

せん断破壊する RC はり部材の 3 次元的なひび割れ発生・進展挙動の検討

名古屋大学 学生会員 ○茶谷 友樹

名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. はじめに

RC はりのせん断破壊は斜めひび割れの発生・進展の影響を大きく受けるが、一般に表面から観測できるひび割れのみでなく、内部ではどのような発生・進展をするかは明らかになっていない。そこで本研究では、部材の表面だけでなく内部のひび割れ性状にも着目し、3次元剛体バネモデル(3D-RBSM)による解析と実験によって、ひび割れの3次元的な進展挙動を検討した。

2. 対象供試体および荷重変位関係

図-1に示す、高さ200mm、幅200mm、せん断スパン長さ550mmのせん断破壊する3点曲げRCはり供試体を対象に、ひび割れの3次元的な進展挙動の検討を目的として解析および実験を行った。

供試体は右側のスパン内のスターラップを少なくし、斜めひび割れ進展挙動を検討するスパンとした。

実験では、同じ供試体を4体作製し、図-2の実線のように異なる荷重レベルで载荷を終了してひび割れの進展の様子を確認できるようにした。

なお除荷のタイミングは、斜めひび割れ発生前後、最大荷重到達後、その間とし、圧縮強度は供試体ごとに異なり25~30N/mm²の範囲内であった。

3. 解析モデルおよび解析結果

解析手法は、当研究室で開発を進めてきた剛体要素をバネで結んだモデルで構造解析を行う3D-RBSMを用いた¹⁾。図-3に解析モデルを示す。平均要素寸法を15mmとし、鉄筋は全てはり要素でモデル化した。

また、図-1の破線A~Cの断面内に剛性を極端に小さくしたはり要素を複数本鉛直に配置し、断面内のひび割れ幅分布を出力できるようにした。なお、コンクリートの圧縮強度は供試体4に揃えて25MPaとした。図-2の破線に荷重変位関係を示すが、実験と概ね一致した。供試体の鉛直変位が1.5mmあたりで斜めひび割れが表面で確認され、5.0mmの時に最大荷重192kNを示しせん断破壊をした。荷重変位関係の黒点で示した鉛直変

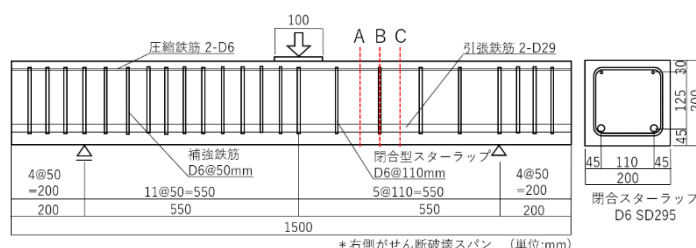


図-1 供試体概要

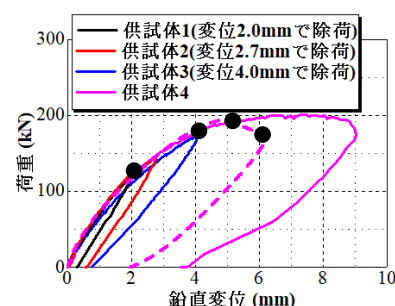


図-2 荷重変位関係

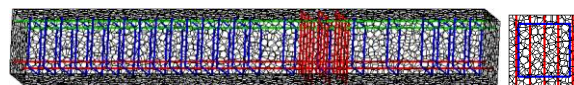


図-3 解析モデル

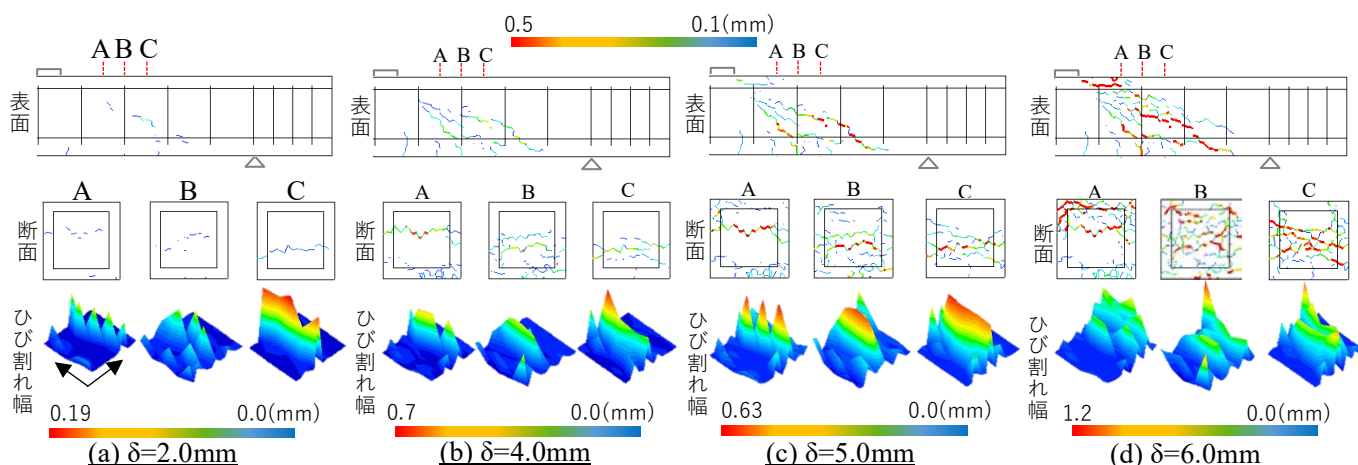


図-4 ひび割れ図およびひび割れ幅分布

キーワード せん断、斜めひび割れ、RBSM、内部ひび割れ

連絡先 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町工学部 9 号館 522

TEL 052-789-5690

位 $\delta=2.0, 4.0\text{mm}$, 5.0mm , 6.0mm の時の右側の表面のひび割れ図と図-1 中の A~C の断面でのひび割れ図と断面内のひび割れ幅分布を図-4(a)~(d)に示す. なお, 断面 B は斜めひび割れが横切るスターラップ位置の断面で, 断面 A と C は隣り合うスターラップ間の中心の断面である.

図-4 に示す $\delta=2.0\text{mm}$ の時点では, 断面 C 付近で側面に発生した斜めひび割れが支点方向, 載荷点方向に進展している. この時, 断面 B 位置では表面にひび割れは確認されないが, 断面のひび割れ図から, 内部にひび割れが存在していることが確認できる. $\delta=2.0\text{mm}$ 以前のひび割れも詳細に検討したところ, 斜めひび割れは断面中心で発生したのち, 内部でひび割れ幅を拡大しながら側面に進展していくことが確認できた. また, 斜めひび割れの断面内のひび割れ幅はひび割れ幅分布より, $\delta=4.0\text{mm}$, 5.0mm でも内部の方が大きくなっていることがわかる. この傾向は特に, スターラップ位置の断面でより顕著に見られる. また, 斜めひび割れが進展した $\delta=4.0, 5.0\text{mm}$ では, 中心部で幅の大きい斜めひび割れが生じるが, 表面では斜めひび割れが複数本に分散しており, その幅は中心部より小さくなっていることもわかる. 表面部のひび割れの分散性は, スターラップの存在により内部から進展したひび割れが複数本に分かれたためと考えられる.

$\delta=5.0\text{mm}$ の最大荷重時のスターラップのない断面 A のひび割れ図では, 斜めひび割れがスターラップの配置された場所と同位置を起点として高さ方向に進展している様子が確認できた. ピーク後の $\delta=6.0\text{mm}$ の時点では, 高さ方向のひび割れがひび割れ幅を拡大しており, このひび割れが起点となって圧壊に至った可能性が示された.

4. 実験供試体の 3 次元的ひび割れ発生・進展状況

載荷終了後に, それぞれの供試体に対して解析と同じ図-1 中の A~C の断面で切断をした後, 切断した断面面に鉛直に 6MPa 程度の圧縮応力を加えて画像相関法 (DIC) により断面のひずみを計測し, 断面内のひび割れ位置, ひび割れ幅を確認した. また, 載荷試験中には側面画像の DIC により, ひび割れ状況を確認した. 今回は特に, $\delta=2.0, 4.0\text{mm}$ で載荷を終了した供試体 1, 3 と, 最大荷重を超えるまで載荷をした供試体 4 について, 除荷直前の供試体の側面および切断面の DIC の結果を図-5(a)~(c)に示す. なお, 供試体 4 については切断時に形状を維持できず DIC 撮影を行えなかったもので, 切断後の断面の写真を掲載する.

図-5(a)より, 断面 B では断面中心のひび割れ幅が大きくなっていることがわかる. さらに, (b)より, 断面 C の中心で表面と繋がっていないひび割れが存在することから, 解析と同様に斜めひび割れは断面中心から生じることが確認できた. また(c)より, 断面 B のスターラップ位置でひび割れが分散していることや, 圧壊部に近いスターラップのない断面 A でスターラップと同位置で高さ方向に進展するひび割れが確認された. これらの結果は, 解析結果とも一致すると言える.

5. まとめ

RC はり部材の内部も含めたひび割れ進展挙動を 3 次元的に検討することにより, 斜めひび割れは断面の中心から発生し, 中心部でひび割れを拡大しながら側面に進行していること, スターラップの影響で表面部では分散してひび割れ幅は小さくなるが, 内部ではより大きなひび割れ幅の斜めひび割れが存在していることが解析と実験によって確かめられた.

参考文献

- 1) 山本佳士ら: 3 次元剛体バネモデルによるコンクリート供試体の圧縮破壊解析, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.4, pp.612-630, 2008.

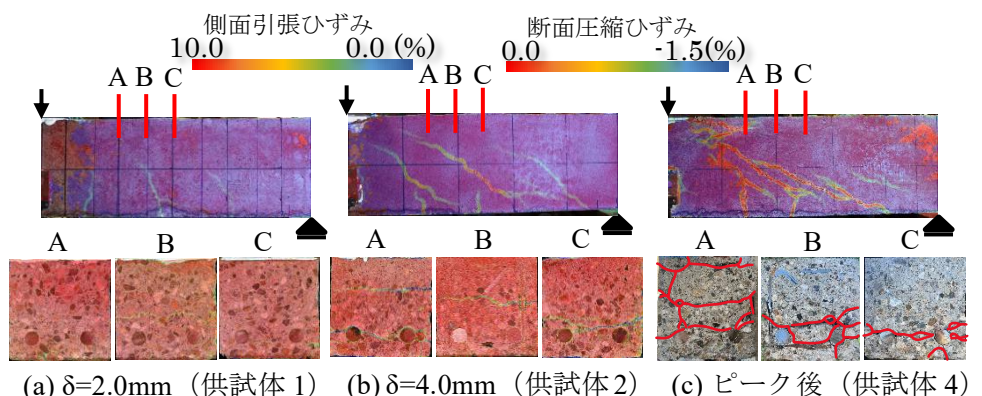


図-5 DIC による 3 次元的ひび割れ発生・進展状況