

## 粉体系高流動コンクリートに CCU 炭酸カルシウム微粉末を用いた際の CO<sub>2</sub> 固定量

鹿島建設(株) 正会員 ○渡邊賢三  
 鹿島建設(株) フェロー会員 坂田 昇  
 鹿島建設(株) 正会員 坂井吾郎  
 日本コンクリート工業(株) 正会員 八木利之

### 1. はじめに

炭酸カルシウム微粉末を大量に混入した粉体系高流動コンクリートは、著者らが約 30 年前に開発し<sup>1)</sup>、現在は、土木学会においても「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」<sup>2)</sup>が制定され、ごく一般的に用いられている。ここでは、この一般的に用いられている粉体系高流動コンクリートの炭酸カルシウム微粉末に CCU 材料を用いた際の CO<sub>2</sub> の固定量を試算した結果を報告する。

### 2. CCU 材料としての炭酸カルシウム微粉末

著者ら<sup>3)</sup>は CCU 材料として、CO<sub>2</sub> を固定化させた炭酸カルシウム微粉末を開発し、既に商品化されている。この炭酸カルシウムの微粉末は、戻りコンクリートや残コンクリート(コンクリートスラッジ)からフレッシュ性状を呈する状態でカルシウムを抽出して、そのカルシウムに CO<sub>2</sub> を反応させて CaCO<sub>3</sub> の形で固定化したものである。この炭酸カルシウムの微粉末は、石灰石から産出される石灰石微粉末と性状はほぼ同じである。

### 3. 炭酸カルシウム微粉末を用いた粉体系高流動コンクリート

著者らは、約 30 年前に高流動コンクリートの研究において、流動性を高めた際の粗骨材の材料分離の抵抗性を高めるために、単位結合材量 309 kg に加えて、105~313kg の石灰石微粉末(炭酸カルシウム)を入れたコンクリートの配合について実験によって検討している<sup>1)</sup>。実験に使用した材料は表-1、コンクリートの配合は表-2 に示すとおりである。単位結合材のうち、当時は温度応力低減のため、高炉スラグ微粉末を 148kg 用いた。この実験によって、炭酸カルシウムの微粉末を 313kg 入れた高流動コンクリートは十分な充填性を有することが示されている。一方、著者ら<sup>4)5)</sup>が開発した特殊増粘剤ウレランガムを用いた併用系高流動コンクリートの配合を表-2 に併記する。この配合では、単位セメント量 330kg、単位炭酸カルシウム微粉末量 216kg としている。この二つの高流動コンクリートの配合について、CCU 材料である炭酸カルシウム微粉末を用いた際に、どの程度、CO<sub>2</sub> を削減できるのかを試算した。

### 4. CO<sub>2</sub> 固定量の試算

炭酸カルシウムの微粉末を CCU 材料とした場合、大脇ら<sup>6)7)</sup>は、炭酸カルシウム 1 kg 当たりの CO<sub>2</sub> 固定量を 0.22kg と仮定して試算している。一方、著者ら<sup>3)</sup>が実際に CCU 材料としての炭酸カルシウムの微粉末を製造した際に計測した炭酸カルシウム 1 kg 当たりの CO<sub>2</sub> 固定量 0.39kg であった。そこで、ここでは、炭酸カルシウム 1 kg 当たりの CO<sub>2</sub> 固定量 0.39kg として試算することとした。

試算結果を図-1 に示す。まず、表-2 のコンクリート配合 A は、コンクリート 1 m<sup>3</sup> 当たり炭酸カルシウム微粉末を 313kg 混入しているため、313kg に 0.39(炭酸カルシウム微粉末 1 kg 当たりの CO<sub>2</sub> 固定量)を掛けると CO<sub>2</sub> の固定量は 122kg となる。また、高炉スラグ微粉末を 148kg 用いているため、単位セメ

表-1 実験の使用材料<sup>1)</sup>

使用材料	摘要
セメント	普通ポルトランドセメント (比重 3.16, フレッシュ値 3200cm <sup>2</sup> /g)
スラッグ	高炉スラグ微粉末 (比重 2.91, フレッシュ値 3800cm <sup>2</sup> /g)
石粉	石灰石粉(炭酸カルシウム) (比重 2.70, 200メッシュ(フレッシュ値 3000cm <sup>2</sup> /g 相当))
水	水道水
細骨材	川砂(大井川産) (比重 2.59, F.M.2.75, 実積率 67.4%)
粗骨材	川砂利(富士川産) (比重 2.65, Gmax25mm, F.M.7.38, 実積率 64.1%)
高性能減水剤	β-ナフタリンスルホン酸カルシウム+反応性高分子

キーワード 環境配慮型コンクリート, カーボンネガティブ, CCU 材料, 炭酸カルシウム, 石灰石微粉末

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-1111

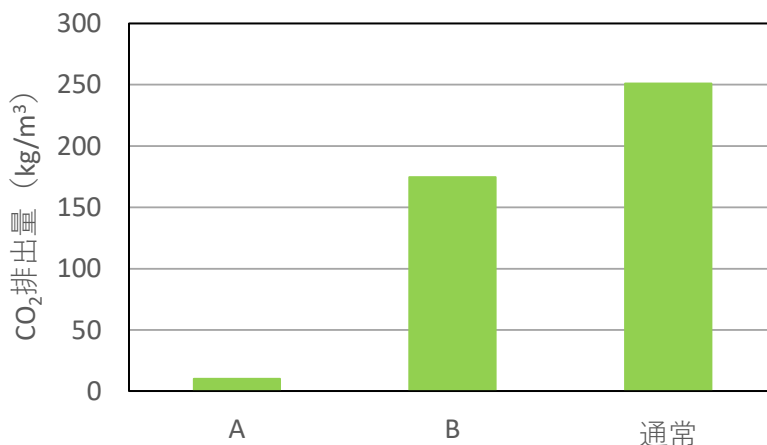
表-2 炭酸カルシウム微粉末を大量に用いた粉体系高流動コンクリートの配合

配合 No.	W/C (%)	W/P <sup>*1)</sup> (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						スランブフロー (cm)		
				水	C	スラグ	石粉	細骨材	粗骨材	(SP 添加率 <sup>*2)</sup> (%)		
A <sup>1)</sup>	55.0	27.3	46.5	170	161	148	313	705	848	45±5 (0.85)	60±5 (1.1)	75±5 (1.4)
B <sup>4)5)</sup>	49.8	30.2	45.5	165	331	0	216	713	888	65±1 (2.5)		
通常	53.1	53.1	43.0	170	320	0	0	764	1033	—		

\*1) 水/微粉末 (セメント, スラグ, 石粉)

\*2) 高性能 AE 減水剤の微粉末 (セメント, スラグ, 石粉) に対する添加率

ント量は 161kg と少なくなっていることから, セメント由来の CO<sub>2</sub> 排出量は 127kg となる. これらに, 少量ではあるものの高炉スラグ微粉末や骨材起因の CO<sub>2</sub> 排出量を加算すると, コンクリート製造時において, 粉体系高流動コンクリートの 1m<sup>3</sup> 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は 10kg(排出量 132kg-固定量 122kg)となり, 通常のコンクリートの CO<sub>2</sub> 排出量の 25 分の 1 と極めて少なくできる. このことは, 一般的に用いられる高流動

図-1 CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果

コンクリートに, CCU 材料としての炭酸カルシウムの微粉末を用いるだけで大幅な CO<sub>2</sub> 排出量を実現できるものと考えられる. 同様に, 表-2 のコンクリート配合 B は, コンクリート 1m<sup>3</sup> 当たり炭酸カルシウム微粉末を 216kg 混入しているため, 216kg に 0.39(炭酸カルシウム微粉末 1kg あたりの CO<sub>2</sub> 固定量)を掛けると CO<sub>2</sub> の固定量は 84kg となる. 単位セメント量は 331kg であることから, CO<sub>2</sub> 排出量は 254kg であり, 粉体系高流動コンクリートの 1m<sup>3</sup> 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は 175kg(排出量 259kg-固定量 84kg)になるが, 粘性付与のために用いる混和材に高炉スラグ微粉末などを用いて CCU 材料としての炭酸カルシウム微粉末を用いない場合に比べて, 84kg の CO<sub>2</sub> 削減に繋がる.

このように, CCU 材料としての炭酸カルシウム微粉末を, 現在, 一般的に施工されている粉体系高流動コンクリート, 併用系高流動コンクリートに用いるだけで, 大幅に CO<sub>2</sub> を削減できることが分かった.

## 5. おわりに

今回の検討では, 一般的に施工されている粉体系高流動コンクリートを対象として検討したが, 単位結合材に, 高炉スラグ微粉末やフライアッシュを比較的多く用いる, さらに閑田らが開発し実用化されているゼロセメント<sup>8)</sup>を用いれば, 容易にカーボンネガティブを実現できると考えられる.

## 参考文献

- 1) 坂田昇ら: 高流動コンクリートの充填性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.1, 1990.
- 2) 土木学会: 高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012年版】, 2012.4.
- 3) 八木利之ら: エコタンカル CO<sub>2</sub>を原料とした環境にやさしい軽質炭酸カルシウム, 土木施工, Vol.62, No.11, 2021.11.
- 4) 坂田昇ら: 増粘剤ウェランガムがフレッシュコンクリートの自己充填性に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.538/V-31, 1996.5.
- 5) 坂田昇ら: 増粘剤ウェランガムを用いた高流動コンクリートの流動性に及ぼす各種材料の影響, 土木学会論文集, No.571/V-36, 1997.8.
- 6) 大脇英司: 高炉スラグ微粉末を利用した環境配慮コンクリートの炭酸ガス排出抑制から炭素の有効利用への進化, コンクリート工学, Vol.59, No.9, 2021.9.
- 7) 大脇英司ら: 環境配慮コンクリート: T-eConcrete シリーズ, 土木施工, Vol.162, No.11, 2021.11.
- 8) 閑田徹志ら: 残コン・戻りコンから作り出す再生セメント「CemR<sup>3</sup>」製造システムとその CO<sub>2</sub> 削減効果, コンクリートテクノ, Vol.41, No.5, 2022.