

九州大学 正員 ○松下 博通

同 学生員 玉井 裕行

同 同 高木 幸二

1. まえがき

繰返し応力を受けるコンクリートの疲労強度に関する研究は、圧縮応力下ではほぼ明らかとなったが、引張応力下での報告は少ない。これは、引張強度試験そのものが静的にも困難であり、また引張強度のばらつきが大きいためと考えられるが、コンクリート構造物でも、引張強度を考慮する場合もあり、またひびわれ発生を論ずる場合にも引張強度は無視できない。よって本研究は、引張疲労試験を割製試験方法によって実施し、引張疲労強度を論じたものと、その概要を報告する。

2. 試験方法

引張疲労試験はすべて割製試験方法によった。町田によれば、静的な引張強度を割製試験方法によって求めることは、この方法がきわめて複雑な二軸応力状態にあるにも拘らず、引張強度の圧縮強度に対する比が $1/6 \sim 1/8$ までは可能であるとしている。しかし、疲労試験での適用可能範囲については不明であるため、本試験では、まず $W/C = 89\%, 70\%, 63\%$ の3種のコンクリートにより、引張強度と圧縮強度の比 $1/8 \sim 1/11$ に変えた中 $7.5 \times 10 \text{ cm}$ 円柱試体を作製し、枚令3ヶ月以上で気乾状態にして、JISに定められたように分布板を用いない方法で引張疲労試験を実施した。このときの繰返し応力の大きさは、静的強度の $15 \sim 80\%, 15 \sim 75\%, 15 \sim 70\%$ の3種である。図-1に W/C が 89% と 63% のときの寿命分布の判定結果と確率紙にプロットした結果、 $W/C = 70\%$ の場合は、 $W/C = 63\%$ とほぼ同様であった。

図-1に認められるように、仮試体作製コンクリートの種類により、たとえ同一繰返し応力比を受ける場合でも寿命分布が異なっている。この原因として、①引張疲労強度と静的引張強度が本質的に比例しない、②割製疲労試験による引張疲労の実施適用可能範囲が静的試験の場合のそれと異なり、この範囲をこえているケース ($W/C = 89\%$) の試験結果が妥当でない、③2通りが考えられる。疲労試験中の仮試体の破壊までの性状観察によれば、 $W/C = 63\%, 70\%$ の場合には、中心軸近傍に割製引張りひびわれが認められるとただちに仮試体が破壊し、巨視的には脆性的な破壊であるが、

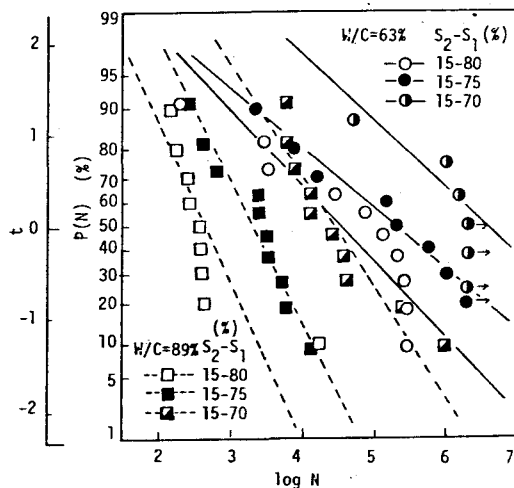


図-1 $P(N)-N$ 線図 ($S_2 = 15\%$ の場合)

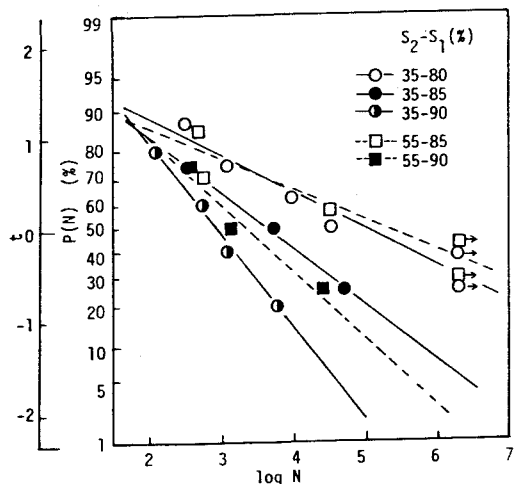


図-2 $P(N)-N$ 線図 ($S_2 = 35, 55\%$ の場合)

$W/C=89\%$ の場合には、中心軸近傍に最初の割れ3張いびわれが認められた後、それまでとほぼ同等以上の荷重繰返し後にしか低減が疲労破壊に至らないことが多い。このことは、 $W/C=89\%$ の場合には、割れ疲労試験が引張疲労試験にならず、複雑な構造系の変化をともなう応力状態が変化していきと考えるべきであろう。よって、割れ疲労試験結果のうち、 $W/C=63\%$ のものについてのみ、データとしてとり出す必要が改まる。

3. 試験結果

疲労試験結果より、同一繰返し能力比の寿命分布が対数正規分布に近似できること、図-1.2に示したように、 $\log N$ が確率紙上で直線近似できることから示される。よって繰返し能力比に回帰式を $t = A \log N + B$ とし求め、中央値 $\log N = -B/A$ 、 $\log N$ の標準偏差 $D(\log N) = 1/A$ を求め、表-1に示す。

4. 平均疲労寿命について

$\log N$ と S_1 (最大能力比) の関係と S_2 (最小能力比) ごとに求め、図-3に示す。また圧縮疲労の場合と同様修正 Goodman の関係が成立したと、 $(100-S_1)/(100-S_2)$ と $\log N$ の関係とを求めると、 $\log N = 17.0 \times \frac{100-S_1}{100-S_2}$ で示され、圧縮疲労の場合とほぼ同様の疲労強度、疲労寿命であると、引張疲労の場合も考えようことと示された。(図-4, 5)

5. $D(\log N)$ について

疲労寿命のばらつきの大きさを $D(\log N)$ とみると、圧縮疲労試験の場合より大きな値と示れており、ばらつきが大きいことがわかる。この $D(\log N)$ を、静的強度の変動係数 $V(\%)$ と $S_1(\%)$ 、 $S_2(\%)$ で表すべく3回帰式を求めると、

$$D(\log N) = (-0.1963 S_1 + 0.0574 S_2) \left(1 - \frac{V}{100}\right) + 14.84$$

となり、このときの重相率 $R^2 = 0.78$ であつた。

以上の結果より、引張疲労に關する生存確率と考慮した $S-N$ 曲線とを求めることができたが、 $D(\log N)$ の大きさについて更に検討するべき問題もあり、ここではふれまいと置く。

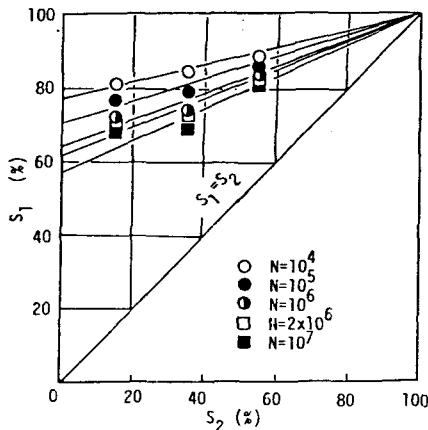


図-4. 耐ス線図と修正 Goodman の関係

表-1. 疲労寿命分布の回帰式 ($\log N$, $D(\log N)$)

応力比	回帰直線式	$\log N$	$D(\log N)$
15-70	$t = -0.725 \log N + 4.731$	6.52	1.38
15-75	$t = -0.671 \log N + 3.505$	5.22	1.49
15-80	$t = -0.825 \log N + 3.737$	4.53	1.21
35-80	$t = -0.406 \log N + 2.013$	4.96	2.46
35-85	$t = -0.617 \log N + 2.241$	3.64	1.62
35-90	$t = -1.021 \log N + 2.977$	2.92	0.98
55-85	$t = -0.338 \log N + 1.778$	5.26	2.96
55-90	$t = -0.731 \log N + 2.455$	3.36	1.37

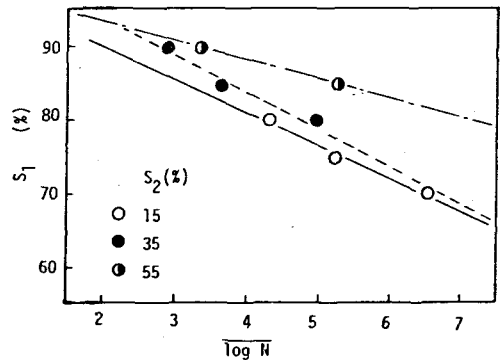


図-3 S_1-N 曲線

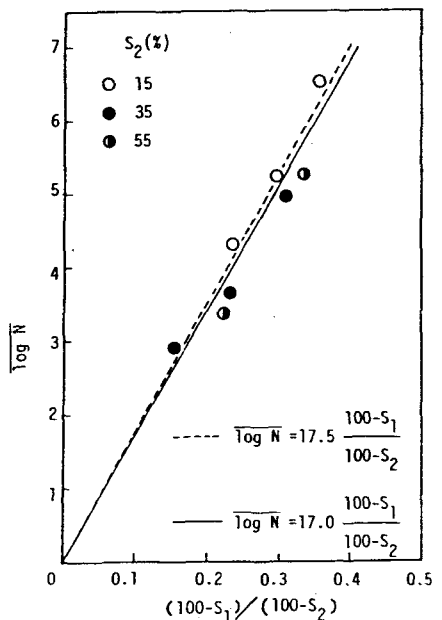


図-5 S_2-S_1-N 曲線