

数値解析を用いたひび割れ補修材の注入性状に関する基礎的研究

東京工業大学 学生会員 ○木村 慧留
名古屋工業大学 正会員 武田 健太

1. はじめに

近年、耐用年数を超えるコンクリート構造物の急激な増加に伴い、維持管理においては劣化および補修・補強が重要視されている。補修工法のなかでも、ひび割れの補修においては、注入工法が最も多く採用されている。しかし、注入工法には、統一的な施工管理基準が確立されていないため、注入材の充填不足による施工不良などの問題点が依然として多い。この現状を踏まえると、補修設計においては注入状況を予測し、施工においては適切な管理手法のもとで実施することが必要であるが、注入性状を予測するための要因は数多く、未だすべてが明らかにされたわけではない。

本研究では、後述の注入面積速度式の妥当性を解析の観点から確認したうえで、注入面積速度および注入性状に影響を及ぼす新たな要因を解明し、流体解析プログラムを用いた注入性状の予測を行う場合の解析の適用性に関する基礎的検討を行った。

2. 注入面積速度式

上村らは注入実験により式(1)の注入面積速度式を提案し、注入性状（注入面積速度）は、ひび割れ幅、注入圧、注入材の粘度に依存することを明らかにした¹⁾。

$$Sv = \alpha w^2 p / \mu \quad (1)$$

ここに、 Sv ：注入面積速度(cm^2/sec)、 α ：補正係数(無次元)、 w ：ひび割れ幅(cm)、 p ：注入圧(MPa)、 μ ：注入材の粘度($\text{dPa} \cdot \text{sec}$)である。また、 $\alpha = 0.0123$ である。

3. 解析ケースおよび解析概要

本研究では、解析による注入面積速度式の妥当性の検証（テーマ1）、注入面積速度に影響を及ぼす新たな要因の推定（テーマ2）の2つのテーマに着目して検討した。テーマ1およびテーマ2の解析ケースを表-1に示す。ひび割れ幅は、すべての樹脂系ひび割れ注入材の対象となる最小値0.5 mmを基準にその2倍、3倍となる数値に設定した。注入圧は、ゴム圧による注入を想定し、低

圧注入器における加圧ゴムの本数によって決定される初期圧力の数値に設定した。粘度は、その特徴に対応した数値に設定した。

解析プログラムには、ANSYS Fluent、解析方法にはVOF(Volume of Fluid)法を用いた。ひび割れ空間のモデルを、図-1に示す。ひび割れ空間は鉛直方向ひび割れを想定し、ひび割れ面は平滑としてモデル化した。注入材の物性値はエポキシ樹脂を参考にした。空気の物性値は、解析プログラムの初期設定値を使用した。

4. 解析結果

4.1 テーマ1の解析結果

テーマ1では、鉛直方向ひび割れにおいて、注入を開始してから初めて注入材がひび割れ空間の最底面に到達したときの注入開始からの経過時間を下端到達時間

表-1 解析ケース

テーマ1			テーマ2
Case1 ひび割れ幅(mm)	Case2 注入圧(MPa)	Case3 粘度(Pa·s)	Case4 接触角(degree)
0.5 (1-1)	0.062 (2-1)	0.5 (3-1)	20 (4-1)
1.0 (1-2)	0.125 (2-2)	1.6 (3-2)	90 (4-2)
1.5 (1-3)	0.180 (2-3)	5.0 (3-3)	160 (4-3)

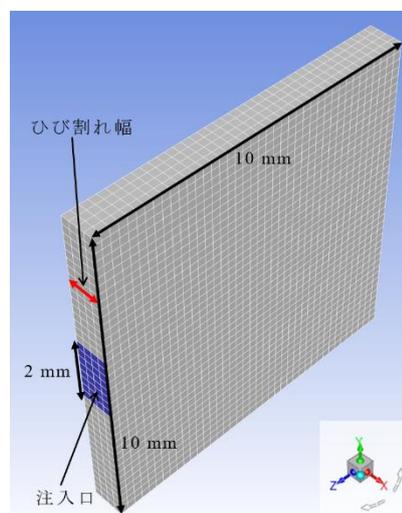


図-1 ひび割れ空間のモデル

キーワード コンクリート構造物、維持管理、ひび割れ補修、注入性状、エポキシ樹脂

連絡先 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL : 080-4549-8129 E-mail : kimura.s.au@m.titech.ac.jp

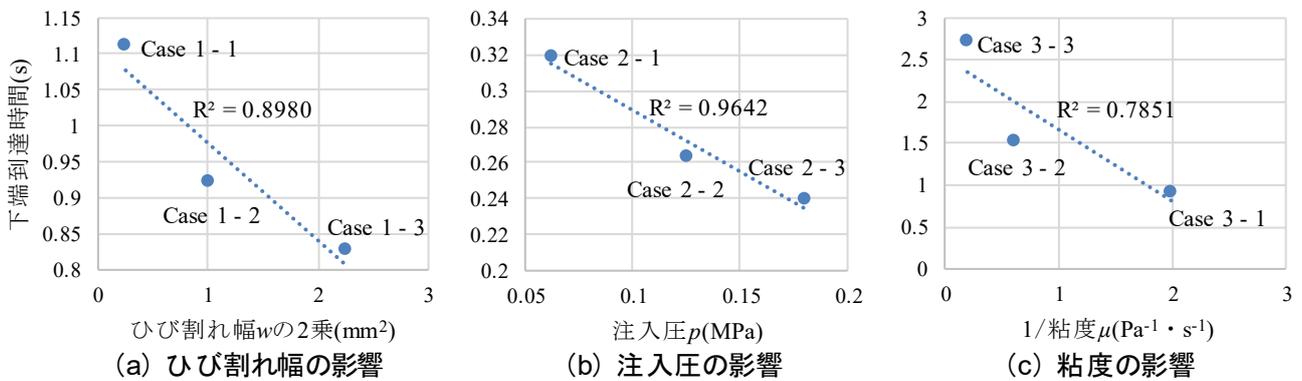


図-2 ひび割れ幅, 注入圧, 粘度と下端到達時間の関係

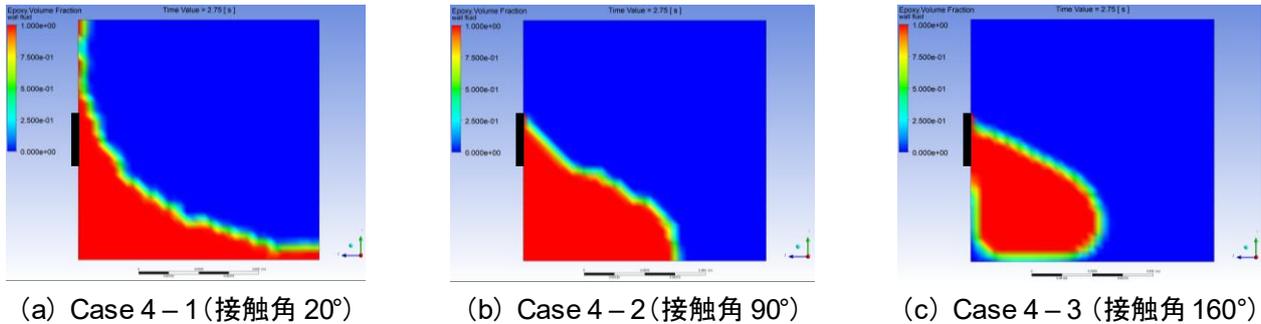


図-3 接触角を変化させた場合の注入材の分布図 (注入開始から2.75秒後)

と定義し, 各解析ケースと下端到達時間との関係をグラフ化することで, 注入面積速度と各要因の関係性を評価した。

ひび割れ幅, 注入圧, 粘度と下端到達時間の関係を図-2に示す。図より, ひび割れ幅の2乗, 注入圧, 粘度の逆数の増大に伴い, 下端到達時間が減少している。また, これらの要因と下端到達時間には, 概ね比例関係が認められ, 比較的相関が高いことがわかる。ここで, 式(1)に着目すると, 注入面積速度は, ひび割れ幅の2乗, 注入圧, 粘度の逆数と比例関係にある。よって, 注入実験より提案された注入面積速度式は, 解析の観点から概ね妥当であることが確認された。

4.2 テーマ2の解析結果

注入面積速度式に影響を及ぼす新たな要因として, 粘度と関係のある接触角に着目した。接触角を変化させた場合の注入材の分布図を図-3に示す。注入口の位置は図中の左側面の太線で示す。図において画像比較すると, 接触角の増大に伴い, 注入材の分布形状は大きく異なっており, 注入性状の違いが確認できた。したがって, 解析の観点により, 接触角は注入面積速度および注入性状に影響を及ぼす新たな要因のひとつになり得ると考えられる。

以上より, これらの評価指標を用いることで, ある要

因が注入性状などに及ぼす影響について傾向を把握できたといえる。また, 流体解析プログラムを用いた注入性状の検討は, 注入性状に影響を及ぼす新たな要素を発見することを目的とする場合に有効であるといえる。

5. まとめ

本研究では, ひび割れ注入材の注入性状の予測を, 流体解析プログラムを用いて行う場合の解析の適用性に関する基礎的検討を行った。その結果, 下端到達時間という評価指標を用いることで, 注入面積速度式の妥当性を解析の観点から確認できた。また, 接触角に着目した検討を行った結果, 注入性状に明確な差が見られ, 注入面積速度や注入性状に影響を及ぼす新たな要因となる可能性があることが示された。

ただし, 本研究で対象としたひび割れ空間は, ひび割れ面が平滑としてモデル化したものである。今後は, ひび割れ面の粗度が注入材の注入性状に及ぼす影響について検討していく。

参考文献

- 1) 上村克郎, 小西敏正, 橋高義典: 鉄筋コンクリート造のひびわれ補修における樹脂の充填程度の数式化, セメント技術年報, Vol.42, pp.491-494, 1988.