

各種養生工法の水分供給保持性能がコンクリートの性能に及ぼす影響

石川工業高等専門学校 正会員 ○福留 和人
国土交通省 眞井里菜, 駒井ハルテック 丸七 菜摘
安藤ハザマ 正会員 齋藤 淳

1. 目的

著者らは、養生で達成されるセメントの水和を解析的に予測し、目標の水和率が得られるように養生計画を立案する手法を提案している¹⁾。本研究では、境界条件の設定に必要な基礎データを取得することおよび水と解析による養生効果の評価の妥当性を検討することを目的に、各種養生工法で養生した供試体の養生中の質量変化を経時的に測定することによって水分供給、保持性能を評価するとともに非破壊試験によりコンクリートの性能の評価を行った²⁾。さらに、養生中の質量変化の測定結果と水と解析における水分移動解析結果が合致する境界条件を見出すとともに、コンクリートの性能と水と解析結果を比較することによって、解析による養生効果の評価の妥当性を検証した。

表-1 養生工法

種類	方法	具体的な手段
湿潤状態に保つ	給水	20℃水中養生 7, 28 日 (水中)
		水分を含んだ材料による覆い① (給水①) 28 日
		水分を含んだ材料による覆い② (給水②) 28 日
	超音波加湿器で生成した飽和水蒸気中で養生 (噴霧養生) 7 日	
水分逸散抑制	型枠存置 (鋼製型枠) 28 日	
	テープによる被覆 (テープ) 28 日	
養生無し		20℃60%RH に暴露 (気中)

2. 実験概要

(1) 養生工法

対象とした養生工法は、コンクリート標準示方書による分類の湿潤状態に保つことを目的とした 5 種類とし、比較として、水中養生および無養生を実施した (表-1)。

(2) 使用材料およびコンクリートの配合

表-2 に使用材料を、表-3 にコンクリートの配合を示す。

(3) 供試体および養生方法

供試体は 1 辺 20cm の立方体とし、6 面全てに各養生工法を適用した。型枠存置では、打込み面は、養生マットで覆って水分の逸散を防いだ。噴霧養生では、超音波加湿器で飽和水蒸気を発生させた密封したコンテナに供試体を静置した。養生期間は 7 日および 28 日とし、養生開始後は 20℃60%RH の恒温恒湿槽または 20℃の恒温室に静置した。養生終了後は 20℃60%RH の恒温恒湿槽に静置した。

(4) 測定項目および測定方法

養生中および養生終了後の供試体の質量を経時的に測定した。各種養生工法の養生効果を把握するために、材齢 91 日において、側面 4 面 (鉛直面) の表層透気係数 (Torrent 法) および超音波伝播速度 (50Hz) を測定した。

(5) 解析概要：解析にはコンクリート材料性能プログラム DuCOM-SD を用いた。DuCOM-SD は、表面から内部方向へ向かう 1 次元場における物質移動や温度変化を考慮し、水和進展・空想構造を連成して解析するものであり、部位ごとの水和率が追跡可能である。また、含水状態が水和進展に及ぼす影響を評価可能である。

表-2 使用材料

材料	種類	仕様
セメント C	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm ³ , 比表面積 3250 cm ² /g
細骨材 S	手取川産川砂	密度 2.54g/cm ³ , 吸水率 2.42%
粗骨材 G	手取川産川砂利	密度 2.61g/cm ³
混和剤 Ad	AE 減水剤	リグニルスルホン酸化合物
	AE 剤	界面活性剤

表-3 コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad.
60	170	283	812	989	0.753
50		340	747	1000	0.905
40		425	694	992	1.132

キーワード 養生, 水と解析, 養生工法, 水分供給・保持性能, 非破壊試験

連絡先 〒929-0392 石川県津幡町北中条 石川工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL076-288-8162

3. 実験結果

(1) 水分供給・保持性能

養生中の質量変化測定結果から養生工法によって水分供給、保持性能が異なることが明らかとなった。すなわち、給水①は、養生開始から数日間は質量が増加し、給水効果が見られた。一方、給水②および噴霧養生では、水分の供給はほとんど見られなかった。水分逸散抑制に分類される型枠存置およびテープは、質量減少はほとんど見られず、封緘状態がほぼ保持された。

(2) 表層透気係数および超音波伝播速度測定結果

質量変化率の実測値と解析値が合致するように種々解析を来ない、養生工法毎の境界条件を求めた。水中養生では、空隙が常に水で満たされる「理想湿潤」、テープおよび型枠存置では、水分の出入りが無い「封緘」と設定した。給水①は、水を保持した材料を水の表面張力を利用して貼付けて養生するため、シートに水が含まれている間は給水養生の挙動を示し、シートが乾いた後は水分逸散抑制の挙動を示した。そこで、3日間「理想湿潤」、以降材齢28日まで湿度を低下設定した。給水②は、給水挙動は見られず、徐々に水分逸散が見られたことから、実測値と合致するように徐々に湿度を低下させた。噴霧養生中は水分の供給・逸散はほとんど見られなかったことから、「封緘」と設定した。

得られた境界条件で水和解析を行い、材齢91日における水和率を求めた。図-1および図-2にそれぞれ水和率の解析値と表層透気係数および超音波伝播速度の関係を示す。表層透気係数および超音波伝播速度は、いずれも水和率と相関は比較的高く、水和解析によって養生効果のある程度評価できるものと考えられる。しかしながら、表層透気係数と超音波伝播速度で相関に差が見られた。すなわち、水和率にさほど差はないにもかかわらず、水分供給の有無によって表層透気係数に大きな差が見られている。その差は、水セメント比が大きくなるほど顕著となっている。これは、給水によって空隙が水で飽和された状態と水分逸散抑制で不飽和の場合で水和物の析出空間に差が生じることによると考えられる。つまり、水分逸散抑制で不飽和の場合には、水和物によって空隙が十分埋まらず、空隙の連続性が残留しやすいのではないかと推察される。したがって、物質移動抵抗性の評価においては、水和率のみでは評価できないことも想定され、今後メカニズムの解明が望まれる。いずれにせよ、コンクリートの性能として物質移動抵抗性が要求される場合には、給水が可能な養生を実施すべきであると認識すべきである。物質移動抵抗性が求められる場合は給水が可能な養生を実施するという前提に立てば、図-1において、水分逸散抑制に分類される養生工法を除くと、水和率と表層透気係数は、高い相関があり、物質移動抵抗性に対する養生の効果を水和解析により適切に評価可能と考えられる。また、水和率と超音波伝播速度の相関が高いことから、圧縮強度等の力学的な性能が主として求められる場合においても水和解析による養生効果の評価が可能と考えられる。

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C), 19K04563)によって実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献: 1)福留和人, 齋藤淳:セメントの水和解析に基づく養生計画立案手法, コンクリート工学論文集, 第32巻, pp.35-47, 2021.3, 2)福留和人, 山村准平, 帯刀香乃, 齋藤厚:各種養生工法の水分供給保持性能がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第20巻, pp.89-94, 2020.10

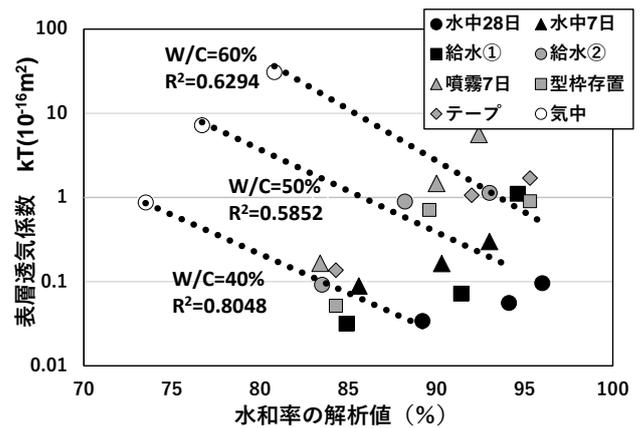


図-1 水和率の解析値と表層透気係数の関係

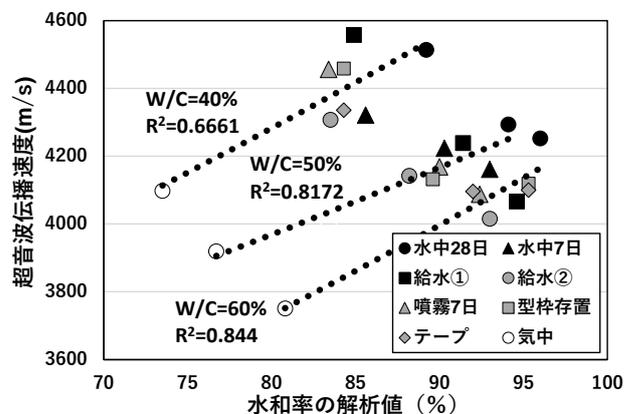


図-2 水和率の解析値と超音波伝播速度の関係