

骨材の表面形状の評価方法に関する実験的研究

九州大学 学生員 平居竜也
九州大学 正会員 牧角龍憲
新日鐵化学（株） 正会員 近田孝夫
九州大学 学生員 井上慎介

1. まえがき

砕砂及び碎石は天然骨材と比較して一般にその角張りが多く、フレッシュ及び硬化コンクリートの性状に影響を及ぼすと言われている。骨材の形状評価法としては、現状では粒形判定実積率を用いる方法がとられているが、より適切な評価が期待されるところである。そこで本研究では、骨材の評価方法として骨材の表面積の測定に着目し、実験的に測定手法及び評価方法の検討を行った。

2. 実験方法

2.1 液体透過方法による骨材表面積の測定

骨材の表面積を測定する方法には液体透過法¹⁾を導入した。本方法は土質試験の定水位透水試験方法の要領に準じた。また、溶液の流れが常に層流になるよう骨材の粒度に併せて粘性を変化させた。粘性の制御には濃度を変化させたメチルセルロース水溶液を用いた。Carman²⁾は透水試験方法から試料の表面積を計算する式として下記の式を誘導している。

$$S_v = 14 \sqrt{\frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \frac{\Delta P}{\mu u L}} \quad (1)$$

$$D_p = \frac{6}{S_v} \quad (2)$$

ここに S_v : 固体の体積基準の比表面積 (cm^2/cm^3) D_p : 球相当径 (cm) ε : 骨材間の空隙率 μ : 溶液の粘性係数 (poise)

u : 平均流速 (cm/sec) L : 充填層高 (cm) ΔP : 水位差

すなわち、透過溶液の粘性係数と透水速度並びに骨材の実積率を測定すれば試料の比表面積が求められる方法である。なお、透過溶液の粘度はあらかじめ振動式粘度計によって測定しておき、実験は温度により液体の粘性が変化しないように恒温室で行った。試料の種類及び基本的物性は表-1に示す。

2.2 モルタル及びコンクリートの配合

液体透過法の妥当性を検証するために表-1に示す骨材を用いて細骨材はモルタルのフロー値を、粗骨材はコンクリートのスランプ及びVB値を測定した。コンクリートの流動性に及ぼす骨材形状の要因を検討するためコンクリート、モルタルの配合条件は一定にした。砕砂は単一粒度毎に0.3-0.6、0.6-1.2、1.2-2.5、2.5-5.0mmの4種類を準備し、配合はW/C=55%（重量比）、S/C=3（体積比）一定とした。碎石は5-10mmと10-20mmにふるい分け、重量比2:3の割合で混合したものを用いた。コンクリートの配合は表-2に示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 液体透過方法の妥当性の検証

まず、液体透過方法による比表面積の算出値の妥当性を検証した。試料は球に近いガラスビーズ(GB)を用い、測定結果

から得た比表面積の値より球相当径を求めた。同時にガラスビーズの各粒度毎に100個程度について直接ノギスで直径を測定し、その平均値を実測直径とした。また、理論計算値として球の面積体積平均粒径³⁾を計算直径とし、それら3通りの方法で求めた平均直径を比較した。その結果を表-3に示す。本試験結果から算出された球相当径は、計算値、実測値といずれの粒度にお

表-1 骨材の物性

細骨材					粗骨材				
	岩質	表乾比重	吸水率(%)	粒形判定実積率(%)		岩質	表乾比重	吸水率(%)	実積率(%)
A	GB			63.48	a	安山岩	2.72	0.53	60.39
B	海砂1	2.56	1.85	58.53	b	結晶片岩	2.89	0.60	58.44
C	海砂2	2.57	1.59	55.25	c	閃緑岩	2.72	1.14	60.97
D	川砂利砕砂	2.52	4.06	58.83	d	石英斑岩	2.69	0.87	58.23
E	結晶片岩	2.78	2.25	54.87	e	ひん岩	2.80	0.44	58.22
F	石灰石1	2.66	1.50	55.87	f	角閃岩	2.93	0.58	58.70
G	石灰石2	2.67	2.15	55.74	g	硬質砂岩1	2.69	0.78	58.49
H	硬質砂岩1	2.70	1.32	51.80	h	硬質砂岩2	2.73	0.56	58.77
I	硬質砂岩2	2.64	5.70	56.66	i	硬質砂岩3	2.73	0.36	61.11
J	硬質砂岩3	2.62	5.53	58.09	j	川砂利玉砕	2.62	2.17	60.35
K	角閃岩	2.83	2.61	55.46	k	石灰石1	2.70	0.34	60.39
					l	石灰石2	2.70	0.23	60.51

表-2 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)			
			水 W	セメント C	細骨材 s	混和剤
20	40	42	175	438	684	109

表-3 GBの平均直径

粒度	計算直径	実測直径	球相当径
0.3-0.6	0.45	0.36	0.34
0.6-1.2	0.87	0.77	0.82
0.84-1.2	1.02	0.93	0.93
1.2-2.5	1.57	1.73	1.87
1.41-2.0	1.71	1.80	1.97
2.5-5.0	3.22	3.31	3.14
3.4-4.5	4.00	3.77	3.44

(単位: mm)

いても近似しており、特に実測値とは極めて近い値であった。
従って本方法は信頼ある測定方法と考えられる。

3. 2 骨材形状評価方法の検討

本試験結果より得られた骨材の比表面積の測定結果を表-4に示す。また骨材の形状を評価する方法として次式で示す値を用い、表面形状係数と称することにした。

$$\text{表面形状係数: } \Phi = \frac{\text{直径が平均粒径である球の比表面積}}{\text{比表面積測定値}} \quad (3)$$

表-4 単位体積あたりの比表面積

	細骨材				粗骨材	
	0.3-0.6 (mm)	0.6-1.2 (mm)	1.2-2.5 (mm)	2.5-5.0 (mm)	5.0-20.0 (mm)	
A	177.4	70.5	32.40	19.24	a	14.99
B	403.7	180.5	45.75	26.70	b	16.99
C	304.2	130.7	52.11	37.41	c	15.57
D	187.6	132.4	40.59	26.17	d	16.74
E	250.5	156.5	70.64	34.67	e	14.16
F	250.2	142.5	46.65	29.46	f	14.16
G	240.8	139.5	47.64	28.00	g	14.04
H	306.2	183.4	78.20	34.33	h	17.10
I	436.6	156.6	52.68	29.89	i	12.90
J	271.2	121.4	47.92	28.89	j	17.97
K	307.8	146.3	52.63	30.51	k	14.52
					l	12.36

(単位: cm^2/cm^3)

まず図-1に細骨材の Φ とモルタルフロー値の関係を示す。細骨材の粒度ごとに Φ とフローは、ほぼ正の直線関係が認められるが、1.2-2.5mm、2.5-5.0mmの骨材粒度で特によい直線関係が認められた。これより骨材とセメントペーストとの付着面積が流動性に大きく影響していることがいえる。また、1.2-2.5mmの粒度の骨材を用いた場合について、 Φ と表-1に示す粒形判定実積率を比較するため、フローとの関係を示したものが図-2及び図-3である。粒形判定実積率とフローの間にも高い正の相関関係が見られるが、 Φ とフローの関係はさらに精度の高い相関関係が認められる。

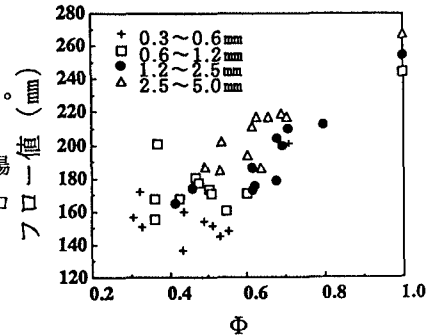


図-1 Φ とフロー値の関係

次に図-4及び図-5に粗骨材の Φ とスランプ及びVB値の関係を示す。スランプ、VB値ともある程度の相関は認められる。ただし、実積率とスランプ、VB値の相関よりは高い相関が得られている。ばらつきの原因は細骨材に比べ粒度の幅が広く、偏平、細長い形状の骨材が存在するためと考えられる。両者を比較すると相関性はスランプの方が良いが、VB値のグラフは全体的にまとまりのある分布になっており、骨材表面の付着と流動性の関係を示しているものと考えられる。

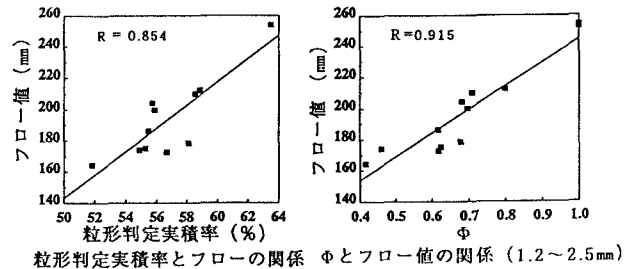


図-2

図-3

以上のことから、液体透過法による骨材の表面積の測定は形状評価法として有効な手段といえ、コンクリートの流動性を検討する上でも重要な要因となるものと考えられる。

4. まとめ

本研究で試みた液体透過法はある程度正確な骨材の比表面積を求られる。また、形状のみを評価する従来の粒径判定実積率に対して、今回用いた評価法は液体を骨材間空隙に流すことにより形状のみならず界面との付着抵抗などの骨材の表面性状も含めた形で評価しているものと考えられ、表面形状を数値で表現できる可能性も認められた。

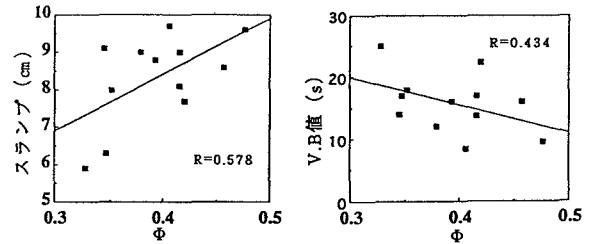


図-4 Φ とスランプの関係

図-5 Φ とVB値の関係

【参考文献】

- 1) 太田誠一郎 骨材の表面積と新面積法による構築混合物の検討とその応用に関する研究、土木学会論文集第61号別冊 (3.3)、1959
- 2) P.C.Carman Journal of Soc. of Chem.Ind 57-58、1938~39
- 3) 徳光善治 粉体のつめこみに関する研究 材料 第13巻 第133号