

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

RC 構造の挙動や破壊状況を解明するには、異種材料の界面での応力伝達特性を明らかにすることが必要である。特にせん断破壊のように、鉄筋の付着特性が部材の破壊形式に影響を与え、ダウエル作用が耐荷機構の一要因となる場合には、その特性を適切に表現する解析手法を開発することが必要不可欠となる。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、離散型モデルに基づく 3 次元有限要素法解析を用いてダウエル作用のシミュレートを行い、RC はりのダウエル特性に影響を及ぼす各要因についての検討を行った。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。

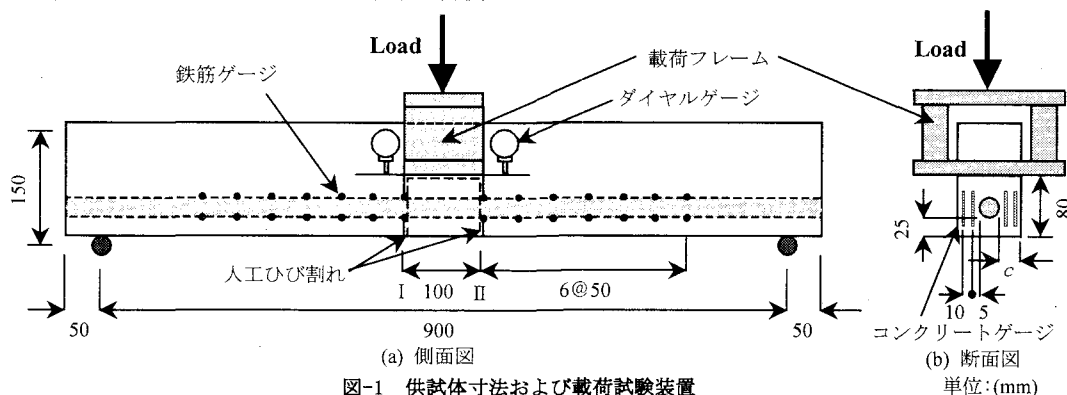
2. 実験概要

(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載荷試験装置を示す。コンクリートの目標圧縮強度は 30N/mm^2 、RC はり（高さ 150mm 、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。供試体中央部の載荷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 日で載荷試験を行った。載荷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。載荷条件は、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、供試体外部を跨ぐ載荷フレームを設置し、フレーム上部より載荷した。

(2) 測定項目

ダイヤルゲージ式変位計による載荷フレーム端部 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。荷重は載荷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。

4. 結果および考察

(1) 最大ダウエル力～かぶりの関係

図-3に最大ダウエル力～かぶりの関係を示す。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力は増加する。これは、ダウエル力に抵抗する領域の増加に起因するものと考えられる。

(2) ダウエル力～相対変位関係

図-4にダウエル力～相対変位関係を示す。解析では、最大ダウエル力到達以降は実験で生じた変形の増加は生じず、急激に部材耐力を失った。これは、鉄筋周辺の付着面要素が剥離状態に至ったためと考えられる。

(3) 曲率～ x (人工ひび割れ面からの距離) 関係

図-5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あり、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。

(4) 鉄筋付近のコンクリートひずみ分布

図-6に鉄筋付近のコンクリートひずみ分布の実験結果を示す。いずれの供試体も早期に鉄筋付近のコンクリートに引張ひずみが発生しており、ダウエル力の増加に伴いコンクリートの引張抵抗領域が側方へ移動していくことが確認された。

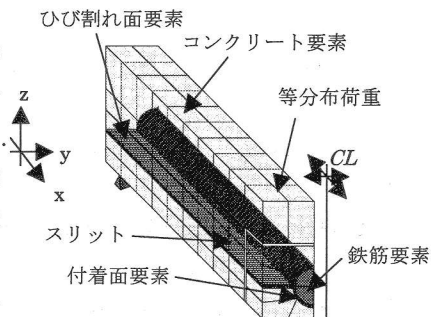


図-2 要素分割図

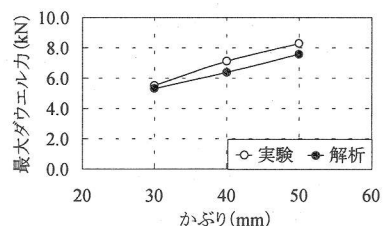


図-3 最大ダウエル力～かぶり関係

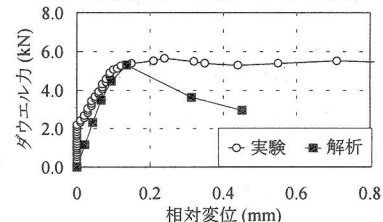


図-4 ダウエル力～相対変位関係 (c=40mm)

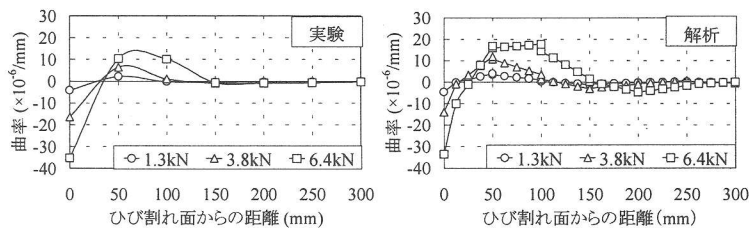


図-5 曲率～ x 関係 (c=40mm) 注) x は、人工ひび割れ面から支点方向への距離

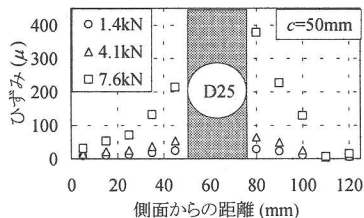


図-6 鉄筋付近のコンクリートひずみ分布

5. 結論

本研究結果から以下の結論が得られた。

- (1) 側面かぶりの増加に伴い、最大ダウエル力は増加する。
- (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の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的のみならず、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。

(参考文献) 日比野憲太, 高木宣章, 児島孝之: 離散型要素を用いたせん断補強筋を有さない鉄筋コンクリート梁の有限要素法解析, 土木学会論文集, No.739/V-60, pp.31-48, 2003.8.