

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの硬化物性と空隙率の関係

名古屋工業大学 学生会員 ○青山 和将
 名古屋工業大学 正会員 吉田 亮
 竹本油脂株式会社 正会員 齊藤 和秀
 JFE ミネラル株式会社 正会員 吉澤 千秋
 名古屋工業大学 フェロー 梅原 秀哲

1. はじめに

近年、コンクリート用天然骨材の枯渇や品質の低下が問題となって、天然砂の採取が規制されている。そのため、従来から使用されてきた川砂、海砂の代替として高炉スラグ細骨材が注目されている。高炉スラグ細骨材は、潜在水硬性を有し、乾燥収縮の低減、中性化の抑制、長期強度増進といった硬化物性改善効果が期待できることが知られている¹⁾。しかし、そのメカニズムの詳細は明らかになっていない。本研究では、高炉スラグ細骨材に含まれる、微粒分(微粉末)に着目し、コンクリートの空隙率と各種硬化物性の関係について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合

供試体は、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末(SgP)、高炉スラグ細骨材(SgS1):JFE ミネラル(福山)、高炉スラグ細骨材(SgS2):新日鉄住金製、大井川産陸砂(S1)、岡崎産砕石(G1)、混和剤として高性能 AE 減水剤(EX60)、AE 調整剤(AE)を使用して作成した。水セメント比を 50%、単位水量を一定とし、高炉スラグ細骨材を 0、100 vol% で置換し、微粒分添加率は、0、2、5 vol% とした。また、高炉スラグ細骨材の洗浄し微粒分を取り除いたものを SgS1w、SgS2w と表記する。スランプは 9.5~13.0 cm 空気量は 5.3~6.2 cm の範囲に収まった。配合は表 1 に示す。

2.2 空隙率試験

φ 100×50 mm の円盤供試体を作製し、材齢 28 日まで水中養生を行い、アルキメデス法により体積と湿潤質量の計測を行った。その後、アセトン浸漬を行い、温度 20℃、湿度 50% の恒温・恒湿環境下で質量が恒量になるまで乾燥させた。供試体質量が恒量になった後に、再び供試体の質量測定を行い、湿潤質量と乾燥質量の差から空隙率を算出した。

2.3 透気試験

空隙率の算出を行った供試体を用いて測定を行った。試験の負荷圧力は 0.2~0.3 MPa の範囲で行い、測定は水上置換法を用いて透気量を測定した。

2.4 圧縮強度試験

φ 100×200 mm 鋼製型枠を用い、測定は JIS A 1108 に準拠して行った。

2.5 乾燥収縮試験

100×100×400 mm の供試体を材齢 7 日まで水中養生をおこなった後基長を測定し、試験は 20℃、湿度 60% の環境下で測定は JIS A 1129 に準拠して行った。

2.6 促進中性化試験

φ 100×200 mm 鋼製型枠を用い、材齢 28 日まで標準養生後、中心部から φ 100×50 mm の供試体を切り出した。測定は JIS A 1153 に準拠して行った。

表 1. 配合、フレッシュ性状

| 種別 | 単位量(kg/m ³) | | | | | | EX60 (C×%) | AE剤 (A) |
|---------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|---------------|------------|
| | W | C | S1 | SgS | 微粒分 | G | | |
| S1-G1 | 175 | 350 | 671 | 0 | 0 | 1072 | 0.00 | 10 |
| S1-SgP2-G1 | 175 | 350 | 658 | 0 | 15 | 1072 | 0.20 | 10 |
| SgS1-G1 | 175 | 350 | 0 | 715 | 0 | 1072 | 0.20 | 4.0 |
| SgS1w-G1 | 175 | 350 | 0 | 715 | 0 | 1072 | 0.20 | 1.5 |
| SgS1w-SgP2-G1 | 175 | 350 | 0 | 701 | 15 | 1072 | 0.20 | 1.0 |
| SgS1w-SgP5-G1 | 175 | 350 | 0 | 680 | 38 | 1072 | 0.20 | 1.0 |
| SgS2-G1 | 175 | 350 | 0 | 713 | 0 | 1072 | 0.20 | 1.0 |
| SgS2w-G1 | 175 | 350 | 0 | 713 | 0 | 1072 | 0.20 | 1.0 |

3. 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートに因る空隙率と硬化物性への影響

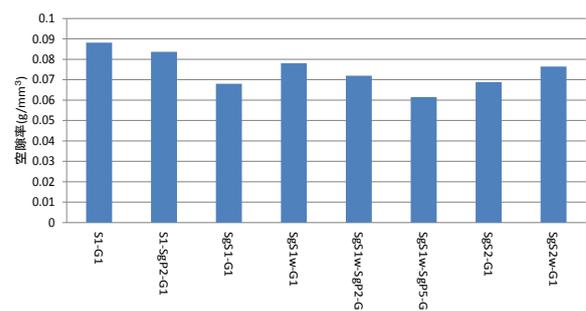


図 1 空隙率試験結果

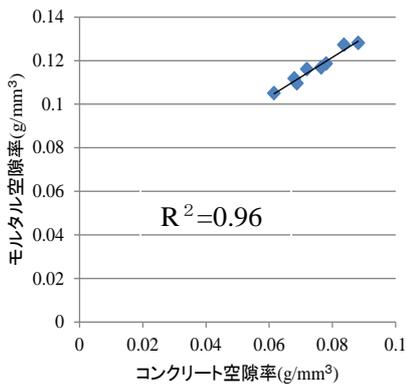


図2 コンクリートとモルタル空隙率の関係

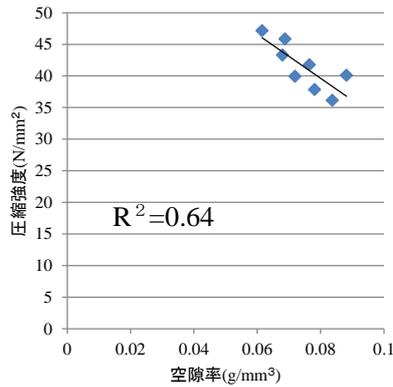


図3 空隙率と圧縮強度の関係

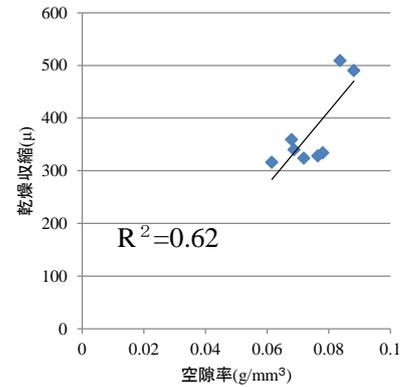


図4 空隙率と乾燥収縮の関係

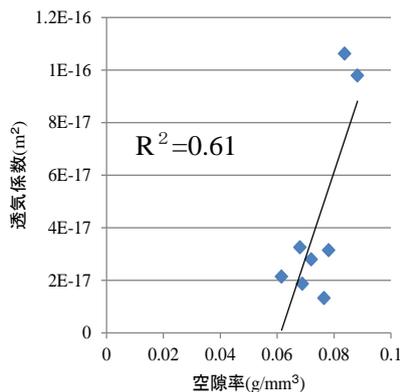


図5 空隙率と透気係数の関係

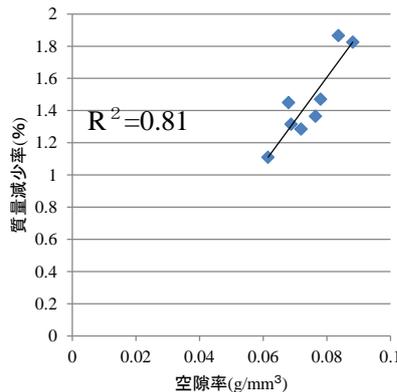


図6 空隙率と質量減少率の関係

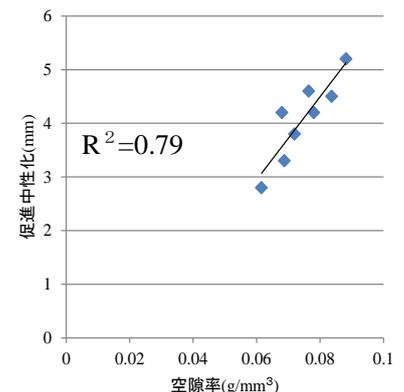


図7 コンクリートと促進中性化の関係

図1に空隙率試験結果を、図7にコンクリートとモルタルの空隙率についての関係を示す。高炉スラグ細骨材を用いた全ての供試体で空隙率が低くなる。また図2では非常に高い相関関係が示されていることが確認できる。これはコンクリート供試体において細骨材を天然骨材から高炉スラグ細骨材に置換しても粗骨材まわりの遷移帯に影響がなく、高炉スラグ細骨材は細骨材まわりの遷移帯を緻密にしていることを示唆している。高炉スラグ細骨材の微粒分に着目すると、空隙率が高くなることが確認できる。また、高炉スラグ微粉末の添加率を2%、5%と高くするにつれて空隙率が低くなることが確認でき、洗浄したものでは高くなることがわかる。微粉末が空隙を緻密化したものと考えられる。

次に図3に空隙率と圧縮強度の関係について、図4に空隙率と乾燥収縮の関係について、そして図5に空隙率と透気係数の関係について示す。それぞれの図で空隙率が高くなるにつれて圧縮強度は低く、乾燥収縮は大きく、また透気係数は高くなるという傾向が確認できたが、決定係数は0.60程度であった。

図6に空隙率と質量減少率の関係について、図7

に空隙率と促進中性化の関係を示す。それぞれの図で空隙率が高くなるにつれて、質量減少率と促進中性化の値も高くなる傾向が得られ、0.80程度の決定係数が得られた。各物質移動試験について比較すると透気係数(R.H.=50%)より、質量減少や、促進中性化(R.H.=60%)においてより高い相関がみられたことから、R.H.=60%に対応したインクボトル空隙が細骨材まわりに形成されていると考えられる。

4. まとめ

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートでは、空隙率の低下が確認された。これには高炉スラグ細骨材に混入される微粒分も大きく影響しているが高炉スラグ細骨材自身にも空隙率を低下させる効果があることが示唆された。また空隙率と質量減少率、促進中性化との間に高い相関関係が確認でき、R.H.=60%では乾燥しない空隙が大きく影響していると考えられる。

参考文献：1)吉田亮ほか：高炉スラグ細骨材および石灰石微粉末を添加したコンクリートの空隙構造に関する一考察、土木学会第67回年次学術講演会概要集、公益社会法人土木学会、V-582、2013.9