

第V部門 下水汚泥溶融空冷スラグ粉体のコンクリートへの適用

関西大学工学部 学生会員 ○西村 直樹
 関西大学工学部 正会員 豊福 俊英

1. はじめに

下水汚泥の発生量は年々増加の一途をたどっている。そのため、最終処分場の減少や新規処分場の確保や環境保全の観点から問題になっている。この問題に対処する方法のひとつとして下水汚泥の無害化や減容化のために高温溶融処理を行い、スラグ化し有効利用することが求められている。本研究では、下水汚泥溶融空冷スラグを破砕し製品にする過程で発生する粉塵（スラグ粉体）を有効利用する。まず、スラグ粉体自身の品質を明らかにする。そして、有効利用方法については、このスラグ粉体を混和材としてコンクリートに適用することについて検討した。

2. スラグについて

粒度調整するための破砕処理で発生する粉塵を集じん設備で回収したスラグ粉体を使用した。スラグ粉体の品質を表-1 に、化学成分を表-2 に示す。主成分は混和材としてJIS化されている高炉スラグ微粉末と同様でSiO₂、Al₂O₃及びCaOで構成されてことがわかる。また、塩基度が高炉スラグ微粉末（JIS A 6206）の規格値1.60より高いことから、潜在水硬性を有する可能性がある。また、スラグ粉体はFe₂O₃やP₂O₅が多い。

表-1 粉体スラグの品質

溶融形式	コークスベッド式溶融
冷却方式	空冷
色調	灰黒色
有害物質の溶出	基準値以下
密度	2.90g/cm ³
メディアン径	26.7μm

表-2 スラグの化学成分

種別	下水汚泥溶融スラグ粉体	高炉スラグ微粉末	
化学成分 (%)	SiO ₂	24.78~30.1	29.6~35.7
	Al ₂ O ₃	15.05~21.1	12.2~16.2
	Fe ₂ O ₃	1.1~6.7	0.01~1.1
	CaO	24.86~41.1	37.6~44.8
	MgO	1.7~2	3.1~8.7
	TiO ₂	0.53	0.30~2.1
	MnO	0.03	0.1~0.65
	Na ₂ O	0.2~0.31	0.07~0.47
	K ₂ O	0.3~0.42	0.15~0.47
	P ₂ O ₅	5.4~9.53	0.01~0.05
	塩基度	1.7~2.0	1.6~2.4

3. 実験概要と結果

3.1 スラグ粉体を混和材に用いたモルタルの性質

モルタルによる実験でセメントをスラグ粉体に置換することで流動性及び強度について検討した。

図-1の置換率とフロー値比の関係よりセメントにスラグを置換するに伴って流動性が低下した。

さらに、図-2の置換率と圧縮強度の関係より置換率に伴い強度は線形的に低下した。しかし、図-3の材齢と強度の伸び比の関係よりスラグの置換率の増加に伴って、長期的に強度が伸びた。

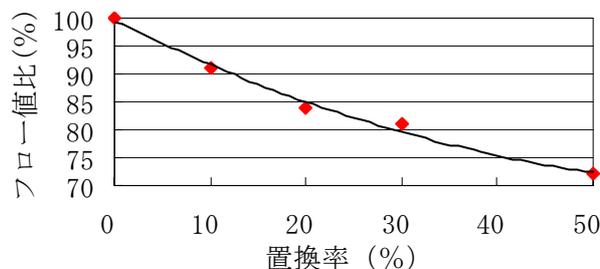


図-1 置換率とフロー値比の関係

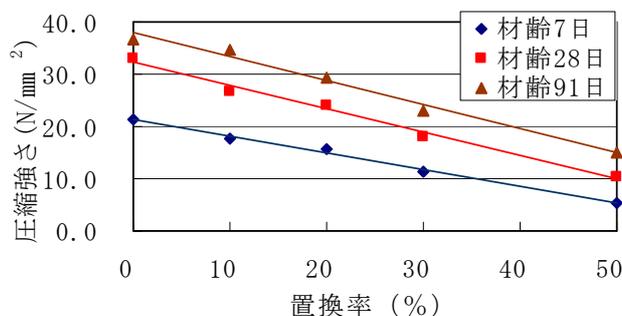


図-2 置換率と圧縮強度の関係

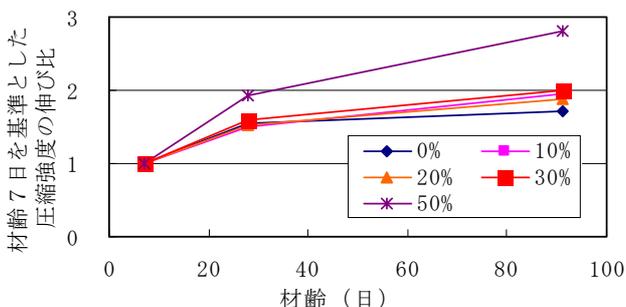


図-3 置換率と圧縮強度伸び比の関係

3.2 スラグ粉体を混和材に用いたコンクリートの性質

スラグ粉体を混和材に用いてコンクリートのフレッシュ性状及び圧縮強度について検討する。

まず、配合設計するために、各置換率においてスランプが一番大きい最適細骨材率を求める。次に、スランプが8cmに得られるよう高性能AE減水剤添加率を決定する。表-3に配合表を示す。

表-3 配合表

スラグ置換率 %	粗骨材の最大寸法 G max mm	水結合材比 W/B %	細骨材率 s/a %	単 位 量 (kg/m ³)					
				水 W	結合材		細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
					セメント C	下水汚泥スラグ Sg			
0	20	50	40.6	165	330	0	721	1095	2.97
10			38.0		297	33	674	1141	
20			37.1		264	66	657	1156	
30			35.8		231	99	633	1179	
50			32.5		165	165	573	1236	

最適細骨材率は、図-4の置換率と最適細骨材率の関係より、置換率の増加に伴って減少していく線形的な傾向を示した。具体的には、置換率が10%増加するにつれて最適細骨材率は約1.5%に割合で減少した。

表-3の配合でスランプ試験を行った結果、すべての置換率において目標スランプ8±1.0cmを満たした。したがって、細骨材率を減少させることで置換率0%の普通コンクリートとほぼ同様のスランプを得ることができた。これによりモルタルの実験で明らかになった置換率の増加に伴う流動性の低下はなかった。

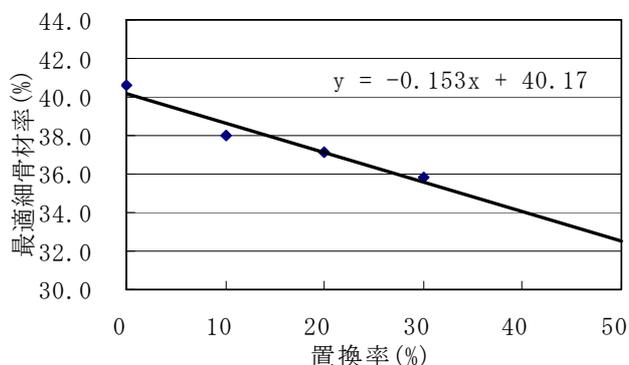


図-4 置換率と最適細骨材率の関係

置換率と圧縮強度の関係を図-5に示す。モルタルと同様に置換率の増加に伴い圧縮強度が低下した。材齢7日では、置換率15%までの圧縮強度が構造設

計で基準とするコンクリートの圧縮強度を18N/mm²以上を得た。図-6の置換率0%の圧縮強度に対する割合と置換率の関係より材齢28日では、置換率10%の圧縮強度は置換率0%の普通コンクリートとほぼ同等の強度を得た。

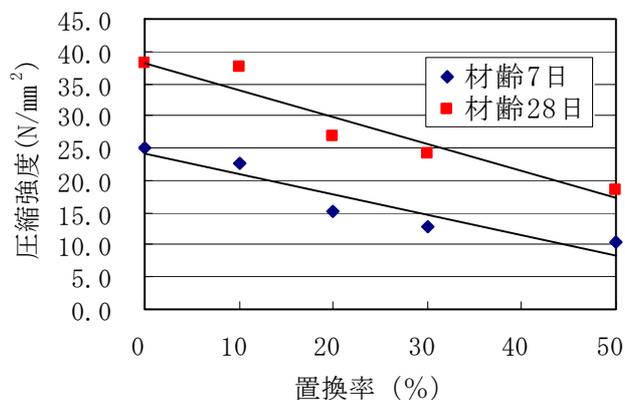


図-5 置換率と圧縮強度の関係

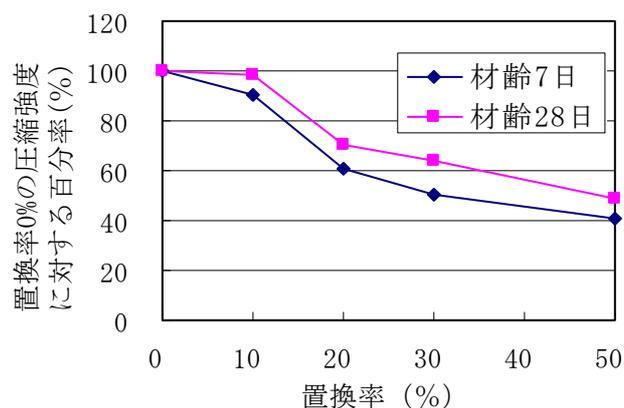


図-6 置換率0%の圧縮強度に対する割合

4. まとめ

- (1)セメントをスラグ置換すると強度が低下する。
- (2)スラグをセメントに置換することによって長期的に強度が伸びる。
- (3)スラグ置換率が増加することによって、最適細骨材率は減少した。
- (4)最適細骨材率を求めることで、普通コンクリートと同様のスランプで施工できる。