

反応性細骨材を使用した高炉スラグ置換コンクリートの膨張挙動

鳥取大学工学部 正員 西林新蔵
鳥取大学工学部 正員 王 鉄成
鳥取大学工学部 正員 〇林 昭富
青木建設 正員 鈴木貴之

1. まえがき

アルカリ骨材反応の抑制手段としては、種々の方法が提唱されている。しかし、これらの抑制対策は、モルタルや粗骨材のみ反応性骨材を使用したコンクリートを対象としたもので、反応性細骨材を含むコンクリートに対しては十分に検討されているとはいえない。

本研究は、細骨材に反応性骨材を使用したコンクリートにおいて、セメントの一部を高炉スラグ微粉末で置換する方法によってASRを抑制することを試み、その際、高炉スラグの置換率と、アルカリ量の要因についてそれぞれ幾つかの水準にとり、それらを組合わせたコンクリート供試体の膨張特性から高炉スラグの抑制効果について検討するものである。

2 実験概要

実験計画を表-1に示す。本実験で使用したセメントはアルカリ含有量が Na_2O 当量で0.5%および0.42%の2種類の普通ポルトランドセメントである。また、混和材としては高炉スラグ微粉末（以下スラグ）を用いたが、その物理的性質および化学成分を表-2に示す。

表-1 実験計画

3. 結果および考察

3.1 スラグ置換率の影響

いま、スラグの混入による希釈効果を考慮するため、スラグ中のアルカリ量は0%と仮定する。そこで、セメント単味に対するアルカリ量を Na_2O 当量で1.5% (6.75 kg/m^3)とし、スラグ置換率を0、50、70%と変化させた場合の膨張率の経時変化を図-1に示す。図-1より、スラグ置換率0%、すなわちスラグ置換を行っていない供試体では、材令0~0.5ヶ月で膨張を開始し、その後膨張率は急激に増加し、材令3ヶ月以降も膨張が増加する傾向が認められる。それに対し、スラグで置換した供試体においては、膨張の開始は遅く、各材令における膨張率も小さくなっている。また、スラグ混入にによる膨張の抑制の程度

試験材料	反応性粗骨材	T 2	セメントのアルカリ量 (eq. Na ₂ O%)		0.42, 0.5		
	非反応性粗骨材	N T	添加アルカリ		NaOH		
	反応性細骨材	T 2	全アルカリ量 (eq. Na ₂ O%)		1.0, 1.5, 2.0		
	非反応性細骨材	N S	高炉スラグ置換率 (%)		0, 50, 70		
	配合条件	単位セメント量 (kg/m ³)	450	反応性骨材混合割合 (%)		0, 50, 100	
条件	スランブ (cm)	12~15	保存条件	40℃ R.H.100% 屋外暴露			
	供試体寸法 (cm)	10×10×40					
測定項目 長さ変化、膨張性係数、ひびわれの写真撮影、トラバース法							
打設計画①	骨材	反応性粗骨材 (0%) 反応性細骨材 (100%)	打設計画②	総アルカリ量	1.5%	高炉スラグ置換率	50%
	セメント	普通ポルトランドセメント		セメント	普通ポルトランドセメント		
	総アルカリ量	1.0% 1.5% 2.0%		反応性細骨材混合割合(%)	0	50	100
	高炉スラグ置換率	0 50 70		反応性粗骨混材割合	0	50	100
	%	0 50 70		%	100	0	0

表-2 高炉スラグ微粉末の物理的性質および化学成分

比重	粉末度 (cm^2/g)	化学成分 (%)								eq. Na_2O (%)
		SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	
2.89	4540	31.9	13.4	0.2	42.1	8.1	2.0	0.27	0.28	0.45

は、スラグ置換率が大きいものほど小さくなっていることが分かる。一方、スラグによるアルカリの希釈を考えた場合、アルカリの希釈による膨張抑制効果分だけコンクリートの膨張が抑制されていると考えること

ができる。ここで、セメント単味のアルカリ量 1.5%でスラグ置換率 70 %の場合、総アルカリ量は 2.03 kg/m^3 となり、スラグ置換率50%では 3.38 kg/m^3 となる。この場合、スラグ置換率50%では、アルカリ骨材反応抑制対策上の総アルカリ量規制 3.0 kg/m^3 を越えているが、膨張が現われていないことから、スラグにはアルカリの稀釈効果以外のASR抑制効果があるものと考えられる。

3. 2 アルカリ量の影響

図-2にスラグ置換率50%とした供試体において、結合材に対するアルカリ量を変化させた場合の膨張率の経時変化を示す。図より、スラグ置換率50%においては、総アルカリ量 3.38 kg/m^3 では膨張を示さないが、 4.5 kg/m^3 になると膨張の開始は遅いものの膨張が生じていることが認められる。従って、スラグ置換率50%の場合の総アルカリ量の限界値は 4.0 kg/m^3 前後になると考えられる。また、スラグ中のアルカリ量を考慮した場合には、総アルカリ量の限界値は 5.0 kg/m^3 前後となり、これは結合材中のアルカリ量1.11%に相当する。この限界値以下のアルカリ量であればアルカリ骨材反応による劣化は起こらないものと考えられる。

図-3に材令6ヶ月における総アルカリ量と膨張率との関係を示す。図より、スラグ置換率50%の供試体において、アルカリ骨材反応によるひびわれ発生開始時の膨張率と考えられる0.05%は、材令3ヶ月以降となっていることから、高炉スラグ置換コンクリートにアルカリ量の限界値の検討は材令3ヶ月以降で行うことが望ましい。

4. まとめ

- 1) 高炉スラグのアルカリ骨材反応抑制効果は、セメントをスラグで置換することによるアルカリの稀釈効果の他にスラグ固有の抑制効果が認められ、また、高炉スラグ置換率が大きくなるほどアルカリ骨材反応は抑制される。
- 2) スラグによるアルカリの稀釈効果を考慮した場合、 Na_2O 当量で 1.0~1.5 %の高アルカリ形セメントでも、スラグ置換率 50 %で十分な抑制効果が見られる。
- 3) スラグ置換率50%においては総アルカリ量の限界値は 4.0 kg/m^3 前後に、スラグ中のアルカリ量を考慮する場合には総アルカリ量 5.0 kg/m^3 、すなわち結合材に対するアルカリ量 1.1%前後が限界値となる。

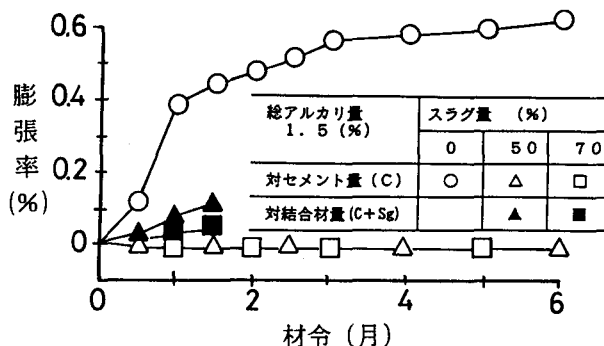


図-1 各スラグ置換率における膨張率の経時変化

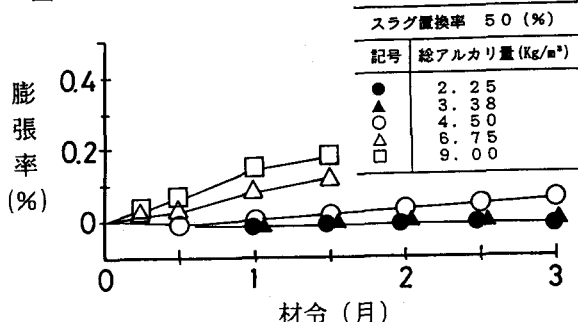


図-2 各総アルカリ量における膨張率の経時変化

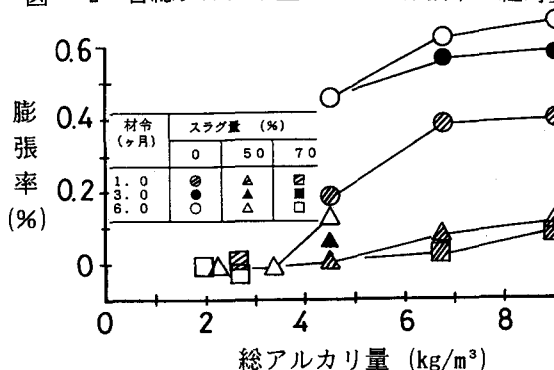


図-3 総アルカリ量と膨張率との関係