

武蔵工業大学 正会員 皆川 勝 武蔵工業大学 正会員 西崎威夫
 武蔵工業大学 正会員 増田隼紀 武蔵工業大学 学生員 斎藤哲郎

1.はじめに 近年の構造物の複雑化に伴ない、部材接合部等における応力集中により材料は局部的に塑性履歴を受けていることが予想される。特に地震時においては、非定常の繰返し負荷が構造物に作用することが考えられ、これに対する応答解析を行うためには、任意の応力-ひずみ径路に適用し得る非定常履歴応力-ひずみ関係を工学的に意味のある範囲で精度良く実験結果を表わし得るように定式化することが必要であると思われる。本報告では、非定常履歴としてひずみ片振りをしかもひずみ幅が徐々に減少する負荷を考え、単軸応力状態での履歴応力-ひずみ性状を実験的に検討する。更に、負荷履歴を与えた後、引張または圧縮負荷を単調に材料に作用させ、負荷履歴と履歴後の応力-ひずみ性状との関係をも調べた。

2.試験概要 供試鋼材はSM58Qである。供試体の形状及び寸法を図-1に、引張試験によって得られた機械的性質を表-1にそれぞれ示す。本研究で実施した試験はすべて準静的な繰返し試験である。まず供試体を引張または圧縮降伏させた後、工学会ひずみが所定の値 ϵ_1 に達するまで負荷し、続いて図-2に示すひずみ径路で荷重反転を繰返し、ひずみ幅を徐々に減少させて最終的には工学会ひずみ $\epsilon = \epsilon_1/2$ において無負荷状態にする。そして、ひずみ時効の影響があらわれないように、ただちに引張または圧縮負荷を単調に与えた。表-2に、各試験における第1反転点での工学会ひずみ ϵ_1 、同じく塑性対数ひずみ ϵ_1^p 、負荷履歴が終了した時点での残留ひずみ ϵ_r 及び繰返し数Nを示す。反転点ひずみの変化量(図-2における $\Delta\epsilon$)はすべて試験において0.1%とした。なお、供試体番号は表-2の下に示すように付した。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-工学会ひずみ曲線をX-Yレコーダに記録した。なお、結果の整理は塑性変形においては体積一定であると仮定することにより求められる真応力 σ と塑性対数ひずみ ϵ^p を用いて行った。

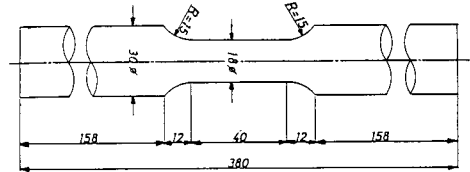


図-1. 供試体の形状及び寸法
 表-1. 引張試験による供試体の機械的性質

Y.P. (kgf/mm ²)	T.S. (kgf/mm ²)	EI. (%)
53.8	63.1	42

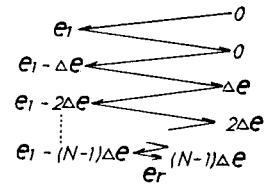


図-2. ひずみ径路

表-2. 試験内容

type	ϵ_1 (%)	ϵ_1^p (%)	ϵ_r (%)	N
TT-1	1.07	0.81	0.46	5
TT-2	2.01	1.71	0.97	10
TT-4	4.02	3.65	1.95	20
CT-1	-1.02	-0.78	-0.46	5
CT-2	-2.00	-1.75	-0.97	10
CT-4	-4.00	-3.78	-1.97	20
TC-1	0.99	0.73	0.46	5
TC-2	2.00	1.73	0.97	10
TC-4	4.01	3.64	1.95	20
CC-1	-1.00	-0.76	-0.46	5
CC-2	-2.02	-1.76	-0.97	10
CC-4	-4.00	-3.81	-1.97	20

<記号> CT-2 第1反転点(%)
 圧縮降伏後 ↑ 履歴後の負荷が引張である。

3.試験結果 図-3に試験結果の一例を公称応力-工学会ひずみ曲線によって示す。

得られた履歴曲線を反転点から次の反転点に至る各断片に分け、真応力 σ と塑性対数ひずみ ϵ^p を用いて図-4に示す σ - ϵ^p 座標系によって各曲線を整理した。図-5は第1反転点から第2反転点に至る σ - ϵ^p 曲線を第1反転点ひずみ ϵ_1 の値について整理したものである。| ϵ_1 | = 1%及び2%の場合、 σ - ϵ^p 関係はほぼ同様であり、また引張降伏が圧縮降伏かの違いによっても曲線形状に顕著な相異は見られない。これに対して、| ϵ_1 | = 4%の場合、前者の曲線群とは明らかに異なる傾向を示し、同じ ϵ^p の値に対して σ は大きくなっていく。図-6は供試体CC-2の圧縮径路における σ - ϵ^p 関係をプロットしたものである。| ϵ_1 | = 2%の場合、各曲線は繰返し負荷の間ほとんど変化せず、この結果は| ϵ_1 | = 1%の場合と同様であった。図-7は供試体TC-2及びCC-2の引張径路及び圧縮径路における σ - ϵ^p 曲線

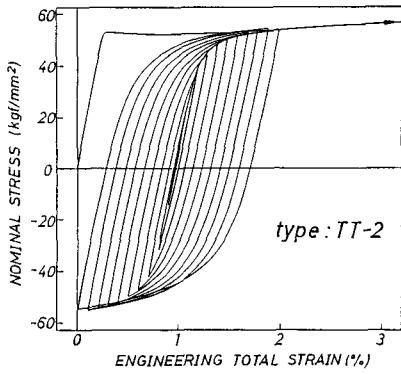


図-3. 公称応力-ひずみ曲線の例.

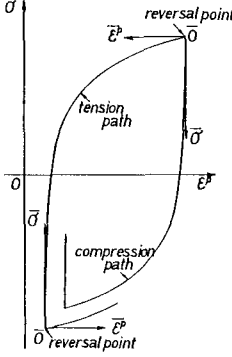


図-4. σ - $\bar{\epsilon}^p$ 座標系.

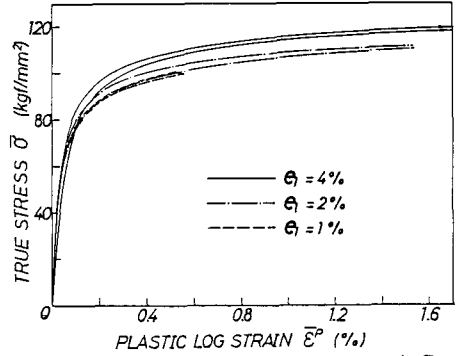


図-5. σ - $\bar{\epsilon}^p$ 曲線の第1反転点ひずみによる相異.

を比較して示したものであり、引張降伏(TC-2)と圧縮降伏(CC-2)の違い、及び引張径路と圧縮径路の違いによる曲線形状の相異はほとんど見られない。上述の図-5~図-7の結果より、 $|\epsilon_1| = 1\%$ 及び 2% の場合には、 σ - $\bar{\epsilon}^p$ 関係は第1反転点以後のすべての径路

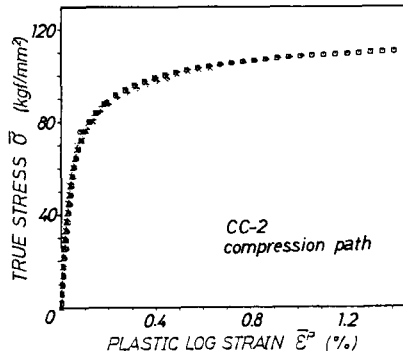


図-6. 荷重反転による σ - $\bar{\epsilon}^p$ 関係の変化($|\epsilon_1|=2\%$)

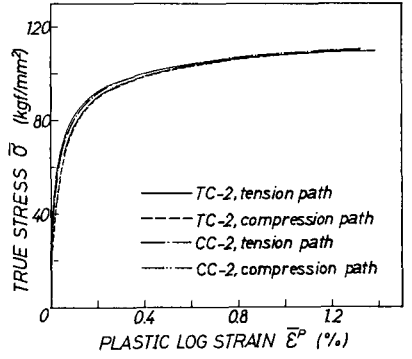


図-7. σ - $\bar{\epsilon}^p$ 曲線果の上比較($|\epsilon_1|=2\%$)

においてほぼ同一の曲線を表わされるものと推察される。一方、 $|\epsilon_1| = 4\%$ の場合、図-8に示すように σ - $\bar{\epsilon}^p$ 関係は荷重反転の繰り返しに伴って徐々に変化して、バウシニング効果が大きくなる傾向にあり、 $|\epsilon_1| =$

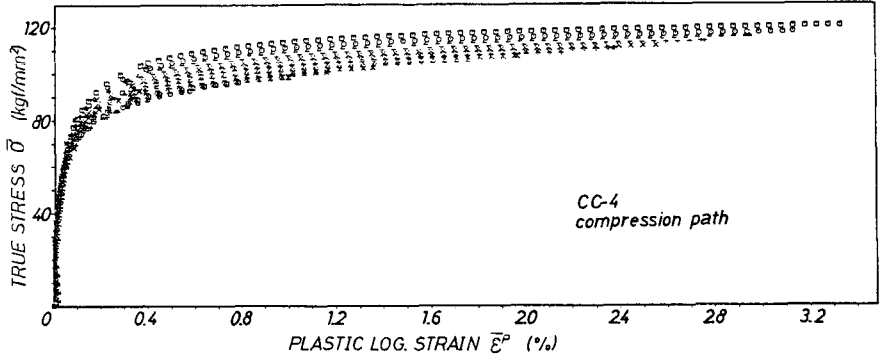


図-8. 荷重反転による σ - $\bar{\epsilon}^p$ 関係の変化($|\epsilon_1|=4\%$)

1%及び2%の場合とはかなりその様相が異なることが明らかである。図-9は、各試験における反転点と最終的な単調負荷における σ - $\bar{\epsilon}^p$ 曲線を合わせて示したものである。 $|\epsilon_1| = 1\%$ 及び 2% の場合、最終負荷での σ - $\bar{\epsilon}^p$ 曲線は反転点の描く軌跡にはほぼ一致するのに対して、 $|\epsilon_1| = 4\%$ の場合、荷重反転の繰り返しによって材料が軟化した結果、負荷に伴ない曲線は反転点から徐々に離れる。
4. おわりに ひずみ井振りでひずみ幅が徐々に減少する場合の履歴性状を、主に第1反転点のひずみ量の相異に注目して定性的に検討した。履歴応力-ひずみ関係の定量的な評価方法については、目下検討中であり、その結果は講演当日発表する。

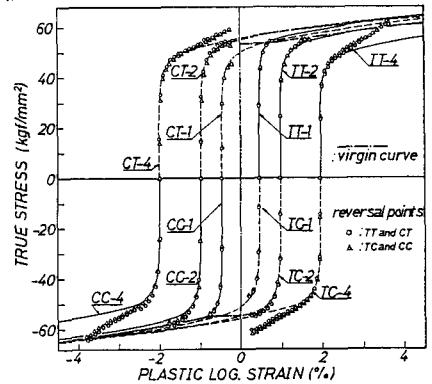


図-9. 荷重反転点と履歴後の σ - $\bar{\epsilon}^p$ 線図.