

立命館大学大学院 学生員○西村卓展 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

本研究では、高品質軽量粗骨材(独立空隙型)を用いた軽量コンクリートの気中圧縮疲労試験を行い、コンクリートの圧縮強度が疲労性状に及ぼす影響について検討するとともに、既往データと比較検討した。

2. 実験概要

軽量コンクリートの示方配合を表1に、使用材量を表2に示す。円柱供試体(φ7.5×15cm)は、打設翌日に脱型、1週間水中養生の後、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。疲労試験は正弦波による部分片振り載荷とし、材齢91日以降に実施した。載荷速度は5Hz一定とした。実験要因を表3に、静的強度試験結果を表4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。従って、得られた疲労試験結果を統計的に処理する必要がある、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=200万回として処理した。この方法で平均疲労寿命を求めると安全側の小さな値となる。上限応力比(S)と平均疲労寿命($\bar{N}$)の関係を図1に示す。これは、生存確率50%における平均疲労寿命を最小自乗法によって直線近似したものである。図中には、普通骨材および本実験と同じ軽量粗骨材を用いた高強度コンクリートのデータ(1)も示している。軽量コンクリートの圧縮強度が62.6N/mm²から76.8N/mm²に増加しても、200万回圧縮疲労強度は変化せず約65%であった。この値は、普通骨材を用いた高強度コンクリートより7%大きい。しかし、高強度になるほどS- $\bar{N}$ 曲線の勾配は急になり、普通骨材を用いた高強度コンクリートとほぼ同じ勾配であった。

各研究者による軽量コンクリートの気中疲労試験におけるS- $\bar{N}$ 曲線(2)を図2に示す。研究者により試験条件は若干異なるが、気中における軽量コンクリートの200万回圧縮疲労強度は、普通強度(24.5~51.4N/mm²)を対象とした既報告試験結

表1 軽量コンクリートの示方配合

W/(C+SF) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					高性能 AE 減水剤(kg/m ³)	AE 助剤 (A)**
		W	C	SF*	S	G		
30	48	160	479.7	53.3	777.5	408	11.2(C×2.1%)	2.2

注) * シリカフェュームは結合材質量に対して内割で10%とした。

** AE 助剤の2%希釈液を1kgあたり2cc使用する時を1Aとする。

表2 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント 密度 3.14g/cm ³
シリカフェューム	ノルウェー産粉体 密度 2.20g/cm ³ SiO ₂ =92.3%
細骨材	野洲川産川砂 密度 2.60g/cm ³ F.M. 2.83
粗骨材 (人工軽量骨材)	原料:真珠岩 製造方法:回転造粒型 絶乾密度 1.23g/cm ³ 表乾密度 1.26 g/cm ³ 24時間吸水率 1.89% 最大寸法 15mm F.M. 6.50
高性能 AE 減水剤	カルボキシル基含有ポリエーテル系
AE 助剤	アニオン系界面活性剤

表3 実験要因

上限応力比 S_{max} (%)	下限応力比 S_{min} (%)	供試 体数
60	10	2
65		5
70		10
75		7

表4 静的強度試験結果

	材齢28日	疲労試験直前
f'_c (N/mm ²)	73.6	76.8
E_c (×10 ⁴ N/mm ²)	2.90	3.06

$$S_{max} (\%) = [(上限応力) / (静的強度)] \times 100$$
$$S_{min} (\%) = [(下限応力) / (静的強度)] \times 100$$

表5 変動係数

骨材の種類	軽量骨材	普通骨材(1)	既報告試験 結果(2)
静的圧縮強度 (N/mm ²)	76.8	62.8(1)	74.6~84.8
変動係数(%)	4.9	10.1	6.8~7.6

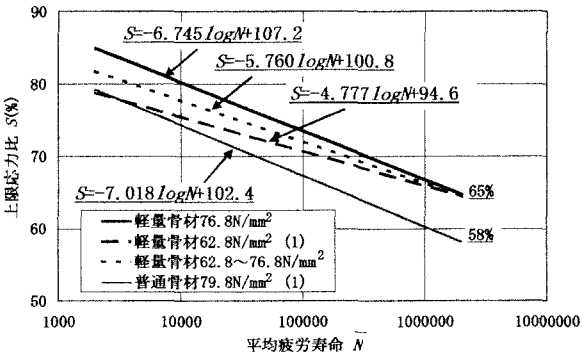


図1 S- $\bar{N}$ 線図

果の平均で約 56%、高強度を対象とした本研究では普通強度のものより約 9 %大きく、65%であった。また、土木学会「コンクリート標準示方書」の圧縮疲労強度式($k_1=1.0$ 時)よりも大きな値となった。

軽量コンクリートの $S_r/(f_k f_m S_{min})$ と $\log N$ の関係を既報告疲労試験結果(2)とともに図 3 に示す。ここに、 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) $f_k f_m=(1-1.64 \delta)$ 、 S_{min} : 下限応力比、 δ : コンクリートの試験強度の変動係数。圧縮疲労試験時におけるコンクリートの圧縮強度の変動係数を表 5 に示す。一般に、コンクリートの種類・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 は、次のようにして求められている。 $S-\bar{N}$ 曲線式から得られた 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 の値が採用されている。土木学会「コンクリート標準示方書」の圧縮疲労強度式では、 K の値として軽量コンクリートの場合 $K=10$ を採用すること

により、生存確率 95%を保証している。①普通骨材を用いた圧縮強度約 80 (74.6~84.8) N/mm² を有する高強度コンクリートの気中圧縮疲労強度は、普通強度を有するコンクリートより低下し、圧縮疲労強度式中の K の値として 12 を使用すべきこと、②高品質軽量粗骨材を用いた圧縮強度 62.8 N/mm² を有する高強度軽量コンクリートの気中圧縮疲労強度は、普通強度を有する普通骨材コンクリートと同等の性能を有し、圧縮疲労強度式中の K の値として 17 を使用して差し支えないことを報告した(1)。しかし、同品質の軽量粗骨材を使用して更に高強度(76.8 N/mm²)になると、200 万回疲労強度に変化はないものの、 $S-\bar{N}$ 曲線式から得られた K の値は 13.3 に低下した。76.8 N/mm² の圧縮強度を有するコンクリートのデータについて生存確率 95%を確保するためには、 K の値を 11 まで小さくすることが必要である。この値は、普通骨材を用いた強度レベルがほぼ等しい高強度コンクリートに推奨される $K=12$ に近い。試験データ数が少ないものの、圧縮強度が 70~75 N/mm² 以上の高強度軽量コンクリートにおいては、普通骨材を用いた高強度コンクリート同様、高強度になると圧縮疲労強度式中の K の値として 12 程度を使用することが推奨される。

4. 結論

圧縮強度が 70~75 N/mm² 以上の高強度軽量コンクリートにおいては、普通骨材を用いた高強度コンクリート同様、高強度になると圧縮疲労強度式中の K の値を小さくすることが必要であり、今後の試験データの蓄積が望まれる。

【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-46，67-76，2000.2
- (2) 土木学会：コンクリート構造の限界状態設計法指針(案),コンクリートライブラリー,第 52 号, pp285~300,1983.

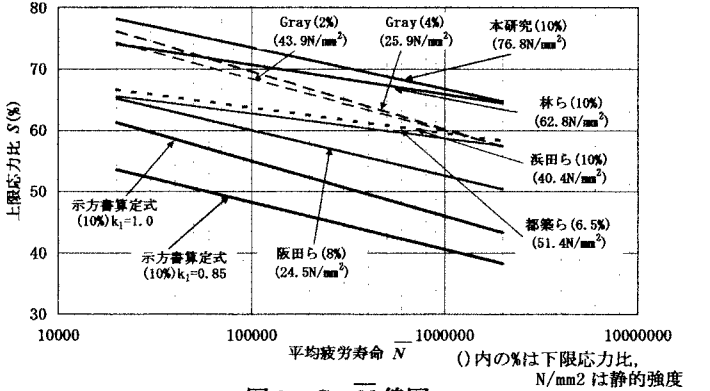


図 2 $S-\bar{N}$ 線図

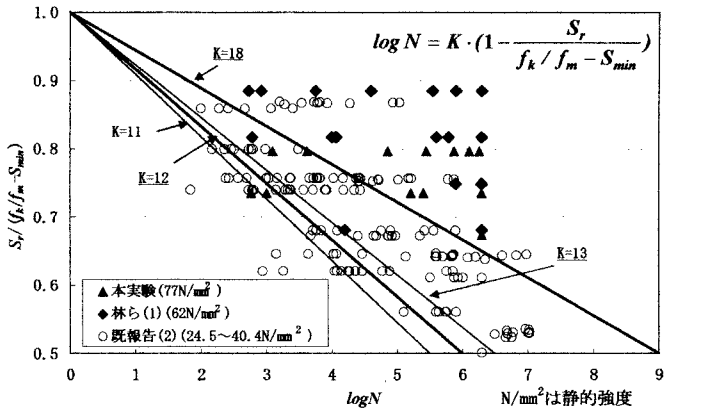


図 3 $S-\bar{N}$ 線図