

土 木 研 究 所 資 料

第 2 9 5 号

矢作ダムコンクリート用骨材の
凍結融解による耐久性試験報告書

昭和 4 2 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

矢作ダムコンクリート骨材の凍結融解作用 による耐久性試験結果報告書

本報告は、矢作ダムに用いられるコンクリート用骨材にある程度の混入が予想される風化岩について、凍結融解作用に対する耐久性に関する資料を得るために行なつたものである。

1. 試験項目

- i) コンクリートの水セメント比と耐久性との関係
- ii) 凍結融解作用開始時のコンクリート材令と耐久性との関係
- iii) 骨材の相異による耐久性の関係

2. 使用材料

用いた各材料は、つぎのとおりである。

1) セメント

土木研究所で一般試験用に用いている日本社埼玉工場の普通ポルトランドセメントを用いた。その試験成績表を示すと表-1のとおりである。

表 - 1

比重	粉 末 度		凝 結					安定性 (煮沸 方法)	マグネ シヤ (%)	無水 硫酸 (%)	強熱 減量 (%)
	比表面積 ブレン 方法 (cm^2/g)	標準網フ イルム88 μ 残分(%)	室温 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	水量 (%)	始発 (時-分)	終結 (時-分)				
3.16	3120	16	20.3	90	28.1	2-11	3-18	良	1.1	2.0	0.6

フロー値 (mm)	曲ゲ強サ (kg/cm^2)				圧縮強さ (kg/cm^2)				養生温度($^{\circ}\text{C}$)	
	1 日	3 日	7 日	28日	1 日	3 日	7 日	28日	室温	水温
	247	—	31.6	46.4	72.4	—	128	218	422	20.0

2) A B 剤

空気量を得るためビンソールを用いた。使用に際しては10%水溶液として用いた。

3) 骨 材

細骨材、粗骨材ともに、貴事務所より送付された花崗岩質のもので風化の程度によりAおよびBの2種類に分類されていた。細骨材は砕砂で、物理試験を行なつたところ試験結果は表-2のとおりである。

表 - 2

項目 種類	比重	吸水量(%)	安定性試験による損失重量(%)					粒 度						FM
			2.5 ^{mm} ~ 1.2 ^{mm}	1.2 ^{mm} ~ 0.6 ^{mm}	0.6 ^{mm} ~ 0.3 ^{mm}	0.3 ^{mm} ~ 0.15 ^{mm}	右度 表とし の粒で	各ふるいに留まる量の重量百分率(%)						
			5.0 ^{mm} 2.5 ^{mm}	2.5 ^{mm} 1.2 ^{mm}	1.2 ^{mm} 0.6 ^{mm}	0.6 ^{mm} 0.3 ^{mm}		0.3 ^{mm} 0.15 ^{mm}	0.15 ^{mm} 以下					
A	2.62	1.40	45	4.8	4.9	4.2	4.2	2.8	7.4	24.9	34.9	22.5	7.4	2.11
B	2.59	1.52	—	—	—	—	—	1.5	6.8	25.5	32.2	25.2	8.8	2.01

(註) A 骨材は使用予定の骨材
B 骨材は風化岩の混入した骨材

粗骨材は碎石で、物理試験を行つたところ、その試験結果は表-3のとおりである。

表 - 3

項目 種類	粒 径 (mm)	比重	吸水量 (%)	スリヘリ減量(%)		安 定 性			単位容積重 量(kg/m^3)
				B 粒度	C 粒度	損失重量(%)	試験前個数	試験後個数	
A	25~20	2.63	0.72			6.1	66	60	
	20~15	2.63	0.77			5.5	84	80	
	15~10	2.62	0.98			2.1	42	40	
	10~5	2.62	0.82			3.2	—	—	
混 合		2.63	0.82	22.5	28.2	4.5			1565
B	25~20	2.62	0.78			8.9	68	60	
	20~15	2.60	0.98			6.9	91	82	
	15~10	2.60	1.27			7.5	45	38	
	10~5	2.59	1.13			7.0	—	—	
混 合		2.60	1.04	27.9	29.1	7.6			1570

(註) A 骨材は使用予定の骨材
B 骨材は風化岩の混入した骨材

表-2, および 3 の結果の範囲では、細粗骨材ともコンクリート骨材として示
方書に定められた限度に合格している。

3. 供試体の製作

コンクリートの配合はスランプ $6 \pm 1 \text{ cm}$, 空気量 $4.5 \pm 0.5 \%$ とし、また水セメント比が
40, 50, 66.7, 70% となるように表-4のとおり定めた。

なお実験に用いた細骨材は、コンクリートの耐久性は細骨材の品質によりあまり影響をう

けないことおよび試験の範囲が非常に広くなることを考慮してA骨材1種類を用いた。

粗骨材は粒度を昨年度の報告と同様2.5mm～20mm25%, 20mm～15mm32%, 15mm～10mm20%, 10mm～5mm23%となる様に一度ふるい分けしたものを再混合して用いた。

表 - 4

配合番号	粗骨材の最大寸法[mm]	単位水量[%]	単位セメント量[kg]	水セメント比[%]	細骨材率[%]	単位細骨材量[kg]	単位粗骨材量[kg]	スランブ[mm]	空気量[%]
1	25	185	463	40	32.5	535	1110	5.3	4.2
2, 2'			370	50	35.5	611		6.3	4.8
3			278	66.7	38.3	688		5.3	4.4
4			257	72	38.8	705		5.9	4.7
5, 5'			370	50	35.0	600	1194	6.3	4.9

〔註〕 試験項目と配合との関係を示すと次のとおりである。

試験項目	配 合
コンクリートの水セメント比と耐久性	1, 2, 3, 4
コンクリートの材令と耐久性	2, 2', 5, 5'
骨材の相異による耐久性	2, 5

練りまぜは、2切の可傾式ミキサを用い、1バッチの量は、スランブ、空気量の測定および供試体2本製作のため20ℓとした。（ただし配合番号2および5は、2'および5'の供試体も同じバッチから造るため30ℓとした。）

練りまぜ方法は全材料を投入してから3分間練りまぜたのち1分間ミキサを止め、更に1分間練りまぜる方法をとつた。ミキサから排出したコンクリートは練り板上にて1往復の切返しを行ない、空気量、スランブが所要値であることを確かめたのち供試体(7.5×10×40cm)を製作した。

供試体は製作後24時間湿空中で養生し、脱型してから所要の試験開始材令まで20°±3℃の水中にて養生を行つた。

4. 試験方法

凍結融解試験は、A.S.T.M.C290-61Tの規定により+4℃～+17℃の範囲で行つた。凍結融解作用の繰返しによるコンクリートの損傷程度は、JISA-1127に規定されている共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数の変化、供試体の重量変化および外観変化などにより判定した。

なお凍結融解繰返しを開始した材令は、配合番号-1, 2, 3, 4および5は材令14日から、配合番号-2'および5'は材令28日からである。

5. 試験結果および考察

- 1) 動弾性係数比 (凍結融解作用開始時の動弾性係数 E_0 と各測定時における動弾性係数 E_n との比, すなわち $E_n/E_0 \times 100$) 動弾性係数の測定は前記のごとく J I S A - 1 1 2 7 の規定に従って共振振動によるたわみ振動によつて求めたが, この場合のたわみ振動は, 供試体の断面が長方形なので, 短辺長辺をそれぞれ高さとした 2 方向の動弾性係数を求め, それぞれ E_v ($h = 10$ cm の場合) E_L ($h = 7$ cm の場合) とした。凍結融解繰返しによる動弾性係数の変化はそれぞれ動弾性係数比で表-5 および 6 のとおりである。

表-5 および 6 で判るとおり E_v と E_L が多少異なっているが, 凍結融解繰返しによる動弾性係数比は振動方向により差があるように思われなため, 両者の平均値について, 供試体の損傷程度を判定することにした。凍結融解繰返し回数と平均動弾性係数比との関係を図で示すと図-1 および 2 のとおりである。

図-1 および 2 に示すとおり凍結融解の繰返しが進むと徐々に各配合によつて差異が現われてきた。

すなわち A 骨材を用いたコンクリートにおいて水セメント比を変化させた場合の供試体 (配合番号-1, 2, 3, 4) では, 凍結融解繰返し回数約 60 サイクルまでは各配合の供試体とも同じような動弾性係数比の低下を示したが, その後は水セメント比 40%, 50%, 72%, 66.7% の順に低下率が大きくなっている。ここで水セメント比 72% と 66.7% のコンクリートの凍結融解繰返し回数が 160 サイクル以降において水セメント比 66.7% のものの低下率が 72% より大きくなつた点, また 66.7% のもので, 2 本中の 1 本が急激な動弾性係数比の低下を示したため 1 本のみ結果を図示した。この原因については明確でないので, この点は再試験して検討の必要があると考える。なお 40% および 50% のものの試験値は, 昨年度報告したものの値とほぼ同じであつた。

配合番号-2', 5' の供試体は配合番号-2, 5 のものと同じコンクリートで作つた供試体であるが材令 28 日から凍結融解作用を与えたものである。凍結融解作用開始材令 14 日のものと 28 日のものとその差異は明らかでなかつた。

骨材の種類を変えたコンクリート (配合番号-2 および 5) の両者にはほとんど差異があるようには思われなかつた。

表 - 5

供試体 番 号		E_o	$E_h/E_o \times 100 (\%)$							
			6	25	72	116	161	206	250	300
1-1	E_v	378790	91.3	92.1	92.0	90.7	90.5	90.3	90.1	89.3
	E_L	371,110	93.1	92.3	91.7	90.8	90.0	89.8	89.6	89.2
	平 均	374950	92.2	92.2	91.9	90.8	90.3	90.1	89.9	89.3
1-2	E_v	373220	92.6	92.4	90.6	90.8	90.6	90.4	90.1	89.3
	E_L	371670	93.4	92.5	92.4	91.7	91.3	91.1	90.8	90.4
	平 均	372450	93.0	92.5	91.5	91.3	91.0	90.8	90.5	89.9
平均値		373700	92.7	92.4	91.7	91.1	90.7	80.5	90.2	89.6
2-1	E_v	338880	93.9	93.7	91.9	90.4	89.3	88.1	87.2	86.1
	E_L	341,170	93.5	93.3	92.2	89.9	88.2	87.6	86.0	85.4
	平 均	340030	93.7	93.5	92.1	90.2	88.8	87.9	86.6	85.8
2-2	E_v	343830	93.8	93.3	91.9	91.4	89.5	88.1	86.5	86.0
	E_L	345310	94.4	93.3	91.9	90.8	89.2	88.1	86.3	85.1
	平 均	344570	94.1	93.3	91.9	91.1	89.4	88.1	86.4	85.6
平均値		342300	94.0	93.4	92.0	90.7	89.1	88.0	86.6	85.7
3-1	E_v	318120	95.1	94.0	91.1	89.4	86.4	83.5	71.6	62.8
	E_L	307,920	95.0	94.2	91.0	88.1	84.3	82.1	73.8	64.3
	平 均	313020	95.1	94.1	91.1	88.8	85.4	82.8	72.7	63.6
3-2	E_v	296510	95.4	94.1	91.3	89.9	(82.7)	(71.2)	(65.0)	(56.8)
	E_L	298300	95.0	94.1	91.8	88.0	(80.4)	(73.9)	(67.3)	(61.4)
	平 均	297410	95.2	94.1	91.6	89.0	(81.6)	(72.6)	(66.2)	(59.1)
平均値		303390	95.2	94.2	91.3	88.9	(85.4)	(82.8)	(72.7)	(63.6)
4-1	E_v	309920	94.6	93.2	91.0	88.6	85.6	82.9	78.0	72.0
	E_L	305080	95.0	93.9	91.0	88.5	85.5	82.9	79.6	75.7
	平 均	307500	94.8	93.6	91.0	88.6	85.6	82.9	78.8	76.9
4-2	E_v	309830	95.0	94.0	91.0	88.3	85.6	82.8	76.9	70.8
	E_L	306940	95.4	94.9	90.8	88.5	85.8	83.9	80.5	76.0
	平 均	308390	95.2	94.5	90.9	88.4	85.7	83.4	78.7	73.4
平均値		307940	95.0	94.2	91.0	88.5	85.7	83.2	78.8	73.8
5-1	E_v	322070	96.5	95.2	93.6	92.2	90.6	89.2	87.4	86.2
	E_L	324320	95.0	94.1	92.7	91.1	89.3	87.8	86.4	85.4
	平 均	323200	95.8	94.7	93.2	91.7	90.0	88.5	86.9	85.8
5-2	E_v	324710	96.1	95.0	94.2	93.7	91.9	90.4	88.9	87.1
	E_L	327370	95.3	94.6	93.4	91.8	90.0	88.0	86.9	85.3
	平 均	326040	95.7	94.8	93.8	92.8	91.0	89.2	87.9	86.2
平均値		324620	95.8	94.8	93.5	92.3	90.5	88.9	87.5	86.1

注 () の中のものは2本中1本の値である。

表 - 6

供試体 番 号		E_0	$E_n/E_0 \times 100 (\%)$							
			6	32	77	122	166	212	247	300
2'-1	E_v	353,640	92.1	92.0	91.7	91.6	90.4	88.4	88.1	87.7
	E_L	349,270	92.2	92.1	91.8	91.2	90.3	89.2	88.3	87.4
	平均	351,460	92.2	92.1	91.8	91.4	90.4	88.8	88.2	87.6
2'-2	E_v	352,070	91.6	91.9	91.1	90.8	88.0	86.9	86.1	85.5
	E_L	351,460	91.8	91.7	91.4	91.1	88.3	87.1	86.2	85.4
	平均	351,770	91.7	91.8	91.3	91.0	88.2	87.0	86.2	85.5
2'-3	E_v	356,710	92.2	91.7	91.3	91.6	90.0	89.3	87.6	86.6
	E_L	359,050	92.5	91.2	91.0	91.2	89.5	88.8	88.0	86.4
	平均	357,880	92.4	91.5	91.2	91.4	89.8	89.1	87.8	86.5
平均値		353,700	92.1	91.8	91.4	91.3	89.5	88.3	87.4	86.5
5'-1	E_v	339,960	92.5	91.9	92.2	91.5	89.7	89.1	88.2	87.0
	E_L	342,260	92.3	92.2	92.5	91.2	89.1	88.5	87.0	86.6
	平均	341,110	92.4	92.1	92.4	91.4	89.4	88.8	87.6	86.8
5'-2	E_v	337,820	92.4	92.3	92.5	91.4	89.2	89.5	87.3	86.6
	E_L	339,700	93.9	92.3	93.5	91.8	89.7	89.1	88.1	86.9
	平均	338,760	93.1	92.3	93.0	91.6	89.5	89.3	87.7	86.8
5'-3	E_v	337,550	92.7	92.2	92.4	92.2	89.8	88.8	88.5	87.2
	E_L	338,380	92.2	91.6	91.9	91.2	88.5	86.9	86.0	85.7
	平均	337,970	92.5	91.9	92.2	91.7	89.2	87.9	87.3	86.5
平均値		339,280	92.7	92.1	92.5	91.6	89.4	88.7	87.5	86.7

以上の結果から各配合の耐久性係数を求めると表-7のとおりである。

表 - 7

配合番号	1	2	3	4	5	2'	5'
耐久性係数	89.5	85.5	64.0	73.5	86.0	86.5	86.7

2) 供試体の重量減少率(凍結融解作用開始時の供試体重量 W_0 と各測定時における供試体重量 W_n との比,すなわち $W_0 - W_n / W_0 \times 100$)凍結融解繰返し回数と重量減少率の関係を示すと表-8のとおりで,これを図で示すと図-3および4のとおりである。

図-3および4に示すとおり重量減少率は,配合番号-1,2,3および4においては,すなわち動弾性係数比と同様な順序になつてゐる。重量減少率においても66.7%のものが72%のものよりも重量減少率の大きい,この原因については動弾性係数比の場合と同様に明らかではない。

配合番号-2および5は,骨材の種類を変えたコンクリートであるが両者の重量減少率

凍結融解繰返し回数

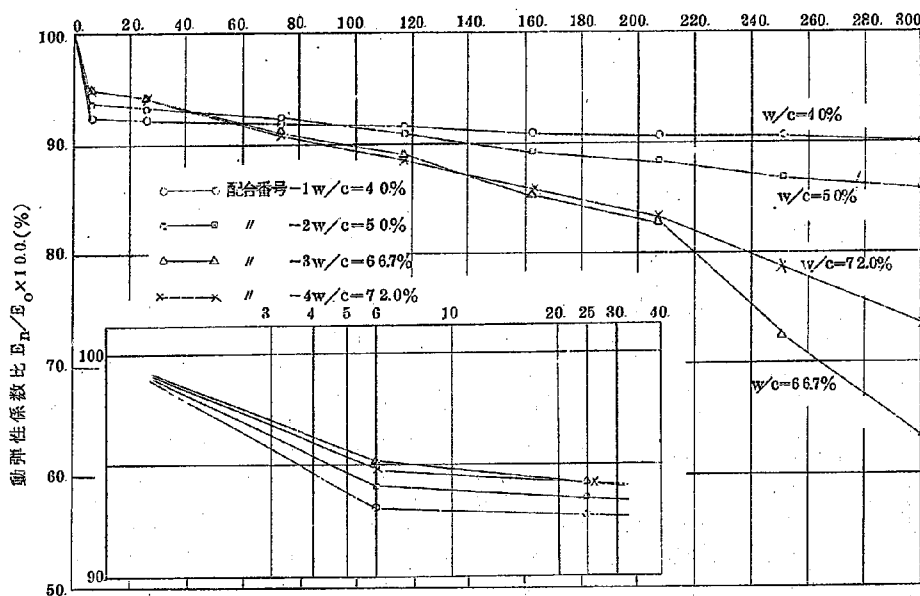


図 - 1

凍結融解繰返し回数

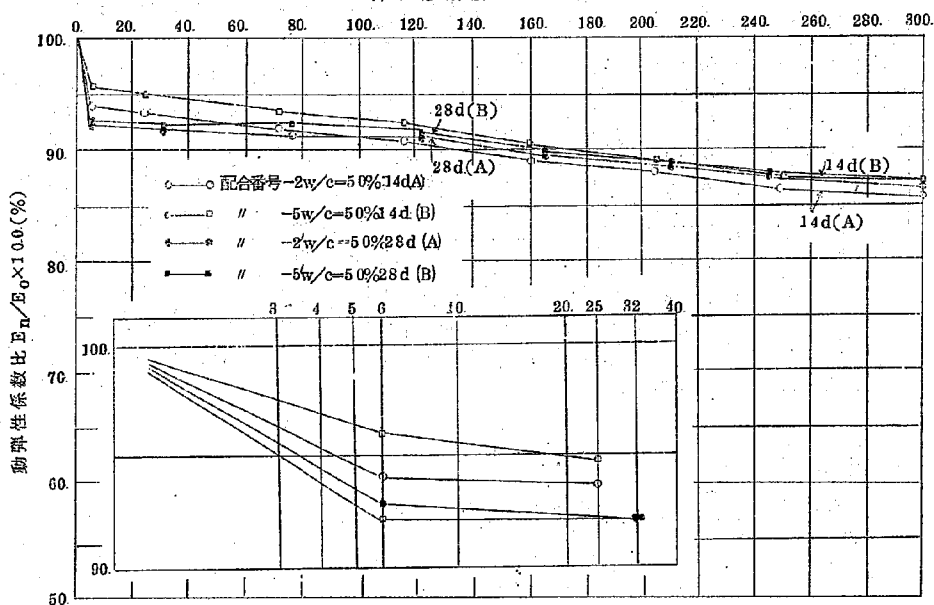


図 - 2

にはあまり差が認められなかった。

表 一: 8

配合 番号	供試体 番 号	W ₀ (g)	$\frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100$ (%)							
			6	25	72	116	161	206	250	300
1	1	7134	0.06	0.22	0.35	0.67	0.87	1.12	1.35	1.79
	2	7062	0.06	0.24	0.38	0.54	0.74	1.02	1.30	1.76
	平均	7098	0.06	0.23	0.37	0.61	0.81	1.07	1.33	1.78
2	1	6920	0.07	0.26	0.66	1.13	2.03	2.66	3.20	3.87
	2	6920	0.00	0.17	0.43	1.11	1.65	2.25	2.98	3.64
	平均	6920	0.04	0.22	0.55	1.12	1.84	2.45	3.09	3.76
3	1	6940	0.00	0.11	2.14	4.12	5.63	6.34	7.18	8.39
	2	6898	0.00	0.09	2.03	3.74	4.99	6.09	7.19	8.44
	平均	6919	0.00	0.10	2.09	3.93	5.31	6.22	7.19	8.42
4	1	6920	0.06	0.35	2.11	3.70	5.03	6.01	7.17	8.01
	2	6918	0.00	0.06	1.68	3.04	4.62	5.64	6.30	7.11
	平均	6919	0.03	0.22	1.90	3.37	4.83	5.83	6.74	7.56
5	1	6908	0.03	0.17	0.55	1.09	1.65	2.72	3.16	3.62
	2	6930	0.00	0.14	0.45	0.92	1.34	1.99	2.60	3.06
	平均	6919	0.02	0.16	0.50	1.01	1.51	2.36	2.88	3.34
配合 番号	供試体 番 号	W ₀ (g)	$\frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100$ (%)							
			6	32	77	122	166	212	247	300
2'	1	6916	-0.01	0.13	0.41	0.55	0.90	2.05	2.46	2.89
	2	6918	0.09	0.20	0.58	0.87	1.45	2.23	2.57	3.28
	3	6943	-0.01	0.19	0.39	0.55	0.85	1.63	2.02	3.18
	平均	6926	0.02	0.17	0.46	0.66	1.07	1.97	2.35	3.12
5'	1	6942	-0.01	0.12	0.32	0.55	0.95	1.64	2.07	2.43
	2	6932	0.01	0.14	0.38	0.61	1.05	1.70	2.11	2.96
	3	6905	0.06	0.20	0.45	0.62	2.33	2.94	3.26	3.65
	平均	6926	0.02	0.15	0.38	0.59	1.43	2.09	2.48	3.01

3) 供試体の外観の変化

凍結融解作用の繰返しによる供試体の外観変化過程を示すと表-9および写真1~7のとおりである。
 以上おこなったそれぞれの試験結果を総合して判定すると1部の試験結果に疑問はあるけれども、矢作工事々務所より送付されたA骨材とB骨材とは、その耐久性については大きな相違はなく、多少の混入があつても差支えない。送付された試料が、採取される風化岩を代表する試料であることを確認しておきたい。

凍結融解繰返し回数

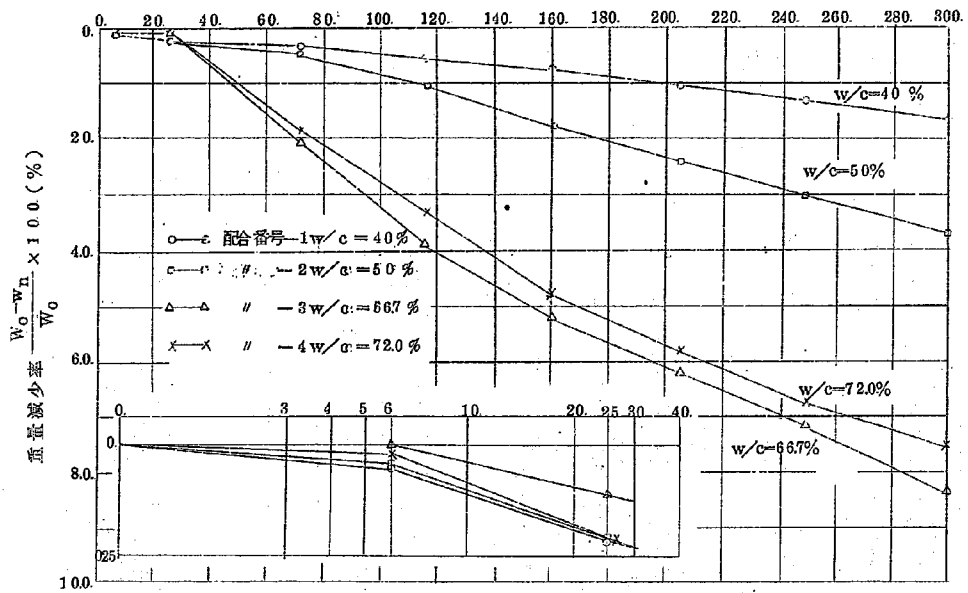


図 - 3

凍結融解繰返し回数

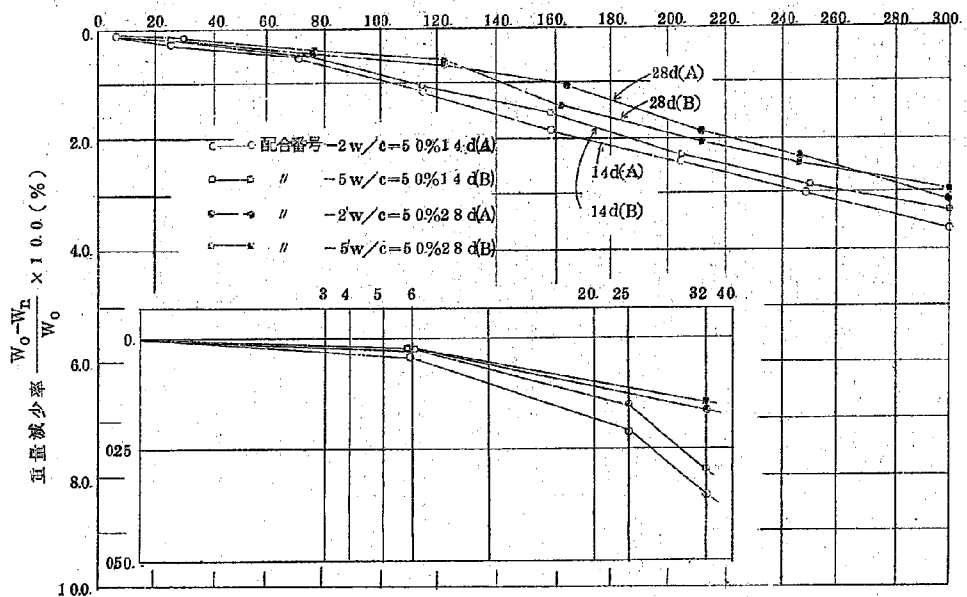
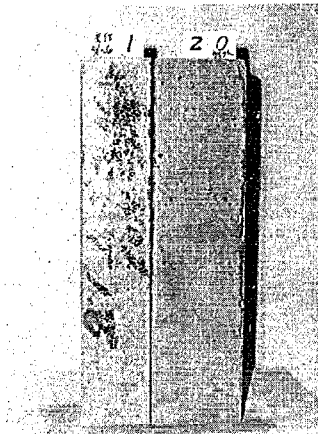


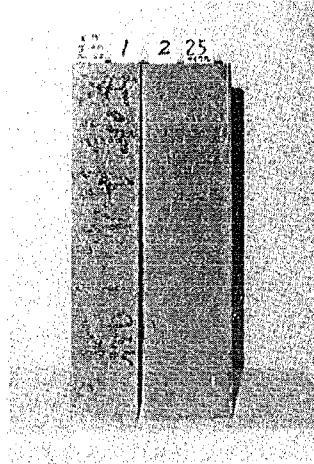
図 - 4

表 - 9

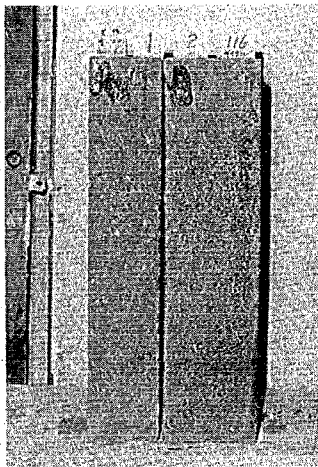
サイクル 配合番号	6	25	72	116	161	208	250	300
1	A面に僅かにスクーリング 他面は変化なし 2本共同線である	A面20%スクーリング B面は僅かにスクーリング C面は変化なし	A面は100%スクーリング B面は90%スクーリング C面は僅かにスクーリング	A面は100%スクーリング、僅かに粗骨材露出 C面は10%スクーリング B面は100%スクーリング	A面は100%スクーリング B面は100%スクーリング C面は70%スクーリング	161サイクルと同じ	A面は僅かに粗骨材露出 B面は100%スクーリング C面は80%スクーリング	A面粗骨材20%露出 B面は僅かに粗骨材露出 C面は95%スクーリング
2	A面に僅かにスクーリング 底1は少々大きい 他面は変化なし 配給番号1より大きい	A面80%スクーリング B面僅かにスクーリング C面は変化なし	A面は100%スクーリング B面は80%スクーリング C面は僅かにスクーリング	A面・B面は粗骨材10%露出 C面は20%スクーリング	A面・B面粗骨材10%露出 C面は30%スクーリング	A・B面粗骨材15%露出 C面は底1 80% 底2 60% スクーリング僅かに粗骨材が露出	A・B面粗骨材15%露出 C面は80%スクーリング 僅かに粗骨材露出	A面粗骨材20%露出 B面粗骨材15%露出 C面95%スクーリング 骨材露かに露出
3	A面僅かにスクーリング 配給番号2,3,4と大差 ないスクーリング 他面は変化なし	A面50%スクーリング B面僅かにスクーリング C面は変化なし	A面は100%スクーリング、僅かに粗骨材が露出 B面は90%スクーリング 僅かに粗骨材が露出 C面は僅かにスクーリング	A面・B面は10%粗骨材露出 C面20%スクーリング	A面は粗骨材20% B面は粗骨材30%露出 C面は70%スクーリング、僅かに粗骨材も見え	A面は粗骨材30% B面は30% C面は5% 粗骨材が露出	A面は粗骨材30% B面粗骨材40% C面は粗骨材5% 底2特に大きな粗骨材が露出	A面粗骨材40% B面粗骨材70% C面粗骨材20% 露出
4	A面に僅かにスクーリング 他面は変化なし	A面80%スクーリング B面は僅かにスクーリング C面変化なし	A面は100%スクーリング 僅かに粗骨材が露出 B面は100%スクーリング、僅かに粗骨材 C面は僅かにスクーリング	A・B面は粗骨材10%露出 C面は10%スクーリング	配合番号-3と同じ	配合番号-3と同じ	A面粗骨材30% B面粗骨材40% C面は粗骨材10% が露出	A面粗骨材30% B面粗骨材70% C面粗骨材20% 露出
5	A面僅かにスクーリング 他面は変化なし	A面30%スクーリング B面は僅かにスクーリング C面は変化なし	A面は100%スクーリング B面は80%スクーリング C面は僅かにスクーリング	A・B面は100%スクーリング C面は20%スクーリング	A・B面は100%スクーリング、僅かに粗骨材が露出 C面は40%スクーリング	A・B面100%スクーリング C面は50%スクーリング	A・B・C面100%スクーリング、僅かに粗骨材露出 C面は90%スクーリング 僅かに粗骨材露出	A面粗骨材10%露出 B面粗骨材30%露出 C面僅かに粗骨材露出
サイクル 配合番号	6	32	77	122	166	212	247	300
2'	A面に僅かにスクーリング 他面は変化なし	A面50%スクーリング B面僅かにスクーリング C面変化なし	A面は100%スクーリング B面は20%スクーリング B面は僅かにスクーリング	A・B面100%スクーリング C面は僅かにスクーリング	A面100%スクーリング、粗骨材露出 B面は100%スクーリング C面は5%スクーリング	A面僅かに粗骨材露出 B面10%粗骨材露出 C面50%スクーリング	A面粗骨材10%露出 B面粗骨材20%露出 C面70%スクーリング	A面粗骨材10%露出 B面粗骨材20%露出 C面90%スクーリング
5'	配合番号-2'と同じ	配合番号-2'と同じ	配合番号-2'と同じ	A面に粗骨材が露出 B面は90%スクーリング C面5%スクーリング	A面は100%スクーリング 僅かに粗骨材が露出 B面90%スクーリング C面10%スクーリング	A面20%粗骨材露出 B面僅かに粗骨材露出 C面50%スクーリング	A面粗骨材20%露出 B面粗骨材20%露出 C面70%スクーリング	A・B面粗骨材20%露出 C面90%スクーリング



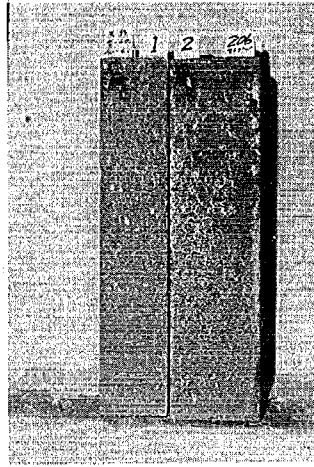
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25サイクル

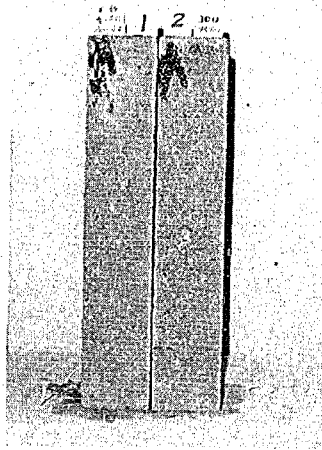


116サイクル

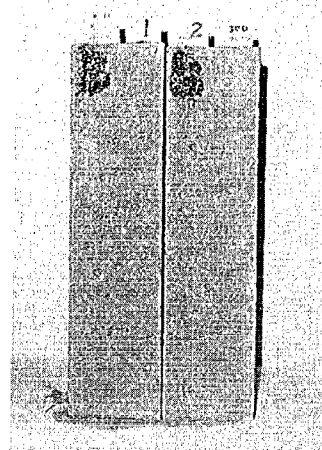


206サイクル

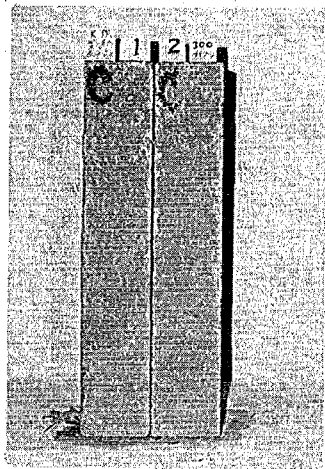
写真 - 1 a 配合番号 - 1



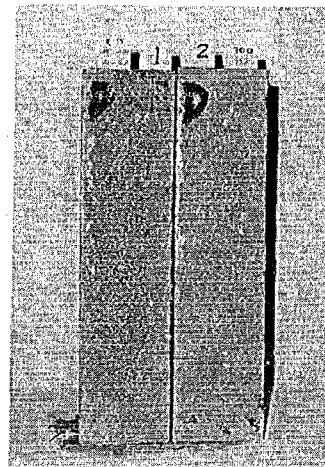
300サイクルA面



300サイクルB面

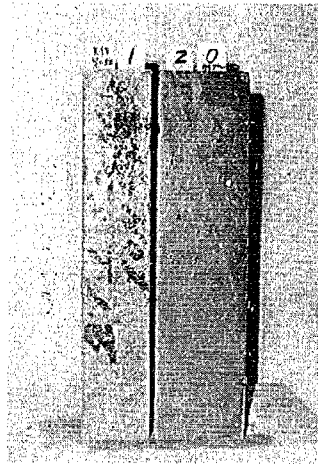


300サイクルC面

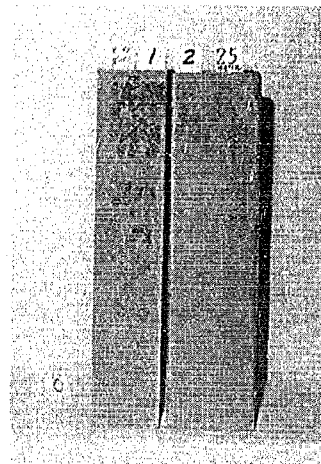


300サイクルD面

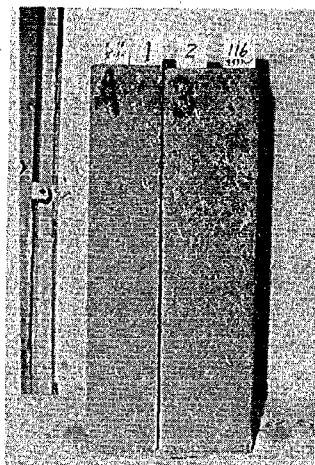
写真 - 1 b 配合番号 - 1



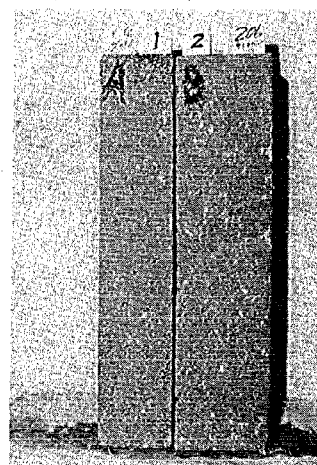
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25サイクル

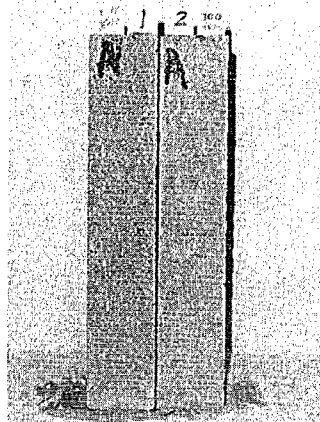


116サイクル

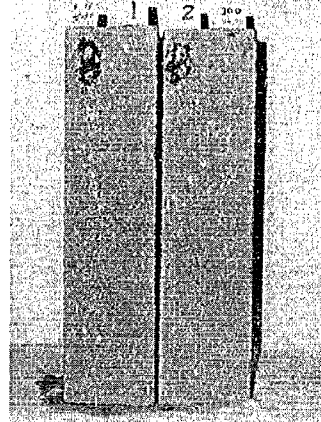


206サイクル

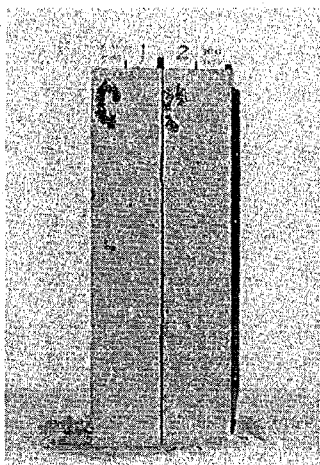
写真 - 2 a 配合番号 - 2



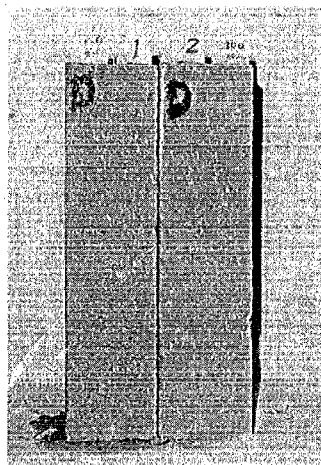
300 サイクル A 面



300 サイクル B 面



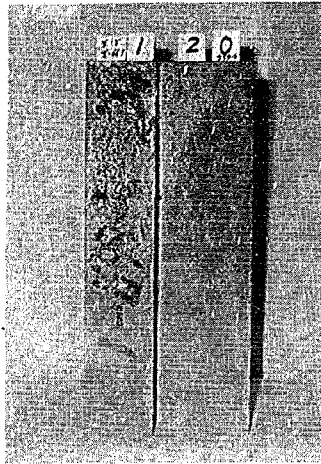
300 サイクル C 面



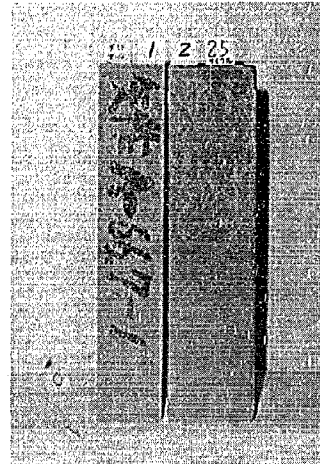
300 サイクル D 面

写真 - 2 b

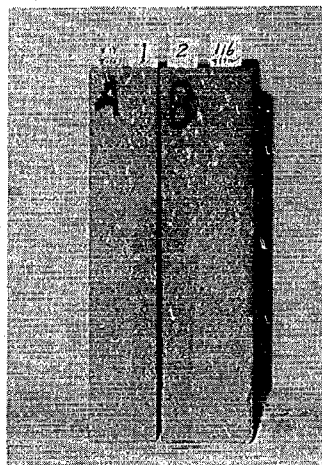
配合番号 - 2



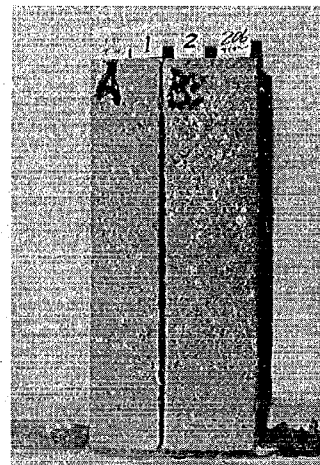
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25 サイクル



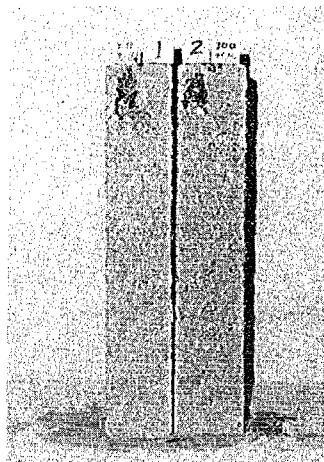
116 サイクル



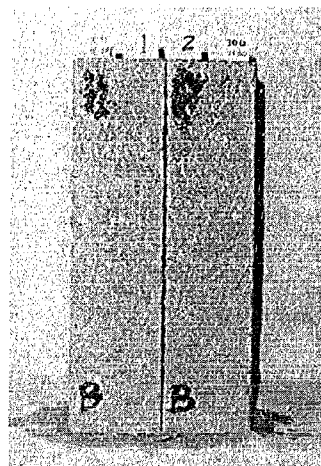
206 サイクル

写真 - 3 a

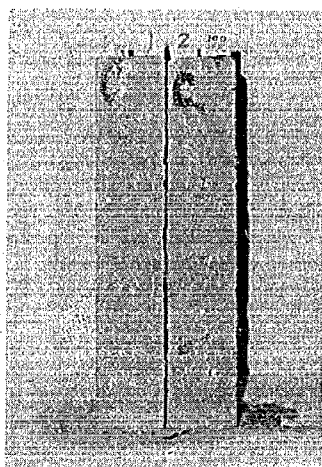
配合番号 - 3



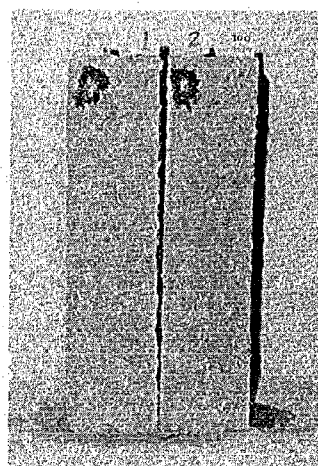
300 サイクル A面



300 サイクル B面



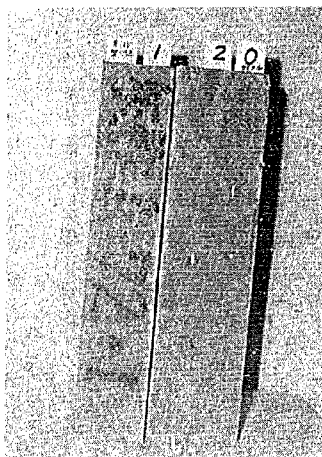
300 サイクル C面



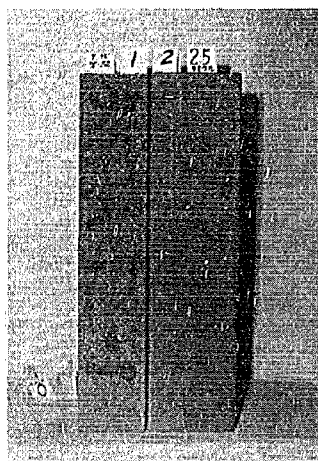
300 サイクル D面

写真 - 3 b

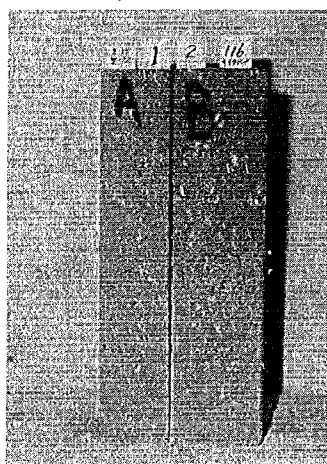
配合番号 - 3



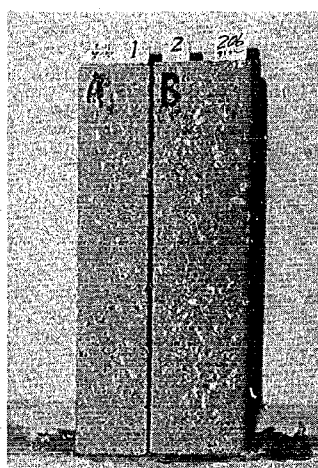
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25 サイクル

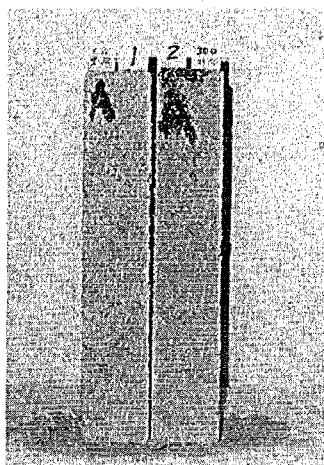


116 サイクル

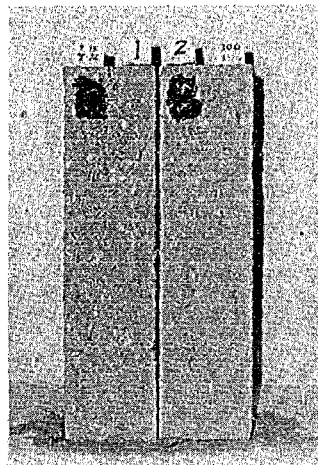


206 サイクル

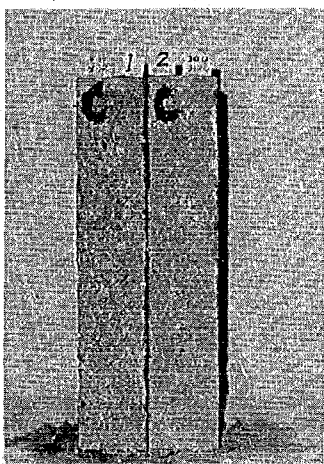
写真 - 4 a 配合番号 - 4



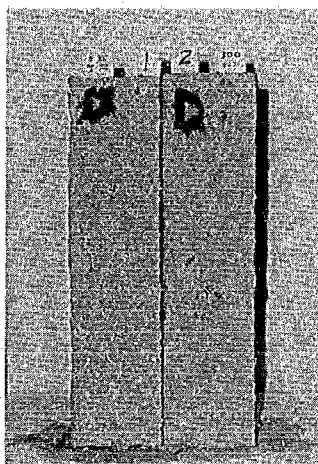
300サイクルA面



300サイクルB面

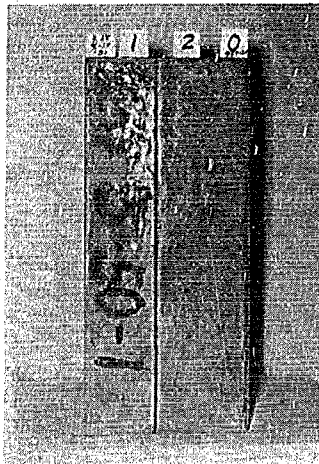


300サイクルC面

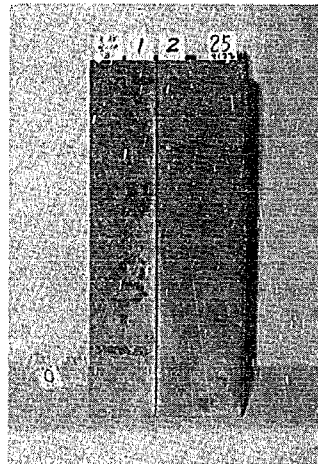


300サイクルD面

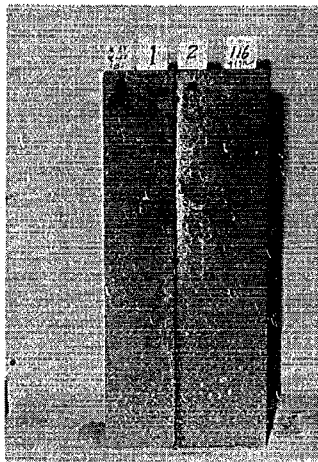
写真 - 4 b 配合番号 - 4



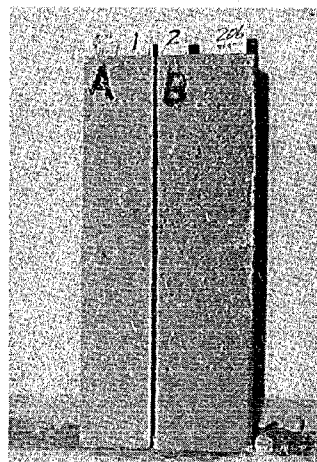
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25 サイクル



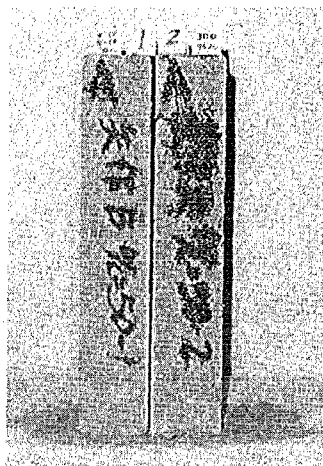
116 サイクル



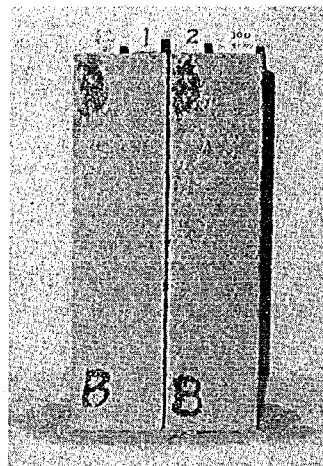
206 サイクル

写真 - 5 a

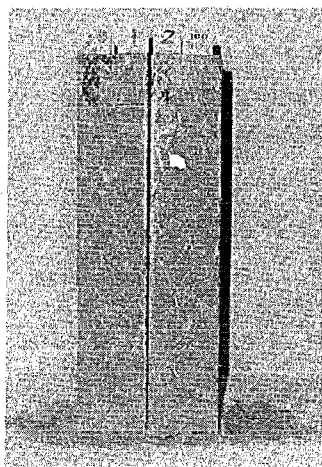
配合番号 - 5



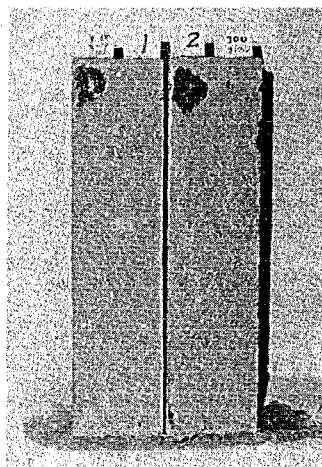
300サイクルA面



300サイクルB面



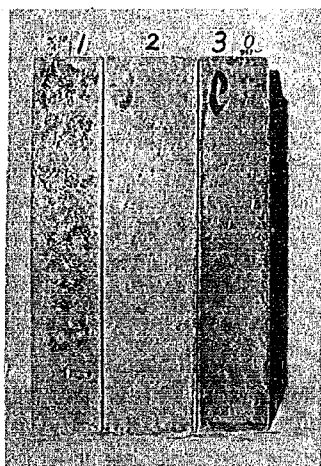
300サイクルC面



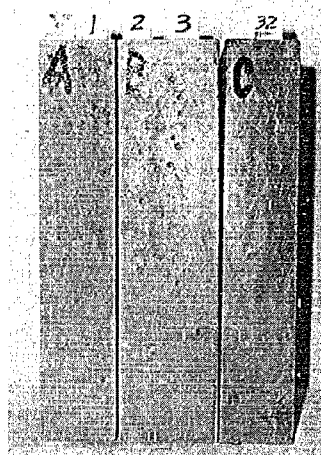
300サイクルD面

写真 - 5b

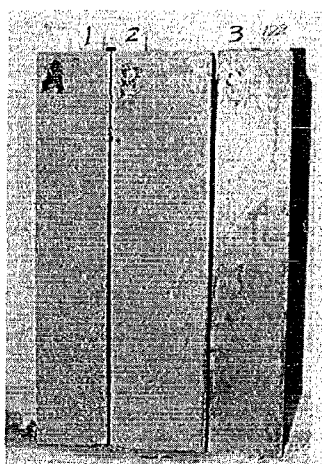
配合番号 - 5



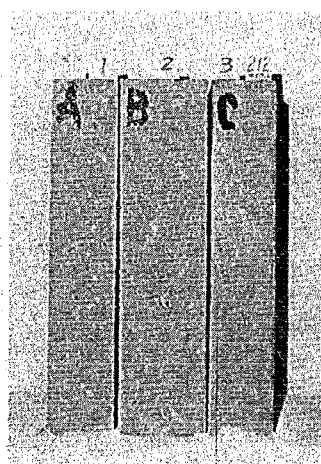
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



3 2 サイクル



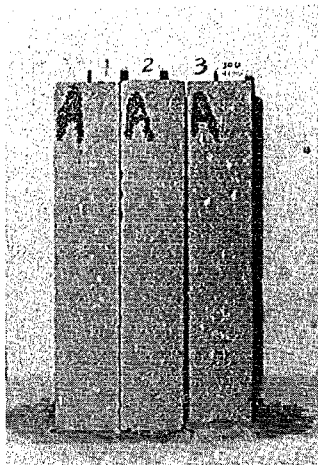
1 2 2 サイクル



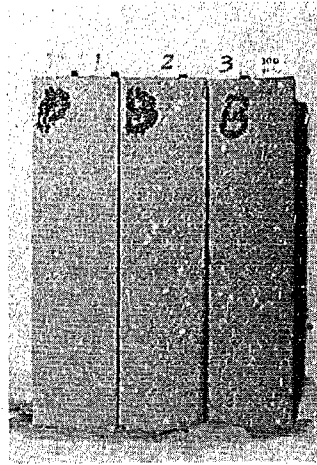
2 1 2 サイクル

写真 - 6 a

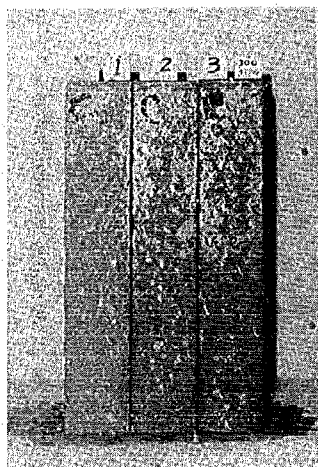
配合番号 - 2'



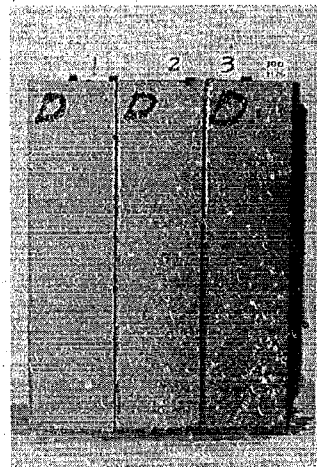
300サイクルA面



300サイクルB面



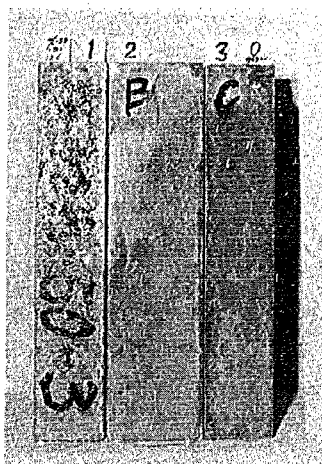
300サイクルC面



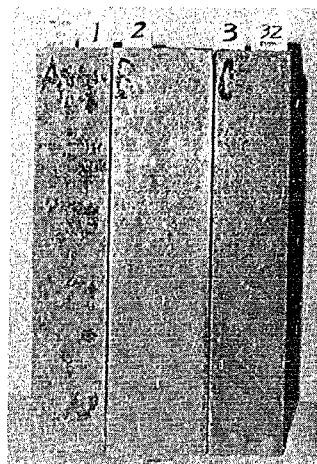
300サイクルD面

写真 - 6b

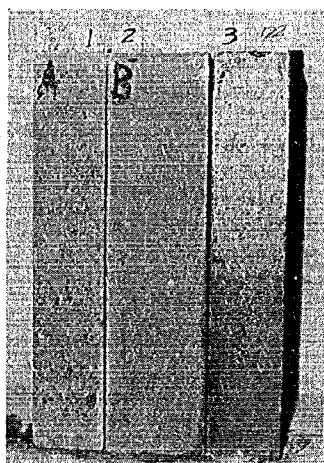
配合番号 - 2



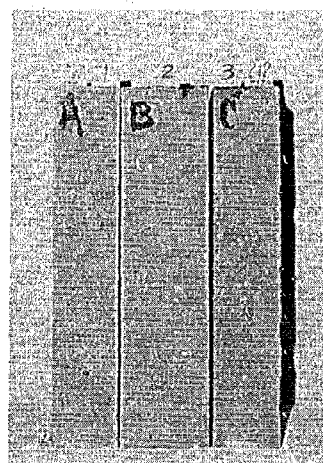
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



3 2 サイクル



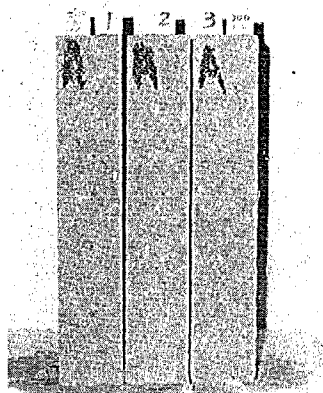
1 2 2 サイクル



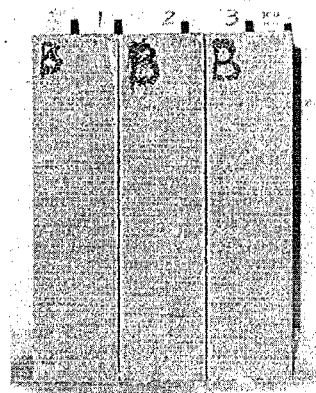
2 1 2 サイクル

写真 - 7 a

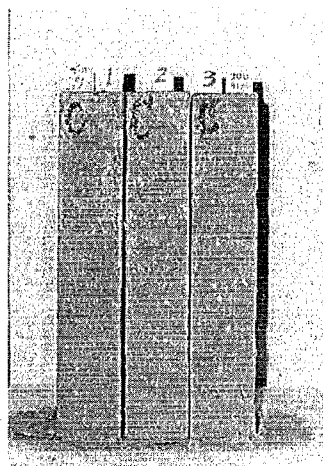
配合番号 - 5'



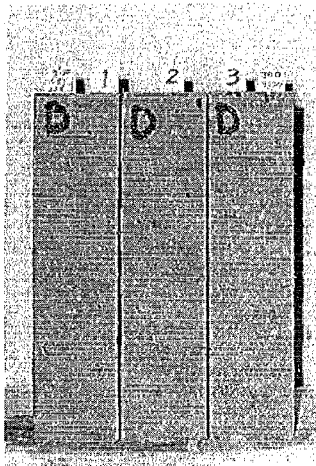
300サイクルA面



300サイクルB面



300サイクルC面



300サイクルD面

写真 - 7 b

配合番号 - 5

矢作ダムコンクリート用骨材の
凍結融解による耐久性試験
報告書

昭和42年3月

建設省 土木研究所

天保ダムコンクリート骨材の凍結融解作用 による耐久試験結果報告書

本報告は、天保ダムに用いられるコンクリート用骨材に
ある程度の混入が予想される風化岩について、凍結融解作
用に対する耐久性に関する資料を得るにために行なつたもの
である。

1. 試験項目

- i) コンクリートの水セメント比と耐久性との関係
- ii) 凍結融解作用開始時のコンクリート骨材と耐久性との関係
- iii) 骨材の相異による耐久性の関係

2. 使用骨材

用いた各骨材は、つぎのとおりである。

1) セメント

土木研究所で一般試験用に用いている日本セメント工場の普通ポルトランドセメントを用いた。その試験成績表を示すと表-1のとおりである。

表-1

比重	粉末度		凝 結					安定性 (煮沸方法)	マグネ シヤ (%)	無水 硫酸 (%)	強熱 減量 (%)
	比表面積 (アレックス (cm ² /g))	標準潤滑 率(%)	室温 (°C)	湿度 (%)	水量 (%)	始発 (時-分)	終 結 (時-分)				
3.15	3120	1.6	20.3	90	28.1	2-11	3-18	良	1.1	2.0	0.6
フロー値 (mm)	曲 げ 強 サ (kg/cm ²)				圧 縮 強 サ (kg/cm ²)				養生温度 (°C)		
	1 日	3 日	7 日	28 日	1 日	3 日	7 日	28 日	室 温	水 温	
247	—	31.6	46.4	72.4	—	128	218	422	20.0	20.0	

2) A.E. 剤

空気量を減らすためにベンゾールを用いた。使用に際しては10%水溶液として用いた。

3) 骨材

細骨材、粗骨材ともに、貴事務所より送付された花崗岩質のものが風化の程度によりAおよびBの2種類に分類されていた。細骨材は砕砂で、物理試験を行なつたところ試験結果は表-2のとおりである。

表-2

項目 種類	比重	吸水量 (%)	安定性試験による損失重量(%)					粒 度							F.M.
			2.5~ 1.2	1.2~ 0.6	0.6~ 0.3	0.3~ 0.15	右と表し のた り度	各ふるいに留まる量の重量百分率(%)							
								5.0~ 2.5	2.5~ 1.2	1.2~ 0.6	0.6~ 0.3	0.3~ 0.15	以下		
A	2.62	1.40	4.5	4.8	4.9	4.2	4.2	2.8	7.4	24.9	34.9	22.5	7.4	2.1	
B	2.59	1.52	—	—	—	—	—	1.5	6.8	25.5	32.2	25.2	8.8	2.0	

(註) A骨材は使用予定の骨材
B骨材は、風化岩の混入した骨材。

粗骨材は碎石で、物理試験を行、たところ、その試験結果は表-3のとおりである。

表-3

項目 種類	粒 径 (mm)	比 重	吸水量 (%)	スリヘリ減量(%)		安 定 性			単位容積重 量(kg/m³)
				B粒度	C粒度	損失重量(%)	試験前旧数	試験後旧数	
A	25~20	2.63	0.78			6.1	66	60	
	20~15	2.63	0.77			5.5	84	80	
	15~10	2.62	0.98			2.1	42	40	
	10~5	2.62	0.82			3.2	—	—	
混 合		2.63	0.82	22.5	28.2	4.5			1565
B	25~20	2.62	0.78			8.9	68	60	
	20~15	2.60	0.98			6.9	91	82	
	15~10	2.60	1.27			7.5	45	38	
	10~5	2.59	1.13			7.0	—	—	
混 合		2.60	1.04	27.9	29.1	7.6			1570

(註) A骨材は、使用予定の骨材
B骨材は、風化岩の混入した骨材

表-2、表-3の結果の範囲では、細粗骨材とす、コンクリート骨材として示す事にし、その限度に合格している。

3. 供試体の製作

コンクリートの配合はスラング6±1mm、空気量4.5±0.5%とし、水セメント比が40、50、66.7、70%とする。

すうに表-4 のとおり定め、
 骨材の品質により影響をうけがらぬことをあきらかに
 試験の範囲が非常に広くなることとを考慮して骨
 材の種類を用いた。

粗骨材は粒度を昨年度の報告と同様 25^{mm}~20^{mm} 25%, 20^{mm}~
 15^{mm} 32%, 15^{mm}~10^{mm} 20%, 10^{mm}~5^{mm} 23% とする様に一度ふる
 い分けしたものを再混合して用いた。

表-4

配合 番号	粗骨材の最 大寸法(mm)	単位水量 (kg)	単位セメント 量 (kg)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位粗骨材 量 (kg)	単位細骨材 量 (kg)	スランプ (cm)	空気量 (%)
1	25	185	463	40	32.5	535	1110	5.3	4.2
2, 2'			370	50	35.5	611		6.3	4.8
3			278	66.7	38.3	688		5.3	4.4
4			257	72	38.8	705	1114	5.9	4.7
5, 5'			370	50	35.0	666		6.3	4.9

〔註〕 試験項目と配合との関係を示すと次のとおりである。

試験項目	配合
コンクリートの水セメント比と耐久性	1, 2, 3, 4
コンクリートの材令と耐久性	2, 2', 5, 5'
骨材の相異による耐久性	2, 5

練りおせは、2切の可傾式ミキサを用い、1バッチの
 量は、スランプ、空気量の測定および供試体2本製作
 のために20ℓとした。(ただし配合番号-2, 5および5',
 2'および5'の供試体も同じバッチから造るに約30ℓと
 した。)

練りおせ方は全材料を投入してから3分間練りおせ
 たらしく1分間ミキサを止め、更に1分間練りおせる
 方法をと、ミキサから排出したコンクリートは練
 り板上にて1往復の切返しを行ない、空気量、スラン
 プが所定値であることとを確かめたのち供試体 (75×10×40cm)
 を製作した。

供試体は製作後20時間湿布で養生し、脱型してから
 所要の試験開始時刻まで20±3℃の水中に養生を行

4. 試験方法

凍結融解試験は、A. S. T. M. C290-61T の規定により、 $+4^{\circ}\text{C}$ から -17°C の範囲で行う。凍結融解作用の繰返しによるコンクリートの損傷程度は、JIS A-1127 に規定されている共振振動によるコンクリートの動弾性係数の変化、供試体の重量変化および外観変化などにより判定した。

なお凍結融解繰返しを開始しに代るは、配合番号-1、-2、-3、-4、および-5は代る14日から、配合番号-2、および-5は代る28日からである。

5. 試験結果および考察

- 1) 動弾性係数比 (凍結融解作用開始時の動弾性係数 E_0 と各測定時における動弾性係数 E_n との比、すなわち $E_n/E_0 \times 100$)、動弾性係数の測定は前記のとおり JIS A-1127 の規定に従って共振振動によるたわみ振動によって求めたが、この場合のたわみ振動は、供試体の断面が長方形のため、短辺長辺をそれぞれ高さとして2方向の動弾性係数を求め、それぞれ E_v ($h=10\text{cm}$ の場合)、 E_h ($h=5\text{cm}$ の場合) とした。凍結融解繰返しによる動弾性係数の変化はそれぞれ動弾性係数比で表-5 および表-6 とありである。
- 表-5 および表-6 で判るとあり E_v/E_0 が少異なり、このため、凍結融解繰返しによる動弾性係数比は振動方向により差があるように思われるため、両者の平均値について、供試体の損傷程度を判定することにした。凍結融解繰返し回数と平均動弾性係数比との関係を図-1 で示すと図-1 および図-2 のとおりである。

図-1 および図-2 に示すとおり凍結融解の繰返しが進むと徐々に各配合によって差異が現われてきた。すなわち A 骨材を用いたコンクリートにおいて水セメント比を低下させた場合の供試体 (配合番号-1、-2、-3、-4) では、凍結融解繰返し回数約 60 サイクルまでは各配合の供試体とも同じような動弾性係数比の低下を示したが、その後水セメント比 40%、50%、72%、66.7% の順に低下率が大きくなっていく。ここで水セメント比 72% と 66.7% のコンクリートの凍結融解繰返し回数が 166 サイクル以降において水セメント比 66.7% のものの低下率が 72% より大きくなった。

表-5

供試体 番号		E_0	$E_{11}/E_0 \times 100 (\%)$							
			6	25	72	116	161	206	250	300
1-1	Ev	378.790	91.3	92.1	92.0	90.7	90.5	90.3	90.1	89.3
	EL	371.110	93.1	92.3	91.7	90.8	90.0	89.8	89.6	89.2
	平均	374.950	92.2	92.2	91.9	90.8	90.3	90.1	89.9	89.3
1-2	Ev	373.320	92.6	92.4	90.6	90.8	90.6	90.4	90.1	89.3
	EL	371.670	93.4	92.5	92.4	91.7	91.3	91.1	90.8	90.4
	平均	372.450	93.0	92.5	91.5	91.3	91.0	90.8	90.5	89.9
平均値		373.700	92.7	92.4	91.7	91.1	90.7	90.5	90.2	89.6
2-1	Ev	338.880	93.9	93.7	91.7	90.4	89.3	88.1	87.2	86.1
	EL	341.170	93.5	93.3	92.2	89.9	88.2	86.6	86.0	85.4
	平均	340.030	93.7	93.5	92.1	90.2	88.8	87.9	86.6	85.8
2-2	Ev	343.830	93.8	93.3	91.9	91.4	89.5	88.1	86.5	86.0
	EL	345.310	94.4	93.3	91.9	90.8	89.2	88.1	86.3	85.1
	平均	344.570	94.1	93.3	91.9	91.1	89.4	88.1	86.4	85.6
平均値		342.300	94.0	93.4	92.0	90.7	89.1	88.0	86.6	85.7
3-1	Ev	318.120	95.1	96.0	91.1	89.4	86.4	83.5	71.6	62.8
	EL	307.920	95.0	94.2	91.0	88.1	86.3	82.1	73.8	64.3
	平均	313.120	95.1	95.1	91.1	88.8	85.4	82.8	72.7	63.6
3-2	Ev	296.510	95.4	96.1	91.3	89.9	(82.7)	(71.2)	(65.0)	(56.8)
	EL	298.300	95.0	96.1	91.8	88.0	(80.4)	(73.9)	(67.3)	(61.4)
	平均	297.410	95.2	96.1	91.6	89.0	(81.6)	(72.6)	(66.2)	(59.1)
平均値		303.390	95.2	96.2	91.3	88.9	(85.4)	(82.8)	(72.7)	(63.6)
4-1	Ev	309.920	94.6	93.2	91.0	88.1	85.6	82.9	78.0	72.0
	EL	305.080	95.0	93.9	91.0	88.5	85.5	82.9	77.6	75.7
	平均	307.500	94.8	93.6	91.0	88.6	85.6	82.9	78.8	76.9
4-2	Ev	309.830	95.0	96.0	91.0	88.3	85.6	82.8	76.9	70.8
	EL	306.980	95.4	94.9	90.8	88.5	85.8	83.9	80.5	76.0
	平均	308.390	95.2	94.5	90.9	88.4	85.7	83.4	78.7	73.4
平均値		307.940	95.0	94.2	91.0	88.5	85.7	83.2	78.8	73.8
5-1	Ev	322.070	96.5	95.2	93.1	92.0	90.6	89.2	87.4	86.2
	EL	324.320	95.0	94.1	92.7	91.1	89.3	87.8	86.4	85.4
	平均	323.200	95.8	94.7	93.2	91.7	90.0	88.5	86.9	85.8
5-2	Ev	324.710	96.1	95.0	94.2	93.7	91.9	90.4	88.9	87.1
	EL	327.370	96.3	94.6	93.4	91.8	90.0	88.0	86.9	85.3
	平均	326.040	95.7	94.8	93.8	92.8	91.0	89.2	87.9	86.2
平均値		324.620	95.8	94.8	93.5	92.3	90.5	88.9	87.5	86.1

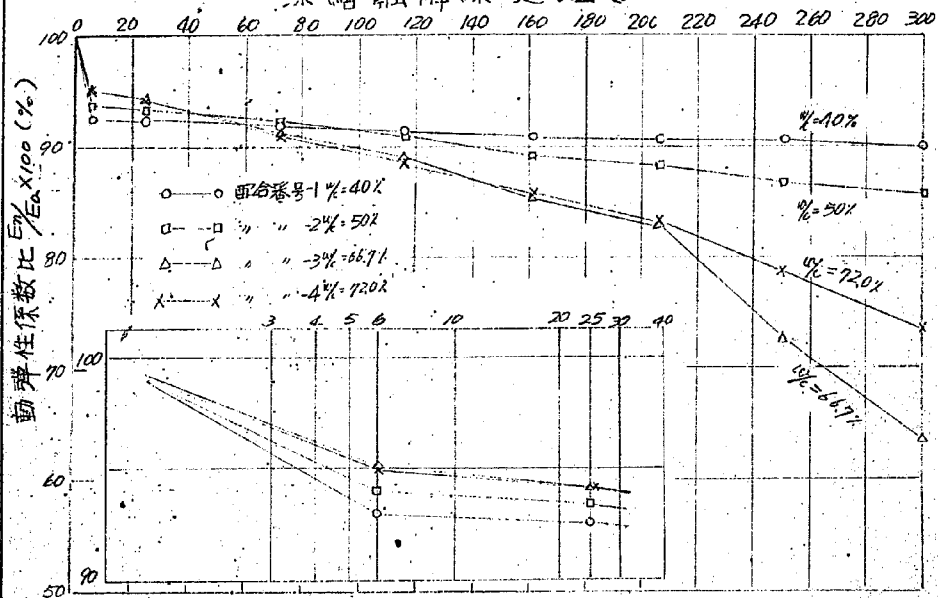
SEKIREI A.4 NO.154 注()の中のものは2本中1本の値である。

(5)

表-6

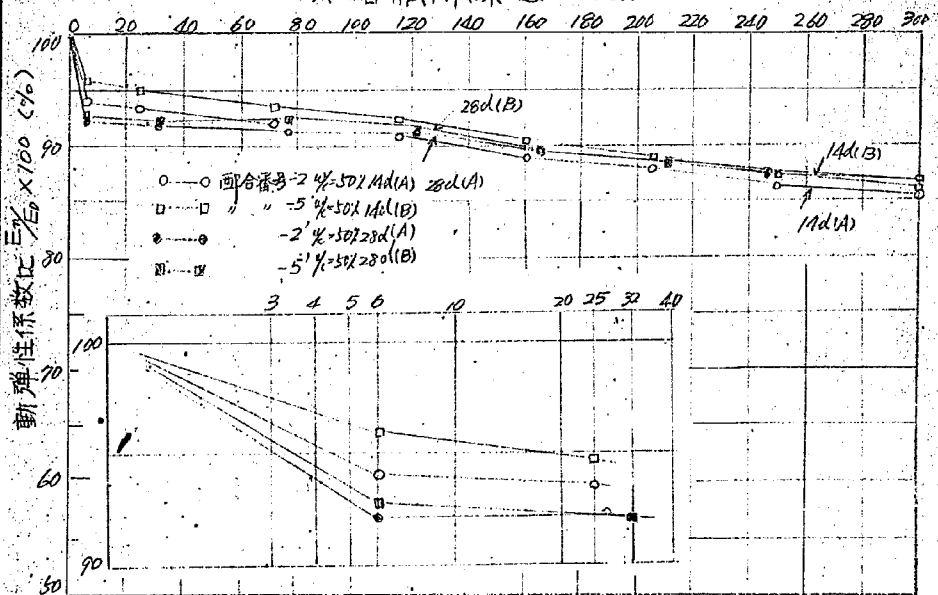
供試体 番号	E_0	$E_{ij}/E_0 \times 100 (\%)$							
		6	32	77	122	166	212	247	300
2-1	Ev	353.640	92.1	92.0	91.7	91.6	90.4	88.4	88.1
	EL	349.270	92.2	92.1	91.8	91.2	90.3	89.2	88.3
	平均	351.460	92.2	92.1	91.8	91.4	90.4	88.8	88.2
2-2	Ev	352.070	91.6	91.9	91.1	90.8	88.0	86.9	86.1
	EL	351.460	91.8	91.7	91.4	91.1	88.3	87.1	86.2
	平均	351.770	91.7	91.8	91.3	91.0	88.2	87.0	86.2
2-3	Ev	356.710	92.2	91.7	91.3	91.6	90.0	89.3	87.6
	EL	359.050	92.5	91.2	91.0	91.2	89.5	88.8	88.0
	平均	357.880	92.4	91.5	91.2	91.4	89.8	89.1	87.8
平均値		353.740	92.1	91.8	91.4	91.3	89.5	88.3	87.4
5-1	Ev	339.940	92.5	91.9	92.2	91.5	89.7	88.1	88.2
	EL	342.260	92.3	92.2	92.5	91.2	89.1	88.5	87.0
	平均	341.110	92.4	92.1	92.4	91.4	89.4	88.8	87.6
5-2	Ev	337.820	92.4	92.3	92.5	91.4	89.2	88.5	87.3
	EL	339.700	92.9	92.3	92.5	91.5	89.7	89.1	88.1
	平均	338.760	92.1	92.3	92.0	91.6	89.5	89.3	87.7
5-3	Ev	337.580	92.7	92.2	92.4	92.2	89.8	88.8	88.5
	EL	338.380	92.2	91.6	91.9	91.2	88.5	86.9	86.0
	平均	337.970	92.5	91.9	92.2	91.7	89.2	87.9	87.3
平均値		339.280	92.7	92.1	92.5	91.6	89.4	88.7	87.5

凍結融解線 返回数



Ⅱ - 2

凍結融解線 返回数



に66.7%のもので、2本中の1本が急激な動弾性係数比の低下を示したため、1本のみの結果を明示した。この原因については明確ではないので、この点は再試験して検討の必要があると考えられる。なお40かおよび50%のものの試験値は、昨年度報告したものの値とほぼ同じであった。

配合番号-2'5の供試体は配合番号-2.5のものと同じコンフリートで作った供試体であるが、28日から凍結融解作用を与えたものである。凍結融解作用開始後、14日のものと28日のものととの差異は明らかでなかった。

骨材の種類を変えたコンフリート（配合番号-2および5）の両者はほぼほとんど差異があるように認められなかった。

以上の結果から各配合の耐久性係数と求めると表-7のとおりである。

表-7

配合番号	1	2	3	4	5	2'	5'
耐久性係数	89.5	85.5	64.0	73.5	86.0	86.5	86.7

2) 供試体の重量減少率（凍結融解作用開始時の供試体重量 W_0 と各測定時における供試体重量 W_n との比、すなわち $W_0 - W_n / W_0 \times 100$ ）凍結融解繰返し回数と重量減少率の関係を示すと表-8のとおりで、これを図で示すと図-3および4のとおりである。

図-3および4に示すとおり重量減少率は、配合番号-1, 2, 3, 4, 5において、すなわち動弾性係数比と同様の順序になっている。重量減少率にあっては66.7%のもの、67.2%のものよりも重量減少率が大きい。この原因については動弾性係数比の場合と同様に明らかではない。

配合番号-5および5'は、骨材の種類を変えたコンフリートであるが両者の重量減少率にあまり差が認められなかった。

表-8

配合 番号	供試体 番号	W ₀ (g)	$\frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100 (\%)$							
			6	25	72	116	161	206	250	300
1	1	7134	0.06	0.22	0.35	0.67	0.87	1.12	1.35	1.79
	2	7962	0.06	0.24	0.38	0.54	0.74	1.02	1.30	1.76
	平均	7098	0.06	0.23	0.37	0.61	0.81	1.07	1.33	1.78
2	1	6920	0.07	0.26	0.66	1.13	2.03	2.66	3.20	3.87
	2	6920	0.00	0.17	0.43	1.11	1.65	2.25	2.98	3.64
	平均	6920	0.04	0.22	0.55	1.12	1.84	2.45	3.09	3.76
3	1	6940	0.00	0.11	2.14	4.12	5.63	6.34	7.12	8.39
	2	6898	0.00	0.09	2.03	3.74	4.99	6.09	7.19	8.44
	平均	6919	0.00	0.10	2.09	3.93	5.31	6.22	7.19	8.42
4	1	6920	0.06	0.35	2.11	3.70	5.03	6.01	7.17	8.01
	2	6918	0.00	0.06	1.68	3.04	4.62	5.64	6.30	7.11
	平均	6919	0.03	0.22	1.90	3.37	4.83	5.83	6.74	7.56
5	1	6908	0.03	0.17	0.55	1.09	1.65	2.72	3.16	3.62
	2	6930	0.00	0.14	0.45	0.92	1.34	1.99	2.60	3.06
	平均	6919	0.02	0.16	0.50	1.01	1.51	2.36	2.88	3.34
配合 番号	供試体 番号	W ₀ (g)	$\frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100 (\%)$							
			6	32	77	122	166	212	247	300
2'	1	6916	-0.01	0.13	0.41	0.55	0.90	2.05	2.46	2.89
	2	6918	0.09	0.20	0.58	0.87	1.45	2.23	2.57	3.28
	3	6943	-0.01	0.19	0.39	0.55	0.85	1.63	2.02	3.18
	平均	6926	0.02	0.17	0.46	0.66	1.07	1.97	2.35	3.12
5'	1	6942	-0.01	0.12	0.32	0.55	0.95	1.64	2.07	2.43
	2	6932	0.01	0.14	0.38	0.61	1.05	1.70	2.11	2.96
	3	6905	0.06	0.20	0.45	0.62	2.33	2.94	3.26	3.65
	平均	6926	0.02	0.15	0.38	0.59	1.63	2.09	2.48	3.01

3) 供試体の外観の変化

凍結融解作用の繰返しによる供試体の外観変化過程を示すと表-9 および写真1~7のとおりである。

以上ある程度の供試体の試験結果を総合して判別すると、一部の試験結果に疑問があるけれども、矢張り工事の土質より選付されたA骨材とB骨材とは、その耐久性について大きな相違はなく、多少の混入があっても差支はない。選付された試験材が、採取される風化岩を代表する試験材であることを確認しておかれる。

図-3

凍結融解繰返回数

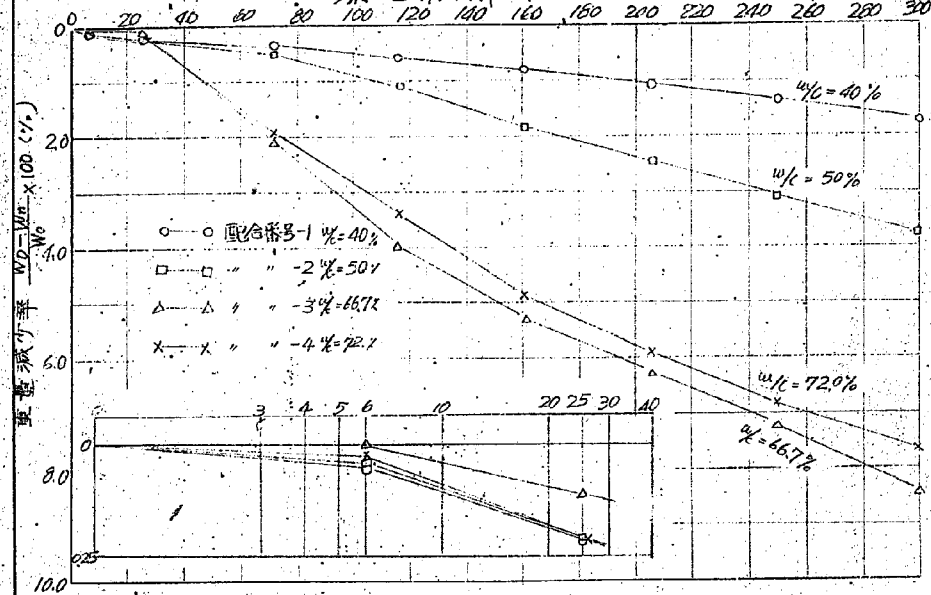


図-4

凍結融解繰返回数

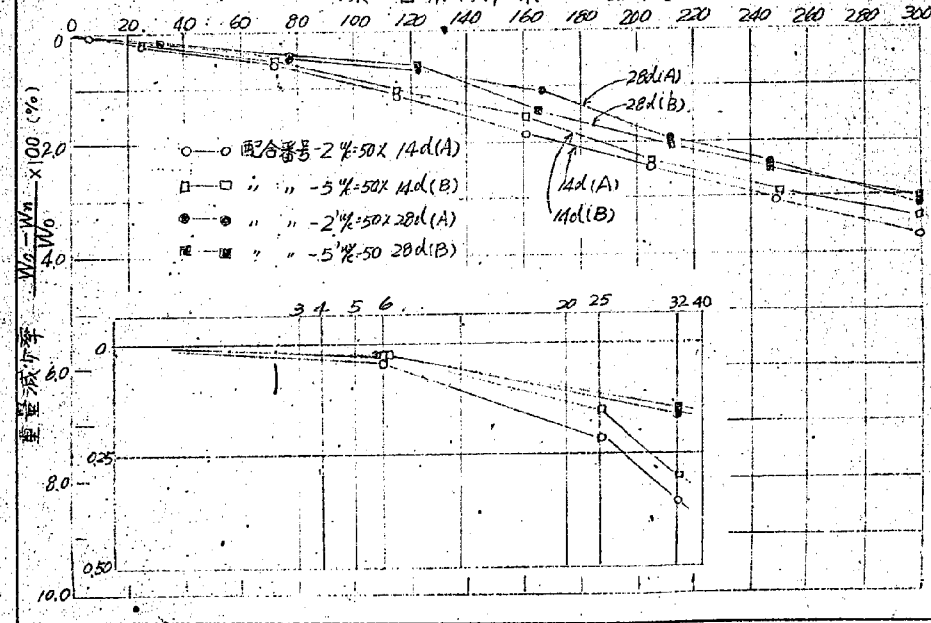
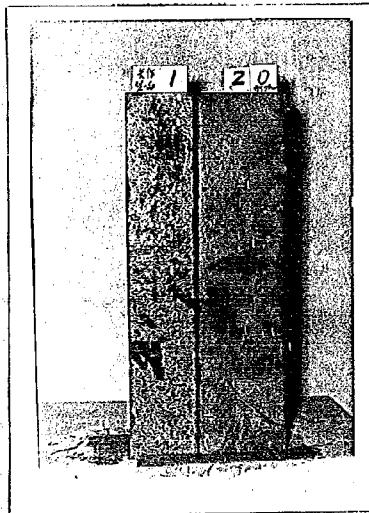


表-9

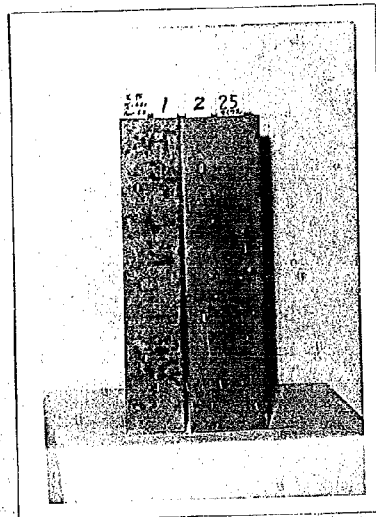
配合率	25	72	116	161	206	250	300
1	A面は僅かにスケリ 他面は変化なし エボニ同様である	A面20%スケリ BD面は僅かにスケリ C面は変化なし	A面は100%スケリ BD面は80%スケリ C面は僅かにスケリ	A面は100%スケリ BD面は100%スケリ C面は80%スケリ BD面は100%スケリ	A面は100%スケリ BD面は100%スケリ C面は70%スケリ	161スケリと同じ A面は僅かに粗骨 露出 BD面は100%スケリ C面は80%スケリ	A面粗骨20%露出 BD面は僅かに粗骨 露出 C面は95%スケリ
2	A面は僅かにスケリ No.1スケリ 他面は変化なし 既合番号1ノ1大さ	A面30%スケリ BD面は僅かにスケリ C面は変化なし	A面は100%スケリ BD面は80%スケリ C面は僅かにスケリ	A面BD面は粗骨 10%露出 C面は20%スケリ	A面BD面粗骨 10%露出 C面は30%スケリ	A,B,D面粗骨 15%露出 C面はNo.1 80% No.2 60% スケリは粗骨 露出	A面粗骨20%露出 BD面粗骨は露出 C面は95%スケリ 骨は僅かに露出
3	A面は僅かにスケリ 既合番号2,3,4と 大さのスケリ 他面は変化なし	A面50%スケリ BD面は僅かにスケリ C面は変化なし	A面は100%スケリ 僅かに粗骨が露出 BD面は70%スケリ 僅かに粗骨が露出 C面は僅かにスケリ	A面BD面は10%粗 骨露出 C面は20%スケリ	A面は粗骨20% BD面は粗骨30% 露出 C面は70%スケリ 僅かに粗骨が露出	A面は粗骨30% BD面は粗骨30% 露出 C面は5% 粗骨が露出	A面粗骨40% BD面粗骨70% 露出 C面は粗骨20% 露出
4	A面は僅かにスケリ 他面は変化なし	A面60%スケリ BD面は僅かにスケリ C面は変化なし	A面は100%スケリ 僅かに粗骨が露出 BD面は10%スケリ 僅かに粗骨が露出 C面はスケリ	A,B,D面は粗骨 40%露出 C面は10%スケリ	既合番号3と同じ A面は粗骨20% BD面は粗骨30% 露出 C面は10%スケリ	A面粗骨30% BD面粗骨40% 露出 C面は粗骨10% 露出	A面粗骨30% BD面粗骨70% 露出 C面粗骨20% 露出
5	A面は僅かにスケリ 他面は変化なし	A面20%スケリ B,D面は僅かにスケ リ C面は変化なし	A面は100%スケリ B,D面は20%スケ リ C面は僅かにスケリ	A,B,D面は100%スケ リ C面は20%スケリ	A,B,D面は100%スケ リ C面は20%スケリ	A,B,C面は100%スケ リ C面は20%スケリ 僅かに粗骨が露出	A面粗骨10%露出 B,D面粗骨30%露出 C面は僅かに粗骨 露出
配合率	6	32	77	122	166	212	300
2	A面は僅かにスケリ 他面は変化なし	A面20%スケリ B,D面は僅かにスケ リ C面は変化なし	A面は100%スケリ BD面は20%スケ リ B,D面は僅かにスケ リ	A,B,D面は100%スケ リ C面は僅かにスケリ	A面は100%スケリ 粗骨は僅かに露出 B,D面は100%スケ リ C面は5%スケリ	A面は粗骨が露出 B,D面は粗骨10% 露出 C面は50%スケリ	A面粗骨10%露出 B,D面粗骨20%露出 C面は70%スケリ
5	既合番号2ノ1と同じ	既合番号2ノ1と同じ	既合番号2ノ1と同じ	A面は粗骨が露出 B,D面は70%スケ リ C面は5%スケリ	A面は100%スケリ 粗骨は僅かに露出 B,D面は70%スケ リ C面は10%スケリ	A面は粗骨20%露出 B,D面は粗骨20% 露出 C面は50%スケリ	A,B,D面粗骨20% 露出 C面は70%スケリ

写真-1a

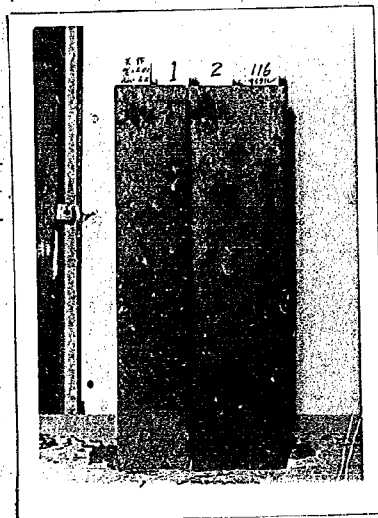
配合番号 - 1



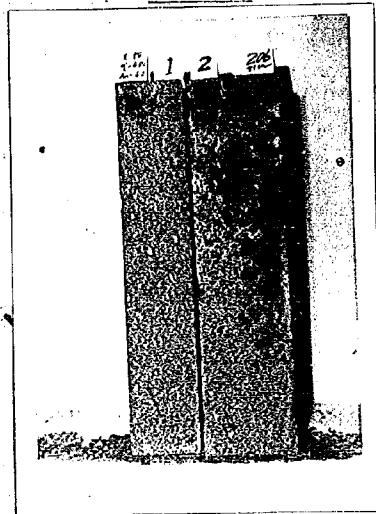
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25 サイクル



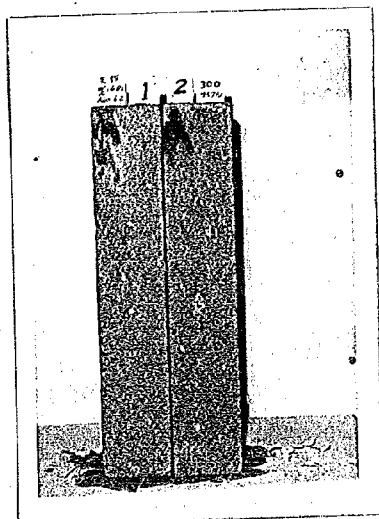
116 サイクル



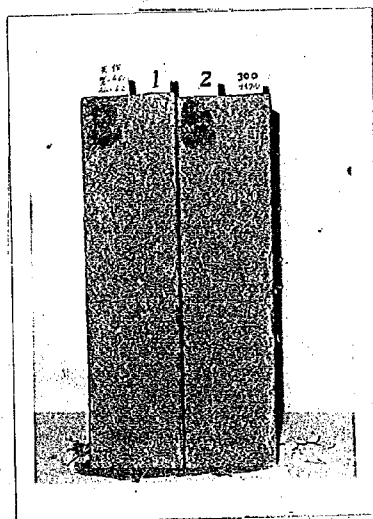
206 サイクル

写真-1

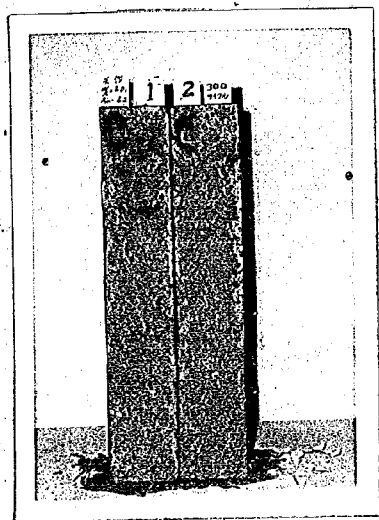
配合番号 -1



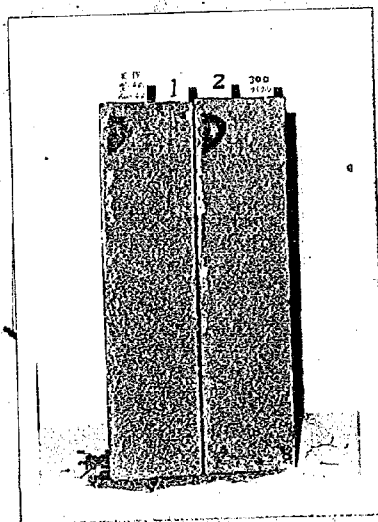
300 サイクル A 面



300 サイクル B 面

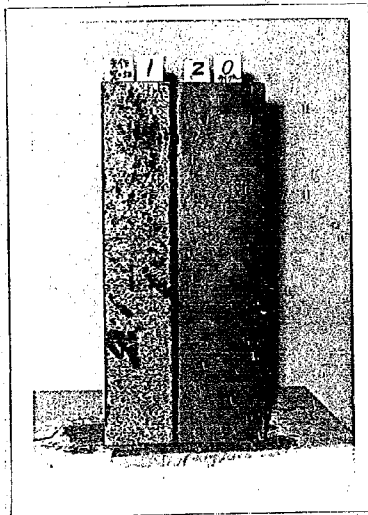


300 サイクル C 面

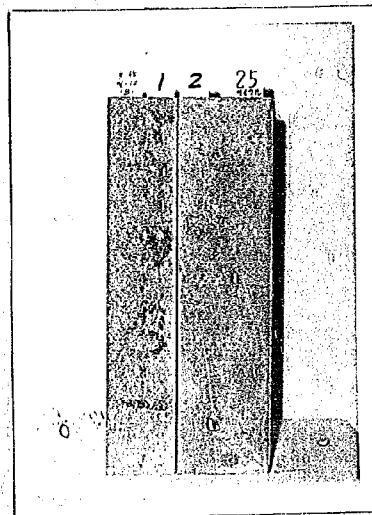


300 サイクル D 面

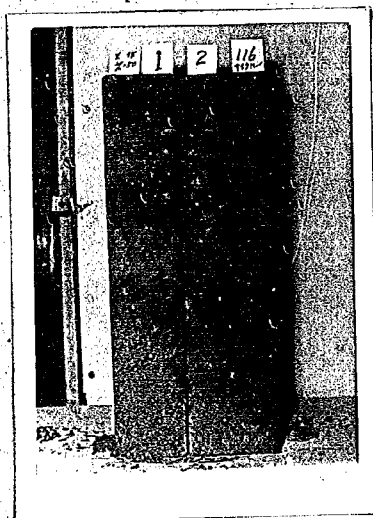
写真-2a 配合番号-2



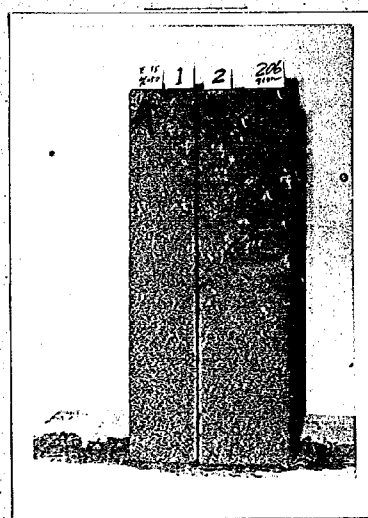
凍結融解作用開始時
の供試体の表面



25 サイクル



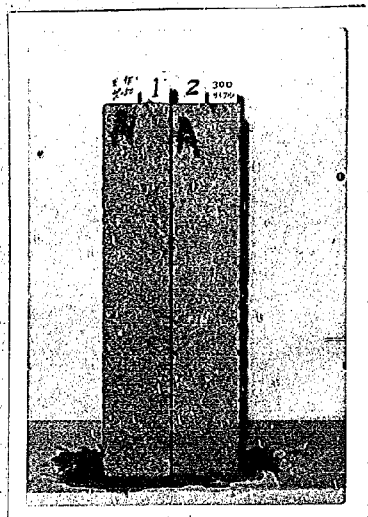
116 サイクル



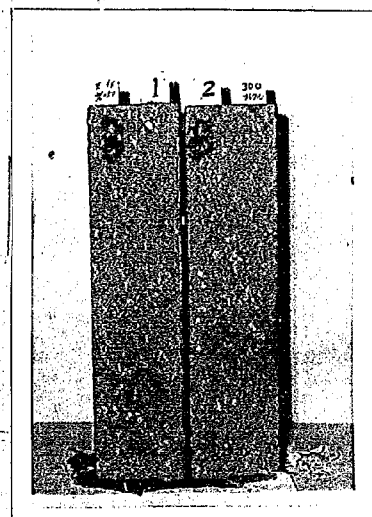
206 サイクル

写真-2

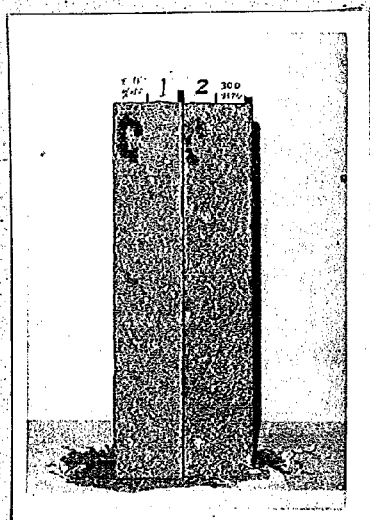
配合番号 -2



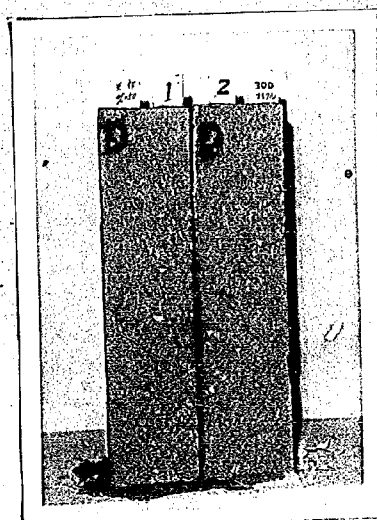
300 サイクル A 面



300 サイクル B 面

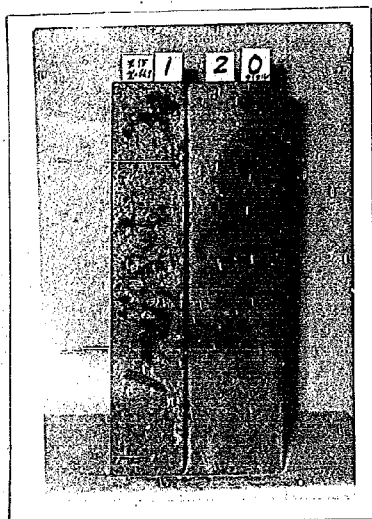


300 サイクル C 面

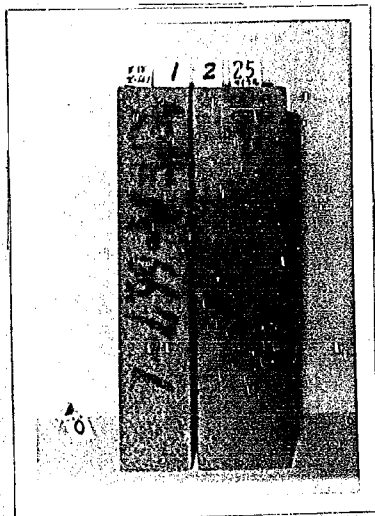


300 サイクル D 面

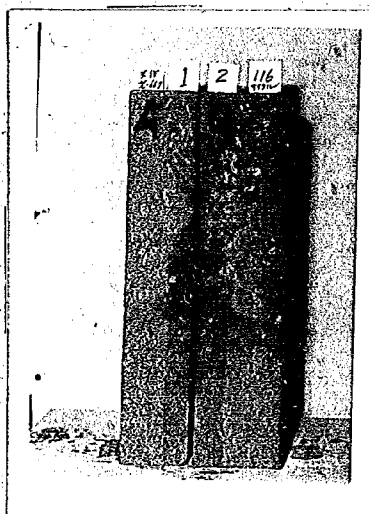
写真- 3a 配合番号 - 3



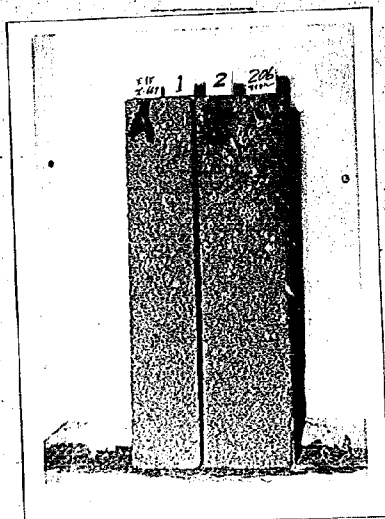
凍結融解作用開始時の
供試体の表面



25 サイクル



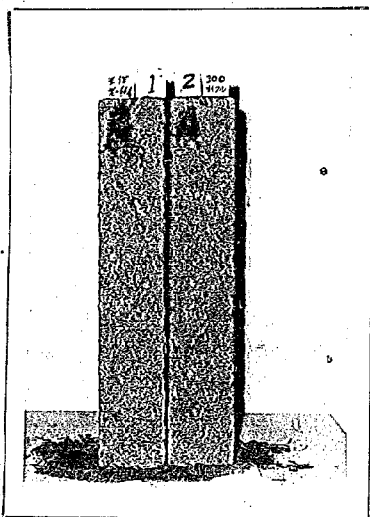
116 サイクル



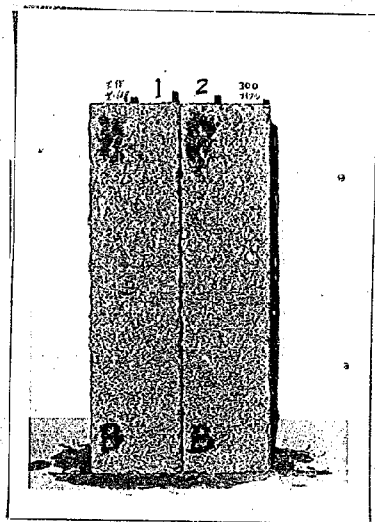
206 サイクル

写真-36

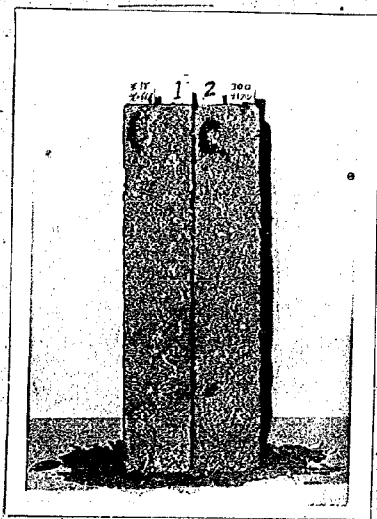
配合番号 - 3



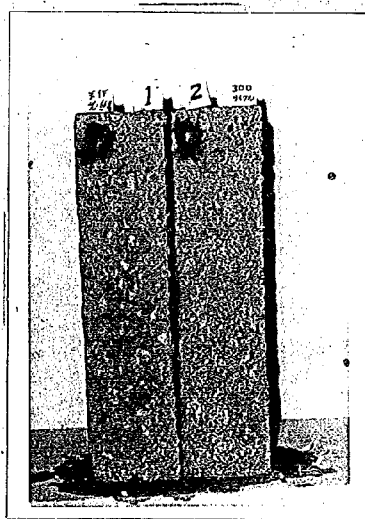
300 サイクル A面



300 サイクル B面

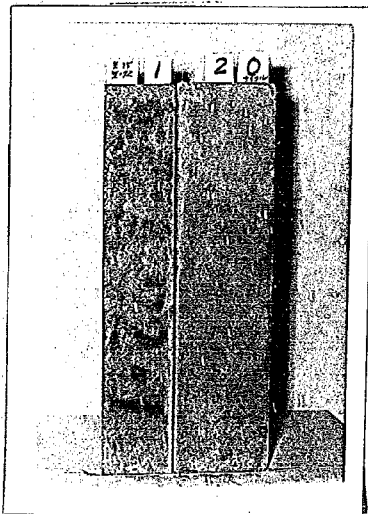


300 サイクル C面

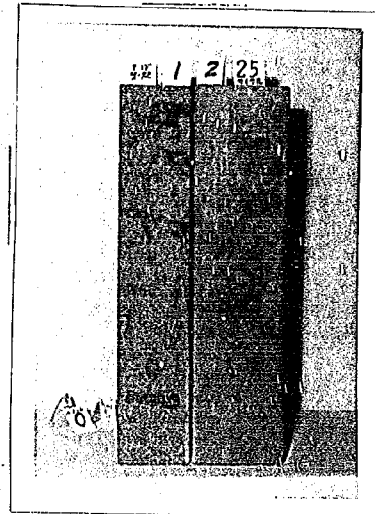


300 サイクル D面

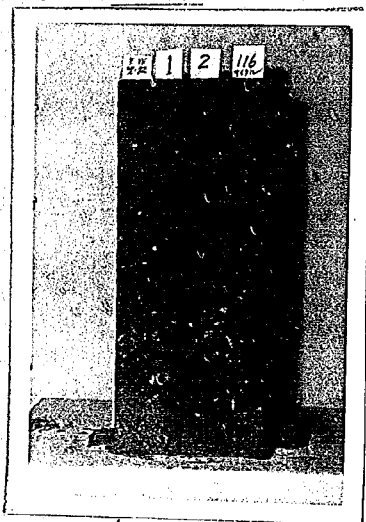
写真- 4a 配合番号 - 4



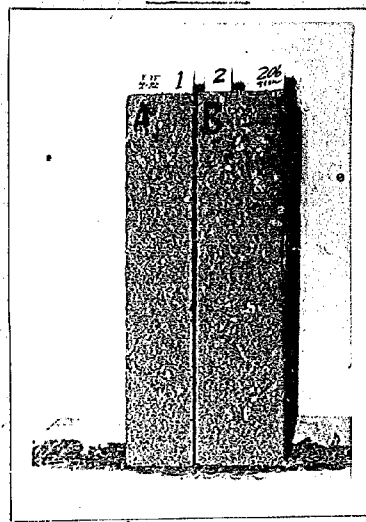
凍結融解作用開始時の供試
体の表面



25 サイクル



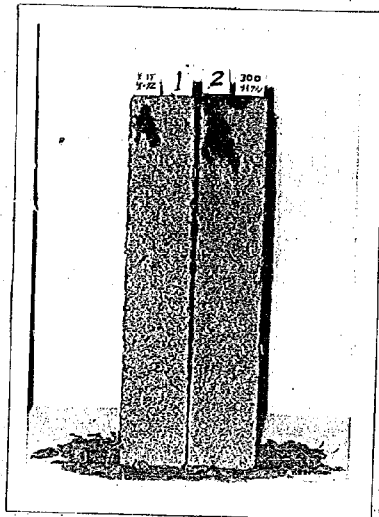
116 サイクル



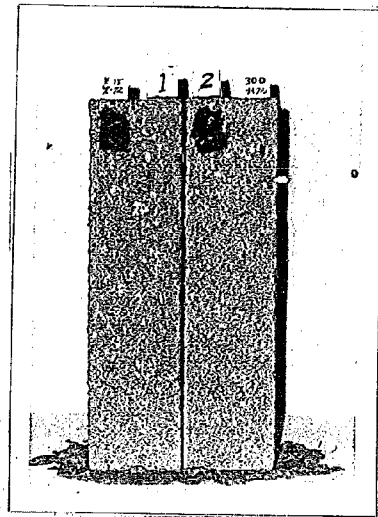
206 サイクル

写真-4b

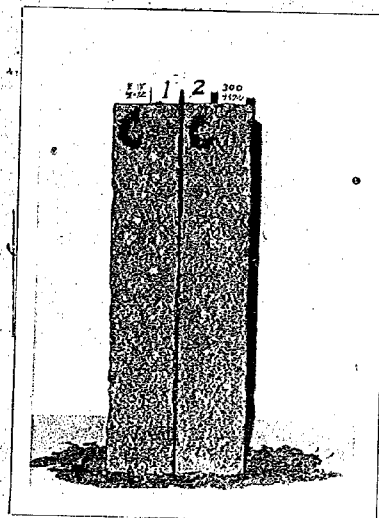
配合番号 -4



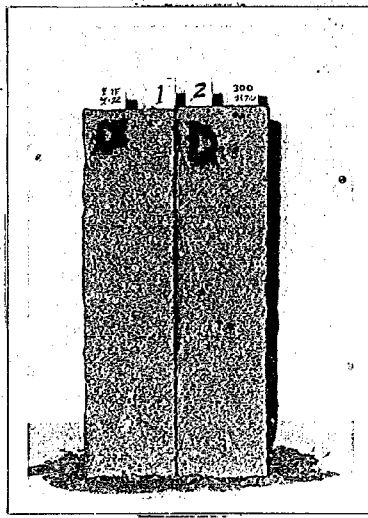
300サイズ A面



300サイズ B面

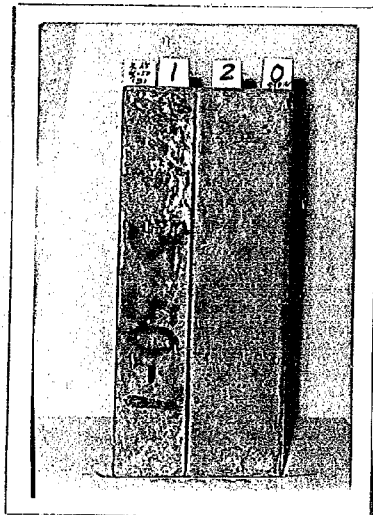


300サイズ C面

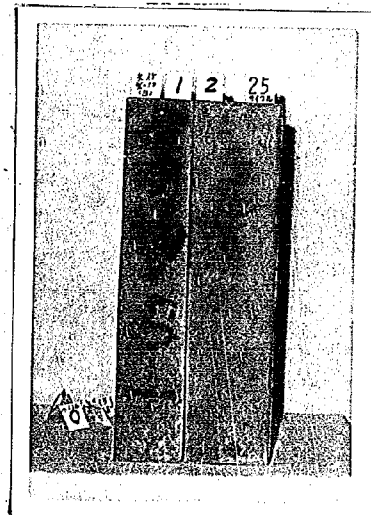


300サイズ D面

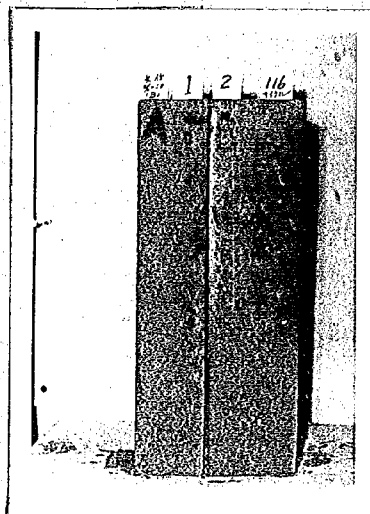
写真- 5a 配合番号 - 5



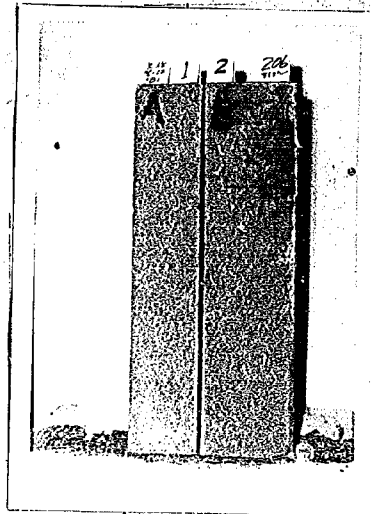
凍結融解作用開始時の試体の表面



25 サイクル



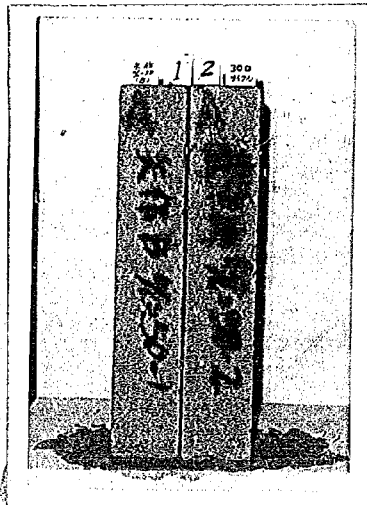
116 サイクル



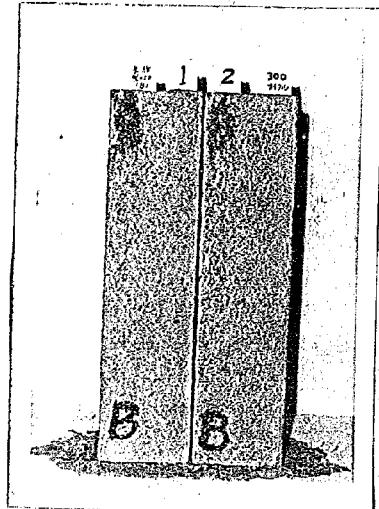
206 サイクル

写真-5₆

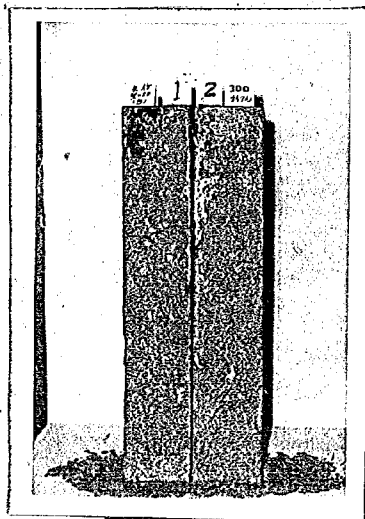
配合番号 - 5



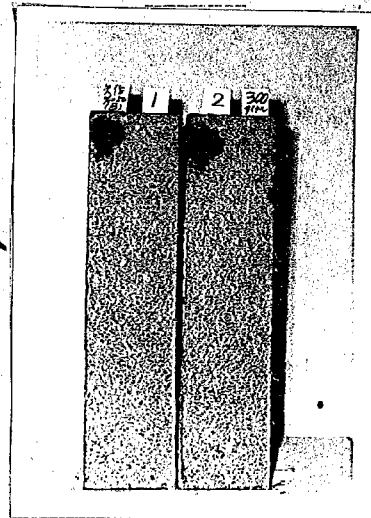
300 サイム A 面



300 サイム B 面

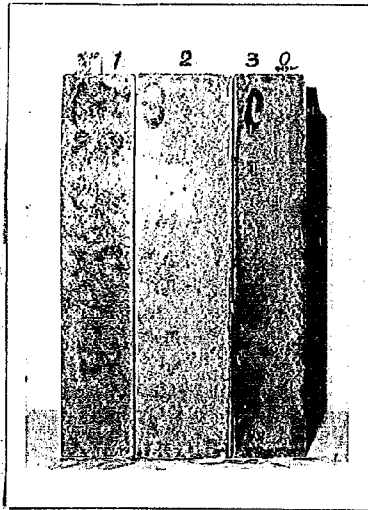


300 サイム C 面

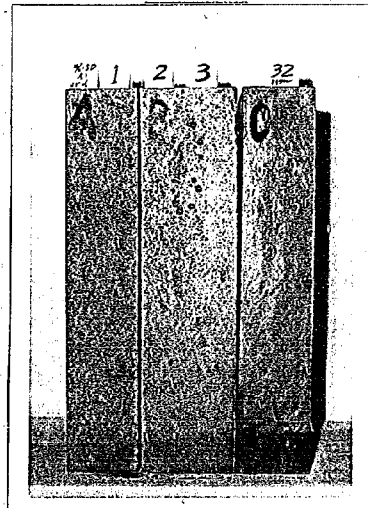


300 サイム D 面

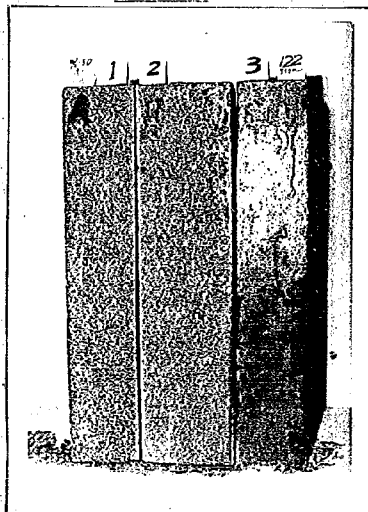
写真- 6a 配合番号 - 2'



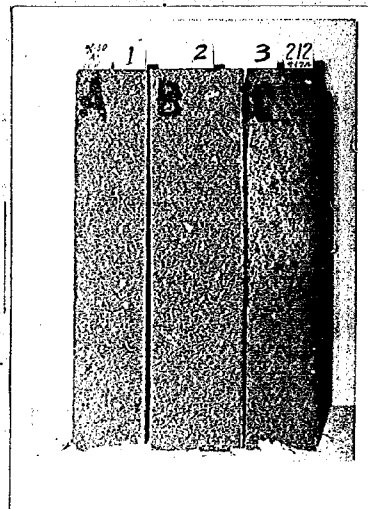
凍結融解作用 開始時の
供試体の表面



32 サイクル



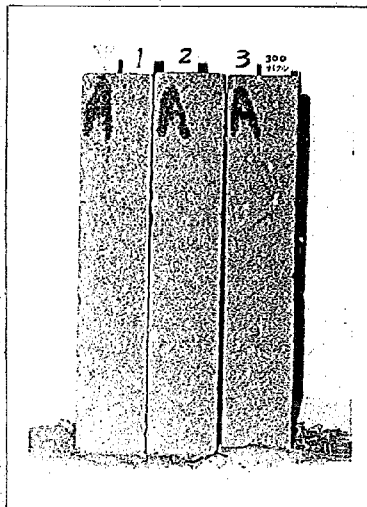
122 サイクル



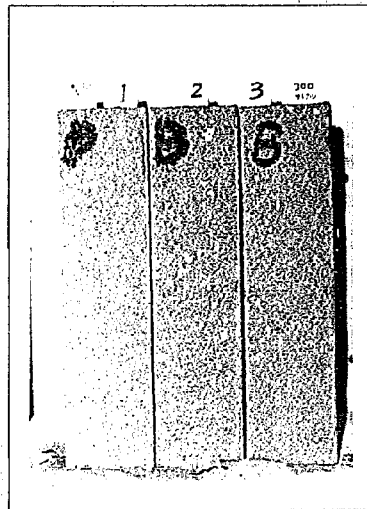
212 サイクル

写真-66

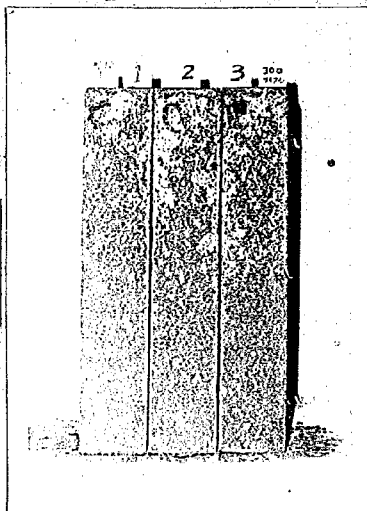
配合番号 - 2'



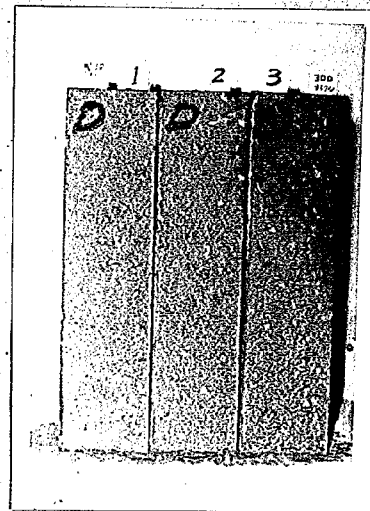
300サイクル A面



300サイクル B面

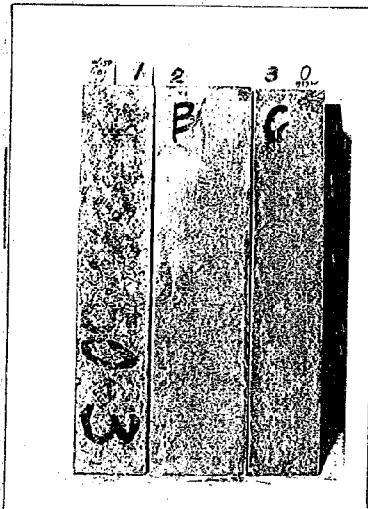


300サイクル C面

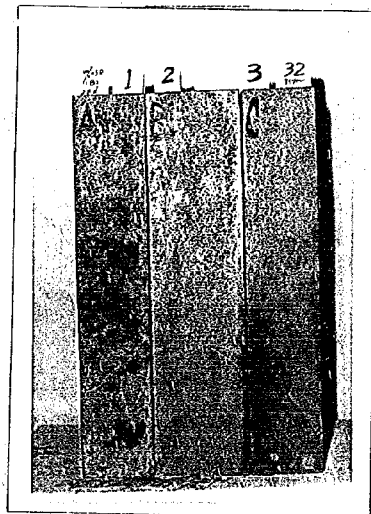


300サイクル D面

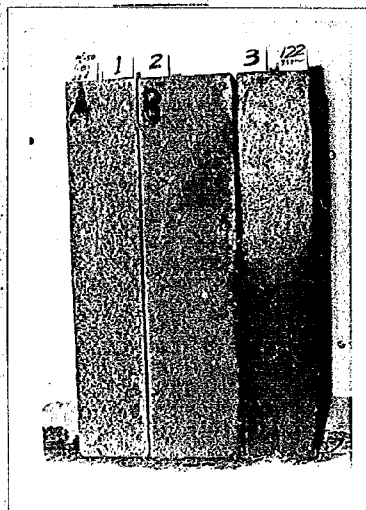
写真- 7a 配合番号 - 5'



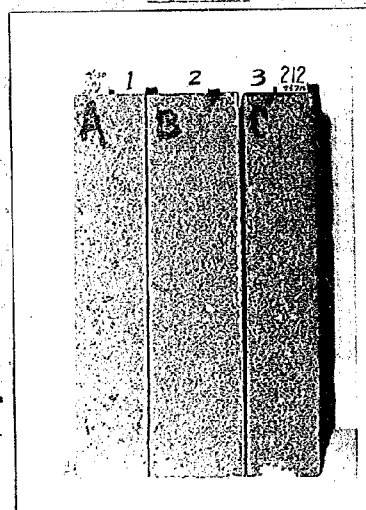
凍結融解作用開始時の供
試体の表面



32 サイクル



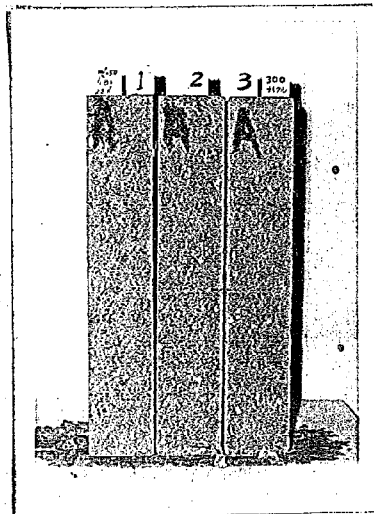
122 サイクル



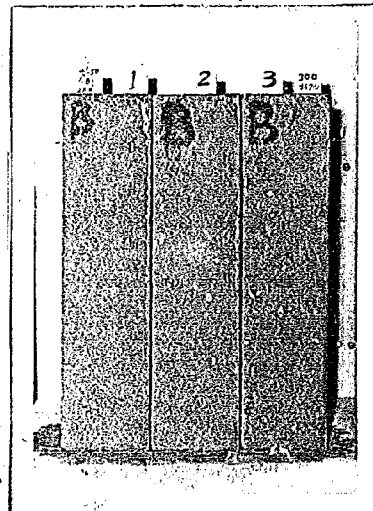
212 サイクル

写真-7

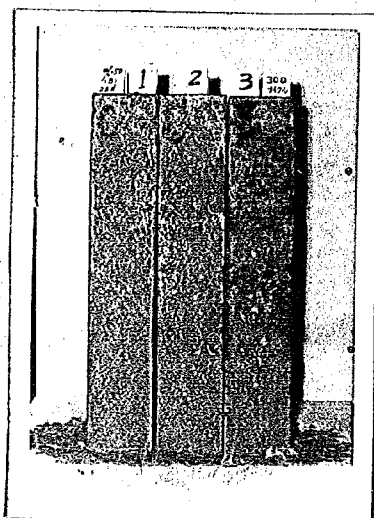
配合番号 - 5'



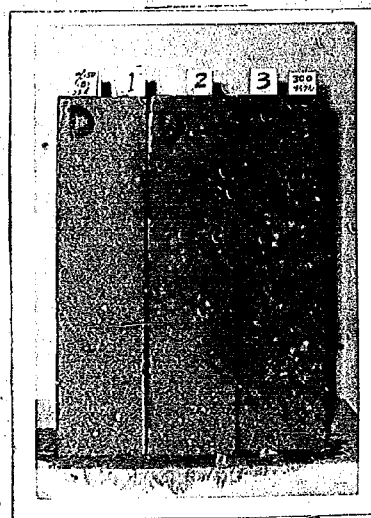
300サイクル A面



300サイクル B面



300サイクル C面



300サイクル D面