

四国産銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの基礎的性状

香川高等専門学校専攻科 学生会員 ○藤原 敬也
 香川高等専門学校 正会員 水越 睦視
 香川高等専門学校 非会員 松原 三郎
 東京電力 正会員 梅本 忠彦

1. はじめに

銅の精錬時に副産される銅スラグは、年間約 200 万トンに達し、その 40%に相当する 80 万トンが四国内で発生している。銅スラグの用途としては、埋め立て材料、セメント材料、ブラスト材などが主であったが、1997 年 8 月にコンクリート用細骨材として JIS A 5011-3「コンクリート用スラブ骨材-第3部：銅スラグ骨材(CUS)」に規格化され、JIS に適合した生コンクリートへの使用も可能となった¹⁾。しかしながら、有効利用が画期的に進んでいるとは言い難い状況である。一方、瀬戸内海沿岸地域では、環境保全の観点から 2005 年に香川県、2006 年には愛媛県で海砂の採取が禁止となった。それまでコンクリート用骨材を海砂に依存してきた香川県では代替骨材が必要となり、2009 年現在、香川県内の細骨材の購入量の約 80%が砕砂、石灰石、山砂である。しかしながら、品質安定を目的に県外購入品である海砂も約 20%を占めている。

このような観点から、本研究では四国産 CUS の海砂代替としてのコンクリートへの有効利用を目的に 2 種類の CUS について CUS の置換率を要因に実験を行い、CUS の種類と混入率がコンクリートの基礎的性状に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

実験に使用した材料を表-1 に示す。銅スラグ細骨材は、JIS A 5001-3 に規定されている粒の大きさが 2.5mm 以下の CUS2.5 と 5mm~0.3mm の CUS5-0.3 の 2 種類を使用した。CUS のふるい分け試験の結果を図-1 に示す。

CUS2.5 は 0.6mm 以下の粒径分が少なく JIS の規定を満たしていない。

表-1 使用材料および物性等

使用材料	記号	物性等
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³
粗砂	S1	山砂 表乾密度:2.54g/cm ³ FM 2.92
細砂	S2	海砂 表乾密度:2.56g/cm ³ FM 1.90
粗骨材	G	表乾密度:2.60g/cm ³ FM 6.66 最大寸法 20mm 吸水率1.45%
銅スラグ	CUS2.5	表乾密度:3.57g/cm ³ FM 2.73 吸水率 0.37%
	CUS5-0.3	表乾密度:3.51g/cm ³ FM 3.36 吸水率 0.68%
混和剤	-	リグニンスルホン酸系AE減水剤
	-	変性アルキルカルボン系AE剤
	-	ポリアルキレングリコール系消泡剤

2.2 配合および実験要因

コンクリートの示方配合を表-2 に示す。なお、S1 と S2 は 7:3 で混合した。混合後の F.M. は 2.61 である。実験要因は CUS の種類と CUS 混入率である。示方配合は最初に CUS を使用しない No. 1 配合を基本配合とし、目標スランプ 8±2cm、目標空気量 4.5±1.5% を満たすように W/C=55% 一定で単位水量、最適 s/a を配合試験により求め決定した。CUS 混入配合は、No. 1 配合を基準に細骨材の粗粒率による補正を行い最適 s/a を求め、W/C、単位水量は No. 1 配合と同じとした。

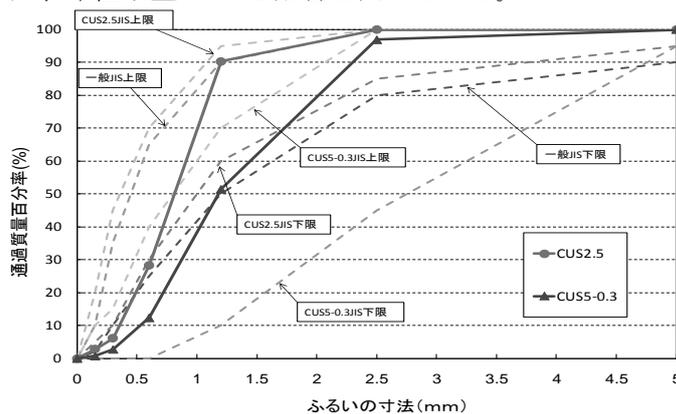


図-1 各スラグの粒度曲線

表-2 コンクリートの示方配合

No.	W/C (%)	s/a (%)	CUS 混入率 (%)	単位量(kg/m ³)						C × (%) [*]		
				W	C	S1	S2	CUS2.5	CUS5-0.3	G	AE減水剤	助剤
1	55	44.0	0	167	304	541	234	-	-	1007	0.25	1A
2		43.3	30	167	304	532	-	321	-	1020	0.25	0
3		42.9	50	167	304	377	-	530	-	1027	0.25	1T
4		42.6	70	167	304	225	-	736	-	1032	0.25	1.5T
5		42.0	100	167	304	0	-	1037	-	1043	0.25	2T
6		44.2	30	167	304	544	-	-	322	1003	0.25	1T
7		45.2	100	167	304	0	-	-	-	1097	0.25	4T

^{*})A:AE剤、T:消泡剤を使用
1A=1T=C × 0.003(%)

2.3 試験項目

フレッシュ性状としてスランプ、空気量、ブリーディング、凝結、硬化性状として圧縮強度、静弾性係数の各種試験を環境温度 20°C で実施した。

3. 結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの特性

フレッシュコンクリートの試験結果を表-3 に、ブリーディング試験における累加水量の経時変化を図-2 に示す。スランプは N に比べ両 CUS で CUS 混入率 50% までは大きな変化はないが 100% では 4.5cm 程度まで低下した。空気連行性は CUS 混入率の増加に伴い増加し 50% 以上では消泡剤を用いた。ブリーディングは CUS 混入率の増加に伴い大きくなり、CUS 混入率 70%・100% では表面均し後 60 分までの増加が著しかった。また、0.15mm 以下の骨材細粒分量がブリーディングに大きな影響を及ぼすため、この量が少ない CUS5-0.3 の方がブリーディングは大きく、CUS2.5 の混入率 50% と CUS5-0.3 の混入率 30% で同程度のブリーディング量を示した。また、凝結時間は N と比較し CUS2.5 を用いた場合は、全ての混入率において始発、終結ともに最大で 1 時間程度の遅延が認められた。一方、CUS5-0.3 を用いた場合は CUS 混入率 100% で 2 時間程度凝結が遅延し、CUS2.5 よりは若干、凝結が遅れることがわかった。始発で最大 1 時間程度の遅延はあったが大きな凝結遅延は認められなかった。

表-3 フレッシュ試験結果

細骨材種類	CUS 混入率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り温度 (°C)	ブリーディング		凝結時間	
					量 (cm ³ /cm ²)	率 (%)	始発 (時-分)	終結 (時-分)
普通 (N)	0	7.5	4.3	22.5	3.33	0.15	5-50	7-30
CUS2.5	30	6.9	3.5	21.2	7.05	0.30	6-00	7-50
	50	9.9	3.9	21.3	10.81	0.46	5-40	7-30
	70	8.7	3.8	21.1	12.13	0.53	6-30	8-30
	100	4.6	4.0	21.2	12.30	0.53	6-30	8-00
CUS5-0.3	30	9.0	3.7	19.3	10.46	0.49	6-40	8-40
	100	4.5	3.8	18.8	13.37	0.57	6-50	9-20

3.2 硬化コンクリートの特性

圧縮強度の経時変化と材齢 28 日の静弾性係数を図-3 に示す。CUS2.5 の場合、N に比べ CUS 混入率 50% までは材齢に関係なく圧縮強度の差はほとんどみられなかった。CUS 混入率が 70% 以上になると 7 日強度が低下するものの材齢の経過に伴い強度発現は良好となり材

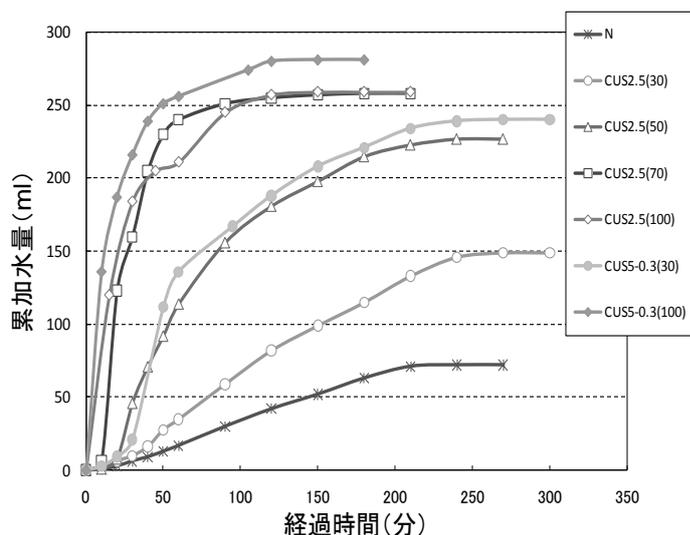


図-2 ブリーディング累加水量の経時変化

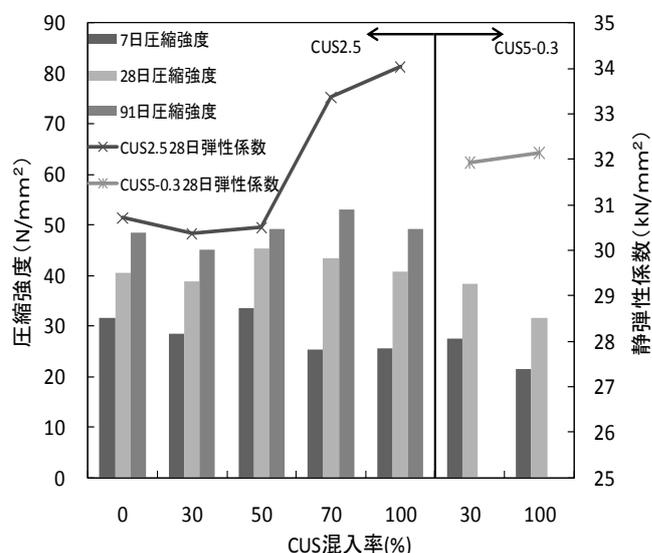


図-3 圧縮強度および静弾性係数

齢 28 日以降では N と同程度の強度となった。CUS5-0.3 を細骨材に 100% 使用した場合、材齢 28 日までの強度発現性は低下する傾向が認められた。また、静弾性係数は CUS 混入率が 70% を超えると著しく大きくなった。これは、密度の大きい CUS の影響が 70% 以上で顕著になったためであると考えられる。

4. まとめ

コンクリート用細骨材としては CUS5-0.3 よりも CUS2.5 の方が適している。また、既往の報告の通り CUS を使用するとブリーディングは著しく増大するが、高い混入率でも大きな凝結遅延は生じないことがわかった。今後、ブリーディング抑制対策および環境温度の影響を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会: 銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針