

# 骨材周辺領域の応力分布

武蔵工業大学 学生会員 松本 朋士 小島 拓矢  
正会員 栗原 哲彦

## 1. はじめに

コンクリートの挙動の解析手法としてコンクリートを一様な材料としてではなく、骨材、モルタル、骨材-モルタル界面の3相材料として扱うメソスケール解析がある。この手法は各材料の性質が直接、巨視的な挙動に反映することが可能であるため、今後発展が望まれる分野である。しかし、コンクリートを複合材料として扱うと複雑な挙動を示すため、基準となるデータの取得は難しい。

そこで、非接触で応力測定が可能である赤外線システムを用いて骨材周辺の応力分布を捉え、その位置でのひずみ量および理論解より算出した応力と比較することで、データの信頼性について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

模擬骨材として 20mm の棒状の丸型を使用した。模擬骨材として使用した石は粗骨材用砕石の岩盤からコア抜きして作製したものである。使用したモルタルの配合を表 1 に示す。また、模擬骨材は打設時に供試体断面中央部に配置した。作製した供試体は モルタルのみのもの、模擬骨材(石、空洞)を配置したモルタルである。

表 1 配合

単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
水 W	セメント C	細骨材	混和剤	
			AE減水剤	AE助剤
159	300	807	0.749	0.030

### 2.2 実験方法

赤外線応力画像システムを使用して、繰返し疲労試験(載荷条件:表-2)によって各供試体の表面応力状態を取得する。また、載荷軸上において模擬骨材を配置したモルタルの骨材輪郭から上下 5mm 離れた位置にクロスゲージ(ゲージ長:5mm)を配置し、割裂引張試験を行う。この際、荷重-ひずみ曲線を取得することで模擬骨材周辺のひずみ分布を把握する。骨材上下部の水平方向ひずみを、 $\epsilon_x$  とし、鉛直方向ひずみを、 $\epsilon_y$  とした。また、引張ひずみをマイナス、圧縮ひずみをプラスで表す。

表 2 載荷条件

載荷時間	2時間
周波数	5Hz
上限荷重	静的破壊荷重の50~60%
下限荷重	静的破壊荷重の2~10%

## 3. 解析概要

以下に示す 3 通りの方法により表面応力を算出し、赤外線による応力分布図の妥当性と実験データの信頼性について検討する。なお、モルタルのヤング係数を  $E=30\text{kN/mm}^2$  とし、理論解による応力は  $\sigma_h = 2P/\pi dl$  (水平ひずみ),  $\sigma_v = 6.79P/\pi dl$  (鉛直ひずみ) により算出する。応力取得方法は、(1)赤外線による応力分布図の値を読み取る。(2)赤外線による表面応力測定時に作用させた上限荷重に相当する、荷重時におけるひずみを荷重-ひずみ曲線より読み出し、ヤング係数を乗じて算出する。(3)弾性学の理論式より算出するの 3 通りである。

## 4. 結果及び考察

図-1(c)に断面中心に空洞を配置した供試体の表面応力測定結果を示す。なお、比較のため、模擬骨材を配置していないモルタルのみの供試体の表面応力計測結果も示す。断面中心が空洞である供試体では、空洞上下部で負の応力値が測定されており、空洞左右部では正の応力値が測定されている。これは前年度の結果<sup>1)</sup>と同様であり、空洞上下部では引張応力が、左右部では圧縮強度が作用しているものと推察できる。これに対して、他の供試体では、空洞を配置した供試体ほど明確な引張・圧縮の違いは見られず、全体的に圧縮応力が可視化されている。つまり、模擬骨材上下部では、模擬骨材の剛性が高い場合は圧縮応力が、剛性が低い場合は引張応力が測定されることが分かる。

表 3 表面応力値

	単位: N/mm <sup>2</sup>		
	赤外線	P	理論解
モルタル	0.47 ~ 0.88程度	4.0	$\sigma_h = -1.74$
		8.22	$\sigma_v = 5.93$
石	0.40 ~ 0.5程度	-6.24	$\sigma_h = -2.12$
		10.39	$\sigma_v = 7.21$
空洞	0.16 ~ 0.20程度	-4.32	$\sigma_h = -1.00$
		1.74	$\sigma_v = 3.39$

Key words: 割裂引張破壊 赤外線応力画像 表面応力状態 応力集中

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 構造材料工学研究室 TEL03-3703-3111(内 3242)

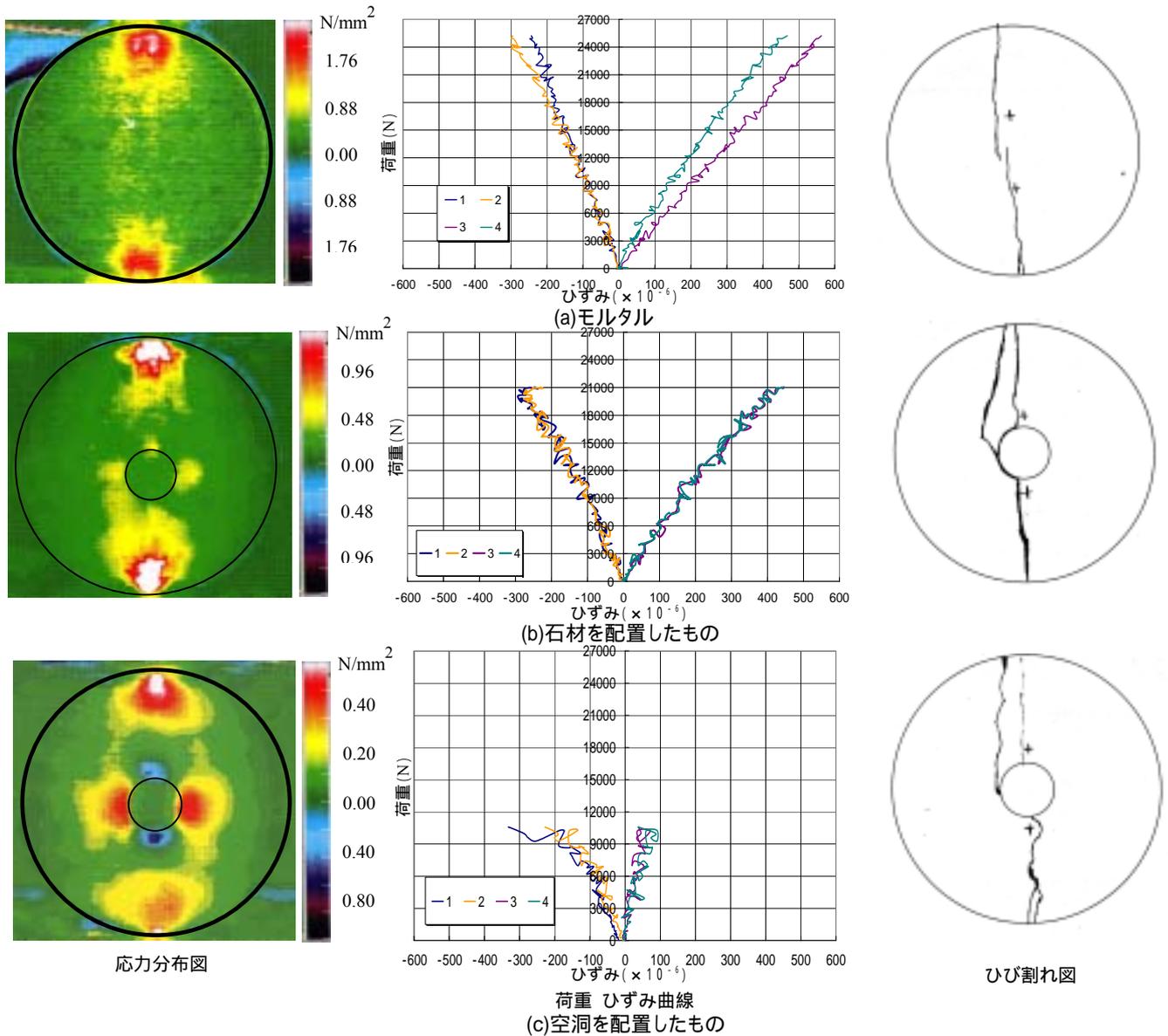


図 1 各供試体の応力分布, 荷重 ひずみ曲線, ひび割れ図

方法(2)と方法(3)から算出した応力(水平および鉛直応力)の一覧を表-3に示す. 2つの計算結果は赤外線応力画像システムにより測定された応力と著しく異なった. この理由には, 理論解は本来均一な材料を対象とし, 材料の不均質性を考慮できないため, 不均質性を有する材料に対しては通常大きな値が算出された, 方法(2)では, ゲージ長5mmのひずみゲージにより比較的局所領域のひずみを測定したため, 大きな応力値が算出された, 赤外線応力画像システムに入力するコンクリートの放射率や熱弾性係数等のパラメータの選定が難しく, この点における誤差やもともとコンクリートは熱伝導率が小さく, 繰返し载荷による温度変化を捉えにくいことも大きく関連していると考えられる.

### 5. まとめ

以上より, 模擬骨材の種類を変化させた場合の模擬骨材周辺における表面応力について検討した. その結果, 赤外線応力画像システムでは応力の作用方向が不明だが, ひずみを多く生じた方向の応力を測定することが分かった. さらに, 模擬骨材の剛性が高い場合は, 本システムで測定される表面応力は断面全体にわたり圧縮応力が, 模擬骨材の剛性が低い場合は, 模擬骨材上下部で引張応力が, 左右部で圧縮応力が測定された. しかし, その応力値は理論解と大きく異なり, 本システムに必要なパラメータの選定, 測定環境の改善等の精度向上が今後の課題である.

【参考文献】 1) 石井旭, 松本朋士, 栗原哲彦, 吉川弘道 : 割裂引張破壊時の骨材周辺における応力集中 土木学会第59回年次学術講演会, 5-302, pp601~602, 2004