# 割裂引張破壊時の骨材周辺における応力集中

武蔵工業大学	学生会員	〇石井	旭	松本	朋士
武蔵工業大学	正会員	栗原 打	哲彦	吉川	弘道

#### 1. はじめに

コンクリートの挙動を解析する手法の一つに、剛体-バネモデルに代表される微細構造解析と称す方法があ る。これは例えば、コンクリートをモルタル、骨材、界面(モルタルー骨材)の3相構造と捉え、それぞれに 適したパラメータを設定することにより、微細な挙動から巨視的な挙動までを解析する手法である。しかし、 この手法は、微細な挙動を正確に捉えてはじめて有効な手法として認識されるものである。そこで、本研究は こうした微細構造解析を行ううえでのベンチマーク的な資料を得ることを目的とし、割裂引張破壊を対象に、 骨材周辺における応力集中領域の可視化を試みた。

#### 2. 応力の測定方法

本研究では赤外線応力画像システムを用いて表面応力の測定を行う。固体に圧縮や引張の力が急激に作用す ると、変形が断続的に行われ、発熱や吸熱による温度変化が生じる(熱弾性効果)。この温度変化を赤外線に より測定し、その温度変化に対して熱弾性係数(9.34×10<sup>-6</sup>mm<sup>2</sup>/N)<sup>1)</sup>を掛け合わせることで応力を算出するこ とができる。具体的には、後述の繰返し載荷時の最大荷重(上限荷重)時と最小荷重(下限荷重)時の表面温 度を測定し、その差を求める。この温度差に熱弾性係数を掛け合わせると応力が算出される。

#### 3. 実験概要

割裂引張試験時の骨材周辺における応力を検討するために、①普通骨材を配置した通常の供試体(W/C=55%、 φ150×厚み50mm)、②断面中央付近に骨材を一つだけ配置した供試体(W/C=50%)、③断面中心付近にモデル骨 材(木材)を配置した供試体(W/C=50%、 φ100×厚み 50mm)の 3 種類の供試体を作製した。コンクリートに使 用した材料は、それぞれ水(水道水)・早強ポルトランドセメント(密度 3.14g/cm<sup>3</sup>)・相模川水系川砂(密度

粗骨材の

最大寸法

(mm)

20

水セメン

2.58g/cm<sup>3</sup>)・八王子産砕石(密度 2.69g/cm<sup>3</sup>)・モ デル骨材(木材)である。W/C=55%のコンクリー トの配合を表-1に示す。また、いずれの供試 体も28日間標準水中養生を行った後,28日間気 中養生し、極力、コンクリート中の水分を蒸発させた。

載荷はサーボパルサ式の試験機を用い、繰返し荷重を作用させ た。周波数 5Hz, 上限荷重 11.2kN, 下限荷重 3.9kN, 載荷時間 3 時間とした。なお、上限荷重は①の供試体の静的破壊荷重の35%、 ②の30%、③の60~90%に相当する。

#### 4. 実験結果および考察

## 4.1 普通骨材を配置した通常の供試体

写真-1および図-1に結果の一例を示す。両者から試験機と の設置位置に大きな応力集中(圧縮)が確認されたのみで、他は 骨材間距離、寸法、粗骨材量などが複雑に影響し、大きな応力集 中を確認することができなかった。応力集中領域を捉えるには、 今後、さらなる工夫が必要である。なお、ひび割れは供試体の中 央上部の粗骨材に沿って発生している。

キーワード 割裂引張破壊、応力集中、赤外線応力画像システム

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)

ト比(%) セメント細骨材 | 粗骨材 | AE減水剤 | AE助剤 水 55 163 307 800 1019 0.768 0.0307 单位:N/mm<sup>2</sup> 1.55 0.78 0.00 0.78 1.55

単位量(kg/m<sup>5</sup>

写真-1 破壊後

表-1 コンクリートの示方配合





# 4.2 断面中央付近に骨材を一つだけ配置した供試体

供試体中を伝達する応力は、骨材の配置角度により骨材中を伝達する 応力成分と骨材周辺を迂回する応力成分に分離される。両者の比率は骨 材の配置角度に影響する。写真-2の一例からは、骨材のある角が上部 載荷位置に向いており、供試体下部では骨材のある一辺が載荷方向と直 行方向にほぼ配置されていることが分かる。これより骨材中を伝達して きた応力は、骨材上部においては骨材を迂回する応力成分が大きくなる が、骨材下部では骨材中を伝達しようとする応力成分が大きくなる。し たがって、載荷位置付近の圧縮応力分布領域は供試体上部より下 部の方が大きく広がったと考えられる(図-2)。骨材の配置角度 の影響が大きい点は他の供試体においても同様であった。

# 4.3 断面中心付近にモデル骨材(木材)を配置した供試体

普通コンクリートでは一般的に骨材のヤング係数はモルタル のヤング係数よりも大きいが、材質が木材のモデル骨材ではその 関係が逆転する。したがって、圧縮応力下で普通骨材はモルタル の変形に追従できないのに対し、モデル骨材はモルタルの変形に 追従するため、両者の骨材周辺の応力状態は図-3のように異なると予 測される。

図-4に円形の木材モデル骨材を配置した供試体の一例を示す。骨材 上下部で引張応力の発生を、骨材左右部で圧縮応力の発生を確認でき た。載荷により骨材が変形し、伝達される応力はそのほとんどが骨材 を迂回する成分へと分離されたと考えられる(図-5)。そのため、骨 材上下部がその影響で引張応力が作用し、骨材を迂回する応力により 円形木材モデル骨材の左右部において圧縮応力が作用したものと推察 できる.

図-6 に四角形の木材モデル骨材を配置した供試体の一例を 示す。円形のモデル骨材を用いた場合と同様の応力が確認でき た。ただし、骨材形状が四角形であるため応力の2成分への分 離がより明確となり、そのため四角形モデル骨材の左右突起部 に大きな応力集中が見られたと考えられる。

#### 5. まとめ

以上より、赤外線応力画像システムを用い、割裂試験時にお ける骨材周辺の応力を測定した結果、通常のコンクリートにお

いては明確に測定することが困難であったが、①試験機との設置位置に圧縮応力が発生すること、②発生応力 は骨材の配置角度に大きく影響されること、③ヤング係数の小さいモデル骨材を用いるとヤング係数の大きい 骨材を用いた場合に比べ、圧縮および引張応力の発生領域が逆転することが確認できた。

なお、紙面の関係上、一例のみ結果を示したが、記載の結果/考察は実験全体から得られたものである。 謝辞

本研究では、コンクリートの表面応力測定に関して武蔵工業大学 構造実験棟 技士 仲宗根茂先生に貴重な 助言をいただきました。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

1) 増喜彰久、酒井重保、高田享:赤外線応力画像システムの原理と応用、計測技術、p71、1997

骨材>モルタル 骨材くモルタル





写真-3 破壊後



図-5 円形モデル骨材の周辺応力状態

