

足利工業大学工学部 正会員 ○松村 仁夫

足利工業大学工学部 正会員 黒井登起雄

1. まえがき

コンクリート用細骨材は、川砂の枯渇に伴い、山砂、砕砂などが多く使用され、高炉スラグ、フェロニッケルスラグなどの産業副産物も使用されている。砂の『表面乾燥飽水状態（表乾状態）』は、JIS A 1109に規定する『フローコーンによる方法』で行われる。しかし、この方法では、微粒分の多い砂、粒度に片寄りのある砂、丸い粒形の砂などは判定が難しく、比重、吸水率、表面水率を精度よく求めることができない。そこで、本研究では、減圧吸水による見掛けの絶対容積の測定を試み、減圧圧力の影響および試料量の影響を検討するとともに、さらに、絶乾状態を基準に、細骨材の表乾判定についても実験データから検討した。

2. 減圧吸水による細骨材の見掛け容積の求め方

2.1 測定の考え方¹⁾ 絶乾状態の見掛けの絶対容積 V_i は、図1に示すように、容積計に一定量の試料と水を満たし、減圧によって気泡と空隙を除いたときの容積計に加えた水の量 V_w から、置換法で求めることができる。容積計の全容積を V とすれば、試料の絶対容積は、(1)式から算定できる。

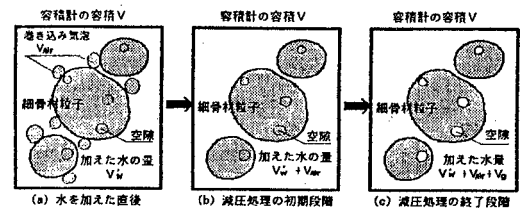


図1 細骨材の絶対容積測定の概略図

$$V_i = V - V_w = V - (V'_w + V_{Air} + V_o) \cdots \cdots (1)$$

ここで、 V'_w は気泡と空隙が存在するときの容積計に加えた水の量である。 V_{Air} は試料と水を混ぜたときの巻き込み気泡で、 V_o は細骨材試料の空隙（吸水量に相当）である。巻き込み気泡（ V_{Air} ）を除去したときの見掛けの絶対容積は、細骨材試料の表面乾燥飽水状態のそれに相当する。

2.2 使用材料および測定方法 細骨材は、大井川産川砂、鬼怒川産川砂およびフェロニッケルスラグ細骨材〔電炉水砕〕の3種類を用いた（JIS試験による物理的性質は表1参照）。試料の量は、絶乾状態にした後に1.2mm以上と1.2mm未満にふるい分け、それぞれ200gを主に、10、30、50および100gについても行った。容積計は100および250mlのメスフラスコを用いた。また、減圧処理は、真空定温恒温器（株式会社 堀場 SVK-1 2PS）を用いた。減圧圧力は、-93.3kPa(-700mmHg)、-90.7kPa(-680mmHg)、-86.7kPa(-650mmHg)および-80.0kPa(-600mmHg)とした。減圧処理時の温度は、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ とし、時間は、10、20、30、45、60、75、90、120、150、180分および24時間とした。以下に、その測定手順および算定式を示す。

①細骨材試料の絶乾質量（ W_i ）を正確に測定。②メスフラスコの質量（ W_o ）と目盛り線まで水（密度 γ_{w1} ）を入れたときの質量（ W ）を正確に測定。メスフラスコの容積（ V ）は $V = (W - W_o) / \gamma_{w1}$ から求める。③メスフラスコに試料と水（密度 γ_{w2} ）を目盛り線まで入れ、その質量（ W'_{s+w} ）を正確に測定。このときに加えた水の量（ V'_w ）は、 $V'_w = (W'_{s+w} - W_o - W_i) / \gamma_{w2}$ から求める。④所定圧力にした真空乾燥器の中で、試料と水（密度 γ_{w3} ）を入れたメスフラスコの常温減圧処理。処理時間経過ごとに水を目盛り線まで補充し、質量（ W_{s+w} ）を正確に測定。加えた水量（ V_w ）は、 $V_w = (W_{s+w} - W_o - W_i) / \gamma_{w3}$ から求める。⑤細骨材の見掛けの絶対容積（ V_i ）₀、（ V_i ）_tは、 $\gamma_{w1} = \gamma_{w2} = \gamma_{w3}$ のとき次式から求める。

$$(V_i)_0 = V - V'_w = \{(W - W_o) / \gamma_{w1}\} - \{(W'_{s+w} - W_o - W_i) / \gamma_{w2}\} = W - W'_{s+w} + W_i$$

$$(V_i)_t = V - V_w = \{(W - W_o) / \gamma_{w1}\} - \{(W_{s+w} - W_o - W_i) / \gamma_{w3}\} = W - W_{s+w} + W_i$$

3. 結果および考察

3.1 見掛けの絶対容積²⁾ 図2は、各種細骨材の減圧処理圧力-90.7kPaで処理したときの減圧処理時間と見掛けの絶対容積との関係を示す。図より、見掛けの絶対容積は、圧力が-90.7kPa以上のときに巻き込み気

泡が取り除かれるため、処理時間30分程度まで急激に小さくなり、それ以降 180分程度まで緩やかに小さくなる。この絶対容積が緩やかに減少する部分は、吸水域に当たると考えられる。この傾向は、3種類の細骨材とも同じであり、減圧処理圧力-90.7kPaで処理すれば、見掛けの絶対容積の経時変化における変曲点を見出すことができるようである。

3.2 骨材表面の判定 「見掛けの絶対容積の経時曲線」における骨材表面を判定することは、細骨材の表乾判定と密接に関連するので、重要である。図3は、3種類の細骨材（粒径1.2mm未満）の「見掛けの絶対容積曲線」における処理時間90分までの結果を基にして算定した処理時間と見掛けの絶対容積の減少速度との関係を示す。図より、見掛けの絶対容積の減少速度は、処理時間20～30分まで急激に小さくなり、巻き込み気泡の大部分が取り除かれるようである。これは、絶対容積の減少速度が小さくなる時間における見掛けの絶対容積を骨材表面と考えてよいものと思われる。

3.3 細骨材の試料量の影響 図4は、粒径1.2mm未満の細骨材試料の見掛けの絶対容積と試料質量（試料量を10～200g）との関係を示した。図より、減圧吸水による見掛けの絶対容積の測定値は、試料量が10、30、50、100、200gと変わっても、精度よく測定できる。これは、減圧吸水による見掛けの絶対容積の測定がふるい分け試験における容積百分率算定への応用も十分可能であることを示すものと考えられる。

3.4 比重および吸水率の算定 表1は、-90.7kPaの減圧圧力で処理したときの初期段階における見掛けの絶対容積の値から求めた細骨材の比重（絶乾、表乾）および吸水率を示す。表より、比重および吸水率の値は、減圧処理時間20～30分以降の変化が少なくなる。これは、骨材の吸水が処理時間30分程度から始まることを示しており、この時間における見掛けの絶対容積が『表乾状態』に非常に近いと考えられる。

4. まとめ

以上の結果より、細骨材の見掛けの絶対容積は、適度な減圧処理による置換法で測定できることが明らかになり、圧力は-90.7kPa(-680mmHg)が適当と考えられる。また、このときの骨材表面（表乾状態）の判定には、見掛けの絶対容積の減少速度の経時変化を調べるのが有効と考えられる。しかし、細骨材の表乾状態の判定に用いるためには、遠心分離等による表乾判定との比較、減圧処理24時間で完全に吸水したと判断すべきかなど、更に検証が必要である。

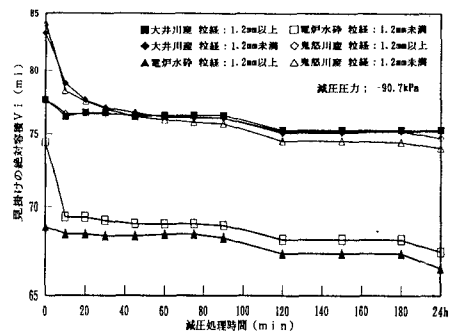


図2 減圧処理時間と見掛けの絶対容積との関係

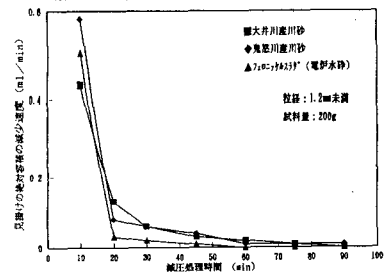


図3 減圧処理時間と見掛けの絶対容積の減少速度との関係

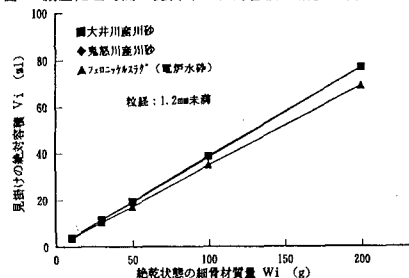


図4 試料量と見掛けの絶対容積との関係

表1 絶対容積から求めた細骨材の物理的性質

減圧処理 時間(分)	粒径の構成比 <1.2mm%	吸水率(%)		比重(5mm骨材)	
		<1.2mm	5mm	絶乾	表乾
10	0.64:0.36	1.85:0.50	1.36	2.56	2.60
20	"	1.20:0.65	1.00	2.59	2.62
30	"	0.90:0.65	0.75	2.60	2.62
45	"	0.70:0.50	0.63	2.61	2.63
60	"	0.55:0.55	0.55	2.62	2.64
大井川産川砂		(1.46)		(2.58)	(2.62)
10	0.60:0.40	2.15:0.90	1.65	2.57	2.62
20	"	1.75:0.90	1.41	2.59	2.63
30	"	1.45:0.90	1.23	2.60	2.64
45	"	1.15:0.85	1.03	2.62	2.65
60	"	1.05:0.85	0.97	2.63	2.65
鬼怒川産川砂		(2.14)		(2.56)	(2.60)
10	0.28:0.72	1.00:0.95	0.96	2.91	2.94
20	"	1.00:0.95	0.96	2.91	2.94
30	"	0.90:0.90	0.90	2.92	2.94
45	"	0.80:0.90	0.87	2.92	2.94
60	"	0.80:0.95	0.91	2.91	2.94
フェロニゲルスタ 細骨材(電炉水砂)		(0.73)		(2.81)	(2.83)

()内の値は、JIS A 1109の方法によって求めた5mm細骨材の物理的性質

【参考文献】 1)黒井、松村;減圧吸水による細骨材の見掛け容積測定法に関する基礎研究、第23回関東支部技術研究発表会講演概要集(土木学会)、pp. 626～pp. 627、1996.3 2)松村、黒井;細骨材の比重・吸水率測定における減圧吸水法の適用、第51回年次学術講演会講演概要集(土木学会)、第V部門pp. 196～pp. 197