

V-271 コンクリート中の鉄筋腐食による膨張圧の推定

金沢大学大学院 学生員 八島 明生
金沢大学工学部 正 員 梶川 康男

1. まえがき

コンクリート中の鉄筋腐食が構造物に与える影響は、鉄筋断面の減少、付着力の低下、ひびわれの生成、腐食膨張圧の発生などがある。これらはすべて、構造物に多大な影響を与えるが、特に腐食膨張圧の発生はひびわれの生成や応力の発生を伴うので、構造物の挙動に影響を与える重要なパラメータである。この膨張圧に関して鉄筋がコンクリートの中心にある場合について角本等が報告している¹⁾。そこで、本研究では、はりの断面に拡張し実験と併せて膨張圧の推定を試みた。

2. 実験供試体および実験概要

今回の実験では、はりの仮想断面を用いて、実際の構造物では測定が困難であるひびわれの進展状況の観察と腐食膨張圧推定のためのひずみの測定を行った。

供試体は、丸鋼φ16と異形棒鋼D16を用いた幅150mm、高さ200mm、厚さ50mmのものと、ほか2種類の計4種類を用いた。供試体の一例を図-1に示す。なお 供試体には、早強ボルトランドセメントによる標準モルタルを用いた。モルタルの圧縮試験結果を表-1に示す。

実験方法としては短期間に定量的に鉄筋を腐食させる電食試験を行った。実験概要を図-2に示す。今回は陰極に銅板を用い、電解液には3.3%食塩水を用いた。実験は供試体を水溶液中に浸してから約2時間経過後、1mA/cm²の定電流を1週間（168時間）通電した。

3. 解析方法

腐食膨張挙動モデルは、腐食生成物層をモデル化し、それに体積ひずみを与える方法を用いた¹⁾。腐食生成物をモデル化するにあたり、対象となる腐食深さが極めて小さいため通常の要素では数値的な不都合が生ずる。そこで本研究では、山田等の提案した接合要素²⁾を拡張した層要素を用いた。また、引張側は、最大主応力が引張強度に達すると完全塑性状態となり最大主ひずみが200μに達するとひびわれが発生するものと設定した。図-3に対象とした鉄筋コンクリートモデル（150×200）を示す。解析は対称性を考慮して全断面の1/2に対して行った。（a）は鉄筋要素、腐食生成物要素、および付着要素、（b）はモルタル要素の分割図である。鉄筋は直径1.6cmの円形と仮定し、腐食生成物要素は解析対象の腐食重量減に応じた厚さで鉄筋内に組み入れた。付着要素はモルタル要素と腐食生成物要素の間に0.1mm幅で配置した。解析は膨張率を順次増加させて行った。解析に用いた弾性係数およびポアソン比を表-2に示す。

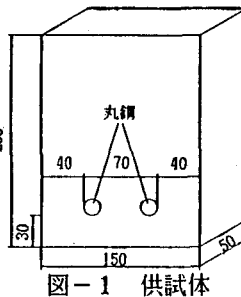


図-1 供試体

表-1 圧縮試験結果

圧縮強度(kgf/cm ²)	377
圧裂引張強度(kgf/cm ²)	35.1
弾性係数(kgf/cm ²)	2.1×10 ⁵
ポアソン比	0.2

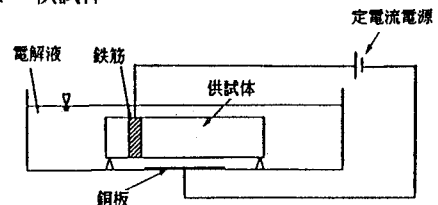


図-2 実験概要

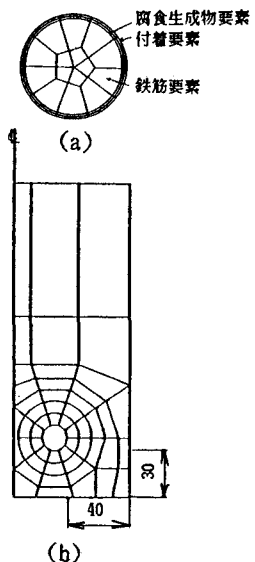


図-3 有限要素分割

4. 結果および考察

ひびわれ状況の解析結果の一例を図-4に示す。これは、縦ひびわれ発生時までのひびわれ状況で、腐食膨張率2.1の時にひびわれがコンクリート表面に達している（以下、縦ひびわれ発生）。また、ひびわれは、鉄筋間方向、底面方向、側面方向の順に入るといことがわかる。これに対して、実験結果におけるひびわれ状況の一例を図-5に示す。実験結果においても解析結果と同様なことが言える。

図-6は、図-4のケースにおける膨張率1.9と2.1の際の鉄筋周辺におけるモルタルの応力分布である。ひびわれ発生によって応力開放が生じているのでこの応力分布の平均応力を膨張圧とした。膨張圧の推定結果を表-3に示す。この表における実験結果からの推定は、実験時に測定した縦ひびわれ発生時のモルタル断面のひずみと、解析結果のひずみとを比較して、その時点における応力分布を求め、その平均を求めたものである。この表より縦

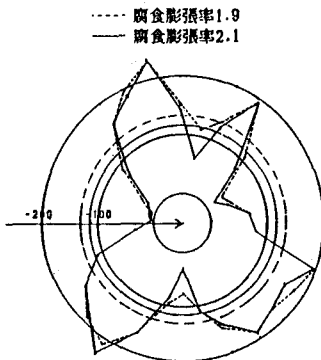


図-6 応力分布

表-2 解析に用いた諸定数

要素	鉄筋	モルタル	腐食生成物
弾性係数(kgf/cm²)	2.1×10^5	2.1×10^5	2000
ポアソン比	0.3	0.2	0.3

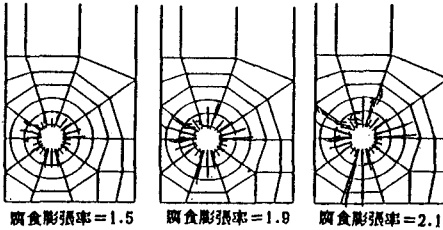


図-4 ひびわれ状況（解析結果）

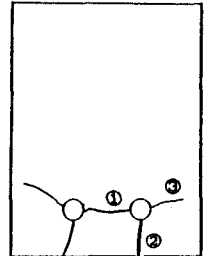


図-5 ひびわれ状況（実験結果）

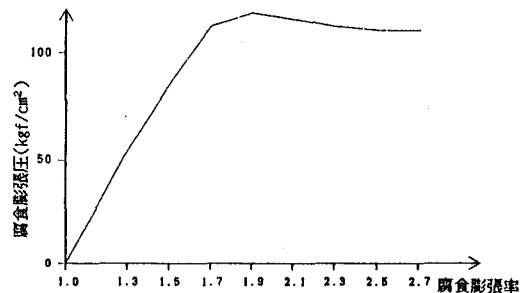


図-7 膨張圧-膨張率曲線

表-3 膨張圧の推定結果

単位；kgf/cm²

	実験結果				解析結果 (150~190)×200×50
	150×200×50 (丸鋼)	150×200×50 (異形棒鋼)	170×200×50 (異形棒鋼)	190×200×50 (異形棒鋼)	
N01	80~200	50~110	100~110	100~130	100~130
N02	50~200	80~200	130~200	80~130	

ひびわれ発生時の膨張圧は100~150kgf/cm²といことができる。

図-7は解析より得られた膨張圧と膨張率との関係図である。腐食膨張率1.6くらいまで膨張力は増加し、1.6~1.8で緩やかになり、それ以降はほぼ一定の値（約110kgf/cm²）を示している。これは、腐食膨張率1.6付近でひびわれによる応力開放が行われ、それ以降はひびわれが大きくなるだけで、膨張力としてはあまり増加しないためと推定される。

本報告は、はりの切断面について行ったが、今後は、はりの全体解析を進めて行く予定である。

参考文献 1) 角本・梶川・川村；コンクリート中の鉄筋腐食による膨張挙動の弾塑性解析とその適用性，土木学会論文集，第402号，1989。 2) 山田・江沢；接合要素法とその有限要素解析における応用，生産研究，31巻，6号，1979。