

金沢工業大学 正員 齊藤 満  
 金沢工業大学 正員 今井 悟

1. 目的

圧縮あるいは曲げ載荷下条件下におけるコンクリートの疲労特性は、すでに数多く報告されているが、引張載荷条件下のものは、二を数えるにすぎない<sup>1),2)</sup>。これらの引張疲労の研究は、円柱あるいは角柱供試体を用いた圧裂試験によって実施されているため、一軸引張応力・ひずみ関係を直接測定し、検討するには困難がある。本研究は、均一な一軸応力状態の得られる純引張疲労試験によって、一軸引張繰返し応力をうけるコンクリートのS-N関係とひずみ挙動を明らかにすることを目的としている。

2. つかみ装置と供試体

コンクリートの純引張試験は、静的試験でさえも種々の困難さを有している。本研究では、純引張疲労試験に必要な諸条件を検討したのち、フリクショングリップにより加力する方法を採用した。グリップの斜材の長さや側板の厚さあるいは供試体形状の変化によって、供試体内部の応力分布は影響をうけるので、グリップの寸法と供試体形状の多数の組合せについてFEM二次元弾性解析による応力分布を検討し、最良と考えられるグリップと供試体の組合せを決定した。図-1は、採用したグリップと供試体による試験状況を示すものである。供試体は、10×10×74 cmの角柱供試体中央部に30%の絞りを施したものである。図-2は、FEM解析による供試体内部の応力分布を示すものである。図より、採用した純引張試験方法は、少なくとも供試体中央部付近では良好な一軸引張応力状態を生ずることがわかる。

3. 使用材料と疲労試験

使用セメントは普通ポルトランドセメントである。粗骨材は最大寸法20 mmの碎石(比重2.63、F.M.6.60)であり、細骨材は川砂(比重2.57、F.M.2.82)である。水、セメント、細骨材および粗骨材の単位量は、それぞれ189、350、838および929 kg/m<sup>3</sup>である。供試体数は疲労試験用80個、静試験用19個および予備試験用12個である。疲労試験は総て材令8週と9週の間で実施し、材令8週の静的強度(34.0 kg/cm<sup>2</sup>)を載荷の基準とした。上限応力比は静的強度の75.0、77.5、80.0、82.5、85.0、87.5%とし、下限応力比は総て8.0%とした。

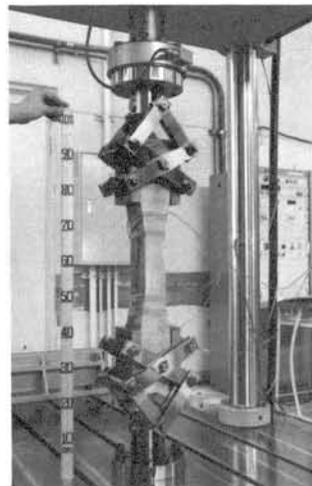
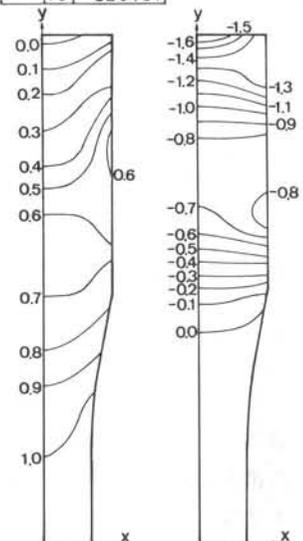


図-1 疲労試験状況

表-1 疲労試験結果

S <sub>%</sub>	r	N	S <sub>%</sub>	r	N
87.5	1	49	80.0	1	959
	2	68		2	1071
	3	139		3	3822
	4	187		4	4882
	5	254		5	6172
	6	623		6	6398
	7	867		7	6541
	8	1130		8	8779
	9	1141		9	9244
	10	1189		10	14767
	11	1291		11	15412
	12	1359		12	26564
	13	3554		13	45100
85.0	1	82	77.5	14	118874
	2	1108		15	176110
	3	1248		16	208228
	4	2225		17	621222
	5	3387		18	650772
	6	4217		1	4187
	7	7583		2	12710
	8	16731		3	22536
	9	24349		4	30251
	10	42356		5	35142
	11	46535		6	42353
12	51216	7	70266		
82.5	1	521	75.0	8	187050
	2	888		9	194665
	3	1016		10	579306
	4	1214		11	2000000
	5	1483		12	2000000
	6	1775		1	7607
	7	5987		2	45902
	8	6629		3	49282
	9	9845		4	400385
	10	11662		5	782627
	11	12155		6	2000000
	12	18815		7	2000000
	13	18954		8	2000000
	14	73926		9	2000000
	15	75961			
	16	329131			

・200万回で試験中止



(a)最大主応力 (b)最小主応力  
 図-2 供試体内部の応力分布

載荷速度は、240 cpm であり、荷重波形は正弦関数である。27個の供試体中央部にゲージ長68 mmのひずみゲージを4枚接着し、繰返し載荷中のひずみ測定を行った。試験中の乾燥による影響を防ぐために、各供試体にパラフィンワックスによるコーティングを行った。

#### 4. 結果および考察

《疲労強度》疲労試験結果を表-1に示す。表より明らかのように、同一の上限応力比においても疲労寿命は大きなばらつきを示す。図-3は、生存確率(P)と疲労寿命(N)を対数正規確率紙上にプロットしたものである。P-N関係はほぼ直線で近似することができ、コンクリートの純引張疲労寿命は、対数正規分布に従うことがわかる。図-4は、上限応力比(S)とP=0.5における平均疲労寿命( $\bar{N}$ )の関係を示すものである。Sの減少とともに $\bar{N}$ の対数値がほぼ直線的に増加しており、本実験の範囲では疲労限度は存在しないようである。Sと $\bar{N}$ の関係を最小二乗法によって求めると、 $S = -4.16 \log \bar{N} + 98.89$ となり、200万回疲労強度は72.7%となる。これより、純引張疲労強度は、すでに明らかにされている圧縮および曲げ疲労強度と比較して、大きい値となることがわかる。《ひずみ挙動》繰返し載荷下における応力-ひずみ曲線の一例を図-5に示す。27個の供試体に関する測定結果より、次のことがいえるようである。すなわち、a) 載荷時の応力-ひずみ関係はほぼ直線となり、その傾きが繰返し回数と上限応力比に関係なくほぼ一定値を保つこと(図-5)、b) 一般に繰返し回数とともに残留ひずみが増加し、ひずみ測定位置の相違によって残留ひずみが異なることがあること(図-6)、c) ヒステリシスループを描く傾向があること(図-5)である。a)の事実、応力-ひずみ曲線が最初上に凸の曲線から、後にほとんど直線となり、最後は下に凸となるといわれている圧縮載荷下におけるひずみ挙動の結果と大きく異なっている。図-6は、各供試体の疲労寿命の90%における残留ひずみとNの関係を示すものである。各点はかなりのばらつきを示すが、全体的には上限応力比の大小に関係なくNの増加とともに残留ひずみは増加する傾向にあり、とくにNが50万回を越すと大きい残留ひずみを示す場合がある。最後に、ご助力を頂いた木村、船橋、橋爪および細村の各氏に謝意を表する。文献1)小玉・橘：講概集、52年。2)R. Tepfers: J. ACI, Aug., 1979.

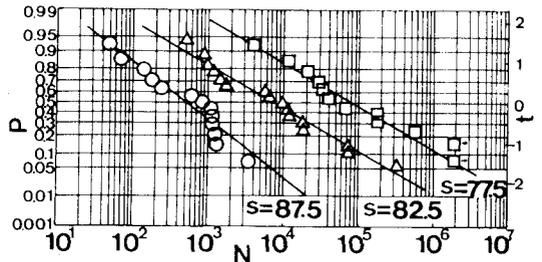


図-3 生存確率(P)と疲労寿命(N)の関係

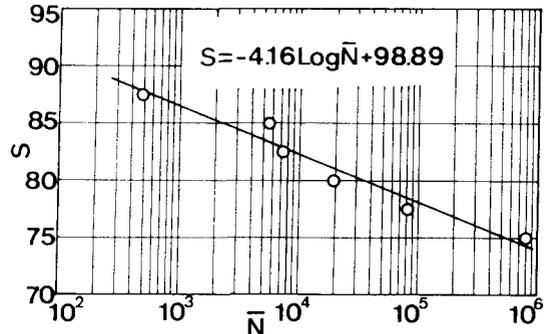


図-4 上限応力比(S)と平均疲労寿命( $\bar{N}$ )の関係

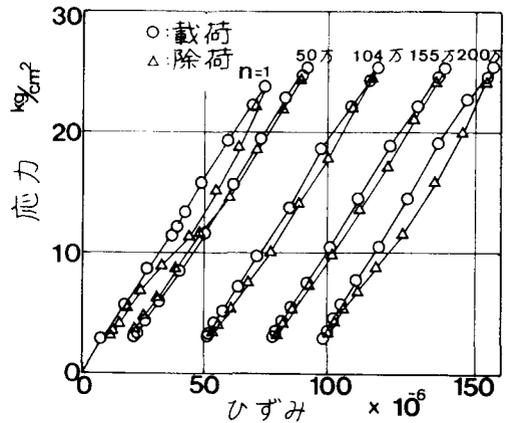


図-5 繰返し載荷下における応力-ひずみ曲線の一例

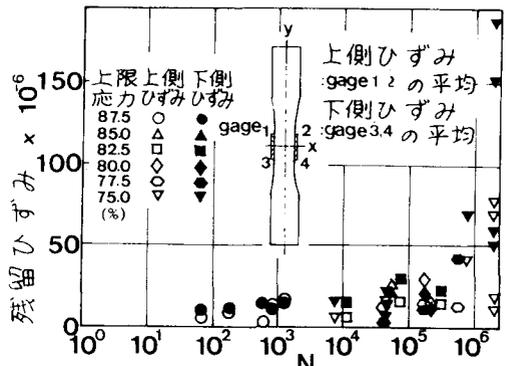


図-6 残留ひずみと疲労寿命(N)の関係