

## 繰り返し荷重を受けるPCばりのモーメントストレス図について

九州大学 正員 松下 博 通

九州大学○学生員 野 本 高 憲

九州大学 学生員 高 倉 克 彦

九州大学 正員 牧 角 龍 憲

## 1. まえがき

繰り返し荷重を受けるPCばりのコンクリートの疲労に対する検討は、その圧縮応力分布を矩形分布とみなして算定した繰り返し応力を用いて行われる。その際、静的荷重試験時に得られるモーメントストレス図を修正して、繰り返し荷重下におけるモーメントストレス図が描ければ、一軸繰り返し圧縮応力下のコンクリートの疲労寿命算定式を用いて、変動繰り返し荷重下も含めた疲労に対する検討が容易に行えることになる。しかしながら、この繰り返し荷重下におけるモーメントストレス図を描くために必要な、荷重繰り返しを受けたはり断面の内力の変化あるいは合力位置の変化については、未だ明確には把握されていない。

そこで本研究では、曲げ圧縮破壊が生じるように設計したPCばりにおいて、プレストレス導入時から疲労試験終了時まで継続してPC鋼棒応力を測定することにより、荷重時の内力ならびに合力位置の変化を調べ、また、コンクリート上縁ひずみの変化から上縁応力の変化を推定する方法を用いて、コンクリートのモーメントストレス図についての検討を行った。

## 2. 実験概要

実験に用いた供試体の形状寸法ならびに荷重状態を図-1に示す。断面寸法およびスパン長は、疲労試験機の性能上、破壊荷重が5t以下、中央点たわみが1.2mm以下となるように定めた。

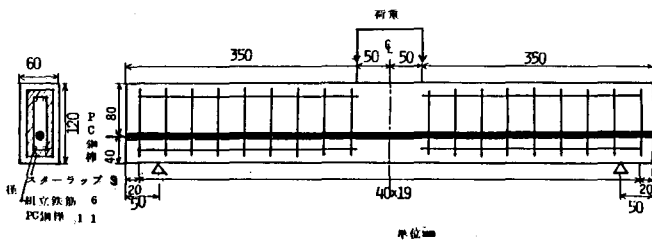


図-1 供試体の形状寸法および荷重状態

PC鋼棒は、SBPR95/110-11mm

1本で、はり上縁応力が0になる

ように3点に配置した。コンクリートは、粗骨材最大寸法10mm、W/C=65%で早強セメントを使用した。供試体は打設後2日間標準養生した後、材令3日でプレストレスを導入し、その直後にグラウトを注入した。疲労試験は材令2週以後に行い、正弦波形の繰り返し荷重を3~8Hzの速度で荷重し、任意回数繰り返し後にいったん除荷し、残留ひずみおよび最大繰り返し荷重までのコンクリートおよび鋼棒のひずみを測定した。

表-1 試験条件および試験結果

鋼棒ひずみは、中央部2か所に貼付し、ワックスコーティングおよび2mm厚の硬質ゴムチューブで保護したひずみゲージを用い、また、コンクリートひずみは、上縁から0,3,6 cmおよび下縁に貼付したひずみゲージを用いて、プレストレス導入時からそれぞれ測定した。

## 3. 実験結果および考察

表-1に疲労試験条件および試験結果をしめす。いずれの供試体もコンクリートの圧壊により疲労破壊が生じた。

図-2に、繰り返し回数比に伴う鋼棒ひずみの変化を示すが、繰り返し初期において急激に減少するものの  $n/N=0.1$  前

| No. | ope<br>opu | 繰返し荷重<br>(t) | $\frac{\sigma_c}{\sigma_{cu}}$ | 疲労寿命     |
|-----|------------|--------------|--------------------------------|----------|
| A-1 | 52         | 1.40-3.20    | 25-76                          | 2000000- |
| A-2 | 49         | 1.88-3.56    | 25-81                          | 600000-  |
| A-3 | 49         | 2.11-2.12    | 23-85                          | 7158     |
| B-1 | 47         | 0.60-3.28    | 10-90                          | 5390     |
| B-2 | 53         | 1.60-3.60    | 22-87                          | 453      |
| B-3 | 52         | 1.36-3.16    | 25-90                          | 241940   |
| C-1 | 40         | 1.40-2.96    | 25-91                          | 3542320  |
| C-2 | 38         | 0.60-3.00    | 7-88                           | 14990    |
| C-3 | 40         | 1.64-3.44    | 25-95                          | 570      |

後からはほぼ一定の値になることがわかる。すなわち、荷重繰返しを受ける期間の大半において、コンクリート ( $\times 10^{-6}$ ) の圧縮合力の大きさおよび作用位置はほぼ一定であるとみなすことができる。

このとき、上縁応力は、応力再分配により荷重繰返しに伴って減少することが予想され、またその程度は、一軸圧縮疲労試験時のコンクリートひずみの変化とはり上縁ひずみの変化の関係から推定することができる。

以上の2点をふまえて、コンクリートの応力分布を、近似的に台形分布とみなして算定した形状の、荷重繰返しに伴う変化の一例を図-3に示す。図にみられるように、少ない繰返し回数でほぼ矩形に近い形状になることがわかり、また  $n=2000$  回程度から矩形とみなせることがわかる。このとき、矩形分布に至るまでに、上縁応力は減少、上縁から3cmの位置の応力は増加して同じ応力に至るが、その増減の程度は、静的試験時 ( $n=1$  回の値に相当する) に得られた値からほぼ一定の比率で増減することがわかる。

ここで、応力再分配によって矩形応力分布になる応力状態下では、最小繰返し荷重時においても矩形分布を保つと仮定すると、静的荷重時に得られる上縁応力および圧縮域にある他の位置の応力についてのモーメントストレス図を、前述の比率を用いて修正し、矩形分布状態におけるモーメントストレス図を描くことができる。

その例を、図-4および図-5に示す。図から最大および最小繰返し荷重時におけるコンクリートの応力比  $S_1$  および  $S_2$  を求め、コンクリートの圧縮疲労寿命算定式  $\log N = 17.5 (1 - S_1) / (1 - S_2)$  に代入して算定した結果を表-2に示す。実験結果とよく近似しており、上述の方法による繰返し荷重時のモーメントストレス図は、ほぼ妥当な値を与えるといえる。

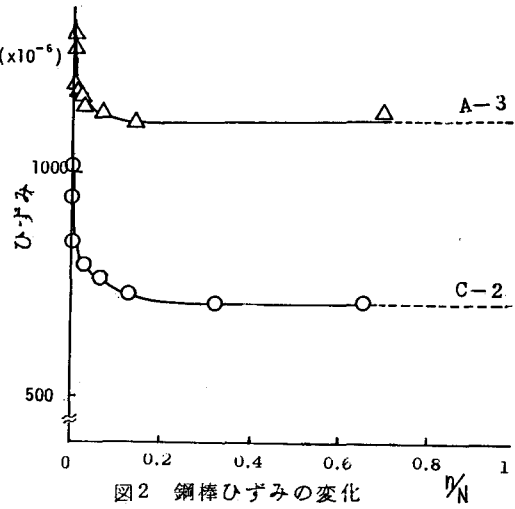


図2 鋼棒ひずみの変化

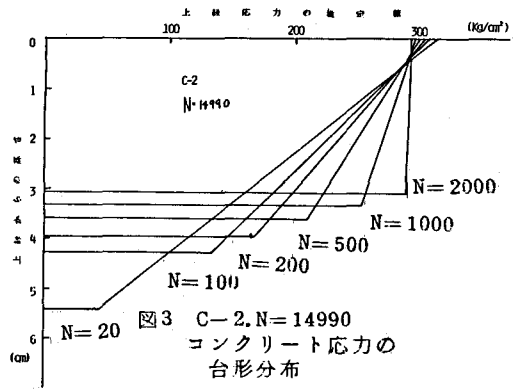


図3 C-2, N=14990  
コンクリート応力の  
台形分布

表2 実測疲労寿命と推定値の比較

| No  | 応力比<br>( $\sigma_c / \sigma_{cu, \%}$ ) | 推定 $\log N$ | 実測 $\log N$ | 推定値<br>実測値 |
|-----|-----------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| A-3 | 27.7    82.5                            | 4.24        | 3.85        | 1.10       |
| C-2 | 11.0    79.7                            | 3.99        | 4.18        | 0.95       |

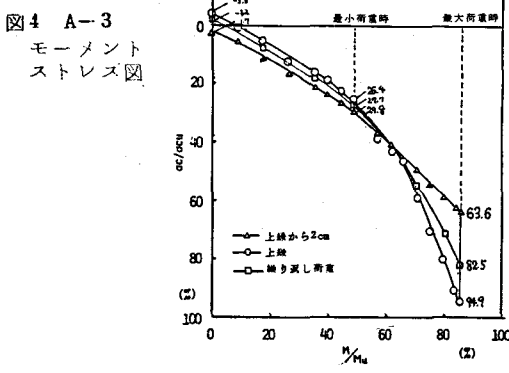


図4 A-3  
モーメント  
ストレス図

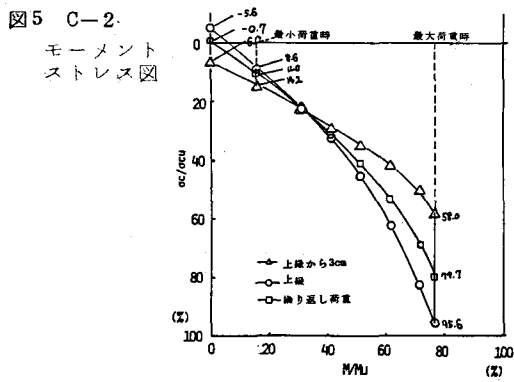


図5 C-2  
モーメント  
ストレス図