

フレッシュコンクリートの流動性と骨材性質との関係について
 ー骨材性質とコンクリートの流動性ー

正会員 藤 倉 徹 (摂南大学工学部)

1. まえがき

コンクリートは、骨材と水・結合材とから構成される複合材料であり、その性質は構成材の性質に左右される部分が多い。骨材は粒径により細粗骨材に分類され、細骨材と水・結合材の構成部分すなわちモルタル部分が一定であれば、コンクリートは大きく考えるとモルタルと粗骨材からなると考えることができる。¹⁾ リースの水量一定説では、細粗骨材比が一定のコンクリートで単位水量が一定であれば実用的な範囲において単位セメント量に変化してもスランプはほぼ一定であるとされ、コンシステンシーが主として単位水量によってほぼ定まる性質であることは周知のとおりである。しかしモルタル性質が同じでも粗骨材の粒度によっては、コンクリートのスランプに変化があることも事実である。

粗骨材粒度と実積率・空げき率がプレパックドコンクリートの諸性質におよぼす影響について、2～3点を明かにし、²⁾ 細骨材粒度と最大密度およびモルタルのフローとの関係についてもかなりの部分が判明している。^{1),3)}

本報告は、普通コンクリートにおいてモルタル諸条件が一定であるとき、粗骨材粒度がフレッシュコンクリートのスランプにおよぼす影響について検討したものである。

2. 使用材料

セメント：O社製普通ポルトランドセメントで、その化学および物理性質は表-1、表-2に示す。

細骨材：京都府産天然砂で、比重2.57, 吸水率

1.26, 粗粒率2.88, その粒度分布は図-1に示すとおりである。

粗骨材：京都府産天然骨材を用い、その粒度別比重は5～10mm2.50, 10～20mm2.65, 20～25mm2.67である。各粒度別にふるい分けたものを、再調合し、図-2、表-3に示すA～Fの6種類の粗骨材を用いた。

表-3でわかる通り、A～Fは粗粒率では6.35～7.50であるが実積率はほぼ等しく65.0%である。したがって空隙率がほぼ等しいにもかかわらず、骨材を球と考慮して計算した⁴⁾平均間隙の大きさには著しい差がある。すなわちAでは平均大きさ

表-1 セメントの化学成分

強熱減量	不溶解分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
0,6	0,4	22,1	5,3	3,2	64,3	1,3	1,9

表-2 セメントの物理的性質

比 重	比表面積 (cm ² /g)	凝 結 曲 げ 強 さ (kg/cm ²)			圧 縮 強 さ (kg/cm ²)				
		始 発	終 結	3日	7日	28日	3日	7日	28日
3,15	3 1 3 0	2-31	3-47	34.5	53,6	73,3	136	237	413

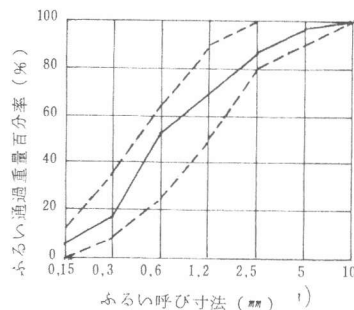


図-1 細骨材粒度分布

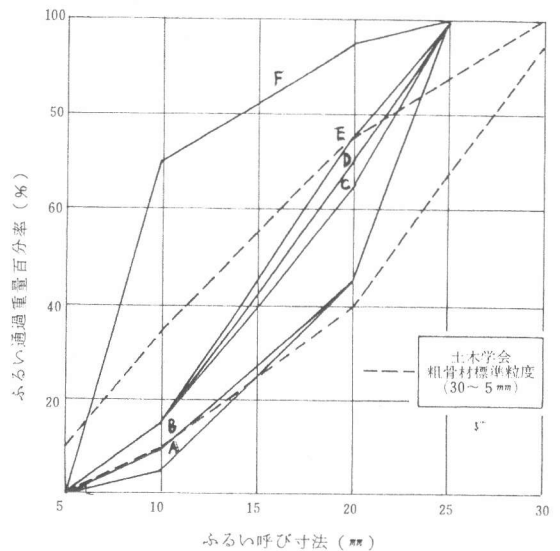


図-2 粗骨材の粒度分布

表-3 組合せ粗骨材の諸性質

	5～10mm	10～20mm	20～25mm	比 重	粗粒率	実積率 (%)	空隙率 (%)	平均間隙 (mm)
A	5	40	55	2.55	7.50	64.9	35.1	0.733
B	10	35	55	2.64	7.45	65.2	34.8	0.555
C	15	50	35	2.63	7.20	65.3	34.7	0.396
D	15	55	30	2.63	7.15	65.2	34.8	0.389
E	15	60	25	2.63	7.10	65.0	35.0	0.382
F	70	25	5	2.65	6.35	65.0	35.0	0.133

0.73ccの大きな間隙が数少なくて全体空隙35%であり、Fでは同じく平均大きさ0.13ccの小さな間隙が数多くて全体空隙35%となっている。

粗骨材の空隙量と必要モルタル量との間には多くの考え方⁵⁾があるが、ここでは粗骨材粒度によって定まる固有空隙量 V_i より必要モルタル量 V_M は常に大きくなければならないから、使用モルタル量 $used-V_M$ を、 $1.0V_i \sim 3.0V_i$ として配合を決定した。

3. モルタルの配合およびその性質

各種配合のモルタルは常に一定の性質に管理しながら粗骨材と混合して、コンクリートにしなければならない。今回使用したモルタルは7種類で、その配合を表-4に示す。

表-4 モルタルの配合とその記号

No.	1	2	3	4	5	6	7
C/S	1/2			1/3			
W/C	55	60	65	70	65	70	75

また、使用モルタルのレオロジー的性質を調べるため、内筒回転型円筒粘度計によりその回転数を0.3~60r·p·mの8段変速で各ずり速度に対するせん断応力を求め、次式より塑性粘度 η および降伏値 τ_f を求めた。

$$\tau = \eta \Omega + \tau_f = \frac{M}{2\pi R_2^2 h} \dots (1)$$

$$\Omega = \frac{2\omega}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2} = \frac{2\omega}{1 - \alpha} \dots (2)$$

R_1 ; 外筒半 (1, 58cm)

R_2 ; 内筒半径(0, 63cm)

それらの結果を図-4、図-5にそれぞれ示した

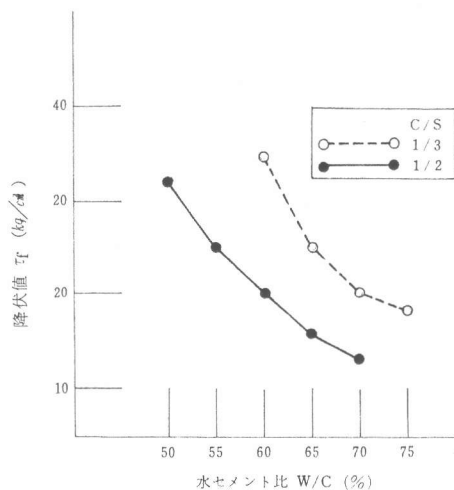


図-5(1) モルタルの W/C と τ の関係

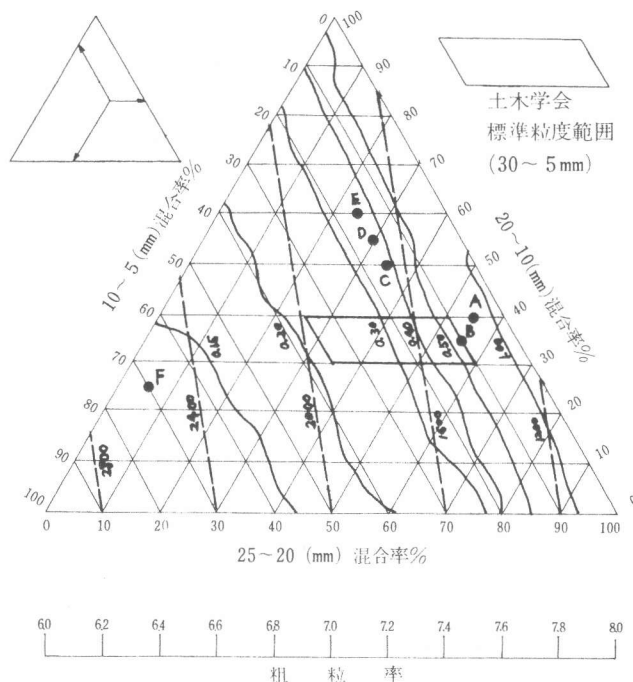


図-3 骨材粒度と間隙の平均大きさ(C.C.)および比表面積(α/α_0)との関係⁴⁾

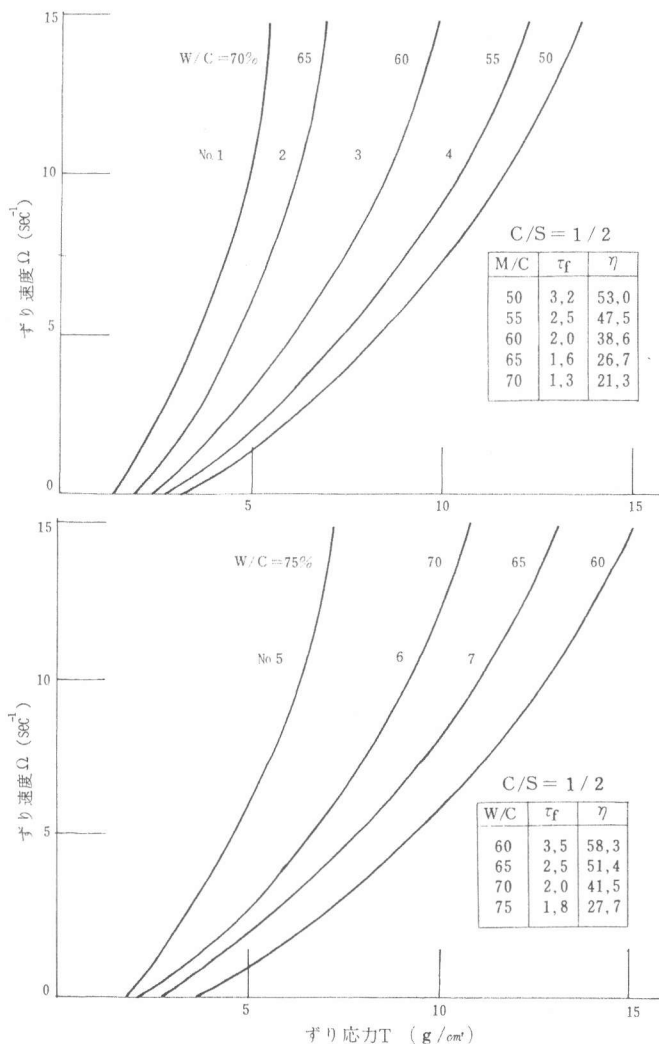


図-4 モルタルの τ と Ω との関係

4. コンクリートの配合とその性質

図-2. 表-3 に示した粗骨材A~Fの6種と、表-4 に示したモルタル配合1~7の7種との組合せによって定まるコンクリート配合記号を表-5 に示した。粗骨材粒度によってその固有空隙量 V_i は計算上求まるが、 V_i を満すに必要なモルタル量 V_M は、空気量を考えなければ、 $V_M \geq V_i$ の関係にある。

$$\text{使用モルタル量} \text{used-}V_M = V_i$$

1.2 V_i , 1.4 V_i , 1.6 V_i, 2.6 V_i , 2.8 V_i , 2.8 V_i , 3.0 V_i , としてコンクリートの配合を示したものが、表-6 である。この表でa, b.....j, k は、 $\text{used-}V_M = 1.0V_i$ をa, 1.2 V_i をb..... 2.8 V_i をj, 3.0 V_i をkとして、記号で示した。少なくともモルタル量が、粗骨材空隙の1.5倍以上でなければ配合のいかに問わずスランプ値は表れない。

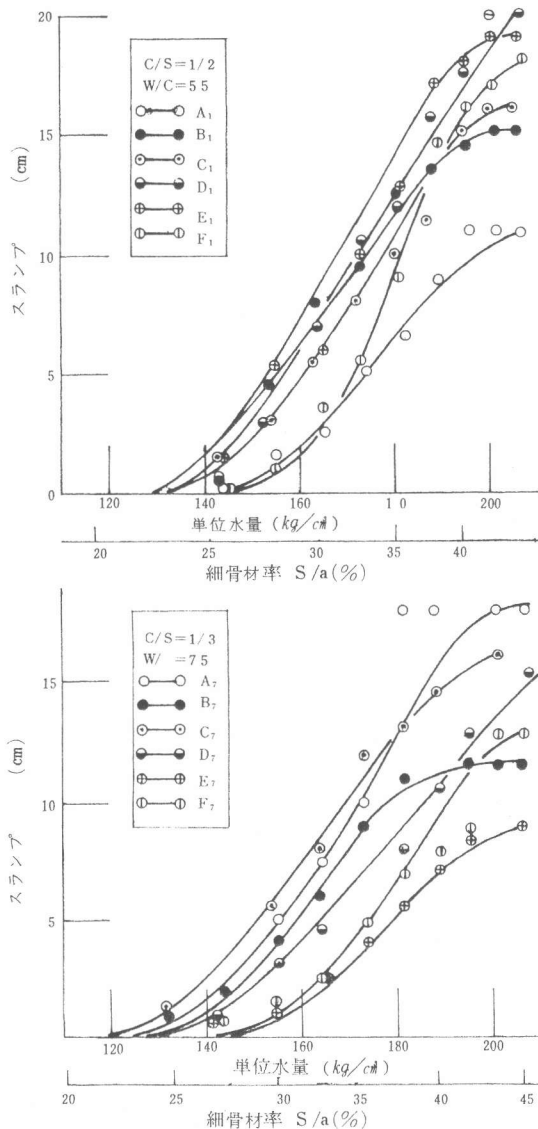


図-6 粗骨材粒度と単位水量・細骨材率およびスランプの関係

表-5 粗骨材粒度とモルタル配合との組合せ表

C/S	1/2				1/3		
	55	60	65	70	65	70	75
A	(A ₁)	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	O ₅	B ₆	B ₇
C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	(C ₅)	C ₆	C ₇
D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
E	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇
F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	(F ₇)

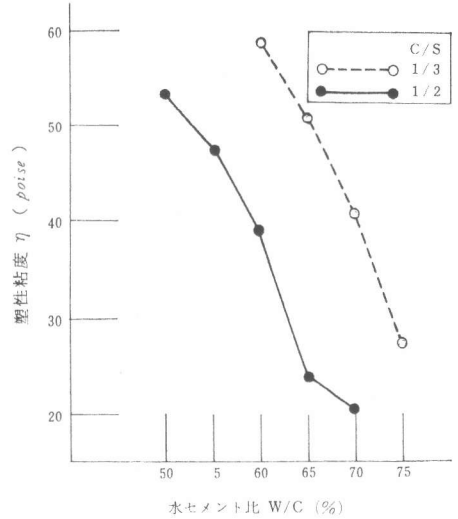


図-5(2) モルタルのW/Cとηの関係

表-6 コンクリートの配合と実測スランプの値

(42種のコンクリート配合のうち、ここでは表-5の○印のみを示した。また空気量は3~4%として計算した)

No.	単位使用材料 (kg/m³)						モルタル容積 (m³/m³)	粗骨材実積率 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)
	水	セメント	細骨材	粗骨材						
				5~10mm	10~20	20~25				
A 1-a	117	213	427	36	688	946	0.351	64.9	19.8	0.0
b	132	237	478	80	643	884	394	60.6	22.9	0.0
c	144	262	528	75	603	829	431	56.9	25.8	0.0
d	155	282	564	71	568	781	464	3.6	28.4	1.5
e	165	299	600	67	537	738	493	49.3	30.9	2.5
f	174	315	632	64	509	700	520	48.0	33.2	5.0
g	182	330	660	60	484	666	543	45.7	35.3	6.5
h	189	343	686	8	461	634	565	43.5	37.3	9.0
i	196	355	710	55	441	606	584	41.6	39.2	11.0
j	202	366	732	53	422	580	602	39.6	41.0	11.0
k	207	376	752	51	402	556	619	38.1	42.7	11.0

No.	単位使用材料 (kg/m³)						モルタル容積 (m³/m³)	粗骨材実積率 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)
	水	セメント	細骨材	粗骨材						
				5~10mm	10~20	20~25				
C 5-a	106	163	480	258	859	601	0.347	65.3	22.1	0.0
b	119	182	547	241	803	562	389	61.1	25.4	0.0
c	130	200	599	226	754	528	427	57.3	28.4	0.0
d	140	215	646	213	712	498	460	54.0	31.2	0.0
e	149	229	687	202	672	471	489	51.1	33.8	1.0
f	157	241	724	111	638	446	515	48.5	36.2	2.0
g	164	253	757	182	606	424	539	46.1	38.4	2.0
h	171	26	788	173	578	405	561	43.9	40.5	3.0
i	177	272	815	166	552	387	580	42.0	42.5	3.0
j	182	280	840	159	529	370	598	40.2	44.3	3.5
k	187	288	863	152	507	355	615	38.5	46.0	3.5

No.	単位使用材料 (kg/m³)						モルタル容積 (m³/m³)	粗骨材実積率 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)
	水	セメント	細骨材	粗骨材						
				5~10mm	10~20	20~25				
F 7-a	118	157	470	1156	413	83	0.350	65.0	22.2	0.0
b	132	176	527	1080	386	80	393	60.7	25.5	0.0
c	144	172	577	1014	362	75	430	57.0	28.5	0.5
d	155	207	621	955	341	71	463	53.7	31.3	1.5
e	166	221	662	903	323	64	492	50.8	33.9	2.5
f	174	232	695	856	306	61	519	48.1	36.3	5.0
g	182	243	728	814	291	58	542	45.1	38.5	7.0
h	189	252	756	777	277	55	562	43.6	40.6	8.0
i	196	261	783	741	265	53	583	41.7	42.5	9.0
j	202	269	807	709	253	51	601	39.9	44.4	13.0
k	207	276	829	680	243	49	618	38.2	46.1	13.0

各配合のうち、モルタル配合が同一である場合の粗骨材粒度ごとに、単位水量、細骨材率とスランプの関係を示すと図-6の通りである。 w_c が一定であれば粗骨材粒度のいかに問わぬ範囲において、単位水量のスランプとは比列関係にあってリースの説と一致するが、粗骨材平均間隙が 0.8cm^3 であるA・Bと同じく 0.4cm^3 であるC・D・Eおよび 0.15cm^3 以下のFとは、それぞれ異った形態を示す。すなわち図-6中、ABは直線部分が同勾配であり、C・D・Eがまた同勾配でFは前2者のどれとも異なる。使用モルタル量とスランプとの関係を図-7に示すが各配合ともスランプが直線関係で表われるのは、 $\text{used-}V_M=(1.5\sim 2.5)V_i$ の範囲であって、粗骨材粒子の $10\sim 5\text{mm}$ の混入量が増すほどモルタル増加に対するスランプの増加割合は大きくなる。

コンクリートの配合で細骨材率の決定は、特にコンシステンシーを左右する要素として重要であるが。いま、細骨材率を一定としたとき、粗骨材粒度により定まる平均間隙(cm^3)とスランプの関係を示したものが図-8である。粗骨材の平均間隙量が約 $0.4\sim 0.5$ すなわち $10\sim 5\text{mm}$ の混入量が 10% 前後の時スランプは、最大値を示し、同一スランプを得るには最も w_c を小さくできる。このことはプレパックドコンクリートの実験結果²⁾ 図-9と一致する。

5. あとがき

粗骨材粒度とスランプとの関係を従来の空隙率や表面積との関係で示すより、平均間隙量の大きさによって関係づけることが有意義

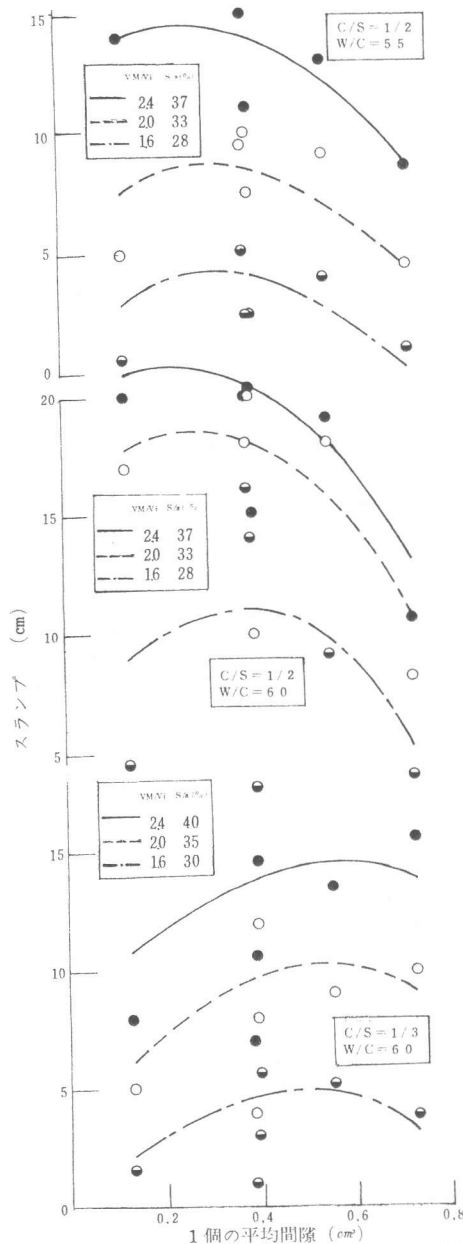


図-8 平均間隙とコンクリートのスランプとの関係
 であることをのべた。本報告の一部は、植松・笹井・高屋・前田の4君が、卒業研究として実験したのである。

<文献>

- 1) 徳光善治: 砂の粒度および量とモルタル諸性質の関係について、土木学会論文集、No96、1963-8。
- 2) 久保直志、藤倉徹、笠原正: プレパックドコンクリートにおける粗骨材粒度と圧縮強度(その1)、土木学会論文集第1V部、1960-5。
- 3) 久保直志、福留秀夫、藤倉徹: 骨材の粒度表示と最大密度その他に関する実験的研究(その2)、土木学会論文集第1V部、1962-5。
- 4) 久保直志、藤倉徹: コンクリート用骨材粒度の図示について、工学研究Vol.9、No10、1960-10。
- 5) 西郷、山本、田野口: 水さいモルタルの特性について、七技年報、版31、1977。

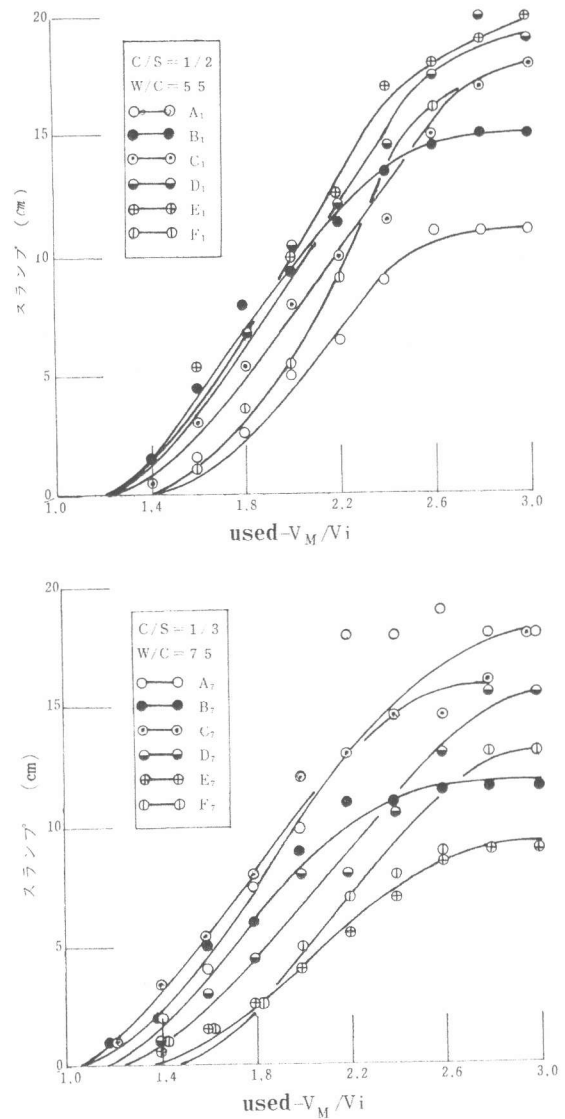


図-7 粗骨材平均間隙と使用モルタル量とスランプの関係

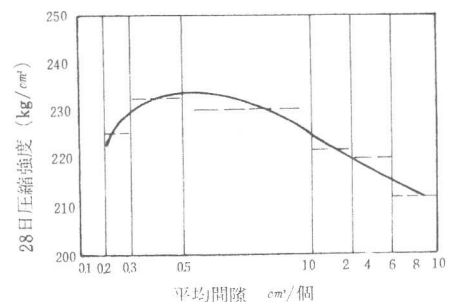


図-9 平均間隙とプレパックドコンクリート強度