

M_s ; 鋼桁の曲げモーメント M_{st} ; 塑性変形による鋼桁の曲げモーメント ϵ_s ; 収縮係数 A_c ; コンクリートのスラブの断面積 t ; 時間(単位, 月) S_v ; コンクリートおよび鋼桁の断面1次モーメント M_{s0} ; 鋼桁の $t=0$ の時の曲げモーメント N_{c0} ; スラブの $t=0$ の時の軸力 E_c ; コンクリートのヤング係数 φ_n ; クリープ数(クリープ度) I_0 ; 合成桁の慣性モーメント A_v ; 合成桁の換算断面積($\frac{1}{n} A_c + A_s$)

以上を(2)式へ代入すると

$$\sigma_s = (1 - e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) \left[\frac{M}{I_s} \cdot y - \frac{N_{sn}}{\varphi_n} \left(\frac{1}{A_s} - \frac{a \cdot y}{I_s} \right) \right] + (e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) \frac{M}{I_0} (a_s + y) \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3)式で $t=0$ と代入すれば, 塑性変形がない時で

$$\sigma_{s0} = \frac{M}{I_0} (a_s + y) \quad \dots\dots\dots (4)$$

同様に(3)式を, $t=0$, クリープ, 硬化収縮に分けて表わすと次のようになる。

$$\sigma_s = \frac{M}{I_0} (a_s + y) + (1 - e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) \left[\frac{M}{I_s} \cdot y - \frac{M}{I_0} (y + a_s) \right] + (1 - e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) \left[\frac{N_{sn}}{\varphi_n} \left(\frac{a \cdot y}{I_s} - \frac{1}{A_s} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (5)$$

(5)式で第1項は $t=0$, 第2項はクリープによる応力, 第3項は硬化収縮による応力を表わしており, $y = -y_{sc}$, $y = +y_{st}$, を代入することによって鋼桁の圧縮側, および引張り側の縁応力が求められる。

(2) コンクリート・スラブの応力

同様にしてコンクリートスラブの重心軸より任意点までの距離を y とし, その点の応力を σ_c とすれば,

$$\sigma_c = \frac{M}{n \cdot I_0} \{ y(e^{-\varphi t}) - a_c \} + \left(\frac{N_{sn}}{\varphi_n} + \frac{S_v}{I_0} \cdot M \right) \left\{ \frac{1}{A_c} (1 - e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) + \frac{y \cdot a \cdot g_s}{n I_s} (e^{-\alpha_s \cdot \varphi t} - e^{-\varphi t}) \right\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$(6) \text{ 式で } g_s = \frac{\alpha_s}{1 - \alpha_s} \quad \alpha_s = \frac{A_s \cdot I_s}{A_v \cdot I_0}$$

(6)式に $t=0$ と代入すれば, 塑性変形がない時で,

$$\sigma_{c0} = \frac{M}{n \cdot I_0} (y - a_c) = - \frac{M}{n \cdot I_0} (a_c - y) \quad \dots\dots\dots (7)$$

同様に(6)式を $t=0$, クリープ, および硬化収縮に分けて表わすと,

$$\sigma_c = - \frac{M}{n \cdot I_0} (a_c - y) - \frac{M}{n \cdot I_0} \cdot y (1 - e^{-\varphi t}) + \left(\frac{N_{sn}}{\varphi_n} + \frac{S_v}{I_0} \cdot M \right) \left\{ \frac{1}{A_c} (1 - e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) + \frac{y \cdot a \cdot g_s}{n I_s} (e^{-\alpha_s \cdot \varphi t} - e^{-\varphi t}) \right\} \quad (8)$$

(8)式で第1項は $t=0$ の時, 第2項, 第3項はクリープおよび硬化収縮による応力を表わしており, $y = -y_{sc}$, $y = +y_{st}$ を代入することによってコンクリートのスラブの縁応力が求められる。尚上式でクリープおよび硬化収縮の終局応力を計算する場合は, $\varphi t = \varphi_n$ (クリープ数) を代入すればよい。
($e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}$), ($e^{-\varphi t}$) の項の計算には近似的に次の項で充分である。

$$(e^{-\alpha_s \cdot \varphi t}) = \frac{1}{e^{\alpha_s \cdot \varphi t}} = \frac{1}{1 + \frac{\alpha_s \cdot \varphi t}{1} + \frac{(\alpha_s \cdot \varphi t)^2}{2!} + \frac{(\alpha_s \cdot \varphi t)^3}{3!}}$$

$$(e^{-\varphi t}) = \frac{1}{e^{\varphi t}} = \frac{1}{1 + \frac{\varphi t}{1} + \frac{(\varphi t)^2}{2!} + \frac{(\varphi t)^3}{3!}}$$

(2-23) 繰返し荷重に対する構造物の安定度について

正員 神戸大学工学部 ○西 村 昭
 准員 関西電力 阿 河 俊 夫

構造物をその使用目的に対して合理的に設計するためには, 作用荷重及び使用材料の抵抗強度並びに構造物の極限状態の徹底的究明が必要である。またこれはすでに実用されている構造物の保有する終極強度を推定するためにも重要である。本研究は作用荷重が一般構造物におけるように変動繰返し荷重として作用する場合について構造物の安全度に関して一考察を試みたものである。

構造物に作用する荷重の大きさを一定期間例えば1年ごとに統計すると各年に対して一つの頻度分布が得られ

る。一方部材有効断面は摩耗・腐食等のため経年減少し、前者の経年変動と相まつて部材応力頻度分布は一般に危険側に経年移動する傾向にある。いま基準年においてある荷重状態による部材応力を σ_1 、 t 年後の同一荷重状態による同部材応力を σ_t とすると、上述の経年移動状態は次式で与えられる応力増大率 $\alpha(t)$ によつて表わされる。

$$\alpha(t) = \sigma_t / \sigma_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

いま基準年における作用応力頻度曲線として両側有限の Pearson 系第 I 型曲線を当てはめると、

$$\left. \begin{aligned} y &= y_0 (\sigma - \sigma_U)^{p-1} (\sigma_0 - \sigma)^{q-1} \\ \text{ここに} \quad y_0 &= \frac{1}{(\sigma_0 - \sigma_U)^{p+q-1}} \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} \\ p &= \frac{\sigma_m - \sigma_U}{\lambda(\sigma_0 - \sigma_U)} + 1, \quad q = \frac{\sigma_0 - \sigma_m}{\lambda(\sigma_0 - \sigma_U)} + 1 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし $\sigma_U \leq \sigma \leq \sigma_0$ 、 λ は定数、 σ_0 、 σ_m 、 σ_U はそれぞれ作用応力 σ の上限、平均、下限値、 y は σ の頻度を表わす。従つて t 年後の頻度曲線は式 (1) を用いて、

$$\left. \begin{aligned} y_t &= y_0 \{ \sigma - \alpha(t) \sigma_U \}^{p-1} \{ \alpha(t) \sigma_0 - \sigma \}^{q-1} \\ \text{ここに} \quad y_0 t &= y_0 / \alpha(t)^{p+q-1}, \quad \alpha(t) \sigma_U \leq \sigma \leq \alpha(t) \sigma_0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

一方変動繰返応力を受ける部材の抵抗強度は、疲労試験により $S-N-P$ 曲線¹⁾が求められている場合には、応力 σ_i による破壊までの繰返数が N_i のとき、 σ_i を 1 回与えた場合 $1/N_i$ の疲労度を生ずるものと考え、

$$A = \int \frac{dN_i}{N_i} = 1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

図 - 1

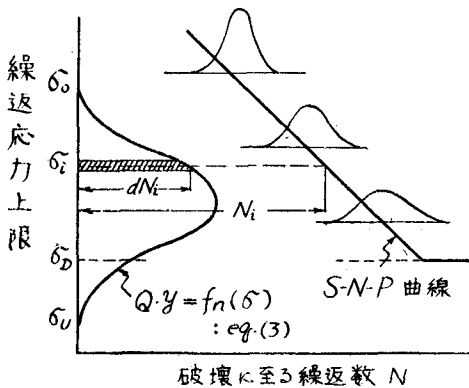
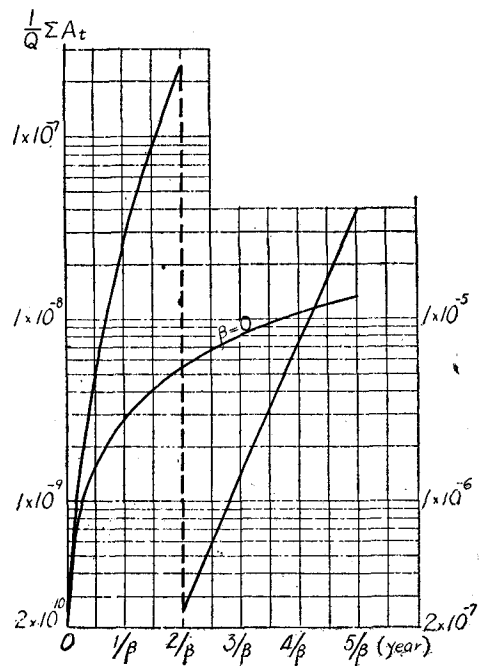


図 - 2



なる関係が成立するとき、かゝる頻度分布で与えられる作用応力によつて破壊する (図-1)。 $A > 1$ の場合は $1/A$ は疲労を考慮した安全度と考えられる。また σ_U は耐久限度 σ_D 以下にあるのが普通で、式 (4) の積分は $\sigma_D \sim \sigma_0$ の範囲について行う。

式 (3)、(4) より応力頻度曲線の移動を考慮した場合の第 t 年における疲労進行度 A_t は

$$A_t = Q_t \int_{\sigma_D}^{\alpha(t)\sigma_0} \frac{y_t(\sigma_i) d\sigma_i}{N_i(\sigma_i)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

となり、基準年より $\sum A_t = 1$ が成立する年数を経過して疲労破壊を生ずることになる。ただし Q_t は第 t 年における作用応力総回数である。

一例として作用荷重頻度分布及び Q_t が経年変化しない場合の片振り張応力を受けるリベット継手を有する鉄道橋に式 (5) を適用、計算結果を図示すれば 図-2 の通りである。ただし β は断面寸法の減少速度 (cm/year) とし、 $S-N-P$ 曲線としては有孔板の疲労試験結果に基づいて $P=50\%$ のものを、作用応力頻度曲線としては実測輪荷重に基づいたものを用いた。図-2 の $\beta=0$ 曲線は有効断面不変の場合の疲労度を示し、2 曲線の差によつて作用応力頻度曲線移動の影響を知り得る。

本研究は昭和29年度文部省科学試験研究費による研究成果の一部である。また京大小西教授より実験資料使用の便を取計らつていただいた。各位に深謝します。

注1) 一定繰返應力に対して種々の應力レベルで同一条件下で多数の疲労試験を行う場合、試験結果を應力・繰返数に対して plot すれば同一應力レベルでも破壊に至る繰返数は相当散らばる。それら各應力レベルにおける分布の等確率 P の点を結べば $S-N-P$ 曲線群が得られる。

(2-24) 宮城野橋用溶接構造用高張力鋼 St. M 50 について

正員 神奈川県土木部 ○難 波 隼 象
准員 同 関 野 昌 丈

1. まえがき 低 $Mn-Si$ 鋼については第10回年次学術講演会で、「相模大橋用高値鋼 St. S52 について」として鉄結を主とした構造用のものについて述べた。其後支間 16m 前後の全溶接合成桁(栖鳳橋、野比橋)を St. S52 で製作し、鉄厚 20mm 以下の溶接構造に一応の成功を得た。

これを更に支間 31.50m の溶接桁橋(現場鉄結)の主桁に用いるために製作したものが St. M 50 である。その突縁鉄は鉄厚 20, 25 及び 30mm の厚鉄を使用しているが、鉄厚 25mm 以上のものは焼準を行い、切欠脆性、自硬性等の改善を計つた。

2. 主要規格 鉄厚 25mm 以上のものについて、その溶接性能を判定するために決定採用した規格及び一般規格の主要なものは次の通りである。

1) 化学成分 レードル分析で表-1によるものとする。

2) 機械的性質 表-2によるものとする。

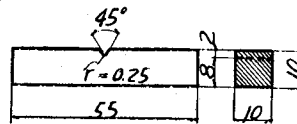
表-1 St. M 50 の化学成分 (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu
<0.18	<0.50	<1.30	<0.04	<0.04	<0.40

表-2 St. M 50 の機械的性質

降 伏 点	抗 張 力	伸 び	曲 げ (1.5t)
>33 kg/mm ²	50~62 kg/mm ²	>20 %	180°

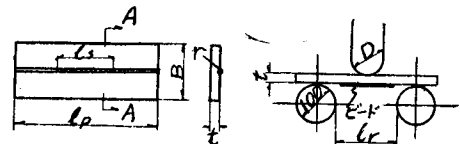
3) 衝撃試験 Vノッチ・シャルピー衝撃値は 0°C で 4 kg·m/cm² 以上、-20°C で 3 kg·m/cm² 以上である事を要する。尚試験片寸法は図-1の通りとする。



単位・mm

図-1 衝撃試験片

4) オーストリア試験 20°C で曲げ角度 120° 以上であることを要する。尚試験片寸法は図-2の通りとする。



Dep	l_p	B	r	l_s	D	l_r
t=25	380	150	3	150	90	165
t=30	410	150	3	175	105	190

単位・mm

図-2 オーストリア試験片

5) 硬度試験 ヴイツカース硬度試験は 10 kg 荷重で測定し硬度 320 以下であることを要する。尚試験片の製作要領及び測定方式は図-3の通りとする。

6) 顕微鏡写真試験 オーステナイト及びフェライトの Grain Size が, A.S.T.M. (E19-46) により判定し Fine Grain (No. 5 以上) であることを要する。

尚本試験の溶接はすべて低水素系溶接棒 (LB. 76) を使用することとした。