

## 透水性型枠工法の海洋環境における耐久性向上効果の評価

大林組技術研究所 正会員 竹田 宣典  
 大林組技術研究所 フェロー 十河 茂幸  
 東海大学海洋学部 正会員 迫田 恵三

### 1. 目的

コンクリート用型枠として透水性型枠を用いた場合、コンクリート表層が緻密化するために、塩化物イオンなどの腐食因子の侵入を抑制でき、コンクリート構造物の耐久性を向上させることが期待できる[1]。しかしながら、海洋環境下における構造物に透水性型枠を用いた場合の塩化物イオンの浸透速度や鋼材腐食に関しては、定量的な評価がなされていないために、塩化物イオンによる鋼材腐食に関する耐久性の照査を行うことは難しい。そこで、透水性型枠を用いた鉄筋コンクリート供試体を海洋環境下に10年間曝露し、透水性型枠工法が塩化物イオンの浸透抑制や鉄筋腐食の進行抑制に及ぼす影響について定量的な評価を行った。

### 2. 実験概要

(1) 供試体 海洋曝露を行った供試体の形状を図-1に示す。角柱供試体(断面90mm×180mm、長さ1800mm)の全面に、有孔フィルムと不織布からなる透水性シートを木製型枠のせき板に貼り付けた透水性型枠を使用した(図-2)。鉄筋は異形鉄筋(D19)をかぶり30mmの位置に設置した。比較用として、木製型枠を用いた供試体も同様な条件で曝露を行った。コンクリートの配合と性質を表-1示す。水セメント比は60%とし、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は陸砂(表乾密度:2.61g/cm<sup>3</sup>,吸水率:1.97%)、粗骨材は砕石(最大寸法:20mm,表乾密度:2.64 g/cm<sup>3</sup>,吸水率:0.64%)、混和剤はAE減水剤を用いた。

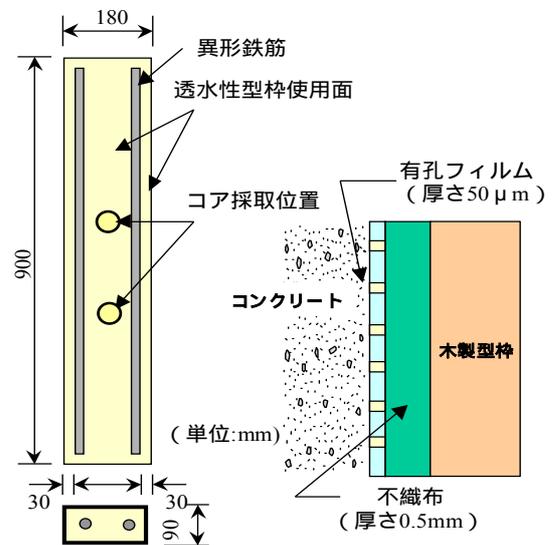


図-1 供試体の形状 図-2 透水性シート

表-1 コンクリートの配合と性質

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )					コンクリートの性質		
			水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) 材齢28日
20	60	50.0	170	283	914	924	0.71	16.0	4.9	34.1

(2) 曝露方法 曝露場所は清水港沖約500mの防波堤において、強風時に波しぶきを受ける「海上大気中」、常時潮の干満や飛沫の影響を受ける「飛沫帯」、水深11mの「海中」の3種類の環境条件とし、10年間の曝露を行った。

(3) 測定方法 曝露終了後の供試体に対する測定項目と測定方法を表-2に示す。角柱供試体の中央部より、直径50mmのコアを2本採取し、中性化深さおよび塩化物イオン量を測定した。塩化物イオン量の分布から、Fickの拡散方程式の解[2]における表面塩化物イオン量(C<sub>0</sub>)と拡散係数(D<sub>c</sub>)の値を最小二乗法により計算した。また、鉄筋腐食は端部の影響を除くために、両端部5cmの部分を除いた部分の腐食面積率で評価した。

表-2 測定項目と測定方法

測定項目	測定方法
中性化深さ	角柱供試体から採取したコアを割裂し、断面にフェノールフタレイン液を噴霧し、変色しない深さを測定
塩化物イオン量	角柱供試体から採取したコアから、深さ2cm毎に分析用試料を作製し、JCI-SC4に準拠した塩素イオン選択性電極を用いた電位差滴定法により全塩分を定量分析
鉄筋の発錆状況	角柱供試体より鉄筋を取り出し、鉄筋表面の腐食箇所を写し取り、腐食面積率により評価

キーワード 透水性型枠, 塩化物イオン, 拡散係数, 鉄筋腐食, 曝露試験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所 TEL:0424-95-0937

3. 実験結果および考察

(1) 中性化深さ 海上大気中における中性化深さは、木製型枠を用いた場合 2.7mm であったが、透水性型枠を用いた場合は全く中性化していなかった。海中および飛沫帯では、いずれの型枠を用いた場合も、全く中性化していなかった。

(2) 塩化物イオン浸透性 塩化物イオン量の測定値と拡散方程式に基づく近似曲線を図 - 3 に示す。透水性型枠を用いた場合の鉄筋表面位置（深さ 30mm）の塩化物イオン量は、木製型枠を用いた場合に対して、海上大気中では約 20%，飛沫帯，海中では 70～80%となり、透水性型枠の使用により塩化物イオンの浸透が抑制されることが確認された。塩化物イオンの分布より求めた表面塩化物イオン量 (Co) を図 - 4 に、拡散係数 (Dc) を図 - 5 に示す。透水性型枠を用いた場合、表層部と内部では実質の水セメント比は異なるため、表層部と内部における Dc は異なると考えられるが、ここでは Dc を一定と仮定した。透水性型枠を用いた場合の Co は、いずれの環境においても木製型枠を用いた場合の 70～80%に低減された。透水性型枠を用いた場合の Dc は、海上大気中では木製型枠を使用した場合の約 1/4 に低減されるが、飛沫帯，海中では木製型枠を用いた場合と大差なかった。これは、透水性型枠により緻密化した表層部と緻密化していない内部の Dc を同一とした影響と考えられる。しかし、近似曲線は測定値と一致性が良いことから、本実験で得られた Co, Dc を用いることにより、透水性型枠を用いた場合の塩化物イオン侵入量の予測が可能と考えられる。

(3) 鉄筋腐食の進行 鉄筋の腐食面積率を図 - 6 に示す。飛沫帯，海中では、透水性型枠を用いることにより腐食の進行が抑制されることが確認された。なお、海上大気中においては、いずれの型枠を用いたものも腐食の進行は極めて小さく、透水性型枠の効果は、この段階では明確に示せなかった。飛沫帯，海中においては、鉄筋位置の塩化物イオン量が 10kg/m<sup>3</sup> 以上で、非常に多いにも関わらず、透水性型枠を用いることにより、腐食の進行が抑制されることから、表層部の緻密化により、酸素や水分の侵入も抑制されていると推察される。

4. まとめ

透水性型枠の使用により、海洋環境下における塩化物イオンの浸透や鉄筋腐食の進行が抑制され、耐久性が向上することが確認された。また、透水性型枠を用いた場合の塩化物イオンの拡散係数と表面塩化物イオン量を用いることにより、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する耐久性照査の実施が可能である。

参考文献

[1] 竹田, 平田, 十河, 芳賀: 透水性シートを用いた型枠によるコンクリート表面の品質改善, コンクリート工学年次論文報告集 第11 巻1号, pp.683-688, 1989  
 [2] 土木学会2002年制定 コンクリート標準示方書 (施工編)

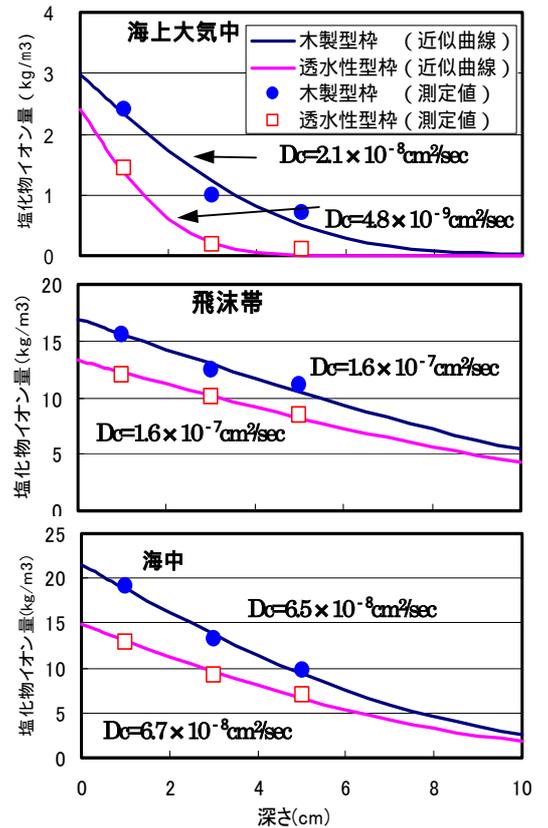


図 - 3 塩化物イオン量の分布

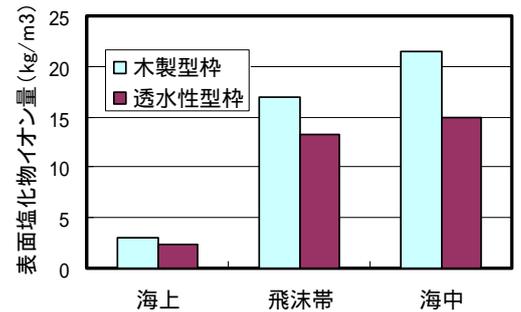


図 - 4 表面塩化物イオン量の比較

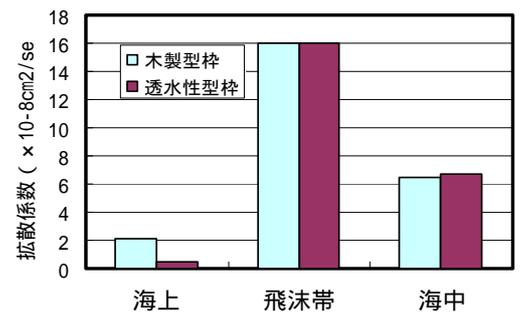


図 - 5 塩化物イオンの拡散係数の比較

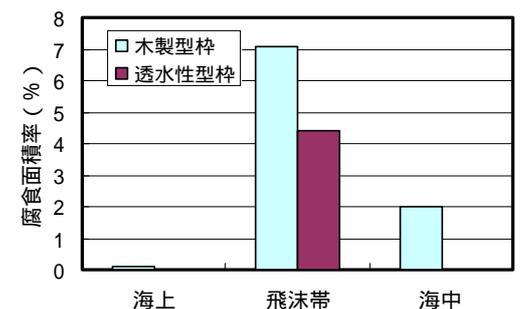


図 - 6 鉄筋の腐食面積率の比較