

三州瓦廃材を用いたコンクリートの耐凍害性および施工性の改善に関する研究

名古屋工業大学大学院  
名古屋工業大学大学院

学生会員  
学生会員

○天野 佑樹  
坂口 稔

名古屋工業大学大学院  
名古屋工業大学大学院  
名古屋工業大学大学院

学生会員  
正会員  
フェロー

武長 祐樹  
上原 匠  
梅原 秀哲

1. はじめに

愛知県三河地方で生産される三州瓦の生産工程では、厳格な品質管理ゆえに年間約 8 万トンの規格外品（以下、瓦廃材）が発生しており、その有効利用が課題となっている。そこで、瓦廃材をコンクリート用骨材として用いることを目的とした研究が行なわれており、瓦廃材を表乾状態で骨材として用いたコンクリートは、天然骨材を用いた場合と同程度のフレッシュ性状および強度性能が得られることが明らかとなっている。ただし、耐凍害性に関しては問題があることが明らかにされており、多孔質構造を有する瓦廃材中に含まれる水分の膨張圧が原因の一つとされている。一方、瓦廃材を気乾状態で用いると、高い耐凍害性が得られるものの、作業中に練混ぜ水を吸水して作業性に問題を及ぼすことが明らかとなっている<sup>1)</sup>。本研究では、瓦廃材のコンクリート用骨材への適用において、施工性、強度性能および耐凍害性の観点から、優れたコンクリート製造方法の開発を目的に実験を行い、検討した。

2. 使用材料

表- 1 に本研究で使用した材料および物性値を示す。粒径 20 ～ 5mm の瓦廃材（以下、廃瓦粗骨材）を粗骨材として用いた。土木学会が定める標準的な物性値( 絶乾密度 2.50g/cm<sup>3</sup> 以上、吸水率 3.0 ～ 3.5% 以下)と比較すると、廃瓦粗骨材は、密度は若干小さく、吸水率は 2.5 倍以上である。また、フライアッシュ 種を単位セメント量の 15% で外割置換し、耐凍害性改善効果を期待して AE 助剤を用いた。

3. 実験概要

耐凍害性改善策として、十分な空気量の確保および廃瓦粗骨材中の含水量抑制が考えられる。そこで本研究では、混入空気量を多くするとともに、廃瓦粗骨材を気乾状態で用い、さらに、施工性確保のためにプレウェッティング（廃瓦粗骨材に対して噴霧器を用いて一定水量を散水する操作。以下、Pwet）して用いることとした。なお、気乾状態で使用には、廃瓦粗骨材中の含水量抑制に加え、表乾状態作製作業の軽減、品質管理や

表 - 1 使用材料

| 材料      | 名称・規格        | 記号 | 物性値・諸元                                                                               |
|---------|--------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| セメント    | 普通ポルトランドセメント | C  | 密度: 3.16 g/cm <sup>3</sup>                                                           |
| 細骨材     | 山砂(瀬戸産)      | S  | 表乾密度: 2.55 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 1.23%, 粗粒率: 2.92                                 |
| 粗骨材     | 廃瓦粗骨材        | B  | 表乾密度: 2.24 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 7.86%, 絶乾密度: 2.07g/cm <sup>3</sup> , 破碎値: 23.11% |
|         | 碎石2005(瀬戸産)  | G  | 表乾密度: 2.72 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.53%, 破碎値: 7.31%, 粗粒率: 6.64                     |
| フライアッシュ | JIS A 6201 種 | FA | 密度: 2.27 g/cm <sup>3</sup>                                                           |
| 混和剤     | 高性能減水剤       | SP | ポリカルボン酸系                                                                             |
|         | AE助剤         | AE | 高級脂肪酸塩および非イオン系                                                                       |

既往の研究で使用

表 - 2 配合表

| 配合名     | 使用骨材 |             | W/C (%) | s/a (%) | 単位容積質量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |    |     |     | SP<br>[(C+FA)×<br>(%)] | AE<br>[(C+FA)×<br>(%)] | プレウェッティング量 |                      | 目標スランプ<br>(cm) | 目標空気量<br>(%) |
|---------|------|-------------|---------|---------|----------------------------|-----|----|-----|-----|------------------------|------------------------|------------|----------------------|----------------|--------------|
|         | 細骨材  | 粗骨材         |         |         | W                          | C   | FA | S   | B   |                        |                        | B×(%)      | (kg/m <sup>3</sup> ) |                |              |
|         |      |             |         |         |                            |     |    |     |     |                        |                        |            |                      |                |              |
| Pwet 0% | S    | B<br>(気乾状態) | 40      | 48      | 175                        | 438 | 66 | 737 | 648 | 1.20                   | 0.070                  | 0.0        | 0.00                 | 17.5±2.5       | 5.5±0.5      |
| Pwet 2% |      |             |         |         |                            |     |    |     |     | 0.80                   | 0.050                  | 2.0        | 12.96                |                |              |
| Pwet 4% |      |             |         |         |                            |     |    |     |     | 0.60                   | 0.040                  | 4.0        | 25.92                |                |              |
| Pwet 6% |      |             |         |         |                            |     |    |     |     | 0.50                   | 0.030                  | 6.0        | 38.88                |                |              |
| Pwet 8% |      |             |         |         |                            |     |    |     |     | 0.40                   | 0.030                  | 8.0        | 51.84                |                |              |
| 【表乾】    |      | B(表乾状態)     |         |         |                            |     |    | 750 | 712 | 0.64                   | 0.030                  | -          | -                    | 15±2.5         | 4.5±1.5      |
| 【Base】  | G    | 625         | 998     | 0.60    | 0.034                      |     |    |     |     |                        |                        |            |                      |                |              |

既往の研究

キーワード 三州瓦，瓦廃材，産業副産物，耐凍害性，施工性

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5502

保存の簡便化といったメリットがある。表-2に本実験の配合表を示す。Pwetする水量を、廃瓦粗骨材に対する質量比で5水準設定した。なお、比較対照として、既往の研究<sup>1)</sup>における表乾状態の廃瓦粗骨材を用いた配合(【表乾】)および砕石を用いた配合(【Base】)を用いた。目標スランプは $17 \pm 2.5$  cm、空気量は $5.5 \pm 0.5\%$ に設定した。JISに準拠したスランプ試験、空気量試験、圧縮強度試験、静弾性係数試験、凍結融解試験を実施し、施工性、強度性能および耐凍害性の観点から、最適なPwet量の把握を試みた。

#### 4. 実験結果および考察

表-3に各種試験結果を示す。フレッシュ性状に関して、Pwet0%は廃瓦粗骨材が練混ぜ中に練混ぜ水を吸水し、化学混和剤によるスランプの制御は困難であり、粘性が非常に高い高流動コンクリートとなった。しかし、Pwet2~8%の各配合については、混和剤使用量を調整することで目標のスランプおよび空気量が得られた。さらに、Pwet量が増えるに従って目標スランプ値

の確保に必要な高性能減水剤の使用量は少なくなり、施工性が向上することが確認された。図-1に強度試験結果を示す。圧縮強度に関して、Pwet量が増加するに従い低下することが明らかとなった。しかし、Pwet量6%以下であれば、【表乾】および【Base】と同程度以上の強度が得られた。Pwet2%およびPwet0%では、廃瓦粗骨材が練混ぜ水を吸水したことで実質的な水セメント比が低下し、強度が大きくなったと推察される。静弾性係数に関して、圧縮強度と同様に、Pwet量の増加に従い低下した。廃瓦粗骨材を用いた全ての配合で【Base】に比べて低くなったのは、瓦廃材の静弾性係数が砕石に比べて低い(廃瓦骨材 $30\text{kN/mm}^2$ 程度、砕石 $60\text{kN/mm}^2$ 程度<sup>1)</sup>)ためである。耐凍害性に関して、表-3に示した耐久性指数より、【表乾】を除く全ての配合で90以上の高い値を示し、Pwet量によらず優れた凍結融解抵抗性を持つことが明らかとなった。これは、Pwetを施した場合、骨材表面付近は水で濡れているが、中心部までは浸水しておらず、不飽和部分が膨張圧の逸散余地になったためであると推察される。以上の結果より、耐凍害性の観点からは気乾状態の廃瓦骨材にPwetを施す方法が良いこと、施工性の観点からはPwet量が多いほど良いこと、強度の観点からはPwet6%以下とすることが良いことが言え、最適なPwet量は4~6%であると判断できる。

#### 5. まとめ

本研究から、気乾状態の廃瓦粗骨材を、練混ぜ前にその質量比で4~6%プレウェットングして用いることで、優れた施工性が確保され、通常骨材を用いた場合と同程度の強度性能と、優れた耐凍害性を持つコンクリートの製造が可能であることを明らかにした。また、この方法は作業軽減、品質管理や保存の簡便化といった観点からも有効であるといえる。

本研究を進めるにあたり、愛知県陶器瓦工業組合、竹本油脂(株)をはじめ、三州瓦細骨材有効利用研究会の協力を得たことを記して、感謝申し上げます。

#### 参考文献

1) 天野佑樹、杉浦永太、上原匠、梅原秀哲：三州瓦廃材を用いたコンクリートの耐久性、セメント・コンクリート論文集 No61、pp.542~549、2007

表-3 試験結果

| 配合名     | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | 圧縮強度( $\text{N/mm}^2$ ) |       | 静弾性係数( $\text{kN/mm}^2$ ) |       | 耐久性指数 |
|---------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------------------------|-------|-------|
|         |              |            | 材齢28日                   | 材齢91日 | 材齢28日                     | 材齢91日 |       |
| Pwet 0% | 26.0         | 4.8        | 69.80                   | 81.87 | 29.21                     | 30.88 | 95    |
| Pwet 2% | 19.0         | 5.5        | 68.11                   | 79.71 | 27.42                     | 30.58 | 97    |
| Pwet 4% | 17.0         | 5.7        | 57.94                   | 70.39 | 26.26                     | 29.19 | 92    |
| Pwet 6% | 20.0         | 5.3        | 56.42                   | 66.59 | 25.89                     | 27.97 | 95    |
| Pwet 8% | 18.0         | 5.5        | 50.13                   | 59.22 | 24.59                     | 26.39 | 92    |
| 【表乾】    | 17.5         | 3.6        | 58.20                   | 65.91 | 25.33                     | 29.05 | 29    |
| 【Base】  | 12.0         | 6.0        | 55.29                   | 66.01 | 37.43                     | 37.95 | 100   |

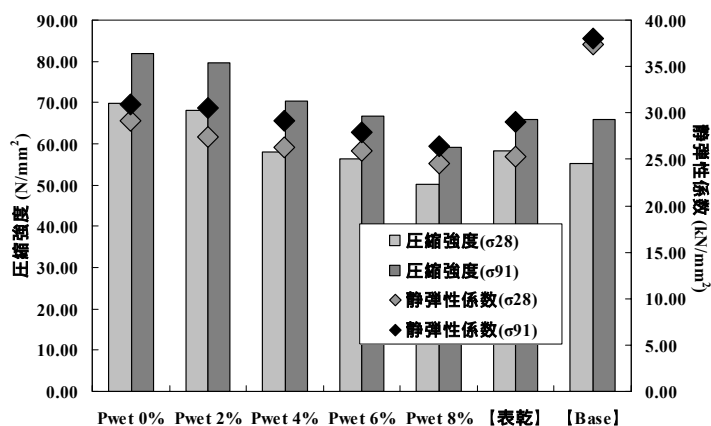


図-1 強度試験結果