

北海道工業大学 正員 ○畑中 裕

" " 犬塚雅生

" " 堀口 敬

1. まえがき

一定材料からなるコンクリートにおいても、応力・ひずみ関係に一对一の対応を見い出すためには多くの因子が介入する。特にローディングパス、クリープ、除荷等が考慮される時には、これらの定量的な取扱いのために、多因子を同時に変数とした測定、および、これら因子間の影響度合の統計的評価が望ましい。この実験は主として、下記要因による圧縮応力と縦ひずみの関係において、応力と各因子の水準との対応、および、その独立性を見い出す事を目的として実験計画法を用いて行ったものである。

2. 実験概要

実験に使用したコンクリートの設計基準強度 $f_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2$ とし、その示方配合は、表-1に示す通りである。またバッチの量は 25 l とし、供試体は標準養生を行い、

28日強度にて試験を行った。ひずみの測定は電気抵抗線ひずみゲージを用い、供試体の高さの中央で両側面対称位置に1枚づつはりつけ、測定値は2枚のゲージの値の平均値とした。

影響因子、および、その水準は表-2のように並び、試験条件は表-3のように組合せた。割りつけについては、直交表 $L_9(3^3)$ にて行い、才1列に供試体直径、才2列に細長比、1たがって才3、才4列にその交互作用、才8、9、11、12、才13列にそれぞれ、荷重繰り返し回数、応力歴史、荷重もどし量、応力上限時間、応力下限時間、を割りつけ、他は誤差の情報も得る事とした。図-1は応力・ひずみ線図の概観図である。

3. 実験結果および考察

縦残留ひずみ、および、破壊応力に与える因子について分散分析を行い、危険率 $F=5\%$ (*), 危険率 $F=1\%$ (***) の有意判定、および、寄与率 ρ の計算を行った結果を表-4以下に示した。なお、検定の精度を高めるため要因効果の小さい要因は誤差に含めて計算した。また、図-2以下にこれらに対する有意な因子の水準との対応結果を示した。これによると、縦残留ひずみについては、経歴応力、応力上限時間が5%有意危険率を満足し、共に水準1から水準3にむかって大きなひずみが生ずる。他の要因は効果が小さかった。破壊応力については、従来から知られている通り細長比が1%有意危険率を満足し、細長比が小さいほど大きい。経歴応力は3%有意危険率を満足し、水準1から水準3にむかって大きくなる。また、くり返し回数と経歴応力の交互作用も計算して見た結果を図-4に示した。これによると、ある応力レベルの経歴応力のくりかえしが破壊応力の増減に影響すると言う興味ある現象となった。たいてい5%有意危険率であり、そ

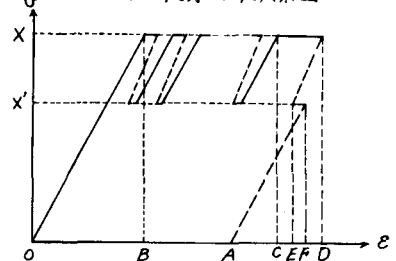
表-1 示方配合表

粗骨材の 最大寸法	スランパ の範囲	水セメント 比 kg	細骨材率 kg	単 位 量			
				水	セメント	細骨材	粗骨材
15mm	$6 \pm 1.5 \text{ cm}$	45%	47%	190kg	422kg	791kg	927kg

表-2 因子水準表

要 因	単 位	水準1	水準2	水準3
供試体直径	cm	5	10	15
細 長 比	kg	0.5	1.0	2.0
繰り返し回数	回	1	10	20
応力もどし量		1/3	2/3	3/3
経歴応力	%	30	60	90
応力上限時間	分	0	3	6
応力下限時間	分	0	3	6

図-1 応力・ひずみ線図



上図の説明表

X	上限応力点
X'	応力もどし点
O~A	繰り返し終了時の残留ひずみ
O~B	処女応力時のひずみ
C~D	上限応力時間におけるひずみの変化
E~F	下限応力時間におけるひずみの変化

こから、破壊応力については、従来から知られている通り細長比が1%有意危険率を満足し、細長比が小さいほど大きい。経歴応力は3%有意危険率を満足し、水準1から水準3にむかって大きくなる。また、くり返し回数と経歴応力の交互作用も計算して見た結果を図-4に示した。これによると、ある応力レベルの経歴応力のくりかえしが破壊応力の増減に影響すると言う興味ある現象となった。たいてい5%有意危険率であり、そ

表-3 実験計画表および測定結果

No.	供試体直径 (cm)	細長比 (l/d)	繰り返し回数 (回)	経験応力 (%)	応力とひずみ	応力上限時間 (分)	応力下限時間 (分)	縦残留量 $\times 10^4$	破壊応力 kg/cm^2
1	5	0.5	1	30	1/3	0	0	89	464
2	5	0.5	10	60	2/3	3	3	135	446
3	5	0.5	20	90	3/3	6	6	336	451
4	5	1.0	10	60	3/3	6	6	15	310
5	5	1.0	20	90	1/3	0	0	51	302
6	5	1.0	1	30	2/3	3	3	11	362
7	5	2.0	20	90	2/3	3	3	18	448
8	5	2.0	1	30	3/3	6	6	25	327
9	5	2.0	10	60	1/3	0	0	2	311
10	10	0.5	1	60	1/3	3	6	64	438
11	10	0.5	10	90	2/3	6	0	682	432
12	10	0.5	20	30	3/3	0	3	22	425
13	10	1.0	10	90	3/3	0	3	62	446
14	10	1.0	20	30	1/3	3	6	20	299
15	10	1.0	1	60	2/3	6	0	360	361
16	10	2.0	20	30	2/3	6	0	72	335
17	10	2.0	1	60	3/3	0	3	25	324
18	10	2.0	10	90	1/3	3	6	95	387
19	15	0.5	1	90	1/3	6	3	449	468
20	15	0.5	10	30	2/3	0	6	5	483
21	15	0.5	20	60	3/3	3	0	135	525
22	15	1.0	10	30	3/3	3	0	16	350
23	15	1.0	20	60	1/3	6	3	36	413
24	15	1.0	1	90	2/3	0	6	82	389
25	15	2.0	20	60	2/3	0	6	16	397
26	15	2.0	1	90	3/3	3	0	254	333
27	15	2.0	10	30	1/3	6	3	13	313

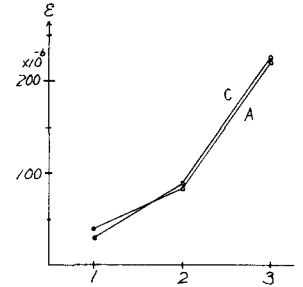


図-2 縦残留ひずみ

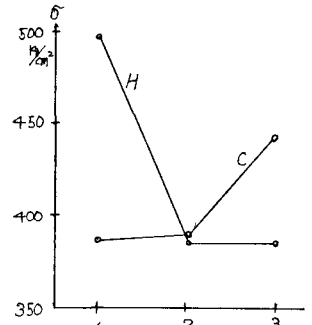


図-3 破壊応力

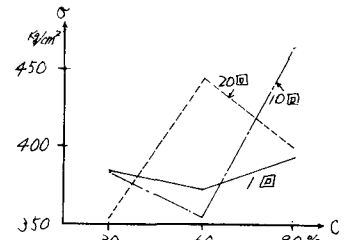


図-4 経験応力 x 繰り返し回数

表-3 破壊応力に対する分散分析

因子	SS	V	MS	F	p
H (細長比)	8.3×10^4	2	4.15×10^4	31.5**	59.6%
C (経験応力)	1.0×10^4	2	0.50×10^4	3.8*	5.5%
経験応力 x 繰り返し回数	1.9×10^4	4	0.48×10^4	3.6*	10.2%
誤差	2.5×10^4	18	0.13×10^4		24.7%
計	13.5×10^4	26			100%

表-4 縦残留ひずみに対する分散分析

因子	SS	V	MS	F	p
C (経験応力)	18×10^4	2	9×10^4	5.5*	21.1%
A (応力上限時間)	16×10^4	2	8×10^4	4.9*	18.2%
誤差	36×10^4	22	1.63×10^4		60.7%
計	70×10^4	26			100%

変化幅も1割程度であるので、今後の追求すべき問題として、他の要因は効果が小さかった。

4. まとめ

今回の実験から、圧縮応力、ひずみ関係の構成式に組み込むべき変数と見い出す事に必ずしも成功したとは言えないが、少なくとも、細長比、経験応力、応力上限時間等は無視できない要因であり、さらに、これら要因がコンクリートにもえる効果について追求する必要があると思われる。

参考文献

「実験計画法」 田口 一

「コンクリートの破壊条件と破壊過程」 岡田 清、小柳 治

「圧縮荷重下でのコンクリートの破壊機構に関する研究」 中川 浩二