

表面含浸材の塗布方法の違いによる表面硬度への影響に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○菅沼 美紀
名古屋工業大学 正会員 吉田 亮

1. はじめに

近年、高度成長期に大量に造られたコンクリート構造物の維持管理が急務となっている。このため、構造物の補修・補強方法に加え、耐用年数をより長くする方法にも注目が集まっている。なかでも表面含浸工法は、作業性・経済性が良く、予防保全の観点からも施工事例が増えている¹⁾。表面含浸材はシラン系とけい酸塩系に大別され、前者は表層部には水層を形成、後者は表層組織を緻密化することで、劣化因子の侵入を抑制できる。現在、表面含浸工法について、養生方法などの施工の違いによる改質効果に関する研究はなされているが、塗布方法の研究は十分になされていない。本研究では、表面含浸工法について、含浸材成分（コロイダルシリカ水溶液と水酸化カルシウム水溶液）の混合や塗布時の散水、含浸材成分の濃度に着目し、塗布方法の違いが含浸材の表面硬度の上昇に与える影響を検討する。

表-1 モルタルの配合

水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)			
	水	セメント	細骨材	AE 剤
55	175	318	824	0.002

2. 実験概要

2.1 使用材料・塗布方法

表-1 に示した配合のモルタル角柱供試体 (40×40×160 mm) を使用した。既存構造物の経年劣化を想定し、供試体に模擬酸性雨 (pH 4.8, pH 3.5 各 10 サイクル) への浸せきと乾燥 (70 °C) の繰り返し 20 サイクルを施した。これを 20×20×40 mm に切断し、一面 (20×40 mm) に 2 回ずつ含浸材を重ねて塗布した。含浸材は、コロイダルシリカ (CS) を主成分とする水溶液 (以下、改質材) と水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) 水溶液 (以下、改質水) を塗布するものを使用した。塗布方法は、含浸材の混合 (A・B, C), 散水 (B), 濃度 (C) を表-2 のように変化させた。A, B は改質材と改質水を混合して塗布 (混合塗り), C は別々に重ねて塗布 (別塗り) したものである。

表-2 塗布方法の種類

塗布方法	含浸材成分量の比率		概要		
	CS	Ca(OH) ₂	1 日目	2 日目	3 日目
N			無塗布		
A-a	100 (原液)	100 (飽和溶液)	混合材 (改質材 +改質水)	混合材	
A-b	150	100			
A-c	50	100			
B-a	100	100	混合材	散水 →混合材	散水
B-b	150	100			
B-c	50	100			
C-1	100	100	改質材	改質水 →改質材	改質水
C-2	50	50			
C-3	50	100			

※塗布量は、膜厚が等しくなるよう 100 g/m² を基本とし、散水

および改質水は表面が濡れる程度に噴霧した。

※「→」前後の作業間隔は、6 時間とした。

2.2 ビッカース硬さ試験

含浸材の効果を評価するため、ビッカース硬さ試験 (JIS Z 2244) を行った。塗布後 14 日, 41 日の表面硬度を測定した。試験力 $F=5$ N, 载荷時間 15 秒とし、圧こんの対角線の長さを測定し、次式(1)でビッカース硬さ HV を算出した。

$$HV = 0.102 \times \frac{F}{d^2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} = 0.1891 \times \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

ここに、 d : 圧こんの対角線長さの平均値 (mm), θ : 正四角すい圧子の対面角 (136°)

また、測定値は測定のみを考慮し、全測定値の四分位範囲に近いものを抽出し、その平均値とした。

3. 実験結果および考察

ビッカース硬さ試験の結果を表-3に示す。また、図-1に無塗布に対する硬度の増加率、塗布後14日から41日の硬度の変化率を示す。

3.1 含浸材の混合

塗布後41日において、塗布方法Aでは無塗布(N)の場合よりも硬度が減少した。これは、含浸材を混合した後に塗布するため、成分粒子が大きくなり、浸透しづらく、塗布表面の付近で薄膜が生成されたことが考えられる。また、混合塗り(A, B)よりも、別塗り(C)の方がいずれの硬度も大きいことから、含浸材は混合状態よりも別々に塗布、浸透させることでより硬度が増加する傾向があるといえる。個々の含浸成分がより浸透しやすく、水和物の分布位置が変化すると考えられる。

3.2 塗布時の散水の有無

混合塗り(A, B)であっても、散水有りの場合(B)は塗布後41日で散水無しの場合(A)をいずれも上回った。反応場所となる水が十分にあることで、より空げきの内部に浸透しやすく、徐々に反応が進行したと考えられる。また、混合塗りでは、CS成分減量の場合(A-c, B-c)が大きく、散水有りの場合(B-c)が最大であることから、含浸材の効果を最大限に発揮させるためには、十分な水と水酸化カルシウムを要すると考えられる。

3.2 含浸材の濃度

別塗り(C)の場合では、塗布後14日において、いずれの濃度も20%以上の硬度の増加がみられた。特に、原液(C-1)は初期に大きく硬度が増加した。しかし、塗布後41日には無塗布に比べて硬度が増加したものの、初期の硬度より減少した。これは、含浸材成分の粒子が密に存在するため、反応が速く進むが、塗布表面の付近で水和物が生成した可能性が考えられる。改質材、改質水ともに濃度を小さくした場合(C-2)も、同様に初期の硬度に比べて減少した。いずれも、CS成分に対し、水酸化カルシウム量が不足し、硬度が十分に得られなかったことが考えられる。一方で、改質材のみ濃度を小さくした場合(C-3)は、初期の硬度から微増した。これは、濃度が小さいため反応が徐々に進行し、空げきのより奥まで浸透した²⁾こと、水酸化カルシウム量が多いことが影響したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、含浸材成分の混合、塗布時の散水の有無、含浸材の濃度など、表面含浸材の塗布方法の違いによる表面硬度への影響について検討した。コロイダルシリカを主成分とする水溶液と、水酸化カルシウム水溶液を用いた含浸材では、これらの溶液を別々に塗布すること、溶液の濃度を小さくすることでより大きな硬度が得られる傾向が認められた。また、十分な散水と、コロイダルシリカに対して十分な水酸化カルシウムが存在することで表面硬度を上昇させられる可能性が高いと言える。

謝辞：本研究では、日研株式会社 北村真也氏、三信建材工業株式会社 石田敦則氏、石田晃啓氏に多くのご協力をいただきました。ここに深く感謝を申し上げます。

参考文献：1)土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)，コンクリートライブラリー137，2012.7

2)染谷望，加藤佳孝：塗布後の養生方法が表面含浸材の改質効果に及ぼす影響の検討，コンクリート年次論文集，

Vol.35, No.1, pp.1687-1692, 2013

表-3 ビッカース硬さ試験結果

塗布方法	ビッカース硬さ(HV)	
	塗布後14日	塗布後41日
N	5.78	5.96
A-a	4.88	4.85
A-b	6.03	5.42
A-c	6.01	5.94
B-a	5.84	6.10
B-b	5.17	5.83
B-c	6.36	6.28
C-1	7.74	6.44
C-2	7.40	6.32
C-3	7.25	7.40

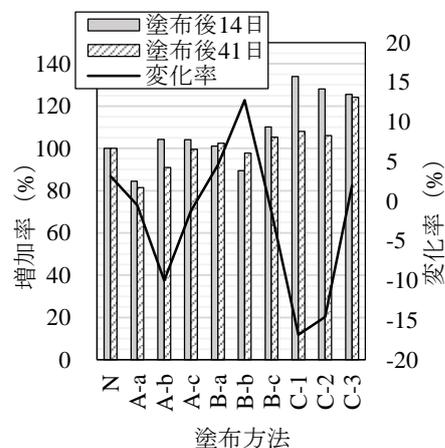


図-1 ビッカース硬さの増加率，変化率