

カーボフィクス®セメントを使用した インターロッキングブロックおよび 地先境界ブロックの公共工事への適用

深谷市教育委員会 教育施設課施設整備係長 小澤 啓
太平洋セメント株式会社 研究開発本部セメント・コンクリート研究所
コンクリートソリューショングループ 深谷 峻平
太平洋セメント株式会社 研究開発本部セメント・コンクリート研究所
コンクリートソリューショングループリーダー 石田 征男

1. はじめに

地球温暖化の原因は二酸化炭素(以下、CO₂)やメタン、代替フロンなどの温室効果ガスと言われており、このうち最も多くを占めるCO₂の排出量削減に向けた取り組みが世界中の各産業分野で行われている。わが国では、2050年までに温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにするカーボンニュートラルの実現を宣言し、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」として、さまざまな分野でCO₂排出量削減に向けた取り組みが進められている¹⁾。

国内セメント産業は、年間約3,300万トンのCO₂を排出しており、排出削減対策が重要な課題となっている²⁾。太平洋セメントグループでは、NEDO助成事業「炭素循環型セメント製造プロセス技術開発」などを通じて、CO₂を分離・回収する技術のほか、回収したCO₂を廃コンクリートやコンクリートスラッジに固定化する技術、生コンクリートやコンクリート製品の製造でCO₂を積極的に活用する技術など、さまざまな技術開発に取り組んでいる³⁾⁴⁾。

このような取り組みの中で、太平洋セメント(株)は、セメント工場から回収したCO₂を活用する技術として、CO₂を吸収し硬化する「カーボフィクス®セメント」を開発した⁵⁾。カーボフィクスセメントは、通常のポルトランドセメントと同一の鉱物で構成され、中でもベーライト(β -C₂S)を主要鉱物とする。また、普通ポルトランドセメントよりもCaO含有率が低く、低温度でクリンカを焼成できるため、製造時のCO₂排出

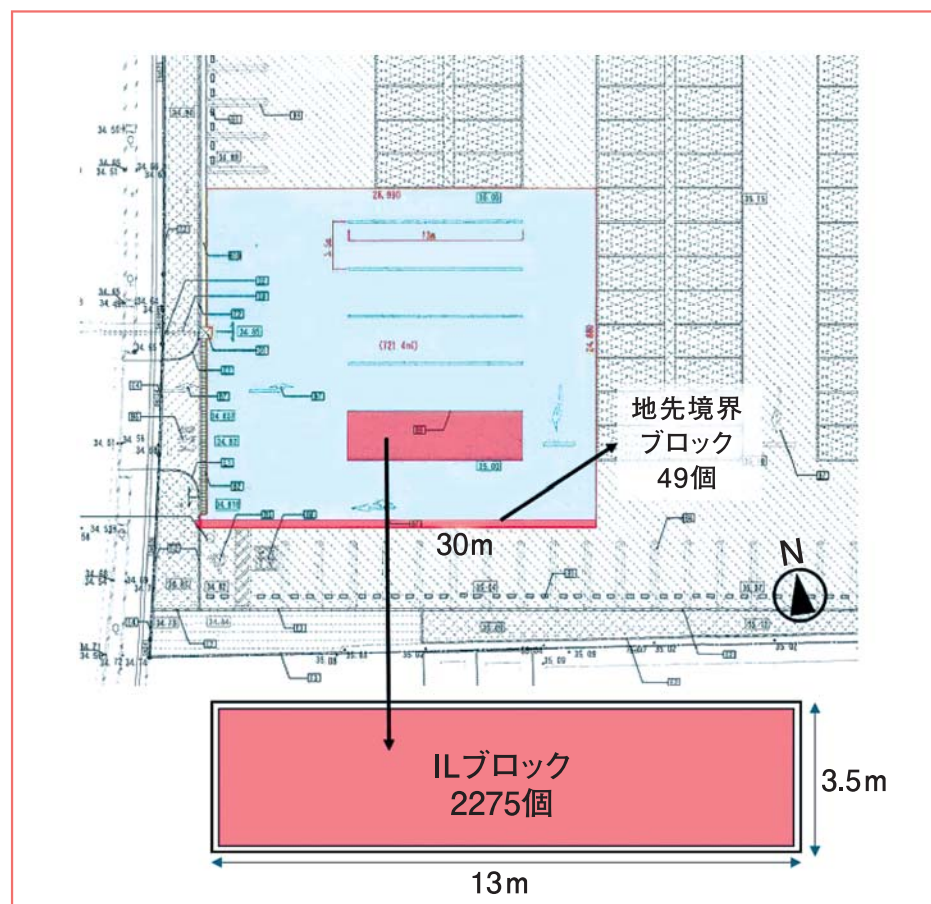


図-1 施工図面および概要

量が少ない。さらに、CO₂と化学反応することで硬化し、所定の強度を発現することとを特徴とする材料であり、炭酸化養生を行うことでCO₂を吸収・固定することから、通常のコンクリートよりも大幅なCO₂排出量の削減が可能になる。また、カーボフィクスセメントは、ポルトランドセメントと同様の現有設備を活用し、リサイクル材料を原料の一部として有効活用して製造できるという特長も有する。

本稿では、カーボフィクスセメントを使用したコンクリート製品を実際の製品工場で

製造し、実施工に適用した事例について報告する。

2. 施工現場の概要

施工現場は埼玉県深谷市の深谷市幼稚園・こども館複合施設「こどもふっかパーク」である。同駐車場における大型車両用区画(施工範囲721m²)を図-1に示す。今回は、大型車両用区画の1区画分(幅3.5m、延長13.0m、施工範囲45.5m²)にカーボフィクスセメントを使用

したILブロックを、ILブロック舗装部(図中水色部)とアスファルト舗装部の境界部分30mにカーボフィクスセメントを使用した地先境界ブロックを適用した。適用数量はILブロックが2,275個、地先境界ブロックが49個である。

3. ブロックの製造

3-1 ILブロックの製造

施工に使用したILブロックは、太平洋プレコン工業(株)埼玉工場(埼玉県熊谷市)で製造した。セメントはカーボフィクスセメントとし、それ以外は工場で通常使用している材料を使用した。コンクリートの配合についても工場で運用されている配合と同一とし、水セメント比は30%とした。形状は、(一社)インターロッキングブロック舗装技術協会が普及を推進しているIL4推奨ストレート型ILブロックであり、寸法は100×200×80mmとした。

ILブロックの製造工程を写真-1に、養生条件を図-2に示す。コンクリートの練混ぜは、工場の実機ミキサにて実施した。練混ぜ後のコンクリートは、加圧振動成形機を用いて即時脱型方式にて成形した。湿空環境で3日間の加温養生(最高温度38.6℃、平均温度32.1℃)を行った後に、太平洋セメント(株)研究開発本部(千葉県佐倉市)へ運搬し、炭酸化養生を行った。炭酸化養生条件は、温度30℃、湿度60%RH、CO₂濃度80%とし、養生期間は3日間、6日間および7日間とした。

3-2 地先境界ブロックの製造

本施工に使用した地先境界ブロックは、平野コンクリート工業(株)(千葉県市原市)で製造した。使用した材料はILブロックと同様に、カーボフィクスセメントを使用した以外は工場で通常使用しているものと同一とした。コンクリートの配合は、平野コンクリート工業(株)における普通セメントを使用した場合と同一とし、水セメント比は44%、目標スランプ10±2.5cm、目標空気量2.0±1.0%とした。

地先境界ブロックの製造工程を写真-2、養生条件を図-3に示す。コンクリートの練

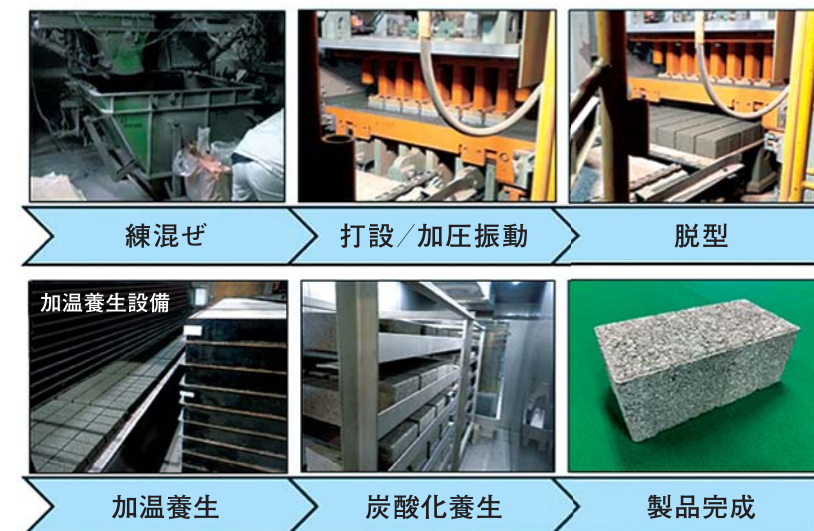


写真-1 ILブロックの製造工程

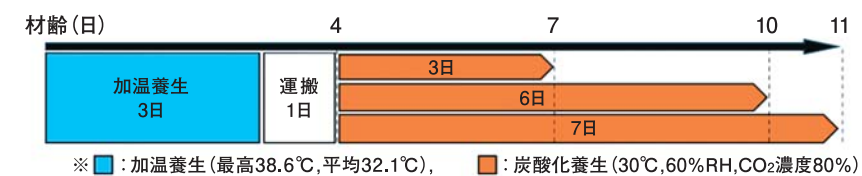


図-2 ILブロックの養生条件

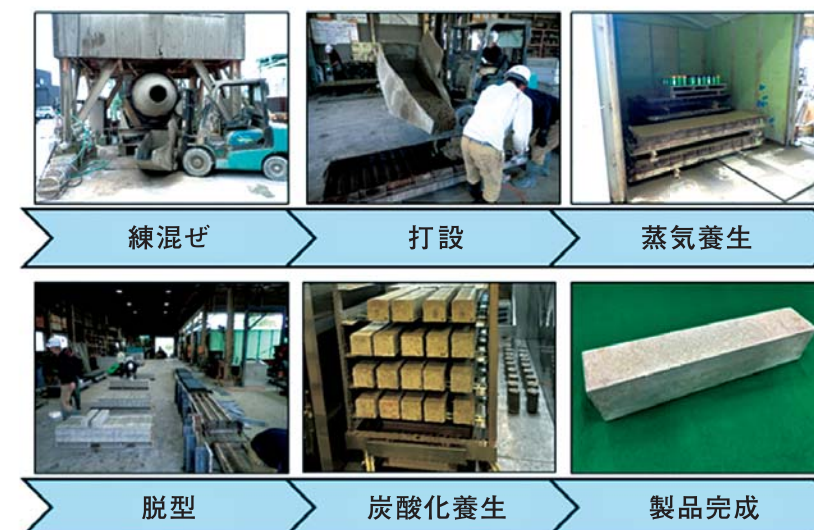


写真-2 地先境界ブロックの製造工程

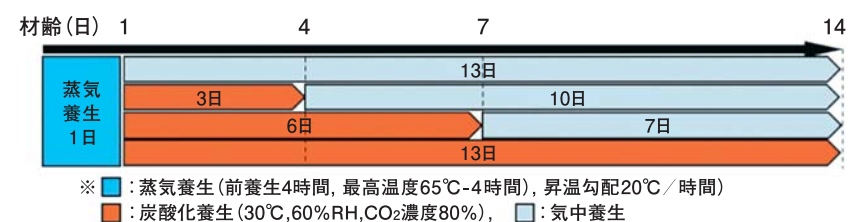


図-3 地先境界ブロックの養生条件

混ぜは、工場の実機ミキサにて実施した。練混ぜ後のコンクリートは地先境界ブロック(120×120×600mm)の型枠に打ち込み、工場内で蒸気養生を行った。蒸気養生は4時間の前養生を行い、その後、昇温速度20℃/時間で65℃まで上昇させた。最高温度に到達した後は約4時間保持(平均62.3℃)し、その後自然降温した。

蒸気養生終了後は材齢24時間で脱型し、太平洋セメント(株)研究開発本部へ運搬し炭酸化養生を行った。炭酸化養生条件は温度30℃、湿度60%RH、CO₂濃度80%とし、養生期間は3日間、6日間および13日間とした。炭酸化養生終了後は、研究開発本部の敷地内で材齢14日まで気中養生を行った。

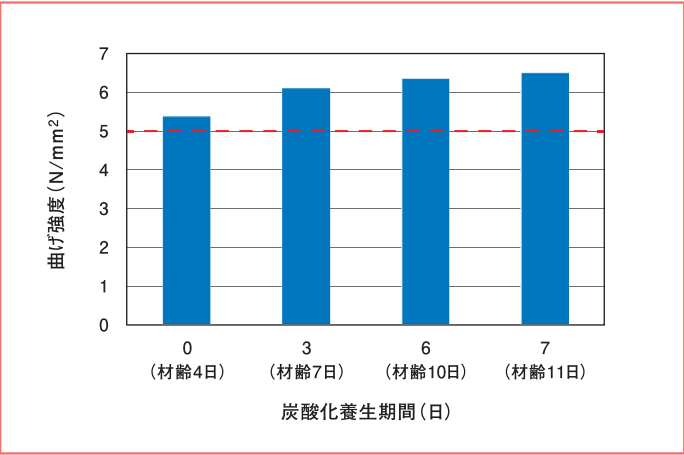


図-4 ILブロックの曲げ強度

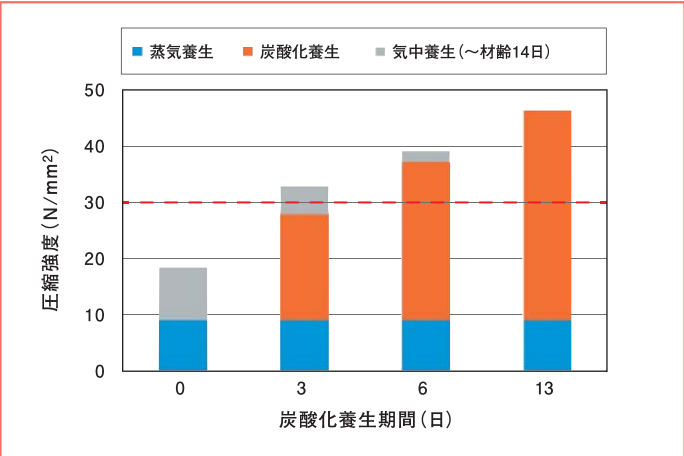


図-5 地先境界ブロックの圧縮強度

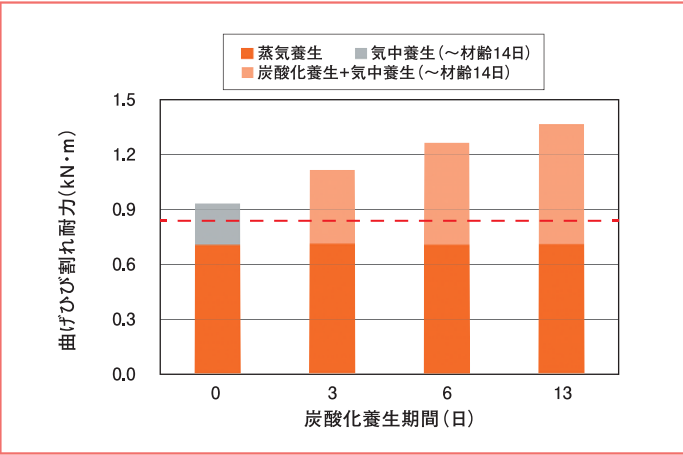


図-6 地先境界ブロックの曲げひび割れ耐力

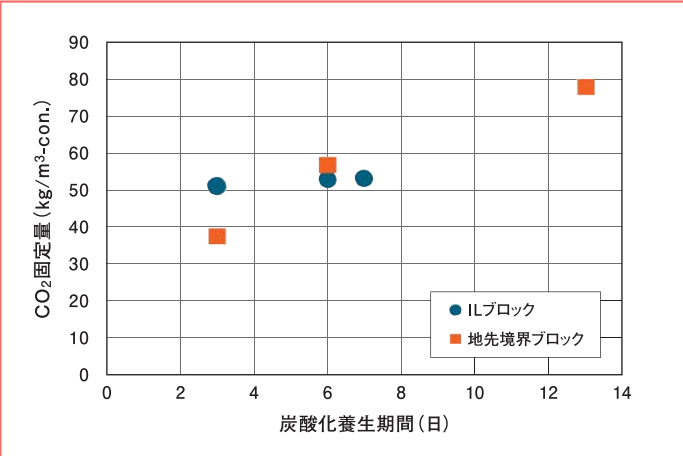


図-7 ILブロック、地先境界ブロックのCO₂固定量

4-2 地先境界ブロックの品質

任意に抜き取った2個の地先境界ブロックについて形状および寸法検査をした結果、JIS A 5371における寸法および寸法の許容差を満足していることを確認した。また、外観検査の結果、傷やひび割れ、欠けは認められなかった。

図-5にφ100×200mm供試体にて実施した圧縮強度試験の結果を示す。圧縮強度は、炭酸化養生期間が長いほど増加し、炭酸化養生期間を6日とすることで設計基準強度30N/mm²(図中破線)以上を十分に満足した。また、炭酸化養生期間が3日の場合においても、地先境界ブロックの出荷材齢である14日まで気中養生を行うことで強度が増進し、設計基準強度を満足することを確認した。

図-6に地先境界ブロックの曲げひび割れ耐力試験の結果を示す。材齢14日における曲げひび割れ耐力は、炭酸化養生を実施しない水準においてもJIS規定値0.84kN・m(図中破線)以上を満足した。



写真-3 施工時の様子

また、炭酸化養生期間が長いほど材齢14日における曲げひび割れ耐力は増加し、流込み製品においても炭酸化養生の延長により強度が増進することを確認した。このように、ILブロックと同様に従来使用している設備および配合を変更することなく、目標性能を確保できることを確認した。

5. CO₂固定量および施工による削減効果

図-7にILブロックおよび地先境界ブロックのCO₂固定量の結果を示す。ILブロックのCO₂固定量は、養生期間3日で51.1kg/m³-con.、6日で53.0kg/m³-con.、7日で53.0kg/m³-con.であり、炭酸化養生期間が長くなってもCO₂固定量はほぼ一定であった。他方、地先境界ブロックのCO₂固定量は炭酸化養生期間が長いほど増加し、養生期間3日で37.5kg/m³-con.、6日で56.8kg/m³-con.、13日で77.8kg/m³-con.であった。炭酸化養生期間とCO₂固定量の関係に差が生じた原因として、ILブロックはセメントペースト量が少ない即脱製品であり、空隙量が多く透気性が高いため炭酸化養生期間3日で十分に炭酸化が進行したのに対し、地先境界ブロックは組織が緻密な流込み製品であるため、炭酸化の進行が緩やかであったことが挙げられる。

本施工において、普通ポルトランドセメントを使用した場合に対する、カーボフィクスセメントを使用した場合のCO₂削減量を評価した。施工には炭酸化養生期間を6日としたILブロック、炭酸化養生期間を

13日とした地先境界ブロックを使用した。普通ポルトランドセメントを使用した従来のブロックに対するコンクリート1m³当たりのCO₂削減量(kg/m³)は、カーボフィクスセメント製造時におけるCO₂削減量と、炭酸化養生によるCO₂固定量を合わせた値により評価した。その結果、各製品のCO₂削減量は、ILブロックが76.3kg/m³、地先境界ブロックが100.5kg/m³であった。本施工におけるCO₂削減量については、上記の値にそれぞれの敷設体積(ILブロック:0.43m³、地先境界ブロック:3.64m³)を乗じることで算出した。その結果、ILブロックの施工区間では278.0kg、地先境界ブロックの施工区間では43.2kgのCO₂削減効果が得られ、合計で約321.2kgのCO₂排出量削減を実現した。

6. ブロックの施工

写真-3に施工時の様子を示す。地先境界ブロックの施工は2024年7月17日、ILブロックの施工は同7月29日に行われ、2024年9月より供用を開始した。

7. まとめ

本稿では、カーボフィクスセメントを使用したILブロックおよび地先境界ブロックを実施工に適用した事例を紹介した。カーボフィクスセメントを使用し炭酸化養生を行ったブロックは要求性能を満足するとともに、CO₂排出量削減にも効果があることが実証された。

今後、カーボフィクスセメントを活用したコンクリート製品の普及が進むことで、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みの一助となることを期待する。

【参考文献】

- 1) 経済産業省ほか：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、参照：https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf
- 2) セメント協会：セメント産業の現状と排出量取引の影響、2024 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/carbon_pricing_wg/dai2/siryou2.pdf, (accessed 2025-05-21)
- 3) 星野清一、平尾宙、林康太郎、野村幸治、上野直樹：2050年カーボンニュートラルに向けた取り組み／太平洋セメント、セメント・コンクリート、No.900(2022)
- 4) 佐々木幸一、阿武稔也、田場祐道、早川隆之：炭素循環型セメント製造技術の開発(その5) 生コンクリートへのCO₂固定化技術の開発、第76回セメント技術大会講演要旨集(2022)
- 5) 橋本真幸、小林和暉、扇嘉史、細川佳史：CO₂吸収・硬化セメント「カーボフィクス®セメント」の開発、セメント・コンクリート、No.906(2022)



おざわ・あきら

【著者略歴】
建設会社勤務を経て
2009年 深谷市役所入庁
現在 同市教育委員会教育施設課施設整備係長



ふかたに・しゅんぺい

【著者略歴】
2023年 太平洋セメント株式会社入社
現在 同社研究開発本部セメント・コンクリート研究所コンクリートソリューショングループ



いしだ・まさお

【著者略歴】
1997年 日本セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現在 同社研究開発本部セメント・コンクリート研究所コンクリートソリューショングループリーダー
博士(工学)