

## 表層コンクリートのポテンシャルに着目した湿潤養生期間提案に向けた一考察

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 建設工学専攻  
芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼任 土木工学科

○名古屋 智樹  
伊代田 岳史

## 1. はじめに

今後新設する鉄筋コンクリート構造物において長寿命化を目指すために、高い耐久性能が求められる。ここで鋼材腐食を引き起こす  $\text{CO}_2$  や  $\text{Cl}^-$  といった劣化因子はコンクリート表面から侵入するため、構造物の長寿命化を図るためには特にかぶり部の物質移動抵抗性が重要になってくる。かぶり部の物質移動抵抗性は配合要因だけでなく、施工時の養生の影響を大きく受けるものと考えられる。コンクリート標準示方書【施工編】(以下、示方書)では、日平均気温とセメント種から湿潤養生期間の標準が定められている。しかし、これには耐久性設計で用いられる W/C の要因が考慮されていない。ここで、本研究におけるかぶり部において養生の影響を受ける範囲を表層と定義し、その概念図を図1に示す。本研究にて養生はコンクリート表層において養生の影響範囲(表層領域)及びその範囲における物質移動抵抗性(表層品質)に影響を与えると考えた。これらが明らかになることで養生を考慮した耐久性設計が可能になるのではないかと考えた。

そこで本研究では養生を考慮した耐久性設計を実現するために、W/C に依存した養生期間の推定方法を提案することを目的とし、実験を実施した。

## 2. 実験概要

## 2. 1 供試体概要

本研究では養生後の表層品質に影響を与える要因として、示方書の湿潤養生期間の標準を参考にセメント種と W/C を試験要因として実施した。供試体作製に用いたコンクリートの配合およびフレッシュ性状を表1に示す。セメント種は一般的に耐久性設計に用いられる普通ポルトランドセメント(OPC)と OPC の50%を高炉スラグ微粉末(BFS)で置換した高炉セメント B 種(BB)を用い、それぞれのセメント種で W/C=35、45、55、65%となるよう、 $\phi 100 \times 200 \text{mm}$  及び  $150 \times 150 \times 260 \text{mm}$  の供試体を作製した。なお養生は1、3、5、7、10、28 日間アルミテープと保水性を有する養生シートを用いて封緘養生を実施した。

## 2. 2 真空吸水試験

表層領域を決定するために、筆者らが開発した真空吸水試験<sup>1)</sup>を円柱供試体で実施し、その概要を図2に示す。

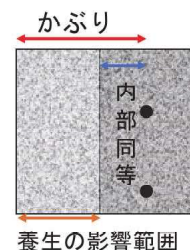


図1 かぶり部の概念

表1 コンクリート配合・フレッシュ性状

| 凡例  | セメント種 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | Slump (cm) | Air (%) | C.T. (°C) |
|-----|-------|---------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|------------|---------|-----------|
|     |       |         |         | W                       | C   | S   | G   |            |         |           |
| N35 | OPC   | 35      | 44      | 170                     | 486 | 723 | 953 | 5.0        | 5.0     | 26.9      |
| N45 |       | 45      | 46      |                         | 378 | 796 | 969 | 17.0       | 5.9     | 25.0      |
| N55 |       | 55      | 48      |                         | 309 | 858 | 964 | 21.5       | 4.2     | 24.0      |
| N65 |       | 65      | 50      |                         | 262 | 928 | 956 | 20.5       | 3.7     | 23.8      |
| B35 | BB    | 35      | 44      | 170                     | 486 | 715 | 942 | 20.5       | 6.0     | 23.7      |
| B45 |       | 45      | 46      |                         | 378 | 790 | 961 | 18.5       | 5.0     | 24.9      |
| B55 |       | 55      | 48      |                         | 310 | 853 | 959 | 21.0       | 3.3     | 23.6      |
| B65 |       | 65      | 50      |                         | 262 | 910 | 945 | 17.5       | 3.8     | 26.1      |

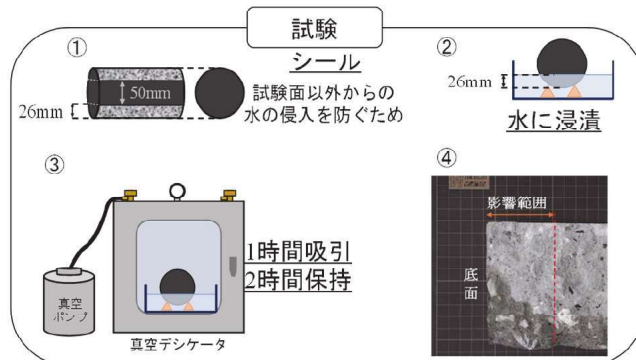


図2 真空吸水試験概要

試験終了後計測した吸水高さの微分値が0となる時の底面からの距離を養生の影響範囲として算出した。

## 2. 3 表面吸水試験 (SWAT)

表層部における物質移動抵抗性を検討するために角柱供試体にて養生終了91日後に表面吸水試験を実施した。なお本研究では養生を28日間実施した配合が最も水和が進んで内部コンクリートに近いものと考え、所定の養生日数の吸水速度に対する養生28日の吸水速度を表層のポテンシャルとして算出した。

### 3. 試験結果及び考察

#### 3. 1 真空吸水試験結果

図3に真空吸水試験の結果を示す。N、B配合両者において高 W/C ほど養生初期の表層領域が広く養生を施すことで水和が進み影響範囲が大幅に縮小することから、表層領域は養生日数に依存することが考えられる。

#### 3. 2 表面吸水試験結果

図4に算出した表層のポテンシャルを示す。N、B どちらも養生初期はポテンシャルが低い、養生により物質移動抵抗性が向上し、内部相当の物質移動抵抗性を確保できると考える。また B 配合では N 配合に比べポテンシャルが低く、これは短期間養生では混和材の BFS が水と反応していなかったことが原因ではないかと考える。

#### 3. 3 表層品質改善の定式化

吸水速度を算出することで、内部に対する表層のポテンシャルを求めることができ、さらに養生日数とポテンシャルの関係より養生による表層品質改善の定式化が可能ではないかと考えた。そこで図5に示す養生日数と吸水速度の関係より吸水速度  $V(\text{ml}/\text{m}^2/\text{s})$  は、

$$V = \alpha \ln(D) + \beta \quad [1]$$

ここに、 $D$ : 養生日数(日)、  
 $\alpha$ ,  $\beta$ : 配合より定まる定数

と一般化できる。それぞれの配合における W/C と  $\alpha$ ,  $\beta$  には強い相関があることが確認できたため、N、B 配合の近似式から得た  $\alpha$ ,  $\beta$  を[1]式に代入することで、

$$V_N = (-0.62(W/C) + 0.19) \ln(D) + 3.63(W/C) - 0.93 \quad [2]$$

$$V_B = (-0.43(W/C) + 0.02) \ln(D) + 3.28(W/C) - 0.49 \quad [3]$$

となり、 $0.35 \leq W/C \leq 0.65$  において任意の養生日数における吸水速度が算出可能になった。また養生  $X$  日における表層のポテンシャル  $A(\%)$  は、

$$A = V_{28}/V_X \quad [4]$$

とできる。ここで混和材の影響を受けていない N 配合に着目し、図6にポテンシャルと養生日数の関係を示す。低 W/C であるほど、養生期間が短期間で所定のポテンシャルに到達することが確認できた。一般に低 W/C は高 W/C よりも空隙が少なく、短期間の養生でも物質移動抵抗性が高いことを考慮すると、図6の関係は妥当ではないかと考える。以上のことから、任意の W/C で所定のポテンシャルを満たす養生日数を推定可能であると考えられる。

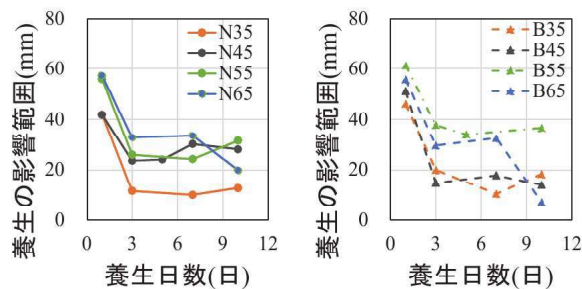


図3 真空吸水試験結果

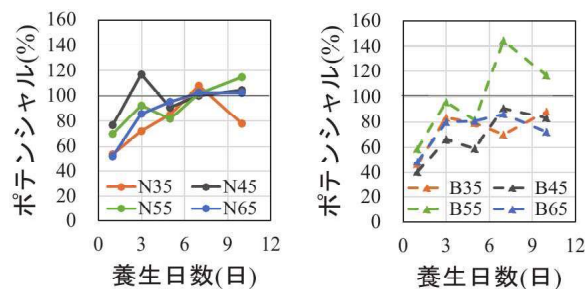


図4 表層のポテンシャル

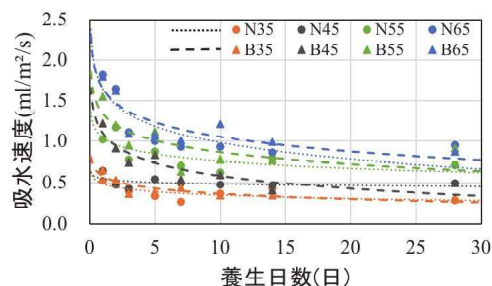


図5 養生日数と吸水速度の関係

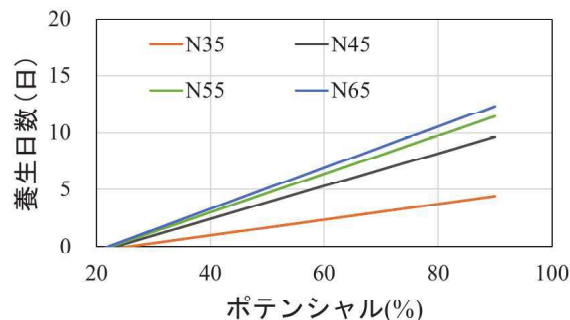


図6 表層のポテンシャルと養生日数の関係(N配合)

#### 4. まとめ

本研究では真空吸水試験より養生の影響範囲を特定することができ、表面吸水試験より表層のポテンシャルを算出することができた。また任意の W/C にて所定のポテンシャルを満たす養生日数を推定でき、W/C を考慮した養生期間を提案可能ではないかと考える。

#### 【参考文献】

- 1) 伊代田岳史、井ノ口公寛：簡易な真空吸水試験を用いた中性化進行予測手法の提案，コンクリート工学年次論文集、Vol.34、No.1、pp.748-753、2012