

足利工業大学 正会員 ○黒井登起雄
 日本鉱業協会 梶原 敏孝
 大太平洋金属㈱ 鍋谷 裕
 足利工業大学 正会員 松村 仁夫
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

1. まえがき

フェロニッケルスラグ細骨材（以下 FNS細骨材と呼称）は、平成4年に J I S 化され、土木・建築両学会で設計施工指針（案）の作成が行われている。本研究は、その指針取りまとめの中で、普通細骨材中の FNS 細骨材の混合率の把握と混合の際の混合細骨材の均一性の把握が要望され、FNS 混合率の目安が得られる程度の簡易な試験方法および推定方法について検討したものを報告する。なお、本研究は、フェロニッケルスラグ細骨材研究小委員会指針作成分科会における指針取りまとめ作業の一環として実施したものである。ここに、記して感謝の意を表します。

2. 実験の概要

表 1 試験細骨材の種類と物理的性質

フェロニッケルスラグ細骨材				普通細骨材			
記号	種類	表乾 比重	粗粒 率	記号	種類	表乾 比重	粗粒 率
A	キルン水砕	3.14	1.72	RR	円山砂	2.58	3.19
B'	電炉風砕	2.89	4.15	B'R	三沢産洗砂	2.65	2.18
C	電炉徐冷砕	3.05	2.90	OR	大井川産川砂	2.62	2.67
D	電炉水砕	2.83	3.94	DR	長浜町産海砂	2.60	1.84
				KR	鬼怒川産川砂	2.59	3.06

両細骨材の比重は、FNS細骨材の製造工場および製造方式等、また、普通細骨材の産地および岩質等によって多少変化したとしても、FNS 細骨材が2.76以上で、普通細骨材が2.70以下に分布しており、明確な差がある。そこで、本試験方法として、両細骨材の比重差を利用し、比重分布の境界付近の任意比重に調整した試験用溶液（以下重液と呼称）による分離試験を採用した。重液は、市販の四臭化エタン（純液比重；2.96/20℃）と四塩化炭素（純液比重；1.58/20℃）の2つの試薬を容積率で混合し、比重を2.75±0.01に調製した。比重分離試験は、図1に示すような操作手順で、重液より比重の重い粒子（重粒子）と軽い粒子（軽粒子）とに分離し、（重粒子の乾燥質量／絶乾状態の全試料の質量）×100 から重粒子の質量百分率（%）を求めるものである。

2.2 使用材料 細骨材は、表1に示したように、異なる製造方法の4種類の FNS細骨材および産地、粒度の異なる5種類の普通細骨材を用いた。重液による比重分離試験の試料は、単独の細骨材（A、B'、C、Dの FNS 細骨材4種類とAR、B'R、OR、DR、KRの普通細骨材5種類）および4種類の混合細骨材（A+AR、B'+B'R、C+OR およびD+DR）を対象とした。

2.3 実験計画及び実験方法 実験では、単独細骨材それぞれの重液による比重分離に伴う誤差の検討（実験①）および混合細骨材の FNS混合率の推定方法の検討（実験②）を行った。

実験①では、重液 600mlを入れた1000mlのトルビーカーまたはコニカルビーカー内で比重分離試験を行い、各試料の重粒子の質量百分率を求めた。FNS細骨材の値をa%、普通細骨材の値をb%とした。また、実験②では、4種類の FNS混合細骨材の FNS混合率（m%、容積百分率）を30、50、70%の3水準、一部質量百分率で25、50、75%に設定して、分離試験時の試験用容器の形状、試料質量および試料ロットの影響を実験した。実験②の分離試験でも、それぞれの混合細骨材の重粒子の質量百分率を求め、この値をc%とした。実験結果は、FNS混合率推定方法の検討と提案を行い、推定式から得られた FNS混合率によって評価した。容器は、主に1000mlのトルビーカーおよびコニカルビーカとし、一部メスシリンダーおよび通常のビ

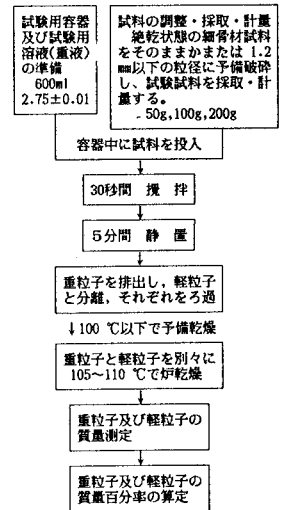


図1 比重分離試験のフローチャート

ーカーも用いた。試料の質量は、主に100gとし、一部 50gおよび 200gとした。なお、試料は、主に未破碎の状態で分離試験に用いたが、一部は粒径を1.2mm 以下に予備破碎したものも用いた。

3. 実験結果及び考察

3.1 FNS細骨材及び普通細骨材の比重分離に伴う誤差

4種類のFNS細骨材および5種類の普通細骨材の単独試料を比重分離したときの重粒子の質量百分率aおよびbの値を表2に示す。ほとんどのFNS細骨材はa値が95.7～97.0%の範囲にあり、値のばらつきも少ないが、電炉風砕は粗粒で、かつ球形粒子が多いため、そのままの試料で試験すると軽粒子に属する粒子が多く含まれると同時にばらつきも大きい。しかし、試料の粒径を予め1.2mm以下に予備破碎することによって、a値は約81%になり、ばらつきも小さくなる。普通細骨材（川砂および山砂）は、重粒子が僅かであるが、海砂の場合、粒径が細かく、かつ砂鉄などの比重の大きい粒子が含まれているため、b値は20%程度にもなる。

3.2 FNS混合率推定値の算定式の検討

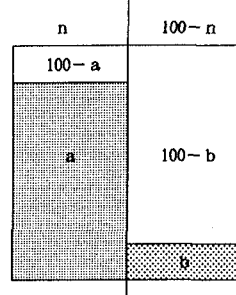
3.1の単独試料の分離試験結果より、混合細骨材の分離試験で得られる重粒子の質量百分率c'（計算値）には、図2の概念図に示すように、構成細骨材単独の比重分離に伴う誤差を含んでる。したがって、混合細骨材のFNS混合率推定は、これらを考慮して算定する必要がある。c'とFNS混合率m（設定値）との間には(1)式が成り立つので、c'に実験値cを代入すると、推定値m'（実験値）は、(2)式によって算定できる。

表2 各種細骨材の重粒子の質量百分率

種類 記号	試料の 質量 W ₀ g	F N S 細 骨 材		種類 記号	試料の 質量 W ₀ g	普 通 細 骨 材	
		順算値	逆算値			順算値	逆算値
A	100.0	96.5	98.3	A R	100.0	7.9	7.9
B'	100.0	64.2	64.6	B' R	100.0	10.2	10.3
		80.7*	83.1*			8.2*	8.5*
C	50.0	97.4	97.8	O R	50.0	3.0	3.0
	100.0	96.3	96.6		100.0	5.0	5.0
	200.0	97.0	97.6		200.0	3.3	3.3
D	100.0	95.8	95.9	D R	100.0	16.8	16.9
	200.0	95.7	96.0		200.0	17.1	17.3
--	----			K R	100.0	8.5	8.5

注) 順算値：試料質量 (W₀) に対する百分率
逆算値：重粒子質量と軽粒子の合計質量に対する百分率
*印の値は、試料の粒径を1.2mm 以下に予備破碎したときの結果である。

フェロニックス細骨材



普通細骨材

n；混合細骨材におけるフェロニックス細骨材の質量百分率 (%)

$$a \cdot \frac{n}{100} + b \cdot \frac{(100-n)}{100} = \text{混合細骨材の重粒子の質量百分率 (\%)} \quad (1)$$

(100-a)；フェロニックス細骨材の軽粒子の質量百分率 (%)
=フェロニックス細骨材に内在する分離誤差要因

b；普通細骨材の重粒子の質量百分率 (%)
=普通細骨材に内在する分離誤差要因

図2 混合細骨材の比重分離試験の概念図

$$c' = \frac{n}{100} \cdot a + \frac{(100-n)}{100} \cdot b = \frac{m r_s}{(100-m) r_n + m r_s} \quad \dots (1)$$

$$m'(\%) = \frac{100(c-b) r_n}{(a-b) r_s - (c-b) r_n} \quad \dots (2)$$

ここに、 r_s ；FNS細骨材の絶対比重、 r_n ；普通細骨材の絶対比重

3.3 FNS混合細骨材の比重分離試験

(1)試験容器の形状

容器の形状を変えた試験のFNS混合率の設定値mと推定値m'との関係の一例(D+DR)を図3に示す。容器形状は混合率の推定値にほとんど影響しない。試験操作上、トールビーカーまたはコニカルビーカーなどは適当な断面と高さを備えており、便利である。

(2)試料の質量

試験時の試料質量は、混合細骨材試料50g (A+AR)とき、FNS混合率推定値m'が2～3%小さくなるが、100gおよび200gでは設定値に近い値を示し、分離後のろ過操作上からも100g程度が適当である

(3) FNS混合率推定値

図3に示すように、混合細骨材のFNS混合率m'は±3%程度の範囲で推定することができる。B'+B'Rは、分離に伴う誤差のばらつきが大きいので、混合率m'は約3～10%のばらつきが認められる。しかし、このような混合細骨材の混合率m'も、試験時の試料を1.2mm以下の粒径に予備破碎することによって、図4に示すように、±2%の範囲で推定可能である。

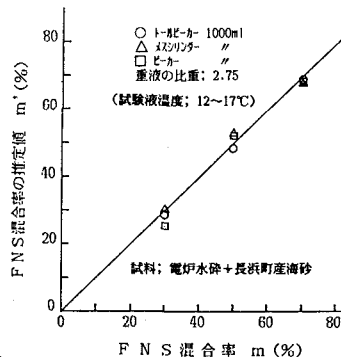


図3 混合率の推定値と設定値

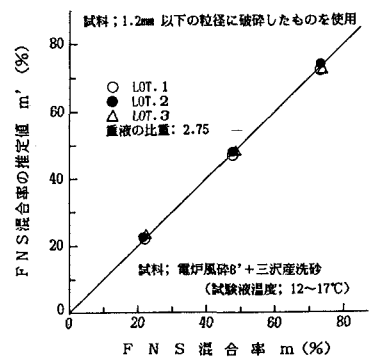


図4 混合率の推定値と設定値