

都市ごみ溶融スラグを用いたコンクリートの膨張特性評価方法の検討

佐賀大学

正会員 ○伊藤 幸広

不二コンクリート工業(株)

山口 泰範

(株)馬渡商会

久原 好実

佐賀大学

正会員 石橋 孝治

1. はじめに

排出量が年々増加する都市ごみ溶融スラグ（以下、溶融スラグ）は、コンクリート用骨材としての利用が検討されており、一部ではコンクリート製品への使用が始まっている。しかし、溶融スラグの中には、アルカリと反応してコンクリートを膨張させる両性金属類を多く含むものもあり、品質管理を行う上で溶融スラグの膨張特性を正確に評価できる試験方法の確立が必要となっている。

標準情報 TR A 0016 附属書 1 には、モルタルを用いた膨張率試験方法が公表されているが、測定精度が低いという問題がある。本研究では、膨張率を正確に測定できる試験方法を検討するとともに、コンクリート製品で特に問題となる膨張によって表面に現れる不具合の程度を調べる方法についても検討を行った。

2. 実験概要

試験モルタルの材料としては表-1 に示すものを用い、また、溶融スラグとしては、プラズマ式溶融炉から製造された“溶融スラグ A”とガス化溶融炉から製造された“溶融スラグ B”の 2 種類を用いた。溶融スラグ A の特徴としては、 Al_2O_3 の含有率が比較的大きく、外観的には表面が光沢のあるガラス質であり、針状の粒子や白色の粒子が多く見られることにある。一方、溶融スラグ B は磨砕の程度が大きいためか、表面は光沢がほとんど無くざらついており、針状粒子など特殊な形状をしたものは見られない。

モルタルの配合は TR A 0016 に準じ、水：セメント：細骨材を質量比で 1：2：2.25 とした。モルタルは、材料分離せずロートで流し込みができる流動性になるよう、AE 減水剤を添加して調整した。

モルタルの膨張率試験方法としては、ビニル袋に入れ金具で上部を密閉したモルタルを、図-1 に示すような装置で水中質量を測定し、空中質量と水中質量の差からモルタルの体積を求める方法とした。膨張率は、練上り直後のモルタルの体積を初期値として、20℃の水中養生を 20 時間以上行った後の体積変化量を初期値で除し膨張率（体積変化率）とした。少量の試料から膨張率を測定する場合、発生したガスを逸散させると誤差が大きく

表-1 使用材料の特性

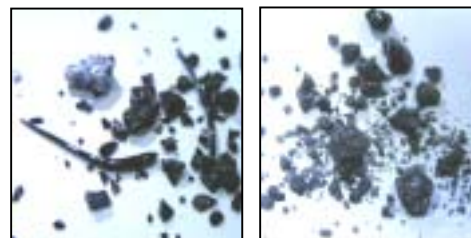
材料	種類	特性
練混ぜ水	上水道水	-
セメント	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm^3 比表面積: $3300\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	筑後産川砂	密度: 2.56g/cm^3 , FM: 2.69 実積率: 59.3%
混和剤	AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

表-2 溶融スラグの物理的性質

項目	溶融スラグ A	溶融スラグ B
表乾密度 (g/cm^3)	2.75	2.66
吸水率 (%)	0.10	1.62
単位容積質量 (kg/l)	1.65	1.59
実積率 (%)	60.1	60.7
塩化物含有率 (%)	0.000	0.004

表-3 溶融スラグの化学組成

項目	化学組成(wt%)				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O
溶融スラグ A	34	26	3	28	1.2
溶融スラグ B	39.9	17.1	0.5	33.0	0.4



溶融スラグ A

溶融スラグ B

写真-1 溶融スラグの外観

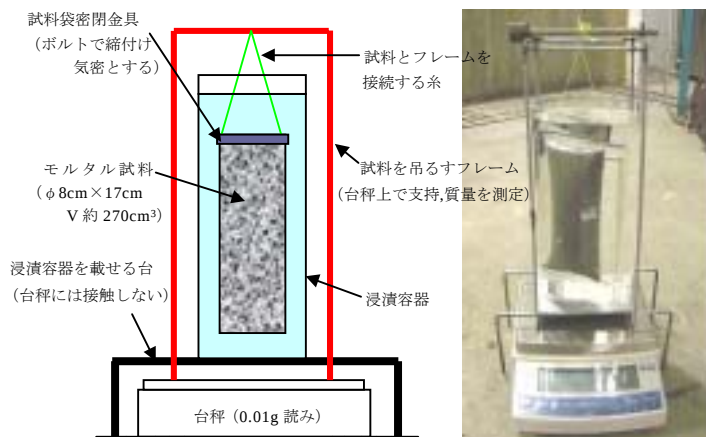


図-1 モルタルの膨張率試験方法

キーワード 溶融スラグ、膨張率、両性金属類、表面性状

連絡先 〒840-8502 佐賀市本庄 1 佐賀大学 都市工学科 TEL0952-28-8874

なるが、本方法では、試料を完全に密閉するため、発生したガスの体積も膨張量として測定している。

膨張によって表面に現れる不具合の程度を調べる方法としては、図-2に示すような傾斜を付けたガラス面を持つ型枠を用い、モルタル打設後ガラス面を通してモルタル表面の不具合を直接観察する方法とした。傾斜を付けたガラス面は、縁石を製造する鋼製型枠の一面を模したもので、この部分は摩擦が小さく、両性金属粒子周辺の局所的な膨張であってもクラック等が発生する可能性が高い箇所である。

3. 実験結果および考察

細骨材に熔融スラグA、Bおよび川砂をそれぞれ100%使用したモルタルについて、22時間以降の体積変化率を示したものが図-3である。なお図には、各モルタルにつき3個の供試体のデータをプロットした。川砂を用いたモルタルは、22～30時間経過後およそ-1.5～-1.9%の収縮側の体積変化となっている。これはセメントの水和収縮によりモルタル全体が収縮したものである。熔融スラグBモルタルは川砂モルタルとほぼ同等の体積変化率であることから、熔融スラグBは膨張特性を有しないと言える。一方、熔融スラグAモルタルは、いずれの供試体も膨張現象が見られ、最も大きいもので1.7～1.9%の膨張となっている。なお、3個の供試体にばらつきが見られるのは、両性金属類を含む粒子の偏在によるものと考えられる。膨張特性を有する熔融スラグAについて、川砂との置換率を変化させたモルタルの体積変化率を示したものが図-4である。いずれの置換率においてもばらつきは大きいものの、置換率が30%でも膨張現象を示していることが分かる。また、24時間経過時の各熔融スラグの置換率と体積変化率との関係を整理すると図-5の通りとなる。図中のプロットは3個の供試体の平均値である。熔融スラグAでは、置換率の増加に伴い体積変化率（膨張率）も大きくなる傾向が見られる。

細骨材に熔融スラグAを用いたモルタルにおいて、表面に現れた不具合を記録した画像が写真-2である。画像の記録方法としては、供試体をフラットヘッドスキャナーに載せ表面を読取ったものである。右の部分拡大写真から分かるように、クラックや膨張反応を生じた後の粒子が白色のゲル状となった物質が見られる。また、ガス発生後の痕跡として窪んだ面も確認できる。

4. おわりに

膨張率はモルタルの水和収縮を加味して評価する必要があると考えられる。本方法による膨張率と表面に現れる不具合の程度や熔融スラグ混入コンクリートの諸特性との関係を今後調べて行く予定である。

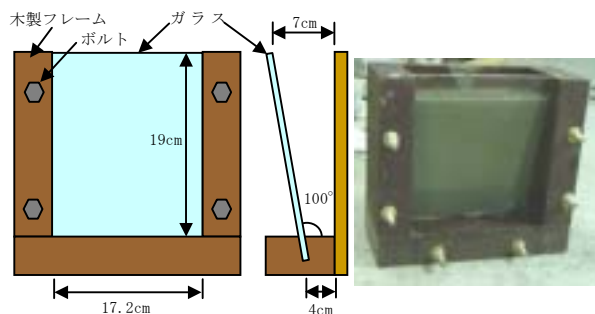


図-2 表面の不具合を検査するための型枠

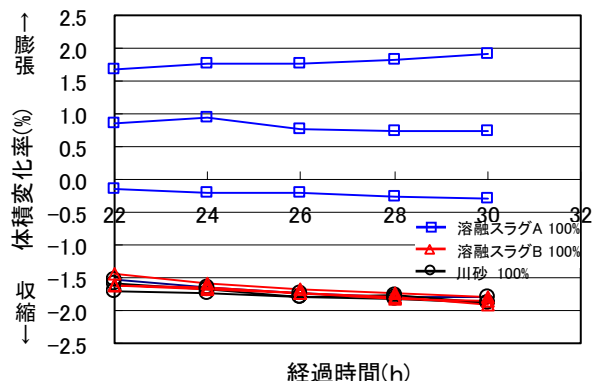


図-3 各種細骨材を用いたモルタルの体積変化率

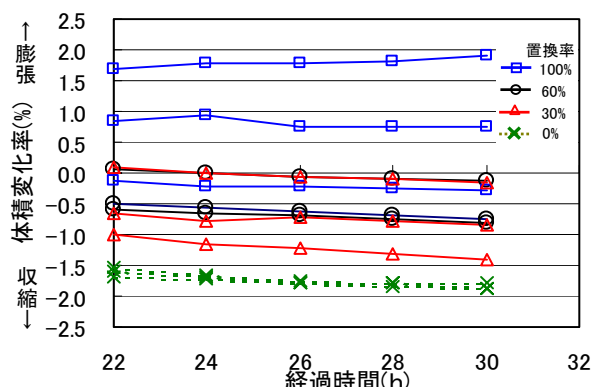


図-4 熔融スラグA置換モルタルの体積変化率

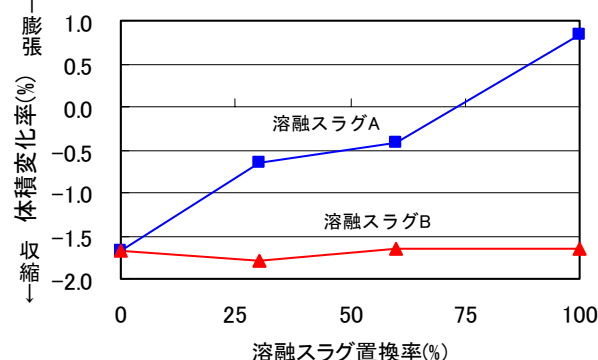


図-5 置換率と体積変化率の関係（24時間経過時）

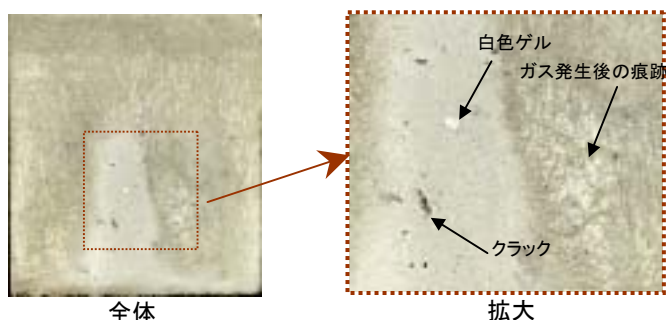


写真-2 供試体表面のスキャナ画像（熔融スラグA 100%置換）