

V-438

高強度コンクリートの圧縮疲労強度特性

株式会社ピー・エス 正会員 林 宏信 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 高木直章 立命館大学大学院 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の圧縮疲労試験を行い、コンクリートの圧縮強度、環境条件(気中、水中)および骨材の種類(普通骨材、軽量骨材)が疲労性状に及ぼす影響を検討した。

2.実験概要

表-1にコンクリートの示方配合を、表-2に使用材料を示す。粗骨材としてシリーズ1では碎石を、シリーズ2では軽量骨材を用いた。人工軽量粗骨材は24時間吸水させた後、表面乾燥飽水状態にしたものを用いた。供試体(φ7.5×15cm)は、打設翌日に脱型し、1週間水中養生、その後圧縮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。表-3に試験条件を、表-4に静的強度試験結果を示す。圧縮疲労試験は、コンクリート強度が十分安定状態に達した材齢91日以降に実施した。なお、水中試験供試体は、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振幅とし、載荷速度は5~10Hzとした。

3.実験結果および考察

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、最小自乗法により上限応力比(S)と平均疲労寿命($\bar{N}$)の関係を求めた。本実験の S - $\bar{N}$ 線図および200万回圧縮疲労強度を図-1に示す。

高強度コンクリートの気中および水中疲労試験における $S_f/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係を各々図-2と図-3に示す。ここでは、比較のために普通強度を有する普通骨材コンクリートの既報告疲労試験結果¹⁾もプロットしている。ここに、 S_f :応力振幅、 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_m :コンクリートの試験強度、 f_k/f_m は式(1)で求められる。

$$f_k/f_m = (1 - 1.64\delta) \quad (1)$$

表-4 静的強度試験結果

シリーズ	材齢28日	疲労試験時		
		気乾状態における静的圧縮強度(CV)	湿潤状態における静的圧縮強度(CV)	静弾性係数
I	49.6~73.5	79.8(7.3%)	68.4(8.1%)	3.94~4.13×10 ⁴
	62.4	4.46×10 ⁴	4.62×10 ⁴	2.66×10 ⁴
II	62.4	62.8(10.1%)	65.6(5.7%)	2.73×10 ⁴
	2.66×10 ⁴	2.73×10 ⁴	2.73×10 ⁴	

単位: N/mm² CV: 変動係数(%)

表-1 コンクリートの示方配合

シリーズ	W/(C+SF) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					水和剤(kg/m ³) (%)	AE助剤(A)**
			W	C	SF*	S	G		
I	40	46	176	440	---	788~789	954~955	Cx(0.8~1.2)	---
II	30	48	160	479.7	53.3	780	392	(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

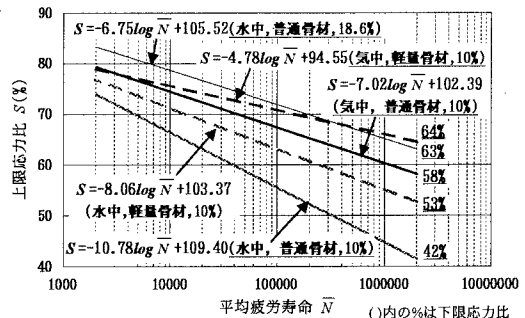
** AE助剤の2%希釈液を結合材1kgあたり2cc使用する時を1Aとする

表-2 使用材料

	シリーズI	シリーズII
セメント	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	早強ポルトランドセメント 比重3.14
シリカフューム	-----	ノルウェー産粉体 比重2.20 SiO ₂ =92.3% 比表面積20m ² /g
細骨材	野洲川産川砂 比重2.62 F.M.2.55~2.81	
粗骨材	高槻産硬質砂岩砕石6号砕石 比重2.69 F.M.6.38 MS=13mm	原料:真珠岩 製造方法:回転造粒型 絶乾比重1.08 表乾比重1.11 F.M.6.58 MS=15mm 24時間吸水率1.88%
水和剤	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

表-3 疲労試験条件

シリーズⅠ				シリーズⅡ			
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	8	8
	50		7		65		8
	55		12		70		8
	60		13		$S_{max}(\%) = [(\text{上限応力}) / (\text{各々の環境条件での静的強度})] \times 100$		
	65		13	$S_{min}(\%) = [(\text{下限応力}) / (\text{各々の環境条件での静的強度})] \times 100$			
	70		5				
	75		5				
	68.2		5				
	75.0		6				
81.8	7						

図-1 S- $\bar{N}$ 線図

キーワード: 高強度コンクリート・疲労・疲労強度・軽量骨材コンクリート・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

ここに、 δ ：コンクリートの試験強度の変動係数

コンクリートの圧縮強度の変動係数は、表-5の値を採用している。

高強度普通骨材コンクリートでは疲労強度式中の K の値として気中で 17 を採用すると、図-2に示すように危険側となるデータがかなり増加する。 K の値として 15 を採用すると普通強度から高強度までの普通骨材コンクリート全てのデータに対して生存確率 95% を保証することができる。高強度普通骨材コンクリートのみを対象とした場合、 K の値として $S-\bar{N}$ 線式の勾配から求めた 12 を採用することにより生存確率 95% を保証することができる。また、水中疲労試験結果より K の値を 10 にすると高強度普通骨材コンクリートでは危険側となるデータが増加するが、普通強度から高強度までの普通骨材コンクリート全データに対して生存確率 95% を保証することができる。しかし、高強度普通骨材コンクリートのみのデータについて生存確率 95% を確保するためには、 $S-\bar{N}$ 線式の勾配から求めた $K=8$ まで小さくすることが必要である。

高強度コンクリートの圧縮疲労強度は、使用する粗骨材の種類と品質および試験環境の大きな影響を受ける。粗骨材として碎石を使用した普通骨材コンクリートでは、圧縮強度が 75 ~ 80 N/mm² と高強度になると気中および水中における圧縮疲労強度は普通強度コンクリートより低下する。しかし、高品質の軽量粗骨材を使用する場合には、圧縮強度が約 60 N/mm² と高強度になっても普通強度を有する普通骨材コンクリートと同等な気中および水中における圧縮疲労性能が得られた。

高強度普通骨材コンクリートでは、疲労強度式中の K の値として、気中で 12、水中で 8 を採用することにより 95% 以上の生存確率を確保することができることを明らかにした。これらの K の値を使用することにより、高強度普通骨材コンクリートの疲労設計を行うことができるものと考えられる。また、普通強度を対象としている現行の軽量骨材コンクリートの疲労強度式には環境条件の影響が考慮されていない。しかし、高強度軽量骨材コンクリートにおいても、水中疲労強度は気中疲労強度より低下する。高品質の軽量骨材を用いた高強度軽量骨材コンクリートは、気中および水中においても普通強度を有する普通骨材コンクリートと同様の圧縮疲労強度を有するので、疲労強度式中の K の値として、気中で 17、水中で 10 を使用しても十分な安全性を確保することができるものと考えられる。

4. 結論

- (1) 高強度普通骨材コンクリートの圧縮疲労強度は、普通強度コンクリートより低下する。普通骨材を用いた高強度コンクリートの圧縮疲労強度式中の K の値として、気中では 12、水中では 8 程度を使用することが推奨される。
- (2) 高品質の軽量粗骨材を用いた高強度軽量骨材コンクリートの圧縮疲労強度は、気中および水中においても普通強度を有する普通骨材コンクリートとほぼ同等な性能が得られた。つまり、約 60 N/mm² の圧縮強度を有する高強度軽量骨材コンクリートの圧縮疲労強度式中の K の値として、気中では 17、水中では 10 を使用しても差し支えない。
- (3) 軽量骨材コンクリートの圧縮疲労強度は、環境条件およびコンクリート強度はもちろんのこと、使用する軽量骨材の品質（吸水率、強度）により大きな影響を受ける。そこで、圧縮疲労強度式中の K の値の決定に際しては、特に、軽量骨材の品質の影響を考慮することが必要である。

【参考文献】1) 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），1983

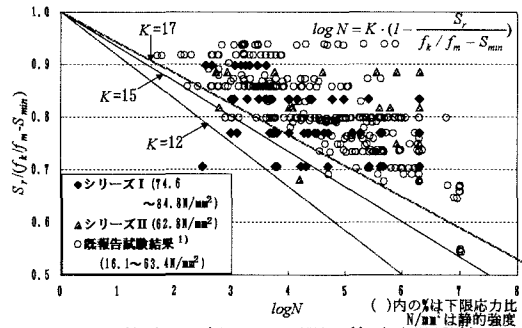


図-2 $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係（気中疲労試験）

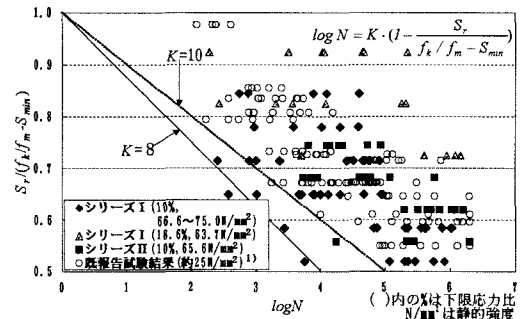


図-3 $S_r/(f_k/f_m - S_{min})$ と $\log N$ の関係（水中疲労試験）

表-5 コンクリート圧縮強度の変動係数

試験環境	シリーズ I	シリーズ II	既報告試験結果 ¹⁾
気中	7.5%	10.0%	5.0%
水中	8.0%	5.5%	5.0%

注) 疲労破壊に対するコンクリートの生存確率算定時使用