

鉄筋腐食によるひび割れ発生機構の BEM 解析

熊本大学工学部 学生員 ○工藤雄一 熊本大学工学部 正 員 友田祐一
 熊本大学工学部 正 員 大津政康 (株) ハザマ技術研究所 正 員 村上祐治

1. はじめに

塩害などによる、鉄筋コンクリートの鉄筋腐食によるひび割れは、①鉄筋が腐食する。②鉄筋周囲に腐食生成物が生じる。③腐食生成物により、周囲のコンクリートに対して内圧が発生する。④内圧による応力が、コンクリートの強度を上回った時点で、コンクリートにひび割れが生じる。というメカニズムで発生すると考えられている。

このようなひび割れは、鉄筋コンクリートに対して有害であり、ひび割れの発生形態、ひび割れ幅、ひび割れ密度などが、鉄筋コンクリート構造物の力学的特性である耐荷力、変形特性および余寿命などに大きく影響することが考えられる。

そこで、鉄筋コンクリート構造物を模擬した供試体に、促進電食実験を行った結果をもとに、ひび割れ発生機構を、BEM 解析¹⁾により解明することを試みた。

2. 実験および解析

実験を行った鉄筋コンクリート供試体 ($60\text{cm} \times 60\text{cm} \times 40\text{cm}$) を図-1 に示す。このコンクリートの圧縮強度は 470kg/cm^2 、引張強度は 37.0kg/cm^2 であった。実験では電食実験によりひび割れを発生させた。実験によるひび割れ発生状況の例 (T_p はかぶり厚) も図-1 に示す。

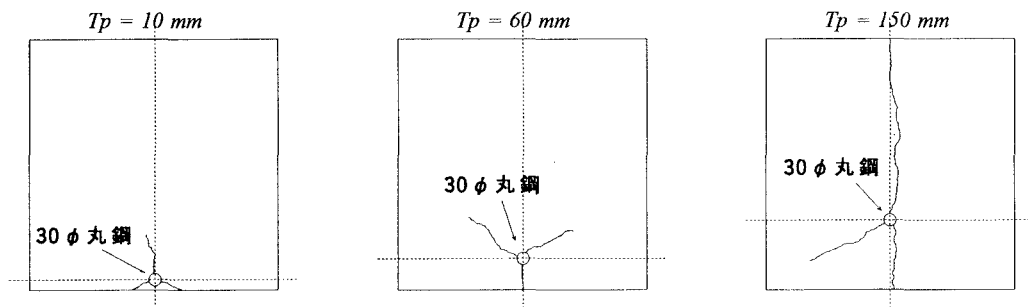


図-1

図-1 のような実験結果に応じて、図-2 のように解析モデルを作成した。

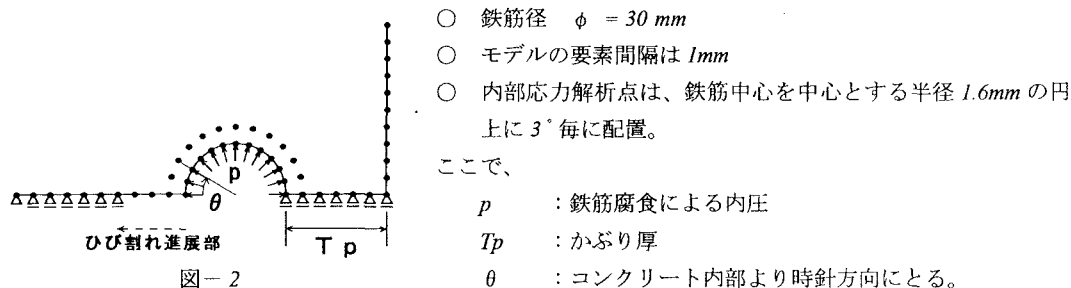
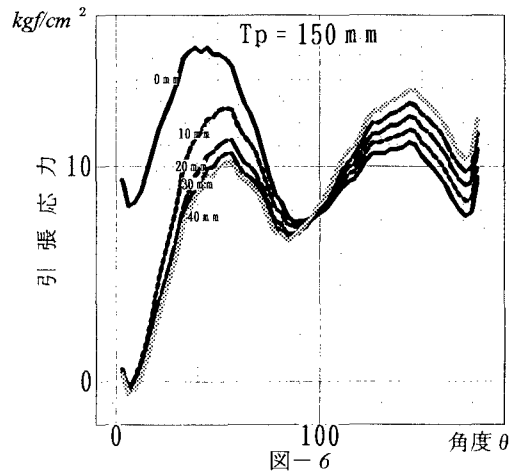
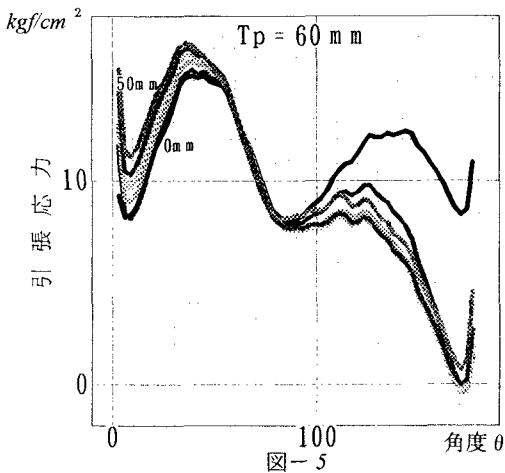
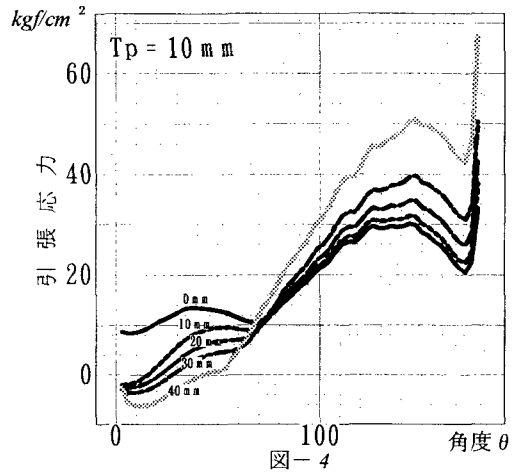
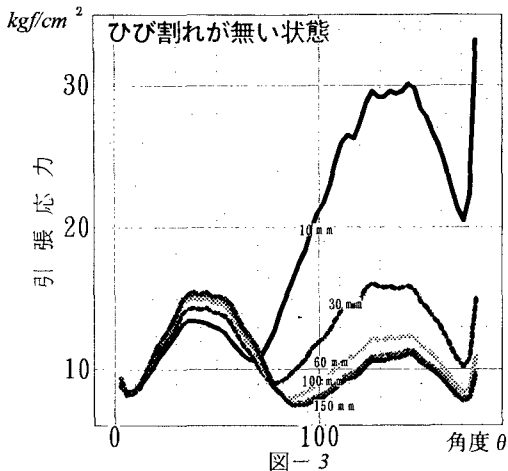


図-2

このモデルにおいて、ひび割れが図の破線矢印、またはかぶり方向に進展するとして、ひび割れに応じて支点拘束を除去し、その結果、内部応力点における周方向引張応力がどのような分布になるのかについて計算した。

3. 解析結果および考察

以下のグラフにおいて、縦軸は引張応力(周方向) [kgf/cm^2]、横軸は角度 θ である。そして、今回の解析例では、内圧は $p = 9\text{ kgf/cm}^2$ を与えている。



ひび割れのない状態での応力の分布を図-3に示す。線上の数字はかぶり厚である。かぶりが10mm, 30mmの場合は、120°~150°付近の応力が大きく、それ以上になると、30°~60°付近の応力が大きいことが認められる。ただし、この図も含めて全ての解析例で、両端(θ=0°とθ=180°)の応力集中域は常に最大であることより、考慮の対象とはしないことにする。

図-4にかぶり厚10mmの場合を示す。ひび割れはモデルの鉄筋左方向に進展させた。線上の数字はひび割れ進展の長さである。ひび割れが進むにつれて、120°~150°付近の応力が大きくなっていく傾向が認められる。

図-5にかぶり厚60mmの場合を示す。ひび割れはかぶり方向に進ませた。途中は省略しているが、ひび割れ進展10mm毎の解析結果で、30°~60°付近の応力が大きくなっていく傾向が見られる。

図-6はかぶり厚150mmの場合である。ひび割れ進展はモデルの鉄筋左方向。線上の数字はひび割れ進展の長さ。ひび割れが進展するにつれて30°~60°付近の応力が小さくなり、120°~150°付近の応力が大きくなる傾向が認められる。

以上の結果、ひび割れ進展に伴ってある方向に応力集中が生じることが明らかになり、これらの応力集中域は、明らかに図-1のひび割れ進展方向と一致している。したがって、実験結果のような鉄筋コンクリートの鉄筋腐食によるひび割れの発生原因が解明されたと考えられる。

参考文献 1) 神谷, 大西著; 境界要素法における計算力学, 森北出版