

V-120

高温乾燥環境下における塩化物イオンの移動

大成建設技術研究所 正会員 丸屋 剛

大成建設技術研究所 正会員 武田 均

1. まえがき

コンクリート中の塩化物イオンが毛管水の移動とともに動くことも考慮しなければならない環境として、高温によりコンクリート表面から水分が激しく乾燥する条件が考えられる。このような環境は、20℃程度の常温における乾燥とは異なり、コンクリート中の水分が水蒸気としてだけではなく液状水としても動く環境である。実環境での例としては、地盤や地下水中に塩化物イオンを含み、コンクリート表面が高温に晒される中東地域が代表として挙げられる。本報告では、室内に高温乾燥条件と塩化物イオンの浸透条件を模擬した環境を設定し、粗骨材量を変化させたコンクリート試験体を暴露して、試験体中の塩化物量の分布から毛管水の移動にともなう塩化物イオンの移動について検討した。

2. 塩化物イオンの移動の考え方

毛管水の移動にともなう塩化物イオンの移動のに関して秋田ら¹⁾、下村ら²⁾の研究を参考に、式(1)に示すように、塩化物イオンの流束を濃度勾配による拡散による流束分と毛管水の移流による流束分に分けて解析した。また、骨材量と物質移動に関しては石田ら³⁾の研究を参考にして水蒸気の拡散係数を変化させた。

$$F_c = (-D_c \cdot \partial C_{pfree} / \partial x) + (-L_w \cdot D_H \cdot \partial RH_c / \partial x \cdot C_{pfree}) \quad (1)$$

ここに、 F_c ：塩化物イオンの流束 (mol/cm²/day)， D_c ：塩化物イオンの見掛けの拡散係数 (cm²/day)， C_{pfree} ：塩化物イオン濃度 (mol/cm³)， D_H ：水分の見掛けの拡散係数 (cm²/day)， RH_c ：コンクリート中の相対湿度 (%)， L_w ：移流の影響を示す係数で0～1の値，である。

3. 実験における配合と試験条件

3. 1 試験体の配合

表-1に試験体の配合を示す。結合材の種類は普通ポルトランドセメントのみであり、すべての配合で水セメント比を50%とした。粗骨材量は容積で20、40、55%の3水準とし、粗骨材量にかかわらずモルタル部分の配合を同一とした。これは粗骨材量が塩化物イオンの移動に及ぼす影響を明らかにするためである。

3. 2 試験体の暴露方法

試験体の形状は図-1に示すように直径100mm、高さ50mmの円柱形であり、円形の2面以外はすべてエポキシ樹脂でコーティングした。円柱試験体の一方の円形の端面を3%のNaCl溶液に接するようにして、この溶液と試験体の全体を20℃65%RHと40℃65%RHの環境にそれぞれ270日間暴露した。これは浸透面から塩化物イオンが浸透し乾燥面で水分を蒸発させるためである。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の容積率 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 (ml/m ³)
						水	セメント	細骨材	粗骨材		
20					66.7	210	419	1046	530		1048
40	20	12±2.5	4.0±1.5	50	42.9	157	315	785	1060		788
55					29.0	118	236	589	1458		826

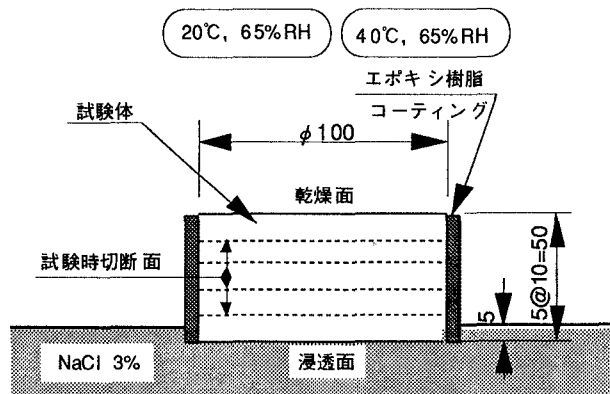


図-1 試験体の暴露方法

コンクリート、塩化物イオン、毛管水、高温乾燥環境、粗骨材量

〒245 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL 045-814-7228 FAX 045-814-7253

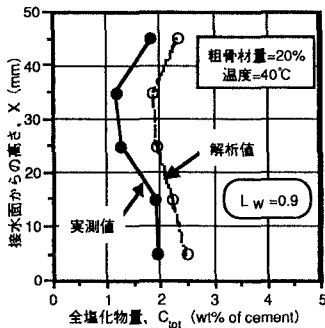


図-2 粗骨材量20%, 40°C

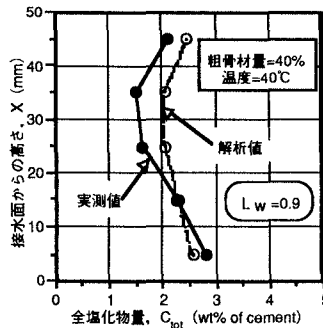


図-3 粗骨材量40%, 40°C

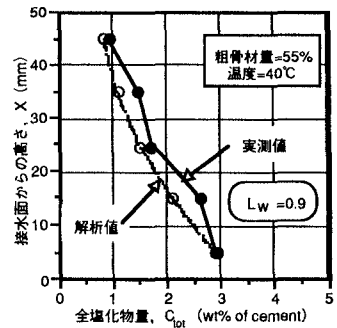


図-4 粗骨材量55%, 40°C

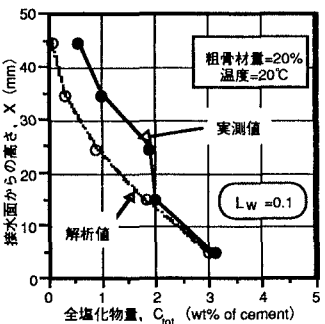


図-5 粗骨材量20%, 20°C

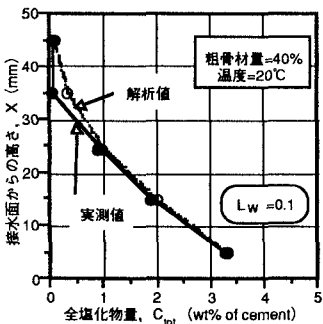


図-6 粗骨材量40%, 20°C

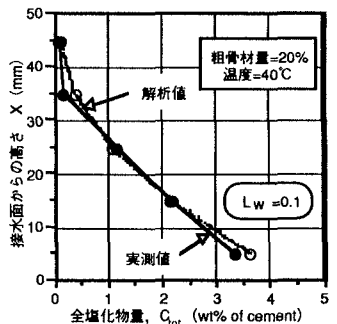


図-7 粗骨材量55%, 20°C

4. 実験結果の評価

図-2から図-4より、40°Cでは粗骨材量20%および40%で乾燥面付近に塩化物量の増加が見られ、50%では増加が見られなかった。解析上は移流の影響が大きいと仮定して L_w を0.9とした。また、水蒸気の拡散係数は20°Cのときの10倍程度に、粗骨材量が増加するほど、コンクリート全容積中のモルタル分の割合で水蒸気の拡散係数は小さくなるものとした。また、図-5から図-7に示す20°Cでは、粗骨材量にかかわらず乾燥面付近における塩化物量の増加は見られず、解析上は移流の影響が小さいと仮定して L_w を0.1とした。この解析により乾燥面付近における塩化物量の濃縮傾向をシミュレートすることができた。

5. まとめ

毛管水の移動とともに塩化物イオンも動くことを考慮して解析することにより、高温乾燥条件下で粗骨材量が多い場合には乾燥面における塩化物量の増加は見られなかった。これは、移流の影響は大きいにもかかわらず、粗骨材により移流の経路が屈曲し、水蒸気の拡散係数が小さくなることが原因として考えられる。

参考文献

- 1) H. AKITA and T. FUJIWARA, Water and salt movement within mortar partially submerged in salty water, Concrete Under Severe Conditions : Environmental and loading (Volume One), pp.645-654, 1994.
- 2) 下村 匠・小沢一雅・前川宏一：細孔容積分布密度関数に基づくコンクリートの乾燥収縮モデル，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15, No.1, pp.435-440, 1993.
- 3) 石田哲也・前川宏一：物質移動特性からみたコンクリートの微小空隙構造，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，pp.1020-1021, 1994.

表-2 解析条件

試験 No.	粗骨材量 (%)	試験環境	拡散係数 $\times 10^{-3} \text{ (cm}^2/\text{day)}$			
			塩化物イオン		水蒸気	
			浸透面	内部	乾燥面	内部
1	20	40°C 65%RH	3.2	2.7	370	77
2	40		3.2	2.7	270	57
3	55		3.2	2.7	46	9.6
4	20	20°C 65%RH	2.6	2.1	37	7.7
5	40		1.9	1.6	27	5.7
6	55		1.4	1.2	21	4.3