

コンクリートのひび割れが塩分浸透深さに及ぼす影響

Effect of Existence of Cracks in Concrete on Depth of Chloride Penetration

伊代田 岳 史*・魚 本 健 人*

Takeshi IYODA and Taketo UOMOTO

1. はじめに

コンクリート構造物の早期劣化の原因は数多く指摘されている。その中の一つであるコンクリートの塩害は、コンクリート中の塩分が不働態被膜を破壊し、鋼材を腐食させ、かぶりコンクリートが剥離するといった現象を引き起こす。塩害の原因として、あらかじめ塩分がコンクリートの使用材料に含有されている場合と、塩分がコンクリートの外部からコンクリート中へ浸入してくる場合の2種類が考えられる¹⁾。塩分が外部から浸入してくる場合、コンクリートのひび割れが大きく影響すると考えられるが、これに対して実験的に検討した例は少ない。そこで、本研究はひび割れを有しているコンクリートの塩分浸透過程を実験的に検討したものである²⁾。

2. 実験概要

水セメント比が50%と70%の二種類のコンクリートを用いて曲げ用試験体(10×10×40 cm)を作製し、コンクリートのひび割れを曲げ荷重により制御するためにコンクリート供試体の内部にD13の鉄筋を埋め込んだ。材齢5日までは初期養生期間として水中養生し、その後供試体に曲げ荷重を行いひび割れを発生させた。発生した底面のひび割れを等間隔の10点で測定してその平均値をひび割れ幅(b)とした。ひび割れ幅(b)により供試体を大、小、無の3種類に大別した。ひび割れ面からの塩分浸透の進行を見るためにひび割れ面以外の面をシールし、塩分浸透試験を行った。塩分浸透試験は室温20°C、水温20±3°C、塩分(NaCl)濃度3.0±0.3%の環境で行った。所定の材齢を経過した供試体を割裂し、断面を露出させ、その断面に5%クロム酸カリウム溶液を数回吹きかけ乾燥させた。その後、0.1規定硝酸銀溶液を吹付け白色になった部分を塩分浸透部と考え、その浸透深さ(X)をノギスで測定した。

*東京大学生産技術研究所 第5部

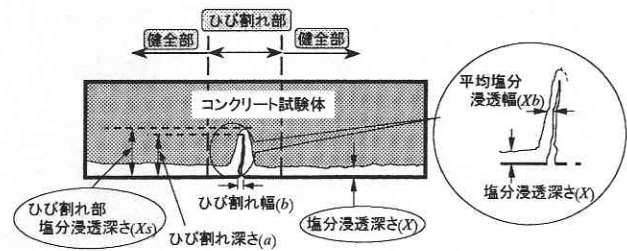


図1 塩分浸透深さとひび割れの定義

図-1に測点の概要を示す。なお塩分浸透深さの測定は、健全部においては割裂面の一方方向に対して20点測定してその平均値を塩分浸透深さ(X)とし、またひび割れ部の塩分浸透深さ(X_s)も測定している。

3. 実験結果と考察

3.1 ひび割れのないコンクリート

写真-1, 2にそれぞれ水セメント比が70%, 50%の養生材齢1週, 4週, 13週のひび割れのないコンクリート供試体の塩分浸透深さ(X)の状況を、図-2に塩分浸透深さ(X)の経時変化を示す。図から明らかなように、浸漬期間が長くなるにつれて塩分浸透深さ(X)が深くなっていくことがわかる。塩分浸透試験の結果は水セメント比によらずほぼ経過時間の平方根に比例している。つまり、中性化における中性化深さの式と同様、塩分浸透深さ(X)も経過時間の平方根に比例することがわかる³⁾⁴⁾。また、水セメント比50%に対して70%の方が塩分が浸透しやすいこともわかる。

3.2 ひび割れを有するコンクリート

①健全部の検討

ひび割れの存在するコンクリートの塩分浸透の様子を写真-3,4に、ひび割れを有するコンクリートの健全部の中性

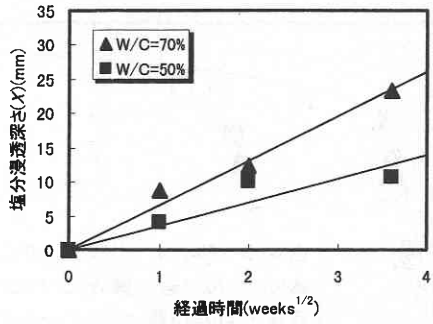


図2 水セメント比による塩分浸透深さ(X)

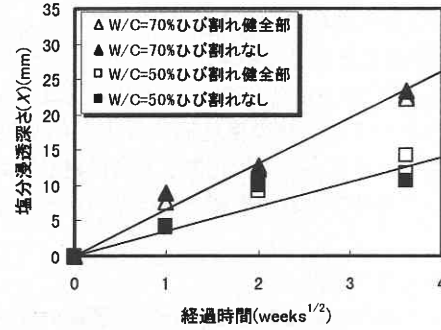


図3 ひび割れの有無による塩分浸透深さ(X)

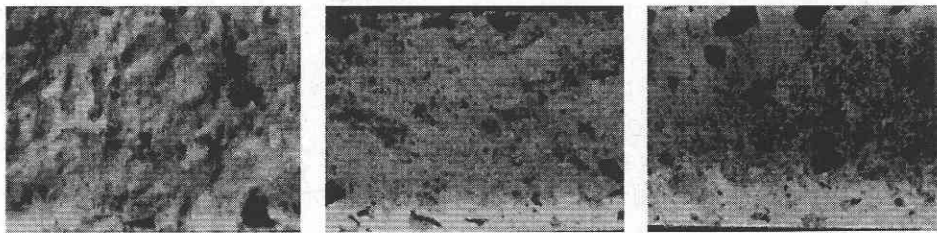


写真-1 塩分浸透試験結果 (W/C = 70%)
(左: 促進養生期間 1 week, 中: 促進養生期間 4 weeks, 右: 促進養生期間 13 weeks)

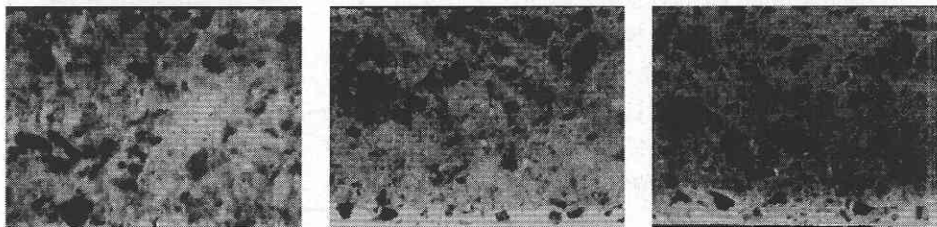


写真-2 塩分浸透試験結果 (W/C = 50%)
(左: 促進養生期間 1 week, 中: 促進養生期間 4 weeks, 右: 促進養生期間 13 weeks)



写真-3 ひび割れ部の塩分浸透試験結果
W/C = 70% ひび割れ大
(左: 促進養生期間 1 week, 中: 促進養生期間 4 weeks, 右: 促進養生期間 13 weeks)

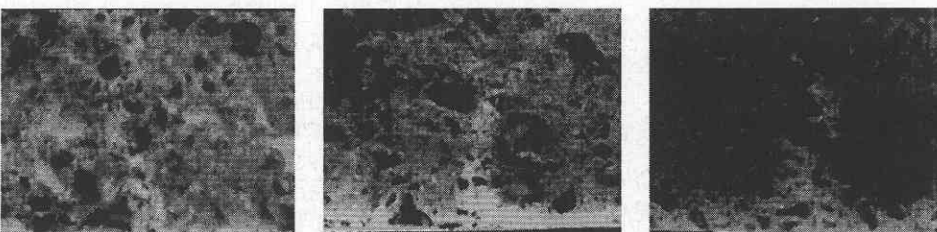


写真-4 ひび割れ部の塩分浸透試験結果
W/C = 50% ひび割れ大
(左: 促進養生期間 1 week, 中: 促進養生期間 4 weeks, 右: 促進養生期間 13 weeks)

研究速報

化深さ(X)とひび割れの存在しないコンクリートの中酸化深さ(X)との比較を図-3に示す。

水セメント比 50%及び70%のいずれの供試体も、ひび割れを有している供試体の健全部における中酸化深さは、ひび割れのない供試体の中酸化深さとほぼ同じであり、健全部においてはひび割れの影響を受けないことが分かる。

②ひび割れ部の検討

ひび割れを有しているコンクリートの表面のひび割れ幅(b)に対するひび割れ部の塩分浸透深さ(X_s)の関係を図-4に示す。表面のひび割れ幅(b)が増加するほど塩分浸透深さ(X_s)は増加する傾向にあることが分かる。

ここで、水セメント比 70%のコンクリートのひび割れ幅(b)が塩分浸透深さ(X)と平均塩分浸透幅(Xb)に及ぼす影響を図-5に示す。塩分浸透深さ(X)と塩分浸透幅(Xb)は平均値を使用しているため標準偏差を求め、測定結果に幅を持たせた。この図より、塩分浸透深さ(X)はひび割れの幅(b)に関係せず塩分浸透幅(Xb)より大きな値を示していることがわかる。一方、塩分浸透幅(Xb)はひび割れ幅(b)の小さい場合にはばらつきも小さくあまり影響はしない。しかし、ひび割れ幅(b)の大きな場合にはばらつきが大きい。これは開放表面近くでの塩分浸透幅(Xb)は大きい、ひび割れ先端部では小さくなっていることに起因している。つまりひび割れによる塩分浸透の速度は開放表面からの速度に比べて小さいことが分かる。

これらのことから塩分浸透深さ(X)はひび割れ幅(b)にあまり依存せず、主にひび割れ深さ(a)に関係していると考えられる。つまりひび割れ深さ(a)が鉄筋に到達していない場合においてはひび割れの存在による塩分浸透の影響は少なく、コンクリート構造物の劣化もさほど大きくないと予想される。

4. ま と め

本研究の成果を以下にまとめる。

- (1) 塩分浸透深さ(X)は、養生浸漬材齢の平方根にほぼ比例する。
- (2) 塩分浸透深さ(X)に与えるひび割れの影響はひび割れの深さ(a)に依存すると考えられ、表面ひび割れ幅(b)による影響はあまり認められない。
- (3) コンクリートにひび割れが存在している場合、ひび割れ部での初期段階の塩分浸透深さ(X)は大きい、その後は浸透の進行が遅くなる傾向が見られる。

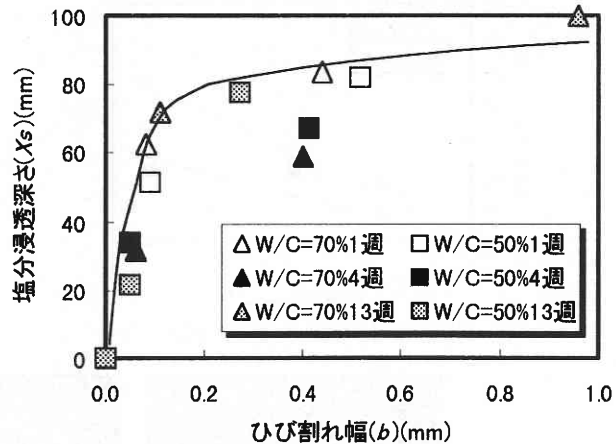


図4 ひび割れ幅 (b) と最大塩分浸透深さ (X_s)

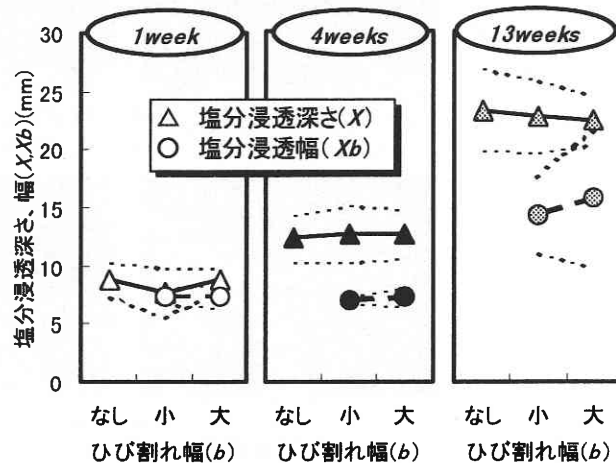


図5 塩分浸透深さ (X) と幅 (Xb) の比較

- (4) ひび割れの存在はひび割れが鉄筋に到達していない限り構造物の劣化に大きく影響しないと予想される。

(1998年7月8日受理)

参考文献

- 1) 岸谷孝一, 西澤紀昭他: コンクリート構造物の耐久性シリーズ, 塩害(I), 技報堂出版, 1986.
- 2) 伊代田岳史他: コンクリートのひび割れが塩分の浸透深さに及ぼす影響, 土木学会年次学術講演会講演概要集 投稿中.
- 3) 伊代田岳史他: コンクリートのひび割れが中性化速度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 20-2, pp. 979-984, 1998. 7.
- 4) 伊代田岳史他: コンクリートのひび割れが中性化深さに及ぼす影響, 生産研究 投稿中.