

人工軽量骨材コンクリートの一考察

加賀美一二三*・長谷川 博**・兼行 啓治*

A Study of Artificial Light Weight Aggregate Concrete

Hifumi KAGAMI, Hiroshi HASEGAWA and Keiji KANEYUKI

Abstract

According to scarcity of gravel at present in Japan, the crushed stone and artificial light weight gravel have greatly used for concrete.

It is a report that the authors researched some properties for artificial light weight concrete and its applicable values by use of several fine aggregates and the kinds of fine aggregate related to the workability, some properties of those on the experimental results.

1. 緒 言

本邦においては、一般砂利の欠乏をきたし、昭和44年度よりは碎石骨材に移行する状態にある。

他方、軽量骨材の使用量は逐年増加し、碎石コンクリート、軽量コンクリートの配合ならびに力学的性状に関する研究がきわめてさかんである。

ここに、単位セメント量、水セメント比、細骨材をかえた場合の軽量コンクリートの応用研究として、ワーカビリティ、強度性状、単位容積重量、養生方法、および締め固め方法などの影響について実験的研究を実施したのでその内容を報告する。

2. 使用材料

2・1 セメント

宇部興産 普通ポルトランドセメント 比重 3.15

2・2 細骨材

川砂、海砂、砕砂および人工軽量骨材の4種とし、Table 1に物理的性質を、Fig. 1に粒度曲線をしめした。

2・3 粗骨材

大阪セメント製人工軽量骨材を用いた。その物理的性質は Table 1にしめすとおりである。

なお細粗骨材の写真を photo. 1にしめした。

Table 1 Properties of aggregate

Kinds of aggregate Each term of experiment	Coarse aggregate	Fine aggregate			
		River-sand	Sea-sand	Crushed-sand	Artif. light wt. sand
Specific gravity	1.35	2.53	2.58	2.65	1.98
Absorption (%)	2.82	1.37	1.01	0.99	2.23
Unit weight (kg/m ³)	810	1640	1650	1640	1320
Fineness modulus	6.45	3.96	2.14	3.52	2.60
Organic impurities	0	0	0	0	0
% of void	40.0	35.2	36.0	38.1	33.3
% of absolute volume	60.0	64.8	64.0	61.9	66.7

* 土木工学教室

** 工業短期大学部土木工学教室

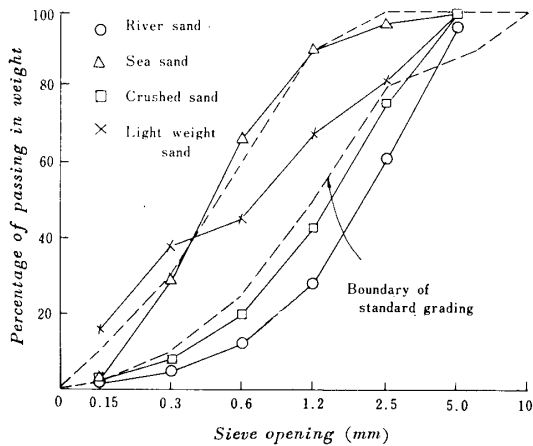


Fig.1 Grading curves of fine aggregate

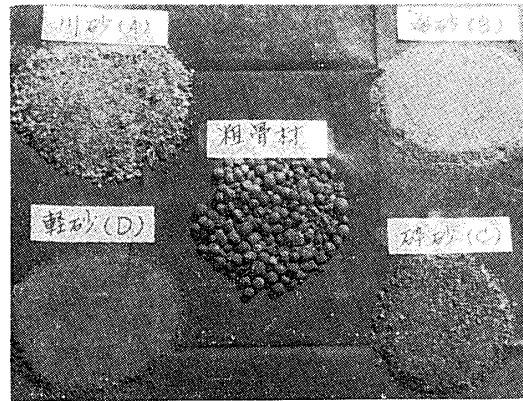


Photo. 1 Photograph of aggregate

3. 実 験

3.1 コンクリートの配合

コンクリートの配合を定めるに当たっての基本的な考え方として次のような条件を設定して実施した。

- (1) 単位水量を一定とする。
- (2) 同一スランブ値を採用する。
- (3) 細骨材の相違およびセメント量の増減によって

おこるスランブ値の変動は s/a を増減して補う。

試し練りによって単位水量 165kg/m^3 を決定し、単位セメント量を $200, 250, 300$ および 350kg/m^3 の4種とすることによって水セメント比を変化させた。

これらの各種コンクリートに2.2項でのべた細骨材を使用することによって、コンクリート種別を16種類とし目標スランブ値が $3 \pm 1\text{cm}$ となるよう配合を定めた。この結果をしめすと Table 2 のとおりである。

3.2 供 試 体

細骨材は表面乾燥飽水状態とし、粗骨材はプレウエ

Table 2 Design of concrete proportion

Kinds of concrete	Kinds of fine aggregate	Max. size of coarse aggregate	Slump (cm)	Air (%)	w/c (%)	s/a (%)	Unit weight. (kg/m ³)			
							W	C	S	G
I	A	15	3.0	2.6	83	42	165	200	793	585
	B	15	3.7	2.7	83	40	165	200	770	605
	C	15	3.0	2.8	83	36	165	200	712	645
	D	15	3.0	3.0	83	39	165	200	576	615
II	A	15	3.0	2.5	66	43	165	250	795	562
	B	15	3.2	2.8	66	43	165	250	811	562
	C	15	2.7	2.8	66	38	165	250	736	612
	D	15	3.8	3.8	66	41	165	250	593	582
III	A	15	3.2	2.8	55	43	165	300	778	550
	B	15	3.7	2.8	55	43	165	300	793	550
	C	15	2.7	3.2	55	39	165	300	793	589
	D	15	3.0	4.0	55	41	165	300	580	569
IV	A	15	4.3	2.7	47	41	165	350	725	557
	B	15	4.3	3.0	47	41	165	350	739	557
	C	15	3.8	3.2	47	37	165	350	685	594
	D	15	3.8	3.6	47	39	165	350	540	576

A : River sand, B : Sea sand,
 C : Crushed sand, D : Artifi. light wt. sand,

ッシングしたものについて表面水を測定して用いた。

コンクリートは手練りで十分に練り、スランプ試験空気量測定、単位容積重量試験をしたのち切り返して直ちに $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の型わくに三層につめ、各層は突き棒で12回ついて仕上げたものと、型わくの上面より外部バイブレーターを13秒間使用したものを作製した。これらの各供試体は打込後24時間を経て脱型し、温度 24°C 、湿度 75% の恒温恒湿室で水中養生したものと空中養生したもののおおの28日間養生した。

3.3 強度試験

圧縮強度試験 (JIS A1108) および引張強度試験 (JIS A1113) は何れも材令28日で実施した。また圧縮強度用供試体3本のうち2本はダイヤルゲージによって圧縮ひずみを測定しヤング係数を算定した。

4. 圧縮強度試験結果とその考察

4.1 $c/w-\sigma_{28}$ の関係

圧縮強度試験の結果を示すと Table 3, 4 のとおりである。この結果各種コンクリートの圧縮強度とセメント水比の関係式は次のように与えられる。

川砂(A)一棒突き	一水中養生 $\sigma_{28} = -206 + 247c/w$
棒突き	一空中養生 $\sigma_{28} = -138 + 187c/w$
振動締固め一水中養生	$\sigma_{28} = -154 + 208c/w$
振動締固め一空中養生	$\sigma_{28} = -107 + 158c/w$
海砂(B)一棒突き	一水中養生 $\sigma_{28} = -113 + 190c/w$
棒突き	一空中養生 $\sigma_{28} = -66 + 144c/w$
振動締固め一水中養生	$\sigma_{28} = -89 + 168c/w$
振動締固め一空中養生	$\sigma_{28} = -33 + 119c/w$
砕砂(C)一棒突き	一水中養生 $\sigma_{28} = -227 + 262c/w$
棒突き	一空中養生 $\sigma_{28} = -160 + 196c/w$
振動締固め一水中養生	$\sigma_{28} = -180 + 233c/w$
振動締固め一空中養生	$\sigma_{28} = -125 + 172c/w$
軽砂(D)一棒突き	一水中養生 $\sigma_{28} = -160 + 225c/w$
棒突き	一空中養生 $\sigma_{28} = -118 + 187c/w$
振動締固め一水中養生	$\sigma_{28} = -113 + 184c/w$
振動締固め	空中養生 $\sigma_{28} = -89 + 161c/w$

現在市販されている人工軽量骨材は普通骨材に比して脆弱であり、そのために高強度人工軽量骨材コンクリートの破壊は骨材によっておこるといわれている。

本実験は、一般軽量コンクリートとおもわれる範囲について実施したので Fig. 2, 3 からも明らかなど、各種コンクリートとも直線関係にあるといえる。

これらの $c/w-\sigma_{28}$ 線からいえることは、水量が一定の条件下でセメント量の増加に伴う圧縮強度の増

進率はC, A砂コンクリートが大きく、貧配合の領域における圧縮強度はB, D砂コンクリートが大きいことである。

$c/w-\sigma_{28}$ 線を振動締固めによる場合も含めて一応16種類示したが、主として細骨材および養生方法が相違したときの関係を実用的見地より提示したものである。振動締固めは、振動機の種類時間、周期などコンクリート施工においては条件の異なることも推測されるので、この点考慮しなければならない。

4.2 細骨材

単位セメント量の異なる各型コンクリートの圧縮強度は、I, II型コンクリートではB, D砂コンクリートが、IV型コンクリートではC, A砂コンクリートが大きくあらわれている。

I, II型コンクリートの圧縮強度は $100 \sim 180\text{kg/cm}^2$ 程度とみなされ、この領域では粒度組成とか粒子の形状の良否が供試体製作作業の難易に影響をおよぼし、圧縮強度に差異を生じたものと考えられる。

III型コンクリートの圧縮強度は 250kg/cm^2 程度で大きな差異はなく、この領域では細骨材の影響は無視できるものとみなされる。

IV型コンクリートの場合、各砂コンクリートともワーカビリチーは非常によくなり平均圧縮強度は、 300kg/cm^2 であった。この領域ではセメントペーストの強度が増大しているためコンクリートの破壊は、骨材の外形的性質よりも石質など骨材自身の強度に支配されるものと考えられる。C, A砂コンクリートが貧配合で小さく富配合で大きくあられ、B, D砂コンクリートがこれと逆な傾向にあることは前述のことを立証しているものといえる。

各型コンクリート中における細骨材の占める絶対容積は等しく定めてあるので、細骨材を包含するセメントペーストの膜厚は、A, C, D, Bの順序であると考えられるが、膜厚と圧縮強度との関連性は認められなかった。

4.3 養生方法

水中養生供試体に対する空中養生供試体の圧縮強度の減少率をしめすと Table 5 のとおりである。

細骨材別に減少率を比較してみると、最大値をしめたのはC砂コンクリートで $20 \sim 25\%$ 低下し、最小の減少率はD砂コンクリートで、ほぼ 10% であった。

Table 1 にみられるようにD砂の吸水量は他のA, B, C砂にくらべて非常に大きく、このような細骨材を用いた空中養生供試体においては、吸水量の小さい細骨材を用いたものより、セメントの硬化作用に必要な

Table 3 Results of tensile and compressive strength

Kinds of concrete	Methods of curing	Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Compressive strength σ_c (kg/cm ²)				Tensile strength σ_t (kg/cm ²)	Coeff. of brittleness σ_t/σ_c
				No 1	No 2	No 3	Mean values		
I	W _c	R	A	81	102	88	90	9.5	0.105
			B	117	120	114	117	11.8	0.101
			C	97	88	103	96	11.8	0.123
			D	117	107	112	112	13.4	0.120
		V	A	89	84	81	85	9.5	0.112
			B	127	110	123	120	13.0	0.108
			C	103	90	118	104	14.6	0.141
			D	112	118	122	117	13.0	0.111
	A _c	R	A	66	102	97	88	11.4	0.130
			B	116	108	120	115	13.0	0.113
			C	75	87	76	79	11.1	0.141
			D	111	104	121	112	10.1	0.090
		V	A	76	81	84	80	8.2	0.102
			B	110	112	114	112	9.9	0.089
			C	81	78	87	82	10.1	0.123
			D	116	99	102	106	12.1	0.114
II	W _c	R	A	172	191	171	178	18.1	0.102
			B	191	181	174	182	17.1	0.094
			C	168	177	171	172	22.3	0.130
			D	188	185	172	182	20.4	0.112
		V	A	176	182	186	181	15.6	0.086
			B	165	153	157	158	17.8	0.113
			C	199	159	157	172	19.7	0.115
			D	158	162	158	159	20.4	0.128
	A _c	R	A	140	143	153	145	15.3	0.105
			B	155	153	151	152	14.9	0.098
			C	140	151	149	147	14.3	0.097
			D	158	158	165	160	18.1	0.113
		V	A	127	143	146	139	13.4	0.097
			B	134	163	157	151	15.3	0.101
			C	130	135	139	135	15.9	0.118
			D	149	160	158	156	15.3	0.098

W_c : Water curing, A_c : Air curing, R : Rodding method,
V : Vibrating compaction

Table 4 Results of tensile and compressive strength

Kinds of concrete	Methods of curing	Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Compressive strength σ_c (kg/cm ²)				Tensile strength σ_t (kg/cm ²)	Coeff. of brittleness σ_t/σ_c
				1	2	3	Mean values		
III	W _c	R	A	247	250	230	249	17.5	0.070
			B	214	243	239	248	21.8	0.1
			C	222	239	260	242	27.7	0.114
			D	260	258	267	260	23.5	0.090
		V	A	227	244	233	235	21.0	0.089
			B	234	224	211	220	22.9	0.104
			C	252	262	248	254	25.4	0.1
			D	222	218	223	221	22.3	0.101
	A _c	R	A	206	214	220	213	15.9	0.075
			B	183	178	178	180	14.3	0.080
			C	190	173	165	176	16.2	0.092
			D	222	239	237	233	14.6	0.063
V		A	168	199	202	190	15.3	0.031	
		B	164	180	178	174	15.6	0.090	
		C	199	213	196	203	16.5	0.081	
		D	196	216	218	210	19.1	0.091	
IV	W _c	R	A	303	321	306	310	32.7	0.105
			B	285	311	267	288	29.9	0.104
			C	330	323	339	331	36.9	0.112
			D	293	313	316	307	28.9	0.094
		V	A	256	278	281	272	25.8	0.095
			B	247	255	293	265	24.5	0.093
			C	297	318	303	306	33.4	0.109
			D	272	277	290	278	28.6	0.103
	A _c	R	A	255	247	247	250	22.9	0.092
			B	236	257	250	248	24.8	0.1
			C	252	265	270	262	22.3	0.085
			D	283	265	270	273	26.4	0.097
		V	A	218	210	228	212	18.4	0.087
			B	223	218	223	221	20.7	0.094
			C	204	234	248	229	23.5	0.103
			D	238	262	239	245	20.4	0.083

W_c : Water curing, A_c : Air curing, R : Rodding method,
V : Vibrating compaction

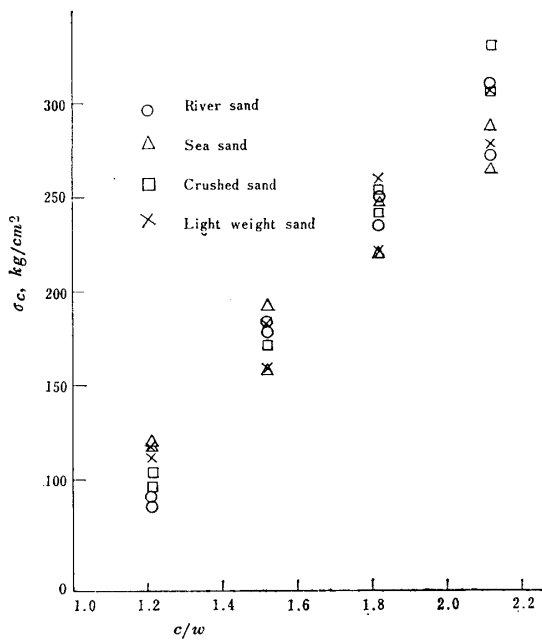


Fig. 2 Relation between cement water ratio and compressive strength (Water curing)

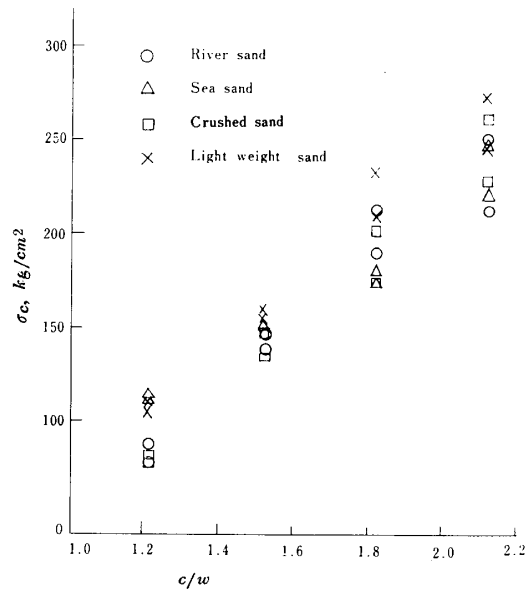


Fig. 3 Relation between cement water ratio and compressive strength (Air curing)

Table 5 Percentage of decrease in air curing

Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Compression (%)				Tension (%)			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
R	A	2.0	18	14	19	20	16	9.0	30
	B	2.0	16	27	14	10	13	42	17
	C	18	14	27	21	6.0	37	42	40
	D	0.0	12	10	11	23	11	38	8.6
V	A	6.0	23	19	22	14	14	3.8	30
	B	7.0	4	21	17	24	14	32	16
	C	21	21	20	25	31	19	35	30
	D	5.0	2.0	5.0	11	7.0	25	14	29

※ Temperature 24°C, Humidity 75%,

な湿度が長く保たれ、D砂コンクリートの減少率が小さいのはこのような理由によるものと思われる。

つぎにコンクリートの型別にみると、水セメント比の大きいI型コンクリートの減少率が小である。

これは水セメント比に伴うコンクリート中の自由水の多少による関係があらわれているものと思われる。

4.4 締固め方法

Table 6 に締固め方法と圧縮強度の関係をしめた。この結果によれば、I, II型コンクリートでは、振

動締固めによるほうが3%程度大きくあらわれ、III, IV型コンクリートでは5~10%程度低下した。

つぎに細骨材別にみると、振動効果のあらわれたのはC砂コンクリートのみで、他のA, B, D砂コンクリートについてはその効果は認められなかった。

III, IV型コンクリートが振動によって低下した原因は、セメント量の増大につれてワーカビリチーがよくなったために骨材粒の極微量の移動を助長したためと考えられる。

Table 6. Ratio of Vibrating Compaction and rodding method

Methods of curing	Kinds of aggregate	Compression				Tension			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Water curing	A	0.95	1.02	0.94	0.89	1.00	0.86	1.20	0.79
	B	1.03	1.04	0.89	0.92	1.10	1.04	0.92	0.82
	C	1.00	1.00	1.05	0.93	1.24	0.88	0.92	0.91
	D	1.04	0.87	0.85	0.89	0.98	1.00	0.95	0.99
Air curing	A	0.82	0.96	0.89	0.85	0.72	0.88	0.96	0.80
	B	0.98	0.96	0.97	0.89	0.76	1.03	1.09	0.83
	C	1.04	0.92	1.15	0.88	0.91	1.11	1.02	1.05
	D	0.95	0.98	0.90	0.90	1.20	0.85	1.31	0.80

5. 引張強度試験結果とその考察

5.1 細骨材

試験の結果ならびに σ_t/σ_{cy} 値は Table 4 にしめした。引張強度は、各型コンクリートとも C 砂コンクリートが大きく他 A, B, D 砂コンクリートはその差がごく小さくはっきりした傾向は認められなかった。 σ_t/σ_{cy} の比率についても、前述した傾向と同様である。すなわち A, B, D 砂コンクリートの比率が 0.10 程度であるに対し C 砂コンクリートは 0.12 程度であった。

このように、引張強度あるいは σ_t/σ_{cy} の比率において C 砂コンクリートが大きい値をえた理由は、

- (1) 角ばった個々の粒子がうまくかみ合っている。
- (2) 骨材強度が大である。
- (3) 付着力が大である。

などによるものと考えられる。

5.2 養生方法

Table 5 に水中養生に対する 空中養生引張強度の減少率をしめした。

この結果より次のようなことがいえる。

- (1) I, II 型コンクリートの減少率は III, IV 型コンクリートよりも小さい。
- (2) C 砂コンクリートの減少率が大きく、約 30% 程度減少している。
- (3) 空中養生供試体の引張強度は水中養生に比し、15~20% 程度減少するものとみなされる。

(1) 項はセメントペーストの濃度との関係があらわれたのであり、(2) および (3) 項は骨材中の吸水量との関係であると思われる。これらのことは 4・3 項でのべたことと同様であり、空中養生供試体の減少率は引張強度、圧縮強度をとわず同傾向であるとみなされる。

5.3 締固め方法

Table 6 に棒つき方法に対する 振動締固め方法の比率をしめした。

この結果、コンクリート型別にみると IV 型コンクリートは棒つき方法に対して振動締固めのほうが 10~15% 程度低下した。他の I, II, III 型コンクリートは比率が大きいものと小さいものが半々にあらわれているのははっきりした差異は認められなかった。

細骨材別にみると、A-C 砂コンクリートが僅少ながら棒つき方法よりも大きい値をしめしているだけで他はすべて低下しており、細骨材種別からも振動効果は認められなかった。

III, IV 型コンクリートは、圧縮強度、引張強度ともに 10~15% 程度振動締固めによるほうが低下している。このことから考えると富配合軽量コンクリートの締固めにあたっては、振動方法によるよりも棒突き方法で十分に締固めるほうが安全であると思われる。ただし本実験における振動時間、振動周期などがそれぞれのコンクリートに対して最適の方法であったとは思われないので振動方法による場合は、コンクリートの性質に応じて最適振動要素のもとに実施することが大切であると思われる。

6. ヤング係数測定結果とその考察

以下にのべるヤング係数は、圧縮強度の 1/2 程度の応力段階における割線ヤング係数のことである。

各種コンクリートのヤング係数を Table 7 に、圧縮強度とヤング係数の関係を Fig. 4, 5 にしめした。

6.1 細骨材

細骨材が相違すればヤング係数も異なることは明らかであるが、本実験の結果では各種コンクリートを通じて B 砂コンクリートが大きくついで C, A, D 砂コ

ンクリートの順位であった。

圧縮強度とヤング係数の関係は本実験の範囲では直線的傾向にあるものとみなされる。直線の傾きはD砂コンクリートが小さく他のA, B, C砂コンクリートは大した差異はないようである。

また、圧縮強度が100, 200, 300kg/cm²の場合のヤング係数値は、それぞれ12~15×10⁴, 15~19×10⁴, 19~24×10⁴kg/cm²の範囲で与えられるものとみなされる。

6・2 養生方法

水中養生に対する空中養生コンクリートのヤング係数の比率をしめすと Table 8 のとおりである。

この場合測定値の分散が大きくあらわれたために、細骨材の相違による特性は認められなかった。

養生方法が相違する同一圧縮強度のコンクリートについて空中養生の場合における細骨材別の過不足をあげると次のようである。

A砂コンクリート：1.0×10⁴kg/cm²程度小さい。

B, C砂コンクリート：低強度の範囲では2~3×10⁴kg/cm²程度小さくあらわれるが、圧縮強度が300kg/cm²程度となるとほぼ同じ値をしめす。

D砂コンクリート：B, C砂コンクリートとは逆に

低強度の範囲で大きくあらわれ、高強度では2.0×10⁴kg/cm²程度小さくなる。

Table 7 Young's modulus

Methods of curing	Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Concrete			
			I	II	III	IV
Water curing	R	A	12.6	15.1	18.6	20.2
		B	17.0	18.2	20.2	23.3
		C	13.3	16.5	19.2	21.2
		D	13.4	15.7	17.2	20.2
	V	A	10.5	15.7	18.5	19.9
		B	15.6	19.9	20.4	22.2
		C	13.8	14.3	20.2	21.5
		D	13.8	14.2	16.9	19.1
Air curing	R	A	11.7	13.3	16.5	17.8
		B	13.9	16.1	17.8	21.4
		C	8.7	14.7	15.3	20.1
		D	11.7	15.3	15.7	19.2
	V	A	10.5	12.0	15.1	16.7
		B	13.0	16.2	17.1	19.3
		C	9.2	12.1	17.0	18.9
		D	10.3	13.8	15.8	17.3

Unit ×10⁴kg/cm²

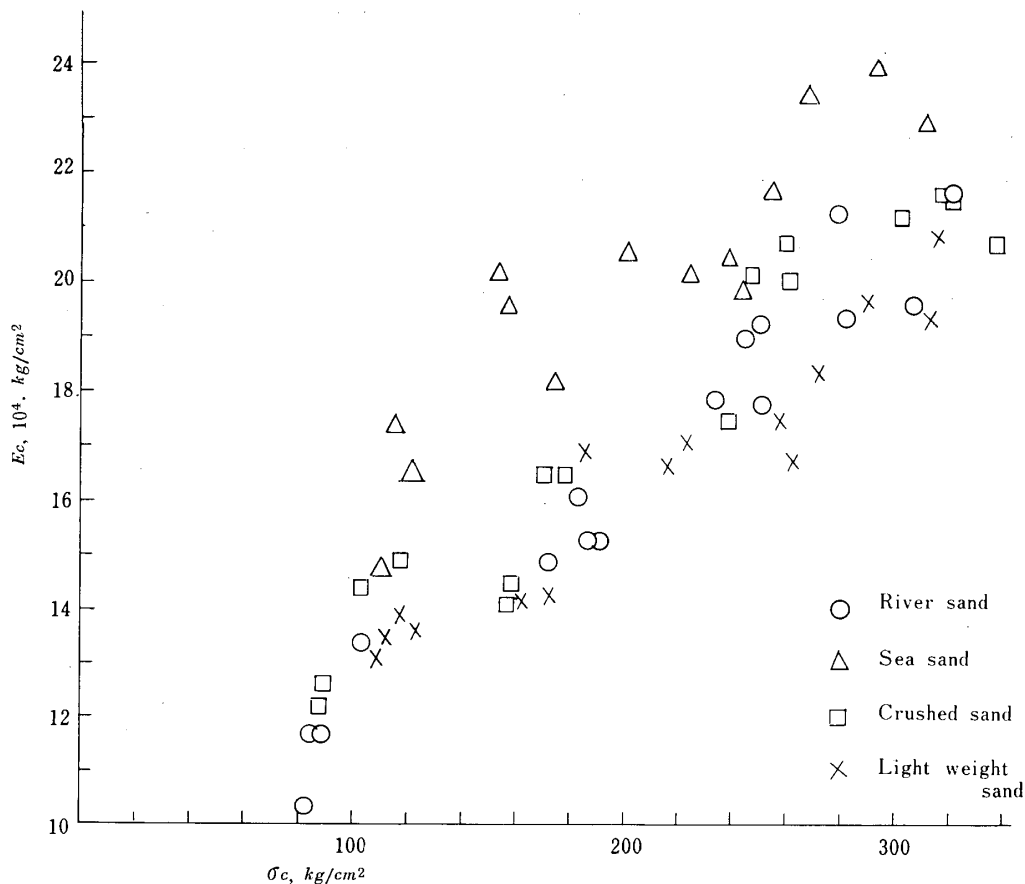


Fig.4 Relation between compressive strength and Young's modulus (Water curing)

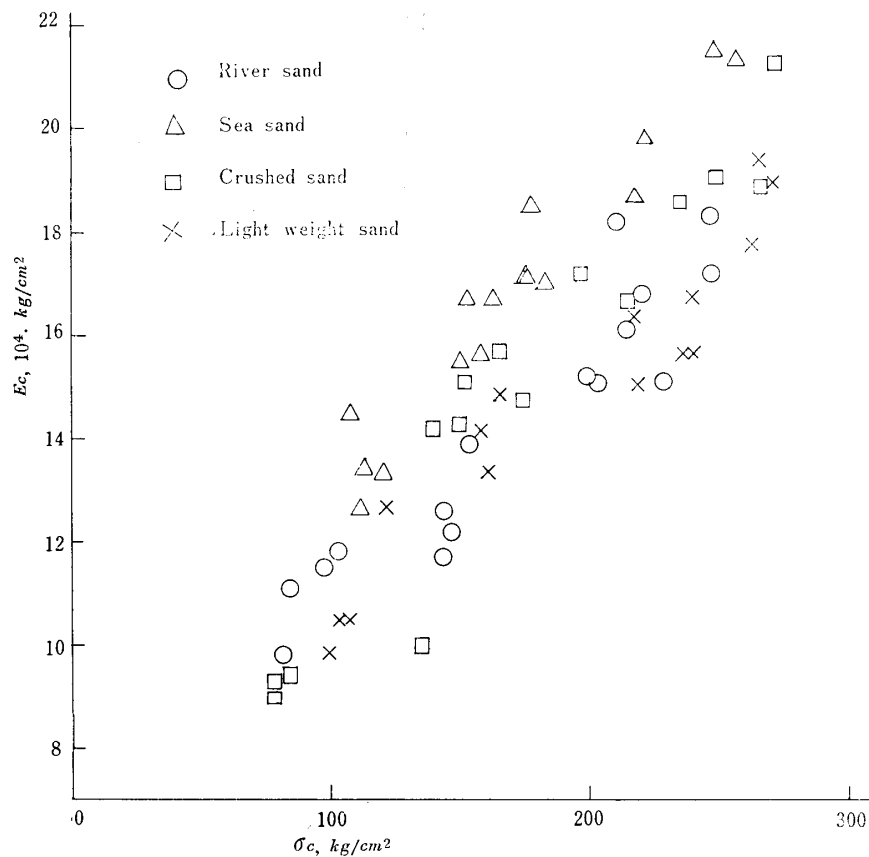


Fig.5 Relation between compressive strength and Young's modulus (Air curing)

Table 8 Young's modulus ratio of Air curing concrete / Water curing

Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Kinds of concrete			
		I	II	III	IV
Water curing	A	85.0	88.2	88.7	88.3
	B	81.8	88.5	88.2	91.8
	C	65.4	89.2	79.8	94.9
	D	87.4	97.4	91.3	95.1
Air curing	A	100	76.5	81.7	84.0
	B	83.4	81.5	96.2	84.3
	C	66.7	84.7	84.2	88.0
	D	74.7	97.3	93.5	90.5

Temperature 24°C, Humidity : 75%, Unit : %

7. 単位容積重量の測定結果とその考察

生コンクリートおよび硬化コンクリートの単位容積重量をしめすと Table 9 のとおりである。

7.1 細骨材

本実験に用いた細骨材を普通砂 (ABC) と人工軽砂 (D) とに分けて単位容積重量をしめすと、それぞれ 1770~1860kg/m³, 1570~1660kg/m³ の範囲であった

えられ、細粗骨材とも人工軽量骨材を用いると10%程度軽減するものとみなされる。

コンクリートの組合せについては既にのべたとおりであるが、同型のコンクリートはセメントペーストの占める容積が一定であり、この場合 s/a が同値であれば単位容積重量と細骨材の性質との関係は比較できるわけである。II, III, IV型コンクリートのうちA, B砂コンクリートはこの条件をそなえているのでこの両者について比重値のおよぼす影響について考察してみる。

空隙率を2.5%として計算すると、B砂コンクリートがII, III, IV型コンクリートで、それぞれ15.7, 15.4, および14.4kg/m³ほど重くなければならない。

実験の結果、生コンクリートの単位容積重量は、B砂コンクリートが重くあらわれたが、その差は計算値の2倍程度であった。

硬化コンクリートの場合は、12種類のうち4種類はA砂コンクリートが重く、逆の現象があらわれた。

この原因は、供試体が小であったこと、コンクリートのつめ方およびキャッピング厚さの不同などによるものと思われる。

Table 9 Unit weight (kg/m³)

Kinds of concrete	Kinds of fine aggregate	Fresh concrete	Water curing		Air curing	
			R	V	R	V
I	A	1823	1809	1790	1707	1675
	B	1753	1771	1771	1682	1675
	C	1790	1796	1803	1669	1675
	D	1543	1573	1580	1741	1471
II	A	1758	1809	1803	1701	1694
	B	1790	1796	1803	1713	1720
	C	1810	1841	1828	1739	1745
	D	1598	1624	1631	1541	1548
III	A	1808	1847	1841	1752	1752
	B	1830	1821	1834	1739	1758
	C	1803	1860	1828	1764	1758
	D	1600	1631	1624	1560	1561
IV	A	1795	1834	1822	1752	1745
	B	1837	1834	1853	1771	1777
	C	1837	1847	1841	1803	1777
	D	1650	1662	1669	1605	1592

7・2 養生方法

水中養生コンクリートの単位容積重量は供試体を養生槽から取り出した直後の値である。空中養生コンクリートとの比率をしめすとTable 10のとおりである。

空中養生コンクリートの単位容積重量はA, B, C砂コンクリートで1670~1800kg/m³, D砂コンクリ

トで1470~1600kg/m³の範囲である。後者の軽減率は10%でありこの値は7・1項でのべた水中養生コンクリートにおける軽減率と同値である。

同時に作製したコンクリートの水中養生と空中養生による差は5%程度であった。なおこの値はコンクリートの貧, 富配合の相違によって, ある程度の差異を生ずる傾向が認められる。

Table 10 Ratio of unit weight of air curing/water curing

Methods of compaction	Kinds of fine aggregate	Kinds of concrete			
		I	II	III	IV
R	A	94.5	94.1	95.0	95.5
	B	95.0	95.4	95.6	96.6
	C	94.4	94.4	94.9	97.6
	D	96.0	94.9	95.4	96.5
V	A	93.6	95.0	95.2	85.7
	B	94.5	95.4	95.8	95.8
	C	93.0	95.5	96.1	96.4
	D	93.0	94.8	96.2	95.5

7・3 単位容積重量とヤング係数の関係

単位容積重量とヤング係数の関係をしめすと Fig. 6, 7のとおりである。

一般コンクリートの範囲においては, この両者は直線的関係にあるとみなされ直線の傾向は細骨材の種別によってかなり相違することが認められる。本実験に

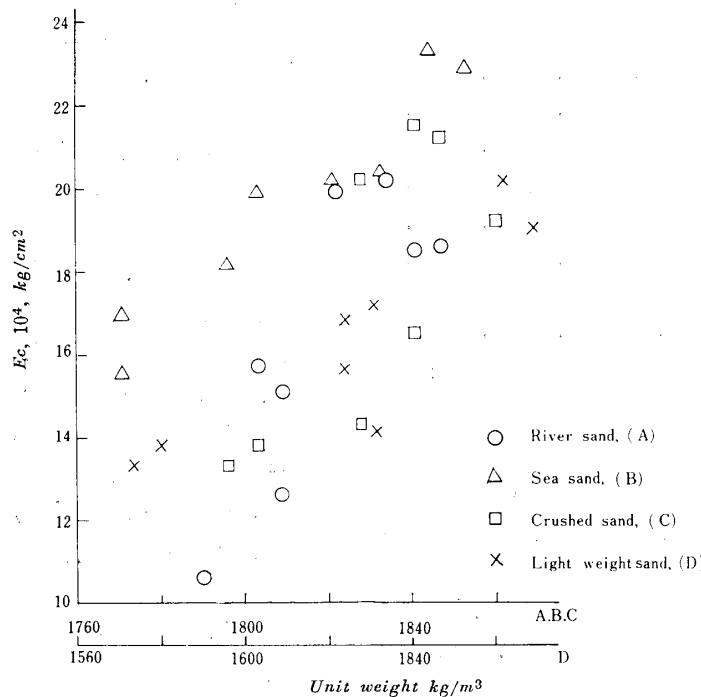


Fig. 6 Relation between unit weight and Young's modulus (Water curing)

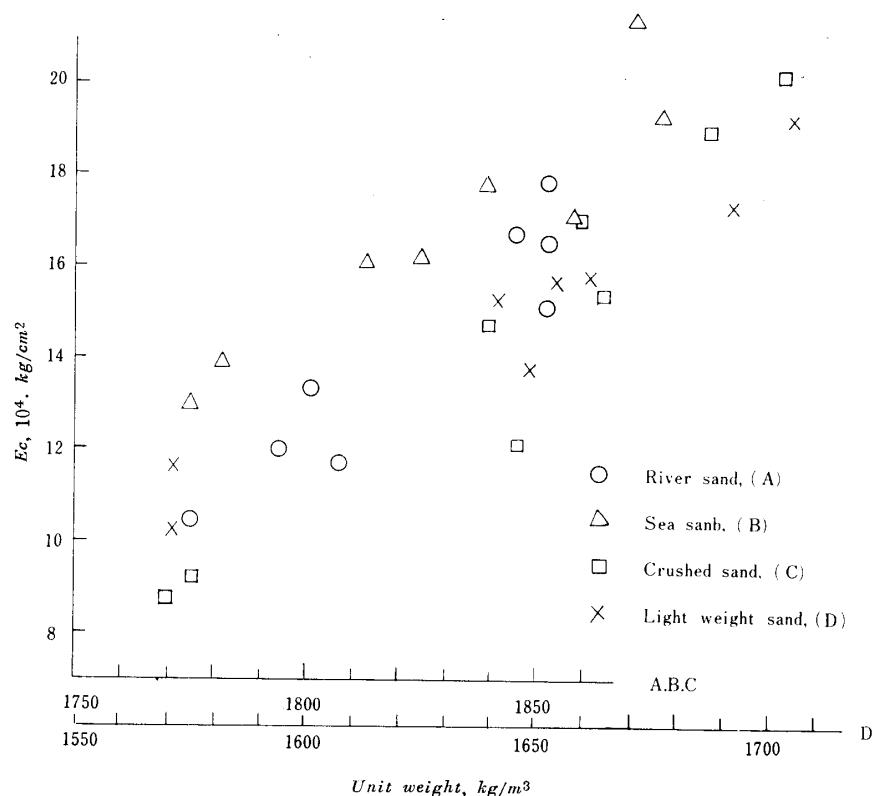


Fig.7 Relation between unit weight and Young's modulus (Air curing)

おいては次の事柄が指摘される。

(1) 単位容積重量の増加に伴うヤング係数の増進率は、水中養生コンクリートのなかではA, C砂コンクリートが大きく、空中養生の場合は各砂コンクリートとも同程度である。

(2) 単位容積重量が同じであれば、ヤング係数は、D砂コンクリートが大きい。

8. 圧裂断面における粗骨材の分布について

圧裂試験後のコンクリート破断面にあらわれた粗骨材の分布を Table 11 に、引張強度と破壊粒百分率の関係を Fig. 8 にしめた。

垂直方向の上、下断面の骨材粒数を比較すると、各種コンクリートとも下断面のほうが2%程度多くはいつている。しかし上断面はキャッピング時の都合で粗骨材を除去したのもあったこととさらにキャッピング厚さが加わっているため、このことを考慮すれば上、下断面には粗骨材が均等に分布していたものとみなされ、スランプ3~5cmのコンクリートでは振動締固めによる粗骨材の移動もないものと思われる。

単位容積内のセメントペースト量が一定であれば、s/a が小さいもの程粒数は多くあらわれる筈である。

この観点からは、A, B, D砂コンクリートは、大

体予想どおりの結果をしめしたが、C砂コンクリートの場合は s/a とは無関係にあらわれたものもあった。

Table 11 Distributions of coarse aggregate on the splitted section of specimen

Kinds of concrete	Kinds of fine aggregate	s/a (%)	No. of grain		
			All section	Upper section	Lower section
I	A	42	98	47	51
	B	40	111	53	58
	C	36	117	58	59
	D	39	120	57	63
II	A	43	117	57	60
	B	43	116	59	57
	C	38	121	58	63
	D	41	117	57	60
III	A	43	109	52	57
	B	43	101	50	51
	C	39	102	50	52
	D	41	110	54	56
IV	A	41	119	58	61
	B	41	120	59	61
	C	37	119	59	60
	D	39	127	63	64

これはワーカビリティとの関連上供試体製作時にモルタル部分を多く用いたことを意味している。

圧裂断面における破壊粒百分率は、主にコンクリートの強度に支配されるものとみなされ、本実験の場合例えば、引張強度が10, 20, 30kg/cm²のとき、それぞれ10, 35および60%であった。これらの値は粗骨

材自身の強度と密接な関係があるので将来人工軽量骨材の品質が向上すれば前述した破壊粒百分率は当然小さくなることが予想される。

一例として、A砂コンクリートの圧裂断面写真をしめすと Photo. 2, 3, 4, 5のごとくである。

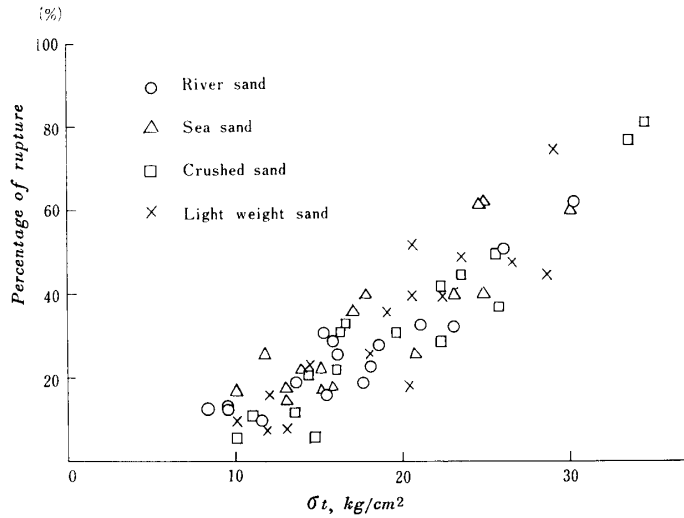


Fig.8 Relation between tensile strength and percentage of ruptured coarse aggregate

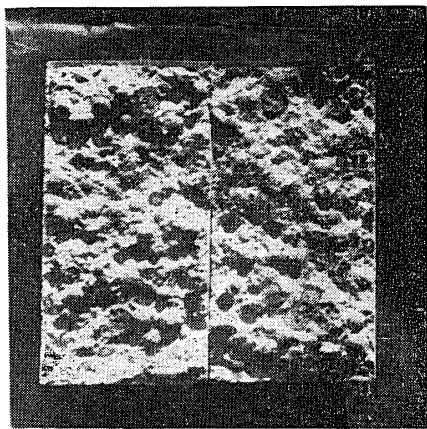


Photo.2 (I-A)

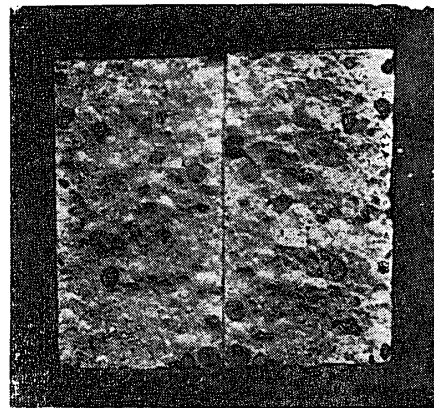


Photo.3 (II-A)

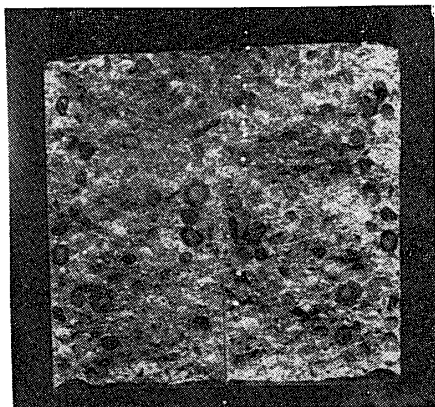


Photo.4 (III-A)

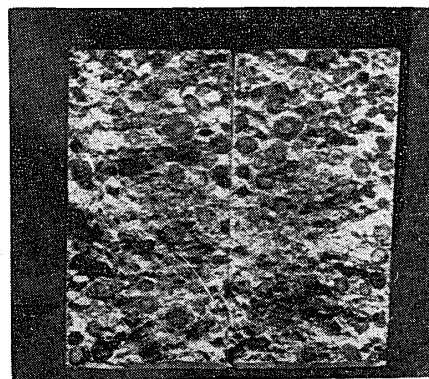


Photo.5 (IV-A)

Photo. 2, 3, 4, 5 Photographs of splitted section

9. 結 言

本実験の結果えられた要項は次のとおりである。

1. 圧縮強度について

(1) $c/w-\sigma_{28}$ の関係は、細骨材の種別によりその傾向が異なり、圧縮強度の増進率の傾向を知ることができる。

(2) 細骨材の諸条件による経済的利用の立場から川砂、砕砂は富配合コンクリート用に、海砂、軽砂は貧配合コンクリート用として有効と考えられる。

(3) 空中養生コンクリートの平均減少率は、湿度75%において20%程度である。

(4) 振動締固めは、軟かいコンクリートの場合、圧縮強度に変動を与える原因となる コンクリート打設に当っては振動条件を充分考慮する必要がある。

2. 引張強度について

(1) 砕砂のかみ合い効果とか付着力は有効である。

(2) 空中養生コンクリートの減少率は15~20%程度である。

3. ヤング係数について

(1) 圧縮強度が100, 200, 300 kg/cm^2 の場合、ヤング係数の範囲は、それぞれ12~15, 15~19, 19~24 $\times 10^4, kg/cm^2$ であった。ヤング係数の大きさの順位は海砂、砕砂、川砂、軽砂のようである。

(2) 空中養生コンクリートの平均減少率は15%程度である。

4. 単位容積重量について

(1) 細粗骨材とも人工軽量骨材を用いたコンクリートは1570~1660 kg/m^3 の範囲をしめし、細骨材に普通砂を用いたコンクリートに比し10%程度軽量となる。

(2) 空中養生コンクリートの平均減少率は5%程度とみなされ減少率は富配合になるにつれて小さくなる傾向をしめす。

(3) 単位容積重量とヤング係数の関係は本実験の範囲ではほぼ直線的と認められ細骨材の種類によりその傾向はかなり異なる。

5. 粗骨材の分布について

(1) スランプ3~5cmの人工軽量骨材コンクリートでは振動による粗骨材の移動は認められず、また棒突きによる沈下もなく、1, 2を除き圧裂断面に均等分布にしていたので粗骨材の集中とか離散などによる強度への影響はなかったものと思われる。

(2) 圧裂断面における粗骨材の破壊粒百分率は、コンクリートの引張強度に比例して増大する。

以上のごとく、細骨材の種類は軽量生コンクリートのワーカビリチー、硬化コンクリートの諸性質に対して密接な関係があることを指摘できる。

参 考 文 献

- 1) 荒木謙一, 里見洋征, 伊賀俊昭: 土木学会学術講演概要, No.22 (1967)
- 2) 阿部康俱, 船本洋治: 土木学会年次学術講演概要, No.22 (1967)
- 3) 小林一輔, 伊藤利治: " "
- 4) 毛見虎雄: セメント技術年報, XXI (1967)
- 5) 白山和久: コンクリートジャーナル, No.12 (1966)
- 6) 柳場, 高桑, 川村, 夏川: セメント技術年報, XXII (1968)
- 7) 矢野光一: セメント技術年報, XXII (1968)
- 8) 村田二郎, 菅原 操, 宮崎昭二: 高強度軽量骨材コンクリート, 山海堂 (1966)

(昭和44年4月1日受理)