ＪＵＳＴ技報

№３８　２０１７年１１月２８日

造船所大型クレーンの保守検査　　ＥＴ、ＭＴ

名古屋営業所
近藤　浩

キーワード　　ＥＴ、ＭＴ、疲労割れ、保守検査、白色磁粉

１．概要

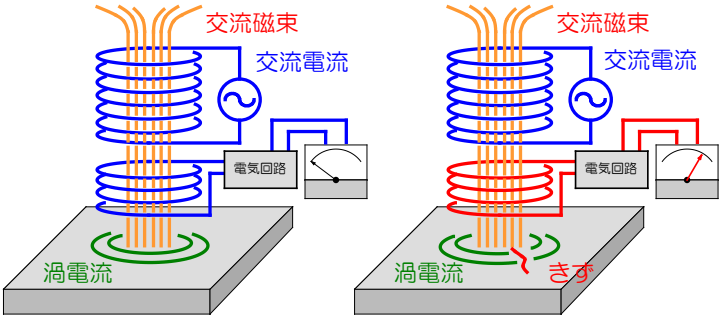
広島県呉市の造船所の大型クレーン（スパン約 25m、長さ約 200m（屋外部））の保守点検の内、溶接部の非破壊検査でＥＴ（渦電流探傷試験）を提案、代表的な部分 6 スパンの全溶接部の試験をおこない、28 か所の割れを検出した。　検出した疲労割れの最大長さは 670 ㎜であった。

２．ＥＴ（渦電流探傷試験－Eddy Current Testing）の原理

交流電流を導体に近づけると電磁誘導現象により、導体内部に渦電流が発生する。渦電流は交流の表皮効果によって導体の表層部に集中して流れる性質があり、この時渦電流を妨げるような欠陥が存在すると、渦電流の流れが変化する。　また渦電流が変化する要因としては、

①表層部のきずの存在
②試験体の形状・寸法の変化
③導体の電磁気的性質‥‥‥透磁率（μ）、導電率（σ）の変化
④交流の周波数（ｆ）の変化
⑤コイルと導体の相対距離（リフトオフ）の変化などがある

これらの要因による電流の変化はとても小さいので、コイルをブリッジ回路に組んでわずかな電流の変化も検出できるようにして、さらに「同期検波回路」　を設け、回路に出力される信号を電圧平面上（Ｘ－Ｙ座標）に表し、欠陥からの信号（Ｓ）と雑音（Ｎ）－試験コイルのガタ信号－を座標軸上で回転させ　（位相角を変える）　Ｓ／Ｎ比が最大になるようにして、試験体表層部のきずを検出する方法が渦流探傷試験である。



渦電流探傷のイメージ

かつては鋼管、線材などの連続生産ラインに組み込んだ製造時の検査や熱交換器の細管の保守検査にのみ使われ、溶接部への適用は困難だと思われていたが、クロスコイル（ウエルドスキャンプローブ）の発明でごく最近になって炭素鋼溶接部の探傷が実用的になった。（プローブについてはその構造を次回掲載する予定）

just 株式会社ジャスト

４．使用機器

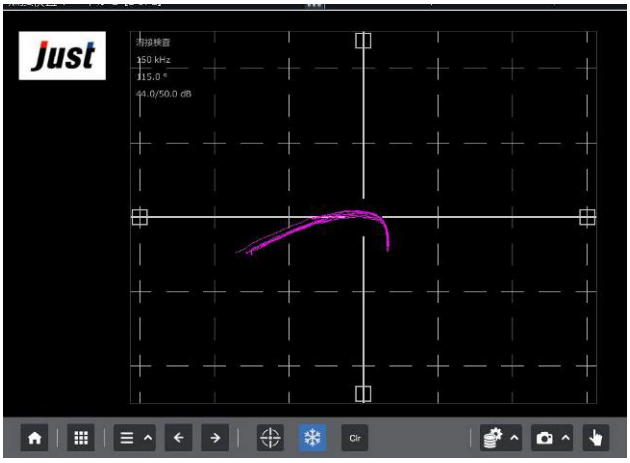
・Ｍｅｎｔｏｒ ＥＭ（ＧＥセンシング＆インスペクションテクノロジーズ）

・ウエルドスキャンプローブ（ペン型）

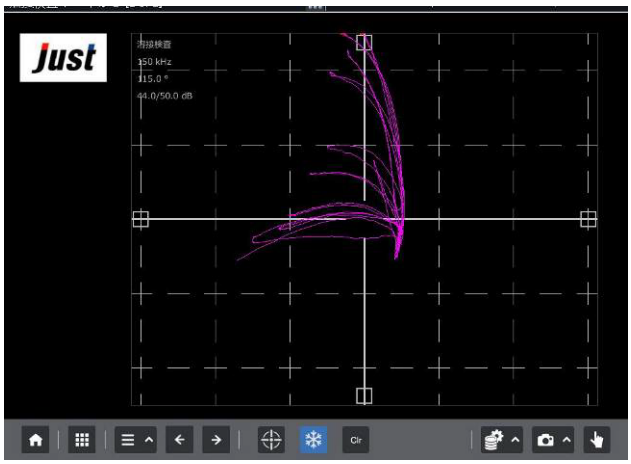
５．装置の調整と走査

検出対象は溶接部の疲労割れであるので、止端部または DEPO 中央の縦割れが表示器上でＹ軸に大きく振れ、走査のガタ信号や止端部付近の形状の変化、止端部形状や透磁率の変化による信号はＸ軸側に触れるよう移相角を調整した。また縦割れ信号を示すＹ軸方向の感度に対し雑音などを示すＸ軸方向の感度を 6 dB下げて、縦割れの信号が目立つように調整した。（ＮＤＩのＥＴレベル２の実技試験の内、上置コイルでおこなうファスナー周りの割れを検出する試験では、Ｘ軸の感度はＹ軸に比べ 18 dB下げておこなっている）

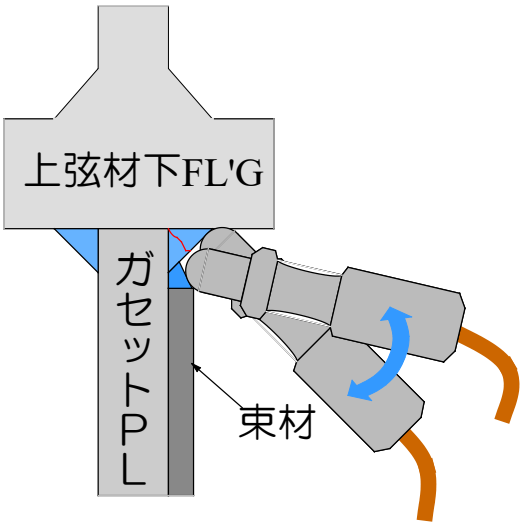
周波数	150ＫＨｚ
移相角	115°
感度	Ｘ／Ｙ＝44 dB/50 dB

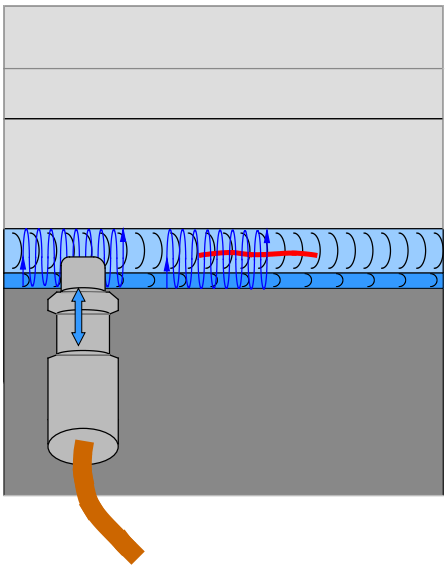


図Ａ　健全部でのガタ信号



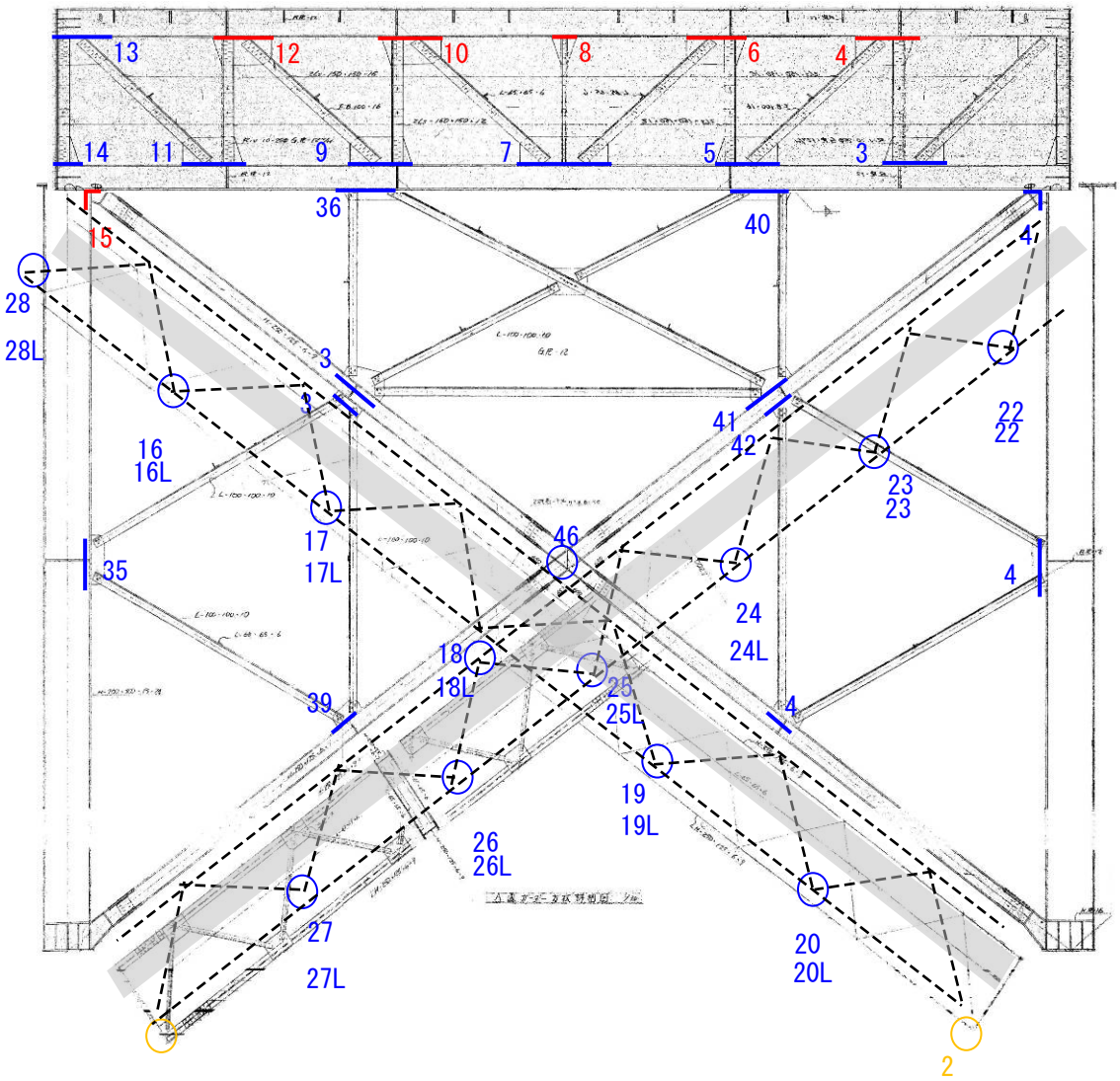
図Ｂ　健全部のガタ信号から欠陥信号への変化
（Ｘ方向の振れから信号がＹ方向へ立ち上がる）





５．検査結果

検査をおこなった６スパンのうち代表的な１スパンの結果と、最長の割れ（670 mm）の詳細を示す。

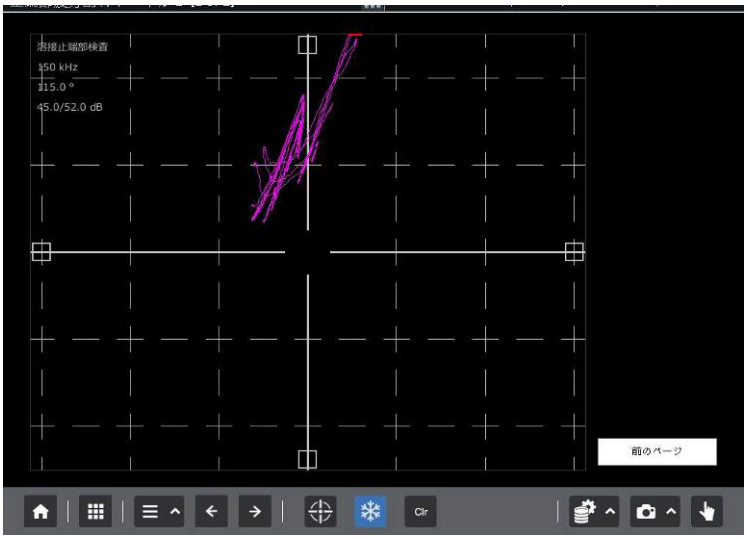
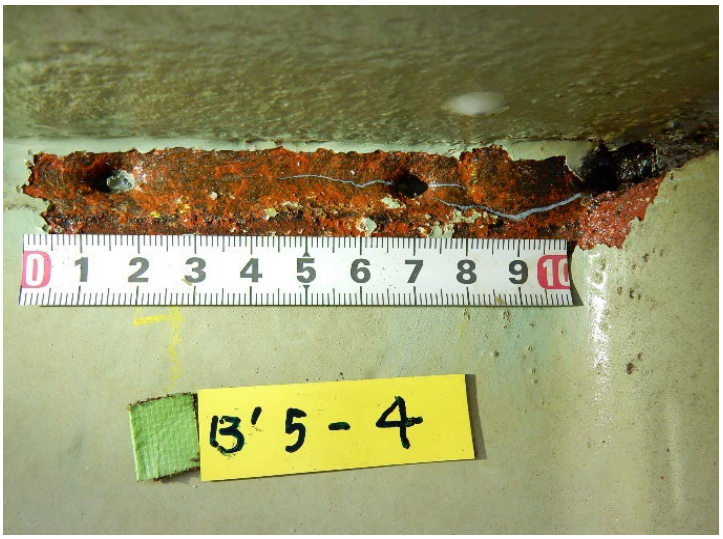


割れ検出位置

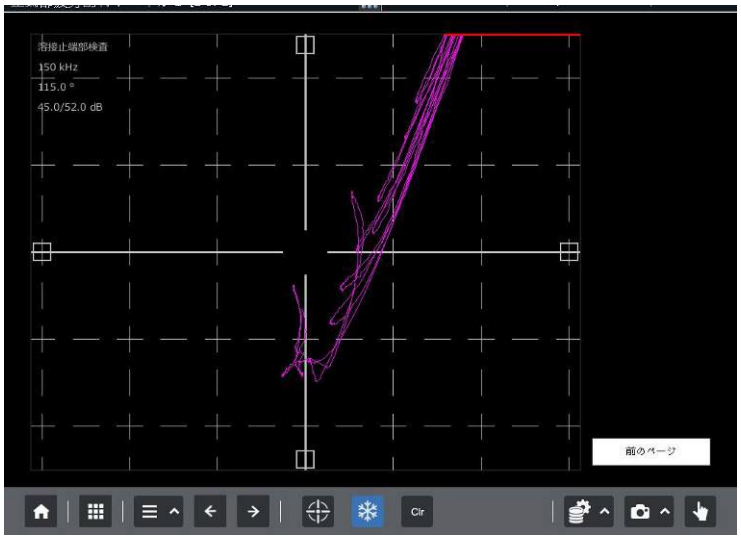
・上弦材下のガセットプレートNo.４～No.１２までの５か所は疲労割れ。
No.15 は唯一の熱間の割れ（製作時の割れ）

・他のスパンで本図の割れ発生位置を肉盛り補強した部分があったが、そこでは割れは下弦材上のガセットプレート（本図と対称な位置）に発生していた。

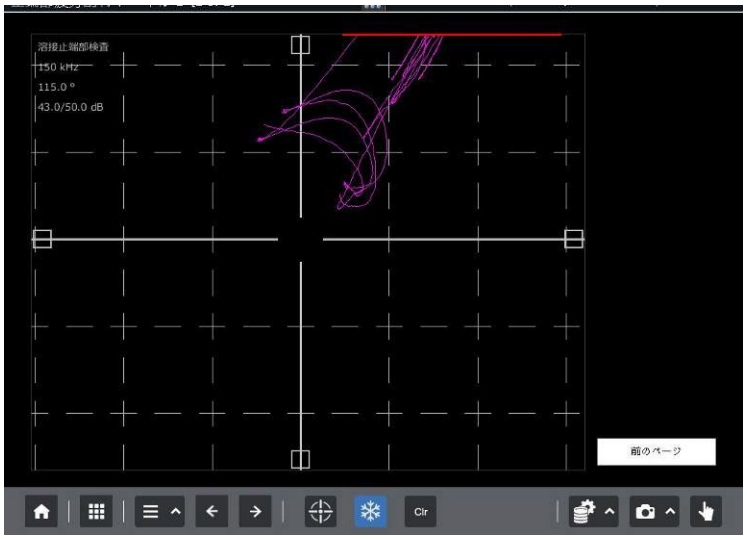
【検査結果詳細（抜粋）】

	No.４ ＥＴ信号波形
	No.４ 割れ検出位置
	No.４ 割れ指示模様（白色磁粉） Ｌ＝110 ㎜

【検査結果詳細（抜粋）】

	No.６ ＥＴ信号波形
	No.６ 割れ検出位置
	No.６ 割れ指示模様（白色磁粉） Ｌ＝40 ㎜ 斜材隅肉溶接止端部にも割れ

【検査結果詳細（抜粋）】



No.８

ＥＴ信号波形

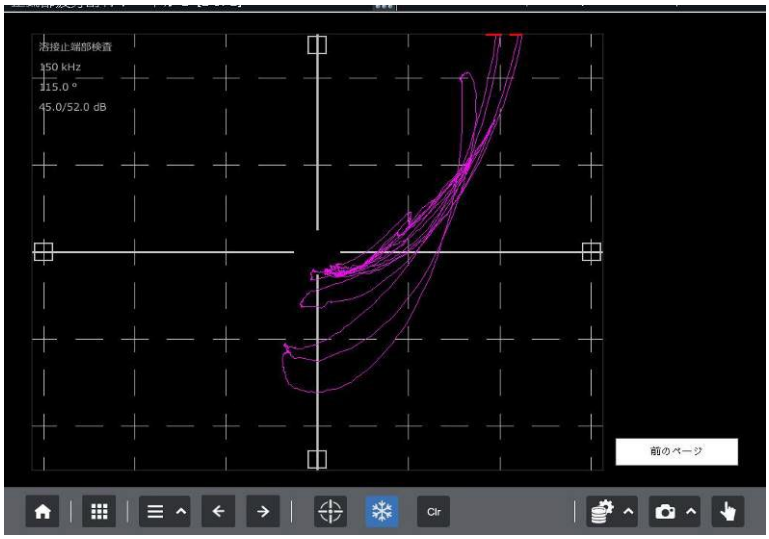
No.８

割れ検出位置

No.８

割れ指示模様（白色磁粉）　　Ｌ＝330 mm

【検査結果詳細（抜粋）】



No.１０

ＥＴ信号波形

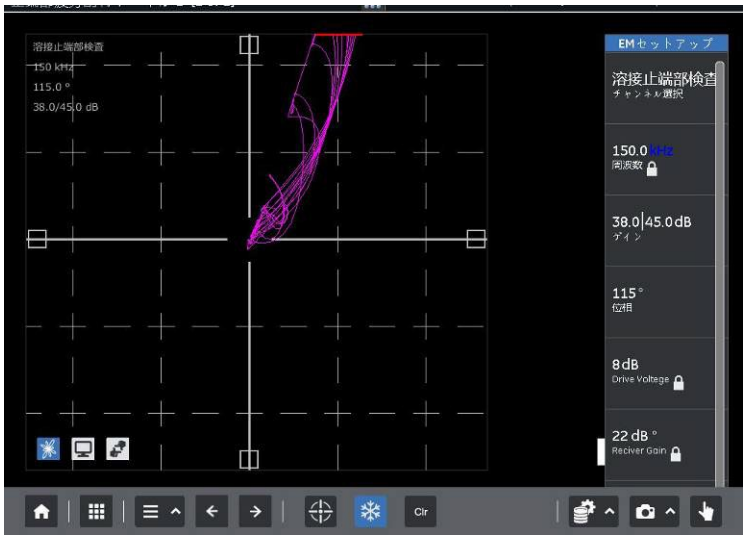
No.１０

割れ検出位置

No.８

割れ指示模様（白色磁粉）　Ｌ＝260 mm、20 mm

【検査結果詳細（抜粋）】



No.１２

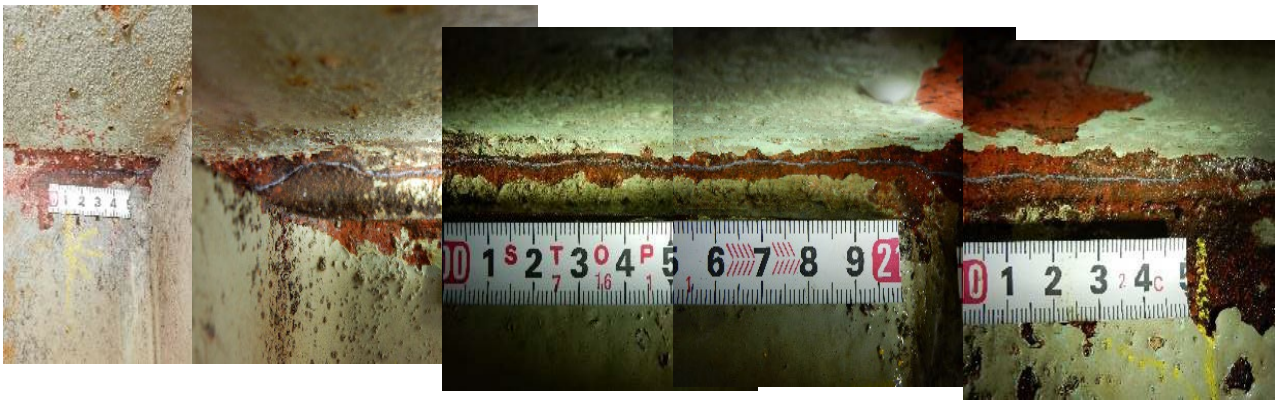
ＥＴ信号波形

No.１２

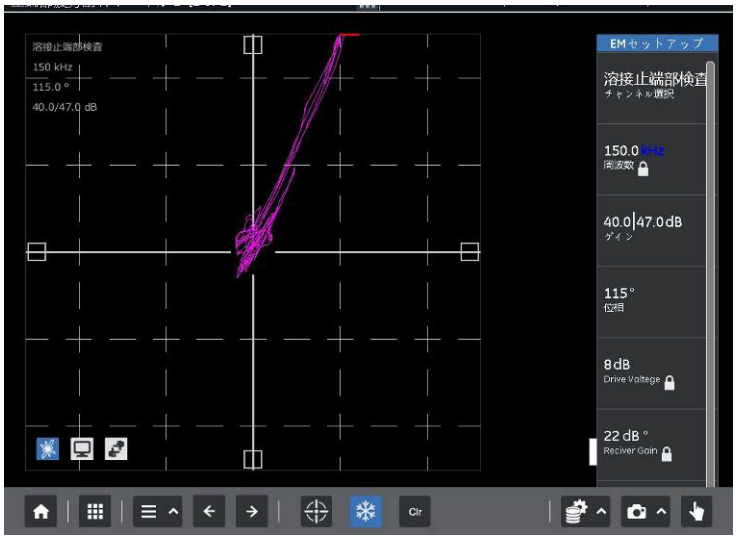
割れ検出位置

No.１２

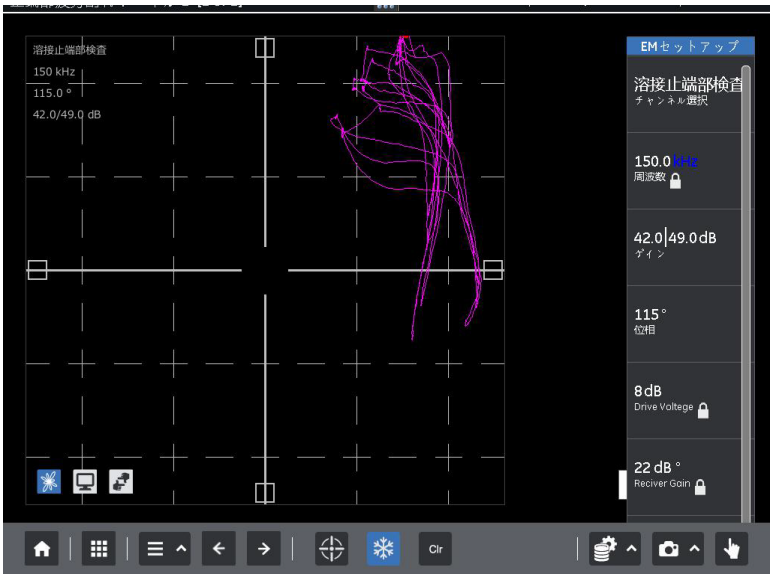
割れ指示模様（白色磁粉）　　Ｌ＝260 mm



【検査結果詳細（抜粋）】

	No.１５ ＥＴ信号波形
	No.１５ 割れ検出位置
	No.１５ 割れ指示模様（白色磁粉） Ｌ＝12 mm 検出した割れの中で唯一疲労割れでない割れ（大きなクレーター割れ？）

【検査結果詳細（別スパン、最長の割れ）】



ＥＴ信号波形

割れ全長　　670 ㎜

６．まとめ

【割れについて】

・総検査箇所数 384 箇所のうち、疲労割れ 27 箇所、その他の割れ 1 箇所を検出した。　実質作業日数は 6 日間で、１日平均 64 箇所の検査数量だった。

・検出された割れは１箇所を除き、すべて上弦材・下弦材間の束材のガセットプレートの溶接部で割れの発生位置はほぼ溶接部の中央、おそらくガセットプレート溶接部（部分溶け込みまたは隅肉）の内部不溶着部から溶接部表面中央に進展してきたと思われる。　束材の上下両側で割れの発生している箇所はなく、割れが発生すると力が割れの進展に使われ、伝わる力が低減するのだと思われる。事実、上弦材下のガセットプレートで肉盛り補修されている部分（割れの上から低水素系の被服アーク溶接を使い上向き姿勢で施工されたと思われる）では下弦材の溶接部に割れが発生していた。

【ＥＴとＭＴ】

・おそらく高所作業車上の作業でこれらの溶接部を前処理から磁粉探傷まで、まともにおこなったら１日あたりの検査数量は実績の半分以下だったと思われる。

・疲労割れの見逃しが絶対許されない稼働中の機械部品などでは、現状のＥＴでは検出限界があいまいな部分があるので適用は難しいと思うが、このような塗装された溶接構造物の保守検査において塗膜の上からのＥＴをスクリーニングとして使用し、割れの信号が検出された部分のみ塗装剥離をおこない、磁粉探傷試験（ＭＴ）をおこなうことは非常に経済的だ。(但し、法規に関わらなければ)

・ＥＴで検出した割れと思われる部分の確認には白色磁粉を使用したが、通常の保守検査で使われる蛍光磁粉を採用していたら真夏の直射日光下で遮光シートを被って作業するか、あるいは夜間作業をおこなうしか方法が無く、高所作業が 90%以上の今回の作業では、どちらもあまり安全でなく、効率の悪い作業となっていたと思われる。

【余談】

・本調査は盛夏の 2016 年 7 月 24 日～31 日に実施した。　作業場所はほぼ日陰のない高所で休憩・昼食は作業車の中、一番近い自動販売機までは距離 800m、しかも昼休みには工場内の車両通行が出来ないルールがあり（大工場ではよくある)、実作業以外の面での「環境」があまりよろしくない状態だった。

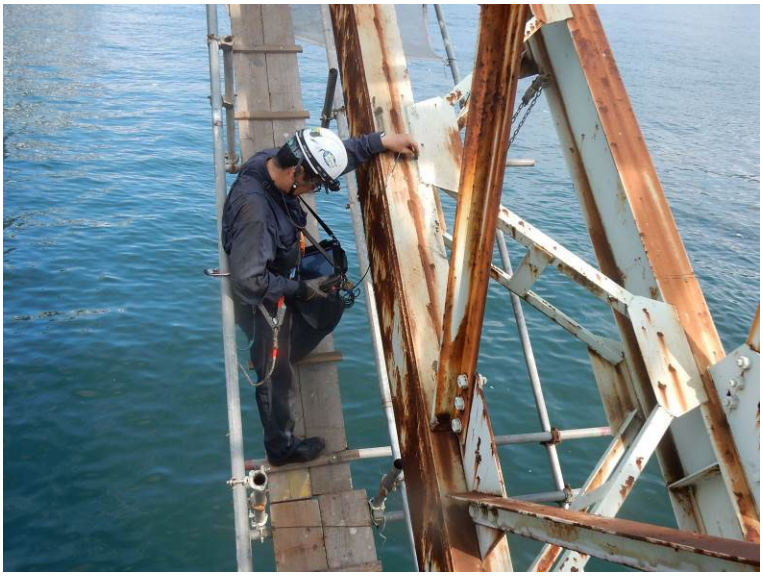
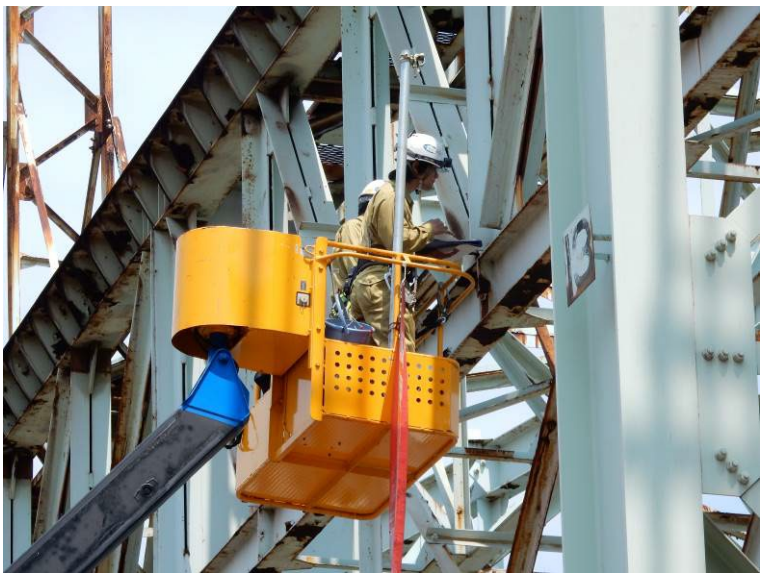
・最小限の人数での出張作業、余裕の無い工期（造船所の夏休み期間に実施）で、メンバーの体調管理にはだいぶ気を使った。クーラーボックス２台、保冷給水タンク１台を購入し、毎朝通勤時に氷・お茶を買い込み、各自の弁当も保冷し熱中症や食中毒の対策をした。(最終日の旅館の夕食で少し食あたり、というオチが付いたが・・・)

・調査対象の大型クレーンは機械部分に定期的にグリースを大量に補給しているらしく、上下弦材や斜材上にレール付近から落ちたグリースが付着し、検査初日で作業衣がまっ黒になり洗濯しても落ちない状態だった。そこで急遽つなぎ服を購入し着用したが、それでも毎日洗濯しないと翌日は着る事が出来なかった。検査期間中は好天が続き毎朝乾いたつなぎ服を着ることが出来て幸いだった。毎晩洗濯をしてくれた長野営業所から応援に来てくれた斉藤さんには感謝する。

【検査状況】

	・クレーンの一部 先端は荷揚げ用に海上にせり出ている
	・検査の 95%程度は作業車上
	・前処理 雨掛かり部分は硬いスケールが付着 長野営業所：斎藤

【検査状況】

	・ＥＴ クレーンのグリースにより１日で作業衣がダメになり、つなぎ服で作業
	・記録のチェック 大阪営業所：福留
	・同時に実施したクレーンの測量 大阪営業所：金田