

部分的に生じた腐食ひび割れが RC はりのせん断破壊メカニズムに与える影響に関する解析的研究

中村駿哉

指導教員：三木朋広

1. 研究背景と目的

近年，高度成長期に構築された構造物の老朽化が進むなど，社会インフラの維持管理の重要性が社会的に重視されている．これらの構造物の維持簡易を合理的に行うためには，時間軸に沿った構造物の性能評価が重要となる．しかし，構造物内部の情報を正確に得ることが困難であることや，劣化機構が複雑であることが要因となり，材料劣化が生じた構造物の構造性能を評価するモデルに関する情報は不足しているのが現状である．また，劣化部材がせん断破壊する場合，破壊機構はさらに複合的になる．

本研究の最終目的は，腐食ひび割れの幅と付着強度の関係等，ある程度ミクロな影響因子を考慮したモデルを部材レベルに適用し，鉄筋が腐食したはりの耐力変動要因や斜めひび割れ性状について定量的に把握することである．そのため，竹内ら¹⁾が行った実験を対象とした有限要素モデルに腐食ひび割れと付着特性の低減を導入し，鉄筋腐食が生じた RC はり特有の現象である耐力の上昇や斜めひび割れ性状の変化の再現性について検討を行っていく．

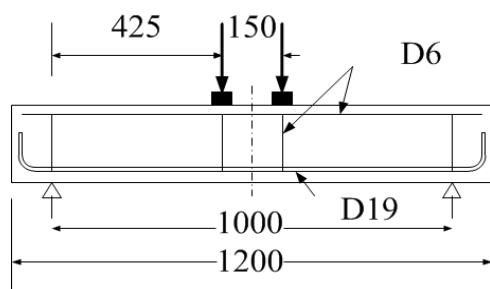


図-1 供試体概要

表-1 供試体の材料特性

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
No.1	23.3	2.46	24.9
No.2	23.3	2.46	24.9

2. 解析手法

図-1に解析対象とした竹内らの供試体，表-1に各供試体の材料特性を示す．No.1は健全供試体，No.2はせん断スパン中央を腐食させた供試体である．図-2に解析モデルを示す．要素は8節点要素とし，寸法を20×25mmとした．簡単のため，モデルはハーフスパンとした．図-3(a)に，コンクリートと鉄筋間の付着応力 τ —すべり量 s 関係について示す．既往の研究で提案されたいくつかのモデルを対象として感度分析を行い，飯塚ら²⁾のモデルを採用した．また，図-3(b)に，せん断破壊を生じる RC はりを対象とする場合に重要である，コンクリートのせん断剛性保持率 β —せん断ひずみ γ 関係を示す．こちらについても，既往の研究で提案されたモデルを対象として感度分析を行い，山本ら³⁾のモデルを採用した．

鉄筋腐食をモデル化するにあたり，腐食ひび割れをモデル化し，腐食によって鉄筋の質量が減少した区間における鉄筋の力学性能およびコンクリートと鉄筋間の付着強度を低減させた．その際には，文献⁴⁾で示された提案式を用いた．付着強度の低減式を以下に示す．

$$\frac{\tau_b}{\tau_{b0}} = \exp(-0.0607C) \quad (1)$$

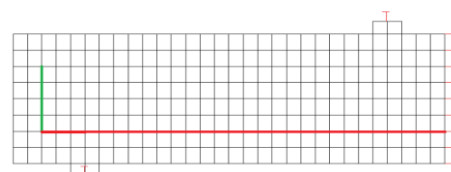


図-2 要素分割図

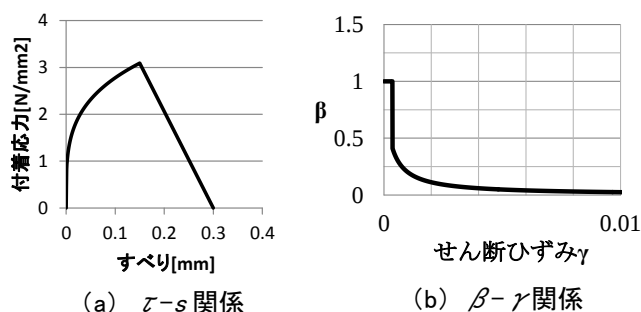


図-3 採用した構成則の一例

キーワード 鉄筋腐食，せん断耐荷機構，腐食ひび割れ幅，付着強度の低下

ここで、 τ_b ：腐食した鉄筋とコンクリート間の付着強度、 τ_{bo} ：健全な RC はりにおける付着強度、 C ：鉄筋の質量減少率（%）である。

腐食ひび割れをモデル化するために、腐食ひび割れの発生を想定する位置の要素の節点に強制変位を与え、ひび割れを発生させる手法をとった。強制変位を与える節点数と、各節点に与える変位をパラメータとし感度解析を行った。図-4 に、示された強制変位を与えた場合におけるはりの高さ方向のひび割れ幅分布を示す。

3. 解析結果と考察

せん断スパン中央を腐食させた供試体 No.2 を対象とした解析結果について示す。図-5 (a) に荷重－変位関係、図-5 (b) に最大主ひずみ分布を示す。図-5 (a) より、実験結果 (No.2) には及ばないものの、鉄筋腐食をモデル化したケース (No.2-b12, No.2-c0.09-b6, No.2-c0.35) については、健全の解析結果 (No.1) に比べ耐力が上昇する傾向を再現することができた。(b) の最大主ひずみ分布に示すように、載荷点と定着部を結ぶ線上に斜めひび割れが進展することで、その進展領域で部材が圧縮ストラットを形成したことが耐力上昇の要因であると考えられる。また、腐食をモデル化した際に、付着強度を低下させたケース (No.2-b12) と、最大幅 0.35mm の腐食ひび割れをモデル化したケース (No.2-c0.35) を比較すると、どちらも耐力の上昇程度は異なるものの、図-5 (c) に示すように、No.2-c0.35 では腐食ひび割れ端部から斜めひび割れが進展しているという挙動が再現できたことから、鉄筋腐食のモデル化において、腐食ひび割れを導入することの意義が示されたと考える。

4. 結論

鉄筋腐食を生じた RC はりのモデル化を行う際には、

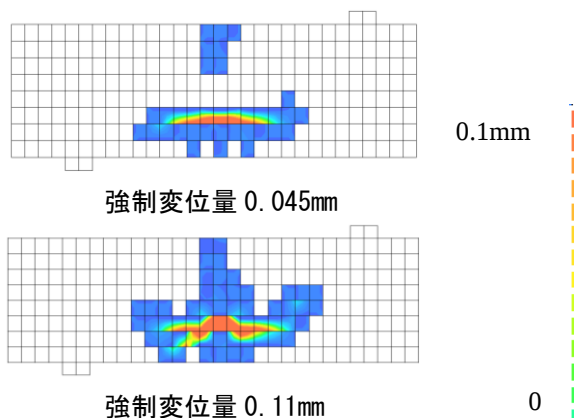
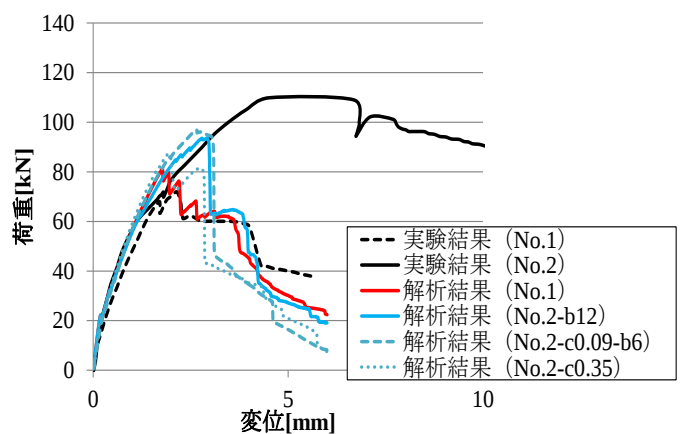


図-4 はりの高さ方向のひび割れ幅分布

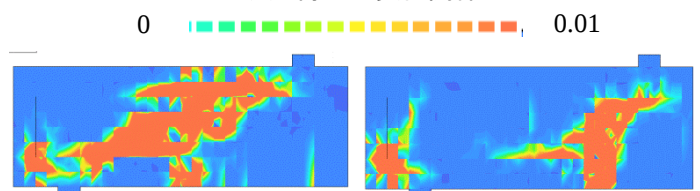
付着強度の低下および腐食ひび割れのモデル化によって耐力が上昇することを確認した。また、腐食ひび割れのモデル化によって、斜めひび割れが腐食ひび割れ端部から進展する挙動を確認した。

参考文献

- 1) 竹内靖人，三木朋広：軸方向に局所的鉄筋腐食を有する RC はりのせん断耐荷機構評価，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 10 巻，pp.235-240，2010.10
- 2) 飯塚敬一，檜貝 勇，斉藤成彦，高橋良輔：かぶり厚の影響を考慮した異形鉄筋の付着応力－すべり－ひずみ関係，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，Vol.67, No.2, pp.280-296，2011
- 3) 山本善彦，栗原和夫，永野裕康：面内複合応力を受ける RC 平板のせん断剛性についての解析的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.3，1998
- 4) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書，1998.10



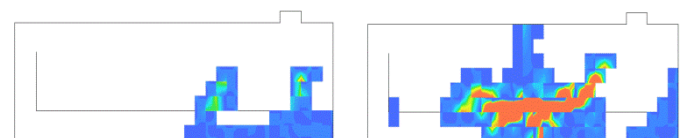
(a) 荷重－変位関係



No.2-b12

No.2-c0.35

(b) 最大主ひずみ分布 (終局時)



No.2-b12

No.2-c0.35

(c) 斜めひび割れの進展挙動 (変位 0.6mm 時)

図-5 解析結果の一例