

多要因を考慮したコンクリートの応力歪関係について

北海道工業大学 正員 犬塚雅生

正員 堀口 敬

正員 原田勝男

学生員 五十嵐隆

学生員 高橋伸典

1. まえがき

非弾性的であるコンクリートの応力・歪関係を実験的に求めようとする場合、少数の因子に焦点を絞り、他の多くの要因を固定する方法が最も多くとられている。このような実験を行うにおいて、ある1つの要因を1個づつ別々に実験を行った場合、他の要因の条件が変わっても測定結果が常に一定であると言う保証はない。従って、本実験ではコンクリートに影響を及ぼすと思われる数個の因子を取り上げ、これらがコンクリートに与えた影響と因子の関係を知り得る為にコンクリートの圧縮試験を行い応力と歪の関係について実験結果の解析を行った。

2. 実験方法

1) 計画法 実験計画法は、通常分散分析を行うことを前提とし、様々な抑制の出来ない環境因子や未知の原因による実験データに対する変化、また影響の程度を客観的・定量的に評価し再び人工的に作り出すことの出来るという確信の高い要因を重点的に選り出せる為のものである。また、直交表を利用することにより、 F 検定や要因の寄与率を比較的容易に行うことができる。

2) コンクリートの配合設計 材料は28日強度とし、スランプは 6 ± 1.5 cm 最大骨材寸法は15mmとし、5mmフルイにより細骨材・粗骨材に分け配合を行った。(Ref.1)

配合基準

	粗骨材の 最大寸法	スランプ 範囲	水セメン ト比(W/C)	細骨材 率(S/a)	単 位 量 (kg)			
					水(W)	セメント(C)	細骨材(S)	粗骨材(G)
単 位 量	15mm	6 ± 1.5 cm	45%	47%	183	416	808	943
1バッチ20ℓ	15mm	6 ± 1.5 cm	45%	47%	3.66	8.32	16.16	18.86

3) 予備実験 環境因子(応力の歴史・応力のもとし点)を調べることを目的に直交配列表 $L_{27}(3^3)$ (Ref.2)を用い、1列は供試体直径、2列目は細長比を配列して、それぞれの大きさの供試体最大応力を調べた。

また、実験値は3個の供試体の最大応力の平均値であり、応力速度は $3 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$ である。

予備実験結果

細長比 供試体直径	0.5	1.0	2.0
5cm	369 kg/cm^2	215 kg/cm^2	221 kg/cm^2
10cm	404 kg/cm^2	401 kg/cm^2	324 kg/cm^2
15cm	456 kg/cm^2	317 kg/cm^2	327 kg/cm^2

4) 実験手順

2. 要因および水準の決定 コンクリートの圧縮試験による応力と歪の関係は、様々な環境因子によって左右されるので実験計画法を用い表(2-1)の要因と水準を用いて実験を行った。

表(2-1)

記号	要 因	単位	水準1	水準2	水準3
G	供試体直径	cm	5	10	20
H	細長比	h/d	0.5	1.0	2.0
F	繰返し回数	回	1	10	20
C	応力の歴史	%	30	60	90
B	応力のもどし	比	$1/3$	$2/3$	$3/3$
U	応力上限での時間	分	0	3	6
R	応力下限での時間	分	0	3	6

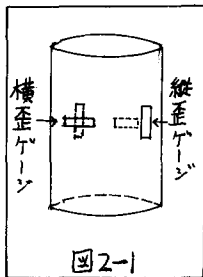
注：応力速度は $3 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$ である。

表2-2 割りつけ表

要 因	径 状	細長比	繰返し回数	応力歴史	応力もどし	応力上限	応力下限
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	3	3	1	1	1
6	1	2	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	1	1	3	3	3
9	1	3	2	2	1	1	1
10	2	1	1	2	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1
12	2	1	3	1	3	1	2
13	2	2	2	3	3	1	2
14	2	2	3	1	1	2	3
15	2	2	1	2	2	3	1
16	2	3	3	1	2	3	1
17	2	3	1	2	3	1	2
18	2	3	2	3	1	2	3
19	3	1	1	3	1	3	2
20	3	1	2	1	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1
22	3	2	2	1	3	2	1
23	3	2	3	2	1	3	2
24	3	2	1	3	2	1	3
25	3	3	3	2	2	1	3
26	3	3	1	3	3	2	1
27	3	3	2	1	1	3	2

要因に対する割りつけは直交表 $L_{27} 3^3$ を用い、列番の選択は線点図を使用した。

5. 実験方法 供試体表面に図(2-1)のように縦・



横各2枚ブラストレインゲージを瞬間接着剤を使用して貼り付け圧縮試験機(50t・200t)により圧力を加え

各供試体の縦歪・横歪を電歪計によって測定を行った。また、表(2-3)は、各供試体に用いたゲージの種類とゲージファクターを記した。

直径 \ 細長比	0.5	1.0	2.0
5cm	5mm (2.09)	5mm (2.09)	10mm (2.09)
10cm	10mm (2.09)	10mm (2.09)	10mm (2.09)
15cm	10mm (2.09)	10mm (2.09)	10mm (2.09)

表2-3

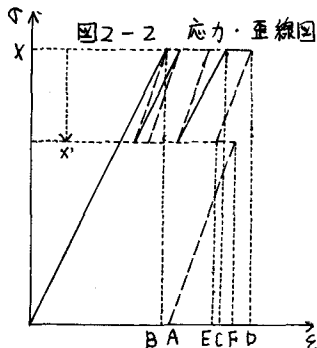


図2-2の記号表

X	応力90%点
X'	応力90%点から応力の1/3もとした点
0~A	応力90%時の残留歪
0~B	処女応力90%時の歪
C~D	応力上限での歪の変化
E~F	応力下限での歪の変化

注：図(2-2)は応力90%・繰り返し回数20回・応力上限時間6分・応力下限時間6分・応力もどし量1/3の場合を例に上げた。また、繰り返し回数が20回の場合、3回目の上限から19回目の下限までの測定は行わず、その間は、比例配分を行い値を求めた。繰り返し回数10回の場合も同様である。

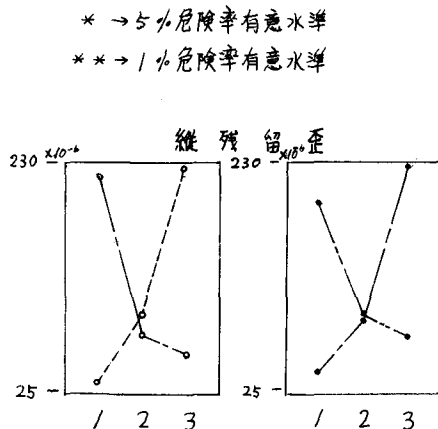
3. 実験結果

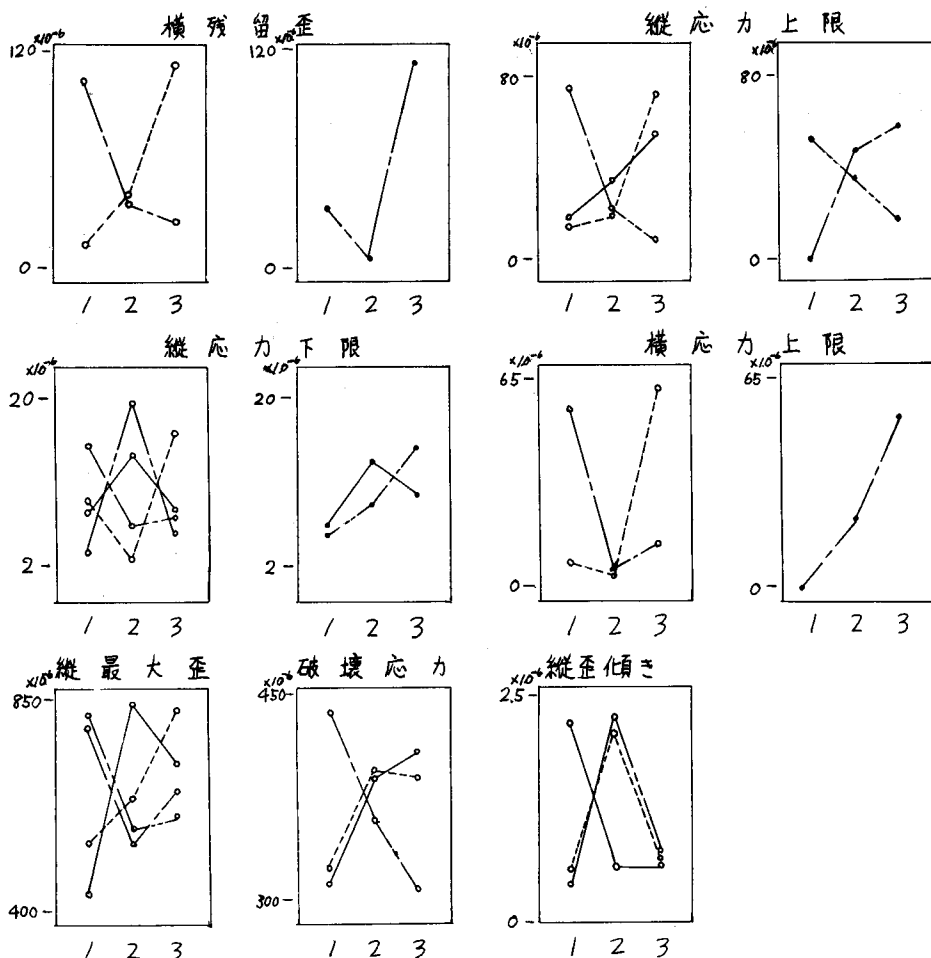
G 供試体直径	○—○	B 応力もどし	○—○
H 細長比	○—○	A 応力上限時間	○—○
F 繰り返し回数	○—○	R 応力下限時間	○—○
C 応力歴史	○—○		

5%危険以上の有意因子について各水準と歪との関係を以下のグラフに示す。記号は左表による。

状態 \ 因子	縦残留歪	縦最大歪	横残留歪	破壊応力	縦歪傾き	縦上限時間	縦下限時間	横上限時間	横下限時間
供試体直径	**	**		**	**	**	**		
細長比	**	**	**	**			**	*	
繰り返し回数	*			**	**	**	**		
応力歴史	**	**	**	**	**	**	**	**	**
応力もどし							**		
応力上限	**		**			**		**	
応力下限	**				**	**	**		

表(3-1)





縦残留歪 H 細長比 C 応力歴史 A 応力上限 R 応力下限時間

応力における縦残留歪の結果は、細長比が1%危険有意水準を満足させている。これは、1水準が目立って大きく、2水準・3水準と小さくなっている。これに対して応力歴史・応力上限時間が、3水準が1%危険有意水準を満足させている。3水準の歪が大きく2水準・1水準と小さくなっている。

横残留歪 H 細長比 C 応力歴史 A 応力上限時間

応力における横残留歪の結果は、細長比・応力歴史・応力上限時間が1%危険有意水準を満足させている。細長比は1水準がきわめて大きく、応力歴史は、3水準が大きくなっている。応力上限時間は平均値より全水準が小さくなっている。

縦応力上限 G 供試体直径 F 繰返し回数 C 応力歴史 A 応力上限時間 R 応力下限時間

応力における上限時の結果は供試体直径・繰返し回数・応力歴史・応力上限時間・応力下限時間が1%危険有意水準を満足している。供試体直径は1水準が小さく2水準・3水準ときれいに比例している。繰返し回数は1水準がきわめて大きく2水準・3水準と続いている。それと反対に、応力上限時間では1水準がきわめて小さく2水準・3水準と続いている。応力下限時間は供試体直径と反対で1水準が大きく2水準・3

水準ときれいに反比例している。

縦応力下限 G 供試体直径 H 細長比 F 繰返し回数 C 応力歴史 B 応力もどし R 応力下限時間

応力における下限時間の結果は、応力上限時間を除いて全て 1% 危険率有意水準を満足させている。供試体直径・繰返し回数は 2 水準が大きく 1 水準・3 水準は小さく差がない。応力もどしは同じ形だが 1 水準が最も小さい。細長比・応力歴史は、1 水準・3 水準がきわめて大きく反対の形となっている。応力下限時間では、3 水準が大きく 2 水準・1 水準と小さくなっている。

横応力上限 H 細長比 C 応力歴史 A 応力上限時間

応力における横歪上限時間の結果で 応力歴史・応力上限時間では 1% 危険率有意水準を、細長比では 5% 危険率有意水準をそれぞれ満足させている。細長比では 1 水準、応力歴史では 3 水準が、きわめて大きな歪を示している。応力上限時では、3 水準が大きく、2 水準・1 水準と小さくなっている。

縦最大歪 G 供試体直径 H 細長比 F 繰返し回数 C 応力歴史

応力における縦最大歪の結果は、供試体直径が 1% 危険率有意水準を満足させている。1 水準がきわめて歪が小さく、2 水準・3 水準があまり差がない。細長比・繰返し回数が 5% 危険率有意水準を満足させている。そして、両方とも 1 水準の歪が大きく 2 水準・3 水準があまり差がない。応力歴史は 1% 危険率有意水準を満足させている。3 水準の歪が大きく 2 水準・1 水準と小さくなっている。

破壊応力 G 供試体直径 H 細長比 F 繰返し回数 C 応力歴史

応力における破壊応力歪の結果は、供試体直径・細長比・応力歴史が 1% 危険率有意水準を満足させている。供試体直径は、1 水準がきわめて大きく 2 水準・3 水準と小さく差はない。繰返し回数・応力歴史では、2 水準がきわめて大きく、1 水準・3 水準が小さく差はあまりない。

縦歪傾き G 供試体直径 F 繰返し回数 C 応力歴史

応力における縦歪の結果は、供試体直径・繰返し回数・応力歴史が 1% 危険有意水準を満足させている。供試体直径は、1 水準がきわめて大きく、2 水準・3 水準と小さく差はない。繰返し回数・応力歴史では、2 水準がきわめて大きく、1 水準・3 水準が小さく差はあまりない。

4. まとめ

各因子によって応力と歪の関係を実験的に示した。全因子が環境によって変えることができる値であった。応力における残留歪は、細長比、応力歴史・応力上限などが影響を与えている。これは、コンクリートは応力によって種々な効果を示すことであり、複雑なコンクリート内部の応力分布は表 3-1 のようになる。

参考文献

Ref.1 「土木材料実験」 國分正胤著 技報堂

Ref.2 「実験計画法」 田口玄一著 丸善

Ref.3 「日本土木学会北海道支部論文報告集第32号」 犬塚等