

限界状態設計法におけるRCおよびPCばりの疲労耐力設計用値

九州大学 工学部 正 員 松下 博通

" " " 牧角 龍憲

" " 学生員 ○高倉 克彦

1. まえがき

土木学会限界状態設計法指針(案)¹⁾によれば、繰返し荷重を受けるはりのコンクリートの曲げ圧縮応力度は、矩形応力分布とみなして算定し、疲労に対する検討を行うとされている。しかしながら、どのような経過で応力分布が矩形分布に近似していくのか、どの程度の荷重繰返し回数でそのような状態になるのか、また、最終的に検討に用いる矩形応力分布時の応力の大きさ等については、未だ実験的に明確にされていない。そこで、本研究では、PC鋼棒ひずみより、合力作用位置を確認できたPCばりの曲げ疲労試験結果およびコンクリートの圧縮疲労に関する過去の研究成果を重ね合わせて、それらの点についての考察を行った。

2. 繰返し最大荷重時のはり上縁応力の変化性状

今回のPCはりの曲げ疲労試験結果では、繰返し最大荷重時の上縁応力(以下最大上縁応力と略す)の変化を、中心軸圧縮疲労における繰返し最大荷重時の縦ひずみ(以下最大縦ひずみと略す)の経時変化と繰返し最大荷重時の上縁ひずみ(以下最大上縁ひずみと略す)の経時変化を比較することによって把握することを考えた。このとき処女載荷時の最大縦ひずみと最大上縁ひずみが一致していなければ、最大上縁応力の変化は正確に捉えられない。そこで表-1に示す中心軸圧縮疲労に関する研究成果に基づいて、最大縦ひずみの経時変化を推定した。図-2に、推定値と実験値を比較した一例を示すが、この推定方法は妥当な精度でデータを表現できると言える。この推定方法を用いて、最小応力比 $S_u=25\%$

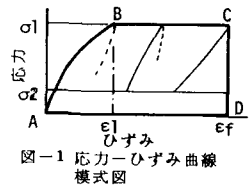


図-1 応力-ひずみ曲線模式図

表-1. 中心軸圧縮疲労における最大縦ひずみの推定方法

推定値	推定方法
疲労寿命 N_f	$\log N_f = 17(1 - S_o)/(1 - S_u)$ ————— ①
繰返し回数 $N=1$ における最大縦ひずみ ϵ_1	静的応力-ひずみ曲線
$N = N_f$ における最大縦ひずみ ϵ_f	中心軸圧縮疲労破壊に要するエネルギー(図-1中の面積ABCD)がほぼ一定値となる
$N = n$ ($1 < n < N_f$) での最大縦ひずみ ϵ_n	定常領域でのひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ と N_f の関係 $\dot{\epsilon} = 457 N_f^{-0.94}$ ————— ②

に対して求めた最大縦ひずみの経時変化に、最大上縁ひずみの実測経時変化を重ねた1例を図-3に示す。このような図から最大上縁応力の変化をよみとり、その経時変化を求めると図-4が得られる。図より、処女載荷時の最大上縁応力が小さいほど $\log N$ に対する最大上縁応力の変化は、緩やかになる傾向がみられる。そこで、性状を一括して把握するために、横軸に繰返し回数比 n/N 、縦軸に最

大上縁応力の変化量をとった図上に表わすと図-5が得られる。ただし、図中の黒印は、最大上縁ひずみを疲労寿命まで延長してよみとった値である。図より、最大上縁応力の総変化量は-5~-15%と大きくばらつくが、最大上縁変化量の繰返し回数比に対する変化の様子はよく一致している。すなわち、最大上縁応力は、繰返し回数比が0.1~0.2程度までの荷重繰返しにより急激に減少し、その後の荷重繰返しに対する減少量は非常に小さくなっている。このことは、荷重繰返

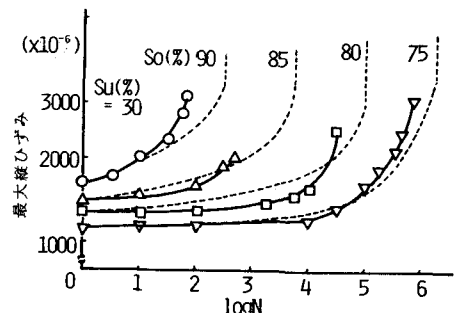


図-2 最大縦ひずみの推定値と実測値の比較

しに伴う応力再分配が、荷重繰返しの初期にほぼ完了することを示していると考えられる。

3. 応力分布状態の変化

最大上縁応力が減少していくにつれて、圧縮領域の応力分布は、合力作用位置を上縁側へ移動しながら、矩形分布に近づいてゆく。そこで、応力分布の矩形分布への移行を捉えるために、応力分布の形状を図-6に示す m 次放物線と仮定する。図中の矩形分布と m 次放物線分布の間に、力のつり合い条件および合力作用位置の一致条件を適用すると、 $\sigma_e/\sigma_m = (1+2m)/2(1+m)$ が得られる。この σ_e/σ_m は m 次放物線分布形状の矩形への近さを表わすと考えられるので、 σ_e/σ_m （便宜上、矩形率と呼ぶ）の変化を繰返し回数比に対して表わしたのが図-7である。図からみると、矩形率は、繰返し回数比が0.15付近で1.0となり、 m 次放物線で仮定した応力分布は、荷重繰返しの初期までに矩形分布に移行することがわかる。ただし、繰返し回数比が0.15程度より大きくなると、矩形率が1.0以上、つまり、応力分布内に上縁応力よりも大きい応力を有する領域が存在することになるがこのことについては、繰返し回数比が0.1~0.2程度になると最大上縁応力の変化量が、非常に小さくなることから、それ以後の応力分布状態は、ほぼ一定とみなすのが妥当であろう。

4. まとめ

以上のことから、繰返し回数比が0.1~0.2程度となるまでに圧縮領域の応力分布は、荷重繰返しによる応力再分布を受けて、合力作用位置を上縁側へ移動しながら矩形分布に移行し、その後破壊に至るまでほぼその矩形分布の状態を保つことになる。また、矩形分布への移行が荷重繰返しのごく初期に生じることから、限界状態設計法に規定されている繰返し荷重を受けるはりの曲げ圧縮応力度の算定に、矩形応力分布を考えた応力度を用いることの妥当性が明らかになった。

（参考文献）

1) コンクリート構造物の限界状態設計法指針（案）；土木学会・コンクリートライブラリー第52号

2) 繰返し荷重を受けるPCばりのモーメント-ストレス図について；松下ら。

昭和59年度土木学会西部支部講演概要集

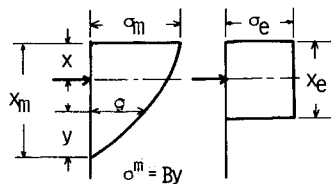


図-6 応力分布形状の m 次放物線化

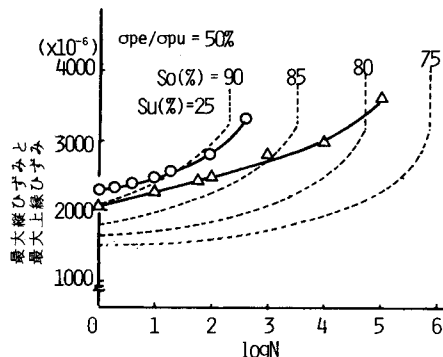


図-3 最大上縁ひずみと最大上縁ひずみの経時変化

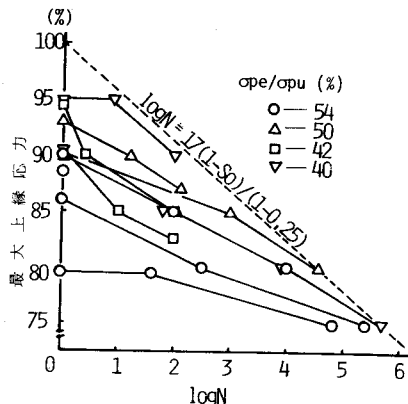


図-4 最大上縁応力の経時変化

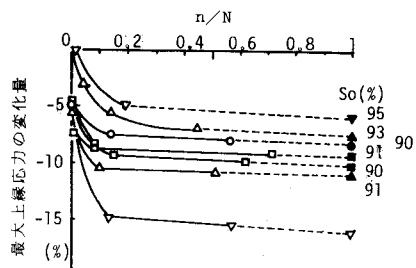


図-5 最大上縁応力の変化量の経時変化

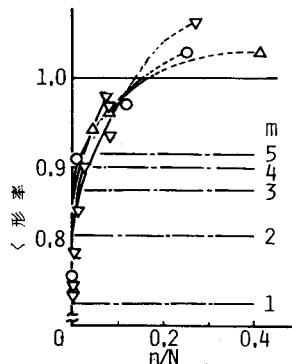


図-7 応力分布の m 形率の変化