

石川島播磨重工業(株) 技術研究所

栗山良員
○ 神山 達稲賀喜規
工野忠茅

1 まえがき

LNG 運搬船などに設置される低温用貯槽タンクのごとき溶接構造物は、船が航海中に受ける波浪の繰返しなどのために、かなり大きな繰返し応力が突合せ溶接部などに負荷され、低サイクル疲労破壊を起す危険性も十分考えられる。よって低温でしかも動的な応力が働らくこれらの容器の製作に際しては、十分な検討が要求されている。

本報では超低温での使用に耐え、しかも脆性破壊に対する抵抗性のもっとも優れている鋼材としてよく知られている、フェライト系の9% Ni 鋼ならびにその突合せ溶接継手部について、一定荷重制御の片振引張り疲労試験を低温中で行ない、その疲れ挙動を調べた。

2. 供試材および試験方法

供試材は板厚 15mm の焼入レ、焼モディ処理した9% Ni 鋼であり、その化学組成、機械的性質を表-1に示した。

表-1 供試材の化学組成および機械的性質

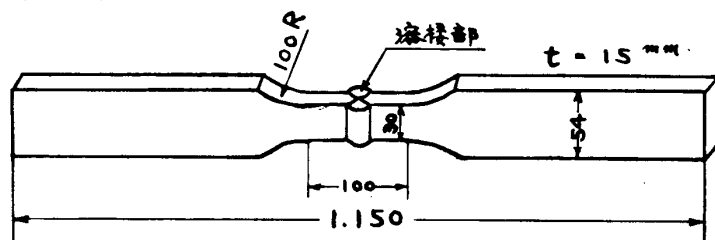
鋼 板	化 学 成 分 %						引 張 性 質			衝撃性質 at -196°C kg-m
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Y.P.(kg/mm ²)	T.S.(kg/mm ²)	EL.(%)	
9% Ni 鋼	0.09	0.22	0.61	0.008	0.006	8.88	74.7	79.5	35.0	15.6
ASTM A553-65	≤0.13	0.15 ~0.30	≤0.90	≤0.035	≤0.04	8.50 ~8.80	≥59.8	70.0 ~84.4	—	—

供試材の熱処理は、焼入レ 800°C 水冷

焼モディ 565~608°C 空冷

試験片の溶接は、パルスアーク溶接(半自動)と被覆アーク溶接(主として高サイクル疲労試験片の一部に採用)法にて、溶接入熱 25,000 joule/cm を目標にして、すべて下向き溶接姿勢にて施行した。なおパルスアーク溶接機には、インコネル系溶接用ワイヤー 1.6mm ϕ (YAWATA Filler Wire #92) を用い、手溶接の場合には溶接棒に YAWATA-WELD B 4.0mm ϕ を用いて施行した。いずれも良好なる突合せ溶接継手が得られ、X線結果からは、JIS Z 2341-1955 の2級以内が得られた。

突合せ溶接継手ならびに平滑母材の低温低サイクル疲労試験片は、図-1に示すように試験片のくびれ部分が完全に冷媒中に入るようにしたため、かなり長い試験片となった。なお同時に9% Ni 鋼の低温時における切欠感受性を確かめるため、板状試験片の両側にV溝の切欠き ($\alpha = 2.9$) を付けた試験片も作製した。

図-1 低温低サイクル疲労試験片
(平滑母材も同じ)

疲労試験は60TON油圧型の低サイクル疲労試験機を用い、繰返し速度は、9~11^回/毎分にて行なった。試験片の冷却には液体窒素を冷媒として用い、液体窒素温度域(-196℃)での疲労試験は浸漬式とし、恒温槽内の液体窒素液面の上下を検知して、サーキュレーション式自動補給装置により連続的に液体窒素を補給した。また0~-190℃までの中間温度域での疲労試験(雰囲気中)では、自動低温制御装置で効果的に冷却し、かつ長時間連続的にしかも一定温度(±1℃)保持し疲労試験を実施した。

3 実験結果

9%Ni鋼の低温特性について、

- 1) 低温引張試験においては、試験温度が低下するにしたがつて引張強さは上昇する。
-150℃付近まではほぼ直線的に上昇するが-160℃以下の低温になると、その強度上昇は急激に著しくなり、-196℃の場合には常温時引張強さの1.4倍程度上昇して114^{kg}/mm²となった。
- 2) 繰返し数10⁵回における時間耐久疲労強さをもとにして、低温における耐久疲労限度比を求めると、試験温度が-162~-196℃の範囲では温度による相違はほとんどなく、81.2~84.3%程度であった。(常温の場合は79.3%)
- 3) 疲労破面の生成は、いずれの試験温度においても、10⁴回以上の繰返し数にならないと発生しない。なおこの疲労破面を起算にして、図-2に示したような脆性破面が生成して破断する。
- 4) 溶接止端部の応力集中係数を考慮して、 $\alpha = 2.9$ の切欠疲労試験を実施したが、切欠係数(β)の値は α の値よりも小さく、一般鋼材の常温で疲労試験した場合と全く同様な傾向を示した。よって本材は低温になっても切欠き感受性は低いようである。

突合せ溶接継手の低温疲労特性について

- 1) 突合せ溶接継手の10⁵回における時間耐久疲労強さは、-162℃の場合で47.0^{kg}/mm²、-196℃では48.0^{kg}/mm²であった。なお静的な低温引張強さに対する耐久疲労限度比は、-162℃で46.8%、-196℃では41.2%である。

- 2) 疲労破断の位置は ずれも溶接止端部における応力集中部分からであり、その破断形式には3

つの形式が認められた。なお突合せ溶接継手の疲労破面を図-3に示したが、破面は母材の場合と同様に疲労破面が生成したのち、脆性破面をともなった破壊形態を呈する。

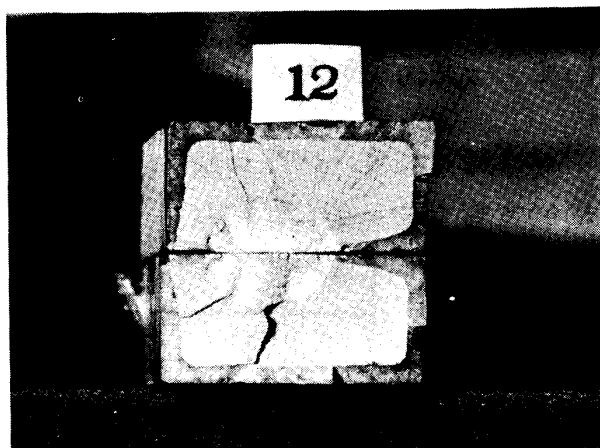


図-2 母材の低温低サイクル疲労破面 (-196℃)

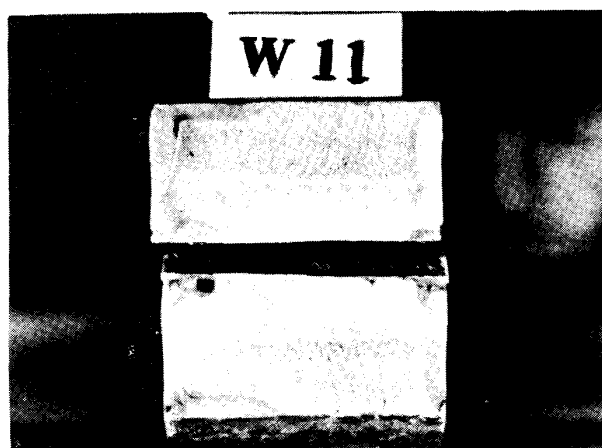


図-3 突合せ溶接継手の低温低サイクル疲労破面 (-196℃)