

セメント種類がけい酸塩系表面含浸材の改質効果に及ぼす影響の検討

香川高等専門学校 学生会員 ○敷地泰成, 荻田綾花
香川高等専門学校 正会員 長谷川雄基, 林和彦, 松本将之

1. はじめに

けい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート表面に塗布されたけい酸塩系表面含浸材（以下、本文中の含浸材はすべてけい酸塩系表面含浸材を指す）が水和物の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応して、コンクリートの水密性や劣化因子の侵入抑止性などを向上させる補修工法である。含浸材の基礎特性に関する実験データは年々蓄積されているが、それらは主に普通ポルトランドセメント（以下、N）を使用したコンクリートに対するものであり、土木構造物で使用実績の多い高炉セメント（以下、B）、あるいは施工性向上の観点等から今後の使用が増加する可能性のあるフライアッシュセメント（以下、F）に対して含浸材がどの程度の改質効果を有するかは不明な点が多い。

本研究では、上記2種類のセメントに対する含浸材の改質特性の評価を目的とした。先行研究¹⁾にて改質程度を評価可能な試験として提案されているピッカース硬さ（以下、Hv）試験を実施し、まずNを対象としてHv試験で得られる傾向を整理した。その後、BとFに対する改質特性を評価した。

2. 実験の概要

モルタル供試体（40×40×160mm）を使用し、水セメント比は40%に固定して実験を行った。供試体の条件を表-1に示す。微小硬さ試験機を用いて、モルタル供試体断面のHvを測定した。測定においては、まず含浸材塗布面から深さ方向に20mm以上となる位置で測定した値を非改質層のHvと判断した。次に、含浸材塗布面から深さ方向に1.0mm間隔ごとに順次測定を行い、非改質層と同等のHvが確認された位置で測定終了した。試験力は4.903N、保持時間は15秒とし、各測定深さにつき15点測定を行い、その平均値で評価を行った。

表-1 供試体の条件

セメント種類	略称	28日		56日		84日		備考
		打設	塗布	打設	塗布	打設	塗布	
N	N-SS, N-SA	打設	塗布	Hv試験				記号
	N-LS, N-LA	打設	塗布	Hv試験			F10: F置換率10%	
B	B-SSB-SA	打設	塗布	Hv試験				F30: F置換率30%
	B-LSB-LA	打設	塗布	Hv試験				SS: 水中28日養生
F10	F10-SSF10-SA	打設	塗布	Hv試験				SA: 気中28日養生
	F10-LSF10-LA	打設	塗布	Hv試験				LS: 水中56日養生
F30	F30-SSF30-SA	打設	塗布	Hv試験				LA: 気中56日養生
	F30-LSF30-LA	打設	塗布	Hv試験				

■: 水中養生および、気中養生 □: 含浸材塗布、散水、気中養生

3. 結果と考察

3.1 Hv試験で得られる傾向の整理

NのHvの測定結果を図-1に示す。先行研究¹⁾では、深さ方向のHvを測定することで、非改質層と改質層の境界が明瞭に判別できているが、本研究では、Hvは深さの増加に伴い緩やかに低下して一定値に収束する傾向があり、改質層と非改質層の2層に明確に区別することは困難である。本研究では、先行研究¹⁾よりも大きい試験力で測定を実施したことが影響したものと推察される。

ここで、各測定深さにおける15点の測定データのばらつきに着目した。一例として、N-SSの結果を表-2に示す。深さ方向の増加に伴い、変動係数は小さくなることを確認できる。これは、含浸材の浸透による改質は同一深さにおいて必ずしも均一に進まないという特徴を示唆している。この深さ方向の変動係数の変化傾向を利用することで、本研究のように改質層と非改質層の境界が明瞭でない場合であっても、改質深さを推定できる可能性が考えられた。今後、改質深さをHv試験で評価する方法を確立するためには、試験力ごとの試験結果

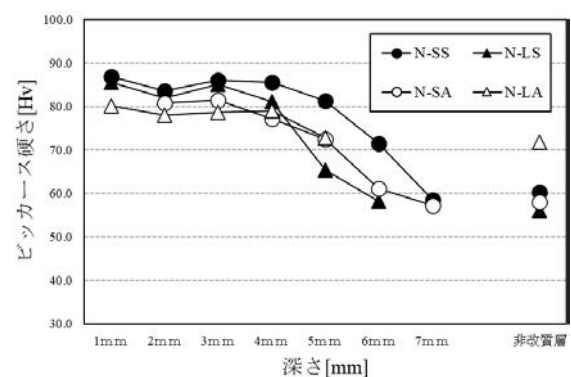


図-1 NにおけるHvの測定結果

の傾向などの詳細データを蓄積していく必要があると考えられる。

3.2 B に対する改質特性の評価

B について養生条件を変化させた Hv の測定結果を図-2 に示す。図-1 と比較すると、全体的に Hv は小さく、非改質層の Hv に対する改質層の Hv の増加量も小さい。加えて、最大でも 4mm の測定深さで非改質層と同等の Hv となることが確認された。したがって、B は N に比べて含浸材の改質効果は小さいと考えられる。また、気中養生の B-SA と B-LA については、改質効果が得られていないと判断した。これらの原因としては、高炉スラグのセメント置換により、含浸材と反応するための $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 存在量が相対的に少ないため反応速度が遅くなり、明確な改質効果が表れにくかったためと推察された。

3.3 F の改質特性の評価

F について養生条件と置換率を変化させた Hv の測定結果をそれぞれ図-3, 4 に示す。いずれの置換率・養生条件においても、図-1 の N と比較して Hv は小さく、非改質層の Hv に対する改質層の Hv の増加量も小さくなった。置換率の違いに着目すると、置換率が小さい方が、全体的に Hv やその増加量は大きく、同一養生・材齢条件の場合、改質深さはそれぞれ 1mm 程度大きくなることを確認できた。これは、先述の B の場合と同様にセメント置換による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量の差異と F のポズラン反応の影響が考えられた。F の硬化反応であるポズラン反応では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が消費されるため、N と比較して内部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 存在量が材齢の経過とともに少なくなるため、含浸材の改質効果が発揮されにくくなったと推察された。

4. まとめ

本本研究より、B と F も含浸材の改質効果は得られるものの、N と比べると効果は小さくなることを確認できた。また、B は水中養生で養生期間を長く設けることで、改質効果が改善されることがわかった。先行研究において、N に対して、含浸材の使用量を増加させると、改質深さが増加する傾向が示されている¹⁾。よって、含浸材の塗布量を増加させることや、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を補助剤として添加することで、より含浸材の改質効果を得られる可能性がある。

5. 参考文献

(1) 近藤拓也ら：けい酸塩系表面含浸工法を施工したモルタルのピッカース硬度分布に関する一考察，セメント・コンクリート論文集，Vol.73，No.1，pp.333-339，2019

表-2 深さ方向の Hv のばらつき

N-SS			
深さ	平均	標準偏差	変動係数
1mm	86.9	12.85	0.15
2mm	83.6	11.94	0.14
3mm	86.0	17.75	0.21
4mm	85.6	13.60	0.16
5mm	81.2	8.17	0.10
6mm	71.4	6.96	0.10
7mm	58.5	5.96	0.10
非改質層	60.3	6.87	0.11

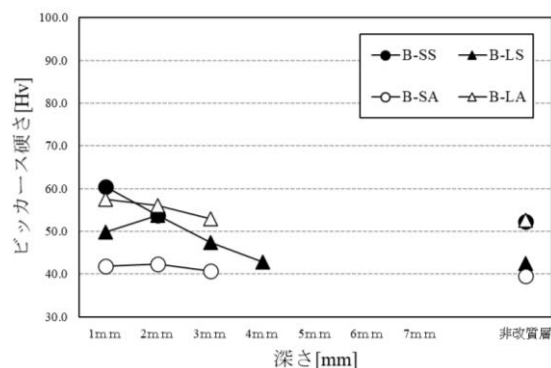


図-2 B における Hv の測定結果

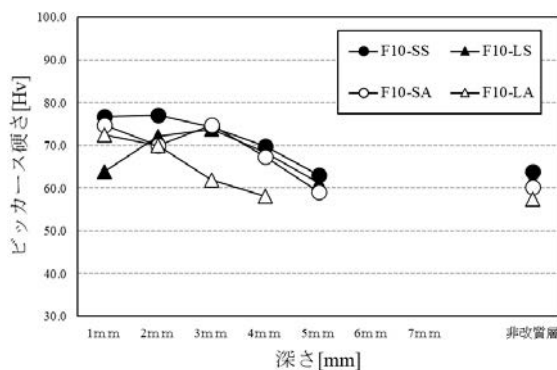


図-3 F における Hv の測定結果
(置換率 10%)

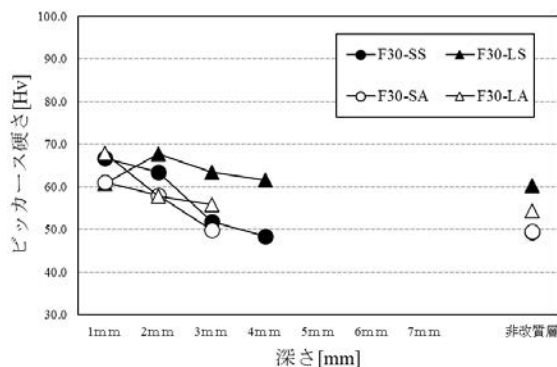


図-4 F における Hv の測定結果
(置換率 30%)