

銅スラグを多量に置換したコンクリートの物理特性とフライアッシュによる効果

四国総合研究所 正会員 ○中川裕之

四国電力 正会員 楠瀬康公

1. はじめに

一般的用途に用いられるコンクリートへの銅スラグ細骨材（以下、CUS）の混合率は、容積率で30%以下を標準とされている。これは、圧縮強度が普通コンクリートと同等であること、CUS 製品出荷時に環境安全性が確認されていることにある。本研究では、細骨材に対する CUS 混合率 50～100% の多量に置換したコンクリートの強度、耐久性、環境安全性等への影響およびフライアッシュ（以下、FA）混和による効果を検討した。

2. 使用材料と配合

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリート配合を示す。CUS は、三菱マテリアル(株)直島精錬所製の CUS2.5A を使用した。FM2.50、絶乾密度 3.53g/cm^3 、吸水率 0.18% である。粗骨材は流紋岩碎石、細骨材は海砂である。CUS 混合率は、全細骨材量に対する容積率で 30、50、80、100% とした。加えて混和した FA（Ⅱ種）は、外割りで容積率 20% とした。

3. 実験結果と考察

3.1 フレッシュ性状

表-3 にスランプ、空気量を示す。CUS 多量混合による影響はなかった。FA 混和配合は、練上がりコンクリートの粘性増加と連行空気の減少が見られ、高性能 AE 減水剤および空気連行剤を使用した。FA 外割り 20% では、FA 混和 145kg/m^3 であり、本検討における配合条件では粉体量過多であったと思われる。

CUS50% 配合について、FA 混和有無を比較したブリーディング量を図-1、ブリーディング率を図-2 示す。FA 混和によりブリーディング量が低減され、ブリーディング率が 14% から 3% 程度になっていた。ただし図-1 に示したように、ブ

表-1 使用材料

材料名	種類	密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	FM
セメント	普通ポルトランド	3.16	—	—
フライアッシュ	フライアッシュⅡ種	2.25	—	—
銅スラグ	CUS2.5A	3.53	0.18	2.50
細骨材	海砂（細砂）	2.58	1.74	2.47
	海砂（粗砂）	2.56	1.45	2.71
粗骨材	流紋岩碎石1505	2.58	0.91	6.31
	流紋岩碎石2010	2.58	0.83	7.07

表-3 スランプ・空気量

配合ケース	スランプ (cm)	空気量 (%)
CuS 0%	9.5	5.7
CuS 30%	10.5	5.2
CuS 50%	8.5	5.3
CuS 80%	8.0	5.3
CuS 100%	8.5	5.4
CuS 30%+FA 20%	8.0	3.7
CuS 50%+FA 20%	11.0	4.1
CuS 80%+FA 20%	10.5	3.8

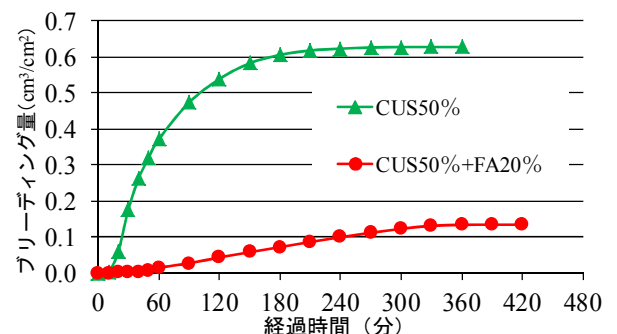


図-1 ブリーディング量

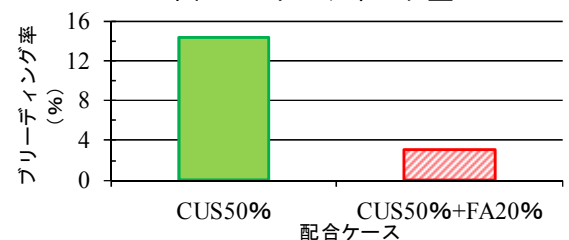


図-2 ブリーディング率

表-2 コンクリート配合

配合ケース	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)									
			W	C	FA	細骨材			粗骨材		AE減水剤 (高性能AE)	AE剤
						海砂（細）	海砂（粗）	銅スラグ	砕石1505	砕石2010		
CuS 0%	55	45.3	164	298	0	408	404	0	497	494	2.09	0
CuS 30%		45.3			0	325	243	331	497	494	2.09	0
CuS 50%		45.3			0	204	202	550	497	494	2.09	0
CuS 80%		45.3			0	41	120	880	497	494	2.09	0
CuS 100%		45.3			0	0	0	1100	497	494	2.09	0
CuS 30%+FA 20%		39.9			145	204	202	331	497	494	(1.79)	0.0894
CuS 50%+FA 20%		39.9			145	83	161	550	497	494	(2.09)	0.0894
CuS 80%+FA 20%		39.9			145	0	0	880	497	494	(2.09)	0.0894

リーディング終了に要する時間は、FA 混和の場合に比べて 1.0 時間程度長くなった。

3.2 圧縮強度

図-3 に圧縮強度を示す。CUS 多量混合による圧縮強度低下は無く、FA 混和配合では材齢 7 日から若干の強度増となった。FA のマイクロファイラー効果によるものと考えられる。

3.3 単位容積質量

図-4 にコンクリート単位容積質量を示す。CUS の絶乾密度は 3.53g/cm^3 であり、重量が必要なコンクリート構造物には有効である。CUS100%配合は 2.58t/m^3 、CUS0%配合は 2.30t/m^3 であり、細骨材全量を CUS に置換した場合の単位容積質量は一般コンクリートの 1.12 倍程度であった。

3.4 長さ変化率

図-5 に長さ変化率、図-6 に質量変化率を示す。コンクリートの乾燥収縮率として、6 ヶ月間の長さ変化率は全配合 800×10^{-6} を下回っていた。乾燥収縮率は、CUS 混合比率が多いほど小さくなっていた。CUS 混合による初期段階でのブリーディングや CUS の低い吸水率によるものと考えられる。

FA 混和配合は、試験開始後 2 ヶ月間程度は CUS 混合のみの配合や CUS0%配合よりも乾燥収縮率が大きくなっていたが、その後に相対差が逆転して、6 ヶ月後では FA 混和配合の方が乾燥収縮率は小さくなっていた。6 ヶ月間での質量変化率も FA 混和配合が相対的に小さく、FA のポズラン反応によるコンクリート緻密化が水分の逸散を低減させたものと思われる。

3.5 環境安全性

CUS 混合および FA 混和コンクリートの溶出量試験結果は、カドミウム、鉛、六価クロム、ひ素等のいずれも定量下限値以下であり基準値を満たしていた。

4. まとめ

細骨材に対する CUS 混合率 50~100%のコンクリートについて、スランプや空気量および圧縮強度の低下は見られなかった。細骨材を全量 CUS 置換した単位容積重量は 2.58t/m^3 であった。フライアッシュを混和することによって、ブリーディング量や乾燥収縮率の低減効果が確認された。

参考文献：銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの設計施工指針，土木学会，コンクリートライブラリー147，2016.7

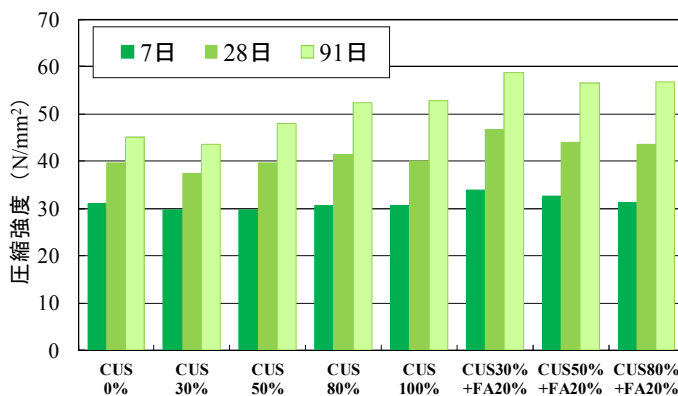


図-3 圧縮強度

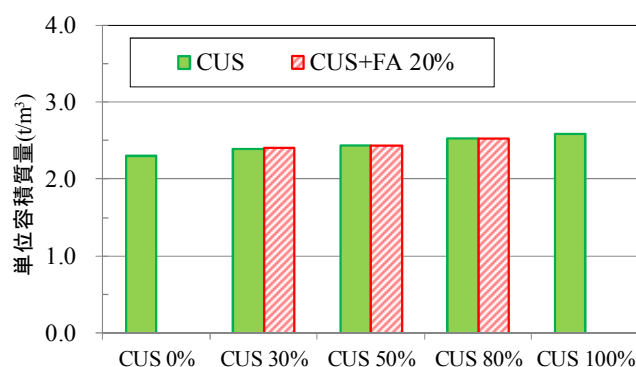


図-4 単位容積質量

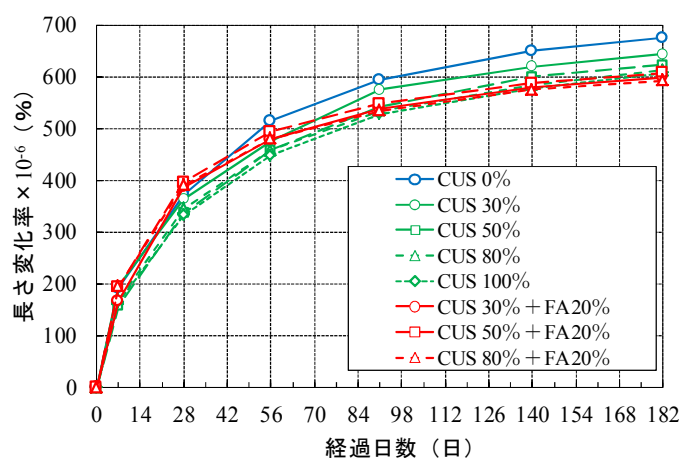


図-5 長さ変化率

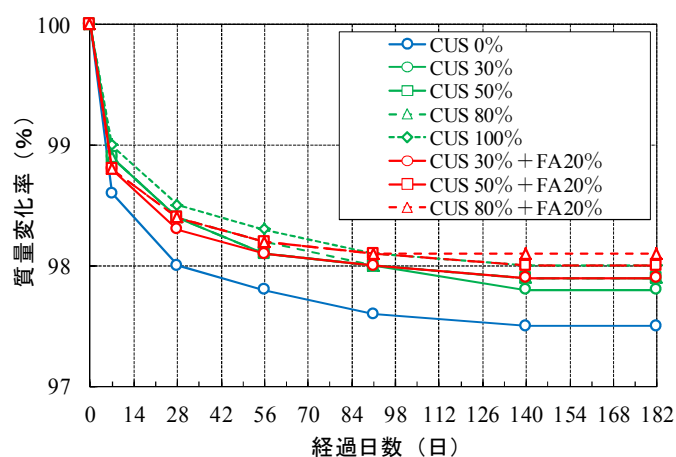


図-6 質量変化率