

## 長期間供用したコンクリート構造物の短期的水分浸透に関する検討

東急建設株式会社 正会員 ○前原 聡, 鈴木将充  
早川健司, 伊藤正憲

### 1. はじめに

鉄筋コンクリートでは、中性化が進行すると鉄筋腐食を引き起こすが、雨掛かりのない箇所など乾燥している環境条件では、中性化がある程度進行していても鉄筋腐食による劣化が顕著化しない場合がある。筆者らは、これまでに、実構造物を対象として調査を実施し、中性化深さ、かぶりおよび鉄筋の腐食程度から雨掛かりの有無が鉄筋腐食とかぶりコンクリートの剥離・剥落に及ぼす影響を整理してきた<sup>1)</sup>。また、実構造物より鉄筋を採取・分析して雨掛かりの有無による鉄筋腐食の違いとコンクリートの含水率分布を調べてきた。その結果、雨掛かりがある場合では水分供給による乾湿繰返しの影響を受け、鉄筋の腐食速度はコンクリート表面側のほうが大きくなり、内部では雨掛かりの影響が小さくなることを示した<sup>1)2)</sup>。よって、かぶりがある一定以上を確保されていれば、中性化による鉄筋腐食の進行は、雨掛かりの影響を受けない可能性がある。

そこで、本研究では、コンクリート内部における雨掛かりの影響範囲を把握することと、長期間供用された実構造物のコンクリート中への短期的な水分浸透性状に関する知見を得ることを目的とした。

### 2. 実験概要

#### (1) コア供試体

コア供試体は、実構造物（A 高架橋）からスラブの一部を切出して、屋外保管していたものより採取した。A 高架橋のスラブ試験体は、供用年数 45 年時に実構造物より 1m×2m 程度を切出して、スラブ下面が上側となるように屋外に暴露し、その後、中性化深さやかぶり、鉄筋の腐食度などを調査している。なお、A 高架橋のスラブ試験体は、鉄筋腐食などを調査した時点で 55 年が経過し、そのうち、はじめの 45 年間は雨掛かりがない環境で、その後 10 年間は雨掛かりがある環境で暴露していた<sup>1)</sup>。

採取位置は電磁波レーダ法により鉄筋位置を探索し、鉄筋と目視で確認できるひび割れなどを避けるように、コア径を約 80mm、長さ 200mm 程度でスラブを貫通して、コア供試体を 9 本採取した。採取位置によって中性化の進行が異なることが想定されたため、採取後にコア供試体側面を対象として、フェノールフタレイン溶液を噴霧し、中性化深さを把握した。中性化深さの程度からグループ I～III の 3 つに分類し、中性化の進行程度が異なる場合のコンクリート内部における水分浸透性状を把握することとした。コア供試体は、採取後に一定の乾燥状態とするため 150 日間程度、温度 20℃、湿度 60% の恒温恒湿度室に静置し、乾燥させた。

#### (2) 水分浸透速度係数

水分浸透性状は、「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法（案）JSCE-G 582-2018」を参考として、水分浸透速度係数を求めた。吸水時間は 5、24、48 時間の 3 水準として、各吸水時間で各グループの 1 本ずつのコア供試体を割裂し、割裂面に市販の水漏れ検査剤（JIP612 ウォーターチェック）を噴霧し、呈色した範囲を水分浸透深さとして測定した。なお、コア供試体の割裂面の対面でフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さも求めた。

### 3. 実験結果

図-1 に水分浸透速度係数試験の状況を、表-1、図-2 に水分浸透深さの経時変化を示す。グループ I～III の吸水時間 5 時間における水分浸透深さは 24.0～31.7mm で同程度であった。その後、グループ I、II では 24 時間以降の水

表-1 コア供試体の概要と実験結果

グループ	コア供試体 No.	中性化深さ(mm)		吸水時間 (hour)	水分浸透深さ(mm)	吸水対象面
		コア側面	割裂面			
I	No.1	37.7	40.1	5	25.9	スラブ 下面
	No.2	35.6	36.2	24	36.2	
	No.3	34.4	36.8	48	48.2	
II	No.4	51.4	57.5	5	31.7	スラブ 下面
	No.5	44.8	49.2	24	47.1	
	No.6	44.8	46.7	48	52.6	
III	No.7	61.4	72.4	5	24.0	スラブ 上面
	No.8	69.2	69.5	24	66.5	
	No.9	66.1	67.1	48	79.9	

キーワード: 中性化, 鉄筋腐食, 雨掛かり, 水分浸透速度係数

連絡先: 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株)技術研究所土木材料グループ Tel:042-763-9507

分浸透深さが小さくなり、吸水時間 48 時間で 50mm 程度であった。それに対して、グループⅢは吸水時間 48 時間で 80mm 程度まで水分が浸透し、スラブ上面と下面で異なる傾向を示した。

次に、図-2 より得られた水分浸透速度係数（傾き）と割裂面の中性化深さから次式<sup>3)</sup>より水セメント比を算出した。

$$q = \gamma_c \cdot 5 \cdot (W/C_{wa})^2 \cdot \beta^2 \quad \dots \dots \dots \text{(式 1)}$$

ここで、 $q$ : 水分浸透速度係数の実験値 (mm/√hour),  
 $\gamma_c$ : 材料係数,  $\beta$ : 養生と外部環境の影響を表す係数,  
 $W/C_{wa}$ : 水分浸透速度係数から求めた水セメント比

$$y = \gamma_{cb} \cdot \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \cdot \sqrt{t} \quad \dots \dots \dots \text{(式 2)}$$

$$\alpha_k = -3.75 + 9.0 \cdot W/C_{ca} \quad \dots \dots \dots \text{(式 3)}$$

ここで、 $y$ : 中性化深さの実験値 (mm),  $\gamma_{cb}$ : ばらつきを考慮した安全係数 1.15,  $\beta_e$ : 環境作用係数 1.6,  $\gamma_c$ : 材料係数,  $t$ : 経過年数 57 年,  $W/C_{ca}$ : 中性化深さから求めた水セメント比

なお、材料係数  $\gamma_c$  は、水分浸透速度係数と中性化深さともに対象面がスラブ下面であるグループ I, II では  $\gamma_c=1.0$ , スラブ上面のグループ III では  $\gamma_c=1.3$  と設定した。次に、表-2 に水分浸透速度係数における養生と外部環境の影響を表す係数  $\beta$  の目安<sup>3)</sup>を示す。ここでは  $\beta=1.0$ , 2.0 と設定して  $W/C_{wa}$  を算出した (図-3)。

$W/C_{ca}$  はグループ II で 80.6%, グループ III で 82.5% と同程度であり、スラブ下面と上面の違いを、材料係数  $\gamma_c=1.0$  および 1.3 とすることで表すことができていると考える。それに対して、グループ II と III の  $W/C_{wa}$  を比較すると違いがみられた。なお、式 1 において、水分浸透速度係数の実験値と  $W/C_{ca}$  を用いて  $\beta$  を求めると、グループ I で  $\beta=1.4$ , グループ II で  $\beta=1.2$ , グループ III で  $\beta=1.7$  となった。グループ II と III で  $W/C_{wa}$  が異なったことは、養生条件や中性化の進行程度などの違いが影響しているものと推察する。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた知見を以下に示す。

(1) 実構造物より採取したコア供試体において、グループ I, II は吸水時間 48 時間で 50mm 程度、グループ III は 80mm 程度までコンクリート内部に水分が浸透し、スラブ上面と下面で異なる傾向を示した。

(2) 養生と外部環境の影響を表す係数  $\beta$  は、実構造物より採取したコア供試体を対象として中性化深さから求めた水セメント比および水分浸透速度係数の実験値を用いて算出した場合、 $\beta=1.2\sim 1.7$  となった。

参考文献

- 1) 前原聡, 伊代田岳史: 雨掛かりの有無が中性化によるかぶりの剥離・剥落に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.74, No.2, pp.80-87, 2018.
- 2) 前原聡, 伊代田岳史: 中性化により腐食した鉄筋の詳細分析, 土木学会第 71 回年次学術講演会, V-412, pp.823-824, 2016.
- 3) コンクリートライブラリー149 2017 年度制定コンクリート標準示方書 改訂資料 設計編・施工編, 土木学会

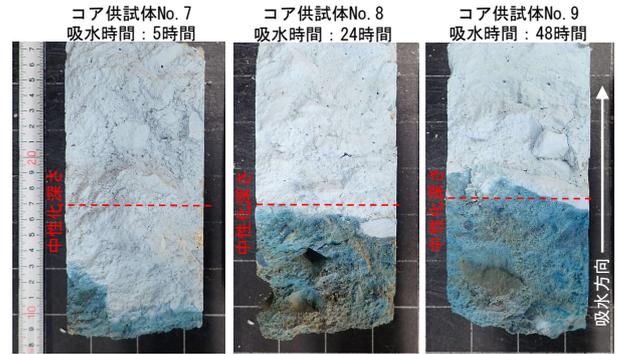


図-1 水分浸透速度係数試験の状況

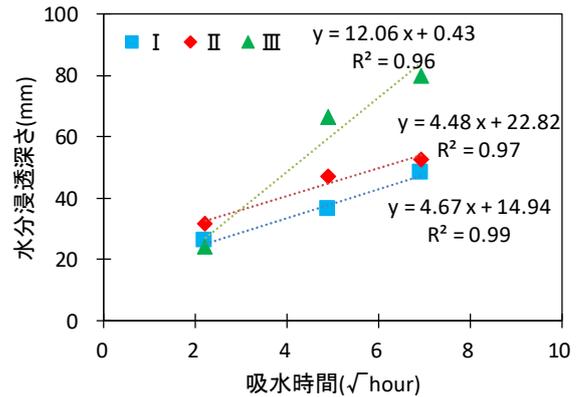


図-2 水分浸透深さの経時変化

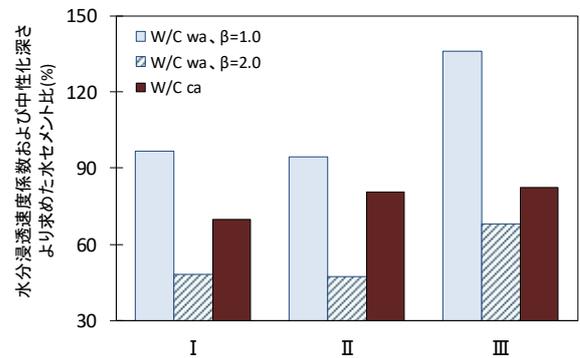


図-3 水分浸透速度係数および中性化深さより求めた水セメント比の比較

表-2 養生および外部環境の影響を表す係数<sup>3)</sup>

養生条件と乾燥条件	係数 $\beta$
打設後 24 時間で脱型して水中養生	1.0
封緘養生もしくは高湿度での養生	2.0
打設後 24 時間で脱型して気中養生	3.0
養生によらず、数年におよぶ乾燥や 105°C 乾燥などの強い乾燥を受けた場合	3.0