

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

(5)横川ダム原石山骨材

平成11年2月

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室

Copyright © (1999) by P.W.R. I.

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

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

未利用骨材資源の 利用技術に関する調査 (5)横川ダム原石山骨材

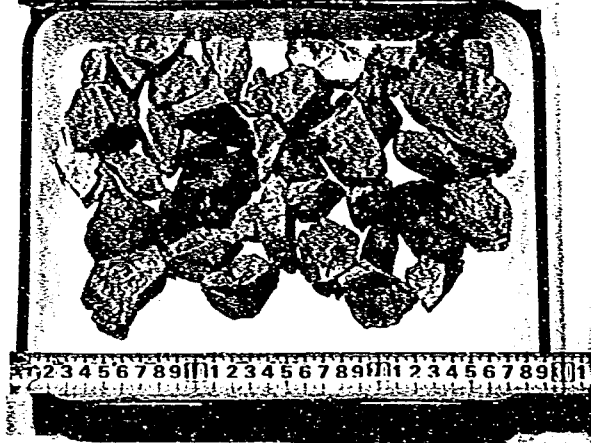
コンクリート研究室	室 長	河野 広隆
〃	主任研究員	森濱 和正
〃	研究員	古賀 裕久

要 旨

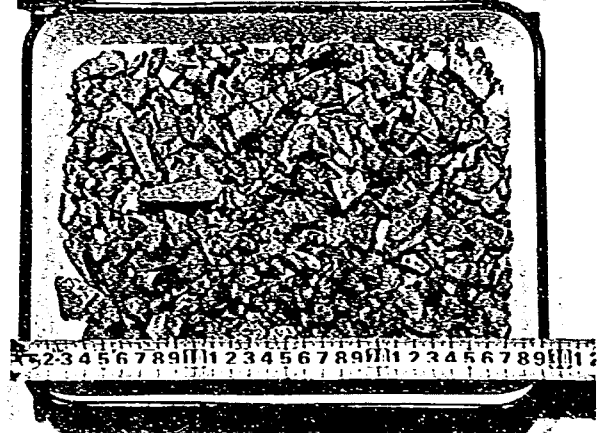
コンクリートダムにおいてこれまで廃棄対象と区分されてきた岩を、省資源・省エネルギー、環境保全の観点から、提体内部のRCD用コンクリート骨材として有効利用することを検討する。本報告書では、横川ダム原石山予定地から採取される、節理が発達した最大粗骨材寸法 40mmの骨材を対象に、主に強度と施工性の面からRCD用コンクリート骨材としての適用性を検討した結果をとりまとめた。

キーワード：未利用骨材の有効利用，省資源，省エネルギー，環境保全，RCD用コンクリート，骨材強度，品質管理

CL 40~20mm



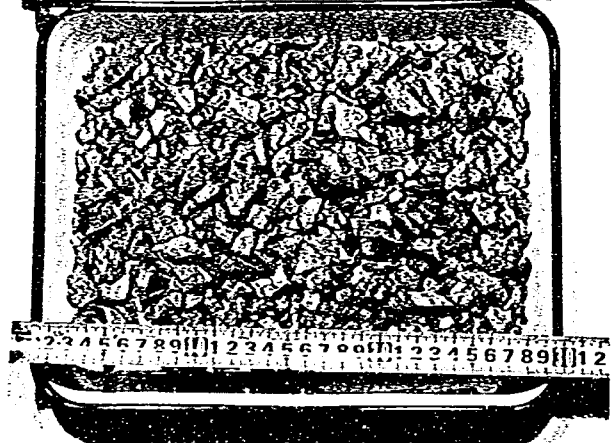
CL 20~5mm



CM 泥質岩 40~20mm



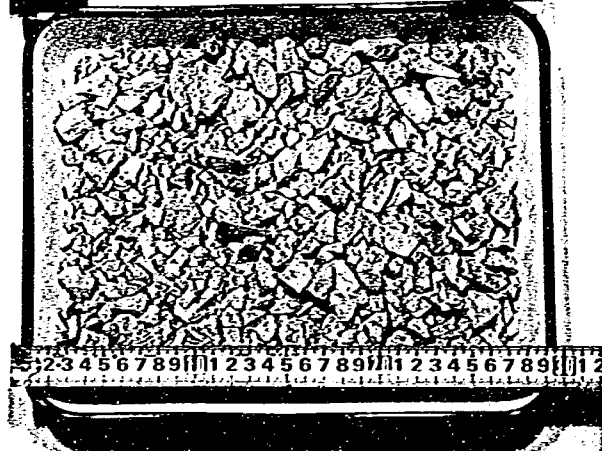
CM 泥質岩 20~5mm



CM 砂質岩 40~20mm



CM 砂質岩 20~5mm



目 次

1. はじめに	1
1.1 検討の目的	1
1.2 報告書の構成	3
2. 骨材試験	4
2.1 使用材料と基本的物理試験結果	4
2.1.1 細骨材	4
2.1.2 粗骨材	5
2.1.3 微粒分（結合材・石粉）	6
2.1.4 混合骨材の実積率に関する試験	7
2.2 骨材の強度に関する試験	8
2.2.1 点載荷試験結果	8
2.2.2 破砕試験結果	14
2.3 フレッシュコンクリートを用いた骨材の破砕性に関する試験	22
2.3.1 試験の概要	22
2.3.2 各種試験による骨材の粒度変化	23
2.4 骨材試験のまとめ	27
3. コンクリート試験	28
3.1 実験概要	28
3.1.1 使用材料	28
3.1.2 実験方法	28
3.1.3 実験項目	29
3.2 基本配合の検討	30
3.2.1 基本配合	30
3.2.2 粗骨材にCL骨材のみを用いた場合	33
3.2.3 考察	33
3.3 結合材量・フライアッシュ置換率の検討	35
3.3.1 ワークability	35
3.3.2 圧縮強度	37
3.3.3 断熱温度上昇試験結果	39
3.3.4 考察	40
3.4 その他の検討	44
3.4.1 モルタル試験	44
3.4.2 コンクリートの引張強度試験	46
3.4.3 混和剤の違いとフレッシュコンクリートの経時変化	49
3.4.4 供試体寸法と圧縮強度	49
3.5 コンクリート試験のまとめ	50
3.5.1 今回の検討結果	50
3.5.2 今後の検討課題	51
資料編	53

1. はじめに

1.1 検討の目的

横川ダム原石山予定地から採取された最大粗骨材寸法（G max）40mmの骨材を用いて、RCD用コンクリートの配合を検討した。

横川ダムの原石山予定地の岩盤では、節理が発達しており、以下の点が問題とされた。

- 1)通常ダムコンクリートに使用される骨材に比べると最大粗骨材寸法が小さくなるため、必要なワーカビリティや強度を得るための単位水量・単位セメント量の増加が予想される。これにより、水和熱の増大が問題になる。
- 2)骨材に潜在的なクラックが多く含まれていると、骨材の採取後、運搬やコンクリートの練り混ぜ、RCD工法による施工の各段階で、骨材の割れ・粒度変化があり、強度・施工面ともに悪影響を及ぼすことが考えられる。

これに対し、平成9年度は、主に以下の三点について検討を行った（図-1.1.1参照）。

①C_L骨材に関する検討

原石山の中では比較的風化が進んでいると考えられるC_L風化部から採取されるC_L骨材（節理が発達しており、また骨材表面には褐色の微粒分の付着が多く見られる）が、RCD用コンクリートとして使用できるかどうか、強度・施工面から検討した。

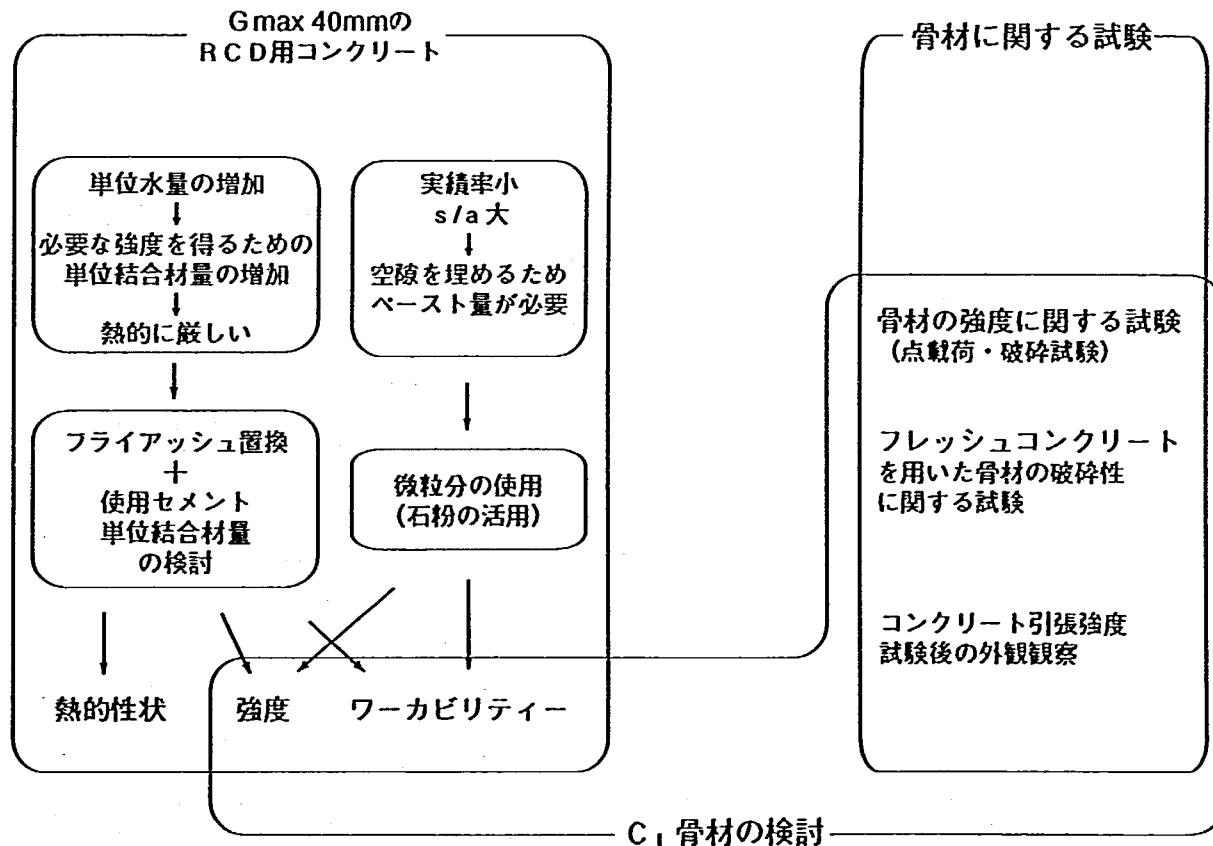


図- 1.1.1 主な検討内容

②石粉・フライアッシュの積極的な利用に関する検討（最大粗骨材寸法 40mmでの配合）

最大粗骨材寸法 40mmの骨材を用いることにより、 s/a が大きくなり、骨材間の空隙が増大する。必要なワーカビリティを確保するには、この空隙を埋めるためにコンクリート中のペースト分を多くする必要がある。そこで、骨材製造の過程で発生する石粉（微粒分）を細骨材の一部として積極的に使用することを検討した。

また、石粉による細骨材の置換を行ってもなお、単位結合材量（単位セメント量）は、通常の配合よりも大きくなることが予想される。そこで水和熱対策とワーカビリティ改善を狙って、フライアッシュによるセメントの多量置換を検討した。平成9年度は、施工性および強度面からフライアッシュ多量置換の影響を検討した。本報告書では、これに加えて、平成10年度に横川ダム工事事務所において検討された断熱温度上昇試験の結果についてもあわせてとりまとめた。

③骨材（粗骨材）の強度特性に関する検討

①にも関連するが、廃棄岩を減らし、骨材採取の効率性を向上するには、低品質な骨材がコンクリート強度に与える影響やフレッシュコンクリートのワーカビリティに与える影響を、適切に評価することが必要になる。コンクリート研究室では、従来よりダム用骨材を対象に、骨材の採否や品質管理に用いる簡便な試験法を検討しており、今回用いた骨材についても各種の骨材強度に関する試験を行った。

1.2 報告書の構成

検討の目的については先に述べたとおりであるが、実験・試験は複数の目的に関連するものが多く、報告書は各種の実験・試験ごとに結果をまとめることにした。以下に各実験・試験ごとの目的等について若干の補足を行った。

2. 骨材試験

これまでも継続的に行ってきた骨材の強度に関する試験を行い、結果をまとめた。同時に、各試験結果を用いて、今回採否を検討する対象である C_L 骨材の程度を C_M 骨材（原石山の中では比較的良好な部分であると判断されている）と比較することも行った。

2.2 骨材の強度に関する試験

骨材の施工時のわれや硬化コンクリートでの強度への影響は、骨材の破碎性を評価できれば、総合的に取り扱うことができる可能性がある。この方法として、骨材の点載荷試験とBSの規格を参考に連続粒度の骨材を用いた破碎試験を行った。

点載荷試験は、労力は大きいが粗骨材一つ一つの圧裂強度をみることができる試験である。点載荷試験で得られる結果は、ワイブル分布を用いて、骨材全体の品質（圧裂強度）を統計的に扱うことができるように整理した。

一方、破碎試験は、コンクリートの練り混ぜに用いる骨材をまとめて試験し、簡易に評価しようとするものである。この結果は、点載荷試験の結果などと比較することを検討した。

2.3 フレッシュコンクリートを用いた骨材の破碎性に関する試験

RCD用コンクリートの練り混ぜ時や施工時の骨材の割れを評価するための試みとして、フレッシュコンクリートを用いた各種の試験を行った。これらの試験については、これまでのデータの蓄積も少なく評価が難しい。今回は試験方法と結果を簡単にまとめた。

3. コンクリート試験

3.2 基本配合の検討

最大粗骨材寸法40mmの骨材を使用した場合の、RCD用コンクリートの配合について検討した。この際、石粉による細骨材の置換を行い、その効果を検討した。

また、 C_L 骨材を50%混入したケースと C_L 骨材のみのケースの比較を行い、 C_L 骨材使用の影響を検討した。

3.3 結合材量・フライアッシュ置換率の検討

主にフライアッシュによるセメントの大量置換を行った場合の強度への影響を検討した。今後の詳細な配合決定に資するために、セメント種類・結合材量・フライアッシュ置換率を変化させた配合ケースについて行い、ワーカビリティー、強度および熱的性状への影響を見た。

2. 骨材試験

2.1 使用材料と基本的物理試験結果

2.1.1 細骨材

細骨材は、表-2.1.1に示した3種類の骨材を、 C_L 荒目： C_L 細目： $C_M=1:1:2$ の割合で混合したものを用いた。

表-2.1.1 細骨材の物理試験結果

	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	FM	実積率 (%)	単位容積質量 (kg/l)
C_L 荒目	2.60	1.48	3.17	65.2	1.672
C_L 細目	2.61	1.20	1.22	60.5	1.560
C_M	2.64	1.17	2.20	67.8	1.761
混合	2.62	1.26	2.54	67.3	1.745

ふるいの 呼び寸法 (mm)	通過質量百分率 (%)			
	C_L 荒目	C_L 細目	C_M	混合
10	100.0	100.0	100.0	100.0
5	98.2	100.0	100.0	99.5
2.5	81.8	99.8	83.7	87.3
1.2	52.0	97.8	59.7	67.3
0.6	29.3	88.8	37.2	48.1
0.3	15.1	62.8	21.1	30.0
0.15	6.7	28.2	9.3	13.4
受け皿	0.0	0.0	0.0	0.0

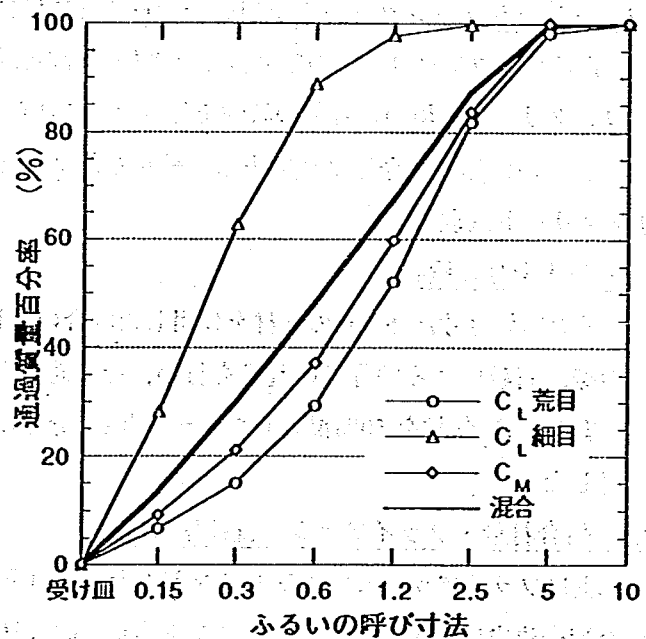


図-2.1.1 細骨材ふるい分け試験結果

2.1.2 粗骨材

粗骨材は、表-2.1.2に示した6種類の骨材を、表-2.1.3の割合で混合したものを標準として使用した。コンクリート試験では、 C_L 骨材のみを用いた場合（4020：2005＝3：7で使用）も検討している。節理が発達して、粒径の大きな粗骨材が採取できないのが、横川ダム原石山（予定地）の特徴であり、特に C_L 骨材は、粒径の小さな骨材が多い。

なお、ここでいう C_L 骨材は、 C_M 骨材よりも風化による影響を受けている部分のものであり、砂質岩と泥質岩が混合したものである。

表-2.1.2 粗骨材の物理試験結果

	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	FM	実積率 (%)	単位容積質量 (kg/l)
C_L 4020	2.62	0.76	7.89	55.5	1.445
2005	2.62	1.19	6.26	57.1	1.478
C_M 砂質 4020	2.62	0.96	7.81	55.4	1.437
2005	2.62	1.49	6.15	58.0	1.498
C_M 泥質 4020	2.69	0.89	7.69	56.2	1.499
2005	2.69	0.92	6.12	57.4	1.530
混合	2.64	1.07	6.76	58.5	1.528
C_L のみ	2.62	0.91	6.75	61.2	1.588

表-2.1.3 粗骨材の混合比

	C_L	C_M 泥質	C_M 砂質
4020	0.15	0.11	0.09
2005	0.35	0.165	0.135

ふるいの 呼び寸法 (mm)	通過質量百分率 (%)			
	C_L	C_M 泥質	C_M 砂質	混合
50	100.0	100.0	100.0	100.0
40	99.3	98.3	99.0	98.9
30	95.1	95.8	93.5	94.9
25	86.5	90.0	81.9	86.4
20	73.9	73.3	65.1	71.7
15	67.5	62.4	59.2	64.2
10	43.0	43.6	42.8	43.1
5	7.5	9.1	7.9	8.0
2.5	0.7	0.9	0.8	0.3

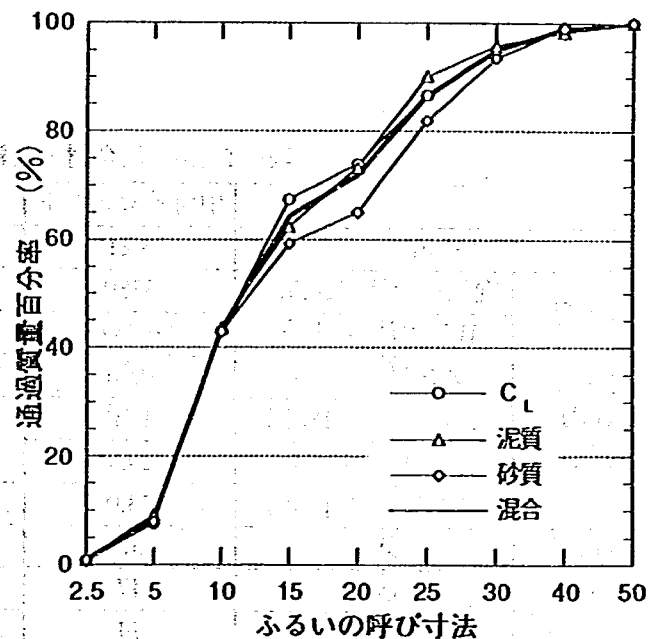


図-2.1.2 粗骨材ふるい分け試験結果

2.1.3 微粒分（結合材・石粉）

結合材として、中庸熱セメント、普通セメント、フライアッシュを用いた。これらの試験成績を、表-2.1.4に示した。

また、今回のRCD用コンクリートの検討にあたっては、ワーカビリティの改善を目的として、骨材製造の際に発生する石粉を細骨材中に混入することを検討した。今回の試験では、 C_M （細）骨材を粉砕して作成した石粉を用いたが、この石粉の品質についてもあわせて示した。

なお、コンクリート中に含まれる0.15mm以下の粒子を微粒分と総称することにする。図-2.1.3からわかるように、微粒分には、結合材・石粉・細骨材中の0.15mm以下の粒子が含まれる（「3.1.1 使用材料」を参照）。

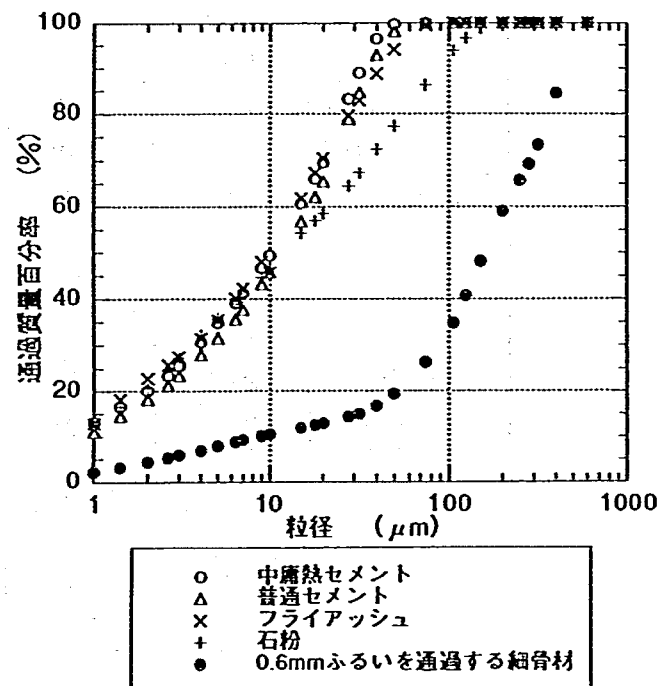


図-2.1.3 微粒分の粒度分布
(レーザー回折による)

表-2.1.4 結合材・石粉の物理試験結果

		中庸熱セメント	普通セメント	フライアッシュ	石粉
密度 (g/cm ³)		3.21	3.16	2.36	2.70
比表面積	空気透過法 (cm ² /g)	3580	3490	3680	4300
	BET法 (m ² /g)	0.767	0.737	1.78	3.16
かさ密度 (g/cm ³)	タンピング無し	0.96	0.94	0.96	0.94
	タンピング 180回	1.70	1.67	1.46	1.59
実積率 (%)	タンピング無し	29.9	29.7	40.7	34.8
	タンピング 180回	53.0	52.8	61.9	58.9
安息角 (deg)	気中	52	58	51	54
	水中	47	48	42	32
ゼータ電位 (mV)		74	72	63	64
メチレンブルー吸着量 (mg/g)		—	—	0.38	2.89

2.1.4 混合骨材の実積率に関する試験

(1) 粗骨材と細骨材の混合率と実積率

粗骨材と細骨材を混合した試料を用いて、単位容積質量及び実積率を測定した。結果を図-2.1.4に示す。細骨材の混合率が40%程度のときに実積率が最大となった。

(2) 細骨材中の微粒分含有率と実積率

細骨材中の微粒分（粒径0.15mm以下の粒子）含有率と実積率・間隙比の関係を図-2.1.5、図-2.1.6に示す。ただし、ここでは骨材量の関係から、コンクリートに用いた細骨材ではなく、 C_M 細骨材から0.6mm以下の微粒分をカットした骨材に、 C_M 骨材を粉砕して作成した石粉を混合した試料を用いて試験を行ったことを断っておく（図-2.1.3、図-3.3.3を参照）。

細骨材中の微粒分の割合が、体積で約17%のときに実積率が最大となった。

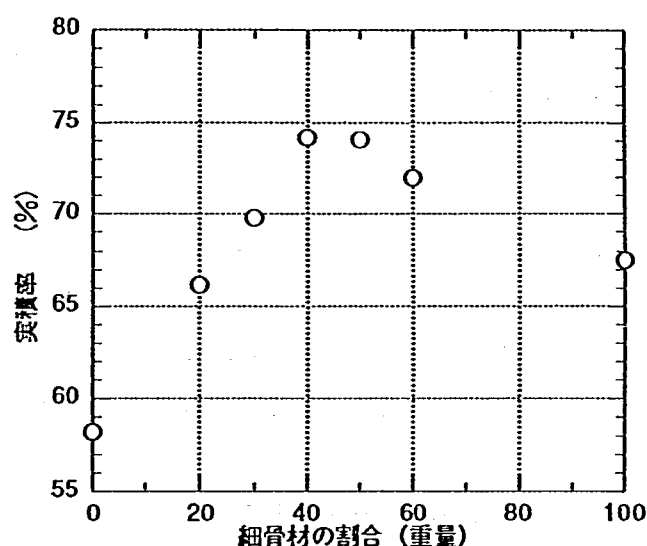


図-2.1.4 細骨材・粗骨材の混合率と実積率の関係

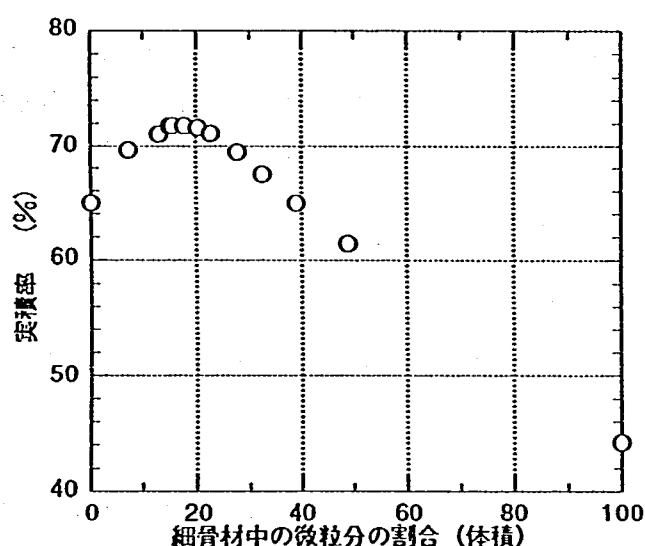


図-2.1.5 細骨材の微粒分含有率と実積率の関係

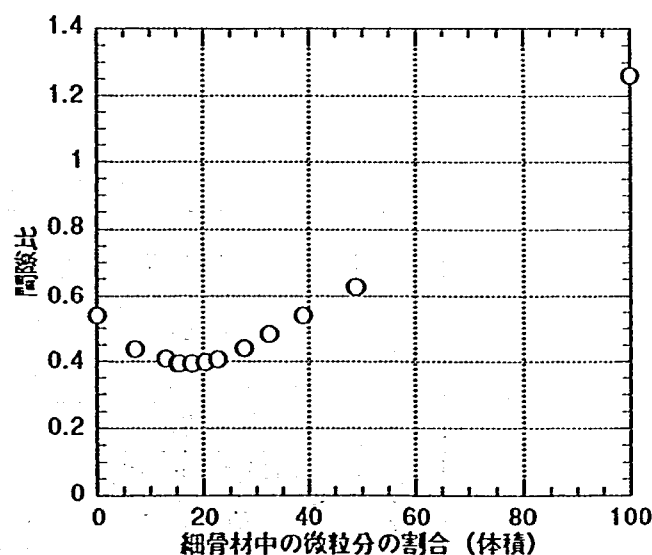


図-2.1.6 細骨材の微粒分含有率と間隙比の関係

2.2 骨材の強度に関する試験

2.2.1 点載荷試験結果

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，点載荷圧裂強度を式（2.2.1）により求めた。試料数は表-2.2.1のようにし，粒径および節理に対する方向の相違による影響をみた。

$$f_{pa} = 0.9 \frac{P}{D^2} \dots\dots\dots (2.2.1)$$

ただし， f_{pa} ：点載荷圧裂強度（N/mm²）

P ：最大荷重（N）

D ：載荷点距離（mm）

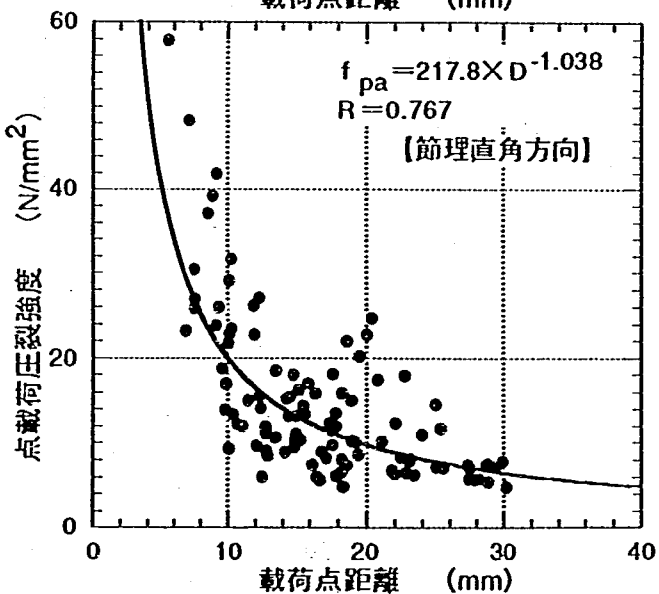
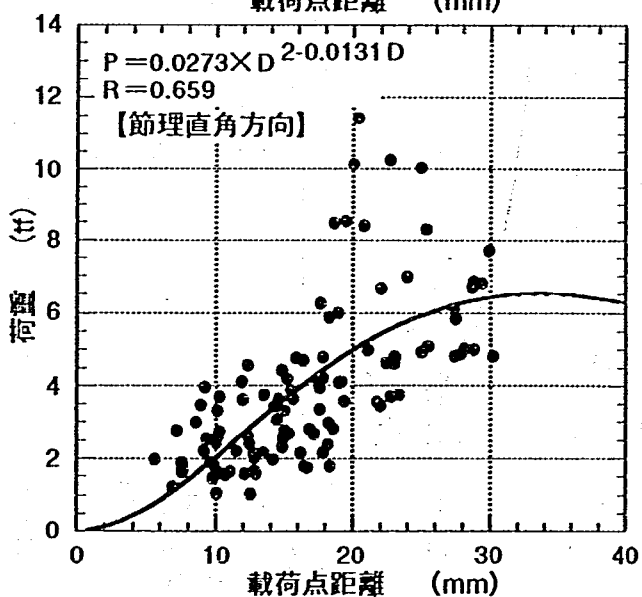
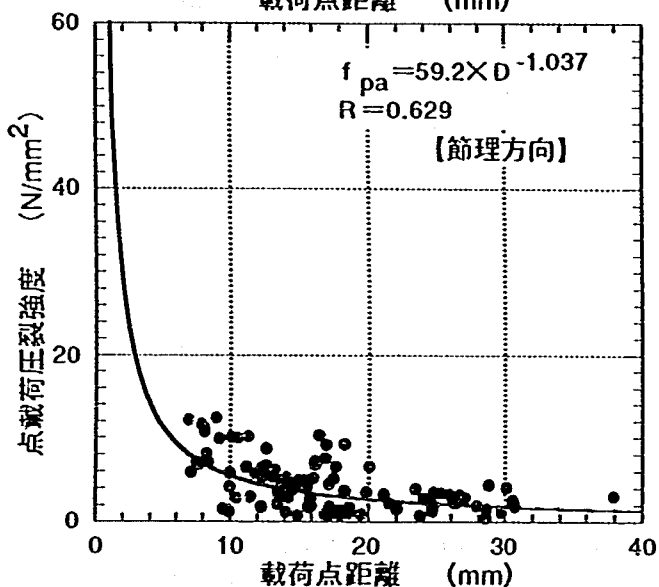
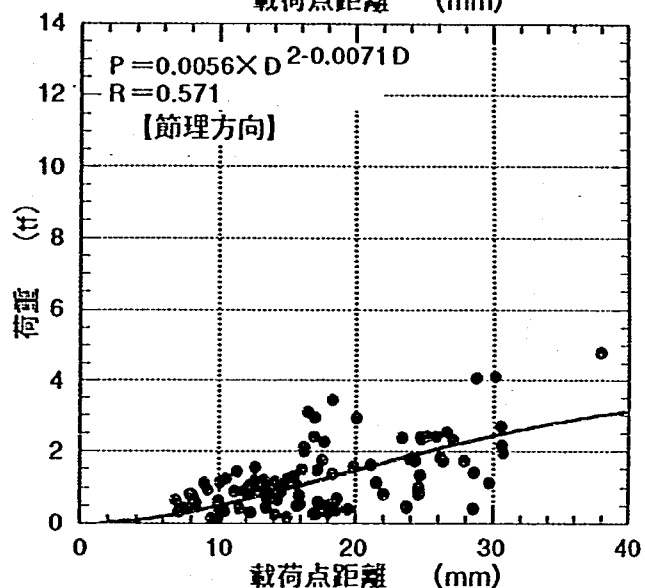
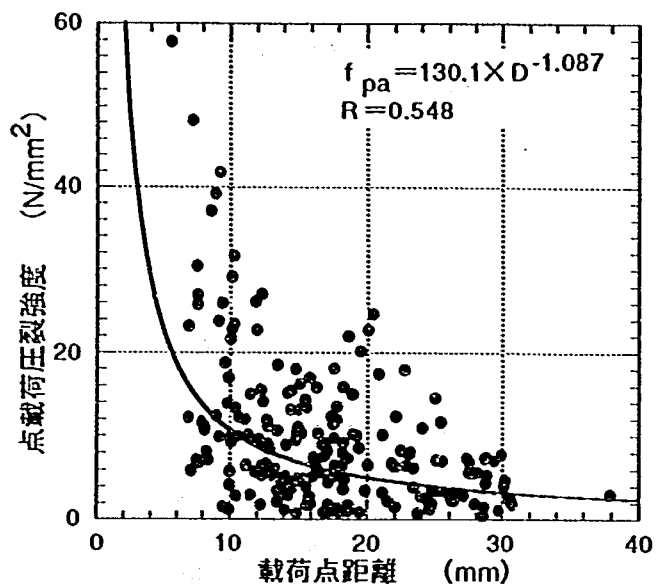
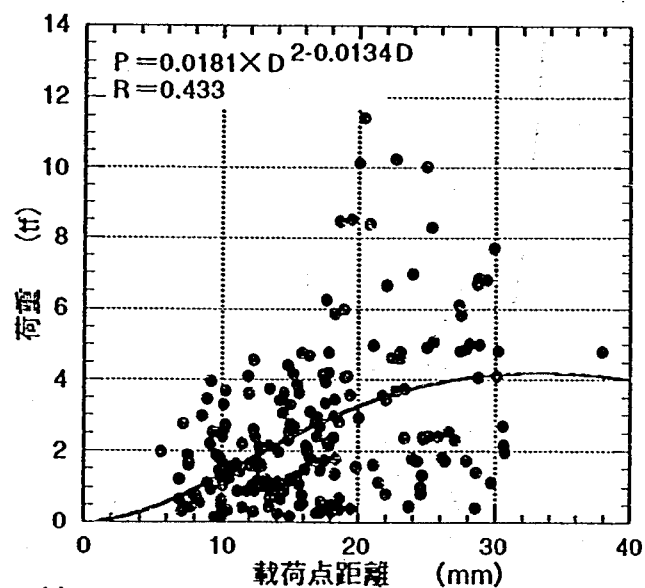
点載荷試験の結果を図-2.2.1～図-2.2.3に示す。ただし，点載荷試験では，各試料ごとつまり一つ一つの骨材の強度しかわからないので，これをワイブル分布を用いて統計的に扱うことにした。ワイブル分布を用いて求めた各粒度ごとの平均値，変動係数などを表-2.2.2，表-2.2.3にまとめた。計算方法等については資料編に示す。

点載荷試験による圧裂強度は，骨材の種類による差は小さく，各骨材でほとんど同じであった。また，いずれの骨材でも，骨材の節理方向に載荷した場合とこれに垂直な方向に載荷した場合で圧裂強度に大きな違いがみられる。骨材の節理方向で載荷した場合には，節理に対し直角な方向に載荷した場合の1/3以下の圧裂強度しかえられていないことが多い。また，節理方向の場合の方が，試料による強度差（変動係数）は大きい。

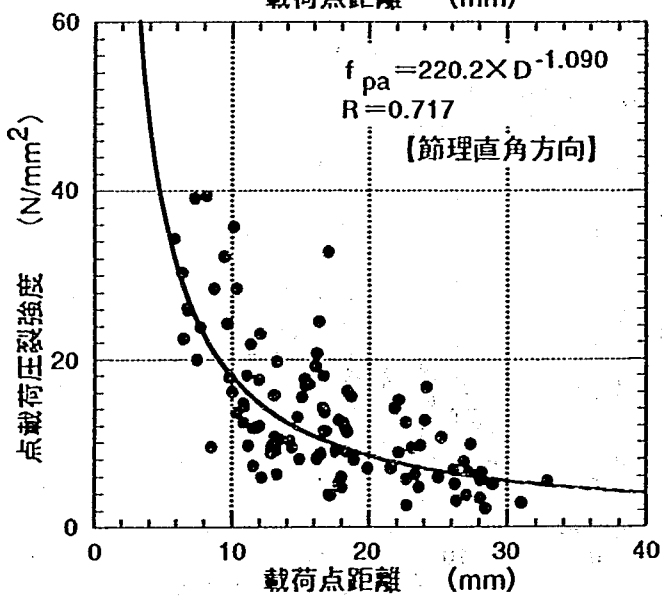
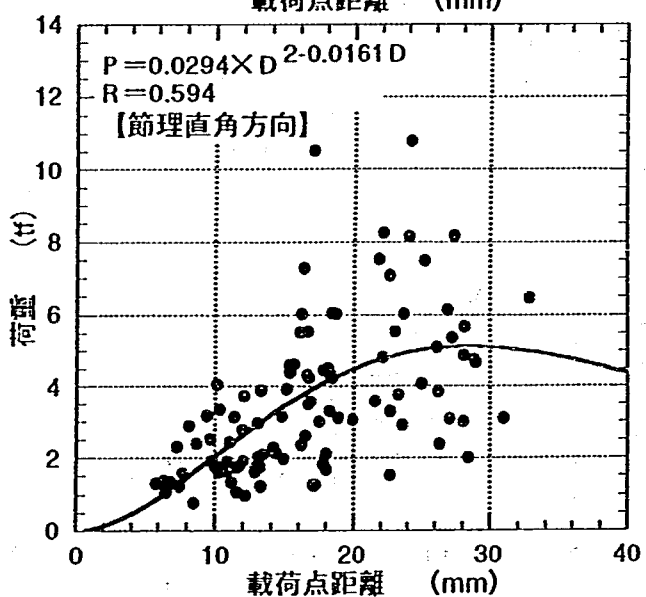
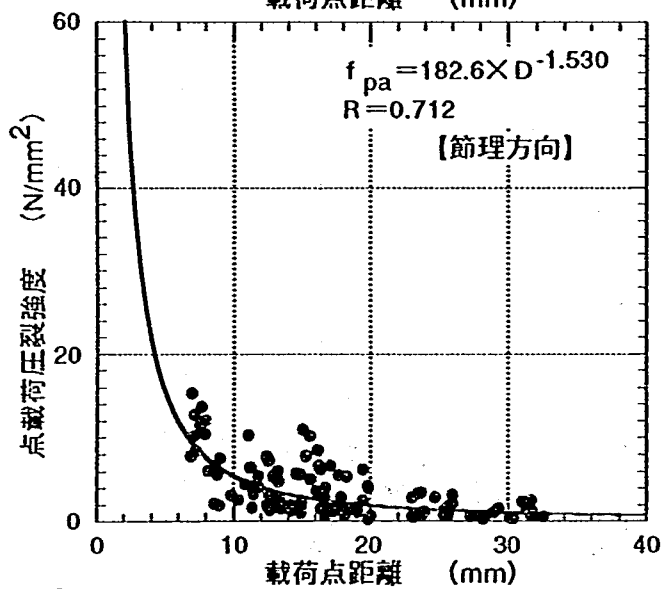
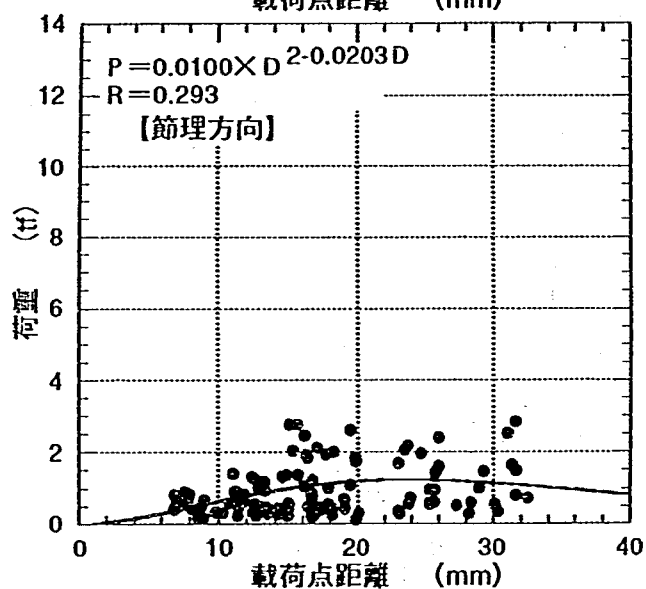
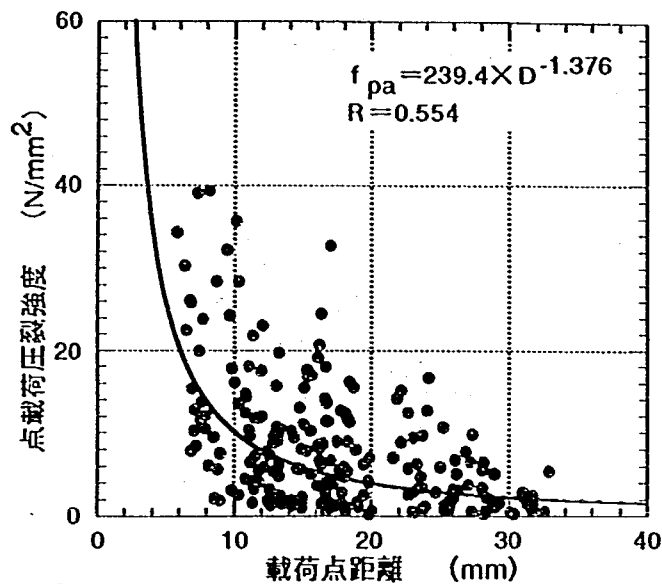
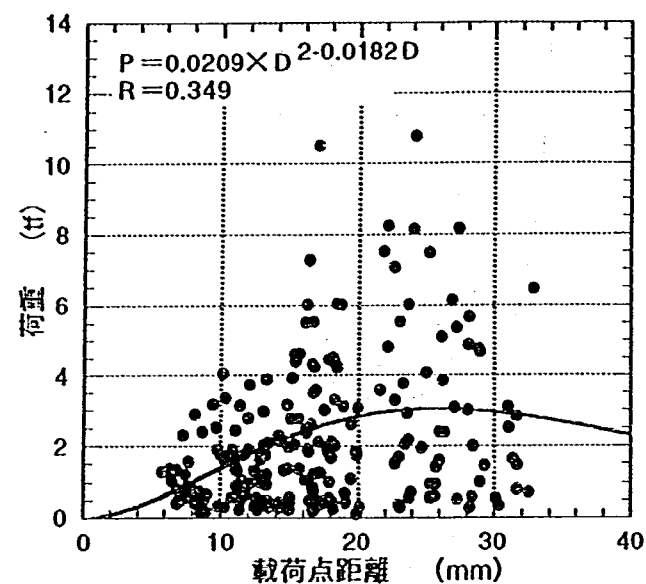
図-2.2.4，図-2.2.5には，載荷点距離の算術平均と圧裂強度，変動係数の関係を示した。圧裂強度は，載荷点距離（粒径）が大きくなると，寸法効果のために小さくなる傾向が見られる。

表-2.2.1 点載荷試験試料数

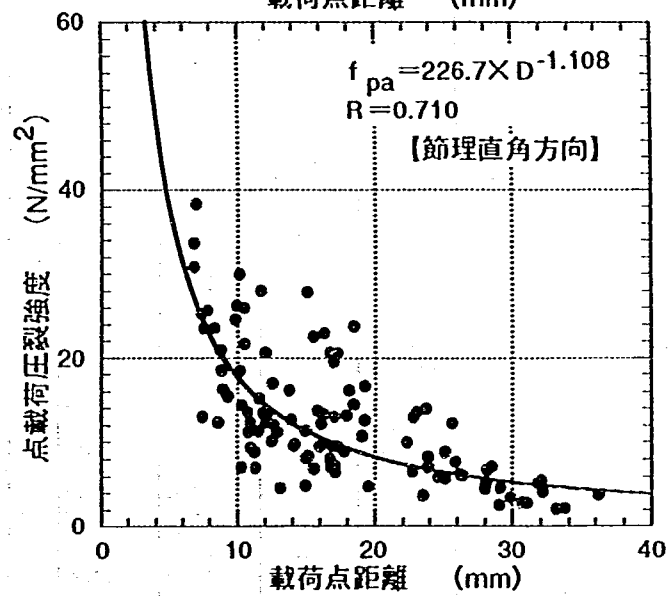
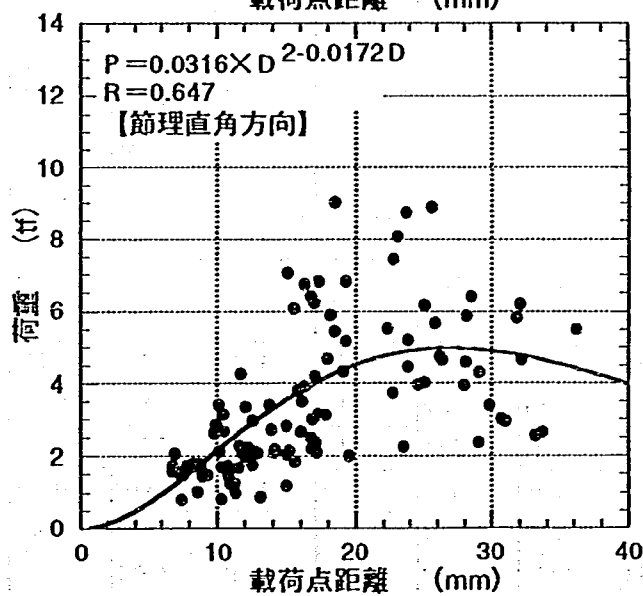
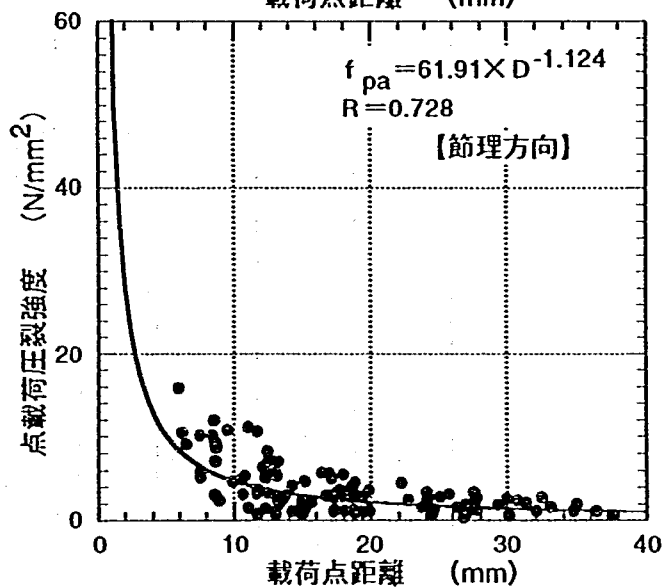
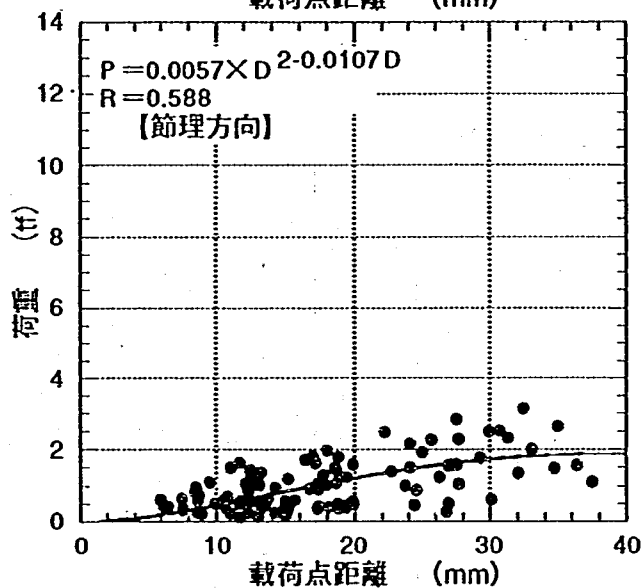
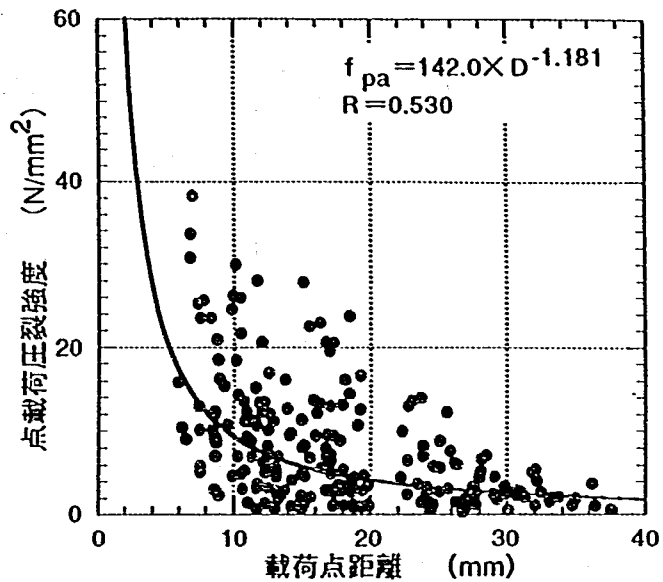
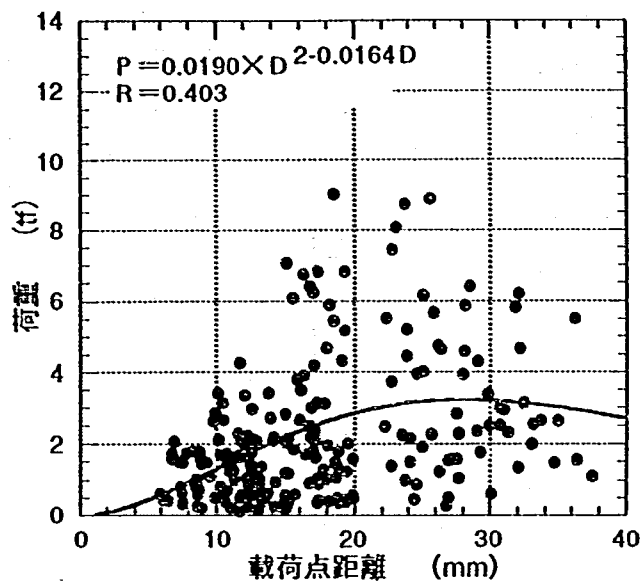
骨材種類・載荷方向		粒径（mm）			
		40～20	20～15	15～10	10～5
C_L	節理方向	30	30	30	15
	節理に直角方向	30	30	30	15
C_M (泥質)	節理方向	30	30	30	15
	節理に直角方向	30	30	30	15
C_M (砂質)	節理方向	30	30	30	15
	節理に直角方向	30	30	30	15



圖一 2.2.1 点載荷試驗結果 (C₁)



図一 2.2.2 点載荷試験結果 (C_M 泥質)



圖一 2.2.3 点載荷試驗結果 (C_M 砂質)

表-2.2.2 点載荷試験結果 (連続粒度)

骨材の種類	粒径 (mm)	試料数 (個)	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	尺度母数	相関係数
C _L 全	40~5	210	11.31	—	57.85	0.48	2.96	26.2	—	—	—
C _L 節理方向		105	5.65	—	12.4	0.48	2.50	44.2	—	—	—
C _L 節理直角方向		105	16.96	—	57.85	4.76	5.38	31.7	—	—	—
C _M 泥質全	40~5	210	10.11	—	39.42	0.26	2.48	24.5	—	—	—
泥質節理方向		105	5.27	—	15.32	0.26	2.41	45.7	—	—	—
泥質節理直角方向		105	14.96	—	39.42	2.23	4.33	29.0	—	—	—
C _M 砂質全	40~5	210	8.80	—	38.29	0.33	2.00	22.7	—	—	—
砂質節理方向		105	4.89	—	15.80	0.33	1.85	37.7	—	—	—
砂質節理直角方向		105	12.72	—	38.29	2.08	3.55	28.0	—	—	—
混合全	40~5	630	10.41	—	57.85	0.26	1.69	16.3	—	—	—
混合節理方向		315	5.37	—	15.80	0.26	1.47	27.4	—	—	—
混合節理直角方向		315	15.46	—	57.85	2.08	3.05	19.7	—	—	—

表-2.2.3 点載荷試験結果 (単粒度)

骨材の種類	粒径 (mm)	試料数 (個)	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	尺度母数	相関係数
C _L 節理方向	40~20	30	2.60	2.02	6.57	0.48	1.40	53.6	1.944	8.114	0.992
	20~15	30	3.88	1.26	10.29	0.83	3.07	79.0	1.275	6.212	0.949
	15~10	30	5.17	3.68	10.11	0.72	2.98	57.7	1.792	23.41	0.988
	10~5	15	8.48	4.03	12.40	1.26	6.02	71.0	1.430	24.37	0.949
C _L 節理直角方向	40~20	30	10.05	8.55	24.70	4.76	4.88	48.5	2.173	196.2	0.876
	20~15	30	11.44	11.19	22.00	4.82	4.16	36.3	3.001	2104	0.990
	15~10	30	15.25	13.86	31.64	5.93	6.66	43.7	2.443	1042	0.964
	10~5	15	30.30	28.19	57.85	13.88	12.62	41.7	2.575	8866	0.974
C _M 泥質 節理方向	40~20	30	1.44	0.85	3.46	0.34	0.93	64.7	1.582	2.116	0.965
	20~15	30	4.08	0.99	10.91	0.26	3.41	83.4	1.204	5.864	0.993
	15~10	30	4.04	2.79	10.30	0.96	2.38	59.1	1.747	14.02	0.980
	10~5	15	9.09	5.25	15.32	1.96	5.95	65.5	1.561	37.03	0.973
C _M 泥質 節理直角方向	40~20	30	7.36	6.11	16.62	2.23	3.68	50.0	2.101	85.59	0.981
	20~15	30	12.92	10.66	32.80	3.84	6.51	50.4	2.084	266.7	0.988
	15~10	30	13.64	12.55	35.71	5.90	5.82	42.7	2.507	945.3	0.943
	10~5	15	26.26	25.15	39.42	9.47	10.20	38.8	2.787	12468	0.984
C _M 砂質 節理方向	40~20	30	1.95	1.45	4.51	0.33	1.09	55.8	1.860	4.328	0.992
	20~15	30	2.80	1.83	5.72	0.91	1.72	61.3	1.678	6.818	0.937
	15~10	30	4.00	1.88	11.09	0.73	2.85	71.2	1.424	8.250	0.985
	10~5	15	8.52	6.73	15.80	2.36	4.49	52.8	1.979	88.00	0.983
C _M 砂質 節理直角方向	40~20	30	6.38	5.26	13.99	2.08	3.22	50.4	2.082	61.07	0.980
	20~15	30	13.28	11.99	23.84	10.73	5.87	44.2	2.410	680.1	0.969
	15~10	30	13.81	12.54	30.02	4.59	6.04	43.8	2.438	807.4	0.975
	10~5	15	23.29	22.98	38.29	12.32	8.19	35.2	3.111	25311	0.984

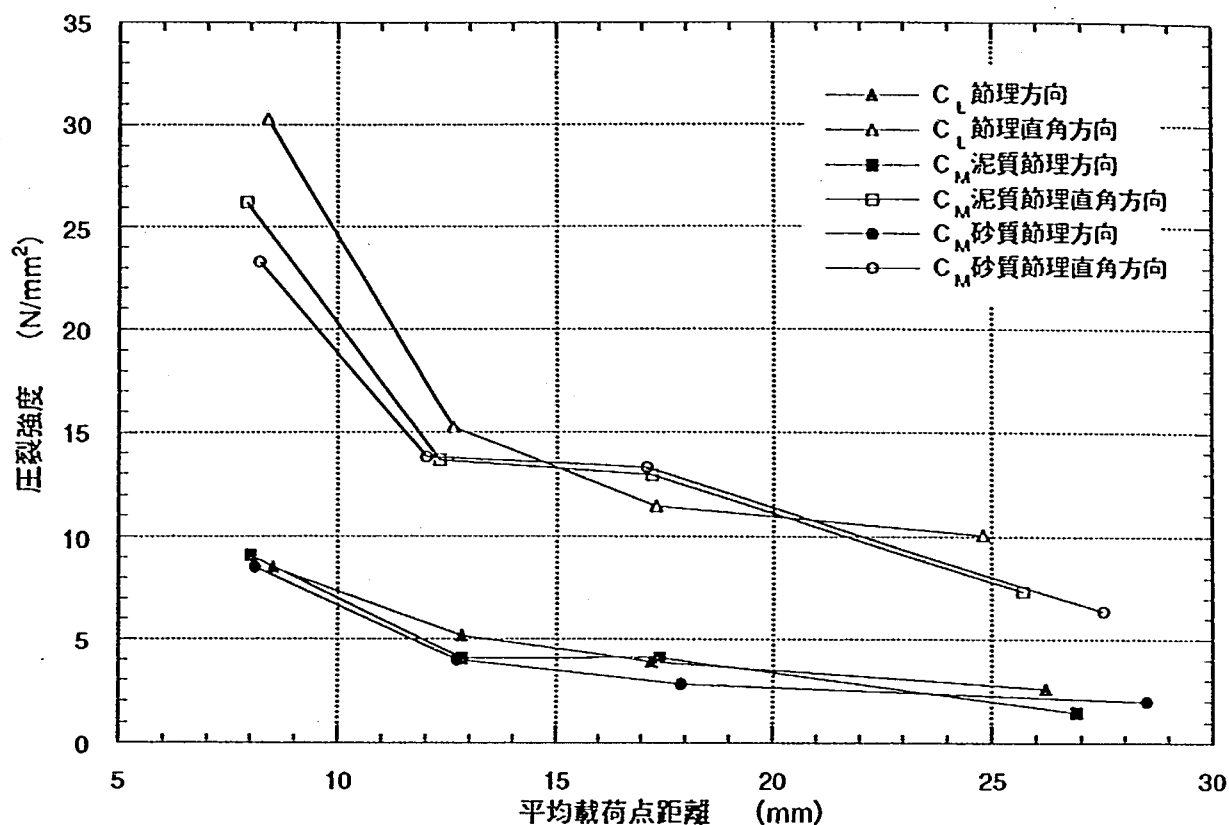


図-2.2.4 荷点距離と圧裂強度の関係

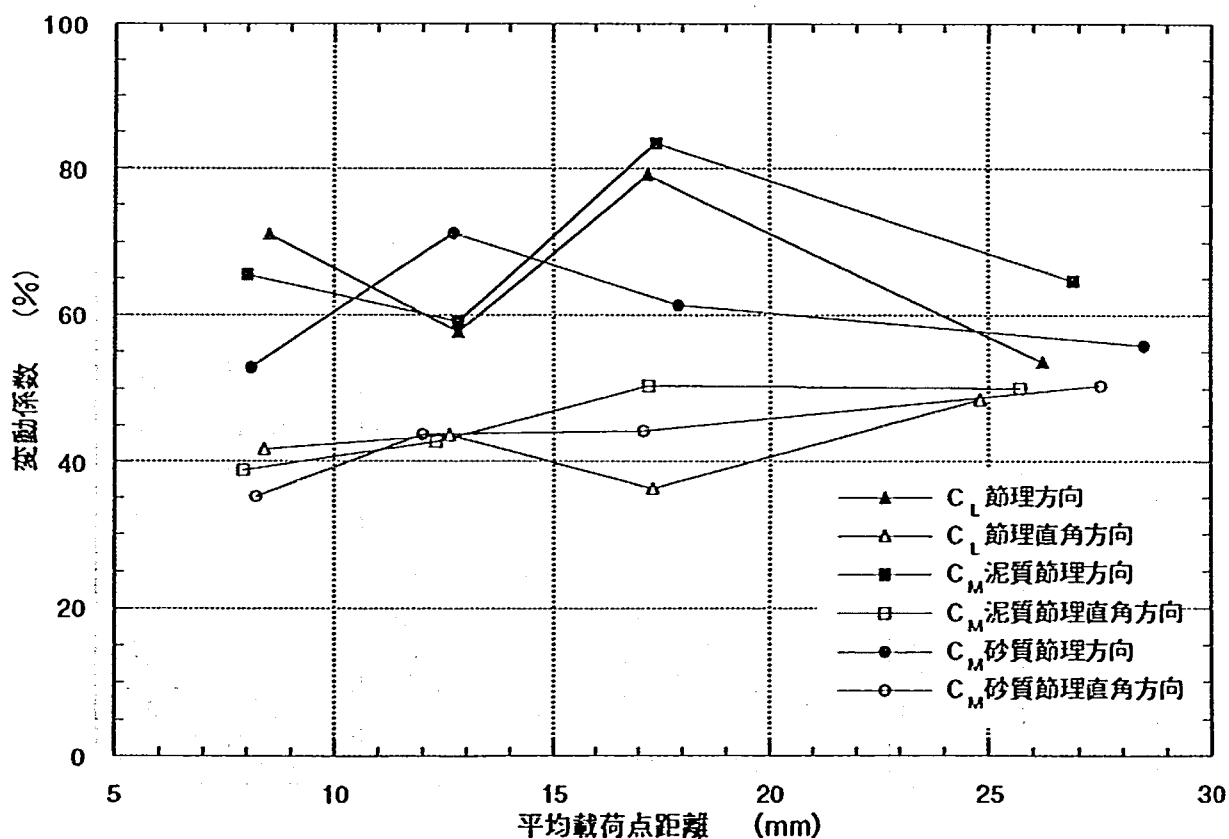


図-2.2.5 荷点距離と変動係数の関係

2.2.2 破碎試験結果

(1) 破碎試験結果

破碎試験は、骨材の破碎試験方法（案）²¹⁾に準じて行った。この破碎試験方法では、練り混ぜに用いる試料をそのまま用いて試験を行い、その結果と点載荷試験・コンクリートの圧縮強度試験結果などを比較することによって、骨材の練り混ぜ時の粒度変化やコンクリート強度に与える骨材品質の影響をみることを目的としている。しかし、今回は骨材種類による破碎試験結果の差が明確でなかった（各骨材の破碎に対する強さがほぼ同等であった）ので、結果をまとめるにとどめておく。

試料はコンクリートの練り混ぜに用いる場合と同じ粒度分布とし、同じく練り混ぜの再検討した、三種類すべての粗骨材を混合した場合（ $C_M + C_L$ ）と C_L 骨材のみを用いた場合の二種類とした。これらの試料に対し、載荷荷重は、400, 800, 1600kNの三種類とし、計6回の試験を行った。

なお、試験に使用する骨材量は、骨材のふるい分け試験、骨材の単位容積質量試験及び実積率試験の結果から算出した。これを表-2.2.4に示す。載荷時には変位計を用いて、載荷荷重の増大による試料の高さの変化を測定した。荷重と沈下量の関係から式（2.2.2）、式（2.2.3）を用いて求めた応力-ひずみ関係を図-2.2.6、図-2.2.7に示す。

主な試験結果は表-2.2.5にまとめたが、以下、結果の整理に用いた指標等に若干の説明を加える。

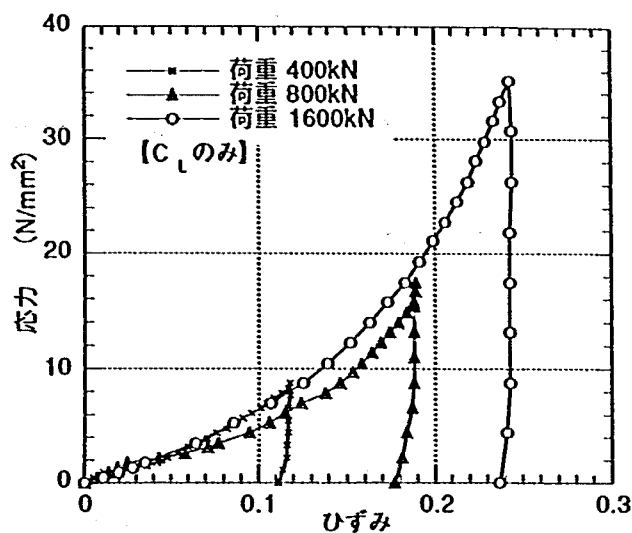
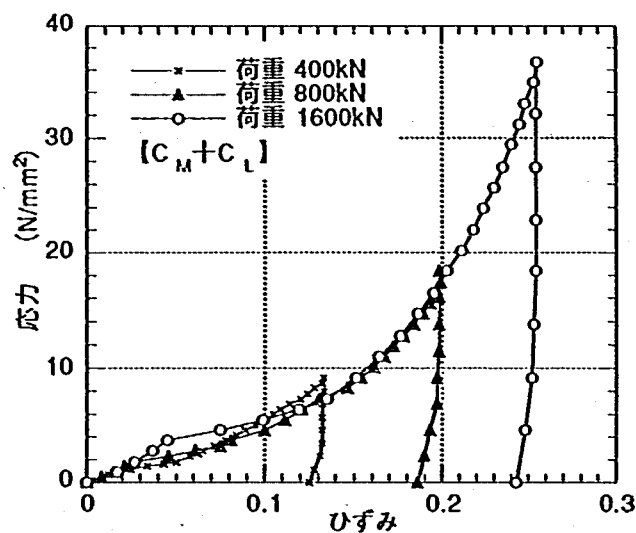
$$\text{応力 } \sigma_{cr} = \frac{\text{荷重 (N)}}{\text{容器の断面積 (mm}^2\text{)} \times \text{粗骨材の実積率}} \quad \dots\dots\dots (2.2.2)$$

$$\text{ひずみ } \epsilon_{cr} = \frac{\text{沈下量 (mm)}}{\text{試料の高さ } h \text{ (mm)}} \quad \dots\dots\dots (2.2.3)$$

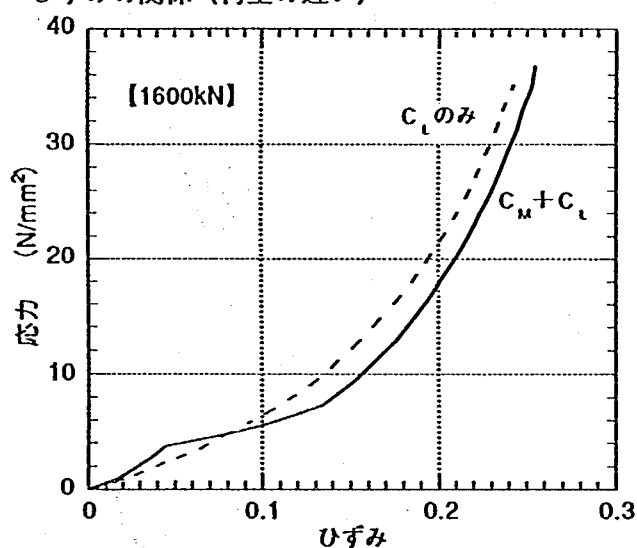
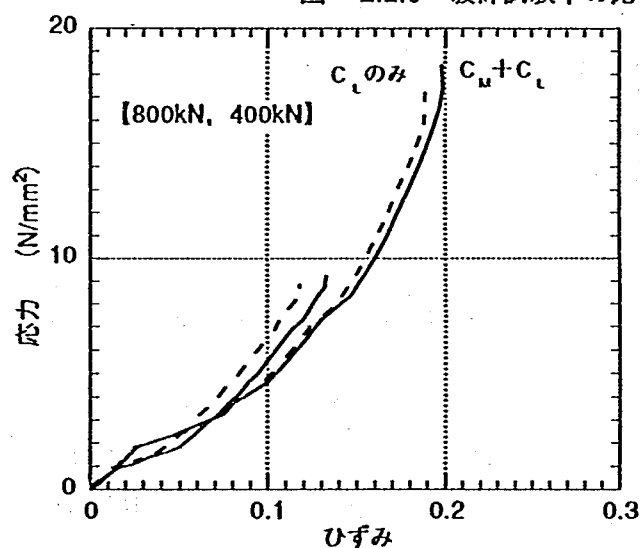
表-2.2.4 破碎試験に用いた試料の量

ふるいの 呼び寸法	$C_M + C_L$					C_L	
	C_L	C_M 泥質	C_M 砂質	計			
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
40	0.08	0.11	0.07	0.26	1.1	0.15	0.6
30	0.52	0.16	0.27	0.95	4.2	1.08	4.5
25	1.07	0.41	0.51	1.99	8.7	2.25	9.4
20	1.55	1.16	0.92	3.63	15.9	3.25	13.6
15	0.75	0.73	0.43	1.91	8.4	1.57	6.6
10	3.02	1.28	0.99	5.29	23.2	6.30	26.5
5	4.41	2.40	1.96	8.77	38.5	9.21	38.7
計	11.40	6.25	5.15	22.80	100	23.81	100

2.1) 河野・森濱他：「未利用骨材資源の利用技術に関する調査」土木研究所資料第3491号，pp.87-92，1997



図一2.2.6 破砕試験中の応力-ひずみの関係 (荷重の違い)



図一2.2.7 破砕試験中の応力-ひずみの関係 (骨材の違い)

表一2.2.5 破砕試験結果

骨材の種類	柱径の範囲 (mm)	荷重 (kN)	初期 実積率 (%)	破砕後 実積率 (%)	破砕値 (%)	修正 破砕率	FM		応力-ひずみ関係の回帰結果							
							初期	破砕後		初期 接線弾 性係数 (N/mm²)	最終 ひずみ (%)	相関 係数	5N/mm²時		10N/mm²時	
								全量	5mm 以下				接線弾 性係数 (N/mm²)	ひずみ (%)	接線弾 性係数 (N/mm²)	ひずみ (%)
$C_M + C_L$	40~5	1600	57.3	75.7	13.1	13.1	6.92	5.92	3.98	36.5	34.2	0.999	71.6	9.8	118.5	15.2
		800	56.9	70.1	21.0	21.0		6.24	4.14	31.1	31.0	0.997	71.7	10.6	129.0	15.8
		400	57.9	66.2	31.8	31.8		6.55	4.34	33.7	26.4	0.999	82.3	9.5	152.2	14.0
C_L	40~5	1600	58.3	74.7	11.1	11.2	6.90	5.89	4.10	46.9	35.8	1.000	78.9	8.2	119.3	13.4
		800	56.9	69.6	19.9	19.9		6.27	4.18	31.3	29.5	0.997	74.4	10.4	135.9	15.3
		400	57.5	65.5	34.7	34.7		6.58	4.41	40.0	26.1	0.998	87.5	8.5	153.3	12.8

(2) 破碎性に関する指標の検討

① 粒度変化

載荷試験前後の粒度変化を、図-2.2.8、図-2.2.9に示す。破碎の程度についても破碎後の粒度分布についても、 C_M 骨材と C_L 骨材を混合した場合と C_L 骨材のみの場合で明確な差は認められなかった。この結果から、 C_M 骨材と C_L 骨材の破碎性は、ほぼ同等であると考えられる。

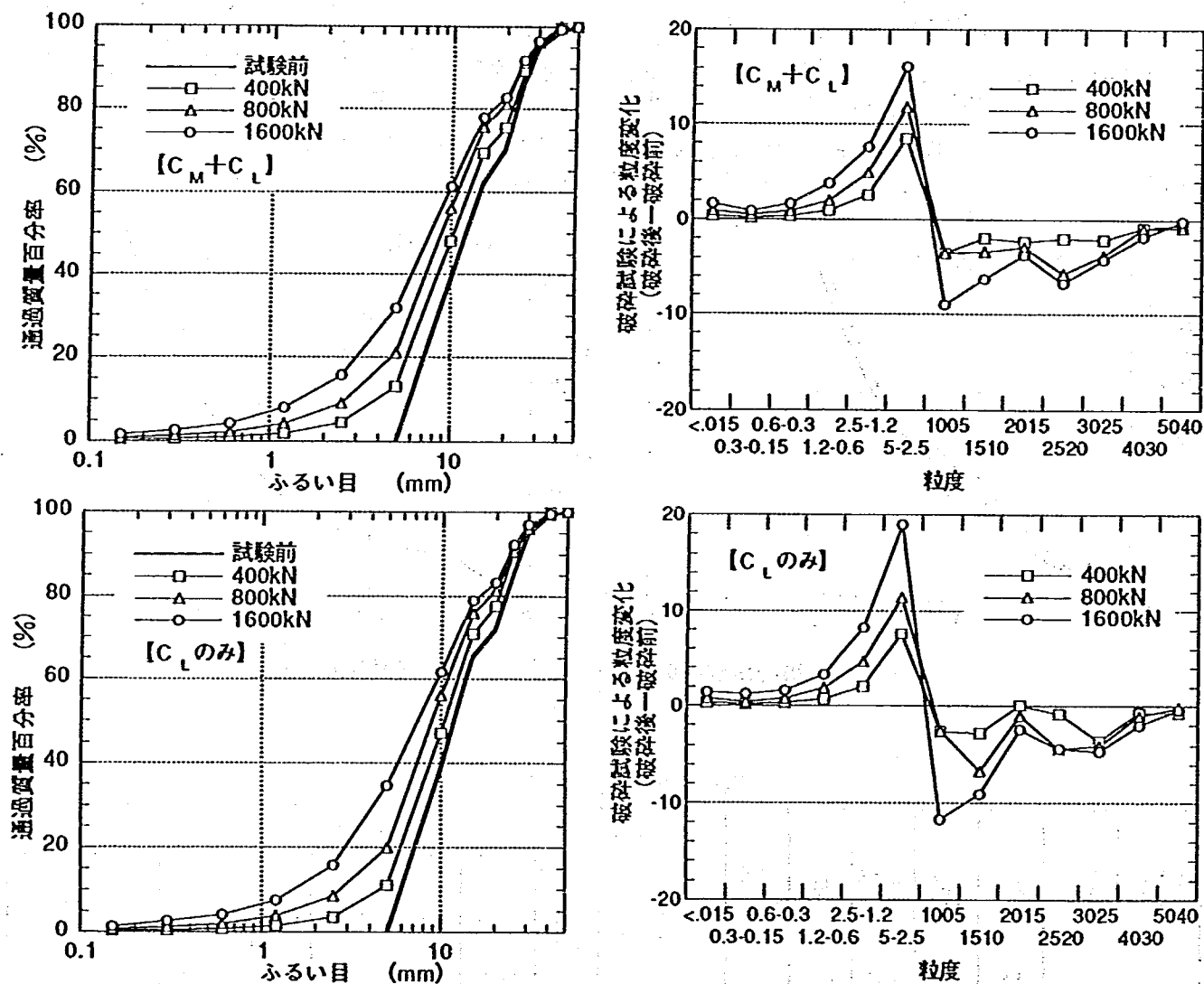
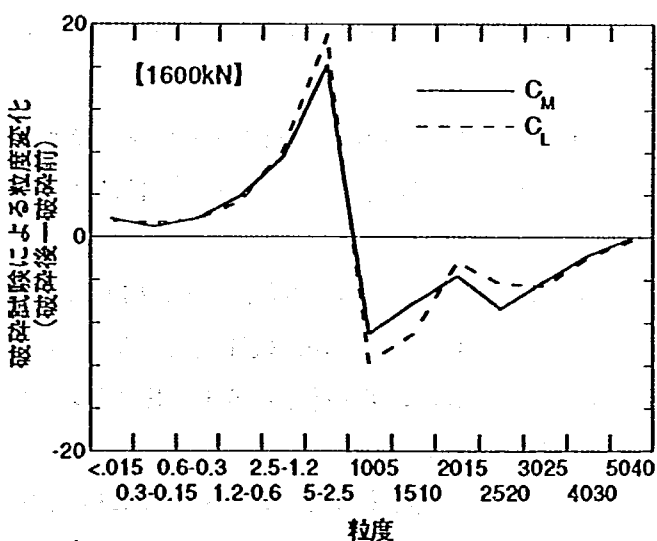
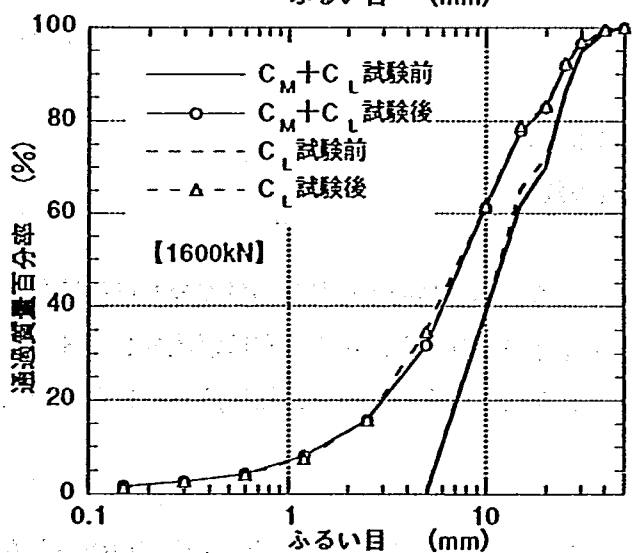
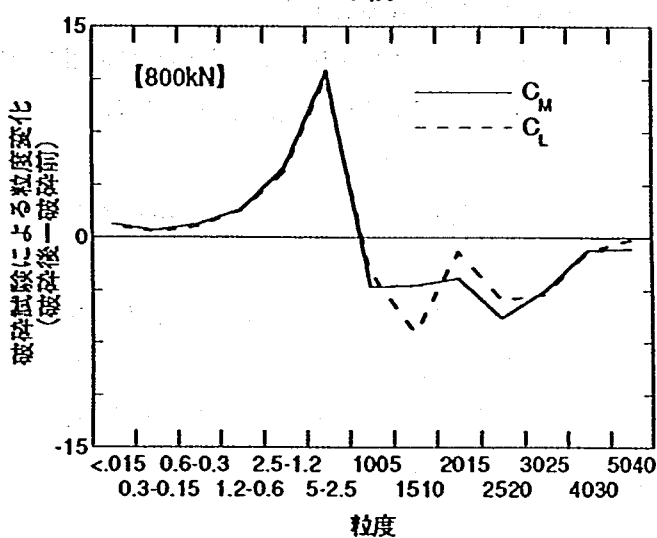
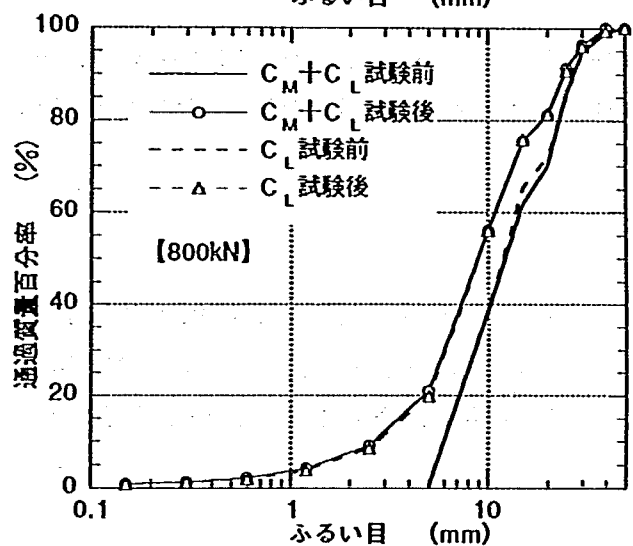
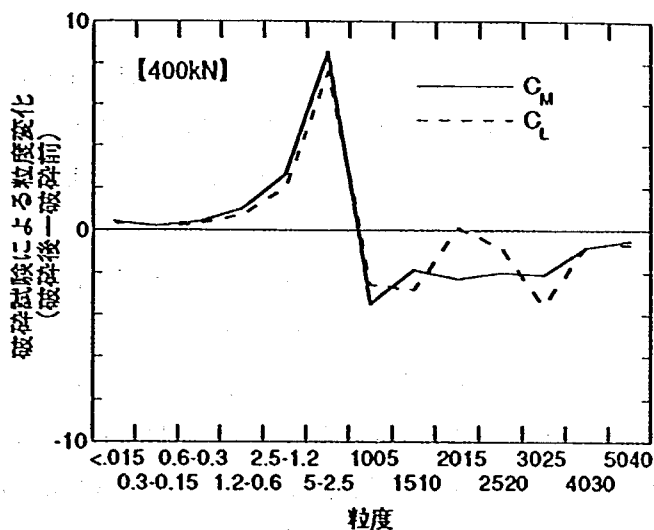
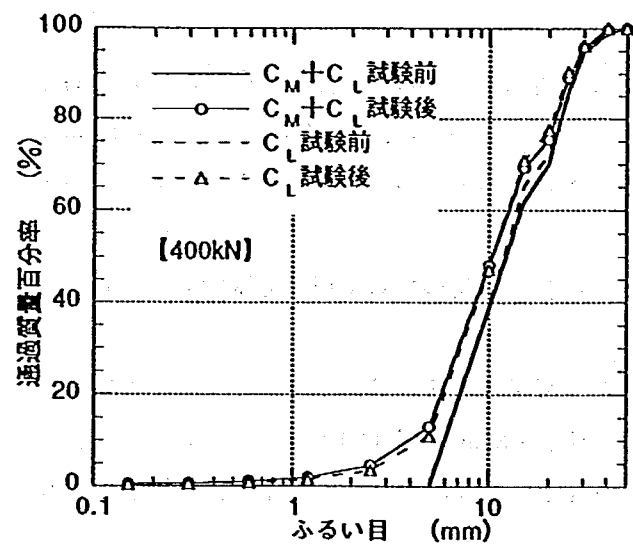


図-2.2.8 破碎試験前後の粒度変化 (荷重の違い)



図一 2.2.9 破砕試験前後の粒度変化 (骨材の違い)

②破砕値

破砕値は、破砕後の試料を特定のふるい目でふるい、これを通過する質量を百分率で表したものである。用いるふるい目は、破砕前の試料の粒径にあわせて用意する。BS規格では、1/2インチ（あるいは15mm）ふるいを通過し10mmふるいにとどまる試料を用い、破砕後2.5mmのふるいを通過するものをもって破砕値とすることを標準としている。

ここでは、連続的な（コンクリート練り混ぜに用いる）粒度分布を持つ試料を用いて試験を行ったので、破砕値の計算方法を次のように設定した。

用いるふるい目は試料の最大粗骨材寸法（G max）にあわせて用意する。G max 20mmに対し2.5mmのふるい目を用いることを標準とし、G max 40mmでは5mmの、G max 80mmならば10mmのふるい目を用いる。ただし、例えば8005の試料を用いる場合は、10mmのふるい目でふるった結果から載荷前から存在した1005の質量分を差し引くものとする。

今回の試験では、コンクリート練り混ぜに使用した粒度分布を有する4005の試料のみを用いたので、破砕の結果5mmふるいを通過したもの、すなわち粗骨材から細骨材となったものの試料全体の質量に対する百分率をもって破砕値とする。

最大荷重と破砕値の関係を、図-2.2.10に示す。

③修正破砕率^{2.2)}

修正破砕率 B_M^* は次のように求める。まず、対数で等間隔になる各ふるい目（通常は、FMを求める際に用いるふるい目を使用）を用いて、破砕前後の試料の残留率をそれぞれ求める。次に、この残留率の破砕前後での差の絶対値をとる。これをすべてのふるい目について合計したものが修正破砕率となる。修正破砕率 B_M^* は、式（2.2.4）から求められる。

$$B_M^* = (\sum |f_{ib} - f_{ia}|) / 2 \quad \dots\dots\dots (2.2.4)$$

ただし、 f_{ib} ：破砕前の i mmのふるい目にとどまる試料の残留率

f_{ia} ：破砕後の i mmのふるい目にとどまる試料の残留率

修正破砕率の概念を図示すると、図-2.2.12のようになる。すなわち、破砕前の骨材の粒度分布は領域S1とS2を加えたものであるが、破砕試験により粒径の大きな骨材が割れると、粒度分布は領域S2とS3を加えたものとなる。修正破砕率はS1、S3の領域の大きさを表現したものであり、粒度分布の見かけの変化を表したものである。

最大荷重と修正破砕率の関係を、図-2.2.11に示す。

今回の破砕試験では、 C_M 骨材と C_L 骨材を混合した場合と C_L 骨材のみの場合で、破砕値・修正破砕率ともに、骨材による違いがみられなかった。

2.2) 石井：「粒子破砕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

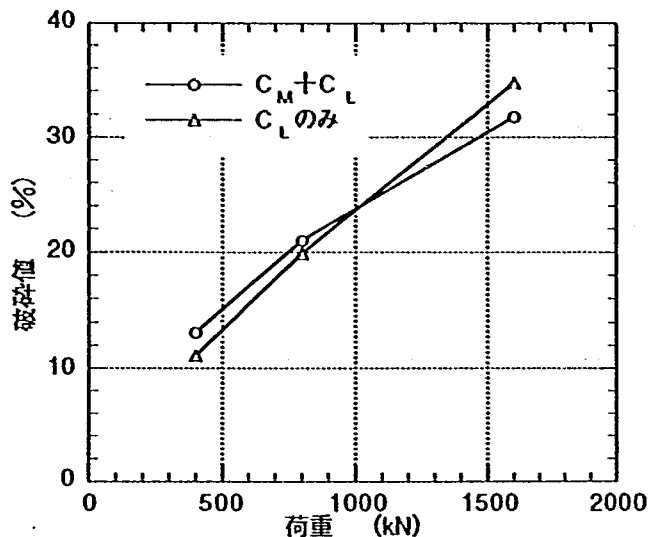


図-2.2.10 荷重と破砕値の関係

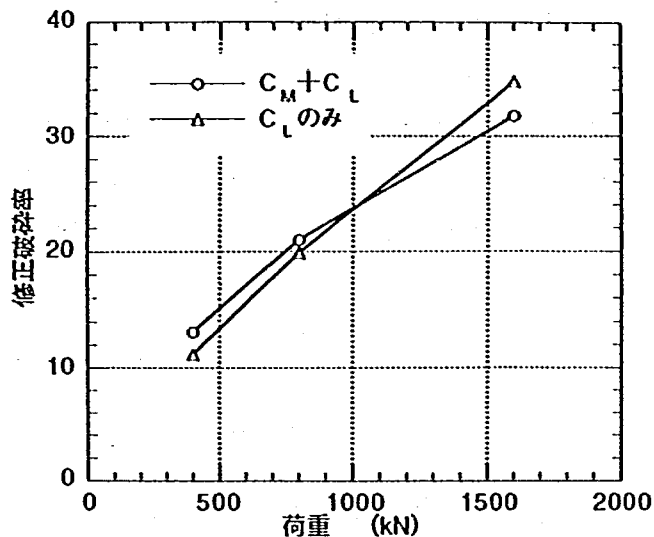


図-2.2.11 荷重と修正破砕率の関係

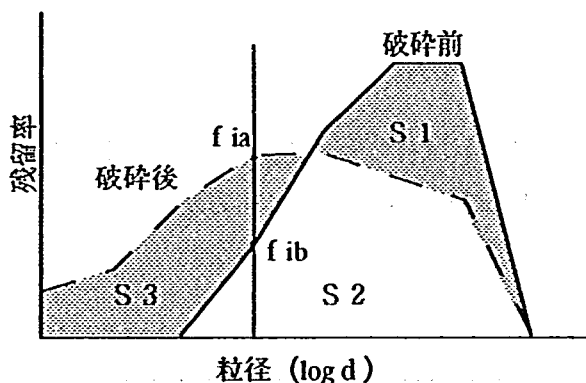


図-2.2.12 修正破砕率の概念

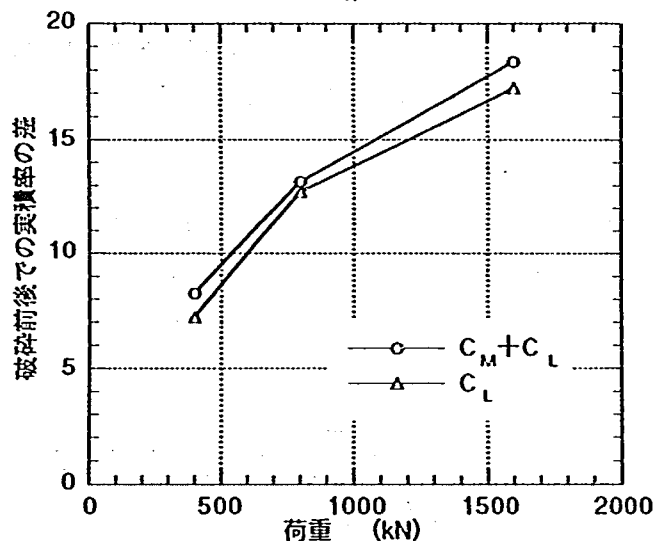


図-2.2.13 荷重と破砕前後での実積率の差の関係

④破砕前後の実積率

破砕試験の前後に試料の高さを計測することにより、破砕容器中での骨材の実積率を求めることができる。骨材の破砕が進むと、それによって生じた粒径の小さな粗骨材や砂が大きな骨材の隙間に埋まっていくので、試料の高さは低くなり、試料の実積率は大きくなる。したがって破砕試験前後での実積率の変化は、骨材の破砕性を反映しているものと期待される。式(2.2.5)から求めた破砕前後の実積率の変化(破砕後の実積率－破砕前の実積率)を図-2.2.13に示す。

この方法は簡易ではあるが、試験前の試料の詰め方などに影響される部分が少なくないと思われる。

$$\text{破砕容器中の骨材の実積率} = \frac{\text{骨材質量} / \text{骨材の絶乾比重}}{\text{容器の断面積} \times \text{試料高さ}} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots (2.2.5)$$

(3) 変形性に関する指標の検討

① 応力-ひずみ関係

骨材の変形性を表す指標として、図-2.2.6で示した破砕試験中の応力-ひずみ関係から、破砕試験中の骨材の弾性係数（応力-ひずみ曲線の傾き）を求めることとした。まず、式(2.2.2)、式(2.2.3)を用いて求めた応力-ひずみ関係を、式(2.2.6)によって回帰した。

$$\sigma_{cr} = E_{ia} \frac{\epsilon_{cr}}{1 - \frac{\epsilon_{cr}}{\epsilon_{max}}} \quad \dots\dots\dots (2.2.6)$$

ただし、 σ_{cr} : 式(2.2.2)による応力 (N/mm²)

ϵ_{cr} : 式(2.2.3)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

回帰の結果より、初期接線弾性係数 E_{ia} を得たが、載荷初期には試料の上面にプランジャーがなじんでいないことも考えられる。そこで、式(2.2.6)を微分して得られる式(2.2.7)から、応力が 5 N/mm² および 10 N/mm² のときの接線弾性係数もあわせて求めた。

$$E_{ta} = \frac{E_{ia}}{\left[1 - \frac{\epsilon_{cr}}{\epsilon_{max}} \right]^2} \quad \dots\dots\dots (2.2.7)$$

ただし、 E_{ta} : 接線弾性係数 (N/mm²)

ϵ_{cr} : 求める応力のときのひずみ

E_{ia} : 式(2.2.7)を用いた回帰の結果から得られた初期接線弾性係数 (N/mm²)

ϵ_{max} : 式(2.2.7)を用いた回帰の結果から得られた最終ひずみ

接線弾性係数の計算結果を、図-2.2.14にまとめて示す。応力が大きくなると接線弾性係数も大きくなっているが、これは骨材の変形だけでなく骨材が破砕するためと考えられる。また、10 N/mm² 時の接線弾性係数の計算結果には、回帰を行うデータ範囲（最大荷重）の違いの影響が見られる。

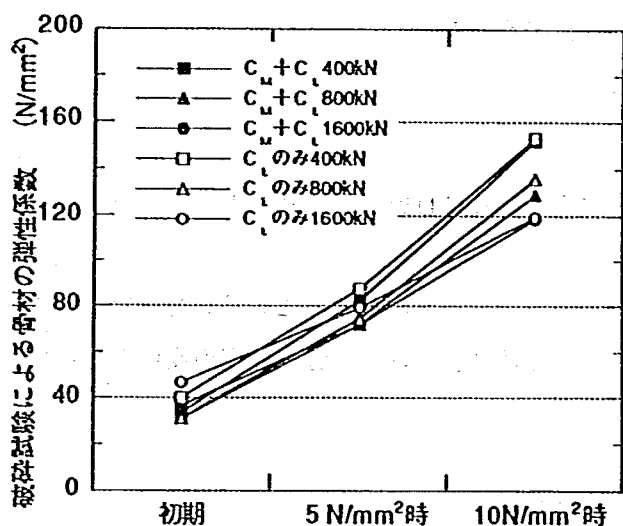


図-2.2.14 破砕試験による骨材の弾性係数

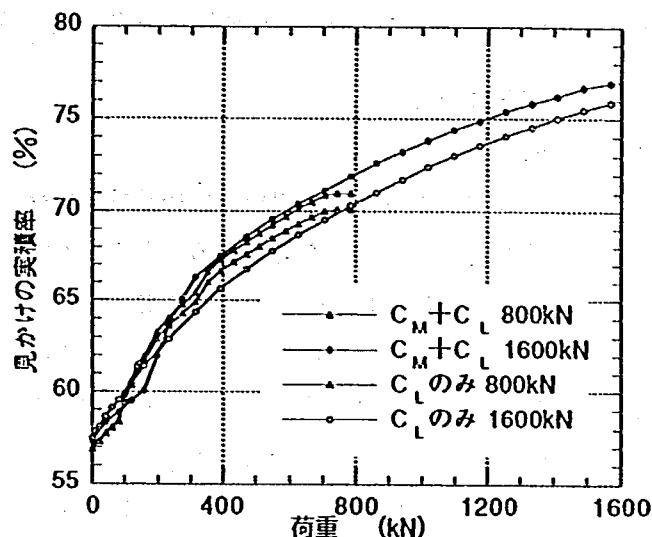


図-2.2.15 荷重と見かけの実積率（骨材の比較）

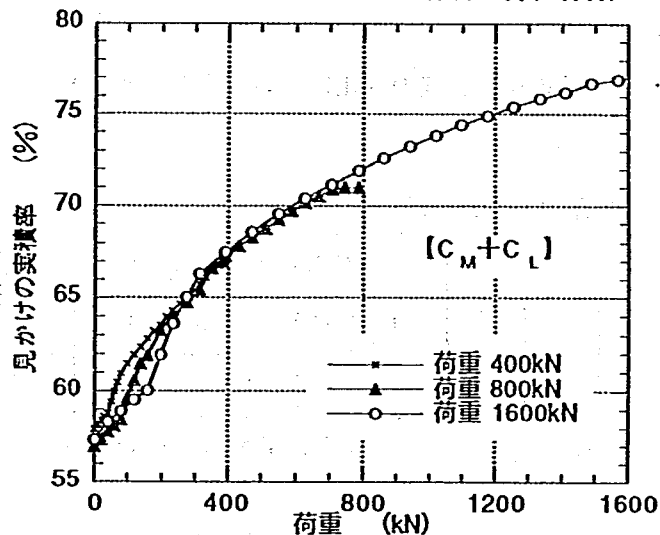


図-2.2.16 荷重と見かけの実積率（同一骨材、最大荷重の違うケースの比較）

②見かけの実積率

今回の破砕試験では、変位計を用いて試験中の試料の沈下量を連続的に計測することも行っている。そこで、式(2.2.8)から破砕試験中の骨材の見かけの実積率を計算し、その変化を見ることにした。図-2.2.15、図-2.2.16に荷重の増加と見かけの実積率の関係を示す。図-2.2.6に示した応力-ひずみ曲線と比較すると、見かけの実積率を用いると、試験の初期では試料のつまり方などの差がでるが荷重が大きくなるにつれてばらつきが収束していくように思われる。 C_M 骨材と C_L 骨材を混合した場合でも C_L 骨材の場合でも傾向に大きな差はなかった。

$$\text{見かけの実積率} = \frac{\text{骨材質量} / \text{骨材の絶乾比重}}{\text{容器の断面積} \times (\text{試料高さ} - \text{試料の沈下量})} \times 100 (\%) \quad \dots\dots (2.2.8)$$

2.3 フレッシュコンクリートを用いた骨材の破碎性に関する試験

2.3.1 試験の概要

(1) 実験方法

フレッシュコンクリートを用いた破碎試験等を行うことにより、RCD用コンクリートの練り混ぜ・施工にともなう骨材の粒度変化を評価することを試みた。

まず、表-2.3.1に示した配合のRCD用コンクリートを40リットル練り混ぜた。この試料をを以下の4つに分割してそれぞれ試験を行い、その後、骨材を洗い、ふるい分け試験を行って骨材粒度の変化を見た。この試験は破碎試験の際の荷重等を変更するなどして3回行った。

①約6リットルを用いてVC試験

②約15リットルを用いてフレッシュコンクリートの破碎試験

③約5リットルを用いて圧縮試験用供試体を作成、フレッシュの状態のまま圧縮試験

④残り約14リットル（練り混ぜによる影響を見る）

以下、先に①から③までの試験方法・結果を簡単に述べ、その後、粒度の変化についてまとめることとする。

図-2.3.1 フレッシュコンクリートを用いた各種試験の際の配合

40リットル分	W	C	FA	S	S内訳				G	G内訳 (全てC _L 骨材)					
					Pw1	C _L 細目	C _L 荒目	C _M		4030	3025	2520	2015	1510	1005
(kg)	4.64	2.80	2.80	29.78	0.67	7.28	7.28	14.55	54.11	5.22	9.19	13.41	4.60	9.05	12.62

※W=116kg/m³, 結合材=140kg/m³, フライアッシュ置換率50%, 中熱セメント

(2) VC試験

VC試験の試験結果を表-2.3.2に示す。

表-2.3.2 VC試験結果

No.	VC値			単位容積質量 (kg/l)	温度 (℃)
	(秒)		平均値		
試料①	27	26	26.5	2.45	21.7
試料②	24	23	23.5	2.45	20.9
試料③	25	25	25	2.46	21.2

(3) フレッシュコンクリートの破碎試験結果

試料 15リットル (34.8kg) 分を破碎容器に詰め、繰り返し圧縮荷重をかけた。三回の試験の最大荷重及び繰り返しパターンを以下に示す。また、破碎試験中の試料の沈下量を図-2.3.1に示す。

破碎による粒度変化については「2.3.5 各試験による骨材の粒度変化」で述べる。

最大荷重

試料① 800 (kN) 0kN→400kN→0kN→800kN

試料② 1600 (kN) 0kN→400kN→0kN→800kN→0kN→1600kN

試料③ 3200 (kN) 0kN→400kN→0kN→800kN→0kN→1600kN→0kN→3200kN

(4) フレッシュコンクリートの圧縮試験結果

締固め率が、90・94・98%の三種類となるようにフレッシュコンクリートを圧縮強度試験用の形枠に詰め、すぐに脱型して圧縮強度試験を行った。最大荷重と最大荷重時の変位量を表-2.3.3に示す。また、圧縮試験中の荷重と変位の関係を図-2.3.2に示す。

表-2.3.3 フレッシュコンクリートの圧縮試験結果

	最大荷重 (N)	変位量 (mm)
試料①	232.4	2.445
試料②	492.3	3.340
試料③	702.2	3.870

2.3.2 各種試験による骨材の粒度変化

前述したように、RCD用コンクリートの練り混ぜ・施工による骨材の粒度変化を見るため、各種試験に供したフレッシュコンクリートを洗い、ふるい分けを行って粒度分布の変化を見ることにした。

まず、表-2.3.4で、試験前の骨材量（セメントは洗いの際にすべて失われると仮定）と試験後に実際に得られた骨材量を比較した。試験後の洗い・ふるい分けにより得られた骨材量は、試験前の計量によるものと比較すると5～8%ほど減少している。ミキサー等への付着や洗い作業によって粒径の小さなものが失われてしまうことがその理由と考えられる。そこで、粒度分布の変化を見るにあたっては0.15mmを通過し受け皿に残った粒子の質量は無視することとした。

図-2.3.3に、各種試験による骨材粒度の変化を示した。破碎試験を行った場合には、粒度にある程度の変化が見られ、その傾向も他とは異なる。しかし、VC試験・圧縮試験の場合と試験を行っていない残りの試料の傾向には大きな差は見られなかった。また、VC試験・圧縮試験で使用するコンクリートの量が多くはないことも考慮し、破碎試験を行った場合とそうでない場合に整理した。

フレッシュコンクリートの破碎試験による骨材の粒度変化は、骨材を試料とした通常の破碎試験と比較すると小さい。また、フレッシュコンクリートを用いた破碎試験では、荷重の変化による骨材の破碎量への影響は明確でなかった。

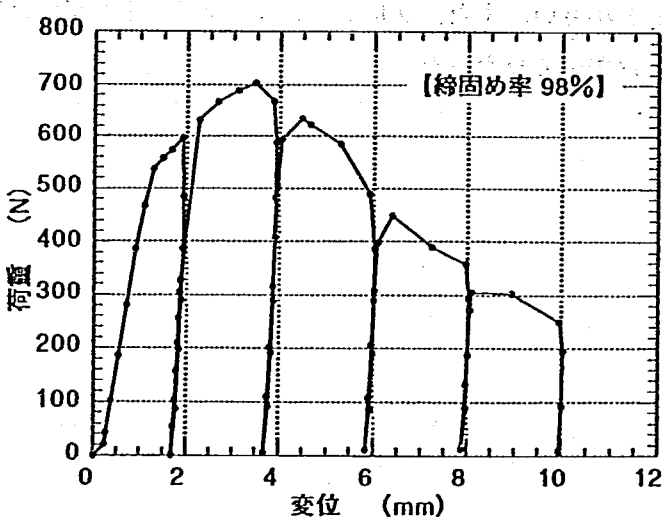
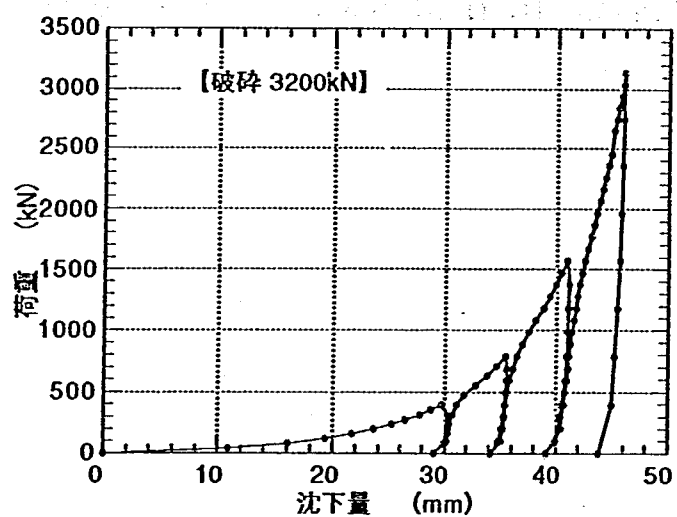
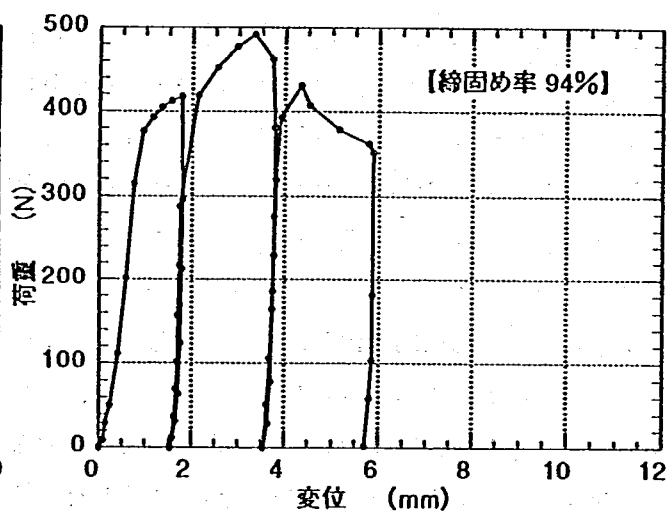
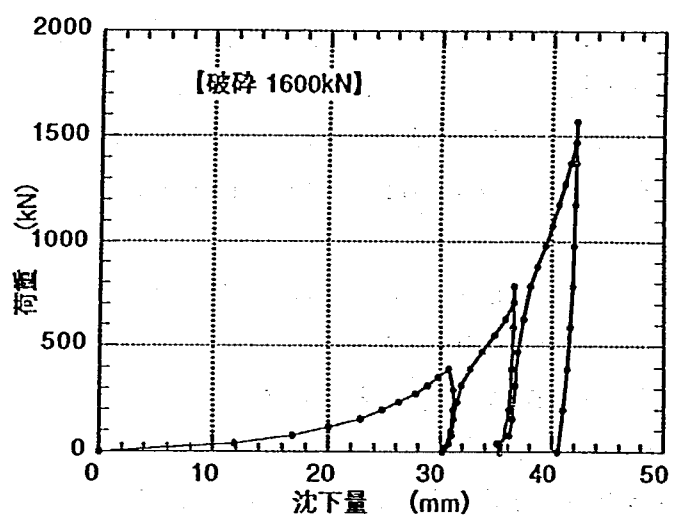
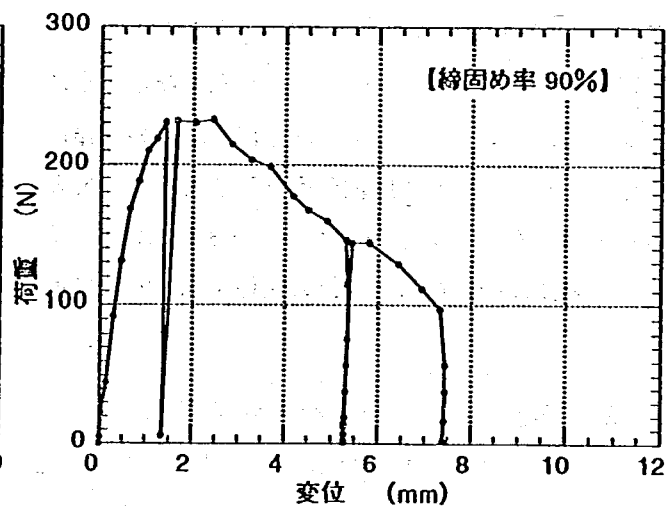
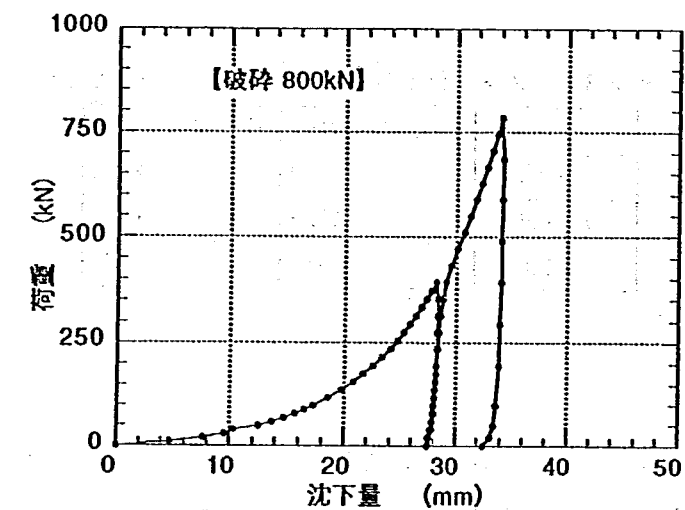


図-2.3.1 フラッシュコンクリートの破砕試験 (荷重と沈下量) 図-2.3.2 フラッシュコンクリートの圧縮試験 (荷重と変位)

表-2.3.4 フレッシュコンクリートを用いた各種試験前後での試料質量の変化

試料①	試験前 (kg)			試験後 (kg)			試験前との比較 (%)		
	試料合計	破砕 800kN	破砕以外	試料合計	破砕 800kN	破砕以外	試料合計	破砕 800kN	破砕以外
コンクリート量	94110	34900	60032	—	—	—	—	—	—
骨材量	83020	30521	52499	78161	28761	49400	94.1	94.2	94.1
骨材量-受け皿	78503	28860	49643	75736	27848	47888	96.5	96.5	96.5
粗骨材量	53733	19754	33979	49504	16526	32978	92.1	83.7	97.1
4020	27569	10135	17434	22668	5283	17385	82.2	52.1	99.7
2005	26164	9619	16545	26836	11243	15593	102.6	116.9	94.2

試料②	試験前 (kg)			試験後 (kg)			試験前との比較 (%)		
	試料合計	破砕 1600kN	破砕以外	試料合計	破砕 1600kN	破砕以外	試料合計	破砕 1600kN	破砕以外
コンクリート量	94110	34832	58749	—	—	—	—	—	—
骨材量	83020	30901	52119	78817	28985	49832	94.9	93.8	95.6
骨材量-受け皿	78503	29220	49283	76231	28152	48079	97.1	96.3	97.6
粗骨材量	53733	20000	33733	50499	17525	32974	94.0	87.6	97.8
4020	27569	10262	17308	23579	6598	16981	85.5	64.3	98.1
2005	26164	9739	16425	26920	10927	15993	102.9	112.2	97.4

試料③	試験前 (kg)			試験後 (kg)			試験前との比較 (%)		
	試料合計	破砕 3200kN	破砕以外	試料合計	破砕 3200kN	破砕以外	試料合計	破砕 3200kN	破砕以外
コンクリート量	94110	34779	58655	—	—	—	—	—	—
骨材量	83020	30681	51743	76682	27823	48858	92.4	90.7	94.4
骨材量-受け皿	78503	29011	48928	74345	26790	47554	94.7	92.3	97.2
粗骨材量	53733	19857	33490	47863	15267	32597	89.1	76.9	97.3
4020	27569	10188	17183	20198	4254	15944	73.3	41.8	92.8
2005	26164	9669	16307	27665	11012	16653	105.7	113.9	102.1

ゴシック体：計量・実測値 明朝体：理論値

骨材の質量はすべて絶乾状態に換算

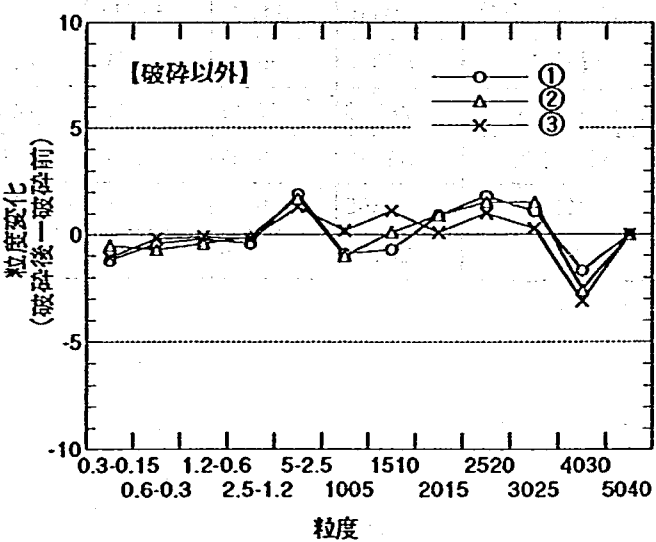
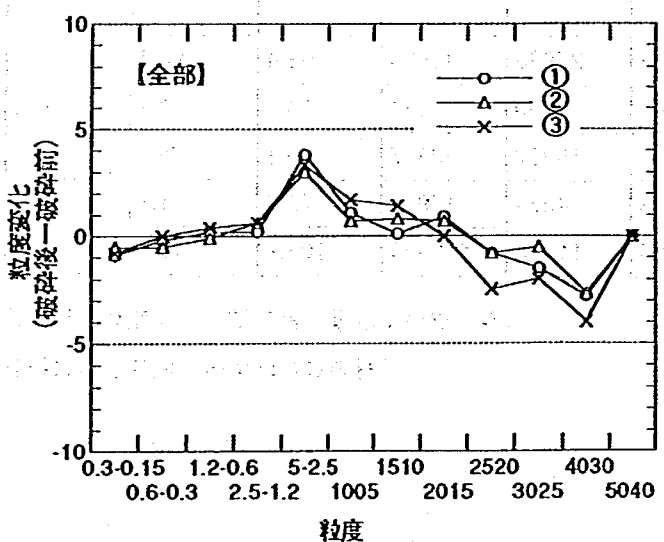
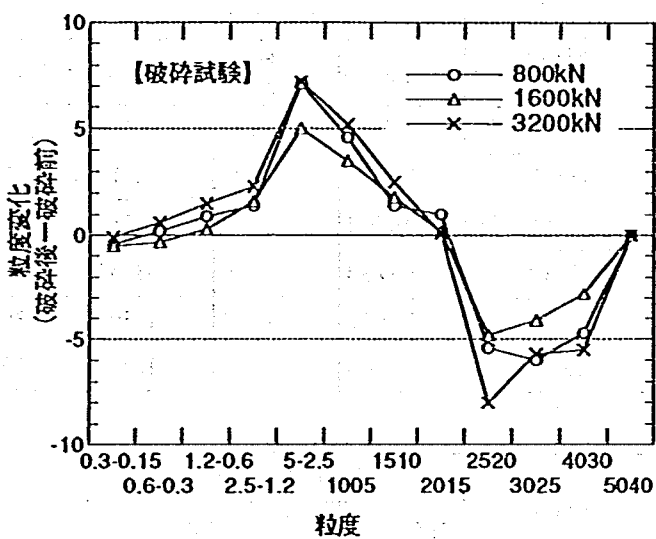
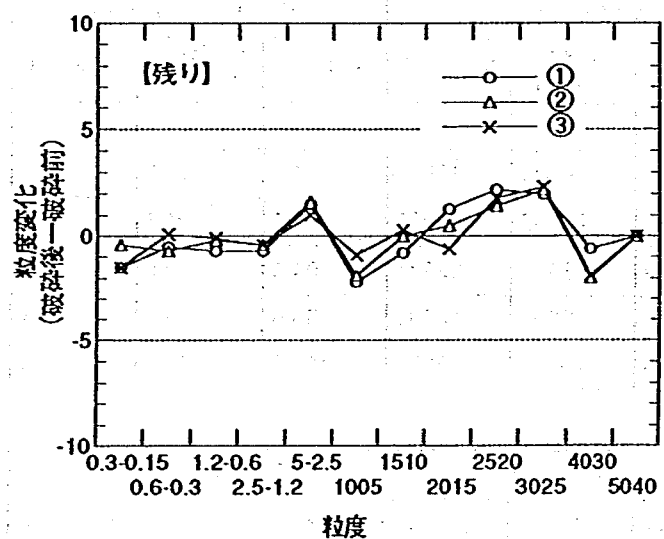
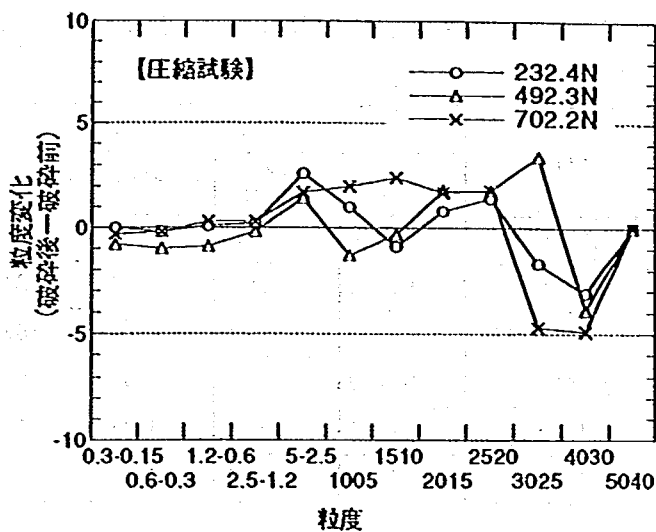
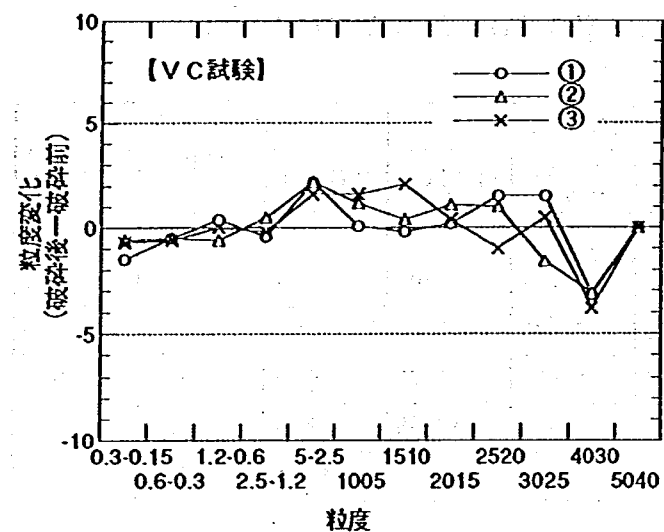


図-2.3.3 各種試験による粒度分布の変化

2.4 骨材試験のまとめ

今回の試験に用いた C_L 骨材は、 C_M 骨材（砂質・泥質）と比較すると、さらに粒径の大きな骨材が少ないこと、骨材表面の色が明確に異なる（風化により骨材表面が茶色に変色）ことから、骨材としての使用が可能かどうかの検討を行った。

しかし、点載荷試験の結果から、 C_L 骨材の圧裂強度は C_M 骨材とほぼ同等であることが明らかになった。これは、破碎試験の結果でも同様であり、骨材による差は見られなかった。骨材の破碎性・強度の面では、 C_L 骨材の使用に問題はないものと考えられる。

ただし、 C_L 骨材は C_M 骨材よりもさらに粒径が小さいものが多く、ダム用のコンクリートとして用いるにあたって、必要なワーカビリティを得るための単位水量の増加などが懸念される。この点については、次の「3.コンクリート試験」で検討する。

3. コンクリート試験

3.1 実験概要

3.1.1 使用材料

前章「2. 骨材試験」で述べた粗骨材・細骨材・微粒分に加え、特にことわりのないかぎり、混和剤としてリグニンスルホン酸化合物を主成分とする遅延型のAE減水剤（ボゾリスNo.8）を標準量（結合材の質量×0.25%）用いた。

以降は、使用材料の表記に、表-3.1.1に示す記号を用いる。

表-3.1.1 用いる記号の一覧

B	結合材, $B = C + FA$
C	セメント
FA	フライアッシュ
S	細骨材, $S = S_0 + Pw1 + Pw2$
Pw1	石粉, C_M 骨材を粉砕して作成（細骨材の一部を石粉で置換した）
Pw2	細骨材中に元来含まれる粒径 0.15mm以下の粒子
S_0	細粒分, 細骨材中に元来含まれる粒径が 0.15mmより大きい粒子
Pw	微粒分, コンクリート中に含まれる粒径が0.15mm以下の粒子で, Pw0, Pw1, Pw2をあわせたもの
Pw0	結合材 ($Pw0 = B$)
Pw1	前述
Pw2	前述

※記号は、その材料の質量をあつかう場合には大文字で、体積をあつかう場合には小文字で記す。

3.1.2 実験方法

(1) VC試験

コンクリートの練り混ぜには強制練りミキサを使用し、練り混ぜ時間は、細骨材・結合材を投入して空練り 10秒、水を加えて 30秒、最後に粗骨材を加えて 90秒とした。今回試験に用いる粗骨材は最大寸法 40mm であるので、そのまま容器に詰めて小型 VC試験を行った。

(2) 強度試験

圧縮強度試験は、 $\phi 12.5 \times 25$ cmの円柱供試体（3本一組）を用いた。供試体は所定の材齢まで 20℃の水中で養生した。試験前に供試体の寸法・重さを計測し単位容積質量を、試験中はコンプレッソメータ・エクステンソメータを用いて供試体のひずみを計測した。

同様に、 $\phi 12.5 \times 25$ cmの円柱供試体（各ケースにつき 1本、材齢 28日）を用いて、引張強度試験を行った。

3.1.3 実験項目

(1) 基本配合の決定

コンクリート試験は、まず粗骨材の最大寸法が40mmのRCD用コンクリートという条件を、ワーカビリティの面で満たす基本配合を決定することから行った。通常のRCD用コンクリートと比較すると、骨材の最大寸法が小さくなることからその空隙を埋めるためのペースト分がより多く必要になること、ペースト分の増大にともなって水和熱の増大が懸念されること等を考慮して、あらかじめ以下の条件を設定して試験練りを行った。

- ・目標VC値は30秒
- ・中庸熱セメントを使用
- ・単位結合材量 140kg/m³
- ・フライアッシュによるセメントの置換率 (FA/B) 50%
- ・粗骨材、細骨材ともにC_M骨材、C_L骨材を混合したものを使用 (混合比等は前章を参照)

なお、単位結合材量は粗骨材の最大寸法が小さいことから、フライアッシュ置換率は単位結合材量の増加にともなう水和熱の増大を考慮して、このように定めておいた。また、目標VC値は明石海峡大橋1Aアンカレイジで検討されたRCCを参考に30秒と設定した³⁾。

試験練りでは、まず①VC値が30秒となる単位水量を決定し、次に②VC値を最小にする最適s/aを求めた。その上で、最後に石粉（微粒分）で細骨材の一部を置換した配合について検討し（骨材を製造した際に副産物として生じる骨材の微粉を細骨材の一部として積極的に使用することを検討）、③最適な石粉による細骨材の置換率（以下石粉置換率：pw1/s）を求めた。

これに対し、粗骨材としてC_L骨材のみを用いた場合についても同様の手順で試験練りを行い、単位水量・最適s/a・最適石粉置換率を求め、骨材の種類によるフレッシュ時のワーカビリティへの影響をみた。

(2) セメント種類・単位結合材量・フライアッシュ置換率の検討

最大粗骨材寸法40mmの骨材を用いることから、単位結合材量の増加、すなわち水和熱の増大が懸念される。そこで、フライアッシュによるセメントの置換を通常よりもより多くすることで水和熱を抑制することを検討した。試験した配合ケースを表-3.1.2に示す。基本配合からセメント種類・単位結合材量・フライアッシュ置換率を変化させ、ワーカビリティ、強度および断熱温度上昇試験結果への影響をみた。

(3) その他の検討

(1)、(2)で検討した、石粉やフライアッシュの効果について確認するため、モルタルを用いた試験を行った。他に、以下の点を確認するための試験を行った。

- ・コンクリートの引張強度試験（骨材の節理の影響）
- ・供試体寸法の違いが圧縮強度試験結果に与える影響
- ・混和剤の違い、およびフレッシュコンクリートの経時変化によるVC値への影響

3.1) 糸日谷他：「最大粗骨材寸法40mmの転圧コンクリートによる橋台基礎の施工」コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No. 1，1993

表-3.1.2 検討した配合ケース

セメント種類	単位結合材量 (kg/m ³)	フライアッシュ置換率 (%)				
		0	30	50	70	90
中層熟	120	—	●	●	—	—
	140	●	●	●	●	●
	160	—	●	●	—	—
普通	140	●	●	●	●	●
	160	—	●	●	●	—

3.2 基本配合の検討

3.2.1 基本配合

基本配合決定のために行った試験練りの結果を以下に示す。

①単位水量の影響 (図-3.2.1, 図-3.2.2)

$B = 140\text{kg/m}^3$, $FA/B = 50\%$, $s/a = 40\%$, $pw1/s = 0\%$ で, 単位水量を変化させその影響をみた。

この結果から, $W = 113\text{kg/m}^3$ とした。なお, この試験では普通セメントを用いたが, その後セメントの種類はVC値にはほとんど影響しないことを確認した。

②s/aの影響 (図-3.2.3, 図-3.2.4)

$B = 140\text{kg/m}^3$, $FA/B = 50\%$, $W = 113\text{kg/m}^3$, $pw1/s = 0\%$ で, s/a を変化させその影響をみた。

この結果から, $s/a = 38\%$ とした。

③pw1/s (石粉による細骨材の置換率)の影響 (図-3.2.5, 図-3.2.6)

今回の実験では, 骨材の掘削, 洗浄の際に発生する微粒分を有効活用することを検討するため, 細骨材の一部を C_m 骨材を粉砕して作成した石粉で置換することを検討した。 $B = 140\text{kg/m}^3$, $FA/B = 50\%$, $W = 113\text{kg/m}^3$, $s/a = 38\%$ で, $pw1/s$ を変化させその影響をみた。

この結果から $pw1/s = 2\%$, すなわち, 細骨材中に含まれる微粒分が全部で15%程度となるようにした。なお, $pw1/s = -6$, -13.5 のケースは石粉による置換を行わず, それぞれ $pw2$ (細骨材中に元来含まれている微粒分)を半分, または全量カットしたケースである。

これらの試験練りの結果から, 基本配合を表-3.2.2のように定めた。この基本配合を用いて計4バッチのコンクリートを練り混ぜたが, その結果の平均は, VC値28.6秒で, 材齢91日の圧縮強度は 12.37N/mm^2 であった (表-3.2.1)。

表-3.2.1 基本配合を用いた場合のVC, 強度試験結果

バッチ No.	VC値	平均	圧縮強度 材齢91日	平均	引張強度 材齢28日	平均
16	35.5	28.6	11.840	12.371	0.786	0.856
51	25.5		12.211		0.858	
52	27.0		12.767		0.979	
53	26.5		12.666		0.803	

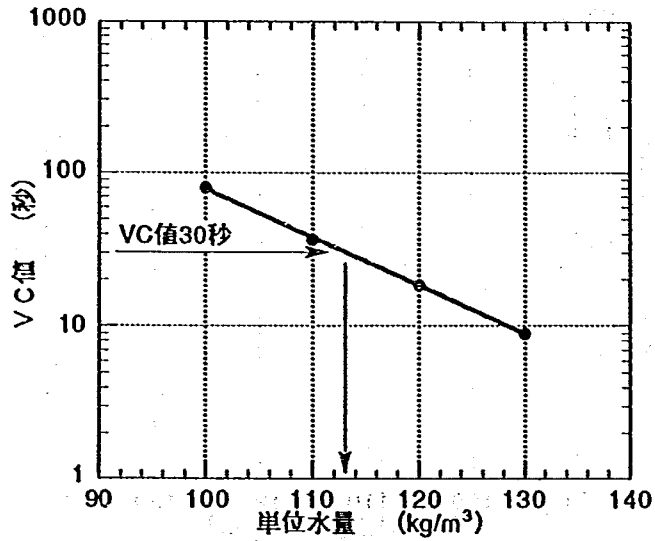


図-3.2.1 単位水量とVC値の関係

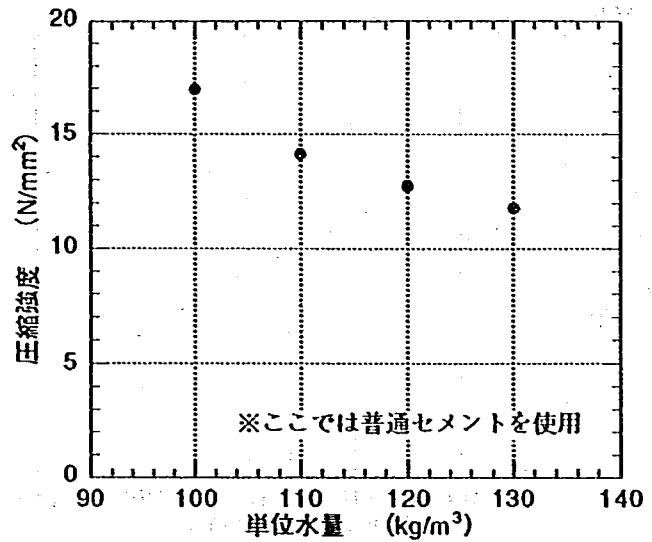


図-3.2.2 単位水量と圧縮強度（材齢91日）の関係

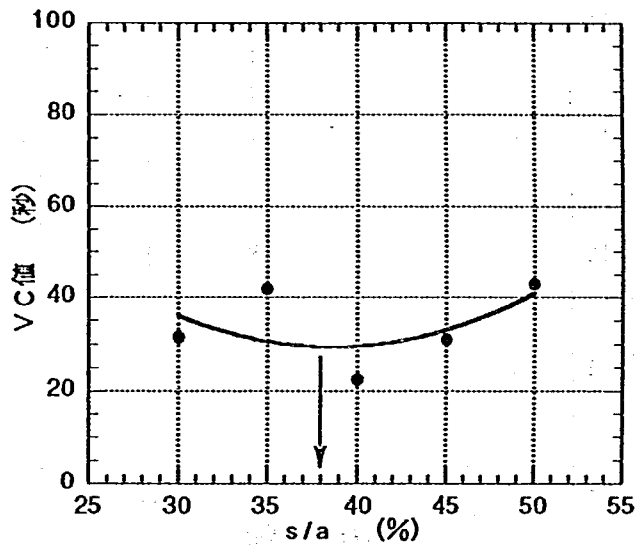


図-3.2.3 細骨材率とVC値の関係

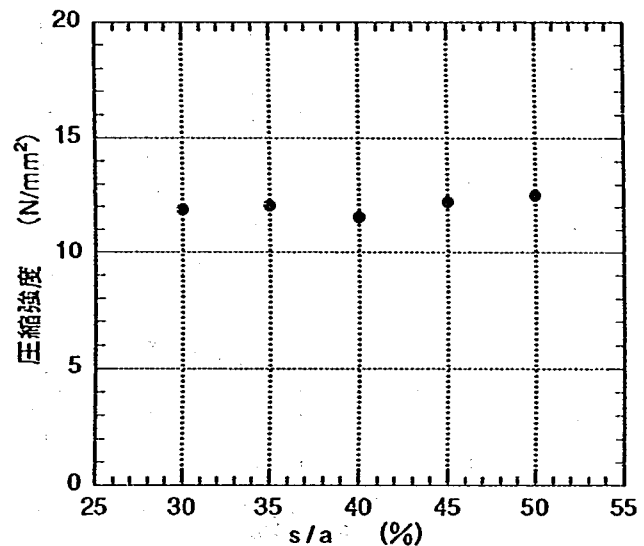


図-3.2.4 細骨材率と圧縮強度（材齢91日）の関係

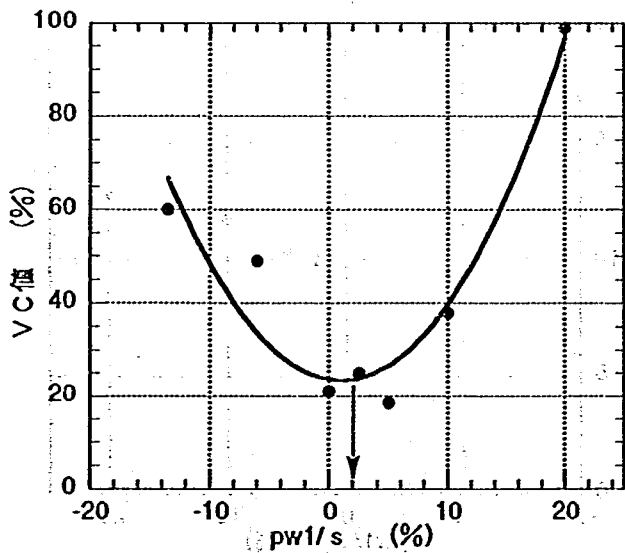


図-3.2.5 pw1/s とVC値の関係

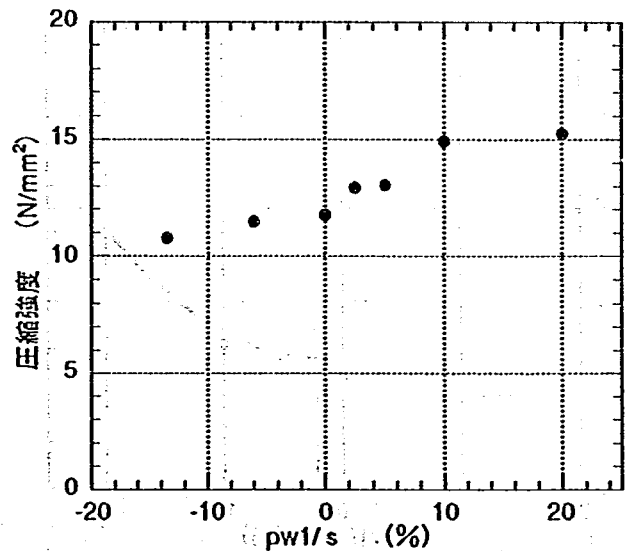


図-3.2.6 pw1/s と圧縮強度（材齢91日）の関係

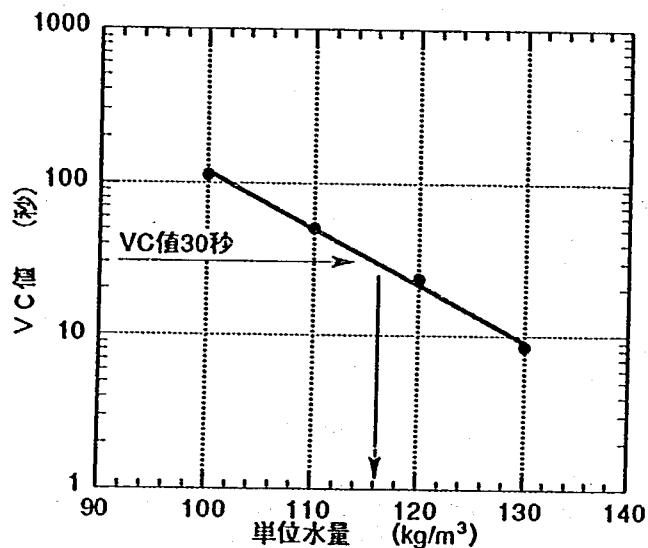


図-3.2.7 単位水量とVC値の関係
(C_L 骨材)

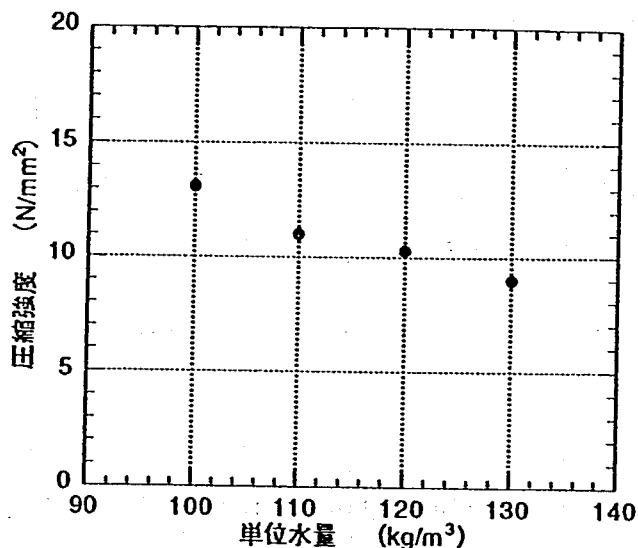


図-3.2.8 単位水量と圧縮強度 (材齢91日) の関係
(C_L 骨材)

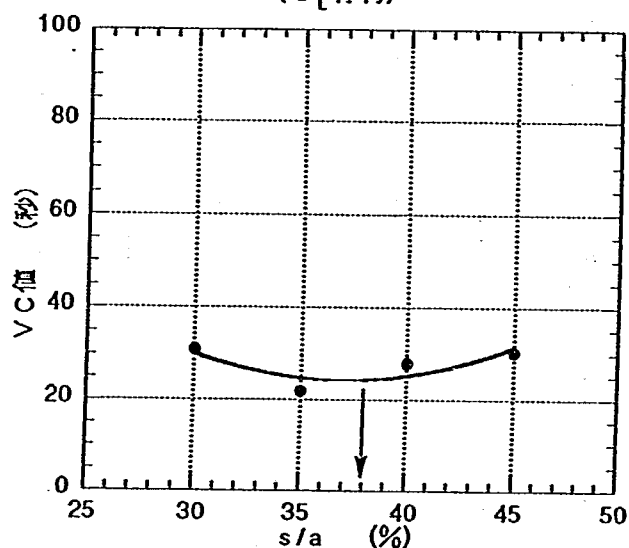


図-3.2.9 細骨材率とVC値の関係
(C_L 骨材)

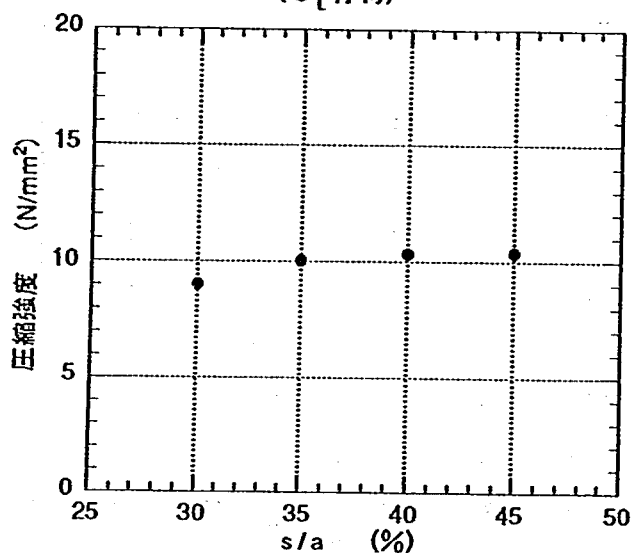


図-3.2.10 細骨材率と圧縮強度 (材齢91日) の関係
(C_L 骨材)

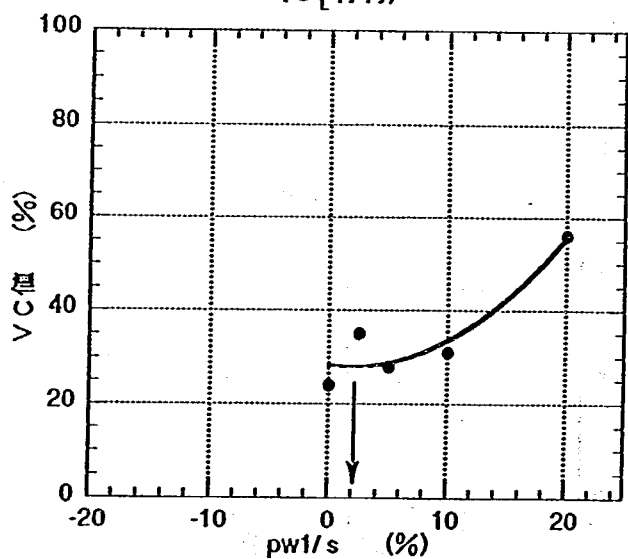


図-3.2.11 pw1/s とVC値の関係
(C_L 骨材)

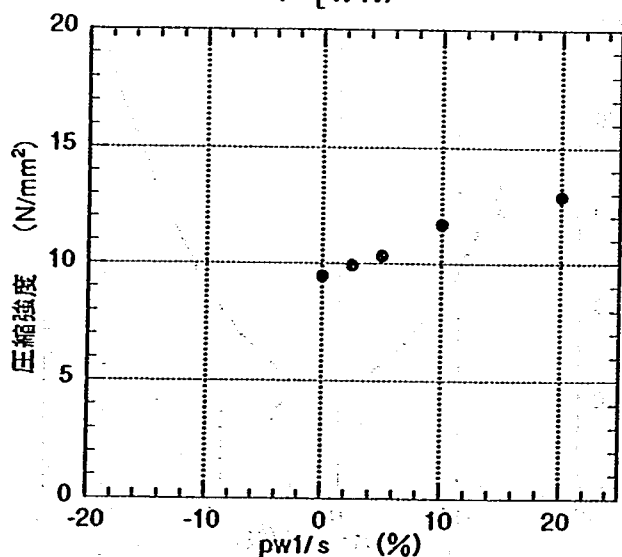


図-3.2.12 pw1/s と圧縮強度 (材齢91日) の関係
(C_L 骨材)

表-3.2.2 基本配合

FA/B (%)	pw1/s (%)	s / a (%)	単位量 (kg/m ³)								
			W	B (P w0)			S				G
					C	FA		Pw1	Pw2	S _o	
50	2.0	38.0	113	140	70	70	833	17	109	707	1367

表-3.2.3 基本配合 (粗骨材がC_L骨材のみの場合)

FA/ B (%)	pw1/s (%)	s/ a (%)	単位量 (kg/m³)								
			W	B(P _{w0})	C	FA	S	Pw1	Pw2	S _o	G
50	2.0	38.0	116	140	70	70	829	17	109	703	1353

3.2.2 粗骨材にC_L骨材のみを用いた場合

同様の手順で、粗骨材にC_L骨材のみを用いた場合の配合を、表-3.2.3のように定めた（この配合そのものについては試験練りを行っていない）。以下、試験練りの結果を示す。

①単位水量の影響 (図-3.2.7, 図-3.2.8)

B = 140kg/m³, FA/B = 50%, s/a = 40%, pw1/s = 0%で、単位水量を変化させその影響をみた。

この結果から、W = 116kg/m³とした。

②s/aの影響 (図-3.2.9, 図-3.2.10)

B = 140kg/m³, FA/B = 50%, W = 116kg/m³, pw1/s = 0%で、s/aを変化させその影響をみた。

この結果から、s/a = 38%とした。

③pw1/s (石粉による細骨材の置換率)の影響 (図-3.2.11, 図-3.2.12)

B = 140kg/m³, FA/B = 50%, W = 116kg/m³, s/a = 38%で、pw1/sを変化させその影響をみた。

この結果からpw1/s = 2%とした。

3.2.3 考察

(1) 単位水量

基本配合の単位水量は113kg/m³となった。これは、大粒径の骨材を用いる通常のRCD用コンクリートと比較すると約20kg/m³大きい。単位水量の増大にともなって水セメント比が大きくなると、必要な強度を確保できなくなるので、今回はあらかじめこの点を考慮して、基本配合では、単位結合材量を140kg/m³とした（通常は120～130kg/m³）。

C_L骨材のみを用いたケースの配合では、C_L骨材の粒形、粒度の影響を受けて、C_M骨材とC_L骨材を50%ずつ混合した基本配合と比較すると、単位水量が3kg/m³多くなった。この程度の変動であれば大きな影響はないが、ワーカビリティ確保のために単位結合材量一定のまま単位水量を増大させると、強度が低下してしまうので注意を要する。逆に、単位水量113kg/m³の基本配合を用いた際に、骨材品質が変動するとVC値が変化することになる。今回、検討したC_L骨材のみの配合では、VC値が39秒まで増加した（図-3.2.7参照）。骨材の品質がVC値に与える影響については、より実際の施工に用いられるものに近い粒度分布・粒

形の骨材で検討する必要がある。

ただし、図-3.2.13で示したように、 C_L 骨材のみを用いたケースでも、その他の配合条件（単位水量、単位結合材量など）が同じであれば大きな強度への影響はなく、強度面からは C_L 骨材の使用は問題ないものと考えられる。

(2) 細骨材率

基本配合の細骨材率は38%となった。これは通常のRCD用コンクリートより若干大きい、フルサイズのRCD用コンクリートを40mmふるいでウェットスクリーニングしたものと比較すると、ほぼ同程度の値である。

また、今回用いた骨材では、細骨材と粗骨材を混合した場合に実積率が最大になる細骨材率40%程度であることがわかっている（図-2.1.4）が、この値は基本配合の試験練りから求めた最適細骨材率とほぼ一致している。最大粗骨材寸法40mmのRCD用コンクリートでも、骨材の実積率試験から、ほぼ最適な細骨材率を求めることができるものと考えられる。

(3) 石粉による置換率

石粉による細骨材置換率は2%とした。細骨材中にもともと含まれる微粒分とあわせて考えると、その体積割合は約15.5%となり、（若干使用材料に違いがあるが）図-2.1.5に示した細骨材の実積率を最大にする微粒分の割合に近くなっている。

一方、図-3.2.6、図-3.2.12から、骨材中の微粒分含有率が増加するにつれて、圧縮強度が増加しているのがわかる。図-2.1.5にも示したように、細骨材中の微粒分の割合を調整することで細骨材の実積率が大きくなり、密実なコンクリートとなることがその理由の一つと考えられる。また、今回の試験では、図-2.1.4の結果からは細骨材の実積率が小さくなると考えられるほど石粉で置換しても、コンクリートの圧縮強度は上昇している。これは、微粉末効果によって強度改善しているものと考えられる。しかし、微粒分含有率を大幅に増加させることは施工性の確保を妨げることにつながるので、先に述べたように、今回の基本配合では石粉による細骨材置換率を2%とした。

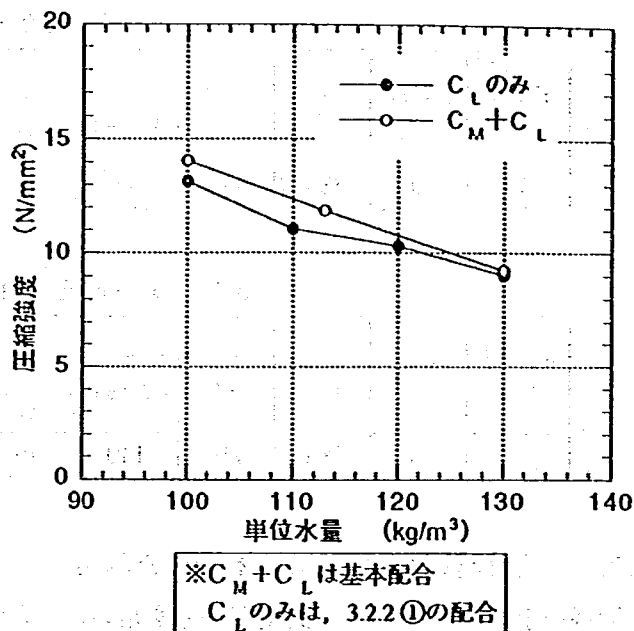


図-3.2.13 骨材種類とコンクリート圧縮強度
(材齢91日、 $B = 140 \text{ kg/m}^3$)

3.3 単位結合材量・フライアッシュ置換率の検討

3.3.1 ワーカビリティ

基本配合から単位結合材量・フライアッシュ置換率を変化させた場合の、VC値への影響を図-3.3.1、図-3.3.2に示す。セメントの種類に関わらず、置換率90%のケースを除くと、フライアッシュ置換率の変化によるVC値への影響は明確ではなかった。

通常、フライアッシュによる置換を行うと、コンクリートのワーカビリティが改善されると考えられている。その理由としては、フライアッシュの粒子が滑らかな球状であること、密度の違いから同じ質量のセメントをフライアッシュで置換した場合、コンクリート中のペースト容積が増加することなどが挙げられる。

しかし、今回は、基本配合決定の段階で、ワーカビリティの改善を目的として石粉による置換を行い、細骨材中の微粒分の量を調整している。そこで、コンクリート中に含まれる全ての微粒分(0.15mm以下の粒子)をまとめて考え、その増減と、フレッシュ時の性状の関係について検討することとした。なお、コンクリート中の微粒分としては、結合材・石粉および細骨材中に元来含まれる0.15mm以下の粒子(表-3.1.1, 図-3.3.3)がある。

そこで、コンクリート中で微粒分が占める割合について、細骨材と粗骨材の比率の指標である s/a を参考に、式(3.3.1)より求められる微粒分率で表すことにした。

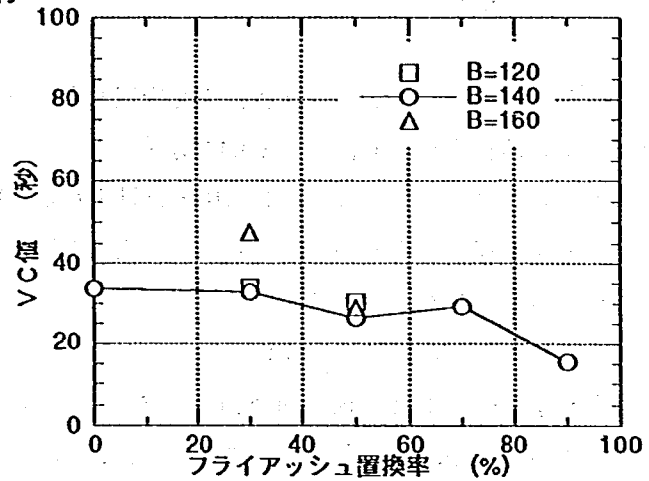


図-3.3.1 フライアッシュ置換率とVC値の関係
(中熱セメント)

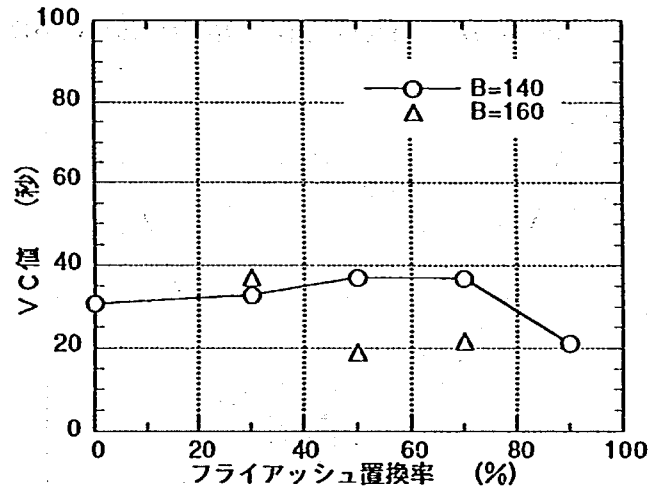


図-3.3.2 フライアッシュ置換率とVC値の関係
(普通セメント)

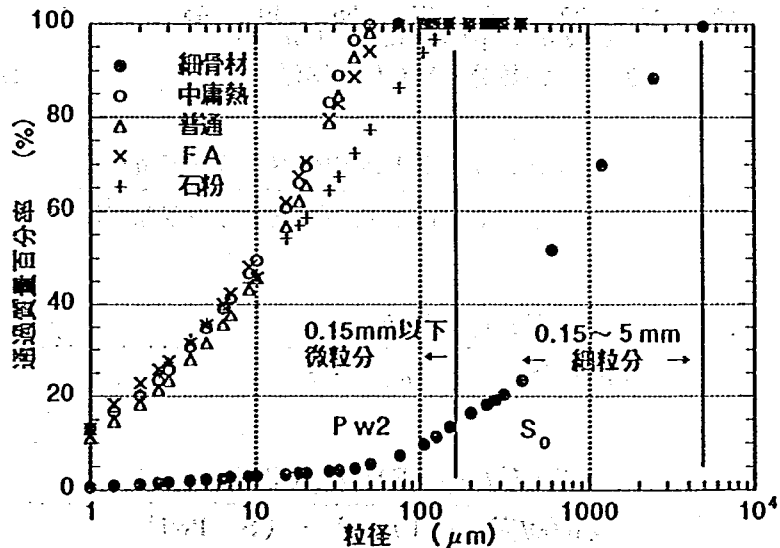


図-3.3.3 コンクリート中の微粒分
(400 μ m以下はレーザー回折による計測)

$$pw/(pw+s_0) \dots\dots\dots (3.3.1)$$

基本配合からフライアッシュ置換率を変更したケースと石粉置換率を変更したケースについて、微粒分率とVC値の関係を整理し、図-3.3.4に示す。

図からコンクリート中の微粒分（0.6mm以下）と細粒分（0.6～5mm）の間にも、最適 s/a に相当する最適微粒分率が存在するものと考えられる。二次の回帰式（ $r=0.90$ ）を用いると、微粒分率が約25%のときVC値が最小となり、28秒であった。

フライアッシュの置換率を変化させたケースは、石粉による置換率を変化させたケースに比べ、微粒分率の変動が小さい。また、 $B=140\text{kg/m}^3$ 、 $FA/B=0\%$ の場合の微粒分率が約25%であり、ほぼ最適微粒分率となっている。今回の配合では、フライアッシュ置換率の増減による微粒分率の変動がVC値に大きな影響を与えにくい領域にあり、このため、フライアッシュによる置換がワーカビリティへ大きな影響を与えなかったものと考えられる。今後、強度面などから単位結合材量・フライアッシュ置換率を変化させる場合には、今回の結果が、石粉置換率等の配合の修正にあたって参考になるものと思われる。

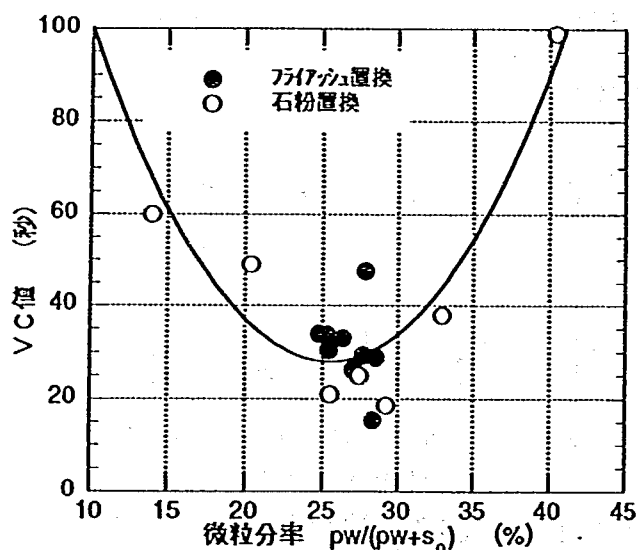


図-3.3.4 微粒分とVC値の関係

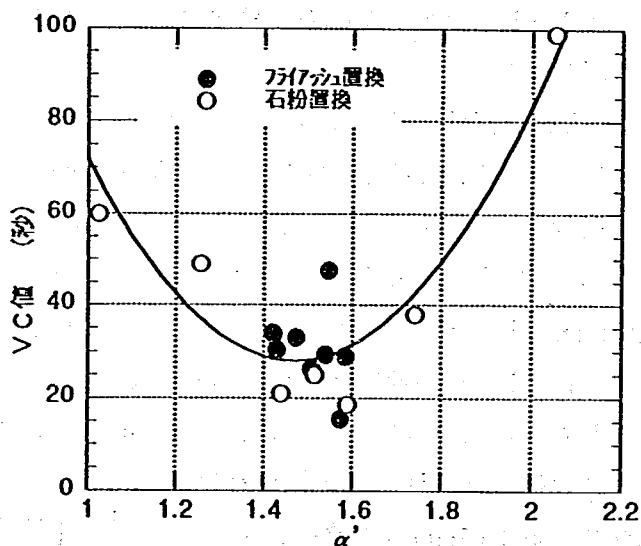


図-3.3.5 α' とVC値の関係

$$a = \frac{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ 中のペースト容積}}{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ に用いる細骨材の空隙容積}}$$

$$= \frac{W + C/\rho_c + FA/\rho_{FA}}{(1000/W_{s0} - 1/\rho_s) \cdot S} \dots\dots\dots (3.3.2)$$

$$\alpha' = \frac{W + C/\rho_c + FA/\rho_{FA} + Pw1/\rho_{Pw1}}{(1000/W_{s0} - 1/\rho_s) \cdot (S - Pw1)} \dots\dots\dots (3.3.3)$$

ところで、今回のコンクリート試験でのVC値が最小になるコンクリート中の微粒分率25%は、細骨材の実積率が最大になる微粒分率17%のおおよそ1.5倍になっている。これは、実際のコンクリート中では全骨材の表面に付着するペースト分があり、その上で流動性を産むためにはより多くの微粒分が必要になるため、RCD用コンクリートの配合特性を表すために用いられる指標 α （ペースト／細骨材空隙比：式（3.3.2））に通じるものと考えられる。そこで、石粉による置換を考慮した式（3.3.3）により算出される α' を求めたところ、図-3.3.5に示すように、今回の配合では α' が1.47のときVC値が最小の28秒となった。

3.3.2 圧縮強度

図-3.3.6、図-3.3.7に、 $B=140\text{kg/m}^3$ の場合のフライアッシュ置換率と圧縮強度の関係を示す。初期には、フライアッシュ置換率が大きくなるとセメント量が少なくなるため、圧縮強度は低下する。しかし、材齢が進むとフライアッシュのボゾラン反応による強度増進の効果が加わり、低下の度合いは小さくなっていく。

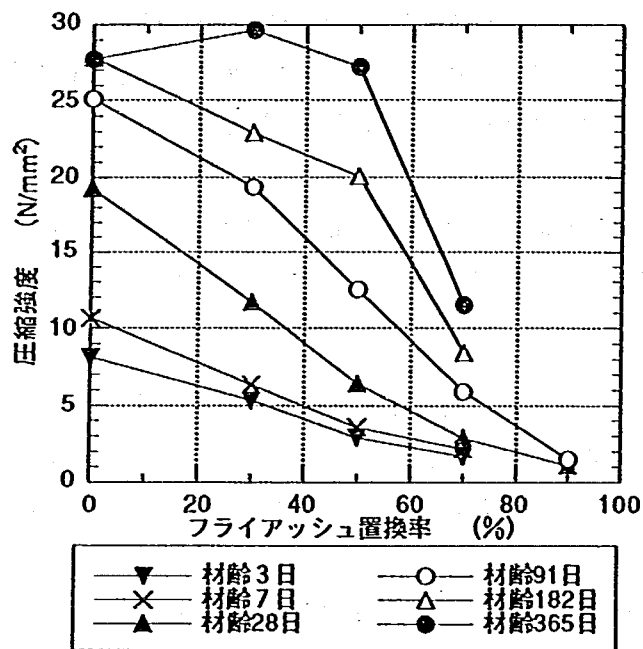
中庸熱セメントを用いた場合、フライアッシュ置換率を行わない場合でも材齢182日までは強度の増進がみられるが、ここから材齢1年までの間にはほとんど強度の増進はみられない。これに対し、フライアッシュ置換率が30、50%のケースでは、材齢182日以降も強度の増進が顕著である。材齢1年の圧縮強度では、フライアッシュ置換率が30%のケースが最も高く、フライアッシュ置換率が50%のケースでも置換を行わないケースとほぼ同じ強度になっている。

これに対し、普通セメントを用いた場合は、フライアッシュの効果がより明確に出ており、置換を行わなかった場合には材齢91日以降の強度増進がほとんどないのに対し、置換を行ったケースでは、その後も強度が増進し、材齢1年ではフライアッシュ置換率が30、50%のケースの方が、置換を行わなかった場合よりもより大きな強度が出ている。

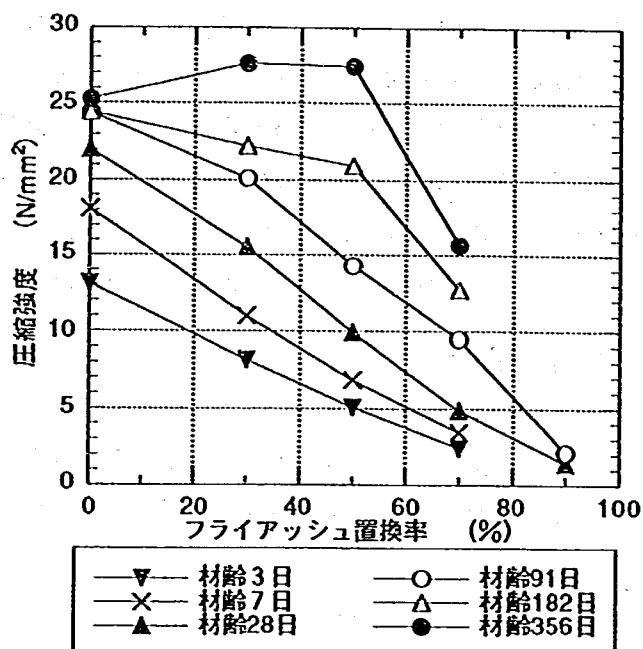
また、フライアッシュ置換率0%の配合による圧縮強度を100とした場合の、各置換率の圧縮強度の割合を図-3.3.8、図-3.3.9に示す。また、結合材量を変化させたケースの、材齢91日の圧縮強度を図-3.3.10、図-3.3.11に、セメント種類と圧縮強度の関係を図-3.3.12に示す。

これらの結果から、単位結合材量を 140kg/m^3 とした場合について、以下のような知見が得られた。

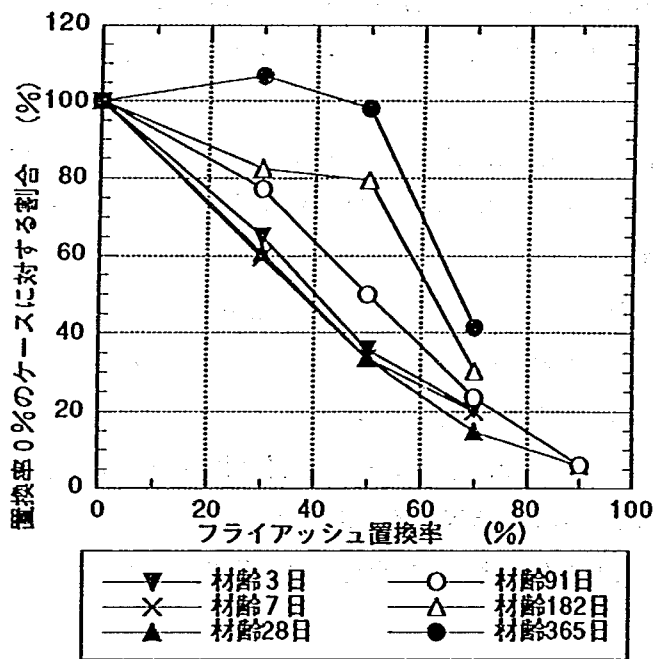
- ①初期の強度増進のことも考慮すると、フライアッシュ置換率を50%よりも大きくすることは難しい。
- ②材齢91日の圧縮強度に着目すると、フライアッシュ置換率30%で、中庸熱セメント使用のケースと普通セメント使用のケースの圧縮強度がほぼ同等であった。また、普通セメントを使用する場合には、単位結合材量 160kg/m^3 フライアッシュ置換率50%のケースでもほぼ同等であった。
- ③材齢1年になると、フライアッシュ置換率が50%以下であれば、置換を行わない場合と同じかそれ以上の圧縮強度が期待できる。



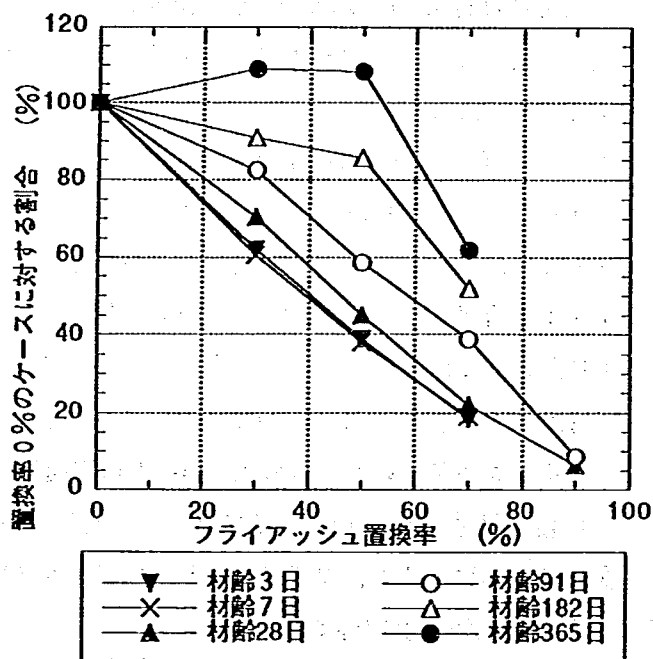
図一3.3.6 フライアッシュ置換率と圧縮強度
(中庸熱セメント)



図一3.3.7 フライアッシュ置換率と圧縮強度
(普通セメント)



図一3.3.8 フライアッシュ置換率と
圧縮強度の低下割合 (中庸熱セメント)



図一3.3.9 フライアッシュ置換率と
圧縮強度の低下割合 (普通セメント)

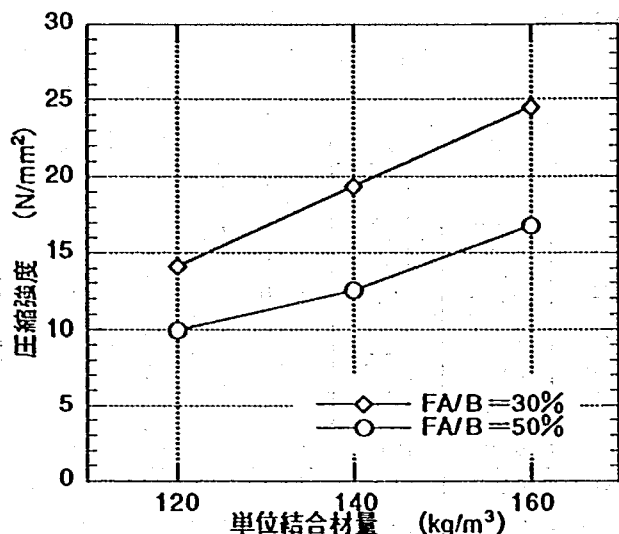


図-3.3.10 単位結合量と圧縮強度の関係
(中庸熱セメント：材齢 91 日)

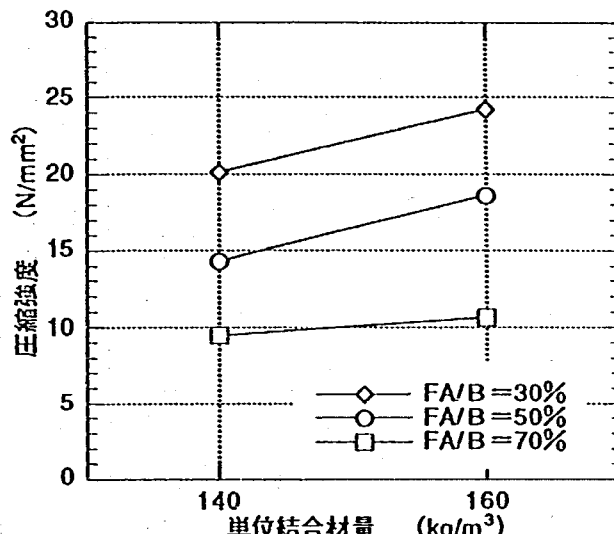


図-3.3.11 単位結合量と圧縮強度の関係
(普通セメント：材齢 91 日)

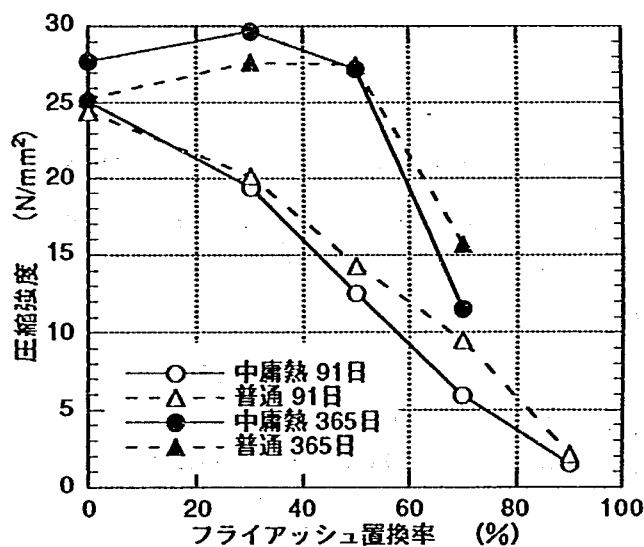


図-3.3.12 セメント種類と圧縮強度の関係
($B = 140 \text{ kg/m}^3$)

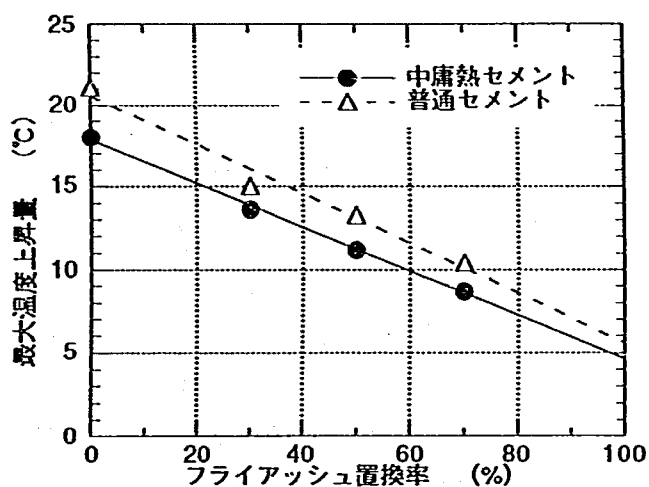


図-3.3.13 フライアッシュ置換率と最大温度上昇量
($B = 140 \text{ kg/m}^3$)

3.3.3 断熱温度上昇試験結果

結合材量やフライアッシュ置換率を変化させた場合の、断熱温度上昇試験の結果を表-3.3.1に示す。また、単位結合材量が 140 kg/m^3 のときの、フライアッシュ置換率と最大温度上昇量の関係を図-3.3.13に示す。

通常の、 $G_{\text{max}} 80 \text{ mm}$ 程度の RCD 用コンクリートでは、中庸熱セメントを使用し、単位結合材量は $120 \sim 130 \text{ kg/m}^3$ でフライアッシュ置換率を 30% とすることが多い。今回の試験結果から、単位結合材量を 140 kg/m^3 とした場合に、熱的性状を通常用いられる RCD 用コンクリートとほぼ同程度にするためには、フライアッシュ置換率を 40% 程度に設定すればよいことがわかった。

一方、普通セメントを使用する場合には、単位結合材量を 140 kg/m^3 とすると、フライアッシュ置換率を 50% 以上に設定することが必要となる結果であった。

表-3.3.1 断熱温度上昇試験結果

コンクリート種別	セメント種類	単位結合材量 (kg/m³)	FA置換率 (%)	測定最大温度上昇量 (℃)	断熱温度上昇式						
					K 1 - exp (- α t)			K 1 - exp (- α t ^β)			
					K	α	相関係数	K	α	β	相関係数
RCD	中層熱	120	30	12.3	11.71	0.688	0.976	12.06	0.772	0.656	0.990
		140	0	18.0	17.52	1.046	0.982	17.80	1.082	0.639	0.997
			30	13.6	13.30	0.747	0.983	13.52	0.818	0.719	0.993
			50	11.2	11.11	0.647	0.993	11.20	0.710	0.828	0.997
			70	8.7	8.40	0.539	0.981	8.67	0.643	0.688	0.994
	普通	160	30	15.7	15.15	0.675	0.979	15.51	0.753	0.697	0.990
		140	0	21.1	21.17	1.122	0.995	21.11	1.104	1.293	1.000
			30	15.0	15.03	0.922	0.998	15.00	0.899	1.105	0.999
			50	13.3	13.30	0.828	0.999	13.31	0.835	0.977	0.999
			70	10.4	10.43	0.733	0.998	10.40	0.685	1.147	0.999
有スランプ	中層熱	181	30	19.3	18.86	0.594	0.986	19.22	0.679	0.745	0.994

3.3.4 考察

(1) 概説

横川ダム原石山から採取される骨材は最大粗骨材寸法が小さく、必要なワーカビリティおよび強度を得るためのコンクリートの単位結合材量が大きくなることから、検討にあたっては発熱量の増大が懸念された。そこで、主に単位結合材量 140kg/m³のケースを中心に、セメント種類・単位結合材量およびフライアッシュ置換率を変化させた配合を用いて試験練りを行い、その性状（ワーカビリティ・強度・熱的性状）をみた。このうちワーカビリティに関しては、フライアッシュ置換等の効果が顕著にはみられなかったため、ここでは、主に強度と熱的性状の面に着目して結果を整理し、配合決定の際の考え方を示す。

なお、セメント種類、単位結合材量およびフライアッシュ置換量を図-3.3.14のように記述することで各配合ケースを表すことにした。

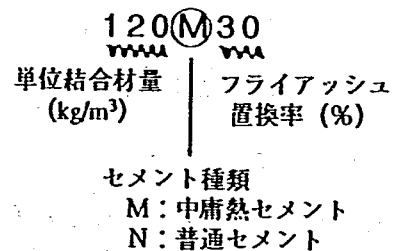


図-3.3.14 配合種類を表す略号

(2) 試験練りを行った配合から選択する場合

今回の試験練りでは、単位結合材量 140kg/m³の条件での試験ケース数が多く、データも豊富なので、特に問題がなければ、ここから配合を選ぶことが考えられる。

まず、通常のRCD用コンクリートとして実績のある、120M30の配合（このとき中層熱セメント 84kg/m³）に近い、単位結合材量 140kg/m³でフライアッシュ置換率 40%（中層熱セメント 84kg/m³）程度の配合が、一つの候補として考えられる。140M30と 140M50の配合についての試験結果から、この 140M40程度の配合で、材齢91日の強度でも、その熱的性状の面でも、120M30の配合とほぼ同等の性状が得られるものと考えられる（図-3.3.10、表-3.3.1参照）。

ただし、初期の強度発現については、施工上問題がないかどうか確認する必要があると思われる。

(3) 試験練りを行ったケースの周辺も検討する場合

セメント種類・単位結合材量およびフライアッシュ置換率の組み合わせを選択する際には、中長期での強度・熱的性状、および初期の強度発現を考慮すればよいものと考えられる（今回はワーカビリティへの影響は顕著ではなく、石粉の利用等で対処できるものと考えた）。しかし、試験にかかるコストの問題から、断熱温度上昇試験や初期の圧縮強度試験を行ったケース数は限られている。そこで、熱的性状や初期の強度発現を推定し、試験練りを行ったケースの周辺で好ましい配合を選択する方法について検討した。

①熱的性状の推定

単位結合材量 140kg/m³での試験結果を回帰し、フライアッシュ置換率 0 % の場合の最大温度上昇量、およびフライアッシュ置換率 100 % の場合の最大温度上昇量を求める。これらの値を、140kg/m³で除し、セメントおよびフライアッシュ 1 kg/m³あたりの最大温度上昇量と仮定する（図-3.3.13参照）。
この値を用い、各配合での単位セメント量、単位フライアッシュ量から、最大温度上昇量を推定した。推定はセメント種類ごとに行った。結果を表-3.3.2に示す。

RCD用コンクリートの単位結合材量 120~160kg/m³の範囲では、この方法でほぼ推定できるものと考えることができる。

表-3.3.2 断熱温度上昇試験結果の推定

配合	最大温度上昇量 (℃)	
	実験値	計算値
120M30	12.3	11.9
140M0	18.0	17.8
140M30	13.6	13.9
140M50	11.2	11.2
140M70	8.7	8.6
160M30	15.7	15.8
181M30	19.3	17.9
140N0	21.1	20.6
140N30	15.0	16.1
140N50	13.3	13.1
140N70	10.4	10.1

②初期の強度発現の推定

単位結合材量 140kg/m³以外のケースにおける材齢 3 日の圧縮強度は、例えば以下のような計算でその概略値を推定することができる。

- まず、次の仮定をおく。
- ・材齢 3 日、7 日ではフライアッシュは強度発現に寄与しない。
 - ・フライアッシュに由来する強度増進の程度は、単位フライアッシュ量に比例する。
 - ・セメントに由来する強度増進の傾向は、単位結合材量に影響されない。

同じく、コンクリートの強度は、セメントに由来するものとフライアッシュに由来するものに分離できるものと考え、次の記号を用いることにする。

$f_{28 (140M30)}$: 140M30の配合での、材齢 28 日圧縮強度、 $f = f_c + f_{FA}$
 f_c : セメントに由来する圧縮強度
 f_{FA} : フライアッシュに由来する圧縮強度

一例として、160M30の配合での、材齢 3 日の強度を推定する手順を示す。

$f_{FA (140M30)} = f_{28 (140M30)} - f_{c (140M30)} \dots\dots\dots (3.3.4)$

$f_{c (140M30)} = f_{28 (140M0)} \times \frac{f_{3 (140M30)}}{f_{3 (140M0)}} \dots\dots\dots (3.3.5)$

$$_{28}f_{FA(140M30)} = _{28}f_{(140M30)} - _{28}f_{C(140M30)} \dots\dots\dots (3.3.6)$$

$$_{28}f_{C(160M30)} = _{28}f_{(160M30)} - _{28}f_{FA(160M30)} = _{28}f_{(160M30)} - _{28}f_{FA(140M30)} \times \frac{160}{140} \dots\dots\dots (3.3.7)$$

$$_3f_{(160M30)} = _3f_{C(160M30)} = _{28}f_{C(160M30)} \times \frac{_3f_{C(140M30)}}{_{28}f_{C(140M30)}} \dots\dots\dots (3.3.8)$$

のように、計算できる。この推定には仮定が多く、参考値として考えるべきである。

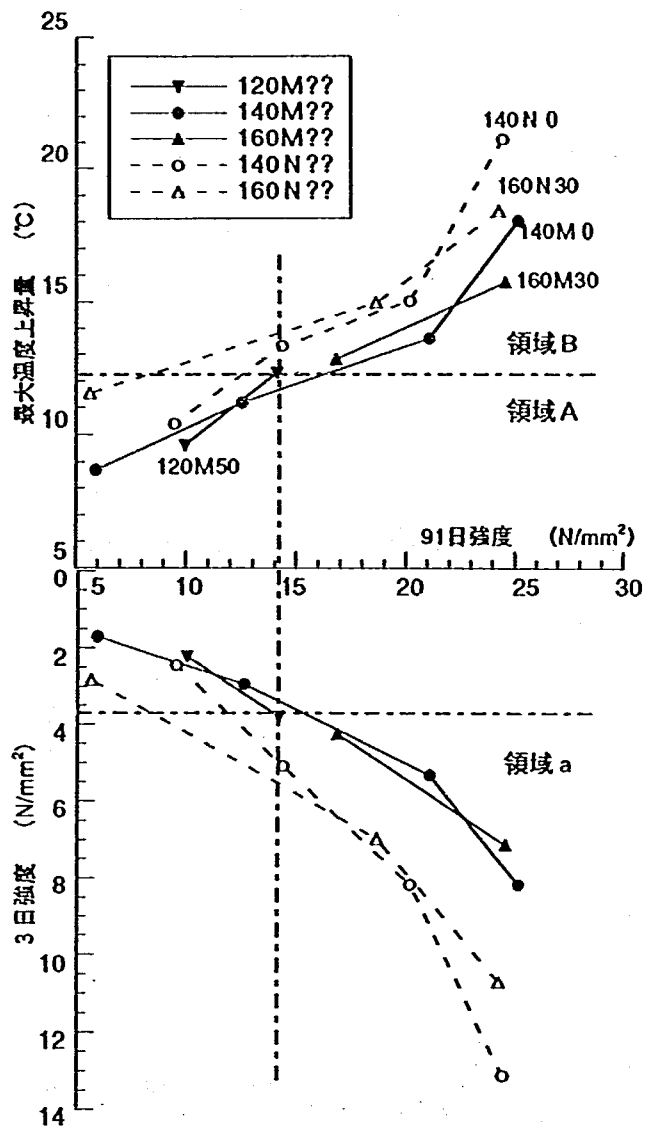
実験の結果と①、②の推定結果を、図-3.3.15にあわせて示す。ここでは、120M30の配合での試験結果を基準として他の配合の結果を検討した³²⁾。

望ましい配合は、最大温度上昇量がより小さく、強度は3日、91日ともにより大きい配合である。つまり、120M30を基準にした図-3.3.15では、試験結果が領域Aと領域aの中にプロットされる配合である(図-3.3.17)。(2)で考察した140M40程度の配合は、図から、最大温度上昇量と3日強度は120M30とほぼ同じであるが、91日強度の面で優れている配合と予想することができる。

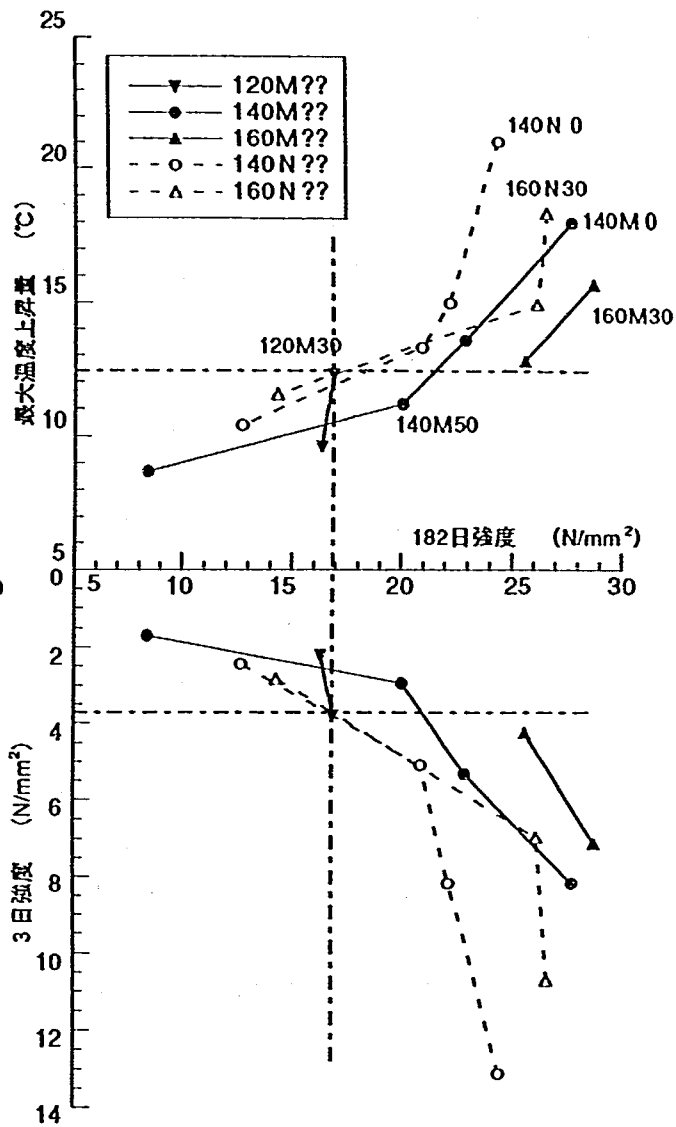
発熱量が大きくなることを施工方法等の工夫で許容できるならば、強度発現をより重視して、領域Bの中から配合を選択することも考えられる。160M50の配合では、若干発熱量が増えるものの、3日・91日ともに強度は大きくなっている。また、普通セメントを使用した140N50の配合では、やはり発熱量が増えるものの材齢3日の圧縮強度は大きくなっており、材齢初期の強度発現という面では有利である。

また、ダムの施工から実際の運用までには長い時間がかかること、フライアッシュを大量に利用した配合では長期的に強度が増進していくことが期待できることを考慮すると、中長期の強度をより長期の材齢で管理することも考えられる。例えば、材齢182日での圧縮強度試験結果を用いると、図-3.3.16のようになる。このように長期強度の管理に柔軟に対処できれば、普通セメントを使用してよりフライアッシュ置換率を大きくした、140N60程度の配合にも可能性がないわけではないことがわかる。

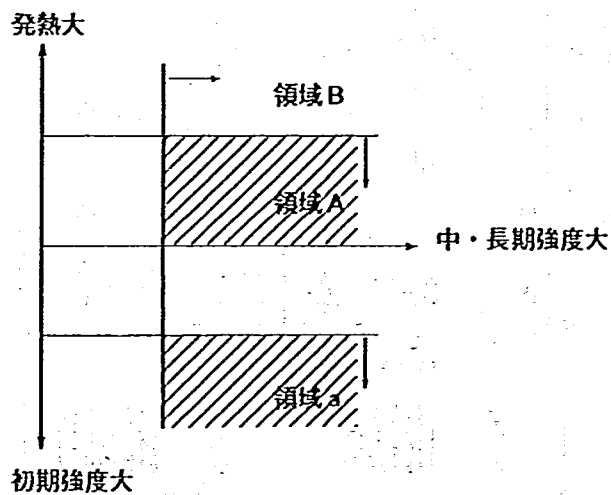
3.2) なお、通常のフルサイズのRCD用コンクリートでは、ウェットスクリーニングを行って、40mmより大きな骨材を除いてから供試体を作成する。つまり供試体に詰められるコンクリートは、よりモルタルがしめる割合が大きいコンクリートであり、当然、強度試験の結果は今回の120M30の試験結果よりも大きくなる。最大粗骨材寸法が40mmである今回の配合のように、ウェットスクリーニングを行わない場合の強度試験の結果として、どの程度の値を目安とすべきかという点には、検討の余地が残る。



図一 3.3.15 最大温度上昇量、材齢91日圧縮強度、材齢3日圧縮強度の関係



図一 3.3.16 最大温度上昇量、材齢182日圧縮強度、材齢3日圧縮強度の関係



図一 3.3.17 望ましい配合の選択方法

3.4 その他の検討

3.4.1 モルタル試験

(1) ワーカビリティ

石粉による細骨材の置換およびフライアッシュによるセメントの置換等の影響については、コンクリート試験により把握したが、確認のためモルタルの場合についても試験を行ってその性状をみた。モルタル試験の配合は、コンクリートの配合から粗骨材を取り除いたものとした ($W/B = 80.7\%$, $S/C = 4.70$, また、結合材・フライアッシュの影響を見た配合ケースでも $pw1/s = 2.0\%$ とした)。

石粉による細骨材置換がモルタルフローに与える影響を図-3.4.1に、同じくフライアッシュ置換率がモルタルフローに与える影響を図-3.4.2に示す。モルタルフローの傾向は、RCD用コンクリートでのVC試験結果の傾向とほとんど同じであり、石粉置換率が2%程度のときにモルタルフローが最大になった。また、フライアッシュ置換率による影響は、石粉置換の影響と比較するとそれほど大きくなかった。

(2) 圧縮強度

石粉による細骨材置換率と圧縮強度の関係を図-3.4.3に示す。コンクリートの場合と同様、置換率が大きくなるにつれて、微粉末効果により強度が増進する傾向が見られる。ただし、石粉置換率は、実際にはワーカビリティを低下させない程度にとどめるべきである。

フライアッシュ置換率と圧縮強度の関係を図-3.4.4~3.4.7に示す。コンクリートの圧縮強度と比較すると、全般的に、モルタル強度の方が若干低くなっている。

また、コンクリートの場合に比べフライアッシュ置換による強度低下の割合は大きく、材齢が365日に達しても、置換を行った配合のモルタル強度が、

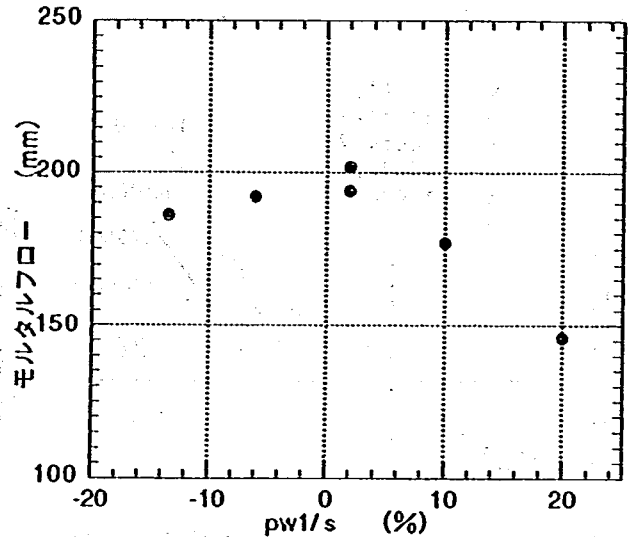


図-3.4.1 石粉置換率とモルタルフローの関係

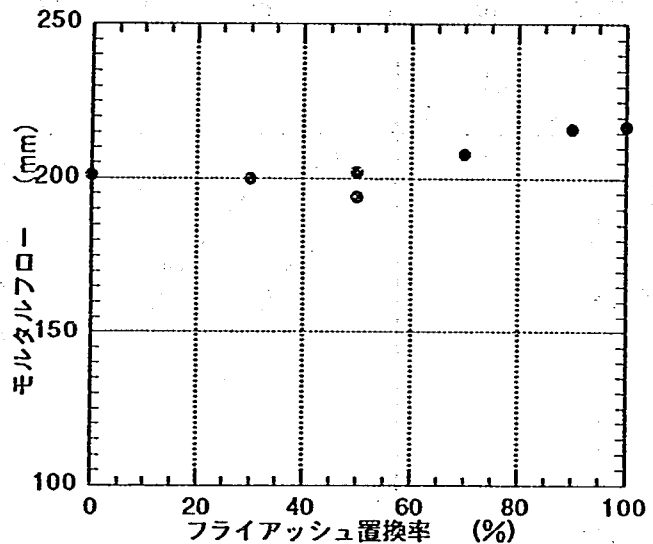


図-3.4.2 FA置換率とモルタルフローの関係

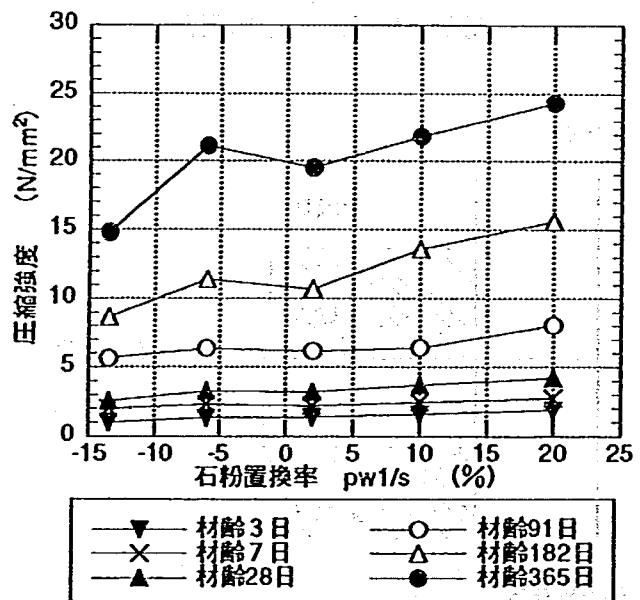


図-3.4.3 石粉置換率と圧縮強度の関係

置換を行わない場合を上回ることにはなかった。RCD用コンクリートの場合は、粗骨材の体積割合が大きく、粗骨材どうしがかみ合うなどしてモルタル強度以上のコンクリート強度がでているものと考えられる。

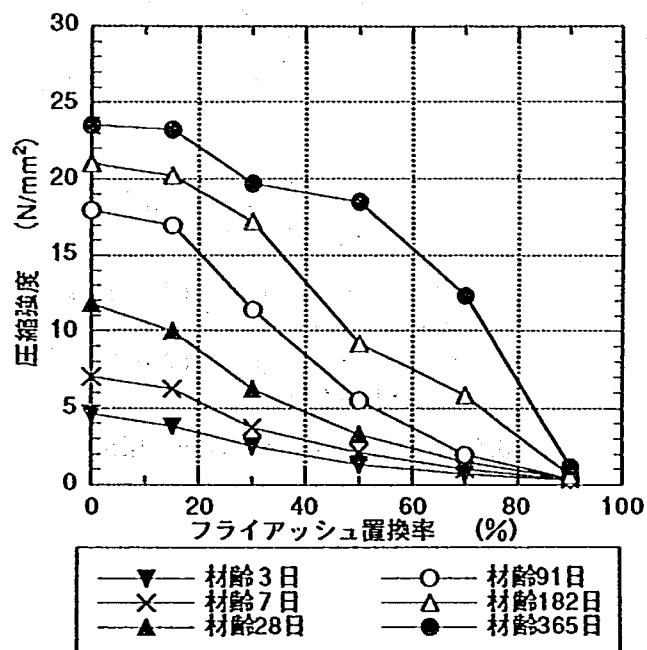


図-3.4.4 フライアッシュ置換率と圧縮強度 (中庸熱セメント)

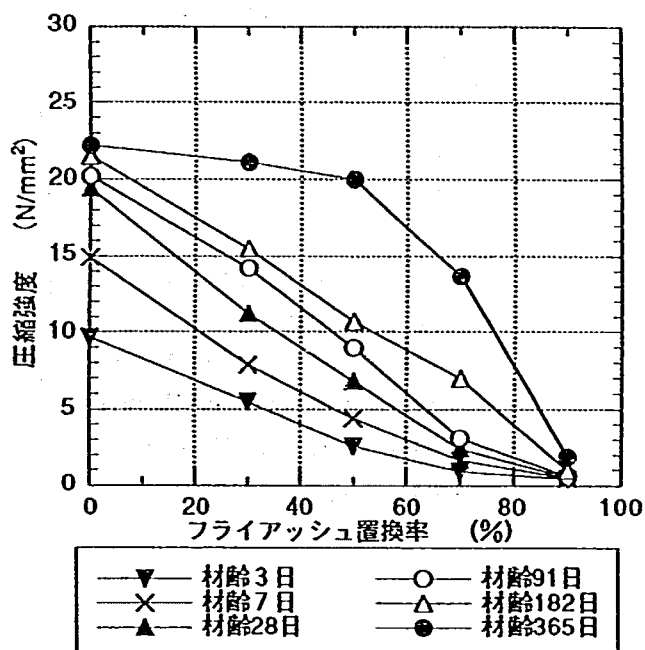


図-3.4.5 フライアッシュ置換率と圧縮強度 (普通セメント)

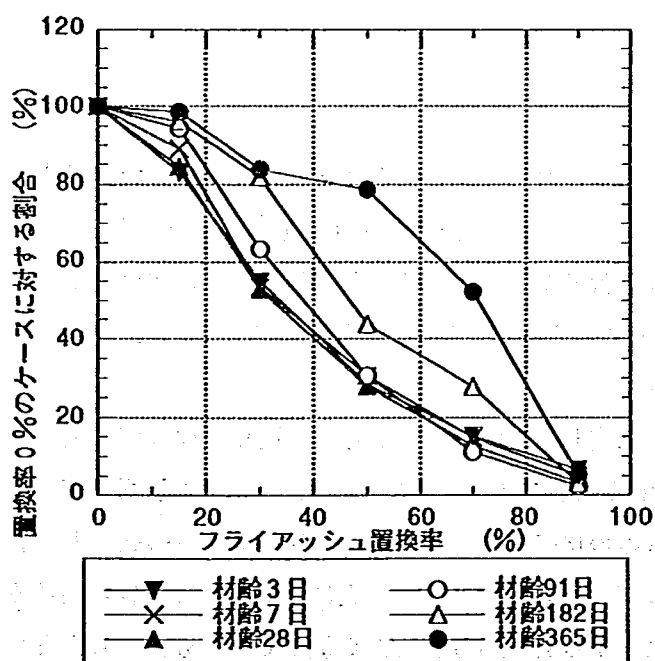


図-3.4.6 フライアッシュ置換率と圧縮強度の低下割合 (中庸熱セメント)

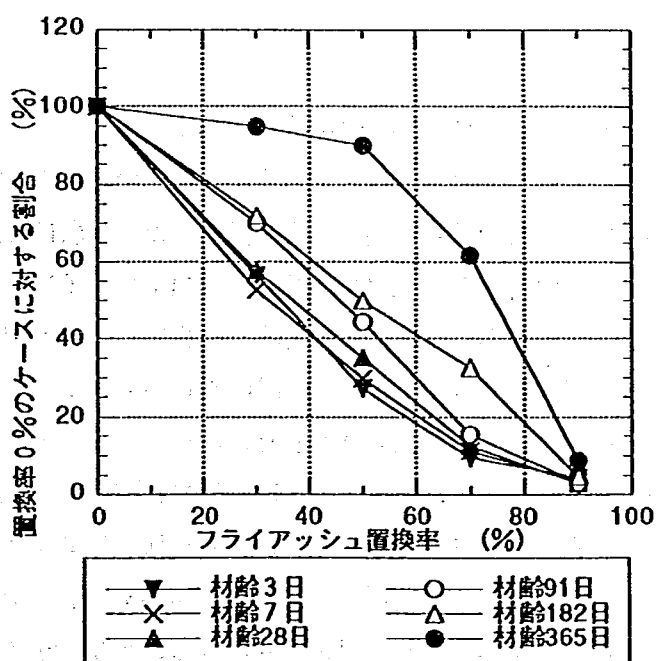
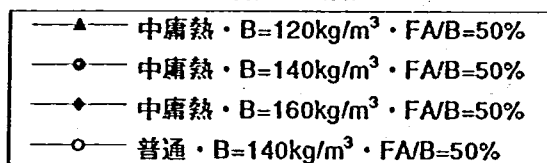
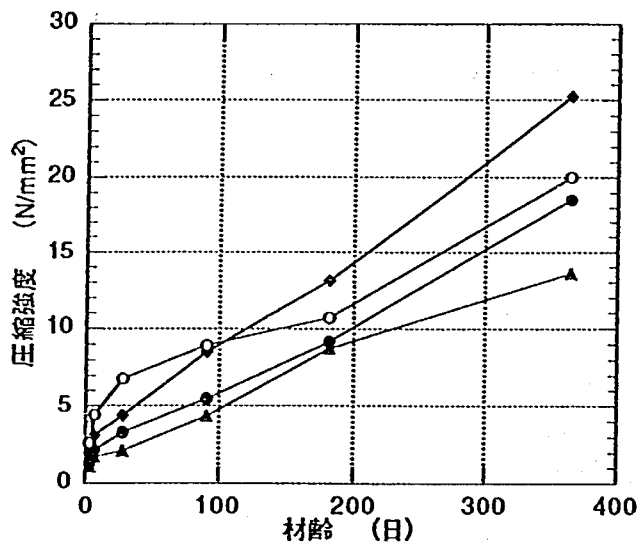
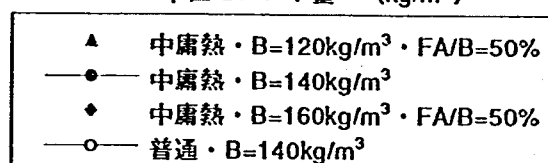
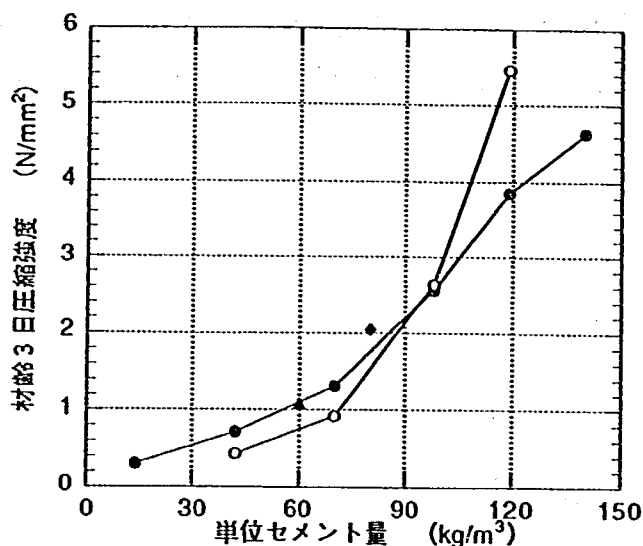


図-3.4.7 フライアッシュ置換率と圧縮強度の低下割合 (普通セメント)



図一 3.4.8 モルタル圧縮強度
(単位結合材量の影響)



図一 3.4.9 材齢 3 日モルタル圧縮強度

3.4.2 コンクリートの引張強度試験

骨材の節理がコンクリート強度に及ぼす影響をみるために、コンクリート供試体の割裂引張強度試験を行い、割裂面での骨材の割れ具合を観察した。試験は各配合ケースに対し材齢 28 日に 1 本だけ行った。

図一 3.4.10、図一 3.4.11 に、骨材の種類やフライアッシュ置換率とコンクリート引張強度との関係を示す。強度発現の傾向には圧縮強度試験の結果と大きな違いはなかった。図一 3.4.11 に示したデータでは、平均で引張強度は圧縮強度の 11.8% (範囲は 8.6~13.6%) であった。

引張試験後、割裂面のうち骨材が割れた部分の面積を測定し、断面に占める骨材の面積 (理論値: 割裂面の面積 $\times$ 骨材体積のコンクリート体積に対する比) に対する比率を求めた。ここでは、これを割裂面積率 (割裂面にあった骨材のうち試験によって割れてしまったものの比率) と呼ぶ。コンクリートの引張強度と割裂面積率を図一 3.4.12 に示す。ばらつきは大きいですが、コンクリートの引張強度の増大にともなって骨材の割れる量が増える傾向があり、引張強度の増加とともに骨材にかかる引張応力も大きくなっているものと考えられる。

また、次の手順で、点載荷試験の結果を用いて、骨材の割れる量を推定した。

①骨材に作用する引張応力 σ_{ta} を、引張強度を全て骨材が負担するものと仮定し、式 (3.4.1) から求める。

$$\sigma_{ta} = \frac{2P}{\pi d l} \cdot \frac{V_a}{V_m + V_a} \quad \dots\dots\dots (3.4.1)$$

ただし、 σ_{ta} ：骨材に作用する引張応力 (N/mm²)

P：引張最大荷重 (N)

d・l：供試体の直径および長さ (mm)

$V_a \cdot V_m$ ：コンクリート単位体積あたりのモルタル及び骨材体積、 $V_a + V_m = 1$

②引張応力と点載荷試験による圧裂強度が同じものと仮定 ($\sigma_{ta} = f_{pa}$) し、 f_{pa} のときの粒径 d_i の破壊確率 P_{di} を式 (3.4.2) から求める。今回、4005 の骨材を 4 つの粒度に分けて点載荷試験を行っており、この 4 つの粒度に分けた場合の圧裂強度の分布をワイブル分布で近似し、これから破壊確率を求める。

$$P_{di} = 1 - \exp(-f_{pa}^m / \alpha) \quad \dots\dots\dots (3.4.2)$$

ただし、 P_{di} ：粒径 d_i の骨材が、圧裂による f_{pa} の応力を受けたときに破壊する確率

m：ワイブル分布の形状母数

α ：ワイブル分布の尺度母数

③各粒度の比率と破壊確率から、骨材の破壊確率 P_t を式 (3.4.3) により求める。

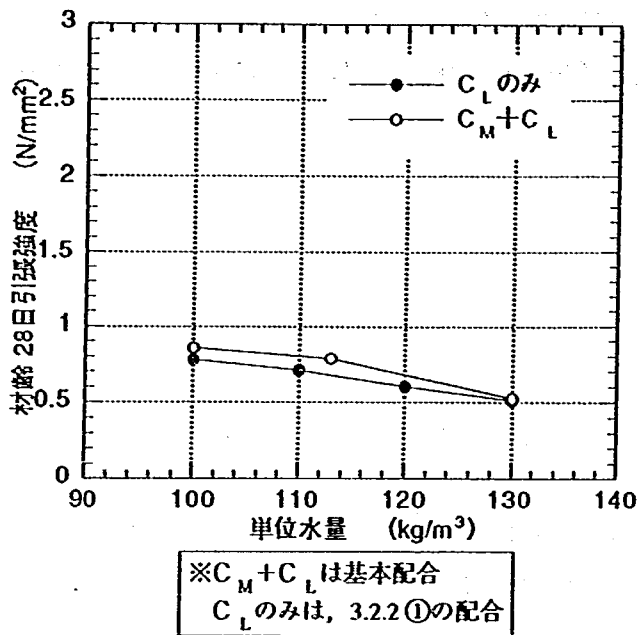
$$P_t = \frac{\sum P_{di} \cdot q_i}{\sum q_i} \quad \dots\dots\dots (3.4.3)$$

ただし、 P_t ：割裂面積率 (%)

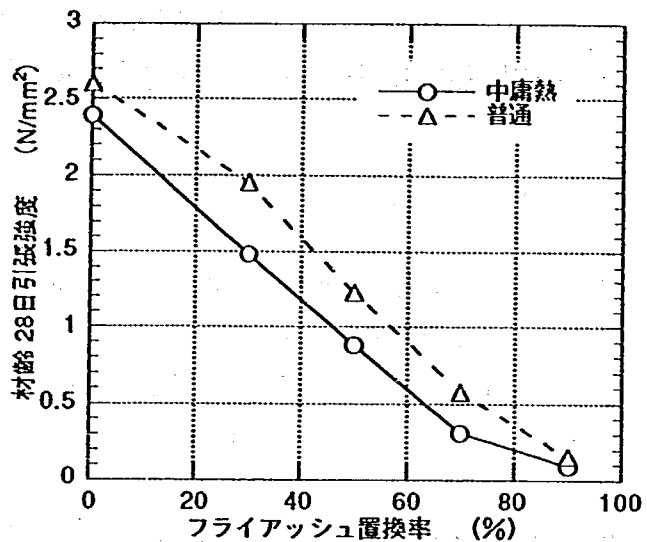
P_{di} ：粒径 d_i の破壊確率 (%)

q_i ：全骨材量に対する d_i の比率、 $\sum q_i = 1$

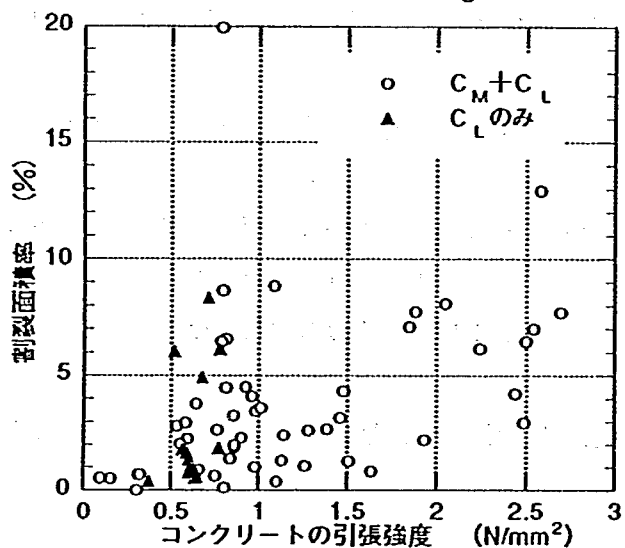
割裂面積率と計算による破壊確率の関係を図-3.4.13、図-3.4.14に示す。今回の試験に用いた供試体は、RCD用コンクリートで材齢28日とモルタル部分の強度が骨材に比べ弱いものであったので、骨材の破壊確率は小さくなく、割裂面積率も小さかったものと考えられる。また、節理直角方向での点載荷試験から求めた骨材の圧裂強度は、節理方向に比してかなり大きく、骨材の破壊確率を計算すると節理方向の1/10程度となった。実際に試験により割れた骨材の断面としても、変色した節理面が現れることが多く、試験による骨材の割れは、そのほとんどが骨材の節理にそって割れたものと考えられる。



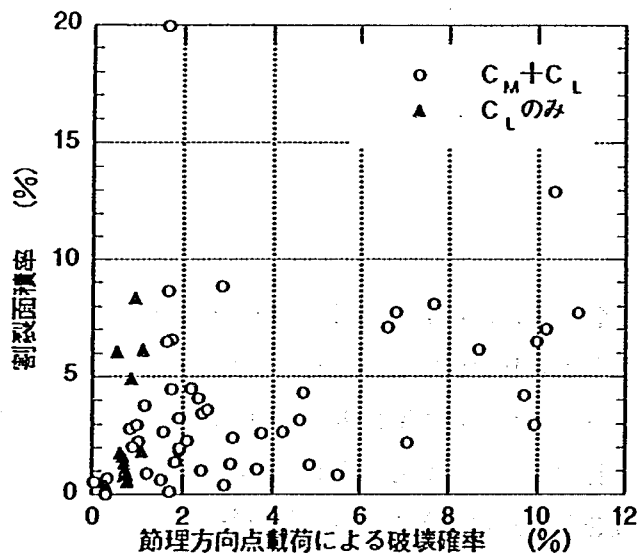
図一 3.4.10 骨材種類と引張強度の関係



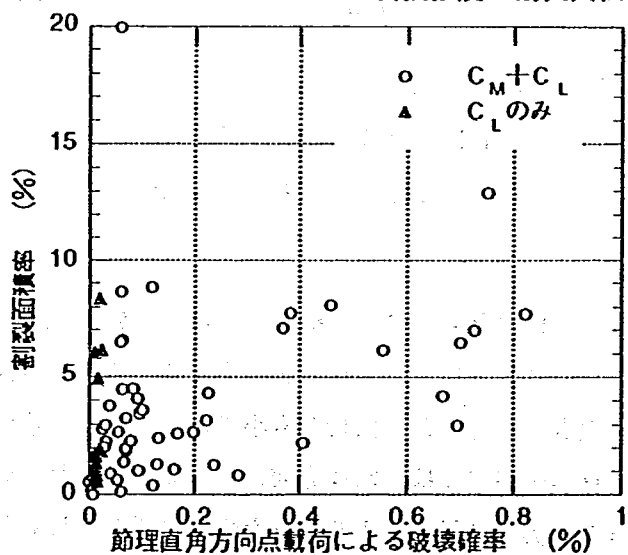
図一 3.4.11 セメント種類・フライアッシュ置換率と引張強度の関係 ($B = 140 \text{ kg/m}^3$)



図一 3.4.12 コンクリートの引張強度と割裂面積率



図一 3.4.13 骨材の破碎確率と割裂面積率の関係 (節理方向点載荷による)



図一 3.4.14 骨材の破碎確率と割裂面積率の関係 (節理直角方向点載荷による)

3.4.3 混和剤の違いとフレッシュコンクリートの経時変化

施工性に関する検討の一つとして、フレッシュコンクリートの経時変化によるVC値の変動を調べた。その際、使用する混和剤による違いについても同時に試験した。

用いた混和剤は、

- ・遅延型AE減水剤
(ボゾリスNo.8：リグニンスルホン酸化合物)
- ・超硬練りコンクリート用混和剤
(ボゾリスRD100：変性リグニンスルホン酸カルシウムとアルキルエーテルの複合物)
- ・フライアッシュコンクリート用AE剤
(マイクロエア785：高アルキルベンゼン系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤)

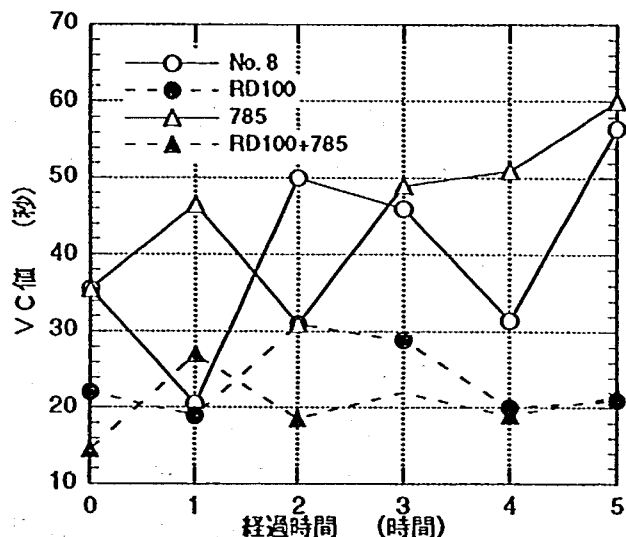


図-3.4.15 混和剤とVC値の経時変化の関係

混和剤はすべて標準量用いた。また、超硬練りコンクリート用混和剤とフライアッシュコンクリート用AE剤の二つをあわせて用いたケースについても行った。結果を図-3.4.15に示す。超硬練りコンクリート用混和剤を用いたケースでは、経時変化が少なく、練混ぜから5時間後でもそのフレッシュ性状は良好であった。

3.4.4 供試体寸法と圧縮強度

最大粗骨材寸法40mmのコンクリートの圧縮強度試験用供試体としては、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の供試体が多いが、今回は $\phi 12.5 \times 25\text{cm}$ の供試体を用いて試験した。そこで、供試体寸法が圧縮強度に与える影響について確認の試験を行うこととした。同時に練り混ぜた80リットルのコンクリート（基本配合）から、 $\phi 12.5$ 、 $\phi 15$ の供試体をそれぞれ9本ずつ作成し、材齢28日で圧縮強度試験を行った。試験の結果を表-3.4.1に示す。供試体大きさによって若干単位容積質量が異なり、圧縮強度の結果にも差があるように思われるが、強度差の絶対値は小さく、 $\phi 12.5 \times 15\text{cm}$ の供試体を用いて判断することに問題はないものと思われる。

表-3.4.1 供試体寸法と圧縮強度

	各供試体の試験結果									平均	標準偏差
$\phi 12.5 \times 25\text{cm}$ 圧縮強度 (N/mm ²)	5.799	5.694	5.746	6.158	6.111	5.765	5.042	5.732	5.728	5.753	0.317
$\phi 15 \times 30\text{cm}$ 圧縮強度 (N/mm ²)	5.370	5.560	5.587	5.482	5.400	5.042	5.376	5.343	5.838	5.444	0.216
$\phi 12.5 \times 25\text{cm}$ 単位容積質量 (kg/l)	2.447	2.452	2.450	2.454	2.453	2.452	2.437	2.450	2.455	2.450	0.005
$\phi 15 \times 30\text{cm}$ 単位容積質量 (kg/l)	2.442	2.437	2.447	2.449	2.444	2.438	2.443	2.443	2.426	2.441	0.007

3.5 コンクリート試験のまとめ

3.5.1 今回の検討結果

(1) 施工面からの検討

今回用いた骨材は、最大粗骨材寸法が40mmと小さいもので、目標VC値を30秒として試験練りを行った。この結果得られた基本的な配合は、表-3.2.2のようになった。この配合を従来のRCD用コンクリートの配合と比較すると、

- ・単位水量が10~20kg/m³多い
- ・s/aが10%程度大きい
- ・石粉による細骨材の置換を行い、細骨材中の微粒分が15%程度になるように調整

の三点の違いがある。s/aは強度や水和熱に対する影響はほとんどなく、今回は問題としなかった。また、全体的に粒径の小さな骨材が多く微粒分が多かったためか、フライアッシュ置換率による影響はあまり大きくないことがわかった。また、今後、強度や熱的性状の面などから、結合材量・フライアッシュ置換率を変更する必要がある場合には、図-3.3.4を参考に石粉置換率に若干の調整を行えばよいものと考えられる。

(2) 強度面からの検討

前項で述べたように、通常よりも単位水量が10~20kg/m³多い配合となるので、その分必要な強度を得るための単位セメント量（結合材量）が増える。これに対し、フライアッシュでセメントを置換する割合を通常よりも大きくすることを検討した。今回の試験結果では、

- ・初期の強度増進のことも考慮すると、フライアッシュ置換率を50%よりも大きくすることは難しい。
- ・材齢91日では、単位結合材量140kg/m³、フライアッシュ置換率30%以下のとき、中庸熱セメントと普通セメントの強度がほとんど同じであった。
- ・材齢365日では、フライアッシュ置換率50%の配合でも、置換を行わなかった配合と同じかそれ以上の強度となった。

等、必要な強度を得るための配合の目安となるデータが得られた。

表-3.5.1 基本配合と施工・強度面からの配合への要求

	基本配合 (C _M +C _L)	C _L のみ	施工面	強度面 熱的性状面
W	113	116	従来のダムコンクリートと比較して10~20kg/m ³ 増加する。	—
s/a	38	38	従来のダムコンクリートと比較して10%程度増加する。	影響なし。
Pw	Pw1/s = 2% (Pw/s ₀ =25%)	Pw1/s = 2%	石粉による細骨材の置換率は2%程度。結合材量も含めて調整する。	石粉置換率は強度に影響があるが、施工面をより重視して決定する。
FA置換率	50%	—	大きな影響はなかった。	結合材量140kg/m ³ の配合としては、 ①中庸熱・FA置換率40% ②普通・FA置換率50% 等が候補。
結合材量	140kg/m ³	—	—	
セメント種類	中庸熱セメント	—	—	

(3) 熱的性状の検討

断熱温度上昇試験の結果、中庸熱セメントを使用し、単位結合材量 140kg/m^3 とした場合には、熱的性状で通常用いられるRCD用コンクリートに近いフライアッシュ置換率40%程度の配合が、候補として考えられることを示した。

また、熱的性状・初期の強度発現および中長期の強度発現のうち、どの性能を重視するかによって望ましい配合は異なること、したがって、例えば初期の強度発現をより重視する場合には、若干発熱量が大きいものの初期材齢での強度面で優れた、普通セメント使用・単位結合材量 140kg/m^3 、フライアッシュ置換率50%程度の配合が、候補として考えられることなどを示した。

(4) C_L 骨材の検討

今回は C_M 骨材と C_L 骨材を50%ずつ用いたものを基本とし、各種試験を行った。これに対し C_L 骨材のみを使用した場合には、必要なワーカビリティを得るために単位水量が 3kg/m^3 増加した。単位水量の増加は単位結合材量の増加につながるが、この程度であれば C_L 骨材の使用は問題ないものと思われる。

骨材の種類の違いそのものによる強度面への影響は見られなかった。これは、骨材試験の強度に関する結果 C_L 骨材と C_M 泥質・ C_M 砂質骨材の差が当初の予想と異なり、実際にはほとんどなかったこと、RCD用コンクリートのモルタル部分に比較すると、骨材強度の方が十分に大きいこと等による。

3.5.2 今後の検討課題

(1) RCD用コンクリート

今回の試験結果で、施工性、強度・熱的性状の面から配合を決定するためのデータが得られた。詳細な配合については、初期の強度発現やコンクリートの温度管理について施工計画とあわせて検討し、使用セメント・単位結合材量・フライアッシュ置換率について、最も有利な組み合わせを選択することとなる。

ただし、熱的な性状と強度の面について従来の基準を同時に満たす配合を得ることができないおそれもある。その場合、フライアッシュが長期の材齢で少しずつ強度発現に貢献する性質を考慮して、材齢91日より長期の材齢で品質管理を行うことも視野に入れて検討したい。

(2) 外部用コンクリート

現在、骨材の凍結融解に対する抵抗性、節理が多数存在することによる影響を確認するために、凍結融解試験を行っているところである。

1944-1945

1. The first part of the report deals with the general situation in the country during the year 1944-1945.

2. The second part deals with the economic situation.

3. The third part deals with the social situation. The fourth part deals with the cultural situation. The fifth part deals with the political situation.

4. The sixth part deals with the foreign relations.

5. The seventh part deals with the military situation. The eighth part deals with the naval situation. The ninth part deals with the air situation. The tenth part deals with the land situation.

11. The eleventh part deals with the summary.

12. The twelfth part deals with the conclusion.

13. The thirteenth part deals with the appendix. The fourteenth part deals with the bibliography. The fifteenth part deals with the index.

16. The sixteenth part deals with the list of figures.

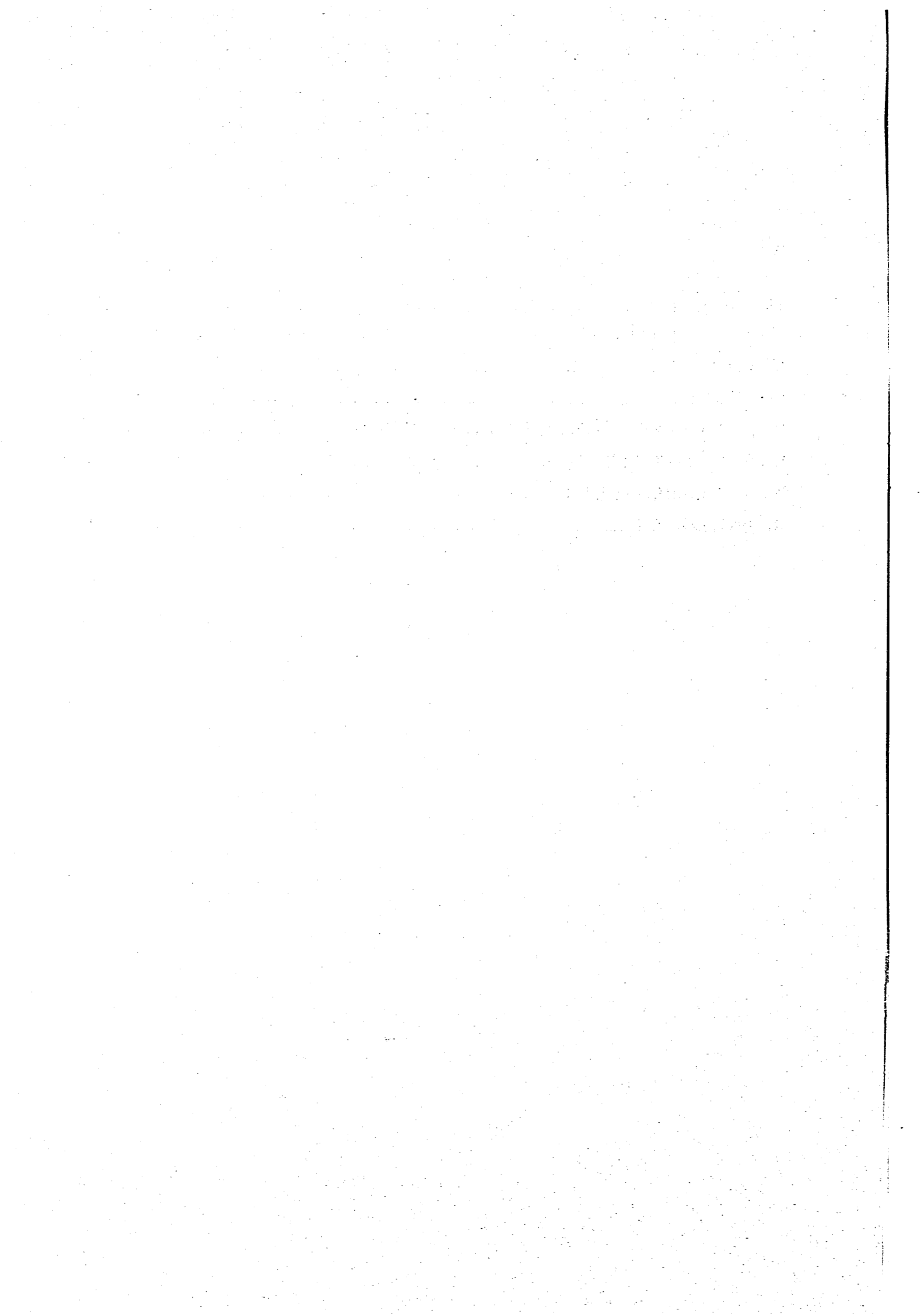
17. The seventeenth part deals with the list of tables.

18. The eighteenth part deals with the list of maps.

19. The nineteenth part deals with the list of photographs.

—資料編—

I 微粒分試験結果	55
II 点載荷試験結果の整理について	59
III 点載荷試験結果	69
IV 破碎試験結果	72
V フレッシュコンクリートを用いた骨材の破碎性に関する試験結果	74
VI コンクリート試験配合表・試験結果	77
VII モルタル試験配合表・試験結果	96
VIII 使用材料試験成績表	106



I 微粒分試験結果

微粒分試験結果一覧

		M P C	N P C	F A	P w 1	M30	M50	M70	M90	N30	N50	N70	N90	P 7.5	P 15.5	P 23.5	P 33.5
密度 (g/cm ³)		3.21	3.16	2.36	2.70	2.90	2.72	2.56	2.42	2.87	2.70	2.55	2.42	2.71	2.71	2.71	2.71
比表面積	空気透過法 (cm ² /g)	3580	3490	3680	4300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B E T 法 (m ² /g)	0.767	0.737	1.78	3.16	0.985	1.17	1.24	1.60	1.07	1.28	1.50	1.84	1.71	1.81	1.94	2.04
かさ密度 (g/cm ³)	タンピング無し	0.96	0.94	0.96	0.94	0.93	0.94	0.94	0.95	0.93	0.93	0.94	0.96	0.93	0.92	0.91	0.93
	タンピング 180回	1.70	1.67	1.46	1.59	1.60	1.61	1.52	1.48	1.57	1.54	1.50	1.47	1.58	1.58	1.58	1.59
実積率 (%)	タンピング無し	29.9	29.7	40.7	34.8	32.1	34.6	36.7	39.2	32.4	34.4	36.8	39.6	34.3	33.9	33.6	34.4
	タンピング 180回	53.0	52.8	61.9	58.9	55.2	59.2	59.3	61.1	54.7	57.0	58.7	60.7	58.2	58.3	58.3	58.7
安息角 (deg)	気中	52	58	51	54	55	55	51	52	53	55	52	52	55	54	53	52
	水中	47	48	42	32	43	41	43	31	32	37	29	38	41	37	40	37
ゼータ電位 (mV)		74	72	63	64	18	32	49	59	36	44	62	71	60	58	55	55
メチレンブルー吸着量 (mg/g)		—	—	0.38	2.89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

微粒分粒度分布試験結果 (0.6mm以下の部分：レーザー回折による) ～数字は残留百分率 (%) 1/3

粒径 (μm)	骨材(0.6mm以下の部分)			粉体			
	CM	CL細	CL粗	中沸熱	普通	ファイバ	石粉
1.0	97.6	98.9	97.3	86.9	89.0	87.1	87.2
1.2	97.0	98.5	96.6	84.8	87.0	84.1	85.0
1.4	96.5	98.2	96.0	83.3	85.4	81.7	83.3
1.6	96.1	97.9	95.4	82.1	84.0	79.9	81.9
1.8	95.7	97.7	94.9	80.9	82.8	78.4	80.5
2.0	95.3	97.5	94.4	79.9	81.7	77.2	79.2
2.2	94.9	97.3	94.0	78.8	80.7	76.1	77.9
2.6	94.3	96.9	93.2	76.6	78.7	74.2	75.2
3.0	93.7	96.7	92.5	74.4	76.6	72.5	72.7
3.5	93.1	96.4	91.6	71.7	74.3	70.5	69.9
4.0	92.5	96.1	90.9	69.2	72.1	68.5	67.7
4.5	91.9	95.9	90.3	67.0	70.2	66.5	65.8
5.0	91.4	95.6	89.8	65.1	68.5	64.5	64.2
5.5	91.0	95.4	89.4	63.3	66.8	62.7	62.9
6.3	90.5	95.1	88.7	60.8	64.4	59.9	61.0
7.0	90.0	94.8	88.2	58.7	62.3	57.6	59.5
8.0	89.5	94.5	87.5	55.9	59.5	54.7	57.3
9.0	89.0	94.2	86.9	53.2	56.8	51.9	55.3
10.0	88.6	94.0	86.4	50.6	54.2	54.3	53.4
12.0	88.0	93.7	85.7	45.6	49.3	44.6	49.8
15.0	87.2	93.2	84.8	39.2	43.2	38.2	45.7
18.0	86.5	92.7	84.0	33.9	37.9	32.7	43.0
20.0	86.1	92.4	83.5	30.4	34.5	29.6	41.5
22.0	85.7	92.1	83.1	27.0	31.1	26.9	40.0
25.0	85.1	91.7	82.6	21.7	25.9	23.4	37.8
28.0	84.6	91.2	82.1	16.8	21.1	20.5	35.6
32.0	83.8	90.6	81.5	11.0	15.4	17.1	32.7
36.0	83.0	89.9	80.6	6.6	10.8	14.1	30.0
40.0	82.1	89.1	79.7	3.5	7.2	11.3	27.6
45.0	80.8	87.8	78.2	1.2	3.9	8.3	25.0
50.0	79.6	86.5	76.7	0.3	1.9	5.9	22.7
56.0	77.9	84.8	74.9	0.0	0.6	3.6	20.3
63.0	76.2	82.8	72.8	0.0	0.0	1.9	17.7
75.0	73.2	79.2	69.3	0.0	0.0	0.5	13.7
90.0	69.7	74.7	65.0	0.0	0.0	0.1	9.5
106.0	65.6	69.4	60.0	0.0	0.0	0.0	6.2
125.0	60.4	62.9	53.5	0.0	0.0	0.0	3.3
150.0	53.7	54.6	45.1	0.0	0.0	0.0	1.1
175.0	48.4	47.3	38.0	0.0	0.0	0.0	0.3
200.0	44.7	41.5	32.4	0.0	0.0	0.0	0.1
225.0	41.9	36.8	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0
250.0	39.6	32.8	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0
280.0	36.6	28.5	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0
315.0	32.6	23.8	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0
355.0	26.9	18.6	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
400.0	19.7	13.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0
450.0	12.0	7.7	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
500.0	5.9	3.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
560.0	1.3	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均粒径(μm)	167	166	135	10.2	11.7	9.7	11.9

微粒分粒度分布試験結果 (0.6mm以下の部分：レーザー回折による) ～数字は残留百分率 (%) 2/3

粒径 (μm)	CM			CL細			CL粗		
	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均
10	97.4	97.7	97.6	98.5	99.2	98.9	97.4	97.2	97.3
12	96.8	97.1	97.0	98.1	98.9	98.5	96.6	96.5	96.6
14	96.3	96.6	96.5	97.8	98.6	98.2	96.0	95.9	96.0
16	95.9	96.2	96.1	97.5	98.3	97.9	95.4	95.3	95.4
18	95.5	95.8	95.7	97.3	98.1	97.7	94.9	94.9	94.9
20	95.1	95.5	95.3	97.1	97.8	97.5	94.4	94.4	94.4
22	94.7	95.1	94.9	96.9	97.7	97.3	93.9	94.0	94.0
26	94.1	94.5	94.3	96.5	97.3	96.9	93.1	93.2	93.2
30	93.4	94.0	93.7	96.2	97.1	96.7	92.4	92.5	92.5
35	92.7	93.4	93.1	95.9	96.8	96.4	91.5	91.7	91.6
40	92.1	92.8	92.5	95.6	96.5	96.1	90.8	91.0	90.9
45	91.5	92.3	91.9	95.4	96.3	95.9	90.2	90.4	90.3
50	91.0	91.8	91.4	95.1	96.1	95.6	89.7	89.9	89.8
55	90.6	91.4	91.0	94.9	95.9	95.4	89.2	89.5	89.4
63	90.0	90.9	90.5	94.5	95.6	95.1	88.5	88.8	88.7
70	89.5	90.4	90.0	94.2	95.4	94.8	88.0	88.3	88.2
80	89.0	89.9	89.5	93.9	95.1	94.5	87.3	87.6	87.5
90	88.5	89.5	89.0	93.6	94.8	94.2	86.7	87.1	86.9
100	88.1	89.1	88.6	93.4	94.6	94.0	86.1	86.6	86.4
120	87.4	88.5	88.0	93.0	94.3	93.7	85.4	85.9	85.7
150	86.6	87.8	87.2	92.6	93.8	93.2	84.4	85.1	84.8
180	85.8	87.1	86.5	92.1	93.3	92.7	83.5	84.4	84.0
200	85.4	86.7	86.1	91.7	93.0	92.4	83.0	83.9	83.5
220	85.0	86.3	85.7	91.4	92.7	92.1	82.6	83.5	83.1
250	84.4	85.8	85.1	91.0	92.3	91.7	82.1	83.0	82.6
280	83.8	85.3	84.6	90.5	91.9	91.2	81.7	82.5	82.1
320	83.0	84.6	83.8	89.8	91.4	90.6	81.0	81.9	81.5
360	82.1	83.8	83.0	89.0	90.8	89.9	80.1	81.1	80.6
400	81.2	82.9	82.1	88.1	90.0	89.1	79.1	80.2	79.7
450	79.9	81.7	80.8	86.7	88.9	87.8	77.6	78.8	78.2
500	78.6	80.5	79.6	85.3	87.6	86.5	76.0	77.4	76.7
560	76.8	79.0	77.9	83.5	86.1	84.8	74.2	75.6	74.9
630	75.0	77.3	76.2	81.3	84.2	82.8	72.1	73.5	72.8
750	71.9	74.5	73.2	77.5	80.9	79.2	68.7	69.9	69.3
900	68.3	71.1	69.7	72.5	76.8	74.7	64.4	65.5	65.0
1060	64.3	66.9	65.6	66.8	72.0	69.4	59.4	60.5	60.0
1250	59.1	61.6	60.4	59.8	66.0	62.9	52.8	54.2	53.5
1500	52.5	54.9	53.7	51.0	58.1	54.6	44.0	46.2	45.1
1750	47.1	49.7	48.4	43.5	51.1	47.3	36.3	39.6	38.0
2000	43.3	46.0	44.7	37.6	45.4	41.5	30.4	34.3	32.4
2250	40.6	43.2	41.9	32.9	40.7	36.8	26.1	30.1	28.1
2500	38.4	40.7	39.6	28.9	36.6	32.8	22.9	26.4	24.7
2800	35.7	37.5	36.6	24.8	32.2	28.5	20.0	22.5	21.3
3150	32.0	33.1	32.6	20.4	27.1	23.8	17.0	18.3	17.7
3550	26.6	27.1	26.9	15.8	21.3	18.6	13.5	13.8	13.7
4000	19.6	19.7	19.7	11.0	15.0	13.0	9.7	9.3	9.5
4500	12.0	12.0	12.0	6.4	8.9	7.7	5.8	5.3	5.6
5000	5.9	5.8	5.9	3.1	4.3	3.7	2.8	2.5	2.7
5600	1.3	1.3	1.3	0.7	0.9	0.8	0.6	0.5	0.6
6000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均粒径(μm)	161.1	173.28	167	153.17	179.71	166	132.53	137.63	135

微粒分粒度分布試験結果 (0.6mm以下の部分：レーザー回折による) ～数字は残留百分率 (%) 3/3

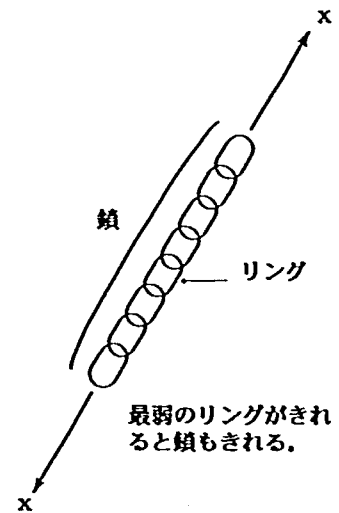
粒径 (μm)	M (中麻熟ミント)				N (普通ミント)				F (フアイファ)			P (石粉)		
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	平均	1	2	平均
1.0	88.0	84.9	87.7	86.9	89.9	85.9	91.3	89.0	86.4	87.8	87.1	86.4	87.9	87.2
1.2	85.8	82.9	85.7	84.8	87.7	84.2	89.1	87.0	83.3	84.8	84.1	84.4	85.6	85.0
1.4	84.1	81.5	84.3	83.3	86.0	82.9	87.2	85.4	80.9	82.5	81.7	82.8	83.8	83.3
1.6	82.7	80.4	83.1	82.1	84.5	82.0	85.6	84.0	79.1	80.6	79.9	81.4	82.3	81.9
1.8	81.5	79.3	82.0	80.9	83.3	81.0	84.2	82.8	77.6	79.1	78.4	80.1	80.9	80.5
2.0	80.4	78.3	80.9	79.9	82.2	80.1	82.9	81.7	76.4	77.9	77.2	78.8	79.5	79.2
2.2	79.3	77.2	79.9	78.8	81.1	79.2	81.7	80.7	75.3	76.8	76.1	77.5	78.2	77.9
2.6	77.1	75.0	77.8	76.6	79.2	77.2	79.6	78.7	73.4	75.0	74.2	74.8	75.6	75.2
3.0	74.9	72.7	75.7	74.4	77.3	75.0	77.6	76.6	71.6	73.4	72.5	72.3	73.1	72.7
3.5	72.1	70.0	72.9	71.7	75.0	72.5	75.4	74.3	69.5	71.4	70.5	69.5	70.3	69.9
4.0	69.6	67.6	70.4	69.2	72.9	70.2	73.3	72.1	67.4	69.5	68.5	67.3	68.0	67.7
4.5	67.3	65.5	68.2	67.0	71.0	68.2	71.4	70.2	65.3	67.6	66.5	65.5	66.0	65.8
5.0	65.3	63.7	66.2	65.1	69.2	66.4	69.9	68.5	63.3	65.7	64.5	64.0	64.4	64.2
5.5	63.5	62.0	64.4	63.3	67.6	64.8	68.0	66.8	61.5	63.8	62.7	62.7	63.0	62.9
6.3	60.9	59.6	61.8	60.8	65.2	62.4	65.5	64.4	58.8	61.0	59.9	60.8	61.1	61.0
7.0	58.8	57.6	59.7	58.7	63.2	60.5	63.3	62.3	56.5	58.7	57.6	59.3	59.6	59.5
8.0	56.1	54.8	56.8	55.9	60.5	57.7	60.4	59.5	53.6	55.7	54.7	57.1	57.5	57.3
9.0	53.4	52.1	54.0	53.2	57.9	55.0	57.5	56.8	50.7	53.0	51.9	55.1	55.5	55.3
10.0	50.9	49.5	51.3	50.6	55.3	52.4	54.8	54.2	48.1	60.4	54.3	53.1	53.6	53.4
12.0	46.1	44.5	46.2	45.6	50.5	47.6	49.8	49.3	43.2	45.9	44.6	49.5	50.1	49.8
15.0	39.7	38.2	39.8	39.2	44.1	41.6	43.8	43.2	36.9	39.5	38.2	45.3	46.1	45.7
18.0	34.0	33.2	34.6	33.9	38.6	36.5	38.7	37.9	31.7	33.6	32.7	42.7	43.3	43.0
20.0	30.3	29.8	31.2	30.4	35.1	33.1	35.2	34.5	28.8	30.3	29.6	41.3	41.7	41.5
22.0	26.7	26.4	27.8	27.0	31.7	29.7	31.8	31.1	26.2	27.5	26.9	39.9	40.1	40.0
25.0	21.4	21.1	22.7	21.7	26.6	24.6	26.6	25.9	22.8	24.0	23.4	37.7	37.9	37.8
28.0	16.6	16.0	17.8	16.8	22.0	19.7	21.7	21.1	19.9	21.1	20.5	35.4	35.7	35.6
32.0	11.0	10.0	12.1	11.0	16.5	13.9	15.8	15.4	16.5	17.7	17.1	32.4	33.0	32.7
36.0	6.7	5.5	7.6	6.6	12.0	9.3	11.1	10.8	13.5	14.6	14.1	29.6	30.4	30.0
40.0	3.6	2.5	4.3	3.5	8.4	5.7	7.4	7.2	10.8	11.8	11.3	27.1	28.1	27.6
45.0	1.3	0.6	1.7	1.2	5.0	2.7	4.1	3.9	7.9	8.7	8.3	24.5	25.5	25.0
50.0	0.3	0.0	0.5	0.3	2.7	1.0	2.0	1.9	5.5	6.2	5.9	22.2	23.2	22.7
56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.1	0.6	0.6	3.3	3.9	3.6	19.9	20.6	20.3
63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	2.2	1.9	17.5	17.9	17.7
75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.5	13.6	13.8	13.7
90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	9.1	9.9	9.5
106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	6.9	6.2
125.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	4.2	3.3
150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.8	1.1
175.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
225.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
315.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
355.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
450.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
560.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均粒径(μm)	10.4	9.79	10.5	10.2	12.2	11	11.9	11.7	9.27	10.2	9.7	11.7	12.1	11.9

II 点載荷試験結果の整理について

ワイブル分布を用いた点載荷圧裂強度の整理

点載荷試験は、一つ一つの試料について載荷することにより、個々の試料の圧裂強度を評価する方法である。しかし、この試験方法では各骨材の強度が具体的にわかるものの、骨材全体としての強度特性については知ることができない。そこで、機械部品の疲労による故障の分析などに用いられるワイブル分布を用いて、各骨材の試験結果から、骨材全体の圧裂強度の関係を求めることとした。

ワイブル分布は以下に示すモデルから導入される^{資.1)}。まず、 n 個のリングからなる鎖を考え、これを x の大きさの力で引っ張ることを考える。このときリングの強さが確率変数 X で表されるとすると、 X が x よりも大きい限りはリングは壊れない。変数 X の分布関数を $F(x)$ としてこれを表すと、式(資.1)のように書きあらわせるので、 $F(x)$ は一つのリングが壊れる確率であるとも言える。



図一資.1 鎖のモデル

$$F(x) = P(X \leq x) = 1 - P(X > x) \quad \dots\dots\dots (資.1)$$

このとき、 n 個のリングが一つも壊れない、すなわち鎖がきれない確率は、

$$\{P(X > x)\}^n = \{1 - F(x)\}^n \quad \dots\dots\dots (資.2)$$

であるから、ここで、

$$1 - F(x) = e^{-f(x)} \quad \dots\dots\dots (資.3)$$

とおけば、鎖がきれない確率は、式(資.4)のように書ける。

$$\{1 - F(x)\}^n = e^{-nf(x)} \quad \dots\dots\dots (資.4)$$

右辺を見ると、鎖を構成しているリングの数 n が自然に取り入れられている。また、これらの計算は、鎖の場合だけではなく一部の故障が機能全体の停止に直結するような現象に対し同様に説明できる。骨材の点載荷試験による破壊についても、骨材中の最も弱いクラックの破壊が骨材全体の破壊につながると考えると同種の現象と考えることができる。

資.1) 真壁肇：「ワイブル確率紙の使い方」日本規格協会，1984

さて、式(資.3)の定義から、関数 $\phi(x)$ は、次のような条件を満たさなければならない。

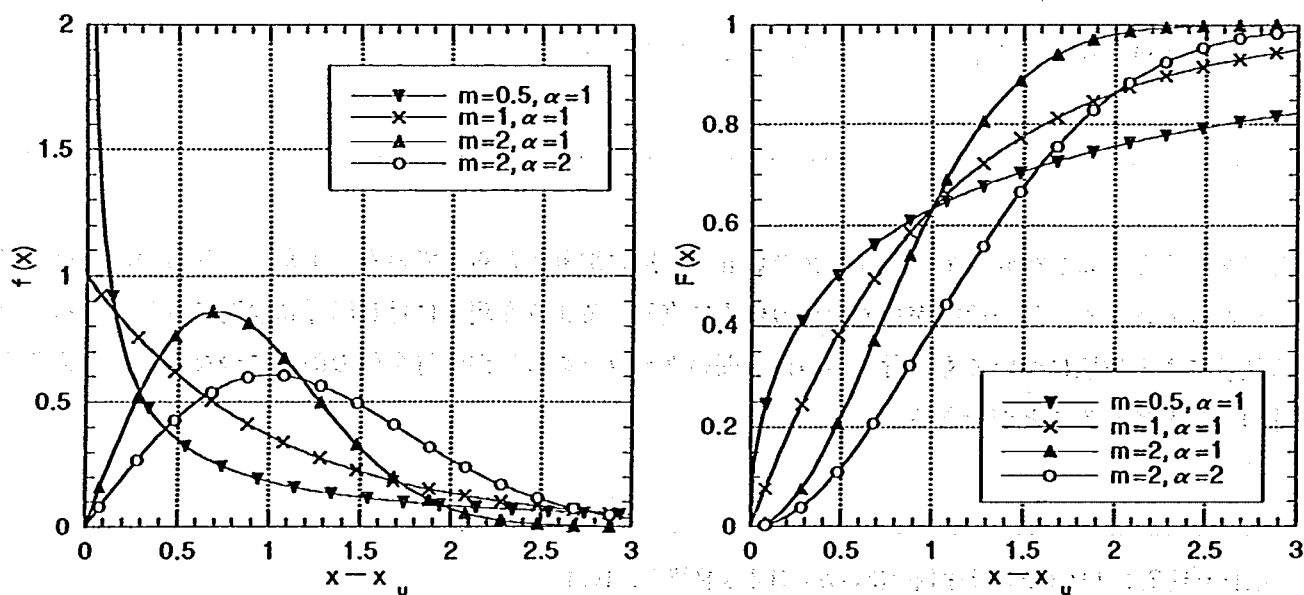
- (1) $F(x)$ はその性質上、 x が増大すると増大する。したがって、 $\phi(x)$ もまた x が増大するとき単調増加する関数でなければならない。
- (2) $F(x)$ は1以上にはならないので、 $\phi(x)$ は $x \geq x_u$ のとき必ず正の値をとり、 $x < x_u$ のときは0である(ただし x_u は必ずしも0でない正の定数)。

$$\phi(x) = \frac{(x - x_u)^m}{x_0} \quad \dots\dots\dots (資.5)$$

これらの条件を満たす $\phi(x)$ の簡単なものとして、
 がある。これを、式(資.3)に代入、さらに微分すれば、 $F(x)$ 、 $f(x)$ が得られる。 $f(x)$ が、ワイブル分布の確率密度曲線となる。

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{(x - x_u)^m}{x_0}} \quad , \quad x > x_u \quad \dots\dots\dots (資.6)$$

$$f(x) = \frac{m}{x_0} (x - x_u)^{m-1} e^{-\frac{(x - x_u)^m}{x_0}} \quad , \quad x > x_u \quad \dots\dots\dots (資.7)$$



図一資.2 ワイブル分布

計算手順

ここでは、応力と点載荷圧裂の確率について、ワイブル確率密度関数を式(資.8)のようにさだめた。

$$f(\sigma) = \frac{m}{\alpha} \sigma^{m-1} \exp(-\sigma^m/\alpha) \quad (\sigma > 0) \quad \dots\dots\dots (資.8)$$

ただし、 σ : 応力 ($\sigma \leq 0$ ならば、 $f(\sigma) = 0$)

m : 形状母数 (ワイブル定数)

$0 < m < 1$ のとき、左側に片寄った分布

$m = 1$ のとき、指数分布

$m > 1$ のとき、一山分布

α : 尺度母数

このとき、累積の破壊確率は、式(資.9)により求められる。

$$P(\sigma) = 1 - \exp(-\sigma^m/\alpha) \quad (\sigma > 0) \quad \dots\dots\dots (資.9)$$

この式(資.9)の両辺について2度対数をとると、式(資.10)が得られる。この式は、縦軸に $\ln\ln\{1/(1-P)\}$ を、横軸に $\ln\sigma$ をとったときに両者の関係が直線となれば、ワイブル分布にしたがっており、直線の傾きおよび切片からワイブル分布の係数を求めることができることを示している。

$$\ln\ln \frac{1}{1-P} = m \ln \sigma - \ln \alpha \quad \dots\dots\dots (資.10)$$

したがって、実験結果から圧裂強度のワイブル分布を求めるには、以下の手順を用いればよい。

①まず、圧裂強度が小さい順にデータを並べ替える。

②順に各圧裂強度での累積の破壊確率を求める。例えば、データ数が n 個のとき、最も小さい圧裂強度が σ_1 であったとすると、応力 σ_1 で破壊確率 $1/(n+1)$ とする。 a 番目のデータを用いた場合には、応力 σ_a で破壊確率 $a/(n+1)$ となる。

③ $\ln\ln\{1/(1-P)\}$ と $\ln\sigma$ を計算により求める。これらを直線で回帰すると、傾きが m 、切片が $\ln\alpha$ となる。

ワイブル分布の係数 m , α が得られれば、ワイブル分布の平均 μ , 分散 V , 標準偏差 D , 変動係数 $C.V.$ は、以下の式から求めることができる。また、確率密度関数がピークをとる場合 ($m > 1$) の σ ($=f_p$) は、 $f'(\sigma) = 0$ から求めれことができる。

$$\mu = \alpha^{1/m} \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad \dots\dots\dots (資.11)$$

ここで、 $\Gamma(a)$ はガンマ関数であり、

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} x^{a-1} e^{-x} dx \quad (a > 0) \quad \dots\dots\dots (資.12)$$

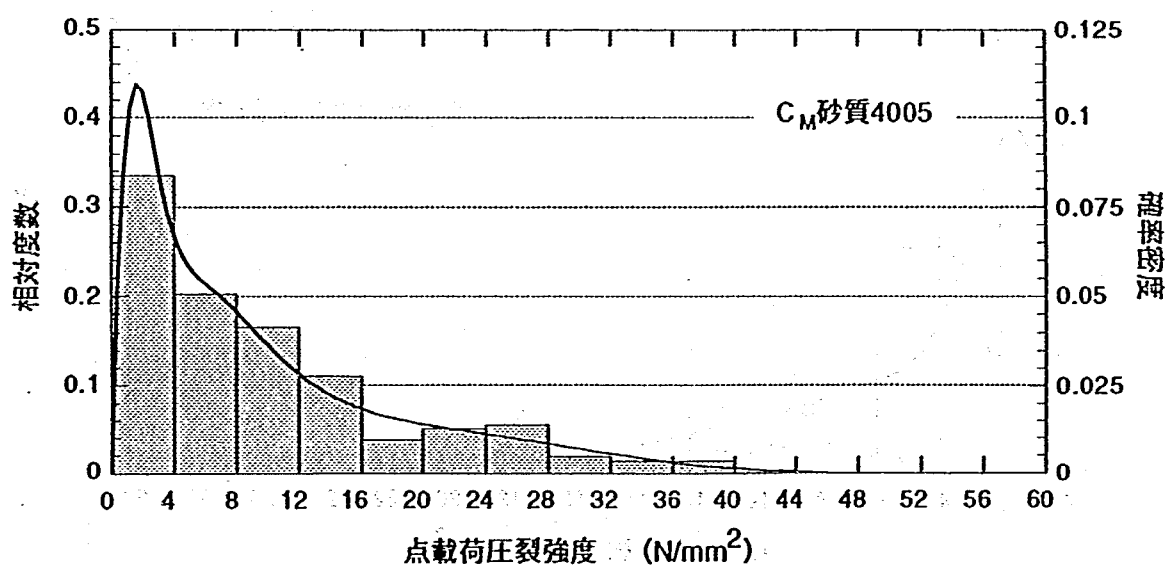
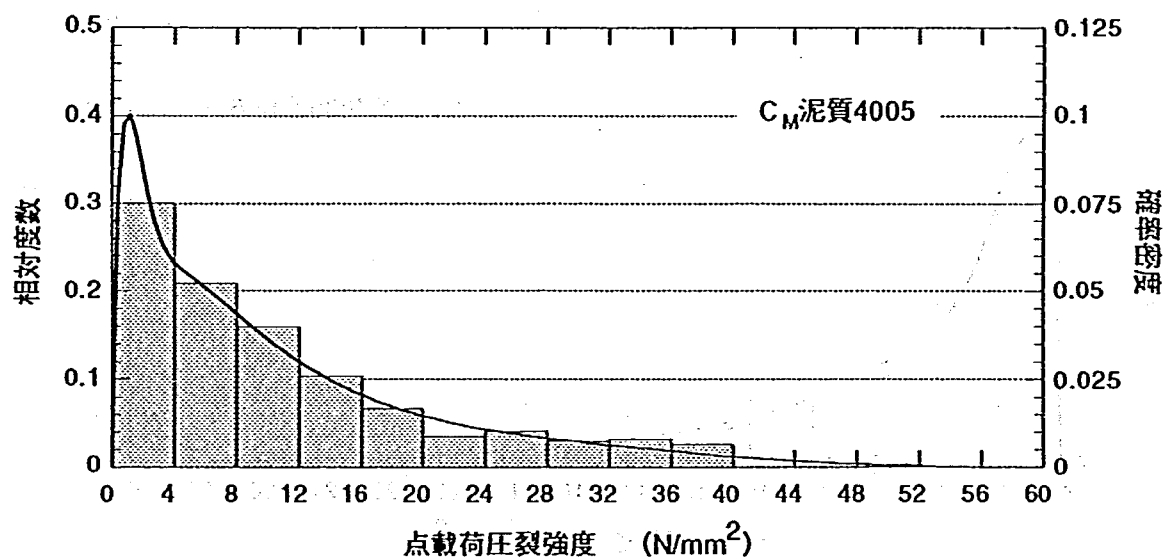
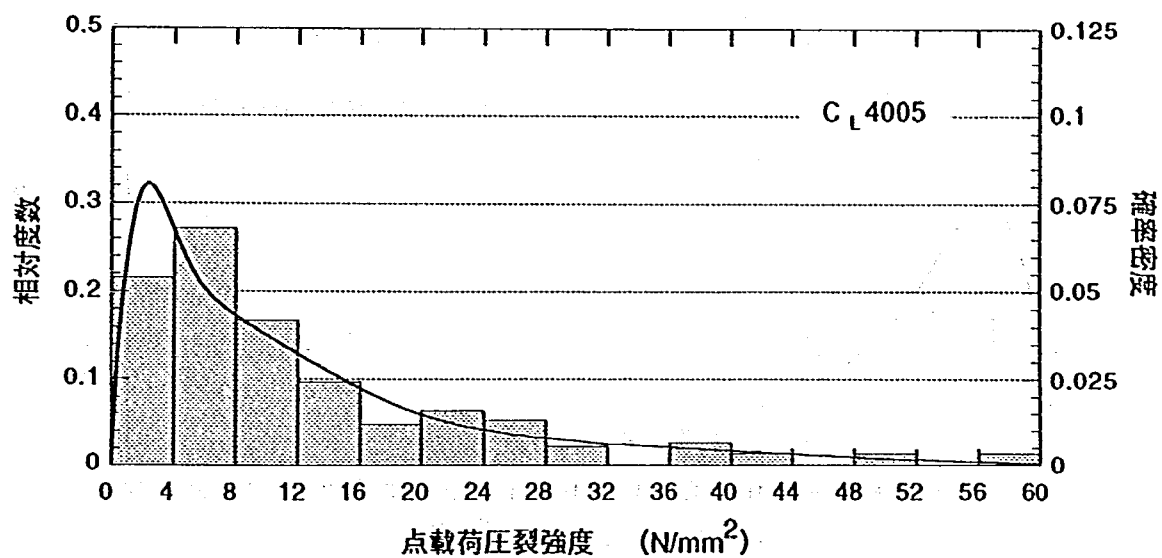
$$V = \alpha^{2/m} \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{m}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{m}\right) \right\} \quad \dots\dots\dots (資.13)$$

$$D = \alpha^{1/m} \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{m}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{m}\right) \right\}^{1/2} \quad \dots\dots\dots (資.14)$$

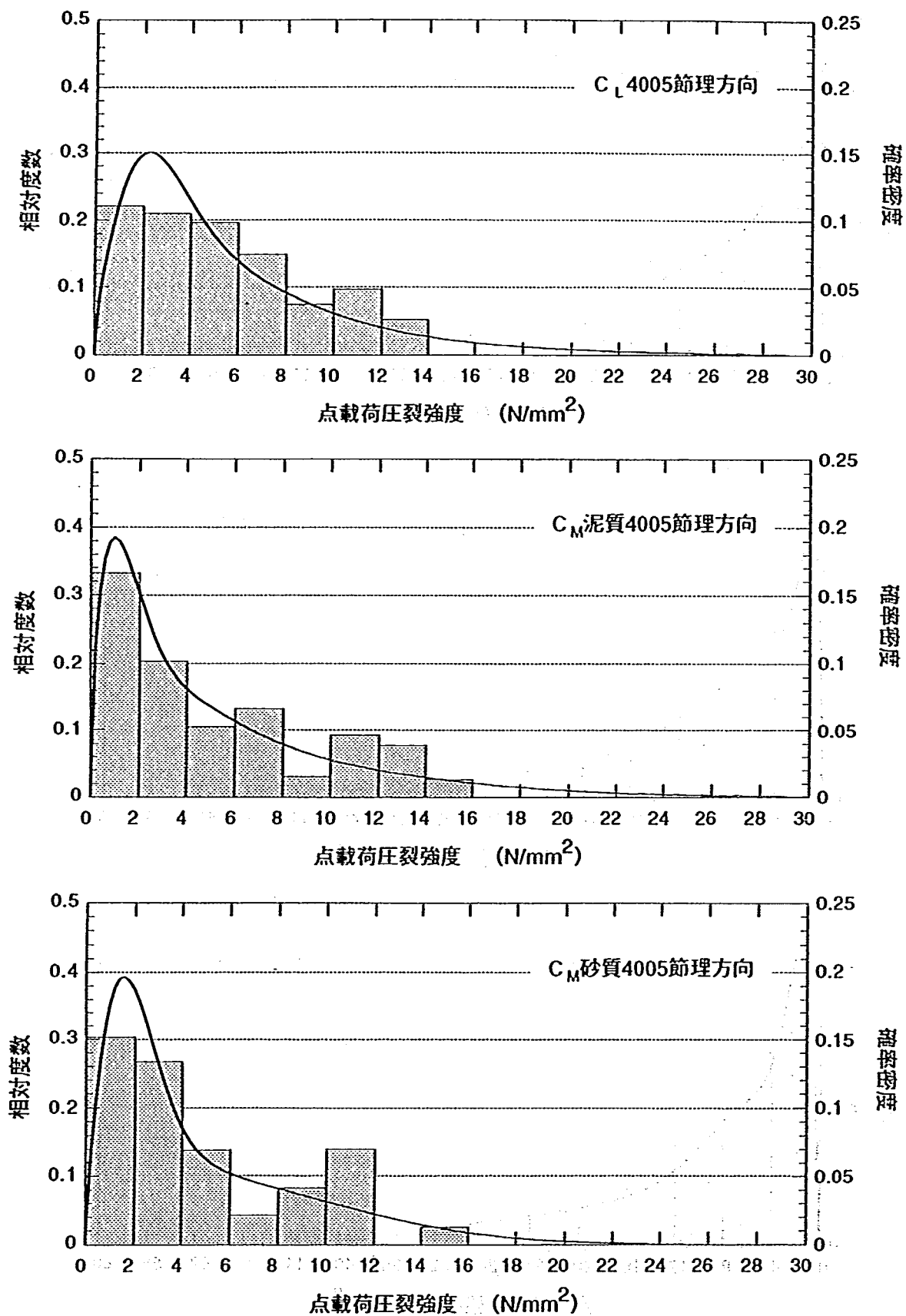
$$C.V. = \left\{ \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{m}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{m}\right)} - 1 \right\}^{1/2} \quad \dots\dots\dots (資.15)$$

$$f_p = \left\{ \frac{\alpha}{m} (m-1) \right\}^{(1/m)} \quad \dots\dots\dots (資.16)$$

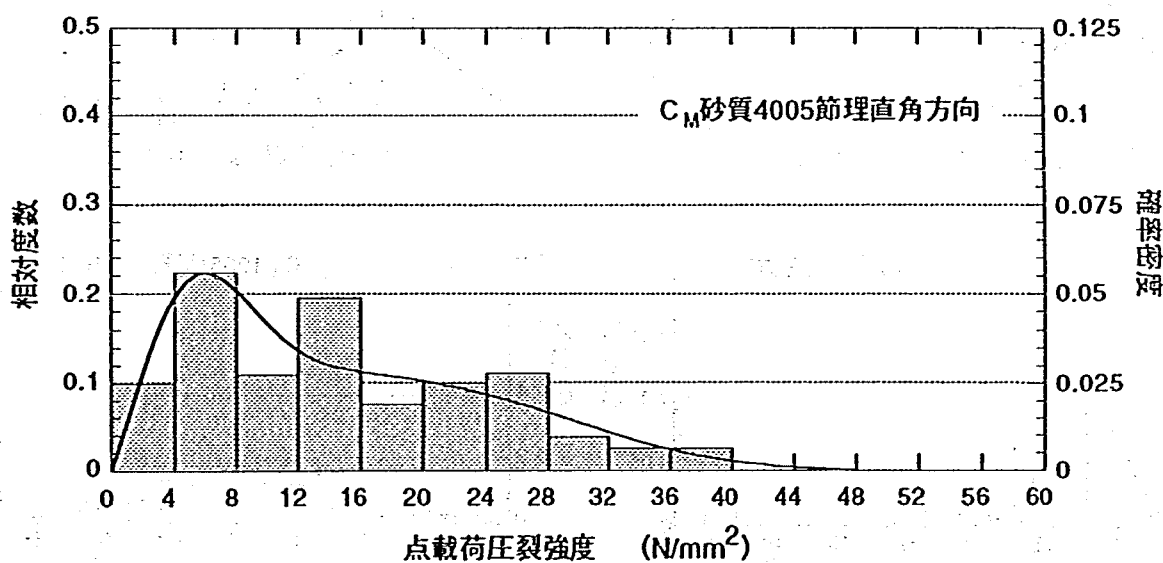
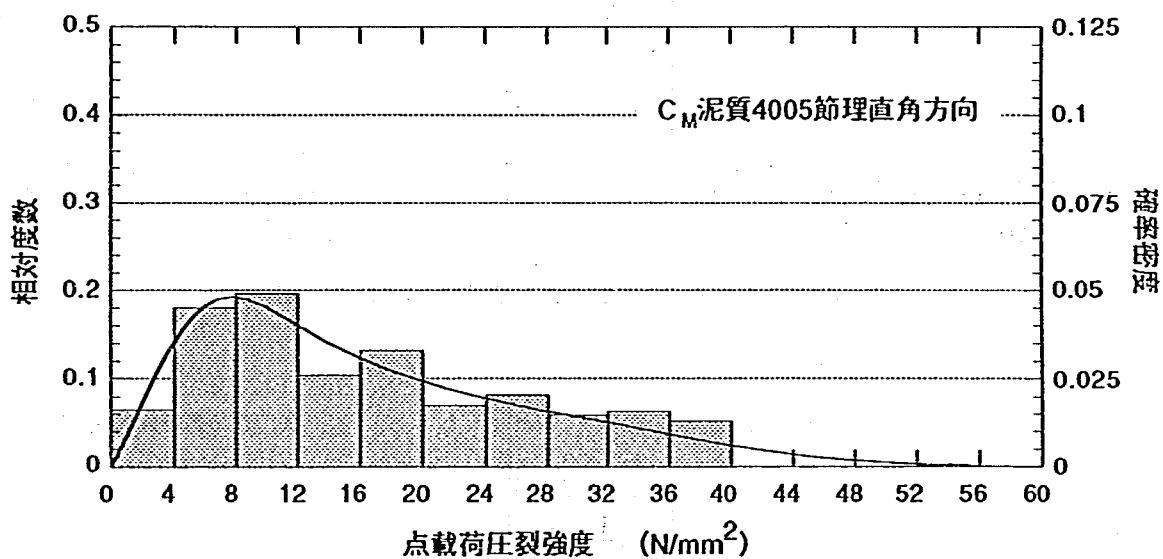
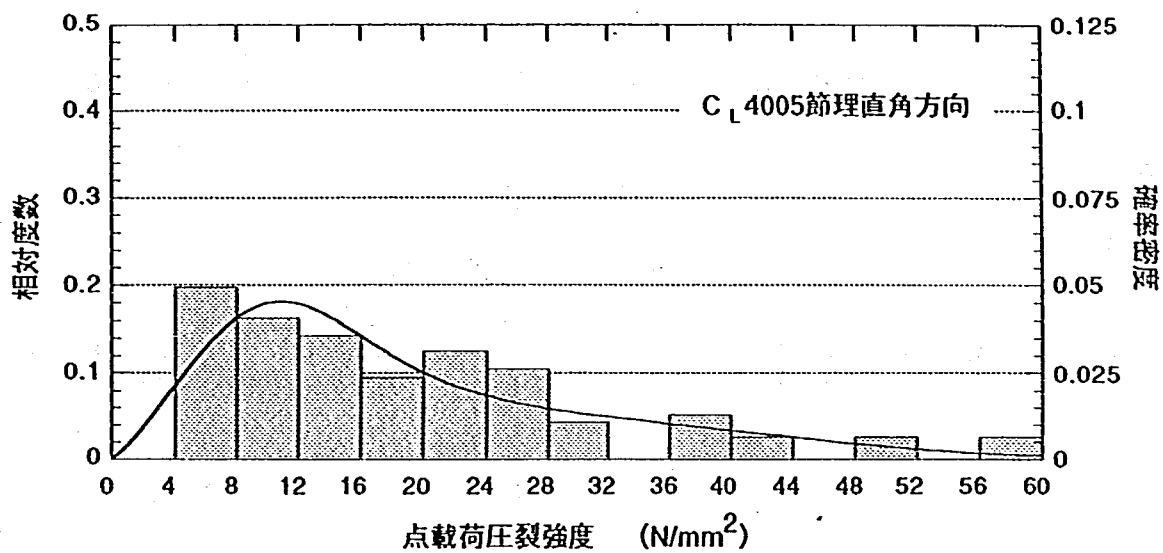
骨材の粒径によってその性状（クラックの入り方）が異なることが予想されるので、確率密度関数は各粒度ごとに算出した。今回、連続粒度の場合の確率密度については、各粒径ごとの確率密度分布を骨材全体の粒度分布を考慮して足しあわせることによって算出した（したがって、平均・分散等は計算によって求めたが、連続粒度の確率密度についてのワイブル分布のあてはめは行っていない）。次頁以降で、点载荷圧裂強度試験結果のヒストグラムとワイブル分布による確率密度をあわせて示す。



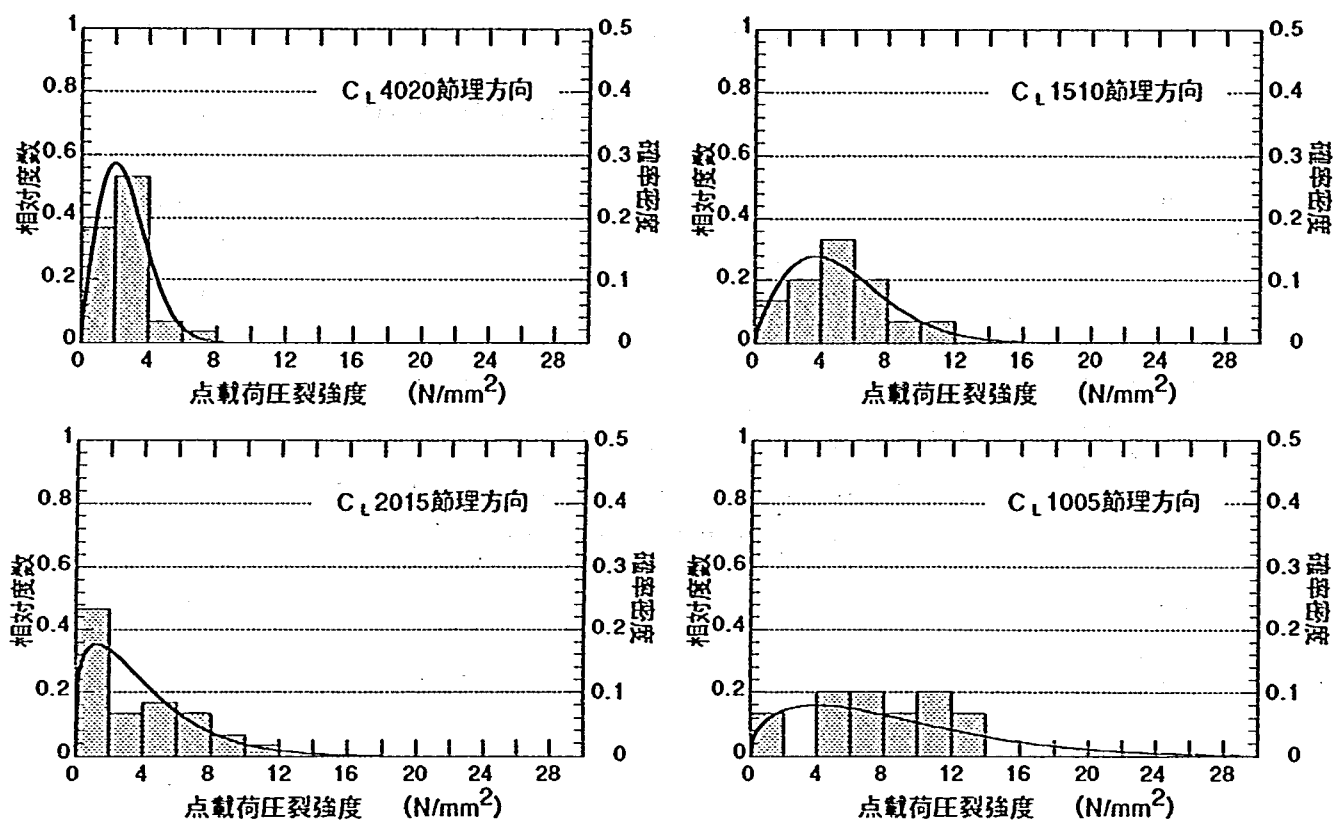
図一資.3 点载荷圧裂強度の分布



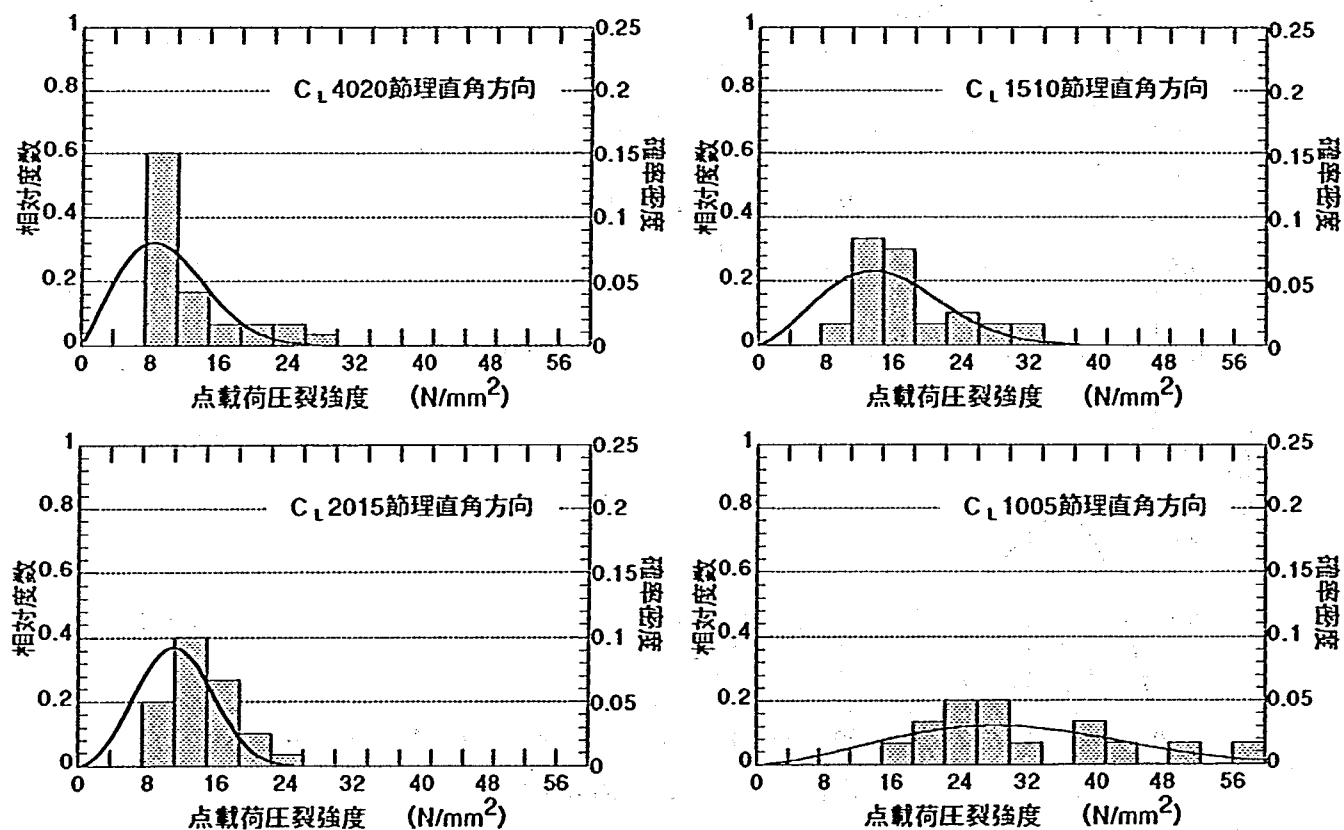
図一資.4 点载荷圧裂強度の分布 (節理方向)



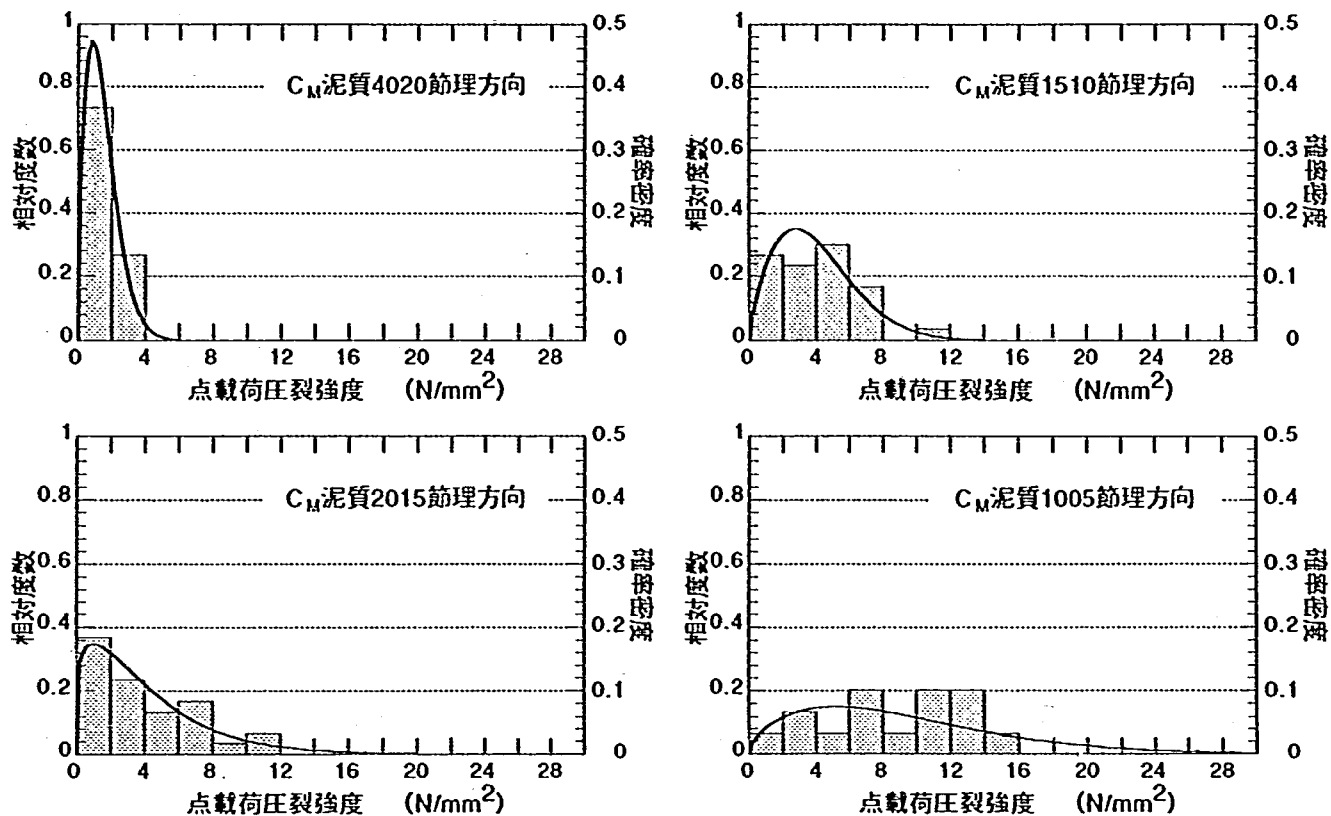
図一資.5 点載荷圧裂強度の分布 (節理直角方向)



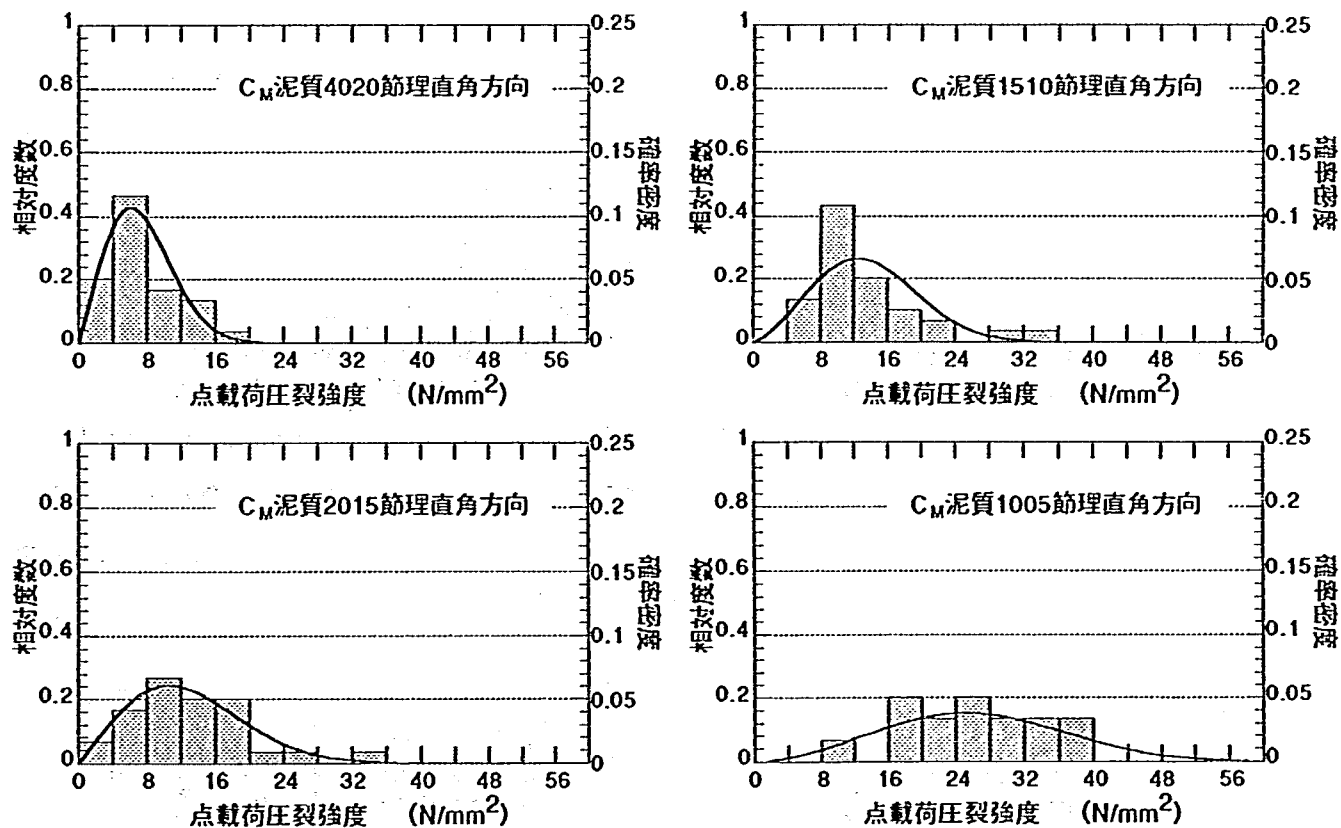
図一資.6 点載荷圧裂強度の分布 (C_L : 節理方向)



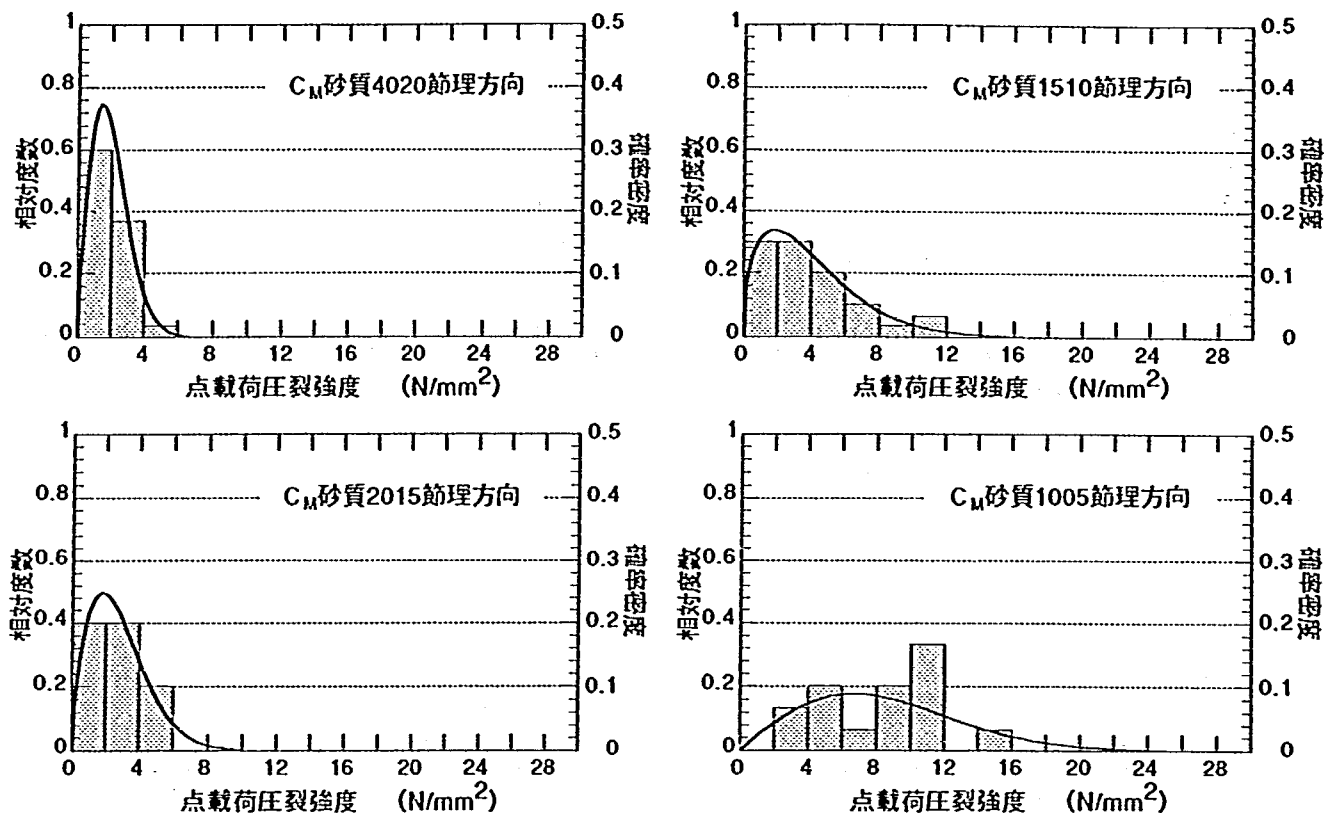
図一資.7 点載荷圧裂強度の分布 (C_L : 節理直角方向)



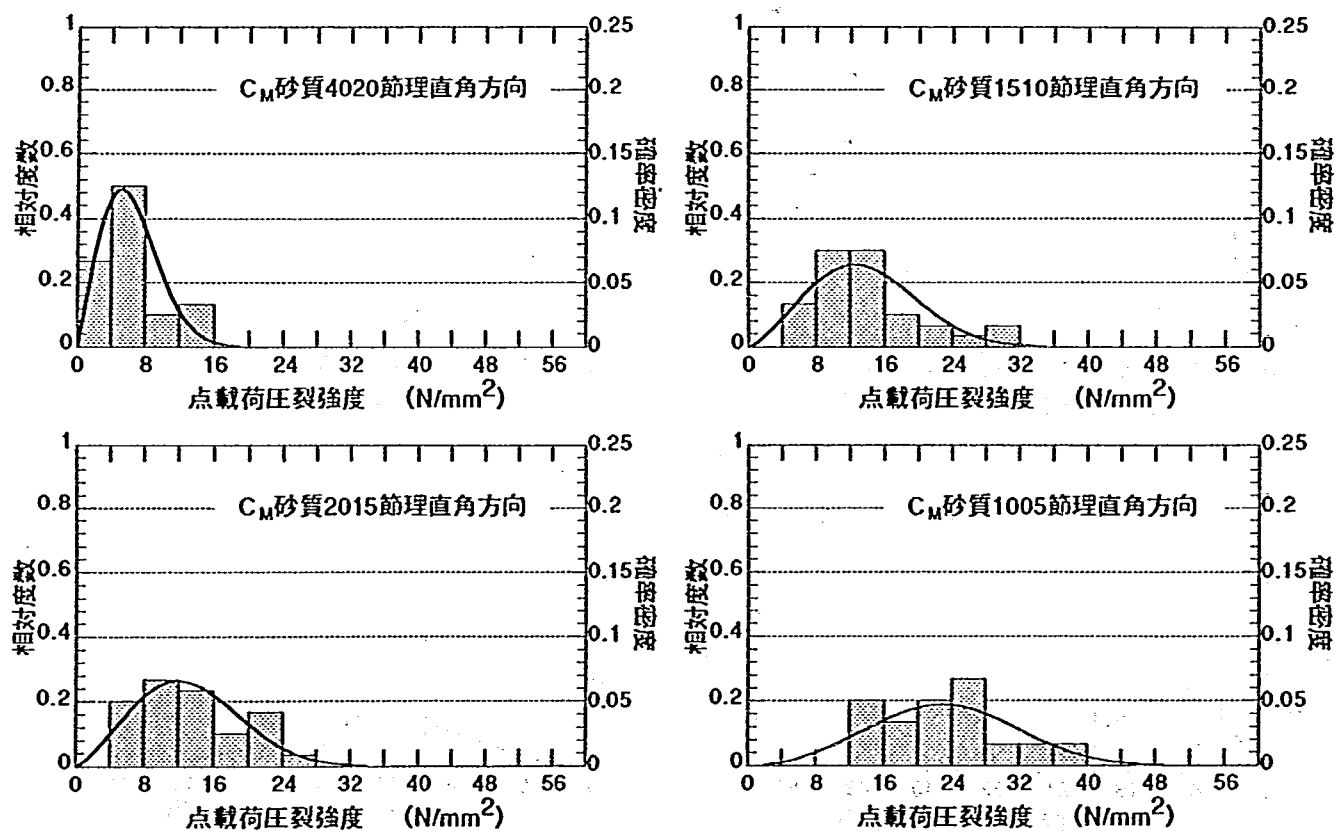
図一資.8 点载荷圧裂強度の分布 (C_M 泥質：節理方向)



図一資.9 点载荷圧裂強度の分布 (C_M 泥質：節理直角方向)



図一資.10 点載荷圧裂強度の分布 (C_M 砂質：節理方向)



図一資.11 点載荷圧裂強度の分布 (C_M 砂質：節理直角方向)

CL 40~20 mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	1.823	26.140	4.875	27.820
2	1.615	21.100	4.825	27.460
3	0.983	24.550	6.662	22.050
4	2.397	24.730	10.250	22.690
5	1.958	30.710	4.820	30.180
6	1.732	24.310	8.525	19.480
7	4.065	28.730	5.850	27.510
8	4.805	37.880	7.700	29.920
9	2.542	26.600	6.810	29.330
10	2.181	30.620	10.150	20.050
11	1.417	28.590	4.632	22.450
12	2.348	24.750	6.706	28.710
13	2.411	25.820	8.306	25.340
14	4.115	30.090	3.702	22.760
15	0.829	22.000	4.986	21.090
16	0.821	24.560	4.615	23.030
17	2.315	27.060	3.751	23.350
18	2.412	25.160	6.987	23.980
19	1.800	23.960	4.800	23.080
20	0.431	28.520	10.050	24.970
21	1.125	29.700	11.443	20.420
22	0.451	23.710	6.842	28.800
23	2.378	23.350	8.400	20.810
24	1.342	24.690	3.557	21.830
25	2.935	20.050	3.451	22.010
26	1.735	26.310	4.937	25.040
27	2.710	30.540	5.031	28.120
28	1.730	27.910	6.117	27.330
29	0.486	23.720	4.998	28.810
30	1.128	21.510	5.089	25.470

CL 20~15 mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.591	17.230	4.707	16.360
2	0.471	17.450	1.798	18.320
3	0.789	15.880	4.108	19.180
4	2.114	16.250	4.102	18.990
5	3.104	16.480	3.360	17.610
6	0.277	16.930	2.770	15.040
7	1.081	15.620	3.942	17.600
8	0.372	18.590	1.752	16.670
9	2.950	17.010	4.210	17.850
10	0.471	15.710	8.475	18.620
11	1.227	15.020	3.637	15.630
12	0.476	18.480	5.987	18.960
13	1.296	15.470	2.970	18.250
14	0.533	15.940	2.160	16.200
15	0.681	18.650	2.827	18.570
16	1.475	17.210	1.798	16.480
17	1.748	17.560	6.256	17.630
18	1.490	16.100	5.881	18.300
19	0.500	17.870	2.790	16.820
20	0.297	17.980	2.378	18.190
21	2.268	17.680	4.160	17.410
22	0.519	18.060	4.102	19.100
23	0.287	17.030	3.577	19.410
24	2.398	16.940	2.680	17.160
25	0.395	19.450	3.315	15.050
26	3.442	18.290	4.765	15.880
27	0.273	17.200	3.857	15.550
28	1.370	18.300	4.770	17.830
29	1.561	19.870	4.180	15.210
30	1.998	16.250	2.680	15.320

CL 15~10 mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	1.231	10.550	1.537	10.630
2	1.125	10.060	1.631	11.050
3	1.200	13.270	2.543	14.930
4	0.906	11.200	3.693	10.250
5	0.305	12.280	1.575	12.910
6	1.125	14.820	1.593	10.350
7	1.018	13.100	3.312	10.120
8	0.256	14.100	1.043	10.050
9	0.881	14.590	2.592	10.080
10	0.306	12.290	2.131	12.750
11	0.906	14.110	2.406	12.400
12	1.018	14.320	3.643	14.570
13	0.658	14.280	3.062	14.490
14	0.893	11.180	2.743	10.250
15	1.100	12.770	3.756	13.510
16	1.187	12.680	2.150	13.480
17	0.437	13.470	4.418	14.840
18	1.075	12.320	1.575	12.110
19	1.156	14.980	4.118	11.890
20	1.437	11.310	1.031	12.510
21	0.180	14.970	1.981	14.160
22	0.349	10.470	2.212	11.500
23	1.550	12.670	2.018	12.810
24	0.714	13.500	3.618	11.970
25	0.985	12.180	1.656	12.800
26	0.906	12.360	4.562	12.320
27	1.010	13.740	2.312	14.850
28	0.891	11.870	2.600	12.290
29	1.153	14.100	2.150	17.840
30	0.430	11.520	3.418	14.250

CL 10~5 mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	1.106	8.960	1.475	9.780
2	0.806	8.020	1.912	9.580
3	0.457	9.950	2.206	9.130
4	0.610	8.240	2.537	9.370
5	0.775	8.080	1.218	6.870
6	0.449	7.700	2.400	9.980
7	0.325	7.070	1.818	9.830
8	0.158	9.520	3.962	9.220
9	0.137	9.880	1.893	7.480
10	0.635	9.930	2.993	8.520
11	0.797	7.850	1.625	7.520
12	0.441	7.490	2.756	7.160
13	0.550	8.330	3.462	8.910
14	0.643	6.890	1.987	5.560
15	0.931	9.200	1.700	7.530

Ⅲ 点載荷試験結果

CM 泥質岩 40~20mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.620	25.640	6.475	32.840
2	0.601	25.310	3.762	23.320
3	1.481	31.670	2.913	23.600
4	0.298	28.180	3.297	22.730
5	0.561	23.790	1.519	22.700
6	0.359	23.020	7.475	25.220
7	1.426	25.730	3.102	31.030
8	0.282	23.120	2.385	26.320
9	2.163	23.720	10.787	24.170
10	1.638	31.360	8.231	22.180
11	2.395	25.970	5.375	27.260
12	1.465	29.310	6.156	26.880
13	2.053	23.490	4.755	28.830
14	0.351	30.370	7.525	21.880
15	0.802	31.650	4.690	28.930
16	0.597	28.340	4.810	22.170
17	2.845	31.590	3.012	28.020
18	0.510	27.350	8.162	27.390
19	0.947	25.320	4.075	25.010
20	0.546	30.110	8.150	24.050
21	0.719	32.530	5.675	28.120
22	0.733	23.920	2.000	28.440
23	2.513	31.040	3.847	26.230
24	0.960	25.670	5.543	23.090
25	1.695	23.040	7.081	22.640
26	1.012	28.940	3.577	21.590
27	1.598	25.970	3.087	27.100
28	0.308	20.030	5.093	26.140
29	0.548	25.320	4.881	28.070
30	1.955	24.690	6.039	23.730

CM 泥質岩 20~15mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	2.040	15.320	4.237	16.730
2	1.078	19.450	6.025	18.710
3	0.451	18.100	5.543	16.620
4	0.562	17.860	4.620	15.650
5	1.229	16.680	4.315	16.570
6	0.745	16.670	3.125	18.880
7	1.750	19.850	10.531	17.000
8	2.602	19.440	4.606	15.350
9	1.850	19.800	4.227	18.370
10	1.367	15.620	1.252	17.060
11	1.937	17.700	7.281	16.350
12	1.931	16.250	3.925	15.150
13	0.431	19.040	3.068	19.890
14	0.862	16.610	4.350	18.260
15	0.378	17.270	4.512	18.070
16	0.475	16.370	1.821	17.780
17	2.001	18.250	5.512	16.100
18	0.115	19.870	3.300	18.250
19	0.692	19.020	2.112	17.980
20	2.117	17.020	4.451	17.810
21	1.015	17.820	1.262	17.210
22	0.258	16.780	6.037	16.200
23	2.760	15.090	3.506	16.670
24	2.756	15.580	2.606	16.480
25	0.484	17.170	6.043	18.370
26	2.456	16.150	4.400	15.360
27	1.850	16.340	2.362	16.190
28	1.062	16.080	3.011	17.470
29	0.198	16.630	3.575	16.840
30	0.251	18.160	1.668	17.990

CM 泥質岩 15~10mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.237	14.910	2.285	14.180
2	0.937	13.250	1.725	13.170
3	1.282	12.580	1.907	12.010
4	0.845	11.790	1.755	11.590
5	0.910	11.280	3.727	12.060
6	0.580	10.790	1.730	11.510
7	1.402	11.070	3.347	10.280
8	0.312	10.300	4.047	10.100
9	0.630	11.790	0.972	12.180
10	1.325	12.390	2.027	13.130
11	0.895	11.160	2.772	11.940
12	0.235	12.650	1.225	13.290
13	0.319	12.410	1.817	11.810
14	0.442	14.170	3.155	14.770
15	0.230	11.340	1.972	14.900
16	0.597	11.230	1.777	13.180
17	0.487	14.800	2.097	13.490
18	0.291	13.470	1.617	12.880
19	1.180	13.240	1.597	10.300
20	0.981	13.190	2.447	11.050
21	0.987	12.850	1.612	10.800
22	0.477	11.470	1.762	12.890
23	0.567	12.540	1.867	10.850
24	0.577	14.950	3.877	13.290
25	0.415	14.910	2.980	13.090
26	1.377	14.870	1.332	11.160
27	1.340	14.550	1.075	11.580
28	0.275	14.230	3.135	11.360
29	0.485	13.370	2.140	14.350
30	0.497	13.060	1.911	10.810

CM 泥質岩 10~5mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.173	8.920	2.517	9.650
2	0.727	7.550	1.330	6.760
3	0.335	9.820	0.755	8.470
4	0.845	7.930	3.182	9.430
5	0.675	8.990	1.777	9.980
6	0.172	8.570	1.052	6.490
7	0.895	7.660	1.562	7.670
8	0.717	7.870	2.392	8.700
9	0.414	6.900	1.902	9.820
10	0.570	7.100	2.895	8.130
11	0.445	8.120	1.225	7.430
12	0.485	8.810	1.352	6.850
13	0.717	7.130	1.367	6.370
14	0.813	6.910	1.289	5.810
15	0.491	7.250	2.310	7.290

CM砂質岩 40～20mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.451	24.430	8.737	23.710
2	2.268	25.690	3.965	24.610
3	0.263	26.770	6.406	28.470
4	2.295	27.690	2.356	29.040
5	0.987	23.780	4.593	28.090
6	0.606	30.080	3.381	29.870
7	1.512	24.140	4.743	26.170
8	1.993	33.050	2.956	30.950
9	2.318	31.300	6.212	32.070
10	2.162	24.100	5.495	36.190
11	1.043	27.670	5.887	28.150
12	1.931	25.010	4.643	26.370
13	2.831	27.560	8.893	25.580
14	0.505	26.930	5.668	25.820
15	1.231	26.290	7.443	22.750
16	2.518	30.680	3.012	30.720
17	1.575	27.520	3.937	27.970
18	3.143	32.440	5.193	23.850
19	2.475	22.230	6.168	25.060
20	2.500	29.950	5.818	31.820
21	0.887	24.570	4.310	29.110
22	1.387	22.710	4.456	23.880
23	1.495	34.700	2.550	33.190
24	2.650	34.970	3.725	22.720
25	1.352	32.060	2.651	33.740
26	1.100	37.490	2.250	23.500
27	1.556	36.380	5.512	22.310
28	1.555	27.120	8.062	23.050
29	1.775	29.320	4.011	25.090
30	1.550	26.910	4.671	32.170

CM砂質岩 20～15mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.556	19.860	9.018	18.450
2	0.510	19.750	6.837	19.230
3	0.356	17.270	6.756	16.260
4	0.591	15.650	2.353	17.100
5	1.043	17.320	3.118	17.230
6	1.800	18.810	3.150	17.290
7	0.437	19.260	2.193	16.800
8	0.482	19.910	5.443	18.430
9	1.243	19.380	6.081	15.550
10	0.900	17.350	1.995	19.510
11	1.712	16.410	3.131	17.790
12	1.187	15.200	4.675	17.920
13	0.918	16.710	7.065	15.100
14	1.006	17.890	2.487	16.730
15	1.968	17.980	3.510	16.100
16	0.415	17.370	5.168	19.250
17	1.575	19.830	6.250	16.960
18	0.376	19.330	6.825	17.280
19	0.263	15.100	2.100	17.120
20	0.470	18.750	2.037	15.050
21	1.062	18.570	3.812	15.830
22	1.817	16.990	2.675	15.960
23	1.487	18.530	2.137	15.180
24	0.371	18.790	1.843	15.560
25	1.625	17.140	3.911	16.290
26	0.411	18.100	3.003	16.840
27	0.931	16.930	4.187	17.050
28	1.300	17.730	6.418	16.720
29	0.384	15.180	5.893	18.130
30	1.412	18.650	4.318	19.030

CM砂質岩 15～10mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.687	10.800	0.822	10.280
2	0.447	14.980	2.970	12.540
3	0.560	12.470	2.070	12.910
4	0.565	13.070	2.285	11.630
5	0.207	11.070	2.815	14.960
6	0.251	14.630	2.105	14.100
7	1.067	12.990	4.267	11.700
8	1.020	13.100	2.135	12.630
9	0.392	10.660	1.755	12.500
10	0.117	11.700	1.700	10.320
11	0.372	13.250	2.220	12.190
12	0.572	14.960	3.402	10.100
13	1.625	11.720	0.880	13.140
14	1.258	12.580	1.247	10.970
15	0.860	12.310	3.147	10.440
16	0.137	12.990	1.192	14.950
17	1.510	11.070	1.672	11.570
18	0.567	11.780	1.250	11.270
19	0.482	11.680	1.450	10.800
20	0.937	14.280	0.985	11.290
21	0.237	12.300	1.740	10.750
22	0.451	13.200	2.115	10.170
23	1.367	13.210	2.665	10.520
24	1.047	12.180	2.167	14.180
25	0.502	13.520	1.642	10.950
26	1.430	12.480	3.352	12.080
27	0.622	13.700	2.714	13.910
28	0.180	14.950	2.082	11.840
29	0.247	14.200	1.981	12.050
30	0.597	10.480	3.410	13.780

CM砂質岩 10～5mm

試験 No	節理方向		節理に直角方向	
	荷重(kN)	高さ(mm)	荷重(kN)	高さ(mm)
1	0.251	8.600	1.742	7.810
2	0.727	8.680	1.732	6.800
3	0.442	6.180	1.480	9.290
4	0.425	6.500	1.800	8.290
5	0.372	7.560	2.055	6.950
6	0.765	8.640	1.512	7.330
7	0.801	8.430	1.010	8.590
8	0.327	7.560	2.850	9.890
9	0.632	7.510	1.782	8.750
10	1.082	9.510	1.584	6.800
11	0.207	8.880	1.447	8.960
12	0.962	8.530	1.605	8.840
13	0.587	8.660	0.800	7.440
14	0.507	9.880	1.492	7.550
15	0.613	5.910	2.632	9.800

IV 破碎試験結果

粒度変化

$C_M + C_L$ 骨材

荷重		ふるい目	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	受け皿	計
400kN	破砕前	質量	187.1	1029.8	1988.1	3631.2	1911.6	5255.8	8760.7							22764.3
		(%)	0.8	4.5	8.7	16.0	8.4	23.1	38.5							100.0
	破砕後	質量	76.0	826.2	1531.4	3171.7	1391.3	4824.2	7956.2	1940.4	588.8	220.1	94.8	54.7	88.5	22764.3
		(%)	0.3	3.6	6.7	13.9	6.1	21.2	35.0	8.5	2.6	1.0	0.4	0.2	0.4	100.0
800kN	破砕前	質量	188.0	1031.1	1992.2	3629.9	1914.6	5255.0	8761.0							22771.8
		(%)	0.8	4.5	8.7	15.9	8.4	23.1	38.5							100.0
	破砕後	質量	0	850.4	1110.1	2333.9	1268.0	4468.7	7967.8	2689.7	1111.5	462.7	199.1	114.8	195.1	22771.8
		(%)	0.0	3.7	4.9	10.2	5.6	19.6	35.0	11.8	4.9	2.0	0.9	0.5	0.9	100.0
1600kN	破砕前	質量	149.2	1065.2	2000.7	3627.6	1915.0	5254.2	8762.3							22774.2
		(%)	0.7	4.7	8.8	15.9	8.4	23.1	38.5							100.0
	破砕後	質量	147.4	647.1	1042.8	2099.0	1084.2	3796.3	6711.9	3665.6	1723.1	862.6	394.1	212.5	388.2	22774.8
		(%)	0.6	2.8	4.6	9.2	4.8	16.7	29.5	16.1	7.6	3.8	1.7	0.9	1.7	100.0

C_L 骨材のみ

荷重		ふるい目	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	受け皿	計
400kN	破砕前	質量	163.2	1073.5	2246.1	3249.2	1568.5	6300.7	9210.2							23811.4
		(%)	0.7	4.5	9.4	13.6	6.6	26.5	38.7							100.0
	破砕後	質量	0	897.5	1369.5	3049.9	1605.6	5619.7	8621.3	1814.5	473.9	165.1	73.5	40.1	80.8	23811.4
		(%)	0.0	3.8	5.8	12.8	6.7	23.6	36.2	7.6	2.0	0.7	0.3	0.2	0.3	100.0
800kN	破砕前	質量	166.5	1077.5	2245.8	3244.9	1570.0	6300.0	9210.2							23814.9
		(%)	0.7	4.5	9.4	13.6	6.6	26.5	38.7							100.0
	破砕後	質量	109.0	833.0	1266.3	2181.0	1337.3	4705.2	8631.2	2717.6	1085.3	454.3	189.0	107.0	198.7	23814.9
		(%)	0.5	3.5	5.3	9.2	5.6	19.8	36.2	11.4	4.6	1.9	0.8	0.4	0.8	100.0
1600kN	破砕前	質量	179.1	1078.1	2242.5	3236.9	1568.7	6297.8	9209.8							23812.9
		(%)	0.8	4.5	9.4	13.6	6.6	26.4	38.7							100.0
	破砕後	質量	101.0	601.0	1107.9	2193.9	1025.7	4112.4	6425.3	4514.7	1921.9	788.9	370.9	280.6	368.7	23812.9
		(%)	0.4	2.5	4.7	9.2	4.3	17.3	27.0	19.0	8.1	3.3	1.6	1.2	1.5	100.0

実積率

骨材種類	荷重 (kN)	粒径 (mm)	質量 (g)	初期試料高さ (mm)			密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	破砕後試料高さ (mm)			破砕前実積率 (%)	破砕後実積率 (%)	実積率の増減
				①	②	平均			①	②	平均			
$C_M + C_L$	400	40~5	22764.3	20.64	20.55	20.60	2.64	1.07	18.02	18.04	18.03	57.90	66.16	8.25
	800		22771.8	21.20	20.74	20.97			17.18	16.88	17.03	56.90	70.07	13.16
	1600		22774.2	20.84	20.80	20.82			15.78	15.76	15.77	57.32	75.67	18.35
C_L	400	40~5	23811.4	21.40	21.63	21.52	2.62	0.91	19.02	19.27	19.15	58.33	65.55	7.22
	800		23814.9	22.13	22.00	22.07			18.09	17.99	18.04	56.88	69.59	12.71
	1600		23812.9	21.79	21.89	21.84			16.90	16.71	16.81	57.48	74.68	17.20

破砕試験時の変位

CL+CM①
載荷重400kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0.02	0.0001	0.000
10	0.98	0.0048	0.229
20	1.86	0.0090	0.439
29	2.48	0.0120	0.688
39	3.06	0.0149	0.918
49	3.21	0.0233	1.147
59	7.06	0.0342	1.377
69	8.78	0.0426	1.606
78	10.32	0.0501	1.836
98	12.01	0.0583	2.294
118	13.42	0.0651	2.753
137	14.75	0.0716	3.212
157	16.05	0.0779	3.671
177	17.30	0.0840	4.130
196	18.31	0.0889	4.589
216	19.52	0.0947	5.048
235	20.56	0.0998	5.507
255	21.59	0.1048	5.966
275	22.55	0.1094	6.424
294	23.58	0.1144	6.883
314	24.66	0.1197	7.342
333	25.48	0.1237	7.801
353	26.32	0.1278	8.260
373	27.27	0.1324	8.719
392	27.36	0.1328	9.178
343	27.32	0.1326	8.031
294	27.28	0.1324	6.883
245	27.25	0.1323	5.736
196	27.19	0.1320	4.589
147	27.10	0.1316	3.442
98	26.96	0.1308	2.294
49	26.42	0.1282	1.147
0	25.83	0.1254	0.000

CL+CM②
載荷重800kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0.01	0.0000	0.000
20	1.60	0.0076	0.459
39	3.17	0.0151	0.918
59	4.30	0.0205	1.377
78	5.52	0.0263	1.836
98	9.58	0.0457	2.294
118	12.70	0.0606	2.753
137	15.64	0.0746	3.212
157	16.94	0.0808	3.671
196	21.03	0.1003	4.589
235	23.33	0.1113	5.507
275	25.39	0.1211	6.424
314	27.30	0.1302	7.342
353	30.52	0.1455	8.260
392	32.34	0.1537	9.178
431	33.68	0.1606	10.096
471	34.97	0.1668	11.013
510	36.17	0.1725	11.931
549	37.39	0.1783	12.849
588	38.50	0.1836	13.767
628	39.59	0.1888	14.684
667	40.53	0.1933	15.602
706	41.41	0.1974	16.520
745	41.64	0.1986	17.438
785	41.61	0.1984	18.355
824	41.58	0.1983	19.273
863	41.56	0.1982	20.191
902	41.50	0.1979	21.109
941	41.42	0.1975	22.027
980	41.22	0.1966	22.944
1019	40.58	0.1935	23.862
1058	39.88	0.1902	24.780
1097	39.10	0.1865	25.698

CL+CM③
載荷重1600kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0.00	0.0000	0.000
39	3.49	0.0168	0.918
78	5.64	0.0271	1.836
118	7.73	0.0371	2.753
157	9.40	0.0451	3.671
196	15.37	0.0748	4.589
235	20.63	0.0991	5.507
275	24.73	0.1188	6.424
314	28.21	0.1355	7.342
353	31.34	0.1505	8.260
392	34.22	0.1643	9.178
431	36.61	0.1758	10.096
471	38.68	0.1858	11.013
510	40.51	0.1945	11.931
549	42.27	0.2030	12.849
588	43.85	0.2106	13.767
628	45.29	0.2175	14.684
667	46.57	0.2237	15.602
706	47.81	0.2296	16.520
745	48.87	0.2347	17.438
785	49.94	0.2399	18.355
824	50.91	0.2445	19.273
863	51.66	0.2481	20.191
902	52.59	0.2526	21.109
941	53.01	0.2546	22.027
980	52.97	0.2544	22.944
1019	52.90	0.2541	23.862
1058	52.86	0.2539	24.780
1097	52.79	0.2536	25.698
1136	52.68	0.2530	26.616
1175	52.50	0.2522	27.534
1214	51.60	0.2478	28.452
1253	50.56	0.2428	29.370

CL①
載荷重400kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0.02	0.0001	0.000
10	0.515	0.0024	0.219
20	1.175	0.0055	0.439
29	1.87	0.0087	0.658
39	2.445	0.0114	0.877
49	4.37	0.0203	1.097
59	5.955	0.0277	1.316
69	7.645	0.0355	1.535
78	8.94	0.0415	1.755
98	10.425	0.0484	2.193
118	11.69	0.0543	2.632
137	12.98	0.0603	3.070
157	14.135	0.0657	3.509
177	15.29	0.0711	3.948
196	16.39	0.0762	4.386
216	17.73	0.0824	4.825
235	18.735	0.0871	5.264
255	19.655	0.0913	5.702
275	20.735	0.0964	6.141
294	21.675	0.1007	6.580
314	22.55	0.1048	7.018
333	23.485	0.1091	7.457
353	24.38	0.1133	7.896
373	25.205	0.1171	8.334
392	25.325	0.1177	8.773
412	25.3	0.1176	9.212
431	25.24	0.1173	9.651
451	25.2	0.1171	10.090
471	25.145	0.1168	10.529
491	25.055	0.1164	10.968
511	24.915	0.1158	11.407
531	24.455	0.1136	11.846
551	23.81	0.1106	12.285

CL②
載荷重800kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0.005	0.0000	0.000
20	1.595	0.0072	0.439
39	3.165	0.0143	0.877
59	4.3	0.0195	1.316
78	5.515	0.0250	1.755
98	9.575	0.0434	2.193
118	12.7	0.0575	2.632
137	15.635	0.0708	3.070
157	16.935	0.0767	3.509
177	21.025	0.0953	4.386
196	23.33	0.1057	5.264
216	25.39	0.1150	6.141
235	27.3	0.1237	7.018
255	30.515	0.1383	7.896
275	32.235	0.1461	8.773
294	33.675	0.1526	9.650
314	34.97	0.1585	10.527
333	36.165	0.1639	11.405
353	37.39	0.1694	12.282
373	38.5	0.1744	13.159
392	39.59	0.1794	14.037
412	40.525	0.1836	14.914
431	41.405	0.1876	15.791
451	41.64	0.1887	16.668
471	41.61	0.1885	17.546
491	41.58	0.1884	18.423
511	41.56	0.1883	19.300
531	41.495	0.1880	20.177
551	41.415	0.1877	21.054
571	41.22	0.1868	21.931
591	40.575	0.1838	22.808
611	39.875	0.1807	23.685
631	39.1	0.1772	24.562

CL③
載荷重1600kN

荷重(kN)	変位(mm)	ひずみ	応力
0	0	0.0000	0.000
20	2.345	0.0107	0.439
39	4.32	0.0198	0.877
59	6.015	0.0275	1.316
78	7.685	0.0352	1.755
98	13.97	0.0640	2.193
118	18.745	0.0858	2.632
137	23.285	0.1066	3.070
157	27.25	0.1248	3.509
177	30.27	0.1386	3.948
196	33.18	0.1519	4.386
216	35.62	0.1631	4.825
235	37.865	0.1734	5.264
255	39.93	0.1828	5.702
275	41.655	0.1907	6.141
294	43.44	0.1989	6.580
314	45.06	0.2063	7.018
333	46.485	0.2128	7.457
353	47.775	0.2188	7.896
373	48.955	0.2242	8.334
392	50.055	0.2292	8.773
412	51.115	0.2340	9.212
431	52.065	0.2384	9.651
451	52.985	0.2426	10.090
471	53.295	0.2440	10.529
491	53.235	0.2438	10.968
511	53.165	0.2434	11.407
531	53.14	0.2433	11.846
551	53.025	0.2428	12.285
571	52.975	0.2426	12.724
591	52.735	0.2415	13.163
611	51.725	0.2368	13.602

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	33.656 0.84375
m2	0.26374 0.008093
カイ2乗	0.59716 NA
R	0.99837 NA

5	0.09503	82.251
10	0.13972	152.204

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	31.122 1.1991
m2	0.31022 0.008014
カイ2乗	4.7882 NA
R	0.99712 NA

5	0.10584	71.704
10	0.15784	128.981

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	36.457 0.88868
m2	0.34163 0.003579
カイ2乗	8.8292 NA
R	0.99868 NA

5	0.09786	71.604
10	0.15214	118.502

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	39.996 1.0442
m2	0.26109 0.010273
カイ2乗	0.57837 NA
R	0.99848 NA

5	0.08454	87.466
10	0.12772	153.276

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	31.311 1.2064
m2	0.29477 0.007616
カイ2乗	4.3756 NA
R	0.99712 NA

5	0.10358	74.425
10	0.15329	135.917

$$y = M1 \cdot M0 / (1 - M0/M2)$$

値	エラー
m1	46.884 0.17781
m2	0.35849 0.000822
カイ2乗	0.17729 NA
R	0.99997 NA

5	0.08219	78.928
10	0.13373	119.270

V フレッシュコンクリートを用いた各種試験

フレッシュコンクリートを用いた各種試験 質量変化

試料① ゴシック：実測・明細：理論値

試験前							試験後													
	全		wo破碎	V C 圧縮232.4N 破碎800kN 残り				全		粒度変化	wo破碎	V C 圧縮232.4N 破碎800kN 残り			V C 圧縮 破碎 残り					
40	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30	6.6	5173						3.8	2845	-2.8	2319	-1.7	410	347	526	1562	-3.2	-3.1	-4.7	-0.6
25	11.6	9107						10.1	7640	-1.5	6084	1.1	1576	978	1556	3530	1.5	-1.7	-6.0	2.0
20	16.9	13289						16.1	12183	-0.8	8982	1.8	2218	1815	3201	4950	1.5	1.4	-5.4	2.2
15	5.8	4559						6.7	5106	0.9	3206	0.9	723	654	1900	1829	0.2	0.8	1.0	1.3
10	11.4	8968						11.5	8704	0.1	5133	-0.7	1351	1042	3571	2740	-0.2	-0.9	1.4	-0.8
5	16.1	12637						17.2	13027	1.1	7255	-0.9	1950	1694	5772	3611	0.1	1.0	4.6	-2.2
2.5	4.5	3526						8.3	6277	3.8	3063	1.9	801	704	3215	1557	2.2	2.6	7.1	1.5
1.2	7.3	5739						7.5	5701	0.2	3286	-0.4	836	748	2415	1701	-0.4	0.2	1.4	-0.7
0.6	7.0	5513						7.2	5456	0.2	3245	-0.2	892	704	2211	1650	0.4	0.1	0.9	-0.7
0.3	6.6	5215						6.4	4878	-0.2	2979	-0.4	742	635	1899	1601	-0.5	-0.2	0.2	-0.5
0.15	6.1	4777						5.2	3920	-0.9	2337	-1.2	555	601	1583	1181	-1.5	0.0	-0.4	-1.5
受皿		4517							2426		1512		384	366	913	762	↑粒度分布			
全	→	83020	52499	12967	10128	30521	29404	78161	94.1	49400	94.1	12437	10289	28761	26674	95.9	101.6	94.2	90.7	
wo受け皿	→	78503	49643	12262	9577	28860	27804	75736	96.5	47888	96.5	12053	9923	27848	25912	98.3	103.6	96.5	93.2	
粗骨材	→	53733	33979	8393	6555	19754	19031	49504	92.1	32978	97.1	8227	6530	16526	18222	98.0	99.6	83.7	95.7	
5020	→	27569	17434	4306	3363	10135	9764	22668	82.2	17385	99.7	4203	3140	5283	10042	97.6	93.4	52.1	102.8	
2005	→	26164	16545	4087	3192	9619	9267	26836	102.6	15593	94.2	4024	3390	11243	8180	98.5	106.2	116.9	88.3	
コンクリ		94110	60032	14828	11581	34900	33623	↑減少率								↑減少率				
94932																				

試料② ゴシック：実測・明朝：理論値

試験前							試験後													
	全		wo破碎	V C	圧縮492.3N	破碎1600kN	残り	全		粒度変化	wo破碎	V C	圧縮492.3N	破碎1600kN	残り	V C	圧縮	破碎	残り	
40	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	6.6	5173						3.9	2958	-2.7	1889	-2.6	417	251	1069	1220	-3.1	-3.9	-2.8	-2.0
25	11.6	9107						11.1	8405	-0.5	6281	1.5	1207	1427	2124	3647	-1.6	3.4	-4.1	2.2
20	16.9	13289						16.1	12217	-0.8	8812	1.5	2169	1777	3405	4866	1.0	1.8	-4.8	1.4
15	5.8	4559						6.5	4920	0.7	3226	0.9	830	717	1694	1679	1.1	1.8	0.2	0.5
10	11.4	8968						12.2	9244	0.8	5518	0.1	1427	1058	3726	3033	0.4	-0.3	1.8	0.0
5	16.1	12637						16.8	12757	0.7	7250	-1.0	2090	1407	5508	3753	1.2	-1.3	3.5	-1.9
2.5	4.5	3526						7.5	5654	3.0	2980	1.7	806	558	2674	1616	2.2	1.4	5.0	1.6
1.2	7.3	5739						7.9	5977	0.6	3462	-0.1	948	674	2515	1840	0.5	-0.2	1.6	-0.4
0.6	7.0	5513						6.9	5233	-0.1	3159	-0.4	778	580	2074	1801	-0.6	-0.9	0.3	-0.2
0.3	6.6	5215						6.1	4636	-0.5	2848	-0.7	747	537	1789	1563	-0.5	-1.0	-0.3	-0.7
0.15	6.1	4777						5.6	4232	-0.5	2657	-0.5	661	496	1575	1500	-0.6	-0.8	-0.5	-0.4
受皿		4517							2586		1753		527	394	833	833	↑粒度分布			
全	→	83020	52119	13250	10727	30901	28142	78817	94.9	49832	95.6	12606	9876	28985	27350	95.1	92.1	93.8	97.2	
wo受け皿	→	78503	49283	12529	10144	29220	26611	76231	97.1	48079	97.6	12079	9482	28152	26518	96.4	93.5	96.3	99.6	
粗骨材	→	53733	33733	8575	6943	20000	18214	50499	94.0	32974	97.8	8140	6637	17525	18198	94.9	95.6	87.6	99.9	
5020	→	27569	17308	4400	3562	10262	9345	23579	85.5	16981	98.1	3793	3455	6598	9733	86.2	97.0	64.3	104.2	
2005	→	26164	16425	4176	3381	9739	8869	26920	102.9	15993	97.4	4347	3182	10927	8464	104.1	94.1	112.2	95.4	
コンクリ		94110	58749	14935	12092	34832	31722	↑減少率						↑減少率						

93581

93581

試料③ ゴシック：実測・明朝：理論値

試験前				試験後																
	全			V C 圧縮702.2N 破碎3200kN 残り				全 粒度変化 wo破碎				V C 圧縮702.2N 破碎3200kN 残り				V C 圧縮 破碎 残り				
40	0	0						0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	
30	6.6	5173						2.6	1967	-4.0	1684	-3.1	333	173	283	1178	-3.8	-4.9	-5.5	-1.9
25	11.6	9107						9.6	7267	-2.0	5687	0.3	1456	697	1581	3534	0.5	-4.7	-5.7	2.3
20	16.9	13289						14.5	10964	-2.5	8574	1.0	1912	1904	2391	4757	-1.0	1.8	-8.0	1.8
15	5.8	4559						5.8	4411	0.0	2833	0.1	746	767	1578	1320	0.4	1.7	0.1	-0.6
10	11.4	8968						12.9	9741	1.4	6004	1.1	1629	1403	3737	2971	2.1	2.4	2.5	0.3
5	16.1	12637						17.8	13514	1.7	7816	0.2	2127	1845	5697	3844	1.6	2.0	5.2	-0.9
2.5	4.5	3526						7.8	5887	3.3	2757	1.3	736	631	3131	1390	1.6	1.7	7.2	1.0
1.2	7.3	5739						7.9	5965	0.6	3388	-0.2	857	773	2577	1758	-0.2	0.3	2.3	-0.4
0.6	7.0	5513						7.4	5612	0.4	3330	-0.1	847	741	2282	1743	0.0	0.3	1.5	-0.1
0.3	6.6	5215						6.6	5023	0.0	3087	-0.2	726	660	1935	1702	-0.6	-0.2	0.6	0.1
0.15	6.1	4777						5.3	3995	-0.8	2395	-1.1	652	585	1600	1158	-0.7	-0.3	-0.1	-1.5
受皿		4517							2337			1304		453	337	1033	513	↑ 粒度分布		
全	→	83020	51743	13130	11019	30681	27594		76682	92.4	48858	94.4	12475	10516	27823	25868	95.0	95.4	90.7	93.7
wo受け皿	→	78503	48928	12416	10420	29011	26093		74345	94.7	47554	97.2	12022	10179	26790	25354	96.8	97.7	92.3	97.2
粗骨材	→	53733	33490	8498	7132	19857	17860		47863	89.1	32597	97.3	8203	6790	15267	17604	96.5	95.2	76.9	98.6
5020	→	27569	17183	4360	3659	10188	9163		20198	73.3	15944	92.8	3701	2774	4254	9469	84.9	75.8	41.8	103.3
2005	→	26164	16307	4138	3473	9669	8696		27665	105.7	16653	102.1	4503	4016	11012	8135	108.8	115.6	113.9	93.5
コンクリ		94110	58655	14884	12491	34779	31280		↑ 減少率						↑ 減少率					

93434

フレッシュコンクリートを用いた各種試験 変位

試験片① 変位(mm)	荷重(N)	試験片② 変位(mm)	荷重(N)	31.0675 31.77	392.266 470.7192	試験片③ 変位(mm)	荷重(N)	試験片④ 変位(mm)	荷重(N)	試験片⑤ 変位(mm)	荷重(N)
0	0	0	0	32.7775	549.1724	0	0	0	0	0	0
4.745	9.80665	11.8925	39.2266	33.8175	627.6256	0.01	4.903325	0.0925	7.84532	0.2275	20.59397
7.6625	19.6133	16.8675	78.4532	34.7025	706.0788	0.035	22.5553	0.125	29.41995	0.26	43.14926
9.5525	29.41995	20.04	117.6798	35.495	784.532	0.135	45.11059	0.24	50.01392	0.375	101.9892
10.3775	39.2266	22.8075	156.9064	35.545	686.4655	0.2875	92.18251	0.4125	111.7958	0.5475	186.3264
12.51	49.03325	24.76	196.133	35.5125	588.399	0.46	131.4091	0.5825	202.017	0.7175	280.4702
13.6825	58.8399	26.235	235.3596	35.47	490.3325	0.6475	168.6744	0.77	314.7935	0.905	386.382
14.6875	68.64655	27.735	274.5862	35.4175	392.266	0.8325	188.2877	0.9625	376.5754	1.0975	467.7772
15.68	78.4532	28.8125	313.8128	35.345	294.1995	1.025	209.8623	1.155	393.2467	1.29	536.4238
16.465	88.25985	29.76	353.0394	35.23	196.133	1.2175	218.6883	1.3525	405.0146	1.4875	557.0177
17.2525	98.0665	30.7675	392.266	35.02	98.0665	1.4075	230.4563	1.555	411.8793	1.69	572.7084
18.5725	117.6798	31.2125	294.1995	34.2025	0	1.3525	5.88399	1.7775	416.7826	1.9125	596.2443
19.76	137.2931	31.1275	196.133	34.8525	98.0665	1.655	231.4369	1.805	296.1608	1.94	484.4485
20.7675	156.9064	30.965	98.0665	35.0875	196.133	2.055	230.4563	1.7925	212.8043	1.9275	385.4013
21.66	176.5197	30.1625	0	35.265	294.1995	2.445	232.4176	1.76	123.5638	1.895	289.2962
22.5175	196.133	30.3675	19.6133	35.42	392.266	2.855	214.7656	1.7225	63.74323	1.8575	197.1137
23.3075	215.7463	30.7575	39.2266	35.58	490.3325	3.265	203.9783	1.655	31.38128	1.79	86.29852
24.0575	235.3596	30.9975	78.4532	35.7975	588.399	3.67	199.075	1.55	0	1.685	1.96133
24.6875	254.9729	31.1975	156.9064	36.0725	686.4655	4.1675	177.5004	1.5825	11.76798	1.7175	53.93658
25.27	274.5862	31.48	235.3596	36.4625	784.532	4.495	167.6937	1.6275	37.26527	1.7625	103.9505
25.8125	294.1995	31.89	313.8128	36.9425	882.5985	4.895	159.8484	1.66	69.62722	1.795	155.9257
26.36	313.8128	32.725	392.266	37.5075	980.665	5.3025	146.1191	1.6875	101.9892	1.8225	208.8816
26.8625	333.4261	33.78	470.7192	38.1175	1078.732	5.3325	114.7378	1.71	156.9064	1.845	255.9536
27.3075	353.0394	34.84	549.1724	38.81	1176.798	5.3325	76.49187	1.735	216.727	1.87	304.9868
27.7625	372.6527	35.8325	627.6256	39.4275	1274.865	5.32	57.85924	1.7425	288.3155	1.8775	326.5614
28.1775	392.266	36.6175	706.0788	39.93	1372.931	5.3125	38.24594	2.1275	418.744	2.2625	631.5483
28.2925	353.0394	36.6475	784.532	40.4575	1470.998	5.2975	19.6133	2.5425	452.0866	2.6775	665.8715
28.285	313.8128	36.5575	588.399	40.9175	1569.064	5.2725	0.980665	2.9725	476.6032	3.1075	688.4268
28.2625	274.5862	36.375	392.266	41.085	1372.931	5.2725	1.96133	3.34	492.2938	3.475	702.1561
28.235	235.3596	36.1475	196.133	41.04	1176.798	5.2725	6.864655	3.735	461.8932	3.87	667.8329
28.2025	196.133	35.34	0	40.99	980.665	5.275	12.74865	3.79	380.498	3.925	587.4183
28.155	156.9064	35.0825	39.2266	40.92	784.532	5.275	14.70998	3.78	275.5669	3.915	482.4872
28.09	117.6798	36.165	78.4532	40.8275	588.399	5.43	144.1578	3.7475	185.3457	3.8825	289.2962
27.9975	78.4532	36.4325	156.9064	40.69	392.266	5.8	144.1578	3.7075	78.4532	3.8425	191.2297
27.8375	39.2266	36.685	313.8128	40.435	196.133	6.42	129.4478	3.6475	28.43929	3.7825	91.20185
27.4425	0	36.935	470.7192	39.0975	0	6.9275	111.7958	3.5375	0	3.6725	4.903325
27.51	19.6133	37.4625	627.6256	39.9225	98.0665	7.335	97.08584	3.62	50.99458	3.755	109.8345
27.7175	39.2266	38.0575	784.532	40.24	196.133	7.445	57.85924	3.6775	105.9118	3.8125	201.0363
27.8275	58.8399	38.6525	882.5985	40.39	294.1995	7.4375	38.24594	3.735	163.7711	3.87	314.7935
27.905	78.4532	39.4375	980.665	40.5125	392.266	7.425	16.67131	3.7725	229.4756	3.9075	407.9566
27.9675	98.0665	40.07	1078.732	40.74	490.3325	7.3975	1.96133	3.825	319.6968	3.96	501.1198
28.02	117.6798	40.6525	1176.798	40.925	588.399			3.9125	393.2467	4.0475	593.3023
28.0675	137.2931	41.205	1274.865	41.04	686.4655			4.3325	430.5119	4.4675	633.5096
28.1125	156.9064	41.685	1372.931	41.1275	784.532			4.53	406.976	4.665	622.7223
28.1575	176.5197	42.1475	1470.998	41.2475	882.5985			5.165	378.5367	5.3	584.4763
28.2	196.133	42.2075	1569.064	41.3525	980.665			5.7825	361.8654	5.9175	489.3518
28.2975	235.3596	42.15	1372.931	41.54	1078.732			5.875	352.0587	6.01	385.4013
28.4225	274.5862	42.075	1176.798	41.7025	1176.798			5.8625	181.423	5.9975	289.2962
28.5775	313.8128	41.96	980.665	41.875	1274.865			5.8475	102.9698	5.9825	190.249
28.7825	353.0394	41.8275	784.532	42.06	1372.931			5.7925	58.8399	5.9275	87.27919
29.07	392.266	41.6	588.399	42.2825	1470.998			5.705	1.96133	5.84	11.76798
29.51	431.4926	41.36	392.266	42.55	1569.064					5.9025	107.8732
30.075	470.7192	40.985	196.133	42.78	1667.131					5.96	205.9397
30.6825	509.9458	40.4875	0	43.0575	1765.197					6.0175	306.9481
31.24	549.1724	試験片⑥ 変位(mm)	荷重(N)	43.2975	1863.264					6.085	398.15
31.78	588.399	0	0	43.5775	1961.33					6.4	448.1639
32.29	627.6256	10.9325	39.2266	43.8525	2059.397					7.23	389.324
32.805	666.8522	16.0475	78.4532	44.1	2157.463					7.9675	356.9621
33.2675	706.0788	19.365	117.6798	44.37	2255.53					8.025	293.2183
33.6925	745.3054	21.7025	156.9064	44.6325	2353.596					8.01	187.307
34.0925	784.532	23.6	196.133	44.8675	2451.663					7.97	89.24052
34.17	686.4655	25.23	235.3596	45.1225	2647.796					7.885	12.74865
34.1375	588.399	26.4225	274.5862	45.3325	2745.862					7.965	133.3704
34.095	490.3325	27.7425	313.8128	45.55	2843.929					8.0525	271.6442
34.0425	392.266	28.7425	353.0394	45.765	2941.995					8.1025	304.9868
33.9725	294.1995	29.74	392.266	45.9575	3040.062					8.94	302.0448
33.865	196.133	30.3825	294.1995	45.9925	3138.128					9.96	249.0889
33.6625	98.0665	30.3	196.133	45.9375	2745.862					10.03	195.1523
33.4625	49.03325	30.1425	98.0665	45.87	2353.596					10	91.20185
33.18	19.6133	29.0675	0	45.76	1961.33					9.9425	8.825985
32.5225	0	29.9875	78.4532	45.6375	1569.064						
		30.27	156.9064	45.4875	1176.798						
		30.4025	235.3596	45.205	784.532						
		30.7	313.8128	44.9775	392.266						
				43.8125	0						

VI コンクリート試験配合表・試験結果

コンクリート試験配合表

単位水量の検討 (CL+CM, 普通, B=140, FA=50%, s/a=40, pw1=0)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質	合計
CL+CM	40	71.4	50.0	0.0	40.0	0.884	0.769	100.0	140.0	70.0	70.0	890.5	0.0	121.0	771.2	1343.9	671.9	302.4	369.6	2476.0
				0.0				100.0	51.6	21.8	29.8	339.4	0.0	45.5	293.9	509.0	256.5	115.4	137.4	1000.2
CL+CM	40	78.6	50.0	0.0	40.0	0.874	0.760	110.0	140.0	70.0	70.0	880.0	0.0	119.5	762.1	1328.0	664.0	298.8	365.2	2459.6
				0.0				110.0	51.6	21.8	29.8	335.4	0.0	44.9	290.4	503.0	253.4	114.0	135.8	1000.2
CL+CM	40	85.7	50.0	0.0	40.0	0.863	0.751	120.0	140.0	70.0	70.0	869.5	0.0	118.1	753.0	1312.2	656.1	295.2	360.9	2443.3
				0.0				120.0	51.6	21.8	29.8	331.4	0.0	44.4	287.0	497.0	250.4	112.7	134.1	1000.2
CL+CM	40	92.9	50.0	0.0	40.0	0.853	0.742	130.0	140.0	70.0	70.0	859.0	0.0	116.7	743.9	1296.4	648.2	291.7	356.5	2426.9
				0.0				130.0	51.6	21.8	29.8	327.4	0.0	43.9	283.5	491.0	247.4	111.3	132.5	1000.2

単位水量の検討 (CL+CM, 普通, B=140, FA=50%, s/a=40, pw1=0)

35リットル分 配合No.		W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質
4	100	3.50	4.90	2.45	2.45	31.17	0.00	4.23	26.99	47.04	23.52	10.58	12.93
								CL細目→	7.81	4020→	7.06	4.23	5.17
								CL荒目→	7.81	2005→	16.46	6.35	7.76
								CM→	15.61				
1	110	3.85	4.90	2.45	2.45	30.80	0.00	4.18	26.67	46.48	23.24	10.46	12.78
									7.71		6.97	4.18	5.11
									7.71		16.27	6.27	7.67
									15.43				
2	120	4.20	4.90	2.45	2.45	30.43	0.00	4.13	26.35	45.93	22.96	10.33	12.63
									7.62		6.89	4.13	5.05
									7.62		16.07	6.20	7.58
									15.24				
3	130	4.55	4.90	2.45	2.45	30.06	0.00	4.08	26.04	45.37	22.69	10.21	12.48
									7.53		6.81	4.08	4.99
									7.53		15.88	6.13	7.49
									15.06				

細骨材率の検討 (CL+CM, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=113, pw1=0)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	30.0	1.016	0.884	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	657.6 250.6	0.0 0.0	89.3 33.6	569.5 217.0	1543.8 584.8	771.9 294.6	347.4 132.6	424.6 157.8	2455.7 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	35.0	0.943	0.821	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	767.2 292.4	0.0 0.0	104.2 39.2	664.4 253.2	1433.6 543.0	716.8 273.6	322.6 123.1	394.2 146.6	2455.2 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	40.0	0.871	0.757	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	876.8 334.2	0.0 0.0	119.1 44.8	759.3 289.4	1323.3 501.2	661.6 252.5	297.7 113.6	363.9 135.3	2454.7 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	45.0	0.798	0.694	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	986.4 375.9	0.0 0.0	134.0 50.4	854.3 325.6	1213.0 459.5	606.5 231.5	272.9 104.2	333.6 124.0	2454.3 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	50.0	0.725	0.631	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	1096.1 417.7	0.0 0.0	148.9 56.0	949.2 361.7	1102.7 417.7	551.4 210.4	248.1 94.7	303.3 112.7	2453.8 1000.2

細骨材率の検討 (CL+CM, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=113, pw1=0)
35リットル分

配合No.	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	
8	30	3.96	4.90	2.45	2.45	23.02	0.00	3.13	19.93	54.03	27.02	12.16	14.86
								CL細目→	5.76	4020→	8.11	4.86	5.94
								CL荒目→	5.76	2005→	18.91	7.29	8.92
								CM→	11.53				
6	35	3.96	4.90	2.45	2.45	26.85	0.00	3.65	23.25	50.17	25.09	11.29	13.80
									6.73		7.53	4.52	5.52
									6.73		17.56	6.77	8.28
									13.45				
5	40	3.96	4.90	2.45	2.45	30.69	0.00	4.17	26.58	46.31	23.16	10.42	12.74
									7.69		6.95	4.17	5.09
									7.69		16.21	6.25	7.64
									15.37				
7	45	3.96	4.90	2.45	2.45	34.53	0.00	4.69	29.90	42.46	21.23	9.55	11.68
									8.65		6.37	3.82	4.67
									8.65		14.86	5.73	7.01
									17.29				
9	50	3.96	4.90	2.45	2.45	38.36	0.00	5.21	33.22	38.60	19.30	8.68	10.61
									9.61		5.79	3.47	4.25
									9.61		13.51	5.21	6.37
									19.22				

微粒分の影響 (CL+CM, 中庸熟, B=140, FA=50%, W=113, s/a=38)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質	合計
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0 0.0	38.0	0.900	0.783	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	833.0 317.5	0.0 0.0	113.2 42.5	721.4 274.9	1367.4 518.0	683.7 261.0	307.7 117.4	376.0 139.8	2454.9 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	2.5 2.5	38.0	0.900	0.783	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	833.0 317.5	21.1 7.9	110.3 41.5	703.3 268.0	1367.4 518.0	683.7 261.0	307.7 117.4	376.0 139.8	2455.2 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	5.1 5.0	38.0	0.900	0.783	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	833.0 317.5	42.2 15.9	107.5 40.4	685.3 261.2	1367.4 518.0	683.7 261.0	307.7 117.4	376.0 139.8	2455.4 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	10.1 10.0	38.0	0.900	0.783	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	833.0 317.5	84.4 31.7	101.8 38.3	649.2 247.4	1367.4 518.0	683.7 261.0	307.7 117.4	376.0 139.8	2455.9 1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	20.3 20.0	38.0	0.900	0.783	113.0 113.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	833.0 317.5	168.9 63.5	90.5 34.0	577.1 219.9	1367.4 518.0	683.7 261.0	307.7 117.4	376.0 139.8	2456.9 1000.2

微粒分の影響 (CL+CM, 中庸熟, B=140, FA=50%, W=113, s/a=38)
35リットル分

35リットル分	配合No.	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質	
	10	0	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.00	3.96	25.25	47.86	23.93	10.77	13.16
									CL細目—	7.30	4020—	7.18	4.31	5.26
									CL荒目—	7.30	2005—	16.75	6.46	7.90
									CM—	14.60				
	14	2.5	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.74	3.86	24.62	47.86	23.93	10.77	13.16
										7.12		7.18	4.31	5.26
										7.12		16.75	6.46	7.90
										14.24				
	13	5	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	1.48	3.76	23.99	47.86	23.93	10.77	13.16
										6.94		7.18	4.31	5.26
										6.94		16.75	6.46	7.90
										13.87				
	12	10	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	2.96	3.56	22.72	47.86	23.93	10.77	13.16
										6.57		7.18	4.31	5.26
										6.57		16.75	6.46	7.90
										13.14				
	11	20	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	5.91	3.17	20.20	47.86	23.93	10.77	13.16
										5.84		7.18	4.31	5.26
										5.84		16.75	6.46	7.90
										11.68				

単位水量の検討 (CL+CM, 中麻熟, B=140, FA=50%, s/a=38, pw1=2)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質	合計
CL+CM	40	71.4	50.0	2.0	38.0	0.914	0.795	100.0	140.0	70.0	70.0	846.0	172	112.6	718.0	1388.7	694.3	312.5	381.9	2476.4
				2.0				100.0	51.6	21.8	29.8	322.4	64	42.3	273.6	526.0	265.0	119.3	142.0	1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	2.0	38.0	0.900	0.783	113.0	140.0	70.0	70.0	833.0	16.9	110.9	707.0	1367.4	683.7	307.7	376.0	2455.1
				2.0				113.0	51.6	21.8	29.8	317.5	63	41.7	269.4	518.0	261.0	117.4	139.8	1000.2
CL+CM	40	92.9	50.0	2.0	38.0	0.881	0.767	130.0	140.0	70.0	70.0	816.0	16.5	108.6	692.6	1339.6	669.8	301.4	368.4	2427.3
				2.0				130.0	51.6	21.8	29.8	311.0	62	40.8	263.9	507.4	255.6	115.0	136.9	1000.2

単位水量の検討 (CL+CM, 普通, B=140, FA=50%, s/a=40, pw1=0)
35リットル分

配合No.	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	C L	CM砂質	CM泥質	
15	100	3.50	4.90	2.45	2.45	29.61	0.60	3.94	25.13	48.60	24.30	10.94	13.37
								CL細目→	7.27	4020→	7.29	4.37	5.35
								CL荒目→	7.27	2005→	17.01	6.56	8.02
								CM→	14.53				
16	113	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.59	3.88	24.74	47.86	23.93	10.77	13.16
									7.16		7.18	4.31	5.26
									7.16		16.75	6.46	7.90
									14.31				
17	130	4.55	4.90	2.45	2.45	28.56	0.58	3.80	24.24	46.88	23.44	10.55	12.89
									7.01		7.03	4.22	5.16
									7.01		16.41	6.33	7.74
									14.02				
80リットル分													
18	113	9.04	11.20	5.60	5.60	66.64	1.35	8.87	56.56	109.39	54.70	24.61	30.08
									16.36		16.41	9.85	12.03
									16.36		38.29	14.77	18.05
									32.71				

CL骨材の検討

単位水量の検討 (CL, 中庸熟, B=140, FA=50%, s/a=40, pw1=0)

骨材	G max	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計
CL	40	71.4	50.0	0.0 0.0	40.0	0.878	0.764	100.0 100.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	890.5 339.4	0.0 0.0	121.0 45.5	771.2 293.9	1334.2 509.0	1334.2 509.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2466.3 1000.0
CL	40	78.6	50.0	0.0 0.0	40.0	0.867	0.755	110.0 110.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	880.0 335.4	0.0 0.0	119.5 44.9	762.1 290.4	1318.5 503.0	1318.5 503.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2450.1 1000.0
CL	40	85.7	50.0	0.0 0.0	40.0	0.857	0.746	120.0 120.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	869.5 331.4	0.0 0.0	118.1 44.4	753.0 287.0	1302.8 497.0	1302.8 497.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2433.8 1000.0
CL	40	92.9	50.0	0.0 0.0	40.0	0.847	0.737	130.0 130.0	140.0 51.6	70.0 21.8	70.0 29.8	859.0 327.4	0.0 0.0	116.7 43.9	743.9 283.5	1287 491.0	1287 491.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2417.6 1000.0

単位水量の検討 (CL, 中庸熟, B=140, FA=50%, s/a=40, pw1=0)

35リットル分

トル分 配合No.	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	
19	100	3.50	4.90	2.45	2.45	31.17	0.00	4.23	26.99	46.70	46.70	0.00	0.00
								CL細目→	7.81	4020→	14.01	0.00	0.00
								CL荒目→	7.81	2005→	32.69	0.00	0.00
								CM→	15.61				
20	110	3.85	4.90	2.45	2.45	30.80	0.00	4.18	26.67	46.15	46.15	0.00	0.00
									7.71		13.84	0.00	0.00
									7.71		32.30	0.00	0.00
									15.43				
21	120	4.20	4.90	2.45	2.45	30.43	0.00	4.13	26.35	45.60	45.60	0.00	0.00
									7.62		13.68	0.00	0.00
									7.62		31.92	0.00	0.00
									15.24				
22	130	4.55	4.90	2.45	2.45	30.06	0.00	4.08	26.04	45.05	45.05	0.00	0.00
									7.53		13.51	0.00	0.00
									7.53		31.53	0.00	0.00
									15.06				

CL骨材の検討

細骨材率の検討 (CL, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=116, pw1=0)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計
CL	40	82.9	50.0	0.0	30.0	1.005	0.874	116.0	140.0	70.0	70.0	655.3	0.0	89.0	567.5	1527.2	1527.2	0.0	0.0	2439.7
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	249.7	0.0	33.5	216.3	582.7	582.7	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	0.0	35.0	0.933	0.812	116.0	140.0	70.0	70.0	764.5	0.0	103.8	662.0	1418.1	1418.1	0.0	0.0	2440.0
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	291.3	0.0	39.0	252.3	541.1	541.1	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	0.0	40.0	0.861	0.749	116.0	140.0	70.0	70.0	873.7	0.0	118.7	756.6	1309.0	1309.0	0.0	0.0	2440.3
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	333.0	0.0	44.6	288.3	499.4	499.4	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	0.0	45.0	0.789	0.687	116.0	140.0	70.0	70.0	982.9	0.0	133.5	851.2	1200.0	1200.0	0.0	0.0	2440.7
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	374.6	0.0	50.2	324.4	457.8	457.8	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	0.0	50.0	0.718	0.624	116.0	140.0	70.0	70.0	1092.1	0.0	148.4	945.8	1090.9	1090.9	0.0	0.0	2441.0
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	416.2	0.0	55.8	360.4	416.2	416.2	0.0	0.0	1000.0

細骨材率の検討 (CL, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=116, pw1=0)

35リットル分

配合No.

23

30

4.06

4.90

2.45

2.45

22.93

0.00

3.12

19.86

53.45

53.45

0.0

0.0

CL細目→

5.74

4020→

16.04

0.0

0.0

CL荒目→

5.74

2005→

37.42

0.0

0.0

CM→

11.49

24

35

4.06

4.90

2.45

2.45

26.76

0.00

3.63

23.17

49.63

49.63

0.0

0.0

6.70

14.89

0.0

0.0

6.70

34.74

0.0

0.0

13.40

25

40

4.06

4.90

2.45

2.45

30.58

0.00

4.15

26.48

45.82

45.82

0.0

0.0

7.66

13.74

0.0

0.0

7.66

32.07

0.0

0.0

15.32

26

45

4.06

4.90

2.45

2.45

34.40

0.00

4.67

29.79

42.00

42.00

0.0

0.0

8.62

12.60

0.0

0.0

8.62

29.40

0.0

0.0

17.23

27

50

4.06

4.90

2.45

2.45

38.224

0.00

5.1923

33.102

38.18

38.18

0.0

0.0

9.57

11.45

0.0

0.0

9.57

26.73

0.0

0.0

19.15

CL骨材の検討

微粒分の影響 (CL, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=116, s/a=38)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計
CL	40	82.9	50.0	0.0	38.0	0.890	0.774	116.0	140.0	70.0	70.0	830.0	0.0	112.7	718.8	1352.7	1352.7	0.0	0.0	2440.2
				0.0				116.0	51.6	21.8	29.8	316.3	0.0	42.4	273.9	516.1	516.1	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	2.5	38.0	0.890	0.774	116.0	140.0	70.0	70.0	830.0	21.0	109.9	700.8	1352.7	1352.7	0.0	0.0	2440.5
				2.5				116.0	51.6	21.8	29.8	316.3	7.9	41.3	267.1	516.1	516.1	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	5.1	38.0	0.890	0.774	116.0	140.0	70.0	70.0	830.0	42.1	107.1	682.8	1352.7	1352.7	0.0	0.0	2440.7
				5.0				116.0	51.6	21.8	29.8	316.3	15.8	40.3	260.2	516.1	516.1	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	10.1	38.0	0.890	0.774	116.0	140.0	70.0	70.0	830.0	84.1	101.5	646.9	1352.7	1352.7	0.0	0.0	2441.2
				10.0				116.0	51.6	21.8	29.8	316.3	31.6	38.1	246.5	516.1	516.1	0.0	0.0	1000.0
CL	40	82.9	50.0	20.3	38.0	0.890	0.774	116.0	140.0	70.0	70.0	830.0	168.3	90.2	575.0	1352.7	1352.7	0.0	0.0	2442.2
				20.0				116.0	51.6	21.8	29.8	316.3	63.3	33.9	219.1	516.1	516.1	0.0	0.0	1000.0

微粒分の影響 (CL, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=116, s/a=38)

35リットル分

配合No.

28	0	4.06	4.90	2.45	2.45	29.05	0.00	3.95	25.16	47.34	47.34	0.00	0.00
							CL細目	7.28	4020	14.20	0.00	0.00	
							CL荒目	7.28	2005	33.14	0.00	0.00	
							CM	14.55					
29	2.5	4.06	4.90	2.45	2.45	29.05	0.74	3.85	24.53	47.34	47.34	0.00	0.00
									7.09		14.20	0.00	0.00
									7.09		33.14	0.00	0.00
									14.19				
30	5	4.06	4.90	2.45	2.45	29.05	1.47	3.75	23.90	47.34	47.34	0.00	0.00
									6.91		14.20	0.00	0.00
									6.91		33.14	0.00	0.00
									13.82				
31	10	4.06	4.90	2.45	2.45	29.05	2.94	3.55	22.64	47.34	47.34	0.00	0.00
									6.55		14.20	0.00	0.00
									6.55		33.14	0.00	0.00
									13.10				
32	20	4.06	4.90	2.45	2.45	29.05	5.8898	3.1569	20.126	47.344	47.344	0.00	0.00
									5.82		14.20	0.00	0.00
									5.82		33.14	0.00	0.00
									11.64				

結合材量/FA置換率の検討 (CL+CM, 普通, W=113, pw1=2, s/a=38)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計				
CL+CM	40	80.7	0.0	2.0	38.0	0.907	0.790	113.0	140.0	140.0	0.0	840.3	17.0	111.9	713.1	1379.3	689.7	310.3	379.3	2474.3				
				2.0				113.0	44.3	44.3	0.0	320.2	6.4	42.1	271.8	522.5	263.2	118.5	141.0	1000.2				
CL+CM	40	80.7	30.0	2.0	38.0	0.903	0.785	113.0	140.0	98.0	42.0	835.7	16.9	111.2	709.2	1371.8	685.9	308.7	377.3	2462.3				
				2.0				113.0	48.9	31.0	17.9	318.5	6.4	41.8	270.3	519.6	261.8	117.8	140.2	1000.2				
CL+CM	40	80.7	50.0	2.0	38.0	0.899	0.782	113.0	140.0	70.0	70.0	832.7	16.9	110.8	706.7	1366.8	683.4	307.5	375.9	2454.2				
				2.0				113.0	51.9	22.2	29.8	317.3	6.3	41.7	269.3	517.7	260.8	117.4	139.7	1000.2				
CL+CM	40	80.7	70.0	2.0	38.0	0.896	0.780	113.0	140.0	42.0	98.0	829.6	16.8	110.4	704.4	1361.8	680.9	306.4	374.5	2446.2				
				2.0				113.0	55.0	13.3	41.7	316.2	6.3	41.5	268.3	515.8	259.9	117.0	139.2	1000.2				
CL+CM	40	80.7	90.0	2.0	38.0	0.893	0.777	113.0	140.0	14.0	126.0	826.6	16.8	110.0	701.5	1356.8	678.4	305.3	373.1	2438.1				
				2.0				113.0	58.0	4.4	53.6	315.0	6.3	41.4	267.3	514.0	258.9	116.5	138.7	1000.2				
CL+CM	40	70.6	30.0	2.0	38.0	0.895	0.779	113.0	160.0	112.0	48.0	828.7	16.8	110.3	703.3	1360.4	680.2	306.1	374.1	2463.9				
				2.0				113.0	55.9	35.4	20.4	315.8	6.3	41.5	268.0	515.3	259.6	116.8	139.1	1000.2				
CL+CM	40	70.6	50.0	2.0	38.0	0.891	0.775	113.0	160.0	80.0	80.0	825.3	16.7	109.9	700.4	1354.7	677.3	304.8	372.5	2454.7				
				2.0				113.0	59.4	25.3	34.0	314.5	6.3	41.3	266.9	513.1	258.5	116.3	138.5	1000.2				
CL+CM	40	70.6	70.0	2.0	38.0	0.887	0.772	113.0	160.0	48.0	112.0	821.8	16.7	109.4	697.4	1349.0	674.5	303.5	371.0	2445.5				
				2.0				113.0	62.8	15.2	47.7	313.2	6.3	41.1	265.8	511.0	257.4	115.8	137.9	1000.2				
35リットル分 配合No.										W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計		
46,47,48										0	140	3.96	4.90	4.90	0.00	29.41	0.60	3.92	24.96	48.28	24.14	10.86	13.28	
																			CL細目--	7.22	4020--	7.24	4.34	5.31
																			CL泥目--	7.22	2005--	16.90	6.52	7.97
																			CM--	14.44				
33,34,35										30	140	3.96	4.90	3.43	1.47	29.25	0.59	3.89	24.82	48.01	24.01	10.80	13.20	
																				7.18	7.20	4.32	5.28	
																				7.18	16.80	6.48	7.92	
																				14.36				
37,38,39										50	140	3.96	4.90	2.45	2.45	29.14	0.59	3.88	24.73	47.84	23.92	10.76	13.16	
																				7.15	7.18	4.31	5.26	
																				7.15	16.74	6.46	7.89	
																				14.31				
41,42,43										70	140	3.96	4.90	1.47	3.43	29.04	0.59	3.87	24.64	47.66	23.83	10.72	13.11	
																				7.13	7.15	4.29	5.24	
																				7.13	16.68	6.43	7.86	
																				14.25				
45										90	140	3.96	4.90	0.49	4.41	28.93	0.59	3.85	24.55	47.49	23.74	10.69	13.06	
																				7.10	7.12	4.27	5.22	
																				7.10	16.62	6.41	7.84	
																				14.20				
36										30	160	3.96	5.60	3.92	1.68	29.01	0.59	3.86	24.62	47.61	23.81	10.71	13.09	
																				7.12	7.14	4.29	5.24	
																				7.12	16.66	6.43	7.86	
																				14.24				
40										50	160	3.96	5.60	2.80	2.80	28.88	0.59	3.85	24.51	47.41	23.71	10.67	13.04	
																				7.09	7.11	4.27	5.22	
																				7.09	16.59	6.40	7.82	
																				14.18				
44										70	160	3.96	5.60	1.68	3.92	28.76	0.58	3.83	24.41	47.21	23.61	10.62	12.98	
																				7.06	7.08	4.25	5.19	
																				7.06	16.52	6.37	7.79	
																				14.12				

結合材量/FA置換率の検討 (CL+CM, 中腐蝕, W=113, pw1=2, s/a=38)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計		
CL+CM	40	94.2	30.0	2.0	38.0	0.910	0.792	113.0	120.0	84.0	36.0	843.1	17.1	112.2	715.5	1383.9	692.0	311.4	380.6	2461.8		
				2.0				113.0	41.5	262	153	321.3	6.4	42.2	272.7	524.2	264.1	118.8	141.5	1000.2		
CL+CM	40	94.2	50.0	2.0	38.0	0.908	0.790	113.0	120.0	60.0	60.0	840.3	17.0	111.9	713.2	1379.5	689.7	310.4	379.4	2454.6		
				2.0				113.0	44.2	18.7	25.5	320.3	6.4	42.1	271.8	522.5	263.3	118.5	141.0	1000.2		
CL+CM	40	80.7	0.0	2.0	38.0	0.908	0.790	113.0	140.0	140.0	0.0	841.0	17.0	111.9	713.7	1380.5	690.2	310.6	379.6	2476.2		
				2.0				113.0	43.6	43.6	0.0	320.5	6.4	42.1	272.0	522.9	263.4	118.6	141.1	1000.2		
CL+CM	40	80.7	30.0	2.0	38.0	0.903	0.786	113.0	140.0	98.0	42.0	836.2	17.0	111.3	709.7	1372.6	686.3	308.8	377.5	2463.5		
				2.0				113.0	48.4	30.5	17.9	318.7	6.4	41.8	270.4	519.9	261.9	117.9	140.3	1000.2		
CL+CM	40	80.7	50.0	2.0	38.0	0.900	0.783	113.0	140.0	70.0	70.0	833.0	16.9	110.9	707.0	1367.4	683.7	307.7	376.0	2455.1		
				2.0				113.0	51.6	21.8	29.8	317.5	6.3	41.7	269.4	518.0	261.0	117.4	139.8	1000.2		
CL+CM	40	80.7	70.0	2.0	38.0	0.896	0.780	113.0	140.0	42.0	98.0	829.8	16.8	110.5	704.2	1362.2	681.1	306.5	374.6	2446.7		
				2.0				113.0	54.8	13.1	41.7	316.2	6.3	41.5	268.4	516.0	260.0	117	139.3	1000.2		
CL+CM	40	80.7	90.0	2.0	38.0	0.893	0.777	113.0	140.0	14.0	126.0	826.6	16.8	110.0	701.5	1356.9	678.5	305.3	373.2	2438.3		
				2.0				113.0	58.0	4.4	53.6	315.0	6.3	41.4	267.4	514.0	259.0	116.5	138.7	1000.2		
CL+CM	40	70.6	30.0	2.0	38.0	0.896	0.779	113.0	160.0	112.0	48.0	829.3	16.8	110.4	703.8	1361.3	680.6	306.3	374.4	2465.3		
				2.0				113.0	55.3	34.9	20.4	316.0	6.3	41.5	268.2	515.6	259.8	116.9	139.2	1000.2		
CL+CM	40	70.6	50.0	2.0	38.0	0.892	0.776	113.0	160.0	80.0	80.0	825.7	16.7	109.9	700.7	1355.3	677.7	304.9	372.7	2455.7		
				2.0				113.0	59.0	24.9	34.0	314.7	6.3	41.3	267.0	513.4	258.7	116.4	138.6	1000.2		
				35リットル分 配合No.				W B (pw0)		C FA		S		Pw1 Pw2		S0	G	CL	CM砂質	CM泥質		
				62		30		120		3.96 4.20		2.94 1.26		29.51 0.60		3.93 25.04		48.44 24.22		10.90 13.32		
																CL細目一 7.24		4020一 7.27		4.36 5.33		
																CL荒目一 7.24		2005一 16.95		6.54 7.99		
																CM一 14.49						
				54		50		120		3.96 4.20		2.10 2.10		29.41 0.60		3.92 24.96		48.28 24.14		10.86 13.28		
																7.22 7.24		4.35 5.31				
																7.22 16.90		6.52 7.97				
																14.44						
				55,56,57		0		140		3.96 4.90		4.90 0.00		29.43 0.60		3.92 24.98		48.32 24.16		10.87 13.29		
																7.22 7.22		4.35 5.31				
																7.22 16.91		6.52 7.97				
																14.45						
				58,59,60		30		140		3.96 4.90		3.43 1.47		29.27 0.59		3.90 24.84		48.04 24.02		10.81 13.21		
																7.18 7.18		4.32 5.28				
																7.18 16.81		6.49 7.93				
																14.37						
				51,52,53		50		140		3.96 4.90		2.45 2.45		29.15 0.59		3.88 24.74		47.86 23.93		10.77 13.16		
																7.16 7.16		4.31 5.26				
																7.16 16.75		6.46 7.90				
																14.31						
				65,66,67		70		140		3.96 4.90		1.47 3.43		29.04 0.59		3.87 24.65		47.68 23.84		10.73 13.11		
																7.13 7.13		4.29 5.24				
																7.13 16.69		6.44 7.87				
																14.26						
				61		90		140		3.96 4.90		0.49 4.41		28.93 0.59		3.85 24.55		47.49 23.75		10.69 13.06		
																7.10 7.10		4.27 5.22				
																7.10 16.62		6.41 7.84				
																14.20						
				63		30		160		3.96 5.60		3.92 1.68		29.03 0.59		3.86 24.63		47.65 23.82		10.72 13.10		
																7.12 7.12		4.29 5.24				
																7.12 16.68		6.43 7.86				
																14.25						
				64		50		160		3.96 5.60		2.80 2.80		28.90 0.59		3.85 24.52		47.44 23.72		10.67 13.05		
																7.09 7.09		4.27 5.22				
																7.09 16.60		6.40 7.83				
																14.19						

細骨材内の微粒分量の検討 (CL+CM, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=113, s/a=38)

骨材	Gmax	W/B	FA/B	pw1/s	s/a	G/Ug	G/Ugv	W	B (pw0)	C	FA	S	Pw1	Pw2	S0	G	CL	CM砂質	CM泥質	合計
CL+CM	40	80.7	50.0	2.0	38.0	0.900	0.783	113.0	140.0	70.0	70.0	833.0	16.9	110.9	707.0	1367.4	683.7	307.7	376.0	2455.1
				2.0				113.0	51.6	21.8	29.8	317.5	63	41.7	269.4	518.0	261.0	117.4	139.8	1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0	38.0	0.900	0.783	113.0	140.0	70.0	70.0	833.0	0.0	63.3	770.5	1367.4	683.7	307.7	376.0	2454.2
				-6.0				113.0	51.6	21.8	29.8	317.5	0.0	23.8	293.6	518.0	261.0	117.4	139.8	1000.2
CL+CM	40	80.7	50.0	0.0	38.0	0.900	0.783	113.0	140.0	70.0	70.0	833.0	0.0	0.0	833.0	1367.4	683.7	307.7	376.0	2453.4
				-13.5				113.0	51.6	21.8	29.8	317.5	0.0	0.0	317.5	518.0	261.0	117.4	139.8	1000.2

細骨材内の微粒分量の検討 (CL+CM, 中腐熟, B=140, FA=50%, W=113, s/a=38)

35リットル分	W B (pw0)						S	G						
配合No.					C	FA	Pw1	Pw2	S0		CL	CM砂質	CM泥質	
基本	20	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.59	3.88	24.74	47.86	23.93	10.77	13.16	
								CL細目	7.16	4020	7.18	4.31	5.26	
								CL荒目	7.16	2005	16.75	6.46	7.90	
								CM	14.31					
49	-6.0	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.00	2.22	26.97	47.86	23.93	10.77	13.16	
									6.74		7.18	4.31	5.26	
									6.74		16.75	6.46	7.90	
									13.48					
50	-13.5	3.96	4.90	2.45	2.45	29.15	0.00	0.00	29.15	47.86	23.93	10.77	13.16	
									7.29		7.18	4.31	5.26	
									7.29		16.75	6.46	7.90	
									14.58					

モルタルの配合
CL-140M30

W	C	FA	Pw1	S
116	98	42	16.8	813.2
116	30.53	17.872	6.3396	309.91
241.34	63.517	37.184	13.19	644.77
241.34	203.89	87.382	34.953	1691.9

35リットル分

配合No.

68	9.65	8.16	3.5	1.4	67.68
			CL細目		16.92
			CL荒目		16.92
			CM		33.84

コンクリート試験結果一覧

基本配合

(1) 単位水量の検討 C=普通 B=140 FA/B=50% s/a=40%

配合 No.	単位 水量	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
1	110	37	37	37	2.430	20.6	2.431	1.383	10.101	9.776	2.454	2.366	14.240	14.116	1.102
							2.446	1.571	9.805		2.466	2.391	14.387		
							2.433	1.178	9.422		2.435	1.992	13.722		
2	120	18	19	18.5	2.425	20.3	2.460	1.437	8.143	8.126	2.454	2.108	12.809	12.760	0.964
							2.450	1.641	8.211		2.457	2.519	12.802		
							2.434	1.722	8.023		2.452	2.246	12.668		
3	130	9	9	9	2.417	20.2	2.453	1.770	6.917	6.948	2.458	1.817	11.841	11.790	0.766
							2.452	1.508	6.846		2.461	2.295	11.608		
							2.458	1.425	7.080		2.464	2.418	11.920		
4	100	80	81	80.5	2.448	20.2	2.451	1.769	11.284	11.212	2.455	2.562	17.177	16.987	1.382
							2.465	1.780	11.415		2.479	2.601	17.380		
							2.474	2.112	10.938		2.469	8.216	16.403		

C=中腐熱 B=140 FA/B=50% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	単位 水量	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
15	100	140	143	141.5	2.448	20.7	2.458	1.221	7.530	7.265	2.433	2.434	14.121	14.060	0.859
							2.464	1.433	7.224		2.471	2.208	13.764		
							2.460	1.377	7.041		2.460	2.269	14.303		
16	113	36	35	35.5	2.432	21.2	2.452	0.988	5.465	5.727	2.461	2.342	11.882	11.840	0.786
							2.449	1.136	5.570		2.455	2.389	11.772		
							2.448	1.256	6.146		2.452	2.370	11.863		
17	130	5	5	5	2.410	20.7	2.447	1.063	4.024	4.130	2.433	2.004	8.949	9.225	0.531
							2.458	1.037	4.158		2.447	2.125	9.231		
							2.447	0.875	4.209		2.442	2.236	9.494		

(2) 細骨材率の検討 C=中腐熱 B=140 FA/B=50% W=113 W/B=80.7

配合 No.	細骨材率 s/a	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
5	40	22	23	22.5	2.419	20.2	2.451	1.235	5.334	5.258	2.464	2.114	11.539	11.541	0.766
							2.449	1.284	5.206		2.464	2.220	11.290		
							2.451	1.159	5.233		2.462	2.303	11.795		
6	35	41	43	42	2.440	20.3	2.453	1.122	5.042	5.133	2.464	2.193	12.323	12.046	0.816
							2.448	1.111	5.281		2.465	2.312	12.049		
							2.455	1.850	5.074		2.453	2.346	11.764		
7	45	27	35	31	2.407	20.3	2.448	1.136	5.413	5.343	2.451	2.002	12.370	12.229	0.876
							2.435	1.094	5.162		2.448	2.156	11.674		
							2.452	0.996	5.454		2.455	2.164	12.642		
8	30	30	33	31.5	2.460	20.1	2.457	1.031	5.382	5.384	2.465	1.766	11.861	11.884	0.730
							2.454	0.974	5.178		2.462	2.382	11.817		
							2.464	1.188	5.591		2.463	2.397	11.975		
9	50	41	45	43	2.393	20.3	2.426	1.042	5.385	5.417	2.439	2.156	12.599	12.511	0.763
							2.445	0.995	5.385		2.450	2.045	12.710		
							2.439	1.023	5.481		2.439	2.073	12.225		

(3) 微粒分量の検討 C=中腐熱 B=140 FA/B=50% W=113 W/B=80.7 s/a=38%

配合 No.	微粒分 pw1/s	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
10	0	20	22	21	2.430	21	2.452	1.567	5.820	5.952	2.469	1.891	11.670	11.760	0.659
							2.457	1.313	5.892		2.460	2.112	11.640		
							2.450	1.437	6.143		2.459	2.287	11.969		
11	20	102	96	99	2.438	20.8	2.448	1.544	7.528	7.261	2.438	2.464	14.752	15.240	0.985
							2.448	1.473	7.043		2.453	2.531	16.063		
							2.450	1.705	7.212		2.453	2.271	14.906		
12	10	39	37	38	2.425	20.8	2.447	1.527	7.168	7.091	2.464	2.633	14.561	14.909	0.855
							2.458	1.526	6.993		2.463	2.468	15.565		
							2.447	1.440	7.113		2.465	2.413	14.602		
13	5	17	20	18.5	2.427	20.3	2.456	1.594	6.584	6.610	2.456	2.519	13.385	13.034	0.834
							2.462	1.503	6.598		2.461	2.483	13.268		
							2.444	1.273	6.647		2.455	2.366	12.448		
14	2.5	25	25	25	2.421	20.6	2.456	1.397	6.432	6.509	2.448	2.383	13.352	12.933	0.812
							2.465	1.569	6.601		2.469	2.599	12.829		
							2.473	1.527	6.493		2.465	1.735	12.617		

(4) 練り混ぜ量の違い C=中腐熟 B=140 FA/B=50% s/a=38% pw1=2% W=113 W/B=80.7%

配合 No.	練り混ぜ 量 (l)	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	$\phi 12.5$ 平均	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	$\phi 15$ 平均
		(秒)		平均										
18	80	30	26	28	2.426	20.6	2.447	1.395	5.799	5.753	2.442	1.272	5.370	5.444
							2.452	1.216	5.694		2.437	1.311	5.560	
							2.450	1.396	5.746		2.447	0.891	5.587	
							2.454	1.453	6.158		2.449	1.327	5.482	
							2.453	1.534	6.111		2.444	1.339	5.400	
							2.452	1.419	5.765		2.438	1.330	5.042	
							2.437	1.244	5.042		2.443	1.234	5.376	
							2.450	1.395	5.732		2.443	1.258	5.343	
							2.455	1.407	5.728		2.426	1.028	5.838	

(5) 細骨材内の微粒分量の検討 C=中腐熟 B=140 FA/B=50% s/a=38% W=113 W/B=80.7%

配合 No.	Pw2	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
49	50	50	48	49	2.444	21.1	2.460	1.201	6.359	6.350	2.459	2.305	11.313	11.453	0.814
							2.460	1.133	6.608		2.475	2.219	11.394		
							2.457	1.249	6.084		2.465	1.983	11.652		
50	0	62	58	60	2.442	20.9	2.455	1.135	5.662	5.833	2.459	1.871	10.697	10.759	0.792
							2.459	1.042	6.258		2.464	2.291	10.890		
							2.462	1.188	5.579		2.461	1.896	10.691		

CL骨材の検討

(1) 単位水量の検討 C=中層熱 B=140 FA/B=50% s/a=40%

配合 No.	単位 水量	VC値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
19	100	111	115	113	2.426	21.6	2.463	1.188	6.687	6.975	2.462	2.063	13.294	13.128	0.779
							2.452	1.212	6.908		2.464	2.311	13.189		
							2.460	1.372	6.790		2.458	2.036	12.902		
20	110	45	57	51	2.436	21.3	2.450	1.307	5.940	6.038	2.448	2.198	11.202	11.026	0.710
							2.441	0.850	6.256		2.459	2.207	11.270		
							2.444	1.196	5.918		2.440	2.275	10.604		
21	120	26	21	23.5	2.426	21	2.446	1.297	5.343	5.223	2.445	2.069	9.837	10.287	0.603
							2.446	1.194	4.911		2.459	1.927	10.576		
							2.440	1.201	5.417		2.451	2.193	10.448		
22	130	8	9	8.5	2.416	20.9	2.442	1.177	4.280	4.183	2.450	2.288	8.627	9.017	0.517
							2.429	1.084	4.126		2.439	1.979	9.381		
							2.443	0.834	4.143		2.440	2.037	9.042		

(2) 細骨材率の検討 C=中層熱 B=140 FA/B=50% s/a=38% W=116 W/B=82.9%

配合 No.	細骨材率 s/a	VC値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
23	30	30	32	31	2.454	21.2	2.461	1.039	4.866	4.837	1.669	2.456	9.000	9.002	0.600
							2.445	1.031	4.755		1.776	2.455	8.894		
							2.454	0.967	4.891		1.909	2.456	9.113		
24	35	21	23	22	2.432	21.5	2.441	0.393	5.051	5.075	2.443	2.464	9.862	10.025	0.590
							2.455	0.836	4.863		1.944	2.456	10.251		
							2.449	1.163	5.311		2.056	2.452	9.963		
25	40	27	29	28	2.421	21.2	2.445	1.299	5.242	5.252	2.170	2.447	10.192	10.337	0.612
							2.448	1.067	5.243		2.186	2.442	10.354		
							2.454	1.134	5.270		2.089	2.453	10.465		
26	45	31	30	30.5	2.402	21.1	2.440	0.916	4.935	5.061	1.993	2.439	10.615	10.372	0.675
							2.444	1.289	5.270		1.951	2.441	10.358		
							2.434	1.057	4.979		2.042	2.443	10.142		
27	50	37	35	36	2.412	21.2	2.428	0.642	3.090	3.181	1.712	2.429	6.750	6.846	0.370
							2.434	0.620	3.203		1.809	2.430	6.777		
							2.432	0.538	3.250		1.529	2.432	7.011		

(3) 微粒分量の検討 C=中庸熟 B=140 W=116 W/B=82.9% s/a=38%

配合 No.	微粒分 pw1/s	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)	28日圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)	91日圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	28日引張強度 (N/mm ²)
		(秒)		平均											
28	0	23	25	24	2.423	21.3	2.447	0.932	4.807	4.841	2.481	2.149	9.471	9.447	0.563
							2.441	1.996	4.666		2.457	1.974	9.579		
							2.433	1.990	5.050		2.462	1.938	9.291		
29	2.5	32	38	35	2.437	21.3	2.442	1.208	5.537	5.265	2.452	2.208	9.755	9.909	0.638
							2.455	1.049	5.295		2.453	2.110	9.898		
							2.446	1.066	4.963		2.453	1.986	10.075		
30	5	27	29	28	2.422	21.1	2.439	1.243	5.342	5.427	2.448	2.081	10.054	10.327	0.637
							2.441	1.099	5.235		2.461	1.781	10.273		
							2.449	1.222	5.705		2.453	2.336	10.655		
31	10	30	32	31	2.422	21.1	2.448	1.289	5.815	5.887	2.461	2.485	11.311	11.684	0.648
							2.438	1.261	5.953		2.466	2.405	11.484		
							2.442	1.423	5.893		2.446	2.213	12.256		
32	20	60	52	56	2.422	21.2	2.435	1.620	6.471	6.380	2.439	2.120	12.644	12.860	0.773
							2.445	1.259	6.564		2.455	2.499	13.238		
							2.445	1.345	6.106		2.445	2.306	12.698		

モルタルの練り混ぜおよび圧縮強度試験 C=中庸熟 B=140 FA/B=30%

配合 No.	空気量 (%)	フロー試験 (cm)	温度 (℃)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	3日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	7日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	28日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
68	5.5	10.9	20.0	2.222	0.944	2.495	2.669	2.252	0.815	4.372	4.745	2.309	—	9.703	9.266
				2.227	0.579	2.689		2.267	1.163	4.952		2.261	1.293	8.800	
				2.230	0.650	2.824		2.247	0.871	4.955		2.239	1.396	9.297	
				供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	91日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	182日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	365日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
				2.271	2.131	20.158	19.549	2.268	2.238	24.036	23.824	2.261	3.210	30.903	31.909
				2.261	2.030	18.802		2.279	2.284	24.253		2.292	4.930	32.762	
				2.263	2.120	19.686		2.274	2.313	23.182		2.263	2.692	32.062	

単位結合材量の検討 C=中庸熟 B=120 W=113 W/B=80.7% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	FA置換率 (%)	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
62	30	32	36	34	2.437	20.5	2.462	1.534	8.333	8.244	2.472	3.066	14.439	14.125	1.086
							2.458	1.821	8.373		2.464	2.789	14.238		
							2.459	1.506	8.026		2.464	2.529	13.697		
54	50	30	31	30.5	2.421	20.7	2.457	1.209	4.783	4.849	2.461	2.200	10.114	9.973	0.640
							2.459	1.276	4.835		2.451	2.136	9.542		
							2.464	1.346	4.931		2.460	2.203	10.263		

単位結合材量の検討 C=中庸熟 B=160 W=113 W/B=80.7% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	FA置換率 (%)	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
63	30	47	48	47.5	2.455	20.7	2.475	2.514	15.850	15.680	2.473	3.066	25.555	24.508	1.847
							2.478	2.075	15.089		2.469	2.827	24.182		
							2.474	2.534	16.100		2.481	2.871	23.787		
64	50	30	28	29	2.438	20.8	2.476	1.942	9.472	9.452	2.470	2.669	16.564	16.777	1.133
							2.469	1.957	9.747		2.474	2.674	17.515		
							2.473	1.931	9.137		2.470	2.738	16.252		

単位結合材量の検討 C=普通 B=160 W=113 W/B=80.7% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	FA置換率 (%)	V C値			単位容積 質量(kg/l)	温度 (℃)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	28日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	供試体の単位 容積質量(kg/l)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	91日圧縮強度 (N/mm^2)	平均 (N/mm^2)	28日引張強度 (N/mm^2)
		(秒)		平均											
36	30	39	35	37	2.440	20.7	2.460	2.720	19.372	20.055	2.478	2.786	25.254	24.220	2.489
							2.457	2.513	19.658		2.471	2.741	22.840		
							2.479	2.877	21.136		2.456	3.950	24.564		
40	50	19	19	19	2.435	21	2.463	2.362	13.513	13.242	2.468	2.899	18.028	18.608	1.637
							2.454	2.217	12.961		2.465	2.716	18.867		
							2.464	2.297	13.252		2.466	2.037	18.930		
44	70	22	21	21.5	2.433	20.9	2.453	1.480	5.474	5.637	2.463	2.144	10.498	10.643	0.753
							2.449	1.354	5.730		2.463	2.081	10.986		
							2.455	1.136	5.707		2.454	1.905	10.446		

混和剤の効果

混和剤 No. 8

経過時間	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	引張強度(N/mm ²) 材齢28日	引張強度(N/mm ²) 材齢91日
	(秒)		平均			
0h	36	35	35.5	2.444	1.010	1.809
1h	20	21	20.5	2.380		
2h	50	50	50	2.447		
3h	56	36	46	2.453		
4h	31	32	31.5	2.427		
5h	61	52	56.5	2.442		

混和剤 RD-100

経過時間	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	引張強度(N/mm ²) 材齢28日	引張強度(N/mm ²) 材齢91日
	(秒)		平均			
0h	23	21	22	2.450	0.903	1.788
1h	18	20	19	2.426		
2h	32	30	31	2.443		
3h	25	33	29	2.448		
4h	21	19	20	2.429		
5h	22	20	21	2.422		

混和剤 マイクロエア785

経過時間	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	引張強度(N/mm ²) 材齢28日	引張強度(N/mm ²) 材齢91日
	(秒)		平均			
0h	37	34	35.5	2.415	0.925	1.571
1h	47	46	46.5	2.430		
2h	33	29	31	2.435		
3h	53	45	49	2.447		
4h	54	48	51	2.444		
5h	61	59	60	2.434		

混和剤 RD-100+マイクロエア785

経過時間	V C 値			単位容積 質量(kg/l)	引張強度(N/mm ²) 材齢28日	引張強度(N/mm ²) 材齢91日
	(秒)		平均			
0h	14	15	14.5	2.430	0.784	1.884
1h	27	27	27	2.435		
2h	17	20	18.5	2.446		
3h	23	21	22	2.446		
4h	18	20	19	2.437		
5h	22	21	21.5	2.434		

FAの影響

(1) FA置換率の検討

C=普通 B=140 W=113 W/B=80.7% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	FA 置換率 (%)	VC値			単位容積 質量 (kg/l)	温度 (℃)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢3日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢7日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
		(秒)		平均														
46	0	25	43	34	2.433	21.0	2.471	2.336	12.874	13.114	2.470	2.403	17.867	18.083	2.477	2.131	21.402	22.042
47		28	27	27.5	2.425	20.8	2.466	1.816	12.888		2.468	2.491	17.640		2.478	2.105	22.273	
48		29	32	30.5	2.392	21.0	2.468	1.961	13.579		2.467	2.323	18.741		2.461	1.929	22.451	
33	30	33	43	38	2.444	21.0	2.441	1.777	7.724	8.161	2.450	1.874	11.009	10.978	2.448	2.601	15.284	15.524
34		30	30	30	2.435	20.9	2.455	1.585	8.526		2.448	1.748	11.044		2.464	2.353	15.526	
35		26	35	30.5	2.432	20.6	2.448	1.487	8.231		2.461	2.059	10.881		2.457	2.410	15.762	
37	50	29	28	28.5	2.436	21.3	2.454	0.965	4.616	5.097	2.450	1.453	6.480	6.855	2.457	1.841	9.283	9.921
38		38	41	39.5	2.435	21.3	2.456	0.8323	5.863		2.456	1.652	7.380		2.463	2.093	10.930	
39		41	45	43	2.440	21.5	2.453	0.829	4.811		2.452	1.357	6.704		2.445	1.765	9.550	
41	70	48	46	47	2.432	20.7	2.432	0.398	2.386	2.434	2.452	0.253	3.523	3.447	2.462	1.113	4.789	4.871
42		30	28	29	2.450	21.0	2.456	0.337	2.564		2.451	0.249	3.699		2.458	1.114	4.707	
43		35	34	34.5	2.433	21.2	2.448	0.227	2.351		2.448	0.622	3.118		2.462	1.309	5.119	
45	90	22	20	21	2.442	21.0									2.450	0.086	1.492	1.421
															2.452	0.090	1.337	
															2.439	0.076	1.435	
46						材齢28日 引張強度 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢91日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	182日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	365日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
47						2.542	2.479	2.823	25.092	24.408	2.478	2.927	24.669	24.467	2.468	3.134	25.970	25.306
48						2.581	2.479	2.882	24.859		2.471	2.922	24.248		2.459	3.095	25.083	
33						2.694	2.477	2.620	23.273		2.482	2.981	24.483		2.481	3.047	24.865	
34						1.935	2.472	2.559	19.480	20.126	2.465	3.034	21.346	22.254	2.449	2.924	27.126	27.614
35						1.882	2.470	2.735	20.459		2.467	3.067	22.447		2.466	3.283	27.507	
37						2.046	2.468	2.793	20.438		2.465	3.030	22.968		2.450	3.330	28.208	
38						1.144	2.470	2.278	13.595	14.317	2.466	2.727	19.703	20.966	2.461	3.206	26.905	27.449
39						1.281	2.468	2.568	15.549		2.471	3.007	22.471		2.464	3.267	29.319	
41						1.262	2.458	2.308	13.807		2.458	2.781	20.725		2.455	3.103	26.124	
42						0.592	2.450	1.915	10.161	9.482	2.464	2.159	12.592	12.720	2.459	2.378	16.686	15.690
43						0.582	2.472	2.028	8.959		2.460	2.274	12.559		2.462	2.257	16.101	
						0.552	2.454	1.659	9.326		2.467	2.165	12.648		2.458	2.348	14.282	
45						0.157	2.470	0.167	2.328	2.132								
							2.457	0.169	2.104									
							2.464	0.335	1.963									

(2) FA置換率の検討 C=中脂肪 B=140 W=113 W/B=80.7% s/a=38% pw1=2%

配合 No.	FA 置換率 (%)	V C値			単位容積 質量 (kg/l)	温度 (℃)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢3日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢7日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	
		(秒)	平均																
55	0	31	31	31	2.439	20.5	2.463	1.589	8.510	8.171	2.469	1.770	10.642	10.689	2.475	2.582	19.189	19.236	
56		38	40	39	2.451	20.7	2.455	1.488	7.758		2.473	2.110	10.827		2.465	2.535	18.984		
57		29	34	31.5	2.435	20.7	2.467	1.390	8.246		2.480	1.997	10.596		2.479	2.684	19.537		
58	30	27	29	28	2.436	20.7	2.455	0.923	5.194	5.327	2.454	1.166	6.335	6.335	2.461	2.080	11.125	11.690	
59		32	45	38.5	2.430	20.8	2.469	1.180	5.780		2.459	1.342	6.593		2.488	2.100	12.620		
60		33	32	32.5	2.436	20.6	2.470	0.930	5.006		2.460	1.221	6.178		2.481	1.569	11.325		
51	50	26	25	25.5	2.429	21.1	2.452	0.545	3.001	2.928	2.451	0.678	3.744	3.588	2.456	1.264	6.233	6.468	
52		27	27	27	2.437	20.8	2.445	0.523	2.899		2.454	0.842	3.640		2.463	1.595	6.622		
53		25	28	26.5	2.435	20.8	2.440	0.383	2.885		2.449	0.725	3.380		2.455	1.493	6.548		
65	70	31	32	31.5	2.433	20.8	2.454	0.103	1.803	1.693	2.464	0.331	2.294	2.161	2.457	0.572	3.042	2.863	
66		30	30	30	2.393	21.0	2.453	0.093	1.645		2.448	0.277	2.103		2.460	0.721	2.573		
67		26	27	26.5	2.430	20.9	2.441	0.139	1.632		2.460	0.281	2.086		2.448	0.678	2.794		
61	90	15	16	15.5	2.412	20.9									2.452	—	1.125	1.109	
															2.443	0.077	1.066		
															2.452	0.074	1.136		
55							材齢28日 引張強度 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	材齢91日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	182日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)	供試体の 単位容積 質量(kg/l)	ヤング 係数 ($\times 10^4$)	365日 圧縮強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
56							2.241	2.479	2.659	25.202	25.102	2.480	3.165	27.653	27.794	2.429	3.094	27.308	27.735
57							2.442	2.473	2.941	24.864		2.482	2.899	27.124		2.463	3.171	28.654	
58							2.499	2.481	3.097	25.238		2.473	3.246	28.606		2.471	3.207	27.244	
59							1.476	2.464	2.595	19.090	19.397	2.479	3.264	22.379	22.926	2.467	3.506	28.047	29.640
60							1.462	2.469	2.562	20.000		2.482	2.411	23.277		2.489	3.298	30.561	
61							1.509	2.473	2.507	19.100		2.474	2.982	23.122		2.472	3.669	30.313	
51							0.858	2.466	2.503	12.211	12.548	2.460	2.901	19.827	20.064	2.486	2.656	25.639	27.233
52							0.979	2.469	2.398	12.767		2.467	2.926	20.422		2.468	3.250	27.611	
53							0.803	2.462	2.386	12.666		2.471	3.061	19.944		2.467	3.220	28.450	
65							0.311	2.460	1.210	5.662	5.926	2.467	1.910	8.706	8.440	2.455	2.267	12.233	11.500
66							0.320	2.466	1.017	6.122		2.476	1.792	8.625		2.453	2.328	11.110	
67							0.304	2.464	1.457	5.992		2.458	1.669	7.990		2.451	2.031	11.156	
61							0.095	2.446	0.155	1.534	1.526								
					2.454	0.115		1.646											
					2.469	0.149		1.397											

Ⅶ モルタル試験配合表・試験結果

モルタル配合 (石粉置換率の影響)

	W	C	FA	Pw1	Pw2	S _o	フロー (mm)
140M50 P43.5	113 (234)	70 (145)	70 (145)	0 (0)	0 (0)	833 (1728)	186
140M50P-6.0	113 (234)	70 (145)	70 (145)	0 (0)	63.3 (131)	770.5 (1598)	192
140M50P2.0	113 (234)	70 (145)	70 (145)	16.9 (35)	109.6 (227)	708.3 (1467)	202
140M50P10.0	113 (234)	70 (145)	70 (145)	84.4 (175)	100.6 (209)	650.4 (1347)	177
140M50P20.0	113 (234)	70 (145)	70 (145)	168.9 (350)	89.5 (185)	578.1 (1198)	146

モルタル配合 (フライアッシュ置換率の影響)

	W	C	FA	Pw1	Pw2	S _o	フロー (mm)
120M50	113 (236)	60 (126)	60 (126)	17 (36)	110.6 (231)	714.5 (1495)	—
140M00	113 (237)	140 (293)	0 (0)	17 (36)	110.6 (232)	715.0 (1497)	201
140M15	113 (236)	119 (248)	21 (44)	17 (35)	110.3 (230)	713.0 (1488)	—
140M30	113 (235)	98 (204)	42 (87)	17 (35)	110.0 (229)	711.0 (1479)	200
140M50	113 (234)	70 (145)	70 (145)	16.9 (35)	109.6 (227)	708.3 (1467)	194
140M70	113 (233)	42 (87)	98 (202)	16.8 (35)	109.2 (225)	705.5 (1456)	208
140M90	113 (232)	14 (29)	126 (259)	16.8 (35)	108.7 (223)	702.8 (1444)	216
160M50	113 (232)	80 (164)	80 (164)	16.7 (34)	108.6 (223)	702.0 (1441)	—
140N00	113 (236)	140 (297)	0 (0)	17 (36)	110.55 (231)	714.5 (1494)	181
140N30	113 (235)	98 (207)	42 (87)	16.9 (35)	109.9 (229)	710.5 (1477)	—
140N50	113 (234)	70 (147)	70 (145)	16.9 (35)	109.5 (227)	708.0 (1466)	190
140N70	113 (233)	42 (88)	98 (202)	16.8 (35)	109.1 (225)	705.4 (1455)	—
140N90	113 (232)	14 (29)	126 (259)	16.8 (35)	108.7 (223)	702.8 (1444)	—

上段：コンクリートから粗骨材をとった配合

下段：単位体積に換算した配合

モルタル圧縮強度試験結果 (120M50)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	420.9		2.144		0.2128	1.06
	②	425.1		2.165		0.2240	1.12
	③	425.2		2.166		0.2110	1.05
	平均	—		2.158		—	1.08
7	①	425.8	429.6	2.169	2.188	0.3865	1.93
	②	421.8	425.7	2.148	2.168	0.3555	1.78
	③	424.7	428.1	2.163	2.180	0.2830	1.41
	平均	—	—	2.160	2.179	—	1.71
28	①	425.4	431.3	2.167	2.197	0.3910	1.95
	②	421.5	427.7	2.147	2.178	0.4100	2.05
	③	424.9	429.8	2.164	2.189	0.4675	2.33
	平均	—	—	2.159	2.188	—	2.11
91	①	426.8	433.6	2.174	2.208	0.8635	4.31
	②	424.7	431.4	2.163	2.197	0.9790	4.89
	③	422.0	430.3	2.149	2.191	0.7775	3.88
	平均	—	—	2.162	2.199	—	4.36
182	①	427.4	435.4	2.177	2.217	1.757	8.78
	②	424.5	432.8	2.162	2.204	1.842	9.20
	③	423.1	431.8	2.155	2.199	1.647	8.23
	平均	—	—	2.165	2.207	—	8.74
365	①	423.1	434.9	2.155	2.215	2.882	14.4
	②	423.5	434.2	2.157	2.211	2.788	13.9
	③	427.4	438.7	2.177	2.234	2.525	12.6
	平均	—	—	2.163	2.220	—	13.6

モルタル圧縮強度試験結果 (140M00)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	416.4		2.121		0.9645	4.82
	②	414.2		2.110		0.8925	4.46
	③	414.2		2.110		0.9235	4.61
	平均	—		2.114		—	4.63
7	①	418.5	425.5	2.131	2.167	1.381	6.90
	②	418.6	424.5	2.132	2.162	1.422	7.10
	③	413.1	419.5	2.104	2.136	1.082	*5.40
	平均	—	—	2.122	2.155	—	7.00
28	①	418.1	424.8	2.129	2.163	2.304	11.5
	②	413.3	422.8	2.105	2.153	2.306	11.5
	③	418.9	426.7	2.133	2.173	2.474	12.4
	平均	—	—	2.122	2.163	—	11.8
91	①	419.1	428.0	2.134	2.180	3.501	17.5
	②	417.4	427.0	2.126	2.175	3.807	19.0
	③	415.9	424.2	2.118	2.160	3.530	17.6
	平均	—	—	2.126	2.172	—	18.0
182	①	415.5	426.7	2.116	2.173	4.008	20.0
	②	419.7	429.3	2.138	2.186	4.420	22.1
	③	417.3	428.0	2.125	2.180	4.206	21.0
	平均	—	—	2.126	2.180	—	21.0
365	①	417.0	426.8	2.124	2.174	4.815	24.0
	②	422.7	431.6	2.153	2.198	4.526	22.6
	③	416.4	427.1	2.121	2.175	4.776	23.9
	平均	—	—	2.133	2.182	—	23.5

モルタル圧縮強度試験結果 (140M15)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	430.6		2.193		0.7365	3.68
	②	431.1		2.196		0.8070	4.03
	③	429.2		2.186		0.7670	3.83
	平均	—		2.192		—	3.85
7	①	429.2	431.9	2.186	2.200	1.3230	6.61
	②	430.4	432.6	2.192	2.203	1.2025	6.01
	③	431.3	433.4	2.197	2.207	1.2215	6.10
	平均	—	—	2.192	2.203	—	6.24
28	①	429.3	432.4	2.186	2.202	2.0343	10.16
	②	430.1	433.4	2.190	2.207	1.9854	9.92
	③	431.7	434.6	2.199	2.213	1.9742	9.86
	平均	—	—	2.192	2.207	—	9.98
91	①	432.4	437.8	2.202	2.230	3.428	17.1
	②	429.9	435.2	2.189	2.216	3.286	16.4
	③	429.7	436.2	2.188	2.222	3.484	17.4
	平均	—	—	2.193	2.223	—	17.0
182	①	432.3	438.0	2.202	2.231	4.018	20.1
	②	430.0	437.0	2.190	2.226	3.916	19.6
	③	429.4	436.2	2.187	2.222	4.210	21.0
	平均	—	—	2.193	2.226	—	20.2
365	①	432.2	440.3	2.201	2.242	4.371	21.8
	②	430.1	438.2	2.190	2.232	4.746	23.7
	③	429.3	437.4	2.186	2.228	4.801	24.0
	平均	—	—	2.192	2.234	—	23.2

モルタル圧縮強度試験結果 (140M30)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	422.3		2.151		0.5248	2.62
	②	422.7		2.153		0.5010	2.50
	③	420.4		2.141		0.5085	2.54
	平均	—		2.148		—	2.55
7	①	422.0	428.8	2.149	2.184	0.7285	3.64
	②	422.0	428.5	2.149	2.182	0.8015	4.00
	③	418.6	424.9	2.132	2.164	0.7142	3.57
	平均	—	—	2.143	2.177	—	3.74
28	①	418.1	426.5	2.129	2.172	1.250	6.24
	②	421.6	431.0	2.147	2.195	1.326	6.62
	③	422.2	430.1	2.150	2.190	1.175	5.87
	平均	—	—	2.142	2.186	—	6.24
91	①	418.7	429.1	2.132	2.185	2.148	10.7
	②	420.2	429.6	2.140	2.188	2.249	11.2
	③	423.5	432.4	2.157	2.202	2.472	12.3
	平均	—	—	2.143	2.192	—	11.4
182	①	419.2	430.3	2.135	2.191	3.130	15.6
	②	424.0	433.9	2.159	2.210	3.506	17.5
	③	420.0	431.8	2.139	2.199	3.690	18.4
	平均	—	—	2.144	2.200	—	17.2
365	①	424.3	436.6	2.161	2.224	3.818	19.1
	②	419.4	432.7	2.136	2.204	4.063	20.3
	③	419.5	431.0	2.136	2.195	3.959	19.8
	平均	—	—	2.144	2.208	—	19.7

モルタル圧縮強度試験結果 (140M50)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	419.1		2.134		0.2620	1.31
	②	421.8		2.148		0.2492	1.24
	③	421.2		2.145		0.2802	1.40
	平均	—		2.142		—	1.32
7	①	417.9	425.6	2.128	2.168	0.4230	2.11
	②	426.6	430.7	2.173	2.194	0.4295	2.15
	③	426.2	431.4	2.171	2.197	0.4310	2.15
	平均	—	—	2.157	2.186	—	2.14
28	①	426.7	432.8	2.173	2.204	0.6965	3.48
	②	426.2	432.8	2.171	2.204	0.7150	3.57
	③	418.3	425.2	2.130	2.166	0.5700	2.85
	平均	—	—	2.158	2.191	—	3.30
91	①	427.2	434.5	2.176	2.213	1.022	5.10
	②	425.4	433.2	2.167	2.206	1.109	5.54
	③	422.1	431.8	2.150	2.199	1.181	5.90
	平均	—	—	2.164	2.206	—	5.51
182	①	427.3	436.0	2.176	2.221	1.913	9.55
	②	422.6	432.1	2.152	2.201	1.561	7.80
	③	424.0	433.7	2.159	2.209	2.042	10.20
	平均	—	—	2.162	2.210	—	9.18
365	①	427.7	438.0	2.178	2.231	3.567	17.8
	②	423.5	435.2	2.157	2.216	3.863	19.3
	③	423.7	435.8	2.158	2.220	3.661	18.3
	平均	—	—	2.164	2.222	—	18.5

モルタル圧縮強度試験結果 (140M70)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	426.1		2.170		0.1512	0.755
	②	425.9		2.169		0.1240	0.619
	③	427.0		2.175		0.1504	0.751
	平均	—		2.171		—	0.708
7	①	416.8		2.123		0.2254	1.13
	②	421.1		2.145		0.1914	0.96
	③	421.0		2.144		0.2054	1.03
	平均	—		2.137		—	1.04
28	①	417.1	429.5	2.124	2.187	0.2634	1.32
	②	423.2	432.4	2.155	2.202	0.3266	1.63
	③	422.2	431.4	2.150	2.197	0.3122	1.56
	平均	—	—	2.143	2.195	—	1.50
91	①	417.6	430.8	2.127	2.194	0.4341	2.17
	②	421.8	431.6	2.148	2.198	0.4062	2.03
	③	422.3	434.6	2.151	2.213	0.3683	1.84
	平均	—	—	2.142	2.202	—	2.01
182	①	419.1	436.5	2.134	2.223	1.130	5.64
	②	421.5	435.9	2.147	2.220	1.106	5.52
	③	423.4	435.2	2.156	2.216	1.276	6.37
	平均	—	—	2.146	2.220	—	5.84
365	①	420.9	438.8	2.144	2.235	2.458	12.3
	②	420.8	439.1	2.143	2.236	2.600	13.0
	③	424.1	439.8	2.160	2.240	2.303	11.5
	平均	—	—	2.149	2.237	—	12.3

モルタル圧縮強度試験結果 (140M90)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	428.5		2.182		0.0602	0.301
	②	426.0		2.170		0.0538	0.269
	③	426.7		2.173		0.0680	0.340
	平均	—		2.175		—	0.303
7	①	428.9		2.184		0.0692	0.346
	②	430.6		2.193		0.0653	0.326
	③	433.0		2.205		0.0710	0.355
	平均	—		2.194		—	0.342
28	①	426.3		2.171		0.0715	0.357
	②	428.6		2.183		0.0730	0.365
	③	425.1		2.165		0.0880	0.440
	平均	—		2.173		—	0.387
91	①	428.0		2.180		0.0820	0.410
	②	428.1		2.180		0.0852	0.426
	③	427.8		2.179		0.0848	0.424
	平均	—		2.180		—	0.420
182	①	431.3		2.197		0.1276	0.637
	②	426.5		2.172		0.1280	0.639
	③	427.1		2.175		0.1226	0.612
	平均	—		2.181		—	0.629
365	①	429.1	437.0	2.185	2.226	0.2606	1.30
	②	429.3	437.5	2.186	2.228	0.2060	1.03
	③	432.0	439.8	2.200	2.240	0.2474	1.24
	平均	—	—	2.190	2.231	—	1.19

モルタル圧縮強度試験結果 (160M50)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	429.4		2.187		0.4090	2.04
	②	432.2		2.201		0.4140	2.07
	③	432.5		2.203		0.4040	2.02
	平均	—		2.197		—	2.04
7	①	432.1	435.0	2.201	2.215	0.6290	3.14
	②	432.8	435.7	2.204	2.219	0.6420	3.21
	③	430.0	433.6	2.190	2.208	0.6005	3.00
	平均	—	—	2.198	2.214	—	3.12
28	①	432.0	436.7	2.200	2.224	0.9365	4.68
	②	430.8	435.1	2.194	2.216	0.8670	4.33
	③	432.9	437.4	2.205	2.228	0.8275	4.13
	平均	—	—	2.200	2.223	—	4.38
91	①	431.9	437.9	2.200	2.230	1.709	8.54
	②	433.0	438.9	2.205	2.235	1.761	8.80
	③	430.1	436.3	2.190	2.222	1.653	8.26
	平均	—	—	2.198	2.229	—	8.53
182	①	433.2	440.6	2.206	2.244	2.781	13.9
	②	431.3	439.5	2.197	2.238	2.534	12.7
	③	430.8	438.6	2.194	2.234	2.560	12.8
	平均	—	—	2.199	2.239	—	13.1
365	①	430.9	439.7	2.195	2.239	4.929	24.6
	②	430.9	438.9	2.195	2.235	4.748	23.7
	③	433.2	441.3	2.206	2.248	5.478	27.4
	平均	—	—	2.199	2.241	—	25.2

モルタル圧縮強度試験結果 (140N00)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	417.4		2.126		1.980	9.89
	②	414.9		2.113		1.926	9.62
	③	418.8		2.133		1.896	9.47
	平均	—		2.124		—	9.66
7	①	415.1	419.4	2.114	2.136	2.996	15.0
	②	418.0	422.2	2.129	2.150	2.870	14.3
	③	418.9	423.4	2.133	2.156	3.056	15.3
	平均	—	—	2.125	2.147	—	14.9
28	①	419.3	425.7	2.135	2.168	3.974	19.8
	②	415.2	422.2	2.115	2.150	3.634	18.1
	③	417.9	424.8	2.128	2.163	4.092	20.4
	平均	—	—	2.126	2.160	—	19.4
91	①	415.5	423.1	2.116	2.155	4.020	20.1
	②	417.6	425.1	2.127	2.165	4.000	20.0
	③	419.6	426.8	2.137	2.174	4.130	20.6
	平均	—	—	2.127	2.165	—	20.2
182	①	419.6	426.8	2.137	2.174	4.234	21.1
	②	417.6	424.8	2.127	2.163	4.408	22.0
	③	416.0	423.7	2.119	2.158	4.310	21.5
	平均	—	—	2.128	2.165	—	21.5
365	①	416.3	425.0	2.120	2.165	4.332	21.6
	②	420.9	429.4	2.144	2.187	4.470	22.3
	③	416.9	425.0	2.123	2.165	4.554	22.7
	平均	—	—	2.129	2.172	—	22.2

モルタル圧縮強度試験結果 (140N30)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	422.7		2.153		1.035	5.17
	②	425.4		2.167		1.100	5.49
	③	425.6		2.168		1.144	5.71
	平均	—		2.163		—	5.46
7	①	422.9	426.7	2.154	2.173	1.483	7.41
	②	424.5	427.9	2.162	2.179	1.587	7.93
	③	426.0	429.8	2.170	2.189	1.645	8.22
	平均	—	—	2.162	2.180	—	7.85
28	①	426.0	431.1	2.170	2.196	2.334	11.7
	②	424.4	430.2	2.161	2.191	2.200	11.0
	③	423.2	429.5	2.155	2.187	2.158	10.8
	平均	—	—	2.162	2.191	—	11.2
91	①	423.2	428.9	2.155	2.184	2.690	13.4
	②	424.3	431.6	2.161	2.198	2.850	14.2
	③	426.1	432.6	2.170	2.203	3.012	15.0
	平均	—	—	2.162	2.195	—	14.2
182	①	426.4	433.1	2.172	2.206	3.142	15.7
	②	424.0	431.5	2.159	2.198	3.046	15.2
	③	423.7	430.7	2.158	2.194	3.148	15.7
	平均	—	—	2.163	2.199	—	15.5
365	①	423.8	432.3	2.158	2.202	4.428	22.1
	②	423.7	431.9	2.158	2.200	3.959	19.8
	③	426.6	434.8	2.173	2.214	4.311	21.5
	平均	—	—	2.163	2.205	—	21.1

モルタル圧縮強度試験結果 (140N50)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	424.0		2.159		0.5000	2.50
	②	426.6		2.173		0.5375	2.68
	③	426.9		2.174		0.5435	2.71
	平均	—		2.169		—	2.63
7	①	424.3	428.3	2.161	2.181	0.8500	4.25
	②	426.4	429.6	2.172	2.188	0.9215	4.60
	③	426.9	430.0	2.174	2.190	0.8745	4.37
	平均	—	—	2.169	2.186	—	4.41
28	①	427.1	432.0	2.175	2.200	1.448	7.23
	②	426.0	431.2	2.170	2.196	1.336	6.67
	③	424.5	430.5	2.162	2.193	1.298	6.48
	平均	—	—	2.169	2.196	—	6.79
91	①	427.1	433.7	2.175	2.209	1.598	7.98
	②	425.9	432.7	2.169	2.204	2.005	10.01
	③	424.8	431.0	2.163	2.195	1.784	8.91
	平均	—	—	2.169	2.203	—	8.97
182	①	427.7	435.6	2.178	2.218	2.122	10.6
	②	424.5	433.5	2.162	2.208	2.232	11.1
	③	424.9	432.4	2.164	2.202	2.068	10.3
	平均	—	—	2.168	2.209	—	10.7
365	①	425.2	435.0	2.166	2.215	4.063	20.3
	②	425.4	435.0	2.167	2.215	3.855	19.3
	③	427.7	436.2	2.178	2.222	4.091	20.4
	平均	—	—	2.170	2.217	—	20.0

モルタル圧縮強度試験結果 (140N70)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	426.8		2.174		0.2350	1.174
	②	425.9		2.169		0.1322	0.660
	③	427.7		2.178		0.1892	0.945
	平均	—		2.174		—	0.926
7	①	425.3		2.166		0.3375	1.69
	②	431.0		2.195		0.3465	1.73
	③	429.1		2.185		0.3218	1.61
	平均	—		2.182		—	1.68
28	①	423.2	429.2	2.155	2.186	0.4700	2.35
	②	426.8	432.6	2.174	2.203	0.4940	2.47
	③	427.0	432.5	2.175	2.203	0.5095	2.54
	平均	—	—	2.168	2.197	—	2.45
91	①	427.4	435.3	2.177	2.217	0.7260	3.63
	②	426.3	434.9	2.171	2.215	0.5440	2.72
	③	423.8	432.8	2.158	2.204	0.6140	3.07
	平均	—	—	2.169	2.212	—	3.14
182	①	429.9	440.5	2.189	2.243	1.496	7.47
	②	425.6	437.1	2.168	2.226	1.348	6.73
	③	424.9	436.3	2.164	2.222	1.343	6.71
	平均	—	—	2.174	2.230	—	6.97
365	①	426.2	439.8	2.171	2.240	2.825	14.1
	②	427.5	441.5	2.177	2.249	2.848	14.2
	③	424.6	438.5	2.162	2.233	2.588	12.9
	平均	—	—	2.170	2.241	—	13.7

モルタル圧縮強度試験結果 (140N90)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	425.7		2.168		0.0968	0.483
	②	425.5		2.167		0.0810	0.405
	③	428.9		2.184		0.0788	0.394
	平均	—		2.173		—	0.427
7	①	429.5		2.187		0.0964	0.481
	②	429.0		2.185		0.0976	0.487
	③	426.2		2.171		0.0955	0.477
	平均	—		2.181		—	0.482
28	①	428.0		2.180		0.1016	0.507
	②	429.1		2.185		0.1192	0.595
	③	426.1		2.170		0.1074	0.536
	平均	—		2.178		—	0.546
91	①	426.1		2.170		0.1148	0.573
	②	429.0		2.185		0.1241	0.620
	③	428.4		2.182		0.1376	0.687
	平均	—		2.179		—	0.627
182	①	429.3		2.186		0.2370	1.184
	②	428.2		2.181		0.1744	0.871
	③	425.4		2.167		0.1921	0.959
	平均	—		2.178		—	1.00
365	①	432.1	440.6	2.201	2.244	0.4173	2.08
	②	428.9	438.9	2.184	2.235	0.3575	1.79
	③	427.6	437.0	2.178	2.226	0.3724	1.86
	平均	—	—	2.188	2.235	—	1.91

モルタル圧縮強度試験結果 (P0)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	424.7		2.163		0.1709	0.85
	②	424.8		2.163		0.2108	1.05
	③	422.6		2.152		0.2320	1.16
	平均	—		2.159		—	1.02
7	①	422.7	424.5	2.153	2.162	0.4180	2.09
	②	424.4	426.2	2.161	2.171	0.3850	1.92
	③	425.0	426.5	2.165	2.172	0.3870	1.93
	平均	—	—	2.160	2.168	—	1.98
28	①	422.8	426.0	2.153	2.170	0.4976	2.49
	②	424.4	427.5	2.161	2.177	0.4762	2.38
	③	425.6	428.5	2.168	2.182	0.5512	2.75
	平均	—	—	2.161	2.176	—	2.54
91	①	426.9	432.7	2.174	2.204	1.134	5.66
	②	423.3	429.6	2.156	2.188	1.096	5.47
	③	423.3	429.3	2.156	2.186	1.164	5.81
	平均	—	—	2.162	2.193	—	5.65
182	①	425.6	433.5	2.168	2.208	1.730	8.64
	②	423.5	430.9	2.157	2.195	1.816	9.07
	③	423.0	430.7	2.154	2.194	1.648	8.23
	平均	—	—	2.160	2.199	—	8.65
365	①	422.9	432.7	2.154	2.204	3.006	15.0
	②	425.6	434.2	2.168	2.211	2.965	14.8
	③	423.6	432.5	2.157	2.203	2.929	14.6
	平均	—	—	2.160	2.206	—	14.8

モルタル圧縮強度試験結果 (P7.5)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	430.2		2.191		0.2601	1.30
	②	430.3		2.191		0.2803	1.40
	③	425.3		2.166		0.2608	1.30
	平均	—		2.183		—	1.33
7	①	425.7	427.9	2.168	2.179	0.4365	2.18
	②	429.6	431.5	2.188	2.198	0.4667	2.33
	③	430.3	432.2	2.191	2.201	0.4860	2.43
	平均	—	—	2.182	2.193	—	2.31
28	①	427.2	430.8	2.176	2.194	0.6268	3.13
	②	429.5	433.0	2.187	2.205	0.6580	3.29
	③	430.4	433.7	2.192	2.209	0.6658	3.33
	平均	—	—	2.185	2.203	—	3.25
91	①	431.6	437.9	2.198	2.230	1.330	6.64
	②	428.7	434.8	2.183	2.214	1.242	6.20
	③	428.6	435.9	2.183	2.220	1.231	6.15
	平均	—	—	2.188	2.221	—	6.33
182	①	431.1	438.7	2.196	2.234	2.292	11.4
	②	429.3	437.3	2.186	2.227	2.268	11.3
	③	427.4	435.7	2.177	2.219	2.296	11.5
	平均	—	—	2.186	2.227	—	11.4
365	①	430.6	440.1	2.193	2.241	4.417	22.1
	②	427.3	437.4	2.176	2.228	4.012	20.0
	③	429.5	439.2	2.187	2.237	4.262	21.3
	平均	—	—	2.185	2.235	—	21.1

モルタル圧縮強度試験結果 (PI5.5)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm ³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm ²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	428.8		2.184		0.2640	1.32
	②	423.1		2.155		0.2838	1.42
	③	426.9		2.174		0.2918	1.46
	平均	—		2.171		—	1.40
7	①	427.6	431.2	2.178	2.196	0.4400	2.20
	②	427.5	431.2	2.177	2.196	0.4505	2.25
	③	425.1	430.5	2.165	2.193	0.4350	2.17
	平均	—	—	2.173	2.195	—	2.21
28	①	425.4	431.1	2.167	2.196	0.6935	3.46
	②	427.4	433.3	2.177	2.207	0.6195	3.09
	③	428.1	434.6	2.180	2.213	0.6195	3.09
	平均	—	—	2.175	2.205	—	3.21
91	①	426.2	433.1	2.171	2.206	1.200	5.99
	②	426.4	433.4	2.172	2.207	1.267	6.33
	③	429.8	436.4	2.189	2.223	1.231	6.15
	平均	—	—	2.177	2.212	—	6.16
182	①	428.9	436.5	2.184	2.223	2.169	10.8
	②	427.3	436.0	2.176	2.221	2.077	10.4
	③	426.1	435.7	2.170	2.219	2.177	10.9
	平均	—	—	2.177	2.221	—	10.7
365	①	425.8	437.4	2.169	2.228	3.773	18.8
	②	428.4	438.6	2.182	2.234	3.985	19.9
	③	427.3	438.2	2.176	2.232	3.961	19.8
	平均	—	—	2.176	2.231	—	19.5

モルタル圧縮強度試験結果 (P23.5)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	426.8		2.174		0.3076	1.54
	②	428.0		2.180		0.3180	1.59
	③	428.6		2.183		0.3212	1.60
	平均	—		2.179		—	1.58
7	①	423.3	427.5	2.156	2.177	0.4880	2.44
	②	427.1	431.8	2.175	2.199	0.5110	2.55
	③	427.3	431.6	2.176	2.198	0.4845	2.42
	平均	—	—	2.169	2.191	—	2.47
28	①	423.6	429.7	2.157	2.188	0.6960	3.48
	②	427.1	433.0	2.175	2.205	0.7395	3.69
	③	427.3	432.9	2.176	2.205	0.7890	3.94
	平均	—	—	2.169	2.199	—	3.70
91	①	425.5	433.9	2.167	2.210	1.193	5.96
	②	426.4	434.4	2.172	2.212	1.200	5.99
	③	429.4	436.0	2.187	2.221	1.463	7.31
	平均	—	—	2.175	2.214	—	6.42
182	①	428.3	436.6	2.181	2.224	2.622	13.1
	②	426.8	435.1	2.174	2.216	2.748	13.7
	③	424.8	433.6	2.163	2.208	2.780	13.9
	平均	—	—	2.173	2.216	—	13.6
365	①	426.9	438.5	2.174	2.233	4.407	22.0
	②	427.6	438.3	2.178	2.232	4.621	23.1
	③	423.6	434.9	2.157	2.215	4.036	20.2
	平均	—	—	2.170	2.227	—	21.8

モルタル圧縮強度試験結果 (P33.5)

材齢 (日)		供試体質量 (g)		単位容積質量 (g/cm³)		最大荷重 (tf)	圧縮強度 (N/mm²)
		脱型時	試験時	脱型時	試験時		
3	①	423.9		2.159		0.4138	2.07
	②	417.2		2.125		0.3576	1.79
	③	420.3		2.141		0.3738	1.87
	平均	—		2.142		—	1.91
7	①	424.8	428.8	2.163	2.184	0.5910	2.95
	②	425.0	428.6	2.165	2.183	0.5390	2.65
	③	427.3	423.0	2.176	2.154	0.5185	2.59
	平均	—	—	2.168	2.174	—	2.74
28	①	418.1	424.6	2.129	2.162	0.7520	3.76
	②	424.6	430.4	2.162	2.192	1.0360	5.17
	③	425.0	430.6	2.165	2.193	0.7440	3.72
	平均	—	—	2.152	2.182	—	4.22
91	①	419.6	426.1	2.137	2.170	1.637	8.18
	②	420.7	428.1	2.143	2.180	1.536	7.67
	③	426.1	432.7	2.170	2.204	1.678	8.38
	平均	—	—	2.150	2.185	—	8.08
182	①	425.7	433.2	2.168	2.206	3.375	16.9
	②	421.8	430.8	2.148	2.194	3.012	15.0
	③	418.7	427.4	2.132	2.177	3.004	15.0
	平均	—	—	2.149	2.192	—	15.6
365	①	422.8	432.4	2.153	2.202	4.662	23.3
	②	425.7	436.2	2.168	2.222	5.258	26.3
	③	418.7	431.5	2.132	2.198	4.639	23.2
	平均	—	—	2.151	2.207	—	24.3

VIII 使用材料試験成績表

セメント試験成績表

平成 9 年 8 月 28 日

品 質		中熱ポルトランドセメント JIS R 5210	
		JIS 規格値	試験成績
密度	g/cm ³	—	3.21
比表面積	cm ² /g	2500 以上	3450
凝 結	水 量 %	—	27.7
	始 発 h-min	60min 以上	3-20
	終 結 h-min	10h 以下	4-25
安 定 性		良	良
圧縮強さ N/mm ²	3 d	7.5 以上	21.0
	7 d	15.0 以上	30.3
	28 d	32.5 以上	55.3
水和熱 J/g	7 d	290 以下	278
	28 d	340 以下	330
酸化マグネシウム	%	5.0 以下	1.4
三酸化硫黄	%	3.0 以下	1.9
強熱減量	%	3.0 以下	0.6
全アルカリ	%	0.75 以下	0.61
塩化物イオン	%	0.02 以下	0.003
けい酸三カルシウム	%	50 以下	48
アルミン酸三カルシウム	%	3 以下	3
備考			
1. 安定性試験はパット法による。			
建設省 土木研究所 コンクリート研究室			

お問合せその他のご連絡先

セメント試験成績表

平成 9 年 9 月 17 日

品 質		普通ポルトランドセメント JIS R 5210	
		JIS 規格値	試験成績
密度	g/cm ³	—	3.16
比表面積	cm ² /g	2500 以上	3410
凝 結	水 量 %	—	28.3
	始 発 h-min	60min 以上	2-30
	終 結 h-min	10h 以下	3-40
安 定 性		良	良
圧縮強さ N/mm ²	3 d	12.5 以上	29.2
	7 d	22.5 以上	41.9
	28 d	42.5 以上	58.6
酸化マグネシウム	%	5.0 以下	1.5
三酸化硫黄	%	3.0 以下	2.0
強熱減量	%	3.0 以下	1.4
全アルカリ	%	0.75 以下	0.64
塩化物イオン	%	0.02 以下	0.008
備考			
1. 安定性試験はパット法による。			
建設省 土木研究所 コンクリート研究室			

お問合せその他のご連絡先

フライアッシュサンプル分析室

担 務 者

1. 採取年月日 平成9年9月 18日

2. 支社分析値

色 別 B

強熱減量 (%) 1.40

M・B吸着量 (mg/g) 0.30

比 重 (g/cm^3) 2.35

比表面積 (cm^2/g) 3,420

45 μ 残分 (%) 12.9