

## セメントの種類が塗布型収縮低減剤の養生効果に及ぼす影響

前橋工科大学 学生会員 ○吉田 風 前橋工科大学 正会員 佐川孝広

## 1. はじめに

収縮低減剤は、2020年10月20日に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<sup>1,2)</sup>、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

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/cm<sup>3</sup>)、粘度10~30(mPa・s)のものをを用いた。

## 2.2 実験方法

## (1)供試体の作製

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。供試体側面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×

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 |    |                                    |
| 乾燥     | ○      | ○  | 1日 | 20°C60%R.H.                        |
| 塗布     | ○      | ○  | 1日 | 150g/m <sup>2</sup> 塗布→20°C60%R.H. |
| 湿布     | ○      | ○  | 1日 | 材齢3日まで湿布→20°C60%R.H.               |
| 水中     | ○      | ○  | 1日 | 20°C水中養生                           |
| 塗布(3d) |        | ○  | 3日 | 150g/m <sup>2</sup> 塗布→20°C60%R.H. |
| 湿布(3d) |        | ○  | 3日 | 材齢5日まで湿布→20°C60%R.H.               |

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)強熱減量

材齢28日までの供試体は、中性化の影響を排除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°C24h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°C、BBは900°Cで30分加熱し、強熱後の質量に対する減量を強熱減量として求めた。水中養生の供試体は表乾質量を測定後、同様に水和停止し、40°C24hおよび105°C24hの乾燥をそれぞれ行い、乾燥質量を測定した。表乾質量から乾燥質量の減量と、ペーストの理論配合、強熱減量から供試体の空隙率を算定した。

## (3)粉末X線回析(XRD)

N、BBのペースト試料のXRD測定を行い、セメント反応率を算定した。

## (4)モルタル圧縮強度

各養生条件でのモルタル供試体の圧縮強度を測定した。測定材齢は、乾燥、塗布、湿布、水中養生は3、7、28、91日とし、塗布(3d)、湿布(3d)は7、28日とした。

## 3. 実験結果と考察

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。

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 TEL:027-265-0111

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 日加えた塗布 (3d)、湿布 (3d) の強度は増加し、材齢 28 日で水中に対し約 9 割であった。この結果から BB は、N と比較して反応速度が遅いために、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に近い養生効果が得られるといえる。

図 2 に N、BB の結合水を示す。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供試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かった。しかし 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供試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。N に比較して BB は反応率の低い時点での結合水が多く、BB は少ない反応で多くの水和物が生成するためと考えられる。

#### 4. まとめ

(1)N、BB とともに圧縮強度は水中養生が最も大きく、塗布養生と湿布養生は同程度で、乾燥養生が最も小さい。

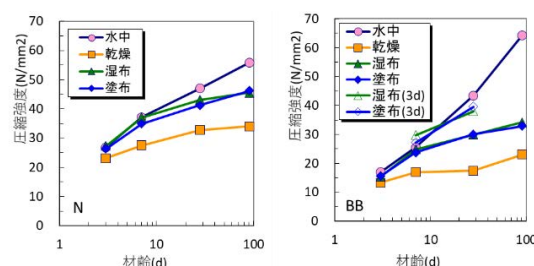


図 1 材齢と圧縮強度の関係

表 2 水中との強度比

| N   | 塗布   | 湿布   | 乾燥   | BB  | 塗布   | 湿布   | 乾燥   | 塗布 (3d) | 湿布 (3d) |
|-----|------|------|------|-----|------|------|------|---------|---------|
| 3d  | 0.98 | 1.02 | 0.86 | 3d  | 0.92 | 0.90 | 0.78 |         |         |
| 7d  | 0.94 | 1.00 | 0.74 | 7d  | 0.93 | 0.97 | 0.66 | 1.16    | 1.06    |
| 28d | 0.88 | 0.92 | 0.70 | 28d | 0.69 | 0.69 | 0.40 | 0.87    | 0.91    |
| 91d | 0.83 | 0.81 | 0.61 | 91d | 0.51 | 0.53 | 0.36 |         |         |

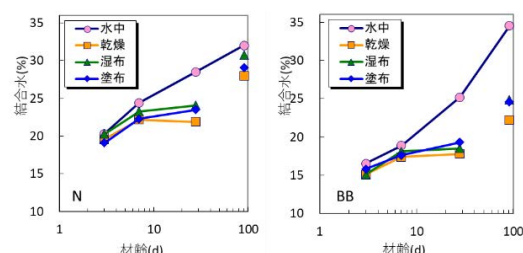


図 2 材齢と結合水の関係

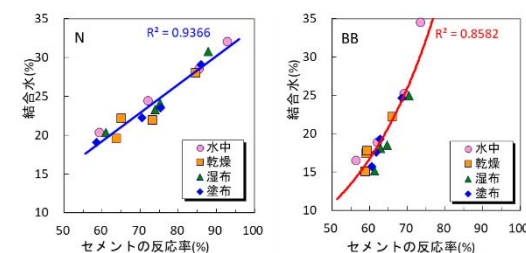


図 3 セメント反応率と結合水の関係

- (2)BB の湿潤養生期間を N に対し 2 日加えることで、N、BB の材齢 28 日の塗布、湿布養生はいずれも、水中養生と比較して約 9 割の養生効果が得られる。
- (3)BB は、N と比較して反応速度が遅いため、乾燥の影響を受けやすい。
- (4)セメント反応率と結合水の関係は、養生方法に関わらず概ね同一となりセメント反応率が増加すると結合水も増加する。

#### 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