

室蘭工業大学 学員 鈴木 崇  
正員 尾崎 昶  
志村政雄

1. 目的

水中におけるコンクリートの疲労強度は、大気中におけるものよりも低下する事が知られているが、定量的資料はまだ十分ではない。本研究では水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度を高い精度度で求める事を目的とし、あわせて疲労破壊にいたるまでの歪特性を明らかにしようとするものである。なお、本実験では普通コンクリートの他に鋼繊維コンクリートを用いた。これは、ひび割れの拘束に有効な鋼繊維を用いる事によって水中における疲労強度の改善を期待したからである。

2. 実験概要

疲労試験に用いたコンクリートは、表一 / 示すような配合で円柱供試体を製作した。その後、20℃で水中養生し3ヶ月以上の材令で水中にて試験した。疲労試験は表一2に

表一 / コンクリートの配合

| 種類     | Fiber<br>(t) | G.max<br>(mm) | Slump<br>(cm) | Air<br>(%) | w/c<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位重 (kg/m³) |     |     |      |     |      |
|--------|--------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|-----|-----|------|-----|------|
|        |              |               |               |            |            |            | W           | C   | S   | G    | AE  | SF   |
| P.C.   | —            | 25            | 6.0           | 5.0        | 49.3       | 41.8       | 162         | 329 | 788 | 1095 | 66g | —    |
| S.F.C. | 1            | 20            | 5.5           | 3.4        | 50         | 50         | 170         | 340 | 904 | 904  | 68g | 7.8g |

示すような条件で実施し、下限応力比は3%前後に設定した。疲労試験をする前に準備として、各供試体には縦と横にそれぞれ2枚の計4枚のゲージを対角線上に接着した。この際、表面処理と接着にはアラライト、防水と絶縁にはハマタイトを用いた。ゲージを接着した後、供試体を水中にもどし1日以上たってから試験を開始した。疲労試験を開始する時には、偏心载荷にならないように対角線上の歪を等しくしてから繰返し荷重を載荷した。繰返し荷重の型式は正弦波荷重とした。この時に荷重の確認は、ロードセルの他にオシロスコープやデジボルを用いて正確に載荷した。疲労試験中の応力-歪曲線の測定にあたっては、歪と応力をウエーブメジャーを介してX-Yレコーダーに記録させた。なお、疲労試験中に気温の低下が予想される時には、ヒーターを用いて水温を一定にするようにした。

表一2 疲労試験条件

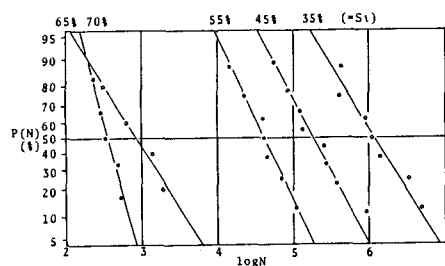
| 種類     | 寸法<br>φ15×30<br>(mm) | 圧縮強度<br>(kg/cm²) | S <sub>1</sub><br>(%) (Hz) |
|--------|----------------------|------------------|----------------------------|
| P.C.   | φ15×30               | 538              | 30 20                      |
|        |                      | 50               | 40 10                      |
|        |                      | 50               | 50 10                      |
| P.C.   | φ10×20               | 522              | 35 20                      |
|        |                      | 522              | 45 20                      |
|        |                      | 55               | 55 10                      |
|        |                      | 65               | 65 1/30                    |
|        |                      | 70               | 70 1/30                    |
| S.F.C. | φ10×20               | 516              | 40 20                      |
|        |                      | 516              | 45 20                      |
|        |                      | 516              | 50 10                      |
|        |                      | 60               | 60 10                      |
|        |                      | 70               | 70 0.2                     |

3. 結果と考察

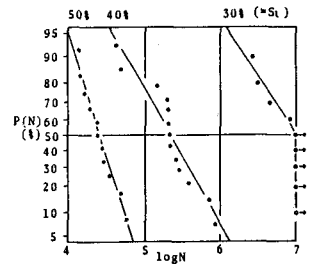
図一〜三に各供試体についてのP-N線図を示してある。これより疲労寿命の分布は、対数正規分布と考えられる。また、疲労寿命のばらつきはP-N線図の傾きの逆数をとり平均して求めてみると、普通コンクリートのφ15×30は0.40で、φ10×20は0.43、鋼繊維コンクリートでは0.2/であった。この事は本実験の精度の良さを示していると共に、鋼繊維コンクリートは普通コンクリートの半分のばらつきになっている。これは水中における鋼繊維コンクリートの圧縮疲労の特性と考えられる。

次に、疲労強度について $\log N = K_1 (100 - S_1) / (100 - S_2) + K_2$ により完全片振りに換算してS-N曲線を求めてみると表一3のようになる。しかし、この場合の

S-N曲線では傾きが違い約10万回前後において疲労強度の逆転がある。そこで、本研究では(S<sub>1</sub>, N) = (100, 1)の点を加えてS-N曲線を求めてみた。それを図一4に示してある。これより200万回疲労強度を比較してみると



図一 / P.C. φ 10×20のP-N線図



図一2 P.C. φ 15×30のP-N線図

表一4のようになり普通  
コンクリートより鋼繊維  
コンクリートの方が9%  
ほど疲労強度が増加して  
いる。しかし、乾燥状態  
の時と比較すれば期待し  
たほどの効果はないとい  
える。また、図一3より

鋼繊維コンクリートの応 図一3 S. F. C. のP-N線図  
力比70%の場合について载荷速度を5Hz と0.2Hz で比  
較した。これによるとデータ数としては少ないが、結果のばら  
つきの小さい事より、载荷速度の小さい方が疲労強度が低下す  
ると言ってよさそうである。

次に、歪特性については体積歪を求めて図一5~6に示し  
た。これによれば体積歪は応力比が大きいほど破壊までの歪  
の変化量が多い。しかも、普通コンクリートと鋼繊維コン  
クリートとでは体積歪  
の変化に大きな差はみ  
あたらず、疲労強度に  
おいて大差がなかった  
事と一致する。ここで  
、体積歪がプラスにな  
る回数に注目して、そ  
の結果を表一5にまと  
めてみる。これらの関

係を最小二乗法により 図一5 P. C. φ 10×20の体積歪の変化  
求めてみると表一6のようになり、上限応力比と体積歪がプラスになった繰返し回  
数より疲労寿命が予測できそうである。

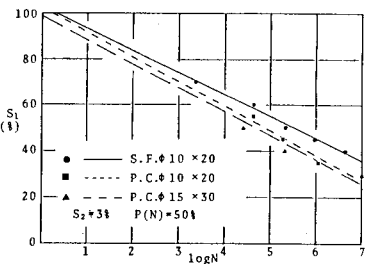
最後に、指数回帰によるS - N 曲線を示してみたが、  
この場合の問題点は、これらの曲線が (S<sub>t</sub>, N) = ( /  
00, 1) の点をはるかにこえてしまう事である。しか  
し、これによると応力比30%から70%の範囲におい  
てかなり良く一致しており、この時の200万疲労強度  
は、P. C. φ 15<sup>cm</sup>×30で34.0%、φ 10<sup>cm</sup>×20で3  
2.0%、S. F. Cで42.4%になっている。

4. 結論

- 1) 水中におけるコンクリートの200万回疲労強度は、静的強度の30数%とみてよい。
- 2) 鋼繊維コンクリートの水中における圧縮疲労寿命のばらつきは、普通コンクリートの約1/2になる。
- 3) 水中における鋼繊維コンクリートの200万回疲労強度は約42%で、普通コンクリートの場合より9%ほど増加する。
- 4) 体積歪の破壊までの変化は、応力比が大きいほど変化量が多い。
- 5) 普通コンクリートと鋼繊維コンクリートでは、体積歪の変化に大きな相違がみられない。

表一3 S-N曲線式 P (N) =50%

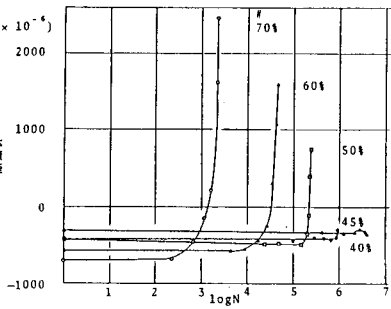
| 種 類             | S - N 曲線式                      | 200万回疲労強度 |
|-----------------|--------------------------------|-----------|
| P. C. φ10×20    | $S_t = 1.2064 - 0.1453 \log N$ | 29.1%     |
| P. C. φ15×30    | $S_t = 0.8116 - 0.0772 \log N$ | 32.5%     |
| S. F. C. φ10×20 | $S_t = 1.0926 - 0.1103 \log N$ | 40.0%     |



図一4 修正S-N曲線

表一4 修正S-N曲線式

| 種 類             | S - N 曲線式                      | 200万回疲労強度 |
|-----------------|--------------------------------|-----------|
| P. C. φ10×20    | $S_t = 1.0064 - 0.1051 \log N$ | 34.4%     |
| P. C. φ15×30    | $S_t = 0.9825 - 0.2103 \log N$ | 33.2%     |
| S. F. C. φ10×20 | $S_t = 1.0102 - 0.0922 \log N$ | 43.1%     |



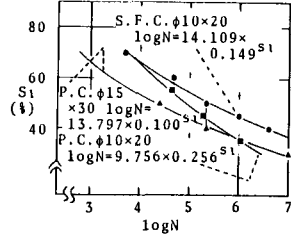
図一6 S. F. C. の体積歪の変化

プラスになる回  
数と上限応力

| 試 験      | S <sub>t</sub><br>(%) | N/N <sub>F</sub> ×100<br>(%) |
|----------|-----------------------|------------------------------|
| S. F. C. | 45                    | 90                           |
|          | 55                    | 90                           |
|          | 65                    | 60                           |
|          | 70                    | 64                           |
| P. C.    | 50                    | 92                           |
|          | 60                    | 73                           |
|          | 70                    | 62                           |

表一6 破壊回数  
予測の実験式

| 種 類      | 破壊回数予測の実験式                   |
|----------|------------------------------|
| P. C.    | $N/N_F = -1.500 S_t + 115.9$ |
| S. F. C. | $N/N_F = -1.302 S_t + 153.5$ |



図一7 指数回帰S-N曲線