コンクリート工場排水へ浸漬した一般廃棄物溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

茨城大学工学部　正会員　○木村　亨
茨城大学工学部　正会員　沼尾　達弥
茨城大学工学部　城所　朋輝
関東溶融スラグ共同組合　蒔田　裕紀

1. 研究背景と目的

一般廃棄物溶融スラグ(以下,SL とする)の生産量は,2001 年の「ダイオキシン類対策特別措置法」の施行に伴い急激に増加し，ここ数年の生産量は，年間 85 万ｔで推移している．今後，更なる有効利用率の増加が望まれる[1),2)].

しかし，SL は製造地および製造方法の違いにより品質が異なるため，JIS A 5031(一般廃棄物，下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材)の規定を満たしたSL細骨材を用いてもコンクリートの性状に違いが生じる場合もあり，取り扱いに注意が必要である．

現在，多くのSL細骨材は，コンクリート二次製品に使用されており，その工場では大量の$Ca(OH)_2$を含んだ高アルカリ性の排水(以下，スラッジ水とする)が発生している．

そこで本研究では,SL細骨材をスラッジ水の上澄み水(以下，改質処理水とする)に浸漬することによる表面改質処理を施した後，コンクリート用細骨材として用いる．コンクリートの発泡の原因であるSL細骨材内の金属Alを，改質処理水中の$Ca(OH)_2$と反応させ，反応終了後のSL細骨材を用いることで，コンクリートの練混ぜ時の発泡抑制効果とコンクリート性状に与える影響を実験的に検証した．

2. 実験方法

表1に使用材料を,表2にSL細骨材の化学成分表を示す．なお，本実験に使用したSL細骨材は，交流アーク式灰溶融炉から製造された水砕スラグである．SL細骨材の物理的性質，粒度及び粗粒率，膨張率試験は，JIS A 5031に準拠して行い,JISの規定値を満足していることを確認している．なお，膨張率試験は、SL細骨材の改質処理後にも行った．

図1に気体発生量の継時変化を示す．SL細骨材を改質処水に浸漬させる期間を選定するため、SL細骨材を改質処理水に浸漬させた場合の気体発生量を，水上置換法により測定し，気体発生の終了時間を確認した．約10日で気体発生が終了したことから,改質処理水への浸漬は10日間とした．なお，改質処理水には，コンクリート工場で排水処理中のスラッジ水から沈殿物を除去した後の上澄み水を用いた．

表1 使用材料

材料名	記号	詳細
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm^3
細骨材	S	石灰砕砂 密度:2.55g/cm^3,粗粒率=3.10±0.15
	SL	絶乾密度:2.71g/cm^3,吸水率:0.35%，安定性:0.50%，実積率:57.0%，微粒分量:2.84%，粗粒率:3.50%，膨張率:0.35%
粗骨材	G	砕石 密度:2.64g/cm^3,粗粒率=6.60±0.20
混和剤	AE	AE減水剤標準形(Ⅰ種) 密度:2.98g/cm^3

表2 SL細骨材の化学成分表

化学成分 (%)								塩基度
SiO	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	他	
40.0	21.6	4.1	1.46	23.1	2.98	3.45	3.31	1.19

表3　コンクリートの示方配合(kg/m^3)

スランプフロー(mm)	空気量(%)	W/C(%)	W	C	細骨材(S:SL=7：3)		G	AE減水剤
					S	SL		
600	4±1	45	180	400	622	267	848	5.2
					889			

また，改質処理水は，pH=11.8と高いアルカリ性を示した．

表3にコンクリートの示方配合表を示す．コンクリート二次製品での使用を想定し，高流動コンクリートを用いた．なお，SL細骨材の普通細骨材への置換率は，ブリーディングの増大を懸念したため，置換率は30%とした．改質処理前後のSL細骨材を用いたコンクリートを作製し，圧縮試験用に直径100㎜，高さ200㎜の円柱供試体を作製するとともに，10年間の暴露試験用に歩車道境界特殊コンクリートブロック(JIS A 5371)と上ぶた式U形側溝300B(JIS A 5372)を作製した．養生方法は，コンクリート二次製品会社で行われているのと同じく，試験体をシートで覆った後，シート内を高温の蒸気で充満させた.24時間後脱型し,その後,屋外暴露を行った．

キーワード：一般廃棄物溶融スラグ，骨材，表面改質処理，エージング
連絡先　〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1　茨城大学大学院理工学研究科　Tel:0294-38-5274

圧縮強度試験(JIS A 1108)は，材齢1日，14日，28日，91日，182日，1年，3年，5年，8年，10年にて行う予定である．なお，本報では円柱供試体の材齢28日までの圧縮強度試験の結果を述べる．

3. 実験結果及び考察

図2に改質処理前後の膨張率試験の結果を示す．改質処理前が膨張を示したのもが，改質処理後では収縮に転じた．これは，改質処理により金属Alの発泡が抑制されたため，発泡に伴う膨張が抑えられたものと考えられる．

コンクリートのスランプフローは，改質処理前で610㎜，改質処理後で605㎜とほとんど変わらない．しかし，空気量は，改質処理前で5.5%，改質処理後で3.8%と大きく変化した．これは，改質処理により金属Alの発泡が抑制されたことによるものと考えられる．

写真1に脱型後の円柱供試体の状況を示す．改質処理前の円柱供試体では，円柱供試体の上部に多くの気泡が見られるとともに，型枠の上縁以上にコンクリートが膨らんできたことから，コンクリートの膨張が確認された．これは，金属Alによる発泡がそのままコンクリートの気泡となったためと考えられる．また，改質処理前後のどちらにも表面に色むらが見られた．

図3に改質処理前後の圧縮強度と材齢の関係を示す．材齢初期から，改質処理前の圧縮強度は低く，改質処理を施すことで圧縮高度が増加した．材齢28日における改質処理後の圧縮強度は，改質処理前に比べ約50%の増加を示した．これは，改質処理前の密度が2.31g/cm^3，改質処理後の密度が2.38g/cm^{3}と，改質処理前の密度が小さいことから，金属Alによる発泡がそのまま気泡となり密度を低下させたため，圧縮強度を低下させたものと考えられる．

4. まとめ

本実験により，コンクリート工場排水に10日間浸漬させた一般廃棄物溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの及ぼす影響および効果が以下のとおり確認された．

1) コンクリートの練混ぜ時の発泡が抑制された．
2) コンクリートの硬化後の膨張が抑制された．
3) コンクリートの圧縮強度が高くなった．

謝辞

本研究費の一部は，JST 研究成果展開事業 A-STEP(探索タイプ)の助成を受けたものである．

＜参考文献＞

1) 鳥居 和之，山戸 博晃，野口 陽輔，鍵本 広之：溶融炉スラグの物理・化学的性質とアルカリシリカ反応性，コンクリート工学年次論文集，Vol.25, No.1, pp.623-628, 2003.
2) 北辻政文：未反応石灰石と金属アルミニウムがコンクリートの膨張に及ぼす影響，環境浄化技術，Vol.12, NO.1, PP.35-42, 2013

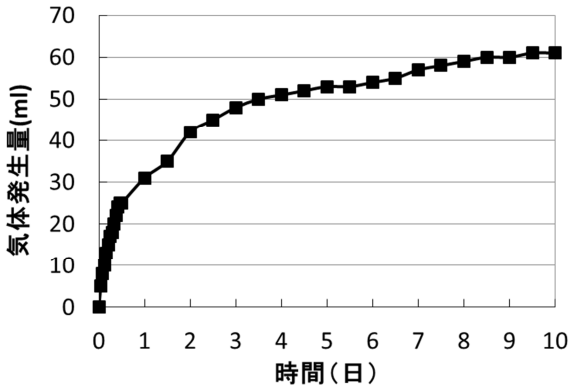

図1 気体発生量の継時変化

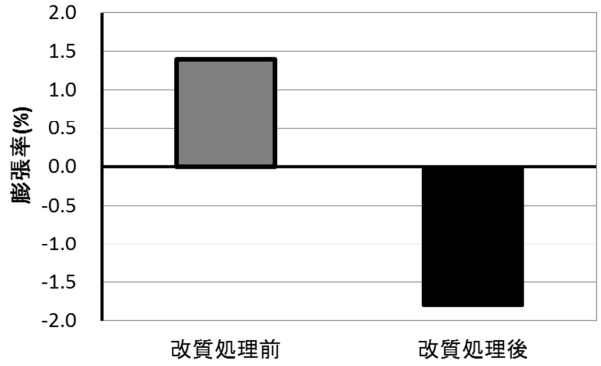

図2 改質処理前後の膨張率試験結果

写真1 脱型後の円柱供試体の状況

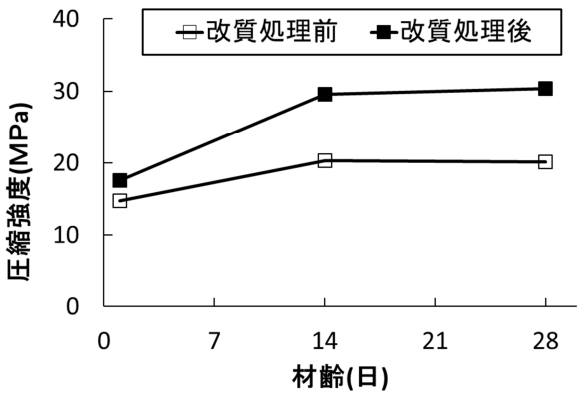

図3 圧縮強度と材齢の関係