

尿素水溶液を用いた各種養生方法がコンクリートの乾燥収縮特性に及ぼす影響

|            |     |       |            |     |        |
|------------|-----|-------|------------|-----|--------|
| 奥村組土木興業(株) | 正会員 | 岡本 泰彦 | 奥村組土木興業(株) | 正会員 | ○奥野 祐平 |
| 熊本高等専門学校   | 正会員 | 松家 武樹 | 神戸大学       | 正会員 | 廣瀬 剛   |
|            |     |       |            | 正会員 | 鈴木 麻里子 |

## 1. 背景・目的

コンクリートの劣化要因となるひび割れ発生を抑制することは、長寿命化に貢献できるため重要課題であり、多数研究が行われている。たとえば、尿素有する高い水溶性、吸熱反応及び非揮発性に着目し、尿素水溶液を練り混ぜ水として利用して、ひび割れ発生を抑制した研究が存在する<sup>1)</sup>。本研究では、尿素水溶液の活用方法として、養生に着目し、乾燥収縮ひび割れ発生を抑制を試みる。本稿では、ウルトラファインバブル（以下「UFB」という。）、霧吹き、刷毛を用いた 3 種類の方法で尿素水溶液を含浸させたコンクリート供試体表面の乾燥収縮ひずみを比較する。

## 2. 実験概要

(1) **供試体**：30-12-20BB と 27-12-20BB の 2 種類の配合で、供試体（長さ 1.0m×幅 1.0m×奥行き 0.5m）をそれぞれ 3 個作製した。

(2) **実験条件**：表 1 に実験条件を示す．養生材料は 32.5%濃度の尿素水溶液と水道水の 2 種類とした．養生方法としては，材齢 3 日で脱型し，UFB 噴霧（CASE1，CASE4），霧吹噴霧（CASE2，CASE5），刷毛塗布（CASE3，CASE6）とした．脱型後の供試体表面に塗布（CASE3-1，CASE6-1），打設前の型枠に塗布（CASE3-2，CASE6-2）とした．なお，UFB は尿素水溶液 5ℓ を 10 分間で 4 回循環させることで， $2.32 \times 10^{12}$  個の微細泡を導入（メーカー公表値）させた．

表 1 実験条件

| 供試体<br>No. | 30-12-20BB | 養生方法   | 養生材料  | 打設前・<br>脱型後 | 測定面 |
|------------|------------|--------|-------|-------------|-----|
| 1          | CASE1-1    | UFB 噴霧 | 水道水   | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE1-2    | UFB 噴霧 | 尿素水溶液 | 脱型後         |     |
| 2          | CASE2-1    | 霧吹噴霧   | 水道水   | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE2-2    | 霧吹噴霧   | 尿素水溶液 | 脱型後         |     |
| 3          | CASE3-1    | 刷毛塗布   | 尿素水溶液 | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE3-2    | 刷毛塗布   | 尿素水溶液 | 打設前         |     |
| 供試体<br>No. | 27-12-20BB | 養生方法   | 養生材料  | 打設前・<br>脱型後 | 測定面 |
| 4          | CASE4-1    | UFB 噴霧 | 水道水   | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE4-2    | UFB 噴霧 | 尿素水溶液 | 脱型後         |     |
| 5          | CASE5-1    | 霧吹噴霧   | 水道水   | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE5-2    | 霧吹噴霧   | 尿素水溶液 | 脱型後         |     |
| 6          | CASE6-1    | 刷毛塗布   | 尿素水溶液 | 脱型後         | 表裏  |
|            | CASE6-2    | 刷毛塗布   | 尿素水溶液 | 打設前         |     |

(3) **試験方法**：図 1 に試験箇所を示す。乾燥収縮量の測定にはホイットモアストレインゲージ (WS-2, ㈱丸東製作所) を使用した。測定頻度は材齢 4, 6, 7, 21, 28 日とした。脱型後、鉛直方向に 25cm 離してゲージプラグを取り付け、ゲージプラグの乾燥収縮量から乾燥収縮ひずみ（以下「 $\varepsilon$ 」という。）を算出した。各実験条件における表面の緻密さを確認するために透気試験を実施した。透気係数（以下「 $k_T$ 」という。）の測定には、パーマトル (AC+, エフティーエス㈱) を使用した。測定は材齢 28 日とした。

### 3. 實驗結果

(1) **長さ変化試験**：図 2(a)に 30-12-20BB の材齢に伴う  $\varepsilon$  の変化を示す。  $\varepsilon$  は、養生方法に関わらず  $\sigma_7$  まで大きくなった。 CASE1 (UFB 噴霧) では、水道水の  $\varepsilon = -288 \times 10^{-6}$  に対して、尿素水溶液は  $\varepsilon = -243 \times 10^{-6}$  となり、水道水の約 84.4% の  $\varepsilon$  となった。 CASE2 (霧吹噴霧) では尿素水溶液は、水道水の約 71.1% の  $\varepsilon$  となった。 CASE3 (刷毛塗布) では、CASE3-2 (打設前塗布) は、CASE3-1 (脱型後塗布) の約 93.7% の  $\varepsilon$  となった。 CASE1 から CASE3 の 6 ケースの中では、CASE2-2 が乾燥収縮の抑制効果が大きかった。  $\sigma_{21}$  から  $\sigma_{28}$  にかけて、尿素水溶液を用いた養生では乾燥収縮の変化量が小さくなったが、水道水による養生は乾燥収縮が継続的に進行した。

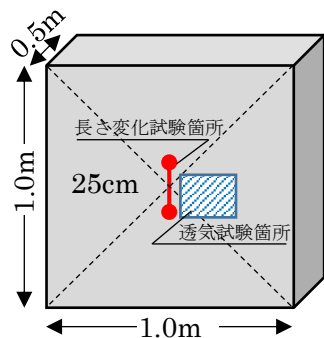


図 1 試験箇所

キーワード 乾燥収縮, 尿素水溶液, 養生方法, 長さ変化試験, ウルトラファインバブル

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先1丁目11番18号 奥村組土木興業株式会社 TEL 06-6572-5262

図 2(b)に 27-12-20BB の材齢に伴う  $\varepsilon$  の変化を示す。  $\varepsilon$  は、養生方法に関わらず  $\sigma 7$  まで大きくなった。 CASE4 (UFB 噴霧) では、水道水の  $\varepsilon = -202 \times 10^{-6}$  に対して、尿素水溶液は  $\varepsilon = -178 \times 10^{-6}$  となり、水道水の約 88.1% の  $\varepsilon$  となった。 CASE5 (霧吹噴霧) では、尿素水溶液は、水道水の約 76.4% の  $\varepsilon$  となった。 CASE6 (刷毛塗布) では、CASE6-2 (打設前塗布) は、CASE6-1 (脱型後塗布) の約 79.8% の  $\varepsilon$  となった。 CASE4 から CASE6 において、最も乾燥収縮を抑制した養生方法は CASE4-2 であった。  $\sigma 21$  から  $\sigma 28$  にかけて、養生方法に関わらず、乾燥収縮が継続的に進行した。

30-12-20BB 及び 27-12-20BB に共通して、尿素水溶液を UFB あるいは霧吹きで噴霧すると、水道水よりも  $\varepsilon$  が小さくなった。 これは、非揮発性の尿素水溶液がコンクリートの極表面に浸透して乾燥収縮を抑制した可能性がある。 脱型後に刷毛で塗布した場合は、尿素水溶液による乾燥収縮の低減効果が明確ではない。 これは、塗布した際に、コンクリート表面に塗ることのできる尿素水溶液の量が UFB 噴霧や霧吹噴霧よりも少なくなったためであり、塗布量と  $\varepsilon$  との関係は更なる検討が必要である。 打設前に刷毛で塗布した場合は、型枠に塗られた尿素水溶液が打設時に表面付近のコンクリートと混ざることによって、表面の非揮発性が高まった可能性がある。

(2) 透気試験：図 3(a)に 30-12-20BB における  $k_T$  を示す。 尿素水溶液は水道水と比較すると、 $k_T$  が低くなった。 CASE1, CASE2 及び CASE3-2 では、尿素水溶液の透過性評価がトレントらの定義した指標によると、「適度～低い」となり、緻密なコンクリートと判断できる。 CASE3-1 は  $k_T$  が大きいですが、透過性評価で分類すると、CASE1, CASE2 と同じ「適度」となった。

図 3(b)に 27-12-20BB における  $k_T$  を示す。 CASE4, CASE5-2 及び CASE6-2 は、尿素水溶液では、 $k_T = 0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$  よりも小さく、透過性評価は「低い」に該当しており、表面は緻密であると判断される。 CASE5-1 及び CASE6-1 は、「適度」で評価された。

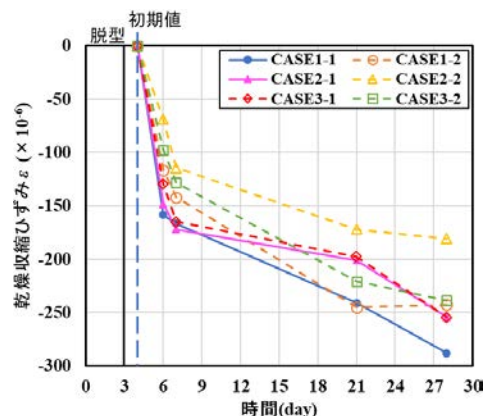
尿素水溶液は水道水よりも表面の水分が逸散しにくく、コンクリート表面が緻密になりやすいことから、 $k_T$  が水道水よりも低くなる傾向が認められた。 尿素水溶液を脱型後に刷毛で塗布した場合の  $k_T$  が最も大きくなった。 これは、脱型後の刷毛による塗布では尿素水が浸透しにくく、非揮発性が十分に機能しなかったためと考えられる。

#### 4. 結論

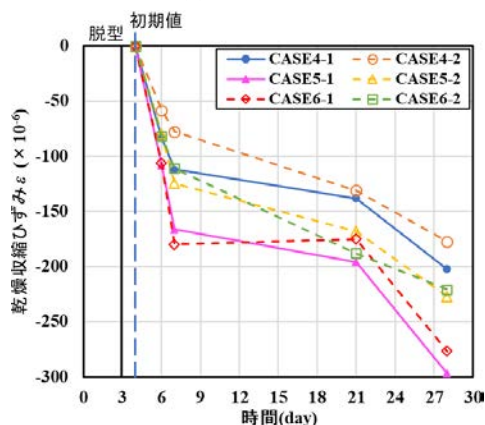
本研究の成果を以下に示す。 ①尿素水溶液と水道水では、乾燥収縮ひずみが尿素水溶液の方が小さいため、乾燥収縮の抑制に有効と考えられる。 ②脱型後塗布と打設前塗布では、乾燥収縮ひずみは打設前塗布の方が小さい。 ③尿素水溶液では、透気係数は脱型後塗布を除いて 0.10 以下になり、表面が緻密なコンクリートとなったといえる。

#### 参考文献

- 1) 田中博一他：尿素を用いたコンクリートのひび割れ低減技術. コンクリート工学. 2014. 4 : 52(4) : 303-308.

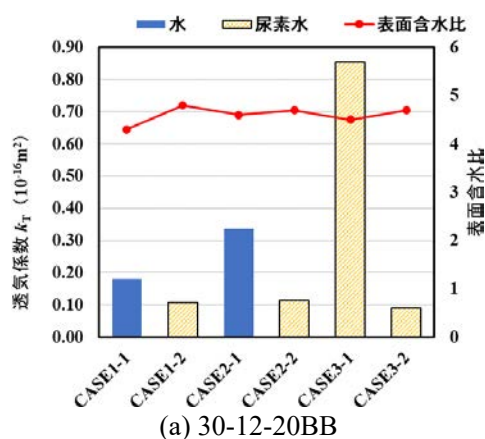


(a) 30-12-20BB

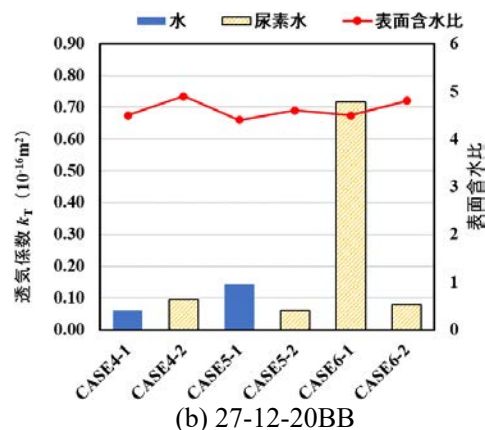


(b) 27-12-20BB

図 2 材齢に伴う乾燥収縮量の変化



(a) 30-12-20BB



(b) 27-12-20BB

図 3 養生条件と透気係数