

鉄筋コンクリート構造物における鉄筋腐食と コンクリートの含水状態に関する研究

材料研究グループ 主任研究員 松沢 晃一

I はじめに

鉄筋コンクリート造建物の耐久性判断の基本は鉄筋腐食の有無であるが、一般にはコンクリートの中性化深さと令第79条や品確法の劣化対策評価方法基準等による鉄筋のかぶり厚さとの対比で行われている。しかし、中性化や塩分などがかぶり厚さに達することと鉄筋腐食の開始とは必ずしも同じではないため、中性化などがかぶり厚さに達した後も継続して使用する際の判断の基準がまだ十分に整理されていない。

鉄筋腐食の発生および進行には、コンクリートの含水状態が関係していることが知られている。そのため、コンクリートの含水率やコンクリート内部の温湿度などを測定して、鉄筋腐食環境とコンクリートの含水状態の関係に関する検討がなされている^{1),2)}。建築物は、鉄筋コンクリート構造物においても、その表面には仕上材が施されていることが多いため、仕上材によってもコンクリート内部の含水状態が異なることが想定され、鉄筋腐食環境も異なると考えられる。

本研究では、仕上塗材を施した鉄筋コンクリート供試体、仕上塗材を施したコンクリート内部に温湿度ロガーを設置した供試体について屋外曝露を実施し、鉄筋腐食とコンクリート内部の温湿度の関係、コンクリート内部の温湿度に及ぼす外部環境の影響について検討を行っている。本稿では、曝露期間1年時における状況を確認した結果を報告する。

II 実験概要

図1に供試体概要を示す。供試体は、鉄筋腐食確認用供試体、コンクリート内部の温湿度測定用供試体の2種類である。鉄筋腐食確認用供試体は、300×200mm面2面以外を曝露面とし、300×200mm面からかぶり厚さ10、20、30mm位置に鉄筋(SR295、R13)を埋設した。鉄筋は、埋設前に黒錆を除去した。温湿度測定用供試体は、コンクリート打込み面および底面以外を曝露面とし、側面1面から10、30、50mm位置に温湿度ロガーを設置するための空洞を設けた(底面側から30×30×80mm)。曝露面以外はエポキシ樹脂によりシールした。

表1に実験の要因と水準、表2に使用材料、表3に調合および試験結果を示す。仕上材はJIS A 6909に規定されている薄塗材E、防水形複層Eとし、仕上材なしについても試験を行うこととした。曝露場所は、北海道(泊)、茨城県(つくば)、沖縄県(辺野喜)とし、茨城県(つくば)では雨掛かりの有無による比較も行っている。なお、北海道(泊)、沖縄県(辺野喜)は、いずれも海岸線沿いで曝露を行っており、飛来塩分の影響がある環境となっている。

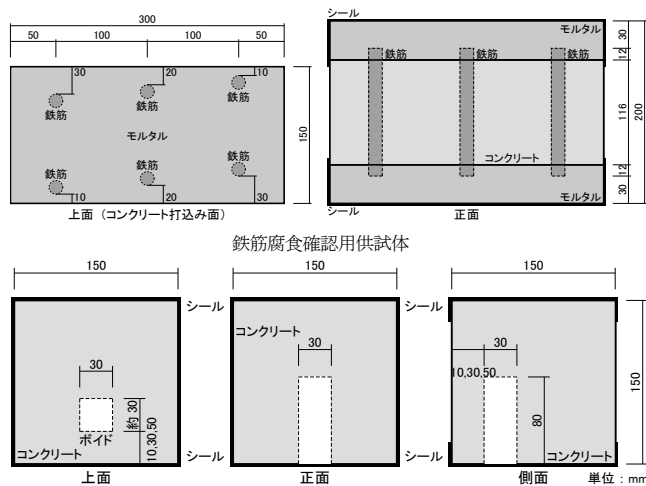


図1 供試体概要

表1 実験の要因と水準

要因	水準
かぶり厚さ	10mm、20mm、30mm
仕上材	なし、薄塗材E、防水形複層E
曝露場所	北海道、茨城(雨掛かりあり)、茨城(雨掛かりなし) 沖縄

表2 使用材料

材料	種類	記号	物性
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度 3.16g/cm ³
細骨材	山砂(掛川産)	S	表乾密度 2.59g/cm ³ 、粗粒率 2.75
粗骨材	碎石(桜川産)	G	表乾密度 2.64g/cm ³ 、実積率 61.3%
混和剤	AE減水剤	Ad	リグニンスルホン酸とオキシカルボン酸塩

表3 調合および試験結果

W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	Ad (kg/m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
60.0	47.7	180	300	841	938	3	19.0	4.2	30.8

温湿度ロガーは、設置後に空洞を発泡プラスチック系断熱材で充填し、表面をシーリング材およびアルミテープでシールした。温湿度ロガーについては、約6箇月毎にデータ回収のため、取出しと再設置を繰り返している。

中性化深さは、切断面にフェノールフタレイン1%水溶液を噴霧して測定した。また、塩化物量は、表面から0~5、5~15、15~25、25~35mmで切断した試験片についてJIS A 1154に準拠して全塩分量を測定した。

III 実験結果

図2に測定した湿度の夏季(2018年8月)および冬季(2019年1月)について示す。雨掛かりの有無や季節、仕上材種類によってコンクリート内部の湿度が異なっている。雨掛かりなし環境と比較して、雨掛かりあり環境ではコンクリート内部の湿度が高く、雨水による水分供給がなされていることがわかる。この傾向は、仕上材なし供試体で顕著である。また、季節間で比較すると、夏季に対して冬季の湿度がやや低い。これは、冬季は降水量が少ないためと考えられる。

図3に曝露1年後における中性化深さ測定結果を示す。中性化深さは仕上材なし供試体が大きく、薄塗材E供試体、防水形複層E供試体の順である。なお、中性化が最も進んでいる供試体でも中性化深さは6.8mmであり、中性化は鉄筋位置までは到達していない。

図4に曝露1年後における塩化物イオン量測定結果を示す。塩化物イオン量も中性化と同様に仕上材なし供試体が最も塩分浸透が進んでおり、防水形複層E供試体は塩分浸透がほとんどみられなかった。仕上材なし供試体と薄塗材E供試体については、10mmあたりで塩化物イオン量が1.6kg/m³を超えており、かぶり厚さ10mm位置の鉄筋は腐食している可能性があったが、実際には鉄筋の腐食はみられなかった。

IV 今後の展開

本稿では、仕上材を施した鉄筋コンクリート供試体に関して、曝露期間1年時における状況を報告したが、この期間では鉄筋腐食は確認されなかった。今後も曝露試験を継続し、鉄筋腐食とコンクリートの内部の温湿度の関係、コンクリート内部の温湿度に及ぼす外部環境の影響についてデータを蓄積し、鉄筋コンクリート構造物の耐久性に与える、鉄筋腐食環境とコンクリートの含水状態の関係を明らかにする。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：鉄筋コンクリート造建築物の限界状態再考—中性化は寿命か？—、日本建築学会大会（中国）材料施工部門パネルディスカッション資料、2017
- 2) 山田宗範ほか：実構造物におけるコンクリート内部の水分が鉄筋腐食に与える影響に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 40、No. 1、2018

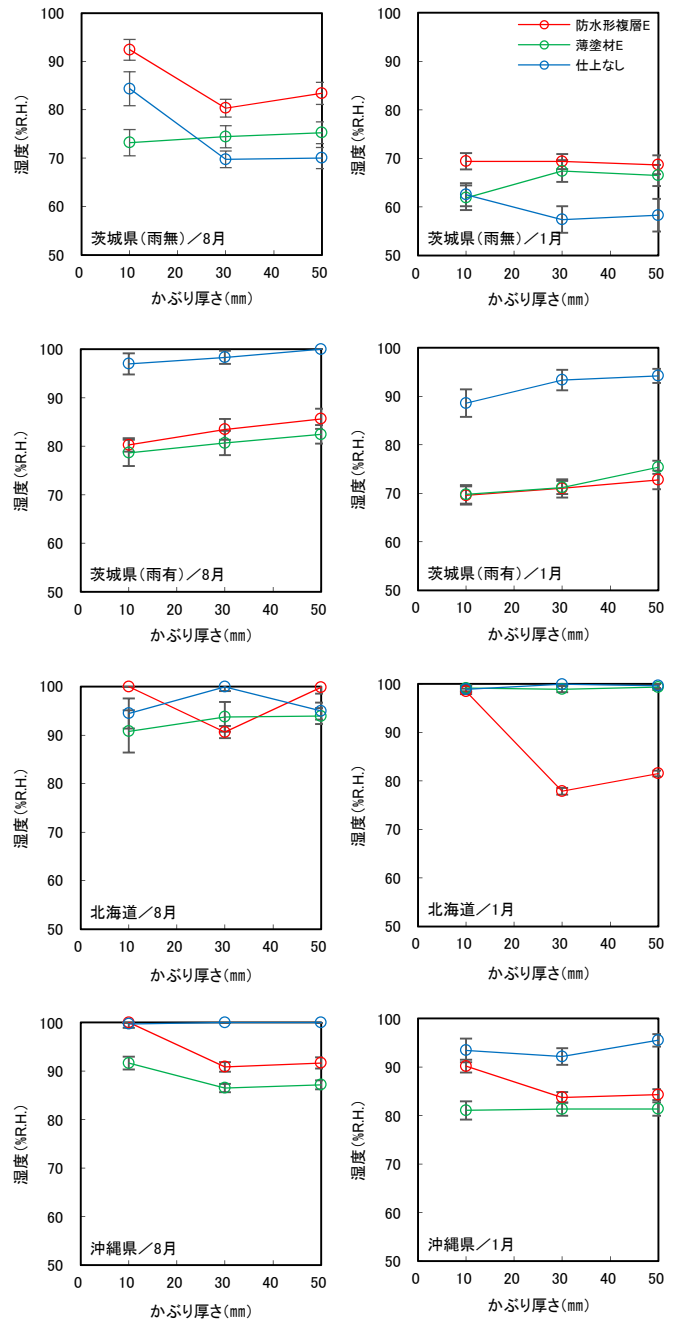


図2 コンクリート内部の湿度の月平均

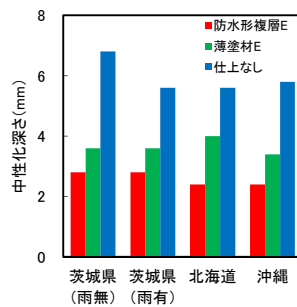


図3 中性化深さ

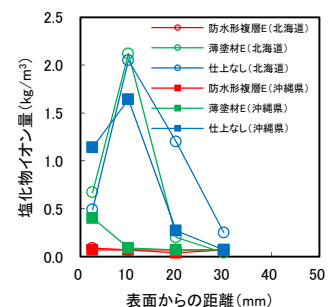


図4 塩化物イオン量