

コンクリートのワーカビリティにおよぼす粗骨材粒形の影響

大阪工業大学 正 員 児 玉 武 三

1. まえがき

碎石を用いたコンクリートは、砂利を用いたものよりワーカビリティが悪くなる。これは碎石のもつ角張った形状および骨材表面の粗さによるものであることはよく知られていることである。この報告は碎石の粒形がコンクリートのコンシステンシー（スランプ）にどの程度影響するかを調べる目的で行なった実験結果である。実験は碎石を表-1に示すZingの粒形表現の分類にしたがって選別し、これらを別々に用いたおのおののコンクリートのスランプと川砂利を用いた同一配合のもののそれとを比較して粒形の影響を調べるとともに、さらに藤井博士やWaddel氏らが提唱した形状表現法すなわち表-2に示すような形状係数とスランプとの関係を調べたものである。

表-1. Zingの粒子形状表現

呼び方	b/a	c/b	符号
うすぺらでもなく、細長くもない。	$> 2/3$	$> 2/3$	A
細長い	$< 2/3$	$> 2/3$	B
うすぺら	$> 2/3$	$< 2/3$	C
うすぺらで細長い	$< 2/3$	$< 2/3$	D

a. 粒子の長さ, b. 粒子の中間径, c. 粒子の短径。

2. 使用材料

- セメント M社普通ポルトランドセメント。
- 細骨材 川砂(木津川産) 比重 2.6, FM. 3.05。
- 粗骨材 川砂利および碎石(表-5参照)。
川砂利 紀の川産 最大寸法 40mm。
碎石 石英はん岩(西宮市塩瀬町生瀬産)
流紋岩(飾磨郡家島町西島産)
硬質砂岩(産地不明)

表-2. 粒子の形状係数

形状係数	算式
細長率	$e = a/c$
方形率	$s = a/b$
扁平率	$f = a/b/c$
球形率	$R = 6\sqrt{\pi abc}$
容積係数	$K = V/abc$
仏式球形率	$\psi = a/D$
仏式容積係数	$C = V/\pi a^3/6$

V: 粒子の容積, D: 粒子の容積を球としたときの直径。

3. 試験方法

1) 粗骨材の調整 実験に用いる粗骨材(砂利および碎石)をまず網ふるいにより5~10, 10~20, 20~30, 30~40^{mm}の粒径別の4群にふるい分け、さらに碎石の各群については粒子の各個を直交する3軸について寸法の割合を測り、これによつて表-2のZingの示す4種の粒形群に選別した。つぎに上記粒径別および粒形別の20群のうちからおのおのの代表的な粒子を50個ずつ計1000個を選び出し、これら各個について粒子の3軸方向の寸法を測り、各個の形状係数値を計算で求めた。表-3はその平均としての各群の数値を示す。

表-3. 粗骨材の大きさと形状係数(各200個ずつの平均)

種 類	項 目	粒子平均の数値(mm)					形 状 係 数						
		a	b	c	V(mm ³)	D	e	s	f	R	K	ψ	C
砂 利	砂 利	3.23	2.33	1.65	11.13	2.34	1.96	1.39	4.54	1.030	0.539	1.39	0.378
	うすぺらでもなく細長くもない	3.23	2.54	2.02	11.25	2.38	1.59	1.26	4.05	0.828	0.434	1.34	0.416
	細長い	4.75	2.24	1.77	11.47	2.44	2.82	2.22	6.00	0.799	0.418	1.99	0.130
	うすぺら	3.60	2.83	1.11	7.47	2.10	3.25	1.27	9.21	0.813	0.426	1.73	0.196
	うすぺらで細長い	4.53	2.41	1.19	8.89	2.20	3.90	1.93	9.32	0.825	0.432	2.09	0.111

試験用粗骨材は粒径別に選別された同種の粒形のものを表-4に示す割合で再混合して調整した。調整した粗骨材の物理性質を表-5に示す。

2) コンクリートの試験

砂利および表-1の選別にしたごう碎石のおのおのを粗骨材として表-6に示す配合でコンクリートを練り混ぜ、これらのスランプを測定した。練りまぜは12ℓの手練りとし、空練り本練りとも均一となるまで十分行ない、スランプの測定要領は練り上り分を折半して別々に行ない、さらに両者を合わせてさらに1回計3回を原則とし、その平均値をスランプ値とした。

4. 試験結果と考察

以上の試験によってえられた粒形別のスランプ値を表-7、および図-1に示す。図-2はZingの粒形表現の分類と藤井博士およびWaddelの提唱した粒子の形状係数との関係を示している。形状係数とスランプ値の関係は図-3～図-9に示した。

図-1. 粒形とスランプの関係

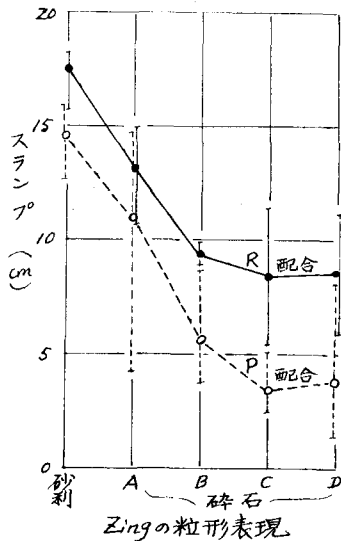


表-4 粗骨材の混合率

粒径(mm)	5~10	10~20	20~30	30~40
混合率(%)	20	30	25	25

表-5 粗骨材の性質(粒径5~40の平均)

種類	項目	岩種	比重	吸水率(%)	単位容重(kg/m³)	実積率(%)	空隙率(%)
砂	利	-	2.60	1.32	1813	69.7	30.3
碎石	うすつぺらでなく細長い	花崗岩	2.64	0.84	1690	64.0	36.0
	細長い	流紋岩	2.66	0.79	1652	62.1	37.9
	うすつぺら	〃	2.66	0.73	1625	61.1	38.9
	うすつぺらで細長い	〃	2.65	0.88	1650	62.7	37.3

表-6 コンクリートの示方面配合

配合	粗骨材最大径(mm)	スランプの範囲(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
P	40	15±1	75	42.4	181	240	825	1134
R	40	15±1	60.3	40.8	181	300	775	1134

表-7 コンクリートのスランプ試験の結果

配合	骨材の種類	スランプ(cm)				
		各	個	平均		
P	砂利	15.5	15.2	12.7	12.9	16.0
	碎石	14.2	4.1	14.7		11.0
	細長い	4.4	3.7	8.7		5.6
	うすつぺら	5.2	2.7	2.5		3.4
	うすつぺらで細長い	8.1	1.4	1.9		3.8
R	砂利	18.2	15.8	18.0	18.3	16.8
	碎石	14.9	13.1	11.7		13.2
	細長い	9.6	8.9	9.4		9.3
	うすつぺら	11.4	7.4	6.6		8.4
	うすつぺらで細長い	11.2	8.8	5.9		8.6

図-1によれば碎石を使用したものは砂利を使用したものより、はるかにスランプは小さく、さらに碎石のSlump lossは同じ碎石であつても粒形によつて大差があり、とくに細長いものより、うすつぺらなものが目立っている。そのSlump lossは配合によつても異なるが、粒形の良好なものの2倍以上で、この実験において貧配合のものでは、砂利コンクリートのスランプ15cmのものが3.5cmに低下した。

図-2においてZingの粒形分類と各種形状係数との相関は必ずしも一様でないが、仏式球形率、仏式容積係数、偏平率、細長率などは各粒子形状の差をかなり

明白に示すようで、とくに偏平率、細長率が良好のようである。図-3~図-9に示した各種形状係数とスランプとの相関性は細長率および偏平率がすぐれており、両者ともその数値が小さいほど Slump loss も小さいことを示している。仏式球形率、仏式容積係数も多少相関々係が見受けられるが、他はまったく不明である。

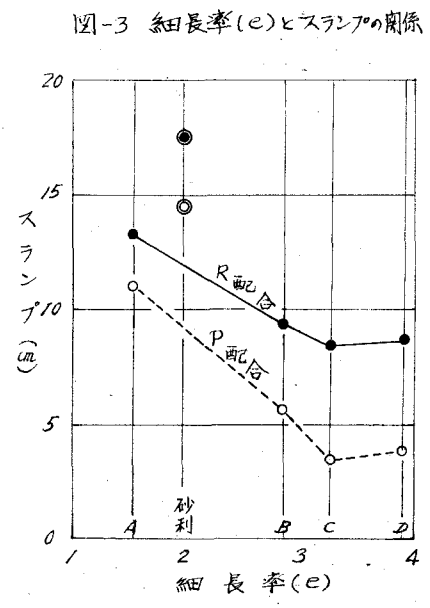
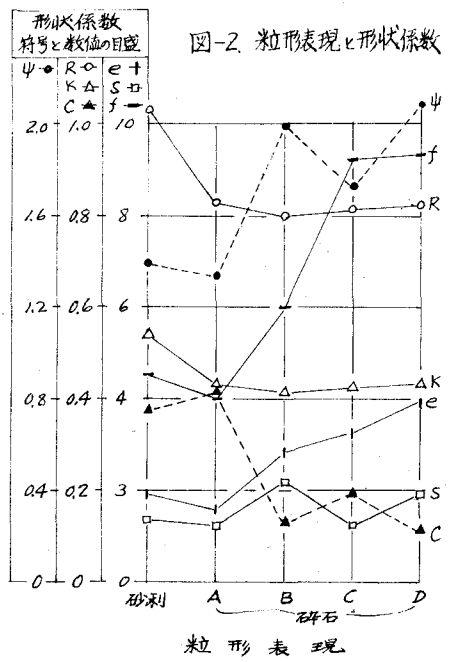


図-4 方形率(S)とスランプの関係

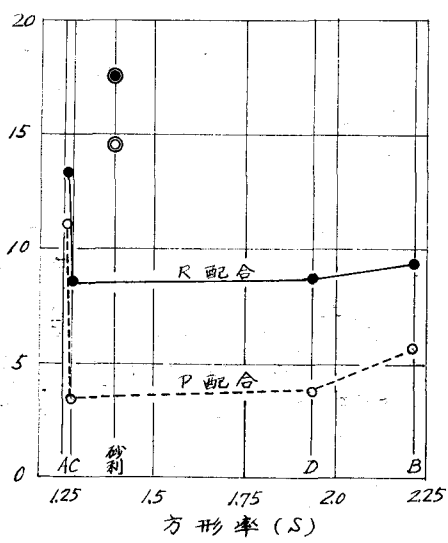
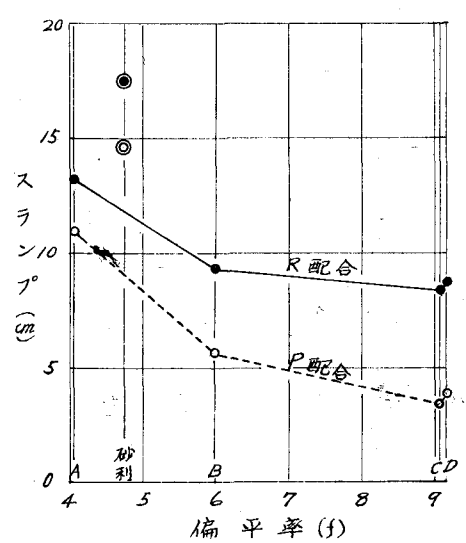


図-5 偏平率(f)とスランプの関係



以上のことから、碎石の *Slump loss* を判断する場合、その粒形を無視するわけには行かないことは明白であるが、上記のように粒形の分類または形状係数の測定は極めて厄介で実際に到底その煩に耐えない。

図-6 球形率(R)とスランプの関係

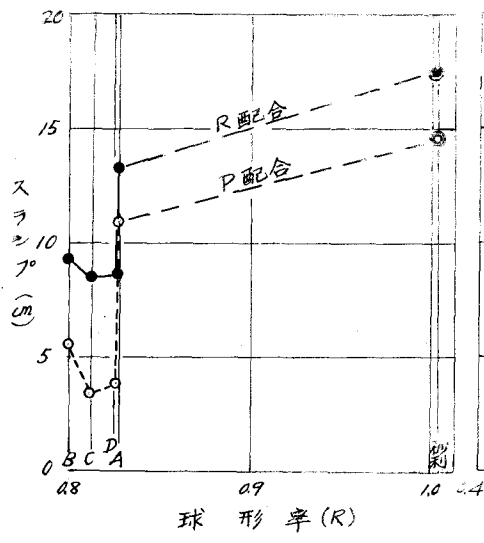
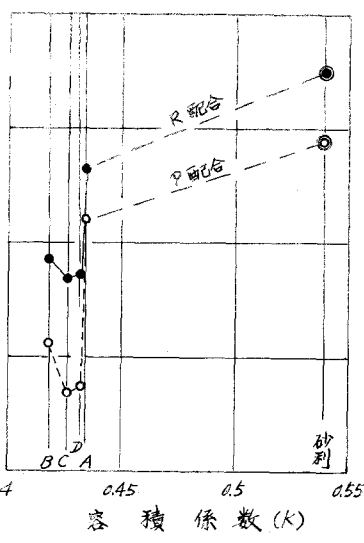


図-7 容積係数(K)とスランプの関係



したがってこれを単一の操作で分類または測定するか、あるいは *Slump loss* を判定できる目安を求める方法が望まれる。その試みとして今回、粗骨材自身を気乾状態のまま、コンクリートのスランプ試験の要領と同様の操作でその数値を求め、コンクリートのそれとの相関々係、および粗骨材自身のフロー、あるいは安息角などの値との関係を調べたが、そのうち骨材スランプとの相関性にはかなり良好な結果がえられた。この結果の報告は別の機会に述べたいと思う。

図-8 仏式球形率(ψ)とスランプの関係

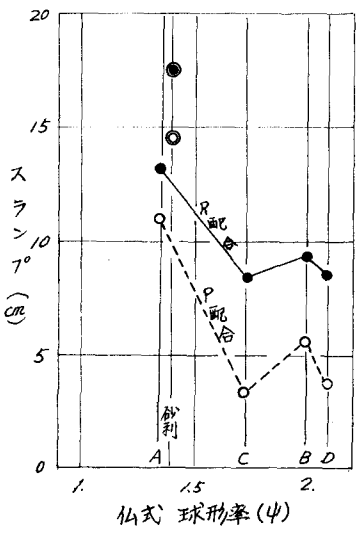
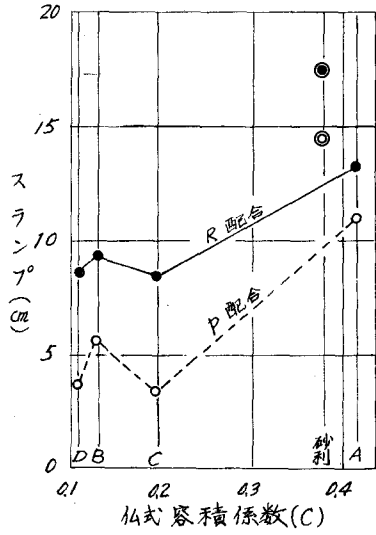


図-9 仏式容積係数(C)とスランプの関係



5. あとがき

日本コンクリート会議碎石委員会では、コンクリート碎石の品質規準作成のための調査研究を行なっており、以上の実験はその委員である京都大学岡田清教授の御指導のもとで実施したものであり、種々の御指導をいただいた。また本学卒研生 標田彰、麓昭彦、星野尾和人の三君には極めて厄介な測定と実験の手数を煩わした。こゝに併せて感謝の意を表します。