

§ 3 最近の溶接割れ事例調査結果

3-1. 鋼橋製作施工会社へのアンケート調査

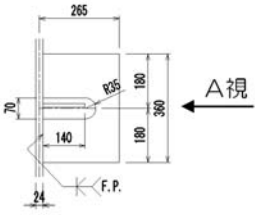
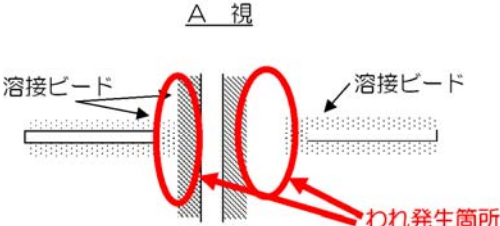
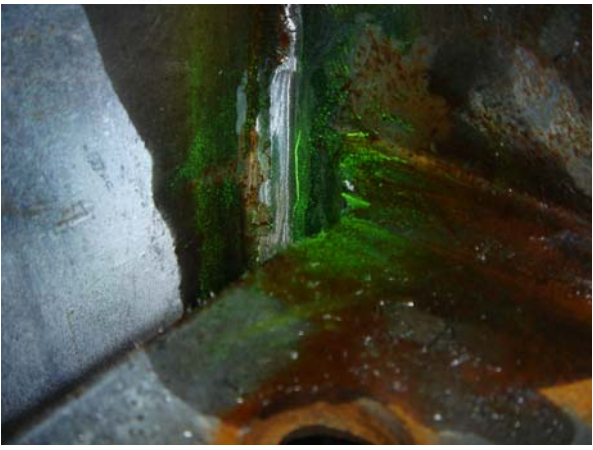
§ 2 で述べたように、我が国の鋼橋で溶接が導入されたのは昭和初期であるが、本格的に普及し始めたのは第 2 次世界大戦後になってからである。その後、溶接割れの発生に関する問題が顕在化し、その発生機構に関する研究が進められた結果、現在の施工管理基準の基礎となる成果が整備されてきたところである。しかし、同時期に鋼材の製鋼方法や溶接方法の技術的な革新も起こっており、これも低温割れの発生防止に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。その結果、現在では溶接割れが大きな問題になることが少なくなった。

近年、溶接割れに関する事例及び研究報告は少ないが、最近の材料における溶接割れの実態を調査すべく、当WGでは橋梁製作施工会社へアンケート調査を実施した。アンケートでは、開示できる範囲で次ページ以降の当WG指定書式に記入していただいた。収集事例は 11 例である。

事例 1

事 例 名	仮付け溶接時のヒールクラック進展
事例の分類 1	<u>低温割れ</u> 高温割れ ラメラテア その他 ()
事例の分類 2	<u>工場製作部材</u> 溶接施工試験体 現場溶接部材 (新設) 現場溶接部材 (既設) その他 ()
調 査 方 法	<u>製作・施工担当</u> 品質記録 ヒアリング その他 ()
発 生 時 期	平成 17 年 12 月
1. 溶接割れ発生箇所の継手構造 少主桁橋の横桁仕口フランジ(溶接構造)を主桁のウェブに突合せた十字継手。 材質 (板厚) の構成は仕口フランジ SM490YB (22mm), 主桁ウェブ SM490YA 又は YB (16～20mm)。 設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接 (K 開先)。	
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法 製作部材を横転させた状態で、水平姿勢で仮付け溶接及び本溶接の施工を実施。 溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で、溶接材料には JIS Z 3313 YFW-C50DR のフラックス入りワイヤ、(仮付け溶接)、本溶接は JIS Z 3312 YGW11 のソリッドワイヤを使用。 水平姿勢で片面の仕口フランジの溶接完了後に、反転させ反対側の仕口フランジの溶接を実施。	
3. 溶接割れの発生状況 本溶接完了後に実施した超音波探傷検査により、主桁ウェブより 2～3mm 内部の箇所にきずエコーを検出。 キズエコーの検出した箇所をハツリ、内部の状況を確認した結果、鋼材内部にヒールクラックと思われるキズがあった。	
4. 溶接割れの補修・処置 キズを完全に除去し、補修溶接を実施した。 補修溶接時は、予熱温度を通常より 20℃～50℃高めて実施した。	

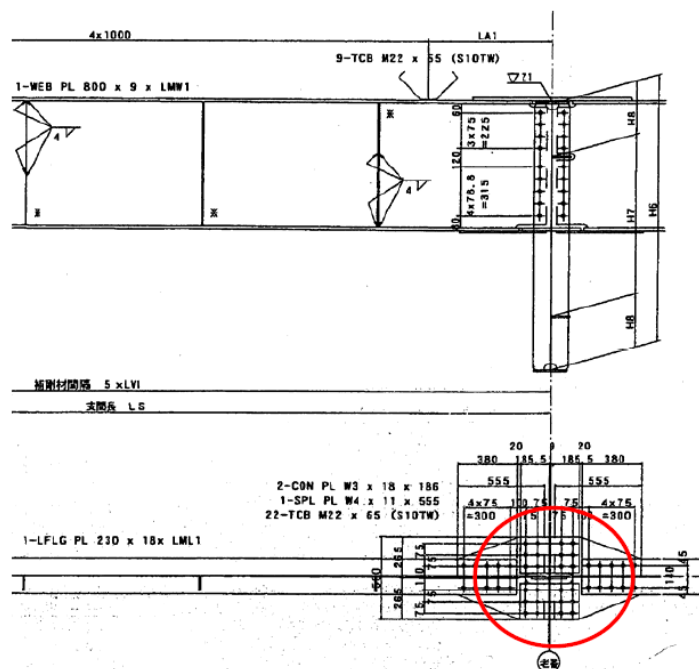
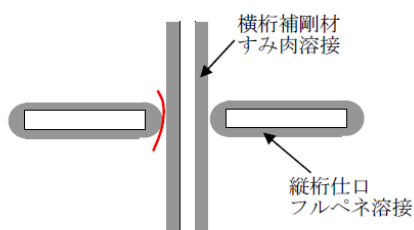
事例 2

事 例 名	溶接ビードの近接に起因する溶接部の割れ
事例の分類 1	<u>低温割れ</u> 高温割れ ラメラテア その他 ()
事例の分類 2	<u>工場製作部材</u> 溶接施工試験体 現場溶接部材 (新設) 現場溶接部材 (既設) その他 ()
調 査 方 法	<u>製作・施工担当</u> 品質記録 ヒアリング その他 ()
発 生 時 期	平成 21 年 6 月ごろ
1. 溶接割れ発生箇所の継手構造 非合成箱桁橋、横桁ウェブと縦桁取り合いコネクションプレート付近、横桁垂直補剛材ビード止端部にて発生 材質 (板厚) の構成は、横桁ウェブ SM400A (14mm)、横桁垂直補剛材 SM400A (9mm) 縦桁取り合いコネクションプレート SM400A (12mm) 設計図面による溶接指示 横桁ウェブと横桁垂直補剛材：6mm すみ肉 横桁ウェブとコネクションプレート：完全溶込み溶接	
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法 溶接方法：炭酸ガスシールドアーク溶接 溶接材料：JIS Z3313 YFW-C50DR のフラックス入りワイヤ 溶接施工方法 ①横桁ウェブと表面垂直補剛材をすみ肉溶接 ②横桁ウェブと表面コネクションプレートを完全溶込み溶接 ③横桁ウェブと裏面垂直補剛材をすみ肉溶接 ④横桁ウェブと裏面コネクションプレートを完全溶込み溶接	
3. 溶接割れの発生状況 本溶接完了後の外観検査実施時に表面割れを発見。	
4. 溶接割れの補修・処置    (補修方法) 割れを MT にて確認。 ガウジング及びグラインダーにて割れを完全に除去。 MT にて割れを完全に除去後補修溶接。	
溶接割れの写真	

事例 3

事 例 名	横桁ウェブにある縦桁仕口部（縦桁下フランジ）からの割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（ ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 18 年 月ごろ

1. 溶接割れ発生箇所の継手構造



2. 溶接割れ発生箇所の施工方法

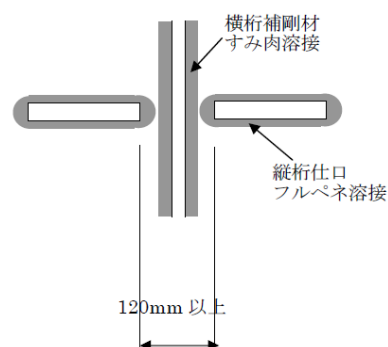
縦桁仕口（板厚 18 mm）の完全溶込み溶接は、回し溶接部の脚長が過大となる。また、横桁補剛材（縦スチフナー）のすみ肉溶接ビードと近接しており、熱影響部が重畳することが考えられる。横桁ウェブ板厚 9 mm

3. 溶接割れの発生状況

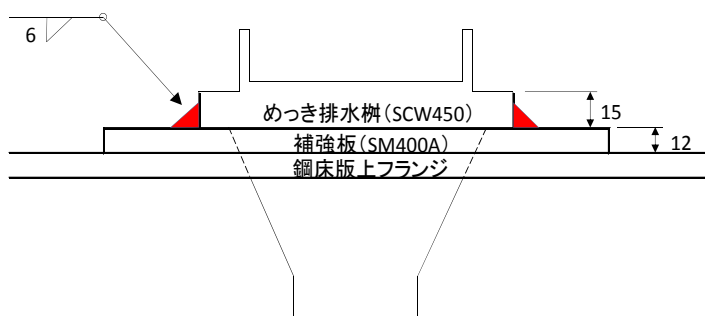
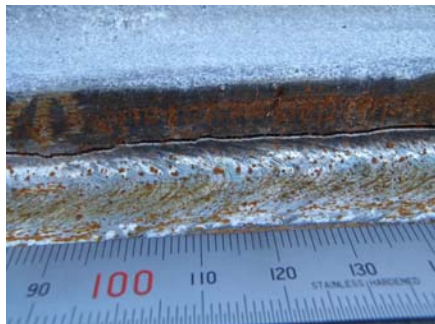
き裂は目視で確認した。

4. 溶接割れの補修・処置

割れ発生箇所をガウジングではつり取り、補修溶接を行った。上記、横桁補剛材（縦スチフナー）のすみ肉溶接ビードと縦桁仕口の回し溶接部が近接している場合は、設計・製作図段階で、間隔を50mm以上（両側で120mm以上）とすることを取り決め、予防措置とした。



事例 4

事 例 名	めっき排水枡溶接部の割れ			
事例の分類 1	低温割れ	高温割れ	ラメラテア	その他（ ）
事例の分類 2	工場製作部材	溶接施工試験体	現場溶接部材（新設）	現場溶接部材（既設）
調 査 方 法	製作・施工担当	品質記録	ヒアリング	その他（ ）
発 生 時 期	平成 25 年 1 月ごろ			
1. 溶接割れ発生個所の継手構造				
鋼床版箱桁上フランジ面にて、排水枡補強板の開口部にめっき排水枡を落とし込んだすみ肉溶接継手。				
材質構成：めっき排水枡（SCW450）、排水枡補強板（SM400A）				
溶接指示：すみ肉 6 mm全周溶接				
 				
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法				
溶接部めっき塗料をグラインダー除去後、1.2φフラックスワイヤ（JIS3313）を使用し				
水平すみ肉 6 mm の全周溶接を実施。				
溶接順序は 4 辺の内、短手の 2 辺を先に施工した後、長手 2 辺を施工。				
3. 溶接割れの発生状況				
溶接実施翌日、外観確認を行ったところほぼ溶接線全周で排水枡側熱影響部にて割れを発見。				
4. 溶接割れの補修・処置				
ガウジングで割れを完全に除去し、1.2φソリッドワイヤ（JIS3312／YGW11）を使用し補修溶接を				
行った。				
補修溶接時は、180℃以上の予熱と 1 時間程度の後熱処理を実施。				
補修完了 2 日後の MT にて、再び割れが発生していないことを確認した。				
 				
(割れ確認時状況) (補修溶接後状況)				

事例 5

事 例 名	鋼材の介在物に起因する溶接部の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（ 鋼材の介在物に起因する割れ ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 21 年 3 月ごろ

1. 溶接割れ発生箇所の継手構造

鋼床版箱桁橋における縦リブを横リブの腹板に突合せた十字継手

材質（板厚）の構成は、縦リブ SM490YB（24mm）、横リブの腹板 SM490YA（9mm）

設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接

2. 溶接割れ発生箇所の施工方法

製作部材の寸法形状より部材を反転させ倒立状態で、立向き姿勢で本溶接の施工を実施

溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で、溶接材料には JIS Z 3313 YFW-C50DR のフラックス入りワイヤを使用

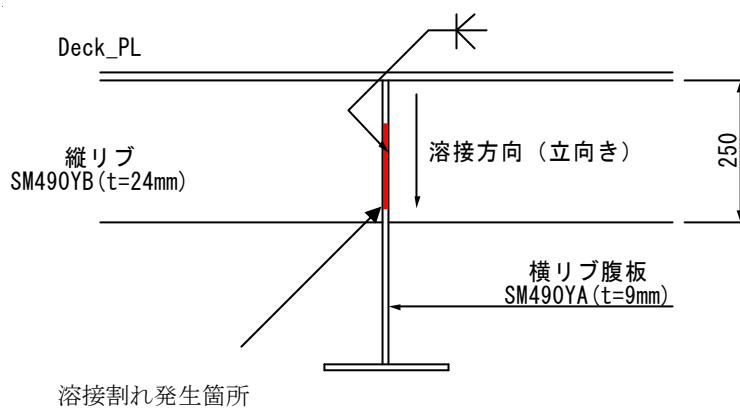
横リブ腹板に対して片側の縦リブの溶接完了後に、反対側の縦リブの溶接を実施

3. 溶接割れの発生状況

本溶接完了後に実施した超音波探傷検査により、横リブ腹板の板厚中央部付近でキズエコーを検出

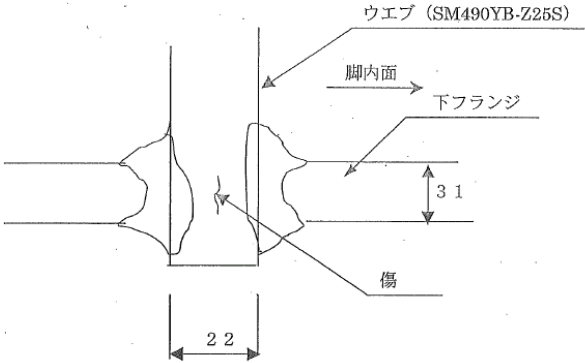
キズエコーの検出した箇所をハツリ、内部の状況を確認した結果、鋼材の中央偏析部の開口を確認

4. 溶接割れの補修・処置

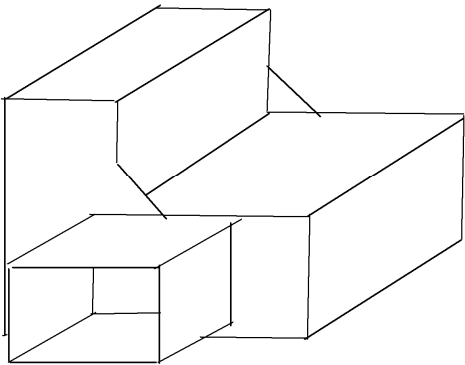
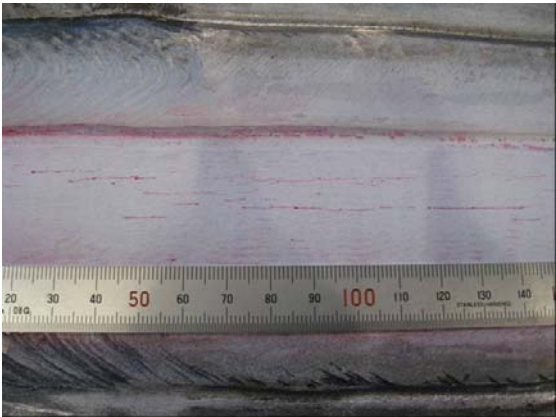


溶接割れの写真

事例 6

事 例 名	鋼材の介在物に起因する溶接部の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（ 鋼材の介在物に起因する割れ ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 15 年 1 月ごろ
1．溶接割れ発生箇所の継手構造 鋼製橋脚横梁の上部工（箱桁）剛結仕口部における横梁ウェブが箱桁仕口下フランジと横梁下フランジで挟まれる十字継手 材質（板厚）の構成は、横梁ウェブ SM490YB-Z25S（22mm）、下フランジ SM490YB（31mm） 設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接	
2．溶接割れ発生箇所の施工方法 部材を反転させながら下向き姿勢で本溶接の施工を実施 溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で、溶接材料には JIS Z 3312 YGW11 のソリッドワイヤを使用 下フランジ上面側から先行溶接し、下フランジ下面側からガウジング後、後行溶接を実施	
3．溶接割れの発生状況 本溶接完了後に実施した超音波探傷検査により、横梁ウェブの板厚中央部付近でキズエコーを検出 キズエコーの検出した箇所をハツリ、内部の状況を確認した結果、鋼材の中央偏析部付近の開口を確認	
4．溶接割れの補修・処置   溶接割れの写真	

事例 7

事 例 名	鋼材の介在物に起因する溶接部の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（鋼材の介在物に起因する割れ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 21 年 12 月ごろ
1. 溶接割れ発生箇所の継手構造 鋼製橋脚（隅角部近傍）、横梁と主桁の剛結部 材質（板厚）の構成は、横梁腹板、横梁フランジ、主桁フランジ、すべて SM490YB（40mm） 設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接	
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法 部材を反転させ、下向き姿勢で本溶接の施工を実施 溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で、溶接材料には JIS Z 3312 YGW-11 のソリッドワイヤを使用 横梁内面側の溶接を先行溶接し、外面側からガウジングし、外面側の溶接を実施	
3. 溶接割れの発生状況 本溶接完了後、止端仕上げ完了後に実施した MT 検査により、横梁腹板端面に磁粉指示模様を検出	
4. 溶接割れの補修・処置 当該指示模様検出位置周辺を垂直探傷 UT にて確認：きずエコー検出できず。   溶接割れの写真	

事例 8

事 例 名	鋼材の介在物に起因する溶接部の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（ 鋼材の介在物に起因する割れ ）
事例の分類 2	<u>工場製作部材</u> 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	<u>製作・施工担当</u> 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 21 年 2 月ごろ

1. 溶接割れ発生箇所の継手構造

ジャケット構造物ビルトアップ I 桁の首溶接部。
材質（板厚）の構成は、ウェブ SM490YB（25mm）、フランジ SM490YB（24mm）
設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接。
開先形状は K 開先。ルートフェイス 10mm、開先角度 50°。

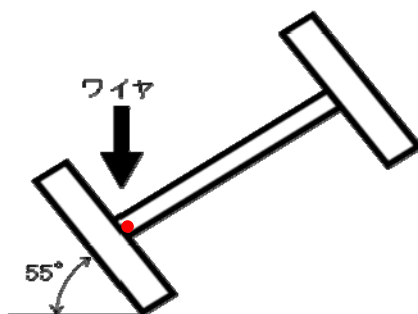
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法

I 桁を傾けて下向溶接。ポジション角度 55°。
溶接方法はサブマージアーク溶接。
溶接材料はワイヤ：JIS Z 3351 YS-S6，フラックス：JIS Z 3352 FS-BN1，
溶着金属は JIS Z 3183 S502-H 相当（メーカーカタログに記載無く詳細未確認）。
片側の首溶接完了後に反転を行い、反対側の溶接を実施。

3. 溶接割れの発生状況

本溶接完了後に実施した超音波探傷検査により、ウェブの板厚 1/3 付近でキズエコーを検出。
キズエコーの検出した箇所をハツリ、内部の状況を確認した結果、鋼材の泡状の介在物及び組織変化部を確認。

4. 溶接割れの補修・処置



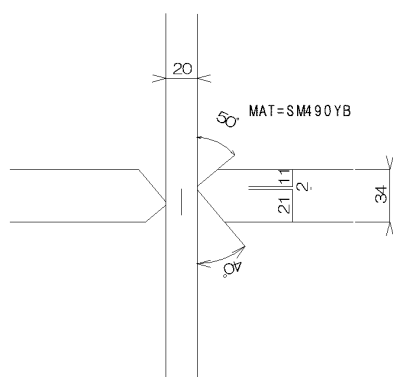
溶接割れの写真

事例 9

事 例 名	横桁・ウェブ・横リブフランジの十字継ぎ手における母材欠陥
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（鋼材の介在物に起因する割れ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 21 年 9 月ごろ

1. 溶接割れ発生箇所の継手構造

横桁フランジ・主桁ウェブ・横リブフランジで構成される十字継ぎ手，完全溶込み溶接



2. 溶接割れ発生箇所の施工方法

溶接方向：下向き 横桁フランジ・横リブフランジ共に別紙開先

溶接方法：炭酸ガスアーク溶接

溶接材料：JIS Z 3312 YGW-11 のソリッドワイヤ及び JIS Z 3313 T 49J 0 のフラックスワイヤ

溶接順序：指定なし。反転状況により都度施工。

3. 溶接割れの発生状況

本溶接完了後に実施した超音波探傷検査により、主桁ウェブ板厚中心付近でキズエコーを検出
キズエコーの検出した箇所をハツリ、内部の状況を確認した結果、鋼材の中央偏析部の開口を確認
黒い煤のようなものが出てくる。

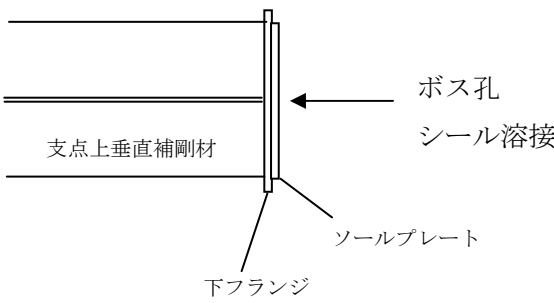
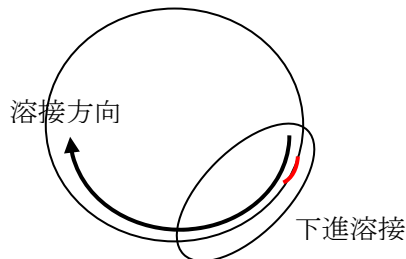
4. 溶接割れの補修・処置

エコー検出部をガウジングによりはつり補修。ミルメーカーに見解を要求し母材の検査を実施。実施の結果、溶接前の母材には問題なし。板厚比による拘束度の高さによるものとの見解。ラメアテア感受性指数は 28 前後 クラス Z25S 相当の耐ラメ適用となった。

事例 10

事 例 名	溶接部の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他 ()
事例の分類 2	<u>工場製作部材</u> 溶接施工試験体 現場溶接部材 (新設) 現場溶接部材 (既設) その他 ()
調 査 方 法	<u>製作・施工担当</u> 品質記録 ヒアリング その他 ()
発 生 時 期	平成 18 年 12 月ごろ
1. 溶接割れ発生箇所の継手構造 主桁と梁の交差部における、主桁フランジを梁ウェブに突合せた十字継手 材質 (板厚) の構成は、主桁フランジ SM490YB (27mm)、梁ウェブ SM490YB-Z25S (30mm) 設計図面による溶接指示は完全溶込み溶接	
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法 下図の状態、下向き姿勢で本溶接の施工を実施 溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で、溶接材料は、開先面に、JIS Z 3312 YGW11 のソリッドワイヤを、 仕上げ面を、JIS Z 3313 YFW-C50DM のフラックス入りワイヤを使用。 施工は内側より開先の 2/3 を溶接後に、外側よりハツリ及び仕上げ溶接まで行い、再度、内側の残りの溶接を実施。	
3. 溶接割れの発生状況 本溶接完了後に超音波探傷検査を実施し欠陥なし。 R 仕上げ後に磁粉探傷検査を実施したところ、下図赤矢印の箇所でマイクロ割れ確認。 発生箇所をハツリ補修溶接し、再検査したところ、補修箇所の横にマイクロ割れを確認し、最終的に 全線にて、50~100mm ピッチでマイクロ割れを確認。 原因は、ハツリ後の清掃をしない状態で作業を止め、翌日に清掃し溶接を行ったこと、及び直後熱を 実施しなかったことが原因と思われる。	
4. 溶接割れの補修・処置 赤線：溶接割れ発生箇所 青矢印：溶接方向	

事例 11

事 例 名	ソーラプレートボス孔シール溶接の割れ
事例の分類 1	低温割れ 高温割れ ラメラテア その他（ 鋼材の介在物に起因する割れ ）
事例の分類 2	工場製作部材 溶接施工試験体 現場溶接部材（新設） 現場溶接部材（既設） その他（ ）
調 査 方 法	製作・施工担当 品質記録 ヒアリング その他（ ）
発 生 時 期	平成 22 年－月ごろ
1. 溶接割れ発生箇所の継手構造 ソーラプレートボス孔内のシール溶接。 板厚・材質構成はソーラプレート SM400 材 30mm 程度，下フランジ SM490YB 材 20mm 程度。図面指示はシール溶接(4mm)。	
2. 溶接割れ発生箇所の施工方法 ① 製作部材を横倒しに置き，円孔のため誤ってボス孔内の一部を下進溶接したため，のど厚が薄くなり溶接割れが発生した。   ② ボス孔内をシール溶接した後，せん断キヤと干渉しないようにグラインダー切削を行った際にのど厚が薄くなり溶接割れが発生した。グラインダー切削は溶接施工後，24 時間程度経過してから行っている。	
3. 溶接割れの発生状況 ①，②とも目視で割れを確認。	
4. 溶接割れの補修・処置 ①，②とも溶接割れ箇所をグラインダーで除去，再溶接。	

3-2. コネクションプレートの割れ

前述の調査結果において、事例2と事例3については発生箇所類似性があると考えられるため2例についてのその板厚及び溶接について比較を行った。

表 3-2-1 事例2と事例3の発生位置比較

	事例2	事例3
発生位置図		
横桁ウェブ板厚	14mm	9mm
横桁補剛材板厚	9mm	9mm
縦桁コネクション板厚	12mm	18mm
横桁ウェブと補剛材の溶接	すみ肉 6mm	すみ肉 6mm
横桁ウェブとコネクションの溶接	完全溶込み溶接	完全溶込み溶接
発生位置詳細		
発生箇所写真		

前表よりどちらの割れも発生位置に若干の違いがあるにせよ同様の発生機構である可能性が考えられる。また割れ発生部の板厚には関連性が見られないが、溶接については補剛材がすみ肉溶接でありコネクションプレートが完全溶込み溶接と同様の溶接施工がなされていることから本溶接構造が割れの要因の一つであることが考えられる。

さらに他の要因として考えられるのは、構造的に狭隘であるため溶接ビード同士の間隔が非常に狭く熱影響部が重なることやビード形状がオーバーラップになりやすいこと、部材の拘束度が大きいことなどが考えられるが、どの要因が主因であるかは現在解明されていない。またこの溶接割れに対する予防処置としてコネクションプレートのスカラップ寸法を大きくすることで割れの発生を抑制できるという報告もある。



図 3-2-1 溶接割れ発生箇所（磁粉探傷）