

2 粗骨材の粒度配列とコンクリートの ワーカビリティに関する一実験

鳥 田 専 右

§ 1. 実験の理由と目的

近時コンクリート用骨材の品質（特にその粒度配列の上で）が粗悪になって来ていることは、一般に知られているところであり、各試験所の統計にも、そのことが現われている。

当研究所で、各現場から送付された骨材について行なった試験の結果も、また同様である。（図-1、表-1）参照
そこで、このような粗悪な骨材を用いてコンクリートの調合を定めなければならないとき、建築学会で定めている標準化様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事の中のコンクリート調合表（以下標準調合表という）をそのまま流用できるかどうか問題になる。

骨材の粒度分布の標準範囲というものは、建築学会、土木学会でこれを示しているが、ここでは、粗骨材について、実際にどの程度標準範囲から外れることが許されるか、またどの位外れたら調合を考え直さなければならぬかを、主としてコンクリートの軟度や分離の程度から見て、およその見当をつけるために一つの実験を行なった。

§ 2. 実験の方法

セメント、砂は同一のものを用い、砂利はあらかじめ 5mm~10mm, 10mm~15mm, 15mm~20mm, 20mm~25mm にふるい分けたものを、種々の割合に再配合して用いた。コンクリートの調合は、標準調合表から水セメント比 65%, スランプ 20cm のものを作って、さまざまな粒度配列の粗骨材について、同一調合で試し練りを行ない、その軟度や状態を見た。

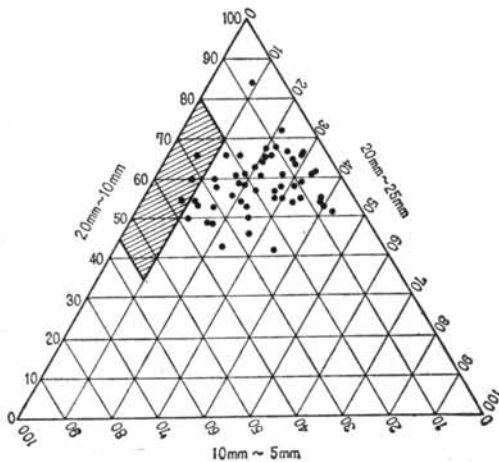


図 1

骨材	大きさ mm 以下	34 年			35 年		
		試料数	標準外	標準外 百分率	試料数	標準外	標準外 百分率
砂	0.6	8	5	62.5	10	7	70
	1.2	14	2	14.3	10	3	30
	2.5	35	9	25.7	36	9	25
	5.0	8	2	25.0	12	7	58.2
砂利	20	11	6	54.5	13	8	61.5
	25	48	26	54.2	32	11	34.4
	40	4	1	25.0	9	7	77.8

表-1 骨材粒度の試験結果

§ 3. 使用した材料

セメントは、秩父セメント株式会社製、普通ポントラ
ンドセメントで、主な性質は表-3のとおりである。

比重	比表面積 cm ² /g	凝 結		安定性	強熱 減量 %	マグネ シヤ %	無水 硫酸 %
		始発	終結				
3.15	3130	2-02	3-03	良	0.55	1.48	1.80

表 3 セメント試験結果

フロー mm	曲ゲ強サ kg/cm ²			圧縮強サ kg/cm ²		
	3日	7日	28日	3日	7日	28日
226	31.5	48.6	62.9	122	232	345

砂は江戸川産で試験結果は表-4に示す。

表比 乾重	単位容積 kg/l	吸水量 %	実積率 %	ふるい通過率 (%)						粒大 mm 以下 1.2
				5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
2.53	1.565	3.87	62.8	100	99	95	78	26	2	

表-4 砂試験結果

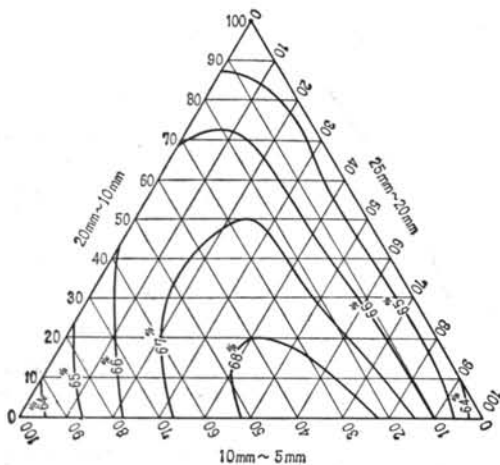


図-2 等実積率曲線

砂利は鬼怒川産で、試験結果は表5に示す。

表 乾 比 重	吸 水 量 %
2.60	1.53

表 5 砂利試験結果

§ 4. 砂利の粒度配列と
実積率の関係

上記の砂利を5mm~10mm, 10mm~15mm, 15mm
~20mm, 20mm~25mmに分け、これを種々の割合に
再配合したものについて、その実積率を計った。この際
10mm~20mmを一つのグループとして、その中では10
mm~15mmと15mm~20mmとは等量になるように
した。又砂利は気乾状態で扱い、その状態での見掛けの
比重を2.58と見なした。

実測の結果は表-6のとおりで、これを三角図表にまど
めると、図-2のようになる、既往の諸実験と同じように、
中間粒度のもの少ないものが、実積率は大きくなる。

番 号	各寸法の混分量 (kg)			10l 当りの重量 (kg)			実積率 %
	25mm~ 20mm	20mm~ 10mm	10mm~ 5mm	1	2	均平	
1	20	0	0	16.36	16.30	16.33	63.3
2	15	5	0	16.67	16.70	16.69	64.7
3	15	0	5	17.61	17.64	17.63	68.3
4	10	10	0	16.66	16.64	16.65	64.5
5	10	5	5	17.41	17.38	17.39	67.4
6	10	0	10	17.56	17.57	17.57	68.1
7	5	15	0	16.73	16.75	16.74	64.9
8	5	10	5	17.30	17.29	17.30	67.0
9	5	5	10	17.45	17.45	17.45	67.6
10	5	0	15	17.11	17.15	17.13	66.4
11	0	20	0	16.52	16.52	16.52	64.2
12	0	15	5	17.00	17.01	17.01	65.9
13	0	10	10	17.08	17.08	17.08	66.2
14	0	5	15	16.79	16.84	16.82	65.2
15	0	0	20	16.36	16.29	16.33	63.3
16	4	8	8	17.31	17.33	17.32	67.1
17	8	4	8	17.55	17.54	17.55	68.0
18	12	0	8	17.63	17.61	17.62	68.3
19	17	0	3	17.30	17.29	17.30	67.1

注: 20mm~10mmの中には20mm~15mmと15mm~10と
が等量含まれている。

表-6 粗骨材の粒度配列と実積率

§ 5. 砂利の粒度配列と表面積

前項と同様なやり方で混合した各配合の砂利について、その表面積を計算によって求めた。ただし砂利粒は球と見なす。

一般に粒径 x_n から x_{n+1} までの大きさの骨材の表面積は、その間のふるい分析曲線が直線であると仮定すると、次のようになる。

$$F_{n(n+1)} = \frac{6}{a} \frac{g_{n+1} - g_n}{x_{n+1} - x_n} \int_{x_n}^{x_{n+1}} \frac{1}{x} dx$$

$$= (g_{n+1} - g_n) k$$

ただし $k = \frac{6}{a(x_{n+1} - x_n)} \log \frac{x_{n+1}}{x_n}$

- ここに a : 密度
- x : 粒径
- g : ふるいを通過する骨材の重量

これによって各配合ごとに求めた表面積をグラム当りにして、図に表したものが、図-3である。

§ 6. コンクリートの調合

コンクリートの調合は砂 1.2mm 以下、砂利 25mm 以下の標準調合表 (5. 3. 11表) から、水セメント比65%、スランブ 20cm のものを作って用いた。次の表-7のとおりである。

材 料	セメント	砂	砂 利	水
絶対容積 l	99	272	417	202
比 重	3.15	2.53	2.60	1
重量 kg/m^3	311	688	1084	202

表-7 コンクリート調合

§ 7. 実験の経過

砂はほぼ表乾状態にしたもの、砂利は気乾状態のものを使い、それぞれ、表面水量、有効吸水量を補正して、

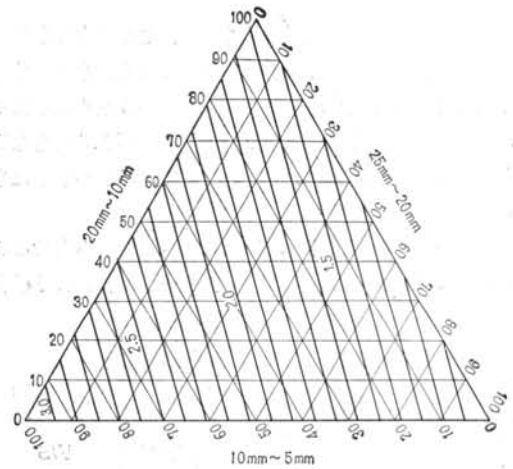


図 3 等比表面積曲線 (cm²/g) (ただし球としての計算値)

10 l のコンクリートを練った。ただし砂利は、その大きさによって、比重、吸水量に差がないものと考えた。

砂利の粒度配列の種類は、第 1 表の No. 1 から No. 15 までである。15種類のコンクリートを同時に試験することはできなかったので、互いに重複した幾つかのグループに分けて試験した。そして重複したものによって試験日時による誤差のないことを確かめた。

したがって、同一配列の試し練りの回数は、全てが同じではなく、結局 2~6 回となった。各回ごとに、そのスランブ値と、その時のコンクリートのひろがりとを計り、また状態を観察した。

§ 8. 結果と考察

スランブ、ひろがり、およびスランブに対するひろがりの割合 (F/S) の値の平均値を示すと表-8 のようになった。

これから三角図表上にスランブ線を描くと図-4 のようになる。これで見ると 10mm~5mm の量の増す程、即ち比表面積が大きくなる程スランブ値は小となっている。

つぎに分離の度合を数的にみるために、スランブの値に対するその時のひろがりの値の割合 (F/S) をもって示した。この値が幾らになったら分離の程度がどうであるとは一概に言えないが、観察によって本試験の場合は、これが 1.8 以上あるものは分離の傾向が見られた。

この値の等値曲線を三角図表上に描くと図-5 のようになる。これで見ると 25mm~20mm の部分が大きくな

るにつれて分離の傾向が著しくなる。この場合は単に砂利とモルタル分とが分離するだけではなく、水分の分離も大きくなって来る。25mm~20mm が少なくなるにつれて分離の傾向も少なくなるが、その値が1.6にもなると、著しくプラスチックイが失われて、パサパサしたものになる。

この等スランプ曲線と、等F/S曲線とを組み合わせることによって、良好な状態のコンクリートが得られる砂利

表一8 スランプとひろがりの実測値

(平均値)

粗骨材配列の番号	スランプ(S) cm	ひろがり(F) cm	F/S
1	20.2	37.7	1.86
2	20.7	38.2	1.85
3	20.3	38.8	1.91
4	19.4	37.5	1.94
5	20.2	34.0	1.68
6	20.5	37.3	1.82
7	20.0	36.1	1.81
8	20.6	35.2	1.73
9	19.0	33.7	1.76
10	18.1	28.5	1.58
11	21.0	36.6	1.74
12	20.2	34.3	1.70
13	19.5	32.4	1.66
14	17.7	28.4	1.60
15	15.5	26.4	1.73

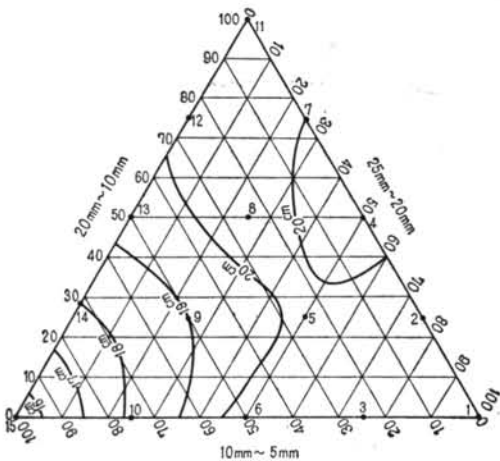
注 F/S 欄の値は個々の F/S の平均値で、本表の F の値を S の値で割ったものではない。

の粒度分布の範囲を決めることができる。これを示したものが、図一6 のハッチをほどこした部分である。

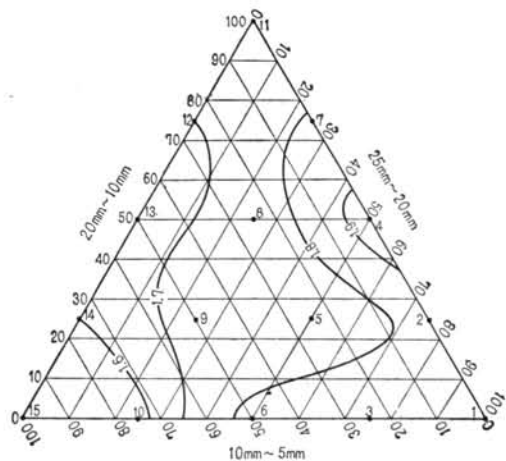
このハッチの部分の粒度分布の砂利は、一応25mm以下の標準調査表をそのまま適用することができる。これより、10mm~5mmの多い部分については25mm以下の標準調査表を使用することは適当でない。しかしこの部分のものは、粒度の配分そのものが、必ずしも全て悪いわけではないので、モルタル量の増加等の調査上の調整を行えば、使用できるものもかなりある筈である。特に三角図表の左側の辺に近いものについてはそのことが言える。

一方ハッチの部分より 10mm~5mm の割合の少ないものにおいては、粒度の配分そのものが悪いために分離が生ずるのであるから、調査の補正だけで、良好なコンクリートを得ることは難しい。この場合は細粒分を補足するか、または別の砂利を用いるかしなければならぬ。但し、5mm本試験に使用した砂は1.2mm 以下であって5mm以上のものが全くないので、もし5mm 以上を相当含んだ荒目の砂を使用するときは、この使用不適の砂利の範囲はそれだけ小さくなる筈である。

以上のことを、はじめに求めた比表面積との関係において見ると、明らかにその関連がみられ、比表面積が大きくなるにつれて、砂利の表面を覆うモルタルの厚さが小さくなるために、コンクリートは流動性を失うことになる。比表面積の小さい部分では、モルタルは余ってくるが、この余ったモルタルは単に分離してしまうだけで



図一4 等スランプ曲線



図一5 等ひろがり/スランプ曲線

あって、砂利の分離を継ぎとめる役には立たない。従って、砂利の表面積に対して、必要で十分なモルタル量というものがあつたのである。この実験の場合では、コンクリートの1立方メートル当りモルタルの絶体容量は583l(空気量を含む)であつて、砂利の比表面積は概略1.6~2.1 cm²/gであるから、コンクリート1立方メートル当りの砂利の表面積(但し球と考えて)は1,734,400~2,276,400cm²であつて、これを覆うモルタルの平均厚さは3.4mm~2.6mmとなる。

つぎに、砂利の実績率との関係を見ると、ほとんどその影響がみられない。これは、砂利の空隙率が、37%~31%の範囲内にあつてコンクリート1立方メートル当りにすると、370l~310lで差は60lとなり、一方モルタルの量は空隙のほぼ倍程度のものがあるので、空隙の差による影響が現われてこないものと思われる。

三角図表に現わされた粒度の範囲を、一般のふるい通過百分率表にそのまま移すことは難しいが、その範囲の主要な部分は図-7のハッチをほどこした部分として現わすことができる。これで見ると、この範囲は土木学会のコンクリート標準示方書に示された25mm~5mmの範囲とほぼ一致する。また建築学会コンクリート工事標準仕様書に示された20mm以下の砂利の程度範囲と比較すると、その荒い側の半分を含んでいる。これは20mm以下の砂利でもこの部分に入るものについては、25mm以下の標準調査表によつても、あまり支障はないことを示すものである。実際に現場から調査を依頼され、当所

で試験をすることがあるが、この範囲のものは、25mm以下として扱つて良好な結果を得ている。

§9. おわりに

本報告は、水セメント比、スランプについてその代表的なものを一種類、また砂についても一種類のものについての実験による。結果である特に砂の粒度配列による影響はかなり大きい筈であるから、それにより砂利の適正粒度範囲もまた多少変ることが考えられる。

しかし本試験の結果が一応の目安になれば幸いである。

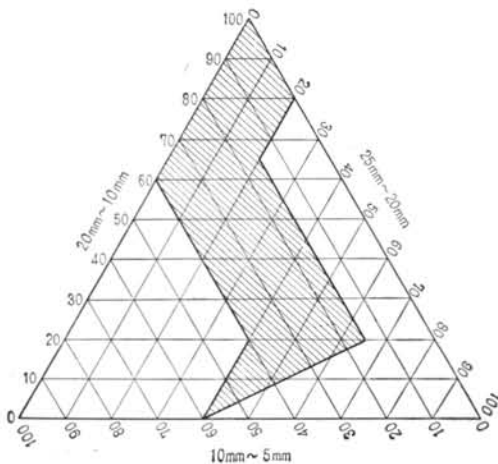


図-6 適正な粒度分布範囲

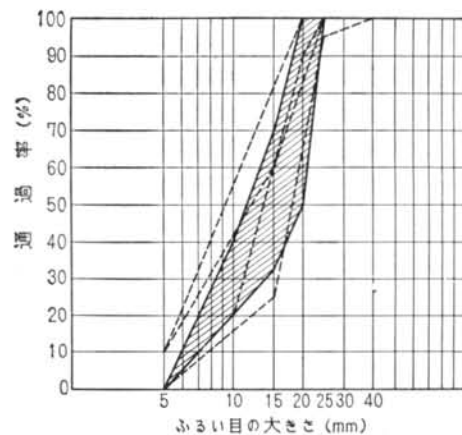


図-7 ふるい通過百分率

<参 考 文 献>

- 1) 各年度東京都建物材料検査所報告
- 2) 平野生三郎“関東地方骨材に関する調査”セメントコンクリート1953年3月.
- 3) セメントコンクリート誌1957年11月“コンクリート骨材特集”
- 4) 日本住宅公団調査研究課“東京地方における最近の骨材事情”建築材料1961年9月.
- 5) 長島弘“コンクリートのコンシステンシーと骨材空隙率および表面率の関係について”セメント技術年報昭和29年.

- 6) 長島弘“骨材空隙の実験的研究”セメント技術年報昭和31年.
- 7) 渡辺昇“骨材の表面積についての一つの考え方”セメントコンクリート1968年11月.
- 8) 亀田泰弘“骨材の比較面積による硬練りコンクリートの場合”日本建築学会論報告集昭和34年10月.
- 9) B. G. Singh “Specific surface of aggregate applied to mix proportioning” Jarnal of A. C. I. 1959年2月.
- 10) 白山和久“各国のコンクリート調合法”建築技術年報昭和30年1月～3月.