

東京都立大学 正会員 永沢 淳
 小松化成物 大森 俊博
 日本プロセス物 国友 勝太郎

1. はじめに

海洋構造物へ特徴的構造形式である鋼管仕口部は、構造強度的に死命を制するばかりでなく、溶接施工面から多くへ問題ををかかえている。海洋構造物における事故例へほとんどが鋼管仕口部からへ破損事故であったと云う報告もあり、鋼管仕口部に対しての厳しい施工管理や検査が要求されるところである。特に内面からへ作業が困難となる場合が多いため、溶接施工において健全な裏波溶接へ施工、検査においては信頼性へある超音波探傷検査へ適用が望まれている。今回は、鋼管仕口部へあつて溶接施工上、最も問題になると思われる、図1に示した鋭斜交箇所を対象とし、この部分を平板へモデル化して超音波探傷検査へ適用についてへ実験と考察を行なつた。

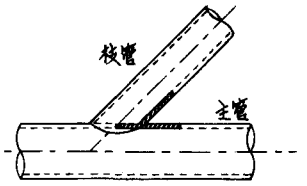


図1 鋼管仕口部へ一例

2. 実験方法

試験片形式を図2に、溶接材料及び溶接条件を表1にそれぞれ示す。

超音波探傷検査にはクラウトクレーマー社へUSM2探傷器を用い、探触子は4MHzへ斜角探触子45°と70°へ2種類、接触媒質にはマシンオイルを使用し、なお感度設定にめくつては、微小欠陥へ検出を考へて45°斜角については34dB、70°斜角については40dBとかなり高目に設定し、主管側と枝管側へ両方向から、2種の斜角探触子を用い計4通りへ探傷法へ行つた。検出されエコーより、反射源へ位置及び長さを探求し、内部欠陥からへ反射エコーと裏波溶接からへ反射エコーへ分類した。

超音波探傷検査によって得られデータへ基にマクロ検査断面を選定し、検査断面切断後、※200で研磨し、5%硝酸アルコールでマクロエッチングへ内部欠陥へ種類や位置及び形状、裏波溶接へ形状を観察した。

3. 実験結果と考察

内部欠陥についてへ超音波探傷検査へ結果とマクロ断面検査とへ対比を表2に示す。この表において、超音波探傷検査によってわかれをまづ検出することができなかった。これはわかれが0.5mm以下へ非常に小さいへあつたへと数も少なかったへと思われる。鋭斜交箇所へ溶接へ際にはスラグ除去作業へ困難さややかいた問題となるが、今回へ実験でもスラグ巻込みが多く観察された。しかしながら、従来から超音波探傷検査ではスラグ

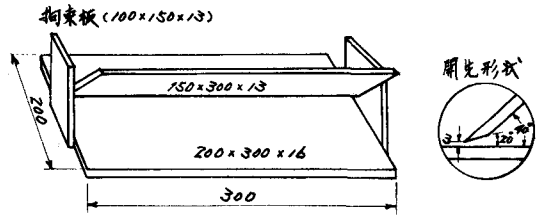


図2 試験片形状

表1 溶接材料及び溶接条件

	溶接材料		溶接条件			
	名称	棒径	電流	電圧	速度	入熱量
初層	LB62U (裏波専用棒)	3.2	80A 130A	35V	12 mm/sec	14 kJ 23 kJ
2~4層	B-10 (軟鋼用)	4.0	170A	35V	13 mm/sec	28 kJ

$$\text{入熱量} = \frac{60 \times (\text{電流}) \times (\text{電圧})}{(\text{速度})}$$

表2 マクロ断面検査と超音波探傷検査へ比較

検査法	マクロ断面				超音波探傷				欠陥検査率			
	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥	欠陥
スラグ巻込	13	24	53	90	4	14	14	32	31	58	26	36
わかれ	0	0	11	11	0	0	0	—	—	0	0	0
溶込不良	38	6	0	44	29	5	0	34	76	83	—	77
合計	51	35	64	145	33	19	14	66	65	54	22	46

$$\text{欠陥検査率} = \frac{\text{超音波探傷で検出された欠陥数}}{\text{マクロ断面で観察された欠陥数}} \times 100 (\%)$$

巻込みの様な球状欠陥の検出は通さないとされている様だ。今回も検出率は悪かった。これに対して巻込不良について高い検出率を示している。これは主管側から枝管側の巻込不良をとらえるもので適切な探傷角度が得られなかったと思われる。一方、欠陥寸法が大きさについて考察すると必ずしも超音波探傷検査で検出されやすさとは関係していない。これは超音波の反射エコーが欠陥の形状や方向によって影響されるためと思われる。寸法が10mm~25mmと小さくとも形状が扁平であった欠陥の検出率はかなり高い値を示している。又、超音波探傷検査で欠陥ありと認められるものでもマクロ断面検査では観察されなかったケースが多くみられた。この理由としては、設定感度が高かったためにノイズも多くひろってしまったり、底面やスパッタからの反射エコーが欠陥からの反射エコーと推定されなどが考えられるが、はっきりしたことはわかっていない。

裏波からの反射エコーは、裏波形状によってまったく検出することが不可能となることがある。そこで今回は超音波が裏波ビードの底面にみえる点で、裏波ビード面に法線を引き、これと超音波の入射線とをなす角を反射角(θ)として、グラフ上に表示されたエコー高さとの関係を調査した。図3 この図から反射角が40以下では反射エコーは検出されず、70以上ではほぼエコー高さも比例して検出できることがわかる。勿論、これらに数値は、探傷子への入射角、使用板厚、開光形状、設定感度によっても変化するものであり、絶対的なものではないが、一応の目安としては用いることができよう。この図において枝管側からのエコーの方が主管側からのエコーに比べて多少高くなっているのは、枝管板厚が主管板厚に比べて若干薄くなっているためビームの路程が短くなっている結果だと思われる。図3の結果から、裏波ビードの形状を模式図化すると図4の様になる。つまり、検出されたエコーが高ければ高いほど、反射角は直角に近づく、エコーが低くなるほど反射角は40に近づく。この図では、枝管側からの探傷法によってエコーが検出されない場合の裏波ビード形状の方が止端部で切欠形状を呈することがなく、力学的に良好となっており、エコーの反応がない方が安全側にあるという、取扱にくい判定結果を示している。又、主管側からの探傷法によって検出されるエコーは、枝管側の巻込不良を検出するに有効であると思われる。

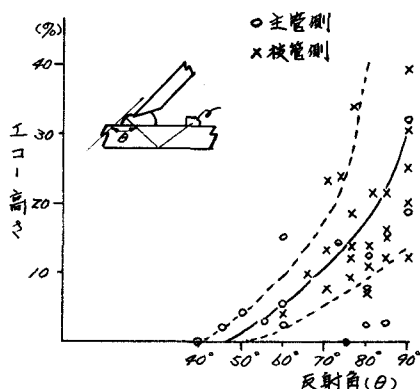


図3. エコー高さと反射角の関係

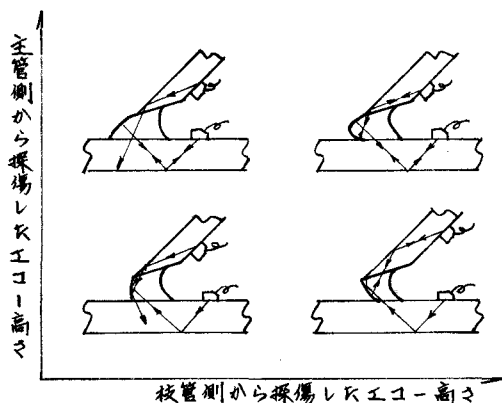


図4 裏波エコー高さと裏波形状

4. まとめ

今回行った実験では内部欠陥として表われたものへ大半がスラグ巻込みであり、超音波探傷検査では見つけにくいとされている欠陥であったため、内部欠陥の検出を評価するまでには至らなかった。

裏波ビードの形状については、複数の探傷法を採用することによって、そのエコー高さからある程度まで推定することが可能であると思われる。しかしながら、実際に鋼管仕口部への超音波探傷検査の適用については、構造的に複数の探傷法を採用することが可能であるか、感度設定はどの程度にすべきか、曲面での探傷能力はどの程度まで期待できるかなど多く解決されなければならない問題が残されている。いずれにしても、鋼管仕口部へ様々な裏波形状が強度に影響してくるような構造形式は、非破壊検査が十分に適用できる様な構造となるよう設計段階から考慮に入れておく必要がある。