

73

四十四田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40年3月

建設省土木研究所

四十四田ダムコンクリート用骨材の凍結融解 による耐久性試験結果報告書

昨年度実施した平石川産骨材の試験の結果、凍結融解による耐久性が著しく悪いためこの対策として現地骨材プラントの小砂利系列に重液選鉱法を採用し堤体コンクリート用骨材の生産を行なっている。

本試験はこの重液選鉱法により生産された骨材について、凍結融解による耐久性を調べるため現地より送付された下記5種類の粗骨材について、コンクリートの凍結融解試験を行ったものである。

- I. 重液選鉱法により沈んだ粗骨材で、堤体コンクリートの小砂利として使用されるもの（以下沈鉱と呼ぶ）
- II. 重液選鉱法により浮いた粗骨材（以下浮鉱と呼ぶ）
- III. 沈鉱に含まれる頁岩系骨材（以下頁岩と呼ぶ）
- IV. 沈鉱に含まれる流紋岩系骨材（以下流紋岩と呼ぶ）
- V. 重液選鉱を行なう前の小砂利（以下原石と呼ぶ）

1. コンクリート材料

実験に用いた各材料は次のごとくである。

(1) セメント

次の2種類である

- i. 日本社製普通ポルトランドセメント（昨年度の試験に用いたものと同じである）
- II. 小野田社製中熱ポルトランドセメント（堤体コンクリート用で現地より送付されたものである）

(2) A B 剤

昨年度の凍結融解試験結果と比較検討を行うため普通ポルトランドセメントを用いる場合はビンソール（使用に際しては10%水溶液として用いる）を、中熱ポルトランドセメントを用いる場合にはボンリスルSおよびA B 剤SL202を用いた。

(3) 細骨材

現地より送付された平石川産のもので、比重、吸水量および粒度の試験結果は表-1のごとくである。なお使用に際しては常に僅かに表面水のある状態のものをを用いた。

表 - 1

比 重	吸水量 (%)	粒 度						F. M
		5.0~2.5	2.5~1.2	1.2~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15以下	
2.54	4.5	9.4	16.1	31.2	30.2	11.1	2.1	2.76

表-1の結果から見ると比重が昨年度試験したA-上, A-中, A-下およびB地区のものより僅かに大きい, 吸水量などからみて, 昨年度のものと同等のものと思われる。

(4) 粗骨材

沈鈹, 浮鈹, 頁岩, 流紋岩および原石の比重, 吸水量, すりへり減量, 安定性および粒度を示すと表-2のごとくである粒度に関しては送付された骨材は一定していないため, 各粒度別にあるい分け, コンクリートに用いる際は30~20mm35%, 20~10mm40%, 10~5mm25%になるように再混合して用いた。なお使用に際しては少なくとも24時間以上浸水したものを表面乾和状態にして用いた。

表 - 2

項 目		種 類				
		沈 鈹	浮 鈹	頁 岩	流紋岩	原 石
比 重		260	236	254	253	255
吸 水 量 (%)		2.9	6.8	2.1	6.2	3.6
単位容積重量(g)		1,663	1,539	1,578	1,529	1,640
すりへり減量	B粒度	19.8	24.5	—	—	19.6
	(%) O粒度	15.4	19.6	—	—	19.5
安 定 損 失 試 重 験 量 に よ る	30~25mm	26.6	62.0	9.2	31.5	26.4
	25~20mm	31.4	63.1	13.1	29.5	24.8
	20~15mm	21.4	55.7	13.6	27.6	33.8
	15~10mm	16.7	38.3	7.6	11.3	25.9
	10~5mm	18.1	28.0	8.5	20.9	23.8
	平均※	22.3	47.7	10.2	27.7	26.9
送 付 粒 度 別	30~20mm	53	41	31	37	42
	20~10mm	35	42	39	29	38
	10~5mm	12	17	30	34	20

※ 実験に用いた粒度に対する損失重量(%)を示したものである
なお頁岩, 流紋岩については試料不足のためすりへり減量試験はできなかった。

表-2の結果から昨年度試験した粗骨材と比較してみると原石は、比重2.55、吸水量3.6%でいずれも昨年度試験したA-上、A-中、A-下およびB地区産粗骨材より、比重は大きく吸水量は小さい。これは、原石の生産過程において一部玉石を破碎したものが含まれていることおよび分級過程において一部劣質な骨材が破碎され取除かれているためによるものと思われる。また沈鉢については、比重および吸水量とも昨年度試験した重選骨材の値と一致している。

2. コンクリートの配合

セメントの種類、粗骨材の種類と関係なく、単位セメント量300Kg、空気量5±0.5%、スランプ5～6cmおよび単位粗骨材容積0.78として表-3のごとく定めた。

表 - 3

セメント の種類	粗骨材 の種類	単位セ メント量 (kg)	単位 水 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)	単位コン クリーン 量 (cc)	単位ポン プ量 (kg)	スランプ (cm)	空気量 (%)
普 通	沈 鉢	300	150	50.0	39.2	701	1,114	85	—	5.0	4.9
	浮 鉢		148	49.3	36.6	657	1,031	85	—	5.5	4.6
	頁 岩		155	51.6	40.2	716	1,057	85	—	5.5	5.0
	流紋岩		159	53.0	41.8	739	1,024	85	—	5.5	4.9
	原 石		152	50.7	38.6	690	1,099	85	—	(1)5.5 (2)5.0*	(1)5.1 (2)5.4*
中層熱	沈 鉢		145	48.3	39.6	713	1,114	—	0.75	(1)4.0 (2)5.6*	(1)4.5 (2)6.5*

* 原石および沈鉢（中層熱）を用いたコンクリートは3～2回試験を繰り返したのでその各回の番号を示したものである。

3. コンクリートの練り混ぜおよび養生

練り混ぜはバッチの大きさを22ℓ（ただし、頁岩、流紋岩を粗骨材に用いたものは骨材量が不足のため18ℓとした）とし2切の可傾式ミキサーで行なった。練り混ぜ方法は全材料投入后3分間混合し、1分間ミキサーを止め更に1分間混合を行なった。ミキサー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を確かめたのち供試体（7.5×10×40cmはり）を3～4本製作した。

供試体は製作後24時間湿空中で養生し、脱形してから材令14日(中層熱セメントを用いたものは材令28日)まで $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の水中にて養生を行なった。

4. 試験方法

凍結融解の繰返しはA, S, T, MC-52Tの規定に従った。凍結融解の繰返しが進むにともないコンクリートの損傷程度をJ, I, SA-1127の規定し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および供試体の重量変化および外観変化等により判定した。

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 $E_n/E_0 \times 100$)

凍結融解繰返し回数と動弾性係数比との関係を示すと表-4のごとくでこれを図で示すと図-1, 2, 3のごとくである。

図-1に示すごとく、粗骨材に沈鉄を用いたコンクリートの動弾性係数比は、凍結融解繰返し回数13サイクルにおいて97%まで低下したが、43サイクルまではそのままほとんど変化がなく、その後徐々に低下率が大きくなり150サイクルでは約85%、292サイクルでは約63%となり、その後は更に低下率が大きくなって最終測定時の300サイクルでは約55%になった。凍結融解繰返し回数150サイクル附近および292サイクル以后において動弾性係数の低下率が大きくなったのは、後述のごとく供試体に発生したひびわれによるものと思われる。従ってひびわれが発生しない供試体みの動弾性係数比は300サイクルで60~65%と推測される。

粗骨材に浮鉄を用いたコンクリートの動弾性係数比は、凍結融解作用開始と同時に急速に低下し、凍結融解繰返し回数66サイクルでは、動弾性係数比はいづれの供試体も50%以下になった。このように動弾性係数が著しく低下したのは不良骨材により、後述のごとくひびわれに起因するものである。

粗骨材に頁岩を用いたコンクリートの動弾性係数比は、凍結融解繰返し回数で200サイクルまでは前記した沈鉄を用いたコンクリートの場合とほぼ同じ低下率を示したが、その後は沈鉄を用いたコンクリートのような低下率の変化もなく進み、最終測定時の300サイクルでは動弾性係数比は約69%になった。頁岩を用いたコンクリー

圖 - 1

凍結融解繰返し回数

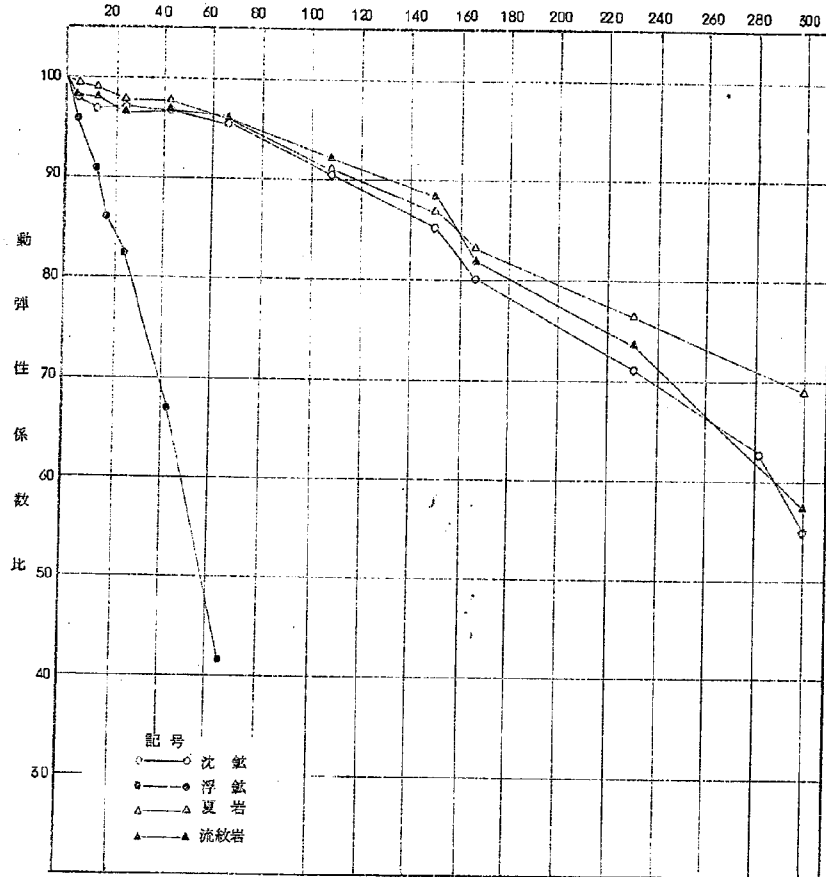


図 - 2

凍結融解繰返し回数

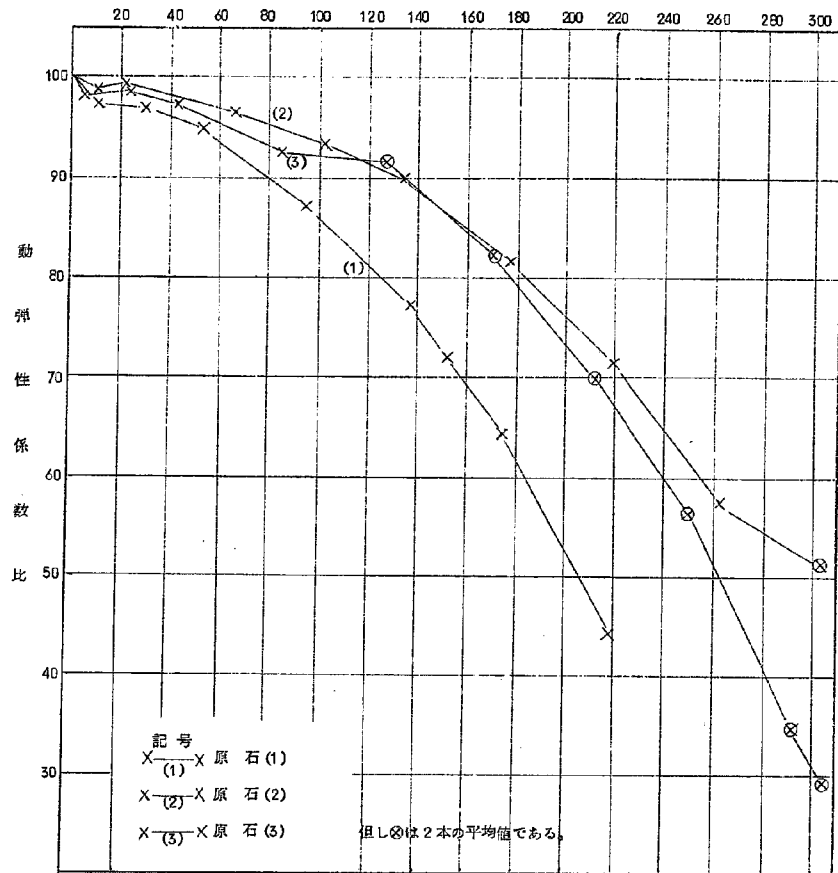


図 - 3

凍結融解繰返し回数

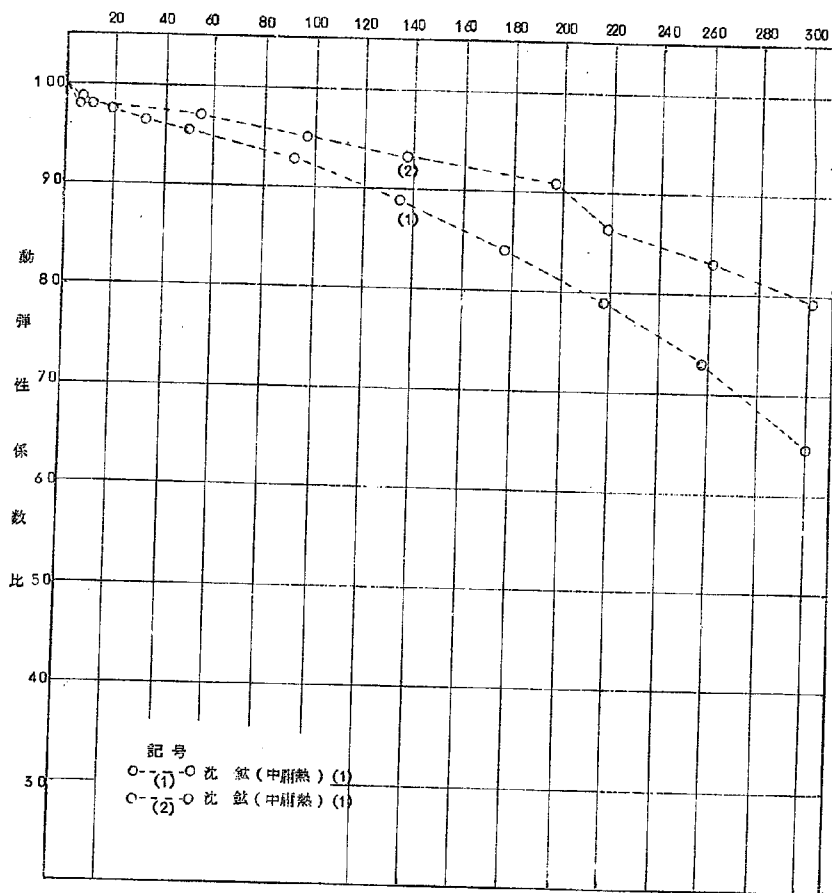


表 - 4

種 類	No	E ₀	E _n /E ₀ × 100													
			6	13	18	24	43	66	108	150	167	231	267	282	300	
沈 鉢	1	292,620	97.9	97.1	/	97.4	97.1	95.3	90.1	80.8	75.5	65.9	制 定 器 故 障	52.8	37.6	
	2	292,300	98.1	97.0		97.3	97.4	95.6	90.3	86.4	81.2	74.7		64.9	61.0	
	3	300,380	98.4	97.0		97.0	96.9	95.9	91.8	88.0	82.5	74.5		69.1	64.2	
	4	295,490	97.8	97.0		96.5	96.3	95.0	90.3	86.1	81.0	69.6		64.1	56.3	
	平均	295,200	98.1	97.0		97.1	96.9	95.5	90.6	85.3	80.1	71.2		62.7	54.8	
浮 鉢	1	250,800	95.6	90.9	86.5	84.1	71.3	45.3	中止	/	/	/	/	/	/	
	2	249,110	96.6	93.6	91.3	87.6	72.2	45.3								
	3	248,960	95.6	89.8	85.6	83.5	68.8	45.0								
	4	249,360	95.7	89.6	81.0	74.5	56.0	34.6								
	平均	249,560	95.9	91.0	86.1	82.5	67.1	41.6								
頁 岩	1	313,160	99.5	99.0	/	98.0	97.7	95.8	90.6	87.4	83.3	77.6	/	/	69.4	
	2	316,110	99.5	99.5		98.2	98.5	97.6	93.7	91.0	87.7	82.0			75.6	
	3	306,400	99.5	99.3		97.7	97.5	95.4	89.7	83.7	80.8	71.4			59.4	
	4	313,160	99.2	99.0		97.4	97.1	94.5	90.5	85.4	81.6	75.3			71.2	
	平均	312,210	99.4	99.2		97.8	97.7	95.8	91.1	86.9	83.4	76.6			68.9	
流紋岩	1	272,460	97.8	97.4	/	96.2	96.6	96.5	93.7	89.5	84.3	76.9	/	/	67.2	
	2	271,050	97.8	98.1		96.8	96.8	95.7	92.0	87.4	78.2	67.5			41.9	
	3	272,270	98.4	98.4		96.8	96.8	95.1	90.5	86.0	81.9	75.1			64.9	
	4	273,290	98.1	98.1		96.4	97.2	95.8	93.1	90.1	83.3	75.1			55.5	
	平均	272,030	98.0	98.0		96.6	96.9	95.8	92.3	88.3	81.9	73.7			57.4	
原 石 (1)			5	11	30	53	95	137	152	174	218	中止	/	/	/	
	1	264,130	98.6	97.5	97.3	95.2	87.2	75.8	69.0	60.4	23.6					
	2	259,960	98.9	97.3	96.5	94.7	89.5	82.4	76.2	71.5	61.1					
	3	265,840	99.2	98.1	97.2	94.9	84.8	73.0	69.2	61.6	48.3					
	平均	263,310	98.9	97.6	97.0	94.9	87.2	77.1	72.1	64.5	44.3					
原 石 (2)			5	22	66	102	134	177	219	262	303	/	/	/	/	
	1	273,330	98.4	99.1	97.0	96.0	92.7	86.1	77.8	64.9	57.5					
	2	264,190	98.4	99.5	96.6	93.1	89.1	79.5	71.6	56.7	45.1					
	3	269,210	98.4	98.4	95.4	90.6	86.4	76.0	58.3	35.5	不能					
	4	270,060	98.4	100.0	97.3	94.0	91.5	85.4	79.0	72.8	不能					
	平均	269,200	98.4	99.3	96.6	93.4	89.9	81.8	71.7	57.5	51.3					
原 石 (3)			11	24	43	85	127	170	211	250	292	305	/	/	/	
	1	272,460	99.0	99.0	98.4	95.5	91.4	80.2	65.0	50.2	19.5	16.0				
	2	276,340	98.9	98.6	95.8	85.5	不能	/	/	/	/	/				
	3	270,950	98.9	98.9	98.8	96.7	91.8	84.1	75.0	62.5	50.1	42.7				
	平均	273,250	98.9	98.8	97.7	92.6	(91.6)	(82)	(70.0)	(56.5)	(34.8)	(29.4)				

種 類	No	E ₀	E _n /E ₀ × 100										
			7	18	32	50	92	134	177	218	257	300	
沈 鈇 (中崩熱) (1)	1	304,310	98.5	97.3	96.5	95.5	93.0	88.5	84.6	77.8	66.9	55.8	
	2	314,920	99.0	98.5	96.9	96.4	93.8	89.4	85.6	79.0	73.1	65.2	
	3	296,880	98.7	97.2	96.7	95.4	92.8	90.3	82.3	80.0	76.1	69.2	
	4	315,070	98.5	96.5	95.6	94.4	91.9	88.7	84.5	78.0	75.9	68.6	
	平均	307,800	98.7	97.4	96.4	95.4	92.9	89.2	84.2	79.0	73.0	64.7	
沈 鈇 (中崩鈇) (2)			6	11	53	96	137	196	218	261	301		
	1	301,520	98.0	98.0	97.3	94.4	92.6	90.1	86.8	84.7	79.7		
	2	299,260	98.0	98.0	96.9	94.4	92.4	89.3	81.5	74.7	70.1		
	3	296,880	98.0	98.0	96.5	95.4	93.2	91.1	87.1	84.8	82.1		
	4	301,970	98.0	98.5	97.6	96.1	95.0	93.2	89.6	88.4	85.8		
	平均	299,910	98.0	98.1	97.1	95.1	93.3	90.9	86.3	83.2	79.4		

トの場合も後述するごとくひびわれの発生したものもあったが、他のコンクリートの場合のようにひびわれの発達がなく比較的小さいため動弾性係数にはその影響が現われなかったものと推測される。

粗骨材に流紋岩を用いたコンクリートの動弾性係数比は、前記した沈鈇を用いたコンクリートの場合とほぼ同じ低下過程を示し、最終測定時の300 サイクルでは動弾性係数比は約57%となった。流紋岩を用いたコンクリートも後述するごとくひびわれの発生したものがあり、ひびわれの発生しないものの300 サイクルにおける動弾性係数は約65~70%である。

粗骨材に原石を用いたコンクリートの動弾性係数比は、試験値のばらつきが他の骨材を用いた場合に比し著しく大きい同配合で3回実験を行った。

第1回の実験では凍結融解繰返し回数が約50サイクルまでは、沈鈇、頁岩、流紋岩を用いた場合とほぼ同様な動弾性係数の低下を示したが、その後は除々に低下率が大きくなり最終測定時の218 サイクルにおける動弾性係数比の平均が44.3%となった。218 サイクルにおける動弾性係数比は最も大きい値が61.1%で最も小さい値は23.6%である。

第2回の実験では凍結融解繰返し回数が約220サイクルまでは、沈鈇、頁岩、流紋岩を用いた場合とほぼ同様な傾向を示したが、その後急に動弾性係数は低下し最終測定時の303サイクルにおいては、No.3.4の2本が測定不能にまで達した。第3回の実験ではNo.2供試体に凍結融解繰返し回数85サイクルでひびわれの発生があ

り127 サイクルでは測定不能にまで動弾性係数の低下をみた。他の筋1.3 供試体も305 サイクルでは動弾性係数比は16.0% および42.7% と、供試体によって差異が著しく大きかった。以上のごとく原石を用いたコンクリートの動弾性係数比のばらつきの大きいことは、供試体によって不良骨材の含有量が相違していることを示すものである。また原石を用いたコンクリートと昨年度実施した採取位置別骨材の試験に用いたA-上、A-中、A-下およびB骨材と動弾性係数比を比較してみると、後者の骨材を用いた場合の方が遙かに悪い結果を示している。このことは前記骨材の一般試験の結果からある程度はなつとくするところもあるが、余りにも差が大きすぎるようにも思われる。

粗骨材に沈鉱を用い、現地より送付された中沸熱セメントを用いたコンクリートの動弾性係数比は、第1回の実験では沈鉱、頁岩、流紋岩を用いた場合とほぼ同じ過程を経て最終測定時の300 サイクルでは平均値が64.7% となった。第2回の実験では、凍結融解繰返し回数が約60 サイクルまでは、第1回とほとんど同じ過程を進んだが、その後は低下が少なく最終測定時の301 サイクルでは平均値が79.4% となった。第1.2回の試験した個々の耐久性係数(DP)の範囲は85.7~58で耐久性は十分改善されていることが立証される。各粗骨材の耐久性係数を示すと表-5のごとくである。

表 - 5

種 類	沈 鉱	浮 鉱	頁 岩	流紋岩	原石(1)	原石(2)	原石(3)	(中沸熱) 沈 鉱(1)	(中沸熱) 沈 鉱(2)
耐久性係数	57.8	9.8	68.9	57.9	36.4	50.8	48.0	64.7	79.4

- (2) 供試体の重量減少率(凍結融解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 $\frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100$)

凍結融解繰返し回数と重量減少率の関係を示すと表-6のごとくでこれを図で示すと図-2のごとくである。

粗骨材に沈鉱、頁岩および流紋岩を用い普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートの重量減少率は、凍結融解繰返し回数約40 サイクルまではほとんど重量変化がなく、その後後述する外観変化にともない漸次大きくなり、最終測定時における300 サイクルにおいては沈鉱を用いたコンクリートが約5.3%、頁岩および流紋岩を用いたコンクリートでは約4.7%と差を生じたが、両者の骨材において著しい差があるとは思われない。

粗骨材に原石を用いたコンクリートの重量減少率は、凍結融解繰返し回数約40サイクルまでは前記3種の粗骨材を用いたものと差はなかったが、その後は前記3種の粗骨材を用いた場合より重量減少率が大きくなり最終測定時における重量減少率は約6.2%（第3回の結果）になった。

粗骨材に浮鉱を用いたコンクリートの重量減少率は、前記4種の粗骨材を用いたコンクリートの場合と異なり凍結融解繰返し回数40サイクルまでは、漸次重量は増加し、最も増加量の大きいものは0.35%となった。その後は最終測定時の66サイクルにおいては減少の傾向を示したが、凍結融解作用開始時の重量までにはもどらなかった。

(3) 供試体の外観よりみた損傷

凍結融解が繰返されるとコンクリートは損傷を受け外観も変化が現われる。その一般的な傾向は、初め仕上面の表膜がはがれ、次に各面に点蝕が始まる。この点蝕が更に進むと次第に拡大しいわゆるスケーリングが全面に行き亘る。更にスケーリングが進むと表面のモルタルが全部はがれ粗骨材が露出するものである。

本実験のうち上記の一般的傾向に近いものは頁岩および流紋岩を用いたコンクリートで、原石および沈鉱を用いたコンクリートでも、一部分に見られた不良骨材（頁岩系と思われる）の表面にあるモルタルのスケーリング前における落脱および、ひびわれの発生を除けば一般的傾向に近いものであった。

しかるに浮鉱を用いたコンクリートの場合は、コンクリートに点蝕が起る以前において著しいひびわれの発生のため破壊に達している。この間の詳細については表-7および写真1-13に示すごとくである。

なお、写真1-4～2-2は最終測定時における各供試体の外観を示したものである。

表 - 6

種 類	No	Wo	Wo-Wn/Wo×100													
			6	13	18	24	43	66	108	150	187	231	267	282	300	
沈 鉍	1	7.024	0.03	-0.07	/	-0.01	-0.04	-0.01	0.50	2.50	3.46	4.16	5.07	5.46	5.75	
	2	7.106	0.03	0.03	/	0.03	-0.01	0.15	0.87	1.66	2.74	3.63	4.63	4.91	5.32	
	3	7.135	0.07	0.08	/	0.10	0.14	0.24	0.87	1.50	2.31	3.10	4.19	4.58	5.00	
	4	7.108	0.04	0.03	/	0.04	0.03	0.20	0.70	1.55	2.49	3.29	4.15	4.45	4.90	
	平均	7.093	0.04	0.02	/	0.04	0.03	0.15	0.74	1.80	2.75	3.55	4.51	4.85	5.24	
浮 鉍	1	6.821	-0.05	-0.18	-0.19	-0.18	-0.26	-0.18	/	/	/	/	/	/	/	
	2	6.775	0.04	0	-0.03	-0.07	-0.18	-0.01	/	/	/	/	/	/	/	
	3	6.771	-0.03	-0.12	-0.13	-0.16	-0.12	0.04	中止	/	/	/	/	/	/	
	4	6.820	-0.13	-0.23	-0.23	-0.28	-0.35	-0.25	/	/	/	/	/	/	/	
	平均	6.797	-0.05	-0.13	-0.15	-0.17	-0.23	-0.10	/	/	/	/	/	/	/	
頁 岩	1	6.957	-0.01	-0.04	/	0	0.04	0.19	0.85	1.68	2.50	2.89	/	/	5.16	
	2	6.952	-0.01	-0.04	/	0	0.03	0.06	0.66	1.24	1.90	2.73	/	/	4.40	
	3	6.912	0.01	0	/	0.01	0	0.10	0.49	1.30	2.08	2.84	/	/	4.47	
	4	6.936	0	0.01	/	0.04	0.09	0.19	0.59	1.30	2.06	2.68	/	/	4.20	
	平均	6.936	0	-0.02	/	0.01	0.04	0.14	0.65	1.38	2.14	2.79	/	/	4.56	
流紋岩	1	6.936	0.07	0.06	/	0.01	0	0.04	0.48	1.15	1.86	2.68	/	/	4.18	
	2	6.900	0.03	-0.03	/	-0.01	-0.01	0.07	0.99	1.48	2.29	3.13	/	/	5.03	
	3	6.931	0.04	-0.03	/	-0.01	-0.03	0.09	0.59	1.10	1.83	2.55	/	/	4.46	
	4	6.860	-0.01	-0.03	/	-0.03	0.04	0.12	0.77	1.46	2.23	2.97	/	/	5.03	
	平均	6.908	0.03	-0.01	/	-0.01	0	0.08	0.71	1.30	2.05	2.83	/	/	4.68	
原 石 (1)			5	11	30	53	95	137	152	174	218	/	/	/	/	
	1	6.925	0	0.01	0.01	0.13	0.82	1.57	1.92	2.38	3.70	/	/	/	/	
	2	6.876	-0.01	-0.01	-0.01	0.20	0.93	1.45	1.82	2.43	3.49	/	/	/	/	
	3	6.970	-0.03	-0.03	-0.03	-0.07	0.72	1.55	1.72	2.53	3.33	中止	/	/	/	
	平均	6.924	-0.01	-0.01	-0.01	0.09	0.82	1.52	1.82	2.45	3.51	/	/	/	/	
原 石 (2)			5	22	66	102	134	177	219	262	303	/	/	/	/	
	1	6.958	-0.01	0.06	0.32	1.30	2.16	3.10	4.01	4.95	6.18	/	/	/	/	
	2	6.988	-0.09	-0.07	0.43	1.25	1.89	3.15	4.32	5.27	6.50	/	/	/	/	
	3	6.928	-0.06	-0.04	0.30	0.93	1.73	2.44	3.29	4.50	5.46	/	/	/	/	
	平均	6.956	-0.07	0.01	0.42	1.28	2.09	3.04	4.06	5.06	6.18	/	/	/	/	
原 石 (3)			11	24	43	85	127	170	211	250	292	303	/	/	/	
	1	6.936	-0.03	-0.03	0.03	0.49	1.30	2.15	3.00	3.95	5.48	5.71	/	/	/	
	2	6.974	-0.06	-0.01	0.10	0.59	中止	/	/	/	/	/	/	/	/	
	3	6.935	-0.01	-0.06	0.10	0.64	1.52	2.57	3.55	5.73	8.37	8.72	/	/	/	
	平均	6.948	-0.03	-0.03	0.08	0.57	(141)	(236)	(328)	(484)	(693)	(722)	/	/	/	

種 類	No	W ₀	W ₀ -W _n / W ₀ × 100											
			7	18	32	50	92	134	177	218	257	300		
沈 鉍 (中庸熱) (1)	1	7.097	-0.06	0.03	0.01	0.16	0.66	1.48	2.19	2.74	3.10	4.61		
	2	7.144	-0.04	0.01	0.10	0.24	0.83	1.54	2.16	2.68	3.13	4.68		
	3	7.092	-0.03	0.07	0.09	0.27	1.03	1.66	2.37	2.88	3.41	4.81		
	4	7.186	-0.03	-0.01	0.01	0.22	0.84	1.34	2.00	2.66	3.17	4.75		
	平均	7.130	-0.04	0.03	0.05	0.22	0.84	1.51	2.18	2.74	3.20	4.71		
沈 鉍 (中庸熱) (2)			6	11	53	96	137	196	218	261	301			
	1	7.055	-0.01	0	0.38	0.62	0.96	1.26	2.31	2.90	3.68			
	2	6.998	-0.01	-0.01	0.39	0.62	0.94	1.29	3.07	3.69	4.21			
	3	7.054	-0.01	0.01	0.37	0.67	1.15	1.67	3.74	4.99	5.47			
	4	7.030	0.01	0.01	0.38	0.93	1.55	2.50	4.24	4.65	5.38			
	平均	7.034	-0.01	0.01	0.38	0.71	1.15	1.68	3.34	4.06	4.69			

図 - 4

凍結融解繰り返し回数

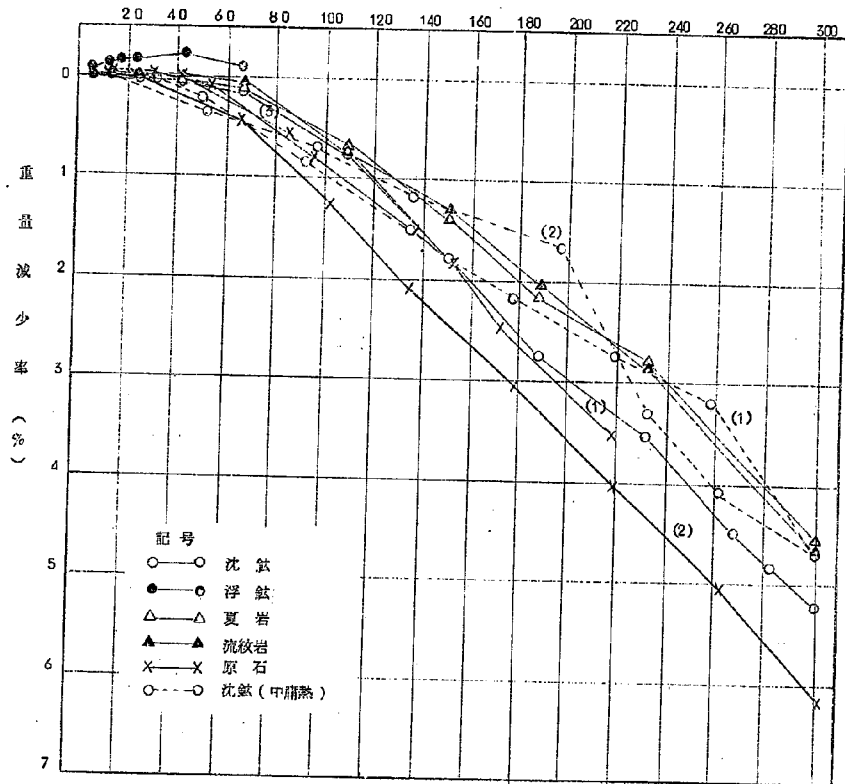


表 - 7

粗骨材の 種 類	凍結融解の 繰返し回数	一般的外観変化について	特別な外観変化について
沈 鉱	13	仕上面の表膜が剥ける	No 1 B 面端部にひびわれ発生、(写真 3 参照)
	43	全面に点蝕が認められる。	
	108	A 面 100%, B, D 面約 50%, C 面約 30% のスケーリングを認める。	
	150	A 面に粗骨材露出, B, D 面 80%, C 面 50% のスケーリングを認める。	
	267	全面にスケーリングが拡がり粗骨材も露出する。	No 1 B 面に 43 サイクルに発生したひびわれが発達して A 面にも認められる。(写真 4 参照)
浮 鉱	13	仕上面の表膜が剥ける。	No 1 B 面に 2ヶ所径 2cm 位のモルタルの脱落した処があり、その中に頁岩系の粗骨材が見える。 No 4 A 面端部, D 面中央部にひびわれ発生(写真 5 参照) 全供試体にひびわれ発生(写真 6~9 参照)
	18	B サイクルと余り変化なし。	
	43	全面に点蝕が認められる。	
頁 岩	13	仕上面の表膜が剥ける。	No 1 A 面にひびわれ発生(写真 10 参照) No 4 C 面にひびわれ発生(写真 11 参照)
	43	全面に点蝕が認められる。	
	66	A, B, D 面の約 50% スケーリングを認める。	
	108	全面とも約 80% スケーリングを認める。	
	150	全面とも 100% スケーリング, 一部粗骨材露出。	
	231	全面とも粗骨材露出	
流紋岩	13	仕上面の表膜が剥ける。	No 2 A 面にひびわれ発生(写真 12 参照) No 3 C, D 面にひびわれ発生 No 4 A, D 面にひびわれ発生(写真 17 参照)
	43	全面に点蝕が認められる。	
	66	全面とも約 50% スケーリングを認める。	
	108	全面とも約 80% スケーリングを認める。	
	187	全面とも 100% スケーリングを認める。	
	231	全面とも粗骨材が一部に露出	
	300	全面とも完全に粗骨材露出	
原 石 (1)	5	仕上面の一部表膜が剥ける。	No 2 C 面, No 3 D 面にひびわれ発生(写真 13 参照)
	30	全面に点蝕が認められる。	
	137	全面とも 100% スケーリングを認める。	
	152	全面とも一部粗骨材露出	

粗骨材の種類	凍結融解の繰返し回数	一般的外観変化について	特別な外観変化について
原石 (2)	2 2	仕上面の一部表膜が剥ける。	
	1 0 2	A面100%, B, C D面約80%スケールリングを認む。	
	1 3 4	全面とも100%スケールリング, A面の一部に粗骨材露出	
	1 7 7	A, B D面に粗骨材露出	
原石 (3)	1 1	仕上面の表膜が剥ける。	
	2 4	全面約50%スケールリング, B D面に点蝕を認める。	
	8 5	A面100%, B D面約50%スケールリングを認める。	※2 A面にひびわれ発生
	1 2 7	全面とも100%スケールリングを認める。	※2の判定不能 A, B, D面にひびわれ発生(写真20参照)
	2 1 1	全面とも一部に粗骨材が露出	※1 A C面にひびわれ発生(写真21参照)
	2 5 0	全面とも完全に粗骨材露出	
沈 鉍 (中屑熱) (1)	7	仕上面の表膜が剥れる。	
	5 0	ほぼ全面ともスケールリングを認める。	
	1 3 4	A面の一部に粗骨材露出	
	2 1 8	A面は完全に, B, D面は一部粗骨材露出	
沈 鉍 (中庸熱) (2)	2 5 7	全面とも粗骨材露出	
	1 1	仕上面の表膜が剥れる。	
	5 3	ほぼ全面ともスケールリングを認める。	
	1 3 7	A面の一部に粗骨材露出	
	2 1 8	B, D面の一部に粗骨材露出	
	2 6 1	全面とも粗骨材露出	

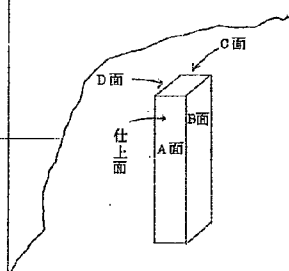


写真 - 1
凍結融解作用開始前の
供試体仕上面の状態

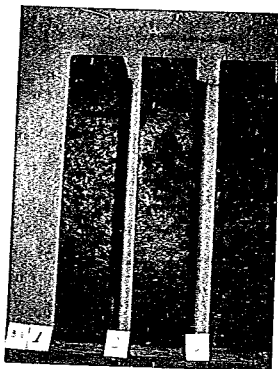


写真 - 2
凍結融解作用開始前の
供試体側面(B, D面)
の状態



写真 - 3
沈黙 1 B 面に 43
サイクルにおいて認
められたひびわれの
状態

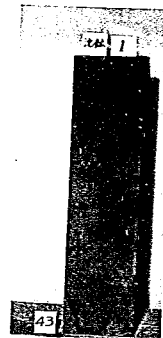


写真 - 4
沈黙 1 A 面に 15 G
サイクルにおいて認め
られたひびわれの状態

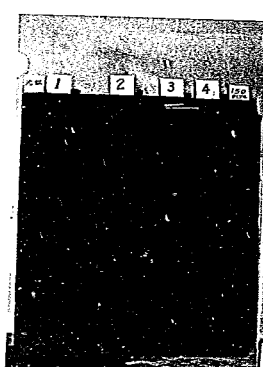


写真 - 5
浮気 1 B 面に 18 サイクルにおい
て認められたモルタル脱落と 4 A
端部 D 面中央部に認められたひび
われの状態

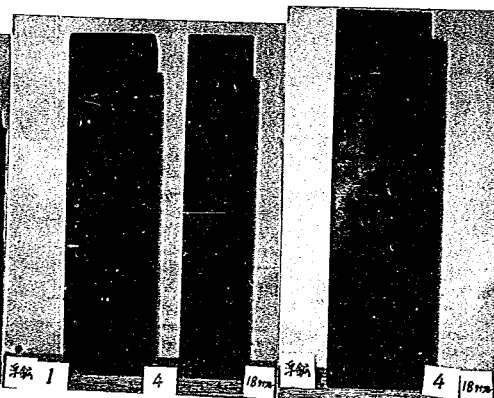


写真 - 6
浮気全供試体 A 面に
43 サイクルにおいて
認められたひびわ
れの状態

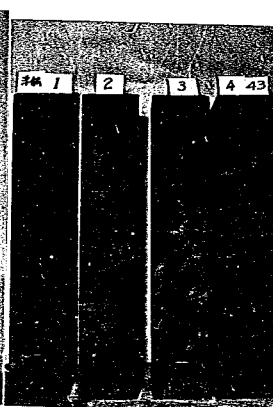


写真 - 7
浮遊全供試体 B 面に 4.5
サイクルにおいて認めら
れたひびわれの状態

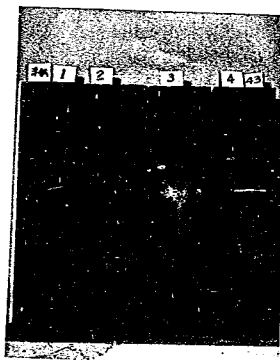


写真 - 8
浮遊全供試体 C 面に 4.3 サイクル
において認められたひびわれの状
態



写真 - 9
浮遊全供試体 D 面に 4.3
サイクルにおいて認めら
れたひびわれの状態

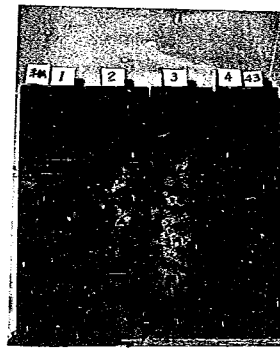


写真 - 10
頁岩 A 1 A 面に 4.3 サイ
クルにおいて認められた
ひびわれの状態



写真 - 11
頁岩 A 4 C 面に 6.6 サイクルに
おいて認められたひびわれの状
態

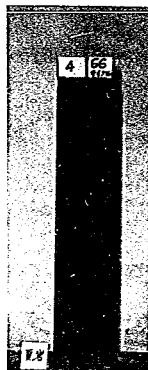


写真 - 12
流紋岩 A 2 A 面に 1.87
サイクルにおいて認めら
れたひびわれの状態

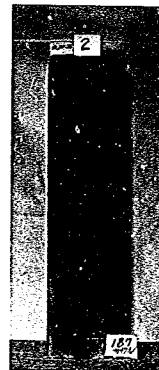


写真 - 1 3

原石、A2 C面、A3 D面に152サイクルにおいて認められたひびわれの状態

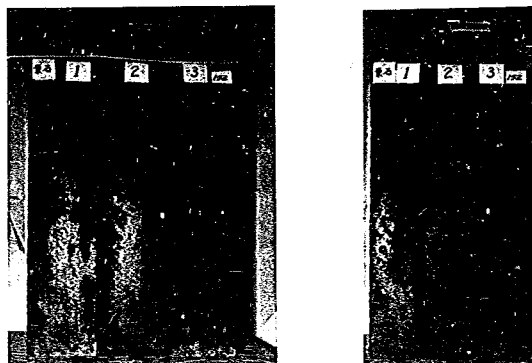


写真 - 1 4

最終測定時300サイクルにおける沈下を用いたコンクリートの各供試体の外観

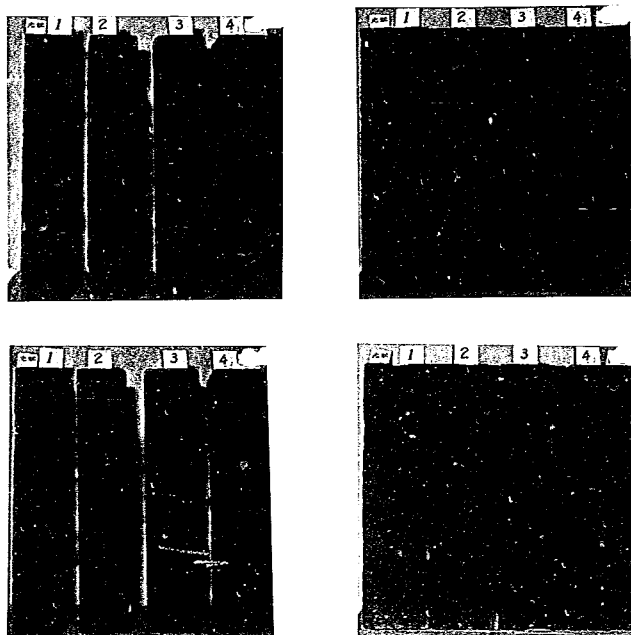


写真 - 1 5

最終荷重時 6 6 サイクルにおける浮きを用いたコンクリートの
各供試体の外観

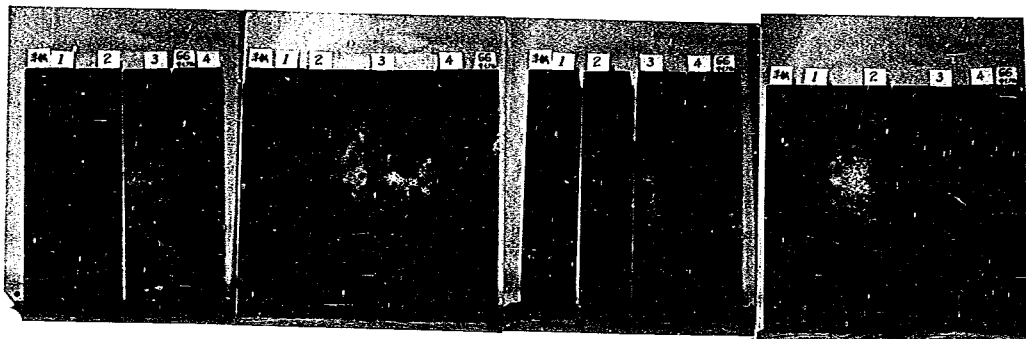


写真 - 1 6

最終荷重時 5 0 0 サイクルにおける貫入を用いたコンクリートの
各供試体の外観

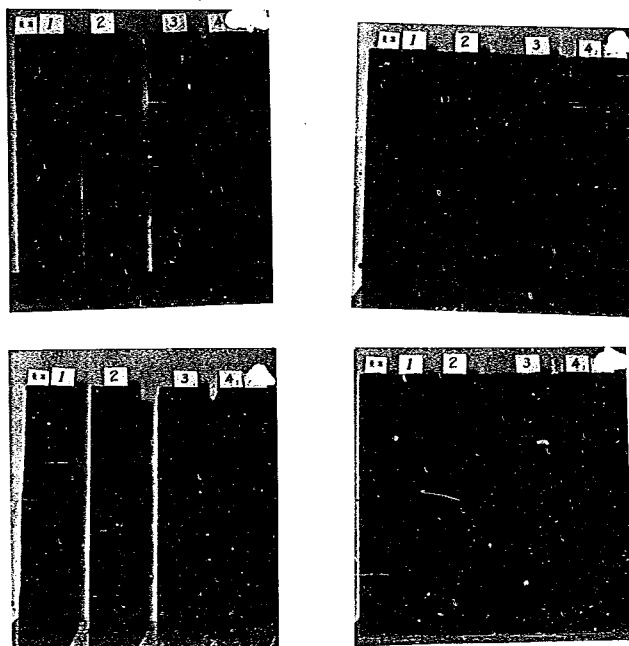


写真 - 17

最終測定時 300 サイクルにおける流紋岩を用いたコンクリート
供試体の各供試体の外観

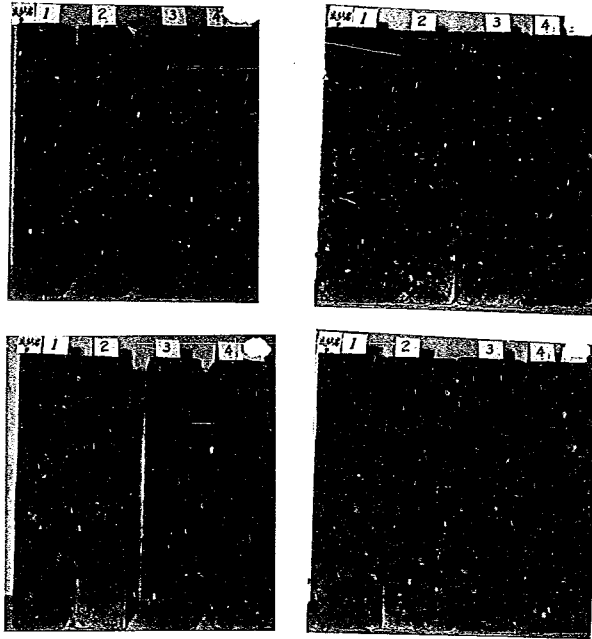


写真 - 18

最終測定時 218 サイクルにおける原石(1)を用いたコンクリート
供試体の各供試体の外観

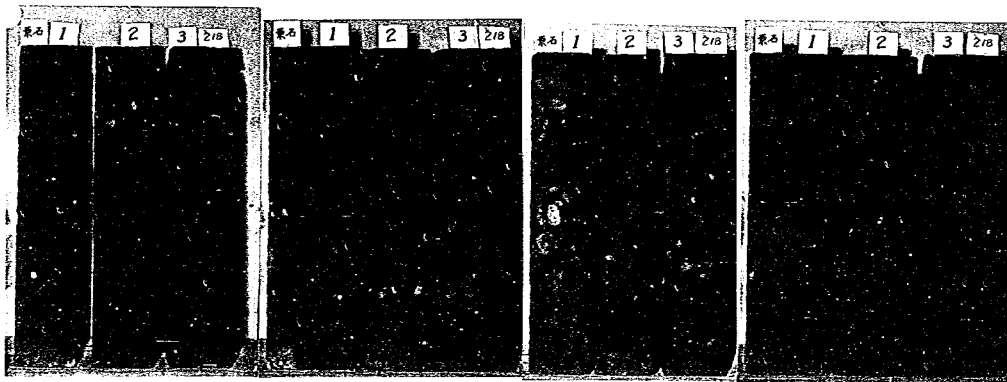


写真 - 19
最終凝定時 303 サイクルにおける原石(2)を用いたコンクリート供試体の外観

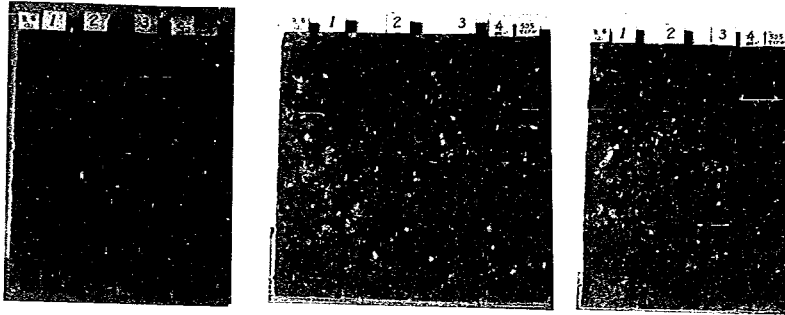


写真 - 20
原石(3) No. 2 の各面に 127 サイクルに
おいて認められたひびわれの状態

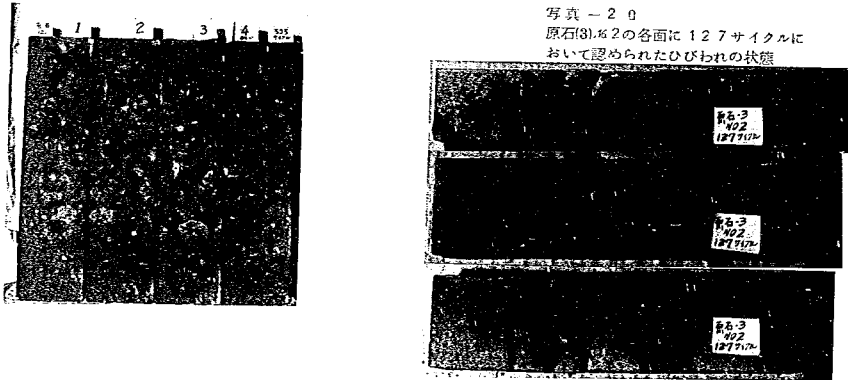


写真 - 21
原石(3) No. 1 の A, C 面に 211 サイクルにおいて
認められたひびわれの状態



C 面

なし

写真 - 2 2

最終割定時 3 0 5 サイクルにおける原石(3)を用いたコンクリート
供試体の外観

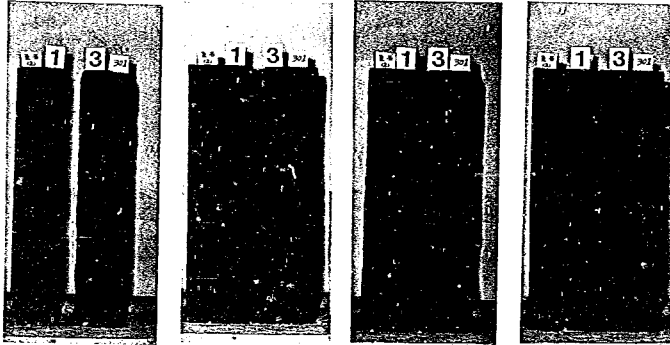


写真 - 2 3

最終割定時 3 0 0 サイクルにおける沈蝕（中腐蝕）(1)を用いた
コンクリート供試体の外観

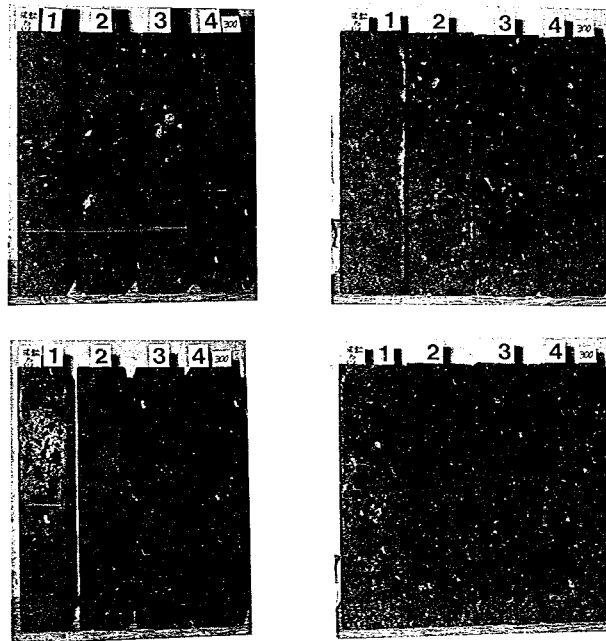


写真 - 24

最終測定時 301 サイクルにおける沈没 (中庸熟) (2) を用いた
コンクリート供試体の外観

