

河川工事における 低炭素型コンクリート製品の試行

川崎 苑佳¹

¹中部地方整備局 木曽川下流河川事務所 工務課 (〒511-0002 三重県桑名市大字福島 465)

令和 4 年度に三重県桑名市長島町松蔭地先において、堤防の嵩上げ工事を施工した。その施工にて、カーボンニュートラルの実現に向け、施工段階において CO2 削減に資する材料の活用促進を図る試行工事を実施した。本報告では、今後の低炭素コンクリート製品の活用促進における課題や将来展望の考察を交えて事例を紹介する。

キーワード：カーボンニュートラル、コンクリート二次製品

1. はじめに

近年、地球温暖化の原因となる二酸化炭素を含む温室効果ガスを削減するなどの環境を保護するためのカーボンニュートラルに向けた動きが世界各国で活発になっており、日本政府は 2050 年までにカーボンニュートラルを実現することを 2020 年に宣言した。

国土交通省では、「国土交通省グリーンチャレンジ」として、2050 年の長期を見据えつつ、2030 年度までの 10 年間に戦略的重点的に取り組む 6 つのプロジェクトの 1 つとして、「インフラサイクル全体でのカーボンニュートラル、循環型社会の実現（省 CO2 に資する材料などの活用促進、技術開発）」を掲げている。

これらを踏まえて中部地方整備局においては、2021 年度よりカーボンニュートラルの取組実績・提案を評価する、「カーボンニュートラル対応試行工事」を実施し、カーボンニュートラルの取り組みを加速させ、建設業界における脱炭素化の取り組みを支援している。

本稿では、建設段階において CO2 の削減に資する材料の活用促進を図る試行工事について報告する。

2. 低炭素型コンクリート製品

(1) 低炭素型コンクリートの概要

今回採用した低炭素型コンクリート製品は、セメントと高炉スラグ微粉末を置き換えた無筋コンクリ

ートとし、置換率は強度や生産効率（初期強度）を踏まえて、55%としている。

一般工事向けに販売している高炉セメントの高炉スラグ微粉末の置換率は 40～45%程度である。

(2) 高炉スラグ微粉末の効果

高炉スラグとは、高炉で鉄鉱石から銑鉄を製造する際に分離される鉄以外の成分の溶融物である。高温溶融状態の高炉スラグを水で急冷却処理したものを高炉水砕スラグといい、これを微粉碎したものを高炉スラグ微粉末という。

高炉スラグ微粉末を使用することで、水和熱による温度上昇の低減、アルカリシリカ反応の抑制、硫酸塩や海水に対する化学抵抗性の向上が期待される。一方で、普通コンクリートに比べて中性化速度の上昇、スランプの低下、温度・水分の影響を受けやすいといった留意点がある。特に初期の湿潤養生の良否が品質に大きな影響を与えるため、注意が必要である。初期に乾燥を受けると、その後湿潤状態を保っても、強度発現が悪くなるとともに、長期の強度が満足していても、劣化及び物質の透過に対する抵抗が低下する傾向がある。

なお、高炉スラグ微粉末には、粉末度の違いにより主に 3 種類に分類されているが、CO2 削減率はどれを使用してもほとんど変わらない。CO2 の削減率は、高炉スラグ微粉末置換率に左右される。

高炉スラグ微粉末は、ポルトランドセメントのように石灰石を焼成する工程がない。1m³あたりの CO2 排出量は、置換率 0%の場合の 273kg に比べ、今回採用した 55%置換のコンクリートでは、154kg であり、CO2 排出量は 43.6%削減できる。（表-1, 2）

表-1 置換率 0%の配合

設計基準強度	スランブロー	空気量	W/C	S/a	単位量 (kg/m ³)							
					水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	混和剤	AE剤	
N/mm ²	cm	%	%	%	W	C	-	S1	-	G	Ad	AE
30	21.0	4.5	44.0	41.0	150	341	0	785	0	1084	0.85	1.36
					排出係数	0.77	0.03	0.01	0	0.01	0	
					排出量	263	0	4	0	6	0	
										合計	273	

高炉スラグ微粉末は含まない

表-2 置換率 55%の配合

設計基準強度	スランブロー	空気量	W/C	S/a	単位量 (kg/m ³)							
					水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	混和剤	AE剤	
N/mm ²	cm	%	%	%	W	C	BFS	S1	-	G	Ad	AE
30	21.0	4.5	41.0	42.0	165	180	222	738	0	1020	1.21	1.21
					排出係数	0.77	0.03	0.01	0	0.01	0	
					排出量	139	6	4	0	6	0	
										合計	154	

高炉スラグ微粉末

表-3 高炉スラグ微粉末の種類

使用目的	種類	高炉スラグ微粉末		
		3000	4000	6000
比表面積 (cm ² /g)		2750以上3500未満	3500以上5000未満	5000以上7000未満
水和熱による温度上昇の抑制		50%~70%	50%~70%	60%~70%
塩化物イオン等の浸透に対する抵抗性の向上		40%~70%	40%~70%	40%~70%
アルカリシリカ反応の抑制		40%~70%	40%~70%	40%~70%
硫酸塩に対する抵抗性の向上		50%~70%	50%~70%	50%~70%

(4) 低炭素型コンクリート製品の製造

今回の試行工事では、工事現場の近くの低炭素コンクリートが製造可能である工場の製品を使用した。前述の通り、現場養生では懸念があるため、工場製品である。

コンクリートの配合は表-2の通りであり、222kg/m³の混和材が高炉スラグ微粉末である。使用した高炉スラグ微粉末は、高炉スラグ微粉末4000で、最も生産量が多く、一般的な高炉セメントに使用されている。高炉スラグ微粉末には表-3のように主に3種類ある。それぞれ比表面積によって分類されている。しかし、CO₂の削減量は種類ではなく、置換率によって変わる。

製造工程は、図-1の通りである。工場に材料を受入れ、配合通りに材料を練混ぜ、その間に型枠を組み立て、コンクリートを打設する。打設したコンクリートを振動・加圧をかけ成形し、養生する。

養生は、湿潤養生と常圧蒸気養生（促進養生）を組み合わせで行う。

常圧蒸気養生とは、高温の水蒸気の中で行う促進養生のことで、大気圧下で行う。常圧蒸気養生を行うことで、湿潤養生だけでは7日~12日かかる場所、1日もかからず養生が完了する。前述の通り、初期の乾燥が強度発現に影響があるため、はじめに湿潤養生をし、常圧蒸気養生に切り替え、また湿潤養生を行い硬化する。

養生の留意点における対応策は次の6つである。

①コンクリート打設後はできるだけ動かさない。②促進養生の前置き時間はできるだけ長く（少なくとも2時間以上、できれば4時間以上）、③促進養生最高温度はできるだけ低く（最高温度65℃以下、できれば40℃前後）、④温度上昇勾配はできるだけ低く（20℃/h以下）、⑤温度下降勾配はできるだけ低く（10℃/h以下）、⑥シートや養生室で乾燥対策をする。

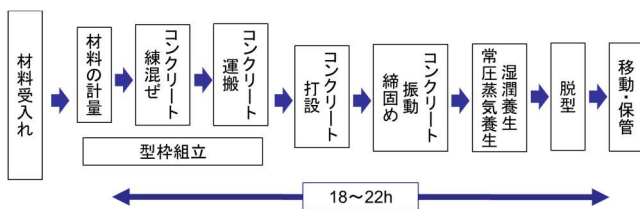


図-1 製造工程

(3) 採用のデメリット

採用にあたり、デメリットがある。まず、生産可能なメーカーに限られることである。通常とは違う原料を使用するため、ほかの製品の材料とは別に、低炭素型コンクリート専用のサイロが必要となる。安定的な需要がなければ原料を入れ換えることやサイロ増設ができないこともあり、生産可能なメーカーはサイロを増設するなどしたメーカーに限られ、当時は2社のみであった。

また、製品価格が普通コンクリートに比べ、増額になる。限られた工場でしか製作できないことから運搬費が増え、製品単価に転嫁するためであるが、遠方から運搬すると運搬時の排出ガスが増えてしまう。近隣の工場で製作するために原料入れ換えや設備投資をしても、その費用は製品価格に転嫁することになる。混和剤の種類や量が変わるため、製作時期により養生の費用が増額になることもある。

硬化中のコンクリートに振動などの外力を与えると、ひび割れなどが発生するため①の対応策が必要となってくる。②から⑥は温度や湿度の変化を与えないようするため、必要となる。以上の工程を終えたのち、型枠から外し、現場へ運搬される。

(5) 低炭素型コンクリート製品を用いた工事

低炭素型コンクリート製品を用いたのは、令和4年度に三重県桑名市長島町松蔭地先において施工した、堤防の嵩上げ工事である。本工事では、低炭素型コンクリート製品の大型コンクリートブロック（図-2）、約2000m²を設置した。低炭素型コンクリート製品だが、ブロックの構造は通常のコンクリートブロックと変わらないため、施工も変わらずでき、完成後の様子は図-3に示す。

本工事では、「カーボンニュートラルの実現に向けた取組」として、図-4のPR看板を現場に設置し、低炭素製品をPRすることで、意識啓発を高め、カーボンニュートラルの実現に貢献する取組を行った。

また、発注者向けに工場で低炭素コンクリート製品の製造過程の見学会を行った。見学会では、季節により製品単価が高くなる話や、製品の空気が触れにくい中央部が青っぽく見える（図-5）が、時間の経過とともに消える話など、メーカー側の視点で話を聞くことができた。このような機会を設け、発注者が低炭素製品や工場について知識を深めることで、他工事での採用の可能性が高くなる。



図-2 使用した大型コンクリートブロック



図-3 施工後の外観



図-4 PR看板

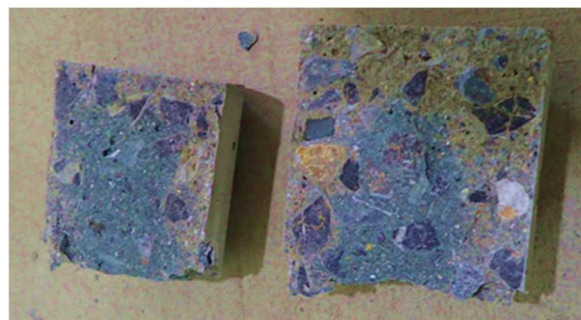


図-5 テストピース

3. 今後の活用について

本工事のように、一部の工事で試行するだけでは、CO₂削減量はわずかだが、標準化され、全ての工事で活用されるようになれば、CO₂削減量は有意なものになる。そのためには、以下のような取組や製品開発が行われるとよい。

- ① 多くの工場で生産可能になり、製品単価が従来品並みになること
- ② 各メーカーが積極的に設備投資できるよう、将来的な需要につながる取組を行うこと
- ③ 低炭素型コンクリートの養生に関する懸念をクリアし、現場打ちでも対応できるようにすること

建設業界のCO₂削減のためには、将来的に、低炭素型コンクリートに置き換わることが望まれる。そのために、現在の低炭素型コンクリートの課題を改善し、活用されるようにならなければいけない。

課題を改善するために、今後も試行工事を継続して発注することや、総合評価・工事評価の評価対象に加えることが発注者の取組として必要だと考える。また、メーカー側でも試行を重ね、現場でも養生できる配合を検討する等、より活用の幅が広がるよう開発を進めていくべきだと考える。

謝辞：本稿を執筆するに当たり，本工事を施工し，
資料を提供していただきました，伊勢土建工
業株式会社の皆様，ならびに，工場見学等の
調整に協力していただきました，全国土木コ
ンクリートブロック協会 中部地区連絡協会
の皆様に心より感謝申し上げます。