

割裂引張試験における骨材周辺の応力状態

学生氏名 石井 旭
指導教員 栗原 哲彦 吉川 弘道

1.はじめに

本研究は、繰り返し荷重における割裂引張破壊の可視化に関する研究を行う。コンクリートの破壊は粗骨材 - モルタル界面, モルタル, 粗骨材の破壊に分かれているため, 種々の要因が破壊メカニズムに及ぼす影響を知ることが重要である¹⁾。本研究は, 赤外線応力画像システム²⁾を用いてコンクリート表面の応力分布画像を捉え, 引張破壊のメカニズムを確認および考察することを目的とする。

2.実験概要

2.1 使用材料

使用材料は, 水(本学水道水)・早強ポルトランドセメント(比重 3.14g/cm^3)・相模川水系川砂(比重 2.58g/cm^3)・八王子産砕石(比重 2.69g/cm^3)・モデル骨材(木材)を使用する。

供試体は 28 日間標準水中養生を行った後, 28 日間気中養生しコンクリートの水分を蒸発させたものを使用する。

2.2 実験方法

繰り返し荷重は周波数 5Hz, 上限荷重 11.2kN, 下限荷重 3.9kN, 載荷時間 3 時間で行うものとする。前述はすべての実験において同条件である。いずれも赤外線応力画像システムを用い, 以下に示す三方向から実験を行う。

1) 普通円柱モデルを用いた表面応力状態

供試体は, 水セメント比 55%の普通コンクリート円柱供試体(150mm, 厚み 50mm)を使用した。そして, 割裂破壊後の写真と表面応力画像を比較検討した。

2) 骨材 - モルタル界面に着目した表面応力状態

供試体のマトリックスはモルタルで作製し, 中央部に粗骨材を一つ配置した水セメント比 50%の円柱供試体(100mm, 厚み 50mm)を使用した。そして, 割裂破壊後の写真と表面応力画像を比較し, 骨材 - モルタル界面における応力分布の様子を確認した。

3) モデル骨材を用いた供試体の表面応力状態

骨材の応力分布に及ぼす影響を検討するため形状の異なった 3 種類の棒状骨材モデル(円形, 三角形, 四角形)を中央部に配置した水セメント比 50%の供試体を作製した。そして, 割裂破壊後の写真と表面応力画像を比較し, 応力が骨材形状にどのように依存しているのかを考察した。

3.実験結果および考察

1) 普通円柱モデルを用いた表面応力状態(図 - 1)

写真 - 1 と図 - 1 を比較すると, 骨材の離間距離, 寸法, 粒度分布, 粗骨材量などが応力分布図に複雑に影響し, まばらに応力が分散する事が確認された。

写真 - 1 のひび割れ経路に着目すると, 供試体の中央上部の粗骨材に沿って通過している。これは応力が骨材に到達し, 骨材の隅度角度により応力が斜面方向に変換されたと考察される。

2) 骨材 - モルタル界面に着目した表面応力状態(図 - 2)

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 から骨材のある角が上部載荷位置に向いており, 逆に供試体下部では骨材のあ

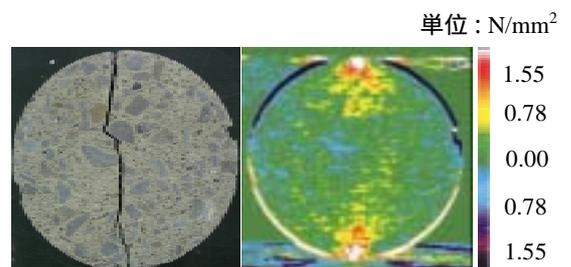


写真 - 1 破壊後 図 - 1 応力分布図

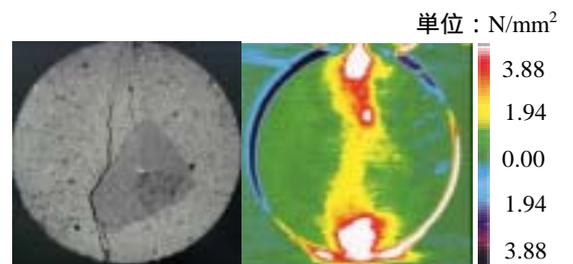


写真 - 2 破壊後 図 - 2 応力分布図

る一辺が荷重方向と直行方向にほぼ配置されている事が分かる。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、荷重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。

3) モデル骨材を用いた供試体の表面応力状態

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ですが、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³⁾。

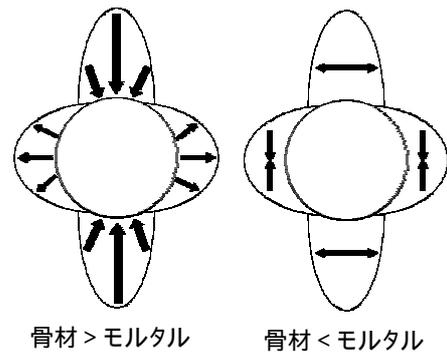


図 - 3 骨材周辺の応力状態

・円形モデル骨材 (図 - 4)

図 - 4 に示されるように、骨材上下部で引張応力が、骨材左右部で圧縮応力が作用する事が確認できた。荷重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たものと考えられる。また、骨材を迂回する応力により円形モデル骨材の左右部において逆に圧縮応力が作用したものと推察できる。

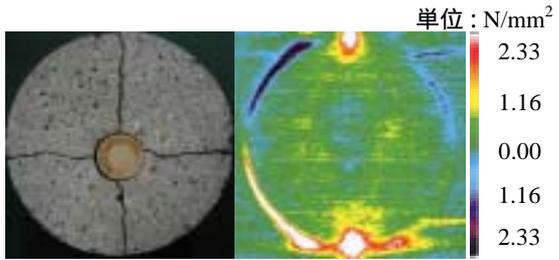


写真 - 3 破壊後 図 - 4 応力分布図

・四角形モデル骨材 (図 - 6)

四角形モデル骨材を使用した場合も、図 - 6 に示されるように、骨材上下部で引張応力が、骨材左右部で圧縮応力が作用する事が確認できた。この場合の応力発生メカニズムも円形モデル骨材を使用した場合と同様と考える。ただし、骨材形状が四角形であるため、円形よりも応力の 2 成分への分離が明確となり、その結果、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。

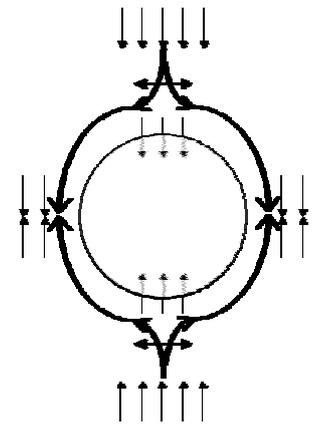


図 - 5 円形モデル骨材の周辺応力状態

4. まとめ

- ・ 1) の実験より、普通コンクリートは骨材の離間距離、寸法、粒度分布、粗骨材量などが応力分布図に複雑に影響し、まばらに応力が分散する事が確認された。
- ・ 2) の実験より、応力は骨材の隅度角度が大きい面の骨材 - モルタル界面に沿って多大に影響している事が応力分布図 (図 - 2) 及びひび割れ経路 (写真 - 2) から確認された。
- ・ 3) の実験より、円形では応力が骨材周辺に散逸 (図 - 5) し、四角形では突起部に応力集中領域がみられることが確認された (図 - 6)。

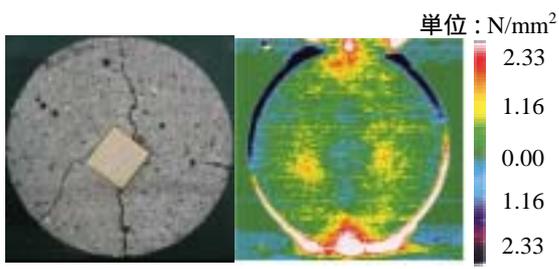


写真 - 4 破壊後 図 - 6 応力分布図

謝辞

本研究を進めるにあたり、構造実験棟において試験器具の使用法など終始懇切丁寧にご指導いただき本学構造実験棟技士 仲宗根茂先生に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 上田稔 長谷部宣男: コンクリートの割裂試験における破壊メカニズムの破壊力学的研究 土木学会論文集 No.478 pp61~70
- 2) 日本電子 (株): 赤外線応力画像システムに関する各種資料
- 3) 岡田清: 最新コンクリート工学 国民科学社