

経年した桁端ウェブの腐食分布の特徴とそれをふまえた桁の残存せん断強度評価

広島大学 学生会員 ○竹中 瞳

広島大学 正会員 藤井 堅

1. はじめに

現在、経年にともなう鋼橋の腐食損傷が社会問題となっている。特にプレートガーダーにおいては支承周りの腐食が著しく、支持力の低下やウェブのせん断耐荷力の低下が懸念される。しかし、支承周りの腐食にともなう強度低下はまだ十分には研究されておらず、またその腐食表面の形状的特徴もあまり明らかにされていないのが現状である。今後、経済的かつ合理的な維持管理を実施していくためには、ウェブプレートの腐食状態と残存強度の関係を明らかにする必要がある。よって本研究では、実橋梁より撤去したプレートガーダーから支承部周りのウェブプレートを切り出して腐食表面の形状的特徴を調べ、それがせん断耐荷力に及ぼす影響を FEM 解析により解明する。

2. 使用した橋梁

本研究では約 100 年間供用された後撤去された余部橋梁と穴内川橋梁を使用した。両橋梁とも沿岸に架設・供用され、厳しい腐食環境にさらされていた、総リベット結合の鉄道橋である。特に余部橋梁は三方を山で囲まれた上に地上 40m という過酷な環境下に架設されており、建設以降丹念な保守作業および維持管理が継続されていたため、塗膜は分厚いものとなっていた。供試体については、両橋梁の橋桁から支承部周りのウェブプレートを 2 体ずつ切り出し、合計 4 体とした。また、表面形状を計測するにあたり、鋼板の腐食表面を露出させるため、サンドブラストにより錆や塗膜を除去した。各供試体の特徴を表-1 に示す。

3. 解析モデル

解析にあたり、ウェブ周辺は面外たわみに対して単純支持とし、支承上では端補剛材とソールプレートを設けた。モデルを図-2 に示す。4 節点 6 自由度のアイソパラメトリックシェル要素を用いて 10mm 間隔のメッシュに分割した。材料特性は完全弾塑性体とし、SS400 を想定して降伏応力 $\sigma_y=240\text{MPa}$ 、弾性係数 $E=200\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。

また、ウェブプレートの供試体として切り出した部分には、中央面座標および板厚を節点に与えるこ

とにより、表面計測により得た腐食表面の凹凸形状を考慮した。その他の部分については元板厚を考慮した板厚を与え、初期たわみについてはやせ馬型のたわみ波形を与える式(1)を、初期たわみを与える式として採用した。解析においては、ウェブプレートの外周にせん断応力を与えることにより、純せん断状態とした。

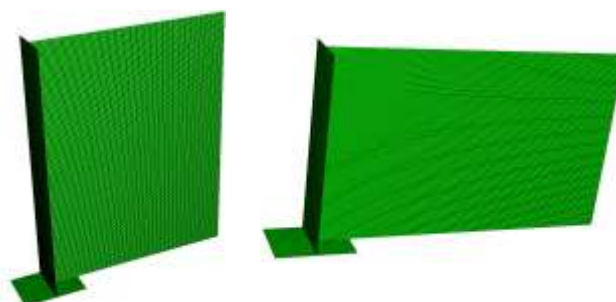
$$w_0 = \frac{H}{250} \cdot \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi y}{H}\right) \quad (1)$$

4. 結果

3 次元レーザー計測機による表面計測結果の一例を図-3 に示す。図-3 は海側側面と陸側側面の腐食深のコンター図であり、支承部およびフランジを構成するアングル部材との境界に沿って板厚の減肉が確認できる。そして、支承部を中心とする同心円状に 100mm 間隔で範囲分けした腐食深分布を図-4 に示す。c)は海側側面、d)は陸側側面の結果であり、グラフ中の○は各範囲での平均腐食深である。この図から、c)では支承部から 100mm までの範囲で平均腐食深が最も大きく、200mm 以降の範囲では小さくなるが、d)では支承部周りよりも離れた箇所の平均腐食深がより大きくなっていることが分かる。

表-1 各供試体の特徴

No.	設置位置	橋梁	特徴
1	海側	余部橋梁	アングル沿いに腐食が顕著である。
2	陸側		目立った腐食は見られない。
3	海側	穴内川橋梁	支承部周りに腐食による穴が開いている。
4	陸側		ウェブ上部が飛来塩分による腐食が顕著である。



a)余部橋梁 b)穴内川橋梁

図-2 解析モデル

せん断強度解析については、図-5に解析での応力分布の例を示す。この図より、支配的な張力場が対角線状に生じ、支承部周りは降伏しないため、支承部の減肉はウェブの強度低下へあまり影響しないことがわかる。また、道路橋示方書¹⁾に示された式(2)、(3)から各橋梁のせん断座屈応力度を算出し、表-6に解析結果と比較したところ、ウェブの長さaと高さbの比率であるアスペクト比(a/b)が1以下のとき支承部周りの減肉は強度にあまり影響せず、1以上のときは10%程度の強度低下となっている。また、腐食による減肉で支承部に穴が空いている供試体No.3と穴の開いていない供試体No.4の間に強度低下の大きさにあまり差異がないことから、支承周りの腐食の程度による強度への影響の違いは小さいと考えられる。

5. 結論

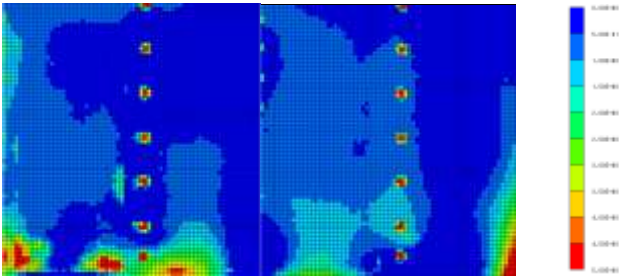
- 1) リベット結合が施されたウェブにおいては、支承部だけでなくアングル部材との境界に沿って腐食が生じていた。
- 2) 海側の側面においては、支承部周りに著しい腐食損傷は確認されたが、支承部から200mm以降に目立った損傷はみられなかった。
- 3) 陸側の側面においては、支承部から離れた箇所と比較的進展した腐食がみられた。
- 4) アスペクト比により、支承部に腐食減肉が与えるせん断強度への影響は変わると考えられる。
- 5) 支承部でのウェブの腐食の程度によるせん断強度へ影響に大きな差異はみられなかった。

6. 参考文献

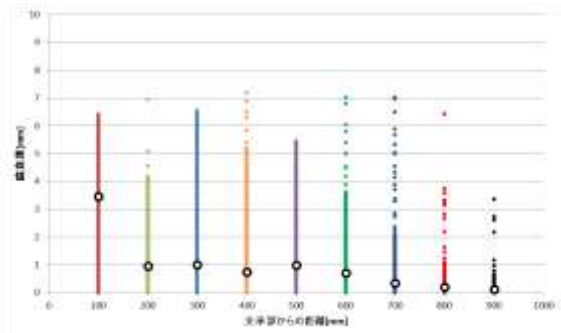
- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説
Ⅰ 共通編 Ⅱ 鋼橋編

$$\tau_{cr} = k_{\tau} \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 \tag{2}$$

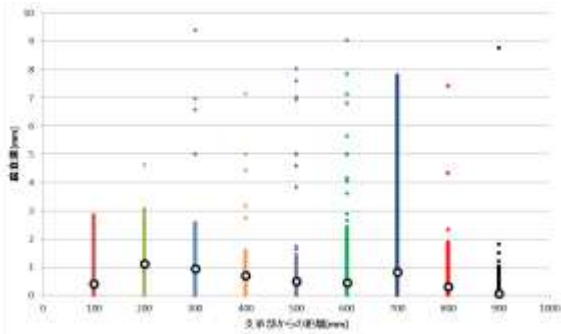
$$k_{\tau} = \begin{cases} 5.34 + \frac{4.00}{\left(\frac{a}{b}\right)^2} & ; \left(\frac{a}{b} > 1\right) \\ 4.00 + \frac{5.34}{\left(\frac{a}{b}\right)^2} & ; \left(\frac{a}{b} \leq 1\right) \end{cases} \tag{3}$$



a) 海側側面 b) 陸側側面
図-3 表面計測例(腐食深)

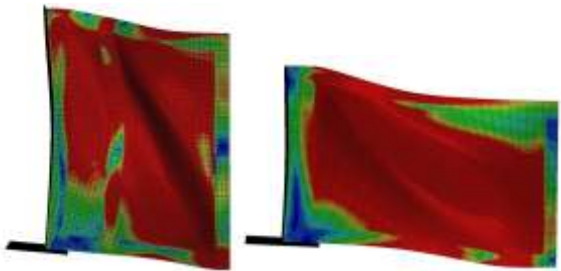


c) 海側側面



d) 陸側側面

図-4 腐食深分布



a) 余部橋梁 b) 穴内川橋梁
図-5 応力状態

表-6 せん断応力度の比較

余部橋梁			穴内川橋梁		
アスペクト比	0.786		アスペクト比	1.62	
道路橋示方書	N/mm ²	90.4	道路橋示方書	N/mm ²	126.7
健全なモデル	N/mm ²	135.4	健全なモデル	N/mm ²	136.6
供試体No.1	N/mm ²	135.2	供試体No.3	N/mm ²	123.4
供試体No.2	N/mm ²	135.8	供試体No.4	N/mm ²	124.3