

コンクリートプリズムを用いた高炉スラグ微粉末の ASR 抑制効果に関する検討

九州大学 学生会員 ○井手 貴仁 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学大学院 学生会員 渡辺 総太

1. はじめに

高炉スラグ微粉末のアルカリシリカ反応（以下 ASR と称す）抑制効果は置換率が高いほど向上することが知られている¹⁾が、効果の確認はモルタルバーで行われることが多くコンクリートを用いた実験は少ない。本研究では、コンクリートに高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートプリズム供試体による試験（以下 AW-CPT と称す）を行い、モルタルバー法と比較した。

2. 実験方法

表-1 にモルタルバー法、AW-CPT で用いた材料を示す。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、その 30~70%を高炉スラグ微粉末 4000 で質量置換した。細骨材は石灰石と反応性骨材を使用した。この反応性骨材は JIS A 1146 の化学法で「無害でない」（ $R_c=93\text{mmol/l}$, $S_c=641\text{mmol/l}$ ）と判定されたものであり、トリディマイトを含む安山岩である。事前の検討の結果、非反応性骨材：反応性骨材=7：3 程度の時に膨張率が最大となるペシマム現象を示すことが分かっていることから、本研究においても同じ割合で使用した。

モルタルバー法は JIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法）」に準じて行った。水結合材比 W/B は 50%で一定とした。表-2 にモルタルの配合（1 バッチあたりの練混ぜ量）を示す。細骨材は JIS A 1146 に従った粒度分布に調整して使用した。総アルカリ量については、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ で結合材質量の 1.2%を基準とし、各配合で一定体積内のアルカリ量が同じとなるよう NaOH 水溶液を用いて調整した。

表-3 に AW-CPT の配合を示す。単位水量と粗骨材量、W/B を一定にし、細骨材量で調整を行った。アルカリ総量が 5.5kg/m^3 となるよう練混ぜ水に NaOH を添加した。

AW-CPT は、日本コンクリート工学会「性能規定に基づく ASR 制御型設計・維持管理シナリオに関する研究委員会報告書」に示される「小型コンクリートプリズムを用いた ASR 促進試験方法（案）」²⁾の方法で行った。75×75×250mm の角柱を用い、脱型後にコンクリート

の細孔溶液のアルカリ濃度に近い濃度の NaOH 水溶液（ 1.292mol/L ）50g を吸水させた不織布で被覆し、その上から非透水性のラップフィルムで包むアルカリラッピングを施し 60℃で養生を行った。コンクリート中のアルカリ総量は 5.5kg/m^3 とした。

3. 試験結果

まず、図-1 にモルタルバー法の結果を示す。図より、高炉スラグ微粉末の置換率が増加するにつれ、膨張率

表-1 使用材料

材料	種類	品質
結合材 (B)	セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm^3 比表面積: $3390\text{cm}^2/\text{g}$ $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}=0.59\%$
	混和材	高炉スラグ微粉末 4000 (GGBFS) 密度: 2.91g/cm^3 比表面積: $4140\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材 (S)	海砂 (除塩)	表乾密度: 2.55g/cm^3 吸水率: 0.99%
粗骨材 (G)	石灰石碎石	表乾密度: 2.70g/cm^3 吸水率: 0.31%
	安山岩碎石 (ASR反応性骨材)	表乾密度: 2.64g/cm^3 吸水率: 1.56%

表-2 モルタルの配合
(モルタルバー法, 1 バッチ当たり)

配合名	W/B (%)	W (g)	B		S* (g)
			C(g)	GGBFS(g)	
N50-0	50	300	600	—	1350
N50-30		300	420	180	1350
N50-50		300	300	300	1350
N50-60		300	240	360	1350
N50-70		300	180	420	1350

* 反応性粗骨材を JIS A 1146 の粒度に破砕・分級したものと破砕・分級した石灰石碎石を 3:7 で混合したもの

表-3 コンクリートの配合 (AW-CPT)

配合名	W/B (%)	単位量 (kg/m^3)				
		W	B		S	G**
			C	GGBFS		
N50-0	50	165	330	0	787	1018
N50-30		165	231	99	767	1018
N50-50		165	165	165	762	1018
N50-60		165	132	198	760	1018
N50-70		165	99	231	757	1018

** 安山岩碎石：石灰石碎石=3：7

が減少していることが分かる。モルタルバー法では、N50-0 の 13 週の膨張率に対して、高炉セメント B 種相当の N50-50 の膨張率は 40%程度に留まっており、高炉セメント C 種相当の N50-60 の膨張率は 25%程度となった。

次に、図-2 に AW-CPT の結果を示す。モルタルバー法の試験温度は 40℃であるのに対し、AW-CPT は 60℃であるため、AW-CPT では初期に自己収縮に伴うと考えられる収縮が確認された。N50-0 の 15 週の膨張率に対して N50-50 の膨張率は 17%程度であり、N50-60 の膨張率は 10%程度となった。

図-3 に膨張率と置換率の関係を表した結果を示す。図中には、AW-CPT については自己収縮が収束していると考えられる 2 週目を基準とした膨張率も示している。試験法の違いにより膨張率の大きさに違いはあるものの、モルタルバー法、AW-CPT ともに置換率が増加するに伴い膨張率は低下すること、60%以上の高置換率ではやや緩やかな変化となることが明らかになった。

本研究の結果、高炉スラグ微粉末の混和率が高いほど膨張率が小さくなる結果となり、高炉スラグ微粉末の ASR 抑制効果が認められた。

4. まとめ

モルタルバー法で 13 週まで、AW-CPT で 15 週まで試験を行った結果、高炉スラグ微粉末の置換率が大きくなるにつれ、ASR による膨張量が抑制されることが明らかになった。

なお、AW-CPT では試験温度が高いため、高炉スラグ微粉末を 50%以上で用いた場合に初期に収縮が確認された。また、海外の規格 (CSA A23.2-27A や ASTM C1293) では、混和材と骨材の組み合わせによる ASR 抑制効果を判定する場合は、2 年間試験することとなっている。今後さらに試験を継続するとともに、最適な試験方法について検討を行う予定である。

謝辞：本研究は、土木学会コンクリート委員会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針改訂小委員会」(265 委員会) の活動の一環として実施したものである。関係者各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所: 高炉スラグ微粉末による ASR 抑制に関する共同研究報告書, 土木研究所資料, 第 2527 号, 1987.12

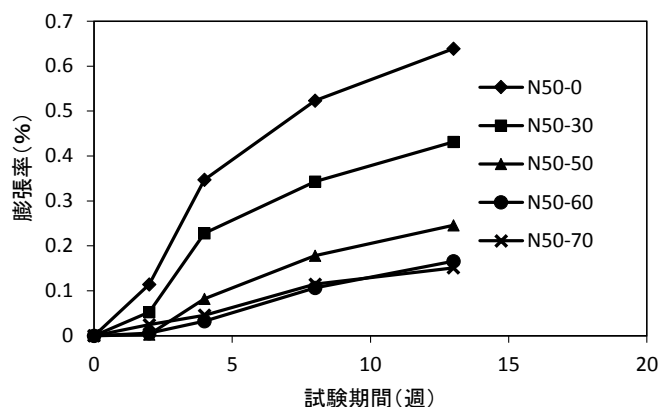


図-1 モルタルバー法試験結果

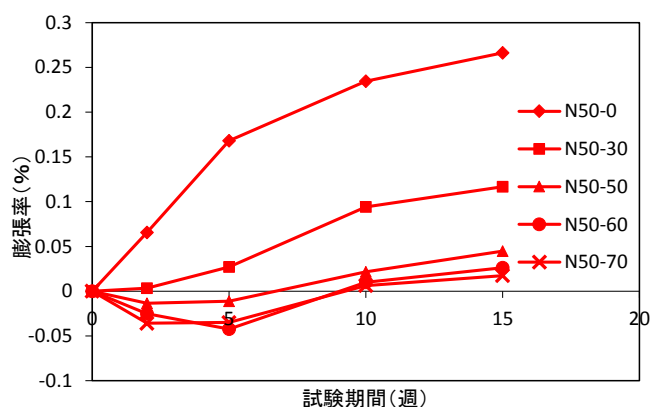


図-2 AW-CPT 試験結果

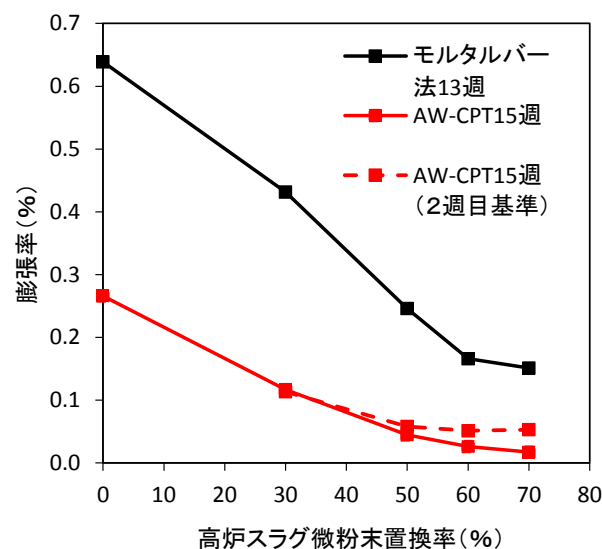


図-3 高炉スラグ微粉末置換率と膨張率の関係

- 2) 日本コンクリート工学会: 性能規定に基づく ASR 制御型設計・維持管理シナリオに関する研究委員会報告書, pp.21-35, 2017.9