

IV-16 富配合軽量コンクリートの研究

岐阜大学 正員 大浜 文孝
岐阜大学 正員 富田 和政

3.1. はしがき

本研究では、人工軽量骨材を用いて、特にPC構造用のコンクリートとして使用する程度の富配合とした場合のコンクリートの諸性質について実験的研究を行った。一般に富配合軽量コンクリートは単位量400 kg程度以下の普通配合コンクリートに比べれば、ウォーカビリティと s/a 、単位水量との関係や、 w/c と圧縮強度との関係が相当ことなるようである。そこで、本研究では、次の実験により、2, 3の考察を試みた。

1. ウォーカビリティと s/a 、単位水量の関係とスランピングフロー値の測定により観察
2. 造粒型、及び非造粒型人工軽量骨材を用いて w/c と σ_3 , σ_7 , 及び σ_{28} の関係の測定
3. 乾燥収縮の測定
4. 弾性係数の測定

尚、使用セメントは住友セメント社製の普通ポルトランドセメント及び合社製早強ポルトランドセメント、使用骨材は、川砂、川砂利は揖斐川産、造粒型人工軽量骨材としてはジョーライト、非造粒型人工軽量骨材としてはメサライトを用いた。

3.2. 実験[I]

実験[I]として、次の実験因子と各水準をとり、表-2に示す結果を得た ($L_{32}(2^7)$ 直交配列表を使用)

表-1 実験[I]の因子と水準

因子	水		骨	
	第1水準	第2水準	第3水準	第4水準
Aセメントの種類	A ₁ 普通ポルトランド	A ₂ 早強ポルトランド		
B骨材の種類	B ₁ メサライト (細粒)	B ₂ ジョーライト (粗粒) 川砂 (細粒)		
C単位水量	C ₁ 180g	C ₂ 190g	C ₃ 200g	C ₄ 210g
D単位セメント量	D ₁ 450g	D ₂ 500g	D ₃ 550g	D ₄ 600g
E絶対細骨材率	E ₁ 37%	E ₂ 42%		

上表で明らかとなる如く、セメントの種類 (因子A)、骨材の種類 (因子B)、絶対細骨材率 (因子E) は、各2水準、単位水量 (因子C) 及び単位セメント量 (因子D) は各4水準をとった。その結果、 w/c としては $4 \times 4 = 16$ 種の値が得られた。実験データを分散分析した後、工程平均を計算によって求めた $\sigma_{28} - 90\%$ 線を図-1に示す。

尚、 s/a を42%及び47%の2つの水準に比べて、上述の実験中 $s/a = 42\%$ のものと、 $s/a = 37\%$ の配合を47%に変えた16回の実験を追加して、両方のデータを合せて実験分散分析を行ったが、ともに s/a (因子E) の有意差が認められなかったため、本報告では説明を省略することとする。

表-2 実験Ⅰの試験メンバーと試験条件及びデータ

	A	B	C	D	E		スラン	フロー	単位水量	3日強度	7日強度	28日強度	28日比強度
	セメントの種類	骨材の種類	単位水量	単位セメント量	%		%	cm	cm	%	%	%	%
1	普通	メサライト	180%	450%	37%	1	2.7	150	92.9	175	157	281	213
2	早強	メサライト	180	600	37	2	2.8	0.0	193	183	401	516	332
3	普通	ジョーライト	190	600	37	3	2.1	91	693	195	289	390	238
4	早強	ジョーライト	190	450	37	4	3.0	151	772	188	237	395	261
5	普通	ジョーライト	200	500	37	5	2.5	231	1197	194	133	300	237
6	早強	ジョーライト	200	550	37	6	2.9	147	831	190	243	453	213
7	普通	メサライト	210	550	37	7	2.8	156	890	174	170	322	231
8	早強	メサライト	210	500	37	8	2.8	153	823	174	209	372	284
9	普通	ジョーライト	180	550	37	9	2.1	81	639	189	212	367	237
10	早強	ジョーライト	180	500	37	10	2.2	71	496	191	297	470	273
11	普通	メサライト	190	500	37	11	2.7	133	843	187	176	318	224
12	早強	メサライト	190	550	37	12	2.9	27	260	172	366	477	326
13	普通	メサライト	200	600	37	13	1.9	122	772	183	220	394	258
14	早強	メサライト	200	450	37	14	3.5	139	783	170	159	302	260
15	普通	ジョーライト	210	450	37	15	1.8	250	1657	192	138	273	210
16	早強	ジョーライト	210	600	37	16	2.0	44	544	193	320	456	296
17	普通	ジョーライト	180	450	42	17	3.3	181	949	192	223	289	225
18	早強	ジョーライト	180	600	42	18	2.9	24	339	199	392	539	315
19	普通	メサライト	190	600	42	19	2.9	36	378	181	233	414	291
20	早強	メサライト	190	450	42	20	3.5	114	732	172	244	382	285
21	普通	メサライト	200	500	42	21	3.3	178	949	174	135	290	221
22	早強	メサライト	200	550	42	22	3.7	100	614	178	300	411	281
23	普通	ジョーライト	210	550	42	23	2.3	227	1283	193	140	348	249
24	早強	ジョーライト	210	500	42	24	2.3	196	1138	193	186	338	230
25	普通	メサライト	180	550	42	25	2.3	29	249	180	238	422	287
26	早強	メサライト	180	500	42	26	2.4	34	339	176	244	464	284
27	普通	ジョーライト	190	500	42	27	3.2	199	949	194	173	320	220
28	早強	ジョーライト	190	550	42	28	3.8	93	664	192	320	493	319
29	普通	ジョーライト	200	600	42	29	2.5	148	902	198	216	411	253
30	早強	ジョーライト	200	450	42	30	2.4	245	949	189	262	365	258
31	普通	メサライト	210	450	42	31	2.5	252	1461	174	99	235	225
32	早強	メサライト	210	600	42	32	2.3	79	575	177	343	477	310

表-3 1週圧縮強度の分散分析表

要因	2乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 F ₀	検定
A セメントの種類	73728	1	73728	138	***
C 単位水量	21772	3	7257	14	***
D 単位セメント量	83370	3	27790	52	***
e 誤差	12835	24	535		

	F _{0.1}	F _{0.5}
10%	293	233
5%	426	361
1%	782	472

表-4 4週圧縮強度の分散分析表

要因	2乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 F ₀	検定
A セメントの種類	567000	1	567000	73.9	***
B 骨材の種類	17258	1	1725.8	2.3	
C 単位水量	87908	3	29300	3.9	**
D 単位セメント量	524050	3	174680	22.8	***
E %	11163	1	11170	1.5	
E/A	16675	1	16675	2.2	
e 誤差	161187	21	7676		

	F _{0.1}	F _{0.5}
10%	296	237
5%	432	307
1%	802	487

単位水量とスラングとの関係は工程平均によってプロットしたものが、図-3である。普通コンクリートの場合と同じように、低スラングと、非常に大きいスラングの範囲では、その中間のスラングのときより、単位水量の変化に対するスラングの変動が小さくなる。%とスラングの関係は密配合であるため、%の主効果は有意差は認められなかったが、骨材の種類と%の間に交互作用は危険率5%で有意差が認められ、造粒型骨材は%の大きいときスラングが大いになったが、これは川砂を細骨材としているためと思われる。フロー値に関しては単位水量との間に直線関係が認められた。

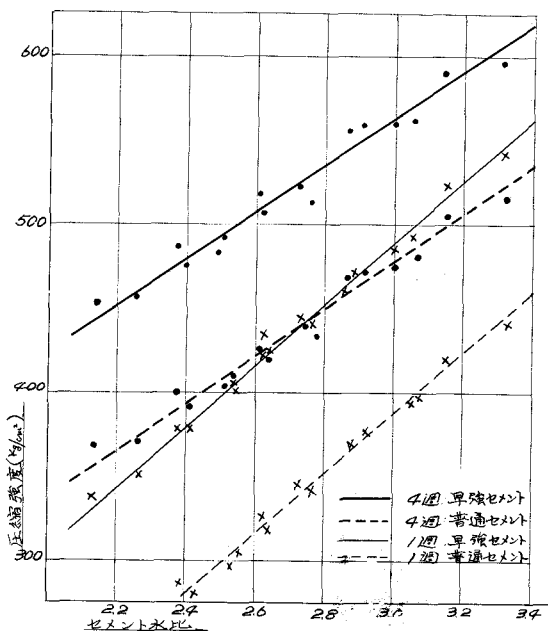


図-1 圧縮強度とセメント水比の関係

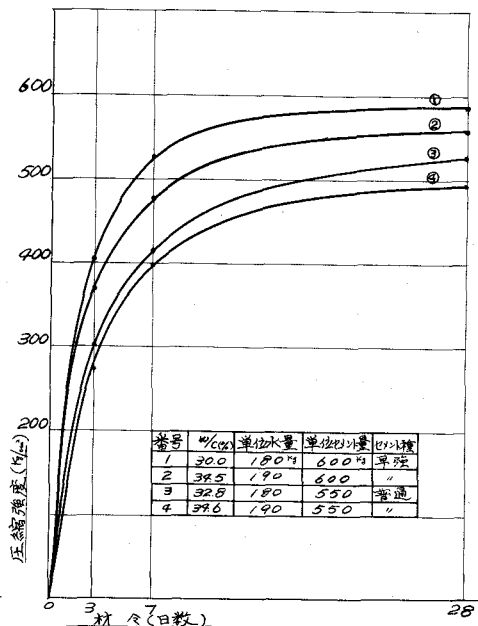


図-2 圧縮強度と材令の関係

表-5 スランフの分散分析表

要因	2乗和 S	自由度 D	不偏分散 V	分散比 F₀	検定
A セメントの種類	216.3	1	216.3	84.9	***
B 単位水量	149.6	1	149.6	58.7	***
C 単位セメント	562.0	3	187.3	73.5	***
D 単位セメント	514.4	3	171.5	67.2	***
E 誤差	2.8	1	2.8	1.1	
EXB	13.8	1	13.8	5.3	**
EXC	12.3	3	4.1	1.6	
e 誤差	46.0	18	2.6		

表-6 フローの分散分析表

要因	2乗和 S	自由度 D	不偏分散 V	分散比 F₀	検定
A セメントの種類	6883	1	6883	65.5	***
B 単位水量	3194	1	3194	30.4	***
C 単位セメント	13125	3	4375	41.6	***
D 単位セメント	10037	3	3346	31.9	***
EXA	303	1	303	2.9	
e 誤差	2313	22	105		

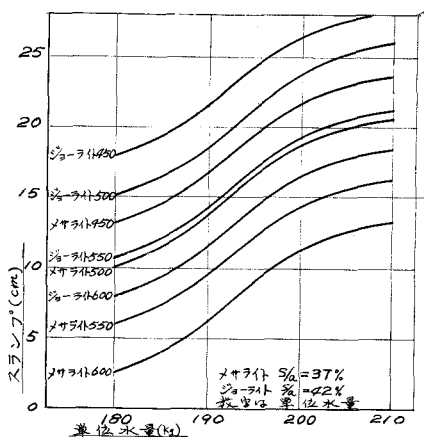


図-3 スランフと単位水量の関係

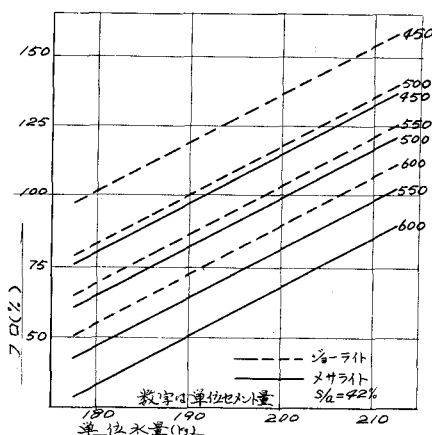


図-4 フローと単位水量の関係

§3 実験Ⅱ 実験Ⅰとして $L_{16}(2^5)$ 直交配列表を使用し、下記の因子と水準とより、乾燥収縮と弾性係数を測定したが、乾燥収縮量については分散分析によるデータの解析は行われなかった。

表-8 実験水準の組合せと弾性係数測定値

実験 番号	骨材の 種類	骨材の 種類	W/C (%)	単位量 (kg)	弾性係数 ($\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)	圧縮強度 (kg/cm^2)
1	早強	川砂	33	500	2.40	3.37
2	"	"	33	600	2.35	3.31
3	"	"	43	500	2.32	3.04
4	"	"	43	600	2.27	2.72
5	"	メサイト	33	500	1.78	1.85
6	"	"	33	600	1.79	1.94
7	"	"	43	500	1.76	1.66
8	"	"	43	600	1.76	1.69
9	普通	川砂	33	500	2.40	3.37
10	"	"	33	600	2.36	3.63
11	"	"	43	500	2.35	3.29
12	"	"	43	600	2.27	3.11
13	"	メサイト	33	500	1.78	1.91
14	"	"	33	600	1.80	1.83
15	"	"	43	500	1.76	1.65
16	"	"	43	600	1.76	1.77

表-9 弾性係数分散分析表 90% 信頼限界 $\Delta = \pm 0.13 \times 10^5$

	2乗和 S	自由度 f	分散 V	分散比 S/V	検定
A	0.060	1	0.060	4.412	*
B	8.323	1	8.323	611.982	***
C	0.329	1	0.329	23.890	***
A×B	0.055	1	0.055	4.054	*
B×C	0.036	1	0.036	2.231	
e	0.136	10	0.0136		

注: $1\% F_{10} = 10.04, 5\% F_{10} = 4.96, 10\% F_{10} = 3.28$

表-7

因子	水準	水準 1	水準 2
A	骨材の種類	A ₁ 早強ポルチランド	A ₂ 普通ポルチランド
B	骨材の種類	B ₁ 川砂 川砂利	B ₂ メサイト
C	水セメント比	C ₁ 33%	C ₂ 43%
D	単位セメント量	D ₁ 500g	D ₂ 600g

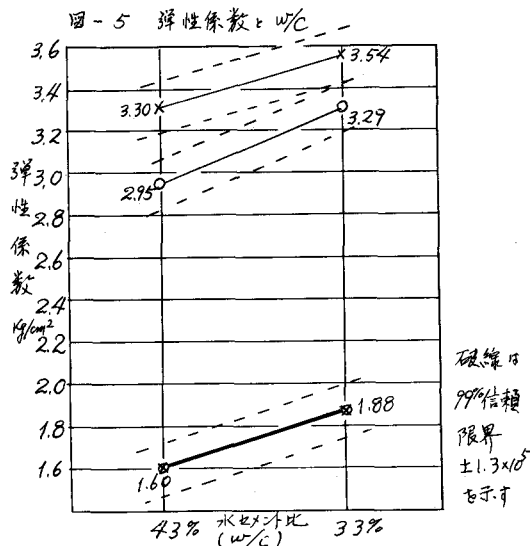
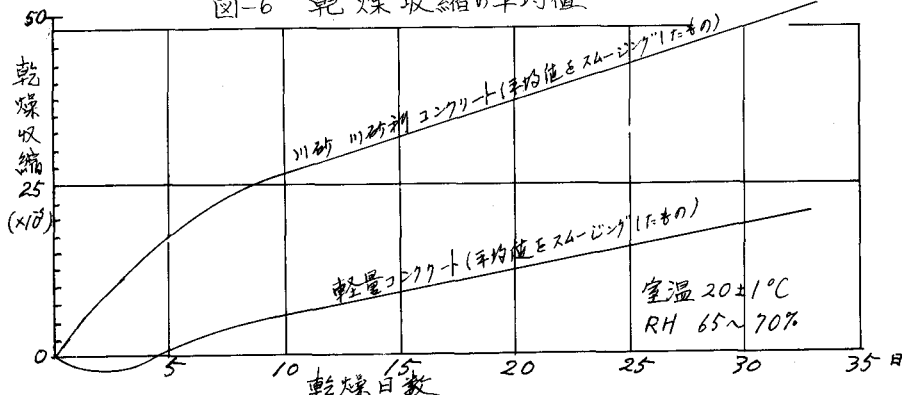


図-6 乾燥収縮の平均値



§4 おわりに

本研究における実験の範囲においては、次のようなことが云えるであろう。

1. 高配合軽量コンクリートでは、ウーカビリティに対する収縮の影響は少ない。
2. 造粒型と非造粒型軽量骨材の何れも、高配合の場合圧縮強度に因りては優劣は認められない。
3. 乾燥収縮は、作成33日まででは軽量コンクリートは小さい。ただし、長期になれば不明である。
4. 弾性係数は軽量コンクリートは若くしく小さく、高配合にしてもこれを改善できぬようである。