

V-277

高流動コンクリートへのスラッジの有効利用に関する実験的研究

福岡大学○学生員 栗原 啓太 (株) 富士ビー・エス 正会員 徳光 卓
 福岡大学 正会員 添田 政司 福岡大学 正会員 大和 竹史
 福岡大学 正会員 江本 幸雄

1. はじめに

PC工場から発生するコンクリートスラッジは、脱水ケーキ化された後、管理型の産業廃棄物として埋立処分されており、そのほとんどが有効利用されていないのが現状である。一方、PC工場では、製品を製造する際に発生する騒音問題や省力化の目的からコンクリートの高流動化が進められている。特に粉体を多量に用いた粉体系高流動コンクリートは、材料分離を防止する目的から比較的多量の高性能AE減水剤を使用し、水結合材比は一般のコンクリートより小さくなっている。そのため強度的には高強度になる傾向にあり、スラッジを粉体の一部として用いた場合でも目標強度を確保できるものと考えられる。そこで本研究では、PC工場で排出されるスラッジが高流動コンクリート用粉体材料として利用可能かをコンクリートの流動性、強度および耐凍害性の観点から検討したものである。

2. 実験概要

使用材料：細骨材には砕砂（比重2.81，実積率66.9%，吸水率1.09%，略号：S1）と石灰岩砕砂（比重2.63，実積率71.1%，吸水率1.05%，略号：S2）を等量使用した。粗骨材には碎石（比重2.83，実積率56.5%，吸水率0.63%）を使用した。結合材は早強ポルトランドセメント（比重3.14，粉末度4610cm²/g，略号：HP），高炉スラグ微粉末（比重2.91，粉末度3830cm²/g，略号：BS）を使用した。スラッジ（略号：SL）は、乾燥炉（110℃）で絶乾状態にした後、一様に粉碎するためボールミルで10分

表—1 スラッジの物理的性質

粉碎時間 (min)	比重	ブレン (cm ² /g)
5	-	13290
10	2.06	14070
20	-	14740
30	-	14910

表—2 コンクリートの配合

SL添加率 %	Vw/Vp %	W/P %	s/a %	HP	BS	SL	W	S1	S2	G	sp	コンクリート温度 ℃
kg/m ³												
0	99	32.5	54.3	340	210	0	180	472	442	800	0.95	15
3	99	32.7	54.3	340	196	12	180	472	442	800	1.15	16
5	99	32.9	54.3	340	185	19	180	472	442	800	1.25	19

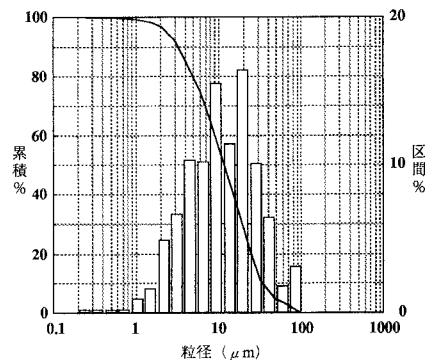
間粉碎したものを用いた。スラッジの物理的性質を表—1にスラッジの粒度分布を図—1に示す。混和剤はポリカルボン酸系の高性能AE減水剤（略号：sp）を用いた。

配合および養生方法：コンクリートの配合は、水粉体容積比（Vw/Vp）を99%，総粉体量を550kg/m³と一定にした。なお、スラッジは総粉体量の内割りでそれぞれ添加した。表—2にコンクリートの配合を示す。練混ぜには、二軸強制練りミキサーを使用し、初めに粉体と骨材を投入し、空練り10秒後混練水と高性能AE減水剤を入れ、2分間練混ぜて排出した。養生方法は、水中養生（20℃）と蒸気養生（前置き20℃3h，最高温度65℃3h）後気中養生（20℃）の2種類とした。

試験方法：コンクリートの流動性を評価するために、スランブフロー試験（目標値70±5cm）とVロート試験（目標値15±5秒）を行った。圧縮強度試験には、φ10×20cmの円柱供試体を用いた。材齢28日の10×10×40cmの角柱供試体を用いて水中凍結融解試験（ASTMC666A法）により耐凍害性の評価を行った。

3. 結果および考察

表—1に示すようにスラッジのブレン値は粉碎時間が長いほど大きくなり、早強セメントや高炉スラグ微粉末に比べ3倍程度大きいことが判った。また、図—1は10分間粉碎したスラッジの粒度分布を示したものである。スラッジは1～100μmの範囲にあ



図—1 スラッジの粒度分布

キーワード：スラッジ，高流動コンクリート，流動性，強度，耐凍害性

連絡先：福岡市城南区七隈8-19-1，TEL 092-871-6631，FAX 092-864-8901

り、その平均粒径は $12.68 \mu m$ であった。

図-2はスラッジ添加率とスランブフロー値およびVロート流下時間の関係を示したものである。スランブフロー値は、スラッジ添加率の増加に伴い低下するが、その低下の割合は小さい。一方、Vロート流下時間は、スラッジ添加率の増加に伴い遅くなり、スラッジ添加率の影響は大きく、スラッジを5%添加した場合閉塞した。これは、表-1に示すようにスラッジの比表面積が早強セメントや高炉スラグ微粉末に比べ著しく大きいことや電子顕微鏡観察からもスラッジの表面形状がいびつなため保水性が高まり、流動性が低下したものと考えられる。

図-3は練混ぜ時間とスランブフロー値の関係を示したものである。いずれの配合の場合もスランブフロー値は、練混ぜ時間6分では著しく低下する傾向にあったが、通常の2倍の練混ぜ時間4分では、スラッジの添加率が多いほどスランブフロー値は、大きくなる傾向にあり、スラッジを添加する場合には適切な練混ぜ時間が存在することが明らかとなった。

図-4は高流動コンクリートにおけるスラッジ添加による圧縮強度の結果を示したものである。蒸気養生を行った材齢1日強度では、スラッジ添加率に伴う強度差は若干でしかなかった。一方、水中養生を行った材齢28日強度ではスラッジ添加率の増加に伴い、圧縮強度は低下する傾向にあり、スラッジを5%添加した場合の圧縮強度はスラッジ無混入に比べ2割程度低下した。しかし、いずれの材齢においても目標強度（ $\sigma_1=40$, $\sigma_{28}=60N/mm^2$ ）を満足しており、スラッジを5%添加した場合でもPC用コンクリートとして適用可能であることが明らかとなった。

図-5は水中凍結融解試験結果で、高流動コンクリートにおけるスラッジの添加による影響と養生方法による影響を示したものである。水中養生を行った場合、スラッジを添加した場合でも十分な耐凍害性を示している。しかし、蒸気養生後気中養生を行った場合、スラッジの混和にかかわらず、早いサイクル数で相対動弾性係数は著しく低下していることから、スラッジ添加による影響よりはむしろ養生方法による影響が大きいと考えられる。従って、耐凍害性を確保するためには、蒸気養生後の後養生を十分にを行うか²⁾、あるいは適切な空気を連行する必要があると思われる。

4. まとめ

粉体系高流動コンクリートの粉体の一部としてスラッジを5%添加すると、流動性が著しく低下するが、流動性の確保は練混ぜ方法や高性能AE減水剤の調整で対応できるものと思われる。また水中養生を行った場合の強度や耐凍害性に関しては、無混和に比べなら遜色のないことから早強性を有する高流動コンクリートへスラッジの有効利用が可能と思われる。

【参考文献】1) 添田ら：蒸気養生した早強型高流動コンクリートの諸特性について、第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp827-832，1997，2) 添田ら：高炉スラグ微粉末を用いた早強性を有する高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，pp153-158，1996

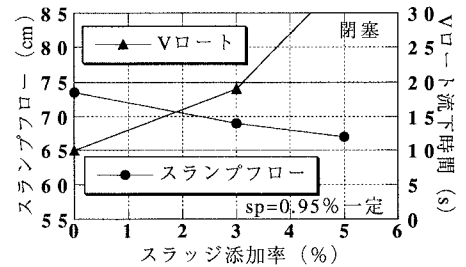


図-2 スラッジ添加率とスランブフロー値およびVロート流下時間の関係

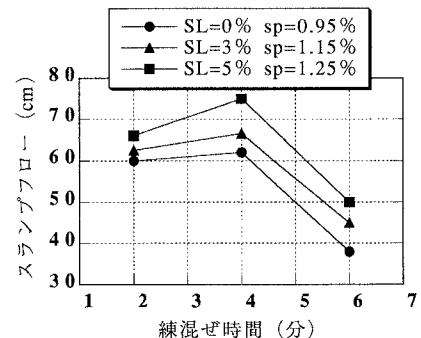


図-3 練混ぜ時間とスランブフローの関係

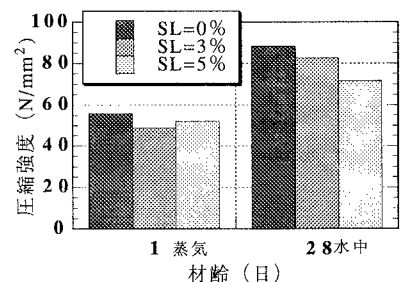


図-4 材齢と圧縮強度の関係

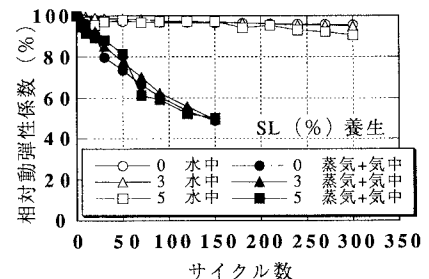


図-5 サイクル数と相対動弾性係数の関係