コンクリートへの水分浸透および逸散性状に関する実験的検討

(公財)鉄道総合技術研究所　　正会員　○上田　洋

１．はじめに

鉄筋コンクリート構造物において，鉄筋腐食は一般に水と酸素の存在下で細孔溶液の pH 低下等が生じた時に進行する．ここで，水の供給源として雨水等によるコンクリート表面からの浸透を考えた場合，浸透した水の鉄筋位置への到達の有無が重要となり，これは鉄筋のかぶりと水の浸透深さによって定まる．水の浸透深さは，水の作用時間とかぶりコンクリートの水分移動抵抗性に影響されるので，乾湿繰り返し作用も考慮すると水分浸透と逸散の時間依存性を知ることが必要になる．このためのアプローチとして精緻な解析的検討も重要であるが，コンクリート構造物の維持管理の実務に早期に反映させるためには，実験により全体像を把握することもまた同様に重要であると考えられる．本研究は，水分浸透および逸散性状の時間依存性を明らかにするための基礎的研究と位置づけ，水分センサを埋設した試験体を用いて実験的検討を行ったものである．

２．実験内容

２．１　試験体作製

試験体は一辺が 200mm の立方体（2 体作製）とし，図 1 に示すように試験体底面からの深さが 10，30，50，70 および 100mm となる箇所に水分センサをそれぞれ設置した．水分センサには，(株)東京測器研究所製の印加電圧式水分センサ KZA-1A を用い，コンクリート打設前にセンサ部にコンクリートを 5mm ふるいでウェットスクリーニングしたモルタルを付着させた上で，センサ部を下向きに設置した．なお，各センサはその大きさから 20～30mm 間隔で直線上に並べることができないので，試験体の中央付近で横方向に若干ずらして設置した．作製したコンクリートの配合は表 1 に示すとおりで，各試験体は温度 20℃, 相対湿度 60%の環境で材齢 15 日まで封緘養生をした後に脱型した．なお，作製したコンクリートの材齢 28 日（材齢 2 日で脱型しその後水中養生）における圧縮強度および静弾性係数は，3 本の平均値でそれぞれ 34.7MPa，28.5GPa であった．

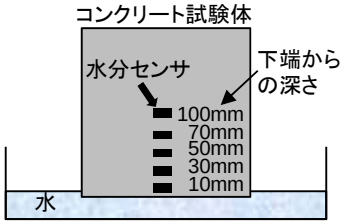

図1 試験体および試験概要

表1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3) 水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤 (ml)*1
60	48.0	157	267	892	990	250

*1:セメント100kgあたりの使用量

２．２　浸漬・乾燥試験

作製した試験体は，脱型日にセンサの動作確認を行った後，水分浸透を調べるため図 1 に示すように測定面を下面にしてその面が水に浸るようにした．なお，試験体は側面を被覆し上面は開放面とした．この試験を脱型翌日から 144 時間実施した後，試験体を水槽から取り出し，温度 20℃，相対湿度 60%の環境でコンクリートからの水分逸散を調べた．1 体（無処理）はそのまま乾燥させ，もう 1 体（表面被覆）は表面の水滴を拭き取った後ただちに水への浸漬面をビニールテープで被覆した．これは，コンクリートが水分を保持した状態での表面被覆材の影響を模擬したものである．なお，水分センサによる測定値はデータロガを用いて 10 分ごとに取得した．測定値は電圧値として得られ，電圧値が高いほど水分が多い傾向を示す．本試験では測定開始時を 100%とした出力電圧の相対値を用い，その時間変化に着目することとした．

３．実験結果および考察

図 2 に，水分浸透過程における測定結果を示す．深さ 10mm では，試験開始から 20～50 分後に出力電圧の変化率が高くなり，水分変化を検知している．なお，出力電圧の変化率は試験体 2 が試験体 1 より大きいが，

キーワード：コンクリート，水，浸透，逸散，水分センサ

連絡先：〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(公財)鉄道総合技術研究所（コンクリート材料）　TEL042-573-7338

これは測定開始時の電圧値が低かったため，相対値が高くなったものである．深さ 30mm では水分の検知までに 10 時間程度かかり，深さ 50mm では 24 時間程度を要している．また，深さ 30mm では出力電圧の変化率の傾きが深さ 10mm と比べて小さく，水分の検知後に含水状態が高くなるまでの時間が深さ 10mm よりも長いと推定され，この傾向は深さ 50mm でさらに顕著である．深さ 70mm および 100mm では，試験開始から 144 時間後までの間に水分変化を検知しなかった．

図 3 は，2010 年の 1 年間に東京における 1 回の降水での降水時間の分布を，気象庁が公開している 1 時間ごとの降水データをもとにまとめたものである．1 回あたりの平均降水時間は 6.3 時間で，10 時間未満の降水が全体の 80%程度を占めており，水分移動抵抗性が本試験条件と同じであればこれらの降水による水の浸透深さは 30mm 程度未満となり，高架橋の下部工等で上部工からの漏水が降水後も延べ 24 時間から数日程度続く箇所では水の浸透深さは 50mm 程度となる．詳細についてはさらなる検討が必要ではあるが，実構造物における漏水箇所の水分分布も同様の傾向を示している [1)]．

図 4 および図 5 に水分逸散過程における測定結果を示す．これらは，図 2 の試験終了時を経過時間 0 時間とした．無処理では，深さ 10mm では 8 時間程度で水分変化を検知したが，深さ 30mm および 50mm では水分変化の検知までに 16 時間程度，明瞭な変化まで 36 時間程度かかり，水分浸透に要する時間よりも長い．表面被覆をした試験体では，深さ 10mm でわずかに水分逸散を検知しているほかは明瞭な変化は読み取れない．コンクリートが水分を保持した状態では，表面被覆は乾燥時におけるコンクリート内部の水分逸散を抑制している．

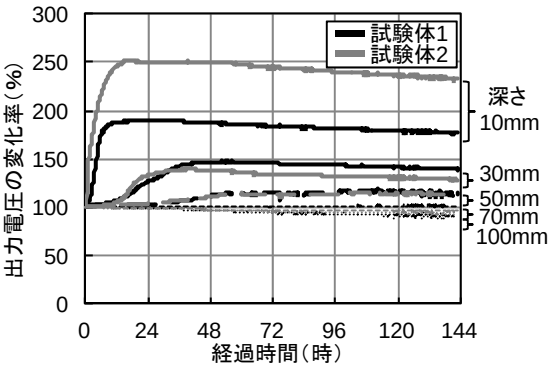

図2 水分浸透の時間依存性

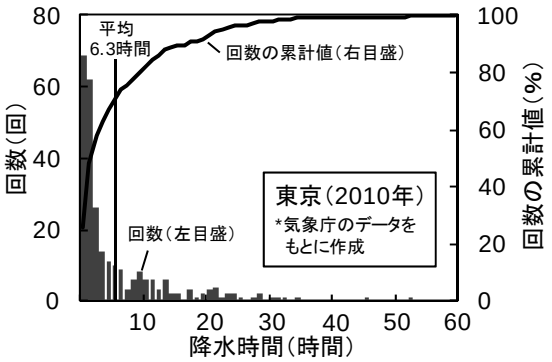

図3 1回の降水における降水時間の分布

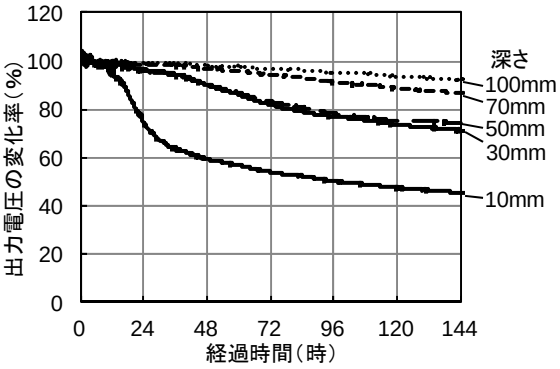

図4 水分逸散の時間依存性(無処理)

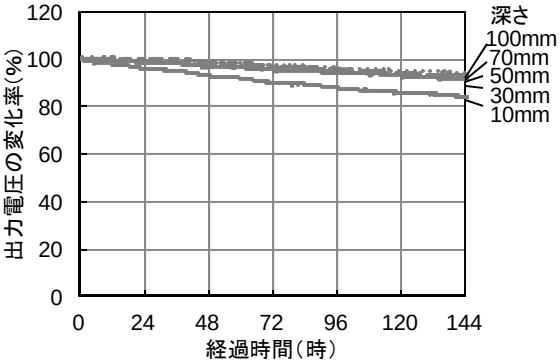

図5 水分逸散の時間依存性(表面被覆)

4．まとめ

(1)水分センサを埋設したコンクリートにより，コンクリート表層における水分浸透および逸散性状を捉えることができる．

(2)コンクリートへの水分浸透は，深さ 10mm では 1 時間未満であったが，深さ 30mm では 10 時間程度，深さ 50mm では 24 時間程度となった．

(3)コンクリートからの水分逸散開始は，深さ 10mm で 8 時間程度，深さ 30mm および 50mm では 16～36 時間程度となった．

なお，コンクリートの品質が水分浸透および逸散性状に及ぼす影響については今後検討していく予定である．

謝　辞

本研究は，独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構「運輸分野における基礎的研究推進制度」を活用して実施しました．

参考文献

1) 上田洋ほか:「コンクリート構造物の表層品質と耐久性能検証」に関するシンポジウム講演概要集, 土木学会, pp.113-120（2009）