

アルカリ骨材反応によるコンクリートひび割れの挙動解析

中央大学 学生会員 ○森 秀樹

中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化現象の一つとして、アルカリ骨材反応がある。アルカリ骨材反応は、ひび割れの発生、膨張による鉄筋の降伏と破断、コンクリートの強度および弾性係数の低下といった劣化性状を引き起こし、構造物の耐久性に大きな影響を与える要因となっている。したがって、アルカリ骨材反応によるコンクリートひび割れの挙動解析手法を確立することは、構造物の耐久性へ与える影響を評価する手法の一つとして、大変重要であると考えられる。

アルカリ骨材反応によるコンクリートひび割れの挙動解析に関する研究は様々な観点から行われている。岡ら¹⁾の、等価ひび割れ要素モデルの導入により、ひび割れ幅の解析を行った研究や、山城ら²⁾の、ボクセル有限要素法による複合コンクリートモデルを用いて、ひび割れシミュレーションを行った研究などがある。しかし、既往の研究において、実用性がありかつ精度の高い解析理論の構築には至っていない。

そこで本研究では、大下ら³⁾が提案した水・コンクリート骨格連成解析手法による水分拡散モデルに、アルカリ骨材反応に伴う影響を適応させることにより、アルカリ骨材反応の劣化性状を評価できる新たな解析理論の構築を行うことを目的とする。

2. アルカリ骨材反応

2.1 アルカリ骨材反応によるひび割れ発生メカニズム

アルカリ骨材反応とは、コンクリートに使用する反応性粗骨材が、アルカリ成分と化学反応を起こしアルカリシリカゲルを形成する反応のことである。そして、アルカリシリカゲルが吸水膨張し、その吸水膨張圧により周囲のコンクリートに引張応力が作用することでひび割れが発生する。アルカリ骨材反応によるひび割れ発生メカニズムを図-1に示す。

2.2 アルカリ骨材反応における現状

日本においてアルカリ骨材反応の研究が活発に行われるようになったのは、1982年の阪神高速道路の橋脚においてアルカリ骨材反応による劣化が確認されたことがきっかけである。その後、1980年代は様々な調査や研究が活発に行われ、主に抑制方法の開発に関する

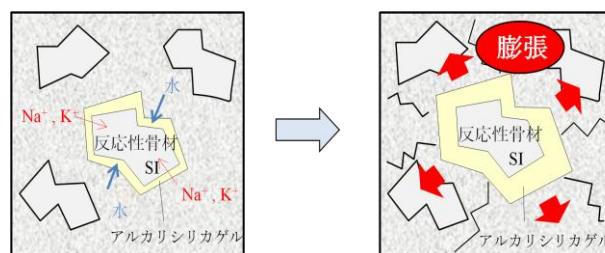


図-1 ひび割れ発生メカニズム

研究が進められた結果、1986年に国土交通省により、アルカリ骨材反応抑制対策（アルカリ総量の抑制、抑制効果のある混合セメントの等の使用、安全と認められる骨材の使用等）が定められ、劣化現象は沈静化されたと考えられていた。

しかしながら、近年、抑制対策を行った構造物においても、コンクリートの劣化が報告され始めたことや、アルカリ骨材反応により異常膨張を起こした構造物の鉄筋破断事例が発見されたことにより再び注目されており、より適切な抑制対策の構築および劣化メカニズムの解明が望まれている。

3. 解析方法と解析モデル

3.1 解析方法

本研究では、大下ら⁴⁾が提案した水・コンクリート骨格連成解析手法による、コンクリートが荷重履歴により均質材料から不均質材料へと変化するまでの水分拡散に関するモデルに、アルカリ骨材反応による影響を導入することにより解析を行う。

この解析手法は、透水係数やひび割れ幅の変化に伴う透水係数の変化や不均質材料の水分移動特性等を求めることができ、凍害などの現象を評価することが可能である。

コンクリートは多孔質材料であり、環境条件によって部分的あるいは完全に水で飽和された材料である。そのため凍害等の劣化が生じることがある。凍害では、細孔内の水分が液体から固体へと相変化を生じ、それによる体積膨張による膨張圧がコンクリート骨格に作用することによってひび割れが生じる等の劣化が進行する。この現象を、間隙水の体積膨張とそれに伴う間隙水圧ならびにコンクリート骨格に生じる有効応力の

キーワード：アルカリ骨材反応，ひび割れ挙動解析，連成解析

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL03-3817-1892 FAX03-3817-1803

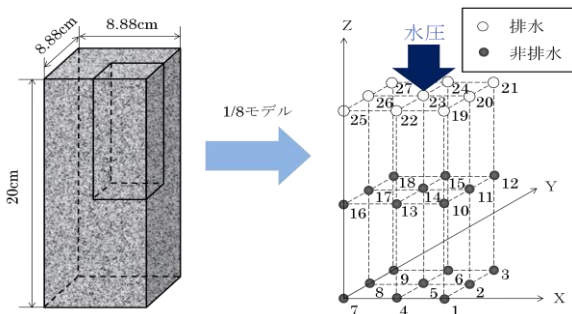


図-2 解析モデル

発生として捉えることで、上述の水・コンクリート骨格連成解析手法によって詳細な現象表現が可能である。

そこで本研究のアルカリ骨材反応においても、コンクリートボリュームの多くを占める骨材を、間隙水に置き換えることで、骨材の吸水による膨張量を流入による間隙水の蓄積量で表すことができ、水・コンクリート骨格連成解析手法での表現が可能と考えられる。

その際、水・コンクリート骨格連成解析手法を、既往の研究の形のまま導入するには、骨材の等方性を仮定しなければならないが、本研究では骨材の等方性が仮定されている元で適用することとする。

3.2 解析モデル

解析モデルは、図-2に示すように8.88×8.88×20cmの形状寸法をした角柱供試体の1/8とし、本研究では要素数8、節点数27とした。境界条件は、変位に関しては一軸状態とし、間隙水に関しては一面排水状態とした。また、本来、モデル表面の水圧はゼロであるがアルカリ骨材反応再現のため、排水面の各節点に水圧を作用させた。それにより、内部への流入量を把握することができ、この流入量をアルカリ骨材反応の影響による骨材の自由な膨張量とする。

4. 解析結果

図-3に骨材に作用する圧縮応力と骨材の体積変化の関係、図-4にモルタル部分に作用する応力と骨材の体積変化の関係を示す。また、実験値には、堂下ら⁴⁾の実験結果を用いた。

本研究の解析結果と既往の研究の実験結果を比較すると、全体的にある程度似た傾向を示すことが出来た。しかし、明確な整合性が取れているとは言えない。これは解析の際にひび割れ進展挙動を明確に反映することができていなかったことが原因であると考えられる。

本研究の解析の際、アルカリ骨材反応再現のため、排水面に水圧をかけたが、本来、モデル表面には外力が作用しないため、アルカリ骨材反応による膨張量を他の方法で表現する必要がある。その方法として、水は温度を上昇させると線膨張係数に応じて体積膨張が

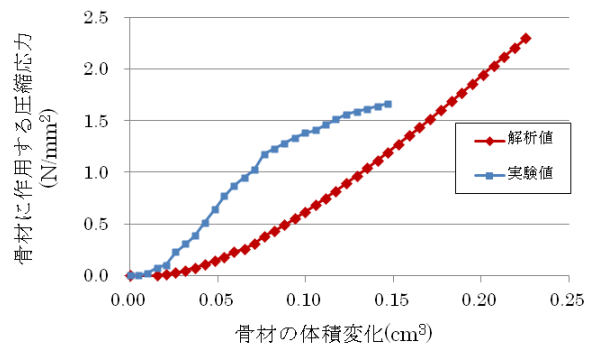


図-3 骨材の体積変化—骨材に作用する圧縮応力

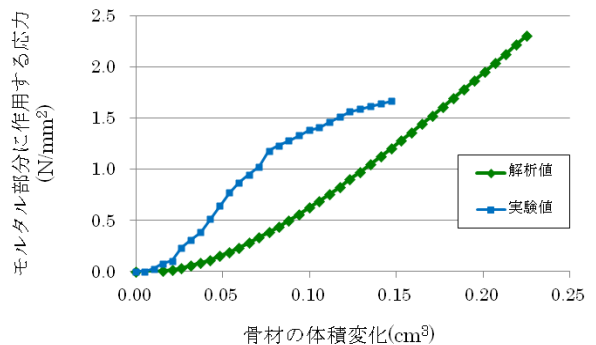


図-4 骨材の体積変化—モルタル部分に作用する応力

生じることから、プログラム中の水分に温度上昇を与えることで、アルカリ骨材反応による骨材の体積膨張を水分の温度上昇に伴う体積膨張で表現できるのではないかと考えられるが、これは今後の課題とする。

5. まとめ

- (1) 水・コンクリート骨格連成解析手法によるアルカリ骨材反応に伴うひび割れの挙動解析を行った。
- (2) 上記の解析理論より膨張量と骨材・モルタルに作用する圧力との関連性を評価した。
- (3) 本解析理論と既往の研究の実験結果との間に明確な整合性が得られなかった。これは本解析理論がひび割れ進展挙動を明確に反映できていないことが原因であると考えられ、今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 岡孝二ほか：アルカリ骨材反応により発生するコンクリート構造物のひび割れのモデル化，土木学会第61回年次学術講演会（平成18年9月）
- 2) 山城建樹ほか：アルカリ骨材反応によるひび割れ挙動に関する解析的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.28，No.1，2006
- 3) 大下英吉ほか：不均質材料の透水性に関するモデル化とその適応性評価，土木学会論文集，No.526 /V-29，63-77，1995
- 4) 堂下航ほか：潜晶質石英によるASRの膨張圧力に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.28，No.1，2006