

土木研究所資料

第1912号

コンクリート用骨材に関する調査報告書(2)
——形状不良骨材に関する試験調査——

昭和58年2月

建設省土木研究所地質化学部コンクリート研究室
建設省技術管理業務連絡会コンクリート部会

Copyright © (1 9 8 2) Fiscalyear 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なってはならない。

要 旨

低品質骨材のうち、特に形状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、形状の悪い骨材について骨材の形状試験、それを用いたコンクリートの単位水量試験、圧縮強度試験、割裂引張強度試験を行った。

その結果、骨材の形状不良の程度は骨材の実積率によって表わし得ること、骨材の形状が悪くなるほど単位水量が増え、同じ強度を得るのに多くのセメント量が必要となること、形状が極端に悪い骨材ではそれ自体の力学的特性も悪いものが多く、単位セメント量当りの強度が顕著に低下すること、さらに引張強度における力学的異方性は形状不良の碎石であっても川砂利と大きな差はなく、また、碎石の最大寸法による差もほとんどないこと、などが明らかとなった。

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
2.2.1 骨材の一般物理試験	2
2.2.2 骨材の形状試験	2
2.3 コンクリートの試験	2
2.3.1 使用材料	2
2.3.2 コンクリートの単位水量試験	3
2.3.3 コンクリートの圧縮強度試験	3
2.3.4 コンクリートの割裂引張強度試験	4
3. 試験結果	7
3.1 骨材の試験結果	7
3.2 コンクリートの試験結果	7
4. 試験結果の考察	22
4.1 骨材の特性	22
4.1.1 骨材の種類と物理的性質	22
4.1.2 骨材形状の特性及び合理的判定方法	22
4.2 コンクリートの特性	27
4.2.1 コンクリートの単位水量	27
4.2.2 コンクリートの圧縮強度	32
4.2.3 コンクリートの引張強度	32
5. まとめ	37
6. 結言	38
7. 謝辞	39
参考文献	40

序 言

最近の増大する骨材需要に対処するためには、品質規格を外れる骨材についてもコンクリートの用途によって使い分ける方向で考えなければならない。また、規格外の骨材でもその特性を理解して、コンクリートに及ぼす影響を考慮すれば、コンクリート用骨材として十分利用できるものも多いと思われる。

このような観点から、建設省技術管理業務連絡会・コンクリート部会では過去6年間にわたり、低品質骨材のコンクリートへの利用に関する調査を実施してきた。この調査では、低品質骨材として形状不良骨材と物理的品質不良骨材を選定し、個々に試験したが、このうち、54～56年に実施した物理的品質不良骨材に関する試験の結果については、土木研究所資料第1838号¹⁾にまとめている。

この報告書は、51～53年度に実施した形状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58年2月

地質化学部	部 長	蒔 田 実
コンクリート研究室	室 長	小 林 茂 敏
	研究員	小 野 金 造
	"	河 田 博 之
		石 井 良 美

1. 試験目的

形状不良骨材の土木工事用骨材としての使用限界，使用方法及び骨材品質の判断基準を得ることを目的として，形状不良骨材の形状表示方法，形状不良骨材を用いたコンクリートの品質に関する調査を行った。

2. 試験方法

試験は、建設省各技術事務所及び土木研究所の共同試験として実施した。

2.1 骨材試料

- (1) 各試験所で一般に使用されている川砂利と碎石(比較的
形状のよいもの)の他に、比重、吸水率等の物理的品質は
良いが形状のかなり悪い碎石を選定あるいは製造して骨材
試料とする。
- (2) 粗骨材の最大寸法は、40mm及びダム等への適用も考慮
して80mmとし、粒度を表-2.1のように調整する。

表-2.1 粗骨材の粒度

粒 径 範 囲 (mm)	粗骨材の最大寸法	
	80mm	40mm
	粒 径 別 百 分 率(%)	
80~60	15	
60~40	15	
40~30	17.5	25
30~20	17.5	25
20~10	20	30
10~5	15	20

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。

2.2.1 骨材の一般物理試験

- (1) 粗骨材の比重及び吸水率試験(JIS A 1110)
- (2) 骨材の硫酸ナトリウムによる安定性試験(JIS A 1122)
- (3) 骨材の単位容積重量試験(JIS A 1104)：表-2.1の粒度について実施する。
- (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)

2.2.2 骨材の形状試験

(1) 実積率試験

2.2.1の(3)の試験結果をもとに、実積率を算定する。

(2) 形状係数試験

表-2.1に示す各粒径範囲ごとに代表的試料30個を採取し、個々の石片について長径(a)、中径(b)、短径(c)
(図-2.1参照)を測定して、細長率($e=a/c$)、方形率($s=a/b$)、薄片率($t=b/c$)、扁平率($f=\sqrt{ab}/c$)
を求め各粒径範囲ごとの平均及び全粒度についての加重平均を計算する。

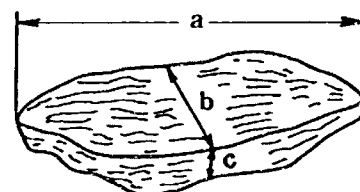


図-2.1 骨材の長径(a)、中径(b)
短径(c)

2.3 コンクリートの試験

2.3.1 使用材料

- (1) セメント：普通ポルトランドセメント
- (2) 細骨材：日常使用している川砂または海砂とし、粒度は図-2.2の範囲に入るものとする。試験中における粗粒率の変動は、 ± 0.1 以内とする。また、表-2.2の各項についての試験値を求めておく。

2.3.2 コンクリートの単位水量試験

(1) 粗骨材の最大寸法が40mmの場合

粗骨材試料の各々について、スランブ5～15cmの範囲でスランブと単位水量との関係を求める。セメント水比(C/W)は1.7とし、単位粗骨材重量(G)は次式により定まる値とする。

$$G = T \times \alpha \dots\dots\dots (1)$$

ただし、T：2.2の(3)で求めた粗骨材の単位容積重量

α ：単位粗骨材容積。細骨材の粗粒率に応じて、表-2.3より求める値とする。

(2) 粗骨材の最大寸法が80mmの場合

粗骨材試料の各々について、大型振動台式コンシステンシーメーター（図-2.3）を用い、沈下度10～50秒の範囲で沈下度と単位水量との関係を求める。セメント水比(C/W)は1.7とし、単位粗骨材容積(G)は、(1)と同様に定める。また、参考のために40mmふるいでウェットスクリーニングし、スランブを求めておく。

2.3.3 コンクリートの圧縮強度試験

単位水量の試験に用いた粗骨材試料のすべてについて、それらを用いたコンクリートの圧縮強度試験を行う。

(1) 粗骨材の最大寸法が40mmの場合

1) コンクリートの配合条件

○セメント水比：1.4，1.7及び2.0の3種

○スランブ：7±1cm

○単位粗骨材重量：2.3.2の単位水量の場合と同様に定める。

2) まだ固まらないコンクリートの試験

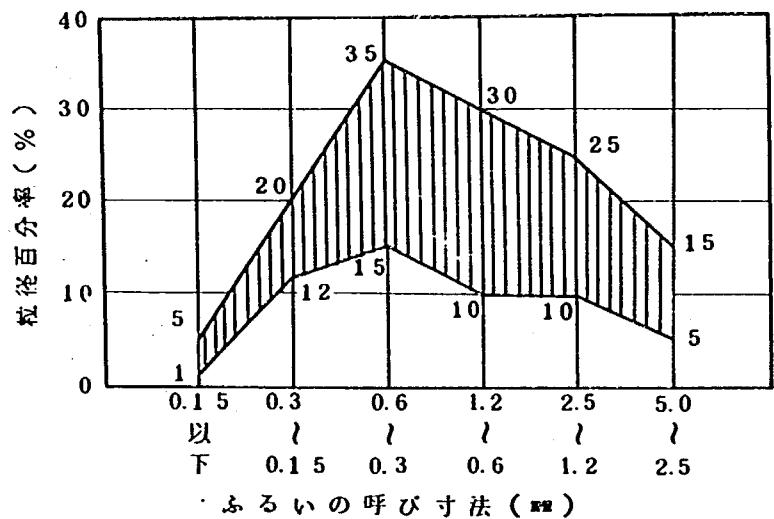


図-2.2 細骨材の粒度範囲

表-2.2 細骨材の一般物理試験

試験項目	JIS番号
比重および吸水率の試験	JIS A 1109
粒度および粗粒率の試験	JIS A 1102
安定性試験	JIS A 1122
有機不純物試験	JIS A 1105
洗い試験による損失重量	JIS A 1103

表-2.3 単位粗骨材容積

細骨材の粗粒率 (F. M.)		2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
粗骨材の最大寸法 80mm	単位粗骨材容積 (α)	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75
粗骨材の最大寸法 40mm		0.74	0.72	0.70	0.68	0.66

注) 中間のF. M.値に対する α の値は、補間により求める。

○スランプ試験 (JIS A 1101)

○空気量試験 (JIS A 1128)

3) 供試体の製作及び強度試験

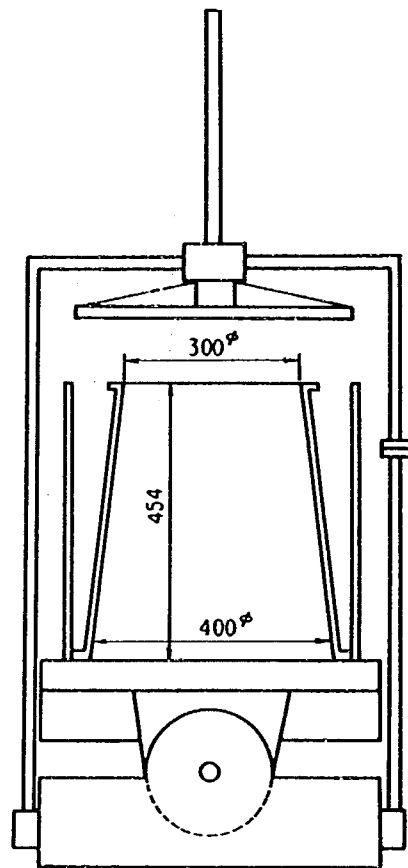
供試体は $\phi 15 \times 30$ cmの標準供試体とし、内部振動機による一層締固めを行って製作し、材令28日においてJIS A 1108に従って圧縮強度試験を行う。

供試体は、各C/Wについて1バッチ当り2個 (余裕があれば3個) 製作し、少なくとも2回これを繰返す。

(2) 粗骨材の最大寸法が80 mmの場合

1) コンクリートの配合条件

- セメント水比：1.4，1.7及び2.0の3種
- 沈下度： 20 ± 5 秒
- 単位粗骨材重量：2.3.2の単位水量の試験の場合と同様に定める。



- 振 幅: 0.8 mm
- 振動数: 1,500 rpm.

(単位: mm)

図- 2.3 大型振動台式コンシステンシーメーター

2) まだ固まらないコンクリートの試験

- 沈下度試験
- スランプ試験：40 mmふるいでウェットスクリーニングしたものについて行う。
- 空気量試験：40 mmふるいでウェットスクリーニングしたものについて行う。

3) 供試体の製作及び強度試験

供試体は $\phi 25 \times 50$ cmまたはそれより大きな供試体とし、内部振動機による一層締固めを行って製作し、材令28日においてJIS A 1108に従って圧縮強度試験を行う。

供試体は各C/Wについて1バッチ当り2個製作し、なるべく2回これを繰返す。

2.3.4 コンクリートの割裂引張強度試験

単位水量の試験に用いた骨材試料のうち、少なくとも形状不良の碎石1種と通常の川砂利または碎石1種について、それを用いたコンクリートの割裂引張強度試験を行う。

(1) 粗骨材の最大寸法が40 mmの場合

1) コンクリートの配合条件

- セメント水比：1.4，2.0の2種

○スランプ： $7 \pm 1 \text{ cm}$

○単位粗骨材重量：2.3.2の単位水量の試験の場合と同様に定める。

2) まだ固まらないコンクリートの試験

2.3.3 -(1)-2) と同様とする。

3) 供試体の製作

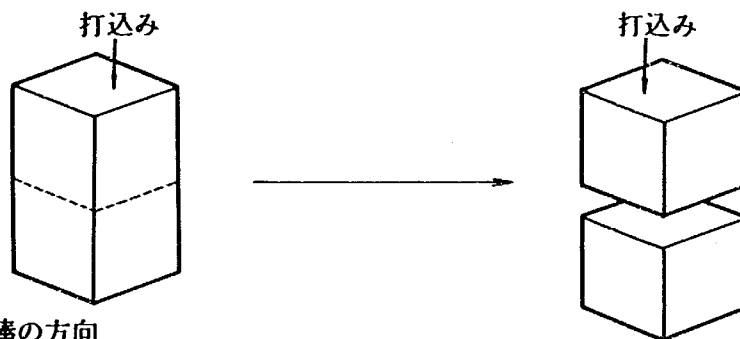
供試体は $15 \times 15 \times 30 \text{ cm}$ とし、高さ方向が 30 cm とする。型枠は木製、プラスチック製または金属製のものを用いる。供試体は1バッチ当り4本製作し、締固めは内部振動機による一層締固めとする。材令28日において、図-2.4の(a)に示すようにコンクリートカッターなどを用いて供試体を上下 $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ の大きさに切断して、試験に供する。

4) 引張強度試験方法

図-2.4の(b)に示すように1バッチ当り4本の供試体のうち、2本(4個の立方供試体)は打込み方向に平行に、他方の2本(4個の立方供試体)は打込み方向に直角な方向に加圧棒を配置して加圧し、最大荷重を求める*。試験はなるべく2回これを繰返す。

加圧棒は、幅 15 mm のハードボードとする**。なお破断面の状況を写真、スケッチ等により記録しておくものとする(この場合、各切断の断面がコンクリート打込み方向に対して上側にあるか、下側にあるかを明確にしておく)。

(a) コンクリートカッターによる切断



(b) 加圧棒の方向

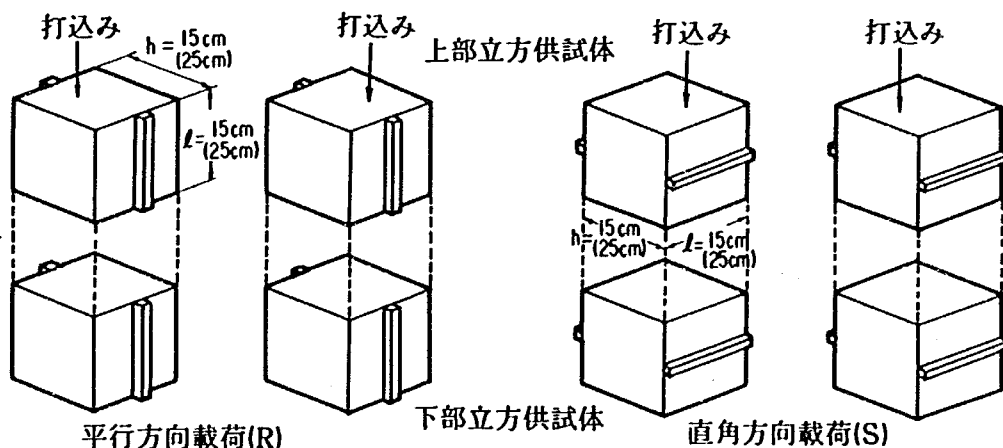


図-2.4 1バッチ当りの引張載荷方法

注) * 1本の供試体の上, 下部立方供試体の加圧方向は, 必ず同じ方向とする。

** ハードボードは, 土研が用意したものを用いる。

以上の試験より, コンクリートの引張強度を次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot h \cdot \ell} \cdot \frac{c}{1+m \cdot k} \dots\dots\dots(2)$$

ただし, σ_t : コンクリートの引張強度 (Kg/cm^2)

P : 最大荷重 (Kg)

h : 供試体の高さ (cm)

ℓ : 加圧長さ (cm)

c : kによって定まる定数
(表-2.4)

m : 実験定数, $m=3.75$

k : 加圧棒の幅と供試体の高さ
との比

表-2.4 kとcとの関係

k	0.05	0.0667	0.10	0.15
c	0.977	0.974	0.967	0.954

なお, 引張強度 σ_t にさらにサフィクスを付け, 打込み方向に平行な荷重の場合を σ_{tR} , 打込み方向に直角な荷重の場合を σ_{tS} として区別する。

(2) 粗骨材の最大寸法が80mmの場合

1) コンクリートの配合条件

- セメント水比 : 1.4, 2.0 の2種
- 沈下度 : 20 ± 5 秒
- 単位粗骨材重量 : 2.3.2の単位水量の試験の場合と同様に定める。

2) まだ固まらないコンクリートの試験

2.3.3-(2)-2) と同様とする。

3) 供試体の製作及び強度試験方法

供試体は $25 \times 25 \times 50 \text{ cm}$ とし, 材令28日において適当なカッターを用いて $25 \times 25 \times 25 \text{ cm}$ の大きさに切断する。供試体の本数, 締固め方法及び引張強度試験の方法は, (1)と同様とする。試験はなるべく2回これを繰り返す。

3. 試験結果

3.1 骨材の試験結果

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、細骨材の試験結果を表-3.2に示す。また、粗骨材の形状試験結果を表-3.3に示す。

3.2 コンクリートの試験

単位水量の試験に用いたコンクリートの配合とまだ固まらないコンクリートの試験結果を、表-3.4に示す。また、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結果及び圧縮、引張強度試験結果を、表-3.5に示す。

表-3.1 粗骨材の一般物理試験結果

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 (g)	実積率 (%)	粗粒率
51	中部	A-1	川砂利	木曾川	40	2.63	0.6	1.2			63.0	7.30
		A-2	砕石(黒色片岩)	蓮	40	2.68	1.1	28.1			56.6	7.30
	中国	B-1	川砂利	太田川	40	2.65	1.0	0.5	16.0	1.79	68.1	7.30
		B-2	砕石(粘板岩)	小瀬町	40	2.72	0.5	0.4	16.0	1.61	59.1	7.30
	四国	C-1	・(砂岩)	吉野川	40	2.63	1.0	2.6	13.0	1.73	66.5	7.30
		C-2	・(安山岩)	府中町	40	2.66	1.0	1.6	7.0	1.65	62.7	7.30
		C-3	・(角せん岩)	別子銅山	40	3.11	0.3	1.9	16.0	1.84	59.3	7.30
	九州	D-1	川砂利	筑後川	40	2.57	2.4	5.8	27.0	1.69	67.3	7.30
		D-2	砕石	小城郡	40	2.71	1.4	8.5	21.0	1.66	62.1	7.30
	土研	E-1	・(石灰岩)	葛生町	40	2.74	0.7	5.6	19.0	1.72	63.2	7.30
		E-2	・(黒色片岩)	蓮	40	2.70	1.2		18.0	1.57	58.9	7.30
52	関東	F-1	川砂利	富士川	40	2.62	1.5	1.4	15.0	1.71	66.1	7.30
		F-2	砕石(粘板岩)	早川	40	2.59	0.8	1.1	23.0	1.53	59.6	7.30
	北陸	G-1	川砂利	魚ノ川	40	2.78	1.4	4.6	24.0	1.87	67.3	7.30
		G-2	砕石混合	大石荒川合流点	40	2.65	1.4	6.4	34.0	1.72	64.7	7.30
	中部	H-1	川砂利	木曾川	40	2.65	0.6	1.3	20.0	1.65	63.0	7.30
		H-2	砕石(黒色片岩)	蓮	40	2.70	1.1	17.8	28.0	1.51	56.6	7.30
	中国	I-1	・(輝緑岩)	安佐町	40	2.70	0.8	2.8	13.0	1.68	62.2	7.30
		I-2	・(粘板岩)	小瀬町	40	2.72	0.7	0.6	13.0	1.65	60.6	7.30
	四国	J-1	川砂利	吉野川	40	2.62	1.2	1.2	Ⓐ130Ⓒ14.0	1.75	67.1	7.30
		J-2	砕石(安山岩)	府中町	40	2.69	1.1	1.2	Ⓐ60Ⓒ8.0	1.63	63.2	7.30
		J-3	・(安山岩)	加茂町	40	2.67	1.4	1.8	Ⓐ9.0Ⓒ10.0	1.53	58.0	7.30
	九州	K-1	川砂利	筑後川	40	2.60	2.5	1.5	24.0	1.71	67.5	7.30
		K-2	砕石(安山岩)	耶馬溪	40	2.58	3.0	0.8	29.0	1.46	58.3	7.30
	土研	L-1	・(粘板岩)	小瀬町	60	2.72	0.6		Ⓓ120Ⓔ15.0	1.75	64.7	7.96
53	関東	M-1	砕石混合	釜無川	40	2.61	2.8	32.6	18.9	1.64	64.7	7.30
		M-2	砕石(粘板岩)	早川	40	2.70	0.8	6.6	23.3	1.58	58.9	7.30
	北陸	N-1	川砂利	阿賀野川	40	2.67	1.4	3.9	24.0	1.78	67.0	7.30
		N-2	砕石混合	大石荒川合流点	40	2.65	1.4	5.7	Ⓐ33.9	1.73	65.0	7.30
	中部	O-1	川砂利	天竜川	40	2.75	0.6	5.3	Ⓐ22.8	1.63	59.6	7.30
		O-2	砕石(黒色片岩)	蓮	40	2.67	1.7	21.9	Ⓐ36.7	1.42	54.1	7.30
	中国	P-1	・(輝緑岩)	安佐町	40	2.68	0.9	9.2	Ⓐ10.4	1.67	62.4	7.30
		P-2	・(黒石片岩)	新南陽市	40	2.68	0.8	1.2	Ⓐ18.9	1.62	60.5	7.30
		P-3	・(輝緑岩)	安佐町	80	2.71	0.6	5.0	Ⓔ17.5Ⓒ19.9	1.79	66.5	7.81
		P-4	・(黒石片岩)	新南陽市	80	2.66	0.7	2.7	Ⓔ27.0Ⓒ22.2	1.71	64.7	7.81
	四国	Q-1	川砂利	吉野川	40	2.61	1.0	0.9	Ⓐ11.3Ⓒ12.7	1.71	66.2	7.30
		Q-2	砕石(安山岩)	府中町	40	2.68	1.0	0.4	Ⓐ5.2Ⓒ6.6	1.67	62.9	7.30
		Q-3	・(安山岩)	加茂町	40	2.66	1.0	1.1	Ⓐ7.4Ⓒ9.0	1.52	57.7	7.30
	九州	R-1	川砂利	筑後川	40	2.54	2.8	20.9	Ⓐ28.2	1.73	69.7	7.30
		R-2	砕石(安山岩)	耶馬溪	40	2.65	1.7	2.1	Ⓐ19.0	1.59	61.1	7.30
	土研	S-1	・(粘板岩)	早川	80	2.70	0.6	5.3	Ⓐ20.0Ⓔ31.0	1.51	56.2	7.81
		S-2	・(砂岩)	笠間	80	2.68	0.4	0.4	Ⓐ11.8Ⓔ6.7	1.57	58.6	7.81
		S-3	・(粘板岩)	岩瀬	80	2.63	0.9	30.3	Ⓐ25.0Ⓔ12.8	1.51	57.4	7.81
		S-4	・(粘板岩)	富岡	80	2.67	2.8	73.8	Ⓐ36.2Ⓔ26.4	1.50	56.2	7.81

表－3.2 細骨材の一般物理試験結果

年 度	試 験 所	記 号	種 類	産 地	比 重	吸水率 (%)	粗粒率	安定性 (%)	単位容 積重量 (Kg/l)	実績率 (%)	有 機 不純物	洗い損 失重量 (%)
51	中 部	A'-1	川 砂	木曾川	2.56	0.97	2.43				合 格	1.8
	中 国	B'-1	川 砂 海 砂	太田川	2.55	1.40	2.71	1.4	1.60	63.5	合 格	2.1
	四 国	C'-1	海 砂	吉野川	2.52	2.35	2.92	6.3			合 格	0.8
	九 州	D'-1	川 砂	—	2.54	2.80	2.90	1.5			合 格	1.7
	土 研	E'-1	川 砂	富士川	2.63	2.04	3.07	6.9	1.70	66.0	合 格	1.5
52	関 東	F'-1	川 砂	釜無川	2.59	2.17	2.50	2.1	1.62	63.8	合 格	0.9
	北 陸	G'-1	川 砂	—	2.57	2.42	2.69	5.0	1.67		合 格	3.3
	中 部	H'-1	川 砂	木曾川	2.59	0.89	2.61	0.7	1.68		合 格	3.6
	中 国	I'-1	川 砂 海 砂	太田川	2.56	1.76	2.78	1.8			合 格	2.6
	四 国	J'-1	海 砂	—	2.52	2.36	2.92	6.4			合 格	0.8
	九 州	K'-1	川 砂	筑後川	2.54	3.49	2.93	3.1			合 格	1.3
	土 研	L'-1	川 砂	富士川	2.62	2.20	3.07		1.71		合 格	1.7
53	関 東	M'-1	川 砂	釜無川	2.59	2.31	2.80	7.4				3.2
	北 陸	N'-1	川 砂	阿賀野川	2.60	2.00	2.78	1.8				0.4
	中 部	O'-1	川 砂	天竜川	2.66	1.64	2.69	2.5				4.6
		O'-2	砕 砂	蓮	2.64	1.79	2.74	6.5				4.8
	中 国	P'-1	川 砂 海 砂	太田川	2.54	1.56	2.70	4.1				1.9
	四 国	Q'-1	海 砂	—	2.54	2.37	2.81	0.7				1.9
	九 州	R'-1	川 砂	筑後川	2.55	3.58	2.91	5.1				1.5
	土 研	S'-1	川 砂	富士川	2.61	2.26	2.94	6.7			合 格	1.9
		S-2	川 砂	富士川	2.64	2.00	3.03	5.1				1.8

表- 3.3 骨材の形状係数試験結果 (その1)

年 度	試 験 所	記 号	粗骨材の粒度		粗 骨 材 の 形 状 係 数								実積率 (%)
			範 囲 (mm)	百分率 (%)	細長率 (e)		方形率 (s)		薄片率 (t)		偏平率 (f)		
					3 0 個 の平均	加 重 平 均	3 0 個 の平均	加 重 平 均	3 0 個 の平均	加 重 平 均	3 0 個 の平均	加 重 平 均	
51	中 部	A - 1	40~30	25	1.8		1.3		1.4		1.6		63.0
			30~20	25	2.0		1.2		1.6		1.8		
			20~10	30	1.9	1.9	1.4	1.3	1.4	1.4	1.6	1.7	
			10~ 5	20	2.0		1.5		1.3		1.6		
		A - 2	40~30	25	2.6		1.5		1.8		2.2		56.6
			30~20	25	3.7		1.7		2.2		2.8		
			20~10	30	3.5	3.4	1.9	1.7	1.9	2.1	2.6	2.7	
			10~ 5	20	4.1		1.8		2.4		3.1		
	中 国	B - 1	40~30	25	2.2		1.4		1.6		1.9		68.1
			30~20	25	2.5		1.6		1.6		2.0		
			20~10	30	2.0	2.2	1.5	1.5	1.3	1.5	1.6	1.8	
			10~ 5	20	2.3		1.6		1.5		1.8		
		B - 2	40~30	25	3.3		2.0		1.7		2.3		59.1
			30~20	25	4.0		2.2		2.0		2.8		
			20~10	30	3.2	3.7	1.8	2.1	1.8	1.9	2.4	2.6	
			10~ 5	20	4.6		2.3		2.0		3.0		
	四 国	C - 1	40~30	25	2.5		1.5		1.7		2.1		66.5
			30~20	25	2.3		1.5		1.5		1.9		
			20~10	30	2.3	2.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.9	2.0	
			10~ 5	20	2.5		1.5		1.7		2.1		
		C - 2	40~30	25	2.1		1.5		1.3		1.7		62.7
			30~20	25	2.0		1.4		1.4		1.7		
			20~10	30	2.6	2.4	1.6	1.5	1.6	1.5	2.1	1.9	
			10~ 5	20	2.9		1.6		1.8		2.3		
C - 3		40~30	25	3.2		1.7		1.9		2.5		59.3	
		30~20	25	2.9		1.8		1.7		2.2			
		20~10	30	3.0	3.1	1.9	1.9	1.6	1.7	2.2	2.3		
		10~ 5	20	3.5		2.1		1.8		2.5			
九 州	D - 1	40~30	25	2.3		1.4		1.7		2.0		67.3	
		30~20	25	2.6		1.4		1.9		2.2			
		20~10	30	2.3	2.3	1.4	1.4	1.6	1.7	1.9	1.9		
		10~ 5	20	1.9		1.3		1.4		1.6			
	E - 1	40~30	25	2.4		1.4		1.8		2.1		62.1	
		30~20	25	2.5		1.6		1.6		2.0			
		20~10	30	3.0	2.6	1.4	1.5	2.2	1.8	2.6	2.2		
		10~ 5	20	2.2		1.5		1.6		1.9			
土 研	E - 1	40~30	25	2.0		1.4		1.4		1.7		63.2	
		30~20	25	2.1		1.4		1.6		1.8			
		20~10	30	2.1	2.2	1.3	1.4	1.6	1.6	1.9	1.8		
		10~ 5	20	2.5		1.4		1.7		2.0			
	E - 2	80~60	0	3.2		1.4		2.3		2.7		58.9	
		60~40	0	3.0		1.5		2.0		2.5			
		40~30	25	2.6		1.5		1.8		2.2			
		30~20	25	3.1	3.3	1.5	1.6	2.1	2.1	2.5	2.6		
		30~10	30	3.6		1.6		2.3		2.8			
		10~ 5	20	3.9		1.6		2.3		3.0			

表-3.3 骨材の形状係数試験の結果(その2)

年 度	試 験 所	記 号	粗骨材の粒度		粗 骨 材 の 形 状 係 数								粗骨材 実積率 (%)
			範 囲 (mm)	百分率 (%)	細長率 (e)		方形率 (s)		薄片率 (t)		偏平率 (f)		
					3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	
52	関 東	F - 1	40~30	25	2.0		1.4		1.5		1.9		66.1
			30~20	25	2.3	2.4	1.5		1.6		1.9		
			20~10	30	2.4		1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	2.0	
			10~ 5	20	2.7		1.7		1.6		2.0		
		F - 2	40~30	25	3.7		1.5		2.5		3.1		59.6
			30~20	25	4.0	3.6	1.9		2.3		3.0		
			20~10	30	3.0		1.6	1.7	2.2	2.3	2.7	2.9	
			10~ 5	20	3.6		1.7		2.2		2.8		
	北 陸	G - 1	40~30	25	2.2		1.4		1.1		1.9		67.3
			30~20	25	1.8	2.1	1.5		1.6		1.9		
			20~10	30	2.2		1.4	1.4	1.6	1.5	1.8	1.9	
			10~ 5	20	2.4		1.5		1.6		2.0		
		G - 2	40~30	25	2.6		1.5		1.7		2.1		64.7
			30~20	25	2.3	2.3	1.5		1.7		2.1		
			20~10	30	2.3		1.4	1.5	1.8	1.7	2.1	2.0	
			10~ 5	20	2.1		1.4		1.5		1.7		
	中 部	H - 1	40~30	25	1.9		1.4		1.4		1.7		63.0
			30~20	25	1.9	2.1	1.3		1.4		1.7		
			20~10	30	2.1		1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	1.7	
			10~ 5	20	2.3		1.5		1.6		1.9		
		H - 2	40~30	25	3.2		1.6		2.0		2.6		56.6
			30~20	25	3.1	3.1	3.4		1.8		2.4		
			20~10	30	3.1		1.7	1.8	1.8	2.0	2.4	2.4	
			10~ 5	20	2.8		2.2		2.2		2.2		
	中 国	I - 1	40~30	25	2.2		1.6		1.4		1.7		62.2
			30~20	25	2.0	2.2	1.4		1.5		1.8		
			20~10	30	2.3		1.5	1.5	1.6	1.5	1.9	1.9	
			10~ 5	20	2.4		1.5		1.7		2.0		
		I - 2	40~30	25	2.6		1.6		1.7		2.1		60.6
			30~20	25	2.6	2.9	1.5		1.8		2.1		
			20~10	30	3.1		1.5	1.6	2.1	1.9	2.5	2.3	
			10~ 5	20	3.3		1.7		2.0		2.5		
	四 国	J - 1	40~30	25	2.5		1.5		1.7		2.0		67.1
			30~20	25	2.7	2.6	1.6		1.7		2.1		
			20~10	30	2.8		1.6	1.6	1.8	1.7	2.2	2.1	
			10~ 5	20	2.3		1.4		1.4		1.9		
		J - 2	40~30	25	2.2		1.4		1.6		1.8		63.2
			30~20	25	2.2	2.4	1.5		1.5		1.8		
			20~10	30	2.1		1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	
			10~ 5	20	3.1		1.5		2.1		2.5		
		J - 3	40~30	25	3.8		1.7		2.4		3.1		58.0
			30~20	25	3.4	3.8	1.8		2.0		2.6		
			20~10	30	3.5		1.7	1.7	2.1	2.2	2.7	2.9	
			10~ 5	20	4.4		1.8		2.4		3.2		
	九 州	K - 1	40~30	25	2.1		1.3		1.6		1.8		67.5
			30~20	25	2.2	2.0	1.4		1.6		2.0		
			20~10	30	2.0		1.3	1.3	1.5	1.5	1.7	1.8	
			10~ 5	20	1.7		1.4		1.3		1.5		
		K - 2	40~30	25	3.0		1.6		2.0		2.4		58.3
			30~20	25	3.2	3.1	1.7		2.0	2.0	2.5	2.5	
			20~10	30	2.6		1.6	1.7	1.7		2.1		
			10~ 5	20	3.7		1.6		2.3		2.9		
	土 研	L - 1	80~60	2	2.5		1.3		1.9		2.2		(64.7)
			60~40	36	2.3		1.4		1.7		2.0		
			40~30	8	2.1	2.8	1.4		1.6	1.9	1.8	2.3	
			30~20	22	3.0		1.5	1.5	2.1		2.5		
			20~10	22	3.5		1.6		2.2		2.7		
			10~ 5	10	3.4		1.8		1.9		2.5		

表-3.3 骨材の形状係数試験の結果(その3)

年 度	試 験 所	記 号	粗骨材の粒度		粗 骨 材 の 形 状 係 数								粗骨材の 実 積 率 (%)
			範 囲 (mm)	百分率 (%)	細長率 (e)		方形率 (s)		薄片率 (t)		偏平率 (f)		
					30個 の平均	加 重 平 均	30個 の平均	加 重 平 均	30個 の平均	加 重 平 均	30個 の平均	加 重 平 均	
53	関 東	M - 1	40~30	25	1.9	2.2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.2	1.2	64.7
			30~20	25	2.0		1.3		1.5		1.1		
			20~10	30	2.2		1.5		1.5		1.2		
			10~ 5	20	2.7		1.6		1.7		1.3		
		M - 2	40~30	25	2.7	3.2	1.6	1.7	1.7	1.9	1.2	1.3	58.9
			30~20	25	2.9		1.7		1.7		1.3		
			20~10	30	3.5		1.7		2.1		1.3		
			10~ 5	20	3.5		1.8		2.1		1.4		
	北 陸	N - 1	40~30	25	2.5	2.2	1.3	1.4	1.6	1.5	1.8	1.8	67.0
			30~20	25	2.1		1.4		1.5		1.7		
			20~10	30	2.3		1.6		1.6		1.9		
			10~ 5	20	2.1		1.5		1.4		1.7		
		N - 2	40~30	25	2.1	2.3	1.3	1.4	1.7	1.7	1.9	2.0	58.0
			30~20	25	2.8		1.4		2.1		2.4		
			20~10	30	2.0		1.4		1.6		1.8		
			10~ 5	20	2.4		1.5		1.6		1.9		
		N - 3	40~25	25	2.2	2.2	1.4	1.4	2.2	1.7	2.0	1.8	65.0
			30~25	25	2.6		1.4		1.6		1.8		
			20~30	30	2.0		1.5		1.4		1.7		
			10~20	20	2.2		1.4		1.5		1.8		
	中 部	O - 1	40~25	25	2.2	2.9	1.4	1.6	1.6	1.9	1.9	2.3	59.6
			30~25	25	3.2		1.7		2.1		2.5		
			20~30	30	3.1		1.7		1.9		2.4		
			10~20	20	3.3		1.8		1.9		2.5		
		O - 2	40~25	25	3.5	3.4	1.8	1.9	2.0	1.9	2.6	2.5	54.1
			30~25	25	3.3		1.7		2.0		2.6		
			20~30	30	3.3		2.0		1.7		2.4		
			10~20	20	3.7		2.0		1.9		2.6		
	中 国	P - 1	40~25	25	2.2	2.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	1.9	62.4
			30~25	25	2.3		1.5		1.5		1.8		
			20~30	30	2.4		1.6		1.5		1.9		
			10~20	20	2.5		1.5		1.7		2.0		
		P - 3	80~60	15	2.7	2.4	1.5	1.5	1.9	1.6	2.3	2.0	66.5
			60~40	15	2.2		1.4		1.6		1.9		
			40~30	17.5	2.5		1.5		1.7		2.0		
			30~20	17.5	2.7		1.7		1.7		2.1		
			20~10	20	2.1		1.4		1.5		1.7		
			10~ 5	15	2.2		1.4		1.6		1.9		
		P - 2	40~30	25	3.5	3.5	1.7	1.7	2.2	2.1	2.7	2.7	60.5
			30~20	25	3.2		1.8		2.1		2.6		
			20~10	30	3.6		1.7		2.1		2.7		
			10~ 5	20	3.5		1.6		2.0		2.6		
		P - 4	80~60	15	2.7	3.1	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3	2.5	64.7
			60~40	15	2.9		1.8		1.7		2.2		
	40~30		17.5	4.1	1.7		2.5		3.1				
	30~20		17.5	3.1	1.5		2.1		2.6				
	20~10		20	3.1	1.7		2.0		2.5				
	10~ 5		15	2.6	1.4		1.9		2.0				

表-3.3 骨材の形状係数試験の結果(その4)

年 度	試 験 所	記 号	粗骨材の粒度		粗骨材の形状係数								粗骨材 の実積 率(%)
			範 囲 (mm)	百分率 (%)	細長率(e)		方形率(s)		薄片率(t)		偏平率(f)		
					3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	3 0 個 の平均	加 平 重 均	
53	四 国	Q-1	40~30	25	2.3		1.4		1.7		2.0		66.2
			30~20	25	2.7		1.5		1.9		2.3		
			20~10	30	2.4	2.4	1.4	1.5	1.7	1.7	2.0	2.0	
			10~ 5	20	2.2		1.5		1.5		1.8		
		Q-2	40~30	25	2.0		1.4		1.4		1.7		60.5
			30~20	25	2.0		1.4		1.5		1.7		
			20~10	30	2.0	2.1	1.5	1.5	1.4	1.5	1.7	1.7	
			10~ 5	20	2.3		1.5		1.6		1.9		
		Q-3	40~30	25	2.3		1.4		1.7		2.0		62.9
			30~20	25	2.5		1.4		1.9		2.2		
			20~10	30	2.5	2.5	1.5	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	
			10~ 5	20	2.6		1.5		1.8		2.1		
		Q-4	40~30	25	2.6		1.5		1.8		2.2		57.7
			30~20	25	3.0		1.5		2.1		2.5		
			20~10	30	3.3	3.2	1.7	1.6	2.0	2.1	2.6	2.6	
			10~ 5	20	4.0		1.6		2.5		3.1		
	九 州	R-1	40~30	25	2.5		1.4		1.8		2.0		69.7
			30~20	25	2.5		1.4		1.8		2.2		
			20~10	30	2.0	2.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	
			10~ 5	20	2.3		1.6		1.5		1.8		
		R-2	40~30	25	3.2		1.5		2.1		2.6		61.1
			30~20	25	3.3		1.5		2.2		2.7		
			20~10	30	3.8	3.5	1.8	1.6	2.1	2.2	2.8	2.7	
			10~ 5	20	3.6		1.7		2.3		2.8		
土 研	S-1	80~60	15	4.4		1.7		2.7		3.5		56.2	
		60~40	15	5.2		1.8		3.0		3.9			
		40~30	17.5	4.1		1.8		2.5		3.2			
		30~20	17.5	4.6	4.6	1.9	1.9	2.5	2.6	3.4	3.4		
		20~10	20	4.5		2.0		2.4		3.2			
		10~ 5	15	4.7		2.0		2.4		3.3			
	S-2	80~60	15	2.2		1.4		1.6		1.9		58.6	
		60~40	15	2.1		1.4		1.5		1.8			
		40~30	17.5	2.2		1.5		1.5		1.8			
		30~20	17.5	2.3	2.3	1.4	1.4	1.7	1.6	1.9	1.9		
		20~10	20	2.5		1.4		1.8		2.1			
		10~ 5	15	2.2		1.4		1.7		1.9			
	S-3	80~60	15	2.3		1.6		1.5		1.9		57.4	
		60~40	15	2.8		1.6		1.8		2.3			
		40~30	17.5	2.6		1.4		1.8		2.2			
		30~20	17.5	2.7	2.6	1.7	1.6	1.6	1.7	2.1	2.1		
		20~10	20	2.9		1.8		1.7		2.2			
		10~ 5	15	2.5		1.6		1.6		2.0			
	S-4	80~60	15	3.2		1.5		2.3		2.7		56.2	
		60~40	15	2.7		1.6		1.8		2.2			
40~30		17.5	3.1		1.7		1.8		2.4				
30~20		17.5	3.0	3.1	1.5	1.6	2.0	2.0	2.5	2.5			
20~10		20	3.3		1.7		2.0		2.6				
10~ 5		15	3.0		1.5		2.0		2.5				

表-3.4 単位水量の試験に用いたコンクリートの配合及びまだ固まらないコンクリートの試験結果(その1)

年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a (%)	単位量 (Kg/m³)				実 測 値			年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a (%)	単位量 (Kg/m³)				実 測 値				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)		
51	中 部	A-1	39.4	160	272	748	1.183	3.8	6.0		51	四 国	C-3	43.2	178	303	779	1,266		6.5			
			39.1	162	276	740		3.5	6.5						7.5								
			38.1	170	289	709		2.7	10.5						10.0								
			36.7	180	306	669		2.3	14.0						12.0								
		A-2	42.0	180	306	765	1,106		7.0					15.0									
			40.7	190	323	726		11.5															
			40.1	195	332	706		15.0															
		中 国	B-1	36.1	157	267	689	1,268		5.0				九 州	D-1	37.7	158	268	713	1,194		3.0	
				35.0	165	281	658		8.5							5.0							
				33.9	173	294	625		11.0							5.5							
				33.0	179	304	602		15.5							7.5							
	B-2		41.7	176	299	765	1,141		5.5				9.0										
			40.9	182	310	740		9.0				10.5											
			40.3	187	318	722		10.5				12.0											
			39.5	193	328	699		14.0				13.0											
	四 国	C-1	39.2	160	272	736	1,190	2.4	3.0			土 研	D-2	39.1	184	311	701	1,163		4.5			
			38.8	163	277	723			5.5						6.0								
			38.6	165	280	716			7.5						7.5								
			38.4	166	282	711			8.0						9.5								
			38.0	169	287	700			10.0						8.0								
			37.5	173	294	685			11.0						10.5								
			37.1	176	299	673			12.5						11.0								
															13.0								
		C-2	41.1	172	292	751	1,135		5.5					14.5									
			40.7	175	298	738		7.5					13.0										
			40.4	178	303	728		8.0					15.0										
			40.0	181	308	716		10.0					16.0										
39.6			184	313	706	12.0																	
39.0			188	320	688	14.0																	
C-3	44.1	170	289	809	1,266	2.0	3.0		E-1	42.6	157	267	827	1,162	3.0	4.0							
												1.3	6.5										
												1.0	11.0										
												1.9	15.0										

表 3.4 単位水量の試験に用いたコンクリートの配合及びまだ固まらないコンクリートの試験結果 (その2)

年 度	試 験 所	記 号	細骨材 率 S/a (%)	単位量 (Kg/m³)				実 測 値		
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)
51	土 研	E-2	44.8	174	296	840		1.5	9.0	
			44.1	180	306	816	1.061	1.5	8.5	
			43.2	187	318	787		0.8	11.0	
			42.2	195	332	755		0.5	15.0	
52	関	F-1	36.0	160	272	692			6.0	
			35.9	161	274	689			7.5	
			35.7	162	276	684	1.245		10.0	
			35.6	163	277	681			10.5	
			35.4	164	279	676			12.0	
			35.3	165	281	671			13.0	
	東	F-2	40.1	174	296	749			5.0	
			39.5	178	304	730	1.119		6.5	
			39.3	180	306	723			8.0	
			39.0	182	310	715			10.5	
			38.6	185	315	704			12.0	
			38.2	188	320	692			14.0	
	北	G-1	36.4	144	240	714	1.348		3.5	
			35.8	146	247	696		2.0	8.0	
			35.3	150	255	681		1.9	12.0	
			34.6	155	263	660		1.6	14.5	
	陸	G-2	38.2	149	250	743	1.237	2.0	6.0	
			36.6	158	269	694			10.0	
			35.6	166	282	663			15.0	
	中	H-1	39.2	160	272	753	1.186	1.2	5.5	
			38.3	167	284	724		2.0	7.0	
			37.9	170	289	712		1.2	8.5	
			36.5	180	306	672		0.9	13.0	
52	部	H-2	44.6	170	289	839	1.086	1.8	4.0	
			43.4	180	306	800		1.6	6.0	
			43.3	181	308	795		1.5	6.5	
	国	H-2	42.1	190	323	758	1.086	0.6	15.0	
			40.6	165	281	763		1.8	3.0	
			40.0	170	289	742		1.6	4.0	
			39.3	175	298	722	1.176	1.7	5.5	
			38.8	179	304	707		1.5	7.0	
			38.4	182	309	696		1.2	8.0	
			37.7	187	318	676		1.4	11.0	
			36.5	196	333	640		0.6	15.0	
		I-2	42.2	165	280	794			2.0	
			41.6	170	289	773		1.7	4.0	
			40.8	176	299	750	1.154	1.6	5.5	
			40.1	182	309	727		1.5	7.0	
52	四	J-1	39.2	188	320	701		1.4	10.0	
			38.4	194	330	678		0.9	13.5	
			37.7	199	338	658		0.7	14.5	
			38.2	160	272	716			6.5	
	国	J-1	37.8	163	277	703			7.0	
			37.5	165	281	696	1.204		8.5	
			37.4	166	282	693			9.0	
			37.3	167	284	688			10.5	
	国	J-2	37.1	168	286	683			12.5	
			37.0	169	287	680			14.0	
			41.1	169	287	756			4.0	
			40.8	172	292	745			6.5	
52	国	J-2	40.5	174	296	736		1.0	8.0	
			40.4	175	298	733			7.5	
			40.1	178	303	721	1.156		9.5	
			39.6	181	308	711			12.0	
			39.2	184	318	698			14.0	
			45.2	176	299	819	1.053	0.8	4.0	

表-3.4 単位水量の試験に用いたコンクリートの配合及びまだ固まらないコンクリートの試験結果(その3)

年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a(%)	単位量 (Kg/m ³)				実 測 値			年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a(%)	単位量 (Kg/m ³)				実 測 値		
				水 W	セメント C	細 骨 材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)					水 W	セメント C	細骨材 S	粗細材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (%)
52	四 国	J-3	44.9	179	304	809	1.053		5.0		53	北 陸 中 部	M-2	40.5	193	329	730	1.105	1.3	16.0	
			44.5	182	309	796			6.5				N-1	38.6	146	248	764	1,247	2.0	5.5	
			44.3	184	313	789			7.5					38.1	150	255	746		1.6	7.0	
			44.1	185	314	784			7.5					37.4	155	264	725		1.7	10.5	
			43.8	187	318	776			9.0					36.6	161	274	702		1.6	14.5	
			43.8	188	320	774			10.5				N-2	43.8	150	255	894	1,212	1.8	5.0	
			43.4	191	325	761			11.5					39.4	154	262	744		2.1	7.5	
			43.0	194	330	751			13.5					38.6	160	272	720		2.1	11.0	
	九 州	K-1	40.7	150	255	782	1,168	1.5	4.5			O-1		43.7	150	255	894		1,157	1.3	2.5
			40.1	155	264	763		1.5	7.5				42.6	160	272	854	1.3	7.0			
			40.0	160	272	761		1.0	10.5				41.4	170	289	814	1.0	14.0			
			39.4	165	281	741		1.0	13.0				O-2	46.1	190	323	845	1,003		1.4	5.0
		46.9	171	291	864	1.0	4.5		44.8	200		340		803	1.5	8.0					
		46.5	175	298	848	1.0	7.0		43.6	210		357		763	1.1	11.5					
		46.3	177	301	841	1.3	8.0		P-1	37.2		180		306	671	1,197	1.1		4.5		
		45.6	183	311	817	1.0	10.5			36.4		185	315	650	0.7		6.5				
	44.5	192	327	782	0.5	15.0		36.2		187		318	643	1.1	8.0						
	土 研	L-1	36.2	142	241	731	1,340					22	中 国	P-2	35.5		192	326	625	1,152	0.8
			36.2	150	255	651				20		34.3			200	340	592	0.6	12.5		
			34.3	156	265	675				25		33.4			206	350	569	0.6	15.0		
			33.8	160	272	658				15		40.8			170	289	754	1.6	1.5		
			33.5	162	275	651				8		39.5		180	306	714	1.4	4.0			
			32.9	166	282	634				15		38.6		187	318	686	1.2	6.0			
			32.4	170	289	618				5		38.2		190	323	676	1.0	7.5			
31.5			176	299	594				12	37.4	196	333		653	0.8	9.0					
53	関 東	M-1	40.4	162	275	774	1,149	1.4	5.0		P-3	35.4	210	357	597	1,358	0.8	14.5			
			39.7	168	286	751		1.3	10.0			34.0	155	264	656		0.9	5.5	48		
			39.0	173	295	730		1.3	14.0			33.4	160	272	639		0.6	10.0	38		
	M-2	43.2	172	292	816	1,105	1.8	5.5		32.8		165	281	620	0.5	13.5	32				
		41.9	182	310	774		1.4	10.0		32.0		170	289	598	0.5	12.5	22				

表-3.4 単位水量の試験に用いたコンクリートの配合及びまだ固まらないコンクリートの試験結果(その4)

年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a(%)	単位量 (Kg/m³)				実 測 値			年 度	試 験 所	記 号	細 骨 材 率 S/a(%)	単位量 (Kg/m³)				実 測 値		
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	空気量 (%)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)
53	中 国	P-4	30.5	180	306	558	1.358	0.4	17.5	20	53	土	S-1	42.0	161	274	822	1.172	2.6	4.5	56
			35.3	160	272	675		0.9	7.0	50				41.7	164	279	809		2.0	6.5	41
			34.6	165	281	655		0.8	9.0	39				41.4	166	282	801		1.6	4.5	38
			34.0	170	289	636	1.295	0.8	10.5	21				41.2	168	286	793		2.0	7.0	20
			33.3	175	298	616		0.7	14.0	18				40.9	171	291	783		2.0	7.5	17
			32.5	180	306	596		0.6	13.5	10				40.5	174	296	770		2.2	9.5	15
	四	Q-1	37.5	158	269	705			5.5					40.1	177	301	757		1.8	16.0	7
			37.2	160	272	698	1.209		7.0					39.8	179	304	749		2.1	10.5	15
			37.0	162	275	690			9.0					39.4	182	309	738		1.2	17.5	4
			36.6	165	281	678		1.5	11.0												
		Q-2	39.1	165	286	717		2.1	5.5				40.9	151	257	824	2.3	4.0	55		
			38.8	170	292	709		1.9	7.5				40.5	154	262	810	2.4	3.5	80		
			39.3	172	281	723	1.180	1.5	9.0				39.8	160	272	787	2.2	4.0	38		
			38.6	168	289	704		1.6	10.5				39.4	163	277	774	2.0	6.0	22		
	国	Q-3	38.3	181	298	694		1.4	12.5				39.1	166	282	763	2.0	8.0	14		
													37.9	175	298	726	1.3	12.0	11		
												37.6	177	301	718	1.2	15.5	5			
		R-1	42.6	170	308	761		2.1	5.0			40.1	160	272	792	2.4	2.5	70			
			43.1	173	301	777	1.074	2.0	6.0			39.7	163	277	779	2.1	3.5	49			
	43.6		175	294	793		1.9	7.0		39.2		167	284	763	1.9	5.0	41				
	44.0		177	289	805		1.8	8.0		38.8		170	289	751	1.9	7.0	22				
州	R-2	43.3	181	298	782		1.8	9.5		38.4	173	294	739	1.8	8.0	15					
										36.8	180	306	710	1.8	14.0	7					
										36.8	180	306	710	1.9	16.0	9					
	S-1	37.7	161	274	724		1.5	5.0		40.6	163	277	797	2.1	2.5	49					
		39.4	165	281	777	1.190	1.5	6.5		40.6	163	277	797	2.5	2.5	62					
		36.5	171	291	686		1.5	10.0		40.3	166	282	787	2.0	4.0	35					
		36.0	175	298	671		1.5	11.5		39.9	169	287	774	2.1	3.5	43					
		35.2	181	308	648		1.5	14.5		39.5	172	292	763	2.0	5.5	16					
州	S-4	42.5	182	309	780	1.097	1.5	5.5		39.1	175	298	750	1.8	11.5	10					
		42.0	186	316	765		1.5	7.0		38.4	180	306	729	1.6	13.5	7					
		41.3	192	326	742		1.5	10.0		37.8	185	315	709		15.0	5					
		40.6	197	335	722		1.5	11.5													
		39.7	204	347	694		1.0	15.0													

表-3.5 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結果及び強度試験結果(その1)

年 度	試 験 所	骨 材		C/W	S/a (%)	単位量 (Kg/m³)				スラ ン プ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (Kg/cm²)	引張強度(Kg/cm²)	
		粗	細			W	C	S	G				σ _{tR}	σ _{tS}
51	中 部	A-1	A'-1	2.0		162	324	701		7.5	2.7	341		
				1.7	39.1	162	276	740	1,183	6.5	3.4	266		
				1.4		166	234	763		7.0	3.5	198		
		A-2		2.0		180	360	721		7.0	2.2	285	23.4	22.8
				1.7	42.0	180	306	765	1,106	7.5	2.2	242		
				1.4		185	259	790		7.0	2.4	198	18.0	18.6
	中 国	B-1	B'-1	2.0	34.5	159	318	643		7.0	1.2	348		
				1.7	35.8	159	270	681	1,268	7.0	1.3	307		
				1.4	37.1	159	224	719		6.5	1.6	211		
		B-2		2.0	40.0	178	356	714		6.5	1.1	379	30.0	26.0
				1.7	41.4	178	303	757	1,141	6.5	1.3	308		
				1.4	42.7	178	251	798		6.5	1.5	277	23.8	20.0
	四 国	C-1	C'-1	2.0	37.2	165	330	675		8.0	2.2	321	23.5	20.3
				1.7	38.6	165	280	716	1,190	8.0	2.4	270		
				1.4	39.9	165	231	756		6.0	2.6	197	18.5	16.4
		C-2		2.0	39.8	172	343	711		8.0	1.6	367	27.8	24.2
				1.7	40.7	175	298	738	1,135	7.5	1.7	296		
				1.4	41.8	178	249	771		7.0	1.9	207	18.8	17.5
		C-3		2.0	41.8	178	356	736		8.0	1.8	309	26.0	20.0
				1.7	43.2	178	303	779	1,266	6.5	2.0	266		
				1.4	44.0	182	255	806		7.0	1.9	196	17.7	16.3
	九 州	D-1	D'-1	2.0	35.3	165	330	644		7.5	1.5	318	23.7	19.0
				1.7	36.1	164	279	668	1,194	7.5	1.4	253		
				1.4	38.2	164	230	728		6.5	1.8	163	14.2	12.8
		D-2		2.0	37.1	187	374	643		7.5		330	21.4	20.8
				1.7	38.7	187	318	688	1,163	8.0		273		
				1.4	40.3	186	261	737		6.5		205	16.4	16.7
	土 研	E-1	E'-1	2.0	41.5	156	312	792		4.0	2.3	471	33.6	32.8
				1.7	42.0	162	275	807	1,162	6.5	2.0	387		
				1.4	42.8	165	231	836		6.0	1.9	268	24.3	22.7
		E-2		2.0	41.7	180	360	771		8.5	1.5	383	33.6	29.5
				1.7	43.1	180	306	816	1,106	8.5	1.5	332		
				1.4	43.9	185	259	842		9.0	1.4	249	24.5	21.4

表-3.5 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結果及び強度試験結果(その2)

年 度	試 験 所	骨 材		C/W	S/a (%)	単位量 (Kg/㎡)				ス ラ ブ (cm)	空 気 量 (%)	圧 縮 強 度 (Kg/cm ²)	引張強度 (Kg/cm ²)			
		粗	細			W	C	S	G				σ tR		σ ts	
													上 部	下 部	上 部	下 部
52	関 東	F-1	F' -1	2.0	34.2	163	326	640								
				1.7	35.9	161	274	689	1,245	7.0	1.6	276				
				1.4	37.0	162	227	723		7.0	1.3	168				
		F-2		2.0	38.2	177	354	692		8.0	1.3	279	25.7	26.9	25.7	27.0
				1.7	39.5	178	304	730	1,119	6.5	1.1	223				
				1.4	40.9	184	258	774		7.0	1.4	167	20.2	18.2	17.1	18.3
	北 陸	G-1	G' -1	2.0	34.6	146	292	660		7.0	1.9	344	25.6	24.5	24.3	24.2
				1.7	35.8	146	247	696	1,348	8.0	2.0	268				
				1.4	37.0	146	203	732		6.5	2.0	170	16.7	16.4	16.3	16.1
		G-2		2.0	36.5	150	301	689		7.0	2.0	336	24.7	25.4	24.0	24.7
				1.7	36.2	149	250	743	1,237	6.0	2.1	264				
				1.4	38.9	150	209	763		6.5	1.9	166	14.7	14.5	14.8	14.7
	中 部	H-1	H' -1	2.0	37.3	164	328	696		7.0	1.7	368				
				1.7	38.3	167	284	724	1,186	7.0	2.1	279				
				1.4	39.4	169	237	758		7.0	1.9	221				
		H-2		2.0	42.3	178	356	763		7.5	2.6	254	23.6	22.3	20.3	20.0
				1.7	43.3	181	308	795	1,086	7.0	1.5	231				
				1.4	44.7	181	253	841		7.5	2.5	159	16.1	15.6	15.5	15.1
	中 国	I-1	I' -1	2.0	37.3	179	358	663		7.0	1.7	331				
				1.7	38.8	179	304	707	1,176	7.0	1.3	296				
				1.4	40.2	179	251	750		7.0	1.5	211				
		I-1		2.0	38.8	180	360	689		7.0	1.5	367				
				1.7	40.1	182	309	727	1,154	7.0	1.4	271				
				1.4	41.5	182	255	771		7.0	1.7	222				
	四 国	J-1	J' -1	2.0	36.8	161	322	673		7.5	1.7	314	24.5	23.7	22.4	20.0
				1.7	37.8	163	277	703	1,204	7.0	1.6	264				
				1.4	39.1	163	228	743		6.5	1.7	204	17.7	17.3	14.7	17.2
		J-2		2.0	39.5	171	342	708		7.0	1.8	377	26.9	25.1	26.2	24.1
				1.7	40.5	174	296	736	1,156	8.0	1.7	302				
				1.4	41.5	177	248	769		6.0	1.7	216	20.0	19.0	17.0	16.5
		J-3		2.0	43.2	181	362	756		7.0	1.8	359	26.9	27.0	21.2	22.4
				1.7	44.3	184	313	789	1,053	7.5	1.6	281				
				1.4	45.5	185	259	829		6.0	2.1	210	22.9	19.8	17.7	18.3

表-3.5 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結果及び強度試験結果(その3)

年 度	試 験 所	骨 材		C/W	S/a (%)	単位量 (Kg/m ²)				ス ラ ブ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (Kg/cm ²)	引張強度 (Kg/cm ²)				
		粗	細			W	C	S	G				σ _{TR}		σ _{TS}		
													上 部	下 部	上 部	下 部	
52	九 州	K-1	K' -1	2.0	38.9	155	310	725		7.5	1.5	311	23.2	21.1	23.0	19.5	
				1.7	40.0	155	264	762	1,168	7.0	1.6	228					
				1.4	41.0	157	220	793		7.0		149	14.9	13.7	13.7	13.2	
		K-2		2.0	45.2	175	350	806		7.0	1.3	363					
				1.7	46.5	175	298	848	992	7.0	0.9	252					
				1.4	46.9	176	247	862		7.0	1.0	164	19.1	16.7	17.2	16.4	
	土 研	L-1	L' -1	2.0	32.4	160	320	619					26.7	27.5	27.3	25.8	
				1.4	35.1	160	224	698	1,340				20.7	21.5	18.7	18.4	
	53	関 東	M-1	M' -1	2.0	39.0	164	328	728		7.0	1.2	336	30.0	26.9	28.6	25.6
					1.7	40.2	164	279	767	1,149	7.0	1.2	279				
1.4					40.6	171	240	780		6.5	1.5	200	21.0	20.3	20.3	19.0	
M-2			2.0		41.6	176	352	756		7.5	1.5	354					
			1.7		43.0	176	299	800	1,105	7.0	1.3	285					
			1.4		43.7	181	253	824		7.5	1.2	200					
北 陸		N-1	N' -1	2.0	36.9	150	300	710		8.0	2.0	333	22.8	24.2	24.1	23.6	
				1.7	38.1	150	255	746	1,247	7.0	1.6	266					
				1.4	39.3	150	210	785		7.0	2.0	187	16.7	16.2	17.1	16.7	
		N-2		2.0	37.3	154	308	707		7.5	2.0	349	23.1	24.5	22.5	24.4	
				1.7	38.5	154	262	744	1,212	7.5	2.1	266					
				1.4	39.7	154	216	783		7.0	2.2	212	17.6	18.2	17.8	17.3	
中 部		O-1	O' -1	2.0	41.5	165	330	793		7.5	2.2	327	25.0	23.1	23.9	23.1	
				1.7	43.3	160	272	854	1,157	7.0	1.7	251					
				1.4	43.9	165	231	875		7.0	1.8	208	16.9	17.4	16.5	16.8	
		O-2		2.0	43.7	196	392	771		8.0	2.0	226	20.5	20.7	18.9	20.6	
				1.7	44.7	200	340	803	1,003	8.0	1.5	203					
				1.4	46.2	200	280	853		7.5	1.3	175	16.6	16.4	15.3	16.0	
中 国		P-1	P' -1	2.0	34.6	187	374	599		7.5	1.1	370	27.0	26.8	24.7	27.0	
				1.7	36.2	187	318	643	1,197	7.5	1.0	327					
				1.4	37.7	187	262	688		7.5	1.1	280	22.6	22.6	23.4	22.3	
		P-2		2.0	37.1	190	360	645		7.5	1.0	345	26.1	30.4	25.0	26.9	
				1.7	38.2	190	323	676	1,152	7.5	1.0	323					
				1.4	39.8	190	266	721		7.0	1.3	263	22.2	21.6	21.5	19.9	
		P-3		2.0	31.8	160	320	598		(41)	1.0	298	21.3	21.6	22.0	22.5	
				1.7	33.2	160	272	637	1,358	(40)	0.8	295					
				1.4	34.5	160	224	676		(40)	0.9	218	17.8	18.9	17.0	18.4	

表- 3.5 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結果及び強度試験結果 (その4)

年 度	試 験 所	骨 材		C/W	S/a (%)	単位量 (Kg/m³)				ス ラ ブ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (Kg/cm²)	引張強度 (Kg/cm²)			
		粗	細			W	C	S	G				σ _{1R}		σ _{1S}	
													上 部	上 部	上 部	下 部
53	中 国	P-4	P' -1	2.0	33.0	165	330	615		(43)	1.0	325	22.1	23.2	20.5	20.9
				1.7	34.4	165	281	655	1,295	(40)	1.0	284				
				1.4	35.8	165	231	696		(38)	0.9	231	17.9	18.1	18.1	18.8
	四 国	Q-1	Q' -1	2.0	35.9	160	320	659		8.0	1.6	258	21.0	22.0	21.9	22.4
				1.7	37.2	160	272	698	1,209	7.0	1.6	222				
				1.4	38.5	160	224	736		6.5	1.8	166	18.1	18.3	17.2	15.7
		Q-2		2.0	38.6	163	326	702		6.5	1.8	280	28.1	24.8	24.0	23.6
				1.7	39.9	162	276	743	1,180	6.0	2.0	233				
				1.4	40.6	168	235	763		6.5	1.8	173	18.7	18.7	18.1	17.0
		Q-3		2.0	42.4	172	343	754		6.5	1.9	271	27.1	25.0	24.5	23.9
				1.7	43.2	175	298	781	1,074	6.5	1.8	217				
				1.4	44.1	179	250	810		6.5	1.9	169	18.7	17.0	19.0	18.0
	九 州	R-1	R' -1	2.0	36.0	165	330	671		7.0	1.4	386	29.2	29.4	26.6	25.7
				1.7	37.2	165	281	709	1,190	7.5	1.5	312				
				1.4	38.6	165	231	750		6.5	1.6	242	20.9	20.6	20.1	18.4
		R-2		2.0	40.5	186	372	719		8.0	1.2	470	35.4	33.2	32.7	30.1
				1.7	42.0	186	316	765	1,097	8.0	1.3	358				
				1.4	43.4	186	260	811		7.0	1.6	269	24.9	25.2	24.8	23.3
	土 研	S-1	S' -1	2.0	39.9	168	336	752		(15)	2.1	296	25.3	26.4	22.6	23.3
				1.7	41.2	168	286	793	1,172	(16)	2.1	259				
				1.4	42.4	168	235	835		(20)	2.1	205	17.7	18.2	17.2	16.1
		S-2	S' -2	2.0	38.1	163	326	734		5.5(21)	2.5	306	21.5	24.4	20.0	22.2
				1.7	39.4	163	277	785	1,209	2.0(7)	1.4	260				
				1.4	40.7	163	228	816		8.5(27)	2.0	199	17.6	18.2	16.2	18.3
		S-4		2.0	37.4	170	340	708		4.5(30)	1.9	214	16.3	16.9	14.8	17.0
				1.7	38.8	170	289	752	1,155	5.5(20)	2.0	184				
				1.4	40.1	170	238	795		5.5(34)	2.1	164	14.5	13.9	13.6	15.0
		S-3		2.0	38.4	170	340	726		11.0(17)	1.9	194	17.9	18.1	16.8	16.6
				1.7	39.8	170	289	771	1,163	5.0(30)	2.0	163				
				1.4	41.1	170	238	813		3.0(23)	2.3	150	13.4	13.6	12.2	13.7

4. 試験結果の考察

4.1 骨材の特性

4.1.1 骨材の種類と物理的性質

対象とした粗骨材試料は、最大寸法 40 mm のものが 37 試料、60 mm のものが 1 試料、80 mm のものが 6 試料である。また、これら計 44 試料のうち、川砂利は 13 試料、碎石は 28 試料、川砂利と碎石を混合したもの（玉砕も含む）が 3 試料である。最大寸法 40 mm と 80 mm について各特性値の範囲と水準を、図－4.1、4.2 に示す。

骨材形状の問題は碎石（砕砂）固有の問題であり、JIS A 5005 「コンクリート用碎石」では表－4.1 に示すように碎石の材質とともに形状も規定している。本調査では特に骨材形状のみに着目するため、形状不良骨材として表－4.1 の品質規定のうち、材質は良好であるが形状の悪いものを選定することとした。その結果、対象とした粗骨材の比重はすべて 2.5 以上であり、吸水率、すりへり減量に 2、3 の規格外のものもあるが、これらの品質特性については総じて良好といえる。しかし、安定性損失重量では規格値を上回るものがかなり含まれる結果となった。図－4.3 は、40 mm と 80 mm の碎石について実積率と安定性損失重量との関係を示したものであるが、実積率の小さい碎石（すなわち形状が悪い碎石）ほど、安定性損失重量が大きくなる傾向が認められる。

表－4.1 コンクリート用碎石の品質規準（JIS A 5005）

品 質		規 格 値
材質	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
形状	粒形判定実積率	55 %以上

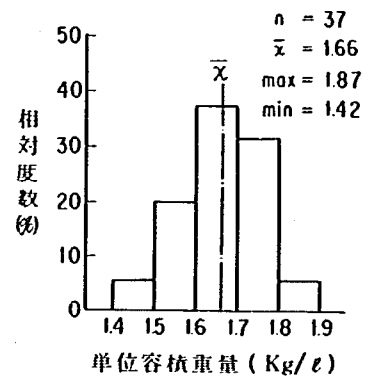
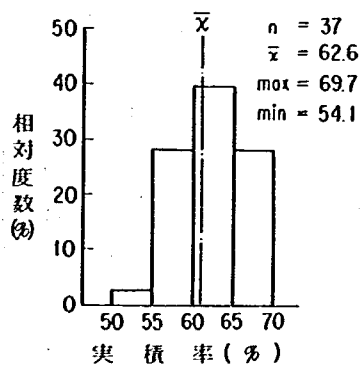
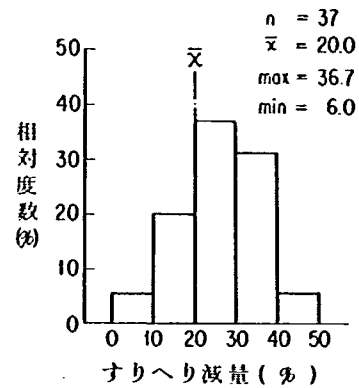
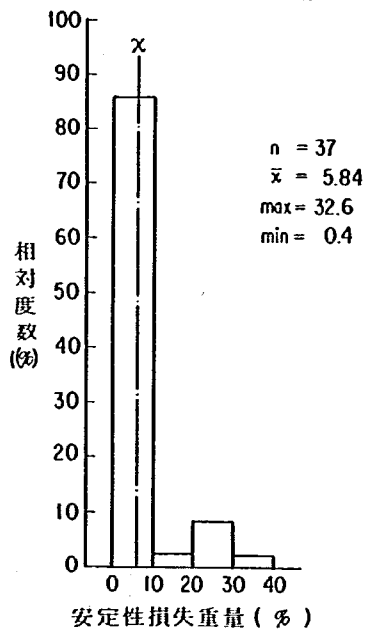
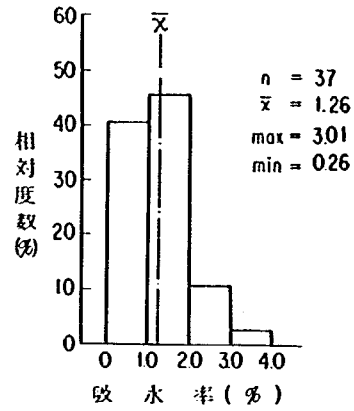
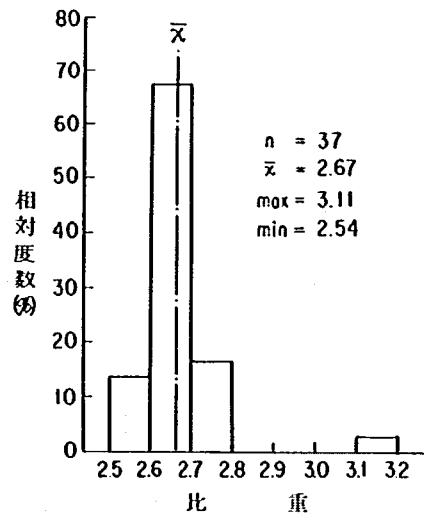
4.1.2 骨材形状の特性及び合理的判定方法

骨材の形状に基づく特性を数値で表示し、その数値によって形状の良否を判定しようとする試みが従来よりいろいろ行われている。それらの方法の概要は表－4.2 のようである。

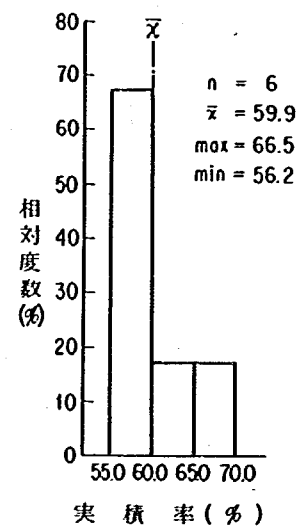
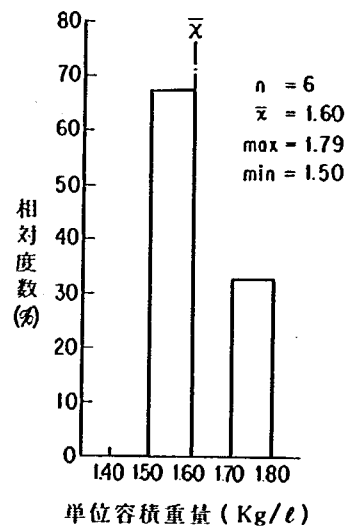
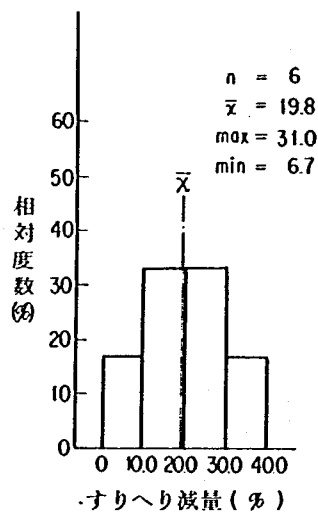
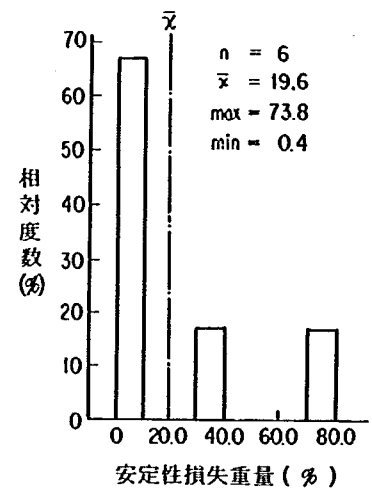
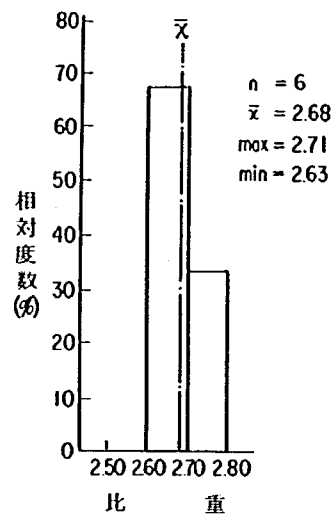
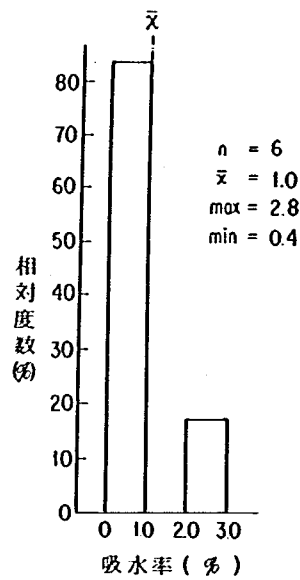
表－4.2 骨材の形状判定方法

方 法	発表者あるいはその方法を採用している規格
① 碎石粒 1 つ 1 つの寸法、容積などを測定し、これらの組合せにより得られる形状係数による方法	藤井, 毛見, Zingg, Wadell, Krumbein, BS
② 碎石粒の輪郭の目視による方法	Krumbein, Shergold, Kaplan
③ 碎石粒の表面積と粒の容積との比による方法	Heywood
④ 碎石の単位容積重量による方法	JIS, Shergold
⑤ 碎石のふるい分けを行い、その難易の程度で表わす方法	樋口, 兎玉
⑥ 碎石自身のフロー, あるいは安息角による方法	兎玉

本調査では、表－4.2 のうち、代表的な①と④の方法に準じて試験を行ったが、①は骨材の扁平、細長いといった球形の程度（Spherity）を、④はかどやふちの丸みの程度（Roundness）あるいは角ばりの程度（Angularity）をよく表わすといわれている。



図一 4.1 粗骨材特性値の範囲と水準 ($G_{\max}=40_{RM}$)



図一 4.2 粗骨材特性値の範囲と水準 ($G_{\max}=80_{mm}$)

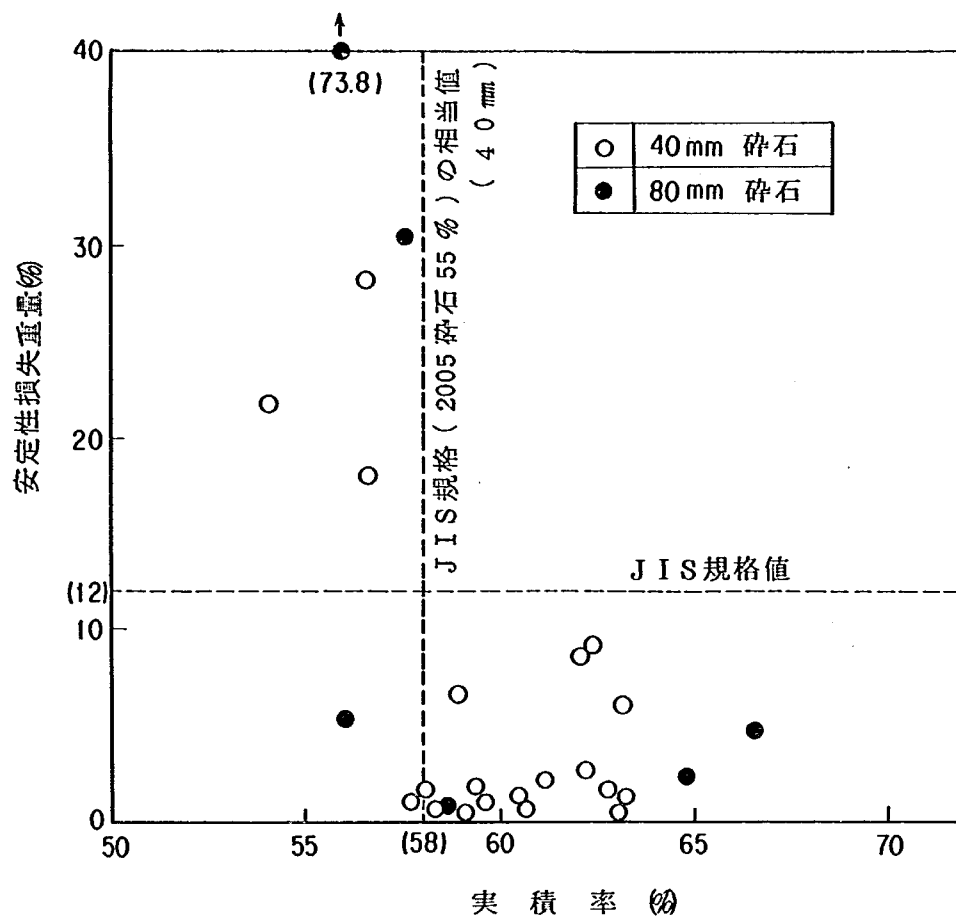


図-4.3 碎石の実積率と安定性損失重量との関係

表-4.3は、粗骨材の実積率と形状係数との単相関分析結果を示し、図-4.4～4.6は実積率と細長率、方形率、薄片率との関係を示したものである。このように実積率が細長率、方形率などの形状係数と良い相関を有することは、実積率が骨材の角ばりの程度といった平均的形状だけでなく、骨材粒の細長、扁平の程度も含めて骨材形状の良否を総合的に表現し得る性質を持っているものと考えられる。従って、こうした特性を考慮すれば、測定の容易な実積率によって骨材形状の評価を行うことが、実用上から合理的なものであると思われる。

表-4.3 形状係数の単相関分析表 (Gmax=40mm, N=37)

形状係数	平均値	標準偏差	実積率 (%)	細長率	方形率	薄片率	扁平率
実積率	62.6	14.59	1.000	-0.800	-0.750	-0.718	-0.605
細長率	27.0	0.31		1.000	0.844	0.917	0.825
方形率	15.6	0.03			1.000	0.623	0.615
薄片率	17.7	0.16				1.000	0.843
扁平率	21.3	0.17					1.000

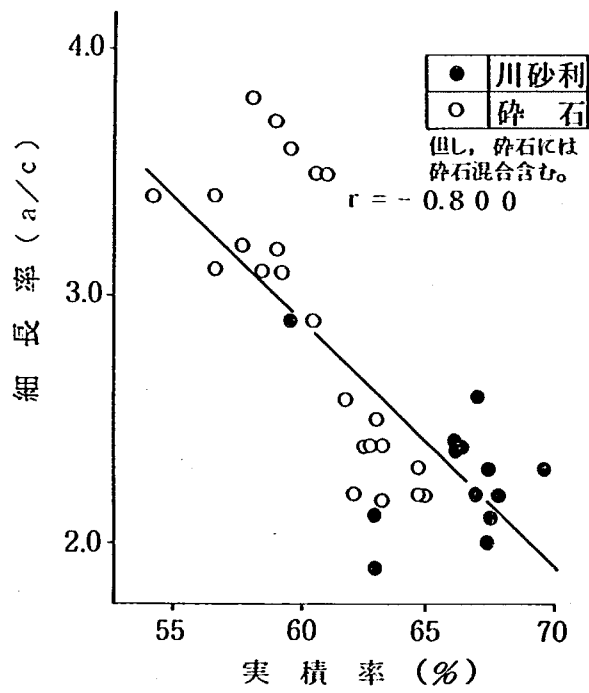


図-4.4 実積率と細長率の関係
($G_{max} = 40\text{mm}$)

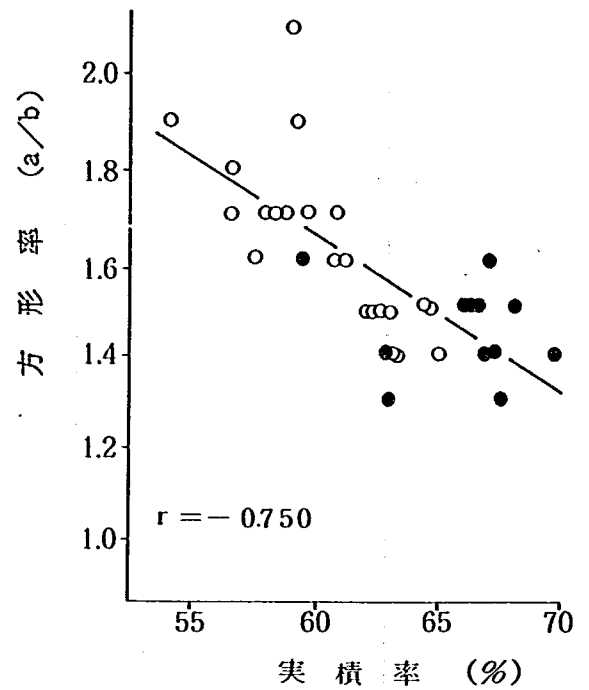


図-4.5 実積率と方形率の関係
($G_{max} = 40\text{mm}$)

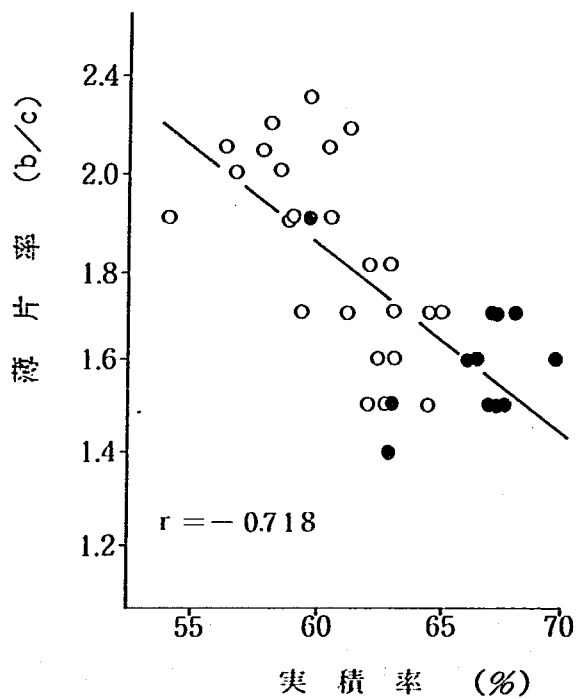


図-4.6 実積率と薄片率の関係
($G_{max} = 40\text{mm}$)

なお、実積率は粗骨材の最大寸法及び粒度によっても変化する。例えば、最大寸法 20mm と 40mm の同一粒度、同一岩種の粗骨材を用いて実積率の違いを調べてみると図-4.7のようになり、最大寸法 40mm の場合の方が3%程度大きい²⁾。このようなことから、骨材の実積率によって形状判定を行う場合には、骨材の最大寸法及び粒度も定めておく必要があることがわかる。ちなみに、JIS A 5005「コンクリート用碎石」（表-4.1）では、 $20\sim 5\text{mm}$ の碎石についてのみ形状判定のための実積率の求め方を定義し、55%を規格値としているが、粒度を $40\sim 30\text{mm}$ ：25%， $30\sim 20\text{mm}$ ：

25%， $20\sim 10\text{mm}$ ：30%， $10\sim 5\text{mm}$ ：20%とした最大寸法 40mm の粗骨材では、約58%が相当実積率となる。

次に、最大寸法がさらに大きい骨材について考えてみる。図-4.8は、最大寸法 80mm の粗骨材について各粒径ごとに形状係数を測定したものであるが、骨材の粒径が大きくなっても骨材岩種が同一であれば、骨材形状はほとんど変化しないことがわかる。このことより、ダムコンクリートのように最大寸法の大きい碎石を用いる場合でも、最大寸法 40mm 以下の骨材にふるい分け、それを用いて形状判定を行うことで、対応できるものと思われる。

4.2 コンクリートの特性

4.2.1 コンクリートの単位水量

(1) 粗骨材の最大寸法が 40mm の場合

最大寸法 40mm の粗骨材について得られた粗骨材別のコンクリートの単位水量とスランブとの関係を図-4.9に示す。図中の回帰直線はすべて0.95以上の相関係数を有しており、スランブ $5\sim 15\text{cm}$ の範囲では単位水量の増加に比例してスランブは増大する。スランブ 1cm 増加させるための単位水量の増加量は、単位水量の多いコンクリートほど大きい傾向が認められるが、全体では約1.2%となっている。また、図-4.9のそれぞれの回帰直線から求めたスランブ 7cm となる単位水量と粗骨材の実積率との関係を示すと、図-4.10のようになる。使用細骨材の粒度等の影響によってばらつきはあるが、粗骨材の実積率と同一スランブを得るための単位水量との間には、ほぼ直線関係が存在する。粗骨材の最大寸法が 40mm の場合、実積率1%の減少に対して同じコンシステンシーを得るためには、約3kgの単位水量が余分に必要になることがわかる。

骨材の形状が悪くなれば、単位水量の増加とともに細骨材率も増加させる必要がある。今回の試験では、単位粗骨材容積によって配合を決めたので必ずしも最適細骨材率とはいえないが、結果によれば実

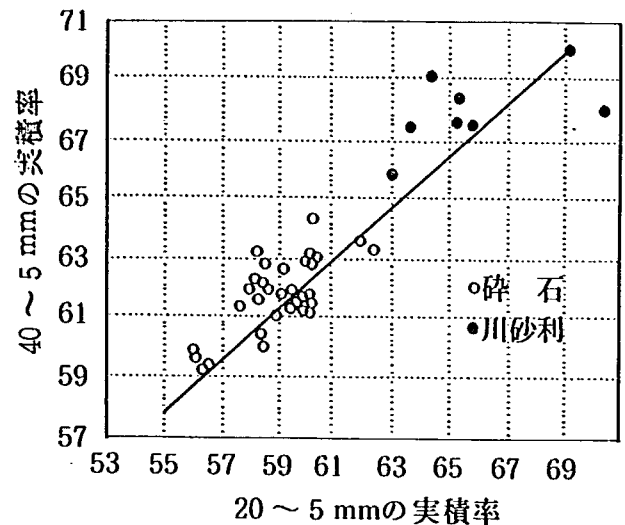
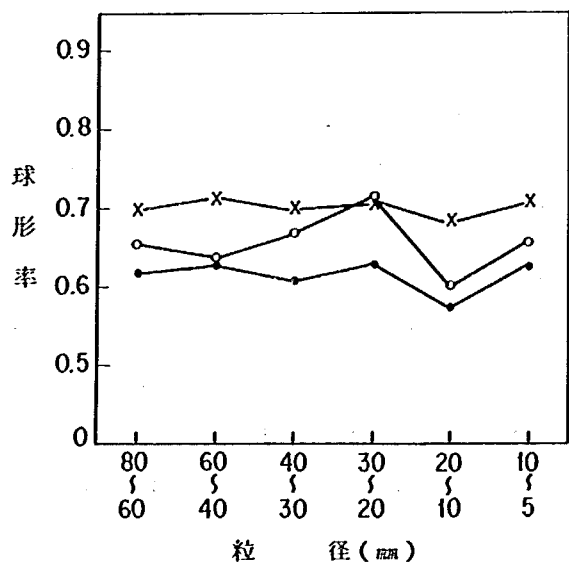
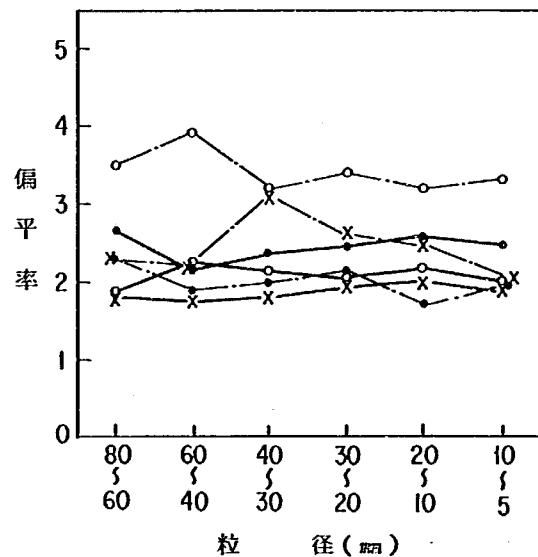
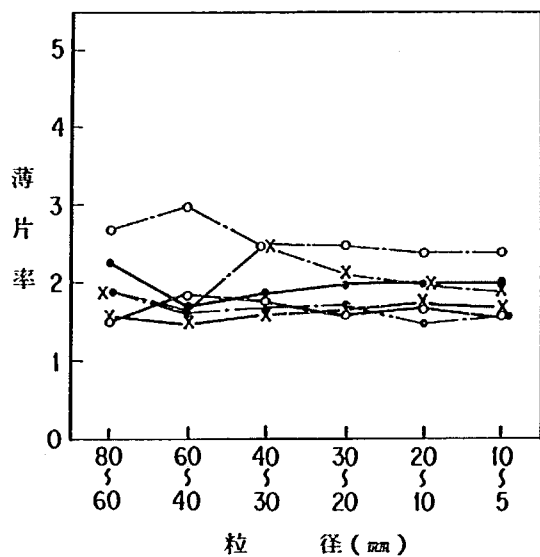
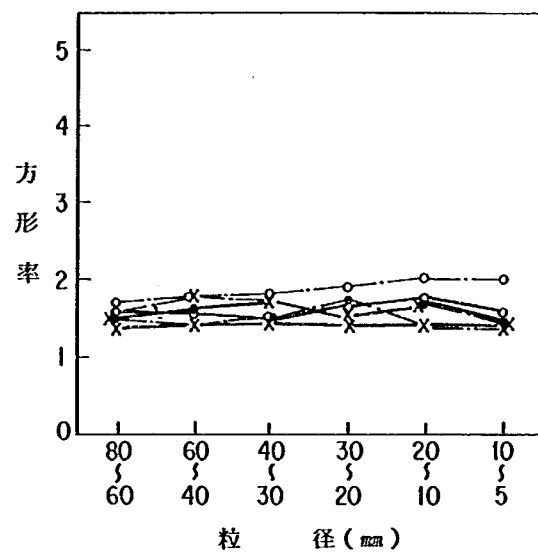
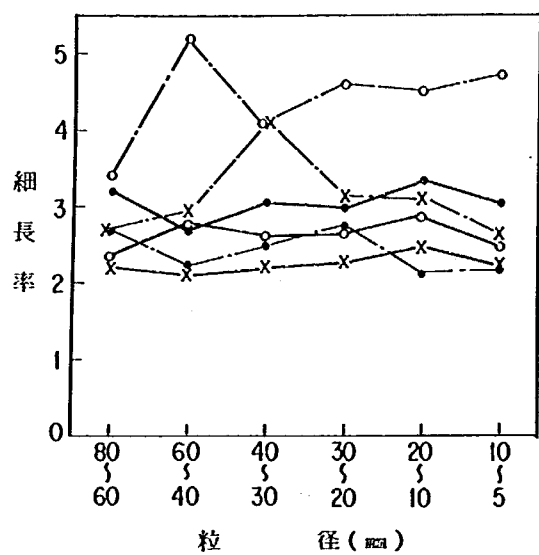


図-4.7 40~5mmと20~5mmの実積率の関係



粗骨材	記号
P - 3	●—●
P - 4	x—x
S - 1	○—○
S - 2	x—x
S - 3	○—○
S - 4	●—●

ここに球形率 = $\sqrt[3]{bc/a^2}$

図一 4. 8 粗骨材の粒径と形状係数との関係

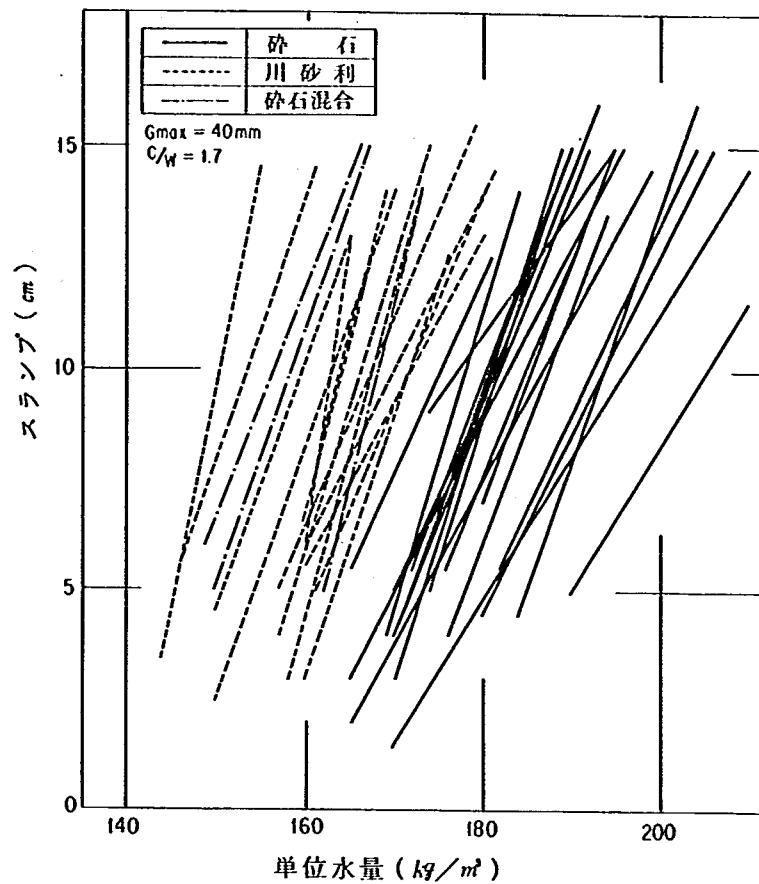


図-4.9 コンクリートの単位水量とスランプとの関係

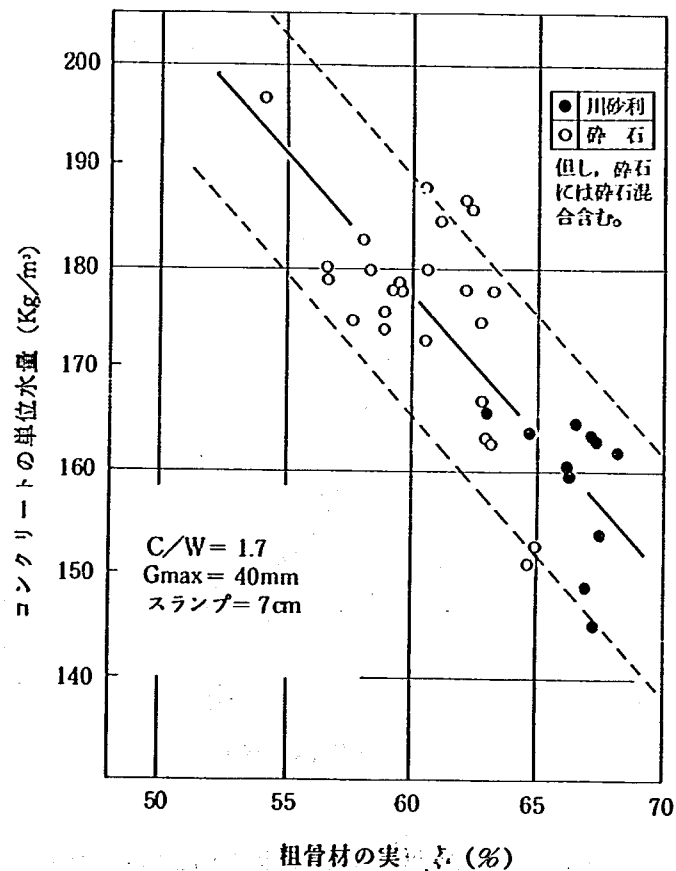


図-4.10 実積率と単位水量との関係

積率 1 % の減少に対して細骨材率は 0.6 % 増加する。

(2) 粗骨材の最大寸法が 80 mm の場合

コンクリートの単位水量と沈下度との関係を、表 4.4, 図 4.11 に示す。粗骨材の最大寸法が大きいコンクリートでは、直接スランプ試験を行うことができないため、大型振動台式コンシステンシーメーターを用いて試験を行った。コンクリートの単位水量と沈下度との間には、同図のような曲線関係が存在する。

図 4.12 は、沈下度と 40 mm ふるいでウェットスクリーニングしたコンクリートのスランプ値との関係をみたものである。S-1 ~ 4 の粗骨材を用い

表 4.4 コンクリートの単位水量と沈下度との関係

試験所	粗骨材	$V_b = a \cdot W / (1 - b \cdot W)$		
		試験値数	a	b
土 研	L-1*	9	-0.0080	0.0070
	P-3	5	-0.0277	0.0070
中 国	P-4	5	-0.0101	0.0064
	S-1	11	-0.0076	0.0063
土 研	S-2	10	-0.0085	0.0066
	S-3	8	-0.0051	0.0062
	S-4	7	-0.0081	0.0063

* L-1 は $G_{max} = 60 \text{ mm}$ ，その他は 80 mm で、
回帰曲線の相関係数は全て 0.99 以上である。

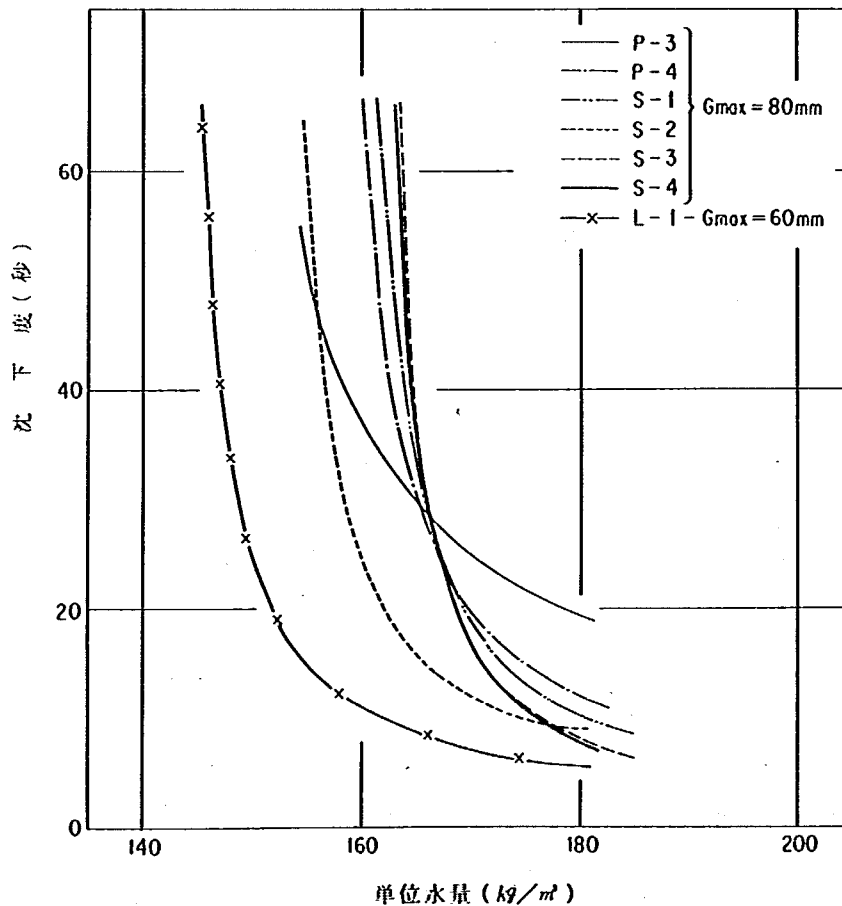


図 4.11 コンクリートの単位水量と沈下度との関係

たコンクリートでは、両者はほぼ同一曲線上に並ぶが、P-3,4の粗骨材ではかなり異なる結果となっている。これはコンシステンシーメーターの振動特性が幾分か異っていたためと考えられる。また、図-4.12よりスランプ7cmに相当する沈下度は、約20秒であることから、沈下度20秒となる単位水量と粗骨材の実積率との関係を見ると、図-4.13のようになる。

最大寸法80mmの粗骨材においても実積率が小さくなるにつれて単位水量が増加し、その増加率は40mm粗骨材の場合と同様に、実積率1%の減少に対して単位水量3kgの増加となっている。

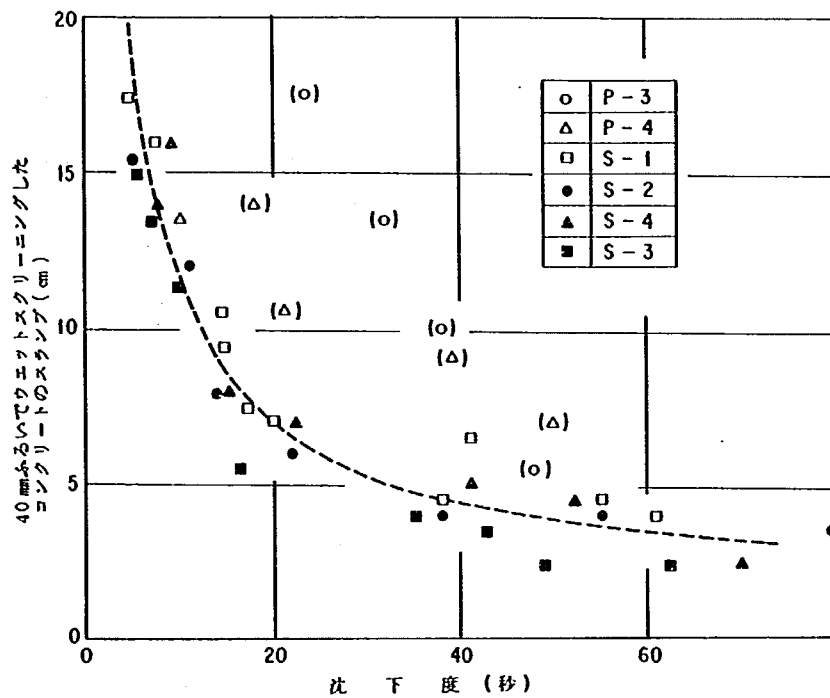


図-4.12 沈下度とスランプとの関係

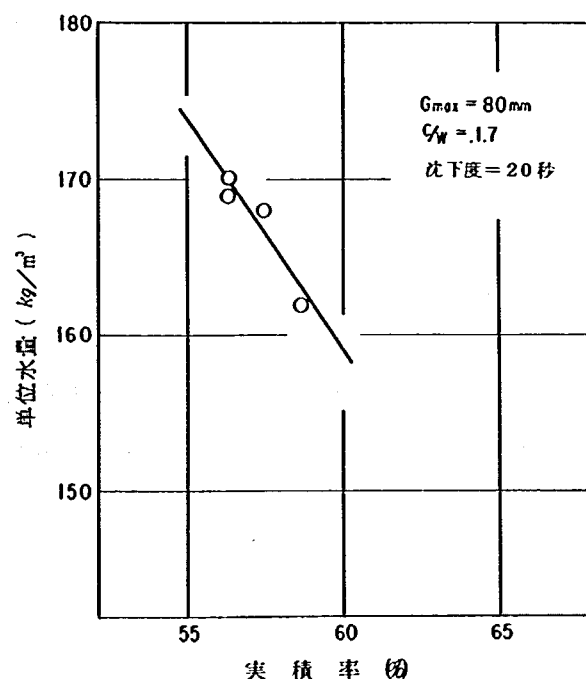


図-4.13 実積率と単位水量との関係

4.2.2 コンクリートの圧縮強度

最大寸法40mmの粗骨材を用いたコンクリートのセメント水比と圧縮強度との関係を、図4.14に示す。碎石コンクリートは川砂利コンクリートに比べ、同じセメント水比では平均的に4～15%の圧縮強度増加を示している。これは、碎石の場合、りょう角によってすべりに抵抗する力が大きいこと、面が破面であるために粗く、モルタルとの付着力が大きいことに帰因するものと思われる。しかしながら、形状不良の碎石では強度が低くなる傾向が認められ（図4.14、表4.5）、例えば、実積率58%以下の碎石コンクリートは、川砂利コンクリートよりも5～13%の強度減となっている。この原因として、実積率の小さい骨材では粘板岩、頁岩等の岩種のもが多く、骨材自体の強度もかなり低かったことが考えられる。ちなみに実積率58%を下回る碎石のいくつかは、表4.1のJIS A 5005の比重、吸水率の規格は満足して

表4.5 碎石コンクリートと川砂利コンクリートの強度比

（40mm粗骨材のみ）

区 分			C/W		
			1.4	1.7	2.0
川砂利コンクリート			1.00	1.00	1.00
碎石* コンクリート	実積率 59%	より大	1.14	1.09	1.06
		以下	0.99	0.96	0.96
	実積率 58%	より大	1.13	1.09	1.07
		以下	0.95	0.88	0.87

* 碎石混合も含む

いたものの、安定性損失重量の規格値12%を上回っていた（図4.3）。

また、形状不良の碎石では、4.2.1でも述べたように単位水量が増加し、所要の強度を得るためのセメント量も増加することになるので、その選択においては経済的な検討も必要となる。図4.15は、セメント水比一定の条件で得られた碎石の実積率とコンクリートの単位セメント量当りの強度との関係を示したものである。実積率が小さくなるにつれて、所要の強度を得るためのセメント量が増加することがわかる。

最大寸法80mmの碎石を用いたコンクリートの圧縮度試験結果は、図4.16のようである。80mm碎石を用いたコンクリートの平均圧縮強度は、40mm碎石コンクリートの10～20%小さい値となっている。

また、図4.17には80mm碎石の実積率と単位セメント量当りの圧縮強度との関係を示したが、40mm碎石の場合と同様に粗骨材の形状が悪くなるに従って所要の強度を得るためのセメント量が増加することがわかる。

4.2.3 コンクリートの引張強度

単位水量の増加はブリージングを多くし、このことがコンクリート中の骨材下面の欠陥による力学的異方性を大きくする懸念がある。この試験は、その力学的異方性を明らかにするために、形状不良の骨材を用いたコンクリートの載荷方向の違いによる引張強度の差を調べたもので、その結果は図4.18のようである。この図は、打込み方向に対して上、下部の供試体別に σ_{tr} （打込み方向に平行に載荷した場合の引張強度）と σ_{ts} （打込み方向に直角に載荷した場合の引張強度）との関係を、最大寸法40mmと80mmの粗骨材を用いたコンクリートについて図示したものである。

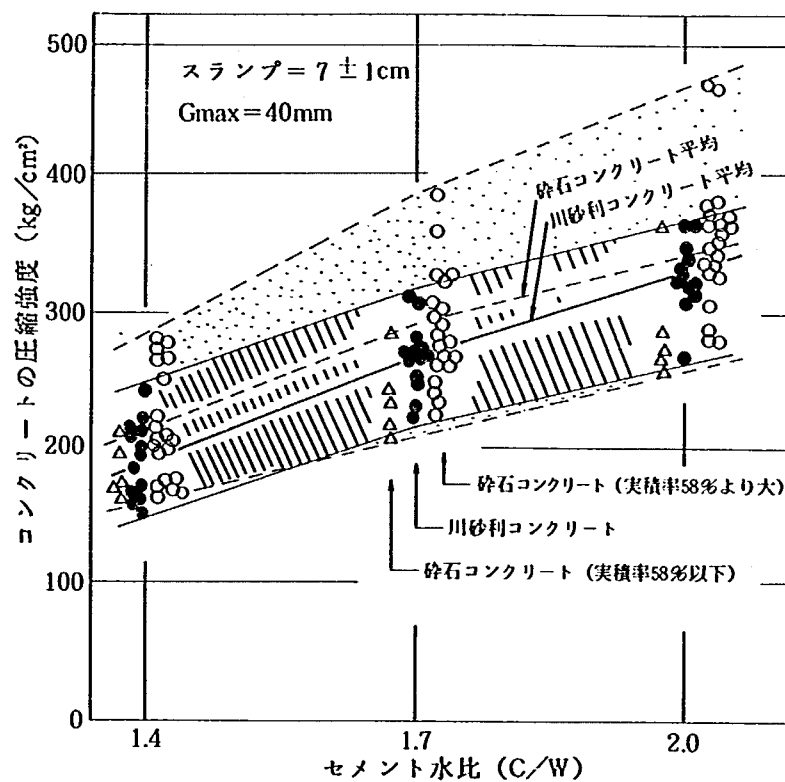


図-4.14 コンクリートの圧縮強度

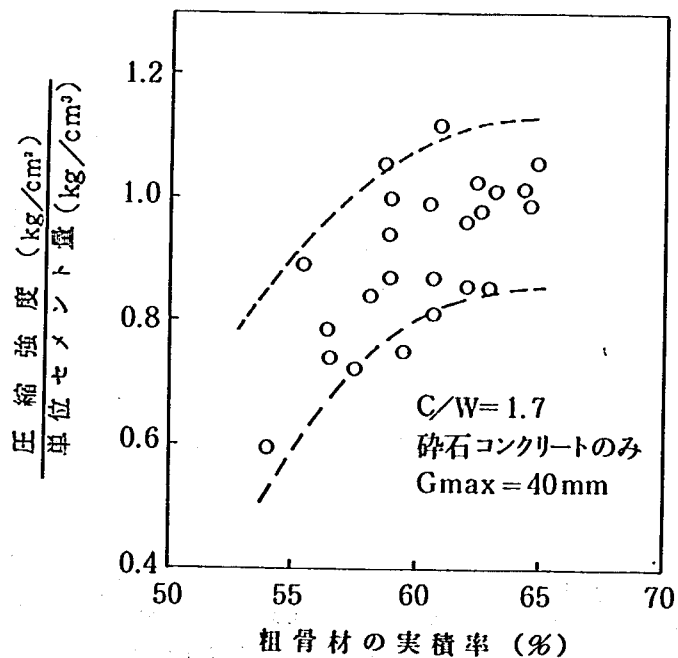
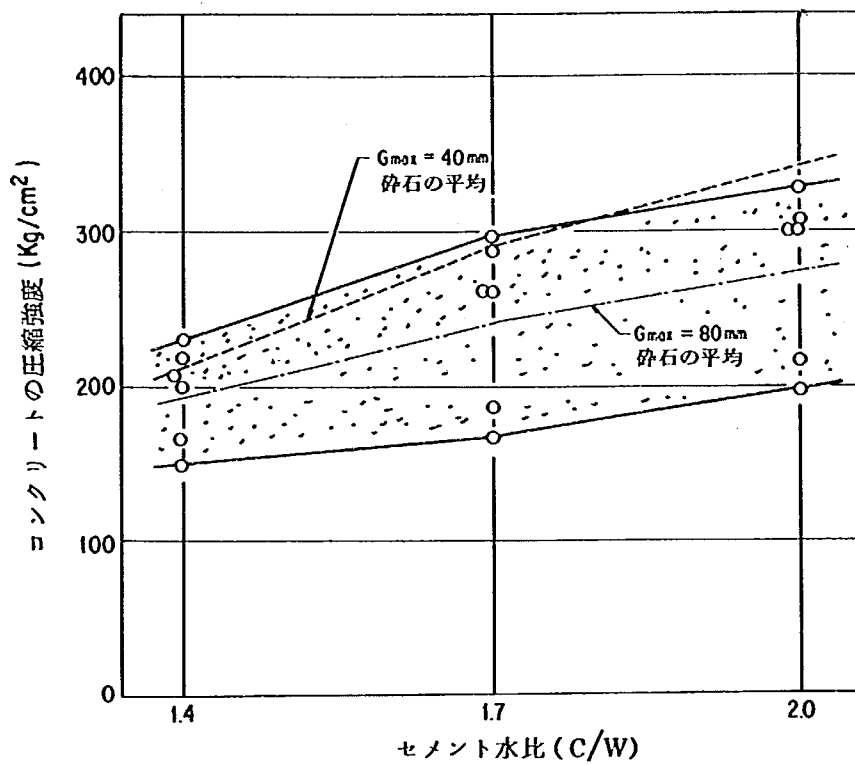
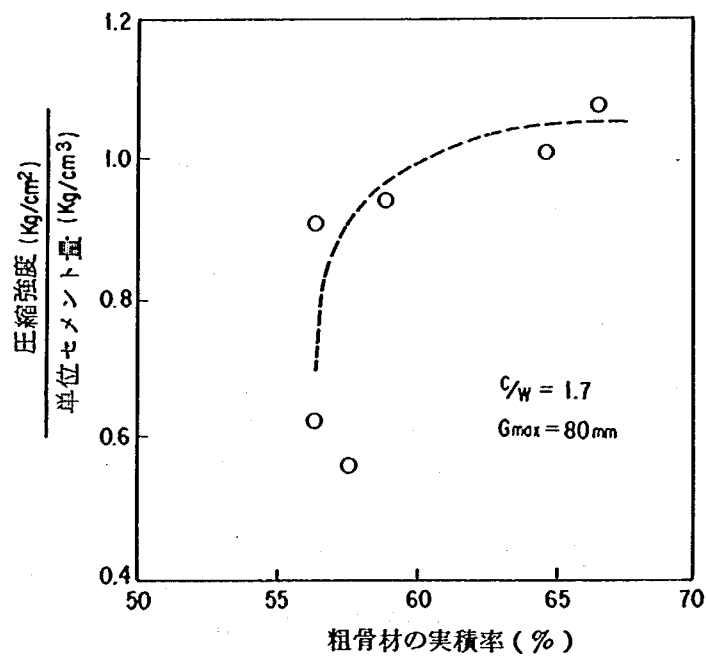


図-4.15 粗骨材の実積率と単位セメント量
当りのコンクリート強度との関係



図－4.16 セメント水比と圧縮強度との関係



図－4.17 実積率と単位セメント量当りの圧縮強度との関係

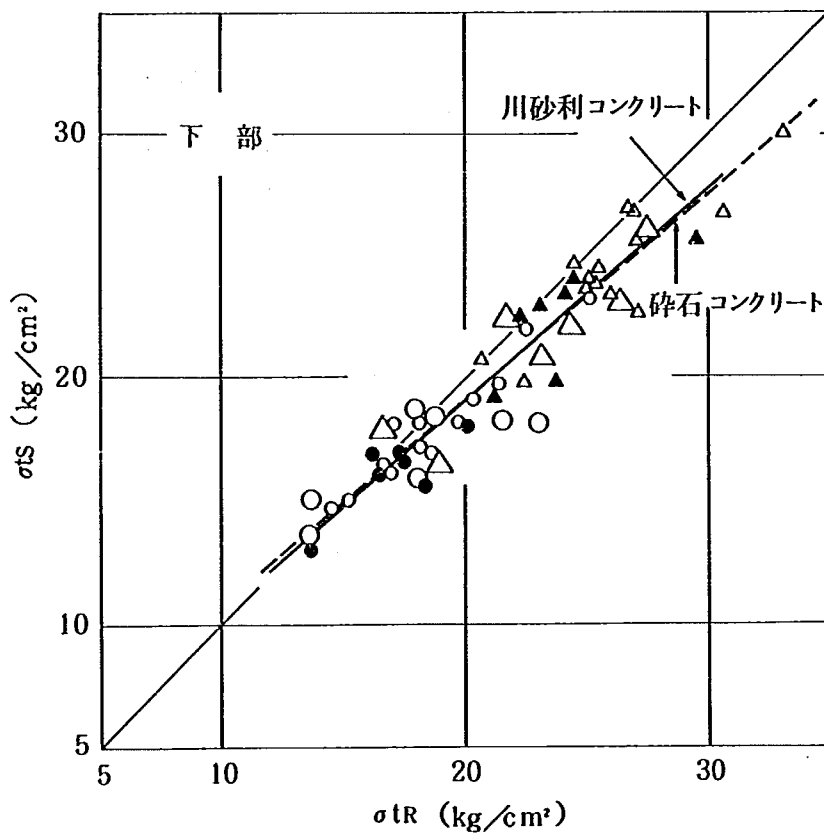
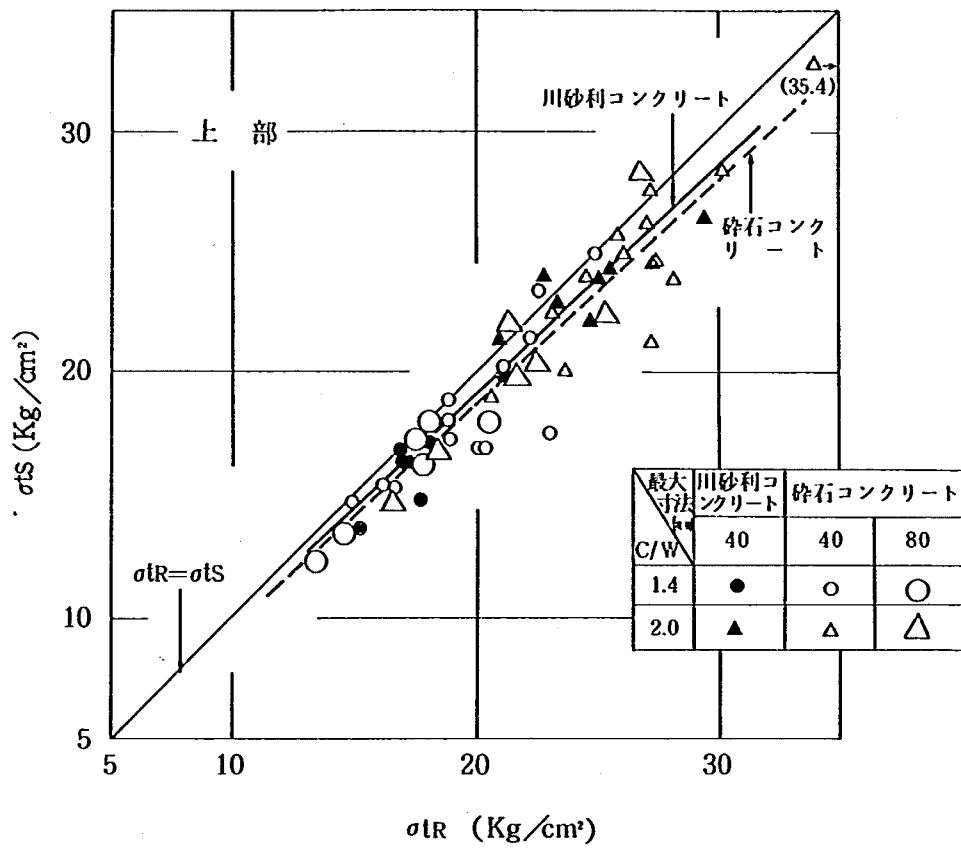


図-4.18 上下部供試体別 σ_{tR} と σ_{tS} との関係

上部供試体では、碎石コンクリートに大きな σ_{ts}/σ_{tr} を示すものがあり、回帰直線でみても σ_{ts} が σ_{tr} より約5～7%小さい値となっている。しかし、一般に形状の良いと思われる川砂利コンクリートでも碎石コンクリートよりは小さいものの、引張強度における異方性が認められる。また、下部供試体では碎石、川砂利コンクリートともほぼ同じ σ_{ts}/σ_{tr} であり、上部供試体の結果も考えると形状不良の碎石を用いたコンクリートであっても、その力学的異方性は川砂利コンクリートと同程度とみることができる。さらに最大寸法80mmの碎石コンクリートは、40mmの碎石コンクリートと同じような傾向を示しており、最大寸法が異なることによる異方性への影響はほとんど認められない。

次に、表-4.6で碎石コンクリートと川砂利コンクリート（共に最大寸法40mm）の引張強度比をみると、実積率が58%より大きい碎石では6～14%程大となっているが、58%以下では逆に最大13%小さくなっている。この関係は、圧縮強度比の場合とほとんど同じである。

表-4.6 碎石コンクリートと川砂利コンクリートの強度比

（40mm粗骨材のみ）

区 分		C/W=1.4				C/W=2.0			
		σ_{tr}		σ_{ts}		σ_{tr}		σ_{ts}	
		上	下	上	下	上	下	上	下
川砂利コンクリート		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
碎石コン* クリート	58%より大	1.12	1.13	1.13	1.14	1.00	1.13	1.06	1.11
	58%以下	0.98	0.95	0.98	1.01	0.94	0.95	0.87	0.94

* 碎石混合も含む

5. ま と め

本調査で得られた結果をまとめると、次のようである。

- 1) 粗骨材の形状不良の程度は、実積率の大小をもって表わすことができる。また、ダムコンクリート用骨材のように最大寸法の大きい砕石でも、最大寸法40mm以下の所定粒度にふるい分けた骨材について実積率を求め、その値によって形状判定を行うことが可能である。
- 2) 粗骨材の形状が悪くなるほど、骨材の安定性等の物理的品質の悪いものも多くなる。最大寸法40mmの砕石では、実積率58%を境にして安定性損失重量12%を上回るものが多くなる。
- 3) 骨材の形状が悪くなるほど所定のスランプを得るための単位水量が増え、また、同じ強度を得るのに多くのセメント量が必要となり、経済上不利になる。
- 4) 最大寸法40mmの砕石では、実積率58%程度を境に骨材自体の力学的特性も良くなるので、骨材形状の影響と相まって単位セメント量当りの強度が顕著に低下している。
- 5) コンクリートの引張強度にみられる力学的異方性は、形状不良の砕石を用いたコンクリートと川砂利コンクリートで大きな差はない。また、砕石の最大寸法の違いによる差も認められない。

6. 結 言

JIS A 5005 の粒形判定実積率 55% を下回る碎石の使用実績は少ないようであるが、³⁾ 最近の骨材品質の多様化を考えると今後、形状不良骨材の問題に直面する機会も多くなるものと思われる。

形状不良骨材の使用限界は、単に形状のみの問題であれば、考えているセメント量の範囲でそれを用いて必要な強度が得られるかどうかに係ってくる。すなわち、形状不良の骨材を用いて単位セメント量の増加を許容するか、遠方から良質な骨材を運搬してセメント量を減らした方がよいのかの経済的な選択である。しかし、骨材形状の悪いものでは物理的品質（材質）の低下も懸念されることから、さらに物理的品質の影響についても検討が必要となる。従って、形状不良の骨材の使用の可否はそれを用いたコンクリートの試験を行った上で、経済性も含めて総合的に決定するのがよいと思われる。

7. 謝 辞

本調査は、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建設省・関東，北陸，中部，中国，四国，九州各技術事務所と土木研究所で実施したものであるが，その他にも柳田 力氏（現，セメント協会），太田 実氏（現，金沢工業大学）はじめ多くの皆様のご協力をいただいた。末筆ながら，本調査のために御協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所：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―，土木研究所資料第1838号，昭和57年6月
- 2) 建設省土木研究所：河川砂利以外の骨材を使用した場合のコンクリートの研究，第20，21回建設省技術研究会報告，昭和41年11月，42年11月
- 3) セメント協会：粗骨材の品質調査報告書F-29，昭和52年10月
- 4) 河田博之：粒形不良の骨材を用いたコンクリートの品質に関する試験，第18回土木研究所発表会資料，昭和54年11月
- 5) 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，昭和56年11月

コンクリート用骨材に関する調査報告書(2)
一粒形不良骨材に関する試験調査一

キーワード：コンクリート，骨材，粒形
不良，形状判定，単位水量，
力学的異方性

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第1912号
マイクロフィルム第 号
昭和58年2月(1983)
蒔田実造 小林茂敏
小野金造 河田博之
石井良美

要 旨 低品質骨材のコンクリートへの合理的使用法を検討するため，形状不良骨材について骨材の形状試験，コンクリートの単位水量試験，圧縮，引張強度試験を行った。その結果，骨材の形状がコンクリートの諸性質に及ぼす影響を把握した。



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい。

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1912号

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 1912 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

