

プレキャストPC床版の耐久性向上のための一考察 —中国自動車道 青津橋—

西日本高速道路株式会社	正会員	工修	○本荘	清司
株式会社ピーエス三菱	正会員		田中	寛規
株式会社ピーエス三菱	正会員	工修	桐川	潔

1. はじめに

青津橋は、供用開始から31年が経過した鋼3径間連続非合成鉄桁橋であり、凍結防止剤などの影響により、既設RC床版に写真-1に示すような塩害劣化が発生し、これまでに、各種補修を実施してきた。しかし、近年、鉄筋腐食にともなう浮き・はく離が顕著となってきたため、プレキャストPC床版に取り替える全面補修工事を実施することとなった。本工事では、中国自動車道の主な劣化要因である凍結防止剤による塩害に対して、プレキャストPC床版の更なる高耐久化を図るため、プレキャスト製品では通常行われない散水養生を実施することとした。ここでは、散水養生の効果を確認するために、各種試験を実施し、散水養生がコンクリートの品質に与える効果について検討したことについて述べる。



写真-1 床版下面の劣化状況

2. 試験概要

2.1 供試体概要

供試体概要図を図-1に示す。形状については、各試験の影響範囲を考慮し1000×1500×250mmとした。供試体の厚さおよび鉄筋量は、本実験の対象工事である青津橋PC床版と同程度とした。

試験ケースとしては、蒸気養生後、そのまま気中養生を行う供試体と、散水養生を1, 3, 7日間行った後、気中養生を行う供試体の計4体を製作した。試験条件を表-1, 配合条件を表-2に示す。セメントは早強ポルトランドセメントのみである。また供試体については材料的なばらつきが生じないように同バッチのコンクリートで製作を行った。

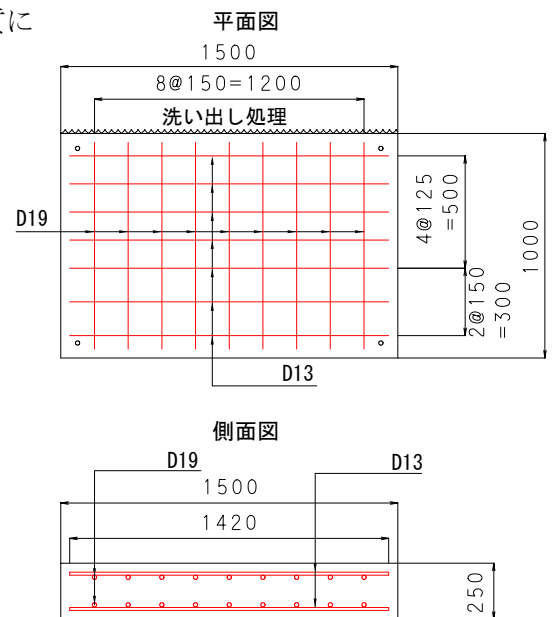


図-1 供試体概要図

2.2 養生条件

実際の青津橋PC床版と同様の工程で供試体を製作した。蒸気養生後は供試体を、養生位置に移動させ各種養生を行った。散水養生状況を、図-2および写真-2に示す。

表-1 試験条件

供試体名	供試体数	蒸気養生	養生条件
CASE1	1体	有	気中養生
CASE2	1体	有	散水養生(1日)+気中養生
CASE3	1体	有	散水養生(3日)+気中養生
CASE4	1体	有	散水養生(7日)+気中養生

表-2 配合条件

設計基準強度 (N/mm ²)	粗骨材の最大寸法	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
						水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	AE剤
50	20	12± 2.5	4.5± 1.5	36.0	42.0	160	444	714	994	2.66	0.044

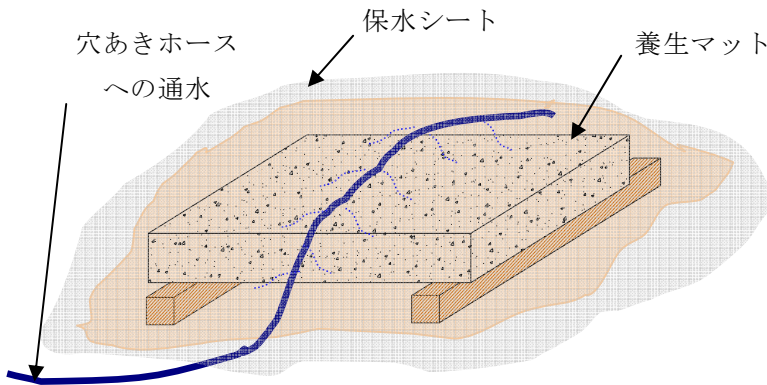


図-2 養生概要



写真-2 養生状況

3. 試験項目および結果

3.1 圧縮強度試験

各供試体と同一条件で養生したテストピースの圧縮強度を確認した。試験結果を表-3に示す。散水養生日数が最も長いCASE4において、最大の圧縮強度を示した。

表-3 圧縮強度試験結果 (材齢 12 日)

圧縮強度 (N/mm ²)			
CASE1 (気中)	CASE2 (散水1日)	CASE3 (散水3日)	CASE4 (散水7日)
50.6	52.5	53.0	56.9

3.2 反発硬度試験

供試体上面 (ならし面) および側面・下面 (型枠面) において、シュミットハンマーにより反発硬度を測定した。試験結果を表-4に示す。

表-4 反発硬度試験結果 (材齢 12 日)

測定箇所	反発硬度 (N/mm ²)			
	CASE1 (気中)	CASE2 (散水1日)	CASE3 (散水3日)	CASE4 (散水7日)
上面	36.2	40.0	42.7	45.6
側面	42.5	43.7	45.6	44.3
下面	45.1	46.1	47.2	45.0

上面については、気中に比べて散水養生日数が増加するにつれて反発硬度が増加した。しかし、型枠面である側・下面については、わずかな増加に留まった。

表-5 プルオフ引張試験結果 (材齢 12 日)

3.3 プルオフ引張試験

供試体上面 (ならし面) および供試体下面 (型枠面) の各3箇所においてプルオフ引張試験を行った。試験状況を写真-3, 4, 試験結果を表-5に示す。

測定箇所	接着強度 (N/mm ²)			
	CASE1 (気中)	CASE2 (散水1日)	CASE3 (散水3日)	CASE4 (散水7日)
上面	4.04	4.56	5.57	4.78
下面	3.79	4.02	3.74	3.71

上面については、気中に比べて散水養生を行うことで接着強度が増加した。しかし、下面については大きな差異は見られなかった。

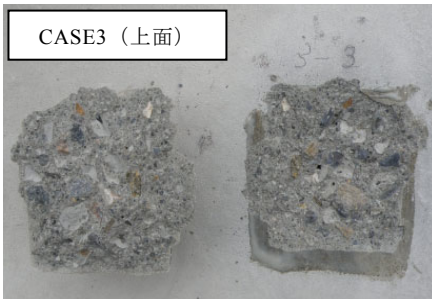


写真-3 プルオフ試験状況

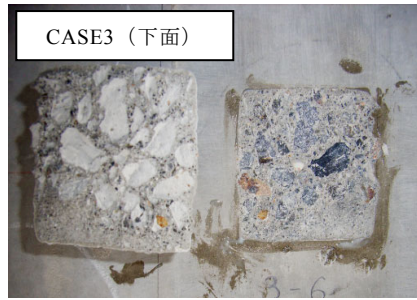


写真-4 プルオフ試験状況

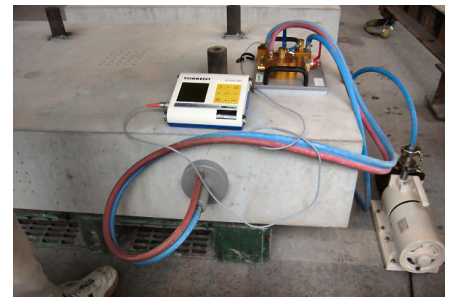


写真-5 簡易透気試験状況

3. 4 簡易透気試験 (トレント法)

トレント透気試験機を用いて、供試体上面 (ならし面) および供試体側面・下面 (型枠面) の各3箇所において透気量を計測した。試験状況を写真-5, 試験結果を表-6に示す。上面については散水養生を行うことで、遮気性が大幅に向上し、コンクリート表層部が緻密化したものと考えられる。下面についても減少量は小さいが、遮気性が向上した。

表-6 簡易透気試験結果 (材齢 12 日)

測定箇所	透気係数 ($\times 10^{-16}/m^2$)			
	CASE1 (気中)	CASE2 (散水1日)	CASE3 (散水3日)	CASE4 (散水7日)
上面	0.562	0.074	0.081	0.060
側面	0.158	0.121	0.099	0.100
下面	0.085	0.062	0.059	0.077

3. 5 促進中性化試験

上述した試験結果で散水養生による効果が確認されたため、基準となるCASE1 (気中養生) と散水養生の代表としてCASE3 (散水3日) の供試体からコアを各3本採取し、促進中性化試験を行った。湿度 $20 \pm 2^\circ C$, 湿度 $60 \pm 5\%$, 二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の促進中性化試験機内に採取したコアを設置し、2週間後にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、中性化深さを計測した。試験結果を表-7に示す。2週間程度ではあるが、気中養生をしたCASE1の上面 (ならし面) では、中性化が若干進行しているのに対し、散水養生を行ったCASE3では中性化が進行していなかった。

表-7 促進中性化試験結果

供試体名	測定箇所	中性化深さ (mm)
CASE1 気中養生	上面(ならし面)	0.9
	下面(型枠面)	0.0
CASE3 散水養生3日	上面(ならし面)	0.0
	下面(型枠面)	0.0

3. 6 電気泳動試験

促進中性化試験と同様に、CASE1 (気中養生) とCASE3 (散水3日) の供試体からコアを各3本採取し、電気泳動試験を実施した。試験結果より算出した塩化物イオンの実効拡散係数を表-8に示す。供試体上面 (ならし面) と下面 (型枠面) を比較すると、下面の方が小さな値を示す結果となった。また、散水養生の有無を比較した場合は、同程度の値を示す結果となった。

青津橋の主な劣化要因は塩害であり、散水養生による耐久性の向上効果を定量的に判断するために電気泳動試験を実施したが、実効拡散係数からは遮塩性の向上効果は確認できなかった。しかし、図-3, 4に塩化物イオン濃度の増加量と経時変化の関係を示すが、上面ではCASE3 (散水3日) の方が、塩化物イオン濃度の増加開始時期が遅い結果となり、コンクリートの表層は緻密化しているのではないかと予想される (塩化物イオン濃度増加量が $0.01mol/l$ に達する日数: CASE1 5.94日, CASE3 6.49日)。また、緻密化している層を塩化物イオンがある程度通過し始めると、塩化物イオンの浸透は、コンクリート自体の塩化物イオン透過性に依存するとの知見¹⁾があり、本

表-8 実効拡散係数算出結果

供試体名	測定箇所	実効拡散係数 ($cm^2/年$)
CASE1 気中養生	上面(ならし面)	0.924
	下面(型枠面)	0.803
CASE3 散水養生3日	上面(ならし面)	1.013
	下面(型枠面)	0.748

実験においても同様の事象が発生したと考えられる。すなわち、散水養生により緻密化された表層部を塩化物イオンがある程度透過してしまうと、それ以降の実効拡散係数を算出するために必要な塩化物イオン濃度の増加率は、コンクリート自体の材料特性に依存し、同程度の実効拡散係数を示したものと考えられる。今後は、コンクリート表層部の遮塩性能を適切に評価できるよう、この表層の緻密さを考慮していく必要がある。

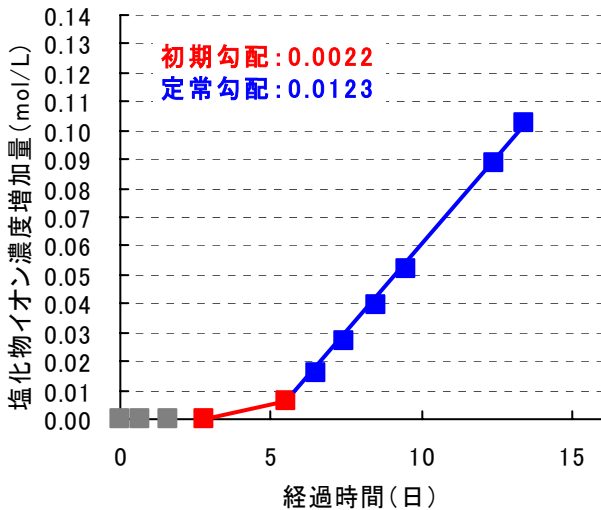


図-3 濃度の経時変化 (CASE1 上面)

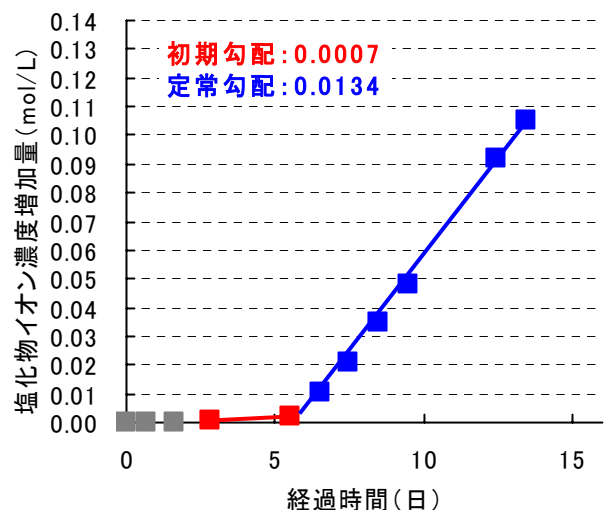


図-4 濃度の経時変化 (CASE3 上面)

4. おわりに

本橋においては、高耐久化によるライフサイクルコストの低減を目的とし、各種対策²⁾を実施してきたが、本対策(写真-6, 散水養生の実施, 本橋では3日養生)も効果的であることが確認できた。今後も材料面, 養生方法, 養生日数およびそれらの評価手法について更なる検討を行い, より効果的な対策を提案していきたい。最後に, 本橋の完成写真を写真-7に示す。

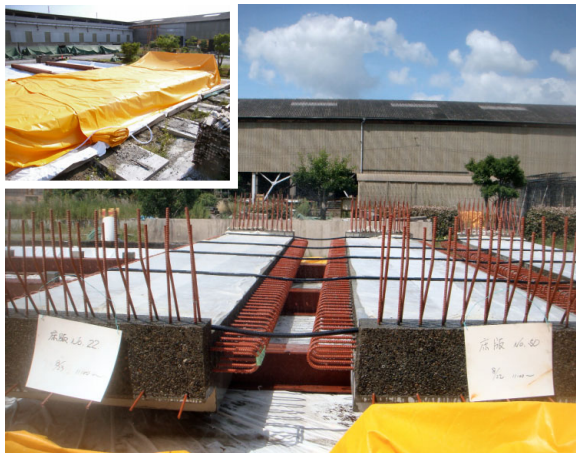


写真-6 散水養生状況



写真-7 完成写真

謝辞：本試験の実施および検討にあたり、住友大阪セメント(株)内田美生氏にご助言を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 竹田ら, 電気泳動試験による表面保護材の塩化物イオン遮断性の評価, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 28, No. 1, 2006
- 2) 本荘ら, 高耐久化を目指した床版取替え(中国自動車道 青津橋), 第20回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, 2010. 10