

熔融スラグを骨材として用いたコンクリートの膨張に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○内田 博也 学生会員 高田 聡恵
 正会員 糸山 豊 正会員 上原 匠
 正会員 梅原 秀哲

1. はじめに

熔融スラグ（以下スラグ）とは、廃棄物およびその焼却残渣を 1200℃以上の高温下で加熱、熔融した後に冷却した固化物である。スラグはコンクリート用材料としての有効利用が期待されているが、一部のスラグに金属アルミニウム（以下 Al）が含まれているため、Al とコンクリートのアルカリが反応し、コンクリートが膨張することが確認されている。この膨張がコンクリートへ及ぼす悪影響が懸念されるため、本研究ではこの膨張を抑制する方法について検討した。

2. 使用材料

使用した材料を表-1、スラグを表-2に示す。

3. モルタルによる膨張率試験

3.1 概要

スラグをコンクリート用骨材として使用する場合は、コンクリートでの膨張性状の有無を簡便に確認し、結果を配合設計に生かす必要がある。そこで本研究では、まずモルタルでの膨張率試験（TR A 0016(以下 TR)）を行った。¹⁾スラグは SgA から SgG までの7種類を使用した。試験は各スラグとも3本ずつ行った。

3.2 モルタルでの膨張率試験結果及び考察

試験結果を図-1に示す。比較のため、スラグ無混入（Base）を併記した。ここで SgA にのみ明らかな膨張現象が確認された。ところで規定された配合①（W:C:Sg=1:2:2.25）に準拠した結果、各スラグとも3本の試験値のばらつきが大きいことが分かった。また、材料分離も生じていることから、スラグ量に対する水量が多いことなど配合が適切ではないことが考えられるため、異なる配合で更に検討すべきであると判断した。

3.3 モルタルの配合の検討

TR を適用するにあたって、均一な試料となる適切な配合を求めることを目的に、W/C を 50% と一定にし、既往の配合を基にスラグの割合を増やすことで検討した。試験練りを基に、W、C、Sg の質量比が異なる配合②（1:2:2.5）と配合③（1:2:3）を設定した。スラグは SgA と昨年の研究で膨張が確認された SgH を用いた。²⁾

3.4 新たな配合で行った膨張率試験の結果及び考察

膨張率試験結果を図-2に示す。SgH については、③の配合に膨張が認められた。Base は、細骨材の割合が増加するにつれて収縮が小さくなることが確認された。提案した配合においては SgA で値のばらつきが抑制され、膨張現象が把握できた。SgH では、③で膨張現象が確認できたが提案した配合で値のばらつきを抑え

表-1 使用材料

記号	種類	物性または成分
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 山砂(豊田産)	表乾密度:2.57g/cm ³ 吸水率:1.55% 粗粒率:2.67
粗骨材	G 碎石(瀬戸産)	表乾密度:2.73g/cm ³ 吸水率:0.38% 粗粒率:6.65
混和剤	SP 高性能AE減水剤	主成分:ポリカルボン酸系
	AE 助剤	主成分:樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤

表-2 使用スラグ

記号	密度(g/cm ³)	吸水率(%)	粗粒率
SgA	2.16	7.88	3.87
SgB	2.68	0.63	3.76
SgC	2.84	1.01	2.77
SgD	2.83	0.94	3.16
SgE	2.7	0.52	5.16
SgF	2.78	0.34	2.54
SgG	2.83	0.23	2.3
SgH	2.68	0.76	3.78

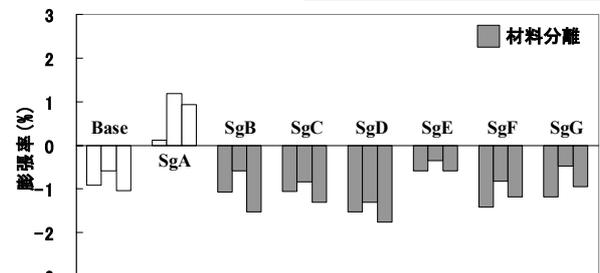


図-1 TR A 0016による膨張率試験結果

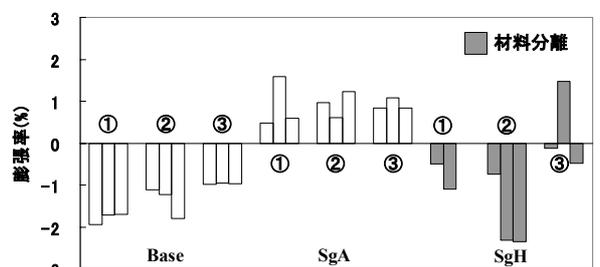


図-2 新たな配合による膨張率試験結果

キーワード： 熔融スラグ、膨張率試験、アルミニウム

連絡先： 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会工学専攻 Tel 052-735-5502 Fax 052-735-5503

ることができなかつた。したがって、すべてのスラグに共通した配合を提案することが出来ないため、それぞれのスラグに適した配合が今後必要となると考えられる。

4. 消石灰による膨張現象の抑制

4.1 概要

スラグ中の AI による膨張を抑制する方法の1つとして、「消石灰によるスラグの安定化」が挙げられる。そこで、消石灰を用いて AI を安定化させることによる、コンクリートの膨張抑制効果の把握を目的に実験を行った。スラグは SgA と SgH 対象とした。また、消石灰の効果を明確に把握することを目的に AI 粉末を混入したシリーズについても同様に実験を行なった。表-3 に配合を示す。Base の目標値はスランブ 12cm、空気量 4.5%、W/C55%を設定した。消石灰の添加量は予備実験から求めた。

4.2 実験結果及び考察

膨張率試験結果を図-3 に、静弾性係数、強度試験結果を図-4 に示す。膨張率試験には高田らの方法を用いた。²⁾

(1) 膨張率試験

Base-AI シリーズより消石灰の混入によって膨張率が増加する傾向が確認された。これは、消石灰と AI とが反応するには時間がかかるため、練混ぜ中に反応が終わらず硬化中にも反応が継続し、膨張が大きく生じたのではないかとと思われる。また、消石灰の混入量に比例して膨張率も増加した。SgA については、いったん収縮した後膨張したことから、含まれるアルミニウムが少量の場合でも、反応が終了するまでに時間がかかることが分かった。したがって、AI を含むと考えられるスラグに対しては、事前に消石灰を利用して反応を終了させることによって、膨張を制御することが可能と思われる。

(2) 静弾性係数、圧縮・引張強度試験

AI やスラグを混入したことによりコンクリートの圧縮強度は低下した。これは、コンクリートの膨張によりコンクリート中に空隙が生じたためであると考えられる。また、Base-AI-石灰10とBase-AI-石灰20では7日強度に大きな差が見られることから、消石灰の混入量は初期のコンクリートの強度に影響すると考えられるが、28日強度の試験結果では強度の低下が抑えられる結果となった。なお、静弾性係数は28日圧縮強度試験結果を反映する結果となった。

5. まとめ

1. TR に対して新たな配合を検討したところすべてのスラグに共通した配合を提案することが出来なかった。したがって、それぞれのスラグに適した配合の検討が今後必要となると考えられる。
2. 消石灰による膨張現象の抑制に関する実験結果から、AI と消石灰の反応が練混ぜ中に完全に終了できないことが分かった。しかし、AI を含んだスラグに対しては、事前に消石灰と反応させることによって凝結中の反応を防ぐことができ、コンクリートの膨張が抑制できると推察される。

<参考文献> 1) TRA 0016 : 一般廃棄物、下水汚泥の溶融固化物を用いたコンクリート用細骨材,2002

2) 高田聡恵 ほか: 都市ゴミ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの物性に関する研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.25,No.1,2003

表-3 配合表

	単用量(kg/m ³)					混和剤(g/m ³)		AI粉末(g)	消石灰(g)
	水	セメント	細骨	粗骨	スラグ	SP	AE		
Base	170	309	791	1035	-	C×0.4%	C×0.004%	-	-
Base-AI			791	1035	-			-	-
Base-AI-石灰10			791	1035	-			C×0.01%	1250
Base-AI-石灰20			791	1035	-			C×0.01%	2500
SgA			466	1005	297			-	-
SgA-石灰10			466	1005	297			-	1250
SgH			452	1020	368			-	-
SgH-石灰10			452	1020	368			-	1250

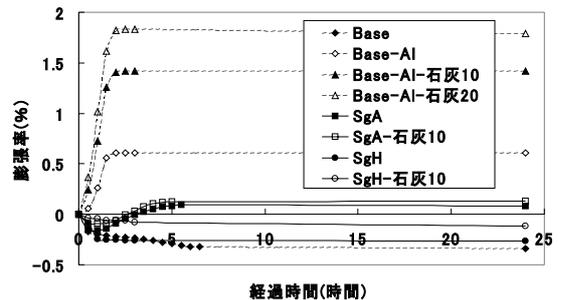


図-3 膨張率試験結果

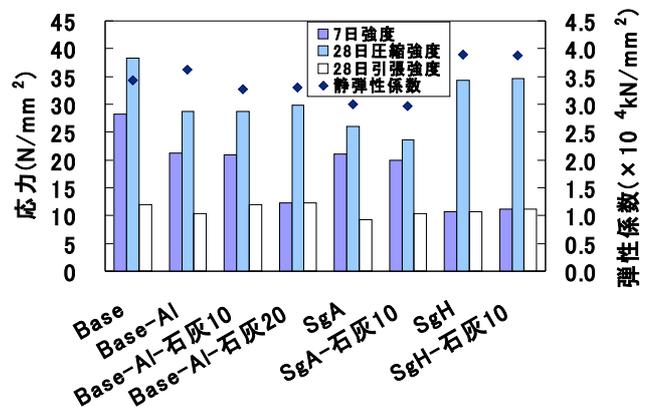


図-4 静弾性係数、強度試験結果