

高流動コンクリート用セメントの活用による CO<sub>2</sub> 削減

鹿島建設(株)	正会員	○池松建治
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
鹿島建設(株)	正会員	渡邊賢三
鹿島建設(株)	正会員	高村 尚
鹿島建設(株)	正会員	閑田徹志

## 1. はじめに

コンクリートの締固め作業を無くすことは、建設現場の機械化・省人化の第一歩である。土木のコンクリート構造物は、通常、スランプ 8~12cm のコンクリートを型枠内に密実に充填するために、作業員がバイブレータを手にして多大な労力をかけて締め固めている。この施工法は、昭和 10 年代から変わっておらず、鉄筋量が増えた今日、過去を上回る労力を強いている。この現況において、品質の向上と施工の省人化の両者を実現する方策が、締固め不要の高流動コンクリートである。より安価かつ容易に高流動コンクリートが使えるように、前川ら<sup>1)</sup>によって高流動コンクリート用のセメントが提案されている。ここでは、プレミックスする炭酸カルシウムの微粉末に CCU 材料を用いた場合の CO<sub>2</sub> 削減効果について検討した。

## 2. 高流動コンクリート用セメント

前川らは、高流動コンクリートのコストアップの要因の一つとして、混和材用の設備を生コンプラントが有していない場合が多く、袋詰めした混和材を手投入するなど、手間と時間を要することを課題として挙げ、高流動コンクリート用のセメントを提案している<sup>1)</sup>。この高流動コンクリート用のセメントは、ベースのセメントに高炉セメント B 種(BB)を用い、石灰石微粉末(炭酸カルシウムの微粉末)をプレミックスするというものである。炭酸カルシウムの微粉末を大量に混入することについては、著者らが開発した高流動コンクリートの考え<sup>2)</sup>が参考にされている。

高流動コンクリート用のセメントの具体的な提案は次のとおりである。BB と炭酸カルシウムの微粉末の混合比を 3:2 とし、これを基準に配合(調合)設計する。呼び強度は、プレミックス材に含まれる BB で水セメント比の粉体とする。標準的な 21~30N/mm<sup>2</sup> では、プレミックス材の粉体量が高流動コンクリートの適正な粉体量 500~600kg/m<sup>3</sup> となる。高性能 AE 減水剤で高流動コンクリートの流動性(スランプフロー)を制御できるので、骨材の種類が変化しても、生コンプラントで単位水量を大きく変えることなく、高流動コンクリートを製造できる点が本提案の眼目である。

配合設計の例を以下に示す。

- ・単位水量を 165~175kg/m<sup>3</sup> に留めおく。
- ・単位粉体量の範囲は 500~600kg/m<sup>3</sup> で、要求強度に合わせて変化させる。
- ・セメントの BB : 炭酸カルシウムの微粉末の比が 3:2 の場合、単位粉体量 500~600kg/m<sup>3</sup> で、単位セメント量は 300~360kg/m<sup>3</sup> となる。
- ・この場合の水セメント比は 58.3%~45.8% となり、呼び強度 21~36N/m<sup>2</sup> 程度は簡単に網羅可能である。資源の有効利用と環境保全の観点から、ベースセメントを BB から ECM(エネルギーCO<sub>2</sub>

表-1 材料情報<sup>3)</sup>

使用材料	記号	摘要	CO <sub>2</sub> 排出 原単位 (kg/t)
水	W	水道水	0
高炉セメント B 種	C	BB	密度 3.04g/cm <sup>3</sup> 448
ECM セメント		ECM	高炉セメント C 種相当 密度 2.98g/cm <sup>3</sup> 269
再生セメント		CemR <sup>3</sup>	再生セメント 密度 2.88g/cm <sup>3</sup> 95.8
石 粉	CCP	炭酸カルシウム粉末 密度 2.6 g/cm <sup>3</sup> -390	
細 骨 材	S	砕砂 密度 2.62 g/cm <sup>3</sup> 3.7	
粗 骨 材	G	砕石 密度 2.70 g/cm <sup>3</sup> 2.9	

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 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL03-5544-1111

ミニマム)セメントのような高炉セメント C 種<sup>3)</sup>とすることも提案されている。

### 3. 炭酸カルシウムの微粉末の大量混入による CO<sub>2</sub> 削減効果

このプレミックスする炭酸カルシウムの微粉末に、CCU 材料を用いれば、大幅な CO<sub>2</sub> の削減が実現できる。ベースのセメントに、BB を用いたケース、ECM セメント<sup>3)</sup>を用いたケース、ゼロセメントである CemR<sup>3</sup><sup>4)</sup>を用いたケースの3ケースについて、CO<sub>2</sub> の削減量を試算した。試算に用いた材料の情報を表-1 に示す。

炭酸カルシウムの微粉末を CCU 材料とした場合、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ている八木ら<sup>5)</sup>は、炭酸カルシウム 1 kg 当たりの CO<sub>2</sub> 固定量を 0.39kg としていることから、この仮定を採用して試算することにした。なお、一般的に高流動コンクリートには高性能 AE 減水剤が使用されるものの、本試算には省略した。

コンクリート配合は、前川らの提案<sup>1)</sup>を参考に作成したものを表-2 に示す。表-2 のコンクリート配合について、ベースセメントが異なる3ケースについて試算した結果を図-1 に示す。単位セメント量 360kg/m<sup>3</sup>、単位炭酸カルシウム量 240kg/m<sup>3</sup> の場合、炭酸カルシウムによる CO<sub>2</sub> の固定量は 240kg に 0.39 を掛けて 94kg となる。一方、セメントによる CO<sub>2</sub> 排出量は、BB の場合 161kg、ECM セメントの場合 97kg、CemR<sup>3</sup> の場合 35kg となる。

試算の結果、骨材もふまえたコンクリート 1 m<sup>3</sup> 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は、BB の場合 73kg、ECM セメントの場合 8kg となり、CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に低減できることが分かった。また、CemR<sup>3</sup> の場合にはマイナス 54kg となり、まさにコンクリートを造れば造るほど、CO<sub>2</sub> を固定できる植物のようなコンクリート、カーボンネガティブコンクリートとすることができることが分かった。

### 4. おわりに

締固めの不要な高流動コンクリート用のセメントの実現に向けて、プレミックスする炭酸カルシウムの微粉末に CCU 材料を用いた場合の CO<sub>2</sub> 削減効果について検討した結果、ベースのセメント種類の CO<sub>2</sub> 排出原単位の少ないセメントを用いることで、カーボンネガティブコンクリートにできる可能性を示した。

### 参考文献

- 1) 前川宏一, 坂田昇, 名倉健二: 建設現場の省人化に向けて, 高流動用セメントの必要性についての提案, コンクリートテクノ, Vol.37, No.4, pp9-11, 2018.4.
- 2) 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, pp.301-306, 1990.
- 3) 小島正朗ら: エネルギー・CO<sub>2</sub> ミニマムセメント・コンクリートの開発と適用, コンクリート工学, Vol.59, No.9, pp.776-781, 2021.9.
- 4) 関田徹志ら: 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.
- 5) 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, pp.87-90, 2021.11.

表-2 高流動コンクリート用セメントを用いた高流動コンクリートの配合

配合	W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	CCP	S	G
BB	47.2	170	360	240	666	864
ECM					660	
CemR <sup>3</sup>					649	

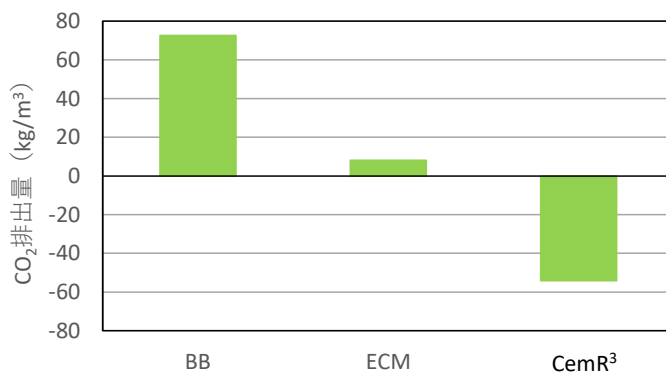


図-1 CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果