

第V部門

廃碍子をコンクリートの骨材に用いた諸特性について

ケイコン(株) 正会員 ○義岡 里美 ケイコン(株) 金輪 岳男
 近畿大学理工学部 正会員 柳下 文夫 関電L&A(株) 高橋 修

1. はじめに

送電線や鉄塔、電柱の絶縁体に用いる碍子は、経年劣化や落雷などで絶縁性を失うと廃棄処分され、電気事業者関連だけでも全国で1万t/年を超えるといわれる。これまで回収した廃碍子は破碎したのち埋立て処理が通例だったが、昨今、破碎処理手法の向上から粒形や粒度の調整が可能になり、有効活用の1つにコンクリート製品への適用が期待される。本研究では、廃碍子をコンクリートの骨材に用いて、その諸特性について比較検討を行ないコンクリートへの適用の妥当性を検討した。



写真1 左) 碍子使用例 右上) 廃碍子粗骨材 右下) 廃碍子細骨材

2. 実験概要

粗骨材と細骨材を廃碍子骨材に置換して普通配合のコンクリートを製造しそのフレッシュ性状および強度特性として圧縮強度、曲げ強度、割裂引張り強度、ヤング係数値を用いて性能比較を行なった。

2-1. 使用材料と計画配合

普通ポルトランドセメント(C) (密度 3.16g/cm³)、高炉スラグ微粉末(BFS) (密度 2.88g/cm³)、山砂(S) (京都府城陽市産) (表乾密度 2.56g/cm³)、碎石2005(G) (京都府亀岡市) (表乾密度 2.70g/cm³)、廃碍子細骨材9mm以下(SI) (関電L&A) (表乾密度 2.33g/cm³)、廃碍子粗骨材2005(GI) (表乾密度 2.34g/cm³)、水道水(W)、高性能減水剤(Ad)を用いた。

廃碍子コンクリートに用いた配合を表1に示す。また、廃碍子の骨材寸法は粗骨材には20mm~5mm、細骨材は9mm以下を用いた。骨材試験結果を表2、図1に示す。

2-2. 廃碍子の骨材置換率

粗骨材と細骨材の置換の組み合わせを表3に示す。粗骨材と細骨材それぞれの置換率は0%、50%、100%の3水準とし粗骨材は1、2、3で表記し、細骨材はA、B、Cで表記した。その骨材置換率の組み合わせは9種類とした。各配合の水セメント比、細骨材率及び単位水量は固定とし、骨材の置換は容積比とした。なお細骨材の表面水は補正し、粗骨材は表面乾燥状態にして用いた。

2-3. 実験内容

圧縮強度試験及びヤング係数計測は供試体寸法がφ100×H200(mm)、所定の材齢まで気中養生したものを、前者はJIS A 1108に後者はJIS A 1149に準拠した。割裂引張り強度試験はJIS A 1113に準拠し寸法がφ100×H200(mm)、気中養生したものを、また曲げ強度試験はJIS A 1106に準拠し供試体寸法が100×100×400(mm)、水中養生したものを、これらの試験材齢は14日とした。なお、製造方法は強制2軸容量100ℓミキサーを用い、練混ぜは、空練り30秒→本練り90秒→かき落とし→15秒練混ぜ→排出とした。

表1_計画配合

| 粗骨材の最大寸法(mm) | スランプの範囲(cm) | W/C(%) | 細骨材率(%) | 単位量(kg/m ³) | | | | | 設計基準強度(N/mm ²) |
|--------------|-------------|--------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|---------|----------------------------|
| | | | | W | C | S | G | Ad | |
| 20 | 18±2.5 | 40.0% | 38.1% | 160 | 400 | 880 | 944 | C×0.75% | 36 |

表2_試料に用いた骨材の品質

| 試験項目 材料名 | 微粒分量(%) | 単位容積質量(kg/l) | 実積率(%) | (表乾)密度(g/cm ³) | 吸水率(%) | すりへり減量(%) | 粗粒率(F.M.) |
|-------------|---------|--------------|--------|----------------------------|--------|-----------|-----------|
| 山砂 | 2.2 | 1.62 | 64.5 | 2.56 | 1.47 | — | 2.73 |
| 廃碍子9mm以下 | 0.4 | 1.49 | 64.8 | 2.33 | 1.21 | — | 3.74 |
| 碎石2005 | 0.5 | 1.58 | 58.7 | 2.70 | 0.43 | 12.5 | 6.62 |
| 廃碍子20mm以下 | 0.02 | 1.43 | 61.1 | 2.34 | 0.20 | 21.2 | 6.92 |

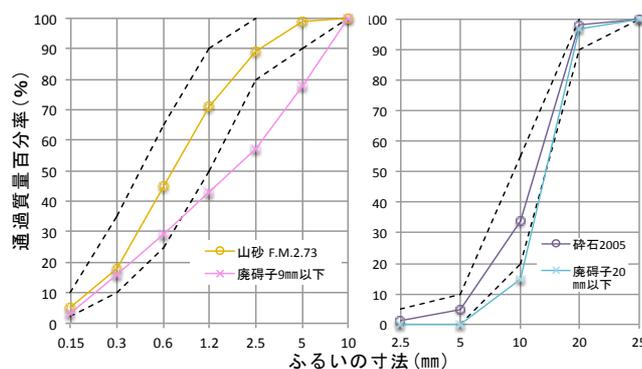


図1_試料に用いた骨材の粒度

表3_骨材置換組み合わせ

| 骨材の組合せ | 細骨材 | | | | | |
|------------|-----------|-----|--------------------|--|-------------|--|
| | A-山砂 S100 | | B-山砂 S50: 廃碍子 SI50 | | C-廃碍子 SI100 | |
| 1-碎石 G100 | 1-A | 1-B | 1-C | | | |
| 2-碎石 G50 | 2-A | 2-B | 2-C | | | |
| 3-廃碍子 GI50 | 3-A | 3-B | 3-C | | | |

3. 実験結果

3-1. フレッシュ性状

スランプ値は廃碍子に置換した配合が 18 ± 2.5 cm になるよう Ad の添加量を調整した。粗骨材の廃碍子への置換率が 100% になると Ad の添加率は $C \times 0.05\%$ 減量した。碎石を廃碍子粗骨材に置換した配合は流動性と粘性のバランスの良い練り上がりになったが、山砂を廃碍子細骨材に置換した配合は山砂 100% に比べ流動性と粘性が乏しくコテ離れも悪くワーカビリティが劣った。この結果はモルタルの検討結果¹⁾と同じ傾向だった。粒度分布範囲を超える粗粒がバサつく練り上がりの要因の 1 つと考えられ、細骨材に廃碍子を用いて製造ラインに乗せる場合には粉体量を補うなどの調整を要すると思われる。

3-2. 圧縮強度

圧縮強度と廃碍子骨材の置換率の関係を図 2 に示す。粗骨材の置換率が大きくなると強度が 5~10% 程度低下した。細骨材の置換率は強度にはほとんど影響がなかった。

3-3. 曲げ強度

曲げ強度と廃碍子骨材の置換率の関係を図 3 に示す。粗骨材の廃碍子への置換率が大きくなると強度が 15% 程度低下した。また細骨材も廃碍子への置換率が大きくなると強度が低下傾向にあり、粗骨材と細骨材の骨材全体の廃碍子骨材への置換率が高くなると曲げ強度が低下した。骨材の抜けをひび割れ断面の投影面積で比較すると廃碍子粗骨材の置換率と骨材の抜け面積が比例して大きくなった。しかし強度低下と骨材の抜けの関係は精査する必要がある。

3-4. 割裂引張り強度

割裂引張り強度と廃碍子骨材の置換率の関係を図 4 に示す。廃碍子骨材に置換すると若干強度が大きくなる傾向があった。しかし置換率による傾向は確認できなかった。

3-5. ヤング係数

ヤング係数と廃碍子骨材の置換率の関係を図 5 に示す。粗骨材と細骨材ともに廃碍子への置換率が大きくなると弾性係数が大きくなる傾向があった。すり減り減量が廃碍子粗骨材は碎石の 1.7 倍であり骨材強度は碎石より小さいと考えられ、また圧縮強度は廃碍子骨材への置換率が大きくなると低下する傾向から、ヤング係数測定に用いる低応力では骨材の噛み合せが変位の抑制を担ったため弾性係数に影響したのではないかと考える。

4. まとめ

(1) 廃碍子を骨材に用いたコンクリートのフレッシュ性状は粗骨材よりも細骨材に影響を受け、廃碍子細骨材への置換率が 50% 以上になると流動性と粘性に乏しくワーカビリティが低い傾向になった。(2) 圧縮強度は置換率が大きくなると強度が小さい値になったが弾性係数は廃碍子粗骨材の置換率に比例して高い傾向を示した。(3) 廃碍子骨材に置換したコンクリートの強度特性は圧縮強度および曲げ強度に若干の強度低下があった程度だったことから側溝類など一般的道路製品の活用には問題ないものとする。

(参考文献) 1) 2015 年土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、V-6

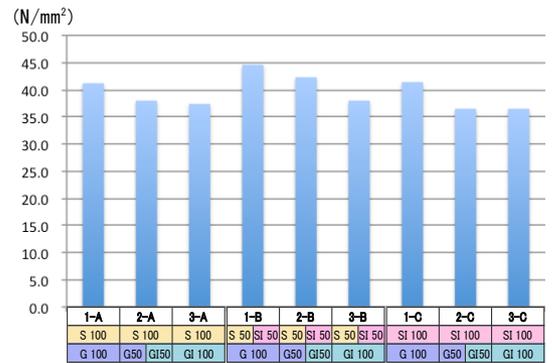


図 2_材齢 14 日_圧縮強度結果

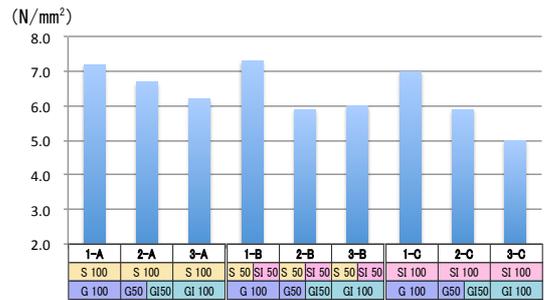


図 3_材齢 14 日_曲げ強度結果

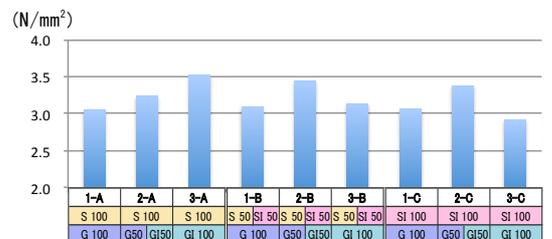


図 4_材齢 14 日_割裂引張り強度結果

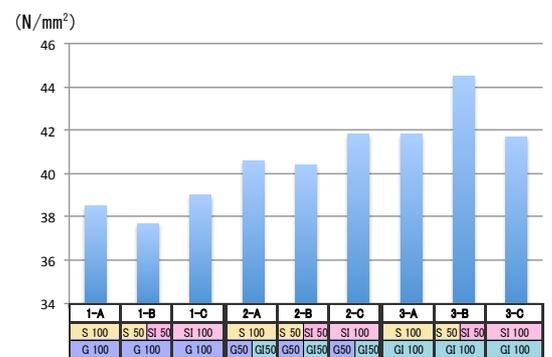


図 5_置換率_ヤング係数