

養生による表層品質改善が耐久性に与える影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○名古屋 智樹
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリート構造物において CO₂, Cl⁻のような劣化因子の侵入に伴って鋼材腐食が進行する。これらの因子はコンクリート表面から侵入するため、十分な耐久性を有する構造物を実現するために、表層コンクリートの品質(以下、表層品質)が特に重要になる。一般に表層品質は配合条件だけでなく、施工要因である養生の影響も受けるため、コンクリート標準示方書【施工編】(以下、示方書)では使用セメントと日平均気温から湿潤養生期間の標準を定めている。しかしこれは初期強度発現までの期間を基に定めているため、養生により改質された表層品質が耐久性に与える影響はあまり論じられてない。そこで本研究では養生による表層品質改善が、耐久性のうち中性化に及ぼす影響について、諸条件が表層品質に与える影響を整理し、表層品質改善効果の定量化について検討した。

2. 実験概要

2. 1. 供試体概要

本研究では示方書の湿潤養生期間の標準を参考に、養生後の表層品質に影響を与えると考えられるセメント種と W/C を試験要因として実施した。用いた供試体の計画配合を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランド(OPC)、高炉スラグ微粉末(BFS)置換率 50%の高炉セメント B 種(BB)、BFS 置換率 70%程度の ECM セメント(ECM)、低熱ポルトランドセメント(LPC)を用いた。

2. 2. 表面吸水試験(SWAT)

本研究ではコンクリート構造物の表層品質の評価手法の一つである SWAT を実施し、注水 10 分後の表面吸水速度を算出した。

作製した供試体を図 1、試験サイクルの概略を図 2 に示す。150×150×260mm の供試体を作製し、打込み翌日に脱型し、試験面以外は水分逸散を防ぐためアルミテープで、試験面は 1,2,3,5,7,10,14,28 日間市販の保水性を有する養生シートで封緘養生した。養生後、同一環境で所定期間(7,14,28,56 日間) 乾燥後、計測した。

キーワード 養生, 表層品質, 耐久性, 吸水速度, セメント種

表 1 計画配合

凡例	セメント種	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	C	S	G
N35	OPC	35	44	170	486	723	953
N45		45	46		378	796	969
N55		55	48		309	858	964
N65		65	50		262	928	956
B55	BB	55	48	310	853	959	
E55	ECM	55	48	309	850	956	
L55	LPC	55	48	309	861	969	

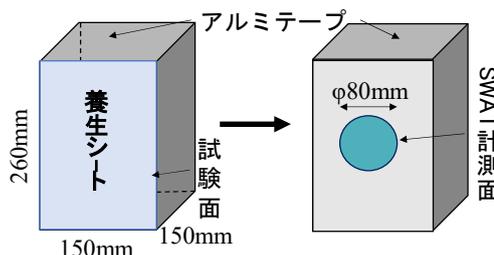


図 1 供試体(SWAT用)

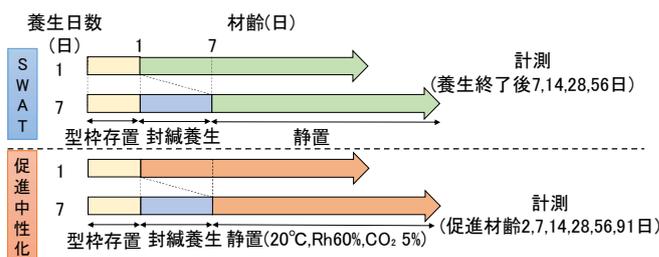


図 2 試験サイクル

2. 3. 促進中性化試験

SWAT と同一配合の 100×100×400mm の 供試体を作製し、封緘養生を 1,3,5,7,10,28 日間実施した後、JIS A 1153 に基づいた中性化促進環境に静置し、促進材齢 2,7,14,28,56,91 日にて割裂し、中性化深さを計測した。

3. 試験結果および考察

3. 1. 表面吸水試験結果

図 3 に養生終了 56 日後のセメント種毎の吸水速度を示す。いずれのセメント種においても養生期間が長くなると吸水速度が小さくなり、表層品質改善効果は N<B<E, L となるため E および L が養生の効果を受けやすいことが考えられる。

図 4 に養生終了 56 日後の異なる W/C の吸水速度を示す。低 W/C において表層改善効果は低い一方で、高

W/C ほど表層品質改善効果が高いことを確認した。

3. 2. 表層品質改善効果の定量化に向けた考察

吸水速度は養生日数が長くなると小さくなる傾向があるため、表層品質改善効果の定量評価が可能ではないかと考えた。ここで吸水速度 $V(\text{ml/m}^2/\text{s})$ は

$$V = \alpha \ln(D) + \beta \tag{1}$$

ただし D : 養生日数(日), α, β : 定数となり、養生の影響を受けるものほど α が小さく, β が大きくなるため $V_N < V_B < V_E$, V_L と定量評価可能であると考え。

また W/C に着目し, 吸水速度の近似式から算出した近似式の傾き及び切片(以下, 傾き, 切片)を **図5** に示す。図より W/C と傾き及び切片に強い相関があるため,

$$\alpha = -0.79(W/C) + 0.26 \tag{2}$$

$$\beta = 3.61(W/C) - 0.95 \tag{3}$$

と表現でき, (1)式に(2), (3)式を代入すると,

$$V = (-0.79(W/C) + 0.26)\ln(D) + 3.61(W/C) - 0.95 \tag{4}$$

より $0.35 \leq W/C \leq 0.65$ の養生による表層品質の改善を定量評価可能だと考える。セメント種においても定量評価可能であることが示唆されたため, (4)式の他のセメント種における適用は今後の検討課題としたい。

4. 表層品質の改善が耐久性に与える影響

図6 に養生終了 56 日後の吸水速度と中性化速度係数の関係を示す。セメント種では, N と L, B と E における吸水速度と中性化速度に相関があった。また着目すると, N35,45,55 の吸水速度と中性化速度係数に相関がある一方, N65 は吸水速度に対して中性化速度係数が大きい。これは高 W/C では表層領域が大きく, 表層の中でも養生により改質された領域が低 W/C よりも少ないためではないかと考える。よって W/C により表層品質が耐久性に与える影響は異なるため, 吸水速度と中性化速度係数の関係に相関があるものは, 設計時に決定した W/C と要求される耐久性能を満たす V を設定し, それらを(4)式に代入することでその性能を満たす養生日数を求めることが可能になると考える。

5. まとめ

- (1) 表層品質改善効果は $N < B < E$, L となり, ECM と LPC は養生の影響を受けやすいセメント種であると考えられる。
- (2) 吸水速度と中性化速度係数に相関があるものは, 設計時に決定した W/C と要求される耐久性能を満たす吸水速度を(4)式に代入することで, その要求

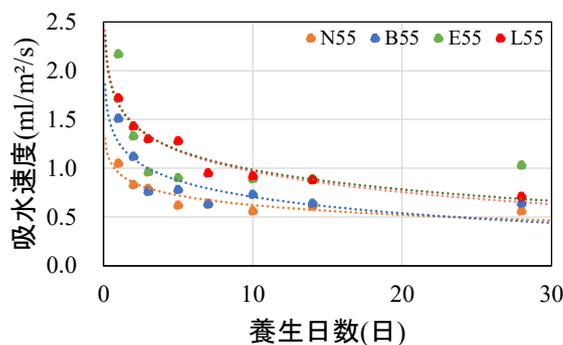


図3 吸水速度(セメント種)

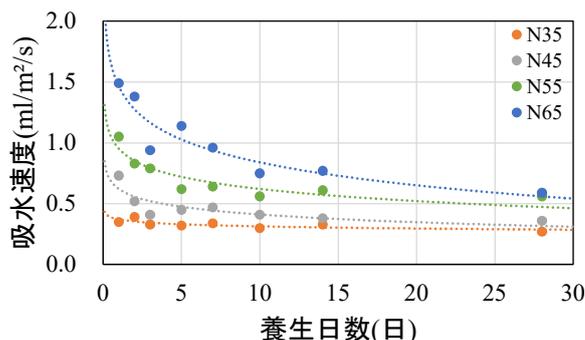


図4 吸水速度(W/C)

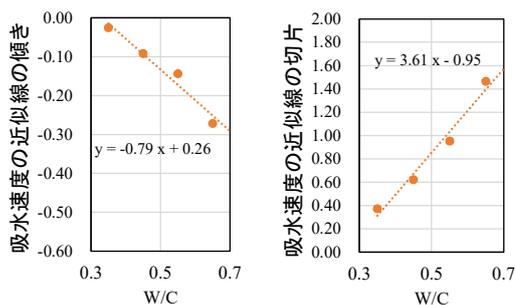


図5 W/C と吸水速度の近似線の傾き, 切片(N)

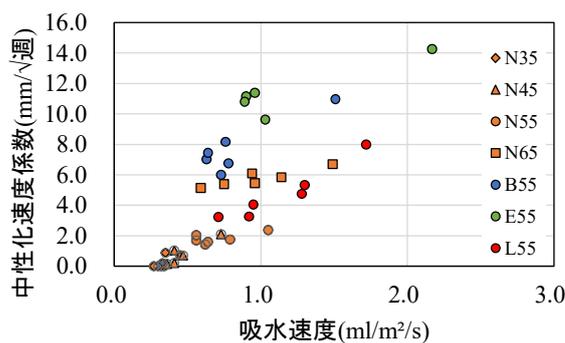


図6 吸水速度と中性化速度係数

性能を満たす養生日数が算出可能になると考える。

参考文献

土木学会：コンクリート構造物の養生効果の定量評価と各種養生技術に関する研究小委員会(356 委員会)成果報告書およびシンポジウム論文集, コンクリート技術シリーズ 122, 2019