

アルミ合金突合せ継手の疲労強度について

(株) 神戸製鋼所 正員 守 国夫
正員 ○伊丹秀孝

1. まえがき

アルミニウム合金構造の大型化に伴ない、その部材継手強さは設計上の大きな問題となっている。特に溶接継手は、溶接部の軟質化により強さが低下する傾向があるため、その性状を明らかにする必要がある。そこで今回は、アルミニウム合金5083-0材の突合せ溶接継手が繰り返し荷重を受けた場合の10⁷回疲れ限度について、負荷方向ならびにあらゆる引張の塑性加工（以下予加工と記す）を行なった場合の影響を考慮して、実験的研究を行なったのでその結果を報告する。

2. 使用材料と試験方法

表-1 使用材料の化学組成(%)

分類	材質	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al	板厚 (mm)
母材	5083-0	0.04	0.08	0.22	0.49	4.08	0.03	0.15	0.02	残	12
		0.05	0.14	0.28	0.43	4.23	0.04	0.16	0.02		6
		0.03	0.11	0.22	0.51	4.13	0.02	0.20	0.02		4
溶着金属	E-5183	0.02	0.05	0.25	0.62	4.37	0.01	0.14	0.01	残	12
		0.03	0.05	0.19	0.57	4.23	0.02	0.13	0.02		6
		0.02	0.05	0.15	0.63	4.17	0.01	0.13	0.01		4

本試験に使用したアルミニウム合金は5083-0材である。表-1に母材および溶着金属の化学組成を示す。溶接は全自動ミグ突合せ溶接を行なった。図-1に静的引張試験片、図-2に疲れ試験片の形状を示す。試験片は圧延方向に直角とし、溶接試験片は予加工の影響のみをしらべるため余盛は削除した。予加工は塑性変形を中央部から進行させるよう505×100mmの板の中央部を断面欠損させて図-3に示す応力ひずみ線図に従い静的引張加工を施し予ひずみ（塑性ひずみ）をあたえた。疲れ試験は10⁷回時間強さをとめることとし、 $\sigma_{min}/\sigma_{max}=0$ で行なった。試験機は電気油圧式60トン疲れ試験機を使用し、繰り返し速度は700C.P.M.とした。試験系列を表-2に示す。

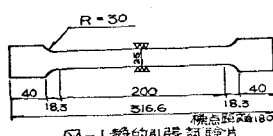


図-1 静的引張試験片

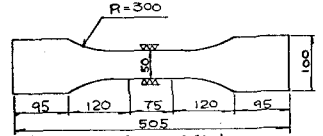


図-2 疲れ試験片

表-2 試験系列

記号	溶接の有無	板厚 (mm)	予ひずみ (%)
A-1	母材	12	0
A-3			1
B-1		6	0
B-2			0.2
B-3			1
B-4			3
B-5			7
C-1	溶接材	4	0
C-3			1
D-1		12	0
D-3			1
E-1		6	0
E-2			0.2
E-3			1
E-4			3
E-5			7
F-1	溶接材	4	0
F-3			1

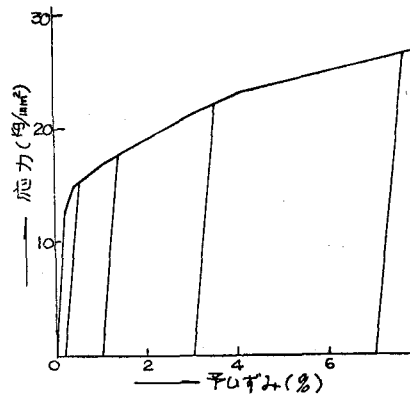


図-3 応力ひずみ線図

3. 試験結果と考察

図-4、図-5に各試験系列のS-N線図を示し、写真-1にE-1系列の疲れ破面を示す。

3.1 予加工が疲れ強さにおよぼす影響

予ひずみと疲労比く名試
験系列の疲れ強さ/予ひず
みなしの母材の引張強さ)
の関係を図6に示す。板厚
12mmの疲れ強さは母材で
はA-1よりA-3が 1.6kg/mm^2
低下し、溶接材ではD-1よ
りD-3が 0.8kg/mm^2 上昇して
いる。板厚6mmの母材では
予ひずみの増加とともに疲
れ強さも上昇しB-4で最高
値を示しB-1より 4kg/mm^2
上昇しているが、B-5では
B-1より 3kg/mm^2 上昇する。
溶接材でもE-4がE-1より
 4.5kg/mm^2 上昇して最高値
を示しているが、E-5では
E-1より 1kg/mm^2 上昇してい
るだけでE-4より低下し母
材と同じ傾向を示す。
板厚4mmでは母材、溶接材
ともに予ひずみ1%をあた
えても疲れ強さは上昇せず
ほとんど変化しない。

3.2 機械的性質と疲れ強さ の関係

静的引張試験結果を表-3
に示す。0.2%耐力、引張強
さ、ビッカース硬度は予ひず
みの増加とともに高くなり
伸率は低下する。

すなわち、疲れ強さは0.2%耐力、引張強さ、ビッカ
ース硬度が高くなり伸率が低下するにしたがって上昇
する。

3.3 母材と溶接材の疲れ強さの比較

溶接材の静的引張強さにおける継手効率は板厚12mm
では予ひずみなし、1%とも96%以上を示し、板厚6mm

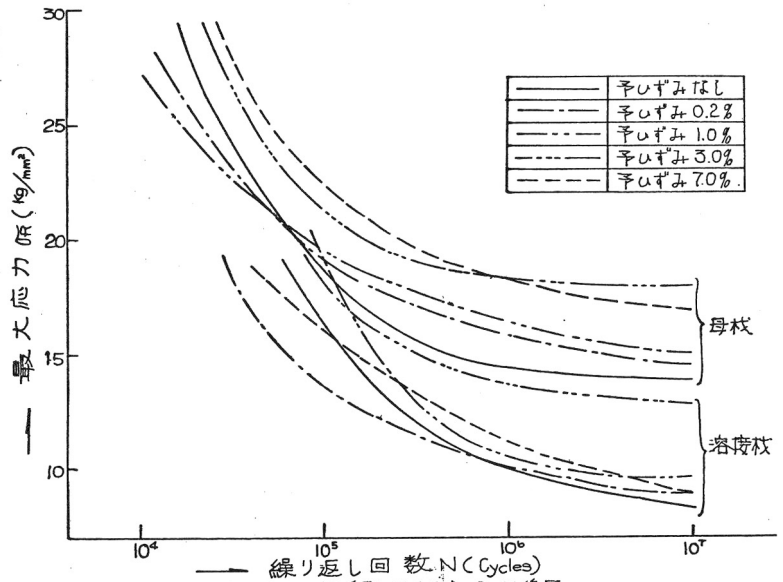


図-4 板厚6mm (B系列, E系列) のS-N線図

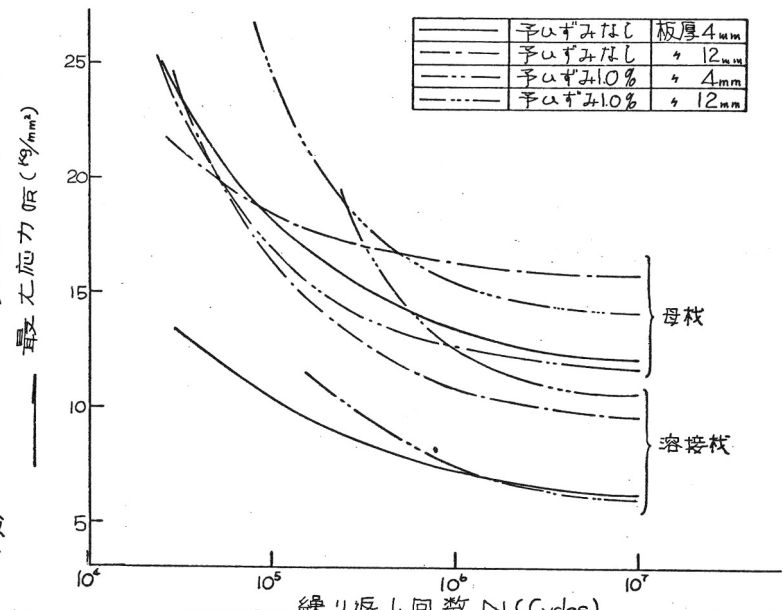


図-5 板厚12mm (A系列, D系列), 板厚4mm (C系列, F系列) のS-N線図

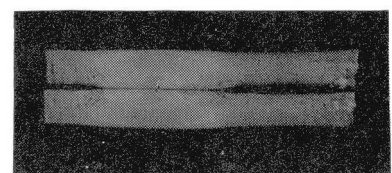


写真-1 疲れ破面 (E-1)

では予ひずみなし, 0.2%, 1%, 3%, 7%ともすべて91%以上を示す。板厚4mmでは予ひずみなしで80%, 予ひずみ1%で90%を示す。疲れ強さの比(溶接材の疲れ強さ/母材の疲れ強さ)は板厚12mmの予ひずみなしで61%, 予ひずみ1%で74%を示して上昇している。板厚6mmでも予ひずみなしで59%を示し予ひずみの増加とともに上昇し予ひずみ3%で72%と最高値を示すが, 予ひずみ7%では低下する。板厚4mmでは予ひずみなし, 1%ともその比は50%ぐらいである。疲れ強さの比は静的な継手効率と同じように板厚の減少とともに低下している。

3.4 負荷方向が疲れ強さにおよぼす影響

アルミニウム合金について負荷方向が疲れ強さにおよぼす影響をしらべた例は少なく今後の研究課題とされている。一般には片振り引張疲れ強さは平面曲げ疲れ強さの130%程度とされている。そこで, シェンク式平面曲げ疲れ試験($\sigma_{min}/\sigma_{max}=-1, 3500C.P.M.$, 標準試験片の表面は圧延のまま)を行ない片振り引張疲れ強さと比較した。試験結果を図-6に示す。片振り引張疲れ強さに対する平面曲げ疲れ強さの比は板厚6mmの母材では予ひずみなしで150%を示し, 予ひずみをあたえると上昇し予ひずみ0.2%, 3%で180%と最高値を示すが予ひずみ7%では154%と低下する。溶接材でも予ひずみなしで158%を示し予ひずみをあたえると予ひずみ3%で250%と上昇し予ひずみ7%では142%と低下する。板厚4mmの予ひずみなしでは母材で120%を示し片振り引張疲れ強さが高いが溶接材では100%を示し同値である。平面曲げ疲れ強さにおける予ひずみの影響は板厚6mmの母材では疲れ強さは予ひずみなしより0.2%が低下し予ひずみ3%では上昇する。予ひずみ7%でも3%より上昇し予ひずみなしより24%も上昇している。溶接材でも同じ傾向を示している。板厚4mmの溶接材では予ひずみなしより3%が上昇し予ひずみ7%では3%より低下している。

4 あとがき

構造用アルミニウム合金の溶接継手は, これまで溶接技術あるいは溶接条件についてかなり開発されてきたが, 構造物の設計に役立つような資料は数少なく, 合理的設計を行なうための問題点を多く残している。今後この種の研究を進めていくか設計に少しでも寄与できれば幸いである。最後に本研究に協力いただいた船舶用軽金属委員会AHS委員会の諸氏に感謝の意を表します。

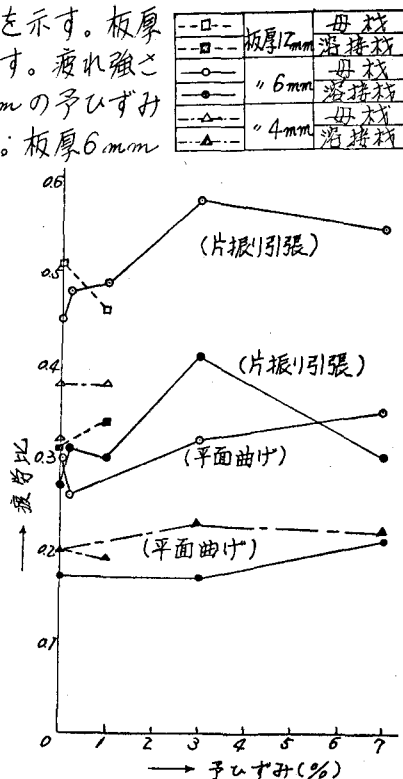


図-6 疲れ比と予ひずみの関係

表-3 静的引張試験結果

記号	0.2%引張強さ (10^3 kg/cm^2)	引張強さ (10^3 kg/cm^2)	伸び (%)	引板破断 (Hv max)
A-1	17.3	30.85	19.1	87.6
A-3	19.35	30.8	18.45	81.5
B-1	14.4	31.3	18.6	77.9
B-2	15.85	32.1	21.1	81.2
B-3	17.9	32.2	20.5	84.6
B-4	21.7	33.2	18.55	90.6
B-5	24.85	34.0	16.1	97.1
C-1	13.6	31.5	22.0	77.9
C-3	17.3	31.7	20.7	82.5
D-1	16.1	29.7	15.4	90.0
D-3	19.55	30.35	14.55	94.0
E-1	14.7	29.4	10.7	90.0
E-2	16.4	29.4	10.8	91.0
E-3	17.35	29.85	10.75	91.5
E-4	21.4	29.9	7.5	105.0
E-5	24.3	31.3	7.35	106.6
F-1	14.1	25.1	5.7	95.4
F-3	18.25	28.65	7.75	107.0