高炉スラグ細骨材のコンクリートへの有効利用に関する研究

高炉スラグ細骨材，混合率，ブリーディング，凍結融解抵抗性　　　　　　上本　洋＊1阿部　道彦＊2

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　鹿毛　忠継＊3浅野　研一＊4

# 1. はじめに

表-2　試験項目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 試験項目 | 試験材齢 | 備考 |
| ブリーディング試験 | ― | JIS A 1123 |
| 圧縮強度試験 | 材齢4週 | JIS A 1108 |
| 静弾性係数試験 | 材齢4週 | JIS A 1149 |
| 促進中性化試験 | 25Wまで | JIS A 1153 |
| 凍結融解試験 | 300サイクル | JIS A 1148 |
| 気泡間隔係数 | ― | ASTM C 457 |

　近年，天然骨材の減少や採取規制，副産物の利用促進に伴い，スラグ骨材や再生骨材などがコンクリートに使用されてきている。スラグ細骨材の一つである高炉スラグ細骨材は，製鉄所において厳しく品質管理が行われ，製造される人工の砂である。有害な不純物は含まれておらず，品質も安定していて，コンクリート用骨材として，天然砂の代用として期待されている。しかしながら，高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートは，日本建築学会の指針では，普通強度において使用が認められているが，高強度域については，使用が認められていない。また，高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートは，エントラップトエアが入りやすく，同じ空気量では，天然砂を用いたコンクリートより凍結融解抵抗性が小さくなると言われている1)。そのため本実験では，凍結融解抵抗性の改善を目的とした研究の一環として，天然砂と高炉スラグ細骨材のみ使用したコンクリートおよび天然砂と高炉スラグ細骨材を混合した細骨材を使用したコンクリートの特徴を把握するため，凍結融解抵抗性およびその他の性状について，比較検討を行った。

# 2. 実験概要

表-1　実験の要因と水準

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 要因 | 水準 | |
| 細骨材 | 凍結融解 | 中性化 |
| 大井川陸砂(N)  BFS (H)  BFS (R) BFS (B) | 大井川  陸砂(N) BFS(H) |
| 空気量 | 3.5%，4.5％，5.5％ | 4.5% |
| 混合率  (高炉スラグ細骨材の割合) | 0％，25％  50％，100％ | 0％，50％，100％ |
| 水セメント比 | 30％，45％  55％，65％ | 45％，55％，65％ |

＊1　工学院大学　工学研究科建築学専攻　　　　　　　＊2　工学院大学建築学部建築学科　教授・工博

＊3　独立行政法人　建築研究所　学術博士　　　　　　＊4　株式会社　八洋コンサルタント技術部

　表-1に実験の要因と水準を，表-2に試験項目を示す。高炉スラグ細骨材(BFS)は，3つの工場の製品を使用し，比較用の天然砂として陸砂を使用した。目標空気量は，4.5％を中心に，3.5％，5.5％の3水準とした。高炉スラグ細骨材の混合率は，0％，25％，50％，100％の4水準とし，水セメント比は，30％，45％，55％，65％とした。また，試験項目として，凍結融解試験結果に影響を及ぼすと考えられているブリーディング試験と気泡間隔係数を設定している。

3. 実験方法

3.1 使用材料

　表-3に使用した細骨材の物性値，図-1に粒度分布を示す。セメントは，普通ポルトランドセメントおよび中庸熱ポルトランドセメントを，それぞれ3銘柄等量混合 (密度：3.16g/cm3，比表面積：3320cm2/g ;3.21g/cm3，比表面積：3210cm2/g)で使用し，粗骨材は，岩瀬産硬質砂岩砕石2013と1305の等量混合(絶乾密度：2.63g/cm3，表乾密度：2.65g/cm3，吸水率：0.71％，単位容積質量：1.599kg/L，実積率：60.8％)を使用した。混和剤は，普通コンクリートにAE減水剤(リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体)，高強度コンクリートに高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物)を使用し，空気量の調整に消泡剤(ポリアルキレングリコール誘導体)およびAE助剤(変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤)を使用した。

3.2 調合およびフレッシュ性状

　表-4にコンクリートの調合とフレッシュ性状を示す。単位水量は，目標空気量と目標スランプとなるように設定した。普通強度コンクリートは，混和剤の使用料を一定として空気量，スランプの調整を行うこととした。高強度コンクリートについても高性能AE減水剤の使用量を一定として，単位水量によりスランプフローを調整することとした。単位粗骨材かさ容積は，陸砂(N)，高炉スラグ細骨材

表-3　細骨材の物性値

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 種類 | 表乾  密度(g/cm3) | 絶乾  密度(g/cm3) | 吸  水  率  (%) | 微粒  分量  (%) | 単位  容積 質量(kg/m3) | 実  積  率  (%) | 粒形  判定  実積  率(%) | 粗  粒  率 |
|
| N | 2.60 | 2.55 | 2.09 | - | 1.73 | 67.8 | - | 2.85 |
| H | 2.64 | 2.59 | 1.88 | 2.20 | 1.51 | 58.3 | - | 2.66 |
| R | 2.62 | 2.57 | 1.81 | 1.60 | 1.45 | 56.4 | 51.8 | 2.28 |
| B | 2.80 | 2.79 | 0.26 | 4.6 | 1.53 | 54.8 | - | 2.58 |



図-1　細骨材の粒度

表-4　調合とフレッシュ性状

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通し番号 | 種類 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量  (骨材は表乾) (kg/m3) | | | | | 混和剤＊ (C×%) | AE 助剤 (C×%) | 消泡剤 (C×%) | フレッシュ  性状 | | ブリー  ディ  ング | 圧縮 強度 | 凍結 融解 | 気泡 組織 | 促進 中性化 | 圧縮 強度  (N/mm2) | ヤング 係数  (kN/mm2) |
|
| W | C | S | | G | スランプ， スランプ  フロー (cm) | 空気量 (%) |
| 陸砂 | BFS |
| 19 | N100-55-4.5 | 55 | 48.0 | 176 | 320 | 845 | 0 | 934 | 0.25 | 0.0023 | ― | 19.0 | 3.7 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 41.5 | 29.4 |
| 1 | N100-55-4.5 | 55 | 48.0 | 176 | 320 | 845 | 0 | 934 | 0.25 | 0.0020 | ― | 19.5 | 3.9 |  | ○ |  |  | ○ | 41.0 | 29.7 |
| 18 | H25-55-4.5 | 55 | 47.0 | 180 | 327 | 632 | 192 | 943 | 0.25 | 0.0015 | ― | 19.0 | 4.4 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 39.6 | 30.0 |
| 14 | H50-55-4.5 | 55 | 46.1 | 184 | 335 | 398 | 404 | 951 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.5 | 4.1 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 39.1 | 31.3 |
| 3 | H50-55-4.5 | 55 | 46.1 | 184 | 335 | 398 | 404 | 951 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.0 | 4.5 |  | ○ |  |  | ○ | 39.7 | 30.8 |
| 13 | H100-55-4.5 | 55 | 44.8 | 194 | 353 | 0 | 767 | 951 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.0 | 4.5 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 37.1 | 31.6 |
| 2 | H100-55-4.5 | 55 | 43.6 | 196 | 356 | 0 | 743 | 967 | 0.25 | ― | ― | 19.0 | 4.7 |  | ○ |  |  | ○ | 35.5 | 31.9 |
| 10 | B50-55-4.5 | 55 | 45.5 | 188 | 342 | 390 | 420 | 951 | 0.25 | 0.0005 | ― | 18.5 | 4.8 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 37.8 | 26.8 |
| 11 | R50-55-4.5 | 55 | 45.1 | 184 | 335 | 390 | 393 | 967 | 0.25 | 0.0015 | ― | 18.5 | 4.6 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 38.4 | 29.1 |
| 6 | N100-45-4.5 | 45 | 46.2 | 176 | 391 | 787 | 0 | 934 | 0.25 | 0.0020 | ― | 18.5 | 4.1 |  | ○ |  |  | ○ | 54.0 | 31.4 |
| 17 | H50-45-4.5 | 45 | 44.1 | 184 | 409 | 368 | 373 | 951 | 0.25 | ― | ― | 19.0 | 4.0 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 50.9 | 32.5 |
| 9 | H50-45-4.5 | 45 | 44.1 | 184 | 409 | 368 | 373 | 951 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.5 | 4.0 |  | ○ |  |  | ○ | 51.0 | 33.1 |
| 7 | H100-45-4.5 | 45 | 42.5 | 188 | 418 | 0 | 713 | 967 | 0.25 | 0.0005 | ― | 19.5 | 5.3 |  | ○ |  |  | ○ | 50.5 | 34.7 |
| 4 | N100-65-4.5 | 65 | 50.0 | 176 | 271 | 901 | 0 | 918 | 0.25 | 0.0025 | ― | 18.0 | 4.1 |  | ○ |  |  | ○ | 30.8 | 27.8 |
| 12 | H50-65-4.5 | 65 | 48.0 | 186 | 286 | 424 | 430 | 934 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.0 | 4.6 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 29.1 | 28.3 |
| 8 | H50-65-4.5 | 65 | 48.0 | 186 | 286 | 424 | 430 | 934 | 0.25 | 0.0010 | ― | 19.0 | 4.3 |  | ○ |  |  | ○ | 30.2 | 29.0 |
| 5 | H100-65-4.5 | 65 | 45.9 | 196 | 302 | 0 | 804 | 951 | 0.25 | ― | ― | 14.5 | 5.3 |  | ○ |  |  | ○ | 26.2 | 27.9 |
| 16 | H50-55-5.5 | 55 | 46.3 | 176 | 320 | 402 | 408 | 951 | 0.25 | 0.0025 | ― | 18.0 | 6.0 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 33.1 | 29.0 |
| 15 | H50-55-3.5 | 55 | 46.9 | 184 | 335 | 411 | 417 | 951 | 0.25 | ― | ― | 19.0 | 3.1 | ○ | ○ | ○ | ○ |  | 40.3 | 32.1 |
| 20 | N100-30-4.5 | 30 | 47.3 | 184 | 613 | 710 | 0 | 806 | 1.00 | 0.0010 | ― | 64.0 | 5.1 |  | ○ | ○ | ○ |  | 81.6 | 31.5 |
| 23 | H25-30-4.5 | 30 | 47.4 | 181 | 603 | 543 | 177 | 814 | 1.00 | 0.0013 | 0.0005 | 60.0 | 4.4 |  | ○ | ○ | ○ |  | 83.6 | 34.5 |
| 22 | H50-30-4.5 | 30 | 46.8 | 181 | 603 | 355 | 360 | 822 | 1.00 | 0.0016 | 0.0010 | 63.0 | 4.3 |  | ○ | ○ | ○ |  | 79.2 | 34.2 |
| 21 | H100-30-4.5 | 30 | 46.0 | 180 | 600 | 0 | 710 | 838 | 1.00 | 0.0023 | 0.0020 | 60.0 | 5.1 |  | ○ | ○ | ○ |  | 67.6 | 35.3 |
| 24 | B50-30-4.5 | 30 | 46.6 | 182 | 607 | 352 | 379 | 822 | 1.00 | 0.0015 | 0.0010 | 57.0 | 4.3 |  | ○ | ○ | ○ |  | 84.6 | 34.2 |
| 25 | R50-30-4.5 | 30 | 45.6 | 182 | 607 | 344 | 347 | 838 | 1.00 | 0.0015 | 0.0010 | 59.5 | 4.8 |  | ○ | ○ | ○ |  | 78.8 | 33.7 |
| 26 | H50-30-5.5 | 30 | 45.5 | 183 | 610 | 337 | 342 | 822 | 1.00 | 0.0030 | 0.0010 | 66.0 | 5.4 |  | ○ | ○ | ○ |  | 74.0 | 33.7 |
| 27 | H50-30-3.5 | 30 | 48.1 | 179 | 597 | 373 | 379 | 822 | 1.00 | ― | 0.0010 | 57.5 | 3.1 |  | ○ | ○ | ○ |  | 85.4 | 35.9 |

　＊普通強度のコンクリートではAE減水剤，高強度コンクリートでは高性能AE減水剤を使用した。

(H), (R)および(B)に対して，粗粒率を考慮し，普通強度コンクリートでは0.580m3/m3~0.600m3/m3とし，高強度コンクリートでは，0.505m3/m3~0.520m3/m3とした。AE減水剤の使用量は，普通強度コンクリートでは，セメント量×0.25%と一定にし，高強度コンクリートでは，セメント量×1%で，消泡剤およびAE助剤により空気量を目標値±1%となるように調整した。

3.3 試験方法

　ブリーディング，圧縮強度，静弾性係数，促進中性化および凍結融解の各試験については，それぞれ当該JISに規定された方法で行った。また，角柱供試体で，4週水中養生したものを中心部で約20mmの幅でカットし，両面を平滑になるまで研磨した後，リニアトラバース法(ASTM C457)に準じ，供試体の切断面100mm×100mmを全長2000mm~2100mmでトラバースして気泡組織の測定を行った。

4. 実験結果とその考察



図-3　圧縮強度および静弾性係数試験結果

4.1 ブリーディング試験結果



図-2　ブリーディング試験結果

　図-2にブリーディングの試験結果を示す。なお，以下の記号は，細骨材の種類，混合率，水セメント比，空気量を示す。高炉スラグ細骨材のブリーディング量は，陸砂(N)に比べて高い値を示した。初期におけるブリーディング量は，天然砂と高炉スラグ細骨材を混合することでかなり抑制することができ，最終的なブリーディング量も高炉スラグ細骨材のみ使用したコンクリートより小さい値となった。高炉スラグ細骨材のブリーディング量が多くなる原因は，高炉スラグ細骨材がガラス質であることに加えて，単位水量が多かったことに起因していると考えられる。天然砂と混合することにより，単位水量が減少し，ブリーディング量を抑制できたと考えられる。また，空気量が多くなるとブリーディングが小さくなり，高炉スラグ細骨材(H)を混合したものより，B，Rを混合したものの方がブリーディング量が少なくなる結果となった。

4.2 圧縮強度および静弾性係数

　図-3にコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図-3によると，普通強度コンクリートはいずれの空気量においても日本建築学会のRC構造計算規準式の推定値(k1=1.0)をほぼ超える値となった。高強度コンクリートは，高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの方が陸砂(N)より高い静弾性係数を示す傾向が見られた。これは，高炉スラグ細骨材がガラス質で，応力レベルが小さい時は変形しにくく，ある応力レベルから破壊が進行しやすくなっているためと推測される。

4.3 促進中性化試験結果

　図-4に促進期間と中性化深さの関係を，また，図-5に各コンクリートの中性化速度係数を示す。図-4によると，陸砂(N)を使用したコンクリートの中性化深さは大きい値を示し，高炉スラグ細骨材の混合率が大きくなるにつれて，中性化深さは，小さい値を示した。また，図-5を見ると単位水量ごとの中性化速度係数は，陸砂(N)が最も高い値を示し，高炉スラグ細骨材(H)の混合率50％，100％の順に小さくなった。この理由は明瞭ではないが，高炉スラグ細骨材は，潜在水硬性があるため，陸砂の場合と比べて骨材界面が緻密になったためと推測される2)。高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートは，中性化を抑制する効果が期待できる。

4.4 凍結融解試験結果



図-4　促進期間と中性化深さの関係

　図-6に普通強度コンクリートの凍結融解試験時のサイクル数と相対動弾性係数の関係を示し，図-7にサイクル数と質量減少率の関係を示す。図-6によると全てのコンクリートが相対動弾性係数80％をほぼ満たす結果となった。B50-55-4.5は，90サイクルで一度相対動弾性係数が大きく下がったが，120サイクルで，60サイクルの値と同程度となった。このため，これは測定ミスと考え，問題ないと判断した。また，図-7によると，コンクリートの質量減少率は1%前後となった。細骨材の吸水率は，高炉スラグ細骨材(B)が最も小さかったが，凍結融解抵抗性にあまり影響は見られなかった。

　図-8に高強度コンクリートの凍結融解試験時のサイクル数と相対動弾性係数の関係を示し，図-9にサイクル数と質量減少率の関係を示す。図-8によると，300サイクルで相対動弾性係数95％をほぼ超える高い値を示した。また，図-9によると全てのコンクリートが300サイクルで，質量減少率が1％未満と低い値を示した。

　以上のことより，高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートは，凍結融解抵抗性に，やや問題があるとされているが，天然砂と高炉スラグ細骨材を混合することにより，大きく改善される傾向がみられた。よって，この原因を検証するために，気泡組織が凍結融解抵抗性に影響していると考え，以降でその検討を行った。

4.5 気泡組織と気泡間隔係数

　表-5の上半分に普通強度コンクリートの気泡組織の測定結果とコンクリートの空気量、ブリーディングおよび耐久性指数を示す。表-5によると，H100-55-4.5，H50-55-3.5の気泡間隔係数を除いて，ほぼ350μm以下となった。H100-55-4.5，H50-55-3.5の気泡間隔係数は，比較的大きな



図-5　中性化速度係数



図-6　普通強度のサイクル数と相対動弾性係数の関係



図-7　普通強度のサイクル数と質量減少率



図-8　高強度のサイクル数と相対動弾性係数の関係



図-9　高強度のサイクル数と質量減少率

値を示した。これは，表-5に示すように，ブリーディング量がそれぞれ，0.84cm3/cm2，0.74cm3/cm2と多かったことにも起因していると考えられる。この傾向は，昨年度の報告3)でもみられたが、理由は明確ではない。



図-11気泡間隔係数と耐久性指数の関係(普通強度)

　表-5の下半分に高強度コンクリートの気泡組織の測定結果を示し，次頁の図-10に気泡個数の分布を示す。表-6によるとH50-30-3.5を除いて，気泡間隔係数は，ほぼ350μm以下の範囲に収まった。H50-30-3.5の気泡間隔係数が著しく大きくなったのは，空気量が少なく，気泡個数少なかったことが原因として考えられる。この傾向は昨年度の報告3)でもみられた。また，図-10を見てもH50-30-3.5を除いて，50～250μmの気泡個数が著しく多く，水セメント比が小さくなると良質な細かい気泡が多くなった。



図-12気泡間隔係数と耐久性指数の関係(高強度)

4.6 気泡間隔係数と耐久性指数の関係

　図-11に普通強度コンクリートの気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。図-11によると，一般的に言われているような気泡間隔係数が大きくなると耐久性指数が小さくなるという傾向がみられなかった。H50-55-4.5(△)は，天然砂と高炉スラグ細骨材の混合率を50%としたことにより，微細な気泡が多くなり気泡間隔係数が小さくなって，凍結融解抵抗性が改善されたと考えられる。H100-55-4.5(▲)は，高炉スラグ細骨材のみ使用しており，気泡間隔係数が大きいにもかかわらず、昨年度の結果3)と異なり耐久性指数が大きかった。この点については今後検討を進めていく予定である。

表-5 気泡組織の測定値とコンクリートの空気量，ブリーディングおよび耐久性指数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通し 番号 | 記号 | 気泡 個数 | 平均弦長 (μm) | 平均気泡径 (μm) | 気泡間隔 係数 (μm) | 硬化後 空気量(％) | フレッシュ時の 空気量(％) | ブリー  ディング量 | 耐久性  指数 |
| 19 | N100-55-4.5 | 461 | 171 | 256 | 233 | 3.8 | 4.3 | 0.24 | 90 |
| 18 | H25-55-4.5 | 366 | 180 | 271 | 271 | 3.2 | 4.9 | 0.35 | 88 |
| 14 | H50-55-4.5 | 353 | 243 | 364 | 327 | 4.2 | 5.1 | 0.54 | 88 |
| 13 | H100-55-4.5 | 268 | 323 | 485 | 443 | 4.2 | 5.8 | 0.84 | 88 |
| 10 | B50-55-4.5 | 459 | 252 | 378 | 229 | 5.6 | 6.1 | 0.46 | 88 |
| 11 | R50-55-4.5 | 432 | 211 | 316 | 275 | 4.5 | 5.7 | 0.30 | 87 |
| 17 | H50-45-4.5 | 442 | 214 | 322 | 285 | 4.6 | 5.0 | 0.29 | 96 |
| 12 | H50-65-4.5 | 341 | 294 | 441 | 362 | 4.8 | 5.6 | 0.58 | 79 |
| 16 | H50-55-5.5 | 394 | 245 | 367 | 306 | 4.7 | 7.2 | 0.42 | 88 |
| 15 | H50-55-3.5 | 235 | 281 | 422 | 428 | 3.2 | 3.9 | 0.74 | 79 |
| 20 | N100-30-4.5 | 515 | 171 | 256 | 253 | 4.4 | 5.8 | ― | 99 |
| 23 | H25-30-4.5 | 432 | 169 | 253 | 272 | 3.6 | 5.3 | ― | 99 |
| 22 | H50-30-4.5 | 554 | 198 | 297 | 266 | 5.4 | 5.3 | ― | 93 |
| 21 | H100-30-4.5 | 421 | 238 | 357 | 332 | 4.9 | 6.5 | ― | 96 |
| 24 | B50-30-4.5 | 604 | 176 | 264 | 240 | 5.2 | 5.5 | ― | 96 |
| 25 | R50-30-4.5 | 567 | 166 | 249 | 240 | 4.6 | 5.9 | ― | 96 |
| 26 | H50-30-5.5 | 634 | 162 | 243 | 224 | 5.1 | 6.5 | ― | 101 |
| 27 | H50-30-3.5 | 240 | 293 | 439 | 475 | 3.5 | 4.0 | ― | 99 |



図-10　コンクリートの気泡分布

(横軸：左端0～50μm，右端500μm以上)

　図-12に高強度コンクリートの気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。図-12によると，図-11と同様に一般的に言われているような気泡間隔係数が大きくなると耐久性指数が大きくなるという傾向が見られなかった。H100-30-4.5とH50-30-3.5は，気泡間隔係数の割に，耐久性指数の値も大きくなった。これは，水セメント比が小さいことと，コンクリート内部の組織が緻密であることが原因として考えられる。また，上記以外のコンクリートについては，昨年度の結果3)と同様に，水セメント比が小さいことにより，ブリーディング量が少なくなり，気泡間隔係数および耐久性指数の値がよくなる傾向が見られた。

5. まとめ

　高炉スラグ細骨材と天然砂を混合した細骨材を使用した普通強度のコンクリートは，耐久性指数80以上の結果となった。これは，高炉スラグ細骨材に天然砂を混合することによりコンクリート中に微細な気泡が多くなり，気泡間隔係数の値が小さくなったためと考えられる。

　高強度コンクリートでは，耐久性指数90を超える高い値を示し，天然砂のみを使用したコンクリートと同程度の凍結融解抵抗性を示す結果となった。これは,水セメント比が小さいため,ブリーディング量が少なく，全体的に微細な気泡が多かったことが原因として考えられる。

　また，高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートは，天然砂を使用したコンクリートよりも中性化しにくい結果となり，中性化を抑制する効果が期待できる。

謝辞

　本実験は，日本建築学会高炉スラグ細骨材指針改定WGの研究の一環および工学院大学総合研究所UDMの課題3.1の一つとして実施したもので，実験の実施に当たり鐵鋼スラグ協会、本学卒論生の遠藤勝信君、堤貴之君（2010年度）、鶴見淳也君、松村洋考君（2011年度）の協力を得ました。

参考文献

1)日本建築学会：高炉スラグ細骨材を用いるコンクリート施工指針・同解説，p.125, 1983

2)古川・石川他：石炭溶融水砕スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究(その13)，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.635-636, 2011

3)上本・阿部・鹿毛・浅野：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.33, No.1, pp.119-124, 2011