

土木研究所資料

未利用骨材資源の利用技術に関する調査

(2)骨材強度と有スランプリートコンクリートの品質

1996年12月

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室

Copyright © 1996 by P. W. R. I.

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

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

未利用骨材資源の利用技術に関する調査

(2) 骨材強度と有スランブコンクリートの品質

コンクリート研究室 室 長 河野 広隆

主任研究員 森濱 和正

研 究 員 加藤 俊二

要 旨

コンクリートダムの建設にあたって、品質等の面からこれまでは廃棄していたような岩を省資源・省エネルギー、環境保全の観点から内部コンクリート用骨材として有効利用することを検討する。

本報告書は、骨材の強度試験を行うとともに、練混ぜの影響を見るため、まず有スランブコンクリートの場合について、練混ぜの変化に伴うコンシステンシーに及ぼす影響、圧縮および引張強度特性についてとりまとめたものである。

キーワード：未利用骨材の有効利用、骨材の低品質化、省資源・省エネルギー、環境保全、骨材の強度特性、破砕性、ワイブル分布、練混ぜ、コンシステンシー、粒度変化、コンクリートの強度特性

目 次

1. まえがき	1
2. 実験方法	2
2. 1 実験概要	2
2. 2 使用骨材の物理試験	2
2. 3 骨材の強度試験	2
2. 3. 1 コア供試体の強度試験	2
2. 3. 2 骨材の強度試験	4
2. 4 練混ぜによる粒度変化試験	5
2. 4. 1 使用材料	6
2. 4. 2 配合条件	6
2. 4. 3 練混ぜによる粒度変化試験	6
2. 5 コンクリートおよびモルタルの強度試験	6
3. 骨材の強度試験	7
3. 1 骨材の物理試験結果	7
3. 2 コア供試体の強度試験結果	11
3. 2. 1 コア供試体の比重分布	11
3. 2. 2 圧縮強度	13
3. 2. 3 点載荷圧裂強度	15
3. 2. 4 割裂引張強度	15
3. 3 点載荷試験結果	18
3. 3. 1 載荷点距離と破壊荷重	18
3. 3. 2 載荷点距離と圧裂強度	18
3. 3. 3 比重、載荷点距離と圧裂強度	21
3. 3. 4 圧裂強度の分布	21
3. 3. 5 粒径ごとの圧裂強度、変動係数	36
3. 4 破碎試験結果	37
3. 4. 1 試験結果	37
3. 4. 2 破碎性に関する検討	37
3. 4. 3 変形性に関する検討	47
3. 4. 4 強度に関する検討	53
3. 5 すりへり試験結果	54
3. 5. 1 試験結果	54
3. 5. 2 すりへりに関する検討	54
3. 5. 3 すりへり減量、修正すりへり率と圧裂強度、破碎試験の比較	58
4. 練混ぜによる骨材の破碎試験	59
4. 1 配合およびフレッシュ性状	59
4. 2 練混ぜによる粒度変化	59
4. 3 練混ぜによる粒度変化と破碎およびすりへり試験結果の関係	62
4. 4 粒度変化とスランプの関係	64
5. コンクリートおよびモルタルの強度試験	66

5. 1	配合およびフレッシュ性状	66
5. 2	圧縮強度試験	66
5. 2. 1	圧縮強度試験結果	66
5. 2. 2	材齢と圧縮強度の関係	71
5. 2. 3	セメント水比C/Wと圧縮強度の関係	71
5. 2. 4	粗骨材最大寸法と圧縮強度の関係	76
5. 2. 5	回帰分析による骨材の影響の比較	81
5. 2. 6	応力-ひずみ関係	81
5. 2. 7	弾性係数	91
5. 2. 8	特異点応力	100
5. 2. 9	骨材の物理試験結果と圧縮強度	100
5. 2. 10	骨材強度と圧縮強度	100
5. 3	引張強度試験	109
5. 3. 1	引張強度試験結果	109
5. 3. 2	材齢と引張強度の関係	109
5. 3. 3	セメント水比と引張強度の関係	109
5. 3. 4	粗骨材最大寸法と引張強度の関係	114
5. 3. 5	回帰分析による骨材の影響の比較	114
5. 3. 6	骨材の物理試験結果と引張強度の関係	117
5. 3. 7	骨材の割裂面積率	117
5. 3. 8	骨材強度と引張強度	122
5. 4	引張強度と圧縮強度の関係	126
5. 4. 1	引張強度と圧縮強度の関係	126
5. 4. 2	骨材強度と引張・圧縮強度の関係	126
5. 4. 3	特異点応力と引張強度の関係	129
6.	まとめ	130
	資料集	132

砂岩 A 砾石40~20mm



砂岩 B 砾石40~20mm

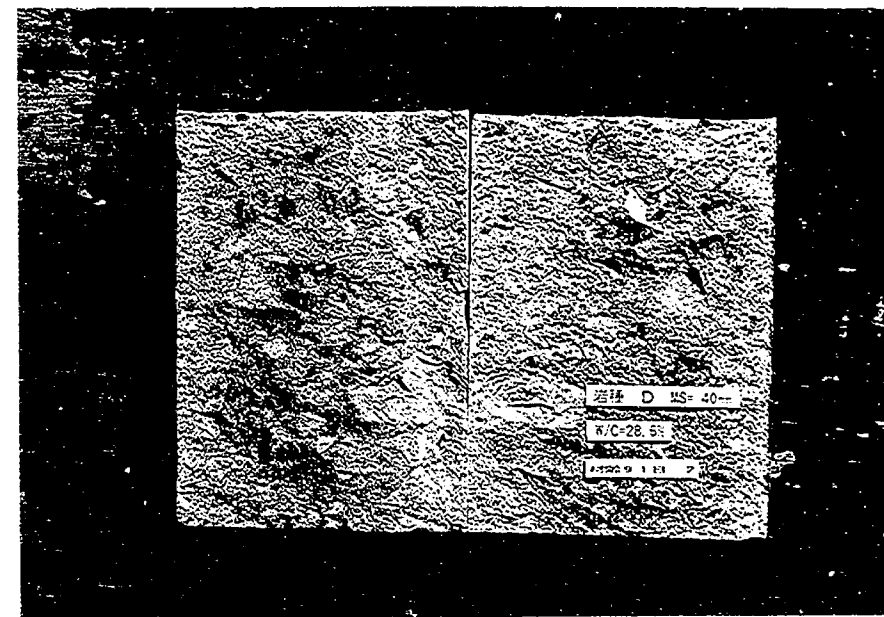
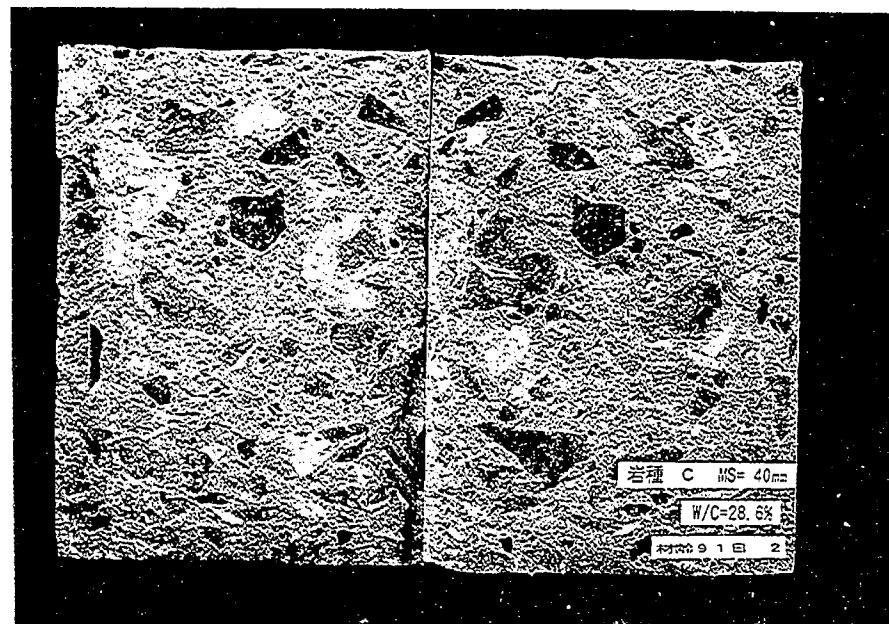
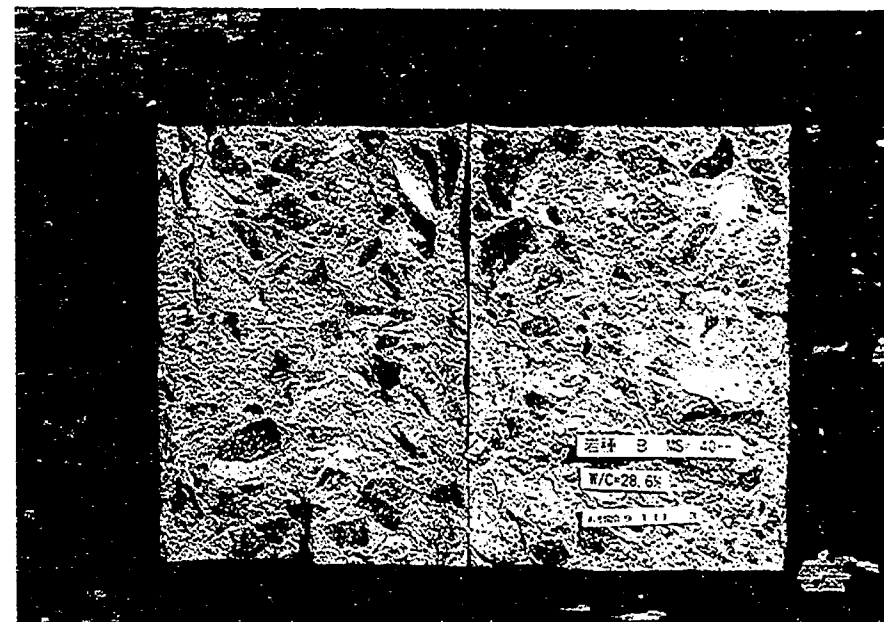
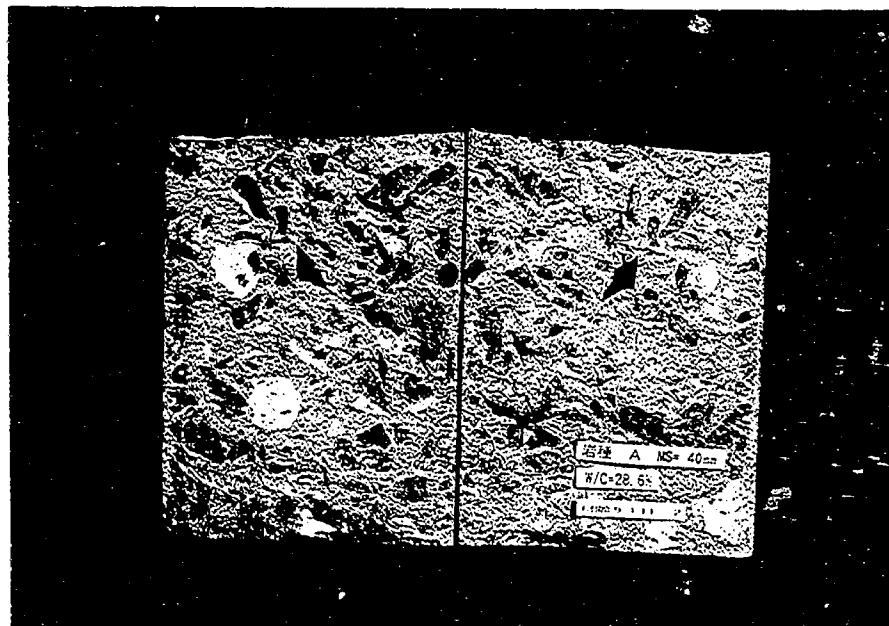


砂岩 C 砾石40~20mm



砂岩 D 砾石40~20mm





1. まえがき

コンクリートダムの合理化施工法のうち、RCD工法はほぼ確立された段階にいたっているが、環境保全や省資源、省エネルギー、省人化、安全化などのさまざまな観点からいっそうの合理化が求められている。ダム建設技術の大きな課題に築堤材料、とりわけ骨材採取の合理化が考えられる。現在、内部コンクリート用骨材についても外部に準じた品質基準を適用しているが、内部コンクリートは外部用コンクリートに比べ耐久性や水密性などについては要求条件が比較的ゆるやかでもよく、締固め特性などの観点から内部コンクリート用骨材に対して別の判断基準を適用した方が合理的であると考えられる。このためここでは、内部コンクリート用骨材に適した品質基準と品質管理手法を検討する。

骨材の品質は、大きくは物理的なものと化学的なものに分類される。ここでは、RCD用コンクリートを対象とし、転圧時に強力なローラによって骨材に大きな荷重が作用することなどを考慮し、骨材の強度や耐破碎性に関して調査し、内部コンクリートへの未利用骨材の利用のため、以下のことを明らかにする。

- ① 内部コンクリートの要求品質の明確化
- ② ①に適合する骨材の判定基準とその試験方法の提案
- ③ 低品質骨材を用いたコンクリートの物性

前報¹⁾では、骨材の各種強度試験を行い、BS規格の破碎試験を利用し、その試験時に荷重—沈下曲線を求め、破碎後のふるい分けを詳細に行うことにより、骨材の強さ、変形性、破碎性を評価できる見通しがついた。本報告書では、新たな低品質骨材について、さらに詳細な強度試験を実施するとともに、その骨材を用いた有スランプコンクリートの練混ぜ時の粒度変化とそれに伴うコンシステンシーに及ぼす影響、コンクリートの圧縮および引張強度特性について実験を行った。それらの結果について報告する。

1) 河野広隆、森濱和正、加藤俊二：未利用骨材資源の利用技術に関する調査(I)骨材の各種強度試験、土木研究所資料第3420号、1996年2月

2. 実験方法

2. 1 実験概要

同一岩種で風化の程度により品質の異なる4種類の骨材の各種強度試験と、それらの骨材を利用したコンクリートの特性について調査した。

骨材の強度試験は、骨材から抜き取ったコア供試体と骨材について行った。コア供試体では、圧縮強度、弾性係数など基本的な特性を把握した。骨材では点載荷試験による圧裂強度、破砕試験による破砕性、変形性、すりへり試験によるすりへり減量などを求めた。

コンクリートによる試験では、有スランプの場合の練混ぜによる骨材破砕と、それに伴い粒度が変化することによるフレッシュコンクリートの性状の変化、硬化後は圧縮および引張強度特性について試験した。ここで有スランプコンクリートを用いた試験を行ったのは、前者の試験ではV C試験はばらつきが大きく骨材破砕の影響を把握しにくい可能性があること、後者の試験では骨材強度の影響を確認するため富配合のコンクリートまで試験することを考えたことによる。

2. 2 使用骨材の物理試験

試験に用いた骨材は、川辺川ダムの砕石場から採取した砂岩であり、風化の程度によりA～Dに分類した。骨材Dは、通常であれば廃棄される骨材である。骨材の粒度ごとに比重、吸水率などの一般的な物理試験をJ I Sに準じて行った。試験項目と粒度は表-2.2.1のとおりである。ここで、例えば15005と表示してあるのは150mmから5mmの範囲の骨材を示す。以下、粒度をこのように表す。

表-2.2.1 骨材の物理試験項目と粒度

試験項目	粗骨材粒度	細骨材
①比重・吸水率	2005, 4005, 4020, 8040, 15080	○
②単位容積質量	2005, 4005	○
③ふるい分け	2005, 4020	○
④実積率	2005, 4005	○
⑤すりへり	2005, 4005, 8040	—
⑥安定性	1005, 1510, 2015, 2520, 4025, 6040, 8060	○
⑦洗い	2005, 4020, 8040, 15080	○

2. 3 骨材の強度試験

2.3.1 コア供試体の強度試験

(1) コア採取・成形

15080の骨材から、 $\phi 5 \times 10$ cmのコアを各種10個ずつ採取した。そのうち5個は両端面を研磨し、圧縮強度

試験用供試体とした。残り5個は半分に切断（ $\phi 5 \times 5 \text{ cm}$ ）したのち両端面を研磨し、割裂、点载荷試験用とした。

（2）圧縮強度試験

$\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ の供試体5個について形状・寸法の測定、質量測定、動弾性係数、超音波伝播速度を測定したあと、圧縮強度試験を行った。

圧縮試験時には、弾性係数、ポアソン比をひずみゲージにより測定した。ひずみゲージは、コア供試体1個あたり縦方向、円周方向に对称に2枚ずつ、はりつけた。弾性係数およびポアソン比はコンクリートの場合と同様に、最大荷重の1/3のときの応力、ひずみと、ひずみ 50×10^{-6} のときの応力の割線の傾きから求めた。

（3）割裂、点载荷圧裂強度試験

$\phi 5 \times 5 \text{ cm}$ の供試体について、形状・寸法の測定、質量を測定したあと、5個ずつ割裂および点载荷圧裂強度を求めた。

試験に先立ち、割裂引張試験は図-2.3.1のように载荷し、割裂引張強度 f_{la} は式(2.1)により求めた。

$$f_{la} = \frac{2P}{\pi \ell h} \quad \text{..... (2.1)}$$

ただし、 f_{la} : 割裂引張強度 (N/mm^2)

P : 最大荷重 (N)

ℓ : 破壊断面の長さ (mm)

h : 破壊断面の高さ (mm)

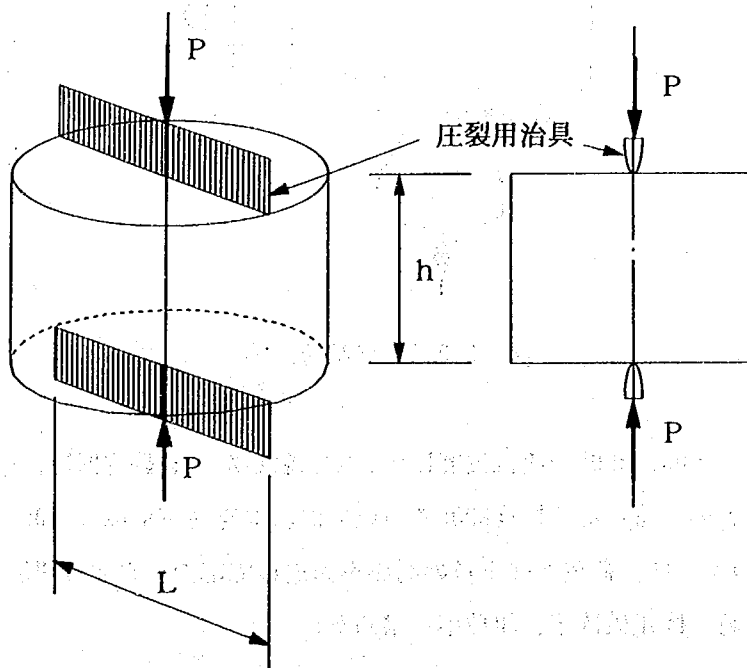


図-2.3.1 割裂引張試験

点載荷試験は、「岩の調査と試験」(土質工学会、現、地盤工学会)に準じて行い(図-2.3.2)、点載荷圧裂強度 f_{pa} を式(2.2)より求めた。

$$f_{pa} = 0.9 \frac{P}{D^2} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ただし、 f_{pa} : 点載荷圧裂強度 (N/mm^2)

P : 最大荷重 (N)

D : 載荷点距離 (mm)

2.3.2 骨材の強度試験

(1) 点載荷試験

粒度15080、8040、4020、2010、1005ごとに30個ずつ点載荷試験を行った。試験方法はコア試験の場合と同様(図-2.3.2)である。

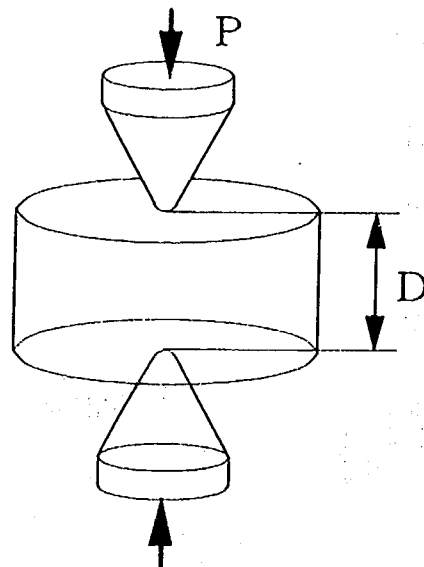


図-2.3.2 点載荷試験

(2) 破碎試験

BS 812を準用し、8005、4005、2005の連続粒度について試験した。破碎容器は、通常の2倍の直径305mmの円筒容器を用い、1600kNまで載荷した。粒度8005については、破碎荷重800kN、400kNについても試験した。試験時には、図-2.3.3のように、荷重と沈下量の関係を測定して応力-ひずみ関係を求めた。試験終了後は、粒度分布を測定し、破碎値、修正破碎率、粗粒率を求めた。

(3) すりへり試験

JIS A 1121を準用して粒度8040、4005、2005について試験を行い、すりへり減量と粒度分布を測定した。

試験した試料の質量、球の数、回転数は表-2.3.1のとおりとした。

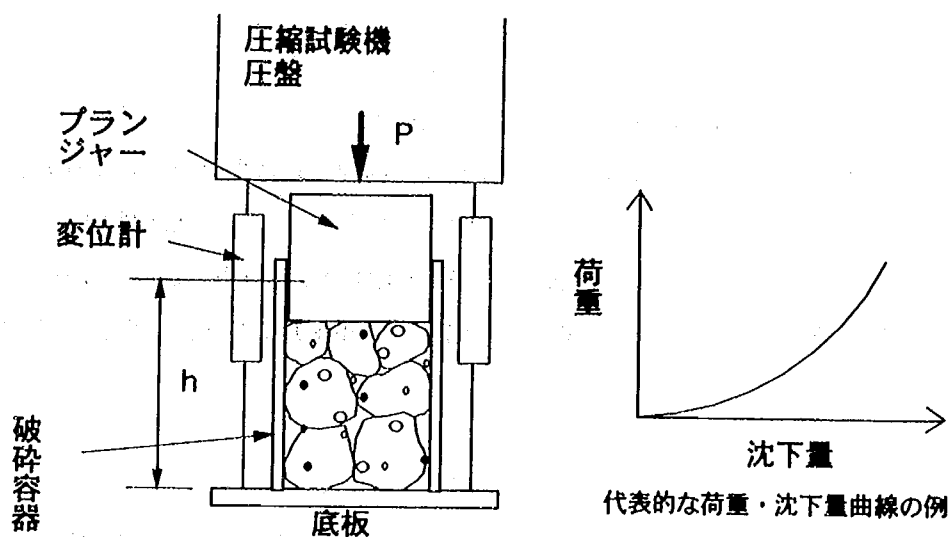


図-2.3.3 破碎試験時の沈下量測定

表-2.3.1 すりへり試験の試料の質量と球の数、回転数

粒度	粒径の範囲 (mm)	試料の質量 (g)	試料の全質量 (g)	球の数	回転数 (rpm)
2005	5~10	1500±10	5000±10	9	500
	10~15	2000±10			
	15~20	1500±10			
4005	5~10	1500±10	5000±10	12	500
	10~15	1000±10			
	15~20	1000±10			
	20~25	1000±25			
	25~30	1000±25			
	30~40	500±25			
8040	40~50	5000±50	10000±100	12	1000
	50~60	2500±50			
	60~80	2500±50			

2. 4 練混ぜによる粒度変化試験

品質の異なる骨材を用いたコンクリートの特性の変化試験は、有スランプコンクリートを練り混ぜた場合の骨材のかけ（破碎）による粒度の変化、および粒度変化がコンクリートのスランプに与える影響について

試験を行った。

2.4.1 使用材料

試験に用いた材料は以下のとおりである。

- 1) セメント：普通ポルトランドセメント（試験成績表は資料集）
- 2) 細骨材：骨材Aを破砕して製造したもの。物理試験結果は表-3.1.1のとおり。
- 3) 粗骨材：品質の異なるA～D骨材の4005および2005。物理試験結果は表-3.1.1のとおり。
- 4) AE減水剤：標準形（I種）のボゾリスNo. 70（主成分：リグニンスルホン酸化物ポリオール複合体）、C/Wが3.5の場合高性能AE減水剤SP-8N（主成分：ポリカルボン酸エーテル系の複合剤）、空気量調整(AE)剤にボゾリス303A（主成分：アルキルアリルスルホン化合物系陰イオン界面活性剤）。

2.4.2 配合条件

C/Wを1.5、2.5、3.5の3種類とし、粗骨材最大寸法（Gmax）40および20mm（以下、Gmax40、Gmax20と記す）について骨材Aを用いたときスランプが8cmになる単位水量、単位粗骨材かさ容積を求め、C/Wごとの各材料の容積が一定になるようにした。また、空気量を4.5～5%以内になるように試験練りによりAE剤量を決めた。

2.4.3 練混ぜによる粒度変化試験

C/W=2.5の配合について、スランプおよび空気量を測定した。練混ぜに使用したミキサは容量50ℓの2軸強制練りで、練混ぜ時間は「から練り30秒+本練り90秒」とした。粒度分布の測定は、練混ぜの前は5mmごとにふるった骨材をそれぞれ計量した。練混ぜ後も同じふるいにより全量を洗い分析したあとふるい分け試験を行った。5mm以下についても細骨材と同様にふるい分け試験を行った。

2.5 コンクリートおよびモルタルの強度試験

2.4.2によって決定した配合6種類（Gmax40と20についてC/W3種類）について、Gmax40のコンクリートは材齢7、28および91日で圧縮および引張強度試験を行った。Gmax20のコンクリートは材齢28日のみである。また、同時に粗骨材を除いた配合のモルタルの圧縮および引張強度試験も行った。圧縮強度試験の時に、動弾性係数、静弾性係数およびポアソン比を測定した。

引張試験後、割裂面の骨材が割裂破砕した面積を測定した。

3. 骨材の強度試験

3. 1 骨材の物理試験

骨材の比重、吸水率などの物理試験結果を15080、8040、4020、2005の各粒度ごとに行った。また、15005、8005、4005の連続粒度についても行った。その結果を表-3. 1. 1に示す。また、A骨材を粉砕して、細骨材aも製造した。その結果についても示す。

表中の真比重とは、粒子のみの質量を粒子中の空隙を除いた固体部分の体積で除したものであり、式(3. 1. 1)によって求めた。

$$\text{真比重} = \frac{W_D}{W_D - W_w} \quad \text{----- (3. 1. 1)}$$

ここに、 W_D ：乾燥後の試料の質量

W_w ：試料の水中におけるみかけの質量

破碎値、圧裂強度については、「3. 4 破碎試験結果」、「3. 3 点載荷試験結果」の節で記述する。各粒度ごとの物理試験結果を図-3. 1. 1および3. 1. 2に示す。図-3. 1. 1は各粒度ごとに、図-3. 1. 2は連続粒度で示してある。強度に与える影響が大きいと考えられる比重、吸水率について見てみると、表乾比重および絶乾比重はA～Cはほぼ同じであり2. 64～2. 67の範囲にあること、Dは2. 60以下となっている。また、粒度が小さくなるほど小さくなっていること、吸水率は逆に大きくなっていることがわかる。

ところが、A～Cの真比重は粒度にかかわらず2. 67～2. 68にあること、Dは粒度が小さくなるにしたがい大きくなり、4020、2005はA～Cに近い値となっている。

その他の品質についても、実積率以外はA～Cはほぼ同じであるが、D骨材のみ品質が低いことを示している。実積率はDのみ多少よくなっている。Dの形状はA～Cに比べ角張ったところがとれ丸みをおびていた。そのため実積率は改善されているものと考えられる。

表-3.1.1 骨材の物理試験結果

骨材 の種類	粒度	表乾 比重	絶乾 比重	真 比重 ¹⁾	吸水率 %	洗 い 損失量 %	安定性 損失量 %	すりへ り減量 %	破砕値 ²⁾ %	圧裂 強度 ³⁾ N/mm ²	単位容 積質量 kg/l	実積率 %	粗粒率 (FM)
A	15080	2.674	2.671	2.680	0.122	0.00	0.01	—	—	12.31	—	—	10.00
	8040	2.672	2.669	2.679	0.135	0.02	0.01	11.1	—	18.78	—	—	9.06
	4020	2.667	2.660	2.679	0.260	0.06	0.05	—	—	23.37	1.459	54.8	7.96
	2005	2.656	2.643	2.679	0.507	0.13	0.14	15.2	14.9	31.00	1.492	56.5	6.76
	15005	2.667	2.661	2.679	0.258	0.05	0.05	—	—	22.71	—	—	8.43
	8005	2.665	2.657	2.679	0.305	0.07	0.07	—	20.0	26.74	—	—	7.90
	4005	2.662	2.651	2.679	0.388	0.10	0.10	17.6	19.1	28.15	1.536	57.9	7.36
B	15080	2.677	2.672	2.684	0.158	0.00	0.01	—	—	10.19	—	—	10.00
	8040	2.667	2.661	2.676	0.209	0.03	0.02	12.0	—	14.31	—	—	9.18
	4020	2.654	2.644	2.671	0.374	0.09	0.03	—	—	19.84	1.439	54.4	7.94
	2005	2.651	2.635	2.676	0.575	0.17	0.09	14.4	14.9	31.59	1.490	56.5	6.72
	15005	2.662	2.653	2.677	0.331	0.07	0.04	—	—	21.13	—	—	8.42
	8005	2.657	2.647	2.674	0.392	0.10	0.05	—	19.9	24.38	—	—	7.87
	4005	2.652	2.640	2.673	0.480	0.13	0.06	16.3	20.1	27.43	1.529	57.9	7.33
C	15080	2.669	2.667	2.673	0.077	0.02	0.01	—	—	12.13	—	—	9.98
	8040	2.663	2.656	2.673	0.241	0.06	0.03	12.8	—	11.18	—	—	9.14
	4020	2.642	2.621	2.677	0.803	0.10	0.09	—	—	20.52	1.432	54.7	7.97
	2005	2.640	2.616	2.681	0.929	0.20	0.14	15.5	15.5	24.70	1.483	56.7	6.76
	15005	2.653	2.640	2.676	0.515	0.10	0.07	—	—	18.48	—	—	8.42
	8005	2.648	2.631	2.677	0.662	0.12	0.09	—	22.6	20.13	—	—	7.90
	4005	2.641	2.618	2.679	0.868	0.15	0.11	17.0	19.2	23.22	1.525	58.2	7.36
D	15080	2.590	2.554	2.649	1.407	0.04	0.16	—	—	5.30	—	—	10.00
	8040	2.584	2.538	2.660	1.814	0.13	1.09	28.3	—	8.75	—	—	9.15
	4020	2.550	2.480	2.668	2.830	0.30	3.88	—	—	12.35	1.386	55.9	7.98
	2005	2.550	2.477	2.672	2.945	0.64	3.69	29.8	22.4	11.81	1.426	57.6	6.72
	15005	2.569	2.512	2.662	2.250	0.28	2.21	—	—	9.76	—	—	8.42
	8005	2.561	2.498	2.667	2.535	0.36	2.89	—	25.6	10.82	—	—	7.88
	4005	2.550	2.479	2.670	2.888	0.47	3.78	31.8	24.7	11.80	1.477	59.6	7.35
A	細骨材	2.661	2.640	2.696	0.786	3.00	0.32	—	—	—	1.746	66.1	2.74

1) 式(3.1.1)参照

2) 3.4.1項参照

3) 3.3.1項参照

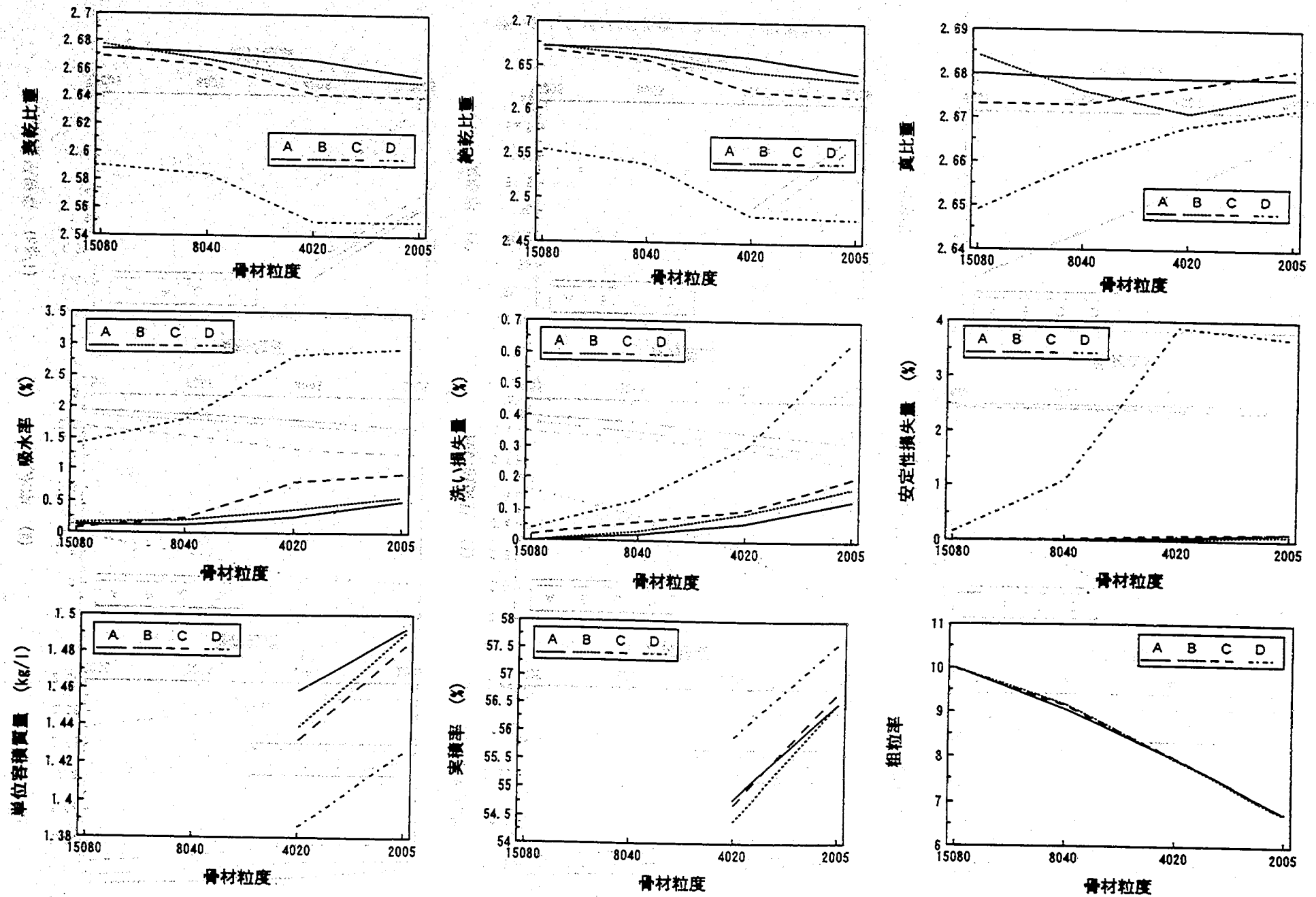


図-3.1.1 骨材の物理試験結果 (各粒度ごと)

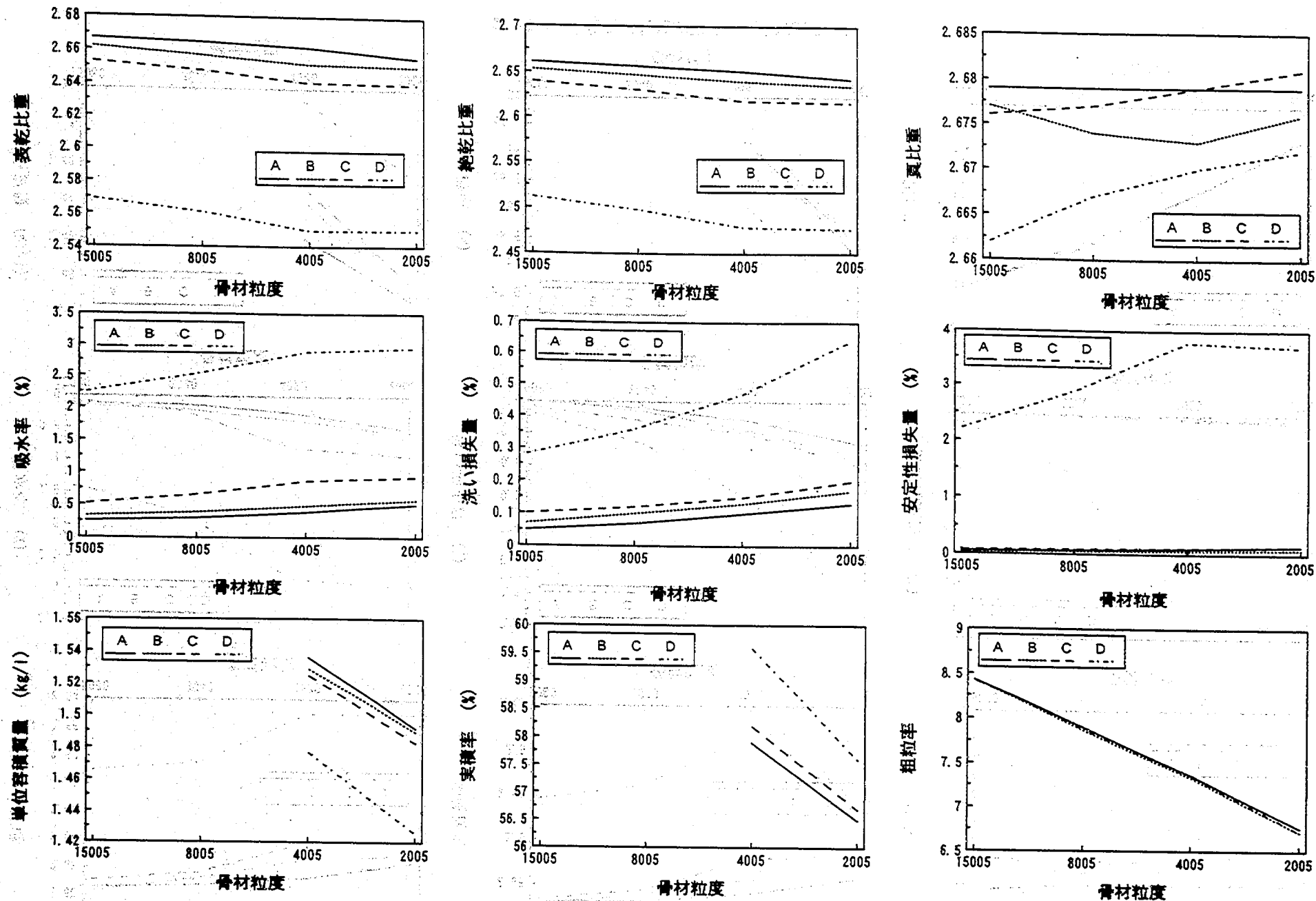


図-3.1.2 骨材の物理試験結果 (連続粒度)

3.2 コア供試体の強度試験結果

3.2.1 コア供試体の比重分布

コア供試体の試験結果は、表-3.2.1、表-3.2.2のとおりであった。

コア供試体の比重分布を図-3.2.1~3.2.3に示す。図-3.2.1に度数分布を示すように右に偏った分布をしており、2.64~2.66に集中している。A~Dの区分ごとの分布は、図-3.2.3のようにそれぞれがほぼ一様分布していることがわかる。A~Cは2.60以上で分布している範囲は比較的せまいが、Dは広く分布している。

表-3.2.1 コア供試体の試験結果

骨材種類		圧縮強度							割裂強度		圧裂強度		比重 平均 標準偏差
		比重	強度 (N/mm ²)	初期接線 弾性係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)	1/3割線 弾性係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)	ポアソン比	超音波 伝播速度 ×10 ³ (m/sec)	動弾性係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)	比重	強度 (N/mm ²)	比重	強度 (N/mm ²)	
A	1	2.641	316.8	7.65	7.56	0.227	5.96	8.00	2.645	8.73	2.654	5.06	
	2	2.658	168.6	7.22	7.18	0.205	5.81	7.60	2.666	3.78	2.654	8.93	
	3	2.649	82.2	4.88	4.92	0.261	5.59	6.62	2.623	8.71	2.630	7.86	
	4	2.679	162.2	7.96	7.67	0.225	6.01	8.13	2.655	8.27	2.673	8.50	
	5	2.632	266.2	6.97	7.03	0.192	5.75	7.43	2.638	7.84	2.661	7.41	
	平均	2.652	199.2	6.94	6.87	0.184	5.82	7.56	2.645	7.465	2.654	7.55	
	標準偏差	0.016	82.9	1.08	1.00	0.024	0.15	0.53	0.015	1.874	0.014	1.35	
B	1	2.641	189.1	5.45	5.71	0.184	5.46	6.67	2.633	3.58	2.615	8.61	
	2	2.651	168.7	6.80	6.91	0.194	5.83	7.78	2.650	9.46	2.606	5.79	
	3	2.640	201.3	7.53	7.47	0.220	5.87	7.82	2.640	4.74	2.601	7.89	
	4	2.611	109.8	6.05	6.29	0.145	5.86	-	2.629	9.34	2.643	8.25	
	5	2.629	224.2	6.43	6.45	0.218	5.73	-	2.636	10.56	2.627	7.93	
	平均	2.634	178.6	6.45	6.57	0.192	5.75	4.45	2.637	7.536	2.618	7.69	
	標準偏差	0.014	38.8	0.70	0.59	0.027	0.15	3.66	0.007	2.813	0.015	0.99	
C	1	2.643	260.3	7.07	7.11	0.225	5.79	7.64	2.662	8.20	2.640	8.79	
	2	2.642	200.9	7.26	7.09	0.226	5.79	7.42	2.646	12.16	2.633	9.69	
	3	2.647	271.9	7.66	7.54	0.223	5.84	7.84	2.633	4.43	2.626	9.01	
	4	2.648	213.0	7.49	7.45	0.224	5.88	7.98	2.646	7.51	2.648	10.67	
	5	2.650	215.3	7.38	7.33	0.214	5.83	7.84	2.645	6.64	2.637	10.71	
	平均	2.646	232.3	7.37	7.30	0.222	5.83	7.74	2.647	7.787	2.637	9.77	
	標準偏差	0.003	28.3	0.20	0.18	0.004	0.03	0.19	0.009	2.530	0.007	0.81	
D	1	2.581	70.5	4.36	4.35	0.177	5.00	5.43	2.659	5.09	2.582	0.73	
	2	2.552	23.1	2.64	2.31	0.220	4.41	4.83	2.606	8.36	2.530	2.10	
	3	2.603	72.2	3.44	3.65	0.355	5.05	4.46	2.619	7.66	2.613	4.74	
	4	2.592	77.1	1.66	1.64	(0.06)	4.74	4.39	2.655	7.66	2.641	6.87	
	5	2.658	173.9	7.04	7.17	0.245	5.71	-	2.613	8.51	2.582	1.70	
	平均	2.597	83.4	3.83	3.82	0.249	4.98	3.82	2.631	7.457	2.590	3.23	
	標準偏差	0.035	49.3	1.84	1.93	0.066	0.43	1.95	0.022	1.234	0.037	2.26	
全体・平均		2.632	173.4	6.15	6.14	0.215	5.65	6.93	2.640	7.561	2.625	7.06	2.632
全体・標準偏差		0.029	77.3	1.78	1.77	0.026	0.49	1.27	0.016	2.203	0.032	2.79	0.026

表-3.2.2 コア供試体の比重

骨材区分	平均	最大	最小	標準偏差	骨材の 試験結果 (15080)
A	2.652	2.679	2.632	0.016	2.674
B	2.634	2.651	2.611	0.014	2.677
C	2.646	2.650	2.642	0.003	2.669
D	2.597	2.658	2.552	0.035	2.590
全体	2.632	2.679	2.552	0.029	-

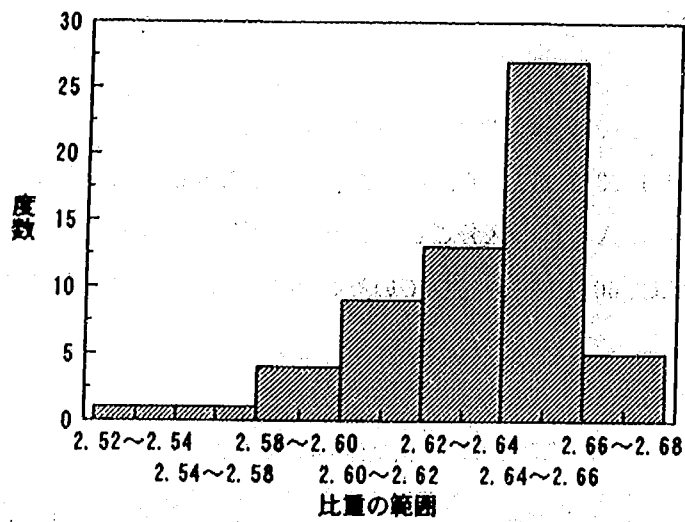


図-3.2.1 比重の度数分布

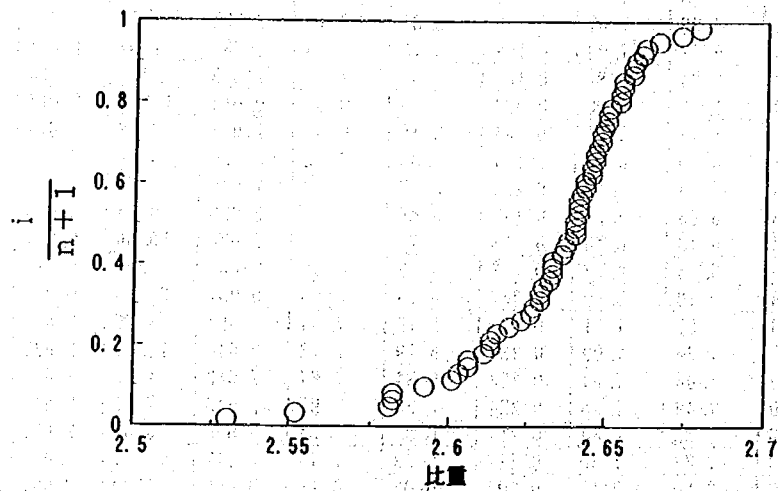


図-3.2.2 比重の分布

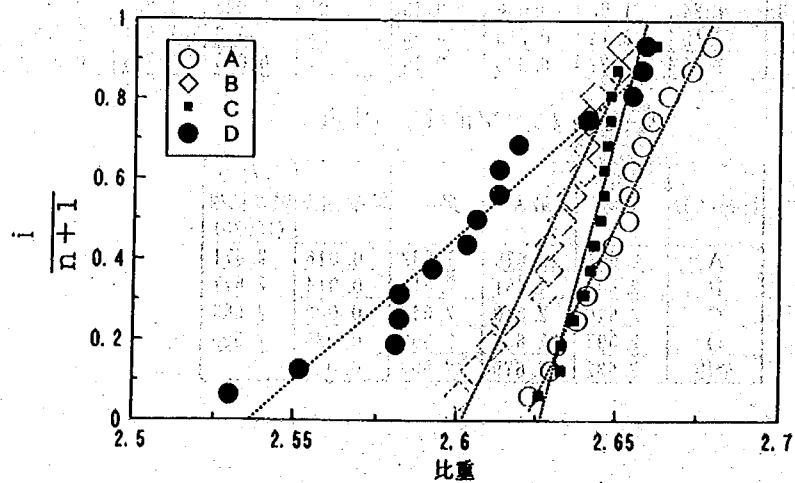


図-3.2.3 比重の分布 (区分ごと)

3.2.2 圧縮強度

(1) 比重と圧縮強度の関係

コア供試体の比重と圧縮強度の関係は、図-3.2.4のとおりである。圧縮強度は比重の増加により急激に増加している。指数回帰の結果は式(3.2.1)のようになった。

$$f_{ca} = 1.022 \times 10^{-6} \times \rho^{43.2} \quad (r=0.781) \quad \dots\dots\dots (3.2.1)$$

ここに、 f_{ca} : 骨材の圧縮強度 (N/mm^2)

ρ : 比重

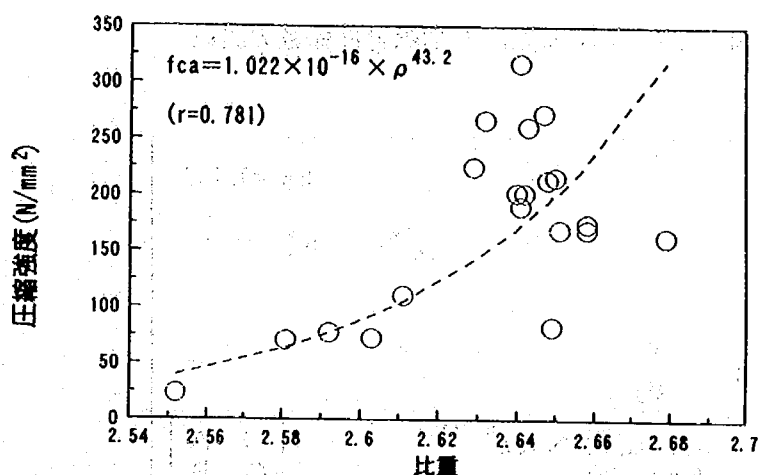


図-3.2.4 比重と圧縮強度の関係

(2) 圧縮強度と弾性係数の関係

圧縮強度と圧縮強度の1/3点割線弾性係数の関係を図-3.2.5に、動弾性係数の関係を図-3.2.6に示す。図より、弾性係数は $8 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 以上はないこと、圧縮強度約 200N/mm^2 以上はほぼ一定になっていることがわかる。これらのことから、 200N/mm^2 以下を指数回帰した結果は式(3.2.2)、(3.2.3)のとおりであった。

割線弾性係数

$$\left. \begin{array}{ll} f_{ca} \leq 204.8 \text{N/mm}^2 & E_s = 0.304 \times f_{ca}^{0.595} \quad (\times 10^4 \text{N/mm}^2) \quad (r=0.756) \\ f_{ca} > 204.8 \text{N/mm}^2 & E_s = 7.21 \quad (\times 10^4 \text{N/mm}^2) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3.2.2)$$

動弾性係数

$$\left. \begin{array}{ll} f_{ca} \leq 237.1 \text{N/mm}^2 & E_D = 1.764 \times f_{ca}^{0.271} \quad (\times 10^4 \text{N/mm}^2) \quad (r=0.748) \\ f_{ca} > 237.1 \text{N/mm}^2 & E_D = 7.75 \quad (\times 10^4 \text{N/mm}^2) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3.2.3)$$

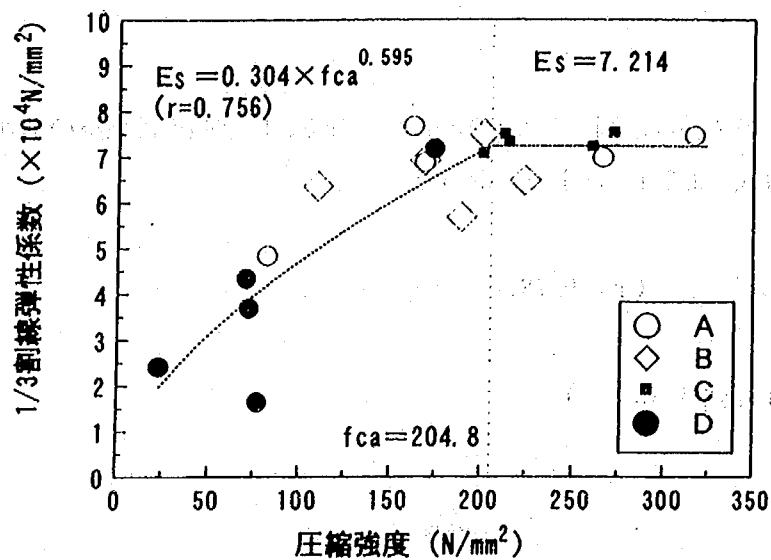


図-3.2.5 圧縮強度と割線弾性係数の関係

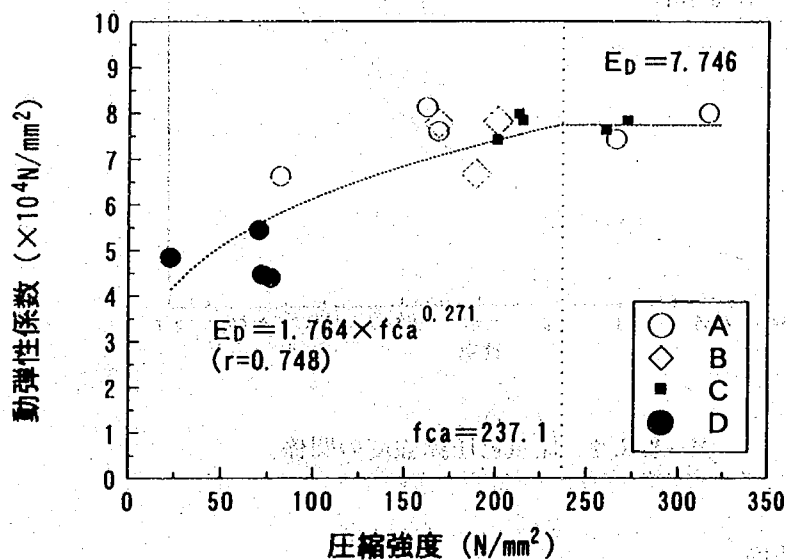


図-3.2.6 圧縮強度と動弾性係数の関係

図-3.2.7に割線弾性係数と初期接線弾性係数を示すように、両者はほぼ一致している。圧縮強度の1/3程度まではほぼ弾性体であるといえる。

図-3.2.8に初期接線弾性係数と動弾性係数の関係を示す。弾性係数の小さいときは両者の違いは大きく、動弾性係数がかかなり大きい測定値となっているが、弾性係数が大きくなるにしたがい両者はしだいにほぼ一致してくる。図-3.2.6と合わせてみると、動弾性係数は鈍感といえそうである。

(3) 圧縮強度とポアソン比の関係

ポアソン比は図-3.2.9のようにかなりばらついているものの、回帰した結果はほぼ一定であり、0.22程度となっている。

(4) 圧縮強度と超音波伝播速度の関係

超音波伝播速度は図-3.2.10のようであった。弾性係数の場合と同様に $6 \times 10^3 \text{ m/sec}$ で頭打ちになっており、圧縮強度約 200 N/mm^2 以上ではほぼ一定になっており、回帰の結果は式 (3.2.4) のようになった。

超音波伝播速度

$$\left. \begin{array}{ll} f_{ca} \leq 181.3 \text{ N/mm}^2 & V = 2.843 \times f_{ca}^{0.138} \quad (\times 10^3 \text{ m/sec}) \quad (r=0.861) \\ f_{ca} > 181.3 \text{ N/mm}^2 & V = 5.83 \quad (\times 10^3 \text{ m/sec}) \end{array} \right\} \dots\dots (3.2.4)$$

3.2.3 点載荷圧裂強度

比重と圧裂強度の関係は図-3.2.11のとおり、圧縮強度の場合と同様に、比重の増加により圧裂強度は急激に増加している。指数回帰の結果は式 (3.2.5) のとおりであった。

$$f_{ca} = 3.368 \times 10^{-16} \times \rho^{38.8} \quad (r=0.706) \dots\dots\dots (3.2.5)$$

3.2.4 割裂引張強度

比重と割裂引張強度の関係は図-3.2.12のようであった。圧縮強度、圧裂強度の場合とは異なっているが、これは割裂後の載荷点の状態を観察した結果、偏心載荷となっていたことがわかった。骨材の割裂供試体は小さく、硬いため、試験には細心の注意が必要である。

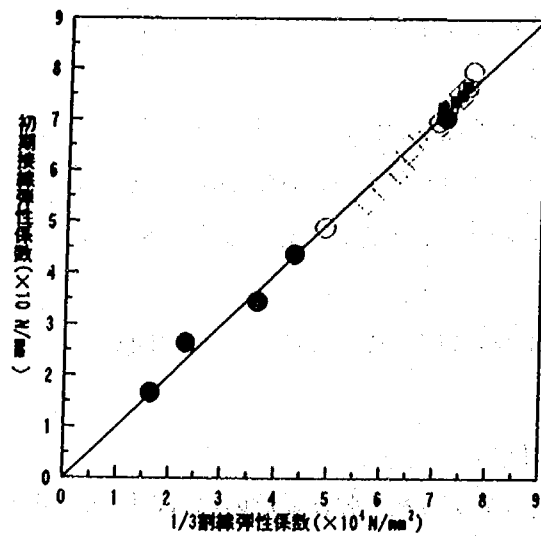


図-3.2.7 割線弾性係数と初期弾性係数の関係

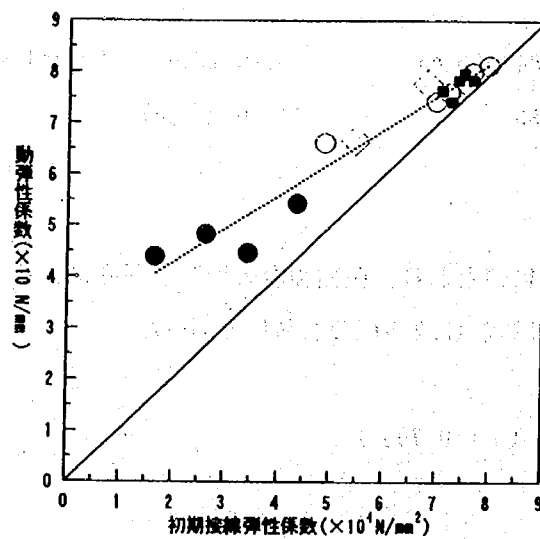


図-3.2.8 初期弾性係数と動弾性係数の関係

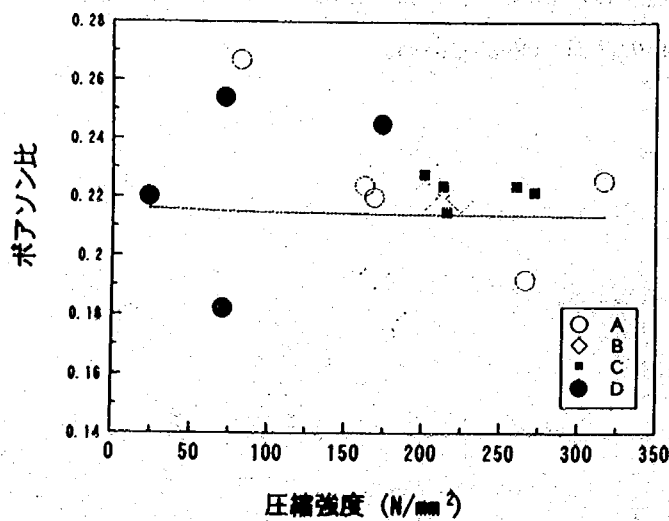


図-3.2.9 圧縮強度とポアソン比の関係

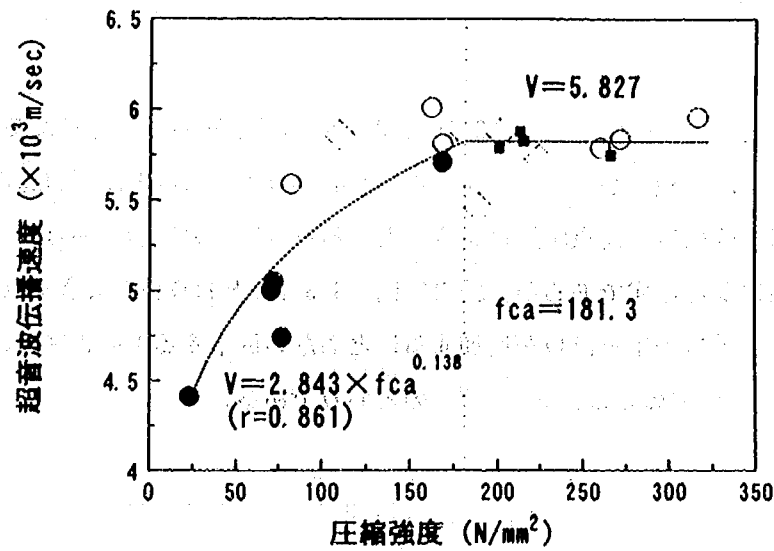


図-3.2.10 圧縮強度と超音波伝播速度の関係

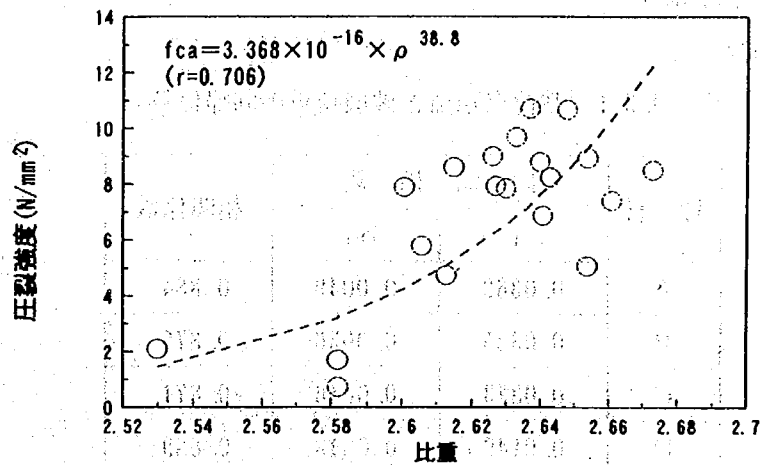


図-3.2.11 比重と圧縮強度の関係

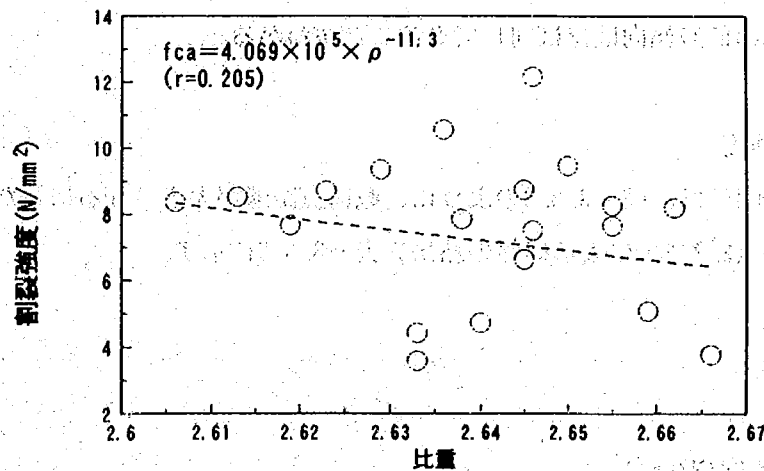


図-3.2.12 比重と圧縮強度の関係

3. 3 点载荷試験結果

3. 3. 1 载荷点距離と破壊荷重

载荷点距離と破壊荷重（耐力）の関係は図-3. 3. 1のとおり、载荷点距離が大きくなるにしたがい荷重の増加は急激だが、次第に小さくなる傾向があり、载荷点距離が60mm以上ではほとんど耐力の増加は期待できそうにない。圧裂強度は、理論的には载荷点距離Dを直径とする球（円）の圧裂であり、(2. 2)式のように、破壊荷重PはDの二次の関係になるはずであるが、結果は図-3. 3. 1のとおりDが大きくなるにしたがい、荷重の増加は鈍化している。そこでDの指数はDが増加するにともない低下するものと考え、(3. 3. 1)式によって回帰した。式(3. 3. 1)による回帰の結果は表-3. 3. 1のとおりである。

$$P = a_1 D^{2-b_1 D} \quad (3. 3. 1)$$

ここに、P : 破壊荷重(N)

D : 载荷点距離(mm)

a_1, b_1 : 回帰係数

表-3. 3. 1 载荷点距離と破壊荷重の回帰係数

骨 材	回 帰 係 数		相関係数 r
	a_1	b_1	
A	0. 0362	0. 0049	0. 884
B	0. 0336	0. 0050	0. 875
C	0. 0323	0. 0046	0. 871
D	0. 0149	0. 0048	0. 689

回帰係数より、 a_1 から荷重の増加は、骨材DはA～Cの半分以下であること、 b_1 より载荷点距離が大きくなることによる荷重増加の低減傾向はほぼ同じであることがわかる。

3. 3. 2 载荷点距離と圧裂強度

载荷点距離と圧裂強度の関係は、図-3. 3. 2のように、载荷点距離が大きくなるにしたがい圧裂強度は低下していることがわかる。式(3. 3. 2)による回帰の結果を表-3. 3. 2に示す。

$$f_{pa} = a_2 D^{b_2} \quad (3. 3. 2)$$

ここに、 f_{pa} : 圧裂強度(N/mm²)

a_2, b_2 : 回帰係数

回帰係数 b_2 より、圧裂強度は载荷点距離の約1/2乗で低下することがわかる。また、相関係数が比較的小

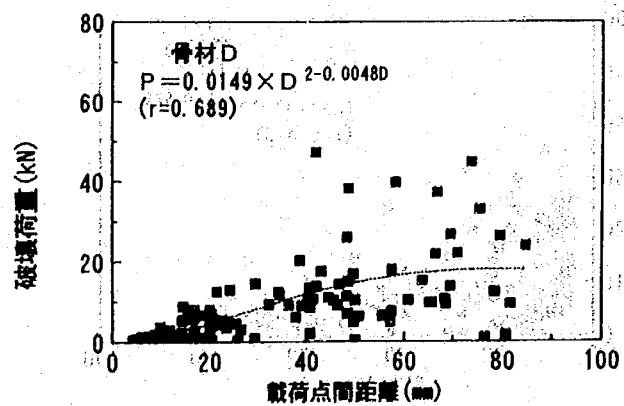
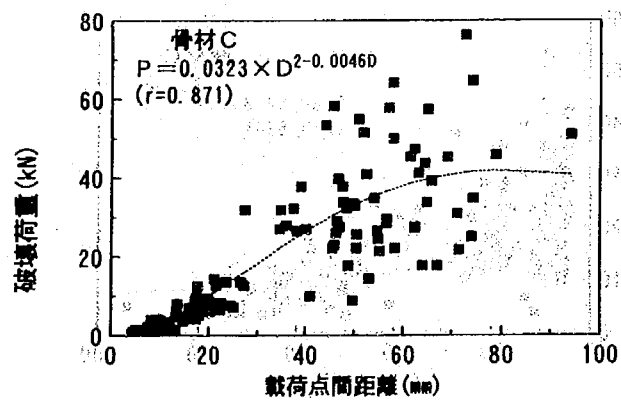
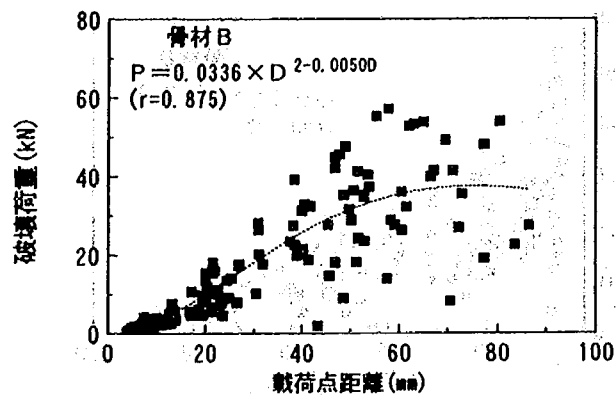
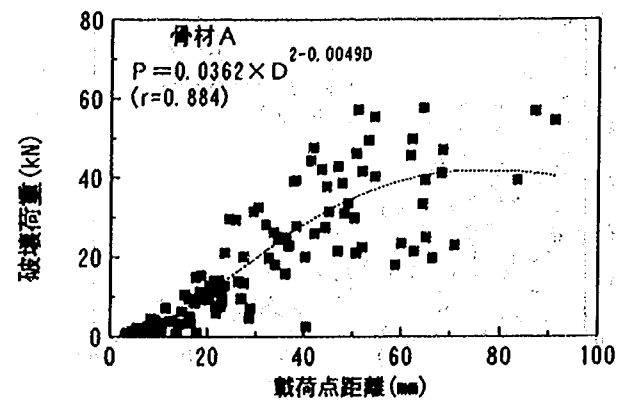


図-3.3.1 載荷点距離と破壊荷重の関係

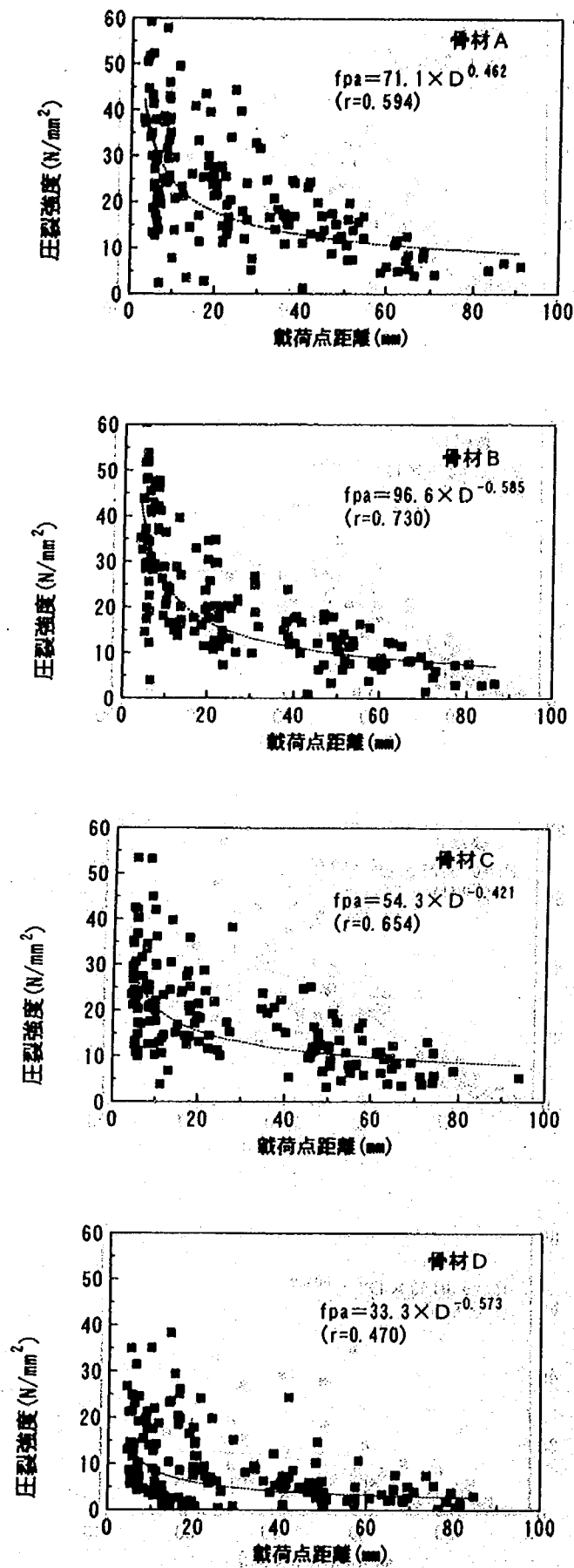


図-3.3.2 載荷点距離と圧裂強度の関係

さく測定結果が広く分布している。同じ区分の骨材でも図-3. 2. 3のように比重の分布があること、図-3. 2. 11からもわかるとおりわずかな比重の増加により圧裂強度は急激に増加することから、測定値も広く分布しているものと考えられる。そこで、次項で比重も加えて検討する。

表-3. 3. 2 圧裂強度回帰係数

骨 材	回 帰 係 数		相関係数 r
	a ₂	b ₂	
A	71. 1	-0. 462	0. 594
B	96. 6	-0. 585	0. 730
C	54. 3	-0. 421	0. 654
D	33. 3	-0. 573	0. 470

3. 3. 3 比重、載荷点距離と圧裂強度

図-3. 3. 3は、粒度15080の骨材について1個 1個比重を測定して点載荷試験を行った結果である。式 (3. 3. 3) のように比重と載荷点距離の対数の多項式で回帰した結果、相関係数0. 87という高い相関が得られた。

$$\log f_{pa}=33. 19\log \rho -1. 84\log D-9. 92 \quad (3. 3. 3)$$

ここに、 ρ : 比重

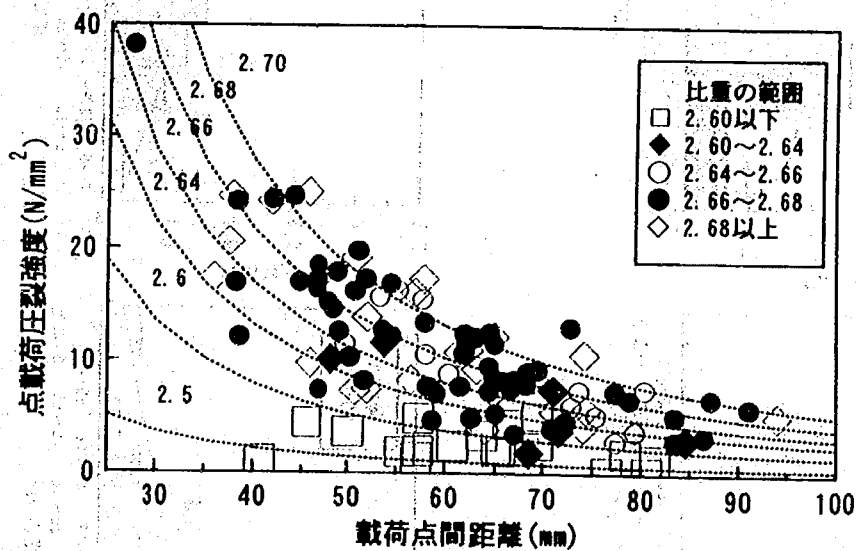


図-3. 3. 3 載荷点距離、比重と圧裂強度の関係

3. 3. 4 圧裂強度の分布

圧裂強度のヒストグラムを図-3. 3. 4~3. 3. 7に示す。図中の曲線はワイブル分布である。ワイブル分布は、式 (3. 3. 4) によって与えられる。

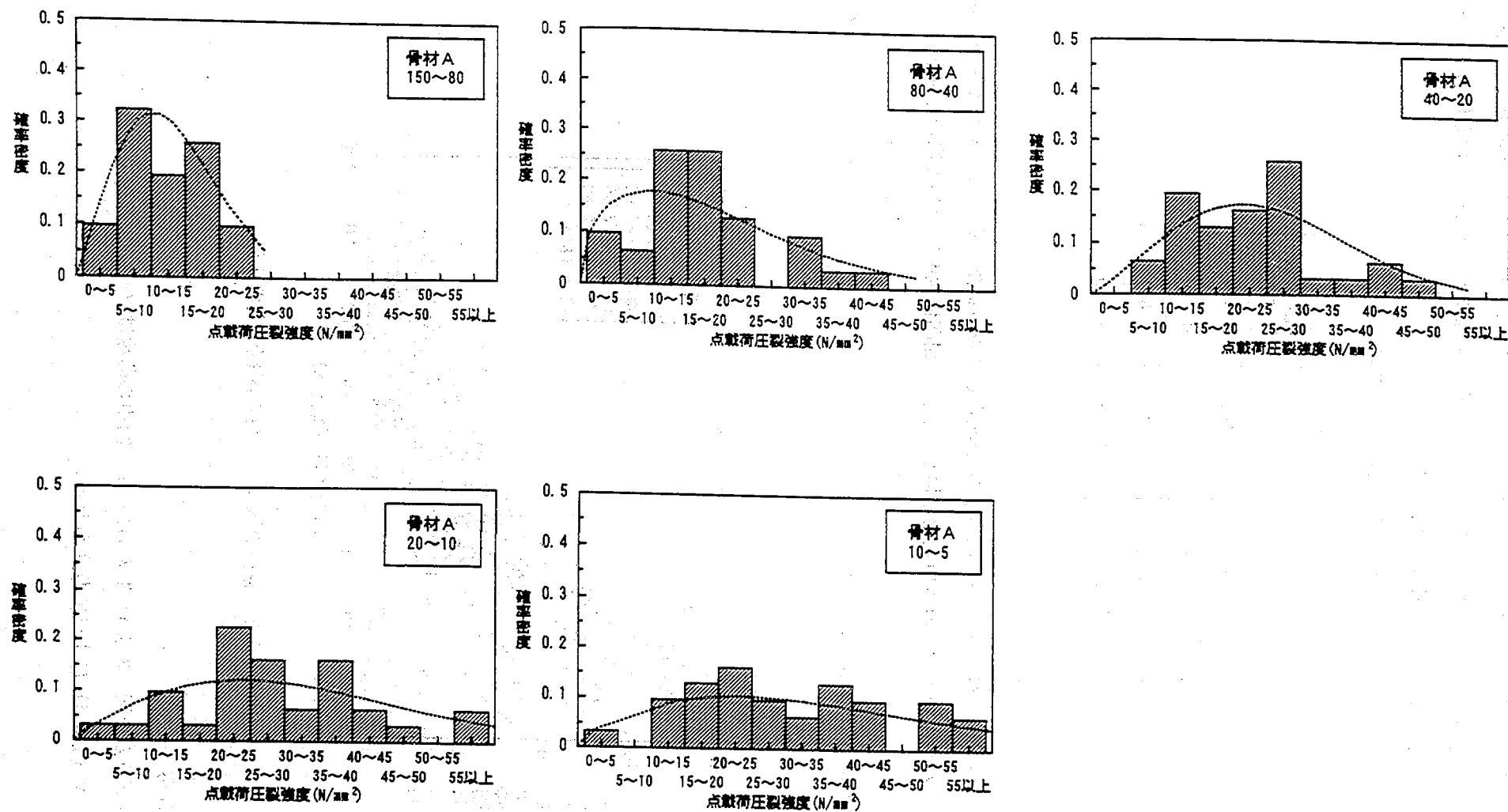


図-3.3.4 圧裂強度の分布 (骨材A)
(a) 単粒度

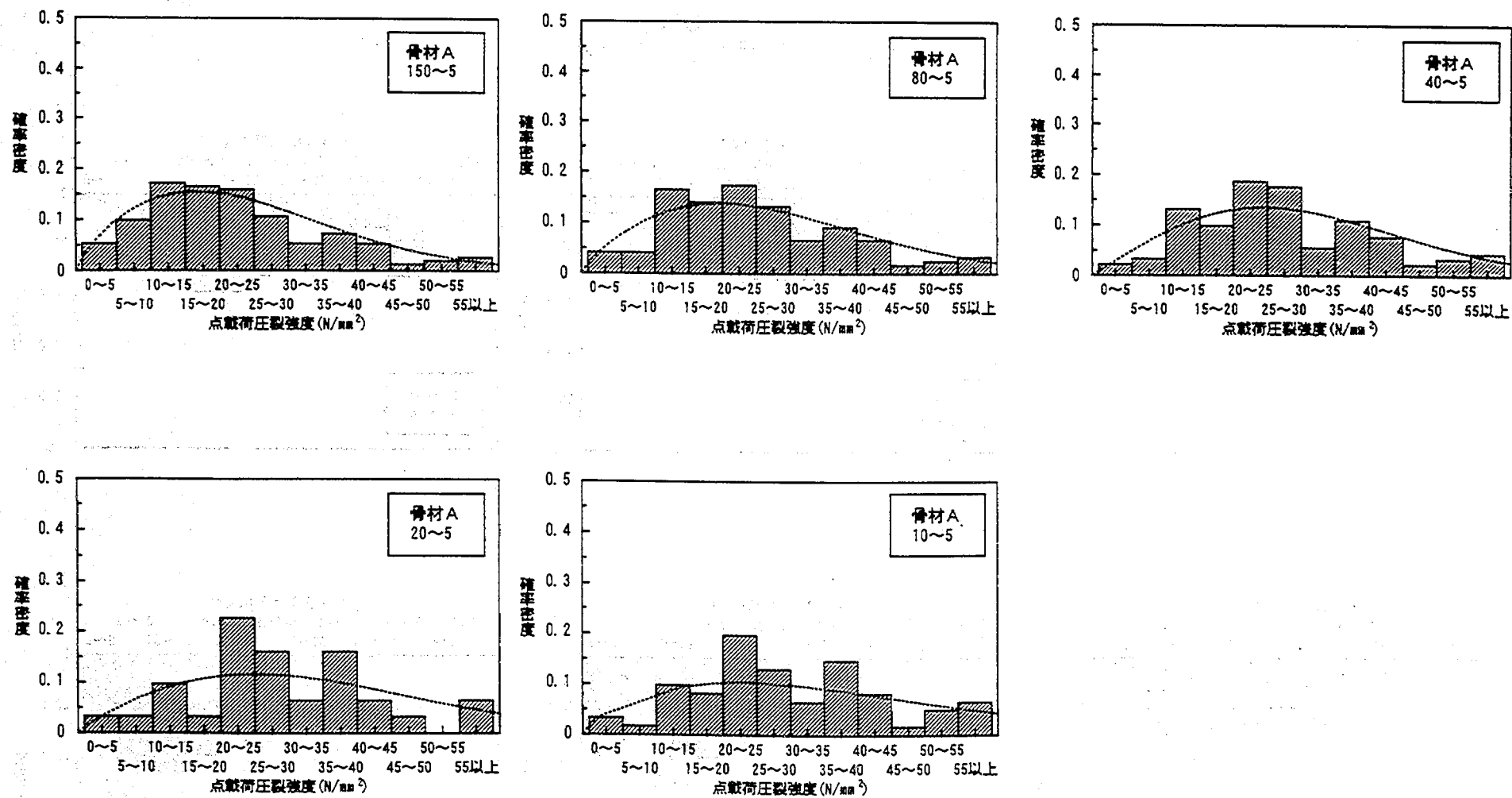


図-3.3.4 圧裂強度の分布 (骨材A)
(b) 連続粒度

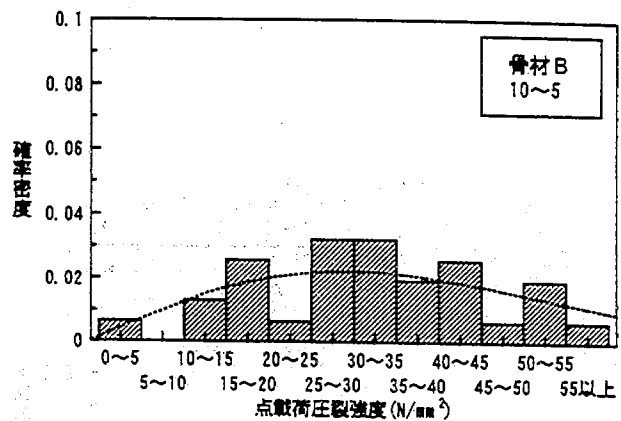
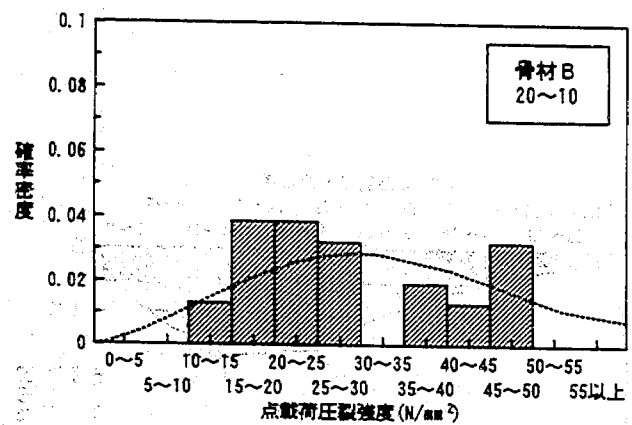
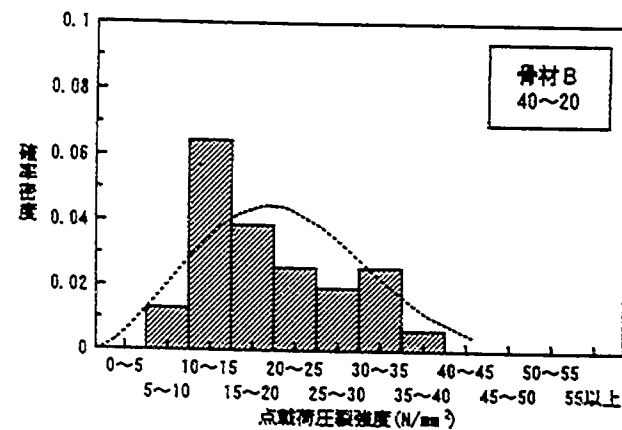
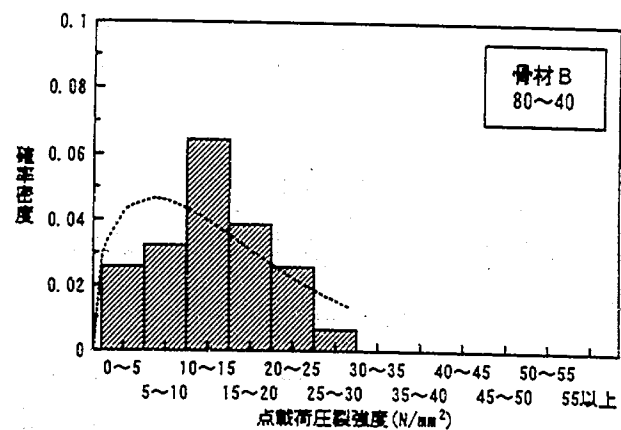
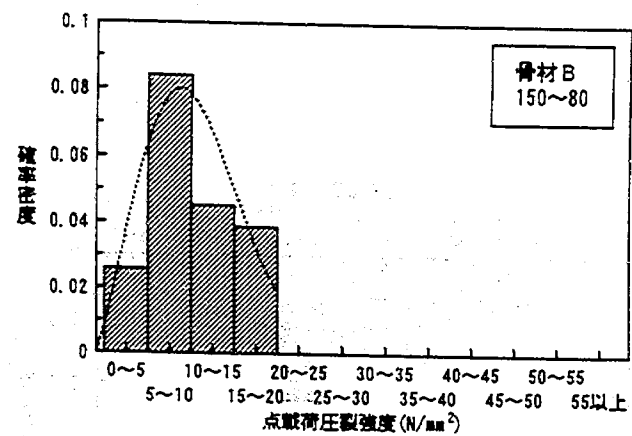


図-3.3.5 圧裂強度の分布 (骨材B)
(a)-単粒度

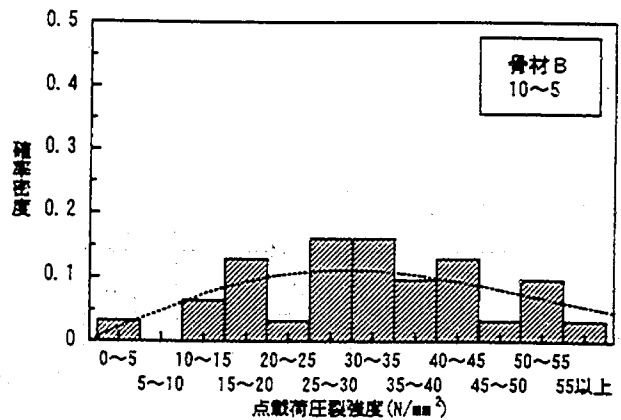
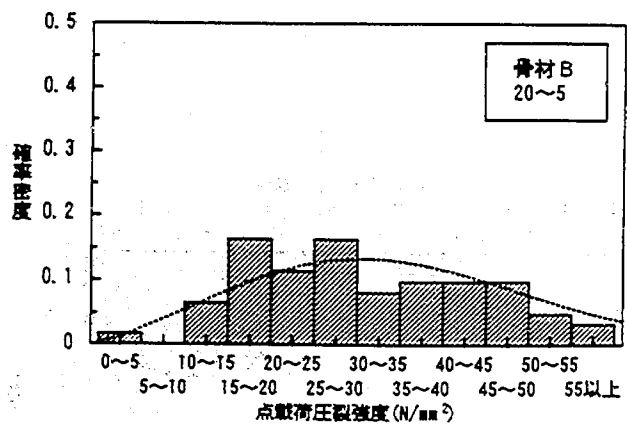
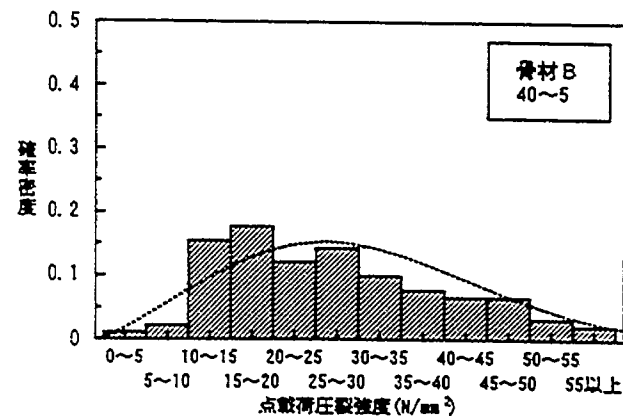
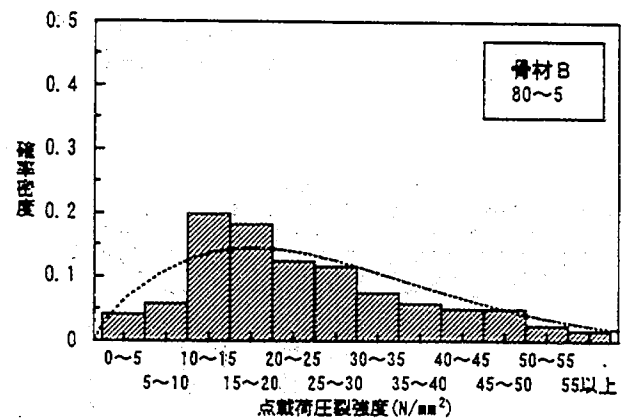
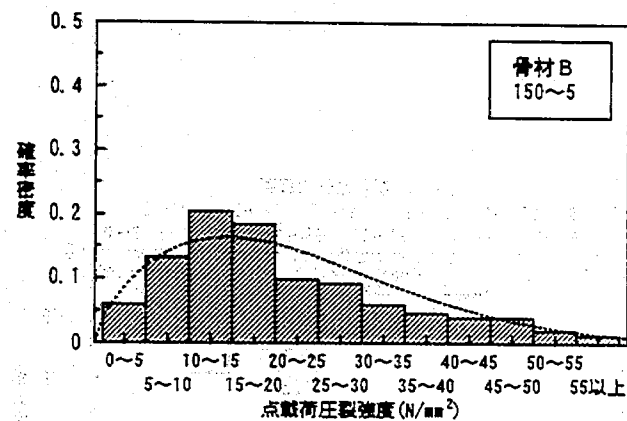


図-3.3.5 圧裂強度の分布 (骨材B)
(b) 連続粒度

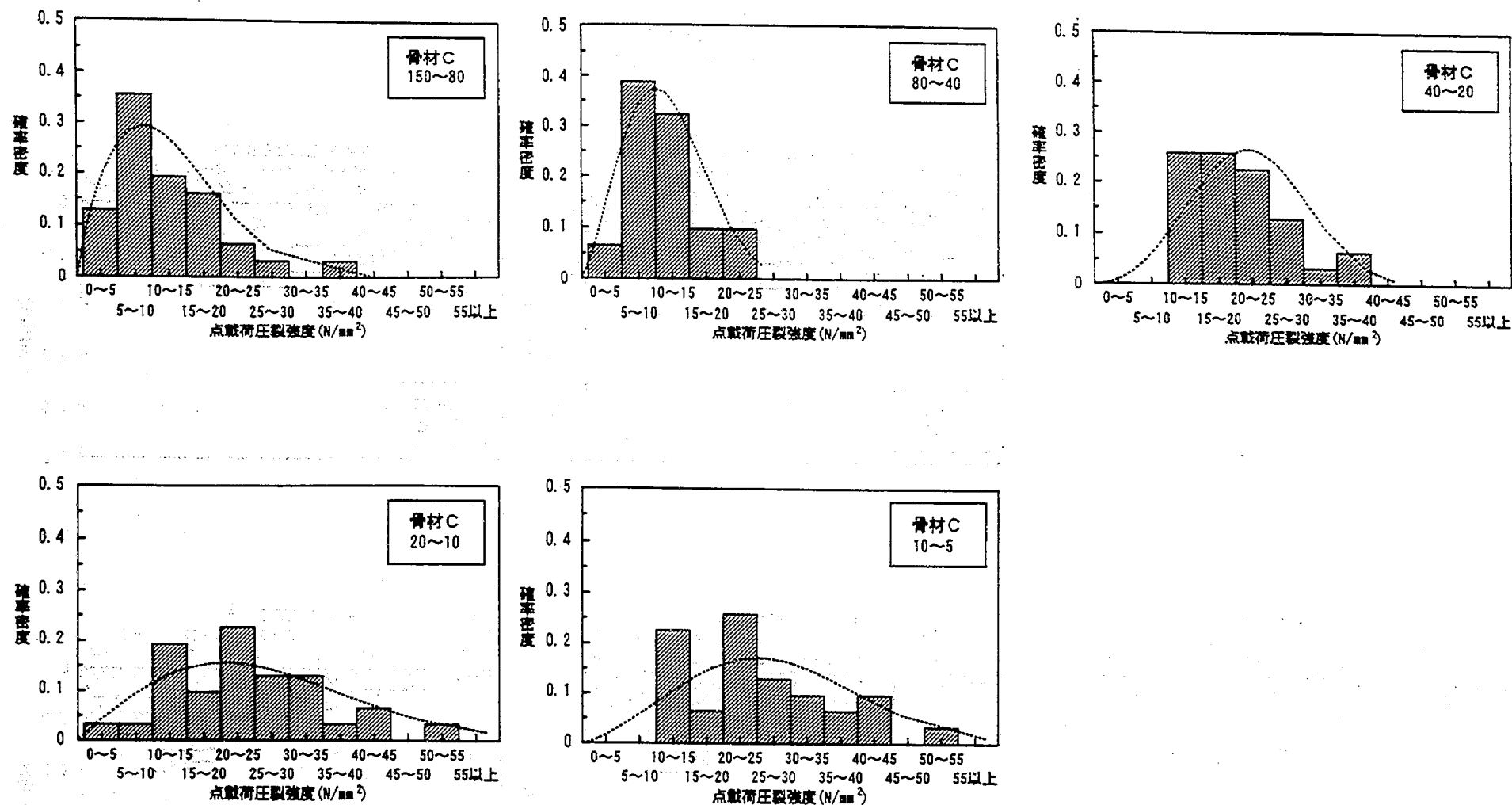


図-3.3.6 圧裂強度の分布 (骨材C)
(a) 単粒度

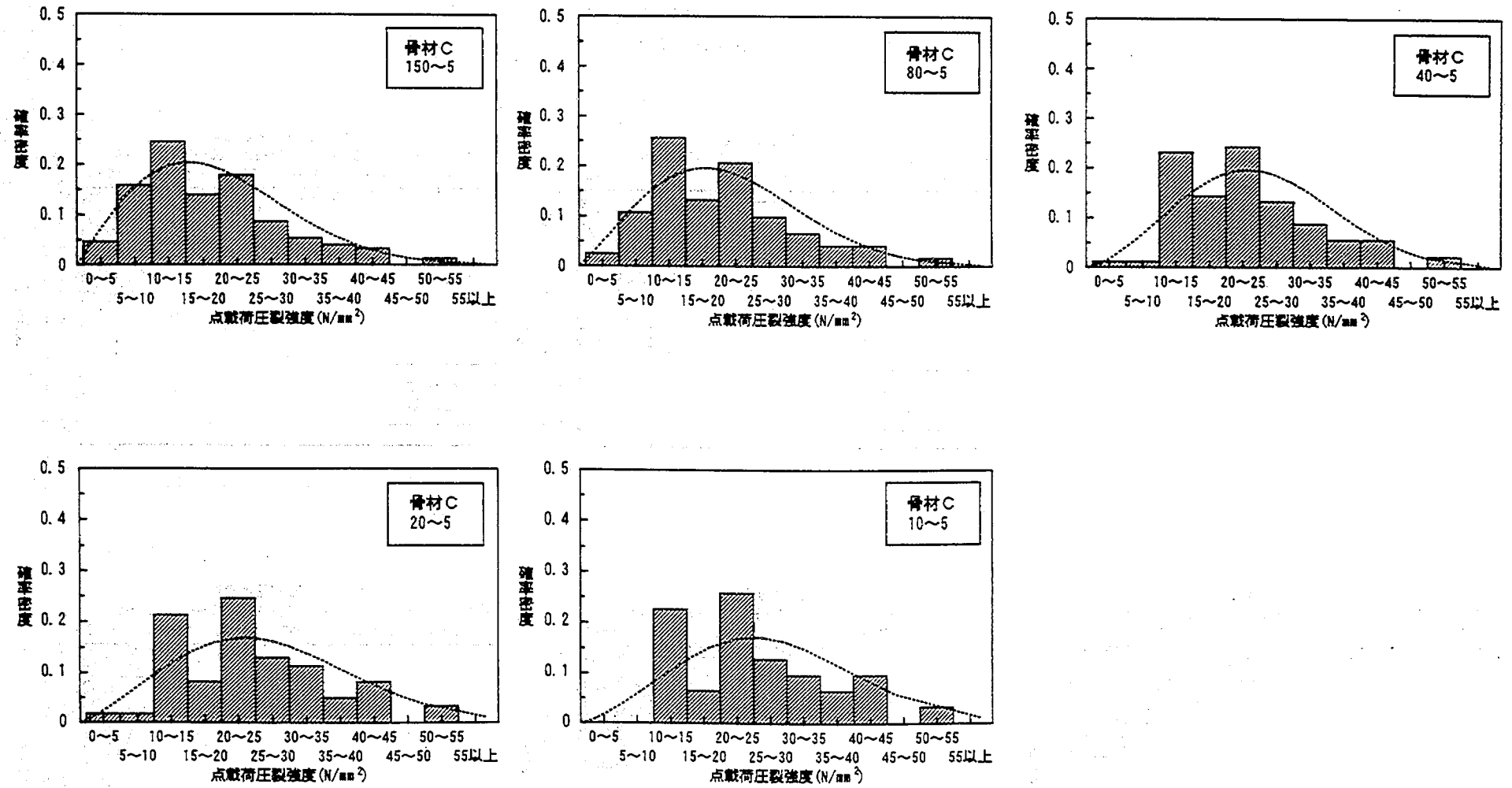


図-3.3.6 圧裂強度の分布 (骨材C)
(b) 連続粒度

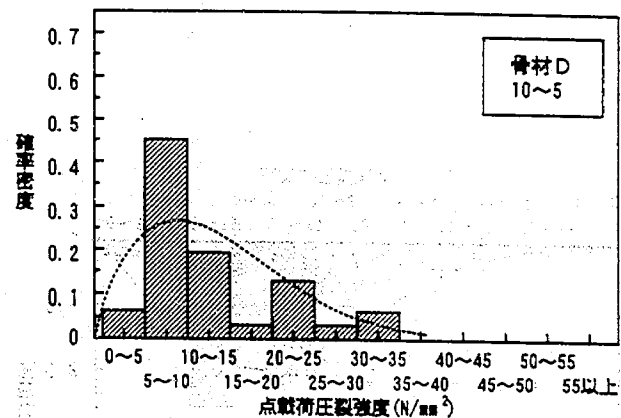
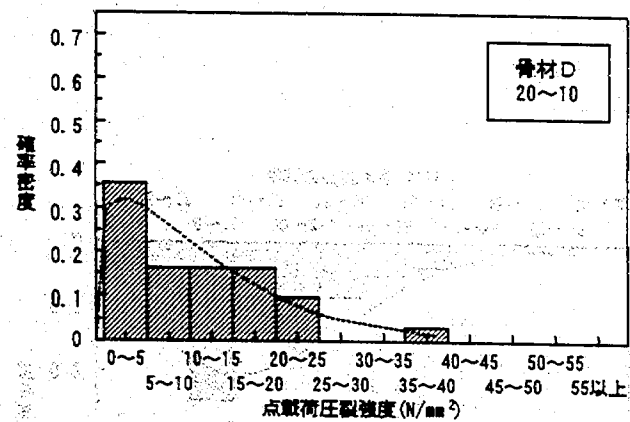
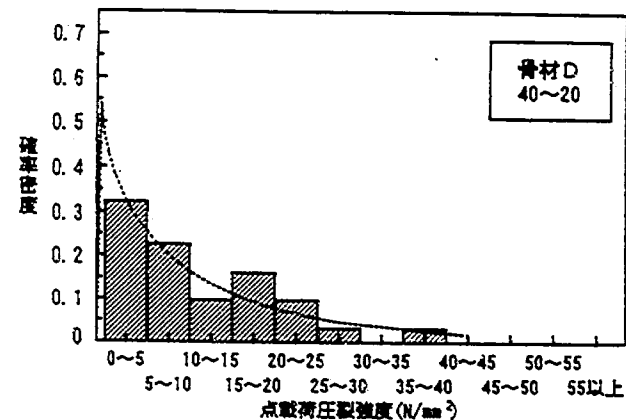
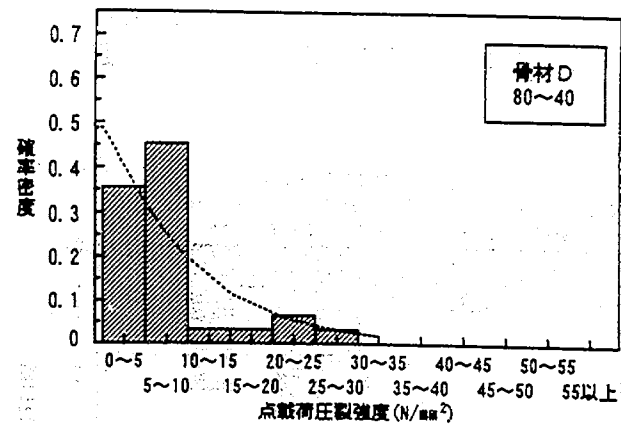
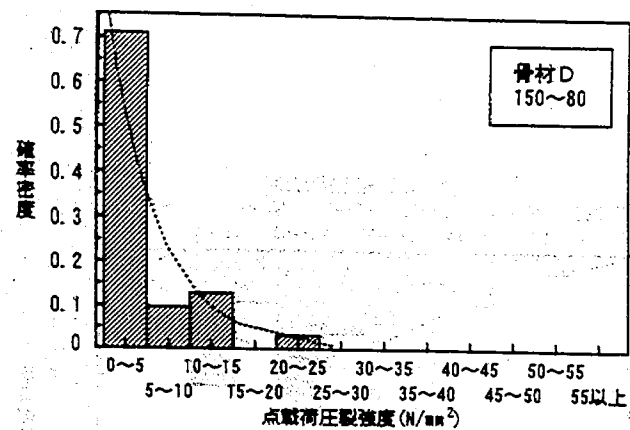


図-3.3.7 圧裂強度の分布 (骨材D)
(a) 単粒度

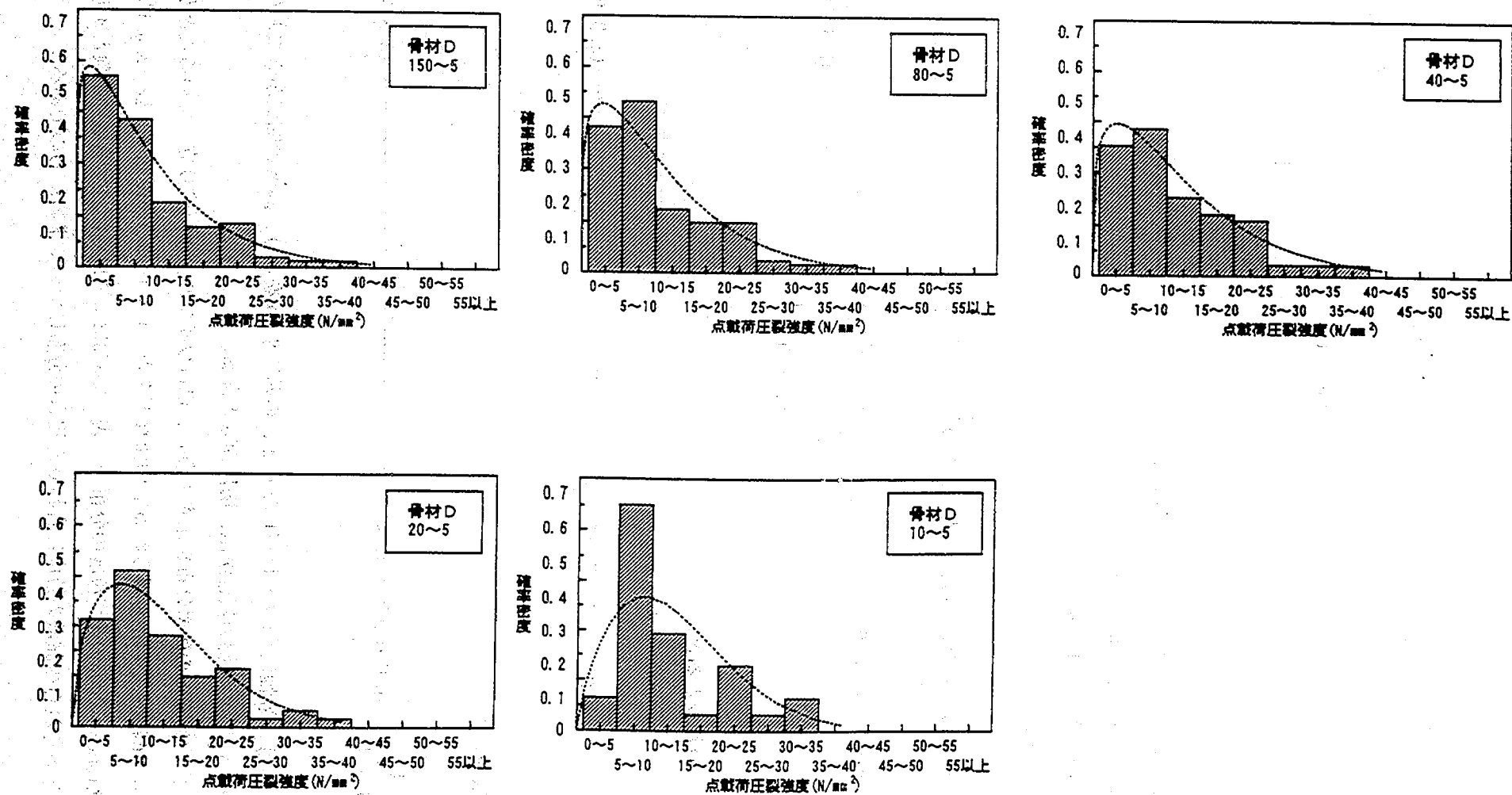


図-3.3.7 圧裂強度の分布 (骨材D)
(b) 連続粒度

$$\left. \begin{aligned} f(\sigma) &= \frac{m}{\alpha} \sigma^{m-1} \exp(-\sigma^m / \alpha) & (\sigma > 0) \\ f(\sigma) &= 0 & (\sigma \leq 0) \end{aligned} \right\} \quad (3.3.4)$$

ここに、 σ : 応力

m : 形状母数 (ワイブル定数とも呼ばれる)

$0 < m < 1$ のとき、指数分布

$m > 1$ のとき、一山分布

α : 尺度母数

ワイブル分布の破壊確率分布関数 $P(\sigma)$ は、式 (3.3.5) で表される。

$$\left. \begin{aligned} P(\sigma) &= 1 - \exp(-\sigma^m / \alpha) & (\sigma > 0) \\ P(\sigma) &= 0 & (\sigma \leq 0) \end{aligned} \right\} \quad (3.3.5)$$

式 (3.3.5) の両辺の対数をとると、

$$\ln \frac{1}{1-P} = \sigma^m / \alpha \quad (3.3.6)$$

もう1回両辺の対数をとると、

$$\ln \ln \frac{1}{1-P} = m \ln \sigma - \ln \alpha \quad (3.3.7)$$

を得る。式 (3.3.7) は、縦軸に $\ln \ln \{1/(1-P)\}$ を、横軸に $\ln \alpha$ をとり、両者の関係が直線となれば、ワイブル分布にしたがい、この直線の傾きが m 、切片が α となる。

図-3.3.8~3.3.11に圧裂強度の確率分布を示すように、ほぼワイブル分布が成り立っていることがわかる。そのときのワイブル分布関数とそれから得られる平均値などを表-3.3.1~3.3.3に示す。表-3.3.1は各粒度の分布、表-3.3.2は15005~2005の連続粒度の分布を、表-3.3.3は次節以降検討する破碎試験とすりへり試験の結果と比較するためそれらの試験の粒度に合わせた場合の分布について求めたものである。

表-3.3.1 圧裂強度のワイブル分布 (単粒度)

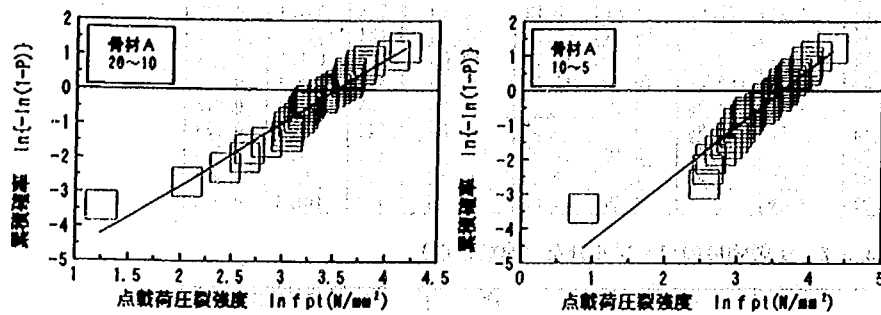
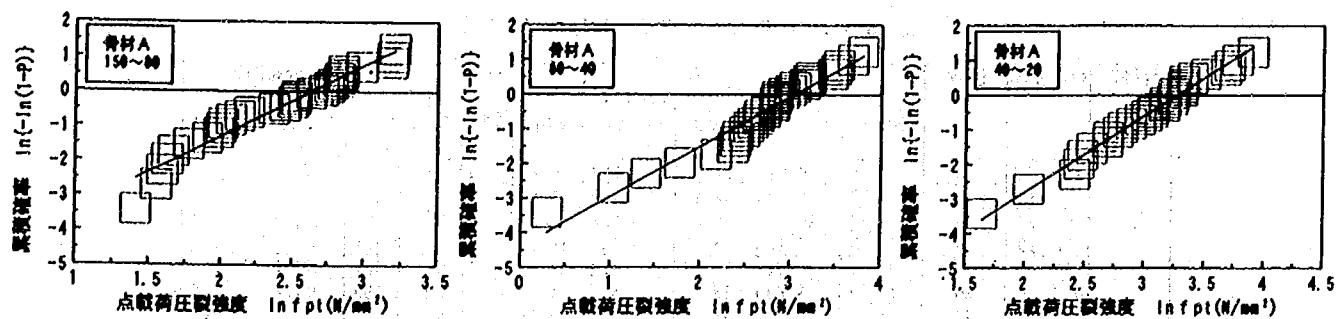
竹材の種類	粒度範囲	個数	圧 裂 強 度 (N/mm ²)						ワイブル分布関数		
			平均値	ピーク値	最大値	最小値	標準偏差	変動係数 (%)	形状母数 m	尺度母数 α	相関係数 r
A	150~80	30	12.31	10.08	24.71	4.11	6.26	50.9	2.063	228.0	0.974
	80~40	30	18.78	9.28	44.41	1.35	13.13	69.9	1.452	81.6	0.976
	40~20	30	23.37	20.02	49.58	5.18	11.24	48.1	2.198	1329.9	0.993
	20~10	30	29.19	22.15	64.87	3.48	16.77	57.4	1.851	672.9	0.977
	10~5	30	33.04	21.24	73.83	2.41	20.43	61.8	1.661	402.5	0.956
B	150~80	30	10.09	8.63	18.46	2.87	4.87	48.2	2.190	206.4	0.980
	80~40	30	14.31	6.29	26.80	0.94	10.51	73.5	1.387	46.0	0.968
	40~20	30	19.84	18.18	39.60	7.39	8.57	43.2	2.482	2243.7	0.969
	20~10	30	30.20	27.29	69.75	13.68	11.89	39.4	2.420	5091.2	0.951
	10~5	30	33.77	26.76	60.41	3.91	17.80	52.7	1.983	1367.5	0.963
C	150~80	30	12.13	8.71	38.21	3.53	7.02	57.8	1.796	110.1	0.973
	80~40	30	11.18	9.82	23.69	3.22	5.19	46.4	2.288	331.1	0.985
	40~20	30	20.52	20.30	39.71	10.15	7.22	35.2	3.134	18418.0	0.973
	20~10	30	24.16	19.05	53.24	3.77	12.79	53.0	1.973	678.8	0.991
	10~5	30	25.53	23.24	53.39	10.01	11.16	43.7	2.447	3728.1	0.982
D	150~80	30	5.30	0.03	24.35	0.15	5.26	99.3	1.005	5.4	0.973
	80~40	30	8.75	0.41	29.39	0.14	8.39	95.8	1.042	9.8	0.958
	40~20	30	12.35	—	38.31	0.40	14.03	113.7	0.880	8.6	0.985
	20~10	30	11.02	2.87	35.00	1.32	9.08	82.4	1.218	20.2	0.980
	10~5	30	13.07	8.84	34.92	4.35	7.83	59.9	1.720	101.4	0.932

表-3.3.2 圧裂強度のワイブル分布 (連続粒度)

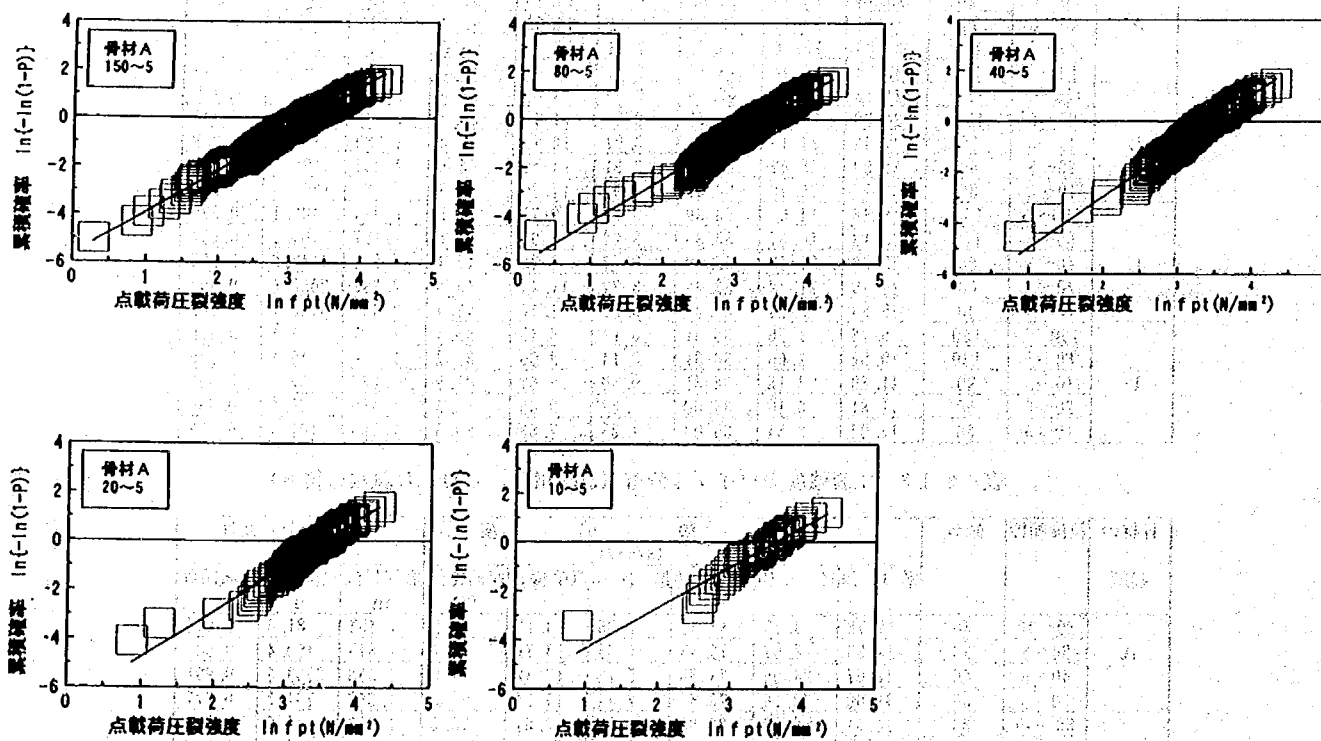
竹材の種類	粒度範囲	個数	圧 裂 強 度 (N/mm ²)						ワイブル分布関数		
			平均値	ピーク値	最大値	最小値	標準偏差	変動係数 (%)	形状母数 m	尺度母数 α	相関係数 r
A	150~5	150	22.71	15.68	73.83	1.35	13.42	59.1	1.747	286.5	0.998
	80~5	120	25.74	18.35	73.83	1.35	14.86	57.7	1.792	415.8	0.990
	40~5	90	28.15	22.61	73.83	2.41	14.62	52.0	2.015	1063.8	0.990
	20~5	60	31.00	23.16	73.83	2.41	17.24	55.6	1.867	761.2	0.977
	10~5	30	33.04	21.24	73.83	2.41	15.68	47.5	1.661	402.5	0.956
B	150~5	150	21.13	13.70	69.75	0.94	13.00	61.5	1.670	197.3	0.995
	80~5	120	24.38	16.68	69.75	0.94	14.49	59.4	1.735	311.4	0.986
	40~5	90	27.43	24.10	69.75	3.91	12.72	46.4	2.289	2588.7	0.988
	20~5	60	31.59	28.07	69.75	3.91	14.40	45.6	2.334	4199.2	0.978
	10~5	30	33.77	26.76	60.41	3.91	17.80	52.7	1.983	1367.5	0.963
C	150~5	150	18.48	14.58	53.39	3.22	9.78	52.9	1.974	402.1	0.990
	80~5	120	20.13	16.87	53.39	3.22	9.97	49.5	2.127	767.7	0.994
	40~5	90	23.22	21.53	53.39	3.77	9.78	42.1	2.552	4147.0	0.987
	20~5	60	24.70	21.72	53.39	3.77	11.44	46.3	2.292	2053.6	0.992
	10~5	30	25.53	23.24	53.39	10.01	11.16	43.7	2.447	3728.1	0.982
D	150~5	150	9.76	1.56	38.31	0.14	8.43	86.4	1.137	13.8	0.996
	80~5	120	10.82	2.66	38.31	0.14	9.00	83.2	1.206	19.1	0.996
	40~5	90	11.80	3.18	38.31	0.40	9.67	81.9	1.226	22.4	0.997
	20~5	60	11.81	6.16	35.00	1.32	8.09	68.5	1.486	45.6	0.990
	10~5	30	13.07	8.84	35.00	4.35	7.83	59.9	1.720	101.4	0.932

表-3.3.3 圧裂強度のワイブル分布 (破碎試験、すりへり試験の粒度)

竹材の種類	粒度範囲	個数	圧 裂 強 度 (N/mm ²)						ワイブル分布関数		
			平均値	ピーク値	最大値	最小値	標準偏差	変動係数 (%)	形状母数 m	尺度母数 α	相関係数 r
A	80~40	30	18.78	9.28	44.41	1.35	13.13	69.9	1.452	81.6	0.976
	80~5	90	24.38	17.97	73.83	1.35	13.71	56.2	1.845	450.4	0.986
	40~5	60	27.07	24.06	73.83	5.18	12.32	45.5	2.338	2963.3	0.991
	20~5	30	31.00	23.16	73.83	2.41	17.24	55.6	1.867	761.2	0.977
B	80~40	30	14.31	6.29	26.80	0.94	10.51	73.5	1.387	46.0	0.968
	80~5	90	23.08	14.51	69.75	0.94	14.46	62.6	1.638	205.3	0.983
	40~5	60	27.16	23.61	69.75	7.39	12.81	47.2	2.247	2193.3	0.979
	20~5	30	31.59	28.07	69.75	3.91	14.40	45.6	2.334	4199.2	0.978
C	80~40	30	11.18	9.82	23.69	3.22	5.19	46.4	2.288	331.1	0.985
	80~5	90	18.93	15.55	44.94	3.22	9.59	50.7	2.073	570.6	0.995
	40~5	60	22.97	21.34	44.94	3.77	8.98	39.1	2.561	4165.3	0.982
	20~5	30	24.70	21.72	53.39	3.77	11.44	46.3	2.292	2053.6	0.992
D	80~40	30	8.75	0.41	29.39	0.14	8.39	95.8	1.042	9.8	0.958
	80~5	90	10.90	1.74	38.31	0.14	9.62	88.3	1.134	15.8	0.996
	40~5	60	12.52	1.78	38.31	0.40	11.18	89.3	1.120	17.8	0.996
	20~5	30	11.81	6.16	35.00	1.32	8.09	68.5	1.486	45.6	0.990

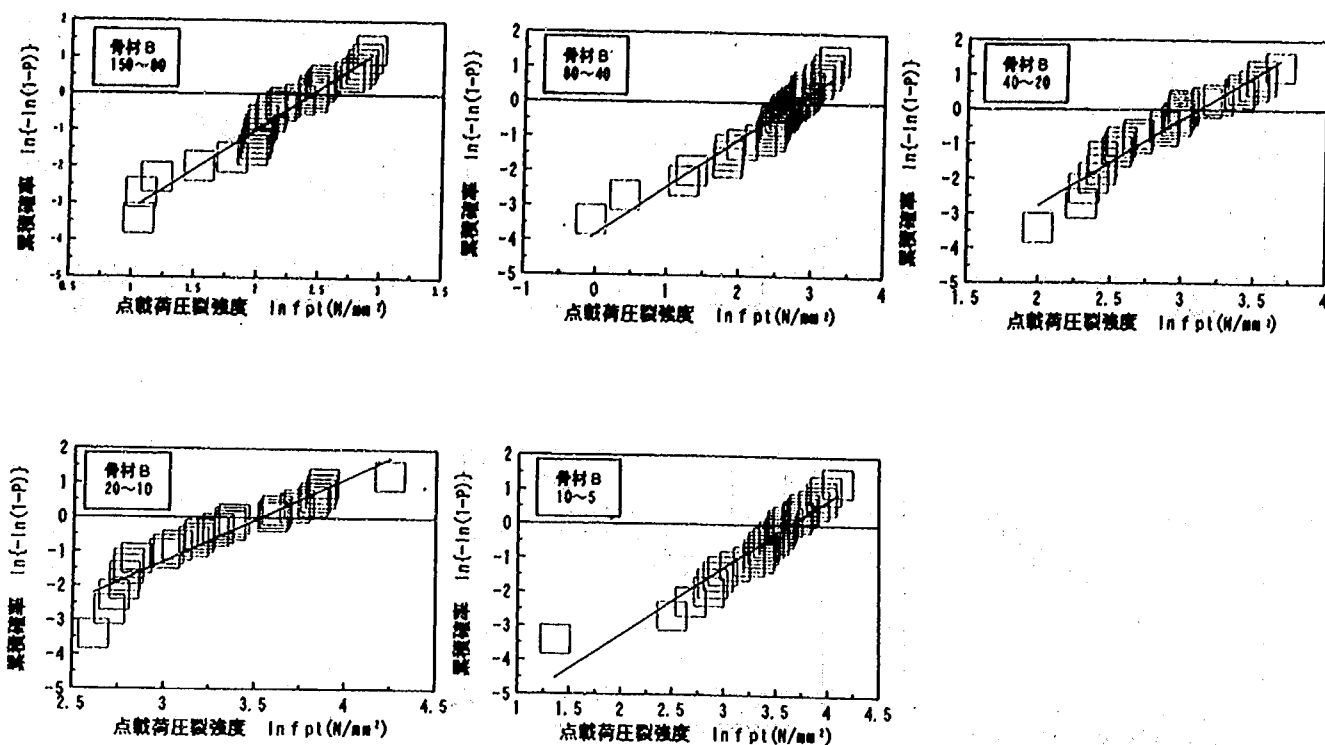


(a) 単粒度

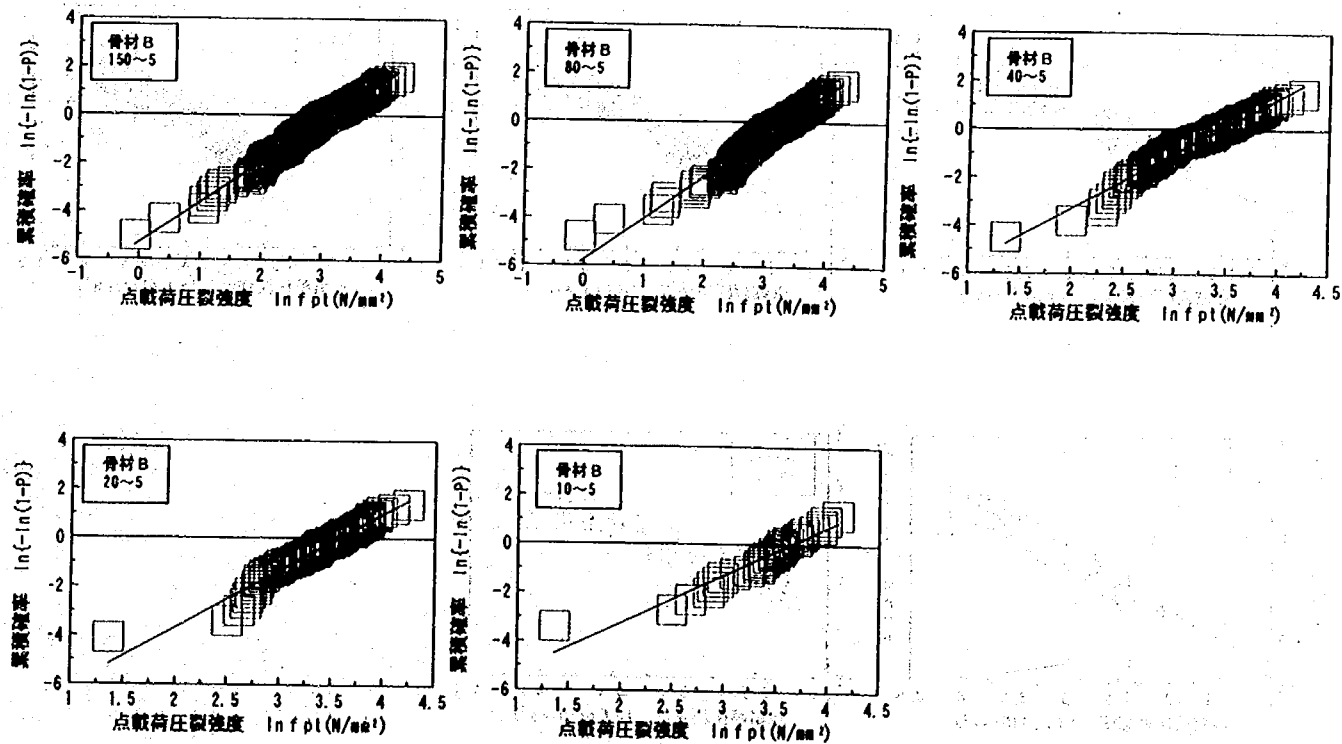


(b) 連続粒度

図-3.3.8 圧裂強度の確率分布 (骨材A)

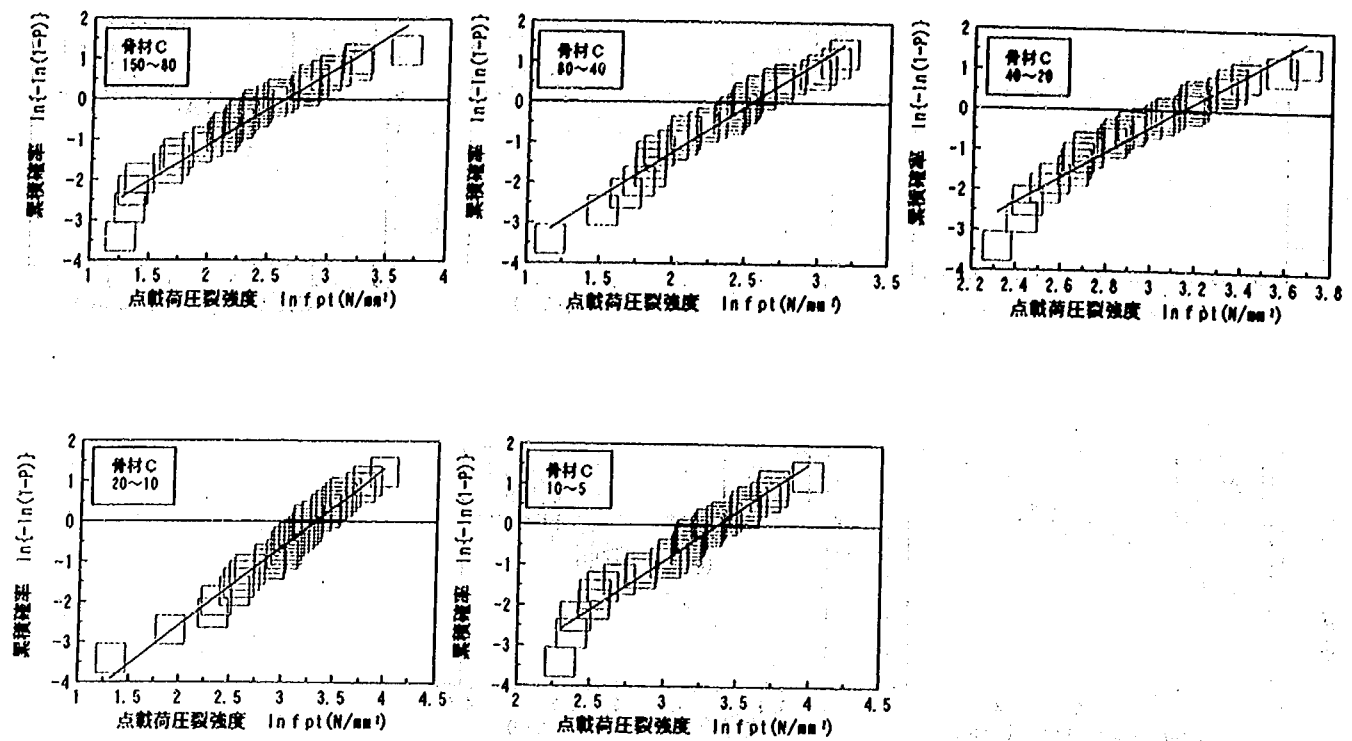


(a) 単粒度

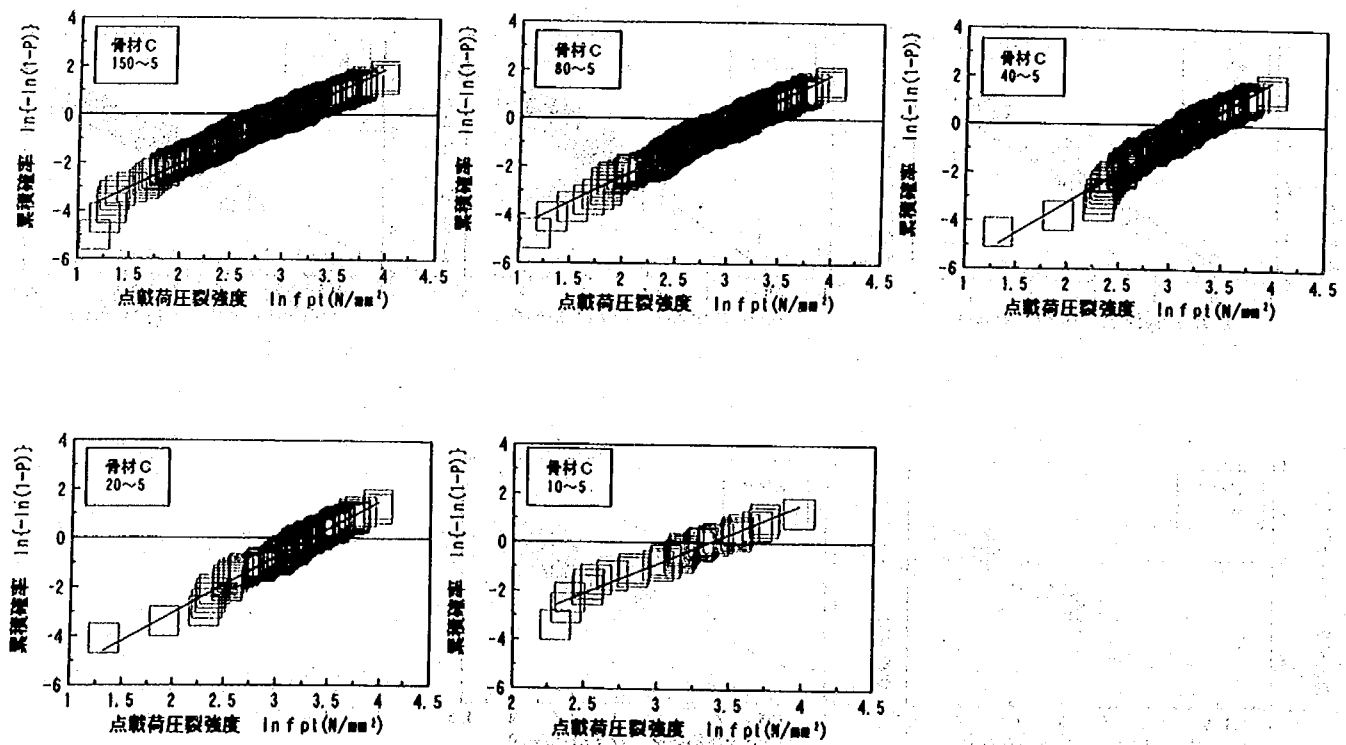


(b) 連続粒度

図-3.3.9 圧裂強度の確率分布 (骨材B)

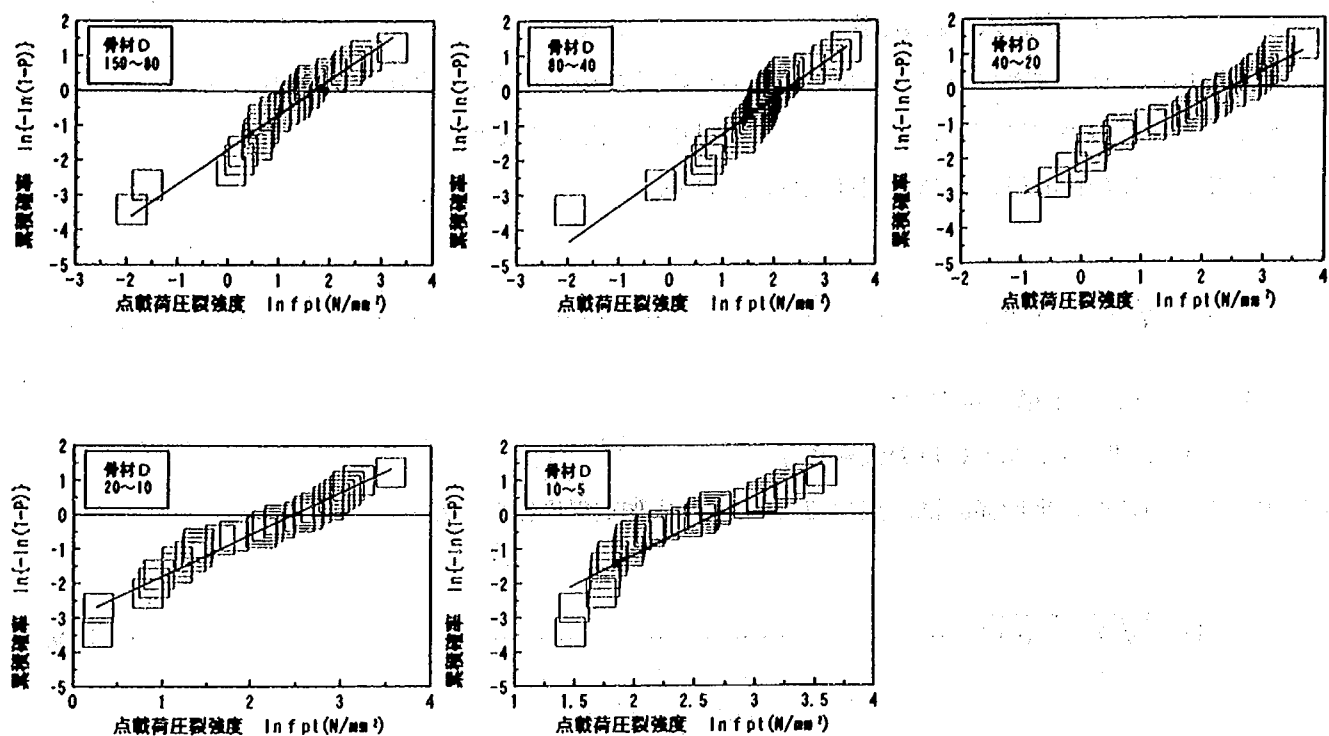


(a) 単粒度

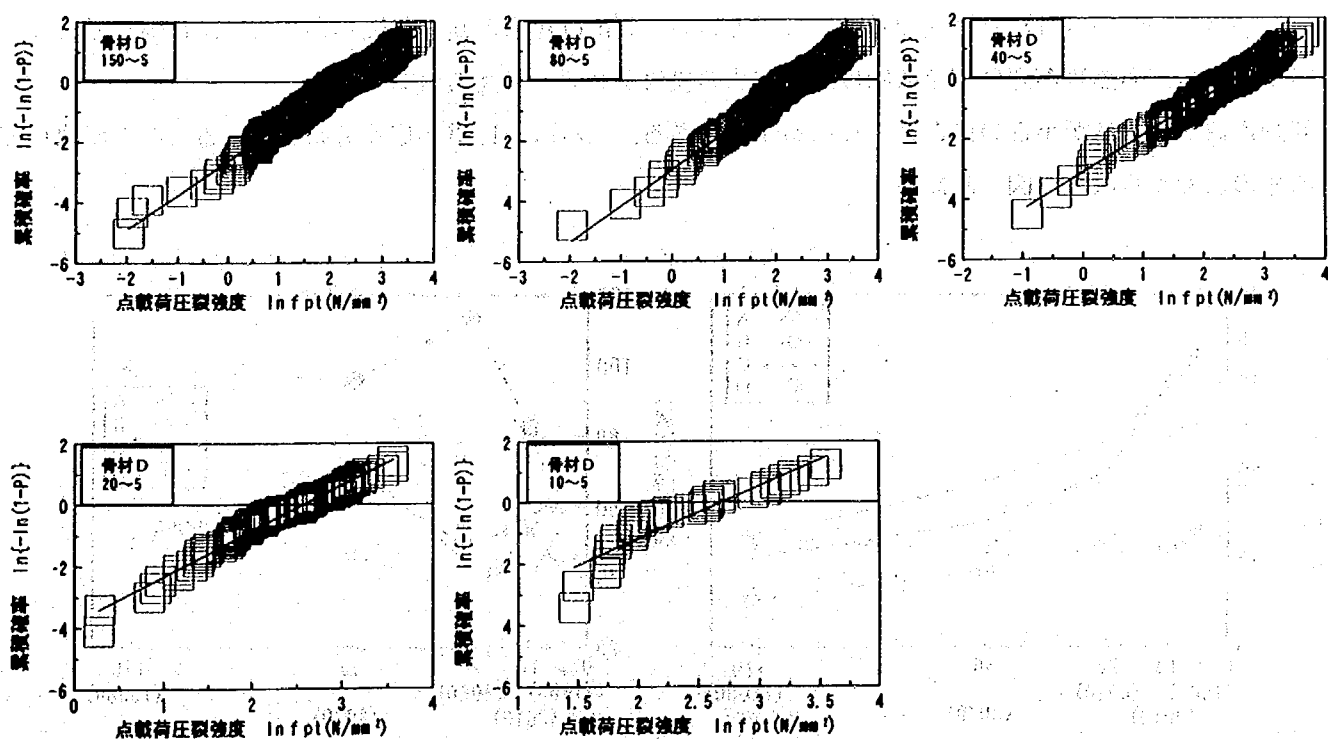


(b) 連続粒度

図-3.3.10 圧裂強度の確率分布 (骨材C)



(a) 単粒度



(b) 連続粒度

図-3.3.11 圧裂強度の確率分布 (骨材D)

3.3.5 粒径ごとの圧裂強度、変動係数

図-3.3.12に、各粒度とワイブル分布から求めた圧裂強度の平均値、変動係数の関係を示す。

横軸は、各粒度の平均径で表している。平均径は以下のように求めた^{3.1)}

まず、単一粒度の径 d_i は、式(3.3.8)によって求める。

$$d_i = \sqrt{\ell_{i-1} \cdot \ell_i} \quad \text{----- (3.3.8)}$$

ここに、 d_i : 単一粒度の径

ℓ_i, ℓ_{i-1} : ふるい目の大きさ

求めようとする粒度の平均径 d_w は、式(3.3.9)で表わす加重平均径とした。

$$d_w = \sqrt[3]{\sum p_i d_i^3} \quad \text{----- (3.3.9)}$$

ここに、 p_i : 求めようとする粒度に対する、 i 番目の粒度の質量化

圧裂強度は、粒径が大きくなるにしたがい低下している。これは物理試験による比重、吸水率の関係(表-3.1.1および図-3.1.1)とは逆の傾向になっている。強度は比重と高い相関があることはわかっており、粒径が変化しても品質が評価できる物理試験方法の検討が必要と考えられる。

変動係数は、強度が小さいほど大きくなる傾向がある。これは、比重が広く分布していることを反映しているものと考えられる(図-3.2.3)。

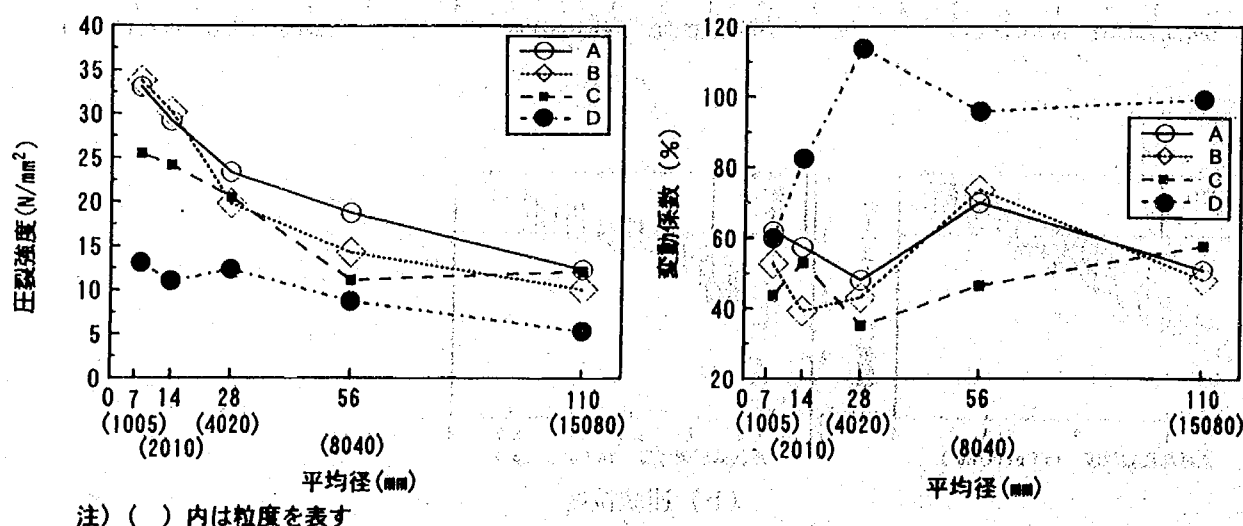


図-3.3.12 骨材の平均径ごとの圧裂強度

3.1) 村田, 岩崎, 児玉: コンクリートの科学と技術, 山海堂, pp. 57~59, 1996年

3. 4 破碎試験結果

3. 4. 1 試験結果

破碎試験によって得られた応力-ひずみ関係および破碎試験前後の粒度は図-3. 4. 1~3. 4. 3のとおりであった。

応力-ひずみ関係は、荷重と沈下量の測定結果から式(3. 4. 1)によって求めたものである。

$$\left. \begin{aligned} \text{応力 } \sigma_{cr} &= \frac{\text{荷重 (N)}}{\text{容器の断面積 (mm}^2\text{)} \times \text{粗骨材の実積率}} \\ \text{ひずみ } \varepsilon_{cr} &= \frac{\text{沈下量 (mm)}}{\text{試料の高さ h (mm)}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3. 4. 1)$$

破碎試験前後の単一粒度ごとの変化は図-3. 4. 4~3. 4. 6のとおりである。

これらの関係から、求めた破碎性、変形性に関する諸数値を表-3. 4. 1に示す。

初期実積率は、破碎容器内に占める骨材容積の比率であり、式(3. 4. 2)で求めた。

$$\text{初期実積率} = \frac{\text{骨材質量} / \text{骨材比重}}{\text{容器の断面積} \times \text{試料高さ}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (3. 4. 2)$$

破碎後実積率は、破碎容器内に占める破碎後の骨材容積の比率であり、式(3. 4. 3)で求めた。

$$\text{破碎後実積率} = \frac{\text{骨材質量} / \text{骨材比重}}{\text{容器の断面積} \times (\text{試料高さ} - \text{最大荷重時の沈下量})} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (3. 4. 3)$$

破碎値は、破碎後の骨材が試験骨材の最大寸法 (G_{max}) に応じたふるい目を通過した骨材質量と試料質量の比である。ふるい目は、 $G_{max}20\text{mm}$ に対し 2.5mm を基準に、 G_{max} によって比例させ、 $G_{max}40\text{mm}$ では 5mm 、 80mm で 10mm とした。 $G_{max}80\text{mm}$ の場合、試験前の 100% の試料質量を差し引いた。

修正破碎率については次項の(4)で、応力-ひずみ関係については3. 4. 3項の(2)で述べる。

3. 4. 2 破碎性に関する検討

(1) 粒度変化

図-3. 4. 4~3. 4. 6に破碎前後の粒度変化を示すように、粒度、荷重の違いにかかわらずほぼ同じように波うっていることがわかる。最大の粒度が減少し、次の粒度の増減は比較的小さく、その次はまた減少量が多

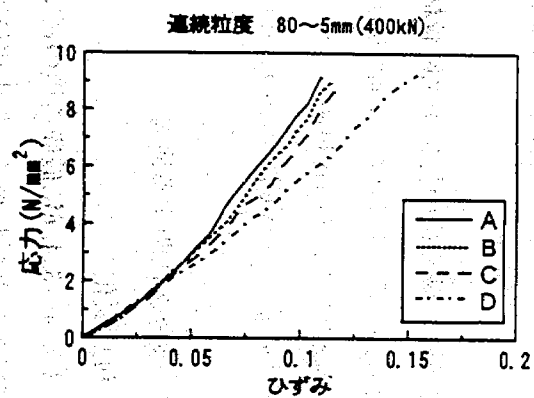
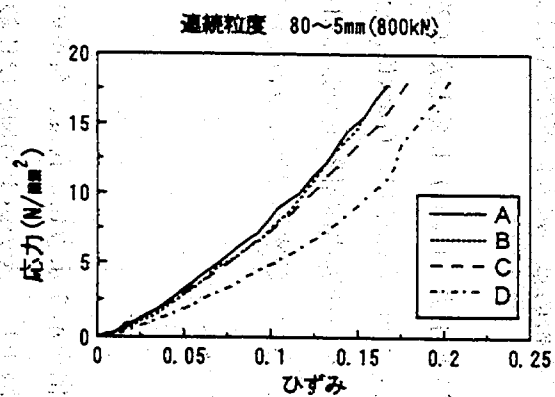
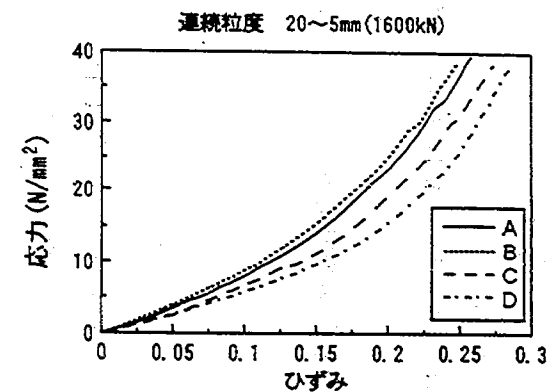
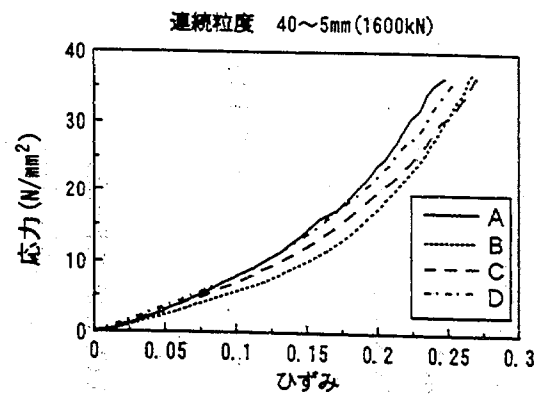
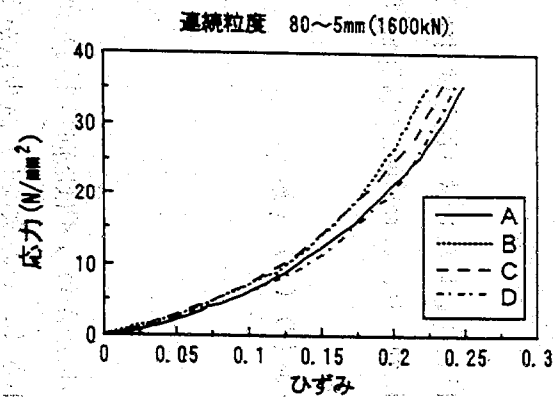


図-3.4.1 破碎試験による応力-ひずみ関係

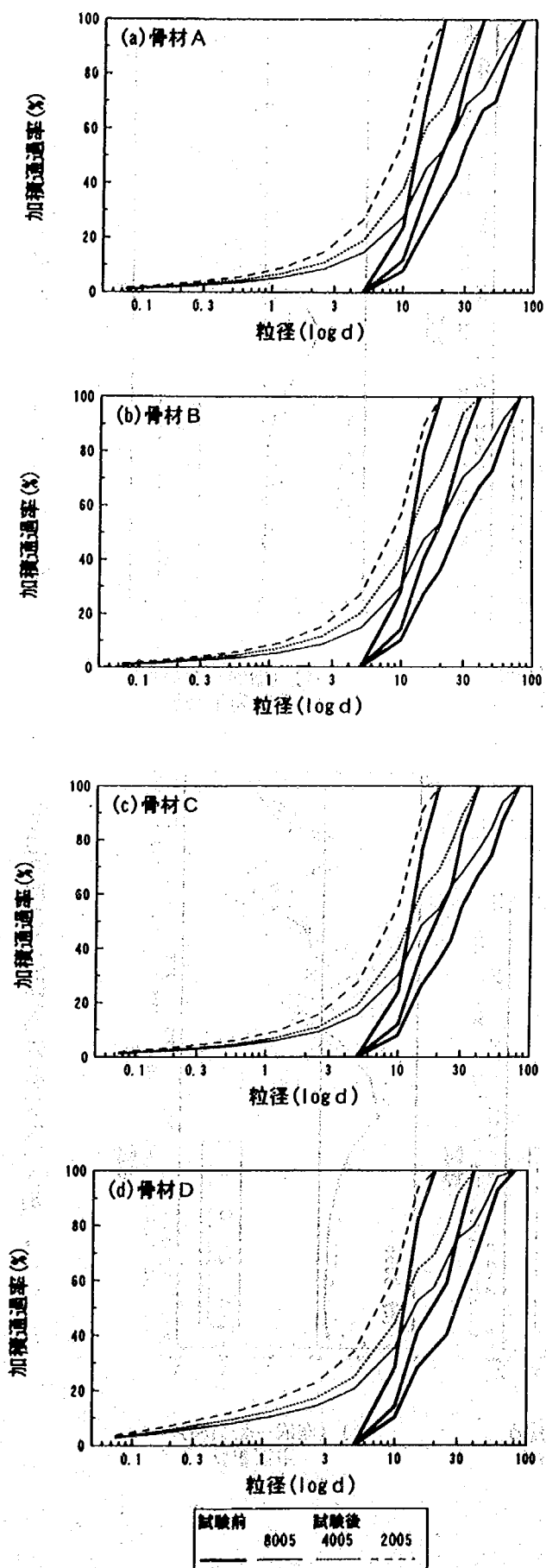


図-3.4.2 破碎試験前後の粒度 (粒度の違い)

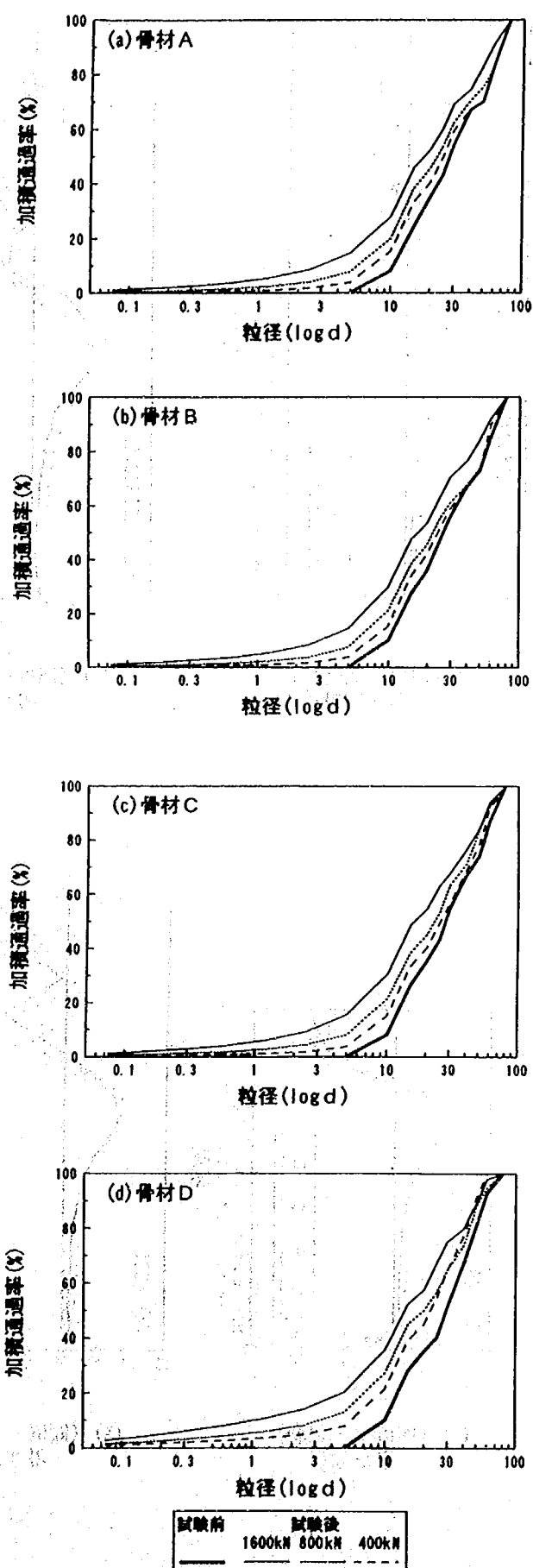


図-3.4.3 破碎試験前後の粒度 (荷重の違い)

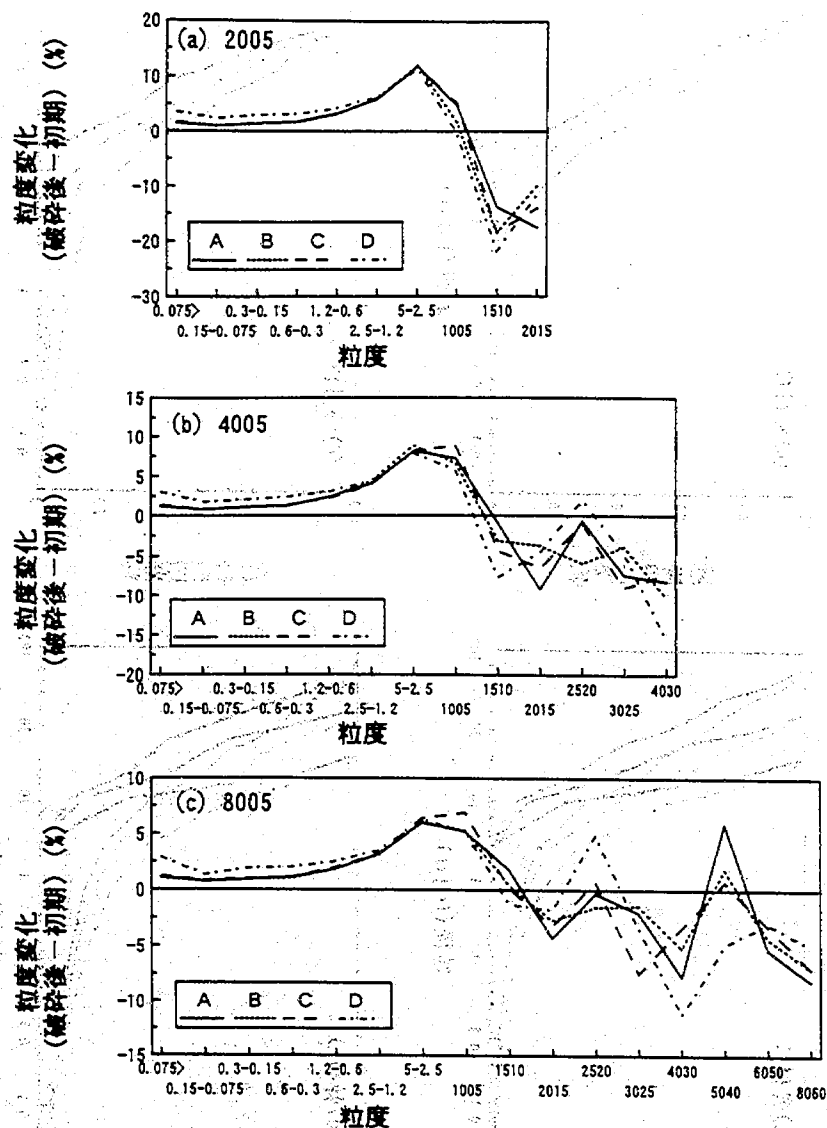


図-3.4.4 破碎試験前後の粒度変化 (粒度の違い)

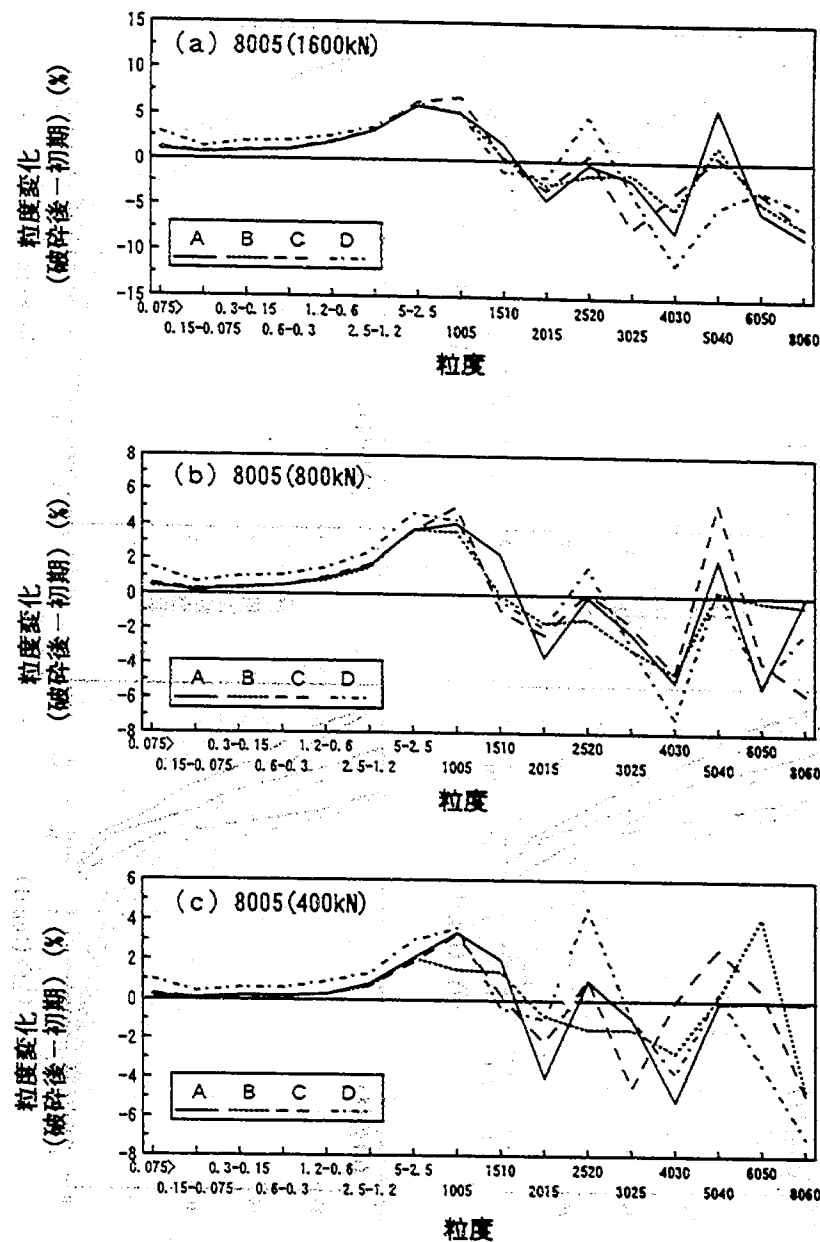


図-3.4.5 破碎試験前後の粒度変化 (荷重の違い)

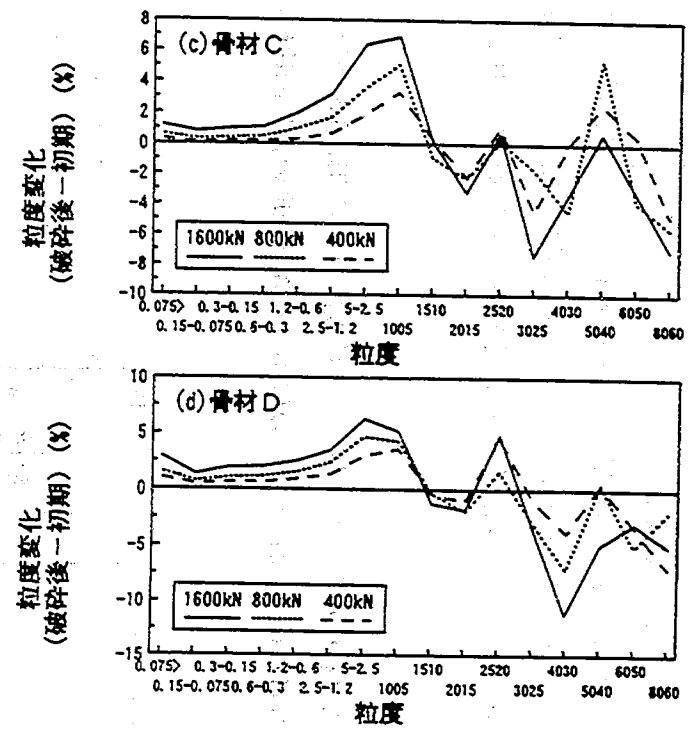
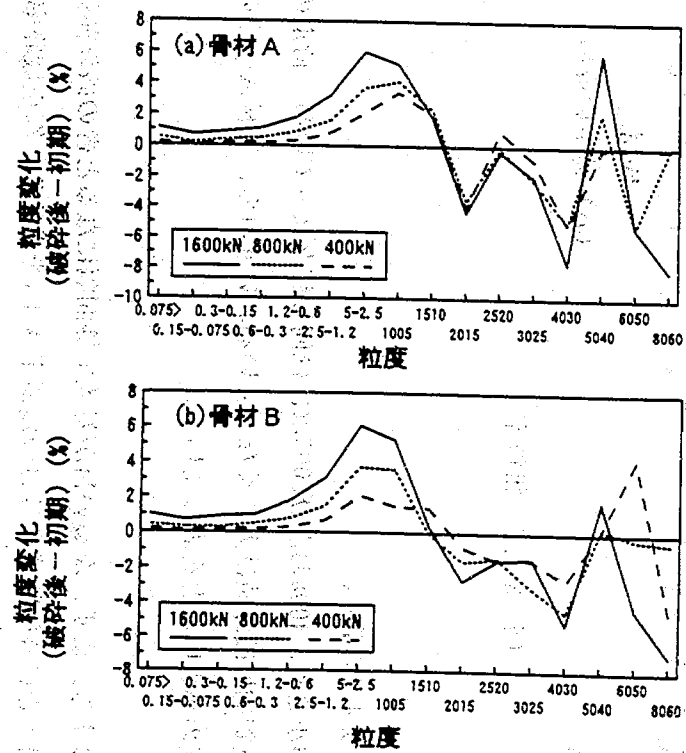


図-3.4.6 試験前後の粒度変化 (骨材の種類ごとの荷重の影響)

くなるといった傾向がある。そして、5mm以下の粒度を見ると、5～1.2mmは大きく増加しており、それ以下は粒度が小さくなるにしたがい少なくなる傾向がある。

荷重の違いでは、大きい粒径を比較すると、ばらつきはあるものの400kNでは骨材Aは8040はほとんど変化がなく、800kNではBは8040で変化なく、Aも8060で変化なく、C、Dは減少している。1600kNになると、いずれも最大粒径は減少しており、破碎されていることがわかる。骨材が大きくなって耐力が増加すれば破碎しにくいことを示している。

(2) 粗粒率

破碎後の粗粒率は5mm以下の場合の変化は小さいことから、全粒度について初期値との比によって比較したのが図-3.4.7である。骨材A～Cはほぼ一定であるが、Dは小さく骨材強度の相対的比較はできるものの、そのほかの特性を表すことはできない。

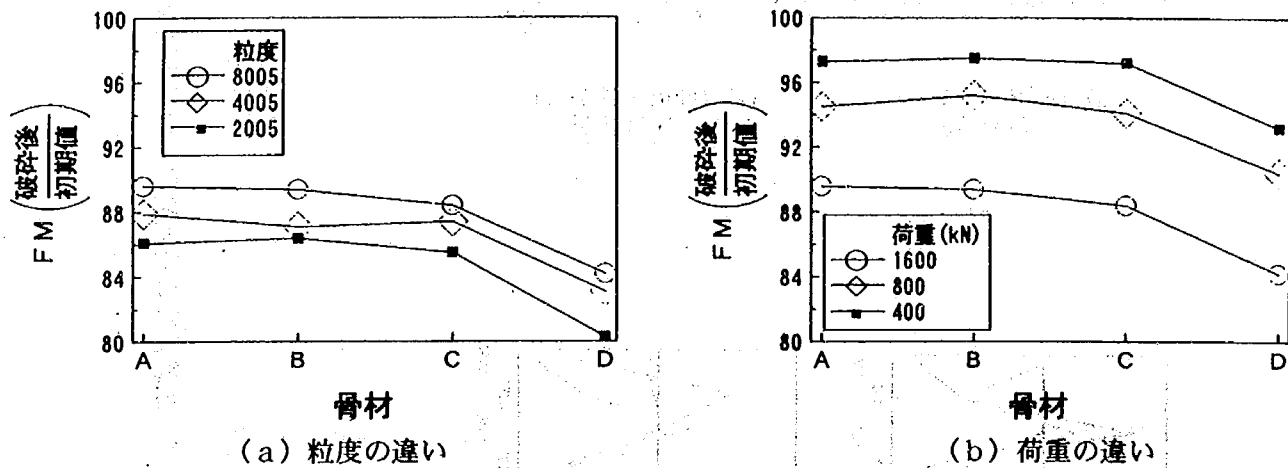


図-3.4.7 粗粒率

(3) 破碎値

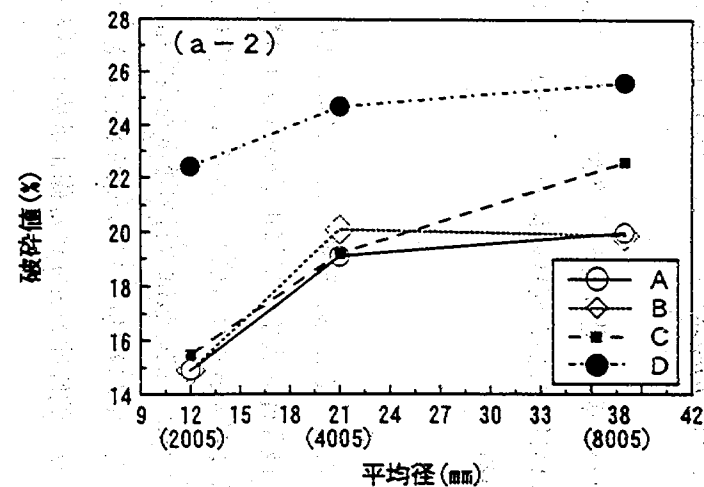
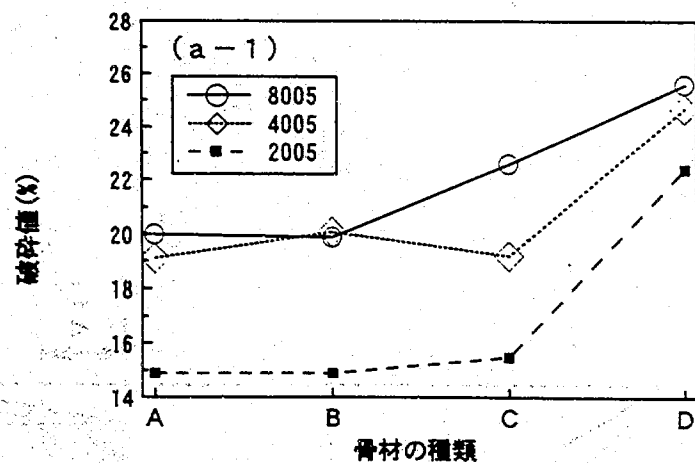
骨材の種類と破碎値の関係を図-3.4.8に示す。

粒度の違いでは、2005の破碎値が小さく、4005および8005はほぼ同じ値となっている。荷重の違いでは、荷重が大きくなるにしたがいほぼ直線的に破碎値は大きくなっている。いずれも、骨材A～Cの破碎値はほぼ一定であるが、Dは大きく、強度の小さいことを表している。

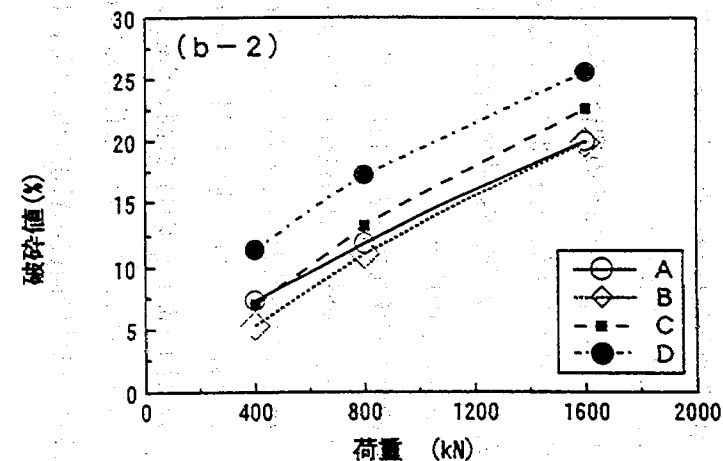
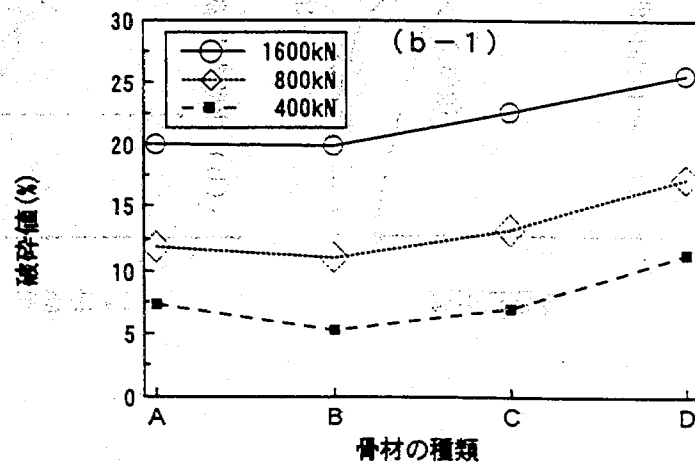
(4) 修正破碎率^{3, 2)}

修正破碎率 B_m^* を次のように定義する。まず、ふるい目が対数で等間隔になるときの破碎前後の骨材の残留率を求める。つぎに、各ふるい目ごとの破碎前後の骨材の残留率 Δf_i を求める。修正破碎率 B_m^* を式(3.4.4)で求める。

3. 2) 石井：粒子破碎の表示尺度のもつ物理的意義，土質工学会論文報告集，Vol. 29, No. 4, pp. 155～164, 1989
年12月



(a) 粒度の違い



(b) 荷重の違い

図-3.4.8 骨材の種類、粒度、荷重と破砕値の関係

$$B_M^* = (\sum |\Delta f_i|) / 2 \quad (3.4.4)$$

修正破碎率の概念は、図-3.4.9のとおりである。(b)図のS1およびS2の領域の骨材が破碎してS3領域またはS2領域の細粒部に移動したことを表している。これは、全ての破碎した骨材のみかけ上の変化を間接的に定量化したものと考えられる。

図-3.4.10および3.4.11に破碎前後の残留率曲線を示す。これから求めた修正破碎率を表-3.4.1に示す。

骨材の種類と修正破碎率の関係を図-3.4.12に示す。荷重の違いは破碎値と同様の傾向であるが、粒度の違いでは粒度が大きくなるほど修正破碎率は直線的に低下している。

(5) 破碎値と修正破碎率の比較

破碎値と修正破碎率の関係を図-3.4.13に示す。

点載荷試験の結果から、骨材の耐力は粒度が大きいほど大きくなることから、破碎性は一定荷重の場合、粒度が大きいほど小さくなることが考えられる。このことから、破碎性を表すには修正破碎率のほうがよい。

粒度の違いでは、破碎値はほぼ一定値に対し、修正破碎率は粒度が大きくなるほど小さくなる傾向にある。図-3.4.8の(a-2)図と図-3.4.12の(a-2)図を比較してもわかるように、破碎値は骨材の強度を表す指標であるため、粒度を合わせておくなど一定の条件において、破碎値によって相対的に骨材の強度を得るものである。一方、修正破碎率は破碎前後の粒度の変化を表したものであり、破碎性を表すには修正破碎率がすぐれているといえる。

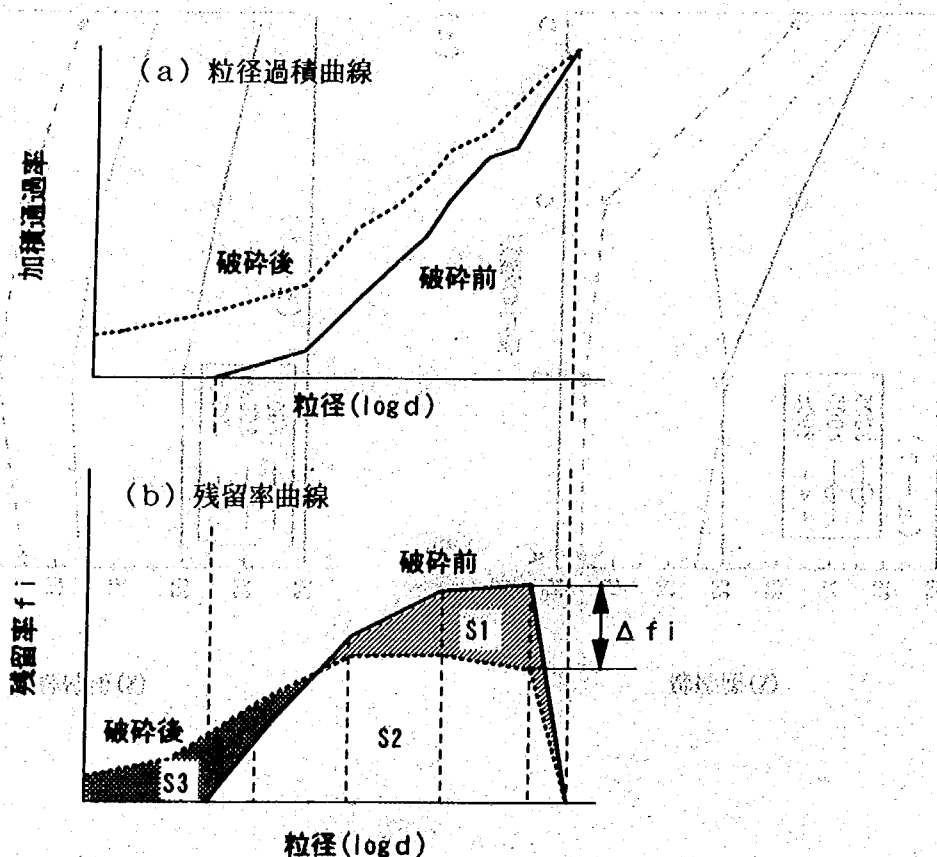
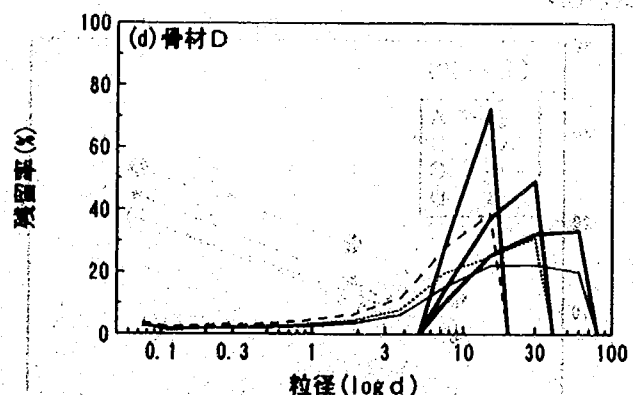
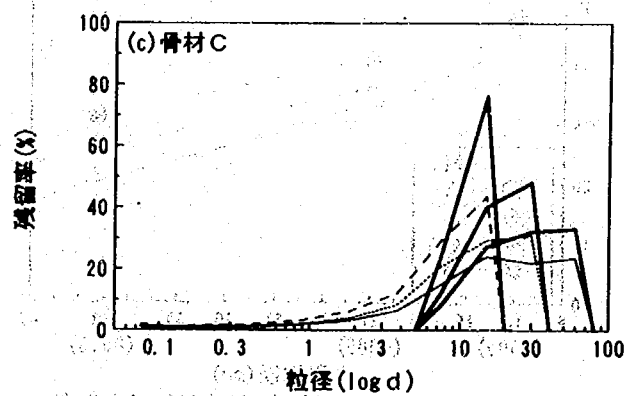
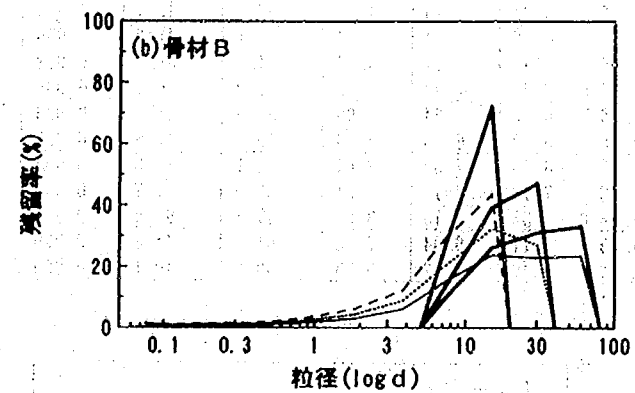
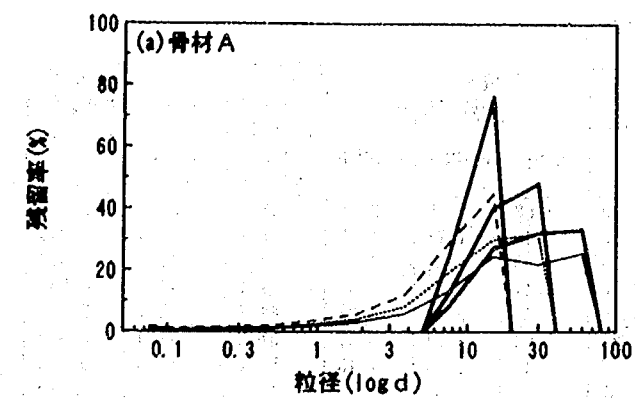
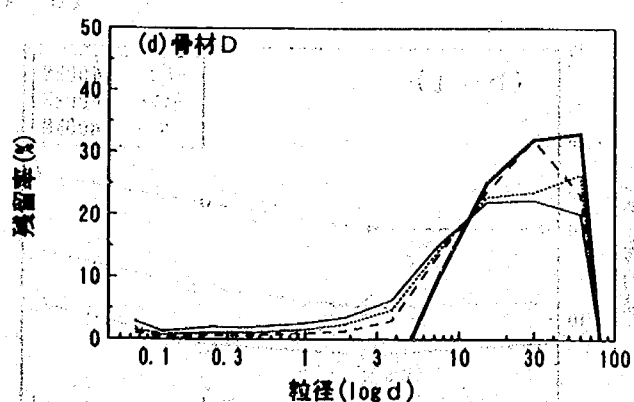
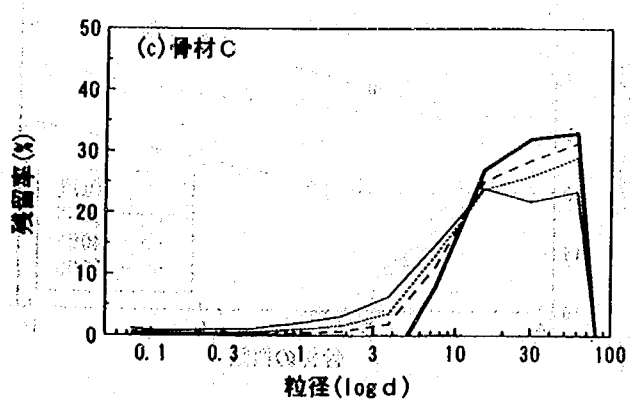
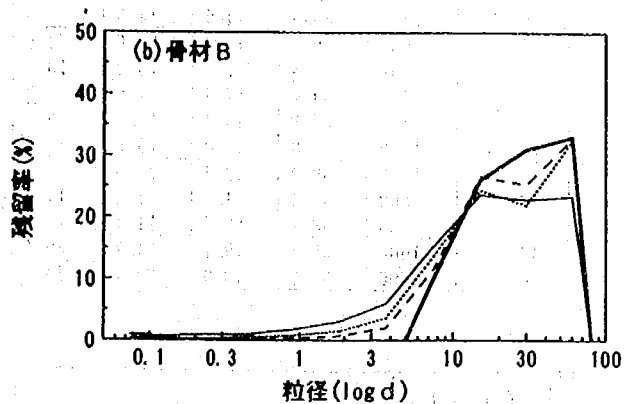
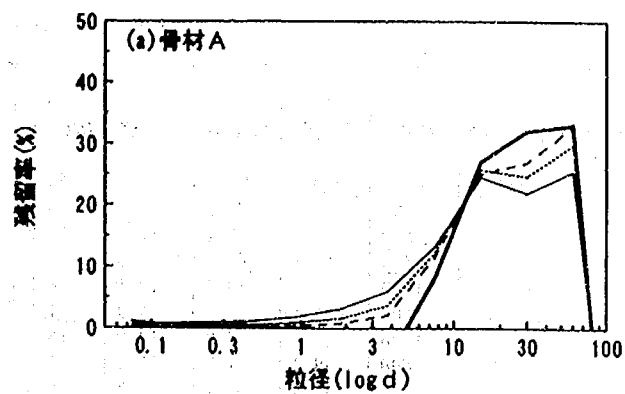


図-3.4.9 修正破碎率の概念



試験前	試験後
8905	4005
2005	



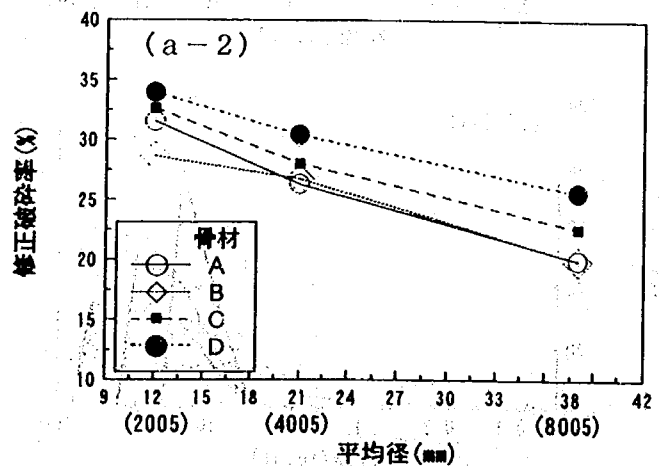
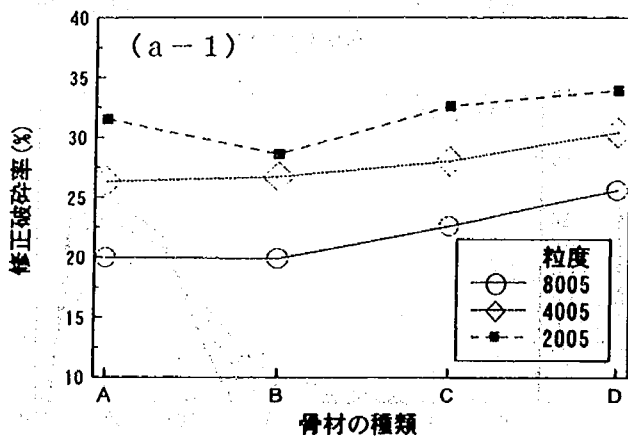
試験前	試験後
1600kN	800kN
400kN	

図-3.4.10 破碎前後の残留率曲線 (粒度の違い)

図-3.4.11 破碎前後の残留率曲線 (荷重の違い)

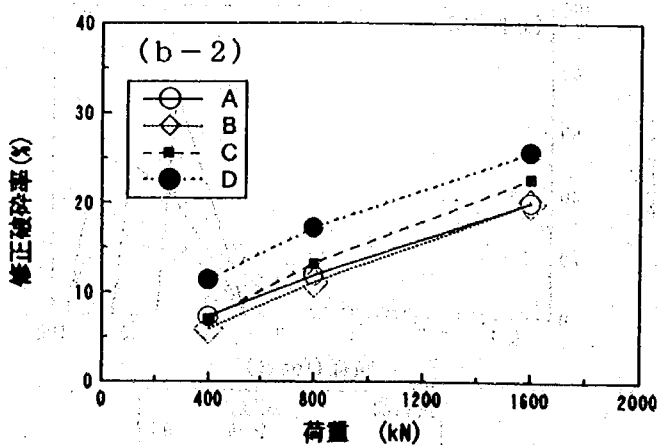
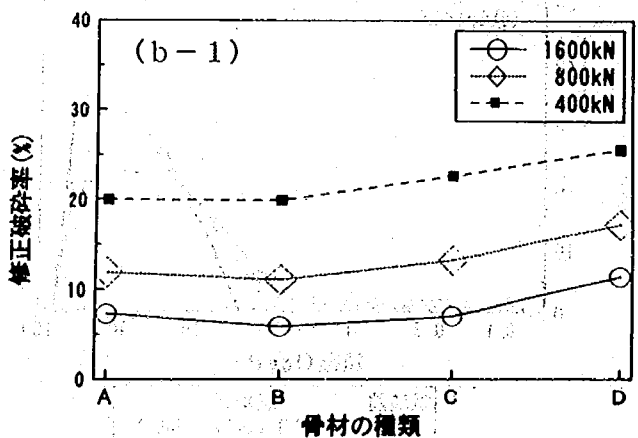
表-3.4.1 破砕試験結果

骨材種類	粒径の範囲	荷重 (kN)	初期 実積率 (%)	破砕後 実積率 (%)	破砕値 (%)	修正 破砕率 (%)	粗粒率			応力-ひずみ関係の回帰結果			
							初期値	破砕試験後		初期接線 弾性係数 E0 (N/mm ²)	最終 ひずみ ε max (%)	相関係数 r	
								全粒	5mm以上				5mm以下
A	80~5	1600	60.8	80.9	20.0	20.0	7.90	7.08	7.70	3.95	48.5	37.5	0.999
		800	60.3	72.4	11.9	11.9	7.90	7.46	7.78	4.08	58.1	35.6	0.999
		400	58.8	66.0	7.3	7.3	7.90	7.69	7.84	4.22	50.8	27.4	0.999
	40~5	1600	58.9	78.3	19.1	26.3	7.36	6.47	6.97	3.99	59.1	40.1	0.999
		20~5	1600	54.4	73.3	14.9	31.5	6.76	5.82	6.46	4.03	62.2	43.1
B	80~5	1600	60.4	78.0	19.9	19.9	7.87	7.04	7.64	3.97	51.2	32.9	0.999
		800	59.9	71.9	11.1	11.1	7.87	7.49	7.79	4.15	50.7	30.8	0.999
		400	59.4	67.1	5.3	5.9	7.87	7.68	7.83	4.23	48.4	28.7	0.999
	40~5	1600	57.5	78.6	20.1	26.7	7.33	6.38	6.90	4.01	42.7	38.5	0.999
		20~5	1600	55.6	74.0	14.9	28.6	6.72	5.81	6.45	4.06	67.5	43.7
C	80~5	1600	59.8	78.3	22.6	22.6	7.90	6.98	7.64	3.94	56.1	37.2	0.999
		800	59.3	72.2	13.2	13.2	7.90	7.43	7.77	4.06	54.0	38.1	0.999
		400	59.4	67.6	7.0	7.0	7.90	7.68	7.83	4.18	44.9	29.1	0.999
	40~5	1600	57.8	79.4	19.2	28.0	7.36	6.43	6.94	3.99	55.4	45.5	0.999
		20~5	1600	56.0	77.0	15.5	32.6	6.76	5.78	6.45	4.03	49.2	41.5
D	80~5	1600	58.9	78.2	25.6	25.6	7.88	6.63	7.59	3.64	44.1	34.8	0.999
		800	59.4	74.5	17.2	17.2	7.88	7.13	7.71	3.81	32.9	31.7	0.999
		400	58.1	68.6	11.4	11.4	7.88	7.35	7.70	3.86	47.4	66.4	0.999
	40~5	1600	59.3	79.7	24.7	30.4	7.35	6.11	6.94	3.68	61.7	44.8	0.999
		20~5	1600	55.6	78.0	22.4	33.9	6.72	5.40	6.42	3.73	39.9	40.1



(a) 粒度の違い

注) () 内は粒度を表す



(b) 荷重の違い

図-3.4.12 骨材の種類、粒度、荷重と修正破砕率の関係

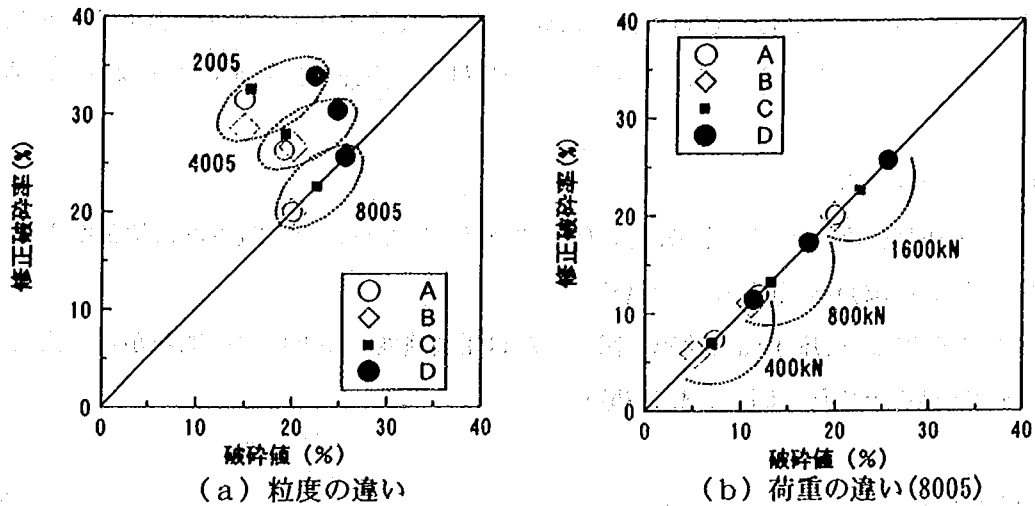


図-3.4.13 破砕値と修正破砕率の比較

3.4.3 変形性に関する検討

(1) 破砕前後の実積率の差

粒度の違いあるいは荷重と破砕前後の実積率の差を図-3.4.14に示す。破砕前後の実積率の差は、式(3.4.3)によって求められる破砕後の実積率から式(3.4.2)によって求められる破砕前の実積率の差である。両式の定義から最大荷重時の沈下量に影響される値であり、骨材の変形性を表すことが考えられる。

図-3.4.14(b)図のように荷重の増加にともない実積率の差もほぼ直線的に大きくなっていることから、変形性を表す指標のひとつといえる。しかしながら粒度の違いをみると、2005はほぼ骨材の強度と同じ傾向を示しているが、4005および8005はばらばらになっている。

(2) 破砕試験の応力-ひずみ関係から求められる初期接線弾性係数、最終ひずみ

1) 応力-ひずみ関係の回帰

式(3.4.1)で求めた応力-ひずみ関係(図-3.4.1)を式(3.4.5)によって回帰した。

$$\sigma_{cr} = E_{ia} \frac{\varepsilon_{cr}}{1 - \frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_{max}}} \quad (3.4.5)$$

ここに、 σ_{cr} : 式(3.4.1)による応力(N/mm²)

ε_{cr} : 式(3.4.1)によるひずみ

E_{ia} : 初期接線弾性係数(N/mm²)を表す回帰係数

ε_{max} : 最終ひずみを表す回帰係数

図-3.4.15に、式(3.4.5)によって求めた初期接線弾性係数 E_{ia} とコア試験によって求めた弾性係数の関係を示す。ここで、骨材の弾性係数は、「3.3.5 平均径と圧裂強度」で指摘したとおり、粒径ごとの比重と強

度の関係は逆になっていることから、骨材の弾性係数をコアの比重と圧縮試験の結果から単純に求めることは問題があるものと考えられる。そこで、各粒度ごとの骨材の平均弾性係数を以下のように求めた（図-3.4.16）。

2) 骨材の弾性係数の求め方

① 各単粒度ごとの圧裂強度と破壊確率の関係（図-3.3.8～3.3.11）から微少な破壊確率 Δp_i ごとの中央値 p_i の圧裂強度 f_{pai} を求める（図-3.4.16(a)）。

② 図-3.2.4のコアの圧縮強度 f_{ca} と比重と図-3.2.11圧裂強度 f_{pa} と比重の関係から、式（3.4.6）のように f_{ca} と f_{pa} の関係を求めた（図-3.4.16(b)）。

$$f_{ca} = 17.0 f_{pa}^{1.11} \quad (3.4.6)$$

③ コアの f_{ca} と f_{pa} の関係式（3.4.6）は、骨材の圧裂強度と載荷点距離の関係から、骨材の大きさ $d \approx 100\text{mm}$ に相当することがわかっているの、寸法効果を考慮して各粒度に相当する平均径の $f_{ca}-f_{pa}$ の関係を求めた。

寸法効果により、圧裂強度は骨材の大きさに対して約 $1/2$ 乗で低下する（表-3.3.2）。圧縮強度は $0.17 \sim 0.32$ 乗（約 $1/6$ 乗～ $1/3$ 乗）で低下するといわれている^{3.3)}。コンクリートの圧縮強度の寸法効果は $1/10$ 乗程度、引張強度は $1/4$ 乗程度といわれている。今回使用した骨材の圧裂強度の寸法効果は約 $1/2$ 乗であり、コンクリートの場合の2倍となっていることから、骨材の圧縮強度の場合もコンクリートの寸法効果の2倍と仮定し、 $1/5$ 乗で低下するものと仮定した。そのときの、各粒度ごとの $f_{ca}-f_{pa}$ の関係は、式（3.4.7）および図-3.4.16(b)のとおりである。

粒度 1005	$f_{ca} = 6.6 f_{pa}^{1.11}$	} \quad (3.4.7)
粒度 2010	$f_{ca} = 8.5 f_{pa}^{1.11}$	
粒度 4020	$f_{ca} = 10.9 f_{pa}^{1.11}$	
粒度 8040	$f_{ca} = 13.9 f_{pa}^{1.11}$	

④式（3.4.7）に①で求めた f_{pai} を代入し、 f_{cai} を求める。

⑤ f_{ca} と弾性係数 E_a の関係式（3.2.2）および図-3.2.5から、 f_{cai} のときの E_{ai} を求める。

⑥各単粒度ごとの平均弾性係数 E_{adi} を式（3.4.8）によって求める。

$$E_{adi} = \frac{\sum E_{ai} \cdot p_i}{\sum \Delta p_i} \quad (3.4.8)$$

ただし、 $\sum \Delta p_i = 1$

3.3) 山口，西松：岩石力学入門第2版，東京大学出版会，p113，1976年10月

⑦求めたい粒度（8005、4005、2005）の平均弾性係数を式（3.4.10）によって求める。

$$E_a = \frac{\sum E_{adi} \cdot q_i}{\sum q_i} \quad (3.4.9)$$

ここに、 q_i ：求めたい連続粒度に含まれている各単粒度の比率

各単粒度の弾性係数および連続粒度の弾性係数は表-3.4.2のようになった。

表-3.4.2 骨材の弾性係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)

骨材の 種類	単粒度				連続粒度		
	1005	2010	4020	8040	2005	4005	8005
A	6.48	6.72	6.88	6.41	6.66	6.77	6.65
B	6.69	6.95	6.80	6.01	6.87	6.84	6.57
C	6.55	6.56	6.98	6.22	6.56	6.76	6.58
D	4.77	4.53	4.60	4.72	4.60	4.60	4.64

3) 初期接線弾性係数

破碎試験より求めた初期接線弾性係数と骨材の弾性係数の関係は、図-3.4.15のとおりである。図-3.4.15より、4005を除いて骨材の弾性係数が大きくなると初期接線弾性係数が大きくなる傾向はあるものの、ばらつきは大きい。

初期接線弾性係数は、載荷初期にプランジャーがなじんでいないことが考えられることから、ある程度荷重がかかったときの接線弾性係数および割線弾性係数について検討した。

4) 応力5および10N/mm²のときの接線弾性係数と割線弾性係数

応力-ひずみ曲線の接線弾性係数 E_{ta} は、式（3.4.5）を微分することにより、式（3.4.10）を得る。

$$E_{ta} = \frac{E_{ia}}{\left(1 - \frac{\epsilon_{cr}}{\epsilon_{max}}\right)^2} \quad (3.4.10)$$

応力5および10N/mm²のときのひずみ、接線弾性係数、応力5N/mm²と10N/mm²を結ぶ割線弾性係数は、表-3.4.3のとおりである。

骨材の弾性係数と接線弾性係数、割線弾性係数の関係は、図-3.4.17~3.4.19のようにばらついている。

(5) 最終ひずみ

最終ひずみの関係は図-3.4.20のとおり、平均径が大きくなるほど小さく、荷重が増加するほど大きくなる傾向はあるが、骨材の種類による傾向はばらばらである。

以上のように変形性についてはさらに検討の余地がある。とくに粒度が大きくなった場合には慎重に試験する必要がある。

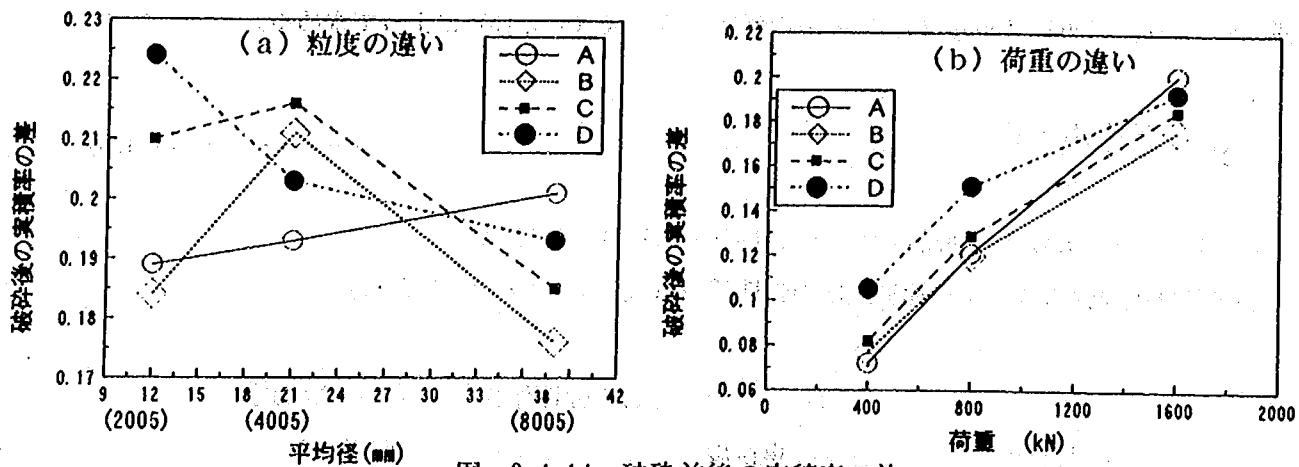


図-3.4.14 破碎前後の実積率の差

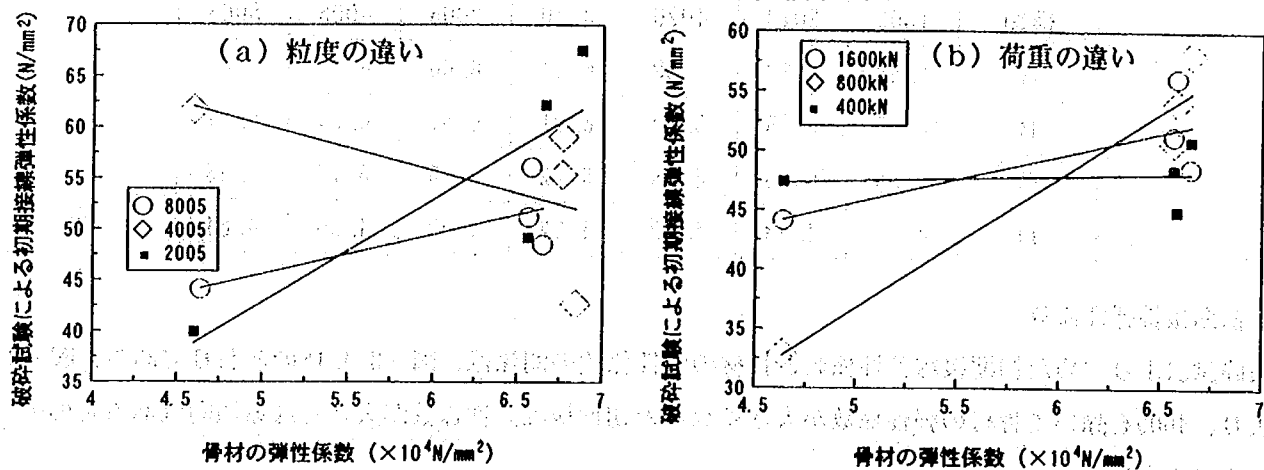


図-3.4.15 破碎試験による初期接線弾性係数と骨材の弾性係数の関係

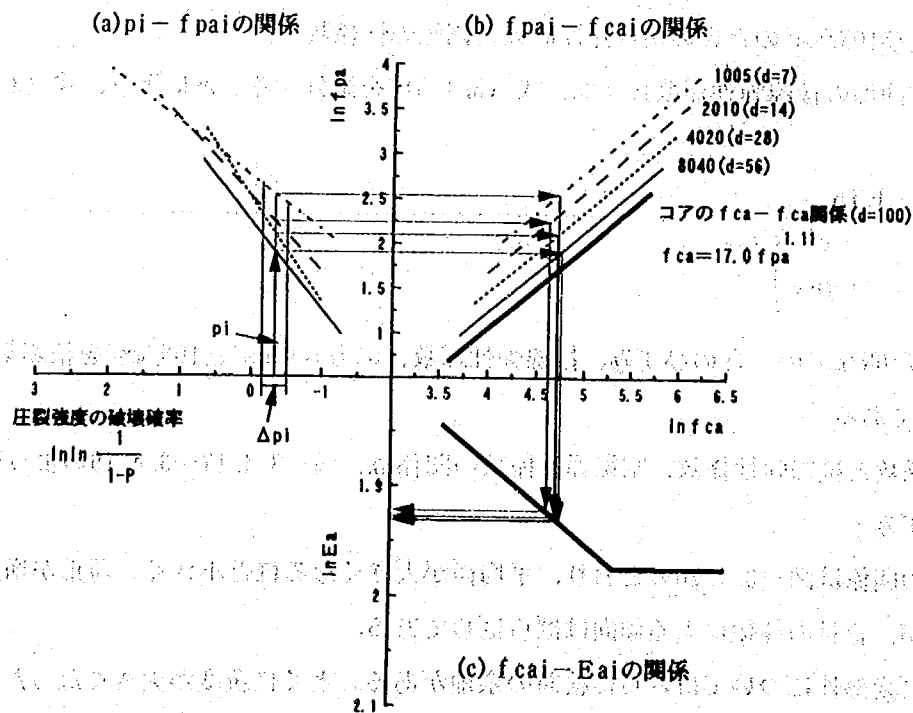


図-3.4.16 骨材の弾性係数の求め方

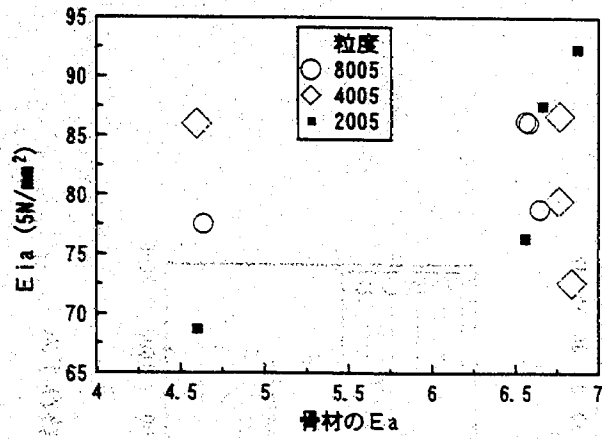


図-3.4.17 5 N/mm^2 のときの接線弾性係数

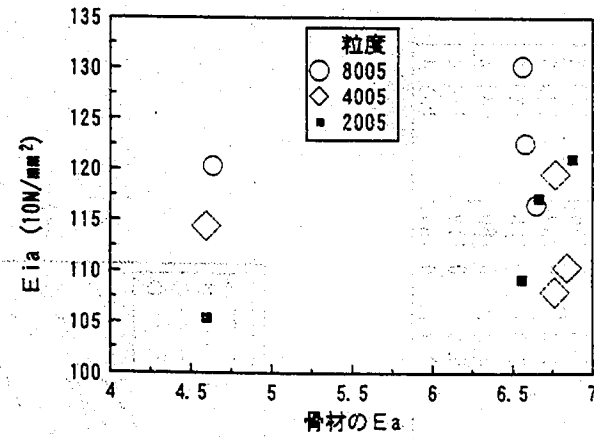


図-3.4.18 10 N/mm^2 のときの接線弾性係数

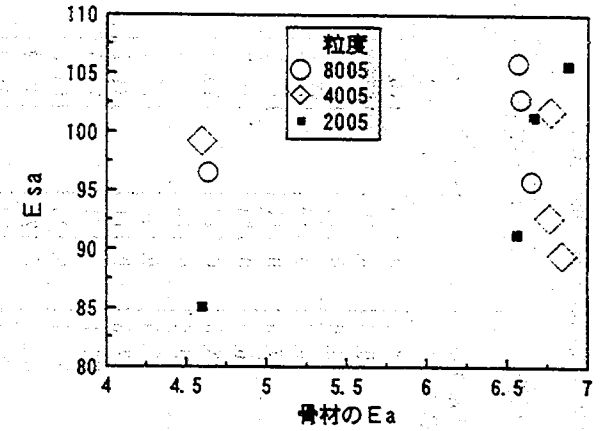


図-3.4.19 5 N/mm^2 と 10 N/mm^2 を結ぶ割線弾性係数

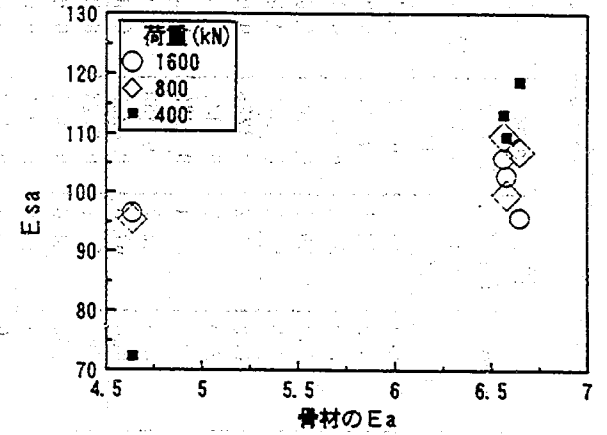
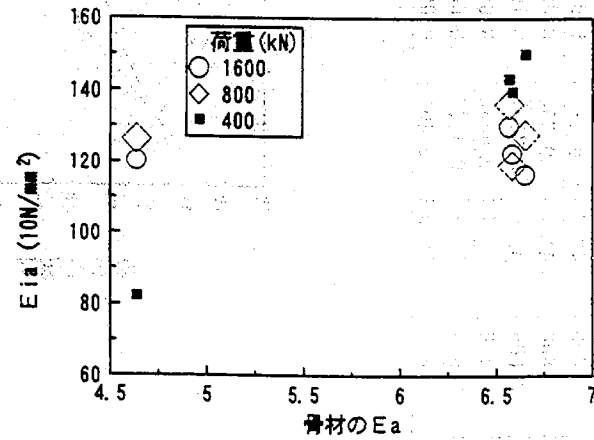
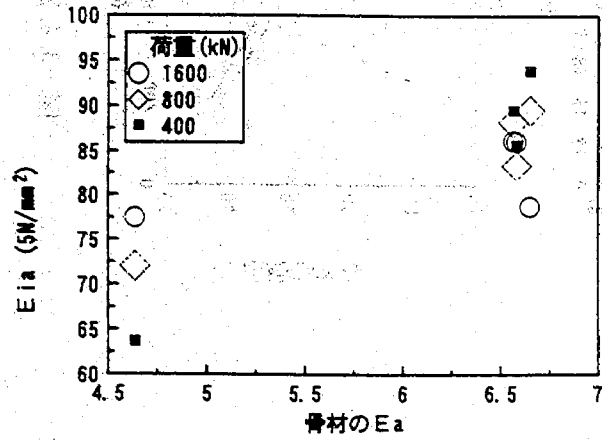


表-3.4.3 応力5および10N/mm²のときの接線弾性係数・割線弾性係数

骨材種類	粒径の範囲 (mm)	荷重 (kN)	初期接線弾性係数 E_{ia} (N/mm ²)	最終ひずみ ε_{max} (%)	応力5 N/mm ² 時		応力10 N/mm ² 時		5 N/mm ² と10 N/mm ² を結ぶ割線弾性係数 (N/mm ²)
					ひずみ	接線弾性係数 (N/mm ²)	ひずみ	接線弾性係数 (N/mm ²)	
A	8005	1600	48.5	0.375	0.081	78.8	0.133	116.5	95.8
		800	58.1	0.356	0.069	89.6	0.116	127.9	107.0
		400	50.8	0.2735	0.072	93.9	0.114	150.2	118.8
	4005	1600	59.1	0.4005	0.070	86.7	0.119	119.6	101.8
	2005	1600	62.2	0.4313	0.068	87.5	0.117	117.2	101.3
B	8005	1600	51.2	0.3286	0.075	86.2	0.123	130.2	105.9
		800	50.7	0.3081	0.075	88.3	0.120	136.4	109.7
		400	48.4	0.2865	0.076	89.6	0.120	143.4	113.3
	4005	1600	42.7	0.385	0.090	72.6	0.146	110.4	89.5
	2005	1600	67.5	0.4365	0.063	92.3	0.111	121.1	105.7
C	8005	1600	56.1	0.3724	0.072	86.1	0.121	122.6	102.8
		800	54.0	0.3811	0.074	83.4	0.125	119.2	99.7
		400	44.9	0.2912	0.081	85.8	0.126	139.9	109.6
	4005	1600	55.4	0.4554	0.075	79.5	0.129	108.0	92.7
	2005	1600	49.2	0.415	0.082	76.3	0.136	109.2	91.3
D	8005	1600	44.1	0.348	0.086	77.5	0.137	120.3	96.5
		800	32.9	0.3167	0.103	72.0	0.155	126.4	95.4
		400	47.4	0.6638	0.091	63.7	0.160	82.3	72.4
	4005	1600	61.7	0.4477	0.069	86.0	0.119	114.4	99.2
	2005	1600	39.9	0.401	0.095	68.7	0.154	105.4	85.1

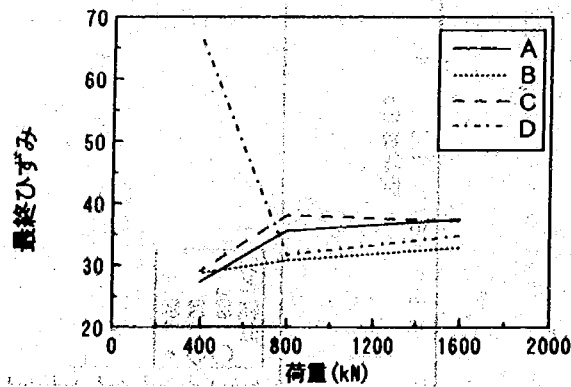
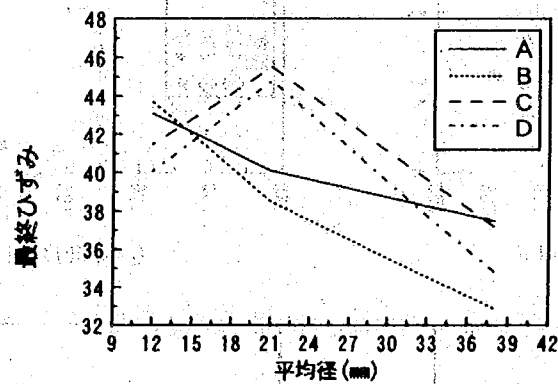


図-3.4.20 最終ひずみ

3.4.4 強度に関する検討

圧裂強度と破砕値の関係を図-3.4.21に、修正破砕率の関係を図-3.4.22に示す。表-3.4.4に回帰結果を示す。いずれもよい相関があり、強度を相対的に表すことができる。

粒度の違い（平均径）を比較すると圧裂強度は図-3.3.12、破砕値は図-3.4.8の(a-2)図、修正破砕率は図-3.4.12の(a-2)図となる。圧裂強度は径が大きくなるにしたがい小さくなっており、修正破砕率もほぼ同様に直線の傾向を示している。しかし、破砕値は4005と8005がほぼ同じになっており、圧裂強度の場合は異なっていた。そのことが破砕値との関係では（図-3.4.21）8005と4005はほぼ同じで2005が小さくなって表れている。修正破砕率の場合は、粒度が大きくなるほど小さく、傾きが大きくなっている。

破砕試験によって強度を表す場合、粒度も考慮すると破砕値より修正破砕率のほうが適している。

表-3.4.4 破砕試験結果と圧裂強度の回帰結果

粒 度	破 砕 値			修 正 破 砕 率		
	a	b	r	a	b	r
2005	-0.384	26.44	0.964	-0.201	36.63	0.819
4005	-0.356	28.76	0.924	-0.266	33.81	0.990
8005	-0.438	30.49	0.990	-0.438	30.49	0.990

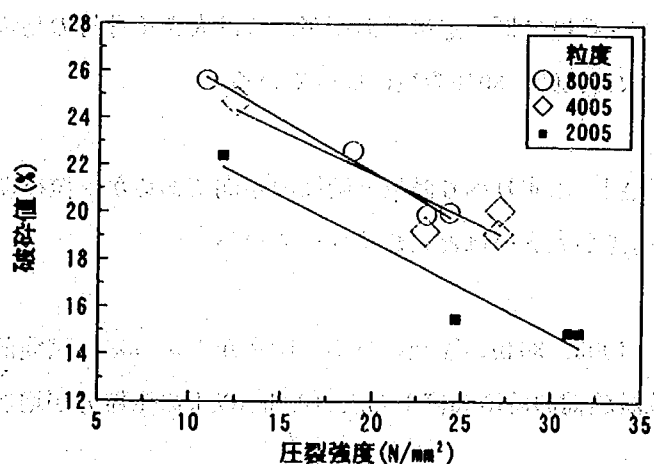


図-3.4.21 圧裂強度と破砕値の関係

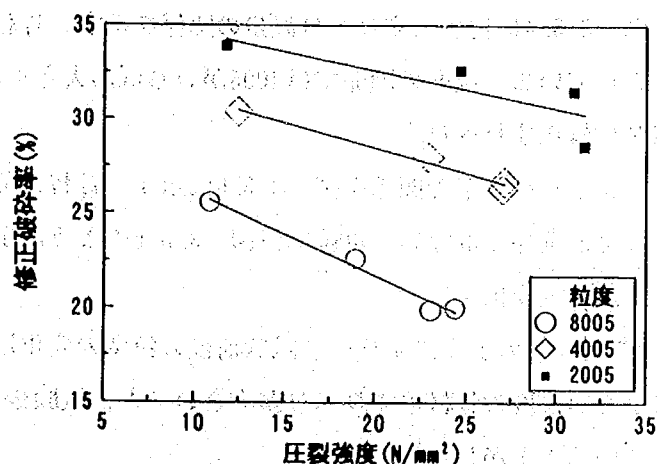


図-3.4.22 圧裂強度と修正破砕率の関係

3. 5 すりへり試験結果

3. 5. 1 試験結果

すりへり試験結果を表-3. 5. 1に示す。すりへり減量は、J I Sに基づくすりへり試験の場合と同様に、1. 7mmふるい通過質量比である。修正すりへり率とは、破碎試験時に修正破碎率を定義した方法を適用したものであり、式(3. 4. 4)によって求めた値である。

図-3. 5. 1および3. 5. 2にはすりへり試験前後の加積通過率、残留率を、図-3. 5. 3には粒度変化を示している。

表-3. 5. 1 すりへり試験結果

骨材の種類	粒度	すりへり減量	修正すりへり率	粗粒率			
				初期	全粒	5mm以上	5mm以下
A	8040	11. 1	24. 1	9. 00	7. 89	8. 84	1. 48
	4005	17. 6	27. 0	7. 40	6. 10	7. 34	3. 48
	2005	15. 2	29. 9	6. 70	5. 60	6. 62	3. 98
B	8040	12. 0	30. 1	9. 00	7. 76	8. 73	2. 19
	4005	16. 3	24. 5	7. 40	6. 16	7. 31	3. 14
	2005	14. 4	28. 5	6. 70	5. 64	6. 61	3. 82
C	8040	12. 8	32. 9	9. 00	7. 66	8. 68	1. 89
	4005	17. 0	25. 9	7. 40	6. 17	7. 32	3. 60
	2005	15. 5	34. 6	6. 70	5. 45	6. 54	4. 68
D	8040	28. 3	50. 5	9. 00	6. 31	8. 12	3. 07
	4005	31. 8	40. 6	7. 40	5. 14	7. 05	3. 67
	2005	29. 8	45. 8	6. 70	4. 72	6. 57	4. 45

3. 5. 2 すりへりに関する検討

(1) すりへり減量

図-3. 5. 4に粒度とすりへり減量の関係を示す。骨材A～Cはほぼ一定値であるが、Dは大きく骨材の品質を表している。粒度の関係では4005がいちばん大きく、次に2005、8040の順になっている。

(2) 修正すりへり率

修正すりへり率の関係を図-3. 5. 5に示す。骨材の種類別ではすりへり減量と同様の傾向であるが、粒径別では線形関係にはない。粗粒率は図-3. 5. 6のように平均径が大きいほど大きくなっている。

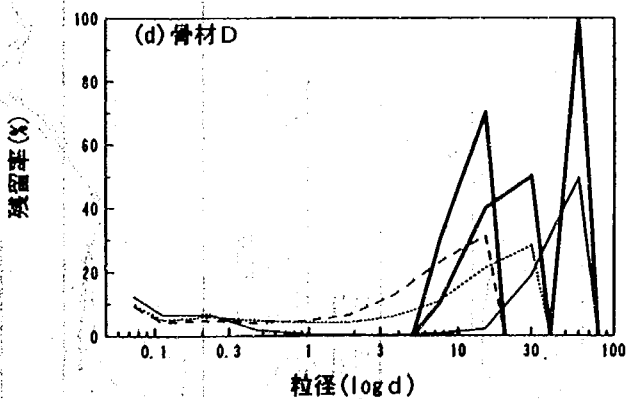
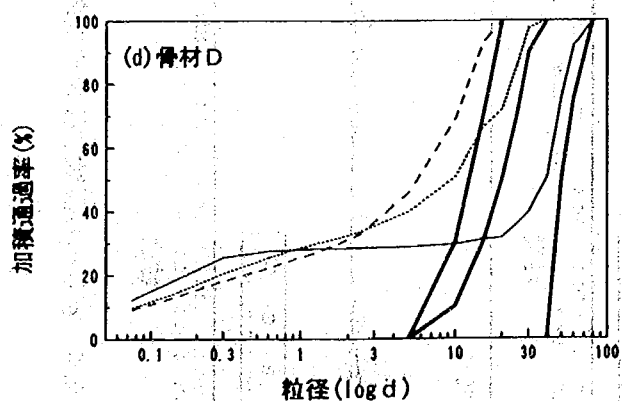
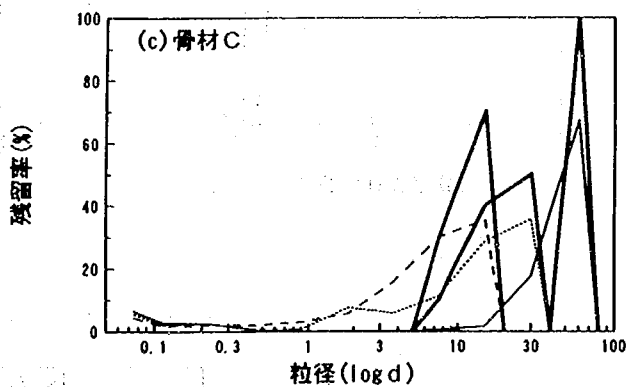
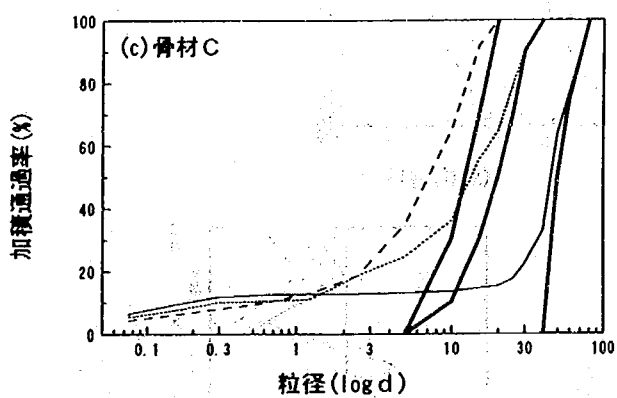
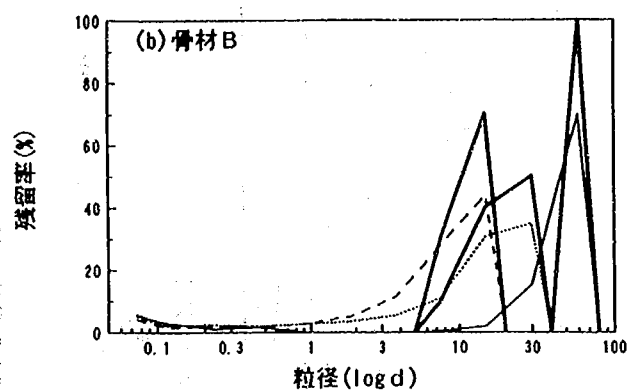
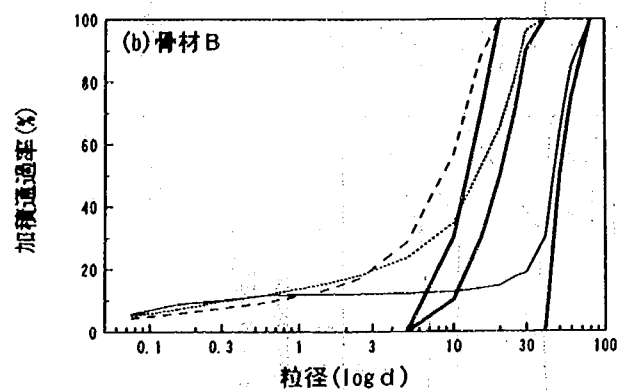
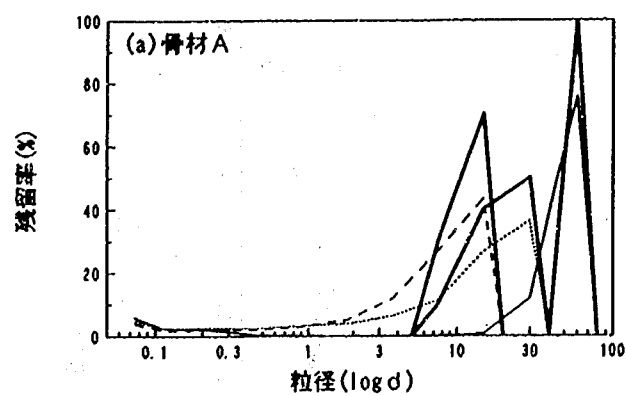
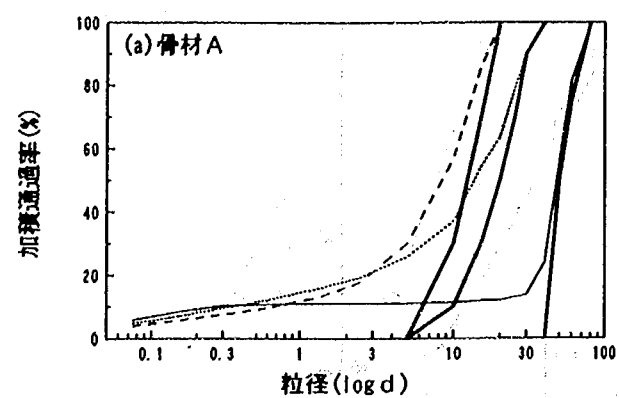
(3) 粒度変化

図-3. 5. 3のようにすりへり試験前後の粒度の変化は、4005、8040の場合をみると明らかなように、試験前の小さい粒度の骨材のすりへりが大きいこと、試験後は試験前の粒度の直下および0. 3mm以下の微粒分が増加していることがわかる。

この結果より、すりへり減量は、すりへり特性を微粒分量で評価していることがわかる。

(4) すりへり減量と修正すりへり率の比較

すりへり減量と修正すりへり率の関係は図-3. 5. 7のとおりである。修正すりへり率のほうが大きい値となっている。これは、すりへり減量は微粒分量を表しているのに対し、修正すりへり率は骨材全体がすりへりに伴い粒径が移動するのを間接的に評価していることによる。



試験前 試験後
8040 4005 2005

試験前 試験後
8040 4005 2005

図-3.5.1 すりへり試験前後の加積通過曲線

図-3.5.2 すりへり試験前後の残留率曲線

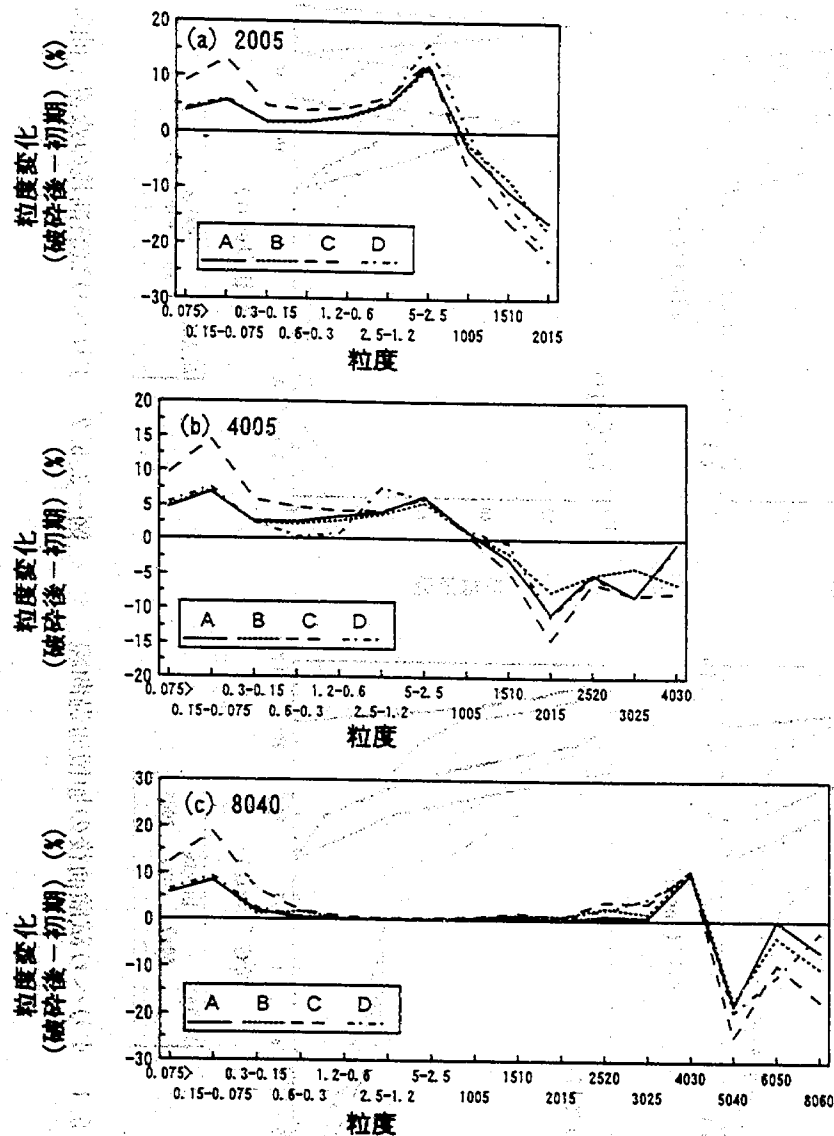


図-3.5.3 すりへり試験前後の粒度変化

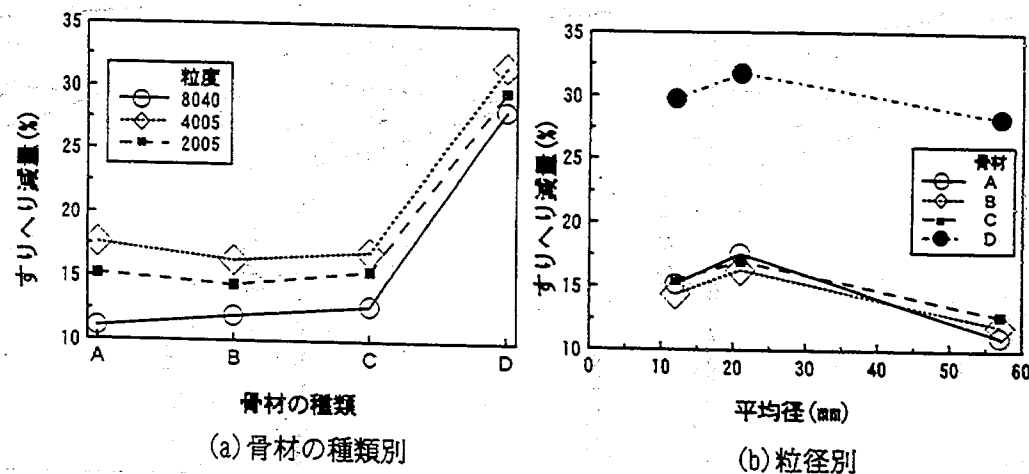


図-3.5.4 すりへり減量

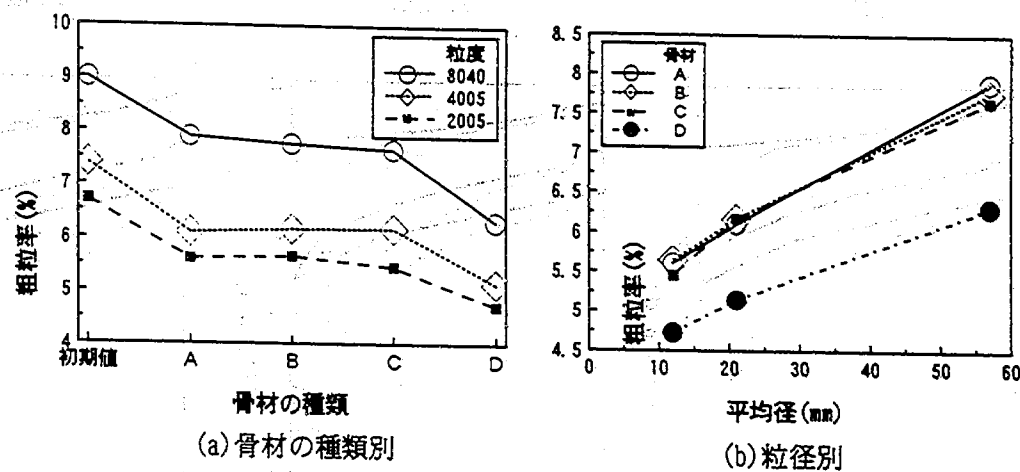


図-3.5.6 粗粒率

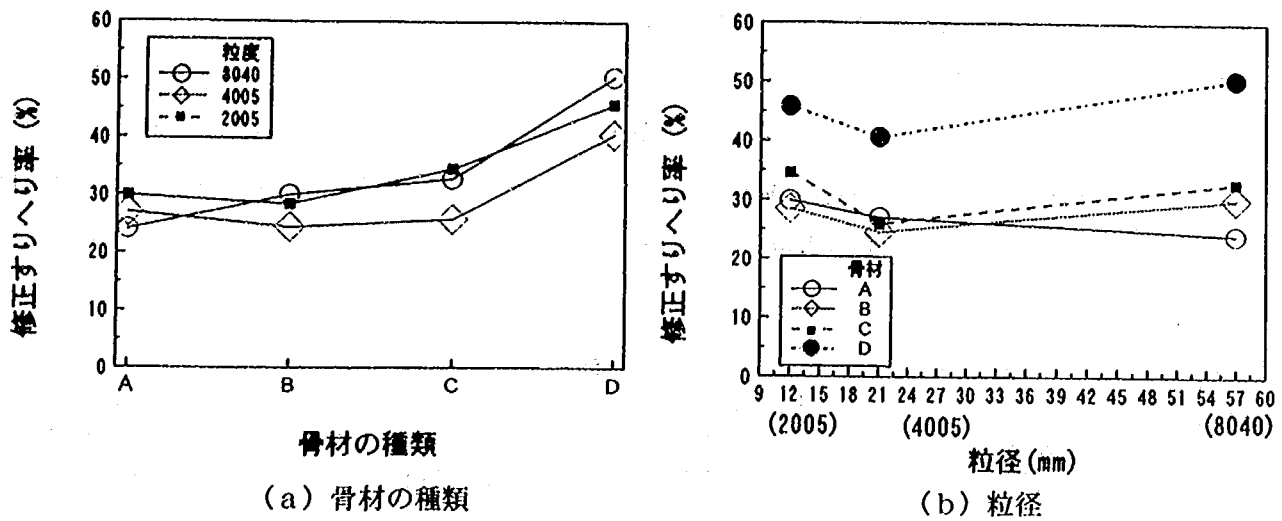


図-3.5.5 修正すりへり率

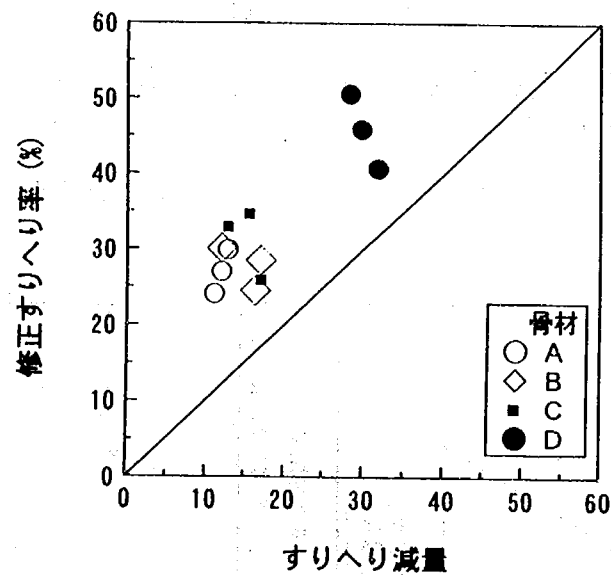


図-3.5.7 すりへり減量と修正すりへり率の関係

3.5.3 すりへり減量、修正すりへり率と圧裂強度、破砕試験の比較

図-3.5.8および3.5.9にすりへり減量、修正すりへり率と圧裂強度の関係を示す。破砕試験のように（図-3.4.21および3.4.22）線形関係になく、すりへり試験から骨材強度を推定するには無理がある。

ところが、図-3.5.10および3.5.11に、破砕値とすりへり減量、修正破砕率と修正すりへり率の関係を示すように、これらについてはほぼ線形関係があり、破砕性については関連があるものと考えられる。

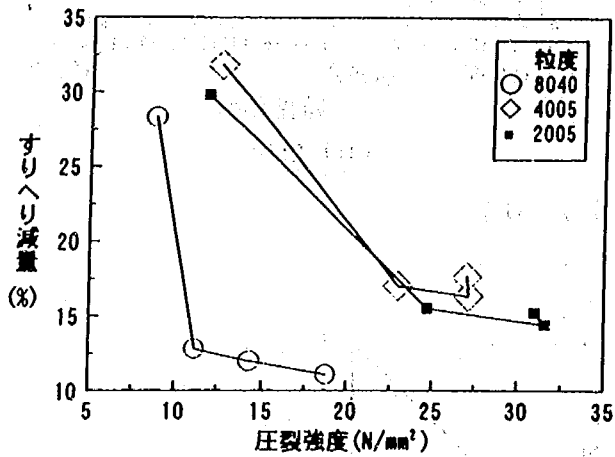


図-3.5.8 すりへり減量と圧裂強度の関係

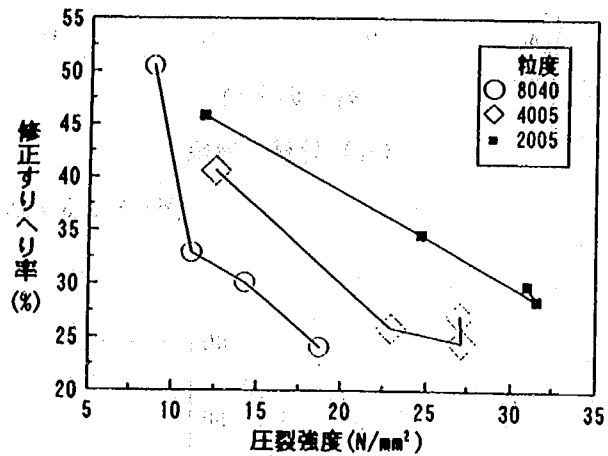


図-3.5.9 修正すりへり率と圧裂強度の関係

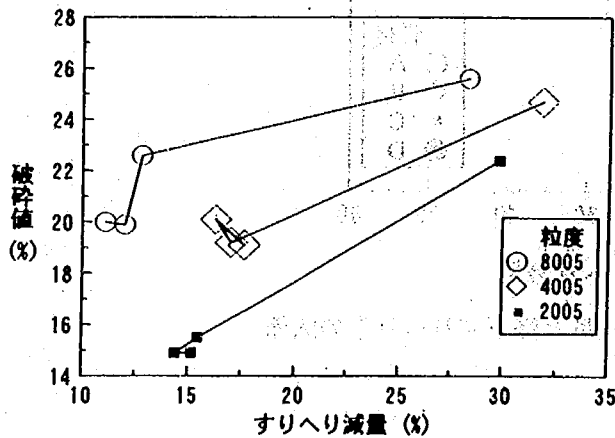


図-3.5.10 破砕値とすりへり減量の関係

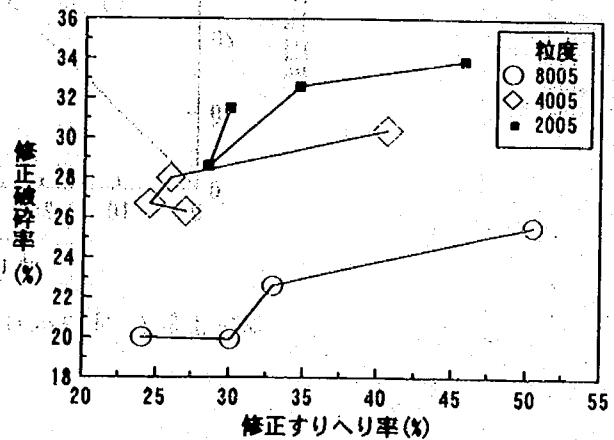


図-3.5.11 修正破砕率と修正すりへり率の関係

4. 練混ぜによる骨材の破碎試験

4. 1 配合およびフレッシュ性状

練混ぜによる粒度変化試験したコンクリートの配合と、そのときのフレッシュ性状は表-4.1.1のとおりである。

表-4.1.1 配合とフレッシュコンクリートの性状

最大寸法 G _{max} (mm)	セメント 水比 C/W (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位粗骨材かさ容積 (l m^3)	単 位 量 (kg/m^3)					混和剤 ¹⁾		スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 ($^{\circ}\text{C}$)
					水 W	セメント C	細骨材 S	岩種	粗骨材 G	種類	使用量 C $\times$ %			
40	2.5	40.0	38.0	409	165	413	665	A	1088	No70 303A	0.002	7.7	4.6	20.0
								B	1088		0.002	7.2	4.4	20.0
								C	1088		0.002	6.4	4.3	20.0
								D	1088		0.002	5.8	4.7	20.0
20	2.5	40.0	42.1	372	175	437	718	A	989	No70 303A	0.005	7.5	4.7	19.0
								B	989		0.004	6.8	4.3	19.5
								C	982		0.005	6.2	4.9	19.5
								D	949		0.004	5.6	4.3	20.0

1) 混和剤の使用量は、
No. 70は標準型 $C \times 0.25\%$ 、303Aは表中の値

4. 2 練混ぜによる粒度変化

練混ぜ前後のふるい分け試験結果は図-4.2.1のとおりである。図中には粗骨材、細骨材のふるい通過率、それらの合成した粒度の練混ぜ前と後（破線）を示している。ふるい残留率を図-4.2.2に示す。粒度変化がわずかであったため、縦軸も対数で示してある。また、練混ぜ前後のふるい残留率の増減を図-4.2.3に示す。図-4.2.3を破碎試験（図-3.4.4）、すりへり試験（図-3.5.3）と比較すると、特にG_{max}40について比較すると、粗骨材については破碎試験の増減が大きく現れているものの3者ともほぼ同じ傾向を示している。細骨材は、練混ぜ後は粒度が小さくなるにしたがい増加率は小さくなっている。すりへり試験の場合も0.3mmまではほぼ同様であるが、0.3mm以下が急激に増加している。破碎試験は増減が波打っているが、微粒分の増加はわずかである。

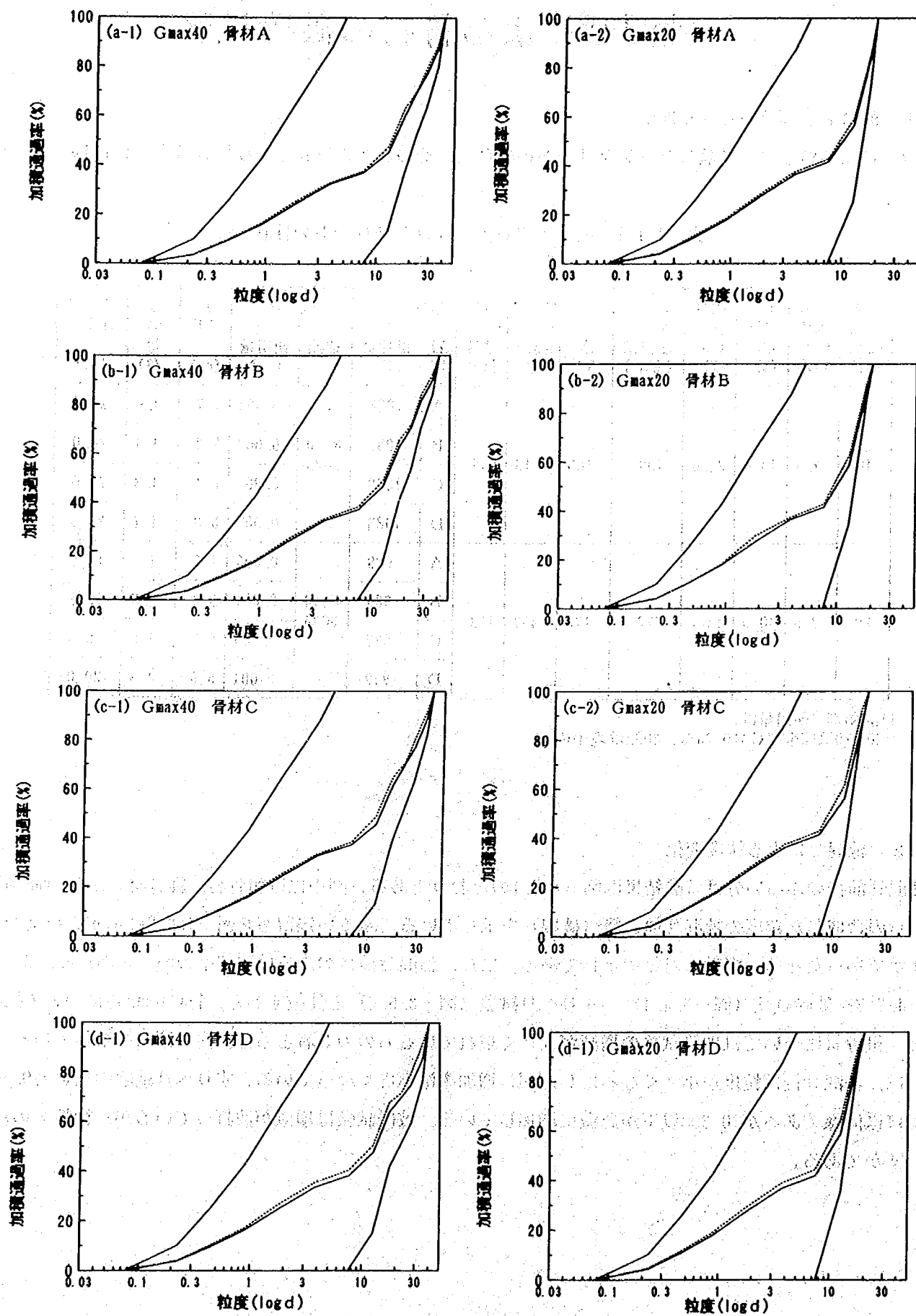


図-4.2.1 練混ぜ前後の加積通過率

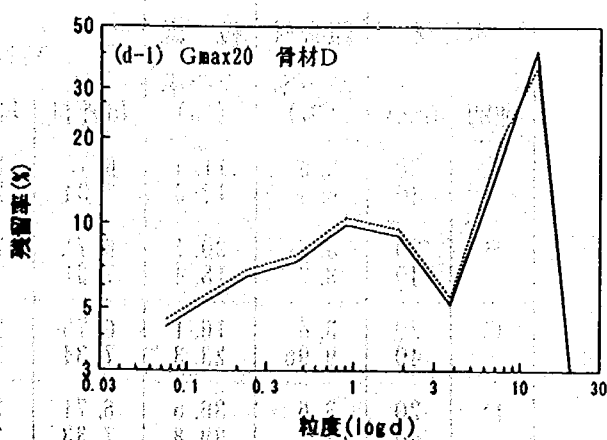
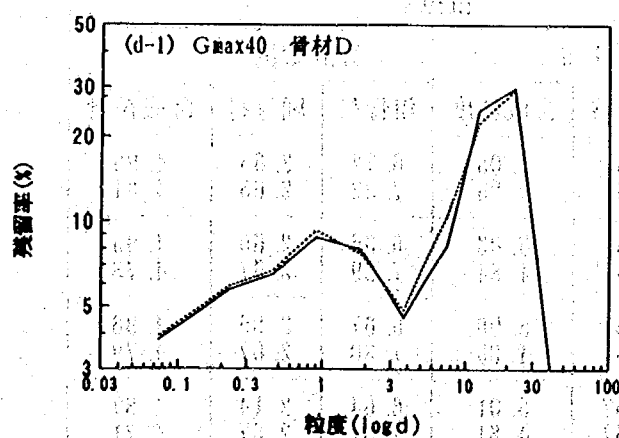
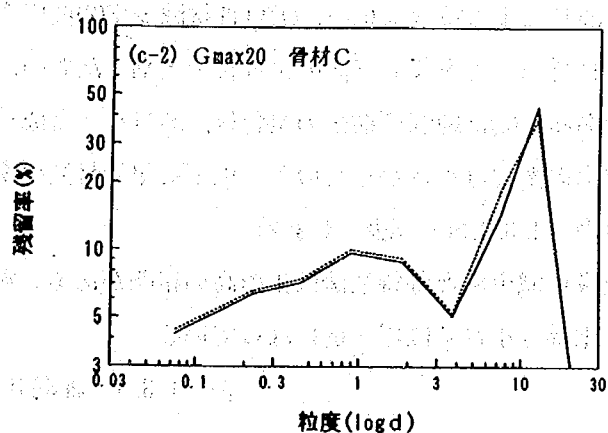
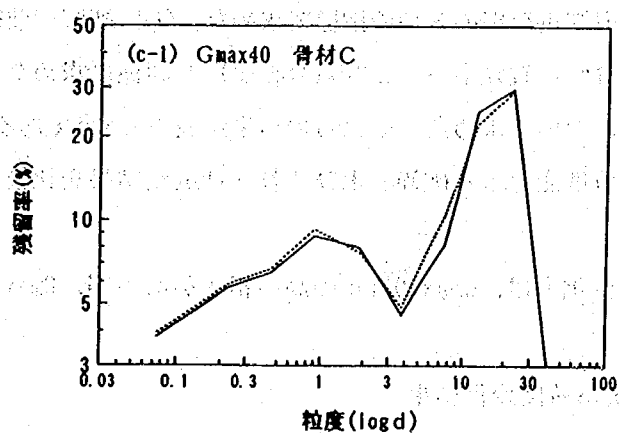
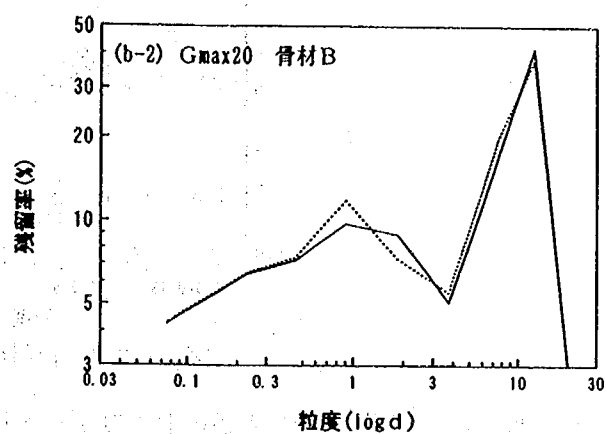
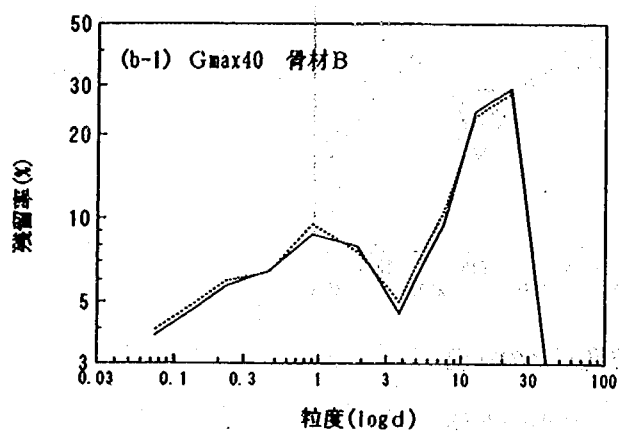
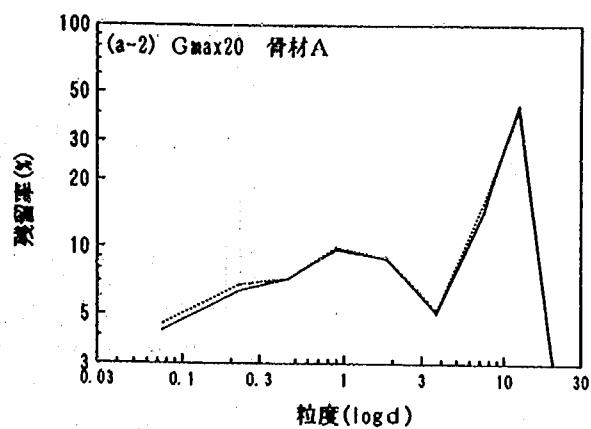
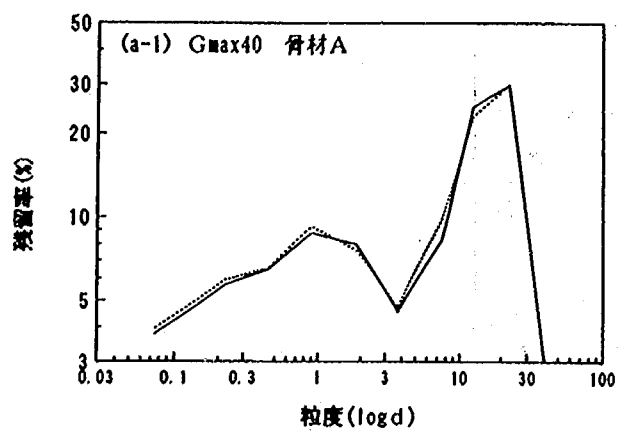


図-4.2.2 練混ぜ前後の残留率

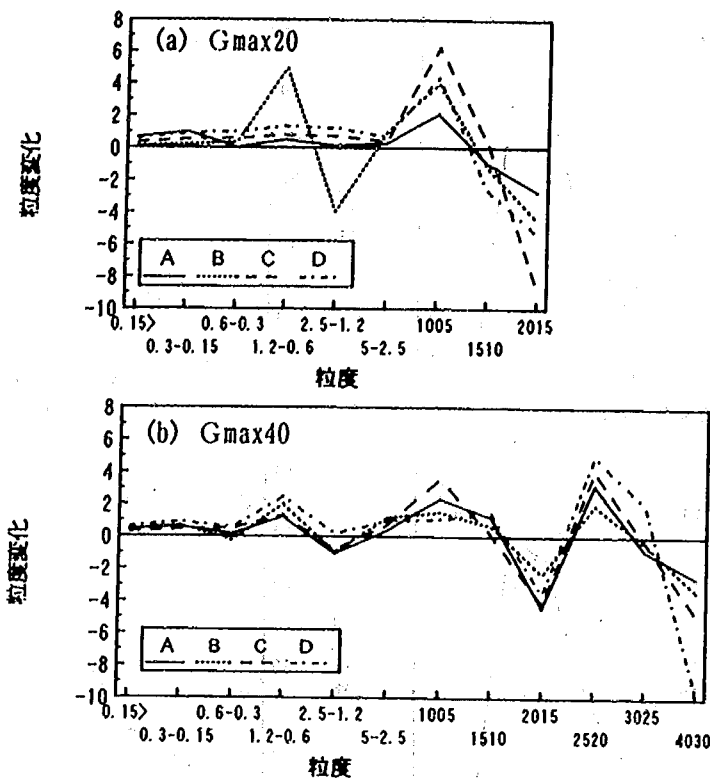


図-4.2.3 骨材の粒度変化の状況

4. 3 練混ぜによる粒度変化と破碎およびすりへり試験結果の関係

練混ぜによる粒度変化を、①粗骨材減少率②粒度変化率③粗粒率の3つの指標で求めた。①は練混ぜ前後の粗骨材量の差を練混ぜ前の粗骨材量で割ったもの、②は修正破碎率(3.4.2の(4)参照)と同様に求めたものである。③は練混ぜ前後の粗骨材、細骨材、合成粒度について求めた。それらの結果が表-4.3.1である。粗粒率の変化は小さかったので、以下に粗骨材減少率、粒度変化率と破碎およびすりへり試験結果を比較した(図-4.3.1および表-4.3.2)。

粗骨材減少率と各特性値は正の高い相関がある。粒度変化率は、Gmax20は正の高い相関があるが、Gmax40の変化率は小さくほぼ一定になっている。

表-4.3.1 練混ぜによる粒度変化結果

粗骨材		粗骨材 減少率 (%)	粒 度 変化率 (%)	粗粒率					
				練り混ぜ前			練混ぜ後		
種別	Gmax			粗骨材	細骨材	合成粒度	粗骨材	細骨材	合成粒度
A	20	2.6	11.4	6.75	2.67	5.05	6.72	2.65	4.99
	40	6.8	17.6	7.34	2.67	4.85	7.32	2.65	4.81
B	20	3.5	20.1	6.71	2.67	5.03	6.66	2.65	4.95
	40	8.2	18.4	7.31	2.67	4.84	7.29	2.67	4.78
C	20	3.6	16.1	6.75	2.67	5.06	6.67	2.86	4.96
	40	9.96	23.3	7.34	2.67	4.85	7.30	2.67	4.79
D	20	3.6	36.5	6.71	2.67	5.01	6.64	2.14	4.87
	40	13.2	39.8	7.33	2.67	4.81	7.31	2.67	4.71

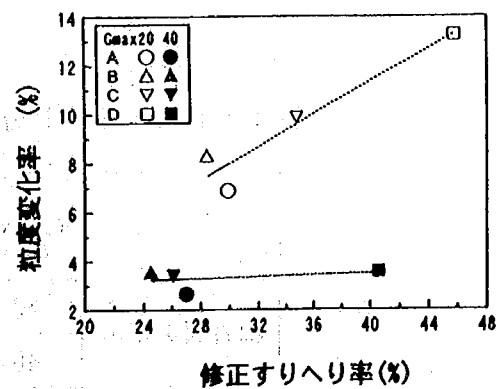
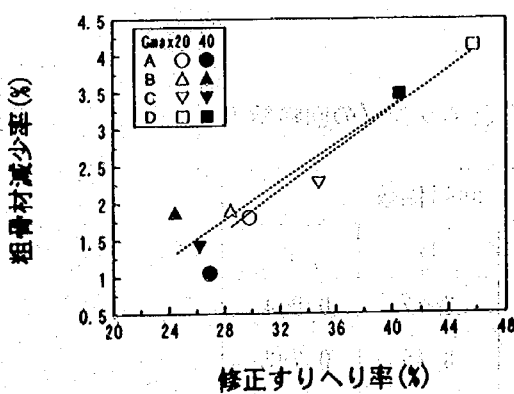
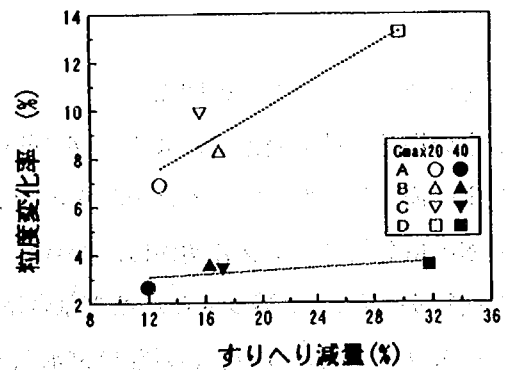
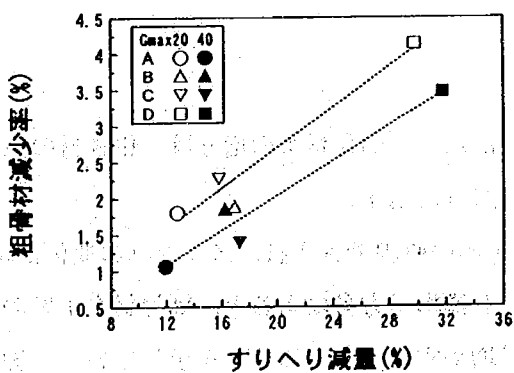
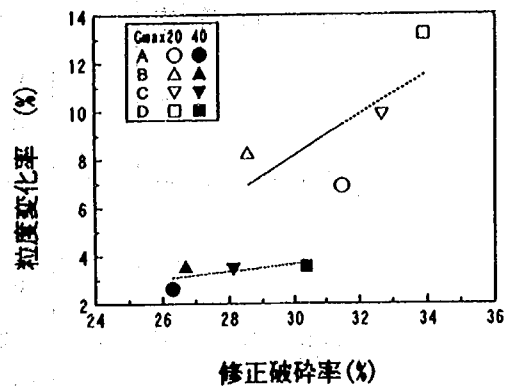
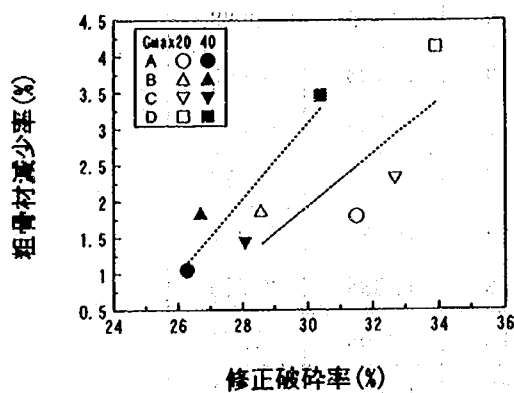
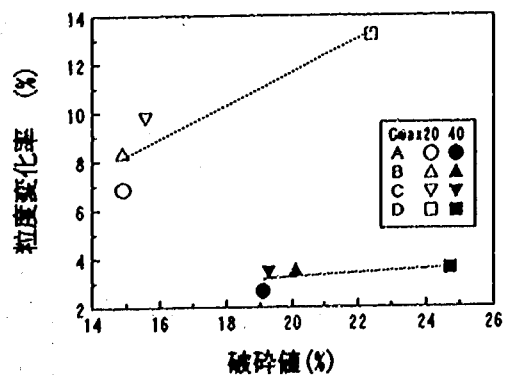
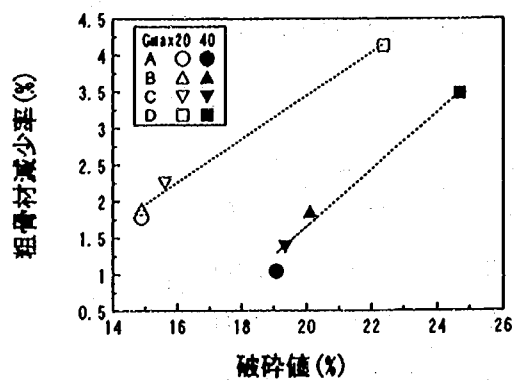


図-4.3.1 粒度変化と破碎・すりへり試験結果の関係

表-4.3.2 粒度変化と破碎, すりへり試験結果の回帰結果

$$y = ax + b$$

粒度変化		粗骨材減少率		粒度変化率	
G _{max}		20	40	20	40
破 碎 値	a	0.296	0.392	0.687	0.077
	b	-2.48	-6.19	-2.06	1.71
	r	0.989	0.984	0.915	0.442
修 正 破 碎 率	a	0.365	0.520	0.855	0.151
	b	-9.01	-12.52	-17.5	-0.88
	r	0.751	0.909	0.703	0.602
すりへり減量	a	0.140	0.121	0.336	0.032
	b	-0.10	-0.37	3.25	2.70
	r	0.963	0.985	0.924	0.591
修正すりへり率	a	0.138	0.128	0.335	0.016
	b	-2.27	-1.18	-2.05	2.84
	r	0.989	0.902	0.955	0.261

4. 4 粒度変化とスランプの関係

細骨材率の増分, 粒度変化率とスランプの関係を図-4.4.1に示す。細骨材率の増分は, 粗骨材の減少量分を細骨材率に換算したものである。それらの回帰結果を表-4.4.1に示す。

細骨材率の増分とスランプの関係は, G_{max}40, 20ともほぼ1本の直線で表され, スランプの変化は細骨材率が1%増加すると1.3cm減少する。この割合は, コンクリート標準示方書によると, 細骨材率1%の増加に対して同じスランプを得るのに必要な単位水量を2~3 kg/m³増やす必要があることを示している。細骨材率の増分は, 図-4.3.1および表-4.3.1から求めることができ, フレッシュ性状に与える影響を求めることができる。

表-4.4.1 細骨材の増分, 粒度変化率とスランプの回帰結果

	G _{max} (mm)	回帰係数		
		a	b	r
細骨材の増分	20	-1.328	8.57	0.924
	40	-1.198	8.45	0.792
粒 度 変 化 率	20	-0.317	9.63	0.963
	40	-1.829	13.03	0.886

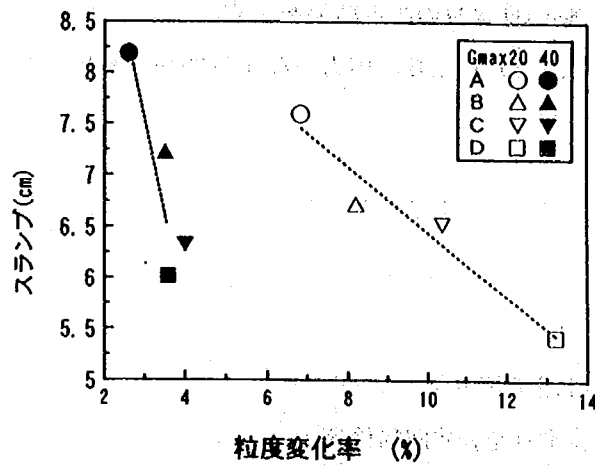
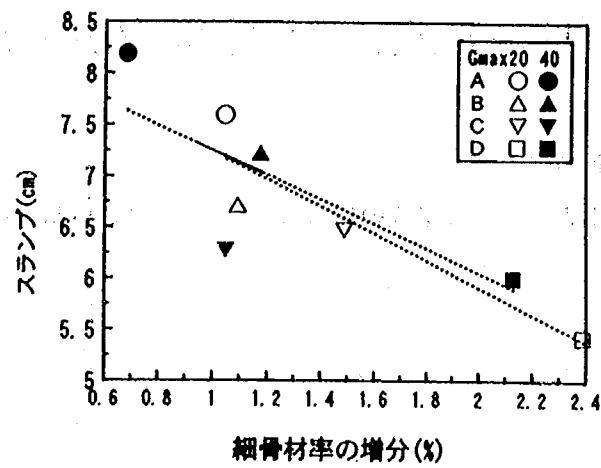


図-4.4.1 細骨材の増分、粒度変化率とスランプの関係

5. コンクリートおよびモルタルの強度試験

5. 1 配合およびフレッシュ性状

強度試験を行ったコンクリートおよびモルタルの配合とフレッシュ性状は、表-5. 1. 1および5. 1. 2のとおりである。

5. 2 圧縮強度試験

5. 2. 1 圧縮強度試験結果

表-5. 2. 1および5. 2. 2にコンクリートとモルタルの圧縮強度、縦ひずみおよび横ひずみから求めた静弾性係数、ポアソン比、特異点応力、動弾性係数の測定結果を示す。

また、縦ひずみの回帰は、式 (5. 2. 1) により、応力-ひずみ関係を n 次式で表した (図-5. 2. 1) ^{5. 1)}。

$$1 - \frac{\sigma_c}{f_c} = \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^n \quad \text{----- (5. 2. 1)}$$

ここに、 f_c : 圧縮強度 (N/mm^2)

σ_c 、 ϵ_c : 圧縮応力およびそのときのひずみ

ϵ_o : 圧縮強度時のひずみを表す回帰係数

n : 回帰係数

このとき、初期接線弾性係数 E_i は式 (5. 2. 2) によって求められる。

$$E_i = n \frac{f_c}{\epsilon_o} \quad \text{----- (5. 2. 2)}$$

圧縮強度の $1/3$ のときの割線弾性係数 E_s は式 (5. 2. 3) のとおりである。

$$E_s = \frac{1}{3 \times (1 - \sqrt[3]{2/3})} \frac{f_c}{\epsilon_o} \quad \text{----- (5. 2. 3)}$$

特異点応力は、通常、図-5. 2. 2のように比例限界応力 σ_p 、開始応力 σ_{in} 、臨界応力 σ_{cr} があるといわれている。 σ_o は縦ひずみがはじめのうちはほぼ直線的に増加し、次第に傾きが小さくなっていく限界点の応力

5. 1) 濱田：鋼コンクリート応圧材に関する研究，建築雑誌，Vol. 33, 1929. 5, pp. 13~14

表-5.1.1 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

最大寸法 Gmax (mm)	セメント 水比 C/W (%)	水セメント 比 W/C (%)	細骨 材率 s/a (%)	単位粗 骨材か さ容積 (kg m^3)	単 位 量 (kg m^3)					混和剤 ¹⁾		ス ラ ブ ン グ (cm)	空 気 量 (%)	コンクリート 温度 ($^{\circ}\text{C}$)
					水 W	セメント C	細骨 材 S	岩 種	粗骨材 G	種類	使用量 C×%			
40	1.5	66.7	42.5	409	167	250	803	A	1088	No70 303A	0.004	8.0	4.8	20.0
								B	1088		0.004	7.8	4.9	20.0
								C	1080		0.004	7.3	4.2	20.0
								D	1043		0.004	6.9	4.6	20.0
	2.5	40.0	38.0	409	165	413	665	A	1088	No70 303A	0.002	8.2	5.0	19.0
								B	1088		0.002	7.2	4.6	19.0
								C	1080		0.002	6.5	4.4	20.5
								D	1043		0.002	6.0	4.5	20.0
	3.5	32.6	32.6	409	165	577	527	A	1088	SP8N 303A	0.9% 0.010	7.0	2.8	20.0
								B	1088		0.9% 0.010	6.3	2.6	20.0
								C	1080		0.9% 0.010	6.5	2.8	20.0
								D	1043		0.9% 0.010	4.9	2.5	21.0
20	1.5	66.7	46.6	372	75	262	865	A	989	No70 303A	0.003	7.8	4.6	20.0
								B	989		0.003	7.3	4.8	20.0
								C	982		0.003	6.7	4.7	19.0
								D	949		0.003	5.8	4.8	19.0
	2.5	40.0	38.0	372	175	437	718	A	989	No70 303A	0.005	7.6	4.5	20.0
								B	989		0.005	6.7	4.5	20.0
								C	982		0.005	6.7	4.2	19.0
								D	949		0.005	5.4	4.9	19.0
	3.5	32.6	32.6	372	175	612	569	A	989	SP8N 303A	0.8% 0.010	7.1	2.9	21.0
								B	989		0.8% 0.010	6.4	2.6	21.0
								C	982		0.8% 0.010	5.7	2.7	19.0
								D	949		0.8% 0.010	5.1	2.6	19.0

1) 混和剤の使用量は、表中は303A、C/W3.5の場合の上段はSP8N、下段が303A。
No. 70はすべてC×0.25%。

表-5.1.2 モルタルの配合および性状

最大寸法 Gmax (mm)	セメント 水比 C/W (%)	水セメント 比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)			混和剤		フロー (mm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
			水 W	セメント C	細骨材 S	種類	使用量 C×%			
40	(1.5) 1.7	(66.7) 58.7	283	(423) 482	1359	No70 303A	0.005	233×227	5.5	20.5
	2.5	40.0	279	699	1125	No70 303A	0.005	211×210	7.7	20.5
	3.5	28.6	279	976	892	SP8N 303A	0.9% 0.010	216×214	6.8	20.5
20	1.5	66.7	279	417	1377	No70 303A	0.010	246×240	6.0	19.5
	2.5	40.0	279	696	1143	No70 303A	0.010	207×204	6.6	19.0
	3.5	28.6	279	974	906	SP8N 303A	0.9% 0.010	229×228	4.8	19.5

注) Gmax40のC/W1.5の配合の()はコンクリートの配合から求められる本来のモルタルの配合、
()なしは実際の配合。

混和剤使用量は表-5.1.1と同じ。

表-5.2.1 コンクリートの圧縮強度試験結果

骨材	G _{max}	材齢	C/W	実測値				縦ひずみ					横ひずみ			縦ひずみ γ	特異点応力			
				圧縮強度 f _{cc} N/mm ²	弾性係数			ε ₀	n	r	E _i ×10 ⁴ N/mm ²	E _s ×10 ⁴ N/mm ²	ε ₀	n	r		実測値		σ _{cr}	
					Es ×10 ⁴ N/mm ²	ED ×10 ⁴ N/mm ²	ν										σ _{in}		σ _{cr}	
																	応力	応力/f _{cc}	応力	応力/f _{cc}
A	40	7	1.5	18.8	2.66	3.58	0.183	2327	4.643	0.9998	3.30	2.84	16322	164.10	0.9965	0.179	13.5	0.708	16.8	0.881
			2.5	42.6	3.67	4.33	0.185	1683	1.539	0.9999	3.92	3.67	878	4.77	0.9981	0.172	27.5	0.646	38.4	0.901
			3.5	65.3	3.99	4.80	0.215	2313	1.524	0.9997	4.34	4.06	988	3.35	0.9990	0.209	39.0	0.598	58.5	0.897
		28	1.5	27.7	3.31	3.95	0.181	1818	2.463	0.9995	3.76	3.35	1128	9.19	0.9968	0.177	19.6	0.706	24.6	0.888
			2.5	52.9	3.72	4.60	0.196	2027	1.536	0.9999	4.33	3.76	897	3.75	0.9995	0.192	31.4	0.602	46.4	0.887
			3.5	75.4	4.27	4.93	0.209	2226	1.323	0.9999	4.49	4.28	624	1.85	0.9999	0.208				
	20	28	1.5	29.2	3.55	4.23	0.204	2282	3.286	0.9999	4.16	3.65	2475	17.94	0.9950	0.209	18.1	0.619	23.3	0.798
			2.5	61.3	4.07	4.78	0.198	1972	1.369	0.9999	4.26	4.05	855	3.42	0.9995	0.191	37.1	0.606	55.9	0.910
			3.5	84.6	4.41	5.16	0.234	2156	1.138	0.9997	4.51	4.41	667	1.58	0.9994	0.234				
		28	1.5	32.8	3.22	3.96	0.183	2207	2.432	0.9998	3.68	3.29	2485	16.29	0.9991	0.181	19.8	0.603	29.6	0.901
			2.5	56.5	3.68	4.42	0.193	2203	1.528	0.9999	3.96	3.71	969	3.88	0.9992	0.189	36.1	0.639	53.6	0.947
			3.5	79.0	4.11	4.80	0.215	2531	1.388	0.9999	4.31	4.09	698	1.86	0.9999	0.214				
B	40	7	1.5	18.3	2.99	3.52	0.190	-	-	0.9995	3.49	2.96	24940	287.79	0.9943	0.193	11.9	0.649	15.2	0.830
			2.5	40.5	3.59	4.27	0.183	1940	1.816	0.9996	3.84	3.52	1246	7.06	0.9978	0.179	28.5	0.7	36.9	0.912
			3.5	67.9	4.06	4.71	0.206	2224	1.444	0.9999	4.33	4.08	879	3.06	0.9992	0.206	45.7	0.678	61.2	0.912
		28	1.5	27.7	3.31	4.00	0.179	1979	2.708	0.9999	3.82	3.38	1209	10.11	0.9976	0.174	19.5	0.705	25.4	0.916
			2.5	53.6	4.07	4.56	0.166	1813	1.468	0.9999	4.32	4.07	807	4.31	0.9994	0.169	27.8	0.528	48.4	0.909
			3.5	78.8	4.40	4.92	0.236	2246	1.313	0.9999	4.61	4.40	520	1.28	0.9998	0.236				
	20	28	1.5	33.1	3.62	4.25	0.232	2038	2.546	0.9999	4.20	3.74	1155	7.24	0.9968	0.211	24.9	0.738	30.0	0.892
			2.5	60.0	4.19	4.67	0.200	2106	1.576	0.9992	4.43	4.13	1087	4.82	0.9976	0.189	45.7	0.514	56.6	0.956
			3.5	86.3	4.42	5.10	0.225	2239	1.171	0.9999	4.51	4.39	682	1.67	0.9999	0.225	61.9	0.741		
		28	1.5	36.4	3.39	4.07	0.199	2063	2.169	0.9998	3.86	3.48	1264	7.29	0.9990	0.196	26.4	0.724	32.4	0.890
			2.5	54.7	3.65	4.33	0.199	2162	1.551	0.9999	3.94	3.68	1061	4.22	0.9997	0.197	31.6	0.578	48.4	0.884
			3.5	79.7	4.00	4.77	0.211	2759	1.535	0.9999	4.45	4.17	669	1.81	0.9999	0.211	58.1	0.726	72.0	0.900
C	40	7	1.5	21.4	2.78	3.48	0.163	2148	3.225	0.9999	3.22	2.82	14801	152.09	0.9973	0.159	14.6	0.683	18.5	0.865
			2.5	43.9	3.40	4.13	0.186	2249	1.880	0.9999	3.55	3.24	2595	13.13	0.9987	0.181	25.7	0.609	35.2	0.836
			3.5	65.3	3.77	4.37	0.202	2459	1.487	0.9999	3.99	3.75	873	2.83	0.9998	0.198	43.7	0.664	61.4	0.932
		28	1.5	30.0	3.09	3.82	0.181	1933	2.247	0.9999	3.51	3.15	1259	8.48	0.9991	0.180	19.7	0.656	27.0	0.899
			2.5	54.5	3.68	4.53	0.197	2324	1.679	0.9999	3.95	3.65	1915	7.60	0.9992	0.197	28.1	0.517	45.8	0.841
			3.5	78.1	3.97	4.64	0.207	2617	1.420	0.9999	4.24	4.01	748	27.66	0.9997	0.205				
	20	28	1.5	37.4	3.45	4.12	0.183	2188	2.203	0.9999	3.77	3.39	1085	6.74	0.9981	0.173	28.1	0.751	33.6	0.898
			2.5	65.9	3.86	4.66	0.197	2406	1.490	0.9999	4.09	3.84	1398	4.99	0.9985	0.191	40.9	0.621	58.1	0.883
			3.5	87.0	3.99	4.81	0.203	2940	1.438	0.9999	4.25	4.02	856	2.17	0.9999	0.204	41.7	0.492		
		28	1.5	36.1	3.05	3.78	0.179	2571	2.523	0.9997	3.54	3.15	2697	15.81	0.9993	0.179	20.6	0.571	31.5	0.876
			2.5	58.0	3.52	4.17	0.192	2373	1.532	0.9999	3.76	3.52	946	3.47	0.9997	0.190	36.6	0.632	52.1	0.899
			3.5	85.3	3.88	4.59	0.202	2987	1.443	0.9999	4.13	3.89	812	2.03	0.9999	0.201				
D	40	7	1.5	17.7	1.97	2.61	0.159	2141	2.689	0.9999	2.25	1.99	2962	25.80	0.9990	0.154	12.6	0.715	16.4	0.927
			2.5	38.3	2.41	3.16	0.170	2533	1.704	0.9999	2.61	2.41	1735	6.61	0.9997	0.169	21.8	0.57	34.7	0.905
			3.5	61.2	2.97	3.70	0.200	2793	1.447	0.9975	3.18	3.00	1416	3.97	0.9996	0.199	31.8	0.527	54.8	0.897
		28	1.5	26.0	2.27	2.95	0.179	2478	2.488	0.9965	2.61	2.32	1826	10.29	0.9979	0.187	14.2	0.544	22.1	0.845
			2.5	50.6	2.67	3.47	0.170	2811	1.602	0.9999	2.89	2.69	2059	7.62	0.9998	0.170	27.2	0.539	43.4	0.857
			3.5	67.0	3.01	3.82	0.205	3116	1.492	0.9999	3.22	3.02	672	1.59	0.9988	0.205	41.6	0.635		
	20	28	1.5	32.3	2.54	3.21	0.175	2231	1.932	0.9999	2.81	2.56	1654	9.04	0.9991	0.172	20.2	0.625	28.3	0.877
			2.5	56.0	2.75	3.56	0.187	2816	1.478	0.9997	2.94	2.76	1518	5.07	0.9986	0.177	38.8	0.694	50.4	0.900
			3.5	72.5	3.15	3.94	0.227	3227	1.434	0.9999	3.40	3.21	2596	5.70	0.9999	0.226	38.9	0.508	56.3	0.759
		28	1.5	31.6	2.41	3.08	0.153	2474	2.117	0.9999	2.70	2.45	2659	16.19	0.9994	0.155	17.2	0.546	28.7	0.909
			2.5	51.3	2.61	3.40	0.166	2925	1.597	0.9999	2.82	2.63	1741	6.33	0.9997	0.166	29.9	0.584	45.6	0.890
			3.5	75.1	3.06	3.87	0.208	3748	1.664	0.9999	3.34	3.10	1067	2.33	0.9999	0.211				

表-5.2.2 モルタルの圧縮強度試験結果

骨材	G _{max} (mm)	材齢 (日)	C/W	実測値				縦ひずみ						横ひずみ			帰 帰 ν	特異点応力			
				圧縮強度 f _{cm} N/mm ²	弾性係数		ポアソン比 ν	ε ₀	n	r	弾性係数		ε ₀	n	r	実測値		σ _{in}		σ _{cr}	
					Es ×10 ⁻⁴ N/mm ²	ED ×10 ⁻⁴ N/mm ²					弾性係数										
											Ei ×10 ⁻⁴ N/mm ²	Es ×10 ⁻⁴ N/mm ²									
a	40	7	1.7	31.5	2.27	2.68	0.216	2234	1.818	0.9994	2.55	2.35	788	3.24	0.9995	0.21058	24.2	0.7707			
			2.5	42.4	2.46	2.91	0.202	2304	1.483	0.9992	2.73	2.57	723	2.31	0.9997	0.20894					
			3.5	68.4	2.60	3.06	0.216	3095	1.267	0.9998	2.82	2.72	1011	2.00	0.9999	0.22042					
		28	1.7	43.2	2.66	3.19	0.195	2470	1.583	0.9999	2.77	2.59	809	2.83	0.9999	0.19288	29.3	0.6778	42.6	0.9815	
			2.5	58.3	2.81	3.37	0.202	2902	1.458	0.9999	2.93	2.76	961	2.55	0.9999	0.19972	43.0	0.7378	55.6	0.9292	
			3.5	86.0	3.10	3.63	0.219	3980	1.519	0.9999	3.23	3.07	1299	2.39	0.9999	0.21723	61.5	0.7155	82.2	0.9562	
	20	91	1.7	51.6	2.75	3.36	0.193	2953	1.661	0.9999	2.94	2.72	1660	5.14	0.9995	0.19135	36.9	0.7141	46.5	0.9006	
			2.5	66.7	2.88	3.54	0.202	3100	1.414	0.9999	3.04	2.88	955	2.32	0.9998	0.19852	49.6	0.7432	64.0	0.9594	
			3.5	94.7	3.18	3.84	0.216	3914	1.380	0.9999	3.34	3.17	1302	2.27	0.9998	0.21388	67.0	0.7075	89.2	0.9422	
		28	1.7	37.2	2.41	3.01	0.188	2888	2.093	0.9998	2.71	2.45	1789	7.43	0.9996	0.18694	26.6	0.7137	33.6	0.9043	
			2.5	61.4	2.89	3.48	0.194	3096	1.543	0.9999	3.08	2.88	1052	2.88	0.9999	0.19304	49.2	0.8021	58.7	0.9567	
			3.5	85.4	3.09	3.67	0.214	4137	1.599	0.9999	3.30	3.08	1476	2.34	0.9998	0.21201	67.9	0.7952	80.5	0.9417	

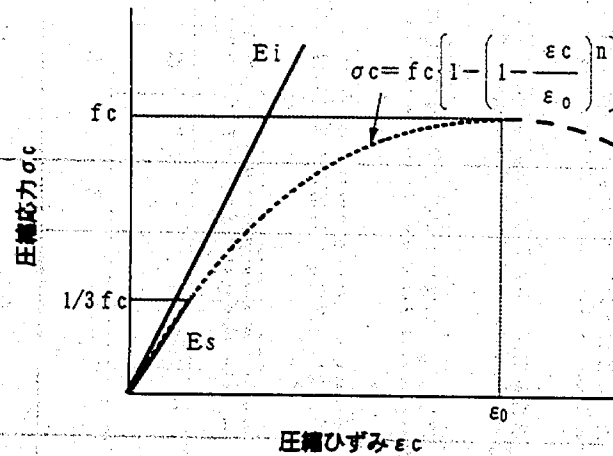


図-5.2.1 応力-ひずみの回帰式

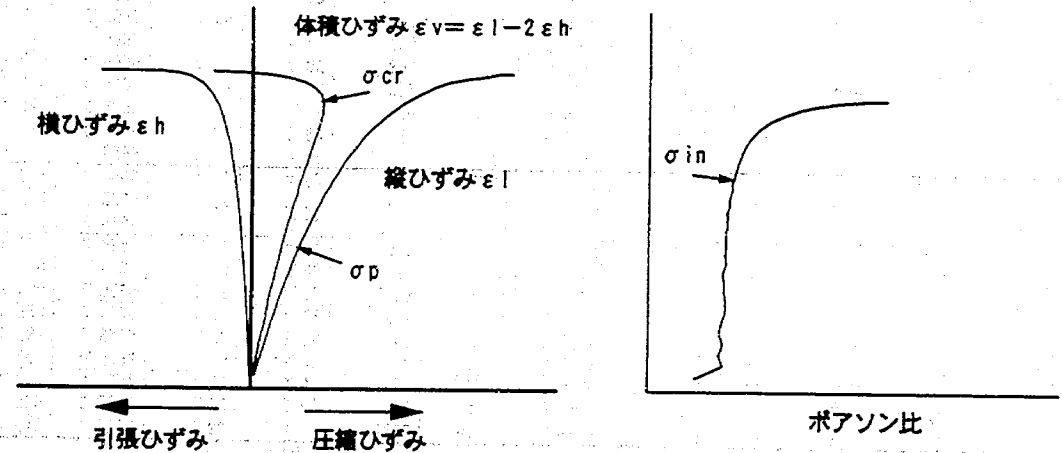


図-5.2.2 特異点応力

と定義されているが、今回その点が不明確であったので、 σ_p は求めていない。 σ_{in} はポアソン比が変化し始める点、 σ_{cr} は体積ひずみが減少から増加に転ずる点で求めた。

5.2.2 材齢と圧縮強度の関係

材齢と圧縮強度の関係は、図-5.2.3のとおりであった。式(5.2.4)によって回帰した結果は、表-5.2.3のとおりである。

$$f_c = \frac{t}{\frac{1}{a} + \frac{t}{b}} \quad (5.2.4)$$

ここに、 t : 材齢 (日)

a : 初期接線を表す回帰係数。

b : 材齢が ∞ のときの強度を表す回帰係数

表-5.2.3 強度発現の回帰結果

Gmax	骨材の種類	C/W	回帰係数		相関係数 r
			a	b	
40	A	1.5	7.06	31.2	0.992
		2.5	18.43	61.9	0.974
		3.5	38.89	84.45	0.962
	B	1.5	5.31	35.04	0.997
		2.5	16.42	61.83	0.997
		3.5	43.28	86.66	0.98
	C	1.5	6.33	38.71	0.980
		2.5	17.22	66.06	0.956
		3.5	35.14	87.64	0.981
	D	1.5	4.91	33.97	0.989
		2.5	16.01	57.78	0.998
		3.5	54.99	72.13	0.954
20	モルタル a	1.7	10.42	53.25	0.986
		2.5	15.21	69.19	0.996
		3.5	32.57	96.73	0.995

5.2.3 セメント水比C/Wと圧縮強度の関係

図-5.2.4~5.2.5にセメント水比C/Wと圧縮強度の関係を示す。直線回帰結果は表-5.2.4のとおりである。図-5.2.5は骨材の種類を比較したものであり、骨材A~Cはほぼ同じであるが、CはC/Wが大きくなるにしたがい強度の増加が小さくなっている。

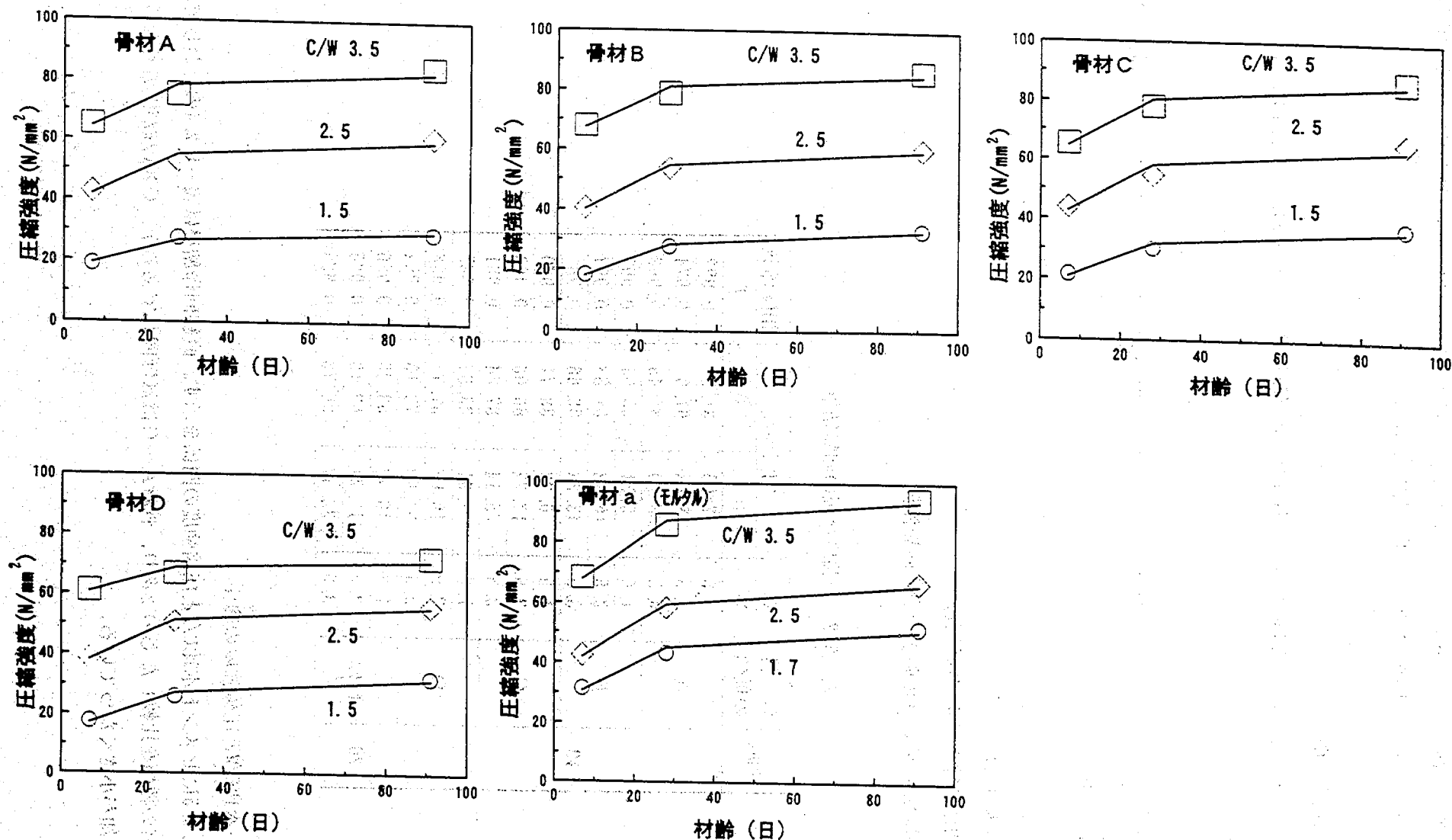
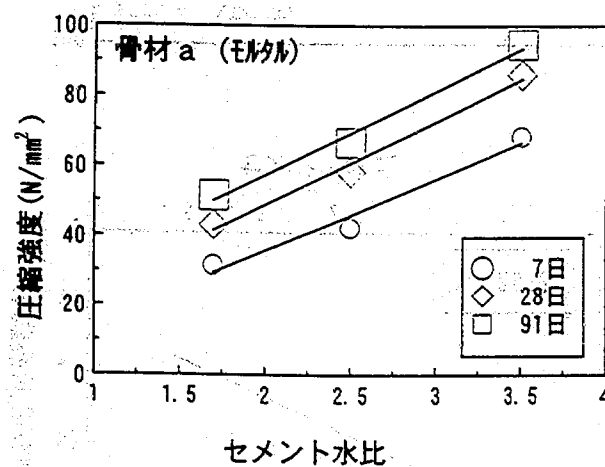
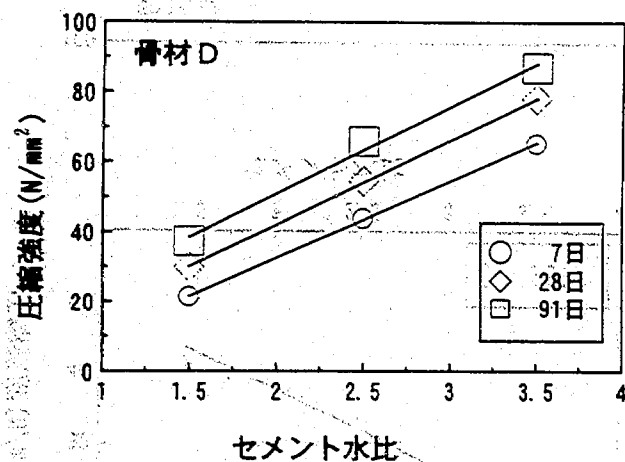
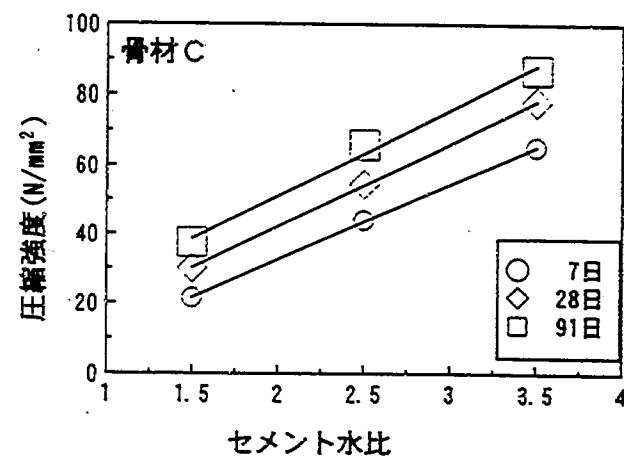
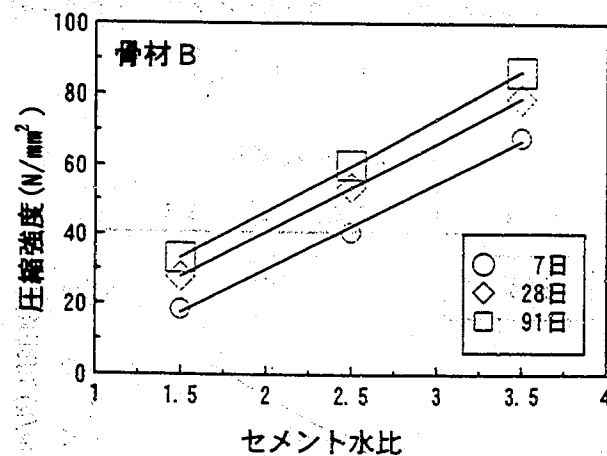
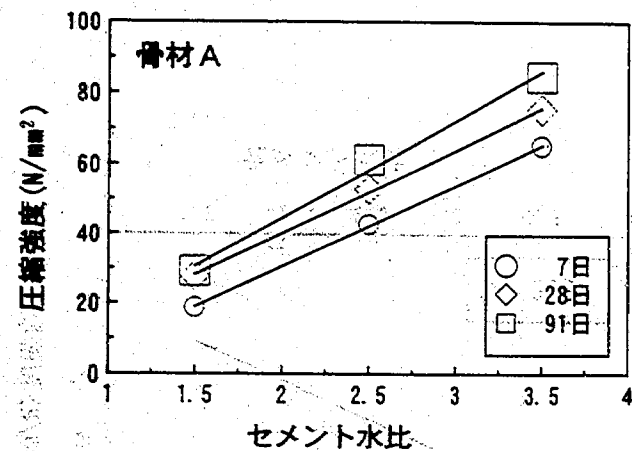
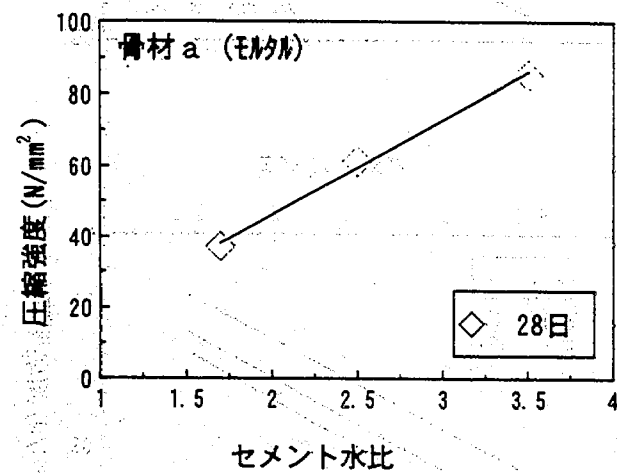
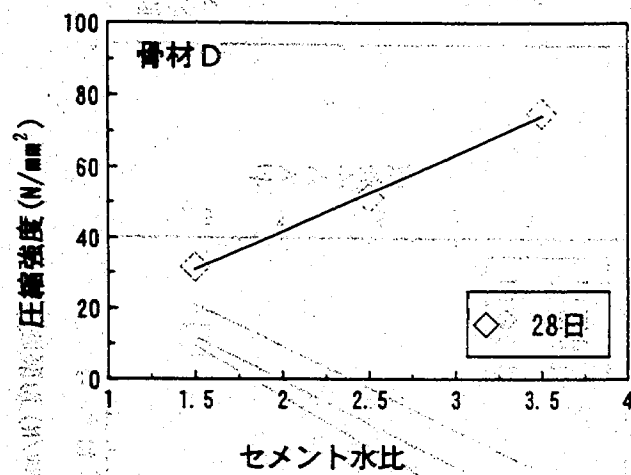
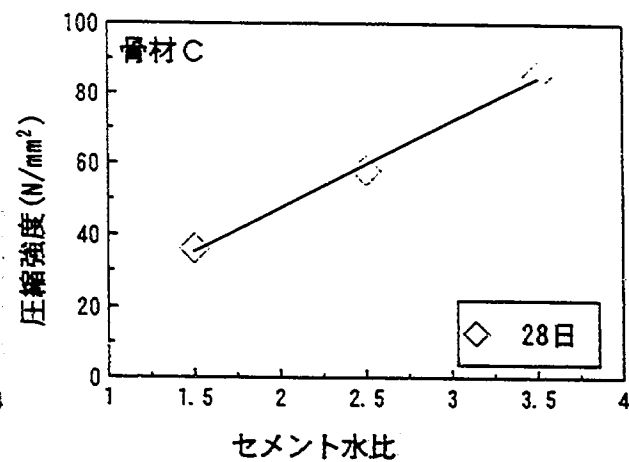
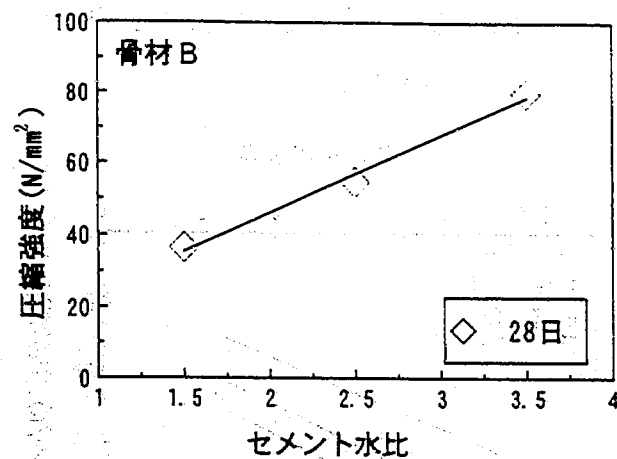
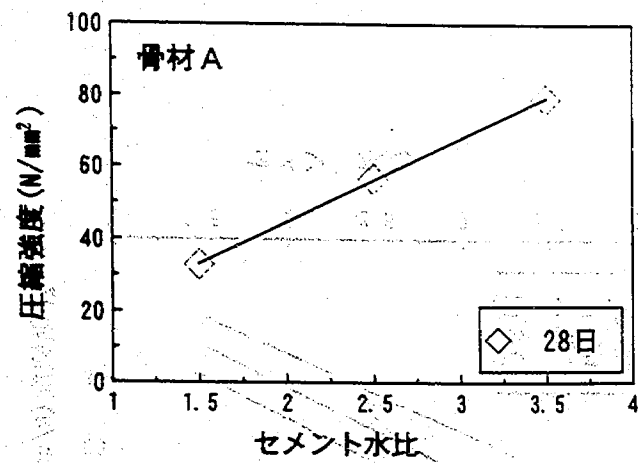


図-5.2.3 材齢と圧縮強度の関係



(1) Gmax40mm

図-5.2.4 セメント水比-圧縮強度の関係



(2) G_{max}20mm

図-5.2.4 セメント水比—圧縮強度の関係

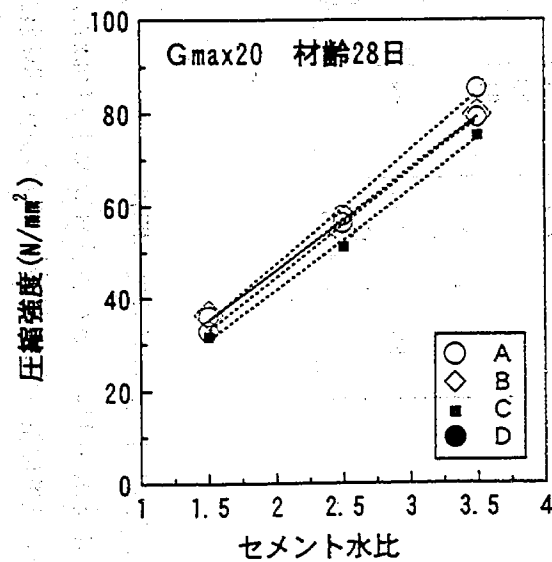
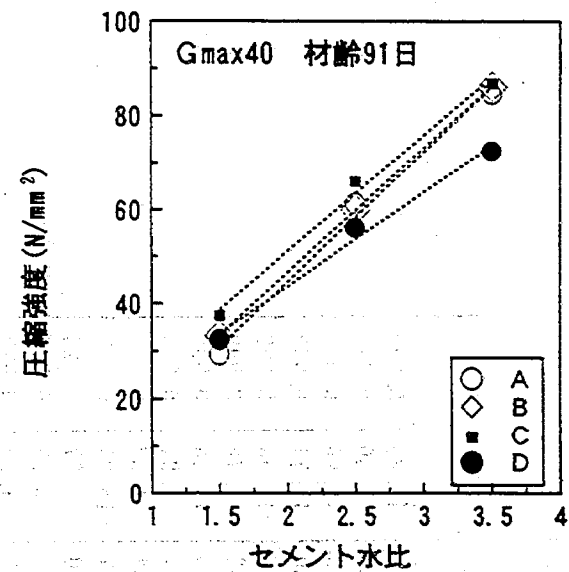
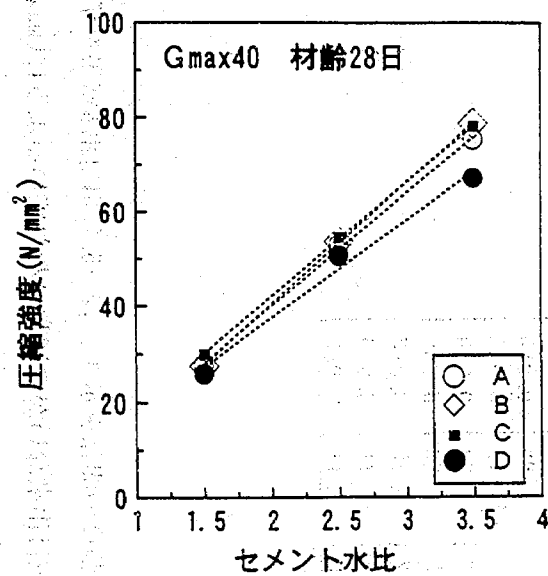
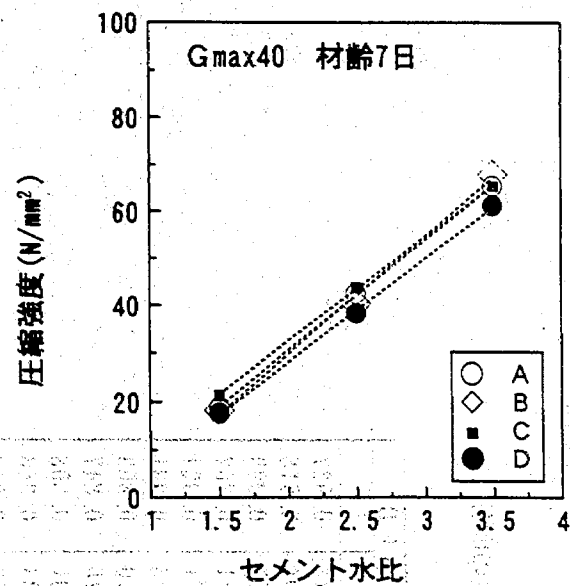


図-5.2.5 セメント水比と圧縮強度の関係（骨材種類の比較）

表-5.2.4 C/Wの回帰結果

Gmax	骨材	材齡	$f_c = \alpha C/W + \beta$		
			α	β	r
40	A	7	23.23	-15.86	0.999
		28	23.85	-7.60	0.999
		91	27.73	-10.96	0.996
	B	7	24.80	-19.74	0.998
		28	25.57	-10.53	0.999
		91	26.62	-6.76	0.999
	C	7	21.93	-11.28	0.999
		28	24.67	-5.97	0.999
		91	24.82	1.37	0.996
	D	7	21.77	-15.35	0.999
		28	20.50	-3.37	0.994
		91	20.12	3.32	0.995
	モルタル a	7	18.42	1.39	0.973
		28	21.42	8.95	0.986
		91	21.53	17.18	0.985
20	A	28	23.12	-1.67	0.999
	B		21.63	2.83	0.996
	C		24.62	-1.75	0.998
	D		21.75	-1.71	0.999
	モルタル		24.10	1.11	0.999

5.2.4 粗骨材最大寸法と圧縮強度の関係

図-5.2.6に材齢28日ときの粗骨材最大寸法Gmaxと圧縮強度の関係を示す。表-5.2.5に回帰結果を示す。Gmax20と40では単位粗骨材かさ容積が異なるので単純に比較は出来ないが、通常いわれているようにGmaxが大きくなるほど強度は減少する傾向がある。

表-5.2.5 Gmax-圧縮強度の関係

骨材	C/W	$f_c = \alpha C/W + \beta$		
		α	β	r
A	1.5	-13.47	49.72	0.927
	2.5	-7.21	65.04	0.918
	3.5	-11.32	93.65	0.999
B	1.5	-12.17	49.21	0.862
	2.5	-7.27	64.81	0.924
	3.5	-8.16	91.26	0.981
C	1.5	-10.31	47.70	0.863
	2.5	-5.32	63.76	0.847
	3.5	-6.69	90.91	0.808
D	1.5	-15.38	51.04	0.943
	2.5	-11.15	67.38	0.948
	3.5	-20.01	90.91	0.995

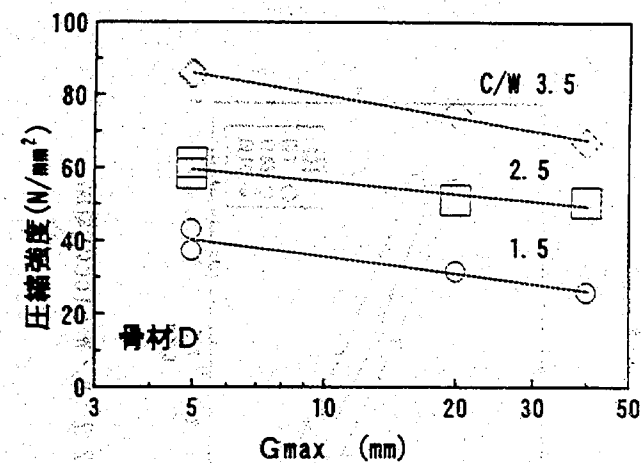
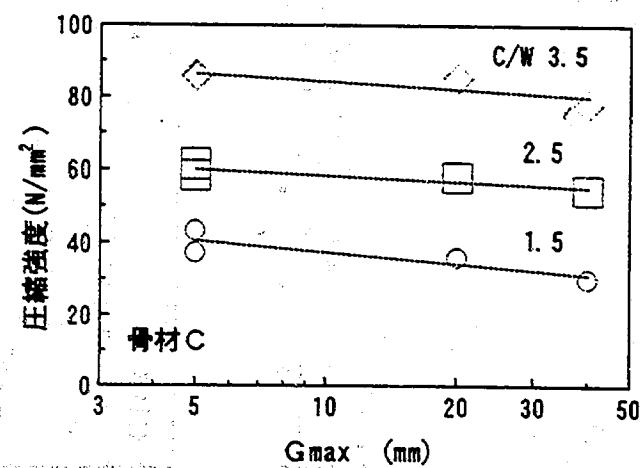
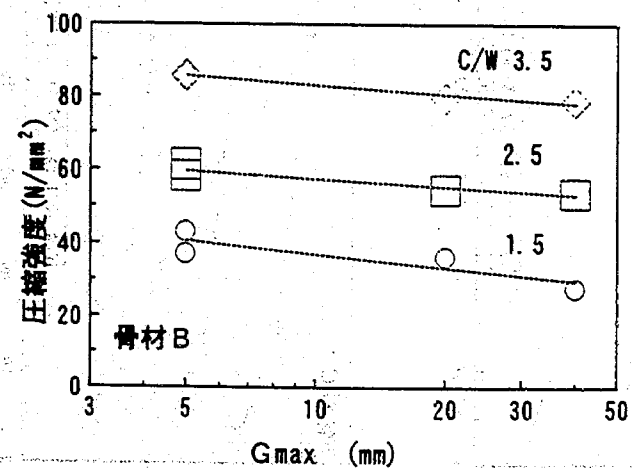
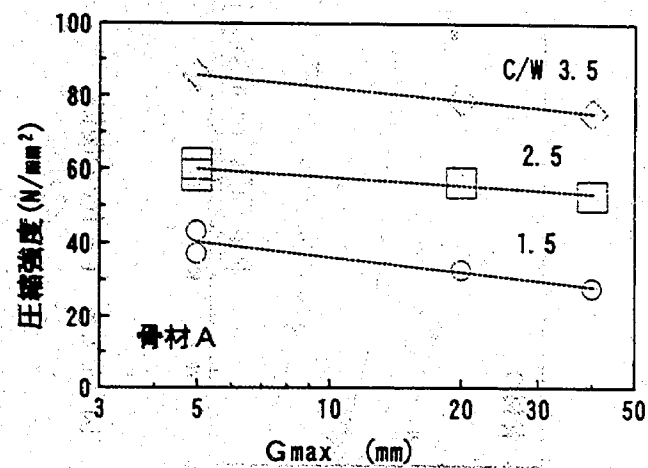


図-5.2.6 Gmax (対数) - 圧縮強度の関係

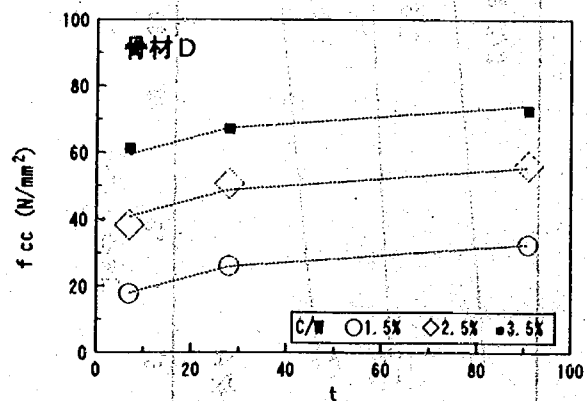
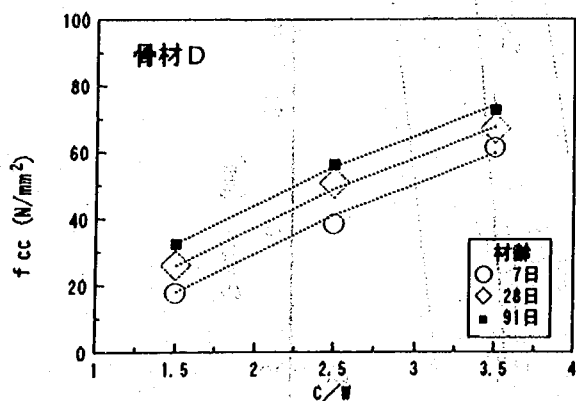
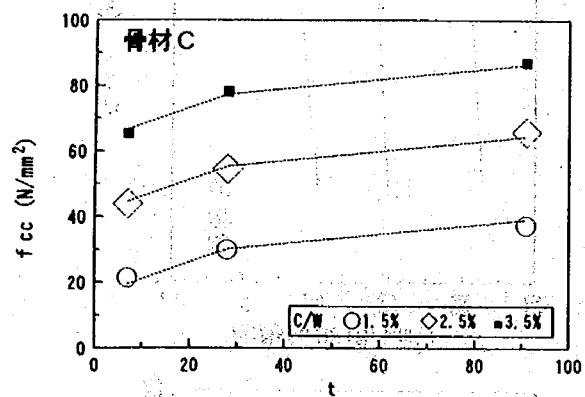
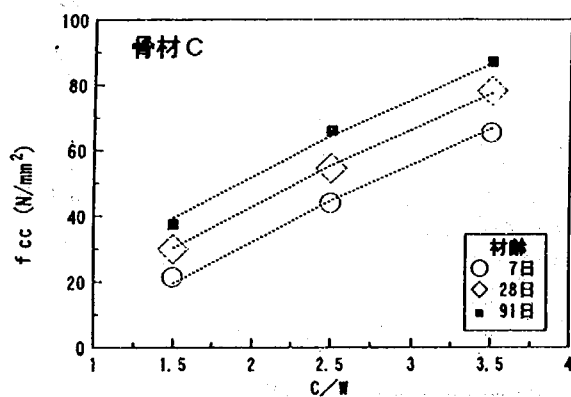
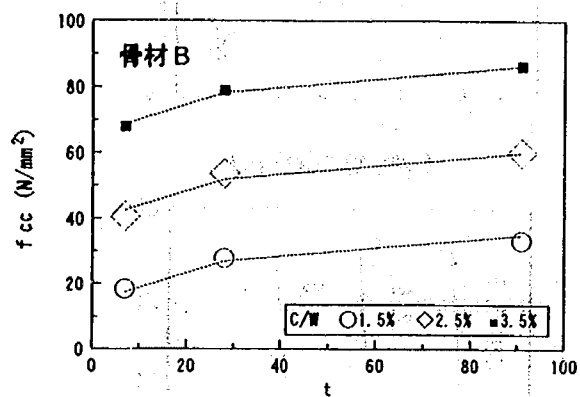
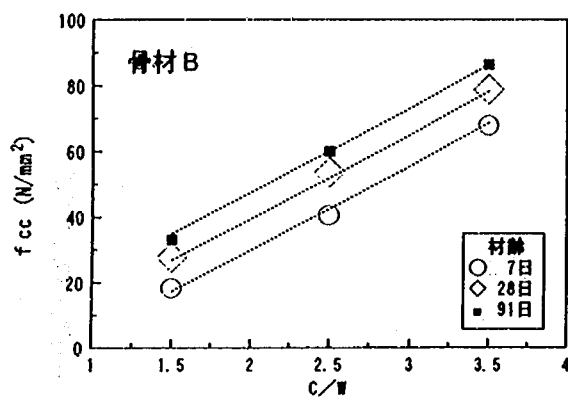
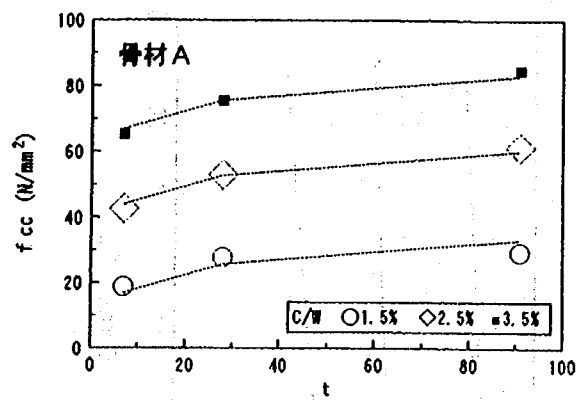
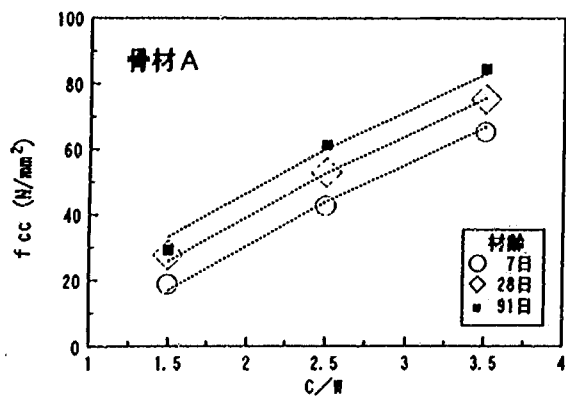
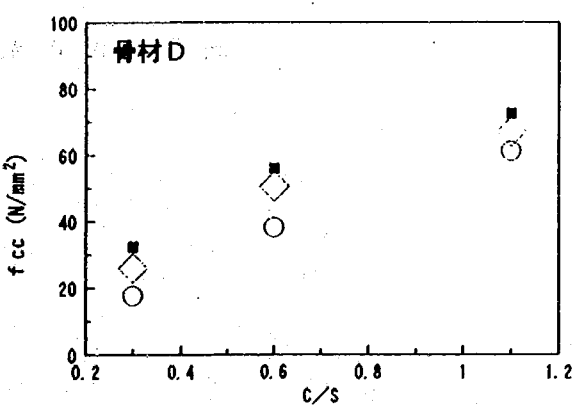
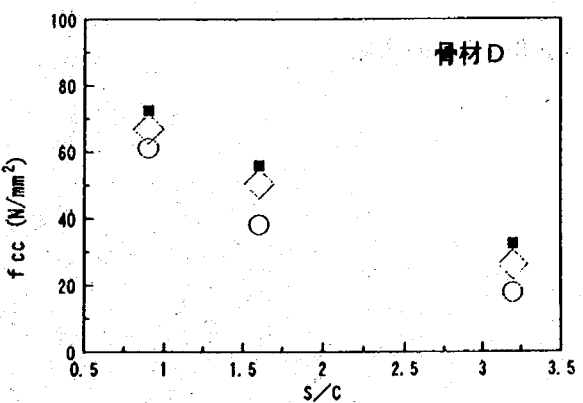
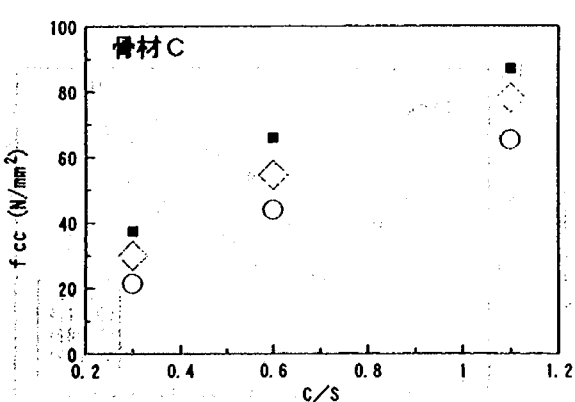
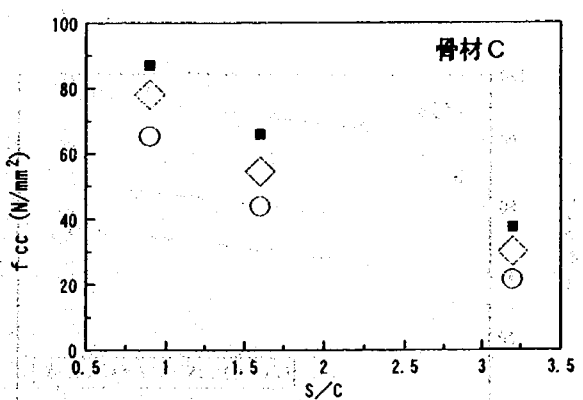
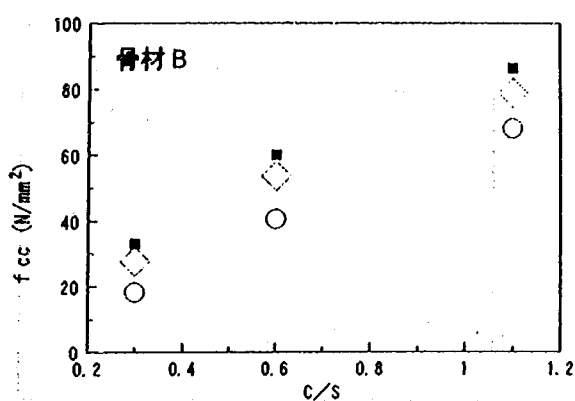
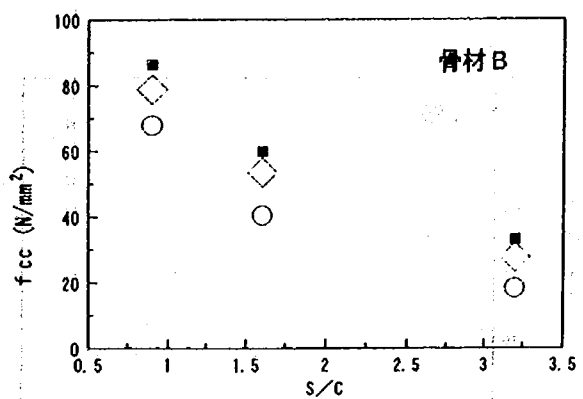
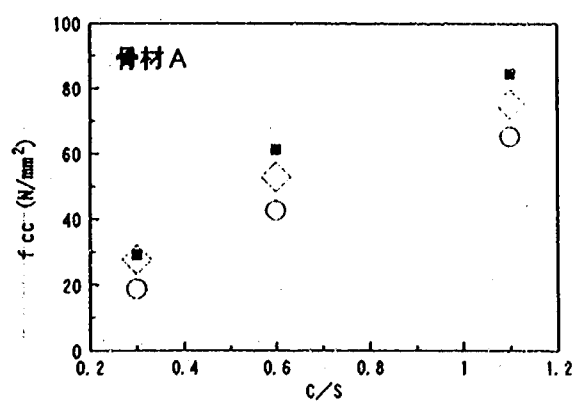
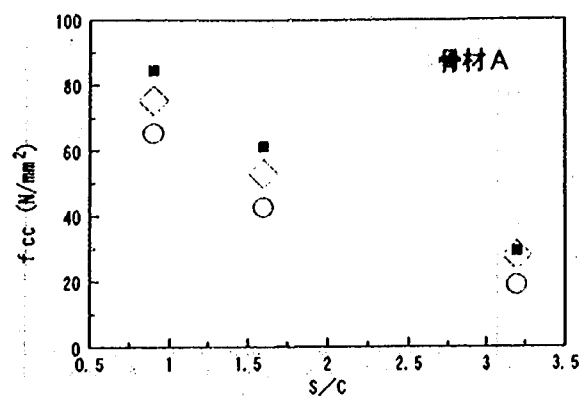


図-5.2.7 C/W- f_{cc} の関係

図-5.2.8 t- f_{cc} の関係



(a) S/C-fccの関係

(b) C/S-fccの関係

図-5.2.9 S/C、C/S-fccの関係

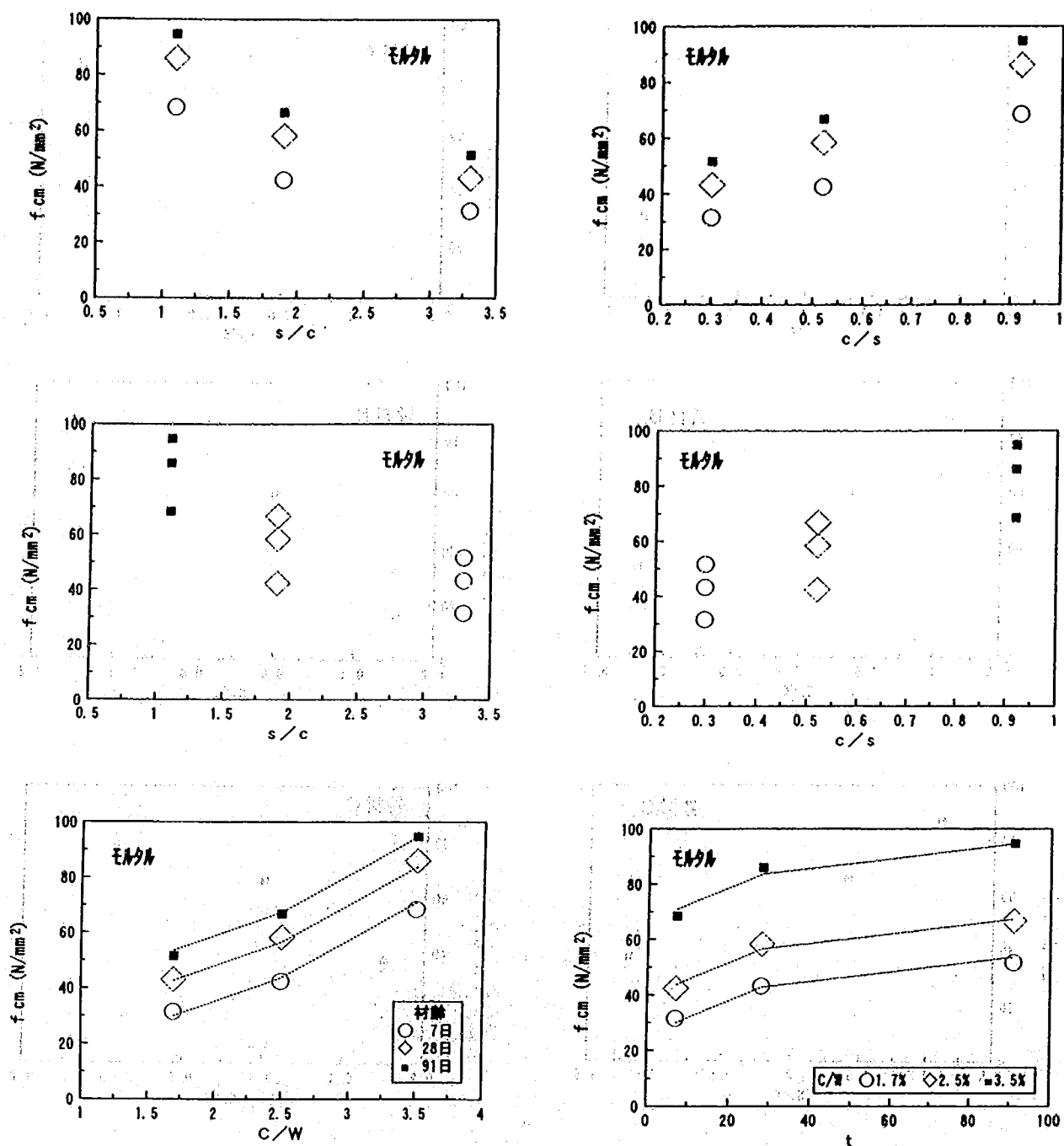


図-5.2.10 C/W 、 s/c 、 c/s 、 t — f_{cm} の関係

5.2.5 回帰分析による骨材の影響の比較

圧縮強度はセメント水比C/Wと比例関係にある。材齢とは指数の関係にある。砂セメント比S/Cとは副次的ではあるがほぼ逆比例の関係にあり、その逆数C/Sとほぼ比例関係になる。これらの関係を多項式(5.2.5)によって圧縮強度を表し、骨材の種類の影響を比較することを考えた(図-5.2.7~5.2.10)。

$$f_{cc} \text{ または } f_{cm} = k_1 \frac{C}{W} + k_2 f_{nl} + k_3 \frac{C}{S} + k_4 \dots \dots \dots (5.2.5)$$

ここに、 f_{cc} , f_{cm} : コンクリート及びモルタルの圧縮強度

C/W : セメント水比

C/S : セメント細骨材比

f_{nl} : 材齢

k_1, k_2, k_3, k_4 : 回帰係数

回帰結果は表-5.2.6のとおりである。各要因を3点しかとっていないためか、明確な傾向はみられない。

表-5.2.6 多項式による圧縮強度の回帰結果

骨材	セメント水比 k_1	材 齢 k_2	セメント細骨材比 k_3	定 数 項 k_4	相関係数 r
A	34.01	6.32	-23.16	-39.10	0.996
B	21.87	6.87	9.67	-31.79	0.999
C	30.14	7.74	-16.67	-35.58	0.998
D	30.29	5.69	-24.24	-31.04	0.997
モルタル a	-6.865	9.24	71.99	-1.88	0.997

5.2.6 応力-ひずみ関係

主な応力-ひずみ関係を図-5.2.11~5.2.13に示す。図-5.2.11は、骨材の種類ごとにC/W、材齢と応力-ひずみの関係を見たものである。C/Wが大きくなり、材齢が長くなり強度が大きくなるほど応力-ひずみ関係の傾きが大きく直線的になってくることが分かる。図-5.2.12は、C/W2.5の場合について骨材の違いを比較したものである。骨材A~Cは傾きが大きい、Dは小さいことがわかる。

図-5.2.13はC/W2.5、材齢28日の場合について骨材、モルタル、コンクリートの応力-ひずみ関係を比較したものである。骨材A~Cの強度は高く、そのひずみはコンクリートが圧縮強度に達するときでもほぼ直線的な関係になっている。モルタルはコンクリートよりわずかに小さい。しかし、骨材Dのひずみは、コンクリート、モルタルと同じように次第に傾きが小さくなっている。

このような関係を式(5.2.1)によって回帰して、骨材の種類と応力ひずみの関係について検討した(図-5.2.14)。(1)図は応力と縦ひずみ、横ひずみ、体積ひずみの関係である。体積ひずみは式(5.2.6)によって求めた。圧縮応力と縦ひずみの関係を式(5.2.1)のようなn次式の回帰の結果は、非常に適合性がよかった(表-5.2.1および5.2.2)。

$$\varepsilon_v = \varepsilon_1 - 2\varepsilon_h \dots \dots \dots (5.2.6)$$

ここに、 ε_v : 体積ひずみ

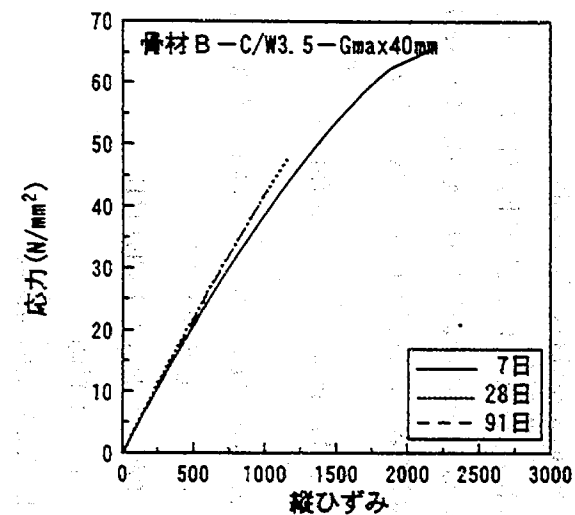
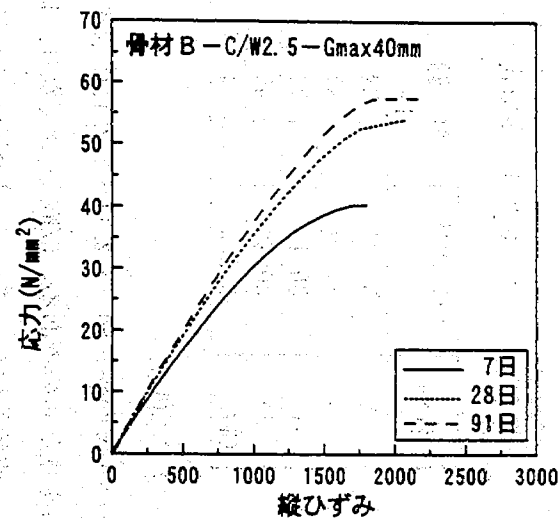
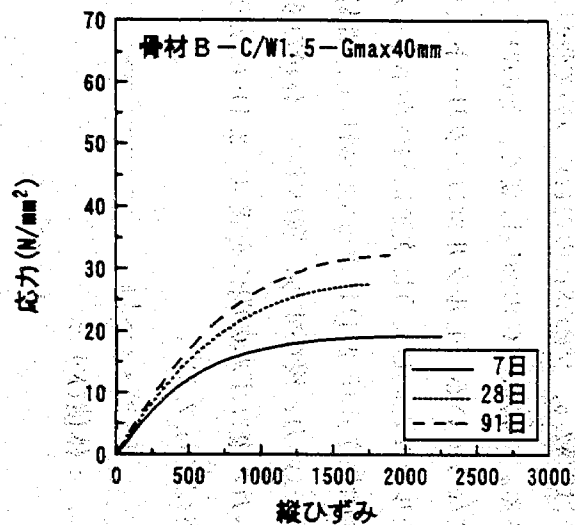
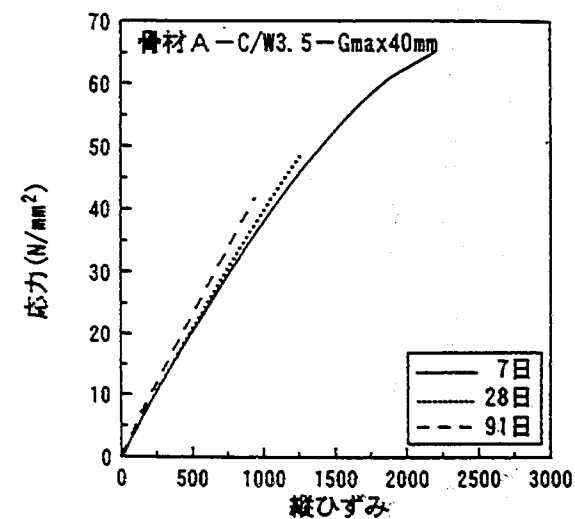
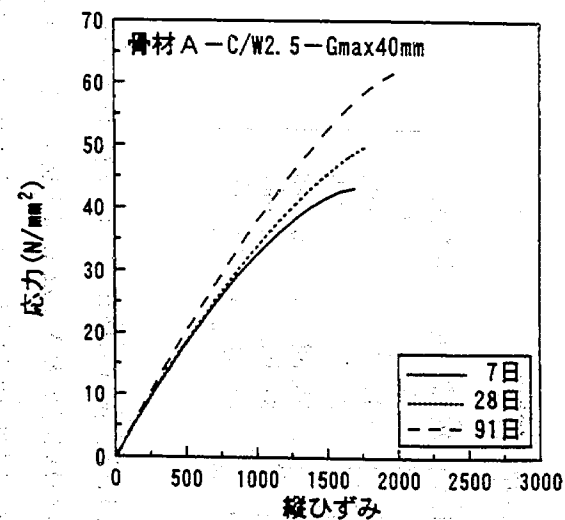
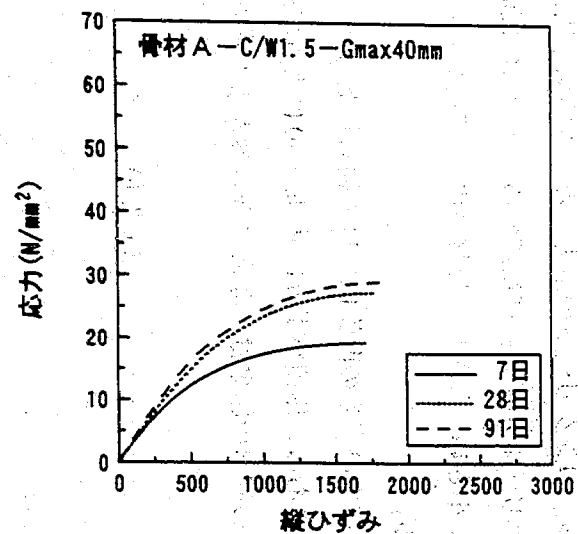


図-5.2.11 応力とひずみの関係 (その1)

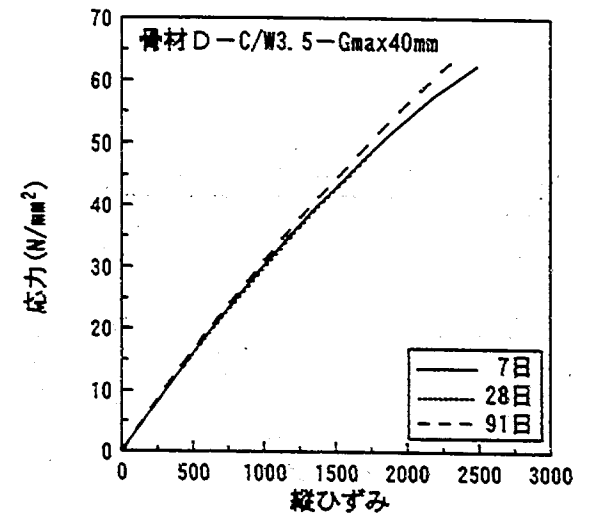
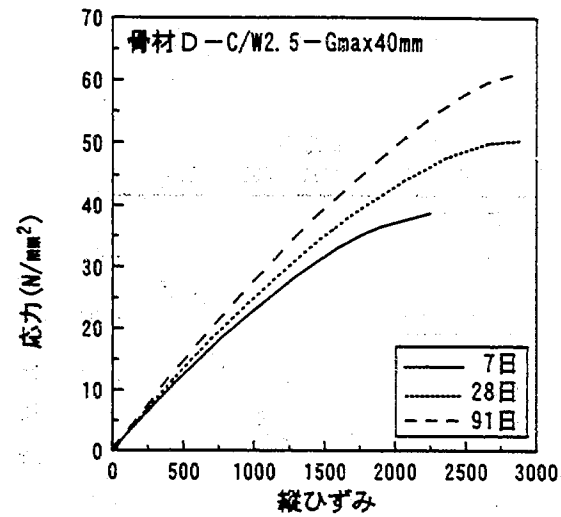
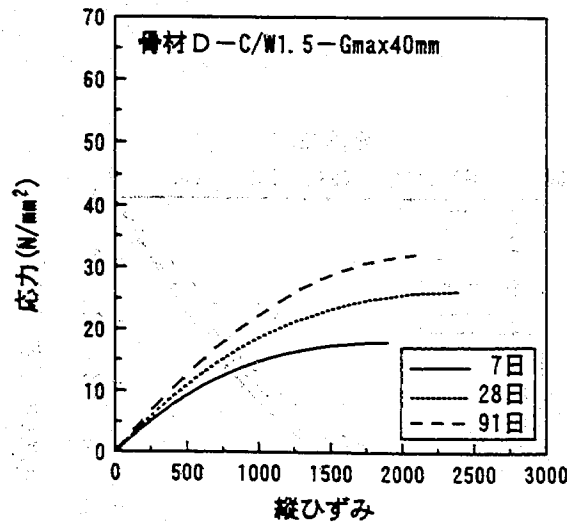
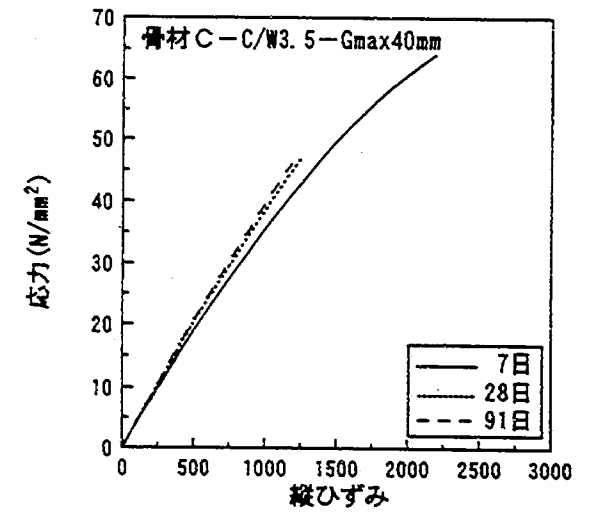
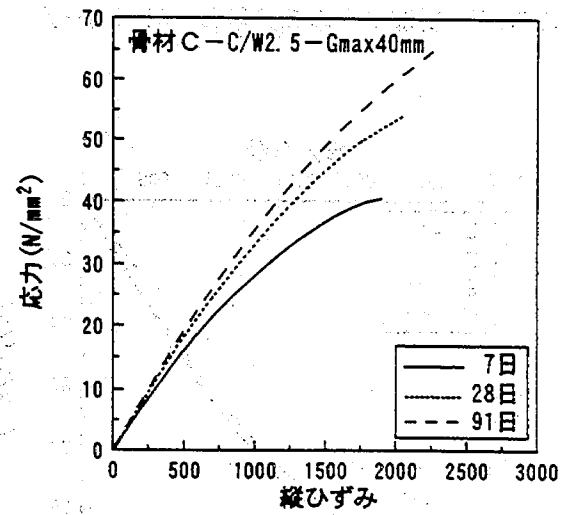
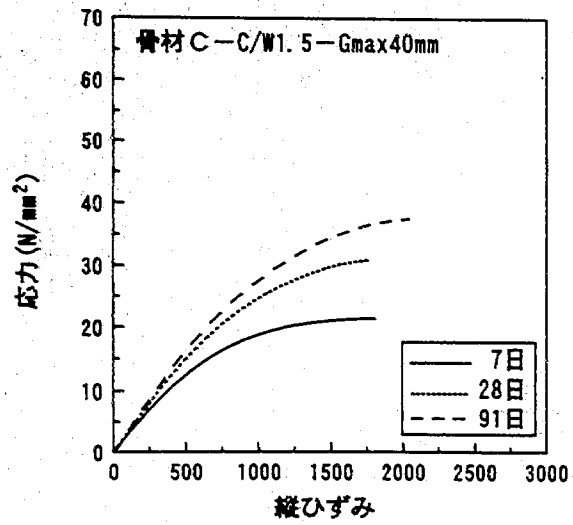


図-5.2.11 応力とひずみの関係 (その2)

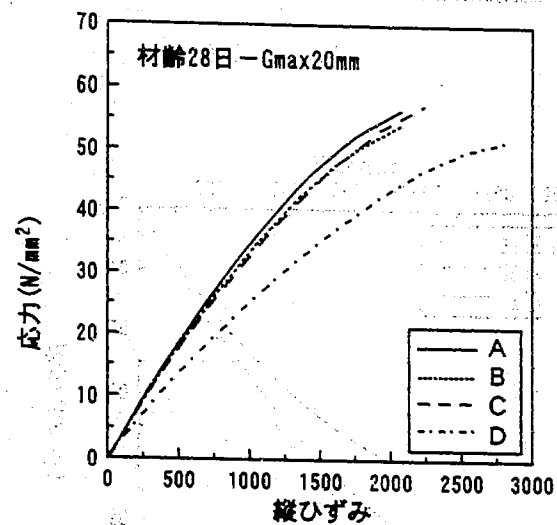
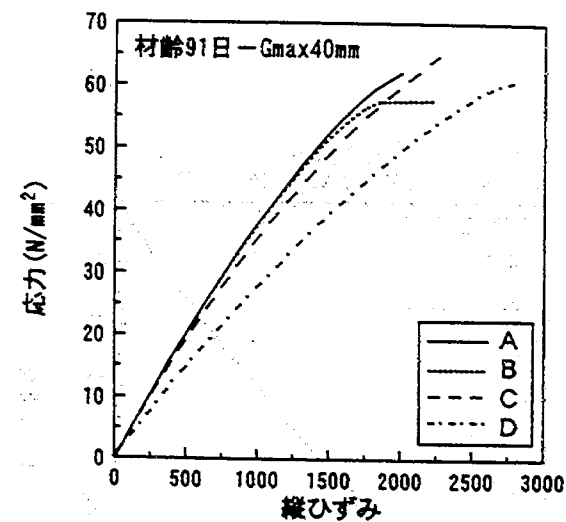
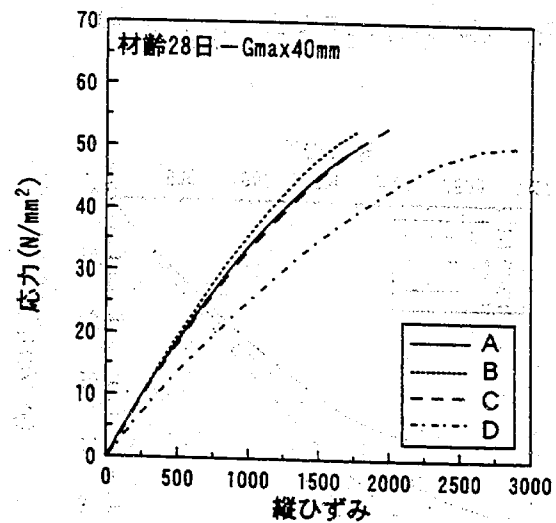
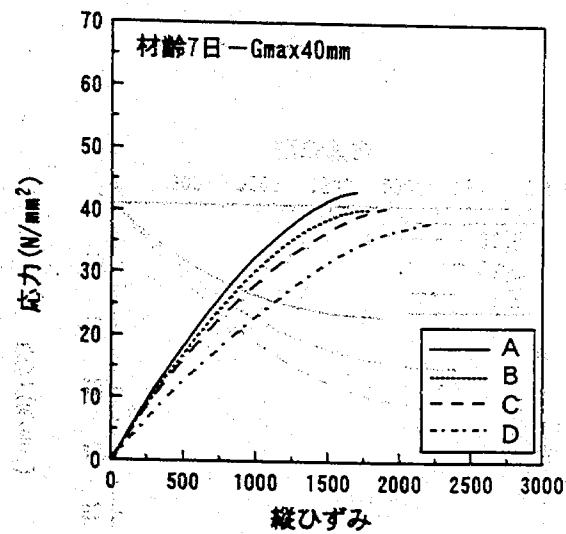
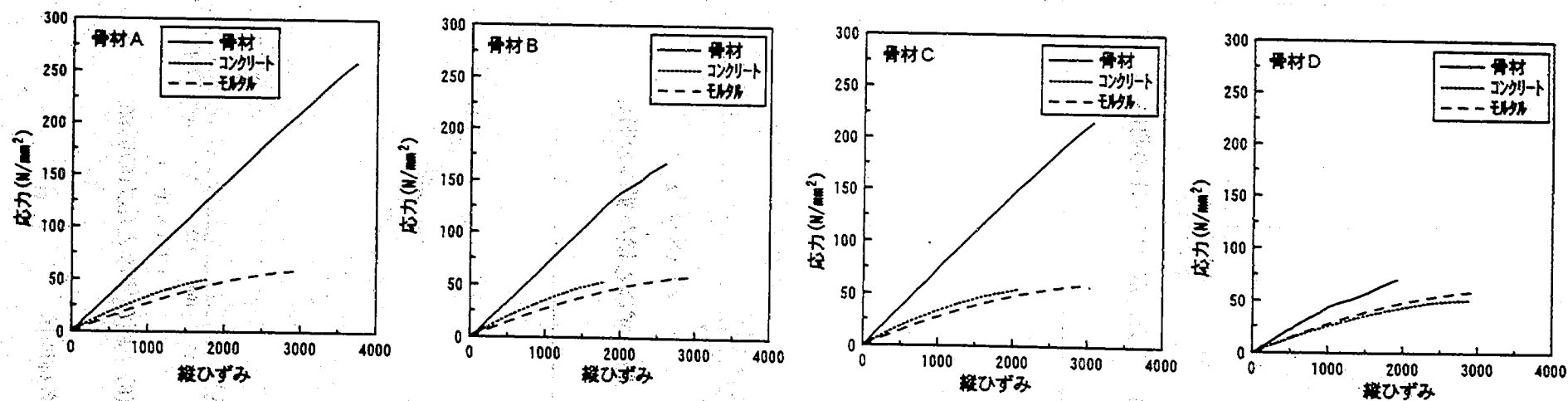
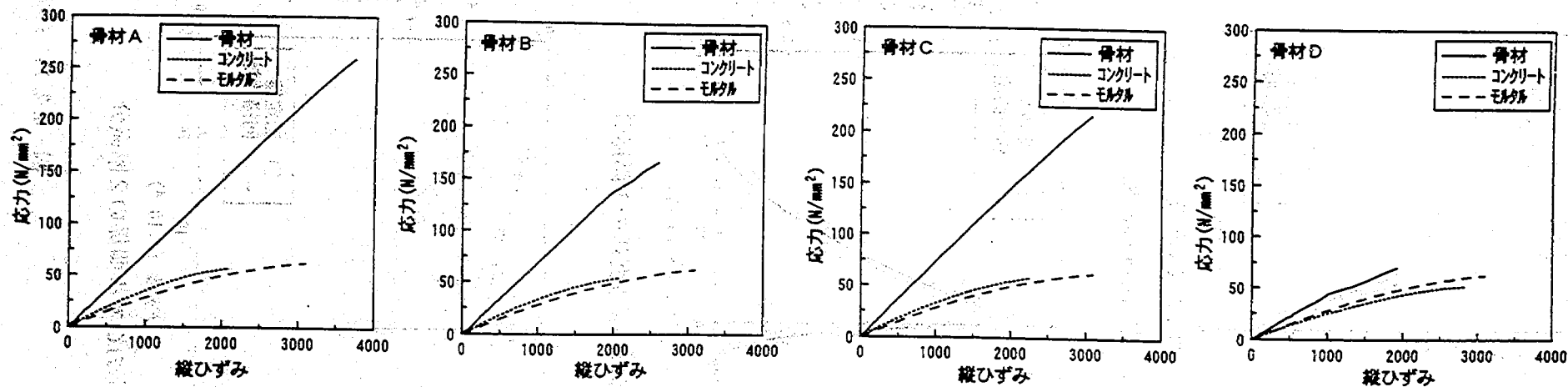


図-5.2.12 応力とひずみの関係 (C/W2.5)

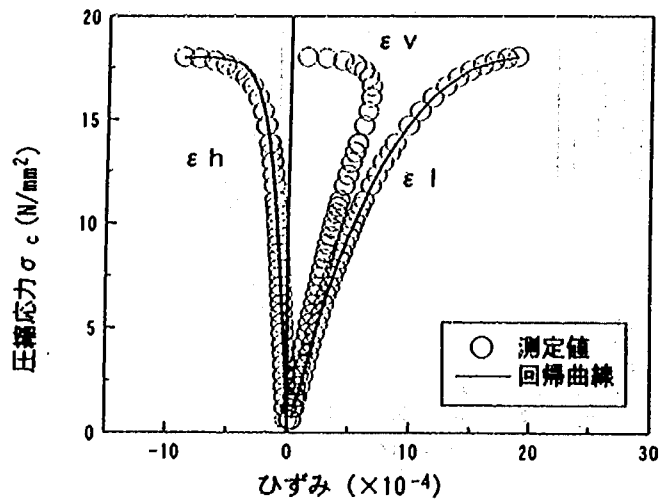


(a) $G_{max}40mm$

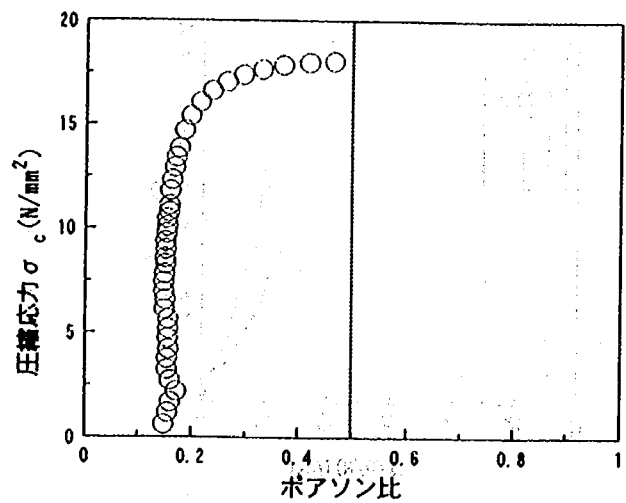


(b) $G_{max}20mm$

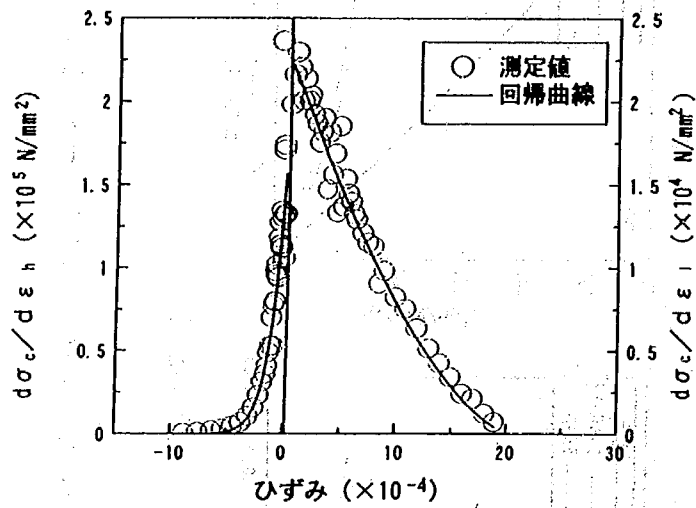
図-5.2.13 骨材、モルタル、コンクリートの応力とひずみ関係



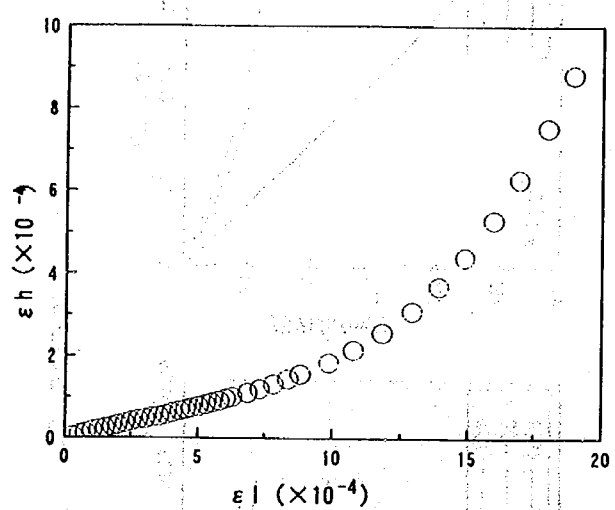
(1) 応力ひずみ関係



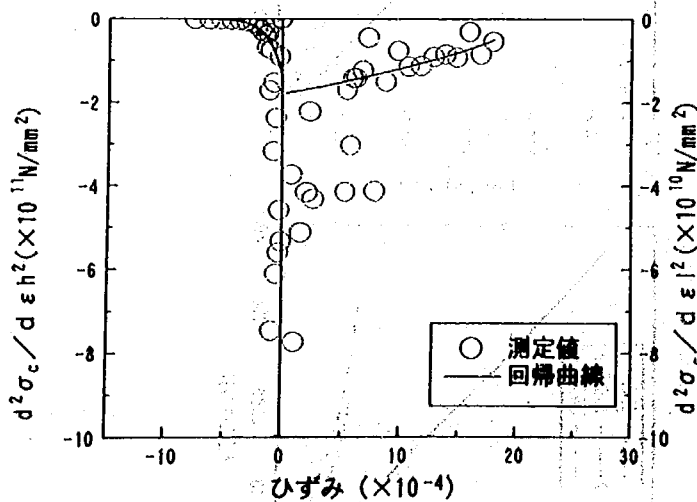
(2) 応力とポアソン比の関係



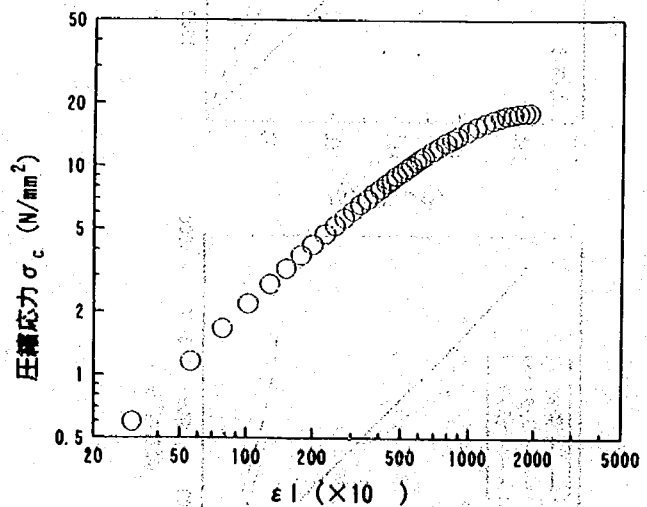
(3) 応力ひずみ関係の1階微分



(5) 縦ひずみと横ひずみの関係



(4) 応力ひずみ関係の2階微分



(6) 縦ひずみと応力の関係

図-5.2.14 応力-ひずみの各種関係

ϵ_c : 縦ひずみ

ϵ_n : 横ひずみ

(2)図は、応力とポアソン比の関係である。

(3)図は、ひずみの変化率（応力-ひずみの1階微分）であり、特異点応力の比例限界応力が存在するならば変曲点があるはずであり、図-5.2.15(b)図から n は1~2程度になることが考えられる。

(4)図は応力-ひずみの2階微分である。1階微分では比例限界が明確でなくても、2階微分ではどうかを見たものである。図-5.2.15(c)図から比例限界が存在するならば n は1~2または2~3程度になるものと考え、これらの変化率を求めた。式(5.2.1)の1階微分は式(5.2.7)、2階微分は式(5.2.8)となる。

$$\sigma_c' = n \frac{f_c}{\epsilon_o} \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^n \quad (5.2.7)$$

$$\sigma_c'' = -n(n-1) \frac{f_c}{\epsilon_o} \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^n \quad (5.2.8)$$

(5)および(6)図も特異点を求めるためのものである。(5)図は、横軸に縦ひずみ、縦軸に横ひずみをとったものである。(6)図は、応力とひずみを対数でとったものである。両図は、特異点で折れ曲がるといわれている^{5.2) 5.3)}。

図-5.2.14の(3)~(6)図を各種コンクリートについてみたが、いずれもほぼ連続的に変化しており明確な変曲点は見えず、比例限界応力は求められなかった。特異点応力は、5.2.1で説明したとおり、ポアソン比の変化点を開始応力 σ_{in}

(図-5.2.2(b)図)、体積ひずみが減少から増加に変化する点を臨界応力 σ_{cr} ((a)図)とした。

式(5.2.1)によって回帰して求めた各種弾性係数、ポアソン比、回帰係数 ϵ_o 、 n の関係を図-5.2.16に示す。

(a)図は回帰曲線から求めた1/3割線弾性係数と通常の方法によって求めた割線弾性係数の関係であり、両者はよく一致している。

(b)図は回帰曲線から求めた割線弾性係数と初期接線弾性係数の関係である。回帰した結果は式(5.2.9)のとおりであった。

$$E_s = 0.995 \times E_i - 0.271 \quad (r = 0.984) \quad (5.2.9)$$

(c)図は初期接線弾性係数と動弾性係数の関係であり、回帰の結果は式(5.2.10)のとおりであった。

$$E_i = 0.962 \times E_o - 0.241 \quad (r = 0.965) \quad (5.2.10)$$

5.2) 小阪, 谷川; コンクリートの破壊挙動に及ぼす粗骨材の影響 (第3版: 特異点応力度による検討), 日本建築学会論文報告集, No. 233, pp. 21~32, 1975. 7

5.3) 横道, 角田, 鮎田; コンクリートの変形における特異点について, セメント技術年報, Vol. 23, 1969, pp 231~235

(d)図は応力-ひずみの回帰結果と通常の方法によって求めたポアソン比の結果であり、回帰の結果は式(5.2.11)のとおりであった。

$$\nu_{cul}=0.979 \times \nu_{mes}+0.0009 \quad (r=0.965) \quad (5.2.11)$$

(e)図は、回帰によって求めた圧縮強度時のひずみ ϵ_o と圧縮強度の関係である。式(5.2.12)に f_c と ϵ_o の線形回帰式を示すように圧縮強度が大きくなると ϵ_o も大きくなり、その傾きは品質が低下するほど大きくなっている。特に骨材Dは、図-5.2.13のように骨材の応力-ひずみ関係はモルタルのそれに近く、両者はほぼ同じように変形するため大きなピークひずみを与えているものと考えられる。だから、 f_c と ϵ_o の関係(図-5.2.16n(e)図)

は骨材Dを用いたコンクリートとモルタルはほぼ同じになっているのであろう。逆に言えば、強度の高い骨材を用いた場合、骨材の応力-ひずみ関係はほぼ線形に対しモルタルのそれは強度の増加とともに非線形化し、骨材とモルタルの界面に応力が集中する。そのために強度が小さいモルタルから破壊が進み、 ϵ_o は小さくなるものと考えられる。

$$\text{回帰結果} \left\{ \begin{array}{l} \text{骨材 A} \quad \epsilon_o=1.27 \times f_c+2024 \quad (r=0.126) \\ \text{B} \quad \epsilon_o=5.38 \times f_c+1771 \quad (r=0.720) \\ \text{C} \quad \epsilon_o=12.17 \times f_c+1709 \quad (r=0.925) \\ \text{D} \quad \epsilon_o=18.33 \times f_c+1824 \quad (r=0.952) \\ \text{モルタル} \quad \epsilon_o=29.45 \times f_c+1219 \quad (r=0.973) \end{array} \right\} \quad (5.2.12)$$

(f)図は、圧縮強度と次数 n の関係である。両者は双曲線の関係にあること、1に漸近していることから式(5.2.13)によって回帰した。その結果を表-5.2.7および図-5.2.17に示す。

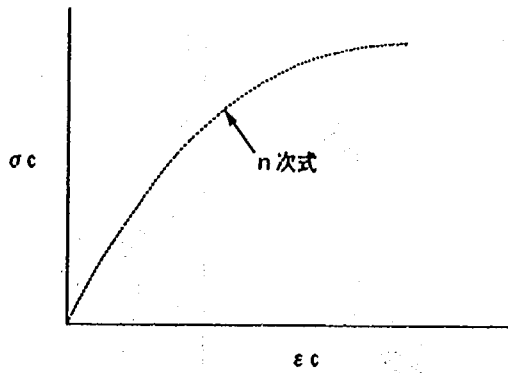
$$n=\exp(1/x) \quad (5.2.13)$$

ここに、 $x=\alpha f_c^\beta$

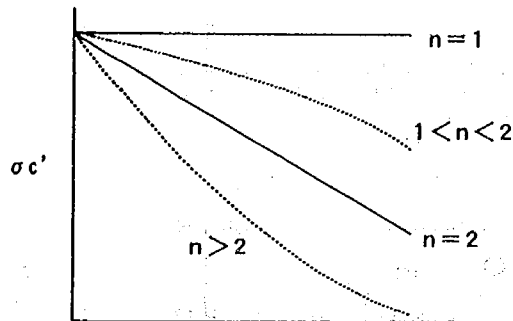
α, β : 回帰係数

表-5.2.7より、骨材強度が低下すると係数 α は大きく、係数 β は小さくなっている、全体的にはほぼ1本の曲線になっており、そのときの係数 $\beta \approx 0.9$ であることから、次式 n は圧縮強度にほぼ反比例する。

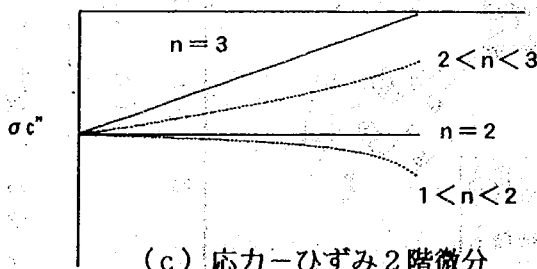
図-5.2.16の(f)図をみる限り、今回の試験からは応力-ひずみの微分結果による次数 n も連続的に変化しており、図-5.2.15のようにはならず、比例限界応力は確認できなかった。



(a) 応力-ひずみ関係



(b) 応力-ひずみ1階微分



(c) 応力-ひずみ2階微分

図-5.2.15 応力-ひずみの変化率

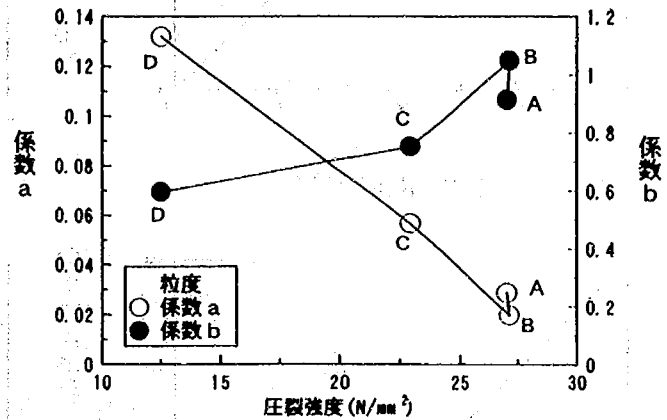
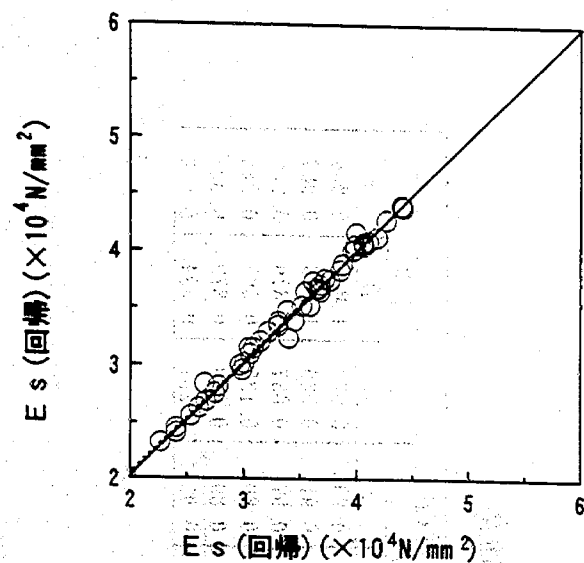


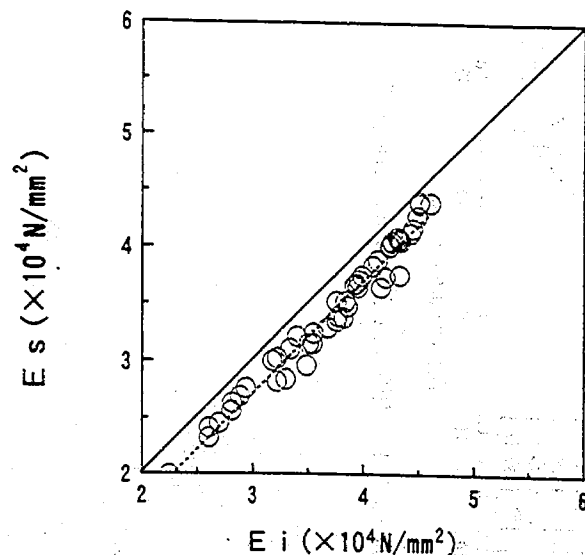
図-5.2.17 圧裂強度と係数 a、b の関係

表-5.2.7 n と f_c の回帰結果

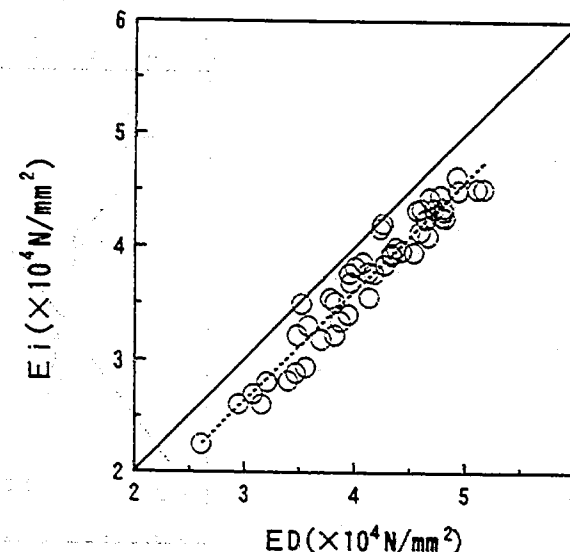
骨材	n = exp (1 / α f _c β)								
	Gmax40			Gmax20			全体		
	α	β	r	α	β	r	α	β	r
A	0.028	1.070	0.964	0.024	1.104	0.993	0.029	1.065	0.966
B	0.023	1.129	0.971	0.014	1.252	0.919	0.020	1.223	0.987
C	0.052	0.913	0.990	0.020	1.119	0.977	0.057	0.879	0.966
D	0.117	0.737	0.962	0.172	0.699	0.892	0.132	0.695	0.948
全体	0.028	1.075	0.831	0.030	1.048	0.899	0.059	0.879	0.882
モルタル a	0.234	0.587	0.759	0.110	0.699	0.927	0.207	0.594	0.686



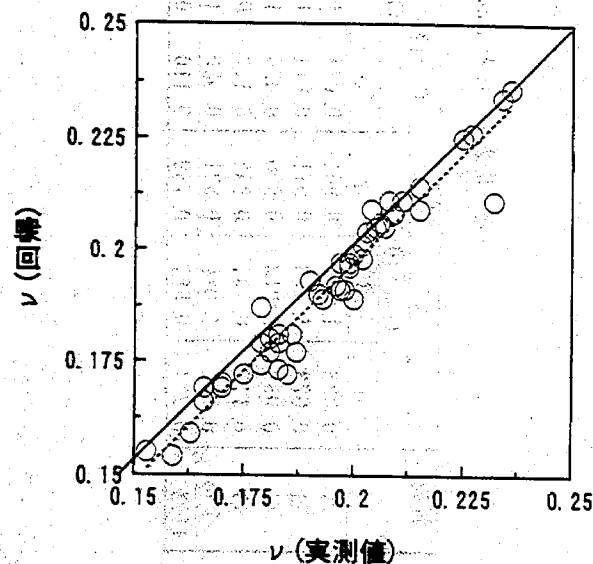
(a) 1/3割線弾性係数



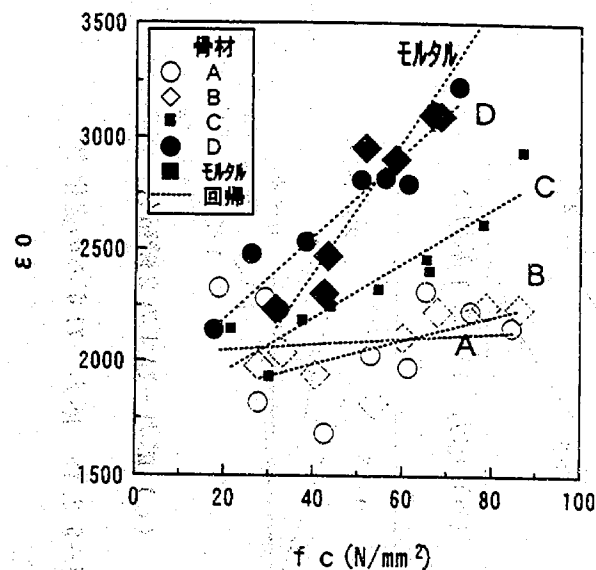
(b) 初期接線弾性係数と割線弾性係数



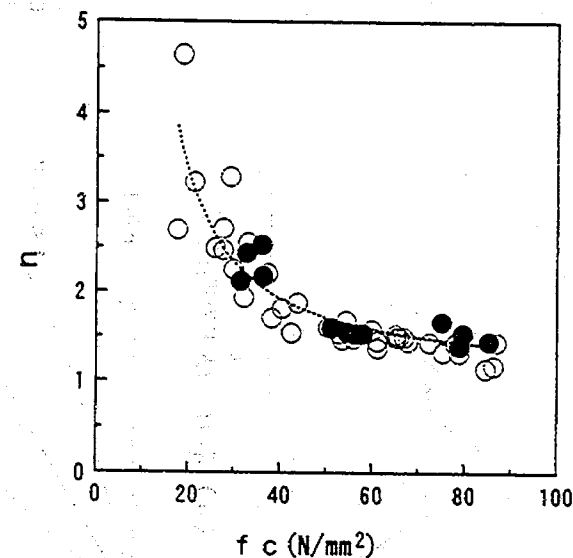
(c) 初期接線弾性係数と動弾性係数



(d) ポアソン比



(e) ϵ_0 と f_c の関係



(f) n と f_c の関係

図-5.2.16 応力-ひずみの回帰結果

5. 2. 7 弾性係数

骨材の種類ごとの圧縮強度と各種弾性係数の関係は図-5. 2. 18のとおりであった。 $E=afc^b$ で指数回帰した結果は表-5. 2. 8のとおりである。骨材A～Cに対しDを用いたコンクリートの弾性係数はかなり小さい。モルタルの弾性係数は、骨材のコンクリートに近い。

弾性係数の各種計算値との比較は図-5. 2. 19のとおりである。計算式は式(5. 2. 14)のとおりであり、それらのモデル図および特徴を表-5. 2. 9に示す^{5. 4), 5. 5)}。計算結果は表-5. 2. 10のとおりである。計算に用いた骨材の弾性係数は表-3. 4. 2である。

表-5. 2. 8 弾性係数と圧縮強度の回帰結果

骨材	G _{max} (mm)	E _c =a f c ^b の回帰係数								
		割線弾性係数			接線弾性係数			動弾性係数		
		a	b	r	a	b	r	a	b	r
A	40	1.243	0.285	0.956	2.068	0.179	0.905	1.895	0.224	0.985
	20	1.220	0.276	0.997	1.994	0.174	0.983	1.847	0.218	0.998
B	40	1.435	0.255	0.983	2.206	0.165	0.924	1.921	0.217	0.987
	20	1.581	0.211	0.997	1.994	0.179	0.912	1.956	0.202	0.988
C	40	1.295	0.257	0.982	1.782	0.196	0.964	1.810	0.220	0.972
	20	1.119	0.280	0.999	1.882	0.174	0.981	1.696	0.223	0.998
D	40	0.819	0.308	0.976	1.103	0.253	0.950	1.188	0.276	0.990
	20	0.927	0.272	0.965	1.149	0.241	0.925	1.242	0.272	0.965
a (モルタル)	40	0.973	0.257	0.984	1.165	0.227	0.931	1.065	0.277	0.874
	20	0.905	0.277	0.993	1.141	0.240	0.999	1.251	0.244	0.989
A～D	40	1.077	0.299	0.695	1.600	0.219	0.566	1.570	0.251	0.730
	20	1.032	0.296	0.652	1.487	0.227	0.536	1.501	0.251	0.689

(1) 式 並列モデル (上限)

$$E_c = V_a \cdot E_a + V_m \cdot E_m$$

(2) 式 直列モデル (下限)

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_a}{E_a} + \frac{V_m}{E_m}$$

(3) 式 並列+直列モデル

$$\frac{1}{E_c} = \left[\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_m}{E_m} \right] (1-x) + \frac{x}{V_a \cdot E_a + V_m \cdot E_m}$$

(4) 式

(5. 2. 14)

$$E_c = \frac{1}{\frac{1-\sqrt{V_a}}{E_m} + \frac{\sqrt{V_a}}{\sqrt{V_a} E_a + (1-\sqrt{V_a}) E_m}}$$

5. 4) 趙, 小林: コンクリートの弾性係数における複合特性, コンクリート・ジャーナル, Vol. 12, No. 7, 1974. 7, pp. 27～34

5. 5) 小阪, 谷川, 太田: コンクリートのヤング係数におよぼす骨材の影響について, セメント技術年報, Vol. 22, 1968, pp.

(5) 式

$$E_c = \frac{1}{\frac{1 - \sqrt[3]{V_a}}{E_m} + \frac{\sqrt[3]{V_a}}{\sqrt[3]{V_a^2} E_a + (1 - \sqrt[3]{V_a^2}) E_m}}$$

(6) 式

$$E_c = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt[3]{V_a} E_a} + \frac{1 - \sqrt[3]{V_a}}{\sqrt[3]{V_a} E_m^2}} + (1 - \sqrt[3]{V_a^2}) E_m$$

(7) 式

..... (5. 2. 14)

$$E_c = E_m \left(1 + \frac{V_a}{\frac{E_a}{E_a - E_m} - \sqrt[3]{V_a}} \right)$$

(8) 式

$$E_c = E_m \frac{1 - 2 \nu_c}{1 - 2 \nu_m} \frac{(1 - V_a) \frac{E_m}{1 - 2 \nu_m} + \left\{ \frac{1 + \nu_m}{2(1 - 2 \nu_m)} + V_a \right\} \cdot \frac{E_a}{1 - 2 \nu_a}}{\left\{ 1 + \frac{1 + \nu_m}{2(1 - 2 \nu_m)} \cdot V_a \right\} \frac{E_m}{1 - 2 \nu_m} + \frac{1 + \nu_m}{2(1 - 2 \nu_m)} (1 - V_a) \frac{E_a}{1 - 2 \nu_a}}$$

(9) 式

$$E_c = \frac{E_m \{ (1 - V_a) E_m + (1 + V_a) E_a \}}{(1 + V_a) E_m + (1 - V_a) E_a}$$

(10) 式

$$E_c = \frac{(1 + k)^2 / 2}{\left(\frac{1 - k}{E_m} + \frac{2k}{E_a} \right) + K \left(\frac{\nu_a}{E_a} - \frac{\nu_m}{E_m} \right) (1 - k)} + \frac{1 - k}{2} E_m$$

$$k = V_a / V_c$$

$$K = \frac{\frac{2k(1-k)}{1+k} \left(\frac{\nu_m}{E_m} - \frac{\nu_a}{E_a} \right) E_a E_m}{(1-k)E_m + 2kE_a}$$

ここに、 E_c , E_m , E_a : コンクリート, モルタル, 骨材の弾性係数

V_m , V_a : コンクリートの単位体積中に占めるモルタル, 骨材の体積

ν_m , ν_a : モルタル骨材のポアソン比

図-5.2.19より、(1)式は上限値を与えることから全体に大きい計算値となっている。(2)式は下限値を与えることから(3)~(10)式により小さい値となっている。しかしながら、全般にいえることであるが、弾性係数が小さいほど計算値は実測値よりかなり大きくなっており、(2)式も実測の $3.5 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 以下（特に骨材D）では計算値の方が大きくなっている。骨材の弾性係数の求め方に問題があるのかもしれない。

(3)~(10)式を比較すると、(7)式、(8)式はばらつきが大きい、それらを除くとほぼ同じである。その中でも特に(9)式、(10)式の適合性がよい。

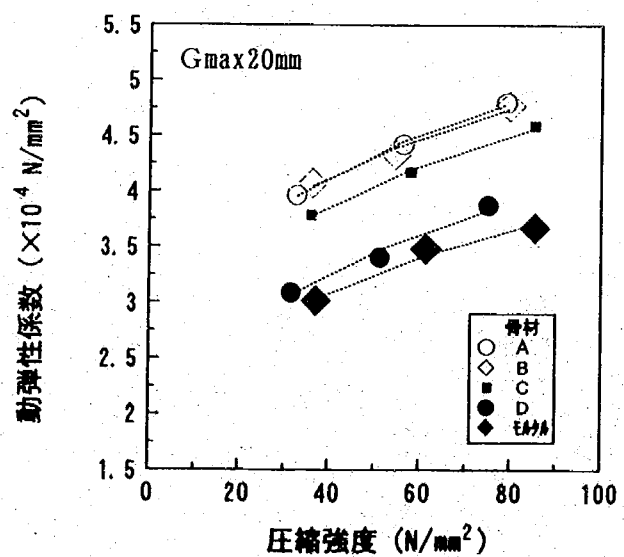
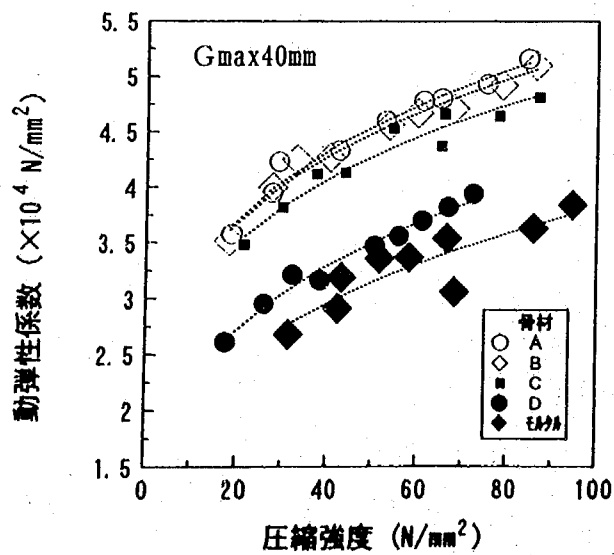
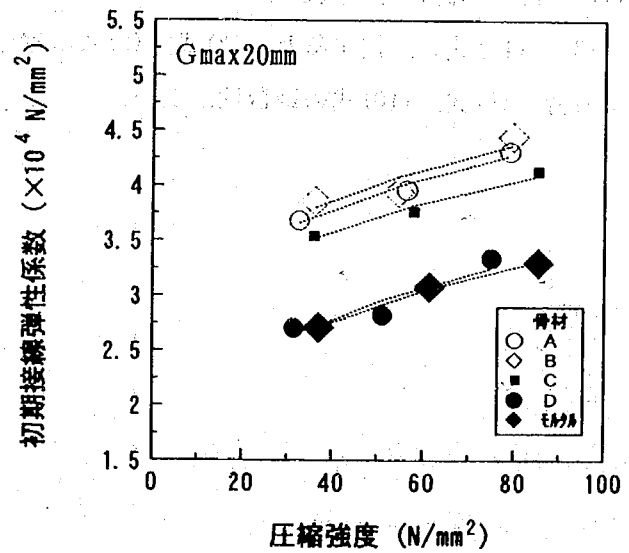
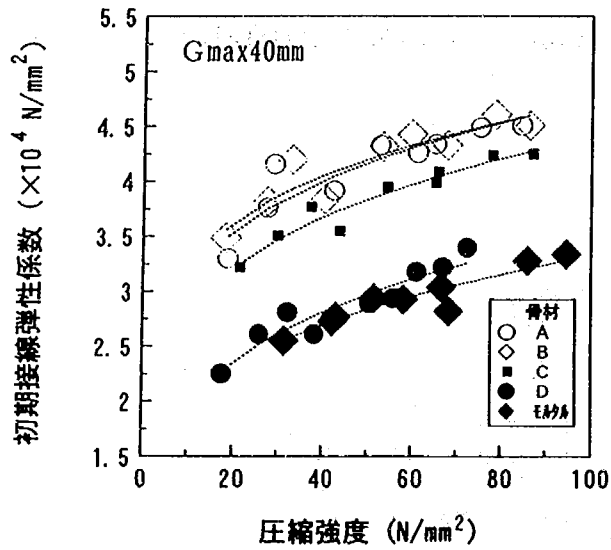
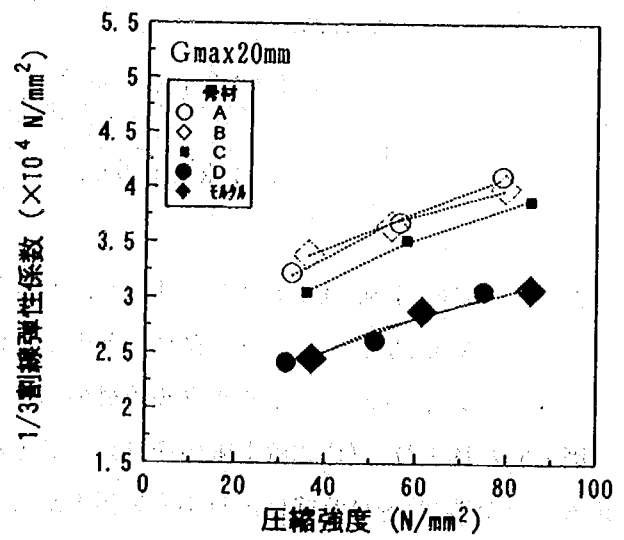
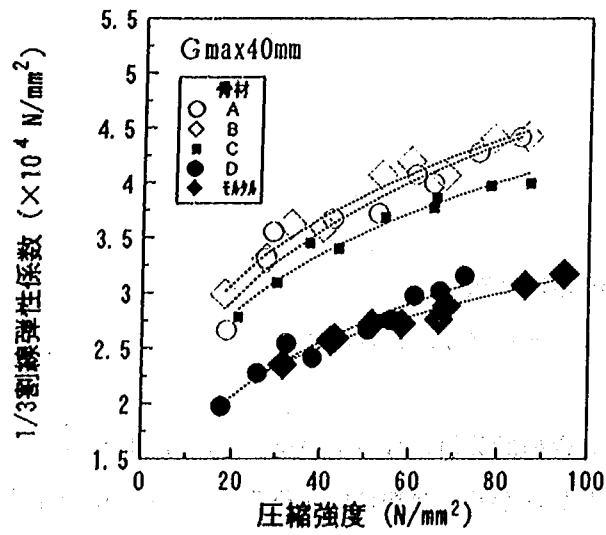
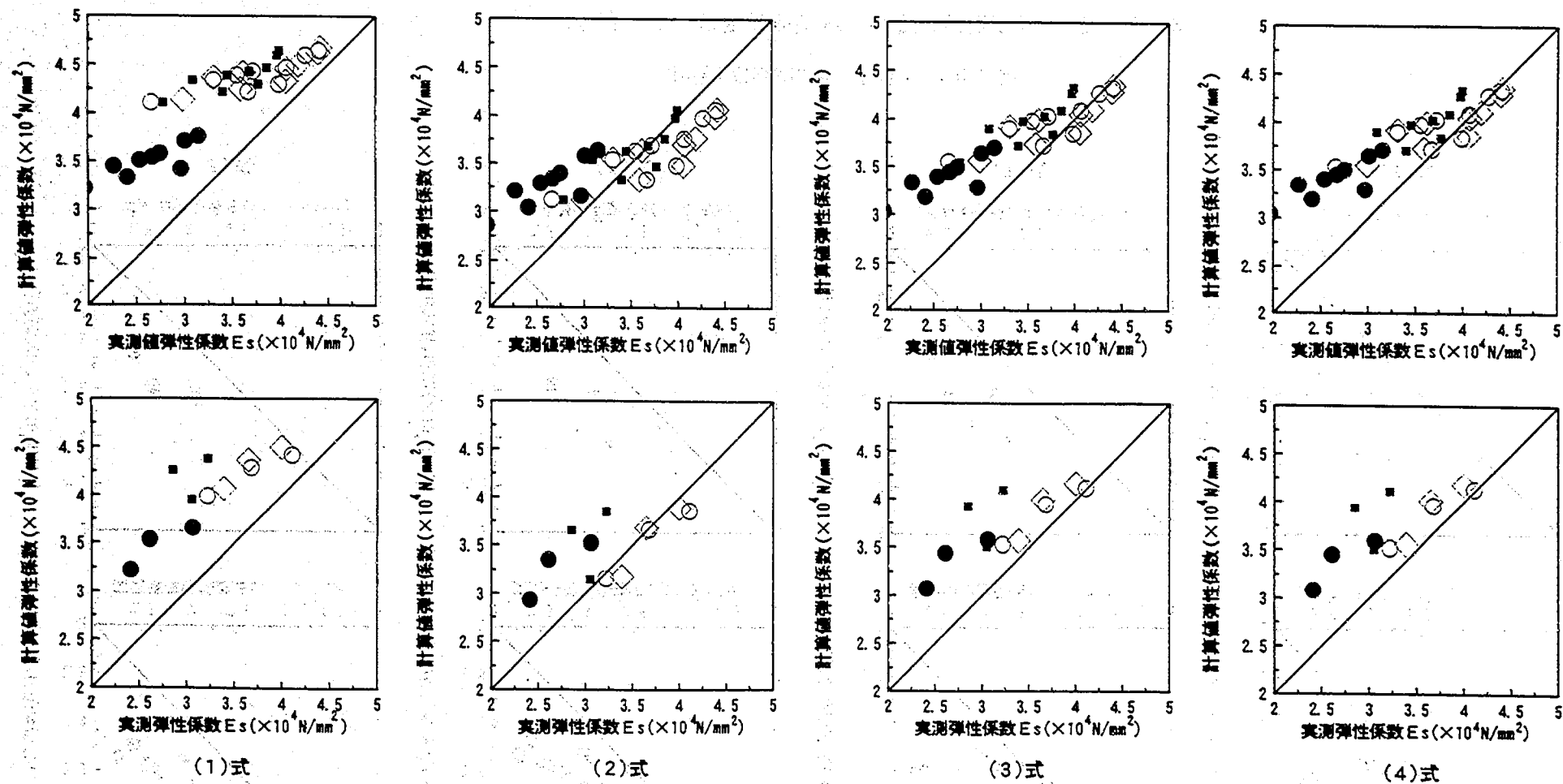
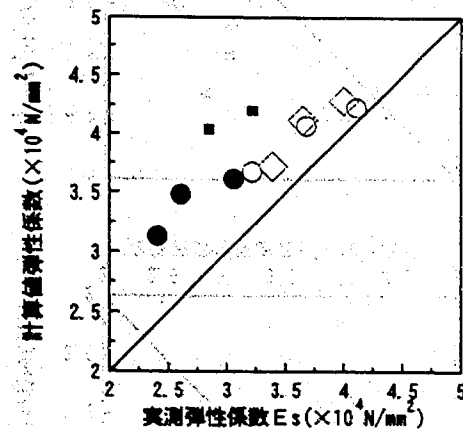
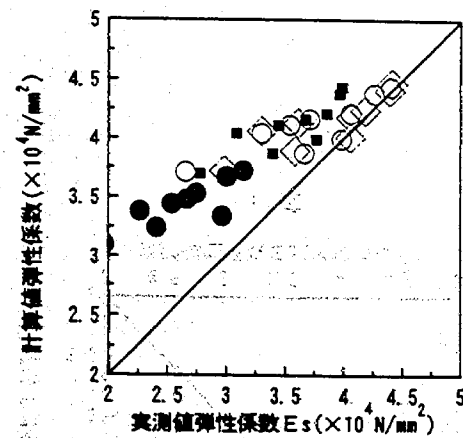


図-5.2.18 圧縮強度-弾性係数の関係 (骨材A~D、土砂)

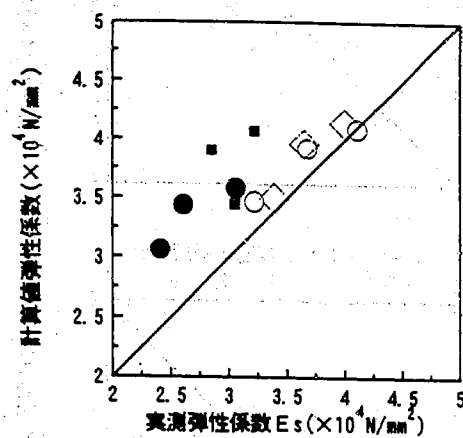
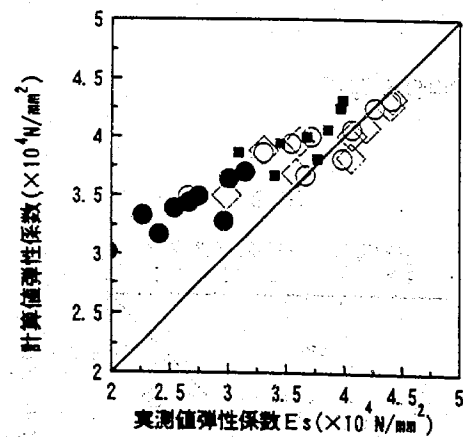


上段： $G_{max}40\text{mm}$ 、下段： $G_{max}20\text{mm}$

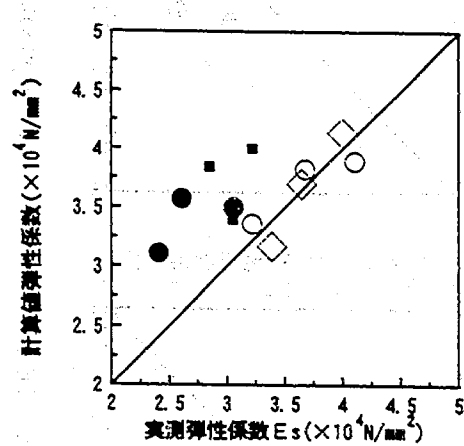
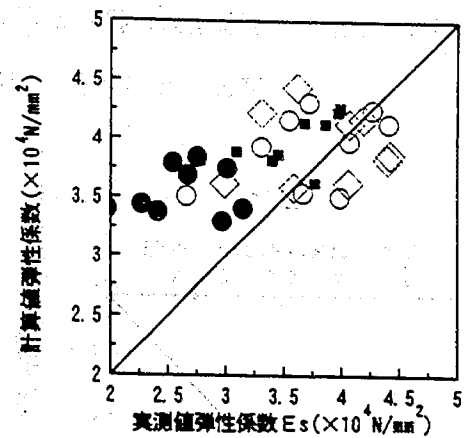
図-5.2.19 実測値弾性係数と計算値弾性係数の関係（その1）



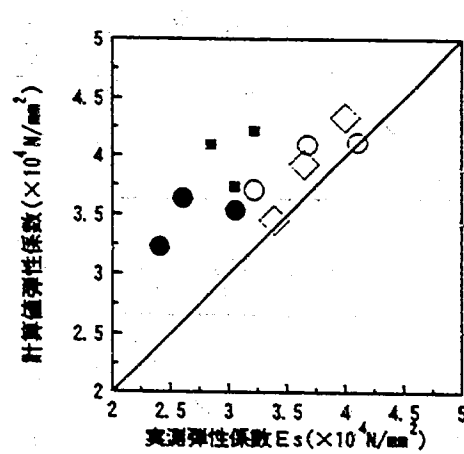
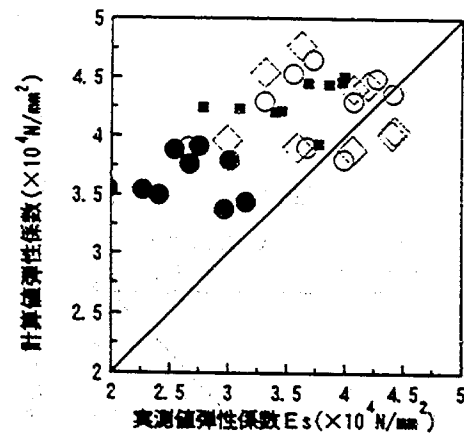
(5)式



(6)式



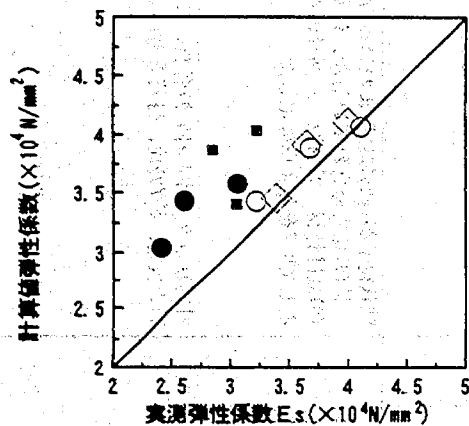
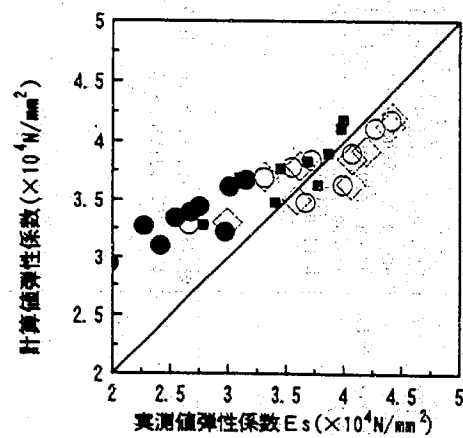
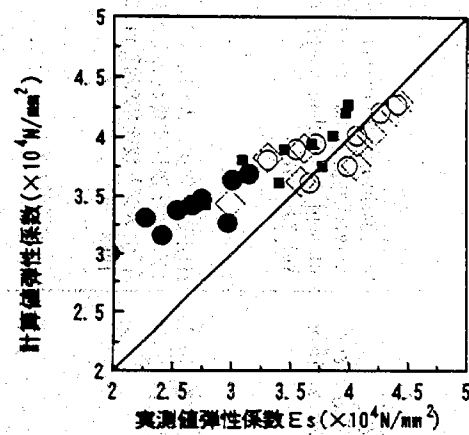
(7)式



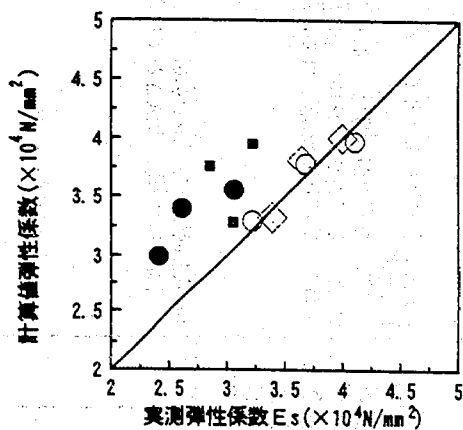
(8)式

上段：Gmax40mm、下段：Gmax20mm

図-5.2.19 実測値弾性係数と計算値弾性係数の関係（その2）



(9)式



(10)式

上段：Gmax40mm、下段：Gmax20mm

図-5.2.19 実測値弾性係数と計算値弾性係数の関係（その3）

表-5. 2. 9 弾性係数の解析モデル

式	モデル	特徴	出典
(1)		- 骨材とペ-ストに等しいひずみが生じると仮定 - 硬いマトリクス中に柔らかい粒子が分散している場合に適合 (高強度モルタルに軽量骨材) - マトリクスと骨材の付着の影響, ボア比の影響無視 2層材料の弾性係数の論理的上限值	1) P. Dantu, Etude des contraintes dans les milieux heterogenes, au beton, Ann. Inst. Tech. Batiment Traw Publ., 11 (1958) 2) T. C. Hansen, Thermal and electrical conductivity and modulus of elasticity of two phase composite materials, RILEM Bull., No. 31 (1966)
(2)		- 骨材層とペ-スト層に等しい応力が生じると仮定 - 柔らかいマトリクス中に硬い粒子が分散している場合 (通常のコンクリート) - マトリクスと骨材の付着, ボア比の影響無視 2層材料の弾性係数の論理的下限值 (1) (2) 式とも実験結果との適合性が悪い	3) T. C. Hansen, Influence of aggregate and voids on the modulus of elasticity of concrete, cement paste, ACI Journal, Proc., 62 (1965)
(3)		- コンクリートは(1) (2) 式の間 $x, (1-x)$ で上限と下限モデルの組合せの割合を与える (1) (2) 式と同様, $Ea=0$ のとき $E_c=0$ (多孔質材料の弾性係数は0) となり, 実際と合わない	4) T. J. Hirsch Modulus of concrete affected by elastic moduli of cement paste matrix and aggregate, ACI Journal, Proc., 59 (1962) 5) J. W. Dougill, Discussion of paper by T. J. Hirsch, ACI Journal, Proc., 59-12 (1962)
(4)		(4) 式は, 単位体積の円柱マトリクスに体積 V_a の相似形の骨材がマトリクスの同一軸上にあり, 3 相に分割して解析 - 付着, ボア比が考慮されていない - 骨材とマトリクス層の応力の分布の不均一性が考慮されていない	6) U. J. Counto, The effect of the elastic modulus of the aggregate on the elastic modulus, creep and creep recovery Magazine of Concrete Research, Vol. 16, No. 48 (1964. 9) PP. 129~PP. 138 7) J. M. Illston, The delayed elastic deformation of concrete as a composite material, Symp. Structural Concrete, London, (1965)
(5)		(5) 式は, 単位体積の立方体で(4)式と同様に解析	8) A. Mehmel and E. Kern, Elastische und plastische stauchungen von Beton infolge Druckschwell- und Standbelastung, Part 153, DAFT, Berlin (1962)
(6)		(4) (5) 式と同様なモデルを点線のように縦に分割して解析 - 全体のひずみが, 骨材を含む柱のひずみに等しいと仮定しており, (4) (5) 式より合理的 - 付着, ボア比, 考慮されていない	
(7)		(6) 式と同様なモデルで解析 - 付着, ボア比, 考慮されていない	9) 岩崎, コンクリートの特性, 共立出版, pp 104~105, 1975年, 9月
(8)		- 球状粒子がマトリクスに囲まれていると設定 - ボア比考慮されているが, 付着は考慮されず, (9) 式は骨材, マトリクス, コンクリートのボア比を概略値として 0.2 を与え単純化した	10) Z. Hashin, The elastic modulus of heterogeneous materials, J. Journal of Applied Mechanics, pp. 143~150, Vol. 29, 1962. 3
(9)			
(10)		マトリクスのみの柱とマトリクス骨材の柱はひずみが等しいと仮定, ボア比, 付着を考慮して解析	11) 小阪, 谷川, 太田, コンクリートのヤング係数に及ぼす骨材の影響について, セメント技術年報22, pp. 260~265, 1968

表-5.2.10 弾性係数計算値

Gmax	骨材	C/V	材齢	コンクリート			モルタル			骨材	弾性係数の計算											
				圧縮強度	弾性係数	ポアソン比	圧縮強度	弾性係数	ポアソン比		圧縮強度	弾性係数	ポアソン比	(1)式	(2)式	(3)式	(4)式	(5)式	(6)式	(7)式	(8)式	(9)式
40	A	1.5	7	18.8	2.66	0.171	31.5	2.27	0.204	312.9	6.768	0.226	4.11	3.12	3.55	3.53	3.71	3.49	3.51	3.90	3.43	3.28
			28	27.6	3.31	0.173	43.2	2.66	0.200	312.9	6.768	0.226	4.34	3.54	3.90	3.90	4.04	3.86	3.93	4.29	3.81	3.69
			91	29.2	3.55	0.159	51.6	2.75	0.195	312.9	6.768	0.226	4.39	3.63	3.98	3.98	4.11	3.94	4.16	4.53	3.90	3.78
		2.5	7	42.6	3.67	0.186	42.4	2.46	0.200	312.9	6.768	0.226	4.22	3.33	3.72	3.72	3.87	3.67	3.54	3.90	3.62	3.48
			28	52.9	3.72	0.163	58.3	2.81	0.207	312.9	6.768	0.226	4.43	3.69	4.03	4.03	4.16	4.00	4.31	4.65	3.95	3.84
			91	61.3	4.07	0.192	66.7	2.88	0.203	312.9	6.768	0.226	4.47	3.76	4.09	4.09	4.21	4.06	3.98	4.29	4.02	3.90
		3.5	7	65.3	3.99	0.214	68.4	2.60	0.215	312.9	6.768	0.226	4.30	3.48	3.85	3.84	3.99	3.81	3.51	3.80	3.76	3.63
			28	75.4	4.27	0.203	86.0	3.10	0.220	312.9	6.768	0.226	4.60	3.98	4.27	4.28	4.38	4.25	4.25	4.49	4.21	4.11
			91	84.6	4.41	0.212	94.7	3.18	0.213	312.9	6.768	0.226	4.65	4.06	4.33	4.34	4.44	4.32	4.13	4.36	4.28	4.18
	B	1.5	7	18.2	2.99	0.155	31.5	2.27	0.204	247.9	6.841	0.193	4.14	3.12	3.56	3.55	3.72	3.50	3.62	3.96	3.44	3.30
			28	27.7	3.31	0.142	43.2	2.66	0.200	247.9	6.841	0.193	4.37	3.55	3.92	3.92	4.06	3.88	4.22	4.54	3.83	3.70
			91	33.1	3.62	0.128	51.6	2.75	0.195	247.9	6.841	0.193	4.42	3.64	3.99	4.00	4.13	3.96	4.44	4.77	3.91	3.79
		2.5	7	40.5	3.59	0.176	42.4	2.46	0.200	247.9	6.841	0.193	4.25	3.33	3.74	3.73	3.89	3.69	3.59	3.90	3.63	3.50
			28	53.6	4.07	0.169	58.3	2.81	0.207	247.9	6.841	0.193	4.46	3.70	4.05	4.05	4.18	4.01	4.13	4.40	3.97	3.85
			91	60.0	4.19	0.169	66.7	2.88	0.203	247.9	6.841	0.193	4.50	3.77	4.10	4.11	4.24	4.08	4.17	4.43	4.03	3.92
		3.5	7	67.9	4.06	0.198	68.4	2.60	0.215	247.9	6.841	0.193	4.33	3.48	3.86	3.86	4.01	3.82	3.63	3.88	3.77	3.64
			28	78.8	4.40	0.225	86.0	3.10	0.220	247.9	6.841	0.193	4.63	3.99	4.29	4.30	4.41	4.27	3.83	4.01	4.23	4.13
			91	86.3	4.42	0.222	94.7	3.18	0.213	247.9	6.841	0.193	4.68	4.07	4.35	4.36	4.47	4.33	3.87	4.05	4.30	4.20
	C	1.5	7	21.4	2.78	0.141	31.5	2.27	0.204	313.2	6.763	0.223	4.11	3.12	3.54	3.53	3.70	3.49	3.82	4.24	3.43	3.28
			28	30.0	3.09	0.176	43.2	2.66	0.200	313.2	6.763	0.223	4.34	3.54	3.90	3.90	4.04	3.86	3.89	4.23	3.81	3.69
			91	37.4	3.45	0.181	51.6	2.75	0.195	313.2	6.763	0.223	4.39	3.63	3.98	3.98	4.11	3.94	3.87	4.21	3.90	3.77
		2.5	7	43.9	3.40	0.161	42.4	2.46	0.200	313.2	6.763	0.223	4.22	3.33	3.72	3.71	3.87	3.67	3.82	4.20	3.62	3.48
			28	54.5	3.68	0.176	58.3	2.81	0.207	313.2	6.763	0.223	4.43	3.69	4.03	4.03	4.16	4.00	4.14	4.45	3.95	3.83
			91	65.9	3.86	0.179	66.7	2.88	0.203	313.2	6.763	0.223	4.47	3.76	4.09	4.09	4.21	4.06	4.13	4.44	4.02	3.90
		3.5	7	65.3	3.77	0.204	68.4	2.60	0.215	313.2	6.763	0.223	4.30	3.47	3.84	3.84	3.99	3.81	3.63	3.93	3.76	3.63
			28	78.1	3.97	0.204	86.0	3.10	0.220	313.2	6.763	0.223	4.60	3.98	4.27	4.28	4.38	4.25	4.23	4.46	4.21	4.11
			91	87.0	3.99	0.201	94.7	3.18	0.213	313.2	6.763	0.223	4.65	4.06	4.33	4.34	4.44	4.32	4.27	4.51	4.28	4.18
	D	1.5	7	17.7	1.97	0.144	31.5	2.27	0.204	211.3	4.596	0.190	3.22	2.86	3.03	3.04	3.10	3.02	3.40	3.55	3.00	2.94
			28	26.0	2.27	0.176	43.2	2.66	0.200	211.3	4.596	0.190	3.45	3.21	3.33	3.34	3.38	3.33	3.44	3.54	3.31	3.27
			91	32.3	2.54	0.147	51.6	2.75	0.195	211.3	4.596	0.190	3.51	3.29	3.39	3.40	3.44	3.39	3.79	3.88	3.38	3.34
		2.5	7	38.3	2.41	0.163	42.4	2.46	0.200	211.3	4.596	0.190	3.33	3.04	3.18	3.19	3.24	3.17	3.38	3.50	3.16	3.10
			28	50.6	2.67	0.171	58.3	2.81	0.207	211.3	4.596	0.190	3.54	3.34	3.44	3.45	3.48	3.44	3.69	3.76	3.42	3.39
			91	56.0	2.75	0.160	66.7	2.88	0.203	211.3	4.596	0.190	3.58	3.40	3.49	3.50	3.53	3.49	3.84	3.91	3.48	3.44
		3.5	7	61.2	2.97	0.195	68.4	2.60	0.215	211.3	4.596	0.190	3.42	3.16	3.28	3.29	3.34	3.28	3.30	3.38	3.27	3.22
			28	67.0	3.01	0.196	86.0	3.10	0.220	211.3	4.596	0.190	3.71	3.58	3.64	3.65	3.67	3.64	3.75	3.79	3.64	3.61
			91	72.5	3.15	0.224	94.7	3.18	0.213	211.3	4.596	0.190	3.76	3.64	3.70	3.71	3.72	3.70	3.41	3.44	3.69	3.67
20	A	1.5	28	32.8	3.22	0.177	37.2	2.41	0.190	312.6	6.664	0.226	3.99	3.16	3.53	3.52	3.67	3.47	3.36	3.71	3.43	3.29
		2.5	28	56.5	3.68	0.193	61.4	2.89	0.200	312.6	6.664	0.226	4.29	3.66	3.95	3.96	4.07	3.92	3.82	4.10	3.89	3.78
		3.5	28	79.6	4.11	0.211	85.4	3.09	0.210	312.6	6.664	0.226	4.42	3.86	4.12	4.13	4.23	4.09	3.89	4.12	4.07	3.97
	B	1.5	28	36.4	3.39	0.192	37.2	2.41	0.190	276.5	6.874	0.193	4.07	3.18	3.57	3.56	3.72	3.50	3.17	3.46	3.46	3.32
		2.5	28	54.7	3.65	0.197	61.4	2.89	0.200	276.5	6.874	0.193	4.37	3.68	4.00	4.01	4.12	3.96	3.70	3.93	3.92	3.81
		3.5	28	79.7	4.00	0.187	85.4	3.09	0.210	276.5	6.874	0.193	4.50	3.89	4.17	4.18	4.29	4.14	4.14	4.34	4.11	4.00
	C	1.5	28	36.1	3.05	0.172	37.2	2.41	0.190	313.2	6.560	0.223	3.95	3.15	3.51	3.51	3.64	3.45	3.40	3.74	3.41	3.28
		2.5	28	58.0	2.85	0.190	61.4	2.89	0.200	313.2	6.560	0.223	4.26	3.65	3.93	3.94	4.04	3.90	3.84	4.10	3.87	3.76
		3.5	28	85.3	3.22	0.202	85.4	3.09	0.210	313.2	6.560	0.223	4.38	3.85	4.10	4.11	4.20	4.07	4.00	4.22	4.04	3.95
	D	1.5	28	31.6	2.41	0.171	37.2	2.41	0.190	232.8	4.599	0.190	3.22	2.93	3.07	3.08	3.13	3.06	3.11	3.23	3.04	2.99
		2.5	28	51.3	2.61	0.177	61.4	2.89	0.200	232.8	4.599	0.190	3.53	3.35	3.44	3.45	3.48	3.44	3.57	3.64	3.43	3.39
		3.5	28	75.1	3.06	0.206	85.4	3.09	0.210	232.8	4.599	0.190	3.65	3.52	3.58	3.59	3.61	3.58	3.50	3.54	3.58	3.55

5.2.8 特異点応力

特異点応力を求めた結果を図-5.2.20および表-5.2.11に示す。圧縮強度に対する特異点応力の比（応力比）は図-5.2.20のように臨界応力比は圧縮強度が大きくなってもほぼ一定値を示している。しかし、開始応力比は、コンクリートは強度が増加するに伴い低下する傾向があるが、モルタルはほぼ一定である。骨材の種類ごとの特異点応力比の平均値を図-5.2.21に示す。開始応力比は骨材A、Bに対し、C、Dは低下傾向にあり、骨材強度が小さいと開始応力も小さくなるものと考えられる。臨界応力比は、骨材の種類にかかわらずほぼ一定のようである。モルタルは開始応力比、臨界応力比ともコンクリートより大きくなっている。

表-5.2.11 特異点応力

骨材	Gmax		40mm				20mm			
			最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差
A	σ_{in}	応力	39.0	13.5	26.6	9.1	36.1	19.8	27.9	8.2
		応力/ f_c	0.708	0.598	0.641	0.044	0.639	0.603	0.621	0.018
	σ_{cr}	応力	58.5	16.8	37.7	15.4	53.6	29.6	41.6	12.0
		応力/ f_c	0.910	0.798	0.881	0.035	0.947	0.901	0.924	0.023
B	σ_{in}	応力	61.9	11.9	33.2	15.4	58.1	26.4	38.7	13.9
		応力/ f_c	0.741	0.514	0.657	0.083	0.726	0.578	0.676	0.069
	σ_{cr}	応力	61.2	15.2	39.1	15.7	72.0	32.4	50.9	16.3
		応力/ f_c	0.956	0.830	0.904	0.035	0.900	0.884	0.892	0.006
C	σ_{in}	応力	43.7	14.6	30.3	10.1	36.6	20.6	28.6	8.0
		応力/ f_c	0.751	0.492	0.624	0.080	0.632	0.571	0.602	0.030
	σ_{cr}	応力	61.4	18.5	39.9	14.7	52.1	31.5	41.8	10.3
		応力/ f_c	0.932	0.836	0.879	0.032	0.899	0.876	0.887	0.011
D	σ_{in}	応力	41.6	12.6	27.5	10.3	29.9	17.2	23.6	6.3
		応力/ f_c	0.715	0.508	0.595	0.071	0.584	0.546	0.565	0.019
	σ_{cr}	応力	56.3	16.4	38.3	14.2	45.6	28.7	37.2	8.5
		応力/ f_c	0.927	0.759	0.871	0.049	0.909	0.890	0.899	0.009
D	σ_{in}	応力	67.0	24.2	44.5	14.8	67.9	26.6	47.9	16.9
		応力/ f_c	0.771	0.678	0.724	0.028	0.802	0.714	0.770	0.040
	σ_{cr}	応力	89.2	42.6	63.4	17.3	80.5	33.6	57.6	19.1
		応力/ f_c	0.981	0.901	0.945	0.025	0.957	0.904	0.934	0.022

5.2.9 骨材の物理試験結果と圧縮強度

骨材の表乾・絶乾・真比重、吸水率、安定性損失質量とコンクリートの圧縮強度の関係は、図-5.2.22および5.2.23のとおり、比重が大きいほど、吸水率、安定性損失質量は小さいほど圧縮強度は大きくなる傾向はあるが、今回試験に使用した骨材の強度の違い程度では、それほど明確ではない。

5.2.10 骨材強度と圧縮強度

(1) 骨材強度を表す諸特性値と圧縮強度の関係

骨材の圧裂強度、破碎値、修正破碎値、すりへり減量、修正すりへり率とコンクリートの圧縮強度の関係は図-5.2.24と5.2.25のとおりである。直線回帰の結果は表-5.2.12のとおりである。

圧裂強度と圧縮強度の関係では、圧裂強度が大きくなるほど圧縮強度も大きくなっている。その傾きは、圧縮強度が大きくなるほど大きくなっており、骨材強度の影響が大きく現れることを示している。破碎値などは、数値が大きくなるほど強度は小さくなっている。逆に言えば、RCD用コンクリートのように比較的低強度の場合には骨材の強度の影響は小さくなることを示しているものと考えられる。

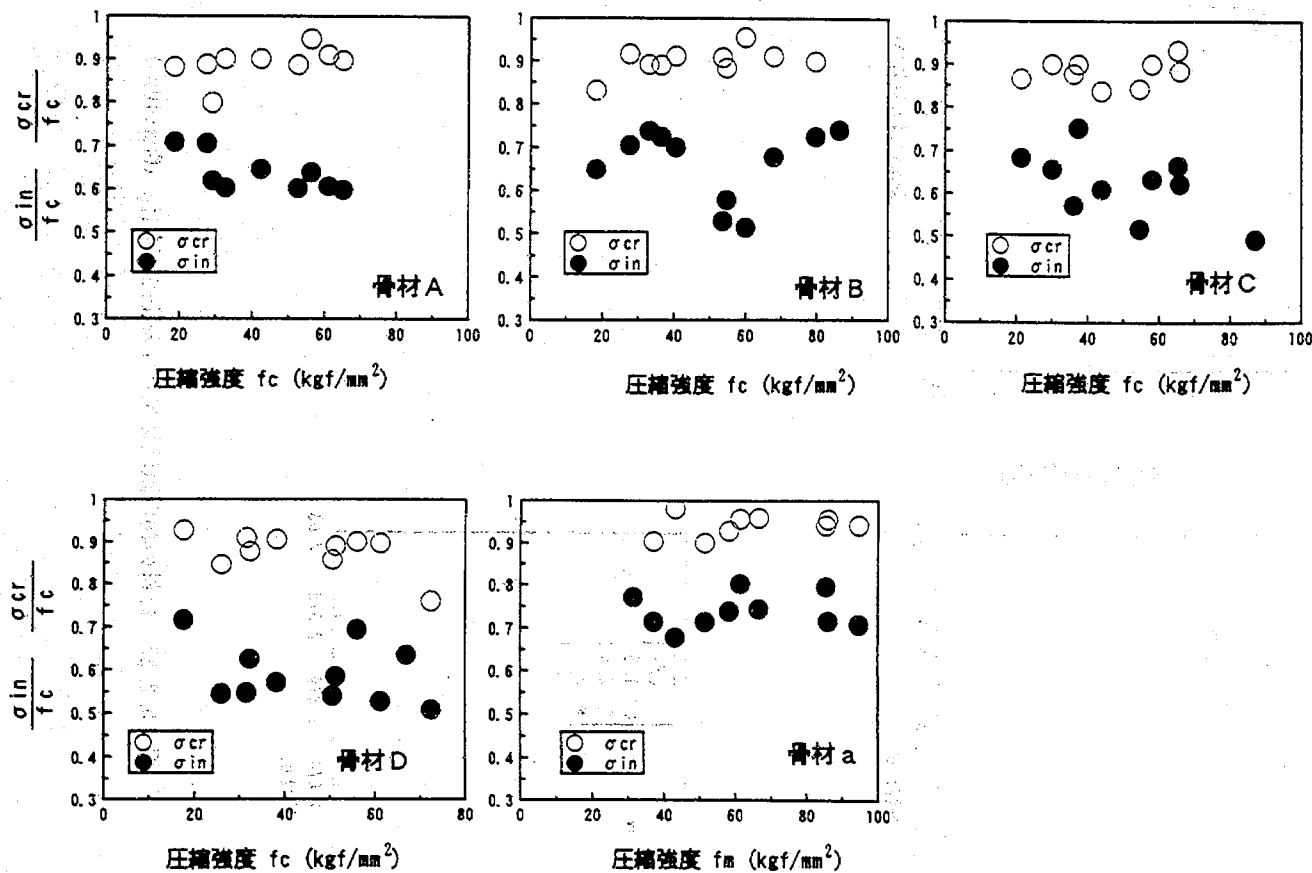


図-5.2.20 圧縮強度と特異点応力の関係

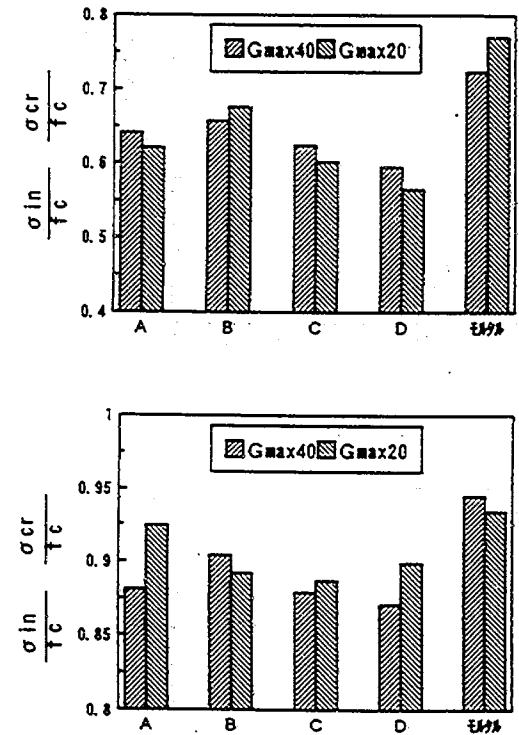


図-5.2.21 骨材の種類と特異点応力比

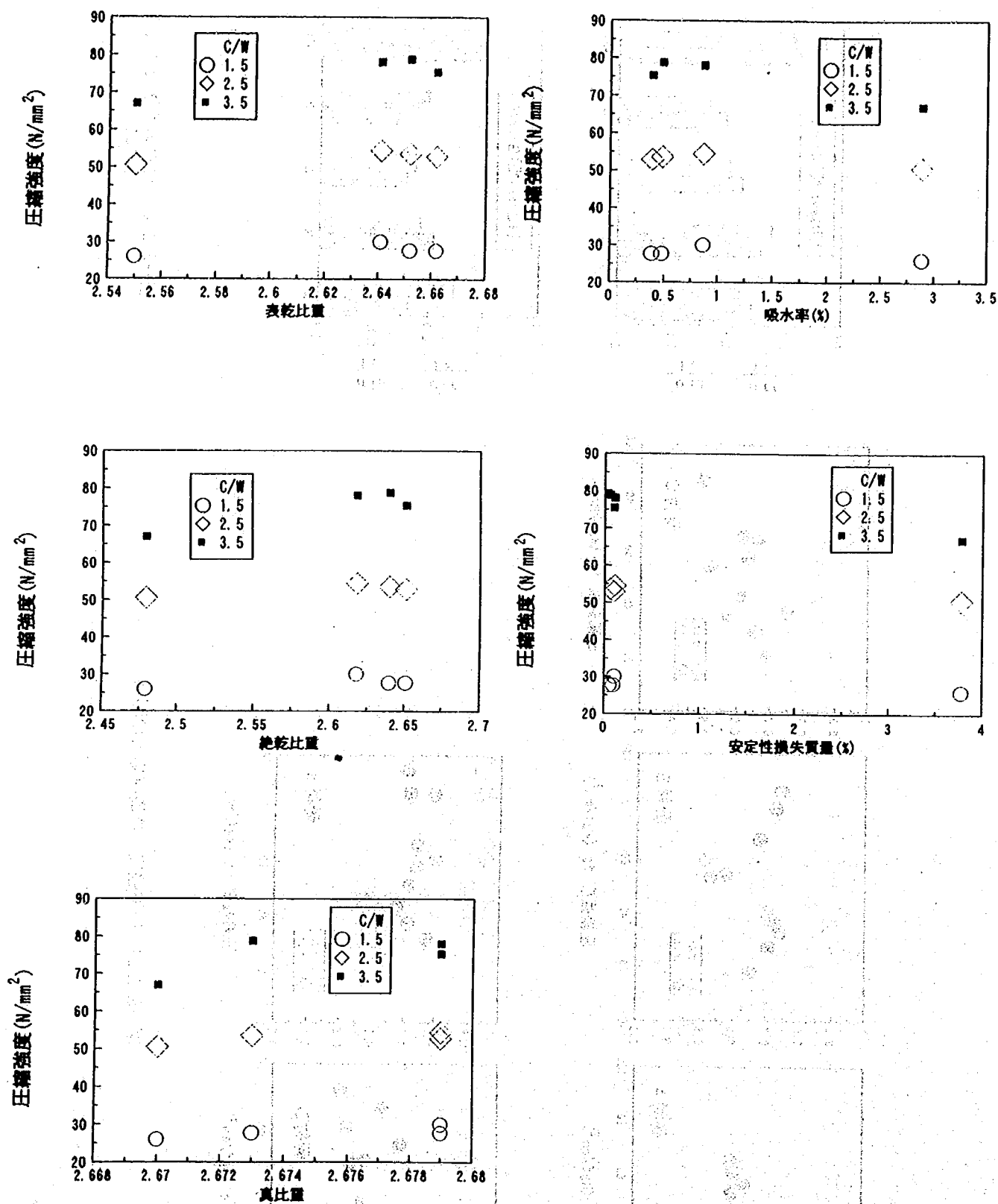


図-5. 2. 22 骨材の物理試験結果と圧縮強度の関係 (Gmax40mm)

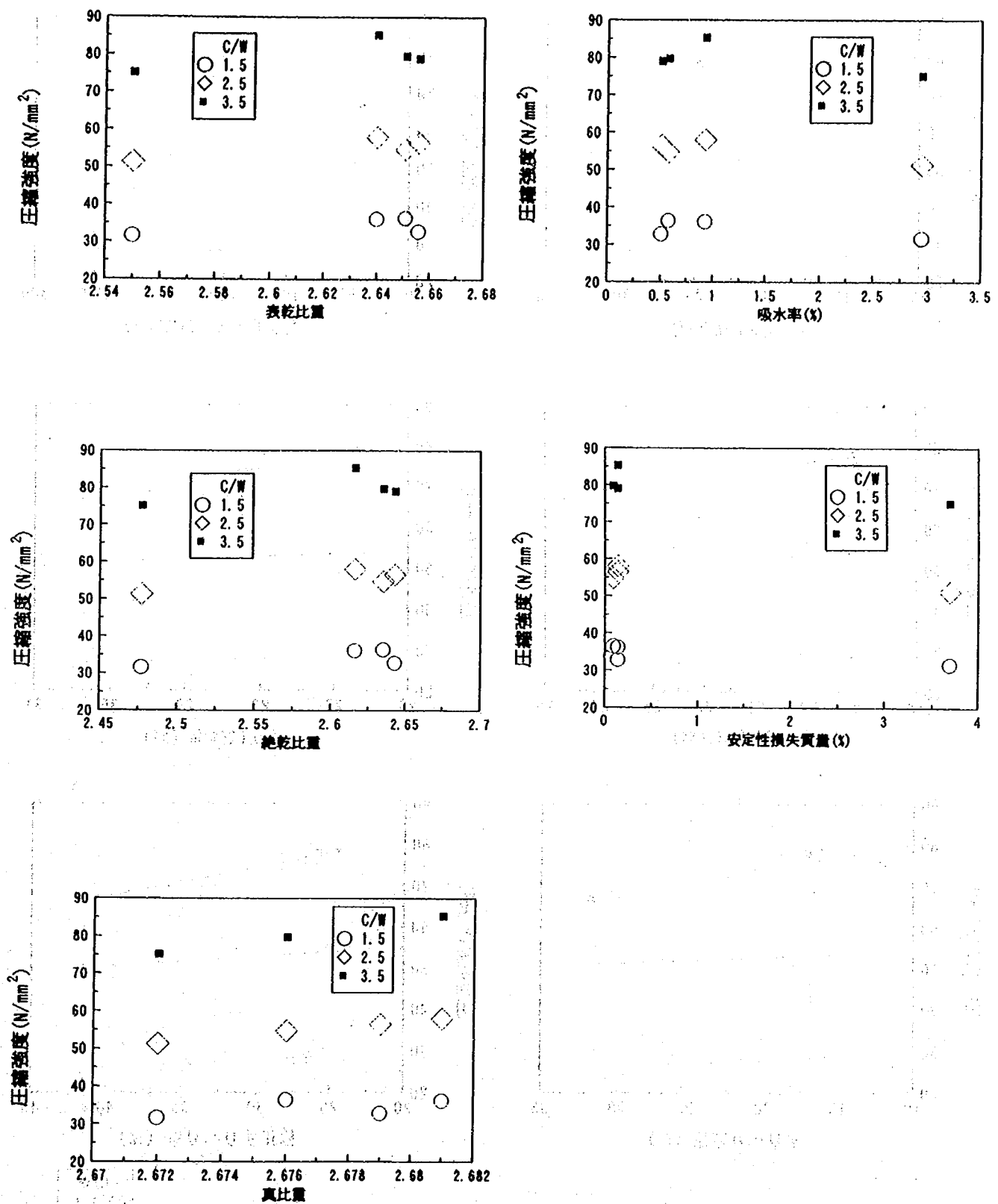


図-5.2.23 骨材の物理試験結果と圧縮強度の関係 ($G_{max}20mm$)

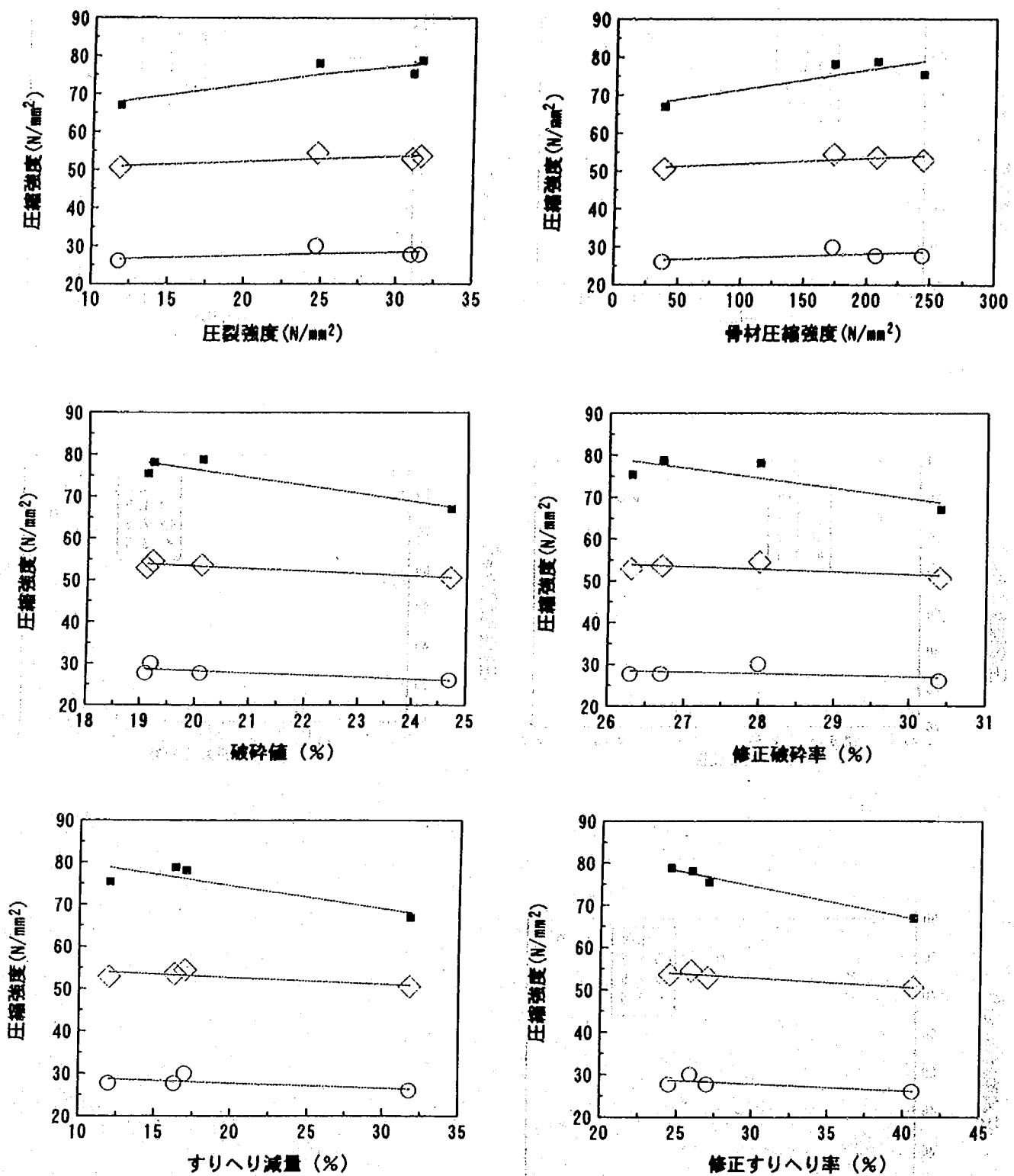


図-5.2.24 骨材強度を表す諸特性値と圧縮強度の関係 (C_{max}40mm)

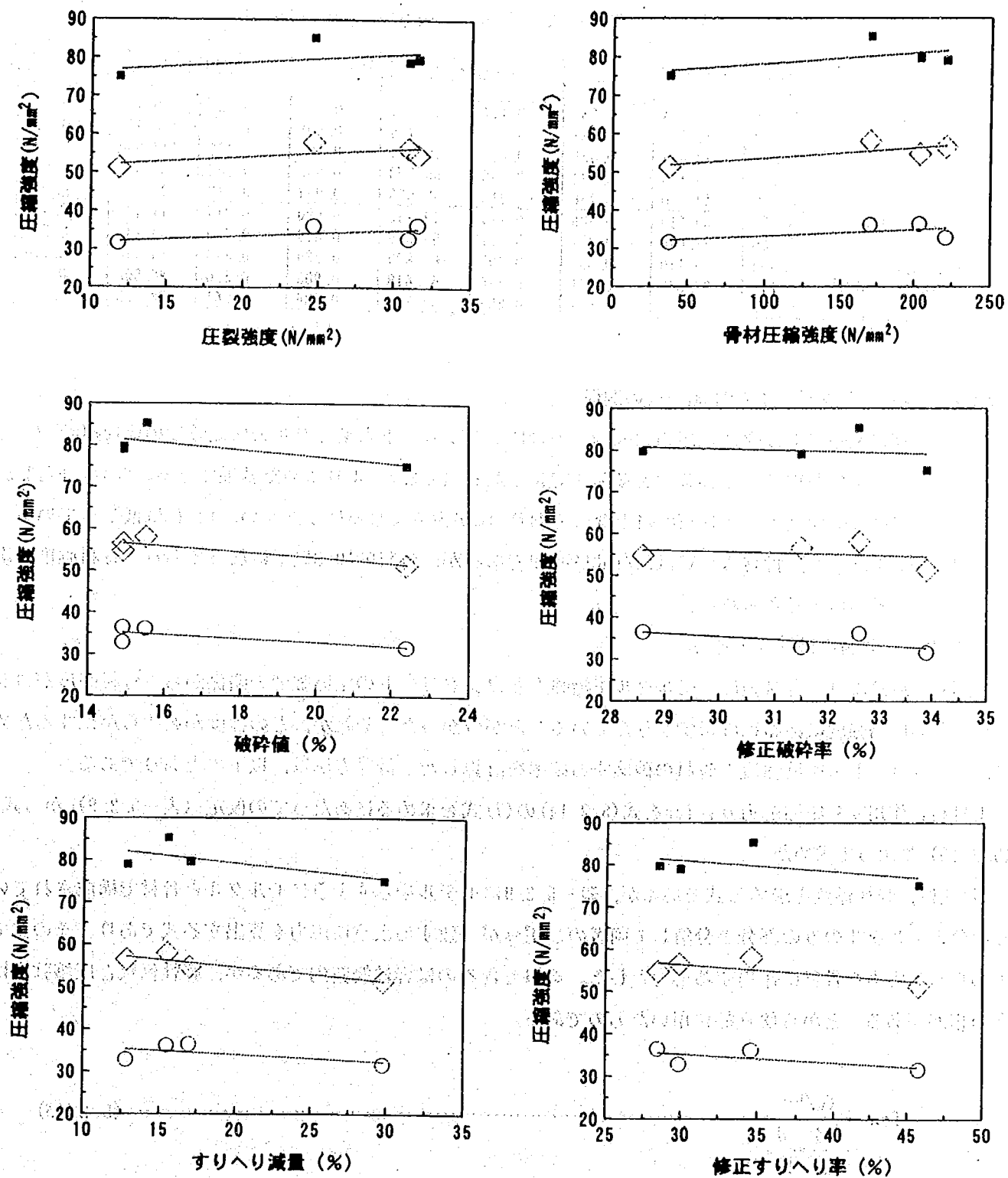


図-5.2.25 骨材強度を表す諸特性値と圧縮強度の関係 ($G_{max}20mm$)

表-5.2.12 骨材強度を表す諸特性値と圧縮強度の関係

G _{max} (mm)	特性値	回帰係数(C/W=1.5)			回帰係数(C/W=2.5)			回帰係数(C/W=3.5)		
		a	b	r	a	b	r	a	b	r
40	圧裂強度	0.115	25.274	0.531	0.174	48.957	0.782	0.637	60.435	0.887
	破砕値	-0.483	37.907	0.788	-0.573	64.799	0.908	-1.809	113.680	0.916
	修正破砕率	-0.386	38.617	0.438	-0.640	70.711	0.705	-2.432	142.580	0.830
	すりへり減量	-0.118	30.136	0.624	-0.156	55.903	0.805	-0.543	85.319	0.865
	修正すりへり率	-0.160	32.600	0.736	-0.210	59.095	0.937	-0.717	95.996	0.988
20	圧裂強度	0.157	30.318	0.606	0.217	49.742	0.690	0.217	74.409	0.474
	破砕値	-0.460	42.010	0.707	-0.671	66.475	0.849	-0.790	93.139	0.688
	修正破砕率	-0.692	56.110	0.655	-0.307	64.830	0.239	-0.316	89.770	0.170
	すりへり減量	-0.177	37.543	0.561	-0.346	61.619	0.903	-0.380	86.908	0.683
	修正すりへり率	-0.195	40.974	0.641	-0.253	63.892	0.686	-0.261	88.833	0.488

(2) モルタルとコンクリートの圧縮強度の関係

図-5.2.26は横軸にモルタルの圧縮強度 f_m 、縦軸にコンクリートとモルタルの圧縮強度の比 f_c/f_m をとったものである。図中の曲線は、圧縮強度を多項式で表した式(5.2.5)より求めた結果である。 $C/W=2.5$ と 3.5 を見ると、 $f_m=40\text{N/mm}^2$ 程度のとき $f_c/f_m=1$ となっており、 f_m が大きくなるにしたがい、 f_c/f_m は低下している。 $f_m=100\text{N/mm}^2$ になると、骨材A~Cは f_c/f_m は約0.9であるが、骨材Dは0.8以下になっており、骨材強度の影響が現れているものと考えられる。

(3) 圧縮強度と骨材の破壊する確率

(1)および(2)より、骨材強度、モルタル圧縮強度とコンクリートの圧縮強度の関係から、骨材強度がコンクリートの圧縮強度にある程度影響を与えていることが分かった。それが、どの程度かを明らかにするために、コンクリートの圧縮強度と骨材の破壊する確率を計算した。計算方法は、以下のとおりである。

①骨材に作用する圧縮応力 $\sigma_z=fca$ を式(5.2.14)の(7)式を求めるにあたっての仮定(表-5.2.9)から式(5.2.15)によって求めた。

(7)式は、弾性係数を求める式であるが、表-5.2.9にモデルを示すようにモルタルと骨材で構成されている部分とモルタルのみの部分と分離して両者のひずみが一致するように応力を算出する式であり、その式で求められる応力を骨材に作用する応力とした。適用できるのは弾性範囲内であるが、弾性係数と圧縮強度は高い相関があることから便宜的に用いたものである。

$$fca = \frac{f_c/E_c}{\frac{1-d}{E_m} + \frac{d}{E_a}} \quad (5.2.15)$$

②3.4.3(2)2)および図-3.4.16で骨材の弾性係数を求めたときとは逆に、①で求めた強度 fca に対する各粒度の圧裂強度 f_{pa} を求め、それから破壊確率 p を求めた。

その結果が、図-5.2.27である。骨材A~Cは、骨材に作用する圧縮強度が 100N/mm^2 程度でも破壊すると考えられる確率は2~3%であり、コンクリートの破壊は、モルタルの破壊または骨材とモルタルの付着破壊と考えられる。

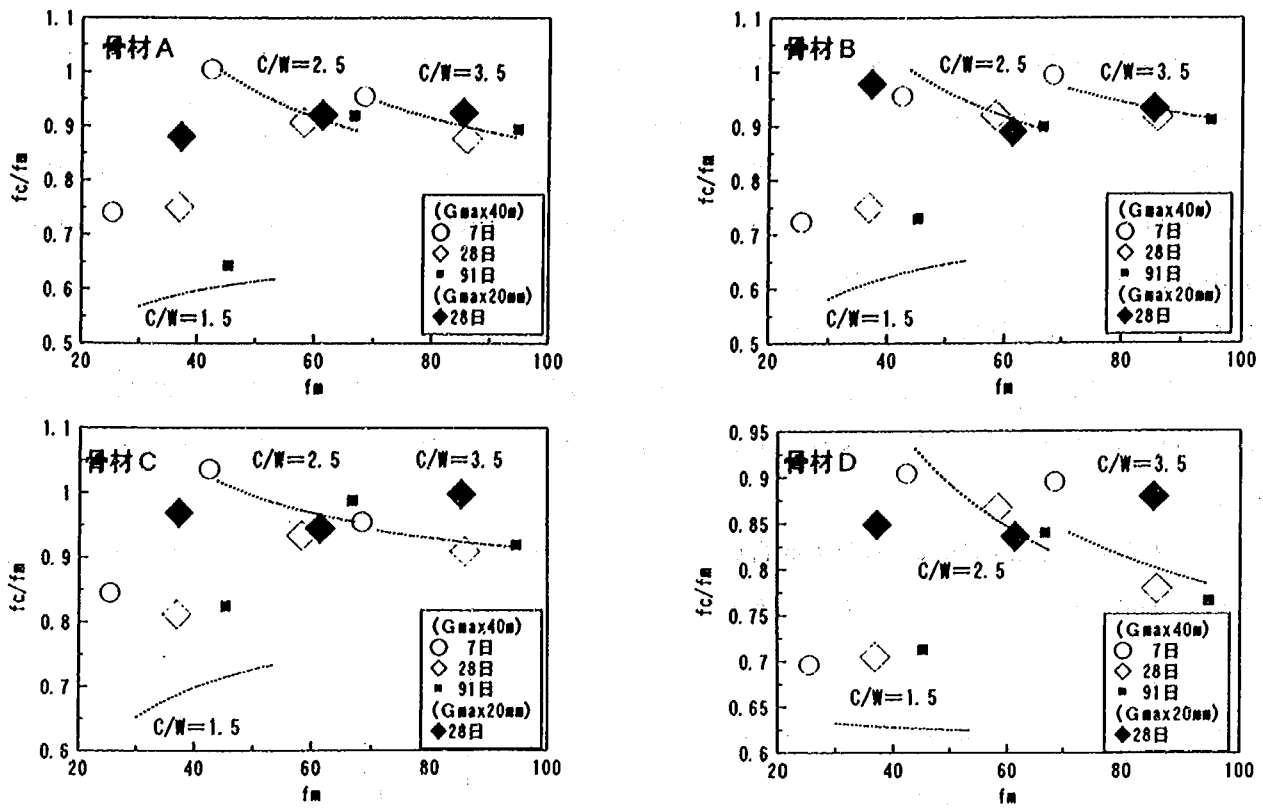


図-5. 2. 26 モルタルとコンクリートの圧縮強度の関係

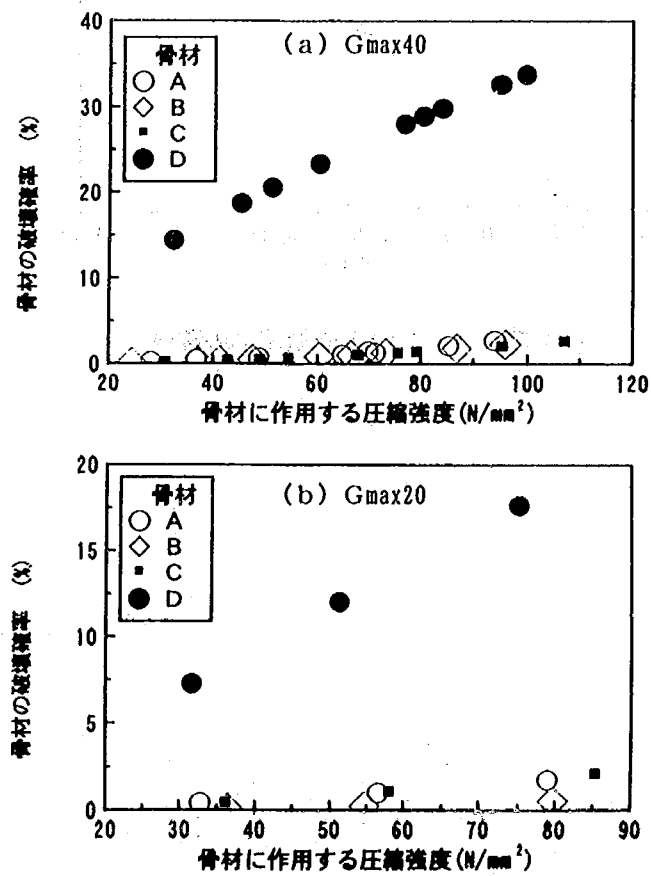


図-5. 2. 27 圧縮強度と骨材の破壊確率

ところが、骨材Dは骨材に作用する圧縮応力が大きくなるとともに破壊していると考えられる確率も上昇し、 G_{max40} では圧縮強度約 100N/mm^2 のとき34%， G_{max20} で約 80N/mm^2 のとき18%程度が破壊されているものと考えられる。このことから、骨材強度が直接コンクリートの破壊につながっているかどうかは明らかではないが、骨材Dのように広い強度分布していると圧縮応力の上昇に伴い骨材が徐々に破壊していき、コンクリート強度を低下させているものと推定される。

(4) 骨材の破壊する確率と強度低下の関係

f_c/f_m と骨材の破壊確率の関係を図-5.2.28に示す。モルタル強度に対するコンクリート強度が低下するに
したがって骨材の破壊する確率が大きくなっており、骨材強度がコンクリート強度に影響を与えていることがわかる。

以上のことから、品質の異なる骨材の混合比率とモルタル強度をコントロールすることにより、必要なコンクリート強度を得ることが出来るものと考えられる。

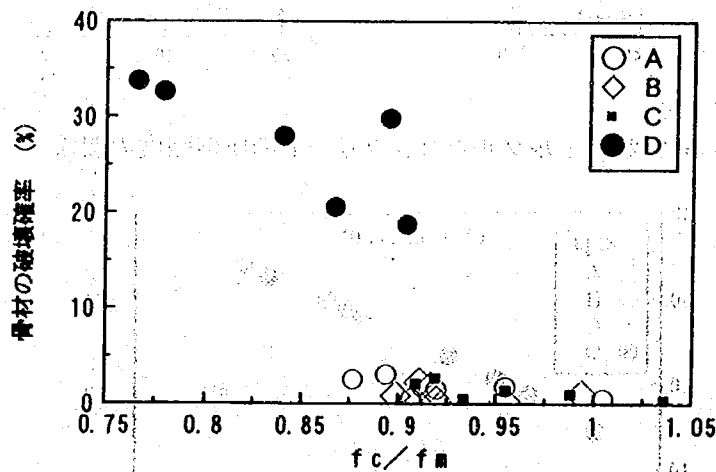


図-5.2.28 f_c/f_m と破壊確率の関係

5. 3 引張強度試験結果

5. 3. 1 引張強度試験結果

材齢、C/Wごとのコンクリートおよびモルタルの引張強度試験結果は表-5. 3. 1のとおりである。

表-5. 3. 1 引張強度試験結果

Gmax	材齢	C/W	引張強度 (N/mm ²)				
			A	B	C	D	モルタル
40	7	1.5	2.07	1.99	2.26	1.94	2.73
		2.5	3.67	3.86	3.52	3.74	3.47
		3.5	4.96	5.32	4.73	4.89	5.11
	28	1.5	2.60	3.02	3.25	2.82	3.59
		2.5	4.40	4.22	4.36	3.90	4.58
		3.5	5.24	5.26	5.16	4.81	5.53
	91	1.5	3.09	3.05	3.36	3.19	4.04
		2.5	4.79	4.77	4.87	4.36	5.53
		3.5	5.29	5.80	5.38	5.04	6.84
20	28	1.5	3.18	3.46	3.28	3.02	3.22
		2.5	4.44	4.46	4.55	3.98	5.18
		3.5	5.56	5.71	5.92	5.64	5.67

5. 3. 2 材齢と引張強度の関係

Gmax40の材齢と引張強度の関係は図-5. 3. 1のとおりである。式 (5. 2. 4) による回帰結果を表-5. 3. 2に示す。

表-5. 3. 2 材齢と引張強度の回帰結果

骨材	C/W	回帰係数		相関係数 r_i
		a	b	
A	1.5	0.82	3.12	0.968
	2.5	2.09	4.86	0.992
	3.5	10.42	5.33	0.999
B	1.5	0.77	3.30	0.973
	2.5	2.90	4.69	0.904
	3.5	12.02	5.62	0.572
C	1.5	0.92	3.58	0.987
	2.5	1.69	4.94	0.988
	3.5	5.35	5.40	0.990
D	1.5	0.65	3.36	0.999
	2.5	3.96	4.26	0.828
	3.5	41.54	4.95	0.346
モルタル	1.5	1.11	4.15	0.995
	2.5	1.20	5.64	0.976
	3.5	2.82	6.60	0.830

モルタルは、いずれのC/Wについても材齢の増加とともに引張強度も大きくなっているが、コンクリートはC/Wが大きくなるにしたがい強度増加はわずがであり、C/W3.5ではほぼ一定になり特に骨材Dはほぼ5N/mm²で一定となっている。

5. 3. 3 セメント水比と引張強度の関係

Gmax40および20のセメント水比C/Wと引張強度の関係は図-5. 3. 2および5. 3. 3のとおりである。直線回帰の結果は表-5. 3. 3のとおりである。

引張強度 (N/mm²)

引張強度 (N/mm²)

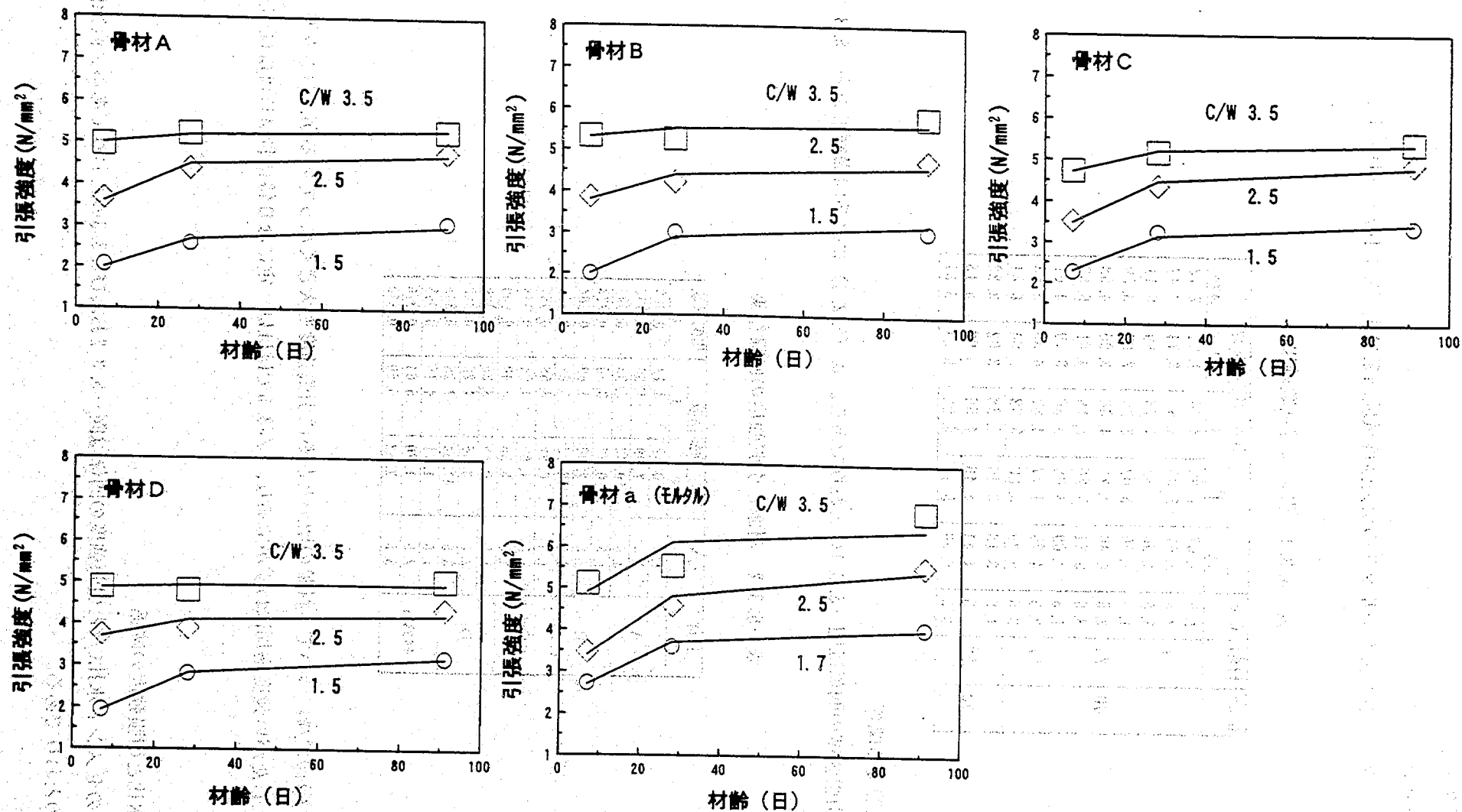


図-5.3.1 材齢と引張強度の関係

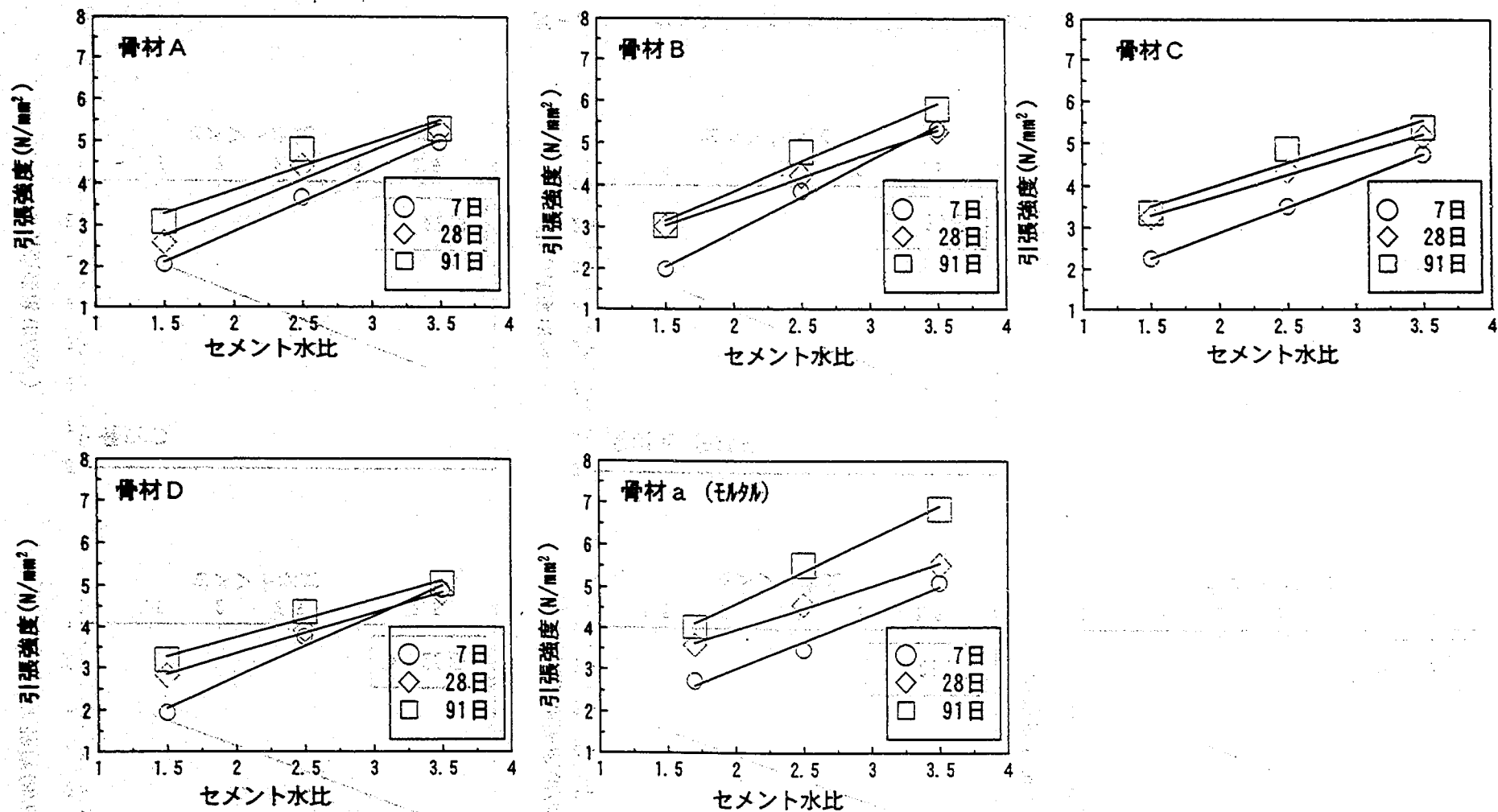


図-5.3.2 セメント水比-引張強度の関係 (Gmax40mm)

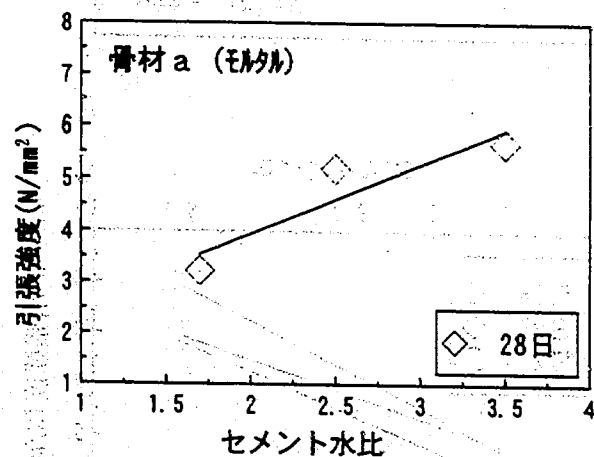
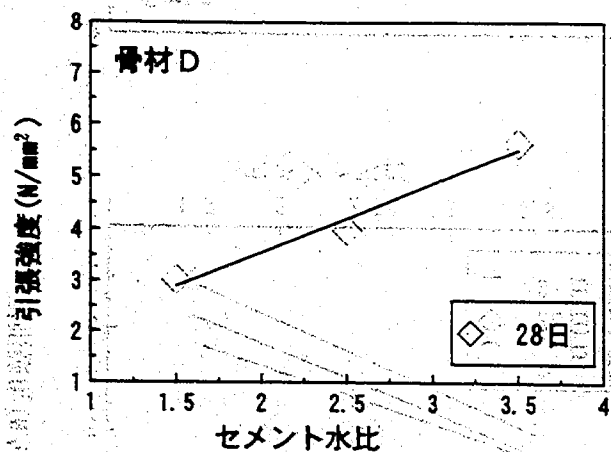
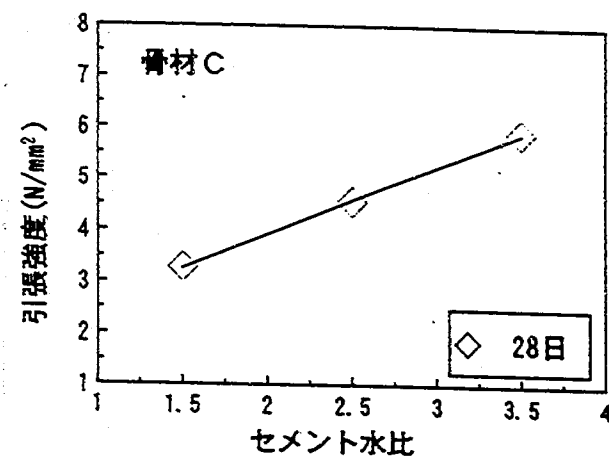
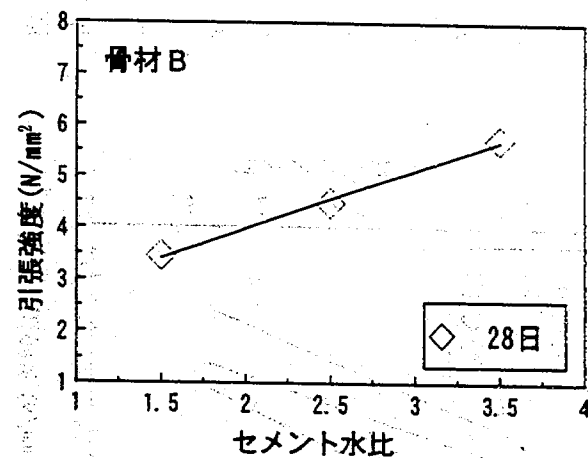
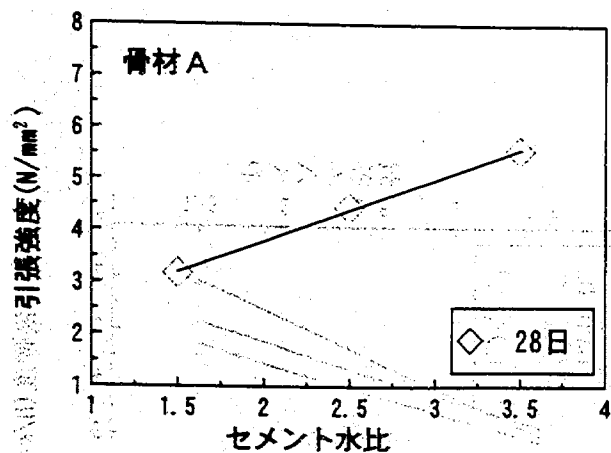


図-5.3.2 セメント水比-引張強度の関係 (Gmax20mm)

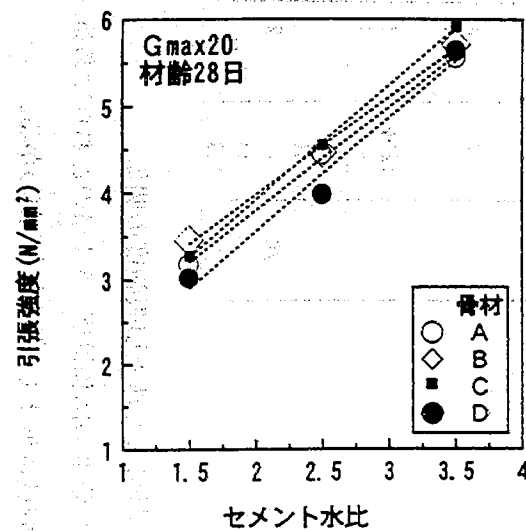
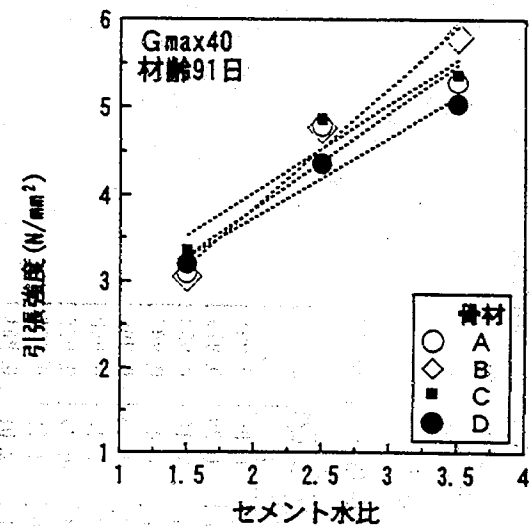
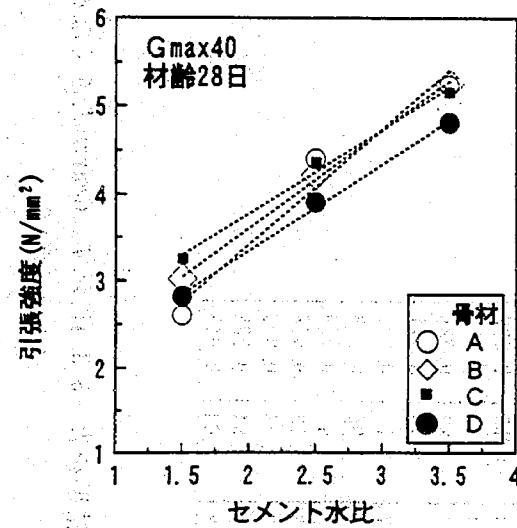
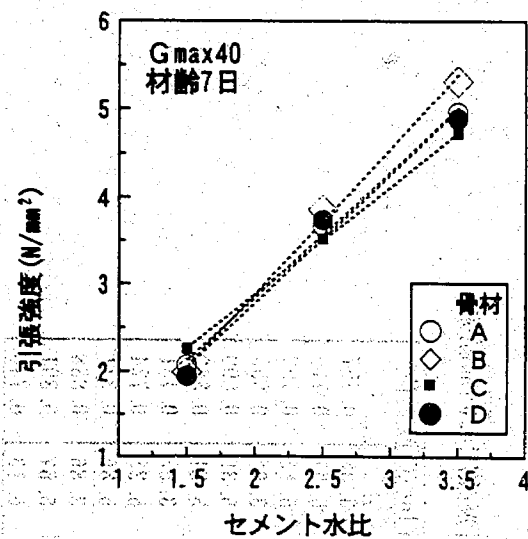


図-5.3.3 セメント水比と引張強度の関係

C/Wと圧縮強度の関係は、材齢ごとにほぼ平行していたが（図-5.2.4）、引張強度の場合はC/Wが大きくなるにしたがいほぼ一点に集中してきているようである（図-5.3.2）。

骨材種類を比較すると（図-5.3.3）、骨材Dが小さい傾向がある。

表-5.3.3 セメント水比と引張強度の回帰結果

Gmax	骨材	材齢	$f_c = \alpha \cdot C/W + \beta$		
			α	β	r
40	A	7	1.45	-0.05	0.998
		28	1.32	0.99	0.979
		91	1.64	1.10	0.953
	B	7	1.67	-0.44	0.997
		28	1.12	1.36	0.999
		91	1.38	1.10	0.990
	C	7	1.24	0.42	0.999
		28	0.96	1.86	0.996
		91	1.01	2.01	0.961
	D	7	1.48	-0.16	0.992
		28	1.00	1.36	0.999
		91	0.93	1.89	0.988
	モルタル	7	1.19	0.79	0.977
		28	0.97	2.14	0.999
		91	1.41	1.96	0.999
20	A	28	1.19	1.42	0.999
	B		1.13	1.73	0.998
	C		1.32	1.28	0.999
	D		1.31	0.94	0.988
	モルタル		1.23	1.63	0.945

5.3.4 粗骨材最大寸法と引張強度の関係

Gmaxと引張強度の関係は図-5.3.4のとおりである。回帰結果を表-5.3.4に示す。Gmaxが大きくなるにしたがい引張強度は低下していることがわかる。

表-5.3.4 粗骨材最大寸法と引張強度の回帰結果

骨材	C/W	$f_c = \alpha \log(C/W) + \beta$		
		α	β	r
A	1.5	-0.776	3.98	0.857
	2.5	-0.576	5.27	0.719
	3.5	-0.325	5.85	0.799
B	1.5	-0.311	3.66	0.555
	2.5	-0.723	5.39	0.800
	3.5	-0.252	5.81	0.560
C	1.5	-0.180	3.53	0.431
	2.5	-0.570	5.28	0.724
	3.5	-0.261	5.85	0.371
D	1.5	-0.646	3.86	0.888
	2.5	-1.176	5.67	0.891
	3.5	-0.666	6.13	0.740

5.3.5 回帰分析による骨材の影響の比較

式（5.2.5）と同様に、引張強度をC/W、C/Sとlnlの多項式で回帰した結果は表-5.3.5および図-5.3.5のとおりである。セメント水比と材齢の項の係数はプラス、セメント細骨材比はマイナスとそろっているが、骨材の種類との関係は明確ではない。

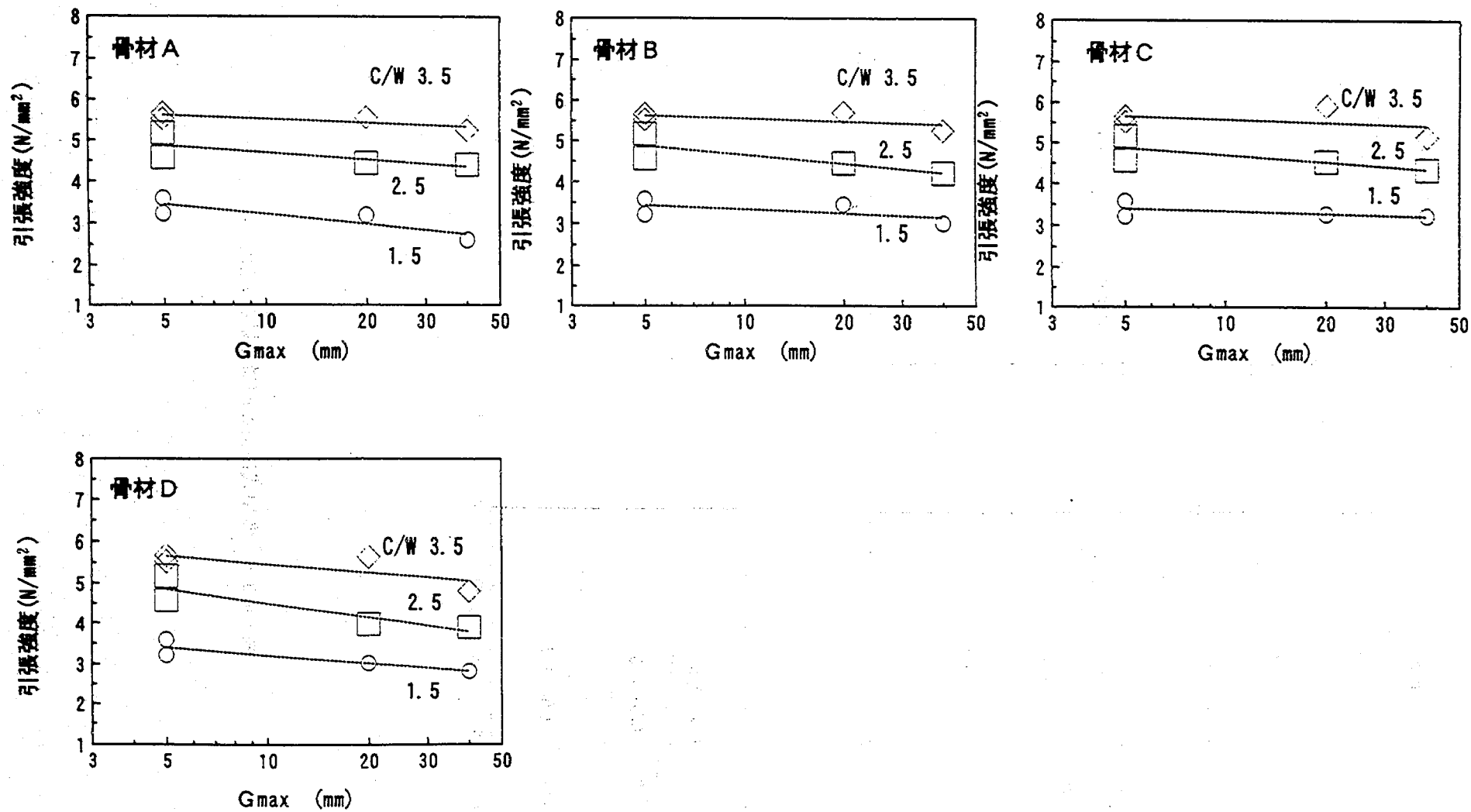


図-5.3.4 Gmax-圧縮強度の関係 (対数)

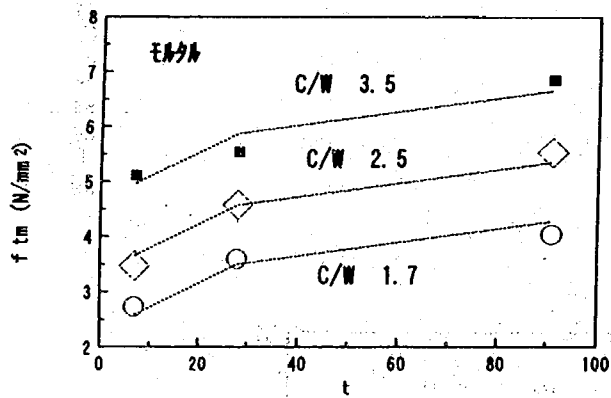
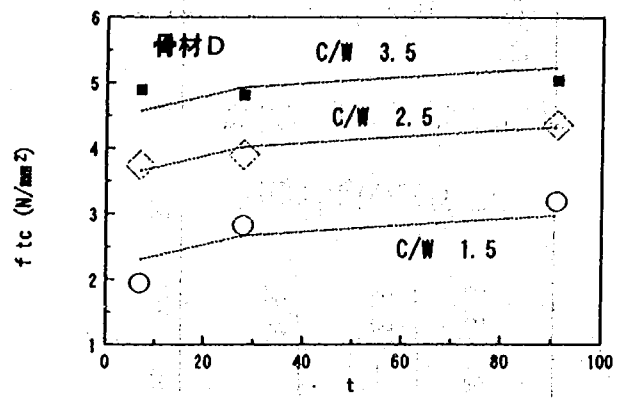
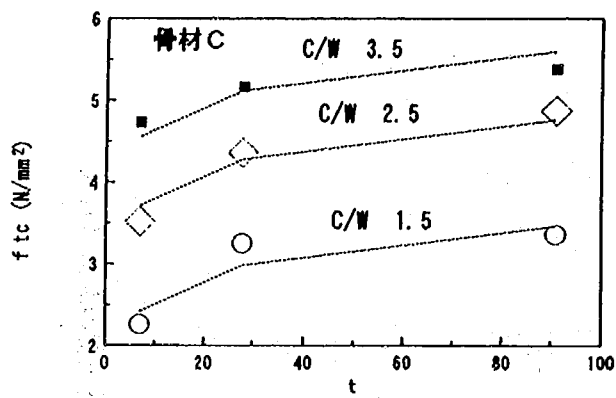
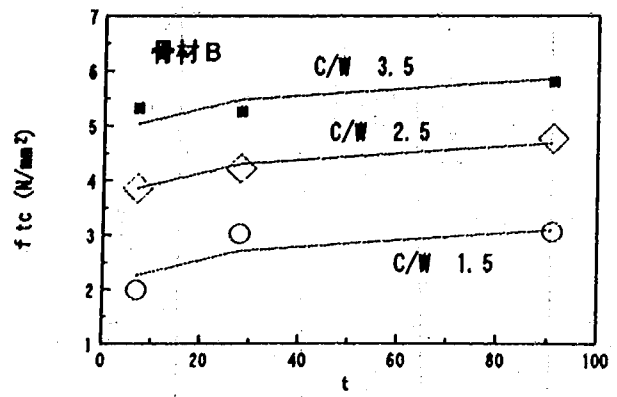
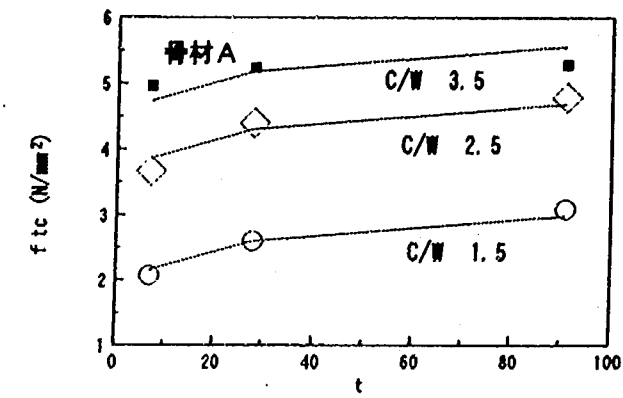


図-5.3.5 多項式による回帰結果と引張強度

引張強度(N/mm²)

引張強度(N/mm²)

表-5.3.5 多項式による引張強度の回帰結果

骨材	セメント水比 k_1	材 齢 k_2	セメント細骨材比 k_3	定 数 項 k_4	相関係数 r
A	3.16	0.322	-4.78	-1.711	0.991
B	2.32	0.318	-2.39	-1.085	0.988
C	2.09	0.407	-2.61	-0.686	0.986
D	2.11	0.262	-2.51	-0.587	0.978
モルタルa	1.40	0.662	-0.18	-1.021	0.987

5.3.6 骨材の物理試験結果と引張強度の関係

骨材の物理試験結果と引張強度の関係は図-5.3.6のとおりである。圧縮強度の場合と同様に、比重が大きくなれば強度も大きく、吸水率、安定性損失質量が大きくなると強度は小さくなる傾向はあるが、それほど明確ではない。

5.3.7 骨材の割裂面積率

引張試験後、割裂面の骨材が割れた面積を求め、理論的な骨材面積である単位体積当たりの骨材体積比に対する比率（ここでは、割裂面積率と呼ぶ）を求めた（表-5.3.6）。また、表中には計算値の上限と下限を示してある。それらは、以下のとおり計算して求めた。

表-5.3.6 割裂面積率

材 齢	C/W	A				B				C				D			
		実測値	計算値		実測値	計算値		実測値	計算値	実測値	計算値		実測値	計算値		実測値	計算値
			上限	下限		上限	下限				上限	下限		上限	下限		
7	1.5	16.8	0.6	4.5	14.3	0.5	3.8	20.7	0.4	4.0	37.1	6.9	27.3				
	2.5	30.6	3.6	11.1	-	3.3	10.0	36.4	1.9	10.3	50.3	26.5	49.3				
	3.5	42.0	5.0	17.7	30.7	5.7	18.6	37.9	3.0	19.1	49.5	30.3	61.2				
28	1.5	13.3	0.8	6.4	-	1.5	7.3	22.8	1.2	8.9	48.7	12.9	38.7				
	2.5	34.4	4.1	4.8	-	3.2	12.3	32.4	2.8	16.3	-	20.6	51.2				
	3.5	34.8	5.2	19.4	30.4	4.7	18.2	41.1	3.8	22.6	54.9	26.2	60.4				
91	1.5	20.1	1.3	8.5	18.6	1.1	7.3	24.2	1.0	9.5	43.3	14.7	43.2				
	2.5	24.9	4.1	17.5	26.9	3.3	15.4	25.1	2.8	20.3	50.8	20.0	56.1				
	3.5	31.6	3.1	19.7	30.9	4.2	21.5	28.9	2.2	24.4	53.2	19.6	62.5				

下限値の計算手順は以下のとおりである。

①骨材に作用する引張応力を式(5.3.1)によって求めた。

$$f_{tc} = V_m \cdot f_{tm} + V_a \cdot \sigma_{ta}$$

$$\sigma_{ta} = \frac{f_{tc} - V_m \cdot f_{tm}}{V_a}$$

(5.3.1)

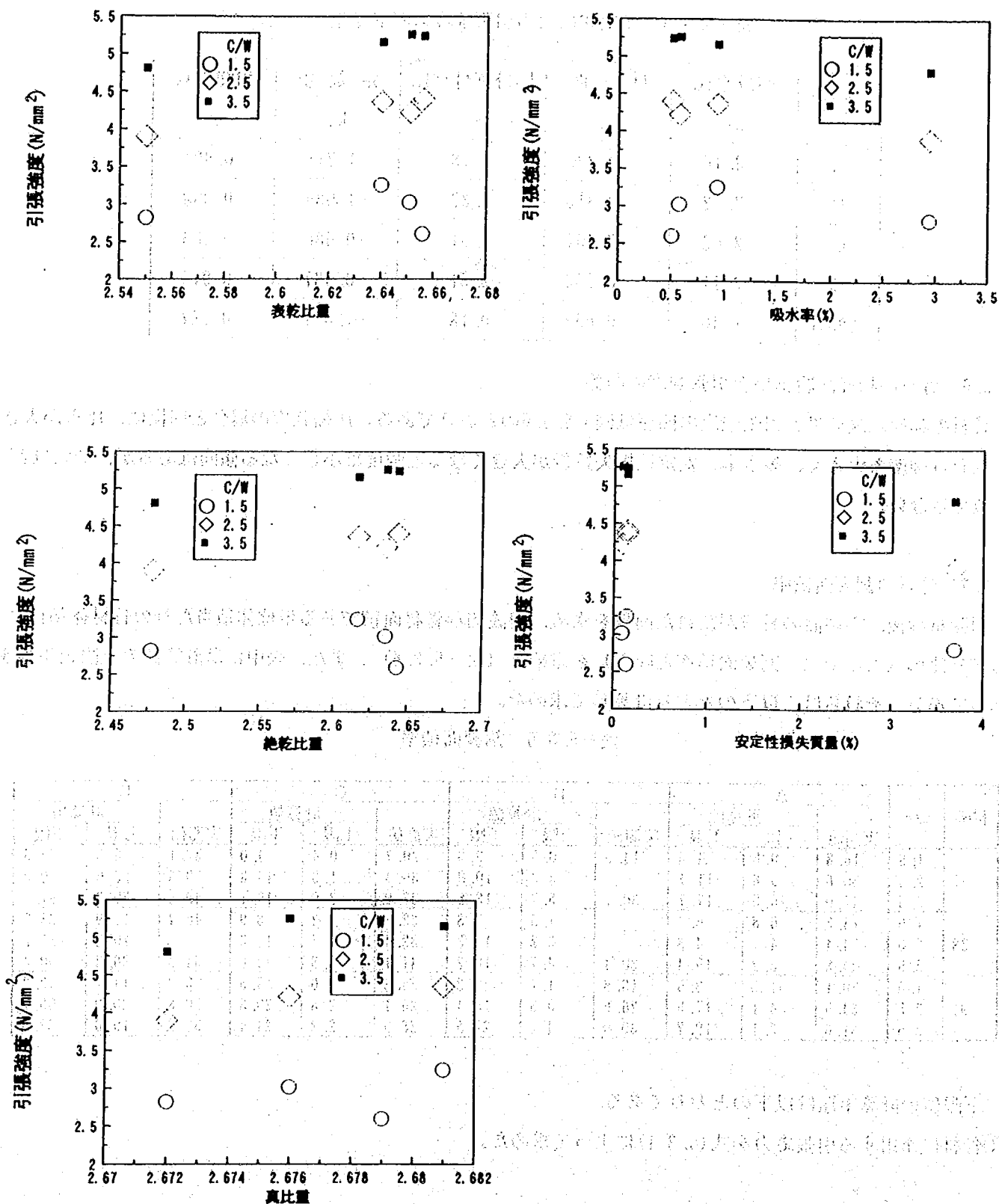


図-5.3.6 骨材の物理試験結果と引張強度の関係 (Gmax40mm)

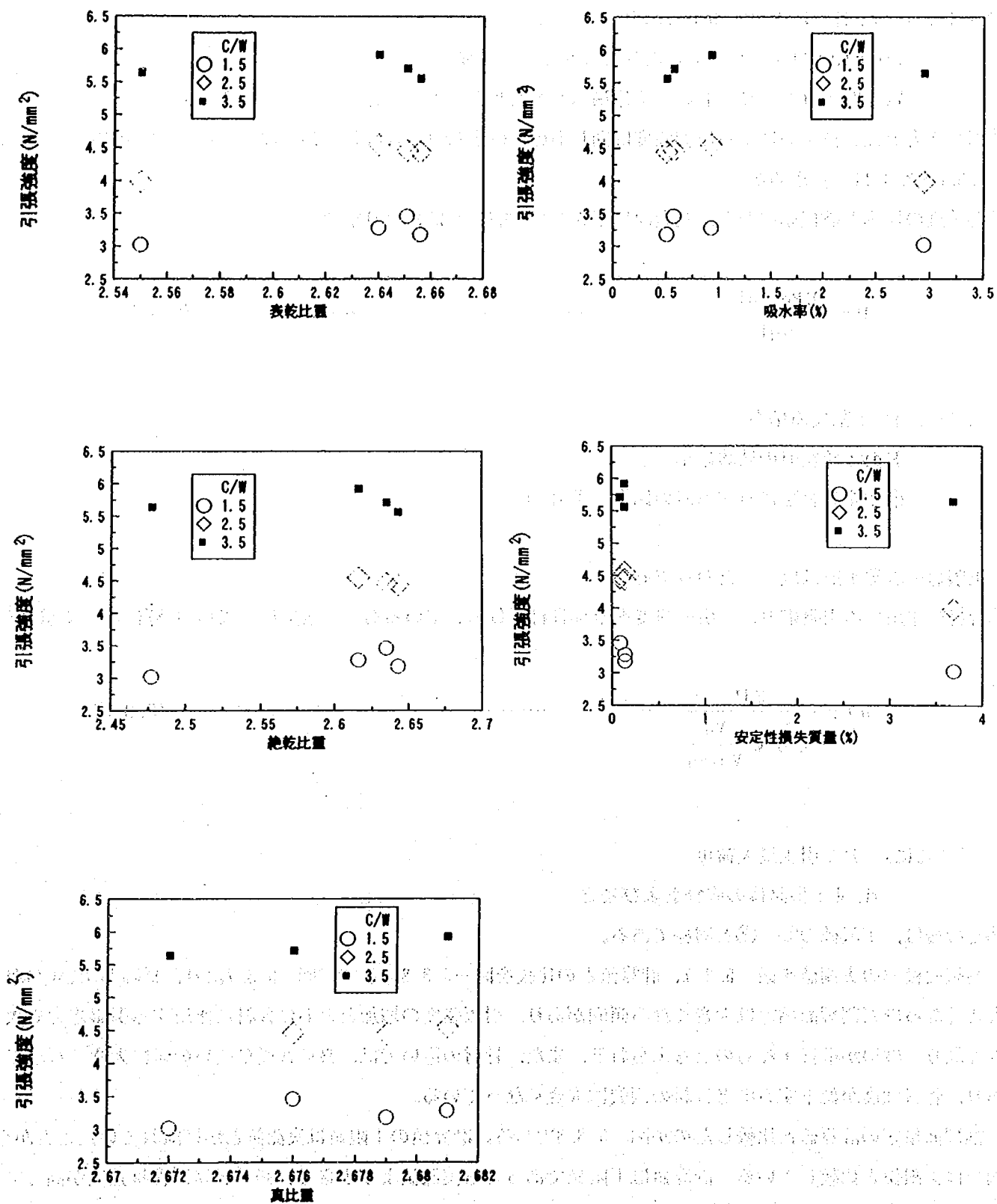


図-5.3.6 骨材の物理試験結果と引張強度の関係 (Gmax20mm)

ここに、 σ_{la} ：骨材に作用する引張応力

f_{lc}, f_{lm} ：コンクリートおよびモルタルの引張強度

V_m, V_a ：コンクリートの単位体積当りのモルタルおよび骨材の体積であり、 $V_m + V_a = 1$ 。

②引張応力と点載荷試験による圧裂強度は同じものと仮定($\sigma_{la} = f_{pa}$)し、 f_{pa} のときの各粒度の破壊確率を図-3.3.8~3.3.11から求めた。

③各粒度の比率と破壊確率から、割裂面積率をPlを式(5.3.2)により求めた。

$$P_t = \frac{\sum P_{di} \cdot q_i}{\sum q_i} \quad (5.3.2)$$

ここに、Pl：割裂面積率

P_{di} ：粒径 d_i の破壊確率

q_i ：全骨材量に対する d_i の比率、 $\sum q_i = 1$

上限値の計算手順は以下のとおりである。

①骨材に作用する引張応力は、引張強度を全部骨材が負担しているものと仮定し、式(5.3.3)によって求めた。

$$\sigma_{ta} = \frac{2P}{\pi d \ell \frac{V_a}{V_m + V_a}} \quad (5.3.3)$$

ここに、P：引張最大荷重

d, ℓ ：供試体の直径および長さ

②その後は、下限値の②、③と同様である。

割裂面積率の実測値を図-5.3.7、計算値との比較を図-5.3.8に示す。図-5.3.7より、材齢およびC/Wが大きくなるほど割裂面積率は大きくなる傾向があり、引張強度の増加とともに骨材に作用する引張応力も大きくなり、破壊が進行するものと考えられる。また、骨材の違いでは、 $B < A < C < D$ の順に大きくなっており、骨材強度が低下するほど骨材の割裂は大きくなっている。

割裂面積率の計算値と比較したのが図-5.3.8である。計算値の下限値は実測値とかけ離れていたことから図では上限値と比較している。計算値は上限値であっても実測値より小さく、30~40%は骨材強度が高くて割裂を生じるようである。骨材Dはコンクリート強度の増加とともに割裂面積も大きくなっており、その傾きは等値線ほぼ並行している。

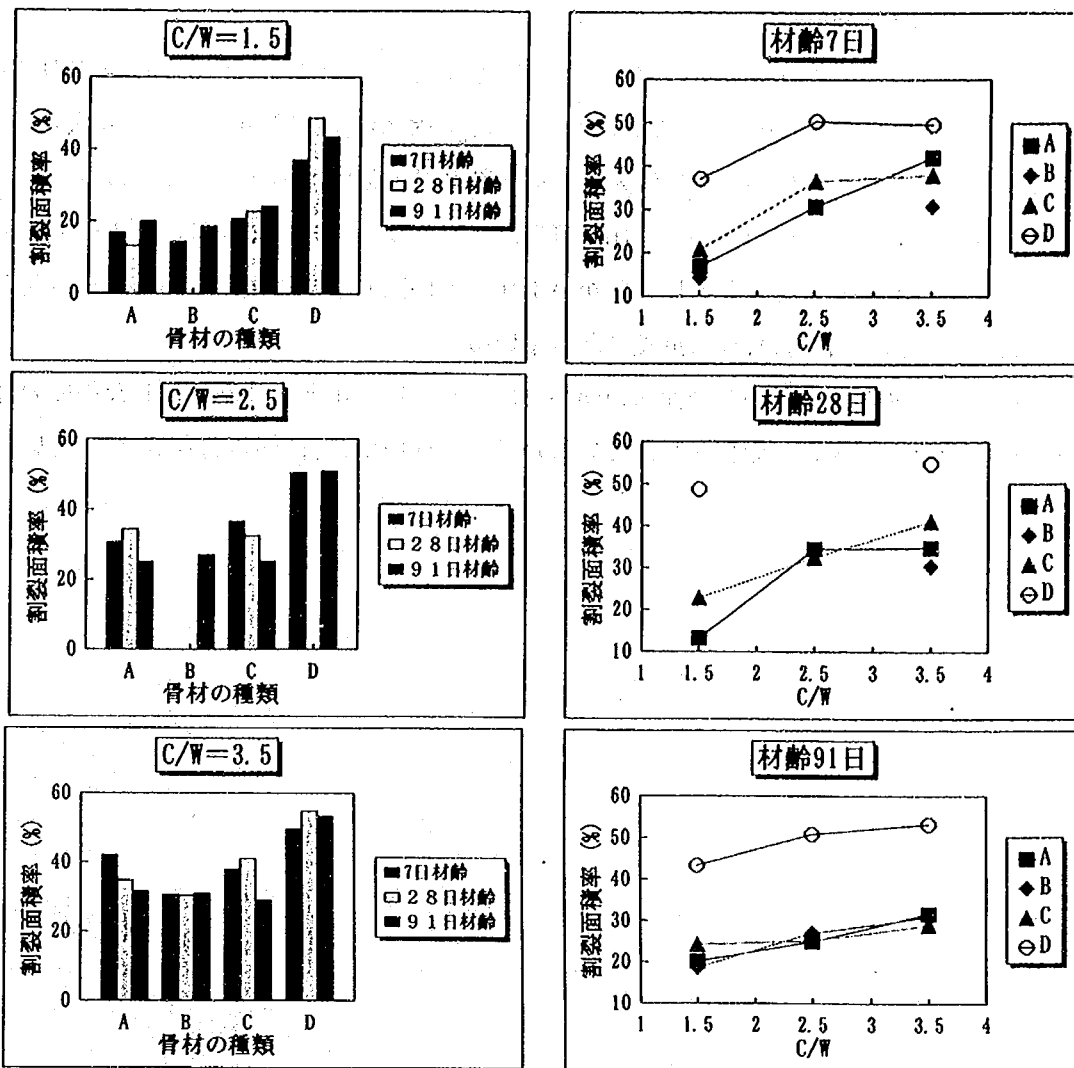


図-5.3.7 割裂面積率

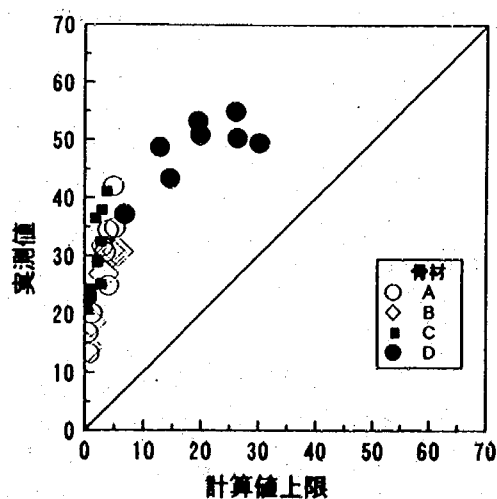


図-5.3.8 骨材割裂面積率の実測値と計算値の比較

5.3.8 骨材強度と引張強度の関係

骨材強度を表す諸特性値とコンクリートの引張強度の関係は図-5.3.9および5.3.10のとおりである。直線回帰した結果を表-5.3.7に示す。圧縮強度の場合と同様に、わずかではあるが圧裂強度が大きくなるほど引張強度も大きく、破碎、すりへりに関する値は大きくなるほど引張強度は小さくなっている。

図-5.3.11は、横軸にモルタルの引張強度 f_{lm} 、縦軸にコンクリートの引張強度とモルタルの引張強度の比 f_{lc}/f_{lm} を示した。 f_{lm} が大きくなるにしたがい f_{lc}/f_{lm} は低下する傾向がある。その低下割合は、骨材A～Cは0.8程度に対し、骨材Dは0.7近くになっている。

コンクリートの引張強度と、骨材の割裂面積の関係を図-5.3.12に示す。今回使用した程度の骨材の強度では、引張強度にもそれほど大きな影響を与えているわけではないが、骨材の割裂は進行している。

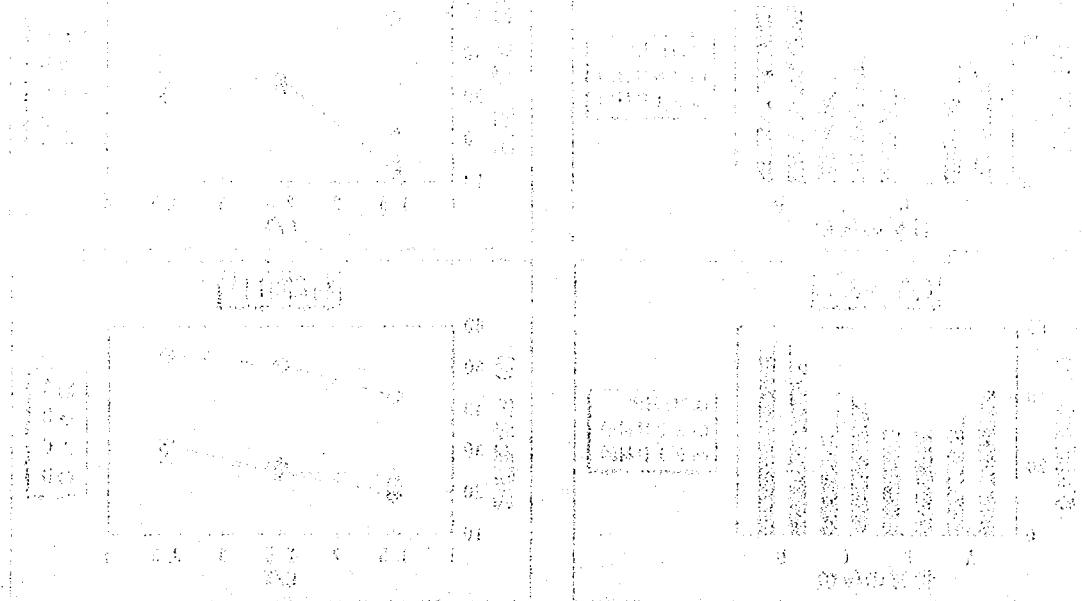


図-5.3.9 骨材強度とコンクリートの引張強度の関係

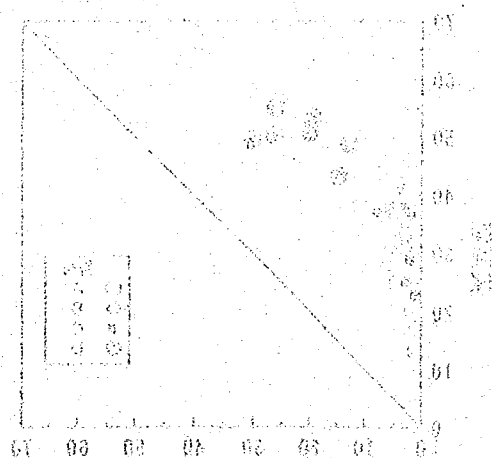


図-5.3.11 骨材強度とコンクリートの引張強度の比

図-5.3.12 骨材の割裂面積とコンクリートの引張強度の関係

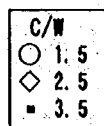
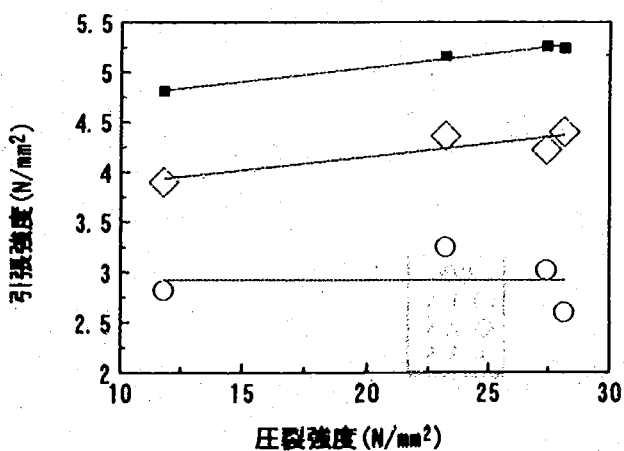
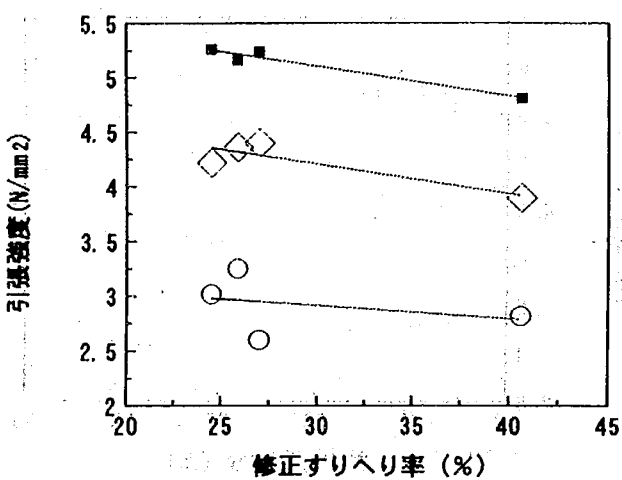
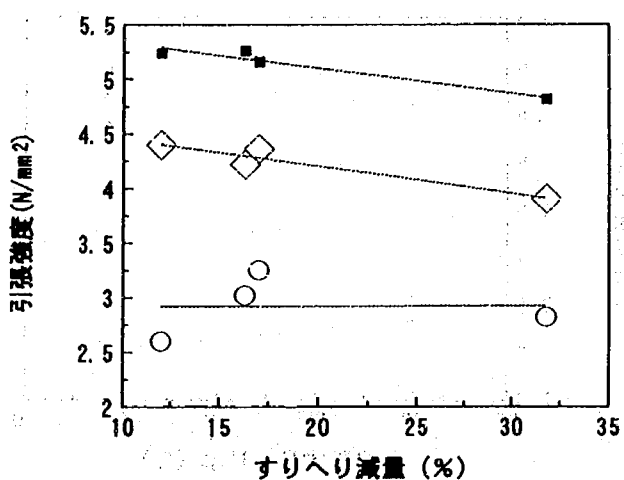
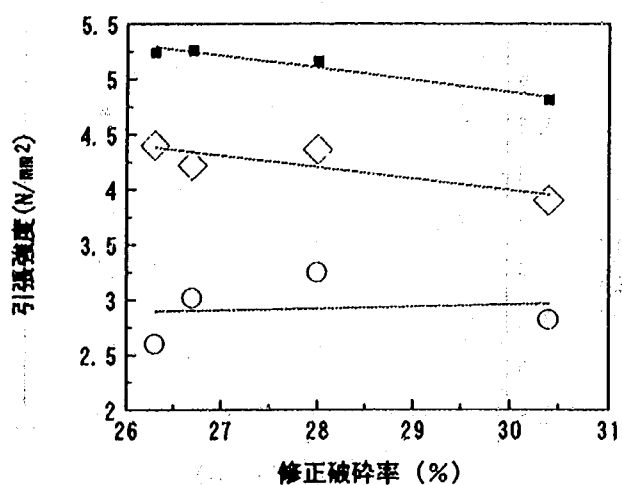
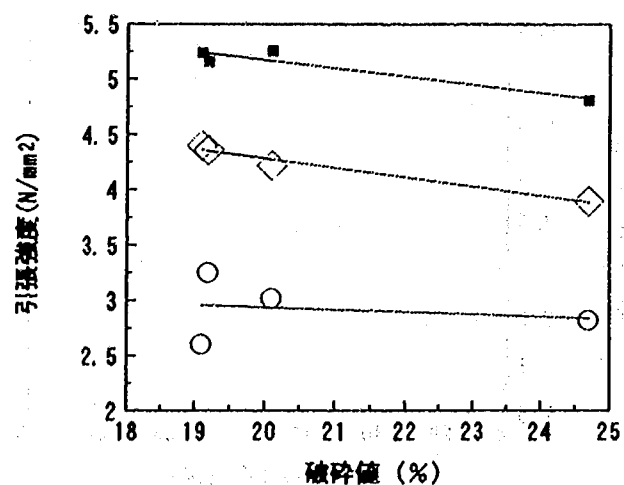


図-5.3.9 骨材強度を表す諸特性値と引張強度の関係 ($G_{max}40mm$)

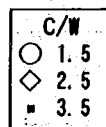
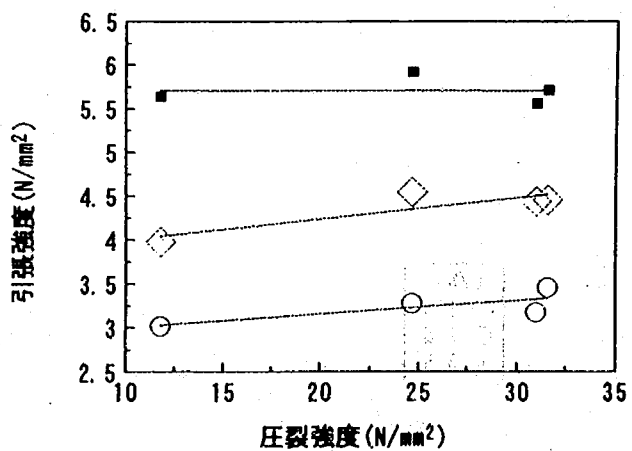
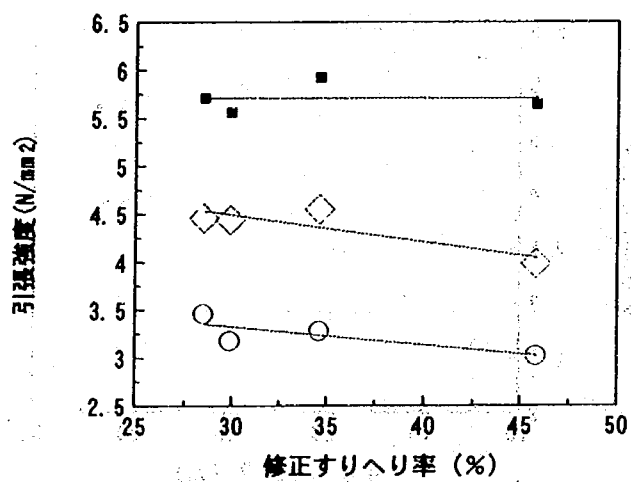
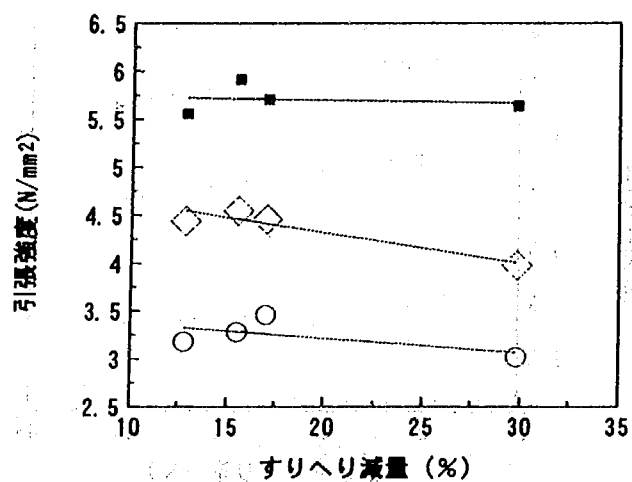
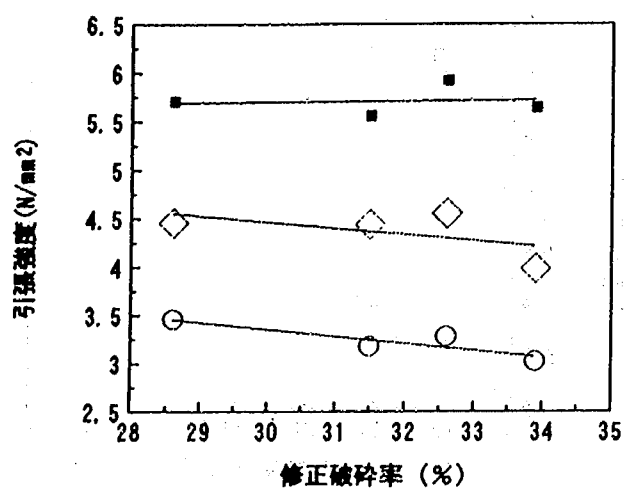
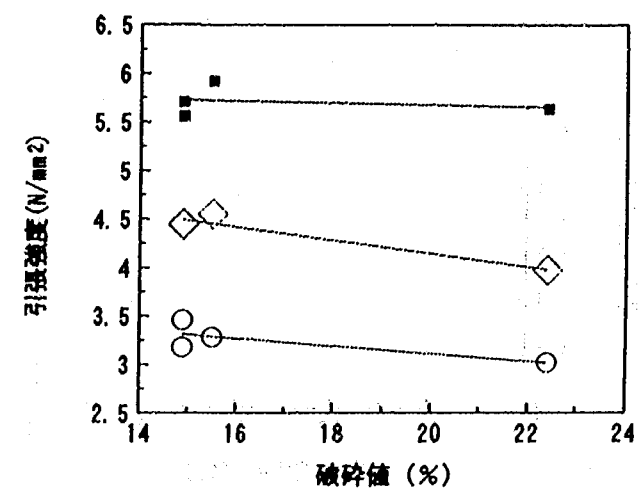


図-5.3.10 骨材強度を表す諸特性値と引張強度の関係 ($C_{max}20mm$)

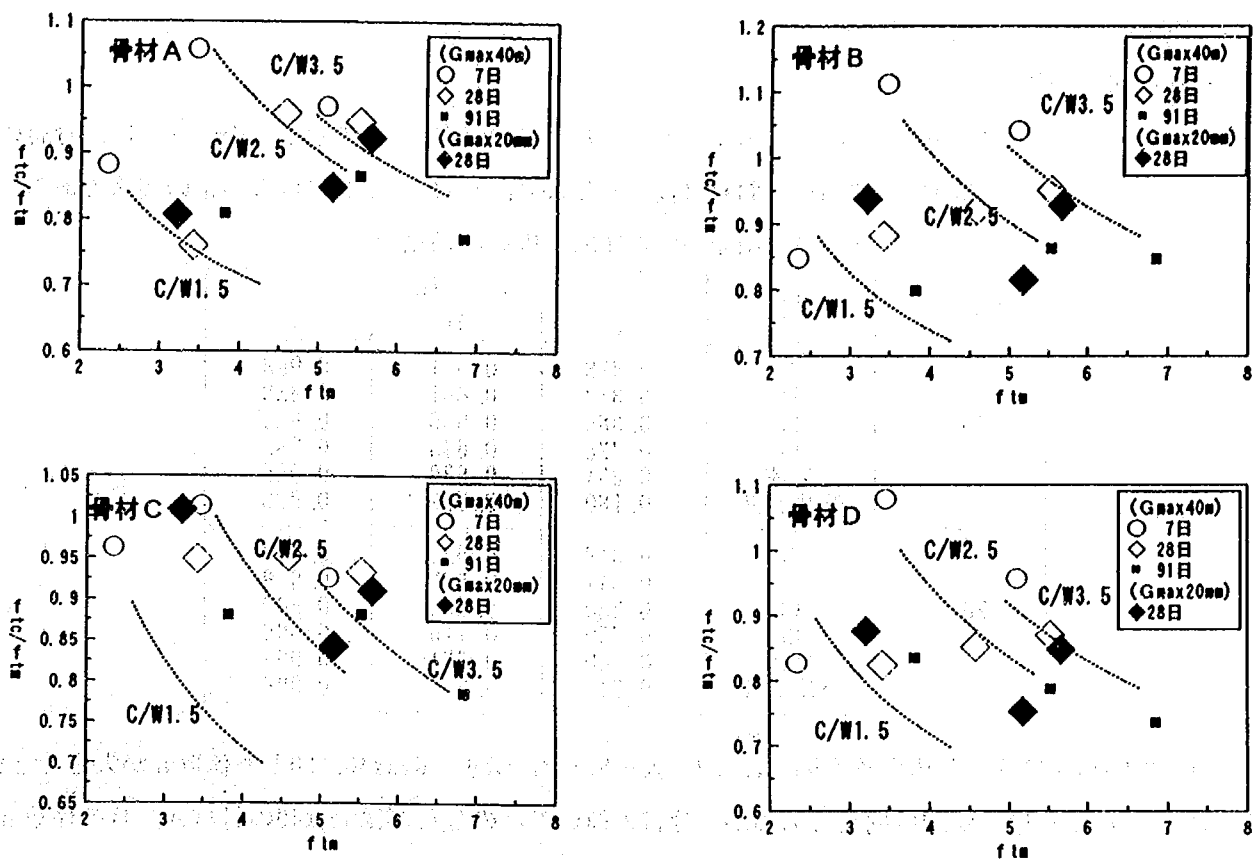


図-5.3.11 モルタルとコンクリートの引張強度の関係

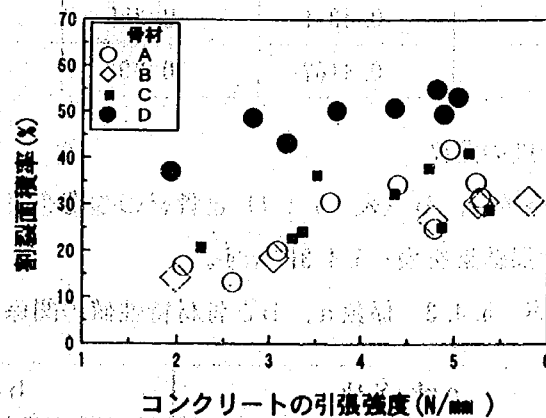


図-5.3.12 引張強度と骨材割裂面積率

骨材 A		骨材 B		骨材 C		骨材 D	
1	2	3	4	5	6	7	8
0000.0	0000.0	0000.0	0000.0	0000.0	0000.0	0000.0	0000.0
1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0
3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0
4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0
5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0
6000.0	6000.0	6000.0	6000.0	6000.0	6000.0	6000.0	6000.0
7000.0	7000.0	7000.0	7000.0	7000.0	7000.0	7000.0	7000.0
8000.0	8000.0	8000.0	8000.0	8000.0	8000.0	8000.0	8000.0
9000.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0
10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0

5. 4 引張強度と圧縮強度の関係

5. 4. 1 引張強度と圧縮強度の関係

図-5. 4. 1に引張強度と圧縮強度の関係を示す。表-5. 4. 1に指数回帰結果を示す。引張強度は、骨材の種類に関わらず圧縮強度の約2/3乗で増加しており（表-5. 4. 1の係数b）、これはほぼ通常の関係である。

表-5. 4. 1 引張強度と圧縮強度の回帰結果

Gmax	骨材	$f_l = a f_c^b$		
		a	b	c
40	A	0.318	0.651	0.988
	B	0.312	0.661	0.988
	C	0.386	0.599	0.984
	D	0.328	0.645	0.985
	全体	0.334	0.639	0.985
	モルタル	0.180	0.792	0.983
20	A	0.348	0.633	0.999
	B	0.347	0.639	0.999
	C	0.280	0.686	0.999
	D	0.250	0.715	0.999
	全体	0.300	0.671	0.995
	モルタル	0.347	0.639	0.999

表-5. 4. 1の回帰係数a, bの関係を図-5. 4. 2, 表-5. 4. 2に示す。Gmax40, 20とも係数aが大きくなれば係数bは小さくなるという傾向は同じであるが、骨材の種類ごとのならばGmax40の骨材A, Bの係数aは大きく、C, Dは小さいが、Gmax20はA, Bが小さく、C, Dが大きくなっている。

表-5. 4. 2 係数aとbの関係

Gmax	$b = k_1 a + k_2$		
	k_1	k_2	r
40	0.3875	-0.455	0.999
20	0.4371	-0.355	0.998
全体	0.4167	-0.392	0.991

5. 4. 2 骨材強度と引張・圧縮強度の関係

引張強度と圧縮強度の回帰係数a, b（表-5. 4. 1）と骨材の強度を表す圧裂強度、破碎値などとの関係は図-5. 4. 3のとおりである。回帰結果を表-5. 4. 3に示す。

表-5. 4. 3 係数a, bと骨材特性値の関係

骨材強度 特性値	$a = k_3 X + k_4$			$b = k_5 X + k_6$		
	k_3	k_4	r	k_5	k_6	r
圧 裂 強 度	0.1938	0.1602	0.4789	0.7775	-0.056	0.4263
破 碎 値	0.5482	-0.186	0.2616	0.5540	0.0562	0.2001
修 正 破 碎 率	5.1545	-0.821	0.5671	0.2208	0.3199	0.5587
すりへり試験	0.4827	-0.144	0.3807	0.5583	0.0542	0.3623
修正すりへり率	1.2619	-0.399	0.6608	0.3845	0.1536	0.6428

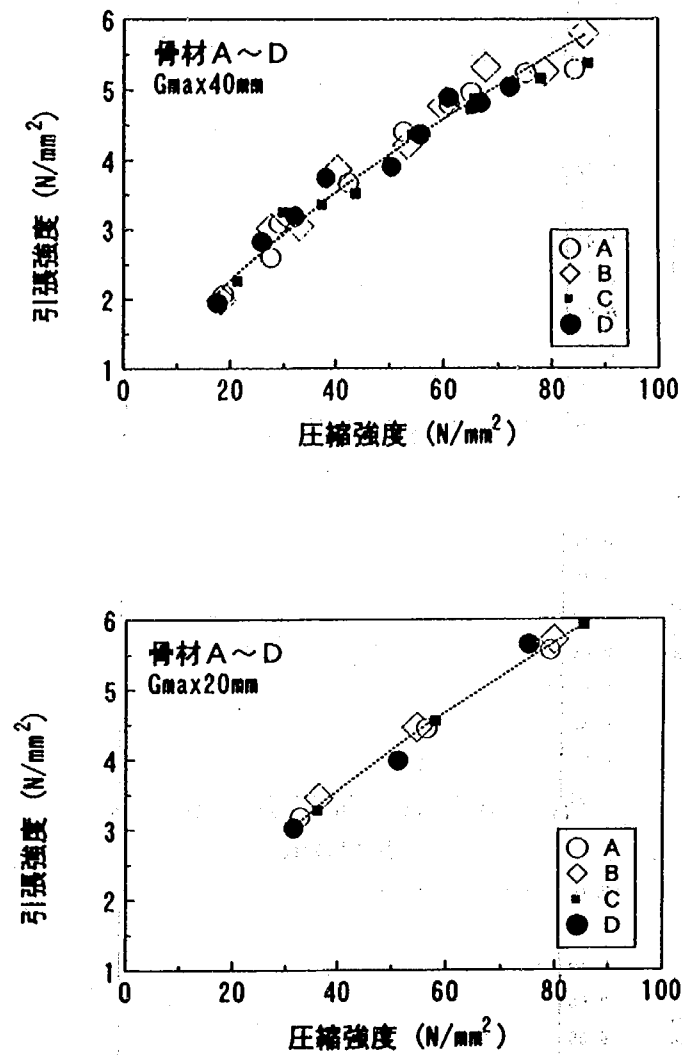


図-5.4.1 引張強度と圧縮強度の関係

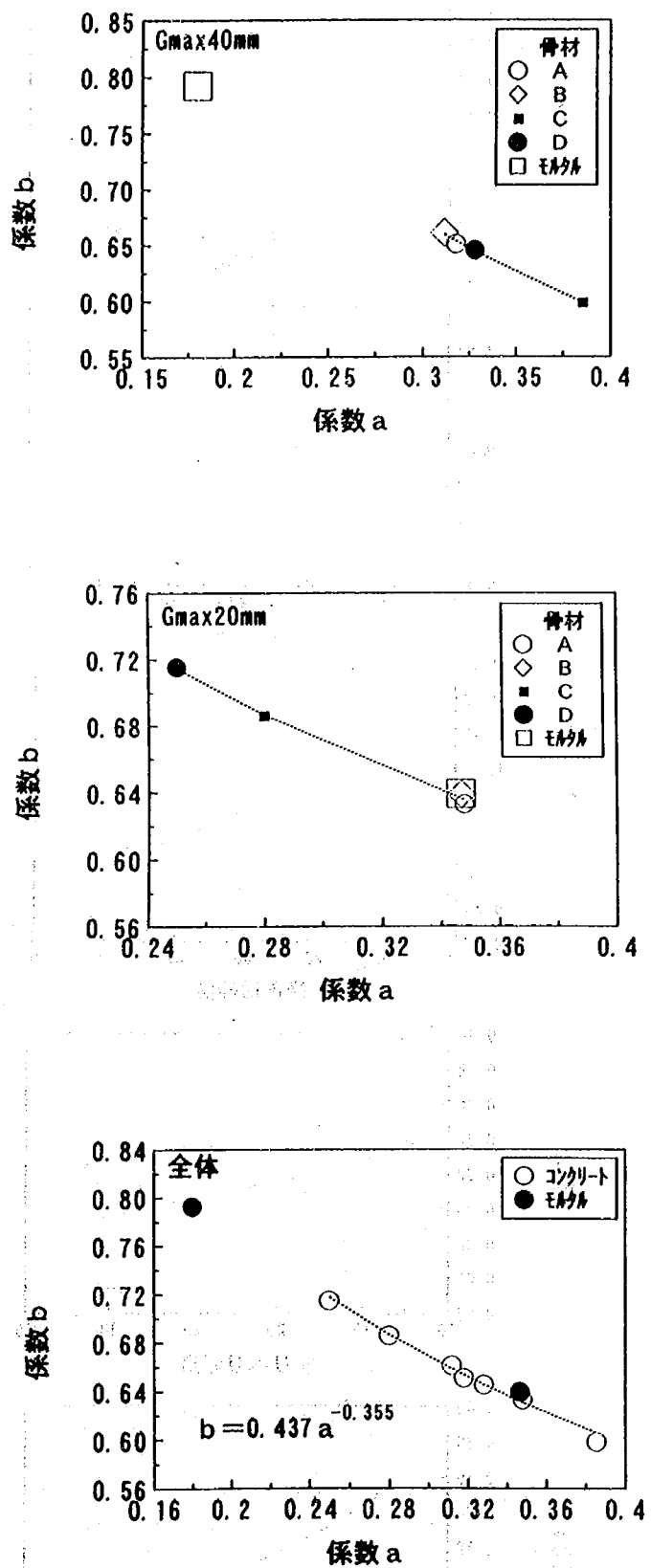


図-5.4.2 回帰係数 a 、 b の関係

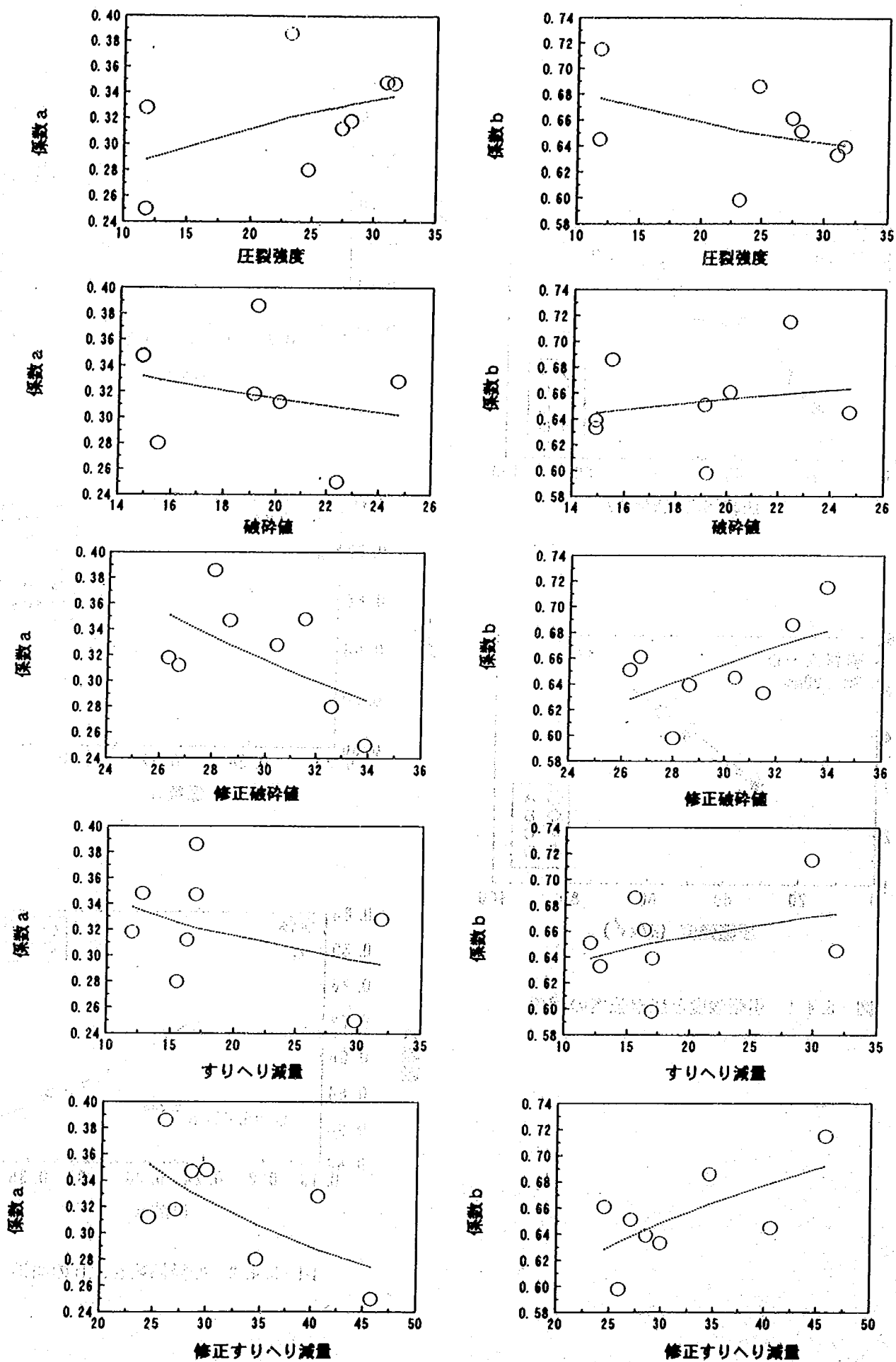


図-5.4.3 係数 a , b と骨材の強度特性値の関係

5.4.3 特異点応力と引張強度の関係

図-5.4.4に特異点応力と引張強度の関係を示す。表-5.4.4に回帰結果を示す。

臨界応力と引張強度の回帰結果は、相関係数が0.98以上という高い相関関係がある。

表-5.4.4 特異点応力と引張強度の回帰結果

Gmax	骨材	開始応力 $\sigma_{in} = a_1 f_c^{b_1}$			臨界応力 $\sigma_{cr} = a_2 f_c^{b_2}$		
		a_1	b_1	r	a_2	b_2	r
40	A	0.2640	0.8035	0.9746	0.3210	0.6749	0.9777
	B	0.4211	0.6496	0.9721	0.3274	0.6700	0.9914
	C	0.3770	0.6926	0.6453	0.3913	0.6184	0.9829
	D	0.4308	0.6658	0.9382	0.3081	0.6889	0.9825
	全体	0.3948	0.6800	0.9509	0.3326	0.6654	0.9829
20	全体	0.6228	0.5484	0.9818	0.3560	0.6435	0.9902

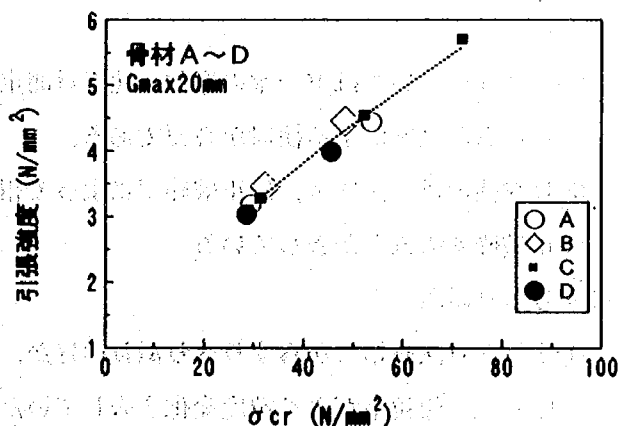
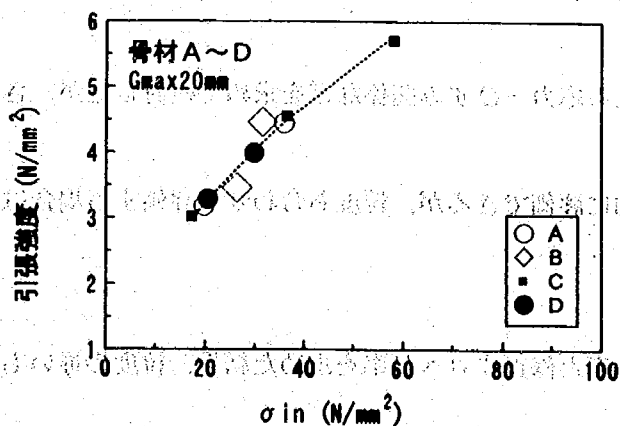
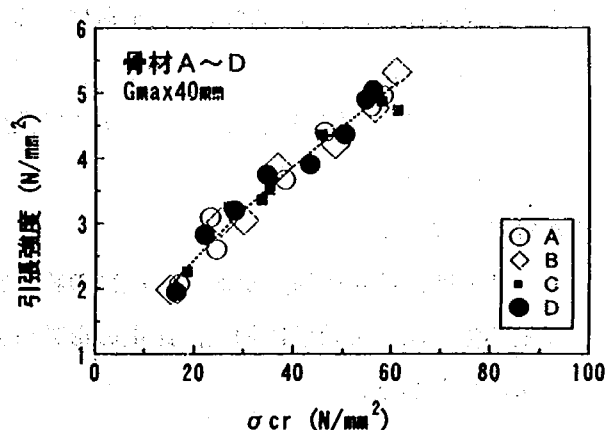
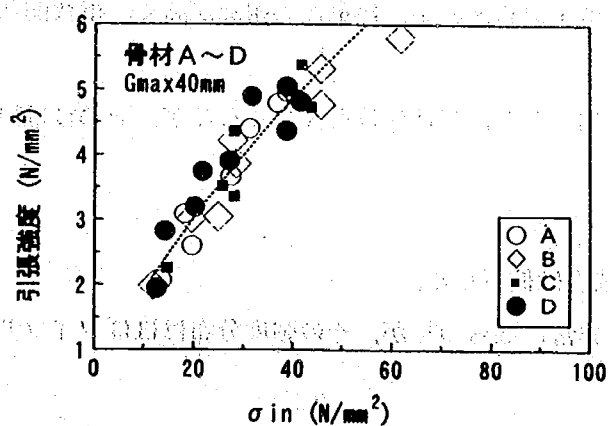


図-5.4.4 特異点応力と引張強度の関係

6. まとめ

風化の程度により品質の異なる4種類の5~150mmの骨材について、一般的な物理試験および各種強度試験を行い、骨材の物性を把握した。これらの骨材を用いたコンクリートについて、練混ぜ時の粒度変化とそれに伴うフレッシュ性状の変化、硬化後の圧縮および引張強度試験を行い強度特性を調べた。それらの結果、わかったことは以下のとおりである。

(1) 骨材の物理試験

強度との相関が高いと考えられている比重、吸水率は、同じ粒度の場合にはそのことがいえる。しかし、粒度が異なる場合は一般的傾向とは異なり、粒度が小さくなると比重は小さく、吸水率は大きくなるが、強度は大きくなる傾向を示した。粒度が違う場合の比重、吸水率を比較する場合には、現行の試験方法では問題がある。

(2) 骨材の強度試験

1) コア供試体

- ① コア供試体による圧縮強度、点载荷による圧裂強度を求めた結果、比重との相関が高く、指数関数的に増加した。
- ② 弾性係数は、圧縮強度約200N/mm²までは強度の増加とともに弾性係数も大きくなるが、その後はほぼ一定になった。

2) 骨材の圧裂強度

- ① 圧裂強度には寸法効果があり、粒径の約1/2乗で強度は低下した。
- ② 圧裂強度は寸法効果に加え、比重の影響も大きく非常にばらつくが、その強度分布はほぼワイブル分布にしたがう。

3) 破碎試験

破碎試験により骨材の破碎性、変形性、強度を求めた。

- ① 破碎性は、修正破碎率を定義し、それにより粒度の違いも合わせて破碎性を評価できることがわかった。
- ② 変形性については実積率の変化、沈下量測定による応力-ひずみ関係などを求めて検討したが、さらに慎重な試験による検討が必要である。
- ③ 骨材強度は、破碎値、修正破碎率によって相対的に評価できるが、粒度も合わせて評価する場合は修正破碎率のほうが適している。

4) すりへり試験

- ① すりへり試験結果からすりへり減量のほか、粗粒率と修正すりへり率を求めた結果、粒度の違いも考慮すると粗粒率がよく粒度変化を表していた。
- ② しかしながら、いずれも強度との関係は明確ではなかった。

(3) 練混ぜによる骨材の破碎

①練混ぜによる骨材の破碎を表すために粗骨材減少率、粒度変化率、粗粒率の3指標を求めた。それらとスランプの関係から、粗骨材減少率または粗骨材減少による細骨材率の増分とスランプの関係の相関が高かった。

②粗骨材減少率と破碎試験およびすりへり試験結果の関係は、いずれも正の高い相関があることがわかり、練混ぜによる粒度変化をそれらの試験によって予測できる可能性がある。

(4) コンクリートの強度試験

1) 圧縮強度

①セメント水比 C/W と圧縮強度の関係は、 C/W が大きくなると強度の小さい骨材は大きいものに比べ圧縮強度の伸びは小さくなる。ただし、 C/W が小さく圧縮強度が低い場合はその影響はほとんどない。

②応力-ひずみ関係を式(5.2.1)による n 次式で回帰すると、実測値とよく一致した。回帰によって求めた n は、圧縮強度と反比例の関係にあった。 ϵ_0 は、圧縮強度の増加とともに大きくなり、また骨材強度が小さいほど大きくなった。

③コンクリートの弾性係数は、骨材の弾性係数の影響を受ける。骨材とモルタルの弾性係数、体積を考慮した弾性係数の計算値は、式(5.3.14)の(9)または(10)式が適合性がよかった。

④骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係は、圧縮試験時にコンクリート中の骨材に作用する応力と骨材の強度分布から骨材が破壊する確率を計算した結果、骨材強度が高い場合は骨材の破壊はほとんど生じることはなくモルタルまたは骨材とモルタルの界面で破壊するためモルタル強度の影響を受けること、骨材強度が低い場合は骨材の破壊する確率が高くなりコンクリートの圧縮強度を低下させることが推測された。

2) 引張強度

①今回使用した程度の骨材強度では、引張強度に与える影響は小さいものの、コンクリート破壊時の骨材の割裂骨材率は増加していた。

以上、今回の試験結果より、骨材の強度分布によりコンクリートの練混ぜ時の骨材の破碎、コンクリートの圧縮および引張強度に影響を与えることがわかった。それらの特性を把握するための骨材の評価試験として、破碎試験を行い修正破碎率を求めることにより、骨材の破碎性、強度を評価できる可能性が明らかになった。

今後、さらに低品質の骨材の場合でも上記のようなことが評価できるか、また、RCD用コンクリートの品質の評価について検討する必要がある。

資 料 編

骨材の物理試験結果

ふるい分け試験結果

点載荷試験結果

破碎試験結果

試験前後の実積率

試験前後の粒度分布

沈下量

すりへり試験結果

試験前後の粒度分布

練混ぜ試験結果

練混ぜ前後の粒度分布

圧縮試験結果

引張強度試験結果

割裂面積

セメント試験成績表

混和剤試験成績表

骨材のふるい分け試験結果

骨材 種類	粒度	粒度分布														粗粒率
		150mm	120mm	100mm	80mm	60mm	50mm	40mm	30mm	25mm	20mm	15mm	10mm	5mm	2.5mm	
A	15080	0	16	45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10.00
	8040				0	53	90	100	100	100	100	100	100	100	100	9.00
	4020							0	39	74	96	100	100	100	100	7.96
	2005										0	28	76	100	100	6.76
	15005	0	4	12	25	38	47	50	60	68	74	82	94	100	100	8.43
	8005				0	17	30	33	46	57	65	76	92	100	100	7.90
	4005							0	20	37	48	64	88	100	100	7.36
B	15005	0	20	48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10.00
	8005				0	46	83	100	100	100	100	100	100	100	100	9.00
	4005							0	32	60	94	100	100	100	100	7.94
	2005										0	20	72	100	100	6.72
	15005	0	5	12	25	37	46	50	58	65	74	80	93	100	100	8.42
	8005				0	15	27	33	44	53	64	73	90	100	100	7.87
	4005							0	16	30	47	60	86	100	100	7.33
C	15005	0	18	52	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	9.98
	8005					0	40	80	100	100	100	100	100	100	100	8.80
	4005							0	36	74	97	100	100	100	100	7.97
	2005										0	23	76	100	100	6.76
	15005	0	4	13	24	35	45	50	59	68	74	81	94	100	100	8.42
	8005				0	13	26	33	45	57	65	74	92	100	100	7.90
	4005							0	18	37	48	62	88	100	100	7.36
D	15005	0	16	44	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10.00
	8005				0	22	58	100	100	100	100	100	100	100	100	9.00
	4005							0	48	82	98	100	100	100	100	7.98
	2005										0	18	72	100	100	6.72
	15005	0	4	11	25	31	39	50	62	70	74	79	93	100	100	8.42
	8005				0	7	19	33	49	60	65	72	90	100	100	7.88
	4005							0	24	41	49	59	86	100	100	7.35
A	細骨材	粒度分布														粗粒率
		5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm									
		2	14	35	58	75	90									

点荷载试验结果
150~80mm

No.	骨材A						骨材B						骨材C						骨材D					
	水中重量	空中重量	比重	破壊荷重	載荷点 間距離	圧強強度	水中重量	空中重量	比重	破壊荷重	載荷点 間距離	圧強強度	水中重量	空中重量	比重	破壊荷重	載荷点 間距離	圧強強度	水中重量	空中重量	比重	破壊荷重	載荷点 間距離	圧強強度
	(g)	(g)		(kN)	(mm)	(N/mm ²)	(g)	(g)		(kN)	(mm)	(N/mm ²)	(g)	(g)		(kN)	(mm)	(N/mm ²)	(g)	(g)		(kN)	(mm)	(N/mm ²)
1	773.5	1235.9	2.673	33.6	49.1	12.6	678.7	1087.9	2.659	36.1	60.4	8.9	1232.6	1965.1	2.683	64.2	57.8	17.3	1041.7	1704.0	2.573	6.4	55.4	1.9
2	1020.3	1628.1	2.679	33.4	64.4	7.3	1138.7	1831.2	2.644	57.2	57.7	15.5	1745.0	2788.6	2.672	76.3	72.8	13.0	1037.4	1658.4	2.671	38.2	48.5	14.6
3	1175.2	1878.1	2.672	54.4	91.1	5.9	1551.2	2478.1	2.674	53.9	65.0	11.5	1094.7	1744.6	2.684	25.0	74.1	4.1	1240.9	2021.8	2.589	15.2	63.7	3.4
4	570.8	918.0	2.644	23.0	71.0	4.1	1121.4	1805.4	2.639	37.3	53.7	11.6	838.5	1335.4	2.687	30.9	71.2	5.5	979.6	1600.0	2.579	12.3	78.4	1.8
5	1162.9	1862.1	2.663	41.2	68.3	7.9	931.5	1493.2	2.658	31.6	49.7	11.5	1085.3	1726.9	2.692	22.8	45.9	9.8	1280.2	2116.7	2.530	1.0	76.5	0.2
6	1285.9	2051.6	2.679	47.6	41.9	24.4	810.1	1293.6	2.675	28.9	50.2	10.3	1360.0	2162.9	2.694	58.3	45.7	25.1	1176.4	1920.4	2.581	9.3	81.5	1.3
7	1286.9	2053.6	2.678	49.8	62.2	11.6	675.2	1081.0	2.664	52.9	62.0	12.4	602.0	962.1	2.672	39.2	65.8	8.2	791.3	1305.1	2.540	10.3	45.6	4.5
8	1012.0	1615.2	2.678	45.6	61.9	10.7	932.7	1492.8	2.665	49.2	69.5	9.2	626.4	1001.1	2.672	50.0	57.9	13.4	1619.0	2633.6	2.596	7.4	57.3	2.0
9	1378.3	2203.6	2.670	39.5	64.9	8.4	1032.0	1646.9	2.678	27.5	86.5	3.3	907.4	1447.1	2.681	34.8	74.4	5.7	877.0	1471.6	2.475	2.0	40.7	1.1
10	876.0	1398.5	2.677	21.5	62.6	4.9	813.6	1304.5	2.657	55.3	55.2	16.3	955.7	1523.1	2.684	29.6	56.5	8.3	982.3	1595.6	2.602	26.0	48.2	10.1
11	908.4	1451.8	2.672	39.4	83.5	5.1	1193.9	1908.7	2.670	53.4	63.0	12.1	1329.5	2116.2	2.690	57.4	65.0	12.2	857.7	1404.5	2.569	13.7	69.5	2.6
12	816.7	1296.2	2.703	25.0	36.0	17.4	1191.3	1902.1	2.676	44.9	46.8	18.5	921.9	1474.2	2.669	17.7	67.1	3.5	1275.4	2044.6	2.658	39.7	58.0	10.6
13	781.8	1247.4	2.679	40.4	54.5	12.2	876.7	1402.8	2.666	41.5	67.1	8.3	1224.0	1952.9	2.679	45.8	78.8	6.6	752.1	1201.6	2.673	20.1	38.6	12.1
14	761.9	1217.2	2.673	39.4	38.3	24.2	1066.2	1720.7	2.629	41.5	71.1	7.4	1016.1	1620.0	2.683	57.8	56.9	16.1	968.5	1575.4	2.596	17.9	57.3	4.9
15	1796.6	2871.8	2.671	55.4	54.4	16.9	1157.5	1848.3	2.676	24.3	51.6	8.2	921.1	1472.1	2.672	31.9	27.4	38.2	1537.9	2518.6	2.568	21.8	66.4	4.4
16	1323.6	2112.3	2.678	57.2	51.0	19.8	1054.6	1697.6	2.640	40.0	66.5	8.1	1013.5	1616.9	2.680	17.7	64.0	3.9	1473.0	2366.6	2.648	44.8	73.7	7.4
17	652.6	1037.6	2.695	21.1	50.7	7.4	582.6	932.3	2.666	18.1	46.9	7.4	1502.4	2427.4	2.624	21.6	71.6	3.8	908.0	1505.7	2.519	4.9	57.1	1.4
18	759.4	1211.0	2.682	39.2	37.8	24.7	985.0	1578.4	2.660	40.4	53.5	12.7	1118.0	1771.0	2.704	64.7	74.2	10.6	1370.0	2247.3	2.562	9.6	65.2	2.0
19	1069.8	1706.1	2.681	41.7	51.9	13.9	1710.0	2736.4	2.666	27.0	72.3	4.6	889.9	1418.2	2.684	41.2	63.1	9.3	1636.0	2663.2	2.593	26.7	69.5	5.0
20	1095.6	1748.5	2.678	47.1	68.5	9.0	834.8	1334.0	2.672	28.9	58.2	7.7	1650.0	2632.5	2.679	39.7	46.7	16.4	965.7	1604.1	2.513	1.5	80.6	0.2
21	730.0	1165.8	2.675	37.8	44.7	17.0	979.7	1574.5	2.647	19.1	77.4	2.9	808.6	1292.7	2.670	53.4	44.1	24.7	1145.7	1831.6	2.670	37.3	66.7	7.5
22	860.1	1372.4	2.679	46.2	50.7	16.2	623.4	995.5	2.675	32.3	61.5	7.7	796.2	1269.7	2.682	32.3	37.5	20.6	885.4	1410.4	2.686	47.3	41.8	24.3
23	713.5	1139.4	2.675	57.6	64.5	12.5	800.8	1282.8	2.661	27.6	59.1	7.1	1722.5	2749.1	2.678	51.5	51.8	17.3	1135.6	1904.9	2.476	10.3	60.3	2.5
24	998.4	1595.6	2.672	25.0	65.1	5.3	938.6	1507.9	2.649	54.0	80.4	7.5	1055.4	1684.4	2.678	43.7	64.4	9.5	937.7	1529.7	2.584	10.3	50.0	3.7
25	1234.9	1972.1	2.675	56.8	87.2	6.7	734.4	1172.9	2.675	47.6	48.9	17.9	915.3	1459.0	2.683	45.3	69.1	8.5	1397.5	2278.9	2.586	9.6	65.7	2.0
26	777.7	1240.2	2.682	42.9	47.0	17.5	718.6	1147.4	2.676	42.1	46.8	17.3	2292.6	3656.9	2.680	47.3	62.3	11.0	1230.5	1975.8	2.651	33.0	75.4	5.2
27	808.2	1292.6	2.668	38.7	47.9	15.2	726.6	1162.9	2.665	27.5	38.2	16.9	1117.1	1781.4	2.682	54.9	50.8	19.2	1065.2	1722.2	2.621	23.8	84.6	3.0
28	1022.0	1632.7	2.673	18.1	58.7	4.7	984.3	1580.6	2.651	35.6	72.9	6.0	1135.0	1809.3	2.683	33.8	64.9	7.2	1214.9	1972.8	2.603	9.3	68.6	1.8
29	968.8	1537.7	2.703	22.5	51.9	7.5	724.7	1157.0	2.676	48.2	77.3	7.3	1188.4	1895.0	2.682	51.0	94.0	5.2	1021.8	1632.1	2.674	22.0	71.0	3.9
30	780.1	1252.3	2.652	49.5	53.2	15.7	740.5	1186.6	2.660	22.7	83.5	2.9	1220.9	1947.1	2.681	45.4	61.4	10.8	1659.3	2667.9	2.645	26.3	79.4	3.8
平均	980.1	1564.8	2.676	39.7	57.8	12.2	943.6	1511.5	2.662	38.2	61.8	10.0	1142.8	1823.4	2.679	42.8	61.2	12.2	1148.8	1869.5	2.594	18.6	63.2	5.0
標準偏差	261.3	417.5	0.011	11.6	13.6	6.1	252.5	404.6	0.013	11.4	12.0	4.4	353.4	564.8	0.013	14.6	13.4	7.6	253.3	409.3	0.057	13.0	12.8	5.0
変動係数	26.7	26.7	0.4	29.2	23.4	49.6	26.8	26.8	0.5	30.0	19.5	44.0	30.9	31.0	0.5	34.0	21.8	62.8	22.1	21.9	2.2	70.0	20.3	101.1

80~40

No.	竹材A			竹材B			竹材C			竹材D		
	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)
1	24.5	34.6	18.4	23.6	52.8	7.6	33.5	49.8	12.2	9.0	46.4	3.8
2	44.3	41.4	23.3	31.3	40.0	17.6	17.7	48.8	6.7	14.9	48.5	5.7
3	31.1	48.3	12.0	9.0	48.6	3.4	28.4	56.5	8.0	13.7	42.0	7.0
4	42.2	43.7	19.9	35.3	52.7	11.4	25.6	50.5	9.0	10.9	44.5	4.9
5	31.5	45.2	13.9	41.3	51.4	14.1	32.9	50.1	11.8	14.2	46.7	5.9
6	26.0	42.2	13.1	45.6	47.7	18.0	27.3	62.4	6.3	6.9	48.4	2.6
7	19.8	66.4	4.0	18.2	51.2	6.3	27.5	62.4	6.3	10.6	40.3	5.9
8	24.5	35.9	17.1	26.3	60.6	6.4	21.4	55.1	6.3	11.6	34.4	8.8
9	18.1	34.0	14.1	34.8	52.7	11.3	22.1	50.4	7.8	11.2	48.2	4.3
10	29.4	25.8	39.8	8.3	70.6	1.5	32.2	48.5	12.3	9.0	36.3	6.2
11	24.5	36.4	16.7	14.0	57.5	3.8	24.5	54.8	7.3	10.5	41.3	5.5
12	20.1	40.3	11.1	18.8	41.4	9.9	22.1	58.3	5.8	4.9	49.7	1.8
13	26.3	33.7	20.8	23.5	37.6	15.0	8.8	49.7	3.2	17.5	43.0	8.5
14	2.5	40.5	1.3	14.7	45.7	6.3	22.1	45.5	9.6	8.9	39.0	5.3
15	23.5	60.0	5.9	27.7	45.4	12.1	26.5	54.6	8.0	6.0	37.8	3.8
16	32.6	30.4	31.7	36.4	50.6	12.8	27.5	47.0	11.2	0.4	50.0	0.1
17	29.9	50.4	10.6	2.0	43.3	0.9	41.0	52.4	13.4	10.5	68.4	2.0
18	21.6	47.0	8.8	32.9	40.5	18.0	14.3	53.0	4.6	6.2	50.7	2.2
19	22.8	36.8	15.1	32.4	41.7	16.7	33.8	47.7	13.4	8.4	40.7	4.6
20	28.2	32.0	24.8	17.7	31.8	15.7	34.8	54.0	10.7	16.8	49.6	6.1
21	15.9	36.2	10.9	21.6	40.2	12.0	37.8	47.6	15.0	6.0	16.3	20.3
22	23.0	37.0	15.2	19.9	39.0	11.8	27.0	34.6	20.3	12.4	21.5	24.1
23	19.8	32.7	16.7	26.4	30.9	24.9	10.0	41.0	5.4	0.8	29.2	0.8
24	20.1	27.4	24.1	39.2	38.4	23.9	37.8	39.0	22.3	4.5	24.0	7.0
25	31.6	29.4	32.9	20.2	31.0	18.9	26.0	46.3	10.9	9.2	32.1	8.1
26	27.8	38.4	16.9	28.2	30.8	26.8	31.9	34.8	23.7	7.8	15.5	29.4
27	1.0	17.7	2.8	17.2	26.9	21.3	28.9	46.5	12.0	6.6	20.3	14.3
28	29.6	24.5	44.4	17.6	26.9	21.8	27.9	36.0	19.4	12.8	24.2	19.7
29	21.1	23.6	34.1	35.3	48.6	13.5	26.5	38.2	16.3	13.3	40.6	7.3
30	27.5	44.4	12.5	22.6	38.6	13.6	27.0	40.1	15.1	12.3	34.1	9.5
平均	24.7	37.9	17.8	24.7	43.8	13.3	26.8	48.5	11.2	9.6	38.8	7.9
標準偏差	8.7	10.2	10.3	10.2	10.1	6.7	7.4	7.4	5.2	4.1	11.8	6.8
変動係数	35.4	26.9	58.0	41.2	22.9	50.9	27.7	15.2	46.7	42.6	30.3	87.1

40~20

No.	竹材A			竹材B			竹材C			竹材D		
	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧裂強度 (N/mm ²)
1	13.9	26.4	18.0	13.5	20.0	30.4	14.3	21.2	28.7	5.5	16.4	18.4
2	6.0	21.9	11.2	13.5	24.5	20.3	6.1	13.4	30.5	5.6	20.8	11.6
3	14.1	21.5	27.5	5.5	21.4	10.8	7.1	16.2	24.2	0.8	19.6	1.8
4	7.7	21.7	14.8	8.9	20.0	20.1	7.2	18.1	19.7	3.5	23.5	5.8
5	8.7	23.1	14.7	5.5	16.7	17.7	4.6	17.0	14.4	8.8	14.4	38.3
6	9.6	26.9	12.0	7.6	13.1	39.6	12.6	21.6	24.2	7.8	20.0	17.7
7	10.0	20.4	21.6	10.2	30.4	9.9	8.2	22.6	14.5	5.2	14.2	23.2
8	10.9	20.3	23.8	8.0	20.2	17.7	7.4	17.8	20.9	0.3	25.8	0.4
9	11.3	18.4	30.0	8.9	23.3	14.8	7.6	24.5	11.3	6.8	20.4	14.6
10	14.1	21.4	27.8	11.9	20.4	25.7	6.5	22.4	11.6	0.8	19.1	1.9
11	15.4	18.7	39.6	7.8	23.4	12.9	9.7	17.5	28.5	6.6	19.0	16.4
12	10.0	19.5	23.7	10.7	17.1	32.9	4.2	17.4	12.5	0.3	14.6	1.2
13	9.9	23.1	16.7	6.6	21.6	12.7	4.3	15.2	16.8	0.5	19.3	1.2
14	9.3	19.8	21.4	10.0	22.6	17.6	3.6	14.7	15.1	4.1	22.7	7.2
15	10.5	18.4	27.9	9.9	19.4	23.7	4.8	13.3	24.4	0.4	17.5	1.2
16	7.2	11.4	49.6	4.7	19.2	11.5	5.1	18.0	14.2	4.1	20.0	9.3
17	8.5	17.4	25.4	4.6	23.7	7.4	7.1	19.3	17.1	8.0	16.7	26.0
18	4.7	28.6	5.2	7.9	26.6	10.1	6.8	16.0	23.8	7.6	16.6	25.0
19	12.8	20.5	27.5	18.0	21.6	34.8	13.6	26.6	17.3	5.3	20.3	11.6
20	7.5	22.8	12.9	4.7	17.0	14.7	6.0	20.3	13.1	0.4	20.4	0.8
21	14.2	22.4	25.5	15.4	21.6	29.7	13.6	23.7	21.8	4.4	25.4	6.2
22	11.1	22.7	19.4	4.8	19.4	11.5	9.5	20.0	21.4	5.3	22.5	9.4
23	15.0	17.6	43.6	6.6	22.8	11.4	9.0	17.2	27.4	0.6	13.0	3.1
24	10.5	15.2	40.9	15.4	20.0	34.6	8.4	20.4	18.2	14.4	29.3	15.1
25	7.1	28.8	7.7	11.0	22.1	20.2	12.5	17.7	35.8	4.0	20.5	8.6
26	13.5	27.5	16.1	10.9	22.6	19.2	7.2	25.2	10.1	5.5	14.5	23.5
27	9.6	16.1	33.4	9.0	24.9	13.1	8.0	13.5	39.7	6.2	16.8	19.7
28	12.7	23.6	20.4	14.1	25.4	19.7	12.6	27.3	15.2	0.3	20.4	0.6
29	11.0	19.6	25.7	16.0	22.0	29.7	8.0	19.8	18.5	3.3	20.0	7.5
30	6.2	21.9	11.6	8.1	19.4	19.5	9.0	18.0	25.1	3.0	26.4	3.9
平均	10.4	21.3	23.2	9.7	21.4	19.8	8.1	19.2	20.5	4.3	19.7	11.0
標準偏差	2.8	3.9	10.5	3.7	3.3	8.6	3.0	3.7	7.2	3.3	3.8	9.5
変動係数	27.1	18.2	45.3	38.0	15.2	43.4	36.4	19.5	35.2	75.3	19.5	85.7

20~10('96)

No.	骨材A			骨材B			骨材C			骨材D		
	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)
1	2.59	7.77	38.6	2.81	12.86	15.3	1.95	8.30	25.5	1.10	8.04	15.4
2	1.88	8.33	24.3	2.39	12.00	14.9	2.39	9.85	22.1	1.35	9.35	13.9
3	2.59	8.89	29.5	5.57	13.63	27.0	1.29	9.58	12.6	1.12	11.03	8.3
4	1.08	6.77	21.2	6.23	18.65	16.1	1.57	8.28	20.6	0.24	12.70	1.3
5	2.44	9.23	25.7	3.36	13.66	16.2	4.14	9.42	42.0	1.55	8.93	17.6
6	1.03	6.45	22.3	4.12	13.58	20.1	1.73	10.90	13.1	2.29	14.14	10.3
7	2.59	10.68	20.8	2.99	7.99	42.1	1.97	10.00	17.7	1.84	8.84	21.2
8	0.88	10.05	7.8	2.26	9.97	20.5	2.31	11.95	14.6	1.63	8.61	19.8
9	2.59	8.57	31.7	2.40	9.07	26.2	3.55	11.71	23.3	2.72	10.58	21.9
10	2.18	5.51	64.9	2.63	8.01	36.8	3.28	9.94	29.8	2.83	11.66	18.7
11	6.25	14.67	26.1	3.65	13.80	17.2	3.21	9.80	30.1	2.65	16.79	8.5
12	3.71	12.52	21.3	5.05	12.55	28.8	1.10	9.79	10.3	0.25	13.12	1.3
13	3.62	10.47	29.7	3.02	9.71	28.8	1.67	8.43	21.1	1.32	6.96	24.5
14	3.23	14.18	14.5	2.66	8.01	37.3	1.99	9.34	20.5	1.06	10.32	8.9
15	1.71	10.53	13.9	1.72	7.27	29.4	1.47	6.47	31.6	1.53	10.41	12.7
16	3.90	9.03	43.0	2.83	10.20	24.6	2.14	9.84	19.9	3.70	9.75	35.0
17	3.41	16.45	11.4	2.55	12.95	13.7	0.52	11.19	3.8	0.64	12.05	4.0
18	0.71	13.52	3.5	2.48	10.18	21.5	1.62	7.64	25.0	2.03	10.23	17.5
19	4.50	8.36	57.9	3.58	8.20	47.8	1.45	8.64	17.5	0.44	13.09	2.3
20	3.91	12.25	23.4	2.71	7.17	47.5	1.85	8.29	24.3	0.36	9.37	3.7
21	5.04	16.30	17.1	4.24	7.40	69.8	2.04	11.49	13.9	0.39	10.49	3.2
22	3.98	9.18	42.5	3.48	8.23	46.2	3.94	9.91	36.1	0.60	14.80	2.5
23	2.62	7.93	37.4	3.41	8.63	41.2	3.75	8.67	44.9	0.41	10.69	3.2
24	2.10	8.79	24.5	3.22	10.94	24.2	1.55	11.47	10.6	0.53	6.85	10.2
25	3.66	9.27	38.3	1.52	5.32	48.3	2.12	7.57	33.4	1.93	11.07	14.2
26	3.07	9.08	33.5	3.02	10.73	23.6	1.29	13.10	6.8	0.80	16.64	2.6
27	3.44	9.40	35.1	2.72	12.17	16.6	1.37	6.71	27.4	0.91	12.56	5.2
28	4.18	9.04	46.1	2.16	10.86	16.5	3.99	8.21	53.2	0.44	9.90	4.0
29	3.51	9.14	37.9	1.85	6.04	45.5	2.24	7.64	34.5	0.79	10.77	6.1
30	1.65	7.71	25.1	3.98	9.92	36.4	1.62	7.59	25.3	0.57	11.23	4.1
平均	2.93	10.00	29.0	3.15	10.32	30.0	2.17	9.39	23.7	1.27	11.03	10.7
標準偏差	1.26	2.70	13.6	1.06	2.83	13.5	0.93	1.60	11.2	0.88	2.40	8.3
変動係数	42.9	27.0	46.9	33.6	27.4	45.0	43.1	17.1	47.2	69.6	21.7	76.9

10~5

No.	骨材A			骨材B			骨材C			骨材D		
	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)	載荷点 間距離 (mm)	圧強強度 (N/mm ²)
1	1.32	6.26	30.2	1.15	5.45	34.8	0.77	4.47	34.8	1.00	6.88	19.1
2	0.13	6.85	2.4	1.79	9.43	18.1	0.76	4.42	35.2	0.32	6.97	5.9
3	1.11	6.96	20.6	0.79	6.11	19.1	0.63	5.13	21.4	0.20	5.51	5.8
4	1.03	6.44	22.4	0.82	5.09	28.4	0.96	8.29	12.6	0.17	5.27	5.6
5	0.89	6.25	20.5	1.00	5.91	25.6	0.47	4.23	23.5	0.41	7.17	7.2
6	0.80	5.56	23.2	1.06	5.07	37.2	0.83	5.59	23.9	0.38	6.71	7.5
7	0.41	5.22	13.4	1.74	5.50	51.8	0.79	4.54	34.7	0.22	6.76	4.3
8	0.48	5.83	12.8	0.51	6.11	12.2	0.71	4.84	27.3	0.33	8.19	4.5
9	0.81	4.03	44.7	1.76	6.18	41.4	0.73	5.71	20.3	1.35	6.21	31.4
10	0.45	3.30	37.2	1.07	5.43	32.7	0.62	4.57	26.8	0.46	5.71	12.8
11	0.40	3.08	38.1	2.19	6.78	42.9	0.82	5.64	23.3	0.29	4.46	13.1
12	1.17	4.94	43.3	0.90	6.02	22.5	0.35	5.37	10.8	0.19	5.40	5.8
13	1.13	7.21	19.6	1.38	6.33	31.0	0.41	5.79	11.1	0.29	6.50	6.2
14	0.82	5.55	23.9	0.59	3.87	35.2	0.48	4.53	21.2	0.49	6.79	9.5
15	1.21	5.12	41.4	1.72	5.37	53.8	0.63	4.82	24.4	0.44	5.45	13.2
16	0.78	3.73	50.6	0.99	4.50	43.8	0.64	5.77	17.2	0.66	5.26	21.3
17	0.95	5.62	27.2	1.35	4.85	51.7	1.22	5.12	42.0	0.40	5.58	11.5
18	0.58	5.26	18.7	1.41	5.14	48.0	0.86	5.04	30.6	0.21	5.12	7.1
19	0.71	6.33	15.9	0.69	4.38	32.6	0.61	4.78	24.0	0.52	4.69	21.2
20	0.69	6.67	14.0	0.57	5.44	17.4	0.99	4.59	42.5	0.79	5.36	24.8
21	1.11	5.86	29.0	0.96	5.38	29.7	0.38	5.81	10.0	0.23	4.91	8.6
22	1.39	5.75	37.9	0.66	5.45	19.9	0.67	4.52	29.7	0.40	4.98	14.5
23	0.68	5.96	17.3	1.47	6.86	28.2	0.39	5.13	13.3	0.50	4.12	26.7
24	1.49	5.07	52.3	0.18	6.48	3.9	0.55	5.79	14.8	0.33	5.93	8.4
25	0.79	4.57	34.2	0.89	4.75	35.5	1.16	5.33	36.7	0.20	5.10	7.0
26	0.81	4.94	30.0	1.56	4.82	60.4	1.45	4.94	53.4	0.18	5.09	6.1
27	0.99	3.48	73.8	1.76	6.24	40.7	1.27	5.33	40.2	0.97	5.00	34.9
28	1.23	4.32	59.3	0.41	5.02	14.6	0.35	5.03	12.6	0.91	5.96	23.1
29	0.96	4.08	51.7	1.32	5.88	34.3	0.79	6.44	17.0	0.27	5.86	7.1
30	0.91	4.85	35.0	0.82	5.01	29.4	0.62	4.49	27.7	0.56	5.91	14.4
平均	0.87	5.30	31.4	1.12	5.63	32.6	0.73	5.20	25.4	0.46	5.76	13.0
標準偏差	0.31	1.10	15.7	0.48	1.00	13.1	0.28	0.78	10.8	0.28	0.90	8.4
変動係数	35.9	20.7	50.0	43.0	17.7	40.3	37.6	15.1	42.3	62.4	15.6	64.6

破砕試験 実積率

骨材種類	粒径の範囲 (mm)	荷重 (kN)	質量 (g)	試料高さ (mm)	比重	初期 実積率 ①	破砕後			②-①
							沈下量	試料高さ	実積率 ②	
A	80~5	1600	20017	169.2	2.665	0.608	42.1	127.1	0.809	0.201
		800	20073	171.0	2.665	0.603	28.6	142.4	0.724	0.121
		400	20036	175.0	2.665	0.588	19.1	155.9	0.660	0.072
	40~5	1600	20003	174.5	2.662	0.589	43.1	131.4	0.783	0.193
	20~5	1600	20005	189.5	2.656	0.544	48.9	140.6	0.733	0.189
B	80~5	1600	20043	170.8	2.657	0.604	38.5	132.3	0.780	0.176
		800	20032	172.3	2.657	0.599	28.7	143.6	0.719	0.120
		400	20029	173.7	2.657	0.594	20.0	153.7	0.671	0.077
	40~5	1600	20009	179.7	2.652	0.575	48.3	131.4	0.786	0.211
	20~5	1600	20005	185.7	2.651	0.556	46.2	139.5	0.740	0.184
C	80~5	1600	20041	173.2	2.648	0.598	40.9	132.3	0.783	0.185
		800	20040	174.7	2.648	0.593	31.3	143.4	0.722	0.129
		400	20034	174.2	2.648	0.594	21.1	153.1	0.676	0.082
	40~5	1600	20012	179.5	2.641	0.578	48.9	130.6	0.794	0.216
	20~5	1600	20000	185.2	2.640	0.560	50.6	134.6	0.770	0.210
D	80~5	1600	20018	181.5	2.561	0.589	44.7	136.8	0.782	0.193
		800	20000	180.0	2.561	0.594	36.5	143.5	0.745	0.151
		400	20012	184.0	2.561	0.581	28.2	155.8	0.686	0.105
	40~5	1600	20011	181.0	2.550	0.593	46.2	134.8	0.797	0.203
	20~5	1600	20001	193.0	2.550	0.556	55.4	137.6	0.780	0.224

破碎試驗A

粒度		載荷重 (kN)	粒度分布													0.3	0.15	0.075	
			>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6				0.6-0.3
8005	試驗前		100	83	70	67	54	43	35	24	8	0					-0.15	-0.075	0.075>
	試驗後	1600	100	91.1	83.4	74.5	69.2	60.2	52.5	45.8	28	14.8	8.8	5.6	3.8	2.7	1.8	1.1	0
		800	100	83.1	75.4	70.3	62.3	53.5	45.6	38.2	19.9	7.8	4.1	2.5	1.6	1.1	0.7	0.5	0
		400	100	83.1	70.1	67.2	59.4	49.3	40.3	33.3	15.3	3.9	1.8	1	0.7	0.5	0.3	0.2	0
4005	試驗前	1600				100	80	63	52	36	12	0							
	試驗後					100	88.2	78.6	68.2	61.4	38.3	19.1	11	6.9	4.5	3.2	2.1	1.3	0
2005	試驗前	1600							100	72	24	0							
	試驗後								100	89.6	55.5	26.3	14.9	9	5.7	3.9	2.5	1.5	0

破碎試驗B

粒度		載荷重 (kN)	粒度分布													0.3	0.15	0.075	0.075>
			>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6				
8005	試驗前		100	85	73	67	56	47	36	27	10	0					-0.15	-0.075	0.075>
	試驗後	1600	100	92	84.3	76.5	70.7	63.1	53.6	47.3	29.9	14.6	8.5	5.4	3.6	2.6	1.7	1	
		800	100	85.5	73.8	67.5	61	55.1	45.5	38.1	21.1	7.5	3.8	2.3	1.5	1	0.7	0.4	0
		400	100	89.6	73.4	67.2	58.9	51.4	41.9	33.7	15.3	3.8	1.7	1	0.7	0.5	0.3	0.2	0
4005	試驗前	1600				100	84	70	53	40	14	0							0
	試驗後					100	94.2	84	72.9	63.6	40.7	20.1	11.3	6.9	4.5	3.2	2	1.2	0
2005	試驗前	1600							100	80	28	0							
	試驗後								100	90	56.6	27	14.9	8.7	5.6	3.9	2.5	1.4	0

破碎試驗C

粒度		載荷重 (kN)	粒度分布													0.3	0.15	0.075>	
			>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6				0.6-0.3
8005	試驗前		100	87	74	67	55	43	35	26	8	0					-0.15	-0.075	0.075>
	試驗後	1600	100	94	84.2	76.5	67.9	63.3	54.6	48.8	30.6	15.7	9.3	6.1	4.1	3	2	1.2	0
		800	100	92.6	83.4	71	63.5	53.2	45	38.3	21.2	8.1	4.5	2.8	1.8	1.3	0.9	0.6	0
		400	100	91.8	78.3	68.7	56.7	49.2	40.1	33.3	15	3.7	1.8	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0
4005	試驗前	1600				100	82	63	52	38	12	0							
	試驗後					100	89.3	79.3	69.2	61.7	40	19.2	11	7	4.8	3.4	2.3	1.4	0
2005	試驗前	1600							100	77	24	0							
	試驗後								100	91.1	56.6	27.5	15.5	9.3	6.1	4.3	2.8	1.8	0

破碎試驗D

粒度		載荷重 (kN)	粒度分布													0.3	0.15	0.075	0.075>
			>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6				
8005	試驗前		100	93	81	67	51	40	35	28	10	0					-0.15	-0.075	0.075>
	試驗後	1600	100	98	89	79.9	75.1	67.5	57.6	52.4	35.6	20.4	14.1	10.6	8.1	6.1	4.2	2.9	0
		800	100	95	88.1	73.6	64.7	56.6	50	44.9	27.2	12.9	8.2	5.8	4.3	3.2	2.2	1.5	0
		400	100	100	91.3	76.9	64.7	54.6	45	39	21.4	7.8	4.8	3.5	2.6	2	1.4	1	0
4005	試驗前	1600				100	76	59	51	41	14	0							
	試驗後					100	91.5	79.2	69.2	63.7	44.4	24.7	16.9	12.5	9.4	7	4.9	3.1	0
2005	試驗前	1600							100	82	28	0							
	試驗後								100	93.6	61.5	33.9	22.4	16.1	11.9	8.8	5.9	3.6	0

管材80~5mm

管荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.6	0.6	1.6	0.6
20	2.7	1.1	2.4	1.7
30	3.7	2.0	3.2	2.6
40	4.6	3.0	3.9	3.5
50	5.2	3.3	4.5	4.3
60	6.1	4.0	4.9	5.1
70	6.8	5.1	5.5	5.9
80	7.5	5.8	6.1	6.7
90	8.1	6.5	6.5	7.3
100	8.6	7.4	7.0	8.1
120	9.8	8.6	8.3	9.5
140	10.7	9.4	9.1	10.8
160	11.5	10.3	10.1	12.2
180	12.1	11.2	11.0	13.5
200	13.7	12.2	12.0	14.6
220	14.5	12.9	13.1	15.9
240	15.5	13.7	14.0	16.9
260	16.4	14.5	14.7	17.8
280	17.1	15.5	15.4	18.8
300	17.6	16.2	16.3	19.7
320	18.5	17.0	17.1	20.5
340	19.2	17.5	17.7	21.4
360	19.7	18.4	18.3	22.2
380	20.4	18.9	19.0	23.0
400	21.1	20.4	19.7	23.9
450	22.4	21.5	21.3	25.5
500	23.6	22.7	22.8	27.2
550	25.1	24.0	24.0	28.6
600	26.5	24.9	25.3	29.8
650	27.8	26.1	26.4	30.9
700	29.2	27.2	27.4	32.3
750	30.1	28.1	28.6	33.3
800	31.0	29.0	29.6	34.2
850	31.9	29.8	30.4	35.5
900	32.8	30.5	31.4	36.2
950	33.5	31.0	32.3	37.0
1000	34.5	31.7	33.1	37.8
1050	35.4	32.3	33.8	38.5
1100	36.0	32.9	34.6	39.1
1150	37.1	33.4	35.5	39.7
1200	37.6	34.4	36.4	40.3
1250	38.3	34.8	37.3	40.8
1300	38.9	35.3	37.9	41.3
1350	39.5	35.9	38.3	42.1
1400	40.1	36.3	38.8	42.5
1450	40.6	36.8	39.4	43.2
1500	41.1	37.2	39.8	43.6
1550	41.5	37.9	40.3	44.1
1600	42.1	38.5	40.9	44.7

管材40~5mm

管荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.5	1.4	0.8	0.6
20	2.4	2.4	1.8	1.3
30	3.1	3.5	2.6	2.0
40	3.9	4.3	3.3	2.8
50	4.4	5.1	4.1	3.1
60	4.9	5.9	4.7	3.8
70	5.5	6.7	5.4	4.5
80	6.1	7.5	6.0	5.0
90	6.6	8.3	6.6	5.6
100	7.2	8.9	7.2	6.0
120	8.2	10.3	8.4	7.1
140	9.0	11.6	9.4	8.2
160	10.0	12.8	10.6	9.3
180	10.8	14.2	11.6	10.4
200	11.8	15.3	13.1	11.3
220	12.7	16.7	14.2	12.3
240	13.5	17.8	15.1	13.3
260	14.3	19.2	15.9	14.1
280	15.0	20.5	17.1	15.2
300	15.6	21.5	18.0	16.0
320	16.5	22.4	19.0	17.0
340	17.2	23.3	19.8	17.8
360	17.9	24.1	20.5	18.6
380	18.8	24.8	21.3	19.4
400	19.6	25.7	22.2	20.3
450	21.2	27.8	24.2	22.0
500	22.8	29.6	26.1	23.6
550	24.1	31.1	27.8	25.2
600	25.5	32.5	29.3	26.8
650	26.6	33.8	30.9	28.3
700	27.8	35.0	32.3	29.6
750	29.8	36.2	33.5	31.0
800	30.9	37.1	34.7	32.2
850	31.8	38.0	35.8	33.5
900	32.6	38.9	37.0	34.6
950	33.5	39.7	38.2	35.6
1000	34.2	40.5	39.0	36.5
1050	34.8	41.4	40.1	37.4
1100	35.9	42.1	40.9	38.2
1150	36.5	42.6	41.8	39.0
1200	37.3	43.4	42.6	39.8
1250	37.8	44.0	43.3	41.4
1300	38.4	44.7	44.0	42.0
1350	39.1	45.3	45.6	42.6
1400	40.1	45.9	46.2	43.2
1450	40.6	46.7	46.9	43.8
1500	41.0	47.2	47.6	44.7
1550	41.8	47.6	48.1	45.4
1600	43.1	48.3	48.9	46.2

管材20~5mm

管荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.8	0.6	0.9	0.9
20	1.8	1.3	1.9	2.0
30	2.6	2.0	2.7	3.0
40	3.3	2.8	3.8	3.8
50	4.1	3.1	4.5	4.8
60	4.7	3.8	5.6	5.6
70	5.4	4.5	6.4	6.5
80	6.0	5.0	6.9	7.4
90	6.6	5.6	7.7	8.2
100	7.2	6.0	8.9	9.1
120	8.4	7.1	10.3	10.8
140	9.4	8.0	11.3	12.4
160	10.6	9.3	12.5	13.9
180	11.6	10.4	13.5	15.3
200	13.1	11.3	14.6	16.8
220	14.2	12.3	15.7	18.3
240	15.1	13.3	16.8	19.7
260	15.9	14.1	17.7	21.0
280	17.1	15.2	18.9	22.3
300	18.0	16.0	19.8	23.5
320	19.0	17.0	20.8	24.7
340	19.8	17.8	21.6	26.0
360	20.5	18.6	22.5	26.9
380	21.3	19.4	23.3	28.0
400	22.2	20.3	25.2	29.0
450	24.2	22.0	27.2	31.4
500	26.1	23.6	29.0	33.7
550	27.8	25.2	30.5	35.6
600	29.3	26.8	32.0	37.2
650	30.9	28.3	33.4	38.9
700	32.3	29.6	34.8	40.4
750	33.5	31.0	36.0	41.7
800	34.7	32.2	37.0	42.9
850	35.8	33.5	38.3	44.0
900	37.0	34.6	39.3	45.1
950	38.2	35.6	40.4	46.1
1000	39.0	36.5	41.3	47.0
1050	40.1	37.4	42.2	47.9
1100	40.9	38.2	43.0	48.6
1150	41.8	39.0	43.7	49.4
1200	42.6	39.8	44.4	50.0
1250	43.3	41.4	45.1	50.7
1300	44.0	42.0	46.5	51.3
1350	45.6	42.6	47.1	52.2
1400	46.2	43.2	47.7	52.7
1450	46.9	43.8	48.6	53.2
1500	47.6	44.7	49.2	54.1
1550	48.1	45.4	50.0	54.6
1600	48.9	46.2	50.6	55.4

骨材80~5mm

縦荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.6	0.6	1.6	0.6
20	2.7	1.1	2.4	1.7
30	3.7	2.0	3.2	2.6
40	4.6	3.0	3.9	3.5
50	5.2	3.3	4.5	4.3
60	6.1	4.0	4.9	5.1
70	6.8	5.1	5.5	5.9
80	7.5	5.8	6.1	6.7
90	8.1	6.5	6.5	7.3
100	8.6	7.4	7.0	8.1
120	9.8	8.6	8.3	9.5
140	10.7	9.4	9.1	10.8
160	11.5	10.3	10.1	12.2
180	12.1	11.2	11.0	13.5
200	13.7	12.2	12.0	14.6
220	14.5	12.9	13.1	15.9
240	15.5	13.7	14.0	16.9
260	16.4	14.5	14.7	17.8
280	17.1	15.5	15.4	18.8
300	17.6	16.2	16.3	19.7
320	18.5	17.0	17.1	20.5
340	19.2	17.5	17.7	21.4
360	19.7	18.4	18.3	22.2
380	20.4	18.9	19.0	23.0
400	21.1	20.4	19.7	23.9
450	22.4	21.5	21.3	25.5
500	23.6	22.7	22.8	27.2
550	25.1	24.0	24.0	28.6
600	26.5	24.9	25.3	29.8
650	27.8	26.1	26.4	30.9
700	29.2	27.2	27.4	32.3
750	30.1	28.1	28.6	33.3
800	31.0	29.0	29.6	34.2
850	31.9	29.8	30.4	35.5
900	32.8	30.5	31.4	36.2
950	33.5	31.0	32.3	37.0
1000	34.5	31.7	33.1	37.8
1050	35.4	32.3	33.8	38.5
1100	36.0	32.9	34.6	39.1
1150	37.1	33.4	35.5	39.7
1200	37.6	34.4	36.4	40.3
1250	38.3	34.8	37.3	40.8
1300	38.9	35.3	37.9	41.3
1350	39.5	35.9	38.3	42.1
1400	40.1	36.3	38.8	42.5
1450	40.6	36.8	39.4	43.2
1500	41.1	37.2	39.8	43.6
1550	41.5	37.9	40.3	44.1
1600	42.1	38.5	40.9	44.7

骨材40~5mm

縦荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.5	1.4	0.8	0.6
20	2.4	2.4	1.8	1.3
30	3.1	3.5	2.6	2.0
40	3.9	4.3	3.3	2.8
50	4.4	5.1	4.1	3.1
60	4.9	5.9	4.7	3.8
70	5.5	6.7	5.4	4.5
80	6.1	7.5	6.0	5.0
90	6.6	8.3	6.6	5.6
100	7.2	8.9	7.2	6.0
120	8.2	10.3	8.4	7.1
140	9.0	11.6	9.4	8.2
160	10.0	12.8	10.6	9.3
180	10.8	14.2	11.6	10.4
200	11.8	15.3	13.1	11.3
220	12.7	16.7	14.2	12.3
240	13.5	17.8	15.1	13.3
260	14.3	19.2	15.9	14.1
280	15.0	20.5	17.1	15.2
300	15.6	21.5	18.0	16.0
320	16.5	22.4	19.0	17.0
340	17.2	23.3	19.8	17.8
360	17.9	24.1	20.5	18.6
380	18.8	24.8	21.3	19.4
400	19.6	25.7	22.2	20.3
450	21.2	27.8	24.2	22.0
500	22.8	29.5	26.1	23.6
550	24.1	31.1	27.8	25.2
600	25.5	32.5	29.3	26.8
650	26.6	33.8	30.9	28.3
700	27.8	35.0	32.3	29.6
750	29.8	36.2	33.5	31.0
800	30.9	37.1	34.7	32.2
850	31.8	38.0	35.8	33.5
900	32.6	38.9	37.0	34.6
950	33.5	39.7	38.2	35.6
1000	34.2	40.5	39.0	36.5
1050	34.8	41.4	40.1	37.4
1100	35.9	42.1	40.9	38.2
1150	36.5	42.6	41.8	39.0
1200	37.3	43.4	42.6	39.8
1250	37.8	44.0	43.3	41.4
1300	38.4	44.7	44.0	42.0
1350	39.1	45.3	45.6	42.6
1400	40.1	45.9	46.2	43.2
1450	40.6	46.7	46.9	43.8
1500	41.0	47.2	47.6	44.7
1550	41.8	47.6	48.1	45.4
1600	43.1	48.3	48.9	46.2

骨材20~5mm

縦荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.8	0.6	0.9	0.9
20	1.8	1.3	1.9	2.0
30	2.6	2.0	2.7	3.0
40	3.3	2.8	3.8	3.8
50	4.1	3.1	4.5	4.8
60	4.7	3.8	5.6	5.6
70	5.4	4.5	6.4	6.5
80	6.0	5.0	6.9	7.4
90	6.6	5.6	7.7	8.2
100	7.2	6.0	8.9	9.1
120	8.4	7.1	10.3	10.8
140	9.4	8.0	11.3	12.4
160	10.6	9.3	12.5	13.9
180	11.6	10.4	13.5	15.3
200	13.1	11.3	14.6	16.8
220	14.2	12.3	15.7	18.3
240	15.1	13.3	16.8	19.7
260	15.9	14.1	17.7	21.0
280	17.1	15.2	18.9	22.3
300	18.0	16.0	19.8	23.5
320	19.0	17.0	20.8	24.7
340	19.8	17.8	21.6	26.0
360	20.5	18.6	22.5	26.9
380	21.3	19.4	23.3	28.0
400	22.2	20.3	25.2	29.0
450	24.2	22.0	27.2	31.4
500	26.1	23.6	29.0	33.7
550	27.8	25.2	30.5	35.6
600	29.3	26.8	32.0	37.2
650	30.9	28.3	33.4	38.9
700	32.3	29.6	34.8	40.4
750	33.5	31.0	36.0	41.7
800	34.7	32.2	37.0	42.9
850	35.8	33.5	38.3	44.0
900	37.0	34.6	39.3	45.1
950	38.2	35.6	40.4	46.1
1000	39.0	36.5	41.3	47.0
1050	40.1	37.4	42.2	47.9
1100	40.9	38.2	43.0	48.6
1150	41.8	39.0	43.7	49.4
1200	42.6	39.8	44.4	50.0
1250	43.3	41.4	45.1	50.7
1300	44.0	42.0	46.5	51.3
1350	45.6	42.6	47.1	52.2
1400	46.2	43.2	47.7	52.7
1450	46.9	43.8	48.6	53.2
1500	47.6	44.7	49.2	54.1
1550	48.1	45.4	50.0	54.6
1600	48.9	46.2	50.6	55.4

骨材80~5mm

載荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.2	1.3	0.8	1.5
20	2.0	2.2	1.8	3.4
30	2.6	3.1	2.5	3.9
40	3.3	3.8	2.8	5.0
50	3.9	4.4	3.8	5.9
60	4.3	5.3	4.5	6.9
70	4.9	6.0	5.3	7.8
80	5.7	6.5	5.9	8.7
90	6.2	6.9	6.4	9.5
100	6.6	7.4	7.3	10.3
120	7.6	8.4	8.4	11.5
140	8.4	9.3	9.3	13.2
160	9.3	10.2	10.2	14.6
180	10.1	11.0	11.4	15.6
200	11.0	11.6	12.3	17.0
220	11.9	12.6	13.3	18.3
240	12.6	13.8	14.1	19.5
260	13.3	14.5	15.0	20.7
280	14.1	15.4	15.6	21.7
300	14.9	16.3	16.4	22.7
320	15.8	16.8	17.4	23.6
340	16.3	17.4	18.1	24.4
360	16.8	18.0	18.7	25.2
380	17.3	18.8	19.6	26.0
400	17.7	19.3	20.1	26.8
450	19.9	20.5	21.9	28.5
500	21.1	21.8	23.2	30.4
550	22.6	22.8	24.9	31.0
600	23.6	24.2	26.3	31.5
650	24.6	25.7	27.9	32.8
700	26.3	26.6	29.2	33.9
750	27.3	27.7	30.3	35.5
800	28.6	28.7	31.3	36.5

骨材80~5mm

載荷荷重 (kN)	沈下量平均			
	A	B	C	D
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.9	1.2	1.2	1.0
20	1.7	2.2	2.2	1.8
30	2.6	3.1	3.0	2.7
40	3.4	3.7	3.7	3.3
50	4.1	4.3	4.4	4.1
60	4.9	4.8	5.2	4.9
70	5.4	5.4	5.7	5.9
80	6.2	5.8	6.2	6.7
90	6.7	6.5	7.0	7.5
100	7.3	7.0	7.4	8.4
120	8.3	8.2	8.7	10.2
140	9.2	9.3	9.9	11.6
160	10.2	10.4	10.9	12.9
180	10.9	11.5	11.9	14.2
200	11.4	12.3	12.5	16.0
220	12.2	13.0	14.1	16.9
240	13.1	13.7	15.2	18.2
260	13.9	14.4	15.7	19.7
280	14.8	15.3	16.6	21.2
300	15.7	16.4	17.4	22.2
320	16.4	17.0	18.1	23.1
340	17.1	17.9	18.6	24.4
360	18.1	18.4	19.1	25.2
380	18.6	18.9	20.0	26.5
400	19.1	20.0	21.1	28.2

すりへりA

粒度	粒度分布														0.3	0.15	
	>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	-0.15	-0.075	0.075>
8040	100	75	50	0													
	100	81.3	56.2	24.1	13.8	13.1	12.1	12	11.4	11.2	11.1	11.1	10.9	10.4	8.5	5.9	0
4005				100	90	70	50	30	10	0							
				100	90.5	78.7	63.6	54.3	37	25.8	19.4	15.4	12.1	9.6	7.0	4.7	0
2005							100	70	30	0							
							100	86.1	56.7	29.9	17.8	12.6	9.6	7.6	5.7	3.9	0

すりへりB

粒度	粒度分布														0.3	0.15	
	>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	-0.15	-0.075	0.075>
8040	100	75	50	0													
	100	84.8	63.1	30.1	18.9	17.4	14.7	13.8	12.7	12.2	12	11.9	11.7	10	8.8	5.7	0
4005				100	90	70	50	30	10	0							
				100	96.3	80.2	65.2	52.7	34.5	23.5	18	14.4	11.7	9.6	7.2	5	0
2005							100	70	30	0							
							100	87.8	56.3	28.5	17	12	9.3	7.5	5.8	4.2	0

すりへりC

粒度	粒度分布														0.3	0.15	
	>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	-0.15	-0.075	0.075>
8040	100	75	50	0													
	100	77.3	63.8	32.9	22.3	17.5	15.3	14.6	13.6	13.1	12.9	12.7	12.5	11.9	9.4	6.5	0
4005				100	90	70	50	30	10	0							
				100	90.9	79.1	64.4	55.4	35.9	24.6	18.7	11.1	10.4	10.1	7.6	5.5	0
2005							100	70	30	0							
							100	92	64.6	34.6	18.6	12.9	9.9	8	6.1	4.3	0

すりへりD

粒度	粒度分布														0.3	0.15	
	>80	8060	6050	5040	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	-0.15	-0.075	0.075>
8040	100	75	50	0													
	100	91.7	75.8	50.5	39.5	35.7	31.6	31	29.5	28.8	28.4	28.1	27.5	25.6	18.9	12.3	0
4005				100	90	70	50	30	10	0							
				100	97.6	85.6	71.8	66.2	50.6	39.8	33.7	29.5	25.3	20.5	14.6	9.6	0
2005							100	70	30	0							
							100	93	68.9	45.8	33	26.6	22.1	18.1	13.3	9.1	0

練混ぜ試験
G_{max}40mm
合成 (4005+5mm以下)
骨材A

材料A		粒度分布												PM		
		4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>	5mm以上	5mm以下	全体
練混ぜ前		217.6	402.6	522.3	696.4	957.5	1101.4	1181.2	1320.7	1473.8	1586.8	1686.6	1753.1			
		217.6	185.0	119.7	174.1	261.1	113.9	79.8	139.5	153.1	113.0	99.8	66.5			
		12.4	10.6	6.8	9.9	14.9	8.2	4.6	8.0	8.7	6.4	5.7	3.8			
		12.4	23.0	29.8	39.7	54.6	62.8	67.4	75.3	84.1	90.5	96.2	100.0	7.34	2.67	4.85
	100	87.6	77.0	70.2	60.3	45.4	37.2	32.6	24.7	15.9	9.5	3.8	0.0			
練混ぜ後		189.6	365.2	520.4	646.0	920.4	1090.0	1172.4	1305.1	1466.1	1580.1	1683.9	1753.1			
		189.6	175.6	155.2	125.6	274.4	169.6	82.4	132.7	161.0	114.0	103.8	69.2			
		10.8	10.0	8.9	7.2	15.7	9.7	4.7	7.6	9.2	6.5	5.9	3.9			
		10.8	20.8	29.7	36.8	52.5	62.2	66.9	74.4	83.6	90.1	96.1	100.0	7.32	2.65	4.81
	100	89.2	79.2	70.3	63.2	47.5	37.8	33.1	25.6	16.4	9.9	3.9	0.0			
増減率		-1.6	-0.5	2.0	-2.8	0.8	1.5	0.1	-0.4	0.5	0.1	0.2	0.2			

骨材B

項目	粒度分布													FM		
	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>	5mm以上	5mm以下	全体	
練混ぜ前	174.1	326.4	511.4	652.8	935.7	1101.3	1181.1	1320.6	1473.7	1586.7	1686.5	1753				
	174.1	152.3	185.0	141.4	282.9	165.6	79.8	139.5	153.1	113.0	99.8	66.5				
	9.9	8.7	10.6	8.1	16.1	9.4	4.6	8.0	8.7	6.4	5.7	3.8				
	9.9	18.6	29.2	37.2	53.4	62.8	67.4	75.3	84.1	90.5	96.2	100.0	7.31	2.67	4.84	
	90.1	81.4	70.8	62.8	46.6	37.2	32.6	24.7	15.9	9.5	3.8	-0.0				
練混ぜ後	137.2	285.6	492.4	608.4	898.8	1081.2	1168.7	1302	1468	1579.6	1683.7	1753				
	137.2	148.4	206.8	116.0	290.4	182.4	87.5	133.3	166.0	111.6	104.1	69.3				
	7.8	8.5	11.8	6.6	16.6	10.4	5.0	7.6	9.5	6.4	5.9	4.0				
	7.8	16.3	23.1	34.7	51.3	61.7	66.7	74.3	83.7	90.1	96.0	100.0	7.29	2.67	4.78	
	92.2	83.7	71.9	65.3	48.7	38.3	33.3	25.7	16.3	9.9	4.0	-0.0				
増減率	-2.1	-0.2	1.2	-1.4	0.4	1.0	0.4	-0.4	0.7	-0.1	0.2	0.2				

骨材C

粒度分布															FM		
	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>	5mm以上	5mm以下	全体		
練混ぜ前	194.4	399.6	518.4	669.9	950.4	1093.3	1173.1	1312.6	1465.7	1578.7	1678.5	1745					
	194.4	205.2	118.8	151.5	280.5	142.9	79.8	139.5	153.1	113.0	99.8	66.5					
	11.1	11.8	6.8	8.7	16.1	8.2	4.6	8.0	8.8	6.5	5.7	3.8					
	11.1	22.9	29.7	38.4	54.5	62.7	67.2	75.2	84.0	90.5	96.2	100.0	7.34	2.67	4.85		
練混ぜ後	100	88.9	77.1	70.3	61.6	45.5	37.3	32.8	24.8	16.0	9.5	3.8	0.0				
		142.4	344.4	507.6	613.6	895.6	1077.2	1161.8	1296.1	1457.6	1573.9	1676.6	1745				
		142.4	202.0	163.2	106.0	282.0	181.6	84.6	134.3	161.5	116.3	102.7	68.4				
		8.2	11.6	9.4	6.1	16.2	10.4	4.8	7.7	9.3	6.7	5.9	3.9				
		8.2	19.7	29.1	35.2	51.3	61.7	66.6	74.3	83.5	90.2	96.1	100.0	7.30	2.67	4.79	
	100	91.8	80.3	70.9	64.8	48.7	38.3	33.4	25.7	16.5	9.8	3.9	0.0				
増減率	-3.0	-0.2	2.5	-2.6	0.1	2.2	0.6	0.9	0.5	0.3	0.1	0.0					

骨材D

	粒度分布													FM		
	4030	3025	2520	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>	5mm以上	5mm以下	全体	
練混ぜ前	250.3	427.6	510.9	615.2	896.8	1056.1	1135.9	1275.4	1428.5	1541.5	1641.3	1707.8				
	250.3	177.3	83.3	104.3	281.6	159.3	79.8	139.5	153.1	113.0	99.8	66.5				
	14.7	10.4	4.9	6.1	16.5	9.3	4.7	8.2	9.0	6.6	5.8	3.9				
	14.7	25.0	29.9	36.0	52.5	61.8	66.5	74.7	83.6	90.3	96.1	100.0	7.33	2.67	4.81	
	85.3	75.0	70.1	64.0	47.5	38.2	33.5	25.3	16.4	9.7	3.9	0.0				
練混ぜ後	150.8	349.2	485.2	552	848.8	1019.6	1105.8	1246.5	1415.5	1532	1637.5	1707.8				
	150.8	198.4	136.0	66.8	296.8	170.8	86.2	140.7	169.0	116.5	105.5	70.3				
	8.8	11.6	8.0	3.9	17.4	10.0	5.0	8.2	9.9	6.8	6.2	4.1				
	8.8	20.4	28.4	32.3	49.7	59.7	64.7	73.0	82.9	89.7	95.9	100.0	7.31	2.67	4.71	
	91.2	79.6	71.6	67.7	50.3	40.3	35.3	27.0	17.1	10.3	4.1	0.0				
増減率	-5.8	1.2	3.1	-2.2	0.9	0.7	1.8	1.7	0.8	0.6	0.2	-0.0				

練混ぜ試験

G_{max}20mm

合成 (2005+5mm以下)

骨材A

	粒度分布										FM		
	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>		5mm以上	5mm以下	全体
練混ぜ前	272.7	740.2	988.4	1074.5	1225.3	1390.4	1512.4	1620.2	1692.0				
	272.7	467.5	248.2	86.1	150.8	165.1	122.0	107.8	71.8				
	16.1	27.6	14.7	5.1	8.9	9.8	7.2	6.4	4.2				
	16.1	43.7	58.4	63.5	72.4	82.2	89.4	95.8	100.0	6.75	2.67	5.05	
	100	83.9	56.3	41.6	36.5	27.6	17.8	10.6	4.2	-0.0			
練混ぜ後	242.8	699.6	970.8	1058.8	1210.4	1378.9	1501.1	1615.6	1691.9				
	242.8	456.8	271.2	88.0	151.6	168.5	122.2	114.6	76.3				
	14.4	27.0	16.0	5.2	9.0	10.0	7.2	6.8	4.5				
	14.4	41.3	57.4	62.6	71.5	81.5	88.7	95.5	100.0	6.72	2.65	4.99	
	100	85.6	58.7	42.6	37.4	28.5	18.5	11.3	4.5	-0.0			
増減率	-1.8	-0.6	1.4	0.1	0.0	0.2	0.0	0.4	0.3				

骨材B

	粒度分布										FM		
	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>		5mm以上	5mm以下	全体
練混ぜ前	194.8	701.3	988.4	1074.5	1225.3	1390.4	1512.4	1620.2	1692.0				
	194.8	506.5	287.1	86.1	150.8	165.1	122.0	107.8	71.8				
	11.6	29.9	17.0	5.1	8.9	9.8	7.2	6.4	4.2				
	11.5	41.4	58.4	63.5	72.4	82.2	89.4	95.8	100.0	6.71	2.67	5.03	
	100	88.5	58.6	41.6	36.5	27.6	17.8	10.6	4.2	0.0			
練混ぜ後	145.6	638.8	970.0	1063.0	1186.0	1385.9	1510.4	1619.4	1692.0				
	145.6	493.2	331.2	93.0	123.0	199.8	124.5	109.0	72.6				
	8.6	29.1	19.6	5.5	7.3	11.8	7.4	6.4	4.3				
	8.6	37.8	57.3	62.8	70.1	81.9	89.3	95.7	100.0	6.66	2.65	4.95	
	100	91.4	62.2	42.7	37.2	29.9	18.1	10.7	4.3	-0.0			
増減率	-2.9	-0.8	2.6	0.4	-1.6	2.1	0.2	0.1	0.0				

骨材C

	粒度分布										FM		
	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>		5mm以上	5mm以下	全体
練混ぜ前	225.9	746.4	996.5	1082.6	1233.4	1398.5	1520.5	1628.3	1700.1				
	225.9	520.5	250.1	86.1	150.8	165.1	122.0	107.8	71.8				
	13.3	30.6	14.7	5.1	8.9	9.8	7.2	6.3	4.2				
	13.3	43.9	58.6	63.7	72.5	82.3	89.4	95.8	100.0	6.75	2.67	5.06	
	100	86.7	56.1	41.4	36.3	27.5	17.7	10.6	4.2	0.0			
練混ぜ後	130.8	654.4	973.2	1062.2	1218.0	1388.6	1514.7	1626.0	1700.1				
	130.8	523.6	318.8	89.0	155.8	170.6	126.1	111.3	74.2				
	7.7	30.8	18.8	5.2	9.2	10.0	7.4	6.5	4.4				
	7.7	38.5	57.2	62.5	71.6	81.7	89.1	95.6	100.0	6.67	2.86	4.96	
	100	92.3	61.5	42.8	37.5	28.4	18.3	10.9	4.4	0.0			
増減率	-5.6	0.2	4.0	-0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1				

骨材D

	粒度分布										FM		
	2015	1510	1005	5-2.5	2.5-1.2	1.2-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15>		5mm以上	5mm以下	全体
練混ぜ前	170.8	683.3	963.4	1049.5	1200.3	1365.4	1487.4	1595.2	1667.0				
	170.8	512.5	280.1	86.1	150.8	165.1	122.0	107.7	71.8				
	10.2	30.7	16.8	5.2	9.0	9.9	7.3	6.5	4.3				
	10.2	41.0	57.8	63.0	72.0	81.9	89.2	95.7	100.0	6.71	2.67	5.01	
	100	89.8	59.0	42.2	37.0	28.0	18.1	10.8	4.3	0.0			
練混ぜ後	112.0	595.6	923.6	1014.6	1173.9	1348.3	1477.3	1591.1	1667.0				
	112.0	483.6	328.0	91.0	159.3	174.4	129.0	113.8	75.9				
	6.7	29.0	19.7	5.5	9.6	10.5	7.7	6.8	4.6				
	6.7	35.7	55.4	60.9	70.4	80.9	88.6	95.4	100.0	6.64	2.14	4.87	
	100	93.3	64.3	44.6	39.1	29.6	19.1	11.4	4.6	-0.0			
増減率	-3.5	-1.7	2.9	0.3	0.5	0.6	0.4	0.4	0.2				

コンクリート圧縮試験結果

骨材	Gmax (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	実測値				縮ひずみ 回帰				横ひずみ 回帰			回帰 ν	特異点圧力				
					圧縮強度 f _{cc} N/mm ²	弾性係数 E _s ×10 ⁴ N/mm ²	弾性係数 E _D ×10 ⁴ N/mm ²	ポアソン比 ν	ε ₀	n	r	E _i ×10 ⁴ N/mm ²	E _s ×10 ⁴ N/mm ²	ε ₀	n		r	実測値		σ _{cr}	
																		σ _{in}		σ _{cr}	
																		圧力	圧力/f _{cc}	圧力	圧力/f _{cc}
A	40	7日	1.5	1	19.1	2.80	3.58	0.187	2327	4.176	0.9999	3.46	2.99	20499	210.10	0.9988	0.184	13.9	0.728	17.4	0.910
				2	18.4	2.51	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				3	18.9	2.68	3.58	0.178	-	5.110	0.9997	3.13	2.68	12145	118.10	0.9942	0.175	13.0	0.688	16.1	0.853
				平均	18.8	2.66	3.58	0.183	2327	4.643	0.9998	3.30	2.84	16322	164.10	0.9965	0.179	13.5	0.708	16.8	0.881
			2.5	1	43.6	3.51	4.33	0.174	1932	1.679	0.9999	3.79	3.51	1414	7.64	0.9969	0.176	25.5	0.585	39.8	0.912
				2	43.1	3.71	4.30	0.197	1692	1.551	0.9999	3.97	3.71	748	3.91	0.9991	0.189	29.6	0.687	40.2	0.932
				3	41.1	3.79	4.36	0.184	1425	1.386	0.9999	4.00	3.79	471	2.75	0.9984	0.151	27.4	0.667	35.3	0.858
				平均	42.6	3.67	4.33	0.185	1683	1.539	0.9999	3.92	3.67	878	4.77	0.9981	0.172	27.5	0.646	38.4	0.901
			3.5	1	64.5	4.02	4.87	0.211	2199	1.442	0.9999	4.26	4.02	1181	4.09	0.9997	0.207	32.2	0.499	54.6	0.846
				2	69.1	4.00	4.73	0.224	2531	1.573	0.9999	4.35	4.06	989	2.99	0.9996	0.218	40.8	0.590	61.7	0.893
				3	62.2	3.96	4.80	0.209	2208	1.557	0.9993	4.39	4.10	795	2.96	0.9976	0.201	43.9	0.706	59.3	0.953
				平均	65.3	3.99	4.80	0.215	2313	1.524	0.9997	4.34	4.06	988	3.35	0.9990	0.209	39.0	0.598	58.5	0.897
		28日	1.5	1	27.3	3.22	3.96	0.178	1766	2.349	0.9999	3.63	3.25	1220	9.98	0.9989	0.173	20.1	0.736	25.0	0.916
				2	28.4	3.26	3.96	0.193	1574	2.160	0.9988	3.90	3.51	793	6.40	0.9961	0.181	22.5	0.792	26.2	0.924
				3	27.5	3.45	3.94	0.171	2114	2.879	0.9999	3.74	3.30	1371	11.19	0.9954	0.176	16.2	0.589	22.7	0.824
				平均	27.7	3.31	3.95	0.181	1818	2.463	0.9995	3.76	3.35	1128	9.19	0.9968	0.177	19.6	0.706	24.6	0.888
			2.5	1	53.9	3.68	4.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				2	54.2	3.75	4.56	0.201	2073	1.539	0.9999	4.68	3.80	1193	4.88	0.9996	0.198	27.4	0.506	46.3	0.854
				3	50.6	3.73	4.63	0.190	1982	1.532	0.9999	3.97	3.72	600	2.62	0.9994	0.186	35.3	0.698	46.6	0.920
				平均	52.9	3.72	4.60	0.196	2027	1.536	0.9999	4.33	3.76	897	3.75	0.9995	0.192	31.4	0.602	46.4	0.887
			3.5	1	75.1	4.13	4.88	0.206	2336	1.339	0.9999	4.31	4.10	681	1.99	0.9999	0.206	-	-	-	-
				2	76.5	4.34	4.94	0.219	2171	1.291	0.9999	4.55	4.36	635	1.82	0.9999	0.217	-	-	-	-
				3	74.7	4.35	4.96	0.202	2173	1.339	0.9999	4.60	4.39	555	1.75	0.9999	0.202	-	-	-	-
				平均	75.4	4.27	4.93	0.209	2226	1.323	0.9999	4.49	4.28	624	1.85	0.9999	0.208	-	-	-	-
		91日	1.5	1	29.3	3.78	4.31	0.218	2887	4.397	0.9999	4.46	3.84	2511	19.01	0.9958	0.208	21.2	0.724	24.8	0.846
				2	29.0	3.45	4.14	0.185	2041	2.849	0.9999	4.05	3.57	2716	20.32	0.9930	0.198	17.9	0.617	22.3	0.788
				3	29.2	3.42	4.23	0.209	1918	2.612	0.9999	3.98	3.53	2197	14.50	0.9963	0.220	15.1	0.517	22.8	0.781
				平均	29.2	3.55	4.23	0.204	2282	3.286	0.9999	4.16	3.65	2475	17.94	0.9950	0.209	18.1	0.619	23.3	0.798
			2.5	1	62.2	4.01	4.78	0.206	2023	1.374	0.9999	4.23	4.01	731	2.69	0.9997	0.198	35.4	0.569	57.3	0.930
				2	58.9	4.17	4.77	0.202	1812	1.332	0.9999	4.33	4.13	1063	4.52	0.9991	0.192	38.5	0.654	50.6	0.860
				3	62.9	4.02	4.78	0.187	2080	1.400	0.9999	4.23	4.01	772	3.06	0.9997	0.183	37.5	0.596	59.2	0.941
				平均	61.3	4.07	4.78	0.198	1972	1.369	0.9999	4.26	4.05	855	3.42	0.9995	0.191	37.1	0.606	55.9	0.910
			3.5	1	86.4	4.32	5.16	0.227	2106	1.054	0.9994	4.32	4.28	692	1.63	0.9994	0.227	-	-	-	-
				2	82.6	4.42	5.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				3	84.9	4.48	5.19	0.240	2206	1.222	0.9999	4.70	4.54	643	1.53	0.9994	0.240	-	-	-	-
				平均	84.6	4.41	5.16	0.234	2156	1.138	0.9997	4.51	4.41	667	1.58	0.9994	0.234	-	-	-	-
	20	28日	1.5	1	32.9	3.29	4.00	0.187	2088	2.365	0.9999	3.76	3.36	2939	19.18	0.9991	0.187	19.8	0.602	28.4	0.864
				2	32.7	3.26	3.97	0.185	2133	2.382	0.9999	3.77	3.37	1441	9.36	0.9992	0.183	18.7	0.572	30.8	0.941
				3	32.8	3.10	3.91	0.176	2400	2.549	0.9997	3.52	3.13	3076	20.33	0.9991	0.172	20.8	0.634	29.5	0.898
				平均	32.8	3.22	3.96	0.183	2207	2.432	0.9998	3.68	3.29	2485	16.29	0.9991	0.181	19.8	0.603	29.6	0.901
			2.5	1	56.5	3.69	4.37	0.199	2119	1.466	0.9999	3.92	3.69	796	3.00	0.9997	0.197	33.3	0.589	50.7	0.896
				2	58.7	3.59	4.44	0.184	2384	1.553	0.9999	3.86	3.61	1016	3.94	0.9994	0.181	38.3	0.652	59.3	1.010
				3	54.4	3.76	4.44	0.196	2105	1.564	0.9998	4.09	3.82	1094	4.69	0.9986	0.188	36.7	0.675	50.8	0.934
				平均	56.5	3.68	4.42	0.193	2203	1.528	0.9999	3.96	3.71	969	3.88	0.9992	0.189	36.1	0.639	53.6	0.947
			3.5	1	78.8	4.02	4.80	0.217	2429	1.289	0.9999	4.19	4.02	676	1.72	0.9999	0.216	-	-	-	-
				2	80.1	4.21	4.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				3	78.2	4.11	4.80	0.212	2632	1.486	0.9999	4.43	4.16	721	1.99	0.9999	0.211	-	-	-	-
				平均	79.0	4.11	4.80	0.215	2531	1.388	0.9999	4.31	4.09	698	1.86	0.9999	0.214	-	-	-	-

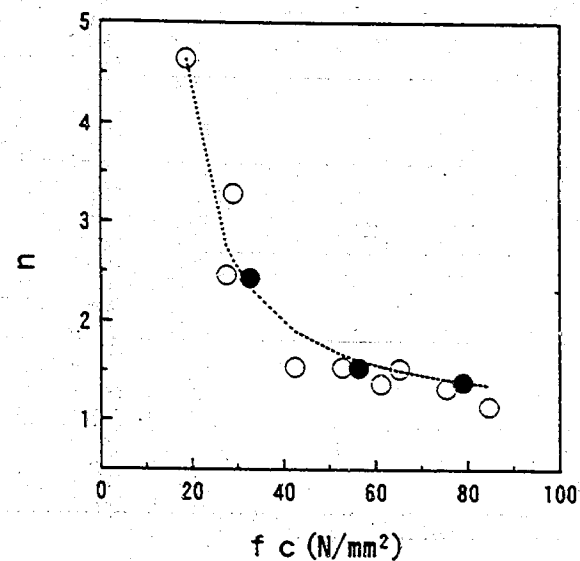
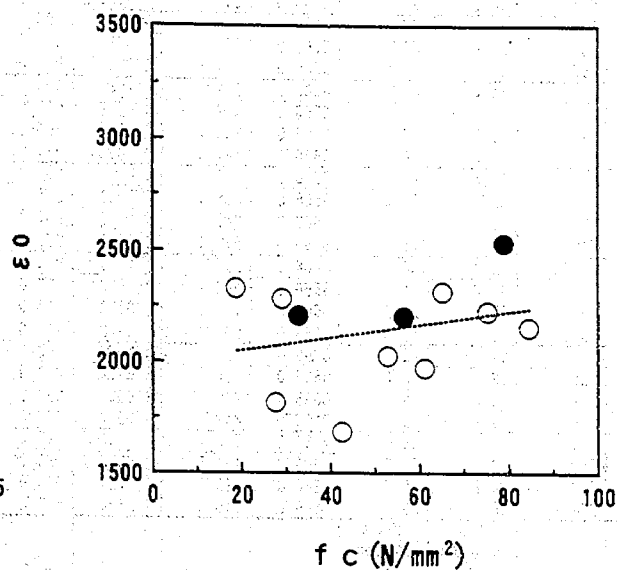
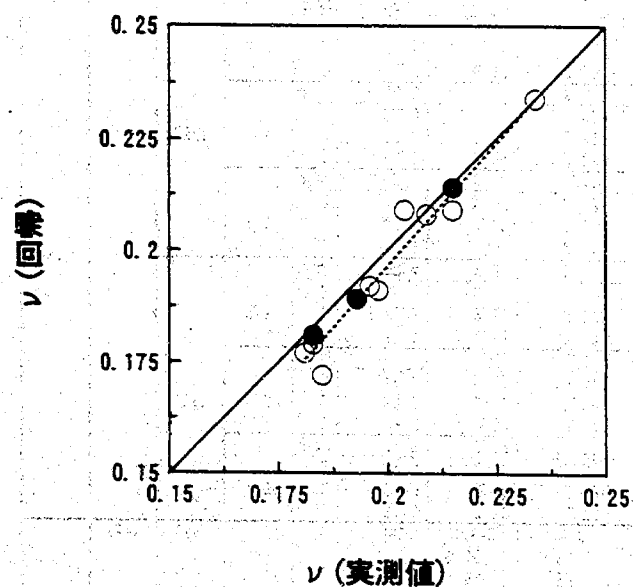
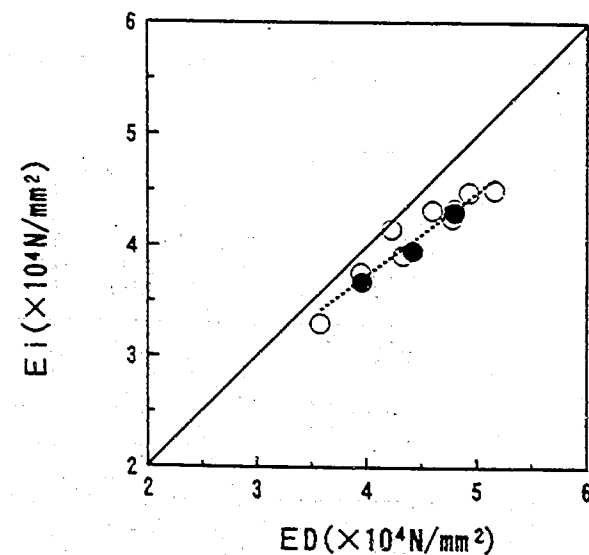
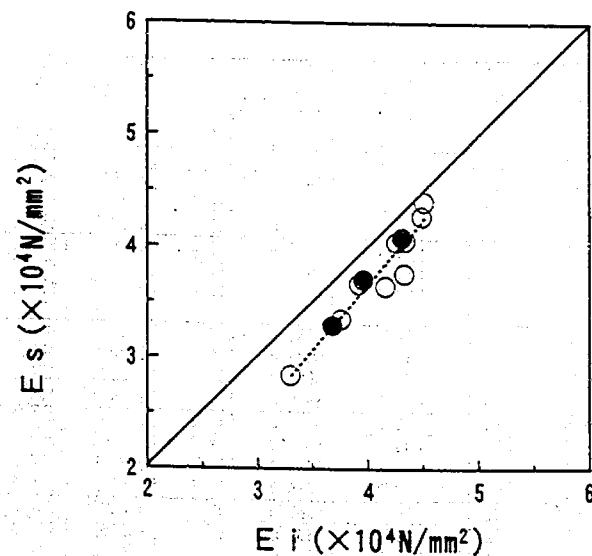
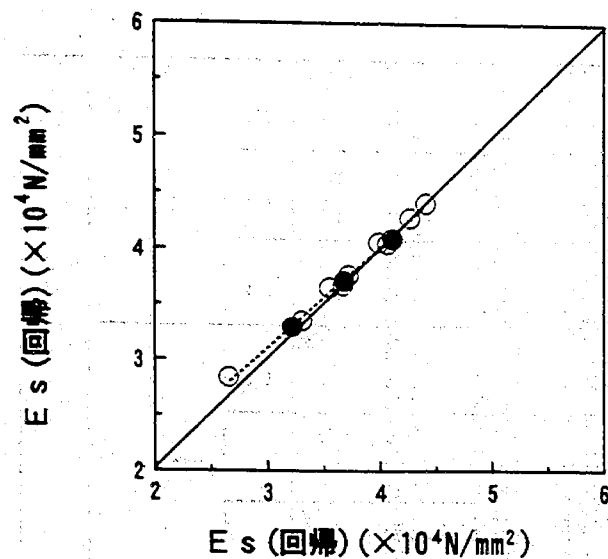
骨材	Gmax (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	実測値				縦ひずみ					横ひずみ					帰帰 ν	特異点応力				
					圧縮強度 f _{cc} N/mm ²	弾性係数			ポアソン比 ν	回帰					回帰					実測値				
						Es ×10 ⁴ N/mm ²	ED ×10 ⁴ N/mm ²	β		ε ₀	n	r	Ei ×10 ⁴ N/mm ²	Es ×10 ⁴ N/mm ²	ε ₀	n	r	σ _{in}		σ _{cr}				
																		応力		応力/f _{cc}	応力	応力/f _{cc}		
B	40	7日	1.5	1	18.8	2.90	3.52	0.183	-	4.893	0.9998	3.43	2.94	11681	122.40	0.9962	0.177	13.1	0.697	16.4	0.872			
				2	17.6	2.97	3.51	0.180	-	8.959	0.9995	3.56	2.99	28147	322.40	0.9975	0.180	11.9	0.676	14.4	0.820			
				3	18.6	3.09	3.52	0.207	-	9.962	0.9991	-	-	34993	418.58	0.9892	0.222	10.7	0.575	14.8	0.798			
				平均	18.3	2.99	3.52	0.190	-	7.938	0.9995	3.49	2.96	24940	287.79	0.9943	0.193	11.9	0.649	15.2	0.830			
			2.5	1	38.6	3.76	4.34	0.181	1796	1.776	0.9995	3.88	3.56	1351	8.32	0.9985	0.175	23.8	0.617	34.3	0.888			
				2	39.8	3.48	4.26	0.182	1796	1.677	0.9998	3.77	3.49	906	5.36	0.9975	0.171	27.5	0.691	37.5	0.942			
				3	43.1	3.53	4.22	0.187	2228	1.993	0.9994	3.86	3.50	1482	7.50	0.9975	0.190	34.2	0.794	39.1	0.907			
				平均	40.5	3.59	4.27	0.183	1940	1.816	0.9996	3.84	3.52	1246	7.06	0.9978	0.179	28.5	0.700	36.9	0.912			
			3.5	1	69.1	4.02	4.67	0.226	2248	1.423	0.9999	4.26	4.02	676	2.62	0.9995	0.221	49.9	0.722	62.0	0.898			
				2	69.4	4.00	4.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
				3	65.3	4.15	4.70	0.185	2200	1.465	0.9999	4.40	4.14	1082	4.09	0.9989	0.192	41.4	0.634	60.4	0.925			
				平均	67.9	4.06	4.71	0.206	2224	1.444	0.9999	4.33	4.08	879	3.06	0.9992	0.206	45.7	0.678	61.2	0.912			
		28日	1.5	1	27.3	3.24	4.02	0.169	2085	2.881	0.9999	3.81	3.36	1120	9.82	0.9984	0.166	20.1	0.736	27.9	1.021			
				2	28.3	3.39	3.98	0.206	1688	2.283	0.9999	3.85	3.46	1124	8.51	0.9973	0.190	21.2	0.749	25.4	0.899			
				3	27.5	3.30	4.01	0.163	2164	2.959	0.9999	3.79	3.33	1382	12.00	0.9972	0.186	17.3	0.629	22.8	0.829			
				平均	27.7	3.31	4.00	0.179	1979	2.708	0.9999	3.82	3.38	1209	10.11	0.9976	0.174	19.5	0.705	25.4	0.916			
			2.5	1	52.7	3.86	4.44	0.175	1814	1.402	0.9999	4.07	3.86	533	2.52	0.9999	0.174	27.8	0.528	49.3	0.936			
				2	53.7	4.22	4.77	0.156	1812	1.533	0.9999	4.57	4.27	1080	6.11	0.9989	0.165	-	-	47.4	0.883			
				3	54.5	4.12	4.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
				平均	53.6	4.07	4.56	0.166	1813	1.468	0.9999	4.32	4.07	807	4.31	0.9994	0.169	27.8	0.528	48.4	0.909			
			3.5	1	79.0	4.36	4.87	0.234	2317	1.345	0.9999	4.59	4.36	506	1.24	0.9999	0.234	-	-	-	-			
				2	79.4	4.48	4.99	0.241	2183	1.295	0.9999	4.71	4.51	484	1.17	0.9997	0.242	-	-	-	-			
				3	78.1	4.36	4.89	0.233	2238	1.299	0.9999	4.53	4.34	571	1.45	0.9998	0.232	-	-	-	-			
				平均	78.8	4.40	4.92	0.236	2246	1.313	0.9999	4.61	4.40	520	1.28	0.9998	0.236	-	-	-	-			
	91日	1.5	1	31.8	3.65	4.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			2	32.1	3.59	4.26	0.211	2062	2.677	0.9999	4.17	3.69	1116	7.89	0.9963	0.193	23.3	0.726	29.0	0.904				
			3	35.3	3.61	4.26	0.252	2014	2.414	0.9999	4.23	3.78	1193	6.59	0.9973	0.229	26.5	0.751	31.1	0.880				
			平均	33.1	3.62	4.25	0.232	2038	2.546	0.9999	4.20	3.74	1155	7.24	0.9968	0.211	24.9	0.738	30.0	0.892				
		2.5	1	61.1	4.23	4.70	0.203	1988	1.385	0.9999	4.28	4.06	645	2.46	0.9992	0.194	46.1	0.755	58.7	0.961				
			2	57.4	4.14	4.64	0.196	2224	1.767	0.9984	4.58	4.21	1529	7.18	0.9959	0.184	45.2	0.787	54.5	0.950				
			3	61.4	4.19	4.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			平均	60.0	4.19	4.67	0.200	2106	1.576	0.9992	4.43	4.13	1087	4.82	0.9976	0.189	45.7	0.514	56.6	0.956				
		3.5	1	83.5	4.53	5.09	0.236	2226	1.246	0.9999	4.67	4.50	707	1.75	0.9999	0.237	61.9	0.741	-	-				
			2	86.1	4.34	5.10	0.216	2178	1.105	0.9999	4.37	4.29	687	1.72	0.9999	0.215	-	-	-	-				
			3	89.3	4.39	5.10	0.224	2314	1.163	0.9999	4.49	4.37	652	1.53	0.9999	0.223	-	-	-	-				
			平均	86.3	4.42	5.10	0.225	2239	1.171	0.9999	4.51	4.39	682	1.67	0.9999	0.225	61.9	0.741	-	-				
20	28日	1.5	1	37.2	3.46	4.09	0.202	2012	2.109	0.9998	3.94	3.56	1471	8.20	0.9989	0.202	28.8	0.774	32.3	0.868				
			2	36.8	3.27	4.09	0.208	2084	2.083	0.9999	3.71	3.35	1014	5.34	0.9987	0.201	27.2	0.739	33.2	0.903				
			3	35.2	3.43	4.03	0.186	2092	2.314	0.9998	3.94	3.53	1306	8.32	0.9993	0.185	23.2	0.659	31.7	0.901				
			平均	36.4	3.39	4.07	0.199	2063	2.169	0.9998	3.86	3.48	1264	7.29	0.9990	0.196	26.4	0.724	32.4	0.890				
		2.5	1	55.1	3.64	4.35	0.188	2211	1.571	0.9999	3.93	3.66	735	2.96	0.9998	0.187	29.9	0.543	50.6	0.919				
			2	54.7	3.56	4.24	0.209	2167	1.508	0.9999	3.80	3.56	756	2.70	0.9996	0.206	37.5	0.686	48.5	0.887				
			3	54.2	3.76	4.39	0.199	2107	1.574	0.9999	4.08	3.80	1691	7.00	0.9998	0.199	27.4	0.506	45.9	0.847				
			平均	54.7	3.65	4.33	0.199	2162	1.551	0.9999	3.94	3.68	1061	4.22	0.9997	0.197	31.6	0.578	48.4	0.884				
		3.5	1	80.0	4.11	4.77	0.202	2547	1.375	0.9999	4.34	4.12	796	2.26	0.9999	0.201	58.1	0.726	72.0	0.900				
			2	79.9	4.12	4.74	0.220	2970	1.695	0.9999	4.57	4.22	542	1.36	0.9999	0.221	-	-	-	-				
			3	79.1	3.76	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			平均	79.7	4.00	4.77	0.211	2759	1.535	0.9999	4.45	4.17	669	1.81	0.9999	0.211	58.1	0.726	72.0	0.900				

骨材	Gmax (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	実測値					ひずみ					ひずみ					特異点応力			
					圧縮強度 f _{cc} N/mm ²	弾性係数		ポアソン比 ν	ε ₀	n	r	弾性係数		ε ₀	n	r	ν	実測値					
						E _s ×10 ⁴ N/mm ²	E _D ×10 ⁴ N/mm ²					×10 ⁴ N/mm ²	×10 ⁴ N/mm ²					σ _{in}		σ _{cr}			
																		応力	応力/f _{cc}	応力	応力/f _{cc}		
C	40	7日	1.5	1	21.5	2.75	3.46	0.147	2581	3.930	0.9998	3.27	2.83	19989	206.10	0.9972	0.155	13.9	0.647	18.3	0.851		
				2	21.3	2.76	3.54	0.157	1943	2.931	0.9999	3.23	2.84	21224	220.10	0.9975	0.156	13.9	0.653	17.9	0.839		
				3	21.5	2.82	3.45	0.186	1921	2.814	0.9999	3.16	2.79	3191	30.06	0.9971	0.166	16.1	0.749	19.5	0.906		
				平均	21.4	2.78	3.48	0.163	2148	3.225	0.9999	3.22	2.82	14801	152.09	0.9973	0.159	14.6	0.683	18.5	0.865		
			2.5	1	40.6	3.30	4.00	0.196	2038	1.771	0.9999	3.54	3.25	1270	6.35	0.9996	0.188	25.7	0.633	35.1	0.865		
				2	43.8	3.24	4.19	0.176	2459	1.988	0.9999	3.56	3.23	3920	19.90	0.9978	0.174	25.6	0.584	35.3	0.807		
				3	47.4	3.67	4.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				平均	43.9	3.40	4.13	0.186	2249	1.880	0.9999	3.55	3.24	2595	13.13	0.9987	0.181	25.7	0.609	35.2	0.836		
			3.5	1	64.2	3.86	4.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				2	66.9	3.75	4.43	0.207	2571	1.533	0.9999	4.01	3.75	999	3.11	0.9999	0.204	40.8	0.610	64.1	0.958		
				3	64.8	3.71	4.32	0.196	2348	1.441	0.9999	3.98	3.75	746	2.54	0.9997	0.191	46.5	0.718	58.7	0.905		
				平均	65.3	3.77	4.37	0.202	2459	1.487	0.9999	3.99	3.75	873	2.83	0.9998	0.198	43.7	0.664	61.4	0.932		
		28日	1.5	1	30.0	3.19	3.80	0.179	1969	2.389	0.9999	3.64	3.25	1677	11.43	0.9988	0.179	18.6	0.620	26.4	0.880		
				2	29.7	2.96	3.76	0.186	1924	2.180	0.9999	3.37	3.03	1089	7.12	0.9990	0.185	19.8	0.667	26.7	0.897		
				3	30.3	3.13	3.89	0.178	1908	2.173	0.9999	3.52	3.17	1012	6.90	0.9996	0.178	20.5	0.680	27.8	0.918		
				平均	30.0	3.09	3.82	0.181	1933	2.247	0.9999	3.51	3.15	1259	8.48	0.9991	0.180	19.7	0.656	27.0	0.899		
			2.5	1	55.2	3.65	4.51	0.202	2314	1.630	0.9999	3.89	3.61	2418	9.02	0.9984	0.209	26.2	0.475	41.9	0.759		
				2	52.9	3.56	4.47	0.178	2460	1.773	0.9999	3.81	3.51	1319	5.90	0.9994	0.174	30.5	0.577	47.3	0.894		
				3	55.3	3.82	4.60	0.212	2195	1.635	0.9999	4.14	3.84	2009	7.88	0.9998	0.209	27.6	0.499	48.2	0.871		
				平均	54.5	3.68	4.53	0.197	2324	1.679	0.9999	3.95	3.65	1915	7.60	0.9992	0.197	28.1	0.517	45.8	0.841		
			3.5	1	79.6	3.96	4.59	0.194	2673	1.411	0.9999	4.20	3.97	980	79.60	0.9993	0.192	-	-	-	-		
				2	79.4	3.96	4.70	0.203	2673	1.411	0.9999	4.19	3.96	701	1.90	0.9998	0.202	-	-	-	-		
				3	75.4	3.98	4.63	0.223	2507	1.437	0.9999	4.32	4.08	562	1.47	0.9999	0.220	-	-	-	-		
				平均	78.1	3.97	4.64	0.207	2617	1.420	0.9999	4.24	4.01	748	27.66	0.9997	0.205	-	-	-	-		
	91日	1.5	1	37.6	3.48	4.09	0.164	2317	2.301	0.9999	3.73	3.35	1086	7.11	0.9988	0.161	26.6	0.707	33.7	0.896			
			2	37.1	3.43	4.16	0.188	2061	2.130	0.9999	3.83	3.46	1118	7.01	0.9988	0.176	28.2	0.760	33.8	0.910			
			3	37.4	3.45	4.11	0.197	2186	2.178	0.9999	3.74	3.37	1050	6.11	0.9968	0.182	29.4	0.786	33.2	0.889			
			平均	37.4	3.45	4.12	0.183	2188	2.203	0.9999	3.77	3.39	1085	6.74	0.9981	0.173	28.1	0.751	33.6	0.898			
		2.5	1	64.3	3.99	4.65	0.207	2251	1.476	0.9999	4.22	3.96	873	3.03	0.9998	0.202	43.7	0.680	59.0	0.918			
			2	64.4	3.78	4.70	0.194	2460	1.525	0.9999	4.02	3.76	1650	6.02	0.9973	0.187	36.7	0.570	54.7	0.849			
			3	68.9	3.80	4.62	0.189	2508	1.470	0.9999	4.04	3.80	1671	5.92	0.9985	0.183	42.3	0.614	60.7	0.880			
			平均	65.9	3.86	4.66	0.197	2406	1.490	0.9999	4.09	3.84	1398	4.99	0.9985	0.191	40.9	0.621	58.1	0.883			
		3.5	1	84.8	3.93	4.77	0.202	2779	1.360	0.9999	4.15	3.95	799	2.03	0.9999	0.202	41.7	0.492	-	-			
			2	88.6	4.01	4.81	0.187	2918	1.406	0.9999	4.27	4.04	984	2.68	0.9999	0.189	-	-	-	-			
			3	87.6	4.03	4.85	0.219	3123	1.549	0.9999	4.34	4.06	786	1.81	0.9999	0.219	-	-	-	-			
			平均	87.0	3.99	4.81	0.203	2940	1.438	0.9999	4.25	4.02	856	2.17	0.9999	0.204	41.7	0.492	-	-			
20	28日	1.5	1	36.3	3.10	3.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			2	35.2	3.06	3.80	0.179	2568	2.636	0.9996	3.64	3.23	2723	16.53	0.9992	0.180	18.5	0.526	30.9	0.878			
			3	36.7	2.98	3.74	0.179	2574	2.410	0.9997	3.45	3.08	2671	15.08	0.9993	0.178	22.6	0.616	32.1	0.875			
			平均	36.1	3.05	3.78	0.179	2571	2.523	0.9997	3.54	3.15	2697	15.81	0.9993	0.179	20.6	0.571	31.5	0.876			
		2.5	1	58.6	3.47	4.18	0.184	2441	1.567	0.9999	3.77	3.52	1010	3.82	0.9998	0.183	36.7	0.626	53.9	0.920			
			2	57.7	3.53	4.16	0.189	2373	1.521	0.9999	3.71	3.47	996	3.59	0.9999	0.187	33.5	0.581	53.4	0.926			
			3	57.7	3.55	4.16	0.203	2304	1.507	0.9999	3.79	3.56	832	2.91	0.9995	0.199	39.7	0.638	49.0	0.850			
			平均	58.0	3.52	4.17	0.192	2373	1.532	0.9999	3.76	3.52	946	3.47	0.9997	0.190	36.6	0.632	52.1	0.899			
		3.5	1	86.9	3.89	4.59	0.193	2989	1.403	0.9999	4.08	3.87	646	1.62	0.9999	0.191	-	-	-	-			
			2	84.0	3.83	4.56	0.205	2922	1.411	0.9999	4.07	3.85	912	2.26	0.9999	0.205	-	-	-	-			
			3	85.0	3.93	4.61	0.207	3051	1.515	0.9999	4.23	3.96	879	2.21	0.9999	0.206	-	-	-	-			
			平均	85.3	3.88	4.59	0.202	2987	1.443	0.9999	4.13	3.89	812	2.03	0.9999	0.201	-	-	-	-			

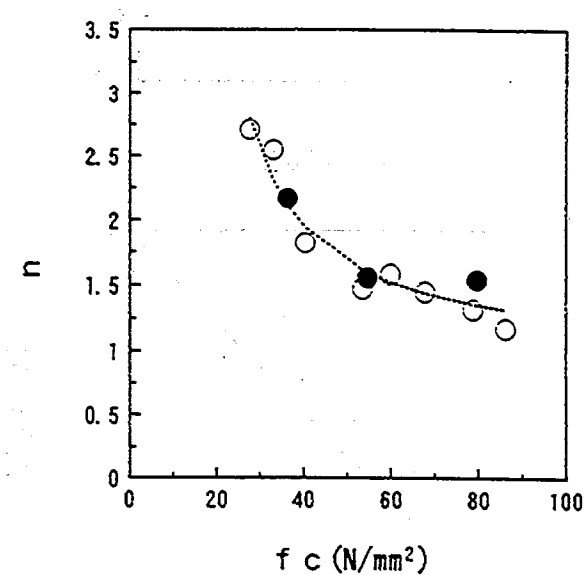
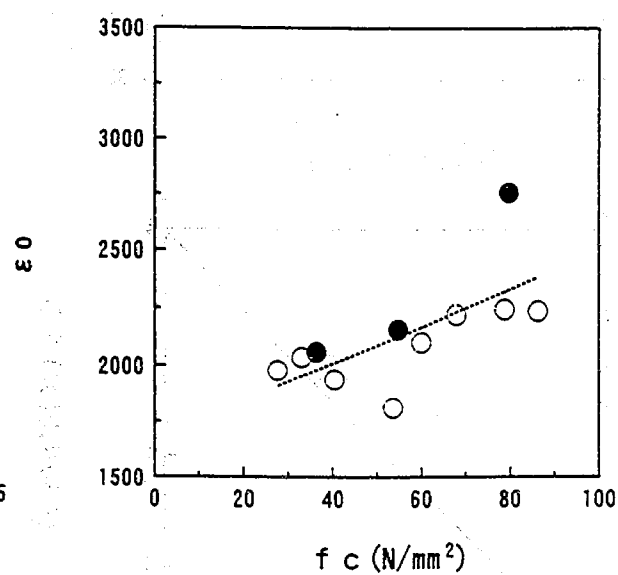
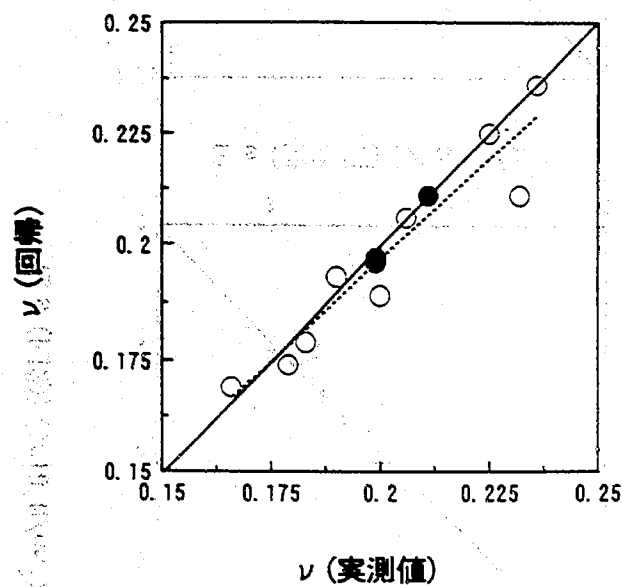
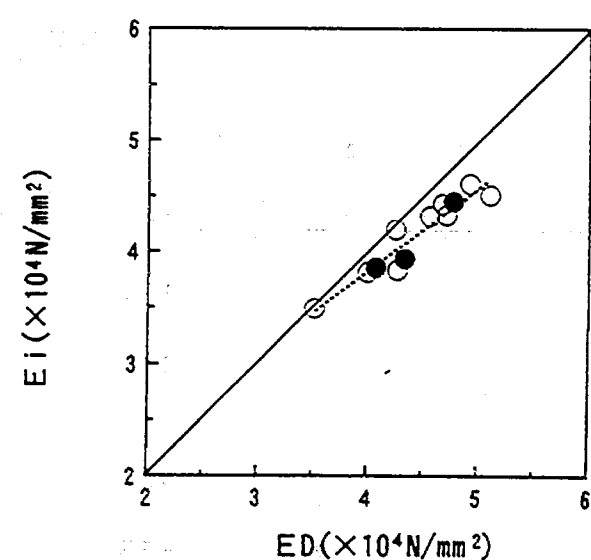
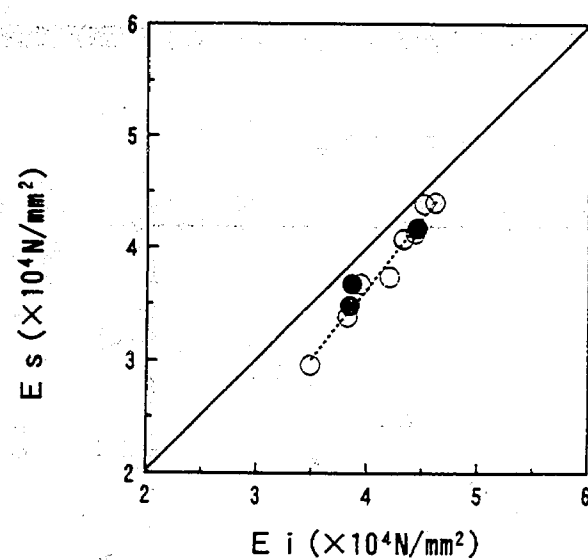
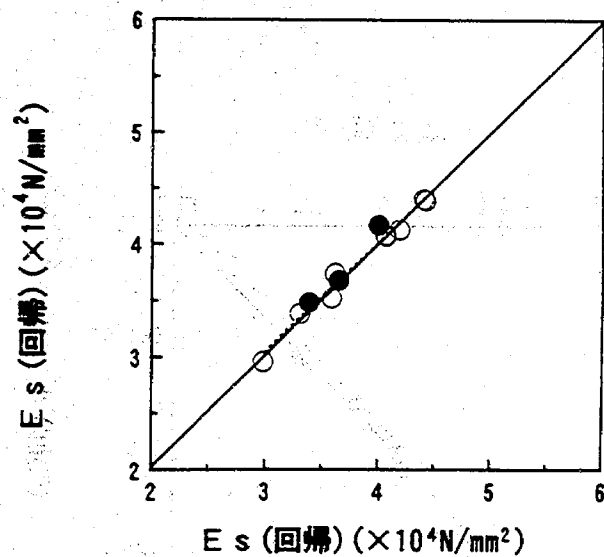
骨材	G _{max} (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	実測値				縦ひずみ					横ひずみ			回帰 ν	特異点応力				
					圧縮強度 f _{cc} N/mm ²	弾性係数			ν	ε ₀	n	r	E _i ×10 ⁴ N/mm ²	E _s ×10 ⁴ N/mm ²	ε ₀	n		r	実測値		σ _{cr}	
						Es ×10 ⁴ N/mm ²	ED ×10 ⁴ N/mm ²	σ _{in}											σ _{cr}			
D	40	7日	1.5	1	17.8	2.01	2.66	0.150	2066	2.623	0.9999	2.29	2.03	1804	16.32	0.9989	0.150	11.8	0.663	16.6	0.933	
				2	18.0	1.87	2.57	0.148	2392	2.850	0.9999	2.16	1.90	3581	30.99	0.9999	0.147	13.3	0.739	16.6	0.923	
				3	17.2	2.02	2.59	0.179	1965	2.594	0.9999	2.31	2.05	3500	30.09	0.9981	0.165	12.8	0.744	15.9	0.923	
				平均	17.7	1.97	2.61	0.159	2141	2.689	0.9999	2.25	1.99	2962	25.80	0.9990	0.154	12.6	0.715	16.4	0.927	
			2.5	1	38.1	2.51	3.19	0.175	2270	1.573	0.9999	2.68	2.50	1526	3.74	0.9996	0.173	20.7	0.543	35.4	0.930	
				2	37.6	2.34	3.14	0.172	2761	1.891	0.9999	2.58	2.36	987	4.16	0.9998	0.172	23.1	0.614	33.3	0.884	
				3	39.3	2.37	3.16	0.164	2567	1.648	0.9999	2.56	2.37	2691	11.92	0.9997	0.161	21.7	0.552	35.4	0.900	
				平均	38.3	2.41	3.16	0.170	2533	1.704	0.9999	2.61	2.41	1735	6.61	0.9997	0.169	21.8	0.570	34.7	0.905	
			3.5	1	57.2	2.79	3.63	0.183	3130	1.692	0.9998	3.12	2.83	1084	3.45	0.9994	0.180	42.5	0.743	54.2	0.947	
				2	62.9	3.15	3.74	0.222	2628	1.374	0.9999	3.29	3.12	1902	4.96	0.9998	0.222	27.2	0.432	49.5	0.786	
				3	63.5	2.96	3.74	0.196	2619	1.276	0.9928	3.12	2.99	1262	3.51	0.9996	0.193	25.7	0.405	60.9	0.958	
				平均	61.2	2.97	3.70	0.200	2793	1.447	0.9975	3.18	3.00	1416	3.97	0.9996	0.199	31.8	0.527	54.8	0.897	
		28日	1.5	1	27.1	2.35	3.00	0.168	2291	2.262	0.9999	2.65	2.38	1112	7.00	0.9994	0.166	16.0	0.590	24.8	0.915	
				2	24.9	2.22	2.92	0.196	2497	2.601	0.9999	2.60	2.31	2110	10.90	0.9957	0.214	12.0	0.482	19.1	0.766	
				3	26.1	2.23	2.94	0.173	2647	2.600	0.9898	2.57	2.28	2256	12.97	0.9985	0.182	14.6	0.559	22.3	0.854	
				平均	26.0	2.27	2.95	0.179	2478	2.488	0.9965	2.61	2.32	1826	10.29	0.9979	0.187	14.2	0.544	22.1	0.845	
			2.5	1	50.4	2.65	3.50	0.155	2886	1.625	0.9999	2.84	2.64	1880	7.65	0.9997	0.152	30.3	0.601	44.1	0.875	
				2	49.9	2.59	3.43	0.173	2864	1.622	0.9999	2.83	2.63	3106	11.13	0.9998	0.175	26.1	0.523	39.2	0.785	
				3	51.4	2.78	3.49	0.183	2682	1.560	0.9999	2.99	2.79	1191	4.09	0.9999	0.183	25.3	0.492	46.8	0.911	
				平均	50.6	2.67	3.47	0.170	2811	1.602	0.9999	2.89	2.69	2059	7.62	0.9998	0.170	27.2	0.539	43.4	0.857	
			3.5	1	66.8	3.07	3.83	0.198	3005	1.478	0.9999	3.28	3.08	477	1.13	0.9984	0.200	44.0	0.659	-	-	
				2	70.4	2.94	3.90	0.199	3669	1.674	0.9999	3.21	2.97	532	1.15	0.9984	0.200	-	-	-	-	
				3	63.9	3.03	3.74	0.218	2672	1.325	0.9999	3.16	3.02	1006	2.48	0.9995	0.215	39.1	0.612	-	-	
				平均	67.0	3.01	3.82	0.205	3116	1.492	0.9999	3.22	3.02	672	1.59	0.9988	0.205	41.6	0.635	-	-	
	91日	1.5	1	33.5	2.51	3.20	0.172	2408	2.017	0.9999	2.81	2.55	1686	9.00	0.9995	0.169	23.3	0.696	30.0	0.894		
			2	32.0	2.58	3.20	0.181	2165	1.908	0.9999	2.84	2.59	1679	9.12	0.9986	0.176	19.6	0.613	27.4	0.856		
			3	31.4	2.52	3.24	0.173	2121	1.870	0.9999	2.77	2.53	1596	9.01	0.9992	0.170	17.8	0.567	27.7	0.882		
			平均	32.3	2.54	3.21	0.175	2231	1.932	0.9999	2.81	2.56	1654	9.04	0.9991	0.172	20.2	0.625	28.3	0.877		
			2.5	1	53.7	2.68	3.54	0.165	2704	1.405	0.9999	2.80	2.65	1723	6.45	0.9984	0.155	39.7	0.739	48.3	0.899	
				2	60.9	2.81	3.65	0.202	2864	1.417	0.9999	3.01	2.85	1325	3.62	0.9998	0.197	41.0	0.673	53.5	0.879	
				3	53.4	2.75	3.48	0.193	2880	1.611	0.9994	3.00	2.79	1507	5.15	0.9975	0.178	35.7	0.669	49.3	0.923	
				平均	56.0	2.75	3.56	0.187	2816	1.478	0.9997	2.94	2.76	1518	5.07	0.9986	0.177	38.8	0.694	50.4	0.900	
			3.5	1	79.0	3.08	3.98	0.236	3219	1.388	0.9999	3.41	3.23	2427	4.91	0.9999	0.236	38.8	0.491	-	-	
				2	64.5	3.21	3.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				3	74.1	3.15	3.95	0.218	3235	1.479	0.9999	3.39	3.18	2764	6.48	0.9999	0.216	38.9	0.525	56.3	0.759	
				平均	72.5	3.15	3.94	0.227	3227	1.434	0.9999	3.40	3.21	2596	5.70	0.9999	0.226	38.9	0.508	56.3	0.759	
	28日	1.5	1	31.3	2.40	3.11	0.172	2305	1.958	0.9999	2.68	2.44	2518	13.87	0.9994	0.168	18.6	0.594	28.7	0.917		
			2	32.2	2.42	3.08	0.162	2564	2.200	0.9999	2.72	2.49	2672	15.09	0.9998	0.164	16.7	0.519	29.1	0.905		
			3	31.3	2.41	3.06	0.125	2554	2.193	0.9999	2.70	2.43	2787	19.61	0.9990	0.132	16.4	0.524	28.3	0.904		
			平均	31.6	2.41	3.08	0.153	2474	2.117	0.9999	2.70	2.45	2659	16.19	0.9994	0.155	17.2	0.546	28.7	0.909		
			2.5	1	53.9	2.67	3.44	0.178	2939	1.540	0.9999	2.85	2.67	1864	6.05	0.9999	0.178	28.7	0.532	48.6	0.902	
				2	48.6	2.56	3.39	0.146	2884	1.635	0.9999	2.78	2.58	1632	6.98	0.9996	0.145	27.3	0.562	45.7	0.940	
				3	51.4	2.59	3.37	0.175	2953	1.616	0.9999	2.84	2.64	1728	5.95	0.9996	0.174	33.8	0.658	42.5	0.828	
				平均	51.3	2.61	3.40	0.166	2925	1.597	0.9999	2.82	2.63	1741	6.33	0.9997	0.166	-	0.584	45.6	0.890	
			3.5	1	75.3	3.11	3.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				2	76.0	2.99	3.84	0.211	4027	1.762	0.9999	3.33	3.06	1109	2.33	0.9999	0.214	-	-	-	-	
				3	74.0	3.09	3.87	0.205	3469	1.566	0.9999	3.35	3.13	1025	2.33	0.9999	0.207	-	-	-	-	
				平均	75.1	3.06	3.87	0.208	3748	1.664	0.9999	3.34	3.10	1067	2.33	0.9999	0.211	-	-	-	-	

モルタル圧縮試験結果

骨材	Gmax (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	実測値				縦ひずみ 回帰					横ひずみ 回帰					回帰 ν	特異点応力			
					圧縮強度 f _{cm} N/mm ²	弾性係数		ポアソン比 ν	ε ₀	n	r	Ei		Es	ε ₀	n	r	実測値		σ _{cr}			
						Es ×10 ⁴ N/mm ²	ED ×10 ⁴ N/mm ²					×10 ⁴ N/mm ²	×10 ⁴ N/mm ²					σ _{in}		σ _{cr}	応力	応力/f _{cm}	
a	40	7日	1.7	1	31.3	2.33	2.70	0.204	2428.6	2.005	0.9999	2.58	2.35	1103	4.89	0.9998	0.19739	-	-	-	-		
				2	31.9	2.28	2.72	0.210	1747.1	1.337	0.9986	2.44	2.33	373	1.34	0.9997	0.21289	-	-	-	-		
				3	31.4	2.21	2.63	0.234	2526.3	2.111	0.9997	2.62	2.37	889	3.48	0.9991	0.22147	24.2	0.7707	-	-		
				平均	31.5	2.27	2.68	0.216	2234.0	1.818	0.9994	2.55	2.35	788	3.24	0.9995	0.21058	24.2	0.7707	-	-		
			2.5	1	41.8	2.30	2.74	0.203	2453.6	1.628	0.9978	2.77	2.58	603	1.93	0.9993	0.21093	-	-	-	-		
				2	39.9	2.49	2.99	0.193	1999.6	1.325	0.9999	2.64	2.52	588	2.01	0.9999	0.20374	-	-	-	-		
				3	45.5	2.59	3.01	0.210	2459.3	1.497	0.9998	2.77	2.60	977	2.99	0.9998	0.21214	-	-	-	-		
				平均	42.4	2.46	2.91	0.202	2304.2	1.483	0.9992	2.73	2.57	723	2.31	0.9997	0.20894	-	-	-	-		
			3.5	1	67.6	2.55	3.03	0.214	2362.4	1.006	0.9996	2.89	2.88	1021	2.11	0.9999	0.22773	-	-	-	-		
				2	71.2	2.61	3.02	0.214	3679.3	1.431	0.9999	2.77	2.61	1097	2.09	0.9999	0.21344	-	-	-	-		
				3	66.3	2.63	3.12	0.221	3242.4	1.364	0.9999	2.79	2.65	914	1.81	0.9999	0.22009	-	-	-	-		
				平均	68.4	2.60	3.06	0.216	3094.7	1.267	0.9998	2.82	2.72	1011	2.00	0.9999	0.22042	-	-	-	-		
		28日	1.7	1	42.7	2.65	3.21	0.195	2331.5	1.510	0.9999	2.77	2.59	670	2.36	0.9999	0.1923	25.3	0.5925	-	-		
				2	43.0	2.67	3.18	0.192	2575.0	1.646	0.9999	2.77	2.57	782	2.75	0.9999	0.19037	32.5	0.7558	42.2	0.9804		
				3	43.8	2.67	3.18	0.198	2502.5	1.593	0.9999	2.79	2.60	974	3.38	0.9999	0.19598	30.0	0.6849	43.0	0.9825		
				平均	43.2	2.66	3.19	0.195	2469.7	1.583	0.9999	2.77	2.59	809	2.83	0.9999	0.19288	29.3	0.6778	42.6	0.9815		
			2.5	1	60.7	2.81	3.38	0.199	3038.0	1.481	0.9999	2.96	2.78	1077	2.82	0.9999	0.19843	44.4	0.7315	57.9	0.9533		
				2	55.3	2.78	3.37	0.196	2672.0	1.378	0.9999	2.85	2.71	745	2.07	0.9999	0.19452	42.8	0.7740	-	-		
				3	58.9	2.83	3.35	0.210	2995.0	1.516	0.9999	2.98	2.79	1059	2.76	0.9998	0.20621	41.7	0.7080	53.3	0.9051		
				平均	58.3	2.81	3.37	0.202	2901.7	1.458	0.9999	2.93	2.76	961	2.55	0.9999	0.19972	43.0	0.7378	55.6	0.9292		
			3.5	1	86.6	3.13	3.65	0.214	4138.5	1.586	0.9999	3.32	3.09	1258	2.35	0.9999	0.21342	55.3	0.6386	86.4	0.9979		
				2	85.4	3.05	3.58	0.212	3727.7	1.395	0.9999	3.20	3.03	1231	2.33	0.9999	0.20892	67.4	0.7892	79.1	0.9267		
				3	86.0	3.13	3.65	0.232	4072.5	1.576	0.9999	3.33	3.10	1407	2.49	0.9998	0.22934	61.8	0.7186	81.2	0.9440		
				平均	86.0	3.10	3.63	0.219	3979.6	1.519	0.9999	3.28	3.07	1299	2.39	0.9999	0.21723	61.5	0.7155	82.2	0.9562		
	91日	1.7	1	51.2	2.78	3.35	0.198	2830.3	1.611	0.9999	2.95	2.75	1162	3.55	0.9994	0.19917	37.7	0.7363	46.9	0.9154			
			2	51.7	2.76	3.37	0.189	3013.5	1.697	0.9999	2.94	2.72	1679	5.49	0.9998	0.18652	35.6	0.6886	46.3	0.8950			
			3	52.0	2.72	3.36	0.192	3015.8	1.674	0.9998	2.91	2.70	2138	6.38	0.9994	0.18986	37.3	0.7173	46.4	0.8915			
			平均	51.6	2.75	3.36	0.193	2953.2	1.661	0.9999	2.94	2.72	1660	5.14	0.9995	0.19185	36.9	0.7141	46.5	0.9006			
		2.5	1	66.1	2.86	3.55	0.197	3110.4	1.418	0.9999	3.01	2.85	999	2.51	0.9998	0.19274	50.5	0.7640	63.3	0.9575			
			2	67.0	2.87	3.56	0.200	3139.0	1.422	0.9999	3.04	2.87	1001	2.39	0.9997	0.20024	50.9	0.7597	63.8	0.9526			
			3	67.0	2.92	3.50	0.208	3049.0	1.402	0.9999	3.08	2.92	865	2.05	0.9998	0.20256	47.3	0.7060	64.9	0.9680			
			平均	66.7	2.88	3.54	0.202	3099.5	1.414	0.9999	3.04	2.88	955	2.32	0.9998	0.19852	49.6	0.7432	64.0	0.9594			
		3.5	1	93.3	3.09	3.80	0.217	4066.8	1.417	0.9999	3.25	3.07	1345	2.33	0.9997	0.21274	66.4	0.7117	88.3	0.9465			
			2	95.7	3.17	3.85	0.210	3967.0	1.387	0.9999	3.35	3.17	1399	2.47	0.9999	0.2109	68.7	0.7179	88.5	0.9244			
			3	95.1	3.27	3.86	0.221	3708.0	1.335	0.9999	3.42	3.26	1162	2.02	0.9998	0.21802	65.9	0.6930	90.9	0.9557			
			平均	94.7	3.18	3.84	0.216	3913.9	1.380	0.9999	3.34	3.17	1302	2.27	0.9998	0.21388	67.0	0.7075	89.2	0.9422			
	20	1.7	1	37.3	2.39	3.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			2	36.7	2.37	2.98	0.187	2896.0	2.074	0.9997	2.66	2.40	1610	6.60	0.9996	0.18673	26.3	0.7166	33.4	0.9093			
			3	37.7	2.47	3.03	0.189	2880.0	2.111	0.9999	2.76	2.50	1967	8.26	0.9996	0.18715	26.8	0.7109	33.9	0.8994			
			平均	37.2	2.41	3.01	0.188	2888.0	2.093	0.9998	2.71	2.45	1789	7.43	0.9996	0.18694	26.6	0.7137	33.6	0.9043			
		2.5	1	61.8	2.89	3.47	0.198	3155.3	1.558	0.9999	3.07	2.87	1159	3.06	0.9998	0.19893	47.0	0.7605	58.8	0.9512			
			2	60.6	2.92	3.50	0.198	2971.7	1.517	0.9999	3.11	2.91	954	2.62	0.9999	0.19597	50.6	0.8350	59.0	0.9728			
			3	61.8	2.86	3.48	0.186	3159.7	1.554	0.9999	3.05	2.85	1044	2.96	0.9999	0.18422	50.1	0.8107	58.5	0.9463			
			平均	61.4	2.89	3.48	0.194	3095.6	1.543	0.9999	3.08	2.88	1052	2.88	0.9999	0.19304	49.2	0.8021	58.7	0.9567			
		3.5	1	84.5	3.08	3.67	0.213	4001.1	1.545	0.9999	3.26	3.05	1457	2.82	0.9999	0.21093	68.9	0.8154	80.4	0.9511			
			2	85.5	3.17	3.68	0.220	4071.6	1.609	0.9999	3.38	3.14	1477	2.83	0.9997	0.21712	66.4	0.7766	78.9	0.9230			
			3	86.3	3.01	3.66	0.210	4336.8	1.643	0.9999	3.27	3.03	1495	2.87	0.9999	0.20799	68.5	0.7937	82.1	0.9510			
			平均	85.4	3.09	3.67	0.214	4136.5	1.599	0.9999	3.30	3.08	1476	2.84	0.9998	0.21201	67.9	0.7952	80.5	0.9417			

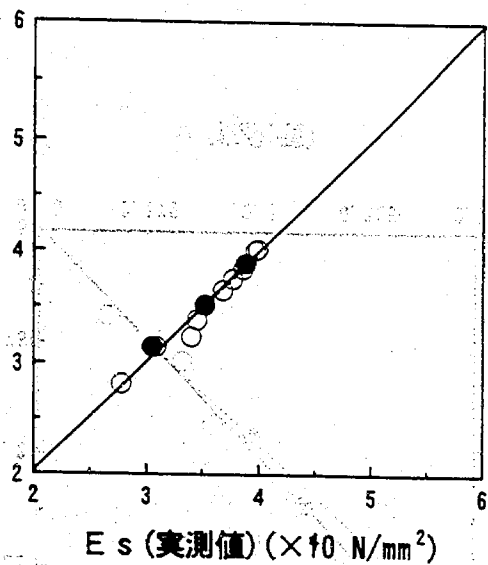


圧縮試験結果 (コンクリート: 骨材A) ($G_{\max} 40\text{mm}, 20\text{mm}$)

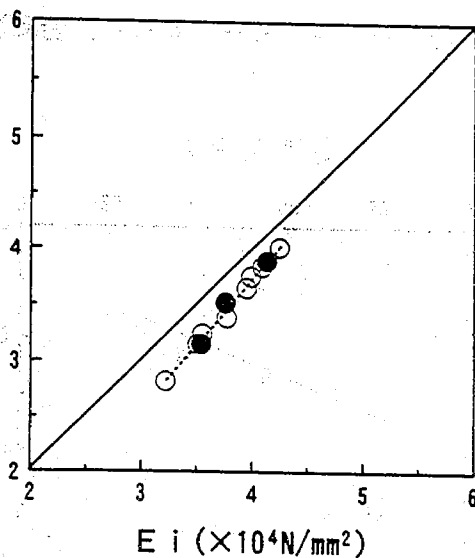


圧縮試験結果 (コンクリート : 骨材 B) (Gmax40mm, 20mm)

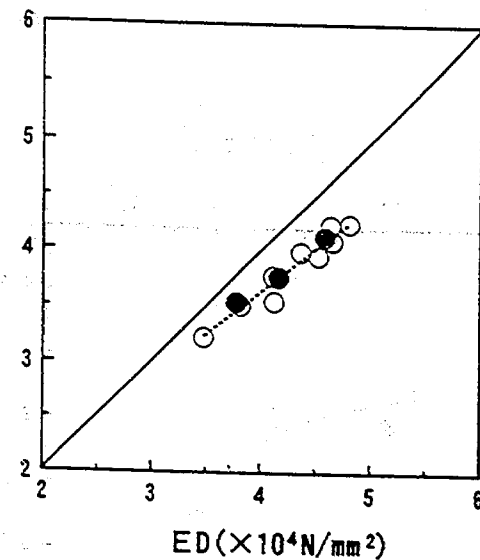
E_s (回帰) ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)



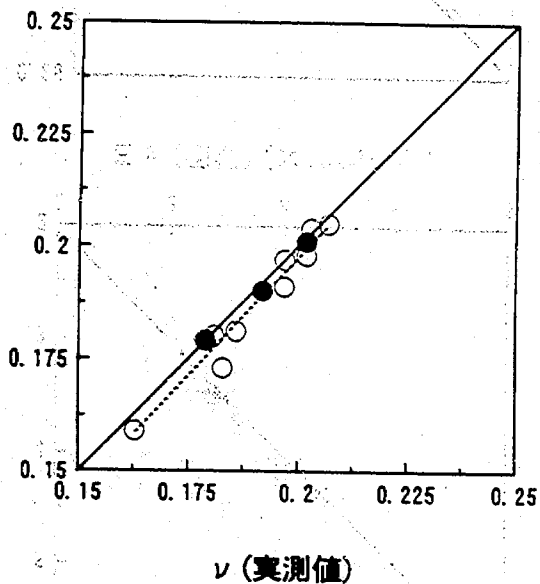
E_s ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)



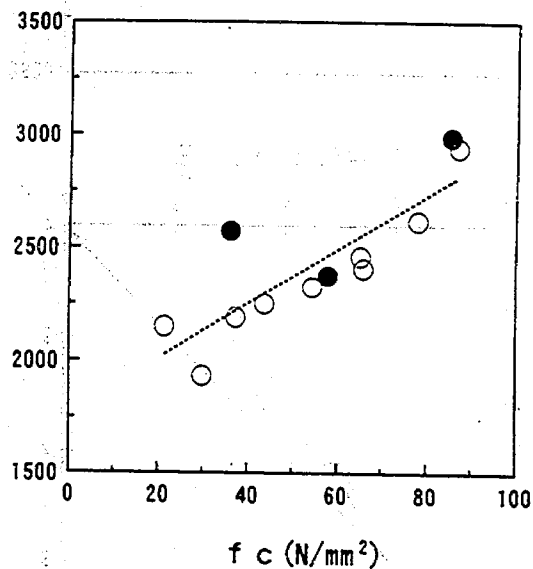
E_i ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)



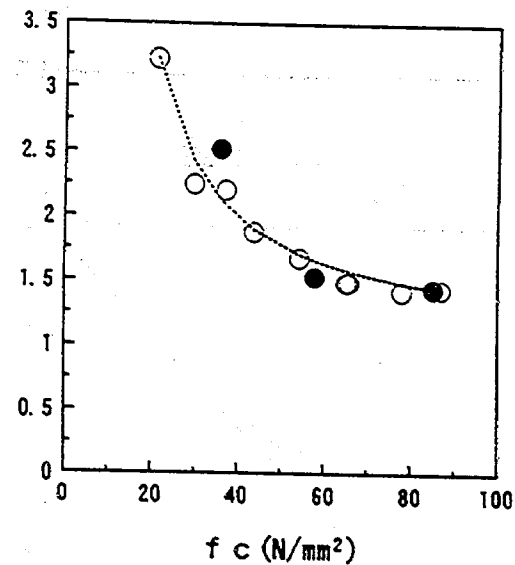
ν (回帰)



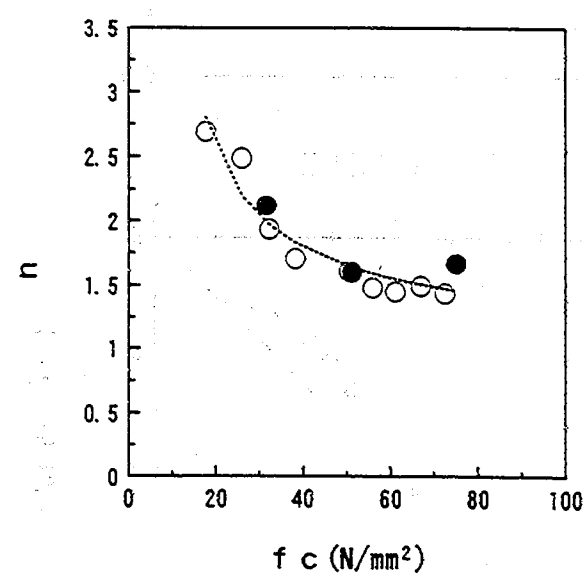
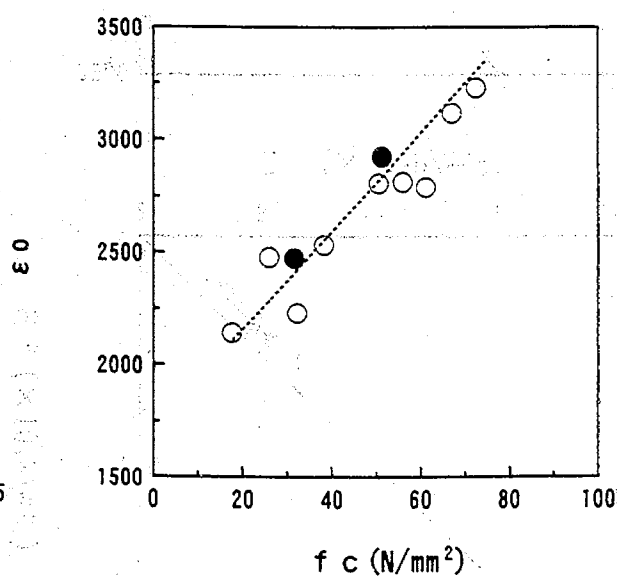
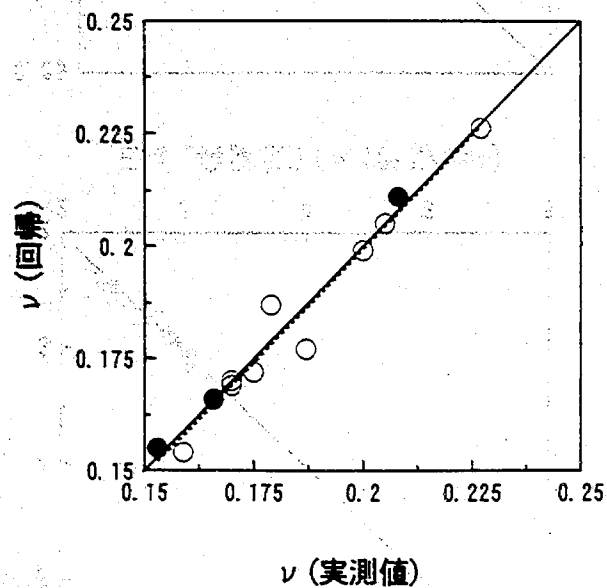
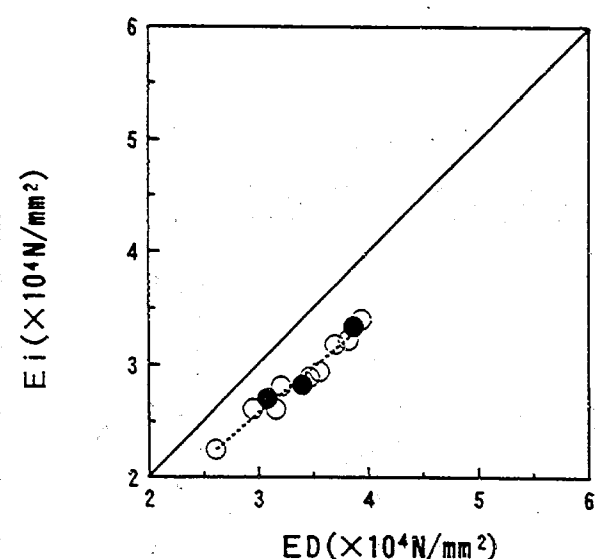
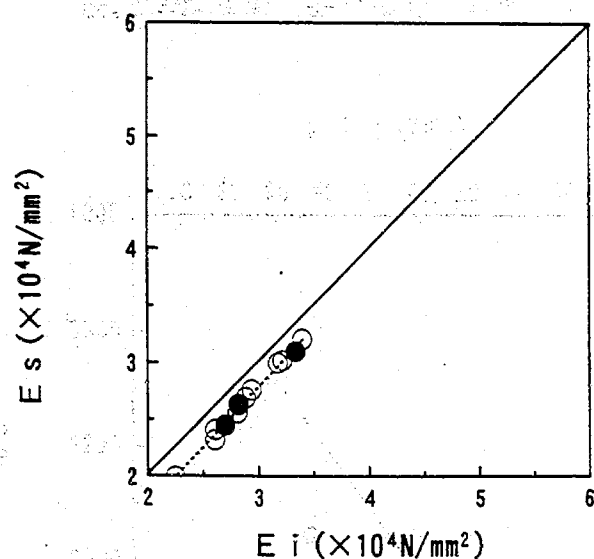
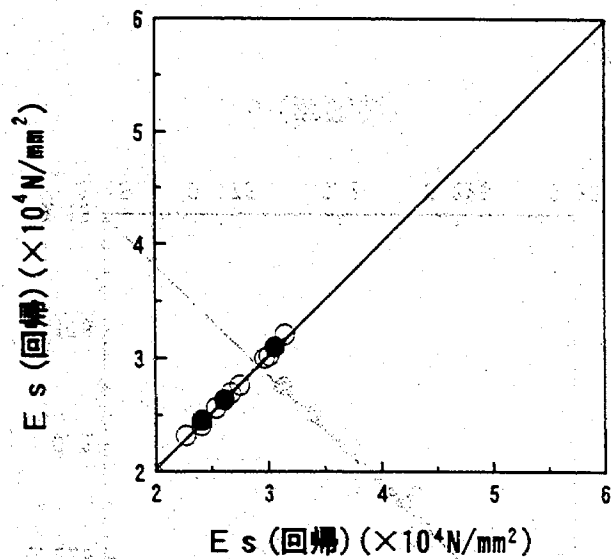
ϵ_s



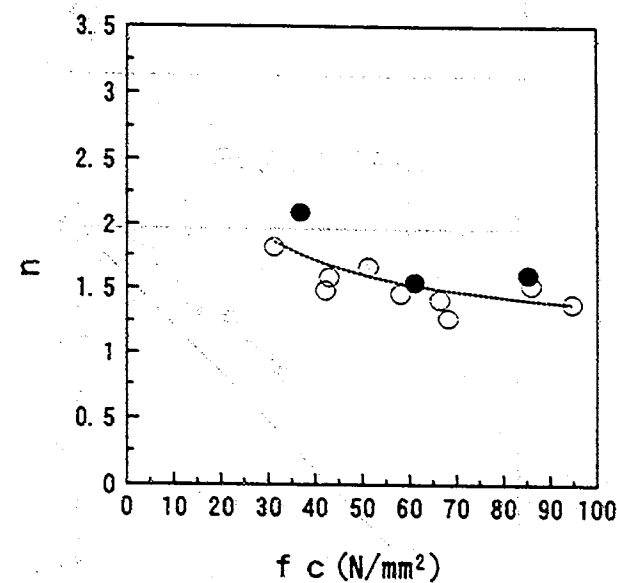
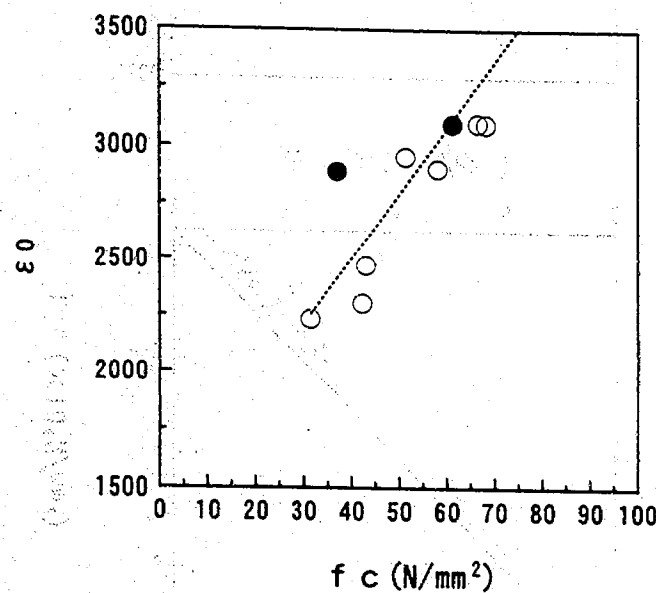
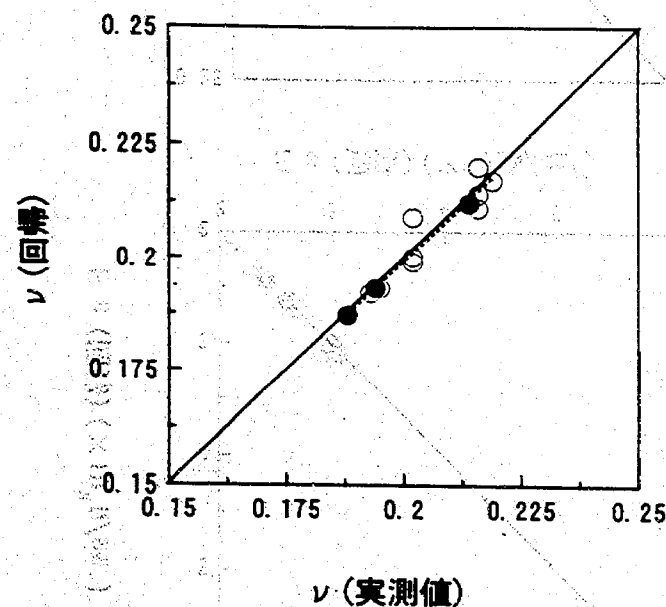
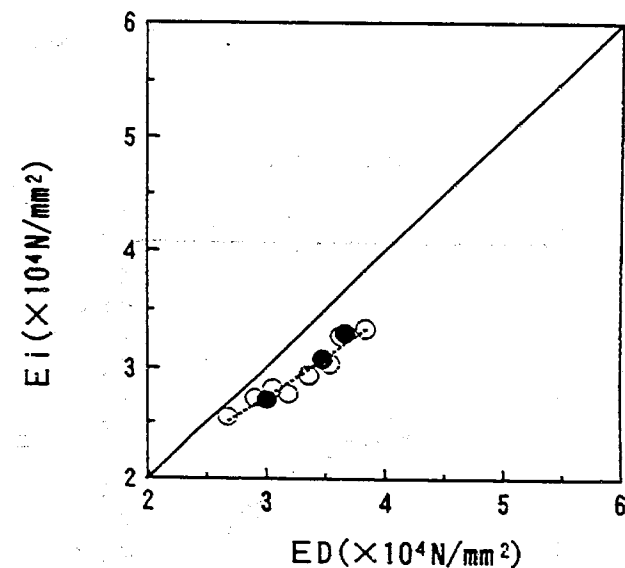
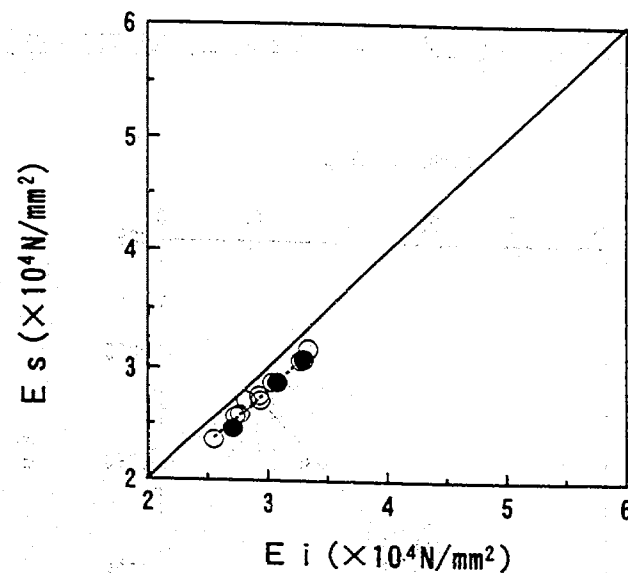
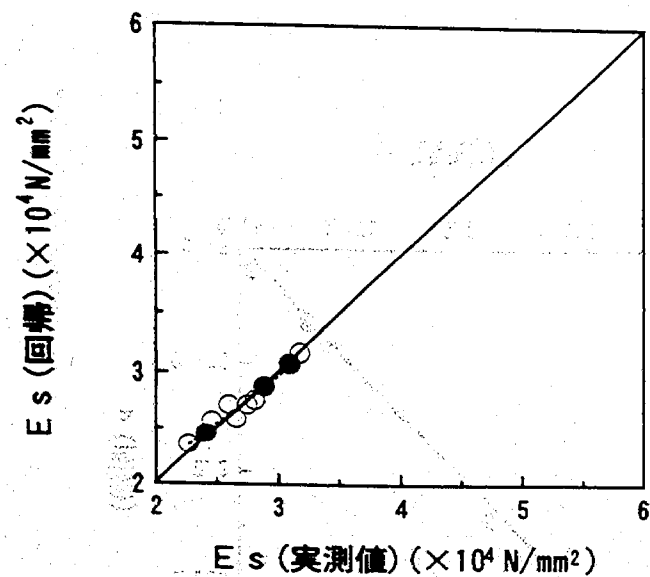
n



圧縮試験結果 (コンクリート: 骨材C) (Gmax40mm, 20mm)



圧縮試験結果 (コンクリート: 骨材D) (Gmax40mm, 20mm)



圧縮試験結果 (モルタル：骨材 a)

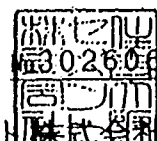
引張強度試験結果

Cmax (mm)	材齢 (日)	C/W	No.	引張強度				モルタル N/mm ²
				A N/mm ²	B N/mm ²	C N/mm ²	D N/mm ²	
40	7日	1.5	1	2.08	1.96	2.16	1.94	2.76
			2	2.00	1.98	2.30	1.99	2.84
			3	2.14	2.02	2.32	1.90	2.59
			平均	2.07	1.99	2.26	1.94	2.73
		2.5	1	3.81	3.84	3.49	3.36	3.40
			2	3.68	3.74	3.33	3.36	3.45
			3	3.51	4.01	3.74	4.49	3.57
			平均	3.67	3.86	3.52	3.74	3.47
		3.5	1	5.17	5.29	4.91	4.88	5.06
			2	4.93	5.30	4.50	5.19	5.62
			3	4.79	5.37	4.78	4.61	4.65
			平均	4.96	5.32	4.73	4.89	5.11
	28日	1.5	1	2.80	3.03	3.25	2.67	3.57
			2	2.65	2.85	3.22	2.99	3.66
			3	2.34	3.18	3.27	2.80	3.55
			平均	2.60	3.02	3.25	2.82	3.59
		2.5	1	4.31	4.03	4.11	3.94	4.45
			2	4.46	4.51	4.32	4.18	4.65
			3	4.44	4.11	4.64	3.58	4.63
			平均	4.40	4.22	4.36	3.90	4.58
		3.5	1	5.26	5.30	5.00	4.24	5.41
			2	5.12	5.04	5.75	4.61	5.86
			3	5.35	5.45	4.74	5.58	5.32
			平均	5.24	5.26	5.16	4.81	5.53
20	28日	1.5	1	2.88	3.16	3.36	3.27	3.97
			2	3.07	2.85	3.34	3.16	4.08
			3	3.31	3.13	3.37	3.14	4.07
			平均	3.09	3.05	3.36	3.19	4.04
		2.5	1	4.91	4.33	5.30	4.17	5.14
			2	4.60	5.39	5.23	4.24	5.82
			3	4.87	4.59	4.08	4.68	5.64
			平均	4.79	4.77	4.87	4.36	5.53
		3.5	1	5.28	5.69	5.99	5.32	7.12
			2	5.03	5.20	5.06	4.71	6.72
			3	5.56	6.51	5.09	5.09	6.69
			平均	5.29	5.80	5.38	5.04	6.84
	91日	1.5	1	3.35	3.32	3.24	3.10	3.39
			2	3.07	3.60	3.12	3.03	3.32
			3	3.12	3.46	3.47	2.93	2.94
			平均	3.18	3.46	3.28	3.02	3.22
		2.5	1	4.18	4.26	4.78	4.00	5.31
			2	4.50	4.39	4.41	3.98	5.13
			3	4.65	4.72	4.47	3.97	5.11
			平均	4.44	4.46	4.55	3.98	5.18
		3.5	1	5.19	5.83	5.56	5.66	5.19
			2	5.65	5.71	6.24	5.39	5.69
			3	5.85	5.59	5.96	5.87	6.13
			平均	5.56	5.71	5.92	5.64	5.67

引張強度試験結果 (割製面積率)

岩種	Gmax	C/W	No.	材齢 7 日				材齢 28 日				材齢 91 日			
				供試体 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積 (mm ²)	全骨材 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積率 (%)	供試体 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積 (mm ²)	全骨材 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積率 (%)	供試体 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積 (mm ²)	全骨材 面積 (mm ²)	骨材の 割製面積率 (%)
A	40	1.5	1	8287	270	3339	8.0	8939	411	3656	11.2	13076	586	5348	11.0
			2	7425	798	3037	26.3	9606	600	3929	15.3	11337	1297	4637	28.0
			3	7956	525	3254	16.1	—	—	—	—	12642	1100	5170	21.3
			平均	7889	531	3227	16.79	9272	505	3792	13.25	12352	994	5052	20.07
			標準偏差	355.1	215.6	145.2	7.5	333.5	94.3	136.4	2.0	739.0	299.7	302.2	7.0
1			8239	512	3370	15.2	—	—	—	—	12184	1164	4983	23.3	
2			8346	713	3414	20.9	—	—	—	—	11683	926	4778	19.4	
3			7200	198	2945	6.7	—	—	—	—	13161	705	5383	13.1	
平均			7928	474	3243	14.27	—	—	—	—	12342	931	5048	18.61	
標準偏差			516.9	211.9	211.4	6.8	—	—	—	—	613.6	187.4	250.9	4.2	
1			8183	575	3347	17.2	10386	1031	4248	24.3	14023	1399	5735	24.4	
2			7092	778	2901	26.8	10425	1011	4264	23.7	12978	1845	5308	34.7	
3			6945	515	2841	18.1	10296	855	4211	20.3	14201	778	5808	13.4	
平均			7407	623	3029	20.71	10369	965	4241	22.75	13734	1341	5617	24.18	
標準偏差			552.0	112.3	225.8	4.3	54.2	78.4	22.2	1.7	539.4	437.4	220.6	8.7	
1			8583	1285	3510	36.6	9353	2115	3825	55.3	14464	2331	5916	39.4	
2			8880	1297	3632	35.7	8747	1349	3577	37.7	13312	2342	5445	43.0	
3			8291	1317	3391	38.8	9720	2112	3975	53.1	14518	2817	5938	47.4	
平均			8584	1300	3511	37.05	9273	1858	3793	48.70	14098	2496	5766	43.28	
標準偏差			240.7	13.0	98.4	1.3	401.2	360.5	164.1	7.8	556.1	226.4	227.4	3.3	
A	40	2.5	1	7373	841	3016	27.9	8720	1300	3566	36.4	8469	855	3464	24.7
			2	5940	679	2429	27.9	7946	1142	3250	35.1	7646	451	3127	14.4
			3	7500	1101	3068	35.9	8654	1117	3539	31.5	8057	1173	3295	35.6
			平均	6938	874	2838	30.58	8440	1186	3452	34.37	8057	826	3295	24.89
			標準偏差	707.4	173.8	289.3	3.8	350.1	80.9	143.2	2.1	336.0	295.5	137.4	8.6
1			—	—	—	—	—	—	—	—	7372	1376	3015	45.6	
2			—	—	—	—	—	—	—	—	10391	746	4250	17.6	
3			—	—	—	—	—	—	—	—	7042	504	2880	17.5	
平均			—	—	—	—	—	—	—	—	8268	875	3382	26.90	
標準偏差			—	—	—	—	—	—	—	—	1507.0	367.6	616.4	13.3	
1			9492	1265	3882	32.6	10280	1432	4204	34.0	12905	1921	5278	36.4	
2			8484	1367	3470	39.4	9663	1115	3952	28.2	27042	1813	11060	16.4	
3			8960	1366	3665	37.3	9891	1407	4045	34.8	12192	1122	4986	22.5	
平均			8979	1333	3672	36.41	9944	1318	4067	32.35	17379	1619	7108	25.09	
標準偏差			411.6	48.1	168.4	2.9	254.7	143.8	104.2	2.9	6838.4	353.9	2796.9	8.4	
1			7548	1045	3087	33.8	—	—	—	—	13277	2141	5430	39.4	
2			7145	1669	2922	57.1	—	—	—	—	13936	3897	5700	68.4	
3			8800	2156	3599	59.9	—	—	—	—	14686	2683	6007	44.7	
平均			7831	1623	3203	50.28	—	—	—	—	13966	2907	5712	50.82	
標準偏差			704.8	454.9	288.3	11.7	—	—	—	—	575.9	734.3	235.6	12.6	
A	40	3.5	1	6133	1012	2508	40.3	9639	920	3942	23.3	8536	1125	3491	32.2
			2	7056	1088	2886	37.7	8235	1558	3368	46.2	8045	1067	3290	32.4
			3	7300	1434	2986	48.0	9336	1330	3818	34.8	8416	1040	3442	30.2
			平均	6830	1178	2793	42.01	9070	1269	3710	34.80	8332	1077	3408	31.62
			標準偏差	502.6	183.9	205.6	4.4	603.1	264.0	246.7	9.4	208.8	35.5	35.4	1.0
1			5424	655	2218	29.5	8338	974	3410	28.6	7593	829	3105	26.7	
2			7308	911	2989	30.5	8956	1177	3663	32.1	8263	1054	3380	31.2	
3			7300	956	2986	32.0	9144	1137	3740	30.4	11525	1635	4714	34.7	
平均			6677	840	2731	30.66	8812	1096	3604	30.36	9127	1172	3733	30.85	
標準偏差			886.4	132.6	362.5	1.0	344.3	87.6	140.8	1.5	1717.7	339.5	702.5	3.3	
1			6916	1103	2828	39.0	10471	1727	4283	40.3	13900	1843	5685	32.4	
2			7066	1025	2890	35.5	10221	1845	4180	44.1	12529	1618	5124	31.6	
3			7320	1171	2994	39.1	11554	1831	4725	38.7	13741	1269	5620	22.6	
平均			7100	1099	2904	37.85	10749	1801	4396	41.06	13390	1576	5476	28.85	
標準偏差			166.8	59.7	68.2	1.7	578.3	52.4	236.5	2.3	612.4	236.2	250.5	4.5	
1			7306	1054	2988	35.3	9395	2295	3843	59.7	8112	1111	3318	33.5	
2			8692	1673	3555	47.0	10238	1968	4187	47.0	8282	2194	3387	64.8	
3			7630	2064	3120	66.1	9217	2183	3770	57.9	8479	2132	3468	61.5	
平均			7876	1597	3221	49.49	9617	2148	3933	54.87	8291	1812	3391	53.24	
標準偏差			592.2	415.8	242.2	12.7	445.5	135.9	182.2	5.6	150.0	496.4	61.3	14.0	

セメント試験成績表



平成 7 年 10 月度

住友大阪セメント株式会社

種 類 品 質		普通ポルトランドセメント				早強ポルトランドセメント			
		JIS R 5210 規格値	試 験 成 績			JIS R 5210 規格値	試 験 成 績		
			平均値	標準偏差	最大値 (最小値)		平均値	標準偏差	最大値 (最小値)
比 重		——	3.15	——	——	——	3.13	——	——
比表面積 cm^2/g		2500以上	3290	77	——	3300以上	4520	82	——
凝 結	水 量 %	——	28.3	——	——	——	30.6	——	——
	始 発 h-min	60min以上	2 - 26	——	(2 - 01)	45min以上	1 - 56	——	(1 - 40)
	終 結 h-min	10 h 以下	3 - 52	——	4 - 17	10 h 以下	3 - 12	——	3 - 35
安 定 性		良	良	——	——	良	良	——	——
圧縮強さ N/mm^2	1 d	——	——	——	——	6.5以上	16.8	0.77	——
	3 d	7.0以上	18.2	0.84	——	13.0以上	29.0	1.04	——
	7 d	15.0以上	28.6	1.17	——	23.0以上	37.0	1.20	——
	28 d	30.0以上	41.5	1.38	——	33.0以上	47.6	1.43	——
水和熱 J/g	7 d	——	329	——	——	——	——	——	——
	28 d	——	377	——	——	——	——	——	——
酸化マグネシウム %		5.0以下	1.7	——	2.3	5.0以下	1.7	——	1.9
三酸化硫黄 %		3.0以下	1.9	——	2.3	3.5以下	3.1	——	3.3
強 熱 減 量 %		3.0以下	1.6	——	2.0	3.0以下	1.2	——	1.4
全アルカリ %		0.75以下	0.66	——	0.72	0.75以下	0.59	——	0.64
塩化物イオン %		0.02以下	0.007	——	0.014	0.02以下	0.007	——	0.012
備考：									

1. 試験方法は、JIS R 5201、JIS R 5202及びJIS R 5203による。
2. 28dの圧縮強さ及び水和熱は、前月度の値を示す。

お問い合わせその他ご連絡先

住友大阪セメント株式会社

東京支店技術課

〒101 東京都千代田区神田錦町1丁目8番
(OPビル6F)

TEL(03)3295-6046

横浜営業所 TEL(045)662-9704

千葉営業所 TEL(043)227-3055

長野営業所 TEL(0262)28-0510

高崎営業所 TEL(0273)63-0632

松本営業所 TEL(0263)36-5281

水戸営業所 TEL(0292)28-9137

御中

〒106 東京都港区
株式会社

平成 7 年 11 月度 コンクリート用化学混和剤試験結果報告書

品 名: ホソリリス NO.70 (原液)
種 類: AE減水剤 標準形 (I種)

1. コンクリートの試験結果

項 目		JIS A 6204による規定値	試 験 値	
			スランブ8cm	スランブ18cm
減 水 率 %		10 以上	13	12
ブリーディング量の比 %		70 以下	60	53
凝結時間の差 min	始 発	-60 ~ +90	+20	+35
	終 結	-60 ~ +90	+10	+15
圧縮強度比 %	材齢3日	115 以上	137	139
	材齢7日	110 以上	127	129
	材齢28日	110 以上	115	116
長さ変化比 %		120 以下	99	99
凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数 %)		80 以上	95	—
経時変化量	スランブ cm	— 以下	—	—
	空気量 %	— 以内	—	—

備考 1. 1㎡当たりの化学混和剤使用量 スランブ8cm 0.93 kg/㎡ スランブ18cm 1.00 kg/㎡

2. 材齢28日の圧縮強度比の値は、前月度の値である。

3. 長さ変化比及び凍結融解に対する抵抗性の試験は、年1回の頻度で実施し、この表に表示されている試験値は、平成 6 年 11 月分の試験結果である。

2. 塩化物イオン (Cl-) 量及び全アルカリ量

項 目	化学混和剤 中の含有量	1㎡当たりの 化学混和剤の 使用量	JIS A 6204による規定値	試 験 値
塩化物イオン(Cl-)量	0.10 %	1.00 kg/㎡	0.02 kg/㎡以下	0.00 kg/㎡
全アルカリ量	3.6 %	1.00 kg/㎡	0.30 kg/㎡以下	0.04 kg/㎡

備考 1㎡当たりの化学混和剤量及び試験値は、スランブ8cmおよびスランブ18cmのコンクリートのいずれか大きい場合の値を示す。

3. その他の項目

項 目	規 格 値	試 験 値
比重 (20℃)	1.24 ~ 1.26	1.244

注) セメント質量に対する化学混和剤使用量 250 ml/G=100kg

御中



〒106 東京都港区 芝 3-26-26号

平成 7 年 11 月度 コンクリート用化学混和剤試験結果報告書

品 名: レオヒタル SP-8H
 種 類: 高性能AE減水剤 標準形 (I種)

1. コンクリートの試験結果

項 目		JIS A 6204による規定値	試 験 値	
			スランブ 8cm	スランブ 18cm
減 水 率 %		10 以上	18	18
ブリーディング量の比 %		60 以下	40	30
凝結時間の差 min	始 発	-30 ~ +120	+20	+40
	終 結	-30 ~ +120	+35	+50
圧 縮 強 度 比 %	材 齢 3 日	135 以上	169	170
	材 齢 7 日	125 以上	143	143
	材 齢 28 日	115 以上	133	129
長 さ 変 化 比 %		110 以下	100	98
凍結融解に対する抵抗性 (相対弾塑性係数 %)		80 以上	—	97
経時変化量	スランブ cm	6.0 以下	—	3.5
	空気量 %	± 1.5 以内	—	0.8

備考 1. 1㎡当たりの化学混和剤使用量 スランブ 8cm 3.30 kg/㎡ スランブ 18cm 3.52 kg/㎡

2. 材齢28日の圧縮強度比の値は、前月度の値である。

3. 長さ変化比及び凍結融解に対する抵抗性の試験は、年1回の頻度で実施し、この表に表示されている試験値は、平成 6 年 11 月分の試験結果である。

2. 塩化物イオン (Cl-) 量及び全アルカリ量

項 目	化学混和剤中の含有量	1㎡当たりの化学混和剤の使用量	JIS A 6204による規定値	試 験 値
塩化物イオン (Cl-) 量	0.01 %	3.52 kg/㎡	0.02 kg/㎡ 以下	0.00 kg/㎡
全 アル カ リ 量	1.3 %	3.52 kg/㎡	0.30 kg/㎡ 以下	0.05 kg/㎡

備考 1㎡当たりの化学混和剤量及び試験値は、スランブ 8cm およびスランブ 18cm のコンクリートのいずれか大きい場合の値を示す。

3. その他の項目

項 目	規 格 値	試 験 値
比 重 (20℃)	1.04 ~ 1.06	1.049

注) セメント質量に対する化学混和剤使用量 C X 1.1 %