

養生温度と静置温度が高炉スラグ微粉末を添加したコンクリートの
アルカリシリカ反応抑制効果に及ぼす影響

九州工業大学大学院
西松建設(株)

学生会員
正会員

○大久保航希
原田耕司

九州工業大学大学院
九州工業大学大学院

正会員
正会員

合田寛基
日比野誠

1. はじめに

現在、アルカリシリカ反応(以下、ASR)の抑制対策の一つとして、抑制効果のある混和材の使用が挙げられる。その代表的な混和材として高炉スラグ微粉末(以下、BFS)が用いられている。BFSのASR抑制効果は、セメント量低減の効果、アルカリイオンの固定化、組織の緻密さの向上の3点に起因するとされているが、BFSを添加した実構造物において、ASRによる損傷が発生したことが報告¹⁾されており、抑制効果に対する適切な評価が望まれている。そこで本研究では、BFSの組織の緻密さの向上が養生条件に強く依存していることに着目し養生および静置時の環境温度がBFSのASR抑制効果に及ぼす影響を検討した。

2. 使用材料と配合

使用材料の物性値を表1に、コンクリートの配合を表2に示す。W/B=50%, s/a=45%, 反応性骨材混合率はモルタルバー法(JISA1146)に基づくペシマムより60vol.%で一定とした。BFSは0, 40mass.%の2水準でセメントに内割り置換した。養生条件は、測定終了まで20, 40, 60℃で静置するもの、28日間20, 60℃で養生した後、測定終了まで40℃で静置するものの計5水準とした。ASRを促進させるため、NaOHの添加によりコンクリート中の等価アルカリ量を5.5kg/m³とした。セメント質量に対して、AE剤を0.006%, AE減水剤を0.2%で添加した。

3. 供試体の作成と養生方法

両端にゲージプラグを埋め込んだ75×75×250mmの角柱供試体およびφ100×200mmの円柱供試体を作製した。乾燥と溶脱を防ぐために1.5mol/lのNaOH水溶液を50g含浸させた不織布で被覆した後、ラップフィルムで密封した。その後、直ちに各水準で湿潤環境にした養生槽にて静置した。角柱供試体は、脱型後

表1 使用材料の物性値

材料		概要
結合材	C	密度 3.16g/cm ³ , 比表面積 3200cm ² /g
	BFS	密度 2.91g/cm ³ , 比表面積 4170cm ² /g
細骨材	RS	表乾密度 2.75 g/cm ³
	NS	表乾密度 2.60 g/cm ³
粗骨材	RG	表乾密度 2.76 g/cm ³
	NS	表乾密度 2.72 g/cm ³

表2 コンクリートの配合

配合	単位量(kg/m ³)						
	W	C	BFS	RG	NG	RS	NS
BFS=0%	165	330	0	620	407	505	319
BFS=40%	165	191	127	620	407	505	319

に初期値を計測し、促進期間2週ごとに促進期間14週までダイヤルゲージ法(JIS A 1129-3)にて膨張量試験を行った。円柱供試体は、促進期間4週、12週に圧縮強度試験(JIS A 1108)、静弾性係数試験(JIS A 1149)を行った。

4. 結果と考察

図1に膨張量の経時変化を示す。なお、凡例はBFS置換率(%)-温度条件(℃)で表す。40℃環境においてBFS無添加で4週から膨張しているがBFS添加では8週から膨張した。60℃環境においてBFSの有無に関わらず2週で膨張を示し、以降は変化が小さい。20℃→40℃環境ではBFSの添加の有無に関わらず温度切替え後4週目から膨張が始まる。

図2にBFS置換率=40%における4週と12週の静弾性係数を示す。なお、凡例はBFS置換率(%)-温度条件(℃)で表す。20℃環境においてBFS添加の有無に関わらず膨張を示さず静弾性係数は上昇した。40℃環境においてBFS添加では4週から12週にかけて静弾性係数が低下した。60℃環境においてBFS

キーワード：アルカリシリカ反応, 高炉スラグ微粉末, 膨張量, 温度依存性

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 建設社会工学科 TEL 093-884-3122

の有無に関わらず静弾性係数は4週から12週にかけてほとんど変化は見られなかった。

図3に膨張量と静弾性係数の相関関係を示す。BFS添加の有無と温度条件に関わらず、膨張量と静弾性係数には強い相関関係がみられる。また、4週よりも12週の方が膨張量に対してより大きい静弾性係数を示した。

図4にBFS置換率=40%における4週から12週における膨張量と静弾性係数の増加量を示す。20℃環境では膨張量の増加が小さく静弾性係数の増加が大きいことから、ASRに対してBFSの水和反応が大きいことがわかる。40℃環境と20℃→40℃環境を比較すると、膨張量の増加量は近い値であるが、静弾性係数は40℃環境では低下し、20℃→40℃環境では増加している。60℃環境や60℃→40℃環境のように4週時点で、すでに膨張量が大きい場合には時間の経過に伴う静弾性係数の変化は小さい。

40℃環境と20℃→40℃環境ではBFSの反応が卓越しており4週時点で静弾性係数が大きい。しかし、その後ASRが卓越し膨張するが、初期にBFSのみの反応が進んでいた場合はASR膨張による静弾性係数の低下を抑制することができる。

以上より、温度条件を変化させることで、緻密さの向上とASR膨張の進行の関係性が一義的でないことが判明した。

5. まとめ

BFSのASR抑制効果の温度依存性について、本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 膨張開始時期の温度依存性について、BFSの有無で同時期に膨張が開始するが、常に40℃環境はBFSの有無で膨張開始時期が異なる。
- 2) 膨張量と静弾性係数の関係について、BFS添加の有無や温度条件に関わらず強い相関がある。
- 3) 常に40℃環境と20℃→40℃環境では同様の膨張挙動を示したが、静弾性係数の変化傾向は異なる。

参考文献

- 1) 尾花祥隆ら：プレストレスとコンクリート・プレキャストコンクリート部材におけるASR劣化の事例検証，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.1065-1070，2008

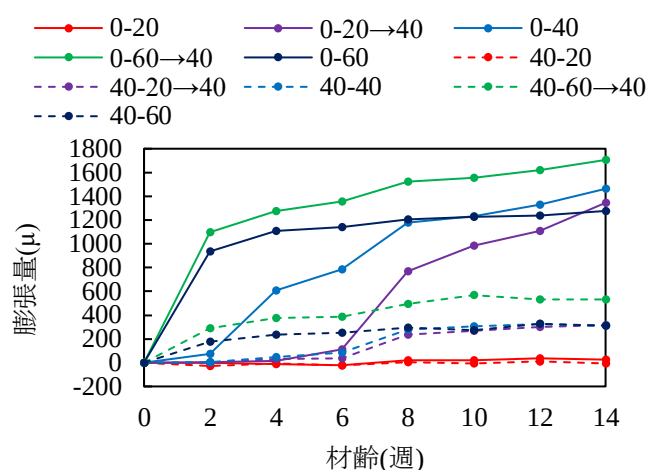


図1 膨張量の経時変化

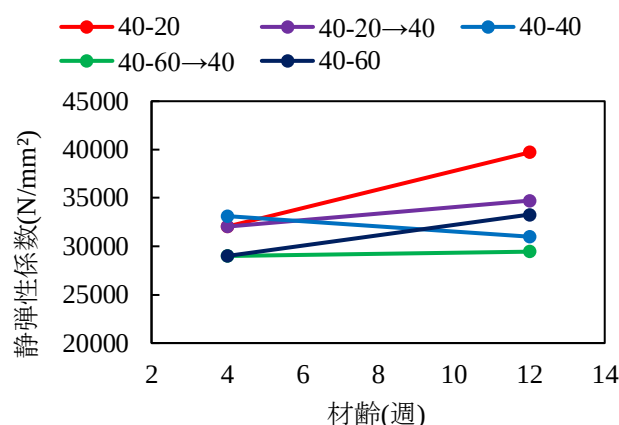


図2 膨張抑制効果の経時変化

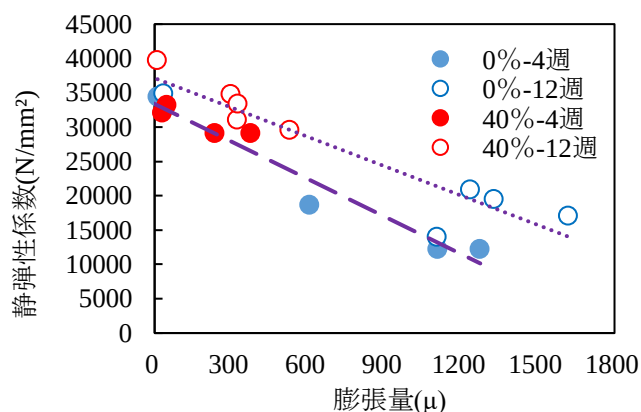


図3 膨張量と静弾性係数の相関関係

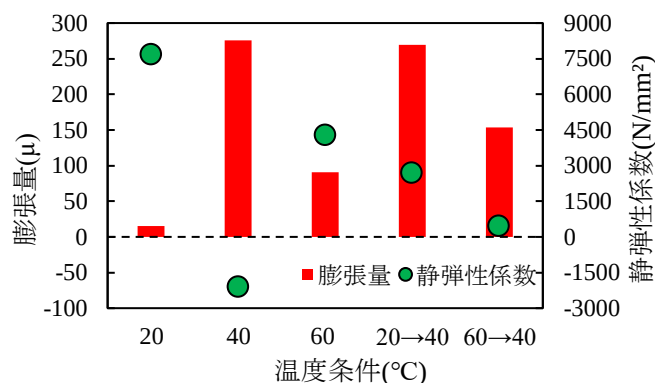


図4 4週から12週における膨張量と静弾性係数の増加量