

土 木 研 究 所 資 料

低品質骨材がコンクリートの強度、変形性
に及ぼす影響に関する実験的検討

平成8年5月

建設省土木研究所
ダム構造研究室

Copyright © (1996) by P.W.R.I.

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

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

低品質骨材がコンクリートの強度、変形性 に及ぼす影響に関する実験的検討

ダム構造研究室 室 長	永山 功
主任研究員	渡辺 和夫
主任研究員	太田 道男
研 究 員	西澤賢太郎
(前) 交流研究員*	大下 昌利

要旨

現行の骨材品質規準から外れた低品質粗骨材を用いたコンクリートの強度、変形性について試験を実施した。その結果、コンクリートの弾性係数は低品質骨材の影響を受けて低下するが、コンクリートの圧縮強度については、特別に強度の大きなコンクリートでない限り低品質骨材の影響は認められなかった。

キーワード：低品質骨材、コンクリート、ダム、強度、変形性

* 交流研究員在職期間（平成6年4月1日～平成7年9月30日）

目次

まえがき

1 試験目的	1
2 使用骨材	2
3 骨材試験	3
3.1 試験の種類と方法	3
3.1.1 低品質骨材の試験	3
3.1.2 粗骨材の吸水時間の測定	3
3.1.3 粗骨材の点載荷強度試験	3
3.1.4 空練りによる粒度変化測定試験	3
3.2 試験結果	4
3.2.1 粗骨材の吸水時間の測定	4
3.2.2 粗骨材の点載荷強度	5
3.2.3 空練りによる骨材の粒度変化	10
4 低品質骨材を用いたコンクリートの試験	13
4.1 コンクリートの配合	13
4.2 試験の種類と方法	14
4.3 試験結果	14
4.3.1 圧縮強度	14
4.3.2 引張強度	17
4.3.3 弾性係数	20
5 まとめ	31

まえがき

近年、自然環境の保護や資源の有効利用の観点から、現行品質規準から外れた低品質骨材をコンクリートに使用する研究が盛んに行われている。コンクリートダム建設にあたっては、ダムサイト近傍に原石山を設け、そこから採取される骨材を用いて堤体コンクリートを打設するため、骨材の歩留まりの大小がダム建設の経済性に大きく関係する。このため、堤体内部のコンクリートに低品質骨材を有効に利用する技術の開発が強く望まれている。

本研究は、低品質骨材を用いて練り混ぜたコンクリートの強度、変形性について検討した結果をとりまとめたものである。

1 試験目的

現在、コンクリートに用いる骨材の品質規準は主としてコンクリートの耐久性の観点から定められている。しかし、重力式コンクリートダムでは、堤体の規模が極めて大きいため、堤体コンクリートを外部コンクリートと内部コンクリートに分け、耐久性に関する要件の緩やかな内部コンクリートに単位セメント量を抑えたコンクリートを使用してダム建設の経済性を確保している。そこで、このような内部コンクリートに低品質骨材を有効利用することが考えられる。

そこで、本研究は、低品質骨材と規準に適合する骨材を用いたコンクリートの強度、変形性を比較することによって、低品質骨材を内部コンクリートの骨材として有効利用する方法について検討したものである。なお、本研究では、当初、粗骨材、細骨材とも低品質骨材を利用することを考えていたが、低品質細骨材をコンクリートに使用するとフレッシュコンクリートのコンシステンシーが著しく低下し、その取り扱いが困難になることが分かったため、本実験には低品質粗骨材のみを利用することとした。

2 使用骨材

今回の試験に用いた粗骨材は、熱水変質を受けた花崗閃緑斑岩から製造した粗骨材（低品質粗骨材）と品質規準に適合した笠間産の粗骨材（規準適合粗骨材）である。また、細骨材は品質規準に適合した笠間産の細骨材（規準適合細骨材）である。

低品質粗骨材、規準適合粗骨材および規準適合細骨材の比重、吸水率、すりへり減量、損失重量を表－ 2.1に示す。

表－ 2.1 骨材の物性値

	細骨材	規準適合粗骨材	低品質粗骨材
岩種	砂岩	砂岩	花崗閃緑斑岩
比重	2.66	2.67	2.61
吸水率(%)	1.62	0.46	2.83
すりへり減量(%)	19.1	11.4	23.1
安定性損失重量(%)	2.08	0.94	47.1

3 骨材試験

3.1 試験の種類と方法

3.1.1 低品質骨材の試験

今回使用する低品質粗骨材の物性に関して、

- ① 吸水時間
- ② 点載荷強度
- ③ 空練りによる粒度変化

を測定した。以下、その試験概要を述べる。

3.1.2 粗骨材の吸水時間の測定

十分に天日乾燥させた粒径40～30mmの低品質粗骨材を水中に投入し、完全に飽水状態になるまで湿潤密度の経時変化を測定した。湿潤密度の測定時間は、水中投入前、投入直後、投入後1時間、2時間、3時間、19時間、26時間、50時間とし、各時間において粗骨材を水中から取り出し、表面の水を十分に拭き取り、湿潤密度を測定した。なお、試料数は50個とした。

3.1.3 粗骨材の点載荷強度試験

低品質粗骨材では圧縮強度試験用の供試体を作成することが困難であったため、その強度を点載荷試験によって評価した。試料の粒径は40～30mmとし、24時間吸水させた飽水状態の粗骨材と十分に天日乾燥した気乾状態の粗骨材、それぞれ50個について試験を実施した。また、比較用として笠間産の規準適合粗骨材についても同様な試験を実施した。

3.1.4 空練りによる粒度変化測定試験

コンクリート練混ぜ中に骨材の粒度が変化することが懸念されたため、傾胴式ミキサーを用いて低品質粗骨材の空練り試験を行い、その粒度変化を測定した。また、比較用として笠間産の規準適合粗骨材についても同様な試験を実施した。空練りは粗骨材、細骨材の混合材料について行うものとし、空練り時間は120 秒とした。空練り試験の配合（絶対量）を表－ 3.1に示す。

表－ 3.1 空練り試験の配合

配合名	細骨材 (kg)		粗骨材 (kg)				
	材質	5mm～	材質	40～30mm	30～20mm	20～10mm	10～ 5mm
低品質	規準適合	57.50	低品質	21.45	21.45	29.40	18.10
規準適合	規準適合	57.50	規準適合	22.90	22.90	31.30	19.30

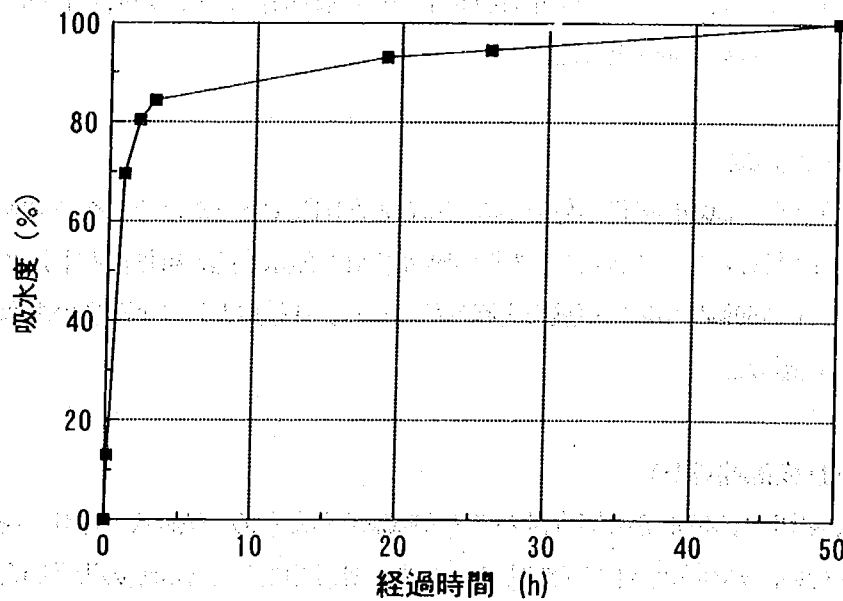
3.2 試験結果

3.2.1 粗骨材の吸水時間の測定

気乾状態の低品質骨材を水中に投入してからの経過時間と吸水度の関係を図－ 3. 1に示す。ここで、吸水度とは次式によって定義される量である。なお、50時間を基準としたのは、50時間以上水中に投入しても骨材の吸水度はほとんど変化を示さなかったことによる。

$$\text{吸水度} = \frac{n \text{ 時間後に吸水した水量}}{50 \text{ 時間後に吸水した水量}} \times 100\%$$

図によれば、低品質粗骨材の吸水度は、水中に投入してから3時間後に85%に達し、その後の吸水度の変化は緩やかである。そこで、コンクリート試験では低品質粗骨材を2日以上水浸させてから使用するものとした。



図－ 3. 1 吸水度の経時変化

3.2.2粗骨材の点載荷強度

粗骨材の点載荷強度試験結果を表-3.2 に示す。ここで、点載荷強度は次式より計算した り。

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

ここで、 f_r : 点載荷強度

P : 破壊荷重

S : 破断面の長さ

なお、破断面の長さは図- 3.2によって定義される長さである。

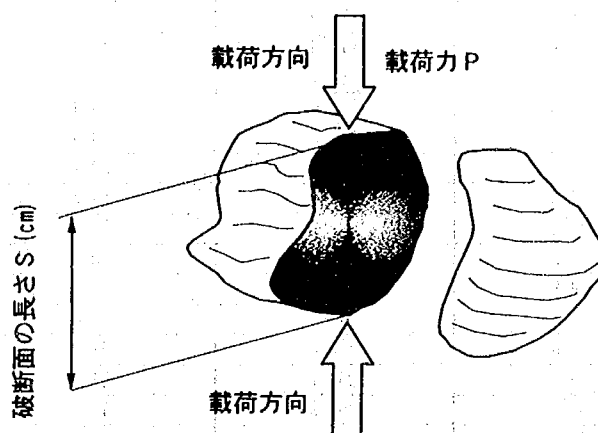


図- 3.2 破断面の長さの定義

表一 3.2 点载荷强度試驗結果

	飽水狀態 (kgf/cm ²)		氣乾狀態 (kgf/cm ²)	
	低品質粗骨材	規準適合粗骨材	低品質粗骨材	規準適合粗骨材
1	2.9	68.4	6.5	58.3
2	3.4	78.2	10.7	68.3
3	8.7	102.8	12.7	73.8
4	9.9	121.0	12.8	80.6
5	11.4	126.0	14.5	119.7
6	11.6	128.2	14.6	120.5
7	12.1	133.5	20.2	121.1
8	12.2	148.8	20.6	123.2
9	12.5	149.3	23.5	128.5
10	15.1	155.6	31.0	141.0
11	16.7	160.5	31.6	147.4
12	17.2	162.5	34.1	161.6
13	17.3	165.3	35.6	165.9
14	17.6	167.8	40.6	167.8
15	18.0	171.9	43.8	179.4
16	20.1	172.8	44.0	181.1
17	21.5	185.1	45.2	196.3
18	21.8	190.5	46.4	196.5
19	26.3	193.3	49.4	196.6
20	26.5	196.0	52.1	203.2
21	26.6	204.9	53.3	208.7
22	27.2	209.9	56.1	208.9
23	28.6	216.2	60.1	214.7
24	29.8	243.1	63.8	215.3
25	31.1	243.5	61.0	233.4
26	31.5	253.6	71.7	233.4
27	33.3	254.7	71.8	235.5
28	33.4	265.8	76.4	237.0
29	34.7	268.8	77.5	239.9
30	36.8	271.5	77.8	242.6
31	40.9	274.6	79.9	243.1
32	41.3	276.1	82.6	254.8
33	42.7	288.6	85.8	258.6
34	52.4	301.3	89.0	263.1
35	56.7	304.9	89.7	266.1
36	56.8	313.5	89.7	267.3
37	57.2	323.4	95.0	268.9
38	58.4	325.0	97.0	273.4
39	62.7	327.4	97.7	274.5
40	63.9	333.9	100.7	278.7
41	66.5	335.1	118.7	281.3
42	80.6	347.1	134.4	283.9
43	81.2	348.8	145.9	291.2
44	82.3	355.0	153.7	293.4
45	82.4	394.6	158.8	303.3
46	82.4	401.2	159.9	329.9
47	96.9	411.3	161.8	341.5
48	111.9	411.4	162.2	372.4
49	138.9	412.4	368.7	387.4
50	157.8	487.8		396.7
平均值	42.6	247.7	76.2	220.6
最小值	2.9	68.4	6.5	58.3
最大值	157.8	487.8	368.7	396.7
標準偏差	33.9	98.8	60.9	80.1
變動係數(%)	79.7	39.9	80.0	36.3

飽水状態における低品質粗骨材と基準適合粗骨材の点載荷強度を比較して図-3.3 に示す。また、気乾状態における低品質粗骨材と基準適合粗骨材の点載荷強度を比較して図-3.4 に示す。図より、低品質粗骨材の点載荷強度は基準適合粗骨材の点載荷強度に比べて平均値で1/3～1/6以下となり、変動係数も80%と大きい。また、図-3.3 と図-3.4 を比較すると、飽水状態における低品質粗骨材の点載荷強度は気乾状態における点載荷強度の約半分しかなく、低品質粗骨材は吸水すると著しく軟質化することを示している。

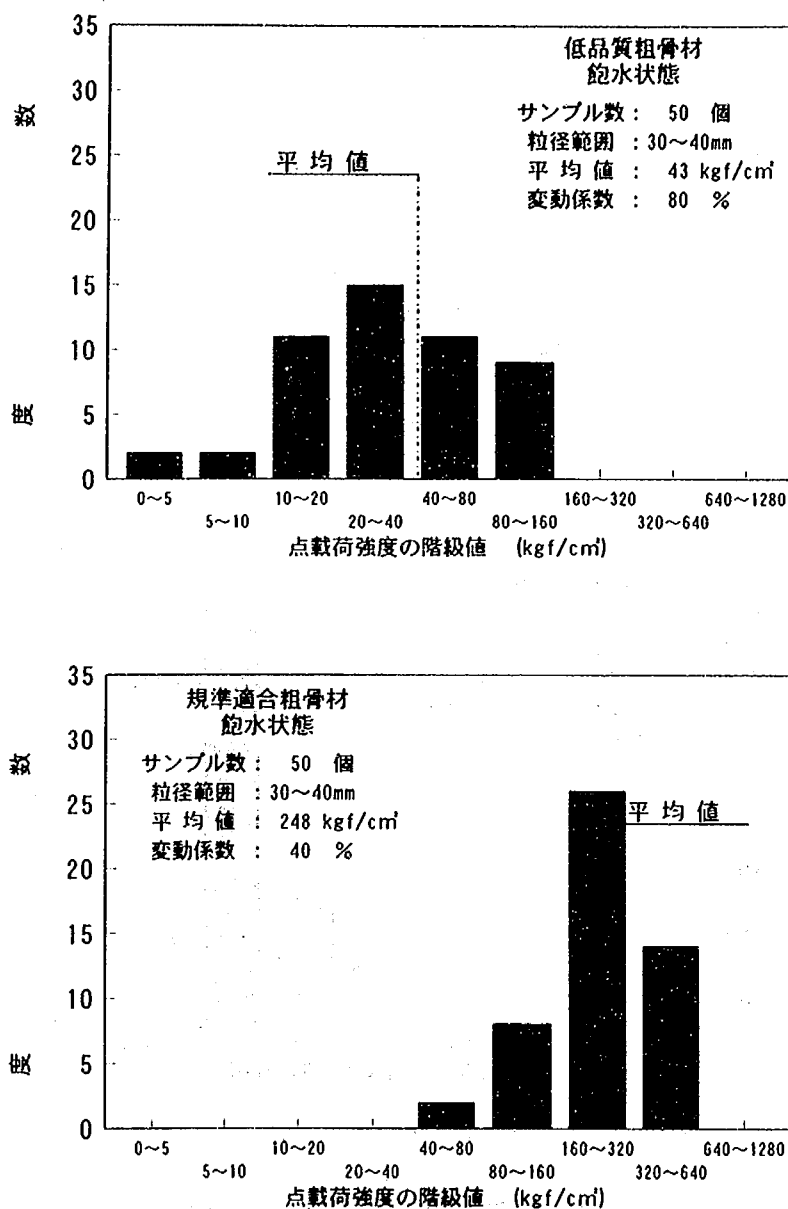


図- 3.3 粗骨材の点載荷強度（飽水状態）

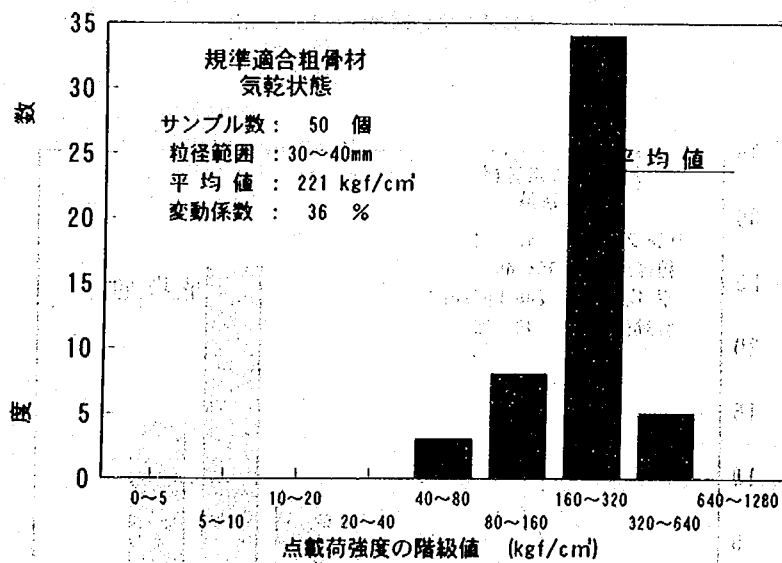
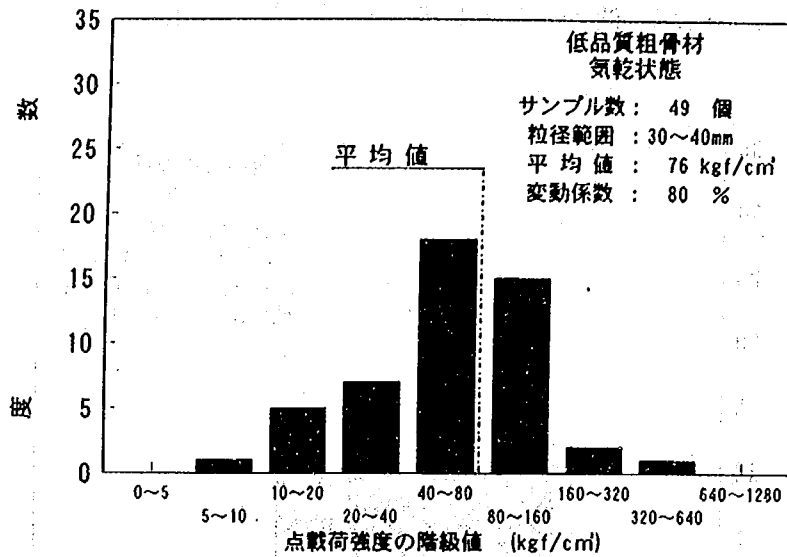


図- 3.4 粗骨材の点載荷強度 (気乾状態)

次に、低品質骨材の圧縮強度を推定するため、モルタルと石膏で直径10cm×高さ20cmの一軸圧縮試験用円柱供試体および底辺35mm×35mm×高さ50mmの点載荷試験用角柱供試体を作製し、一軸圧縮強度と点載荷強度の関係を把握した。なお、試験に用いたそれぞれの材料の配合を表-3.3に示す。

表- 3.3 モルタルと石膏の配合

配合名	材質	W/C (%)	単位量 (kg/m³)					結合材種類
			水	セメント	石膏	珪藻土	砂	
M-1	モルタル	63.4	302	476			1428	中庸熱ポルトランドセメント
M-2	モルタル	57.3	316	551			1328	中庸熱ポルトランドセメント
M-3	モルタル	51.1	329	644			1216	中庸熱ポルトランドセメント
M-4	モルタル	45.0	343	762			1080	中庸熱ポルトランドセメント
M-5	モルタル	38.8	356	917			917	中庸熱ポルトランドセメント
P-1	石膏		690		287	287		通常の石膏
P-2	石膏		511		1311			BL型の石膏
P-3	石膏		444		1307			HBL型の石膏

モルタル供試体と石膏供試体における一軸圧縮強度と点載荷強度の関係を図- 3.5に示す。図によれば、材料の差によらず、一軸圧縮強度 f_c と点載荷強度 f_t の関係は概ね一定であり、その関係は次式で表される (相関係数 $r^2 = 0.93$)。

$$f_c = 7.50 f_t$$

この関係が、低品質粗骨材、基準適合粗骨材にも適用可能と考え、今回の試験に用いた骨材の圧縮強度は次のように推定される。

低品質骨材 (湿潤状態) 320kgf/cm²

低品質骨材 (気乾状態) 570kgf/cm²

規準適合骨材 (湿潤状態) 1700kgf/cm²

規準適合骨材 (気乾状態) 1900kgf/cm²

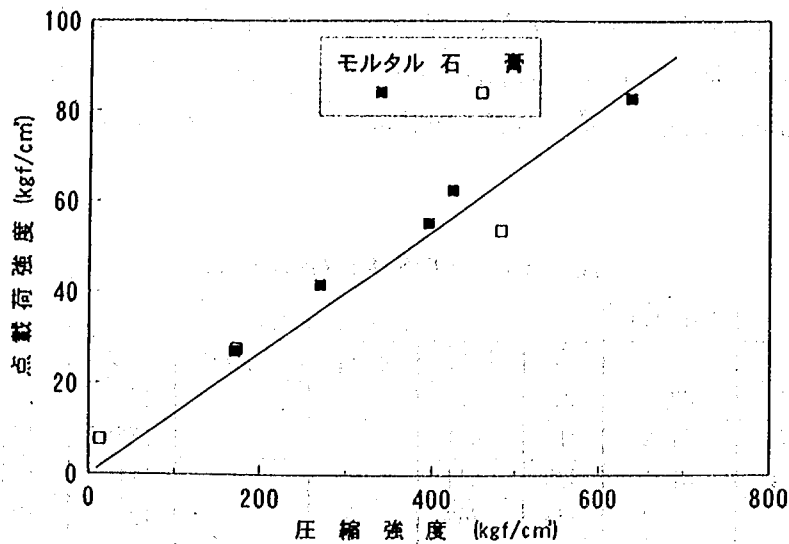


図- 3.5 一軸圧縮強度と点荷重強度の関係

3.2.3 空練りによる骨材の粒度変化

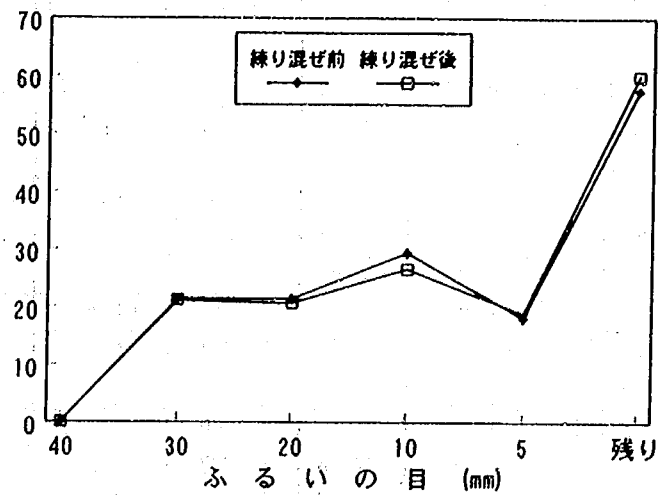
空練り試験の前後における骨材の粒度分布を低品質粗骨材からなる配合について表-3.4 に、規準適合粗骨材からなる配合について表-3.5 に示す。また、空練り前後における各フルイに止まる骨材の質量を、低品質粗骨材、規準適合骨材について、それぞれ図-3.6、図-3.7 に示す。これらの結果によれば、規準適合粗骨材については骨材粒度の変化はほとんど認められないが、低品質粗骨材については、細骨材が4.5%程度増加しており、練混ぜ中に粗骨材の破碎が生じていることがわかる。しかし、この程度の粒度変化ならば、コンクリートのコンシステンシーに及ぼす影響は小さいと判断し、本試験では、練混ぜ中に骨材が破碎される影響は考慮しないものとした。

表- 3.4 空練り検討時の粒度変化 (低品質粗骨材)

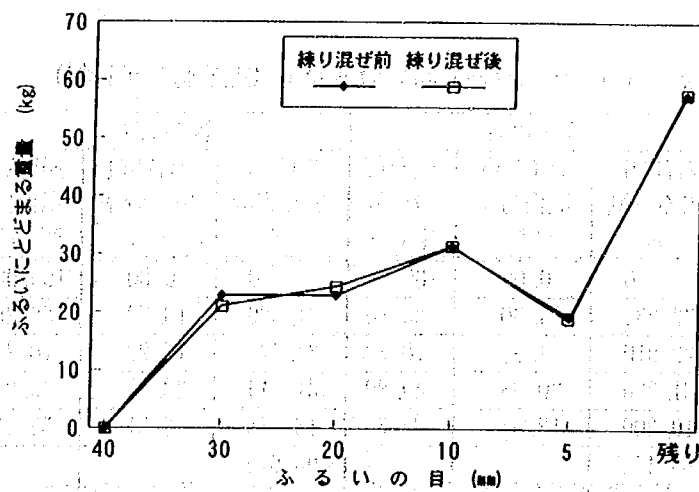
	カ イ 径 (mm)	粒 径 (mm)	練混ぜ前			練混ぜ後			カ イ に 止 まる 質 量 差 (g)	質 量 差/ 練混ぜ 前質量 (%)
			カ イ に 止 まる 質 量 (g)	カ イ 別 質 量 百 分 率 (%)	通 過 質 量 百 分 率 (%)	カ イ に 止 まる 質 量 (g)	カ イ 別 質 量 百 分 率 (%)	通 過 質 量 百 分 率 (%)		
粗 骨 材	40	40以上	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	
	30	40~30	21,450	14.51	85.49	21,174	14.37	86.63	- 276	- 1.29
	20	30~20	21,452	14.51	70.99	20,707	14.05	71.59	- 745	- 3.47
	10	20~10	29,400	19.88	51.10	26,618	18.06	53.53	-2,782	- 9.46
	5	10~ 5	18,100	12.24	38.86	18,862	12.80	40.73	762	4.21
		合計	90,420			87,361			-3,041	- 3.36
細 骨 材	2.5	5.0~2.5	8,454	5.72	33.15	10,060	6.83	33.91	1,606	19.00
	1.2	2.5~1.2	15,925	10.77	22.38	15,892	10.78	23.12	- 33	- 0.21
	0.6	1.2~0.6	13,528	9.15	13.23	13,166	8.93	14.19	- 362	- 2.68
	0.3	0.6~0.3	9,196	6.22	7.01	9,228	6.26	7.93	32	0.35
	0.15	0.3~0.15	6,759	4.57	2.44	7,960	5.40	2.53	1,201	17.77
		0.15以下	3,605	2.44		3,731	2.53		126	3.50
		合計	57,467			60,037			2,570	4.47
合計			147,869	100.00		147,398	100.00		- 471	- 0.32

表- 3.5 空練り検討時の粒度変化 (規準適合粗骨材)

	カ イ 径 (mm)	粒 径 (mm)	練混ぜ前			練混ぜ後			カ イ に 止 まる 質 量 差 (g)	質 量 差/ 練混ぜ 前質量 (%)
			カ イ に 止 まる 質 量 (g)	カ イ 別 質 量 百 分 率 (%)	通 過 質 量 百 分 率 (%)	カ イ に 止 まる 質 量 (g)	カ イ 別 質 量 百 分 率 (%)	通 過 質 量 百 分 率 (%)		
粗 骨 材	40	40以上	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	
	30	40~30	22,934	14.90	85.10	21,080	13.72	86.28	-1,854	- 8.08
	20	30~20	22,910	14.88	70.22	24,423	15.90	70.37	1,513	6.60
	10	20~10	31,300	20.33	49.89	31,414	20.45	49.92	114	0.36
	5	10~ 5	19,300	12.54	37.35	18,758	12.21	37.71	- 542	- 2.81
		合計	96,444			95,675			- 769	- 0.80
細 骨 材		5.0~	57,500	37.35		57,919	37.71		419	0.73
		合計	57,500			57,919			419	0.73
合計			153,944	100.00		147,398	100.00		- 350	- 0.23



図一 3.6 空練り検討前後に各フルイに止まる骨材の質量
(低品質粗骨材)



図一 3.7 空練り検討前後に各フルイに止まる骨材の質量
(規準適合粗骨材)

4 低品質骨材を用いたコンクリートの試験

4.1 コンクリートの配合

試験に使用したコンクリートの配合を表-4.1に示す。試験に用いた配合は、細骨材率、スランプ、空気量を一定として、水セメント比を40%から90%まで5種類に変化させたものである。なお、第1章に示したように、低品質骨材は粗骨材のみに使用し、細骨材には規準に適合する砂岩碎石を使用している。セメントは中熱ポルトランドセメントを、混和剤にはポリリスNo. 8を用いた。

コンクリートの練り混ぜは容量120lの傾筒式ミキサーで行い、その手順は次のとおりとした。

- ① まず、細骨材とセメントをミキサーに投入し、30秒練り混ぜる。
- ② さらに、粗骨材と水を投入し、90秒練り混ぜる。

表- 4.1 コンクリートの配合

配合名	粗骨材 最大寸 法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 (kg/m ³)				粗骨材 の種類
						W	C	S	G	
S40	40	5±1.5	4±1.0	40	44	144	360	824	1052	規準適合
S50	40	5±1.5	4±1.0	50	44	148	296	842	1075	規準適合
S60	40	5±1.5	4±1.0	60	44	153	255	852	1086	規準適合
S75	40	5±1.5	4±1.0	75	44	159	212	860	1099	規準適合
S90	40	5±1.5	4±1.0	90	44	162	180	868	1108	規準適合
L40	40	5±1.5	4±1.0	40	44	154	385	803	1003	低品質
L50	40	5±1.5	4±1.0	50	44	158	316	823	1028	低品質
L60	40	5±1.5	4±1.0	60	44	162	270	836	1044	低品質
L75	40	5±1.5	4±1.0	75	44	165	220	850	1062	低品質
L90	40	5±1.5	4±1.0	90	44	171	190	854	1069	低品質

図-4.1は、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートの単位ペースト量を同一水セメント比毎に比較したものである。粗骨材の粒子形状が同一でないため、厳密な比較はできないが、規準適合粗骨材を用いたコンクリートに比べて低品質粗骨材を用いたコンクリートの方が単位ペースト量は4～7%程度増加している。

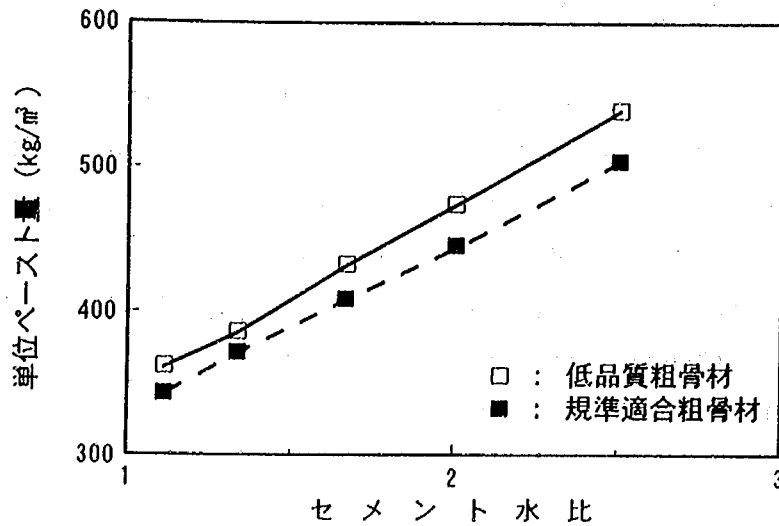


図- 4.1 所要スランプを得るために必要なペースト量

4.2 試験の種類と方法

コンクリートの試験は圧縮強度試験 (JIS A 1180) と引張強度試験 (JIS A 1113) とした。供試体は直径15cm、高さ30cmの円柱供試体とした。

また、試験材齢は材齢7日、28日、91日の3種類とした。表-4.2 にそれぞれの試験の供試体本数を示す。なお、圧縮強度試験時には供試体にひずみ計 (長さ120mm、3枚) を貼り付けて弾性係数を測定した。

表- 4.2 供試体本数 (単位: 本)

材齢	7日	28日	91日	合計
圧縮強度試験	3	3	3	9
引張強度試験	1	3	3	7
合計	4	6	6	16

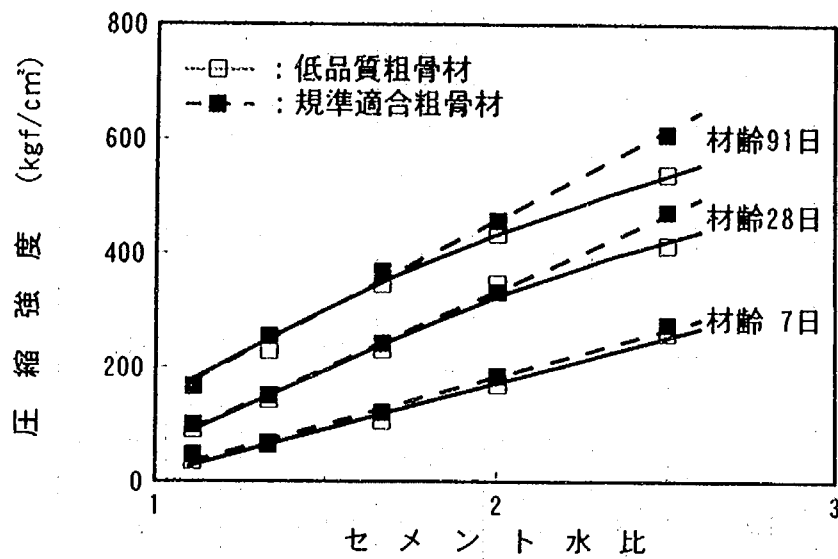
4.3 試験結果

4.3.1 圧縮強度

圧縮強度試験の結果を表-4.3 にとりまとめて示す。

低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートについて、セメント水比と圧縮強度の関係を図-4.2 に示す。材齢7日においては、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨

材を用いたコンクリートの圧縮強度にはほとんど差がなく、いずれの場合もセメント水比と圧縮強度の関係は高い直線性を示している。一方、材齢28日、材齢91日においては、規準適合粗骨材を用いたコンクリートではセメント水比と圧縮強度の関係は高い直線性を示しているが、低品質粗骨材を用いたコンクリートではセメント水比が大きくなるにしたがって圧縮強度の伸びが鈍化し、低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は規準適合粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度よりも小さくなっている。

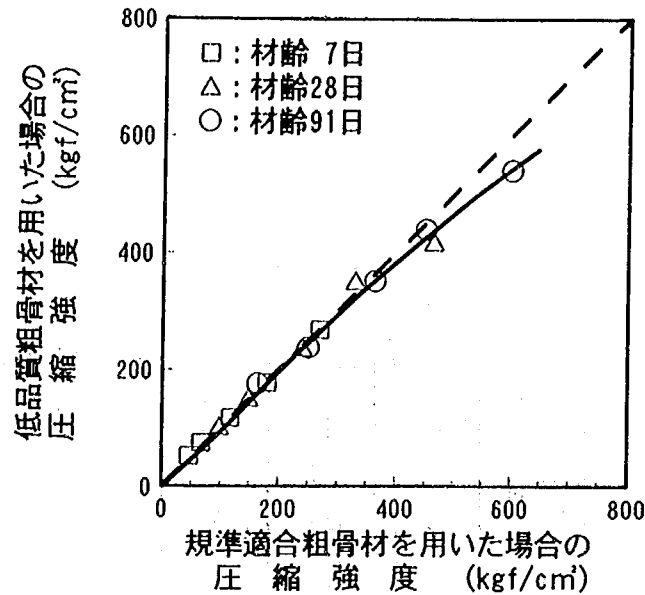


図ー 4.2 セメント水比と圧縮強度の関係

表- 4.3 圧縮強度試験結果

材齢	7日		28日		91日	
配合名	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²
S40	250.04	258.78	357.64	411.73	512.06	536.56
	258.83		421.30		563.62	
	267.48		456.25		533.98	
S50	166.94	168.18	361.61	343.35	433.61	432.48
	167.73		334.88		428.94	
	169.88		333.52		434.90	
S60	108.30	106.59	239.04	228.44	326.84	345.06
	109.64		225.52		350.12	
	101.83		220.77		358.24	
S75	62.21	62.93	137.66	141.05	231.32	228.17
	58.96		144.35		227.07	
	67.62		141.14		226.13	
S90	37.13	38.33	94.88	92.17	165.82	165.43
	37.10		96.17		165.86	
	40.77		85.45		164.60	
L40	280.29	271.58	466.91	468.23	611.00	608.52
	263.09		464.07		610.47	
	271.35		473.71		604.08	
L50	179.10	180.67	331.39	332.28	443.41	456.40
	179.93		335.91		461.24	
	182.96		329.53		464.54	
L60	112.39	117.28	245.19	241.07	355.61	367.35
	117.66		245.11		374.10	
	121.79		232.91		372.35	
L75	69.56	67.05	147.06	149.47	240.01	250.94
	65.90		152.43		249.95	
	65.69		148.93		262.84	
L90	45.80	45.24	91.80	96.51	163.30	164.96
	44.33		100.23		172.26	
	45.60		97.49		159.33	

そこで、どの程度の圧縮強度から低品質粗骨材の影響が現れるのかを調べるため、同一セメント水比、同一材齢のコンクリートの圧縮強度を規準適合粗骨材を用いた場合と低品質粗骨材を用いた場合とで比較した結果が図-4.3である。図によれば、圧縮強度が400kgf/cm²を超えるあたりから低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度が低下しているのわかる。第3章に示した点載荷強度試験の結果から推定すると、低品質粗骨材には圧縮強度が400kgf/cm²以下の骨材が多く含まれており、これがコンクリートの強度に影響したものと考えられる。



図－ 4.3 圧縮強度の比較

4.3.2 引張強度

引張強度試験（割裂強度試験）の結果を表－4.4 にとりまとめて示す。

低品質粗骨材を用いたコンクリートと標準適合粗骨材を用いたコンクリートについて、セメント水比と引張強度の関係を図－4.4 に示す。材齢7日においては、低品質粗骨材を用いたコンクリートと標準適合粗骨材を用いたコンクリートの引張強度にはほとんど差がなく、いずれの場合もセメント水比と引張強度の関係は高い直線性を示している。一方、材齢28日においては、標準適合粗骨材を用いたコンクリートではセメント水比と引張強度の関係は概ね直線性を示しているが、低品質粗骨材を用いたコンクリートではセメント水比が大きくなるにしたがって引張強度の伸びが鈍化し、低品質粗骨材を用いたコンクリートの引張強度は標準適合粗骨材を用いたコンクリートの引張強度よりも小さくなっている。さらに、材齢91日においては、標準適合粗骨材を用いたコンクリートでもセメント水比と引張強度の関係は直線性を示さず、セメント水比が大きくなるにしたがって引張強度の伸びが鈍化している。この傾向は強度の高いコンクリートに一般的に認められる傾向である。一方、低品質粗骨材を用いたコンクリートの引張強度は標準適合粗骨材を用いたコンクリートの引張強度よりもさらに小さくなっている。

表- 4.4 引張強度試驗結果

材齡	7日		28日		91日	
配合名	計測值 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測值 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測值 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²
S40	—	25.10	33.95	34.23	29.10	33.99
	—		33.14		44.91	
	25.10		35.62		27.95	
S50	—	18.80	17.19	21.75	31.64	25.70
	—		19.28		24.65	
	18.80		28.79		20.79	
S60	—	10.44	19.04	19.25	29.45	30.88
	—		21.50		32.70	
	10.44		17.21		30.49	
S75	—	6.72	16.51	16.97	23.48	25.75
	—		18.51		25.28	
	6.72		15.65		23.76	
S90	—	4.42	13.18	12.55	18.26	17.12
	—		12.51		19.70	
	4.42		11.96		13.39	
L40	—	27.64	42.25	38.37	43.96	45.53
	—		43.28		44.85	
	27.64		29.58		47.78	
L50	—	16.31	32.69	31.43	33.71	38.91
	—		30.98		44.27	
	16.31		30.63		38.74	
L60	—	12.06	23.80	20.93	39.09	37.05
	—		22.91		36.05	
	12.06		16.08		36.00	
L75	—	8.00	17.70	17.39	31.01	28.51
	—		19.04		24.80	
	8.00		15.43		29.73	
L90	—	5.53	10.63	11.83	17.82	18.91
	—		12.18		20.11	
	5.53		12.68		18.79	

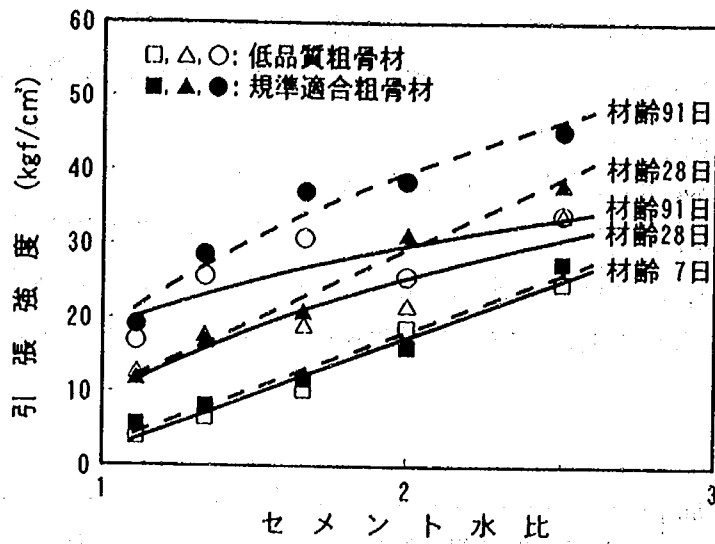


図- 4.4 セメント水比と引張強度の関係

次に、どの程度の引張強度から低品質粗骨材の影響が現れるのかを調べるため、同一セメント水比、同一材齢のコンクリートの引張強度を標準適合粗骨材を用いた場合と低品質粗骨材を用いた場合とで比較した結果が図-4.5である。図によれば、圧縮強度が 20kgf/cm^2 を超えるあたりから低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度が低下しているのがわかる。

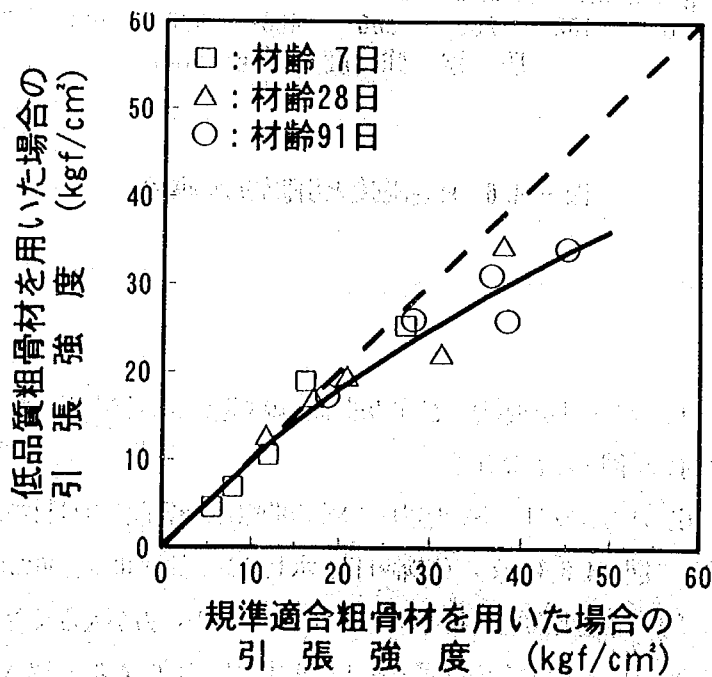


図- 4.5 引張強度の比較

一方、図-4.6 は、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートに対して、圧縮強度と引張強度の関係を示したものである。図によれば、圧縮強度が小さい範囲では、圧縮強度と引張強度の間には比例関係が成立するが、圧縮強度が大きくなると、圧縮強度の伸びに比べて引張強度の伸びが鈍化してくることがわかる。また、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートを比較すると、圧縮強度が 200kgf/cm^2 までは圧縮強度と引張強度の関係は両者ともほぼ同一であるが、圧縮強度が 200kgf/cm^2 を超えると低品質粗骨材を用いたコンクリートの方が引張強度が小さくなっていることがわかる。すなわち、低品質粗骨材の影響は圧縮強度よりも引張強度の方に大きく現れていることがわかる。

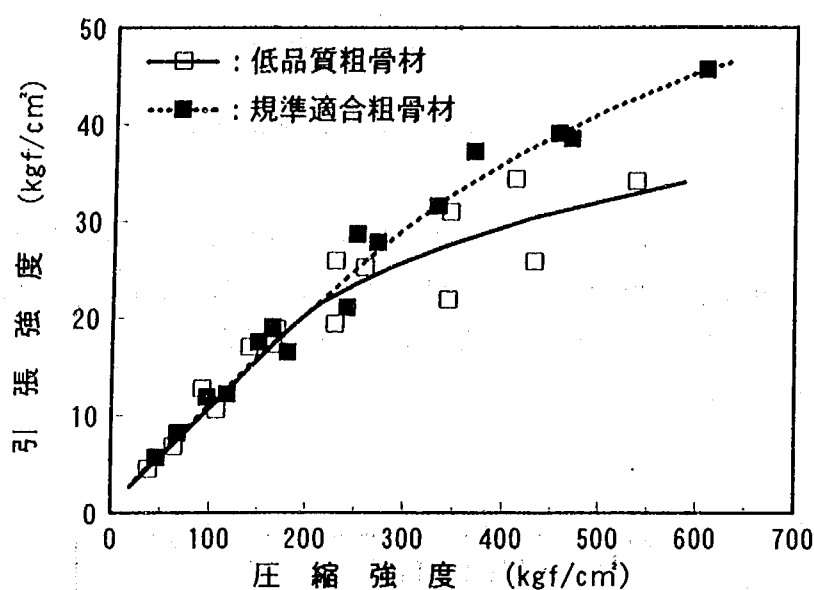


図- 4.6 圧縮強度と引張強度の関係

4.3.3弾性係数

低品質粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線、規準適合粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線を、各配合に対して図-4.7 に示す。

また、低品質粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線と規準適合粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線を比較して図-4.8 に示す（材齢91日、水セメント比が40%と90%の場合）。図によれば、同一応力レベルにおけるひずみは低品質粗骨材を用いたコンクリートの方が大きくなっている。一方、図-4.9 は、圧縮強度の95%の応力とそのときのひずみを1に正規化して図-4.8 を描き改めたものである。図によれば、低品質粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線の形状と規準適合粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線の形状には大きな差がないといえる。

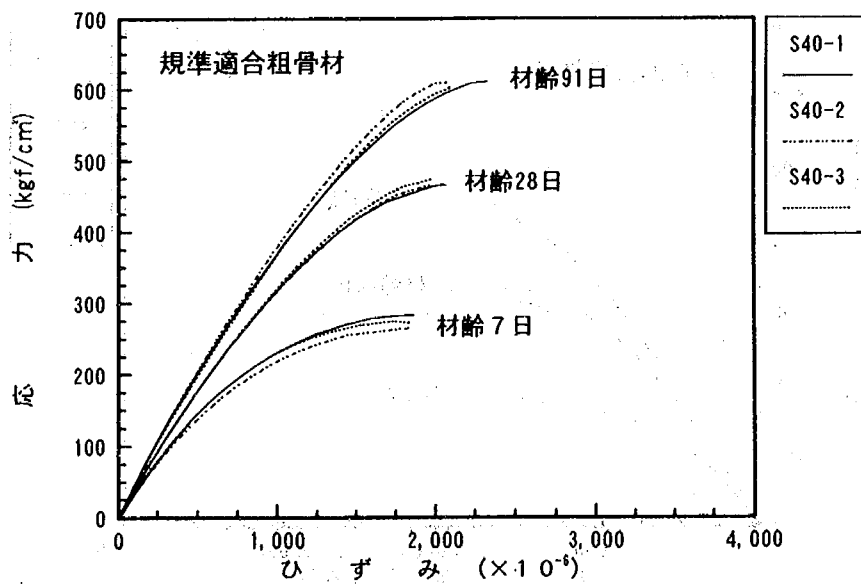
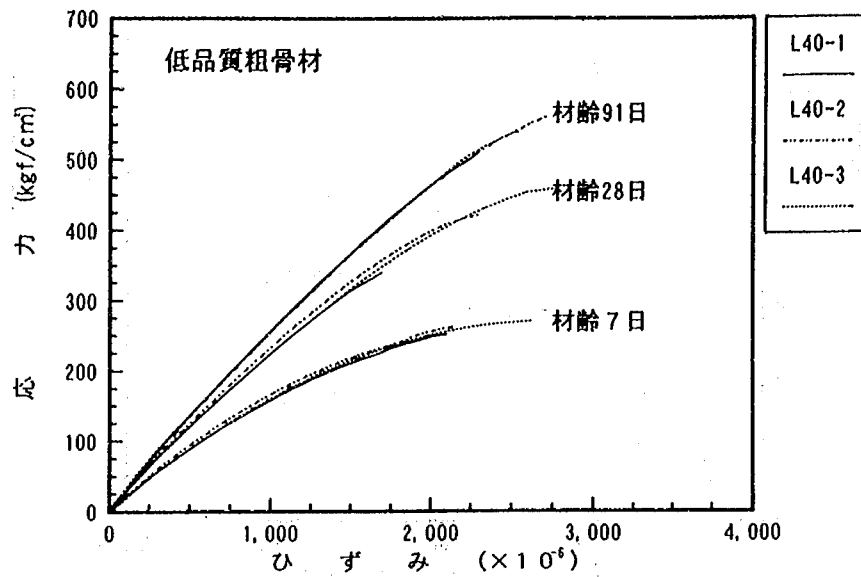


図- 4.7 (a) 応力-ひずみ曲線

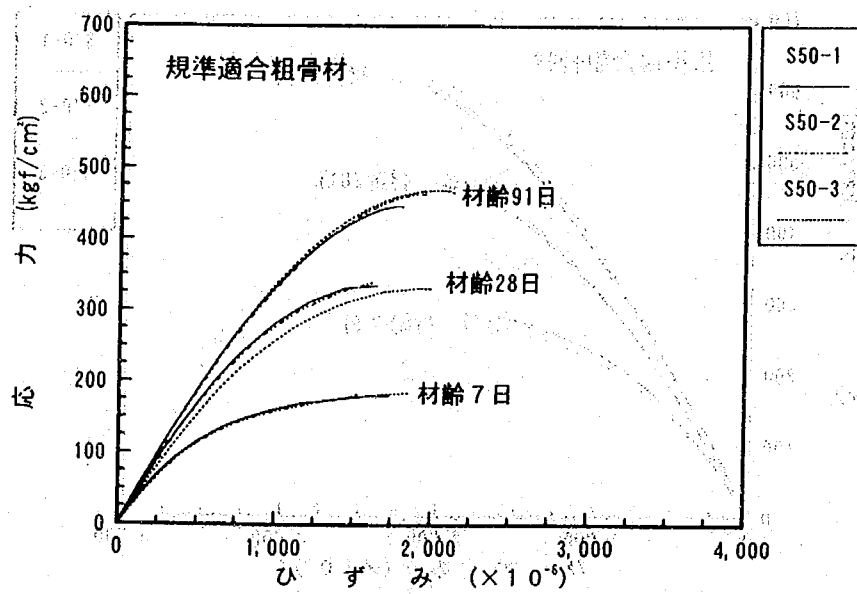
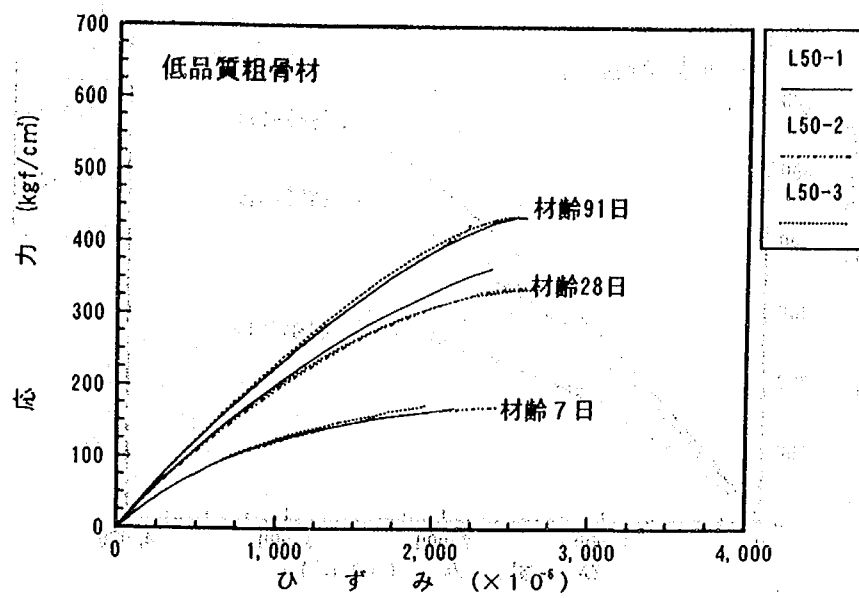


図- 4. 7 (b) 応力-ひずみ曲線

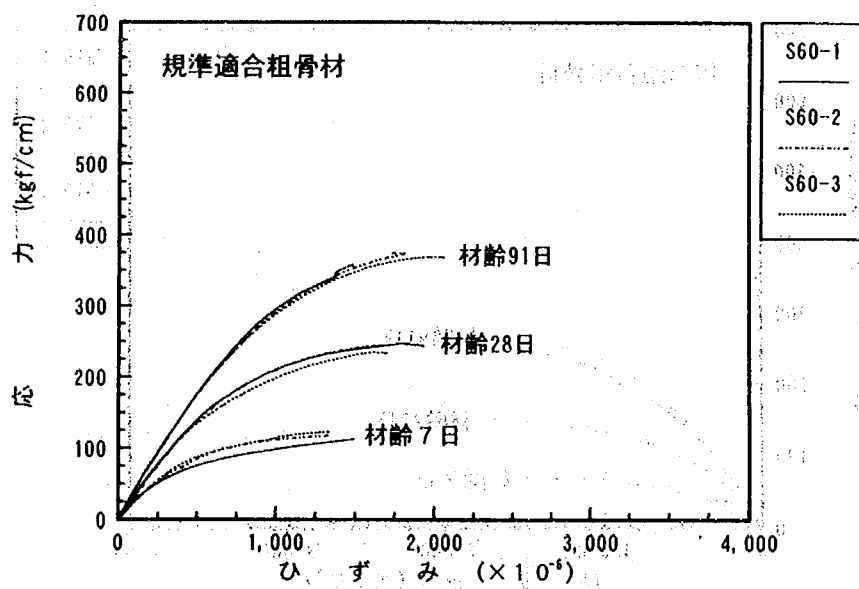
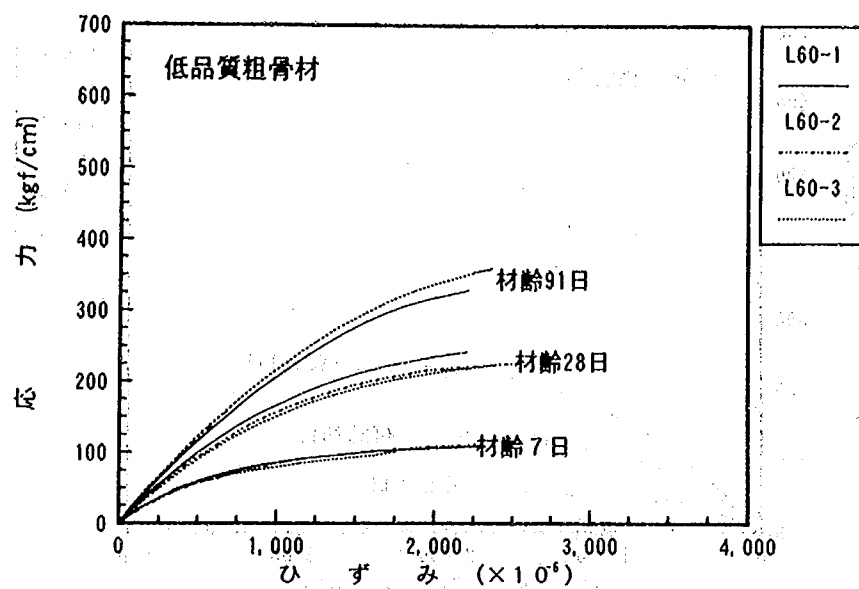


図-4.7(c) 応力-ひずみ曲線

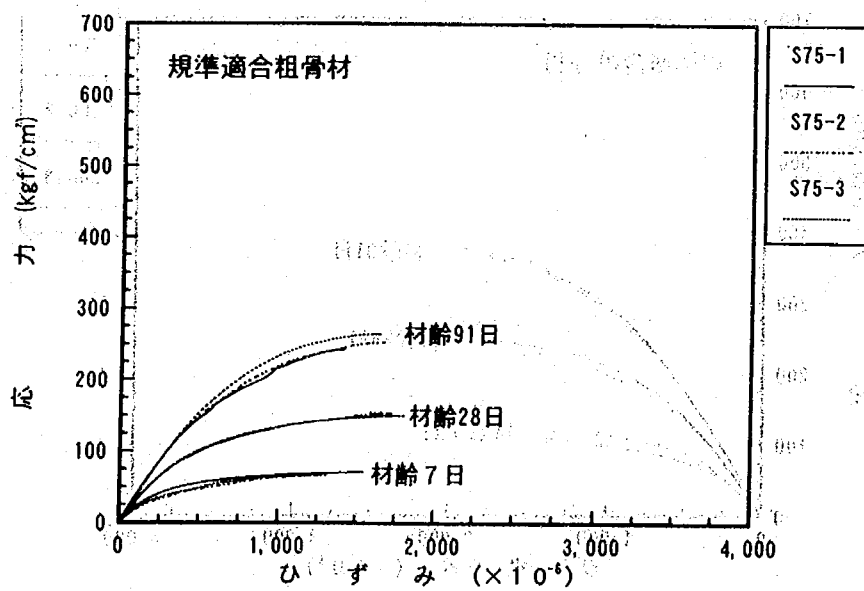
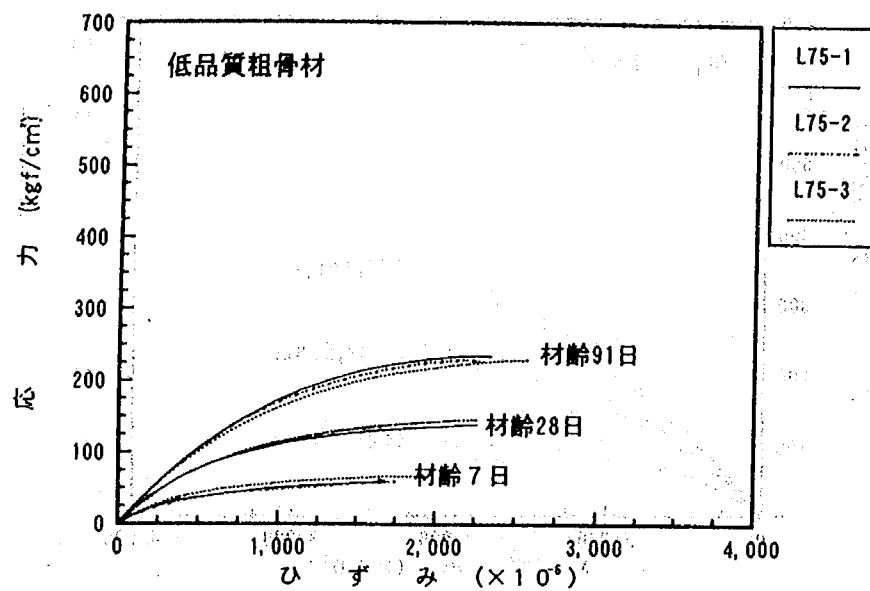


図 4.7(d) 応力-ひずみ曲線

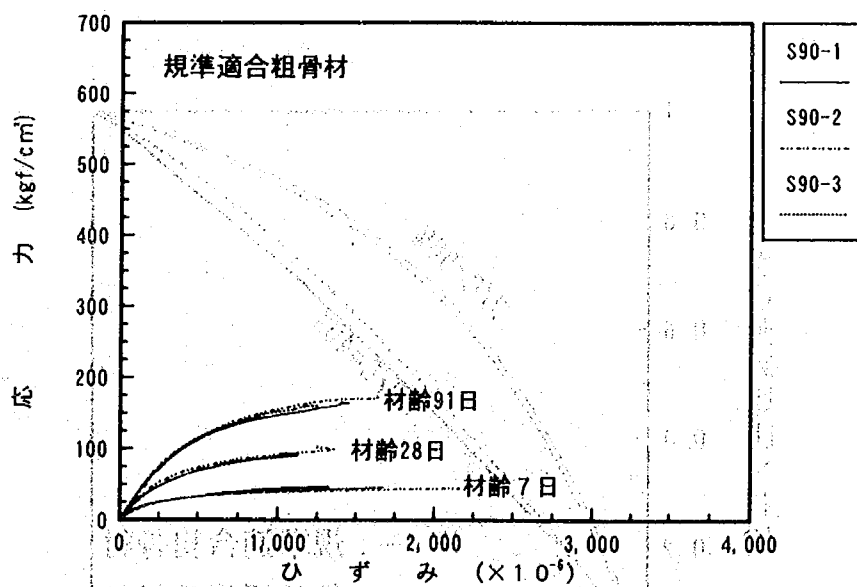
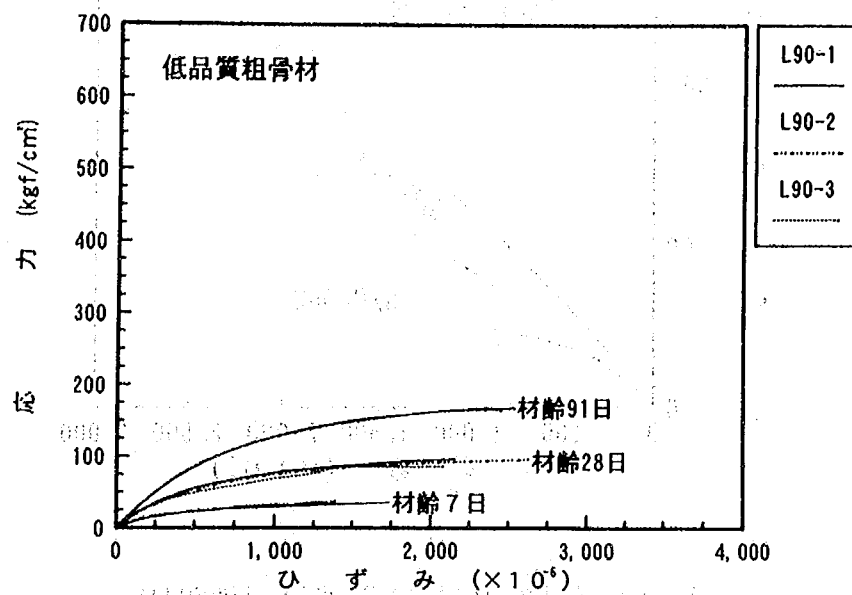


図-4.7(e) 応力-ひずみ曲線

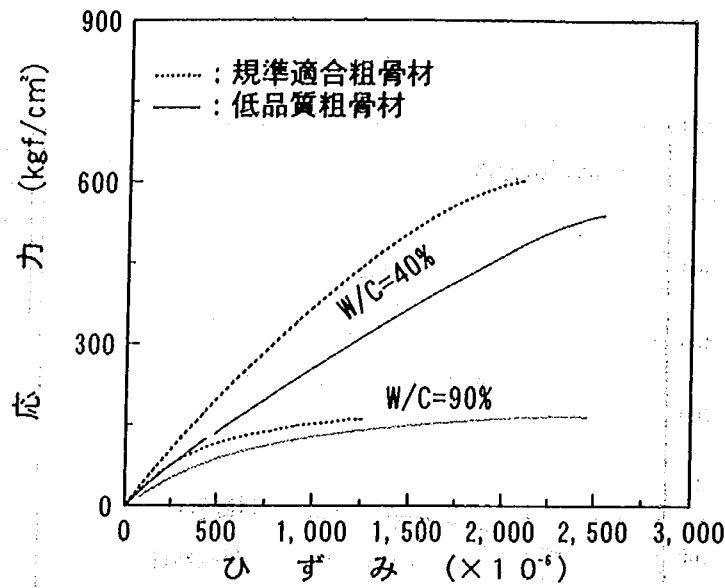


図- 4.8 代表的な応力-ひずみ曲線 (材齢91日)

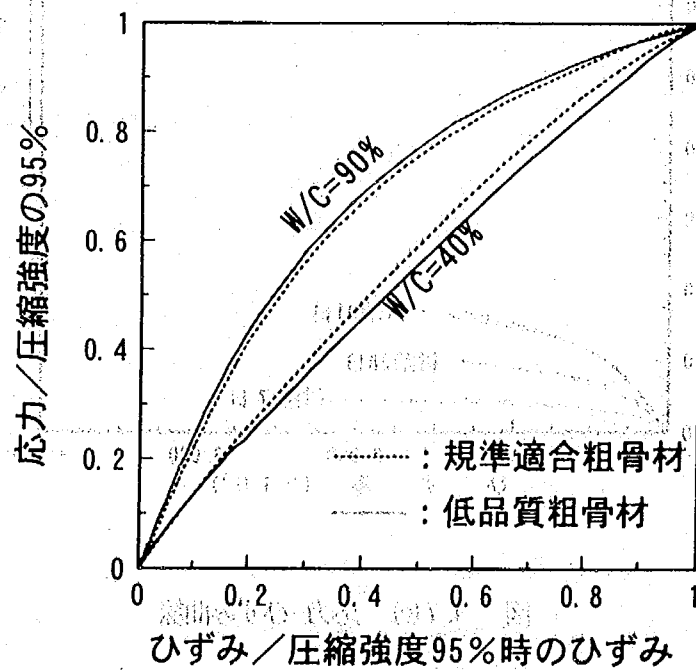


図- 4.9 正規化したひずみ比と応力比の関係

次に、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数を取りまとめて表-4.5 に示す。なお、弾性係数Eは次式によって算出した²⁾。

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

ここに、 σ_2 : 圧縮強度の1/3の応力

σ_1 : ϵ_1 に対応する応力

ϵ_2 : σ_2 に対応するひずみ

ϵ_1 : 50×10^{-6} のひずみ

表- 4.5 弾性係数試験結果

材齢	7日		28日		91日	
配合名	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	計測値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²
S40	174,903	180,847	236,524	237,500	268,635	262,816
	188,780		243,682		261,710	
	178,858		232,293		258,102	
S50	163,857	160,371	214,684	212,968	237,638	239,536
	159,139		208,378		237,547	
	158,118		215,840		243,422	
S60	140,062	133,457	201,365	193,421	229,139	244,573
	128,724		193,420		264,214	
	131,583		185,478		240,365	
S75	101,018	102,963	172,862	173,225	217,455	215,414
	94,602		174,968		219,485	
	113,270		171,846		209,301	
S90	63,364	67,245	135,457	133,306	189,624	190,855
	74,529		128,087		186,304	
	63,842		136,375		196,637	
L40	309,590	305,724	352,027	355,145	398,270	397,968
	294,432		355,785		405,215	
	313,150		357,621		390,419	
L50	279,910	271,763	350,104	338,711	377,970	377,380
	268,438		347,916		374,469	
	266,941		318,114		379,701	
L60	221,595	222,096	320,540	311,769	364,950	363,059
	221,453		306,536		362,882	
	223,238		308,231		361,346	
L75	191,726	174,931	265,552	269,041	340,406	337,863
	156,358		271,396		334,233	
	176,710		270,175		338,951	
L90	132,951	128,174	208,813	215,170	304,867	302,303
	121,219		233,696		285,656	
	130,352		203,000		316,386	

低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートについて、セメント水比と弾性係数の関係を図-4.10に示す。図によれば、セメント水比と弾性係数の間にはセメント水比と圧縮強度の関係のような直線性は認められない。また、圧縮強度の場合とは異なり、セメント水比が同じであっても、低品質粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数は規準適合粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数よりも常に小さくなっている。

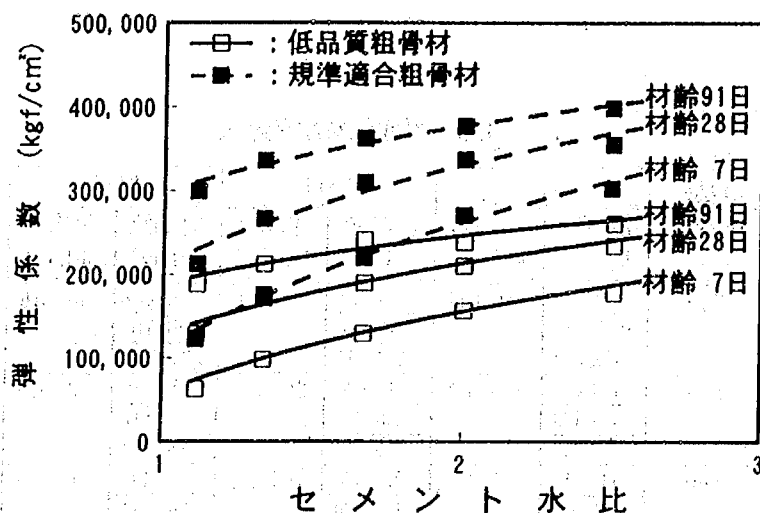


図- 4.10 セメント水比と弾性係数の関係

そこで、両者の関係を調べるため、同一セメント水比、同一材齢のコンクリートの弾性係数を規準適合粗骨材を用いた場合と低品質粗骨材を用いた場合とで比較した結果が図-4.11である。図によれば、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートの間には線形な関係があり、本試験の場合、低品質粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数は規準適合粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数の60%程度であることがわかる。

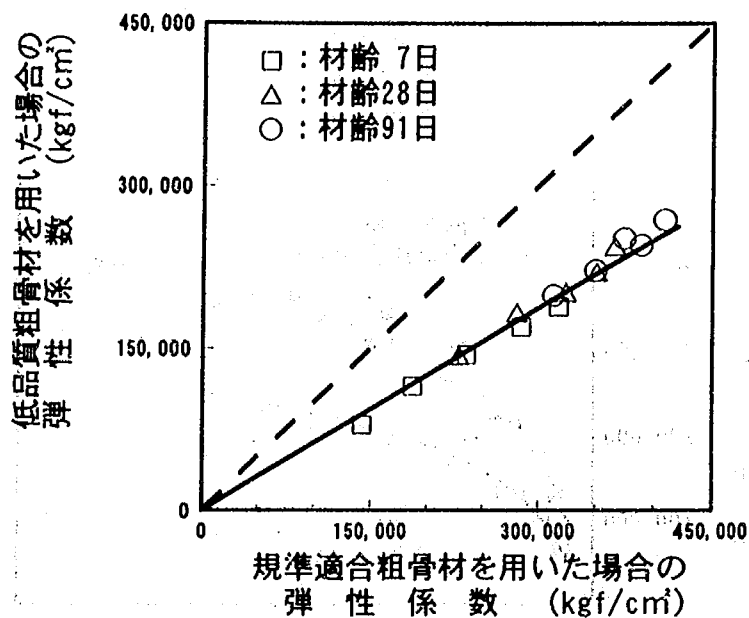


図- 4.11 弾性係数の比較

次に、図-4.12は、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートに対して、圧縮強度と弾性係数の関係を示したものである。図に示すように、圧縮強度と引張強度の関係は非線形で、圧縮強度の増加に対する弾性係数の伸びは、圧縮強度の増加とともに徐々に低下していくことがわかる。また、低品質粗骨材を用いたコンクリートと規準適合粗骨材を用いたコンクリートを比較すると、圧縮強度が同じであっても弾性係数は低品質粗骨材を用いたコンクリートの方が常に小さくなっている。なお、圧縮強度と弾性係数の関係は次の対数関数で近似することができる^{3)、4)}。

低品質粗骨材の場合：

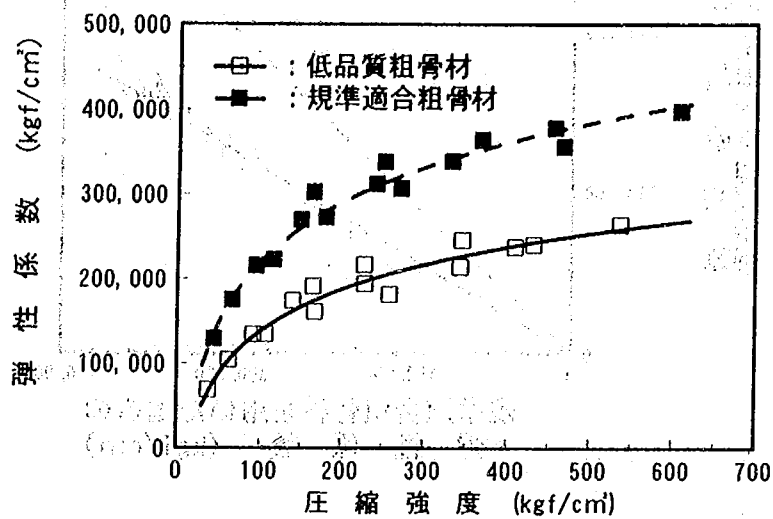
$$E = 72100 \cdot \ln(f_c) - 195000$$

規格適合粗骨材の場合：

$$E = 102400 \cdot \ln(f_c) - 252700$$

ここに、 E ：弾性係数 (kgf/cm^2)

f_c ：圧縮強度 (kgf/cm^2)



図一 4.12 圧縮強度と弾性係数の関係

5 まとめ

本論文では、骨材の品質規準から外れた低品質粗骨材を用いたコンクリートと骨材の品質規準に適合した規準適合粗骨材を用いたコンクリートに対して圧縮強度、引張強度、弾性係数の比較試験を実施し、その差異について考察を加えた。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 所要のスランプを得るために必要な単位ペースト量は、低品質粗骨材を用いたコンクリートの方が規準適合粗骨材を用いたコンクリートよりもやや大きくなった（今回の試験では約5%）。
- (2) コンクリートの強度があまり高くない場合（今回の試験では圧縮強度が 400kgf/cm^2 以下、引張強度が 20kgf/cm^2 以下の場合）、コンクリートの圧縮強度、引張強度は水セメント比によって定まり、低品質粗骨材を用いた場合と規準適合粗骨材を用いた場合で、両者の圧縮強度、引張強度にほとんど差は生じない。
しかし、強度が高いコンクリートでは、骨材の品質がコンクリートの品質に影響を及ぼし、低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度、引張強度は規準適合粗骨材を用いた圧縮強度、引張強度よりも小さくなる。
- (3) 骨材の品質がコンクリートに及ぼす影響は、圧縮強度よりも引張強度において早く現れる。すなわち、低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度と規準適合粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度が同一であっても、低品質粗骨材を用いたコンクリートの引張強度は規準適合粗骨材を用いたコンクリートの引張強度より劣る場合がある。
- (4) コンクリートの弾性係数は骨材の品質によって大きな影響を受ける。低品質粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度や引張強度が規準適合粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度や引張強度と同一であっても、低品質粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数は規準適合粗骨材を用いたコンクリートの弾性係数よりも常に小さくなる（今回の試験では60%程度）。

重力式コンクリートダムでは、堤体に発生する応力は比較的小さく、また、引張強度や弾性係数の大きさが堤体の設計上問題となることも少ない。このため、耐久性に関する要件が少ない重力式コンクリートダムの内部コンクリートに、今回実験を行ったような低品質粗骨材を用いることは十分可能と考えられる。

参考文献

- 1) 岩盤力学委員会：軟岩の調査・試験の指針（案）、土木学会、pp60～63、1993
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書（平成3年版）規準編、pp286～289、1991
- 3) 永山功、渡辺和夫、向江幸介：低品質骨材を含有したコンクリートの強度、変形特性に関する実験的検討、土木研究所資料、第3194号、1993
- 4) 永山功、渡辺和夫、佐々木隆、大野直行：低品質骨材を含有したコンクリートの強度、変形特性に関する実験的検討、第49回土木学会年次講演会、49-V、1994

データ集

資料-1: 低品質粗骨材1個ずつの比重・吸水率

資料-2: 規準適合粗骨材1個ずつの比重・吸水率

資料-3: モルタルおよび石膏の圧縮強度

資料-4: モルタルおよび石膏の点載荷強度

資料-1 低品質粗骨材1個ずつの比重・吸水率

番号	表乾重量 (g)	水中重量 (g)	絶乾重量 (g)	比重	吸水率 (%)	番号	表乾重量 (g)	水中重量 (g)	絶乾重量 (g)	比重	吸水率 (%)
1	70.5	42.9	68.5	2.554	2.920	51	45.8	28.8	45.5	2.694	0.659
2	59.8	36.5	58.1	2.567	2.926	52	61.3	38.7	59.5	2.712	3.025
3	79.5	48.6	77.1	2.573	3.113	53	55.2	35.0	55.1	2.733	0.181
4	46.3	28.6	43.9	2.616	5.467	54	82.4	50.5	79.8	2.583	3.258
5	60.6	38.2	60.5	2.705	0.165	55	63.5	39.3	62.4	2.624	1.763
6	65.0	41.3	63.2	2.743	2.848	56	69.5	42.2	66.6	2.546	4.354
7	57.3	35.6	56.2	2.641	1.957	57	65.1	41.0	64.2	2.701	1.402
8	85.6	52.7	83.3	2.602	2.761	58	60.4	36.1	57.7	2.486	4.679
9	64.7	39.4	62.7	2.557	3.190	59	62.6	39.4	60.9	2.698	2.791
10	74.2	46.4	71.3	2.669	4.067	60	60.6	37.3	59.3	2.601	2.192
11	64.7	40.0	63.8	2.619	1.411	61	64.6	39.9	61.8	2.615	4.531
12	55.2	34.1	54.1	2.616	2.033	62	72.2	44.4	70.2	2.597	2.849
13	63.6	39.7	62.1	2.661	2.415	63	69.5	43.2	67.7	2.643	2.659
14	65.1	40.4	63.6	2.636	2.358	64	81.4	51.3	79.1	2.704	2.908
15	103.1	64.1	99.3	2.644	3.827	65	81.4	50.7	80.3	2.651	1.370
16	52.7	33.2	51.3	2.703	2.729	66	44.7	27.6	43.3	2.614	3.233
17	81.7	49.2	78.2	2.514	4.476	67	73.7	46.5	72.0	2.710	2.361
18	72.4	44.5	70.1	2.595	3.281	68	57.4	35.7	56.4	2.645	1.773
19	50.4	31.3	49.2	2.639	2.439	69	71.4	44.6	69.6	2.664	2.586
20	64.7	39.7	63.0	2.588	2.698	70	48.0	29.8	46.2	2.637	3.896
21	50.7	31.3	50.1	2.613	1.198	71	61.4	38.4	59.7	2.670	2.848
22	70.2	43.7	68.9	2.649	1.887	72	47.4	29.0	46.1	2.576	2.820
23	78.4	48.1	76.8	2.587	2.083	73	55.4	35.1	53.5	2.729	3.551
24	67.6	42.4	65.9	2.683	2.580	74	57.6	36.2	57.4	2.692	0.348
25	76.1	47.7	75.6	2.680	0.661	75	81.0	50.4	78.5	2.647	3.185
26	89.6	55.6	87.1	2.635	2.870	76	60.0	36.7	58.2	2.575	3.093
27	57.0	35.2	55.8	2.615	2.151	77	66.9	41.9	64.7	2.676	3.400
28	61.9	38.5	60.6	2.645	2.145	78	53.1	34.8	52.7	2.902	0.759
29	74.1	46.4	73.6	2.675	0.679	79	48.9	31.1	48.8	2.747	0.205
30	59.1	37.3	59.0	2.711	0.169	80	69.4	42.6	67.9	2.590	2.209
31	52.8	32.7	51.8	2.627	1.931	81	65.6	40.5	64.4	2.614	1.863
32	71.3	43.6	68.7	2.574	3.785	82	79.4	48.1	76.3	2.537	4.063
33	76.8	48.0	73.7	2.667	4.206	83	56.1	35.3	54.8	2.697	2.372
34	54.1	32.5	51.2	2.505	5.664	84	72.0	44.6	70.6	2.628	1.983
35	63.7	40.0	62.9	2.688	1.272	85	61.0	37.0	59.8	2.542	2.007
36	82.5	52.1	80.3	2.714	2.740	86	53.7	33.5	53.0	2.658	1.321
37	54.9	34.2	54.0	2.652	1.667	87	56.9	35.2	54.2	2.622	4.982
38	59.3	36.6	57.5	2.612	3.130	88	60.5	36.9	59.4	2.564	1.852
39	65.8	41.5	64.7	2.708	1.700	89	72.2	44.7	70.4	2.625	2.557
40	68.9	41.4	66.7	2.505	3.298	90	63.6	33.9	62.2	2.721	2.682
41	70.8	44.9	69.3	2.734	2.165	91	70.0	43.3	68.9	2.622	1.597
42	60.2	37.8	58.7	2.688	2.555	92	84.6	52.4	83.2	2.627	1.683
43	70.2	43.9	69.3	2.669	1.299	93	68.1	42.4	65.5	2.650	3.969
44	50.5	31.7	49.9	2.686	1.202	94	45.8	28.9	45.0	2.710	1.778
45	76.0	47.1	75.3	2.630	0.930	95	62.6	38.1	60.3	2.555	3.814
46	47.3	30.0	46.6	2.734	1.502	96	62.3	37.6	60.4	2.522	3.146
47	70.5	42.6	68.0	2.527	3.676	97	76.8	48.0	74.8	2.667	2.674
48	57.1	35.3	56.4	2.619	1.241	98	63.4	39.0	62.5	2.598	1.440
49	58.8	37.0	57.8	2.697	1.730	99	53.3	32.8	52.1	2.600	2.303
50	100.1	62.5	96.8	2.662	3.409	100	71.3	44.6	69.8	2.670	2.149
							平均値			2.639	2.477
							最大値			2.902	5.664
							最小値			2.486	0.165
							標準偏差			0.065	1.159
							変動係数 (%)			2.467	46.78

資料-2 規準適合粗骨材1個ずつの比重・吸水

番号	表乾重量 (g)	水中重量 (g)	絶乾重量 (g)	比重	吸水率 (%)	番号	表乾重量 (g)	水中重量 (g)	絶乾重量 (g)	比重	吸水率 (%)
1	99.4	63.6	99.1	2.777	0.303	51	61.7	40.6	61.4	2.685	0.466
2	83.1	52.2	82.9	2.689	0.241	52	77.1	48.3	76.8	2.677	0.391
3	47.3	29.0	47.0	2.585	0.638	53	59.5	37.3	59.5	2.680	0.000
4	65.1	40.6	64.9	2.657	0.308	54	69.5	43.8	69.3	2.704	0.289
5	57.2	35.8	57.1	2.673	0.175	55	66.8	41.9	66.5	2.683	0.451
6	51.9	32.4	51.7	2.662	0.387	56	63.9	40.2	63.7	2.696	0.314
7	60.4	37.7	60.2	2.661	0.332	57	69.6	43.4	69.5	2.656	0.144
8	65.7	40.8	65.5	2.639	0.305	58	60.3	37.4	60.0	2.633	0.500
9	71.9	45.2	71.6	2.693	0.419	59	54.4	33.9	53.9	2.654	0.928
10	65.2	41.0	65.0	2.694	0.308	60	55.2	34.9	54.9	2.719	0.546
11	58.4	36.8	58.2	2.704	0.344	61	87.8	55.0	87.6	2.677	0.228
12	57.6	36.2	57.5	2.692	0.174	62	53.0	33.0	52.6	2.650	0.760
13	51.1	31.8	51.0	2.648	0.196	63	64.5	40.2	64.3	2.654	0.311
14	76.1	47.7	75.9	2.680	0.264	64	57.5	35.5	57.0	2.614	0.877
15	63.4	39.6	63.2	2.664	0.316	65	76.2	48.2	76.0	2.721	0.263
16	71.2	44.6	70.9	2.677	0.423	66	82.1	51.6	81.9	2.692	0.244
17	56.5	35.5	56.3	2.690	0.355	67	63.9	40.1	63.5	2.685	0.630
18	78.4	49.1	78.2	2.676	0.256	68	94.1	58.6	93.7	2.651	0.427
19	57.2	35.8	57.0	2.673	0.351	69	51.8	32.5	51.7	2.684	0.193
20	47.2	29.8	47.0	2.713	0.426	70	63.5	39.9	63.2	2.691	0.475
21	75.7	47.6	75.5	2.694	0.265	71	61.5	38.5	61.3	2.674	0.326
22	67.8	42.4	67.6	2.669	0.296	72	73.0	46.3	72.7	2.734	0.413
23	63.5	39.9	63.3	2.691	0.316	73	77.7	48.3	77.5	2.643	0.258
24	71.6	45.0	71.3	2.692	0.421	74	52.6	33.0	52.5	2.684	0.190
25	96.9	61.0	96.6	2.699	0.311	75	47.9	29.9	47.6	2.661	0.630
26	53.5	33.5	53.2	2.675	0.564	76	75.9	48.0	75.7	2.720	0.264
27	78.1	48.5	77.8	2.639	0.386	77	57.9	36.6	57.6	2.718	0.521
28	67.0	42.2	66.9	2.702	0.149	78	51.5	32.6	51.2	2.725	0.586
29	56.9	36.1	56.7	2.736	0.353	79	70.0	44.1	69.8	2.703	0.287
30	77.3	48.4	77.1	2.675	0.259	80	55.9	35.8	55.8	2.781	0.179
31	60.0	37.7	59.9	2.691	0.167	81	86.8	54.8	86.7	2.713	0.115
32	70.1	44.1	69.8	2.696	0.430	82	61.9	39.1	61.7	2.715	0.324
33	75.0	46.8	74.5	2.660	0.671	83	47.0	29.3	46.8	2.655	0.427
34	73.2	45.7	72.9	2.662	0.412	84	59.1	36.9	58.9	2.662	0.340
35	54.4	34.3	54.1	2.706	0.555	85	69.9	43.8	69.8	2.678	0.143
36	78.4	49.4	78.1	2.703	0.384	86	77.0	47.6	76.8	2.619	0.260
37	82.0	51.5	81.8	2.689	0.244	87	66.4	41.7	66.3	2.688	0.151
38	61.5	38.6	61.3	2.686	0.326	88	60.9	38.4	60.7	2.707	0.329
39	60.0	37.7	59.7	2.691	0.503	89	59.8	37.4	59.6	2.670	0.336
40	69.5	43.7	69.4	2.694	0.144	90	63.7	40.0	63.6	2.688	0.157
41	53.6	33.8	53.4	2.707	0.375	91	70.8	44.3	70.5	2.672	0.426
42	61.4	39.1	61.1	2.753	0.491	92	58.7	37.0	58.5	2.705	0.342
43	66.4	41.7	66.2	2.688	0.302	93	68.7	43.3	68.6	2.705	0.146
44	91.6	57.4	91.3	2.678	0.329	94	68.1	42.5	67.8	2.660	0.442
45	62.4	39.3	62.3	2.701	0.161	95	57.2	36.0	57.0	2.698	0.351
46	67.9	42.8	67.7	2.705	0.295	96	63.4	39.6	62.9	2.664	0.795
47	74.3	46.4	73.9	2.663	0.541	97	55.3	34.7	55.3	2.684	0.000
48	74.8	46.6	74.5	2.652	0.403	98	65.2	41.0	65.1	2.694	0.154
49	52.3	32.8	52.2	2.682	0.192	99	83.6	52.1	83.2	2.654	0.481
50	82.1	51.5	81.7	2.683	0.490	100	76.9	48.2	76.3	2.679	0.786
							平均値			2.684	0.358
							最大値			2.781	0.928
							最小値			2.685	0.000
							標準偏差			0.030	0.173
							変動係数 (%)			1.102	48.26

資料- 3 モルタルおよび石膏の圧縮強度

名称	材齢	圧縮強度 (kgf/cm ²)	平均値 (kgf/cm ²)
M-1-1	7	172.8	171.6
M-1-2		166.3	
M-1-3		175.6	
M-2-1	19	260.1	271.1
M-2-2		286.9	
M-2-3		266.2	
M-3-1	27	393.8	396.7
M-3-2		399.8	
M-3-3		396.6	
M-4-1	28	350.0	425.3
M-4-2		489.7	
M-4-3		436.3	
M-5-1	56	656.5	639.5
M-5-2		598.6	
M-5-3		663.6	
P-1	—	12.7	12.7
P-2	—	173.9	173.9
P-3	—	482.9	482.9

資料-4 モルタルおよび石膏の点荷強度

番号	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	P-1	P-2	P-3
1	27.35	47.56	64.21	40.34	99.69	6.24	25.45	62.05
2	37.46	46.62	67.31	52.98	82.77	11.47	28.73	63.02
3	23.81	31.85	64.26	51.32	76.75	6.35	34.22	62.16
4	22.98	45.95	67.20	72.22	70.47	8.77	27.05	63.89
5	26.49	41.30	51.80	55.91	89.69	7.13	24.20	73.67
6	37.31	36.93	55.46	69.69	103.19	6.92	21.91	60.30
7	29.14	37.38	63.92	66.65	94.59	7.53	25.02	47.75
8	28.12	35.49	65.36	68.48	89.84	8.73	26.09	54.46
9	28.94	34.01	45.96	61.11	98.39	7.21	27.04	44.46
10	37.92	34.25	37.95	70.57	92.27	5.75	26.44	47.60
11	25.90	46.36	55.72	61.93	87.88	10.44	23.40	50.41
12	19.98	58.79	52.86	66.44	88.55	8.29	25.83	36.54
13	22.96	39.95	61.11	69.09	94.09	8.46	33.95	57.05
14	28.12	39.88	57.07	67.80	106.79	8.67	28.29	38.58
15	26.98	31.38	70.41	39.35	80.59	9.53	27.36	38.58
16	26.22	36.17	62.59	63.47	74.84	8.68	26.82	57.36
17	23.88	32.10	66.13	60.71	68.35	7.09	27.60	46.17
18	40.82	33.56	57.87	77.16	73.72	8.17	26.89	41.14
19	27.23	50.99	61.26	52.28	63.13	7.43	24.57	61.79
20	29.67	45.59	62.22	62.16	89.75	7.49	28.90	68.09
21	36.36	50.12	54.94	95.37	53.26	6.88	23.12	61.73
22	23.18	38.85	57.07	59.08	93.96	8.17	20.45	66.12
23	32.20	37.12	65.39	51.80	61.95	7.83	29.58	36.33
24	29.55	44.32	45.57	58.56	96.14	6.49	27.04	50.47
25	27.78	37.62	70.42	74.69	74.27	7.65	31.24	64.02
26	27.54	46.64	36.36	60.90	89.25	7.09	35.91	41.63
27	27.47	40.15	38.58	63.20	53.05	5.46	31.84	35.30
28	24.06	52.70	43.25	62.35	96.17	5.93	40.15	47.70
29	33.06	40.79	61.26	61.40	80.44	7.57	26.89	51.00
30	19.27	39.51	35.29	77.61	89.75	6.13	28.99	44.19
31	29.93	38.89	55.46	51.60	91.61	7.26	31.15	51.42
32	23.56	33.51	67.78	61.54	78.89	7.13	22.40	39.21
33	31.09	42.45	35.11	65.31	87.14	7.86	33.37	49.90
34	22.43	43.57	45.33	72.29	84.99	7.43	25.83	37.04
35	26.63	37.72	57.34	62.22	79.36	7.56	29.11	61.63
36	24.63	51.35	46.91	66.65	75.84	8.79	23.79	44.12
37	21.93	37.10	50.39	65.31	84.42	4.60	32.22	50.44
38	17.58	30.37	75.44	64.21	94.73	7.28	31.83	50.57
39	27.03	41.79	62.69	104.10	72.04	7.88	28.16	60.00
40	17.82	39.82	30.55	57.45	89.92	7.81	21.37	60.57
41	33.79	46.62	64.19	57.30	78.55	5.73	31.41	63.02
42	23.95	44.14	58.60	53.28	81.54	6.12	30.62	63.50
43	29.08	50.66	67.31	69.44	92.11	8.32	24.65	61.11
44	37.53	71.21	52.13	40.85	82.05	7.83	23.09	44.08
45	23.95	46.25	38.40	50.56	79.95	6.71	29.86	63.57
46	19.41	28.25	52.03	55.93	77.29	7.35	27.76	54.59
47	23.44	29.32	47.18	38.89	72.72	8.93	29.82	63.33
48	18.93	65.16	34.05	68.05	64.28	8.49	29.41	68.39
49	24.69	32.47	39.34	73.54	79.34	8.17	21.91	60.49
50		42.49	90.54	59.91	84.55	7.78	27.52	74.48
平均値	27.12	41.74	55.39	62.66	82.90	7.57	27.81	53.90
最小値	17.58	28.25	30.55	38.89	53.05	4.60	20.45	35.30
最大値	40.82	71.21	90.54	104.10	106.79	11.47	40.15	74.48
標準偏差	5.48	8.57	12.32	11.92	11.79	1.22	3.95	10.44
変動係数	20.21	20.54	22.24	19.02	14.22	16.09	14.22	19.36
データ数	49	50	50	50	50	50	50	50

低品質骨材がコンクリートの
強度、変形性に及ぼす影響に
関する実験的検討

ISSN0386-5878
土木研究所資料第3442号
平成8年5月(1996)

ダム構造研究室 室長 永山 功
主任研究員 渡辺 和夫
研究員 西澤賢太郎
(前)交流研究員 大下 昌利

太田 道男

要 旨

現行の骨材品質規準から外れた低品質粗骨材を用いたコンクリートの強度、変形性について試験を実施した。その結果、コンクリートの弾性係数は低品質骨材の影響を受けて低下するが、コンクリートの圧縮強度については、特別に強度の大きなコンクリートでない限り低品質骨材の影響は認められなかった。

キーワード：低品質骨材、コンクリート、ダム、強度、変形性

郵便はがき

50
円切
手
を
は
つ
て
下
さ
い。

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
ダム構造研究室 行

No. _____

土研資料第3442号

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第3442号

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名

印

土木研究所資料第3442号