

氏 名	くろ だ たもつ 黒 田 保
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3789 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	促進環境下におけるアルカリシリカ反応に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 宮 川 豊 章 教 授 小 野 紘 一 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アルカリシリカ反応の促進環境下の中でも、特に、カソード電気防食法を鉄筋コンクリートに適用する場合の通電環境下、および極めて短期間でアルカリシリカ反応性を判定するための試験方法におけるオートクレーブ環境下（環境温度100℃以上）に着目して、それらの促進環境下におけるモルタルやコンクリートの膨張挙動に関する一連の研究を取りまとめたものである。論文は7章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の背景と目的を示している。

第2章では、通電を行った鉄筋コンクリートのアルカリシリカ反応（ASR）に関する既往の研究、および高温環境下におけるASRの促進試験法に関する既往の研究を取りまとめている。

第3章では、反応性骨材を含有する鉄筋コンクリートに鉄筋を陰極として通電を行った場合に、コンクリートのASRに与える通電の影響について実験的に検討を行っている。得られた知見は以下の通りである。

普通ボルトランドセメントコンクリートについて

- (1) アルカリ反応性の骨材を使用した鉄筋コンクリートに通電を行うと、陰極である鉄筋近傍に Na^+ や K^+ が集積すること、およびカソード反応により鉄筋近傍に OH^- が発生することによりASRが助長され、非通電のコンクリートと比較してASRによる膨張は大きくなることを確認した。
- (2) 反応性骨材の種類によっては、ASRによる膨張を最大にするような、電流密度に関するベシマム値が存在することを明らかにした。

混和材を混入したコンクリートについて

- (3) 高炉スラグ微粉末（置換率50%）あるいはフライアッシュ（置換率20%）を混入したコンクリートの場合には、通電を行うことによってASR膨張が助長されることはなく、むしろ非通電のものよりも膨張が抑制されることを明らかにした。
- (4) コンクリートに高炉スラグ微粉末（置換率50%）あるいはフライアッシュ（置換率20%）を混入した場合、鉄筋コンクリートに供給する電流密度が大きいほどASR膨張が抑制される割合は大きいことを明らかにした。

第4章では、アルカリを過剰添加して作製したコンクリートに対してオートクレーブ処理を行い、コンクリートが将来有害な膨張を生じるか否かを極めて短期間に判定する促進試験を開発することを目的として、その促進試験条件について検討を行っている。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 反応性細骨材を使用した場合、骨材の種類によっては、アルカリ含有量に関して、コンクリートのASR膨張を最大にするベシマム値が存在することを明らかにした。
- (2) オートクレーブ処理圧力（温度）が同じ場合、処理時間が長くなるほど処理直後の膨張率は大きくなることを明らかにした。

- (3) 反応性細骨材を使用した場合、オートクレーブ処理圧力（温度）を高くするとASRが促進され、処理直後のコンクリートの膨張率は大きくなる傾向を示した。また、処理圧力（温度）に関して、処理直後の膨張率を最大にするベシマム値が存在することを明らかにした。

第5章では、練混ぜ時にアルカリ化合物を添加しないで作製したモルタル供試体をアルカリ溶液中に浸せきし、それをそのままオートクレーブ装置内で煮沸処理する促進試験方法について検討を行っている。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 供試体を浸漬するNaOH溶液濃度を高くすると、ASRが促進されてオートクレーブ処理直後に大きな膨張を生じるが、NaOH溶液濃度に関して供試体の膨張率を最大にするベシマム値が存在することを明らかにした。
- (2) オートクレーブによる処理圧力（温度）を一定にした場合、処理時間を長くするほど処理直後に生じる膨張は大きくなることを確認した。
- (3) オートクレーブ処理圧力（温度）を高くすると、処理直後の供試体の膨張率は大きくなる。しかし、処理圧力（温度）に関して処理直後の供試体の膨張率を最大にするベシマム値が存在することを明らかにした。
- (4) 上記の結果を考慮に入れて、オートクレーブ処理を行った供試体、40℃のNaOH溶液に浸せきした供試体およびモルタルバー法に供した供試体の膨張率をそれぞれ比較・検討して、骨材のアルカリシリカ反応性を判定する促進試験法（オートクレーブ法）を提案した。

第6章では、第5章で提案したオートクレーブ法を適用する際に、モルタル供試体の膨張挙動に与える反応性骨材の粒径、粒度および反応性骨材量の影響について検討を行っている。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 反応性骨材の体積が同程度であれば、反応性骨材の粒径および粒度にかかわらず、アルカリシリカ反応（ASR）による膨張率と反応性骨材の総表面積との間には相関関係があることを明らかにした。
- (2) 粒度が同じ反応性骨材を使用した場合、モルタル中の反応性骨材体積（V）と Na_2O 量との比（ $V/\text{Na}_2\text{O}$ ）が同じであれば、S/Cの値にかかわらず、モルタル供試体のASRによる膨張率はほぼ同じ値となることを明らかにした。
- (4) モルタル供試体のアルカリシリカ反応による膨張率は、 $V/\text{Na}_2\text{O}$ と反応性骨材総表面積（S）の関数で表される可能性があることを示した。

第7章は結論で、各章で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、アルカリシリカ反応（ASR）の促進環境の中でも、特に、カソード電気防食法を鉄筋コンクリートに適用する場合の通電環境、および極めて短期間でアルカリシリカ反応性を判定するための試験方法におけるオートクレーブ環境に着目して、それらの促進環境下におけるモルタルやコンクリートの膨張挙動を明らかにし、また、骨材のアルカリシリカ反応性判定試験法を提案している。主な成果は以下のとおりである。

1. 普通セメントコンクリートについて、アルカリ反応性の骨材を使用した鉄筋コンクリートに通電を行うと、陰極である鉄筋近傍に Na^+ や K^+ が集積すること、およびカソード反応により鉄筋近傍に OH^- が発生することによりASRが助長され、非通電のコンクリートと比較してASRによる膨張は大きくなることを明らかにした。また、ASRによる膨張を最大にする、電流密度に関するベシマム値が存在することを明らかにした。
2. 高炉スラグ微粉末（置換率50%）あるいはフライアッシュ（置換率20%）を混入したコンクリートの場合には、通電を行うことによってASR膨張が助長されることはなく、むしろ非通電のものよりも膨張が抑制されることを明らかにした。また、鉄筋コンクリートに供給する電流密度が大きいほどASR膨張が抑制される割合は大きいことを明らかにした。
3. アルカリを過剰添加して作製した反応性細骨材含有コンクリートに対してオートクレーブ処理を行った場合、アルカリ含有量および処理圧力（温度）に関して、コンクリートのASR膨張を最大にするベシマム値が存在することを明らかにした。
4. アルカリ溶液中に浸せきしてオートクレーブ処理を行ったモルタル供試体の膨張挙動に与える各種試験条件の影響について検討を行い、供試体を浸漬するNaOH溶液濃度および処理圧力（温度）に関して、処理直後の膨張率を最大にする

るベシマム値が存在することを明らかにした。また、骨材のアルカリシリカ反応性を判定する促進試験法（オートクレーブ法）を提案した。

5. 本研究で提案したオートクレーブ法を適用したモルタル供試体の膨張挙動に与える反応性骨材の粒径、粒度および反応性骨材量の影響について検討した結果、モルタル供試体のASRによる膨張率は、モルタル中の反応性骨材体積（V）とNa₂O量との比（V/Na₂O）と反応性骨材総表面積（S）の関数で表される可能性があることを示した。

以上要するに、本論文はコンクリート構造物の劣化問題において重要な課題であるASRに関して、電流場およびオートクレーブ養生下におけるモルタルやコンクリートのASR膨張挙動について明らかにし、また、骨材のアルカリシリカ反応性判定試験法を提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成16年2月24日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。