

薄板モルタルを用いた水分供給条件の定量評価

新潟大学大学院 自然科学研究科 学生会員 ○山口肇
新潟大学 正会員 佐伯竜彦
新潟大学 正会員 斉藤豪

1. はじめに

鉄筋コンクリートの劣化原因の1つは、水と酸素がコンクリート中に侵入により鉄筋が腐食することである。また、鉄筋コンクリート中の含水率が高すぎると空隙中を拡散する酸素の侵入しにくくなり、含水率が低くすぎてもコンクリートの電気抵抗が大きくなることと、鉄がイオン化しないため腐食が抑制される。つまり、鉄筋コンクリート中の含水状態を把握することによって、より正確な腐食の進行予測が可能になる。コンクリートの含水状態はコンクリート自体の品質と、天候や構造物形状といった環境条件による水の供給状況によって変化する。既往の研究では、環境条件が含水状態に及ぼす影響を定量的に評価した研究は少なく、実構造物において環境条件の影響を受け、経時的に変化する含水状態を長期にわたって正確に把握することは事実上不可能であった。このことから本研究では、環境条件によって変動する水の供給条件の把握手法の検討を行った。特に、構造物の部位による違いに注目した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本研究では、構造物各部位の水分供給条件の評価のために薄板モルタル供試体を用いた。供試体は、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比 80%とした。供試体の寸法は 4cm×4cm×0.5cm であり 4cm×4cm の面を除いた 5 面をシールし、水と二酸化炭素の侵入を 1 面からのみとした。

2.2 暴露試験

対象橋梁は、新潟県内の沿岸部に位置する 2 橋梁である。橋梁の各部位の雨掛かりの違いを評価することを目的とした。Fig. 1 に供試体貼り付け位置図を示す。暴露期間はおよそ 5 か月とし、2020 年 11 月 13 日～2021 年 3 月 25 日まで試験を行った。試験後に中性化深さと試験終了時の相対含水率を計測した。

2.3 調湿及び酸素拡散試験

供試体を各湿度で調湿し、恒量になった時点で酸素拡散係数を測定し、相対含水率と酸素拡散係数の関係を定式化した。二酸化炭素の拡散係数は、酸素拡散係数を分子量比によって補正して求めた。

2.4 水分移動解析

対象橋梁の最寄りのアメダス観測所の 1 時間ごとの降雨データから乾湿の切り替わりを考慮した薄板供試体の水移動解析¹⁾を行い、暴露実験中の平均的な含水率がどのようになるか調べた。

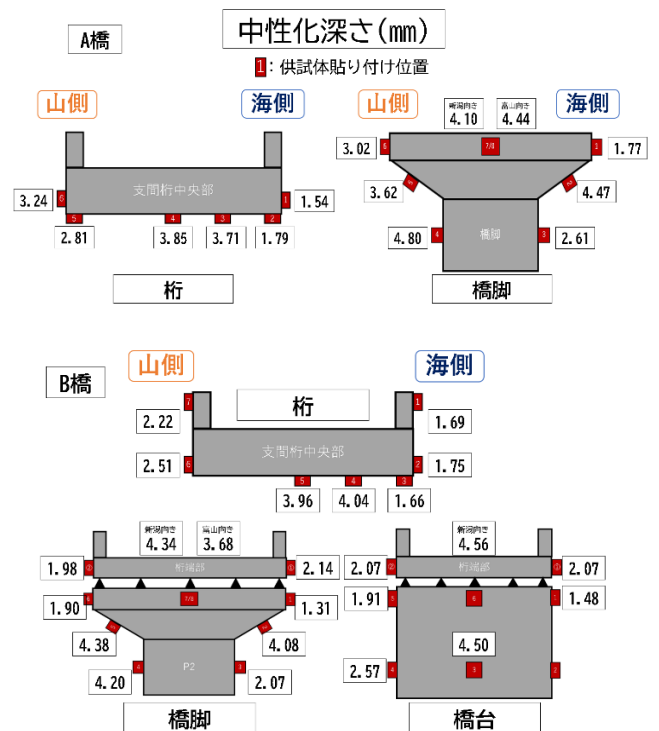


Fig. 1 供試体貼り付け位置図

3. 結果及び考察

3.1 暴露試験

Fig. 1 に中性化深さ測定結果を示した。雨掛かりにくい桁下中央部などの中性化深さが大きい。一方、日本海からの季節風の影響を受けやすい海側側面は中性深さが小さい。定性的に雨掛かりにくいとされる部位の中性化深さが大きいことが確認できる。

3.2 等価含水率の算出

大気中の二酸化炭素濃度はおよそ一定であるため、同一配合の供試体の中性化深さの部位による違いは含水状態によるものと考えられる。したがって、薄板供試体の中性化深さつまり供試体内部に浸透した二酸化炭素量から経時変化の影響を含む薄板供試体の暴露期間中の乾湿繰り返しの影響を含む等価な含水率を逆算できると考えた。

Fig.2 に、実験結果を示す。既往の研究²⁾を参考に実験結果を回帰して式[1]を求めた。二酸化炭素の拡散係数は、酸素拡散係数を分子量比によって補正して求めた。

$$D = 3.3654 \times 10^{-5} (119.91 - w)^3 \quad [1]$$

D : 二酸化炭素の見かけの拡散係数 (cm^2/day)

w : 相対含水率 (%)

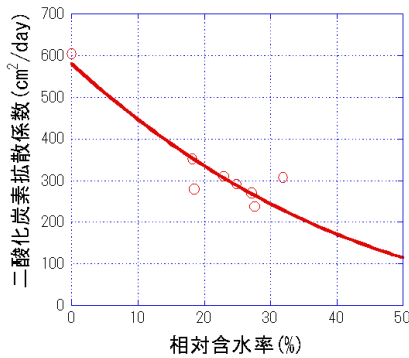


Fig.2 二酸化炭素拡散係数と相対含水率の関係

既往の研究³⁾より同一構造物の異なる部位ごとの中性化深さの比は、拡散係数比により求めることができるため、式[2]が成り立つ。

$$\frac{x}{x'} = \sqrt{\frac{D}{D'}} \quad [2]$$

x : 表面からの深さ (cm)

ここに、式[1]に代入して整理すると式[3]が得られる。

$$wq = (x/x')^{\frac{2}{3}} \cdot (w' - 119.91) + 119.91 \quad [3]$$

wq : 等価含水率 (%) w' : 暴露地点最小含水率 (%)

式[3]を用いて、暴露試験で得られた中性化深さから等価含水率を求めた。

3.3 橋梁各部位における水分供給状況の評価

供試体の含水率の計算結果から、式[1]を用いて二

酸化炭素拡散係数を求めて平均し、平均二酸化炭素拡散係数に対応する含水率を平均含水率とした。求めた平均含水率と等価含水率を比較した。また、部位ごとに異なる雨掛かりの違いが雨の強度に依存すると仮定し、乾湿繰り返しにおける、吸水過程の開始を1時間当たりの降水量によって決定して解析を行った。結果を Table.1 に示す。

コンクリート標準示方書において、「降水は掛かるが、降水が止めばすぐに乾燥が始まる部位」では、平均含水率と等価含水率は近い値を示した。このことから、平均含水率と等価含水率は同一のものであると仮定し、降水強度に応じて雨掛かりを区分した。Fig.3 に A 橋の橋脚の各部位における等価含水率を、解析結果から求めた平均含水率によって、4つの降水強度に区分したものを示す。

Table.1 解析結果

吸水過程の計算を行う降水量	0mm以上	1mm以上	2mm以上	3mm以上
平均含水率 (%)	63.6	54.1	48.9	40.7

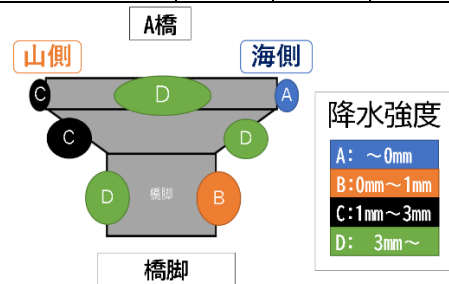


Fig.3 等価含水率による降水強度区分

4. まとめ

- (1) 部位ごとの雨掛かりの違いを、中性化深さを用いて評価できることが確認された。
- (2) 気象データを用いた乾湿繰り返し解析と暴露試験を行い、降水強度が各構造物各部位の雨掛かりに影響すると仮定し、橋脚部の雨掛かりを区分した。

参考文献

- 1) 秋田宏ほか:モルタルの乾燥・吸湿・吸水過程における水分移動, 土木学会論文集 第 420 号/V-13 1990年 8月
- 2) 大住道夫ほか:酸素拡散理論に基づくコンクリート中の鉄筋の腐食速度予測法, 土木学会論文集 No. 648/V-47, 1-8, 2000, 5, p5
- 3) 山田猛, 佐伯竜彦ほか:薄板モルタル供試体を用いた中性化環境の評価に関する基礎的検討, Cement Science and Technology, Vol. 66, 2012