

再生骨材コンクリートの水中圧縮疲労特性

○九州大学大学院 学生会員 橋本 学 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. 目的

再生骨材コンクリートは TR A 0006「再生骨材を用いたコンクリート」によると、高い強度や耐久性が要求されない部材や部位を用途とすると定められているが、今後、解体コンクリート塊の急増が予想され、用途拡大を考える上では構造部材への適用も一方法である。一方、吸水率の大きい人工軽量骨材を用いた場合、普通コンクリートに比べ疲労強度が低下する¹⁾と報告されており、吸水率の大きい再生骨材を用いたコンクリート疲労特性を検討する際には、コンクリートの乾湿状態を考慮しなければならない。そこで、本研究では湿潤状態に注目し、再生骨材コンクリートの水中圧縮疲労特性について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）とし、粗骨材（G）には、再生粗骨材（絶乾密度 2.34g/cm^3 、吸水率 5.50%）を水洗いしたものを、細骨材（S）には、 0.15mm 以下の微粉を全てカットした再生細骨材（絶乾密度 2.12g/cm^3 、吸水率 8.58%）を使用した。また、混和剤はリグニンスルホン酸系の AE 減水剤とアルキルアリルスルホン酸系の空気連行剤を併用した。コンクリートの示方配合を表-1に示す。配合は目標スランプを $8\pm 1\text{cm}$ 、目標空気量を $4.0\pm 0.5\%$ となるように試験練りにより求めたものである。

2. 2 試験方法

(1) 圧縮強度試験

JIS A 1108 に従い、疲労試験前と試験後に円柱供試体（ $\phi 7.5\times 15\text{cm}$ ）の水中での圧縮強度を 5 本ずつ測定した。また、試験前の圧縮強度の平均を繰返し応力設定時の静的強度とした。材齢は強度増加を最小限に抑えるため、3 ヶ月以上養生室内で湿空養生（温度 20°C 、湿度 95%以上）を行い、各供試体は試験開始 14 日前から水浸させ、試験時にコンクリート内部が完全に含水状態であるようにして試験に供した。

(2) 疲労試験

疲労試験には、電気油圧サーボ式で容量 200kN の疲労試験機を用い、載荷波形を正弦波形とし、載荷速度を 5Hz とした。繰返し応力の大きさは下限応力を静的強度に対して 10%の一定とし、上限応力を 50%~70%まで 5%間隔で変化させ、応力毎に供試体 5 本ずつを試験に供した。試験用供試体が破壊するか、もしくは、繰返し回数が 2×10^6 回に達した場合はその時点で試験を中止し、その時点における疲労寿命を測定した。試験手順として繰返し載荷 1 回目は、手動で載荷を行い、2 回目以降は自動で行った。また、載荷速度は 100 回目までは 1Hz で行い、その後 5Hz に達するまで徐々に増加させた。写真-1に水中載荷状況を示す。



写真-1 水中載荷状況

表-1 コンクリートの示方配合

| 水セメント比 W/C (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単位量 (kg/m^3) | | | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------|------------------|----------------|---------------------------------|-------|
| | | 水 W | セメント C | 再生*1 細骨材 S | 再生 粗骨材 G | AE 減水剤 (g/m^3) | AE剤*2 |
| 50 | 44 | 180 | 360 | 674 | 917 | 1125 | 8A |

*1 再生細骨材は、 0.15mm 以下の微粉を全てカット*2 1A:セメント 1kg に対して 0.01cc

キーワード：再生骨材コンクリート，水中疲労，S-N 曲線

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-641-3131 内線 8654 FAX 092-642-3271

3. 結果および考察

(1) 圧縮強度試験

疲労試験前および試験後の強度増加はみられず、10本の平均強度は33.9N/mm²で、この値をそのまま疲労試験時の静的強度とした。

(2) 疲労寿命分布

同一の載荷条件下におけるコンクリートの疲労寿命のばらつきは非常に大きく、疲労試験結果を整理する上で統計的手法を用いることが必要となる²⁾。そこで本試験のように供試体本数が少ない場合は生存確率を考慮し、順序統計量の理論を適用すべきである。すなわち、同一条件で試験された総数 n 本のうち疲労寿命が小さい方から r 番目の供試体の生存確率の期待値 $P(N_r)$ は、

$$P(N_r) = 1 - \frac{r}{n+1} \quad [1]$$

となる。また、繰返し回数が 2×10^6 回に達しても破壊しない場合、つまり供試体総本数 n 本のうち、 m 本が規定回数までに破壊しなかった場合は、 $n+1$ 本の供試体が試験に供されたとして、規定回数 N_r で $n-m+1$ 番目の供試体が破壊したと見なし、寿命の小さい方から数えて r 番目の測定値 N_r での生存確率の期待値 $P(N_r)$ は、

$$P(N_r) = 1 - \frac{r}{n+2} \quad [2]$$

となる。上記の生存確率を考慮し、表-2の試験結果を正規確率紙上にプロットしたものを図-1に示す。いずれの場合も直線で近似することができ、疲労寿命が対数正規分布に従うことが確認された。

(3) 最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ 曲線

生存確率 $P(N_r)$ が 50% になる疲労寿命（平均疲労寿命、 $\overline{\log N}$ ）を求めた結果を図-2に示す。また、図中に松下式²⁾と既往の研究³⁾より求めた気乾状態での再生骨材コンクリートの最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ 曲線の式を示す。図-2より、水中での再生骨材コンクリートの静的強度に対する疲労強度は、普通コンクリートと同様であることが分かった。また、水中における最小応力比を10%としたとき、200万回での静的強度に対する疲労強度は、気中に比べ20%ほど低下することが確認された。

4. まとめ

(1) 水中での再生骨材コンクリートの疲労寿命は対数正規分布することが確認された。

(2) 再生骨材コンクリートの静的強度に対する疲労強度は普通コンクリートのそれと同様であることが分かった。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金・基盤研究A(1)(代表者・九州大学 松下博通 No.11305032.)の一環として行われた。

【参考文献】

- 1) 松下博通ほか：生存確率を考慮したコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，土木学会論文報告集，No.284，pp.127-138，1979
- 2) 松下博通ほか：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，土木学会論文報告集，No.296，pp.87-95，1980
- 3) 橋本学ほか：再生骨材コンクリートの圧縮疲労特性，第56回セメント技術大会講演要旨，2002

表-2 疲労試験結果

| 応力比 | r | 疲労寿命 N_r (回) | $P(N_r)$ (%) |
|--------|-----|----------------|--------------|
| 10~70% | 1 | 1737 | 83.3 |
| | 2 | 3938 | 66.7 |
| | 3 | 5365 | 50.0 |
| | 4 | 14462 | 33.3 |
| | 5 | 20891 | 16.7 |
| 10~65% | 1 | 20499 | 83.3 |
| | 2 | 30011 | 66.7 |
| | 3 | 32286 | 50.0 |
| | 4 | 63317 | 33.3 |
| | 5 | 67977 | 16.7 |
| 10~60% | 1 | 49038 | 83.3 |
| | 2 | 98215 | 66.7 |
| | 3 | 116738 | 50.0 |
| | 4 | 218070 | 33.3 |
| | 5 | 516542 | 16.7 |
| 10~55% | 1 | 526361 | 83.3 |
| | 2 | 657812 | 66.7 |
| | 3 | 741582 | 50.0 |
| | 4 | 983139 | 33.3 |
| | 5 | 1204403 | 16.7 |
| 10~50% | 1 | 2000000 | — |

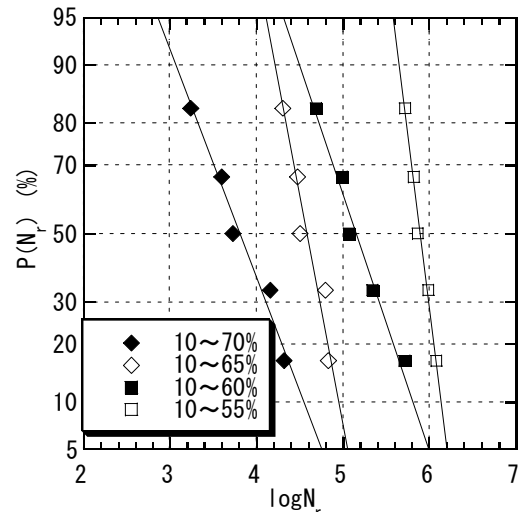


図-1 P-N線

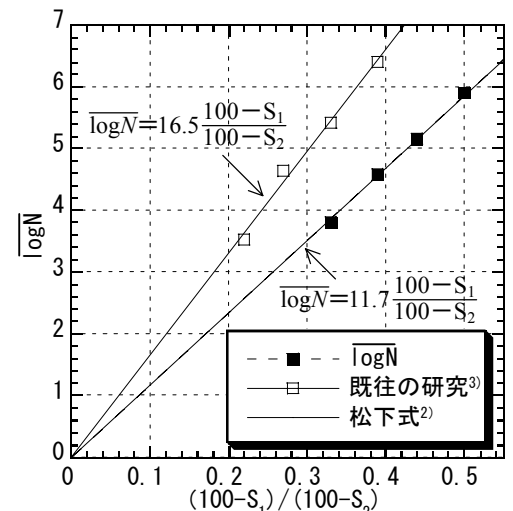


図-2 最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ 曲線