



CEM'S

セムズ

C
Cement/Concrete/Construction

E
Environment/Engineering

M
Materials/Mining

太平洋セメント株式会社 セムズ No.108 2026年4月発行/セムズ編集委員会

事務局 太平洋セメント株式会社 総務部広報グループ
〒112-8503 東京都文京区小石川1-1-1 文京ガーデン ゲートタワー

■宛名・宛先の変更、またはCEM'Sへの、ご意見ご質問等がございましたら下記までお知らせください。
FAX:03-5801-0365
E-mail: cems@taiheiyo-cement.co.jp



このパンフレットは「植物油インキ」を使用し、
「環境保護印刷」で作成され、自然に配慮しております。



000-0000

TAIHEIYO CEMENT

CEM'S

No.108 | Apr.2026
TECHNICAL INFORMATION



CONTENTS

●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

●コンクリート構造物の補修・補強設計の現状

株式会社太平洋コンサルタント 関西技術センター設計部設計グループリーダー…遠木 園 隆太
株式会社太平洋コンサルタント 関西技術センター長兼設計部長…濱田 譲

●屋久島町ゼロカーボンアイランド構想への協力 ーEV急速充電ステーションの新設ー

太平洋セメント株式会社 グループ戦略推進部戦略推進グループ…立岩 華英
太平洋セメント株式会社 グループ戦略推進部戦略推進グループリーダー…多田 克彦
太平洋セメント株式会社 GX推進部インフラ強化グループリーダー…橋本 真幸
太平洋セメント株式会社 GX推進部インフラ強化グループ…大森 寛人

●自然と共存するブロック「スプリットンブロック」 ～Vol.1スプリットンブロックの特長とスプリットン工業会の取り組み～

スプリットン工業会

「CEM'S質問箱」第70回

●流体シミュレーションを活用したセメント製造プロセスの開発

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

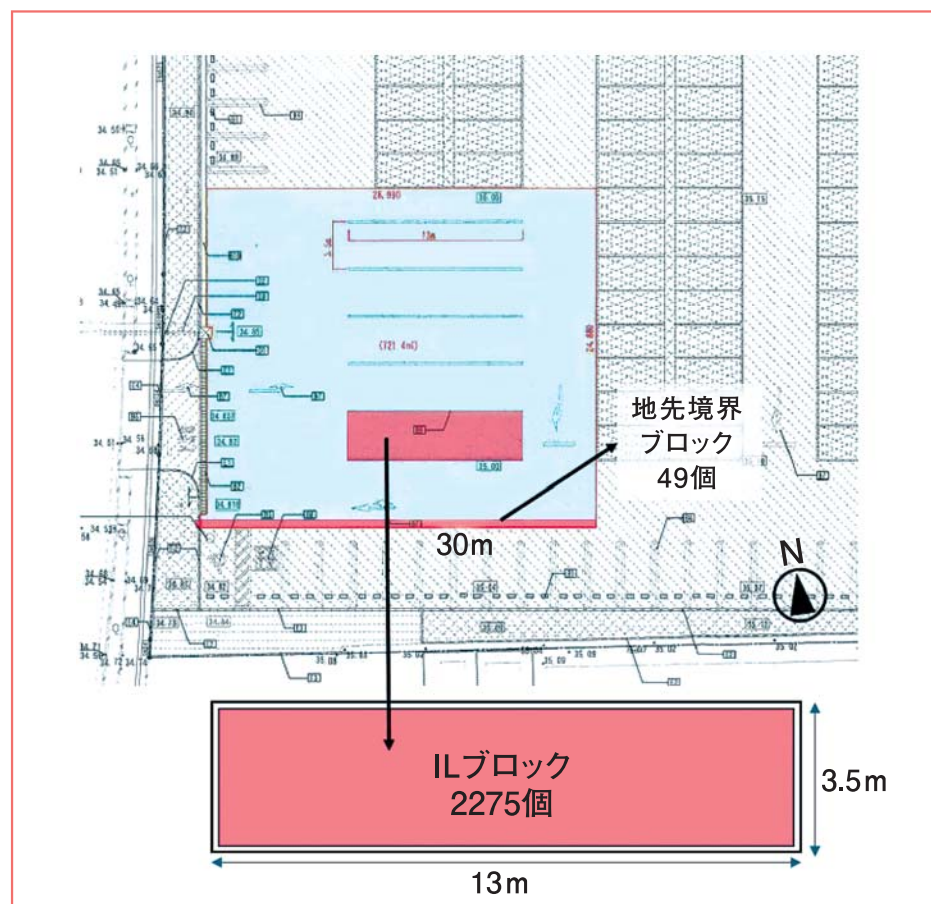


図-1 施工図面および概要

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

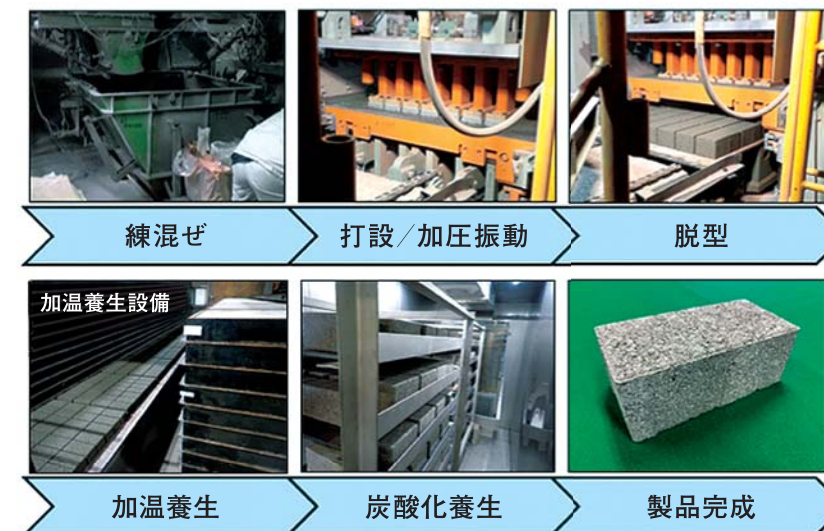


写真-1 ILブロックの製造工程

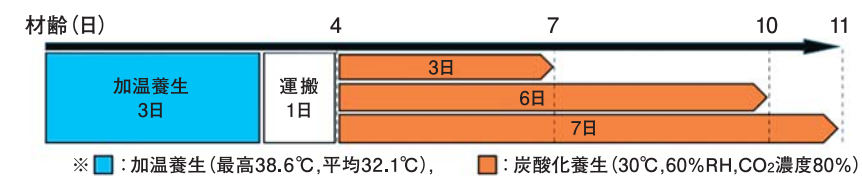


図-2 ILブロックの養生条件

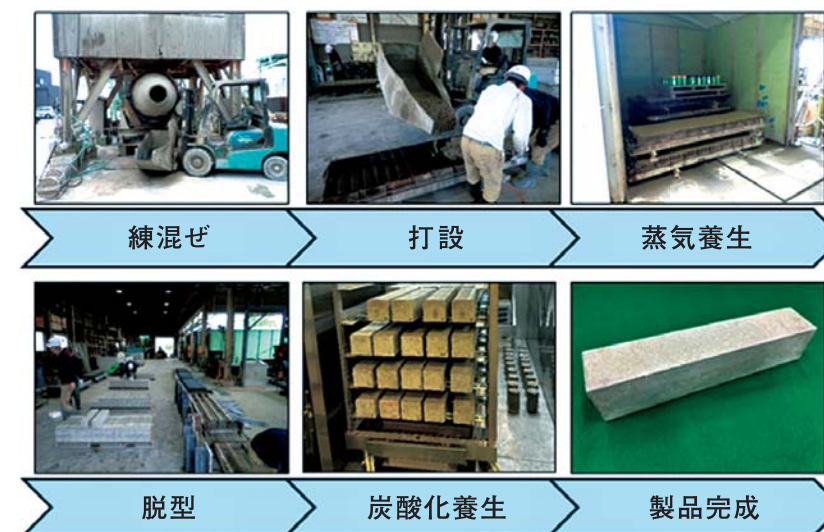


写真-2 地先境界ブロックの製造工程

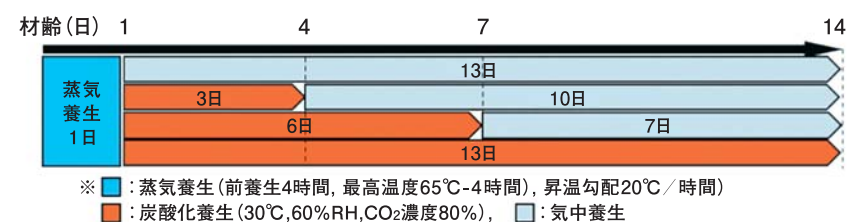


図-3 地先境界ブロックの養生条件

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。

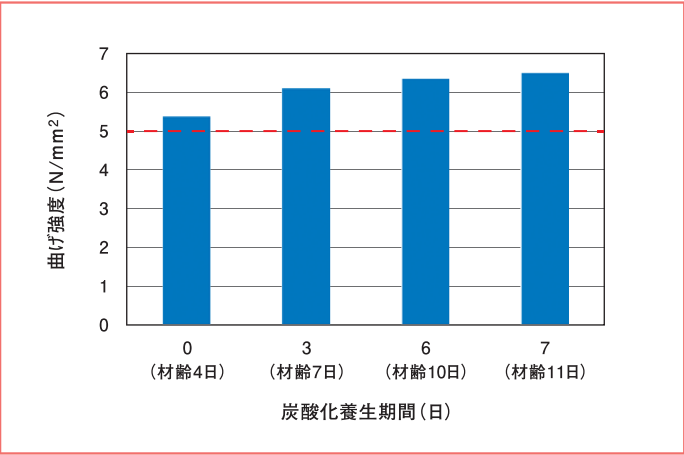


図-4 ILブロックの曲げ強度

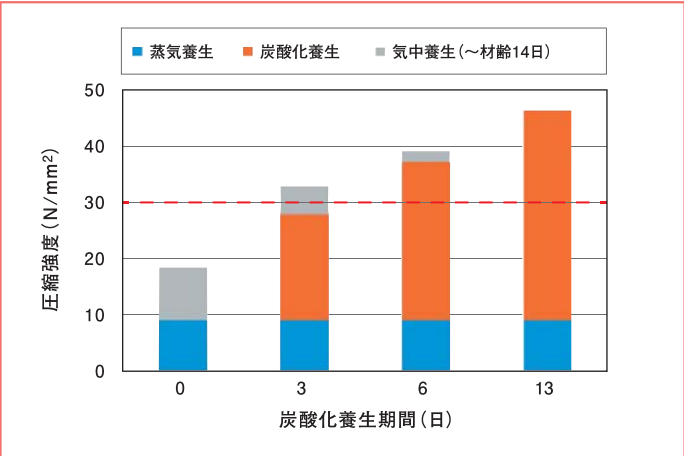


図-5 地先境界ブロックの圧縮強度

4. ブロックの品質評価

4-1 ILブロックの品質

任意に抜き取った3個のIL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-4にILブロックの曲げ強度試験結果を示す。ILブロックの曲げ強度は、炭酸化養生の有無にかかわらず、JIS規定値5.0N/mm²(図中破線)以上を満足する結果であった。また、炭酸化養生期間が長くなるに伴い、曲げ強度は増加した。カーボフィクスセメントを使用したILブロックにおいて、製品工場で実際に運用されている設備および配合を変更することなく、十分に目標性能を確保できることを確認した。

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。

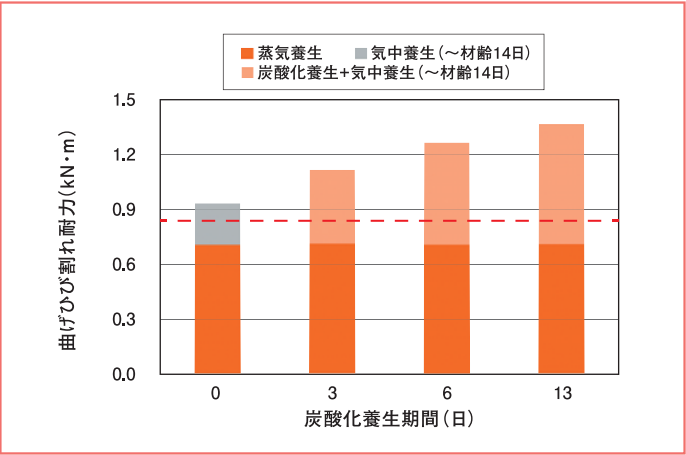


図-6 地先境界ブロックの曲げひび割れ耐力

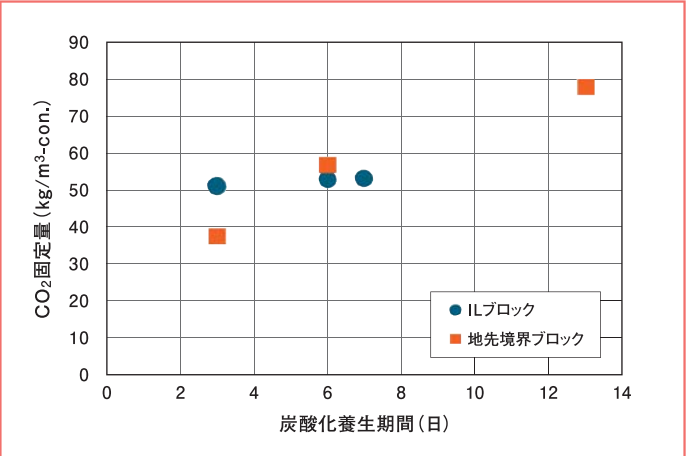


図-7 ILブロック、地先境界ブロックのCO₂固定量

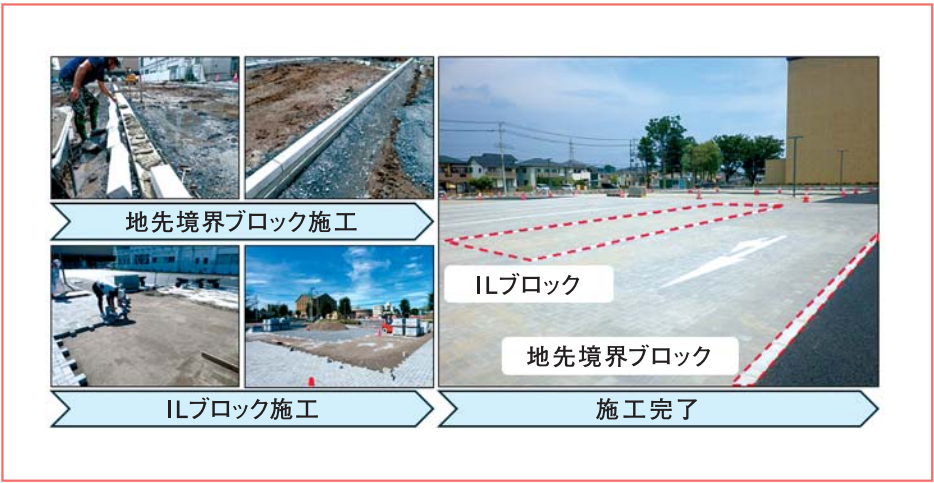


写真-3 施工時の様子

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)

A photograph of a concrete tunnel interior, showing the structure and the exit at the end. The tunnel has a smooth, light-colored concrete lining. The floor is also concrete and appears slightly wet or reflective. The walls are supported by vertical concrete pillars. At the end of the tunnel, there is a bright opening leading to an outdoor area with some vegetation and a road. The overall lighting is somewhat dim inside the tunnel, with the brightest light coming from the exit.

コンクリート構造物の 補修・補強設計の現状

株式会社太平洋コンサルタント 関西技術センター設計部設計グループリーダー 邊木 蘭 隆太
株式会社太平洋コンサルタント 関西技術センター長兼設計部長 濱田 譲

1. はじめに

社会インフラの中でも橋梁や道路といったコンクリート構造物は、日本の社会経済活動を支える極めて重要な基盤である。これらの構造物の多くは高度経済成長期に集中的に整備された結果、現在

では建設後50年以上が経過したものが
増加し(図-1)、老朽化が深刻化している。
特に、2012年の笹子トンネル天井板崩落
事故以降、社会全体でインフラの維持管
理に対する意識が高まり、国土交通省は
2014年に定期点検制度を義務化し、5年
に1度の近接目視点検を原則とした。これ

を契機に、劣化状況を適切に把握し、計画的な補修・補強を行う体制が全国的に整備されつつある。

近年の補修・補強設計の詳細調査においては、劣化現象の高度化・複雑化に伴い、より精緻な状態把握が求められている。従来の目視点検では把握が難しい微細なひび割れや内部劣化を評価するため、ドローンを活用した高解像度撮影、3Dレーザースキャナーによる形状測定、赤外線カメラによる内部剥離の検出など、非破壊検査手法が急速に普及している。また、点検で取得される膨大なデジタルデータを解析するため、AI画像解析技術を用いたひび割れ認識・分類システムが実用化されており、技術者不足が課題とされる地方自治体でも品質を確保した点検が可能となりつつある。

次に、それらの調査結果をまとめ、劣化原因の特定を行うことが重要となる。コンクリート構造物の代表的な劣化要因として、中性化、塩害、アルカリシリカ反応（以下、ASR）、凍害、疲労劣化などが挙げられる。これらの劣化メカニズムは構造物ごとに異なる環境条件に大きく左右

されるため、単なる表面的な損傷にとどまらず、材料試験、鉄筋腐食の電気化学的測定、コア抜き調査など、多角的な調査に基づく原因分析が不可欠である。この結果を踏まえ、表面被覆工法、断面修復工法、電気防食工法、ひび割れ注入工法、炭素繊維シートによる補強など、多様な工法の中から最適な補修・補強方法が選定される。

さらに、近年では「長寿命化修繕計画」の策定が全国で進められており、構造物のライフサイクルコスト(LCC)を最小化しつつ安全性を確保するための戦略的マネジメントが重視されている。これにより、損傷が顕在化してから対処する「事後保全」から、劣化の進行を抑制する「予防保全」への転換が図られている。例えば、塩害が懸念される橋梁に対して、早期の表面含浸材の塗布や防食仕様の適用により劣化進行を抑えるといった取り組みが広く実施されている。また、橋梁の床版には疲労強度の高い床版取替工法が採用されるなど、長期的な耐久性向上に資する設計思想が一般化している。

補修設計の現場では、国土交通省が推進するインフラDXの取り組みが大きな役割を果たしている。BIM/CIMを活用することで、構造物の3Dモデルに点検データ・劣化履歴・補修履歴を統合し、構造物の「デジタルツイン」として管理することが可能となった。これにより、補修位置や劣化程度をモデル上で視覚的に把握でき、関係者間での認識共有が容易になるだけでなく、施工計画の合理化、コスト縮減、工期短縮にも寄与している。また、クラウド型データベースを活用したインフラ管理システムも普及し始めており、地方自治体が広域的なインフラ管理を効率的に行える環境が整いつつある。

一方で、補修設計に関する課題も依然として多い。まず、技術者不足が深刻である。特に地方の自治体ではインフラ管理を担当する技術者が限られ、専門的な判断が必要な補修設計業務を十分に実施できないケースが見られる。また、インフラの老朽化が急激に進行する一方、

限られた財源の中でどの構造物に優先的に補修を施すかの判断が求められるため、リスク評価手法の高度化が必要とされている。さらに、気候変動に伴う豪雨・高温化により、従来の設計条件では想定されなかった新たな劣化リスクも顕在化しており、これらに対応した補修設計手法の確立が急務となっている。

2. 補修・補強設計における設計部の役割

2-1 補修・補強設計の基本的な考え方

コンクリート構造物の補修・補強設計は、劣化した構造物の安全性・耐久性、使用性を回復させ、所定の供用期間を確保することを目的として実施される。新設構造物と異なり、既設構造物には個別性が強く、劣化状況、環境条件、使用履歴、施工条件などのばらつきが大きい。このため補修・補強設計では、現地調査に基づく状態把握と、性能照査に基づく性能回復の両立が求められる。

補修設計の基本方針としては、①劣化要因の除去または緩和、②損傷部の回復、③表面保護による長寿命化などが挙げられる。補強設計では、④耐荷性能の向上、⑤耐震性能の確保、⑥耐久性能の向上が主な目的となる。劣化の種類(中性化、塩害、ASR、凍害など)と損傷形態(ひび割れ、剥落、断面欠損、鉄筋腐食)に応じて、適切な工法を選定し、性能回復の度合いを定量的に評価する必要がある。

2-2 調査・診断の段階における設計部の役割

補修・補強設計(図-2)の最上流となるのが調査・診断であり、ここでの判断が後工程の品質・コスト・工期に大きく影響する。設計部は調査計画の立案段階から参画し、ひび割れ調査、コンクリートコア採取、中性化深さ測定、塩化物含有量分析、鉄筋探索、強度試験、各種電気化学的試験などを組み合わせて劣化状況を把握する。

診断結果は構造物の性能低下を示す重要なデータであり、データのばらつき

や代表値の選定根拠を明確化した上で、劣化機構の推定、今後の劣化進行予測、補修範囲のゾーニング、補強必要性の判断などを行う。適切な診断が行われていない場合、過剰補修や補修不足につながるため、設計時の判断力と経験が極めて重要である。

2-3 補修・補強工法の選定と設計仕様の策定

補修設計では、損傷の種類と原因に応じて工法を選ぶ必要がある。例えば、ひび割れにはエポキシ樹脂注入や可とう性樹脂注入、断面欠損にはポリマーセメントモルタルによる断面修復、鉄筋腐食には防食工法（再アルカリ化・脱塩・犠牲陽極法）、表面保護では遮塩・防水・中性化抑制コーティングなどが採用される。

補強工法では、鋼板接着、炭素繊維シート(CFRP)補強、RC巻立て、鋼板巻立て、PC外ケーブルなどがあり、それぞれ耐荷性能・耐震性向上に有効である。構造物の用途、施工条件、供用制限、コスト、耐久性、施工性を総合的に評価し、最適な工法組合せを決定する。

さらに、工法ごとに材料仕様、下地処理条件、品質管理項目、施工時温湿度条件、検査基準などを詳細に定義し、設計図書に反映させる。

2-4 性能照査と安全性評価の実施

補修・補強後の構造物が要求性能を満足するかどうかは、性能照査により評価される。耐荷性能では、鉄筋の減肉量や断面欠損を考慮した再評価を行い、必要に応じて補強量を算定する。耐震性能では、保有水平耐力や塑性変形能力の向上を目的とした補強工法を検討する。

耐久性能については、中性化進行速度、塩害の拡散モデル、ASRの進行予測など用いて、補修後の耐久年数を評価する。性能照査は、設計部が発注者や管理者に対して補修・補強の妥当性を説明するための根拠となるため、合理性と透明性の高い設計が求められる。

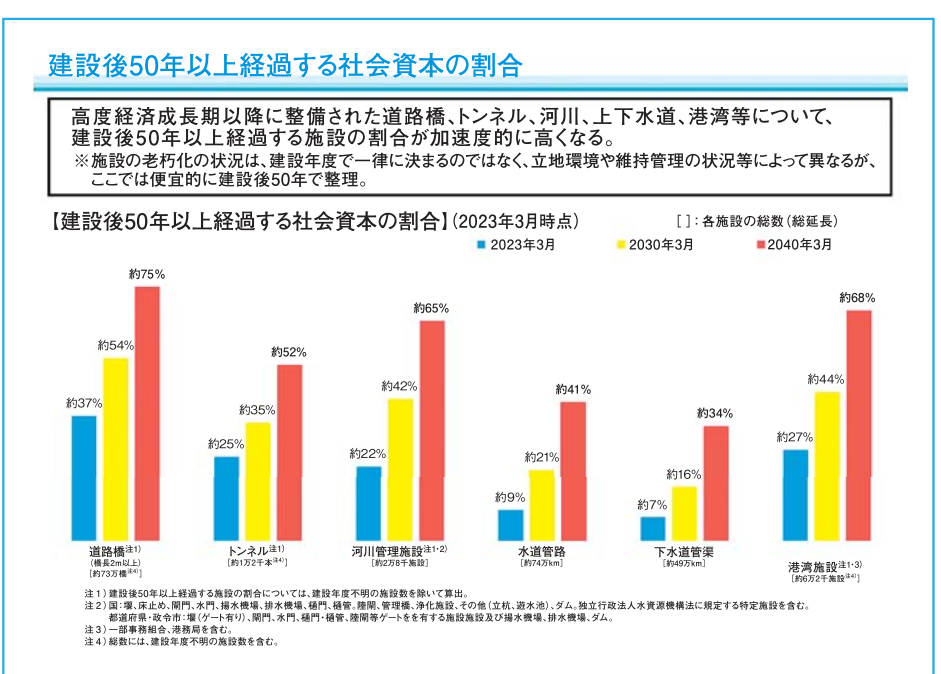


図-1 建設後50年以上経過する社会資本の割合(国土交通省インフラメンテナンス情報より抜粋)
(<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/index.html>)

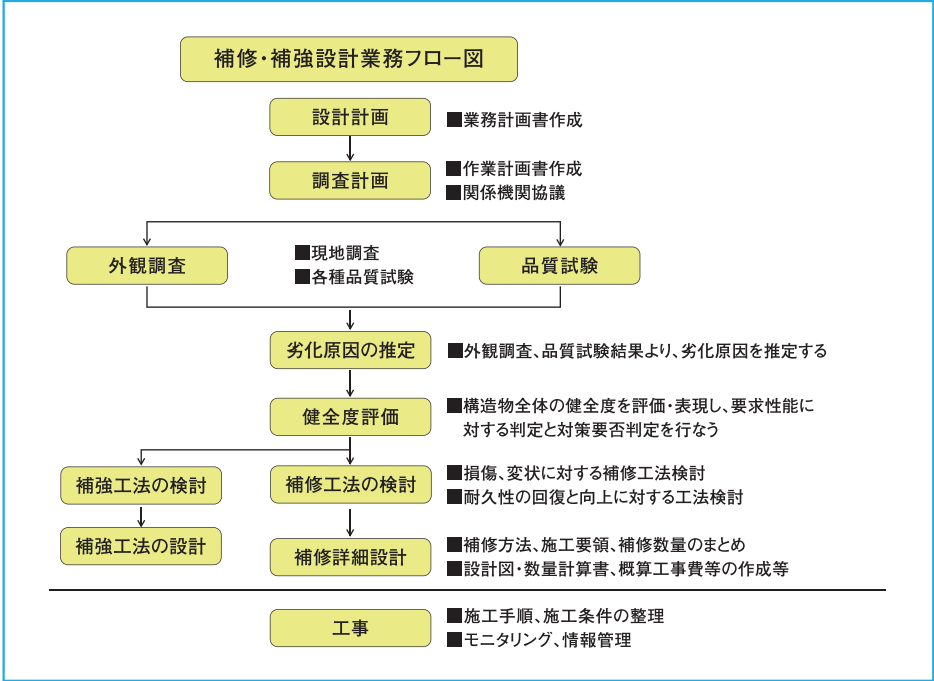


図-2 補修・補強設計フロー図

2-5 施工段階における設計部の役割

補修・補強工事は現場条件の影響を強く受けるため、設計時には施工計画書の事前確認、施工手順の妥当性評価、材料の受入検査基準の共有、施工中の不具合発見時の技術判断などを担う。

ただし、現場で想定外の損傷が発見されることも多く、その際には迅速に設計変更や追加補修方法を決定する必要がある。

また、品質検査への立会い、付着強度試験やひび割れ充填率確認など、品質

確保のための役割も重要である。施工段階での設計部の機能が不十分な場合、補修効果が十分に発揮されず、再劣化リスクが高まる。

2-6 維持管理への引き継ぎと記録の整備

補修・補強設計は工事完了で終わるものではなく、その後の維持管理に適切に引き継がれる必要がある。そのため、補修範囲、使用材料、施工条件、検査記録などを整理し、維持管理者が次回点検で確認すべき項目を明確に示す。

特に、耐久性に関する計算根拠や補修後の期待寿命、モニタリングが必要な場合の閾値設定などは、長期的な維持管理にとって重要である。設計部は、補修・補強を単発の工事としてではなく、構造物の長寿命化計画の一部として位置付け、体系的な情報管理を行う役割も担っている。



写真-1 側面



写真-2 内空断面



写真-3 頂版損傷状況



写真-4 側壁損傷状況

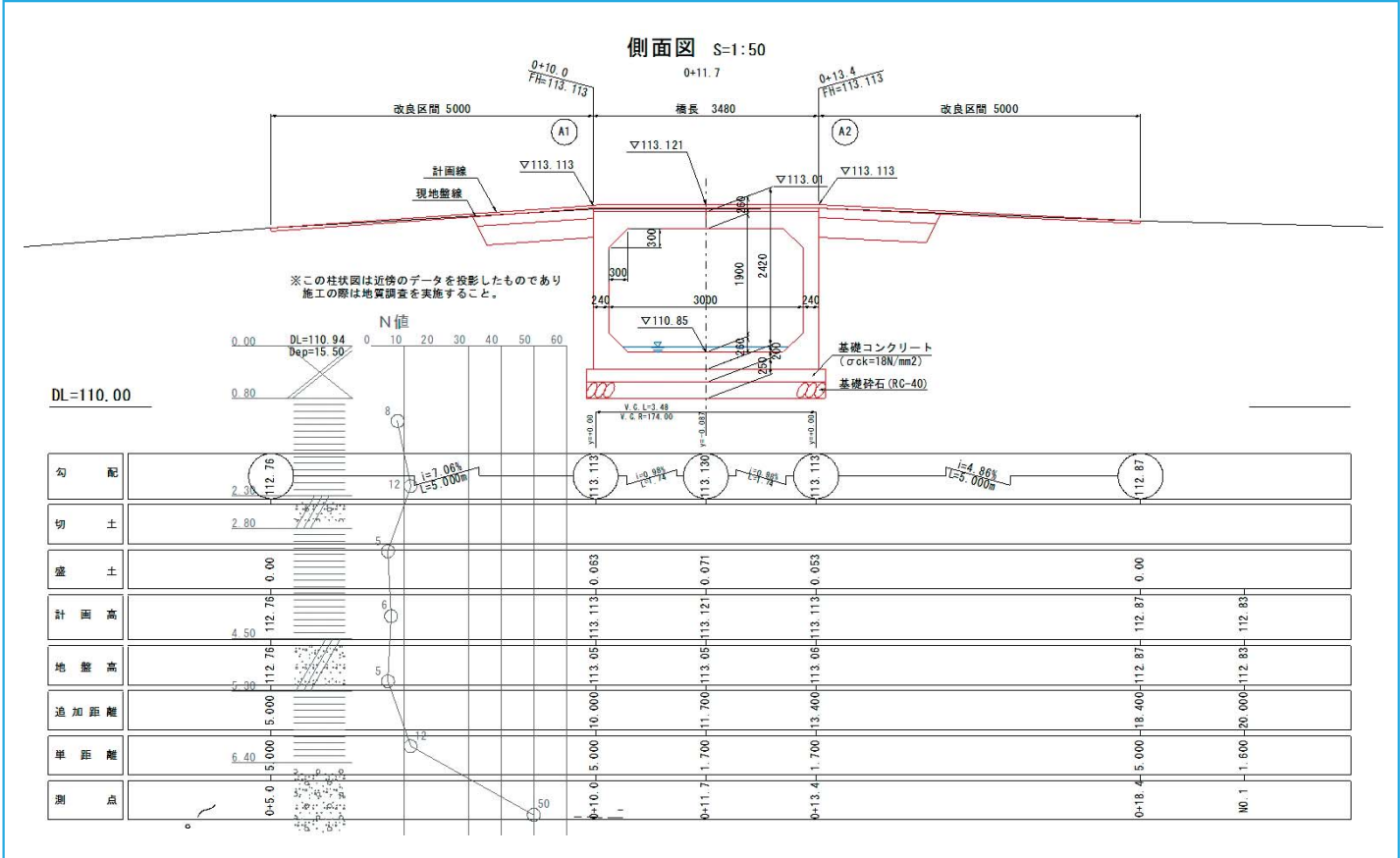


図-3 更新後の橋梁一般図抜粋

3. 事例紹介

本項では、当社で行った補修・補強設計について2つの事例を紹介する。

事例1は、ボックスカルバートの補修設計を行う予定であったが、外観変状調査の結果、補修設計では機能や性能の回復が見込まれないため、プレキャストボックスカルバートの新設となった事例である。

事例2は、架設年度不明の橋梁に対してコンクリートミキサー車が通行可能であるかどうか、橋梁上部工の耐荷重の算定を行ったものである。

3-1 事例1

「降雪地域のボックスカルバート補修・補強設計から架け替え(新設)」

業務概要

橋梁名: ○橋
架設年: 不明(橋梁台帳にて昭和61年4月調査済み)
路線名: 市道○線
上部工形式: RC橋 RC溝橋(ボックスカルバート)
基礎形式: 直接基礎
橋長: 3.48m
幅員: 7.5m(有効幅員7.0m)

本橋の外観変状調査および詳細調査にて、頂版の橋軸方向への貫通ひび割れ、側壁のひび割れが確認できた(写真-1~4)。これらの要因として、本来車両の荷重を分散させるための土被りが確保されておらず、通行車両による衝撃が直接頂版に作用したことによる疲労

によりコンクリートの損傷が促進され、頂版の下面と上面を繋ぐ貫通ひび割れが発生したと判断した。

また、本橋は寒冷地に立地しており、衝撃により発生したひび割れへ路面からの浸透水が凍結融解を繰り返しひび割れ面が摩擦し、さらに劣化が促進されたと考えられ、これらの貫通ひび割れはコンクリートの一体性を損ね、耐荷性の低下が著しく、一般的な補修設計を行ったとしても、架設当時の性能の回復は期待できないと判断し、土被り確保も含めた更新(新設)をすることとした。

図-3に更新後の橋梁一般図の抜粋を示す。

3-2 事例2

「架設年度不明の橋梁において、コンクリートミキサー車の通行に必要な耐荷力の算定」

業務概要

橋 梁 名:○橋

架 設 年:不明(1964年以降)

路 線 名:林道

上部工形式:単純RC床版橋

基 礎 形 式:不明

橋 長:9.6m

幅 員:2.9m(有効幅員2.5m)

橋梁の耐荷重を算定する際には、コンクリートおよび鉄筋の許容応力度を設定する必要がある。一般には、設計時に適用された規準に準拠して許容応力度を設定するが、本橋梁の建設時期は不明で、適用規準を特定することができない。そこで、周辺情報に基づいて建設時期および適用規準を特定し、各材料の許容応力度を設定することとする。

車両載荷条件は、走行するコンクリートミキサー車の設計荷重(活荷重)を図-4に示すように、最大積載量3,000kgのコン

	前輪軸重	後輪軸重	摘要
車両重量(kg)	1610	1680	
生コン重量(kg)	0	2500	100%後輪載荷
車両総重量(kg)	1610	4180	
車両総重量(kN)	15.8	41	

表-2 コンクリートミキサー軸距				
支間(m)	軸距(m)	衝撃係数	Pf:前輪軸重	Pr:後輪軸重
9.140	2.525	-	前輪軸重	後輪軸重

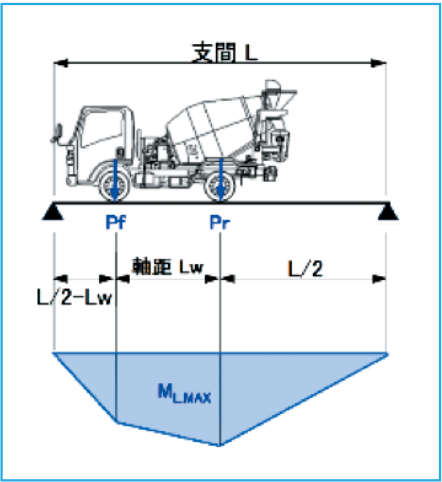


図-4 車両載荷条件

表-3 鉄筋コンクリート床版の設計計算結果一覧表

耐荷重計算書 鉄筋コンクリート床版の設計(矩形断面) 総括表					
区 分	名 称	入力値/許容値	単 位	摘 要	
基本寸法	版長	9.600	m	農道橋	
	支間長(斜)	9.140	m		
	車道幅	2.500	m		
	地覆幅	0.200	m		
	地覆高	0.150	m		
	斜角	90.0000	(°)		
荷重	(活荷重)群集荷重	0.000	KN/m ²	考慮しない(通常5KN/m ²)	
	最大曲げモーメント	109.841	KN/m ²	ML_max:ミキサー車の支間中央最大曲げモーメント/別途算出	
	高欄荷重	0.883	KN/m	実測値	
	種類	Co舗装			
舗装工	最大厚	70	mm	舗装重量は最大値と最小値の平均厚	
	最小厚	50	mm		
配筋条件	床版厚	40.0	cm		
	主鉄筋径 D-	25	mm		
	主鉄筋ピッチ	125	mm		
	主鉄筋振り(下面主鉄筋中心)	49.5	mm		
許容応力度	鉄筋規格	SD295			判定
	コンクリート設計基準強度	24	N/mm ²	6 c=8.0>7.2	OK
	鉄筋の許容引張応力度	140	N/mm ²	6 ck=140>138	OK
説明図	※コンクリートの設計基準強度は、現橋から採取したコア試験結果から6ck=24N/mm ² とした。(資料参照)				

クリートミキサー車による支間中央曲げモーメントを算定し、床版断面下縁に配置されている引張鉄筋に作用する引張応力度が許容値以下となること(許容応力度法)を確認する。

曲げモーメント算定のための設計条件

①床版自重:現地実測による形状寸法測定、橋梁一般図作成

②橋面荷重(地覆・高欄・舗装):現地実測による形状寸法測定、橋梁一般図作成

③コンクリートミキサー車荷重:2DG-XZU

600E(車検証により確認)

④衝撃荷重:考慮しない(幅員が狭く徐行走行のため)

⑤群衆荷重:考慮しない

⑥車両荷重:ミキサー車(型式2DG-XZUE)の後輪に、図-5に示す軸距にて生コンの積載重量と後輪軸重を静荷重として載荷し、支間中央曲げモーメントが最大となるように載荷する

また、その結果を表-1、2に示す。

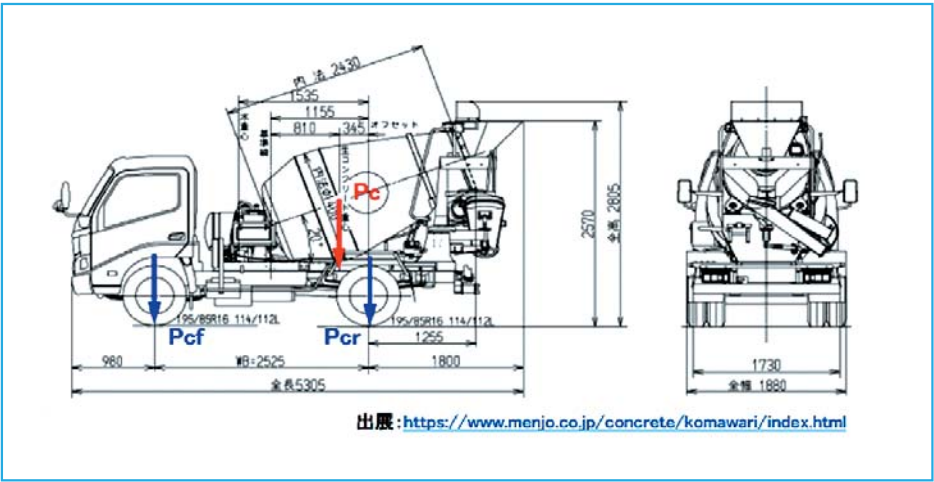


図-5 コンクリートミキサー車の軸距

以上を踏まえて耐荷力の算定をした結果、過大な衝撃を与えない限り、コンクリートミキサー車の通行に必要な耐荷力を有していると判断した。

表-3にその結果を示す。

4. コンクリート構造物における事後保全から予防保全への移行

4-1 事後保全の限界

事後保全は目に見える損傷を契機に設計や工事を行うため、突発的な交通規制や緊急対応が発生し、地域の実生活・経済活動に負荷を与える。また、劣化が進行した状態での補修は範囲が広く、断面修復量や施工手間が増大し工事費が高騰しやすい。さらに、複数の構造物で同様の時期に劣化が進むと、施工業者や技術者が不足し、必要な対策が遅延する点も指摘されている。このように、事後保全には費用増加、緊急対応の増大、社会的影響の大きさといった明確な限界が存在する。

4-2 事後保全から予防保全へ

日本では高度経済成長期に多くのインフラが整備され、その多くが供用後50年以上を迎えている。コンクリート構造物の劣化は塩害、中性化、凍害、疲労、アル

カリ骨材反応など多岐にわたり、複合的な進行を示す。従来の事後保全は、損傷が顕在化してから対策を行う方式であり、突発的な機能低下や異常が社会的影響を伴って発生する可能性が高い。こうした背景から、施設の機能や性能に不具合が生じてから修繕等の対策を講じる事後保全から、劣化の初期段階で適切に介入し、長寿命化を図る予防保全型管理への転換(図-6)が必須となっている。予防保全は安全性だけでなく、費用面や維持管理体制の持続性にも大きく寄与する。

4-3 予防保全

予防保全は、劣化の兆候が発現した段階で計画的に対策を行うことで、構造物の性能低下を最小限に抑え、長期的な維持管理コストを削減する手法である。点検データや診断結果を基に、軽微な補修や表面保護を適切なタイミングで行うことで、深刻な損傷への進行を防ぎ、より安定した運用が可能となる。また、予防保全は資産の健全度を管理するアセットマネジメントの核となる概念であり、自治体や企業の維持管理計画の高度化にも不可欠である。

4-4 予防保全の効果と今後の展望

予防保全は短期的には点検回数の増加や軽微補修に伴う費用が発生するが、長期的には緊急補修の減少、事故リスクの低減、資産価値の維持といった多面的な効果が期待できる。特に、構造物の再劣化を抑制し、ライフサイクルコストを削減できる点が大きい。今後は、データ活用的高度化と維持管理体制の強化が進み、より効率的かつ計画的な予防保全が主流となるが見込まれる。組織的なスキル向上や調達方式の見直しも併せて進めることで、持続可能なインフラ管理が実現できる。

5. おわりに

コンクリート構造物の老朽化が進む中、劣化の早期発見、計画的な補修、データに基づく判断を組み合わせることで、安全性の向上と長寿命化を両立できる。今後はデジタル技術の活用をさらに進め、効率的で持続可能な維持管理体制を確立することが求められ、事後保全から予防保全への移行は不可欠である。

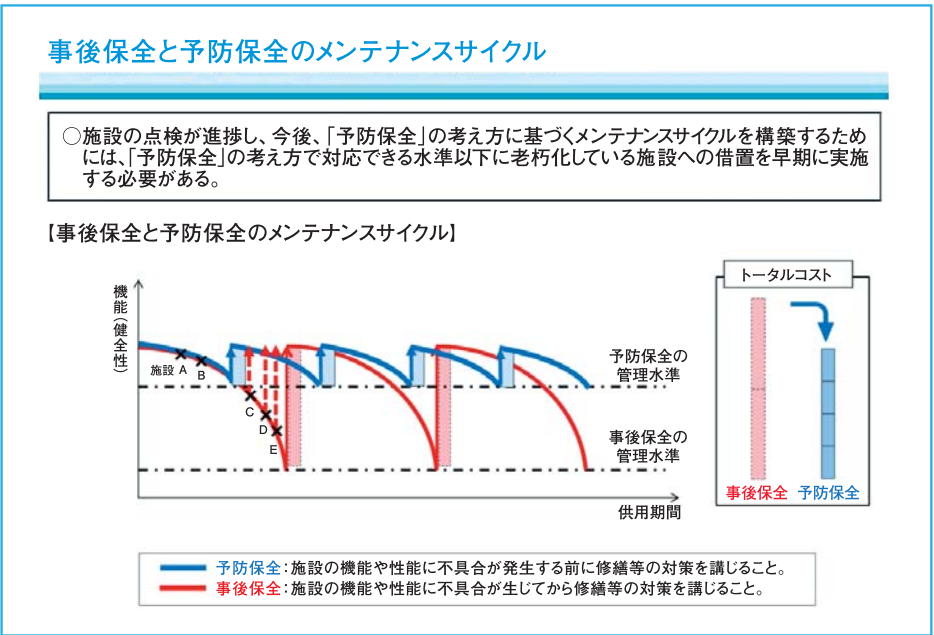


図-6 事後保全と予防保全のメンテナンスサイクルの比較(国土交通省インフラメンテナンス情報より抜粋)(<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001375673.pdf>)

へきその・りゅうた

【著者略歴】
2017年 株式会社太平洋コンサルタン
入社
現 在 同 社 関 西 技 術 セ ン タ ー 設 計 部 設 計 グ ル ー プ リ ー ダ ー

はまだ・ゆずる

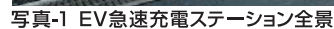
【著者略歴】
2023年 株式会社太平洋コンサルタン
入社
現 在 同 社 関 西 技 術 セ ン タ ー 長 兼 設 計 部 長

Yakushima Island

太平洋セメント株式会社	グループ戦略推進部戦略推進グループ	立岩	華英
太平洋セメント株式会社	グループ戦略推進部戦略推進グループリーダー	多田	克彦
太平洋セメント株式会社	GX推進部インフラ強靱化グループリーダー	橋本	真幸
太平洋セメント株式会社	GX推進部インフラ強靱化グループ	大森	寛人

太平洋セメント(株)は、カーボンニュートラルの実現を中長期的な成長戦略の中心に位置付け、革新的なCO₂回収技術やCCUS(Carbon dioxide Capture and Storage)などの先端技術開発を進めています。また、気候変動に伴い増加する激甚災害への対策として、当社グループが保有する防災・減災技術の普及活動にも取り組んでいます。これら取り組みの一環として、当社の26中期経営計画では鹿児島県熊毛郡屋久島町が掲げる「ゼロカーボンアイランド宣言」への積極的な協力を重点施策に位置付けています。

屋久島町では、水力発電による電力を活用した無料のEV充電器を設置するなど、EVの導入を推進しており、当社ではその協力の第一弾として、屋久島電工(株)のグループ会社が運営するスーパーマーケット「ライフセンターヤクデン」の敷地内に、



EV急速充電ステーションおよびライフセンターヤクデンは、屋久島の海の玄関口である宮之浦港から徒歩圏内に位置し、島民の皆さんはもちろん、観光客に広く利用されています。EV急速充電ステーションの全景を写真-1に示します。本施設には、ニチコン(株)製の100kWEV急速充電器を設置しており、約30分で電池

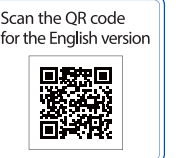
充電器周辺には、買い物客やEVを充電中の方が休憩できるよう、鹿児島県産火山堆積物であるシラスを活用したコンクリート製の休憩所を新設しました。さらに、駐車場には低炭素型コンクリートであるカーボフィクス®セメントを使用した遮熱タイプのインターロッキングブロック(ILブロック)を敷設しています。EV充電用の区画は青と白の2色、その以外の区画は赤、青、白の3色で構成し、視認性と機能性を両立

Yakushima Town and TAIHEIYO CEMENT CORPORATION join hands to create a carbon-free future.

Yakushima Town sets goal to achieve zero CO₂ emissions by 2050 by utilizing nature and renewable energy. In support of this initiative, TAIHEIYO CEMENT CORPORATION has constructed a rest area on the grounds of a supermarket operated by a subsidiary of a Taiheiyo Cement group company, YAKUSHIMA DENKO Co.

セメントは暮らしに欠かせない材料ですが、製造過程で多くのCO₂を排出します。

TAIHEIYO CEMENT CORPORATION is advancing various initiatives aimed at achieving carbon neutrality.
The process of producing one ton of cement uses approximately 500kg of waste, which contributes to reducing environmental impact and lowering energy costs.



VGP(Volcanic Glass Powder)は、火山噴出物を原料とし、マグマが急冷することで生成した火山ガラスを主成分とする微粉末です。2020年にはJIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」が制定され、さらに、2024年のJIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の改定により、生コンクリートの混和材料として正式に

鹿児島県内には、

写真-2 シラス採取場

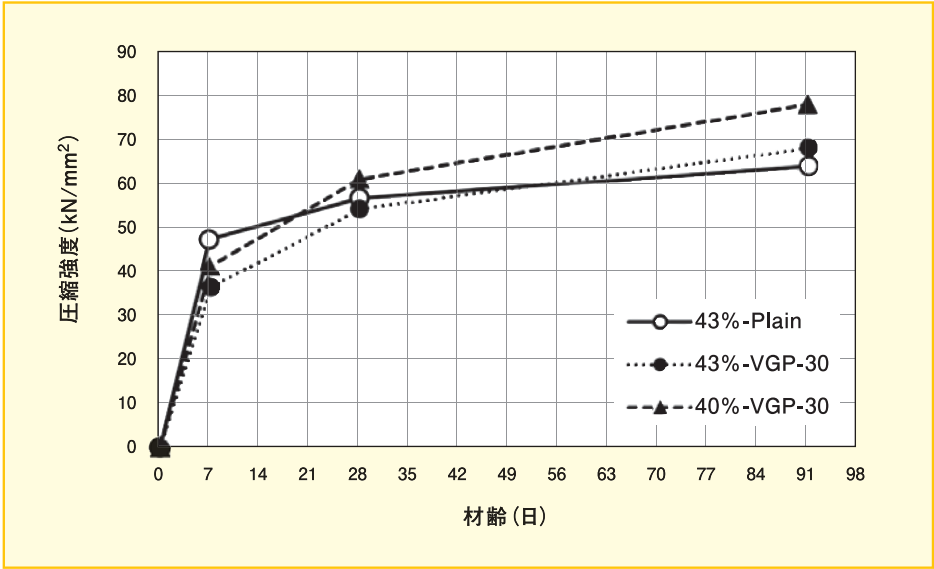


図-2 セメントの一部をVGP-II種に置換したコンクリートの圧縮強度



写真-3 休憩所



写真-4 EV急速充電器と倉庫

やすいことから、これまで「厄介者」とされてきました。しかし、鹿児島県工業技術センターではシラスの工業利用のための研究開発を継続しており、近年、シラスを原料としてVGPを製造する技術を確立しました³⁾。シラス由来のVGPは製造時に焼成工程を必要としないため、CO₂排出量は普通ポルトランドセメントの1/10以下⁴⁾であることが確認されており、VGPをセメントの一部に代替して使用することでコンクリートの低炭素化が可能となっています。

本施工では、コンクリートの低炭素化と長寿命化の実現、さらにシラスの地産地消を目的として、鹿児島県産のシラスを原料としたVGPを採用しました。

3-2 床デッキ

休憩所の床デッキには、VGP-I種を用いた高強度コンクリートを採用し、太平洋プレコン工業(株)愛知工場にて製造しました。水結合材比(W/B)が20%以下となる配合で、普通ポルトランドセメントの一部をVGP-I種に置換することで、製造に必要な流動性を確保しています。有機繊維も併用することで、部材厚40mmと薄肉仕様でありながら、長寿命化を特徴とする床デッキとなっています。

います。

シリカフェーム(以下、SF)を同量置換した配合と比較した流動性と圧縮強度の結果を表-1に示します。VGP-I種を用いた場合、スランプフローおよび圧縮強度はやや低下したものの、製品として要求される性能を十分に満足することを確認しました。

3-3 休憩所、EV急速充電器倉庫、看板

休憩所(柱・桁・屋根・ベンチ)、EV急速充電器倉庫、看板の構造部材には、VGP-II種を用いたコンクリートを採用し、H.O.C(株)にて製造しました。コンクリートの圧縮強度結果を図-2に示します。セメントの30%をVGPに置換した配合では、無置換のコンクリートと比較して材齢7日では圧縮強度が低下したものの、材齢28日および91日では同程度以上の強度を発現することが確認されました。

本施工では、コンクリート表面にウォータージェット加工を施し、意匠性の向上を図っています(写真-5)。ウォータージェット加工時点で所定の強度を確保する必要がありますため、製造工場と協議の上、W/B=40%の配合を採用しました。

表-1 床デッキ試験結果

水準	スランプフロー(mm)		圧縮強度(N/mm²)
	練上がり直後	30分後	
SF配合	315	300	163.3
VGP-I種配合	295	280	148.6



写真-5 ウォータージェット加工したコンクリートの表面

また、セメントの一部をVGPに置換したことによるCO₂削減率は約27%となりました。さらに、既往研究では、VGPを用いたコンクリートは塩分浸透抵抗性が向上することが報告されています⁵⁾。塩害環境が厳しい屋久島においても、VGPの使用により構造物の耐久性が向上することが期待できます。

3-4 タイヤ止めブロック

駐車場に設置するタイヤ止めブロックには、W/B=50%、普通ポルトランドセメントの55%をVGP-II種に置換したコンクリートを採用しました。

国土交通省では「ポルトランドセメントの置換率が55%以上のもの又はこれと同等以上のCO₂削減効果(約50%)のあるもの」を低炭素型コンクリートと呼称し、その活用を推進しています⁶⁾。タイヤ止めブロックに使用したコンクリートは、CO₂排出量を約50%削減できることから、環境負荷を大幅に低減できる材料として今後さらに幅広い用途への適用が期待されます。

4. カーボフィクス®セメントを使用したILブロック舗装

カーボフィクスセメントは、CO₂と反応して硬化する特性を有する材料です⁷⁾。普通ポルトランドセメントと同様の設備を使用し、原料にリサイクル材料を多く活用してクリンカーを製造します。また、普通ポルトランドセメントに比べてCaO含有率が低く、クリンカーの焼成温度を約100℃低減できるため製造時のCO₂排出量も削減できます。さらに、コンクリートの炭酸化養生によりCO₂を固定化できることから、製造段階と養生段階の双方で大幅なCO₂排出量削減が可能となります。

2024年には、カーボフィクスセメントを使用した積みブロックやインターロッキングブロック、地先境界ブロックが公共工事に採用されました⁸⁾⁹⁾。この実績を踏まえ、本施工においてもカーボフィクスセメントを使用したILブロックを採用しました。ILブロックは、太平洋プレコン工業(株)埼玉工場にて製造しています。

5. おわりに

EV急速充電ステーションは2025年11月末に完成し、12月5日に竣工式を執り行いました。供用開始後は、買い物客を中心に多くの方にご利用いただいています。屋久島にお越しの際は、ぜひライフセンターヤクデンにお立ち寄りください。

また、竣工式当日には、屋久島町、屋久島電工社、当社の三者による「屋久島町ゼロカーボンアイランド宣言協働事業に関する包括連携協定」が締結され、調印式も開催しました。本協定では、①屋久島の再生可能エネルギーの価値の最大化に向けた活用推進に関すること、②自然災害への防災・減災の取り組みに関すること、③インフラの長寿命化への整備に関すること、④建設材料のCO₂排出量の削減に関することを掲げています。

現在、屋久島町との継続的な対話を通じて、新たなプロジェクトの計画を進めています。今後も本協定に基づき、当社グループ技術と商材を活用した取り組みを一層推進してまいります。

【参考文献】

- 1) 屋久島町: <https://www.town.yakushima.kagoshima.jp/info-public/57361> (閲覧日: 2026年1月28日)
- 2) 河端 秀一, 武島優也, 石下幸司: 散水固化材「SOLIDサンド目地」・「SOLIDサンド防草」の開発, 太平洋セメント技術情報誌CEM'S, 第105号, pp12-15, 2025.1
- 3) 袖山 研一, 友寄 篤, 野口 貴文, 東和朗: 乾式比重選別によるシラスの全量活用, 鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集, 2020
- 4) 袖山 研一, 友寄 篤, 野口 貴文, 東和朗: シラスのコンクリート用材料としてのJIS化の経緯と今後の展開, 鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集, 2024
- 5) 友寄 篤, 野口 貴文, 袖山 研一, 東和朗: コンクリート用火山ガラス微粉末を用いたコンクリートの基本特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 40, No.1, 2018
- 6) 国土交通省: https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001188.html (閲覧日: 2026年1月28日)
- 7) 太平洋セメント: CO₂吸収・硬化セメント系材料「カーボフィクス®セメント」の開発に成功, 太平洋セメントニュースレター, 2022.9
- 8) 太平洋セメント: カーボフィクス®セメントを使用した低炭素型の積みブロック(スプリットブロック)を公共工事で初めて採用, 太平洋セメントニュースレター, 2024.8



写真-6 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

9) 太平洋セメント: カーボフィクス®セメントを使用した車道統一型インターロッキングブロックと地先境界ブロックが公共工事に採用, 太平洋セメントニュースレター, 2024.9



たちいわ・はなえ

【著者略歴】
2020年 太平洋セメント株式会社入社
現 在 同社グループ戦略推進部戦略推進グループ



ただ・かつひこ

【著者略歴】
1992年 小野田セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現 在 同社グループ戦略推進部戦略推進グループリーダー



はしもと・まさゆき

【著者略歴】
1995年 秩父小野田株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現 在 同社GX推進部インフラ強化グループリーダー



おおもり・ひろと

【著者略歴】
2021年 太平洋セメント株式会社入社
現 在 同社GX推進部インフラ強化グループ

自然と共存する「スプリットンブロック」

～Vol.1 スプリットンブロックの特長とスプリットン工業会の取り組み～

スプリットン工業会

1 スプリットンブロックとは

スプリットンブロックは、日本で初めて人工的に割肌を再現したコンクリートブロックとして、1968年に誕生しました。製造方法は、2個分の体積を持つブロックを一体成型し、硬化後に機械的に割る(図-1)ことで、天然石のような自然な割肌を再現するという技術です。この「割る(SPLIT)」と「石(STONE)」を組み合わせた名称が「スプリットン」の由来です。

従来の流し込み成型のコンクリートブロックは、表面の質感や色調が天然石材とは大きく異なり、景観との調和に課題がありました。スプリットンブロックは、こうした問題を解決するために開発され、自然石特有の陰影や肌合いを再現しながら、量産性・規格化・施工性に優れた製品として、道路工事や宅地造成時の法面保護擁壁、公園・緑地・運動場・霊園の擁壁、河川・海岸の護岸擁壁など、幅広い分野で活用されています(写真-1)。

今号と次号の2回にわたってスプリットンブロックの概要と工業会の取り組み、製品について紹介します。

2 伝統美と現代技術の融合

日本では古来より、城壁や石垣などの天然石を用いた乱積み(写真-2)工法や

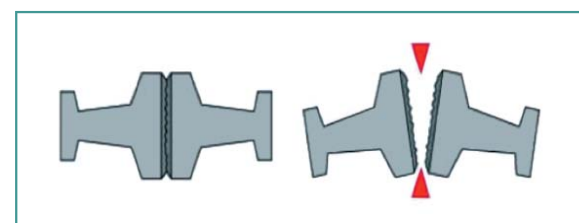


図-1 スプリットンブロックの割裂工程



写真-1 スプリットンブロックの使用例



写真-2 天然石を用いた石積擁壁(左:乱積み 右:谷積み)

布積み工法が景観文化の象徴として受け継がれてきました。さらに、石材を斜め45度程度に傾けて使い、下の石が作る「谷」の部分に上の石を落とし込むようにはめ込んで積んでいく谷積み工法がより強固な積み方として普及しました。しかし、天然石材の枯渇により、従来の石積み工法を維持することが困難になっています。スプリットンブロックはこうした背景

を踏まえ、伝統的な造形美を現代技術で再現しました。即時脱型方式(図-2)による製造により、強振動・強圧縮を同時に加えることでコンクリートを保形し、一つの型枠で複数のブロックを製造す

ることができ、高い寸法精度と均質性を確保します。さらに、スプリットされた割肌は二つとして同じ製品がないため、自然石のように景観に調和する美しさを提供します。またブロックが小型であるため曲線施工も可能であり、大型ブロックには困難な景観美を提供することができます(写真-3)。

スプリットンブロックは、景観性だけでなく環境負荷低減にも配慮した製品となっています。



写真-3 スプリットンブロックのカーブ施工

3 環境に配慮した設計思想

スプリットンブロックは、景観性だけでなく環境負荷低減にも配慮した製品となっています。

3-1 明度低減、テクスチャー

割裂による凹凸面が光の反射を抑え、目に優しい景観を実現します。施工直後

から周囲に馴染み、時間の経過とともに自然なエイジング効果が得られます。スプリットンブロックの明度は3.5～6.0の範囲で、国土交通省が定める「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に適合しており、景観保全の観点からも高く評価されています(図-3)。

また、コンクリート系護岸の場合、素材(ブロック)に適度なテクスチャーを持たせることが求められています。護岸ブロックのテクスチャーは、輝度の標準偏差(ばらつき)を指標としており、その値は11以上を目安とすることが望ましいとされています。(公社)全国土木コンクリートブロック協会のテクスチャー証明書を取得した結果、スプリットンブロックは、輝度の標準偏差が30～70の範囲で、目安とされて

いる11を大きく超えていることから、最適な河川景観や自然環境の保全につながることが確認できました(図-4)。

3-2 CO₂排出量削減

スプリットンブロックは、積みブロック(流し込み成形)に比べて二酸化炭素(以下、CO₂)の排出量が少なく、環境負荷が低いことが分かりました(図-5)。これは即脱成形という製造方式のため最適な材料充填が可能なことから、流し込み成形と比較して単位セメント量が少なくなるからです。一方で成形機に使用する電力由来のCO₂排出が多いという課題も分かりました。今後、効率的な成形方法に改良を加えることで、エネルギーの消費をさらに抑制できるものと期待されます。

また、これまでスプリットン工業会では、カーボフィクス®セメントを使用したスプリットンブロックを製造し、道路法面補強

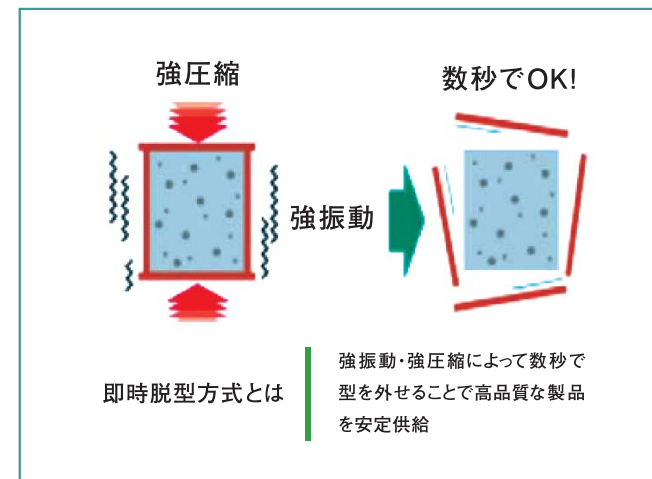


図-2 即時脱型方式

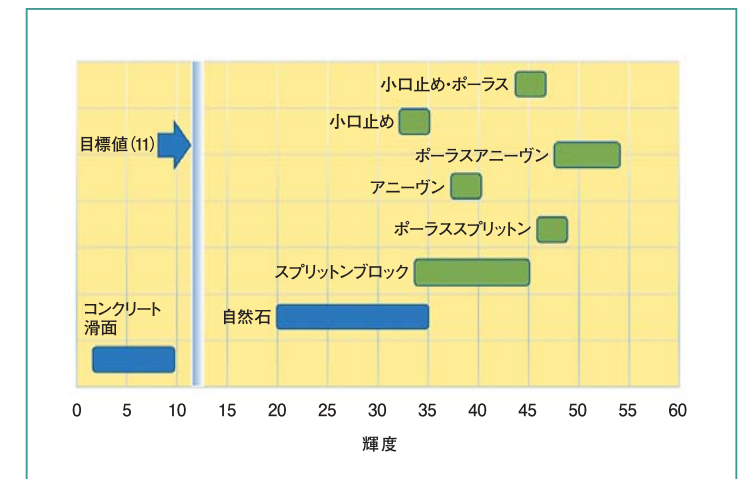


図-4 輝度の標準偏差

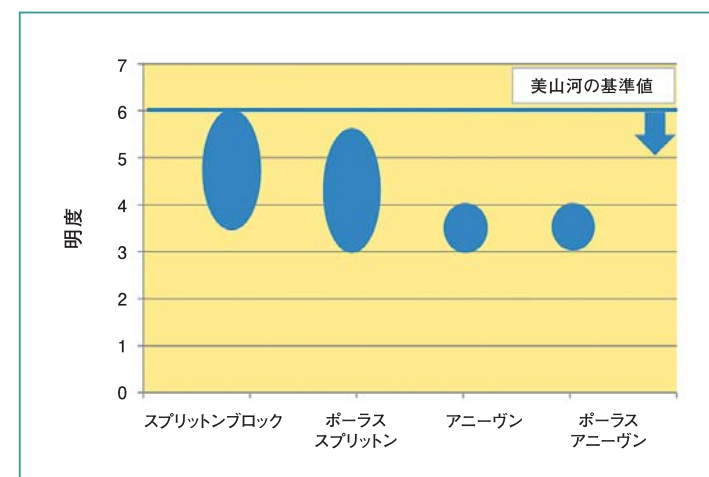


図-3 平均明度の範囲

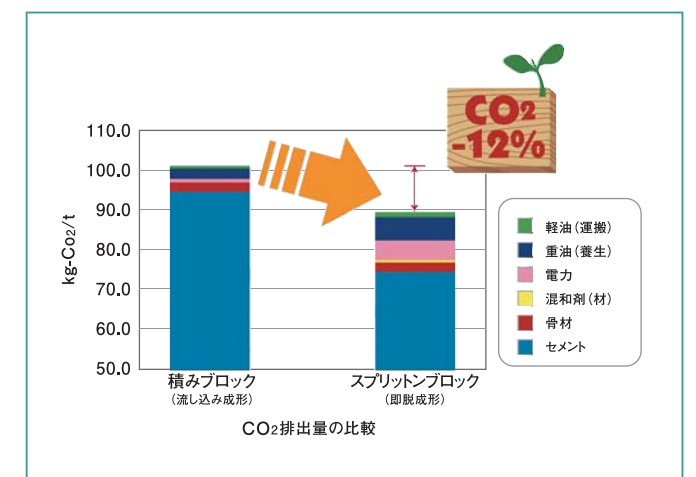


図-5 スプリットンブロックのCO₂削減量

工事に適用しました。この時製造したスプリットブロックは1m³当たり約40kgのCO₂を固定しており、環境負荷の低減に貢献しました。今後の活動としては、高炉セメントB種や高炉セメントC種相当のセメントを使用したスプリットブロックを製造し、強度や耐久性等について評価を行うことも検討しており、積極的にカーボンニュートラル対応の取り組みを進めていきます。

3-3 騒音低減効果

表面の凹凸が音を吸収し、静かな環境づくりに貢献します。ポーラススプリットブロックと普通コンクリート積みブロックが併設する道路法面において、車両騒音を比較しました(図-6)。法面直前に騒音計を設置し(右図A)、速度70km/hで車両が走行した場合、ポーラススプリットブロックは普通コンクリート積みブロックに比べて、オーバーオール騒音レベルで2.1(dB)の車両騒音低減効果が認められました(図-7)。

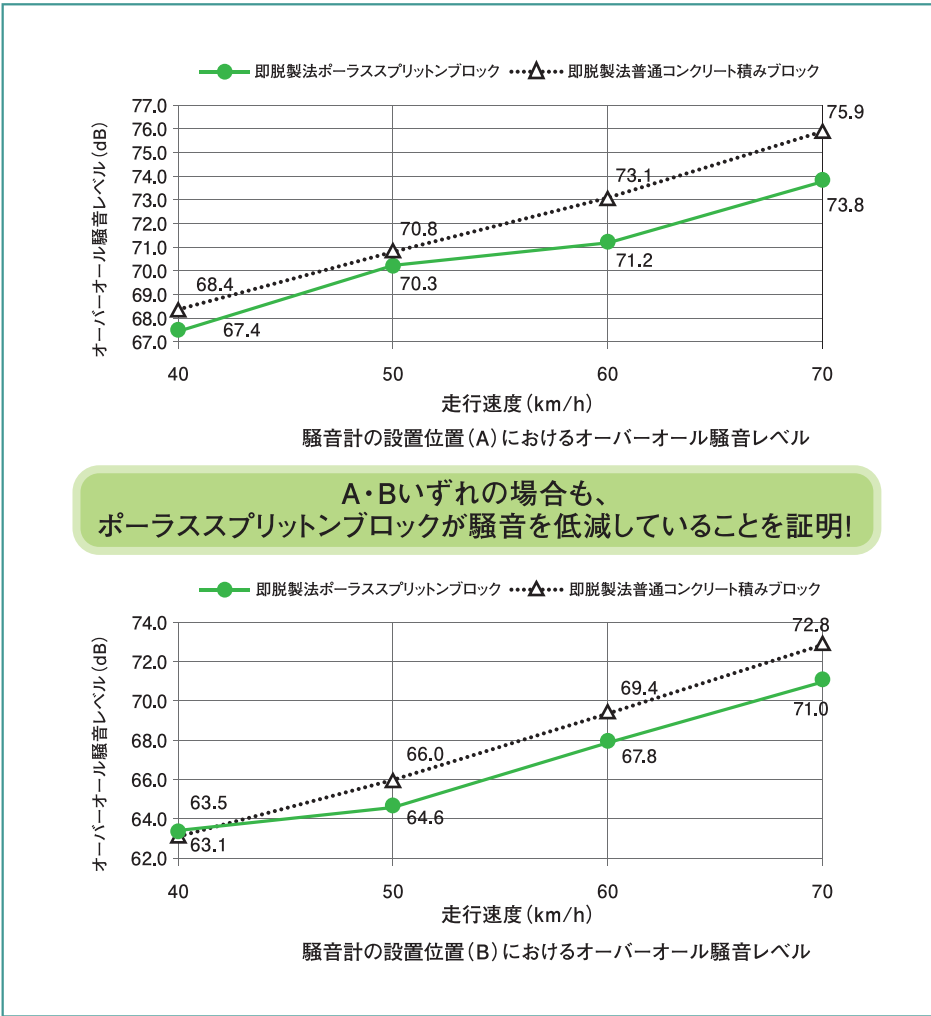
3-4 優れた凍結融解性

ポーラススプリットブロックは凍結融解に対して十分な抵抗性があり、寒冷地でも使用できます。施工後15年が経過したポーラススプリットブロックの外観観察を行ったところ、スケーリングやポップアウトなどの凍結融解を原因と見られる劣化は認められませんでした。また、SEMによる組織観察では、健全な水和物を維持していることが確認できました(図-8)。

コア抜きした供試体の観察では、ブロック内部でも劣化がなく健全な状態を保っていることが確認できました(図-9)。



図-6 車両騒音測定の実験条件



4 スプリットン工業会について

スプリットン工業会はスプリットンブロックを製造しているコンクリート製品メーカー全国10社（正会員9社、賛助会員1社）からなる組織です（表-1）。昨今土木事業だけでなく、全世界的に自然環境の保護育成が叫ばれており、素材的にもよりナチュラルな材料が使用される傾向にあります。スプリットン工業会でも従来のコンクリートブロックだけでなく、ポーラススプリットン、アニーヴァンスプリットンのようにその土地に住む虫や草花の生育を妨げず、生態系に溶け込むように景観に配慮した製品も生み出しており、社会のニーズに応えています。また、会員各社も研究を重ね、確かな品質の製品を送り出すよう努力を重ねています。

最近では、施工時における作業者の負担が課題となっていたため、ブロックの合端部のサイズやデザインを改良し、ブロックを持ち運びやすくしました。施工時の作業動作をビデオで撮影、各動作の体の負担箇所を繰り返しチェックし人間工学の視点から分析を行い、ブロック形状の改良、施工性の改善につなげました（図-10）。



手や腰への負担が少なく起こせる！

図-10 スプリットンブロック合端部の改良

表-1 スプリットン工業会会員一覧

	会社名	住所	TEL
正会員	北海道スプリットン工業（株）	北海道札幌市北区8条3丁目28番地 札幌エルプラザ11階	011-788-5206
	山富産業（株）	長野県松本市川城1-2-9	0263-25-0387
	（株）イワタ	静岡県静岡市清水区長崎300番地	0543-45-1171
	立岩石材興業（株）	静岡県伊豆市上船原810	0558-87-0831
	揖斐川工業（株）	岐阜県大垣市万石2丁目31番地	0584-81-6171
	センシン（株）	三重県名張市滝之原3905番	0595-68-8008
	（株）西田興産	愛媛県大洲市穂森248	0893-25-0211
	（株）ネオコンクリート	福岡県福岡市早良区田村7-27-8	092-861-7788
	三和コンクリート（株）	大分県豊後大野市三重町菅生431-34	0974-22-3303
賛助会員	（株）タイガーチヨダ	岡山県高梁市落合町阿部2327番地	0866-22-2927
事務局	太平洋セメント（株） セメント事業本部営業部技術グループ内	東京都文京区小石川1-1-1	03-5801-0313



第70回

流体シミュレーションを活用したセメント製造プロセスの開発

セメント産業では、他産業から排出されるさまざまな廃棄物を化石エネルギーの代替燃料として利活用しています。近年、カーボンニュートラルに対する社会的要求に対応するべく、さらなる廃棄物の利用促進に向けた技術開発が求められています。本稿では、流体シミュレーションを活用したセメント製造プロセスの開発について、最近の事例を交えて解説します。

Q1

流体シミュレーションとは何ですか？

A1

流体シミュレーションは、運動方程式やエネルギー保存則などの物理化学法則に基づいて、流体・粉体粒子の運動や熱輸送を数値的に計算し、その挙動をコンピュータ上で再現する技術です。

解説

図-1に、流体シミュレーションの代表的な計算領域を示します。セメント製造プロセスの開発においては、原料粒子の拡散挙動や燃料ガスの燃焼挙動を可視化・定量化し、設備の設計指針を策定す

Q2

セメント製造プロセス設計において、流体シミュレーションを用いる利点は何ですか？

解説

実機の改造や試作品の製作を伴わないため、設計段階で複数案を迅速に比較・検証することが可能であり、開発期間の短縮およびコスト削減に直接的に寄与します。

また、任意の位置に仮想の観測点を設置することで、実測が困難な設備内部のデータ（温度や圧力等）を取得することが可能です。これにより、現状設備の課題を効果的に抽出し、必要な設備改善の立案に活用できます。

さらに、実在しない新規設備や改良案についても仮想空間で形状を作成し、流体や粉体内部の挙動を解析することも可能です。そのため、設備導入前の段階で設備性能の評価や運転条件の最適化を実施することができます。

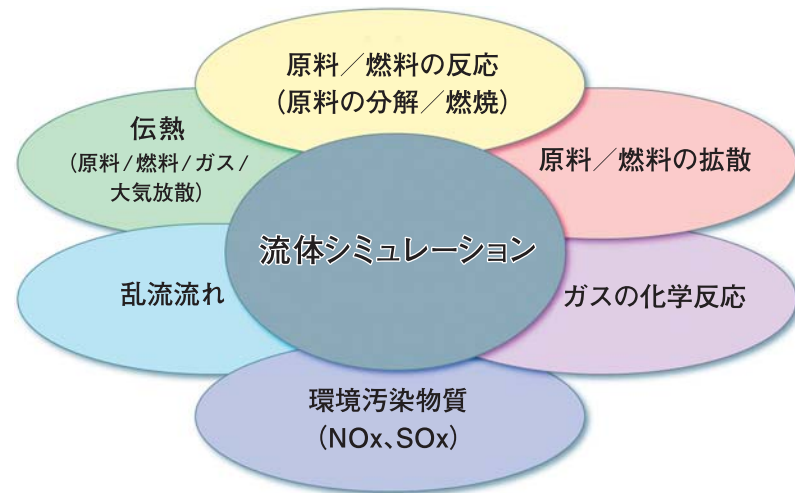


図-1 流体シミュレーションの代表的な計算領域

Q3

流体シミュレーションの実施手順について教えてください。

A3

「形状作成」「メッシュ作成」「計算条件設定」「計算・解析」の4ステップで実施します。

解説

流体シミュレーション解析の実施手順を図-2に示します。まず、実際の図面を基にしてコンピュータ上で仮想の構造物を設計します(1.形状作成)。続いて、作成した仮想の構造物について、温度や圧力などの物理量を計算するための小さなセル(メッシュ)に分割します(2.メッシュ作成)。次に、メッシュ化した形状を計算

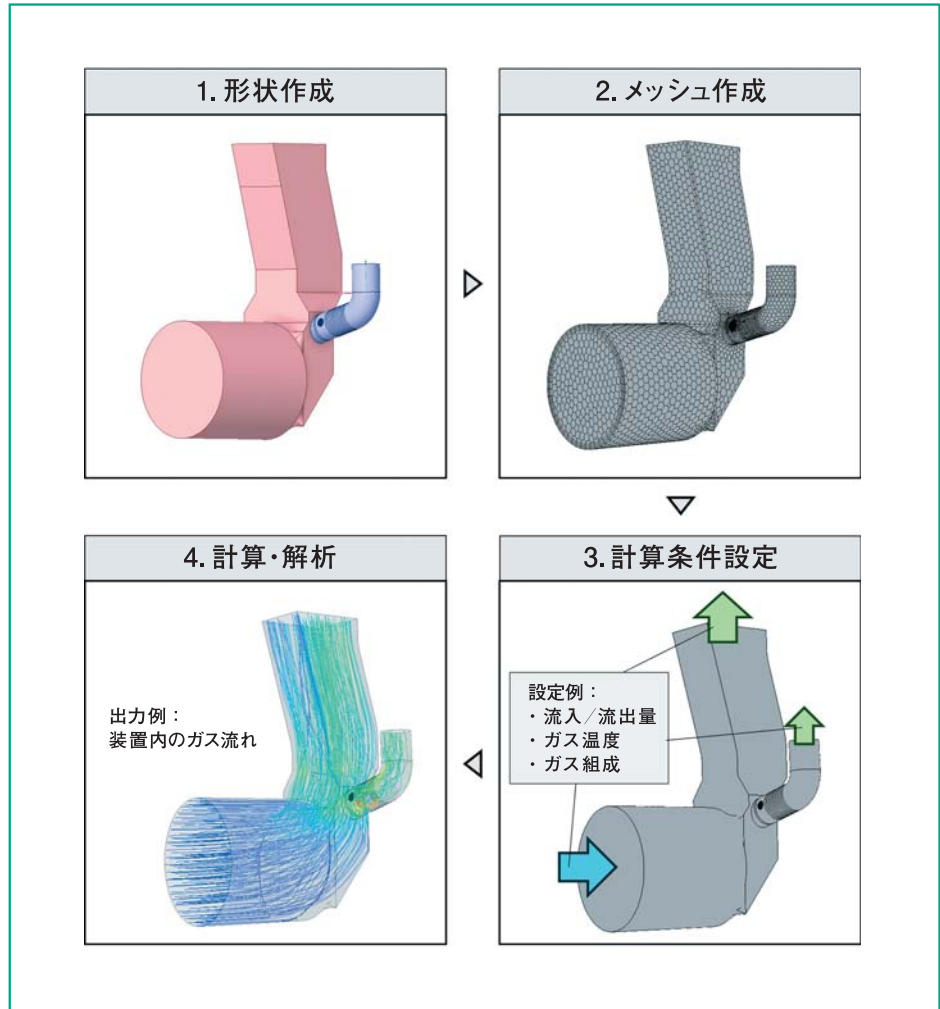


図-2 流体シミュレーションの解析手順

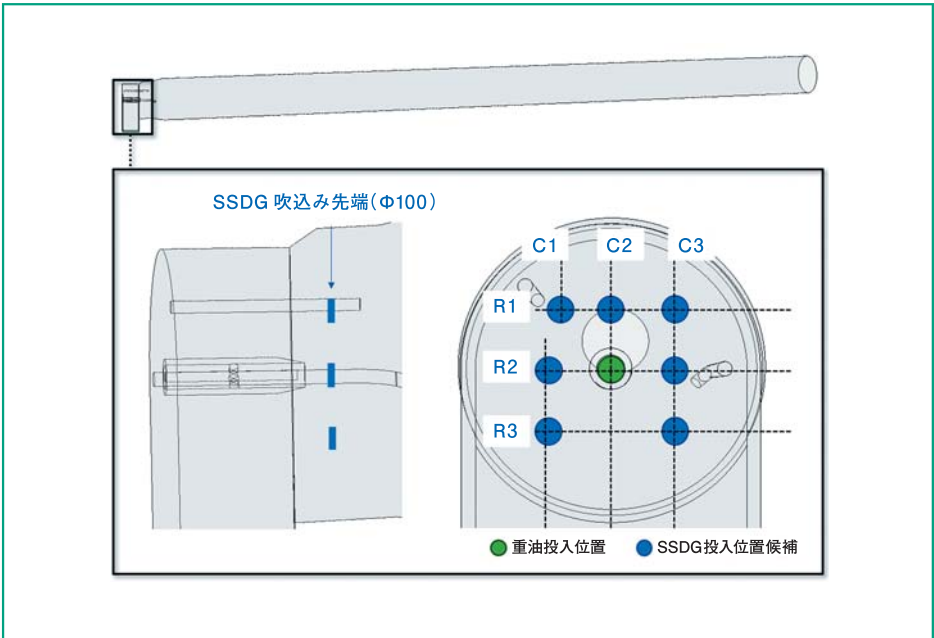


図-3 流体シミュレーションで用いたモデル形状

ソフトに読み込み、ガスや原燃料の流量、温度、圧力などの初期条件や境界条件を設定します(3.計算条件設定)。設定が完了したら計算を実行し、得られた

結果を数値や図として出力します(4.計算・解析)。こうすることで、流体・粒子・ガスの挙動や設備内の温度分布を詳細に把握できます。

Q4

セメント製造プロセス開発における、流体シミュレーションの具体的な活用事例を教えてください。

A4

下水汚泥乾燥造粒物(Sewage Sludge Dry Granules、以下、SSDG)の燃料利用に関する検討を紹介します。

解説

SSDGは、石炭の1/2～1/3程度の発熱量があり¹⁾、化石エネルギーの代替として使用することで、化石エネルギー起源のCO₂削減やサーキュラーエコノミーの推進に貢献できます。一方、SSDGの燃焼性は従来の石炭や重油と比べて悪いため、クリンカー表面へSSDGが落下し、クリンカー品質に悪影響を及ぼすリスクや、焼成キルン内の温度低下によってクリンカーの焼成度合が低下するリスク

が懸念されました。そこで、実機実証前に流体シミュレーションを用いてSSDGの燃料利用を模擬し、最適投入方法を検討しました。

流体シミュレーションで用いたモデル

形状を図-3に示します。重油は緑丸で示した位置から投入し、SSDGは青丸位置(7条件)のいずれかから投入しました。燃料の割合は、熱量ベースで重油70%、SSDG30%とし、境界条件などの

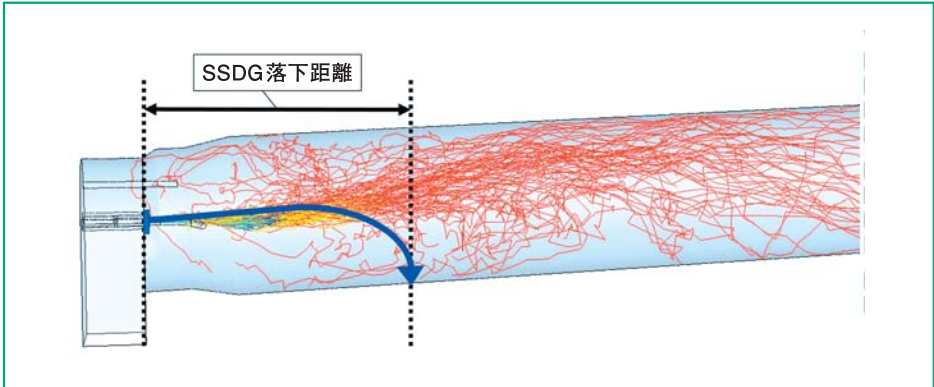


図-4 キルン内のSSDG飛散挙動の一例(薄青:昇温中、青:脱水、黄:揮発分燃焼、赤:固定炭素燃焼)

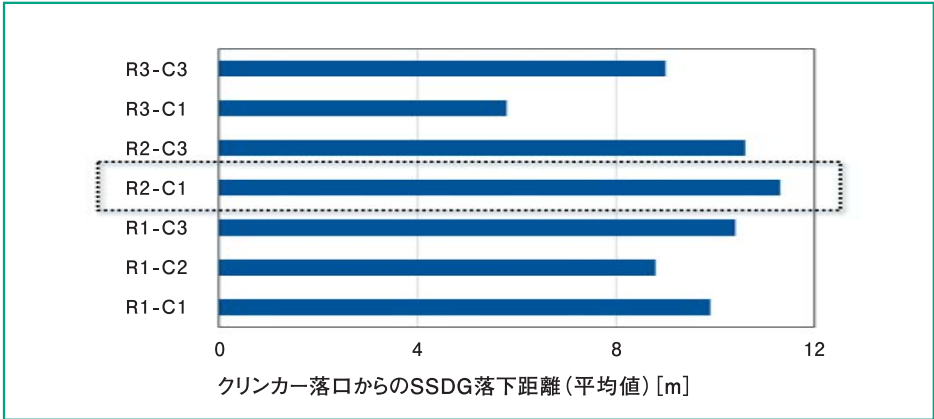


図-5 投入位置とSSDG落下距離の関係

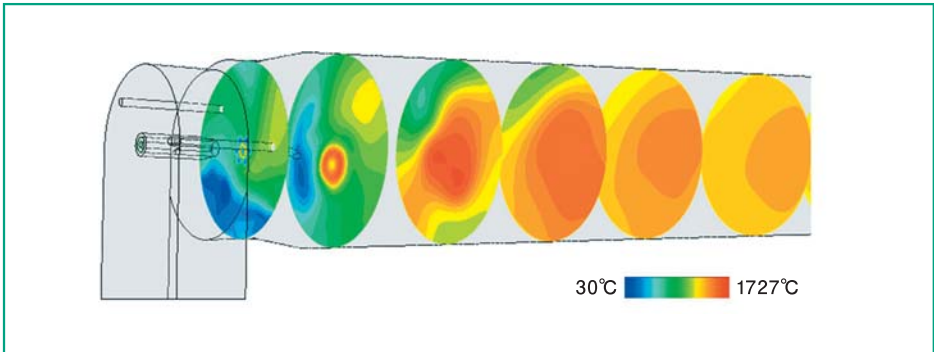


図-6 重油専焼条件(現行条件)における設備内の温度分布

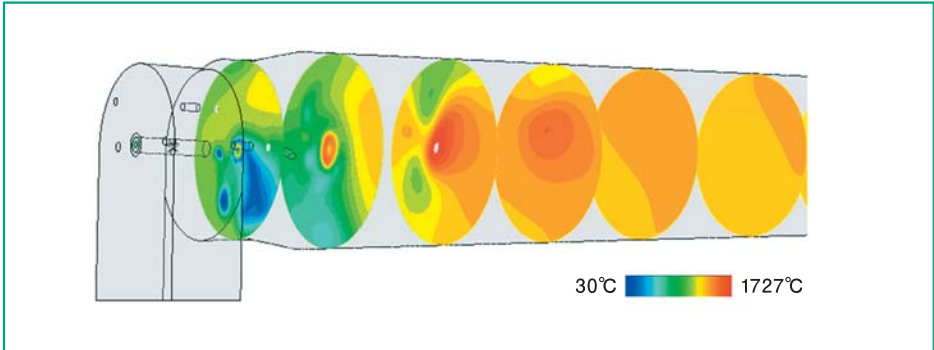


図-7 SSDG混焼条件における設備内の温度分布(SSDG投入位置:R2-C1)

初期条件は実機運転データを参考に設定しました。

SSDG軌跡の一例(R2-C1条件)を図-4に示します。吹き込み管から排出されたSSDGは燃焼しながら飛散しており、その一部がクリンカー下部に落下していることが分かりました。ここで、SSDGの落下位置について考えると、投入方向に対して手前側で落下するほど、クリンカー排出口に近いクリンカー品質へのリスクが高いと考えられます。

そこで、SSDGが落下した距離を投入位置ごとに比較しました(図-5)。その結果、投入位置をR2-C1とした場合にSSDG落下距離が最長となり、クリンカー品質へのリスクが低く好適であることが示唆されました。

また、R2-C1からのSSDG投入がガス温度分布に及ぼす影響を確認するため、重油専焼条件とのガス温度分布を比較しました(図-6,7)。結果、SSDG混焼条件においても、クリンカー品質を損なうような極端な温度低下がなく、焼成度へのリスクは低いと判断しました。

これらの結果を基に、R2-C1位置にて実証テストを行い、クリンカー品質の確保と、SSDGの安定利用を両立する技術の確立に成功しました。

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プロセス技術グループ 須藤達也

【参考文献】
1) 日本下水道事業団; 下水汚泥固形燃料化システムの技術評価に関する報告書,2008年3月