

旧余部橋梁主桁における腐食状況と鋼材の性質に関する特徴

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○西岡 祐希
徳山工業高等専門学校 正会員 海田 辰将
広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. はじめに

現在、橋梁の長寿命化の観点から重度の腐食損傷を有する鋼橋に対する維持管理の重要性が高まっており、個々の維持管理技術に関する研究が精力的に行われている。重度の腐食損傷を有するといってもこれら橋梁の供用年数は一定ではなく、腐食環境や維持管理の程度によっては建設後わずか数年から100年以上まで様々である。

とくに、建設後100年前後の橋梁には、その環境条件に見合った腐食の痕跡が長期に亘って明確に刻まれており、環境条件と腐食の度合いや傾向等との関連性について把握することは維持管理の観点から非常に興味深い。

そのような折、旧余部橋梁主桁4スパン分を入手・調査する機会を得たので、本研究では現状から確認できる範囲ではあるが主桁に刻まれた腐食損傷状況を詳細に調査して腐食マップを作成し、架設地点の腐食環境条件と併せて考察することで腐食損傷の特徴を明らかにする。

また、1900年代初めに建設された貴重な国産橋梁鋼材の一例として、本主桁鋼材の引張試験および成分分析試験を実施し、損傷を受けた鋼橋の補修補強（性能回復）を考える際に重要な情報となるであろう当時の鋼材の材料特性および化学成分等に関する知見を得た。

2. 旧余部橋梁の橋梁形式および主桁の構成

旧余部橋梁は、兵庫県美方群香美町において1912年3月1日に開通し、2010年7月16日に運用を終了するまで約98年間使用されている。図-1に余部橋梁の側面図を示す。本橋は、23スパンの単純桁と11基の槽トラスからなる橋長310.59mの鋼トレスル橋である。主桁はトレスルの上、地上36.66mの位置に架設されており、その最大支間長は18.288m（60feet）となっている。約1.6mの桁高を有する本主桁は、平鋼材とL形鋼をリベット接合にて組み合わせた、I形断面となっており、2本の主桁が平行に配置された2主桁橋である。今回入手した主桁は、図中○印を付したG2~G3桁である。

3. 腐食マップにみる腐食損傷の特徴

4本の主桁について活膜の上から目視で確認できる範囲ではあるが、①腐食の発生場所②腐食の程度③腐食形態などの特徴を調査し、寸法測定して作成したCAD図面上にこれらの情報を記録することで、腐食マップを作成した。その一例としてG3桁の腐食マップ（上フランジ上面）を図-2に示す。損傷の度合いは実際の腐食損傷状況を見ながら、橋梁定期点検要領¹⁾をベースにした評価基準を作り、軽微なものから順に青→緑→黄→赤の4種類で損傷度を色分けして記載した。

図-2より、上フランジ上面にはかなり広い範囲で断面欠損をとまなう程の重度の腐食（損傷度Ⅲ～Ⅳ）が広がっていることがわかる。これらは、枕木を敷設することによる隙間腐食によって生じており、枕木の敷設間隔とほぼ同じピッチで長方形の腐食領域が確認された。そして、供用中に枕木の敷設位置を変えているため、フランジ上面の広い範囲に腐食領域が確認された。また、本主桁フランジの腐食を全体的にみると、海側の方に比較的激しい腐食が分布する傾向にあった。これは、日本海からの強い潮風を常時受ける本橋の架設状況を考えると、潮風が上フランジ下面に当たって塩分が付着することは想像に難くないが、さらに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ことが主な原因と考えられる。その他、フランジカバープレート、継手添接部および桁の連結部において、鋼材間の隙間腐食が原因とみられる層状錆による重度の腐食が見受けられた。本主桁は少なくとも16層（膜厚1mm以上）の塗膜層を有することが分かっているが、腐食部では、これらの塗膜が完全に浮き上がって剥離している状況である。

4. 鋼材の材料特性および化学成分分析

4.1 引張試験

本主桁の下フランジ、ウェブ、対傾構から各2体ずつJIS5号試験片を切り出し、引張試験を行った。引張試験から得た材料特性を表-2にまとめて示す。表-2の結果が

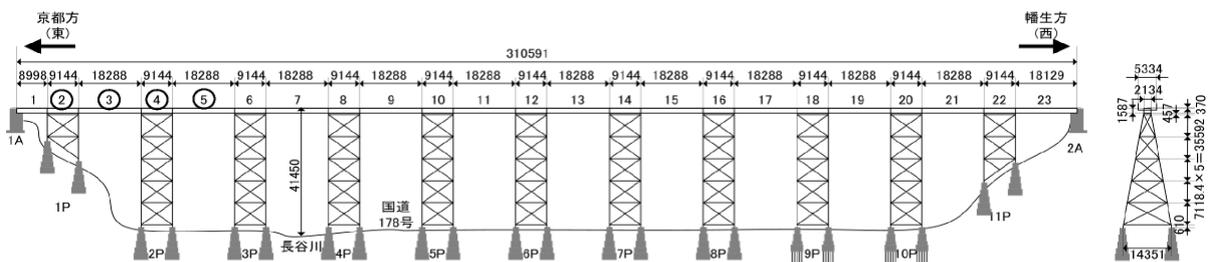


図-1 旧余部橋梁側面図

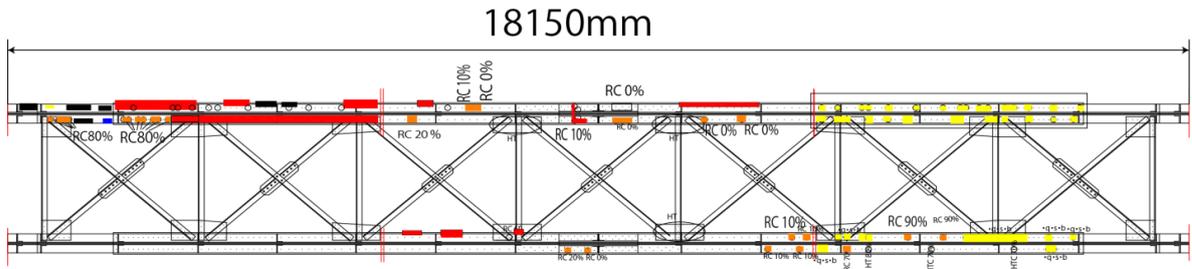


図-2 G3桁 上フランジ上面の腐食マップ

表-1 材料特性一覧

試験片	弾性係数 [GPa]	ポアソン比	降伏応力 [MPa]	引張強度 [MPa]	一様伸び [%]	破断伸び [%]
フランジ1	194.60	0.286	230.50	372.46	-	34.60
フランジ2	193.90	0.280	230.02	389.21	15.30	29.11
平均	194.25	0.283	230.26	380.84	15.30	31.86
ウェブ1	199.10	0.279	268.19	429.04	-	36.70
ウェブ2	200.50	0.290	273.42	434.09	23.20	39.20
平均	199.80	0.285	270.81	431.57	23.20	37.95
対傾構1	214.00	0.290	230.98	421.33	25.80	45.21
対傾構2	201.30	0.260	242.23	417.80	22.90	41.86
平均	207.65	0.275	236.61	419.57	24.35	43.54



写真-1 フランジ1の破断状況

表-2 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	0.68	0.024	0.041	0.09	0.05	0.02	<0.01	0.01	0.29
対傾構	0.19	0.01	0.63	0.03	0.057	0.07	0.05	0.02	<0.01	0.01	0.3
SM400A	<0.23	-	(>2.5×C)	<0.035	<0.035	-	-	-	-	-	0.441以下

ら、弾性係数およびポアソン比に関しては部位ごとに大差ないものの、降伏強度については、ウェブが他の部位よりも平均値で約40MPa高い値となった。また、引張強度に関してはフランジが最も小さく、ウェブ鋼材よりも約40MPa低い結果となった。伸びに関してはフランジはウェブや対傾構よりも劣っており、最高荷重時の伸びに関しては約10%、破断伸びでは最大12%近く低いことが分かった。このことから、鋼材によってはその機械的性質にばらつきが大きい可能性が高い。また、フランジ試験片2では写真-1に示すように、加载中に塑性域に入ってからほぼ同時に2つの断面（写真中破線で示す）でネッキング現象が生じており、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、破断した。

4.2 化学成分分析

フランジ、ウェブ、対傾構から採取したサンプルを用いて鋼材の化学成分分析を実施した。表-2に分析結果一覧を示す。まず炭素量について、フランジの炭素量はウェブや対傾構と比較して、約1/3~1/4程度であることに気付く。この結果と、表-1に示した材料特性から判断すると、フランジは他の2部材と比較して柔らかく、降伏強度が低い鋼材であることが分かるが、伸びに関して

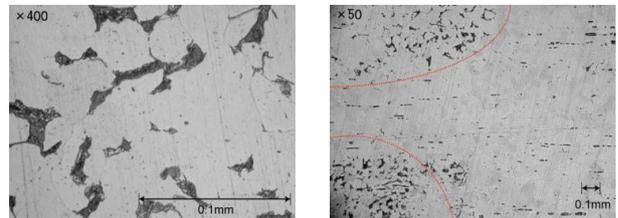


写真-2 鋼材表面の電子顕微鏡写真

もフランジは劣っている。また、PやSといった溶接性を低下させる原因となる元素もかなり多く含まれている。さらに、フランジ鋼材では写真-2の電子顕微鏡写真に示すように硬質で黒色のパーライトが場所的に偏っている様子（写真中、赤破線で示す）も確認された。

5. おわりに

- (1) 4主桁について作成した腐食マップから、本主桁の腐食の状況をまとめ、その特徴を明らかにした。
- (2) 本鋼材は概ね SS400 程度の強度を有していると考えられるが、降伏強度、伸び、炭素量などの点で材料的または場所的に不均質である可能性が極めて高い。

【参考文献】

- 1) 橋梁定期点検要領（案）：国土交通省，pp.18-22, 2004.3.