

コンクリート内部に生じる腐食生成物の力学的特性の推定に関する研究

中央大学理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○足助 美岐子

中央大学理工学部都市環境学科教授 正会員 大下 英吉

1. はじめに

RC 構造物における各種劣化現象の中でも塩害や中性化による鉄筋の腐食は、構造性能に及ぼす影響が大きい要因である。したがって、鉄筋の腐食性状を適切に評価し、併せてその性状を評価可能なモデルを構築することが、RC 構造物の構造性能評価を行う上で非常に重要である。

このような背景から、鉄筋腐食によるコンクリートの腐食性状に関する研究は、これまでに多数実施されている。現在までのところ、鉄筋の腐食性状と腐食ひび割れ性状の関連性など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、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、非拘束条件下の腐食生成物は塑性的性質が強く、拘束条件下では弾性的性質が強いことが報告されている。

しかしながら既往の実験では、実現象を忠実に再現したものではない。本来、コンクリート中の鉄筋表面から生成される腐食生成物は、その種類やコンクリートによる拘束度によって、その力学的特性は異なることが予測される。

本研究では、コンクリート内部の鉄筋に生じる腐食生成物の弾性係数およびポアソン比の定量的評価を目的として、特殊装置による側面水圧実験を実施し、理論式モデルとの併用によりそれらの同定ならびに拘束圧依存性の検討を行った。

2. モデルの概要

実験装置は図-1 に示すように、鋼製の円筒容器であるセルの中央部にφ150×300mm の試験体が設置される。中心にはあらかじめ腐食させた鉄筋を設置した。

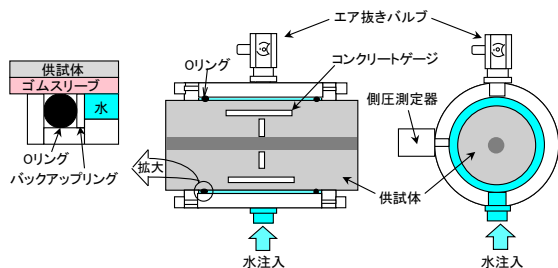


図-1 実験装置の断面概略図

また、試験体側面とセルの隙間には水が満たされており、ジャッキを介して水に加圧することにより、試験体側表面に一樣な水圧が作用することとなる。

試験体は、鉄筋とその表面に堆積した腐食生成物およびコンクリートからなっており、コンクリート表面には側面水圧が一樣に作用する。したがって、試験体の変形挙動を理論的に表現するには、平面応力状態を仮定した厚肉円筒理論が適用可能となる²⁾。

側面水圧により圧力が作用するのは、コンクリート層、腐食生成物層および鉄筋層の3層であり、それぞれの層の外径と内径に生じる変位の適合条件から、腐食生成物の弾性係数とポアソン比を求めることとする。

3. 腐食生成物の力学的特性に及ぼすコンクリートの拘束効果の影響

本実験の載荷は0.01MPa/secで油圧ポンプを使って行い、鉄筋ひずみとコンクリートのひずみを測定した。実験パラメータは、腐食生成物の緻密さと水セメント比である。鉄筋の腐食方法には電食試験法を採用し、鉄筋単体で疎となる腐食生成物を生成する方法(A)と、コンクリート内部で密となる腐食生成物を生成する方法(B)の二通りとした。

構築したモデルに本実験の条件を代入し、モデルの評価を行うこととする。なお、解析に用いたパラメータは表-1に示す通り、いずれも実測値である。

図-2 に水圧増加に伴う腐食生成物の弾性係数の変化と弾性係数の同定値を示す。まず、いずれの試験体においても載荷初期段階では大きなばらつきがみられるものの、水圧の増加とともに腐食生成物の弾性係数は一定値に収束するという傾向を示している。これは既往の研究¹⁾と同様の傾向である。

表-1 解析に用いたパラメータ

	弾性係数(kN/mm ²)		ポアソン比
コンクリート	W/C60%-A	20.9	$\nu_c=0.2$
	W/C30%-A	26.8	
	W/C60%-B	19.7	
	W/C30%-B	25.1	
鉄筋	$E_s=210.0$		$\nu_s=0.17$

キーワード 腐食生成物, 弾性係数, 電食試験, 側面水圧実験

連絡先 〒112-0003 東京都文京区春日1-13-27 中央大学 コンクリート研究室 TEL 03-3817-1892

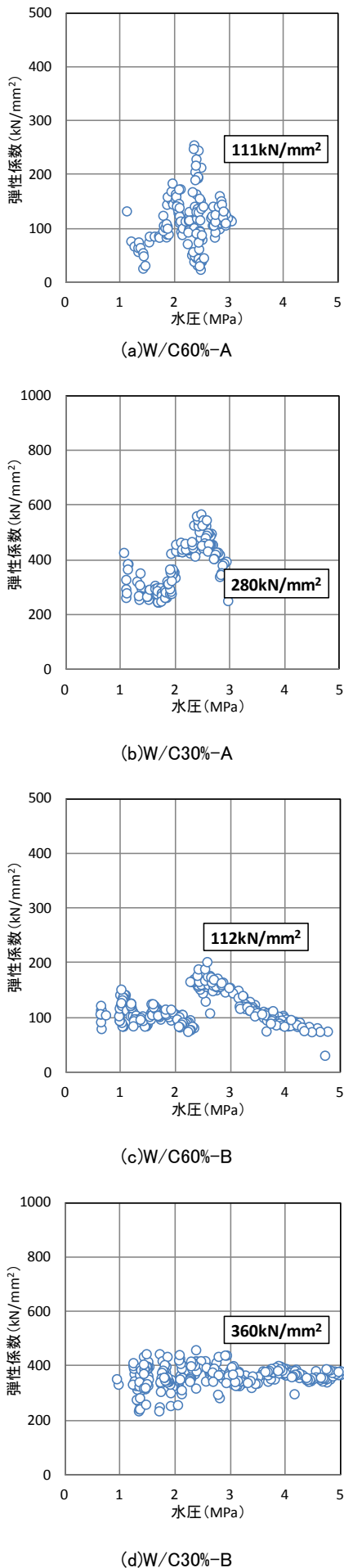


図-2 腐食生成物の弾性係数の変化

疎な腐食生成物の場合、水圧の増加とともに弾性係数は徐々に増加し、ある値に漸近する。これは粒状体に見られる圧密挙動であると考えられる。一方、密な腐食生成物の場合、載荷初期段階から水圧の値によらずほぼ一定値となる。

鉄筋の腐食方法に着目すると、同図(c), (d)に示すコンクリート内部で生成された腐食物(B)の弾性係数は、同図(a), (b)に示す鉄筋単体で生成された腐食物(A)の弾性係数に比べて大きくなる。これは腐食生成物の緻密さの違いによるものであり、コンクリート内部で発生する腐食生成物と自然暴露で発生する腐食生成物では、発生環境により腐食生成物の力学的特性は大きく異なることを示している。

腐食生成物に三次元的な拘束を与えることにより得られた腐食生成物の弾性係数の値は、既往の値¹⁾に比べると大きな差異が見られるが、これは拘束圧の影響の違いによるものである。すなわち、拘束圧が解放されずに試験体に作用すると、腐食生成物の弾性係数は非常に大きくなり、逆にひび割れ等が生じると拘束圧の解放により、その後に生成される腐食物の弾性係数は小さくなるものと考えられる。

なお、ポアソン比に関しては、本研究の範囲内では1.0~2.0という値が得られている。この値自体には、今後十分な検討が必要かと思われるが、本実験条件は等方圧と純引張応力状態の重ね合わせである。すなわち、純引張によって腐食生成物を構成する粒状体間の液体あるいは気体が引張力による圧力によって外へ抜け出し、引張作用軸直交方向に大きな収縮ひずみが生じると考えれば、現象と定量値との関連性はつくであろう。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 腐食生成物の発生環境により、弾性係数およびポアソン比といった力学的特性は大きく異なる。
- (2) 腐食生成物に三次元的な拘束を与えることにより得られた弾性係数の値は、拘束圧の影響の違いにより、既往の研究に比べて大きな差異が見られた。

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
- 2) 松島学, 堤知明, 関博, 松井邦人: 塩害環境下におけるRC構造物の設計かぶり, 土木学会論文集, No.490/V-23, pp.41-49, 1994.5