

## 付録 VI (追補)

### フェロニッケルスラグ細骨材および銅スラグ細骨材混合率確認方法

#### 1. はじめに

普通細骨材とフェロニッケルスラグ細骨材(以下「FNS」という。)または、銅スラグ細骨材(以下「CUS」という。)とを、あらかじめ混合した細骨材を用いる場合には、品質管理のために FNS 混合率または銅スラグ細骨材混合率を調べる必要が生じることがある。すなわち、混合細骨材のフェロニッケルスラグ細骨材混合率または銅スラグ細骨材混合率が不明である場合の混合率の推定および混合細骨材の混合の均一性を調べる事が考えられる。このような場合に、フェロニッケルスラグ細骨材混合率または銅スラグ細骨材混合率測定方法が必要となる。

ここに示す混合率の確認方法は、普通細骨材とスラグ細骨材の化学成分の違いに着目し、蛍光X線分析装置を使用した混合率の測定と、密度差が大きいことに着目した混合率の推定を行うものである。尚、本混合率確認方法は、日本鉱業協会が確立したものである。

#### 2. 蛍光X線分析装置による混合率測定方法

##### 2.1 試験方法の考え方

フェロニッケルスラグ細骨材は化学成分として、普通骨材が含有しないマグネシウム (MgO) 鉄 (FeO) を表 1 に示すように含有する。本成分について蛍光X線分析装置を利用して分析すると、混合砂のフェロニッケルスラグ細骨材混合率の試験ができることとなる。また、銅スラグ細骨材は化学成分として、普通骨材が含有しない鉄 (FeO) を表 2 に示すように含有する。本成分について蛍光X線分析装置を利用して分析すると、混合砂の銅スラグ細骨材混合率の試験ができることとなる。

表 1. フェロニッケルスラグ細骨材の化学成分

製錬所名	酸化マグネシウム (MgO) (%)		全鉄 (FeO) (%)	
	平均値	最小～最大	平均値	最小～最大
A	30.1	28.9～30.9	6.65	5.99～7.60
B	33.5	31.1～36.0	7.46	5.81～9.07
C	32.0	30.8～32.9	10.65	9.54～11.90

表 2. 銅スラグ細骨材の化学成分

製錬所名	全鉄 (FeO) (%)	
	平均値	最大～最小
A	46.3	45.0～48.0
B	42.9	41.0～46.0
C	51.0	48.8～53.1
D	48.8	46.7～50.6
E	39.6	38.5～40.8

## 2.2 試験方法の検証

### 2.2.1 フェロニッケルスラグ細骨材混合率の測定方法

フェロニッケルスラグ細骨材と海砂を混合したフェロニッケルスラグ細骨材混合率と Mg, Fe の X 線強度を図 1, 2 に示す。強い相関が認められ、測定方法として使用できることを示している。

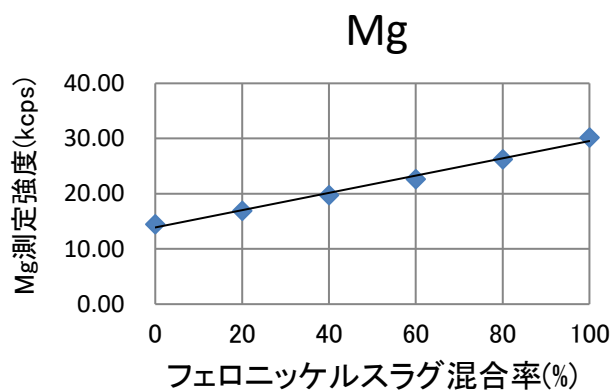


図1 フェロニッケルスラグ細骨材混合率と Mg の X 線強度

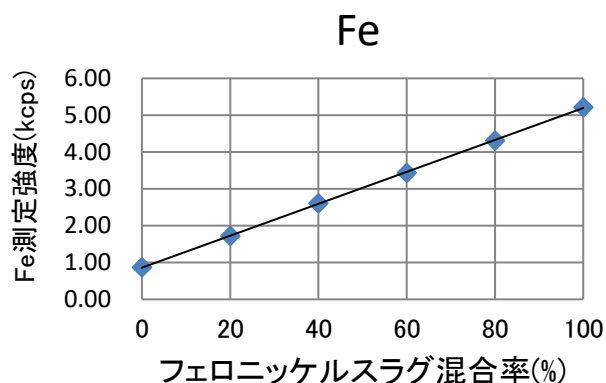


図2 フェロニッケルスラグ細骨材混合率と Fe の X 線強度

### 2.2.2 銅スラグ細骨材混合率の測定方法

大阪地区で一般的な海砂、石灰石砕砂、硬質砂岩砕砂と銅スラグ細骨材を重量比(40 : 20 : 20 : 20)で混合した銅スラグ細骨材混合率と Fe の X 線強度の一例を図 3 に、名古屋地区で一般的な砕砂と銅スラグ細骨材を混合した銅スラグ細骨材混合率と Fe の X 線強度の一例を図 4 に示す。いずれも、強い相関が認められ、測定方法として使用できることを示している。

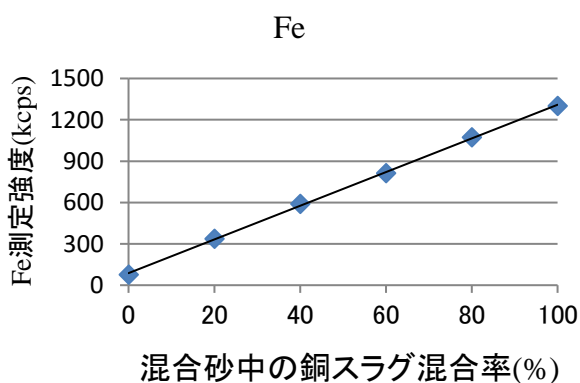


図3 銅スラグ細骨材混合率と Fe の X 線強度

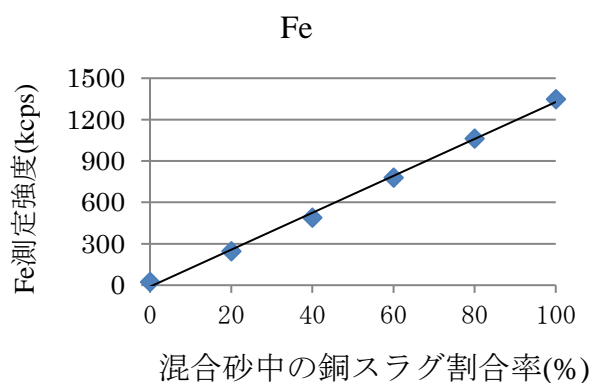


図4 銅スラグ細骨材混合率と Fe の X 線強度

## 3. 絶乾密度測定による混合率の推定

### 3.1 試験方法の考え方

フェロニッケルスラグ細骨材の絶乾密度は、製造所により多少の差はあるが表 3 に示すように 2.70～3.06g/cm<sup>3</sup> の範囲に分布している。また、銅スラグ細骨材の絶乾密度は、製造所により多少の差はあるが表 4 に示すように 3.42～3.57g/cm<sup>3</sup> の範囲に分布している。一方、普通骨材の絶乾密度は、地域および産地などによって変化し、全国の生コンクリート工場における骨材の品質実態の調査によれば、図 5 に示すようにほぼ

2.46~2.73g/cm<sup>3</sup>の範囲に分布している。したがって、普通骨材とフェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材の絶乾密度には絶対的な差がありフェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材混合骨材の絶乾密度を測定することによりフェロニッケルスラグ細骨材混合率、銅スラグ細骨材混合率の簡易な推定を行う事ができるといえる。

表3 フェロニッケルスラグ細骨材の絶乾密度

製造所名	骨材 呼び名	絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	
		平均値	最小~最大
A	FNS1.2	3.05	3.04~3.06
B	FNS5	2.92	2.87~3.01
	FNS5-0.3	2.78	2.70~2.89
C	FNS5	2.99	2.97~3.04

表4 銅スラグ細骨材の絶乾密度

製錬所名	骨材 呼び名	絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	
		平均値	最大~最小
A	CUS5-0.3	3.48	3.42~3.54
B	CUS5-0.3	3.48	3.47~3.49
	CUS2.5	3.48	3.47~3.50
C	CUS5-0.3	3.56	3.55~3.57
D	CUS5-0.3	3.47	3.46~3.49
E	CUS2.5	3.48	3.46~3.50

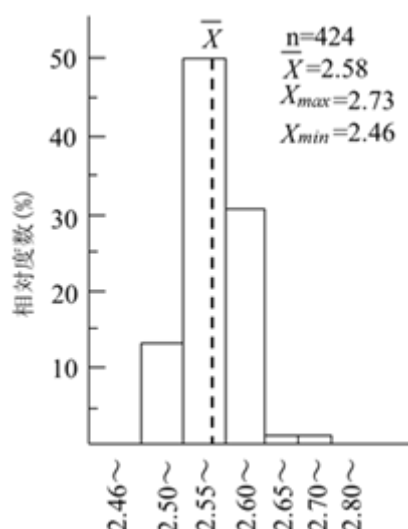


図5 普通細骨材の比重の分布 (全国)

(出展：赤井公昭，豊福俊康：骨材の地域特性—全国コンクリート工場

使用骨材の品質実態—，コンクリート工学，Vol. 17. No. 8. 1979)

### 3.2 試験方法の検証

#### 3.2.1 フェロニッケルスラグ細骨材混合率の推定

FNS1.2 と海砂および FNS5 と石灰砕砂の混合率と絶乾密度の関係の一例を図 6 に示す。粒度が異なる FNS1.2 と海砂は、混合率と絶乾密度に相関が認められた。また、粒度が似通った石灰砕砂と FNS5 は、混合率と絶乾密度に強い相関が認められた。以上のことから混合前のフェロニッケルスラグ細骨材と混合した普通骨材の絶乾密度が明らかな場合、フェロニッケルスラグ細骨材混合砂の絶乾密度を測定することでフェロニッケルスラグ細骨材混合率の推定ができることが検証された。

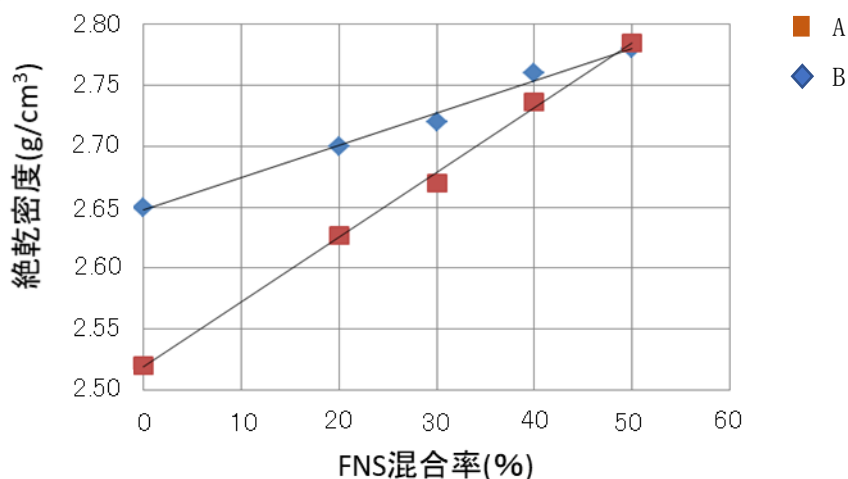


図 6 フェロニッケルスラグ細骨材混合率と絶乾密度の関係

#### 3.2.3 銅スラグ細骨材混合率の推定

CUS2.5 と海砂+砕砂および CUS2.5 と山砂の混合率と絶乾密度の関係の一例を図 7 に示す。混合率と絶乾密度に強い相関が認められた。以上のことから混合前の銅スラグ細骨材と混合した普通骨材の絶乾密度が明らかな場合、銅スラグ細骨材混合砂の絶乾密度を測定することで銅スラグ細骨材混合率の推定ができることが検証された。

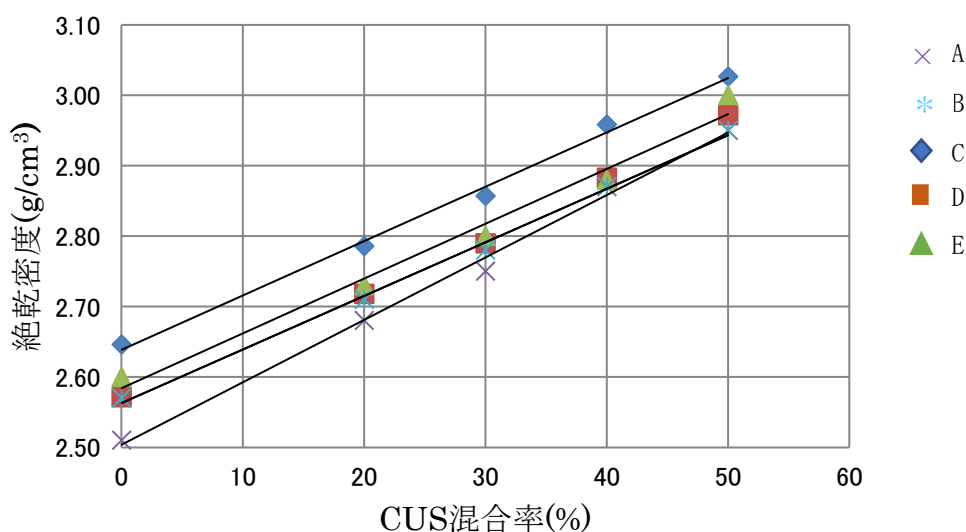


図 7 銅スラグ細骨材混合率と絶乾密度の関係

## 4. 試験方法

### 4.1 適用範囲

この試験方法は、混合細骨材を構成しているフェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材と普通骨材の化学成分の違いまたは絶乾密度の違いを利用したものであり、フェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材と他の普通細骨材を混合した細骨材のフェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材混合率の試験または推定に適用する。

### 4.2 試験方法

#### 4.2.1 蛍光X線試験方法によるフェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材混合率の推定

##### 4.2.1.1 試験方法

##### 4.2.1.1.1 試料の採り方及び取扱い方

###### (1) 試料の採取

試料の採取及び約 500 g とするまでの試料の縮分は、JIS M 8100 による。

###### (2) 試料の調製

試料の調製は、次による。

- a) 採取した試料約 500 g を温度 100~110 °C で恒量となるまで乾燥した後、めのう製乳鉢、又は異物の混入などで試料が汚染されないことをあらかじめ確認した粉砕機で JIS Z 8801-1 に規定する公称目開き 600 μm の金属製網ふるいを試料の全量が通過するまで粉砕する。ただし、粉砕機を使用する場合において、全量を 600 μm 未満に粉砕できる条件をあらかじめ確認している場合は、600 μm ふるいは使用しなくともよい。
- b) 次に、約 30 g の試料を得るまで縮分し、これを更にめのう製乳鉢内又は粉砕機で JIS Z 8801-1 に規定する公称目開き 150 μm の金属製網ふるいを全量通過させるまですりつぶす。
- c) すりつぶした試料は、温度 105±5 °C に調節されている空気浴に入れて乾燥し、2 時間ごとに空気浴から取り出し、デシケータ中で常温まで放冷する。放冷後、試料の質量を測定し、乾燥による質量減少が 2 時間につき 0.1 % 以下になるまでこの操作を繰り返す。

###### (3) 試料のはかり方

試料のはかり方は、次による。

- a) 試料のはかりとりに際しては、試料をよくかき混ぜて平均組成が得られるように注意し、また、異物が混入していないことを確かめなければならない。
- b) 試料のはかりとりには、化学はかりを用いる。

##### 4.2.1.1.2 蛍光X線分析法

###### (1) 要 旨

試料に一次 X 線を照射して、試料から発生する蛍光 X 線強度を蛍光 X 線分析装置を用いて測定し、あらかじめ成分含有率既知の試料を用いて、求めてある蛍光 X 線強度と成分含有率との関係線（検量線）から定量値を求める。

###### (2) 定量範囲

ここで規定する適用成分は、全鉄および酸化マグネシウムとし、定量範囲を表 5 に示す。

表 5—定量範囲

化学成分	単位 (質量分率) %	
	定量範囲	
全鉄(FNS)	0.5~15.0	
全鉄(CUS)	1~70.0	
酸化マグネシウム	5.0~40.0	

## (3) 一般事項

分析方法に共通な一般事項は、JIS K 0119 による。

## (4) 装置

装置は、次による。

a) 蛍光 X 線分析装置 蛍光 X 線分析装置は、JIS K 0119 又は JIS K 0470 に規定するものとし、表 5 の定量下限域でも十分な測定感度をもつものとする。

b) 加圧成形装置 加圧成形装置は、196~392 kN の能力をもつものとする。

## (5) 成形試料調製方法

試料を測定に適した平たん（坦）な面が得られるように金属カップ、金属リング、成形ダイスなどを用いて加圧成形し、平板状の試料とする。

なお、バインダを用いる場合は、試料とバインダを正確にはかりとり、一定の割合で均一に混合し、成形しなければならない。

## (6) 分析方法

分析方法は、次による。

a) スペクトル線 使用するスペクトル線は、表 6 による。

表 6—スペクトル線

化学成分	スペクトル線		波長 nm	次数
	Fe	K $\alpha$		
全鉄	Fe	K $\alpha$	0.1937	1
酸化マグネシウム	Mg	K $\alpha$	0.9890	1

b) 検量線の作成 検量線は、化学分析法によって成分含有率を決定したフェロニッケルスラグ細骨材試料または銅スラグ細骨材試料の数点を用いる。(5)の方法によって成形作製し、測定元素の蛍光 X 線強度と成分含有率から関係線を求める。

c) 定量 定量は、b) と同一条件で蛍光 X 線強度を測定し、b) で作成した検量線によって行う。

## (7) フェロニッケルスラグ細骨材混合率または、銅スラグ細骨材混合率の算定

フェロニッケルスラグ細骨材混合率または、銅スラグ細骨材混合率と酸化マグネシウムまたは全鉄の含有率の関係を事前に測定しておく。

フェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材混合砂の酸化マグネシウムまたは全鉄の含有率を測定し、フェロニッケルスラグ細骨材混合率または、銅スラグ細骨材混合率の推定を行う。

## 4.2.2 絶乾密度測定によるフェロニッケルスラグ細骨材混合率および、銅スラグ細骨材混合率の推定

## (1) 試験方法

フェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材、フェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材混合砂および普通骨材の絶乾密度の試験方法は、JIS A 1109 : 2006 に準拠して行う。

(2) フェロニッケルスラグ細骨材混合率または、銅スラグ細骨材混合率の算定

当該普通骨材についてフェロニッケルスラグ細骨材混合率または銅スラグ細骨材混合率と絶乾密度の関係を事前に測定しておく。フェロニッケルスラグ細骨材または銅スラグ細骨材混合砂の絶乾密度を測定し、フェロニッケルスラグ細骨材混合率または、銅スラグ細骨材混合率の推定を行う。