

V-176 かぶりコンクリートの塩分浸透性に及ぼす内部ひびわれの影響に関する一検討

埼玉県庁 正会員 小林清和
 宇都宮大学 正会員 氏家 勲
 宇都宮大学 正会員 佐藤良一
 東京工業大学 正会員 長瀬重義

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の鋼材腐食による耐久性低下を評価するときに塩素イオン、酸素、水などの腐食因子がどの程度鋼材へ供給されるかを明らかにする必要がある。塩素イオンの鋼材への供給は構造物の置かれている環境条件に加えて、かぶりコンクリートの密実さ、かぶり、ひびわれなどの欠陥の有無などにも依存する。また引張を受ける異形鉄筋周辺に生じる内部ひびわれによりひびわれ部はもとより鋼材全体に塩分が浸透し易くなることが報告されている¹⁾。

そこで、本研究は両引き供試体を用いて内部ひびわれを有する供試体の塩分浸透実験を行い、塩分浸透性状について検討を加えるとともに、同時に透気性試験を行い透気性との関連性についても検討を行った。

2. 実験概要

本実験では普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材および粗骨材には鬼怒川産の川砂(比重2.60,吸水率2.56,粗粒率2.95)と碎石(比重2.65,吸水率1.76,粗粒率6.73)

をそれぞれ用いた。コンクリートの配合を表-1に示す。無筋コンクリートは一辺が15cmの立方体とし、両引き供試体は異形鉄筋D22を用いかぶりを4cmとした。内部ひびわれを生じさせる方法は既往の研究を参考に²⁾、鉄筋応力度で300N/mm²の荷重を10回繰り返して与えた。その後、鉄筋を切断し、打設時の底部を浸透面として他の5面をエポキシ樹脂系接着剤でシールした。以上の処理を行った後、供試体を9%NaCl水溶液中に28日間、56日間および98日間浸漬した。塩分浸漬実験は温度20℃の恒温室で行い、2週間おきにNaCl水溶液を取り替えた。本実験で測定した塩分は鋼材腐食に関与するといわれている可溶性塩分であり、JCIの方法に準じて抽出し、電量滴定法の測定原理による塩分濃度計を用いて測定した。

透気試験は浸透実験と同時に作製した供試体を空隙率が約3%になるまで乾燥させ、透気面以外の4側面をエポキシ樹脂系接着剤で気密処理を行い塩化ビニルフィルムでラップし、透気試験を行うまで恒温室に静置した。透気試験は塩分と同じ方向に透気するよう図-1に示す透気試験装置に取り付けて、0.2N/mm²の空気圧を与え、透気係数は次式を用いて算出した。

$$K = [2P_2L / (P_1^2 - P_2^2)] \cdot V$$

ここで、K:透気係数[cm²/(S·N/cm²)], L:試験体厚さ(cm)、P₁, P₂: 載荷圧, 大気圧(N/cm²)、V:見かけの流速(cm/s)である。

3. 実験結果および考察

図-2は無筋コンクリートの塩分浸透性状を示す。ここで可溶性塩分量はコンクリート重量に対する塩素イオン量で示してある。塩分は浸漬日数が増加してもさほどコンクリート内部へ浸透せず、また、塩分量は浸漬日数28日で浸透面近くで大きくなっているが、浸漬日数の経過による塩分量の増加はあまり大きくない。浸漬日数56日、98日について、正規確率紙を利用する方法により³⁾、最小自乗法を用いて無筋コンクリートの塩分拡散係数および表面塩分量を求めれば、それぞれ1.565x10⁻⁷cm²/s、0.902wt%、1.361x10⁻⁷cm²/s、0.871wt%であった。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	水セメ ント比 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				混和剤 (g/m ³)		スラフ (cm)	空気量 (%)
			水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE助剤		
20	60	52	164	273	959	896	682	8	9.7	4.3

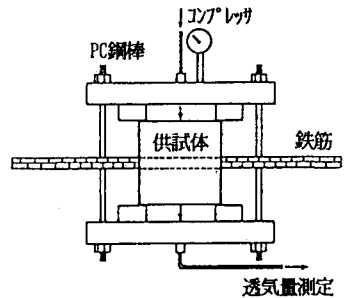


図-1 透気試験装置

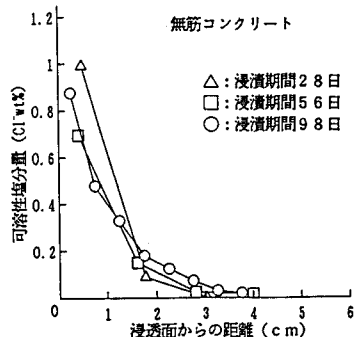


図-2 無筋コンクリートの塩分分布

図-3は繰り返し載荷を行った両引き供試体の塩分浸透性状を示す。ここで、浸漬日数56日および98日の場合は内部ひびわれがあると考えられる幅8cmの供試体中央部から採取した試料より測定した結果である。両引き供試体の場合、浸漬期間が長くなることによる塩分の浸透深さおよび各位置での塩分量の増加が無筋コンクリートの場合より大きくなっていることがわかる。

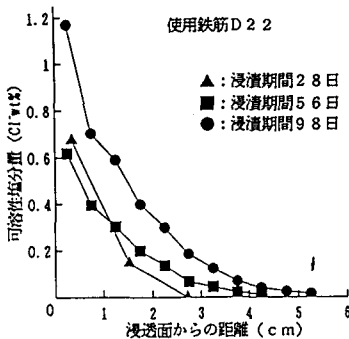


図-3 両引き供試体の塩分分布

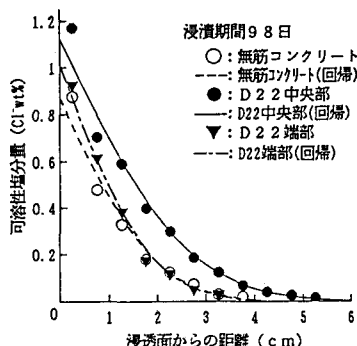


図-4 中央部と端部の塩分分布

図-4は両引き供試体の中央部とそれ以外の端部の塩分量分布を示す。中央部は内部ひびわれにより無筋コンクリートに比べて塩分の浸透が促進されている。一方、端部では無筋コンクリートの場合とほぼ同様な分布となっており、端部では内部ひびわれが塩分の浸透に影響を及ぼしていない。

図-5は浸透面から3.0~3.5cmの鉄筋近傍の範囲で測定した両引き供試体の塩分量と無筋コンクリートの同じ位置の塩分量を示す。図中の破線は塩素イオンが不動態皮膜を破壊し鉄筋が腐食する可能性のある塩分量(本実験の場合約0.02wt%)を示す。無筋コンクリートの場合浸漬日数98日で塩分量が0.02wt%以上になっているのに対して、促進試験ではあるが両引き供試体では浸漬期間56日で既に腐食する可能性のある状態となっている。

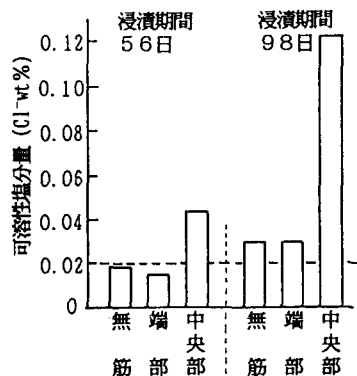


図-5 鋼材位置近くの塩分量

図-6は塩分浸漬試験より得られた塩分拡散係数と透気試験の結果を示したものである。両引き供試体の場合、内部ひびわれによりコンクリートの塩分拡散係数が鉄筋周辺で大きくなると考えられるが、上述の方法により見かけ上の塩分拡散係数を求めた。

塩分浸透において無筋コンクリートでは塩分拡散係数はどの部分でもほぼ同じと見なせるが、一方、透気係数の場合はコンクリート内部の水分分布の違いにより透気係数は位置によって異なる。そこで透気係数により塩分浸透性を評価するために透気試験の供試体においても載荷前に透気係数が一様であることを供試体厚さ5、10、15cmの供試体でほぼ同じ透気係数が得られることにより確認して透気試験を行った。

図に示されているように内部ひびわれによる透気係数の増加割合および塩分拡散係数の増加割合はほぼ同程度となっている。このことは塩分浸透性を透気係数によって評価できることを示唆するものと考えられるが、塩分がセメントに固定される現象など検討すべき点もあり、さらにデータを蓄積する必要がある。なお、図-6における透気係数の増加割合が既往の研究²⁾で報告されている透気係数の増加割合に比べて小さな値となっているが、本実験では水セメント比が大きく、水分分布が一般的な状態であることから載荷前の透気係数が大きいことによるものと考えられる。

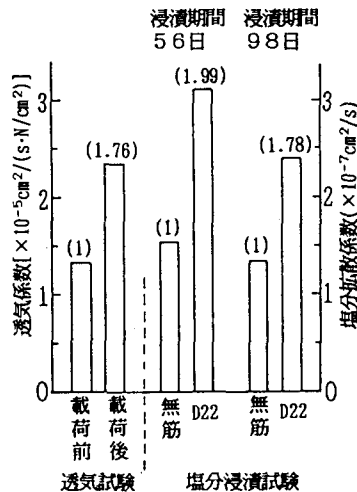


図-6 透気係数と塩分拡散係数

4. まとめ

内部ひびわれにより鋼材に供給される塩分量が多くなり、無筋コンクリートの場合に比べて早く鋼材が腐食の可能性の高い塩分量になることが明らかとなった。また、内部ひびわれによる見かけ上の塩分拡散係数の増加は透気係数の増加と対応しているがさらに検討する必要がある。

[謝辞]本研究は平成3年度文部省科学研究費補助金を受けて行った一部であることを付記し、深く謝意を表します。

<参考文献> 1) 氏家勲他:「コンクリート工学年次論文報告集,第14巻,1992(投稿中) 2) 氏家勲他:「コンクリート工学年次論文報告集,第13巻,第1号,pp623-628,1991 3) 永野宏雄:大成建設技術研究所報,第18号,pp69-73,1986