

高品質軽量骨材コンクリートの圧縮疲労強度

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○早川真吾 立命館大学理工学部 学生員 岡部夕佳
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之

1. はじめに

本研究は、一定繰返し荷重を受ける高品質軽量粗骨材を用いた軽量骨材コンクリート I 種の圧縮疲労試験を行い、コンクリートの圧縮強度と試験環境条件が疲労性状に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

コンクリート強度は普通強度と既報告[1]の高強度を対象とし、試験環境は気中と水中とした。円柱供試体(φ7.5×15cm)は、打設翌日に脱型、1週間水中養生し、疲労試験を実施するまで高湿恒温恒湿室(20±1℃、RH=90±5%)で保管した。水中静的強度試験供試体および水中疲労試験供試体は、試験前約7日間水中養生した後に載荷試験を実施した。疲労試験は正弦波による部分片振り載荷で、材齢91日以降に実施した。載荷速度は高強度では5~10Hz、普通強度では4Hzとした。疲労試験直前に行った静的強度試験結果を表1に、実験要因を表2に示す。

3. 実験結果および考察

同一繰返し応力を受ける場合でも、疲労寿命は一般に大きく変動する。本研究では疲労寿命の分布は、対数正規分布に従うものとして処理した。200万回の繰返し載荷で破壊しなかった供試体の疲労寿命はN=200万回とした。

上限応力比と平均疲労寿命の関係を既報告[1]の高強度軽量骨材コンクリートの結果とともに図1に示す。高強度軽量骨材コンクリートの気中におけるS-N式には、その後の試験データも追加している。普通強度コンクリートの200万回疲労強度は、高強度コンクリートより気中で4%、水中で10%低下した。また、高強度コンクリートの水中疲労強度は、気中より11%低下したのに対し、普通強度コンクリートでは17%と低下が著しかった。

軽量骨材コンクリートの $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係を既報告[1][2]のデータとともに図2、3に示す。ここで、 S_r : 応力振幅比、 f_k : コンクリート強度の特性値(試験値 f_m が特性値を下回る確率が5%とした値)、 $f_k/f_m = 1 - 1.64\delta$ 、 δ : コンクリートの試験強度の変動係数。土木学会「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」に規定されているコンクリートの設計疲労強度(f_{rd})式を式(1)に示す。

$$f_{rd} = k_{1f} f_d \left(1 - \sigma_p / f_d \right) \left(1 - \frac{\log N}{K} \right) \quad (1)$$

表1 静的強度試験結果(疲労試験時)

	環境条件	f'_c (N/mm ²)	E_c (×10 ⁴ N/mm ²)
高強度[1]	気中	62.8-76.8 (4.9-10.1)	2.73
	水中	65.6(5.7)	2.73
普通強度	気中	36.2(4.1)	1.70
	水中	36.8(5.0)	1.99

()は変動係数 %

表2 実験要因

	環境条件	上限応力比 S_{max} (%)	下限応力比 S_{min} (%)	供試体数
高強度	気中	65	10	10
		70		23
		75		23
		80		15
	水中	55	10	5
		60		8
普通強度	気中	65	10	8
		70		8
		80		14
	水中	40	10	2
		50		11
		60		14

$S_{max}(\%) = \{ (上限応力) / (各々の環境条件下での静的強度) \} \times 100$
 $S_{min}(\%) = \{ (下限応力) / (各々の環境条件下での静的強度) \} \times 100$

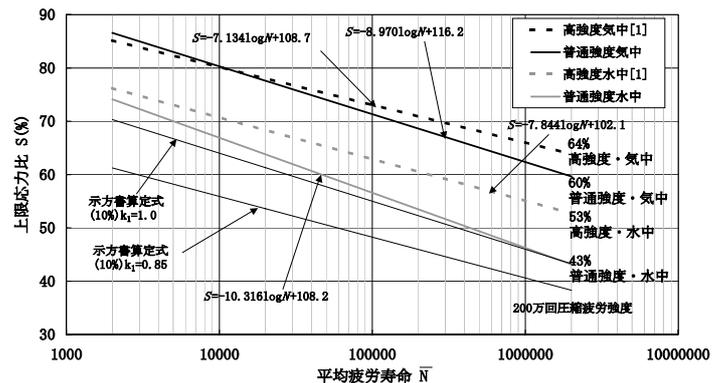


図1 S-N線図

キーワード：高品質軽量骨材コンクリート・疲労・疲労強度・K

住所：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (立命館大学理工学部土木工学科) TEL/FAX:077-561-2805

ここで、 f_d ：コンクリートの設計強度、 σ_p ：永久荷重による応力度、 K ：普通コンクリートで継続してあるいはしばしば水で飽和される場合、および軽量骨材コンクリートの場合は $K=10$ 、その他の場合は $K=17$ 、 k_{1f} ：永久荷重による強度低下などを考慮する係数(圧縮の場合は $k_{1f}=0.85$)、 N ：疲労寿命 $N \leq 2 \times 10^6$

コンクリートの種類と供試体の乾湿状態によって定まる疲労強度式中の定数 K の実験値と推定値を表 3 に示す。疲労強度の特性値は、過去のデータの大部分を安全側(生存確率 95%以上)に包括する値にすることが望ましい。そのため、 $S-\bar{N}$ 線式から得られた K を使用したときの生存確率(超過確率)が 95%以上であればその値を採用し、95%以下であれば生存確率が 95%以上になるように低減した K の値が土木学会「コンクリート標準示方書」のコンクリート疲労強度式に採用されている。普通強度を対象とした軽量骨材コンクリートの場合、水中における K の値は気中より低下する傾向にあるものの、現行示方書に規定されている値($K=10$)とほぼ一致した。しかし、軽量骨材コンクリートの水中疲労試験データは非常に少ないのが現状であり、今後の検討が必要である。

高品質軽量骨材を使用した高強度コンクリートでは、既報告[1]によると、気中では $K=17$ を使用しても差し支えないと報告されている。しかし、追加試験結果を加えると、 $K=13$ を採用することが望ましい。高品質軽量骨材を使用した高強度コンクリートでは、現行示方書の規定より大きな K の値を採用することが推奨される。

コンクリートの疲労強度は強度依存性があり、その依存性は使用骨材の種類により異なる傾向にあった。碎石を使用したコンクリートの疲労強度は、高強度になると低下した。しかし、高品質軽量骨材コンクリートでは、高強度になると疲労強度は改善された。それに伴い、 K の値も大きくなった。

4. 結論

- 1) コンクリートの圧縮疲労強度は、強度に依存する。高品質軽量骨材を使用したコンクリートは、高強度になると疲労強度が改善された。それに伴い K の値も大きくなった。
- 2) 普通強度を対象とした軽量骨材コンクリートの水中疲労強度は、気中疲労強度より低下する傾向にあった。データが非常に少ないので、今度の検討が必要である。
- 3) 疲労強度式中の K の値を決定は、環境条件や圧縮強度、使用骨材の種類により検討する必要がある。

【参考文献】

[1] 林他：高強度コンクリートの圧縮疲労特性 土木学会論文集 No.641 / V-46, pp67-76, 2000.2
 [2] 土木学会：コンクリートライブラリー 第 52 号 コンクリート構造の限界状態設計法指針(案) pp285~300, 1983.

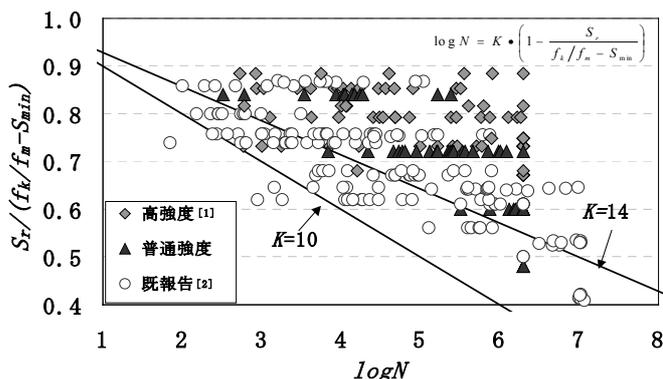


図 2 S-N 関係(気中疲労試験)

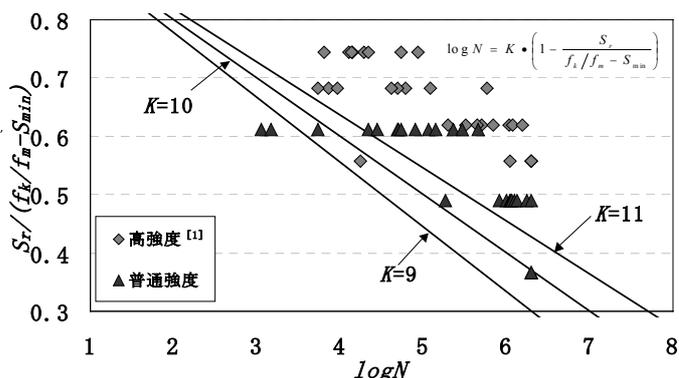


図 3 S-N 関係(水中疲労試験)

表 3 K の推奨値

コンクリートの種類	環境条件	圧縮強度 (N/mm ²)	K の値			
			s-N 曲線の勾配	生存確率 95%以上	推奨値	土木学会示方書*
普通強度 軽量骨材	気中	36.2	10.0	14	10	10
	水中	36.8	8.7	9	9	10
高強度 軽量骨材 [1]	気中	62.8-76.8	12.6	14	13	---
	水中	65.6	11.5	11	11	---
高強度 碎石 [1]	気中	79.8	12.8	12	12	---
	水中	68.4	8.3	8	8	---

注) * : $f_{ck}=50\text{N/mm}^2$ に対する設計強度を上限とする