

溶接管理技術者の体験紹介

クレーンのランウェイガーダーの疲労による亀裂防止対応

濱名建設工業株式会社
濱 名 正 洋

1. はじめに

2015年ぐらいより、製鋼所で使用しているランウェイガーダーの定期点検時の亀裂発見(図1)による応急処置補修工事の依頼が1年に1, 2回程度あり、その都度、リブPLを追加したり、亀裂両端にストップホールをあけ、亀裂の補修溶接をして対応(図2)していた。2018年頃より疲労亀裂防止の根本的な対応方法が検討され「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」(社団法人 日本鋼構造協会、2012年)によって既設ランウェイガーダーの疲労照査したところ、疲労限界状態に対する安全性に疑問な箇所があるので、2020年よりのランウェイガーダーの改修工事については、新しく構造設計を行い新規製作して取換えた旨の提案があり、施主・施工・製作三社にての対応策協議を行う事となった。

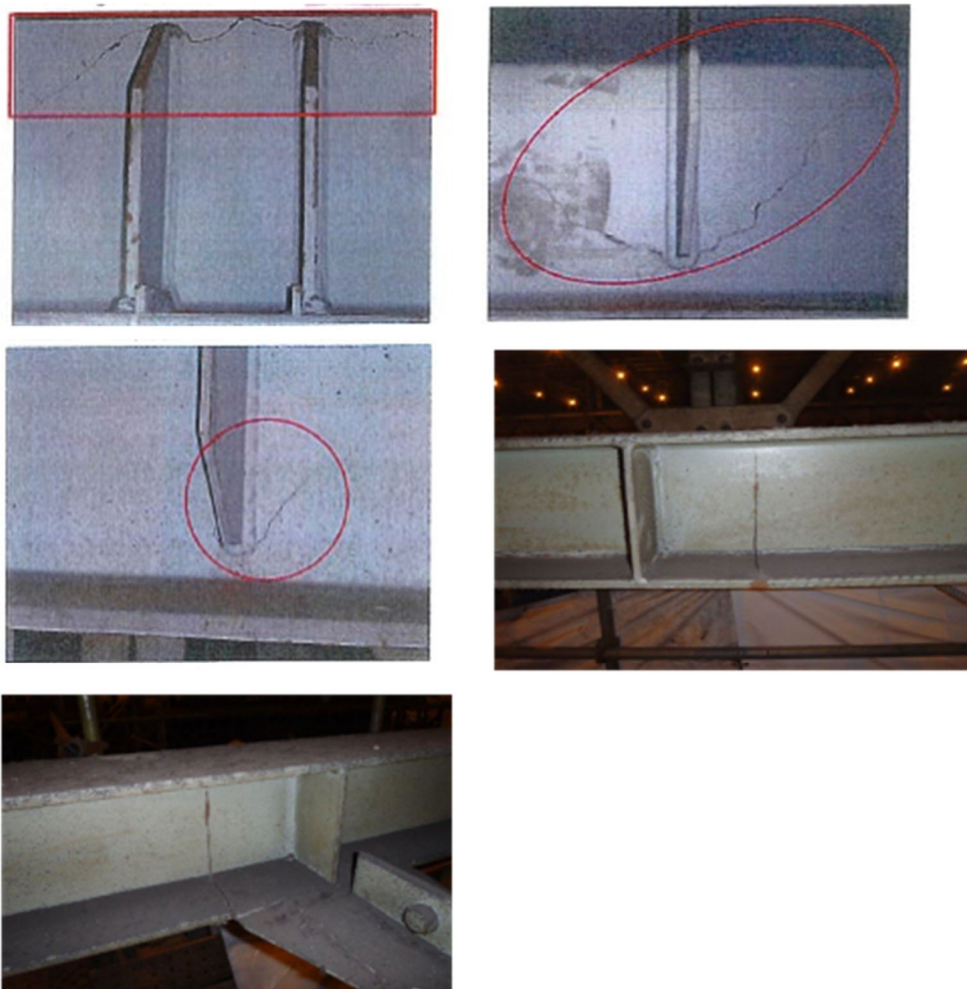


図1 亀裂発生状況

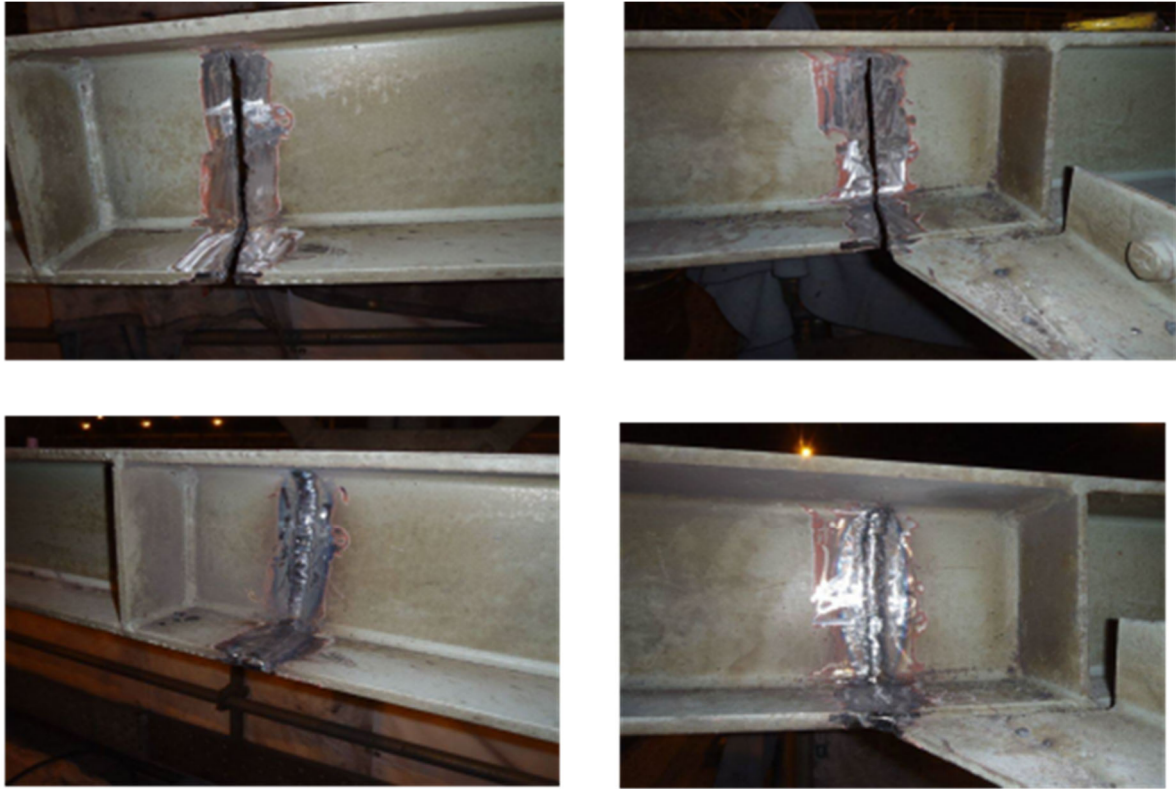


図2 応急措置補修状況

2. 施主ランウェイガーダーの対応方針

鋼橋の設計では「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」（2002年）において疲労の影響を考慮することが規定され、全ての鋼橋において疲労に対する検討を行なう事とした。また、建築においても、日本建築学会鋼構造設計基準にて、 1×10^4 （10,000）回を超える回数の繰り返し応力を受ける部材および接合材（クレーンの走行路、機械または設備を支持する部材等）に対して検討する様に規定されている。

ところが、具体的な対応方法がなかなか確立されず、また基本的な原因として古くからの工場であり、数社の施工社が設計・施工にて担当しており、設計方法・製作要領が統一されていなかった事もあり、今後点検にて発見された亀裂を持つランウェイガーダーから前述の「疲労設計指針」により疲労照査し、設計対応していく方針となった。

とは言え、使用しているランウェイガーダーの数は膨大であり、建築では橋梁・造船の様に疲労強度向上の対策もまだまだ確立されておらず、経済的活動でもある事から、被害経験の工学的判断を踏まえた効果的な手法を試行錯誤しながらも確立していきたいとの趣旨であった。

3. 疲労強度改善対策の検討

3.1 設計

疲労強度及び応力範囲並びに平均応力を考慮した、今回対象のランウェイガーダーの構造概要並びに溶接基準図を図3、図4に示す。

また、新設部材については既設の部材より大きくし、材質もSM490AからSN490Bへ変更した。

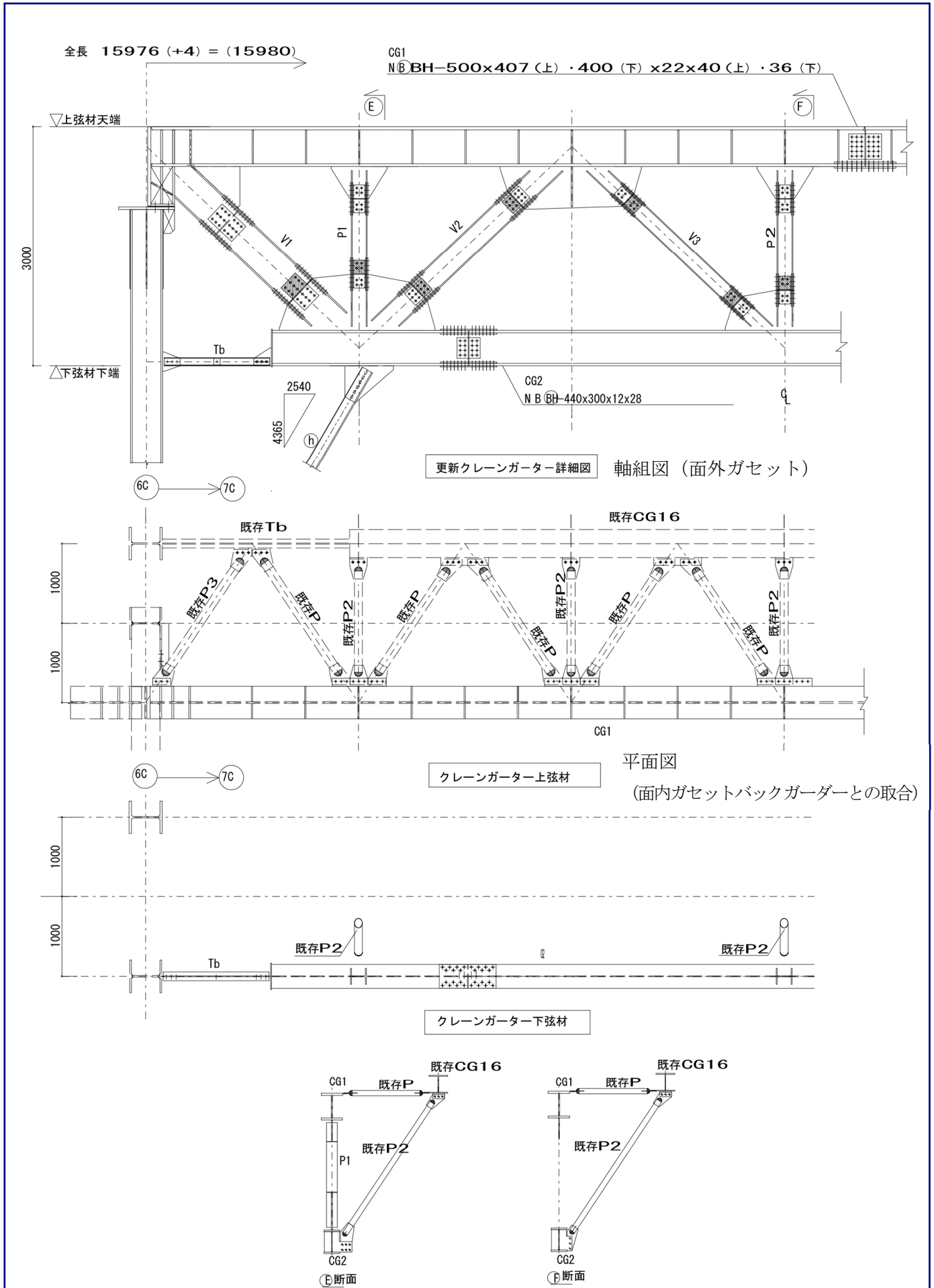
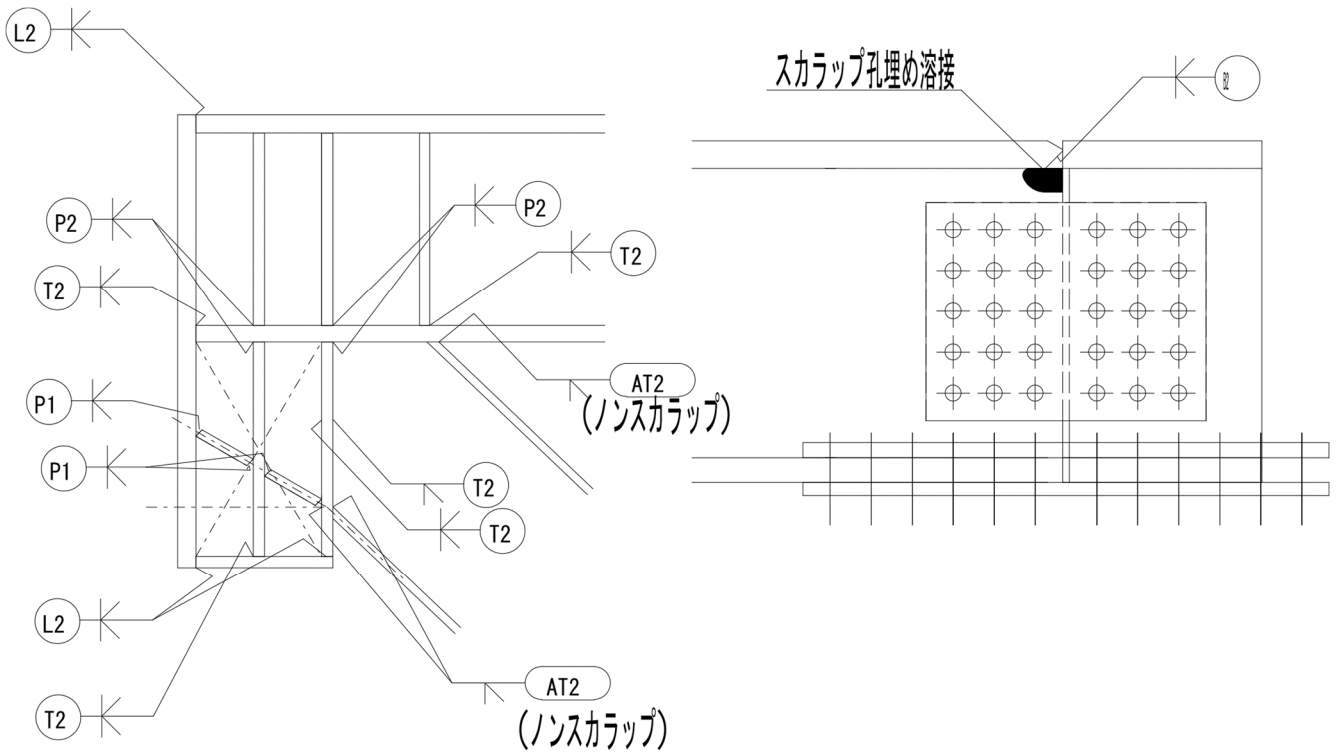


図3 ランウェイゲルダー構造概要図



<p>T2 完全溶け込み溶接</p> <p>うらほつり</p> <p>$S = \frac{T}{4}$</p>	<p>T2 完全溶け込み溶接 $16 \leq T$</p> <p>うらほつり</p> <p>$D1 = \frac{2(T-2)}{3}$</p> <p>$D2 = \frac{(T-2)}{3}$</p> <p>$\frac{T}{4} \leq S \leq 10$</p>	<p>B2 完全溶け込み溶接 $16 \leq T$</p> <p>うらほつり</p> <p>$D1 = \frac{2(T-2)}{3}$</p> <p>$D2 = \frac{(T-2)}{3}$</p>
<p>B2 完全溶け込み溶接</p> <p>うらほつり</p> <p>0.2</p>	<p>L2 完全溶け込み溶接 $16 \leq T$</p> <p>余盛削除</p> <p>うらほつり</p> <p>$D1 = \frac{2(T-2)}{3}$</p> <p>$D2 = \frac{(T-2)}{3}$</p> <p>$\frac{T}{4} \leq S \leq 10$</p>	

図4 溶接基準図 抜粋

AWS-D 1.1 においては、繰り返し荷重を受ける非中空断面構造物（管以外の構造物）に裏当て金を用いて開先溶接をした場合、溶接線に対し直角方向に応力が作用する場合は、鋼製裏当て金を除去しなければならず、溶接線に平行方向に応力が作用する場合や作用応力が問題にならない場合は特に指示がなければ鋼製裏当て金は除去する必要はない。

また、溶接始末端部は隣接部材端面と面一になるよう滑らかに仕上げなければならないと規定している。

上記を鑑み、設計からの指示事項として、応力集中を避けるため、裏当て金・スカラップをやめ、完全溶け込み溶接については、裏はつり溶接、スカラップについてはノンスカラップ工法とし、止む無く開けたスカラップについては、孔埋め溶接とした。（図 4）

3.2 検査

上弦材母材突合せ溶接（横突合せ溶接：図 4 溶接基準図 B2）の超音波探傷検査については、「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」（日本建築学会）の「疲労を考慮して表面仕上げされた溶接部」にての判定とした。その他の突合せ溶接部（図 4 T2, L2）については「引張応力が作用する溶接部」の判定基準とした。

3.3 施工

溶接部の疲労強度向上の方法としては下記の様なものがある。

- ・溶接欠陥（アンダーカット、ビード不整等）をなくす。
- ・余盛形状（余盛角が大きい）止端形状（止端曲率半径が小さい）等の溶接ビードをグラインダーで平滑に仕上げる。
- ・溶接変形（面外変形）を防ぐ。
- ・組立精度不良（目違い等）を防ぐ。

4. 対応策の実施

以上の改善対策を考慮し亀裂防止対応策を講じると共に、取り換え対象が稼働工場である事から休止期間を短縮するため、現地工事部部分を減らし、出来るだけ工場製作にて対応する事とし、製作コストも考慮し、下記の対策を実施した。

- ① 下弦材は3分割と短くし、ガセット溶接等での面外変形を防いだ。（図 3）
- ② 組立自主検査を徹底し、リブプレートの直角度・直線性、ガセットプレートのずれ等の組立精度を上げた。（図 5）
- ③ 外観検査にてアンダーカット及び、ビード不整をなくした。
- ④ 突合せ溶接は裏はつり形式とし、裏当て金は使用しない。（図 4, 6）



图5 组立状况



图6 端部突合せ溶接

- ⑤ 上弦材継手要領はウェブ・下フランジはボルト継手、上フランジはレール取り付けもあり溶接継手とした。母材突合せ溶接（横突合せ溶接）については、「疲労を考慮して表面仕上げされた溶接部」での判定となるため現場溶接とせず、トレーラー搬入許可を取り、工場において本締めを行い、1本ものとして溶接後、余盛削除しドレッシングを施した。（図7, 8）



図7 工場 HTB本締め

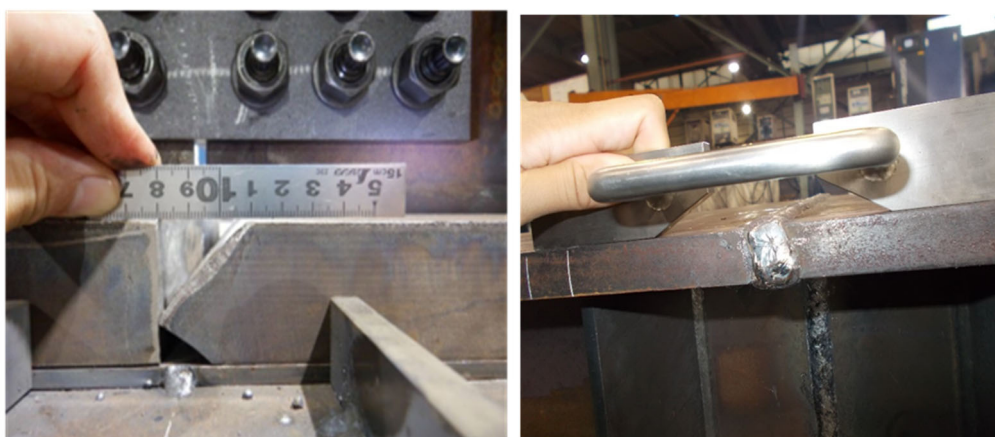


図8 上フランジ組立状況及び溶接後食い違い確認

- ⑥ 下弦材にとりつく面外ガセット突合せ溶接止端部は先端工具として超硬球バー（ $r=3\text{ mm}$ ）を用いたバークラインダーにて仕上げた。仕上げ範囲はガセット先端より $2t_g$ を加えた $4t_g$ 以上とした。（図9, 10）

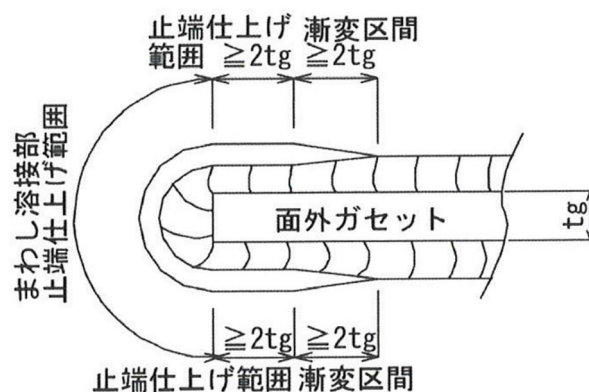


図9 止端仕上げ要領¹⁾



図 10 面外ガセット溶接部仕上げ状況

また、応力方向と平行な面内ガセット突合せ溶接止端部についても、バーグラインダー、超硬バーつくしタイプにて滑らかに仕上げた。(図 11)



図 11 面内ガセット止端仕上げ状況図

5. まとめ

以上の対応策にて 2024 年 10 月新規ランウェイガーダーの取換えを完了した。コストを考慮し、最小限の対応としたが、今後 点検をする中で、実施した対策の効果の有無を確認しながらより良い対応策を確立していきたい。

参考文献

- 1) 鋼橋での疲労破壊防止技術に関する研究に参加して 株式会社横河ブリッジ 射越潤一
WE-COM マガジン 第 25 号 溶接技術者交流会
https://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol_25/sec_3/3-2.pdf

<略歴>

濱 名 正 洋 (はまな まさひろ) 溶接管理技術者 特別級

1979 年 日本大学 理工学部 建築学科 卒業
1981 年 日本大学大学院 理工学研究科 海洋建築工学修士課程 修了
1981 年 三井造船株式会社 鉄構土木事業本部 設計部 入社
1984 年 三井造船株式会社 鉄構土木事業本部 海外事業部
1988 年 濱名建設工業株式会社 代表取締役社長
2020 年 濱名建設工業株式会社 会長
現在に至る