

かぶりコンクリートの初期欠陥が鋼材促進腐食物質の侵入に及ぼす影響

長岡技術科学大学 工学部 正会員 ○下村 匠

長岡技術科学大学 建設工学課程 藤田 徹

長岡技術科学大学 建設工学専攻 小山和雄

1. はじめに

曲げひび割れ幅およびコンクリートの品質を考慮して、かぶりコンクリート中の塩化物イオン移動を計算し、鋼材位置の塩化物イオン濃度を照査する方法が、2002 年制定コンクリート標準示方書に採用された。このように、近年、コンクリート中の鋼材腐食促進物質の移動を精密に予測することにより、鋼材腐食に対する構造物の耐久性を合理的に評価する努力が積極的になされている。本研究は、コンクリートのブリーディングにともない、かぶりコンクリートに生じる初期欠陥が、塩化物イオン等の鋼材腐食促進物質の侵入、鋼材への到達過程に及ぼす影響を、赤インクを含浸させる室内実験と数値シミュレーションにより検討したものである。

2. 赤インク含浸試験

(1) 実験概要

供試体を図 1 に示す。コンクリートは、ブリーディングが多い水セメント比 60%（単位水量 175kg/m^3 ）のコンクリートと、比較的少ない水セメント比 40%（単位水量 150kg/m^3 ）の二種類とし、打設方向は、主鉄筋の配筋方向とブリーディングの方向が平行する「縦打ち」と、直交する「横打ち」の二種類とした。横打ち供試体では、ブリーディングの影響がより明確に現れるように打設方向の寸法を 300mm とした。すべての供試体において、コンクリート打設時にろ紙を挟み込むことで人工ひび割れを設けた¹⁾。ひび割れ間隔は 100mm とした。

供試体は 14 日間湿布養生を行った後、人工ひび割れを導入した一面のみから物質が侵入するように、その面を除いて樹脂塗装を施した。市販の赤インクを 10 倍希釈した液に、供試体を 7 日間浸漬した。その後鉄筋に沿って割裂し、赤インクの含浸状況を観察した。

(2) 実験結果

各供試体の割裂後の断面の写真を示す。水セメント比 40%、60%のコンクリートともに、同じ傾向が得られた。コンクリート打設方向すなわちブリーディング方向を鉄筋軸方向に一致させた縦打ち供試体では、表面から 10mm 程度の深さの領域と、ろ紙

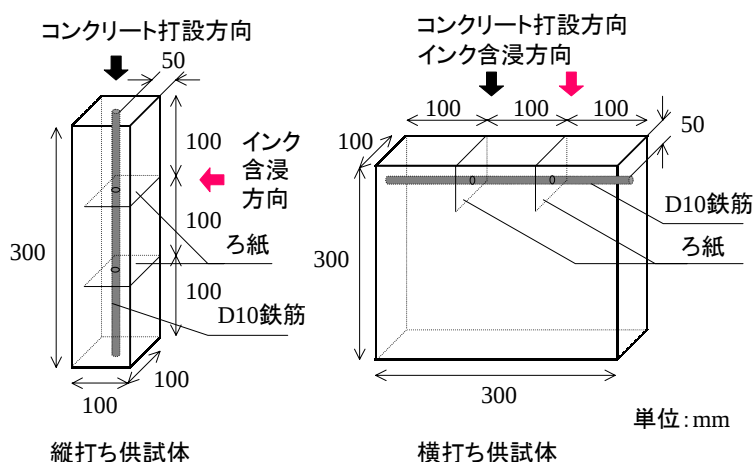


図 1 インク含浸試験用供試体

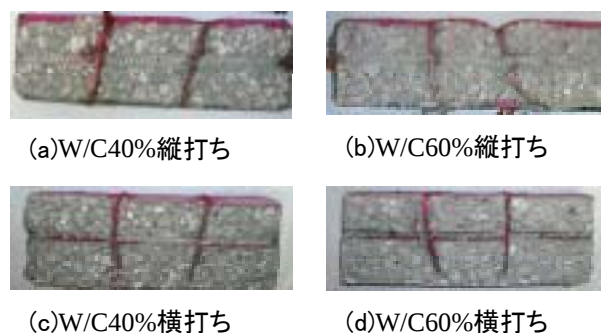
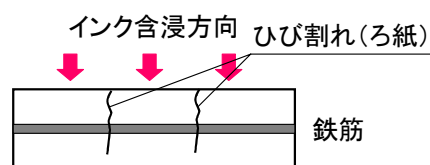


写真 1 割裂後の供試体断面の写真

キーワード 塩化物イオン、曲げひび割れ、ブリーディング、初期欠陥、インク含浸試験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 工学部 環境・建設系 TEL 0258-47-9603

で作製した人工ひび割れに沿って、赤インクの侵入が確認できる。しかし、鉄筋への赤インクの到達はひび割れ位置を除いては見られない（写真1(a)(b)）。一方、コンクリート打設方向を鉄筋軸方向に直交させた横打ち供試体では、明らかに鉄筋に沿った赤インクの浸透が認められた（写真1(c)(d)）。その侵入経路は、人工ひび割れを通してコンクリート中に侵入し、鉄筋に到達後、ブリーディングによって鉄筋に沿って生じた空隙を通して軸方向に広がったものであると推察できる。なお、本実験の条件下ではコンクリートの品質による違いが見られなかったのは、打設方向の違いによる影響の方がはるかに大きかったことを意味していると考えている。

3. 数値シミュレーション

(1) ブリーディングによるかぶりコンクリートの欠陥のモデル化

インク含浸試験における物質侵入過程を、著者らの開発したコンクリート中の水分と塩化物イオン移動解析プログラム²⁾を用いて解析した。コンクリート表面からの物質の侵入と曲げひび割れを通じた侵入を考慮するために、二次元解析を行った。

縦打ち供試体は、ブリーディングの影響を受けずに、部材中に均等質なコンクリートが実現され则认为られるので、物質移動に関する材料特性を空間的に一様とする通常どおりの解析モデルを用いて表現する。

横打ち供試体では、ブリーディングの影響を受けることが実験より明らかとなった。ここではそのメカニズムを検討するために、以下の二通りのモデル化を行い計算してみた。

横打ちモデル1：鉄筋周辺にブリーディング水が滞り粗大空隙層が形成されることを想定し、鉄筋近傍のコンクリート層（5mm）の物質移動抵抗性を低下させる

横打ちモデル2：ブリーディング水の上昇により部材表面近傍のコンクリートの細孔組織が粗となることを想定し、表面から25mmのコンクリートの物質移動抵抗性を低下させる

(2) 解析結果

図2は、各解析モデルを用いた計算で得られた、解析時間1年の時点の鉄筋に沿った塩化物イオン濃度の分布を比較したものである。

横打ちモデル2による計算結果は、縦打ちモデルによる結果とほぼ同じとなった。これより、ブリーディングにより表層部のコンクリートの品質が多少損なわれていても、鉄筋周囲に密実なコンクリートが存在していれば、鉄筋に到達する塩化物イオン量は健全なコンクリートの場合とほとんど変わらないといえる。一方、横打ちモデル1による計算結果では、ひび割れから遠い位置に至るまで塩化物イオンの侵入が見られ、ひび割れ近傍を除けば、平坦な濃度分布となった。

本解析結果は、実験より推察された以下の仮説、すなわち、「コンクリートのブリーディングにより、鉄筋周囲のコンクリートに物質透過抵抗性の低い粗大空隙層が形成される場合があること」および「曲げひび割れを介して侵入した塩化物イオン等の腐食促進物質が、この粗大空隙層を短絡経路として鉄筋に沿って容易に移動する危険性があること」を裏付けるものである。

参考文献

- 1) 宮里心一，大即信明，木村勇人，水流 徹：モルタルの欠陥部に生じる塩害あるいは中性化による鉄筋腐食の形態と速度，土木学会論文集，No.690/V-53，pp.83-93，2001.11
- 2) 小林悟志，下村 匠：コンクリート中の物質移動と鉄筋の腐食に関する数値解析，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.831-836，2002.6

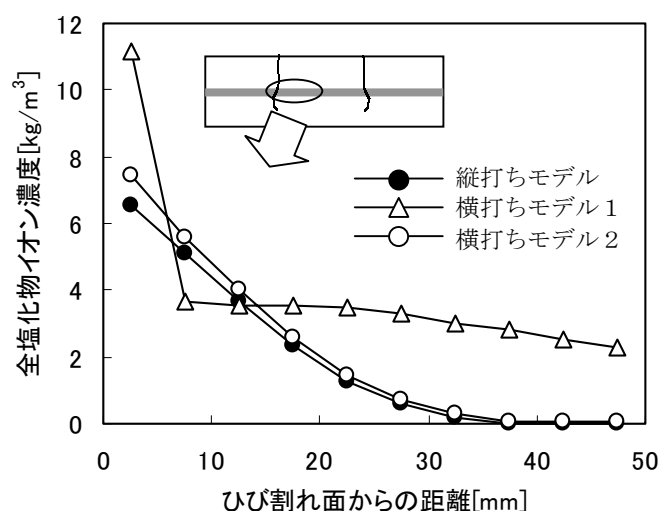


図2 鉄筋に沿った塩化物イオン濃度の解析結果