

第26回材料研究連合講演会

前 刷 集

と き 昭和57年 9 月21日(火), 22日(水)

と ころ 京 大 会 館

(京都市左京区吉田河原町15-9)

共 催：日本学術会議材料研究連絡委員会

化学工学協会，金属表面技術協会，軽金属学会，高分子学会，セメント協会，電気学会，*土木学会，*日本化学会，*日本機械学会，*日本金属学会，*日本建築学会，日本航空宇宙学会，*日本材料学会，日本材料科学会，日本材料強度学会，日本接着協会，日本船用機関学会，日本造船学会，日本鉄鋼協会，日本電子材料技術協会，日本非破壊検査協会，日本木材学会，溶接学会，窯業協会（※印 幹事学会）

武蔵工業大学 西脇威夫 増田陳紀
○皆川 勝

1. 序 我が国における構造物には地震、風、波などによりきつしい繰返し荷重が載荷される可能性が大きい。鋼構造物が過大な外力によって塑性域に至る負荷履歴を受けた場合の安全性の評価、あるいは負荷履歴を受けて構造物が崩壊に至らなかつた場合の耐荷力の推定を合理的に行うために必要なことの一つとして、素材の履歴応力-ひずみ性状および負荷履歴が素材の機械的性質に及ぼす影響を把握することが考えられる。本研究は、繰返し負荷を受けた素材の機械的性質を引張試験より求め、負荷履歴のそれらへの影響を調べたものである。

2. 試験概要 供試鋼材はSM41A及びSM58Qであり、素材の機械的性質と化学成分を表1に示す。また、試験片の形状と寸法を図1に示す。実施した試験はすべて単軸試験であり、その内容は引張圧縮破断試験及び表2に示すように一定荷重または荷重振幅漸増漸減(図2参照)の両振り引張圧縮負荷を与え、ひずみ時効処理(100°Cで1時間煮湯)後の引張破断試験である。荷重はロードセルにより、軸ひずみはひずみゲージによりそれぞれ動ひずみ計を用いて測定し、荷重-ひずみ曲線をX-Yレコーダに記録した。なお、結果の整理は公称応力と工学ひずみを用いて行った。

表1. シリコンによる機械的性質および化学成分。

	TENSION TEST			CHEMICAL COMPOSITION (%)					
	Y.P. kg/mm ²	T.S. kg/mm ²	EL. (%)	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ceq. %
SM58Q	60	71	28	0.14	0.29	1.29	0.021	0.003	0.42
SM41A	27	48	31	0.19	0.22	0.80	0.014	0.014	0.33

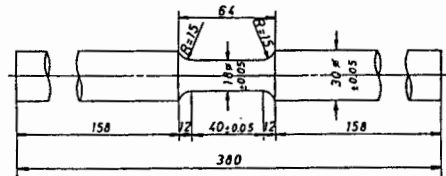


図1. 試験片の形状及び寸法。

表2. 実施した試験内容。

履歴タイプ	引張				圧縮			
	一定	漸増	漸減	両振り	一定	漸増	漸減	両振り
最終負荷	引張	引張	引張	引張	圧縮	圧縮	圧縮	圧縮

3. 試験結果及び考察 図3に負荷履歴試験における荷重-ひずみ曲線の例を、図4に履歴材の引張応力-ひずみ曲線の例を処女材のそれと合わせて示す。

(1) 降伏点及び降伏棚(ひずみ時効とバウシニング効果) 最終負荷過程が引張の場合について、負荷過程での最終引張応力(ただしこれが降伏点以下の場合には初期の降伏点)を σ_{max} とし、これと履歴材の下降伏点または0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ との比をひずみ時効率 α として図5に示すように定義する¹⁾。表3は α の実測値である。SM41Aの場合、 α は定荷重履歴材で約1.1、漸増漸減履歴材で約1.3である。一方、SM58Qの場合、SM41Aと比べて α

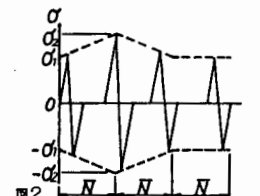


図2. 荷重振幅漸増漸減試験の履歴(σ-ε)

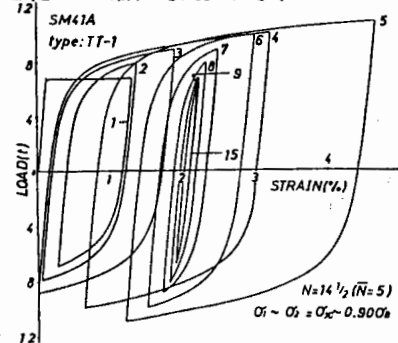


図3. 荷重振幅漸増漸減履歴試験における履歴ひずみ曲線。

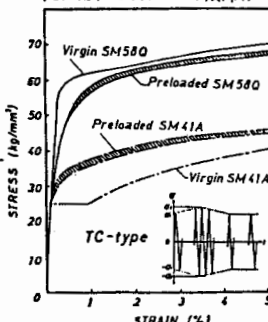


図4. 履歴材の引張応力-ひずみ曲線。

は小さく、定荷重履歴材では1.05以下である。負荷履歴の過程で、除荷開始点の応力を σ_{max} 、除荷に続く負荷領域での0.2%耐力を $\sigma_{0.2}$ として両者の比を用いて図6に示すようにパウシंगाー効果率を定義する。図7は漸増漸減の負荷履歴の過程での β と、その直前の半サイクルでの塑性ひずみ振幅 ϵ_p との関係を示しており、直前の塑性ひずみ振幅の大きい程パウシंगाー効果率の大きいことがわかる。また、引張 β と圧縮の各領域で、鋼種によらず β と ϵ_p には良好な相関性が見られる。引張領域と圧縮領域を比べると、同じ ϵ_p に対して圧縮領域における β はやや大きく、引張領域では $\epsilon_p=0.5\%$ のとき0.25, 1%のとき0.35程度であるのに対して、圧縮領域では $\epsilon_p=0.5\%$ のとき0.3, 1%のとき0.4程度である。表4はパウシंगाー効果率に及ぼすひずみ時効の影響を示している。 R_{N1}/R_{N2} は負荷履歴の最終とその一回前の引張領域での β の比であるのに対して、ひずみ時効処理後の R_N は R_{N1} に対してSM41Aで40~60%, SM58Qで3~30%低く、ひずみ時効によるパウシंगाー効果の減少の割合はSM41Aの方が大きい。なお、降伏棚が出現するのは定荷重履歴材で最終負荷過程が引張の場合のみである。

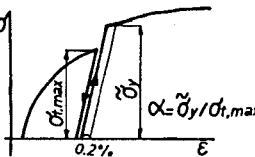


図5. ひずみ時効率の定義。

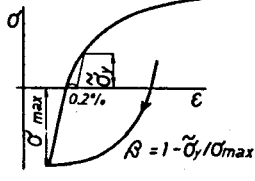


図6. パウシंगाー効果率の定義。

表3. ひずみ時効率の実測値

type	$\bar{\sigma}_{1/2max}$	$\sigma_{0.2max}$	α	
SM58Q	T-1	66.9	64.4	1.04
	T-2	67.3	67.0	1.00
	T-3	67.3	59.4	1.03
	T-4	62.6	59.4	1.05
	TT-1	62.9	59.7	1.05
SM41A	TT-2	61.7	57.3	1.08
	CT-1	64.2	59.6	1.08
	T-1	42.4	37.7	1.12
	T-2	42.6	37.7	1.13
	T-3	42.2	37.7	1.12
SM41A	T-4	46.3	42.4	1.09
	T-5	46.3	42.4	1.09
	TT-1	35.2	26.7	1.32
	TT-2	33.5	25.6	1.31
	TT-3	33.6	26.2	1.28
SM41A	CT-1	35.6	26.2	1.36
	CT-2	34.4	27.2	1.26

表4. ひずみ時効によるパウシंगाー効果の変化。

type	R_{N2}	R_{N1}	R_N	R_{N1}/R_{N2}	R_N/R_{N1}	
SM58Q	C-1	0.30	0.31	0.28	1.03	0.90
	C-2	0.29	0.30	0.29	1.03	0.97
	C-3	0.26	0.26	0.19	1.00	0.73
	C-4	0.26	0.34	0.24	1.06	0.71
	TC-1	0.24	0.25	0.24	1.04	0.96
SM41A	TC-2	0.28	0.28	0.24	1.00	0.86
	CC-1	0.16	0.16	0.13	1.00	0.81
	C-1	0.37	0.37	0.19	1.00	0.51
	C-2	0.40	0.41	0.15	1.03	0.37
	C-3	0.35	0.36	0.18	1.03	0.50
SM41A	C-4	0.35	0.35	0.23	1.00	0.60
	C-5	0.40	0.40	0.24	1.00	0.59

図7. 荷重振幅漸増漸減履歴試験におけるパウシंगाー効果と塑性ひずみ振幅の関係。図8. 履歴材の引張試験におけるひずみ-接線係数線図。

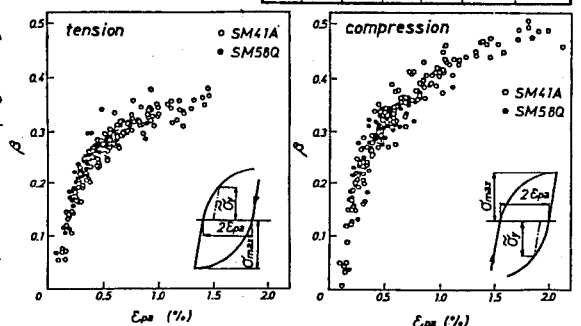


図7. 荷重振幅漸増漸減履歴試験におけるパウシंगाー効果と塑性ひずみ振幅の関係。

(2) 接線係数 図8は履歴材の引張試験での接線係数 E_t とひずみとの関係を、ヤング率 E と降伏ひずみ $\epsilon_y (= \sigma_y/E)$ で無次元化して示したものである。最終負荷過程が引張の場合、降伏後のひずみの増加に対して E_t は急激に減少する。一方最終負荷過程が圧縮の場合、パウシंगाー効果によって E_t はなだらかに減少する。また、この場合には、 E_t が一定の領域がSM41Aでは明らかに存在するのに対して、SM58Qではほとんどなく、極めて初期から E_t は減少している。

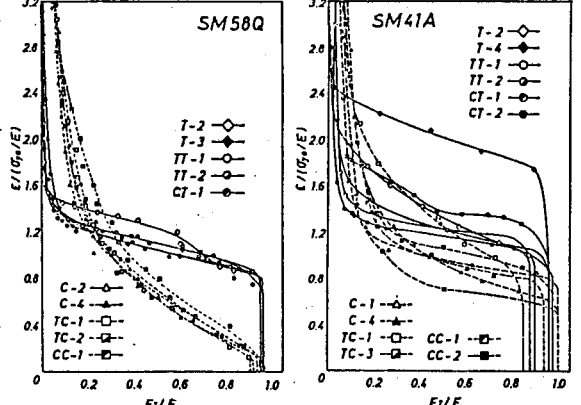


図8. 履歴材の引張試験におけるひずみ-接線係数線図。

(3) 引張強さ 履歴材の引張強さは処女材のそれに対して数%の変化であり、本研究の範囲では負荷履歴の影響は少ない。

(参考文献) 1) 藤本他: 建論集, 272号, pp31-38, 1978