

過荷重によって圧縮残留応力が付加された場合の疲れ特性の変化について

名古屋大学 学生員 三ツ木幸子 大野貴史

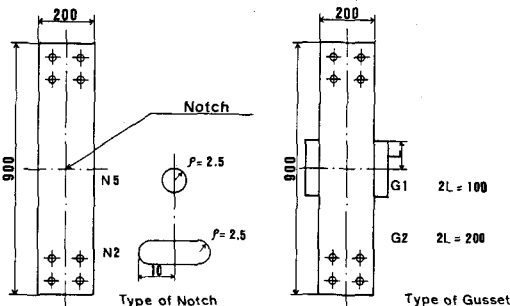
同 正 員 山田健太郎

1. はじめに

残留圧縮応力をき裂発生部に付加すると疲れ特性が改善される場合がある。中央切欠き試験体とガセット継手試験体に、過荷重を載荷し、残留圧縮応力を付加して、その疲れ特性を調べた。

2. 実験概要

中央切欠き試験体およびガセット継手試験体を図1に示す。試験は、まず静的に過荷重を与えた後、それより低い荷重を繰り返し載荷した。疲労寿命 N_f は、き裂発生部から10mmの位置に貼った0.04mmの銅線が切断した時の繰り返し数とした。載荷が約300万回に達した時点で、き裂発生予想部に貼った銅線が切れない場合には、応力範囲 σ_r を大きくして実験を継続した。



(a) 切欠き試験体

(b) ガセット試験体

図-1

3. 過荷重により発生する残留圧縮応力と疲労挙動の関係

過荷重による残留応力発生過程と疲労挙動の関係を中央に円孔切欠きを有する部材を例に説明する。

過荷重により σ_{OL} が載荷されると図

2の①で示されるように孔辺近傍で降伏を生ずる。除荷されると、もとの断面にもどろうとするが、載荷時の降伏で生じた塑性引張歪が残留しているの
で、②のように孔辺では残留圧縮応力 σ_{res} が生じる。その後、 σ_{OL} より小さい荷重で疲労試験を行うと、②(下

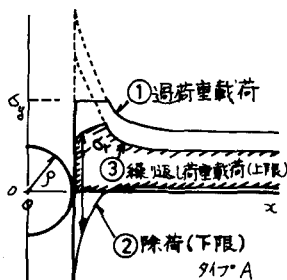


図-2 過荷重載荷後の疲れ試験

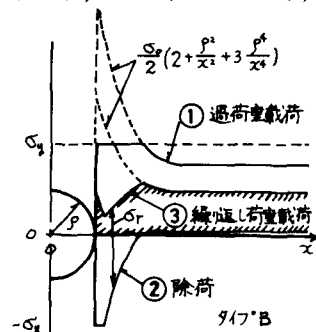


図-3 過荷重載荷後の疲れ試験

限)と③(上限)で示される応力が繰り返される。なお、過荷重がある一定の値以上になると、図3の②で示すように孔辺近傍では、圧縮側でも降伏を起こし、再載荷の応力分布③の形状が変わることがある。図2で示す σ_{OL} タイプをAとし、図3で示されるタイプをBとする。 σ_{OL} を付加しない場合は、図4に示す応力分布となるので、 σ_{OL} を載荷すると孔辺近傍では平均応力が小さくなり、各部分の応力範囲の内

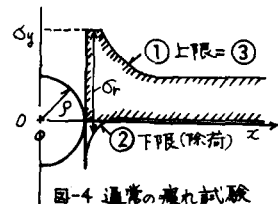


図-4 通常の疲れ試験

正の部分に小さくなる。これが疲れ寿命が σ_{OL} によって向上する一因と思われる。

4. 実験結果

表1にこれまで行った中央切欠き試験体8体およびガセット継手試験体6体の試験結果を示す。

表-1

	σ_{OL} (MPa)	過荷重 タイプ	σ_r (MPa)	σ_r / σ_{OL}	N_f $\times 10^4$	I_f
N21	137	A	98	0.72	>300	>3.1
N22	127	A	98	0.77	326	4.7
N23	132	A	98	0.74	>530	>5.4
N24	152	A	118	0.78	42	1.7
N25	221	B	113	0.51	109	2.4
N51	212	A	176	0.83	60	1.1
N52	255	B	176	0.69	>300	>5.3
N53	230	A	196	0.77	82	2.3
G11	245	B	137	0.56	27	1.6
G12	215	B	137	0.47	58	3.4
G13	245	B	98	0.40	>300	>5.4
			108	0.44	>300	>7.7
			118	0.48	>200	>7.1
G21	294	B	98	0.33	>300	>12.5
			137	0.47	>32	4.6
G22	147	A	98	0.67	28	1.2
G23	196	B	78	0.40	300	>4.5
			98	0.50	72	3

表中、過荷重タイプを決定する際に用いた応力集中係数は、N2 では $k_t \approx 4.5$ 、N5 では $k_t \approx 3$ 。ガセットの場合は、溶接止端部の局所的な応力集中とガセット形状による応力集中を兼て、G1 では $k_t \approx 4.8$ 、G2 では $k_t \approx 5.1$ とした。 I_f は改善度を表わし、 $I_f = (\text{過荷重をかけた場合の } N_f / \text{過荷重をかけた場合の } N_{f, \text{nom}})$ で定義した。(以下 $I_f = \frac{N_{f, \text{OL}}}{N_{f, \text{nom}}}$ と略す)
 $N_{f, \text{nom}}$ は、過荷重のない場合の 50% 破壊確率に相当する寿命である。^{1) 2)} 図5に各タイプ別 S-N 線図を示す。

5. 考察

タイプ別、応力範囲別で考えると、 σ_{OL} が大きいと改善する傾向がある。これを図6のように、 σ_r / σ_{OL} と I_f の相関をとると次のことがわかる。切欠きタイプとガセットタイプでは、データの分布が大きく2つに分かれ、 σ_r / σ_{OL} のレベルはガセットタイプの方が小さく、大きい過荷重が必要であることを示している。また、分布の傾きは、中央切欠きではほぼ水平で、ガセットでは少し傾きをもつ。これは、ガセットの方が、疲労特性も改善する際により大きい σ_r / σ_{OL} の変化率を必要とすることとも意味し、 σ_r / σ_{OL} のレベルから導ける結論と対応性がある。また、ガセット継手部材のほとんどが、Bタイプの過荷重で試験されている。この場合、 I_f は 1つの $I_f (I_f = 1.6)$ を除けば、あとは、 $I_f \geq 3.0$ 。これに対し、Aタイプの過荷重を受けた例は、 $I_f = 1.2$ 。また、切り欠きタイプでは N25 が別外的な値になり、ところが、同じBタイプで試験した N23 より寿命が短いのは応力範囲の問題と思われる。なお、 $I_f < 1$ はなかった。

参考文献 1) 疲労主型の補修・補強度の疲労強度に関する実験的調査 名大奇論 岡本裕二

2) ガセットを溶接した引張部材の疲労強度とストップホールの効果 論文報告集 山田他

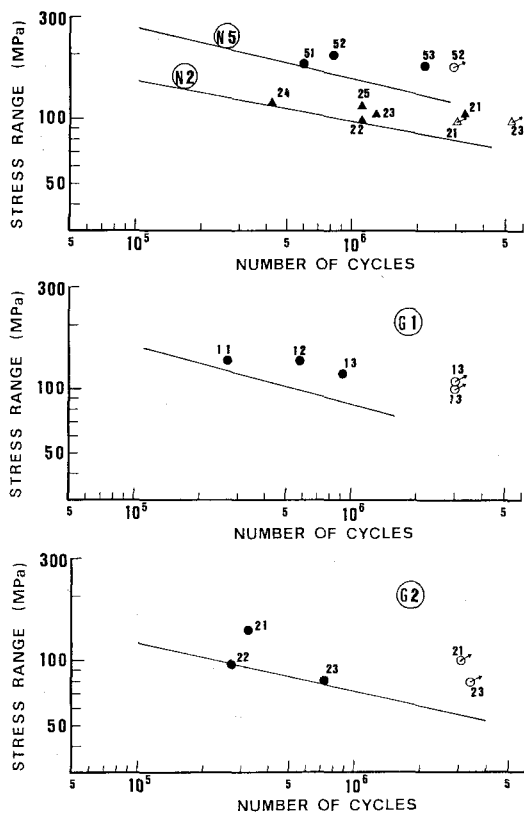


図-5

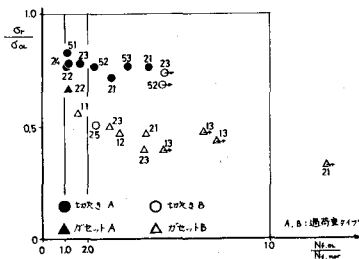


図-6