

離散型要素を用いた RC 部材のダウエル特性に関する有限要素法解析

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○品川幸二郎

国際建設技術研究所 正会員 日比野憲太

立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 児島孝之

1. はじめに

本研究は、RC はりのせん断引張破壊機構の解明を目的として、RC はりのダウエル特性に及ぼす影響要因を離散型モデルに基づく 3 次元有限要素法解析を用いて検討を行った。また、本解析結果と実験結果を比較することにより、本解析手法の妥当性および問題点について検討を行った。

2. 実験概要

(1) Krefeld らの試験¹⁾を参考とした RC はりのダウエル耐力に関する実験

図-1 に供試体寸法および荷重試験装置を示す。コンクリートの目標圧縮強度は 30N/mm^2 とした。RC はり（高さ 150mm 、幅 $85, 105, 125\text{mm}$ 、長さ 1000mm ）の軸方向鉄筋に D25（SD345、 $f_y=372\text{N/mm}^2$ ）を 1 本使用し、側方かぶり厚さを $c=30, 40, 50\text{mm}$ の 3 水準変化させたものを各 2 体計 6 体製作した。せん断補強筋は配置していない。

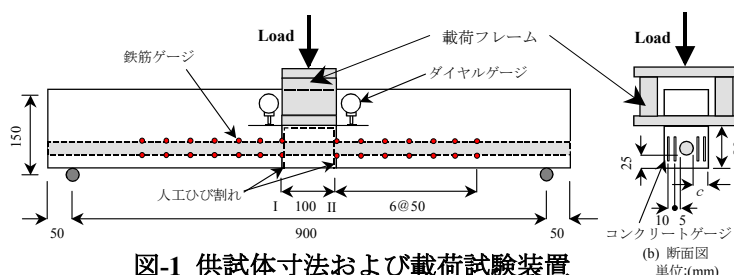


図-1 供試体寸法および荷重試験装置

供試体中央部の荷重フレーム両側にせん断ひび割れを模擬した人工ひび割れを導入した。RC はりは、コンクリート打設 2 日後に脱型し、屋外散水養生を 4 日間行った後に材齢 7 日で荷重試験を行った。荷重試験時のコンクリート強度は 28.4N/mm^2 、ヤング係数は 29.3kN/mm^2 であった。荷重条件は、支持スパンを 900mm とし、はり中央部下面から 80mm の位置に厚さ 25mm のプレートを差し込み、供試体外部を跨ぐ荷重フレームを設置し、フレーム上部より荷重した。

(2) 測定項目

ダイヤルゲージ式変位計による荷重フレーム端部 I・II における相対変位、ならびに人工ひび割れ面から $0, 50, 100, 150, 200, 250, 300\text{mm}$ の位置における鉄筋上下面のひずみゲージによる鉄筋のひずみを計測し、鉄筋の曲率を計算した。また、人工ひび割れ面鉄筋位置端部 5mm の位置から 10mm 間隔でひずみゲージを貼り付け、鉄筋側方のコンクリートひずみを計測した。

3. 解析方法

本研究では、離散型ひび割れおよび付着面要素を用いた 3 次元有限要素法解析²⁾を行った。図-2 に本解析で用いた要素分割を示す。対称性を考慮して供試体の 1/4 モデルとして解析を行った。コンクリートおよび鉄筋は等方性・弾性材料として扱い、2 次のアイソパラメトリック 6 面体要素を用いて表現した。鉄筋とコンクリート要素間の境界には、付着および支圧特性を表現するための離散型付着面要素を挿入している。また、ダウエル作用により発生するひび割れは、あらかじめ鉄筋の側方にひび割れ面要素を解析モデル全長に渡って配置することにより表現した。荷重は荷重プレートを介して等分布荷重として作用しているため、はり中央部のスリット上面に仮想仕事の原理を用いて算出した等価節点力を与えた。

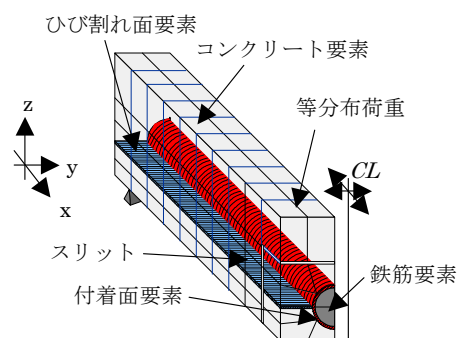


図-2 要素分割図

キーワード：ダウエル作用，離散型要素，有限要素法解析，せん断引張破壊

住所：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1（立命館大学理工学部土木工学科）TEL/FAX：077-561-2805

4. 結果および考察

(1) 最大ダウエル耐力～かぶり関係

図-3 に最大ダウエル耐力～かぶり関係を示す。実験および解析結果ともに、かぶりの増加に伴い最大ダウエル耐力は増加する。これは、ダウエル力によってかぶり方向のコンクリートに生じる引張応力に対する抵抗領域の増加に起因していると考えられる。この結果から、本解析によって RC はりのダウエル耐力をある程度推定できることが確認された。

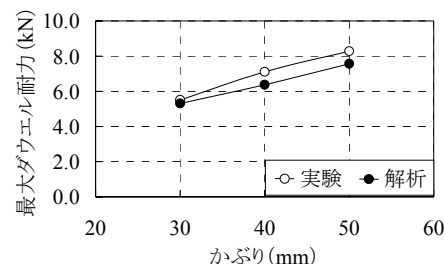


図-3 最大ダウエル力～かぶり関係

(2) 曲率～ x （人工ひび割れ面からの距離）関係

図-4 に曲率～ x 関係を示す。ダウエル力が小さい段階では最大曲率の発生位置はほぼ一定で、曲率の大きさがダウエル力にほぼ比例することが確認された。

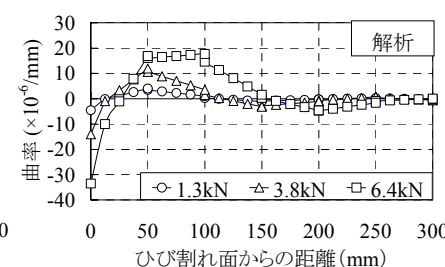
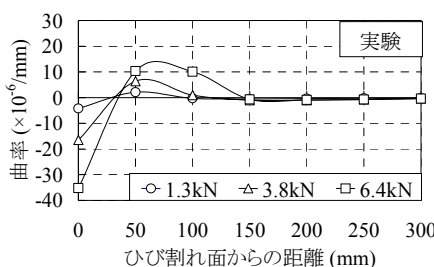
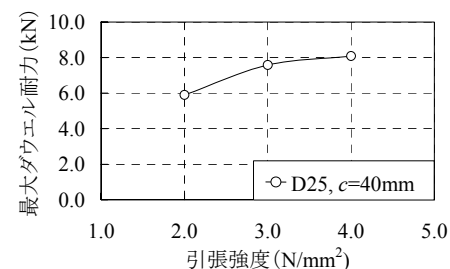


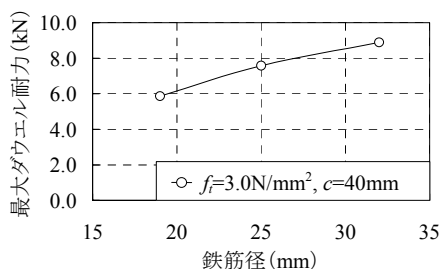
図-4 曲率～ x 関係 ($c=40\text{mm}$) 注) x は、人工ひび割れ面から支点方向への距離

(3) 最大ダウエル耐力に及ぼす影響要因

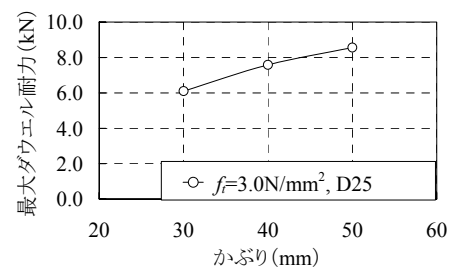
図-5 にパラメータ解析から得られた最大ダウエル耐力～各種要因との関係を示す。コンクリートの引張強度、鉄筋径、側方かぶりの増加に伴い、解析結果から得られた最大ダウエル耐力は増加する。鉄筋径と側方かぶりが最大ダウエル耐力に及ぼす影響は、本解析の範囲内においては線形であった。しかし、コンクリートの引張強度が 4.0N/mm^2 あたりでダウエル耐力が頭打ちとなる傾向にあった。



(a) コンクリート引張強度の影響



(b) 鉄筋径の影響



(c) 鉄筋側方かぶりの影響

図-5 最大ダウエル耐力への影響要因

5. 結論

本研究結果から以下の結論が得られた。

- (1) コンクリートの引張強度、鉄筋径、側方かぶりの増加に伴い、ダウエル耐力は増加することが本解析で確認された。
- (2) ダウエル作用により鉄筋が曲率を有する範囲は、ダウエル力が大きいほど人工ひび割れ面から遠方にまで及ぶことが確認され、本解析の妥当性が示された。
- (3) 鉄筋のダウエル作用を離散型付着面要素を用いて解析にモデル化する場合、ダウエルひび割れの特性のみならず、鉄筋界面に発生したダウエルひび割れによって生じる付着劣化ならびに支圧および剥離特性に関する検討が必要である。

今後の課題として、鉄筋の付着特性とダウエル作用の相関関係、コンクリートの応力状態とダウエルひび割れの発生条件や進展方向の関係、せん断補強筋の影響などを考慮した解析を試み、鉄筋とコンクリート間のダウエル特性を表現する付着要素の構成則の提案を試みる予定である。

(参考文献)

- 1) Krefeld, W. J. and Thurston, C.W. : Contribution of Longitudinal Steel to Shear Resistance of Reinforced Concrete Beam, *ACI Journal*, Vol.63, No.3, pp. 325-344, 1966.
- 2) 岡田次郎, 日比野憲太, 高木宣章, 児島孝之 : 離散型要素を用いたねじりを受ける鉄筋コンクリート梁の有限要素法解析, 平成 15 年度土木学会関西支部年次学術講演会, V-13-1-2, 大阪, 2003.5.