

模擬供試体を用いた ASR による内部劣化度評価

九州工業大学
住友大阪セメント

学生会員 市川慧
正会員 草野昌夫

九州工業大学
九州工業大学

正会員 幸左賢二
正会員 合田寛基

1. はじめに

ASR劣化構造物において、外観と内部の劣化状況の関係性を明確にすることは、ASR構造物の外観劣化状況から補修、補強の検討を行う上で重要な情報になる。筆者らは、反応性骨材を用いた小型供試体を6体作製し長期曝露試験を実施しており、本研究では、外観劣化度大に進展したcase5供試体を使用してASRによる内部劣化状況を詳細に観察した。さらに、外観劣化状況と比較することで、内部劣化との関係性について検討を加えた。

2. 実験概要

図-1に供試体形状とひび割れ計測方法を示す。供試体寸法は、鉄筋破断を生じた橋脚梁部を1/8スケールで模擬した。ASRを促進させるためコンクリートの等価アルカリ量を 8kg/m^3 に設定し、NaClを添加した。外観ひび割れ観察箇所は端面と下面を除いた東面、西面、上面とした。また、内部ひび割れ観察箇所は供試体端面の中心から採取した $\phi 190\text{mm}$ 大型コア（以下大型コアと表記）の表面とした。ひび割れ計測は図中(a)に示すように、ひび割れの端点同士を直線で結び、その直線の長さをひび割れの長さ、その直線の主鉄筋方向からの傾きをひび割れ角度 α とした。ひび割れ幅は、1つのひび割れの最大ひび割れ幅、最小ひび割れ幅、最大と最小の中間程度の幅の3点を計測し、その3点の平均値をひび割れ幅とした。なお、ひび割れは目視可能な幅 0.1mm から 0.05mm のピッチで計測を行った。

3. 供試体劣化状況

図-2にcase1~6の外観ひび割れ密度の進展状況とcase5における外観劣化進展状況を示す。なお、ひび割れ密度の算出では幅 0.2mm 以上を対象とした。ひび割れ密度は、供試体外観の上面、西面、東面の平均で評価している。図より、本研究で計測したcase5の供試体は屋外曝露開始後1169日経過した時点で、 $5.01\text{m}^2/\text{m}^2$ のひび割れ密度が算出され、実構造物で定義された劣化度大の状態であった。

図-3に経年劣化に伴う圧縮強度低下状況を示す。設計基準強度は 35N/mm^2 であり、劣化度中のcase4では基準値と同程度の値を示したのに対し、劣化度大のcase5供試体では基準値を2割程度下回る値を示した。以上より、case5供試体は外観ひび割れの進展と同様に内部においても劣化が進展した供試

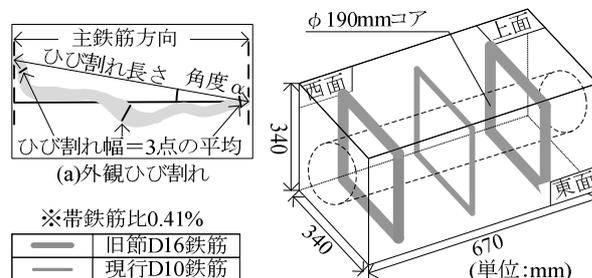


図-1 供試体形状とひび割れ計測方法

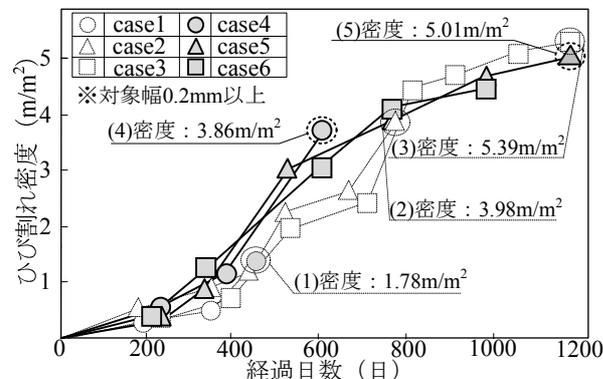


図-2 外観ひび割れ進展状況

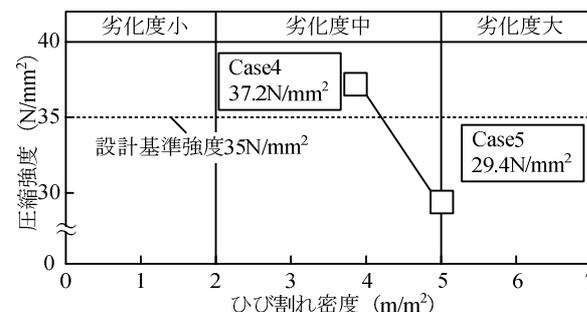
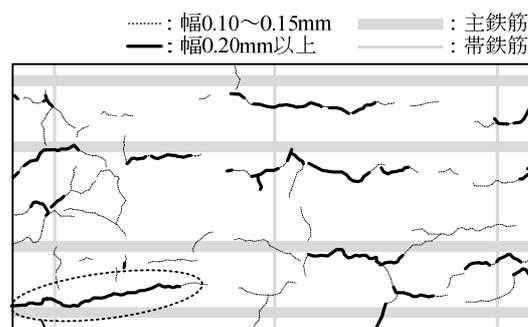


図-3 経年劣化に伴う圧縮強度低下状況



最大ひび割れ幅：1.0mm 最大ひび割れ長：109mm
ひび割れ密度：11.6m²/m² (幅0.1mm以上)

図-4 東面外観ひび割れ

体であることが確認された。

4. 外観ひび割れ性状

図-4 に代表例として case5 供試体東面の外観ひび割れ損傷図を示す。ここでは内部とのひび割れ性状の比較を行うため、最小ひび割れ幅を 0.1mm として詳細な観察を行った。外観ひび割れは連続性を持ち、枝分かれているものが多く確認された。また、ひび割れの発生方向については、主鉄筋方向に沿ったものが多く認められ、軸方向により強い拘束を受けていることがわかる。図-5 に東面外観ひび割れの幅-長さ関係を示す。外観東面では 79 本のひび割れが確認された。ひび割れ幅の平均値は 0.21mm、ひび割れ長さの平均値は 30.4mm であった。

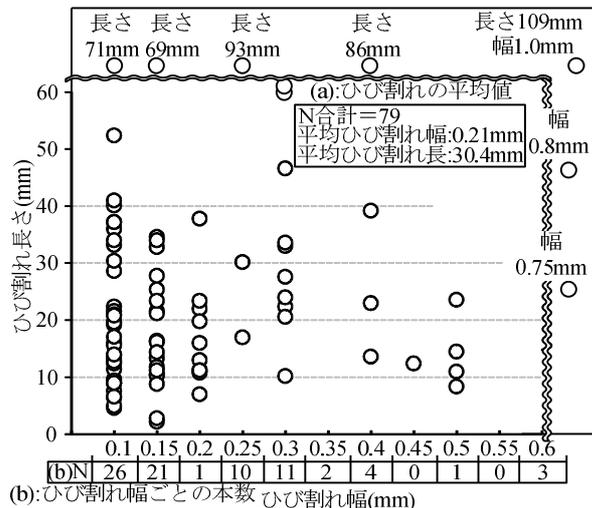


図-5 東面外観ひび割れの幅-長さ関係

5. 大型コアひび割れ性状と外観との比較

図-6 に大型コア東面のひび割れ損傷図と分析結果を示す。内部ひび割れは骨材まわりのものとモルタル部のものの 2 種類が確認された。図-7 に大型コア東面の幅-長さ関係を示す。大型コア東面では 46 本のひび割れが確認された。ひび割れ幅の平均値は 0.15mm であり、ひび割れ長さの平均値は 13.2mm であった。また、全 46 本のひび割れの内、骨材まわりとモルタル部のひび割れはそれぞれ 34 本、12 本と骨材まわりが 74% を占め、供試体内部は骨材まわりのひび割れが主要なひび割れであった。なお、図-6(ii)に示す通り、骨材まわりのひび割れは、骨材の表面に発生したものが 65%、骨材を貫通するひび割れが 9%であった。

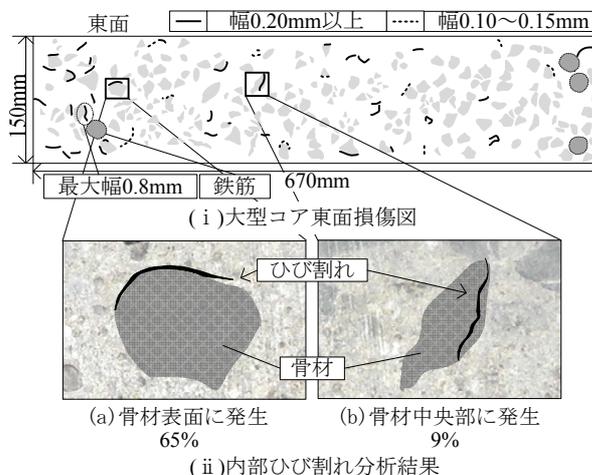


図-6 大型コア東面のひび割れ分析

外観と内部のひび割れ性状が異なった理由の考察を行う。外観ひび割れは供試体表面では拘束がなく内部主鉄筋による拘束のみを受けているため、ひび割れが連結して長さが進展すると思われる。しかし、内部は主鉄筋に加えて帯鉄筋の拘束を受け、ひび割れの長さが外観と比較して進展しにくいと考えられる。また、既往の研究より本供試体に使用している安山岩は、骨材粒子の周辺から ASR 反応が進行するため、骨材まわりにひび割れが発生しやすいとされている。本検討においても、骨材表面に発生したひび割れが全ひび割れの 65% を占めていた。以上より、内部ひび割れ長さは骨材寸法に依存し、外観ひび割れ長さとの差が生じたと考えられる。

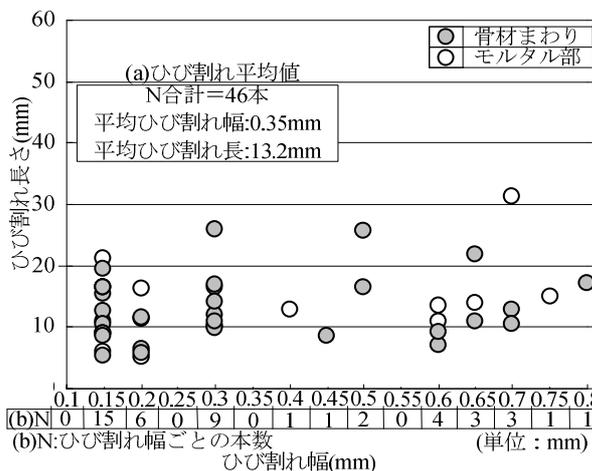


図-7 大型コア東面の幅-長さ関係

6. まとめ

- (1)劣化度大の case5 供試体の内部ひび割れは、骨材まわりとモルタル部に発生しているものの 2 種類が確認された。また、骨材まわりのひび割れが主要なひび割れであり、骨材表面に沿うものが全体の 65% を占めた。
- (2)外観と内部のひび割れ性状比較を行った結果、特にひび割れ長さに約 2 倍の差が生じることを確認した。その理由として、外観は表面に拘束がなく、内部からの主鉄筋の拘束の影響により主鉄筋方向に卓越したひび割れが生じるが、内部は主鉄筋に加え帯鉄筋の拘束を受け、長さが進展しにくい。また、内部は骨材まわりに発生するものが主であり、長さが骨材寸法に依存し、外観と比較して短くなると考えられる。