

V-250

鉄筋腐食膨張圧とひび割れの関係についての解析による考察

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

半永久構造物用材料として、今日まで多方面にわたりコンクリートは使用され、耐荷性能や耐久性について工学上極めて高い評価を得てきた。しかし近年、その優れているはずの耐久性に関する問題が取り上げられるようになってきており、鉄筋腐食やアルカリ骨材反応に代表されるような早期劣化は少なくない。これらのうち鉄筋腐食が構造物に与える影響には、鉄筋断面積の減少、付着力の低下、腐食膨張圧の発生などがある。特に、腐食膨張圧の発生はひび割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。これらを把握することによって、腐食損傷を受けたRC構造物の耐荷力の推定や点検時期ならびに補修方法の検討が可能であると考えられる¹⁾。しかし、これらを外部より測定することは困難である。そこで、本報告は、角本等の研究¹⁾に引き続き、はりの切断面及び床版断面の一部に対して、解析的に求めた膨張圧の推移とひび割れの関係について考察を行った。

2. 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に不都合が生ずる。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¹⁾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 に達するとひび割れが発生するものとした。

図-1に解析対象とした鉄筋コンクリートモデルを示す。(a)は鉄筋要素、腐食生成物要素、および付着要素、(b)ははり断面モデルにおけるモルタル要素、(c)は床版断面モデルにおけるコンクリート要素の分割図である。はり断面モデルにおいては、対称性を考慮して全断面の1/2に対して解析を行った。また、床版断面モデルにおいては、二次元解析のため配筋を表現できず、主鉄筋にのみ着目し、全てが同様に腐食するとして一本の主鉄筋について解析を行った。鉄筋は直径1.6cmの円形と仮定し、腐食生成物層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(コンクリート要素)と腐食生成物要素の間に0.1mm幅で配置した。なお、解析は腐食生成物要素の体積ひずみを順次増加させて行った。

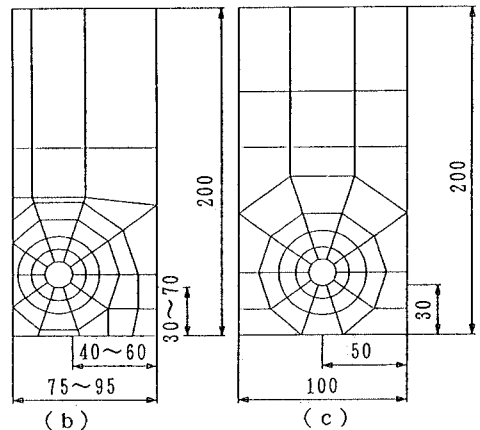


図-1 有限要素分割図

3. 結果と考察

はり断面モデルのひび割れ状況の一例を図-2に示す。これは、底面かぶり厚30mm、側面かぶり厚40mmのもので、体積膨張率の変化ごとに示してある。ここで、体積膨張率とは、腐食生成物要素の体積ひずみから換算したもので、腐食生成物が何倍に膨張したかということを表し

ている。このひび割れ図を用いて、ひび割れと膨張圧の関係について考える。まず、鉄筋間方向にひび割れは進展し、それにともない膨張圧は上昇する。そして、鉄筋間

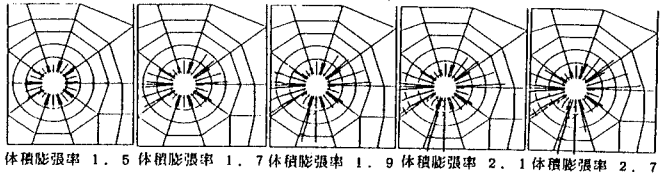


図-2 ひび割れ状況（はり断面モデル）

ひび割れがセンターラインに達した時、膨張圧はピークに達する。それから、底面方向のひび割れ進展とともに膨張圧は減少する。この時、側面かぶり厚の方が底面かぶり厚より小さいはり断面の場合は、このひび割れは側面方向に進展する。そして、縦ひび割れが発生し、膨張圧の減少はこの時にほぼおさまり、その後はひび割れが大きくなるだけで、膨張圧はほぼ一定の値100kgf/cm²程度となる。

また、はり断面モデルの膨張圧と体積膨張率との関係を図-3に示す。（a）は底面かぶり厚をすべて30mmに統一したものの、（b）は側面かぶり厚を60mmに統一したものを載せてある。

（a）を見ると、3者の推移にはそれほど差がなく、（b）を見ると、最小かぶり厚が大きいほどピーク値は高くなり、縦ひび割れ発生時の膨張率は大きくなっている。このことから、最小かぶり厚が膨張圧に与える影響は大きいということがわかる。

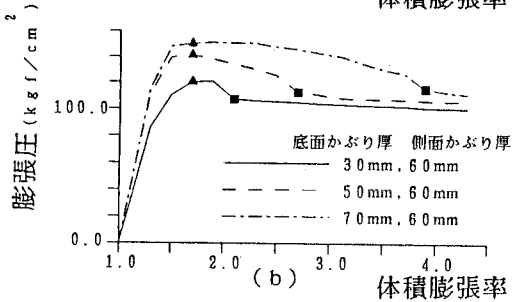
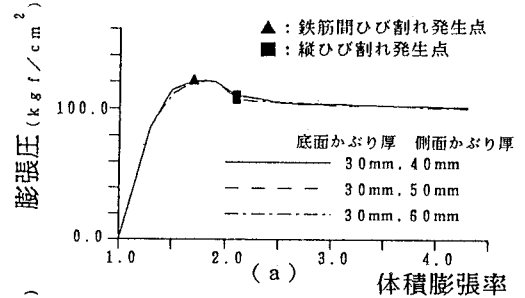
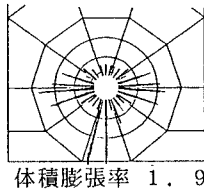


図-3 膨張圧-体積膨張率曲線
（はり断面モデル）

次に、床版断面モデルについて述べる。縦ひび割れ発生時のひび割れ状況を図-4に示す。これは、鉄筋間方向より底面かぶり厚の方が小さいため、まず底面方向にひび割れは進展し、そのまま縦ひび割れとなる。図-5は膨張圧と体積膨張率との関係図である。最初に進展する卓越ひび割れがそのまま縦ひび割れとなるため、はり



体積膨張率 1.9

図-4 ひび割れ状況
断面モデルとは異なり、（床版断面モデル）

縦ひび割れ発生直前にピークに達し、そのまま緩やかに減少している。なお、縦ひび割れ発生時の膨張圧は約115kgf/cm²である。

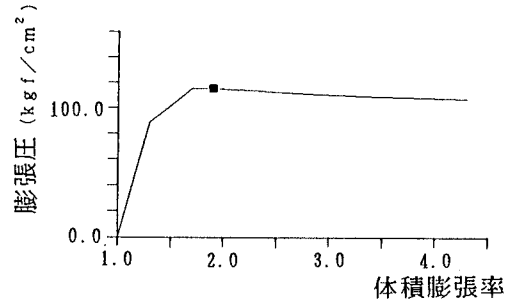


図-5 膨張圧-体積膨張率曲線
（床版断面モデル）

以上、本報告は膨張圧の推移について2つのモデルに対して考察を行ったが、今後、より研究を深め、実際の構造物に役立てていく予定である。

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；接合要素とその有限要素解析における応用，生産研究，31巻6号，1979.