚重ねのリベット(リベット②)の2箇所より試験片を採取した。試験片は表面腐食の影響を除外するためJIS Z 2201の14号の丸棒試験片(図3)とし、試験はJIS Z 2241に準拠して行った。

(4)化学成分分析及びEPMA分析(対傾構材、主桁材)

鋼材の化学成分を把握するため、部材より試験料を採取し、化学成分分析を行った。分析元素は、C, Si, P, S, Cu, Ni, Cr, Mo, Vの10元素についてJIS G 1211, 1258, 1214, 1215に準拠して行った。

4. 余部鉄橋の材料調査結果

(1)断面サルファプリント試験

余部鉄橋に使用された材料の断面サルファプリント試験結果を示す(図4)。対傾構部材は図3のX方向(長手方向)とY方向(Xと直交方向)両方実施したが、板厚中心にSの偏析バンドが明確に観察された。特にX方向では線状偏析がほぼ連続して観察された。リベット材も対傾構材と同様に線状偏析が確認された。

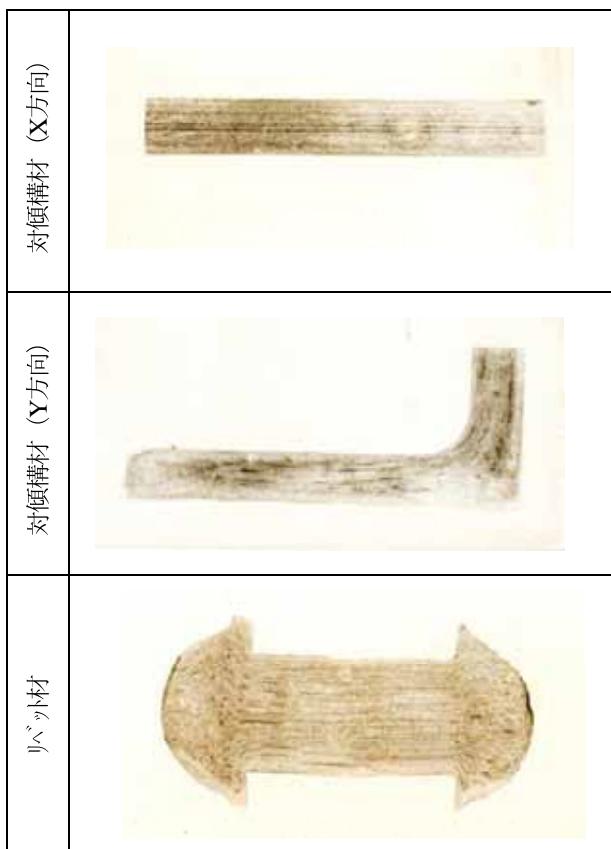


図4 断面サルファプリント試験結果

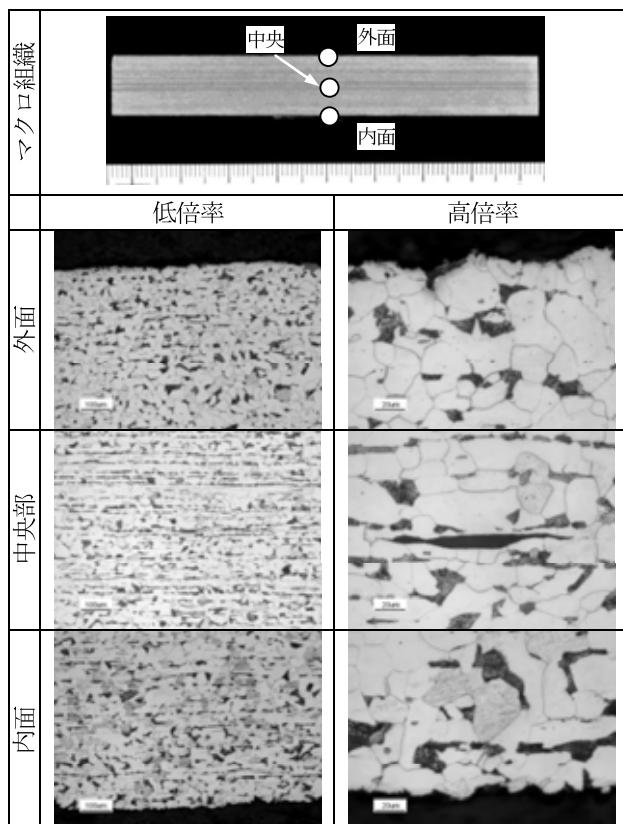


図5 断面金属組織写真（対傾構材：X方向）

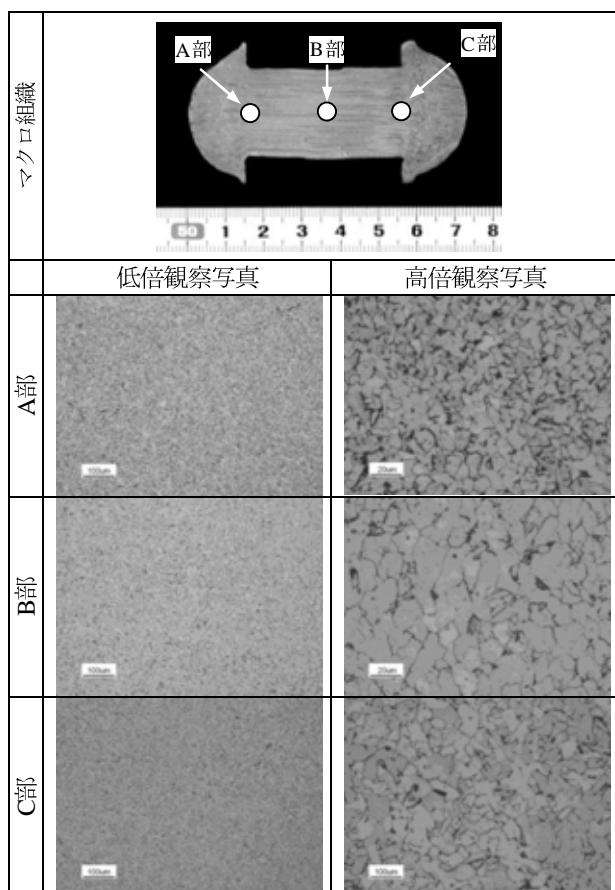


図6 断面金属組織写真（リベット材）

(2)断面金属組織観察結果

余部鋼材の断面金属組織観察写真を図5～6に示す。対傾構材は、鋼板表面近傍に粒状の介在物が点在し、板厚中央部では、線状の介在物が確認され、先端は鋭い形状を示した。結晶粒径はほぼ均一で粒径のばらつきはなく、フェライト+パーライトの炭素鋼標準組織を示した。

リベット材も金属組織はフェライト+パーライト組織を示したが、対傾構材とは異なり、観察部位により結晶粒径にばらつきが見られた。

(3)引張試験結果

引張試験結果を表1、2に示す。対傾構材採取試験片はX方向（長手方向）で降伏点が 363N/mm^2 、引張強さが 455N/mm^2 、Y方向（Xと直行方向）で降伏点が 329N/mm^2 、引張強さが 456N/mm^2 を示し、試験片採取方向で強度的な差は認められなかった。伸びもX方向で27.8%、Y方向で30.0%、絞りもX方向で66.7%、Y方向で65.3%を示し強度と同様に採取方向で差がみられなかった。

リベット試験片はリベット①で引張強さ 505N/mm^2 、リベット②で 444N/mm^2 であり、リベット①が高い値を示した。伸びは①で28.1%、②で27.2%、絞りが①で41.6%，②で77.3%を示した。

表1 引張試験結果（対傾構材）

	SS400 JIS規格値	SM400B JIS規格値	対傾構材	
			X方向	Y方向
降伏点 (N/mm ²)	245以上	245以上	363	329
引張強さ (N/mm ²)	400～510	400～510	455	456
伸び (%)	17以上	18以上	27.8	30.0
絞り (%)	—	—	66.7	65.3

表2 引張試験結果（リベット材）

	SV400 JIS規格値	リベット① (鋼板2枚重ね)	リベット② (鋼板3枚重ね)
引張強さ (N/mm ²)	400～490	505	444
伸び (%)	28以上	28.1	27.2
絞り (%)	—	41.6	77.3

今回の結果を現在のJIS規格材と比較したところ、対傾構材については、SS400（一般構造用圧延鋼材）又はSM400B（溶接構造用圧延鋼材）の強度規格範囲内の値を示した。また、リベット試験体については、リベット①がリベット用丸鋼（SV400）の規格値以上の引張強さを示し、リベット②はSV400の規格伸び値より若干低い値を示した。

(4) 化学成分分析及びEPMA分析結果

余部鉄橋に使用された材料の化学成分分析結果を表2に示す。比較として現在の規格材であるSM材の成分を掲載した。分析の結果、現在の鋼材規格(SM400B)と比較するとS(硫黄)の濃度が高く、P(リン)についてもC(炭素)、Mn(マanganese)がやや低いことが確認された。また、溶接性を改善するSi(ケイ素)が0.01%以下と異常に低いことも併せて確認された。

表2 化学成分分析結果(単位wt%)

分析元素	SM400B JIS規格値	フランジ	ウェブ	対傾構材
C	0.20以下	0.06	0.17	0.19
Si	0.35以下	0.01	0.01	0.01
Mn	0.60~1.50	0.47	0.68	0.63
P	0.035以下	0.075	0.024	0.030
S	0.035以下	0.068	0.041	0.057
Cu	—	0.04	0.09	0.07
Ni	—	0.04	0.05	0.05
Cr	—	0.05	0.02	0.02
Mo	—	0.01	0.01	0.01
V	—	0.01	0.01	0.01

EPMA分析結果を図7に示す。介在物をカラーマッピングで元素分布を確認した結果、鋼材不純物であるSがMnSとして分布しているほかに、CaとMg酸化物が分散していることが確認された。

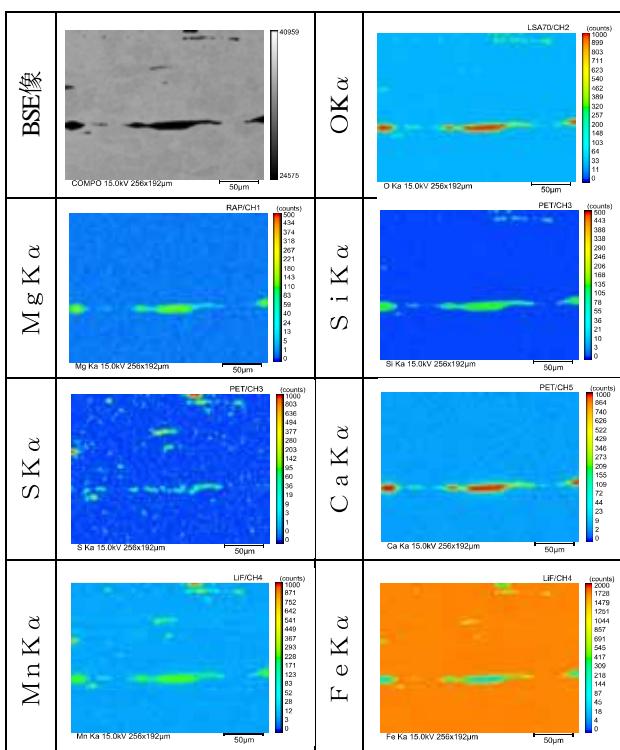


図7 介在物のEPMA分析結果

5. 余部鋼材の特徴

- 余部鉄橋の材料調査の結果は次のようにまとめられる。
- (1) サルファプリント試験では、対傾構材、リベット材とともにS(硫黄)の線状偏析が認められた。
 - (2) 金属組織は対傾構材にはほぼ均一で結晶粒径のばらつきはなく、フェライト+パラバの炭素鋼標準組織を示した。リベット材は、部位によって結晶粒径のばらつきが大きく、やや不均一であった。しかし、両者とも介在物が多く点在していた。
 - (3) 引張試験結果は、ほぼ現行材料規格に近い値を示し、対傾構材については、採取方向によるばらつきもなかった。
 - (4) 化学成分は全体的にSが高く、Siが低い傾向が見られた。

強度面では、現在のJIS規格鋼材と遜色無い数値を示したが、サルファプリント試験や化学成分分析の結果においては現在の鋼材と比較して不純物元素が多く含まれることが判った。具体的には、現在の鋼と比較してS(硫黄)の濃度が高く、Si(ケイ素)濃度が0.01%以下と異常に低いことが確認されている。

上部工のプレートガーターは、当時の東京石川島造船所(現IHI)で製作されており、鋼材の製造元は国内では官営八幡製鉄所、或いは海外から調達の2つが考えられる。八幡製鉄所で製造される鋼は操業開始の1901年~1910年までの資料を見ると大半が中国大治鉱山の鉄鉱石を原料としており、大治鉱山の鉄鉱石の特徴として、Cu(銅)が0.15~0.35%、V(バナジウム)が0.03~0.08%程度含有され、この両者の含有量が比較的高い特徴が認められる¹²⁾。

これに対して今回の余部鉄橋のCu含有量は0.04~0.09%、Vは0.01%と大治鉱山のものと比較すると低い値を示しており、海外製の鍛鉄或いは鋼を使用した可能性が高いと考えられる。

また、EPMA分析では、鋼材不純物であるSがMnSとして分布しているほかに、CaとMg酸化物が分散していることが確認されていることから、塩基性酸化物を耐火煉瓦として使用し欧州で普及していたトーマス転炉³⁾により製造されたと考えられる。

6. 余部鋼材の補修時に留意すべき事項

今回の余部鉄橋の材料は、強度的には現在のJIS規格鋼材と遜色無いスペックを有していることが確認されたが、化学成分分析や断面光学観察では不純物濃度及びその不純物に起因する介在物の分散が現代の鋼と大きく異なっている。

このように不純物を多く有する古い鋼材においては溶接時のラメラテア⁴や高温割れ⁵が問題になる。また材料自体の問題として非金属介在物により板が分離するラミネーションや中央偏析による割れが問題となる。

特に余部鉄橋の鋼材は、Sの濃度が全体的に高く、MnSや耐火煉瓦の成分が帶状に板長手方向に分散しており、ラメラテアと高温割れについては注意が必要である。

(I) ラメラテアについて

ラメラテアは十字継手（貫通板継手）、角継手、完全溶込T継手で、溶着量の多い大形の溶接部において、溶接時に板厚方向に大きな拘束残留応力が生じて、圧延鋼板中の板面に平衡な非金属介在物を伝ばして起こる階段状の割れである。割れのパターンを図8に示す。

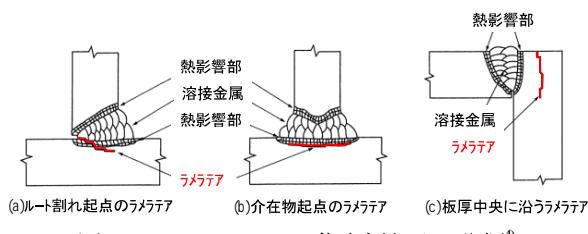


図8 ラメラテアの代表例とその分類⁴

層状に伸ばされたMnS系非金属介在物が開口しやすく、ラメラテア対策としてはMnS系介在物を減らすことで現在の鋼は対応しているが、余部鉄橋の鋼材は図4に示すサルファプリント試験結果が示すように板厚中心にMnSの偏析バンドが明確に見られ、補修溶接などでラメラテアの発生リスクが非常に高い材料と判断できる。

また、MnSの分布が板厚中央に多く見られていることから、MnSの偏析状態は表面組織や表面化学分析だけでは非金属介在物分布は把握できない（表面分析だけでは不十分）ことが判る。

(2) 高温割れについて

高温割れは溶接で凝固時またはその直後の高温時に溶接金属あるいは熱影響部に発生する割れであり、溶接金属凝固割れ、熱影響部粗粒域液化割れ、熱影響部延性低下割れの3種類があり、そのうち、凝固割れは溶接金属が凝固を完了する直前に、柱状晶の境界に平衡分配係数の小さい溶質がミクロ偏析して融点の低い融液が残留し、凝固による収縮ひずみに抗しきれずに柱状晶の境界が開口するものである。

凝固割れ感受性に及ぼす元素の影響を表す指標として次式が知られている⁶。

$$HCS = \frac{C(S + P + Si / 25 + Ni / 100)}{3Mn + Cr + Mo + V} \times 10^3 \quad (1)$$

※元素 : mass% で計算

HCSが4を超えると凝固割れが発生するとされている。また、MnはSを融点の高いMnSとして固定するため高温割れの危険性を低下させる。次の条件を満たすとき割れの危険性が著しく低下することが明らかになっている^{7,8}。

C<0.12%の場合

$$Mn^3 / S > 6.7 \quad (2)$$

C<0.13%の場合

$$Mn^5 / S > 310 \sim 560 \quad (3)$$

※元素 : mass% で計算

表2の化学成分分析結果を基に(I)～(3)式で算出される値を表3に示す。

表3 高温割れ感受性算出結果

	ブリッジ	ウェブ	対傾構材	判定基準
(1)式	5.8	5.4	8.7	4以下
(2)式	1.5	—	—	6.7以上
(3)式	—	3.6	1.7	310～560

いずれも判定基準を満足しておらず、溶接補修時に高温割れが発生する可能性が高いと考えられる結果となった。

7. まとめ

今回の余部鉄橋材料調査の結果から、明治・大正時代に建造された鋼製の橋梁補修においては次の事項に注意すべきことがあらためて確認された。

- ① 鋼成分が現代のものと比べ不純物元素が高く、溶接性を改善するSiが低い。また、介在物は板厚中心に偏在傾向があり、表面のみでの検査・分析では全体像がわからない。
- ② 部材により製造ロッド、生産方式が異なる場合があり、材料にばらつきがある。そのため1つの部材の調査・分析のみで構造物全体の材料特性は把握できない。
- ③ リバット鋼は、強度は現代の鋼と同等の性能を有しているが、板材と同様にS偏析バンドが長手方向に認められ、不純物を多く含む材料であった。

特に主桁や対傾構材の溶接補修においては、不純物濃度や介在物の分布を考慮し、欠陥のない溶接が可能であっても、衝撃特性が悪いものがあり、その場合は脆性破壊の危険性が内在していると考えるべきである。したがって、JIS制定前の材料への重要部分への溶接補修は実施を回避することが肝要と思われる。

また、その材料の特性を得る調査は、代表数箇所や表

面のみで行うべきでなく、部材入手履歴を確認した上、数箇所で行うことが理想であり、また、不純物や介在物の分布は均一でないことを前提にして板厚全体で確認することが必要であると考える。

参考文献

- 1) 大石徹, 環境と測定技術 36(2), pp11-24, 日本環境測定分析協会, 2009
- 2) 清水憲一, 九州国際大学経営経済論集, 17-1, 1-68, 2010
- 3) 松宮徹, NIPPON STEEL MONTHLY, Vol.138, 2004-5, pp11-14, 2004
- 4) 溶接学会, 溶接・接合便覧, pp836, 丸善, 2003
- 5) 溶接学会, 溶接・接合便覧, pp829, 丸善, 2003
- 6) 溶接学会, 溶接・接合便覧, pp830, 丸善, 2003
- 7) 仙田, 松田, 中川, 西野 : 溶接学会誌, 43-1, pp57-65, 1974
- 8) 仙田, 松田, 中川, 西野 : 溶接学会誌, 43-9, pp895-903, 1974

余部鉄橋 ～100年前の鋼材を調べる～

中外テクノス株式会社
工業エンジニアリング事業本部
小迫 伸聰

1

調査目的

山陰本線余部鉄橋の解体・撤去された部材の材料調査を実施し、現在から約100年前に建設された鉄鋼材料の性質・状態を調査した。

その結果から

- ①現代との材料の比較
- ②冶金学的にみて補修・保全面で化学成分や金属組織の及ぼす影響についての検討・考察

を行った。

Copyright © 2012 Chugai-technos Corporation All Rights Reserved



余部鉄橋の概要

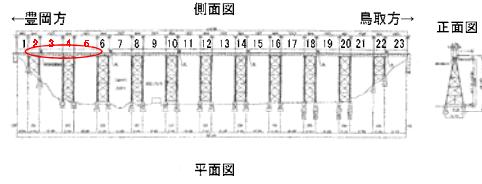
- (1) 橋梁形式: 鋼トレッスル式橋梁
- (2) 工期: 明治42(1909)/12/16着手～明治45(1912)/1/13竣工
- (3) 製造者: 上部工(東京石川島造船所[現IHI])
下部工(アメリカ・ブリッジ・カンパニー[米国])
- (4) 上部構造: 鋼プレートガーダー桁 23基
- (5) 下部構造: 橋台 2基、橋脚 11基
- (6) 使用鋼材重量: 上部工346t、下部工664t

Copyright © 2012 Chugai-technos Corporation All Rights Reserved



余部鉄橋の材料調査

試験片は取替・補修履歴の少ない上部工より採取した。



上部構造の23基のうち、豊岡方(京都方)から2~5番の部材より試験片を採取した。

Copyright © 2012 Chugai-technos Corporation All Rights Reserved



余部鉄橋の材料調査(1)

調査項目として

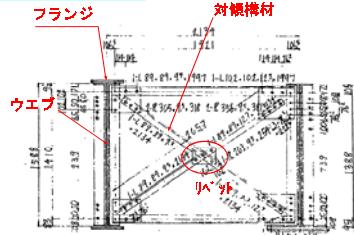
- ①断面サルファプリント試験(対傾構材、主桁材、リベット材)
- ②断面金属組織観察(対傾構材、リベット材)
- ③引張試験(対傾構材、リベット材)
- ④化学成分分析(対傾構材、主桁材)

※対傾構材は介在物を対象にEPMA分析も実施を行った。

Copyright © 2012 Chugai-technos Corporation All Rights Reserved



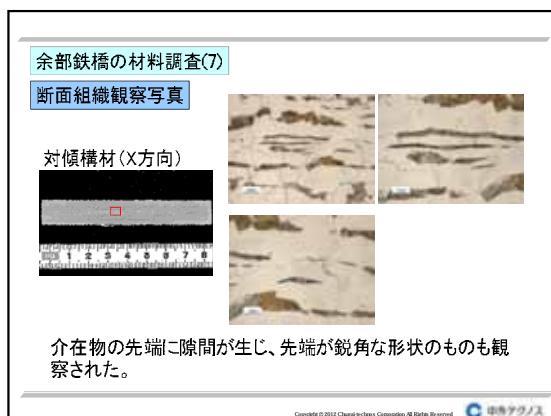
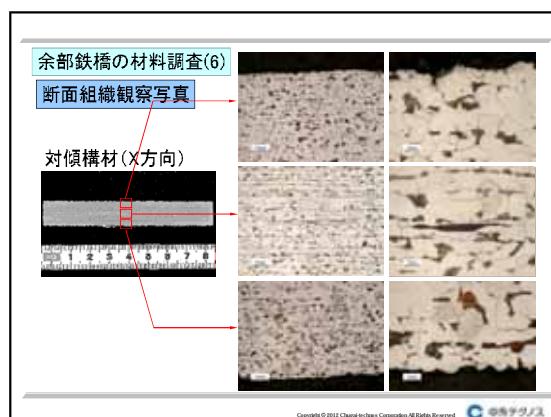
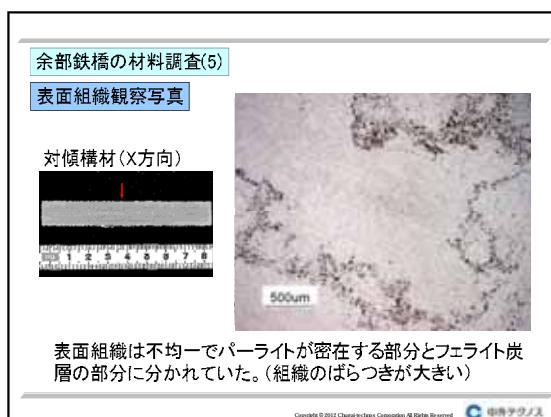
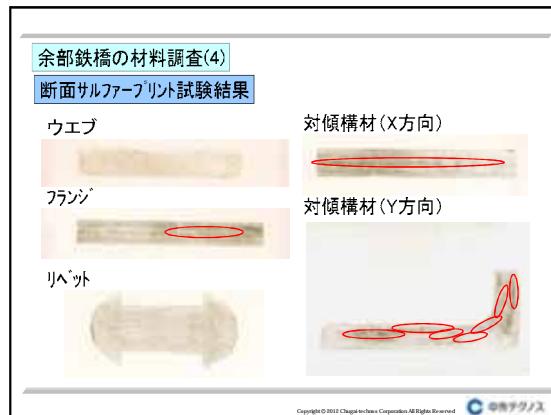
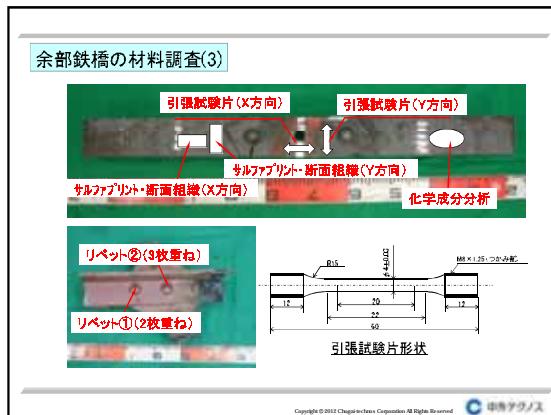
余部鉄橋の材料調査(2)



調査対象部材は、対傾構材と主桁(ウェブ、フランジ)及びリベット材とした。

Copyright © 2012 Chugai-technos Corporation All Rights Reserved





余部鉄橋の材料調査(9)

断面組織観察写真

リベット

観察部位により粒径にばらつきがみられた。

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部鉄橋の材料調査(10)

引張試験(対傾構材)

	SS400 JIS規格値	SM400B JIS規格値	対傾構材	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
降伏点 (N/mm ²)	245以上	245以上	363	329
引張強さ (N/mm ²)	400~510	400~510	455	456
伸び (%)	17以上	18以上	27.8	30.0
破り (%)	—	—	66.7	65.3

JIS規格材と比較したところ、対傾構材については、SS400(一般構造用圧延鋼材)又はSM400B(溶接構造用圧延鋼材)の強度規格範囲内の値を示した。(現代の鋼材と同等の強度)

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部鉄橋の材料調査(11)

引張試験(リベット材)

表 引張試験結果(リベット材)

	SV400 JIS規格値	リベット① (2枚重ね)	リベット② (3枚重ね)
引張強さ (N/mm ²)	400~490	505	444
伸び (%)	28以上	28.1	27.2
破り (%)	—	41.6	77.3

JIS規格材と比較したところ、リベット①がリベット用丸鋼(SV400)の規格値以上の引張強さを示し、リベット②はSV400の規格伸び値より若干低い値を示したがほぼ現代の鋼材と同等の強度を示した。

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部鉄橋の材料調査(12)

表 化学成分分析結果

分析元素	SM400B JIS規格値	フジツ	ウエブ	対傾構材
C	0.20以下	0.06	0.17	0.19
Si	0.35以下	0.01	0.01	0.01
Mn	0.60~1.50	0.47	0.68	0.63
P	0.035以下	0.075	0.024	0.03
S	0.035以下	0.068	0.041	0.057
Cu	—	0.04	0.09	0.07
Ni	—	0.04	0.05	0.05
Cr	—	0.05	0.02	0.02
Mo	—	0.01	0.01	0.01
V	—	0.01	0.01	0.01

また、フランジ・ウェブ・対傾構材でC、Mn、P、Sの含有傾向が異なることから、部材により製造業者、ロッドが異なり、バラツキがあると考えられる。

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部鉄橋の材料調査(13)

EPMA分析

光学写真(ノーリッタ)

光学写真(イッピング後)

BSE像

SiKα像

MnKα像

OKα像

SKα像

FeKα像

MgKα像

CaKα像

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部鉄橋の材料調査(14)

調査結果のまとめ

- サルファプリント試験では、対傾構材、リベット材ともにS(硫黄)の線状偏析が認められた。
- 金属組織は対傾構材では表面組織はややばらつきがあるが、断面組織はほぼ均一でエラスト+パーライト組織を示した。リベット材は、部位によって結晶粒径のばらつきが大きく、やや不均一であった。両者とも介在物が多く点在していた。
- 引張試験結果は、ほぼ現行材料規格に近い値を示し、対傾構材については、採取方向によるばらつきもなかった。
- 化学成分は全体的にSが高く、Sが低い傾向が見られた。

強度・組織は現行品に近いが不純物が多い鋼材である。

Copyright © 2012 Chugai-tecno Corporation All Rights Reserved

中島テクノス

余部使用材の特徴

官営八幡製鉄所は1901～1910年までは中国/大治鉱山原料が大半を占める
八幡製鉄製

CuとVの含有量が建設時(1900～1910年頃)の八幡製鉄製のものより低い値を示す。
IHIで製作されているが、原料は海外製の鍛鉄或いは鋼を使用した可能性が高いことが判る。

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved

余部使用材の特徴

EPMA分析でMnの他にCa,Mg酸化物が分散している

1900年頃の製鉄方法

転炉法による製鋼法の発明…従来のバドル法より安価で大量生産可能
①ベッセマー法(1856年)…酸化反応熱による脱炭・不純物除去を可能にした。
欠点: 炉壁耐火煉瓦が酸性酸化物(珪石)のため脱リンが不可能
※欧洲產出鉱石は約9割が磁鐵石のためベッセマー法では良質な鋼を得られない。
米国はリンをあまり含まない鉱石が産出されベッセマー法が広く普及した。
②トーマス法(1878年)…ベッセマー転炉の欠点を解消した方法。
改良点: 塩基性酸化物を炉壁材として開発し、リンをスラグに溶かし込み除去。
塩基性酸化物は酸化カルシウム、酸化マグネシウムで製造
欧洲に大量に埋蔵されていた高炭鉱石が利用可能になり仏ローヌ地域や
ルール地域の製鉄業が発展した。

余部鉄橋材料はトーマス炉で製造された欧洲製の鋼であると考えられる。

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved

余部鉄橋の鋼材補修時の留意点

鋼材溶接補修時

ラメテア…溶接時に生じる非金属介在物による割れ。
高温割れ…不純物元素による溶接時に発生する割れ。

現代の鋼材では懸念する必要がない現象でも、古い鋼材では不純物や非金属介在物の影響を懸念する必要がある場合が多い。

余部鉄橋の鋼材はSの濃度が全体的に高く、MnSや耐火煉瓦の成分が帶状に板中央部に分散しており、ラメテアと高温割れには注意が必要。

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved

ラメテアについて(1)

ラメテア

(a)ルート部または止端部の低温割れを起点とし、母材や溶接熱影響部の非金属介在物が開口、き裂伝ばする場合。
(b), (c)溶接熱影響部や近傍の非金属介在物が開口し、圧延方向に階段状に伝ばする場合。

層状に伸ばされたMnS系非金属介在物が開口しやすく、ラメテア対策としてはMnS系介在物を減らすことでの現在の鋼は対応。

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved

ラメテアについて(2)

余部鉄橋使用材料の場合

対傾構部材断面のサルファプリント試験結果

板厚中心にSの偏析バンドが明確に見られ、補修溶接などでラメテアの発生リスクが非常に高い材料と判断できる。

表面組織や表面化学分析だけでは非金属介在物分布は把握できない。(表面分析だけでは不十分)

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved

高温割れについて

高温割れ

溶接で凝固時またはその直後の高温時に溶接金属あるいは熱影響部に発生する割れ

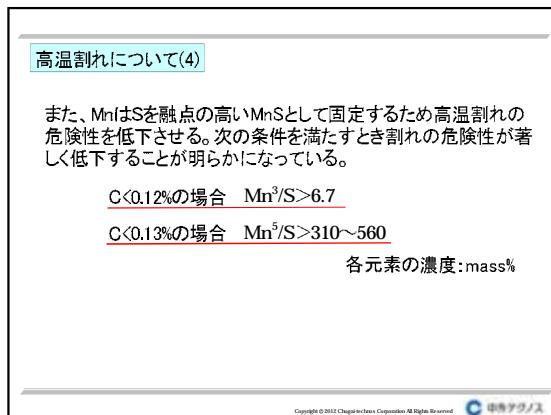
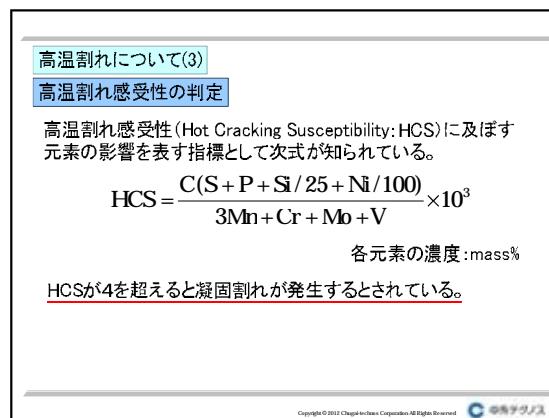
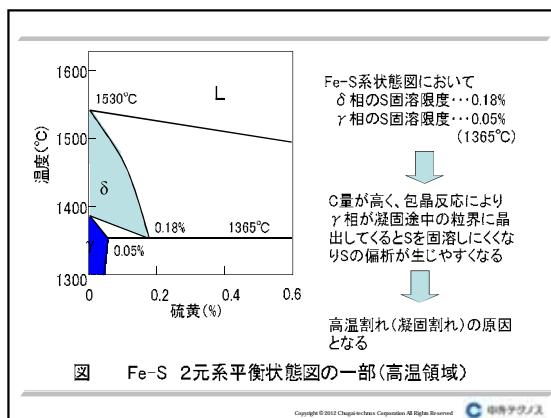
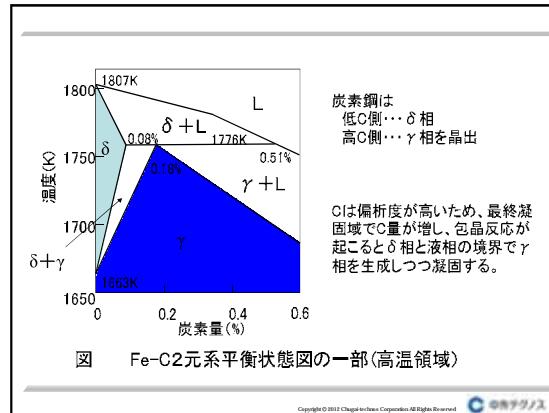
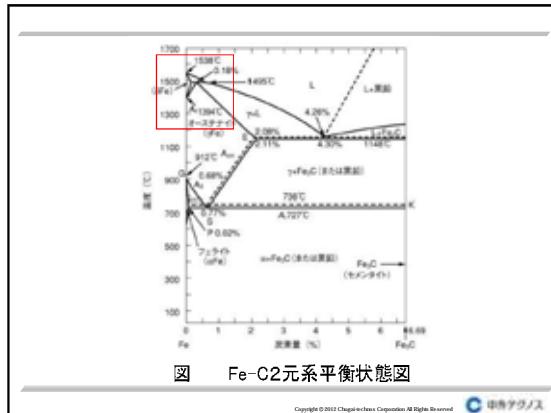
- 溶接金属凝固割れ
- 熱影響部粗粒域液化割れ
- 熱影響部延性低下割れ

3種類ある

凝固割れ

凝固割れは溶接金属が凝固を完了する直前に、柱状晶の境界に平衡分配係数の小さい溶質がミクロ偏析して融点の低い融液が残り、凝固による収縮ひずみに耐えきれずに柱状晶の境界が開口したもの。

Copyright © 2012 Chugoku-techno Corporation All Rights Reserved



まとめ

欠陥のない溶接が可能であっても、不純物や介在物により溶接性や衝撃特性が悪いものがあり、その場合は脆性破壊の危険性が内在していると考えるべきである。



JIS制定前の材料への重要部分への溶接補修は実施を回避することが肝要。



古い構造物は、部材により製造場所、方法が異なる可能性が高く、不均質である。

材料の特性を得る調査は、部材入手履歴を確認した上、数箇所で行うことが理想。不純物や介在物の分布は均一でないことを前提にして板厚全体で確認することが必要である。

Copyright © 2012 Chugoku Electric Corporation. All Rights Reserved.



中西テクノス

ご清聴ありがとうございました

中外テクノス株式会社

Smart Life Engineering
Smart Technology, Smart Future

32

Copyright © 2012 Chugoku Electric Corporation. All Rights Reserved.



中西テクノス