

V-112

比重試験による混合細骨材の混合率の算定

足利工業大学工学部 松村 仁夫

足利工業大学工学部 黒井 登起雄

1. まえがき

比重3程度のフェロニッケルスラグ（FNSと呼称）および3.5程度の銅スラグ（CUSと呼称）など、密度の大きい細骨材がJIS化されてきている。これらの細骨材と比重2.6程度の普通細骨材（砂および砕砂）を混合して使用する場合、FNSあるいはCUSの混合割合を簡便に試験できる方法が品質管理上要望されている。そこで、本研究では、試料の含水状態および測定比重の種類などの試験方法および算定混合率の精度など、『比重試験』から混合率を算定する場合の問題点を実験によって検討した。

2. 比重試験による混合率の算定方法

FNSおよびCUS細骨材の比重と普通細骨材の比重との間には、かなり差があるので、『比重試験』による混合率算定は、細骨材が混合されている場合に有効な方法と考えられる。FNSまたはCUS細骨材と普通細骨材が混合率 $m\%$ （容積百分率）で混合されているときの比重は、式[1]で表すことができる。

$$\rho_{s+n} = \rho_s \cdot \frac{m}{100} + \rho_n \cdot \frac{(100-m)}{100} = \frac{(\rho_s - \rho_n)}{100} \cdot m + \rho_n = \Delta\rho \cdot \frac{m}{100} + \rho_n \cdots \cdots [1]$$

ここに、 ρ_{s+n} ：混合細骨材の比重、 ρ_s ：FNSまたはCUS細骨材の比重、 ρ_n ：普通細骨材の比重、 $\Delta\rho$ ：細骨材の比重の差（ $=\rho_s - \rho_n$ ）、 m ：混合率（容積百分率）%

式[1]より、細骨材の混合率 m' は、FNSまたはCUS細骨材の比重 ρ_s および普通細骨材の比重 ρ_n が既知であれば、式[2]より求めることができる。

$$m' = \frac{\rho_{s+n} - \rho_n}{\Delta\rho} \cdot 100 = \frac{\rho_{s+n} - \rho_n}{\rho_s - \rho_n} \cdot 100 \cdots \cdots [2]$$

3. 比重試験による混合率算定の問題点とその測定精度

3.1 使用骨材

細骨材は、普通細骨材4種類（鬼怒川産 KR および大井川産川砂 OR、長浜町海砂 DR、六ヶ所村産洗砂 B' R）、FNS細骨材3種類（キルン水砕 A、電炉風砕 B'、電炉水砕 D）、CUS細骨材5種類（A、B、C、D、E、F）とした。混合細骨材は、FNSあるいはCUS細骨材と普通細骨材骨材との混合とし、設定混合率 m は、30、50、70%とした。測定比重は、微粉碎した細骨材約50gの水の置換法（100mlピクノメータ使用）による『真比重』と、絶乾状態の試料約500gを用いた、JIS A 1109に準ずる水の置換法による『見掛けの真比重』とした。

3.2 比重試験による混合率算定の問題点

（1）試料の含水状態および測定比重の種類 表-1は、各種細骨材の『真比重』および『見掛けの真比重』の試験結果を示す。表-1より、普通細骨材の真比重は、2.57～2.62で、値が若干小さい（測定時の気泡除去の影響と考えられる）が、一般に、安山岩、砂岩、石灰岩の真比重が約2.69～2.70の範囲にあり¹⁾、非常に狭い範囲の値になると考えられる。また、FNSおよびCUS細骨材の真比重も、それぞれ2.99～3.07および

表-1 各種細骨材の比重試験結果

細骨材の種類	真比重*1	見掛けの真比重*2	絶乾比重(参考値)*3
川砂（鬼怒川産）	2.62	----	2.58**
〃（大井川産）	2.61	2.67	2.58**
海砂（長浜町産）	2.57	----	2.56**
洗砂（六ヶ所村産）	2.63	2.69	2.60**
FNS A	3.07	----	3.06～3.13
B'	3.02	2.82	2.84～2.97
D	2.99	2.93	2.76～2.92
CUS A	3.55	----	3.48～3.63
B	3.52	----	3.45～3.63
C	3.44	3.55	3.54～3.67
D	3.54	----	3.30～3.68
E	3.62	----	3.21～3.51
F	3.45	----	3.45～3.60

*1 微粉碎試料による測定値（試料量；50.0g）

*2 JIS A 1109に準じて絶乾試料で求めた値

*3 製品出荷時の平均的な絶乾比重（JIS A 1109の規定による試験値）を示す。

*4 JIS A 1109の規定に従って試験した値

キーワード；フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材、混合率、比重試験

連絡先；〒326 足利市大前町268-1 TEL 0284-62-0605 FAX 0284-64-1061

3.52～3.62の値であり、それぞれ非常に狭い範囲の値になる。これらは細骨材の岩種あるいは成分がほぼ同じためと、吸水率の大小などの影響が取り除かれるためと考えられる。また、JISに規定されるの細骨材の比重試験は、『表乾状態』の試料が用いられるが、FNSまたはCUS混合細骨材の場合の構成細骨材の比重に違いがあること、粒形が球形のものもあること、混合する普通細骨材には0.15mm以下の微粒分の多いものもあること等から、『表乾状態の判定』が難しい。FNSまたはCUS混合細骨材は、あらかじめ混合されることも多く、単独細骨材の比重が不明の場合も多くある。

以上より、細骨材の比重の変動範囲が小さくなる、すなわち、細骨材の空隙の多少（吸水率）による影響の大部分が消去される『真比重』は、混合率算定における比重として有効であると考えられる。

(2) 表乾状態における混合率への換算 細骨材の真比重 ρ_r と表乾比重 ρ_s との関係は、式〔3〕に示すことができるので、表乾比重に基づく細骨材の混合率 m' を求めたい場合には、式〔3〕から細骨材の表乾比重を求めればよい。なお、このとき細骨材の吸水率 Q (%) が分かっていることが換算の条件となる。

$$\rho_s = \frac{\rho_r (Q + 100)}{100 + \rho_r Q}, \quad \rho_r = \frac{\rho_s}{(1 - \rho_s) \cdot \frac{Q}{100} + 1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3) 真比重の簡易試験方法 表-2は、JISに準じた試験における見掛けの真比重に及ぼす吸水時間の影響を示す。表-2より、絶乾状態の細骨材は、24時間程度の吸水によって飽水状態になり、見掛けの真比重の値が一定を示すようである。しかし、微細な空隙を多く含む一部のFNS細骨材などは48～72時間以上の吸水時間を要するようである。このときの見掛けの真比重は、川砂が2.67、FNSおよびCUS細骨材がそれぞれ2.93、3.55の値であり、微粉碎の試料によって求めた真比重の値に近似するようである。これは、絶乾状態の細骨材によるJISに準じた比重試験も、真比重の簡易的測定法として有効であることを示すものと考えられる。

3.4 比重試験による混合率の算定精度

図-1および図-2は、FNS混合細骨材およびCUS混合細骨材における混合率と真比重の測定値との関係の一例を示す。図より、各混合細骨材の混合率は、真比重の測定によってかなり高精度で求められることが確かめられた。しかし、微粉碎試料の量が少ないために、気泡除去の程度が真比重に大きく影響するので、算定混合率が±10%程度になるケースも見受けられる。

4. まとめ

以上より、比重差のある混合細骨材における混合率算定は、真比重または見掛けの真比重の測定により可能となることが明らかとなった。しかし、微粉碎試料による真比重試験の場合、気泡除去の程度が測定精度に影響する傾向が見られるので、試料量などについて更に検討する必要がある。

本研究に対し土木学会スグ細骨材コンクリート研究委員会(委員長 山崎 誠)より寄付金を受けた。ここに記して謝意を表します。

〔参考文献〕 1) 日本建築学会；コンクリート用骨材に関する実態調査報告書，1990.12

表-2 各種細骨材の比重試験結果

細骨材の種類	吸 水 時 間 / 見 掛 け の 真 比 重 *					
	24 h		48 h		72 h	
川砂(大井川産)	2.67		2.67		2.68	
	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
	2.67		2.67		2.67	
FNS D	2.93		2.93		2.94	
	2.94	2.93	2.94	2.93	2.94	2.94
	2.93		2.93		2.94	
CUS C-25S	3.61		3.61		3.62	
	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
	3.61		3.61		3.61	

* 絶乾状態の試料500.0gを用い、JIS 1109に規定する方法に準じて求めた試験値

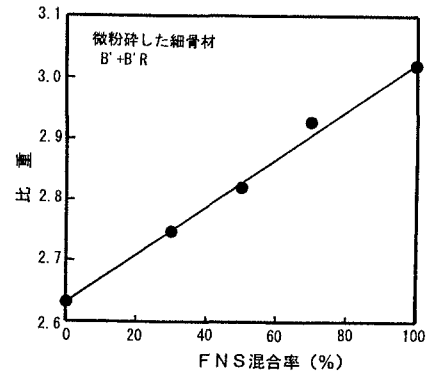


図-1 FNS混合率と真比重との関係

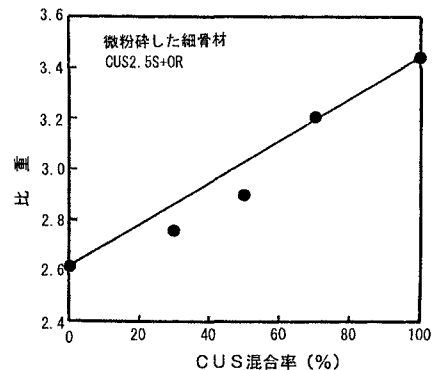


図-2 CUS混合率と真比重との関係