

鉄筋腐食した RC 梁の曲げ耐荷性状に関する解析的研究

防衛大学校 学生会員 ○玉置 将弘 防衛大学校 正会員 山本 佳士
防衛大学校 正会員 黒田 一郎 防衛大学校 正会員 古屋 信明

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の鉄筋腐食が構造性能に与える影響については、今までにも数多い研究がなされている。そこで本研究では、RC 梁について鉄筋を腐食させた実験結果（論文投稿中）をもとに、3次元剛体パネモデル（以下、RBSM）を用いての鉄筋腐食が曲げ耐荷性状に与える影響を解析によって定量的に評価することを目的とした。

2. 解析手法（剛体パネモデル）

ボロノイ分割（図-1）を用いたランダムな要素形状を有する3次元RBSMによりコンクリートをモデル化した。図-2に示すように、各要素内の重心に6自由度の3次元剛体変位を設定し、要素境界面上には、垂直パネおよびせん断パネからなるパネ系を配置し、対象とする材料の特性を導入した。垂直パネには、破壊エネルギーを考慮した引張軟化 1/4 モデルを導入し、圧縮応力下では破壊は生じないものとした。せん断パネにはモール・クーロン型の破壊規準を導入し、せん断すべり破壊を考慮した。

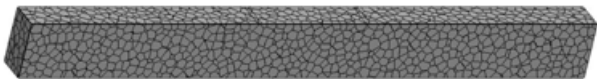


図-1 ボロノイ分割

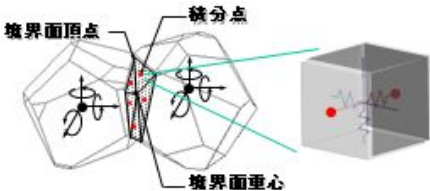


図-2 剛体要素の自由度と要素境界上の積分点

3. 鉄筋腐食した RC 梁の曲げ載荷解析

3. 1 解析対象（実験概要）

実験で用いた供試体の寸法、および配筋を図-3 に示す。外形寸法は1460 mm×80 mm×140 mm、主鉄筋はD13 鉄筋(SD345)を引張側に1本配置し、せん断補強筋D6(SD295A)を支点付近のみ50mm、その他は100mm 間隔で配筋した。目標とする引張鉄筋の腐食率（腐食により失った鉄筋重量の腐食前の鉄筋重量に対する比率）を10%、30%とし、比較用として腐食率0%の供試体も1本用意した。各供試体の番号と腐食率を表-1 に示す。電食装置を用いて鉄筋を腐食させたRC梁を、図-3 のように載荷点間隔280mm、支点間距離1260mmで、静的二点曲げ載荷した。載荷試験終了後に鉄筋をはつりだし、除錆を行い、鉄筋径をノギスにより計測した。

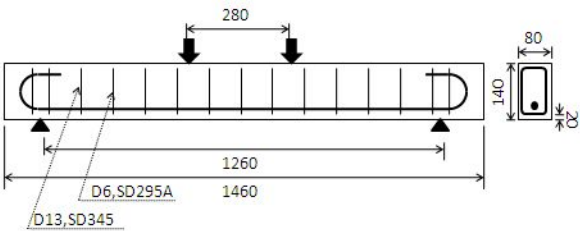


図-3 供試体と実験の概要

表-1 供試体番号と目標腐食率

供試体 番号	シリーズ (バッチ)	腐食率 (%)		コンクリート強度 (N/mm ²)	
		目標	実測	圧縮	引張
5	B2	10	14.2	32.8	2.8
6			13.9		
7			13.4		
8		0	0		
10	B3	30	25.3	35.5	2.7
11			26.1		
12			31.6		
13		0	0		

3. 2 解析モデル

図-4 に解析モデルを示す。鉄筋の劣化は、実験後に実測した断面積分布と、質量減少率から算定する付着強度分布¹⁾により表現した。



図-4 解析モデル

4. 解析結果及び考察

4. 1 荷重 - 変位関係

実験結果及び解析で得られた荷重 - 変位関係を比較したものを図-5, 6, 7 に示す。腐食鉄筋の断面積分布および付着の劣化分布を適切にモデル化することによって、実験で得られた耐力および変形性能を、概ねシミュレートしていることがわかる。

4. 2 ひび割れ性状

図-8, 9, 10, 11 に、解析により得られた降伏荷重後（荷重 - 変位関係にプロットした位置）の垂直バネの破壊状況（緑<黄<赤の順で大）と変形図を示す。図-8 は比較用の健全供試体であり、腐食による影響がないため、ひび割れが分散している。図-9 は腐食率 30% (No. 10) の供試体であり、腐食による影響を受け、ひび割れが局所化していることがわかる。このひび割れは、No. 10 の鉄筋断面積分布(図-12)を参照すると、等曲げ区間において断面積減少が著しい部分に発生していることがわかる。実験では、鉄筋が破断して終局に至ったが、この一部のひび割れが大きく開口していったことになる。

5. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

(1) 3 次元 RBSM を用い実測の鉄筋断面積減少と付着強度劣化をモデル化することで、鉄筋腐食した RC 梁の耐力および変形性能を概ね評価することができた。

(2) 腐食率の増加による鉄筋とコンクリートの付着特性は、ひび割れの分散性に影響を与える。腐食が進むにつれて、ひび割れが局所化していく挙動を解析により再現することができた。

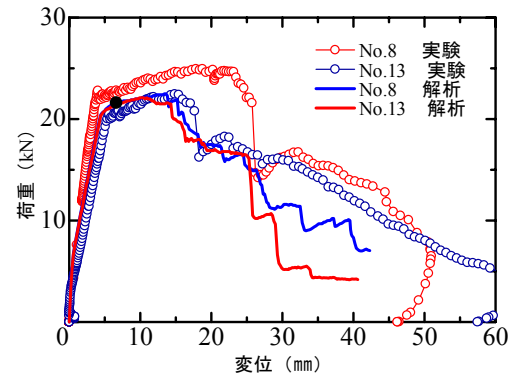


図-5 荷重 - 変位関係（腐食率 0%）

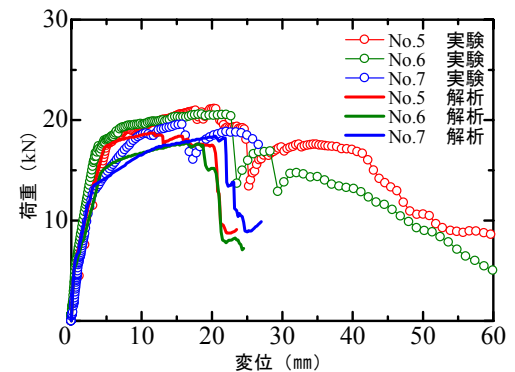


図-6 荷重 - 変位関係（腐食率 10%）

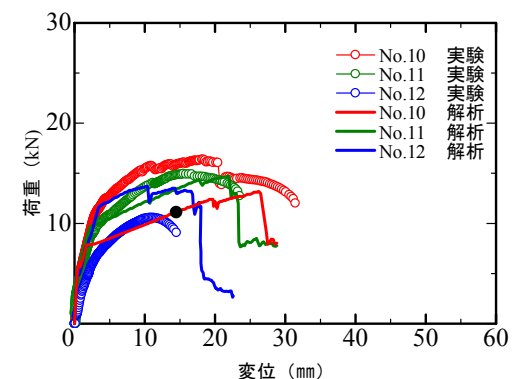


図-7 荷重 - 変位関係（腐食率 30%）

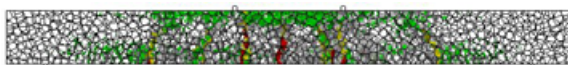


図-8 垂直バネの破壊状況 No13

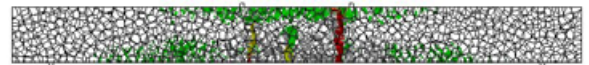


図-9 垂直バネの破壊状況 No10



図-10 変形図 No13(変形倍率 10 倍)



図-11 変形図 No10(変形倍率 10 倍)

謝辞：本研究で解析対象とした実験に際しては、土木学会コンクリート委員会「材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能小委員会」（委員会：下村 匠 長岡技術科学大学准教授）の委員諸氏に多大なご協力、ご尽力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，コンクリート技術シリーズ 71 土木学会，2006

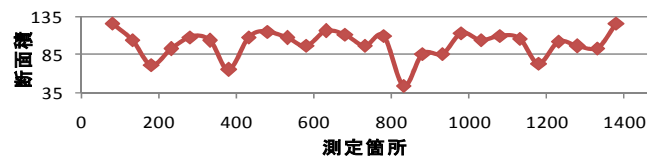


図-12 鉄筋の断面積分布図 No10