

CEMENT & CONCRETE

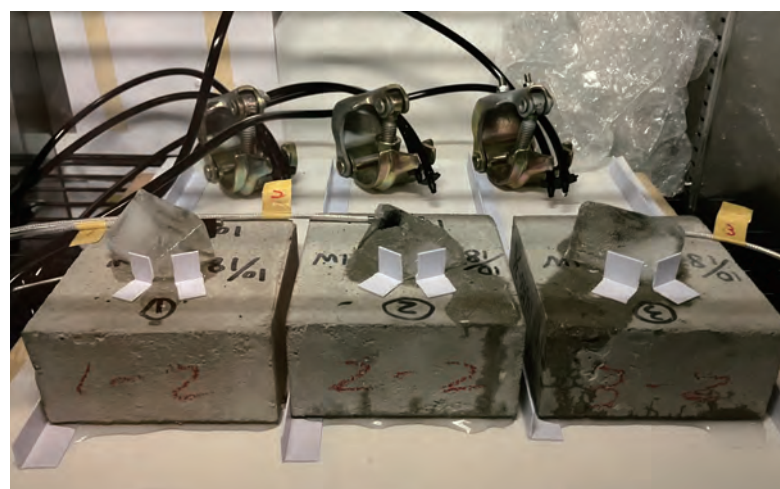
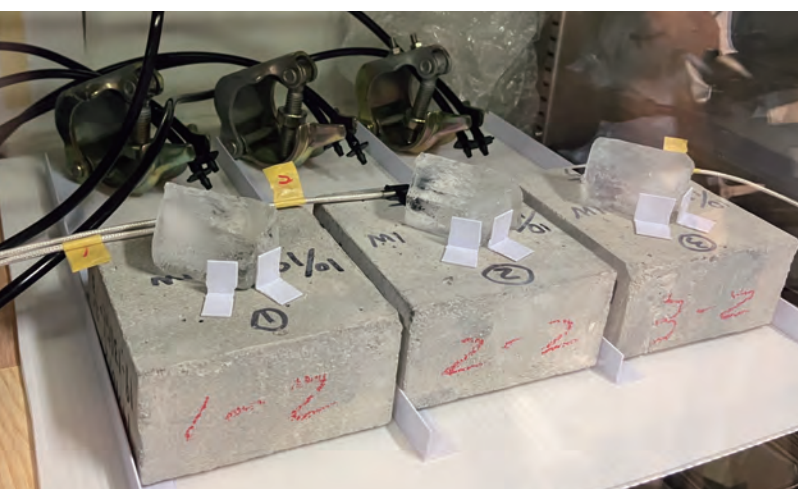
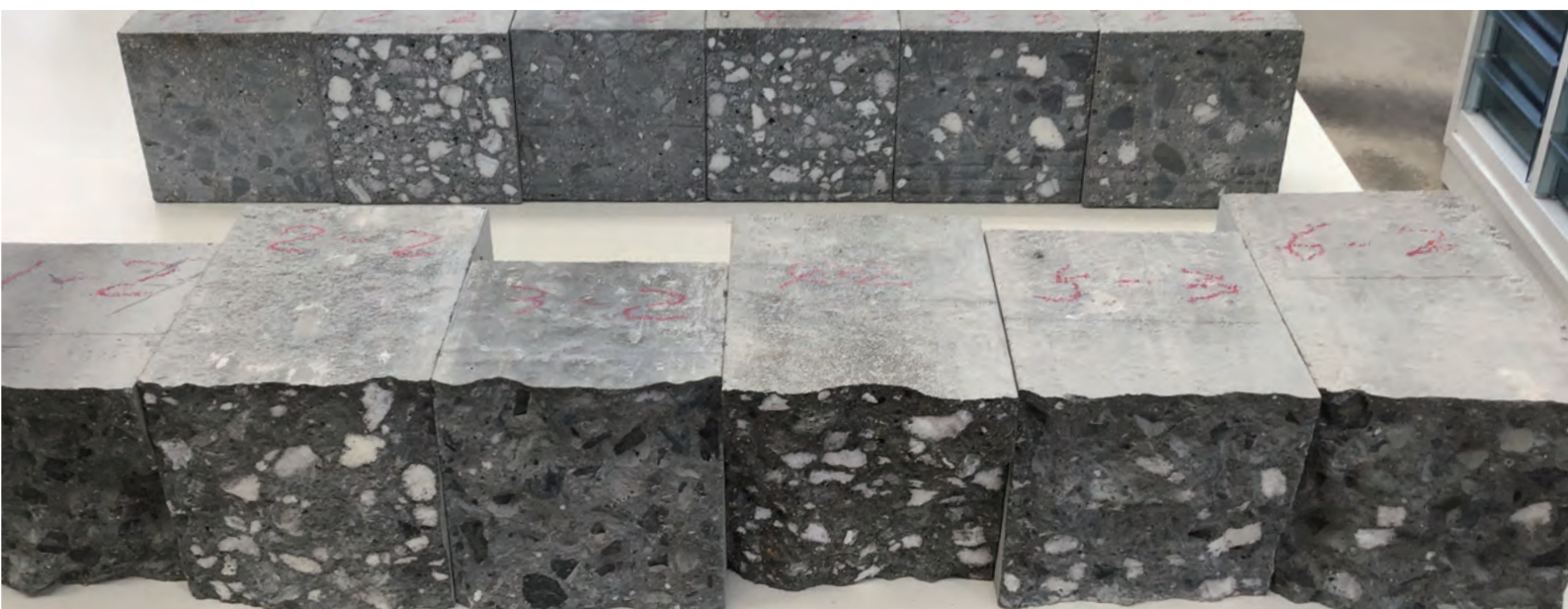
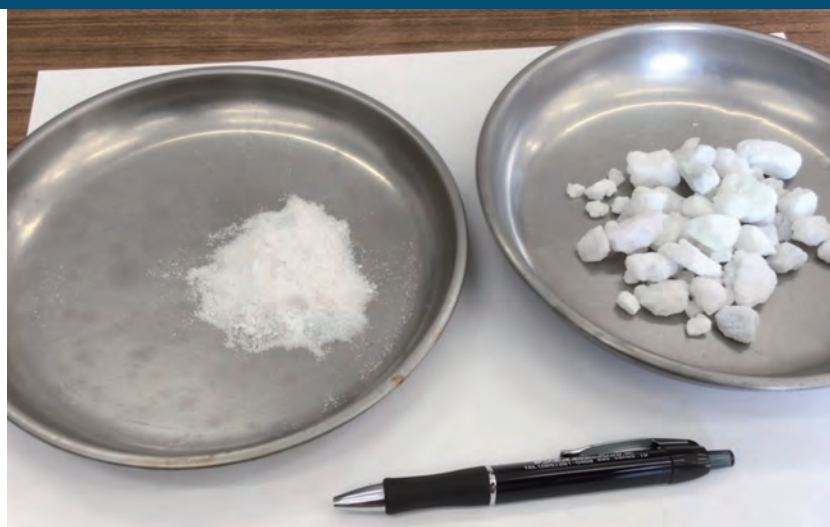
セメント・ コンクリート

2023
No.918

8

一般社団法人セメント協会
JAPAN CEMENT ASSOCIATION

令和5年8月15日発行 ISSN0371-0718



ハイブリッド混和剤

目指したのは「丈夫で長持ち」。

乾燥収縮の低減でひび割れを抑制、耐久性を向上。

過度なブリーディングを抑え、より緻密な組織へ。

高い減水性能で扱いやすく、施工不良のリスクも低減。

高品質なコンクリートは建設廃材を減少させ、環境にも貢献。



高性能AE減水剤（増粘剤一液タイプ）

チューポールHP-70

AE減水剤（高機能・ブリーディング低減タイプ）

チューポールEX60LB

高性能AE減水剤（収縮低減タイプ）

チューポールSR

AE減水剤（高機能・収縮低減タイプ）

チューポールLS



TAKEMOTO

ケミカルで社会インフラの発展を支える

kao
きれいを ところに 未来に

粉塵量を大幅削減
ビスコトップ UT



加振時の流動性向上
マイティ 21V-SG



花王株式会社 ケミカル事業部門

東京 〒131-8501 東京都墨田区文花2-1-3
大阪 〒550-0012 大阪市西区立売堀1-4-1
URL <https://chemical.kao.com/jp/>
E-mail chemical_eif@kao.com

AE減水剤 (高機能タイプ) ヤマソー 02NL

減水剤(遅延形) ヤマソー R

AE剤 ヴィンソル

AE減水剤 (耐寒促進剤 タイプ1)

ヤマソー ウィン

硬化促進剤 ヤマソー ウィンS

AE減水剤(高機能・高保持タイプ) ヤマソー 22NEX

あした
明日へ繋げる

コンクリートという無機質の中から
人々が理想とする安心・安全・快適さを実感できる、
より良い街づくりのお手伝いをします。

収縮低減剤 ヤマソー DS100

AE減水剤(高機能タイプ・フリーディング低減型) ヤマソー 16NB

高性能AE減水剤 ヤマソー V1S

AE減水剤 (高機能タイプ) ヤマソー 09NL

高性能AE減水剤(収縮低減タイプ) ヤマソー V1-DS

高流動コンクリート用分離低減剤 ヤマソー ビスコン

AE減水剤 ヤマソー 90SE

スランプ保持剤 ヤマソー 2020



山宗化学株式会社
YAMASO CHEMICAL CO., LTD.

本社 〒104-0032 東京都中央区八丁堀2-25-5 ☎03-3552-1341(代)
東京営業部 ☎03-3552-1261
支店 ●大阪/☎06-6353-6051 福岡/☎092-483-8567 札幌/☎011-662-5552
営業所 ●広島/☎082-237-3083 仙台/☎022-224-0321 北陸/☎0776-28-2566
出張所 ●静岡/☎054-202-5111 高松/☎087-863-7565
事務所 ●平塚/☎0463-23-5536

<https://www.yamaso-chem.co.jp/>

セメント・コンクリート 8

CEMENT & CONCRETE
2023 No.918

もくじ

02 発生土の有効利用を考える … 勝見 武

08 AI技術を活用したレディーミクストコンクリートと材料の品質予測 … 市川 翔太郎ほか

14 設計熱伝導率という新しい概念を！
～未利用熱エネルギーの活用に資する高熱伝導コンクリート～ … 美寺 寿人ほか

22 すいそう
引き寄せの法則？ … 福留 和人

24 持続可能な社会の実現に貢献する化学混和剤
「マスターライフSRA 900」「マスターエックスシード150 JP」 … 井元 晴丈ほか

32 第10回セメント・コンクリート国際会議と
中国のセメント・コンクリート技術動向 … 呉 承寧ほか

38 TOPICS
第72回セメント安全衛生大会を開催

40 35℃を超える暑中コンクリートへの
スランプ保持型混和剤の適用に向けた検討 … 芦澤 良一ほか

48 第51回(2023年度)セメント協会論文賞の選考経過と推薦理由 … 三五 弘之

52 論文賞を受賞して

31, 47 外国雑誌の記事情報

55 HOT NEWS

56 第38回(2024年度)セメント協会研究奨励金
テーマ募集のご案内

58 論文検索サービスのご案内

60 EVENT GUIDE

63 セメント・データファイル

64 主要建設工事・資材統計

66 9月号予告



今月の表紙

高熱伝導コンクリートの開発、
その実験の様子[新潟県/提供：
東邦産業(株)]

■セメント協会ホームページ <https://www.jcassoc.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5540-6175

発生土の有効利用を考える

Utilization of excavated soils from construction works

勝見 武

1. はじめに

発生土の利用が重要課題の一つとなっている。2021年7月には静岡県熱海市で土石流災害が発生し、その起点が不適正に盛られた残土であったとのことから、建設工事等で発生した土を適切に処理し利用することの重要性が改めて喚起されている。この災害を受けて、危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制する法制度の必要性から、「宅地造成等規制法の一部を改正する法律(令和4年法律第55号)」いわゆる盛土規制法が本年5月に施行されたが、行き先での盛土の管理をきっちりと行うとともに、出元である発生土について適切に道筋をつける(行き先を定める)ことが重要である。そのような背景を受け、本稿では関連する事項として、発生土の利用用途、自然由来の重金属等、土質改良と環境影響評価の関係などについて述べる。

2. 利用用途-「モリド」と「モリツチ」

建設工事で掘削などにより発生する土は「残土」「建設残土」などとよばれることもあるが、国土交通省では建設工事で発生した土を「発生土」と定義している。

表1 発生土の土質区分基準(抜粋)

区分	性状,強度	分類	
第1種建設発生土	砂,礫及びこれらに準ずるもの	建設発生土	
第2種建設発生土	コーン指数 ≥ 800 kN/m ²		
第3種建設発生土	コーン指数 ≥ 400 kN/m ²		
第4種建設発生土	コーン指数 ≥ 200 kN/m ²		
泥土	コーン指数 < 200 kN/m ²	建設汚泥	

発生土には様々なものがあり、土質に着目しても、岩盤を掘削した岩ずり、砂質土、粘性土、有機質土などがある。地下水位以下で掘削を行うと発生土は高含水状態となり、シールドトンネル工事や地中連続壁工事などでは泥土が発生するなど、工法によって特徴づけられるものもある。

一方、有効利用の用途にも、道路盛土(一般道および高規格道路)、河川堤防(高規格堤防を含む)、鉄道盛土、宅地造成、水面埋立、埋戻しなど様々なものがある(このような構造物目的ではなく、嵩上げに使用したり、残土処分場に受け入れられるものもある)。これらは、安全な高速走行を実現するため高規格道路や鉄道盛土のように厳しい変形許容量が設定されているものから、水面埋立のように比較的緩いものまで、用いる土への要求品質も様々である。そのため、多様な土と多様な用途を結び付けるには土の分類を規定することが有効で、表1に示される土質区分基準が定められている¹⁾。同表の第1種から第4種の建設発生土に

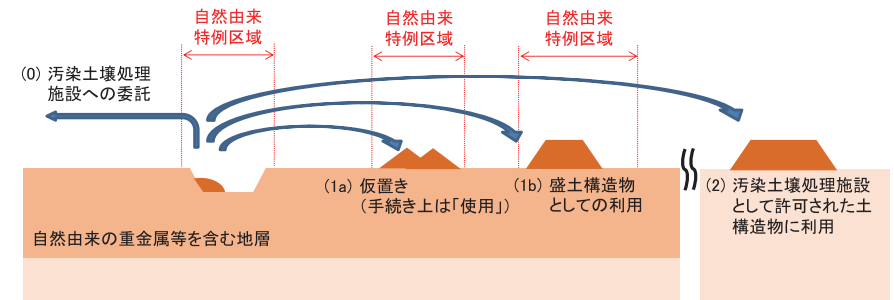


図1 改正土壤汚染対策法における自然由来基準不適合土壌の活用方法のイメージ図

注：土の移動は、基準不適合が自然由来であることが前提である。人為の汚染の可能性が懸念される場合(自然由来特例区域に区域指定された後に施設等が設けられるケースなど)は、人為汚染がないことを確認する必要がある。

は、それぞれ有効利用が可能な用途が示されている。なお、同表は簡略化しているので、厳密かつ詳細な情報はホームページ等を参照されたい。

土は盛土として用いられることが多い。土の捉え方の多様性を示す例として、「盛土(モリド)」と「盛り土(モリツチ)」という用語がある。我々のような当該分野の関係者は「モリド」を違和感なく使っているが、一般の方々には「モリツチ」の方がなじみがあるようである。清湖口氏は、盛り土は「盛った土」というより「土を盛って一定の機能を果たせるようにした構築物」と捉えるべきであるとしている。その上で、「モリツチ」は土(つち)そのもののイメージが喚起されるが、「モリド」なら土の語源意識が薄れて、重要な構築物として認識されやすくなる、と述べている²⁾。堅固で安全な盛土は、材料としての土の品質に加えて、適切な施工と維持管理によって達成される。我々の「盛った土」がきちんと機能を果たし、世の中で「モリド」として認知されるのが当たり前になるよう、関係者が結集して問題に取り組む必要がある。

3. 自然由来の重金属等への対応

土の利用に当たって、有害物質による汚染の問題は避けて通れない。一方で、自然の土や岩石に重金属等が含有している状況は特別なことではない。土や岩石の元素組成は地域によって若干の違いがあり、日本では例えばヒ素の濃度が世界平均より高いなどの特徴がある。考慮すべき主な地層・地質としては、海成の粘土層・泥岩、熱水変質を受けた地質、鉱脈や鉱床

に近い地層などがあり、それらの中には前述の土壤環境基準や土対法の指定基準を超過するような含有量・溶出量を呈する岩石や土も存在する。

土壤汚染対策法(以下、土対法と略)の2003年の施行と2010年の改正に伴い、土を扱う現場は土対法に則しあるいは準じて自然由来の問題に対応するようになったが、このような対応は過剰に安全側ではないかとの指摘がみられてきた。したがって、2015年6月の規制改革実施計画では自然由来の重金属等の問題に対して緩和の必要性が提起され、2017年の法改正時には自然由来の重金属等を含む土(自然由来土)について一定の条件下で有効活用を認める緩和(合理化)がなされ、2019年の改正法の施行を経て現在に至っている。この有効活用の制度は、後ほど説明する。

掘削する全ての土砂(土壌)が、土対法の対象となるわけではない。土対法では、面積3000m²以上(条件によっては900m²)の土地で形質変更を行うときに調査を義務付けており、その結果、基準超過の土壌があれば指定区域に指定される。また、当該地の面積が3000m²未満であったり、そもそも対象が土壌ではなく岩石であれば、土対法の対象とならない。したがって、自然由来の重金属等を含む土でも、法対象外となるものは相当数存在する。このような法対象外の土は、国土交通省のマニュアル³⁾などに基づいて、2019年の改正法の施行前にも対策盛土(後述)等としての利用が進められた。このマニュアルは、2023年3月に改訂版が出されている⁴⁾。

図1⁵⁾は、前述の2019年施行の改正土対法における自然由来の重金属等を含む土の利用の制度の概念



かつみ たけし / KATSUMI Takeshi
京都大学大学院地球環境学堂
教授 博士(工学)

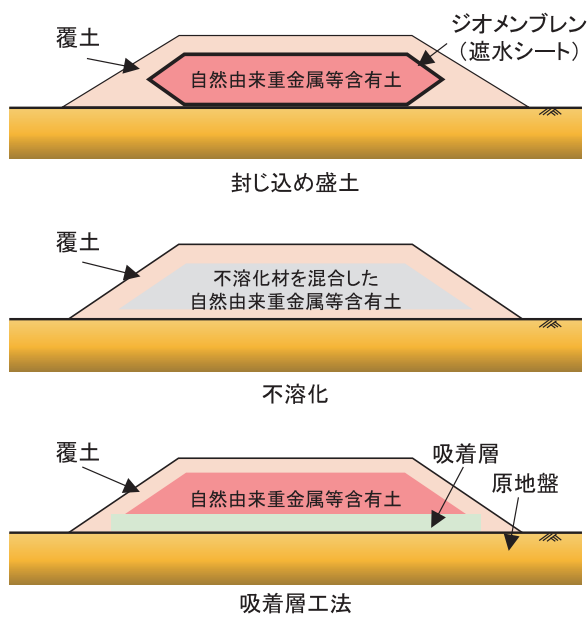


図2 対策盛土(自然由来の重金属等を含む発生土の活用にあたって、リスク低減対策が施された盛土)の例

を図示したものである。この制度は、①自然由来特例区域間で土壌を移動する方法、②汚染土壌処理施設として許可された土構造物に土を活用する方法、の2つに分類できる。①は、土の移動に着目していることから「汚染土壌の運搬に関するガイドライン」⁶⁾に具体的事項が記されていて、「地質的に同質である範囲内」で「汚染の状況が同様」であれば土壌の移動が可能とされている。搬出先にはすでに自然由来物質が存在しているのだから、同じ自然由来物質を他の場所から持ってきててもリスクは増えないという前提である。②は受け入れる施設の構造と運用が重要なことから「汚染土壌の処理業に関するガイドライン」⁷⁾に、「自然由来等土壌構造物利用施設」への活用として、要件が記されている。「自然由来等土壌構造物利用施設」とは、「盛土」「盛土構造物」である。地下水汚染をおこさないこと、土を適切に管理する体制が整っていること、等が要件となる。

自然由来物質を含む土を盛土に使うことによって地下水汚染が懸念されるのであれば、リスク低減のための対策工が施された盛土(対策盛土)とする。対策盛土は前述の国交省マニュアルに記載されており、例えば図2に示すように盛土の中にジオメンブレン(遮水シート)を敷設して内部を水理学的に隔離したり(外部から内部

に雨水が入らず、内部の水が外に出ない)、不溶化材を混合して対象となる重金属等の溶出を抑制するなどの方策がとられた盛土のことである。

自然由来の重金属等は、基準を超過していたとしても、大きく超過している事例は少なく、せいぜい基準の数倍程度におさまっているものが多い。このことが、法制度や国交省マニュアルにおける土の活用の科学的根拠の一つになっている。したがって、著しく高い濃度で基準超過することはないだろうとの見立てに裏付けを与える上でも、また、地下水汚染の影響がないレベルの濃度だろうとの見当をつける上でも、活用しようとする土の濃度についてあらかじめ見当がつけられるのがのぞましい。地域の特徴的な個々の地質について、自然由来の重金属等の種類や含有量・溶出特性などを把握しておけば、このようなあらかじめの見当の参考になる。

このように、自然由来の重金属等を含む土は、技術上の蓄積と制度化によって、有効活用が可能となっている。一方、全国の多くの自治体が独自に定める、いわゆる「残土条例」では、基準不適合の土はいかなる場合も使ってはならないとされているところが多い。これには、自然由来の重金属等を含む土も該当する。各自治体・地域に固有の条件や課題に配慮しながら、法の趣旨や土の取扱いのあるべき姿との整合がはかられていくことが期待される。

4. 固化材を用いた土質改良における環境影響の評価

2章では利用用途に求められる要求基準について触れたが、発生土が軟弱・高含水などのため、そのままでは対象となる利用用途に使えない場合、改良を行って品質を改善することで使うことができる。セメント系固化材による品質改善は、そのための最も代表的な方法である。セメント系固化材は、強度や変形性の改善だけでなく、重金属等の有害物質に対しても多くの場合で効果があり、不溶化や透水性低減による拡散抑制などによって有害物質による環境影響を緩和できる可

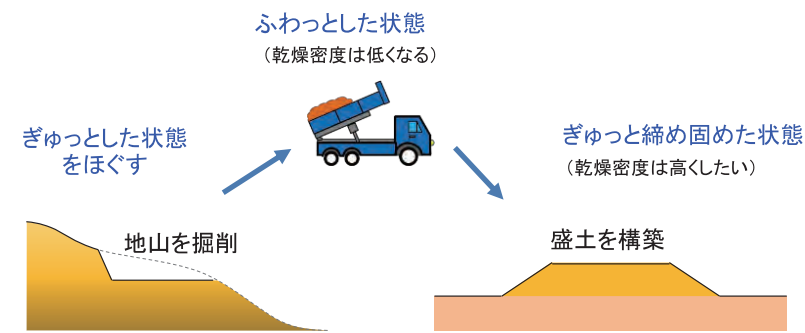


図3 土の掘削・運搬・盛り立てのイメージ

能性がある。

改良土に有害物質が含まれていないかどうかは、利用側にとっては気になるところである。したがって、事業者・施工者の多くは環境影響評価のための試験を実施する。多くの場合で公定法の試験を行い、土対法の基準に適合するか(重金属等の含有量や溶出量が基準値を満足するか)が判定される。発生土を改良せずに用いる場合は、発生時点あるいは受入れ時点のいずれで評価試験を行っても大差はないであろう。一方、固化材で改良を行う際には、改良前の原料土と改良土のどちらで確認すべきであろうか。考えられる組み合わせは次の通りである。

- (1) 原料土が基準適合で、改良土も基準適合
 - (2) 原料土が基準不適合で、改良土が基準適合
 - (3) 原料土が基準適合で、改良土が基準不適合
 - (4) 原料土が基準不適合で、改良土も基準不適合
- (1)と(4)には異論がないであろう。(2)は、もともとの土に存在していた有害物質の溶出が改質によって抑えられたということであり、例えばセメント系固化材による不溶化効果が考えられる。(3)は、セメント改良土からの六価クロムの溶出や、セメント処理によるアルカリが重金属等の溶出を促進するケースなどが考えられる。

利用されるのは原料土ではなく改良土なので、改良土にこそ基準適合を求めるべきとの考え方もあろう。一方で、基準適合している多量の原料土Aに、基準不適合の少量の原料土Bを混合して処理すれば、改良土は混合希釈効果で基準適合になる可能性が高いが、これは汚染土を薄めて他の土と混ぜて使うという不適切な行為につながりうる。それならと、原料土の方に

関所を設けると、使えるのはきれいな土のみとなり、自然由来重金属等含有土の利用は進まなくなる。これらの議論とは別に、基準適合の改良土であっても、盛土として利用している間に降雨浸透によってpHや酸化還元電位が変わるなど環境条件が変化したり、改良土そのものの特性が時間経過に伴って変わること、有害物質の溶出が増大する可能性もある。一見シンプルな方法を導入するには無理があることが明らかである。また、「基準適合ならよし」と短絡的に判断するのではなく、改良材の特性、対象有害物質の起源や溶出メカニズム、利用される環境などを科学的論理的に考慮すべきということが示唆される。

5. 維持管理の重要性和リスクの考え方

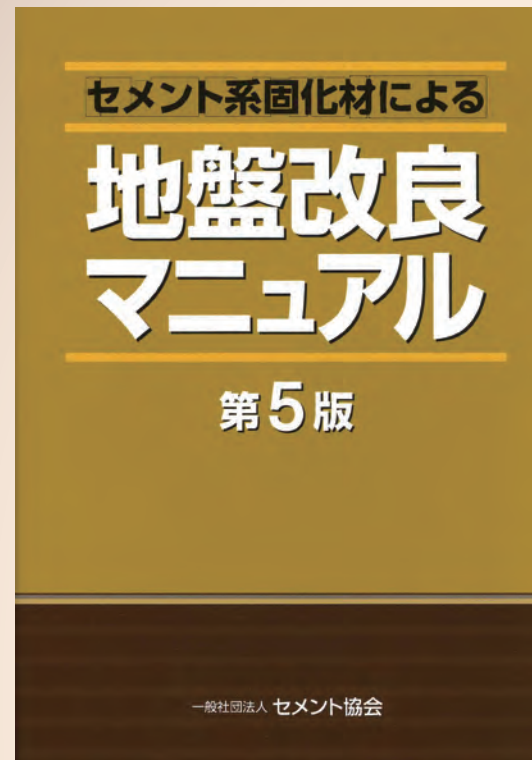
土を使うに当たっては、その土構造物が崩れないよう適切に維持管理を行うことが重要である。また、3章で述べたような自然由来の重金属等を含む土の利用に当たっては、基準を超えていたら使えないとするのではなく、リスク評価の観点から利用の適否を判断することが考えられる。

図3は、地山から土を掘り出し、運搬して、発生土受入れ地で盛土をしたり、あるいは単に堆積させたりする流れのイメージ図である。冒頭で述べたように、地山で堅固であった土は掘り返しによりほぐされて柔らかくなる。これを盛土にする際には、締固めによって堅固な状態の再現が試みられる。つくられた盛土は、その後、雨水がしみ込んだり、地震などで揺すられて弱くなることがある。特に、平地ではなく山間地の斜面部に設け

セメント系固化材による 地盤改良マニュアル

最新第5版
発刊しました。

1985年に初版を発刊し、以降ほぼ9年ごとに改訂を重ねてきた本書の第5版が完成しました。災害からの強化復旧、大規模災害への対策、ICTの活用、最新技術データ・指針類の反映など、頁数・図表数を増やしての改訂です。



第5版改訂のポイント

- ① 最新の技術データ・指針類を用いて全章の内容を見直し。
- ② セメント系固化材の特徴と固化の原理をよりわかりやすく解説。
- ③ 浅層改良および深層改良に加えて、近年使用実績が増えている中層改良についても記述。
- ④ 大規模災害におけるセメント系固化材の活用方法やその適用について新章を設けて解説。
- ⑤ 実施例をすべて刷新。15 事例を紹介。

1. セメント系固化材とその適用
2. セメント系固化材による地盤改良の原理と改良土の特性
3. 地盤改良にあたっての事前調査および試験
4. 浅層改良・中層改良
5. 深層改良
6. 建築物のための地盤改良
7. 発生土の改良
8. 環境と固化処理
9. 災害に強いセメント系固化材 **新章**
10. 実施例

お求め・お問い合わせは…

一般社団法人セメント協会 図書販売係 まで

東京都中央区新富二丁目15番5号 RBM築地ビル2階

TEL 03-5540-6173 FAX 03-5540-6181

られる盛土はその傾向が顕著であり、安定性への格別の配慮が必要となる。したがって、初期に堅固な盛土をつくることとともに、盛土築造後、その安定性が保たれるよう維持管理を継続していくことが重要である。

「土を使う」には、様々な規則に従う必要がある。しかし、「決まりに従っておけばよい」「自らが考える余地はない」というわけではない。例えば、自然由来土のような比較的低濃度でこれまで特段のリスクがなかったものも、掘削などの人間の手加わると、基準を超えていることのみによりリスクへの過剰な懸念が生じて、利用を制限している例がみられる。しかしながら自然由来土の章(3章)で述べたように、基準を超えていても、適切な対応を施しながら土を使うことは認められている。その際に求められているのは、様々な制約条件のもとで、地域の特性や工事、土質に応じ、そして目的に応じて、創意工夫をして問題解決を図っていく「創造的な営み」である。その際、リスクの可能性のある土として

維持管理を継続していくことが、従来以上に重要となる。そのため、可能性あるリスクを正しく理解し、リスクを減らすためにコストを関係者が協力して負担するという意識をもつことが求められる。

【参考文献】

- 1) 土木研究所編／建設発生土利用技術マニュアル(第4版)、丸善、土木研究センター、2013
- 2) 清湖口敏／国語遣違84「盛り土」の怪、産経新聞、2017年4月26日
- 3) 建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会／建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)、2010
- 4) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル改訂委員会／建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(2023年版)
- 5) 勝見武／法改正等を踏まえ、自然由来物質を含む土への対応を考える、基礎工、Vol.47, No.6, pp.2～5, 2019
- 6) 環境省／土壌汚染対策法ガイドライン第2編 汚染土壌の運搬に関するガイドライン(改訂4.1版)、2022
- 7) 環境省／土壌汚染対策法ガイドライン第3編 汚染土壌の処理業に関するガイドライン(改訂4.2版)、2022

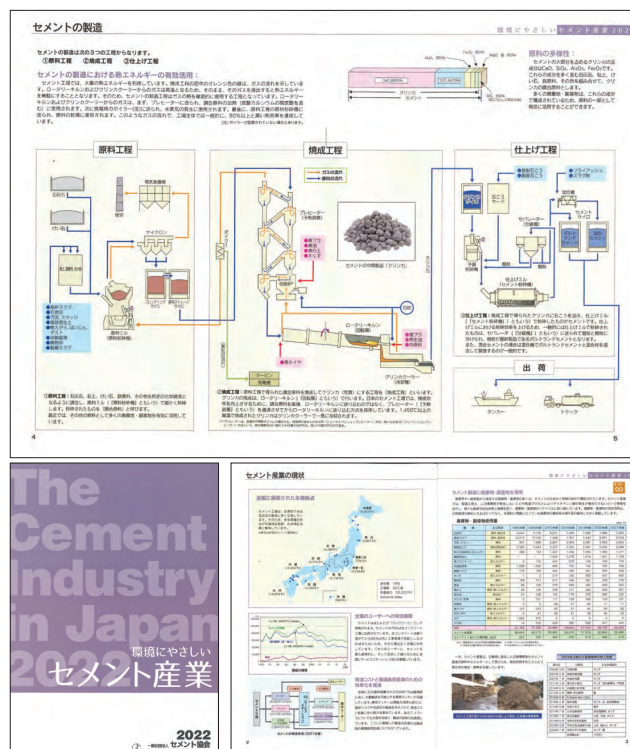
A4判・8ページ 環境にやさしいセメント産業 2022

セメント協会では、わが国セメント産業のダイジェストを紹介したパンフレットを発行しています。図表を多用した分かりやすい内容です。ご希望の方には無料でお届けいたします。

申込みは、部数と送付先を明記のうえ、下記までファックスでお申込み下さい。

(一社)セメント協会 広報部門 FAX 03-5540-6181

[主な内容]セメント産業の現状,セメントの製造,カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン,カーボンニュートラル行動計画の概要,2050年に向けた対策



AI技術を活用したレディーミクストコンクリートと材料の品質予測

Quality prediction of ready-mixed concrete and materials using artificial intelligence technology

市川 翔太郎 板橋 庸行 玉滝 浩司 高原 幸之助

1. はじめに

レディーミクストコンクリート業界は、技術者の高齢化や若手人材の不足が深刻である。そのうえ、出荷量も漸減する状況が続いており、厳しい経営環境にある。また、良質な骨材の確保が難しくなるなか、コンクリートの品質安定化は、顧客への品質保証と信頼性向上の面で重要である。こうした状況下で、より少ない人員で効率的に製造を行い、安定した品質のコンクリートを出荷することが事業を維持するための重要課題である。

そこで本稿では、フレッシュコンクリートおよび骨材に関する工程検査に着目し、工程検査の省力化、品質の安定化に資する品質予測技術の開発の取組みについて紹介する。

2. レディーミクストコンクリート工場の現状

図1に都市部のレディーミクストコンクリート工場における品質管理業務の人工調査結果を示す。調査の結果、自主的に実施する工程検査に多くの人員と時間を要していることが分かった。JIS Q 1011附属書Aでは、例えば、細骨材の粗粒率、粗骨材の粗粒率または実積率は1回以上／週、細骨材の表面水率やコンクリートのフレッシュ性状は1回以上／午前、1回以上／午後測定することが規定されている。しかし、生産工場では安定した品質のコンクリートを出荷するため、規定される試験頻度より多くの検査を自主的に行っている実情があり、工程検査の人工割合が大きい理由である。

3. コンクリートのフレッシュ性状予測

ここでは、首都圏のレディーミクストコンクリート工場の協力のもと、コンクリートのフレッシュ性状に影響する因子を抽出し、ニューラルネットワークの手法によりその影響度を検証した。

3-1. データの取得方法

表1に品質予測で使用した入力データを示す。使用材料および配合条件に関するデータは、製造記録、配合計画書、計量印字記録から取得した。練混ぜ条件に関するデータは、工場のスランブ管理システムから取得し

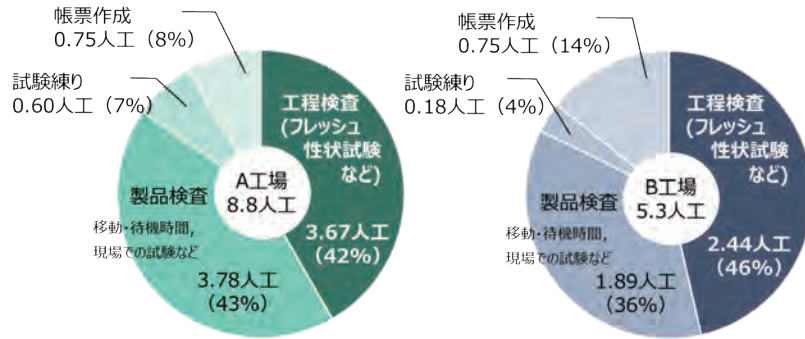


図1 都市部のレディーミクストコンクリート工場における品質管理業務の人工調査結果

表1 品質予測で使用した入力データ

データ分類	データ項目
使用材料	セメント種類 (N, BB, M, L, SFC), 混和剤種類 (AD, SP), 材料密度, 表面水率の設定値
配合条件	呼び強度, 水セメント比(水結合材比), 細骨材率, 単位量, 混和剤添加率
練混ぜ条件	練混ぜ量, 練混ぜ時間, ミキサ電力負荷値(初期値, 最大値, 終局値), 気温
画像情報	積込みホッパ内を流下するフレッシュコンクリートの画像
振動情報	積込みホッパ側面部の加速度データ(時系列データ)(x, y, z 軸)

た。画像情報はカメラモジュールにより取得した。振動情報は、コンクリートの落下・流下に起因する積込みホッパの振動を3軸加速度センサにより0.5秒おきに取得した。

3-2. 予測方法および評価方法

図2にニューラルネットワークの構成概要を示す。画像情報を使用する場合には畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network; 以下, CNNと称す)を、振動情報を使用する場合には再帰型ニューラルネットワークを使用した。損失関数にはHuber関数を使用した。重みの最適化には、エポック数を2,000、バッチサイズを100とし、最適化アルゴリズムにAdamを使用したミニバッチ勾配降下法を適用した。学習に際し24,200~28,200個の学習用の入力データセット数と、4,850~5,150個のテスト用の入力データセットを準備した。

予測モデルの評価にはテスト用の入力データセットを使用し、全データセット数に対する所定の許容差の範囲内

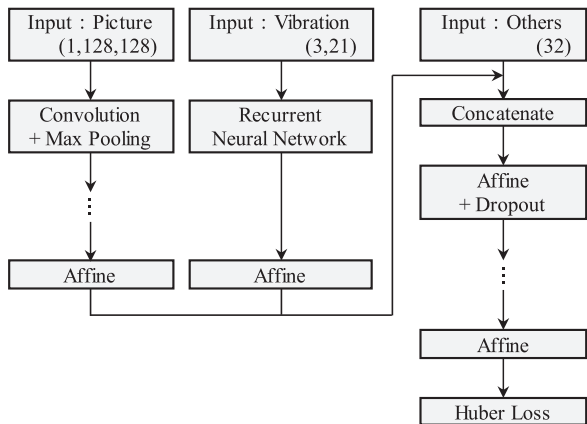


図2 ニューラルネットワークの構成概要

に収まったデータセット数の割合を正解率として評価した。

3-3. 検証結果

図3に各種フレッシュ性状の許容差ごとの正解率を示す。スランブおよびスランブフローの正解率は、画像情報だけを使用したときと比べ、画像情報と振動情報を併用したときの方が高い結果となり、全データ項目を使用することでさらに正解率は向上した。空気量の正解率は、許容差±0.5%の場合を除き、画像情報だけを使用したときと比べ、画像情報と振動情報を併用したときの方が高い結果となった。スランブの許容差を±2.5cm、スランブフローの許容差を±7.5cm、空気量の許容差を±1.5%とした場合、全データ項目を使用したときの正解率は約90%であった。

今回の検討で、様々なデータの組合せにより正解率が向上することが分かった。しかし、安定した品質のコンクリートを出荷するには、出荷時の各種フレッシュ性状の許容差は、JIS A 5308に規定される許容差よりも



いちかわ しょうたろう / ICHIKAWA Shotaro
UBE三菱セメント(株)研究所
コンクリート研究室
研究員



いたばし のぶゆき / ITABASHI Nobuyuki
同上
主幹



たまたき こうじ / TAMATAKI Koji
同上
グループリーダー



たかはら こうのすけ / TAKAHARA Konosuke
同上
室長

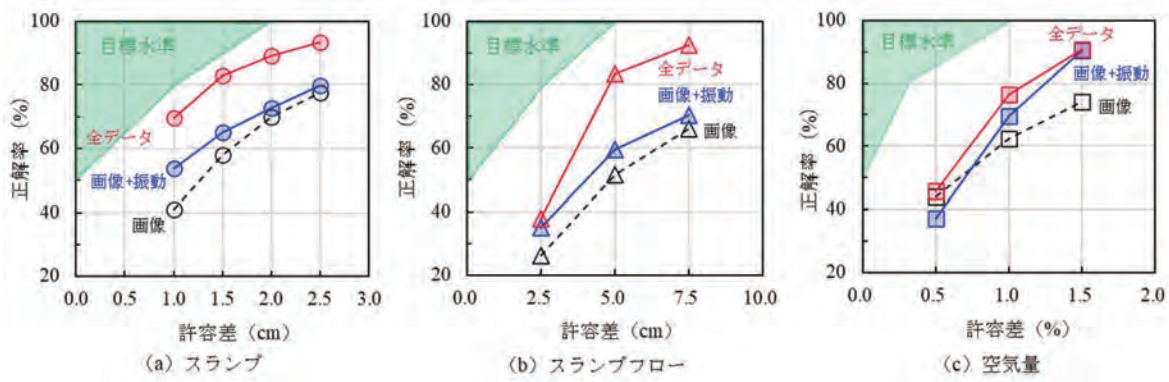


図3 各種フレッシュ性状の許容差ごとの正解率

厳しい値に設定する必要があると考える。現状の予測精度では十分とは言えず、目標水準への到達に向けてさらなるデータの蓄積やデータ取得環境の改善などに今後取り組んでいく。

4. 粗骨材の粒度予測

ここでは、ニューラルネットワークの手法を適用し、試験室内の静的な状態で骨材粒度の予測可否を検討した。

4-1. データの取得方法

使用した骨材の種類は、硬質砂岩および石灰石の2種類とした。それぞれ単独で使用した場合を想定し、それぞれの粗骨材の画像データを学習に使用した。また、粗骨材は所定の粒度分布もしくは粗粒率になるように調整して使用した。

写真1に粗骨材の撮影状況を示す。粗骨材の撮影にはデジタルカメラを使用した。また、撮影は照度が250～300 lxの室内で行い、条件に応じてLED照明を併用した。幅500mmの黒色ゴムシート上に8kgの気乾状態の粗骨材を敷き並べて撮影する操作を1水準につき10回行った。なお、粗骨材は一定の高さから撮影した。

4-2. 検討要因とその水準

表2に粗骨材粒度の水準を示す。粗骨材が所定の粒度になるように、粒度区分ごとに事前にふるい分けされた骨材を計量および混合して使用した。



写真1 粗骨材の撮影状況

表3に検討要因とその水準を示す。粗骨材粒度がSeries1(過小粒含まず)、粗粒率の予測方法が直接予測、粗骨材の種類が硬質砂岩、撮影環境が室内灯、画像サイズ比が0.25の場合を基準となる条件とした。特に指定がない場合は、基準となる条件で実験を行ったものとする。

4-3. 予測方法および評価方法

機械学習にはCNNを使用した。損失関数にはHuber関数を使用した。重みの最適化には、エポック数を5,000、バッチサイズを10とし、最適化アルゴリズムにAdamを使用したミニバッチ勾配降下法を適用した。

入力データには所定のサイズに調整したRGB画像を使用した。学習方法は、粒度区分ごとの質量比率(粒径2.5mm以下、2.5～5.0mm、5.0～10mm、10～20mmの4項目)および粗粒率を予測値として同時に出力する、マルチタスク学習とした。**図4**に粗粒率の予測方法の概念図を示す。粗粒率の予測方法は、直接的に粗粒率を出力する方法(以下、直接予測と称す)と、出力された粒度区分ごとの質量比率を用いて間接的に粗粒率を

表2 粗骨材粒度の水準

	質量比率 (%)				粗粒率 F.M.
	1.2 ~2.5 mm	2.5 ~5.0 mm	5.0 ~10 mm	10 ~20 mm	
Series 1	0	0	15	85	6.85
	0	0	20	80	6.80
	0	0	25	75	6.75
	0	0	30	70	6.70
	0	0	35	65	6.65
	0	0	40	60	6.60
	0	0	45	55	6.55
	0	0	50	50	6.50
	0	0	55	45	6.45
	0	0	60	40	6.40
	質量比率 (%)				粗粒率 F.M.
	1.2 ~2.5 mm	2.5 ~5.0 mm	5.0 ~10 mm	10 ~20 mm	
Series 2	2	5	8	85	6.76
	2	5	13	80	6.71
	2	5	18	75	6.66
	2	5	23	70	6.61
	2	5	28	65	6.56
	2	5	33	60	6.51
	2	5	38	55	6.46
	2	5	43	50	6.41
	2	5	48	45	6.36
	2	5	53	40	6.31
	質量比率 (%)				粗粒率 F.M.
	1.2 ~2.5 mm	2.5 ~5.0 mm	5.0 ~10 mm	10 ~20 mm	
Series 3	4	8	8	80	6.64
	4	8	13	75	6.59
	4	8	18	70	6.54
	4	8	23	65	6.49
	4	8	28	60	6.44
	4	8	33	55	6.39
	4	8	38	50	6.34
	4	8	43	45	6.29
	4	8	48	40	6.24
	4	8	53	35	6.19

表3 検討要因と水準

検討要因	水準
粗骨材粒度	Series1 ^{※1} , Series1～3
粗粒率の予測方法	直接予測 ^{※1} , 間接予測
粗骨材の種類	硬質砂岩 ^{※1} , 石灰石
撮影環境	室内灯 ^{※1} , 室内灯+LED照明
画像サイズ比 ^{※2}	1.0, 0.75, 0.50, 0.25^{※1} , 0.125

※1 太字は基準となる条件。

※2 1024×756 pixelの画像を1.0とした時の画像サイズ比。

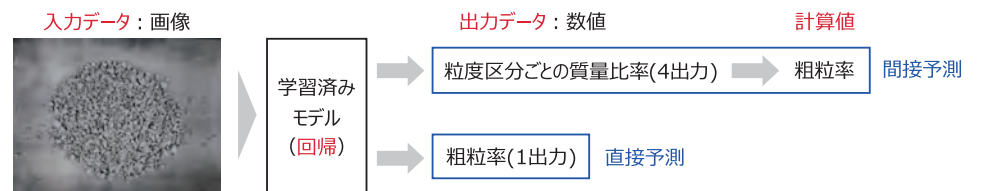


図4 粗粒率の予測方法の概念図

算出する方法(以下、間接予測と称す)の2種類とした。

学習用の入力データには80枚/seriesの画像を使用し、ネットワーク内で画像データを上下左右に反転させることで、データ数を拡張した。予測モデルの評価には、テスト用の入力データとして20枚/seriesの画像を使用し、式(1)に示す二乗平均平方根誤差(Root Mean Squared Error; 以下、RMSEと称す)により評価を行った。RMSEは、値が小さいほど予測精度が高いことを意味するものである。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - t_i)^2} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 y_i ：予測値

t_i ：実測値

N ：テスト用の入力データ総数

なお、テスト用の入力データには学習用の入力データは含めずに評価を行った。

4-4. 実験結果

図5に粗骨材粒度別の実測値と予測値の関係を示す。粒径が5mm以下の過小粒を含まない条件(Series1のみ)、過小粒を含む条件(Series1～3)のいずれでも、粗粒率の予測値の全てが目標とする許容差±0.10の範囲内に収まることを確認した。したがって、過小粒の有無によらず粗骨材の粗粒率を精度良く予測

できることが分かった。

図6に予測方法別、粗骨材の種類別の予測精度を示す。予測方法の影響は、直接予測と間接予測の比較では明確な差異は認められず、いずれの方法でも精度良く予測できた。また、粗骨材の種類別の影響も、硬質砂岩と石灰石の比較では明確な差異は見られず、骨材の種類によらず精度良く予測できた。

図7に撮影環境別の画像サイズ比と予測精度の関係を示す。予測精度は、室内灯のみを使用したときと比べ、LED照明を併用したときの方がやや高かった。LED照明を使用することで骨材縁の影が際立ち、畳み込み層にて骨材の特徴を検出しやすくなったことが一因であると推察する。また、LED照明の有無にかかわらず、画像サイズ比が変化してもRMSEはほぼ一定の値を示しており、元の画像サイズの0.125倍まで画像サイズを小さくしても精度良く予測できることを確認した。

5. 細骨材の表面水率予測

ここでは、ハイパースペクトルカメラを使用し、反射光スペクトルの特性から細骨材の表面水率の予測可否を検討した。

5-1. データの取得方法

表4に本実験で使用した細骨材の概要を示す。各細骨材の表面水率は、0～7%の範囲とし、0.5%刻みで調整した。細骨材と水を混合し調整した後、ポリ袋内で密閉し、20℃の室内で1日間静置させた細骨材を試料とした。

試料の撮影には、ラインスキャン型のハイパースペクトルカメラを使用した。写真2にハイパースペクトルカメラによる撮影状況を示す。容器(内寸：200×200×15mm)に試料を移し、ならし定規で試料の表面を均した後、可動ステージの上に静置した。その後、上方からハロゲンランプを試料に照射させた状態で、可動ステージを移動させ撮影を行った。なお、試料が乾燥しないよう作業は手早く行い、撮影までの時間を30秒以内とした。

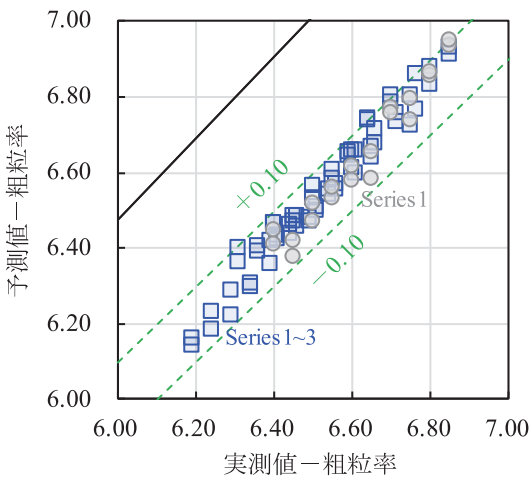


図5 粗骨材粒度別の実測値と予測値の関係

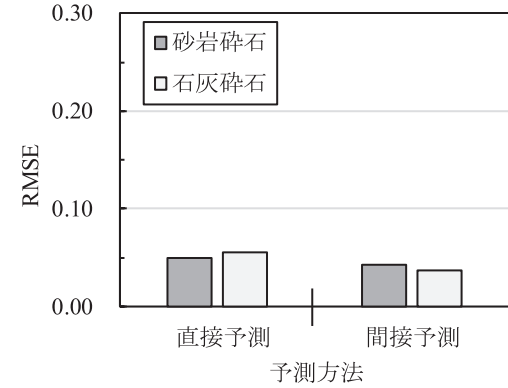


図6 予測方法別、粗骨材の種類別の予測精度

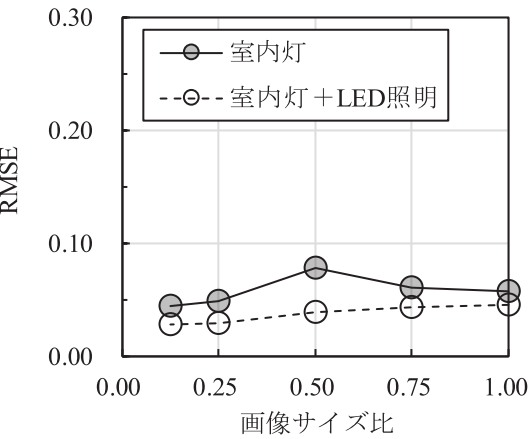


図7 撮影環境別の画像サイズ比と予測精度の関係

5-2. 予測方法および評価方法

予測方法には二次関数による最小二乗法を適用した。まず、取得したスペクトル画像を9つの領域に分割し、各領域における全164波長の反射光スペクトルの平均値 $\bar{p}$ を取得した。その後、式(2)により領域ごとに予測指標 I を算出し、9つの予測指標 I のうち、7つを予測式作成用データとして、2つをテスト用データとして

表4 実験で使用した細骨材の概要

種類	産地	物性値	外観※1
山砂	千葉県 君津市	表乾密度：2.59g/cm ³ 吸水率：1.82%	
石灰石	福岡県 北九州市	表乾密度：2.69g/cm ³ 吸水率：0.75%	
硬質砂岩	茨城県 桜川市	表乾密度：2.60g/cm ³ 吸水率：1.24%	
安山岩	山梨県 大月市	表乾密度：2.61g/cm ³ 吸水率：2.99%	

※1 絶乾状態における細骨材の外観。

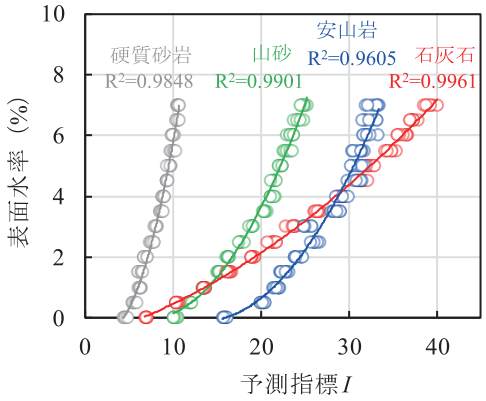


図8 骨材種類別の予測指標Iと表面水率の関係

取得した。この操作を各表面水率に応じて実施し、計105個の予測式作成用データと、計30個のテスト用データを使用した。

$$I = \frac{\bar{p}_{1363nm} - \bar{p}_{1413nm}}{\bar{p}_{1413nm}} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 I ：予測指標

$\bar{p}_{1363nm}$ ：1363nmにおける反射光スペクトルの平均値

$\bar{p}_{1413nm}$ ：1413nmにおける反射光スペクトルの平均値

予測モデルの評価には、計30個のテスト用データを使用し、4-3.で述べた式(1)に示すRMSEによる評価を行った。

5-3. 実験結果

図8に骨材種類別の予測指標 I と表面水率の関係を示す。いずれの細骨材でも予測指標 I と表面水率には強い相関があることが確認されたが、種類によってその関係は異なることが分かった。

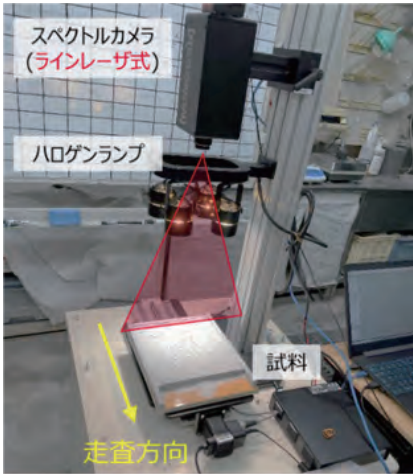


写真2 ハイパースペクトルカメラによる撮影状況

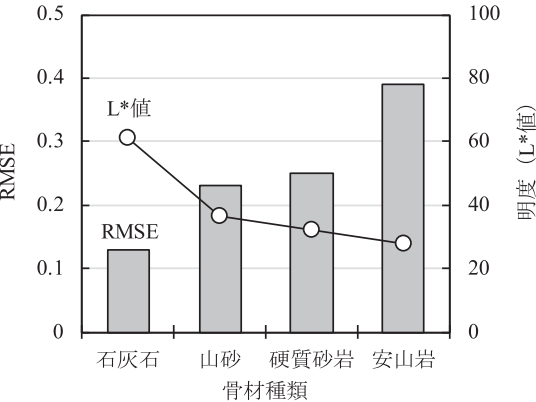


図9 骨材種類別のRMSEおよび明度(L*値)

図9に骨材種類別のRMSEおよび明度(L*値)を示す。RMSEは、石灰石、山砂、硬質砂岩、安山岩の順で小さく、細骨材の種類によって予測精度が異なる結果となった。また、表面水率が0%の各種細骨材の明度とRMSEを比較した場合、細骨材の明度が高いほどRMSEが小さい結果となった。本実験でのハイパースペクトルカメラによる細骨材の表面水率の予測精度には、細骨材の明度が影響していることが分かった。

6. おわりに

本稿では、AI技術を活用したフレッシュコンクリートおよび骨材の品質予測技術の開発の取組みについて紹介した。コンクリートの品質安定化、品質管理の省力化、レディーミクストコンクリート製造の高効率化の実現に貢献すべく、今後さらなる予測精度の向上や、省力化技術の対外的なPR活動を推進していく所存である。

設計熱伝導率という新しい概念を！

～未利用熱エネルギーの活用にあ資する高熱伝導コンクリート～

New concept of design thermal conductivity!
High thermal conductivity concrete for utilizing waste heat energy

美寺 寿人 佐伯 竜彦 岡田 明也 野本 孝史 浅野 宏

100万円の生コン!?

圧縮力に強く耐火・耐水性が大きいコンクリートの機能に、新たな機能を持ったコンクリートを開発して、その価値が社会に受け入れられれば100万円/m³の生コンがあっても、良いのではないかとという素朴な思いから、新たに金属のような熱伝導性の高い機能を加えた新しいコンクリートを開発することにチャレンジしました。

ちなみに、この開発のパソコンのフォルダー名は【100万円コンクリート】です。

1. はじめに

これまで北海道や多積雪地における無散水融雪施設では、必要な放熱量(設計放熱量)が大きいために、下水熱や地中熱などの低温度の熱エネルギーをヒートポンプで利用することが難しいと言われてきました。

一般的に、コンクリートの熱伝導率は1.6W/m・Kとして設計上取り扱われています。

本稿では、「この値を大幅に向上するコンクリートの開発」と「無散水融雪施設の舗装コンクリートとして使用することで、低温度の熱エネルギーをヒートポンプで活用できること」。そして、革新的な設計手法として「施設の全体最適な設計をすることが可能になること」を報告します。

2. 高熱伝導コンクリートの開発¹⁾

2-1. コンクリートの骨材に着目

舗装材であるコンクリートの骨材として、化学的に安定かつ高い熱伝導性を有する酸化アルミニウム(Al₂O₃/以下、アルミナと称す)に着目しました。汎用的なアルミナは、資源的に埋蔵量が豊富なボーキサイトを原料に、抽出精製されており、安価に大量生産でき

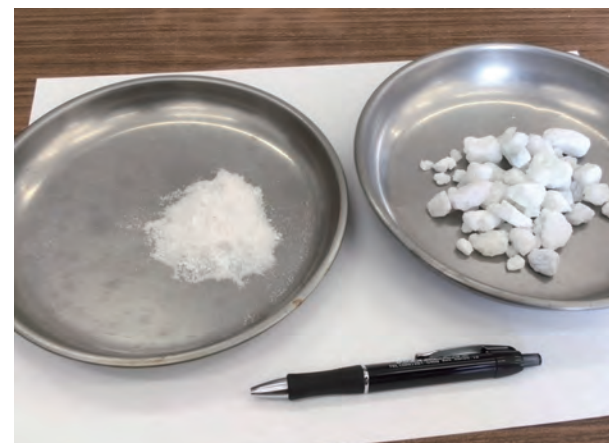


写真1 使用したアルミナ骨材

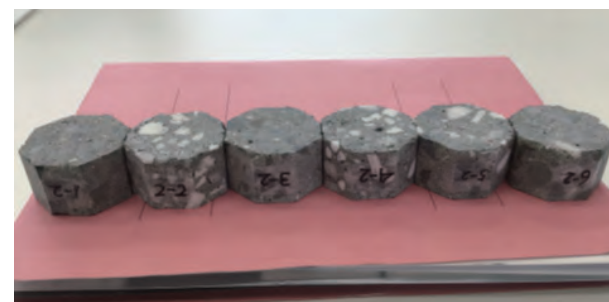


写真2 熱伝導測定用サンプル

[直径5cmの八角形、厚さ3cm 左からNo.1・2・3・4・5・6]

ることから産業分野で広く使用されています。

特性として、高融点で耐食性、絶縁性、耐摩耗性に優れていることから、ファインセラミックスの基本的な素材として絶縁碍子、研磨剤などに使われています。また、セラミックス素材の中では、比較的高い熱伝導性を有していることから、放熱材としても使用されています。

写真1は、本研究で使用したアルミナ骨材です。左は細骨材、右は粗骨材として使用し、表面には、微細な凹凸があります。

2-2. 高熱伝導コンクリートの製造

そこで、骨材として着目したアルミナを用いてコンクリートを製造することにしました。

コンクリートの標準配合は、新潟太平洋生コン(株)の工場(以下、工場と称す)で品質確認および出荷実績のある「早期交通開放型コンクリート舗装(1DAY PAVE)」の配合を基本とし、道路設計で定められている設計基準曲げ強度4.5N/mm²を保証するものとした(水セメント比35%、細骨材率s/a=42%、単位セ

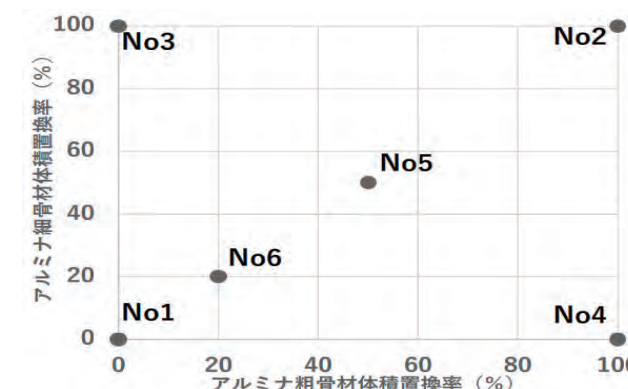


図1 各ケースの体積置換率

アルミナ細骨材置換率：アルミナ粗骨材置換率
No.1：0：0 No.2：100：100 No.3：100：0
No.4：0：100 No.5：50：50 No.6：20：20

表1 アルミナ混入体積率と熱伝導率

No.	熱伝導率 W/m・K	アルミナ混 入体積率%	置換概要
			細骨材：粗骨材
1	2.02	0	標準配合 0：0
2	6.08	64.0	100%：100%
3	3.43	26.9	100%：0%
4	4.64	37.1	0%：100%
5	3.77	32.1	50%：50%
6	2.43	12.8	20%：20%

メント量C=471kg/m³)。使用するセメントの種類は早強ポルトランドセメント(太平洋セメント(株)製)とし、骨材は工場で通常使用しているコンクリート用骨材を使用しました。

また、アルミナは、日本軽金属(株)製のアルミナ「36W/m・K(25℃)」を使用し、その粒度は、標準配合で使用した骨材と同等になるよう調整したものを使用しました。

基本となる工場の配合をNo.1とし、アルミナ骨材の効果を最大限見極めるために図1で示した体積置換率に応じた6ケースとしました。

2-3. 熱伝導率

写真2は、各ケースの熱伝導率を測定するためのサンプルです(測定方法：円板熱流計法 ASTM E1530(準拠))。

各ケースの熱伝導率試験の結果を表1に示します。「No.1」の標準配合と比べて、骨材をすべてアルミナ

みてら ひさと / MITERA Hisato
東邦産業(株)
副社長
技術士(建設部門)

さえき たつひこ / SAEKI Tatsuhiko
新潟大学工学部
教授
博士(工学)

おかだ あきや / OKADA Akiya
太平洋セメント(株) 中央研究所
セメント・コンクリート研究部
固化・不溶化技術チーム

のもと たかし / NOMOTO Takashi
エヌシー(株)
工場長

あさの ひろし / ASANO Hiroshi
新潟太平洋生コン(株)
工場次長

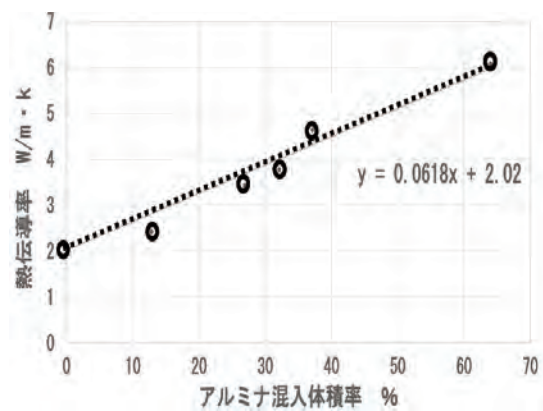


図2 アルミナ混入体積率と熱伝導率の関係

表2 曲げ強度試験の結果

No.	曲 げ 強度 N/mm ²	標準配合 に対する 強度比	アルミナ 混入体積 率%	置換概要 細骨材：粗骨材
1	7.17	1.00	0	標準配合 0：0
2	9.12	1.27	64.0	100%：100%
3	9.30	1.30	26.9	100%：0%
4	8.94	1.25	37.1	0%：100%
5	8.57	1.20	32.1	50%：50%
6	8.58	1.20	12.8	20%：20%



写真3 No.1(標準配合 0：0)
[通常の碎石粗骨材が割れることなく、残っている]

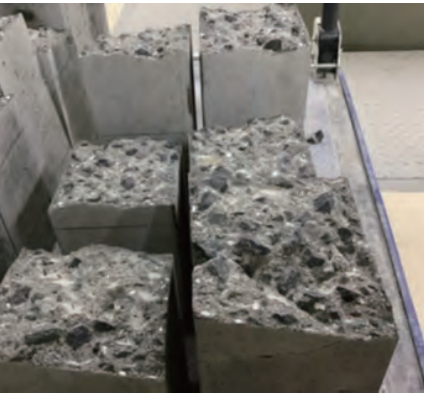


写真4 No.3(置換率 細骨材 100%：粗骨材 0%)
[通常の碎石粗骨材が割れているものもある]

に置換した「No.2」の配合の熱伝導率は、従来の天然骨材ではありえない「6.08」W/m・Kという非常に高い値が得られました。

2-4. 熱伝導率をコントロール

熱伝導率の増加について各ケースの場合のアルミナ混入体積率と熱伝導率の関係を図2に整理しました。

各配合の「熱伝導率」と、各々の配合で天然骨材と置き換えたアルミナの「混入体積率」には、図2に示す通りアルミナの粒径の大小に関係なく比例関係があります。

式(1)は、熱伝導率とアルミナ混入体積率の相関式です。

$$\text{熱伝導率 (W/m·K)} = 0.0618 (\text{W/m·K} \cdot \%) \times \text{アルミナ混入体積率 (\%)} + 2.02 (\text{W/m·K}) \quad \dots (1)$$

以上のことから、アルミナの混入体積率を変えること

で、ある一定の範囲(熱伝導率2～6)でコンクリートの熱伝導率をコントロールできます。

2-5. 曲げ強度

また、各ケースの材齢7日での曲げ強度試験(JIS A 1106)結果と標準配合に対する強度比の結果を表2に示します。

各配合とも標準配合と比べて約1.2倍以上の曲げ強度を確認できたため、強度面では問題なしと推測します。写真3は標準配合No.1の破断面写真。写真4は強度比が最大のNo.3の破断面写真です。

曲げ強度の増加の要因として、アルミナ骨材の表面形状(微細な凹凸がある)により、碎石粗骨材とセメントペーストやモルタルとの付着力は工場で使用している天然骨材と比較して高いことが推測されます。

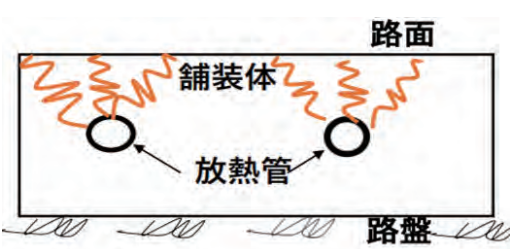


図3 ロードヒーティング断面模式図

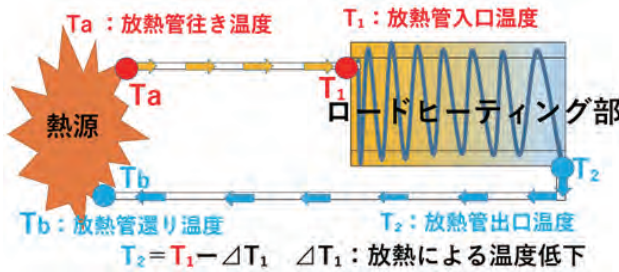


図4 ロードヒーティング模式図

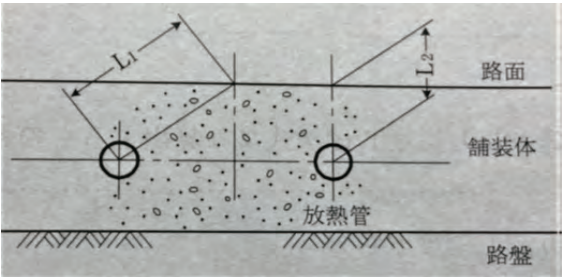


図5 放熱管と舗装体、路面
[出典：要領より]

3. 未利用熱をヒートポンプで活用

3-1. 熱伝導率向上の意義

無散水融雪は、図3のロードヒーティング断面模式図のように、舗装体内に設置された放熱管内に温かい不凍液や地下水などを流し、その熱エネルギーが、放熱管から舗装体に熱伝導して路面が温められることにより、路面の雪を融雪する仕組みとなっています。

これまで北海道や多積雪地における無散水融雪施設では、必要な放熱量(設計放熱量)が大きいために、低温度である下水熱や地中熱などの再生可能な熱エネルギーの温度だけでは、不凍液等を必要な設計温度に温めることができず、設計温度まで温めるためにヒートポンプや化石エネルギーの利用に頼らざるを得ないと言われてきました。

この課題を解消する方法として、舗装体の熱伝導率を大幅に向上することで、不凍液等の必要な設計温度を低くすることができ、次項のような未利用熱の活用ができます。

3-2. 未利用熱活用^{2,3)}

高熱伝導コンクリートが低温度の未利用熱エネ

ギーの利用拡大に資することを、下水熱を利用した融雪技術における設計手法⁴⁾に基づいて計算した結果を用いて示します。

図4は、ロードヒーティングの模式図です。熱源によって、温められた不凍液が、ロードヒーティング部の放熱管内を流れる過程で舗装体に放熱し(それによって、路面の融雪を行う)、温度が低下して、熱源に戻って、また、温められるという循環をしています。各温度は、それぞれのポイントの温度を定義しています。

図5は放熱管と路面の位置関係を表しています。熱伝導率が用いられる設計の個所は、「路面消・融雪施設等設計要領」(以下、要領と称す)から放熱管平均通水温度 $\bar{T}$ の式(2)です。

$$\bar{T} = q_u \cdot \frac{L_1 + L_2}{2\lambda} + q \cdot \frac{a}{2\pi \cdot \lambda_p \cdot L} \cdot \ln \frac{d_s}{d_i} + T_m \quad \dots (2)$$

式(2)における舗装体の熱伝導率が関係するのは第1項のみです。

$$q_u \cdot \frac{L_1 + L_2}{2\lambda}$$

1項の変数は、以下の通りです。

q_u ：上部放熱量(熱効率を考慮しない融雪または凍結防止

表3 熱伝導率と放熱管行き温度・還り温度

熱伝導率λ (W/m・K)	放熱管行き温 度 Ta (°C)	放熱管還り温 度 Tb (°C)
1.6	16.84	11.92
2.4	12.1	7.18
2.5	11.72	6.81
2.75	10.9	5.98
3	10.21	5.29
4	8.32	3.4
5	7.18	2.26
6	6.42	1.5

に必要な熱量：W/m²） L₁：放熱管中心から路面までの最長距離（m） L₂：放熱管中心から路面までの最短距離（m） λ：舗装体の熱伝導率（W/m・K）

この第1項は、「放熱管から路面までの距離 L₁、L₂」が長くなると大きくなり、「舗装体の熱伝導率λ」が大きくなると、小さくなることを表しています。

したがって、式(2)の放熱管平均通水温度 $\bar{T}$ や放熱管行き温度の値にも同じことが言えます。

計算モデル例として、ヒートポンプレスでの再生可能エネルギーの一つである下水熱利用の困難な地域である北海道の道央地区を想定して、その適用性について考察を行います。

設計条件は、以下の通りです。

・融雪対象面積：200m²・単位面積当たり必要熱量 q：250W/m²（道央地区）・上部放熱量 q_u：225W/m²・総必要熱量 50,000W・放熱管の種類および口径：SUS15A・放熱ユニット面積 12.5m²・放熱管設置間隔：150mm・管内流速及び送水量：0.7m/s・下水温度 12℃（推定値）

熱伝導率を 1.6～6W/m・K の間で変化させた場合の各種数値を表3に示します。

表3の見方として、熱伝導率が 1.6 W/m・K の時の放熱管行き温度は、16.84℃が必要な温度となり、熱伝導率が 6W/m・K の場合は、その値が 6.42℃となります。

このように熱伝導率を 1.6W/m・K から 6 W/m・K に



写真5 使用した恒温槽

大きくすると、設計放熱管行き温度を約10℃低下することができるのです。

活用できる下水熱を12℃としますと、熱の不可逆性で12℃以上にはヒートポンプレスでは温めることが不可能ですので、熱伝導率が1.6～2.4W/m・K の範囲ではヒートポンプレスでの利用はできないことになります。

熱伝導率を2.5W/m・K 以上にすることによって、放熱管行き温度を12℃未満にすることができます。

つまり、熱伝導率 1.6～2.4W/m・K の範囲では12℃の下水熱の活用ができませんが、熱伝導率 2.5W/m・K 以上にすることによって、単位面積当たり必要熱量 q：250w/m² の条件をクリアできるのです。

また、熱伝導率が 6W/m・K の場合に放熱管行き温度が 7℃以下になります。

このことは、7℃付近の低温度の熱エネルギーの利用も可能となることを示し、北海道や厳寒多雪地域などのヒートポンプレスが導入できなかった地域において未利用熱である再生可能エネルギーの導入が期待できます。

3-3. 高熱伝導コンクリートの実証試験

前項で、熱伝導率を向上すると低温度の熱源でも利用可能となることを計算上示しました。

そこで、このことを実証試験により確認しました。

写真5の恒温槽をマイナス1℃に設定し、マイナス1℃に冷やした3種類の熱伝導率の異なるサンプル（10cm×10cm×5cmの直方体）の上に氷を置き、図6のポンチ絵のようにサンプルの底面に同流量の水温約10℃の水を流して熱を供給し、氷の融解する状況を観察しました。

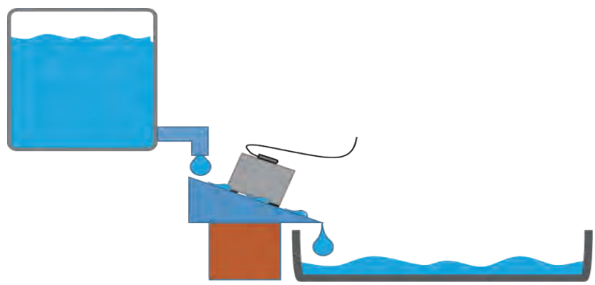


図6 熱供給ポンチ絵

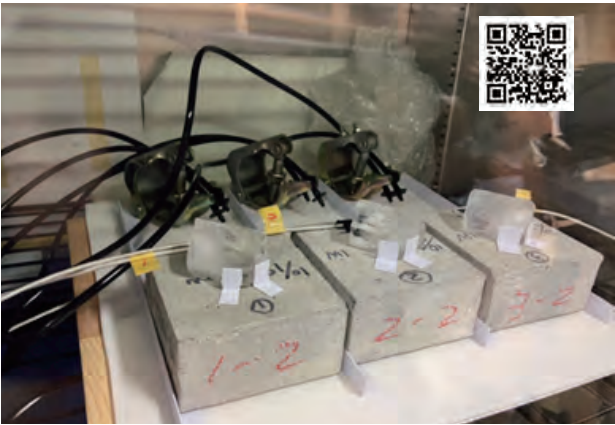


写真6 試験開始時
〔QRコードから試験の様子を見ることができます〕

写真6は、試験開始時の状況です。

サンプルは、向かって左から、

1-2：普通コンクリート（熱伝導率 2.0W/m・K）

2-2：高熱伝導コンクリート（熱伝導率 6.1W/m・K）

3-2：高熱伝導コンクリート（熱伝導率 3.4W/m・K）

の順番で配置しました。

試験開始から約6分後にサンプル2-2に溶け始めの兆候が見られ、約7分後にサンプル3-2に同様の兆候が見られたが、サンプル1-2は、約16分後によりやくわずかではあるが兆候が見られました。

このことにより、熱伝導率を高めることにより、同じ熱エネルギーの下で、放熱量（熱伝導）が大きくなることを確認しました。

写真7は、試験終了時（開始から約23分後）の状況です。



写真7 試験終了時

4. 全体最適な設計^{2,3)}

4-1. 部分最適から全体最適へ

熱伝導率をコントロールすることができるが、アルミナの価格（生コン工場渡し）が従来の骨材と比べて、約300円/kg（推定値）と高価であるため、熱伝導率が 6 W/m・K のコンクリートは、1m³ 当り約77万円と高価で、舗装材そのものはコストが高くなります。

一方、再生可能エネルギーを利用する場合、採熱部に多額の費用が掛かると言われています。

例えば、再生可能エネルギーの一つである下水熱を熱源としてヒートポンプレスで利用する場合には、不凍液を温めるために下水道管内に採熱管を敷設します。そこで、3-2.で想定した北海道の道央地区の場合の熱伝導率に対する放熱管行き温度・還り温度の値を用いて、採熱管延長を求め、採熱管設置費用（材工共）を270千円/m（推定値）、熱伝導率を 1 W/m・K 向上するアルミナ費用を20千円/m²（放熱管を含む舗装上部の厚さ10cmを高熱伝導コンクリートで施工する場合）

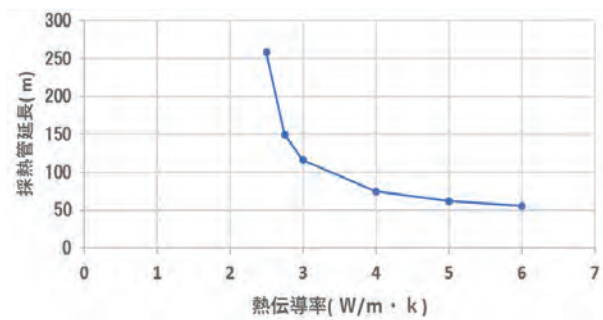


図7 高熱伝導 Co の熱伝導率と採熱管延長

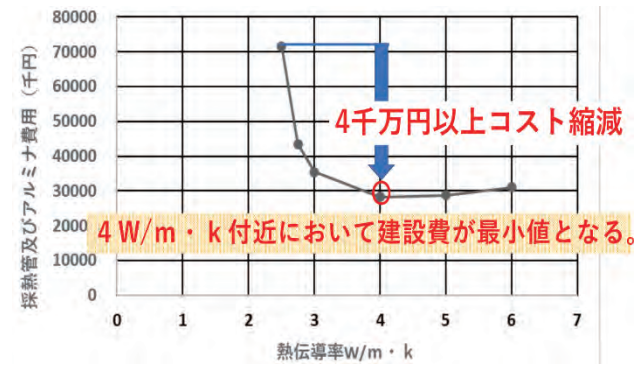


図8 熱伝導率と「採熱管+アルミナの費用」の関係

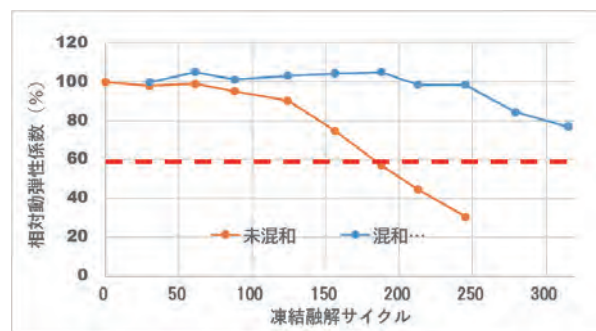


図9 アルミナ中粒使用コンクリート(空気量3%)における混和剤有無の凍結融解サイクルと相対動弾性係数

として検討しました。

以下に、熱伝導率を2.1～6W/m・Kの間で変化させた場合の熱伝導率と採熱管延長の関係を図7に示します。熱伝導率が4 W/m・K 付近までは採熱管延長の減少率が大きく、それ以上は減少率が小さくなるのがわかります。

また、図8は、熱伝導率と「採熱管+アルミナの費用」の関係を表しています。

図8より、舗装体の熱伝導率が、4W/m・K 付近において「採熱管設置費用+アルミナ費用」が最小になると推測され、4千万円(200千円/m²) 以上のコスト縮減が図れます。また、4W/m・K 以上の熱伝導率の向上はオーバースペックとなることを示しています。

このようにコンクリート舗装材のコストは高くなります【部分最適ではない】が、その他の採熱設備などのコストが安くなることによって、トータルコストの縮減が可能【全体最適】となるのです。

4-2. 革新的な設計手法

これまでの、舗装体の熱伝導率を【定数】として取扱って、ロードヒーティングの施設設計が行われてきましたが、前項で示したように【変数】として取り扱うことができることで、放熱管の配置や放熱管入口温度の設計の自由度が広がり、全体最適な設計をすることが可能になります。

5. 今後の課題等^{4,5)}

5-1. 熱伝導率の向上の方策

アルミナは高価な材料であることから、コスト縮減が課題です。

そこで、熱伝導率の低い空気(0.0257W/m・K)に着目して、コンクリートの空気量を低減した比較試験を、細骨材・粗骨材をすべてアルミナに置換した配合のケースで行い、空気量を7.9%から2.6%に少なくした場合、熱伝導率は6.08W/m・K から7.70W/m・K に向上しました。

一方、空気量は耐凍害性の機能として、5%程度を目安に配合することになっています。そこで、耐凍害性混和剤として開発されたパラフィン系を主成分とする「パラフィン系混和剤⁶⁾」を用いて、新たに空気量3%で混和剤の有無による凍結融解試験を行い、図9のような結果となりました。

未混和のものが180サイクル時点で相対動弾性係数60%を下回るのに対して、混和した方は300サイクル時点で、80～70%程度と大幅に耐凍害性が向上して、その有効性を確認しました。今後、さらに検討を進めていきたいと思います。

5-2. 現場での試験施工に向けて

路面に熱を伝える舗装材に、価格は高いが品質が安定している工業製品であるアルミナを骨材として用いることで、未利用熱活用施設の建設コストの低減や脱炭素、省エネ化が図れ、アルミナを使用した高熱伝導

コンクリートのポテンシャルは高いものと考えます。

試験室レベルでは一定の成果が得られ、現場での施工の段階に入ったと考えています。

高熱伝導コンクリートが未利用熱エネルギーの活用による循環型社会の構築などに寄与することを願って報告いたします。

【参考文献】

- 1) 美寺寿人, 五十嵐祐司, 佐伯竜彦, 上石勲／高熱伝導コンクリートに関する研究, 令和2年度北陸地方整備局事業研究発表会, 令和2年9月
- 2) 国土技術政策総合研究所資料 第1158号2021年3月 BDASHプロジェクトNO.35 ヒートポンプで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システム導入ガイドライン(案)
- 3) 美寺寿人, 佐伯竜彦／高熱伝導コンクリート舗装に関する研究について, 土木施工, pp.30～34, 2021Nov
- 4) 美寺寿人, 五十嵐悠介, 浅野宏, 佐伯竜彦／高熱伝導コンクリートにおける実用化に向けた取り組みについて, 第76回セメント技術大会講演資料, 令和4年5月
- 5) 美寺寿人, 佐伯竜彦, 岡田明也, 野本孝史, 浅野宏／北海道の未利用熱活用資する高熱伝導舗装を用いた無散水融雪, 第38回寒地技術シンポジウム報告論文, 令和4年11月
- 6) 岡田明也, 丸田浩, 中村浩章, 早川隆之／特殊パラフィンエマルジョンによる凍害抑制技術, コンクリート工学, Vol.60, No.10, pp.902～908



東邦産業株式会社

このまちを、100年先も「安心」で支える。

建設業界の総合商社 東邦産業



東邦産業は、持続可能な開発目標 (SDGs) への取り組みを通じて、「住み続けられるまちづくり」に貢献してまいります。

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



東邦産業は、安心・安全な豊かさを、次世代に残すために、未利用熱エネルギーの普及拡大に寄与する高熱伝導コンクリートの導入支援を行っています。

代表取締役社長 五十嵐悠介

〒951-8124 新潟市中央区医学町通2番町10番地1 ダイアパレス医学町2階
TEL: 025-228-0168 FAX: 025-228-2383
本件に関するご意見・ご質問は、営業第1部までお問い合わせください。

<https://www.tohos.co.jp/>



引き寄せの法則?

福留 和人

10年前に建設会社(当時、間組)を退職し、石川工業高等専門学校に着任しました。10年間教員として幸せな時間を過ごし、本年3月に定年退職致しました。4月より以前勤務していた建設会社(現安藤ハザマ)に勤務しています。教員として勤務後、再び古巣の建設会社に勤めるのは非常に稀なケースですが、表題の“引き寄せの法則”によるのでは?、と思っています。少々非科学的な話になりますが、他の例も含めて紹介いたします。

昨年度まで、ある産業副産物の利用委員会に参加していましたが、数年前から“2050年カーボンニュートラルに向けて、有効利用は如何にあるべきか?”が議論の中心となっていました。これらの議論をする中で、“カーボンニュートラルを目指す中でセメント・コンクリートはどうあるべきか?”が非常に気になり始め、あらためて国内外の研究動向を調べるようになっていました。とはいえ、定年間近の地方の一教員では貢献のしようもなく、技術の発展を見守るしかないのか?という気にもなっていました。4月以降の身の振り方も決まらない中で年末を迎えようとした頃、安藤ハザマの北陸支店幹部の方が年末の挨拶のために来校されたことをきっかけに急速に動き始めました。詳細は省略しますが、年明け早々には4月から

安藤ハザマの技術研究所でコンクリート分野のカーボンリサイクル技術に関する業務に就くことが決定していました。強い思い・願いから“引き寄せ”によって現実となった、という経験をさせて頂いたと思います。着任後4か月が過ぎ、カーボンリサイクル技術開発に取組み、その難しさを肌で感じています。少しでもカーボンニュートラルに貢献できるよう全力で取り組む所存です。

次に2つ目の“引き寄せ”を紹介いたします。石川高専に着任して数年たったころ、“引き寄せ”だったのでは?という出会いがありました。当時、産業副産物の有効利用に関する研究を再開しようと考えていました。産業副産物は有効利用する上で不都合な性質を持つ場合がありますが、その性質を利用した研究を考えていました。不都合な性質をなくす処理をした製品として販売されていますので、処理前の材料をどのように入手するかを考えていました。季節の良い時期で教員室のドアを開放していたところ、一人の男性が訪ねて来られました。環境都市工学科の卒業生で、ご子息の授業参観のために来校し、出身学科に挨拶に来たところ、ドアが開いていたので声をかけさせて頂きました、とのことでした。このやり取りのあと、名刺交換をしたわけですが、会社名を見て「いいところに来られました。」と思

わず言ってしまいました。研究対象に考えていた産業副産物を製品として販売されている会社に勤務されている方で、続いて「処理前の〇〇を提供して頂けませんか?」とお願ひしてしまいました。その後、材料を提供して頂いて研究を開始し、研究費の提供も受けるまでに密度の高い交流をさせて頂きました。この“引き寄せ”による出会いには、おまけがついています。交流が始まったあと、責任者の方が本校を訪ねてこられました。たまたま、4月に同じ会社出身の先生が着任されていまして、「貴社ご出身の〇〇先生が着任されました。数万人社員がおられるので面識はないかと思いますが、お会いになりますか?」に対し、「〇〇さんという方は大学の先輩で一人だけいます」と話されながら、先生の部屋を尋ねたところ、まさにその方でした。最初の“引き寄せ”が何十年ぶりの先輩との再会にも繋がりました。

石川高専着任後しばらくの間、知人から「なぜ石川県に行かれたのですか?」、「石川県にゆかりがあるのですか?」とよく聞かれました。答えに窮していましたが、石川高専での10年間、愛すべき学生さんとの夢のような時間だったことを考えると、ひょっとしたら、「出会った学生さんの“引き寄せ”によって石川高専に着任しました。」が答えなのかもしれない、と今では思っています。

本稿を書くにあたって、初めて“引き寄せの法則”について調べました。本来、“強く願ったり、

信じたりしたものは実現しやすい”, すなわち, “願えば叶う”, ということのようです。残り少ない技術者人生ですが、常に“願うこと、信じること”を忘れてはならないということかもしれません。

[ふくどめ かずと / (株)安藤・間 技術研究所 脱炭素技術開発部 博士(工学)]



持続可能な社会の実現に貢献する化学混和剤

「マスターライフ SRA 900」

「マスターエックスシード 150 JP」

Chemical admixtures contributing to achieve SDGs
“MasterLife SRA 900” and “MasterX-Seed 150 JP”

井元 晴丈 小泉 信一

1. はじめに

持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、2021年9月の国連サミットで持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals／以下、SDGsと称す）が採択された^{1,2)}。社会基盤の整備に欠かせない材料の一つであるコンクリートは、SDGsを達成する上で必要不可欠な材料である。その一方で、コンクリート材料自体やそれが使用される建設業界においても持続可能にすべく、生産性向上³⁾や、省資源・省エネルギー、CO₂排出量削減⁴⁾等にこれまで積極的に取り組んできており、その取り組み自体がSDGsに対応している。

コンクリート用化学混和剤においても、建設業界での生産性向上と環境負荷低減のニーズに対応する形で、製品開発に取り組んでいる。最も一般的な化学混和剤であるAE減水剤や高性能AE減水剤は、作業性や強度発現性、耐久性向上のために使用されるが、その使用自体がCO₂削減につながることも報告されている⁵⁾。本稿では、SDGsの実現に貢献するそのほかの化学混和剤として、コンクリートの耐凍害性を確保しつつ

乾燥収縮ひずみを低減可能な気泡安定性に優れたコンクリート用収縮低減剤「マスターライフ SRA 900」の基本性能と特徴を紹介する。さらに、カルシウムシリケート水和物(C-S-H)のナノ粒子を主成分とする新しいコンセプトの硬化促進剤「マスターエックスシード 150 JP」を、プレキャストコンクリート製品の製造に適用し、蒸気養生を削減した事例について報告する。

2. コンクリート用収縮低減剤「マスターライフ SRA 900」

2-1. 開発の背景

収縮低減剤は、コンクリート構造物の乾燥収縮によるひび割れを抑制する有効な材料である。近年、コンクリート用収縮低減剤としてのJISが制定される等、使用するための環境整備が進んでいる。一方、これまで実用されてきた収縮低減剤の中には、コンクリートの空気量の調整が困難なものや、気泡間隔係数を増大させるものがあることが指摘されている⁶⁾。我々は、フレッシュコンクリートや硬化後のコンクリートの気泡形成に悪影響を及ぼさない収縮低減成分の検討を行い、乾燥収縮ひずみと凍結融解抵抗性を両立させた、気泡安定性に優れた収縮低減剤「マスターライフ SRA 900」を新たに開発した。

2-2. 収縮低減成分と作用機構

マスターライフ SRA 900(以下、SRAと称す)は、主

表1 マスターライフ SRA 900の
品質評価試験(JIS A 6211)

項目		規定値	試験値
フロー値比(%)		≥85	96
凝結時間の差(分)	始発	≤120	45
	終結	≤180	50
圧縮強さ比(%)	材齢7日	≥80	97
	材齢28日	≥85	98
長さ変化比(%)	乾燥期間7日	≤70	60
	乾燥期間28日	≤75	66

表2 使用材料の種類および物理的性質

材料	記号	種類および物理的性質
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm ³ , 比表面積 3,240 cm ² /g
細骨材	S	大井川水系陸砂 表乾密度 2.59 g/cm ³ , 吸水率 2.18 %
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石 表乾密度 2.67 g/cm ³ , 吸水率 0.62 % M.S. 20 mm
AE減水剤	AD	マスターポリヒード 15S リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
収縮低減剤	SRA	マスターライフ SRA 900 アルキレングリコール誘導体
AE剤	AE1	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	AE2	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
	AE3	変性アルキルカルボン酸化合物系陰イオン界面活性剤

成分をアルキレングリコール誘導体とし、JIS A 6211に準じた評価試験ではSRAをC×1.5%使用した場合に全ての試験項目が規定値を満足している(表1)。式(1)で表される収縮低減タイプの高性能AE減水剤に用いられている収縮低減成分の構造⁷⁾を基に、コンクリートの乾燥収縮ひずみを低減して、かつ、コンクリートの気泡形成への影響が少なくなるように、末端部(R₁およびR₂)の疎水性を低減し、さらにアルキレングリコール部(AO)の疎水性を増加させることで、親水と疎水のバランスを見直している。

$$R_1-O-(AO)_m-R_2 \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここに、AO：アルキレンオキサイド

R₁, R₂: 水素基あるいは炭化水素基

m：アルキレンオキサイドの付加モル数

収縮低減剤は、一般に間隙水の表面張力を低下させることで、収縮の駆動力となる毛細管張力を緩和する作用により収縮を低減と言われている⁸⁾。図1に、

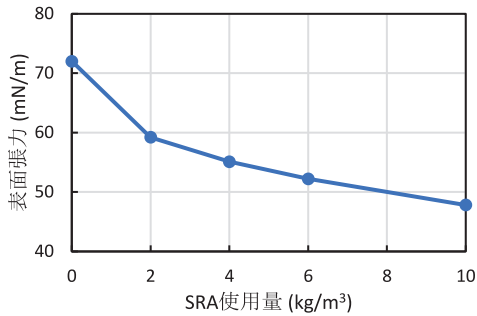


図1 SRA使用量と表面張力の関係

表3 コンクリートの配(調)合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AD C×%	SRA (kg/m ³)
			W	C	S	G		
SRA0	50.0	47.1	170	340	826	957	1.0	0.0
SRA2			170 (168)					2.0
SRA6			170 (164)					6.0
SRA6-P			164					6.0 後添加

表4 試験内容

測定項目	測定方法
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	JIS A 1156
ブリーディング量	JIS A 1123
凝結時間	JIS A 1156
圧縮強度	JIS A 1108 供試体サイズ φ 10×20 cm, 標準養生
乾燥収縮	JIS A 1129-3 基長7日, 測定期間 6 か月
気泡組織	ASTM C457/C457M リニアトラバース法
凍結融解	JIS A 1148 A 法
後バッチコンクリートの空気量の変動	SRA0 と SRA6 を交互に練り混ぜた際の空気量測定
洗浄水の観察	SRA0 と SRA6 のコンクリートをそれぞれ傾胴ミキサ(100L)に投入し、回転速度 20rpm で 60 秒間攪拌した後に排出。その後、傾胴ミキサに水道水を 15L 投入して 60 秒間攪拌後に洗浄水を容器に排出し、起泡状況を観察

単位水量 170kg/m³のコンクリートを想定しSRAを添加した練混ぜ水の表面張力の測定結果を示す。SRAの添加量の増加に伴い表面張力が低下する傾向にあることから、本SRAでも同様の作用機構により乾燥収縮を低減させているものと推察される。

2-3. 試験概要

W/C=50%で市販のAE減水剤高機能タイプとAE1



いもと はるたけ / IMOTO Harutake
ポナリス ソリューションズ(株)
技術開発センター 博士(工学)



こいずみ しんいち / KOIZUMI Shinichi
同上
博士(工学)

表5 各種試験結果 [フレッシュ性状, プリーディング量, 凝結時間]										
記号	AD (C×%)	SRA (kg/m ³)	AE1 (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	プリーディン グ量 (cm ³ /cm ²)	凝結 (h:mm)		備考
								始発	終結	
SRA0	1.0	0.0	0.0040	19.5	4.7	20	0.15	5:30	7:40	対比
SRA2	1.0	2.0	0.0045	19.5	4.8	20	0.15	5:55	8:05	同時添加
SRA6	1.0	6.0	0.0060	20.0	4.9	20	0.12	7:10	9:25	同時添加
SRA6-P	1.0	—	0.0030	18.5	4.2	20	—	—	—	ベースコン
	—	6.0		19.0	5.0	20	0.13	7:00	9:20	後添加

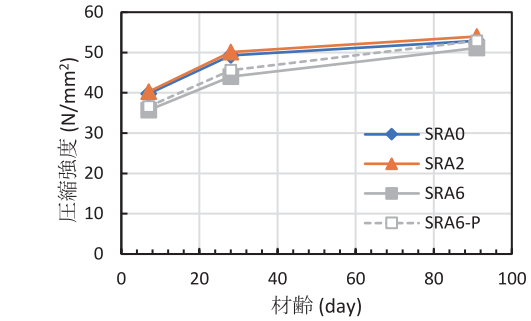


図2 圧縮強度試験結果

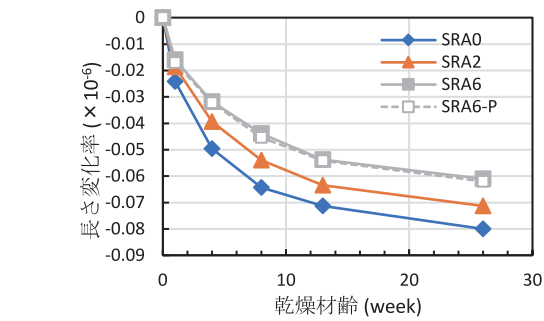


図3 長さ変化率

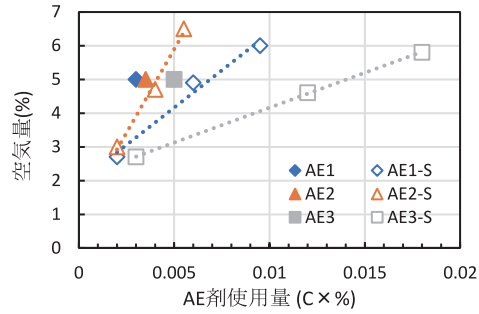


図4 AE剤使用量とフレッシュコンクリート空気量

を用いたコンクリートを対象とし、SRA無添加(SRA0)、SRA：2kg/m³(SRA2)、SRA：6kg/m³(SRA6) およびSRA：6kg/m³後添加(SRA6-P)の4水準を比較検討した。また、SRA0およびSRA6の配(調)合で、3種類の空気量調整剤(AE1、AE2およびAE3)を用いて空気を連行した供試体を作製し、気泡組織と凍結融解抵抗性を確認した。さらに、収縮低減剤コンクリートを実製造した際に懸念される後バッチコンクリートの空気量の変動やトラックアジテータの洗浄水の泡立ち⁹⁾を実験室内で再現し、改善効果を確認した(表2～4)。

2-4. 試験結果

(1) フレッシュ性状および硬化性状
フレッシュ性状、プリーディング量および凝結時間の試験結果を表5に、圧縮強度試験結果を図2にそれぞれ

示す。SRAを使用したいずれの条件も、SRA0とSPの使用量を変更することなく同等のスランプが得られ、AE1の使用量は若干増加する程度であった。プリーディング量は、SRAの有無や添加方法の違いに関わらず同等であった。一方、SRA使用量の増加に伴い凝結は遅れ、圧縮強度は若干低下する傾向が見られたが、材齢が進むにつれてその差は小さくなった。この傾向は既往の知見¹⁰⁾と同様であると考える。

乾燥収縮試験結果を図3に示す。乾燥材齢26週における収縮低減率は、SRA2で11%、SRA6で約25%となり、使用量の増加に伴い乾燥収縮ひずみが低下し、添加方法の違いは認められなかった。

(2) 気泡組織形成と凍結融解抵抗性の評価

図4にSRA0およびSRA6の配(調)合を用いたコンクリートにおける、AE剤使用量とフレッシュコンクリート

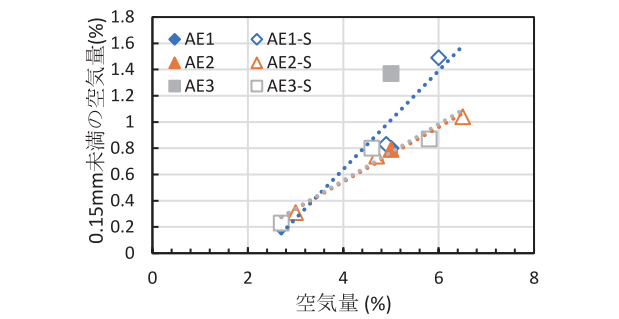


図5 フレッシュコンクリート空気量と気泡径0.15mm未満の空気量

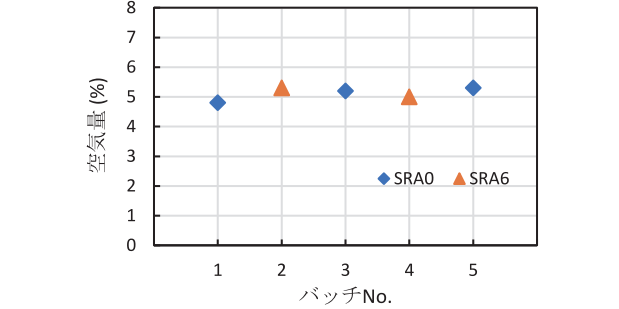


図7 フレッシュコンクリート空気量

空気量の関係を示す。SRAを使用したコンクリート(図中-S)は、いずれもAE剤の使用量を調整することによって、容易に所要の空気量を得ることができた。

図5にフレッシュコンクリート空気量と供試体中に存在する気泡径0.15mm未満の空気量¹¹⁾の関係を示す。一般に収縮低減剤を使用した場合、気泡間隔係数の増大¹⁰⁾など気泡組織が粗大になる場合が確認されているが、SRAを使用したコンクリートは、SRA無添加と同等量の空気を連行することで気泡径0.15mm未満の空気量も同等量含んでいることが確認できており、硬化体中に安定して微細気泡が形成されることが示された。また、図6に示すように0.15mm未満の気泡径の空気量を0.7%以上確保することで、耐久性指数90%以上と高い凍結融解抵抗性を有することが確認された。

(3) 後バッチコンクリートの空気量と洗浄水の観察
SRA0とSRA6をミキサの洗浄を施すことなく連続で練った際のフレッシュコンクリート空気量を図7に時系列で示す。一般に収縮低減剤を用いた場合、収縮低減剤を含む残コンクリートが、後バッチコンクリートの空気量の制御を困難にするため、プラントでの添加が避けられるケースがあるが⁹⁾、マスターライフ SRA 900を含

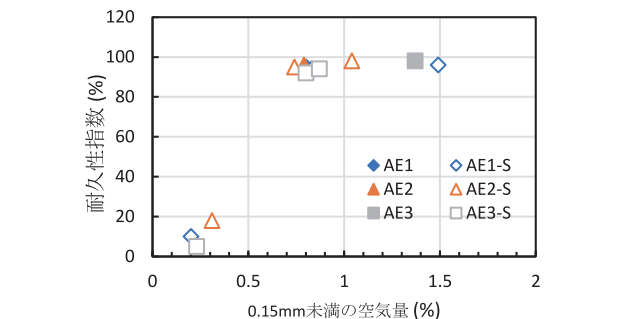


図6 気泡径0.15mm未満の空気量と耐久性指数

表6 洗浄水の気泡状態		
	AE1	AE1+SRA
0分		
5分後		

む残コンクリートには、後バッチの空気量に及ぼす影響は無いことが確認できた。

加えてAE1を使用したSRA0(空気量4.9%)とSRA6(空気量5.0%)を練り混ぜた後のミキサ洗浄水の気泡状況を表6に示す。収縮低減剤を用いた場合、トラックアジテータの洗浄水の起泡が問題となる場合もあるが⁹⁾、本SRAを用いた場合は、洗浄水の起泡状況に差が見られないことも観察された。

2-5. まとめ

本章では、気泡安定化に優れた収縮低減剤マスターライフ SRA 900の基本性能と特徴について整理し、以下を報告した。

- 1) SRA 無添加と同様のフレッシュ性状が得られる
 - 2) 従来品と同様の収縮低減効果がある
 - 3) 硬化コンクリート中の微細気泡が粗大になりにくく、高い凍結融解抵抗性を確保できる
 - 4) 後バッチへの影響や洗浄水の泡立ちの懸念がない
- マスターライフ SRA 900は、耐久性向上と作業効率化に貢献できる、SDGs達成をサポートできる化学混和剤といえる。

表7 使用材料の種類および物理的性質

材料	記号	種類および物理的性質
水	W	地下水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm ³
細骨材	S1	山砂 表乾密度 2.55 g/cm ³
	S2	砕砂 表乾密度 2.66 g/cm ³
粗骨材	G	碎石(2005) 表乾密度 2.71 g/cm ³
高性能減水剤	SP	マスターグレニウム ACE390 PAE 化合物
硬化促進剤	AC	マスターエックスシード 150 JP C-S-H ナノ粒子のスラリー

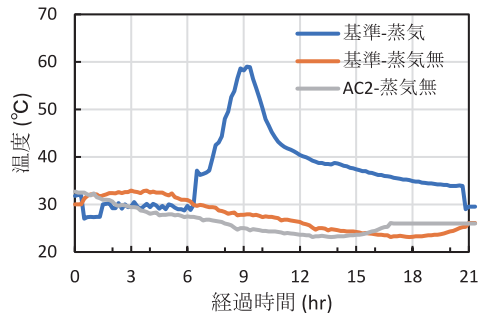


図8 養生温度履歴

3. コンクリート用硬化促進剤

「マスターエックスシード 150 JP」によるプレキャスト製品製造でのCO₂排出量削減

3-1. はじめに

プレキャストコンクリート(以下、PCaと称す)製品の製造では、CO₂排出量のほとんどがセメント製造などの原材料に依存しているが、2割程度は製品製造に起因するものであり、そのほとんどは蒸気養生といった促進養生に起因するものである¹²⁾。促進養生は、脱型可能な強度を早期に得るために実施されていることから、硬化促進剤の使用などほかの方法で強度発現性を向上させられれば、PCa製造における促進養生を削減できる可能性がある。我々は、コンクリート用硬化促進剤「マスターエックスシード 150 JP」を用いて、促進養生を削減する手法について検討し、さらに、実際のプラントに適用させた。本稿では、宮城県石巻市内のプラントにおける適用事例について紹介する。なお、マスターエックスシードの作用機構、基本

表8 コンクリートの配(調)合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (C×%)	AC (C×%)
			W	C	S1	S2	G		
基準	42.5	34.9	152	358	370	255	1, 217	1.25	0.0
AC2								1.25	2.0

表9 フレッシュコンクリートの性状

記号	AC (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
基準	0.0	12.0	4.7	31
AC2	2.0	9.5	4.0	31

表10 圧縮強度測定結果

	圧縮強度 (N/mm ²)				
	5h	6h	18h	20.3h	21.3h
基準-蒸気	1.43	1.96	—	—	13.9
基準-蒸気無	—	—	—	—	9.50
AC2-蒸気無	—	—	10.9	12.1	—

性能や作業効率化などで適用された事例については既報^{13,14)}にまとめているので参照されたい。

3-2. 試験概要

試験は、適用を想定しているPCaプラントで最も一般的な配(調)合(表7,8)を用い、硬化促進剤無添加(基準)とマスターエックスシードをC×2.0%添加した(AC2)の2種類を使用した。環境温度30~32℃において、表9に示す性状のフレッシュコンクリートを得た。その後、φ100×200mmの型枠に打ち込み、図8に示す温度履歴で蒸気養生および外気温での養生を行った。なお、蒸気養生は、実際の製品製造時と同じ温度プログラムとし、所定時間養生後、圧縮強度の測定を行った。

3-3. 試験結果

表10に所定時間養生した供試体の圧縮強度測定結果を示す。マスターエックスシードの適用を想定しているプラントでは、正午までに打設を行ったものに対して蒸気養生を施し、翌日の午前8時過ぎに脱型するプロセスで製造している。マスターエックスシードを用いずに蒸気養生した配(調)合(以下、基準-蒸気と称す)は、21.3時間で13.9 N/mm²を示したが、蒸気養生

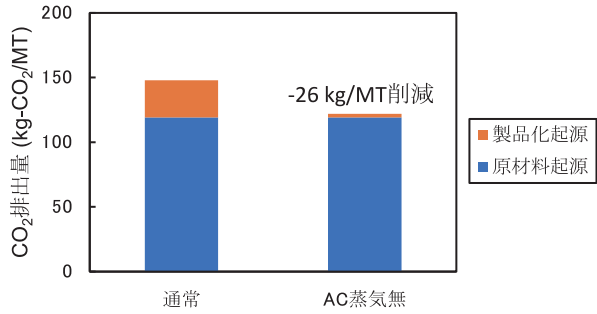


図9 蒸気養生カットによるCO₂排出量削減効果

表11 SDGsの実現に貢献可能なその他の製品群

カテゴリー	製品・システム	特長
スランプ保持型 AE 減水剤	マスターレオシュア®	戻りコンの削減 混和材, 碎石砕砂およびスラッジ水の有効利用
付着モルタル及びスラッジ水に用いる安定剤	マスターセツト® 110CLN	フレッシュモルタル, 並びにスラッジ水の有効利用による産業廃棄物の減量化 資源の有効利用による, CO ₂ 削減
ジオポリマー用製品	マスタークリート® シリーズ	カーボンニュートラルの実現に貢献 可使時間が長く, 施工に適した変形性状が持続
デジタル化	タンクテレメトリーシステム	効率的な混和剤在庫管理による作業効率の向上 混和剤廃棄量の減少によるコスト低減 適切な混和剤配送(輸送回数の削減)による環境負荷低減
風力発電用グラウト材	マスターフロー® 9000 シリーズ	再生可能エネルギーの利用推進
コンクリート表面保護材	プロテクトシル® BHN	シラン系含浸材による CO ₂ 固定量の増加

をしない場合(基準-蒸気無)では、9.50N/mm²の強度であった。一方、マスターエックスシードをC×2%添加して外気温下で養生したAC2-蒸気無では、18時間で10.9N/mm²であり、蒸気養生しなくても脱型強度に到達可能であることを確認した。つまり、今回試験した環境下では、マスターエックスシードを適用することで蒸気養生が不要となり、促進養生に起因するCO₂排出量を削減できる可能性を示した。

3-4. プラントでの試験適用

ここでは、マスターエックスシードをPCa製品製造へ試験適用し、蒸気養生カットによるCO₂排出量削減効果について試算した。試験は、9日間実施し、製造するPCa製品の内、6.4m³/dayを、マスターエックスシードを使用してフレッシュコンクリートを製造し、蒸気養生をカットして外気温環境下で養生した。蒸気養生をカットしたものは、通常のプロセスと同様に翌朝脱型して出荷までの保管場所に運搬して、出荷まで気中養生した。

すべてのロットにおいてマスターエックスシードを添加したものは製品として問題ないことを確認した。なお、試験期間中に削減できるA重油の量は、製造した製品1 MTあたりで、9.4 L/MTと試算された。

この結果を基に、マスターエックスシードの添加によって蒸気養生をカットして製品を製造した場合の、製品1MT製造当たりのCO₂量(kg)を試算した(図9)。なお、原材料や燃料のインベントリーデータは、参考文献¹²⁾のものをを用いた。その結果、蒸気養生を削減することで、1MTの製品を製造するために排出する製品化起源のCO₂排出量を26 kg/MT削減でき、原材料由来と併せるとCO₂排出量を約2割削減できることを確認した。

3-5. まとめ

近年の建設業界におけるコンクリートの生産性向上と環境負荷低減へのニーズへの対応として提案しているコンクリート用硬化促進剤「マスターエックスシード 150 JP」

をPCa製品製造に適用しCO₂排出量を削減した事例を紹介した。なお、今回の試験適用において、マスターエックスシードを使用することで、蒸気養生をなくすことにより、蒸気養生の準備にかかる時間が削減され、労働時間の短縮と作業環境改善にもつながることが確認された。

4. おわりに

SDGsの実現に貢献する化学混和剤として、気泡安定性に優れた収縮低減剤「マスターライフ SRA 900」の基本性能と特徴について、さらに、硬化促進剤「マスターエックスシード 150 JP」をプレキャストコンクリート製品製造に適用し、CO₂排出量を削減した事例について報告した。当社ではこのほかにも、SDGsに貢献可能な取り組みを行っている(表11)。これらも含め、今後も継続してプロセスの効率化や環境配慮ならびに長寿命化に貢献するソリューションを提供していく所存である。

MASTER
BUILDERS
ポゾリス

IN
JAPAN

IS NOW
PART OF Sika

SUSTAINABILITY

今までも、これからも 建設化学品のグローバルブランドとして社会と業界へ貢献いたします

ポゾリス ソリューションズ株式会社

〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722
Tel: 0467-84-9640 | Fax: 0467-84-9648 | www.mbcc.sika.com

BUILDING TRUST



【参考文献】

- 1) 外務省／JAPAN SDGs Action Platform, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> (2023年6月6日閲覧)
- 2) 環境省／持続可能な開発目標(SDGs)の推進, <https://www.env.go.jp/policy/sdgs/index.html> (2023年6月6日閲覧)
- 3) コンクリート工学編集委員会／生産性向上に関わるコンクリート技術の現状, コンクリート工学, Vol.55, No.9, 2017
- 4) コンクリート工学編集委員会／カーボンニュートラルに貢献するコンクリート技術, コンクリート工学, Vol.59, No.9, 2022
- 5) 井元晴丈, 西村正／CO₂削減の観点からの化学混和剤の役割, コンクリート工学, Vol.48, No.9, pp.66～68, 2010
- 6) 日本産業規格／JIS A6211:2000 コンクリート用収縮低減 解説, 2020
- 7) 小泉信一, 井元晴丈, 菅俣匠, 太田晃／高性能AE 減水剤(収縮低減タイプ)を使用したコンクリートの諸特性と収縮低減作用, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.625～630, 2009
- 8) 佐藤健, 後藤孝治, 酒井公武／セメント硬化体の乾燥収縮を低減する有機質混和剤, セメント・コンクリート論文集, Vol.37, pp.65～68, 1983
- 9) コンクリートよるず研究会／コンクリート用混和剤(材)の選び方・使い方, 講習会テキスト, pp.146～147, 2018
- 10) 日本建築学会／膨張剤・収縮低減剤を使用したコンクリートに関する技術の現状, 2013
- 11) 坂田昇, 菅俣匠, 林大介, 橋本学／コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察, コンクリート工学論文集, Vol.23, No.1, pp.35～47, 2012
- 12) 河合研至他／プレキャストコンクリートの環境負荷低減策に関する検討, コンクリート工学論文集, Vol.25, pp.35～44, 2014
- 13) 小山広光, 井元晴丈, 小泉信一, 土谷正／C-S-Hナノ粒子を含有する早強剤の特性と効果について, コンクリート工学, Vol.53, No.7, pp.614～621, 2015
- 14) 小山広光, 井元晴丈／C-S-H系早強剤の作用機構と適用事例, コンクリート工学, Vol.57, No.1, pp.20～23, 2015

ポリプロピレン(PP) およびポリトリメチレンテレフタレート(PTT)系カーペット廃棄物を用いたセメント系材料の性能改善

Nghia P. Tran, ほか

ACI Materials Journal

119 [4] 125～138 (2022)

近年、欧米では多くのカーペット廃棄物が発生しており、その多くは焼却または埋め立て処分されている。この問題に対処するため廃カーペット繊維をコンクリートに用いる研究がされている。筆者らは廃カーペットの利用を想定し、マイクロサイズのPPおよびPTT繊維を添加したモルタルの機械的特性と微細構造に与える影響を調査した。

材齢28日で、繊維径35 μ m長さ12mmのPP繊維0.5%添加では圧縮強度が4.3%、曲げ強度が11.5%向上した。繊維径45 μ m長さ12mmのPTT繊維0.1%添加では、圧縮強度が16.1%、曲げ強度が9.2%向上した。対して、混合繊維(0.4% PP + 0.1% PTT)添加では、圧縮強度が6.6%、曲げ強度は13.0%向上した。また、材齢120日の乾燥収縮はPP繊維では18.4%、PTT繊維では22.3%、混合繊維では25.8%緩和された。

X線マイクロCTによる微細構造と細孔構造の解析では、上記の繊維を添加したモルタルはすべての材齢で繊維を添加していないモルタルよりも空隙率が低く、平均空隙径が小さいことが示された。SEM観察結果について、PTT繊維添加のモルタルでは三葉形状の繊維が水和生成物と物理的に絡み合う構造が形成され、丸みを帯びた形状のPP繊維添加モルタルよりも微細構造が緻密化していた。

一般に合成繊維の疎水的特性は混合中に空隙を誘発するが、マイクロサイズのPPおよびPTT繊維を適切

な量用いた場合、空隙率は低下し、微細構造は緻密化した。これは、繊維の形状、分散性、大きさに起因する可能性がある。具体的には、三葉形状の繊維が水分子の移動を抑制する保水効果によって水和が持続することが考えられる。また、同形状の繊維と水和物が物理的に絡み合う作用が圧縮強度と曲げ強度および曲げ靱性の改善に寄与している可能性を筆者は考察している。

セメント産業における鉱山廃棄物の活用

Dr Arunachala Sadangi, ほか

International Cement Review

[1] 46～48 (2022)

鉱山の採鉱や選鉱によって発生する廃石や尾鉱などの廃棄物は、過去数十年にわたり増加傾向にある。セメント産業にとってこれらの鉱山廃棄物の増加は、環境への影響や持続可能性の観点から課題となっている。東インドのセメント企業であるNuvoco Vistas社は、これらの課題を解決するために、セメント産業における鉱山廃棄物の活用について検討している。

インドのセメント産業で使用される石灰岩は、ペグマタイト、角閃岩、玄武岩などの様々な堆積岩や変成岩が介在する層状石灰岩堆積物として存在しているが、これらの不純物は採掘中に除去され、セメント製造プロセスでは使用されていない。このような鉱山廃棄物の活用に向けて、本稿では、廃棄物ごとの化学特性および物理特性について調査した。その結果、ペグマタイトや角閃岩の構成鉱物である微斜長石、曹長石、角閃石などに含まれるアルカリ分は、クリンカー焼成温度を低下させる融剤としての効果があることを示した。また、鉱山廃棄物は通常の骨材と同等の機械的特性を有しており、特に変成作用を受けたものは非常に硬く高密度であった。

以上の結果より、著者らは、クリンカー焼成時の融剤として、クリンカー 1tあたり0.02%のペグマタイトまたは角閃岩をセメント原料に添加可能であると述べている。また、鉱山廃棄物は破碎、衝撃、摩耗への耐性が高く、道路や建設用の天然骨材として適することを明らかにし、セメント産業における鉱山廃棄物の利用可能性を示した。(47ページに続く)

セメント・コンクリート No. 918, Aug. 2023

30

セメント・コンクリート No. 918, Aug. 2023

31

第10回セメント・コンクリート国際会議と 中国のセメント・コンクリート技術動向

The 10th International symposium on cement & concrete and the recent trends of
cement concrete technology in China

呉 承寧 石井 豪 劉 少龍 胡 捷

1. はじめに

2022年11月13日から15日の3日間にわたり、中国・広州市にて第10回セメント・コンクリート国際会議 (The 10th International symposium on cement and concrete, ISCC 2022) が開催された。

この国際会議は、中国珪酸塩学会の主催で1985年に中国・北京で第1回が開催され、当時東京工業大学の大門正機教授が出席された。第2回以降は、北京で4年ごと開催され、第5回の会議から3～4年ごとに、中国でセメント・コンクリートの研究と教育を行っている各大学の所在地である、上海、西安、済南、南京、武漢、広州の順で開催された。



うー ちえんにん / WU Chengning
愛知工業大学
工学部土木工学科
特命教授 博士(工学)



いしい つよし / ISHII Tsuyoshi
(株)安部日鋼工業
技術工務本部
課長 修士(工学)



りゅう しゃうろん / LIU Shaolong
華南理工大学
材料科学与工程学院
ポスドクター 工学博士



ふ じえ / HU Jie
華南理工大学
材料科学与工程学院
教授 工学博士

これらの会議には、東京工業大学名誉教授長瀧重義先生、東京工業大学名誉教授坂井悦郎先生、および岩手大学名誉教授羽原俊祐先生がInternational Advisory Committeeメンバーとして参画されている。

第5回から第9回の会議では、坂井先生が視察団長として日本からの会議参加者を率い、会議参加、大学と研究機関との技術交流、およびセメント・コンクリートに関連する建設現場の視察が行われた。

2017年に武漢で開催された第9回会議において、第10回会議は2020年に中国・広州市で開催することが決定し、現地の華南理工大学が共催することとなり、当時、華南理工大学の余其俊副学長(現在、合肥工業大学教授)が第10回会議の副議長に就任することになった。

余其俊先生は、1995年から7年間日本に滞在し、八戸工業大学の客員研究員、新潟大学の特別研究員と客員教授を歴任した。この関係で、長瀧先生と坂井先生は視察団を結成し、第10回会議の参加と現地視察を計画した。しかし、新型コロナウイルス感染症の影響で、第10回会議は2年間延期された後、インターネットウェブサイトの会議に変更することが余儀なくされた。計画した中国・広州での会議参加と現地視察は実現できなかった。

表1 筆頭著者の所属国と論文数

China	199
Japan	12
Netherlands	5
Germany	4
Australia	2
UK	2
Vietnam	1
Poland	1
Italy	1
Norway	1
Uganda	1
Turkey	1
Colombia	1
Israel	1
USA	1
Switzerland	1
Belgium	1
合計	235

表2 ISCC 2022 スケジュール

Time		Event			
13 November 2022		Student Presentation Session			
		Session 1		Session 2	
14 November 2022	8:00～8:20	Opening Ceremony			
	8:20～12:10	Keynote Speech			
	14:00～15:45	Parallel Session			
		Parallel Session 1	Parallel Session 2	Parallel Session 3	Parallel Session 4
		Cementitious material	Concrete	Application of new materials and new processes	Polymer based material
	16:00～17:40	Parallel Session			
		Parallel Session 1	Parallel Session 2	Parallel Session 3	Parallel Session 4
		Cementitious material	Concrete	Environmental protection in production and application processes	Polymer based material
15 November 2022	8:30～10:15	Parallel Session			
		Parallel Session 1	Parallel Session 2	Parallel Session 3	Parallel Session 4
		Cementitious material	Concrete	Application of new materials and new processes	Environmental protection in production and application processes
	10:30～12:10	Parallel Session			
		Parallel Session 1	Parallel Session 2	Parallel Session 3	
		Cementitious material	Concrete	Application of new materials and new processes	
	14:00～17:15	Keynote Speech			
17:15～17:30	Closing Ceremony				

2. ISCC 2022 国際会議の概要

第10回セメント・コンクリート国際会議は「Low-carbon and Green Development」を主題にし、セメント、コンクリート、新型材料、およびセメント製造の新方法などにおいて、省エネルギー、廃棄物の減量、低炭素化、および環境保全に重点を置いて各国からの参加者による研究発表と討議が行われた。

この会議に17ヵ国から研究論文235篇が投稿された。

論文の筆頭著者の所属国と論文の数を表1に示す。日本からの投稿論文数は12篇であり、主催国中国に続いて2番目に多かった。

会議期間中に、表2に示すスケジュールで、基調講演13篇、招待発表35篇、一般発表56篇、および学生発表68篇、合計172編の論文がインターネットウェブサイト上で行われ、400人以上が会議に登録してリアルタイムで会議に参加した。

11月14日(月)8:00(日本時間9:00)に、インターネット



図1 珪酸塩学会高瑞平理事長より開会挨拶

ウェブサイト上で開会式が行われ、会議の副議長である余其俊先生が司会を務め、中国珪酸塩学会の高瑞平理事長をはじめ、中国建築材料研究院姚燕院長、および華南理工大学張立群学長による挨拶が行われた。開会式の様子を写真1に示す。

開会式の後、全体会議として各国の著名な研究者による基調演説が行われた。基調演説の後に、各セッションに分かれ同時に招待発表と一般発表が行われた。

今回の会議には、学生発表のセッションが初めて設けられ、開会式の前日の11月13日に学生発表が行われた。68名の学生が発表し、20名の優秀発表者が選出され、閉会式に学生優秀発表賞が授与された。

写真2に学生優秀発表者の受賞の様子を示す。

今回の会議では、発表は研究内容によって、4セッションに分けられ、それぞれのインターネットウェブサイトでの会場で行った。

セッション1は、セメント系材料に関するセッションで、クリンカー化学とセメント水和、混和材、新型セメント系材料、ナノスケール微細構造を有する新製品の製造技術、および炭酸化養生などの研究内容が含まれている。

セッション2は、コンクリートに関するセッションで、エココンクリート、化学混和剤、繊維コンクリート、超高性能コンクリート(UHPC)、フレッシュコンクリートのレオロジー特性とワーカビリティ、コンクリートの体積安定性、コンクリートの耐久性、およびコンクリートの解析と評価方法などの研究内容が含まれている。

セッション3は、新材料・新工法の応用に関するセッションで、ナノ材料とナノ技術、3Dプリンティング、自



図2 余其俊副議長より学生優秀発表賞の授与

己治癒材料、有機無機複合材料の合成とメカニズム、コンクリート工事の代表事例、水和・細孔構造・物質移動・セメント系材料の劣化過程のシミュレーションなどの研究内容が含まれている。

セッション4は、製造時や供用中の環境保全に関するセッションで、原材料と燃料の代替、製造中のスラッジと有害廃棄物の発生、セメント製造で排出される物質(CO₂, NO_x, SO_x, NH₃, etc.)の削減、セメント系材料の有害物質固定化、CO₂の収集・利用・貯蔵(CCUS)、新しい省エネルギー技術などの内容が含まれている。

3. ISCC 2022 国際会議の基調講演

全体会議で13篇の基調講演が行われた。そのうち、セメント系材料に関連する基調講演は3篇、コンクリート技術に関連する基調講演は4篇、新材料・新工法に関連する基調講演は2篇、セメント製造と使用中の環境保全に関連する基調講演は4篇であった。

セメント系材料に関連する基調講演では、武漢理工大学の胡曙光教授より「Development of carbon dioxide solidified carbonate materials」の題目で、二酸化炭素を固定できる炭酸塩系セメント材料(CSCM)の研究開発についての講演が行われた。この材料は二酸化炭素を吸収することができ、ケイ酸塩系セメントの代わりに使用することもできる。CSCMは、二酸化炭素と速く反応し、方解石などの反応物が生成され、高強度、耐火性、および耐蝕性があり、押出成形と3Dプリン

ティングへの適用も可能である。

マカオ科技大学の李宗津教授より、「Advanced cement-based materials for ocean civil structures」の題目で、海洋土木工事に適する先進的なセメント系材料の製造方法についての講演が行われた。多種類のセメント系材料を用いてナノスケールからマクロスケールまで材料の粒度分布を設計し、さらに有機材料を添加することで高い曲げ強度を有するコンクリートの製造方法や、海水と海砂が用いられるコンクリートの製造方法、および超音波補助の練り混ぜと成型で、高流動、高曲げ強度、および高静弾性係数を有する海洋コンクリートの製造方法などが紹介された。

済南大学の程新教授より、「Asynchronous regulation on the hydration kinetics of aluminate and silicate by nanosilica for low-CO₂ binder preparation: example from supersulfated cement」の題目で、高硫酸塩スラグセメントにナノサイズの二酸化ケイ素を添加し、セメントの水和反応、細孔構造、および力学特性を改善したことが紹介された。

コンクリート技術に関連する基調演説では、清華大学の閻培渝教授より、「The performance of self-consolidating concrete during the pumping process of skyscraper construction」の題目で、超高層ビルへ高流動コンクリートを圧送する際に、コンクリートのレオロジー特性における新しい測定方法と評価、および計算方法を提案し、ポンプ圧送中の管内圧力損失の予測精度が向上したことが紹介された。

湖南大学の史才軍教授より、「Changes in fresh properties of HSC due to pumping」の題目で、高強度コンクリートの細孔構造と力学特性に及ぼすポンプ圧送の影響についての講演が行われた。ポンプ圧送中に発生した圧力、せん断力、温度変化、減水剤の吸着、セメント水和、および結合材の分散などの影響でコンクリートのフレッシュ性状のみならず、硬化コンクリートの圧縮強度にも著しく影響を与えることが紹介された。

スイス連邦工科大学ローザンヌ校のKaren Scrivener

教授より、「Importance of blended cements in CO₂ reduction, understanding performance and durability」の題目で、焼き粘土と石灰石の混合で製造された結合材(LC3)を用いるコンクリート構造物の耐久性問題、すなわち、中性化と塩化物イオン浸透がしやすい問題について、かぶり厚さの増加、細孔構造の改善、および材料にアルカリ含有量の減少によって解決することができることが紹介された。

Technical University of Munich大学のJohann Plank教授より、「Recent research progress and developments on concrete admixtures-Globally and in Europe」の題目で、近年開発されたPCE高性能減水剤、例えば、焼き粘土を大量に混合したセメントに適する陰陽イオンを有するPCE高性能減水剤、スランプ保持性の高いPCE高性能減水剤、低炭素・セメントクリンカーなしの結合材に適するPCE高性能減水剤が紹介された。また、C₃Sの水和反応を促進する促進剤、およびAE剤の代替品の研究についても触れた。

新材料・新工法に関連する基調講演では、Ghent UniversityのNele De Belie教授より、「Recent research progress on self-healing concrete」の題目で、自己治癒コンクリートに適用される、超吸水性高分子方法、細菌方法、カプセル方法、および細管埋め込み方法の4種類の方法が紹介された。超吸水性高分子方法は、セメントの水和過程に水分を放出し、乾燥収縮と自己収縮を減少し、ひび割れの発生を抑制することができ、さらに、PVA短繊維と併用する場合、より一層ひび割れ抵抗性を向上することができる。

細菌自己治癒成分は高いアルカリ環境では生存し難いため、その表面に保護層を設けることが必要であり、コンクリートのひび割れ発生箇所でのこの保護層が壊れて細菌自己治癒成分により大量に炭酸化カルシウムが生成され、ひび割れを充填する。

細管埋め込み方法は、ひび割れが発生した箇所に細管を通して補修材料を供給し、ひび割れが補修され、ひび割れのない箇所よりも高い力学特性と緻密性を有する。

University of OregonのJason Weiss教授より, 「Neutron radiography to detect moisture movement in concrete」の題目で, 中性子イメージング方法を用いてセメント系材料の水分の移動を観察することにより, セメント系材料の乾燥, 吸水, 水和反応, 養生, 浸透, 炭酸化, およびひび割れなどの過程を定性的にまたは定量的に観察できることが紹介された。

セメント製造と使用中の環境保全に関連する基調講演では, 合肥工業大学の余其俊教授より, 「New advance in preparation and efficient utilization of recycled fines from demolished concrete」の題目で, コンクリートの廃材からの再生微粉末の最新製造方法と有効利用に関する研究が紹介された。その内容は, モルタルからの再生微粉末の採集, 再生微粉末の刺激と活性化, 再生微粉末の機能性混和剤の研究, 再生微粉末実用化の現状に関するものであった。

この研究で開発した設備は, 従来の方法に比べ再生微粉末の採集率が45%向上した。また開発したナノサイズの無機結晶体の刺激剤を使用することにより再生微粉末の活性度が30%向上した。開発した機能性混和剤の使用により, 再生微粉末を用いたコンクリートの流動性, スランプ保持性, および粘性が著しく改善された。このように再生微粉末と再生細骨材を大量に用いたモルタルとコンクリートが十分な性能を有する結果であった。

Delft University of TechnologyのYe Guang教授より, 「The potential of alkali-activated concrete as structural concrete」の題目で, 構造材料としてのジオポリマーコンクリートのポテンシャルが紹介された。様々な実験結果と適用した工事の計測データから, ジオポリマーコンクリートは, 高流動性, 湿潤環境での長期強度増進にくわえ, 温度と収縮によるひび割れ発生のリスクが低く, 高い塩化物イオン浸透抵抗性があるが, 乾燥環境では静弾性係数の保持性, 中性化抵抗性, および塩水中の凍結融解抵抗性について十分に注意する必要がある。

国立環境研究所の山田一夫フェローより, 「Methods

for CS removal, concentration, and stabilization from soil waste contaminated with radioactive CS due to the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident」の題目で, セメント系材料による放射性のCs元素とSr元素の固定化において放射性元素イオンに対するセメント系材の吸着メカニズムが説明され, 事例として異なるセメント系材料でのSr元素イオンの吸着と溶出に関する研究成果が紹介された。

University College LondonのJulia Stegemann教授より, 「Circular Resource Flows in the Construction Material Life Cycle」の題目で, 建設材料における原材料の採掘から, 製造, 貯蔵, 使用, およびリサイクルまでのライフサイクルに関する予測モデルが提案され, 建設業のグリーン・低炭素化に資本の参入を促すことが紹介された。

4. ISCC 2022 国際会議／日本からの発表

今回の会議には日本の大学, 研究機関, 材料メーカーおよび電力・建設会社から12篇の研究論文が投稿された。論文のタイトルと著者を**表3**に示す。

投稿された論文のうち, 基調講演1篇, 招待発表1篇, および口頭発表4篇がインターネットウェブサイトで発表された。

5. 中国のセメント・コンクリート技術の動向

今回の会議に投稿された論文のうち, 中国からの投稿論文の数は論文総数の約85%を占めており, これらの論文から, 中国でのセメント・コンクリートに関する研究と技術開発の動向を覗くことができる。

図1に, 今回の会議の論文概要集のキーワードから論文の研究内容を分類した結果を示す。

この図に示すように, 環境保全に関する論文は最も多く, 90篇があり, 論文総数の40%を占めている。

表3 日本からの投稿論文一覧

No.1	Title	Hydraulic pressure and seawater attacks on hardened cement at deep ocean bottom site
	Author	Mari Kobayashi ^{1*} , Keisuke Takahashi ² , Yuichiro Kawabata ³ 1. Cement R&D Department, UBE Industries, Ltd., Ube, JAPAN
No.2	Title	Development of C-S-H structure at very early age monitored by in-situ saxs and waxes
	Author	Keisuke Takahashi ^{1*} , Shingo Asamoto ² , Kunio Matsui ³ , Naoki Sakamoto ⁴ 1. Cement R&D Department, UBE Industries, Ltd., Ube, JAPAN
No.3	Title	Quantitative analysis of amorphous phase in cement paste by XRD/rietveld method with reference intensity ratio
	Author	Daisuke TAKAICHI ^{1*} , Tomoyuki HAYAKAWA ² , Hidefumi IZUO ³ , Takahiro KUZUMAKI ⁴ 1, 2. Basic Research on Cement / Environment Group, R & D Laboratory, Japan Cement Association, Tokyo, JAPAN
No.4	Title	Hydration-carbonation reaction in low- or moderate heat cement - expansive additive - CaO-2Al₂O₃ system
	Author	Taichiro Mori ^{1*} , Takayuki Higuchi ² , Mamiko Umetsu ³ , Etsuo Sakai ⁴ 1. Omi Sustainability Promotion Dept., Omi Plant, DENKA CO., LTD., Omi, JAPAN
No.5	Title	Interaction between cement containiing fluoride ions and pc-type superplasticizers
	Author	Daiki Atarashi ^{1*} , Kazuki Matsuzawa ² , Etsuo Sakai ³ 1. Shimane University, Matsue, JAPAN
No.6	Title	Development of chemically prestressed engineered cementitious composites (CPECC) with enhanced crack resistance ability
	Author	Shaolong Liu ^{1*} , Chengning Wu ² 1. Aichi Institute of Technology, Toyota, Japan South China University of Technology, Guangzhou, China
No.7	Title	3D image processing method to evaluate deterioration of mortar in sulfuric acid attack
	Author	Tsuyoshi Ishii ¹ , Akira Miyajima ² , Chengning Wu ³ 1,3. Aichi Institute of Technology, Toyota, JAPAN
No.8	Title	Quantative method of amorphous in cement paste by powder xrd / rietveld analysis with rir method
	Author	Daisuke Takaichi ^{1*} , Tomoyuki Hayakawa ² , Hidefumi Izuo ³ , Takahiro Kuzumaki ⁴ 1, 2. Research & Development Laboratory, Japan Cement Assosiacion, Tokyo, JAPAN
No.9	Title	Solidification of radioactive Cs contaminated ashes and decomposed used absorbent
	Author	Kazuo Yamada ^{1,2*} , Kazuto Endo ¹ 1. Fukushima Regional Collaborative Research Center, National Institute for Environmental Studies, Mihar, JAPAN
No.10	Title	Basic research to use waste glass obtained from solar panels as a concrete material
	Author	Junqing, Xin ^{1*} , SangJun Park ² 1. Technical Development Department, Abe Nikko Kogyo Co., Ltd, Gifu, JAPAN
No.11	Title	Methods for Cs removal, concentration, and stabilization from soil and waste contaminated with radioactive Cs due to the fukushima daiichi nuclear power plant accident
	Author	Kazuo Yamada ^{1,2*} , Kazuto Endo ¹ 1. Fukushima Regional Collaborative Research Center, National Institute for Environmental Studies, Mihar, JAPAN
No.12	Title	Properties of concrete made of coal gasification slag as fine aggregate
	Author	Yoshitaka Matusura and etc. 1. Tokyo Electric Power Company Holdings, Tokyo, JAPAN

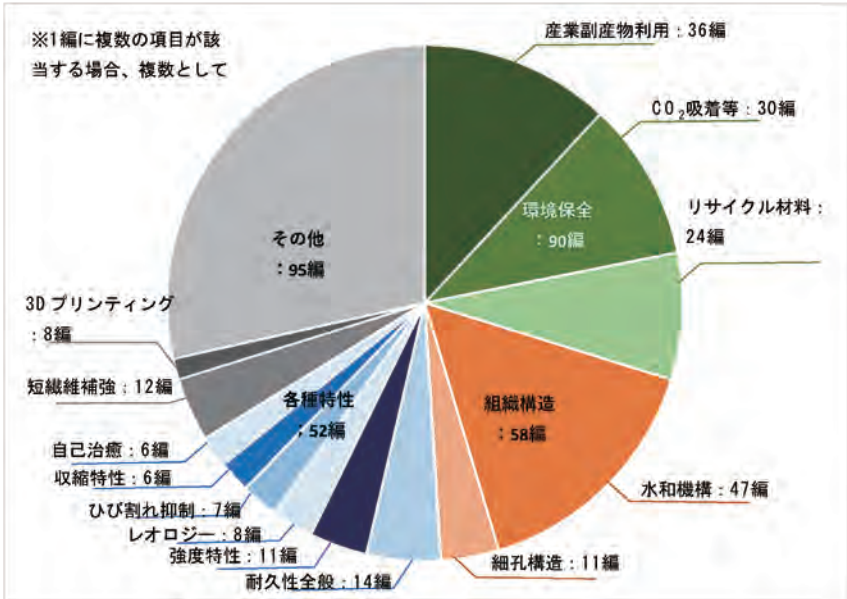


図1 論文のキーワード分類から分かる中国の技術動向

環境保全に関する90篇の論文のうち、産業副産物・廃棄物の有効利用に関する論文は36篇、CO₂吸収に関する論文は30篇、リサイクル材料に関する論文は24篇であった。この結果から、中国のセメント・コンクリート分野で環境保全に対する関心が高く、これに関する研究開発が盛んに行われていることが分かる。

一方、セメント系材料の水和や、硬化、および細孔構造などの基礎研究に関する論文も58篇があり、環境保全に関する論文数に及ばなかったが、セメント系材料に関する基礎研究も進んでいることが分かる。

また、コンクリートの特性に関する論文は、52編があり、フレッシュコンクリートのレオロジー特性から、強度特性、ひび割れの抑制、自己治癒および耐久性などの技術に関する研究は満遍なく行われていることが

伺われる。

さらに、3Dプリンティングに関する研究論文は8篇あり、最新の技術開発も行われていることが分かる。

6. おわりに

5年ぶりに開催された第10回セメント・コンクリート国際会議は、新型コロナウイルス感染症の影響で対面形式の会議ができなく、インターネットウェブサイト上で開催されたが、17ヵ国から延べ400人以上が会議に参加し、「Low-carbon and Green Development」を主題にし、セメント・コンクリート分野における研究開発の成果を発表し、さらに、今後の発展について積極的な討議が行われた。

TOPICS

第72回セメント安全衛生大会を開催

セメント協会は6月8日～9日の2日間、東京証券会館ホール(東京都中央区)で183名が参加し、「第72回セメント安全衛生大会」を開催した。

大会初日、冒頭挨拶に立った不死原正文会長は、回を重ねるごとに充実した内容となり、業界の安全衛生レベルの向上に大いに役立ってきたものと自負している。これもひとえに、諸先輩や皆様が日常生活、あるいは企業の生産活動を支える上で、安全衛生がいかに重要であるかを繰り返し訴え続けてきた成果である、と述べた。

また、セメント業界の労働災害について、2022年度は工場従業員、協力会社あわせて21件発生した。しかしながら、2019年から死亡災害は発生していない。これを続けていくためにも、引き続き協力

会社も含めた総合的な安全対策を一層推進する必要があると考えている、と語った。

続いて、橋本康太郎安全衛生対策委員長による2022年度委員会活動報告およびセメント業界の安全衛生概況の報告の後、来賓の釜石英雄厚生労働省



会場の様子



不死原正文
会長



橋本康太郎
安全衛生対策委員長



釜石英雄
厚生労働省労働基準局
安全衛生部安全課長



竹越徹
中央労働災害防止協会
理事長



表彰式



UBE三菱セメント(株)
宇部セメント工場・小島弘昭工場長による謝辞

労働基準局安全衛生部安全課長と竹越徹中央労働災害防止協会理事長が祝辞を述べた。その後、2022年度安全・衛生優良事業場の表彰式を執り行った。

安全部門では大賞が、UBE三菱セメント(株)宇部セメント工場、太平洋セメント(株)熊谷工場の2工場、優秀賞が、住友大阪セメント(株)岐阜工場、UBE三菱セメント(株)伊佐セメント工場、デンカ(株)青海工場、の3工場、優良賞が、明星セメント(株)糸魚川工場、日鉄高炉セメント(株)本社工場、琉球セメント(株)屋部工場、太平洋セメント(株)埼玉工場、(株)デイ・シイ川崎工場、UBE三菱セメント(株)横瀬工場、日立セメント(株)日立工場、住友大阪セメント(株)赤穂工場の8工場が受賞した。

衛生部門では大賞が琉球セメント(株)屋部工場の1工場、優秀賞が日立セメント(株)日立工場、荏田セメント(株)荏田工場、(株)デイ・シイ川崎工場の3工場が受賞した。各工場の代表者に不死原会長から表彰状が手渡され、受賞者代表のUBE三菱セメント(株)宇部セメント工場の小島弘昭工場長が謝辞

を述べた。

式の締めくくりには『みんなで築く「安全文化」創ろう「安全・健康・快適職場!」』をスローガンとする大会宣言が鈴木秀一安全部会長より発表され、満場の拍手を得て承認された。

続いて行われた第2部では、(一社)日本刑事技術協会理事の森雅人氏を講師に招き「警部補の安全管理マニュアル〜まさか」が起こる刑事の現場で学んだこと〜と題して特別講演が行われた。第3部では交流会として4年ぶりに立食形式の懇親会を開催し、親交を深めた。

翌2日目は第4部として衛生部会4件、安全部会4件の研究発表が行われた。セメント産業の安全衛生向上のため日頃研究された成果が発表され活発な質疑応答があり、大会は成功裡に終了した。

なお、会場ロビーでは(公社)日本保安用品協会の協力により、墜落制止用器具(安全帯)、CO₂濃度測定器、耳栓・ヘルメット、熱中症予防対策用品、VR等の展示が両日とも行われ好評であった。

35℃を超える暑中コンクリートへのスランプ保持型混和剤の適用に向けた検討

A Study on Application of Slump-retaining Type Admixture to Hot Weather Concreting Over 35 degree C

芦澤 良一 渡邊 賢三 細田 暁 菅俣 匠 小泉 信一 筒井 達也

1. はじめに

夏期の気温上昇に伴い、荷卸し時のコンクリート温度が35℃近くになる事例が散見される。圧送による場内運搬などを考慮すると打込み時のコンクリート温度が35℃を超える恐れがあり、流動性の低下に伴う閉塞などの施工トラブル、未充填や豆板、コールドジョイントなどの品質トラブルの生じる危険性が高まっている。2017年制定 土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕¹⁾ (以下、示方書と称する)では、打込み時のコンクリート温度35℃以下を標準とし、これを超える恐れがある場合には所要のフレッシュコンクリートや硬化コンクリートの品質などが確保できることをあらかじめ確認することとされている。しかしながら、個々の工事でこれらを都度検討することは容易ではない。

一方で、最近では従来の化学混和剤よりもスランプ

保持性が高く、適度な凝結遅延性を有する混和剤 (以下、スランプ保持型混和剤と称する)が開発²⁾され、実工事にも適用されつつある。土木学会では、「暑中環境下におけるコンクリートのスランプの経時変化・凝結特性に関する混和剤の試験方法(案) (JSCE-D 504-2023)」(以下、試験方法案と称する)として、スランプ保持型混和剤に関する試験方法が検討されている。今後、本試験方法案の活用により、暑中環境でのコンクリートの施工トラブルや品質トラブルの防止に向けてスランプ保持型混和剤が広く展開されることが期待されている。

本稿では、暑中コンクリートのトラブルを防止するための技術を広く展開することを目的として、上述の試験方法案の概要を紹介する。さらに、外気温25℃を超える場合の標準的な施工時間の上限でコンクリート温度が35℃を超えた場合における施工実験を行い、スラン

表1 暑中環境下におけるコンクリートのスランプの経時変化・凝結特性に関する混和剤の試験方法(案)

適用範囲	プラント添加型混和剤および別途添加型混和剤の暑中環境下におけるスランプ保持性と凝結遅延性を、コンクリートを用いて試験する方法について規定する
プラント添加型混和剤	レディーミクストコンクリート工場または現場プラントにおいて、練混ぜ水と同時にミキサに添加する混和剤
別途添加型混和剤	あらかじめ練り混ぜられたコンクリート(以下、ベースコン)に対し、レディーミクストコンクリート工場または現場プラントからの出荷時あるいは施工現場に到着した後に添加する混和剤
材料	普通ポルトランドセメント三種等量混合骨材(JIS A 5308 附属書Aに適合)、上水道水 ベースコン用AE減水剤およびAE剤(JIS A 6204に適合)
配合	[27 12 20Nを想定] W/C≧50%, W≦175kg/m ³ , C=300~350kg/m ³ 練上がりスランプ=15±1 cm, 練上がり空気量=4.5±0.5%
練混ぜ時間	全材料投入後、強制練りミキサ(1.5min)または重力式ミキサ(3min)
練混ぜ量	40 L以上、ミキサの公称容量の2/3以上
温度	試験室およびコンクリート温度:36±2℃
別途添加型混和剤添加量	添加直後に材料分離が生じない範囲で添加後のスランプが21 cm以下となる量
添加直後の空気量	ベースコンの練混ぜ直後の空気量に対して±1.0 %
添加方法	ベースコンの練上がりから5~15分
添加後の練混ぜ	ミキサ内のコンクリート表面に散布後、強制練りミキサ(30s)または重力式ミキサ(60s)
測定項目	スランプ(JIS A 1101)、空気量(JIS A 1128)、凝結時間(JIS A 1147、36±2℃)
経時変化	図1参照
経時変化量	S _d (スランプの経時変化量)=S ₀ -S ₆₀ A _d (空気量の経時変化量)=A ₀ -A ₆₀

プ保持型混和剤の効果を検証した結果について示す。

2. スランプ保持型混和剤の概要

スランプ保持型混和剤は、コンクリートの製造時に添加するプラント添加型と、コンクリート製造後のある時点で添加する別途添加型とに分類される。試験方法案についても、2つの分類のスランプ保持型混和剤を対象とした試験方法が示されている(表1, 図1)。本試験方法案は、土木学会コンクリート委員会「養生および混和材料技術に着目したコンクリート構造物の品質・耐久性確保システム研究小委員会」(356委員会)にて、暑中コンクリート技術の現状に関する調査から試験方法の基本的な検討が行われ、その検討結果に基づいてコンクリート標準示方書改訂小委員会施工編改訂部会から規準原案が提案されたものである。試験方法案では、示方書に記載されるコンクリート温度が35℃を

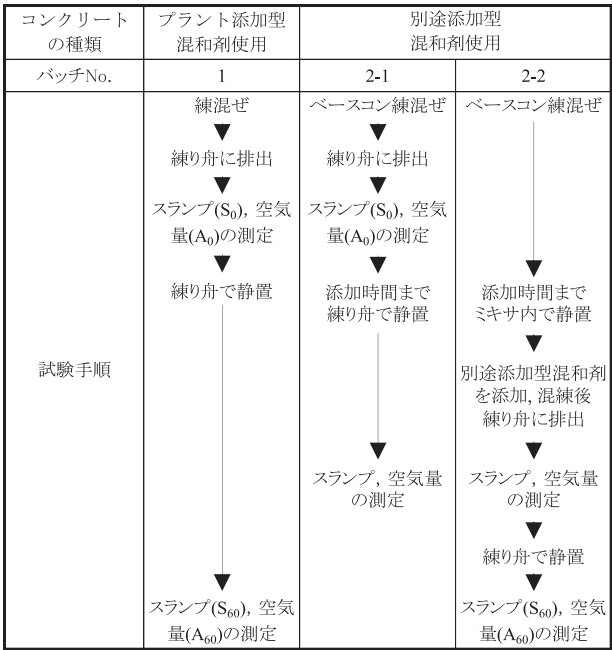


図1 経時変化試験の試験手順

超えた場合の検討項目のうち、フレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響とコンクリートの施工に及ぼす影響に関して、所定の打込み終了時間までスランプが適切に保持されること、ならびに許容打重ね時間までパイプレータで適切に締め固められることを評価する。

コンクリートの打込み温度が35℃を超える可能性のある暑中コンクリートには、この試験方法によって下記(a), (b)の評価基準を満足した混和剤を使用することで暑中コンクリートにおける施工トラブルや品質トラブルの防止に貢献できるものと考えられる。

- (a) 室内温度36±2℃の環境で静置による60分後のスランプ低下量が6cm以内であること
- (b) 室内温度36±2℃の環境での凝結試験による貫入抵抗値が0.1N/mm²に達する時間が3.5時間以上で、凝結の始発が12時間以内であること

ここで、(a)は文献調査やJIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)の高性能AE減水剤の規定を参考としたものである。(b)は外気温25℃を超える場合の標準的な施工時間の上限(練混ぜから打終わりまでの時間: 1.5時間以内, 許容打重ね時間間隔: 2.0時間以内)である練混ぜから3.5時間後に上層に打ち重ねたコンクリートと一体化できる必要があること、凝結が過度に



あしざわ りょういち / ASHIZAWA Ryoichi
鹿島建設(株)
技術研究所 土木材料グループ
上席研究員



わたなべ けんぞう / WATANABE Kenzo
同上
グループ長 博士(工学)



ほそだ あきら / HOSODA Akira
横浜国立大学
大学院都市イノベーション研究院
教授 博士(工学)



すがまた たくみ / SUGAMATA Takumi
ポリスソリューションズ(株)
技術開発センター
技術開発センター長 博士(工学)



こいずみ しんいち / KOIZUMI Shinichi
同上
部長 博士(工学)



つつい たつや / TSUTSUI Tatsuya
国際企業(株)
広島営業所
副所長

表2 使用材料		
材料	記号	種類および物理的性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント三種等量混合(密度: 3.16g/cm ³)
細骨材	S1	砕砂(表乾密度: 2.63g/cm ³ , 粗粒率: 2.95)
	S2	山砂(表乾密度: 2.60g/cm ³ , 粗粒率: 1.60)
	S3	石灰砕砂(表乾密度: 2.69g/cm ³ , 粗粒率: 2.90)
粗骨材	G	碎石(表乾密度: 2.71g/cm ³ , 実積率: 59.5%)
水	W	上水道水
一般混和剤	AD1	AE減水剤 遅延形／高機能タイプ リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
スランブ保持型混和剤	AD2	AE減水剤 遅延形／超保持型高機能タイプ(プラント添加型) リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	AD3	減水剤 遅延形／流動保持剤(別途添加型) ポリカルボン酸エーテル系化合物

表4 試験結果					
対象混和剤		AD2	AD3		基準(案)
パッチ No.		1	2-1	2-2	—
スランブ (cm)	0分 (S ₀)	14.0	14.0	—	15±1
	10分	—	10.0	12.5※	材料分離なし, ≦21
	60分 (S ₆₀)	12.0	—	12.5	—
	経時変化量 (Sd)	2.0	—	1.5	≦6
空気量 (%)	0分 (A ₀)	4.0	4.8	—	4.5±0.5
	10分	—	3.9	4.2※	ベース直後±1.0 %
	60分 (A ₆₀)	3.9	—	4.0	4.5±1.5
	経時変化量 (Ad)	0.1	—	0.8	—
コンクリート 温度 (℃)	0分	36	36	—	36±2
	10分	—	36	36	
	60分	36	—	36	
凝結時間	0.1N/mm ²	4時間20分	—	3時間50分	≧3.5h
	0.5N/mm ²	5時間00分	—	4時間35分	—
	1.0N/mm ²	5時間25分	—	4時間55分	—
	3.5N/mm ²	5時間40分	—	5時間20分	≦12h

※AD3を添加

遅延しないことの両方を考慮した値となっている。

ここでは、**表2**に示す材料を用い、**表3**に示すコンクリートで試験方法案に従ってスランブ保持型混和剤を評価した結果を示す。表中のAD1は一般的な高機能タイプのAE減水剤遅延形である。AD2, AD3がスランブ保持型混和剤で、AD2がプラント添加型、AD3が別途添加型である。コンクリートの配合は、試験方法案で想定している27 12 20Nに相当するものとした。

表4に示すように、スランブの経時変化 (Sd) は、AD2が2.0cm、AD3が1.5cmであり、上述したスランブ保持性に関する評価基準の6.0cm以内を満足した。また、貫入抵抗値 0.1N/mm²に達する時間はAD2が4時間20分、AD3が3時間50分であり、凝結遅延性についても上述した評価基準の3.5時間以上を満足する結果であった。

表3 コンクリートの配合										
パッチ No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
			W	C	S1	S2	S3	G	種類	(C×%)
1									AD2	1.20
2-1	53.0	46.0	170	321	415	166	248	1000	AD1	1.20
2-2									AD1 +AD3	1.20 +0.30

表5 使用材料		
材料	記号	種類および物理的性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm ³)
細骨材	S1	砕砂(表乾密度: 2.63g/cm ³ , 粗粒率: 2.95)
	S2	山砂(表乾密度: 2.60g/cm ³ , 粗粒率: 1.60)
	S3	石灰砕砂(表乾密度: 2.69g/cm ³ , 粗粒率: 2.90)
粗骨材	G	碎石(表乾密度: 2.71g/cm ³ , 実積率: 59.5%)
水	W	地下水(練上がり温度を35℃程度とするため45℃に加温)
混和剤	AD1	AE減水剤 遅延形／高機能タイプ リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	AD2	AE減水剤 遅延形／超保持型高機能タイプ(プラント添加型) リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

表6 コンクリートの配合										
Case	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
			W	C	S1	S2	S3	G	種類	(C×%)
一般配合 (1台目)	53.0	46.0	170	321	415	166	248	1000	AD1	1.15
一般配合 (2台目)									AD1	1.15
スランブ保持配合 (1台目)									AD2	1.15
スランブ保持配合 (2台目)									AD2	1.15

3. 施工実験

3-1. 実験概要

施工実験に用いたコンクリートの使用材料を**表5**に、配合を**表6**に示す。コンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比53.0%のもので、一般的な高機能タイプのAE減水剤遅延形 (AD1)を使用した一般配合およびプラント添加型のスランブ保持型混和剤 (AD2)を使用したスランブ保持配合とした。ここで、スランブ保持型混和剤は、2章の試験方法案に供したプラント添加型の混和剤と同じものである。いずれも、荷卸しの目標スランブを12±2.5cm、目標空気量を4.5±1.5%とし、レディーミクストコンクリート工場で製造してトラックアジテータで運搬した。なお、コンクリート温度35℃を超過させるため、練混ぜ水を加温した。

いずれの施工条件も外気温25℃を超える場合の標準

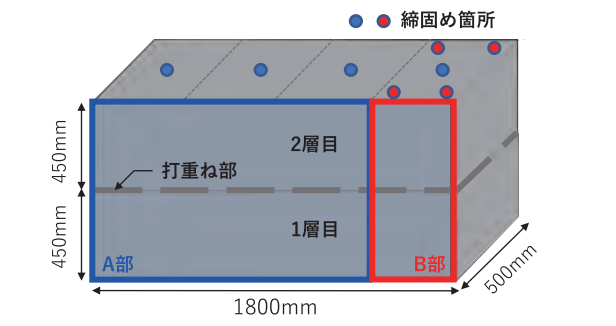


図2 打重ね試験体の概要および締固め箇所

表7 試験項目		
試験項目	試験方法	備考
外気温	ロガー付温度計	テント下で30分毎
コンクリート温度	JIS A 1156	テント下で30分毎
スランブ	JIS A 1101	テント下で30分毎
空気量	JIS A 1128	テント下で30分毎
ブリーディング	JCI-S-015-2018	テント下(蓋あり), 90分後に試料採取
		テント外(蓋なし), 90分後に試料採取
凝結時間	JIS A 1147	テント下, 90分後に試料採取
		凝結確認用試験体内, 90分後に試料採取
圧縮強度 (7, 28日)	JIS A 1108	出荷時と90分後に試料採取→日陰に存置 →2日後に脱型→ 20℃水中養生
表面吸水速度	SWAT	型枠取外し後, 材齢117日で測定

的な施工時間の上限 (練混ぜから打終わりまでの時間: 1.5時間以内, 許容打重ね時間間隔: 2.0時間以内) である3.5時間に設定し、屋外で打重ね試験体(図2)と凝結確認用試験体(図3)を作製した。打重ね試験体の作製では、コンクリートを2層 (45cm/層)に分けてトラックアジテータのシュートから直接打ち込んだ。1ケースにつき、1層目および2層目のコンクリートに対してそれぞれトラックアジテータ1台ずつコンクリートを用意した。各層の打込みは、コンクリートの練混ぜから打終わりまでが1.5時間となるように時間を調整した。2層目のコンクリートは、1層目のコンクリートの打終わりから2.0時間が経過した時点で打ち込んだ。締固めには、φ40mmのパイプレータを用いた。パイプレータの挿入位置は、長さ方向を4等分にした中央1カ所(図2の青丸)を基本とし、B部では端部から15 cmおよび40cmの位置でかぶり(図2の赤丸)にも挿入した。なお、締固め時間は、青丸の箇所で15秒、赤丸の箇所で10秒とした。また、試験体の作製と並行して、表7に示す試験を行った。ここで、ブリーディング試験は、φ150mmの小型容器を用いた方法とし、屋外での水分逸散の影響を確認するため蓋の有無を水準とした。凝結試験は、直

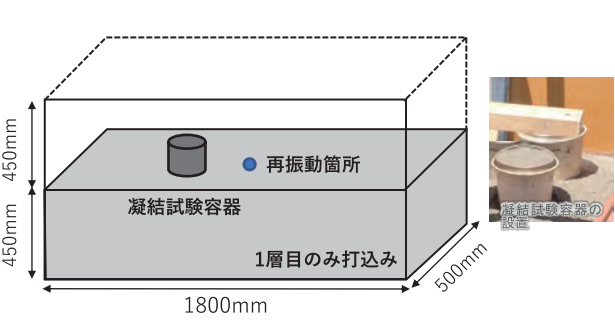


図3 凝結確認用試験体の概要

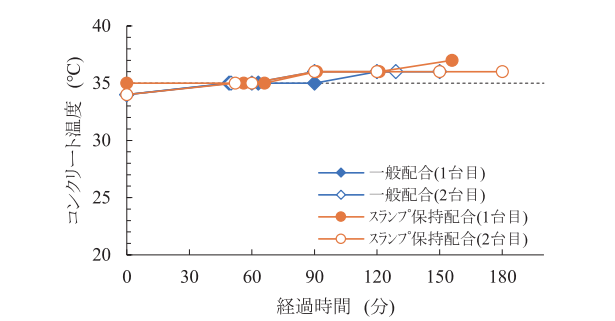


図4 コンクリート温度の経時変化

射日光を避けたテント下で実施した。

また、打重ね面の状態を確認するため、1層目のみを打ち込んだ凝結確認用試験体を作製した。この試験体では、上面にウェットスクリーニングしたモルタルを詰めた凝結試験容器を設置し、1層目の打重ね面が直射日光や風に直接曝される環境を模擬して凝結時間を確認した。なお、凝結試験容器は試験体上面から約2cm埋めた状態で固定し、測定ごとに容器をテント下に移して貫入試験を行った。さらに、1層目の打終わりから2.0時間が経過した時点で凝結確認用試験体の中央上面をφ40mmのパイプレータで再振動させて振動範囲を確認した。

打重ね試験体は型枠を取外し後に、打重ね部の状態を目視観察するとともに、材齢117日の時点でSWAT³⁾による表面吸水速度を測定し、打重ね部の一体性を評価した。

3-2. 実験結果

(1) 外気温およびコンクリート温度

コンクリート温度は、練上がり時に34～35℃となり、時間経過とともに1～2℃上昇した(図4)。実験中の外

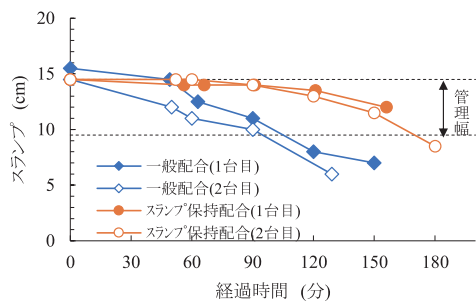


図5 スランプの経時変化

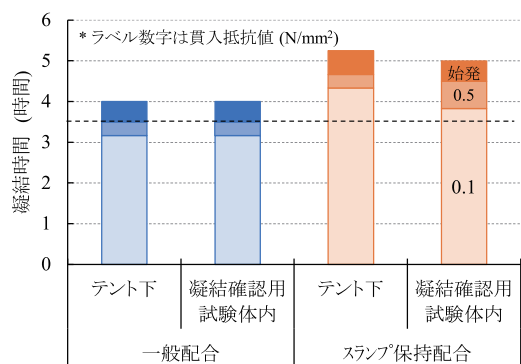


図6 凝結時間

気温は、32～36℃であった。なお、本実験における経過時間は、トラックアジテータ1台あたり2バッチの積込みについて1バッチ目と2バッチ目の出荷伝票に記載される時刻の中間を練混ぜ開始(0分)として表した。

(2) スランプおよび空気量の経時変化

スランプの経時変化は、一般配合に比べてスランプ保持配合の方が小さく、スランプ保持型混和剤を用いることで大幅に改善された(図5)。一般配合では90分後のスランプが管理幅の下限(9.5cm)付近まで低下し、120分で管理幅を下回った。一方で、スランプ保持配合はスランプの管理幅内を150分保持しており、スランプの大幅な低下に起因した未充填などの発生リスクの低減に寄与できるものと考えられる。なお、空気量はいずれのケースも測定終了まで管理幅内であった。

(3) 凝結時間

凝結時間は、一般配合よりもスランプ保持配合の方が遅くなることが確認された(図6)。直射日光が作用しないテント下で存置した場合、一般配合ではコールドジョイントの生じる危険性が高いとされる貫入抵抗値0.1N/mm²²¹⁾に達した時間は3時間10分であった。また、標準的な施工時間の上限である3.5時間後の貫

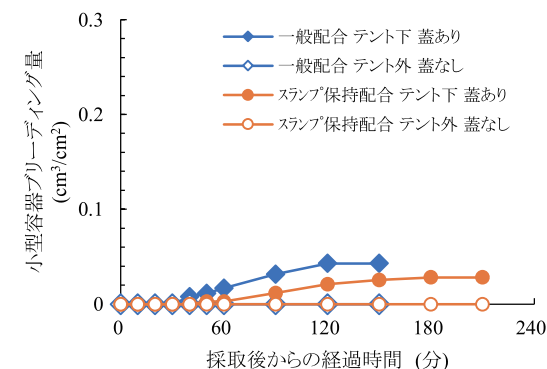


図7 ブリーディング

入抵抗値は0.5N/mm²であった。スランプ保持配合では、貫入抵抗値が0.1N/mm²に達した時間は4時間20分で3.5時間よりも遅い結果であった。一方で、始発時間は5時間15分と大幅な遅延は認められなかった。なお、凝結確認用試験体の上面に設置した容器で測定した場合、一般配合ではテント下に存置した結果との差はなかったが、スランプ保持配合では0.1N/mm²に達する時間が約30分早まり、また始発時間も約15分早まった。これは、直射日光や風があたる時間の長さが影響したものと考えられ、35℃を超えるような暑中コンクリートを施工するにはこれらの影響を念頭に置くとともに、遮光や遮風の対策の重要性が改めて示唆された。

(4) ブリーディング

ブリーディング量は、一般配合とスランプ保持配合で大きな違いはなく(図7)、スランプ保持性と凝結遅延性を高めたことによる過大なブリーディングの発生は認められなかった。なお、直射日光が作用するテント外において容器の蓋なしで実施した場合のブリーディング量は、両ケースともに0cm³/cm²であったことから、直射日光や風があたる実際の施工では凝結と同様に、これ

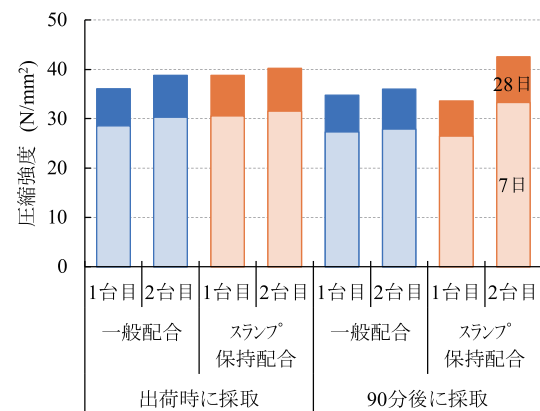


図8 圧縮強度

表8 打込み終了までの時間と打重ね時間間隔

項目		一般配合	スランプ保持配合
練混ぜから打終わりまでの時間	1層目(1台目)	92分	89分
	2層目(2台目)	84分	79分
打重ね時間間隔		116分	117分

らが強く影響していることがわかる。

(5) 圧縮強度

圧縮強度は、一般配合とスランプ保持配合で同程度であった(図8)。出荷時と90分後に採取した供試体でやや強度差が認められるが、これは空気量の差や供試体採取までに受けた温度履歴などの影響と考えられる。

(6) 試験体への打込み・締固め

打重ね試験体の作製に要した練混ぜから打終わりまでの時間と打重ね時間間隔を表8に示す。1層目のコンクリート(各ケースの1台目)の練混ぜから打終わりまでの経過時間は、一般配合で92分、スランプ保持配合で89分であった。また、1層目の打終わりから2層目のコンクリート(各ケースの2台目)の打込みを開始するまでの打重ね時間間隔は、一般配合で116分、スランプ保持配合で117分であった。なお、コンクリートの打込み温度は一般配合の1台目が35℃であったのを除き、35℃を超えた。以上より、外気温25℃を超える場合の標準的な施工時間の限度である3.5時間に対し、概ね計画したとおりに打込みを実施した。

凝結確認用試験体の打重ね面の状態は、一般配合ではパイプレータの挿入が可能であったものの、加



写真1 パイプレータの挿入跡

振してもその振動範囲は半径6cm程度とかぶりまで達しておらず、写真1のようにパイプレータの引抜き後に挿入跡が残った。一方、スランプ保持配合では加振により周囲が液状化し、振動範囲は半径20cm程度とかぶり付近まで達していた。加えて、パイプレータ引抜き後の挿入跡も認められず、スランプ保持型混和剤の効果が確認された。ただし、既往の知見⁴⁾では、スランプ12cmのコンクリートをφ40mmのパイプレータで締め固めた場合の振動範囲は半径30～40cm程度であることが示されており、スランプ保持配合であっても、これよりは小さい半径となっている。このことから、暑中コンクリートで打重ね時間間隔が長くなる場合には、締固めの間隔を狭めるなど施工面の配慮も重要と考えられる。また、このときに凝結確認用試験体の上面に設置した容器で測定した貫入抵抗値は一般配合で0.5N/mm²、スランプ保持配合で0.03N/mm²であった。一般配合ではコールドジョイントが生じる危険性が高いとされる0.1N/mm²を超えていたのに対して、スランプ保持配合ではこれよりも十分に小さい結果であった。打重ね面の加振状況からもスランプ保持型混和剤

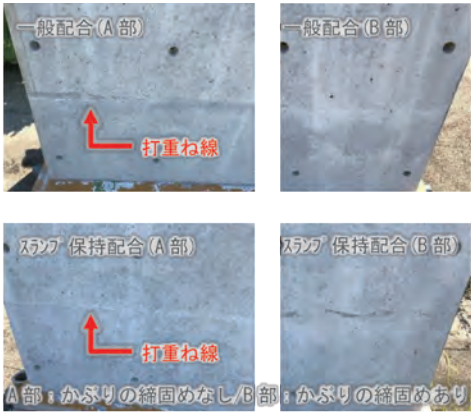


写真2 型枠取外し後の外観

の使用によってコールドジョイントなど打重ね部の一体性を損なうリスクを低減できるものと判断される。

(7) 打重ね部の一体性評価

型枠を取り外した後の試験体外観を写真2に示す。いずれの試験体においても、目視観察では打重ね部にひび割れが生じるなどのコールドジョイントの発生は認められなかった。かぶりにバイブレータを挿入していないA部では、一般配合およびスランプ保持配合ともに打重ね線が確認され、外観上大きな差異は認められなかった。かぶりにバイブレータを挿入したB部では、一般配合およびスランプ保持配合ともにA部に比べて打重ね線が目立たなくなった。これは、かぶりを直接締め固めることで、試験体の表層まで十分な振動が伝達したためと考えられる。

図9にSWATによる表面吸水速度の計測結果を示す。スランプ保持配合は、一般配合よりも全体的に表面吸水速度が小さい傾向にあった。酷暑期にスランプ保持型混和剤を用いることで、凝結が適切に遅延してバイブレータの締固めの効果が高まり、表面吸水速度が相対的に小さいコンクリート表面となったことが考えら

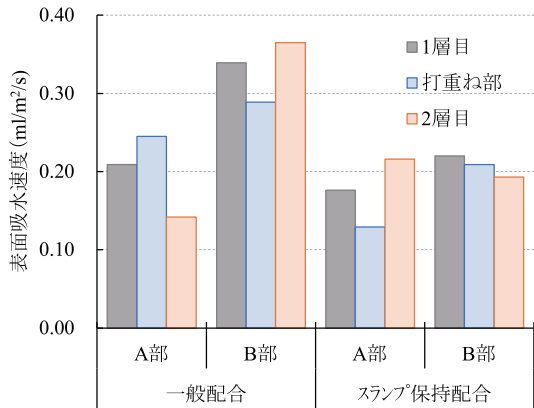


図9 SWATによる表面吸水速度

れる。また、スランプ保持配合の打重ね部においては、1層目や2層目と比べても同等以上の吸水抵抗性を示すことが確認された。

4. まとめ

本稿では、コンクリート温度が35℃を超えた場合における施工実験により、スランプ保持型混和剤を活用することで未充填やコールドジョイントなどの不具合の発生リスクを低減できることや打重ね部の一体性確保に寄与できることを確認した。

暑中コンクリートの施工時におけるトラブルや品質低下の回避に向けた有効な手段の一つとして、スランプ保持型混和剤が広く活用されることが期待される。

【参考文献】

- 1) 土木学会／2017年制定コンクリート標準示方書[施工編：施工標準]，p.31，2018
- 2) 小泉信一，作榮二郎／流動性を長時間保持するAE減水剤・超保持型高機能タイプ，コンクリート工学，Vol. 57，No.1，pp.12～15，2019.1
- 3) 林和彦，細田暁／表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究，土木学会論文集E2，Vol.69，No.1，pp.82～97，2013
- 4) 日本コンクリート工学会／コンクリート技術の要点'21，p.175，2021

お知らせ

複写についてのお願い

セメント協会は下記協会に複写に関する権利委託をしております。本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。ただし(公社)日本複製権センター(同協会より権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません(社外頒布用の複写は許諾が必要です)。なお、著作物の転載・翻訳などの複写以外の許諾は、直接セメント協会広報部門(☎03-5540-6175/出版担当)へご連絡下さい。

連絡先：(一社)学術著作権協会 ☎170-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル
TEL 03-3475-5618 FAX 03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp



世界初の再生材料のみによるポルトランドクリンカー

Lilia Caragacean, ほか

International Cement Review

[9] 95～97 (2022)

近年、直線型経済から循環型経済への移行が求められており、セメント産業も例外ではない。ホルシム社は、再生材料の積極的な活用による循環型建設の実現を目指しており、従来原料(石灰石、粘土、けい石、鉄)を他産業廃棄物(鉄・アルミくずや木灰、再生品や規格外の石灰石、建設発生物、汚泥スラッジなど)からなる代替原料(以降、ARMと略記)に全置換した新しいクリンカー製造に取り組んだ。

ARMへの全置換によって、生産工程に原料の事前混合工程の追加が必要になるものの、キルン操業に対する悪影響は確認されなかった。むしろ、部分炭化しているARMを使用することで、従来のクリンカー製造におけるエネルギー原単位を9%低減できることがわかった。また、新しいクリンカーは従来クリンカーと比べて、化学および鉱物組成が若干異なるものの、欧州規格への適合を達成している。

同クリンカーから製造したセメントの圧縮強さ(EN196-1に準拠)は、従来品と比べて材齢2日では20%低下するものの、材齢28日では10%向上した。これは、エーライト量が少なく、ビーライト量が多いという同クリンカーの鉱物組成に起因するものと推察する。なお、同セメントの比表面積を3700cm²/gから5400cm²/gまで上げることで、初期ならびに長期強度を従来と同等、あるいは、それ以上に改善可能である。

以上より、ホルシム社は、原料をARMに全置換したクリンカー製造が可能であることを実証した。すでに同社の一部セメント製品の生産には同クリンカーが使用されてお

り、循環型建設の実現に向けた実用的技術の一つとして更なる活用が期待される。

Cementene：建設業界におけるサステナブル・イノベーション

Neill Ricketts

Concrete Engineering International

Vol.26 (2) 38～39 (2022)

グラフェンは、2004年に発見された比較的新しい物質で、科学的に最も強い物質の一つである。その発見以来、グラフェンの特性を生かした研究開発が進められ、最近では建設業界におけるグラフェンを添加したコンクリート(Cementene)の活用が目目されている。

グラフェンは炭素原子の単原子層で構成されており、鉄の200倍の強度を持つほか、耐水性、熱伝導性、電気伝導性など優れた特性を有している。水とセメントとの水和反応において、グラフェンは表面触媒として働き、ミクロレベルで強い結合力をもたらすため、Cementeneは、強度および耐久性を大幅に向上させることができる。Exeter大学の研究によれば、Cementeneは一般的なコンクリートよりも4倍の耐水性があり、メンテナンスや建替の必要性が低くなると考えられている。また、グラフェンの電気伝導性をロードヒーティングに活用することで、高速道路の水や雪の除去が容易になり、凍結防止剤の散布が不要になるといわれている。さらに、Heidelberg Cement社では、グラフェンの自然な電気伝導性を活かして、舗装から直接エネルギーを取り込み、走行中の電気自動車を充電する方法を研究している。

このようにグラフェンが活用されている一方で、グラファイトからグラフェンを分離、製造するにはコストと時間がかかるといわれている。そこで、炭素を含む家庭ゴミからグラフェンを製造する方法が検討されており、安価に製造することを目指している。また、廃棄物からグラフェンを製造することができれば、全体的な環境負荷も軽減されるとしている。

筆者は実用化に向けてはまだ多くの課題が残されているが、Cementeneはネットゼロ達成のための重要な一歩となる可能性を秘めていると述べている。

第51回(2023年度)セメント協会論文賞の 選考経過と推薦理由

セメント協会論文賞選考委員会 委員長 三五 弘之



セメント協会論文賞選考委員会は、2022年12月から2023年2月にかけて3回の委員会を開催し、論文賞の選考を行いました。

本選考委員会は、「セメント・コンクリート論文集」Vol.75(2021年度)およびVol.76(2022年度)に掲載された論文のうち、すでに受賞した論文を除いた132編の中から、学術的・実用的価値が高く、かつ独創的・先端的研究であると認められた3件を論文賞候補としてセメント協会に推薦いたしましたところ、2023年3月に開催した理事会で承認され、第51回セメント協会論文賞が授与されることになりました。

論文賞の表彰式は本年5月17～19日にかけて赤坂インターシティ AIRで開催された第77回セメント技術大会の2日目席上にて、不死原会長から受賞者各位に賞状および賞牌が授与されました(本誌No.917, 2023年7月号, p.56)。

受賞論文3件の題目と推薦理由を紹介します。なお、本選考委員会は以下に示す15名で構成されています。

セメント協会論文賞選考委員会(敬称略)

委員長	三五 弘之	日本大学			
副委員長	河合 研至	広島大学			
委員	福田功一郎	名古屋工業大学	委員	濱 幸雄	室蘭工業大学
委員	新 大軌	島根大学	委員	山田 義智	琉球大学
委員	宮澤 伸吾	足利大学	委員	檀 康弘	日鉄高炉セメント(株)
委員	久田 真	東北大学	委員	加藤 弘義	(株)トクヤマ
委員	小林 孝一	岐阜大学	委員	平尾 宙	太平洋セメント(株)
委員	橘高 義典	東京都立大学	委員	五十嵐浩行	UBE三菱セメント(株)
委員	野口 貴文	東京大学			

コンクリートの火害におけるセメント水和物の炭酸化メカニズムの解明

セメント・コンクリート論文集 Vol.75 pp.58～65 / セメント・コンクリート論文集 Vol.76 pp.356～364

(一財)日本建築総合試験所／吉田 夏樹 島根大学／新 大軌
(一財)日本建築総合試験所／木野瀬 透 (株)トクヤマ／安達 丈

コンクリートが火災による劣化(火害)を受けると、中性化が進行することが報告されている。この一因は、火災時の雰囲気中に存在する二酸化炭素(CO₂)により、セメントペーストが炭酸化するためと考えられるが、この現象をその場観察(in-situ 観察)した例はなく、高温下における炭酸化挙動は詳しく解明されていなかった。

本論文はこれに対して雰囲気制御型高温XRDを用い、セメントペーストを加熱しながらCO₂をフローさせ、ペーストが炭酸化していく現象をin-situにより観測している。その結果、セメントペーストの加熱過程において、推定400～500℃で水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)由来のピークが消失し、その際にカルサイト(CaCO₃)に帰属するピークが急激に上昇しており、CO₂存在下で加熱によりペーストの炭酸化が進行することを明確にした。この現象は、CO₂フロー下においてペーストのTG-DTA測定を行った結果からも確認されている。

一方で、Ca/Siモル比が異なる2種類の合成C-S-HについてCO₂をフローした電気炉で加熱した結果、XRDおよびFT-IRパターンからは、CaCO₃、その他の炭酸塩鉱物、シリカゲルに由来するピークは認められず、高温環境下において、C-S-Hの構造変化を伴う炭酸化は生じないことを明らかにしている。以上より、高温およびCO₂存在下におけるペーストの炭酸化は、Ca(OH)₂の分解により生成した酸化カルシウム(CaO、固体)が、CO₂(気体)とほぼ瞬間的に反応して、CaCO₃を生成したためと結論付けている(この現象を「高温炭酸化」と定義)。

さらに、TOC計によるIC測定、TG-DTA測定、



吉田氏



新氏



木野瀬氏



安達氏

XRDリートベルト法により、CaCO₃量、Ca(OH)₂量、CaO量を測定した結果から、セメントペーストのCaCO₃の生成量は受熱600℃付近で最も多くなることや、CO₂固定量の最大値は初期に含まれるCa(OH)₂の高温炭酸化にほぼ依存することを定量的に示している。

本研究の成果は、高温環境下におけるセメント水和物の炭酸化挙動を論理的に解明し、火害時の炭酸化メカニズムを明らかにすることで、火害診断などに実用的な知見を与えている。また、本成果はCO₂の迅速固定化技術としての応用や、CO₂の吸収メカニズムの解明に役立つことが期待され、将来的なセメントおよびコンクリート産業におけるカーボンニュートラル、カーボンリサイクルの実現に資する重要な知見を提供している点も高く評価できる。

よって本論文はセメント協会論文賞に該当する。

煅焼アロフェンを用いた新たなセメント系材料の設計

セメント・コンクリート論文集 Vol.76 pp.561～569

新潟大学 大学院／近藤 祥太

新潟大学／斎藤 豪

新潟大学 大学院／鈴木 一帆

UBE三菱セメント(株)／伊藤 貴康

政府のカーボンニュートラル宣言を受け、セメント協会においても「カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン」を示し、その中で二酸化炭素(CO₂)削減への取り組みの1つとして低炭素型新材料の開発をあげている。

近年, Supplementary Cementitious Materials (以下, SCMs)を使用し, セメント製造のCO₂排出量を削減する動きが活発化しているが, フライアッシュや高炉水砕スラグといった従来のSCMsは多くの国と地域で供給が限られている。そのような中, 海外では, 世界中に豊富に存在する資源である粘土に着目して, カオリナイトを含有する粘土を煅焼し, これと石灰石をベースにしたLimestone calcined clay cements (以下, LC³)と呼ばれる低炭素型セメントが, インドやラテンアメリカ等で実用化されている。

しかし, 日本国内では, これらの原料となるカオリナイトを含有する粘土の産出量が乏しく, 実用化するには原料調達の課題がある。本研究は, 日本国内に幅広く分布する火山灰質土に含まれるアロフェンと呼ばれる粘土鉱物の活性化に関わる基礎研究であり, LC³に代わる日本独自の低炭素型新材料の開発に繋がるものである。

通常, アロフェンはCa²⁺を吸着することでセメント系固化材での改良土の強度発現を阻害することが知られるが, 本研究では, アロフェンを煅焼することでそのポゾラン反応性を高めることができることを見出し, SCMsとしての利用の可能性を提示している。

また, 煅焼したアロフェンの反応機構についても詳細に解析し, 耐久性に優れたローマンコンクリート中にも含



近藤氏



斎藤氏



鈴木氏



伊藤氏

まれるストラトリングイトといった水和物が, 煅焼したアロフェンを配合したセメントから生成する機構も明確にされている。これらの知見は, 低炭素化と高耐久化を両立するための新規材料開発に繋がると考えられる。

以上のように, 本研究の成果は, 従来はセメントの水和反応を阻害するために使用されなかったアロフェンといった粘土鉱物が利用でき, ストラトリングイトを主要生成物とした新たなセメント硬化体の実用可能性を示したものであり, 将来の日本独自の低炭素型材料開発への展開が期待される。

よって, 本論文はセメント協会論文賞に該当する。

赤外分光法を用いた大気二酸化炭素濃度下におけるセメント硬化体表面の炭酸化反応の湿度依存性に関する分析

セメント・コンクリート論文集 Vol.76 pp.36～44

東京大学 大学院／佐伯 直彦

東京大学 大学院／栗原 諒

東京大学 大学院 名古屋大学 大学院／丸山 一平

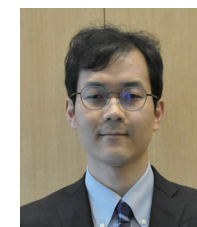
2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする政府のカーボンニュートラル宣言を受け, セメント・コンクリート分野でもサプライチェーン全体を通じた二酸化炭素(CO₂)排出量の削減が求められている。従来より提案されてきたセメント中のクリンカ含有量低減に加え, 新たにコンクリート製造時, または供用過程での炭酸化を通じたCO₂固定化が注目されている。しかし, 特に供用過程を想定した低CO₂濃度下での炭酸化を検討した事例は少ない。

本研究では, 普通ポルトランドセメントを用いたW/C=50%のセメントペースト硬化体を粉碎した試料を試験体とした。また, 大気二酸化炭素濃度としてデシケータ内で500～1000ppmのCO₂濃度を再現するとともに, 種類の異なる飽和塩溶液中を通気させることで相対湿度を23～95% RHで変化させた。炭酸化反応の測定には赤外分光法 (FTIR)を用い, 経時的に測定したピーク強度を積分することでセメント硬化体表面の炭酸カルシウムの生成速度, PortlanditeとC-S-Hゲルの分解速度およびその反応メカニズムの湿度依存性を探求した。

考察では, 相対湿度75% RH以上の高湿度域では炭酸カルシウムが多く生成し, Portlanditeの分解反応が進むことが観測され, 23% RHでは逆の現象が起こったことから, 湿度が高いほど炭酸化が進むという結論を得ている。従来のルートt則に基づく中性化速度式では反応メカニズムや反応速度を考慮することが難しかったが, 本研究では, 湿度を変数とした指数関数で近似させることにより, CO₂固定量と反応速度を予測することを



佐伯氏



栗原氏



丸山氏

可能にした。

本研究の成果は, 相対湿度の違いによって, 炭酸化の速度とCO₂固定量が異なること, その違いは指数関数により精度よく予測できることを示した点である。なお, 本研究では, 硬化体表面での炭酸化反応について実験と考察を進めたが, 今後は構造物内部の相対湿度分布を考慮した構造物深さ方向での炭酸化反応の進行予測への研究の展開を期待したい。

よって本論文はセメント協会論文賞に該当する。

論文賞を受賞して

(一財)日本建築総合試験所 (現 島根大学)	吉田 夏樹
島根大学	新 大軌
(一財)日本建築総合試験所 (株)トクヤマ	木野瀬 透 安達 丈

このたび、「コンクリートの火害におけるセメント水和物の炭酸化メカニズムの解明」に関わる論文に対して、栄誉あるセメント協会論文賞を賜りましたことを著者一同、誠に光栄に存じます。ご推挙いただきましたセメント協会論文賞選考委員会の委員長および委員の皆様、ならびに(一社)セメント協会に心より御礼申し上げます。

本研究は、コンクリートの「火害(かがい)」をテーマとしたものです。コンクリートが火災による熱を受け、強度や耐久性能が低下する現象を火害と呼んでいます。コンクリートが火害を受けると、中性化深さが大きくなることが報告されており、そのメカニズムを明らかにすることを目的として、特に火災時の燃焼ガスに含まれるCO₂の影響に着目して研究を行いました。

2021年度に発表した論文では、雰囲気制御型高温X線回折装置を用い、CO₂ガスをフローさせながら、セメント水和物の加熱による結晶相の変化をin-situ(その場)分析で確認しました。その結果、Ca(OH)₂は400～500℃で分解してピークが急激に減少しますが、それと同時にCaCO₃(カルサイト)のピークが急激に上昇しました。カルサイトは降温時や降温後だけではなく「加熱時」に生成し、Ca(OH)₂が分解すると同時に、CaOがCO₂ガスと反応し、カルサイトを生成していることが分かりました。常温では「水を介して」進むCa(OH)₂の炭酸化反応が、高温では固体(CaO)と気体

(CO₂)が反応して進むことが分かり、これを「高温炭酸化」と呼ぶことにしました。

2022年度に発表した論文では、合成C-S-Hの高温炭酸化反応を検討しました。Ca(OH)₂と同様に、C-S-Hも高温炭酸化するだろうとの予測ではじめた実験でしたが、XRD、FT-IRで分析してもC-S-Hの劇的な構造変化を伴うような、高温炭酸化は生じないことが分かりました。また、水和したセメントを高温炭酸化させて定量分析した結果でも、CaCO₃の生成量は600℃付近で最大となること、その生成量は初期に含まれるCa(OH)₂量とはほぼ一致することが分かり、やはりC-S-Hは高温で炭酸化していないことが分かりました。

なお、高温炭酸化の知見は、セメント・コンクリート産業におけるカーボンリサイクルの観点からも、大変興味深い現象だと考えています。「400～600℃程度」の加熱条件で、水を介さない「乾式」の方法により、しかも「迅速」にCO₂を固定化させることができます。今後、高温炭酸化技術の開発につなげていきたいと考えています。

最後に、本研究を遂行する過程は、大変有意義なものでした。セメント化学(理論)とコンクリート工学(実務)の観点から研究を行い、さらには、カーボンリサイクルにまで広がる知見を得ることができました。材料や建築をバックグラウンドとする著者らのコンビネーションが、セメント協会論文賞につながったと考えています。今回の受賞および研究成果が、コンクリートの火害の理論的な理解や、カーボンリサイクルの新技术に繋がる一助となれば大変幸いに存じます。

(吉田 夏樹)

新潟大学 大学院 (現 大成建設(株))	近藤 祥太
新潟大学	斎藤 豪
新潟大学 大学院 (現 UBE三菱セメント(株))	鈴木 一帆
UBE三菱セメント(株)	伊藤 貴康

このたびは、論文「煅焼アロフェンを用いた新たなセメント系材料の設計」に対し、大変栄誉あるセメント協会論文賞をいただき、誠に光栄に思います。本論文を推薦していただいたセメント協会論文賞選考委員会各位、ならびに(一社)セメント協会の関係各位に深くお礼申し上げます。また、査読担当者の方より貴重なご指摘をいただいたことで、本論文の質を高めることが出来たと感じております。この場をお借りして感謝申し上げます。

本論文は、新潟大学斎藤先生とUBE三菱セメント(株)が、海外で急速に進んでいる粘土のSupplementary Cementitious Materials(SCMs)としての利用技術に着目したところから始まり、国内でも広く分布するアロフェンと呼ばれる粘土鉱物を用いたセメント系新材料の可能性を示したものです。

CO₂削減技術の1つとして、海外ではフライアッシュ等の従来使用されてきたSCMsに代わる材料として粘土の利用が注目されています。特にカオリナイトを含有する粘土は煅焼することにより反応性が向上することが知られており、これを主原料としたLimestone Calcined Clay Cement(LC³)と呼ばれる次世代の低炭素型セメント系材料が開発されています。しかし、カオリナイトは日本においては産出量が乏しい粘土です。

一方、日本には火山灰質土壌が広く分布しており、その中にはアロフェンと呼ばれる粘土鉱物が多く含まれています。アロフェンはこれまで、セメントの強度発現に対して悪影響を及ぼすと考えられていたため、SCMsとしては利用されていませんでした。しかし、アロフェンもカオリナイトと同様に煅焼によって構造変化を

生じ、筆者らはこの構造変化に着目して、煅焼したアロフェンを用いたセメント系材料を検討することとしました。具体的には、煅焼アロフェンをセメント系材料に利用した場合の圧縮強度への影響確認から始め、水和解析によるミクロな視点で水和物の生成機構の解明から、その強度発現への寄与、煅焼条件の最適化まで基礎的な研究を行いました。

その結果、煅焼アロフェンを用いたセメント系材料の水和においては、ストラトリンガイトと呼ばれるローマンコンクリート中にも存在が確認されている鉱物が生成すること、煅焼アロフェンの置換量を増加させることでストラトリンガイト生成量が増加し、圧縮強度も増進する機構を明らかにしました。

これらは、従来のC-S-Hを主生成物とする材料設計とは異なり、ストラトリンガイトを主生成物とする新しいセメント系材料の可能性を見出したものであり、セメント化学的視点からアプローチを行ったからこそその成果だと考えています。

これからの世界的なカーボンニュートラル化に向けた材料開発においては、セメント系材料の水和により生成する水和物を適切に理解し、また、水和物の生成による硬化組織の変化を適切に把握することが重要であり、私自身、将来の日本を背負う研究者としての自覚を持ち、「セメント化学」の分野にこれからも携わっていく所存です。

本論文は私が新潟大学大学院在籍時のUBE三菱セメント(株)との共同研究成果であり、関係各位に深くお礼申し上げます。特にUBE三菱セメント(株)の福島悠太様には試験体作製から圧縮強度試験にわたり多くのご支援を賜りました。また、NMR測定におきましては、物質・材料研究機構NMRステーションのご支援を受けて実施されました。ここに重ねて感謝の意を表します。

(近藤 祥太)

東京大学 大学院	佐伯 直彦
東京大学 大学院	栗原 諒
東京大学 大学院	丸山 一平
名古屋大学 大学院	

この度は、論文「赤外分光法を用いた大気二酸化炭素濃度下におけるセメント硬化体表面の炭酸化 反応の湿度依存性に関する分析」に対して、第51回セメント協会論文賞という名誉ある賞を賜りましたこと、大変光栄に存じます。ご推薦いただきましたセメント協会論文賞選考委員会の委員の方々に深く感謝申し上げます。

本論文は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP21023）の一環として、供用中のセメント構造物のCO₂固定量の算出を目的として研究を行ったものになります。セメント製造時に石灰石の焼成由来で排出された二酸化炭素が、供用・解体中に炭酸化（または中性化）することによってその排出を一部オフセットすることは広く知られていますが、その予測精度はまだ正確なものではありません。固定量の算出のためには、炭酸化による物理的な空隙構造および物質の移動と、化学的な反応速度や反応生成物の同定という両側面からのメカニズムの理解が求められています。

反応速度は温度やCO₂濃度といった外部の環境条件に大きく影響を受けますが、本研究では相対湿度に焦点をあてて、相対湿度を23%から95%まで変化させた際の反応速度と生成物に与える影響を調査しました。ここで、試験体の寸法を粒度75mm以下に粉碎したセメント硬化体とすることで、CO₂の内部への物質移動（移流や拡散によるもの）が律速とならない、微小スケールでの反応を測定しています。

測定は全反射式の赤外分光法によって行い、得られたスペクトルから、水酸化カルシウムと炭酸カルシウムのピーク領域のそれぞれの積分値を炭酸化齢ごとに経時的に評価しました。先述した通り液相中のCO₂の移

動が律速にはならないため、相対湿度が高い方が反応速度が増加すること、また相対湿度が58%以下の条件では水酸化カルシウムの溶解が途中で止まること、およびC-S-Hの脱灰反応と重合反応による赤外分光ピークがシフトすることが確認されました。また、XRDの結果から析出した炭酸カルシウムの結晶多形についても相対湿度依存性を論じることができました。実際のセメント構造物の炭酸化は、空隙構造および物質の移動が律速となってくるため、これらの成果は直接的に構造物の炭酸化速度や炭酸化度の評価につながるわけではありませんが、化学的な視点から炭酸化反応と相対湿度の関係を評価したものと捉えていただけると幸いです。

本論文は、筆頭著者の佐伯が学部卒業後から修士1年時にかけて取得したデータをまとめたものです。現在改めて読み返してみると、赤外分光の正規化の方法に疑問が残っており、またXRDの測定方法に改善点が存在するなどといった反省点がありますが、発展途上の内容にも関わらずこのような評価をいただいたことに重ねて感謝申し上げます。本論文を提出後にXRDを測定し直してRietveld解析による定量を行い、またTG測定による定量も加えて、現在は炭酸化進行に伴うC-S-Hの構造の変化を含めて新たな論文化を進めております。加えて、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を含んだ系でのメカニズムの解明も今後実施していく予定です。本受賞に満足せず、今後より良い成果をセメント分野に届けていけたらと思います。

（佐伯 直彦）

HOT NEWS

第77回セメント技術大会／優秀講演者決まる

セメント協会は、第77回セメント技術大会（2023年5月17～19日）で優秀な講演を行った19名の講演者を表彰した。

2002年から行っている本表彰は、大会全体の活性化と若手研究者・技術者（35歳以下）の研究奨励を目的としており、①講演要旨の分かりやすさ、②プレゼン資料の表現、③発表の方法、④発表時間の分配の適切さ、⑤発表時間、⑥質問に対する回答の適切さ、⑦発表態度、⑧研究内容のレベル、について審査を行い、特に優秀と認められた講演者に対し授与している。今年度は選考対象110名のうち、表に示した19名を優秀講演者とし、表彰状と記念品を授与した。

講演番号	講演者 (敬称略)	所 属	講演題目
1101	栗原 諒	東京大学大学院	1H-NMR relaxometry による T1-T2 緩和相関測定を用いたセメントペーストの再吸湿挙動に関する基礎的検討
1110	石山 直知	新潟大学大学院	低圧水蒸気吸着の ESW 分析による C-S-H の微細構造および炭酸化挙動解析
1113	中川 裕太	太平洋セメント㈱	トリイソプロパノールアミンの強さ増進効果に及ぼす LSP の粉末度の影響
1120	山崎 仁資	近江アサノコンクリート㈱	トラックアジテータのドラム内の未使用生コンクリート量測定に関する研究
1220	安達 丈	㈱トクヤマ	カルシウムアルミノフェライトの水和反応に及ぼすアルカノールアミンの影響
1221	伊神 竜生	名古屋大学	高湿度環境下においてセメント硬化体に多量の二酸化炭素を固定する一案
1309	青山 桃子	岩手大学大学院	スケーリング抵抗性に対するコンクリート中の必要空気量の基礎的実験
1311	石川 英理香	芝浦工業大学	GGBS 及び γ-C ₂ S 含有のモルタルの炭酸化養生時の CO ₂ 固定量の比較検討
1315	安田 瑛紀	太平洋セメント㈱	少量添加で ASR 膨張を抑制可能なガラス微粉末
1321	下河 初美	福岡大学大学院	再振動の実施がスケーリング抵抗性に与える影響
2305	本合 弘樹	㈱太平洋コンサルタント	歴史的建造物のモルタルに使用された材料およびアルカリンシカ反応の岩石学的検討
3101	中村 充志	太平洋セメント㈱	化学吸収法によるセメント排ガスからの CO ₂ 分離・回収技術の開発 ～セメントキルン排ガス成分の影響評価～
3107	大田 将巳	㈱トクヤマ	未利用 Ca 等廃棄物を利活用した CO ₂ 固定型混和材の設計開発（2）
3114	LE THI THIEN LY	太平洋セメント㈱	岩石粉末の諸特性とセメント混合材としての適合性に関する検討
3203	中里 光孝	新潟大学大学院	活性化処理を施したアロフェンを用いたセメント系新材料における水和生成物の評価
3224	原田 奏也	U B E 三菱セメント㈱	高硫酸塩スラグセメントの水和反応と強度発現に及ぼす炭酸塩と促進剤の併用添加による効果
3304	星 健太	太平洋セメント㈱	近赤外分光法によるモルタル硬化過程評価に関する検討
3306	向井 祐樹	㈱太平洋コンサルタント	コンクリート材料に含まれる CO ₂ 固定量の定量方法の検討
3324	旭澤 広輝	群馬大学	圧縮領域を加熱した Jute 繊維混入型 PC はりの爆裂性状および曲げ耐力評価と HPFRCC による補修効果

お知らせ

第38回(2024年度)セメント協会研究奨励金テーマ募集のご案内

一般社団法人 セメント協会

一般社団法人セメント協会では、セメント化学・コンクリート化学分野の研究振興と若手および中堅の研究者育成のために、大学・工業高等専門学校の研究に対して研究助成を行っています。

本年度も下記の要領で研究奨励金のテーマ募集を行います。ご応募をお待ちしております。

1. 対象 セメント化学，コンクリート化学分野における研究(セメント系新材料，セメント系固化材，環境・リサイクルの関連研究を含む)
2. 応募資格 日本の大学または工業高等専門学校に所属する研究者(大学院生を含む)
※ただし，前年度(2023年度)にセメント協会研究奨励金の交付を受けた方は応募できません。
3. 応募条件 研究成果については，セメント技術大会，セメント・コンクリート論文集において公表すること
4. 助成金額 採用された研究1件につき原則として100万円
5. 応募方法 セメント協会ホームページから研究奨励金申請書の様式(Word)をダウンロードし，研究奨励金申請書を作成して下さい。応募入力フォームより必要事項を記入し，研究奨励金申請書を添付して下さい。応募入力が完了しましたらご登録頂いたメールアドレスに入力情報が送信されますので内容をご確認下さい。

セメント協会ホームページ

<https://www.jcassoc.or.jp>

[トップページ]>[イベント・募集]>[募集/研究奨励金]

※ 一人で複数の応募はできません。

※ 必要事項を記入する際は日本語又は英語を用い，申請書の記入欄内に収めて下さい。

※ 審査条件を統一するため，研究奨励金申請書以外の添付資料は付けないで下さい。

6. 募集期間 2023年9月1日(金)～11月17日(金)必着

※ 期日を過ぎて到着したものは受け付けません。

7. 審査方法 研究奨励金審査委員会により審査

8. 結果通知 2024年3月下旬 ※ 申請者へ結果を通知

9. 支給 2024年4月以降 ※ 全額一括支給

10. 留意事項 ※ 当初の研究期間の終了後，遅滞なく全体の成果報告書を提出して頂きます。
※ 研究期間が1年を超えるときは，前年度成果の研究概要報告書(中間報告)を提出して頂きます。
※ 研究成果の公表に際して，当研究奨励金を受けて研究したことを付記願います。

11. 問合せ先 一般社団法人 セメント協会 研究所 技術情報グループ 研究奨励金 担当

〒114-0003 東京都北区豊島4丁目17番33号

TEL 03-3914-2692

E-mail jca_event@jcassoc.or.jp

セメント協会の出版物

クリップボードの コンクリート化学編 出ました。

月刊セメント・コンクリート誌に長期連載した人気シリーズが単行本になりました。コンクリートの気になるキーワード全47項目をそれぞれ2～3ページで簡潔に解説。既刊の[セメント化学編]とともにお役に立つこと間違いなしです。

4つのカテゴリーに分類 ● フレッシュコンクリートの物性

硬化コンクリート

耐久性

いろいろなコンクリート



ブルーのカバー

e3 (シースリー)
クリップボード

コンクリート化学編

A4判・123頁・3,080円



グリーンのカバー

e3 (シースリー)
クリップボード

セメント化学編

A4判・134頁・3,080円

お求め・お問い合わせは…

一般社団法人セメント協会 図書販売係 まで

東京都中央区新富二丁目15番5号 RBM築地ビル2階

TEL 03-5540-6173 FAX 03-5540-6181

電子版「セメント協会論文検索サービス」をご利用下さい

当協会が発行しておりますセメント・コンクリート論文集(セメント技術年報含む)、セメント技術大会講演要旨を対象とした、インターネットによる論文検索サービスを提供しております。研究者や技術者の方々の情報取集ツールとして、ぜひご活用下さい。

＜登録データについて＞

セメント・コンクリート論文集

- ・第22回(1968年度)から第75回(2021年度)までの6,076論文を検索できます。
- ・論文書誌事項(タイトル、著者、発行年、キーワード、序論、まとめ等)並びに論文本文(一部OCR処理による登録)を検索対象としています。ただし、第40回(1986年)以前は、論文書誌データは登録されておりますが、論文本文のデータは登録されていません。
- ・検索結果より論文本文(PDF)を参照できます。

セメント技術大会講演要旨

- ・第51回(1997年)から第76回(2022年)までの4,308件の講演要旨を検索できます。
- ・タイトル、著者、発行年、本文等を検索対象としており、講演要旨本文(PDF)も参照できます。

＜システムの操作、設定等について＞

ナビゲーション、簡易検索、詳細検索の3つの検索フォームを切り替え表示できます。

ナビゲーションは、表示されている文字列を押下すると対象資料を表示できます。

検索ワードが複数の場合には、スペースで区切って入力してください。

検索ワードは、大文字／小文字、全角／半角を同一視検索します。

日付欄は西暦を半角で入力してください。

システムの操作方法については、ヘルプを参照してください。

当サイトは、パソコンでの閲覧に最適化されたサイトです。スマートデバイス(スマートフォン、タブレット端末)で閲覧される場合、[スマートデバイス版(スマートフォン／タブレット)]をご利用ください。

・推奨動作環境

Microsoft Edge 最新版, Firefox 最新版, GoogleChrome 最新版, JavaScript設定：有効

PC版……<https://s-opac.net/Opac/search.htm>スマートデバイス版…https://s-opac.net/Opac/search.htm?s=gZufv4ZS3OE_D0tgNPBduanlPvf&mc=on

PC版

スマートデバイス版

検索機能

①ナビゲーション

セメント・コンクリート論文集およびセメント技術大会の講演要旨を各回ごとに検索ができます。

②簡易検索

講演の申込時に登録する、「フリーワード」、「タイトル」、「著者名」、および「発行年」を対象に検索を行うことができます。また、「大会回数」を入力(例えば、「60回」)すると、第60回の研究報文の数や講演題目、著者名などが表示されます。

③詳細検索

簡易検索に加えて「Vol」検索を備えており、絞り込みたいときは「AND検索」や、より多くの検索結果を表示するは「OR検索」を行うことで、目的の研究報文を探すことができます。

④リスト表示機能一覧

検索のキーワードに一致した順に表示し、「大会回数」や「講演題目」などで整列させて表示することができます。

①ナビゲーション

②簡易検索

③詳細検索

④リスト表示機能

電子版「セメント協会論文索引サービス」は
協会ホームページよりご利用いただけます。

セメント協会

<https://www.jcassoc.or.jp/>

※ このシステムは、報文の索引を対象としております。講演要旨が必要な場合には文献複写サービス(有料)をご利用下さい。

問合せ先 一般社団法人セメント協会 研究所 技術情報グループ
E-mail jca_pi@jcassoc.or.jp TEL 03-3914-2692

第28回 舗装工学講演会

開催日： 2023年8月31日(木)～9月1日(金)
会場： 北海道科学大学(北海道札幌市)
参加費： 一般(会員)10,000円, 一般(非会員)12,000円, 学生(会員・非会員；社会人含む・要学生証)2,000円
定員： 400名
締切： 定員に達し次第締切
申込方法： 土木学会HPより申込み
問合せ： 土木学会舗装工学講演会係
メール： pavement.editor@ml-jsce.jp

建築文化に触れる「日本大学生産工学部図書館 見学会」

開催日： 2023年9月1日(金)
会場： 日本大学図書館生産工学部分館(千葉県習志野市)
参加費： 1,000円(資料代)
定員： 定員40人(申込先着順)
申込方法： (一社)日本建築学会関東支部千葉支所HPより申込み
問合せ： (一社)日本建築学会関東支部千葉支所(担当：小島)
メール： koji3104@gmail.com
電話： 050-7126-3030(小島)

2023年度 JCOM若手シンポジウム

開催日： 2023年9月6日(水)～8日(金)
会場： 国民宿舎 小豆島(香川県小豆島町)ほか
参加費： 学生会員・非会員 無料, 会員7,000円, 非会員8,000円(宿泊費別)
定員： 40名
申込方法： 日本材料学会HPより申込み
問合せ： 日本材料学会「JCOM若手シンポジウム」係
メール： jcom2023wakate@office.jsms.jp

化学物質管理者講習会(取扱事業場 6時間)

開催日： 2023年9月8日(金)・11月10日(金)
会場： セメント協会会議室(東京都中央区)
参加費： 15,000円／1人(資料代, 昼食代含む)
対象者： セメント工場内で業務委託される事業者, セメントのばく露の可能性がある協力会社, 例えばサイロ・タンク・集塵機内部の清掃, 装置の修理・点検, 出荷工程を担う事業者, 輸送会社の選任された化学物質管理者等
定員： 30名

申込方法： 申込書にご記入のうえ, FAXまたはメールにてお申し込み下さい。折り返し, 請求書と参加証を郵送いたします。なお, 定員になり次第締切とさせていただきます。
問合せ： (一社)セメント協会 労務担当
メール： roumu@jcassoc.or.jp
電話： 03-5540-6178
※講習会終了後, セメント協会の修了証を発行いたします。

「微視的機構から内部膨張反応のリスクを考える」に関するシンポジウム

開催日： 2023年9月22日(金)
会場： 東京大学本郷キャンパス 工学部11号館 Haseko-Kuma Hall(東京都文京区)およびライブ配信・見逃し配信
参加費： 正会員(個人)7,000円, 名誉・終身・フェロー会員4,500円, 団体・後援団体8,000円, 会員外9,000円, 学生会員4,500円, 学生会員外5,500円
定員： 会場・オンライン各100名
締切： 2023年9月4日(月)ただし定員に達し次第締切
申込方法： 日本コンクリート工学会HPより申込み
問合せ： 日本コンクリート工学会「ISRシンポジウム」係(担当：宮光)
電話： 03-3263-7204

化学物質管理者専門的講習会(製造事業場 12時間)

開催日： 2023年10月10日(火)～11日(水)
会場： セメント協会会議室(東京都中央区)
参加費： 30,000円／1人(資料代, 昼食代含む)
対象者： セメント工場, セメント系固化材の関連製品を製するSS, 関係会社の選任された化学物質管理者
定員： 30名
申込方法： 申込書にご記入のうえ, FAXまたはメールにてお申し込み下さい。折り返し, 請求書と参加証を郵送いたします。なお, 定員になり次第締切とさせていただきます。

問合せ： (一社)セメント協会 労務担当
メール： roumu@jcassoc.or.jp
電話： 03-5540-6178
※講習会終了後, セメント協会の修了証を発行いたします。

名 称	開催期日	開催地	問い合わせ先	電話番号等	本誌掲載頁
第50回 セメント系固化材セミナー 国土強靱化を支える地盤改良	2023年 8月31日	大阪府	セメント協会 普及部門	03-5540-6180	7月号 p.62
第28回 舗装工学講演会	2023年 8月31日～9月1日	北海道	土木学会舗装工学 講演会係	pavement.editor @ml-jsce.jp	本号 p.60
建築文化に触れる 「日本大学生産工学部図書館 見学会」	2023年 9月1日	千葉県	日本建築学会関東支部 千葉支所(担当：小島)	050-7126-3030	本号 p.60
2023年度 JCOM若手シンポジウム	2023年 9月6日～8日	香川県	日本材料学会 「JCOM若手シンポジウム」係	jcom2023wakate @office.jsms.jp	本号 p.60
化学物質管理者講習会(取扱事業場6時間)	2023年 9月8日	東京都	セメント協会労務担当	03-5540-6178	本号 p.60
令和5年度 全国大会 第78回年次学術講演会	2023年 9月11日～15日	広島県	土木学会事務局総務課 全国大会係	03-3355-3442 office2@jsce.or.jp	4月号 p.60
2023年度日本建築学会大会(近畿) 学術講演会, 建築デザイン発表会	2023年 9月12日～15日	京都府 および オンライン	日本建築学会	03-3456-2051	4月号 p.60
「微視的機構から内部膨張反応のリスクを考える」に関するシンポジウム	2023年 9月22日	東京都 および オンライン	日本コンクリート工学会 「ISRシンポジウム」係 (担当：宮光)	03-3263-7204	本号 p.60
第37回 コンクリート構造の設計・施工・維持管理の 基本に関する研修会	2023年 10月3日～4日	大阪府 および オンライン	土木学会関西支部 「コンクリート研修会」係	06-6271-6686	7月号 p.62
化学物質管理者専門的講習会(製造事業場12時間)	2023年 10月10日～11日	東京都	セメント協会労務担当	03-5540-6178	本号 p.60
POWTEX 2023 国際粉体工業展大阪2023	2023年 10月11日～13日	大阪府	日本粉体工業技術協会	075-354-3581	5月号 p.54
	2023年 9月27日～11月10日	オンライン			
第23回 コンクリート構造物の 補修, 補強, アップグレードシンポジウム	2023年 10月12日～13日	京都市	日本材料学会 「コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文 報告集・シンポジウム」係	075-761-5321	2月号 p.22
日本建築仕上学会2023 年大会学術講演会 (第34回 研究発表会)	2023年 10月26日～27日	東京都	日本建築仕上学会	06-3798-4921	7月号 p.62
第32回 プレストレストコンクリートの発展に関する シンポジウム	2023年 10月26日～27日	福島県	プレストレストコンクリート 工学会 シンポジウム係	03-3260-2521	5月号 p.54
第10回 構造物の安全性・信頼性に関する 国内シンポジウム	2023年 10月25日～27日	東京都	土木学会 JCOSSAR2023事務局	jcossar2023 @ml-jsce.jp	3月号 p.62
第35回 日本道路会議	2023年 11月1日～2日	東京都 および オンライン	日本道路協会 第35回日本道路会議事務局	dourokaigi @road.or.jp	6月号 p.59
化学物質管理者講習会(取扱事業場6時間)	2023年 11月10日	東京都	セメント協会労務担当	03-5540-6178	本号 p.60
第16回日本地震工学シンポジウム	2023年 11月23日～25日	神奈川県	日本地震工学会事務局	03-5730-2831	4月号 p.60

※掲載中の情報は状況により中止・延期の場合がございます。各主催HP等にて最新情報をご確認ください。

セメント協会の動画配信・WEBセミナーのご案内

セミナー・講座名	会場名	土木学会 CPD(単位)
1 DAY PAVE 製造施工マニュアル[第1版]の概要(約26分)	WEB	-
動画で学ぶ断面修復工法の基礎知識(約34分)		-
コンクリート舗装の基礎知識(約33分)		-
セメント系固化材の基礎知識(約45分)		-
セメント系補修・補強材料の基礎知識(約29分)		-
地盤改良に関する試験について(約31分)		0.5

セミナーに関する詳細・お申込みはセメント協会 動画配信サイトをご覧ください ▶▶▶ <https://jcafukyu.jp/>

パンフレット・セメントの底力 セメントはわが国の防災インフラ整備を支えています

セメント協会は未曾有の被害をもたらした東日本大震災をはじめ、頻発するゲリラ豪雨や竜巻などの自然災害の脅威から、国民の命や生活を守るために必要な措置を施すことが何よりも重要な課題と捉え、防災インフラ整備の重要性を訴えるパンフレット（A4判・16ページ）を作成しました。

様々な自然災害時に対し、強固な躯体を持つコンクリート構造物やセメント系固化材が果たした役割や有用性を、①豪雨・渇水に備えるセメント、②津波・高潮に備えるセメント、③土砂災害に備

えるセメント、④災害復旧・復興を支えるセメントの項目にわけ、各種の事例を写真と図版でわかりやすく解説しています。このパンフレットにより人々の命や暮らしを守るセメント・コンクリートの力、これから必要となる公共事業についてご理解いただき、より一層安全への意識を高めるための一助としていただきたく作成しました。ご希望の方には無料でお届けいたします。申込みは部数と送付先を明記の上、下記までファクスでお申込み下さい。

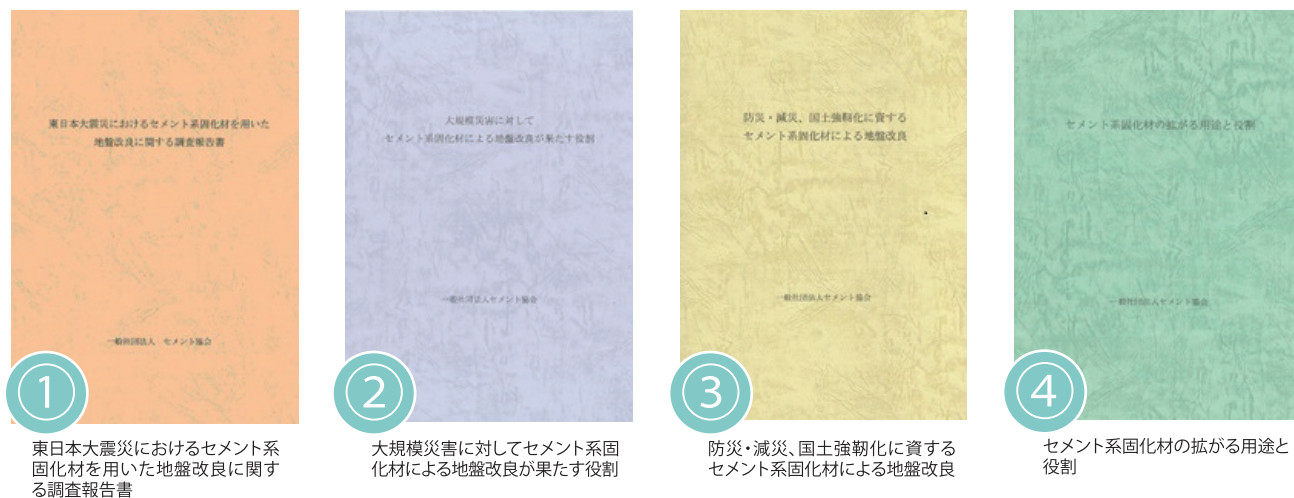


一般社団法人セメント協会 広報部門 FAX 03-5540-6181

お知らせ

改良地盤の震災・適用調査報告書 無料ダウンロードできます。

- ①東日本大震災におけるセメント系固化材を用いた地盤改良に関する調査報告書
- ②大規模災害に対してセメント系固化材による地盤改良が果たす役割
- ③防災・減災、国土強靱化に資するセメント系固化材による地盤改良
- ④セメント系固化材の拡がる用途と役割



弊会ホームページ(<https://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/kokazaihokoku01.html>)から、無料ダウンロードできます。是非ご利用下さい。

一般社団法人セメント協会普及部門 E-mail fukyu@jcassoc.or.jp

セメント・データファイル

※千t以下を四捨五入したため、必ずしも合計に合致しない

生産

(単位:千t, %)

種類	項目	23年		23年	
		4月	前年比	5月	前年比
ポルトランドセメント	普通	2,338	88.8	2,581	94.3
	早強・超早強	179	88.9	204	91.7
	中庸熟	45	76.5	77	82.5
	低熱	12	134.2	16	73.3
	耐硫酸塩	0	-	0	-
	その他	0	-	0	-
	小計	2,619	88.6	2,879	93.6
混合セメント	高炉	667	91.2	657	88.3
	シリカ	0	-	0	-
	フライアッシュ	2	136.3	4	50.4
	その他	37	43.1	55	294.3
	小計	706	86.2	716	93
その他のセメント		13	112.7	8	79.2
計		3,339	88.2	3,602	93.5
輸出用クリンカ等		259	75.3	297	42.4
合計		3,597	87.1	3,900	85.6

販売

(単位:千t, %)

地区	23年			23年		
	4月	前年比	構成比	5月	前年比	構成比
北海道	109	92.3	3.9	127	97.8	4.7
東北	204	89.2	7.3	222	103.9	8.1
関東一	702	90.7	25.0	660	98.7	24.3
関東二	272	90.7	9.7	246	91.1	9.0
北陸	111	89.7	3.9	112	96.7	4.1
東海	331	95.1	11.8	329	103.0	12.1
近畿	424	96.0	15.1	398	99.7	14.6
四国	86	90.3	3.1	88	99.7	3.2
中国	170	87.8	6.1	158	95.2	5.8
九州	336	89.8	12.0	322	90.7	11.8
沖縄	66	98.8	2.3	60	126.9	2.2
計	2,811	91.7	100.0	2,721	98.2	100.0

輸出

(単位:千t, %)

地域・仕向地	項目	23年	23年
		4月	5月
アジア	韓国	52	53
	中国	0	0
	台湾	27	27
	香港	73	88
	フィリピン	104	100
	シンガポール	51	128
	マレーシア	0	0
	小計	307	396
その他	大洋州	180	227
	中南米	0	0
	小計	180	227
合計		487	623

需給

(単位:千t, %)

項目		生産		販売						期末在庫		輸入		内需		固化材 原料他
			前年比	国内	前年比	輸出	前年比	合計	前年比		前年比		前年比		前年比	
会計年度	2012	59,488	103.3	43,754	104.4	9,632	96.3	53,387	102.8	4,140	98.3	822	111.4	44,577	104.5	6,173
	2013	62,392	104.9	46,953	107.3	8,503	88.3	55,455	103.9	4,412	106.6	752	91.4	47,705	107.0	6,665
	2014	61,139	98.0	45,048	95.9	9,421	110.8	54,469	98.2	4,580	103.8	503	66.8	45,551	95.5	6,502
	2015	59,238	96.9	42,347	94.0	10,583	112.3	52,930	97.2	4,684	102.3	320	63.7	42,668	93.7	6,204
	2016	59,271	100.1	41,497	98.0	11,529	108.9	53,027	100.2	4,393	93.8	280	87.4	41,777	97.9	6,536
	2017	60,360	101.8	41,701	100.5	11,808	102.4	53,508	100.9	4,189	95.4	175	62.6	41,876	100.2	7,056
	2018	60,230	99.8	42,499	101.9	10,371	87.8	52,870	98.8	4,446	106.1	91	51.8	42,589	101.7	7,103
	2019	58,135	96.5	40,948	96.4	10,532	101.6	51,480	97.4	4,492	101.0	22	24.6	40,970	96.2	6,609
	2020	56,053	96.4	38,650	94.4	11,113	105.5	49,763	96.7	4,332	96.4	20	90.0	38,670	94.4	6,450
	2021	55,741	99.4	37,872	98.0	11,484	103.3	49,356	99.2	4,347	100.3	10	52.0	37,882	98.0	6,371
	2022	51,482	92.4	37,265	98.4	8,137	70.9	45,402	92.0	4,194	96.5	16	151.4	37,280	98.4	6,233

セメントハンドブック 2023年度版

インターネットからご覧下さい

わが国セメント産業のデータ集「セメントハンドブック」は、2018年度版より電子書籍化して公開しております。企業概要・需給状況・流通・原料・エネルギー・生産性・関連製品・市況・世界のセメント需給・関連経済指標と多岐にわたり掲載。業界人必須の一冊をお手元の端末で、いつでもどこからでも閲覧可能です。

セメントハンドブック2023年度版
https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jj3h_06.pdf

セメント協会HPはこちら
<https://www.jcassoc.or.jp/>

※本書籍の閲覧およびダウンロードのご利用は無料ですが、別途通信料が発生いたします。

年月	建設工事受注動態統計(出所:国土交通省)							(単位:億円)
	合計	国	独立行政法人	政府企業	都道府県	市区町村	その他	
2021年度	200,576	37,968	4,867	27,813	55,215	55,967	5,752	
2022	215,422	41,065	7,012	22,833	59,451	62,687	9,982	
2022年3月	34,541	10,188	989	4,423	10,489	5,890	655	
4	13,561	3,979	279	2,292	3,043	2,333	341	
5	10,892	1,552	382	1,165	1,811	4,484	880	
6	20,290	2,684	420	2,103	3,976	8,783	721	
7	16,770	2,748	281	1,042	4,762	6,543	238	
8	17,167	2,753	302	1,235	5,671	5,744	532	
9	24,272	5,104	541	2,332	6,897	7,595	499	
10	17,406	2,195	627	1,679	6,564	5,028	321	
11	13,077	1,665	607	1,475	4,773	3,412	370	
12	15,489	1,686	380	2,025	4,598	5,667	360	
2023年1月	11,173	2,240	677	1,553	3,037	2,477	439	
2	20,885	5,160	929	1,640	4,014	4,498	4,064	
3	34,439	9,300	1,589	4,292	10,303	6,123	1,216	
4	11,822	2,929	520	2,050	2,461	2,439	531	
5	13,132	2,655	413	916	2,265	5,535	746	

年月	企業物価指数(出所:日本銀行)										(2020年平均＝100)
	総平均	セメント	生コンクリート	セメント製品	製材	砂利・採石	形鋼	小形棒鋼	金属製品	建設・鉱山機械	
2020年平均(C.Y.)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2021年平均(C.Y.)	104.6	100.5	101.4	101.9	140.9	102.5	123.0	120.3	101.5	100.1	
2020年度平均(F.Y.)	99.8	100.1	100.2	100.5	100.2	101.7	101.2	100.7	100	100.3	
2021年度平均(F.Y.)	107.0	100.6	102.1	102.4	156.9	102.8	130.9	129.0	103.3	100.2	
2022年3月	111.4	101.7	103.6	103.5	164.7	103.2	142.6	145.2	107.5	101.6	
4	113.3	106.6	103.7	103.7	167.6	104.6	150.4	148.9	108.5	101	
5	113.3	108.8	105	104.7	168.1	106.3	155.1	153.9	109.5	101.8	
6	114.3	110.8	106	106.2	166.8	107.3	157.1	158.3	111.2	103.6	
7	115.2	110.8	107	107.7	165.8	107.3	159.4	159.8	114	104.4	
8	115.7	111.1	108.5	108.4	163.8	107.7	160.3	160.6	114.6	105	
9	116.9	114.9	111.8	109.9	160.8	107.9	160.4	161.9	115.5	105.6	
10	118.1	118.1	114.5	111.8	154.7	109.8	159.7	159.7	117.3	106	
11	119.1	120.4	115.2	114.3	153.8	109.8	159.3	161.8	118.1	106.2	
12	119.8	120.4	115.9	115.3	152.7	109.8	159.3	161.4	118.7	106.2	
2023年1月	119.9	120.4	116.1	115.7	148.8	109.8	158.6	162.8	120.2	106.8	
2	119.5	120.4	116.6	116.1	145	111.4	158.9	164	120.6	106.9	
3	119.6	122.9	118.2	118	142.1	111.4	158.9	165.2	120.9	107	
4	120	142.5	121.2	119	139.5	112.2	160.4	167	121.6	107.3	
5	119.2	143.5	126	119.9	136.7	113.1	160.4	167.3	122.8	107.5	
6	119	143.5	126	120.5	134.1	113.1	160.6	167.5	121.7	108.6	

※企業物価指数が2020年基準に変更

年月	着工建築物 構造別 床面積の合計(出所:国土交通省)									(単位:万㎡)
	合計	構造別						用途別		
		木造	鉄骨鉄筋 コンクリート造	鉄筋 コンクリート造	鉄骨造	コンクリート ブロック造	その他	居住用	非居住用	
2021年度	12,246	5,280	197	2,129	4,558	6	78	7,440	4,806	
2022	11,872	4,877	238	2,458	4,197	6	97	6,746	4,690	
2022年3月	979	403	10	206	351	0.5	7	616	363	
4	1,127	417	29	268	403	0.4	7	640	486	
5	970	411	30	180	341	0.6	8	578	392	
6	1,105	446	13	213	425	0.5	7	626	479	
7	1,125	438	25	218	435	0.6	8	627	498	
8	1,042	437	13	232	350	0.5	9	645	397	
9	968	437	7	193	322	0.6	8	610	358	
10	990	433	21	181	345	0.6	9	630	360	
11	957	425	16	158	346	0.6	12	606	351	
12	897	386	14	170	319	0.4	7	558	339	
2023年1月	928	330	40	250	299	0.5	8	538	390	
2	902	352	58	194	343	0.5	6	545	357	
3	860	363	22	200	267	0.4	6	579	280	
4	1,029	388	16	228	391	0.4	6	549	480	
5	899	387	15	202	287	0.7	6	574	325	

※単位は万㎡以下を四捨五入したため、必ずしも合計に合致しない

年月	品目	主要セメント製品出荷高Ⅰ(出所:経済産業省)					
		遠心力鉄筋コンクリート製品			空洞 コンクリートブロック (千個)	護岸用 コンクリートブロック (t)	道路用 コンクリート製品 (t)
		管 (t)	ボール (t)	パイプ (t)			
2020年12月		12,208	37,450	118,215	5,922	60,604	223,770
2021年12月		9,887	37,243	104,406	5,351	54,364	185,559
2022年3月		10,307	33,000	149,572	5,431	47,976	162,267
4		8,489	30,480	139,768	5,963	40,209	141,401
5		7,330	28,302	115,727	5,116	34,545	123,967
6		10,485	32,237	124,415	5,506	30,521	145,665
7		8,408	31,271	115,814	5,138	31,719	138,948
8		7,645	30,995	112,248	4,769	26,945	132,354
9		9,466	32,253	125,194	5,214	25,124	146,645
10		10,737	33,214	132,971	5,338	36,892	158,515
11		12,286	34,069	123,269	5,527	38,818	176,626
12		10,631	30,719	112,858	5,281	42,085	158,413
2023年1月		8,970	27,442	108,222	4,048	42,004	151,189
2		10,034	27,960	128,634	4,946	46,654	157,334
3		11,700	29,855	120,571	4,994	49,803	156,257
4		8,772	30,350	115,374	5,492	41,064	132,293
5		6,875	29,277	93,186	4,758	36,905	123,773

年月	品目	主要セメント製品出荷高Ⅱ(出所:経済産業省)			
		PC製品		木毛・木片・セメント板 (千枚)	気泡コンクリート製品 (㎡)
		はり・けた (t)	その他 (t)		
2020年12月		17,054	55,845	2,740	110,898
2021年12月		15,948	54,642	2,595	118,751
2022年3月		20,647	56,579	2,758	103,188
4		15,969	51,271	2,527	98,544
5		14,242	40,732	2,338	91,205
6		16,974	49,821	2,695	107,363
7		13,715	41,894	2,593	103,755
8		12,408	35,475	2,538	100,701
9		13,947	42,105	2,648	112,161
10		11,097	33,241	2,422	117,669
11		8,850	29,573	2,588	117,623
12		10,593	29,525	2,498	114,000
2023年1月		6,847	21,091	2,183	92,185
2		9,203	18,687	2,336	92,707
3		14,809	22,255	2,681	103,964
4		5,632	19,199	2,168	95,468
5		6,709	45,189	2,044	93,704

※受注高10億円以上の国内工事のみを対象

顧問

長瀧 重義 東京工業大学 名誉教授

委員長

小堺 規行 住友大阪セメント(株) 常務執行役員 セメント・コンクリート研究所長

委員

石橋 忠良	J R東日本コンサルタンツ(株) 技術統括
伊藤 智章	UBE三菱セメント(株) 技術戦略部 部長
伊藤 康司	全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所 所長
内田 俊一郎	太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発推進部 部長
浦野 真次	清水建設(株) 技術研究所 建設基盤技術センター 主任研究員
河村 直彦	(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会((株)ピーエス三菱)
岸 利治	東京大学 生産技術研究所 教授
黒岩 秀介	大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部 部長(研究担当)
古賀 裕久	(国研)土木研究所 先端材料資源研究センター 上席研究員
小林 竜平	竹本油脂(株) 第三事業部 研究開発部 コンクリートグループ マネージャー
坂井 悦郎	東京工業大学 名誉教授
坂井 吾郎	鹿島建設(株) 技術研究所 主席研究員
棚野 博之	(国研)建築研究所 材料研究グループ 客員研究員
流 龍成	住友大阪セメント(株) セメント・コンクリート研究所 研究企画グループ グループリーダー
野口 貴文	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
平田 隆祥	(株)大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 上級主席技師
平本 真也	日鉄高炉セメント(株) 技術開発センター 技術開発グループ グループリーダー
前田 禎夫	麻生セメント(株) 品質技術部 部長
森川 嘉之	(国研)港湾空港技術研究所 地盤研究領域長
山路 徹	(国研)港湾空港技術研究所 構造研究領域長
窪木 康雄	(一社)セメント協会 セメント系固化工材普及専門委員会 委員長
宮脇 賢司	(一社)セメント協会 セメント系固化工材技術専門委員会 委員長
大石 英男	(一社)セメント協会 生産・環境幹事会 幹事
廣川 誠一	(一社)セメント協会 常務理事
吉田 雅彦	(一社)セメント協会 研究所長

- 土木学会「2022年制定コンクリート標準示方書」の概要
- 品川駅改良・品川駅周辺開発プロジェクトと関連するコンクリート構造物
- 生コンクリート製造工程検査の自動化に関する取り組み
- 増粘性高分子によるコンクリートの加振変形性向上の検討
- 壁高欄と床版に膨張コンクリートを用いた実大規模の実験と試設計
- モルタルの物性変化に及ぼす化学混和剤への熱刺激効果に関する研究
- シリーズ セメント産業脱炭素・低炭素社会を目指すキーワード γ -C₂S
- 各種セメント硬化体の炭酸化反応によるCO₂吸収と生成物の変化
- JCA Report / JIS A 5202 セメントの化学分析方法へのICP発光分光分析の適用に関する検討
- ずいそう(玉井真一) ほか



ラテックス改質速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装の実橋における供用性評価

セメント・コンクリート No.918 8月号
2023(令和5)年8月15日発行

定価1100円 本体1000円 ⑩

発行者 乾 敏一
編集者 小宮山 慎一郎
発行所 一般社団法人 セメント協会
〒104-0041 東京都中央区新富2-15-5
RBM築地ビル2階
電話 03-5540-6171 (代表)
03-5540-6175 (広報部門 / 出版担当)
03-5540-6173 (図書販売)
FAX 03-5540-6181
研究所 〒114-0003 東京都北区豊島4-17-33
電話 03-3914-2691 (代表)
FAX 03-3914-2690

- 予約購読のご案内/予約購読をご希望の方は1年分 11,000円(税込み/送料当協会負担)を「振替」または「現金書留」で直接当協会にお申込み下さい。
- 本誌への広告申込みはセメント協会広報部門/出版担当 ☎ 03-5540-6175へ
- セメント協会加盟会社の購読料は会費に含まれます。

本誌へのご意見、ご感想、ご要望、送付先の変更などは、セメント協会ホームページまたは出版担当直通までEメールでお寄せください。

メールアドレス(出版担当)

cemecon@jcassoc.or.jp

ホームページ

https://www.jcassoc.or.jp

セメント協会ホームページ



一般社団法人 セメント協会加盟会社

八 戸 セ メ ン ト (株)	敦 賀 セ メ ン ト (株)
日 鉄 高 炉 セ メ ン ト (株)	(株) デ イ ・ シ イ
日 鉄 セ メ ン ト (株)	デ ン カ (株)
東 ソ ー (株)	麻 生 セ メ ン ト (株)
(株) ト ク ヤ マ	U B E 三 菱 セ メ ン ト (株)
琉 球 セ メ ン ト (株)	明 星 セ メ ン ト (株)
荻 田 セ メ ン ト (株)	日 立 セ メ ン ト (株)
太 平 洋 セ メ ン ト (株)	住 友 大 阪 セ メ ン ト (株)

セメント・コンクリート No.918 / 2023.8 令和5年8月15日発行

定価 1100 円 本体 1000 円 ⑩ 送料別

神殿？ いえ、防災施設です。

埼玉県春日部市の地下50メートルに現れた巨大神殿。
これは「首都圏外郭放水路」という防災施設で、
同県東部の浸水被害を軽減し、首都圏の安全を
守るためにつくられた世界最大級の地下放水路です。
こうした防災インフラに欠かせない素材がセメント。
もしものときも防災機能が発揮されるよう、
セメントの強さで施設そのものを守っています。

セメントが、日本をまもる。

一般社団法人セメント協会