

鉄筋コンクリート貫通ひび割れ部での水分浸入に関する実験的研究

広島大学大学院 学生会員 ○矢田 一也

広島大学大学院 学生会員 Hussein Nour-Allah Mohamed

広島大学大学院 正会員 佐藤 良一

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物では、供用中に曲げひび割れや乾燥収縮ひび割れ等が生じるのが普通である。また、連続鉄筋コンクリート舗装は貫通ひび割れを許す設計をしている。これらのひび割れはコンクリートへの水分および塩化物等の物質移動を容易にすると考えられる。しかし、降雨によって運ばれた塩化物がどのようにひび割れに浸入するかは必ずしも明らかにされていない。

そこで、本研究では台風等の風雨による飛来塩分を供給されるひび割れ部を想定し、貫通ひび割れ部での水分浸入状況を電極を用いて直接的に計測することを試みた。

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合

供試体作成に際して、水セメント比は 40% とし目標スランプ $10 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.0 \pm 1.0\%$ 、骨材寸法 10mm とした。

2.2 供試体概要

本研究で用いた供試体概要を Fig.1 に示す。供試体は $100 \times 150 \times 400\text{mm}$ の角柱供試体とし、断面図心に D13 異形鉄筋を配置した。さらに、ひび割れ部、ひび割れから 15mm、ひび割れの影響が無視し得る 100mm（一般部）の断面に電気抵抗測定用ステンレス製電極を埋め込んだ。供試体は 7 日間の水中養生後、57 日間大気中に曝露した後実験を行った。

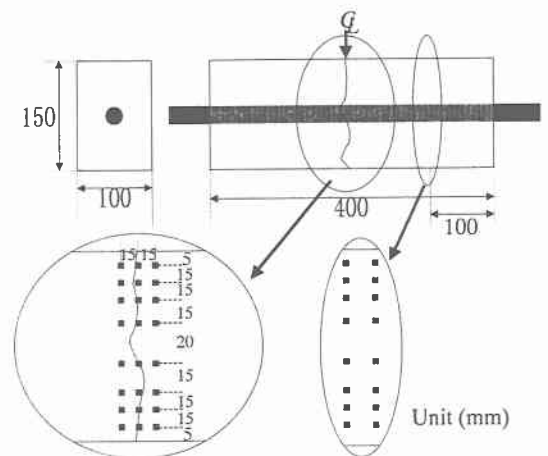


Fig.1 供試体概要

ひび割れの導入は、ナイフエッジで長手方向中央断面を圧裂した後、両端部鉄筋を両引きした。除荷時にひび割れ部に 0.1mm ステンレス製プレートを挿入し、その残留値を 0.3mm 程度に制御した。この際鉄筋はいずれも降伏した。水分浸入は断面を貫通、引張側から圧縮側へ浸入の 2 ケースを想定し、シールを以下のように行った；

- ・ Type A；打設面から浸入し、他の 5 面をエポキシ系樹脂でシールした供試体
- ・ Type B；打設面から浸入、底面から排出し、他の 4 面をエポキシ系樹脂でシールした供試体

2.3 ひび割れ部での水分及び塩化物イオン浸入実験

外来塩分の浸入を促進させるため、NaCl を 3% 含む降雨環境（降雨強度 $0.5\text{ml/cm}^2/\text{min}$ ）に 24 時間、 25°C 、R.H. 35% の雰囲気にて 6 日間曝露を 1 サイクルとする乾湿繰り返しを供試体に与えた。ひび割れ部での水分浸入を視覚的に捉えるため、Rhodamine B ($\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{O}_3\text{N}_2\text{Cl}=479.01$) を 0.01% 添加した。

2.4 塩化物イオン浸入量の測定

ダイヤモンドカッターにより、 $15 \times 15 \times 40\text{mm}$ の部材を切り取り、JCI-SC4 の方法に準じて塩化物イオンの浸入を可溶性塩化物イオン濃度を分析することにより検討した。

3. 実験結果・考察

3.1 水分の浸入

Fig.2 に、ひび割れ部、ひび割れから 15mm 及び一般部での水分の浸入過程を示す。電気抵抗は含水状態により変化し水分量が多いほど電気抵抗は小さくなるので、 $1/\alpha$ で表し供試体の含水状態を表した。ここで、

α は抵抗係数 $= R / (k \Omega / \text{mm})$ 、 R : 電気抵抗 ($k \Omega$)、 l : 電極間の距離 (mm) とした。Fig.2 より、シール条件に依存せず、ひび割れ部に水分が短時間で底面まで達しているのが確認できる。これは、重力に加えて表面張力を駆動力とする毛細管流れによると考えられる。また、ひび割れ部近傍では、鉄筋位置で降雨後に含水状態が大きく変化している。これは、鉄筋に沿って Rhodamin B の着色も見られたことから、ひび割れ導入時の引張試験により鉄筋のふしがコンクリートを押し広げひび割れ近傍にマイクロクラックが生じていたためと考えられる。

3.2 ひび割れ部の水分の排出

Fig.3 にひび割れ部での水分排出過程を示す。ひび割れ部では、水分排出過程はシール条件の相違により異なった傾向を示したが、ひび割れ幅が 0.3mm 程度であると水分の浸入・排出は容易であると言える。

3.3 塩化物イオン侵入量の測定

4 サイクル乾湿繰り返し後の供試体の可溶性塩化物イオン濃度の供試体深さ方向分布を Fig.4 に示す。4 サイクルでは、鉄筋腐食は確認できなかったが 8 および 12 サイクルでは Type A, B とともに鉄筋は腐食していた。一般にアルカリ水溶液中で鋼材が腐食し始める限界状態は一義的に塩化物イオン濃度で決まるのではなく $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ 比で決まると言われている。本実験から 4 サイクル終了した供試体のひび割れ部では、容易に水分が鉄筋に達していることから、ひび割れ部にアルカリ雰囲気があり $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ 比が限界状態に達していなかったと考えられる²⁾。本実験では、水分浸入・排出状況と塩化物イオン侵入量は一致しなかった。また、鉄筋位置付近で塩化物イオン侵入量がシール条件で異なるのは、ひび割れ近傍のマイクロクラックの形態あるいは形状の違いによるものと考えられる。

4 結論

電極を用いることで、ひび割れ部での水分浸入・排出状況を明らかにした。ひび割れ幅 0.3mm 程度では、シール条件に依存せず、短時間で水分が底面まで達する。これは、重力に加え、表面張力を駆動力とする毛細管流れによるものと考えられる。

また、ひび割れ部とコンクリート表層部を同等の境界とみなし水分移動をモデル化できると考えられる。

参考文献

- 1) 岩崎訓明：コンクリートの特性、共立出版 pp.177~178, 1979
- 2) 白木亮司・河合研司：孔隙水とコンクリートの劣化、耐久性診断研究委員会報告書(社)日本コンクリート協会

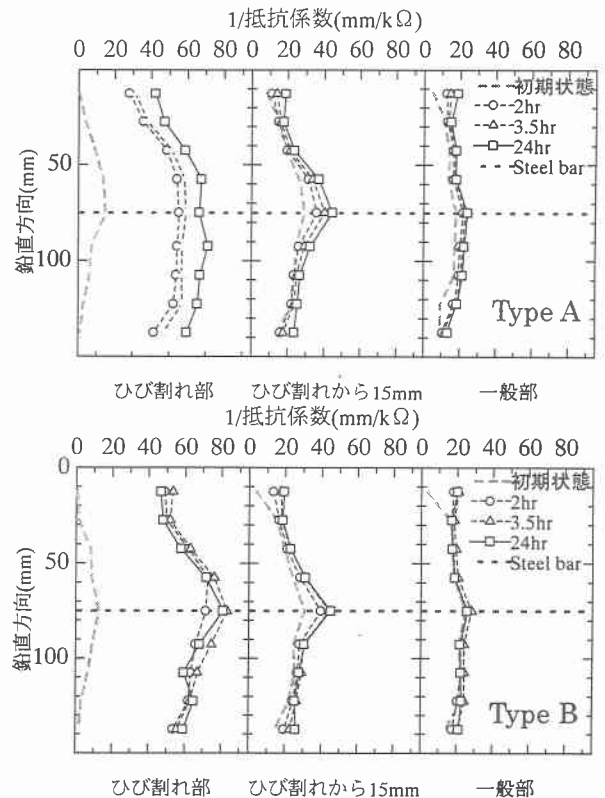


Fig.2 水分の浸入過程

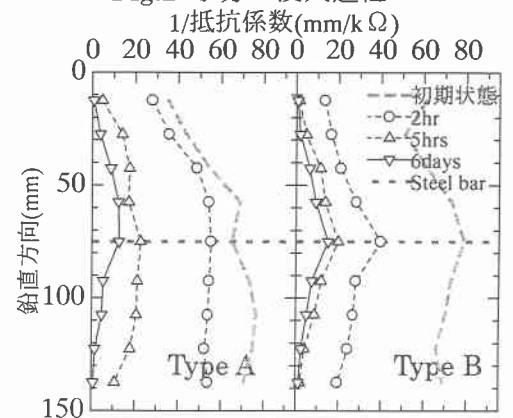


Fig.3 ひび割れ部での水分排出過程

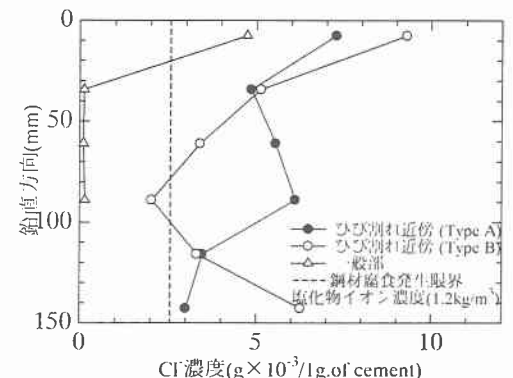


Fig.4 可溶性塩化物イオン濃度の分布