

二酸化炭素を吸着させた軽質炭酸カルシウムを用いたモルタルに関する検討  
ーG I 基金事業『CUCO』開発成果ー

ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 ○阿合 延明 山宮 浩信 菅俣 匠  
鹿島建設(株) 正会員 向 俊成 取違 剛 関田 徹志

1. はじめに

2050 年のカーボンニュートラル実現にむけて,国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) に2兆円規模の「グリーンイノベーション (GI) 基金」が造成され,筆者らもコンソーシアム「CUCO (Carbon Utilized Concrete)」の一員として研究開発を進めている<sup>1)</sup>. 本研究は CUCO で進める検討課題のひとつであるカーボンリサイクル材料の活用として,大気中の二酸化炭素を吸着させた軽質炭酸カルシウム (以下 EC) を使用したモルタルの性状について検討したものである. EC はコンクリート製品工場で発生するアルカリ廃液と大気中の二酸化炭素の化学反応によって生成されるもので,天然の石灰石を粉砕して作られる重質炭酸カルシウム (石灰石微粉末) と比べて粉体の比表面積が大きくなることから化学混和剤が吸着され,所要の混和剤量が過大になることが懸念された. そこで EC を生コンクリートのカーボンニュートラル対策として活用する今後に向けて,混和剤の使用量や流動性への影響についてモルタル試験で確認を行った.

2. 試験概要

EC の検討を行う評価配合を W/C=30%程度の高強度と W/C=50%程度の一般強度の2種類とし,それぞれについて EC を容積比で25%と50%置換した合計6種類の配合を対象とした. EC を容積比で置換する都合上,本稿では材料比率を容積比で表記している (表-1).

モルタルの流動性は JIS A 1171 (ポリマーセメントモルタルの試験方法) のミニスランブ試験で行い,高強度はフロー配合を想定したミニスランブ試験でのフロー350mm,一般強度はスランブ配合を想定したミニスランブ90mm を目標とした. 空気量は空気量調整剤により2%以下に調整した. これらの配合について,混和剤使用量,流動性の経時変化,凝結時間,圧縮強度について性状を確認した. 使用材料は表-2 に示す通りであり,一般強度は AE 減水剤,高強度は高性能 AE 減水剤を使用した.

表-3 は石灰石を起源とする石灰石微粉末 (重質炭酸カルシウム) とアルカリ廃液と二酸化炭素を反応させた EC (軽質炭酸カルシウム) の比表面積の相違を示す測定例であるが,ブレーン法では大きな差異が見られないものの,BET 法では石灰石微粉末と比較して EC は6倍程度になることが報告されている.

表-1 試験概要 (配合区分と EC 置換率)

| No. | 配合区分   |      |        | EC置換率<br>(vol.%) | モルタルの性状 |      |       |
|-----|--------|------|--------|------------------|---------|------|-------|
|     | Vw/Vp* | W/P* | Vs/Vp* |                  | 流動性     | 空気量  | 温度    |
| 1   | 0.95   | 30.0 | 0.8    | 0                | ミニスランブ  | 2%以下 | 20±2℃ |
| 2   |        | 31.8 |        | 25               | フロー     |      |       |
| 3   |        | 33.8 |        | 50               | 350mm目標 |      |       |
| 4   | 1.58   | 50.0 | 1.2    | 0                | ミニスランブ  |      |       |
| 5   |        | 52.9 |        | 25               | 90mm目標  |      |       |
| 6   |        | 56.2 |        | 50               |         |      |       |

1) Vw/Vp: 水結合材容積比  
2) W/P: 水結合材質量比 (%)  
3) Vs/Vp: ペーストに対する細骨材容積比

表-2 使用材料

| 区分      | 記号 | 製造会社または産地                 | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|----|---------------------------|----------------------------|
| 水       | W  | 茅ヶ崎市上水道水                  | 1.00                       |
| セメント    | C  | 太平洋セメント社製<br>普通ポルトランドセメント | 3.16                       |
| 炭酸カルシウム | EC | 日本コンクリート工業社製<br>軽質炭酸カルシウム | 2.42                       |
| 細骨材     | S  | 大井川水系陸砂                   | 2.59                       |
| 混和剤     | AE | ポゾリスソリューションズ社製 AE減水剤      | -                          |
|         | SP | ポゾリスソリューションズ社製 高性能AE減水剤   | -                          |

表-3 炭酸カルシウムの測定比較 (日本コンクリート工業社提供)

| 炭酸カルシウムの種類               | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 比表面積 (cm <sup>2</sup> /g) |        | メジアン径*<br>(μm) |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------|----------------|
|                          |                            | ブレーン法                     | BET法   |                |
| 重質炭酸カルシウム<br>(参考,石灰石微粉末) | 2.73                       | 4,058                     | 9,200  | 4.6            |
| 軽質炭酸カルシウム<br>(EC)        | 2.62                       | 3,451                     | 57,500 | 20.2           |

\*頻度の累積が50%になる粒子径

キーワード カarbonニュートラル,CUCO,CCU 材料,炭酸カルシウム,エコタンカル,混和剤  
連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市 2 7 2 2 TEL: 0467-59-5123

表-4 モルタル試験結果

| No. | Vw/Vp | EC<br>置換率<br>(%) | W/P<br>(%) | W/C<br>(%) | Vs/Vp | SP*  | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      | 混和剤 |              | ミニスランブ (mm) |      | 空気量<br>(%) | 凝結時間(h:m) |      | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |      |
|-----|-------|------------------|------------|------------|-------|------|--------------------------|-----|-----|------|-----|--------------|-------------|------|------------|-----------|------|------------------------------|------|
|     |       |                  |            |            |       |      | W                        | C   | EC  | S    | 種類  | 使用量<br>(P×%) | スランブ        | フロー  |            | 始発        | 終結   | 7日                           | 28日  |
| 1   | 0.95  | 0                | 30.1       | 30.1       | 0.8   | 1.28 | 271                      | 900 | 0   | 1151 | SP  | 1.2          | -           | 334  | 0.8        | 5:30      | 7:05 | 87.9                         | 112  |
| 2   |       | 25               | 31.8       | 40.1       |       | 1.35 | 271                      | 675 | 175 | 1151 |     | 2.0          | -           | 342  | 0.4        | 4:45      | 6:20 | 70.1                         | 86.4 |
| 3   |       | 50               | 33.8       | 60.2       |       | 1.44 | 271                      | 450 | 350 | 1151 |     | 5以上          | -           | 製造困難 | -          | -         | -    | -                            | -    |
| 4   | 1.58  | 0                | 50.0       | 50.0       | 1.2   | 2.54 | 278                      | 557 | 0   | 1413 | AE  | 0.5          | 94          | -    | 1.5        | 5:45      | 7:40 | 36.5                         | 53.1 |
| 5   |       | 25               | 52.9       | 66.5       |       | 2.69 | 278                      | 418 | 108 | 1413 |     | 1.6          | 92          | -    | 1.8        | 6:45      | 9:05 | 23.8                         | 37.1 |
| 6   |       | 50               | 56.2       | 100.0      |       | 2.85 | 278                      | 278 | 217 | 1413 |     | 3.0          | 93          | -    | 1.4        | -         | -    | 11.4                         | 19.7 |

練混ぜ手順: W+AD (SP or AE) +P (C, EC) →30秒→ S →90秒→ かき落とし →X秒→ 測定 (X秒は高強度は120秒、一般強度は180秒)

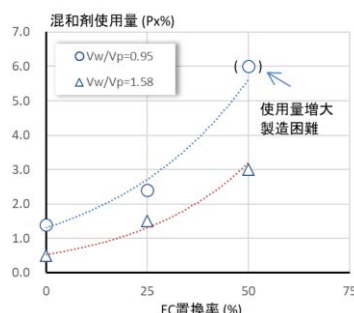


図-1 EC置換率と混和剤使用量

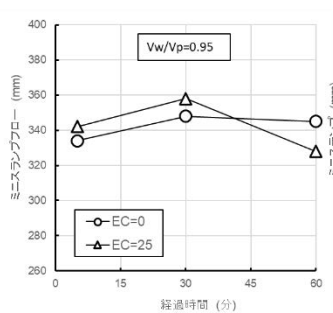


図-2 流動性の経時変化 (高強度)

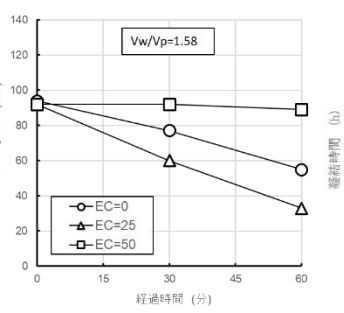


図-3 流動性の経時変化 (一般強度)

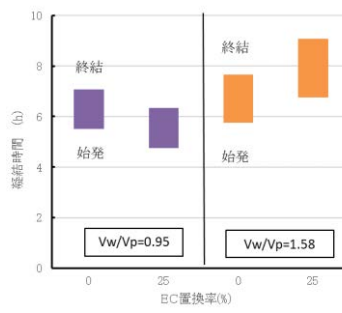


図-4 凝結時間

### 3. 試験結果

- 1) 混和剤の使用量: ECの置換に伴って使用量は増加したが(図-1),特に高強度( $Vw/Vp=0.95$ )の50%置換では著しく,所要の流動性が得られずモルタルの製造が困難であった。また一般強度( $Vw/Vp=1.58$ )では50%置換の製造は出来たものの,その使用量はECを置換しない場合の6倍量となった。
- 2) 流動性の経時変化: ECの置換に伴って混和剤の使用量が多くなることから経時変化には優位に働くものと推測されたが,一般強度の50%置換では変化量が小さくなったものの,25%置換では逆に大きくなる結果となった(図-2~3)。高強度では明瞭な差はなかったが,粘性が非常に高いモルタルとなった。
- 3) 凝結時間: 都合により25%置換のみの結果となるが,一般強度ではECを置換した場合は遅延する傾向にあったが,高強度では逆に凝結が早まることが確認された(図-4)。
- 4) 圧縮強度: ECはそれ自体で水硬性を持たない材料であることから,各配合のセメント量から計算したC/W(セメント水比)で圧縮強度結果を整理した(図-5)。一般にセメント水比と圧縮強度の関係は一次回帰直線となるが,ECを置換した配合では,置換率0%と比較して,やや高くなる傾向が認められた。

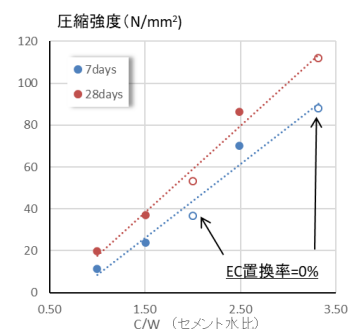


図-5 圧縮強度試験結果 (C/W-σ)

### 4. まとめ

カーボンリサイクル材料であるECの置き換えによる影響をモルタル試験で確認した。置き換えによって生ずる混和剤量の増加はECを活用するうえでの課題のひとつとして考えられた。引き続きコンクリート試験で物性を確認し,混和剤の改良検討も含めカーボンニュートラルの実現に向けたデータの蓄積を図っていく。

**謝辞:** 本成果は,国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP21014)を受け,革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発で得られた成果である。

### 参考文献

- 1) 取達剛, 森泰一郎, 小島正朗: コンクリートの材料・施工技術および品質評価技術の開発—CUCO (Carbon Utilized COConcrete) によるカーボンニュートラル社会の実現へ—, コンクリートテクノ, Vol. 42, No. 1, pp. 58-64, 2023