

骨材の吸水膨張がコンクリートのひび割れ状況や強度特性 に及ぼす影響に関する解析的検討

九州大学 学生会員 ○西村 拓真

九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹

九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨

1. はじめに

ASR により損傷したコンクリート構造物や部材を適切に補修・補強していくには、水分、温度、拘束の影響で複雑に生じるひび割れを理解し、そのひび割れによる耐荷性能の低下や破壊挙動の変化を明らかにする必要がある。著者らは、水分、温度、拘束といった ASR 損傷に及ぼす因子を考慮し、ASR で生じるひび割れやそれによる耐荷性能の低下を定量的に評価できる統一的な解析手法の開発を目指している。本研究は、その初期段階として、水分に着目し、FEM による湿気移動解析と応力解析を利用することで、骨材の吸水膨張がコンクリートのひび割れ状況や力学的特性に及ぼす影響について基礎検討を行ったものである。

2. 解析手法及び解析ケース

2.1 概要

本研究における解析では、まず、水分の影響を湿気移動解析により解き、その結果として得られる相対湿度と膨張圧を関係づけ、その膨張圧を骨材界面に作用させる応力解析を実施することで、ひび割れを評価する。その後、ひび割れを有する部材に対して載荷解析を実施することで、耐荷性能を評価する。本報告では、ひび割れの評価までの解析について述べる。なお、離散化手法としては FEM を利用した。

2.2 湿気移動及び膨張圧について

湿気移動では以下の式を離散化して解くことになるが、その際の湿気拡散係数 K は既往研究¹⁾の実験から逆解析的に決定した $K = 50\text{mm}^2/\text{day}$ を採用した。

$$\frac{\partial P}{\partial t} = K \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (1)$$

ここに、 P は水蒸気圧 (MPa) である。

また、相対湿度と膨張圧の関係は本来なら ASR ゲルの吸水膨張性から定めるものであるが、今回は、初期相対湿度 0.6 の際に膨張圧は 0 (MPa) で、最高相対湿度 0.9 の際に 40 (MPa) になるように線形関係を仮定

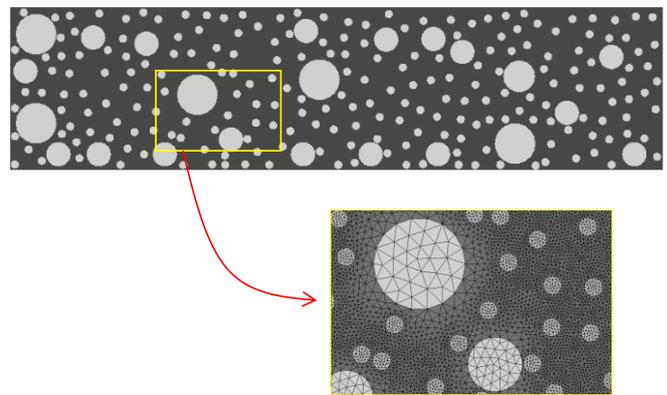
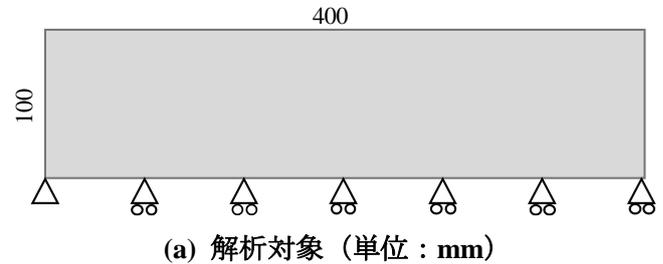


図-1 解析モデル

表-1 材料特性

| | ヤング率 (GPa) | ポアソン比 | 圧縮強度 (MPa) | 引張強度 (MPa) |
|------|---------------|-------|---------------|---------------|
| 骨材 | 70 | 0.2 | — | — |
| モルタル | 30 | 0.2 | 30 | 1.5 |

した。

2.3 メゾスケールモデル

骨材膨張によるひび割れを評価する場合、メゾスケールモデルが必要となる。既に、国内外の多くの研究者によって、コンクリートのメゾスケールモデルが提案されているが、本研究では、基礎検討という位置づけのため、骨材とモルタルの 2 フェーズから成る 2 次元メゾスケールモデルを作成した。その際、骨材は円形で粗骨材率を 25% としてフラクタルに従うランダム配置とし、三角形平面応力要素を用いて Delaunay 分割によりメッシュ分割することとした。図-1 に解析対象とモデル図を示す。また、仮定した材料特性を表-1 に示す。骨材は弾性体を仮定し、モ

表-2 解析ケース

| | 膨張方法 | 水分流入位置 |
|-------|------|--------|
| ケース 1 | 一定膨張 | — |
| ケース 2 | 吸水膨張 | 底面全面 |
| ケース 3 | | 底面左 |
| ケース 4 | | 底面左右 |
| ケース 5 | | 底面中央 |

ルタルは線形モールクーロン則に従う弾塑性体とし、引張強度に達したらカットオフするモデルを採用した。なお、その際、せん断剛性保持率は 0.125 とした。

2.4 解析ケース

解析ケースは膨張方法や流入位置がひび割れに及ぼす影響を確認するために、表-2 に示す 5 ケースとした。

3. 解析結果及び考察

3.1 膨張方法の違いによるひび割れ状況の比較

図-2(a)と(b)に、膨張圧を骨材全周一定に作用させた一定膨張と吸水膨張(相対湿度依存の膨張)とのひび割れ状況の比較を示す。一定膨張の場合、全骨材の周辺に一斉にひび割れが生じ、それらが進展・接続する傾向を示した。一方、底面全面からの流入を想定した吸水膨張の場合、縦方向のひび割れが顕著に生じ、一定膨張と明らかに異なる傾向を示した。

3.2 水分流入位置の違いによるひび割れ状況の比較

図-2(b)~(e)を比較すると、水分流入位置によって明らかにひび割れ状況が異なることがわかる。全て底面からの流入であるが、その位置によって発生ひび割れの方向等が大きく異なることがわかった。特に、底面全面の場合は縦方向のひび割れが顕著になるのに対し、底面中央の場合は横方向のひび割れが顕著になることがわかった。

4. 結論、今後の展望

一定膨張と相対湿度による吸水膨張で発生するひび割れ分布状況が異なる結果から、水分が膨張のトリガとなる ASR 膨張を考える場合、骨材を一定膨張させるのではなく、水分量(湿気)に応じた膨張を与える必要があることがわかった。

底面からの水分流入であっても、その流入位置によってひび割れ分布状況が大きく異なることが明らかとなった。今回の境界条件においては、流入位置が底面全面の場合は鉛直ひび割れ、底面左端の場合は

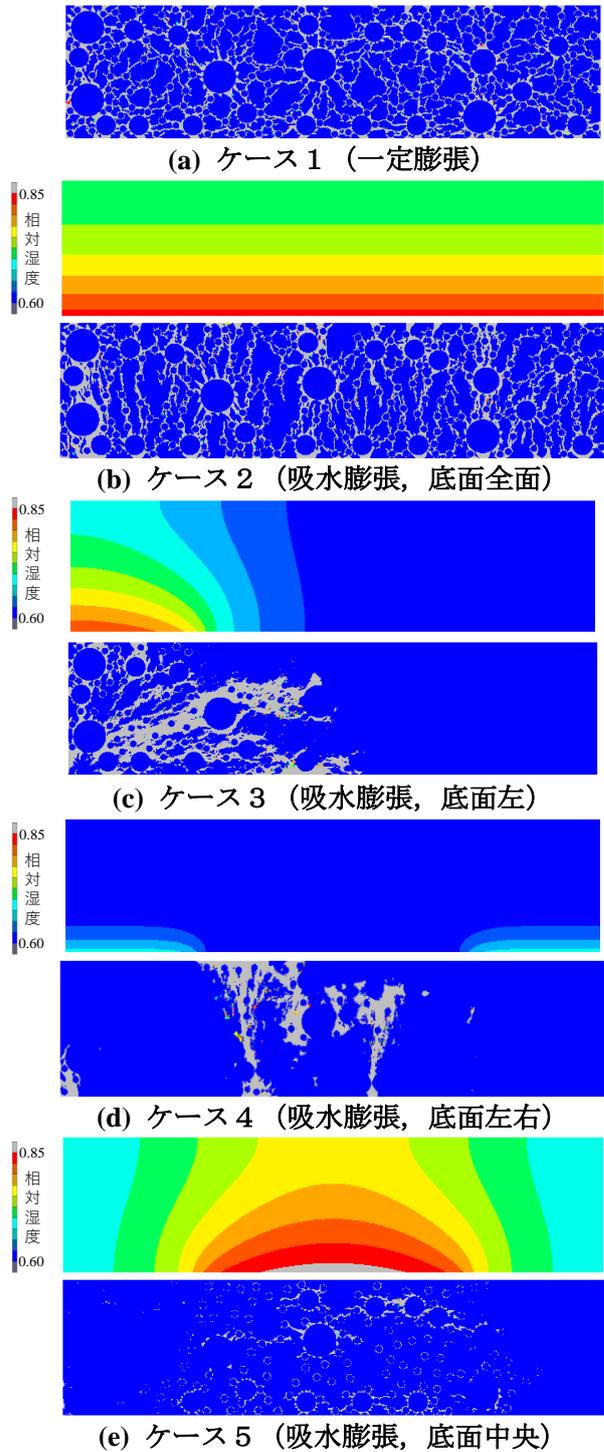


図-2 ひび割れ分布図(灰色がひび割れ)

※(b)~(e)には相対湿度分布も併記

斜めひび割れ、底面中央の場合は水平ひび割れが卓越することがわかった。

今後、水分が表面ひび割れ分布やひび割れ密度に及ぼす影響を検討するとともに、図-2 に示すひび割れが力学特性に及ぼす影響について検討する。

参考文献

1) 木下竜一, 伊藤始, 星野靖幸: 湿度一定環境と乾湿繰り返し環境におけるコンクリートの湿気移動特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.724-729, 2012