

5 . 余部橋主桁の腐食状況と鋼材の特性

徳山工業高等専門学校

徳山工業高等専門学校

○西岡 祐希

海田 辰将



研究目的・背景

鋼橋の腐食損傷事例 → 維持管理の重要性

供用年数は様々
重度の腐食を有す橋梁の長寿命化や維持管理の観点から
環境条件と腐食の度合いや傾向等との関連性を把握することは重要

特に
建設後100年前後の橋梁は環境条件に見合った腐食の痕跡が明確に刻まれている

旧余部橋梁の主桁(4スパン分)を調査する機会を得た

Civil Eng. & Architecture Steel Structure Laboratory Page 2

研究目的・背景

旧余部橋梁

厳しい腐食環境にありながらも手厚い維持管理によって98年間もの間供用され続けた貴重な研究試料

本研究では

- 腐食の特徴を架設地点の腐食環境条件と併せて考察し、腐食損傷の特徴を明らかにする
→ 腐食マップの作成
- 補修、補強を考える際の想定すべき問題（溶接性の検討等）に対する情報を得る
→ 材料特性試験及び化学成分分析

旧余部橋梁概要

- 1912年に開通した鋼トレスル形式の鉄道橋（供用年数98年）
- 兵庫県美方郡香美町香住区、JR山陰本線 鎧～余部駅間に位置
- 常時日本海からの潮風が吹き付ける厳しい腐食環境



写真-2 余部橋梁上空写真
<http://maps.google.co.jp/>

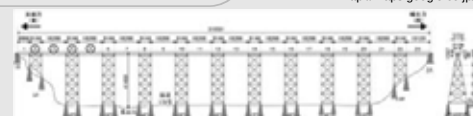


図-1 旧余部橋梁側面図

旧余部橋梁の実寸法測定

CAD図面化

図-2 平成元年の検査図面

写真-3 桁現況における寸法測定

図-3 測定結果のCAD図面

Civil Eng. & Architecture Steel Structure Laboratory Page 5

腐食状況調査と腐食マップの作成

- 腐食マップとは 腐食損傷の度合いを感覚的に理解できるように図面上に色分けしてプロットしたもの。

寸法測定を行って作成したCAD図面上に

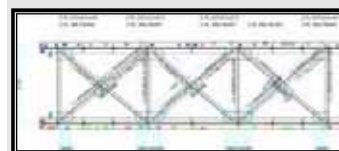


図-1 作成したCAD図面

- 腐食の発生場所
- 腐食の程度
- 腐食形態などの情報

などをプロット

腐食状況調査と腐食マップの作成



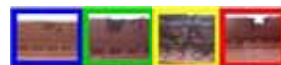
青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

表-1 腐食マップにおける損傷度の評価基準

色の区分	損傷度	損傷の内容
青	I	表面的な錆であり顕著な減肉は無い。損傷面積は小さく局所的。
緑	II	表面的な初期の腐食状態で進展する恐れがある。広がりのある発錆状況。
黄	III	広い範囲で腐食状態による明らかな板厚の膨張または著しい減肉がある。
赤	IV	腐食による貫通孔や断面欠損がある。損傷面積は問わない。

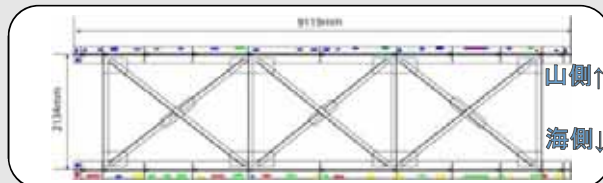
橋梁定期点検要領 (案) 等の文献を参考にして作成

腐食マップの一例と考察



青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

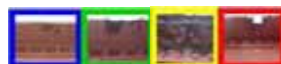
上フランジ下面



山側よりも海側の方が相対的に激しい腐食がスパン全域に分布している

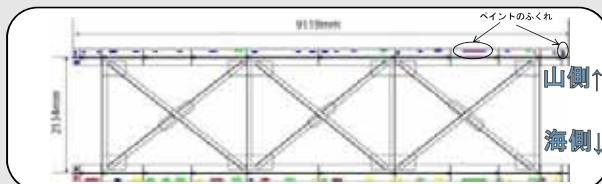
日本海からの強い潮風が上フランジ下面に当たって塩分が付着
その付着した塩分が上フランジ下面では雨水によって洗い流されにくい。

腐食マップの一例と考察



青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

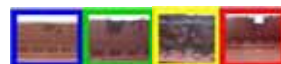
上フランジ下面



桁の外側と内側では、明らかに外側の方が腐食が激しい

桁の内側は塩分が付きにくく、風通しが良い
直射日光があたらないので塗装の劣化が少ない

腐食マップの一例と考察



青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

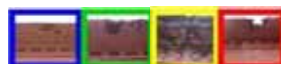
ウェブ海側



桁両端の連結部に激しい腐食が発生

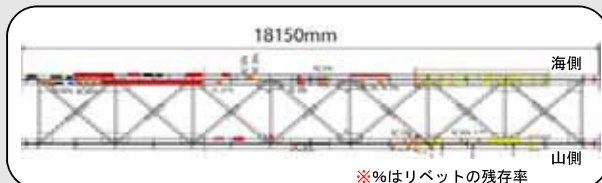
リベットやボルトによって多くの凹凸があり、所定の塗膜厚が確保しにくい。
連結部は狭いスペースであるため、塩分や湿気がたまり易く洗い流されにくい構造。

腐食マップの一例と考察



青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

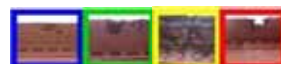
上フランジ上面



広い範囲で断面欠損をともなう程度の重度の腐食 (損傷度Ⅲ～Ⅳ) が広がっている。

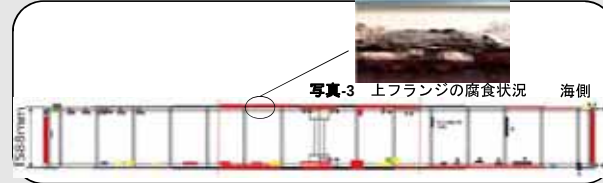
枕木を敷設することによる隙間腐食が生じている。
腐食により、何度も枕木の位置を変えたときとみられ、上フランジ上面の
ほぼ全体に激しい腐食

腐食マップの一例と考察



青 (I) 緑 (II) 黄 (III) 赤 (IV)

ウェブ海側



スパン中央に向かって上下フランジの板厚が膨張し腐食が激しい

スパン中央部にカバープレートが設置されており、その端部から隙間腐食が発生

腐食マップの一例と考察

下フランジ

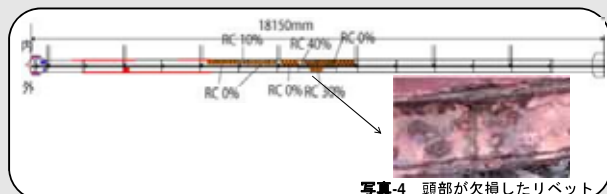


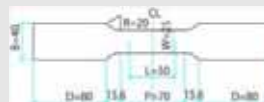
写真-4 頭部が欠損したリベット

リベット頭部の残存率が50%を下回っているものが多く、継手部の近くでは完全に頭部が欠損しているケースもあった。

カバプレートや継手部といった構造的要因が関係

材料特性試験

・供試体概要・・・下フランジ、ウェブ、対傾構から各2体ずつ切り出してJIS5号試験片を6体作成した。



載荷方法

- 変位制御
- 載荷速度

弾性域 0.2mm/min

塑性域 0.5mm/min

図-2 JIS5号試験片のCAD図面

測定項目

- 弾性係数
- 降伏強度
- ポアソン比
- 引張強度
- 最高荷重時の伸び
- 破断伸び

実験結果および考察

表-2 材料特性の一部

試験片	降伏応力 [MPa]	引張強度 [MPa]	破断伸び [%]
フランジ1	230.50	372.46	34.60
フランジ2	230.02	389.21	29.11
平均	230.26	380.84	31.86
ウェブ1	268.19	429.04	36.86
ウェブ2	273.42	434.09	39.20
平均	270.81	431.57	37.95
対傾構1	230.98	421.33	45.21
対傾構2	242.23	417.80	41.86
平均	236.61	419.57	43.51
SS400	245以上	400~510	26以上

平均でみると

- 降伏応力はSS400やウェブと比べるとフランジと対傾構がやや低い値
- 引張強度はフランジがSS400の基準より約20MPa低い値
- 破断伸びはどの試験片も26以上あり

これらの結果より

全体としてはSS400級の性能をもっていることがいえる

実験結果および考察

表-2 材料特性の一部

試験片	降伏応力 [MPa]	引張強度 [MPa]	破断伸び [%]
フランジ1	230.50	372.46	34.60
フランジ2	230.02	389.21	29.11
平均	230.26	380.84	31.86
ウェブ1	268.19	429.04	36.86
ウェブ2	273.42	434.09	39.20
平均	270.81	431.57	37.95
対傾構1	230.98	421.33	45.21
対傾構2	242.23	417.80	41.86
平均	236.61	419.57	43.51
SS400	245以上	400~510	26以上

部位ごとでみると

- 降伏応力をみると対傾構が12MPa差がある
- 引張強度はどの部材も同等な値となった
- 破断伸びを比べるとフランジが5%も差がある

これらの結果より

鋼材ごとの品質、性能のばらつきが懸念される特にフランジは品質のばらつきが顕著である

実験結果および考察



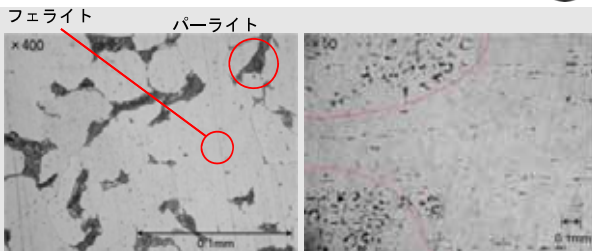
写真-5 2つのネッキング断面(フランジ2)

表-3 材料特性の一部

試験片	降伏応力 [MPa]	引張強度 [MPa]	破断伸び [%]
フランジ1	230.50	372.46	34.60
フランジ2	230.02	389.21	29.11

- 塑性域に入ってからほぼ同時に2つの断面でネッキング現象(赤い破線)が生じており、最高荷重付近から片方の断面にてネッキングが急激に卓越し、破断した
- 鋼材の品質に場所的な偏りがある可能性

電子顕微鏡観察



(a) 400倍

写真-6 鋼材表面の電子顕微鏡写真

(b) 50倍

- 写真-6(b)より硬質で黒色のパーライトが場所的に偏って存在

化学成分分析



表-4 化学成分分析結果一覧

サンプル採取箇所	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	炭素当量
フランジ	0,06	<0,01	0,47	0,075	0,068	0,04	0,04	0,05	<0,01	0,01	0,15
ウェブ	0,17	<0,01	0,66	0,024	0,041	0,09	0,05	0,02	<0,01	0,01	0,29
対縁機	0,19	0,01	0,63	0,03	0,067	0,07	0,05	0,02	<0,01	0,01	0,3
SM400A	<0,23	—	(2,5×C)	<0,035	<0,035	—	—	—	—	—	0,44以下

分析の結果

- ・ C,Mn,P,Sの含有量にばらつきが大きい
- ・ フランジはCが少なく、P,Sが多い
→ 偏析が多く存在する可能性

結論



1,腐食マップ

- ・ カバープレート・枕木による隙間腐食が顕著であった
- ・ 広い範囲で板厚の膨張と断面欠損が確認された。

2,材料特性試験・成分分析・電子顕微鏡観察

- ・ 鋼材の部位によって機械的性質にばらつきが大きい可能性が高い。
- ・ フランジ2において品質に偏りがあるため2つのネッキングが生じた。
→ 電子顕微鏡観察と成分分析より明らかに

よって本鋼材は部位によって品質にばらつきがあり、不純物も多く含まれていることから溶接などは避けたほうがよいと考えられる。

ご静聴ありがとうございました