

垂直循環式立体駐車場の保守検査

名古屋営業所
近藤 浩

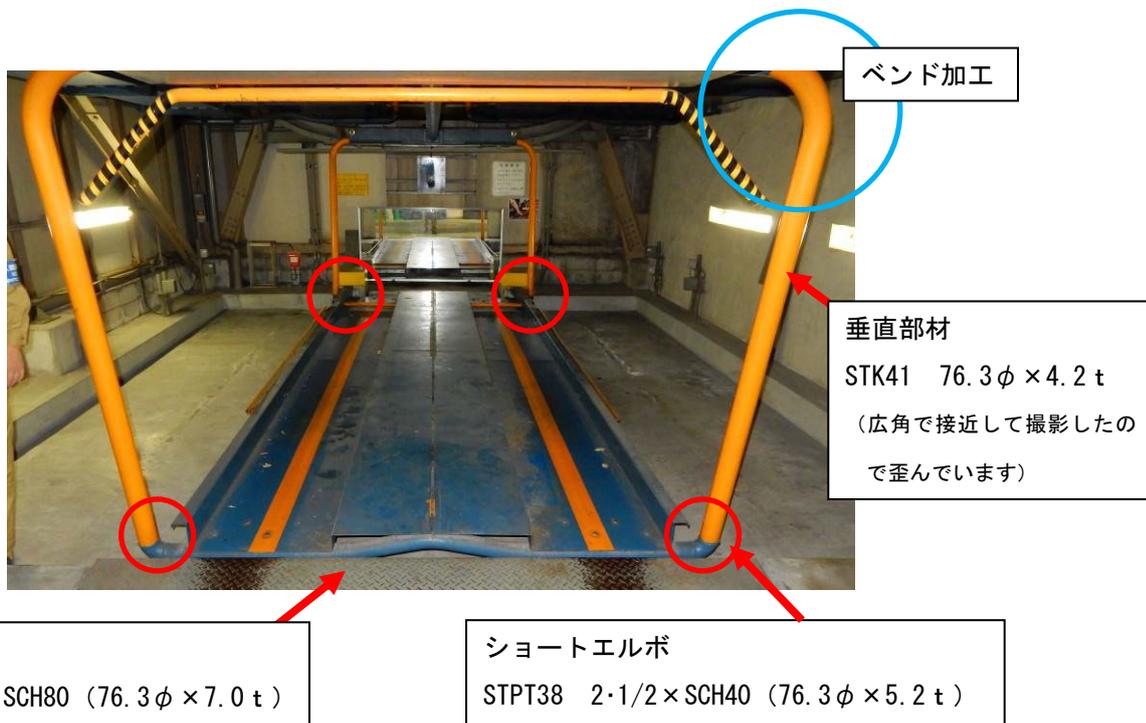
キーワード 立体駐車場、ET、MT、RT、疲労割れ、検査施工試験

1. 概要

設置後 30 年以上経過した大阪市内のオフィスビル内の垂直循環式立体式駐車場の吊部材（パイプ溶接部）の点検を依頼された。疲労割れ検出が目的なので磁粉探傷試験（MT）をおこなうことが一般的であるが、パイプがすべて塗装されている事、検査可能な休日には収容可能台数 30 台の内半分以上契約車が駐車している事から、塗装の剥離・復旧は困難であり経済的ではないので、塗装の上から渦電流探傷試験（ET）を実施、信号を検出した箇所のみ塗装剥離をおこない、磁粉探傷試験で確認する事とした。また、事前に検査施工試験として、抜取りで 4 箇所の溶接部に対し、部材の確認（厚さ測定）、継手形式の確認（放射線透過試験（RT））および渦電流探傷試験・磁粉探傷試験をおこなった。

2. 吊部材の構造・諸元

車台は口型のパイプフレームの上にタック溶接で固定されている。口型のパイプの角部分は上が「バンド加工」下がショートエルボでつないだ溶接部。



○印：溶接部

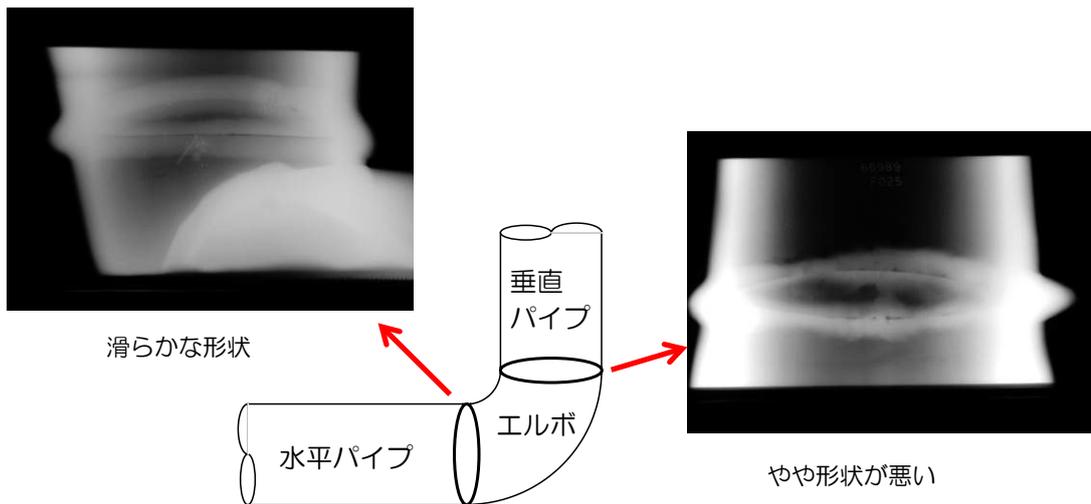
3. 検査施工試験

事前におこなった施工試験により以下の事を確認した

- ・溶接部は開先を取っているが部分溶け込みで、断面の80%程度が溶けている状態（推定）。
- ・エルボの前後の溶接部は垂直側が現場溶接（被服アーク溶接）、水平側が工場溶接
(自動TIG溶接?)
- ・部材は設計図通りの寸法のパイプが使用されていた。
- ・検査をおこなった4箇所溶接部ではET、MTとも欠陥は検出されなかった。

3.1 放射線透過試験 (RT)

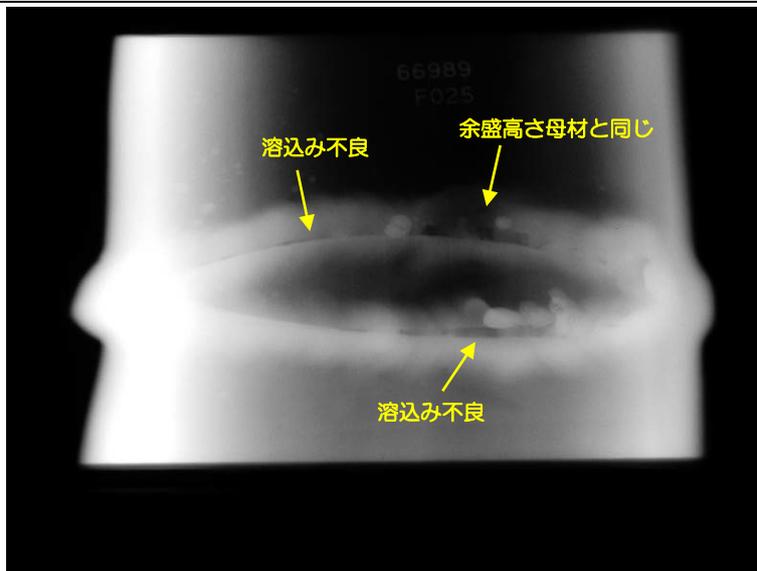
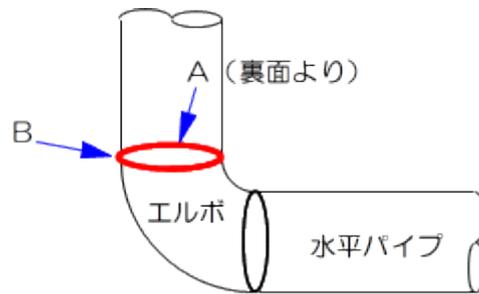
いわゆる配管溶接部のRTで云うところの「リング撮り」(二重壁両面撮影法)をおこなった結果、開先は取ってあるものの、ルート間隔を開けて溶接されてはいなく、すべての溶接部で全周に渡り初層部に「溶け込み不良」がみられ、溶接の形式としては「部分溶込み溶接部」であった。また、「エルボ×水平パイプ」継手は生産工場内においてTIG溶接でパイプを回転させながら溶接をおこなったような美しい形状であったが、「エルボ×垂直パイプ」継手は、被服アーク溶接による現場溶接で施工されたような形状であった。



【放射線透過試験結果（抜粋）】

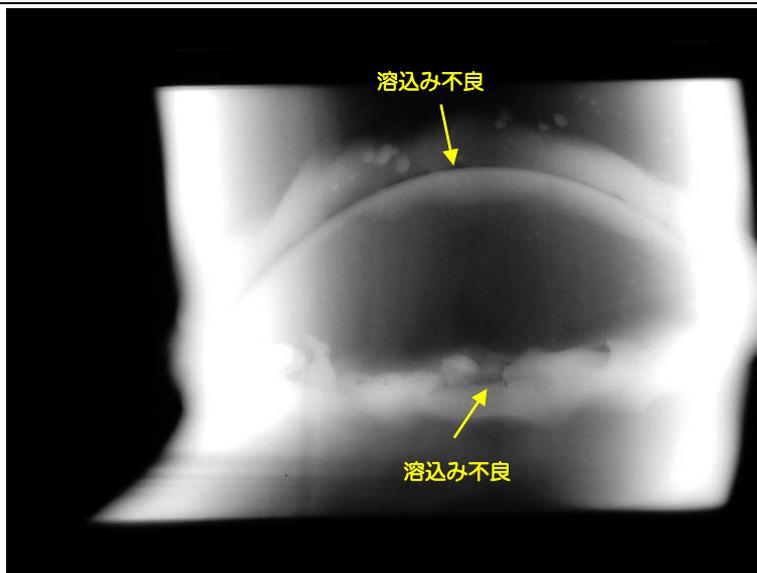
「エルボ×垂直パイプ」

撮影位置



①A

- ・全線に溶込み不良
- ・溶接形状はあまりよくない

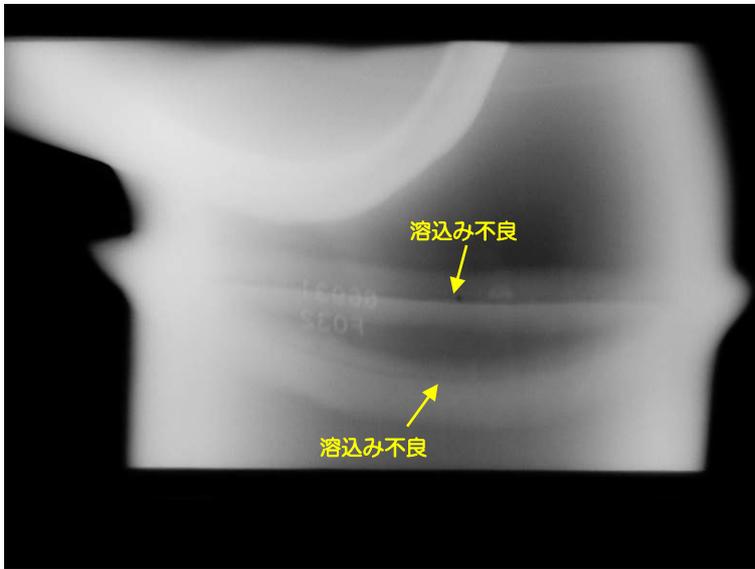
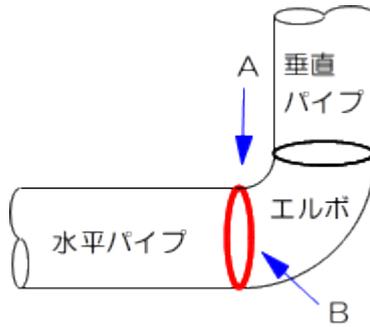


①B

- ・全線に溶込み不良
- ・溶接形状はあまりよくない

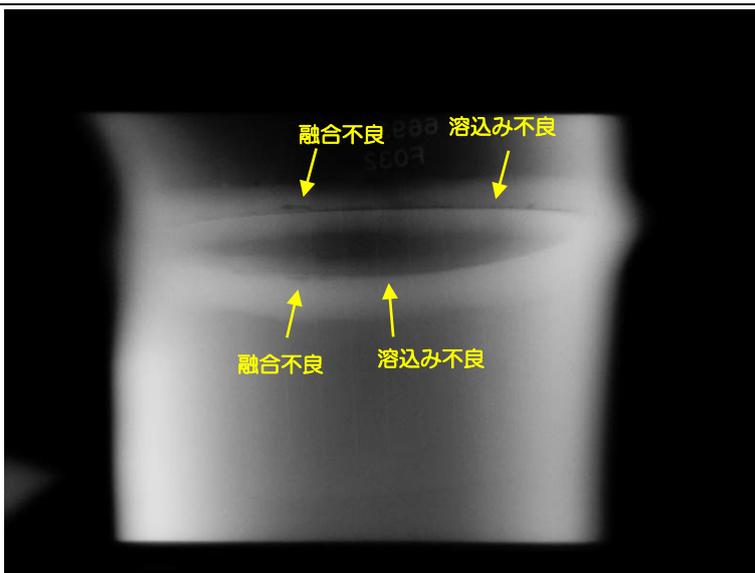
「エルボ×水平パイプ」

撮影位置



⑦A

- ・全線に溶込み不良
- ・形状は良好

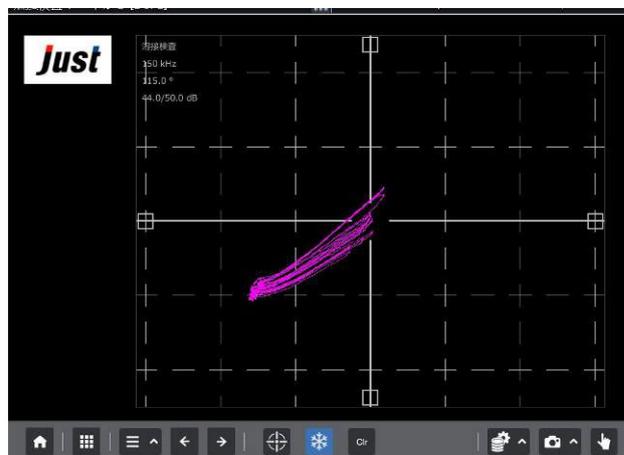


⑦B

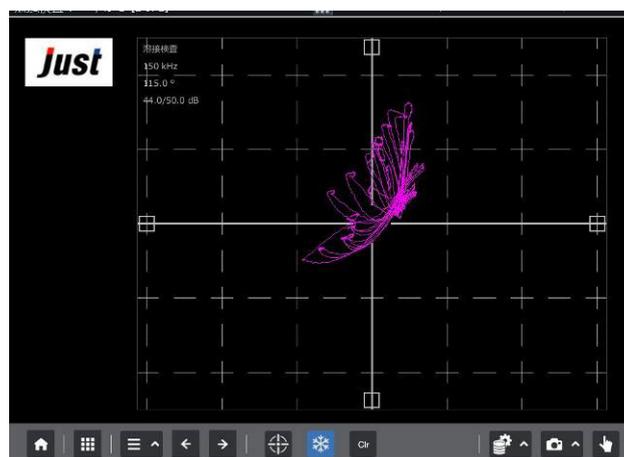
- ・全線に溶込み不良
- ・一部に融合不良
- ・形状は良好

3.2 渦電流探傷試験 (ET)

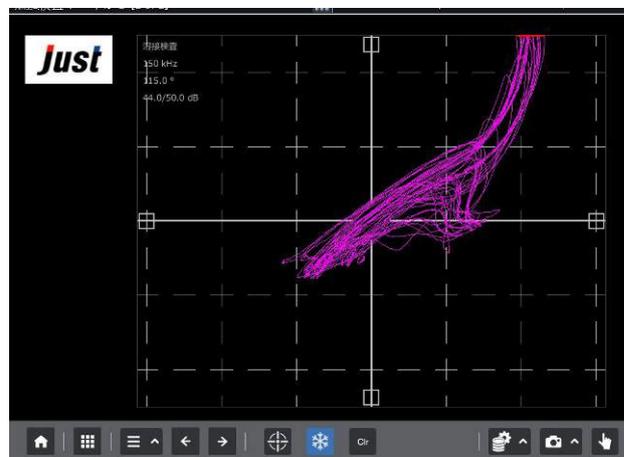
事前にSGP65A (76.3φ) で模擬試験体を製作しノッチ (深さ約 0.5 mm) を入れ検出性能を確認した。



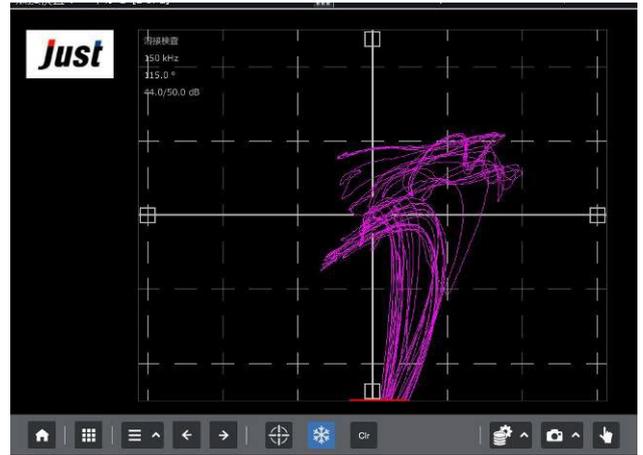
健全部 (止端部) の信号



止端部の疑似欠陥と信号

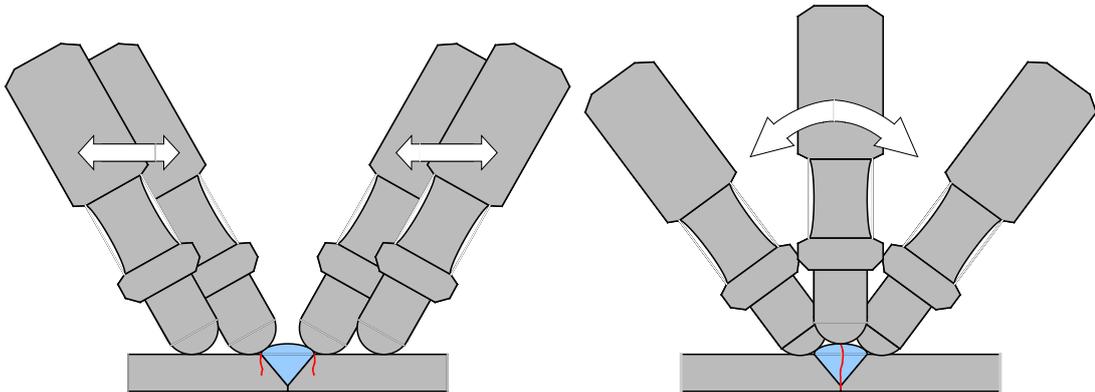


DEPO 内縦割れ疑似欠陥と信号



DEPO 内横割れ疑似欠陥と信号

プローブの走査は1 溶接線に対し溶接両側止端部に対し2回、DEPO に対し1回、計3回の走査をおこなう事とした。



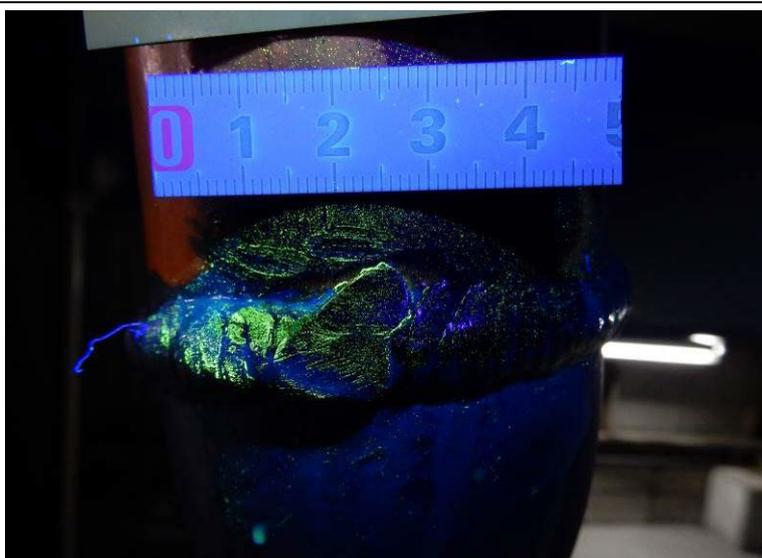
4. 試験結果の概要

- ・車両30台のパレット吊部パイプ溶接部全数(240リング)の検査を実施した結果、「疲労割れ」は検出されなかった。
- ・2箇所の溶接部で渦電流探傷試験(ET)により欠陥信号波形が見られたが、何れも溶接施工時に生じたオーバーラップからの信号で問題はなかった。
- ・目視により一部の溶接部に溶接施工時のアンダーカット、開先残り、オーバーグラインダー(配管母材に対する過度な研削)が見られたが、それらを起点とする割れの発生も認められなかった。

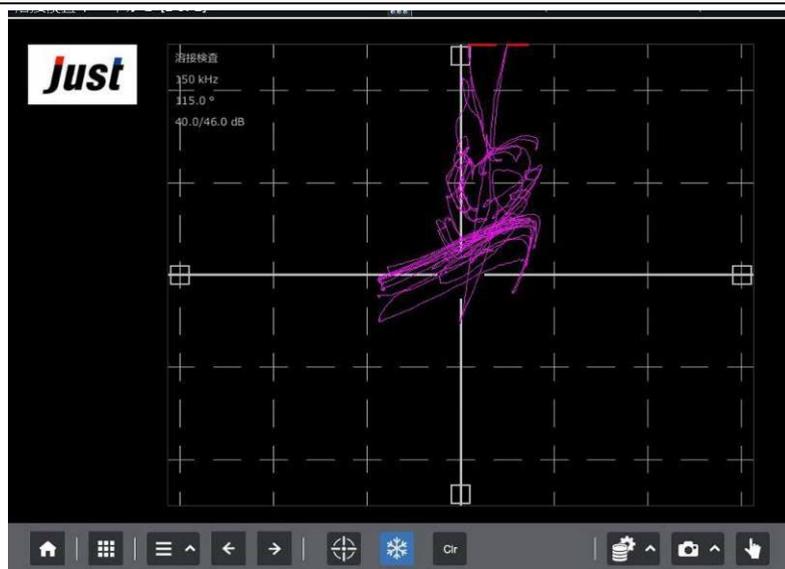
欠陥の発生時期	欠陥の種類	検出数	備考
使用中	割れ	0	
溶接施工時 (駐車場製作時)	アンダーカット	8	
	開先残り	2	
	オーバーグラインダー	1	

5. 検出された欠陥等の詳細

【ETによる】

 A screenshot of an ET (Eddy Current) testing software interface. The screen shows a grid with a single vertical purple signal peak. Text in the top left corner includes the 'Just' logo and technical parameters: '350 kHz', '411.5°', and '41.0/47.0 dB'. The bottom of the screen has a control bar with various icons for navigation and settings.	<p>13-2-U 180° 側</p> <p>ET欠陥信号波形</p>
 A photograph of a weld joint. The weld is painted blue. A yellow ruler is placed below the weld for scale. The ruler has the handwritten text '13-2-U' and '180°' on it. The background is dark, and there is a bright light source illuminating the weld.	<p>同上</p> <p>溶接外観</p>
 A photograph showing the results of a magnetic particle inspection (MPI) on the same weld joint. The weld is coated with a dark magnetic powder. A blue ruler is placed above the weld, showing markings from 0 to 5. The ruler has the handwritten text '13-2-U' and '180°' on it. The background is dark, and there is a bright light source illuminating the weld.	<p>同上</p> <p>磁粉探傷 溶接施工時のオーバーラップ (○印)</p>

【ETによる】



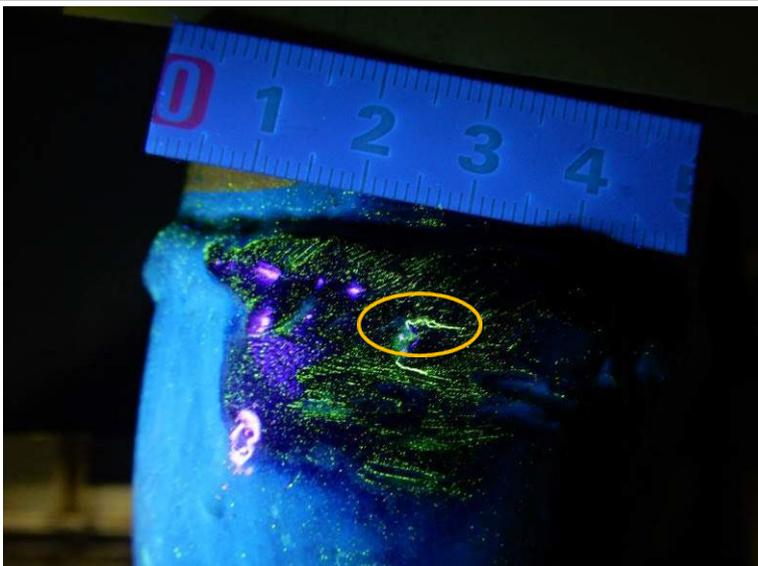
29-1-U 180° 側

溶着金属内 ET欠陥信号波形



同上

溶接外観



同上

磁粉探傷
溶接施工時のオーバーラップ
(○印)

【目視による】



19-3-U 90° 側

アンダーカット

d=1.0mm、L=8mm



21-4-L 90° ~180°

オーバーグラインダー

d≒0.6mm



21-4-L 270° 側

開先残り

d=0.5mm、L=12mm

6. 使用機材

- ・ RT : R I X - 2 0 0 M C、 F U J I # 100 (Pb0.027)、帯状透過度計 (F032、F025)
- ・ 厚さ測定 : D M 4 E、 D A 5 0 1、対比試験片
- ・ ET : M e n t o r E M、ウエルドスキャンプローブ
- ・ MT : H A N D Y M A G N A A 6、 S U P E R L I G H T D 1 0 B、 L Y 1 0 (ゾル)

7. まとめ

【検査施工試験】

- ・ 溶接部は水平部、垂直部とも「開先は取ってあるがルート間隔を開けていない溶接」で、ほぼすべての溶接部の初層に[溶込み不良] (線状の不溶着部分) が見られ、いわゆる「部分溶け込み溶接」の状態だった。
- ・ この「部分溶け込み溶接部」が最初から設計上許容されていたのか、或いは溶接施工の段階で手を抜いたものなのかは、解らない。
- ・ 試験実施前に大阪営業所調査 Gr 福留君の知り合いの管工事会社で同径の SGP で試験片を製作し、E T プローブの丁寧な走査で人工ノッチが検出可能な事を確認できたので、自信をもって検査する事が出来た。

【本検査】

- ・ 割れは検出されなかったものの、繰り返し応力を受ける部材にも関わらずアンダーカットが8箇所も認められた。 幸いそこから割れの発生はなかったが、検査実施時点での話でこれから先はわからない。
- ・ 垂直パイプは入庫可能な車両の重量 2200 kg に対し約 25 倍の安全率を持っているが、その最も引張り応力を受ける垂直パイプ溶接部の形状・内部品質があまり良好ではない事を考慮すると、数年間隔で1つの車台の8箇所の溶接部のうち、垂直パイプ溶接部 (現場溶接部) 4箇所の定期点検をおこなう事が望ましいと思われる。

【その他】

- ・ 調査後調べてみると、2015年7月に兵庫県内において1983年 (昭和58年) から稼働している今回調査をおこなったものと同じ型の駐車場で、車台を吊っている垂直パイプ4本の内1本が破断して自動車が落下する事故が起こっていた。
原因は金属疲労によるパイプの破断で、事故後の調査で他に3箇所に亀裂が入った溶接部が見つかった。 機械式駐車場の安全審査機関「立体駐車場工業会」によると、金属疲労による事故はこれまで全国で報告例がないとの事。
- ・ “煙突”も同様だったが、品質の安定しない現場溶接が応力の高い部分になってしまう事は不思議である。



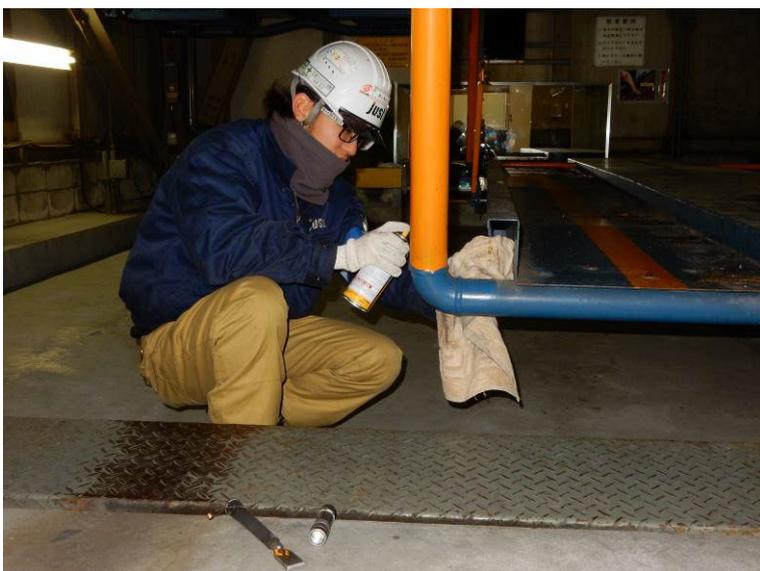
【検査施工試験】

- ・放射線透過試験
撮影位置が低く、エルボ上下直管の3部材すべて厚さが異なるので難易度が高い
名古屋営業所：藤田、名波



【検査施工試験】

- ・放射線透過試験
エルボ 5.2 mm × 直管 7.0 mm



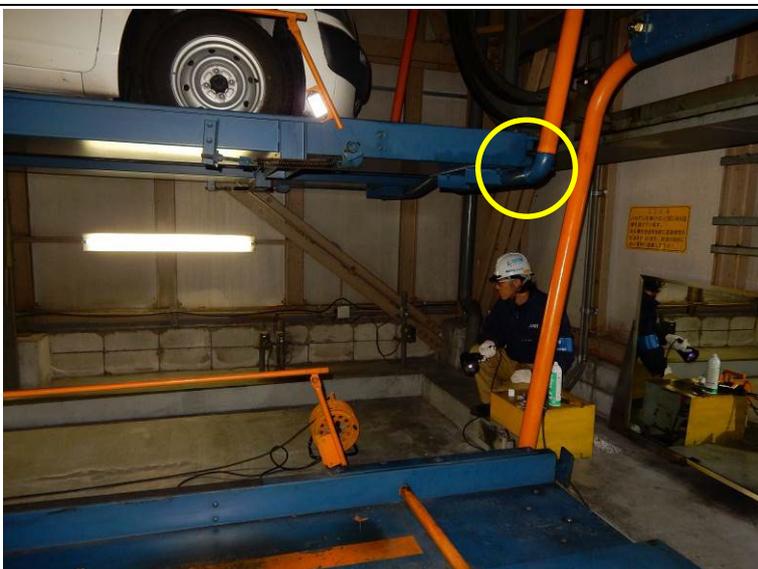
【本試験】

- ・前処理 機械油除去
大阪営業所：岸本



【本試験】

- ・渦電流探傷試験
横浜本社：辻



【本試験】

- ・試験高さ
本試験ではこの高さで検査をおこなった
大阪営業所：岸本



【本試験】

- ・磁粉探傷試験
名古屋営業所：藤田
大阪営業所：岸本