

塗布型収縮低減剤の養生効果に及ぼすセメント種類の影響

前橋工科大学工学部 社会環境工学科 正会員 ○佐川 孝広
学生会員 吉田 風

1. はじめに

収縮低減剤は、2020年にJIS規格化がされるなど、利用拡大が望まれている。一般に、収縮低減剤はコンクリートの練混ぜの際に混和剤として用いるが、硬化コンクリートに塗布するタイプの収縮低減剤も市販されている。塗布型の収縮低減剤は、収縮低減効果以外にも乾燥時に水分逸散を抑制する養生効果を有していることも報告されているが^{1,2)}、塗布型収縮低減剤の養生効果や養生方法に及ぼすセメント種類の影響を定量的に評価した例は少ない。

そこで本研究では、塗布型収縮低減剤の養生効果および養生効果に及ぼすセメント種類の影響に着目した。普通セメントおよび高炉セメントB種を用い、塗布供試体の圧縮強度、セメント水和反応を水中、乾燥、湿布養生と比較することで塗布型収縮低減剤の養生効果を評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と試験体の作製

本研究では、普通セメント(N)、無水石こう入り高炉スラグ微粉末(BFS)、JIS規格標準砂を用いた。実験に用いたセメントはN、NにBFSを内割45%置換した高炉セメントB種(BB)の2種類とした。塗布型収縮低減剤はグリコールエーテル系誘導体を主成分とし、密度0.99~1.05(g/cm³)、粘度10~30(mPa·s)のものを用いた。

セメントペーストおよびモルタルの水セメント比は50%とした。セメントペーストは40×40×160mmの型枠に成型し、脱型後40×40×40mmに切断した。側面1面を解放面とし、他面はアルミテープで封かんした。養生方法は表1に示す乾燥、塗布、湿布の3種類とした。水中養生のペーストは、40×55mmのチャック付ポリ袋に薄板状に成型した。モルタルはJISモルタルを作製し、φ50×100mmの円柱供試体を用い、表1に示す養生方法とした。

2.2 圧縮強度および水和反応解析

各養生条件でのモルタル圧縮強度を測定した。測定材齢は3, 7, 28, 91日とし、材齢3日脱型の湿布(Wet3)、塗布(Coat3)は7, 28日とした。

材齢の経過した水和解析用のペースト角柱試験体は、中性化の影響を排するため解放面から2mmを切断し、そこから5mmを測定試料とした。91日材齢は底面から5mmを測定試料とした。試料は多量のイソプロパノールにて水和停止し、40℃24hの乾燥を行った。乾燥試料は遊星ミルにて微粉碎した。Nは950℃、BBは900℃で30分強熱し、強熱後の質量に対する減量を結合水量として求めた。粉碎後の試料は粉末X線回折(XRD)の測定を行い、リートベルト解析によりセメント鉱物、およびスラグの反応率を測定した。

3. 実験結果および考察

図1にN、BBの圧縮強度を、表2に水中養生と比較した各養生の強度比を示す。N、BBともに材齢7日強度は塗布、水中、湿布で同程度であった。材齢28日の強度はNでは、水中と比較して塗布、湿布ともに約9割、乾燥は約6割、BBでは、塗布、湿布ともに約7割、乾燥は約4割の強度であった。一方、湿潤養生期間を2日加えた湿布(Wet3)、塗布(Coat3)の強度は増加し、材齢28日で水中に対し約9割であった。BBは、Nと比較して反応速度が遅いため、より長期の養生期間が必要と考えられる。なお、土木学会コンクリート標準示方書施工編に示され

表1 養生パターン

パターン	セメント種類		脱型	養生方法
	N	BB		
水中(Water)	○	○	1d	20℃水中
乾燥(Dry)	○	○		20℃CRH60%
湿布(Wet)	○	○		材齢3日まで湿布→20℃CRH60%
塗布(Coat)	○	○		150g/m ² 塗布→20℃CRH60%
湿布(Wet3)		○	3d	材齢5日まで湿布→20℃CRH60%
塗布(Coat3)		○		150g/m ² 塗布→20℃CRH60%

キーワード 塗布型収縮低減剤、養生効果、セメント種類、圧縮強度、水和反応

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1 email: sagawa@maebashi-it.ac.jp

る BB の湿潤養生期間は、日平均気温 10℃以上で N に対して+2 日必要としている。以上の結果から、塗布や湿布の養生効果を圧縮強度にて評価した場合、N、BB いずれも塗布と湿布の養生効果は同程度で、BB の湿潤養生期間を N+2 日とすることで水中養生の 9 割程度の養生効果が得られるといえる。

図 2 に N、BB の結合水量を示す。N、BB いずれも材齢 28 日での塗布、湿布の結合水は、水中と比較して著しく小さく、乾燥に近い値をとった。この傾向は圧縮強度の結果と異なった。これは、ペーストとモルタルで試験体の作製条件が異なることに起因し、モルタルと比較して、結合水を測定したペーストの表層は乾燥が進行しているためと考えられる。また、材齢 91 日の結合水量の測定は、供試体底面から試料を採取したため N は乾燥が進行していないが、BB は N と比較すると乾燥が進行していた。乾燥の受けやすさは、乾燥による水分逸散と水和反応による水分消費の速度のバランスにより異なると考えられる。BB は N と比較すると水分消費の速度が遅く、より乾燥の影響を受けやすいために試験体深部まで乾燥が進行したと考えられる。

図 3 に N、BB のセメント反応率と結合水量の関係を示す。セメント水和反応の進行に伴い結合水は増加し、この関係は養生方法にかかわらず概ね等しくなった。したがって、収縮低減剤の塗布は水和反応に対して水分逸散効果のみを有し、収縮低減剤自体の水和反応への影響は小さいと考えられる。

前述の通り、ペーストとモルタルで試験体の作製条件が異なることから、乾燥条件の差異について検討した。水中養生での N、BB の結合水量とモルタル圧縮強度に高い相関が認められたことから、この回帰式により圧縮強度の値を結合水量に換算することができる。図 4 にはペーストの結合水量の測定値とモルタル圧縮強度から換算した計算値との関係を示す。図示されるように、湿布と塗布養生は、モルタルと比較してペースト試験体でやや乾燥が進行し、乾燥養生では、モルタル試験体でやや乾燥が進行していると考えられる。

4. まとめ

- (1) 塗布型収縮低減剤は、湿布養生と同等の養生効果を有する。
- (2) 高炉セメント B 種への塗布型収縮低減剤の適用は、普通セメントに対して+2 日の湿潤養生とすることで湿布養生と同様の養生効果を有する。

参考文献

- 1) 郭度連ほか：塗布タイプ収縮低減剤を用いたコンクリートの性能向上，コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.1, pp.631-636, 2009
- 2) 西祐宜ほか：塗布型収縮低減剤の養生効果，コンクリート工学，Vol.51, No.3, pp.251-258, 2013

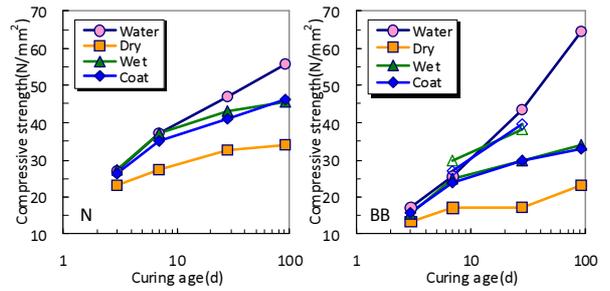


図 1 モルタル圧縮強度

表 2 水中養生との強度比

Cement	Curing	Strength ratio			
		3d	7d	28d	91d
N	Water	1.00	1.00	1.00	1.00
	Dry	0.86	0.74	0.70	0.61
	Wet	1.02	1.00	0.92	0.81
	Coat	0.98	0.94	0.88	0.83
BB	Water	1.00	1.00	1.00	1.00
	Dry	0.78	0.66	0.40	0.36
	Wet	0.90	0.97	0.69	0.53
	Coat	0.92	0.93	0.69	0.51
	Wet3	-	1.16	0.87	-
Coat3	-	1.06	0.91	-	

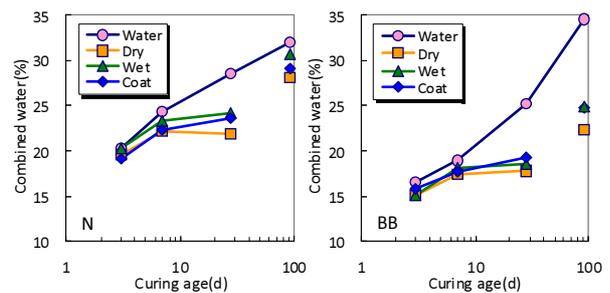


図 2 結合水量

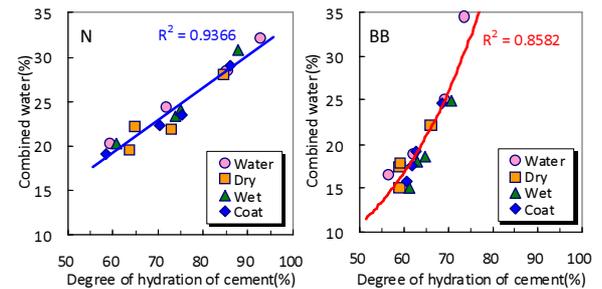


図 3 セメント反応率と結合水量の関係

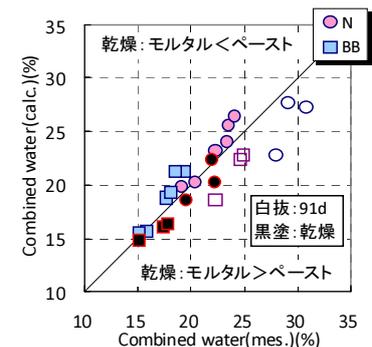


図 4 結合水量の測定値と計算値