

保水養生テープを用いたコンクリートの養生に関する実験的検討

(株)日本ピーエス 正会員 工修 ○天谷 公彦
 (株)日本ピーエス 正会員 原 幹夫
 (株)日本ピーエス 正会員 工博 濱岡 弘二
 住友スリーエム(株) 森本 仁志

1. はじめに

コンクリートの品質は、使用材料、打設方法のほかに、養生方法の影響を受ける。コンクリートの硬化過程において水分が失われると、セメントの水和反応が十分に行われず、力学的特性、耐久性などの品質の低下やひび割れの発生につながる。よって、高い品質を確保するためには、打設面は養生マットを用いた湿潤養生などで水分を補給し、側面は型枠を存置することで水分を保持する必要がある。一方で、側面の型枠は工程上の制約などから、長期的に存置することが困難である。

型枠面の水分を保持する方法として、水分保持機能が期待できる材料（保水養生テープ）による封緘養生が考えられる。本報告では、設計基準強度 24N/mm^2 のコンクリートに保水養生テープを用い、養生方法がコンクリートの品質やひび割れの発生状況に与える影響について実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 保水効果確認実験

2.1.1 コンクリートの配合

実験には、設計基準強度 24N/mm^2 、設計スランプ 12cm 、 $W/C=54.0\%$ の普通コンクリートを使用した。コンクリートの配合およびフレッシュ時の物性を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合とフレッシュ時の物性

コンクリート種類	W/C %	単位量				混和剤 ^{※1} Ad1 %	実測 SL cm	空気量 %	CT °C
		W kg/m^3	C kg/m^3	S kg/m^3	G kg/m^3				
24-12-20N	54.0	164	304	843	1044	1.2	10.0	4.3	30

Ad1 : リグニンスルホン酸系 AE 減水剤 ※1 : 混和剤使用量は C に対する質量 (%)

2.1.2 実験方法

保水効果確認実験の流れを図-1に示す。実験では、(1)圧縮強度試験・質量変化率試験、(2)促進中性化試験、(3)塩化物イオンの見かけの拡散係数試験を実施した。供試体は材齢3日まで湿潤養生を行い、型枠脱型後に保水テープ養生と気中養生を行った。各試験方法の詳細について、(1)~(3)に示す。

(1) 圧縮強度試験・質量変化率試験

圧縮強度試験・質量変化率試験は、材齢3日、7日、28日、91日で実施した。供試体は、 $\phi 100 \times 200$ の円柱供試体とし、材齢3日まで養生マットによる湿潤養生を行った。材齢3日で脱型後、①気中養生、②

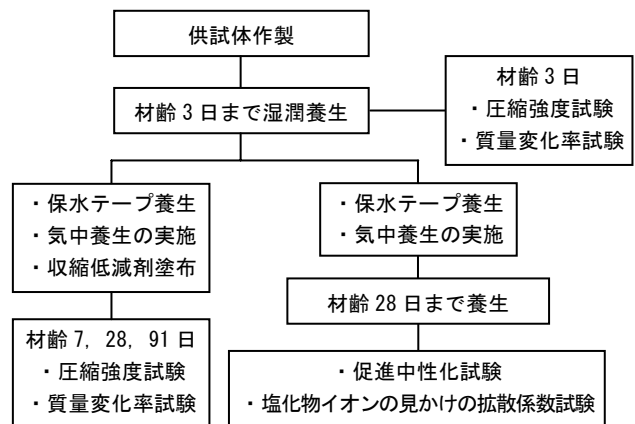


図-1 保水効果確認実験の流れ

水分逸散抑制効果を有する塗布型収縮低減剤を塗布した後に気中養生（以下，塗布型収縮低減剤），
 ③保水テープ養生の3パターンの養生を実施し，材齢7日，28日，91日で圧縮強度および質量変化率を測定した。なお，保水テープは試験実施前に撤去している。

(2) 促進中性化試験

促進中性化試験は，JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験」に準じて実施した。供試体は，100×100×400mmの角柱供試体とし，材齢28日まで所定の養生（保水テープ養生，気中養生）を行った後に，供試体の打設面および底面をアルミニウム箔テープで保護して促進環境下に呈した。中性化の促進条件は，温度20±2℃，相対湿度60±5%，二酸化炭素濃度5±0.2%とした。中性化深さは，促進期間1，4，8，13，26週で測定した。

(3) 塩化物イオンの見かけの拡散係数試験

塩化物イオンの見かけの拡散係数試験は，JSCE-G 572「浸せきによるコンクリート中の見掛けの拡散係数試験方法（案）」に準じて行った。材齢28日まで所定の養生（保水テープ養生，気中養生）を行った供試体を，浸透面を除いてエポキシ樹脂でコーティングし，10%NaCl溶液に28日間浸せきした。浸せき後，供試体をダイヤモンドカッターで切断し，EPMA面分析により塩化物イオン濃度分布を測定した。塩化物イオンの見掛けの拡散係数Dは，Fickの第2法則である非定常状態の拡散方程式を用いて算出した。

2.2 ひび割れ抑制効果確認実験

調圧水槽水室側壁コンクリートにおいて，養生方法を変化させてひび割れ抑制効果を確認した。側壁コンクリートには，24-12-20N（水セメント比54.0%）を用い，養生方法は，①養生マットを用いた湿潤養生（以下，マット養生）と②保水テープを用いた養生（以下，保水テープ養生）とした。実験では，それぞれの養生方法でのひび割れ発生状況について比較を行った。

調圧水槽の概要図を図-2に示す。コンクリート打設から4日後に型枠を脱型し，右側壁は保水テープ養生を，左側壁は養生マットによる湿潤養生を実施した。マット養生は，型枠脱型後から開始し，第1～第3の全てのリフトで7日間実施した。保水テープ養生は，第1～第3リフトの全てで実施し，いずれのリフトでも型枠撤去後直ぐに保水テープ養生を開始した。保水テープは，第1リフトコンクリートの材齢が89日（保水テープ養生期間は第1リフト85日間，第2リフト71日間，第3リフト47日間）の時点で撤去した。計測項目は，ひび割れ長さおよび幅とし，第1リフトの打設からの材齢が142日の段階で目視による観察を行った。

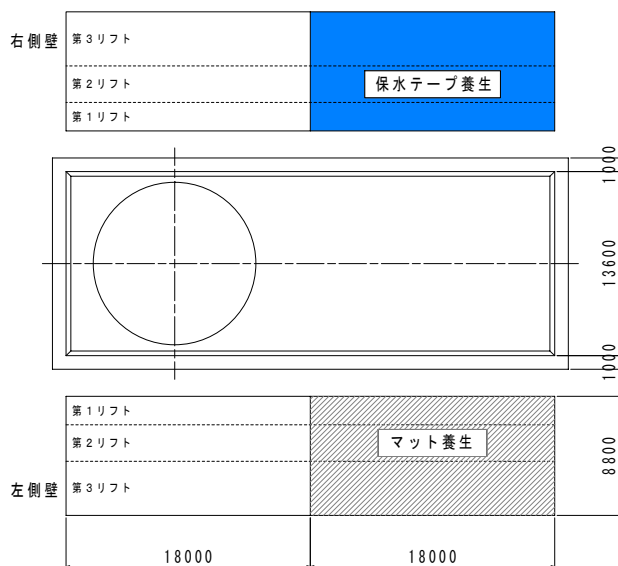


図-2 調圧水槽の概要

3. 実験結果

3.1 保水効果確認実験

(1) 圧縮強度試験・質量変化率試験

質量変化率試験の結果を図-3に，圧縮強度試験の結果を図-4に示す。供試体の質量は，気中養生および塗布型収縮低減剤は，材齢の経過と共に質量が減少していく傾向が見られるが，保水テープ養生は，材齢7日以降はほとんど質量減少が見られなかった。この結果より，保水テープにてコンクリート中の水分の逸散が抑制できていると判断できる。圧縮強度は，材齢7日においては，いずれの養生

方法でもほぼ同等の値を示したが、材齢28日、91日では、保水テープ養生の圧縮強度が気中養生、塗布型収縮低減剤よりも大きくなった。この要因として、保水テープ養生は長期的に水分を保持できるため、水和反応が促進されて強度向上につながったと推定される。なお、気中養生と塗布型収縮低減剤の圧縮強度は、いずれの材齢においてもほぼ同等の値となった。

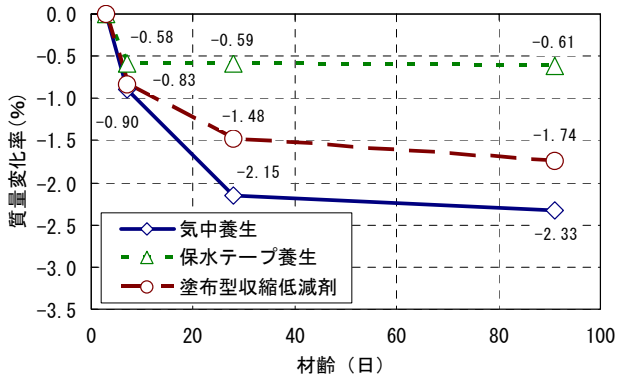


図-3 質量変化率試験結果

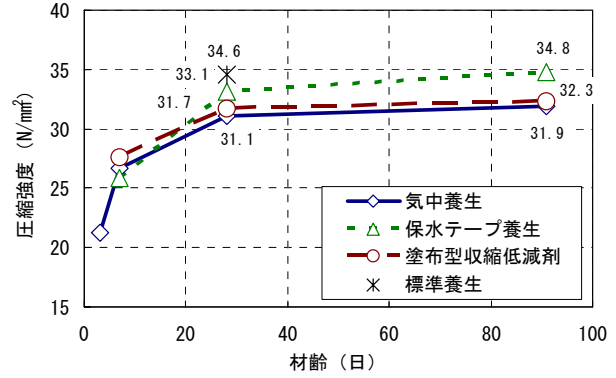


図-4 圧縮強度試験結果

(2) 促進中性化試験

促進期間と中性化深さの関係を図-5に示す。図中の中性化深さは、3供試体の平均値をプロットしている。保水テープ養生を行った供試体の中性化深さは、気中養生の供試体よりも小さくなり、材齢26週においては、7mmの差が見られた。材齢28日における中性化深さを元に中性化速度係数を求めると、気中養生では2.17、保水テープ養生では1.65となった。これらの中性化速度係数は促進環境下での値であるため、直接中性化深さの予測に用いることはできないが、保水テープ養生を行った場合は、気中養生の場合と比較して中性化速度を25%程度抑制できると推定される。

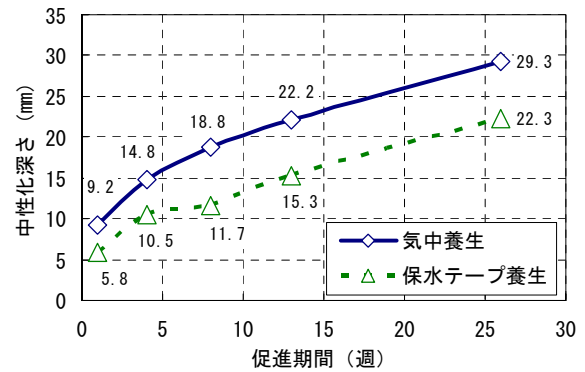


図-5 促進中性化試験結果

(3) 塩化物イオンの見かけの拡散係数試験

塩化物イオンの見かけの拡散係数の算出結果を表-2に、各養生方法のNo. 3供試体の塩化物イオンの濃度分布を図-6に示す。

気中養生と保水テープ養生の見かけの拡散係数+数を比較すると、気中養生は19.8cm²/年、保水テープ養生は9.5cm²/年となった。

コンクリート中の塩化物イオン濃度の分布に着目すると、コンクリート表層部では、保水テープ養生の方が気中養生よりも塩化物イオン濃度が高くなっている。一方で、保水テープ養生は、塩化物イオン濃度の深さ方向の減少率が大きく、試料表面からの深さが9mm程度の位置で両者の大小関係は逆転している。

これらの結果より、保水テープ養生は、気中養生よりも塩分の浸透に対する抵抗性が高い

表-2 塩化物イオンの見かけの拡散係数

養生方法	供試体No	塩化物イオンの見かけの拡散係数D cm ² /年	表面塩化物イオン濃度C ₀ kg/m ³		初期塩化物イオン濃度C _i kg/m ³	
			1	2	1	2
気中養生	No. 1	25.0	17.6	18.2	0.229	0.232
	No. 2	17.6	17.7		0.270	
	No. 3	16.7	19.3		0.196	
保水テープ養生	No. 1	8.2	23.8	23.6	0.100	0.324
	No. 2	11.9	22.5		0.201	
	No. 3	8.4	24.4		0.672	

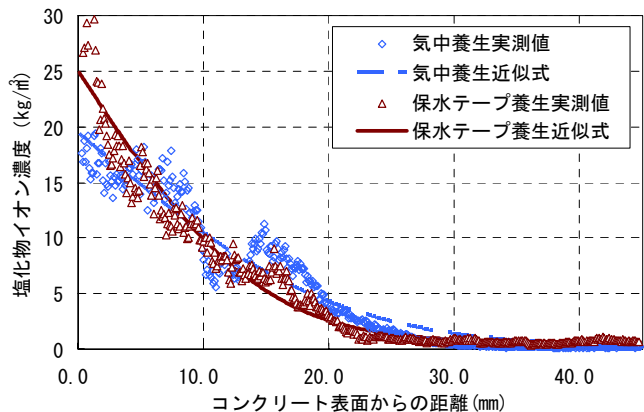


図-6 塩化物イオンの濃度分布

いと判断できる。一般に、塩分浸透抵抗性はコンクリートの細孔構造と相関があるとされており、保水テープ養生を実施することでコンクリートの組織が緻密になったと推定される。

3.2 ひび割れ抑制効果確認実験

マット養生のひび割れ発生状況を図-7、保水テープ養生のひび割れ発生状況を図-8に示す。図中の四角の枠は型枠のパネルを示しており、各側壁とも90枚のパネルを型枠として使用している。

マット養生を行った側壁では、90枚中84枚にひび割れが発生（ひび割れ発生率84/90=93.3%）し、保水テープ養生を行った側壁では、90枚中77枚にひび割れが発生（ひび割れ発生率77/90=85.6%）した。いずれの側壁にもひび割れは発生したものの、保水テープ養生を行うことでひび割れ発生本数を低減できた。

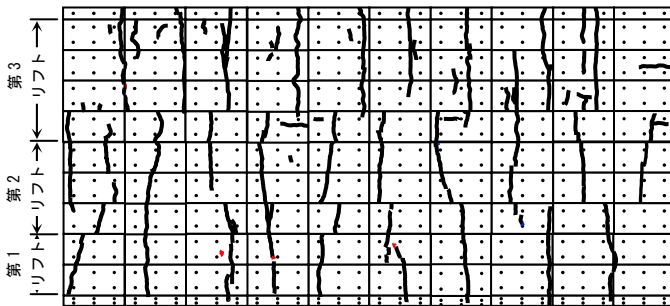


図-7 マット養生のひび割れ発生状況

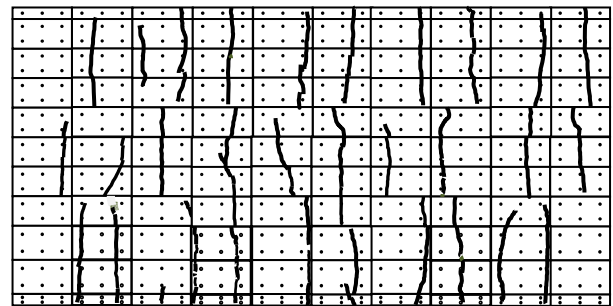


図-8 保水テープ養生のひび割れ発生状況

平均ひび割れ幅とひび割れ総延長の比較図を図-9に示す。図-9は、図-7、8に示されるひび割れの、ひび割れ幅とひび割れ長さを計測し、それぞれの平均値と総延長を求めたものである。

マット養生は、ひび割れ総延長97.2m、平均ひび割れ幅0.28mmであったのに対し、保水テープ養生は、ひび割れ総延長86.7m、平均ひび割れ幅0.15mmであった。

上記の結果より、保水テープ養生によってひび割れの発生自体は防止できないが、ひび割れの長さや幅を抑制する効果があることを確認できた。特に、ひび割れ幅については抑制効果が大きく、平均ひび割れ幅はマット養生の半分程度となっている。現在の知見では、ひび割れ幅は耐久性に影響を及ぼす指標の一つとして考えられている。よって、保水テープ養生は、コンクリート構造物の耐久性を確保するために有効と考えられる。

4. まとめ

本検討では、保水テープ養生が品質に与える効果と、ひび割れ低減効果について実験的検討を行った。得られた結果を下記に示す。

- 保水テープ養生は、コンクリートの品質を向上させる効果があり、圧縮強度、中性化抵抗性、塩化物イオン浸透抵抗性の向上が期待できる。
- 保水テープ養生は、ひび割れの低減効果があり、特にひび割れ幅の抑制に有効である。

上記の結果より、保水テープ養生はコンクリートの品質を向上させる上で有効な養生方法であると考えられる。

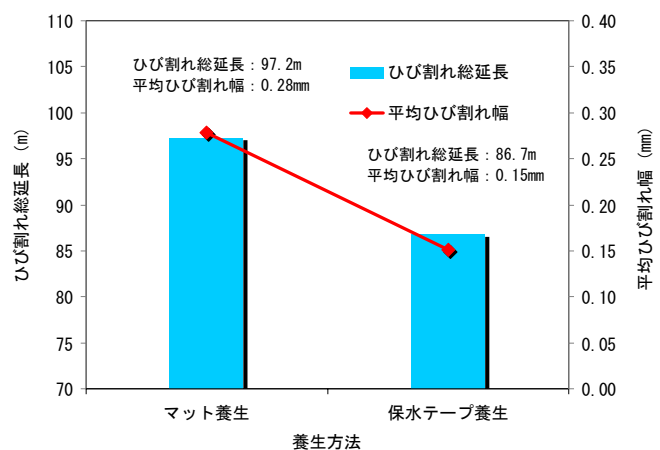


図-9 平均ひび割れ幅とひび割れ総延長の比較図