

# 銅スラグ骨材を用いたコンクリートの耐火性および乾燥収縮抑制効果に関する研究

徳島大学 正会員 ○石丸啓輔 徳島大学 学生会員 福田圭佑  
徳島大学 正会員 橋本親典 徳島大学 正会員 渡辺 健

## 1. はじめに

近年、自動車や貨物列車による交通の増加に伴い、トンネルの火災事故が多発しており、土木のコンクリート構造物の耐火性について検討することが重要視され始めている。また、天然骨材の産出量の減少に伴い、砕石砕砂を用いたコンクリートが主流になりつつある。一般に砕石砕砂コンクリートは、天然骨材コンクリートと比較して、同一単位水量の配合で乾燥収縮ひずみが大きい。そのため、生コン業者の多くは、吸水率の小さい石灰石骨材を砕石砕砂の一部置換し、乾燥収縮の抑制対策を講じている。しかし、石灰石骨材を置換したコンクリートは、一般に耐火性が劣るという懸念がある。本研究では、石灰石骨材同様、乾燥収縮抑制効果が期待できる銅スラグ骨材<sup>1)</sup>を用いたコンクリートの耐火性を検討するために、砕砂モルタル、銅スラグ骨材モルタルならびに石灰砕砂モルタルの耐火性について実験的検討を行い、耐火性能を比較した。また、これまで使用実績の少ない銅スラグ粗骨材を粗骨材に置換した場合の乾燥収縮抑制効果について検討した。

## 2. 実験概要

### 2. 1 耐火性

配合を表-1 に、使用材料の物理特性を表-2 に示す。N は、砕砂のみを用いた基準となる配合を意味する。石灰砕砂と銅スラグ細骨材を砕砂の一部置換したモルタル円柱供試体 (φ50×100mm) を作成し、マッフル炉を用いて 250, 500, 750℃ のピーク温度で継続時間 90 分間それぞれ加熱した。その後、圧縮強度、動弾性係数を測定し、比較することで耐火性能の評価とした。それぞれの置換率は、砕砂に対して 50, 100% 質量置換とした。また、フロー試験 (JIS R 5201) を実施した。

### 2. 2 乾燥収縮抑制効果

配合を表-3 に、使用材料の物性を表-4 に示す。Cu2.5(粒径 ≤ 2.5mm), Cu5.0(粒径 ≥ 5.0mm) の 2 種類の粒径の異なる銅スラグ骨材を用いて、粒径による乾燥収縮抑制効果を検討した。骨材の置換率による影響を検討するため、骨材以外の配合は全て同一とし、Cu2.5 は細骨材の一部に、Cu5.0 は粒径の小さい粗骨材の一部に銅スラグ骨材を置換(20, 40, 60, 80%)した。本実験では、急速乾燥収縮試験法 (迅速法)<sup>2)</sup>を採用し、長さ変化試験は JIS A 1129-2「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法：コンタクトゲージ法」に準じて行った。角柱供試体 (100\*100\*400mm) を 2 本ずつ作製し、脱型後 1 週間水中養生したものを乾燥期間 0 日とし測定を開始した。炉乾燥温度は、40℃ とし、前回の収縮ひずみと最終回の収縮ひずみの差が全体の収縮ひずみの 5% 以下になった時点で測定を終了した。また、ブリーディング試験 (JIS A 1123) を実施した。

表-1 示方配合 (耐火性)

	W	C	S		
			砕砂	Cu	石灰
N	252	504	1512	0	0
Cu-50%	274	549	823	823	
Cu-100%	301	602	0	1806	
石灰-50%	255	510	765	0	
石灰-100%	258	515	0	0	1546

表-2 使用材料および物理特性 (耐火性)

	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )
普通Pセメント	3.16
砕砂	2.57
Cu2.5	3.55
石灰砕砂	2.65

表-3 示方配合 (乾燥収縮)

	容積置換率	W	C	S		G	
				砕砂	CuS	砕石	CuG
CuS2.5	0%	175	350	854	0	850	-
	20%			683	236		
	40%			512	472		
	60%			341	707		
	80%			171	943		
CuS5.0	0%	175	350	854	-	850	0
	10%					765	119
	20%					680	238
	30%					595	357
	40%					510	476

表-4 使用材料および物理特性 (乾燥収縮)

	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	粗粒率 (F.M.)
普通Pセメント	3.16	-	-
砕砂	2.57	1.77	2.63
砕石	2.56	2.16	7.03
銅スラグ	Cu2.5	3.55	1.6
	Cu5.0	3.59	0.5

### 3. 結果および考察

#### 3.1 フレッシュ性状

モルタル供試体のフロー試験の結果を表-5に示す。また、コンクリート供試体のブリーディング試験結果を表-6に示す。銅スラグ骨材を置換したモルタルのフロー値が、他のモルタルと比べて大きかった。銅スラグ骨材の表面の平滑度の影響で保水能力が砕砂に比べて非常に小さく、自由水が増加したためである。この自由水の増加のため、砕石砕砂コンクリートに比べて、銅スラグ置換のコンクリートのブリーディング量は多く、約2倍程度であった。従来、銅スラグ骨材を用いるとブリーディングが多くなると言われている。しかしながら、供試体作製時にコンクリート表面の沈下が発生するほどではなく、砕石砕砂コンクリートに銅スラグ骨材を用いる場合は、悪影響を及ぼすほどのブリーディング量でないと思われる。

表-5 フロー試験結果

	N	Cu-50%	Cu-100%	石灰-50%	石灰-100%
フロー値	148	174	196	134	164

表-6 ブリーディング試験結果

	N	Cu2.5 -60%	Cu2.5 -80%	Cu5.0 -60%	Cu5.0 -80%
ブリーディング量	0.09	0.20	0.26	0.23	0.18

#### 3.2 耐火性

加熱温度ごとの圧縮強度、および弾性係数の相対比を図-1に示す。石灰砕砂を置換したモルタルは、圧縮強度、動弾性係数とも、一般的に普通コンクリートが劣化するとされる500℃にかけて著しく低下しており、激しく劣化している。これに対し、銅スラグ細骨材を置換したものは、普通砕砂を用いたものとほぼ同程度の劣化に留まっている。銅スラグ骨材を用いたモルタルの耐火性は、石灰石骨材を用いたものより優れており、普通砕砂を用いたものとほぼ同程度である。

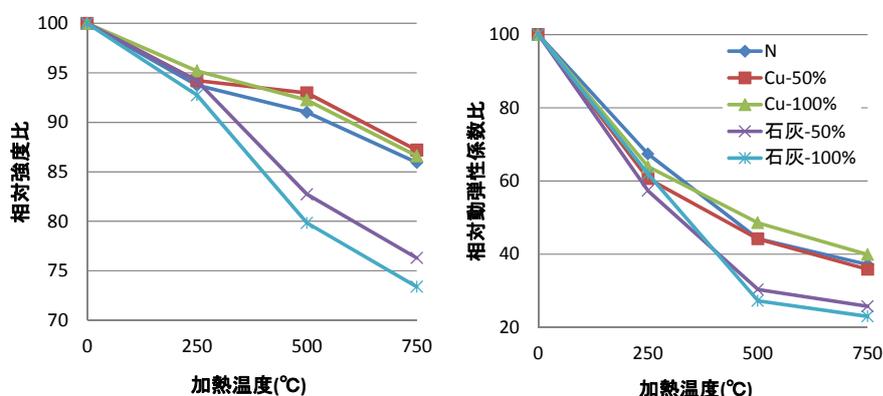


図-1 加熱温度と相対強度比と相対動弾性係数比の関係

#### 3.3 乾燥収縮抑制効果

乾燥収縮抑制効果を図-3に示す。Cu5.0以上のほうがCu2.5以下に比べて、置換率が小さいにもかかわらず抑制ひずみ量が大きい。銅スラグを粗骨材置換したほうが細骨材置換したものに比べて高い乾燥収縮抑制効果を有する。この傾向は石灰石骨材と同じ傾向である<sup>2)</sup>。

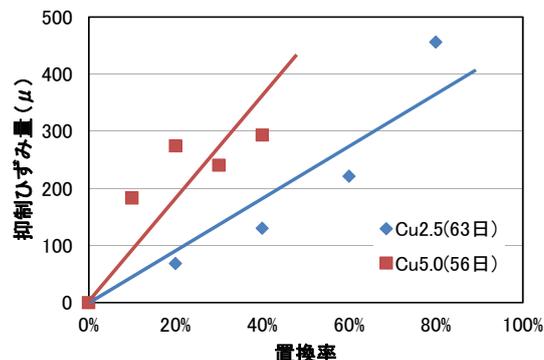


図-3 乾燥収縮抑制効果

### 4. まとめ

- 1) 銅スラグ骨材を置換したモルタルは、石灰石骨材を置換したものよりも耐火性に優れ、なおかつ普通骨材を用いたものとほぼ同程度の耐火性を有することが確認できた。
- 2) 銅スラグ骨材は、粗骨材に置換することでも、砕石砕砂コンクリートの乾燥収縮の抑制が可能であり、なおかつ細骨材置換の場合よりも高い乾燥収縮抑制効果を有する。

#### 参考文献

- 1) 笹田 宏紀, 橋本 親典, 渡邊 健, 香川 浩司: 低吸水性細骨材の混合使用によるコンクリートの乾燥収縮抑制対策に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp. 406-411, 2012.
- 2) 井上 裕貴, 橋本 親典, 渡邊 健, 石丸 啓輔: 骨材の吸水率がコンクリートの乾燥収縮特性に与える影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp. 473-478, 2011.

謝辞 本研究を遂行するにあたり、住友金属鉱山エンジニアリング(株)建設管理部土木建築グループのご協力を受けましたことを付記し、深く感謝の意を表します。