

海水の浸入に伴うセメントペースト組織の変化

Changes of cement paste structure with sea water

北見工業大学大学院 ○学生員 加藤利菜 (Rina Katoh)
 北見工業大学 フェロー 鮎田耕一 (Koichi Ayuta)
 北見工業大学 正会員 猪狩平三郎 (Heizaburoh Igari)

1. はじめに

海洋コンクリート構造物は海水による浸食などの化学的作用と乾湿、波浪などの物理的作用を受けるため劣化しやすいことで知られている。また、海水に含まれる塩化物イオンの浸入によってコンクリート内部の鋼材が腐食される可能性も高い。

海水の作用を受けるコンクリートに関する研究は、ひび割れ中の鉄筋の腐食¹⁾や塩分浸透と鉄筋腐食²⁾、鉄筋コンクリートはりの劣化過程³⁾など鉄筋の腐食に関するものが多い。海水の作用を受けるコンクリートの劣化メカニズムに関しては、セメント水和物である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶出⁴⁾による多孔化やC-S-Hの分解⁵⁾などが明らかにされてきたが、いまだ未解明な部分も少なくない。特に凍害メカニズムの解明に欠かせないセメントペースト組織への海水の浸入挙動については十分に明らかにされていない。そこで、本研究では所定材齢まで海水あるいは淡水に浸した異なる水セメント比の供試体を使用し、水の浸入に伴うセメントペースト組織の変化について検討した。

2. 実験内容

2.1 供試体

φ1×2cm のモルタル供試体を使用した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材はJIS R 5201に規定された標準砂(密度 2.61g/cm³)を使用した。目標フローは170±5mmとし、配合を表1に示した。練混ぜはJIS R 5201に準拠し機械練り用練混ぜ機を使用して行った。供試体は型詰め後、恒温恒湿室(温度 20±2℃、相対湿度 90±5℃)に24時間静置した後脱型し、所定材齢(3日、14日、28日、56日、91日)まで約20℃の海水あるいは淡水に浸した。

表1 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
	セメント	水	細骨材
45	578	260	1454
50	508	254	1527
55	468	257	1552

2.2 細孔構造

所定材齢まで海水あるいは淡水に浸した供試体をアセトン中で水和を中止させ、質量が定量になるまで常温真空乾燥を行い、その後供試体を2.5mmから5.0mmの大

きさに粉碎し、水銀圧入式ポロシメータによって細孔半径 3.75nm から $5.62 \times 10^4 \text{nm}$ の範囲の細孔構造を測定した。

2.3 質量

海水あるいは淡水から取り出した所定材齢の供試体を表乾状態にした後、表乾質量(W_1)を測定した。その後、常温真空乾燥を行い供試体の乾燥質量(W_2)を測定した。式(1)から総細孔容積(V_w)当たりの含水率(S_w) (以下、細孔水率)を求めた。

$$S_w = \frac{\frac{W_1 - W_2}{W_2}}{V_w \cdot \rho} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここに ρ : 水の密度 ($1.0 \times 10^{-3} \text{g/mm}^3$)

3. 実験結果及び考察

図1に材齢28日の海水浸漬供試体の細孔構造を、図2に材齢28日の淡水浸漬供試体の細孔構造を示した。

海水浸漬供試体では水セメント比が55%の場合に細孔半径 10^2nm 以上の大きな細孔の容積が多くなっている。このことから、水セメント比が高い場合には海水の浸入によりセメントペースト組織が多孔化することが明らかである。

一方、淡水浸漬供試体では細孔半径が 10^2nm 以上の細孔容積は水セメント比による影響を受けずセメントペースト組織は多孔化していない。

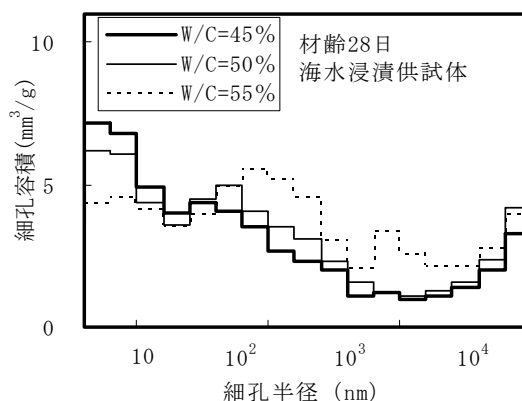


図1 海水浸漬供試体の細孔構造

図3に海水浸漬供試体の材齢に伴う細孔水率の変化を示した。

材齢の進行に伴い細孔水率が増加している。水セメント比が50%と55%の場合には初期材齢から高い細孔水率を示し、特に水セメント比が55%の場合、長期材齢において細孔水率は100%を大幅に超えている。水セメント比が高い場合、海水の作用を受けると前述のようにセメントペースト組織が多孔化することで海水が初期材齢から浸入し続け、細孔水率が増加したと考えられる。

図4に材齢に伴う淡水浸漬供試体の細孔水率の変化を示した。

材齢が進行しても細孔水率は増加せずには減少あるいは停滞している。淡水の作用を受ける場合には海水の作用を受ける場合のようにセメントペースト組織が多孔化していないので水分が浸入しにくい状態にあるといえる。

図5に水セメント比が50%の場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の材齢に伴う総細孔容積の変化を示した。

海水浸漬供試体と淡水浸漬供試体のいずれの場合も材齢の進行に伴う水和反応によって総細孔容積が減少し、セメントペースト組織が緻密化している。海水の作用を受ける場合には材齢とともに総細孔容積が減少しているにもかかわらず図3に示したように細孔水率が増加していることから、セメントペースト組織が緻密化しても細孔中の水分は増加し、飽水状態になっていることが明らかである。

4. 結論

海水の浸入に伴うセメントペースト組織の変化について検討するために、水セメント比の異なる海水あるいは淡水浸漬供試体を使用して細孔構造と細孔水率を求めた結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 水セメント比が高い場合、海水の作用を受けるとセメントペースト組織は多孔化する。
- 2) 水セメント比が高い場合、初期材齢からセメントペースト組織に海水が多く浸入し、この現象は材齢が長期になっても続く。
- 3) 材齢とともにセメントペースト組織が緻密化するが細孔は海水の浸入によって水で満たされやすい。

参考文献

- 1) 蛭川友司ほか：海水が浸透するひびわれ中の鉄筋の腐食、土木学会論文集、No.466/V-19、pp.31-39、1993
- 2) 東邦和ほか：海水飛沫を受けるRC構造物の塩分浸透と鉄筋腐食に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、第16巻第1号、pp.781-786、1994
- 3) 川東龍夫ほか：海洋環境に長期暴露された鉄筋コンクリートはりの劣化過程と耐久性評価、土木学会論文集、No.613/V-42、pp.71-83、1999
- 4) 鈴川諭一ほか：各種セメントの塩化物抵抗性、セメント・コンクリート、No.245、pp.12-19、1975
- 5) 鈴木一孝ほか：コンクリートの耐久性評価を目的とした水和組織の分析手法に関する研究、コンクリート工学論文集、第1巻第2号、pp.39-49、1990

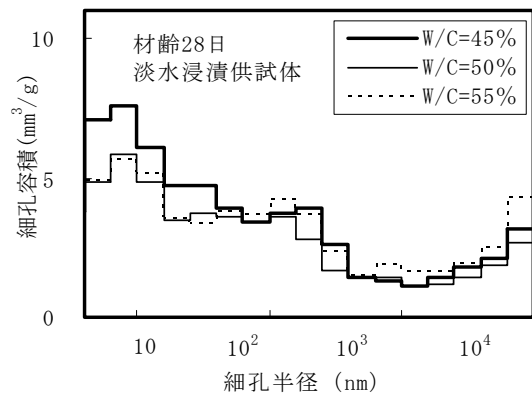


図2 淡水浸漬供試体の細孔構造

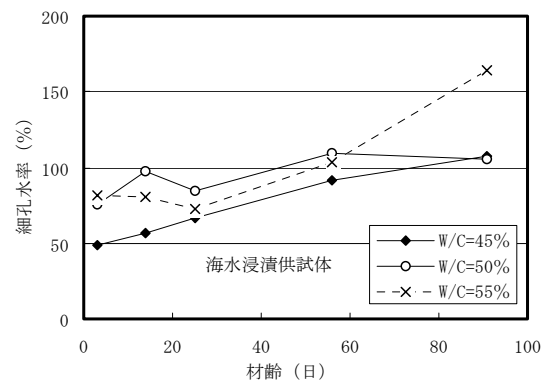


図3 海水浸漬供試体の材齢に伴う細孔水率の変化

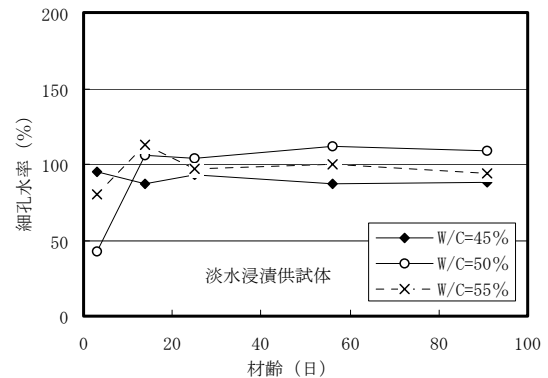


図4 淡水浸漬供試体の材齢に伴う細孔水率の変化

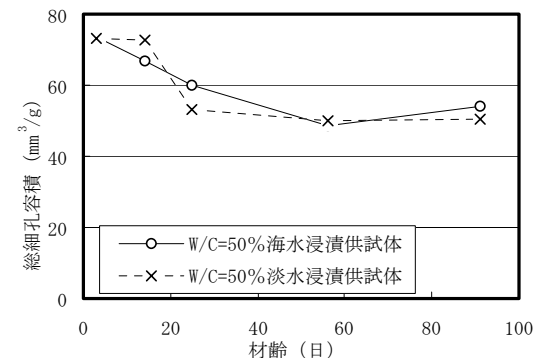


図5 水セメント比が50%の場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の材齢に伴う総細孔容積の変化