

短期的な水分浸透に及ぼす空隙構造の影響

東京大学生産技術研究所 正会員 ○鎌田 知久

東京大学生産技術研究所 フェロー会員 岸 利治

1. はじめに

雨水等によるコンクリート中への水分の浸透は、鋼材腐食や各種劣化現象の原因となる。2017 年度に制定されたコンクリート標準示方書[設計編]¹⁾では、鋼材腐食に関して水の浸透に関する照査が追加され、示方書において水分の浸透を陽な形で考慮することが可能となった。水分浸透性状は、コンクリートの品質に強く依存する²⁾ため、示方書においても水分浸透速度係数の予測値を設定するにあたり、水粉体比や養生条件等が考慮されている。コンクリートの品質を左右する代表的な要因としては、硬化体の空隙構造が挙げられる。このため、水分浸透機構の理解の深化や解析の高度化を図るためには、空隙構造と水分浸透性状の関係の理解が極めて重要となると考えられる。そこで本研究では、硬化体（モルタル）の空隙構造と短期的な水分浸透性状の関係の理解を深めることを目的に、液状水浸せき試験や空隙構造分析を実施した。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

本研究では、表 1 に示した配合表で作製したモルタル供試体（φ50×100mm）を用いた。供試体を型枠内に存置した状態で表面をラップで覆い、91 日間の封緘養生を与えた。養生後（脱枠後）は、供試体底面以外の面をアルミニウムテープでシールし、20℃（RH60%）、40℃（RH35%）、60℃（RH10%）及び 105℃の 4 水準の温湿度環境で 7 日間の乾燥を与えた。乾燥後に浸せき面と反対面のアルミニウムテープを除去し、両面開放とした。

2. 1 試験概要

・空隙構造分析

液状水浸せき試験前の供試体の空隙構造を把握するため、水銀圧入法による空隙構造分析を実施した。7 日間乾燥させた供試体の表層 10mm から、5mm 角程度に粉碎加工した試料を約 2g 採取し、分析前処理

表 1 モルタルの配合

配合	W/B (%)	s/c	単位量 (kg/m ³)			
			W	C	BFS・FA	S
N40	40	3.0	216	541	—	1622
N55	55		275	500	—	1501
N70	70		326	465	—	1396

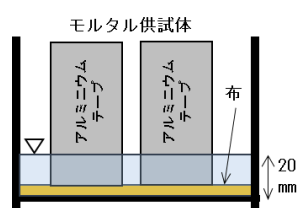
C : 3.15kg/m³, S : 2.65kg/m³

図 1 液状水浸せき試験

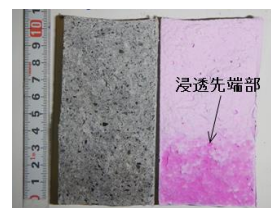


図 2 割裂面発色状況

として、24 時間以上アセトンに浸せきさせた後、D-dry 法により 24 時間真空乾燥させた。本分析では測定最小径を 10nm とし、測定で得られた結果を基に総空隙量 (ml/ml)、連続空隙量 (ml/ml) 及び閾細孔径 (nm) を導出し、各指標と水分浸透深さの関係について検討した。なお、閾細孔径は酒井ら³⁾の手法を参考にして導出した。

・液状水浸せき試験

図 1 に液状水浸せき試験の概略図を示す。供試体は、20℃の水中に下部が 20mm 浸かるように鉛直方向に浸せきさせた。浸せき後、1, 3, 24 時間経過時に供試体を回収し、重量を測定後、圧縮試験機を用いて速やかに割裂した。水分浸透深さの測定方法は、JSCE-G 582-2018 に準拠した。現像剤（水漏れ検査剤）を割裂面に噴霧して濃い桃色に発色している領域の先端を金属製直尺を用いて測定し、測定箇所 3 点の平均値を水分浸透深さとした。現像剤噴霧後の割裂面の発色状況の一例を図 2 に示す。

・吸水量測定

1/100g 単位で重量を測定可能な電子天秤を用いて、液状水浸せき試験前後の供試体重量を測定し、その差分から吸水量を求めた。

キーワード 水分浸透、水分浸透深さ、吸水量、空隙構造、液状水浸せき

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be406 TEL 03-5452-6098

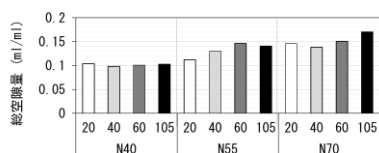


図2 総空隙量

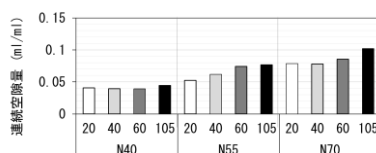


図3 連続空隙量

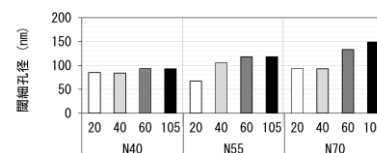


図4 閾細孔径

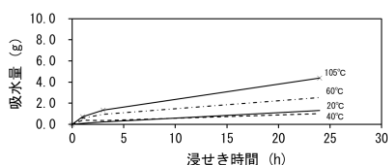


図5 吸水量 (N40)

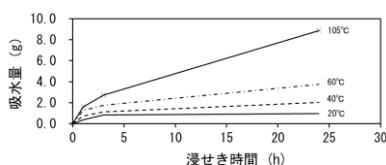


図6 吸水量 (N55)

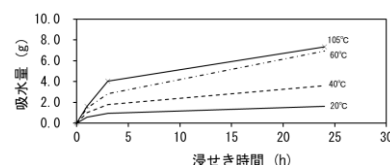


図7 吸水量 (N70)

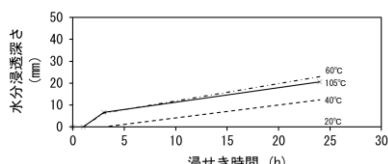


図8 水分浸透深さ (N40)

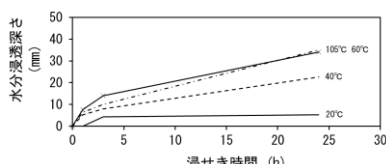


図9 水分浸透深さ (N55)

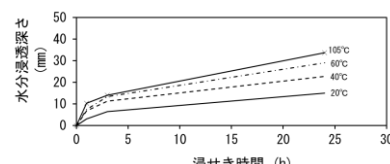


図10 水分浸透深さ (N70)

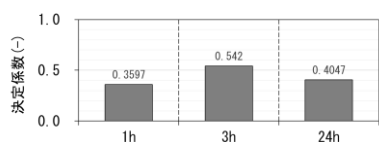


図11 決定係数 (総空隙量)

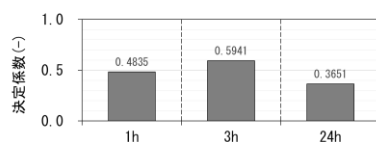


図12 決定係数 (連続空隙量)

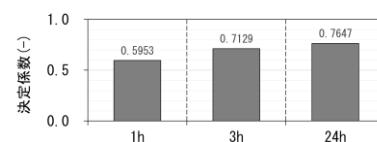


図13 決定係数 (閾細孔径)

3. 実験結果・考察

図2～図4に空隙構造，図5～図7に吸水量，図8～図10に水分浸透深さの測定結果を示す．結果を見ると，空隙構造，吸水量，水分浸透深さのいずれも水セメント比及び乾燥温度が高いほど値が大きくなっていることを確認できる．次に，空隙構造の各指標と水分浸透深さの関係について回帰分析より求めた決定係数（図11～図13）を用いて考察する．まず浸せき初期においては，いずれも決定係数の値が低く，水分浸透深さとの明確な関係が見受けられない．一方で，時間の経過に伴い，特に閾細孔径について決定係数が高くなっていることを確認できる．このことから，空隙構造の指標の中でも閾細孔径が短期的な水分浸透に対して最も影響していることが分かる．したがって，閾細孔径は物質が通らざるを得ない最小の空隙径であるが，閾細孔径のサイズによって水分浸透性状が大きく変化するものと考えられる．最後に，図14に吸水量と浸透深さの関係を示したが，両者に対応関係があることを確認した．

4. まとめ

短期的な水分浸透に対する空隙構造の影響の理解を深めるため，液状水浸せき試験や空隙構造分析を行った．その結果，空隙構造の各種指標の中でも，

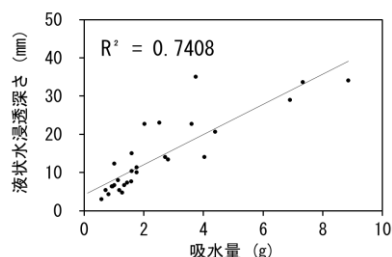


図14 吸水量と浸透深さの関係

特に閾細孔径が水分浸透深さと最も対応しており，閾細孔径の粗大化により水分浸透抵抗性が低下することを確認した．

謝辞

本研究は，公益財団法人鴻池奨学財団の研究助成を受けて実施したものである．ここに記して謝意を表す．

参考文献

- (社)土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書[設計編]，2018
- 鈴木浩明ほか：コンクリート表層における水分浸透深さの時間依存性及び水セメント比と養生の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.751-756，2013
- 酒井雄也ほか：閾細孔径と透気・透水および気体の透過挙動との対応に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No.67，pp.464-471，2014