

首都高速道路公団 正会員 小林正紀
 武蔵工業大学 正会員 西脇威夫
 武蔵工業大学 正会員 皆川 勝

1 はじめに 構造物には通常作用する変動荷重のほかに、地震、風などの変動荷重が作用する。通常作用する変動荷重により生ずる応力が大きな割合を占める構造物については、高サイクル疲労強度を基準とした疲労に対する考慮が必要である。一方、設計に取り入れられている地震荷重などの発生頻度は極めて小さく、このような大荷重に対しては構造物としての機能が失われぬ範囲で非弾性域における負荷履歴を許してもよいと考えられている。通常、高サイクル疲労強度の評価は、非弾性域における負荷履歴を考慮しないで行われる。しかし、このような負荷履歴を受けた場合とそうでない場合で鋼材の疲労性状が必ずしも同一でないと考えられることから、非弾性域における負荷履歴を受けた後の鋼材の疲労強度を知ることも構造物の安全性を評価する上で必要と思われる。以上のことから、本研究は、非弾性域における負荷履歴のある鋼材の疲労試験とそれが無い鋼材の疲労試験を行い、両者の疲労強度の相異などを調べたものである。

2 試験方法 供試鋼材はSM58Qであり、ミルシートによる機械的性質と化学成分を表-1に、試験片の形状と寸法を図-1に示す。本研究で実施した試験は、(1)大荷重負荷履歴のない鋼材(以下「処女材」という)の引張圧縮両振り疲労試験(VF)、(2)大荷重のみの引張圧縮両振り繰返し破断試験(VH)および(3)大荷重負荷履歴のある鋼材(以下「履歴材」という)の引張圧縮両振り疲労試験(HA~HG)である。なお、これらの試験はすべて荷重制御試験である。(3)は、図-2に示すように荷重振幅とその負荷回数を組合せ、大荷重の負荷履歴が疲労強度に及ぼす影響を調べることを目的とした試験である。大荷重の負荷は、繰返し速度を約1 cycle/min、荷重波形を三角波として手動操作により行った。疲労試験では、繰返し速度を原則として360 cycle/min、荷重波形を正弦波として動的に荷重を載荷した。

3 試験結果および考察 履歴材のS-N線図を大荷重の振幅ごとに図-3(a)~(c)に示す。図中の実線は処女材のS-N曲線である。これらの図より、履歴材の疲労強度は処女材のそれより低いことがわかる。次に、応力振幅 σ_a と破壊繰返し数 N_F が、

表-1 ミルシートによる供試鋼材の機械的性質と化学成分

引張試験			化 学 成 分 (%)								
降伏点 σ_y	引張強さ σ_B	伸び δ	C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Ceq	
kgf/mm ²		%	x 100			x 1000		x 100			
57	68	48	15	26	131	17	2	4	5	39	

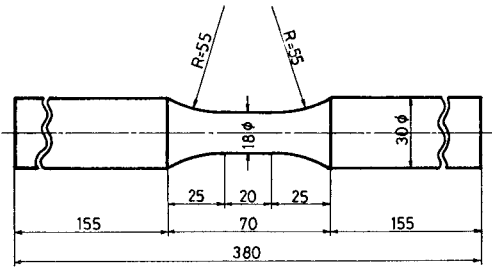


図-1 試験片の形状と寸法

$$\sigma_a N_F^m = C \quad (1)$$

で表わされるものとして、各シリーズの係数 m 、 C を求めた。図-4(a)にS-N曲線の傾き m と大荷重の負荷履歴との関係を示す。この図より、履歴材のS-N曲線の傾きは処女材のそれより大きい傾向があると云え、さらにこのことから、応力振幅の小さい範囲ほど

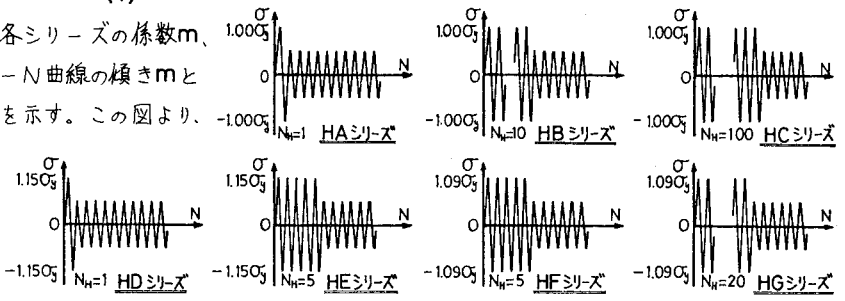
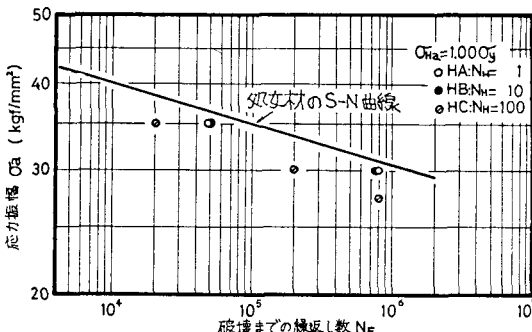


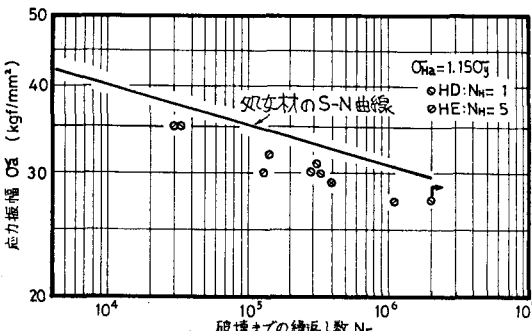
図-2 大荷重の負荷パターン

大荷重の負荷履歴の影響が大きいことがわかる。履歴材と処女材の200万回疲労強度の比と大荷重の負荷履歴との関係を図-4(b)に、また、応力振幅 σ_a が30 kgf/mm²および35 kgf/mm²のときの履歴材と処女材の疲労寿命の比と大荷重の負荷履歴との関係を図-4(c)および(d)に示す。なお、同図には大荷重の繰返し数比(N_H/N_F)を加えた累積繰返し数比も併せて示した。図-4(b)~(d)より、大荷重の負荷回数あるいは大荷重の振幅が大なるほど、疲労強度あるいは疲労寿命が低下する傾向にあることがわかる。一方、図-4(b)と図-4(c)および(d)を比較すると、200万回疲労強度の減少比は0.97~0.84の範囲であるのに対して、疲労寿命の減少比は0.55~0.12であり、200万回疲労強度の変化からよりも疲労寿命の変化から見た方が大荷重の負荷履歴の影響が大きいことがわかる。

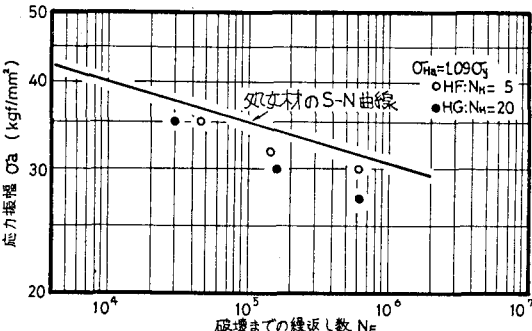
4 おわりに 構造物を受ける負荷履歴は多種多様であり、用いられている鋼種も種々あるが、ここでは構造物の軽量化の要請から用いられることの多いSM58Qを供試鋼材に選び、最も基本的な負荷形式として引張圧縮両振りの負荷を受けた場合の疲労強度について調べた。今後さらに検討する必要があるが、本報告は非弾性域における負荷履歴のある鋼材の安全性を評価する基礎資料の一つとなるものとする。なお、本研究を行うにあたって卒業研究として協力された石原栄介(現・矢島建設)、手塚賢(現・甲府市役所)両君に感謝致します。



(a) HA, HB, HC シリーズ

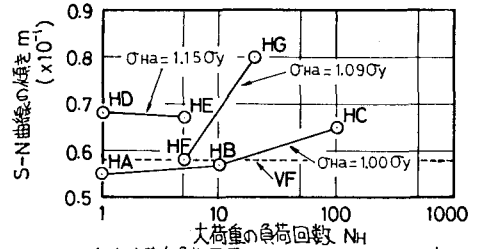


(b) HD, HE シリーズ

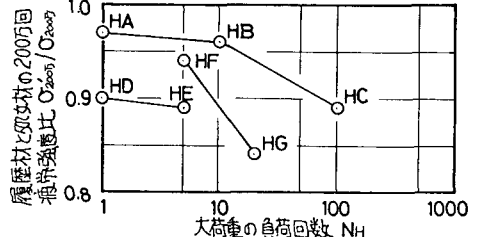


(c) HF, HG シリーズ

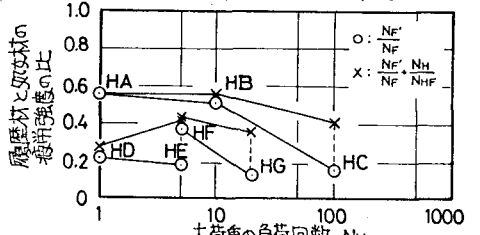
図-3 大荷重負荷履歴のある鋼材のS-N線図



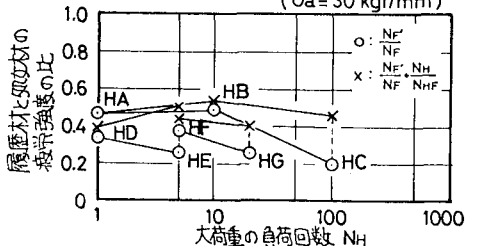
(a) 大荷重負荷履歴によるS-N曲線の傾きの変化



(b) 大荷重負荷履歴による200万回疲労強度の低下



(c) 大荷重負荷履歴による疲労寿命の減少(1)
($\sigma_a = 30 \text{ kgf/mm}^2$)



(d) 大荷重負荷履歴による疲労寿命の減少(2)
($\sigma_a = 35 \text{ kgf/mm}^2$)

図-4 大荷重負荷履歴の影響