

○ 川崎製鉄(株) 正員 高橋千代丸
川崎製鉄(株) 正員 川 井 豊

1 緒言 鋼板の板厚方向(Z方向)の機械的性質、特に延性は圧延方向(L方向)に比較して一般に著しく劣ると言われている。このため長大橋の特殊なディテールや石油掘削用プラットフォーム等の海洋構造物の一部においてはZ方向剛性度の大きい溶接部分に対し、鋼板表面と平行に発生するラメラティアを防止する目的でZ方向特性に優れた鋼板の要求が強くなっている。ラメラティアの発生は溶接時に板厚方向の収縮差による介在物とマトリックスの剥離、あるいは水素割れを起発して介在物を運搬して伝播する割れであることが明らかになっており¹⁾、その発生傾向は溶接条件、拘束度によって異なることは明瞭なこと。鋼材品質の調査から介在物の形状、分布との相関性が強いZ方向延性、特にZ方向引延試験での絞り値に支配される。とくにこのZ方向絞り値はS含有量に大きく左右されることから汎用のSM50鋼についてはS含有量との相関でZ方向機械性能を調査した研究²⁾が多数見受けられる。しかし設計上よりシア等価物に採用される調質鋼についての報告は非常に少ない。一方、ラメラティアには非破壊検査までの検出が困難な点、いったん発生すると補修が煩雑であることなどの工学的問題が含まれているため調質鋼に対してもうトラリア感受性との関連が深いZ方向特性に関する検討は有意義であると考えらる。本報では標準および比較用強度のS量を有する2種の商用60キロHTテン(HT)SM58Qについて疲労実験を中心にZ方向特性の調査を行ったのについて報告する。

2 疲労実験 表-1に供試鋼板の性能を示す。これは通常の産業工程品ではあるが、A鋼の方は $S \leq 0.01\%$ 、 $RA \geq 15\%$ という値に示されるように耐ラメラティア対策鋼の範疇にある。対Z方向試験片の作製に際しては図-1のように試験材(38×60×1000mm)板面と直交に両側より鋼板(D鋼)を当ててMIG溶接(入熱:約25 kJ/cm)試験素材とした。

試験片は板厚方向単位強度の比較という調査から余弦波切除(等断面平行部)を平滑試験片とした。疲労試験の条件は下記荷重3.6 ton(2% σ_{max})の内張引張である。試験結果は図-2にS-N曲線として示す。

試験素材の製作時に発生した溶接欠陥により、溶接部分での破断が比較的多く、かなりバラツキの大きい結果とはなったがA、D両鋼とも耐久限度には大差なく約21 $\sqrt{mm}$ という値が得られた。1×10⁶回以下のくり返し回転領域において予測に反しD鋼の方がA鋼より優れているかのように同帰直線が得られたがこれは図-3のようにA鋼の溶接部に生じた大きな溶接欠陥が偏化したためである。このことより逆に、A鋼の母材(Z)とそのもののS-N曲線は図-2の同帰直線より多少なりとも上方にシフトしているものと予測される。したがって本実験においてはA、D両鋼のS-N曲線などの差は認められなかったと考へる。

表-1 供試鋼板の機械性能

Steel (Plate thickness)	JIS Designation	Sulphur (%)	Mechanical properties					
			Direction	σ_y (Kg/mm ²)	σ_b (Kg/mm ²)	EL (%)	RA (%)	vE-5 (Kg-m)
A (38mm)	SM58Q	0.005	L	52	61	30	74	28.3
			Z	51	60	18	39	6.9
D (38mm)	SM58Q	0.011	L	52	63	30	74	19.8
			Z	51	63	9.4	25.5	2.2

note) L: Longitudinal direction

Z: Through the thickness (short transverse) direction

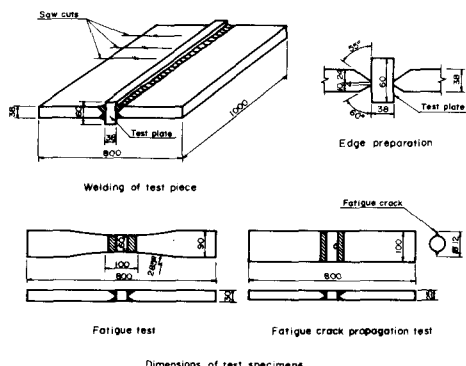


図-1 試験片の製作方法および形状寸法

圧方向の疲労強度に関する報告は極めて少なく、耐久限度 21 kg/mm^2 の定量的評価は困難である。圧方向に外力が作用する十字継手、K型突合せ継手およびT継手の許容応力（鋼鉄道橋示方書）は片張引張で 11.6 kg/mm^2 であり、鋼に用いる安全率 1.7 を見込んでもこれを下回ることはない。このことから SM58Q 圧方向疲労強度は形状効果の大きい溶接止端部を有する T 継手などに比する疲労強度の低下率と同等の強度レベルにあると考える。

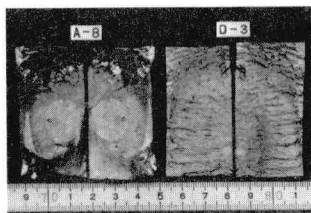


図-1 破面外観の一例

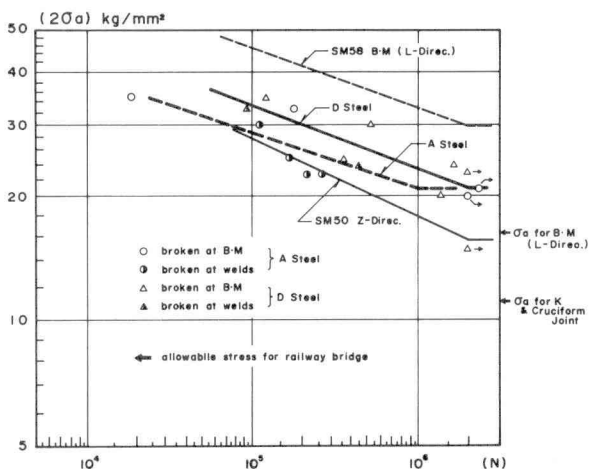


図-2 疲労試験結果

3. 疲労亀裂伝播試験 A, D 両鋼につき既述の切欠部にクラックゲージを貼付し片張引張の応力範囲法による疲労亀裂の伝播速度を測定し、応力拡大係数 K との関係で整理した。結果を図-4に示す。応力拡大係数の範囲 ΔK および結果の所訂には次式を用いた。

$$\Delta K = 2\sigma_a \sqrt{\pi a} \sqrt{\frac{W}{\pi a}} \tan \frac{\pi a}{W} \quad \frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m$$

亀裂伝播速度は通常の L 方向に用いられるものよりバラツキが大きく、また、A 鋼より D 鋼の方が ΔK の大きい領域で広い範囲に分散する傾向にある。図-5 は L 方向資料（鋼鋼から 100 kg/mm^2 鋼まで）³⁾ による m, C の関係に本実験の結果併せつけた m, C をプロットしたものであるが圧方向とはとも前記関係でうまく整理できることが分かる。 m の値は Ritchie などに示される平面破壊靱性値 K_{IC} が小さくなるとともに大きくなるといわれるが本実験でも圧方向シャルピー値の低い D 鋼の方が m の値が大きかった。圧方向疲労亀裂の伝播速度は荷重等の実用時の ΔK の範囲（第荷重/死荷重応力 = 0.4, $\sigma_a = 26 \text{ kg/mm}^2$ と $\sigma_c = 8 \text{ kg/mm}^2$, X 線検査結果より補正した値として $2a = 1/2 \times 38 \pm 19 \text{ mm}$ から $\Delta K \approx 44 \text{ kg/mm}^{3/2}$ ）において L 方向のデータより 1 オーダ程度大きくかつ RA の小さい方が大きい傾向にあり、応力集中の問題と考える。

4 結言 SM58Q の圧方向疲労特性に関し実験データを中心に報告した。今後は ΔK の、応力比および溶接残留応力の両側も含めて検討する予定である。参考文献 1) 平岡雄, 溶接学会誌, Vol. 47, No. 1, pp. 6~17, 2) 例えは Kobayashi et al, IIW Doc, XIII-803-76, 3) Kobayashi et al, 3rd Int. Conf. on Pressure Vessel Technology, April, 1977

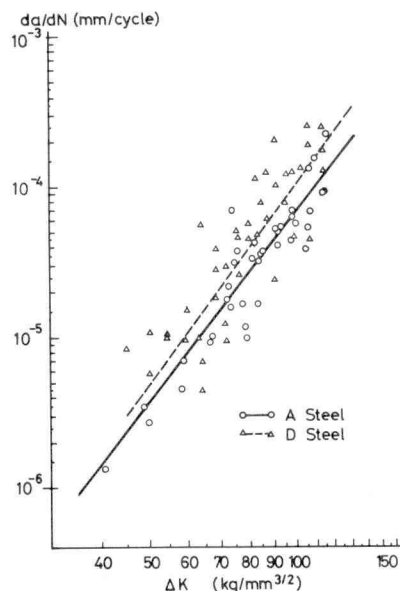


図-4 疲労亀裂伝播試験結果

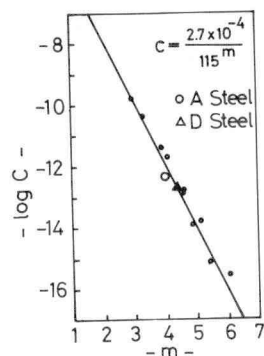


図-5 m と C の関係