

マイクロフィルム用資料

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3655号

土木研究所資料

コンクリートダム原石山における廃棄岩の実態調査

平成11年7月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

Copyright © (1999) 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。

コンクリートダム原石山における廃棄岩の実態調査

ダ ム 部 部 長 上阪 恒雄
ダム構造研究室 室 長 永山 功
(副) 主任研究員 渡辺 和夫
研 究 員 西澤賢太郎

要 旨

近年、ダムサイト近傍で良質な地質条件を有する原石山を見出すことが困難となっており、骨材生産の歩留りの低下が問題となってきている。ダム構造研究室では、現行の品質規準から外れた低品質骨材の有効利用技術の開発についての研究を実施している。

本報告書は、骨材有効利用技術の合理化を検討するにあたり、ダム建設現場の原石山におけるコンクリート用骨材採取状況に関するアンケート調査結果および実際の廃棄岩の物性調査結果をとりまとめたものである。

キーワード：原石山，廃棄岩，歩留り，アンケート調査，物理試験，点載荷試験

はじめに

近年、ダムサイト近傍で良好な地質条件を有する原石山を見出すことが次第に難しくなり、骨材生産の歩留りの低下によって骨材の単価上昇が問題となっている。また、原石山の掘削法面が大規模になったり、廃棄岩の土捨て場として広い敷地が必要になるなど、経済性だけでなく、環境面からも十分な検討が必要となってきた。

このような現状から、近年、原石山から採取される骨材の有効利用技術の開発が強く求められている。しかし、建設されたダムの安全性や耐久性を損なうことはできないことから、骨材の有効利用技術の開発にあたっては、まず、骨材として利用できる原石の品質限界を明らかにすることが必要である。また、使用できる骨材と使用できない骨材を効率的に分別する技術の開発も重要と考えられる。

このような調査研究、技術開発を効率的に進めるためには、まず、原石山の地質状況と骨材採取の現状を正確に把握することが必要不可欠である。本報告書は、原石山の地質状況と骨材の採取状況および現場担当者の意識についてアンケート調査を行い、その結果について検討を加えたものである。また、アンケート対象ダムを含むコンクリートダム原石山における廃棄岩の物性についても調査を行ったので併せて報告する。

目 次

1	調査目的	1
2	アンケート調査の概要	2
2.1	調査対象ダム	2
2.2	調査項目	2
	(1) 原石採取状況（実態調査）	2
	(2) 廃棄岩の判定方法（実態および意識調査）	2
	(3) 原石の有効利用のための課題（意識調査）	2
3	アンケート調査結果	4
3.1	原石山の概要	4
3.1.1	原石山の地質	4
3.1.2	原石山からダムサイトまでの距離	5
3.2	原石採取状況	5
3.2.1	データの整理方法	5
3.2.2	骨材の歩留り	8
	(1) 全体歩留り	8
	(2) 表土を除いた歩留り	9
	(3) 原石使用量と歩留りの関係	11
	(4) 地質と歩留りの関係	13
3.2.3	原石山および骨材の岩級構成	14
	(1) 原石山の岩級構成	14
	(2) 骨材の岩級構成	14
	(3) 廃棄岩の岩級構成	14
	(4) 岩級毎の歩留り	20
3.3	廃棄岩の判定方法	22
3.3.1	廃棄岩の生じる理由	22
3.3.2	廃棄岩の判定時期	28
3.3.3	廃棄岩の判定方法	30
3.3.4	断層・変質帯付近の取り扱い	36
3.4	原石の有効利用のための課題	38
3.4.1	歩留り向上のための方策	38
3.4.2	廃棄岩使用時の課題	40
3.4.3	内外コンクリート用骨材の分別製造について	41

廃棄岩の物性調査	42
4.1 調査概要	42
4.1.1 調査対象ダム	42
4.1.2 調査対象試料	42
4.1.3 調査項目	62
4.2 調査結果	63
4.2.1 物理試験結果	63
4.2.2 点載荷試験結果	82
まとめ	106

1 調査目的

ダムコンクリート用骨材の有効利用技術の開発を進めていくにあたり、まずその現状を明らかにすることを目的として、実際の原石山における骨材採取状況についてのアンケート調査（2章、3章）および原石山より採取した廃棄岩の物性調査（4章）を実施した。本報告書では、それらの調査結果について報告する。

2 アンケート調査の概要

2.1 調査対象ダム

本調査では、信頼性の高いデータを収集するという点から、原石山から骨材を採取しているコンクリートダムのうち、比較的新しいものに絞った。すなわち、最近、原石山の掘削を終了した 15 ダムと、現在、原石山を掘削中の 9 ダムの合計 24 ダムを対象とした。表-2.1 に調査対象ダムを示す。事業者別に見ると、建設省直轄ダムが 6 ダム、水資源開発公団が 1 ダム、補助ダムが 17 ダムとなっている。

2.2 調査項目

本調査では、各ダムの建設現場における実態および意識の把握を目的に、大きく分類して以下の項目について調査を行った。なお、参考までに送付したアンケートの書式を資料編に載せてある。

(1) 原石採取状況（実態調査）

積算上の区分で分類した場合の原石山の構成や歩留りなど、ダム建設現場における原石採取状況について実態を調査した。

(2) 廃棄岩の判定方法（実態および意識調査）

各原石山において、廃棄岩の生じる理由やその判定方法、判定時期、廃棄岩の取り扱い方の実態および意識について調査した。

(3) 原石の有効利用のための課題（意識調査）

廃棄岩に対する現場技術者の現状認識や、原石材料の有効利用に関する現場の声や意見について意識調査を行った。

表-2.1 調査対象ダム

ダム名	事業主体	堤高 (m)	原石山状況
Aダム	建設省	65.0	掘削終了
Bダム	建設省	156.0	掘削終了
Cダム	建設省	84.9	掘削終了
Dダム	建設省	73.1	掘削終了
Eダム	建設省	99.5	掘削終了
Fダム	補助	31.9	掘削終了
Gダム	補助	55.0	掘削終了
Hダム	補助	56.5	掘削終了
Iダム	補助	48.0	掘削終了
Jダム	補助	102.0	掘削終了
Kダム	補助	56.0	掘削終了
Lダム	補助	60.9	掘削終了
Mダム	補助	52.0	掘削終了
Nダム	補助	76.0	掘削終了
Oダム	補助	76.5	掘削終了
Pダム	建設省	123.0	掘削中
Qダム	水資源開発公団	155.0	掘削中
Rダム	補助	42.1	掘削中
Sダム	補助	65.0	掘削中
Tダム	補助	81.0	掘削中
Uダム	補助	89.5	掘削中
Vダム	補助	79.0	掘削中
Wダム	補助	97.5	掘削中
Xダム	補助	74.5	掘削中

3 アンケート調査結果

3.1 原石山の概要

3.1.1 原石山の地質

表-3.1 に調査対象ダムの原石山において卓越する岩種およびその地質年代を示す。表によれば、原石山の地質は、火成岩類 16 ダム、堆積岩類 7 ダム、変成岩類 1 ダムとなっており、2/3 が火成岩類であった。

表-3.1 原石山の地質

(1) 原石山掘削終了ダム

ダム名	岩類	岩種	地質年代
Aダム	火成岩類	花崗閃緑岩	中生代
Bダム	堆積岩類	火山礫凝灰岩	第三紀中新世
Cダム	火成岩類	花崗岩	中生代白亜紀
Dダム	堆積岩類	砂岩	古第三紀～中新世
Eダム	火成岩類	花崗岩	中生代白亜紀
Fダム	火成岩類	安山岩	古第三紀
Gダム	火成岩類	玄武岩	第三紀中新世
Hダム	堆積岩類	凝灰質砂岩	古生代二疊紀
Iダム	火成岩類	複輝石安山岩	第三紀鮮新世
Jダム	火成岩類	花崗閃緑岩	中生代白亜紀
Kダム	堆積岩類	粘板岩	中生代三疊紀
Lダム	堆積岩類	砂岩	中生代三疊紀～ジュラ紀
Mダム	火成岩類	安山岩	第三紀中新世
Nダム	火成岩類	閃緑岩	中生代白亜紀
Oダム	変成岩類	緑色片岩	古生代二疊紀

(2) 原石山掘削中ダム

ダム名	岩類	岩種	地質年代
Pダム	火成岩類	花崗閃緑斑岩	古第三紀
Qダム	堆積岩類	砂岩	古生代二疊紀～中生代三疊紀
Rダム	火成岩類	玄武岩	中生代白亜紀
Sダム	火成岩類	閃緑ひん岩	第三紀中新世
Tダム	火成岩類	玄武岩	第三紀中新世
Uダム	火成岩類	石英閃緑岩	第三紀中新世
Vダム	堆積岩類	砂岩	中生代白亜紀
Wダム	火成岩類	花崗岩	中生代白亜紀
Xダム	火成岩類	花崗岩	中生代白亜紀

3.1.2 原石山からダムサイトまでの距離

原石山からダムサイトまでの運搬距離についての頻度分布を図-3.1 に示す。図によれば、原石山からダムサイトまでの運搬距離は大部分（19 ダム＝約 80％）が 5km 未満であったが、中には 10km 以上のダムが 4 ダム、そのうち 30km 以上のダムが 1 ダムあり、近くに良好な原石山が確保できない困難な事情が反映された結果となった。

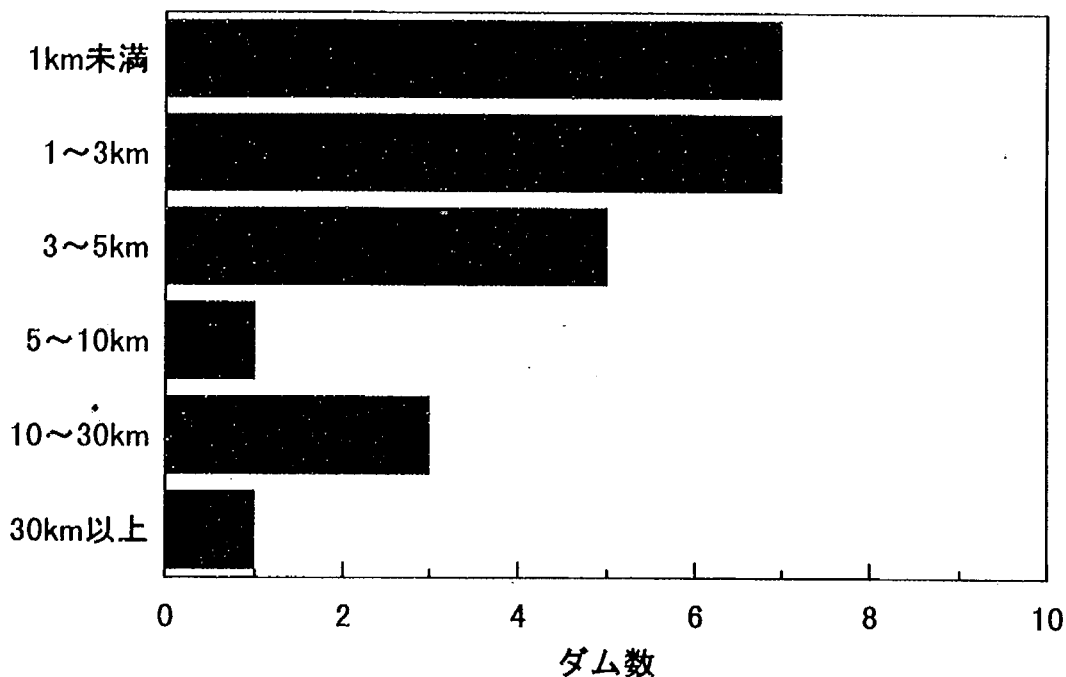


図-3.1 原石山からダムサイトまでの距離

3.2 原石採取状況

3.2.1 データの整理方法

原石採取状況の調査にあたっては、岩級区分の定義が各ダムで異なることが予想されたため、積算に用いられる区分の「表土」「軟岩Ⅰ」「軟岩Ⅱ（機械掘削）」「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」に分けて、計画時および実績のそれぞれについて、掘削量とそのうちの原石使用量、廃棄岩量（骨材プラントに入る前の廃棄岩）を示す。つまり廃棄岩量＝掘削量－原石使用量を調査した。積算上の区分における数量としたため、計画時に軟岩Ⅰや軟岩Ⅱを考慮していなかったり、実績時に土石・岩石の混合単価を用いて整理している場合があったが、個別に聞き取り調査を行った結果、数値処理が十分可能なデータを得ることができた。調査対象ダムの計画時および実績の掘削量、原石使用量、廃棄岩量について、表-3.2、3.3 にそれぞれ示す。

表-3.2 各ダムにおける掘削量、原石使用量、廃棄岩量(計画時)

(1) 原石山掘削終了ダム

ダム名	掘削量						原石使用量						廃棄岩量						全体歩留り	表土を除いた歩留り
	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	=原石使用量合計/ 掘削量合計	=原石使用量合計/ (掘削量合計-表土)
Aダム	221	77	0	111	156	565	0	0	0	0	156	156	221	77	0	111	0	409	27.6	45.3
Bダム	143	170	281	1,580	2,010	4,184	0	0	0	688	1,290	1,978	143	170	281	892	720	2,206	47.3	48.9
Cダム	22	62	0	372	213	669	0	0	0	219	213	432	22	62	0	153	0	237	64.6	66.8
Dダム	49	81	76	152	104	462	0	0	0	152	83	235	49	81	76	0	21	227	50.9	56.9
Eダム	17	303	23	315	721	1,379	0	0	0	108	721	829	17	303	23	207	0	550	60.1	60.9
Fダム	238	407	137	0	175	957	0	0	0	0	168	168	238	407	137	0	7	789	17.6	23.4
Gダム	22	7	33	14	109	185	0	0	0	0	101	101	22	7	33	14	8	84	54.6	62.0
Hダム	41	137	0	186	79	443	0	27	0	167	71	265	41	110	0	19	8	178	59.8	65.9
Iダム	36	39	113	258	50	496	0	0	0	233	45	278	36	39	113	25	5	218	56.0	60.4
Jダム	45	198	113	21	564	941	0	0	0	0	564	564	45	198	113	21	0	377	59.9	62.9
Kダム	15	58	0	175	0	248	0	0	0	142	0	142	15	58	0	33	0	106	57.3	60.9
Lダム	13	41	0	107	181	342	0	0	0	35	154	189	13	41	0	72	27	153	55.3	57.4
Mダム	52	14	12	35	41	154	0	7	6	24	37	74	52	7	6	11	4	80	48.1	72.5
Nダム	97	90	0	92	290	569	0	0	0	83	261	344	97	90	0	9	29	225	60.5	72.9
Oダム	55	59	163	0	247	524	0	0	0	0	218	218	55	59	163	0	29	306	41.6	46.5

(×1000m³)

(%)

(2) 原石山掘削中ダム

ダム名	掘削量						原石使用量						廃棄岩量						全体歩留り	表土を除いた歩留り
	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ (機械)	軟岩Ⅱ (発破)	硬岩	合計	=原石使用量合計/ 掘削量合計	=原石使用量合計/ (掘削量合計-表土)
Pダム	259	573	865	1,287	570	3,554	0	0	0	901	399	1,300	259	573	865	386	171	2,254	36.6	39.5
Qダム	385	484	244	619	1,295	3,027	0	0	0	571	1,289	1,860	385	484	244	48	6	1,167	61.4	70.4
Rダム	39	138	0	55	142	374	0	0	0	52	142	194	39	138	0	3	0	180	51.9	57.9
Sダム	8	185	6	93	290	582	0	0	0	65	249	314	8	185	6	28	41	268	54.0	54.7
Tダム	33	4	52	119	136	344	0	0	0	82	129	211	33	4	52	37	7	133	61.3	67.8
Uダム	46	0	0	54	517	617	0	0	0	0	517	517	46	0	0	54	0	100	83.8	90.5
Vダム	4	19	0	199	283	505	0	0	0	184	262	446	4	19	0	15	21	59	88.3	89.0
Wダム	252	141	49	0	654	1,096	0	0	0	0	621	621	252	141	49	0	33	475	56.7	73.6
Xダム	9	90	49	102	226	476	0	0	0	92	203	295	9	90	49	10	23	181	62.0	63.2

(×1000m³)

(%)

表-3.3 各ダムにおける掘削量、原石使用量、廃棄岩量(実績)

(1) 原石山掘削終了ダム

ダム名	掘削量						原石使用量						廃棄岩量						全体歩留り	表土を除いた歩留り
	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	=原石使用量合計/ 掘削量合計	=原石使用量合計/ (掘削量合計-表土)
Aダム	183	64	0	210	183	640	0	0	0	0	183	183	183	64	0	210	0	457	28.6	40.0
Bダム	118	187	315	1,586	1,922	4,128	0	0	0	724	1,312	2,036	118	187	315	862	610	2,092	49.3	50.8
Cダム	40	115	0	372	213	740	0	0	0	219	213	432	40	115	0	153	0	308	58.4	61.7
Dダム	101	27	41	221	123	513	0	0	0	148	90	238	101	27	41	73	33	275	46.4	57.8
Eダム	18	268	19	481	557	1,343	0	0	0	243	557	800	18	268	19	238	0	543	59.6	60.4
Fダム	439	316	159	0	175	1,089	0	0	0	0	168	168	439	316	159	0	7	921	15.4	25.8
Gダム	79	23	72	25	106	305	0	0	0	4	96	100	79	23	72	21	10	205	32.8	44.2
Hダム	23	130	0	210	89	452	0	0	0	157	67	224	23	130	0	53	22	228	49.6	52.2
Iダム	73	59	113	258	106	609	0	0	0	242	106	348	73	59	113	16	0	261	57.1	64.9
Jダム	64	236	149	28	763	1,240	0	0	0	0	565	565	64	236	149	28	198	675	45.6	48.0
Kダム	18	81	64	177	0	340	0	0	0	164	0	164	18	81	64	13	0	176	48.2	50.9
Lダム	13	41	0	112	176	342	0	0	0	39	149	188	13	41	0	73	27	154	55.0	57.1
Mダム	58	14	12	36	34	154	0	7	6	25	31	69	58	7	6	11	3	85	44.8	71.9
Nダム	93	86	0	84	264	527	0	0	0	80	253	333	93	86	0	4	11	194	63.2	76.7
Oダム	41	53	132	0	240	466	0	0	0	0	211	211	41	53	132	0	29	255	45.3	49.6

(×1000m³)

(%)

(2) 原石山掘削中ダム

ダム名	掘削量						原石使用量						廃棄岩量						全体歩留り	表土を除いた歩留り
	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	表土量	軟岩 I	軟岩 II (機械)	軟岩 II (発破)	硬岩	合計	=原石使用量合計/ 掘削量合計	=原石使用量合計/ (掘削量合計-表土)
Pダム	233	516	759	582	258	2,348	0	0	0	270	120	390	233	516	759	312	138	1,958	16.6	18.4
Qダム	383	469	48	1,156	752	2,808	0	0	0	898	736	1,634	383	469	48	258	16	1,174	58.2	67.4
Rダム	17	97	0	66	86	266	0	0	0	0	86	86	17	97	0	66	0	180	32.3	34.5
Sダム	11	254	0	102	300	667	0	0	0	71	210	281	11	254	0	31	90	386	42.1	42.8
Tダム	20	3	18	40	34	115	0	0	0	10	32	42	20	3	18	30	2	73	36.5	44.2
Uダム	39	0	0	75	243	357	0	0	0	0	243	243	39	0	0	75	0	114	68.1	76.4
Vダム	3	16	0	165	215	399	0	0	0	122	199	321	3	16	0	43	16	78	80.5	81.1
Wダム	229	128	45	0	718	1,120	0	0	0	0	624	624	229	128	45	0	94	496	55.7	70.0
Xダム	85	106	0	136	203	530	0	0	0	124	186	310	85	106	0	12	17	220	58.5	69.7

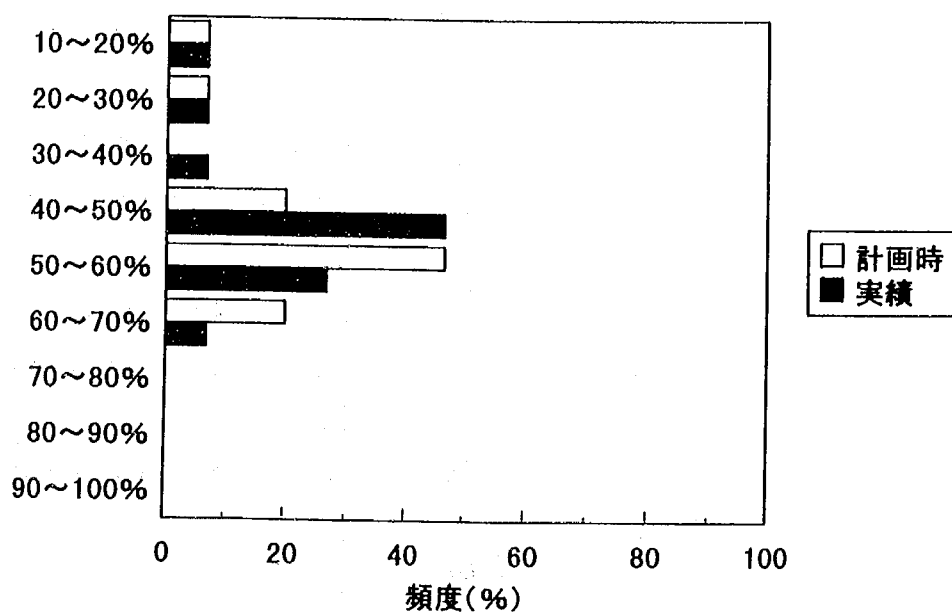
(×1000m³)

(%)

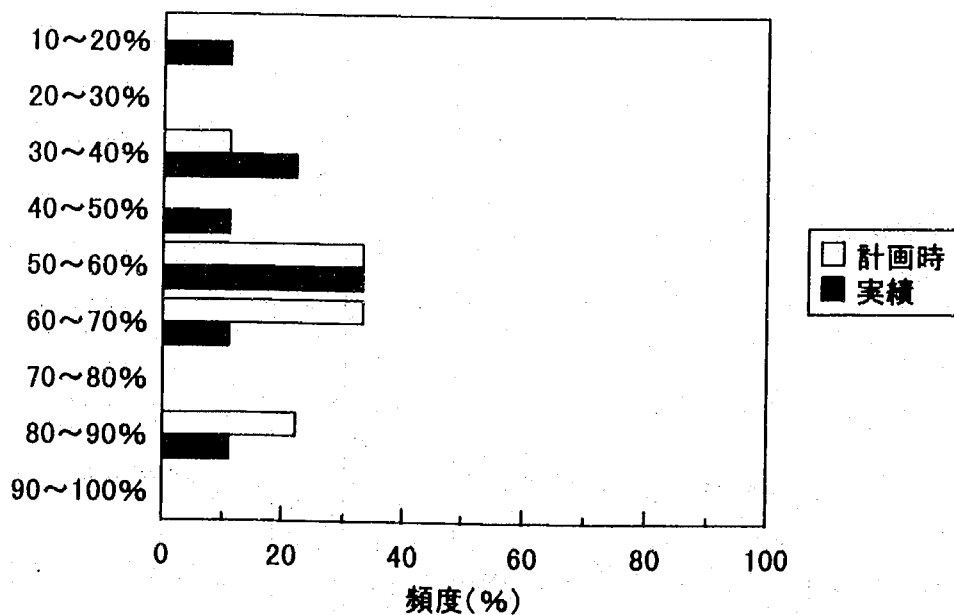
3.2.2 骨材の歩留り

(1) 全体歩留り

上記データより求めた全体歩留り（＝原石使用量/掘削量×100％）の頻度分布を、掘削終了ダムおよび掘削中ダムに分けて、それぞれ図－3.2、3.3 に示す。図より、掘削終了ダム、掘削中ダムともに、実績の全体歩留りの分布は計画時よりも低下していることがわかる。



図－3.2 原石山掘削終了ダムの全体歩留り



図－3.3 原石山掘削中ダムの全体歩留り

また、全体歩留りの平均値、最大値、最小値を整理して図-3.4 に示す。図より、掘削終了ダムにおける全体歩留りの平均値は計画時で 51%程度、実績で 47%程度である。一方、掘削中ダムにおける全体歩留りの平均値は計画時で 62%程度、実績で 50%程度と、計画時に比べて実績の全体歩留りの低下が大きい。この理由として、掘削中ダムでは掘削初期に廃棄される「表土」の占める割合が多いことが考えられる。

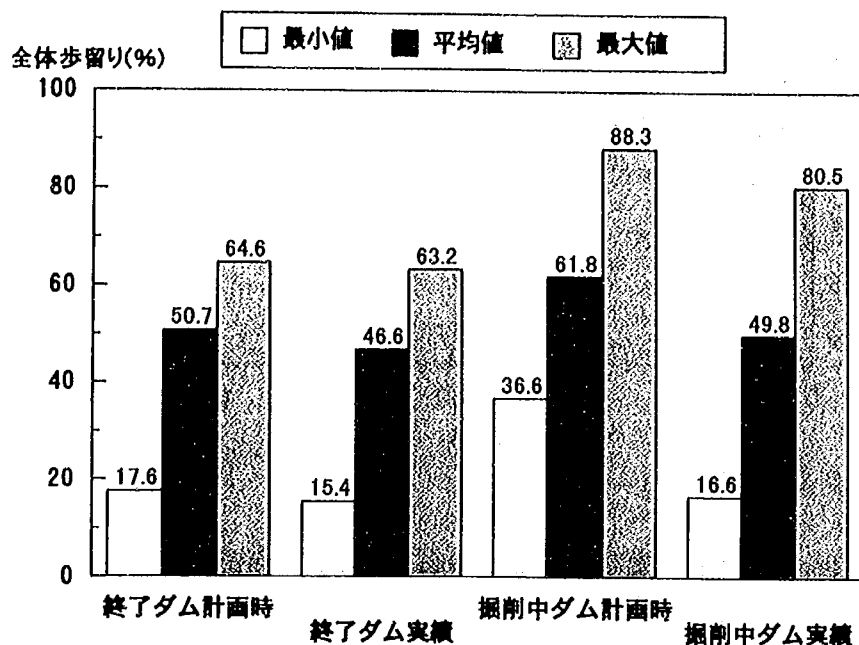


図-3.4 全体歩留り(平均値、最小値、最大値)

(2) 表土を除いた歩留り

「表土」はもともと原石として使用されることはない。したがって、表土を除いた歩留りについて整理する。図-3.5、3.6 に、表土を除いた歩留り（＝原石使用量 / (掘削量－表土量) × 100%）の頻度分布を示す。図より、表土を除いた歩留りの分布は、全体歩留りと比べると分母が小さくなる分、全体的に増加しているが、計画時に比べて実績で小さくなる点は全体歩留りの傾向と同様である。

次に、表土を除いた歩留りの平均値、最大値、最小値を図-3.7 に示す。図によれば、掘削終了ダムにおける表土を除いた歩留りの平均値は計画時で 58%程度、実績で 54%程度である。つまり、表土を除いた岩のうち、5 割弱が実際に廃棄されていることになる。ちなみに、掘削終了ダムにおける表土を除いた歩留りの実績最小値（約 23%）は、軟弱な泥岩層に貫入した安山岩部分のみを原石として使用したことが理由であった。

一方、掘削中ダムにおける表土を除いた歩留りの平均値は計画時で 67%程度、実績で 56%程度と、計画時に比べて実績の歩留りは 10%以上低下しており、この低下度合いは、掘削終了ダムに比べると依然として大きい。この理由として、掘削中ダムの場合、掘削初期には「表土」以外にも廃棄される割合の高い「軟岩Ⅰ」や「軟岩Ⅱ（機械掘削）」が多いことが考えられるが、逆に、掘削終了ダムにおける計画時と実績の歩留りの差が小さすぎるのではないかという疑問も生じる。そこで、掘削終了ダムに

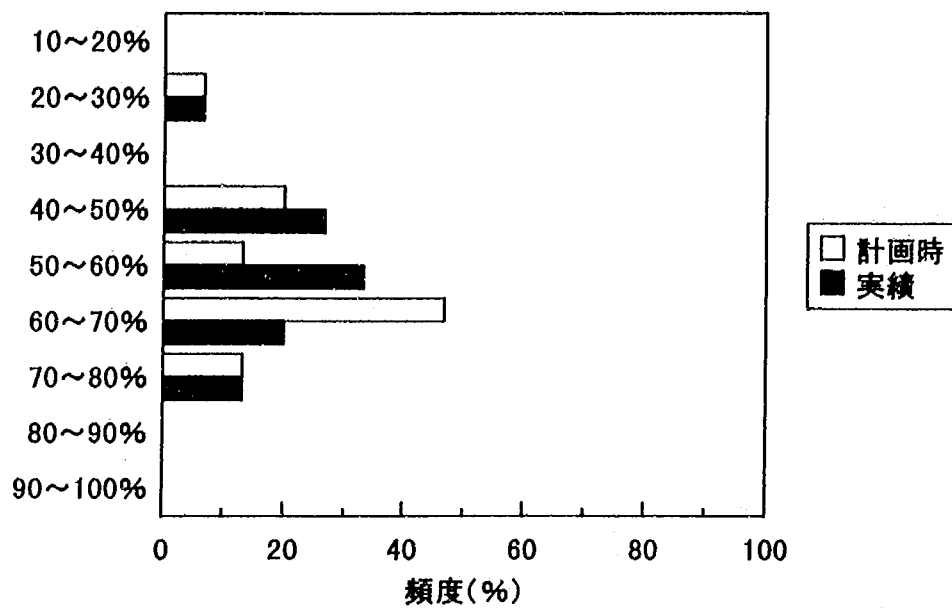


図-3.5 原石山掘削終了ダムの表土を除いた歩留り

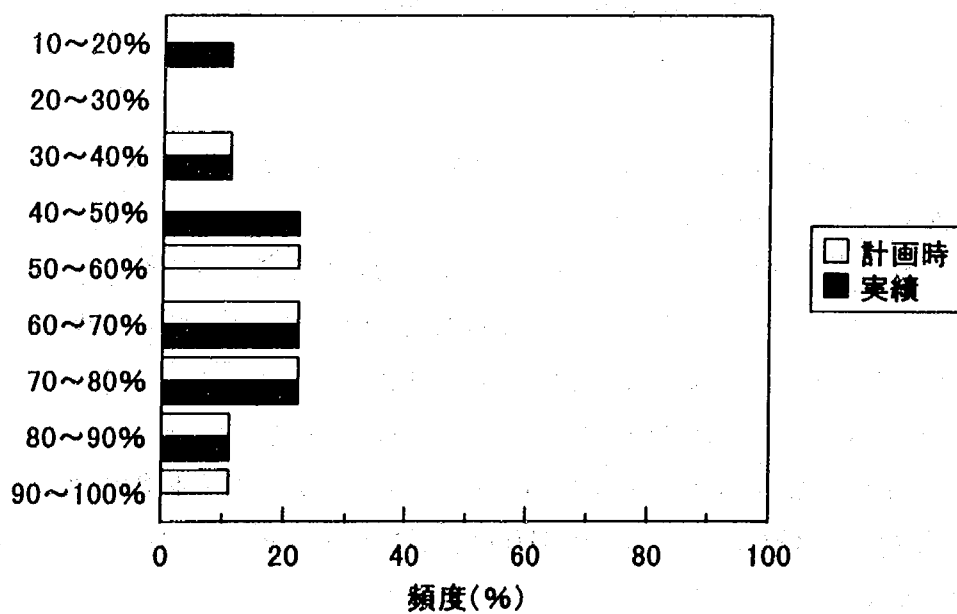


図-3.6 原石山掘削中ダムの表土を除いた歩留り

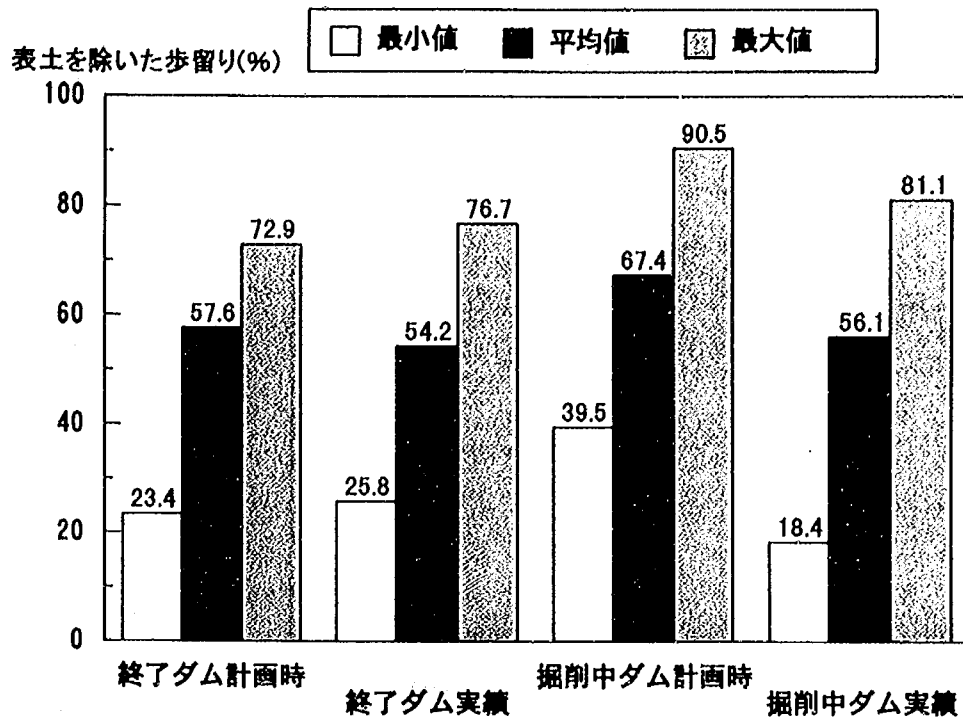


図-3.7 表土を除いた歩留り(平均値、最小値、最大値)

対し、計画時と実績の掘削数量について個別に確認を行ったところ、「たまたま数量に近い値となった」というものの他に「設計変更した数量を計画時数量とした」という回答もあった。すなわち、掘削終了ダムにおける計画時の歩留りは、若干修正された値と判断するのが妥当であると考えられる。したがって、本節以降は、掘削終了ダムについては実績の数量のみを取り扱うこととする。また、掘削中ダムについては、各ダムによって回答時における掘削量が異なることから、実績の数量を同列で取り扱うのは妥当とは言えない。したがって、本節以降は、掘削中ダムについては計画時の数量のみを取り扱うこととする。

そこで改めて、図-3.7における掘削終了ダムの実績歩留りと掘削中ダムの計画時歩留りを比較すると、平均値、最小値、最大値ともに大きな差があるといえる。この差は、各ダムで特有の事情が存在するため必ずしも有意な差とは言えないかもしれないが、やはり、計画段階において、詳細な歩留りのための調査が行われることが改めて望まれるところである。

(3) 原石使用量と歩留りの関係

次に、原石使用量と全体歩留り、表土を除いた歩留りとの関係を図-3.8、3.9にそれぞれ示す。図中、掘削終了ダムについては実績数量、掘削中ダムについては計画時数量を表している。図より、原石使用量が少ない場合ほど、歩留りは小さくなる傾向が見られる。この理由として、原石使用量が少ないほど、骨材に用いる硬岩を得るために掘削する表土等の部分が相対的に多くなっていることが考えられる。しかし一方で、原石使用量が極端に大きくても、歩留りがそれに伴って常に大きくなるわけではないことも

全体歩留り(%)

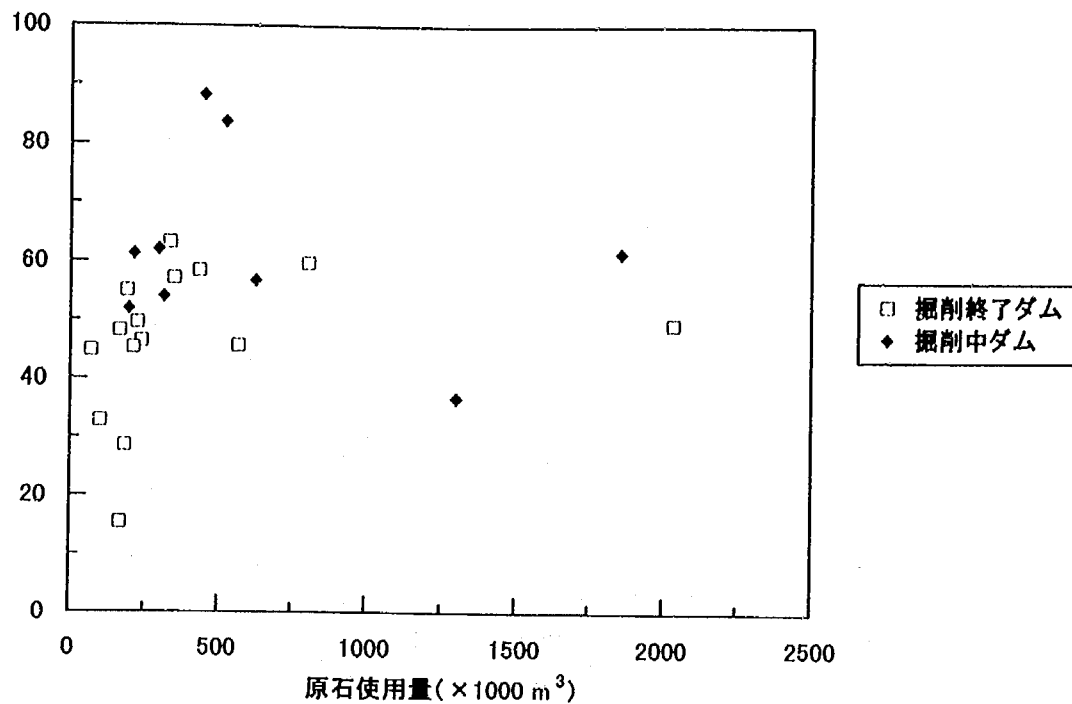


図-3.8 原石使用量と全体歩留りの関係

表土を除いた歩留り(%)

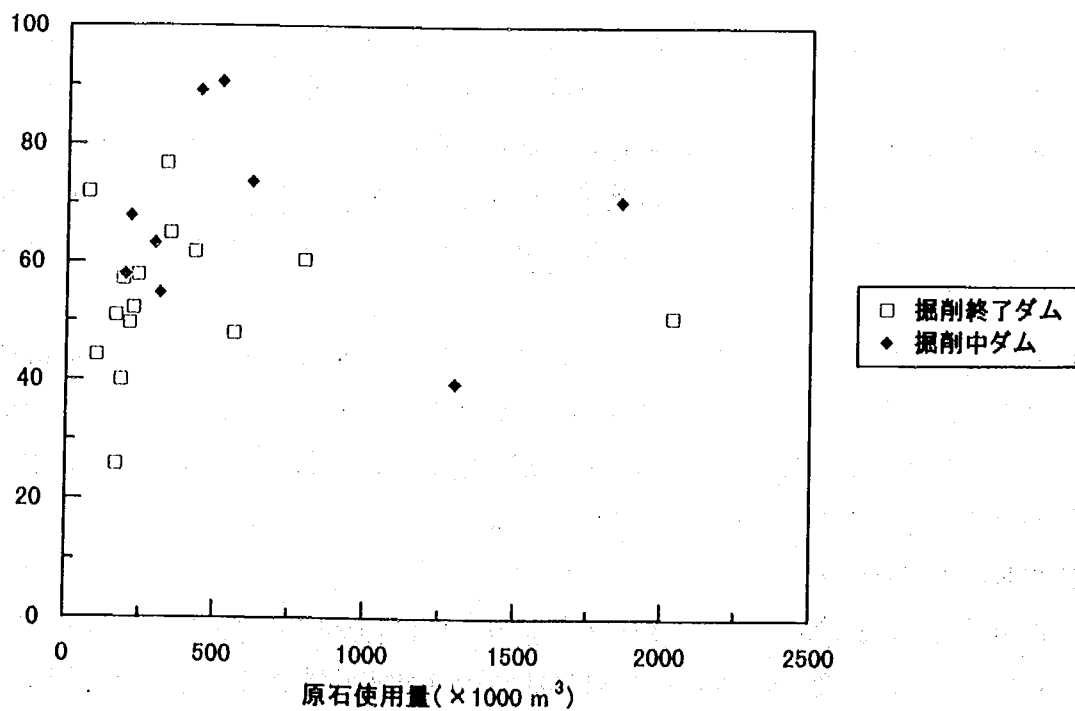


図-3.9 原石使用量と表土を除いた歩留りの関係

図から読みとれる。すなわち、原石山表層から深い「硬岩」の部分においても何らかの理由により歩留りが低いことが推測される。なお、原石の廃棄理由については、3.3 節で分析することとする。

(4) 地質と歩留りの関係

ここでは、掘削終了ダムについて、原石山の地質と歩留りの関係を全体歩留りについて図-3.10 に、また表土を除いた歩留りについて図-3.11 に示す。図によれば、全体歩留り、表土を除いた歩留りとも、堆積岩類よりも火成岩類の方が大きなバラツキを有している（なお、変成岩類は1 データしかないのでバラツキの大小は不明である）。これは、火成岩の地質条件がより複雑であり、ダムサイト毎に地質条件が大きく異なるためと考えられる。

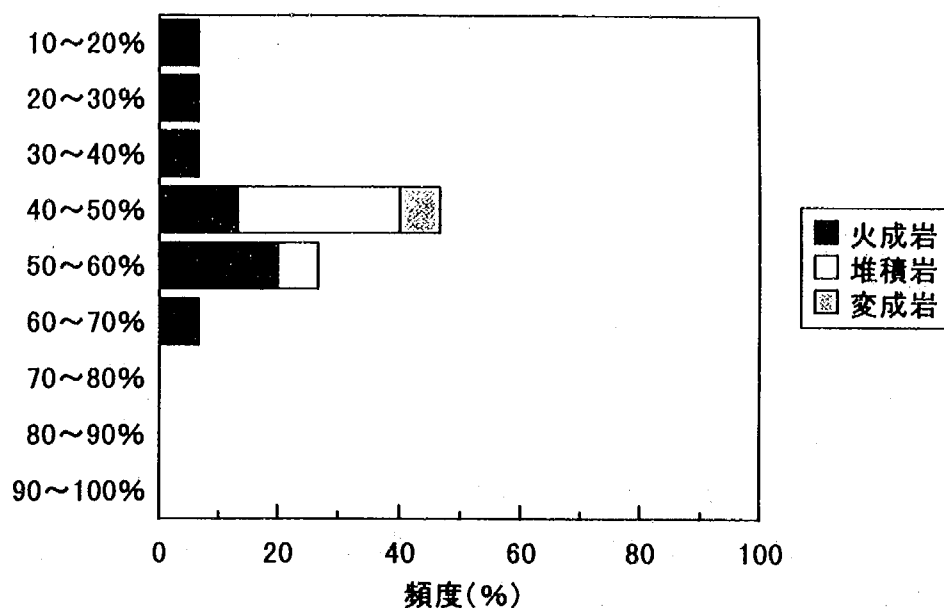


図-3.10 原石山の地質と全体歩留りの関係(原石山掘削終了ダム)

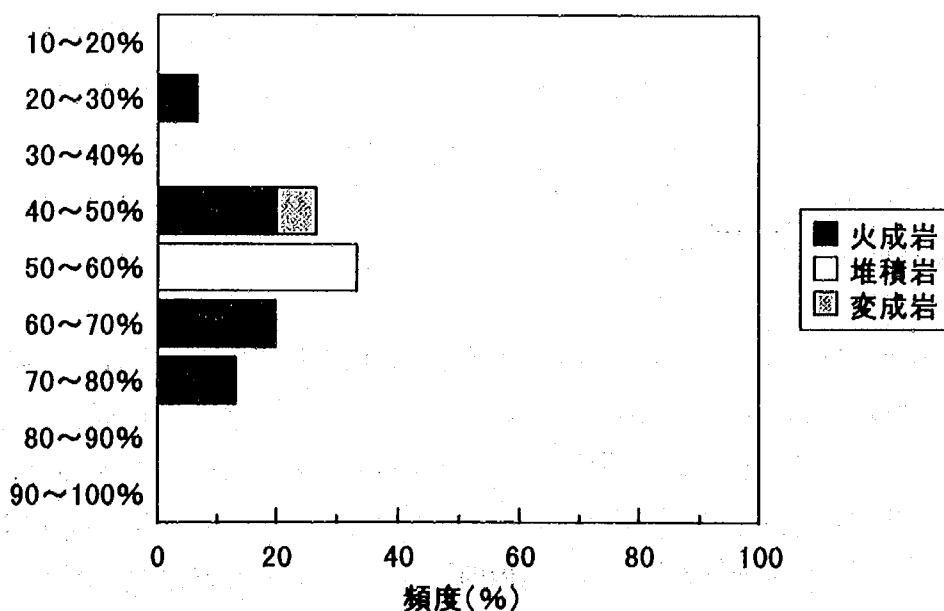


図-3.11 原石山の地質と表土を除いた歩留りの関係(原石山掘削終了ダム)

3.2.3 原石山および骨材の岩級構成

(1) 原石山の岩級構成

原石山の岩級構成率を積算上の岩級区分（表土、軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ（機械掘削）、軟岩Ⅱ（発破掘削）、硬岩）に基づいて分類した結果を、実績（掘削終了ダム）について図-3.12に、計画時（掘削中ダム）について図-3.13にそれぞれ示す。図中、単純平均とは、各原石山の岩級構成率を単純に平均したものであり、加重平均とは、各原石山の全掘削量を重みとして加重平均したものである。図-3.12より、実績の岩級構成率では、単純平均よりも加重平均において硬岩の比率が高くなっており、寸法効果の影響が考えられるが、計画時の岩級構成率（図-3.13）では、逆に単純平均よりも加重平均において硬岩の比率が低くなっている。しかし、その他の区分については実績、計画時とも単純平均と加重平均の差はわずかであり、大局的に見れば、両者に差はないといえる。

図-3.12より、原石山のうち積算区分上で「岩石」とされる「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」の合計が60～70%程度存在することがわかる。計画時においても「岩石」に分類される「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」の合計は、実績と同様、60～70%程度と推定されているが、そのうち「硬岩」が実績と比べてより多く存在すると見積もられている。

(2) 骨材の岩級構成

骨材として使用されている原石の岩級構成率を3.2.3(1)と同様に分類した結果を、実績（掘削終了ダム）および計画時（掘削中ダム）について、それぞれ図-3.14、3.15に示す。図-3.14より、実際に骨材として使用されている原石は「硬岩」が6割強、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」が3割強であり、いわゆる「岩石」がほとんどである。一方、図-3.12によれば、「硬岩」と「軟岩Ⅱ（発破掘削）」が原石山に占める割合は、実績合計で60～70%程度であるため、「硬岩」と「軟岩Ⅱ（発破掘削）」を骨材とする限り、全体歩留りは最大でも60～70%程度にしかならないということがいえる。また、図-3.14、3.15より、計画時では積算区分上「土石」に分類される「表土」「軟岩Ⅰ」「軟岩Ⅱ（機械掘削）」は使用することは考えられていないが、実績においては「軟岩Ⅰ」「軟岩Ⅱ（機械掘削）」の使用が確認できる。

さらに、3.2.3(1)の図-3.12、3.13を累加曲線として書き改めた原石山の岩級構成率および表土を除いた原石山の岩級構成率を図-3.16～3.19にそれぞれ示す。この図を用いれば、原石山の目標歩留りに対して、どの岩級の原石までを使用しなければならないかをより明確に示すことができる。例えば、図-3.16より、骨材の全体歩留りを確実に70%以上とするためには、「軟岩Ⅱ（機械掘削）」までを骨材の対象としなければならないことがわかる。

(3) 廃棄岩の岩級構成

次に、廃棄岩の岩級構成率を3.2.3(1)および(2)と同様に分類した結果を、実績（掘削終了ダム）について図-3.20に、計画時（掘削中ダム）について図-3.21にそれぞれ示す。実績で見ると、廃棄岩中には、「表土」「軟岩Ⅰ」「軟岩Ⅱ（機械掘削）」「軟岩Ⅱ（発破掘削）」がそれぞれ20%前後を占め、「硬岩」が10%前後を占めている。ここで、骨材に使用されている「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」における廃棄岩は、断層周辺部や「軟岩Ⅱ（機械掘削）」との境界部ではないかと考えられる。

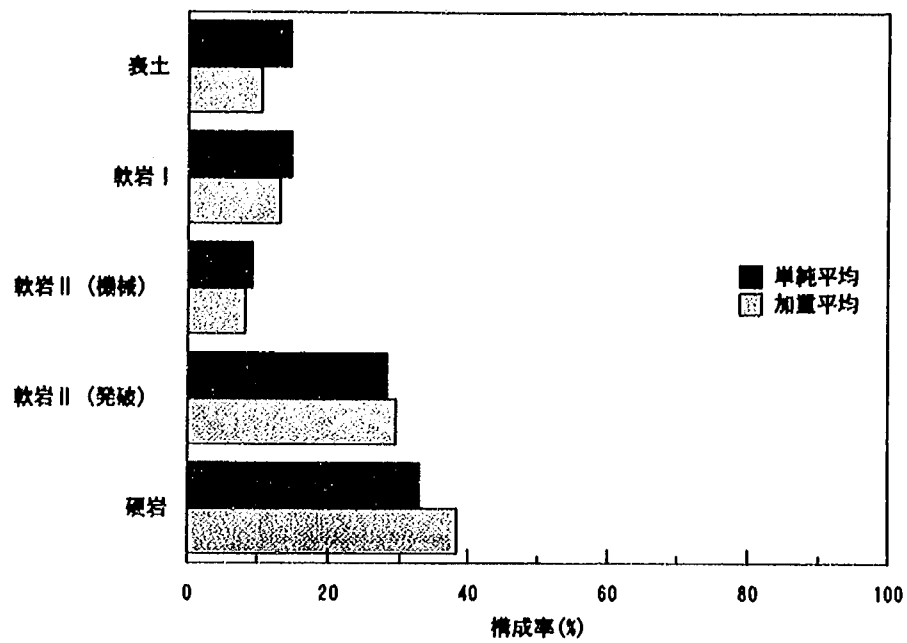


図-3.12 原石山の岩級構成率(実績)

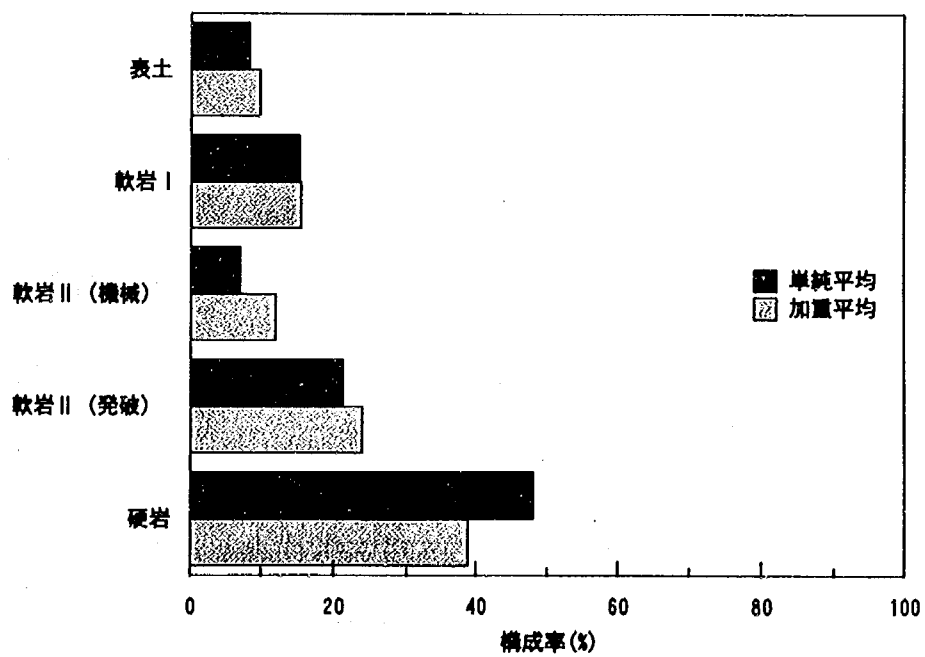


図-3.13 原石山の岩級構成率(計画時)

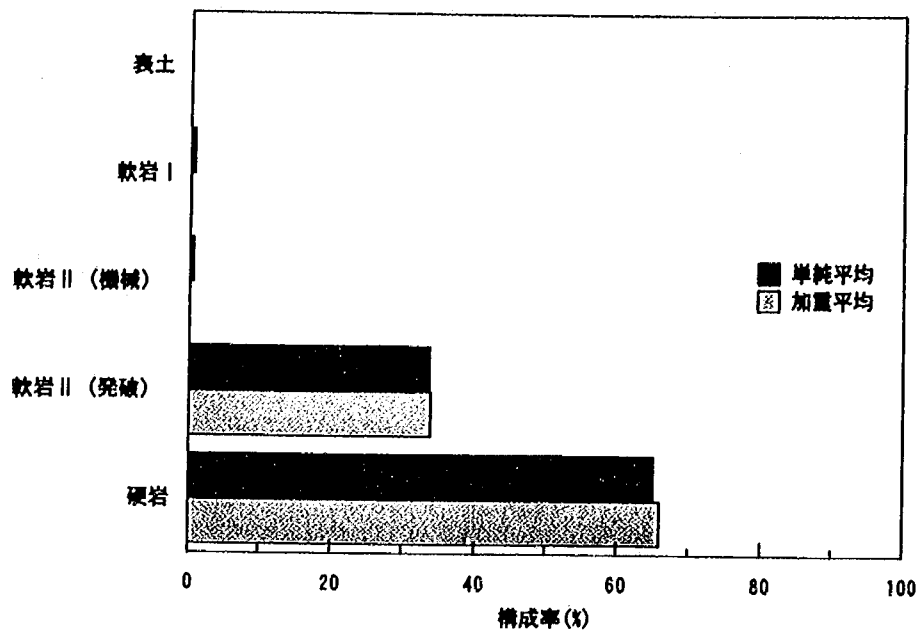


図-3.14 骨材の岩級構成率(実績)

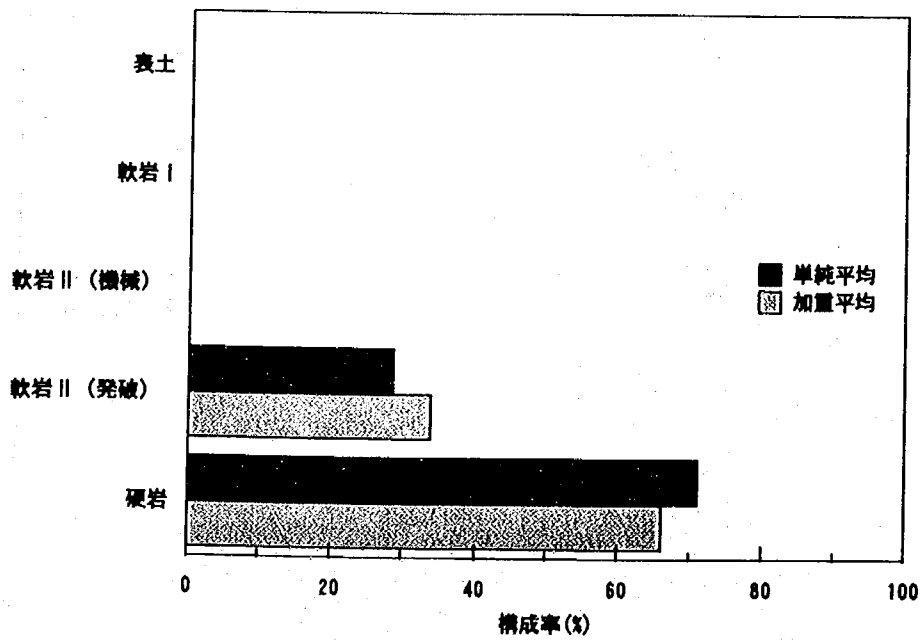


図-3.15 骨材の岩級構成率(計画時)

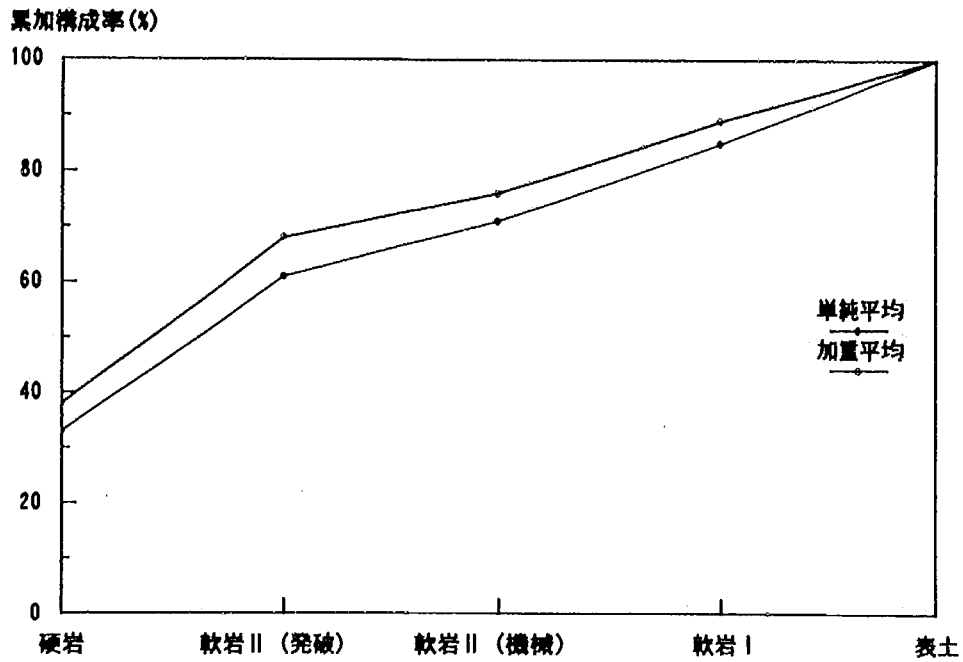


図-3.16 原石山の岩級構成率(実績)の累加曲線

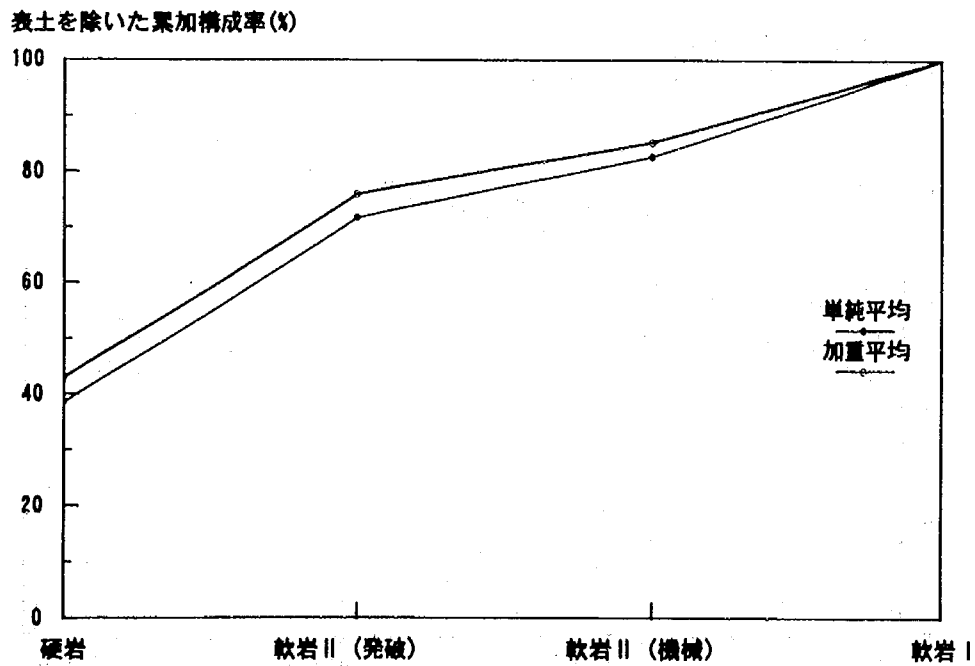


図-3.17 表土を除いた原石山の岩級構成率(実績)の累加曲線

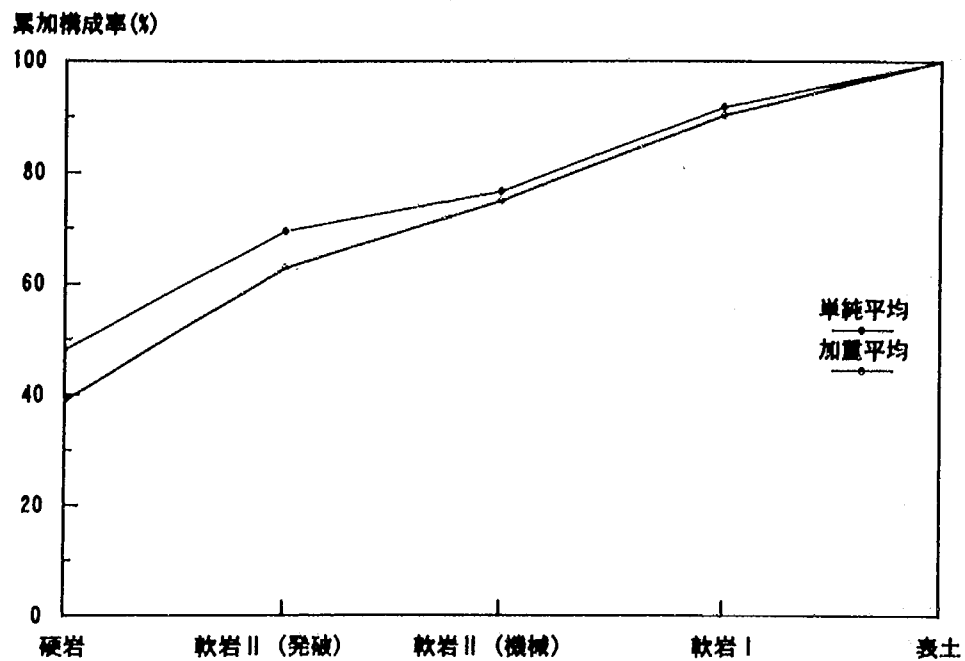


図-3.18 原石山の岩級構成率(計画時)の累加曲線

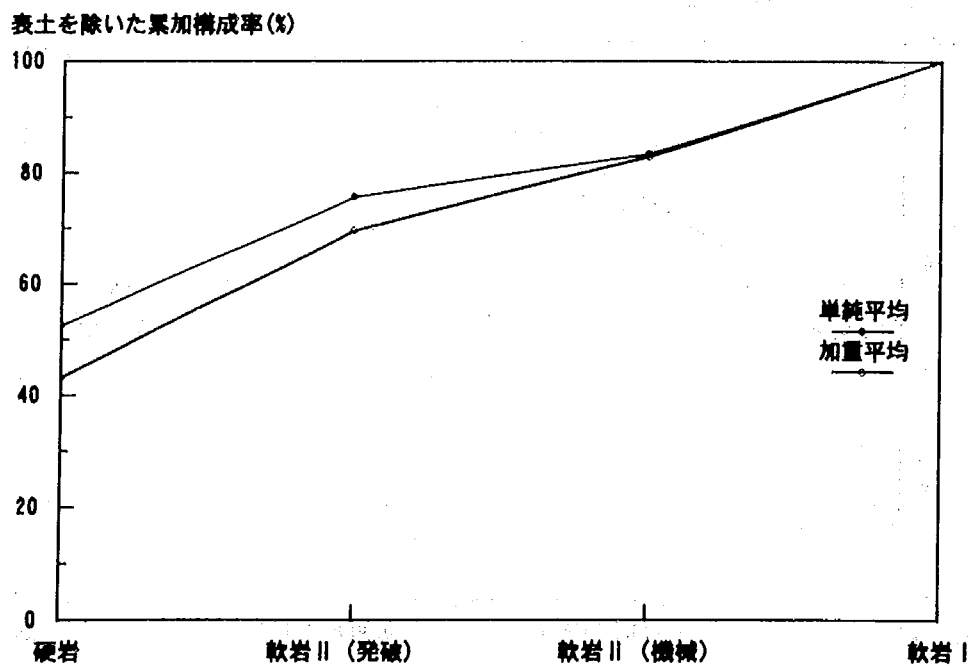


図-3.19 表土を除いた原石山の岩級構成率(計画時)の累加曲線

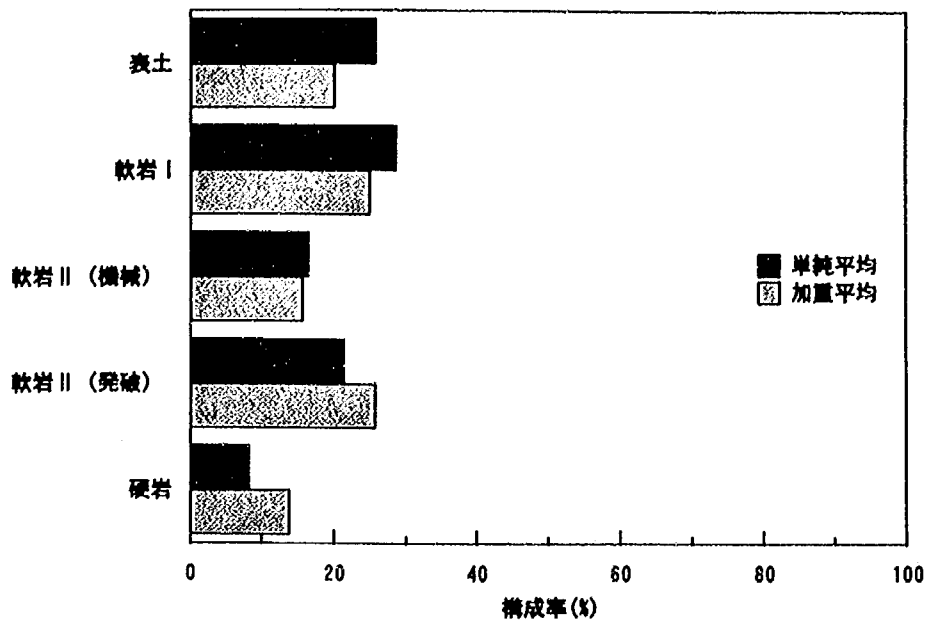


図-3.20 廃棄岩の岩級構成率(実績)

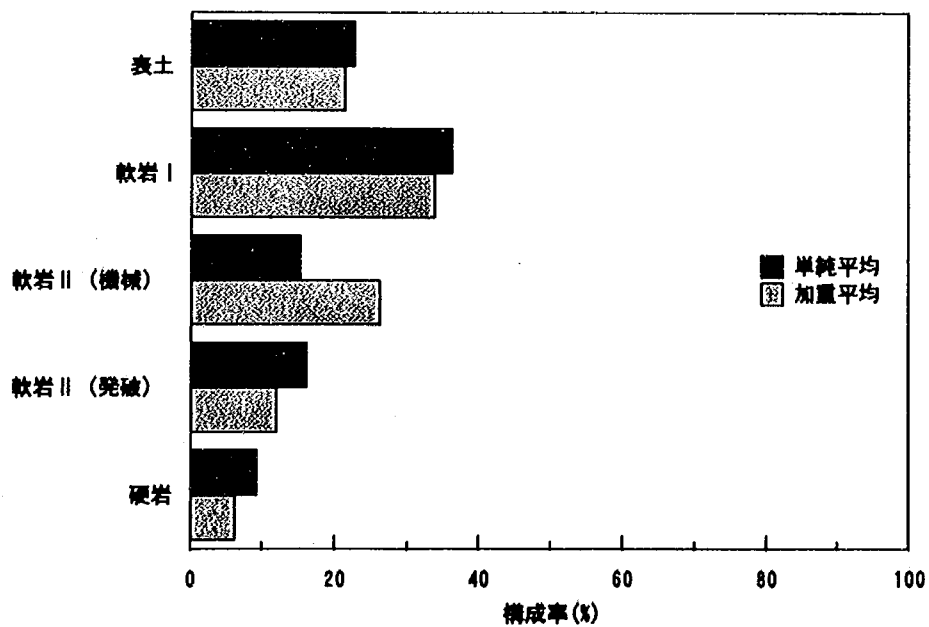


図-3.21 廃棄岩の岩級構成率(計画時)

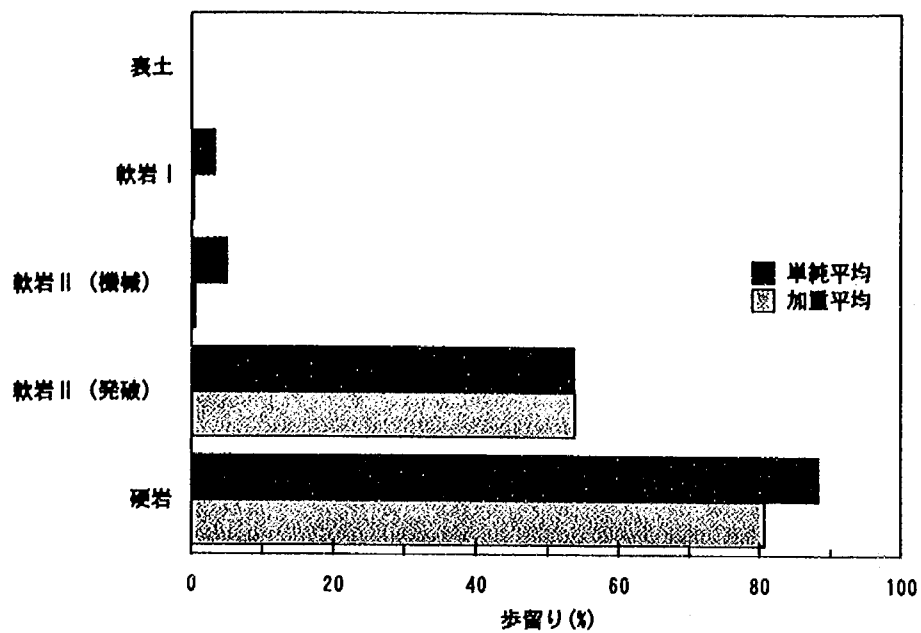
一方、計画時（図-3.21）で見ると、実績に比べて「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」の占める割合が小さく見積もられており、結果的に計画時の歩留りが過大に見積もられることにつながっている。

これらの結果より、廃棄岩の中から使用可能な骨材を選別するには、廃棄されている「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」の中から良質な骨材を選別していくと同時に、「軟岩Ⅱ（機械掘削）」の中から使用可能な骨材を見出していくことも考えていく必要がある。

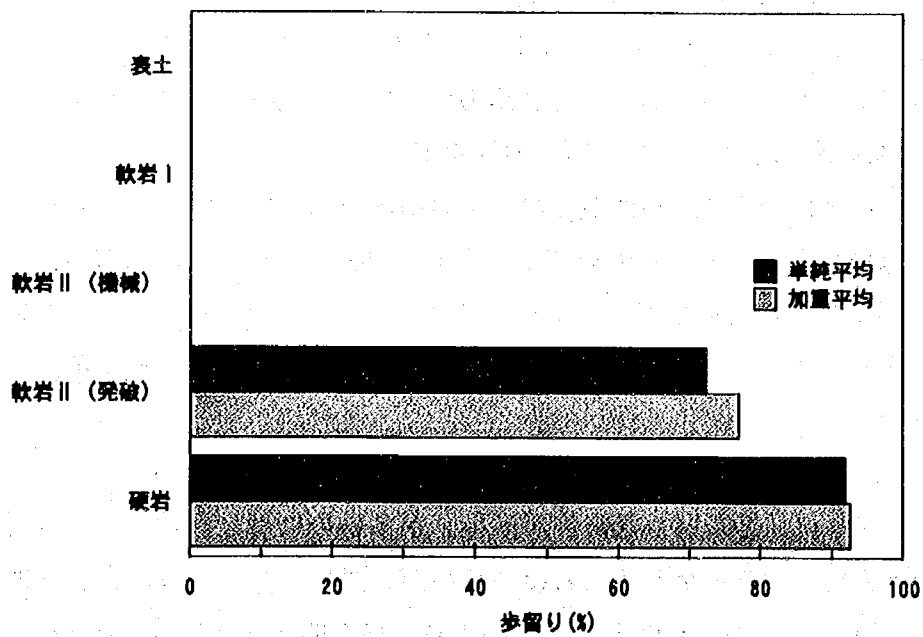
（４）岩級毎の歩留り

各岩級毎の歩留りを、実績（掘削終了ダム）について図-3.22 に、計画時（掘削中ダム）について図-3.23 にそれぞれ示す。実績でみると、「硬岩」の歩留りは単純平均で 90%弱、加重平均で 80%を占めており、歩留りを高めるには限界がある。一方、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」の歩留りは 50%強であり、歩留りを高める余地が大きく残されているといえる。また、計画時で見ると、「硬岩」の歩留りは 90%以上、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」の歩留りも 70%以上と、実績よりも大きく見積もられている。特に、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」における計画時と実績の歩留りは差が大きいといえる。

これらの結果より、廃棄岩を少なくして骨材の有効利用を高めるための当面の対象は、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」の部分であると考えられる。



図一3.22 歩留りの岩級構成率(実績)



図一3.23 歩留りの岩級構成率(計画時)

3.3 廃棄岩の判定方法

次に、アンケート調査を行った 24 ダムの技術者に対し、廃棄岩の取り扱い方について調査を行った結果を以下の 4 項目について整理する。

3.3.1 廃棄岩の生じる理由

まず、廃棄岩が生じる理由を以下の 6 項目について「はい」「いいえ」で回答してもらった。「はい」は複数回答可とし、さらに、そのうち最も問題となっている廃棄理由について一つ回答してもらった。なお、「⑤有害鉱物を含む」に「はい」と回答する場合は、その有害鉱物の種類について、また、「⑥その他」に「はい」と回答する場合は、その他の理由について、それぞれ記述してもらった。

- ① 地表からの風化が厚い
- ② 断層や変質帯が多い
- ③ クラッキーで大玉がとれない
- ④ 砂岩・粘板岩などの互層構造である
- ⑤ 有害鉱物を含む
- ⑥ その他

結果を図-3.24 に示す。図より、「①地表からの風化が厚い」「②断層や変質帯が多い」が回答としては多く取り上げられていた。また、図中で「⑤有害鉱物を含む」を理由としているのは約 17% (4 ダム) に過ぎないが、全てが最も問題となる廃棄理由として取り上げているのは特徴的である。有害鉱物の内訳はモンモリロナイト (4 ダム)、ローモンタイト (1 ダム)、トリディマイト (1 ダム) であった。したがって、モンモリロナイトを含む原石の有効利用方法について調査していく必要があるといえる。なお、「⑥その他」は骨材試験結果が満足しない等の理由であった。

また、廃棄岩が生じる理由のうち最も問題となっている理由については、上記 6 項目に「⑦特に大きく問題となるものはない」という項目も選択肢に加えて、回答してもらった。回答結果を図-3.25 に示すが、種々の廃棄岩が生じる理由を挙げていても「⑦特に大きく問題となるものはない」という回答が 5 割以上を占めることがわかる。このことは逆に考えると、複数の理由によって廃棄岩が生じているダムが多いことがうかがえる。

次に、図-3.26 は図-3.24 における廃棄理由を岩種毎に分類したものである。図より、火成岩の場合「①地表からの風化が厚い」「②断層や変質帯が多い」が多いのに対し、堆積岩の場合「①地表からの風化が厚い」「②互層構造である」が多く、岩種の特徴が結果に現れた。また、最も問題となる廃棄理由について岩種毎に分類すると図-3.27 となる。図より、最も問題となる廃棄理由を選択しているダムの岩種は火成岩が多いことがわかった。これは、火成岩の地質条件が複雑であることが一因と考えられる。

また、掘削終了ダムを対象として、それぞれの廃棄理由を回答したダムの表土を除いた歩留りの平均値を図-3.28 に示す。図より、「①地表からの風化が厚い」「②断層や変質帯が多い」が最も問題となる

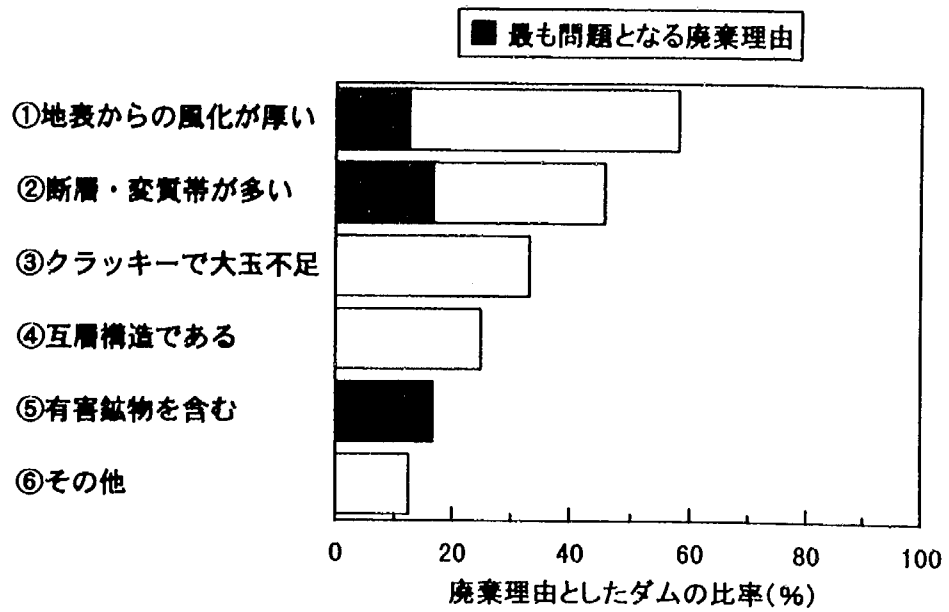


図-3.24 廃棄岩の生じる理由

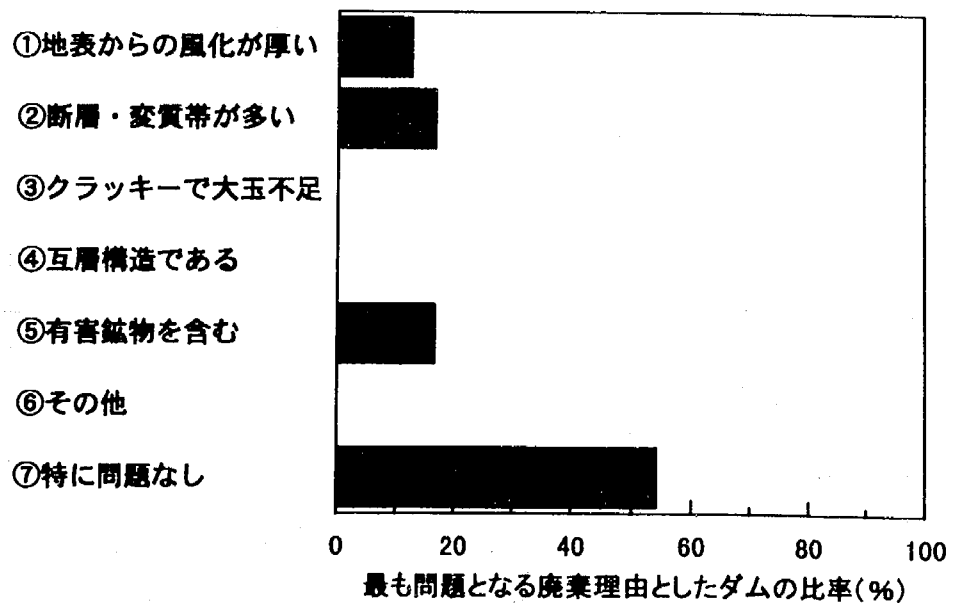


図-3.25 最も問題となる廃棄理由

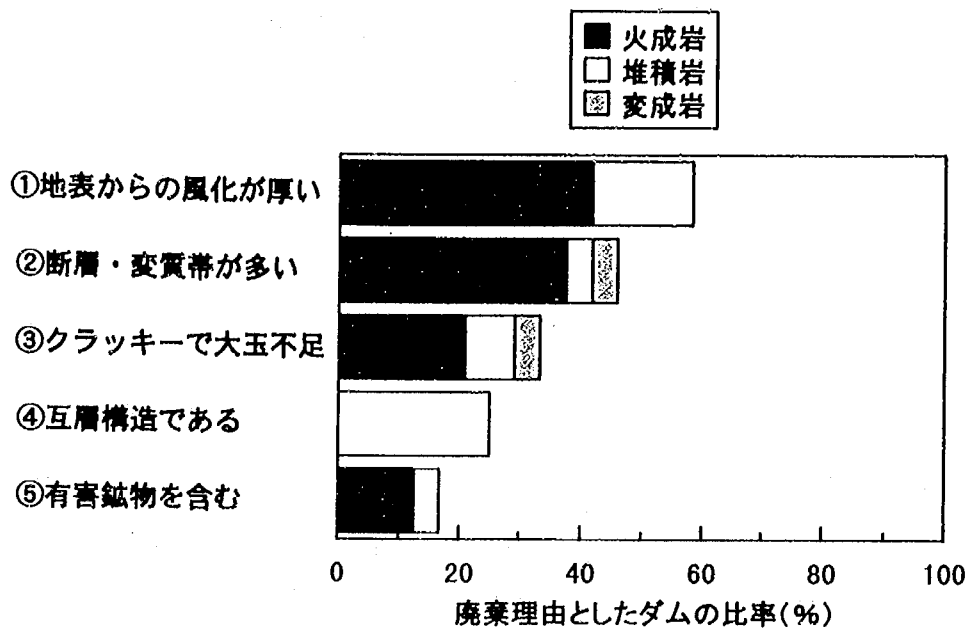


図-3.26 岩種と廃棄理由の関係

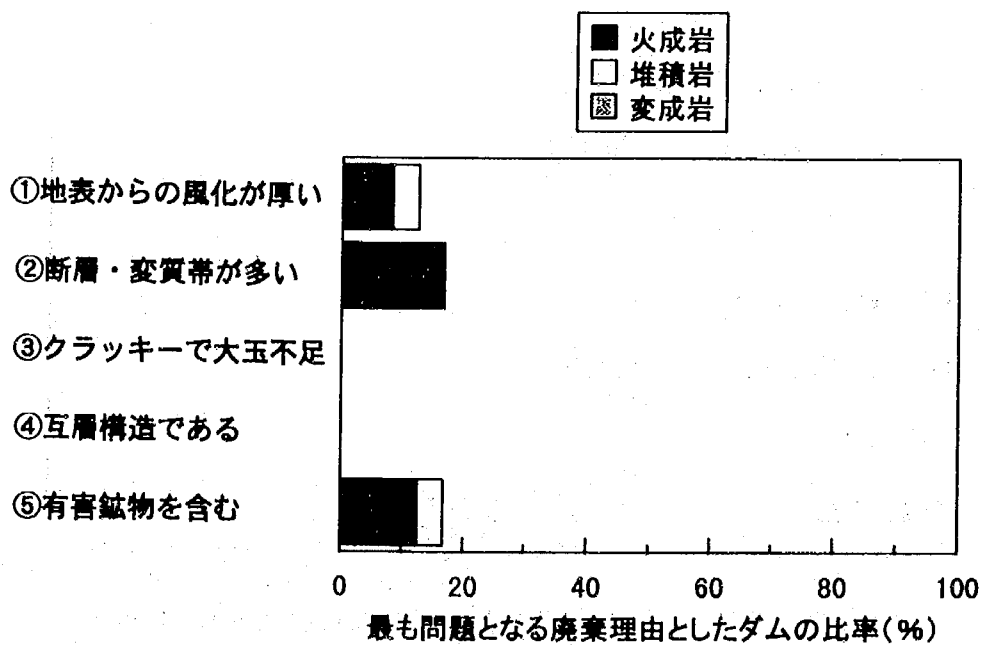


図-3.27 岩種と最も問題となる廃棄理由の関係

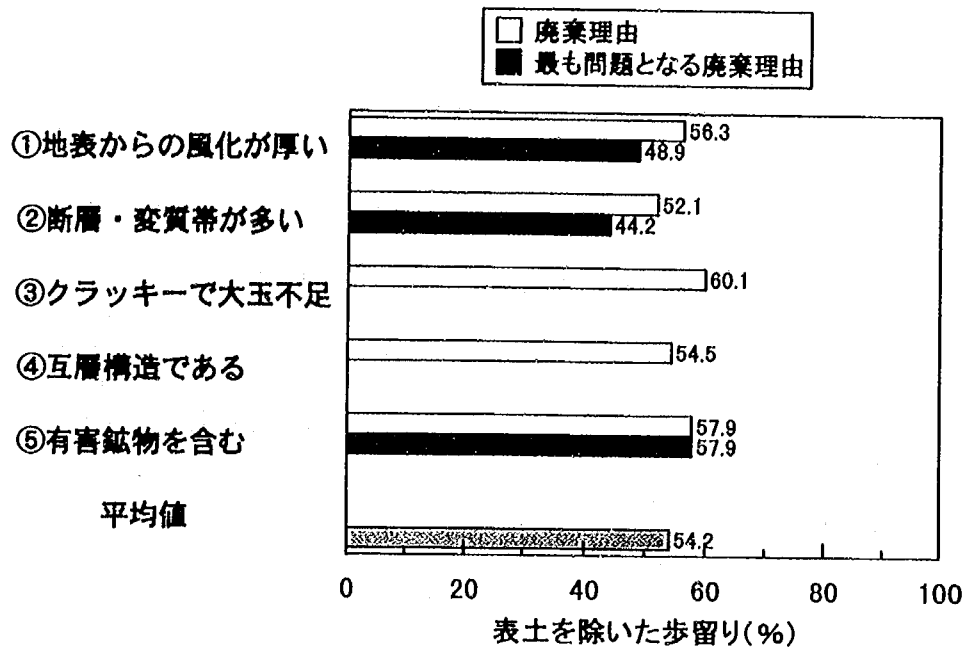
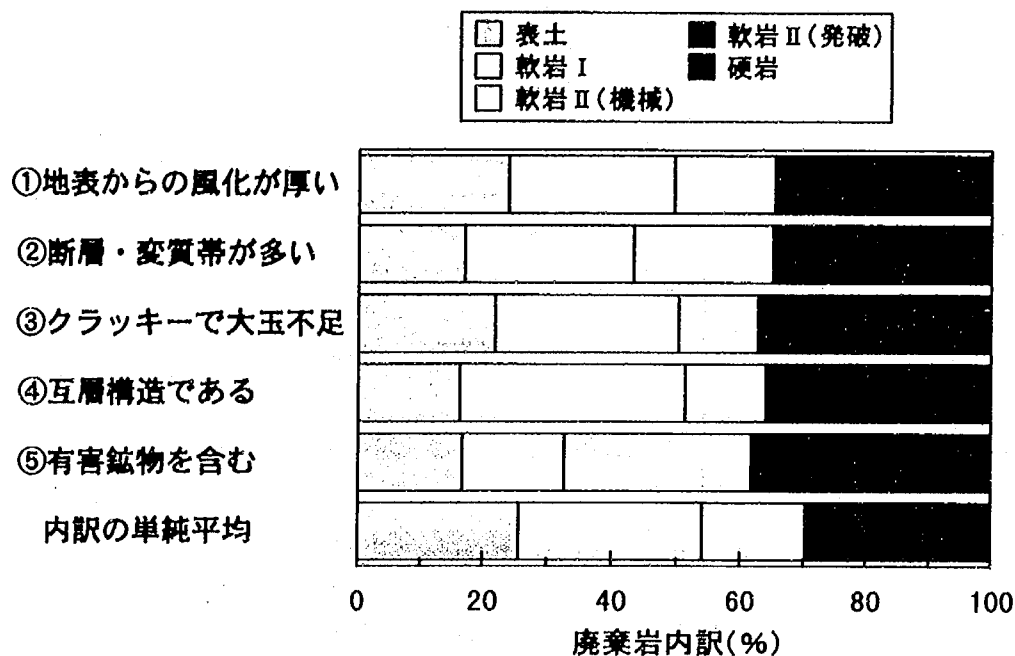


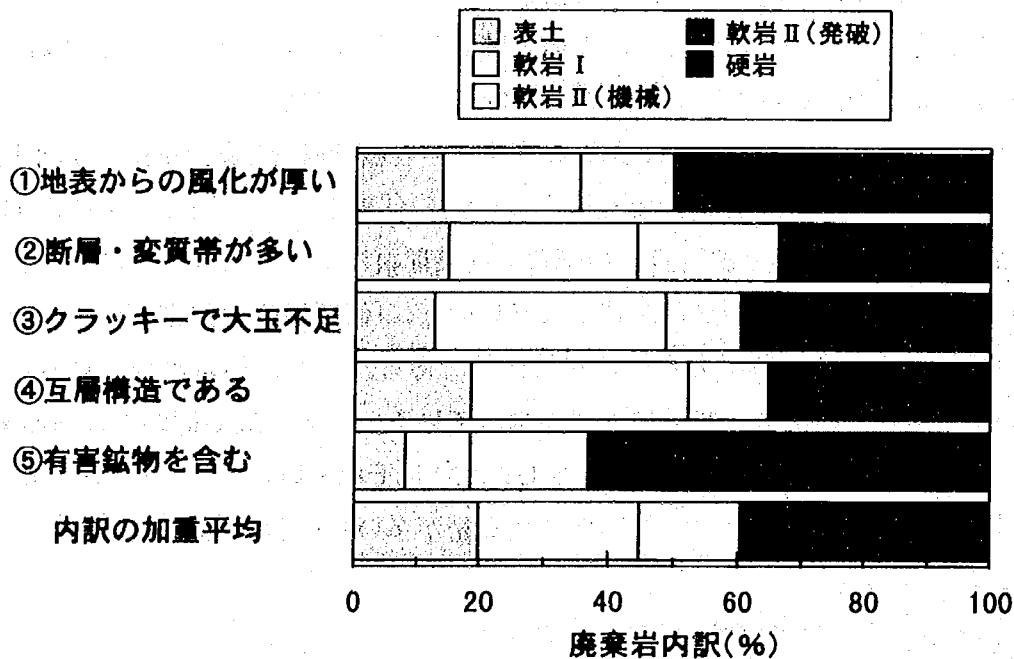
図-3.28 廃棄理由毎の表土を除いた歩留り

廃棄理由としているダムでは、平均値に比べて低い歩留りとなっている。逆に「③クラッキーで大玉不足」を廃棄理由としたダムにおける歩留りの平均値は6割を超える結果となった。これらのダムでは、大玉はとれないが、原石の品質自体はそれほど悪くないことが推測される。

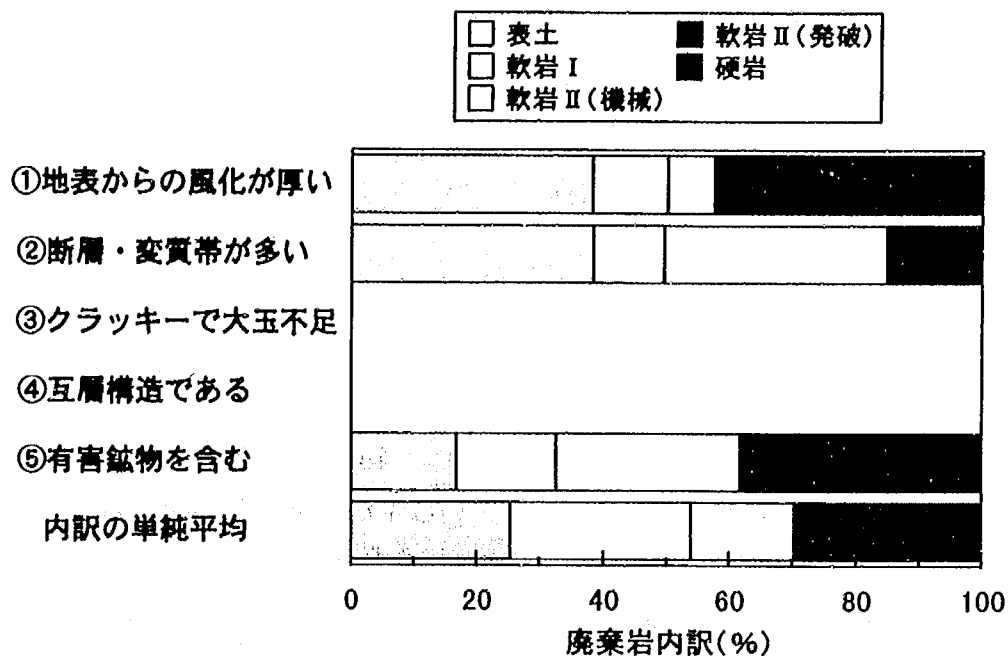
さらに、それぞれの廃棄理由を回答したダムの廃棄岩の岩級構成を単純平均と加重平均について、図-3.29、3.30 にそれぞれ示す。単純平均で見ると、「土石（「表土」「軟岩Ⅰ」「軟岩Ⅱ（機械掘削）」）」と「岩石（「軟岩Ⅱ（発破掘削）」「硬岩」）」の割合は廃棄理由によって大きな差はないが、「①地表からの風化が厚い」において「表土」の割合が若干大きいのと、「②断層や変質帯が多い」「⑤有害鉱物を含む」において「硬岩」の割合が若干大きいのが特徴的である。一方、加重平均で見ると、「⑤有害鉱物を含む」において「岩石」の割合が非常に大きくなっている。また、最も問題となる廃棄理由を回答したダムについても、廃棄岩の岩級構成率を図-3.31、3.32 にそれぞれ示す。全体の傾向は図-3.29、3.30 と近いが、「①地表からの風化が厚い」「②断層や変質帯が多い」において「表土」の割合が大きくなっている。



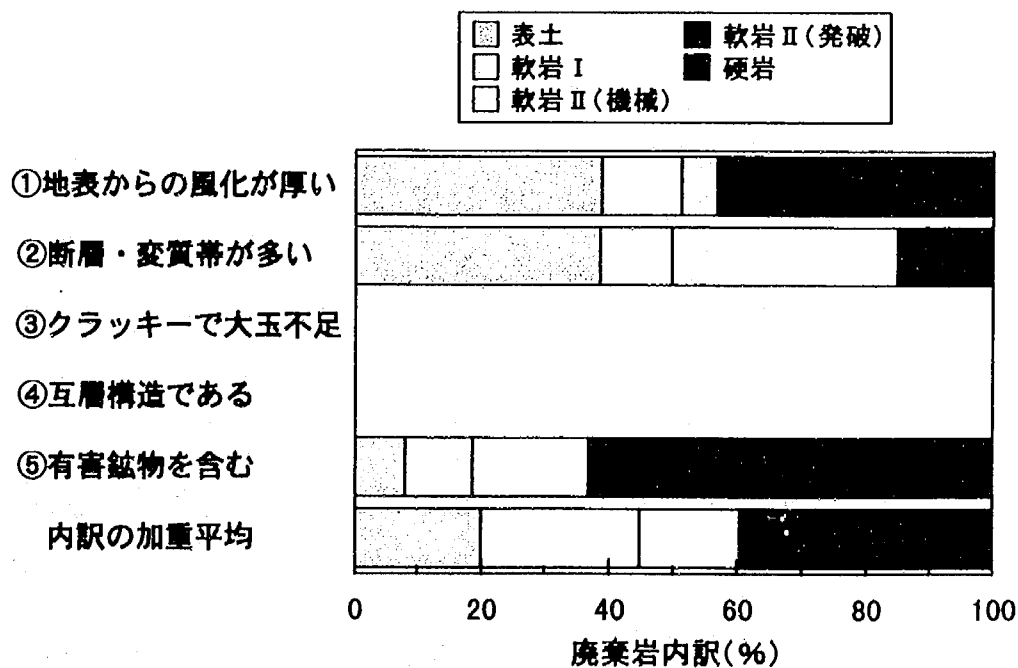
図一3.29 廃棄理由毎の廃棄岩の岩級構成率(単純平均)



図一3.30 廃棄理由毎の廃棄岩の岩級構成率(加重平均)



図一3.31 最も問題となる廃棄理由毎の廃棄岩の岩級構成率(単純平均)



図一3.32 最も問題となる廃棄理由毎の廃棄岩の岩級構成率(加重平均)

3.3.2 廃棄岩の判定時期

次に、廃棄岩の判定時期を以下の3項目について「はい」「いいえ」で回答してもらった。「はい」は複数回答可とし、さらに、そのうち主たる判定時期について一つ回答してもらった。なお、「③その他」に「はい」と回答する場合は、その他の判定時期について記述してもらった。

- ① ベンチカットの法面を見て判断する
- ② 発破後の原石状況を見て判断する
- ③ その他

回答結果において、「③その他」の判定時期は「水平面を見て判断する」という回答であったので、「③その他」を「③水平面」として、結果を図-3.33に示す。図より、発破後より発破前に廃棄岩の判定を行っているようである。また、廃棄理由毎に選択している主たる判定時期の内訳について図-3.34に示す。図より、「①地表からの風化が厚い」においてはベンチカット法面で判定する割合が多く、「②断層や変質帯が多い」や「④互層構造である」においては水平面で判定する割合が多い。また、「③クラッキーで大玉不足」「⑤有害鉱物を含む」において発破後に判定している割合が若干多くなっているが、これは他の廃棄理由と比較して、発破後の原石を見てみないと分からない部分が多いためと考えられる。

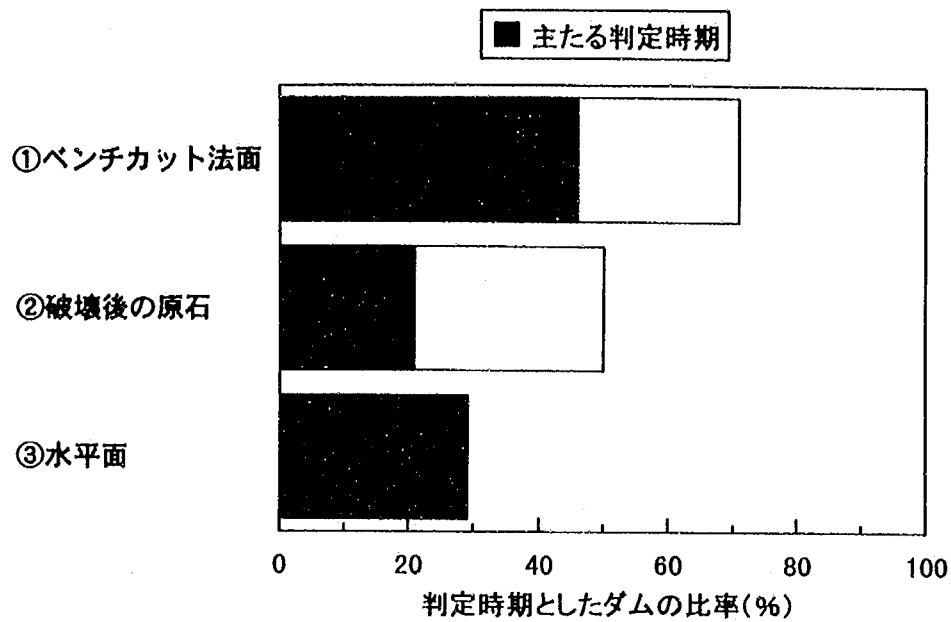


図-3.33 廃棄岩の判定時期

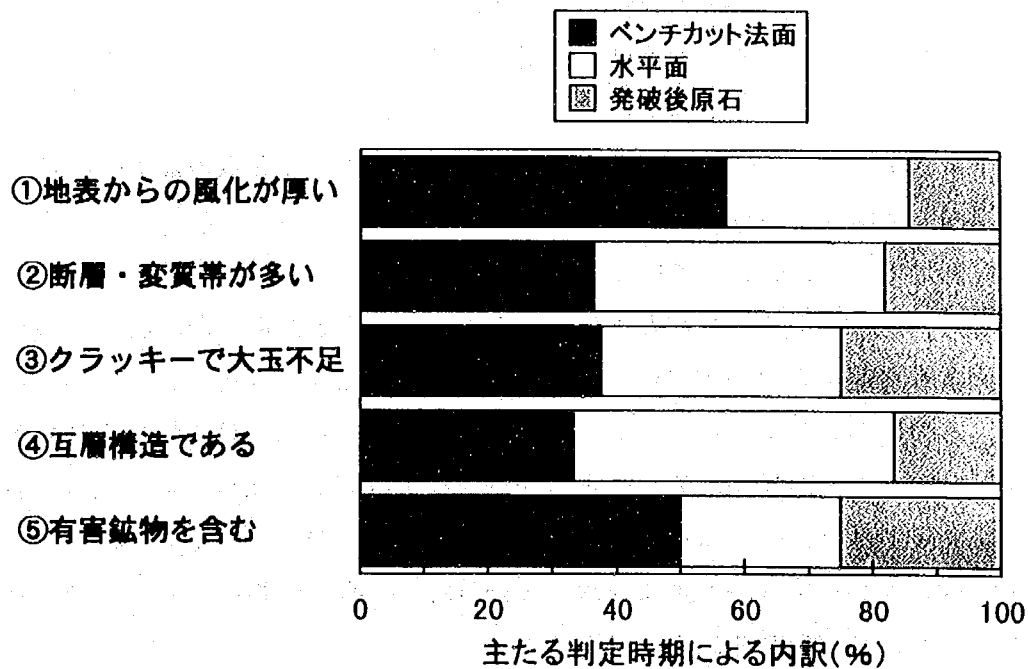


図-3.34 廃棄理由と主たる判定時期の関係

3.3.3 廃棄岩の判定方法

次に、廃棄岩の判定方法を以下の5項目について「はい」「いいえ」で回答してもらった。「はい」は複数回答可とし、さらに、そのうち最も重視している廃棄岩の判定方法について一つ回答してもらった。なお、「⑤その他」に「はい」と回答する場合は、その他の判定方法について記述してもらった。

- ① 石の表面の色、見た目
- ② ハンマーの打撃音、感触
- ③ ハンマーで石を割った面の色
- ④ 大玉が採れるかどうか、クラックの状況
- ⑤ その他

結果を図-3.35に示す。図より、最も重視している判定方法で見ると、「①石の表面の色、見た目」「②ハンマーの打撃音、感触」という回答が多かったが、逆に「④クラックの状況」という回答はなかった。「⑤その他」は、X線分析や粘土鉱物脈の脈度数による判定などであり、全て廃棄理由として「有害鉱物を含む」を選択しているダムに限られていた。

廃棄理由毎に選択している最も重視している判定方法の内訳について図-3.36に示す。図より、「①石の表面の色、見た目」で判定している割合の多いのは「②断層・変質帯が多い」場合と「④互層構造である」場合であった。これは、上記廃棄理由の場合は、その他の理由に比べて判別しやすいためと考えられる。また、「②ハンマーの打撃音、感触」で判定している割合が特に多いのが「①地表からの風化が厚い」場合と「③クラッキーで大玉不足」の場合であった。これは、上記理由の場合、見た目だけでは判定をしにくいいため、ハンマーで確認していると考えられる。

また、掘削終了ダムを対象として、それぞれの判定方法を回答したダムの表土を除いた歩留りの平均値を図-3.37に示す。図より、「⑤その他」において平均値よりも歩留りが低くなっており、見た目やハンマーだけでは判定できない原石が多いことが推測される。

さらに、廃棄岩を判定する場合、原石の試験結果を利用することがあるか回答してもらった結果を図-3.38に示す。図より、廃棄岩の判定には原石の試験結果はほとんど利用されていないことがわかる。これは試験結果が出るのに時間がかかることが一因と考えられる。なお、試験結果を利用しているダムにおける試験項目はX線分析、簡易的なモルタルの断熱温度上昇試験、比重および吸水率試験やすりへり減量などの物理試験等であり、特に原石採取工程に影響はないということであった。廃棄理由毎に試験結果利用の有無の内訳について図-3.39に示す。図より、「⑤有害鉱物を含む」場合に試験結果を利用している割合が大きいことがわかる。

上述した試験結果の利用の有無に関連して、骨材の品質管理試験についても調査を行った。品質管理試験毎に実施ダムの比率を図-3.40に示す。比重・吸水率試験、安定性試験、すりへり試験については実施率が非常に高かった。また、洗い試験、軟石量試験、ふるい分け試験も3割以上のダムで実施されている。また、最も問題となる廃棄理由毎に整理した品質管理試験実施ダムの比率を図-3.41、3.42、3.43にそれぞれ示す。「②断層や変質帯が多い」場合では、他の廃棄理由に比べて実施試験項目が多くなっ

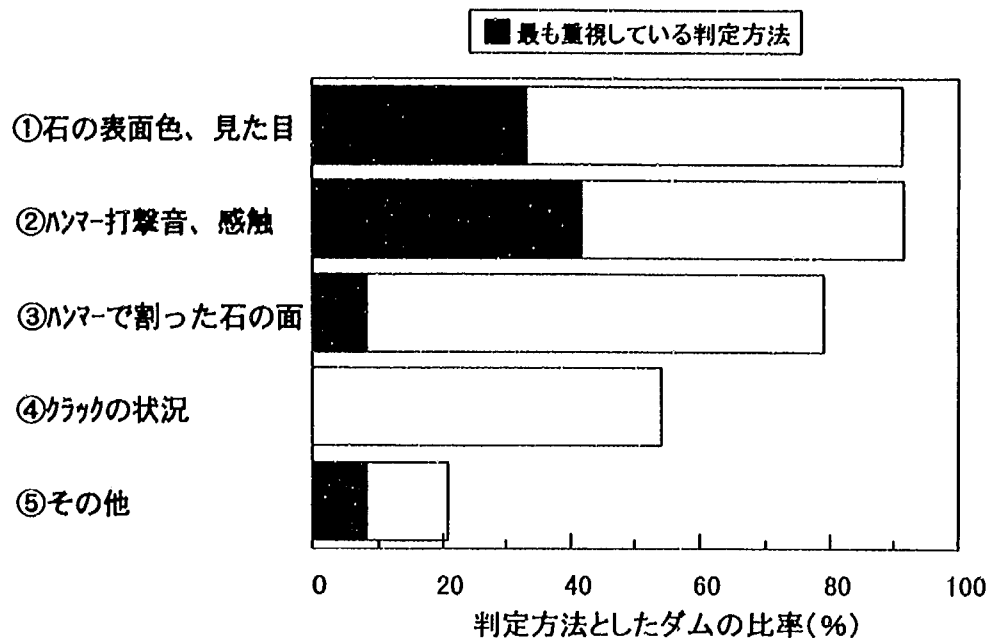


図-3.35 廃棄岩の判定方法

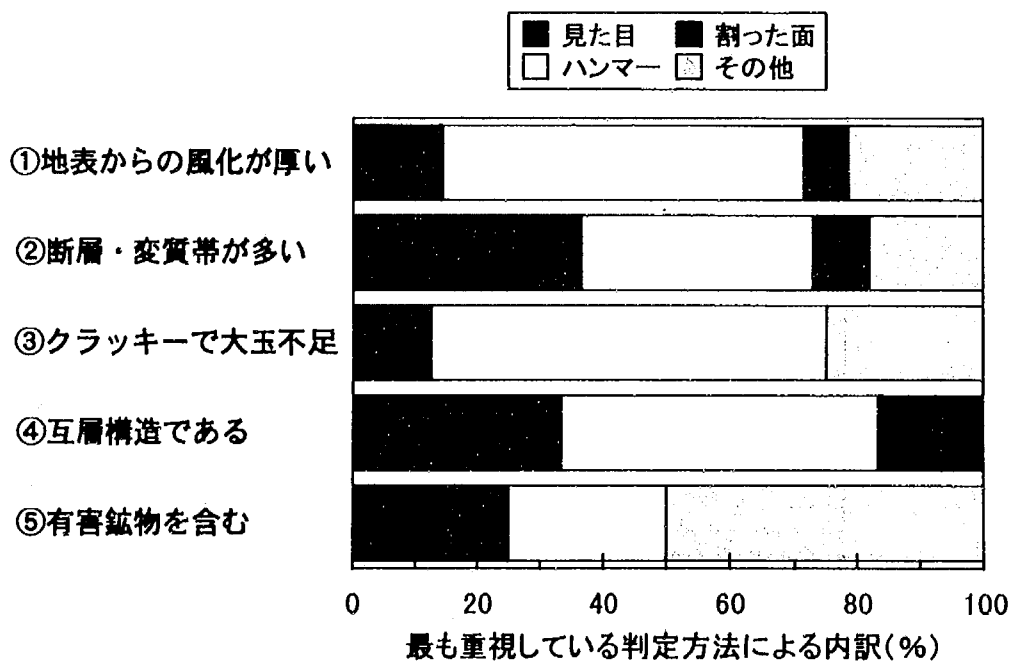


図-3.36 廃棄理由と最も重視している判定方法の関係

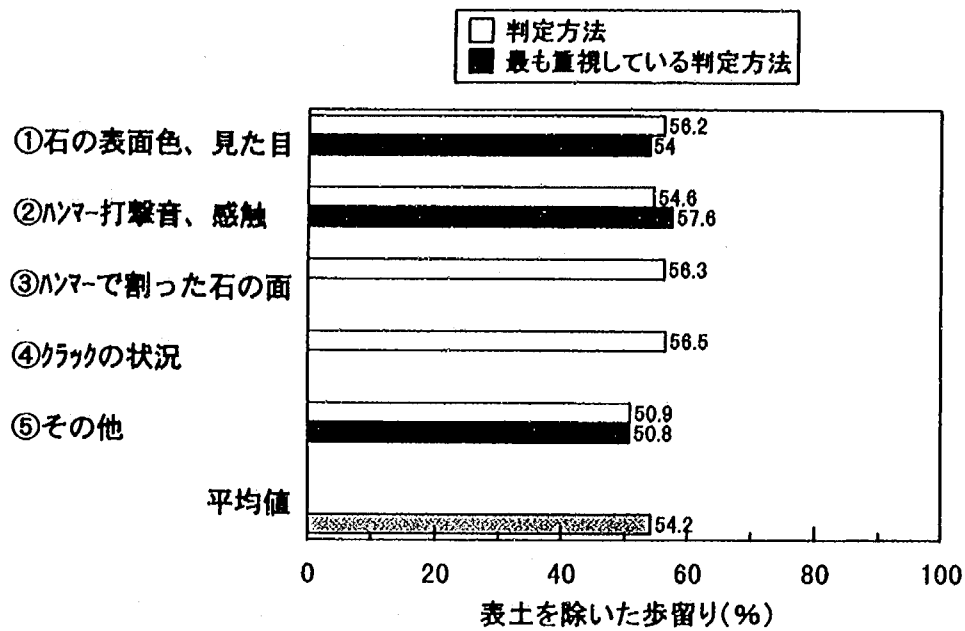


図-3.37 判定方法毎の表土を除いた歩留り

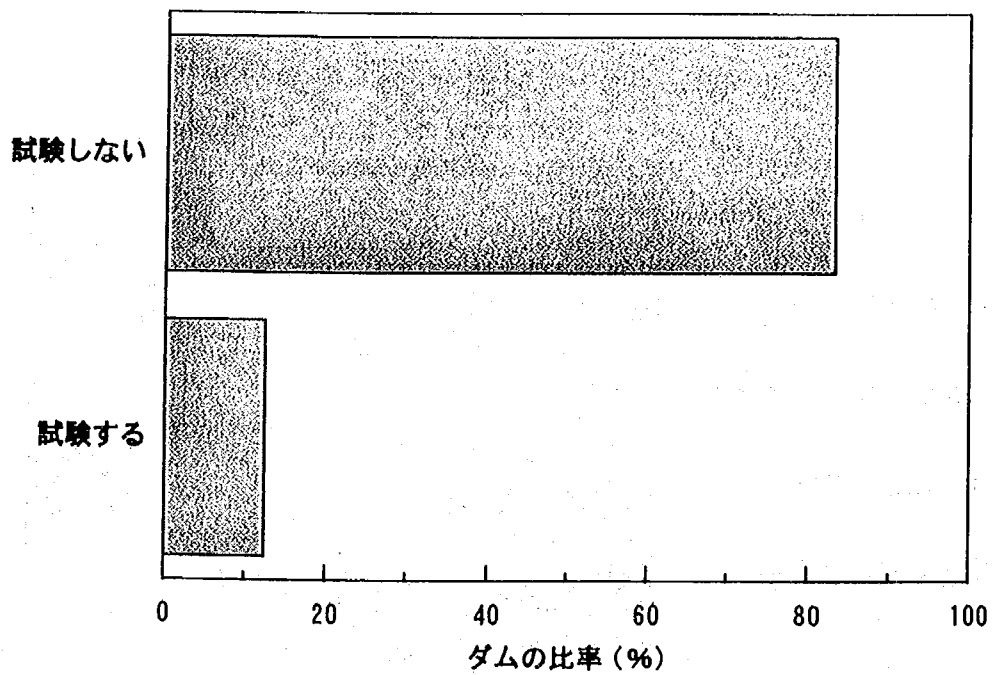


図-3.38 廃棄岩判定への原石試験結果利用の有無

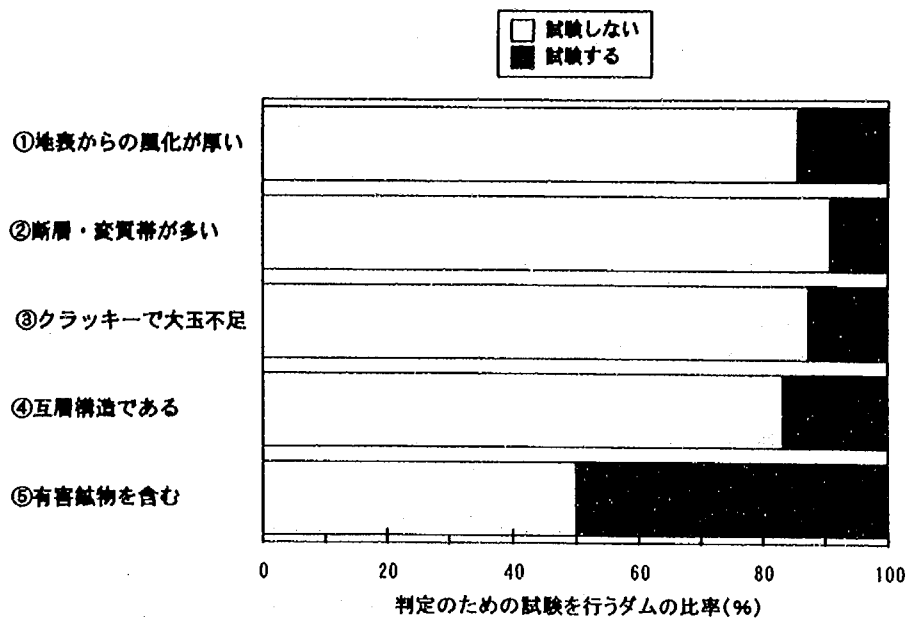


図-3.39 廃棄理由毎の原石試験結果利用の有無

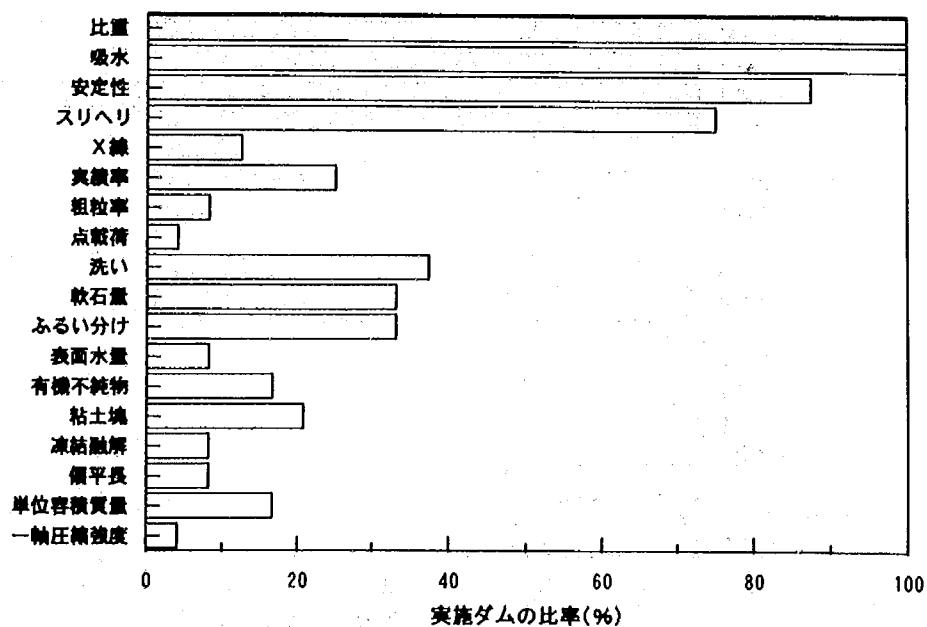


図-3.40 品質管理試験の実施状況

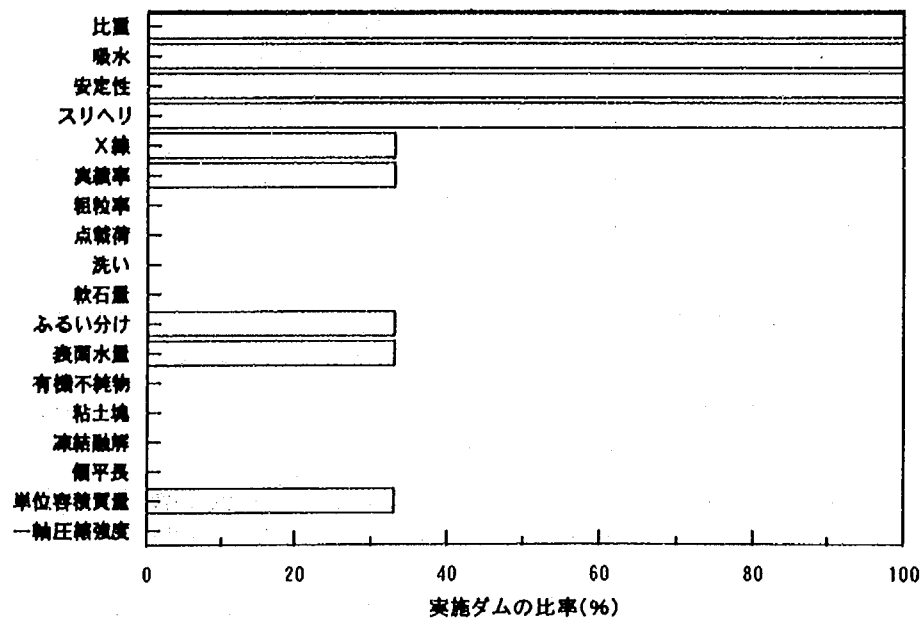


図-3.41 「①地表からの風化が厚い」が最も問題となるダムにおける品質管理試験の実施状況

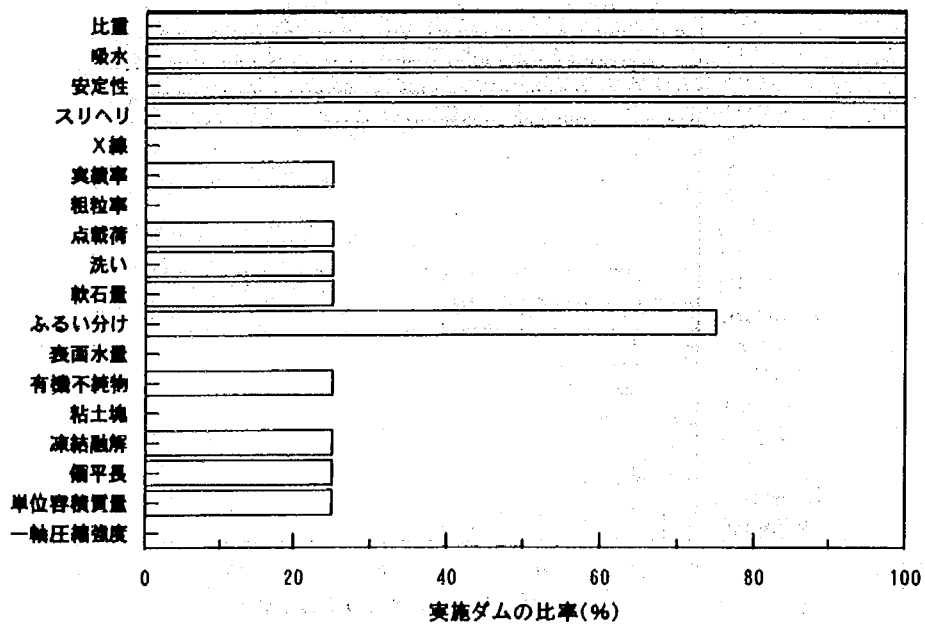


図-3.42 「②断層や変質帯が多い」が最も問題となるダムにおける品質管理試験の実施状況

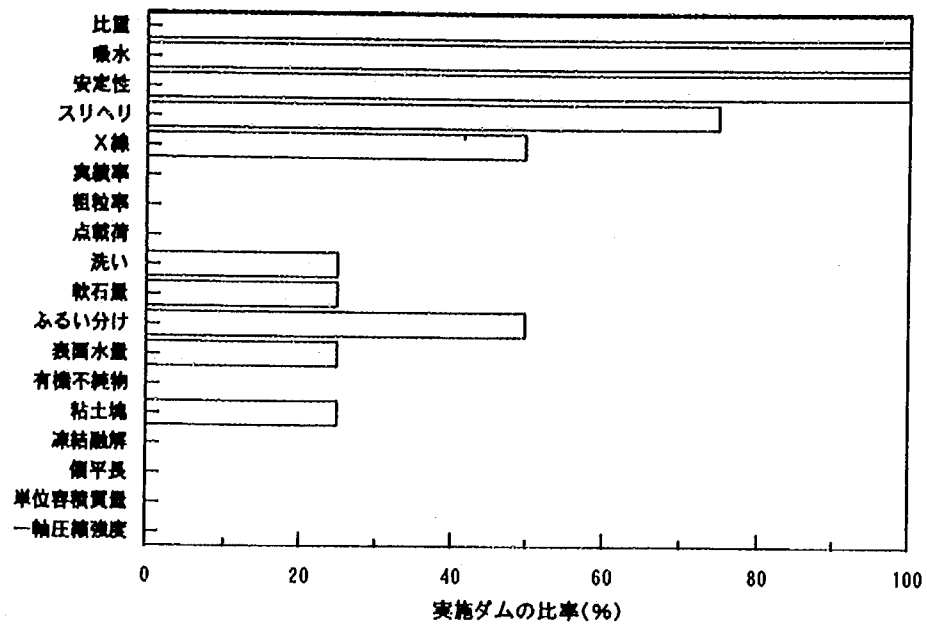


図-3.43 「⑤有害鉱物を含む」が最も問題となるダムにおける品質管理試験の実施状況

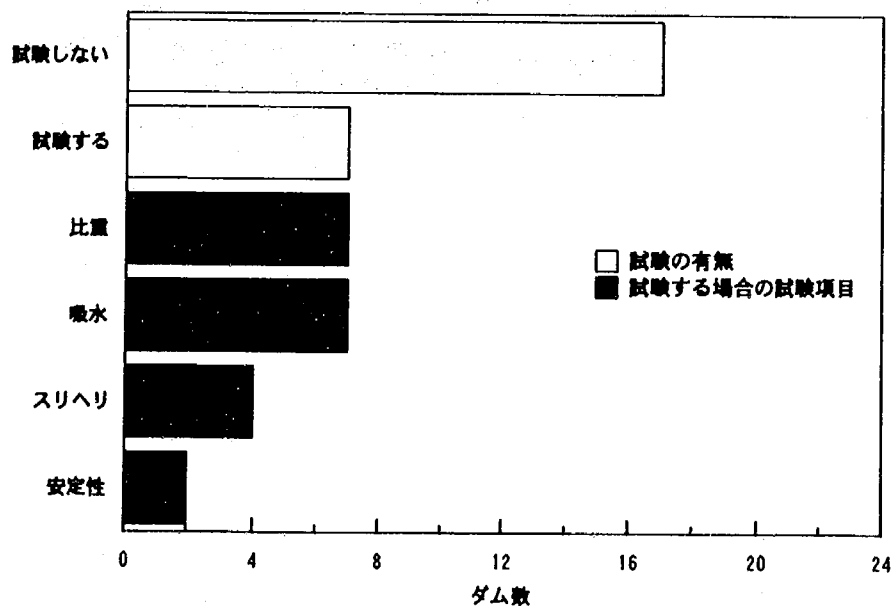


図-3.44 品質管理試験の廃棄岩への適用の有無

ており、特にふるい分け試験、偏平長試験、点載荷試験、凍結融解試験などの実施が特徴的である。一方、「⑤有害鉱物を含む」場合には、X線分析や粘土塊試験が特徴的である。さらに、実施している品質管理試験を廃棄岩に対して行うことがあるかどうかを回答してもらった結果を図-3.44 に示すが、廃棄岩に品質管理試験を実施することはあまりないようである。しかし、歩留りを向上させるためには、廃棄岩の判定が正確に行われているかどうかを検証することが重要であり、このためには廃棄岩の品質管理試験をより重視していく必要があると思われる。なお、廃棄岩に対して実施する場合の試験項目は、比重・吸水率試験、すりへり試験、安定性試験などの簡易なものであった。

3.3.4 断層・変質帯付近の取り扱い

次に、断層・変質帯付近での廃棄岩の取り扱いについて調査を行った。まず、ベンチカット法面に規模の大きな断層が現れた場合、廃棄岩の範囲として断層部からどの程度の余裕幅を見積もるかについて回答してもらった結果を図-3.45 に示す。図中、「②断層・変質帯が多い」を廃棄理由に挙げたダムについては色分けして示した。図より、「②断層・変質帯が多い」ダムにおける余裕幅の平均値は、それ以外のダムの平均値に比べて余裕が少ない結果となった。これは、断層や変質帯の多いダムでは、歩留りを上げるために使用岩部分と廃棄岩部分をより細かく分類する必要があるからではないかと推測される。全体的に見ると、平均で 1.3m 程度は余裕をとっていることがわかった。

また、規模の小さな断層や変質帯が表れた場合、どの程度の幅の断層や変質帯までを廃棄岩の判定対象から外すかについて調査した結果を図-3.46 に示す。図より、廃棄理由に「②断層・変質帯が多い」を挙げたダムの対象外とする幅の平均値は、それ以外のダムの対象外とする幅の平均値よりもわずかに小さくなったが有意な差はないといえる。

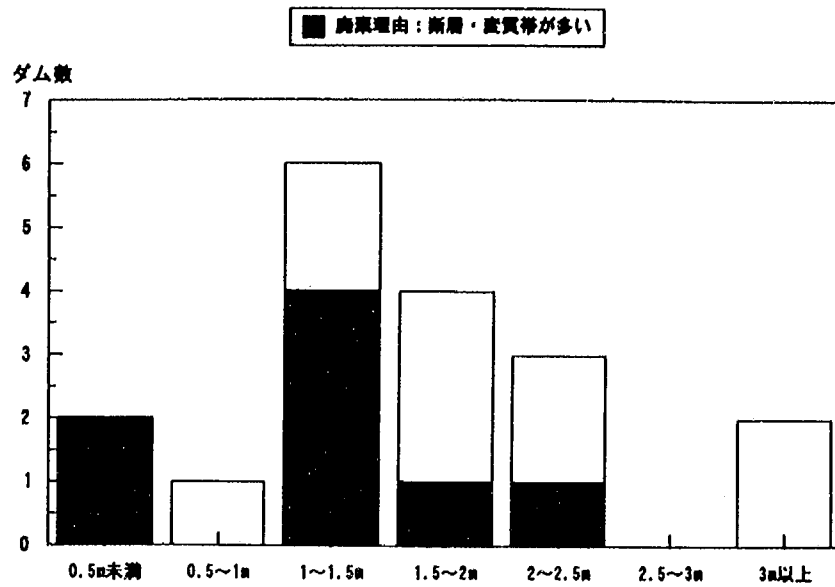


図-3.45 断層部の余裕幅

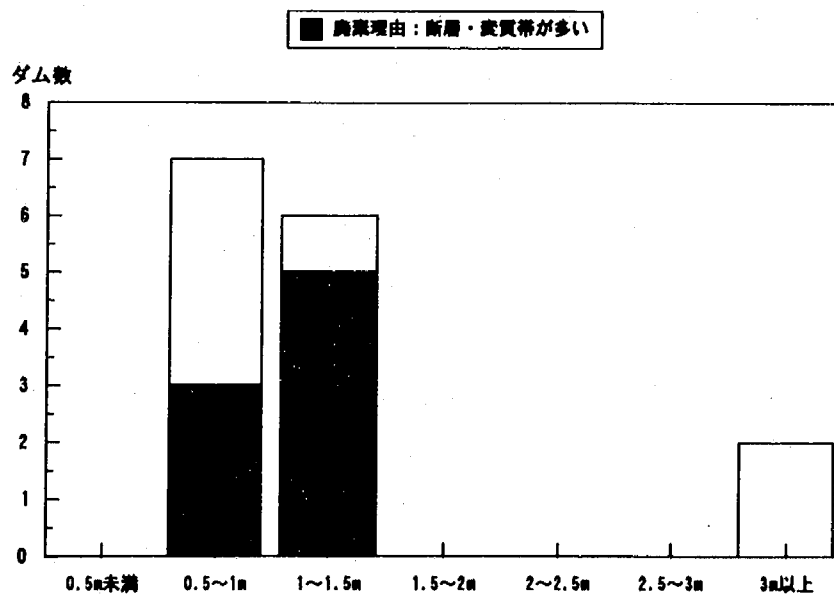


図-3.46 対象外とする断層幅

3.4 原石の有効利用のための課題

ここでは、アンケート調査を行った 24 ダムの技術者に対し、廃棄岩に対して現在どのような認識をもっているか、また何を課題としているかについて意識調査を行った。

3.4.1 歩留り向上のための方策

まず、歩留りを向上するために何が必要であるか、以下の 3 項目より一つだけ回答してもらった。

- ① 原石の使用の可否を即座に判定する簡易試験法の確立
- ② 使用岩と廃棄岩のふるい分け設備
- ③ 骨材の品質規準の緩和

なお、「③品質規準緩和」を選択する場合は、緩和すべき具体的な品質規準を回答してもらった。結果を図-3.47 に示す。図によれば、「①簡易試験の確立」が 52%と最も多い。残りを、廃棄岩と使用岩の「②篩分け設備」や、比重、吸水率等の「③品質規準緩和」で二分しているが、「③品質規準緩和」については予想に反して回答率が低かった。これは現場の考え方として、まず規準ありきで作業を進めるため、規準を緩和するという発想があまり生まれないということも予想されるが、それ以上に、コンクリートの品質を低下させることに解決策を求めるよりも、骨材の品質管理を適正に行うことによって歩留りを向上させることを望んでいる結果と解釈される。なお、骨材の品質規準の緩和を選んだ回答者に、緩和すべき規準を回答してもらったところ、比重、吸水率、すりへり減量を回答したダムがそれぞれ 2 ダム、安定性損失質量を回答したダムが 1 ダムであった。

また、回答が各ダムの現状を反映していると仮定して、歩留り向上のための選択項目と各ダムにおける廃棄理由の関係を図-3.48 に示す。図より、「①表面からの風化が厚い」ダムでは「①簡易試験の確立」「②篩分け設備」が求められている。また、「②断層・変質帯が多い」ダムでは「②篩分け設備」が、「④互層構造」が問題となるダムでは「①簡易試験の確立」がそれぞれ求められている。一方、「⑤有害鉱物」が問題となるダムでは、「③品質規準の緩和」よりもむしろ「①簡易試験」や「②篩分け設備」が求められている。

以上の結果から、現場ではその場で岩の判定を行えるような簡易試験が最も望まれており、今後その試験と方法について研究していくことが必要であるといえる。

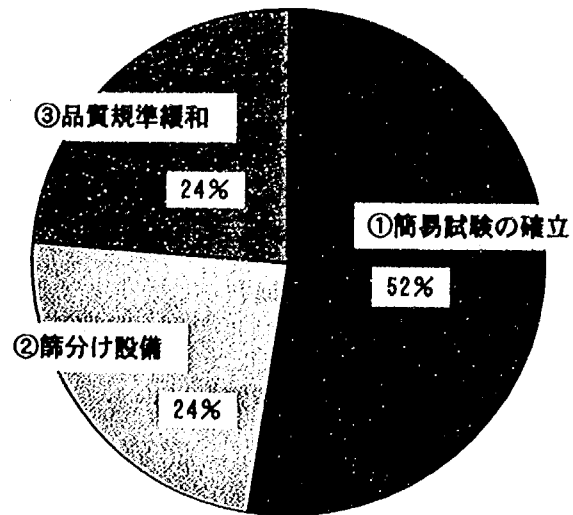


図-3.47 歩留り向上のための方策

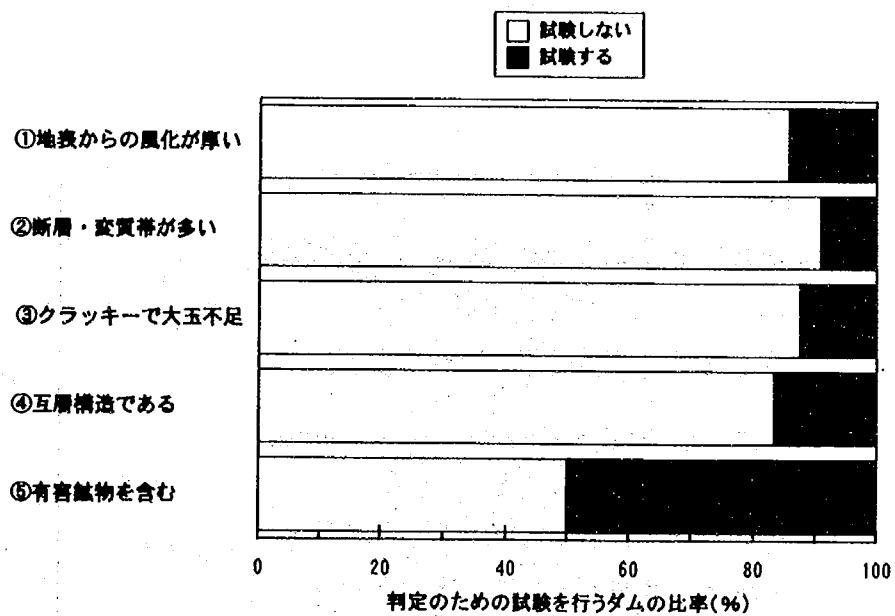


図-3.48 歩留り向上のための方策と廃棄理由の関係

3.4.2 廃棄岩使用時の課題

次に、現在、廃棄している原石（表土など明らかに使えないものを除く）を骨材として使用した場合に生じる不都合の有無を以下の9項目について「はい」「いいえ」で回答してもらった。

- ① 特に問題は生じない
- ② 骨材プラントでスラッジが大量に増加する
- ③ 大玉が不足するなど骨材生産のバランスが崩れる
- ④ 骨材の粒度などの品質管理が難しくなる
- ⑤ 水分量、コンシステンシーなどの品質管理が難しくなる
- ⑥ コンクリートの施工性が悪くなる
- ⑦ コンクリートの耐久性が低下する
- ⑧ コンクリートの強度が低下する
- ⑨ その他

調査結果を図-3.49 に示す。図より、「①特に問題は生じない」としたダムはほとんどなく、廃棄岩を骨材として使用すれば、何らかの不都合が生じるというのが大方の認識であるといえる。コンクリートの品質について見ると、「⑦耐久性低下」、「⑧強度低下」のいずれについても「はい」（不都合が生じる）という回答が多く、特に耐久性低下については9割近いダムで心配されていた。また、施工性に関しては、「②スラッジが大量に増加する」ことを問題とする回答が多く、次に「⑤コンシステンシー管理」

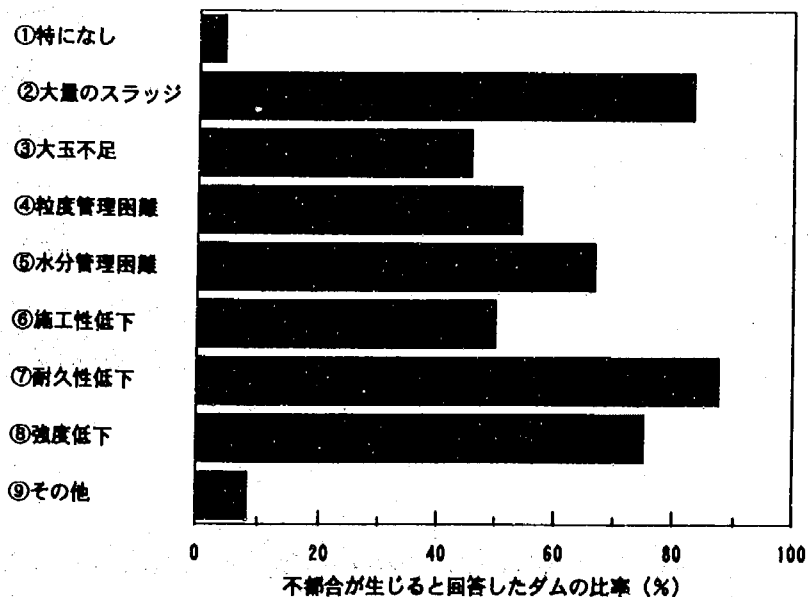


図-3.49 廃棄岩を骨材として使用した場合に生じる不都合

を問題とする回答が多かった。逆に、「③大玉不足でバランスが崩れる」ことはあまり問題とならないようである。「⑨その他」については、「濁水処理設備の処理能力に影響が出る」などの回答があったが、これらは、上記項目の「②骨材プラントで大量のスラッジが増加する」に対応するものと考えることができる。

3.4.3 内外コンクリート用骨材の分別製造について

現在、骨材の有効利用を図るために、耐久性に関する条件を緩和できる内部コンクリートと高い耐久性を要求される外部コンクリートの骨材を分けて生産、貯蔵することが考えられているが、この場合の施工面から見た問題点の有無を以下の5項目について「はい」「いいえ」で回答してもらった。

- ① 貯蔵設備が二重段取りになるため、経済効果はあまり期待できない
- ② 良質骨材と低品質骨材を正しく分別するのが難しい
- ③ 原石山掘削当初に低品質骨材が集中するため、大規模な仮置き場所が必要となる
- ④ コンクリートや骨材の品質管理が難しくなる
- ⑤ その他

調査結果を図-3.50に示す。図によれば、「⑤その他」以外のいずれの項目についても、半数以上が「はい」（問題である）と回答しているが、逆に「いいえ」（問題ではない）とする回答も1/3程度あった。ただ、「③原石山掘削当初に低品質骨材が集中し、大規模な仮置き場所が必要」という点については、大部分の回答者が「はい」（問題である）と回答している。また、「⑤その他」については、「良質骨材と低品質骨材で破碎形状が異なるため骨材の安定した生産が困難である」「堤体規模や原石分布状況などケースバイケースで問題の程度が異なる」などの回答があった。

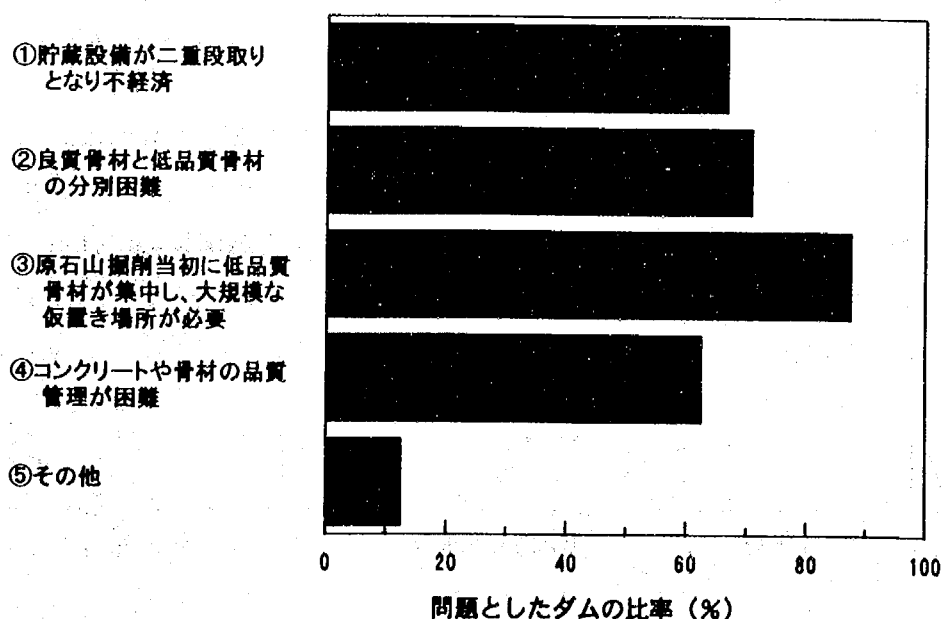


図-3.50 内外コンクリート用骨材を分別製造した場合の問題点

4 廃棄岩の物性調査

3 章では、建設中もしくは建設終了後間もないダムを対象に、「原石山におけるコンクリート骨材の採取状況に関するアンケート調査」を行い、ダム建設現場における歩留り等のマクロ的なデータに関する実態および技術者の廃棄岩に対する現状認識についての調査結果を整理した。

4 章では、現場技術者が実際に目に見て認識している廃棄岩に関して、より掘り下げて把握することを目的として、現場技術者が判定した廃棄岩および使用岩に対して実施した品質試験結果について報告する。

4.1 調査概要

4.1.1 調査対象ダム

3 章でアンケート調査を行った原石山掘削中ダムを含めた合計 5 ダムを対象とした。調査対象ダムを表-4.1 に示す。事業者別に見ると、建設省直轄ダムが 1 ダム、補助ダムが 4 ダムとなっている。

表-4.1 調査対象ダム

ダム名	事業主体	堤高 (m)	岩種
a ダム	補助	42.1	玄武岩
b ダム	補助	81.0	玄武岩
c ダム	建設省	123.0	花崗閃緑斑岩
d ダム	補助	89.5	閃緑岩
e ダム	補助	67.4	角閃岩

4.1.2 調査対象試料

本調査では、ダム建設現場における原石山から採取した使用岩と廃棄岩を対象とした。なお、廃棄岩については、表土を除いた廃棄岩のうち品質の最もよいグループ、品質の平均的なグループ、品質の最も悪いグループの 3 種類を代表する試料を現場の主観的な判断により選別して、採取してもらった。その概念図を図-4.1 に示す。なお、調査対象とする材料は粗骨材に相当するものとし、粒径は 40~20mm、20~10mm、10~5mm の 3 粒径とした。

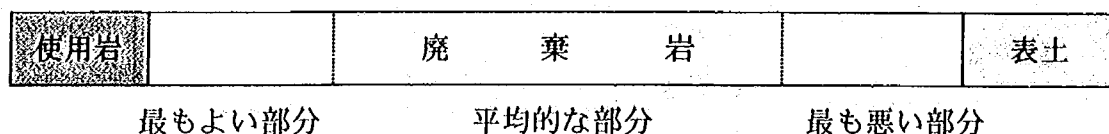


図-4.1 対象試料概念図

表-4.2 には、各試験試料の採取、作製方法と廃棄岩の生じる主たる理由を示す。また、写真-4.1～4.10 に各原石山の写真（全景、近傍）を示すとともに、40-20mm の粒径について各試験試料の写真を写真-4.11～4.15 に示す。

表-4.2 試験試料の採取、作製方法と廃棄岩の生じる理由

	使用岩	廃棄岩			廃棄岩の生じる主たる理由
		最も品質が良いグループ	品質が平均的なグループ	最も品質が悪いグループ	
a ダム	骨材貯蔵設備から採取し、人力による篩分け	原石山にて人力による掘削後、人力による篩分け	同左	同左	破砕帯と強風化部が連続する部分の存在
b ダム	骨材貯蔵設備から採取し、人力による篩分け	原石山にて人力による掘削後、人力による篩分け（10～5mm は採取困難のため 40mm 以上をミニクラッシャで破砕して作製）	原石山にて人力による掘削後、人力による篩分け（20～10、10～5mm は粘土分が多くて篩が行えないため軽く洗浄して粒径を揃えて作製）	原石山にて人力による掘削後、人力による篩分け（10～5mm は採取困難のため、洗浄およびミニクラッシャでの破砕にて作製）	・風化しており、岩塊が軟質であること ・モンモリロナイト脈が網目状に発達していること ・割れ目が発達していること
c ダム	骨材貯蔵設備から採取し、人力による篩分け	骨材貯蔵設備 ^{※1} から人力による選別採取	同左	— ^{※2}	変質帯および強風化部分の存在
d ダム	骨材貯蔵設備から採取し、人力による篩分け	原石山にてブレーカー、バックホウによる掘削後、人力による篩分け	同左	— ^{※3}	比重、吸水率が規格値に満たない。
e ダム	骨材貯蔵設備から採取し、人力による篩分け	原石山にて発破し、バックホウではねつけた後、人力による篩分け	同左	同左	大玉がとれない。

※1：c ダムでは、使用岩に 2 割まで低品質骨材（本来は廃棄岩）の混入を許容しており、骨材貯蔵設備から廃棄岩を選別して採取した。

※2：c ダムでは、最も品質の悪いグループは粘土状となり、一定粒径の製品骨材とはならず、採取が困難であった。

※3：d ダムでは、原石採取が最終段階を迎えており、最も品質の悪いグループは、既に土捨て場で処理済みであり、試料採取ができなかった。



写真-4.1 原石山全景 (a ダム)



写真-4.2 原石山近景 (a ダム)

①：廃棄岩（最も品質の良いグループ）

②：廃棄岩（品質の平均的なグループ）

③：廃棄岩（最も品質の悪いグループ）



写真-4.3 原石山全景 (b ダム)



写真-4.4 原石山近景 (b ダム)

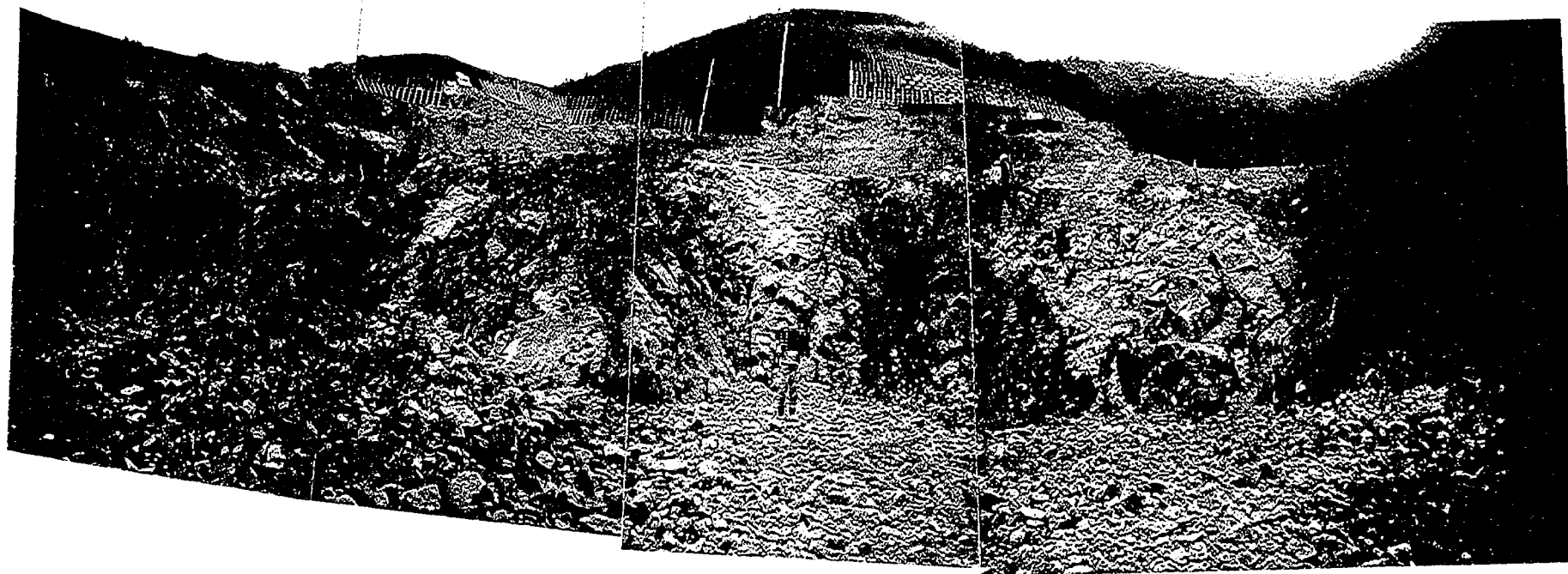


写真-4.5 原石山全景 (c ダム)



写真-4.6 (1) 原石山近景1 (c ダム) 熱変質部

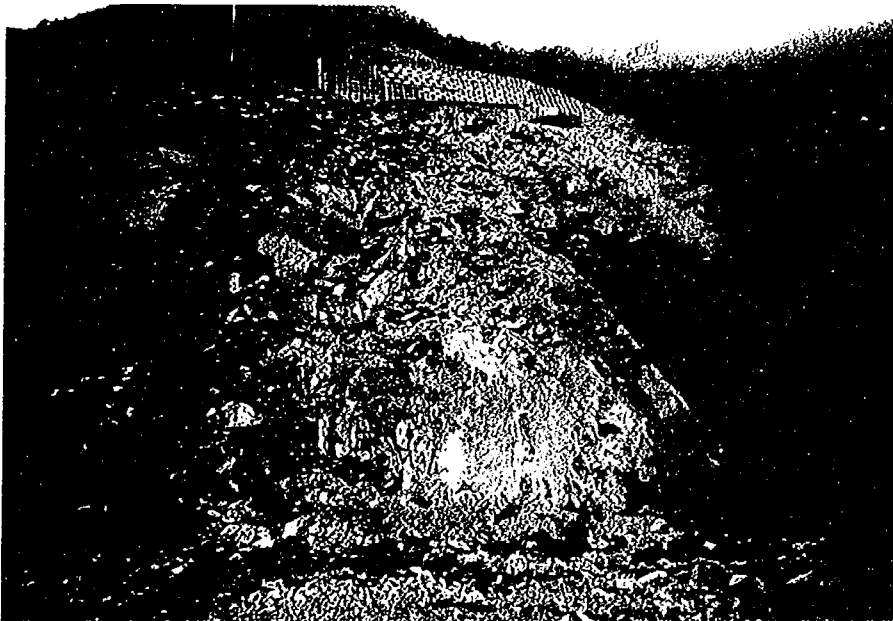


写真-4.6 (2) 原石山近景2 (c ダム) 風化部



写真-4.7 原石山全景 (dダム)

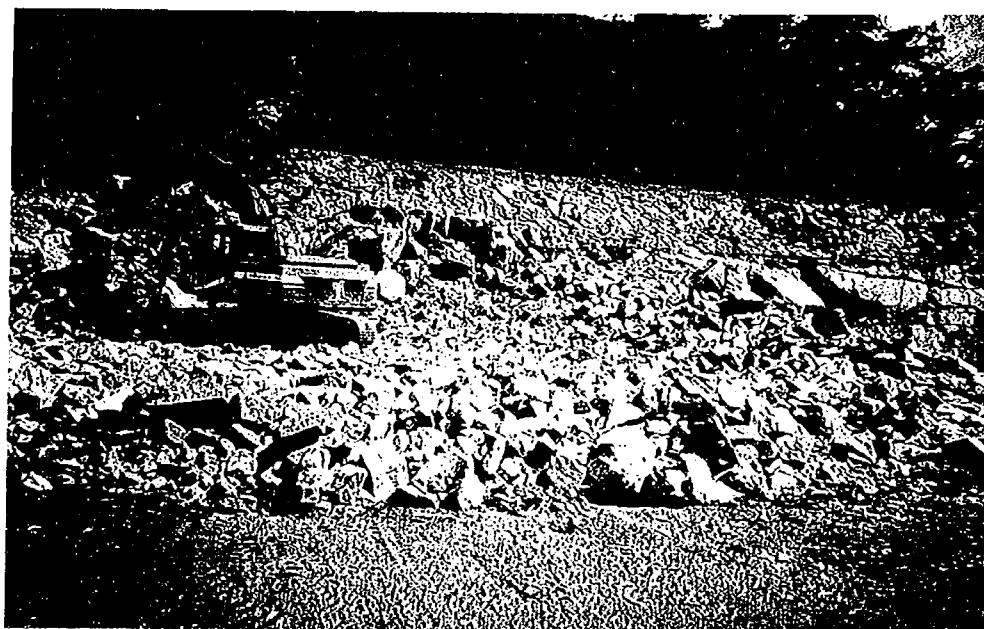


写真-4.8 (1) 原石山近景1 (dダム) 使用岩



写真-4.8 (2) 原石山近景2 (d ダム) 廃棄岩 (最も品質の良いグループ)

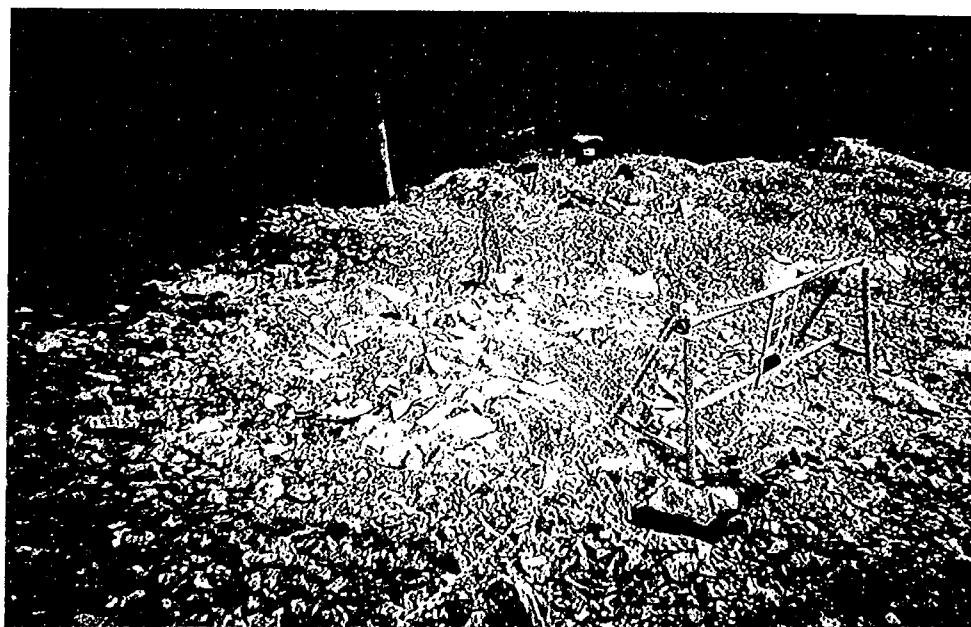


写真-4.8 (3) 原石山近景3 (d ダム) 廃棄岩 (品質の平均的なグループ)



写真-4.9 原石山全景 (e ダム)

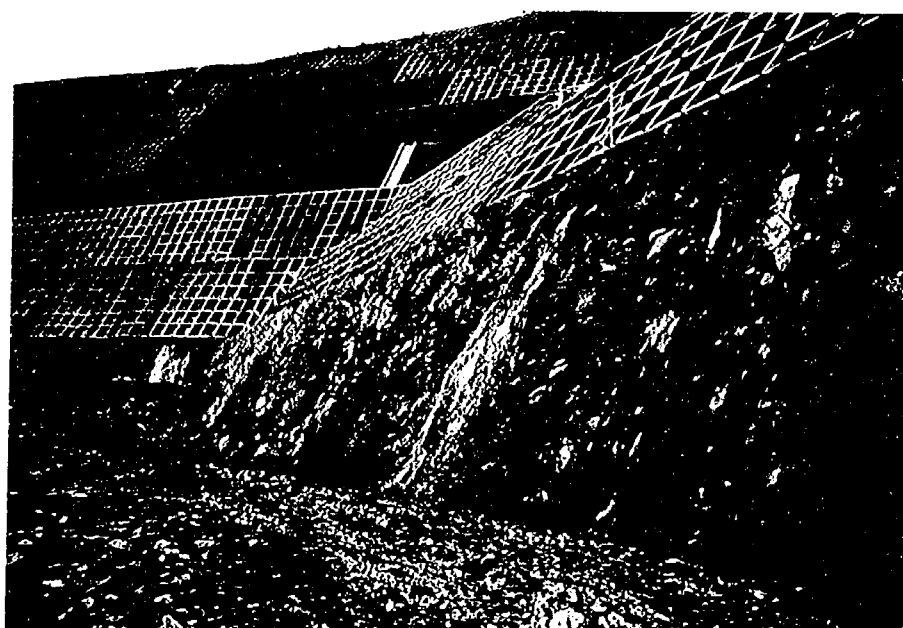


写真-4.10 原石山近景 (e ダム)

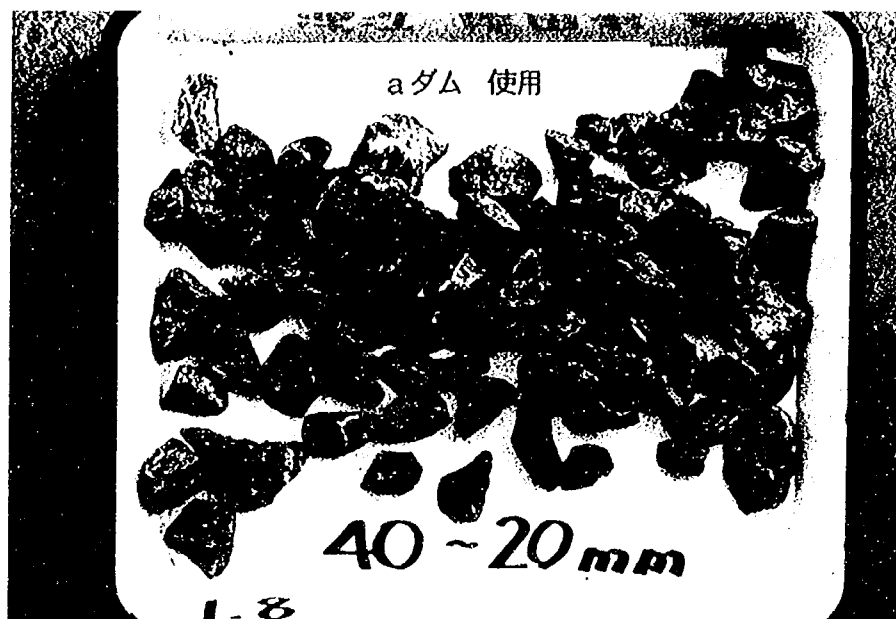


写真-4.11 (1) 試験試料 (aダム、使用岩)

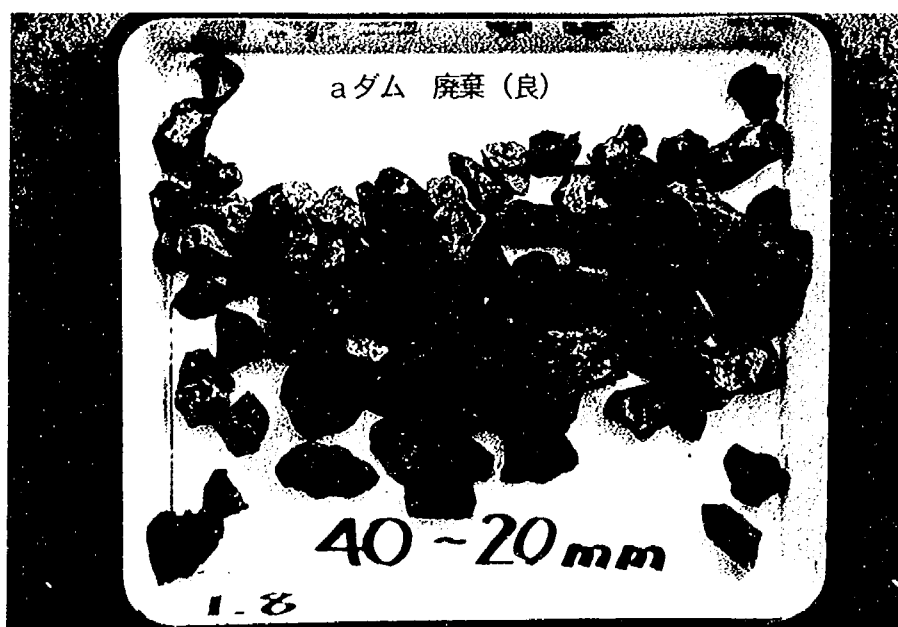


写真-4.11 (2) 試験試料 (aダム、廃棄岩：最も品質の良いグループ)



写真-4.11 (3) 試験試料 (aダム、廃棄岩：品質の平均的なグループ)

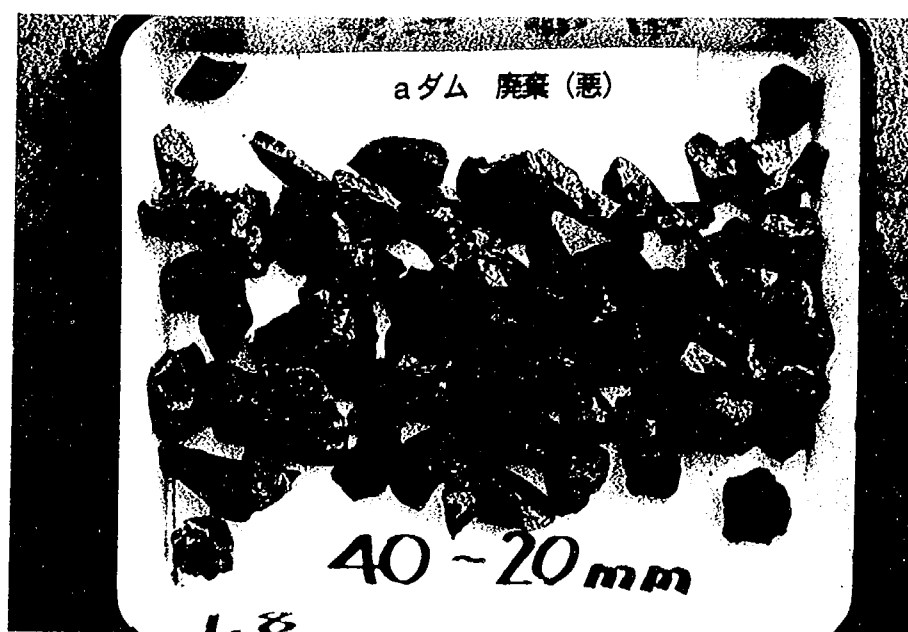


写真-4.11 (4) 試験試料 (aダム、廃棄岩：最も品質の悪いグループ)

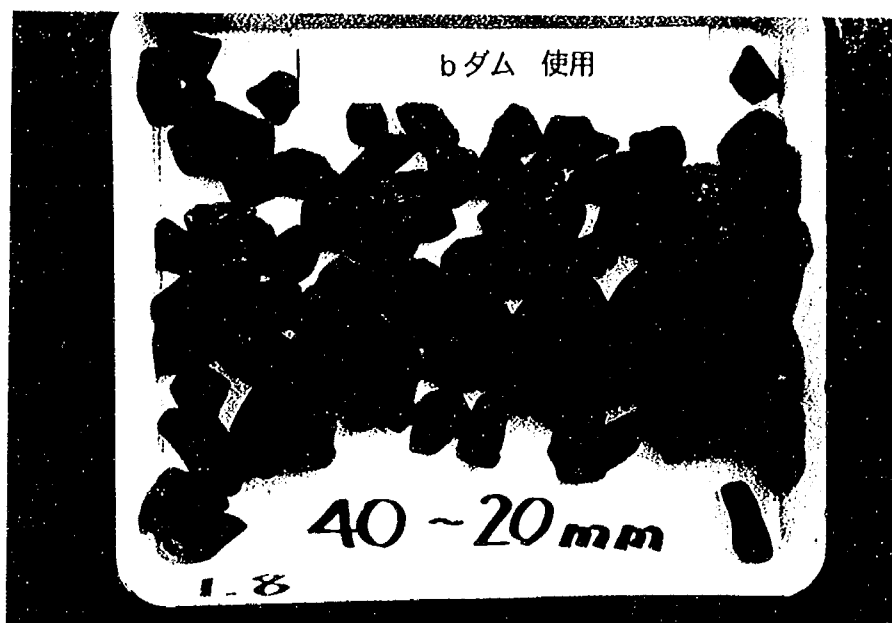


写真-4.12 (1) 試験試料 (bダム、使用岩)

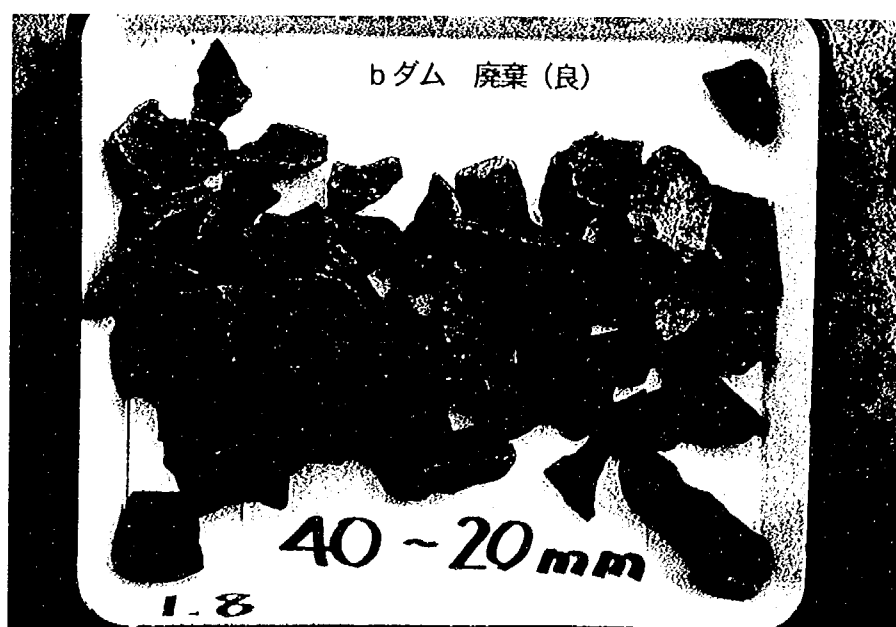


写真-4.12 (2) 試験試料 (bダム、廃棄岩：最も品質の良いグループ)

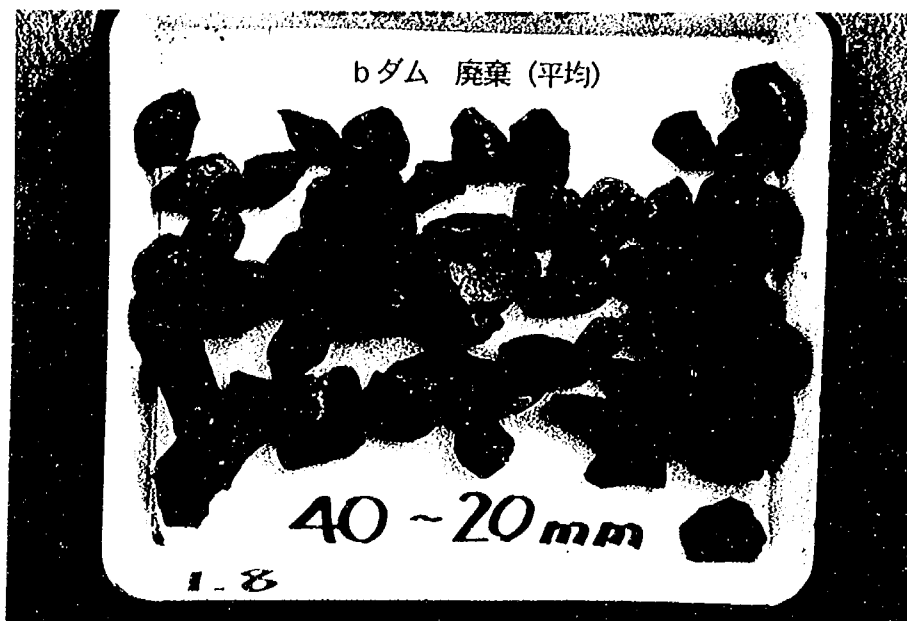


写真-4.12 (3) 試験試料 (b ダム、廃棄岩：品質の平均的なグループ)

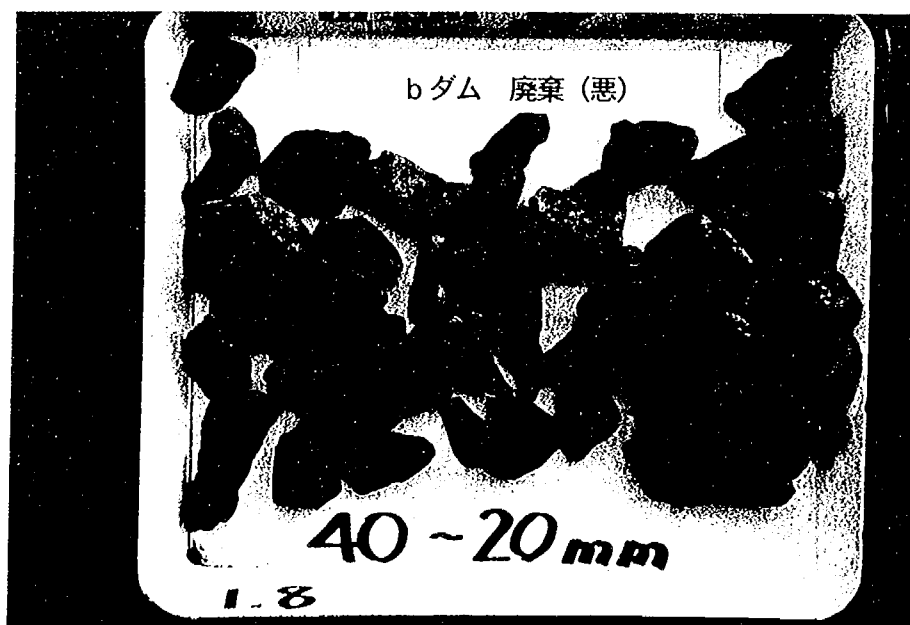


写真-4.12 (4) 試験試料 (b ダム、廃棄岩：最も品質の悪いグループ)



写真-4.13 (1) 試験試料 (cダム、使用岩)

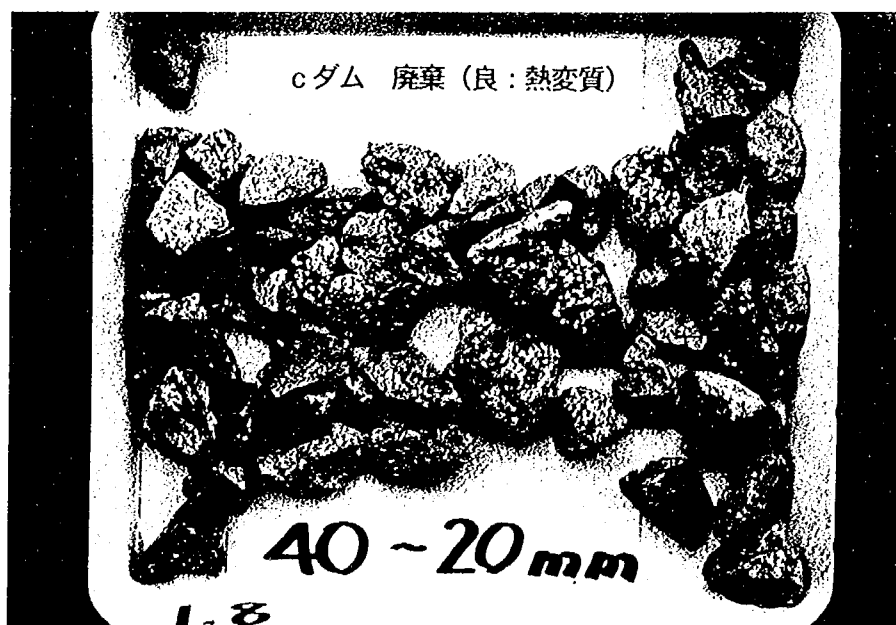


写真-4.13 (2) 試験試料 (cダム、廃棄岩：最も品質の良いグループ (熱変質))

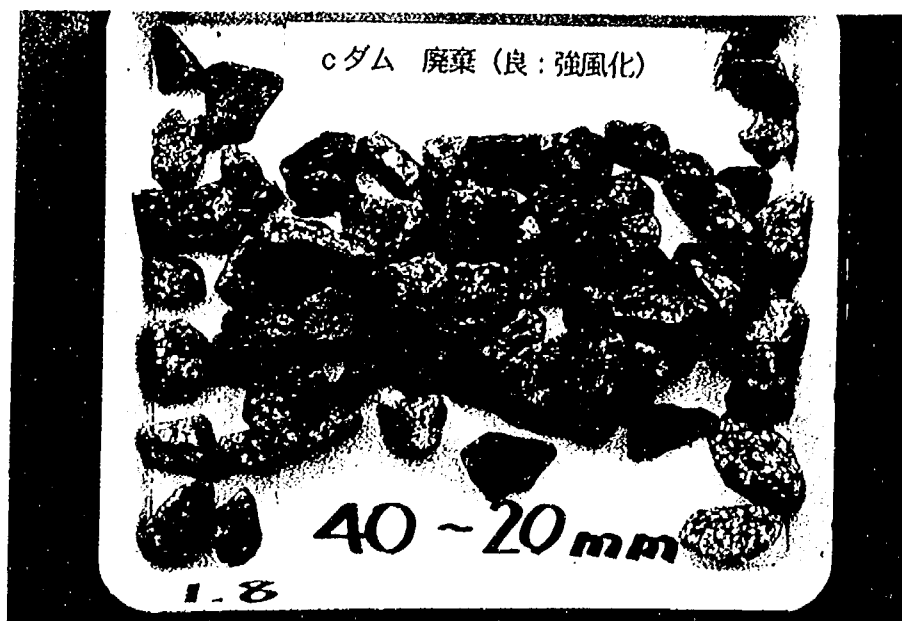


写真-4.13 (3) 試験試料 (cダム、廃棄岩: 最も品質の良いグループ (強風化))

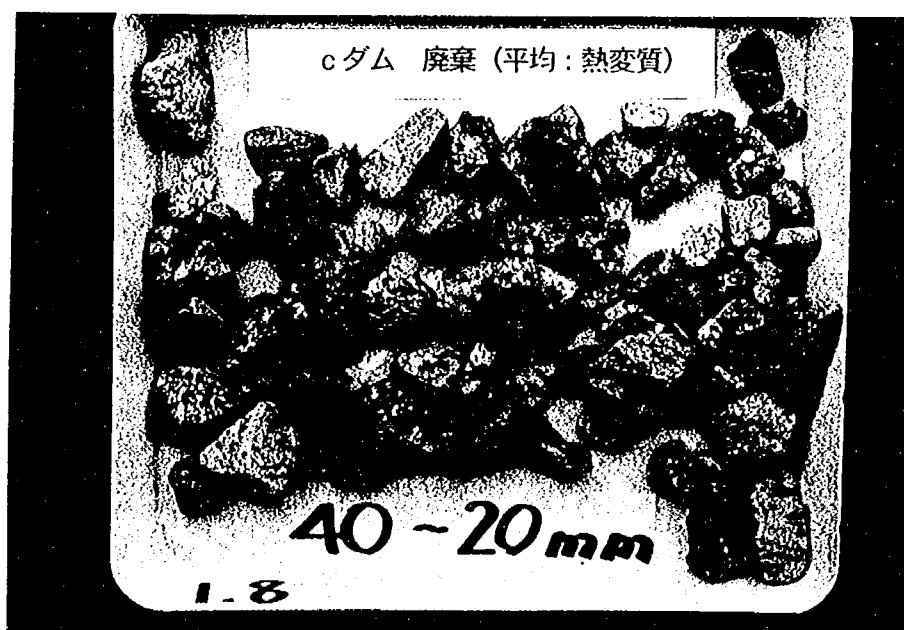


写真-4.13 (4) 試験試料 (cダム、廃棄岩: 品質の平均的なグループ (熱変質))

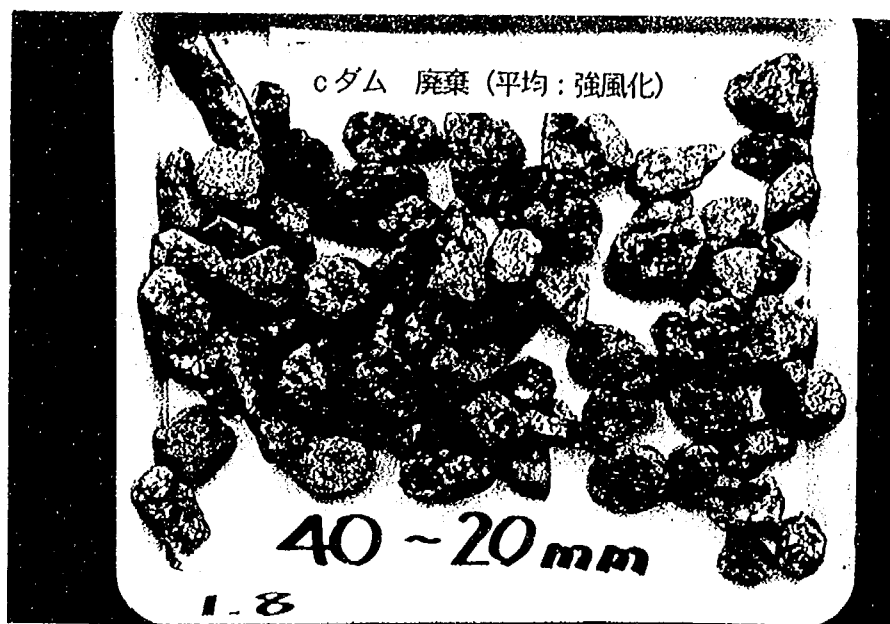


写真-4.13 (5) 試験試料 (c ダム、廃棄岩: 品質の平均的なグループ (強風化))

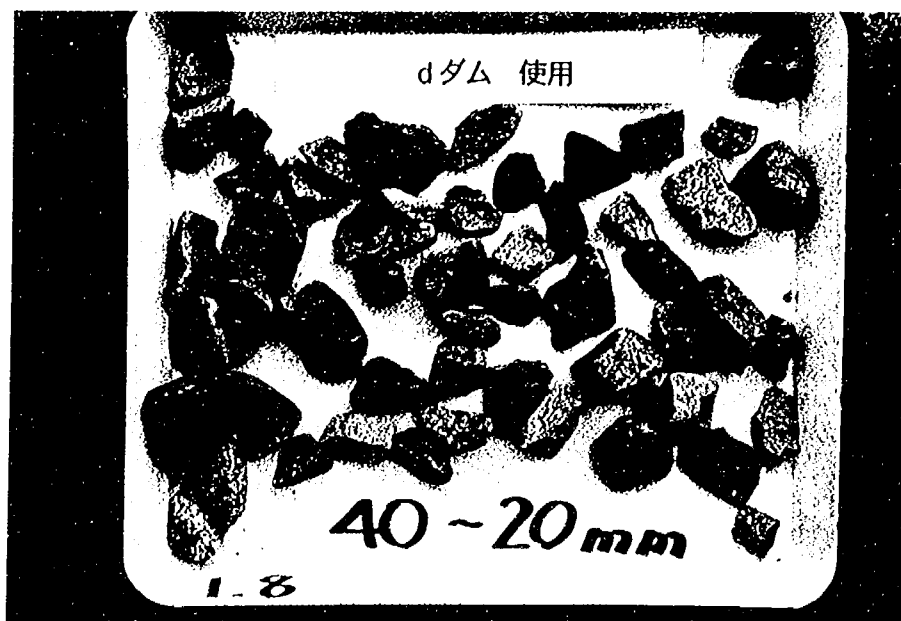


写真-4.14 (1) 試験試料 (dダム、使用岩)

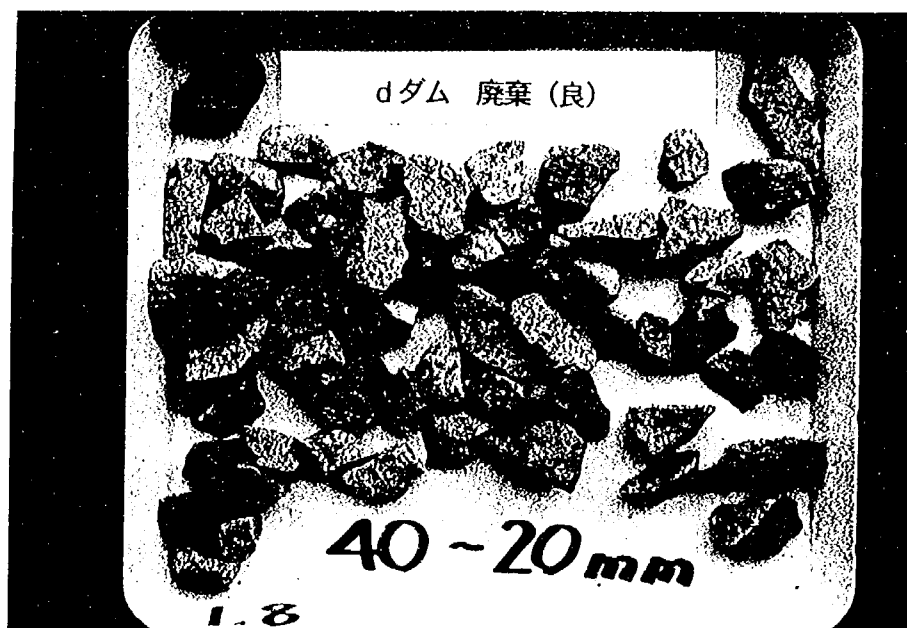


写真-4.14 (2) 試験試料 (dダム、廃棄岩：最も品質の良いグループ)

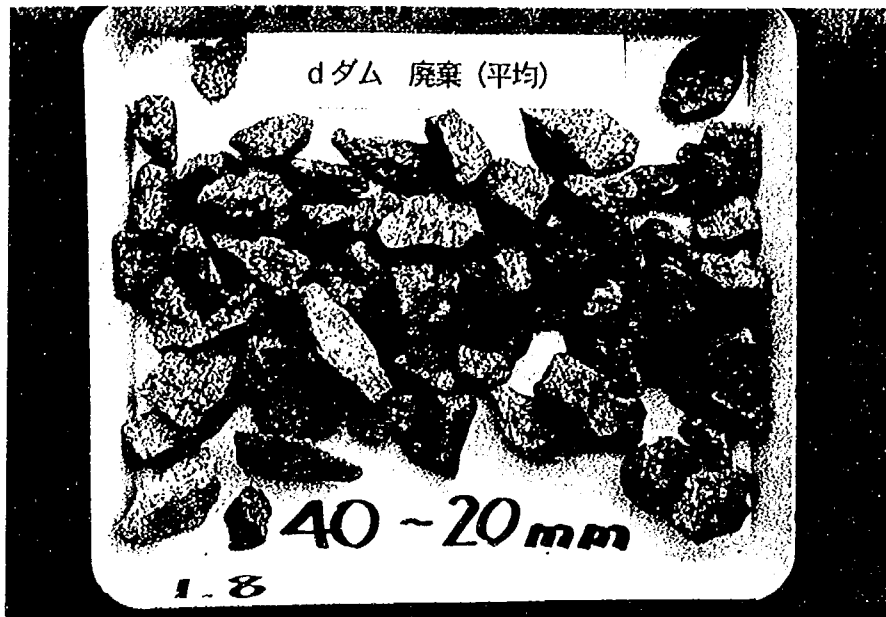


写真-4.14 (3) 試験試料 (d ダム、廃棄岩：品質の平均的なグループ)

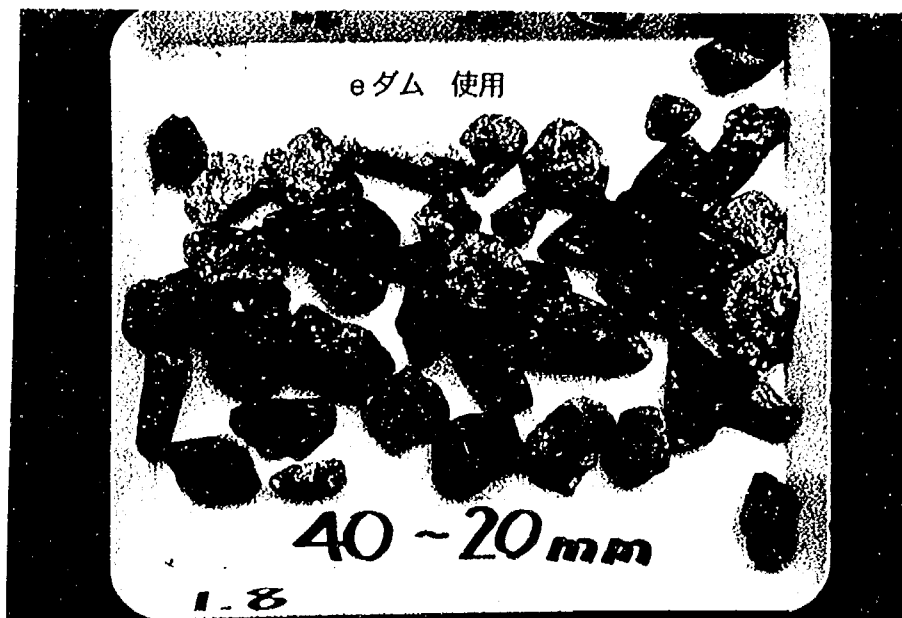


写真-4.15 (1) 試験試料 (eダム、使用岩)

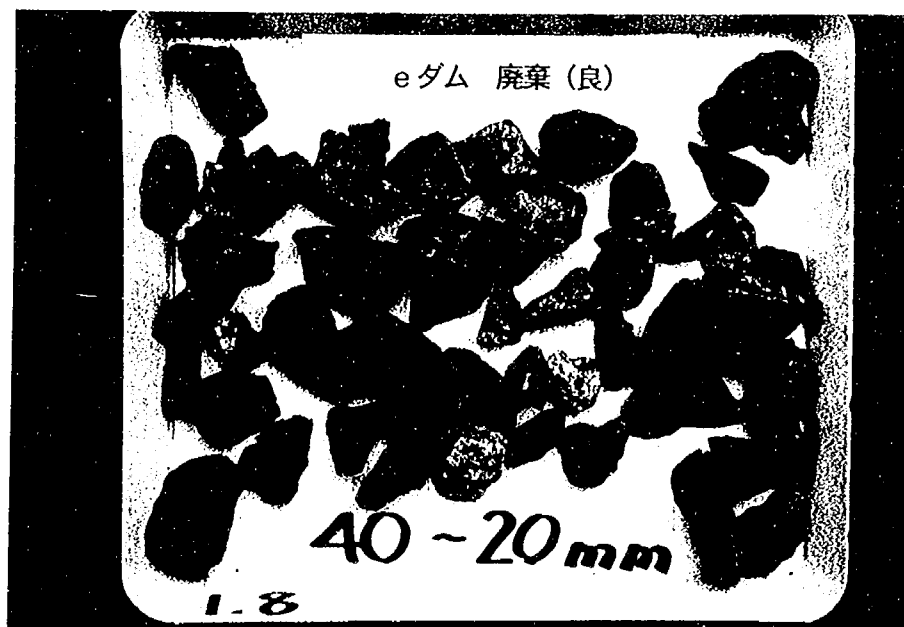


写真-4.15 (2) 試験試料 (eダム、廃棄岩：最も品質の良いグループ)

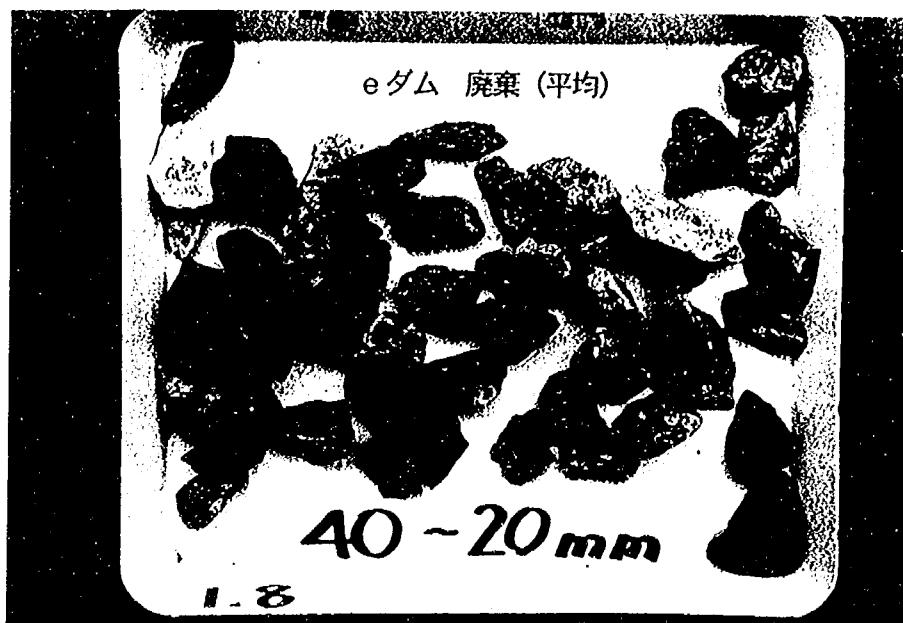


写真-4.15 (3) 試験試料 (eダム、廃棄岩：品質の平均的なグループ)

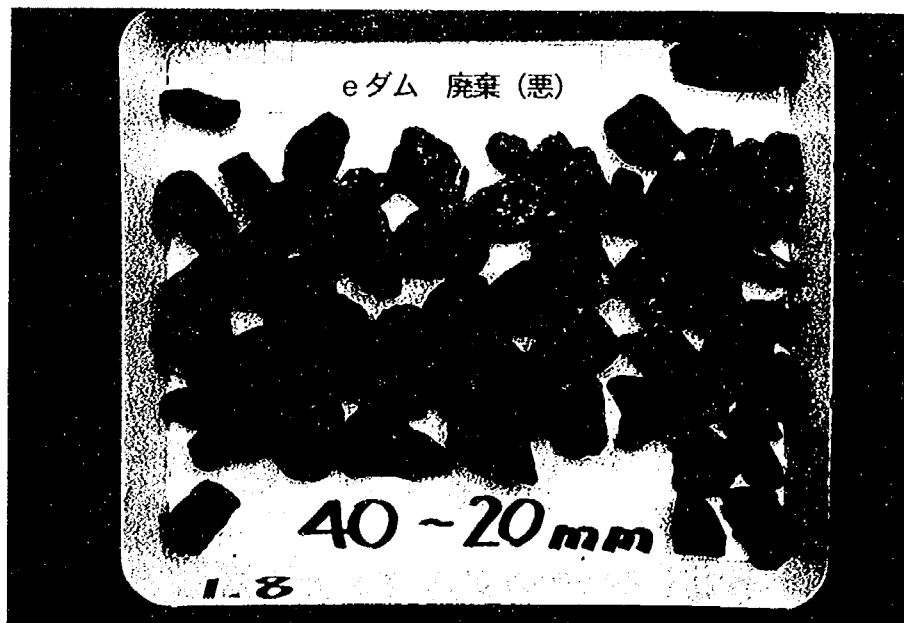


写真-4.15 (4) 試験試料 (eダム、廃棄岩：最も品質の悪いグループ)

4.1.3 調査項目

各原石材料に対する調査項目を表-4.3 に示す。なお、「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験」は JIS に示された A 粒度 (40~10mm) と C 粒度 (15~5mm) について試験を行い、「粗骨材の点載荷試験」では粒径 40~20mm の粗骨材について試験を行った。その他の試験は、40~20mm、20~10mm、10~5mm の 3 粒径について行った。

表-4.3 調査項目

試験項目		粒径	備考
物理試験	粗骨材の比重および吸水率試験	40-20、20-10、10-5mm	JIS A 1110に準拠
	ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験	A粒度、C粒度	JIS A 1121に準拠
	硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験	40-20、20-10、10-5mm	JIS A 1122に準拠
力学試験	粗骨材の点載荷試験	40-20mm	

4.2 調査結果

4.2.1 物理試験結果

図-4.17～4.21 に各ダムにおけるグループ毎に整理した骨材の絶乾比重、表乾比重、吸水率、すりへり減量、安定性損失質量の値をそれぞれ示す。図中の「廃棄良」「廃棄平均」「廃棄悪」という表示は、「廃棄岩のうち品質の最も良いグループ」「廃棄岩のうち品質の平均的なグループ」「廃棄岩のうち品質の最も悪いグループ」をそれぞれ表している（以下同様）。また、図中の点線はコンクリート標準示方書で規定されている規準値である。c ダムおよび d ダムでは廃棄岩のうち品質の最も悪いグループが採取できなかったが、c ダムについては、廃棄岩のうち品質の最も良いグループと品質の平均的なグループを熱変質が原因で廃棄された材料と強風化が原因で廃棄された材料の 2 種類に細分してグラフ化してある。

絶乾比重、表乾比重について見ると、使用岩から廃棄岩のうち品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループへと移行するにつれてその値が低下する傾向にある。また、ダムによっては同グループ内でも粒形が小さくなるにつれて比重が低下する傾向が読みとれる。

次に、吸水率について見ると、使用岩から廃棄岩のうち品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループへと移行するにつれてその値が増加する傾向にある。また、ダムによっては同グループ内でも粒径が小さくなるにつれて吸水率が増加する傾向が見られる。また、B ダムについては、使用岩においても吸水率が規準値である 3% 以下に対して 1% 程度越えていた。

すりへり減量についても、比重・吸水率ほど明確でないものの全体的に見れば、使用岩から廃棄岩のうち品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループへと移行するにつれてその値が増加する傾向にある。なお、今回の試料においては、規格値の 40% を大きく上回るものは少なかった。

安定性損失質量についても、使用岩から廃棄岩のうち品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループへと移行するにつれてその値が増加する傾向が見られた。なお、c ダムを見ると、風化が原因の廃棄岩よりも熱変質が原因の廃棄岩の方が、安定性損失質量が大きかった。

以上の試験項目毎の結果（図-4.17～4.21 において「平均」として示した値）を、各ダム毎に総合的に整理して図-4.22 に示す。なお、図はコンクリート標準示方書で規定されている規準値を基準としてその良否を示したものである。各ダムとも、使用岩から廃棄岩のうち品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループへと移行するにつれて順次規準を下回る傾向にあり、各ダム毎の原石山で採取される原石材料の相対的な品質の評価はほぼ妥当であると考えられる。また、c ダム、d ダムおよび e ダムにおける廃棄岩では、品質の良いグループは規準値をほぼ満足しており、廃棄岩の中には使用可能な岩石材料もある程度含まれていると考えられる。特に、e ダムでは大玉がとれないことが主な廃棄理由となっているため、品質の最も悪いグループを除くと、材料の品質は全て規準値を満足している。

以上の結果より、4 種類の試験項目と品質との関係を取りまとめて表-4.4 に再整理する。表中、○

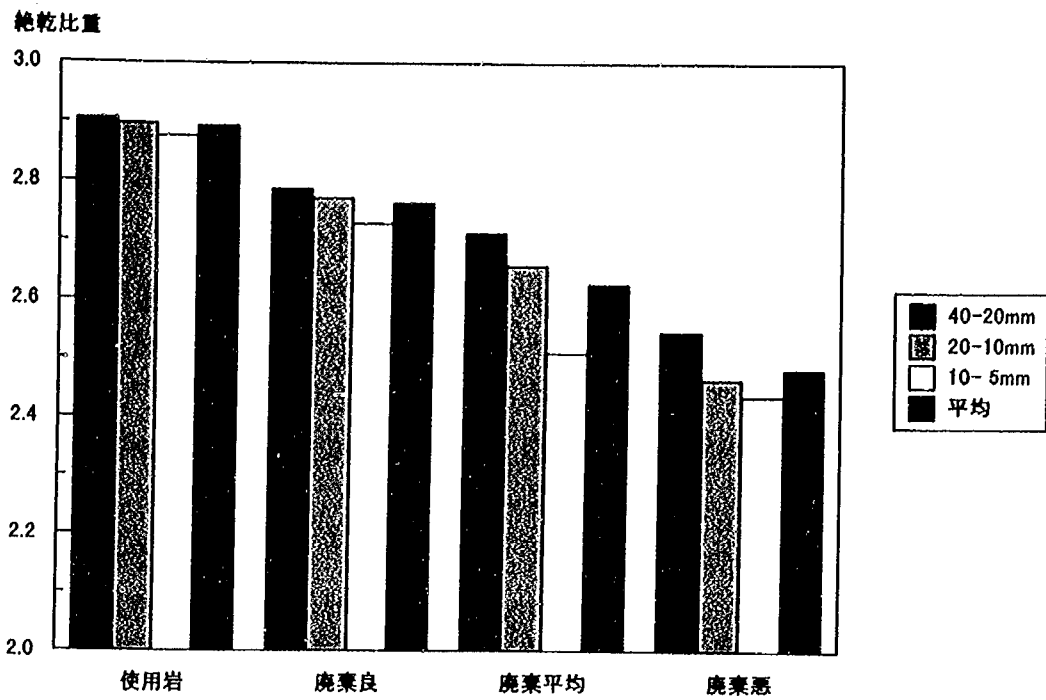


図-4.17(1) グループ毎の絶乾比重(a ダム)

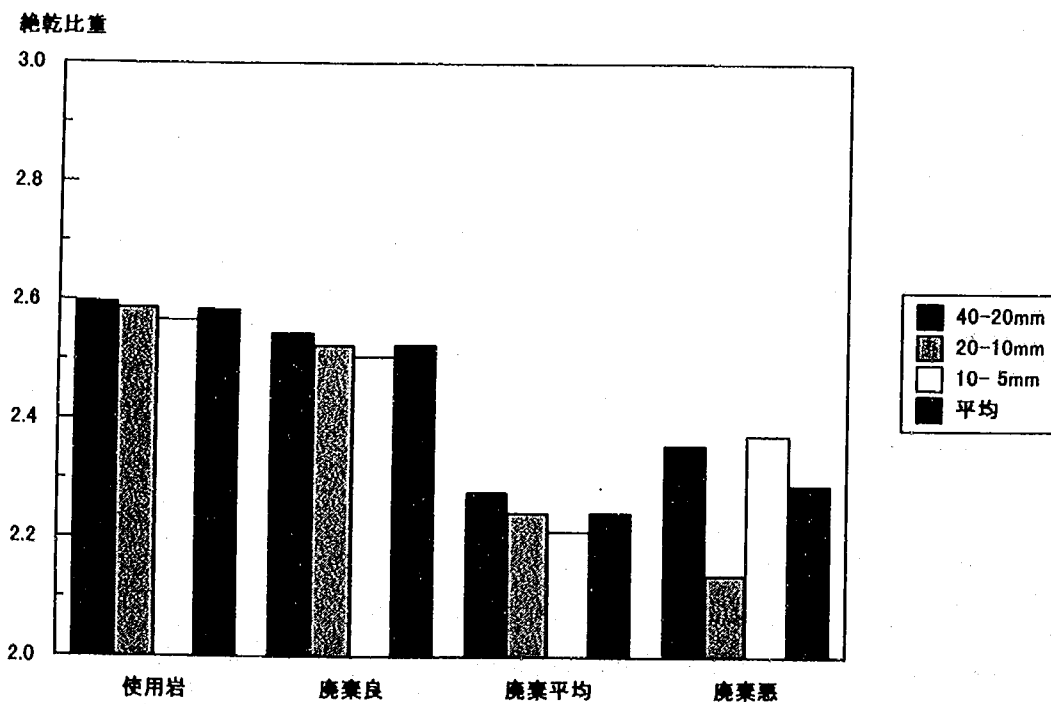


図-4.17(2) グループ毎の絶乾比重(b ダム)

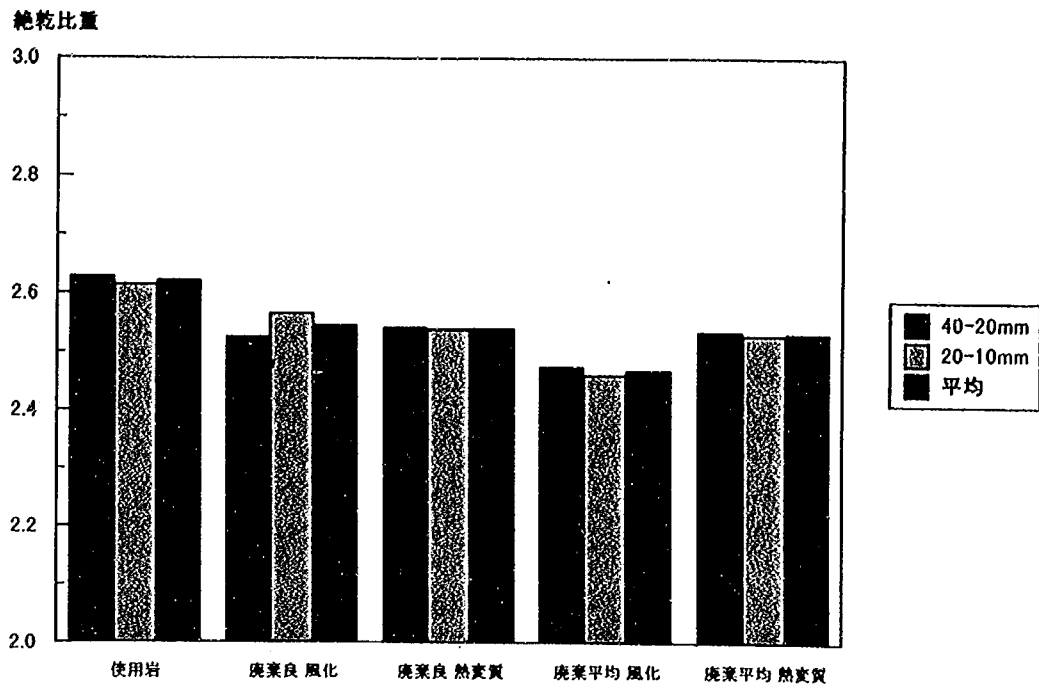


図-4.17(3) グループ毎の絶乾比重(c ダム)

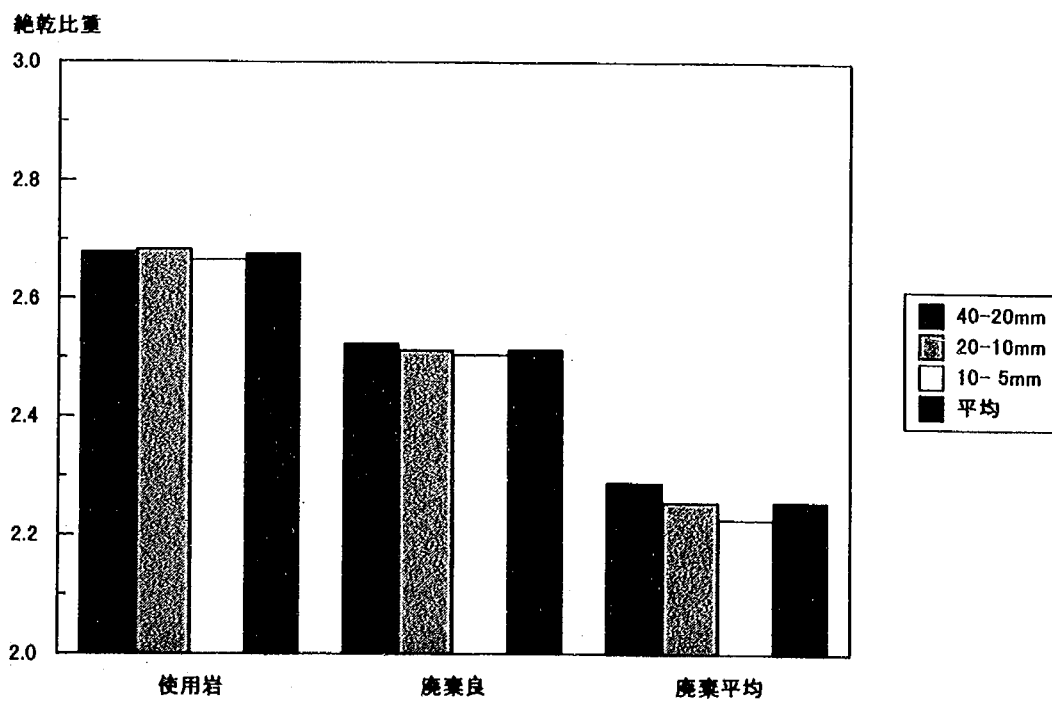


図-4.17(4) グループ毎の絶乾比重(d ダム)

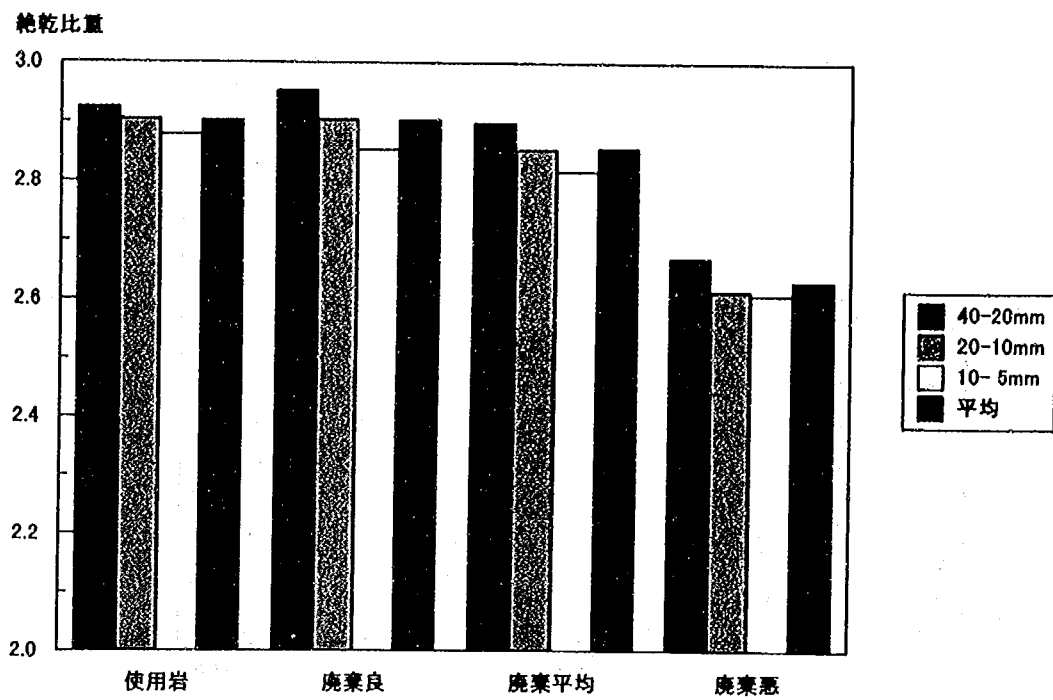


図-4.17(5) グループ毎の絶乾比重(e ダム)

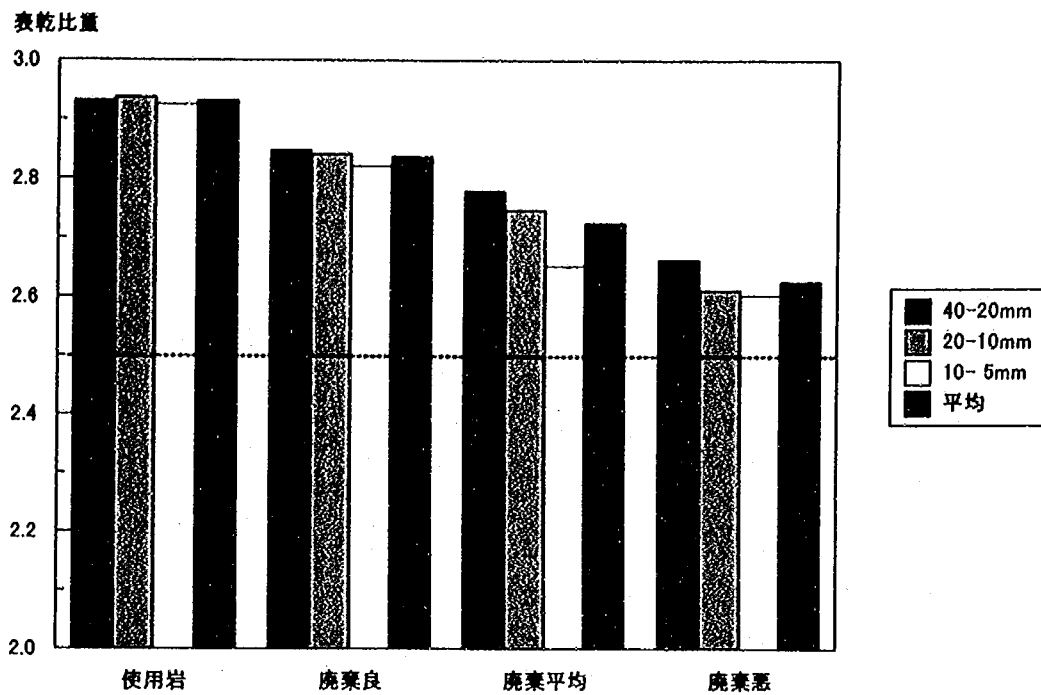


図-4.18(1) グループ毎の表乾比重(a ダム)

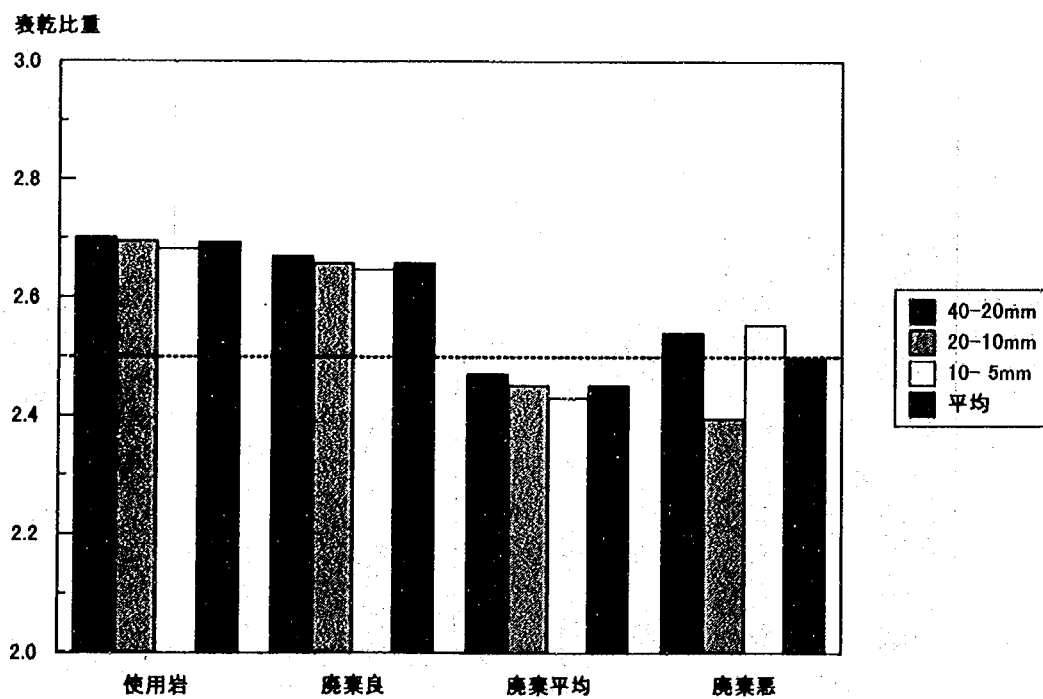


図-4.18(2) グループ毎の表乾比重(b ダム)

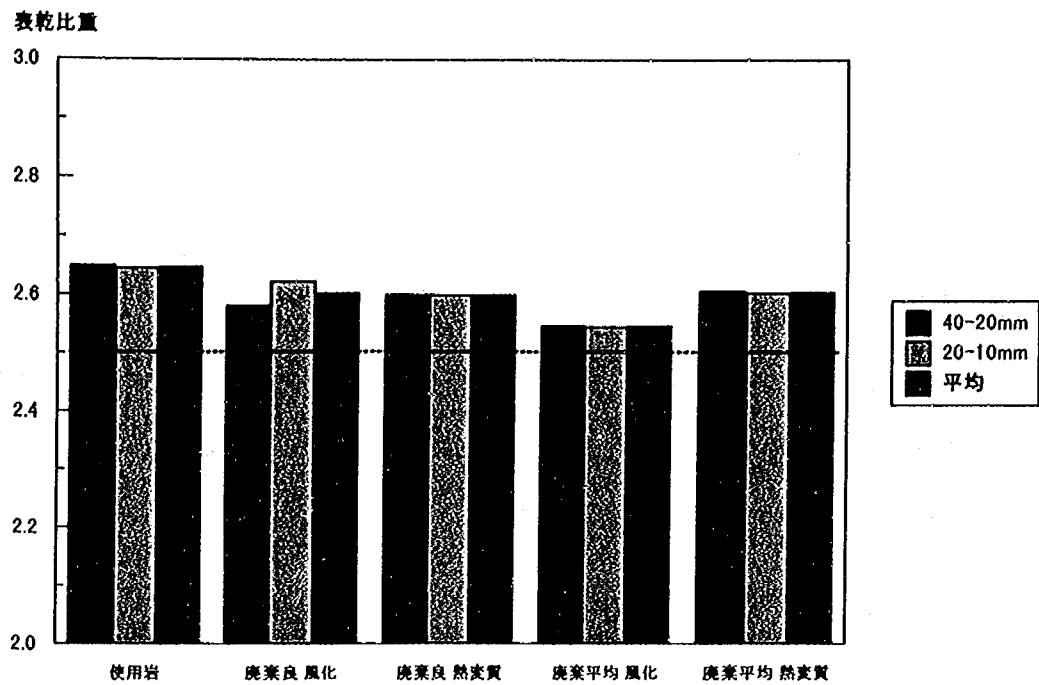


図-4.18(3) グループ毎の表乾比重(c ダム)

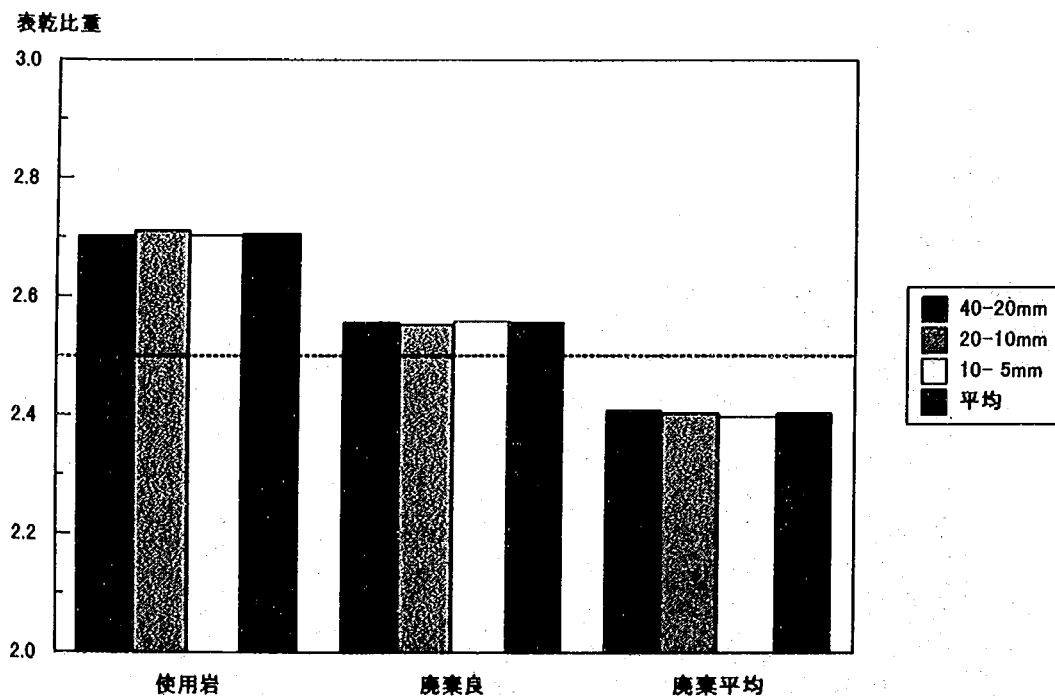


図-4.18(4) グループ毎の表乾比重(d ダム)

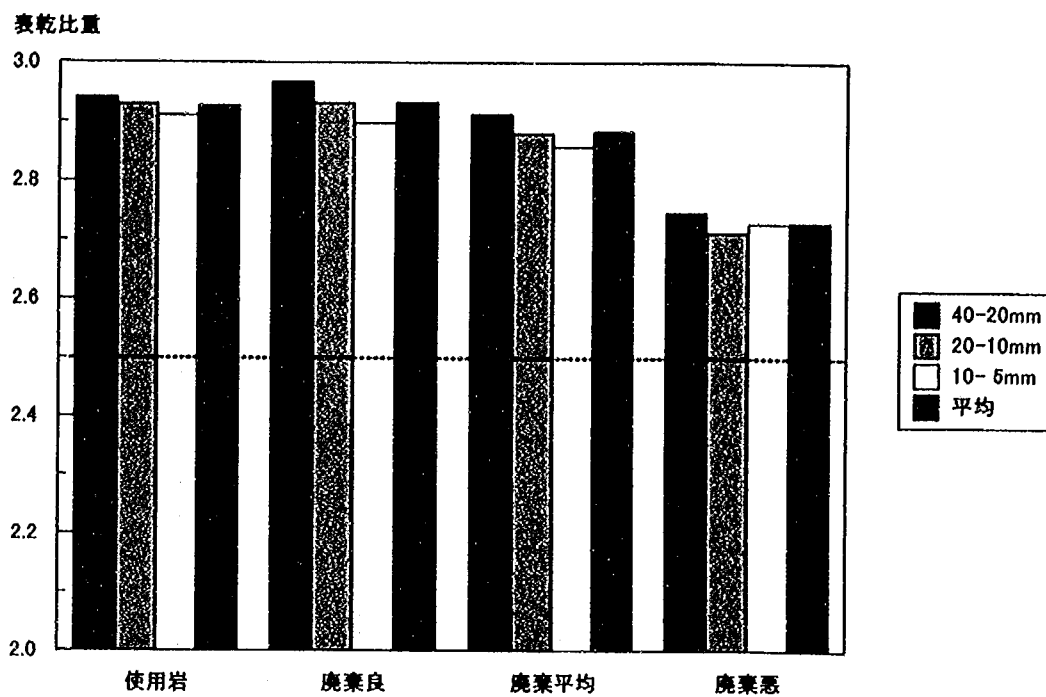


図-4.18(5) グループ毎の表乾比重(eダム)

吸水率(%)

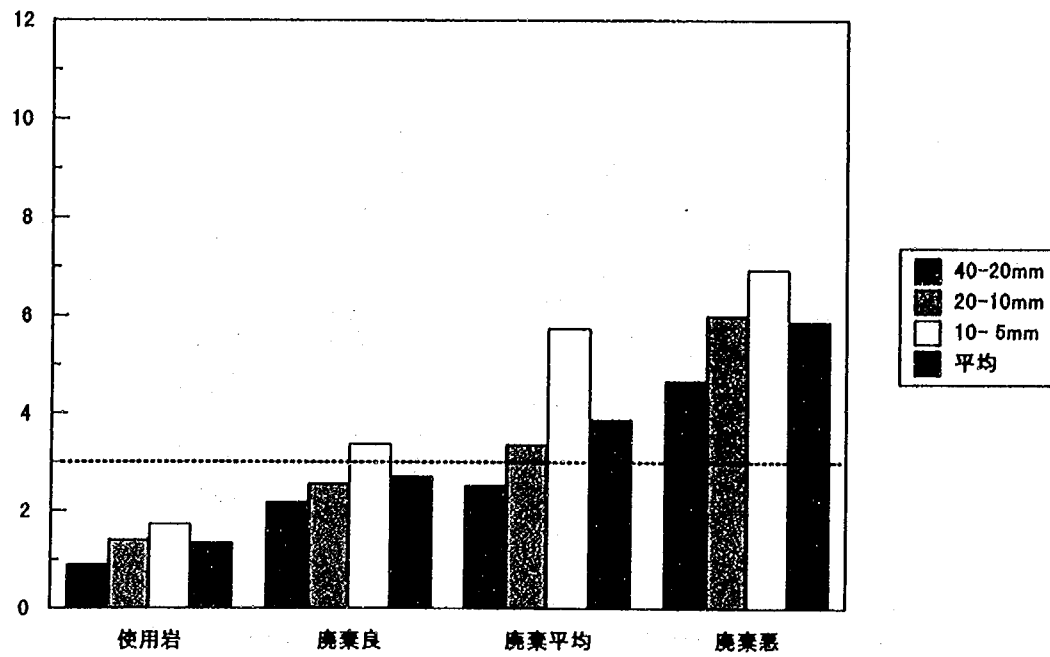


図-4.19(1) グループ毎の吸水率(a ダム)

吸水率(%)

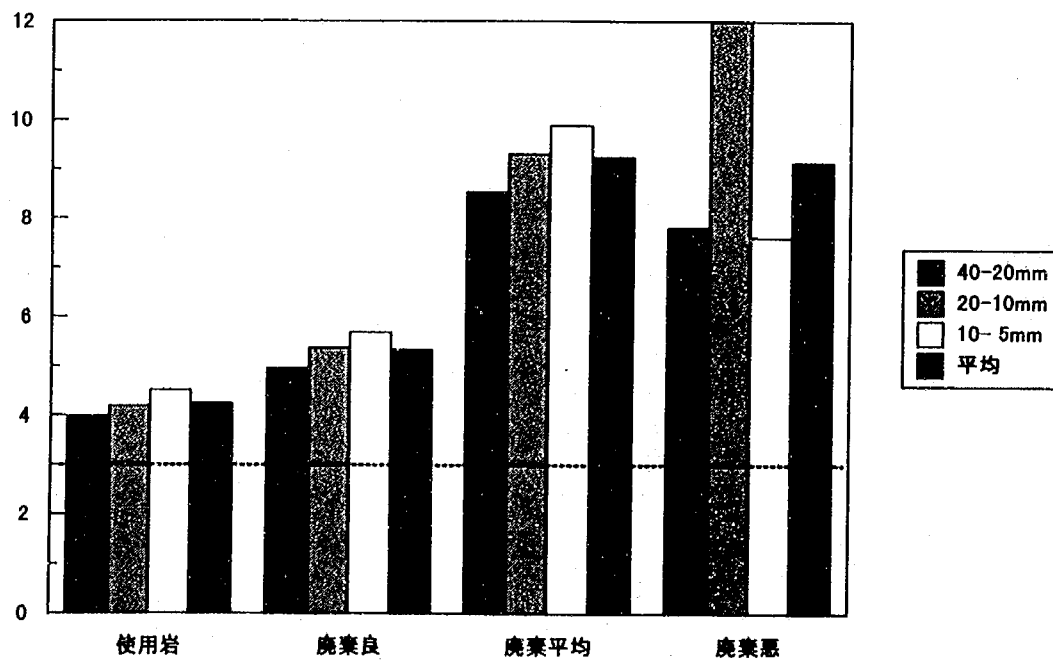


図-4.19(2) グループ毎の吸水率(b ダム)

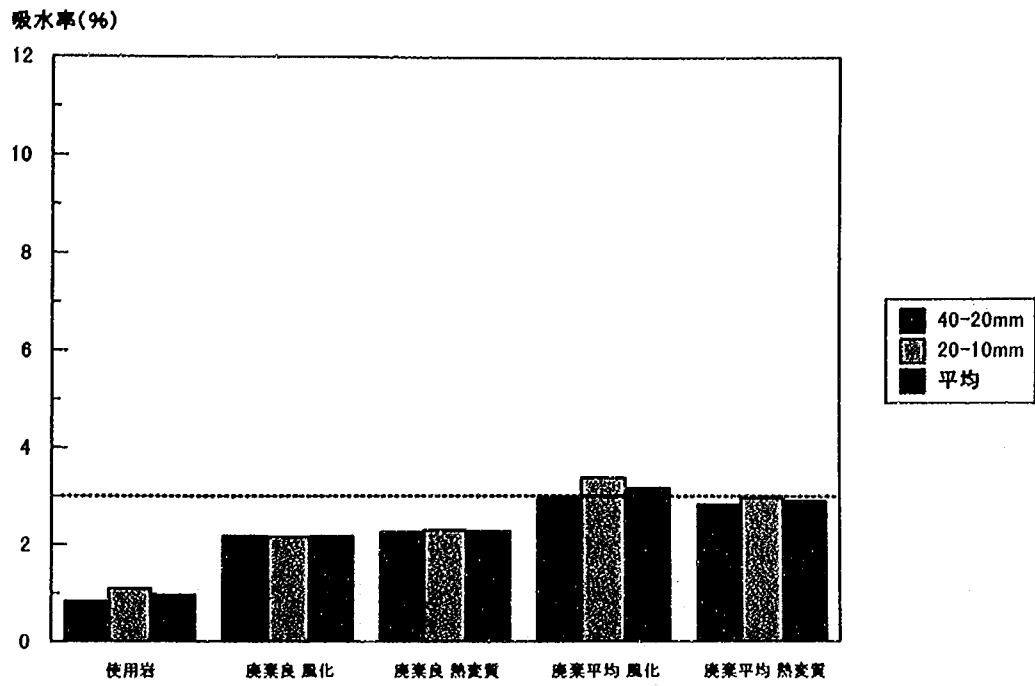


図-4.19(3) グループ毎の吸水率(c ダム)

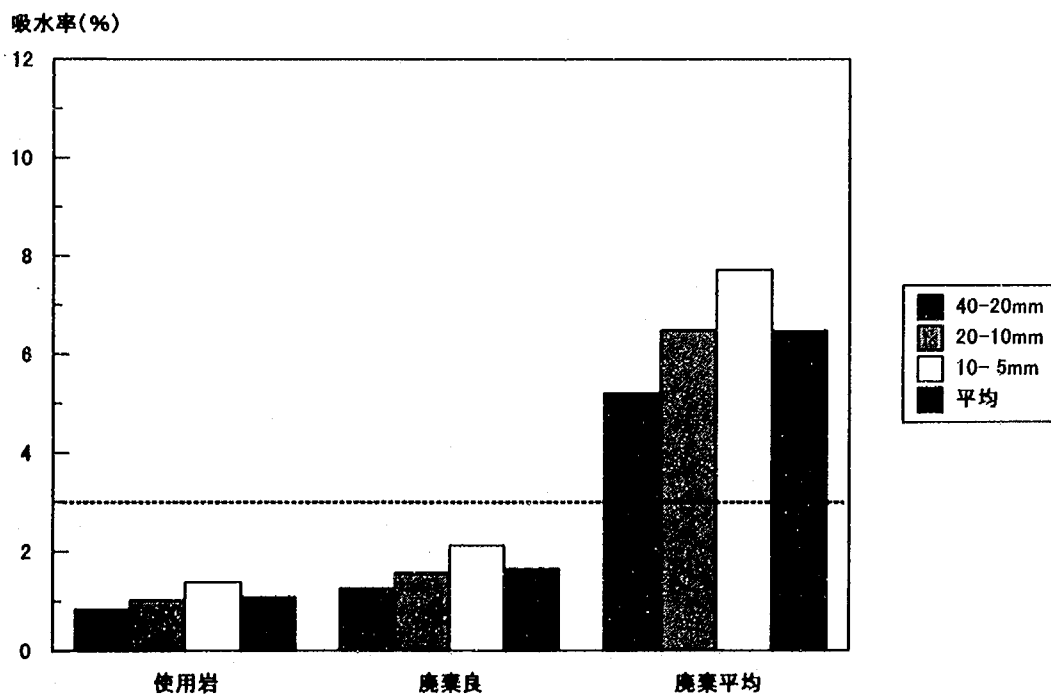


図-4.19(4) グループ毎の吸水率(d ダム)

吸水率(%)

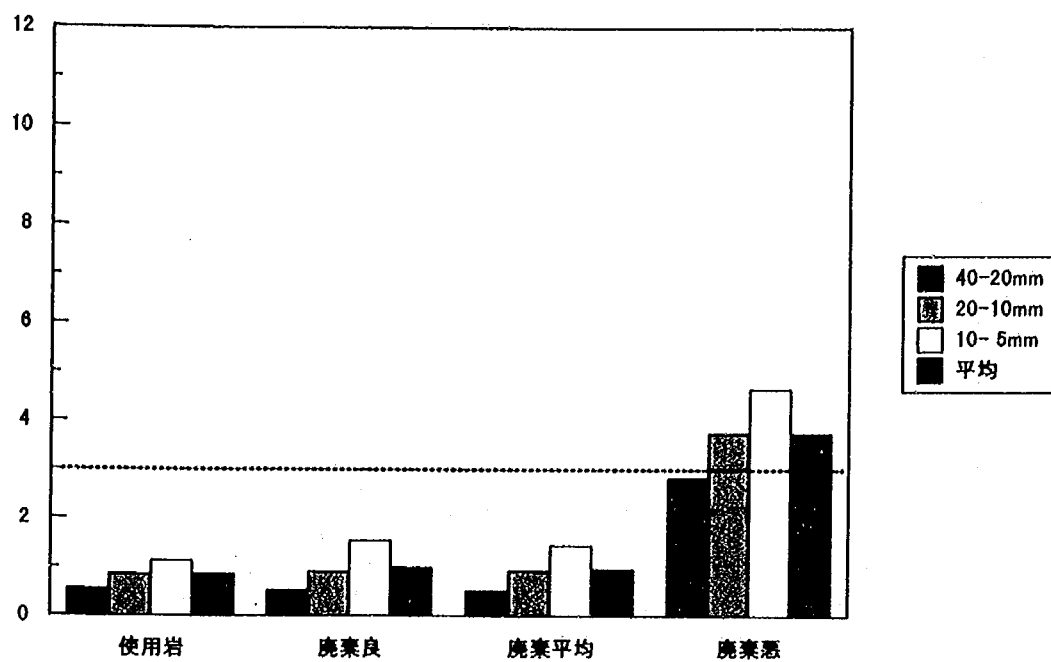


図-4.19(5) グループ毎の吸水率(e ダム)

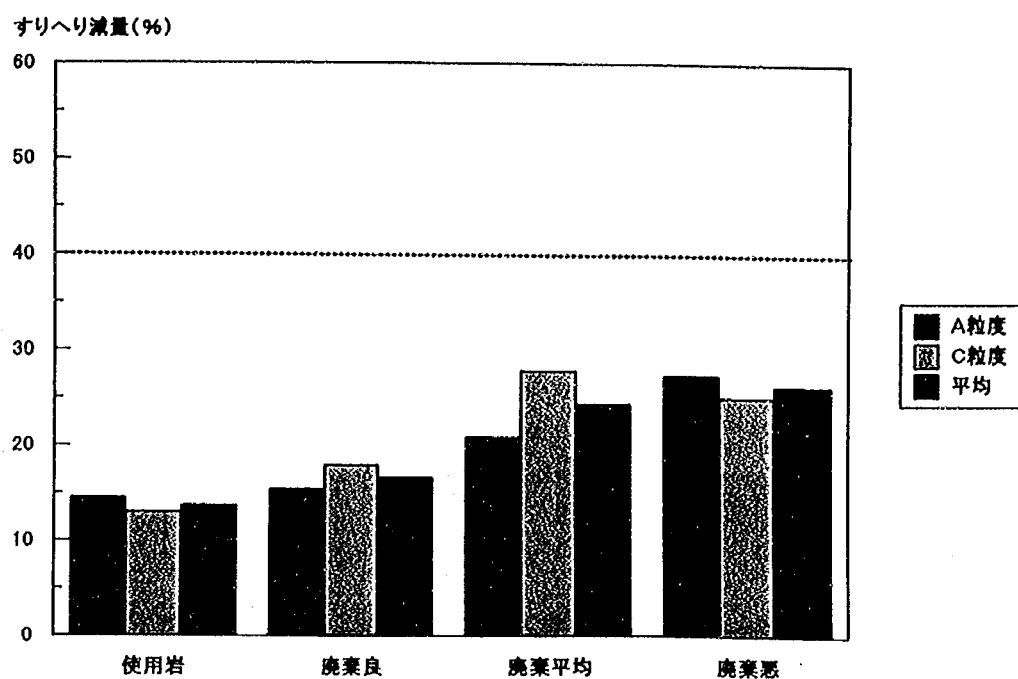


図-4.20(1) グループ毎のすりへり減量(a ダム)

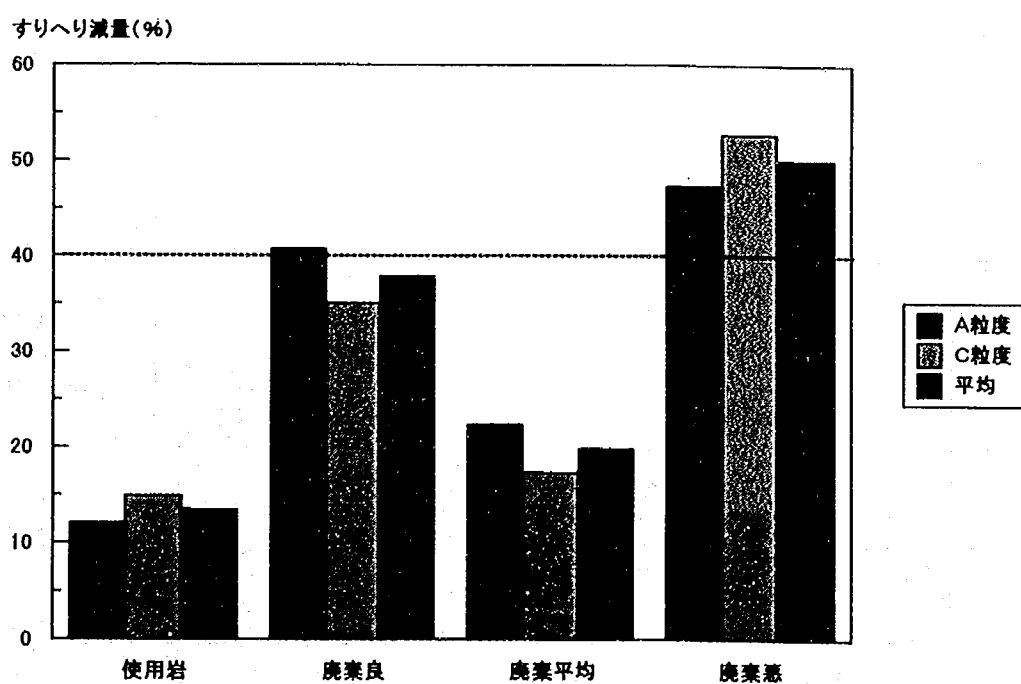


図-4.20(2) グループ毎のすりへり減量(b ダム)

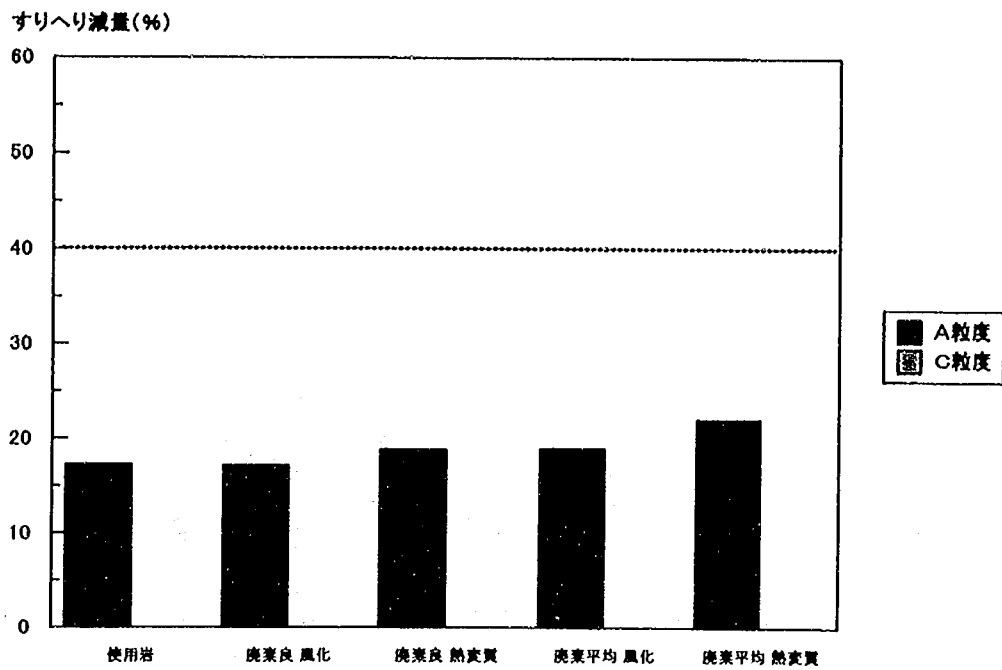


図-4.20(3) グループ毎のすりへり減量(c ダム)

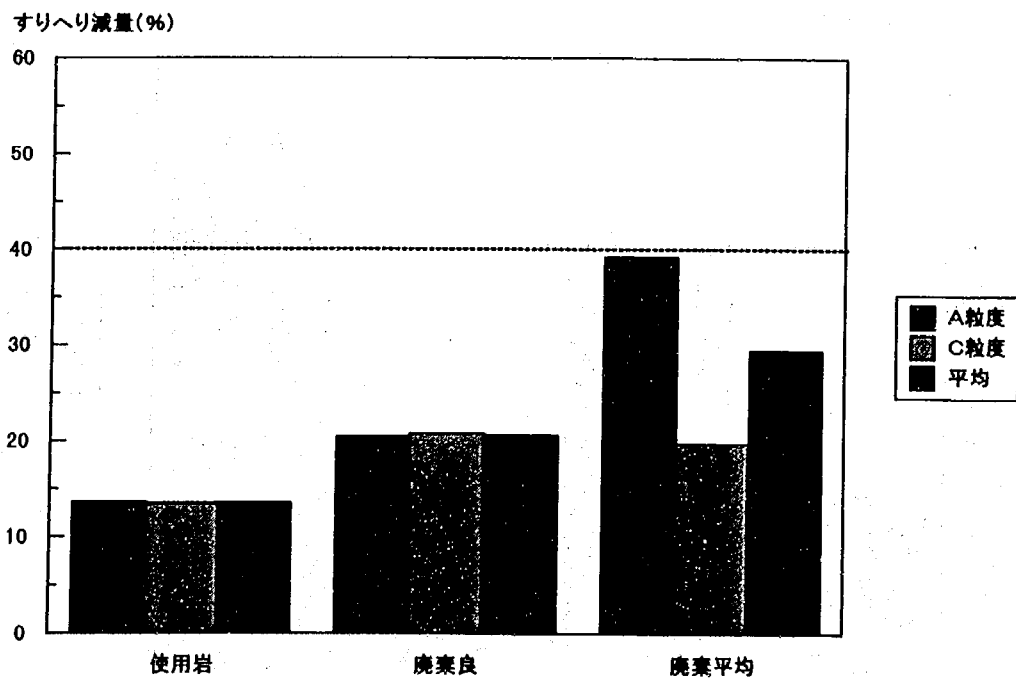


図-4.20(4) グループ毎のすりへり減量(d ダム)

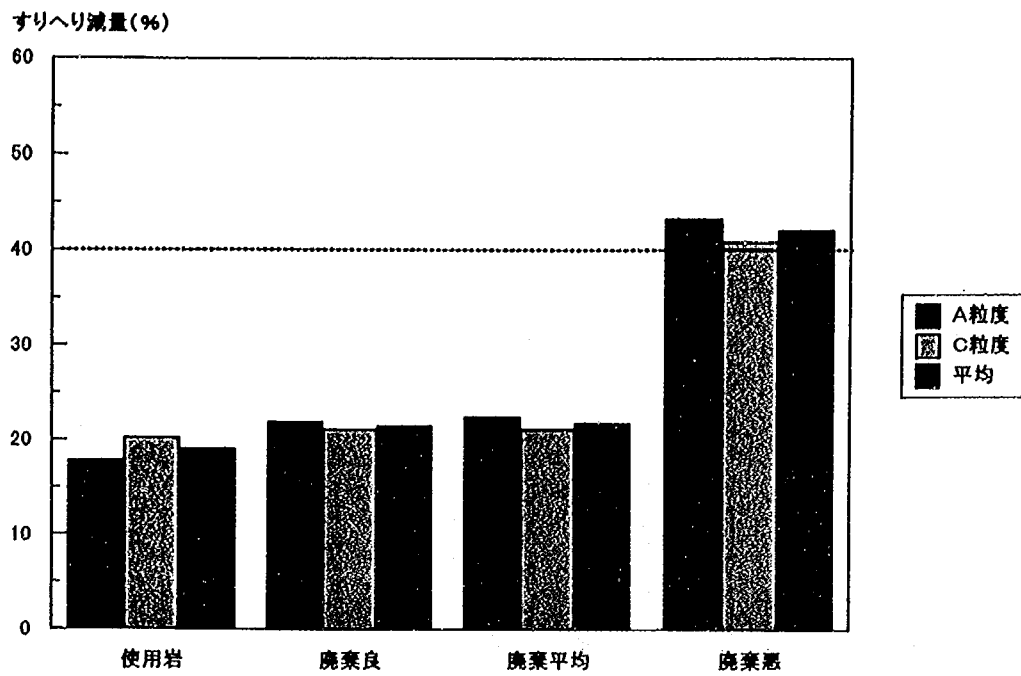


図-4.20(5) グループ毎のすりへり減量(e ダム)

安定性損失質量(%)

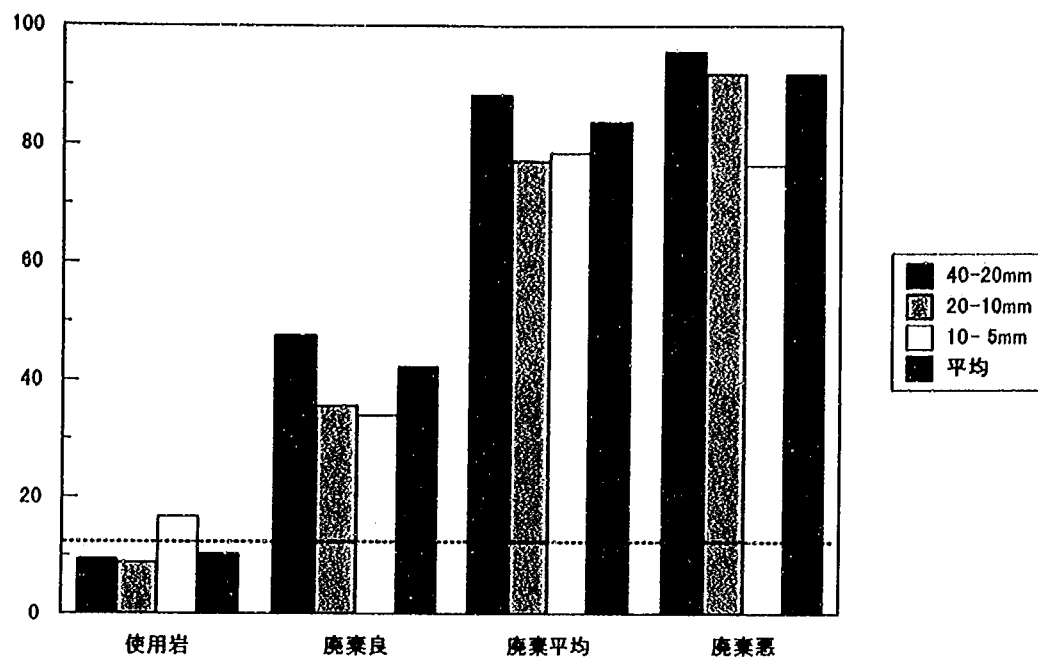


図-4.21(1) グループ毎の安定性損失質量(a ダム)

安定性損失質量(%)

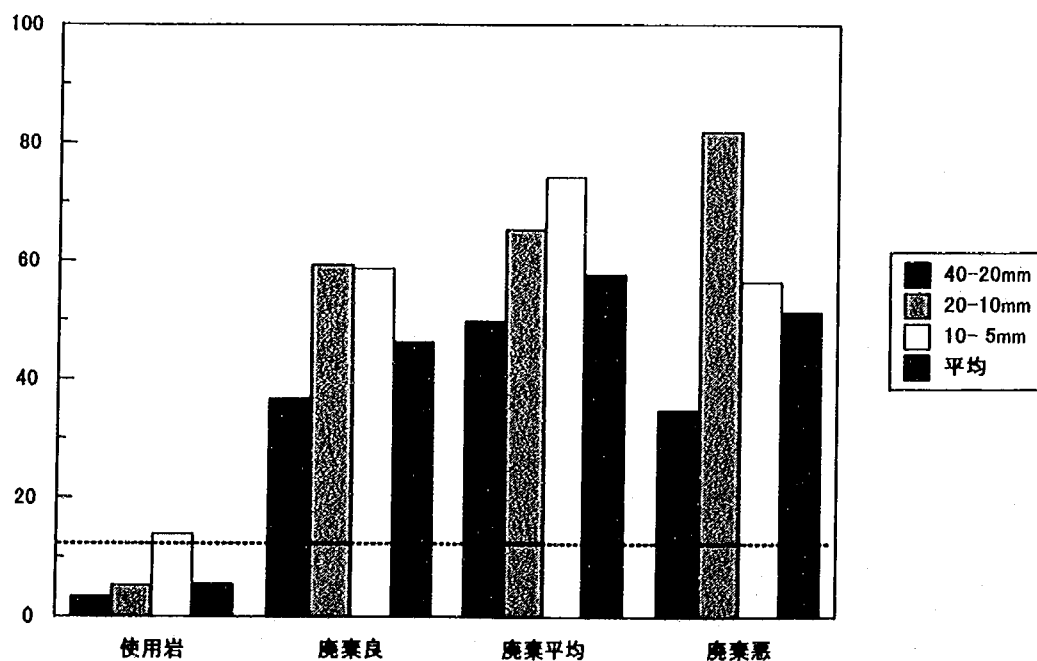


図-4.21(2) グループ毎の安定性損失質量(b ダム)

安定性損失質量(%)

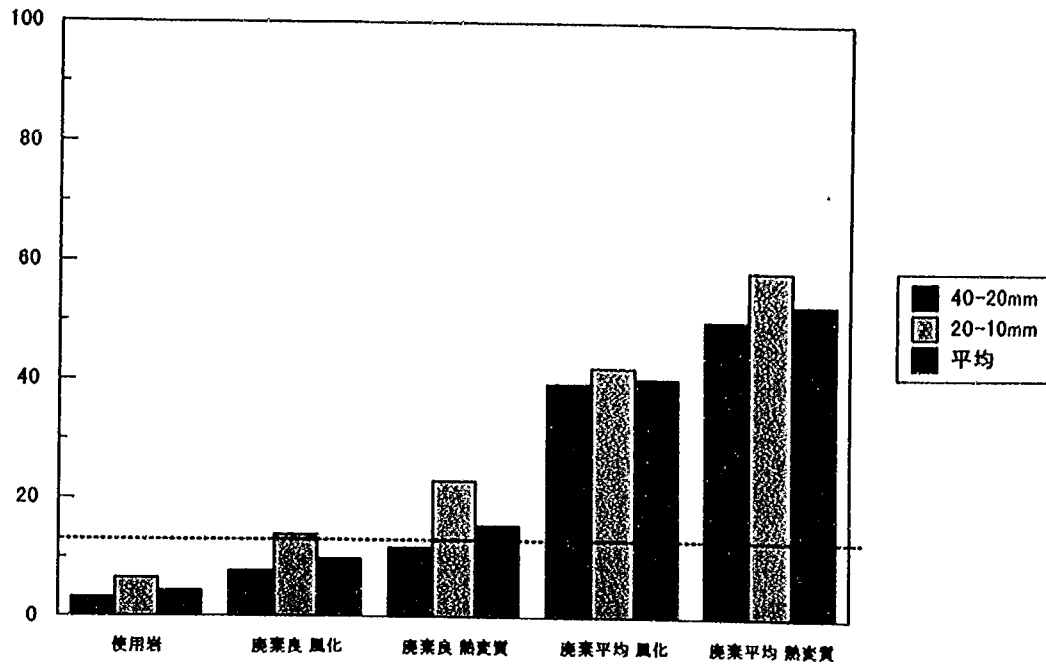


図-4.21(3) グループ毎の安定性損失質量(c ダム)

安定性損失質量(%)

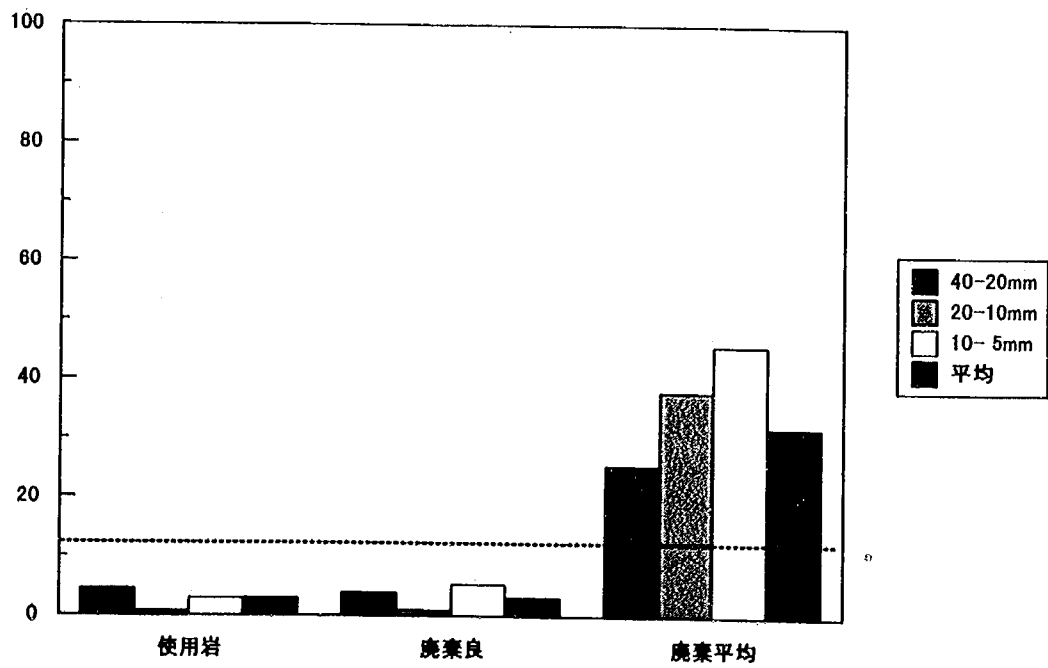


図-4.21(4) グループ毎の安定性損失質量(d ダム)

安定性損失質量(%)

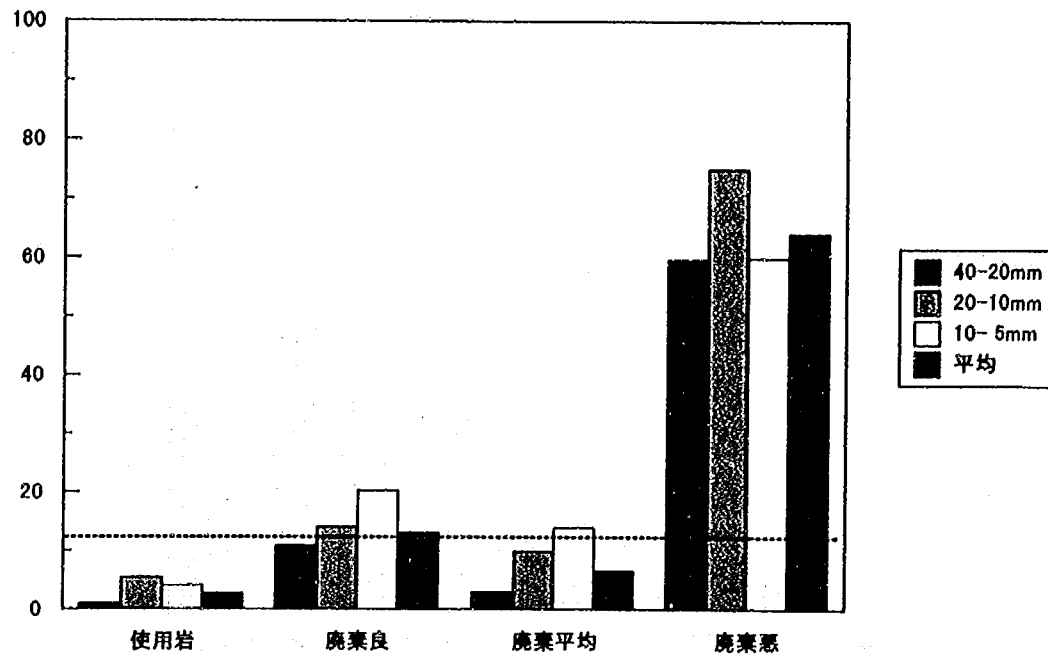


図-4.21(5) グループ毎の安定性損失質量(e ダム)

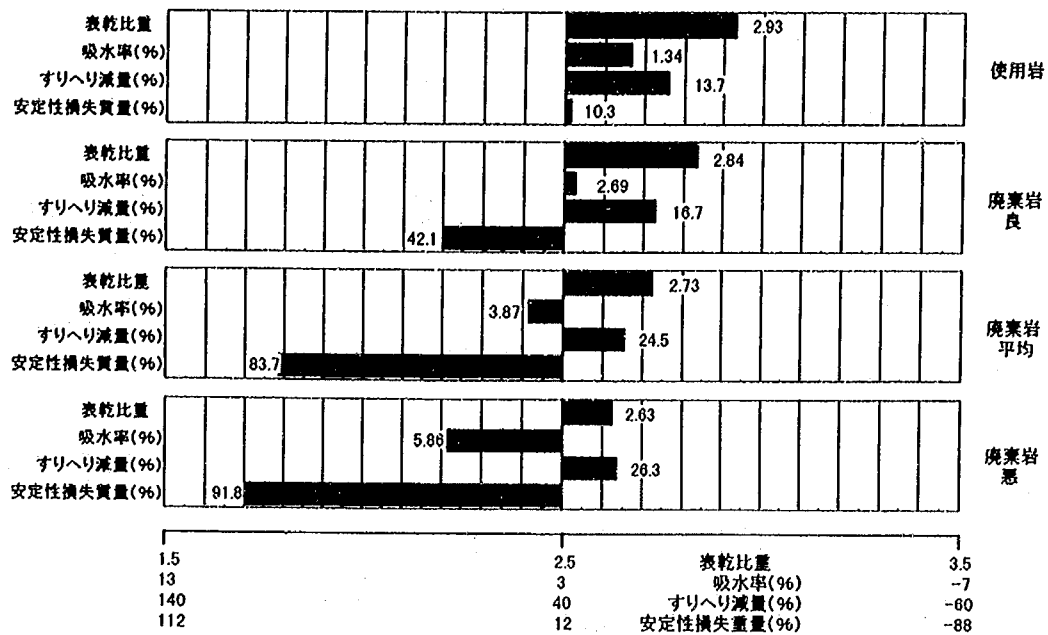


図-4.22(1) グループ毎の骨材品質(aダム)

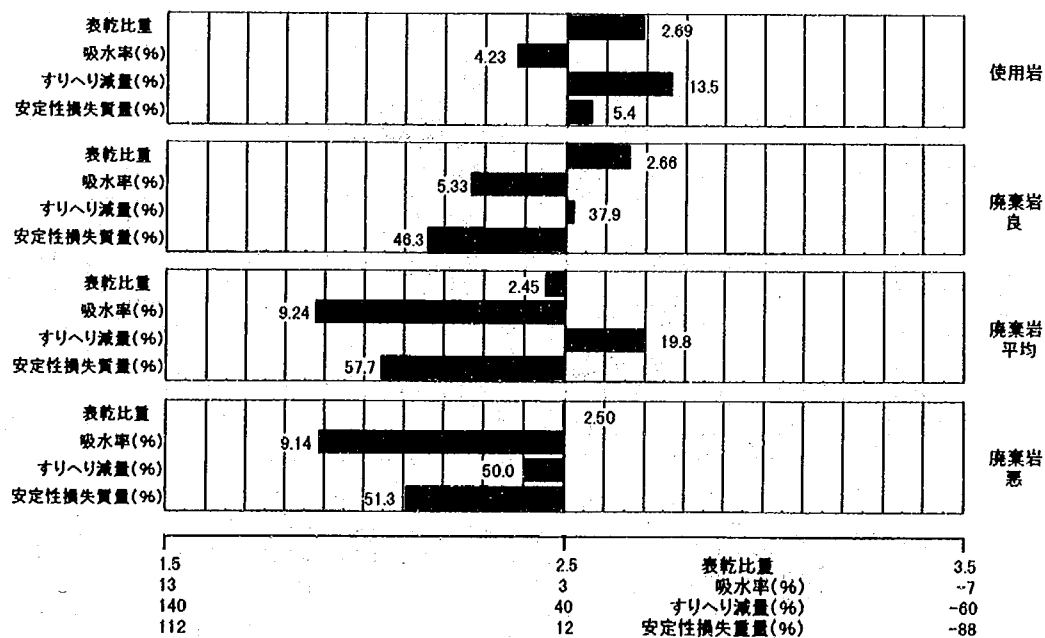


図-4.22(2) グループ毎の骨材品質(bダム)

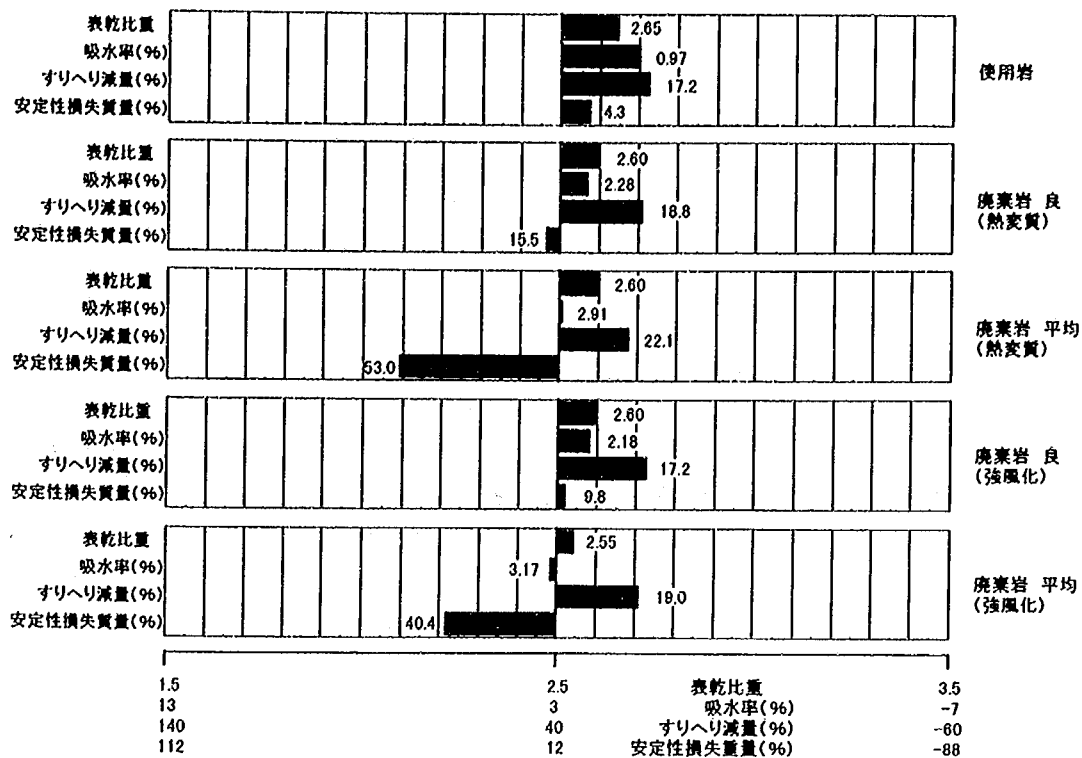


図-4.22(3) グループ毎の骨材品質(c ダム)

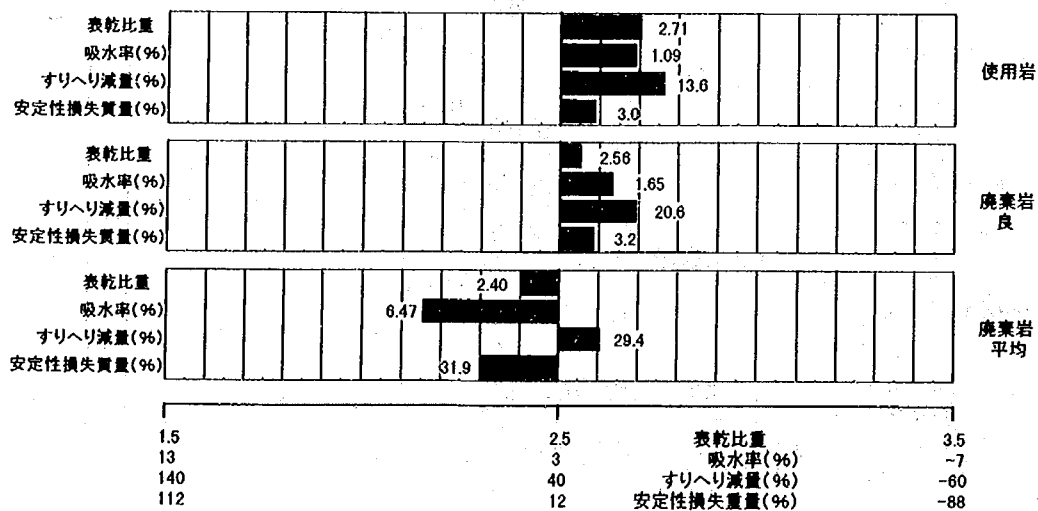


図-4.22(4) グループ毎の骨材品質(d ダム)

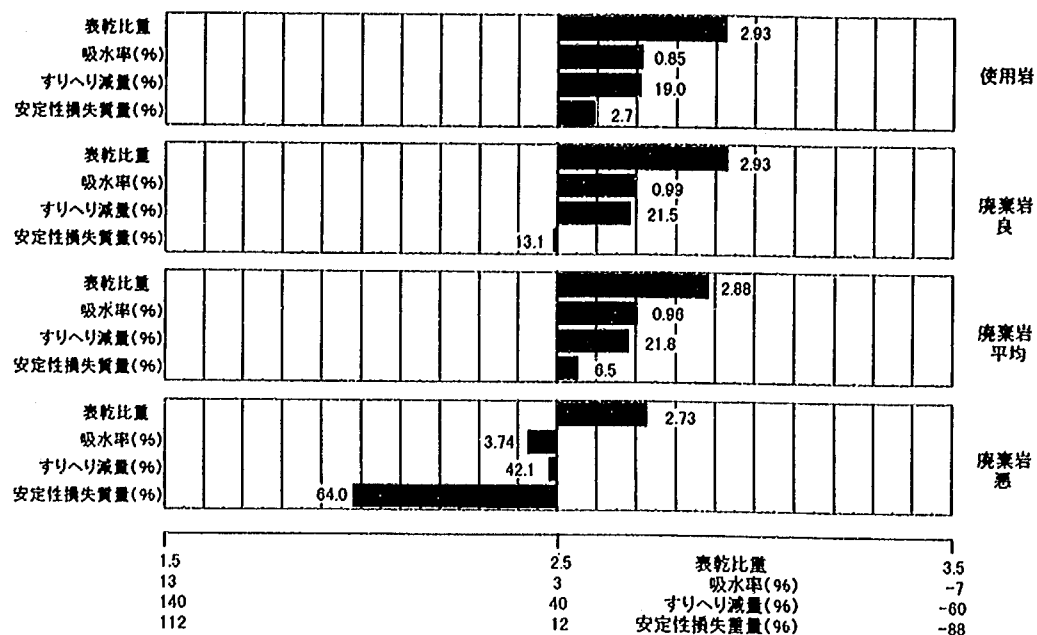


図-4.22(5) グループ毎の骨材品質(e ダム)

表-4.4 試験項目と品質の関係

	最も品質がよいグループ	品質が平均的なグループ	最も品質が悪いグループ
比重	○	△	○
吸水率	△	△	×
すりへり減量	○	○	△
安定性損失質量	△	△	×

○: 全ダムにおいて品質規準を満足している
 △: 規準を満足するダムと満足しないダムがある
 ×: 全ダムにおいて品質規準を満足しない

印は調査対象ダム全ダムで品質規準を満足した場合、△印は満足したダムと満足しないダムが共存した場合、×印は全ダムにおいて満足しない場合を表す。表より、廃棄岩とされる原石の物性においては、吸水率と安定性損失質量が品質評価を下げていることがわかる。また、吸水率や安定性損失質量が大きい骨材は耐久性に劣ることが知られており、3章の3.4.2節において廃棄岩使用時の課題として耐久性を回答する割合が高かったことと整合する。なお、表中、比重において最も悪いグループでも○となったのは、cダム、dダムの試料がなかったことが理由と思われる。

次に、図-4.23に各ダム毎の吸水率と表乾比重の関係を示す。全てのダムにおいて、両者にはよい相関がある。これらをひとつの図にまとめると図-4.24となる。図中、使用岩を見ると、吸水率3%以下、比重が2.5以上の範囲から外れるものがある一方で、廃棄岩のうち最も品質の良いグループを見ると、吸水率3%以下、比重が2.5以上の範囲内にあるものが意外と多いことがわかる。

次に、図-4.25に各ダム毎の吸水率とすりへり減量の関係を示す。吸水率と表乾比重の関係ほどの相関性はないが、吸水率が大きくなると、すりへり減量も大きくなる傾向にある。これらをひとつの図にまとめると図-4.26となる。図中、使用岩を見ると、吸水率3%以下、すりへり減量40%以下の範囲から外れるものがある一方で、廃棄岩のうち最も品質の良いグループを見ると、吸水率3%以下、すりへり減量40%以下の範囲内にあるものが意外と多いことがわかる。

次に、図-4.27に各ダム毎の吸水率と安定性損失質量の関係を示す。全てのダムにおいて、両者にはよい相関がある。これらをひとつの図にまとめると図-4.28となる。図中、使用岩を見ると、吸水率3%以下、安定性損失質量12%以下の範囲から外れるものがある一方で、廃棄岩のうち最も品質の良いグループを見ると、吸水率3%以下、安定性損失質量12%以下の範囲内にあるものが存在している。

4.2.2 点載荷試験結果

表-4.5(1)～(5)に、各ダムにおけるグループ毎の点載荷強度を示す。また、図-4.29に各ダムにおいてグループ毎に整理した点載荷強度の平均値とその変動係数を示す。なお、点載荷強度は次式より求めた。

$$f_r = \frac{P}{S \times S}$$

ここで、

f_r : 点載荷強度 (N/mm²)

P : 破壊荷重 (N)

S : 破断面(載荷点間)の距離 (mm)

これらの図より、ほとんどのダムにおいて、使用岩、廃棄岩のうち品質の良いグループ、平均的なグループ、悪いグループの順に点載荷強度が低下し、また点載荷強度の変動係数(バラツキ)が若干大きくなる傾向にあることがわかる。これより、点載荷強度の面から見ても、各ダムごとの原石山で採取される原石材料の相対的な品質の評価はほぼ妥当であると考えられる。なお、eダムでは、大玉がとれない

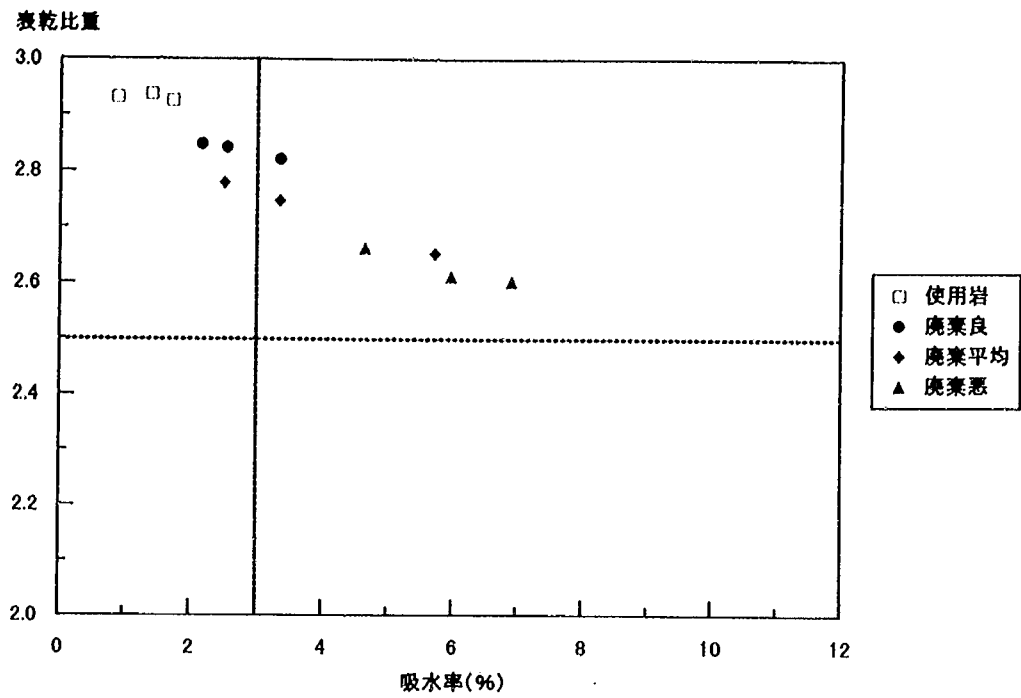


図-4.23(1) 吸水率と表乾比重の関係(a ダム)

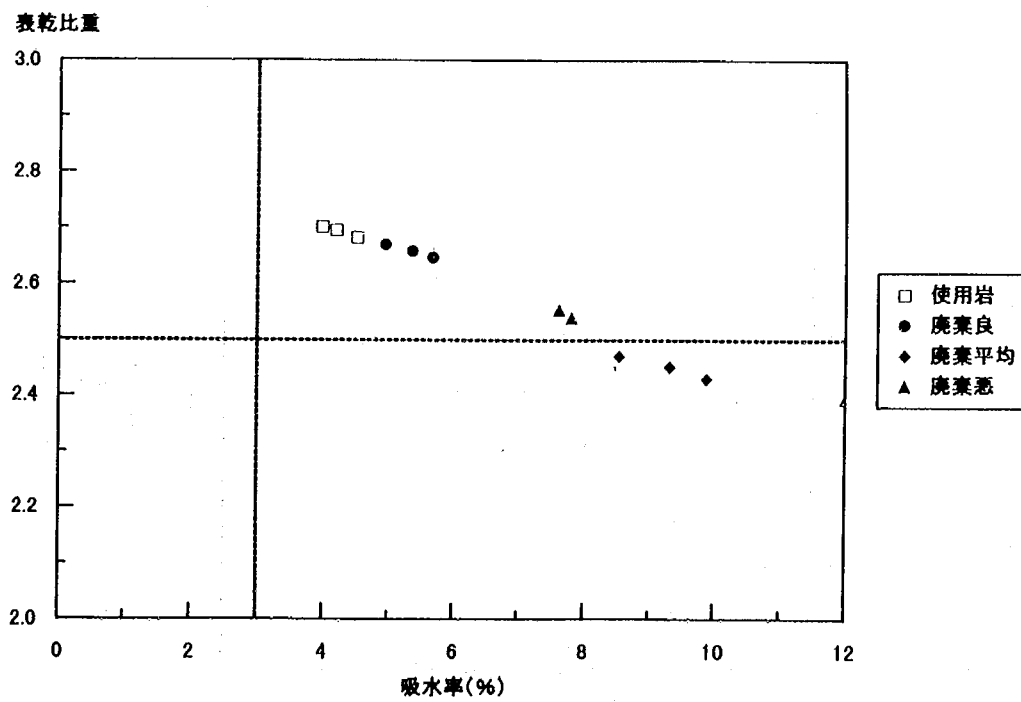


図-4.23(2) 吸水率と表乾比重の関係(b ダム)

表乾比重

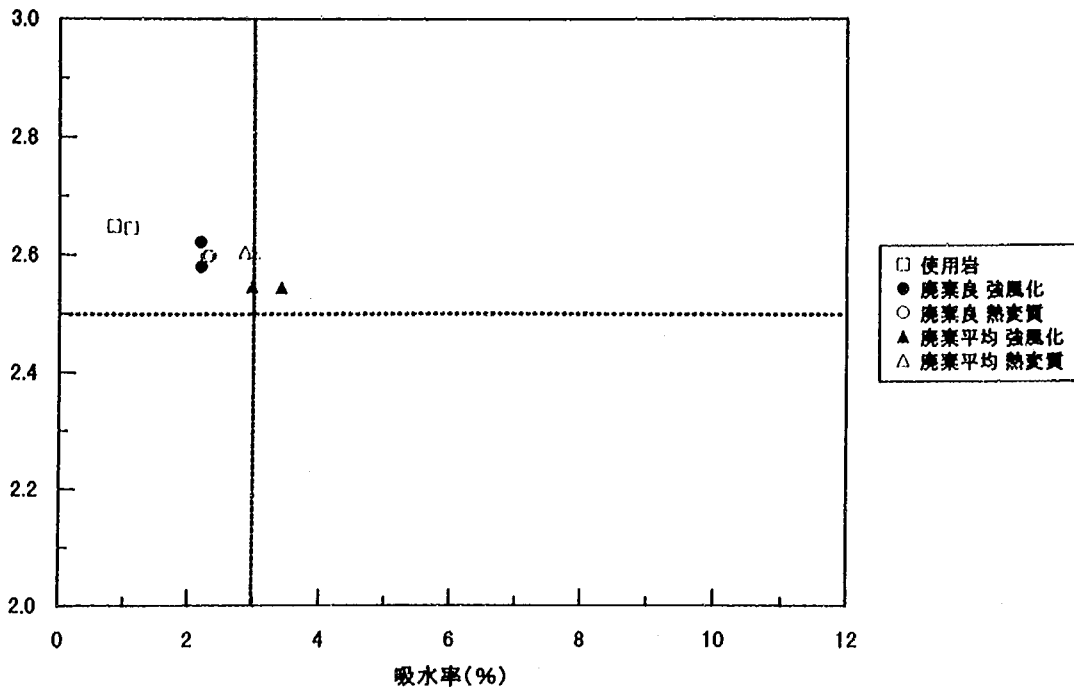


図-4.23(3) 吸水率と表乾比重の関係(c ダム)

表乾比重

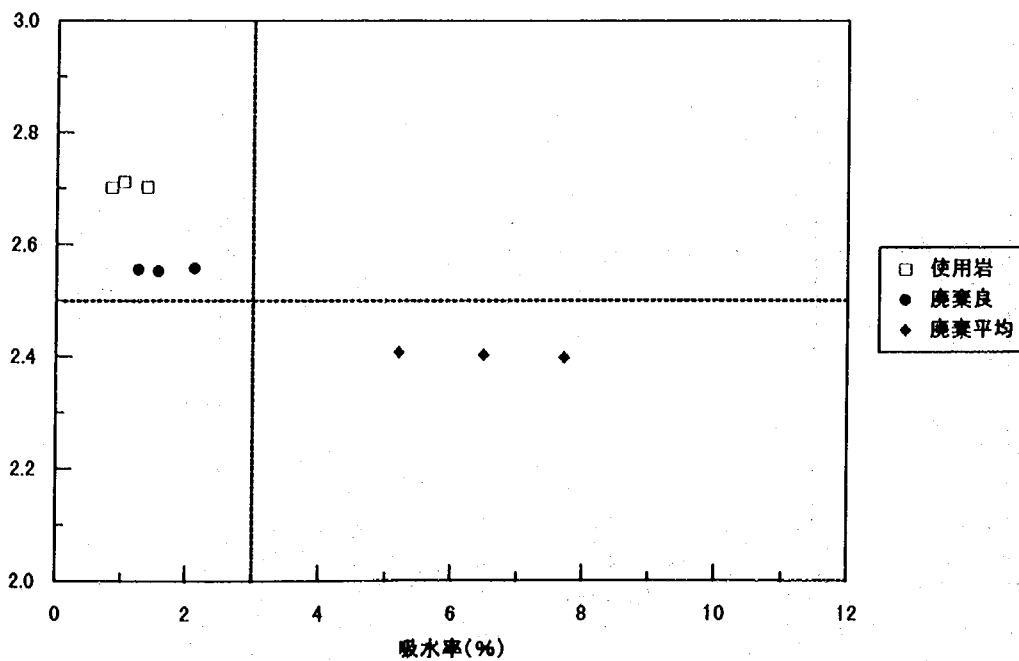


図-4.23(4) 吸水率と表乾比重の関係(d ダム)

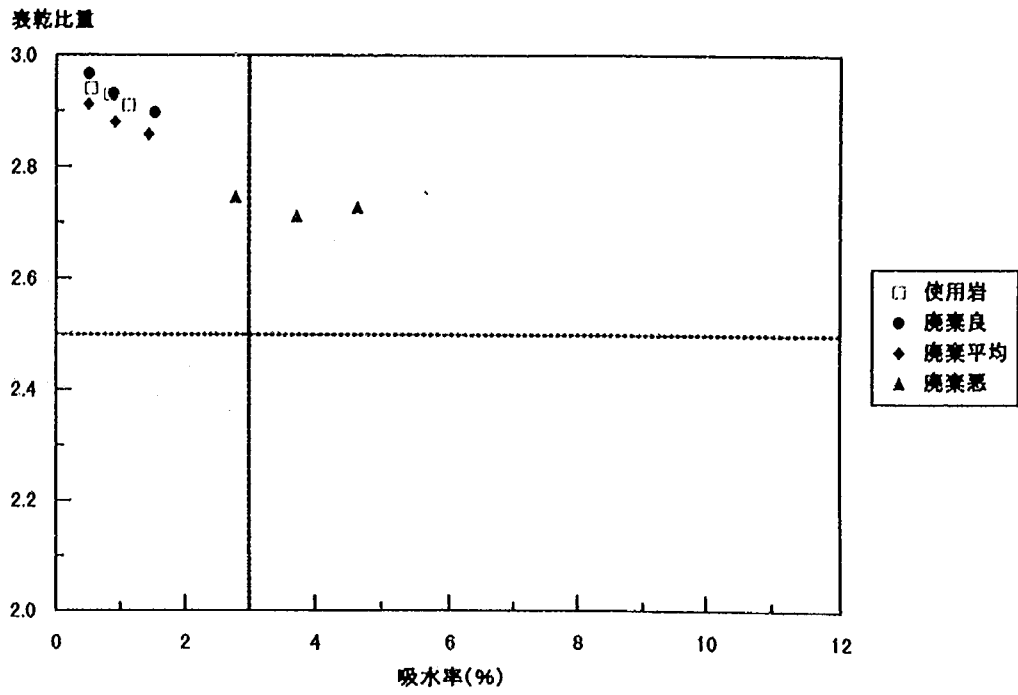


図-4.23(5) 吸水率と表乾比重の関係(e ダム)

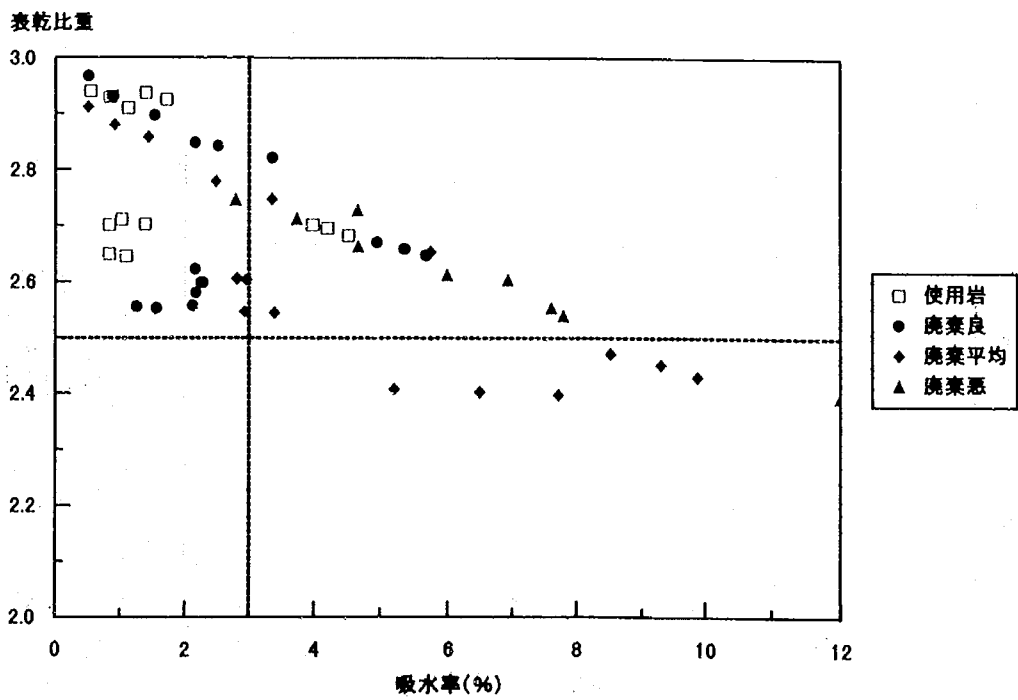


図-4.24 グループ毎の吸水率と表乾比重の関係(全ダム)

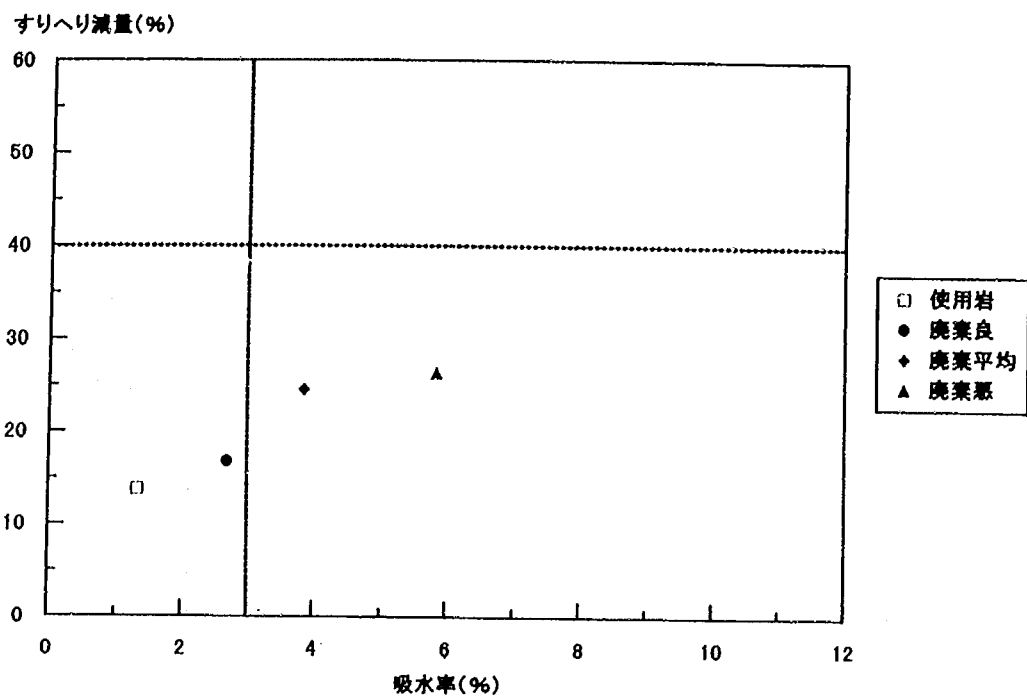


図-4.25(1) 吸水率とすりへり減量の関係(a ダム)

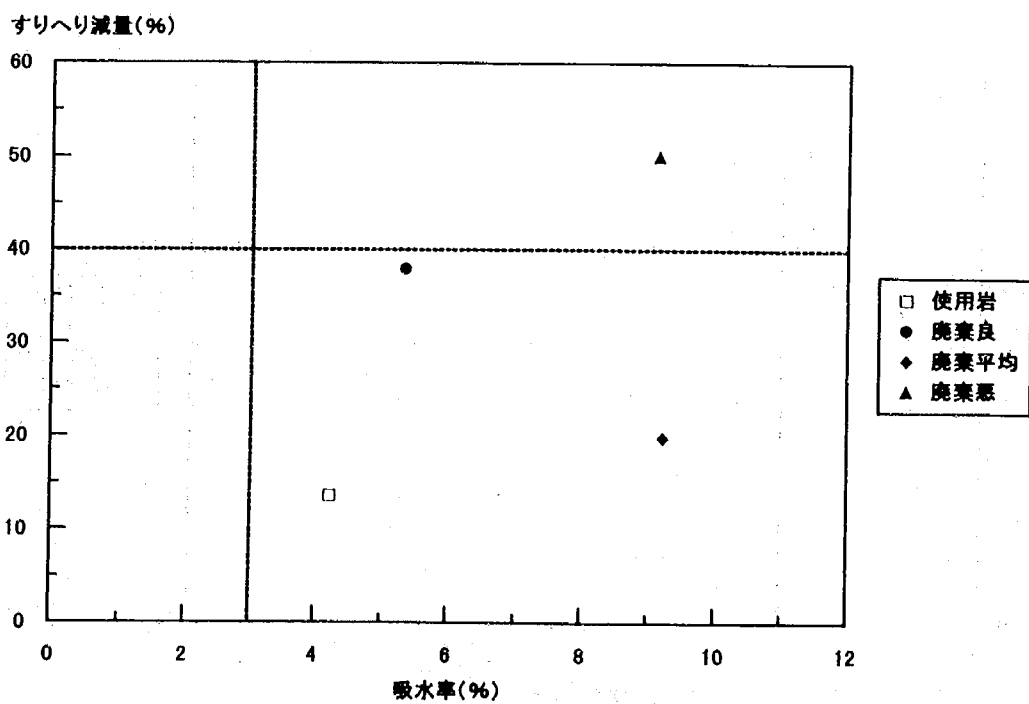


図-4.25(2) 吸水率とすりへり減量の関係(b ダム)

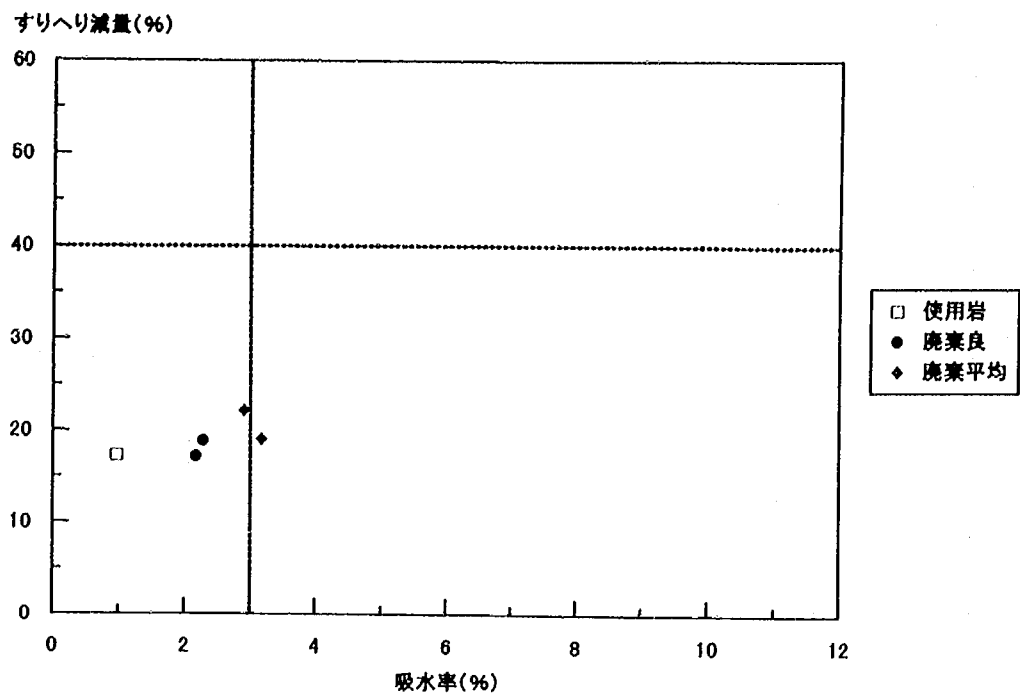


図-4.25(3) 吸水率とすりへり減量の関係(c ダム)

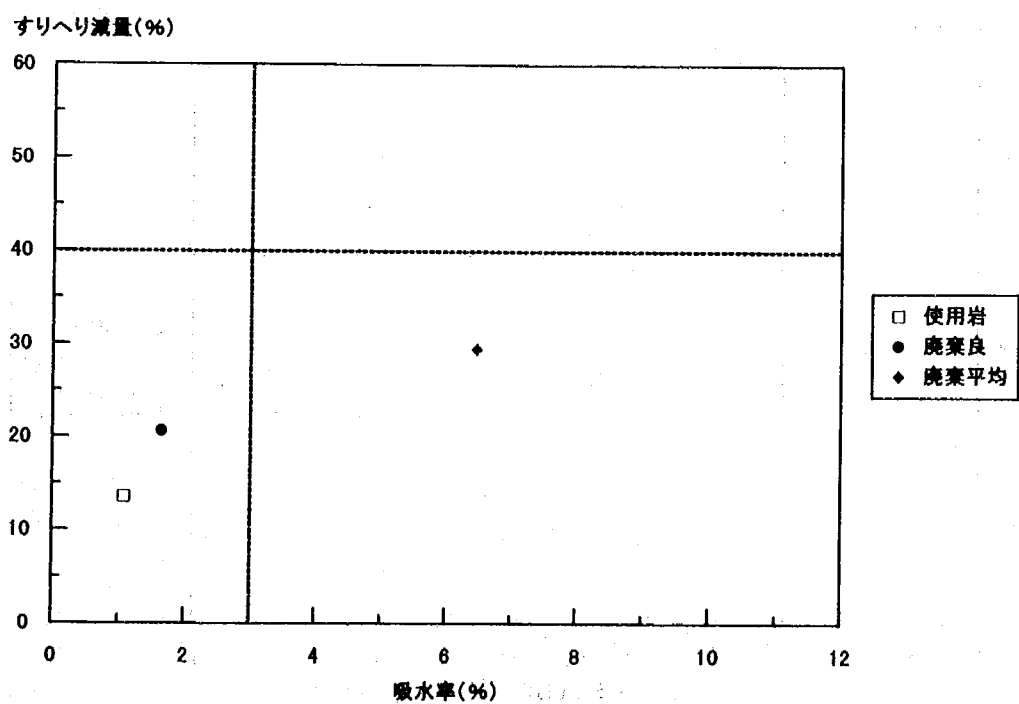


図-4.25(4) 吸水率とすりへり減量の関係(d ダム)

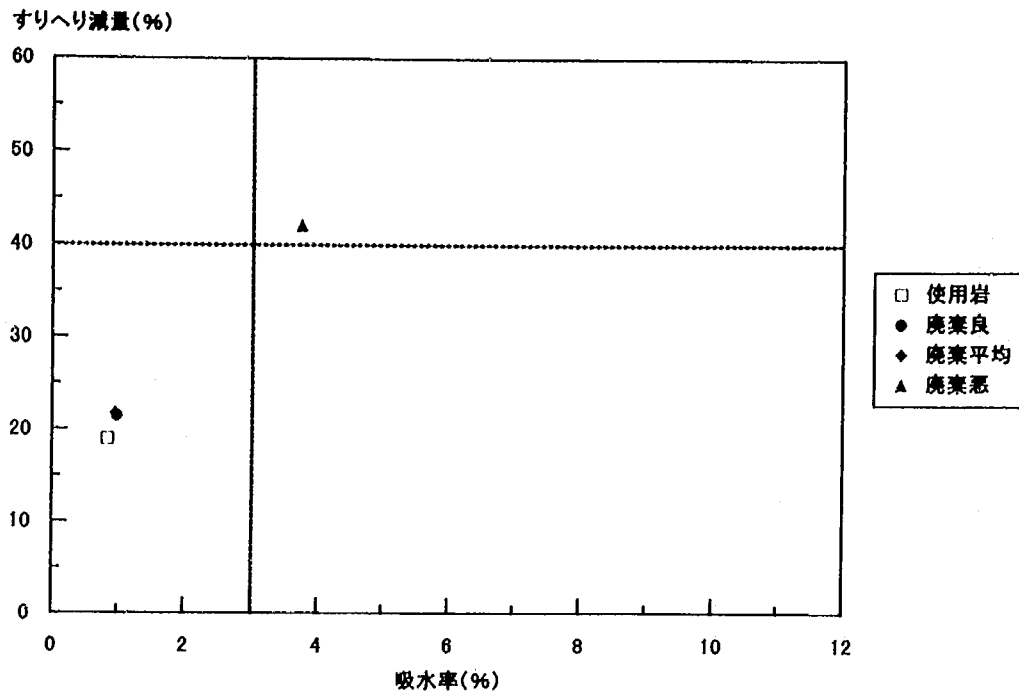


図-4.25(5) 吸水率とすりへり減量の関係(e ダム)

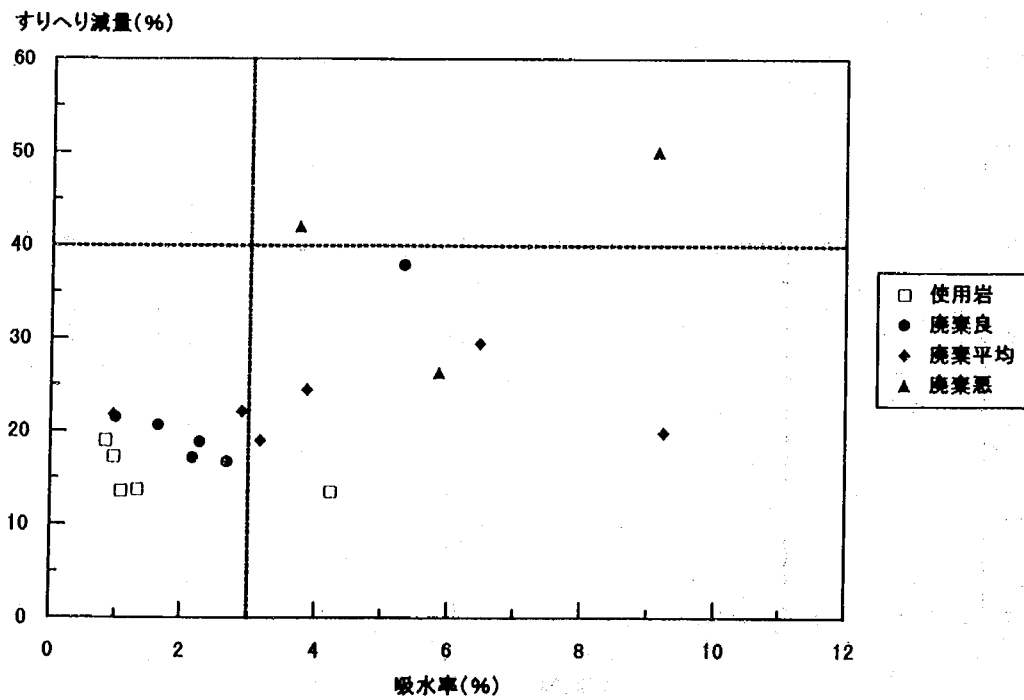


図-4.26 グループ毎の吸水率とすりへり減量の関係

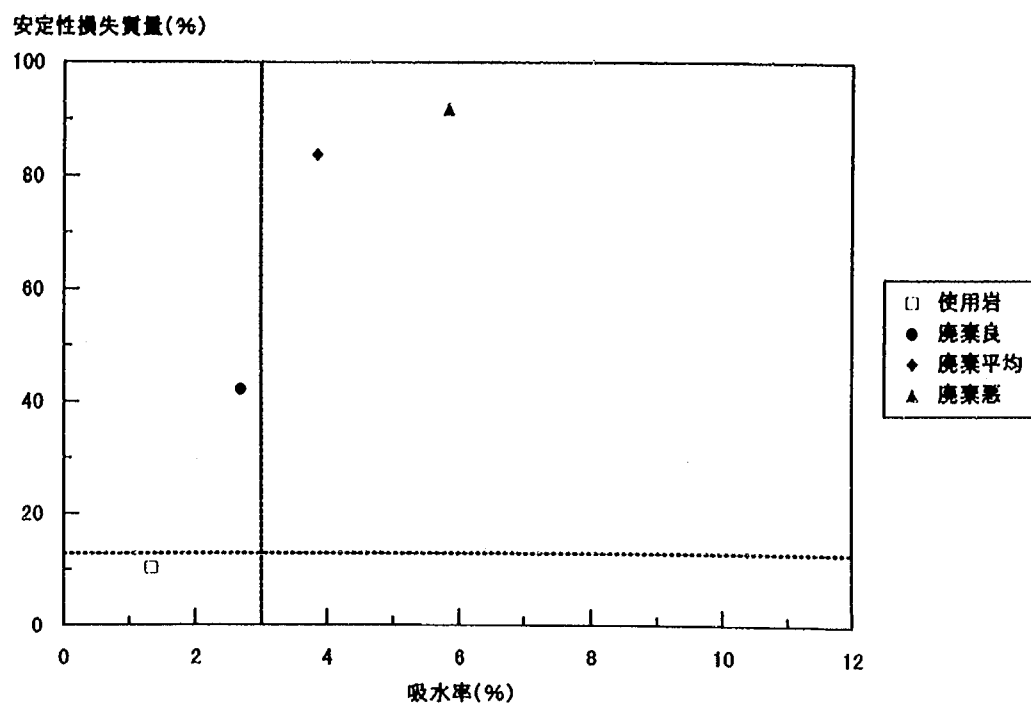


図-4.27(1) 吸水率と安定性損失質量の関係(a ダム)

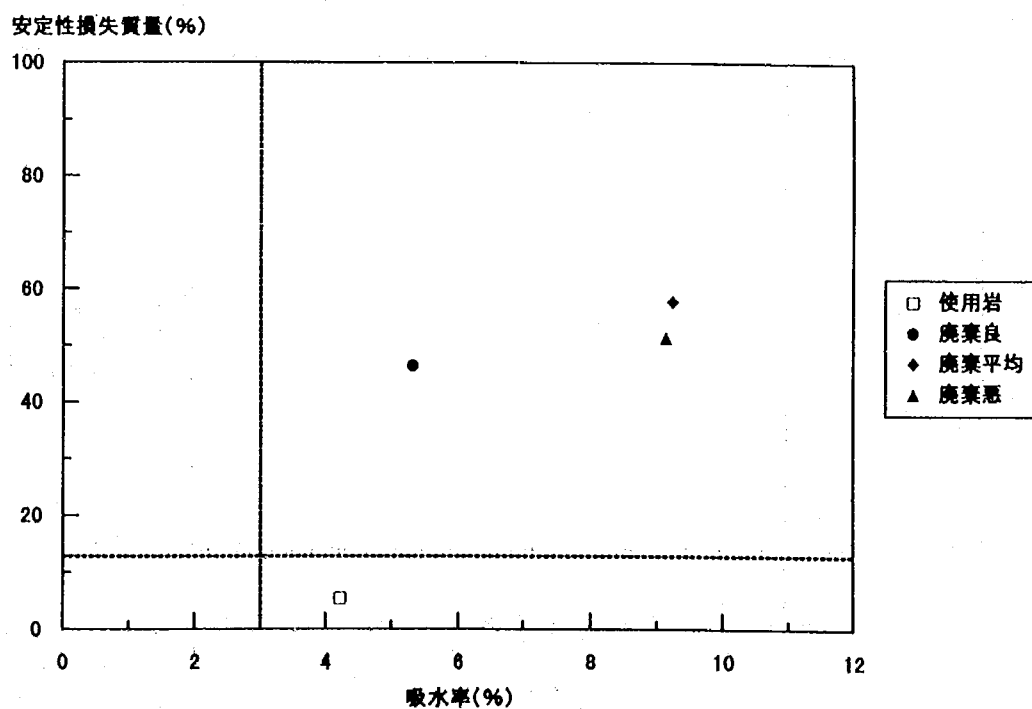


図-4.27(2) 吸水率と安定性損失質量の関係(b ダム)

安定性損失質量(%)

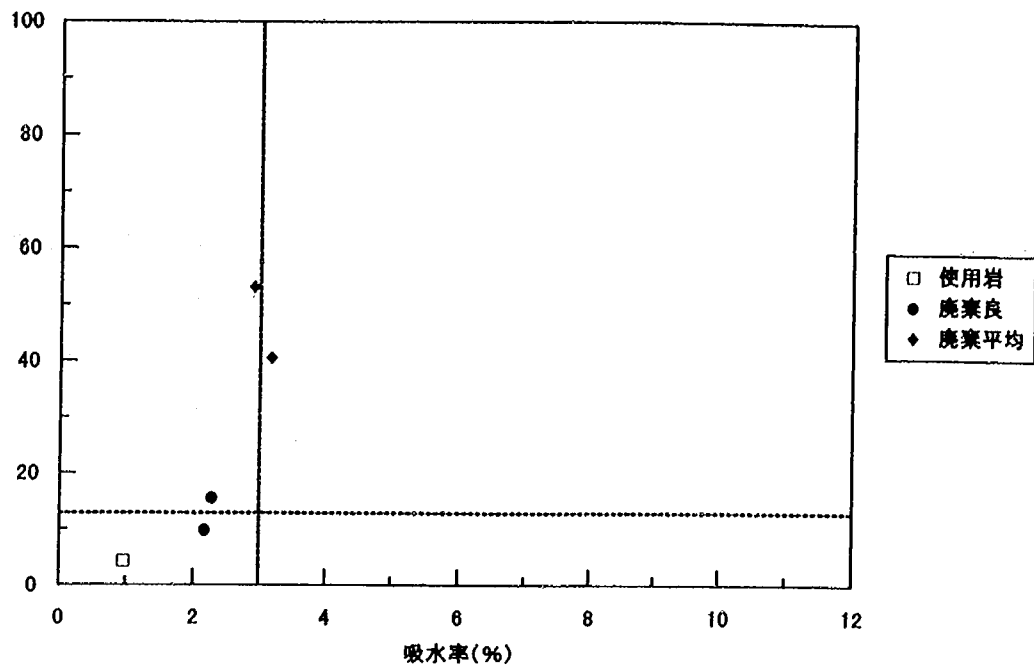


図-4.27(3) 吸水率と安定性損失質量の関係(c ダム)

安定性損失質量(%)

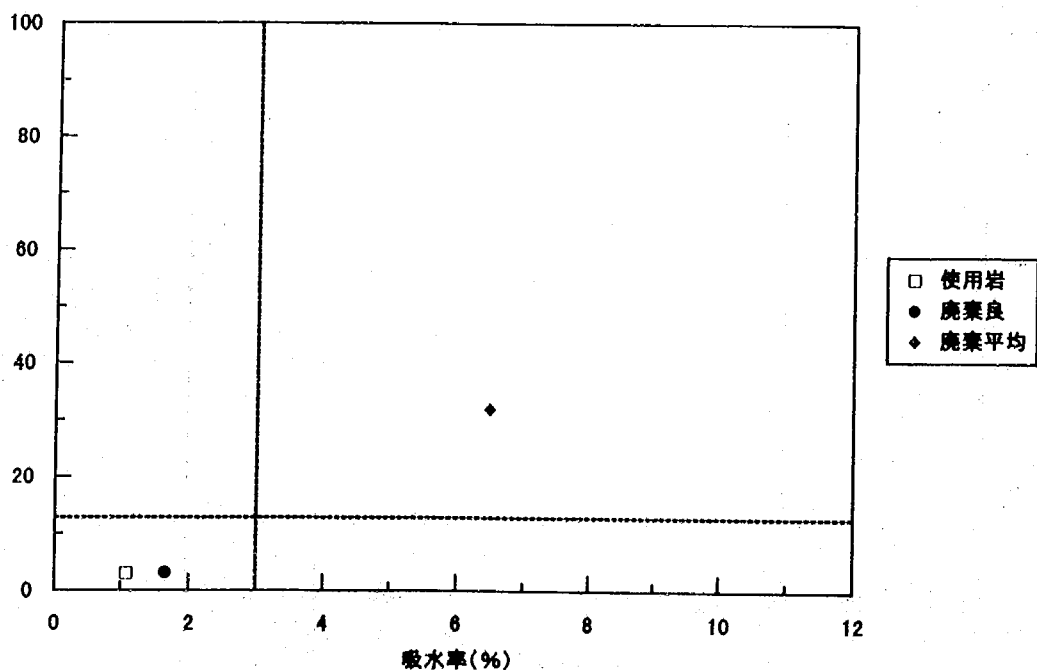


図-4.27(4) 吸水率と安定性損失質量の関係(d ダム)

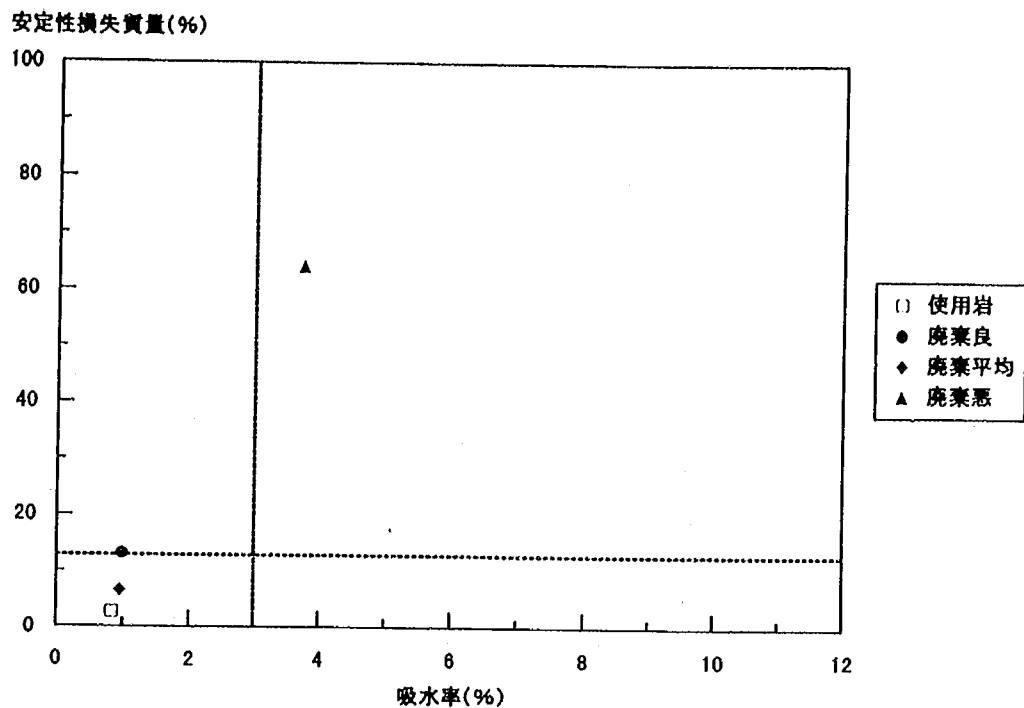


図-4.27(5) 吸水率と安定性損失質量の関係(e ダム)

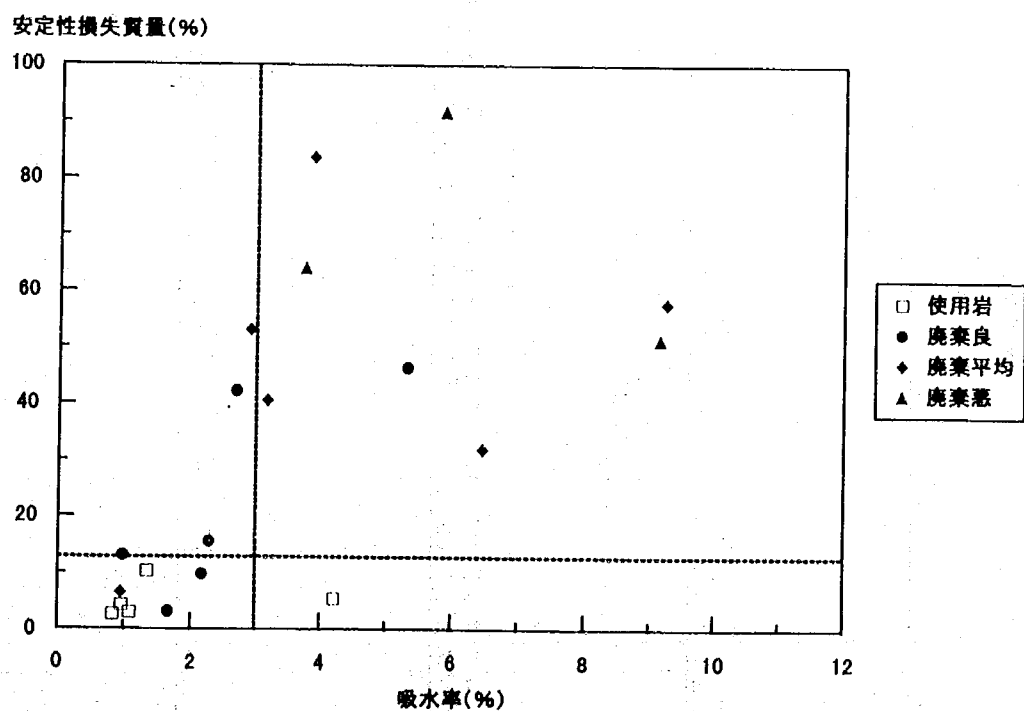


図-4.28 グループ毎の吸水率と安定性損失質量の関係

表-4.5(1) 点載荷試験結果 (aダム)

	使用岩	廃棄岩		
		最も品質が 良いグループ	品質が平均的な グループ	最も品質が 悪いグループ
1	3.60	1.67	2.34	1.20
2	5.44	2.22	2.53	1.25
3	6.05	2.36	2.63	1.48
4	6.51	2.83	3.06	1.64
5	7.92	2.83	3.09	1.70
6	8.83	3.69	3.10	1.78
7	9.14	4.03	3.29	2.21
8	9.14	4.20	3.36	2.24
9	11.71	4.29	3.52	2.24
10	11.84	4.39	3.53	2.43
11	12.50	4.54	3.54	2.43
12	12.70	4.80	3.62	2.50
13	13.16	5.06	3.74	2.53
14	14.06	5.91	3.82	2.57
15	14.72	6.36	4.19	2.57
16	14.99	6.47	4.48	3.24
17	15.87	6.48	4.91	3.27
18	16.08	6.81	5.23	3.47
19	18.26	7.19	5.35	3.60
20	20.19	7.38	5.44	3.88
21	20.71	7.74	5.57	4.03
22	21.10	8.41	5.58	4.05
23	22.19	8.83	5.79	4.20
24	22.29	9.05	5.83	4.30
25	23.09	9.34	6.09	4.30
26	25.29	9.80	6.66	4.36
27	25.66	10.00	6.75	4.85
28	25.92	10.80	6.90	5.15
29	25.96	11.12	7.15	5.49
30	26.33	12.40	7.21	5.62
31	27.60	12.45	7.29	5.89
32	27.76	12.89	7.29	6.40
33	28.16	13.15	7.66	6.81
34	31.01	13.23	7.95	6.92
35	31.67	14.62	8.19	7.03
36	32.42	14.96	8.29	7.41
37	34.02	15.66	8.69	7.75
38	38.48	16.19	9.27	7.95
39	39.37	16.32	9.37	8.07
40	39.51	17.13	9.37	8.10
41	40.71	18.00	10.15	8.32
42	41.68	19.02	10.22	8.40
43	44.88	20.35	11.07	8.70
44	47.51	21.51	11.11	9.11
45	48.25	23.82	13.84	9.80
46	52.67	24.50	15.75	10.42
47	55.45	24.79	16.13	10.86
48	57.94	26.14	16.45	13.08
49	65.03	35.79	22.31	14.23
50	83.08	36.24	50.99	17.42
平均(N/mm ²)	26.77	11.76	7.99	5.54
最小(N/mm ²)	3.60	1.67	2.34	1.20
最大(N/mm ²)	83.08	36.24	50.99	17.42
標準偏差	17.15	8.27	7.47	3.60
変動係数(%)	64.07	70.34	93.38	64.92

表-4.5(2) 点載荷試験結果 (bダム)

	使用岩	廃棄岩		
		最も品質が 良いグループ	品質が平均的な グループ	最も品質が 悪いグループ
1	10.67	1.82	1.41	1.09
2	10.67	2.14	2.12	1.63
3	11.78	2.27	2.21	1.67
4	12.08	2.63	2.75	1.79
5	15.12	3.47	2.96	1.84
6	15.25	3.60	3.36	1.94
7	15.70	4.30	3.84	2.14
8	16.37	6.19	3.88	2.31
9	16.65	7.28	3.91	2.44
10	18.44	7.32	4.13	2.45
11	18.67	7.56	4.16	2.69
12	18.77	7.66	4.22	2.90
13	19.12	9.06	4.75	2.96
14	19.13	9.06	4.86	3.06
15	19.14	9.06	5.03	3.06
16	19.39	9.07	5.30	3.06
17	19.60	9.24	5.74	3.35
18	19.99	9.86	5.86	3.74
19	21.17	10.80	5.89	4.13
20	21.78	11.33	6.12	4.44
21	21.83	11.82	6.20	5.43
22	22.41	12.10	7.16	5.46
23	22.73	12.25	7.66	6.06
24	23.56	12.35	7.67	6.48
25	23.63	14.13	7.81	6.53
26	23.93	14.50	8.07	6.82
27	24.69	15.31	8.19	7.13
28	24.75	17.90	8.41	7.16
29	24.93	18.01	8.48	7.22
30	25.00	18.15	8.68	7.50
31	25.49	18.15	8.83	7.89
32	25.73	19.19	8.95	8.06
33	26.89	19.21	8.95	9.45
34	27.29	19.36	9.45	9.57
35	27.97	19.75	10.05	9.70
36	29.16	20.08	10.67	10.00
37	29.96	20.26	10.93	10.44
38	30.00	22.73	11.07	10.75
39	30.86	24.02	11.25	11.21
40	31.33	25.94	11.25	11.55
41	31.90	28.95	12.15	11.84
42	32.39	29.91	15.09	12.95
43	32.99	31.11	15.31	15.45
44	35.56	34.84	15.51	17.90
45	38.37	35.56	16.64	19.88
46	42.80	37.63	19.17	20.94
47	42.95	39.37	21.19	21.83
48	48.40	40.76	39.75	22.41
49	61.25	41.66	47.85	27.57
50	64.43	79.50	60.98	28.01
平均(N/mm ²)	25.85	17.76	10.52	8.32
最小(N/mm ²)	10.67	1.82	1.41	1.09
最大(N/mm ²)	64.43	79.50	60.98	28.01
標準偏差	11.23	14.13	11.10	6.91
変動係数(%)	43.42	79.55	105.51	83.11

表-4.5(3) 点载荷試験結果 (cダム)

	使用岩	廃棄岩			
		最も品質が良いグループ		品質が平均的なグループ	
		強風化	熱変質	強風化	熱変質
1	6.40	4.01	4.45	1.45	1.45
2	9.33	4.20	5.01	1.56	3.98
3	13.51	4.45	5.34	2.02	4.14
4	13.82	4.53	5.55	2.05	5.60
5	15.97	4.86	6.43	2.44	5.83
6	16.80	4.93	6.94	2.46	6.05
7	17.01	5.06	7.10	2.68	6.12
8	17.16	5.23	8.06	2.69	6.64
9	19.03	5.82	9.15	2.78	6.96
10	19.14	6.05	9.90	3.42	7.00
11	22.48	6.64	10.53	3.46	7.62
12	22.68	6.80	11.55	4.39	7.92
13	22.82	6.91	11.67	4.48	7.95
14	23.25	6.92	12.25	4.86	8.00
15	23.48	7.50	12.37	5.14	8.03
16	25.16	7.51	12.55	5.16	8.13
17	28.81	7.55	13.08	5.19	8.13
18	28.81	8.10	13.25	5.20	8.42
19	29.52	8.14	13.61	5.55	8.46
20	30.43	8.41	14.02	5.61	8.92
21	30.56	8.91	14.20	5.74	9.41
22	32.09	9.70	14.47	6.81	9.79
23	34.87	9.95	14.85	7.27	9.94
24	35.22	10.05	15.26	7.56	10.09
25	36.26	10.21	15.51	7.60	10.48
26	36.69	10.37	15.80	7.95	10.96
27	37.12	10.38	16.19	8.51	11.11
28	37.52	10.40	16.33	8.70	11.41
29	40.55	11.03	16.96	9.07	12.26
30	40.72	13.57	17.10	9.07	12.96
31	41.27	14.31	17.54	9.82	13.30
32	42.11	16.03	18.00	10.00	13.92
33	42.16	16.44	20.61	10.02	14.58
34	43.42	16.51	21.19	10.20	14.73
35	43.67	17.43	21.20	10.27	16.56
36	46.85	17.55	21.47	10.44	19.74
37	48.72	17.67	22.00	10.52	21.29
38	51.39	17.99	24.07	10.59	21.95
39	52.10	18.77	24.15	11.01	22.27
40	53.76	19.22	25.26	11.03	23.09
41	54.26	20.40	25.96	11.38	23.96
42	59.06	22.84	26.67	14.52	24.42
43	62.52	22.92	31.83	17.01	25.34
44	62.82	26.74	33.82	18.01	27.44
45	63.19	28.36	34.71	18.42	28.42
46	69.18	30.21	35.69	24.63	28.63
47	73.99	31.25	38.00	25.87	31.73
48	76.86	37.50	44.36	25.92	33.18
49	93.79	40.64	44.88	34.03	41.41
50	111.49	62.72	57.89	37.60	71.84
平均(N/mm ²)	39.20	14.47	18.78	9.64	15.23
最小(N/mm ²)	6.40	4.01	4.45	1.45	1.45
最大(N/mm ²)	111.49	62.72	57.89	37.60	71.84
標準偏差	21.65	11.31	11.42	8.04	12.10
変動係数(%)	55.22	78.17	60.85	83.42	79.44

表-4.5(4) 点載荷試験結果 (dダム)

	使用岩	廃棄岩	
		最も品質が 良いグループ	品質が平均的な グループ
1	4.97	10.71	0.82
2	12.64	12.16	1.48
3	16.20	14.12	2.31
4	16.87	14.58	2.69
5	17.18	15.78	2.69
6	17.56	16.45	2.86
7	18.07	18.22	3.06
8	19.00	18.23	3.29
9	20.58	18.37	3.64
10	20.83	19.44	4.19
11	22.92	19.88	4.25
12	22.92	20.71	4.44
13	23.07	20.71	4.66
14	23.44	21.60	4.86
15	25.77	21.66	4.96
16	26.04	21.83	5.43
17	26.95	21.91	5.51
18	27.73	22.04	5.73
19	29.26	22.07	5.80
20	29.64	22.48	5.96
21	33.56	23.55	6.20
22	33.65	23.74	7.03
23	34.31	23.99	7.38
24	34.31	24.16	7.41
25	35.47	24.65	7.42
26	35.79	25.00	7.47
27	36.28	25.49	7.74
28	36.43	25.52	7.81
29	38.37	27.82	9.80
30	38.75	27.94	10.10
31	38.75	29.69	10.44
32	40.69	32.37	10.54
33	41.43	33.61	12.11
34	49.89	37.22	12.15
35	50.41	37.68	12.54
36	57.29	38.88	13.23
37	62.50	40.83	13.91
38	63.63	44.98	14.57
39	64.43	48.40	15.45
40	74.10	51.04	15.95
41	75.56	51.79	17.01
42	77.69	54.26	17.13
43	79.01	55.42	19.39
44	81.54	57.29	21.80
45	84.69	58.49	21.86
46	86.84	66.33	23.19
47	86.87	67.87	24.50
48	90.65	74.60	25.21
49	94.52	75.93	26.84
50	109.31	91.95	46.85
平均(N/mm ²)	43.77	33.47	10.63
最小(N/mm ²)	4.97	10.71	0.82
最大(N/mm ²)	109.31	91.95	46.85
標準偏差	26.09	19.04	8.66
変動係数(%)	59.61	56.89	81.41

表-4.5(5) 点載荷試験結果 (eダム)

	使用岩	廃棄岩		
		最も品質が 良いグループ	品質が平均的な グループ	最も品質が 悪いグループ
1	2.43	2.46	3.04	1.39
2	4.63	3.75	3.13	1.84
3	5.27	3.87	3.43	2.01
4	6.07	5.33	3.61	2.07
5	6.73	5.89	3.78	2.08
6	7.35	7.16	5.00	2.18
7	8.34	7.19	6.54	2.22
8	8.37	7.19	8.56	2.27
9	9.03	7.32	8.57	2.47
10	9.11	7.98	9.72	2.63
11	9.65	8.00	9.86	3.06
12	9.81	8.64	10.00	3.12
13	9.84	8.68	10.63	3.24
14	10.14	9.77	10.74	3.29
15	10.22	10.29	10.75	3.35
16	10.80	11.34	10.90	3.35
17	10.83	11.51	10.95	3.43
18	12.04	11.63	11.60	3.43
19	12.32	12.08	12.32	3.56
20	12.75	13.92	12.95	3.69
21	13.41	14.18	13.20	3.80
22	13.43	14.28	13.25	3.98
23	13.48	14.32	13.42	4.08
24	13.86	14.50	13.79	4.08
25	14.28	16.96	15.43	4.36
26	14.58	17.01	15.51	4.52
27	15.66	17.94	16.20	4.62
28	17.01	19.41	17.13	4.62
29	18.47	19.94	18.01	4.64
30	19.20	20.62	18.36	5.00
31	21.08	21.27	18.67	5.15
32	21.54	22.22	19.72	5.38
33	23.09	23.20	21.51	5.45
34	25.73	23.56	21.60	5.47
35	25.99	24.30	22.84	5.50
36	27.83	26.11	28.37	5.72
37	30.06	28.35	29.16	6.48
38	30.16	28.93	30.38	6.58
39	31.84	30.02	32.37	6.99
40	32.50	32.92	38.68	7.95
41	34.26	33.61	39.20	8.89
42	34.74	33.93	44.32	9.06
43	35.47	35.50	47.97	9.41
44	38.68	42.01	49.07	10.54
45	39.51	46.39	49.27	10.74
46	41.38	51.02	50.99	12.75
47	42.01	52.28	54.69	13.17
48	42.53	61.86	58.81	14.28
49	50.62	62.32	67.22	16.73
50	57.64	80.53	79.01	35.56
平均(N/mm ²)	20.32	21.87	22.48	6.00
最小(N/mm ²)	2.43	2.46	3.04	1.39
最大(N/mm ²)	57.64	80.53	79.01	35.56
標準偏差	13.36	17.17	18.35	5.50
変動係数(%)	65.76	78.53	81.61	91.68

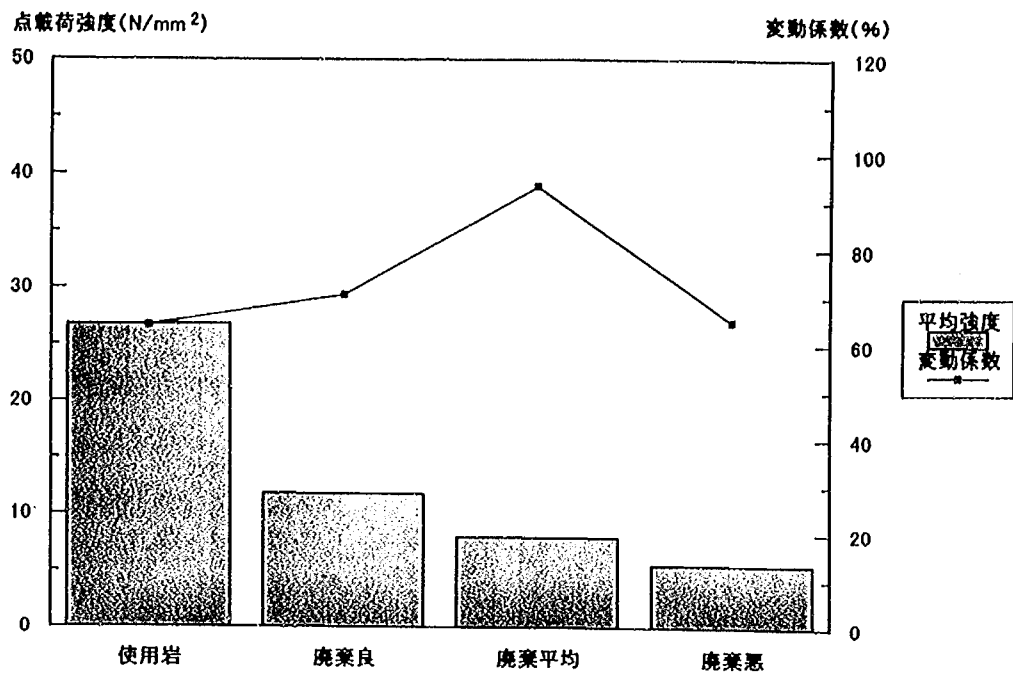


図-4.29(1) グループ毎の点載荷強度(aダム)

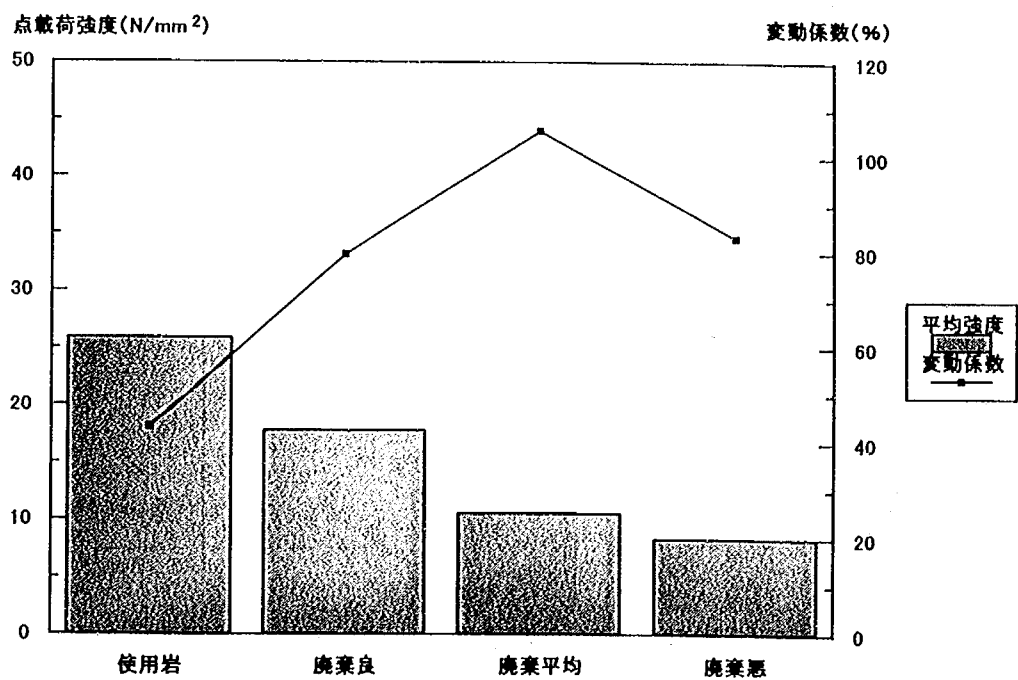


図-4.29(2) グループ毎の点載荷強度(bダム)

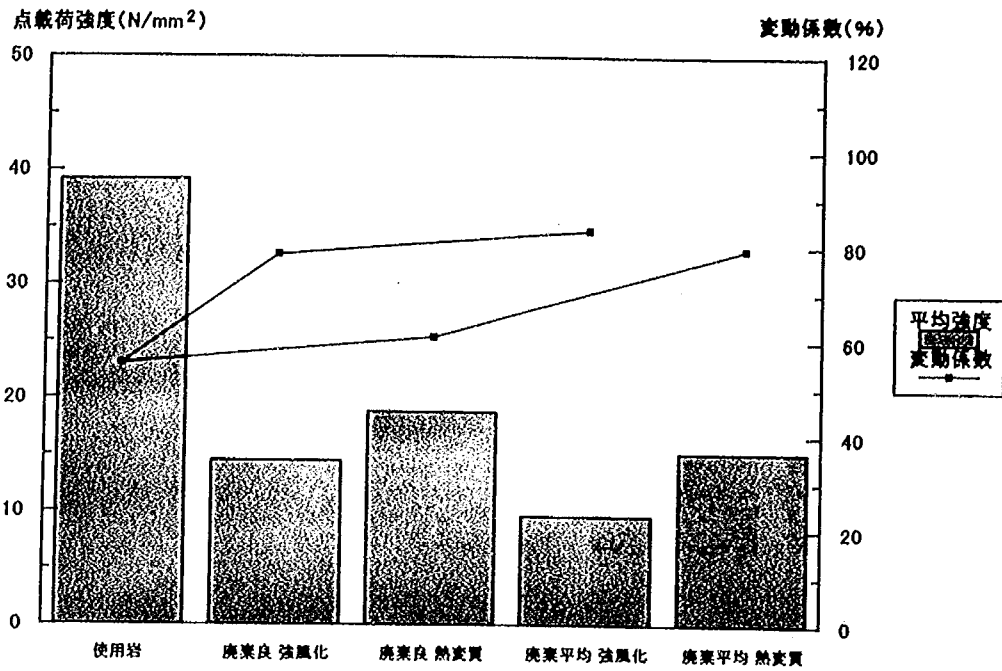


図-4.29(3) グループ毎の点載荷強度(c ダム)

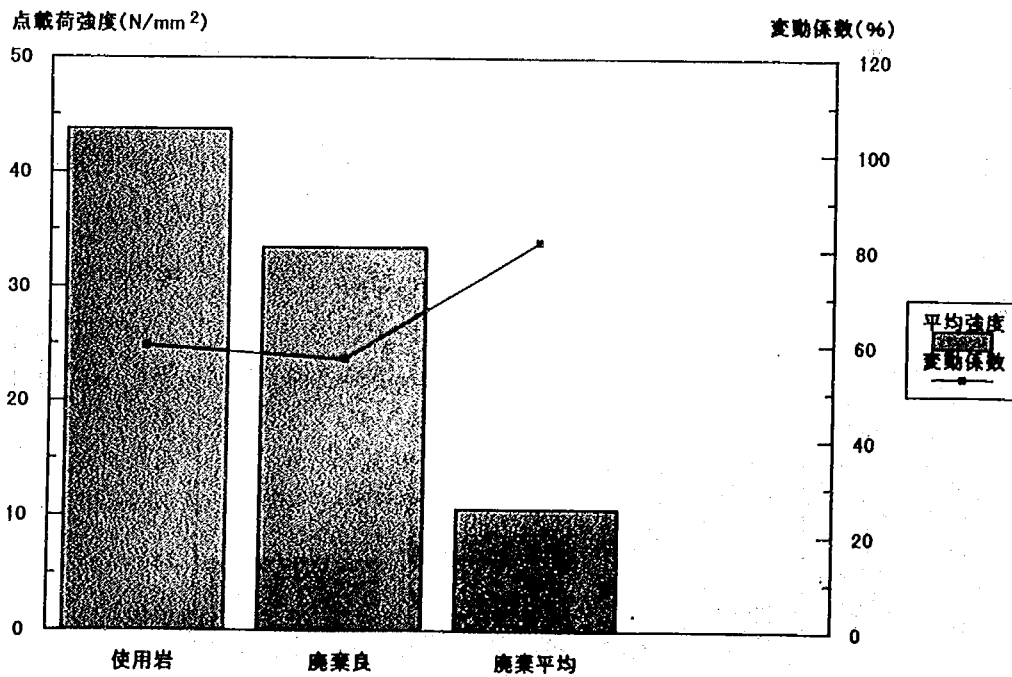


図-4.29(4) グループ毎の点載荷強度(d ダム)

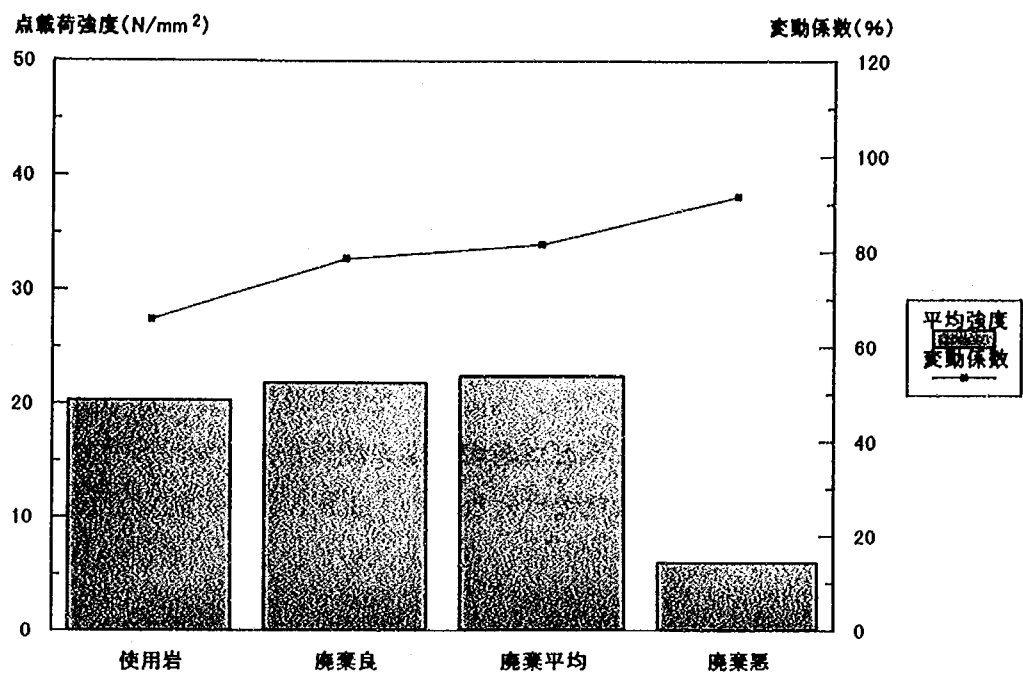


図-4.29(5) グループ毎の点載荷強度(e ダム)

ことが廃棄の主な理由となっているため、品質の最も悪いグループを除くと、点載荷強度は全て同程度であった。また、c ダムにおいては、強風化による廃棄岩の点載荷強度の方が熱変質による廃棄岩の点載荷強度よりも小さくなった。次に、図-4.30 にダム毎の使用岩の点載荷強度で無次元化した場合のそれぞれの点載荷強度を示す。図によれば、c ダムを除き、廃棄岩のうち平均的な品質のグループの点載荷強度は使用岩の4割程度となり、品質の悪いグループの点載荷強度は使用岩の3割程度となっている。また、図-4.31 に使用岩の点載荷強度の変動係数で無次元化した場合の各点載荷強度の変動係数を示す。使用岩においても点載荷強度の変動係数が大きいいため、比率はそれほど大きくないが、廃棄岩の品質の良いグループから悪いグループになるにつれて無次元化した変動係数は大きくなっている。

次に、図-4.32 に品質グループ毎の表乾比重と点載荷強度の関係を示すが、表乾比重が大きくても点載荷強度が小さいものもあり、明確な相関は見受けられない。また、図-4.33 にダム毎（岩種毎）の表乾比重と点載荷強度の関係を示す。図より、ダム毎に見ると、表乾比重と点載荷強度にはわずかながら相関があるといえる。

同様に、図-4.34 に品質グループ毎の吸水率と点載荷強度の関係を示す。図より、吸水率が小さくなるほど点載荷強度が大きくなるが、規準値である3%以下においても点載荷強度にはかなり幅があることがわかる。また、図-4.35 にダム毎（岩種毎）の吸水率と点載荷強度の関係を示す。図より、ダム毎に見れば、吸水率と点載荷強度には相関があるといえる。

また、図-4.36 には品質グループ毎のすりへり減量と点載荷強度の関係を示す。図より、すりへり減量が小さくなるほど点載荷強度が大きくなるが、同じグループ内でみても点載荷強度には大きなバラツキがある。また、図-4.37 にダム毎（岩種毎）のすりへり減量と点載荷強度の関係を示す。図より、すりへり減量と点載荷強度の関係はダム毎にかなり異なり、またバラツキも大きいといえる。

また、図-4.38 には品質グループ毎の安定性損失質量と点載荷強度の関係を示す。図より、安定性損失質量が大きくなるほど点載荷強度が小さくなり、安定性損失質量が12%以上では点載荷強度は 20N/mm^2 より小さくなっている。また、図-4.39 にダム毎（岩種毎）の安定性損失質量と点載荷強度の関係を示す。図より、安定性損失質量と点載荷強度の関係はダム毎に多少差があるものの、両者にはある程度相関があるといえる。安定性試験はそもそも骨材中の微細なクラックにおける硫酸ナトリウムの膨張圧による破壊試験で、一種の引張強度試験とみなせるが、点載荷試験も一種の割裂引張試験とみなせば、両者にある程度相関があることもうなずける。なお、4.2.1 節では、安定性損失質量が原石の品質評価に効いてくることがわかったが、点載荷強度の値も廃棄岩の取捨を評価する指標としての可能性があると思われる。

無次元化した点載荷強度(%)

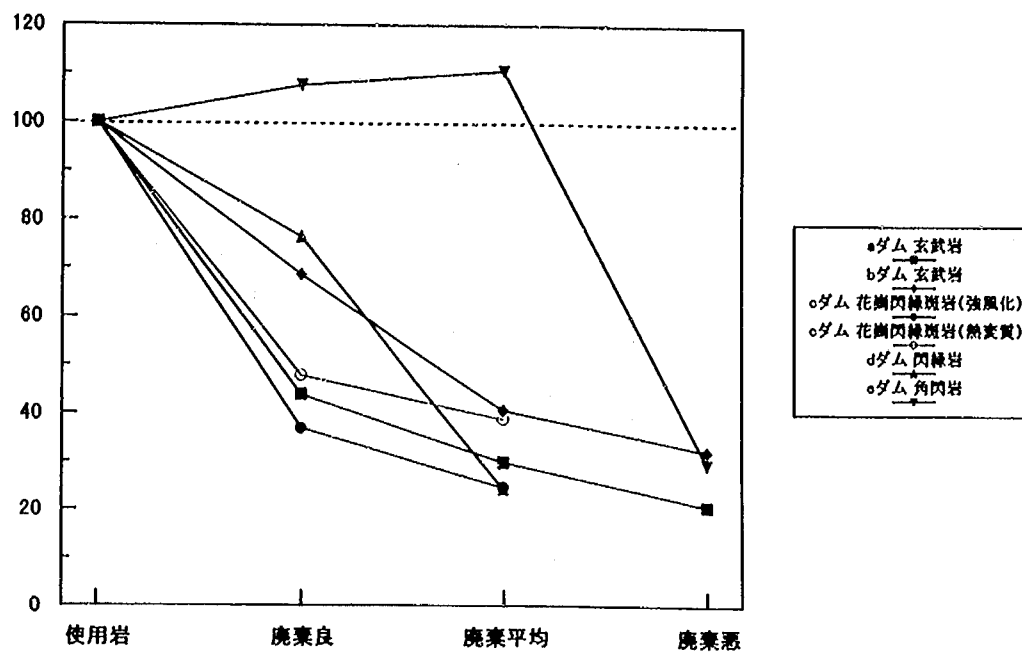


図-4.30 グループ毎の無次元化した点載荷強度(全ダム)

無次元化した点載荷強度の変動係数

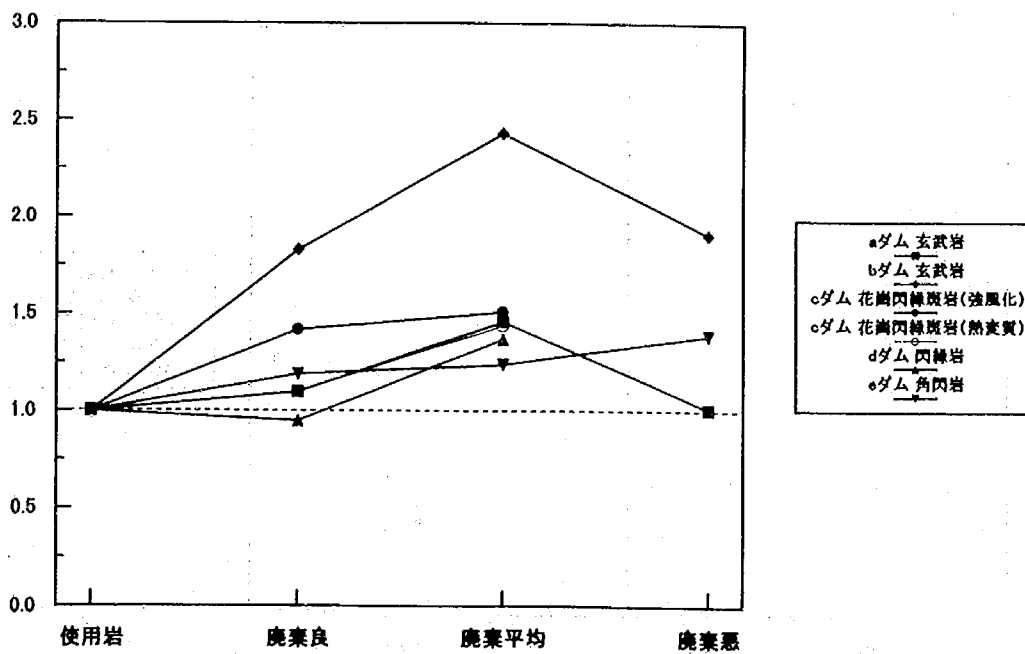


図-4.31 グループ毎の無次元化した点載荷強度の変動係数(全ダム)

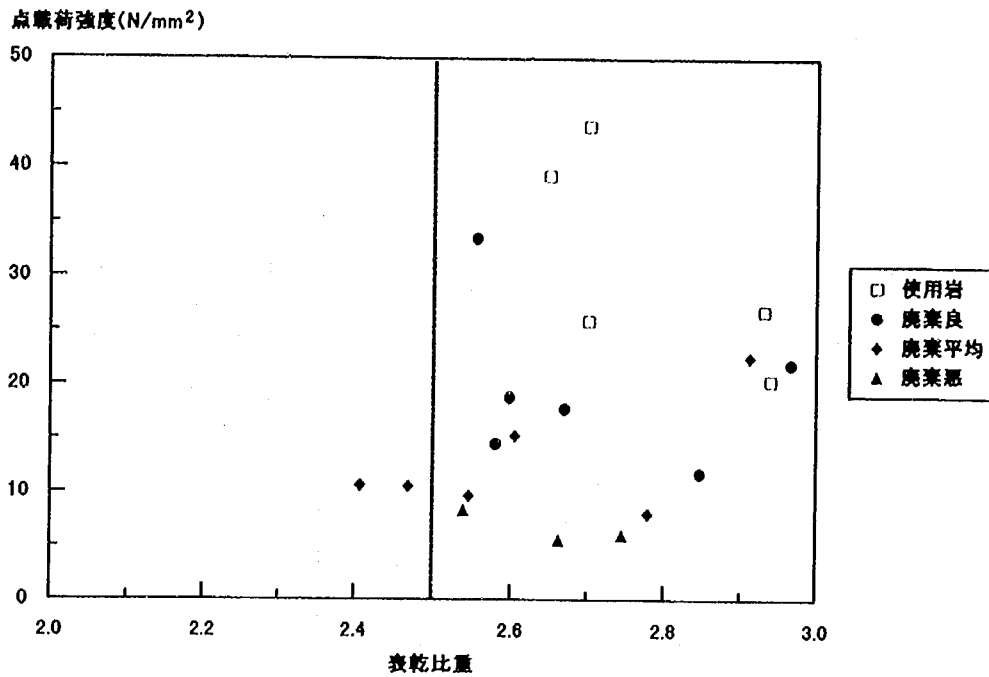


図-4.32 グループ毎の表乾比重と点載荷強度の関係

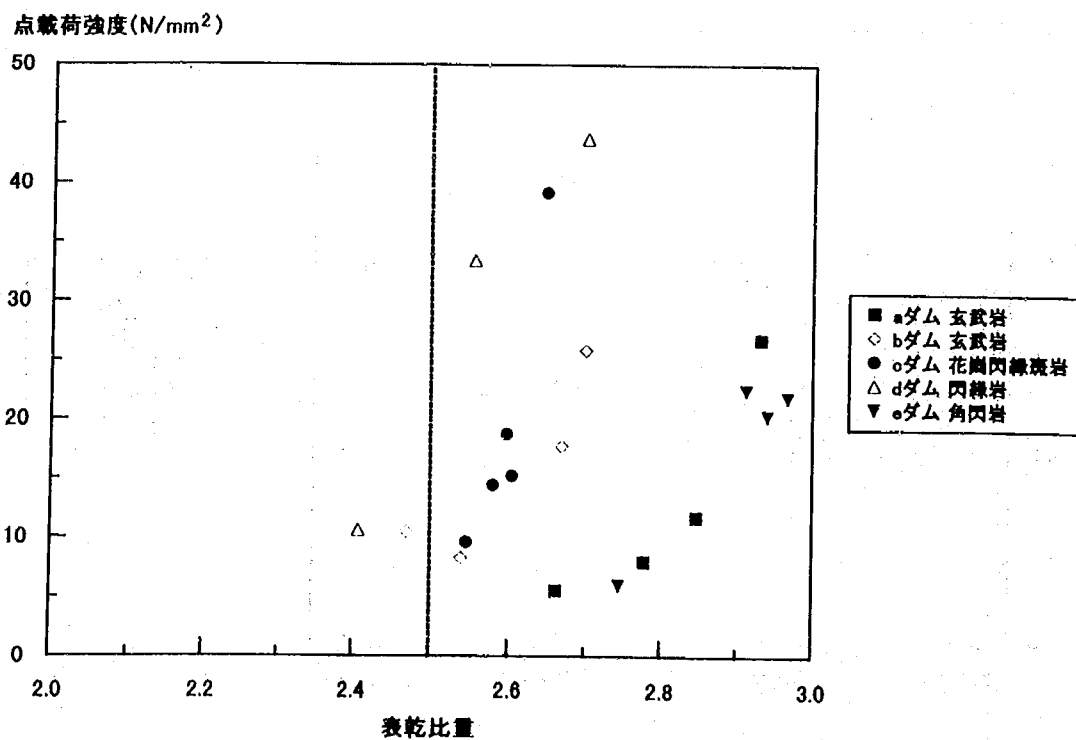


図-4.33 ダム毎の表乾比重と点載荷強度の関係

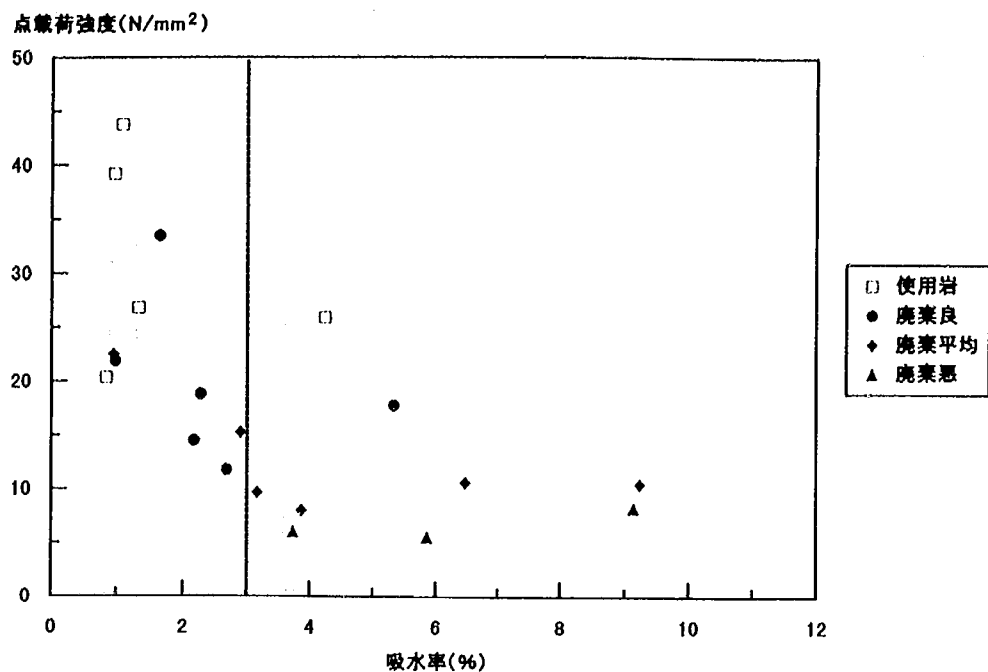


図-4.34 グループ毎の吸水率と点載荷強度の関係

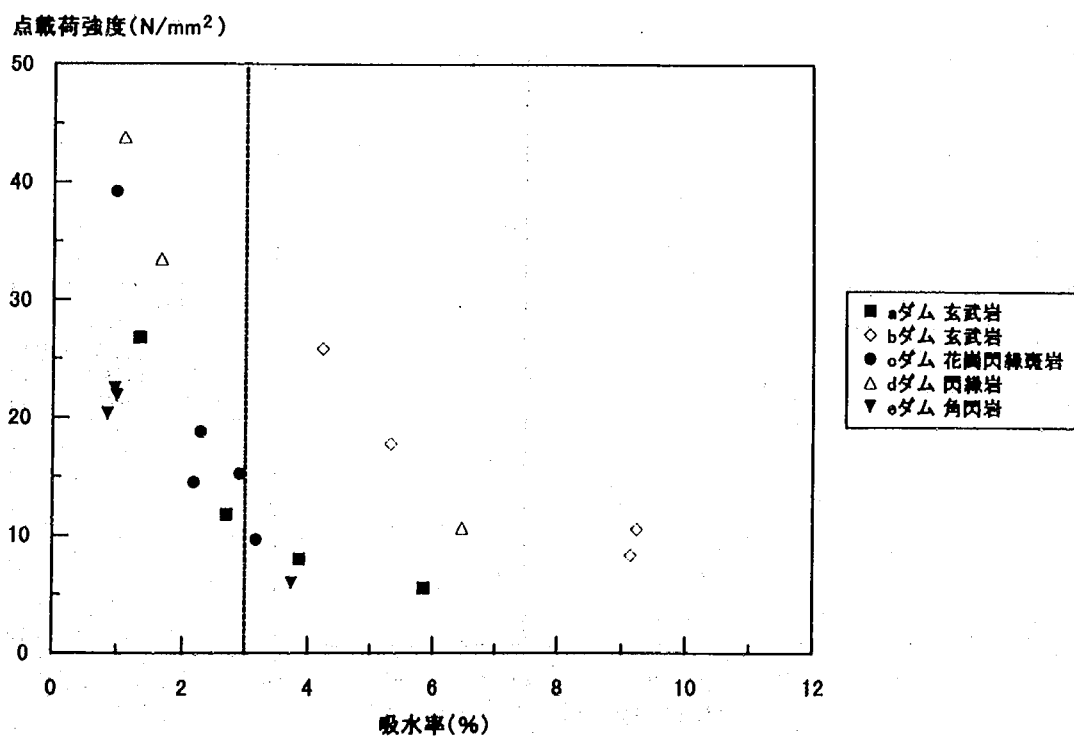


図-4.35 ダム毎の吸水率と点載荷強度の関係

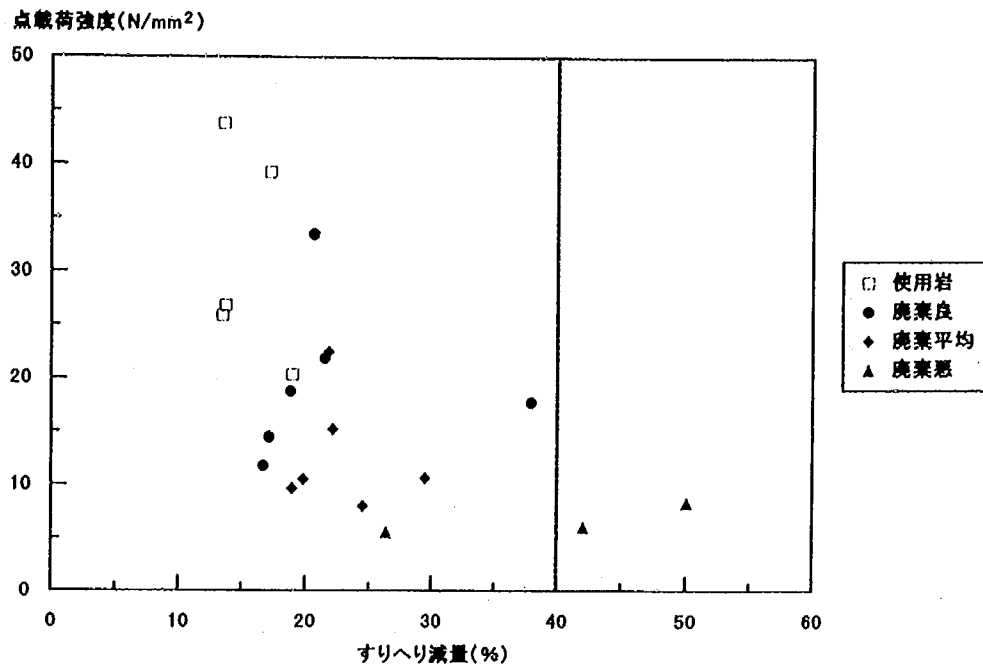


図-4.36 グループ毎のすりへり減量と点載荷強度の関係

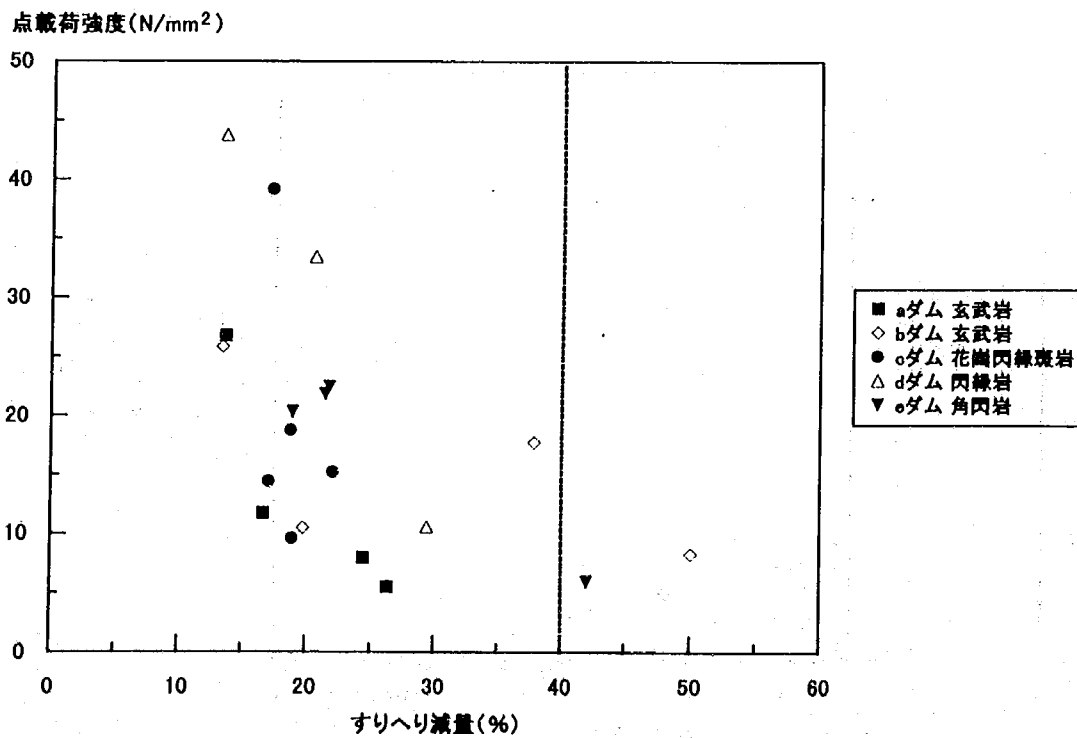


図-4.37 ダム毎のすりへり減量と点載荷強度の関係

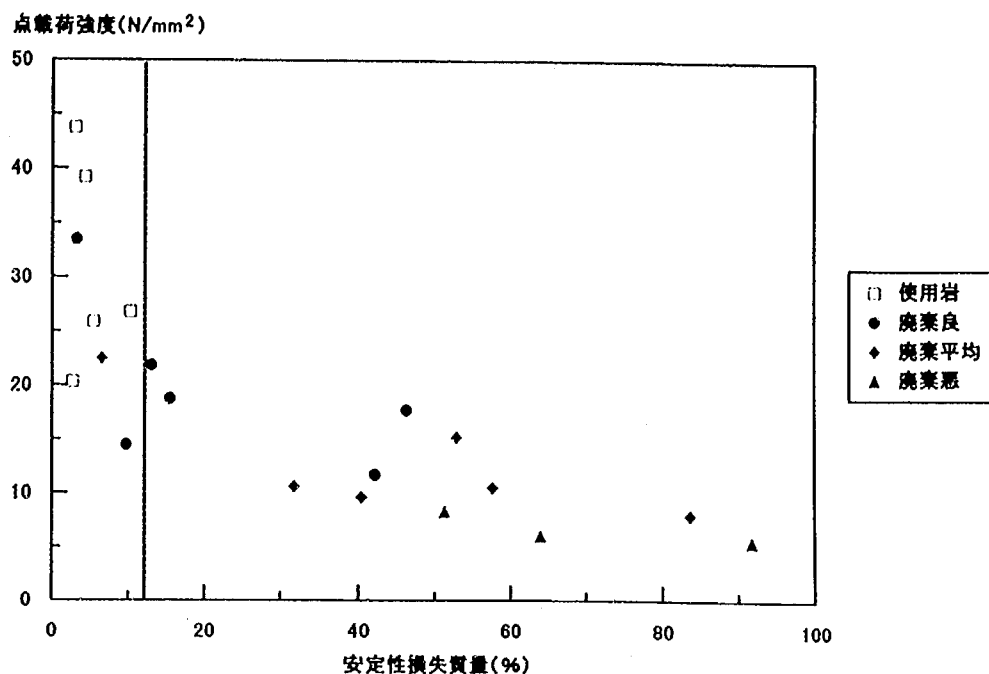


図-4.38 グループ毎の安定性損失質量と点載荷強度の関係

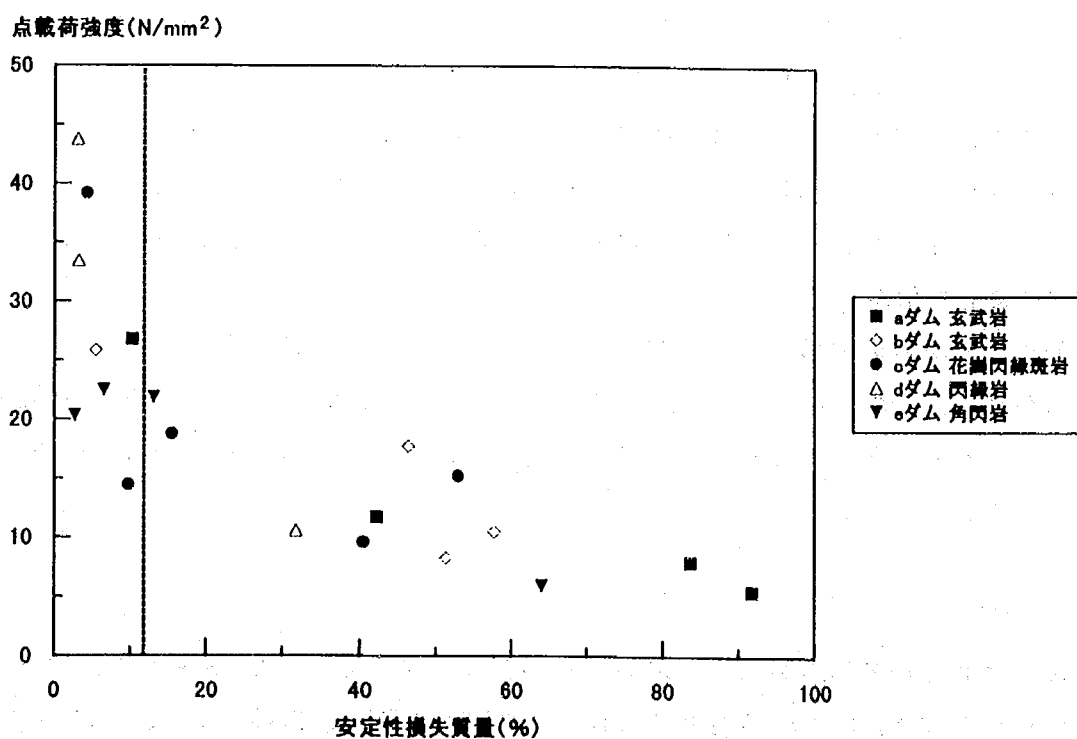


図-4.39 ダム毎の安定性損失質量と点載荷強度の関係

5 まとめ

ダムコンクリート用骨材の有効利用技術の開発を進めていくにあたり、その現状を把握するため、実際の原石山における骨材採取状況のアンケート調査および原石山における廃棄岩の物性調査を実施した。その結果を整理すると、以下のとおりである。

【アンケート調査】

- ① 対象ダムのうち原石山掘削終了したダムの表土を除いた実績歩留りの平均値は 54%程度であり、表土以外の総掘削量の半分近くが廃棄されていることがわかった。
- ② 火成岩類を原石山とする場合と堆積岩類を原石山とする場合を比較すると、火成岩類を原石山とする場合の方が、歩留りの変動幅が多かった。
- ③ 骨材の歩留りを向上させるためには、まず軟岩Ⅱ（発破掘削）の利用率を高めることが必要と考えられる。また、さらに歩留りを上げるためには、軟岩Ⅱ（機械掘削）の使用を検討しなければならないことがわかった。
- ④ 有害鉱物の中でもモンモリロナイトを含む原石の有効利用方法に関して優先的に調査する必要がある。
- ⑤ 断層や変質帯が多いことが廃棄理由であるダムでは、それ以外のダムと比べて、断層からの余裕幅、無視できる断層幅ともに小さくなり、断層や変質帯をきめ細かく扱っていることがわかった。
- ⑥ 原石山における廃棄岩の判定は現場技術者の経験的な判断に頼る部分が多く、現場サイドからも原石の使用の可否を判断する簡易な試験方法の確立が望まれている。
- ⑦ 一方で、廃棄岩に対する骨材試験は現状ではあまり行われていない。骨材として利用できる原石を廃棄する可能性を低減するためには、廃棄岩の品質管理試験も定期的に行う必要がある。
- ⑧ 骨材の歩留りを向上させる方法として、現場サイドとしては、骨材の品質規準緩和よりも骨材の簡易品質判定方法の確立を望んでいる。
- ⑨ 廃棄岩を使用する場合の現場サイドの意識としては、強度や耐久性などコンクリートの品質低下に対する問題意識が高く、また一方でスラッジの大量発生などの施工性低下に対する問題意識も高い。
- ⑩ 骨材を内部コンクリート用、外部コンクリート用に分けて生産・貯蔵する場合、仮置き場所の確保が必要となるという意見が多かった。

【廃棄岩の物性調査】

- ⑪ 各ダムで廃棄されている岩石材料を、品質の良いグループ、品質の平均的なグループ、品質の悪いグループに分類したところ、物理試験および点載荷試験による骨材の相対的な品質評価順序と 3 区分した品質グループの順序はダム毎にほぼ整合がとれており、現場技術者の経験に基づく原石の優劣判定は信頼性が高いといえる。
- ⑫ しかし、ダムによっては、廃棄岩の中にも物理試験の規準値を満足するものがあり、廃棄岩の中にも骨材として使用できる可能性のある岩石材料が存在することがわかった。

- ⑬ 点載荷強度は、骨材の岩種や劣化原因の影響は受けるものの、安定性損失質量とある程度相関があることがわかった。

今後も、経済性の追求のみならず資源の有効利用および環境保全に対する社会的要請という観点から、廃棄岩を極力減らすことが一層強く望まれると予想される。今回の調査で得られた原石山の実態、現場技術者が感じている課題などに十分配慮した上で、骨材の有効利用を目指して調査研究、技術開発を進めていく必要がある。

なお最後に、本調査の実施にあたりアンケートにご協力頂いた建設省各地方建設局、各県ならびに北海道、水資源開発公団の関係各位に深く謝意を表します。

添 付 資 料

原石山におけるコンクリート骨材採取状況に関するアンケート調査

1. アンケート記入者

ダム名				
事務所名等				
アンケート	所属		役職	
記入担当者名	氏名			
電話番号	TEL		FAX	

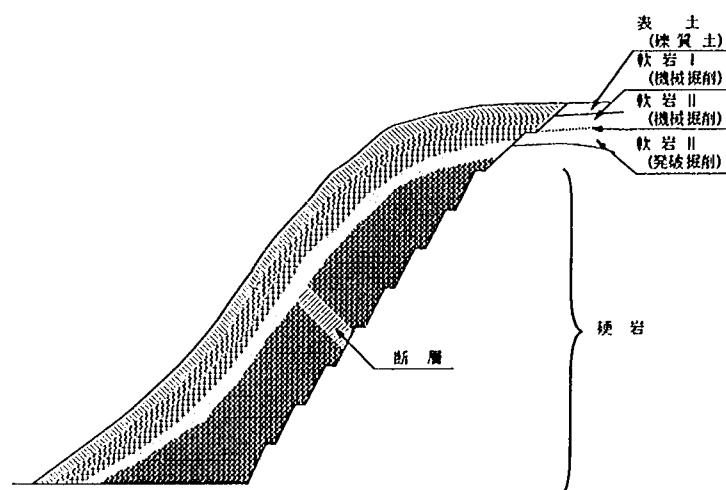
2. 原石採取状況

前回のアンケートでは、「表土」と「廃棄岩」の定義がダム毎に異なっていたため、図－1 に示す積算上の区分を用いて原石採取状況を再調査します。

「表土」、「軟岩Ⅰ」、「軟岩Ⅱ（機械掘削）」、「軟岩Ⅱ（発破掘削）」、「硬岩」に分けて以下の質問に答えて下さい。

2.1. 「計画時点」における原石山の掘削数量を下表に記入して下さい。

区 分	計画時点の掘削数量
表土	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅰ	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（機械掘削）	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（発破掘削）	, 0 0 0 m ³
硬岩（断層部を含む）	, 0 0 0 m ³



図－1 原石山の土・岩区分

2.2. 積算区分のうち、「計画上」はどの部分を骨材として使用する予定でしたか。

- ① 軟岩Ⅰを骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ② 軟岩Ⅱ（機械掘削）を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ③ 軟岩Ⅱ（発破掘削）を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ④ 硬岩を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ

2.3. 「計画上」の原石使用量と廃棄岩量を積算区分毎に記入して下さい。

区 分	計画時点の原石使用量	計画時点の廃棄岩量
表土	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅰ	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（機械掘削）	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（発破掘削）	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
硬岩（断層部を含む）	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³

2.4. 現在までの原石山の掘削数量を積算区分毎に記入して下さい。

区 分	現在までの掘削数量
表土	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅰ	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（機械掘削）	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ（発破掘削）	, 0 0 0 m ³
硬岩（断層部を含む）	, 0 0 0 m ³

2.5. 上表に記入した数量はいつ時点のデータですか。

_____年 _____月 _____日時点のデータである。

2.6. 積算区分のうち、「実績」ではどの部分を骨材として使用していますか。

- ① 軟岩Ⅰを骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ② 軟岩Ⅱ（機械掘削）を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ③ 軟岩Ⅱ（発破掘削）を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ
 ④ 硬岩を骨材として使用する ☐ はい ☐ いいえ

2.7. 現在までの原石使用量と廃棄岩量の「実績数量」を積算区分毎に記入して下さい。

区 分	原石使用量	廃棄岩量
表土	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅰ	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ(機械掘削)	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
軟岩Ⅱ(発破掘削)	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³
硬岩(断層部を含む)	, 0 0 0 m ³	, 0 0 0 m ³

2.8. 上表に記入した数量はいつ時点のデータですか。
 _____年 _____月 _____日時点のデータである。

3. 原石山の概要

3.1. 原石山からダムサイトまでの運搬はどのくらいですか。
 (_____) km

3.2. 原石山の地質は何ですか。

(地質年代: _____ 岩石名: _____)

4. 廃棄岩が生じる理由

4.1. 貴ダムで廃棄岩が生じる主な理由について答えて下さい。

- | | | |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① 地表からの風化が厚い | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ② 断層や変質帯が多い | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ③ クラッキーで大玉がとれない | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ④ 砂岩・粘板岩などの互層構造である | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑤ 有害鉱物を含む | ☐ はい | ☐ いいえ |

有害鉱物の種類は (_____)

⑥ その他の理由 (_____)

4.2. 上の①から⑥の理由のうち、最も問題となっているのはどれですか。

☐ (_____) が最も問題となっている。

☐ 特に大きく問題となるものはない。

5. 廃棄岩の判定時期

5.1. 原石を廃棄するか使用するかを判断する時期はいつですか。

- | | | |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① ベンチカットの法面を見て判断する | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ② 発破後の原石状況を見て判断する | ☐ はい | ☐ いいえ |

③ その他 (_____)

5.2. 上の①から③のうち、主たる判定時期はいつですか。

(_____) を最も重視している。

6. 断層・変質帯付近での廃棄岩の取り扱い

- 6.1. ベンチカット法面に規模の大きな断層や変質帯が現れた場合、図-2のようにある程度の余裕をもって廃棄岩の範囲を決定していると思います。図に示す余裕幅はどのくらい探っていますか。

余裕幅＝概ね（ ）m程度

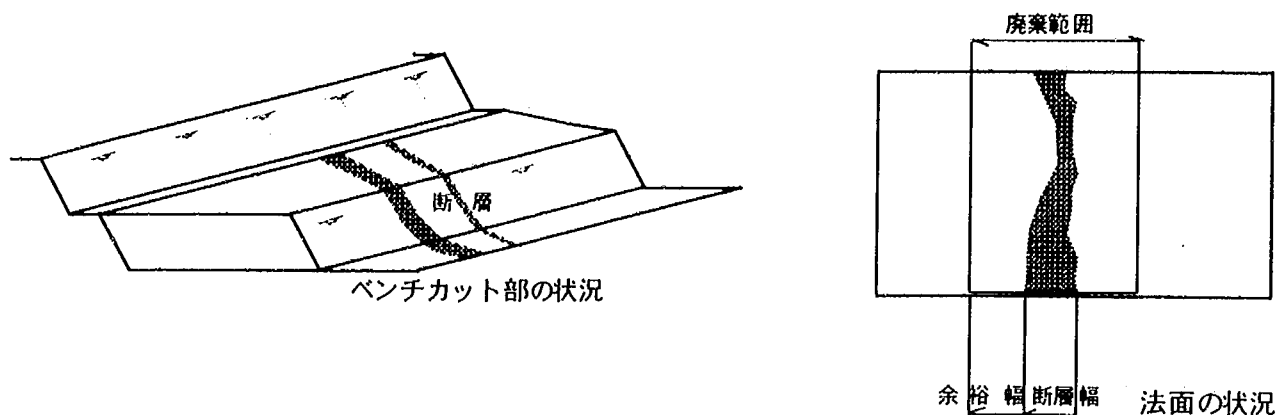


図-2 断層部の廃棄余裕幅

- 6.2. 規模の小さな断層や変質帯は原石の製造過程でスラッジなどとして除去されるため、原石山で廃棄岩として取り扱わないのが通例だと思いますが、どの程度の幅の断層や変質帯までを廃棄岩の判定から無視していますか。

一般に幅（ ）m程度の断層までは廃棄の対象としていない。

7. 廃棄岩の判定方法

- 7.1. 原石山で廃棄岩と使用岩を区別する判定項目は何ですか。

- | | | |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① 石の表面の色、見た目 | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ② ハンマーの打撃音、感触 | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ③ ハンマーで石を割った面の色 | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ④ 大玉が採れるかどうか、クラックの状況 | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑤ その他の理由（ ） | | |

- 7.2. 上①から⑤の判定項目のうち、最も重視しているものはどれですか。

（ ）を最も重視している

- 7.3. 廃棄岩を判定する場合、原石の試験結果を利用することがありますか。次の中から一つを選んで下さい。

- ☐ ① 即座の判断が必要なため、試験を行わず、目視やハンマーの打診などで判断している。
- ☐ ② 試験を行ってから、廃棄岩とするか使用岩とするかを判断している。
- ☐ ③ その他（ ）

7. 4. 設問7. 3. で②と答えた場合、

- ① その場合、どのような試験から判定していますか。

(_____)

- ② 試験結果が出るまでの時間はどの程度ですか。

(_____)

- ③ この場合、原石採取の作業工程に影響は生じませんか。

(_____)

8. 骨材の品質管理試験

8. 1. 製造した骨材の品質管理のために実施している試験を下記より選んで下さい。また、その頻度を記入して下さい。

- | | |
|--|-------------------|
| ☐ 比重 | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ 吸水率 | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ 安定性損失重量 | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ すりへり減量 | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ X線分析 | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ その他 (_____) | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ その他 (_____) | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ その他 (_____) | 頻度：(_____) 日に1回 |
| ☐ その他 (_____) | 頻度：(_____) 日に1回 |

8. 2. 同様な試験を廃棄した岩について実施することがありますか。

☐ ない

☐ ある。その場合の試験名は

(_____)

9. あなたのダムで骨材の歩留まりを向上するためには何が必要だと思いますか。「一つだけ」選んで下さい。

☐ 原石の使用の可否を即座に判定する簡易試験法の確立

☐ 使用岩と廃棄岩のふるい分け設備

☐ 骨材の品質基準の緩和。この場合、緩和すべき品質基準は

(_____)

10. 現在廃棄している原石（ただし、表土などの明らかに使えないものは除く）を使用した場合、どのような不都合が生じると思いますか。

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① 特に問題は生じない | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ② 骨材プラントでスラッジが大量に増加する | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ③ 大玉が不足するなど骨材生産のバランスが崩れる | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ④ 骨材の粒度などの品質管理が難しくなる | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑤ 水分量、コンシステンシーなどの品質管理が難しくなる | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑥ コンクリートの施工性が悪くなる | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑦ コンクリートの耐久性が低下する | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑧ コンクリートの強度が低下する | ☐ はい | ☐ いいえ |
| ⑨ その他 (_____) | ☐ はい | ☐ いいえ |

11. 骨材の有効利用を図るため、内部コンクリート用の骨材と外部コンクリート用の骨材を分けて生産、貯蔵することが考えられていますが、これについてどう思いますか。施工面から見た問題点を答えて下さい。

- ① 貯蔵設備が二重段取りになるため、経済効果はあまり期待できない ☐ はい ☐ いいえ
- ② 良質骨材と低品質骨材を正しく分別するのが難しい ☐ はい ☐ いいえ
- ③ 原石山掘削当初に低品質骨材が集中するため、大規模な仮置き場所が必要となる ☐ はい ☐ いいえ
- ④ コンクリートや骨材の品質管理が難しくなる ☐ はい ☐ いいえ
- ⑤ その他 (_____)

…………… 質問は以上です。どうもありがとうございました。