

アルカリ骨材反応によるコンクリートのひび割れ挙動に関する解析的検討

九州工業大学

学生員 ○眞野 裕子

九州工業大学

正会員 幸左 賢二

阪神高速道路公団

正会員 松本 茂

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 橋場 盛

1. はじめに

現在、ASRで劣化した構造物における耐久性の早期劣化が問題となっている。ASRに起因する膨張圧の発生により構造物中のスターラップが破断する事例が報告されており、維持管理の面からもそのメカニズムの解明が重要な課題となっている。そこで、本研究ではASRによるスターラップの曲げ加工部におけるひび割れ損傷に焦点を当て、2次元FEM解析を用いて、その損傷メカニズムの検討を行った。

2. 解析手法

本解析には2次元弾塑性有限要素解析法を用いた。検討対象橋脚として、実際にASRによる損傷および曲げ加工部における鉄筋破断が確認されたPC梁の単柱式橋脚を抽出した。

図-1に着目断面を、図-2に解析モデル図を示す。鉄筋径は実橋と同様の16mmを用いた。支持条件は図-2に示す通りとした。本解析は張り出し梁断面をモデル化しているため、奥行き方向の変形が拘束されると考えられることから、要素特性としてコンクリートおよび鉄筋には平面ひずみ要素を使用した。

また、コンクリートと鉄筋は完全付着とした。コンクリートの応力-ひずみ曲線は、圧縮域では圧縮強度までを2次放物線とし、その後は応力一定のもとひずみのみが増加するモデルを、引張域では引張強度に達した後、直線的に応力が減少するモデルを用いた。鉄筋は、鉄筋降伏強度に達した後のひずみ硬化を考慮したトリリニアモデルを用いた。

本解析では、温度変化により全コンクリート要素に一樣にひずみ（膨張量）を与え、ASRによる膨張を模擬している。よって、解析上示されるひずみ量は、与えたひずみ量と実際に発生したひずみ量の和として算出されていると考えられるので、評価手法として以下の式を用いた。

$$\varepsilon = \varepsilon_n - k \times n \quad (1)$$

ここに、 ε ：実際に発生したひずみ量

ε_n ：解析上示される膨張量 n の際のひずみ量

$k = 1.3$ ：平面ひずみ要素を用いたことによるポアソン効果の比

n ：コンクリートに与えたひずみ（膨張量）

ひび割れの発生基準は応力がコンクリートの引張強度（ 2.7N/mm^2 ）に達した時点とし、進展の判定基準は ε が ε_{cr} に達した時点とした。

3. 解析結果および考察

図-3にコンクリートの膨張による鉄筋挙動およびコンクリートのひずみの方向を示す。矩形の鉄筋は加工部近傍のみ拘束されることから、曲げ加工部を中心とした曲げ変形が生じる。この影響を受け、鉄筋直線

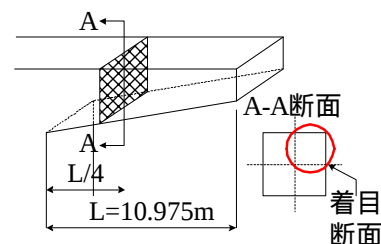


図-1 着目断面

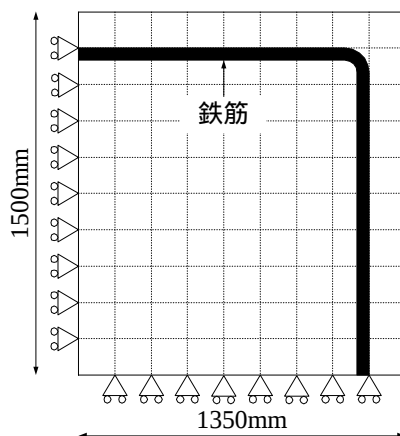
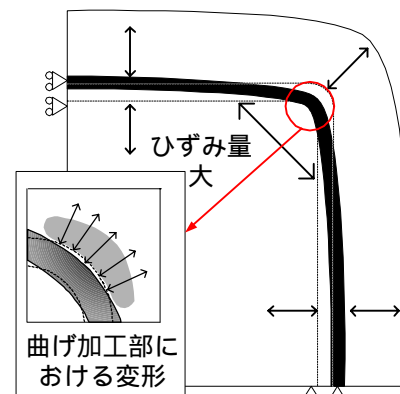


図-2 解析モデル図



最大主応力が発達している領域
 ←→ コンクリートひずみ
 図-3 変形図

キーワード：アルカリ骨材反応，膨張，ひび割れ，FEM 解析

連絡先：九州工業大学 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL，FAX(093)884-3123

部は外側に押し出され、曲げ加工部においては、鉄筋は若干内側に入り込む挙動を示すため、曲げ加工部内側のコンクリートのひずみが大きくなる。図-4の(a)から(d)に膨張量の増加によるひび割れの進展状況を示す。(a)に示すように、膨張量 200μ の際、曲げ加工部外側のコンクリートにおいて、コンクリートのひずみの方向、鉄筋の曲げ挙動の影響から、局所的に大きな引張応力が発生し、引張強度を超えるため、ひび割れが発生する。このひび割れは膨張量の増加に伴い、曲げ加工部外側中心を起点として、鉄筋形状に沿った方向に拡大していく。膨張量 700μ 時にコンクリートの発生ひずみが ε_{cr} に達する領域が拡大し始めることから、すでに発生しているひび割れを起点として、コンクリート表面に向かう方向に、枝分かれ状にひび割れが進展すると考えられる。この際、特に曲げ加工部外側の中心、曲げ加工部と直線部の境界におけるひずみ量が大きいことから、この2点が起点となると考えられる。また、この時点より、コンクリート表面のひずみは増加し始め、曲げ加工部内側のコンクリートにおいては、ひずみの進展によりひび割れが発生する。膨張量が増えるにつれて、かぶりコンクリートのひび割れは徐々に進展し、(c)に示すように、膨張量 1100μ 時には、かぶりコンクリートの半分程度まで進展すると考えられる。なお、鉄筋曲げ加工部内側の応力は膨張量 1100μ まで線形的に増加する。膨張量 1200μ の際の状況を(d)に示す。曲げ加工部内側のひび割れの進展により、鉄筋の曲げ変形が著しく進行し、鉄筋の変形量が増加することにより、かぶりコンクリートのひび割れが急激に進展、コンクリート表面に達すると考えられる。また、鉄筋の曲げ加工部内側においても、この影響を受け、降伏に至る程度の応力が発生したと考えられる。また、同様の現象が解析モデルの側面にも生じているため、ひび割れは梁部の上面および側面に水平方向に発生すると考えられる。

4. まとめ

- (1) 膨張初期段階で曲げ加工部外側の中心を起点としたひび割れが発生、鉄筋形状に沿った方向に進展し、膨張が進むと、さらにそのひび割れを起点としてコンクリート表面に向かう方向にひび割れが進展し、最終的にコンクリート表面に達すると考えられる。
- (2) コンクリート表面にひび割れが確認された場合、鉄筋の曲げ加工部には大きな応力が発生している可能性がある。
- (3) ひび割れは梁部の上面および側面に水平方向に発生すると考えられる。

参考文献

- 1) 眞野, 幸左, 松本, 橋場: ASR による曲げ加工部での鉄筋損傷メカニズム, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, -52, pp.A-512-, 2004.3

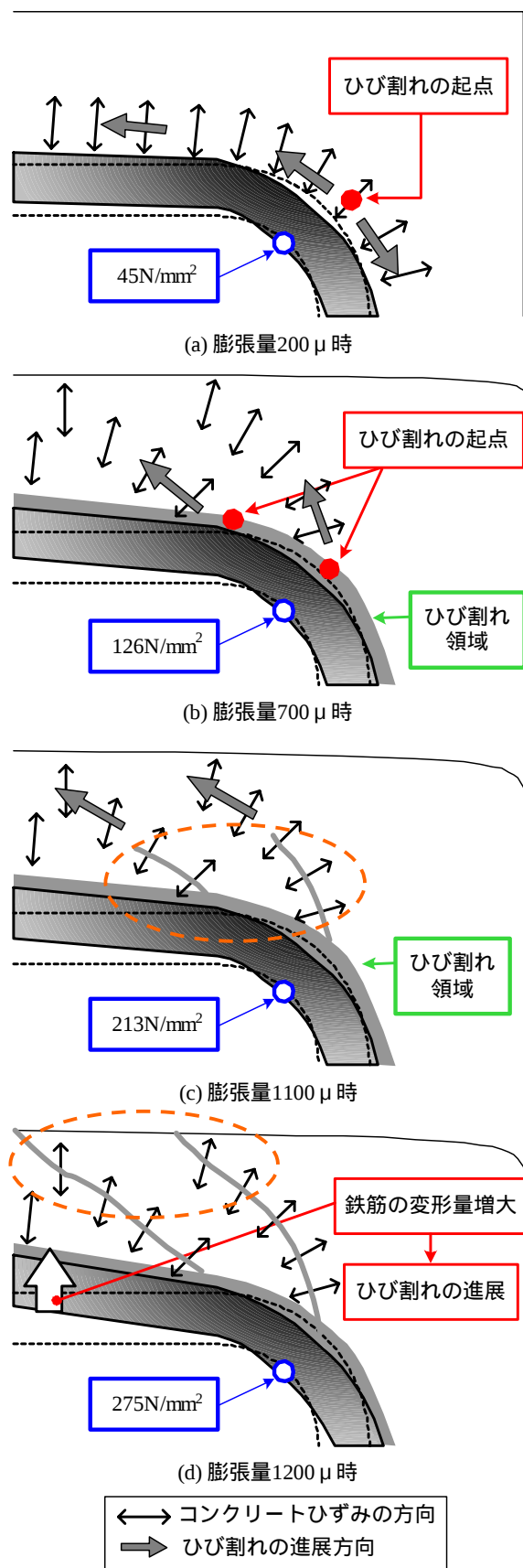


図-4 ひび割れ進展状況