

スラッジを混入した高流動コンクリートの強度及び流動性

福岡大学 ○学生員 栗原 啓太
 福岡大学 正会員 添田 政司
 (株)富士ピー・エス 正会員 徳光 卓
 福岡大学 正会員 大和 竹史

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。その利用方法として高流動コンクリートが挙げられる。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適用可能と考えられた。そこで本研究では、PC工場で排出されるスラッジの成分分析を行うとともに、粉体系高流動コンクリートへの利用が可能かを明らかにするため、モルタルやコンクリートの流動性、強度および耐凍害性について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、PC工場で5日置きに採取し、乾燥炉（110℃）で絶乾状態にした後、一様

表—1 スラッジの物理的性質

採取日 (記号)	粉碎時間 (min)	比重	ブレン (cm ² /g)
A	5	-	13290
	10	2.06	14070
	20	-	14740
	30	-	14910
B	10	2.15	-
C	10	2.16	-

に粉碎するためボールミルで10分間粉碎したものを用いた。そのスラッジの物理的性質と化学成分を表—1および表—2にそれぞれ示す。

表—2 スラッジの化学成分結果

採取日	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	T-SO ₄	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Total	R ₂ O
A	16.7	24.0	7.32	3.40	42.7	2.09	2.21	0.46	0.26	0.41	0.08	0.14	99.8	0.63
B	15.9	24.8	7.63	3.56	42.4	2.20	1.86	0.55	0.28	0.42	0.08	0.14	99.8	0.73
C	16.0	24.5	7.40	3.39	42.9	2.20	1.81	0.57	0.29	0.42	0.08	0.15	99.7	0.76

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。

表—3 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 %	スランプフロー cm	フロー時間 sec	空気量 %
0	99	32.7	54.3	340	210	0	180	472	442	800	0.90	70×70	11	1.0
3	99	32.8	54.3	340	196	12	180	472	442	800	0.95	69×69	19	0.6
5	99	33.1	54.3	340	185	19	180	472	442	800	1.30	67×67	84	2.2

配合： モルタルの配合は、W/P=31.0%，S/P=1.42とW/P=32.5%，S/P=1.56の2種類とした。コンクリートの配合では、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りでそれぞれ添加した。表—3にコンクリートの配合を示す。

試験方法： モルタルの流動性を評価試験するために、フロー試験（目標値25±1cm）とVロート試験（目標値10±1秒）を行った。またコンクリートの流動性を評価試験するために、スランプフロー試験（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。凍結融解試験は、10×10×40cmの角柱供試体を用いてASTMC666A法（水中凍結融解試験）に従って行った。

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、表—2に示すようにスラッジの化学成分は、採取日にかかわらずほぼ均一な値を示している。これは、PC工場ではほぼ同一の配合によってコンクリートを打設しているためスラッジの採取日の相違による顕著な差が生じなかったものと考えられる。

図一1はモルタルによるスラッジ添加率とフロー値およびVロート流下時間の関係を示したものである。スラッジ添加率の増加に伴い、いずれの配合の場合もフロー値は低下し、Vロートの流下時間は増加する傾向にあった。これは、表一1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。

図一2はモルタルによる採取日の異なるスラッジの添加率とフロー値およびVロート流下時間の関係を示したものである。フロー値およびVロート流下時間はスラッジ添加率3%程度であれば採取日によるフレッシュ性状への影響は小さいが、添加率が5%以上になるとフレッシュ性状への影響が若干大きくなる傾向にあった。そこで高流動コンクリートへのスラッジ添加率は最大で5%までで検討を行った。

図一3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 ($\sigma_1=40$, $\sigma_{28}=60\text{N/mm}^2$) 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。

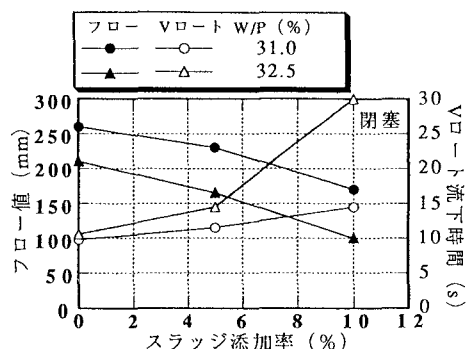
図一4は高流動コンクリートにおけるスラッジの添加による影響と養生方法による影響の耐凍害性の結果を示したものである。水中養生を行った場合は、スラッジを5%添加した場合でも十分な耐凍害性を示している。しかし、蒸気養生後気中養生を行った場合では、スラッジの混和にかかわらず、早いサイクル数で相対動弾性係数は著しく低下していることから、スラッジ添加による影響よりはむしろ養生方法による影響が大きいと考えられる。従って、耐凍害性を確保するためには、蒸気養生後の後養生を十分に行うか²⁾、あるいは適切な空気を連行する必要があると思われる。

4. まとめ

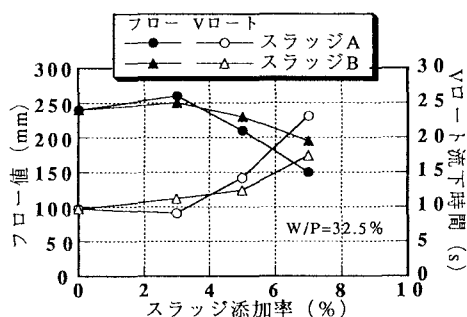
粉体系高流動コンクリートの粉体の一部としてスラッジを5%以上添加すると、流動性が著しく低下するが、水中養生を行った強度や耐凍害性に関しては、無混和に比べ、ならみ遜色のないことから早強性を有する高流動コンクリートへスラッジの有効利用が可能と思われる。

謝辞 本研究に際して日本セメント(株)の岡本享久氏に多大な御協力頂きました。ここに深く謝意を表します。

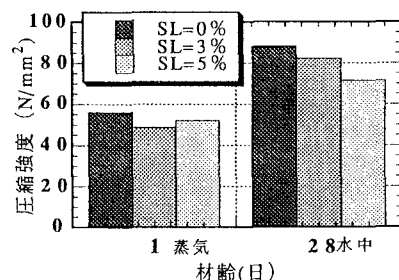
【参考文献】1) 添田ら：蒸気養生した早強型高流動コンクリートの諸特性について、第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp827-732, 1997, 2) 添田ら：高炉スラグ微粉末を用いた早強性を有する高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp153-158, 1996



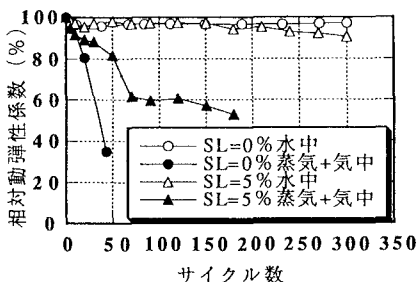
図一1 スラッジ添加率とフロー値およびVロート流下時間の関係



図一2 採取日の異なるスラッジの添加率とフロー値およびVロート流下時間の関係



図一3 材齢と圧縮強度の関係



図一4 サイクル数と相対動弾性係数の関係