

生成環境の違いによる鉄筋腐食の力学的特性に関する研究

中央大学 学生会員 ○根岸 泰彦
 中央大学 学生会員 足助 美岐子
 中央大学 正会員 大下 英吉

1.はじめに

RC 構造物の構造性能や耐荷性能を評価することは、適切に維持管理を行うために重要な位置付けにある。現在、腐食ひび割れの発生機構や鉄筋の腐食性状と腐食ひび割れの関連性がある程度明らかにされているが、それらの定量化には至っていない。その一要因として、鉄筋腐食によって発生する腐食生成物の弾性係数およびポアソン比が未解明であることが挙げられる。

既往の研究¹⁾では、腐食生成物の弾性係数およびポアソン比はほぼ一定とされている。しかしながら、この実験の腐食物は一次元的に生成されたものであり、実構造物の評価には再現性に欠けている。

本研究では、拘束圧の有無、拘束圧の大きさの違いが腐食生成物の力学的特性に与える影響の評価を目的とした。拘束圧の有無、拘束圧の大きさの違いによる腐食生成物の挙動について検討し、ポアソン比と弾性係数の解析的推定をすることとした。

2. 腐食生成物の力学的特性評価実験

2.1 試験体概要

試験体はφ150×300mmのRC円柱供試体であり、断面中心位置にあらかじめ腐食させたD19の鉄筋を配筋した。鉄筋の腐食手法として電食試験方法を採用した。水槽内には、5%NaCl水溶液を満たした状態で鉄筋コンクリートを設置し、鉄筋を陽極側、銅板を陰極側に接続した後、所定の積算電流量に直流定電流を通电した。その後水槽から取出し24時間自然乾燥させた後、鉄筋をはつりだし、新たに載荷用の試験体に打設した。また、鉄筋単体での電食試験は、発生した腐食生成物が剥がれ落ちるのを防ぐため鉄筋に脱脂綿を巻き、布で覆った状態で電食試験を行った。そして、電食試験終了後に腐食鉄筋を乾燥させ、鉄筋を取り出した。

2.2 実験パラメータ

実験パラメータは表-1に示すように、腐食時のかぶり厚さおよび水セメント比であり、STは鉄筋単体で腐食させたものである。また、コンクリートの配合表は表-2に示す通りである。

2.3 水圧試験

実験装置の概略図を図-1に示す。なお、試験体を設置する際、漏水を防ぐため試験体をゴムスリーブで覆った状態で試験機に設置した。

載荷は油圧式のポンプにより水を注入することで装置内の水圧を上昇させ、側面水圧を計測する。なお、側圧載荷は0.01MPa/sで増加させ、試験体が破壊するまで行った。測定項目は、コンクリートの縦方向ひずみと横方向ひずみ、鉄筋の軸方向ひずみである。

3. 有限要素解析を併用した力学的特性評価

3.1 有限要素解析概要

2章の実験概要に対する有限要素法による破壊挙動解析は、図-2に示すような実験と同様の鉄筋、腐食生成物およびコンクリートから構成される軸対称3Dモデルによって実施した。解析における作用

表-1 実験パラメータ

試験体名	腐食時の W/C(%)	腐食時の かぶり(mm)	腐食生成物の 厚さ(mm)
W/C30%-c50	30	50	0.37
W/C30%-c100		100	0.27
W/C60%-c50	60	50	0.16
W/C60%-c100		100	0.19
ST	-	-	0.58

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	スランブ (cm)	空気量	W/C (%)	kg/m ³				AE剤
				W	C	S	G	
25	10	5	60	165	290	798	1001	2.9
25	10	5	30	157	550	617	992	5.5

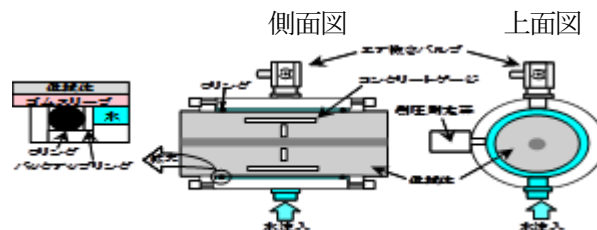


図-1 実験装置概略図

キーワード 腐食ひび割れ、腐食生成物、弾性係数、側面水圧実験、有限要素解析

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 新2号館4階 2422号室 TEL 03-3817-1892

荷重増分は、試験体側面に 0.1MPa の圧力増分として与えた。解析では、腐食生成物の弾性係数およびポアソン比をパラメータスタディ的に変化させ、腐食生成物の力学的特性を同定する。具体的には、実験においてひずみゲージを設置した位置でのコンクリートおよび鉄筋ひずみの実測値と解析値が一致するような腐食生成物の弾性係数とポアソン比を解析的に評価する。

3.2 力学的特性評価

実験結果の水圧と鉄筋ひずみの関係を図-3 に○で示す。腐食生成物は、緻密であるほど鉄筋に力を伝達し易くなるため、密な腐食生成物の場合は、鉄筋ひずみが大きくなり、疎な腐食生成物の場合には小さくなる傾向にある。すなわち傾きが小さいほど密な腐食生成物になる。同じ水圧を作用させたときの鉄筋ひずみに着目すると、同図(a)では、コンクリート中で腐食させたものの方が鉄筋単体で腐食させたものよりも密な腐食生成物になっている。同図(b)では、腐食時のかぶり 100mm のものは 50mm に比べて大きくなっており、かぶりが大きいほど密な腐食生成物になる。同図(c)では、腐食時の水セメント比 30% のものは 60% に比べて大きく、水セメント比が小さいほど密な腐食物が生成される。

いずれの試験体においても載荷初期段階では傾きが大きいものの、その後鉄筋ひずみが 80μ 程度になると傾きが小さくなっている傾向を示す。これは腐食生成物が粒状態のような性質を持っているため、側圧の作用により腐食生成物同士の空隙が減ることによって密になると考えられる。

同図に解析結果を実線で示す。腐食生成物のポアソン比を変化させ解析を行ったところ、本実験では腐食生成物の層厚が小さいため、解析に及ぼすポアソン比の影響は、有意な違いが見られなかった。一方、弾性係数の鉄筋ひずみに対する影響は見られた。 $2 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、 $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、 $2 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$ の3ケースで解析を行い、最も実験値に近い値を示したものは $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ であった。したがってコンクリート中で生成された腐食生成物の弾性係数のオーダーは 10^5 N/mm^2 であると考えられる。同様に、鉄筋単体で腐食させた場合の弾性係数は 500 N/mm^2 程度であると考えられる。かぶり厚さおよび水セメント比の違いによる拘束圧の違いが、腐食生成物の力学的特性

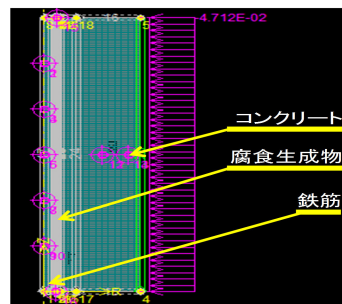
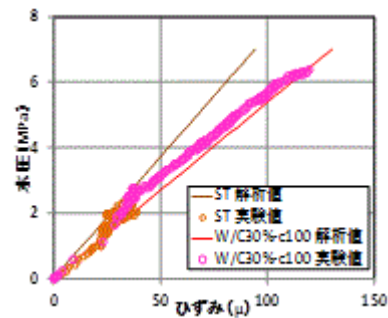
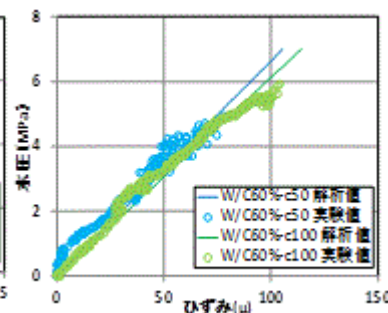
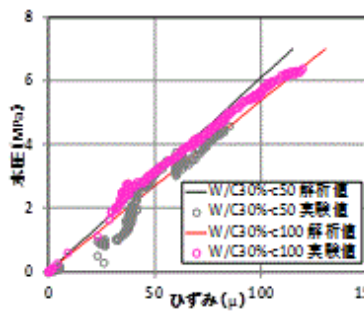


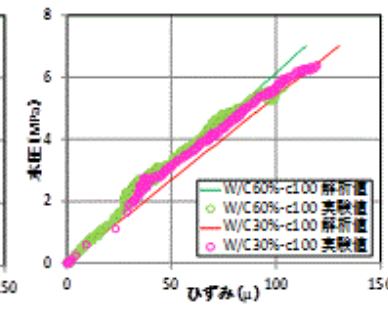
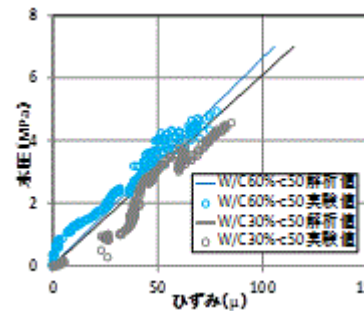
図-2 解析対象および解析メッシュ



(a) 腐食方法の違いによる比較



(b) かぶり厚さの違いによる鉄筋ひずみの比較



(c) W/C の違いによる鉄筋ひずみの比較

図-3 水圧-鉄筋ひずみ関係

に与える詳細な影響はまだ十分な結果が得ることができておらず、今後検討する必要がある。

4. まとめ

- (1) 腐食物が生成される時の拘束圧の有無が腐食生成物の疎、密に影響を与える。さらには、拘束圧の大きさが腐食生成物の力学的特性に影響を与え、大きいほど密な腐食生成物になる。
- (2) 本実験では腐食生成物の層厚が小さいため、解析に及ぼすポアソン比の影響は、有意な違いが見られなかったが、弾性係数を 10^5 N/mm^2 のオーダーで解析した値が実験値に近い値になる。

参考文献

- 1) 吉岡保彦, 米沢敏男: 鉄筋の腐食生成物の力学的特性に関する基礎的な検討, 土木学会第39回年次学術講演会第5部, pp. 271-272, 1984. 11