熱可塑性樹脂シートを用いた水分逸散防止養生による塩分浸透抑制効果

鹿島建設(株) 正会員 ○石井明俊 渡邉賢三 温品達也 藤岡彩永佳 村田和也 坂井吾郎
積水成型工業(株) 落合和彦

１．背景および目的

コンクリートの耐久性，美観をはじめとする表層品質を向上させるために，熱可塑性樹脂シート（以下，シート）を用いた工法（以下，シート工法）を考案した．シート工法は予めシートを型枠に貼付しておき，コンクリートを打ち込んで，コンクリートの表層品質を改善[1)]するものであり，塩分浸透に対する抵抗性を改善できることなどを明らかにしている[2)]．本報告においては，塩分浸透抵抗性への効果について，見掛けの拡散係数や表面塩化物イオン量を算定し，詳細な検討を加えた．

２．実験内容

本実験には**表-1**および**表-2**に示す材料と配合のコンクリートを練り混ぜ，100×100×100mm の化粧合板からなる型枠に打ち込み，**表-3**に示す各種条件で養生した．合板 7 日存置，型枠取外し後 20℃，60%RH の室内にて静置するケース（以下，合板），シート養生（以下，シート），水中養生（以下，水中養生）の３条件とした．さらに，所定の養生終了後に 20℃，60%RH の室内で 7 日間乾燥させ，供試体の側面 2 面以外をエポキシ樹脂により密封して試験に供した．塩水の供給方法は，1 日 1 回，塩化物イオン濃度 2%の人工海水を 1 面につき 5ml 噴霧してこれを 1 サイクルとし，130 サイクルまで乾湿繰返しの塩水噴霧を実施した．噴霧完了後，JSCE-G572 に準拠して，表面から 0～8mm および 13～21mm 深度の全塩化物イオン量を定量した．さらに，得られた塩化物イオンの濃度分布から最小二乗法によって表面塩化物イオン量（以下，C_0），見掛けの拡散係数（以下，D_k）を求め，C_0 および D_k を Fick の拡散則に代入して単位面積あたりの塩化物イオンの浸透量を算出して評価した．

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類	摘要
セメント	C	普通 ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	密度:3.16g/cm³ 比表面積:3320cm²/g
細骨材	S	山砂	表乾密度:2.61g/cm³ 吸水率:2.11%
		砕砂	表乾密度:2.65g/cm³ 吸水率:0.96%
		山砂:砕砂=25:75（粗粒率:2.69）	
粗骨材	G	砕石	粗骨材最大寸法:20mm 表乾密度:2.64g/cm³ 吸水率:0.58% 粗粒率:6.71
混和剤	AD	AE 減水剤（高機能タイプ）	リグニンスルホン酸塩ポリカルボン酸系化合物

表-2 コンクリート配合

W/C (%)	ｽﾗﾝﾌﾟ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m³)				
				W	C	S	G	AD
55.0	10.0	4.5	46.0	164	298	843	993	2.98

３．実験結果

図-1に表面から 0～8mm のコンクリート中の全塩化物イオン量を示す．各ケースのプロットは横軸に示す養生期間までそれぞれの養生条件下に静置し，前養生して乾

表-3 コンクリート供試体の作製条件

No.	材齢(日)	1	2～6	7	7～14	14～28	29～35	36～91	92～98	99～182	183～189	
1	合板(7日残置)	型枠残置（20℃ 60%RH）		型枠取外し	*1	→	→	→	→	→	→	養生完了後各材齢から塩水噴霧 130サイクルで計測
2	合板(7日残置→21日気中)				20℃ 60%RH曝露		*1	→	→	→	→	
3	合板(7日残置→84日気中)				20℃ 60%RH曝露				*1	→	→	
4	合板(7日残置→175日気中)				20℃ 60%RH曝露						*1	
5	シート(7日残置)				*1	→	→	→	→	→	→	
6	シート(28日残置)				*2		*1	→	→	→	→	
7	シート(91日残置)								*1	→	→	
8	シート(182日残置)				*2						*1	
9	合板(7日水中)	型枠取外し	水中(20℃)		*1	→	→	→	→	→	→	
10	合板(28日水中)		水中(20℃)				*1	→	→	→	→	
11	合板(91日水中)		水中(20℃)						*1	→	→	

*1:前養生(20℃ 60%RH), *2:シート残置(20℃ 60%RH)

キーワード： 熱可塑性樹脂シート，水分逸散防止，遮塩性，見掛けの拡散係数，表面塩化物イオン量
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 TEL 042-489-8020

燥させた後に，塩水噴霧試験を実施して得られた全塩化物イオン量を示している．図より，合板に対し，水中養生のケースは養生期間が長いほど全塩化物イオン量が減少した．また，合板に対し，シートのケースはシート養生期間が長いほど全塩化物イオン量は低減し，養生期間 182 日における合板のケースに対して，シートのケースは約 60%まで小さくなった．

図-2に表面塩化物イオン量 C_0 の算出結果を示す．C_0 の挙動は，表面近傍の塩化物イオン量を測定した結果である**図-1**の推移と同様で，合板のケースが最も高く，シート，水中養生の順に低減した．なお，海洋暴露したコンクリート供試体を分析した既往の研究結果では，C_0 は時間経過とともに増加し，その漸近する値は，単位セメント量の関数として式(1)で表現できるとしている[3]．

$$C_0=0.0494\times Wc \quad \cdots\cdots\cdots \text{式(1)}$$

ここで，Wc：単位セメント量(kg/m^3)．本試験で用いたコンクリートでは C_0 が 14.7 kg/m^3 となり，合板はこの値よりも大きくなる一方で，シートおよび水中養生のケースは小さくなった．塩分供給方法が浸漬と噴霧と異なることから単純な比較はできないものの，入念に養生することによって C_0 も低減できる可能性が示唆された．

図-3に見掛けの拡散係数 D_k の算出結果を示す．養生日数の短い時点で塩水噴霧を受けたコンクリートでは，その養生方法の相違が D_k に与える影響が大きく，合板が最も大きく，シート，水中養生の順で小さくなった．さらに，養生日数が長くなると D_k そのものが小さくなるとともに，養生日数が 91 日より長くなると養生の相違による D_k の差異は小さくなり，182 日から塩水を噴霧した場合は，養生の差異によらずほぼ同一の値となった．ここで，本報告で算出した D_k は 2 つ深度のデータから算出しているため，今後は，塩分浸透量が増えた段階で評価することが好ましいと考える．

図-4に単位面積あたりの塩化物イオンの浸透量を示す．浸透量は，合板が最も大きく，シート，水中養生の順で小さくなり，さらに，養生日数が長いほど，小さくなる傾向を示した．ここで，実際の現場では水中養生や型枠存置を長期に亘って実施することは困難であるのに対し，シート工法は比較的容易で現実的であることから，実施工に適用可能な品質向上手法として期待できる．

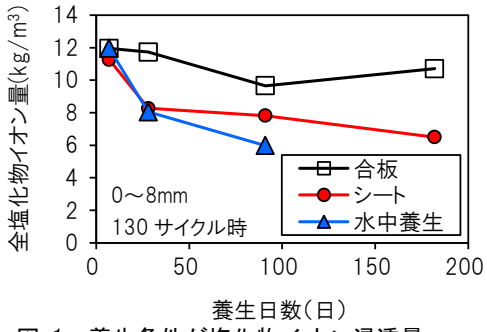

図-1 養生条件が塩化物イオン浸透量に与える影響[2)]

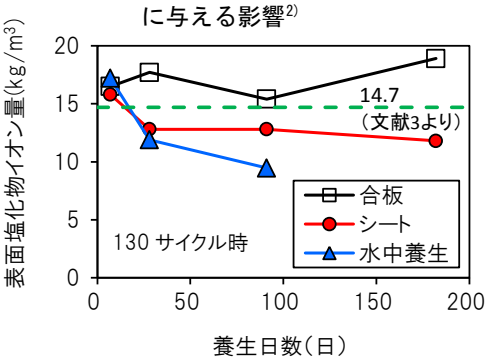

図-2 各種養生条件における養生日数と表面塩化物イオン量の関係

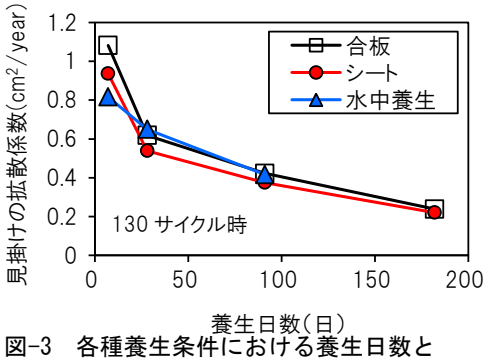

図-3 各種養生条件における養生日数と見掛けの拡散係数の関係

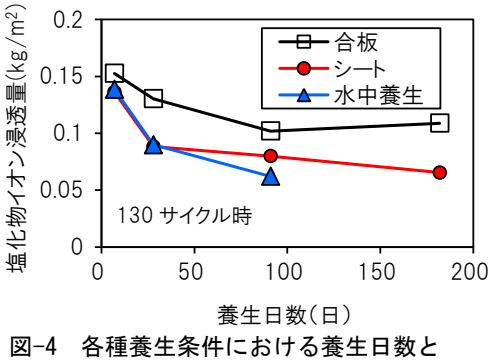

図-4 各種養生条件における養生日数と塩化物イオン浸透量の関係

4．まとめ

熱可塑性樹脂シートを用いた工法の塩分浸透性について評価した結果，シートによる養生日数が長いほど，表面塩化物イオン量，見掛けの拡散係数が低減して，塩化物イオン浸透量も減少し，実施工に適用可能な品質向上手法として期待できることを明らかにした．

参考文献

1) 石田ら：熱可塑性樹脂シート養生によるコンクリートの表面改質，土木学会第 69 会年次学術講演会講演概要集，pp.117-118，2014.
2) 温品ら：熱可塑性樹脂シートによる長期間の水分逸散抑制養生の効果，コンクリート工学年次論文集，2015（投稿中）
3) Watanabe *et.al.*：Chloride Penetration into Concrete Specimens Exposed in Marine Environment, CONSEC, pp.538-545, 2001