

## 高炉スラグ微粉末および尿素を使用したコンクリートに関する基礎研究

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○三岩 敬孝  
 阿南工業高等専門学校 正会員 堀井 克章  
 高知工業高等専門学校 正会員 横井 克則

## 1. 目的

農業用肥料として利用されてきた尿素は水溶性であること、保水性があることなどから単位水量を低減でき、その結果コンクリートの乾燥収縮を抑制できるとして研究が進められてきている<sup>1)</sup>。しかし、尿素を使用したコンクリートに関するフレッシュ性状や耐久性、セメントの種類の影響等の研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、近年一般に用いられている高炉セメントに相当する高炉スラグ微粉末を使用し、さらに尿素を使用したコンクリートのフレッシュ性状および耐久性について検討することを目的としたものである。

## 2. 実験方法

## (1)使用材料

結合材は普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm<sup>3</sup>）、高炉スラグ微粉末（密度 2.89g/cm<sup>3</sup>）、尿素は工業用尿素（顆粒状、密度 1.32g/cm<sup>3</sup>）、細骨材は兵庫県赤穂産の砕砂（表乾密度 2.60g/cm<sup>3</sup>、吸水率 1.29%、実積率 55.5%、F.M.=2.82）、粗骨材は兵庫県赤穂産の碎石（表乾密度 2.62g/cm<sup>3</sup>、吸水率 1.06%、実積率 58.8%、最大寸法 20mm）、混和剤は変性ロジン酸化合物系の AE 剤を使用した。

## (2)配合

表-1 コンクリートの配合

| 種類      | (W+U)/B<br>(%) | 単位量(kg/m³) |           |      |          |     |     |        |
|---------|----------------|------------|-----------|------|----------|-----|-----|--------|
|         |                | 水<br>(W)   | 尿素<br>(U) | セメント | 高炉スラグ微粉末 | 細骨材 | 粗骨材 | AE 剤   |
| U00-S0  | 60             | 170        | 0         | 283  | 0        | 861 | 940 | 0.0226 |
| U10-S0  | 62             | 153        | 22        |      |          |     |     |        |
| U20-S0  | 64             | 136        | 45        |      |          |     |     |        |
| U00-S50 | 60             | 170        | 0         | 142  | 142      |     |     |        |
| U10-S50 | 62             | 153        | 22        |      |          |     |     |        |
| U20-S50 | 64             | 136        | 45        |      |          |     |     |        |

本実験に使用したコンクリートの

配合は、単位水量に対して 0, 10 および 20vol%の尿素を使用し、尿素の使用によるスランプや空気量の変化について検討するため AE 剤量を一定とした。なお、結合材として普通ポルトランドセメント

および高炉セメント B 種に相当す

る高炉スラグ微粉末を使用した。本実験で使用したコンクリートの配合を表-1 に示す。

## (3)供試体の作製

コンクリートの練混ぜには、パン型強制練りミキサ（容量 55 リットル）を使用し、練混ぜ水以外の材料をミキサに投入後、30 秒間空練りを行い、水を投入して 1 分 30 秒の計 2 分間練り混ぜた。また、圧縮試験用供試体はφ100×200mm、凍結融解試験用供試体は 100×100×400mm の型枠に打設し、材齢 3 日まで恒温（室温 20℃）に静置し、脱型後、所定の材齢まで水中養生（水温 20±3℃）を行った。

## (4)試験項目および方法

凝結試験は、JIS A 1147-2007「コンクリートの凝結時間試験方法」、ブリーディング試験は、JIS A 1123-2011「コンクリートのブリーディング試験方法」、圧縮強度試験は、JIS A 1108-2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して行った。凍結融解試験は、JIS A 1148-2010「コンクリートの凍結融解試験方法」に準拠した水中凍結融解試験方法（A 法）とし、30 サイクル毎に共鳴振動数の測定を行った。ただし、尿素を使用したコンクリートは強度発現が遅れることから凍結融解試験用供試体は全ての配合において材齢 91 日まで水中養生した。また、相対動弾性係数により劣化度を評価した。

キーワード 尿素、高炉スラグ微粉末、凝結、ブリーディング、凍結融解

連絡先 〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 0738-29-8454

### 3. 結果および考察

#### (1) 凝結

図-1 に凝結試験結果を示す。この図より尿素有 20vol% 使用することによって、普通コンクリートに比較して凝結時間が約 5 時間遅延している。また、さらに高炉スラグ微粉末を使用することで遅延し、普通コンクリートに比べ、約 8 時間遅延している。これは尿素有吸熱反応によりコンクリート温度が低下し、水和反応が遅延したためであると考えられる。

#### (2) ブリーディング

図-2 にブリーディング試験結果を示す。この図より、ブリーディングの滲出速度は変わらないものの、ブリーディングの総量が増加し、また、ブリーディングが終了するまでの時間が長くなっている。これは尿素有使用したことによる凝結遅延が原因であると考えられる。

#### (3) 圧縮強度

図-3 に圧縮強度試験結果を示す。結合材として普通ポルトランドセメントを使用しても高炉スラグ微粉末を使用しても、尿素有使用することによって若干強度が低下する傾向がある。しかし、高炉スラグ微粉末を使用した場合、初期強度は小さいものの潜在水硬性により長期強度の増加が大きくなっており、尿素有使用による強度低下を抑制することができるといえる。

#### (4) 凍結融解

図-4 に凍結融解試験結果による相対動弾性係数の経時変化を示す。この図より、全ての配合において凍結融解 300 サイクル終了後の相対動弾性係数が 60% 以上を有しており耐凍害性があるといえる。しかし、普通ポルトランドセメントに尿素有使用したコンクリートの相対動弾性係数は低下している。これは、図-3 より分かるように強度が最も小さい配合であることから、空気量をある程度確保しても尿素有使用することによる強度低下の影響があるものと考えられる。一方、高炉スラグ微粉末を使用した配合では全く劣化していない。

### 4. まとめ

本研究結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 高炉スラグ微粉末および尿素有使用することで、コンクリートの練上がり温度が低下し、凝結時間およびブリーディングの終了時間が遅延する。
- (2) 尿素有使用することによって圧縮強度は低下するが、高炉スラグ微粉末を使用することによって長期強度が改善される。
- (3) 凍結融解に対する抵抗性は尿素有使用することで低下するが、高炉スラグ微粉末を使用することで改善される。

**参考文献** 1) 河井 徹, 阪田憲次: 尿素有いたコンクリートの諸特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.639-644, 2007

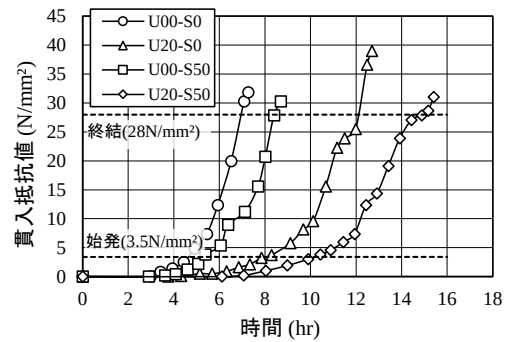


図-1 凝結試験結果

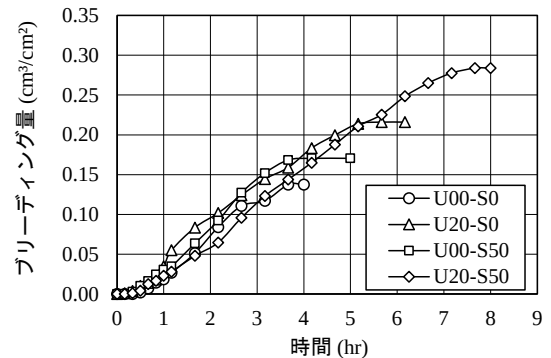


図-2 ブリーディング試験結果

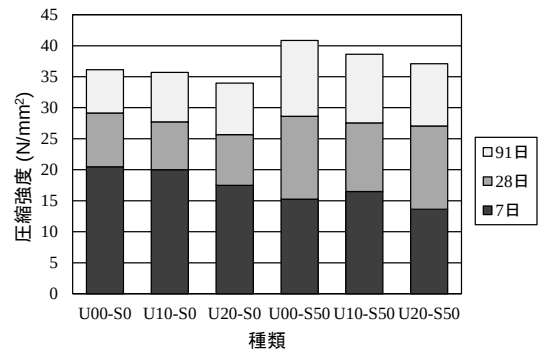


図-3 圧縮強度試験結果

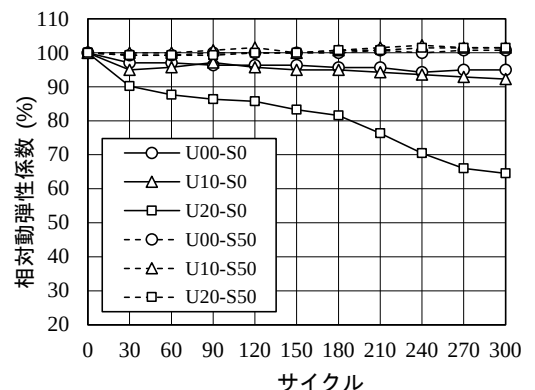


図-4 凍結融解試験結果