

土 木 研 究 所 資 料

第1838号

コンクリート用骨材に関する調査報告書(1)
—物理的品質不良骨材に関する試験調査—

昭和57年6月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © 1982 年 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

要 旨

低品質骨材のうち、特に物理的品質不良骨材のコンクリートへの合理的使用法を検討するため、現行の骨材規格を外れる粗骨材について、骨材の一般物理試験、それをを用いたコンクリートの圧縮・曲げ強度試験及び凍結融解試験を行った。

その結果、物理的品質不良骨材の品質特性は、その岩種によって異なること、コンクリートの圧縮・曲げ強度は骨材の安定性損失重量が大きくなれば、ほぼ直線的に低下すること、また、現行の骨材規格を外れる骨材であっても良好なコンクリートの耐久性を示すものがあること、などが明らかとなった。これらの結果をもとにコンクリート用粗骨材の品質規準(案)を提示した。

目 次

序言

1. 試験目的	1
2. 試験方法	2
2.1 骨材試料	2
2.2 骨材の試験	2
2.3 コンクリートの試験	2
2.3.1 コンクリートの圧縮, 曲げ強度試験	2
2.3.2 コンクリートの凍結融解試験	3
3. 試験結果	4
3.1 骨材の試験	4
3.2 コンクリートの試験	4
3.2.1 コンクリートの圧縮, 曲げ強度試験	4
3.2.2 コンクリートの凍結融解試験	4
4. 試験結果の考察	20
4.1 骨材特性について	20
4.1.1 粗骨材の種類	20
4.1.2 粗骨材特性値の関係	20
4.2 コンクリートの強度特性について	28
4.2.1 コンクリートの圧縮強度	28
4.2.2 コンクリートの曲げ強度	33
4.3 コンクリートの凍結融解耐久性について	37
5. 既往の調査における品質規準の提案	40
5.1 日本コンクリート会議・砕石委員会	40
5.2 セメント協会	40
6. まとめ	41
結言	42
参考文献	43

序 言

最近、コンクリート用骨材を取巻く事情は年々厳しさを増し、従来用いられてきたような良質の細骨材並びに粗骨材は次第に入手し難くなり、骨材品質も多様化していることが指摘されている。^{1)~3)}

土木工事用コンクリート骨材の品質は、土木学会「コンクリート標準示方書」、J I S A 5005「コンクリート用碎石」等に規定されているが、このような状況下においては今まであまり使用されなかった品質規格に外れる低品質の骨材についても、その使用方法を再検討して使用範囲を広げて、経済的に利用していく必要がある。また、現行の骨材品質規格についても実状に則した合理的なものとしていく必要があると考えられる。

このような必要性に対して、建設省技術管理業務連絡会・コンクリート部会では、昭和51年度より56年度まで低品質粗骨材のコンクリートへの利用に関する調査試験を実施してきた。もとより、粗骨材の品質は主にその粒子形状と比重、吸水率等の物理的性質に支配されるため、本調査では低品質骨材として形状不良骨材と物理的品質不良骨材について検討を行った。

このうち、51~53年度に実施した形状不良骨材に関する試験の結果については、その概要を文献4)に報告している。

本報告書は、54~56年度に実施した物理的品質不良骨材に関する試験結果をとりまとめたものである。

昭和57年6月

コンクリート研究室	室 長	小 林 茂 敏
	研究員	河 田 博 之
		高 橋 正 志
		高 橋 弘 人
		石 井 良 美

1. 試験目的

低品質骨材のうち、特に物理的品質不良骨材の合理的使用法を知ることが目的として、物理的品質不良骨材の基本的性質ならびに物理的品質不良骨材を用いたコンクリートの品質を調査した。

2. 試験方法

この試験は、建設省各技術事務所、北海道開発局土木試験所および土木研究所の共同試験として実施する。
試験方法は次のとおりである。

2.1 骨材試料

- (1) 各試験所で、表— 2.1 に示す品質規準の一部もしくは全部を下回る砂利または碎石を選定する。
- (2) 粗骨材の最大寸法は40mm以下とし、粒度は土木学会コンクリート標準示方書の標準粒度の範囲に入るものとする。

表— 2.1 コンクリート用碎石の品質規準
(JIS A 5005)

比 重	2.5 以上
吸 水 率	3 % 以下
硫酸ナトリウムによる安定性	12 % 以下
すりへり減量	40 % 以下

注) コンクリート標準示方書では粗骨材の品質について、比重が2.5未満、吸水率が3%を越えるものは不適格なものが多いとしている。

2.2 骨材の試験

- 2.1の骨材試料の各々について次の試験を行う。
- 1) 粗骨材の比重および吸水率試験(JIS A 1110)
 - 2) 骨材の単位容積重量および実積率試験(JIS A 1104)
 - 3) 骨材の硫酸ナトリウムによる安定性試験(JIS A 1122)
 - 4) ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験(JIS A 1121)
 - 5) 骨材の洗い試験(JIS A 1103)
 - 6) 岩質の判定

2.3 コンクリートの試験

3.1の骨材試料を用いたコンクリートについて、次の試験を行う。

- 1) 圧縮強度試験
- 2) 曲げ強度試験
- 3) 凍結融解試験

2.3.1 コンクリートの圧縮、曲げ強度試験

(1) 使用材料

- 1) セメント：普通ポルトランドセメント
- 2) 混和剤：AE剤
- 3) 細骨材：日常使用している川砂または海砂とし、
粒度は粗粒率 2.80 ± 0.2 とする。また、
表— 2.2 の各試験値を求めておく。

表— 2.2 細骨材の物理試験

試 験 項 目	JIS番号
比重および吸水率	JIS A 1109
粒度および粗粒率	JIS A 1102
硫酸ナトリウムによる安定性	JIS A 1122
有機不純物	JIS A 1105
洗い試験による損失重量	JIS A 1103

(2) コンクリートの配合条件

- 1) セメント水比 (c/w)：1.5, 2.0 および 2.5 の 3 種

2) スランプ: 7 ± 1 cm

3) 空気量: 4.0 ~ 4.5 %

なお、コンクリートの配合は、コンクリートの標準示方書解説表—7に示されるコンクリートの細骨材率および単位水量の概略値を参考にして決定する。

(3) まだ固まらないコンクリートの試験

まだ固まらないコンクリートについて、次の試験を行う。

1) スランプ試験 (JIS A 1101)

2) 空気量試験 (JIS A 1128)

(4) 供試体の製作および強度試験

1) 圧縮強度試験

供試体は $\phi 15 \times 30$ cmの標準供試体 (粗骨材の最大寸法が30mm以下の場合は $\phi 10 \times 20$ cmでもよい) とし、JIS A 1132に準じて突き棒あるいは内部振動機による締固めを行って製作する。試験は、JIS A 1108に従って行い、試験開始材令は28日 (可能であれば7日についても行う) とする。供試体数は各c/w, 各材令について3個とする。

2) 曲げ強度試験

供試体は $15 \times 15 \times 53$ cmの標準供試体 (粗骨材の最大寸法が30mm以下の場合は $10 \times 10 \times 38$ cmでもよい) とし、JIS A 1132に準じて突き棒あるいは内部振動機による締固めを行って製作する。試験はJIS A 1106に従って行い、試験開始材令は28日 (可能であれば7日についても行う) とする。供試体数は各c/w, 各材令についても3個とする。

2.3.2 コンクリートの凍結融解試験

(1) 使用材料

2.3.1と同じ。ただし、AE剤はその種類を明記のこと。

(2) コンクリートの配合条件

1) 粗骨材の最大寸法: 25mm

2) 水セメント比(w/c): 50%は必ず試験し、余裕があればその前後、例えば40%, 60%についても試験する。

3) スランプ: 7 ± 1 cm

4) 空気量: 4.0 ~ 4.5 %

(3) まだ固まらないコンクリートの試験

2.3.1と同じ。

(4) 供試体の製作および試験

供試体は、 $10 \times 10 \times 40$ cmまたは $7.5 \times 10 \times 40$ cmの大きさとし、JIS A 1132に準じて突き棒による締固めを行って製作する。供試体数は、各w/cについて3個とする。

試験は、ASTM C 666「急速凍結融解に対するコンクリートの抵抗試験方法(方法A)」に準じて行い、試験開始材令は14日とする。

測定は、供試体の動弾性係数 (JIS A 1127) と重量について行う。

3. 試験結果

3.1 骨材の試験

各試験所において選定された粗骨材の一般物理試験結果を表—3.1に示す。また、細骨材の試験結果を表—3.2に示す。

3.2 コンクリートの試験

3.2.1 コンクリートの圧縮、曲げ強度

強度試験に用いたコンクリートの配合、まだ固まらないコンクリートの試験および圧縮、曲げ強度試験の結果を表—3.3に示す。

3.2.2 コンクリートの凍結融解試験

凍結融解試験に用いたコンクリートの配合、まだ固まらないコンクリートの試験および凍結融解試験結果を表—3.4に示す。表—3.4にはこの試験で同時に得られたコンクリートの動弾性係数、単位容積重量も併記した。

表-3.1 粗骨材の試験結果 (その1)

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	最 大 寸 法 (mm)	比 重	吸 水 率 (%)	安 定 性 損 失 重 量 (%)	す り へ り 量 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/ℓ)	実 積 率 (%)	洗 い 損 失 重 量 (%)	粗 粒 率
54	北 海 道	A-1	砕石 (安山岩)	北海道 豊浦	25	2.54	1.6	1.7	15.6	1.46	57.4	0.0	6.92
		A-2	砕石 (安山岩)	" 漁川	25	2.25	6.6	4.4	34.5	1.33	63.1	1.9	6.80
	関 東	C-1	川砂利	鬼怒川	25	2.60	1.0	9.8	19	1.68	65.3	—	—
		C-2	砕石 (石灰岩)	茨城県 笠間	40	2.51	2.3	42.0	49	1.54	62.9	—	—
		C-3	砕石 (石灰岩)	" 大泉	40	2.67	2.9	31.0	28	1.61	62.1	—	—
		C-4	砕石 (砂岩)	石塚	30	2.57	2.7	12.0	43	1.67	66.5	—	—
	北 陸	D-1	砕石 (粘板岩)	新潟県 高山	30	2.62	1.4	7.1	23.7	1.60	61.8	0.6	—
		D-2	砕石 (粘板岩)	" 安田	30	2.62	4.3	14.5	46.6	1.52	60.5	1.6	—
		D-3	砕石 (粘板岩)	" "	30	2.47	4.4	13.4	28.8	1.42	60.4	1.0	—
	中 部	E-1	玉砕 (火成岩)	愛知県 犬山	25	2.63	0.7	3.5	13.1	1.61	61.7	0.2	7.00
		E-2	川砂利	揖斐川	25	2.60	1.4	32.4	27.7	1.56	60.8	0.6	6.94
		E-3	砕石 (堆積岩)	岐阜県 博国	25	2.64	2.0	35.6	21.0	1.61	62.2	0.7	6.88
	近 畿	F-1	砕石 (硬質砂岩)	大阪府 高槻	20	2.67	1.1	4.1	12.2	1.55	58.9	0.9	6.70
		F-2	砕石 (安山岩)	奈良県 国分	20	2.38	6.3	7.6	15.6	1.32	59.0	0.4	6.68
	中 国	G-1	砕石 (結晶片岩)	広島県 中深川	25	2.71	0.6	3.5	12.3	1.64	60.9	—	6.95
		G-2	砕石 (花崗岩)	山口県 生見	25	2.57	1.2	1.9	51.0	1.55	61.0	—	6.91
	四 国	H-1	砕石 (安山岩)	香川県 吉原	40	2.67	1.9	3.3	7.5	1.58	60.2	—	7.3
		H-2	砕石 (安山岩)	" 加茂	40	2.56	3.8	5.4	12.6	1.47	59.7	—	7.3
		H-3	砕石 (安山岩)	" 鬼無	40	2.60	3.1	16.3	10.2	1.52	60.0	—	7.3
		H-4	砕石 (安山岩)	愛媛県 北条	40	2.47	5.2	27.0	14.0	1.45	61.7	—	7.3
	九 州	I-1	砕石 (石灰岩)	熊本県	40	2.71	0.3	5.1	58.2	1.73	64.0	—	—
		I-2	砕石 (安山岩)	鹿児島県	40	2.41	4.7	10.8	19.8	1.38	60.0	—	—
	土 研	J-1	砕石 (砂岩)	茨城県 笠間	25	2.68	0.6	0.8	10.1	1.60	60.0	—	7.0
		J-2	砕石 (レキ岩)	神奈川県 松田	25	2.57	4.6	58.6	42.2	1.52	61.7	—	7.0
		J-3	砕石 (粘板岩)	群馬県 富岡	25	2.56	3.4	85.9	32.9	1.52	61.5	—	7.0

表-3.1 粗骨材の試験結果(その2)

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	最 大 寸 法 (mm)	比 重	吸 水 率 (%)	安 定 性 損 失 重 量 (%)	す り へ り 減 量 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/ℓ)	実 積 率 (%)	洗 い 損 失 重 量 (%)	粗 粒 率
55	北 海 道	A-1	砕石 (安山岩)	北海道 落部	25	2.54	4.1	1.6	18.9	1.45	59.4	1.0	7.54
		A-2	砕石 (安山岩)	" 福井	25	2.48	4.9	6.9	25.4	1.37	57.9	1.0	7.38
		A-3 ^米	砕石 (安山岩)	" 漁川	25	2.25	6.6	4.4	34.5	1.33	63.0	1.9	7.13
	東 北	B-1	砕石 (凝灰岩)	山形県 大森	25	2.32	9.1	41.3	14.0	1.29	60.7	0.9	7.96
	北 陸	C-1	川砂利	新潟県 阿賀野川	25	2.63	1.4	4.6	14.2	1.51	58.2	1.7	7.00
		C-2	砕石 (安山岩)	宮城県 角田	25	2.57	2.3	15.4	28.7	1.45	57.7	1.7	6.80
		C-3	砕石 (流紋岩)	新潟県 米倉	25	2.46	4.3	25.1	15.2	1.37	57.9	0.4	6.90
		C-4	砕石 (凝灰岩)	新潟県 田上	25	2.14	9.8	37.7	29.3	1.16	59.5	3.6	7.00
	関 東	D-1	川砂利	栃木県 旧鬼怒川	25	2.61	1.3	13.6	24.5	1.67	64.8	0.41	7.12
		D-2	砕石 (安山岩)	神奈川県 伊勢原	25	2.30	5.4	48.5	26.3	1.27	58.2	2.38	7.13
	中 部	E-1	砕石 (花崗岩)	長野県 阿智	25	2.66	0.5	12.5	34.8	1.51	57.1	0.2	6.86
		E-2	川砂利	静岡県 清水	25	2.40	3.5	24.7	25.7	1.48	63.8	1.6	6.91
	近 畿	F-1	砕石 (凝灰岩)	兵庫県 宝殿	25	2.39	5.7	54.3	22.9	1.26	55.7	—	7.23
		F-2	砕石 (硬質砂岩)	大阪府 高槻	20	2.67	1.1	6.7	4.1	1.55	58.7	—	6.70
		F-3	砕石 (安山岩)	奈良県 国分	20	2.38	6.3	6.7	7.6	1.32	59.0	—	6.68
	中 国	G-1	砕石 (安山岩)	鳥取県 関金	25	2.37	6.2	1.2	50.0	1.37	61.4	—	6.89
		G-2	砕石 (花崗岩)	広島県 小方	25	2.57	1.2	1.0	54.9	1.52	59.9	—	6.92
	四 国	H-1	砕石 (花崗岩)	香川県 満濃	25	2.63	0.5	7.9	9.2	1.50	57.3	—	7.00
		H-2	砕石 (安山岩)	" 三野	25	2.51	3.6	15.1	16.7	1.35	53.7	—	7.00
		H-3	砕石 (珪岩)	徳島県 飯谷	25	2.59	1.9	27.5	32.1	1.49	58.6	—	7.00
		H-4	砕石 (砂岩)	" 市場	25	2.54	3.4	49.8	19.4	1.46	59.4	—	7.00
	九 州	I-1	砕石 (頁岩)	宮崎県 有水	20	2.66	1.9	40.9	19.7	1.57	60.1	1.2	—
		I-2	砕石 (砂岩)	" 大平	20	2.56	2.5	21.5	20.0	1.49	59.7	7.2	—
	土 研	J-1	砕石 (砂岩)	茨城県 笠間	25	2.50	5.3	68.0	50.1	1.43	59.9	—	7.00
		J-2	砕石 (粘板岩)	" "	25	2.57	4.1	79.6	37.8	1.36	55.2	—	7.00
		J-3	砕石 (チャート)	" 岩間	25	2.58	1.8	10.5	38.6	1.51	59.4	—	7.00

注) 米 54年度と同じ骨材

表一 3.1 粗骨材の試験結果 (その3)

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	最 大 寸 法 (mm)	比 重	吸 水 率 (%)	安 定 性 損 失 重 量 (%)	す り へ り 量 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/ℓ)	実 積 率 (%)	洗 い 損 失 重 量 (%)	粗 粒 率
56	北 海 道	A-1 ^米	砕 石 (安山岩)	北海道 落部	25	2.54	4.1	1.6	18.9	1.45	59.4	1.0	7.54
		A-2 ^米	砕 石 (安山岩)	" 福井	25	2.48	4.9	6.9	25.4	1.37	57.9	1.0	7.38
		A-3 ^米	砕 石 (安山岩)	" 漁川	25	2.25	6.6	4.4	34.5	1.33	63.0	1.9	7.13
	東 北	B-1	砕 石 (安山岩)	山形県 温海	25	2.52	4.3	28.8	14.5	1.46	60.3	0.4	7.08
		B-2	砕 石 (安山岩)	" 二戸	25	2.35	10.8	75.3	30.9	1.26	58.9	1.3	7.08
	北 陸	C-1	砕 石 (安山岩)	三川	25	2.67	0.8	25.5	24.7	1.53	57.7	1.4	6.94
		C-2	砕 石 (チャート)	川内	25	2.43	5.1	6.3	16.1	1.28	55.3	2.0	7.00
		C-3	砕 石 (流紋岩)	下田	25	2.50	3.5	8.4	14.8	1.39	57.6	2.1	7.00
		C-4	砕 石 (安山岩)	角田	25	2.41	5.3	15.5	26.6	1.30	56.8	2.0	6.80
		C-5	砕 石 (玉 砕)	阿賀野川	25	2.63	1.4	4.6	13.1	1.51	58.2	1.6	6.90
	関 東	D-1	川砂利	栃木県 鬼怒川	25	2.60	1.8	2.6	15.9	1.67	65.4	0.9	7.02
		D-2	砕 石 (砂 岩)	茨城県 岩瀬	25	2.61	1.7	3.5	19.2	1.56	60.9	3.0	7.03
		D-3	砕 石 (粘板岩)	" "	25	2.69	0.9	3.7	17.9	1.58	59.3	1.4	7.04
		D-4	砕 石 (チャート)	" "	25	2.64	0.6	1.4	18.7	1.60	60.8	1.8	6.95
	中 部	E-1	砕 石 (流紋岩)	愛知県 宇連川	25	2.34	6.6	43.7	22.9	1.24	56.5	0.4	6.81
	近 畿	F-1	砕 石 (硬質砂岩)	大阪府 高槻	20	2.69	1.1	9.6	17.7	1.54	57.8	0.3	6.73
		F-2	砕 石 (安山岩)	和歌山県 那賀	20	2.62	2.1	11.2	26.2	1.55	60.4	0.5	6.58
		F-3	砕 石 (安山岩)	大阪府 国分	25	2.46	3.9	4.5	16.6	1.40	59.1	0.2	6.78
		F-4	砕 石 (凝灰岩)	兵庫県 宝殿	30	2.39	5.5	14.5	23.0	1.27	56.1	0.5	7.56
		F-5	砕 石 (凝灰岩)	大阪府 飛鳥	25	2.46	4.1	8.3	15.4	1.42	60.1	0.1	6.93
		F-6	砕 石 (凝灰岩)	" 太子	15	2.36	1.9	6.1	42.1	1.40	60.4	1.8	6.25

注) 米54または55年度と同じ骨材

表一 3.1 粗骨材の試験結果 (その4)

年度	試験所	記号	種類	産地	最大寸法 (mm)	比重	吸水率 (%)	安定性 損失重量 (%)	すりへり 減重量 (%)	単位容積 重量 (kg/ℓ)	実積率 (%)	洗い損失 重量 (%)	粗粒率
56	中国	G-1	砕石 (粘板岩)	広島県 大竹	25	2.57	2.3	33.8	66.6	1.52	60.5	—	6.84
		G-2	砕石 (安山岩)	鳥取県 東伯	25	2.50	4.0	8.3	35.6	1.40	58.2	—	6.84
		G-3	砕石 (安山岩)	" 関金	25	2.32	6.4	7.7	56.1	1.34	61.5	—	6.84
		G-4	砕石 (花崗岩)	広島県 大竹	25	2.58	0.9	7.8	52.4	1.49	58.3	—	6.86
		G-5	砕石 (結晶片岩)	" 中深川	25	2.71	0.5	3.4	11.4	1.61	59.7	—	6.77
		G-6	砕石 (花崗岩)	山口県 生見	25	2.58	0.8	5.4	50.7	1.49	58.2	—	6.85
	四国	H-1	砕石 (砂岩)	香川県 財田	25	2.62	1.3	2.6	7.1	1.52	58.8	—	7.0
		H-2	砕石 (粘板岩)	" 長尾	25	2.58	2.2	65.4	31.4	1.47	58.2	—	7.0
		H-3	砕石 (砂岩)	愛媛県 丹原	25	2.62	1.4	29.6	12.7	1.54	59.6	—	7.0
	九州	I-1	砕石 (頁岩)	鹿児島県 財部	25	2.65	1.2	15.7	14.7	1.64	62.6	1.0	6.95
		I-2	砕石 (凝灰岩)	宮崎県 えびの	25	2.61	2.9	11.8	30.8	1.60	63.1	1.5	6.68
	土研	J-1	砕石 (砂岩)	茨城県 笠間	25	2.51	4.2	83.0	43.4	1.50	59.9	0.5	7.0
		J-2	砕石 (粘板岩)	" "	25	2.57	4.1	79.6	37.8	1.36	55.2	—	7.0
		J-3	砕石 (石灰岩)	栃木県 葛生	25	2.73	0.8	8.1	22.3	1.60	59.3	—	7.0

注) 米54または55年度と同じ骨材

表一3.2 細骨材の試験結果 (その1)

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	比 重	吸 水 率 (%)	安 定 性 損 失 重 量 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/ℓ)	実 積 率 (%)	洗 い 損 失 重 量 (%)	粗 粒 率
54	北海道	A'-1	海 砂	北海道 錦岡	2.76	1.0	1.1	1.90	69.5	0.7	2.84
		A'-2	山 砂	" 黒松内	2.57	4.9	2.4	1.63	66.4	5.7	2.34
	北 陸	B'	—	—	2.58	1.8	2.4	1.55	61.0	1.9	—
	関 東	C'	川 砂	利根川	2.72	2.2	2.3	1.61	60.4	0.8	—
	中 部	E'	川 砂	木倉川	2.60	0.91	3.3	1.68	65.2	1.4	2.94
	近 畿	F'	海 砂	香川県 大槌島	2.50	2.0	4.5	1.53	62.4	0.4	2.63
	中 国	G'	川 砂	太田川	2.58	1.3	1.3	1.66	65.1	2.0	2.88
	四 国	H'	砕 砂	香川県 府中	2.59	1.6	6.0	—	—	3.8	2.67
	九 州	I'	粗・細砂混合	—	2.52	3.7	1.3	—	—	1.7	3.01
55	土 研	J'	川 砂	富士川	2.60	3.1	5.1	—	—	1.9	3.08
	北海道	A [*]	海 砂	北海道 錦岡	2.76	1.0	1.1	1.90	69.5	0.7	2.82
	東 北	B'	川海砂混合	寒河江川	2.55	2.0	4.2	1.67	66.8	0.4	2.81
	北 陸	C'	川 砂	手取川	2.58	2.8	3.8	1.63	64.9	4.0	2.80
	関 東	D'	川 砂	栃木県 旧鬼怒川	2.57	2.2	1.1	—	—	1.5	2.33
	中 部	E'	粗・細砂混合	矢作川 長良川	2.57	1.3	2.7	1.59	62.7	0.6	2.75
	近 畿	F'	川 砂	明石川	2.54	2.2	2.3	1.67	67.2	2.0	2.94
	中 国	G'	川 砂	太田川	2.55	1.4	1.3	1.70	67.6	2.0	2.84
	四 国	H'	粗・細砂混合	吉野川	2.65	1.4	1.4	1.69	64.7	1.5	2.75
	九 州	I'	粗・細砂混合 川 砂	福岡県 小森野,北野	2.54	3.2	1.3	1.60	—	1.7	2.78
	土 研	J'	川 砂	富士川	2.62	2.2	3.2	—	—	2.1	2.80

注) *54年度と同じ骨材

表一 3.2 細骨材の試験結果 (その2)

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	比 重	吸 水 率 (%)	安 定 性 損 失 重 量 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/ℓ)	実 積 率 (%)	洗 い 損 失 重 量 (%)	粗 粒 率
56	北 海 道	A'	海 砂	北海道 錦岡	2.75	1.2	0.3	1.88	68.4	0.4	2.67
	東 北	B'	川 砂	阿武隈川	2.56	2.5	2.93	1.53	64.6	1.0	2.86
	北 陸	C'	川 砂	阿賀野川	2.55	2.1	2.4	1.61	63.1	4.7	2.80
	関 東	D'	川 砂	鬼怒川	2.57	3.0	2.6	1.51	60.4	1.4	1.73
	中 部	E'	粗・細砂混合	矢作川 長良川	2.57	1.2	2.53	1.61	63.5	0.9	2.75
	近 畿	F'	川 砂	淀 川	2.52	1.7	1.38	1.59	62.8	0.8	2.76
	中 国	G'	川 砂	太田川	2.53	2.1	2.32	1.61	63.5	3.6	2.96
	四 国	H'	粗・細砂混合	鮎食川 旧吉野川	2.60	1.8	1.6	1.68	65.8	2.8	2.74
	九 州	I'	川 砂	—	2.51	3.9	1.8	1.55	—	1.4	2.34
	土 研	J'	川 砂	富士川	2.63	2.0	4.7	—	—	1.7	2.80

表-3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果 (その1)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合						ス ラ ン プ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 げ 強 度 (kg/cm ²)		
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)			混和剤* (C×%)	7 日	28 日	7 日	28 日
54	北海道	A-1	A'	1.5	49.0	138	213	1007	963	P ₂ 0.25	7.0	5.6	—	251	—	—
		2.0		48.6	130	260	988	963	V 0.025	7.0	5.9	—	312	—	—	
		A-2		2.0	38.4	145	290	704	920	V 0.030	6.0	5.6	—	270	—	—
	関東 東	C-1	C'	1.5	37.0	145	218	737	1210	V 0.03	7.5	4.6	138	216	35	42
				2.0	35.0	145	296	672	1210	V 0.03	8.0	4.6	233	325	47	52
				2.5	32.0	150	376	588	1210	V 0.03	8.0	5.0	308	402	57	60
		C-2		1.5	39.0	160	240	767	1110	V 0.025	7.5	3.6	76	122	21	32
				2.0	37.0	160	320	699	1110	V 0.025	8.0	4.3	149	218	34	43
				2.5	33.0	170	425	582	1110	V 0.025	7.5	3.4	225	306	46	53
		C-3		1.5	41.0	156	236	816	1160	V 0.025	8.0	4.0	85	138	29	41
				2.0	39.0	156	315	748	1160	V 0.025	7.0	3.5	168	248	41	56
				2.5	36.0	160	400	664	1160	V 0.025	6.5	3.9	253	347	53	71
		C-4		1.5	36.0	155	236	718	1200	V 0.025	7.0	3.8	122	203	32	40
				2.0	34.0	155	315	650	1200	V 0.025	8.0	4.1	212	288	42	51
				2.5	31.0	160	400	577	1200	V 0.025	6.5	3.5	294	368	46	58
	北 海 道	D-1	D'	1.5	36.0	130	195	712	1289	P 0.30	6.0	4.1	116	190	29.6	46.6
				2.0	33.0	130	260	637	1313	P 0.40	7.5	4.9	185	275	39.3	57.2
				2.5	30.0	130	325	562	1336	P 0.35	6.0	4.3	290	379	57.1	64.6
		D-2		1.5	36.0	139	209	755	1265	P 0.35	6.5	4.3	114	182	31.6	45.9
				2.0	33.0	139	278	624	1286	P 0.35	6.5	4.2	196	306	44.9	64.9
				2.5	30.0	139	348	550	1305	P 0.35	6.5	4.3	258	393	52.5	68.8
		D-3		1.5	36.0	146	219	691	1178	P 0.35	6.0	4.3	130	211	29.0	48.8
				2.0	33.0	146	292	614	1195	P 0.35	7.0	4.2	186	281	32.4	51.7
				2.5	30.0	146	365	519	1208	P 0.35	7.0	4.4	243	392	34.5	54.7
	中 部	E-1	E'	1.5	43.0	162	243	796	1065	V 0.034	7.0	4.4	136	202	—	36.1
				2.0	40.0	157	314	723	1094	V 0.055	7.0	4.2	215	310	—	48.3
				2.5	40.0	162	405	686	1041	V 0.081	7.5	4.4	317	420	—	55.0
		E-2		1.5	43.0	162	243	795	1053	V 0.056	6.5	5.8	123	198	—	37.3
				2.0	41.7	162	326	741	1036	V 0.075	8.0	5.6	213	295	—	47.9
				2.5	39.2	164	410	668	1037	V 0.094	6.0	4.2	282	320	—	54.2
		E-3		1.5	43.0	162	243	796	1069	V 0.049	6.5	5.0	115	179	—	33.1
				2.0	40.0	157	314	723	1098	V 0.063	7.5	4.5	200	314	—	41.4
				2.5	38.0	159	398	658	1088	V 0.119	6.5	4.6	280	382	—	47.9

注) * Vはヴィンソル, Pはポゾリスを示す。(以下、次表についても同様)

表-3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果 (その2)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 げ 強 度 (kg/cm ²)	
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	混和剤* (C×%)			7 日	28 日	7 日	28 日
54	近 畿	F-1	F'	1.5	45.0	177	265	787	1027	P _s 0.25	7.0	3.3	157	248	33.7	49.3
				2.0	43.0	170	340	734	1039	"	8.0	4.5	279	368	48.9	61.7
				2.5	37.0	169	423	608	1105	"	7.0	3.2	404	507	63.0	71.8
		F-2		1.5	45.0	177	265	787	915	"	7.5	3.7	104	186	30.3	42.6
				2.0	43.0	170	340	734	926	"	7.0	4.7	237	357	45.2	56.6
				2.5	37.0	160	423	608	986	"	7.0	3.9	316	500	60.1	70.2
	中 国	G-1	G'	1.5	43.8	169	254	802	1081	V 0.060	7.0	4.2	186	294	46.7	41.2
				2.0	40.5	169	338	714	1103	V 0.060	7.0	3.8	354	435	45.2	60.9
				2.5	35.0	176	440	581	1134	V 0.070	7.0	2.4	411	575	57.4	72.1
		G-2		1.5	43.8	170	255	801	1024	V 0.060	8.5	4.8	198	209	35.4	41.5
				2.0	40.5	170	340	713	1043	V 0.050	8.0	4.2	298	426	40.0	50.3
				2.5	35.0	177	443	580	1072	V 0.080	7.5	2.7	450	530	57.2	60.8
	四 国	H-1	H'	1.5	41.9	160	240	787	1123	P _s 0.25	7.5	4.9	125	221	27.7	39.5
				2.0	38.6	157	314	704	1154	"	8.0	4.5	196	353	40.3	51.6
				2.5	36.6	164	410	732	1128	"	8.0	4.3	322	434	58.7	71.4
		H-2		1.5	42.1	165	247	783	1063	"	6.5	4.0	133	235	26.4	42.8
				2.0	38.8	162	323	700	1091	"	8.0	3.8	218	352	42.5	47.6
				2.5	36.8	171	427	624	1058	"	6.5	3.9	333	444	54.9	56.3
		H-3		1.5	41.8	166	248	775	1083	"	8.0	4.5	115	204	24.1	31.9
				2.0	38.5	161	322	695	1115	"	6.0	3.8	209	339	38.2	52.3
				2.5	36.5	170	426	619	1081	"	8.0	4.3	283	404	41.9	59.4
		H-4		1.5	41.3	161	242	773	1046	"	6.5	4.0	115	194	22.4	34.2
				2.0	38.0	156	312	695	1081	"	6.5	3.6	185	320	29.4	49.3
				2.5	36.0	166	414	619	1049	"	7.5	3.8	288	420	46.0	61.9
	九 州	I-1	I'	1.5	39.0	142	213	738	1241	V 0.035	7.5	4.5	84	150	—	—
				2.0	36.0	143	286	659	1260	"	7.0	3.4	175	316	—	—
				2.5	33.0	151	378	573	1252	"	7.5	2.8	287	451	—	—
	土 研	J-1	J'	1.5	45.6	163	245	859	1011	V 0.015	6.0	4.4	159	253	26.0	38.0
				2.0	42.2	163	326	766	1036	V 0.015	7.5	4.0	240	361	37.0	48.0
				2.5	40.2	163	408	702	1031	V 0.019	5.5	3.5	324	422	50.0	59.0
		J-2		1.5	45.6	163	245	859	999	V 0.015	6.0	4.0	129	203	22.0	39.0
				2.0	42.2	163	326	748	1041	V 0.015	7.0	4.0	193	257	29.0	40.0
				2.5	40.2	163	408	702	1019	V 0.019	5.5	4.0	231	300	35.0	38.0
		J-3		1.5	43.6	163	245	821	1044	V 0.015	4.0	3.5	106	178	18.0	25.0
				2.0	40.2	163	326	730	1067	V 0.015	7.5	3.5	177	281	19.0	26.0
				2.5	38.2	163	408	667	1061	V 0.017	6.5	4.2	250	336	29.0	35.0

表-3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果(その3)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							ス ラ ン プ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 げ 強 度 (kg/cm ²)			
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	混和剤* (C×%)			7 日	28 日	7 日	28 日		
55	北 海 道	A-1	A'	1.53 2.0	49.0 47.7	143 141	220 282	996 947	955 955	V 0.015 V 0.025	7.0 7.5	4.7 5.6	— —	221 312	— —	— —		
		A-2		1.53 2.0	49.2 48.6	150 147	231 294	977 952	904 904	V 0.030 V 0.025	7.0 6.5	5.2 5.7	— —	158 314	— —	— —		
		A-3		2.0	44.4	144	288	875	880	V 0.025	7.0	5.9	—	303	—	—		
	東 北	B-1	B'	1.5 2.0 2.5	43.4 41.0 39.0	167 167 167	249 334 418	787 716 655	934 937 930	V 0.04 V 0.04 V 0.04	7.0 7.5 7.0	4.4 4.5 4.2	75 142 209	143 243 321	18.8 29.8 39.0	28.7 48.1 52.3		
				北 陸	C-1	1.5 2.0 2.5	45.5 42.0 40.0	159 159 159	239 318 398	850 760 697	1043 1069 1065	P 0.25 P 0.25 P 0.25	7.5 8.0 7.5	4.3 4.2 4.4	— — —	216 361 439	— — —	34.1 50.0 60.0
						C-2	1.5 2.0 2.5	45.4 42.0 40.0	160 160 160	240 320 400	848 757 696	1032 1058 1055	P 0.25 P 0.25 P 0.25	7.5 8.0 7.5	4.4 4.4 4.2	— — —	230 313 482	— — —
	C-3	1.5 2.0 2.5	45.4 42.0 40.0				160 160 160	240 320 400	848 757 696	949 973 971	P 0.25 P 0.25 P 0.25	7.0 6.5 7.5	4.3 4.0 4.3	— — —	175 354 481	— — —	34.2 46.6 56.4	
		C-4	1.5 2.0 2.5		45.4 42.0 40.0		164 164 164	246 328 410	841 751 688	827 848 844	P 0.25 P 0.25 P 0.25	7.5 8.0 7.0	4.2 4.0 4.2	— — —	225 361 452	— — —	35.6 44.8 56.3	
			関 東		D-1	D'	1.5 2.0 2.5	36.2 34.6 32.1	140 137 140	210 274 350	696 650 581	1247 1247 1247	V 0.035 V 0.035 V 0.035	7.0 8.0 7.0	4.7 4.8 4.5	— — —	205 270 330	— — —
	D-2						1.5 2.0 2.5	42.5 40.6 38.2	160 159 160	240 318 400	786 725 655	949 949 949	V 0.035 V 0.035 V 0.035	6.0 6.5 7.5	5.0 4.8 4.6	— — —	158 280 350	— — —
		中 部		E-1			E'	1.5 2.0 2.5	43.0 41.0 38.4	174 174 174	260 348 435	776 709 637	1064 1059 1061	V 0.013 V 0.018 V 0.04	6.5 8.0 6.5	4.2 4.3 4.3	— — —	193 307 378
			E-2		1.5 2.0 2.5	38.0 36.4 33.5		164 157 157	245 314 393	699 657 583	1068 1070 1080	V 0.015 V 0.01 V 0.02	7.0 6.5 7.0	4.5 4.2 4.0	— — —	159 286 350	— — —	25.8 39.5 44.6
	近 畿				F-1	F'		1.5 2.0 2.5	47.0 45.0 39.0	166 163 161	249 326 403	851 790 663	903 909 976	P ₃ 0.25 P ₃ 0.25 P ₃ 0.25	7.0 7.0 7.5	4.3 3.6 4.6	— — —	249 348 401

表ー3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果（その4）

年 度	試 験 所	骨 材		配 合						ス ラ ン プ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 ゲ 強 度 (kg/cm ²)		
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)			混和剤* (C×%)	7 日	28 日	7 日	28 日
55	中 国	G-1	G'	1.5	44.0	169	253	798	943	V 0.060	7.0	4.5	—	202	—	30.7
				2.0	40.5	169	338	706	965	V 0.060	7.5	4.6	—	340	—	41.2
				2.5	35.0	172	430	581	1005	V 0.071	6.5	3.0	—	464	—	51.7
		G-2		1.5	44.0	170	255	795	1002	V 0.055	7.0	4.8	—	252	—	37.3
				2.0	40.5	170	340	706	1046	V 0.053	6.5	4.0	—	400	—	45.6
				2.5	35.0	175	438	577	1079	V 0.069	6.5	3.1	—	518	—	54.4
	四 国	H-1	H'	1.5	45.2	166	249	853	1028	V 0.026	7.0	4.0	130	229	32.5	45.6
				2.0	41.8	165	328	763	1056	V 0.029	7.0	4.5	231	363	44.3	55.0
				2.5	39.8	173	432	683	1026	V 0.037	7.0	4.5	301	424	51.8	63.8
		H-2		1.5	45.9	173	259	854	955	V 0.023	7.0	4.2	114	217	32.0	44.5
				2.0	42.6	175	349	758	969	V 0.036	7.0	4.3	222	360	44.5	59.1
				2.5	40.6	180	451	682	941	V 0.035	7.5	4.0	338	471	58.8	68.3
		H-3		1.5	44.8	167	250	844	1019	V 0.026	7.0	4.4	113	190	29.4	41.0
				2.0	41.4	169	338	746	1036	V 0.029	7.0	4.4	199	310	43.8	50.8
				2.5	39.4	173	432	676	1019	V 0.035	7.0	4.3	261	361	44.7	55.9
		H-4		1.5	44.3	168	252	832	1002	V 0.027	7.5	4.0	103	192	25.2	42.8
				2.0	41.0	171	341	737	1015	V 0.028	8.0	4.1	190	317	42.5	54.5
				2.5	39.0	176	440	663	993	V 0.035	7.0	4.2	244	368	47.4	62.1
	九 州	I-1	I'	1.5	47	177	266	828	984	V 0.046	7.0	4.5	—	130	—	22.7
				2.0	44	176	352	746	1001	V 0.050	6.5	4.2	—	249	—	36.7
				2.5	42	176	440	682	994	V 0.050	6.0	4.4	—	339	—	45.2
		I-2		1.5	47	174	261	842	954	V 0.030	6.0	4.3	—	154	—	28.0
				2.0	44	174	348	749	970	V 0.030	7.0	4.4	—	264	—	41.6
				2.5	42	176	440	682	958	V 0.050	6.0	4.2	—	413	—	49.2
	土 研	J-1	J'	1.5	41.8	164	246	781	1029	V 0.020	7.5	4.4	—	172	—	30.1
				2.0	38.5	164	328	693	1048	V 0.020	8.0	4.2	—	231	—	34.0
				2.5	36.5	164	410	632	1041	V 0.025	7.5	4.0	—	271	—	36.3
		J-2		1.5	43.8	170	255	808	993	V 0.020	8.0	4.2	—	121	—	25.1
				2.0	40.5	170	340	718	1011	V 0.020	8.0	4.3	—	187	—	39.1
				2.5	38.5	170	425	656	1004	V 0.030	7.0	4.3	—	191	—	38.6
		J-3		1.5	42.8	167	251	794	1045	V 0.018	7.5	4.2	—	221	—	33.8
				2.0	39.5	167	331	706	1065	V 0.018	8.0	4.2	—	348	—	41.4
				2.5	37.5	167	418	644	1057	V 0.022	7.5	4.0	—	411	—	45.6

表-3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果 (その5)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合						ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 げ 強 度 (kg/cm ²)			
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)			混和剤* (C×%)	7 日	28 日	7 日	28 日	
56	北海道	A-1	A'	2.0	47.7	144	288	913	974	V 0.025	4.5	4.3	—	339	—	—	
		A-2		2.0	46.6	156	312	891	921	V 0.025	4.5	4.0	—	306	—	—	
		A-3		2.0	43.2	152	304	833	897	V 0.025	5.0	3.9	—	293	—	—	
	東北	B-1	B'	1.5	45.7	171	255	840	981	V 0.020	7.0	4.5	79	161	19.4	31.8	
				2.0	42.7	171	342	753	994	V 0.015	7.0	4.5	169	297	30.5	43.9	
				2.5	40.7	171	428	689	987	V 0.066	7.5	4.5	260	375	37.0	45.8	
		B-2		1.5	42.2	187	279	812	1019	V 0.015	7.0	4.2	59	117	14.7	30.6	
				2.0	39.4	187	374	735	1039	V 0.029	7.5	4.2	115	202	23.2	31.5	
				2.5	37.4	187	468	660	1015	V 0.078	7.0	4.2	165	271	28.6	41.0	
	北 陸	C-1	C'	1.5	47.5	165	248	868	1005	P 0.25	6.5	4.3	—	190	—	41.1	
				2.0	44.5	165	330	784	1024	P 0.25	6.5	4.3	—	328	—	52.6	
				2.5	42.5	165	413	725	1019	P 0.25	7.5	4.1	—	395	—	65.4	
		C-2		1.5	45.5	169	254	825	942	P 0.25	6.5	4.2	—	202	—	39.3	
				2.0	42.5	169	338	741	956	P 0.25	7.5	4.1	—	348	—	55.7	
				2.5	40.5	169	423	679	950	P 0.25	7.5	4.0	—	425	—	63.0	
		C-3		1.5	46.5	165	248	850	959	P 0.25	6.5	4.5	—	197	—	38.6	
				2.0	43.5	165	330	766	976	P 0.25	6.5	4.1	—	339	—	52.1	
				2.5	42.5	169	423	712	944	P 0.25	6.0	4.0	—	397	—	59.1	
		C-4		2.0	42.0	175	350	727	942	P 0.25	6.0	4.2	—	369	—	54.3	
				1.5	44.0	165	248	804	1056	P 0.25	6.0	4.0	—	222	—	38.6	
				2.0	42.5	165	330	749	1045	P 0.25	7.5	4.0	—	345	—	45.0	
		C-5		2.5	40.5	165	413	686	1035	P 0.25	6.0	4.0	—	499	—	56.0	
	関 東		D-1	D'	1.5	30.3	145	217	580	1354	V 0.032	6.0	3.9	—	159	—	42.8
					2.0	28.4	145	290	532	1354	V 0.032	7.0	3.9	—	260	—	55.3
		2.5			26.2	145	362	475	1354	V 0.037	5.5	4.0	—	345	—	59.7	
		D-2	1.5		33.4	180	270	625	1267	V 0.035	7.5	3.9	—	188	—	48.2	
			2.0		28.6	175	350	499	1267	V 0.035	8.0	4.6	—	277	—	59.1	
			2.5		25.5	175	438	427	1267	V 0.034	8.5	4.2	—	312	—	66.0	
		D-3	1.5		33.6	168	252	619	1281	V 0.035	7.5	4.0	—	213	—	53.0	
			2.0		31.1	168	336	553	1281	V 0.035	7.5	4.5	—	299	—	62.3	
			2.5		28.3	168	420	483	1281	V 0.037	6.5	4.0	—	360	—	68.1	
		D-4	1.5		32.1	165	248	596	1294	V 0.035	8.0	4.5	—	211	—	58.2	
			2.0		29.6	165	330	529	1294	V 0.033	8.0	4.7	—	265	—	67.9	
			2.5		26.8	165	413	460	1294	V 0.035	7.0	4.4	—	342	—	73.9	
	中部	E-1	E'	1.5	43.3	178	267	627	922	V 0.004	6.5	4.5	—	145	—	29.2	
				2.0	42.2	170	340	790	920	V 0.012	7.0	4.4	—	266	—	39.4	
				2.5	41.1	170	425	737	901	V 0.025	6.5	4.5	—	358	—	45.1	

表-3.3 強度試験用コンクリートの配合および試験結果 (その6)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		曲 げ 強 度 (kg/cm ²)		
		粗	細	C/W	S/A (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	混和剤* (C×%)			7 日	28 日	7 日	28 日	
56	近 畿	F-1	F'	1.5	45	176	264	791	1033	P 0.25	7.5	4.1	—	170	—	40.1	
				2.0	43	169	338	739	1046	"	7.0	4.0	—	318	—	51.2	
				2.5	36	173	433	588	1116	"	7.0	4.2	—	412	—	55.9	
		F-2		1.5	45	176	264	791	1006	P 0.25	6.5	4.4	—	195	—	40.0	
				2.0	43	169	338	739	1018	"	6.5	4.0	—	324	—	49.9	
				2.5	36	173	433	588	1087	"	8.0	4.2	—	420	—	64.2	
		F-3		1.5	45	171	256	801	955	P 0.25	7.0	4.4	—	206	—	40.1	
				2.0	43	165	330	747	966	"	6.5	4.5	—	340	—	49.3	
				2.5	36	173	433	588	1020	"	6.5	4.1	—	442	—	55.4	
		F-4		1.5	47	170	255	837	896	P 0.25	6.0	4.0	—	208	—	35.2	
				2.0	45	168	336	776	899	"	7.0	4.0	—	315	—	48.9	
				2.5	39	172	430	639	948	"	7.0	4.1	—	398	—	51.7	
		畿 南		F-5	1.5	45	176	264	792	944	P 0.25	7.5	4.5	—	195	—	34.5
					2.0	43	169	338	739	956	"	8.0	4.0	—	328	—	45.7
					2.5	36	171	428	591	1027	"	6.5	4.1	—	407	—	54.5
				F-6	1.5	43	175	262	759	942	P 0.25	6.5	4.1	—	172	—	29.7
					2.0	41	170	340	703	947	"	7.0	4.0	—	321	—	41.7
					2.5	34	172	430	557	1012	"	7.0	4.0	—	379	—	44.1
	中 國	G-1	G'	1.5	44.0	165	247	797	1031	V 0.030	6.5	4.3	—	182	—	34	
				2.0	40.5	167	334	704	1051	V 0.035	7.0	4.1	—	281	—	41	
				2.5	35.0	170	425	579	1095	V 0.060	7.5	3.0	—	358	—	45	
		G-2		1.5	44.0	167	251	794	998	V 0.040	7.0	4.8	—	213	—	26	
				2.0	40.5	167	334	704	1023	V 0.035	7.0	4.0	—	344	—	45	
				2.5	35.0	167	418	584	1073	V 0.050	7.0	4.0	—	447	—	55	
	四 國	H-1	H'	1.5	44.7	166	249	828	1033	V 0.024	7.0	4.3	130	214	32.2	49.7	
				2.0	41.3	165	330	738	1057	V 0.028	6.5	4.1	241	386	48.8	67.1	
				2.5	39.3	175	438	657	1023	V 0.040	7.0	4.0	347	439	66.6	72.1	
		H-2		1.5	44.9	168	253	828	1008	V 0.028	6.0	4.3	121	202	31.6	42.1	
				2.0	41.6	173	346	730	1017	V 0.032	7.0	4.1	211	301	45.6	53.7	
				2.5	39.6	179	449	655	992	V 0.042	6.5	4.2	277	377	54.0	64.9	
		H-3		1.5	44.3	164	246	824	1044	V 0.024	6.0	4.3	109	217	31.1	48.8	
				2.0	40.9	164	329	732	1066	V 0.028	7.5	4.4	211	325	45.3	60.3	
				2.5	38.9	179	447	644	1019	V 0.048	7.5	4.3	289	380	54.6	65.6	
	九 州	I-1	I'	1.5	40	168	252	715	1133	V 0.055	7.0	4.4	—	137	—	28	
				2.0	37	171	342	631	1135	V 0.060	7.5	4.1	—	245	—	38	
				2.5	35	179	448	562	1101	V 0.070	6.5	4.0	—	335	—	44	
		I-2		1.5	40	170	255	712	1109	V 0.060	7.0	4.5	—	127	—	25	
				2.0	37	173	346	629	1131	V 0.050	7.0	4.4	—	236	—	37	
				2.5	34	174	435	553	1117	V 0.060	6.5	4.3	—	351	—	46	
	土 研	J-1	J'	1.5	41.8	164	246	784	1042	V 0.020	8.0	4.4	—	176	—	29.7	
				2.0	38.5	164	328	694	1062	V 0.020	9.0	4.5	—	270	—	34.7	
				2.5	36.5	172	430	621	1029	V 0.030	8.5	4.4	—	322	—	40.7	

表-3.4 凍結融解試験用コンクリート配合および試験結果 (その1)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							スランプ (cm)	空気量 (%)	耐久性指数 D. F.	300 サイクルにおける 重量減少率 (%)	動弾性係数 ($\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)	単位容積重量 (kg/m^3)
		粗	細	W/C (%)	S/A (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)	G (kg/m^3)	混和剤* ($\text{C} \times \%$)						
54	北海道	A-1	A'-1	65.0	49.0	138	213	1007	963	P ₃ 0.25	7.0	5.6	26.5	16.8	361	2360
		A-1		50.0	48.6	130	260	988	963	V 0.025	7.0	5.9	97.3	3.1	379	2370
		A-2		50.0	38.4	145	290	704	920	V 0.030	6.0	5.6	14.1	6.0	288	2210
		A-1	A'-2	50.0	40.3	165	330	704	1030	V 0.045	7.0	4.6	93.9	2.0	334	2330
	北 陸	D-1	D'	45.0	35.0	144	320	645	1218	P 0.30	6.0	4.0	68.9	2.9	359	2380
				60.0	38.0	"	240	725	1203	P 0.30	6.0	4.0	80.0	3.0	322	2360
				70.0	40.0	146	209	771	1176	P 0.30	6.5	4.1	75.3	9.0	283	2300
		D-2		45.0	35.0	148	329	640	1205	P 0.35	6.5	4.5	15.0	—	303	2330
				60.0	38.0	"	247	720	1192	P 0.35	6.0	4.3	12.9	—	279	2300
				70.0	41.0	"	211	787	1153	P 0.35	6.5	4.0	15.6	—	263	2260
		D-3		45.0	35.0	157	349	627	1112	P 0.30	6.5	4.1	71.3	3.7	297	2230
				60.0	38.0	"	262	707	1102	P 0.30	6.5	4.3	65.6	2.8	259	2260
				70.0	41.0	"	224	774	1067	P 0.30	6.0	4.3	33.5	—	242	2190
	中部	E-1	E'	60.0	50.0	180	300	891	901	V 0.024	8.0	4.1	88.3	5.1	363	2340
		E-3		60.0	49.0	"	"	873	908	V 0.021	7.0	4.1	67.0	5.2	353	2300
		E-2		60.0	50.0	"	"	891	904	V 0.036	7.0	4.5	83.0	5.4	311	2350
	近 畿	F-1	F'	60.0	44.0	172	287	767	1042	P ₃ 0.25	7.0	5.0	—	—	353	2350
				70.0	45.0	170	243	802	1047	"	6.0	4.9	—	—	338	2330
		F-2		60.0	44.0	172	287	767	929	"	6.5	5.0	—	—	302	2240
				70.0	45.0	170	243	802	933	"	7.5	4.9	—	—	273	2210
	中 国	G-1	G'	70.0	44.5	169	241	820	1074	V 0.055	8.5	4.6	42.2	—	350	2340
				60.0	42.5	166	277	774	1100	V 0.055	8.0	4.3	15.1	—	390	2370
				45.0	36.0	"	369	629	1174	V 0.065	7.5	2.8	28.2	—	450	2430
		G-2		70.0	44.5	"	237	825	1026	V 0.055	6.5	4.6	8.1	—	306	2300
				60.0	42.5	"	277	774	1043	V 0.055	6.5	4.7	10.4	—	344	2330
				45.0	36.0	168	373	626	1109	V 0.055	6.0	4.0	17.5	—	377	2340
	土 研	J-1	J'	45.0	41.2	165	367	733	1030	V 0.018	6.5	4.0	98.5	1.3	—	—
				60.0	44.2	"	275	820	1019	V 0.015	6.0	4.3	95.8	3.5	—	—
				70.0	46.2	"	236	872	1000	V 0.014	6.0	4.1	82.9	6.7	—	—
		J-2		45.0	39.2	163	362	701	1066	V 0.018	5.5	4.2	81.7	1.2	—	—
				60.0	42.2	"	272	786	1056	V 0.015	6.0	4.4	36.4	—	—	—
				70.0	44.2	169	241	828	1025	V 0.015	6.0	4.5	14.4	—	—	—
		J-3		45.0	41.2	167	371	729	1012	V 0.018	6.5	4.5	10.0	—	—	—
				60.0	44.2	"	278	816	1003	V 0.017	6.0	4.1	7.4	—	—	—
				70.0	46.2	"	243	863	979	V 0.017	6.0	4.1	4.8	—	—	—

表一 3.4 凍結融解試験用コンクリートの配合および試験結果 (その2)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							スランプ (cm)	空気量 (%)	耐久性指数 D.F.	300 サイク ルにおける 重量減少率 (%)	動弾性係数 ($\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)	単位容積重量 (kg/m^3)
		粗	細	W/C (%)	S/A (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)	G (kg/m^3)	混和剤* (C $\times$ %)						
55	北海道	A-1	A'	50	47.7	141	282	947	955	V 0.025	7.5	5.6	34.2	3.0	370	2400
		A-2		50	48.6	147	294	952	904	V 0.025	6.5	5.7	96.3	2.5	350	2370
	東北	B-1	B'	67	43.4	167	249	787	934	V 0.04	7.0	4.4	0.7	—	245	2220
				50	41.0	167	334	716	937	V 0.04	7.5	4.5	0.7	—	275	2240
				40	39.0	167	418	655	930	V 0.04	7.0	4.2	0.7	—	301	2300
	北陸	C-1	C'	50	42.0	159	318	760	1069	P 0.25	8.0	4.4	77.6	6.3	343	2340
		C-2		50	42.0	160	320	757	1058	P 0.25	8.0	4.4	94.5	6.2	323	2320
		C-3		50	42.0	160	320	757	973	P 0.25	7.5	4.2	33.1	7.4	280	2270
		C-4		50	42.0	164	328	751	848	P 0.25	7.5	4.2	9.3	6.5	246	2110
	中部	E-1	E'	50	41.0	174	348	709	1059	V 0.018	8.0	4.3	84.4	2.4	336	2340
		E-2		50	36.4	157	314	657	1070	V 0.01	6.5	4.2	53.9	3.5	275	2290
	近畿	F-1	F'	50	45.0	150	300	814	937	P ₂ 0.25	6.5	4.5	14.0	—	335	2320
		F-2		60	44.0	156	260	803	1075	P ₂ 0.25	6.5	4.0	34.0	—	388	2430
		F-3		60	44.0	160	266	797	951	P ₂ 0.25	6.5	4.3	66.5	4.8	303	2320
	中国	G-1	G'	50	40.5	169	338	706	965	V 0.060	7.5	4.6	6.0	—	255	2230
		G-2		50	40.5	170	340	706	1046	V 0.053	6.5	4.0	3.6	—	365	2340
	土研	J-1	J'	50	38.5	164	328	693	1048	V 0.020	8.0	4.2	60.7	1.7	250	2300
		J-2		50	40.5	170	340	718	1011	V 0.020	8.0	4.3	3.6	—	276	2330
		J-3		50	39.5	167	334	706	1065	V 0.018	8.0	4.2	89.3	1.2	332	2350

表一 3.4 凍結融解試験用コンクリートの配合および試験結果 (その 3)

年 度	試 験 所	骨 材		配 合							スランブ (cm)	空 気 量 (%)	耐久性指数 D.F.	300 サイクル における 重量減少率 (%)	動弾性係数 ($\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)	単位容積重量 (kg/m^3)
		粗	細	W/C (%)	S/A (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)	G (kg/m^3)	混和剤* (C×%)						
56	北海道	A-1	A'	50	47.7	144	288	913	974	V 0.025	4.5	4.3	90.8	1.9	397	2550
		A-2		50	46.6	156	312	891	921	"	4.5	4.0	94.2	2.5	361	2510
		A-3		50	43.2	152	304	833	897	"	5.0	3.9	13.3	1.5	322	2390
	東 北	B-1	B'	40	40.7	177	428	689	987	V 0.066	7.5	4.5	4.3	—	317	2320
				50	42.7	177	342	753	994	V 0.015	7.0	4.5	2.5	—	296	2300
				67	45.7	177	255	840	981	V 0.020	7.0	4.5	1.0	—	259	2290
	北 陸	B-2	B'	40	37.4	187	468	660	1015	V 0.078	7.0	4.2	12.2	—	269	2270
				50	39.4	187	374	735	1039	V 0.029	7.5	4.2	10.0	—	247	2260
				67	42.2	187	279	812	1019	V 0.015	7.0	4.2	1.7	—	208	2220
	北 陸	C-1	C'	50	44.5	165	330	784	1024	P 0.25	6.5	4.3	97.2	4.6	342	2330
		C-2		50	42.5	169	338	741	956	"	7.5	4.1	69.0	8.0	307	2230
		C-3		50	43.5	165	330	766	976	"	6.5	4.1	17.3	—	331	2300
		C-4		50	42.0	175	350	727	942	"	6.0	4.2	81.8	12.0	302	2290
		C-5		50	42.5	165	330	749	1045	"	7.5	4.0	85.6	5.5	344	2350
	中部	E-1	E'	50	42.2	170	340	790	920	V 0.024	7.0	4.4	27.6	—	258	2210
	近 畿	F-1	F'	50	43.0	169	338	739	1046	P 0.25	8.0	4.0	103.1	3.7	347	2390
		F-2		50	43.0	169	338	739	1018	"	6.5	4.5	107.9	4.2	318	2340
		F-3		50	43.0	166	332	744	963	"	6.0	4.2	110.1	3.6	329	2320
		F-4		50	45.0	168	336	776	899	"	8.0	4.3	23.8	—	281	2260
		F-5		50	43.0	163	326	750	970	"	6.0	4.0	105.4	4.4	320	2330
		F-6		50	41.0	170	340	703	947	"	6.0	4.4	56.6	—	334	2230
	中 国	G-1	G'	50	40.5	167	334	704	1051	V 0.035	7.0	4.1	48.4	—	251	2280
		G-2		50	40.5	167	334	704	1023	V 0.035	7.0	4.0	58.8	—	258	2260
		G-3		50	40.5	160	320	716	963	V 0.034	6.0	4.4	34.0	—	314	2290
		G-4		50	40.5	170	340	699	1047	V 0.035	7.0	4.4	3.8	—	261	2220
		G-5		60	42.5	166	277	759	1100	V 0.035	7.0	4.3	74.6	—	339	2340
		G-6		60	42.5	169	282	754	1040	V 0.032	6.0	4.4	36.8	9.5	302	2300
	土 研	I-1	I'	50	38.5	164	328	694	1062	V 0.020	9.0	4.5	71.0	—	269	2260
		I-2		50	40.5	170	340	724	999	V 0.030	4.5	4.1	7.4	2.5	271	2290
		I-3		50	39.5	155	310	729	1160	V 0.025	6.0	4.1	65.3	2.1	410	2390

4. 試験結果の考察

4.1 骨材特性について

4.1.1 粗骨材の種類

粗骨材特性値の水準と範囲を岩種別に、図—4.1～4.3に示す。本試験で用いた粗骨材試料は81種（全試料数は86であるが、このうち同一骨材が5試料含まれる）であり、このうち表—2.1に示すJIS A 5005「コンクリート用砕石」の品質規格を外れるものは、比重で23試料（不合格率28%）、吸水率で36試料（44%）、安定性損失重量で37試料（46%）、すりへり減量で15試料（19%）である。また、すべての規格を満足するもの（合格骨材）は、23試料（全体の28%）である。このように粗骨材試料の品質は広範囲にわたっているが、これは各試験所管内の骨材生産地に出かけ、規格外として捨てられている骨材を採取して試験に供したためである。また、粗骨材のうち、砕石の岩質分布をみると、図—4.4のように安山岩と砂岩で全体の約50%を占めている。

一方、この試験は粗骨材の品質を調べるのが目的であるため、細骨材の品質は自由に選定したが、結果的には表—4.2に示したごとく幾分吸水率の大きいものもあるものの、比重、安定性損失重量は概して良好な値を示しており、コンクリートの試験結果を考察する場合、細骨材の影響については無視して差し支えないものと考ええる。

4.1.2 骨材の各特性値間の関係

骨材の各特性値間の単相関分析の結果を、表—4.1に示す。なお、表中には、危険率1%および5%で相関係数の有意性検定結果も合せて示した。

また、図—4.5～4.8に比重と吸水率、比重と単位容積重量、吸水率と安定性損失重量、安定性損失重量とすりへり減量との関係を示す。これらより、次のことがわかる。

- 1) 骨材の特性値の組合せのうち、比重と吸水率、比重（吸水率）と単位容積重量は、その岩種に関係なく、高い相関を有している（図—4.5、4.6）。比重と吸水率との関係において、吸水率を3%でおさえるとJISの現行規格の比重2.5以下となるのは1個もない。このことより、粗骨材の吸水率を規定すれば、比重は特に規定する必要はないものと考えられる。
- 2) 骨材特性のうち、吸水率と安定性損失重量との関係、単位容積重量と実積率との関係には、岩種の違いが認められる。すなわち、吸水率と安定性損失重量との関係においては、火成岩系骨材の吸水率が3%を越えるものであっても安定性損失重量の規格値12%を満足するものが多いのに対して、堆積岩系骨材では吸水率が3%以下のものでも大きな安定性損失重量を示し、吸水率が3%を越えるものではさらに大きな安定性損失重量となっている（図—4.7）。このことから、吸水率が同じであっても岩種によって骨材自体の耐久性その他の性質が異なると考えられる。また、堆積岩系骨材だけが単位容積重量と実積率との相関が高いのは、骨材形状の悪いものが堆積岩系骨材に多いことを示している。
- 3) すりへり減量は、火成岩系骨材においては他の特性とは相関がなく、堆積岩系骨材においては安定性損失重量とやや相関がある。すなわち、図—4.8の安定性とすりへり減量との関係からして、堆積岩系骨材は軟質になると安定性損失重量の大きくなるものが多いことを示している。

4) 以上のように低品質骨材の特性は岩種によって相互の関係が異なるようである。したがって、物理的品質不良骨材の使用の可否は、まず骨材の岩種をも考慮した上で判断する必要があると思われる。

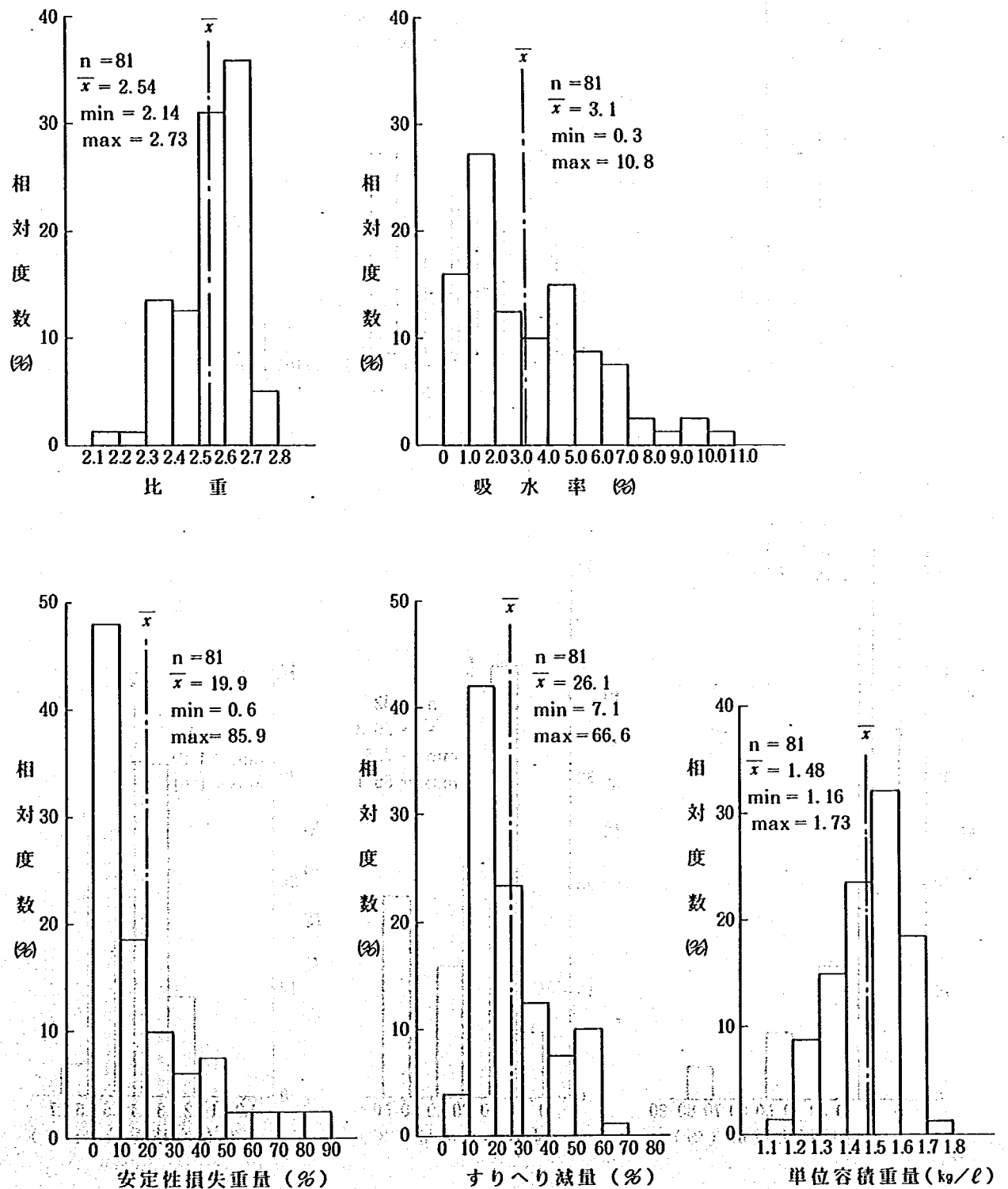
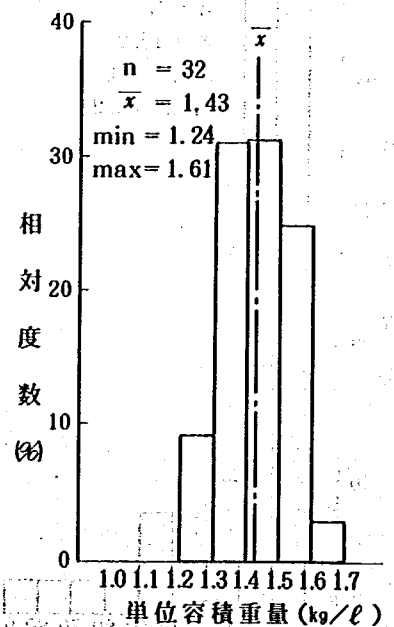
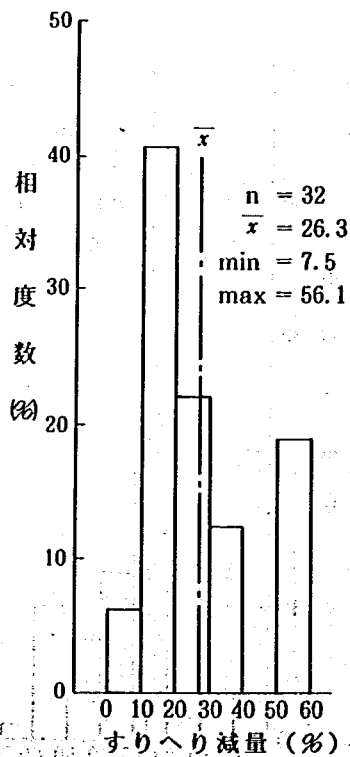
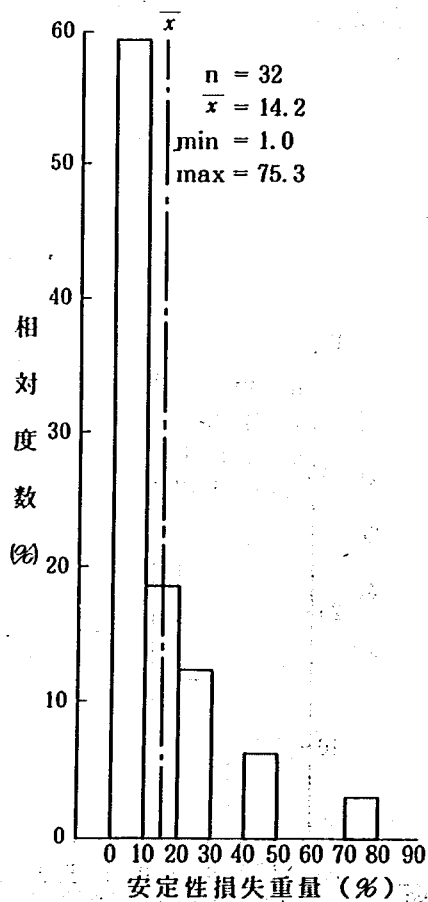
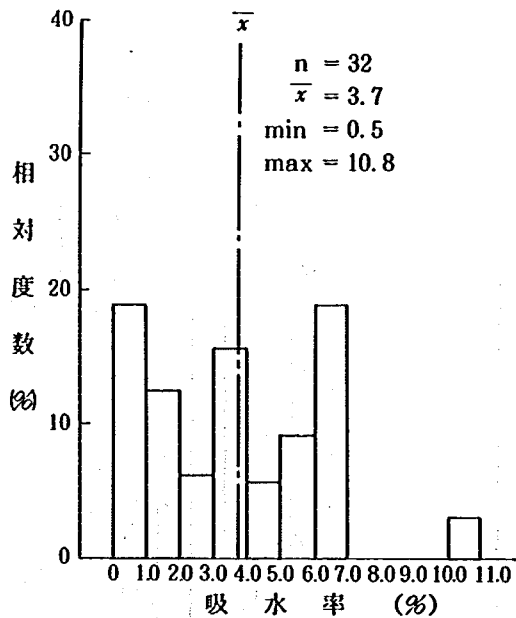
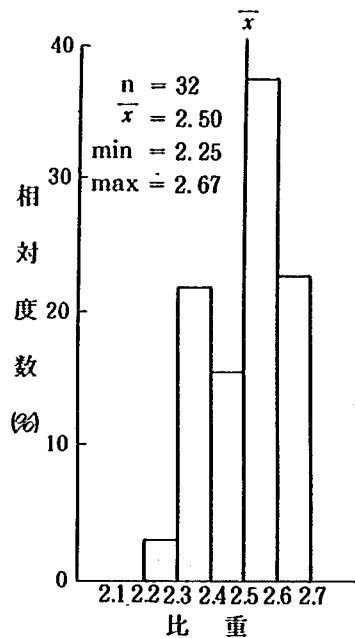


図4.1 全粗骨材特性値の範囲と水準



図—4.2 火成岩系粗骨材の特性値の範囲と水準

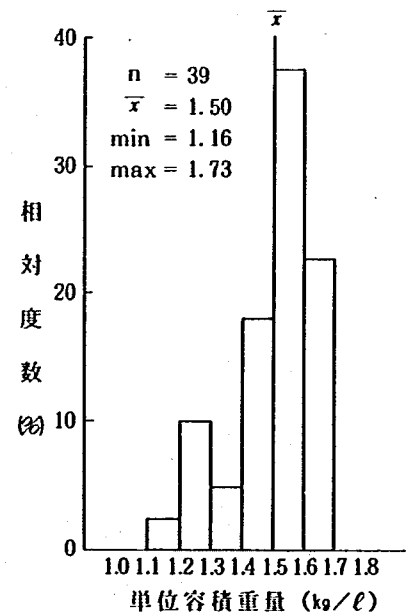
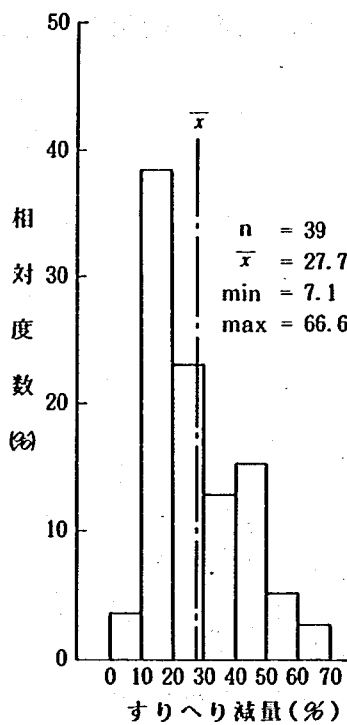
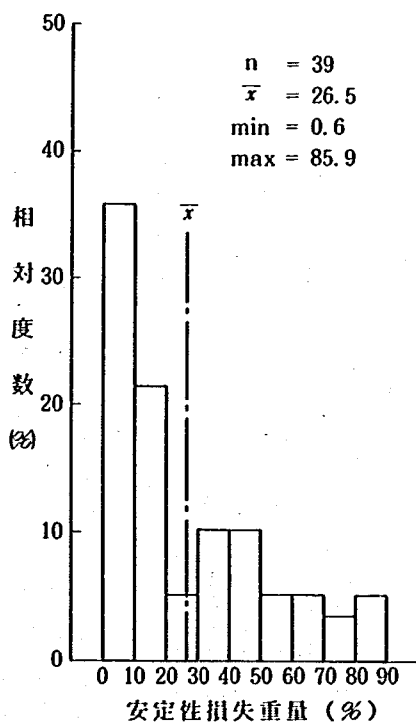
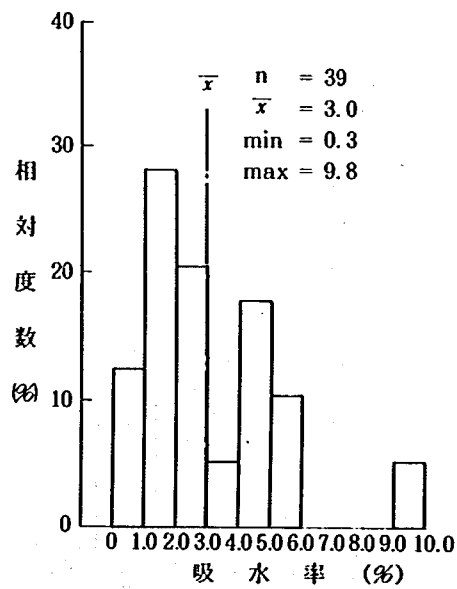
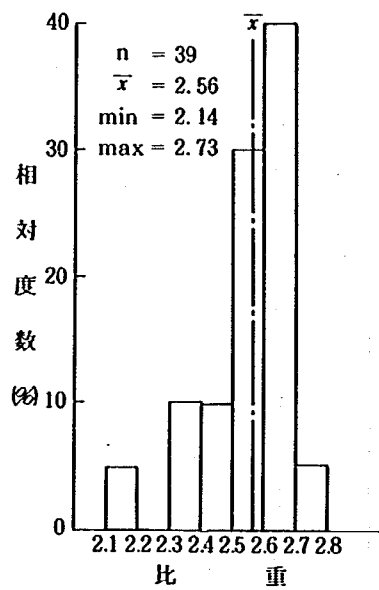
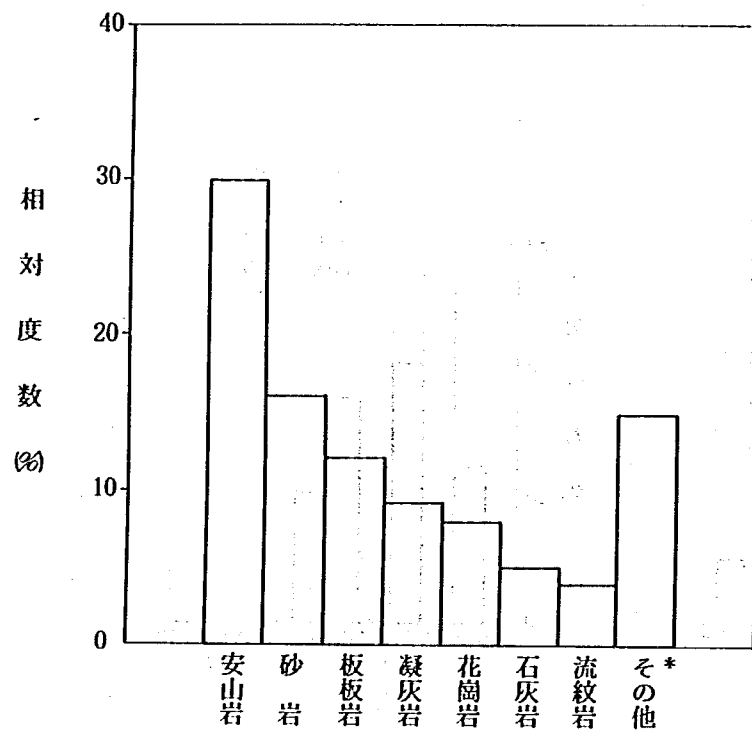


図-4.3 堆積岩系相骨材の特性値の範囲と水準



*その他には、片石、けつ岩、れき岩などが含まれる。

図一4.4 碎石の岩質分布

表—4.1 骨材特性値の平均値, 標準偏差, 相関行列

	粗骨材特性値	平均値	標準偏差	比重	吸水率	安定性 損失重量	すりへり 減量	単位容積 重量	実積率
全試料 (n=81)	比重	2.54	0.12	1.000					
	吸水率 (%)	3.1	2.26	* -0.866	1.000				
	安定性損失重量 (%)	19.9	21.42	-0.230	** 0.403	1.000			
	すりへり減量 (%)	26.1	13.96	-0.157	0.080	** 0.233	1.000		
	単位容積重量 (kg/ℓ)	1.48	0.12	* 0.869	* -0.826	** -0.265	-0.018	1.000	
	実積率 (%)	59.8	2.36	0.143	-0.155	-0.098	0.195	* 0.594	1.000
火成岩 (n=32)	比重	2.50	0.12	1.000					
	吸水率 (%)	3.7	2.43	* -0.868	1.000				
	安定性損失重量 (%)	14.2	16.22	-0.359	** 0.542	1.000			
	すりへり減量 (%)	26.3	14.83	-0.159	-0.040	-0.125	1.000		
	単位容積重量 (kg/ℓ)	1.43	0.10	* 0.901	* -0.848	** -0.491	-0.025	1.000	
	実積率 (%)	59.0	1.91	-0.142	0.136	-0.210	0.199	0.270	1.000
堆積岩 (n=39)	比重	2.56	0.12	1.000					
	吸水率 (%)	3.0	2.17	* -0.859	1.000				
	安定性損失重量 (%)	26.5	25.21	-0.244	** 0.421	1.000			
	すりへり減量 (%)	27.7	14.30	-0.087	0.095	** 0.363	1.000		
	単位容積重量 (kg/ℓ)	1.50	0.12	* 0.881	* -0.828	-0.281	0.095	1.000	
	実積率 (%)	60.1	2.27	0.244	-0.236	-0.136	0.334	* 0.654	1.000

(注) * 危険率1%で有意

** 危険率5%で有意

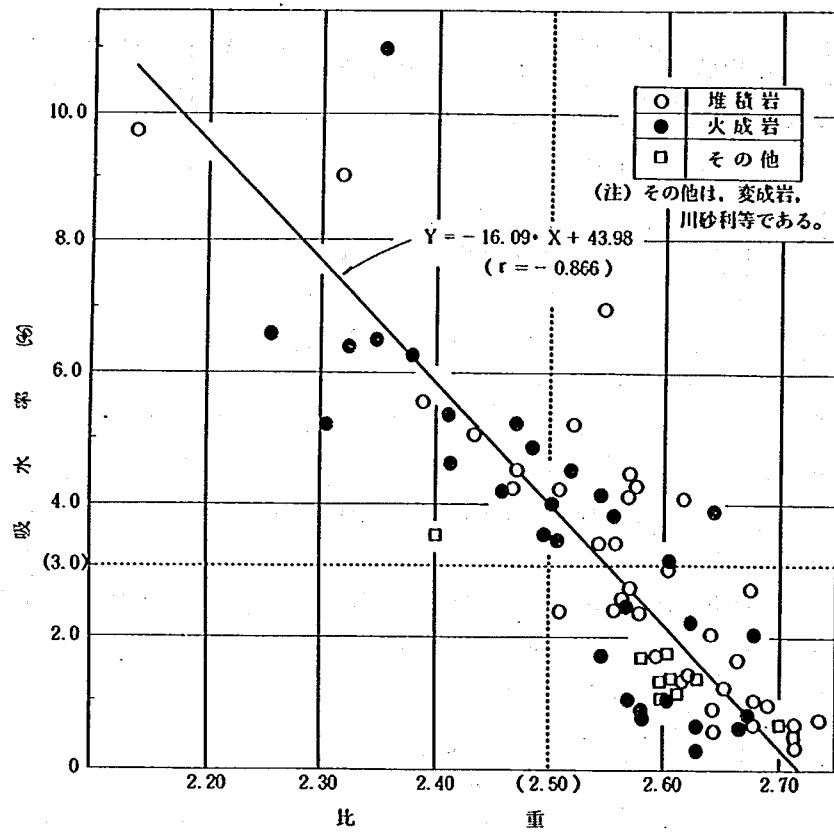


図-4.5 粗骨材の比重と吸水率との関係

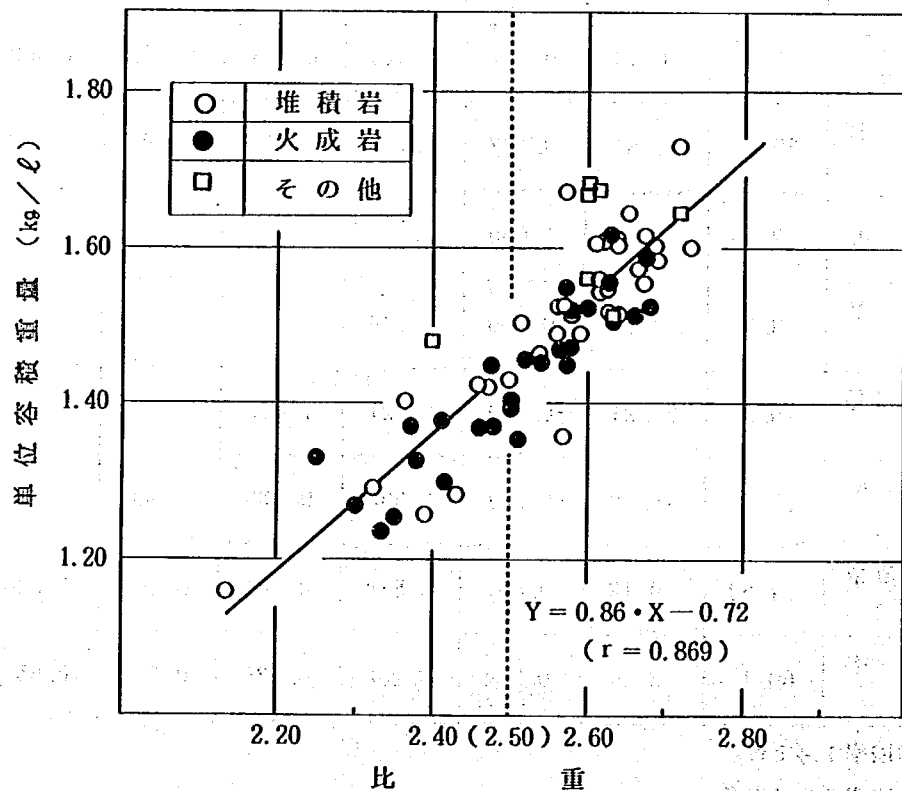
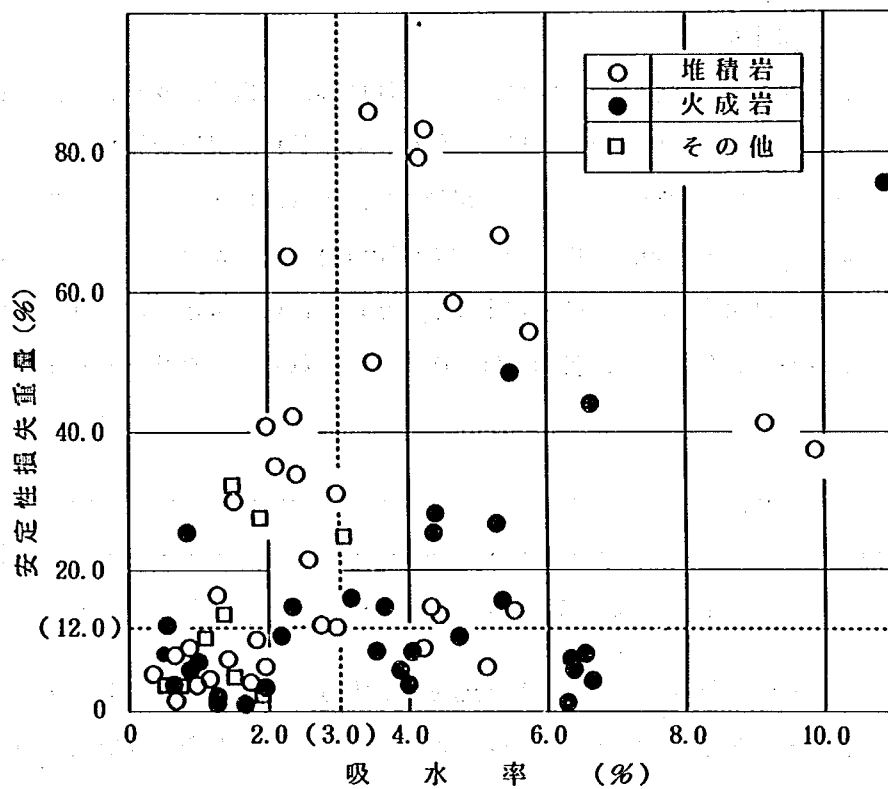
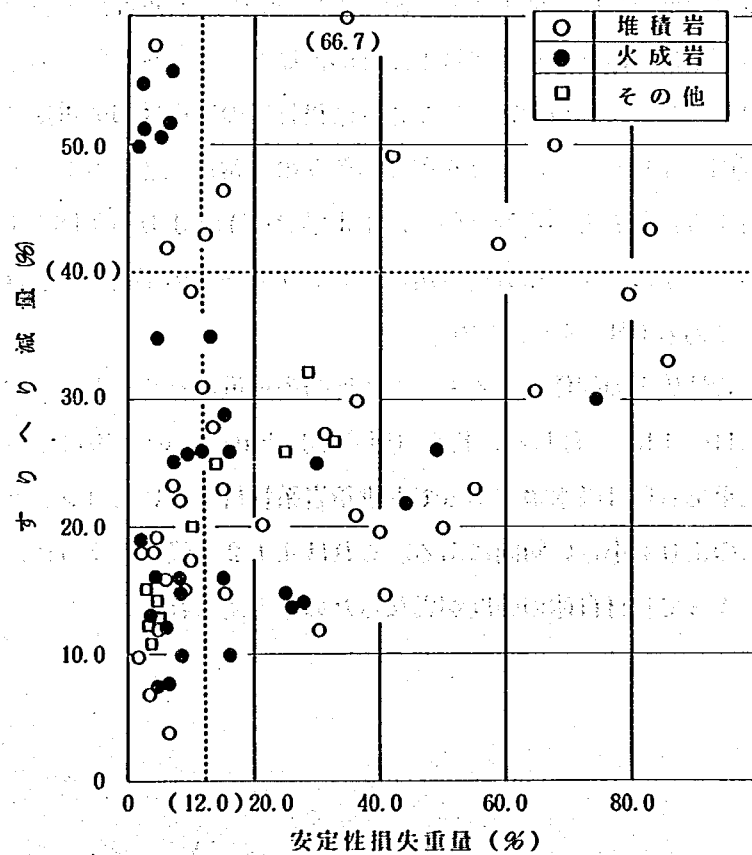


図-4.6 粗骨材の比重と単位容積重量との関係



図一 4.7 粗骨材の吸水率と安定性損失重量との関係



図一 4.8 粗骨材の安定性損失重量とすりへり減量との関係

4.2 コンクリートの強度特性について

4.2.1 コンクリートの圧縮強度

粗骨材の特性値とコンクリートの材令7日、28日における圧縮強度（以下、 σ_{c7} 、 σ_{c28} と略す）との単相関分析結果を、表—4.2に示す。骨材試験の結果、岩種によって骨材の品質が異なったため、表—4.2には岩種別に相関分析を行った結果も記載した。また、粗骨材の最大寸法によってコンクリートの強度特性の異なることも考えられるが、ここでは40mm以下のすべての粗骨材を用いたコンクリートを対象とした。

さらに、図—4.9～4.13には粗骨材の特性値（安定性損失重量、比重、吸水率、すりへり減量）とコンクリートの圧縮強度との関係を示した。なお、各図には、次式で示されるコンクリートの強度推定値も示してある。

$$\bullet \text{土木学会}^{5)} : \sigma_{c28} = -210 + 215 \cdot c/w \dots\dots\dots (1)$$

$$\bullet \text{セメント協会}^{6)} : \sigma_{c7} = -121 + 166 \cdot c/w \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_{c28} = -24 + 178 \cdot c/w \dots\dots\dots (3)$$

ただし、(1)式は試験をしない場合のコンクリート強度を推定するためのものでかなり安全度を見込んだ式であり、(2)式、(3)式は水セメント比 (w/c) = 40～60%のA Eコンクリートの多数の試験から得られた実験式である。

これらより、次のことがわかる。

- 1) コンクリートの圧縮強度に最も相関が高いのは粗骨材の安定性損失重量であり、安定性損失重量の増加に伴って圧縮強度はほぼ直線的に低下する（図—4.9、4.10）。安定性損失重量10%の増加に対する平均的な圧縮強度の低下率は、 c/w 、材令にほとんど関係なく、約4～5%である。
- 2) 土木学会の(1)式は、 $c/w = 2.0$ 程度までであれば粗骨材の安定性損失重量に関係なく、強度の下限値を表わしている（図—4.10）。 $c/w = 2.5$ 程度の強度の非常に大きいコンクリートでは、安定性損失重量が50%を越えるようになると平均的な強度が土木学会の(1)式よりも下回るようになる。また、安定性損失重量の規格値12%を満足する粗骨材を用いたコンクリートの平均的な圧縮強度は、(2)、(3)式で示される値とほぼ同じである（図—4.9、4.10）。
- 3) σ_{c28} と他の骨材特性値との関係をみると、安定性損失重量にみられたようなはっきりした相関は認められない（図—4.11～4.13）。むしろ、比重（吸水率）と σ_{c28} の関係においては岩種による影響の方が大きく、同じ比重あるいは吸水率であっても堆積岩系骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は火成岩系骨材を用いたものよりも小さい傾向にある。これは4.1.2で述べたように、同じ吸水率を示す粗骨材でも、その岩種によって骨材自体の強度が異なるためと考えられる。

表-4.2 粗骨材の特性値とコンクリートの強度特性値との単相関分析表

岩種	強度	c/w	ケース数	平均値 (kg/cm ²)	標準 偏差	比重	吸水率	安定性 損失重量	すりへり 減量	単位容積 重量	実積率
全 岩 種	σ _{c7}	1.5	32	119	29.71	0.488 [*]	-0.578 [*]	-0.526 [*]	-0.156	0.394 ^{**}	0.047
		2.0	32	208	45.16	0.484 [*]	-0.575 [*]	-0.566 [*]	-0.244	0.347	-0.087
		2.5	32	292	58.16	0.490 [*]	-0.601 [*]	-0.690 [*]	-0.231	0.370 ^{**}	-0.067
	σ _{c28}	1.5	73	195	38.20	-0.023	-0.147	-0.447 [*]	-0.184	0.000	-0.018
		2.0	76	311	47.68	0.020	-0.206	-0.528 [*]	-0.221	-0.064	-0.245 ^{**}
		2.5	68	394	66.88	0.063	-0.198	-0.625 [*]	-0.196	0.014	-0.141
	σ _{b7}	1.5	28	28.1	6.60	0.588 [*]	-0.660 [*]	-0.640 [*]	-0.100	0.510 [*]	0.042
		2.0	28	39.0	7.80	0.509 [*]	-0.592 [*]	-0.645 [*]	-0.251	0.352	-0.138
		2.5	28	49.4	10.13	0.492 [*]	-0.581 [*]	-0.698 [*]	-0.327	0.347	-0.155
	σ _{b28}	1.5	67	37.4	7.47	0.315 [*]	-0.335 [*]	-0.428 [*]	-0.282 ^{**}	0.281 ^{**}	0.060
		2.0	68	48.8	8.46	0.229	-0.287 ^{**}	-0.518 [*]	-0.398 [*]	0.157	-0.095
		2.5	67	56.5	9.75	0.288 ^{**}	-0.308 ^{**}	-0.551 [*]	-0.449 [*]	0.209	-0.077
火 成 岩	σ _{c7}	1.5	11	119	35.16	0.574 ^{**}	-0.751 [*]	-0.750 [*]	0.393	0.654 [*]	0.216
		2.0	11	209	45.45	0.410	-0.697 [*]	-0.829 [*]	0.304	0.438	-0.155
		2.5	11	307	67.70	0.468 ^{**}	-0.706 [*]	-0.824 [*]	0.346	0.517	0.010
	σ _{c28}	1.5	27	203	39.58	0.010	-0.296	-0.723	0.137	0.276	0.440 [*]
		2.0	30	329	41.17	0.406 [*]	-0.573 [*]	-0.691 [*]	0.152	0.443 [*]	-0.032
		2.5	22	426	60.51	0.247	-0.444 ^{**}	-0.778 [*]	0.274	0.336	0.025
	σ _{b7}	1.5	10	26.5	6.44	0.454	-0.741 ^{**}	-0.835 [*]	0.157	0.381	-0.402
		2.0	10	37.8	7.54	0.459	-0.659 [*]	-0.863 [*]	-0.218	0.292	-0.557
		2.5	10	49.5	10.75	0.378	-0.601	-0.867 [*]	-0.064	0.317	-0.381
	σ _{b28}	1.5	22	36.4	5.39	0.336	-0.408	-0.361	-0.267	0.286	-0.211
		2.0	23	48.5	6.13	0.297	-0.464 ^{**}	-0.505 ^{**}	-0.394	0.229	-0.296
		2.5	22	58.1	7.95	0.404	-0.463 ^{**}	-0.518 ^{**}	-0.315	0.359	-0.186
堆 積 岩	σ _{c7}	1.5	18	114	23.78	0.377	-0.381	-0.344	-0.416	0.114	-0.139
		2.0	18	197	33.06	0.545 ^{**}	-0.558 ^{**}	-0.427	-0.468	0.236	-0.179
		2.5	18	276	46.96	0.631 [*]	-0.666 [*]	-0.584 ^{**}	-0.429	0.413	-0.080
	σ _{c28}	1.5	38	186	35.12	-0.144	0.015	-0.265	-0.310	-0.221	-0.276
		2.0	38	295	45.92	-0.140	-0.061	-0.444 [*]	-0.356 ^{**}	-0.196	-0.253
		2.5	38	372	57.33	-0.065	-0.108	-0.596 [*]	-0.319	-0.044	-0.058
	σ _{b7}	1.5	16	27.5	5.01	0.592 ^{**}	-0.556 ^{**}	-0.636 [*]	-0.172	0.416	-0.037
		2.0	16	38.9	8.22	0.506 ^{**}	-0.512 ^{**}	-0.569 ^{**}	-0.284	0.263	0.167
		2.5	16	48.3	10.30	0.587 ^{**}	-0.586 ^{**}	-0.599 ^{**}	-0.447	0.352	-0.176
	σ _{b28}	1.5	37	37.9	8.81	0.261	-0.302	-0.488 [*]	-0.316	0.185	-0.018
		2.0	37	48.6	10.07	0.205	-0.227	-0.562 [*]	-0.433 [*]	0.080	-0.179
		2.5	37	55.1	11.04	0.204	-0.235	-0.539 [*]	-0.488 [*]	0.117	-0.117

注) * 危険率1%で有意

** " 5 "

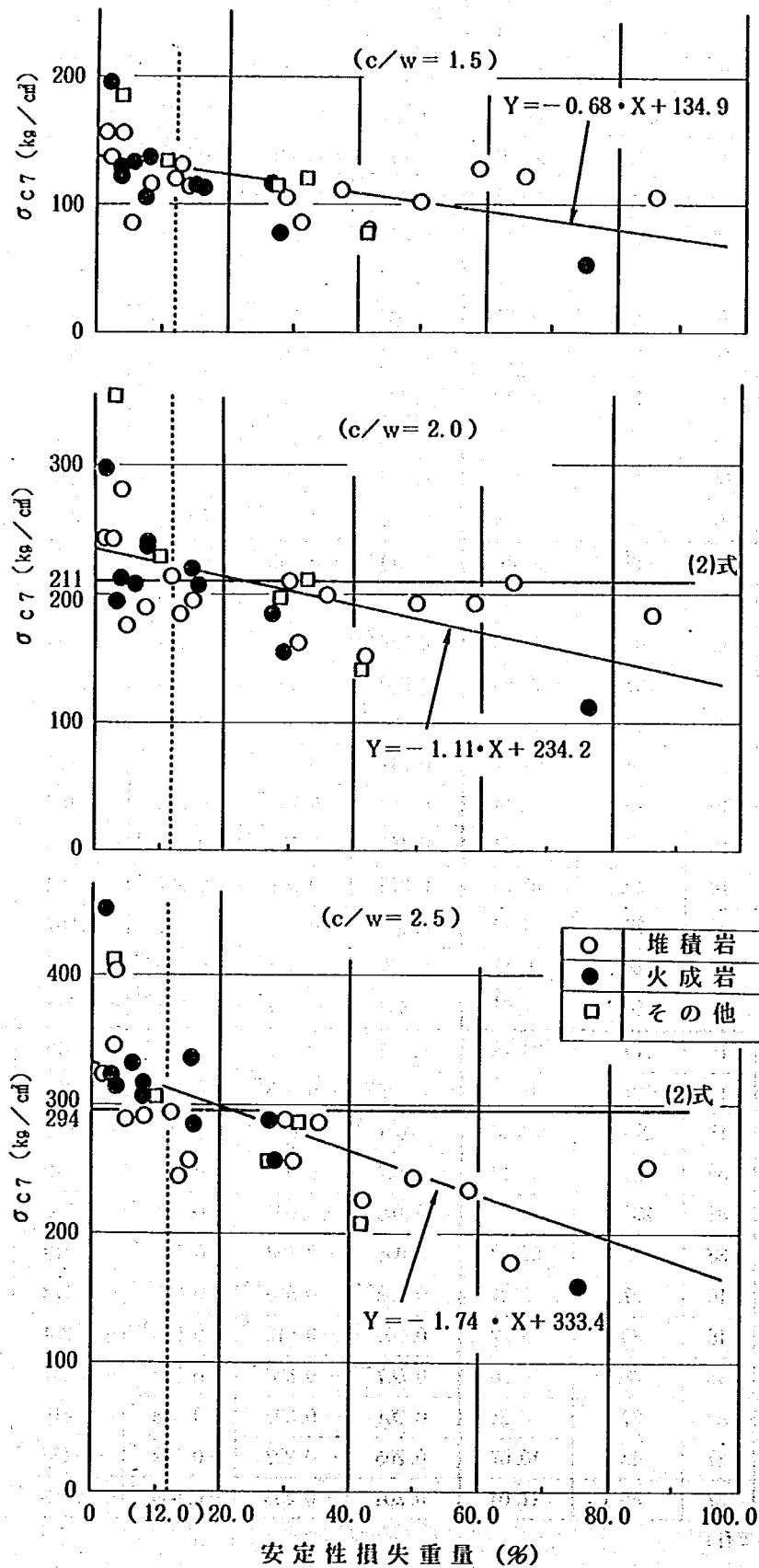


図-4.9 粗骨材の安定性損失重量と σ_{c7} との関係

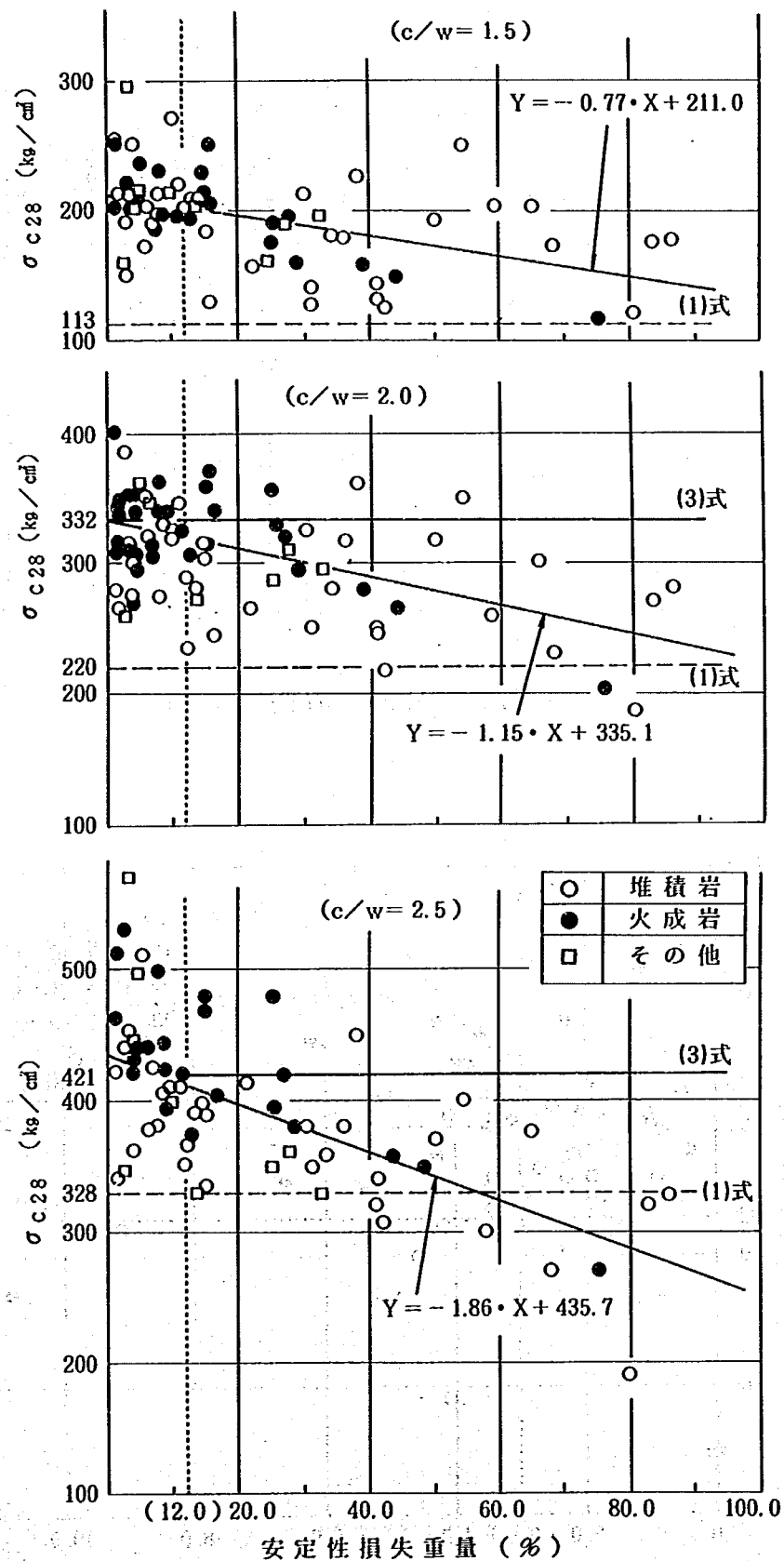
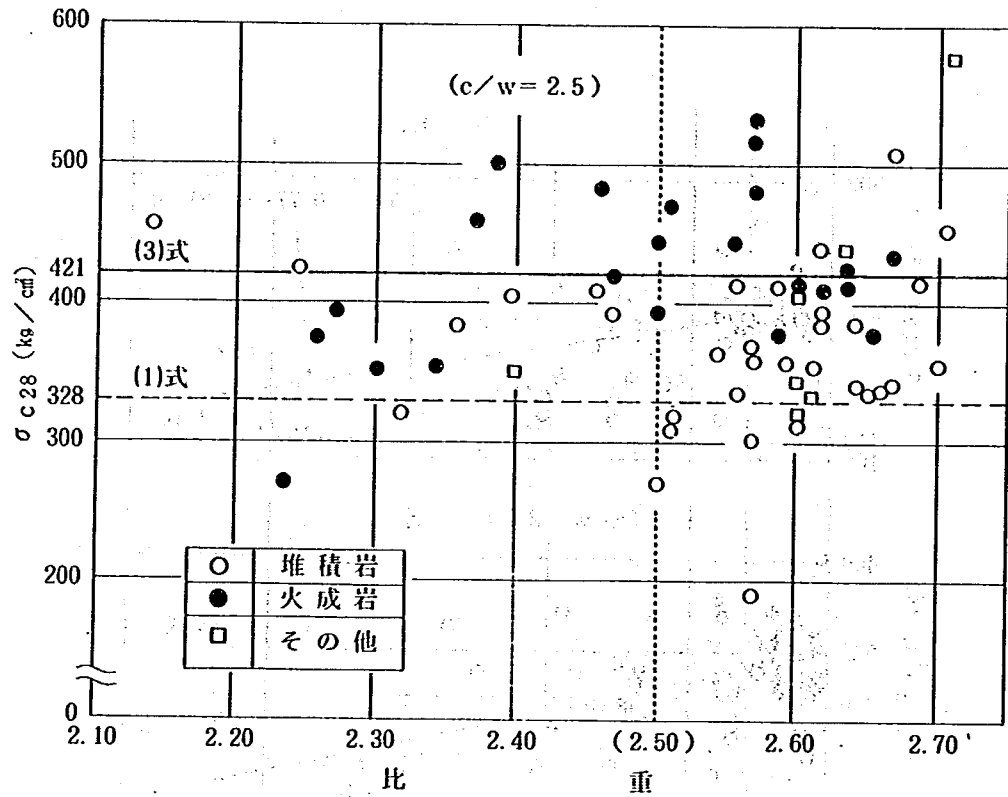
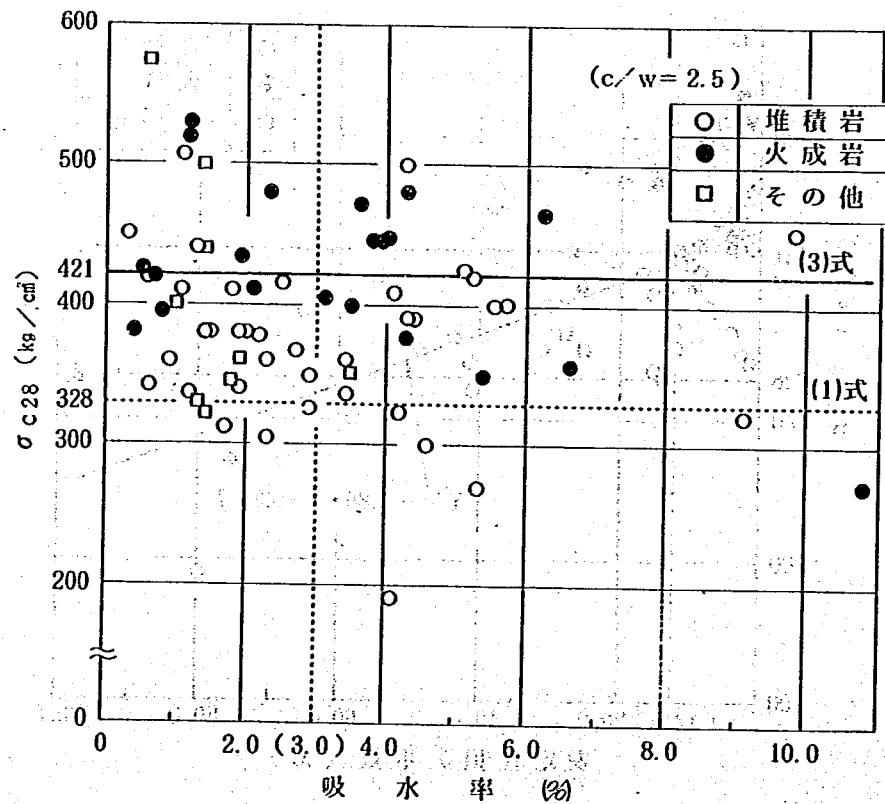


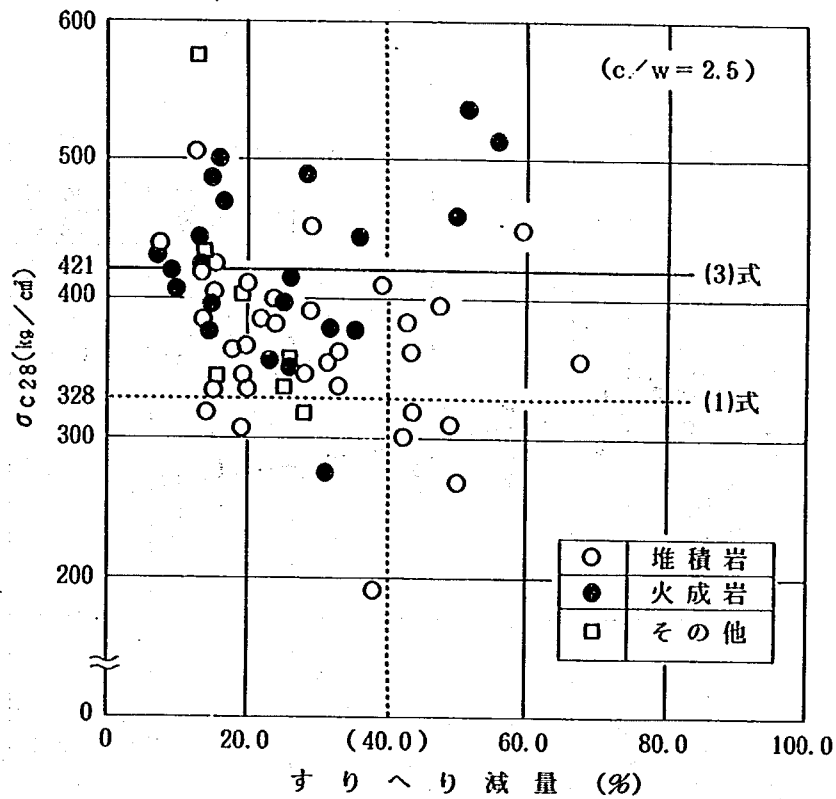
図-4.10 粗骨材の安定性損失重量と σ_{c28} との関係



図—4.11 粗骨材の比重と σ_{c28} との関係



図—4.12 粗骨材の吸水率と σ_{c28} との関係



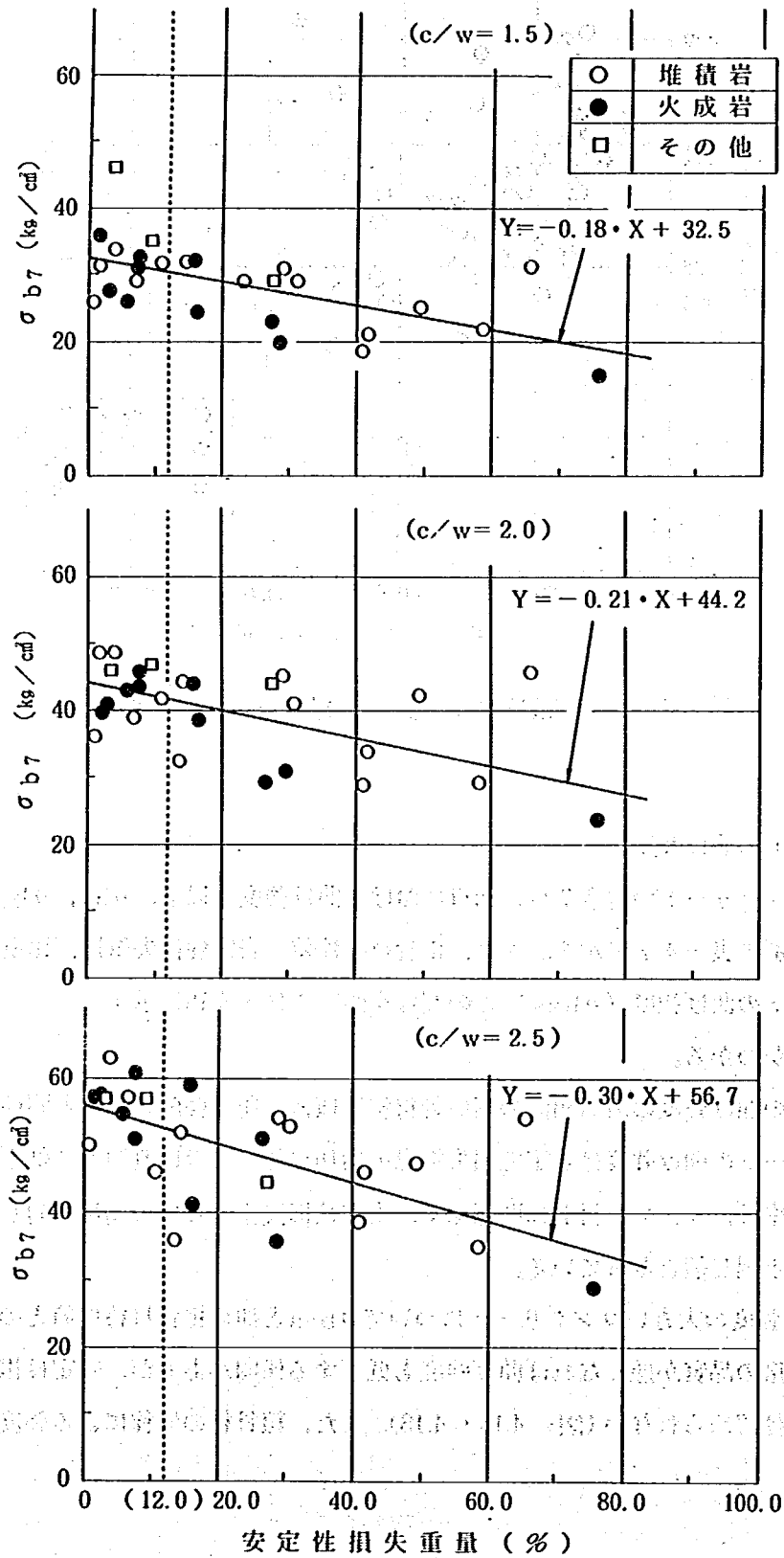
図一 4.13 粗骨材のすりへり減量と σ_{c28} との関係

4.2.2 コンクリートの曲げ強度

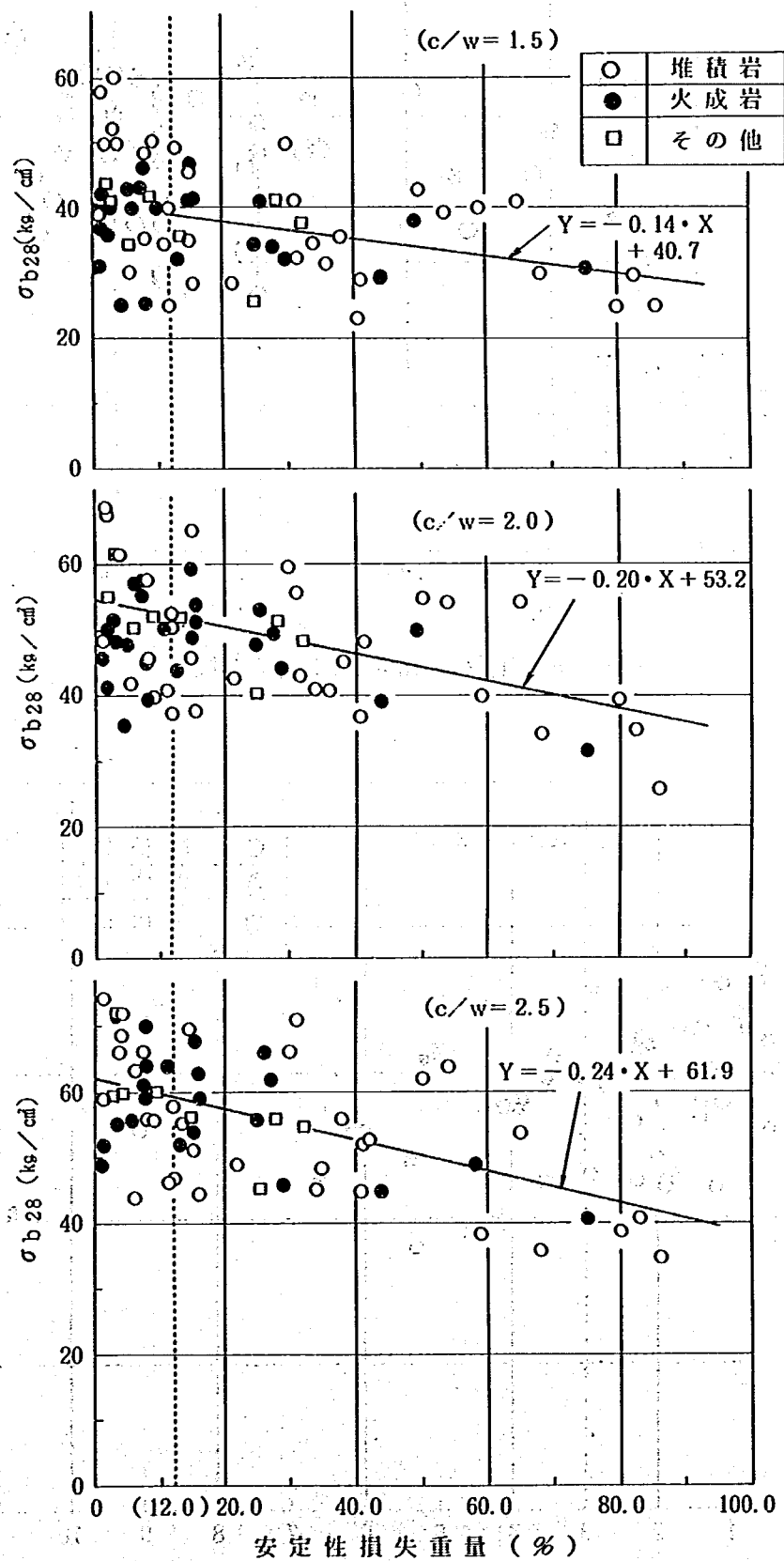
骨材の特性値とコンクリートの材令7日、28日における曲げ強度（以下、 σ_{b7} 、 σ_{b28} と略す）との単相関分析結果を、岩種別に表一4.2に示す。また、粗骨材特性値（安定性損失重量、比重、吸水率、すりへり減量）とコンクリートの曲げ強度（ σ_{b28} ）との関係を図一4.14～4.18に示す。

これより次のことがわかる。

- 1) コンクリートの曲げ強度の最も相関の高い骨材特性値は、圧縮強度の場合と同様に安定性損失重量であり、コンクリートの曲げ強度は安定性損失重量の増加に伴ってほぼ直線的に低下している（図一4.14、4.15）。その低下率は、 c/w 、材令に関係なく、安定性損失重量10%の増加に対して約4～5%であり、圧縮強度の場合と同じ値となっている。
- 2) $c/w = 2.5$ の強度の大きいコンクリートについて σ_{b28} と他の粗骨材特性値との関係をみると、吸水率とすりへり減量の品質が悪くなれば曲げ強度も低下する傾向があるが、安定性損失重量でみられたような明確な関係は認められない（図一4.16・4.18）。また、粗骨材の岩種による強度差も認められない。



図一 4.14 粗骨材の安定性損失重量と σ_{b7} との関係



図— 4.15 粗骨材の安定性損失重量と σ_{b28} との関係

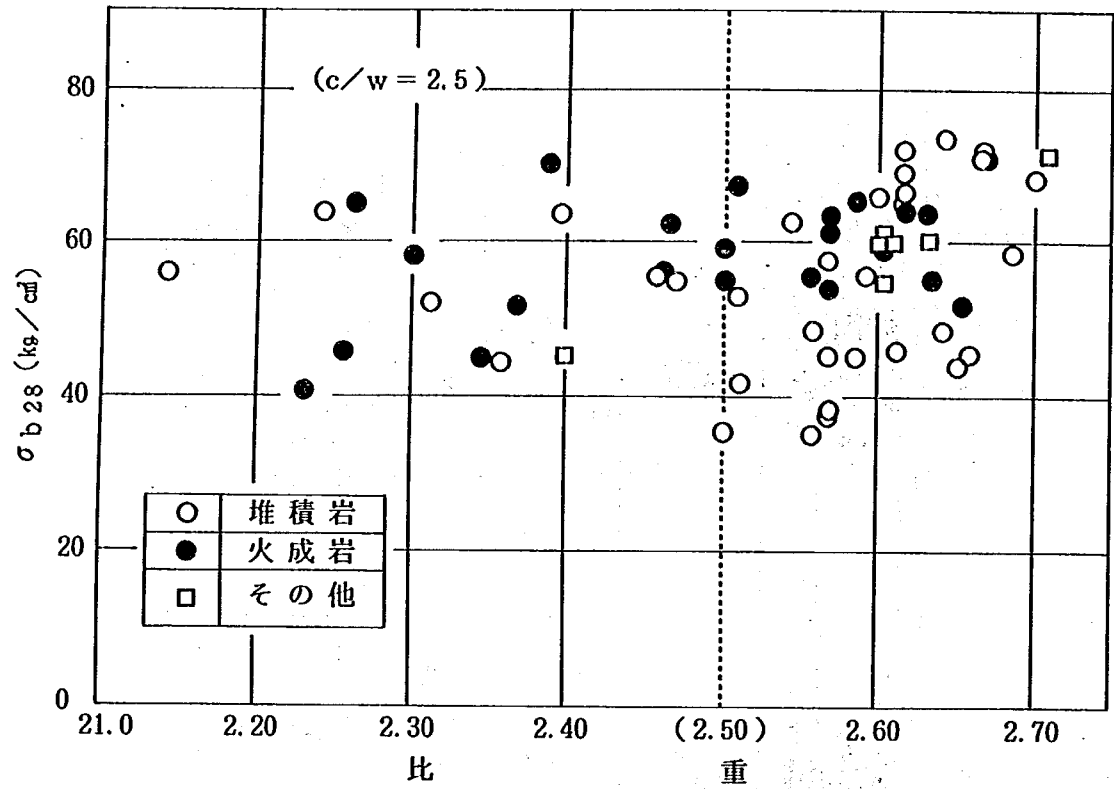


図-4.16 粗骨材の比重とσ_{b28}との関係

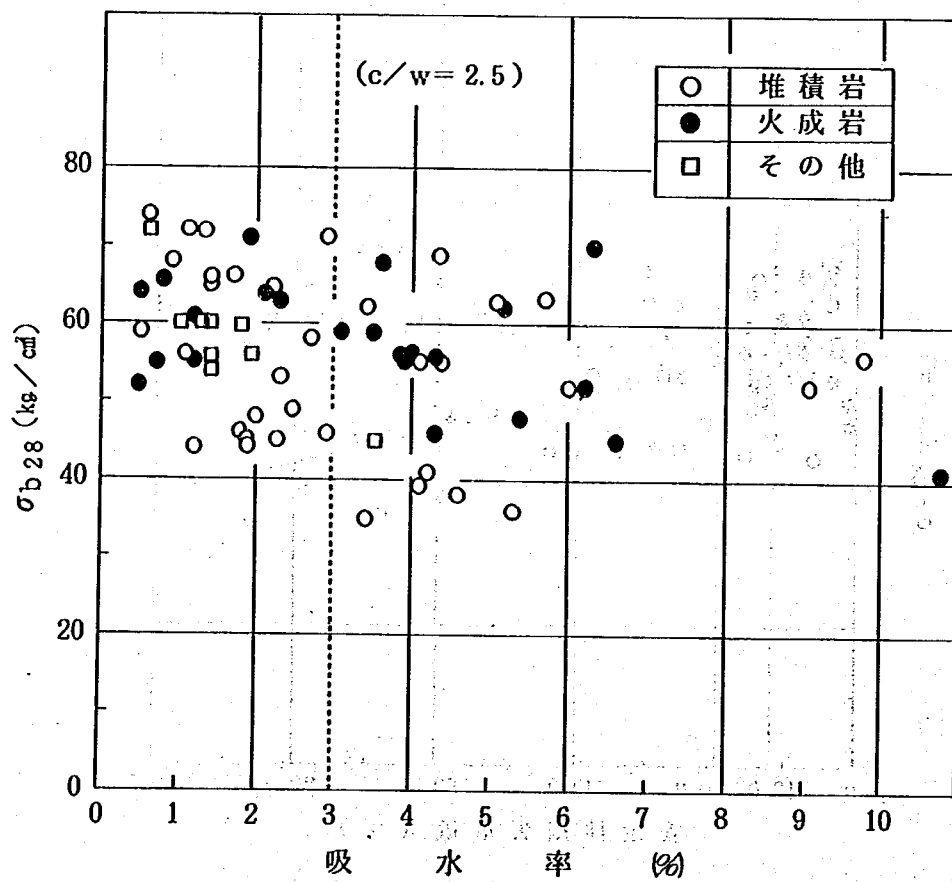


図-4.17 粗骨材の吸水率とσ_{b28}との関係

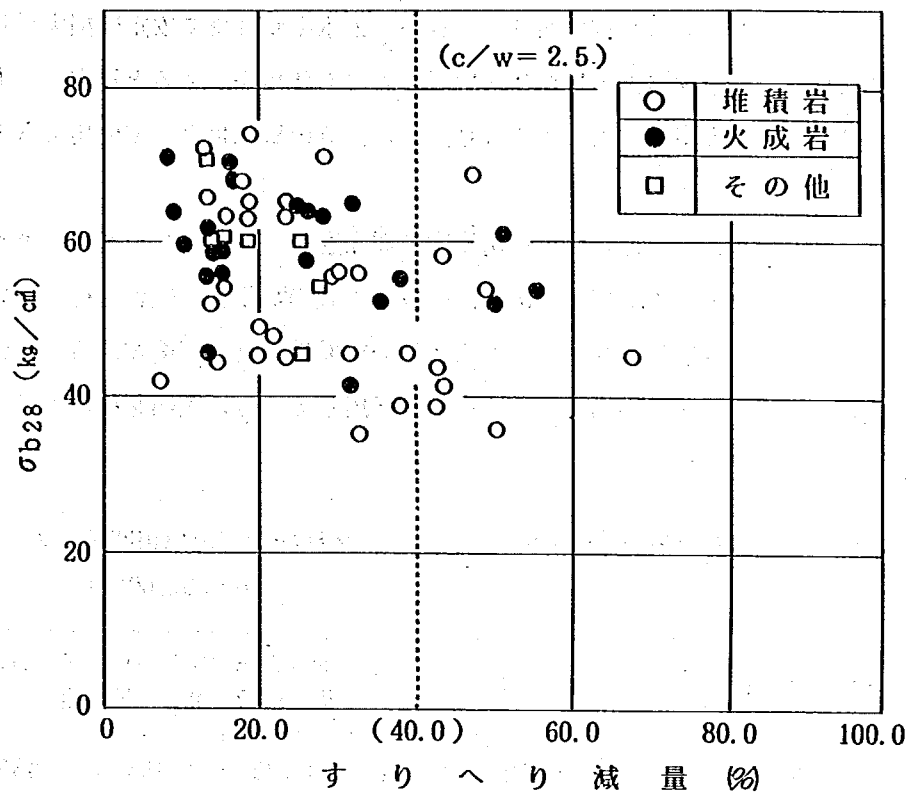


図-4.18 粗骨材のすりへり減量と σ_{b28} との関係

4.3 コンクリートの凍結融解耐久性について

骨材特性値とコンクリートの耐久性指数との単相関分析結果を、表-4.3に示す。また、粗骨材の吸水率とコンクリートの耐久性指数との関係を図-4.19、粗骨材の安定性損失重量とコンクリートの耐久性指数との関係を図-4.20に示す。なお、これらの図表は $w/c = 50\%$ および 60% について整理したものであり、試験機の特異性に原因していると思われるデータは除外し、また、同一粗骨材に関する結果はその代表的なものを用いた。これらより、次のことがわかる。

- 1) コンクリートの凍結融解耐久性と粗骨材の吸水率および安定性損失重量との間に相関があることは、表-4.3に示す粗骨材の特性値とコンクリートの耐久性との相関分析表に表われている。
- 2) すなわち、コンクリートの耐久性指数(D.F.)60を耐久性判定の目安と考えると、粗骨材の吸水率および安定性損失重量が現行の規格値を満足していれば、二、三の結果を除いておおむね良好な耐久性を示している。また、吸水率および安定性損失重量がそれぞれの規格値より大きくなると、それを境として耐久性指数60を下回るものも多くなっている(図-4.19・4.20)。
- 3) 粗骨材の現行の規格値を外れるもののうち、耐久性指数60以上となっているものは、吸水率または安定性損失重量の一方が規格値内であるものが多い。このことは、コンクリートの耐久性を重視する場合、粗骨材の吸水率と安定性損失重量の両方で、その品質を規定するのであれば、現行の規格を緩和できることを示唆するものである。
- 4) 図-4.21は、粗骨材の吸水率および安定性損失重量とそれを用いたコンクリートの耐久性との関係を

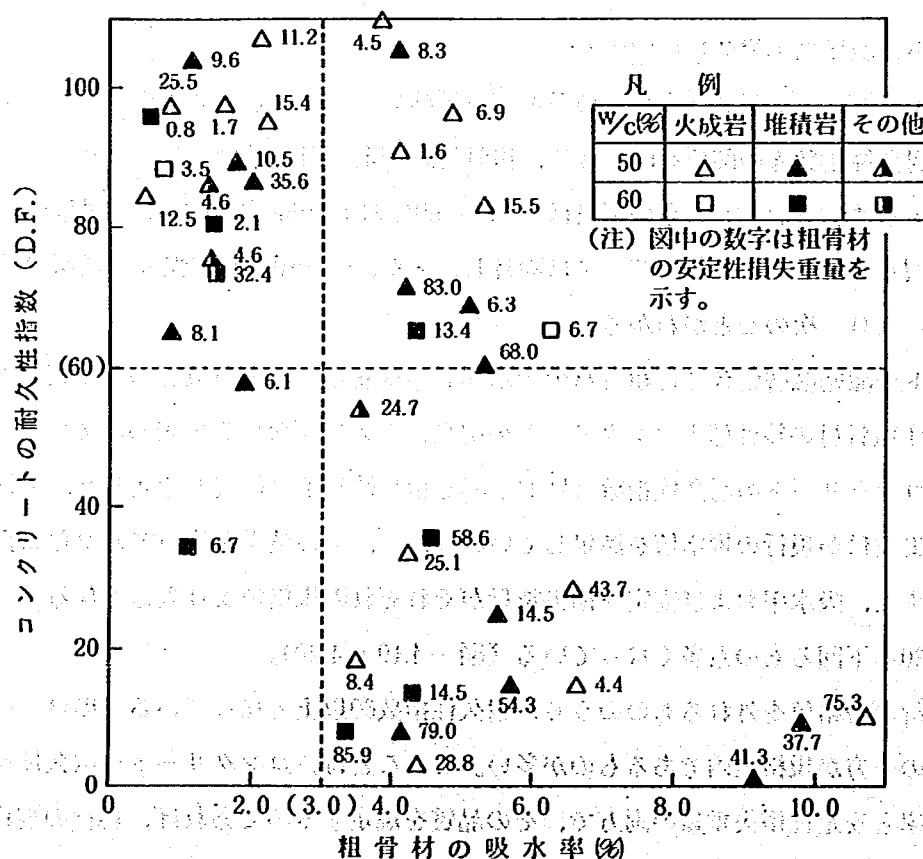
示したものである。この図によれば、現行の規格（吸水率3%以下、安定性損失重量12%以上）を守っても耐久性指数が60以下になるものが17%ある。これを、吸水率が3%で安定性損失重量が40%以下、または吸水率が5%以下で安定性損失重量が12%以下のものも使用を認めると規定しても耐久性指数が60以下になるものは14%と不良率が逆に小さくなり、また、その緩和によって使用できる骨材試料数が80%も多くなる。

5) このようなデータに基づき、今後は骨材の使用範囲の緩和を図っていくのが適当と考えられる。ただし、現在は土木学会、JISなどの骨材規定があり、一方的に大幅な規格の緩和を行っていくのは混乱を来す恐れがあるので、当面は無筋コンクリート構造物や重要性の低い構造物あるいは厳しい気象条件にさらされない内部コンクリート、中詰コンクリートに適用していき、実績を積み上げていくのが適当と考えられる。

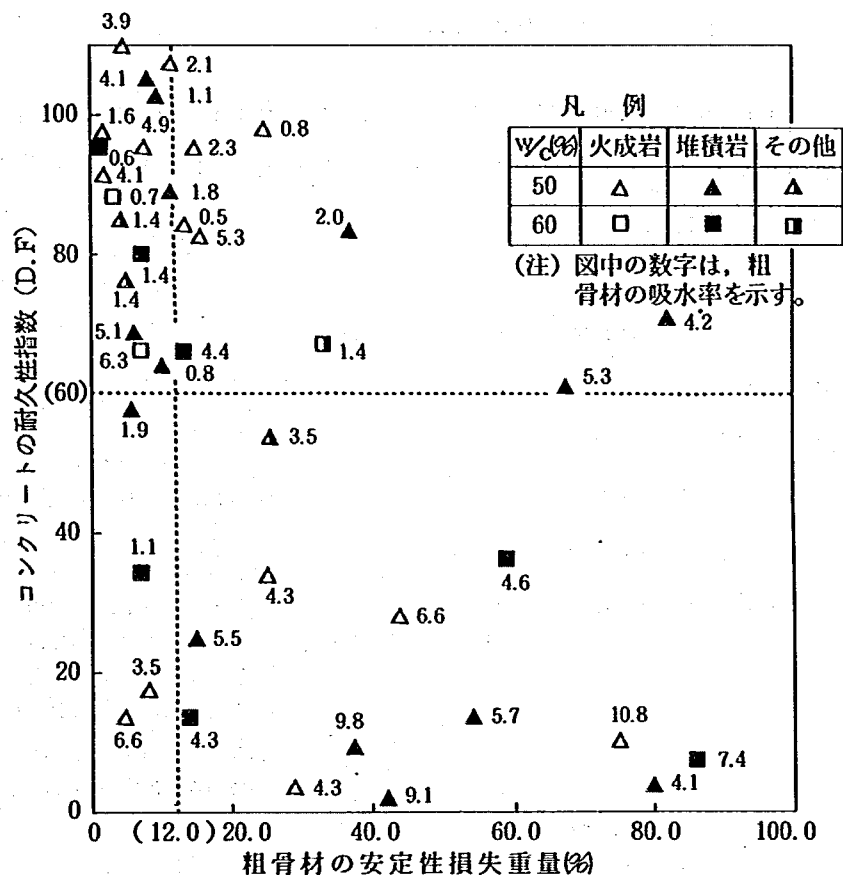
表—4.3 粗骨材の特性値とコンクリートの耐久性指数との単相関分析表
($w/c=50, 60\%$)

	ケース数	平均値	標準偏差	比重	吸水率	安定性損失重量	すりへり減量	単位容積重量	実積率
耐久性指数	42	59.4	35.4	0.482*	-0.604*	-0.525*	-0.193	0.485*	0.010

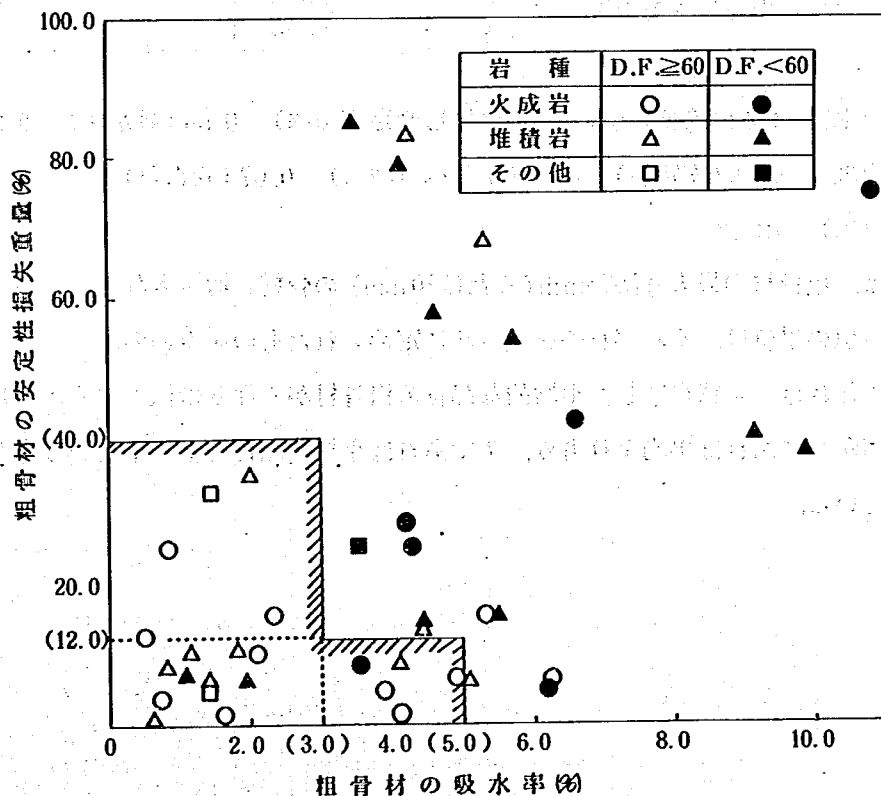
注) * 危険率1%で有意



図—4.19 粗骨材の吸水率とコンクリートの耐久性指数との関係



図—4.20 粗骨材の安定性損失重量とコンクリートの耐久性指数との関係



図—4.21 粗骨材の品質とコンクリートの耐久性指数 (D.F.) との関係

5. 既往の調査における品質規準の提案

従来より、コンクリート用骨材の品質に関しては多くの調査が行われ、いくつかの品質規準の提案もなされている。^{7)~10)}ここでは、これらのうち日本コンクリート会議（現、コンクリート工学協会）とセメント協会が提案された品質規準の概要を述べる。

表— 5.1

5.1 日本コンクリート会議・碎石委員会⁷⁾

日本コンクリート会議では、各地の碎石について各種の品質試験を実施し、表— 5.1、5.2の吸水率による区分、安定性試験による損失量とすりへり減量による区分に基づくコンクリート用碎石の品質規準を提案している。

5.2 セメント協会⁸⁾

セメント協会では、全国の生コン工場および製品工場で使用されている粗骨材（川砂利、陸砂利、碎石を含む）とそれを用いたコンクリートの調査結果から、次式で示される粗骨材の品質総合評価係数Aを提案している。

$$A = -1.47 (\text{粗粒率}) + 4.42 (\text{絶乾比重}) - 0.10 (\text{粒形判定実積率}) - 0.54 (\text{吸水率}) - 0.23 (\text{洗い損失}) \\ - 0.53 (\text{粘土塊}) - 0.06 (\text{安定性}) - 0.06 (\text{すりへり減量}) - 0.07 (\text{軟石量}) \\ + 0.02 (\text{破碎値}) + 12.22$$

注1) 本式は、粗骨材の最大寸法25mm（または20mm）の骨材に適用される。

2) 各特性値の単位は、それぞれの試験方法に定められたものを用いる。

この品質総合評価係数は、実状に則した平均的な品質の粗骨材が5程度の値となるように設定したものであり、例えばこの値が3であれば平均より劣り、7であれば平均的な品質を上回るという総合的な評価を下すことができるとしている。

種別	吸水量 (%) JIS A 1110 による	適 用 範 囲
A	3 未満	安定性が12%以上の場合には凍結融解がしばしば繰返される地域ならびに設計基準強度が300 kg/cm ² 以上のコンクリート構造物に、それを使用するときは、耐久性の実例か凍結融解試験かにより判断する。
B	3 以上 5 未満	凍結融解がしばしば繰返される地域ならびに設計基準強度が300 kg/cm ² 以上のコンクリート構造物には原則として用いない。止むを得ず用いるときは、コンクリートの強度、および凍結融解試験などを行なった上で判断する。
C	5 以上	強度をあまり必要としないコンクリートたとえば裏込めコンクリートなどに用いるのを原則とする。

表— 5.2

種 別	安定性試験による損失量(%)	すりへり減量(%) (ロサンゼルス試験機による)
a	12 未 満	25 未 満
b	12 未 満	25以上40未満
c	12 以 上	40 以 上

6. まとめ

本試験で得られた結果をまとめると、次のようである。

- 1) 低品質骨材の品質特性はその岩種によって異なり、特に吸水率と安定性損失重量との間に明確な差が認められる。
- 2) 低品質骨材を用いたコンクリートの圧縮、曲げ強度は、粗骨材特性値のうち、安定性損失重量とよい相関を示し、安定性損失重量が大きくなると強度が低下していく。また、同じ比重あるいは吸水率の粗骨材であっても、その岩種によって得られるコンクリートの圧縮強度は異なる。
- 3) コンクリートの凍結融解耐久性は、用いた粗骨材の吸水率、安定性損失重量が大きくなれば低下する。しかし、吸水率、安定性損失重量の一方が規格を外れていても、片方の品質が規格を満足していれば、良好な耐久性を示すものが多い。耐久性を必要とするコンクリートにおいては、粗骨材の吸水率と安定性損失重量の両方で規定するならば、現行の規格をかなり緩和することも可能と考えられる。
- 4) しかしながら、定量的な数値を決めるには資料もそれほど多くないので、当面は無筋コンクリート構造物を対象にして、耐久性に必要なコンクリートでは吸水率を3%に据置いて安定性損失重量を40%に緩和するか、安定性損失重量を12%に据置いて吸水率を5%に緩和すること、また、耐久性がそれほど要求されず、しかも強度もあまり大きくないコンクリートでは吸水率5%、安定性損失重量40%まで緩和することとして表-6.1のように使用区分を決めることを提案する。コンクリートの設計基準強度が180kg/cm²以上300kg/cm²未満のものにつ

いては将来、官、学会のコンセンサスが得られれば、さらに緩和できるものと考えられる。なお、この品質規準は骨材の物理的な安定性のみを考慮して決めたものであり、化学的不安定な物質を含む骨材については、別途検討を要する。

表-6.1 コンクリート用粗骨材の品質規準(案)

コンクリートの設計基準強度 σ_{ck} (kg/cm ²)	粗 骨 材 の 品 質	
	耐久性を要求されるコンクリート	耐久性を特に要求されないコンクリート (内部コンクリート、中詰コンクリートなど)
180 未満	{ 吸水率 : 3%以下 安定性損失重量 : 40%以下 または { 吸水率 : 5%以下 安定性損失重量 : 12%以下	{ 吸水率 : 5%以下 安定性損失重量 : 40%以下
180 以上 300 未満	{ 吸水率 : 3%以下 安定性損失重量 : 12%以下	{ 吸水率 : 3%以下 安定性損失重量 : 40%以下 または { 吸水率 : 5%以下 安定性損失重量 : 12%以下
300 以上	{ 吸水率 : 3%以下 安定性損失重量 : 12%以下	—

- 注) 1) この規定を外れる骨材でも、使用実績のあるものや凍結融解試験等によって総合的に使用が可能と認められるものは、使用してよい。
- 2) すりへり減量は40%以下とする。ただし、舗装用コンクリートに用いる場合は35%以下とする。
- 3) 有害物含有量の限度は、土木学会コンクリート標準示方書83条による。

結 言

本試験のまとめとして、コンクリート用骨材の品質規準(案)を提案したが、これは、あくまでこの試験の範囲で得られた結論である。現行の品質規格を外れたものについては、まだ使用実績も少ないので当面、重要度の低い構造物から使用実績を重ねていき、また、官、学会等のコンセンサスを得ながら、案を修正し、完全なものにしていきたいと考えている。

本試験は、建設省技術管理業務連絡会・コンクリート部会の共通試験として実施したものである。未筆ながら、本試験のために御努力いただいた担当者の方々の氏名を記すとともに、実験にあたられた関係者の皆様に感謝の意を表します。

(昭和57年3月現在)

地 建	担当事務所	担 当 者
東北地建	東北技術事務所	古川 毅 加藤 忠 男
関東地建	関東技術事務所	遠藤 英 一 窪田 昭 夫 三浦 行 雄
北陸地建	北陸技術事務所	長池 沢 豊 田 和 一 彦
中部地建	中部技術事務所	大野 勝 昭 細野 治 重 宮下 弘 道
近畿地建	近畿技術事務所	成田 和 禧 西 一 夫
中国地建	中国技術事務所	中村 正 敏 曾田 良 広
四国地建	四国技術事務所	多田 義 金 伊出 昭 一 山 田 秀 安
九州地建	九州技術事務所	稲又 正 俊 日笠 竜 一
北海道開発局	土木試験所	太田 利 隆 小長井 宣 生

参考文献

- 1) セメント協会：細骨材の品質調査報告，コンクリート専門委員会報告F-28，昭和51年12月
- 2) セメント協会：粗骨材の品質調査報告，コンクリート専門委員会報告F-29，昭和52年10月
- 3) 飛坂基夫，沼沢秀夫：1600種類のコンクリート用骨材の品質特性，セメント・コンクリート No.386，1979年4月
- 4) 小林茂敏，河田博之：形状不良の骨材を用いたコンクリートの特性に関する調査，第35回建設省技術研究会講演概要（自由課題共通部門），昭和56年11月
- 5) 土木学会：コンクリート標準示方書 昭和55年版
- 6) セメント協会：スランプの相違をも含めたコンクリートのセメント水比と圧縮強度に関する報告，コンクリート専門委員会報告，F-16，1966
- 7) 日本コンクリート会議：コンクリート碎石の品質基準作成に関する調査報告書，昭和44年3月
- 8) セメント協会：粗骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす影響，コンクリート専門委員会報告F-31，昭和54年6月
- 9) 前川静男，今井益隆：低品質の碎石がコンクリートの諸性質に与える影響，コンクリート・ジャーナル，Vol. 8, No.12, 1970
- 10) 三浦 忠，石垣 茂：骨材の質によるコンクリートの耐久性に関する研究，セメント・コンクリート，No.317 1973年7月

コンクリート用材に関する調査報告書(1)
—物理的品質不良骨材に関する試験調査—

I S S N 0386—5878
土木研究所資料第1838号
マイクロフィルム第 号
昭和57年6月(1982)
小林 茂敏, 河田 博之
高橋 正志, 高橋 弘人
石井 良美

キーワード: コンクリート, 骨材, 物理的品質不良, 凍結融解耐久性

要 旨 低品質粗骨材のコンクリートへの利用に関する試験の一環として, 物理的品質不良骨材について骨材の一般物理試験, コンクリートの圧縮, 曲げ強度試験およびコンクリートの凍結融解試験を行い, これらの結果をもとにコンクリート用粗骨材の品質規準を提案した。○

郵便はがき

下を
は
い
つ
切
て
手

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
コンクリート研究室 御 中

No. _____

No. _____

土研資料 1838 号

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1838号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印