

I-122 溶接部の球状欠陥に対する非破壊検査評価と疲労強度に関する研究

高田機工株式会社 正員 安田 修
大阪大学 工学部土木工学科 清水 隆
高田機工株式会社 関谷 顕光
大阪大学 溶接工学研究所 正員 堀川 浩南

1. まえがき

構造物の溶接部に対しては施工後に、放射線透過試験(RT)や超音波探傷試験(UT)が行われる。内部欠陥に対しては、従来からRTが多く利用されてきたが、①検査結果を即時に出せない、②放射線管理区域を設ける必要がある、③割れ、融合不良などの面状欠陥に対して評価が甘い、④欠陥の深さ方向の情報が得にくいなどの問題点が指摘されてきた。一方、UTは上記の①～④の問題点は克服されているが①検査結果の記録性及び再現性に劣る、②判定が検査技術者の経験・能力に左右されるなどの問題点があった。しかし最近では欠陥エコーの画像処理と判定を自動的に行うシステム即ち超音波自動探傷システム(AUT)が実用化され、従来のUTの問題点を解消しつつある。しかしながら依然として超音波の性質上、③ブールなどの球状欠陥に対しては甘い判定を下している¹⁾。一方、球状欠陥は静的強度には余り影響しないことが判明しているので本研究においては、ブールに代表される球状欠陥に対する非破壊検査評価と疲労強度の相関関係を研究することとした。

2. 試験体の製作

ブール等の球状欠陥は、一般的には突合せ継手よりもすみ肉継手や角継手のルート部に発生しやすい。従ってすみ肉溶接部における疲労強度を求める場合、溶接線方向の荷重に対する疲労照査を行うことになるので、試験体形状も図1に示したように、溶接ビードを載荷方向に平行に配置したものとした。更に疲労試験の簡単のために試験体は突合せ継手とした。母材は、板厚9mmのSS41であり、降伏点は31kg/mm²、引張り強さは46kg/mm²であった。溶接方法はCO₂ガスシールドアーク溶接とし溶接欠陥は主にプライマー塗布によった。製作した試験体は約100体であるが、主にブールを含む47体を選定した。

3. 非破壊検査

RTはJIS Z 3104を、AUTはJIS Z 3060を準用した。表1に適用したAUTとRTの試験条件を示す。AUTの装置構成を図3に、表2に非破壊試験結果を示した。なお図4にAUTの感度調整用試験片と探傷結果を示した。

4. 疲労試験

疲労試験は完全片振りとし、当初、道路橋の許容応力の14kg/mm²の応力振幅で開始したが、破断しないの

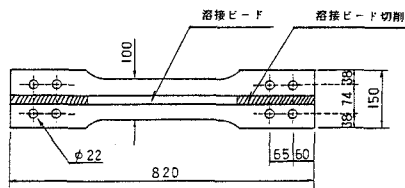


図1 試験体形状

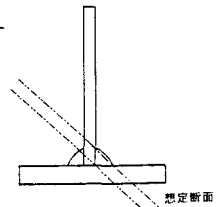


図2 すみ肉溶接部想定図

表1 超音波探傷試験及び放射線透過試験の試験条件

超音波自動探傷試験条件	探傷器	CK-1システム(KSE-24改良)	適用規格	JIS Z 3060 1983年
	探傷名称	5210×10A70(ジャパコ)	実測屈折角	CH-1, CH-2とも68°
	接近限界距離	CH-1 8.0mm CH-2 10.0mm	接触媒質	ソニーコートBSL(日合アール社)
	探傷方法	1探傷子法	探傷方向	溶接線に直角
放射線透過試験条件	走査パターン	方形走査 基準探傷ビード 5.0mm 精密探傷ビード 0.5mm	探傷感度	H線(80%) DAC使用
	指示長測定法	L線(20%) 感度調整用試験片 STB A-2, Ø4×4	検出レベル	L検出レベル
	装置名	理学300KVP S II	適用規格	JIS Z 3104
	焦点寸法	2.5×2.5mm	フィルム種類	フジ100#
放射線透過試験条件	使用管電圧	160KVP	増感紙	Pb 0.03
	使用管電流	5mA	フィルム線源距離	600mm
	露出時間	1分	透過度計	F02
	現像液	フジハイレンドール	階調計	II型
放射線透過試験条件	現像時間温度	4分、20℃	濃度	1.0~3.5

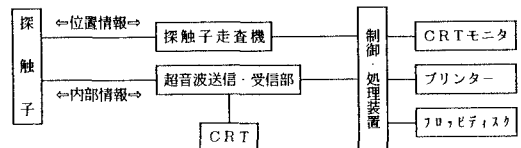


図3 超音波自動装置の構成

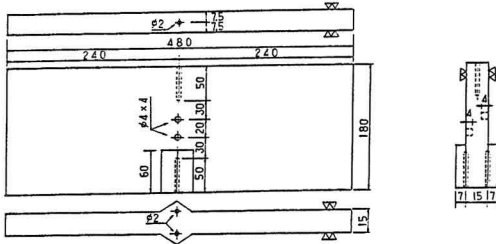


図4 AUTの感度調整用試験片と探傷結果
で20kg/mm²に上げた。なお、亀裂発生時には、応力の挙動変化により、試験機の安全装置が働き自動停止するので、試験機の停止をもって、破断と見做した。表3に疲労試験結果を示す。

5. 破面及び結果の観察

写真1は疲労破断した試験体(No.86, No.51)の疲労亀裂の発生源となったブーホールを示す。

6. 考察とまとめ

(1)非破壊検査結果；溶込み不足のような2種の面状欠陥に対しては、RTはAUTに比較して検出性能が劣る傾向にある。逆にブーホールのような1種の球状欠陥に対しては、RTの方がAUTよりも検出性能が優れている傾向にある。

(2)非破壊検査結果と疲労強度；①RT結果から考察すると、ビットに近いブーホールを含むRT4級のもの(No86, No51)は破断回数が139, 153万回であるが、密集ブーホールの場合はRT4級であっても破断回数が200万回以上の十分な強度を示す。前者のデータは従来の疲労試験データ²⁾から見て妥当なものである。②AUT結果から考察すると、両側の探触子から探傷して、同一表面に欠陥を含むAUT4級(ビード縦方向から推定するとAUT1級)のもの(No86, No51)は破断回数が200万回以下であるが、欠陥位置が板厚内部または精々片側の探触子から見て表面に近い欠陥を有するAUT1~4級のもの(No44, 45, 65, 92, 97, 98)は破断回数が200万回以上を有すると言える。

(3)今後、AUTとしては、ビード縦方向から見た欠陥の判定や等級分類が可能なのものが望まれる。

参考文献；1)安田, 関谷 他, “自動超音波探傷装置による溶接自然欠陥の探傷実験”, 土木学会, 第44回年次学術講演会, 講演概要集, 平成元年10月

2)日本鋼構造協会, 疲労設計指針(案)(1990年11月)図解4.1

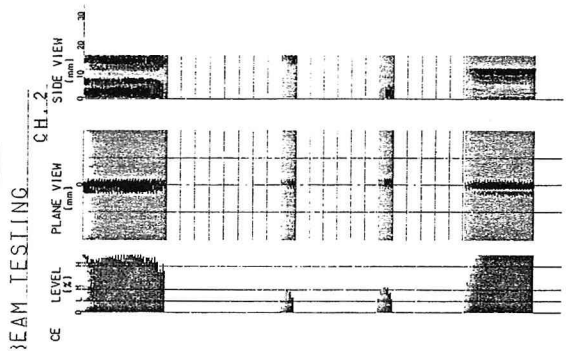


表2 非破壊試験結果

		RT 1級		RT 2級	RT 3級	RT 4級
		無欠陥	有欠陥			
AUT 1級	無欠陥	60, 74, 83,		43 81	59 71	55, 70, 65, 87※
	有欠陥	46※, 89※, 84※, 88※,			85	47, 91, 76, 92, 80, 94
AUT 2級	無欠陥	48※, 90※, 49※,			72	57, 96, 58※
	有欠陥	50※, 75※,		93		44, 95, 63※, 97, 64※,
AUT 3級	無欠陥					45, 77※, 51, 86, 54※, 98, 73※,
	有欠陥	82※			53	

番号は試験体番号を示す。※は2種欠陥を含む。他は1種欠陥のみ。

表3 疲労試験結果

試験体番号	応力範囲(kg/mm ²)	破断回数(万回)	R判定等級	AUT判定等級※※	溶接欠陥の種類
No. 45	14 20	> 207 > 208	4級	4級	密集ブーホール
No. 86	20	139	4級	4級<1級>	単独ブーホール
No. 44	20	> 305	4級	3級	密集ブーホール
No. 51	20	153	4級	4級<1級>	単独ブーホール
No. 65	20	> 202	4級	1級(無欠陥)	密集ブーホール
No. 76	20	> 114※	4級	1級(有欠陥)	単独ブーホール
No. 97	20	> 211	4級	3級	密集ブーホール
No. 98	20	> 205	4級	4級	密集ブーホール
No. 63	20	> 166※	4級	3級	単独ブーホール 密集ブーホール混在
No. 92	20	> 238	4級	1級(有欠陥)	密集ブーホール

>: 破断せず ※: 取付け部破断(欠陥の疲労強度はこの回数以上である)
※※: <>内はビード縦方向から推定した欠陥の等級判定を示す。
<>外はビード横方向からの欠陥の等級判定(JIS準拠)を示す。

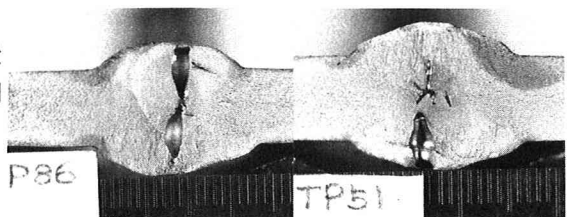


写真1 試験体No.86, No.51の疲労破面