

コンクリート中への塩分浸透の停滞現象-機構の解明

①コンクリート内部の状態が塩分浸透挙動に与える影響に関する検討

【背景: 塩分浸透停滞現象】

実環境においてコンクリート中への塩化物イオンの浸透が停滞する現象が確認されているが、拡散則に基づく現行の評価手法では本現象を表現し得ない。そのため、今後より合理的かつ経済的な耐久設計を目指す上で、本現象の理解は不可欠となる。

【目的: 機構の解明】

以上の背景を踏まえて本研究では、コンクリート中への塩分浸透が停滞する現象の機構を解明することを目的とし、特に移流による浸透現象に着目して検討を実施した。

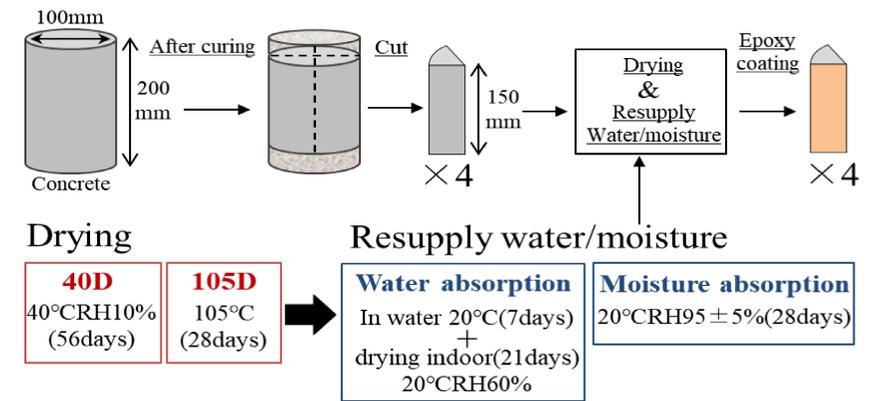
【検討1: 空隙構造および含水状態が塩分浸透挙動に与える影響】

各種前処理を施したコンクリート供試体に対して塩水浸せき試験を実施。浸せき試験前の供試体の初期条件は、重量変化測定、空隙構造分析により把握し、塩分浸透挙動は電位差滴定により確認した。

- 供試体配合
- 養生方法: 封緘養生91日間型枠存置

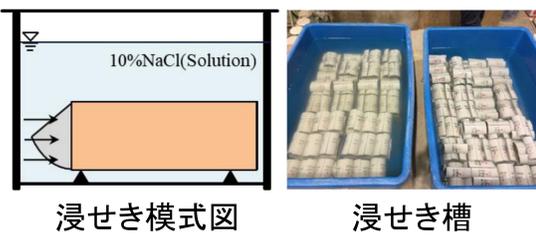
	W/C (%)	Replacement rate (%)	s/a(%)	W	C	FA	BB	S	G
N40	40		43.5	175	438			731	964
N50	50		45.5	175	350			797	970
N60	60		47	175	292			846	969
FA50	50	20	43	175	280	70		743	1000
BB50	50	50	45	175	175		175	785	974

- 供試体前処理(カット、乾燥過程、吸水・吸湿過程)



塩水浸せき試験および各種分析

- ・ 塩水浸せき試験(10%塩水、水平浸せき)



- ・ 重量変化測定 (1/100gの精度で測定)
- ・ 空隙構造分析(水銀圧入法)

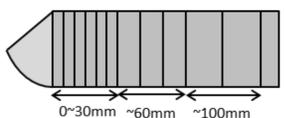


試料(5mm角)



水銀圧入式ポロシメーター

- ・ 塩分分析(電位差滴定)



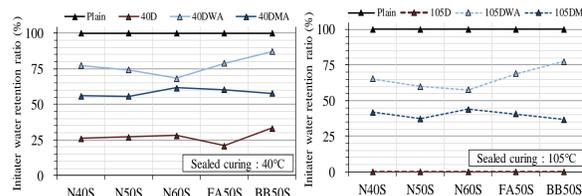
試料採取間隔



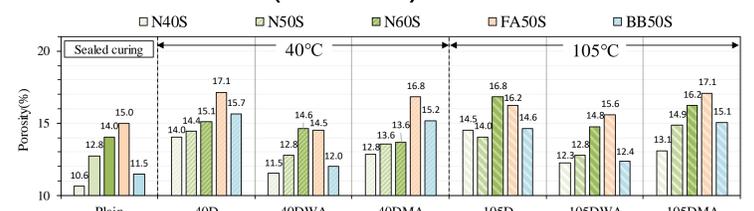
電位差滴定装置

実験結果/考察

■ 初期含水状態(対封緘時水分保有率)



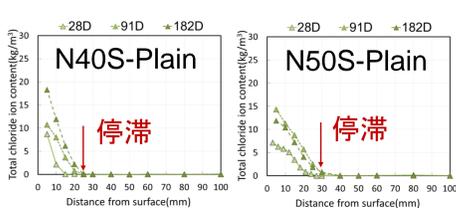
■ 空隙構造(空隙率)



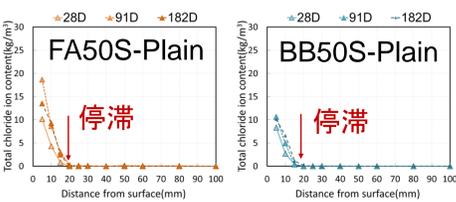
- ・ 乾燥温度が高いほど、水分量が低下しており、空隙率も増加している。
- ・ 乾燥後に水分を再供給すると、水分量が回復し、空隙率も減少した。

■ 塩分分析(塩分浸透分布)

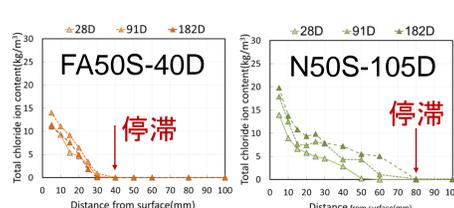
1. 養生のみ(前処理なし)



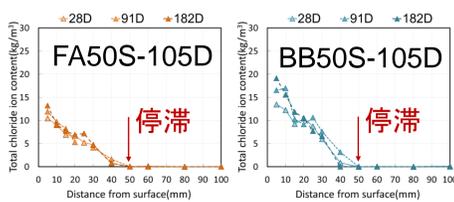
浅部において浸透停滞



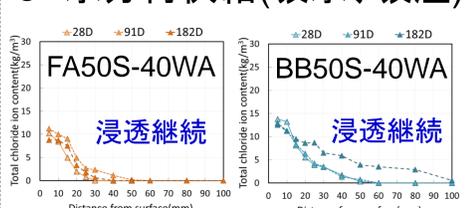
2. 乾燥処理(40°C、105°C)



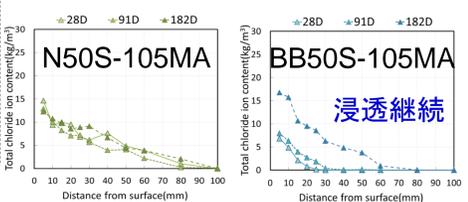
深部において浸透停滞



3. 水分再供給(吸水、吸湿)



いまだ浸透が継続



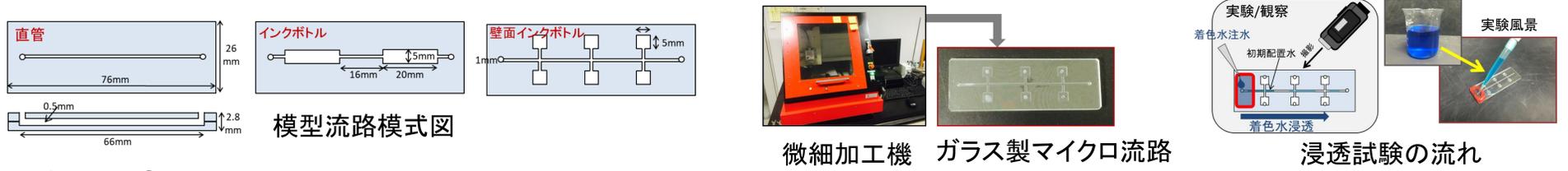
- ・ 水セメント比が低く、適切な養生を施すことで浅部において浸透が停滞
- ・ 乾燥過程を施した供試体では、急激な浸透が生じたが、深部で浸透が停滞
- 空隙構造や含水状態は塩分浸透抵抗性を左右する要因ではあるが、塩分浸透停滞現象を支配する要因ではない
- ・ 乾燥後の水分の再供給により塩分浸透抵抗性が低下→同程度の空隙構造、含水状態であっても処理により存在位置や状態が変化。これにより浸透挙動も変化したと考えられる。

コンクリート中への塩分浸透の停滞現象-機構の解明

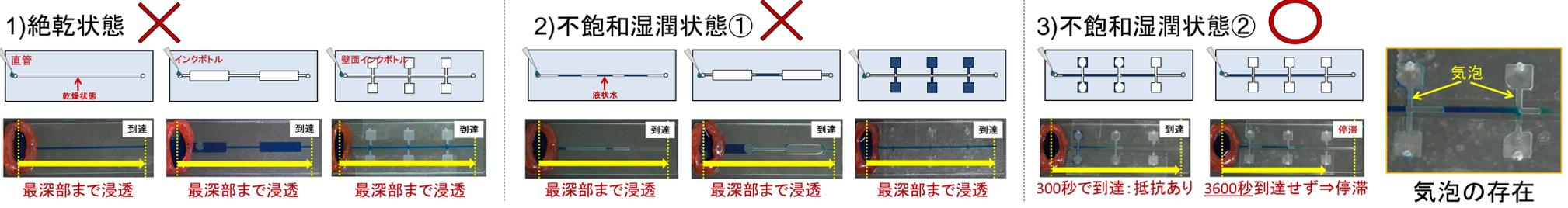
②各種試験による停滞現象を支配する要因とその機構に関する検討

【検討2: ガラス製マイクロ流路を用いた液状水の浸透試験】

下図に本実験で使用したガラス製流路の一例を示す。主経路となる流路の幅は1mm、深さは0.5mmに設定した。流路の形状は様々で、例えば主経路の他にインクボトル部を有する。実験では流路内の含水状態を変化させ、外部から供給した液状水の浸透挙動を観察した。最終的に得られた結果をもとに微小空間中の液状水浸透に影響を与える要因の抽出を試みた。なお、本実験では塩分浸透機構の一つである移流を対象にした。



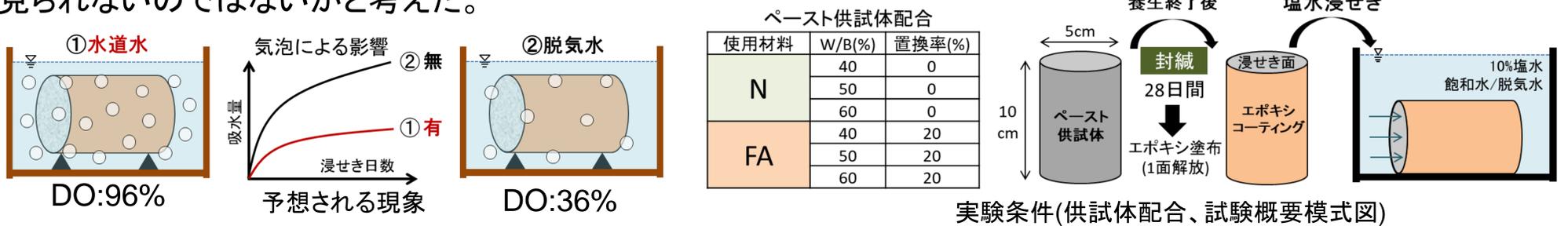
実験結果/考察



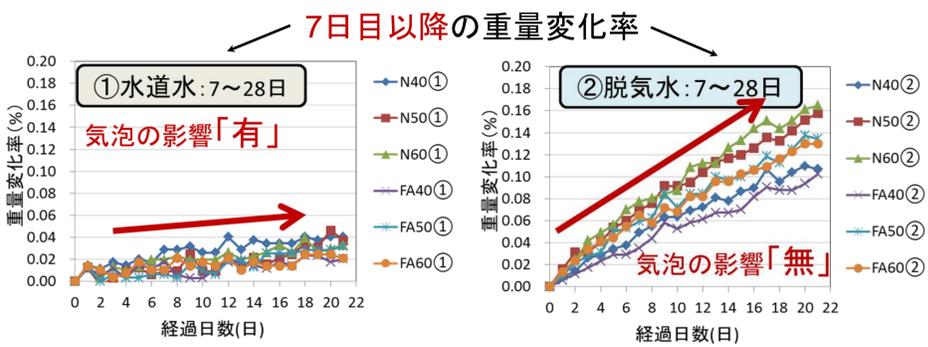
・模型流路において、主経路とデッドエンド部の交差部に気泡(気液界面)が存在することで液状水の浸透が抑制されることを確認

【検討3: 溶存空気量を変化させた液状水を用いた浸せき試験】

前項で確認した気泡による抑制が、セメント硬化体においても作用しているかを確認するため、溶存空気量を変化させた液状水を用いて浸せき試験を実施し、重量変化を測定することで気泡の影響の有無を検証した。なお、不飽和状態の液状水に供試体を浸せきさせた場合、抑制に寄与する気泡が液状水中に溶解することで、抑制挙動が見られないのではないかと考えた。



実験結果/考察

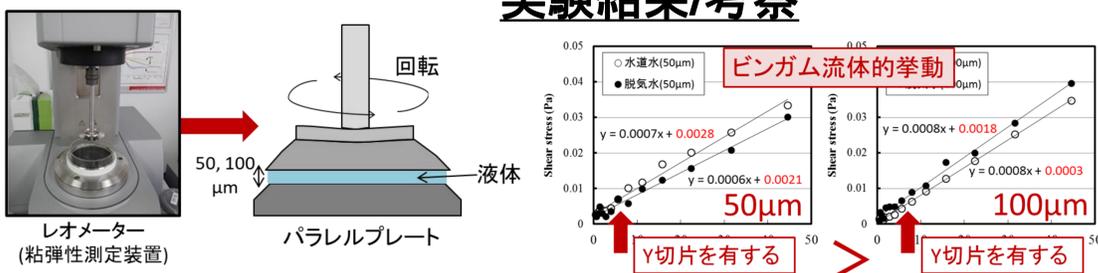


・飽和状態の液状水に浸せきした場合、浸せき期間7日目以降の重量変化率が大幅に減少した。
 ・不飽和状態の液状水にペースト供試体を浸せきした場合、浸せき期間7日目以降の重量変化率に目立った差異は認められなかった。
 ・セメント硬化体においても液状水の浸透を抑制する支配要因が気泡である可能性は高いと考えられる。

【検討4: 微小空間における液状水のレオロジー測定】

溶存空気量が増えた場合、粘度等のレオロジー特性が変化している可能性がある。そこで本実験では粘弾性測定装置を用いて、平行平板中の液状水のレオロジー特性を測定した。

実験結果/考察



・溶存空気量の差異による液状水のレオロジー特性の変化は認められなかった。
 ・微小空間中における液状水が降伏値を有するビンガム流体的な挙動を示すこと確認した。セメント硬化体の空隙のような極微小な空間では、このような挙動がより顕著になるものと思われる。

【まとめ】

空隙構造や含水状態は塩分浸透抵抗性に影響を与える要因・条件ではあるが、停滞を直接決定づける説明にはなっていない。移流の停滞を引き起こすのは、気泡による直接的な空隙の遮蔽や、微小空隙中での液状水のビンガム流体的な挙動と空隙壁面に存在する気液界面による始動動水勾配の増加等によるものと考えられる。