

立命館大学理工学部

正会員 児島孝之

立命館大学理工学部

正会員 高木宣章

立命館大学大学院理工学研究科

学生員 林 宏信

立命館大学理工学部

学生員○西村卓展

1. はじめに

本研究は、一定繰返し荷重を受ける高強度コンクリートおよび軽量コンクリートの圧縮疲労試験を行い、環境条件および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した。

2. 実験概要

本実験に用いた高強度コンクリートおよび軽量コンクリートの示方配合を表1に、使用材料を表2に示す。人工軽量骨材は、打設前約24時間吸水させ表面乾燥飽水状態にして用いた。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。疲労試験は正弦波による部分片振り载荷とし、材齢91日以降に実施した。载荷速度は高強度コンクリートで5~10Hz、軽量コンクリートで8~10Hzとした。既報告データ[1]も含めた実験要因を表3に示す。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载荷試験を実施した。

3. 実験結果および考察

静的強度試験結果を表4に、 $S - \bar{N}$ 線図を図1に示す。高強度コンクリートおよび軽量コンクリートの水中疲労強度は気中疲労強度より低下し、その低下は普通強度コンクリートよりも小さい。図2に高強度コンクリートの気中における $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係を既報告疲労試験結果[2]とともに示す。土木学会のコンクリート疲労強度式では、コンクリートの種類・供試体の乾湿状態によって定まる定数 K として、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コンクリートの場合は $K=10$ 、その他の一般の場合 $K=17$ を採用することにより、95%以上の生存確率を保証している。高強度コンクリートの気中疲労試験においては $K=17$ にすると、危険側となるデータがかなり増加する。 $K=15$ を採用すると普通強度から高強度までの全てのデータに対して、 $K=13$ では高強

表1 コンクリートの示方配合

	W/(C+SF) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混合剤(kg/m ³)	AE助剤 (A) **
			W	C	SF *	S	G		
高強度	40	46	176	440	0	788~789	954~955	3.5~5.3 (C×0.8~1.2%)	---
軽量	30	48	160	479.7	53.3	780	392	10.7 ((C+SF)×1.2%)	2

注) * シリカフュームは結合材(C+SF)質量に対して内割で10%とした。

** AE助剤の2%希釈液を結合材1kgあたり2cc使用する時を1Aとする。

表2 使用材料

	高強度コンクリート	軽量コンクリート
細骨材	野洲川産川砂 比重2.62 F.M.2.55~2.81	回転造粒型
粗骨材	高機産硬質砂岩6号砕石、 最大寸法13mm 比重2.69 F.M.6.38	表乾比重1.11 絶対比重1.08 F.M.6.58 吸水率1.88%
セメント	早強ポルトランドセメント(比重3.14)・普通ポルトランドセメント(比重3.16)	早強ポルトランドセメント(比重3.14)
混合剤	高性能減水剤: β-ナフタリンスルホン酸系	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
シリカフューム	---	ノルウエー産粉体 比重2.20 SiO ₂ : 92.3%

表3 実験要因

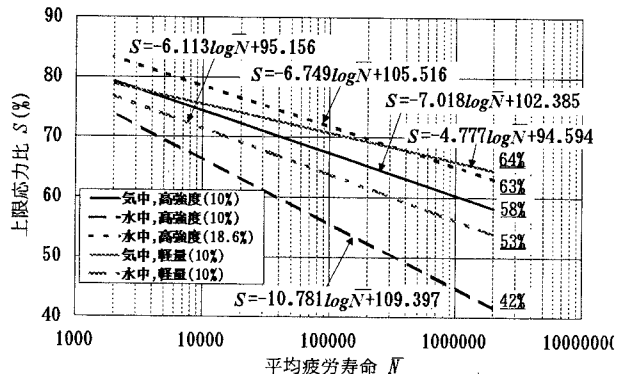
(高強度コンクリート)				(軽量コンクリート)			
環境	S_{max}	S_{min}	本数	環境	S_{max}	S_{min}	本数
気中	65	10	17	気中	65	10	5
	70		21		70		7
	75		18		75		7
	80		8		55		5
水中	45	10	6	水中	60	10	8
	50		7		65		8
	55		12		70		8
	60		13				
	65		13				
	70		5				
	75		5				
	68.2		5				
	75.0	18.6	6				
	81.8		7				

 S_{max} (%): 上限応力比 S_{min} (%): 下限応力比 S_{max} (%) = [(上限応力)/(各々の環境条件での静的強度)]×100 S_{min} (%) = [(下限応力)/(各々の環境条件での静的強度)]×100

表4 静的強度試験結果(疲労試験時)

	環境	f'_c (N/mm ²)	E_c (×10 ⁴ N/mm ²)
高強度	気中	74.6~84.8(6.8~7.6%)	4.31~4.54
	水中	63.7~75.0(3.8~10.7%)	4.47~4.89
軽量	気中	62.8(10.1%)	2.70
	水中	65.6(5.7%)	2.73

()は変動係数

図1 $S - \bar{N}$ 線図

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Hironobu HAYASHI, Takahiro NISHIMURA

度のみのデータに対して 95%以上の生存確率を確保することができる。

図 3 に高強度コンクリートの水中における $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係を既報告疲労試験結果 [2] とともに示す。 K の値を 10 にすると全データに対して生存確率 95%を確保しているが、危険側となるデータが増加する。しかし、全データに占める高強度コンクリートのデータ数が少ないので、高強度コンクリートの水中疲労強度を求める時の K の値は 10 より小さく (8 程度) することが推奨される。

軽量コンクリートの気中および水中における $S-\bar{N}$ 線図を図 4 に、 $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係を既報告疲労試験結果 [2] とともに図 5 に示す。 200 万回疲労強度は、気中では既報告 [3] ~ [6] より高く 64%、水中では 53%であった。 $S-\bar{N}$ 線式の勾配より求まる K は、気中で $K=18.8$ 、水中で $K=11.2$ となり、示方書で採用されている $K=10$ を上まわり、安全側となった。

4. 結論

- (1) 高強度コンクリートの K の値として気中で 13、水中で 8 程度の値を使用することが推奨される。
- (2) 軽量コンクリートの疲労強度は、骨材の種類、コンクリートの圧縮強度、環境条件の影響を受けるので、これらの要因を考慮した K の値を採用することが望ましい。

【参考文献】

- [1] 児島・高木・林：高強度コンクリートの圧縮疲労寿命について，土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集，第 5 部，1998 [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)，1978 [3] 浜田・成岡：軽量コンクリートの圧縮疲労強度に関する一実験，土木学会論文報告集，第 176 号，1970 [4] 阪田・木山・西林：統計的处理によるコンクリートの疲労寿命に関する研究，土木学会論文報告集，No.198，1972 [5] 都築・成岡：コンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，セメント技術年報，25，1971 [6] Gray, W.H., J.D. Antrim and J.H. McLaughlin : Fatigue Propertise of Lightweight Aggregate Concrete, journal of ACI, Vol.58, 1961

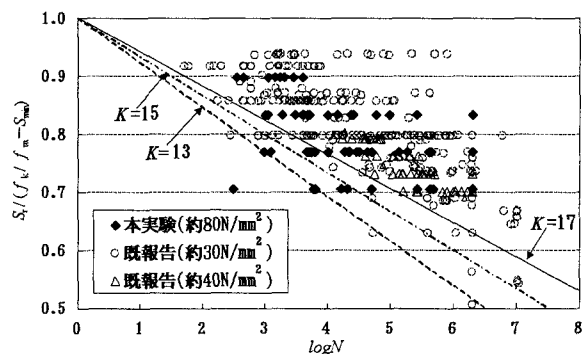


図 2 $S-N$ 関係(高強度コンクリート・気中疲労試験)

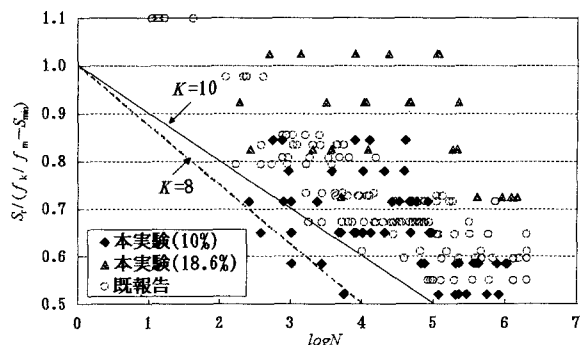


図 3 $S-N$ 関係(高強度コンクリート・水中疲労試験)

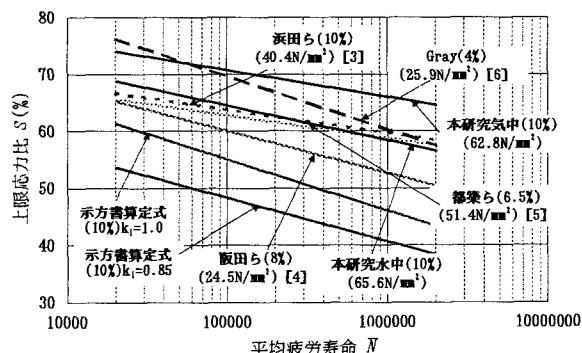


図 4 $S-\bar{N}$ 線図(軽量コンクリート)

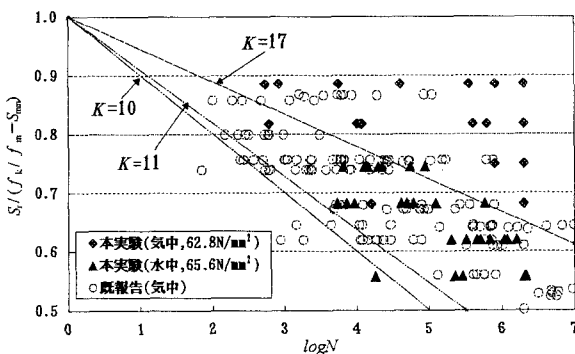


図 5 $S-N$ 関係(軽量コンクリート)

注) ()内の%は下限応力比, N/mm^2 は静的強度