

V-141

曝露温度と塩化物イオンがASRによる膨張におよぼす影響

東京工業大学大学院 学生員 山本 武志  
 東京工業大学工学部 正会員 長滝 重義  
 同上 正会員 大即 信明  
 同上 正会員 久田 真  
 東京大学生産技術研究所 正会員 大賀 宏行

1 はじめに

筆者らは前年度の研究<sup>1)</sup>により、曝露温度を40℃に設定した促進試験においてはパイレックスガラスを骨材に用いた場合には供試体作製時に取り込まれたCl<sup>-</sup>(以下内在Cl<sup>-</sup>という)と曝露環境から浸透してくるCl<sup>-</sup>(以下外来Cl<sup>-</sup>という)の両方によりASRによる膨張が促進されるという結果を得た。また、フライアッシュ(以下FA)で一部を置換することによりこれらの膨張に対して十分な抑制効果が得られることを確認した。しかしながら、40℃という条件設定はJISに定められた促進試験のための温度であるが、この温度設定による評価が妥当なものかは不明な点が多い。そこで本研究ではわが国における平均的な気温という位置づけで20℃の温度条件を設定することにより、温度の違いがASRによる膨張におよぼす影響についての検討を行うことにした。

2 実験概要

2.1 供試体の作製と配合

JIS A 5308 に準じ、40×40×160mmのモルタル供試体を作製し、これらの膨張量を測定した。骨材にはパイレックスガラスを破碎したものをを用いた。セメントはR<sub>2</sub>O=1.1%の高アルカリセメント、R<sub>2</sub>O=0.6%の低アルカリセメントおよびこれにNaOH、NaClを添加しR<sub>2</sub>O=1.1%に調整したものをを用いた。混和材としてFA(IgLoss=3.12% SiO<sub>2</sub>=55.7%)を用いた。なお、FA中のアルカリ量は無視した。表-1に配合の一覧を示す。

2.2 曝露環境

供試体は打設後、24時間20℃の湿空中で初期養生を行った。その後表-2のような6種類の環境条件に曝露した。

表-1 骨材とセメントの組み合わせ

	R <sub>2</sub> O=0.6%	R <sub>2</sub> O=1.1%	0.6%+NaOH	0.6%+NaCl
パイレックス	P1	P2(F30)	P3	P4(F30)

注) (F30)はフライアッシュの30%の置換を示す

表-2 曝露環境

	R. H. 100%	蒸留水中	NaCl水溶液中
40℃	40H	40W(+S)	40S
20℃	20H	20W	20S

注) (+S)は7日まで水中、以降NaCl水溶液中曝露を行ったことを示す

3 結果および考察

3.1 外来Cl<sup>-</sup>がモルタル供試体の膨張におよぼす影響について

パイレックス細骨材を用いて初期の7日間を水中に曝露した後、NaCl水溶液中に曝露(40W+S)した供試体と、他の環境下に曝露した供試体の膨張の経時変化を図-1に示す。これによれば7日以降の材令中はASRによる膨張が外来Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>の影響を受け、これらのイオンの浸透が無いものに比べて大きな膨張量を示すことがわかる。また、既報の研究<sup>1)</sup>に外来Cl<sup>-</sup>はASRによる膨張を促進させるという影響を与えることが示されており、またT. Yonezawa<sup>2)</sup>らによれば、「Cl<sup>-</sup>の固定化と同時に細孔溶液中のOH<sup>-</sup>濃度が上昇する」ことが示されている。このことから外来、内在Cl<sup>-</sup>がASRによる膨張におよぼす影響を検討する場合にはCl<sup>-</sup>が水和反応におよぼす影響についても同時に考慮する必要があるものと考えられる。

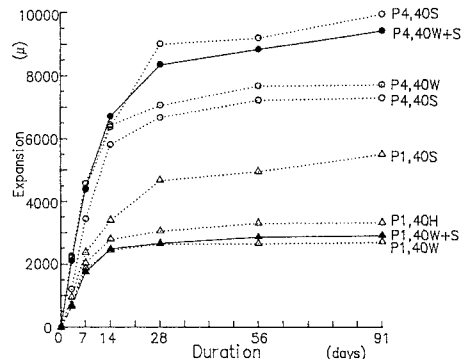


図-1 40℃の各曝露環境がASRの膨張におよぼす影響

3. 2 環境温度がASRにおよぼす影響について

各種セメントを用いた場合の膨張量の経時的变化を図-2～図-4に示す。これらのグラフから曝露温度が20℃の場合は40℃の場合に比べて膨張速度はすべて小さいが、最終測定時における膨張量は湿空中ではすべての場合において大きくなり、膨張が収束しないものもある。このことから40℃湿空中での促進試験では骨材によっては危険側の判定を下す可能性があるといえる。また、NaCl水溶液中では高アルカリセメント使用時は温度の違いによる膨張量の差はほとんど無いが、NaCl, NaOHを添加したセメントを用いた供試体についてはいずれも膨張量は小さくなった。そして、図-3、図-4より20℃の場合には添加アルカリの種類によらず各曝露環境下ではほぼ同様の膨張挙動を示すことがいえる。つまり、20℃になると内在、外来Cl<sup>-</sup>の影響はほとんどみられなくなることが示されている。

3. 3 FAで一部を置換した場合の温度の影響について

図-5に高アルカリセメント(P2F30)、NaClを添加したセメント(P4F30)を温度の異なるNaCl水溶液中に曝露した各供試体の膨張量の経時的变化を示す。このグラフから20℃の場合FAでの置換により、置換しない場合に比べ膨張が収まり始める時期が早まることわかる。いずれの環境温度においてもP2F30よりP4F30の方が少ない膨張量であり、Cl<sup>-</sup>の影響が認められない。

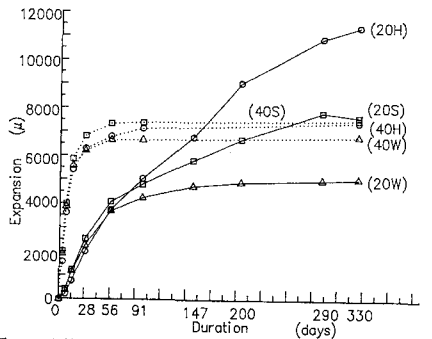


図-2 環境温度がASRにおよぼす影響(高アルカリセメント使用)

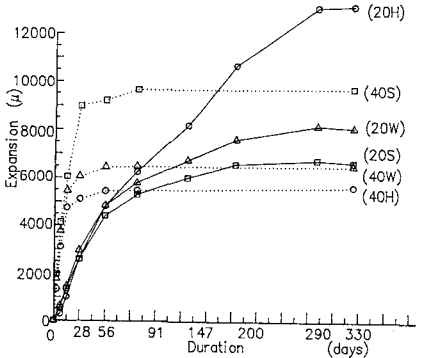


図-3 環境温度がASRにおよぼす影響(NaOH添加セメント使用)

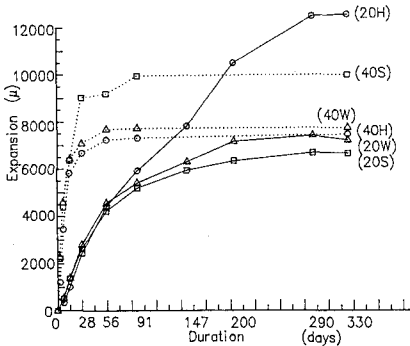


図-4 環境温度がASRにおよぼす影響(NaCl添加セメント使用)

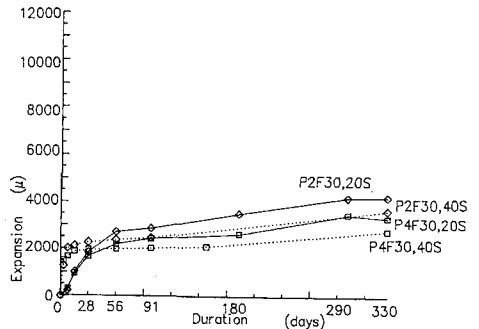


図-5 FAを30%置換した場合に環境温度がASRにおよぼす影響(高アルカリセメント、NaCl添加セメント使用)

(まとめ)

- 1) Cl<sup>-</sup>のASRによる膨張への影響を検討する場合には、同時に水和反応への影響も考慮する必要がある。
- 2) 40℃湿空中曝露試験は20℃のそれと比較すると危険側の判定を下すことがある。
- 3) Cl<sup>-</sup>は40℃の曝露環境中では膨張に影響をおよぼすが、20℃の場合に影響をほとんど与えない場合がある。
- 4) 曝露環境の温度が異なってもFAで一部を置換することによりその影響をかなり小さなものにできる。
- 5) アルカリ量をNaClで添加調整したセメントを使用した場合にも環境温度によらずFAにより十分な膨張抑制効果が得られる。

参考文献1)山本ら：ASRにおよぼすフライアッシュの抑制効果、土木学会第46回年講概要集第5部、p. 572

2)T. Yonezawa, et al: The mechanism of fixing Cl<sup>-</sup> by cement hydrates resulting in the transformation of NaCl to NaOH, 8th ICAAR on 1989 at Kyoto p.p.153~160