

II-5

2, 3の軽量骨材を用いたコンクリートの力学的性質に関する実験

九州大学 工学部 正員 石川運夫
福岡大学 工学部 正員 〇大和竹史
〃 〃 〃 井上寛弘
〃 〃 〃 森岡隆則

I. まえがき

現在、骨材の使用状況を大別すると骨材のサード道路、鉄道のバラス、ロックフィルダムの築堤材料などに用いられるか、あるいはコンクリート用骨材として用いられるかであり、資料によると我が国の骨材総生産の約3割が前者、残り約7割が後者にあてられている。骨材には天然骨材と人工骨材があり、天然骨材には川砂、川砂利、海砂、海砂利、山砂、山砂利などがあり、人工骨材には砕石、研砕、スラグ砕石および人工軽量骨材などがある。今後、採取制限および絶対量の減少から天然骨材の供給が減ることは必至であり、需要に応じるためには砕石、人工骨材に依存せざるを得ない。人工軽量骨材はその中にあって、今後、土木建築構造物に頻繁に用いられることが予想される。軽量骨材コンクリートの諸力学的性質については種々の研究がなされているが筆者らも人工軽量骨材コンクリートと普通コンクリートを対比して力学的性質を調べたのでこれについて報告し若干の考察を述べる。

II. 実験内容

1) 使用材料

使用セメントはM社製普通ポルトランドセメントで比重3.16、粗骨材は4種類で、普通骨材として福岡県粕屋郡久原の角閃石砕石を、軽量骨材として、〇社製膨張ケツ岩造粒型人工軽量骨材(L₁)、S社製膨張ケツ岩非造粒型人工軽量骨材(L₂)、Se社製軽量スラグ砕石(L₃)を用いた。細骨材には福岡市志賀島産の山砂、海砂の混合砂(重量比で1:1に混合したもの、比重2.60、F.M=2.89)と対馬火山砕砕砂を用いた。各骨材の物理試験結果を表-1に示す。

2) 使用配合

使用した配合は単位セメント量と水セメント比の組合せを6種類とした。その際、細骨材率はすべて40%とした。表-2〜表-7に各配合を示す。

3) 試験項目

a. スランプ・空気量

スランプはJIS A 1101により求めた。空気量はJIS A 1128により求めた。

b. 圧縮強度

表-1 骨材の物理試験結果

	種類	比重	吸水率 (%)	空隙率 (%)	各ふるいに止まる量の重量累加百分率(%)											粗粒率
					mm 0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5.0	10.0	20.0	25.0			
細骨材	山砂	2.63	0.36		96	32	3	1	0	0	0	0	0	1.32		
	海砂	2.57	1.97		99	95	78	52	13	3	0	0	0	3.40		
	砕砂	2.37	6.66		89	70	50	24	4	0	0	0	0	2.37		
粗骨材	角閃石	2.92	0.83	22.4	100	100	100	100	100	82	40	16	0	6.38		
	L1材	1.50	4.60	30.0	100	100	100	100	92	89	44	3	1	6.29		
	L2(大)	1.42	8.52	16.6	100	100	100	100	100	99	68	0	0	6.69		
	L2(小)	1.45	9.50	14.4	100	100	100	100	99	90	2	0	0	5.91		
	L3	1.96	17.08	61.2	100	100	100	100	100	98	82	19	0	6.99		

材令3日、7日、28日で圧縮強度試験を
JIS A 1108 に準じて行なった。

c. 静弾性係数

材令7日、28日について行なった。要領
はコンクリート供試体に荷重方向にワイヤ
ストレッチャーを貼付し、圧縮強度試験
と併行して行なった。静弾性係数のとり方
は応力-ひずみ曲線において圧縮強度の半
の応力度に対するセカントモジュラスを採
用する。

d. 動弾性係数

静弾性係数測定直前に超音波透過法によ
って動弾性係数を測定した。

e. ポアソン比

圧縮強度の半の応力度に相当する縦方向
ひずみ及び供試体の高さの半の所に円周方
向に貼付したワイヤストレッチャーの
指示する円周方向ひずみよりポアソン比を
求めた。

III 実験結果とその考察

IIの3)でのべた試験項目の実験結果を表
-2～表-7に対応させて表-8～表-13
に示した。

1) スランプおよび空気量

スランプについては表-8より表-13の
実験結果よりみて大体、次のことが考えら
れる。骨材の種類により単位セメント量、
水セメント比、細骨材率が同じでもかなり
相違があり、たとえば、単位セメント量
300kgの場合についてみれば水セメント比
40%のとき粗骨材がL₂(膨張ゲツ岩、非造
粒型)、L₂(膨張ゲツ岩、造粒型)、L₃(ス
ラグ砕石)の順にスランプが小さく出てい
る。骨材L₃はスラグからつくられたもので
多孔性で表面組織がかなり粗であること、
形状が凹凸に富むことからスランプが小さ

表-2 使用配合 No.1

単位セメント量: 350kg, 水セメント比: 40%					
細骨材率: 40%, ポヅリス No.5 規定量: 7L					
項目	粗骨材	角内石	L ₁	L ₂	L ₃
粗骨材の 最大寸法(mm)		25	20	25	25
単位細骨材量(kg)		749	749	749	683
単位粗骨材量(kg)		1259	649	621	845 (砕砂)

表-3 使用配合 No.2

単位セメント量: 350kg, 水セメント比: 45%					
細骨材率: 40%, ポヅリス No.5 規定量: 7L					
項目	粗骨材	角内石	L ₁	L ₂	L ₃
粗骨材の 最大寸法(mm)		25	20	20	25
単位細骨材量(kg)		728	728	728	663
単位粗骨材量(kg)		1229	632	606	825 (砕砂)

表-4 使用配合 No.3

単位セメント量: 300kg, 水セメント比: 40%					
細骨材率: 40%, ポヅリス No.5 規定量: 7L					
項目	粗骨材	角内石	L ₁	L ₂	L ₃
粗骨材の 最大寸法(mm)		25	20	20	25
単位細骨材量(kg)		785	785	785	716
単位粗骨材量(kg)		1323	680	652	888 (砕砂)

表-5 使用配合 No.4

単位セメント量: 300kg, 水セメント比: 45%					
細骨材率: 40%, ポヅリス No.5 規定量: 7L					
項目	粗骨材	角内石	L ₁	L ₂	L ₃
粗骨材の 最大寸法(mm)		25	20	20	25
単位細骨材量(kg)		770	770	770	702
単位粗骨材量(kg)		1296	666	639	870 (砕砂)

表-6 使用配合 No.5

単位セメント量: 300kg, 水セメント比: 50%					
細骨材率 40%, ポヅリス No.5 規定量: 7L					
項目	粗骨材	角内石	L ₁	L ₂	L ₃
粗骨材の 最大寸法(mm)		25	20	20	25
単位細骨材量(kg)		754	754	754	687
単位粗骨材量(kg)		1270	653	626	853 (砕砂)

く出たものと考えらる。しかし、水セメント比が55%, 50%になってくると骨材L₁, L₂, L₃を用いたコンクリートのスランパの差は小さくなっている。これは水セメント比が大きくなったため、水量が多くなりスランパに与える諸要素のうち水量が大きく影響して骨材の形状・表面組織の影響がうすらいでくるものと考えらる。空気量は骨材についての著しい差はない。

表-8～表-13に記入の空気量は見掛けの空気量より骨材修正係数を差し引いたものである。

2). 圧縮強度

一般に、水セメント比が小さい程、単位セメント量が多い程、圧縮強度は大きい。この傾向は表-8～表-13に明らかに表われている。単位セメント量300kgに対してセメント水比が20, 25, 25 (水セメント比50%, 45%, 40%)に相当)のときの材令28日圧縮強度を右コンクリートに対してプロットして図-1に示す。軽量骨材コンクリートにおいて普通コンクリートと同様に σ_{28} -%線が算出でき、次の様になる。

普通コンクリート (角閃石砕石)

$$\sigma_{28} = 75 + 116\%$$

人工軽量骨材コンクリート

L₁ (膨張ゲツ岩, 造粒型)

$$\sigma_{28} = 5 + 126\%$$

L₂ (膨張ゲツ岩, 非造粒型)

$$\sigma_{28} = -40 + 140\%$$

L₃ (スラグ砕石): $\sigma_{28} = -140 + 120\%$

L₃ (スラグ砕石) と砕砂: $\sigma_{28} = 15 + 44\%$

コンクリートの圧縮強度はモルタルの強度、モルタル・骨材付着強度、骨材自身の強度によって影響されるが、今、単位セメント量300kg、水セメント比を一定とした場合は同一モルタルが出来ると考えてよいから付着強度と骨材強度が問題になる。本実験中、単位セメント量300kg、水セメント比

表-7 使用配合 No.6

単位セメント量: 250kg, 水セメント比 : 50 %						
細骨材率 : 40%, ポリスNo.5規定量: 72						
項目	粗骨材	角閃石	L ₁	L ₂	L ₃	L ₃
粗骨材の最大寸法(mm)	25	20	20	25	25	25
単位細骨材量(kg)	796	796	796	796	725	725
単位粗骨材量(kg)	1343	690	662	902	902	902 (24砂)

表-8

用いた骨材名	スランパ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)			静弾性係数 (kg/cm ²)		動弾性係数 (kg/cm ²)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	1.9	3.4	281	418	490	2.66	3.03	4.00	4.55	0.19	0.21
L ₁	3.3	4.9	211	340	414	1.71	2.35	2.68	3.17	0.20	0.20
L ₂	1.8	5.0	262	363	402	1.93	2.73	2.90	3.16	0.19	0.19
L ₃	1.7	3.4	166	176	195	1.79	2.37			0.20	0.21
L ₃ ・砕砂	1.7	2.1	49	75	123	0.78	0.98			0.18	0.19

表-9

用いた骨材名	スランパ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)			静弾性係数 (kg/cm ²)		動弾性係数 (kg/cm ²)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	1.1	3.0	193	288	382	2.27	2.89	3.70	4.14	0.17	0.19
L ₁	1.4	5.2	171	217	350	1.64	2.01	2.11	2.31	0.19	0.20
L ₂	1.3	5.5	132	214	280	1.72	1.98	2.25	2.67	0.17	0.18
L ₃	9	3.7	92	125	178						
L ₃ ・砕砂	1.0	2.5	46	74	117						

表-10

用いた骨材名	スランパ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)			静弾性係数 (kg/cm ²)		動弾性係数 (kg/cm ²)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	1.0	3.9	164	284	372	2.24	2.87	2.96	3.21	0.19	0.20
L ₁	2.7	5.2	130	235	317	1.56	1.96	1.95	2.41	0.20	0.19
L ₂	3.6	7.0	135	205	306	1.61	2.05	2.24	2.61	0.18	0.20
L ₃	1.4	2.0	73	109	161						
L ₃ ・砕砂	0.7	2.1	42	55	94						

註

表-8 = 単位セメント量 350kg 水セメント比 40%

表-9 = " " " 45%

表-10 = " " 300 " 40%

表-11 = " " " 45%

表-12 = " " " 50%

表-13 = " 250 " 50%

40%, 45%, 50% の各配合で角閃石

を用いたコンクリートの28日圧縮強度を1.0として人工軽量骨材コンクリートの28日圧縮強度をあらわすと表-14の様になり人工軽量骨材コンクリートの普通コンクリートに対する圧縮強度比は約0.25~約0.8と広範囲にわたっている。これについては

今後、各骨材の破砕試験などの試験を行ないコンクリートの圧縮強度との相関性を検討したい。

3) 静弾性係数・動弾性係数・ポアソン比

各配合について材令28日静弾性係数 E_s の材令28日の動弾性係数 E_d に対する比をとってみて骨材毎に平均すると角閃石珪石で1.19, L_1 (膨張ケツ岩, 造粒型)で1.28, L_2 (膨張ケツ岩, 非造粒型)で1.20であり, 各測定値によると E_d/E_s は1.10~1.40の範囲にある。特に角閃石, 人工軽量骨材で顕著な差はみられない。ポアソン比は0.15~0.25の範囲にあり, 普通骨材コンクリート, 人工軽量骨材コンクリートで大差はなく, 圧縮強度ならびに弾性係数との相関性を見出すことは困難である。

IV. あとがき

本実験は配合および骨材の種類が少なく, 軽量骨材コンクリートの力学的性質を一般的に論ずるには不十分であるから今後, 配合・骨材の種類を多くし, 曲げ, せん断, 付着強度などの力学的性質についても試験してゆく所存である。

表-11

用いた骨材名	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm^2)			静弾性係数 (kg/cm^2)		動弾性係数 (kg/cm^2)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	6.0	5.5	131	242	350	186 ¹⁰⁵	263	285 ¹⁰⁵	303	0.19	0.21
L_1	7.0	5.2	121	192	293	135 ¹⁰⁵	185	181 ¹⁰⁵	226	0.20	0.20
L_2	5.7	5.0	126	191	282	153 ¹⁰⁵	190	195 ¹⁰⁵	239	0.19	0.20
L_3	5.9	3.9	62	116	130						
L_3 研石	2.0	1.9	35	61	82						

表-12

用いた骨材名	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm^2)			静弾性係数 (kg/cm^2)		動弾性係数 (kg/cm^2)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	10.1	3.8	118	212	318	207 ¹⁰⁵	235	271 ¹⁰⁵	296	0.19	0.19
L_1	12.0	4.7	100	171	251	127 ¹⁰⁵	170	159 ¹⁰⁵	191	0.25	0.25
L_2	12.1	5.4	81	166	234	133 ¹⁰⁵	175	186 ¹⁰⁵	216	0.25	0.25
L_3	11.2		32	64	101						
L_3 研石	13.0		46	49	72						

表-13

用いた骨材名	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm^2)			静弾性係数 (kg/cm^2)		動弾性係数 (kg/cm^2)		ポアソン比	
			3日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
角閃石	10.0	3.5	98	190	280	180 ¹⁰⁵	226	254 ¹⁰⁵	281	0.20	0.20
L_1	12.0	3.9	84	167	204	133 ¹⁰⁵	156	141 ¹⁰⁵	179	0.25	0.25
L_2	12.1	4.0	71	142	223	126 ¹⁰⁵	163	181 ¹⁰⁵	210	0.25	0.25
L_3	11.7	2.6	31	58	102						
L_3 研石	11.2	1.4	23	51	73						

図-1

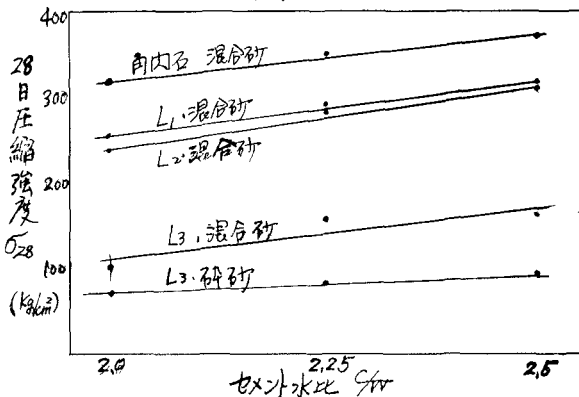


表-14

骨材	角閃石 混合砂	L_1 混合砂	L_2 混合砂	L_3 混合砂	L_3 研砂
水セメント比 %					
50	1.00	0.79	0.74	0.32	0.23
45	1.00	0.84	0.81	0.45	0.23
40	1.00	0.85	0.82	0.60	0.25