

土 木 研 究 所 資 料

月山ダムコンクリート用骨材の 耐久性に関する調査

平成 6 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
材料施工部コンクリート研究室

「Copyright © (1994) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

月山ダムコンクリート用骨材の耐久性に関する調査

コンクリート研究室	室長	河野	広隆
	主任研究員	渡辺	博志
		加藤	俊二

要 旨

東北地方建設局管内、水系推計に建設される月山ダムはRCD工法とベルトコンベアシステムを併用して施工する重力式ダムである。

本報告書は、月山ダムコンクリート用骨材として考えられている変質度の異なる骨材についての物性試験および耐凍害性に対する凍結融解試験を行い、その利用可能性を述べるものである。

キーワード：RCDコンクリート、骨材変質、凍結融解試験

目 次

1. 概要	1
2. 骨材試験	2
2. 1 概要	2
2. 2 骨材試料	2
2. 3 比重・吸水率および安定性等の物理試験結果	3
2. 3. 1 細骨材試験	3
2. 3. 2 細骨材試験の検討	4
2. 3. 3 粗骨材試験	4
2. 3. 4 粗骨材試験結果に関する検討	5
2. 4 骨材の化学的安定性試験結果	6
3. コンクリートの凍結融解試験	14
3. 1 概要	14
3. 2 試験概要	14
3. 2. 1 配合条件	14
3. 2. 2 試験方法	15
3. 2. 3 試験結果	16
4. まとめ	23

第 1 章 概要

月山ダムコンクリート用骨材は、表-1 に示す通り、その変質区分により、0～Ⅳの5種類に区分されている。それぞれの区分から産出される骨材の物理的性質は、これまでの調査によりそれぞれかなり異なっていることが明らかにされている。ここでは、各区分から産出された骨材の材料試験、およびこの骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験を実施し、各区分の骨材を用いたコンクリート、区分ⅡとⅢの骨材を混合して用いたコンクリートの耐久性について調査した。

表-1 骨材の変質区分と特徴

変質度 区 分	特 徴		
	岩 質	色 調	特 性
0	最も変質の少ない良質部分 (花崗閃緑斑岩 Gp)	暗 灰	結晶質で変質の影響はなく 硬質で金属音を発する。
I	細粒部、安山岩様部 ひん岩部 Gpの淡緑灰色部	淡青灰、暗灰 暗灰 淡緑灰	脈岩状で「7」な割れ目
Ⅱ	緑色化 (パッチ状) 白斑状硬質部	淡緑	緑色斑状、白斑状。 石基部は硬質。 緑泥石化が進む。
Ⅲ	緑色化 (パッチ状) 大 白色化変質部	暗緑 灰白～灰	緑泥石化が著しく岩質や や脆い。長石類の白濁化 (カリ?) が著しくやや脆い
Ⅳ	粘土化、熱水脈 角れき状岩～破碎部	灰～灰白色 暗灰～灰色	軟らかい粘土、凝灰角れ き岩～凝灰岩状の強変質 帯。

第2章 骨材試験

2.1 概要

ダムコンクリート用骨材として利用可能であるかどうか判断する資料を得るため、ここでは表-2に示した項目について骨材試験を行った。

表-2 実施した骨材試験の一覧

材料	試験項目
細骨材	安定性試験 比重吸水率試験 アルカリ骨材反応（化学法・モルタルバー法）
粗骨材	安定性試験 比重吸水率試験 すり減り試験

2.2 骨材試料

試料は、平成4年度に現地より送られてきたもので、種類は表-3. 1～3. 2の通りである。

表-3. 1 細骨材試験に用いた材料

試料S	大井川川砂（比較対照用基準試料）
試料1	変質度区分Ⅰの砕砂
試料2	変質度区分Ⅱの砕砂
試料3	変質度区分Ⅲの砕砂
試料4	変質度区分ⅡとⅢの混合砂（混合比はⅡ：Ⅲ＝3：1）
試料5	変質度区分ⅡとⅢの混合砂（混合比はⅡ：Ⅲ＝1：1）
試料6	変質度区分ⅡとⅢの混合砂（混合比はⅡ：Ⅲ＝1：3）

（注）混合は表乾重量比によるものとする。

表-3. 2 粗骨材試験に用いた材料

試料S	笠間産砕石硬質砂岩（比較対照用基準試料）
試料1	変質度区分Ⅰの砕石
試料2	変質度区分Ⅱの砕石
試料3	変質度区分Ⅲの砕石
試料4	変質度区分ⅡとⅢの混合（混合比はⅡ：Ⅲ＝3：1）
試料5	変質度区分ⅡとⅢの混合（混合比はⅡ：Ⅲ＝1：1）
試料6	変質度区分ⅡとⅢの混合（混合比はⅡ：Ⅲ＝1：3）

2. 3 比重・吸水率、および安定性等の物理試験結果

2. 3. 1 細骨材試験

試験結果を表－4 に示す。

表－4 細骨材の物理試験結果

試 料	比 重	吸 水 率 (%)	安定性試験の損失重量(%)					洗 い 試 験 (%)	粒 度						粗 粒 率
			5.0	2.5	1.2	0.6	合		各ふるいに留まる重量百分率(%)						
			∟	∟	∟	∟	計		5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
			2.5 mm	1.2	0.6	0.3			2.5 mm	1.2	0.6	0.3	0.15	以下	
S	2.58	0.37	1.93	1.70	1.23	1.02	5.88	—	13.9	25.2	19.8	19.7	14.2	7.2	2.83
1	2.65	0.88	0.48	0.48	0.50	0.82	2.28	4.16	15.2	19.7	24.9	18.6	13.4	8.2	2.80
	2.65	0.73													
2	2.56	2.88	2.33	2.58	1.75	1.91	8.57	7.85	13.9	18.3	26.8	22.4	12.9	5.7	2.81
	2.58	2.50													
3	2.57	3.30	10.73	7.64	5.68	4.61	28.66	9.68	14.3	17.1	28.1	18.2	13.3	9.0	2.74
	2.63	3.04													
4	2.56	3.30	4.15	3.13	2.06	2.50	11.84	6.42	15.6	18.3	26.1	18.6	12.8	8.6	2.80
	2.60	2.62													
5	2.56	3.79	4.65	3.39	3.59	3.32	15.95	8.79	14.7	18.5	29.1	22.3	11.4	4.0	2.91
	2.62	2.67													
6	2.56	3.84	6.26	4.80	3.43	3.71	18.20	8.27	15.5	17.8	26.5	18.1	13.1	9.0	2.78
	2.63	2.68													

注) 比重および吸水率の下の数値は、洗い試験を行った試料で試験を行った結果

各材料の比重・吸水率、安定性、洗い試験の結果を図－1～図－4 に示す。なお、吸水率試験については、砕砂に含まれる微粒分の影響のため、適切な表乾状態の判定が難しかったため、JIS A 5005の5. 2の記述事項を参考にし、洗い試験を行った後の材料について比重・吸水率試験を行った。比重の試験結果は、両者の間で余り変動はなかったが、吸水率はかなり異なった値が得られた。図－2 には洗い試験前の材料による吸水率を左に、洗い試験後の材料による結果を右に示している。安定性試験結果を見ると、骨材の区分がⅠⅡⅢでそれぞれ異なっており、この順に損失重量は大きくなっている。混合骨材の試料である4, 5, 6はこの順に区分Ⅲの割合が多くなっているが、安定性損失重量もこの順に大きくなっていて、区分Ⅲの骨材の影響が明瞭に現れていることがわかる。洗い試験結果もほぼ同様の結果となっている。吸水率試験結果をみ

ると、骨材区分ⅠⅡⅢの順に大きくなっているが、混合骨材の試料である4, 5, 6の吸水率は洗い試験前の試料では区分ⅡとⅢの間の値とはなっておらず、単純な比例関係にはなかった。

2. 3. 2 細骨材試験の検討

ダムコンクリート用細骨材として満たすべき品質が土木学会コンクリート標準示方書に規定されている。この基準のうち、この調査で行った項目と関連するものをまとめると表-5の通りとなる。

表-5 ダムコンクリート用細骨材の品質試験結果の目安

1) 洗い試験で失われるもの	
①すり減り作用を受ける場合	3. 0 % (粘土・シルトを含まないとき5. 0 %)
②その他の場合	5. 0 % (粘土・シルトを含まないとき7. 0 %)
2) 安定性損失重量	10 %以下

ここで行った試験結果と上記基準を比較すると、1) 洗い試験結果については、区分Ⅰは①の条件を満たし、区分Ⅱの細骨材は②の基準を満足している。区分Ⅲの細骨材は、上記の基準を満足していなかった。また、混合骨材については区分Ⅲの割合が25%のものは条件②を満足していたが、それ以上区分Ⅲが混入した骨材では、上記基準より大きくなっていた。洗い試験で失われる損失重量は、コンクリートの乾燥湿潤の繰返し作用に対する抵抗性と密接な関係があるといわれている。このため、乾湿繰返しを受けない内部コンクリートや、水中のコンクリート、気中のコンクリートではこの基準を満足していなくても利用可能である場合がある。上記結果から判断すると、区分Ⅰの細骨材はすり減り作用が伴う乾湿繰返し条件下で利用可能であると考えられ、区分Ⅱ、あるいは区分Ⅲの混入率が25%以下の細骨材も、すり減り作用が顕著でないところでは乾湿繰返し作用を受ける環境でも利用可能であると考えられる。区分Ⅲおよび、その25%以上の混合細骨材では上記基準よりも大きな値が得られており、過酷な乾湿繰返し環境のもとでの使用に関して注意が必要であると考えられる。

2) の安定性損失重量に関する規定についても区分ⅠⅡの細骨材については、規定値を下回っており利用可能であると考えられる。安定性試験結果はコンクリートの耐凍結融解性能に密接な関係があるといわれている。ただし、土木学会基準ではこの値(10%)を超える材料についても、凍結融解試験結果が良好であれば用いることが可能であるとしている。ここでは、区分Ⅲの骨材が50%以上含まれるものについて、安定性損失重量が10%を超えており、この利用可能性を判定する場合、別途コンクリートの凍結融解試験を行い、その結果に基づく判断を下す必要があると考えられる。

2. 3. 3 粗骨材試験

粗骨材の物理試験結果を表-6および、図-5~8に示す。粗骨材の比重は、骨材間に余り変化は認められなかった。一方、吸水率・安定性損失重量は骨材区分ⅠⅡⅢになるに従って大きくなり、混合骨材の試料

も、区分Ⅲの混合率が大きくなるに従って大きくなっていた。この結果から、区分ⅡとⅢの混合骨材については、区分Ⅲの骨材の混入率の影響をほぼ直線的に表現できることがわかる。

表－6 粗骨材の物理試験結果

試 料	比 重	吸 水 率 (%)	安定性試験の損失重量(%)				洗 い 試 験 (%)	すり へり 減量 (%)	破 砕 値 (%)
			20 μ 15 mm	15 μ 10	10 μ 5	合 計			
S	2.66	0.71	0.37	0.13	0.17	0.67	—	12.0	12.0
1	2.65	0.70	0.90	0.53	0.49	1.92	0.13	14.9	16.3
2	2.59	2.36	19.03	7.73	3.35	30.11	0.32	17.0	18.5
3	2.62	3.25	39.55	24.28	10.77	74.60	0.92	24.4	20.8
4	2.59	2.64	18.12	8.89	3.93	30.94	—	—	—
5	2.60	2.91	21.25	11.36	4.09	36.70	—	—	—
6	2.61	3.28	31.71	14.47	6.13	52.31	—	—	—

2. 3. 4 粗骨材試験結果に関する検討

ダムコンクリート用粗骨材の満たすべき品質基準として土木学会コンクリート標準示方書によると、今回の試験結果に関連するものを挙げると、表－7の通りである。

表－7 ダムコンクリート用粗骨材の品質試験結果の目安

	耐久性を要求される場合	特に耐久性を要求されない場合
1) 吸水率及び安定性 コンクリートの設計 基準強度180未満	吸水率3%以下安定性40%以下 もしくは 吸水率5%以下安定性12%以下	吸水率5%以下安定性40%以下
2) コンクリート設計 基準強度180以上 300未満	吸水率3%以下安定性12%以下	吸水率3%以下安定性40%以下 もしくは 吸水率5%以下安定性12%以下
3) すり減り減量	4.0%以下	

ただし、骨材の耐凍結融解性能に関して上表の条件1) および2) が設定されているが、これらはあくまで

も目安の値であり、この規定を満足していなくても、凍結融解試験を行い十分な耐久性があると判断された場合については利用可能であるとしている。

今回行った試験の結果からすると、いずれの骨材についても3) すり減り減量の規定はみたして、すり減りに関する耐久性は十分であると判断される。一方、耐凍結融解性に関しては、区分Ⅰの骨材は吸水率安定性とも表-7に示した基準値を大きく下回っており過酷な環境条件のもとでも利用可能であることがわかる。一方、区分Ⅱの骨材については、設計基準強度180 kgf/cm²以下のコンクリートについては過酷な環境のもとでも無条件で利用可能であると判断されるが、180 kgf/cm²以上300 kgf/cm²未満のコンクリートでは安定性損失重量の値がやや大きく、基準値を満足していないことがわかる。区分Ⅲの骨材は表-7の1)の条件に対し、耐久性の要求される場合の条件を満足しておらず、耐凍結融解性能が不十分であると推定される。一方、区分ⅡとⅢの混合骨材については、区分Ⅲの混入率が50%以下の場合、区分Ⅱ単味の骨材と同様の判定結果となり、区分Ⅲの混合率が75%の骨材については区分Ⅲ単味の骨材と同様の判定結果となる。以上の判定結果を表-8に示す。

表-8 粗骨材の耐久性に関する判定結果

骨材種類	180 kgf/cm ² 以下	180～300 kgf/cm ² 以下
区分Ⅰ	○	○
区分Ⅱ	○	△
区分Ⅲ	△	×
区分Ⅱ75%・区分Ⅲ25%	○	△
区分Ⅱ50%・区分Ⅲ50%	○	△
区分Ⅱ25%・区分Ⅲ75%	△	×

ここで、○：耐久性を要求される場合にも満足されたもの

△：耐久性を要求される場合には満足されないが特に耐久性を要求されない場合には満足されたもの

×：特に耐久性を要求されない場合でも満足されなかったもの

ただし、この考察にも述べたとおり、安定性損失重量と吸水率の組み合わせによる骨材の評価はあくまでも大まかな判定を下すものであり、この基準を満足されないものでも、コンクリートの耐久性試験を行い、耐久性があると判断された場合は利用可能である。よって、本調査ではコンクリートの凍結融解試験を行い、耐久性指数の比較を行った。この結果については、第3章で述べることとする。

2.4 骨材の化学的安定性試験結果

化学法によるアルカリ骨材反応性に関する判定結果を図-9に示す。この結果から分かるとおりいずれの骨材もアルカリ骨材反応に対して無害であることが分かる

一方、モルタルバー法を実施し、4 cm×4 cm×16 cmのモルタルバー供試体の長さ変化および重量変化の

測定結果を図-10に示す。長さ変化の測定結果を見ると材齢14日で各供試体とも収縮していた。供試体は乾燥しないよう湿潤状態に保っていたので、この収縮は乾燥収縮ではなく、セメントの硬化にともなう収縮（自己収縮）であると考えられる。これは、図-11に示した供試体重量の変化が増加を示していたことから乾燥は生じなかったと判断できる。モルタルバー供試体は材齢14日以後徐々に増加に転じ（膨張）していることが分かるが、材齢14日での長さを基準にとっても、膨張量は200 μ 程度であり有害な膨張は生じていないことが分かる。以上の結果から、ここで用いた骨材のアルカリ骨材反応性は無く、無害であると判断できる。

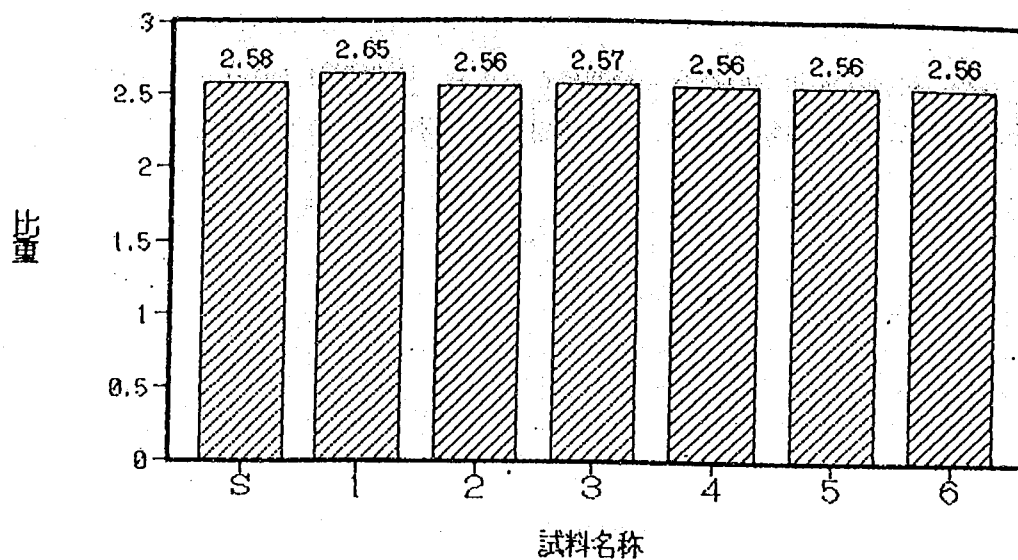


図-1 細骨材の比重試験結果

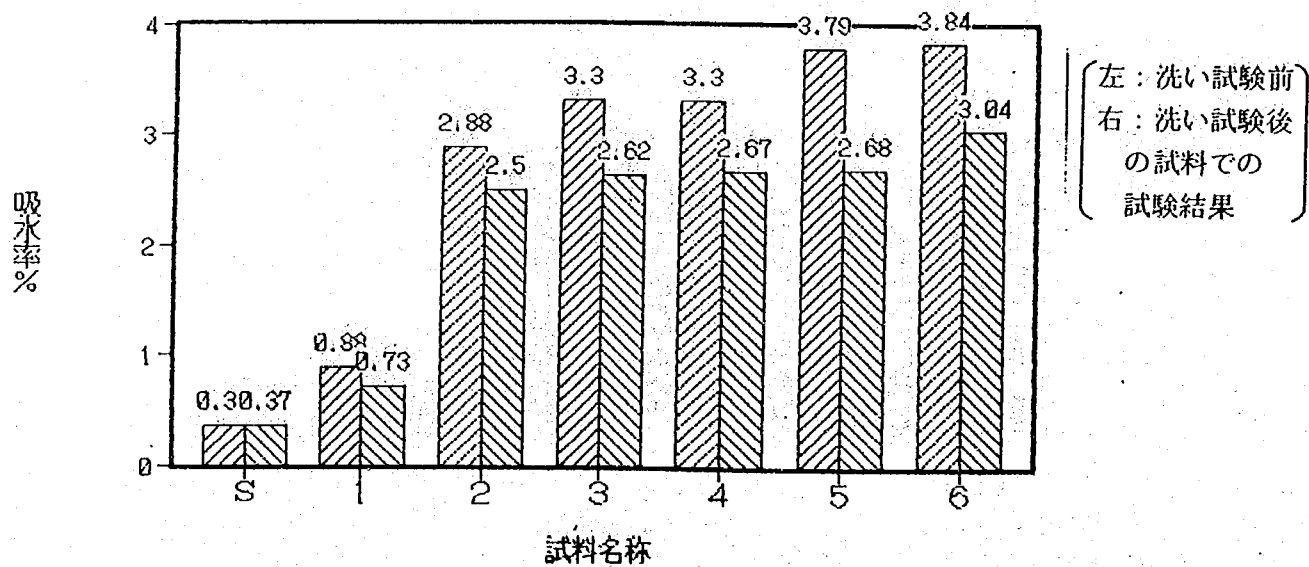


図-2 細骨材の吸水率試験結果

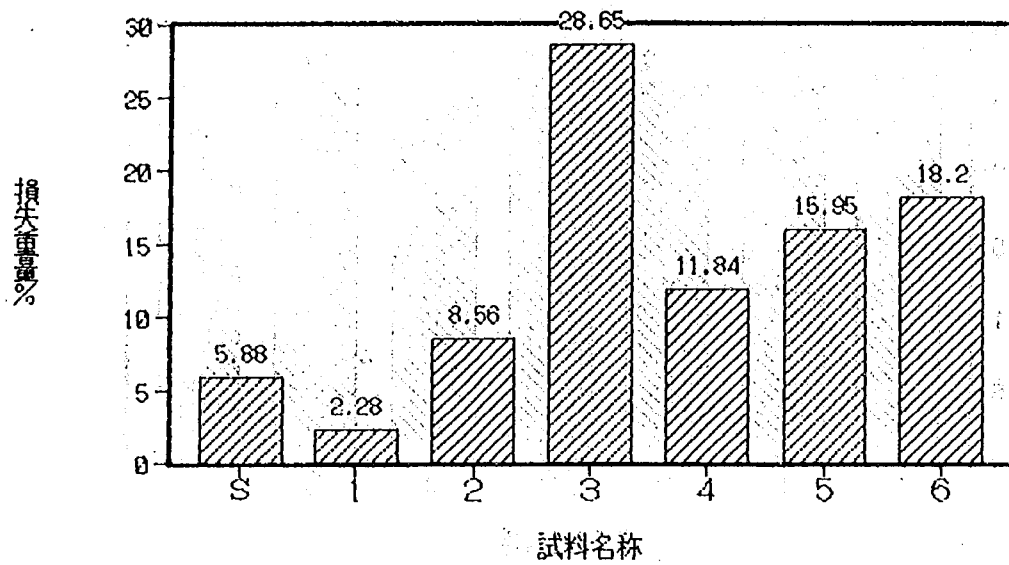


図-3 細骨材の安定性試験結果

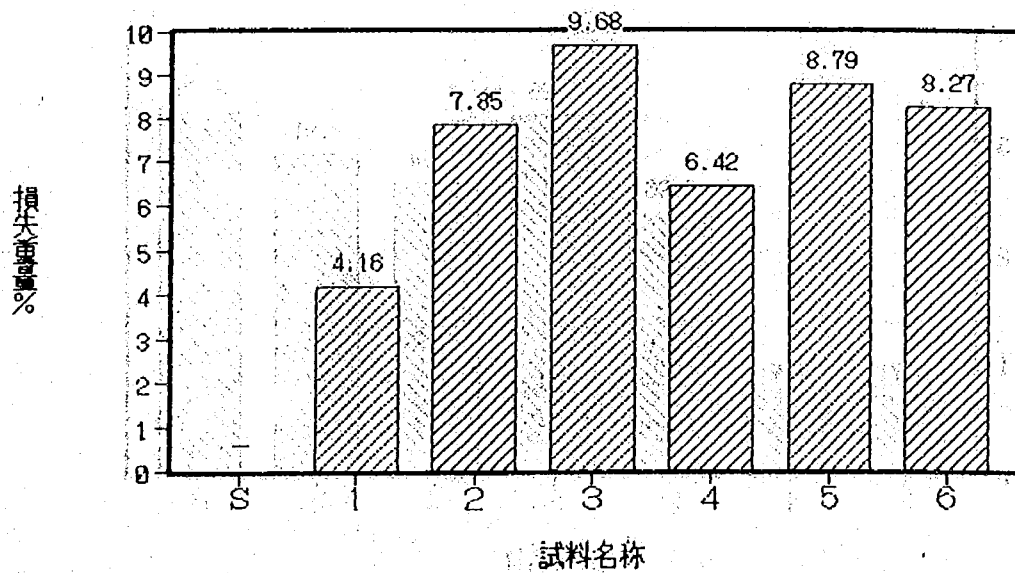


図-4 細骨材の洗い試験結果

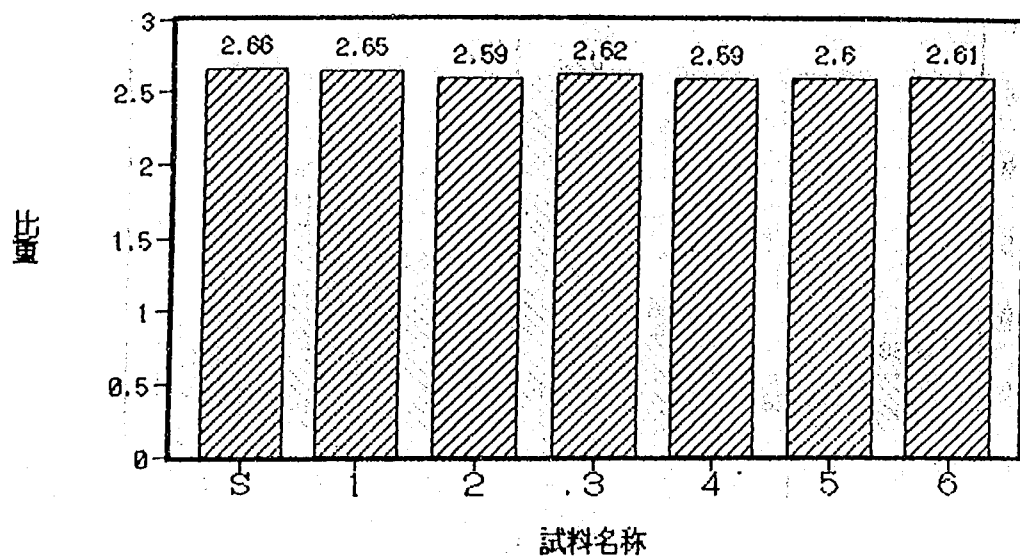


図-5 粗骨材の比重試験結果

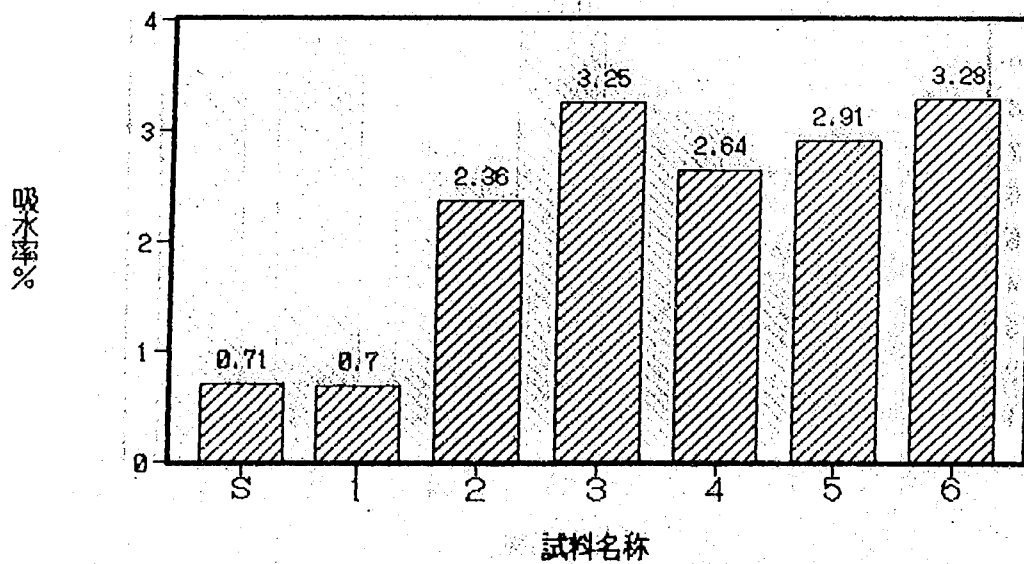


図-6 粗骨材の吸水率試験結果

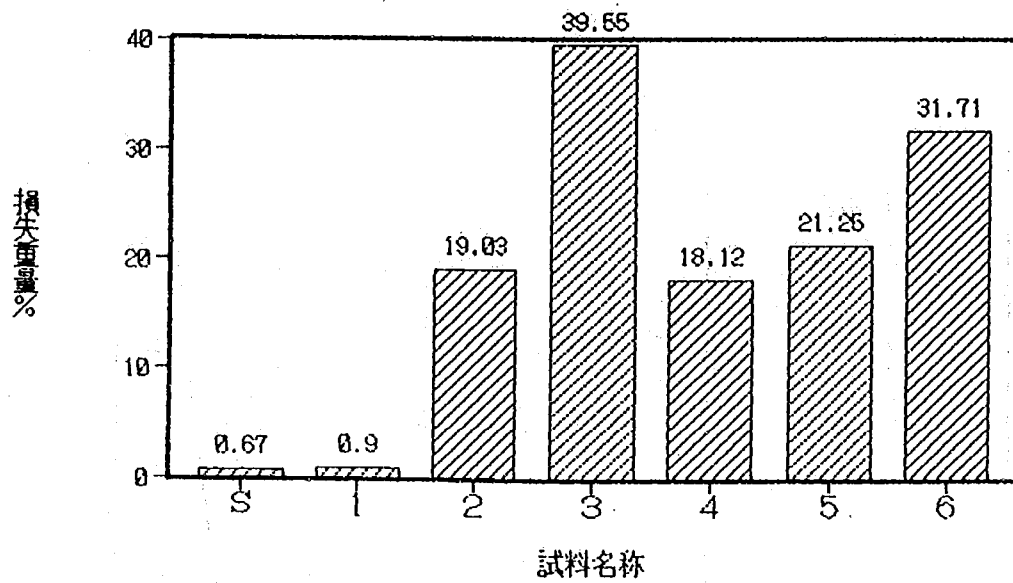


図-7 粗骨材の安定性試験結果

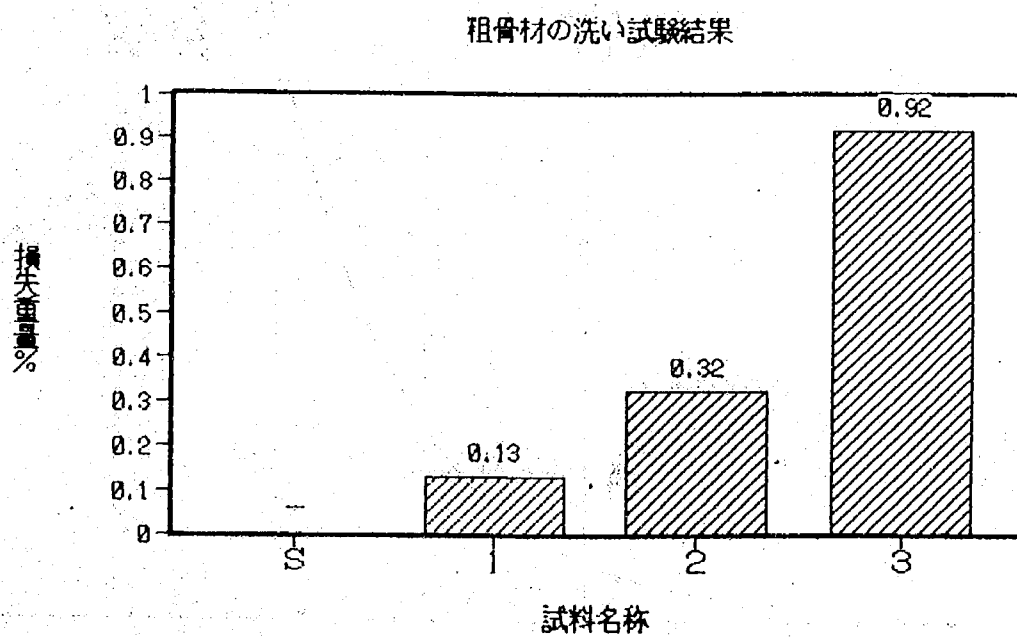


図-8 粗骨材の洗い試験結果

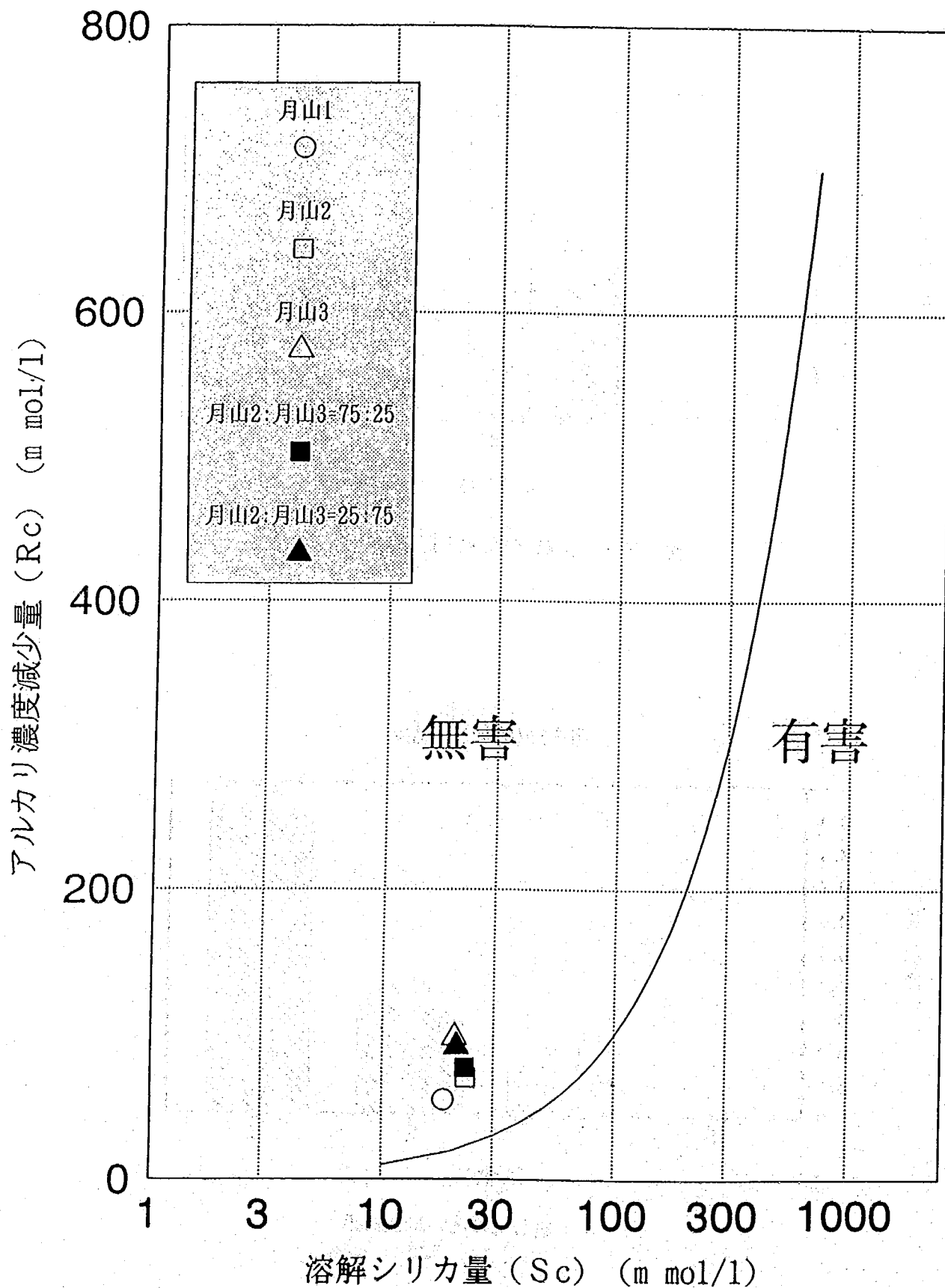


図-9 アルカリ骨材反応試験結果 (化学法)

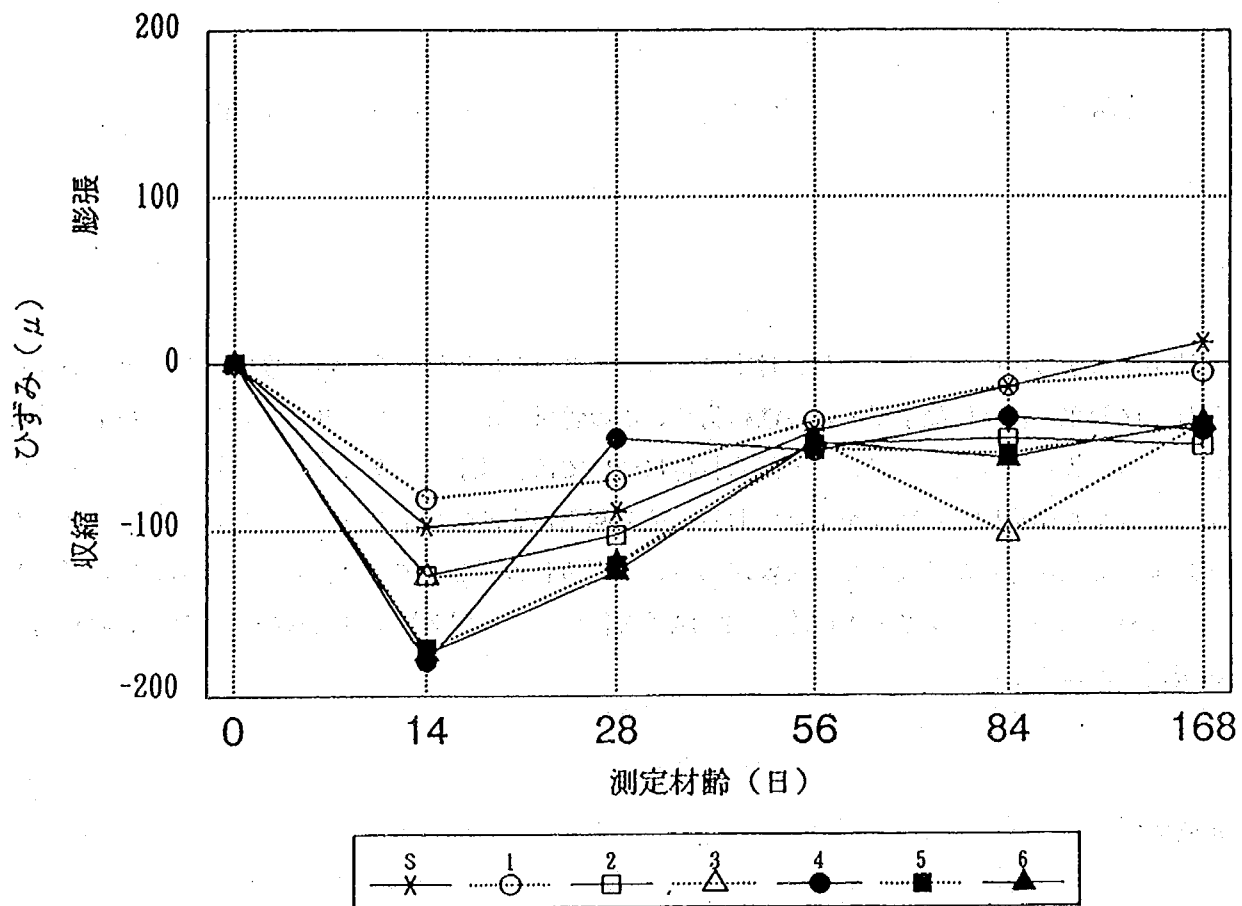


図-10 モルタルバーの長さ変化

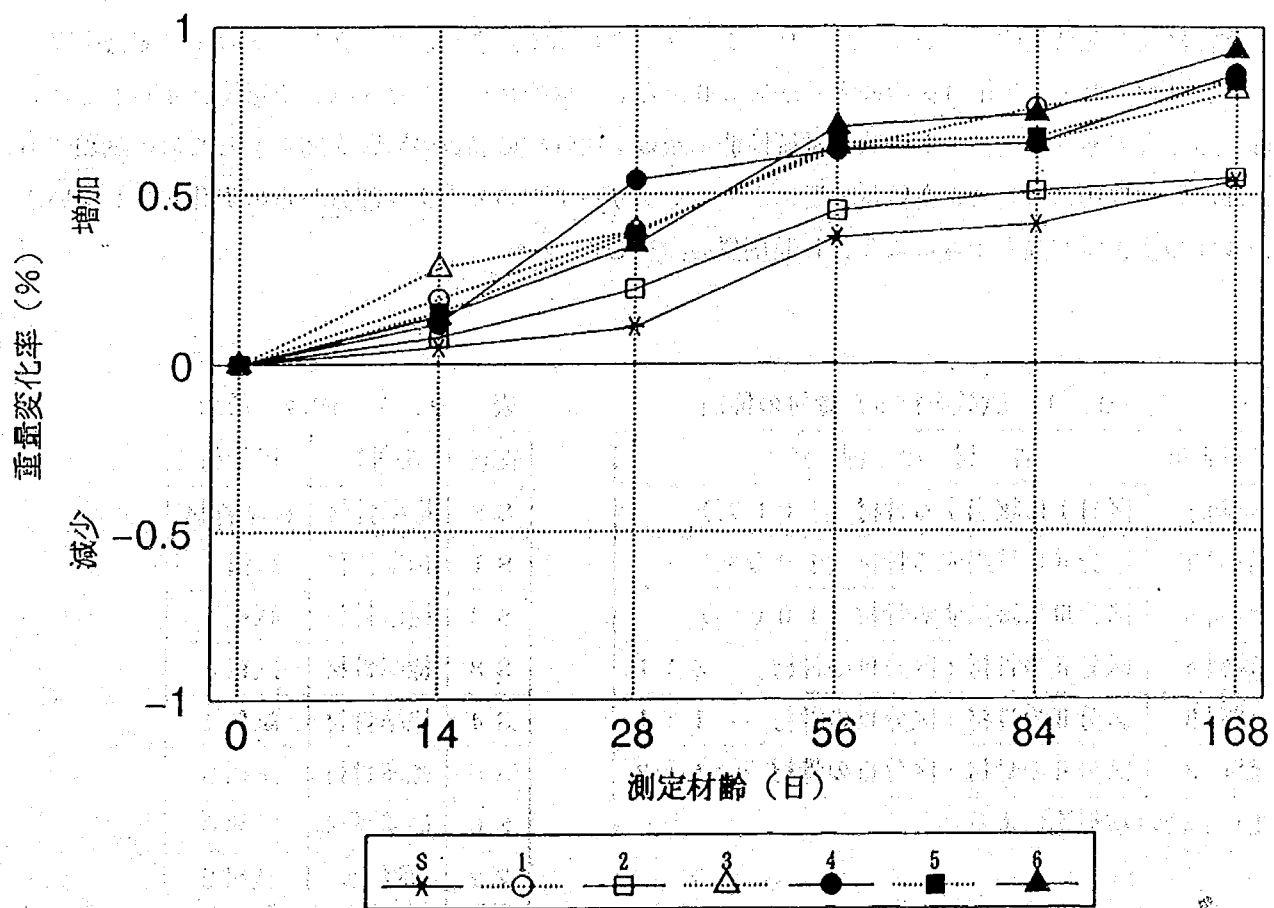


図-11 モルタルバーの重量変化

第3章 コンクリートの凍結融解試験

3.1 概要

骨材試験結果から明らかになったとおり、月山ダムコンクリート用骨材の特性は、変質区分ごとにより異なっており、区分Ⅲの骨材は吸水率・安定性に劣り、この骨材を用いたコンクリートは耐久性が不十分であると予想される。また、区分Ⅲと区分Ⅱの混合骨材については、吸水率・安定性の試験結果がこれまでの経験から定められた基準値に近い結果を示しており、その利用可能性の判定を行うためには、コンクリートの凍結融解試験を実際に行った結果を知る必要があると考えられる。ここでは、各区分単味あるいは区分ⅡとⅢの混合粗骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験を行い、その耐久性指数を求め、それぞれの利用可能性の判断資料を得ることとした。

3.2 試験概要

3.2.1 配合条件

使用した骨材及び配合条件について、表-9.1～9.2に示す。また、コンクリートの示方配合を表-10に示す。コンクリートは粗骨材の最大寸法を20mmとし、目標スランプは8cm、空気量は4%とした。ここでは、あくまでもコンクリートの凍結融解性能に及ぼす粗骨材の品質の影響を調査するための試験であるので、凍結融解作用に対して、空気量不足によるコンクリート中のモルタル部分からの劣化が生じないように、極力4%の空気量を混入できるようAE助剤量を調節した。

表-9.1 試験を行った骨材の種類

骨材名称	骨 材 の 種 類
試料1	区分Ⅰに該当する骨材(100%)
試料2	区分Ⅱに該当する骨材(100%)
試料3	区分Ⅲに該当する骨材(100%)
試料4	区分Ⅱの骨材：区分Ⅲの骨材 = 3：1
試料5	区分Ⅱの骨材：区分Ⅲの骨材 = 1：1
試料6	区分Ⅱの骨材：区分Ⅲの骨材 = 1：3

注) 混合は重量比による

表-9.2 配合の種類

配合	細骨材	粗骨材
SS	標準骨材	標準骨材
S1	標準骨材	試料1
S2	標準骨材	試料2
S3	標準骨材	試料3
S4	標準骨材	試料4
S5	標準骨材	試料5
S6	標準骨材	試料6
22	試料2	試料2
33	試料3	試料3

表-10 コンクリートの示方配合およびスランプ空気量の実測値

配合 S G	粗骨材 の最大 寸 法 (mm)	実 測 値		W / C (%)	s / a (%)	単 位 量 (Kg/m ³)					
		スランプ 値 (cm)	空気量 (%)			水	セメント	細骨材	粗骨材	A E 減水剤	A E 助剤
S S	20	9.2	6.1	55.0	46.0	165	300	819	998	C*0.25%	—
S 1	20	7.3	5.95	55.0	46.0	165	300	819	991	C*0.25%	—
S 2	20	7.4	6.0	55.0	46.0	165	300	819	965	C*0.25%	0.3A
S 3	20	6.8	5.45	55.0	46.0	165	300	819	976	C*0.25%	0.8A
S 4	20	6.6	5.1	55.0	46.0	165	300	819	965	C*0.25%	0.5A
S 5	20	7.0	6.1	55.0	46.0	165	300	819	969	C*0.25%	0.6A
S 6	20	7.5	5.0	55.0	46.0	165	300	819	972	C*0.25%	0.7A
2 2	20	10.0	5.7	55.0	46.0	210	382	729	856	C*0.25%	3.0A
3 3	20	6.6	5.0	55.0	46.0	210	382	729	876	C*0.25%	30.0A

細骨材として標準試料となる大井川産川砂を用いた配合は、すべて単位水量が一定となるようにした。これに対し、細骨材に月山ダムで生産される砕砂を用いたものは、微粒分の影響から単位水量を増加させてスランプが8 cm程度となるようにした。セメント量の設定はJIS A 6204 化学混和剤の規定に従い単位セメント量300 kgを基本とした。ただし、配合番号22および33は、このように単位セメント量を設定すると水セメント比がかなり大きくなるので、他の配合条件と水セメント比を同一にする目的から単位セメント量を大きくした。細骨材率はJIS A 6204によると40%～50%の間でワーカブルなコンクリートになるよう定めることとされており、ここではs/a=46%と設定した。試験に用いた混合骨材はすべて、区分ⅡとⅢの混合骨材とした。混合骨材として区分ⅡとⅢの混合を設定した理由は、先に示した粗骨材の試験結果より、区分Ⅰ～Ⅲになるにつれて品質が低下しており、この組み合わせの骨材が最も品質上問題となり、区分ⅡとⅢの組み合わせを行えば、区分ⅠとⅢの結果が安全側に推定できること、区分ⅠとⅡの骨材の品質の差に比べて、区分Ⅲの骨材の品質の差が大きくかけ離れているため、区分Ⅲの骨材の混入率の影響を調べるのが最も大切であり、区分Ⅰと区分Ⅲの組み合わせでの試験結果と区分Ⅱと区分Ⅲの組み合わせの試験結果にあまり大きな差が出ないであろうと予想されることなどのためである。

3.2.2 試験方法

凍結融解試験供試体は、10×10×40 cmの角柱を用い、各配合について6本ずつ製作した。また、供試体は製作後 時間湿潤養生を行った後脱型し、材齢28日まで水中養生を行った。

凍結融解試験は、土木学会コンクリート標準示方書「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて行った。また、測定項目は次の通りとした。

- 1) JIS A 1127「共鳴振動による動弾性係数測定方法（たわみ振動の場合）」による動弾性係数
- 2) 供試体の重量変化

3. 2. 3 試験結果

各供試体の動弾性係数の低下の試験結果を表-11、耐久性指数の計算結果を表-12に示す。

表-11 凍結融解試験結果（相対動弾性係数の変化）

配合	サイクル数											
	0	5	29	47	82	125	165	201	235	257	275	304
S-S	100.00	98.75	97.66	97.64	97.51	97.03	97.24	97.32		97.53		97.35
S-1	100.00	98.27	97.97	97.15	97.11	97.21	97.35	97.26		97.86		97.13
S-2	100.00	96.15	94.84	93.60	93.53	93.38	93.58	92.41		91.92		91.18
S-3	100.00	90.63	84.31	79.66	76.88	73.11	69.65	67.41	65.18	61.89	60.27	58.38
配合	サイクル数											
	0	4	28	46	82	129	164	203	256	310		
S-4	100.00	95.87	94.27	93.54	93.91	93.64	93.48	92.97	91.66	89.12		
S-5	100.00	96.25	93.75	91.82	91.27	88.97	87.15	85.75	83.63	81.20		
S-6	100.00	92.96	89.46	86.95	82.99	79.17	74.45	73.81	69.28	64.98		
2-2	100.00	96.43	94.56	93.79	93.09	91.43	91.43	91.50	89.91	88.42		
3-3	100.00	91.42	80.48	68.61	33.16	以後測定不能						

ここで、細骨材として大井川産川砂、粗骨材として笠間産砕石（硬質砂岩）を用いたが、これらはこれまでコンクリート研究室で非常に良好な耐凍結融解性能を示すものであることが明らかになっているものである。区分Ⅰの骨材を用いたものはこれと同等の耐久性を示していた。また区分Ⅱの骨材も相対動弾性係数の変化はほぼ同様の変動を示しており、やはり高い耐久性を示していることが分かった。これに対し、区分Ⅲの骨材では、耐久性指数が60を割っており、耐久性が低い結果が得られた。

混合骨材については、区分Ⅲの混合率が上昇するにつれて耐久性指数は低下しているが、区分Ⅲの混入率が50%となっても耐久性指数は83.9まで保持しており、耐久性上の目安となる耐久性指数60以上となっていた。このことから、区分Ⅲの混入率が50%以下であれば、良好な耐久性が維持できると考えられる。

表-12 耐久性指数

配合	耐久性指数
S-S	98.7
S-1	98.4
S-2	92.4
S-3	59.2
S-4	92.1
S-5	83.9
S-6	67.1
2-2	91.4
3-3	9.1

相対動弾性係数の低下状況を図-12.1～図-12.2に示す。図-12.2は細骨材として大井川産の川砂ではなく、区分ⅡとⅢの砕石から得られた砕砂を用いたものである。図-12.2より、細骨材として区分Ⅱのものを用いた場合は、標準試料として川砂を用いたものとほぼ同様の相対動弾性係数となっていて、細骨材の違いによる影響はほとんど現れていないことが分かる。

これに対し、区分Ⅲの細骨材を用いたものは、川砂を用いた場合の試験結果と大きく異なっていて、耐久性が大きく低下していることが分かる。

表-13 凍結融解試験結果（重量減少率の変化）

配合	サイクル数											
	0	5	29	47	82	125	165	201	235	257	275	304
S-S	0.00	0.02	0.12	0.29	0.99	2.35	2.93	3.22	—	3.63	—	4.02
S-1	0.00	-0.01	0.11	0.40	1.05	1.68	2.03	2.32	—	2.72	—	3.05
S-2	0.00	-0.02	0.31	0.65	1.37	2.10	2.69	3.41	—	4.38	—	5.02
S-3	0.00	-0.05	0.26	0.72	1.81	3.05	3.98	5.00	6.03	6.74	7.27	7.83
配合	サイクル数											
	0	4	28	46	82	129	164	203	256	310		
S-4	0.00	0.04	0.09	0.33	0.83	1.54	1.92	2.39	2.91	3.57		
S-5	0.00	0.01	0.11	0.48	1.39	2.15	2.55	3.13	3.70	4.40		
S-6	0.00	0.01	0.06	0.50	1.36	2.56	4.23	5.15	6.11	7.14		
2-2	0.00	0.02	0.11	0.57	1.46	2.20	3.47	4.47	5.19	5.85		
3-3	0.00	-0.01	0.63	2.66	5.88	(以後測定不能)						

凍結融解試験によるコンクリート供試体の重量変化の計測結果を表-13および図-13.1～13.2に示す。この結果も、相対動弾性係数の変化と同様の傾向を示しており、区分Ⅲの骨材の混入量が多いほど重量減少度は大きいこと、また、細骨材の影響については、標準となる大井川産川砂を用いた結果と比較すると、区分Ⅱの細骨材は余り品質に差はないが、区分Ⅲの細骨材は品質が異なっており、区分Ⅲの細骨材を用いると、重量減少がかなり大きくなることが分かった。また、凍結融解試験を終えた供試体を観察したところ、標準となる笠間産砕石を用いたものあるいは区分Ⅰ、Ⅱを用いた供試体では、供試体表面のモルタル部分のスケーリングが顕著に現れたのに対し、区分Ⅲの粗骨材を用いた供試体は、モルタルのスケーリングだけではなく、骨材の割れが生じ骨材ごと剥離している部分が見受けられた。この影響が、重量減少率の測定結果にも現れており、区分Ⅰ、Ⅱの粗骨材を用いた供試体の重量変化はそれぞれほぼ同様の結果を示したのに対し、区分Ⅲ単味および区分Ⅲが75%混入したものは2倍近くの重量減少が生じていた。

以上の点をまとめると、変成区分がⅠ、Ⅱの粗骨材を用いたコンクリートについては、凍結融解作用に対し、骨材の影響は余り無く良好な耐久性を示すが、変成区分Ⅲの粗骨材を用いたコンクリートでは骨材そのものの強度が低く、凍結融解作用に対してスケーリングだけではなく骨材の割れも生じ、耐久性が低くなる

という結論が得られる。また、区分ⅡとⅢの混合骨材については、混合比率が区分Ⅱ：区分Ⅲ＝1：1までは良好な耐久性を示すが、混合比率が区分Ⅱ：区分Ⅲ＝1：3になると、骨材の割れが生じ耐久性が低下するといえる。

細骨材についても同様のことがいえ、区分Ⅲから算出される細骨材を用いたコンクリートは耐久性が低くなり、その利用については十分な注意が必要であるといえる。

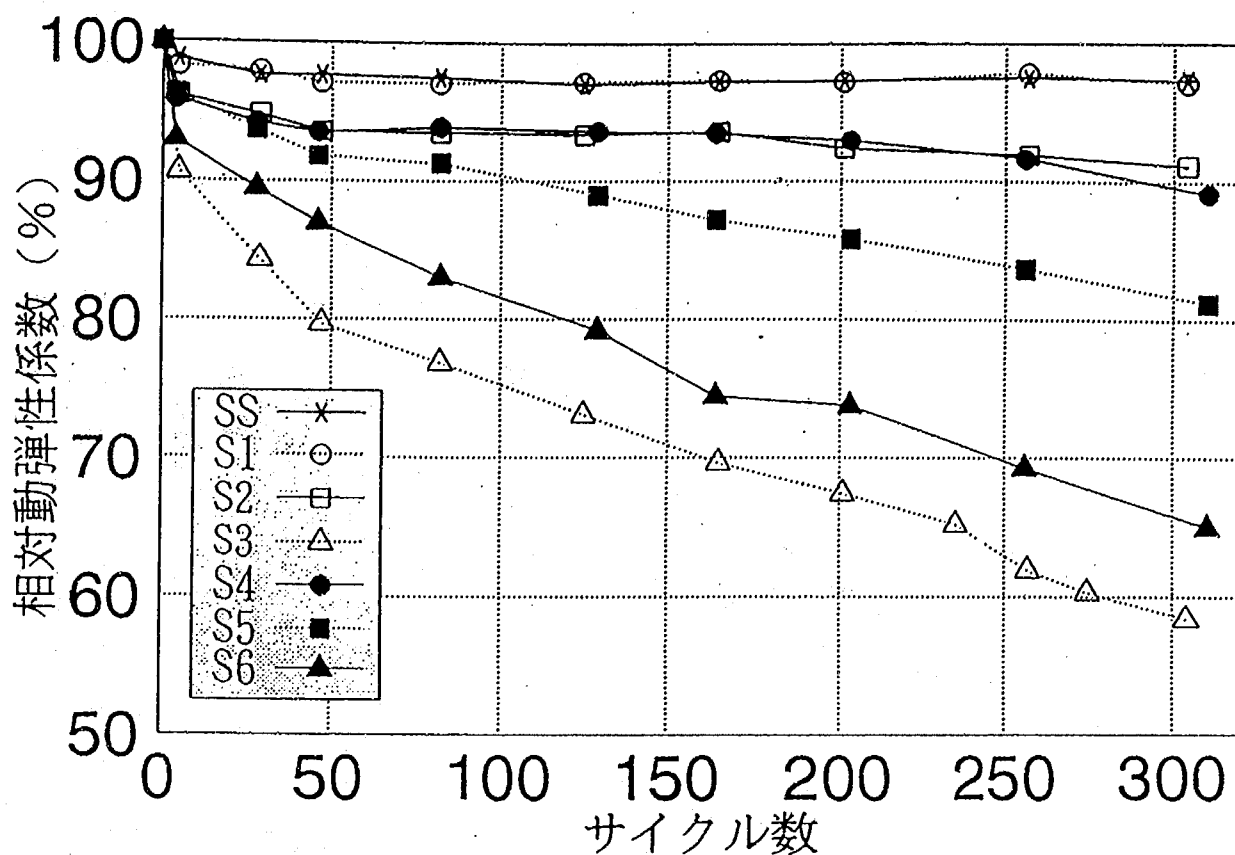


図-12.1 凍結融解試験による相対動弾性係数の変化

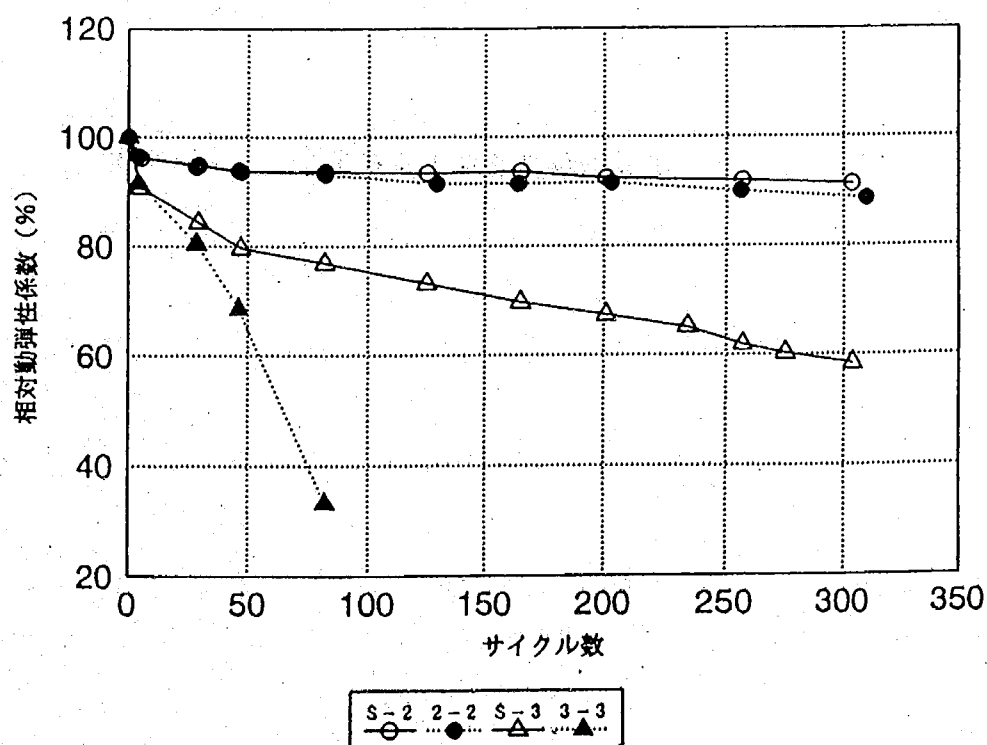


図-12.2 凍結融解試験による相対動弾性係数の変化

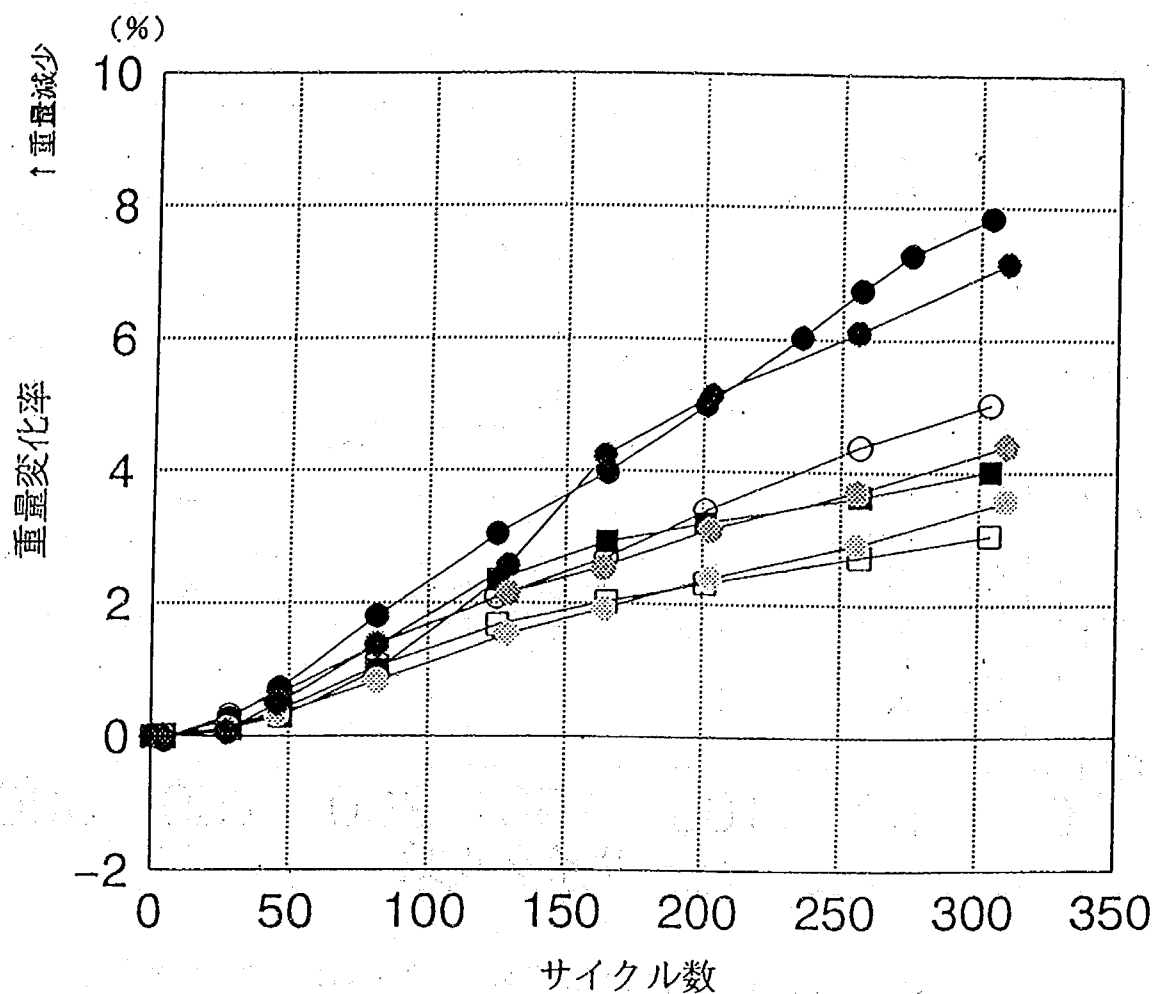


図-13.1 凍結融解試験による重量変化の測定結果

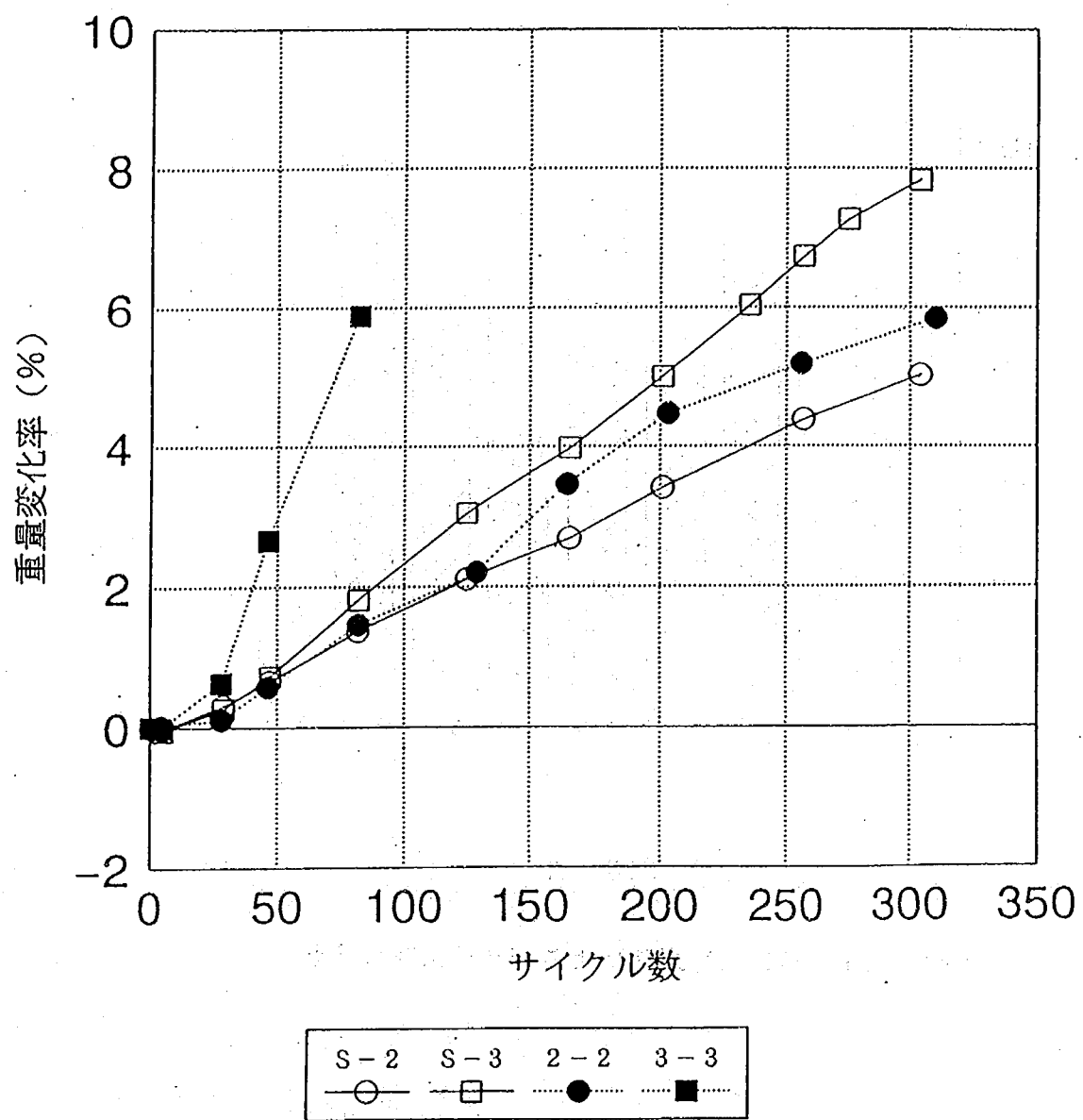


図-13.2 凍結融解試験による重量変化の測定結果

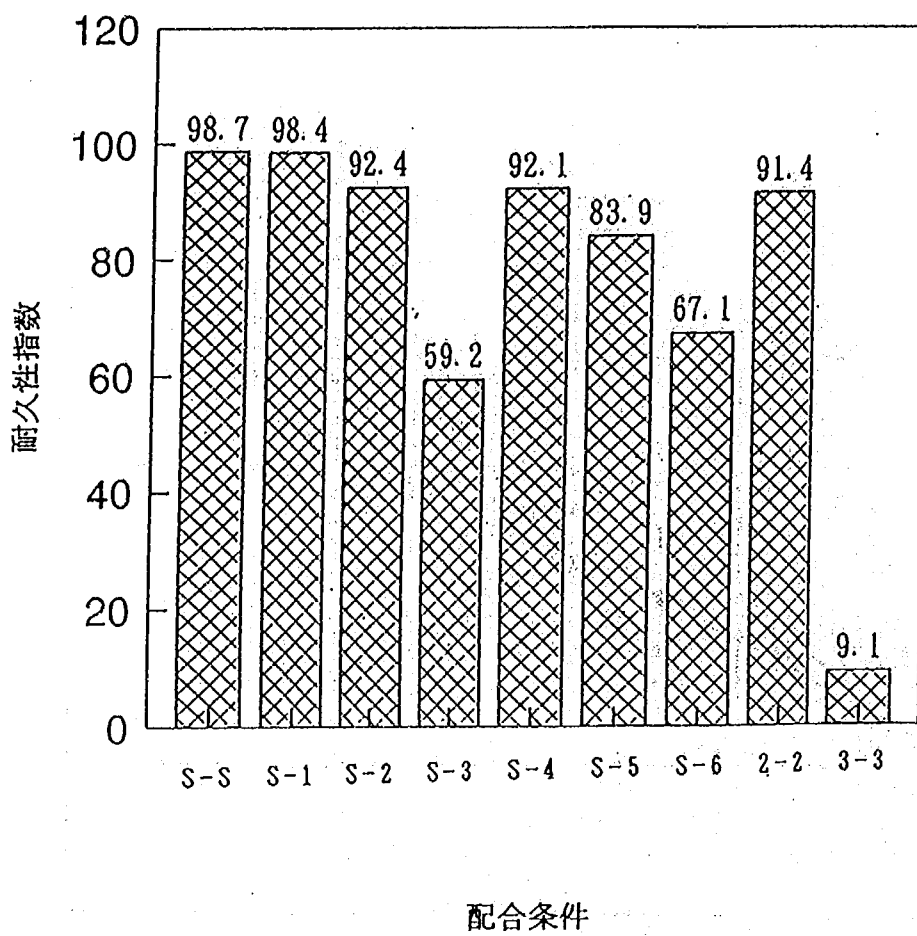


図-14 凍結融解試験による耐久性指数の結果

4. ま と め

骨材の物理・化学試験結果より以下の結論が得られた。

1) 月山ダムより産出した各区分の骨材の物理試験結果より、変質区分〔Ⅰ〕の骨材は非常に健全であり、ダムコンクリートに用いても出来上がりコンクリートの品質・耐久性には悪影響を与えないと考えられる。

2) 変質区分〔Ⅱ〕の骨材についても〔Ⅰ〕とほぼ同様であり、出来上がりコンクリートの品質・耐久性には悪影響を与えないと考えられる。

3) 変質区分〔Ⅲ〕の骨材の物理試験結果をみると、吸水率・安定性損失が大きく、この骨材を用いたコンクリートの品質はあまりよくないと考えられる。

4) 区分〔Ⅱ〕と〔Ⅲ〕の混合骨材について、区分Ⅲの混入率が高いほど試験結果は悪くなっていた。土木学会の粗骨材の品質基準に照らし合わせて見た場合、混合比がⅡ：Ⅲ＝1：1あるいは3：1であれば、区分Ⅱ単味で用いたものと同じ分類にはいるが、Ⅱ：Ⅲ＝1：3では区分Ⅲ単味で用いたものと同じ分類にはいることが分かった。このことから、区分ⅡとⅢの混合骨材を用いたコンクリートの品質は、その混合比が1：1までは、区分Ⅱ単味で用いたコンクリートとほぼ同様であることが予想されるが、1：3になると区分Ⅲ単味で用いたものと同様になり、出来上がりコンクリートの品質は低下することが予想される。

5) アルカリ骨材反応性はいずれの区分の骨材についても認められず、無害であると結論できる。

以上のことを確認するために行った、コンクリートの凍結融解試験結果をまとめると次の結論が得られた。

6) 凍結融解試験より、コンクリートの耐久性指数を求めたところ、区分Ⅲの骨材を単味で用いたもののみ、60%を下回っていた。このことから、区分ⅠおよびⅡの骨材を用いたコンクリートは良好な耐久性をもっていることが分かった。

7) 混合骨材については、区分Ⅲの混合率が大きくなるほど耐久性指数は小さくなっていた。区分Ⅱ：Ⅲ＝1：3のものは、ほぼ60%近くにまで低下していて、耐久性が余り無いと判断できる。区分Ⅲの混合率が50%までであると、耐久性指数は80%を上回っていて、出来上がりコンクリートは良好な耐久性を示していた

8) 凍結融解作用による供試体の重量減少量を見ると、区分Ⅲの骨材を用いたものは、その他のものと比較して非常に大きくなっていて、スケーリングが著しかった。供試体の損傷状況を見ると、区分ⅠおよびⅡの

ものは、モルタル分が表面より剥離していたが、骨材の割れは生じていなかったのに対し、区分Ⅲの骨材を用いたコンクリートは、モルタル分の剥離だけではなく、骨材の割れ・剥落も生じており、このことが重量減少の大きくなった要因であることが分かった。すなわち、凍結融解作用に対し、区分Ⅲの骨材は骨材そのものの破壊が生じていて、他の骨材と異なった劣化機構が生じ、耐久性が低下したものと考えられる。

また、区分ⅡとⅢの混合骨材を用いたコンクリートの重量減少量の測定結果を見ると、区分Ⅱ：Ⅲ＝1：3のものは減少量が大きく、区分Ⅲの骨材の劣化が顕著に現れる結果となった。

9) 以上の結果を総合すると、区分ⅠⅡおよび区分ⅡとⅢの混合骨材でⅡ：Ⅲが1：1以下の混合率であれば耐久性が十分あり、利用上問題がないが、区分Ⅲおよび区分ⅡとⅢの混合骨材でⅡ：Ⅲが1：3以上の混合率の骨材を用いたコンクリートは凍結融解作用に対する耐久性は低く、ダムコンクリート用骨材としての利用には向いていないことが分かった。

月山ダムコンクリート用骨材 ISSN 0386-5878
の耐久性に関する調査 土木研究所資料 第3254号

平成6年3月 (1994)

コンクリート研究室 室長 河野 広隆
主任研究員 渡辺 博志
加藤 俊二

要 旨

東北地方建設局管内、赤川水系に建設される月山ダムはRCD工法とベルトコンベアシステムを併用して施工する重力式ダムである。

本報告書は、月山ダムコンクリート用骨材として考えられている変質度の異なる骨材についての物性試験および耐凍害性に対する凍結融解試験を行い、その利用可能性を述べるものである。

キーワード：RCDコンクリート、骨材変質、凍結融解試験

郵便はがき

50円切手
は
い
は
つ
て
下
さ

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

材料施工部コンクリート研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 3 2 5 4 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○