

CEMENT & CONCRETE

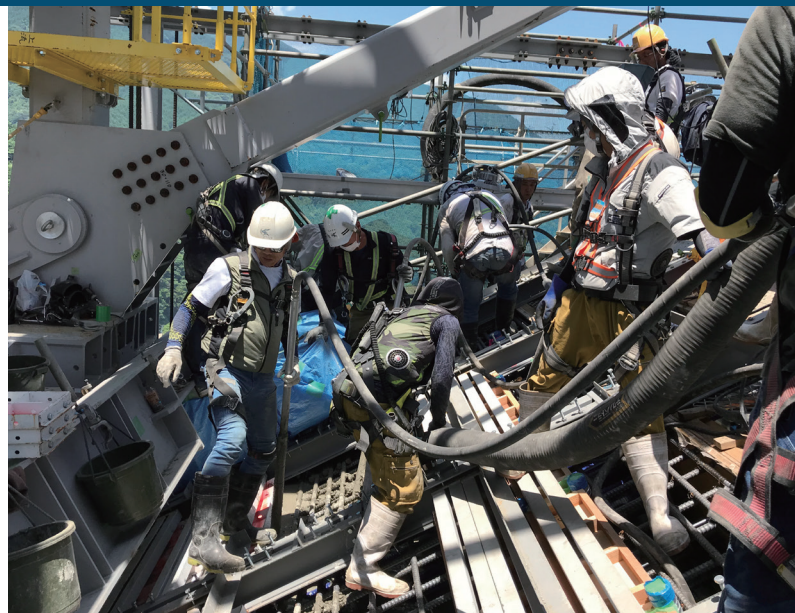
セメント・ コンクリート

2023
No.922

12

一般社団法人セメント協会
JAPAN CEMENT ASSOCIATION

令和5年12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

kaō
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I) 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 22NEK

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・ブ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

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 12

CEMENT & CONCRETE
2023 No.922

もくじ

- | | | |
|----|--|------------|
| 02 | DEFとASRの組織観察による判別 | … 安藤 陽子 |
| 08 | 日本コンクリート工学会「コンクリート圧送工法指針2023」
～その概要と今後の展開～ | … 中田 善久ほか |
| 16 | 各種シラン系表面含浸材の塩害環境下での適用効果に関する暴露試験 | … 櫻庭 浩樹ほか |
| 24 | すいそう
定年を前に | … 黒田 泰弘 |
| 26 | バランスドアーチ橋のアーチリブ張出し架設におけるコンクリート施工
～新東名高速道路 河内川橋(仮称)～ | … 玉野 慶吾ほか |
| 32 | 既設アスファルト打ち換えにおけるコンクリート舗装の適用
～天王山古戦橋(京都府)での試験施工調査報告～ | … 佐々木 健一ほか |
| 40 | CO ₂ 排出量と六価クロム溶出量を低減させる地盤改良材「バイプロジオ™」 | … 諸富 鉄之助ほか |
| 46 | 第51回(2023年度)セメント協会論文賞・受賞論文
煅焼アロフェンを用いた新たなセメント系材料の設計 | … 近藤 祥太ほか |

- | | |
|----|--------------------|
| 51 | HOT NEWS |
| 54 | 外国雑誌の記事情報 |
| 56 | EVENT GUIDE |
| 58 | セメント・データファイル |
| 60 | 主要建設工事・資材統計 |
| 62 | 1月号予告 |
| 63 | 2023(令和5)年 表紙・目次一覧 |



今月の表紙

施工の進む新東名高速道路
河内川橋(仮称)／神奈川県
[提供：鹿島・大成特定建設
工事共同企業体]

■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

DEFとASRの組織観察による判別

Identification of DEF and ASR by petrographic examination

安藤 陽子

1. はじめに

エトリンガイトの遅延生成(DEF)は、コンクリート構造物に重大な損傷を与える内部膨張現象である。海外ではコンクリート構造物にDEFが疑われる事例が多く報告されているが、日本国内ではコンクリート二次製品に数例の報告がされている程度であった。しかし、2016年にJCI「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016」にDEFのひび割れの照査方法が提示¹⁾されたことにより、国内でのDEFに対する関心が高まった。

DEFと類似した内部膨張現象として、アルカリ骨材反応(ASR)がある。DEFとASRは、いずれも拘束がない状態では網目状のひび割れが、鉄筋やPC鋼材による拘束がある状態では拘束方向に平行なひび割れが生じる。そのため、構造物の外観目視だけでは、DEFとASRを判別できない。DEFとASRの膨張原因物質は、それぞれエトリンガイトとASRゲルであることから、端的にコンクリートの局所的な切断面あるいは破断面での電子顕微鏡観察とエネルギー分散型スペクトル検出装置(EDS)を用いた分析により、エトリンガイトまたはASRゲルの有無を確認し、いずれかを診断しようとする誤った手法がみられる。しかし、エトリンガ

イトは劣化の有無にかかわらず、安定な条件(pH、成分、温度など)と空間があれば、コンクリート中に析出する。同様にASRゲルも存在しているだけで、必ずしも劣化を生じさせるわけではない。すなわち、DEFとASRの診断には、コンクリートの内部組織と、膨張を起こしている組織そのものを観察する必要がある。

本稿では、DEFとASRが生じるメカニズムを簡単に説明した後、劣化の原因としてDEFかASRかを疑われた事例を紹介するとともに、観察の要点を解説する。

2. DEFとASRの診断に用いる分析方法

DEFとASRの診断には、偏光顕微鏡を用いた組織観察を行うことが必要であり、さらに、微細なひび割れとエトリンガイトの確認を要するDEFの診断には電子顕微鏡観察・EDS分析を併用する必要がある。

2-1. 偏光顕微鏡観察

試料を切断し、実体顕微鏡下でコンクリート全体を観察することにより、ひび割れや生成物の発生箇所を確認し、また、使用された骨材やその岩石を同定する。実体顕微鏡下での観察により、コンクリートの切断面などから劣化の原因となっている部分の目星を付け、骨材とセメントペーストを含むように20×30mm程度のチップを切り出し、研磨して、鏡面研磨薄片(厚さ20μm)を作製する。この鏡面研磨薄片を用いて、骨材の岩

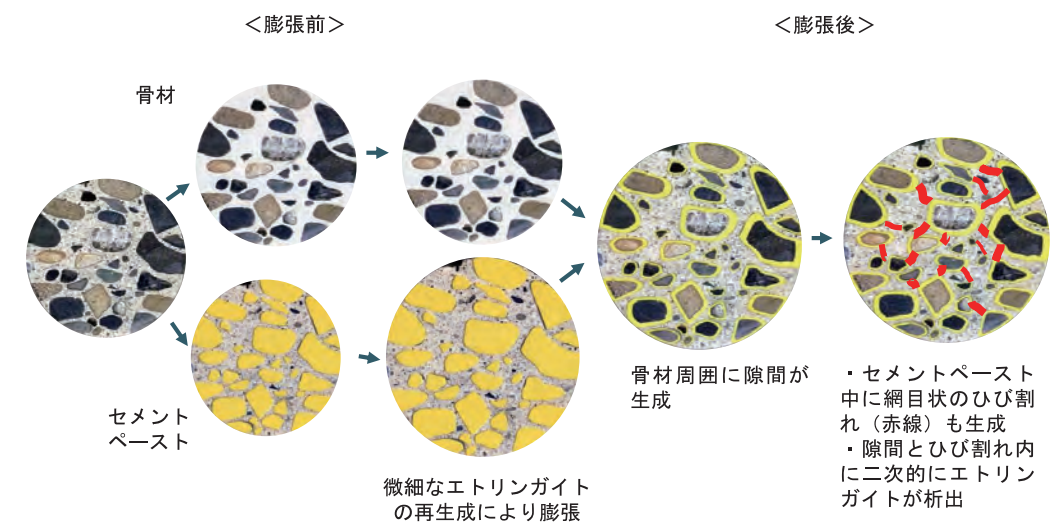


図1 DEFによる劣化組織形成の模式図

石および構成鉱物の同定、ひび割れ発生状況および生成物の有無などについて偏光顕微鏡下で観察する。透過光で不明瞭な微細なひび割れの確認には、偏光顕微鏡に付帯の反射光を鏡面研磨薄片に照射して観察(反射顕微鏡観察)することも有益である。

2-2. 電子顕微鏡観察・EDS分析

偏光顕微鏡観察で認められた膨張原因の可能性のある生成物や組織が微細で不明確な場合、特にDEFが疑われた場合には、微細なひび割れや生成物の有無の確認を行うため、同一の鏡面研磨薄片に炭素蒸着を施し電子顕微鏡下で反射電子像による観察を行う。また、化学成分の確認のため、電子顕微鏡に装着したEDSを用い成分分析を実施する。

3. DEFとASRのメカニズムおよび劣化組織

3-1. DEF

DEFはセメントの水和物が材齢初期に高温環境に置かれた場合に、コンクリートに発生する劣化現象である。材齢初期に高温履歴を受けることによりエトリンガイト($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)が分解し、一旦は他の水和物などに SO_4^{2-} が吸着される。その後、温度低下後の水分供給により、セメントペースト中に電

子顕微鏡下でも認識が困難な極めて微細なエトリンガイトが再生成することにより、セメントペーストの均一的な膨張が生じる。その結果、骨材とセメントペーストとの界面の隙間やセメントペースト中のひび割れが発生する。一方、膨張の原因となったセメントペースト中の微細なエトリンガイトは溶解し、発生した隙間やひび割れ内に、粗大なエトリンガイトとして二次的に再析出する²⁾。この二次的に再析出した粗大なエトリンガイトは、電子顕微鏡下での確認が容易であるが、膨張には寄与しないと考えられている。

この現象を分かりやすく切り絵を用いて解説する(図1)。コンクリート切断面の写真を骨材とセメントペーストに切り離し、微細なエトリンガイトの生成によりセメントペーストが膨張した状態を、セメントペーストだけを拡大コピーして表現した。これに骨材を戻すと、骨材周囲には隙間が形成される。また、実際のDEFでは膨張に伴いセメントペーストには網目状のひび割れが形成されているが、これは拘束や膨張で生じた歪みによると考えられる。セメントペースト中で膨張を引き起こした微細なエトリンガイトは、この隙間とひび割れ内に二次的に析出する。

実際にDEFを生じたコンクリートを偏光顕微鏡下で観察すると、骨材周囲にその輪郭に沿った等間隔の隙間およびセメントペースト中に網目状のひび割れが形成されている(写真1)。しかし、エトリンガイトがこれら



あんど うようこ / ANDO Yoko
(株)太平洋コンサルタント
ソリューション技術部
サプリーダー 博士(工学)

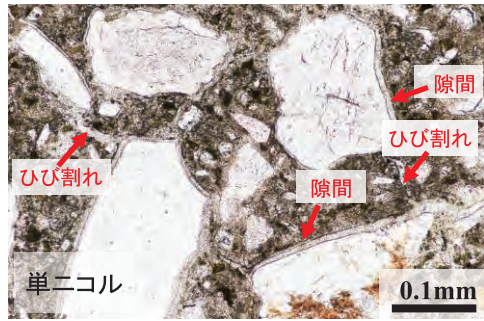


写真1 骨材周囲に生じた隙間およびセメントペースト中の微細なひび割れ

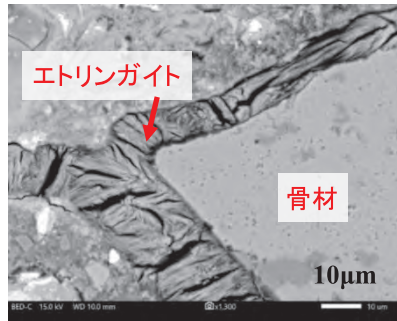


写真2 骨材周囲の隙間を充填するエトリンガイト(反射電子像)

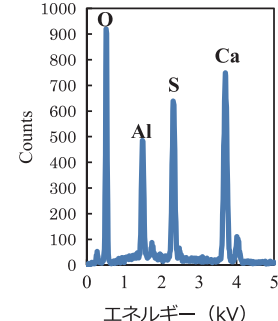


図2 エトリンガイトのEDS分析



写真3 ASRによる反応リム、ASRゲルの滲出およびひび割れ

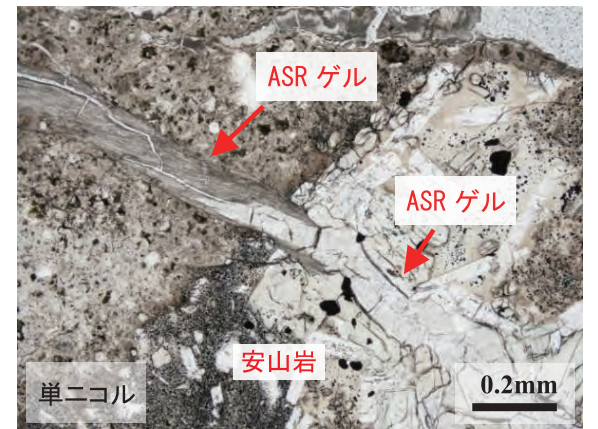


写真4 安山岩に生じたASRによるひび割れ

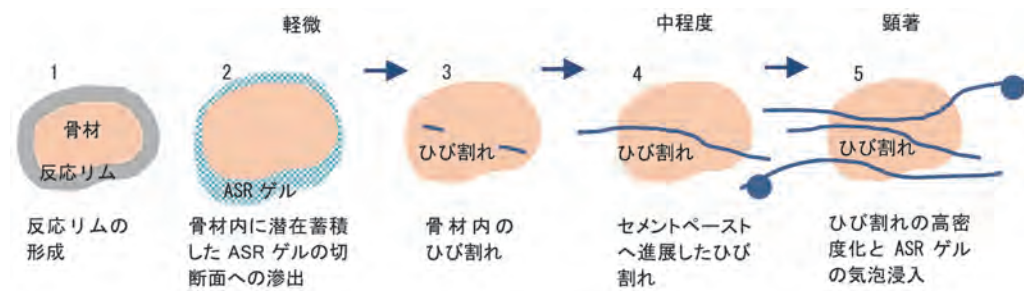


図3 微細組織によるASRの進行と構造物のASR劣化との対応³⁾

の隙間やひび割れを密に充填している場合、偏光顕微鏡下でエトリンガイトの認識は難しい。そこで、このひび割れ内の生成物を電子顕微鏡で観察すると、針状結晶が密に充填しており(写真2)、EDS分析から針状結晶はエトリンガイトの組成(図2)であることが確認できる。このようにDEFは、骨材周囲の等間隔の隙間およびセメントペースト中の網目状のひび割れを確認し、さらに、それらの内部にエトリンガイトが生成していることを確認することにより、診断が可能となる。

3-2. ASR

ASRでは骨材に含まれるASR反応性鉱物(シリカ(SiO_2) 鉱物)が、水酸化物イオン(OH^-)を高濃度にした細孔溶液に溶解し、また Na^+ や K^+ などのアルカリ金属イオンを取り込み、吸水膨張性のアルカリシリカゲル(ASRゲル)を生成する。このASRゲルの生成によって骨材内部から膨張圧が発生し、コンクリートにひび割れを生じさせる。微細組織内でのASRの進行と構造物のASR劣化との対応³⁾を図3に示す。ASRは、実体顕微鏡下で反応リムの形成、骨材内に潜在して

いたASRゲルのコンクリート切断面への滲出、幅の広いひび割れなどが確認できる(写真3)。さらに、偏光顕微鏡下では、微細なひび割れ内のASRゲルの有無、微細なひび割れの進展状況、ASR反応性鉱物などを容易に把握することができる(写真4)。

4. 観察事例および観察の要点

コンクリートの劣化原因として、DEFかASRかを疑われた2事例の観察結果を以下で紹介し、観察の要点を述べる。

4-1. 観察試料

(1) 縦ひび割れが生じた電柱

施設後10年程度で電柱に縦ひび割れ二本が対極に発生した(写真5)。この電柱(単位セメント量: $525\text{kg}/\text{m}^3$, 水セメント比: 30.5%, 呼び強度: $80\text{N}/\text{mm}^2$)は、遠心成形機によりコンクリートを充填・成形後、蒸気養生を施し製造されたものであるため、ひび割れの原因としてDEFが疑われていた⁴⁾。



写真5 電柱に生じた縦ひび割れ⁴⁾



写真7 電柱外側のASR⁴⁾

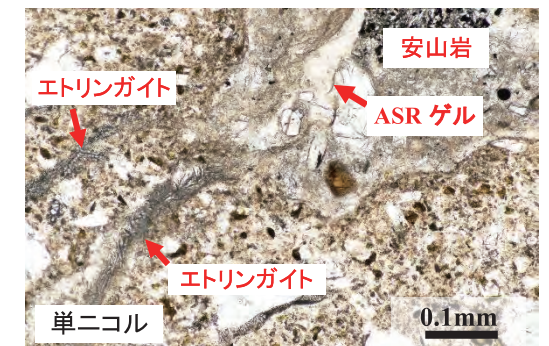


写真8 電柱内側のASR⁴⁾

(2) インドのPC枕木に生じたひび割れ

インドのPC枕木は、インドの都市ライブールで使用されたものである。製造後6~9年後にプレストレスの弱い両端の上面に亀甲状のひび割れが、全体に長さ方向に平行なひび割れが生じた(写真6)。この枕木(単位セメント量 $453\text{kg}/\text{m}^3$, 水セメント比: 33%, コンクリートの設計基準強度: $55\text{N}/\text{mm}^2$)も蒸気養生が施されていることから、劣化原因としてDEFが疑われていた⁵⁾。

4-2. 観察結果

(1) 縦ひび割れが生じた電柱

遠心成形により作製された電柱の外側は粗骨材が多く、内側は細骨材とセメントに富んでいる。偏光顕微鏡観察の結果、電柱の外側では粗骨材の砂利に含まれる流紋岩質溶結凝灰岩にASRによる膨張ひび割れ(写真7)が、内側でも細骨材の砂に含まれる安山岩にASRによる膨張ひび割れ(写真8)が確認された。

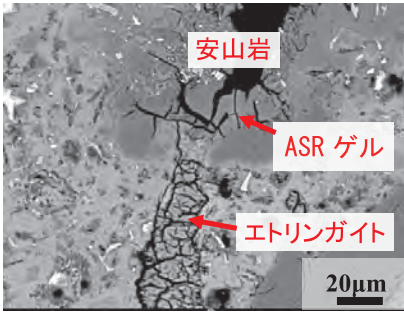


写真9 セメントペーストに進展したASRのひび割れ内のエトリンガイト(反射電子像)⁴⁾

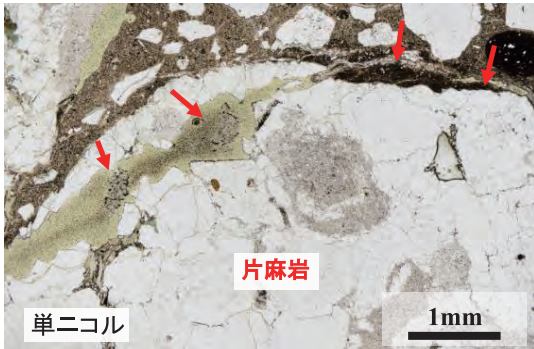


写真10 片麻岩に生じたASRによるひび割れ(矢印)⁵⁾

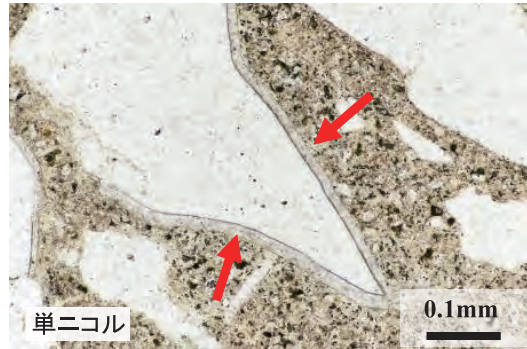


写真11 骨材周囲の隙間(矢印)⁵⁾

電柱の内側において、セメントペースト中に進展したASRのひび割れ内には、針状結晶がASRゲルを置換した状態で生成していた。電子顕微鏡観察およびEDS分析の結果、ASRゲルを置換した状態で生成した針状結晶は、エトリンガイトであることが確認された(写真9)。なお、ASRによるひび割れ以外に、DEFに特徴的な骨材とセメントペーストとの界面の隙間や、セメントペーストに網目状のひび割れは認められなかった。このようなケースでは、コンクリートの局所的なはつり試料で電子顕微鏡観察およびEDS分析のみを実施した場合、ひび割れ内をエトリンガイトが充填していることから、DEFであると誤った診断をされることがしばしばある。

DEFと類似する組織が見られる原因は、ASRのひび割れ内にエトリンガイトが生成しているためである。遠心成形により内側ほどセメント量が多くなることでSO₃量も増加し、また、ASRによるひび割れから水分が浸入して、ASRによるひび割れ内にエトリンガイトが生成したと考えられる。

(2) インドのPC枕木に生じたひび割れ

偏光顕微鏡観察の結果、粗骨材の片麻岩にASR

による膨張ひび割れが認められ、ひび割れ内にはASRゲルが充填していた(写真10)。その他の変状として、ASRのひび割れとは無関係に、骨材とセメントペーストとの界面に、骨材の輪郭に沿い等間隔の幅を有する隙間が認められた(写真11)。さらに、これらの隙間を繋ぐように網目状の微細なひび割れがセメントペーストに生じている状態が、反射光で確認された(写真12)。この隙間やひび割れの内部には、電子顕微鏡観察で、針状結晶が充填している状態が確認された(写真13)、EDS分析からもエトリンガイトであることが確認された。したがって、インドの枕木の劣化原因は、ASRとDEFの複合劣化であることが判明した。

4-3. DEFとASRの観察の要点

ASRは多くの場合に膨張原因物質を、偏光顕微鏡下で直接確認できるのに対し、DEFは膨張を生じさせた原因物質が極めて微細であり、電子顕微鏡を用いても直接確認することは一般に困難である。すなわち、DEFの膨張原因は、セメントペースト中に生成する極めて微細なエトリンガイトであるとする説が有力であり、その説では電子顕微鏡により容易に観察できる生成物

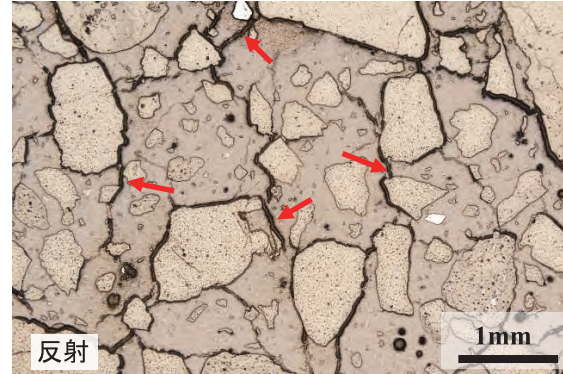


写真12 セメントペースト中の網目状の微細ひび割れ(矢印)⁵⁾

としてのエトリンガイトは、膨張を生じた結果として形成されたDEFに特徴的な隙間やひび割れに、二次的に生成したものである。しかし、DEFはこれらの組織の特徴を状況証拠としてそろえることにより診断が可能となる。また、エトリンガイトは劣化を生じていないコンクリート中にも存在するものであり、必ずしも膨張を引き起こすものではない。DEFとASRを判別するにあたり、まず、ASRの有無を確認することが不可欠である。エトリンガイトはASRによるひび割れ内に生成したり、ASRゲルを結果的に置き替えた産状で生成したりする。そのため、エトリンガイトの生成箇所について、コンクリート中の他の構成要素との位置関係や形成された時間的な前後関係を、コンクリート組織から読み取り把握することが重要である。そのうえでASRによるひび割れとは明らかに区別されるDEFに特徴的な組織が確認されて、初めてDEFと診断できる。

なお、DEFとASRの複合劣化の場合、どちらが先に生じたのか、また両者の相互作用などが議論となる。

これに関して、今後、実際の複合劣化組織の観察や、様々な実験を通して、解明されていくことが望まれる。現時点でのDEFとASRに関する報告は、JCIの「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報告書・論文集を参考されたい⁶⁾。

5. おわりに

近年、蒸気養生を施した大型で高強度のプレキャスト

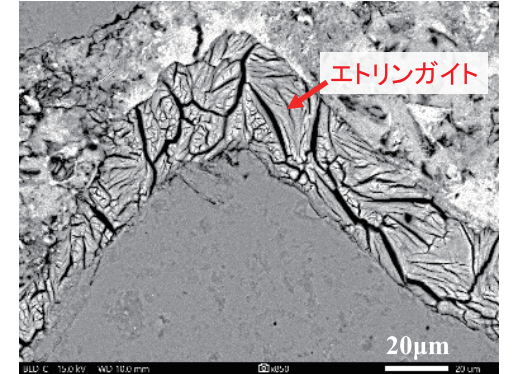


写真13 骨材周囲の隙間を充填するエトリンガイト(反射電子像)⁵⁾

ト製品が多く使用され、DEFのリスクが高まっている。一方で、セメント量の増加に伴うアルカリ量の増加により、ASRのリスクも高まるため、このような劣化原因の診断に関しては、偏光顕微鏡下での組織観察は不可欠である。また、コンクリートの高強度化に伴う微細化したひび割れの確認のためには、電子顕微鏡観察の併用による組織観察の重要性も益々高まっている。さらに、コンクリートの劣化にはASR以外に、凍害や乾燥収縮によるひび割れなどもある。このような劣化の状況も、偏光顕微鏡による組織観察で認識したうえで、DEFに特徴的な組織を確認する必要がある。すなわち、コンクリートやモルタルの多様な劣化を識別するためには、広域にわたる観察から始まり、微細な組織や生成物の分析にいたる総合的なアプローチが必要である。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学会／マスコンクリートのひび割れ制御指針2016
- 2) Taylor, H.F.W., Famy, C. and Scrivener, K.L. / Delayed ettringite formation, Cement and Concrete Research, No.31, pp.683~693, 2001
- 3) Katayama, T. / Late-expansive ASR in a 30-year old PC structure in Eastern Japan. Proceedings, 14th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete (ICAAR), Austin, Texas, USA. 10p. paper 030411-KATA-05, 2012
- 4) 安藤陽子, 広野真一, 片山哲哉, 鳥居和之／コンクリート劣化組織におけるエトリンガイトの生成場と形態の顕微鏡観察, セメント・コンクリート論文集, Vol.72, pp.370~377, 2019.3
- 5) 安藤陽子, 片山哲哉, 浅本晋吾, 長井宏平／インドで発生したPC枕木のひび割れの原因究明とASRおよびDEFの相互作用, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.909~914, 2018.7
- 6) JCI-C103 / 「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報告書・論文集, 2023

日本コンクリート工学会

「コンクリート圧送工法指針2023」

～その概要と今後の展開～

Establishment of “JCI Recommendations for Concrete Pumping Methods 2023”

中田 善久 栗田 守朗 鈴木 澄江 浦野 真次 柳井 修司 十河 茂幸

1. はじめに

建設現場のコンクリート工事において、コンクリート圧送工法が汎用工法となっている。これは、コンクリートポンプ車が現場までの機動性に加え、比較的、多量なコンクリートを容易に打込み箇所まで圧送できることにより、コンクリート工事の生産性を大きく向上させたためである。一方、建設業界が高度経済成長期に進めた工事の分業化により、圧送業界も現在のように技術と技能を有した専門工事業者の一つに至っている。その反面、建設現場での施工管理者は、分業化が進むにつれてコンクリートポンプによる圧送が当たり前になってしまい、圧送業者に頼ることが多くなってしまった。このことにより、コンクリートポンプに対する技術力が低下し、コンクリートポンプによる事故が発生する事態に陥っている面も否めない。

このような背景から、日本コンクリート工学協会（現在

の日本コンクリート工学会の前身）では、2005年に「コンクリートポンプ施工技術調査委員会（委員長：十河茂幸）」を発足させ、コンクリート圧送工法の実態を把握し、コンクリートの圧送性能と品質の関係、圧送に伴う安全性の問題などについて検討した。このような問題点を検討した上で、2009年に「コンクリート圧送工法ガイドライン2009および解説」¹⁾を発刊した。このガイドラインの特徴は、圧送工法に圧送作業までを網羅したものとされていることであり、圧送技術や安全性の啓蒙を図るためのガイドラインであった。しかしながら、圧送計画を策定する上で、重要となる圧送負荷の算定方法が日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」²⁾と土木学会「コンクリートのポンプ施工指針」³⁾で異なることや管内圧力損失などは議論の遑上にあがったものの、ガイドラインに反映させることができなかった。この議論で問題となったのは圧送前後の品質変化やコンクリートの配（調）合条件と管内圧力損失

なかた よしひさ / NAKATA Yoshihisa
日本大学
理工学部 建築学科
教授

くりた もりお / KURITA Morio
元清水建設(株)
土木技術本部基盤技術部 コンクリートグループ
担当部長

すずき すみえ / SUZUKI Sumie
工学院大学
建築学部 建築学科
教授

うらの しんじ / URANO Shinji
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

やない しゅうじ / YANAI Shuji
鹿島建設(株)
技術研究所 土木材料グループ
担当部長

そごう しげゆき / SOGO Shigeyuki
近未来コンクリート研究所
代表



図1 コンクリートポンプの指針類

の結果が乏しいこともあった。このような問題に対して、その後、宮田らが圧送前後の品質変化やコンクリートの配（調）合条件と管内圧力損失について系統立てた調査^{4,5)}を行った。さらに、（一社）全国コンクリート圧送事業団体連合会が2019年に「最新コンクリートポンプ圧送マニュアル」⁶⁾を発刊し、ブームを用いた圧送作業と配管を用いた圧送作業によって圧送負荷の算定方法を新たに提示した。

このような状況を鑑みて、（公社）日本コンクリート工学会（以下、JCIと称す）では、2017年に「コンクリート圧送技術調査委員会」を発足させ、圧送計画やコンクリートポンプの安全性の実態などを調査した。この調査結果を踏まえて、2019年より指針原案作成委員会では、これまでの圧送工法ガイドラインを発展的に見直した新指針を発刊するために検討を重ね、「コンクリート圧送工法指針2023」の発刊に至った。本指針の新たなポイントは次の3つである。

(1) 平均圧送量、計画吐出量および必要吐出量の明確化

(2) ブームを用いた圧送作業と配管を用いた圧送作業による圧送負荷の算定方法の提示

(3) 水セメント比45～65%の普通コンクリートにおける管内圧力損失(K)の標準値の提示

2. これまでのコンクリートポンプの指針類における圧送負荷算定方法と管内圧力損失

1960年代にコンクリートポンプが登場しはじめた頃、コンクリートポンプの圧力不足による圧送不可、圧送性

を改善させるための加水や打重ね時間が長引いたコールドジョイントなどを招きコンクリート構造物の品質に少なからず影響を及ぼす結果となっていた。日本建築学会は1972年「コンクリートポンプ工法施工指針案・同解説」(以下、建築ポンプ指針²⁾)というを発刊し、この工法の技術の啓蒙と普及に努めた。この指針の中でコンクリートポンプの機種を選定方法は、配管全体の水平換算長さを求めて、コンクリートポンプの性能として表示されている最大輸送距離(水平)が求めた水平換算長さを上回るものを選定していた。しかしながら、この水平換算距離方式には、コンクリートの種類、スランプおよび吐出量などの影響が考慮されておらず、1977年に佐久田⁷⁾は、この水平換算方式の問題点を指摘した上で現在のような水平管1m当りの管内圧力損失(K)と水平換算距離から圧送負荷を求める圧送負荷算定方式を提案した。これを受けて1979年に建築ポンプ指針が改定され、従来の水平換算方式に加えてこの圧送負荷算定方式が記述され、コンクリートポンプの性能として表示されている最大輸送距離は削除された。また、この改定により管内圧力損失(K)の標準値が示された。この標準値は、森永⁸⁾、毛見⁹⁾、佐久田¹⁰⁾らの研究を基に示されたものであり、この他の機械効率(η_m)や作業効率(η_w)の標準値も同様に示された。しかし、1994年の建築ポンプ指針の改定では、この頃から普及してきた高強度コンクリートの管内圧力損失(K)の標準値を示すことができずに、水セメント比や混和剤ごとの管内圧力損失の参考値として示すに留まらざるを得なかった。コンクリートポンプの指針類を図1に示す。

一方、土木学会は、この圧送負荷算定方式を基に

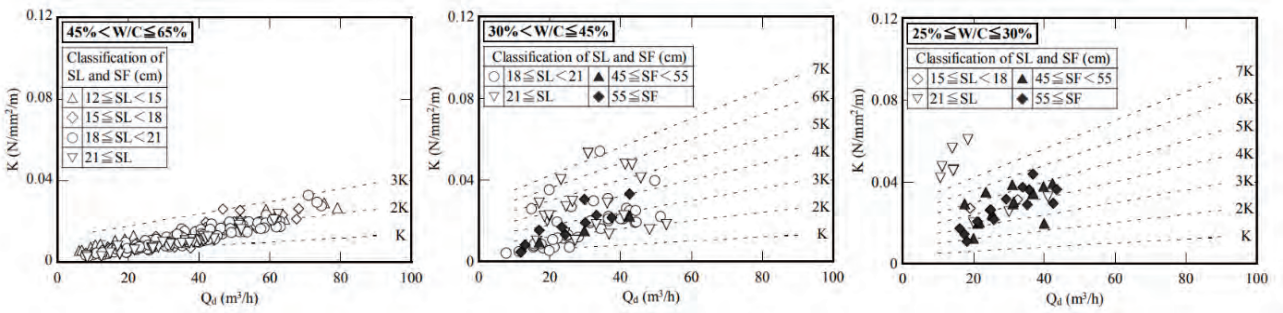


図2 文献調査による実吐出量と管内圧力損失の関係⁵⁾

表1 委員会の構成

委員長	中田 善久	(日本大学)
副委員長	栗田 守朗	(清水建設)
幹事	柳井 修司	(鹿島建設)
	大塚 秀三	(ものづくり大学)
	浦野 真次	(清水建設)
	陣内 浩	(東京工芸大学)
	橋本 親典	(徳島大学大学院)
	鈴木 澄江	(工学院大学)
委員	太田 達見	(静岡理科大学)
	北口 延郎	(全国コンクリート圧送事業団体連合会)
	熊野 知司	(摂南大学)
	神代 泰道	(大林組)
	桜井 邦昭	(大林組)
	橋本 紳一郎	(千葉工業大学)
	南 浩輔	(前田建設工業)
	宮田 敦典	(日本大学)
	村上 篤	(極東開発工業)
	矢口 稔	(日本シーカ)
		(コンクリート用化学混和剤協会)
	山崎 順二	(浅沼組)
	吉田 兼治	(ヤマコン)
		(全国コンクリート圧送事業団体連合会)
顧問	十河 茂幸	(近未来コンクリート研究会)
旧委員	玉石 竜介	(花王)(コンクリート用化学混和剤協会)

1985年「コンクリートのポンプ施工指針(案)」(以下、土木ポンプ指針という)³⁾を発刊し、独自で比較的スランプの小さなコンクリートの管内圧力損失(K)の標準値を示した。

しかしながら、この管内圧力損失(K)、機械効率(η m)および作業効率(η w)の標準値は1970年代の研究報告^{8~10)}を基に示されたものであり、この頃のコンクリートの使用材料、配(調)合および流動性などが現在のコンクリートでは大きく異なることは容易に推察できる。この点を踏まえて宮田らは、1990～2017年に日本建築学会(構造系論文集、技術報告集および大会講演梗概集)に掲載されたコンクリートポンプに関する文献のう

ち、ピストン式コンクリートポンプを用いて配管形式(輸送管径5B)により圧送実験を行った339件を調査⁵⁾した。この結果、図2に示すように建築ポンプ指針の45%<W/C=65%のスランプ21cmの管内圧力損失(K)の標準値よりも全般的に大きな値を示す傾向となり、この標準値を用いて圧送負荷を算定すると危険側になることを示唆している。さらに、文献調査を行うと、コンクリートの一部の水セメント比やスランプのデータが全くなかったり、あるいは乏しかったりしたことがあり、建築ポンプ指針ならびに土木ポンプ指針には、試験圧送による管内圧力損失(K)の求め方が記載されているものの、汎用的工法となった所以により、スランプ12cm未満のデータは皆無となっている。そのため、近年の論文など掲載されたデータだけでは管内圧力損失(K)、機械効率(η m)および作業効率(η w)の標準値を包括的に検討できるとは言い難い状況になっていた。このような点を本指針原案作成委員会が大きく議論すべき点となった。

3. JCI「コンクリート圧送工法指針2023」の構成

(1) 委員会の構成

JCI「コンクリート圧送工法指針原案作成委員会」の委員会の構成は表1の通りである。

(2) 「コンクリート圧送工法指針2023」の主な構成

JCI「コンクリート圧送工法指針2023」の主な構成は、表2に示す通りであり、指針の本体は全10章の構成となっている。また、関連する資料を参考資料と

表2 「コンクリート圧送工法指針2023」の主な構成

1 章 総則	1.1 適用範囲 1.2 適用の原則 1.3 安全・環境に対する配慮 1.4 用語の定義	【参考資料】(同梱のCDに収録) 1 コンクリートポンプの種類と関連装置 2 コンクリートポンプの一覧 3 ブーム付コンクリートポンプ車のブーム作動範囲の例 4 輸送管と関連部品 5 本指針における管内圧力損失(K)の標準値について 6 圧送計画における圧送負荷の算定事例 7 圧送にかかわる事故の例 8 コンクリートの施工時に生じやすい構造物の不具合とそれを防止するための留意事項 9 現場との事前チェックリストの例 10 コンクリート圧送作業に関するチェックリスト 11 運行前点検表の例 12 コンクリート圧送の作業開始前点検表の例 13 コンクリートポンプ車 定期自主検査(月例検査)記録表の例 14 定置式コンクリートポンプ 定期自主検査(月例検査・年次検査)記録表の例 15 ディストリビュータ 定期自主検査(月例検査・年次検査)記録表の例 16 コンクリートポンプ車 特定自主検査記録表 17 コンクリートポンプ車 特定自主検査詳細記録表の例 18 ブーム輸送管肉厚測定記録表の例 19 コンクリートポンプに関する法令
2 章 コンクリートの品質の設定、材料および配(調)合	2.1 コンクリートの品質の設定 2.2 材料 2.3 配(調)合	
3 章 圧送計画	3.1 工事計画の基本 3.2 コンクリート工事計画の設定 3.3 圧送計画	
4 章 ブームを用いた圧送作業の計画	4.1 一般 4.2 ブームを用いた圧送準備作業の計画 4.3 コンクリートの圧送前作業の計画 4.4 先送り材の圧送作業の計画 4.5 コンクリートの発注および受入れの計画 4.6 コンクリートの圧送作業の計画 4.7 コンクリートの打込み作業の計画 4.8 圧送終了後の作業の計画 4.9 ブームを用いた圧送作業における安全への配慮 4.10 ブームを用いた圧送作業における環境への配慮	
5 章 配管を用いた圧送作業の計画	5.1 一般 5.2 配管を用いた圧送準備作業の計画 5.3 コンクリートの圧送前作業の計画 5.4 先送り材の圧送作業の計画 5.5 コンクリートの発注および受入れの計画 5.6 コンクリートの圧送作業の計画 5.7 コンクリートの打込み作業の計画 5.8 圧送終了後の作業の計画 5.9 配管を用いた圧送作業における安全への配慮 5.10 配管を用いた圧送作業における環境への配慮	
6 章 ブームを用いた圧送作業とその管理	6.1 一般 6.2 圧送作業の準備(出発前・現場到着前) 6.3 圧送前の作業(現場到着後) 6.4 先送り材の圧送作業とその管理 6.5 コンクリートの受入れ 6.6 コンクリートの圧送作業 6.7 コンクリートの打込み 6.8 圧送終了後の作業	
7 章 配管を用いた圧送作業とその管理	7.1 一般 7.2 圧送作業の準備(出発前・現場到着前) 7.3 圧送前の作業(現場到着後) 7.4 先送り材の圧送作業とその管理 7.5 コンクリートの受入れ 7.6 コンクリートの圧送作業 7.7 コンクリートの打込み 7.8 圧送終了後の作業	
8 章 資機材の管理と検査	8.1 一般 8.2 車両架装式コンクリートポンプ(コンクリートポンプ車) 8.3 定置式コンクリートポンプおよびディストリビュータ 8.4 輸送管 8.5 輸送管継手	
9 章 不測の事態・事故への対応	9.1 一般 9.2 圧送作業にかかわる不測の事態・事故 9.3 コンクリート構造物の不具合	
10 章 特殊な考慮を要する圧送	10.1 一般 10.2 特殊な配(調)合および特殊な材料を用いたコンクリートの圧送 10.3 特殊な条件下の圧送	

して19構成として同封のCDに掲載されている。

1章「総則」における「適用範囲」では、コンクリート工事におけるフレッシュコンクリートの運搬にコンクリートポンプを用いる圧送工法を適用すること、本指針の対象者を施工管理者、圧送技能者、工事監理者、設計者および発注者とする、および対象とする一般的な圧送で扱うコンクリートをJIS A 5308に規定する普通コンクリートのスランブで発注する製品を標準とすることとした。また、適用の原則において、全ての圧送工法に関わる施工で圧送計画を立案する場合、コンクリートポンプの圧送負荷を算定することを原則とした。

2章「コンクリートの品質の設定、材料および配(調)合」では、コンクリートの配(調)合の選定にあたり、圧送性、スランブまたはスランブフローおよび材料分離抵抗性、空気量、コンクリートの温度、ブリーディング率または量および硬化コンクリートの品質の6つの項目について考慮することとした。

3章「圧送計画」では、工事計画からコンクリート工事計画までの流れを示した上で圧送計画の位置付けを明確にしている。また、圧送計画の中でブームを用いた圧送あるいは配管を用いた圧送のいずれかを選択して適切な圧送計画を立案することとし、コンクリートポンプの圧送負荷からこれに応じたコンクリートポンプ機種を選定することとした。さらに、管内圧力に応じた輸送管および継手の選定として配管内に作用する圧力は、水平換算距離開始点における圧送負荷(P)と水平換算距離(ℓ)の関係から算出することとした。

4章「ブームを用いた圧送作業の計画」では、3章で施工管理者があらかじめ立案した「圧送計画」に基づき、圧送技能者が圧送準備作業、圧送前作業、コンクリートポンプの設置、先端ホース作業、ブーム先端からの延長配管作業、先送り材の圧送作業、コンクリートの発注および受入れ、コンクリートの圧送作業、コンクリートの打込み作業および圧送終了後の作業安全および環境への配慮について立案することとした。

5章「配管を用いた圧送作業の計画」では、3章で施工管理者があらかじめ立案された「圧送計画」に基

づき、配管を用いた圧送作業について4章と同様な項目について圧送技能者が立案することとした。

6章「ブームを用いた圧送作業とその管理」では、4章で立案された「ブームを用いた圧送作業の計画」に従って圧送作業の項目が適切に行われているかを施工管理者が管理することとした。

7章「配管を用いた圧送作業とその管理」では、5章において立案された「配管を用いた圧送作業の計画」に従って圧送作業の項目が適切に行われているかを施工管理者が管理することとした。

8章の「資機材の管理と検査」では、圧送事業者および圧送技能者は、コンクリートの圧送に用いる資機材の管理と検査を適切に行うとした。新たに定置式コンクリートポンプおよびディストリビュータの管理までを含めている。

9章の「不測の事態・事故への対応」では、全ての作業従事者は、コンクリート圧送工法における不測の事態・事故が生じた場合、それぞれの立場で速やかに、かつ適切に対応することとした。

最後の10章「特殊な考慮を要する圧送」では、「特殊な配(調)合および特殊な材料を用いたコンクリートの圧送」および「特殊な条件下の圧送」を対象とし、安全および品質の確保において特に必要な事項について示した。

参考資料は関連資料を中心としたもので、この委員会で検討されたチェックリストなどを紹介している。なお、このチェックリスト(参考資料10)は、圧送工法の従事者に安全な作業を推進する目的で広く利用して貰うため、JCIのHPに公開している。

4. JCI「コンクリート圧送工法指針2023」の3つのポイント

新たに発刊されたJCI「コンクリート圧送工法指針2023」のポイントは次の3つである。

(1) 平均圧送量、計画吐出量および必要吐出量の明確化

表3 作業効率(η_w)

対象	部 位	トラックアジテータ1台付	トラックアジテータ2台付
建築構造物	土間	0.55	0.85
	一般躯体	0.50	0.75
	基礎および梁	0.45	0.65
	逆打	0.40	0.40
	スラブ	0.55	0.85
土木構造物	梁	0.50	0.75
	柱および壁	0.45	0.65
	PC部材などの接合部	0.40	0.40

コンクリート圧送工法における圧送計画は、コンクリートポンプの圧送負荷を算定した後に必要吐出圧力と必要吐出量を満足できるコンクリートポンプ機種の選定を行う必要がある。このときに、コンクリートポンプの性能は、理論吐出量や理論吐出圧力という表示になっており、圧送負荷を算定する管内圧力損失は実吐出量の表示になっていた。本指針では、これまでのこの点を明確にするために平均圧送量(Q_A)、計画吐出量(Q_P)および必要吐出量(Q_N)という用語に統一し圧送負荷を求めることとしている。

計画吐出量は、式(1)によって求めることとした。

$$Q_P = \frac{V}{T} \cdot \frac{1}{\eta_w} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 Q_P ：計画吐出量(=実吐出量 Q_d) (m³/h)

V ：1日の打込み量(m³)

T ：全作業時間(h)

η_w ：作業効率[表3に基づく]

このように、計画吐出量(Q_P)は、平均吐出量(Q_A)に作業効率(η_w)を除いて求めることとした。また、この管内圧力損失(K)は、この計画吐出量(Q_P)から求められるようにした。さらに、必要吐出量(Q_N)は、計画吐出量(Q_P)に機械効率(η_m)を除いて求めることとしている。

$$Q_N = \frac{Q_P}{\eta_m} \dots\dots\dots (2)$$

表4 機械効率(η_m)

コンクリートの種類	目標スランブ	目標スランブフロー	ピストン式ポンプ	スクイズ式ポンプ
普通コンクリート	8 cm		0.65	—
	12 cm		0.70	0.75
	15 cm		0.75	0.80
	18 cm		0.85	0.85
	21 cm		0.90	0.90
軽量コンクリート	12 cm		0.50	0.70
	15 cm		0.70	0.80
	18 cm		0.80	0.85
	21 cm		0.85	0.90
高流動・高強度コンクリート		55 cm	0.85	
		60 cm	0.90	
		65 cm	0.90	

ここに、 Q_N ：必要吐出量(m³/h)

Q_P ：計画吐出量(m³/h)

η_m ：機械効率[表4に基づく]

(2) ブームを用いた圧送作業と配管を用いた圧送作業による圧送負荷の算定方法の提示

本指針では、ブームを用いた圧送作業と配管を用いた圧送作業の大きく2つに分けてコンクリートポンプの圧送負荷の算定方法を示している。

1) ブームを用いた圧送の場合

$$P = K(BL + L + 3B + 2T + 2F) + 0.0235H \dots\dots (3)$$

ここに、 P ：コンクリートポンプの圧送負荷(N/mm²)

K ：管内圧力損失(N/mm²/m)

BL ：ブームの水平換算距離(m)

L ：直管の長さ(m)

B ：ベント管の長さ(m)

T ：テーパー管の長さ(m)

F ：フレキシブルホース(m)

H ：圧送高さ(m)

なお、算定式の係数0.0235は、普通コンクリートの単位容積質量から求められる係数であり、圧送するコンクリートの単位容積質量に応じて適宜変更することとしている。

2) 配管を用いた圧送の場合

$$P = K \times \ell \dots\dots\dots (4)$$

項 目	単 位	呼び寸法	水平換算係数
水平直管	1m当たり	—	1
上向き垂直管		100A (4B)	3
		125A (5B)	4
		150A (6B)	5
テーパ管*		175A→150A 150A→125A 125A→100A	3 **
ベント管		1000R・90°	4 **
		500R・90°	8 **
	350R・90°	10 **	
フレキシブル ホース		—	$\frac{20}{L}$ ***

* 水平換算係数は、小さい方の径に対する値である
** 上向きにベント管とテーパ管を用いるときはこの値に3を加える
*** L：フレキシブルホースの長さ（5m≦L≦8m）

ここに、 P ：コンクリートポンプの圧送負荷（N/mm²）

K ：管内圧力損失（N/mm²/m）

ℓ ：水平換算距離（m）**〔表5に基づく〕**

（3）水セメント比45～65%の普通コンクリートにおける管内圧力損失（ K ）の標準値の提示

管内圧力損失は、コンクリートが配管内を流動するときの輸送管1m当りの圧送抵抗である。上記1），2）の圧送負荷の算定に用いる管内圧力損失は、コンクリートの種類，計画吐出量，輸送管の径などの条件に基づいて、実績のある値を用いることを原則としているが、水セメント比45～65%の普通コンクリートでは式（5）を用いて定める。

$$K=(a\ QP+b) \cdot (83.4-W/C) \text{／} 1000 \cdots \cdots (5)$$

※適用範囲：W/C=45～65%

ここに、 K ：管内圧力損失（N/mm²/m）

a, b ：スランブおよび管径に応じた係数**〔表6に基づく〕**

QP ：計画吐出量（m³/h）

W/C ：水セメント比（%）

ブームを用いた圧送，配管を用いた圧送のいずれの場合でも管内圧力損失（ K ）を適切に定めることが重要となる。管内圧力損失（ K ）は、コンクリートの種類，計画吐出量（ QP ），管径などの条件に基づいて、実績のある値を用いることが原則とされている。一般に，管内圧力損失（ K ）は土木ポンプ指針³⁾と建築ポンプ指針²⁾で示されたものを適用する場合が多いものの，これらの指針に記述されている管内圧力損失（ K ）は，

表6 スランブおよび管径に応じた係数				
スランブ (cm)	125A (5B)		100A (4B)	
	a	b	a	b
8	0.0139	0.0394	0.0271	0.0492
12	0.0123		0.0241	
15	0.0109		0.0213	
18	0.0102		0.0198	
21	0.0086		0.0168	

1970年代頃のコンクリートの配（調）合を基にして標準値が示されたものであり，前述したように近年のコンクリートとは異なる値を示すと考えられた。レディーミストコンクリートも，1990年代になると高性能AE減水剤が開発され，使用材料や配（調）合条件がこの頃と大きく変わってきている。本指針では，参考資料5「本指針における管内圧力損失（ K ）の標準値について」にも示しているものの，1990年から2017年の管内圧力損失（ K ）に関する文献調査結果⁵⁾の妥当性を検討し，本指針では，水セメント比45～65%の普通コンクリートにおいて，式（5）から求められる管内圧力損失（ K ）の標準値として示すこととした。また，式（5）から求められる管内圧力損失（ K ）の標準値を図示すると**図3**のようになる。この図は，解説に記述し，従来通りに図から管内圧力損失（ K ）の推定を行いたい方にも対応している。なお，この標準値は，1990年以降の圧送実験および施工記録で得られたデータを基に検討された管内圧力損失（ K ）の算定式⁵⁾を，水セメント比を変数とした一次式で近似させて求めたものとしている。

ここで，これまでの建築ポンプ指針²⁾においてこの管内圧力損失（ K ）の推定は，実吐出量から行っていたが，本指針では計画吐出量（ QP ）として求めることとしている。

5. 今後の展望

「コンクリート圧送工法指針2023」の発刊に伴い，少

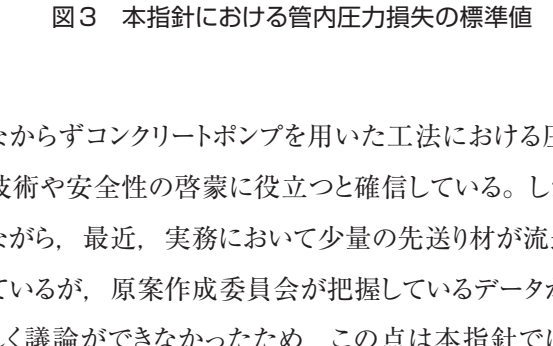
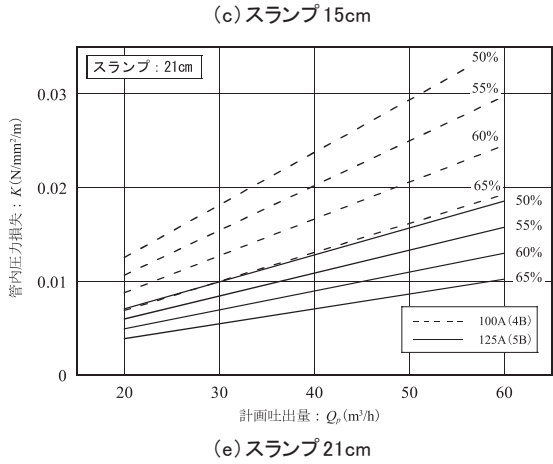
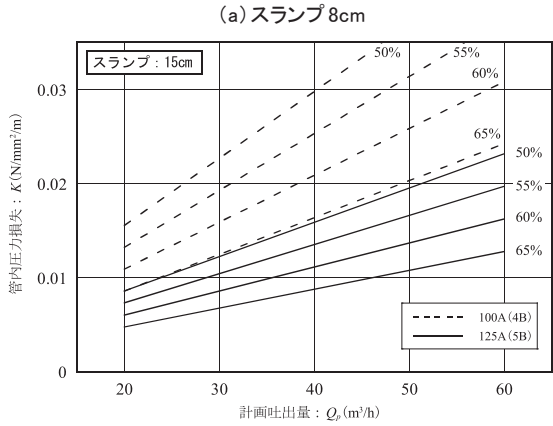
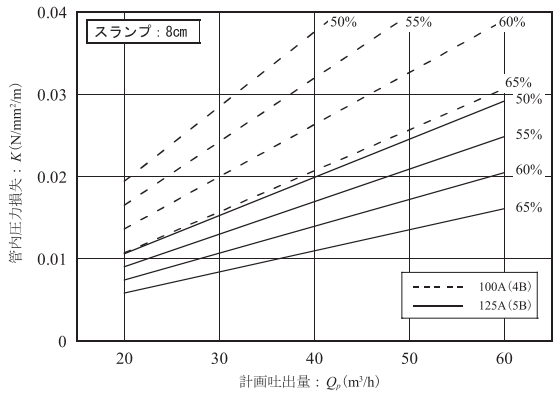
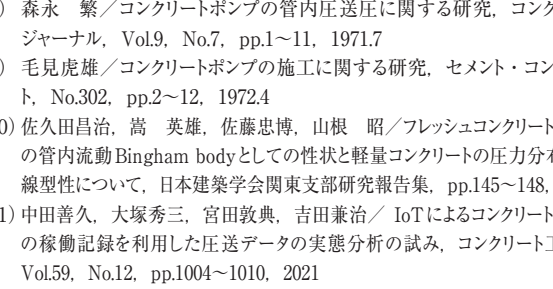
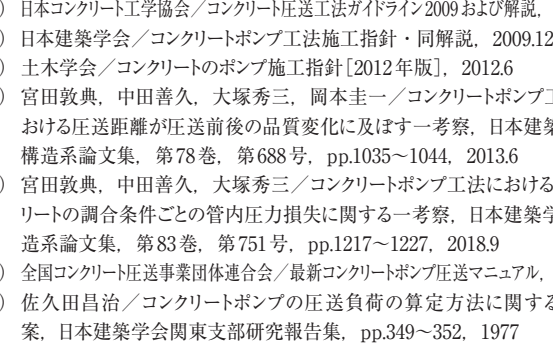
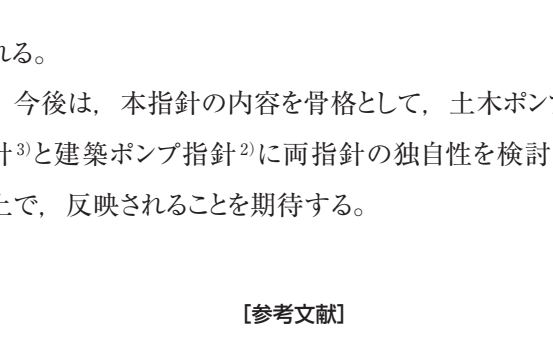
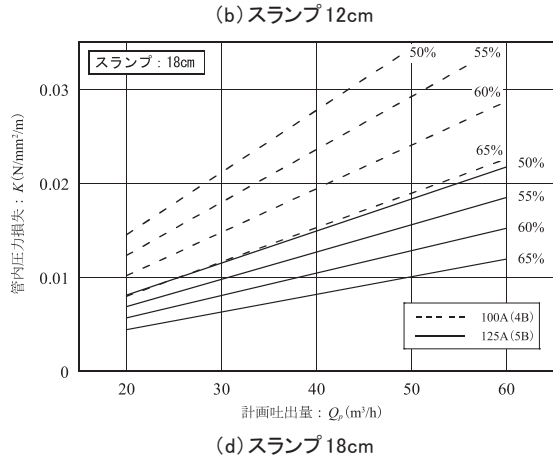
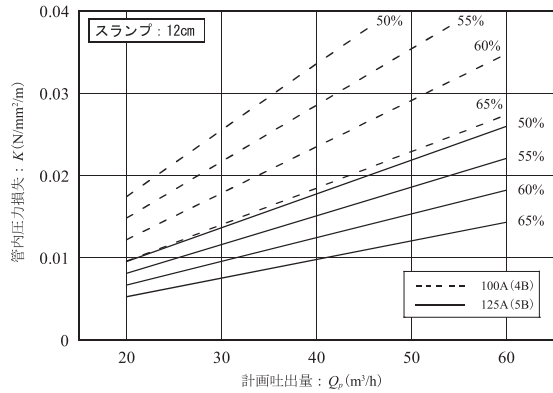


図3 本指針における管内圧力損失の標準値

なからずコンクリートポンプを用いた工法における圧送技術や安全性の啓蒙に役立つと確信している。しかしながら，最近，実務において少量の先送り材が流通しているが，原案作成委員会が把握しているデータが乏しく議論ができなかったため，この点は本指針では触れていない。また，最近，IoTシステムを搭載されたコンクリートポンプ車が稀に現場にも登場しているものの，これもデータ¹¹⁾が乏しく議論ができなかったため，本指針では触れていない。今後，これらの検討が望ま



【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会／コンクリート圧送工法ガイドライン2009および解説，2009.6
- 2) 日本建築学会／コンクリートポンプ工法施工指針・同解説，2009.12
- 3) 土木学会／コンクリートのポンプ施工指針〔2012年版〕，2012.6
- 4) 宮田敦典，中田善久，大塚秀三，岡本圭一／コンクリートポンプ工法における圧送距離が圧送前後の品質変化に及ぼす一考察，日本建築学会構造系論文集，第78巻，第688号，pp.1035～1044，2013.6
- 5) 宮田敦典，中田善久，大塚秀三／コンクリートポンプ工法におけるコンクリートの調査条件ごとの管内圧力損失に関する一考察，日本建築学会構造系論文集，第83巻，第751号，pp.1217～1227，2018.9
- 6) 全国コンクリート圧送事業団体連合会／最新コンクリートポンプ圧送マニュアル，2019.1
- 7) 佐久田昌治／コンクリートポンプの圧送負荷の算定方法に関する一提案，日本建築学会関東支部研究報告集，pp.349～352，1977
- 8) 森永 繁／コンクリートポンプの管内圧送圧に関する研究，コンクリートジャーナル，Vol.9，No.7，pp.1～11，1971.7
- 9) 毛見虎雄／コンクリートポンプの施工に関する研究，セメント・コンクリート，No.302，pp.2～12，1972.4
- 10) 佐久田昌治，嵩 英雄，佐藤忠博，山根 昭／フレッシュコンクリートポンプの管内流動Bingham bodyとしての性状と軽量コンクリートの圧力分布の非線型性について，日本建築学会関東支部研究報告集，pp.145～148，1974
- 11) 中田善久，大塚秀三，宮田敦典，吉田兼治／IoTによるコンクリートポンプの稼働記録を利用した圧送データの実態分析の試み，コンクリート工学，Vol.59，No.12，pp.1004～1010，2021

各種シラン系表面含浸材の塩害環境下での適用効果に関する暴露試験

Exposure Test on Effect of Silane-based Surface Impregnations under Marine Environment

櫻庭 浩樹 小沢 拓弥 佐々木 巖 古賀 裕久

1. はじめに

コンクリート表面に塗布することでは水性を付与し、劣化の原因となる物質の侵入を抑制することが期待されるシラン系表面含浸工法は、近年、適用が広がってきており、道路橋の地覆に適用されて15年以上経過した事例¹⁾や、建築物に適用されて30年以上経過した事例もある²⁾。ただし、表面含浸工法に用いる材料はコンクリートと比べて新しい材料であり、また、補修に対するニーズの拡大もあって様々な改良が施されている。このため、表面含浸工法が効果を発揮する期間は明確にされておらず、追跡調査等を行って検証を進めているのが現状である。

さくらば ひろき / SAKURABA Hiroki
(国研)土木研究所
先端材料資源研究センター
主任研究員

おざわ たくみ / OZAWA Takumi
同上
研究員

ささき いわお / SASAKI Iwao
同上
総括主任研究員

こが ひろひさ / KOGA Hirohisa
同上
上席研究員

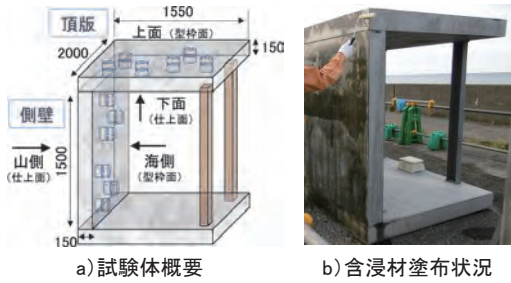


図1 試験体の概要と含浸材の塗布状況

新技術情報提供システム(NETIS)のテーマ設定(技術公募)の取り組みの一つとして、塩害対策で使用されている表面含浸材を対象とした共通試験が平成27年度より実施されている³⁾。この共通試験では、現場の施工条件を模擬したコンクリート試験体に、応募があった各種シラン系表面含浸材を塗布し、施工性や塗布後の効果等を同一の環境で比較している。その試験体を塩害環境下で暴露し、効果の持続性等が検証されている。

土木研究所では、シラン系表面含浸材の効果の持続性、塗布部位による相違等に着目して、屋外暴露試験の追跡調査を実施した。本稿では、5年目の追跡調査で得られた長期的な塩分浸透抵抗性の評価結果を紹介する。

2. 試験方法

2-1. 試験体

試験体の概要と含浸材の塗布状況を図1に示す。

表1 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
					W	C	S	G
20	12	4.5	55.0	45.0	170	309	832	1009

※セメント種類：普通ポルトランドセメント，密度 3.16g/cm³，細骨材密度：2.69g/cm³，粗骨材密度：2.67g/cm³



写真1 暴露試験の実施状況

表2 シラン系表面含浸材の仕様

記号	種類	標準塗布量 (g/m ²)	施工での塗布回数※2	有効成分 (%) ※3
A	シラン系	300	2 (約 1 時間)	—
B	シラン系	200	1	70 以上
C	シラン・シロキサン系	200	1	90 以上
D	シラン・シロキサン系	200	1	—
E	シラン系	300	2 (約 1 時間)	—
F	けい酸ナトリウム系， シラン系を併用※1	けい酸ナトリウム系 150，シラン系 100	2 (約 12 時間)	—
G	シラン系	260 (300ml/m ²)	3 (約 1 時間)	98 以上
H	シラン系	530 (600ml/m ²)	4 (約 1 時間)	95
I	シラン系	300	2 (約 30 分以内)	60
J	シラン系	200	2 (約 30 分以内)	—
K	シラン系	400	2 (連続)	90。5

※1：けい酸ナトリウム系を塗布後，シラン系を塗布，※2：括弧内時間は塗重ね間隔，※3：製品技術資料に掲載がある場合記載

頂底版と側壁がボルトで連結されており、寸法はそれぞれ1550×2000×150mmと1500×2000×150mmである(図1a))。いずれも鉄筋比1%程度の鉄筋コンクリート版であり、SD345-D13が芯かぶり35mmとして配置されている。なお、平打ちで製作されたため、仕上面と型枠面がある(図1a))。試験体に用いたコンクリートの配合を表1に示す。設計基準強度30N/mm²を想定し、W/C=55%としたものである。試験体は13体製造し、2体は基準試験体としてシラン系表面含浸材を塗布しなかった。

暴露試験は、新潟県沿岸部で海からの飛来塩分が供給され、12月から3月は最低気温が氷点下となる地点で実施した(写真1)。土研タンク法により暴露期間中(2016年3月～2021年8月)の飛来塩分量を測定し

た結果、約2mddであった。なお、暴露試験場は、凍結防止剤は直接散布されない環境である。

シラン系表面含浸材は、材齢28日以降に、頂版の上面と下面，側壁の山側と海側のそれぞれの面に塗布した(図1a))。

2-2. シラン系表面含浸材

試験体に塗布した11種類(市販材料)のシラン系表面含浸材を表2に示す。材料は、JSCE-K 571の塩化物イオン浸透抵抗性試験において、塩化物イオン浸透抑制率60%以上を満足するものを選定した。C、Dはシラン・シロキサン系、Fはけい酸ナトリウム系を併用，その他はシラン系である。

表3 試験体1体当たりの試験の項目と数量

試験 時期	コア 採取数	含浸深さ (本)	吸水率試験 (g/m ²)	塩化物イオン浸透に 対する抵抗性試験	中性化深さ 測定	塩化物イオン量 試験
暴露開始 時点	頂版：6 側壁：6	頂版：6 側壁：6	頂版：6 側壁：6	頂版：6 側壁：6	—	—
暴露 5年	頂版：6 側壁：6	頂版：6 側壁：6	頂版：3 側壁：3	—	頂版：3 側壁：3	頂版：3 スライス 側壁：3 スライス コア 1 本から採取
		頂版コア 3 本，側壁コア 3 本 を使用		頂版コア 3 本，側壁コア 3 本を使用		

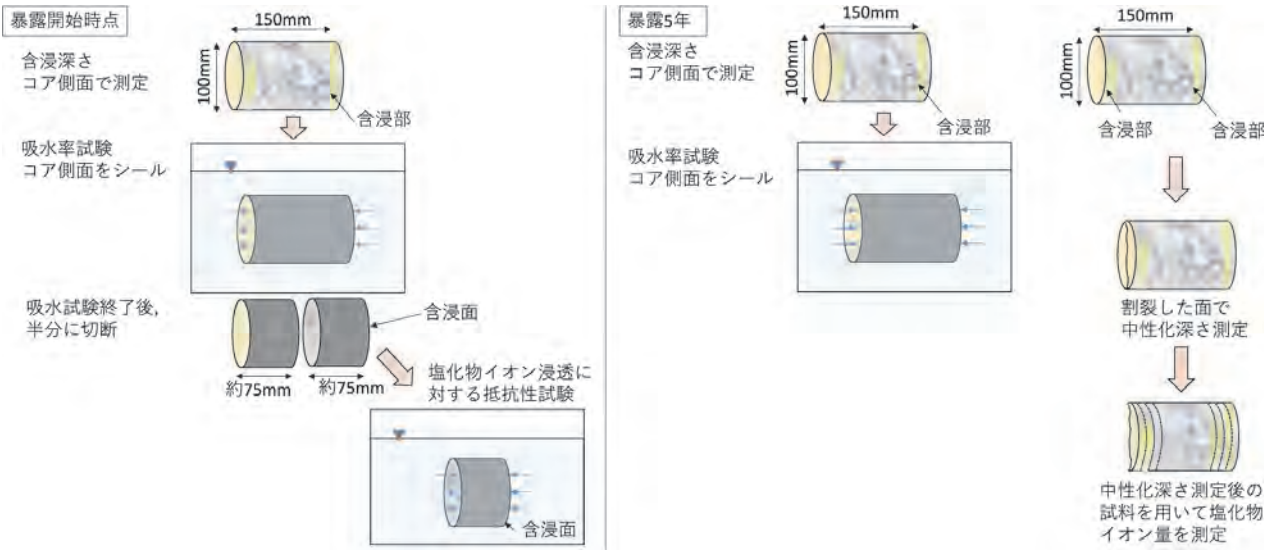


図2 試験方法の概要

2-3. 評価試験方法

(1) 暴露開始時点

試験体1体あたりの試験の項目と数量を表3に示す。コアの寸法は、いずれもφ100×150mmである。暴露開始時点の試験では、含浸材塗布から10日以上経過してからコアを採取して試験を行った。次に、暴露開始時点から5年8か月経過後にコアを採取して試験を行った。

試験方法の概要を図2に示す。暴露開始時点では、1試験体当たり頂版コア6本、側壁コア6本を採取して、JSCE-K571により含浸深さ試験、吸水率試験、塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験を行った。含浸深さ試験は、コアを1分間水に浸せきして取り出し、コア側面のはっ水している部分を含浸深さとして測定した。測定位置は、上下面それぞれで、互いに直交する4点とした。含浸深さの測定後、コア側面にエ

ポキシ樹脂を塗布(3日間以上静置)してシールした上で、吸水率試験(7日間吸水)を行った。吸水率試験後、コアを半分に切断し、その後常温の室内で2週間以上静置した上で、片方を塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験に用いた。

暴露5年後には、1試験体当たり頂版コア6本、側壁コア6本を採取し、JSCE-K 571による含浸深さ試験、吸水率試験ならびにJISA1152による中性化深さ試験、JIS A 1154による塩化物イオン量試験を行った。塩化物イオン量試験は、中性化深さ測定を行った後のコア1本を用いて実施した。

3. 試験結果と考察

3-1. 暴露開始時点の品質とその経時変化

暴露開始時点の塩化物イオン浸透抑制率の結果を

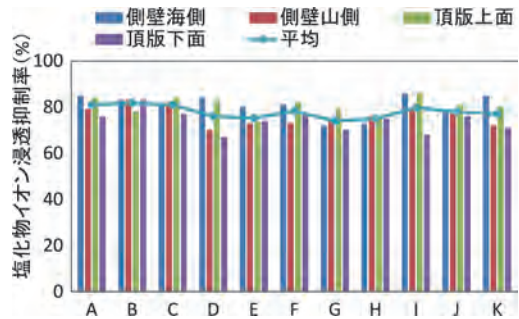


図3 暴露開始時点の塩化物イオン浸透抑制率

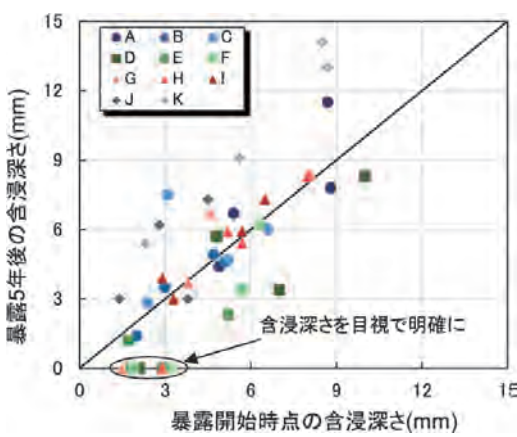


図4 暴露開始時点と暴露5年後の含浸深さ

図3に示す。図3では、各部位(側壁の海側と山側、頂版の上面と下面)の結果を示している。塩化物イオン浸透抑制率は、「100-塩化物イオン浸透深さ比(%)」とし、塩化物イオン浸透深さ比は、塗布試験体の結果を無塗布試験体2体の平均値(10.1mm)で除して求めた。いずれの材料の場合も70%~80%程度の範囲で顕著な差はなく、選定の際に目安とした60%を超える結果であった。

暴露開始時点と暴露5年後の含浸深さを図4に示す。試験結果は、A~Kの材料ごとに4点(側壁の海側と山側、頂版の上面と下面)を示している。暴露開始時点では、含浸深さは2~10mmの範囲を示した。暴露5年後では、おおむね暴露開始時点の結果と対応しているものの、D、G、Hの頂版上面、Eの側壁海側と頂版下面、Fの側壁海側と頂版上面では含浸深さを目視で明確に測定できなかった。図4では、これらの結果を含浸深さ0mmとして表示した。

暴露開始時点と暴露5年後の吸水率を図5に示す。吸水率試験は、コアの両面(上面/下面、海側/山

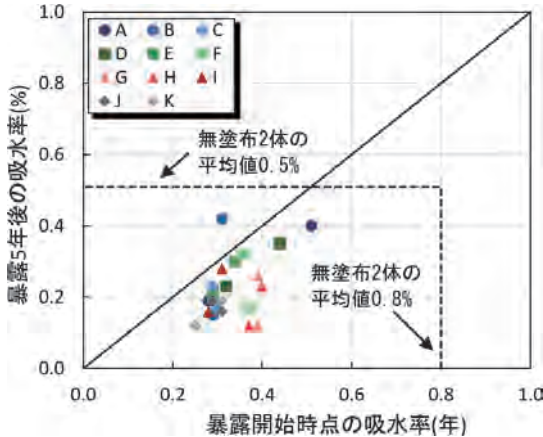


図5 暴露開始時点と暴露5年後の吸水率

側)を塗布面とする必要があり、各面を区別できないため、試験結果は、A~Kの材料ごとに側壁と頂版の2点の結果を示している。暴露開始時点の結果では、無塗布の場合が0.8%の吸水率であったのに対して、塗布の場合は0.2%~0.5%程度の吸水率を示しており、吸水を抑制する効果を発揮していることが確認された。暴露5年後の場合、無塗布の場合が0.5%の吸水率であったのに対して塗布の場合は0.1%~0.4%程度の吸水率を示し、暴露開始時点よりも全体的に吸水率が低下している。吸水率試験時のコンクリートの材齢が3ヶ月程度であったため、水和反応が進んだことが要因の一つとして挙げられる。なお、AとBの頂版の場合、暴露開始時点と異なり、無塗布の結果に近い値を示した。

3-2. 暴露5年後の中性化深さ

シラン系含浸材の塗布により吸水抵抗性が高くなるとコンクリートの含水状態が無塗布の場合に対して低くなり、中性化が促進される含水状態になる可能性が指摘

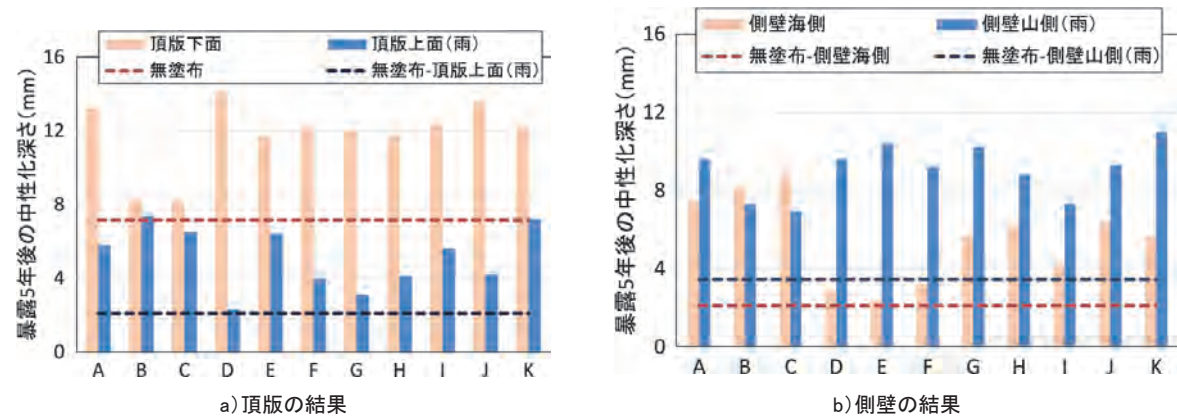


図6 暴露5年後の中性化深さ

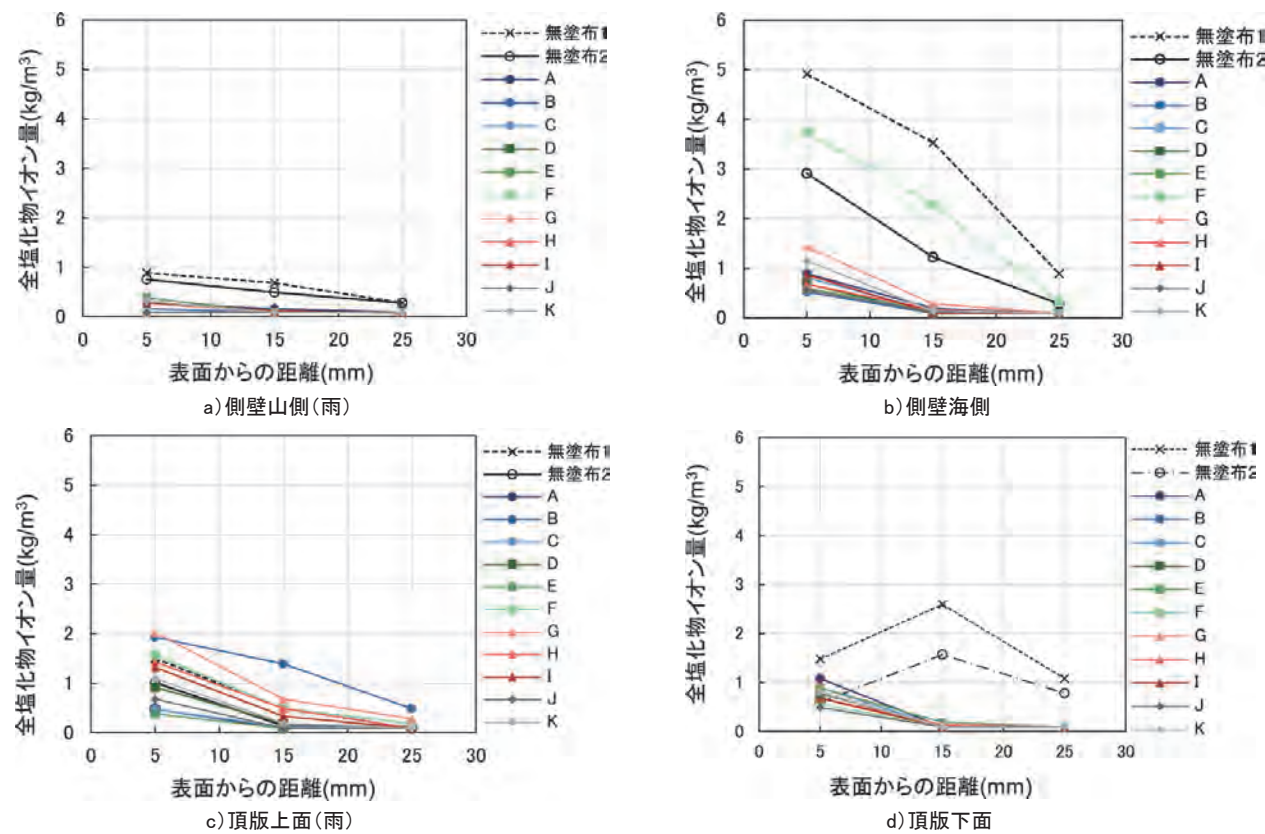


図7 暴露5年後の全塩化物イオン量の分布

されている¹⁾。暴露5年後の中性化深さを図6に示す。なお、以降の図では、雨掛りを直接受ける側壁山側と頂版上面の凡例には(雨)を付記する。

無塗布試験体の頂版では、下面の方が中性化深さは大きく、雨掛りを直接受けない面の方が中性化は進行した。無塗布試験体の側壁では、頂版と比較すると山側と海側の差は小さかった。側壁は鉛直面であり、水平面である頂版のように滞水しないことが要因として考えられる。

塗布試験体の場合では、含浸材の種類によらず同じ部位の無塗布の場合と比較すると中性化深さが大きくなった。上述のとおり、中性化が進行しやすい含水状態になったことが要因として考えられる¹⁾。

3-3. 暴露5年後の塩化物イオン浸透

暴露5年後の全塩化物イオン量の分布を図7に示す。2体の無塗布試験体は、無塗布試験体1, 2として区別する。雨掛りを直接受けない側壁海側および頂

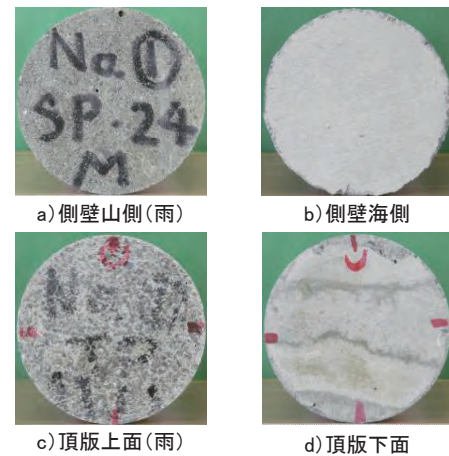


写真2 無塗布試験体1のコアの表面状態

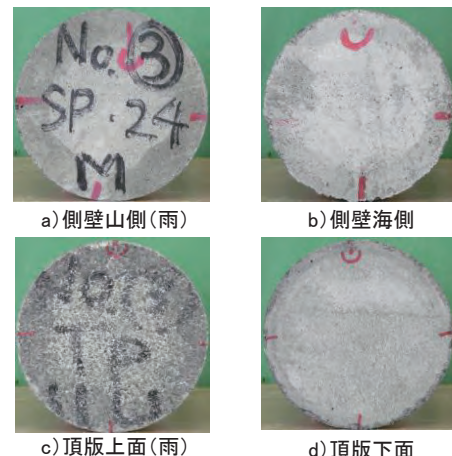


写真3 塗布試験体Bのコアの表面状態

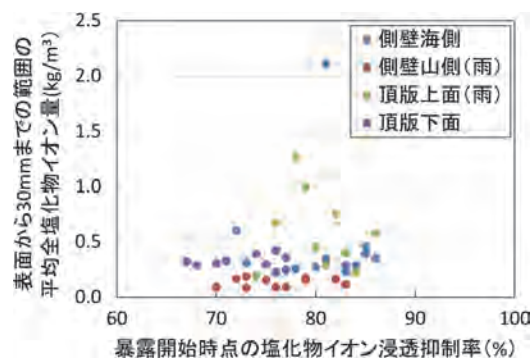


図8 暴露5年後の全塩化物イオン量と暴露開始時点の塩化物イオン浸透抑制率

版下面では、無塗布試験体に対して塩化物イオンの浸透が抑制されており、このような部位にシラン系表面含浸材を塗布することが効果的であると考えられる。塩化物イオンの浸透を抑制した要因の一つとして、コンクリート内部の水分逸散が促され、含水状態が低下したことが挙げられる。ただし、側壁海側の塗布試験体Fは、無塗布試験体と同程度に塩化物イオンが浸透する結果となった。外観等も特に顕著な違いはなく、原因は現時点で不明である。なお、頂版下面の無塗布試験体では表面からの距離10mm~20mmの全塩化物イオン量が多くなっている。この部位の中性化深さは7mm程度であったことから(図6)、中性化による塩化物イオンの濃縮の影響を受けていると考えられる。

雨掛りを受ける側壁山側と頂版上面では、水平面のため滞水が多いと考えられる頂版上面で、無塗布試験体に対して塩化物イオン浸透を抑制できていない

傾向が見られる。

無塗布試験体1と塗布試験体Bの表面状態をそれぞれ写真2,3に示す。無塗布試験体の場合、側壁海側と頂版下面はコア表面にスケーリングは見られないが、雨掛りを受ける側壁山側と頂版上面ではスケーリングが見られる。特に頂版上面では骨材の露出が顕著である。塗布試験体の例として、Bの場合も同様の傾向を示している。塗布試験体Bの暴露開始時点における頂版上面の含浸深さは2mm程度であった。紫外線等の影響を受けて表層の吸水抵抗性が低下して含水状態が高くなり、その部位が塩化物イオン浸透の影響も受けてスケーリングすることで2mm程度の含浸層が消失した可能性が考えられる。このため、塗布試験体Bでは、図7c)に示したように塩化物イオンの浸透を抑制できなかったものと考えられる。なお、試験体Bの頂版では、吸水率も増加する傾向を示した(図5)。含浸層が薄い場合、凍結融解の繰返し等によって含浸層が消失しやすいために、長期的な効果の持続は難しいと考えられる。

暴露5年後の全塩化物イオン量と暴露開始時点の塩化物イオン浸透抑制率を図8に示す。全塩化物イオン量は、表面から30mmまでの深さの平均値である。暴露開始時点の塩化物イオン浸透抑制率を横軸とした場合、数値の低い方が全塩化物イオン量は多くなるとは限らず、同程度の数値でも材料によって全塩化物イオン量が異なる場合がある。次に、暴露5年後の全塩

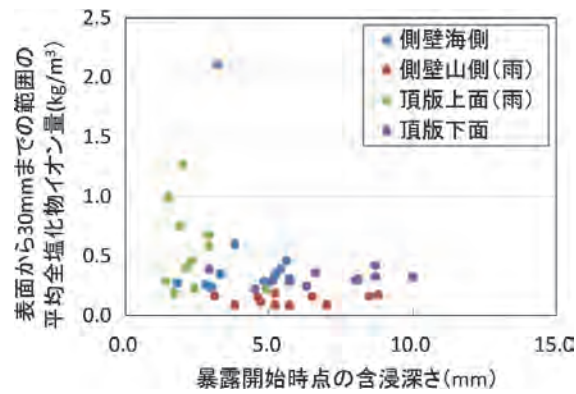


図9 暴露5年後の全塩化物イオン量と暴露開始時点の含浸深さ

化物イオン量と含浸深さを図9に示す。含浸深さが3mm程度以下の場合に全塩化物イオン量が高い傾向がある。

塩害対策としてシラン系表面含浸材の選定を行う際には、塩化物イオン浸透抑制率が一定程度以上であることは重要であるが、同時に塗布対象のコンクリートが受ける環境作用を想定し、適切な含浸深さも確保する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、水セメント比55%のコンクリートに11種類のシラン系表面含浸材を塗布した試験体を塩害環境下に約5年間暴露し、長期的な塩化物イオン浸透抵抗性を評価した。以下に得られた知見を示す。

(1) 暴露開始時点と暴露5年後の含浸深さ試験の結果、含浸深さはおおむね保持していることが確認された。ただし、材料によっては暴露5年後の含浸深さが目視で明確に確認できない場合があった。

(2) 暴露開始時点と暴露5年後の吸水率試験の結果、暴露5年後も吸水を抑制する効果は保持されていることが確認された。

(3) 暴露5年後の中性化深さ試験の結果、無塗布の場合と比較して含浸材を塗布した場合の方が中性化は進行し、雨掛りを直接受けない部位の方がその傾向は強くなることが確認された。

(4) 暴露5年後の塩化物イオン量試験の結果、雨

掛りを直接受けない部位で無塗布の場合よりも全塩化物イオン量が少なくなり、塩化物イオン浸透の抑制効果が発揮されることを確認した。一方、雨掛り等の環境作用を受ける部位では、含浸深さが小さい材料の場合、無塗布の場合よりも全塩化物イオン量が多くなる場合があることを確認した。

なお、本研究は、(国研)土木研究所と国土交通省中部地方整備局との含浸材技術の評価に関する協定に基づいて実施したものである。

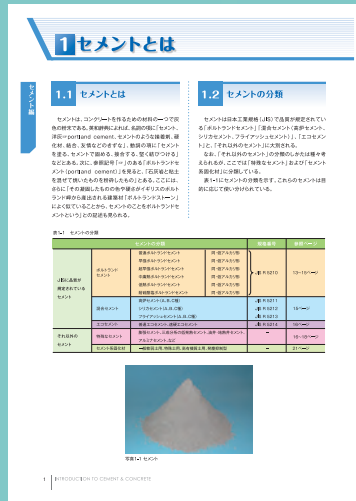
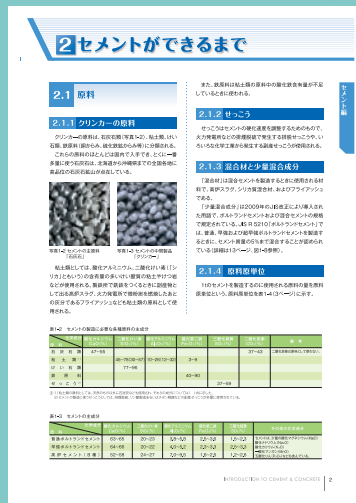
【参考文献】

- 1) 遠藤裕丈, 島多昭典／シラン系表面含浸材を塗布して15～16年経過した北海道の道路橋地覆コンクリートでの追跡調査, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1498～1503, 2022.7
- 2) 瘡師英利, 山崎大輔, 山口正一, 国枝稔, 小柳治／施工後30年を経過した反応性シラン系表面含浸材の撥水性効果, 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, 第16巻, pp.541～544, 2016.10
- 3) NETIS新技術提供システム／施工性の良好なコンクリート含浸材技術(塩害対策), <https://www.netis.xmlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings> (閲覧日: 2023年9月25日)

*

*

*



「はじめて学ぶ セメント・コンクリート」をコンセプトに1973年から47年, おなじみの「常識」が第24版を迎え発刊いたしました。「セメントはなぜ固まるの?」「コンクリートって何ですか?」といった初歩的な疑問から, セメント・コンクリート技術とその使い方まで, さらに環境のことを考えたセメント産業の「いま」, セメントに関する国内外の統計データをカバー。最新のJISにも対応済みです。次代を担う新人の研修から知識の再整理まで, 自信を持っておすすめするお役に立てる一冊です。

A4版・オールカラー 72ページ 定価2200円(税込)
(月刊セメント・コンクリート定期購読者は1割引)

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

緑の表紙の常識、新版出ました！
「セメントの常識」おすすめです。

定年を前に



黒田 泰弘

先日、自分の写っている動画を見る機会があった。年を取った自分が写っており、かなりショックだった。息子に言わせると、私の容姿はそれほど悲観するほどではなく、年相応のことではあるが。

本を読むのにメガネが手放せなくなったのはいつからだろう。躓いて転びそうになることも多い。人間ドックで高血圧を指摘され、降圧剤を飲むようになったのが2年前である。昨年は、糖尿病にも気を付けるように強くいわれた。確実に老いているようである。先輩方には叱られるかもしれないが、もうすぐ還暦であり、健康にも自信が持てなくなっている今日この頃である。

ただ還暦というと、一昔前までは“定年＝リタイア”を思い浮かべたが、「高年齢者雇用安定法」により、現在では65歳までの雇用確保が義務化され、70歳までの就業確保措置を講じることが「努力義務」となっている。社会的な要請もあり、もう少し働く必要があるということであろう。

ところで、最近、大学で講義を頼まれる機会が多い。基本的には、材料や施工の話を

するのであるが、その際海外の話を入れることにしている。海外といっても、仕事で行く機会が多い東南アジアの話が中心であり、技術的な話だけでなく、平均年齢や人口ピラミッドの話をする。

日本人の平均年齢は2020年時点で48歳とされ、世界平均の31歳と比べて非常に高い水準にある。人口ピラミッドの形は底の部分が狭い、いわゆる「壺型」であり、65歳以上の高齢者人口は28%と、他に類を見ない超高齢社会となっている。これに対して、東南アジアの国々は、シンガポール(42歳)を除き、その形は「つりがね型」「ピラミッド型」に近い国もあるが)であり、タイ(40歳)、ベトナム(32歳)、マレーシア(30歳)、インドネシア(30歳)、フィリピン(26歳)となっており、若年層の人口が多い。

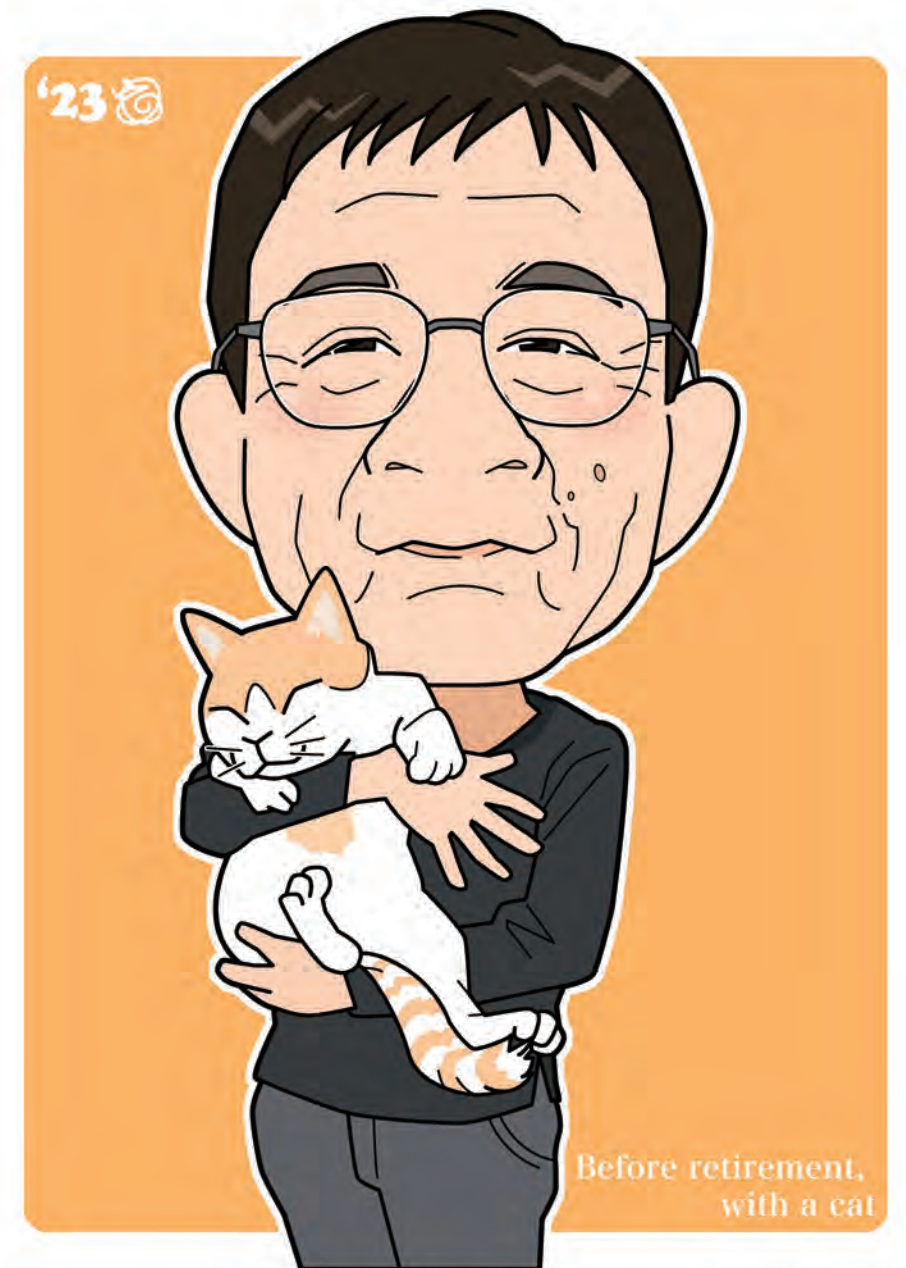
東南アジアに行くと、子供や若者が多いせいか、非常に活気がある。日本の高度経済成長期のように、どんどん発展を遂げていくであろうことが肌で感じられ、元気をもらえる気がする。語弊を恐れずに言えば、失敗しても失うものがない分、常に前向きなのではないかと感じられる。年長者が少ない分、裁量が若者に任せられ、日本と比べると生き生きとした感じで、

モチベーションは高い印象である。

都市部では超高層建築も建設されており、機械化が進み、先端的な技術が導入されているケースはあるものの、全体的な印象としては、日本の30～40年前の状況ではないかと思われる。特に郊外だと、子供の頃に日常的に見られた長屋であったり、井戸端があったりして、妙に懐かしい感じがして心が和む。人口ピラミッドが私の子供の頃に近いせいもあるのかもしれない。

さて、コンクリート技術に関してどうかといわれると、品質管理の考え方が十分に浸透しておらず、質よりも量が優先され、日本では当たり前のことがおざなりになっているケースが多い。例えば、使用する材料の管理がコンクリートの製造では重要となるが、材料が吟味されず選ばれていたり、受け入れ時のチェックが甘かったり、保管状態が悪かったりするケースが散見され、日本のように、電話一本で、安定した品質のコンクリートが購入できるような状況ではない。日本でTQC活動による品質管理が徹底したのは1980年代であり、まさにその時期の状況に近いのではないかというのが勝手な印象である。技術が発展するには、ある程度、同じような経験が必要なのかもしれない。それは人の成長にも似ているように感じる。

話は日本に戻るが、日本の人口ピークは、2008年であり、その後減少に転じている。したがって、雇用が伸びるのはよいが、それが



過度になると、組織の高齢化が深刻となり、活力が低下するように思える。やはり世代交代は必要であり、培われた経験や知識を、然るべきタイミングで次の世代に継承していくべきだと思う。多くの失敗も含めて、現場での経験値は高いと自負しており、あと数年の間に、どこまで伝承できるかが、これからの課題と考えている。

[くろだ やすひろ／清水建設(株)技術研究所
主席研究員 博士(工学)]

バランスドアーチ橋のアーチリブ張出し架設におけるコンクリート施工 ～新東名高速道路 河内川橋(仮称)～

Concrete Work in Arch Rib Cantilever Erection of the Balanced Arch Bridge
～The Shin-Tomei Expressway Kouchigawa Bridge (Tentative Name)～

玉野 慶吾 戸張 正利 柑本 慎一郎 赤松 篤 原田 拓也

1. はじめに

新東名高速道路河内川橋(仮称)は、新東名高速道路の未開通区間である新秦野IC～新御殿場IC間のうち神奈川県山北町を流れる河内川および県道76号を跨ぐ高速道路の橋梁である。本橋は上り線(橋長771m)と下り線(橋長692m)の2橋からなり、アーチ支間長220mおよび最大橋脚高約90mを有する鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋である(図1)。

図2に側面図を、図3に主桁断面図を示す。上部



図1 河内川橋(仮称)の完成予想図

構造のうちアーチ区間は張出し架設で施工する。アーチリブはコンクリート構造の箱桁断面であり、施工ブロック長が3.3m～6.5m、断面高さが6.0m～3.5mの大断面で、勾配は最大で約36°ある。さらに急峻な地形での施工条件もあり、コンクリートの配合、品質管理から施工方法に至るまで様々な取り組みを行った。本稿では、アーチリブのコンクリートの打込みに対する計画から施工までを報告する。

2. 橋梁概要とアーチリブ張出しの施工手順

表1に橋梁諸元を、図4に本橋の特徴的な形状であるアーチ区間の施工手順(張出しの片側を抜粋)を示す。下部工として主橋脚であるP2橋脚およびP3橋脚を構築した後、材料・構造が異なる4種類の部材でトラスを形成しながら、両側にバランスさせて張出し

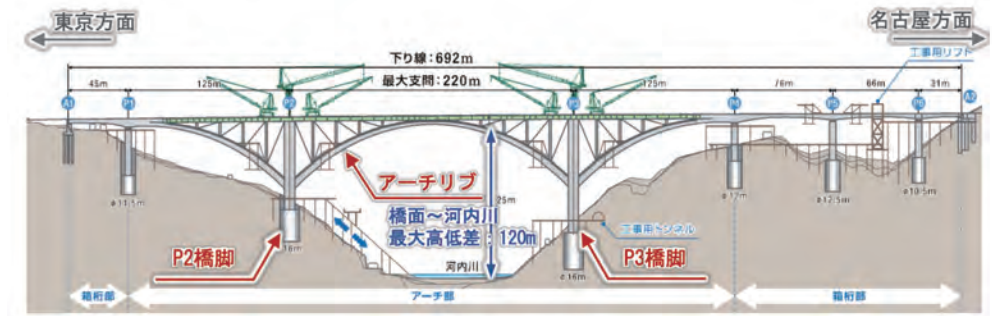


図2 河内川橋(下り線)の側面図

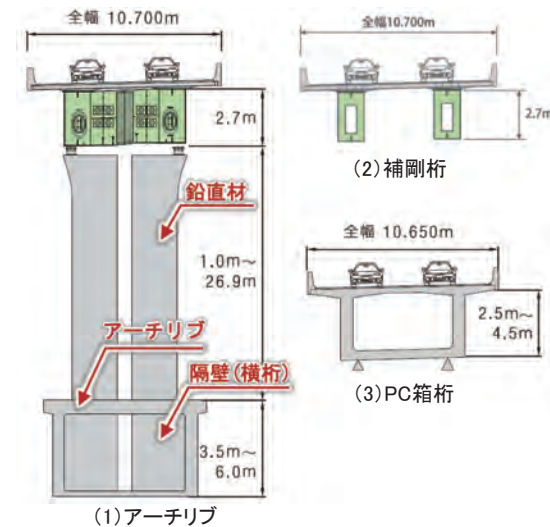


図3 主桁断面図

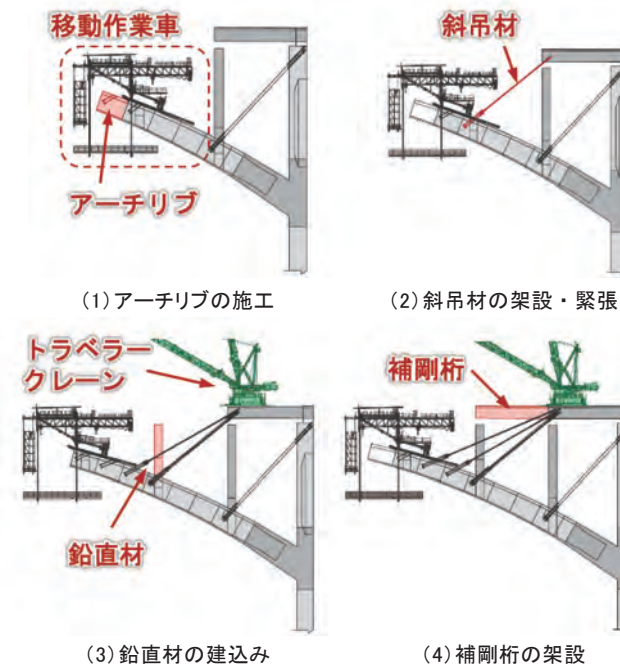


図4 トラス張出し架設手順

架設する。当部材は、アーチリブ、鋼補剛桁、鋼構造またはコンクリート構造の柱部材である鉛直材、およびケーブル構造である斜吊材である。主な施工サイク

表1 橋梁諸元

橋名	河内川橋(仮称)
発注者	中日本高速道路(株)東京支社
受注者	鹿島・大成特定建設工事共同企業体
建設場所	神奈川県足柄上郡山北町川西
橋梁形式	【上り線】鋼・コンクリート複合8径間連続バランスドアーチ橋 【下り線】鋼・コンクリート複合7径間連続バランスドアーチ橋
橋長	【上り線】771.000m、【下り線】692.000m
支間割	【上り線】65.1+125.0+220.0+125.0+71.0+65.5+54.5+42.1m 【下り線】45.1+125.0+220.0+125.0+76.0+66.5+31.6m
幅員	10.700m(全幅)、9.760m(有効幅員)
勾配	縦断:0.321%～1.850%、横断:2.5%(片勾配)
平面線形	R=∞
基礎形式	P2・P3:大口径深礎(φ=16.0～17.0m,L=25.0～35.0m) P1・P4～P7:大口径深礎(φ=10.0～12.5m,L=10.0～20.0m)
主桁形式	鋼補剛桁:二主細幅箱桁断面 PC箱桁,アーチリブ:一室箱桁断面
アーチ軸線	ハイパブリック曲線(m=2.0) P2・P3橋脚各張出しの平均ライズを40mとする 【上り線】P2ライズ:45m, P3ライズ:35m 【下り線】P2ライズ:35m, P3ライズ:45m
架設方法	アーチ:トラス張出し工法 PC箱桁:片持ち張出し架設または固定式支保工
適用基準	道路橋示方書・同解説(平成24年3月) 設計要領第二集,橋梁建設編(平成28年8月)

ルは、移動作業車によるアーチリブのコンクリート躯体構築、移動作業車移動、斜吊材の架設・緊張、鉛直材の建込み、そして補剛桁の架設である。

アーチリブは、この施工サイクルの合理化を目的として大ブロックを適用している。最大施工ブロック長は一般に4.0～5.0mであるが¹⁾、本橋は6.5mであり、片張り出しを16ブロックで構築する。断面形状は、張出PC鋼材の定着部および鉄筋配置から上床版厚は700mmであり、下床版厚は300mm、ウェブ厚は650mmである。

3. コンクリートの施工計画と配合

3-1. 施工計画

アーチリブのコンクリートの打込みは、写真1に示す



たまの けいご / TAMANO Keigo
鹿島建設(株)
横浜支店
工事課長代理



とばり まさとし / TOBARI Masatoshi
同上
次長



こうじもと しんいちろう / KOUJIMOTO Shinichiro
同上
工事課長代理



あかまつ あつし / AKAMATSU Atsushi
大成建設(株)
東京支店
課長



はらだ たくや / HARADA Takuya
中日本高速道路(株)
東京支社
工事長



写真1 河内川橋工事の現況(上流側から望む)

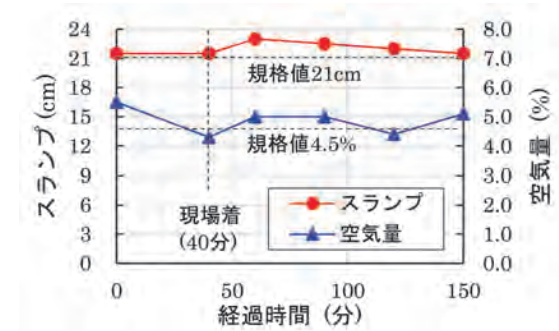


図5 スランプと空気量の経時変化

橋脚下部の作業構台上にコンクリートポンプ車を配置し、張出しブロック先端まで輸送管を配管してコンクリートを圧送する計画である。配管は、最大張出時には水平換算距離で最大550mの長距離圧送となるため、配管閉塞リスクが高く、コンクリートを練り混ぜてから圧送するまでの間のスランプの低下を抑制し、流動性を維持する必要がある。また、圧送前後でコンクリート性状が大きく変化する可能性もあり、打込み箇所での品質が確保できるように、長距離圧送による性状変化を事前に把握しておく必要がある。

そこで、練混ぜから打込みまでのスランプの低下を把握するため、スランプの経時変化を測定した上で、実施工と同等の水平換算距離でコンクリートを圧送し、スランプの確認を行った。

3-2. コンクリートの配合検討

アーチリブに用いるコンクリートの設計基準強度は50N/mm²である。目標スランプは、最大張出時における打込み箇所では既往のアーチ橋における実績から最小スランプ15cm程度を目標として、荷卸し時では最

表2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S	G	高性能AE減水剤	減水剤標準型
38.8	47.5	169	436	806	891	C×0.85%	C×0.30%

※流動保持剤: マスターシュア350

表3 圧送によるフレッシュ性状の変化

	1回目			2回目		
	圧送前	圧送後	差	圧送前	圧送後	差
スランプ (cm)	22.5	17.0	-5.5	19.0	16.0	-3.0
空気量 (%)	4.5	5.5	1.0	5.0	4.5	-0.5



写真2 圧送前後のスランプ試験(1回目)

大水平換算距離が550mである施工条件、および荷卸し箇所と打込み箇所の高低差等をもとに基準類を参考に検討した^{2,3)}。その結果、打込み箇所の目標スランプは15.5cm、荷卸し時の目標スランプは21cmに設定した。また、セメントの種類は、張出し架設では一般に早強ポルトランドセメントが使用されるが、別途実施した温度応力解析に基づき、温度ひび割れ抑制を目的に普通ポルトランドセメントとした。表2に、アーチリブで使用するコンクリートの配合を示す。スランプ低下を抑制するためにAE減水剤に加えて流動保持剤(マスターシュア350)を採用した。

スランプ確認試験では、実施工で使用するプラントでコンクリートを練り混ぜた後、アジテータ車で現場まで運搬し、30分おきにスランプと空気量を測定した。図5に、スランプと空気量の経時変化を示す。練混ぜから打込み完了までの規定時間である120分を超える150分経過後でも、スランプの低下および空気量の変化がないことを確認した。

圧送性試験では、平地にて水平換算距離550mとなる輸送管(管径125A)を組み立て、練混ぜから100分経過したコンクリートを圧送して圧送前後の性状変化を確認した。表3、写真2に試験結果を示す。圧送に

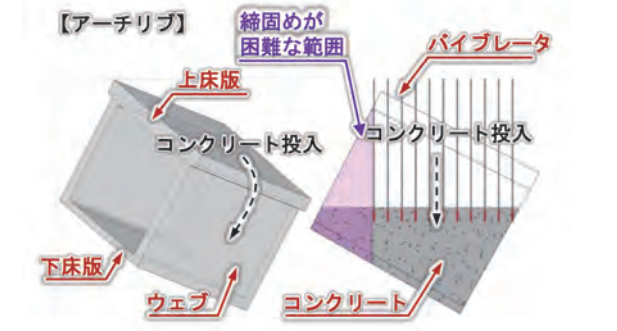


図6 ウェブの締固め困難範囲



写真3 伏せ枠撤去後の表層状況

よるスランプ低下は、配合設計時点で3.0cmと見込んでいたが、2回の試験施工の平均が約4.0cmと若干大きな値ではあったものの、圧送後のコンクリートに材料分離などの品質低下は認められなかった。

4. 勾配を有する部材への打込み

4-1. 勾配を有する部材の課題

アーチリブは勾配を有するため、上・下床版に打ち込んだコンクリートが振動締め固めによって流れ落ちないように床版の上面に伏せ枠を設置する必要がある。一方、伏せ枠はコンクリートが完全に硬化するまで残置すると、伏せ枠面に表面気泡が残り表層品質の低下が懸念される。表面気泡は、例えば透水性シートを用いることで低減できるが、事前確認試験の結果から、表層品質と施工の確実性を重視して、コンクリート硬化前に伏せ枠を撤去して金ごてで仕上げる方針とした。ただし、伏せ枠が設置された中での打込みと締め固めの手順、および適切な伏せ枠の撤去時期が課題であった。

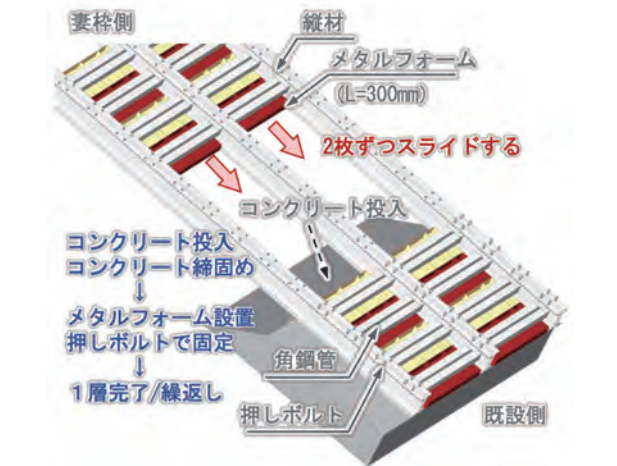


図7 伏せ枠の構造

また、アーチリブのウェブは、部材厚が小さく鉄筋が高密度に配置されており、作業員がウェブの中に入って締め固めを行うことができない。図6に示すように上床版からパイプレータを鉛直に降ろして締め固めを行う場合、勾配を有するアーチリブでは締め固めが困難になる範囲が生じる。また、幅止め鉄筋や型枠のセパレータに干渉する上、挿入したパイプレータが引き抜けなくなるリスクもある。そのため、ウェブのコンクリートを確実に充填する締め固め方法の確立が課題であった。

4-2. 伏せ枠を用いた施工

図7に伏せ枠の構造を示す。伏せ枠は、既設ブロックと新設ブロック先端の楔型枠に縦材を渡して、その間に配置したメタルフォーム(幅300mm)を押しボルトで固定する構造とした。

伏せ枠の施工性と伏せ枠撤去のタイミングを検証するため、縦材1区間を模擬した試験体を用いた試験施工を行った。

伏せ枠は、打込み中にパイプレータを確実に挿入できるように、楔型枠側から2枚ずつメタルフォームをスライドさせて設置する方針とした。これにより、伏せ枠は過大な労力を要せずに打設の進捗に合わせて設置可能で、パイプレータの挿入に支障となることはなかった。写真3に、伏せ枠撤去後のコンクリートの表層状況を示す。伏せ枠を撤去する時期は、3月上旬に実施した試験で練混ぜから3時間経過した時点とした結果、コ

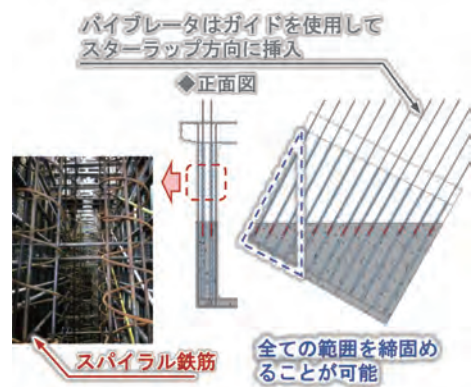


図8 バイブレータ挿入状況



写真4 脱型後の表層状況

ンクリートの表層部には多数の表面気泡が生じていたものの、セメントペーストは金ごてを用いて押し固めることが可能な状態で平滑に仕上げることができた。

4-3. 傾斜を有するウェブの締固め

締固めが困難な範囲を無くするため、スパイラル状の鉄筋（以下、スパイラル鉄筋と称す）でパイブレータ挿入用のガイドを製作し、図8に示すようにスターラップと平行に配置することでパイブレータを斜めに挿入する計画とした。この時、コンクリートは型枠内で水平に打ち上がるため、パイブレータの挿入位置によって打ち込んだコンクリートへの振動体の到達位置（挿入深さ）が異なる。その対策として、パイブレータに挿入深さの目印となるマーキングを行い、上床版からレーザー距離計を用いてコンクリートの打ち上がり高さを確認する計画とした。さらに、締固め状況を目視確認できるよう、ウェブ側面の一部に透明型枠を採用した。本施工法でも、模擬試験体を用いた試験施工を行い、写真4に示す良好な脱型後の表層状況を確認して、その有効性を検証した。

また、コンクリートの打込みでは配管先端のフレキシブルホースをウェブ内に挿入しやすいように、パイブレータ挿入用のガイドに類するスパイラル鉄筋を製作して、ホースガイドとして設置している。これにより、フレキシブルホースをウェブの奥まで容易に挿し込むことが可能になり、コンクリートの自由落下高さを適切に保っている。

5. サイクル施工における改善

アーチリブは上下線、かつP2橋脚・P3橋脚の両張出しで全128ブロック構築する。このサイクル施工の中で、改善案を積極的に取り入れている。ウェブの締固め作業では、ウェブ内の打ち上がり高さの視認性を向上させるため、明示鉄筋と称す鉄筋をウェブ内に打込みリフト高さごとに設置し、目視確認の目安にしている。さらに、妻枠には取り外しができる確認窓を設置するなど、複数の工夫を取り入れて品質の向上に努めている。

伏せ枠の撤去時期では、当初3時間を目安としていたが、コンクリート温度および外気温の影響を受ける。そのため、伏せ枠にはエア抜きを兼ねた確認孔を追加して、コンクリート硬化の進行具合を直接確認した上で2.5時間から3.5時間を目安に伏せ枠を撤去している。

6. おわりに

本稿では、箱桁断面であるアーチリブのコンクリートの打込み計画から実績について報告した。写真5に施工状況を示す。アーチリブは急勾配を有する部材で高密度に鉄筋が配置されているが、早期に事前検討に着手し、課題の抽出と対策立案、および実施に先立って試験施工で計画の妥当性を確認したことで大きなトラブルなく施工を進めることができていた。2023年10月時点では、アーチリブの張出し架設は、先行箇

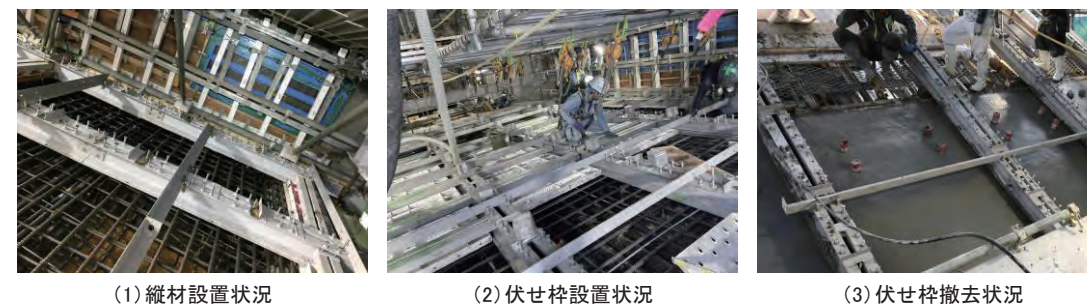


写真5 施工状況

所で16BL中10BLまで完了している。今後は圧送距離が更に長くなるため、コンクリートの性状に変化には一層注視していきたい。また、両張出しブロックを閉合する、アーチリブの中央閉合部と側径間閉合部の施工もあるため、これらの部材に対しても入念な施工計画と対策を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) カンチレバー技術協会／プレストレスト・コンクリート橋カンチレバー工法技術資料、2013.6
- 2) 土木学会／施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針、コンクリートライブラリー 145、2016
- 3) 土木学会／コンクリートのポンプ施工指針、コンクリートライブラリー 135、2012

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

既設アスファルト打ち換えにおける コンクリート舗装の適用 ～天王山古戦橋(京都府)での試験施工調査報告～

Application of concrete pavement in replacement of existing asphalt
～Report on the test construction survey at RC Decks of Tennozan-Kosenkyo Bridge in Kyoto～

佐々木 健一 岸良 竜 小梁川 雅

1. はじめに

国内の橋梁は2012年の時点で約16万橋(延長15m以上について)が供用されており、その半分以上が市町村道である。市町村管理の橋梁は、その約2割が供用50年を経過しており、今後10年程度で全体の半分が供用50年に達する状況である¹⁾。しかし、維持修繕に十分な予算が確保できない市町村も少なくない。

市町村が管理する橋梁では鉄筋コンクリート(以下、RCと称す)床版を用いることが多く、その上面に用いる橋面舗装には一般にアスファルト混合物を用いる場合が多い²⁾。これらの橋面舗装では、床版への雨水や凍結防止剤の侵入を防ぎ、RC床版の劣化を抑制することを目的とした防水層等が必要であり、橋梁の長寿命化に重要な役割を担っている。

この防水層は、アスファルト舗装の打換えに伴い更

新が必要となる。市町村道のRC床版は一般的なアスファルト塗膜防水層を採用している場合が多い³⁾が、道路橋床版の上面にアスファルト舗装を用いる維持更新では、10～20年程度の間隔でアスファルト舗装と防水層の両方の更新が必要となる。

一方、RC床版上面にコンクリート舗装を適用すると、実質的なかぶり厚の増加と共にコンクリート舗装とRC床版とを一体化させることにより床版の剛性や耐荷力が向上し、高耐久化が期待できる。

セメント協会・舗装技術専門委員会と土木学会鋼構造委員会道路橋床版の複合劣化に関する調査研究小委員会ならびに太平洋セメント(株)は、京都府大山崎町の協力を得て、同町の天王山古戦橋のRC床版上の既設アスファルト混合物の打換え時期に当たり、表層混合物をラテックス改質コンクリートで打換える試験施工を行った。

セメント協会・舗装技術専門委員会は、本試験舗装箇所の供用5年までの供用性調査結果を委員会報告R-35として取りまとめた。本稿は、その要点を紹介するものである。なお、同委員会報告は、セメント協会ホームページから無料でダウンロードできるのでご利用されたい。



ささき けんいち / SASAKI Ken-ichi
(一社)セメント協会 研究所
コンクリート研究グループ
グループリーダー補佐 工博



きしら りょう / KISHIRA Ryo
太平洋セメント(株) 中央研究所
研究開発推進部高機能コンクリートチーム
主任研究員 博士(工学)



こやながわ まさし / KOYANAGAWA Masashi
東京農業大学
名誉教授 工博



図1 現場位置
[Map data ©2016 Google]

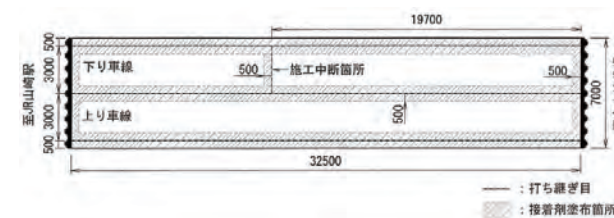


図3 平面図
[単位:m]

2. 試験舗装

2-1. 施工箇所概要

試験舗装は、図1に示す天王山古戦橋で行った。天王山古戦橋は、延長206.9mのRC床版を有するプレートガーダー橋で、JR東海道本線および阪急京都線を跨ぐ跨線橋である。コンクリート舗装の施工箇所は、図2に示す天王山古戦橋の中央部2径間の連続桁の箇所であり、幅員が7m、延長は32.5mである(図3)。また、縦断勾配が10.5%～10.8%と大きいことが特徴である。

2-2. 舗装構造および施工

橋面舗装に用いるコンクリートに求められる性能は、付着強度の確保、ひび割れの抑制、床版変形への追従性の確保、早期強度の確保である。

本施工では、米国や韓国の事例を参考に検討を重ね、ラテックス改質コンクリート(Latex Modified Concrete, 以下、LMCと称す)を橋面舗装に適用した。

既設アスファルト舗装(層厚50mm)の打換えを前提とするため、コンクリート舗装の設計版厚は50mmとした。また、RC床版と一体化する設計であるため目地は設けていない。

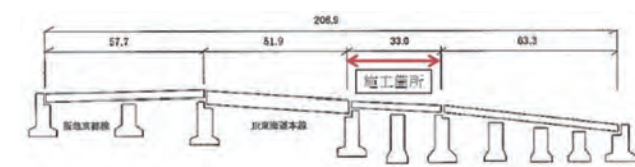


図2 天王山古戦橋側面図
[単位:m]

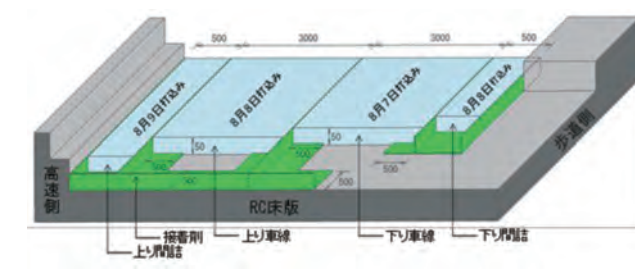


図4 舗装断面図
[単位:m]

RC床版と舗装の付着を確保するために、既設アスファルト舗装切削後にショットブラストによる研掃(投射密度150kg/m²)を実施した。その後、エポキシ系接着剤(塗布量:1.4kg/m²)を、路肩端部から500mmの幅で額縁状に塗布した(図3)。

コンクリートの打込みは現場の制約により3日間(2016年8月7～9日)に分けて行い、初日に下り車線、二日目に上り車線と下り車線の間詰、三日目に上り車線の間詰を行った(図4)。間詰箇所では、接着剤を打継ぎ部となるLMCの側面および底面の全面に塗布し、LMCの打込みは、日中の高温を避けるために夜間に実施した。なお、下り車線の施工中に材料供給が間に合わず、一時打込みが中断し打ち継ぎ箇所が生じたため、施工再開時に当該箇所では額縁状に接着剤を塗布した(図3)。

LMCは傾胴ミキサで製造し、打込み箇所にはタイヤショベルで運搬した。LMCの敷き均しは人力、締固めおよび荒仕上げはエア駆動式の簡易フィニッシャにて行った。本線部分の粗面仕上げは横フレッシュグレーピングを採用し、間詰部は箒目仕上げとした⁴⁾。養生は、シート養生とし打込み後約20時間程度で養生終了とした。施工状況は写真1～14の通りである。



写真1 施工前



写真2 既設アスファルト舗装切削工



写真3 既設アスファルト舗装切削後



写真4 床版研掃工

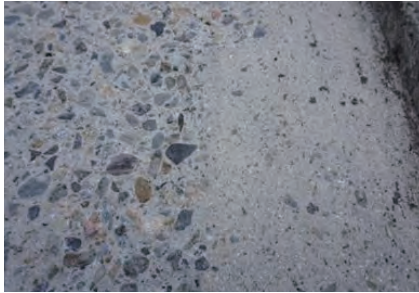


写真5 研掃後の床版



写真6 型枠設置



写真7 コンクリートの練混ぜ

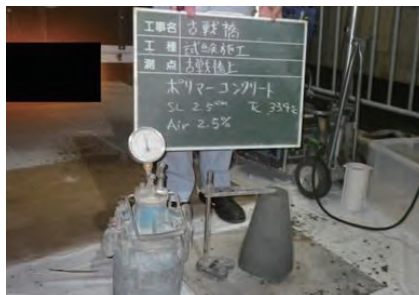


写真8 フレッシュ性状の試験



写真9 接着剤塗布および打込み



写真10 表面均し



写真11 横フレッシュグレーピング



写真12 養生工(上り車線と下り間詰、下り車線は養生終了)



写真13 施工終了(2016年8月10日)



写真14 供用中(2016年9月3日)

表1 コンクリートの配合

水 セメント比 (%)	ポリマー セメント比 (%)	目標 スランプ (cm)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)		
				セメント, 混 和材, 細骨 材混合物*	ポリマー 混合液	粗骨材
38.6	14.7	2.5	45	1179	157	1073

*材料はプレミックス品

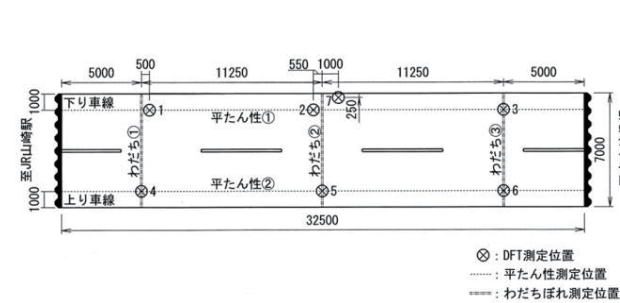


図5 供用性調査箇所
[単位: mm]

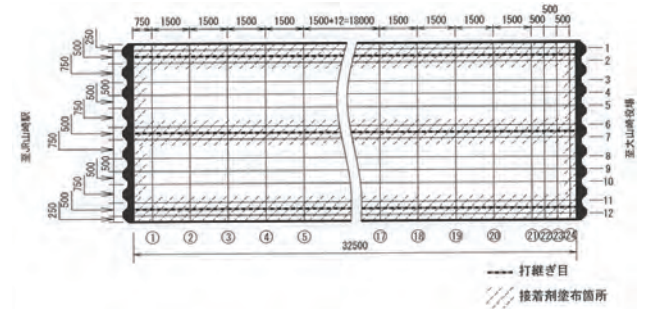


図6 コンクリートテスト測定箇所(縦線と横線の交点)

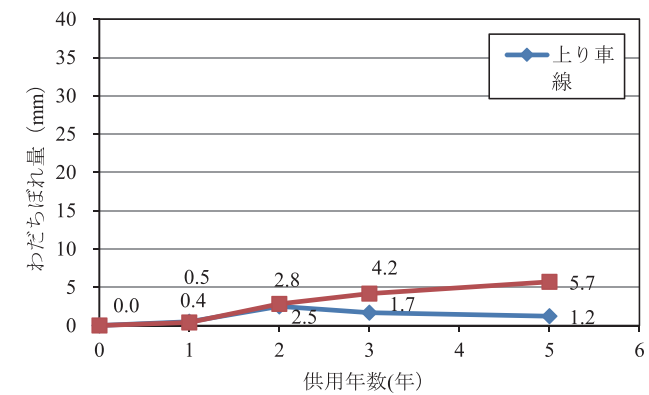


図7 わだち掘れの測定結果(MRP)

2-3. LMC(ラテックス改質コンクリート)

今回、コンクリート舗装に用いたLMCは、セメントコンクリートに高分子材料(ゴムラテックスポリマー)を添加したものであり、配合は表1に示す通りである。配合は事前の試験施工により選定し、現場の急勾配(11%程度)に対応するために低スランプかつ、チクトロピー性(振動を与えると流動し、振動を止めると流動しなくなる性質)が強いコンクリートとなっている。また、高分子材料を添加することにより、付着強度の確保、ひび割れ発生の抑制、床版の変形に対する追従性確保を図っている。なお、施工当日のフレッシュ性状は、スランプが0.5~2.5cm、空気量2.5~2.7%、コンクリート温度33~35℃であった。

3. 舗装の供用性に関する調査

舗装の供用性に関する調査は、図5に示す位置で、わだち掘れ、平たん性、すべり抵抗性を測定した。

また、図6に示す平面図の縦横線の交点(横断方向12点×縦断方向21点、合計252点)で、舗装と床版の付着をコンクリートテストによる打音で確認した。

4. 試験結果および考察

4-1. わだち掘れ

わだち掘れの測定結果を図7に示す。

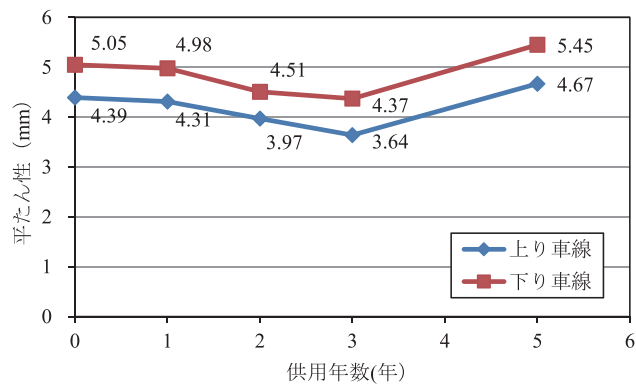


図8 平たん性の測定結果(MRP)

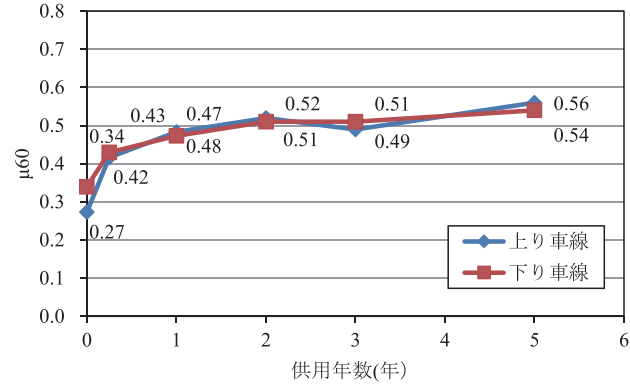


図9 すべり抵抗性の測定結果(DFT)

わだち掘れは、竣工時を初期値(わだち掘れ量0mm)とし、供用1年以降の測定結果は竣工時との差分をわだち掘れ量として整理した。供用5年時においてもわだち掘れ量は最大で5.7mmに留まり、車両の走行に問題となるようなわだち掘れは認められなかった。

4-2. 平たん性

平たん性は、各車線のOWP (Outer Wheel Path) で測定した。測定結果を図8に示す。

測定延長が33mと短いため、平たん性の値自体を論じることは困難であるが、相対的にみると、施工前の既設アスファルト舗装よりコンクリート舗装施工後は平たん性が2mmほど大きくなった。これは、①簡易な施工機械による人力施工であること、②LMCの練混ぜが重力式ミキサによるパッチ処理となったことにより材料供給が不連続となったこと、③一般にアスファルト舗装では仕上げ方向が縦方向(車両進行方向)であり、アスファルト舗装の方がコンクリート舗装より平たん仕上げが容易であること、等が考えられる。

平たん性の改善には、施工面では薄層用フィニッシュの採用、橋梁用ペーパの採用と縦型仕上げ装置の併用が、材料製造面では、連続的な製造と供給、施工に適したコンシステンシーの設定が必要であると考えられる。

なお、平たん性は、供用5年経過時点ではほぼ変化せずに初期値と同程度であり、4～5mmと比較的大きな値であるものの道路利用者からの苦情は無いとのこ

とから、平たん性の増加は車両走行に支障が生じない範囲のものと考えられる。

4-3. すべり抵抗性

すべり抵抗性は図5の測定位置No.1～7の7箇所 で測定した。No.7は間詰部であり車両の通行が無い箇所であるため、竣工時のみ測定した。測定結果を図9に示す。なお、図9は、上下車線3箇所ずつの結果を平均した値の経年変化を示している。

動的摩擦係数 $\mu 60$ の値は、竣工時が0.3程度と比較的低い値であったが、供用に伴い増加する傾向が認められた。竣工時のすべり抵抗性が低くなったことは、施工時に表面仕上げ助剤としてLMCの材料であるポリマー混合液を散布したことが原因である可能性がある。竣工時は、路面に残存したポリマーの影響ですべり抵抗性が低くなったものの、供用に伴う車両の走行や雨水の影響により路面のポリマー膜が消失することで、すべり抵抗性が回復したと考えられる。なお、供用1年時点では0.47程度と十分なすべり抵抗性を有しており、安全性に問題は認められなかった。なお、箒目仕上げとした間詰部の動的摩擦係数 $\mu 60$ は、竣工時も0.55と高い値を示した。

事前の模擬施工での表面仕上げ方法の検討から、今回の試験施工では急勾配箇所に確実に路面凹凸を形成できる仕上げ方法として、車線上は横フレッシュグルーピングを採用した(写真11, 15)。一方、車両通行の無い間詰部では箒目仕上げとした(写真16)。こ

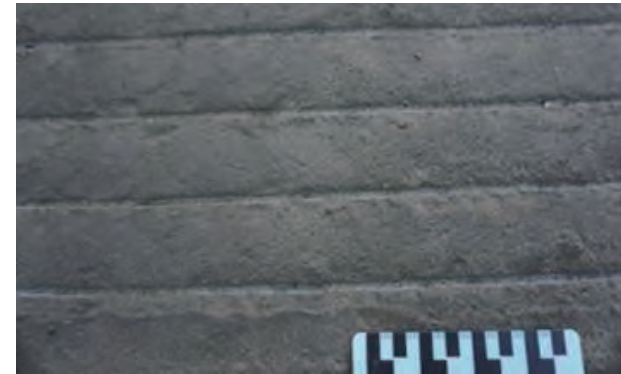


写真15 横フレッシュグルーピング仕上げの様子

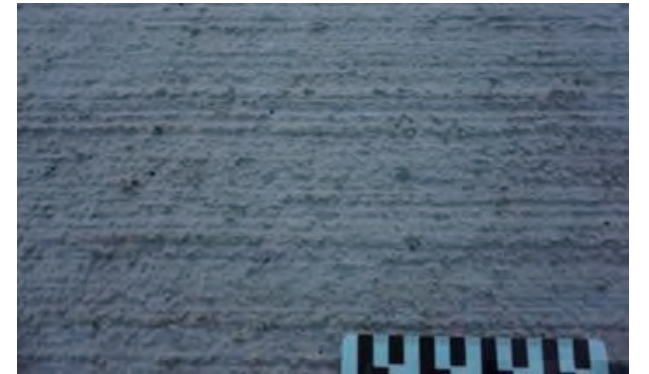


写真16 間詰部の箒目仕上げの様子

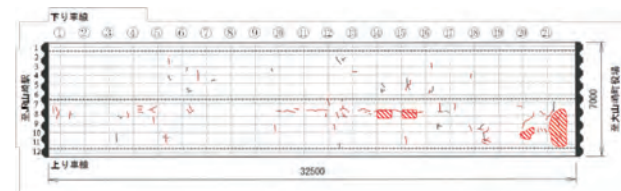


図10 供用1年(夏季)ひび割れ図(2017年8月)

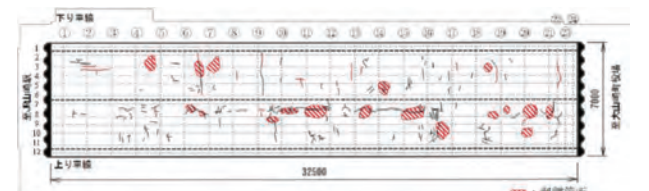


図11 供用3年(夏季)ひび割れ図(2019年9月)



図12 供用3年補修後(2019年9月)

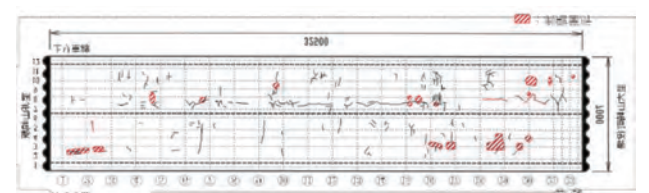


図13 供用5年(夏季)ひび割れ図(2021年9月)

れらの効果が十分発揮されたと考えられる。

4-4. ひび割れおよび剥離

ひび割れ調査は、竣工時(2016年8月末)と供用3ヶ月、1年(夏季)、1.3年(冬季)(上り車線のみ)、2年(夏季)、2.3年(冬季)、3年、4年、5年で実施した。

図10～13に、供用1年(2017年8月)から供用5年調査(2021年9月)におけるひび割れ図を示す。図中の赤線は、各調査時に新たに確認されたひび割れを示している。なお、ひび割れは、長さ20cm以上のものを示した。

概して、供用3ヶ月の時点(2016年12月)ではひび割れはほとんど認められなかったが、これ以降供用3年(2019年9月)までは調査の度に新たなひび割れの発生が確認された。供用3年(2019年9月)から5年(2021年9月)にかけては新たなひび割れの確認は少なくなる傾向であり、ひび割れの進展が鈍化しつつあ

ることが窺える。なお、確認されたひび割れ幅は、全て0.3mm以下であった。

供用1年(夏季)調査(2017年8月)では、上り車線の4箇所 でコンクリート舗装と床版の剥離が確認された(図10)。そこで早期の樹脂注入による補修を供用1.3年(冬季)(2017年12月)に、再度の補修を供用3年(夏季)(2019年9月)に実施した。

供用3年(夏季)(2019年9月)の調査結果を図11に、補修の結果を図12に示す。図12の紫のハッチング箇所は、樹脂注入を行ったものの翌日も剥離が確認された箇所を示しており、十分な補修が行えなかった箇所である。これは、剥離箇所の隙間が小さいため、補修において十分な樹脂注入が出来なかったものと考えられる。

供用5年(夏季)(2021年9月)の調査結果を図13に示す。供用3年(夏季)の調査からのひび割れおよび剥離の進展は少なく、補修の効果が窺われた。

セメント・コンクリート お得な年間購読



写真17 供用中の試験施工箇所(2023年6月7日)

剥離は主に接着剤未塗布箇所で確認された。一方、事前の模擬床版を用いたLMCの付着強度予備試験では、接着剤無しの試験体でも十分な付着強度が得られていた。

試験舗装区間で剥離が生じたのは、急勾配に対応するために低スランプとした硬練りのLMCに対して、施工で用いたエア駆動式簡易フィニッシャでは締固めが不十分であったため、床版コンクリートと十分に付着しなかったことが一因として考えられる。

以上に鑑み、急勾配でのコンクリート床版上に硬練りのLMCを施工する場合は、接着剤は版全体に塗布することが望ましいと考えられた。

5. 供用約8年(2023年6月7日)の状況

供用約8年となる2023年6月7日に、供用中の試験施工箇所を目視観察した(写真17)。

その結果、若干、グルーピングに沿って表面の微細なひび割れが確認できたものの、コンクリート舗装には何ら損傷も無く、グルーピングの健全性も保たれており、特に問題なく自動車が走行している様子が確認できた。

6. まとめ

RC床版へのコンクリート舗装の適用性を評価することを目的に、京都府大山崎町の天王山古戦橋にて試験施工を行い、供用5年までの供用性を評価した。

路面の供用性は、既設のアスファルト舗装と比較し

て平たん性の測定値が大きくなったが、道路使用者からの苦情は無いことから、平たん性については車両走行に支障は生じない範囲のものと考えられた。供用に伴うわだち掘れの進行は、ごく軽微なものであった。また、動的摩擦係数は供用に伴い増加する傾向が認められ、供用5年時点でも十分なすべり抵抗性を維持していることを確認した。これらの結果から、LMCを用いたコンクリート舗装は、車両走行の観点からは所要の路面性状を維持していると考えられた。

一方、供用1～3年調査にかけて、舗装の一部にひび割れおよび剥離が認められた。このため、2度にわたり樹脂注入による補修を行った。補修後の供用5年調査では、剥離のすべては解消できなかったものの、剥離範囲の減少と進展が小さいことが確認され、補修の効果が窺われた。なお、剥離は主に接着剤の未塗布箇所で生じたことから、急勾配箇所でのコンクリート床版上に硬練りのLMCを施工する場合は、打重ね面となる床版上面の全面に接着剤を塗布することが望ましいと考えられる。

【参考文献】

- 1) 玉越隆史、横井芳輝/国土技術政策総合研究所資料No.822平成25年度道路構造物に関する基本データ集、2015.01
- 2) (公社)日本道路協会：舗装施工便覧、p.176、2006.2
- 3) (公社)土木学会：道路橋床版の橋面コンクリート舗装、2016.11
- 4) 梶尾聡、橘吉宏、瀧波勇人、阪口純一/ラテックス改質コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装、舗装 Vol 52、No.10、2017.10



本誌は 1947 年の創刊以来、75 年以上にわたり日本のセメント・コンクリート技術を支えてまいりました。「セメコン誌」は、いま必要な情報、明日のお仕事・ご研究に役立つヒントを毎月お手元にお届けいたします。

最新のセメント・コンクリート技術を毎号多彩に紹介

- ・土木建築分野の特徴的な施工事例
- ・セメント化学分野の研究動向
- ・学協会の関連規基準類の制定・改定を解説
- ・脱炭素・低炭素社会を目指すセメント産業 など

◆セメント協会では、セメントに関する基礎知識から最新技術情報、関連規格解説など、以下のような書籍を発行しております。◆

	セメント系固材による地盤改良マニュアル [第5版]	A5判 502頁 6,600円
	セメントの常識 (2020年版オールカラー)	A4判 72頁 2,200円
	C3 クリップボード [コンクリート化学編]	A4判 123頁 3,080円

	C3 クリップボード [セメント化学編]	A4判 134頁 3,080円
	すぐに役立つ セメント系補修・補強材料の基礎知識 [第2版]	B5判 197頁 3,520円
	コンクリート夜話 (山田順治著)	A5判 261頁 2,200円

	セメント・コンクリート論文集 (No.65 2011)	A4判 573頁 11,524円
	セメント・コンクリート論文集 (Vol.66 2012)	A4判 713頁 11,524円
	セメント・コンクリート論文集 (Vol.67 2013)	A4判 647頁 11,000円

(注) 1. 送料は図書代金と一緒に請求させていただきます。 2. 10冊以上のご注文は同一送付先に限り、送料は当協会で負担いたします。 3. お支払いは銀行振込でお願い申し上げます。 4. 恐れ入りますが、銀行振込の振込手数料は購入者のご負担でお願い申し上げます。 5. 提供いただいたお客様の個人情報は、お申し込みいただいた月刊誌・書籍の発送や案内、およびそのために必要な情報確認以外に使用することはありません。

その他、単行本や資料集など、各種ご用意しております。詳しくはホームページよりご覧ください。

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

CO₂排出量と六価クロム溶出量を低減させる地盤改良材「バイプロジオ™」

Ground improvement material with reduced CO₂ emissions and hexavalent chromium elution, By-pro Geo

諸富 鉄之助 三浦 俊彦

1. はじめに

昨今の建設業では、行政の環境計画や経団連「カーボンニュートラル行動計画」と連携し、施工段階におけるCO₂排出量を2050年までに実質ゼロとするための取組みを推進中である¹⁾。しかしセメントのCO₂排出原単位(材料1kgを製造する際に排出されるCO₂量)は、例えば普通ポルトランドセメントについては0.766 kg-CO₂/kgと大きく²⁾、改善の余地がある。

また、セメント系固化材による地盤改良は多数の施工実績があり、各セメントメーカーの製品種類も多数ある。ただ、火山灰質粘性土等では六価クロムの溶出が懸念される。このような特殊土の場合、六価クロム溶出抑制型の固化材が用いられる。しかし関東ロームや沖積粘土のような粘性土地盤や、改良強度が小さい施工条件等の場合には、必ずしも六価クロム溶出量を低減できず、基準値を超過する場合がある。さらに2022年から六価クロムの地下水基準が0.05 mg/Lから0.02 mg/Lに改定されたことにより、今後は土壤溶

出量基準も厳しくなることが想定される。このような背景から、ますます六価クロム溶出の懸念がない改良材や施工方法が必要と考えられる。

そこで筆者らは、セメント系固化材と比べてCO₂排出量および六価クロム溶出量の両者を低減できる地盤改良材「バイプロジオ」を開発した。バイプロジオの性能を検証するため、粘性土および砂質土を対象に、土質・地盤改良現場を想定した室内試験を実施した。さらに砂質土では実証試験も実施した。具体的には、室内試験の結果から決定した改良材添加量条件で試験盛土を造成し、一軸圧縮強度等に加えて締固め度等も測定し、実大規模におけるバイプロジオの性能を実証した。本稿では、それらについて報告する。

2. バイプロジオについて

バイプロジオは、改良対象とする土質に応じて、セメント、スラグ、2種類のCa系添加材の計4種類の材料を適切なバランスで配合した改良材であり、強度・環境安全性・CO₂排出量において優れる。本検討では、標準的な配合としてセメントを約10%、スラグを50%以上含有した。スラグにはJIS規格適合の高炉スラグ微粉末を使用した。特徴は以下の通りである。

① 強度について

セメントを含むため、自硬性を有する。さらに比較的

表1 試験で使用了材料のCO₂排出原単位

改良材	CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /kg)
OPC	0.766
BB	0.479
固化材 A, B, C	0.536
バイプロジオ	0.270

表2 試料土の物性値

項目	単位	値
土粒子密度	g/cm ³	2.882
自然含水比	%	125.6
礫分	%	0.0
砂分	%	8.7
シルト分	%	41.9
粘土分	%	49.4
液性限界	%	166.5
塑性限界	%	93.9

高配合で含有されるCa系添加材がアルカリ刺激材として作用するため、関東ロームのような緩衝力の強い土質の場合でも、セメントの水和反応やスラグの潜在水硬性が十分に発現される。

② 環境安全性について

六価クロムが溶出する材料であるセメントの含有量が約10%と小さい。また六価クロム溶出量の低減効果を有すると考えられている³⁾スラグを50%以上含有する。

③ CO₂排出量について

副産物由来であるスラグを50%以上含有するため、材料のCO₂排出量原単位が小さい。スラグ等の副産物を利用した改良材は、セメントと比べると強度が小さいため添加量が過剰になることが多いが、①にも記載した通り、バイプロジオは強度発現が良いため、少量の添加量で必要な強度を確保できる。そのため土1 m³当りを改良する際のCO₂排出量も低く抑えることが可能である。

室内試験でを使用した普通ポルトランドセメント(以下、OPCと称す)、高炉セメントB種(以下、BBと称す)、固化材A、B、Cと合わせて、バイプロジオのCO₂排出原単位を表1に示す。固化材A、Bは高有機質土用セメント系固化材で、固化材Cは特殊土用

セメント系固化材である。それぞれのCO₂排出原単位はメーカーヒアリングから推定し、それぞれ同じ値で考えた。また、既往の文献²⁾に従い、副産物であるスラグのCO₂排出原単位は0.0356 kg-CO₂/kgと考えた。他の改良材と比べてバイプロジオのCO₂排出原単位が小さいことがわかる。

3. 粘性土の改良

3-1. 試験方法

試料土には、9.5 mm以下に篩った関東ロームを使用した。物性値を表2に示す。改良材には、OPC、BB、固化材A、固化材B、バイプロジオの5種類を使用した。バックホウによる一般的な土間下の浅層改良を想定し、設計基準強度150 kN/m²、現場室内強度比0.5とした。設計指針⁴⁾から目標一軸圧縮強度を730 kN/m²と設定した。

改良材添加量を200、250、325 kg/m³の3ケースとして、自然含水比の試料土に改良材を添加し、ソイルミキサーで4分間、混合・攪拌した。その後、セメント協会規格の締固め方法⁵⁾に準拠し、φ5 cm、高さ10 cmのモールド内に3層に分けて充填・締固めを実



もろとみ てつのすけ / MOROTOMI Tetsunosuke
(株)大林組
技術研究所
主任



みうら としひこ / MIURA Toshihiko
同上
上級主席技師

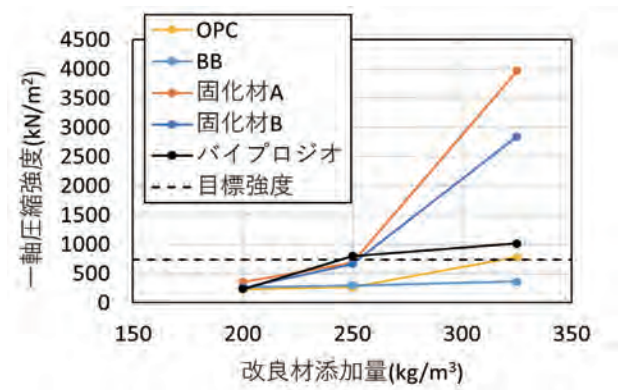


図1 強度と添加量の関係

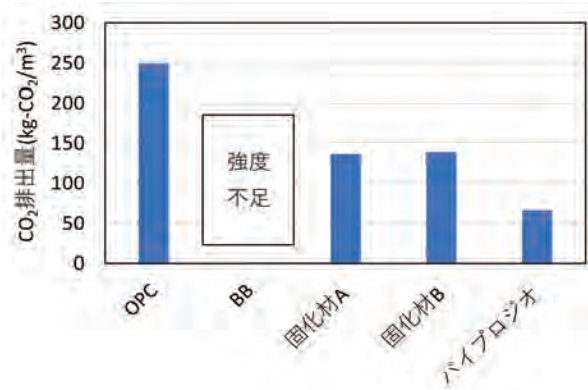


図2 CO₂排出量の算出結果

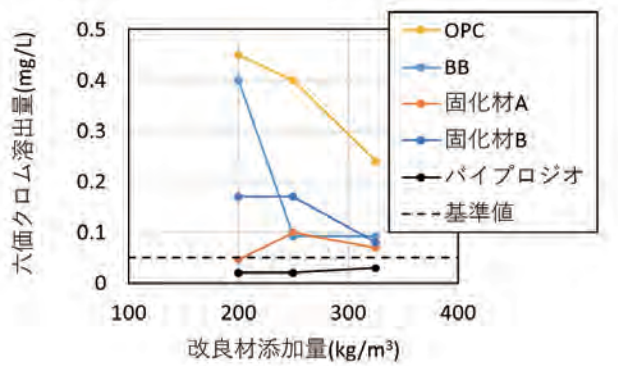


図3 溶出量と添加量の関係

施した。その後、7、28日間密閉養生した。養生後に、一軸圧縮試験および溶出試験を実施した。溶出試験は環境庁告示46号に従い、分析項目はpHと六価クロムとし、六価クロムの分析はジフェニカルバジド法(JIS K 0102 65.2.1)で実施した。

なお、一軸圧縮試験については材齢ごとに3本ずつ供試体を作製した。溶出試験は、7日養生の一軸圧縮試験後の供試体3本を合わせて1つの試料土とした。

3-2. 試験結果

図1に改良材添加量と28日養生後の一軸圧縮強度の関係を示す。改良材添加量が200 kg/m³のケースでは、すべての改良材で強度に大きな差はなく、改良材添加量が250、325 kg/m³と増加するにつれ、それぞれ強度が増加した。その増加量は、OPCとBBが小さく、次いでバイプロジオ、固化材A、Bが大きかった。既往の研究⁶⁾で知られているように、関東ロー

ムのような火山灰質粘性土では、OPCやBBといったJISで規定されたセメントでは強度が発現しづらかった。一方で、バイプロジオおよびセメント系固化材では、改良材添加量を増加すると強度が確保できた。

図1のグラフから目標強度を満足する改良材添加量を算出し、その添加量に改良材のCO₂排出原単位を乗じて、土1 m³を改良する際のCO₂排出量を計算した。まず算出したそれぞれの添加量について、OPCは325 kg/m³、固化材Aは255 kg/m³、固化材Bは260 kg/m³、バイプロジオは245 kg/m³であった。BBは添加量325 kg/m³でも目標強度を満足しなかったため、CO₂排出量は算出できなかった。CO₂排出量の算出結果を図2に示す。固化材A、Bと比べてバイプロジオでは、CO₂排出量が半分以下の66 kg-CO₂/m³であった。

次に六価クロム溶出量について述べる。それぞれの改良材添加量と養生7日における六価クロム溶出量の関係を図3に示す。固化材A、Bはほとんどのケースで現行の六価クロム溶出量基準値0.05 mg/Lを超過した。六価クロム抑制型のセメント系固化材であっても、条件によっては六価クロム溶出量が基準値を超過する場合もあることが示唆された。一方で、バイプロジオについてはすべてのケースで基準を満足した。改良材添加量により六価クロム溶出量は異なるが、セメント系固化材と比較して、バイプロジオを使用することで、大幅に六価クロム溶出量を低減できた。

項目	単位	値
土粒子密度	g/cm³	2.610
自然含水比	%	24.3
礫分	%	26.2
砂分	%	35.2
シルト分	%	17.1
粘土分	%	21.5
液性限界	%	44.8
塑性限界	%	32.0

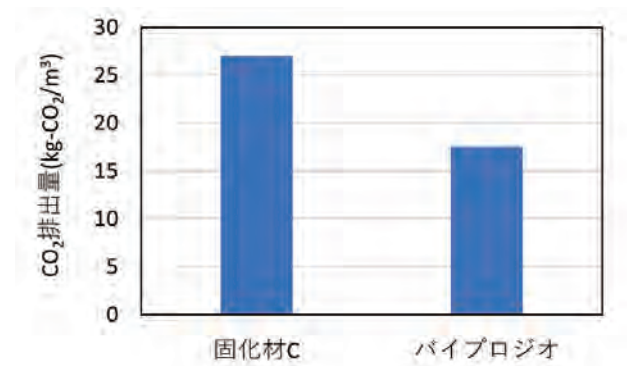


図5 CO₂排出量の算出結果

4. 砂質土の改良

4-1. 室内試験

4-1-1. 試験方法

試料土には、9.5 mm以下に篩った砂質土を使用した。

物性値を表3に示す。改良材には、固化材C、バイプロジオの2種類を使用した。

現地発生土を擁壁基礎として使用するためのバックホウによる土質改良を想定し、許容鉛直支持力度200 kN/m²、現場室内強度比0.33として、目標一軸圧縮強度を1200 kN/m²と設定した⁷⁾。

供試体作製および測定は、3-1.と概ね同様の要領で実施した。改良材添加量は50、100、200 kg/m³の3ケースとした。

4-1-2. 試験結果

図4に改良材添加量と養生28日での一軸圧縮強度の関係を示す。固化材Cと比べるとバイプロジオの強度発現は小さかったが、目標強度は十分に確保できた。

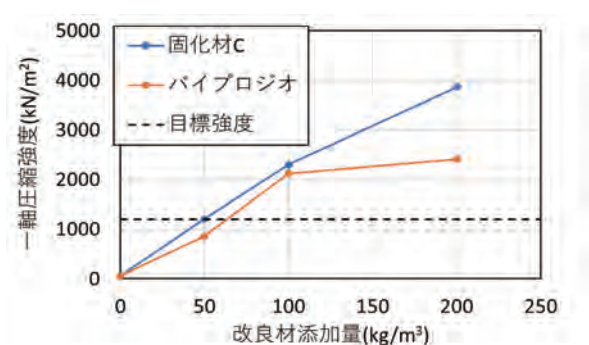


図4 強度と添加量の関係(28日養生)

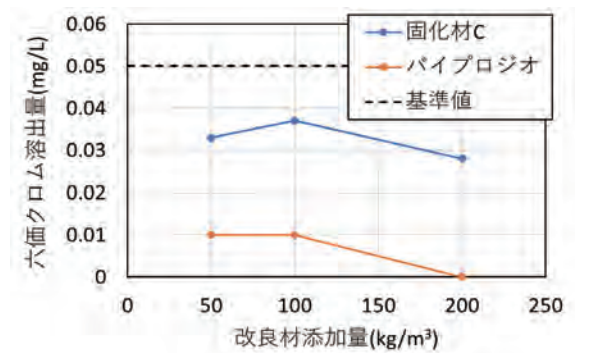


図6 溶出量と添加量の関係(7日養生)

3-2.と同様の要領で、土1 m³を改良する際のCO₂排出量を算出した。まず目標強度を満足する改良材添加量はそれぞれ、固化材Cで50 kg/m³、バイプロジオで65 kg/m³であった。CO₂排出量の算出結果を図5に示す。固化材Cと比べてバイプロジオでは、CO₂排出量が35%以上低減し、18 kg-CO₂/m³であった。

それぞれの改良材添加量と養生7日における六価クロム溶出量の関係を図6に示す。関東ロームの場合と異なり、砂質土の場合は、セメント系固化材の六価クロム溶出量は小さく、すべての添加量で基準を満足した。またバイプロジオでは、すべての添加量で0.01 mg/L以下であり、砂質土においてもセメント系固化材と比べて六価クロム溶出量が小さいことが確認できた。

4-2. 試験盛土造成による実証試験

4-2-1. 試験方法

土は4-1.と同じ砂質土を、改良材は固化材Cとバイプロジオを使用した。改良材の添加量は、室内配合試験の結果から、固化材Cは50 kg/m³、バイプロジ



写真1 バイプロジオ混合・攪拌状況



写真2 試験盛土の転圧状況



写真3 試験盛土完成状況

オは65 kg/m³とした。

盛土1層の仕上がり厚さは30 cmを目標とし、幅3 m、奥行5 mの区画に土を33 cm厚さでまき出した。

土の上に、事前に所定の添加量になるよう計量した改良材を散布し、バックホウにより10分間、土と改良材を混合・攪拌した。**写真1**に混合・攪拌時の状況を示す。その後、コンバインド振動ローラー(3.5 t級)を用いて8回転圧した(**写真2**)。上記の工程を繰り返して、厚さ60 cmの試験盛土を造成した。**写真3**に盛土完成時の状況を示す。盛土造成直後に、盛土天端で透過型RIを用いて締固め度を測定した。また7日後に、平板載荷試験を実施し、支持力を測定した。

また一軸圧縮強度試験用および六価クロム溶出量測定用の試料として、混合・攪拌直後の試料土を3 kg程度採取した。篩い分けした9.5 mm以下の試料土を用いて、一軸圧縮試験の供試体を作製した。バックホウで混合したため室内試験よりばらつきが大きくなることを考慮して、供試体本数は6本とした。締固め方法や養生方法、六価クロム溶出量の測定方法は、3-1.と

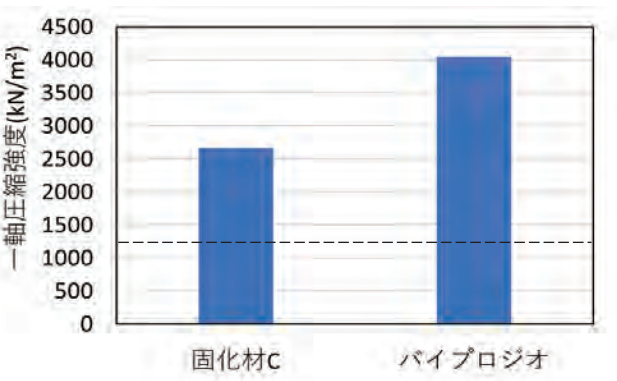


図7 一軸圧縮強度(28日養生)

同様の要領で実施した。

4-2-2. 試験結果

図7にそれぞれの改良材における養生28日後の一軸圧縮強度を示す。いずれの固化材でも、要求品質を満足した。また4-1.の室内試験とは異なり、固化材Cと比べてバイプロジオの強度が大きかった。この原因については現在解明できていないが、セメント系固化材を比べてバイプロジオが遜色なく強度発現することが示唆された。

CO₂排出量は、室内試験の結果から添加量を決定したため、4-1.と同様の結果である。

次に六価クロムについて、それぞれの改良材における六価クロム溶出量を**図8**に示す。いずれの改良材でも、室内試験時よりも六価クロム溶出量が増加した。これについては、試料土が室内試験時よりも低含水比であったため、水和反応しなかった改良材から六価クロムが溶出したと考えられる。固化材Cは基準値0.05 mg/Lを上回る0.067 mg/Lであった。一方でバイプロジオは、

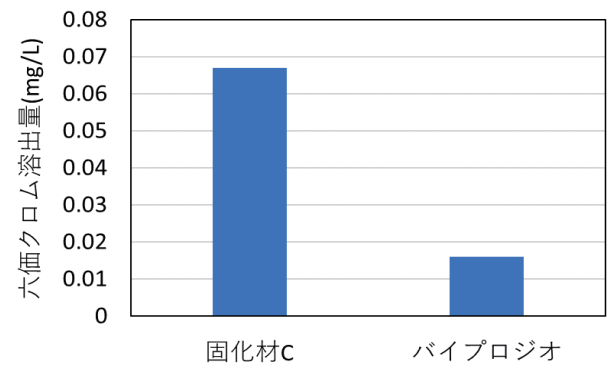


図8 六価クロム溶出量

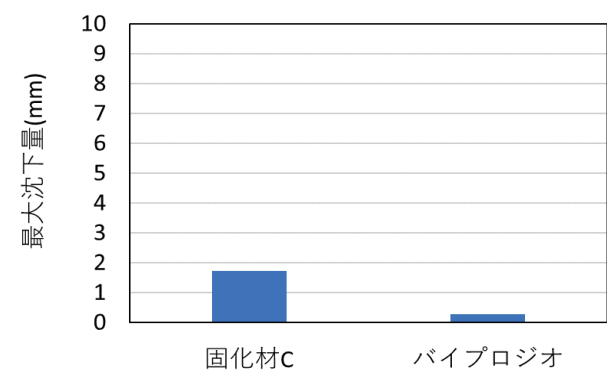


図10 最大沈下量

0.016 mg/Lと基準を満足した。実証試験からも、バイプロジオの六価クロムリスクの低減が確認できた。

次に散乱型RIで測定した締固め度を**図9**に示す。いずれの改良材でも、施工管理の目安となる締固め度90%を満足した。バイプロジオを使用しても、締固め不足や必要転圧回数の増加は見られなかった。よってバイプロジオは施工性に悪影響を及ぼさないことを確認できた。

平板載荷試験では、いずれの改良材においても目標とする地耐力200 kN/m²以上を確保できた。**図10**にそれぞれの改良材における、平板載荷試験中の最大沈下量を示す。いずれの改良材においても、沈下量は非常に小さかった。ここからバイプロジオによって改良した地盤について、品質上問題ないことを確認できた。

5. まとめ

強度・環境安全性・CO₂排出量において優れる地盤改良材「バイプロジオ」の性能を評価した。粘性土お

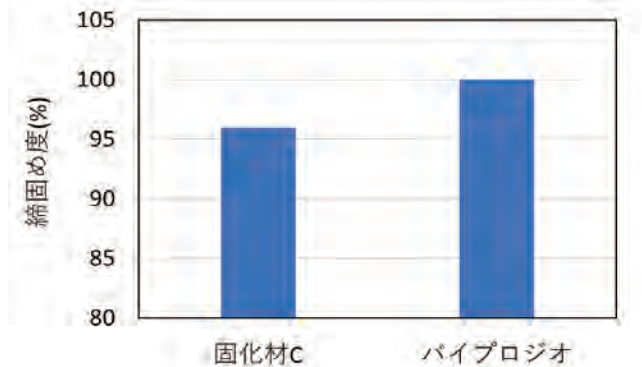


図9 締固め度

よび砂質土を用いた室内配合試験と、砂質土を用いた試験盛土を造成する実証試験を実施し、一軸圧縮強度や六価クロム溶出量、CO₂排出量等を評価した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 関東ロームを用いて室内試験を実施した。その結果、バイプロジオは、セメント系固化材と同程度の添加量で目標強度を満足した。その際のCO₂排出量は、セメント系固化材と比べて半分以下であった。またバイプロジオのみが、六価クロム溶出量基準0.05 mg/L以下を満足した。
- 2) 砂質土を用いて室内試験を実施した。その結果、バイプロジオは、セメント系固化材の1.3倍の添加量で目標強度を満足した。その際のCO₂排出量を35%以上低減できた。また六価クロム溶出量も大きく低減できた。
- 3) バックホウで砂質土を改良し、試験盛土を造成する実証試験を実施した。この試験では、一軸圧縮強度、六価クロム溶出量、締固め度、地耐力を評価した。その結果、強度、環境安全性、施工性のすべてにおいて、実証レベルでもバイプロジオの性能に問題がないことを確認できた。

【参考文献】

- 1) (一社)日本建設業連合会／2020年度CO₂排出量調査報告書、2022
- 2) 土木学会／社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発に関する報告-社会資本LCAの実践方策、pp. 2～11、2012
- 3) 櫻井ら／高炉スラグ微粉末の六価クロム溶出抑制効果の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 36、pp. 52～57、2014
- 4) 日本建築センター、ベターリビング：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針-セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法-、pp. 367～377、2018
- 5) セメント協会／セメント系固化材による改良体の強さ試験方法(JCAS L-01)、2006
- 6) (社)セメント協会／セメント系固化材による地盤改良マニュアル第4版、p. 49、2012
- 7) (社)日本道路協会／道路土工擁壁工指針(平成24年度版)、p.69、2012

煨焼アロフェンを用いた 新たなセメント系材料の設計

The design of new cementitious materials using
calcined allophane

近藤 祥太 斎藤 豪 鈴木 一帆 伊藤 貴康

1. はじめに

わが国で2020年に「2050年カーボンニュートラル」が宣言されて以降、建設産業においてもCO₂削減への貢献が強く求められている。その中でも建設産業の主要資材である「コンクリート」は、CO₂削減へ期待される役割が非常に大きい。

コンクリートのCO₂削減に関する試みの一つとして、これまでフライアッシュや高炉水砕スラグ等の Supplementary Cementitious Materials (SCMs)を用いた“セメントクリンカーの代替”が行われてきたが、これら従来のSCMsが将来的にも安定した供給が見込まれるかどうかは不透明な部分がある。

このような背景から、本研究では海外で急速に進んでいる「粘土」のSCMsとしての利用技術に着目した。特にカオリナイトを含有する粘土は煨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、カオリナイトを含有する煨焼粘土を主原料としたLimestone Calcined Clay Cement (LC³)と呼ばれる次世代のセメント系材料が開発されている¹⁾。しかし、カオリナイトは日本では産出量が乏しい粘土鉱物である。

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る。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²⁾と考えられていたため、SCMsとしては利用されていなかった。しかし、アロフェンは煨焼することにより構造変化することが報告されている³⁾。カオリナイトでは煨焼による構造変化と高い反応性との関連が指摘されているものの⁴⁾、アロフェンには煨焼による反応性の向上効果が明確にはされていない。そのため、煨焼アロフェン自体の反応性とセメントとの反応性について詳細に検討する必要がある。

本稿では、煨焼アロフェンを用いたペーストの強度発現性状および水和性状について述べる。

2. 使用材料およびペースト作製

クリンカ源としてエーライト(C₃S)、クリンカ代替に用いる煨焼粘土として煨焼アロフェン(A800)および煨焼

表1 使用材料の化学組成(mass %)

Materials	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	LOI	SSA (m ² /g)
C ₃ S	22.47	0.04	0.12	75.92	0.46	0.01	0.03	0	0	0	0.55	—
A800	45.14	46.91	3.94	0.68	0.13	0.11	0.51	0.36	0.51	0.04	1.05	223
K800	49.36	45.71	0.99	0.08	0.02	0.04	0.1	0.15	1.75	0	1.26	19

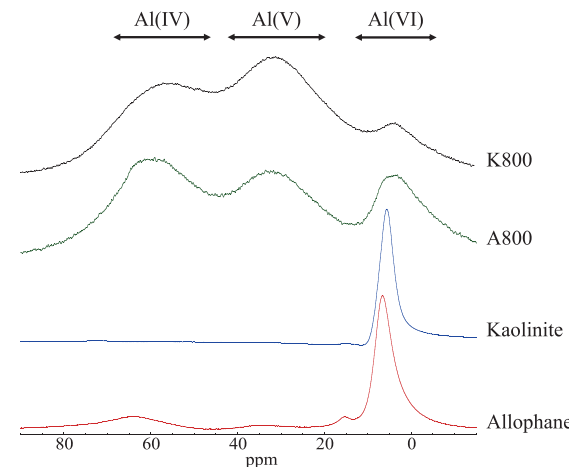


図1 粘土鉱物およびその煨焼物の²⁷Al MAS NMRスペクトル

カオリナイト(K800)を用いた(表1)。煨焼アロフェン、煨焼カオリナイトは、アロフェン、カオリナイトをそれぞれ電気炉に800℃で1時間焼成し急冷した後、ペースト作製の材料として用いた。なお、本研究で使用したアロフェンの純度は北川らが提案した酸-アルカリ交互溶解法(北川法)⁵⁾で定量したところ約73%、カオリナイトの純度はTGを用いた手法⁶⁾で定量したところ約84%であった。

図1に本研究で使用したアロフェンおよびカオリナイトと、800℃で1時間煨焼した煨焼アロフェンおよび煨焼カオリナイトの²⁷Al MAS NMRスペクトルを示す。アロフェンとカオリナイトはいずれも6配位Alに起因するピークが観察され、このピークの鋭さは両者がいずれも非常に秩序だった八面体構造を持つ粘土鉱物であることを示している。また、アロフェンには4配位Alのブロードピークが観察されるが、これはアロフェン構造中に微量存在する4配位Alに起因する³⁾。そして両者ともに、煨焼することにより6配位Alが減少し、4配位および5配位Alが増加していることが確認できる。Fernandezらはモンモリロナイト、イライト、カオリナイトの3種類の

表2 ペーストの配合表(mass %)

試料名	C ₃ S	Allophane	A800	K800
C ₃ S	100			
C ₃ S-A-30	70	30		
C ₃ S-A800-30	70		30	
C ₃ S-A800-70	30		70	
C ₃ S-A800-80	20		80	
C ₃ S-A800-90	10		90	
C ₃ S-K800-30	70			30
C ₃ S-K800-50	50			50

粘土のうち、煨焼による5配位Alの増加が発生した煨焼カオリナイトのポズラン活性が高いことを示している⁴⁾。煨焼によるAl配位数の変化と粘土鉱物のポズラン活性に関する検討はカオリナイト以外では行われておらず、配位数と反応性の関係性には不明瞭な点が多いことから、本研究では煨焼カオリナイトと同様の傾向が見られた煨焼アロフェンの反応性にも着目した。

表2にペーストの配合表を示す。所定の配合比で混合した材料に水粉体比70%となるよう水を入れ、攪拌機を用いて300rpmで1分半混合した。その後、1×1×6cmの型枠にペーストを流し込み、表面処理後、型枠に合わせて切ったOHPフィルムをかぶせ、20℃恒温室内で1日養生した。1日養生したペーストを脱型し、所定の期間養生を継続した。なお、養生期間は7、28日とした。養生を終えた後、ペーストにおける圧縮強度試験を実施し、その後5mm以下にサンプルを粗砕した試料を、イソプロパノールを用いて水和停止処理を行った。粗砕した試料をイソプロパノールに浸漬し、浸漬から24時間および72時間の時点で計2回の全量交換を行った。7日間浸漬した後、真空デシケーター内に試料を設置し、アスピレーターにより0.02MPaにて約1週間乾燥させた。乾燥させた試料



こんどう しょうた / KONDO Shota
大成建設(株) 技術センター



さいとう つよし / SAITO Tsuyoshi
新潟大学 工学部 工学科 社会基盤工学プログラム 博士(工学)



すずき かずほ / SUZUKI Kazuho
UBE三菱セメント(株) 研究所 博士(工学)



いとう たかやす / ITOH Takayasu
同上 技術戦略部

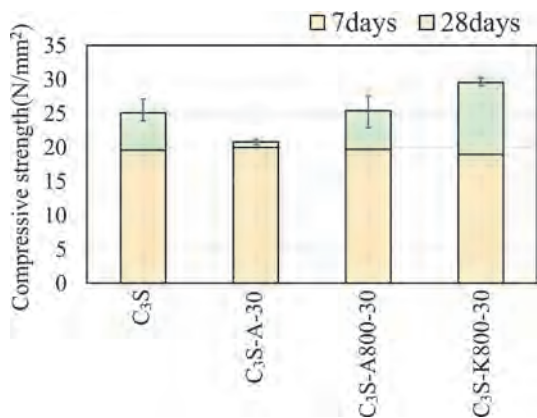


図2 圧縮強度試験結果

は乳鉢で粉碎した後90 μ mのふるいを全通したものを分析試料とした。

3. 強度発現性状

図2にC₃Sに対し、アロフェン、煅焼アロフェン、煅焼カオリナイトを内割30%で置換したペースト(C₃S-A-30, C₃S-A800-30, C₃S-K800-30)の圧縮強度試験結果を示す。また、比較用としてC₃Sを水和したペーストの結果を併記している。材齢28日における圧縮強度は、C₃Sが25.1N/mm²であるのに対し、C₃S-A-30が20.8N/mm²、C₃S-A800-30が25.4N/mm²、C₃S-K800-30は29.6N/mm²であり、アロフェンを用いたペーストはC₃Sよりも圧縮強度が劣るのに対し、煅焼アロフェンおよび煅焼カオリナイトを用いた場合にはC₃Sと同等以上の圧縮強度であることが確認できる。また材齢7日時点ではC₃S-A800-30が19.7N/mm²に対しC₃S-K800-30は19.0N/mm²であり、煅焼アロフェンを用いたペーストの初期強度は煅焼カオリナイトを用いたペーストと同等以上であった。

4. 水和性状

圧縮強度試験結果を踏まえ、どのような水和物が強度発現に寄与しているのかを確認した。

図3にC₃S-A800-30、C₃S-K800-30のXRDパターンを示している。材齢7日では、2 θ =7°, 14°, 22°付

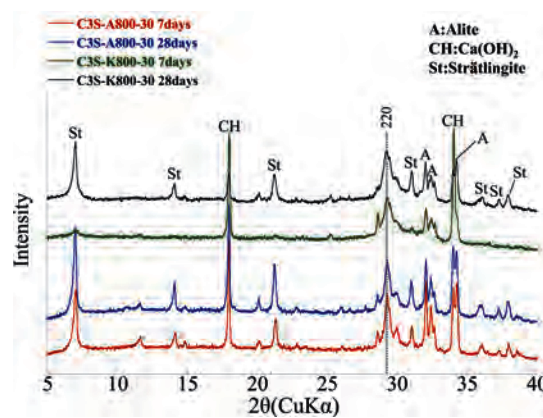


図3 XRDパターン

近に出現するストラトリンガイト(Ca₄Al₂[AlSi(OH)₈]₂(OH)₁₂・2H₂O)のピークがC₃S-K800-30ではわずかに確認でき、C₃S-A800-30では明瞭なピークとして確認できる。そして、材齢28日では、2つの系においてストラトリンガイトのピークが成長していることが観察される。また、いずれの条件でも、2 θ =18°付近に見られるCa(OH)₂(CH)のピークと、2 θ =29°, 50°付近のピークが観察される。2 θ =29°, 50°付近のピークはトバモライトゲルの(220), (040)の回折ピークであり⁷⁾、水和に伴いストラトリンガイト、CH、C-S-Hが生成していることが確認された。ストラトリンガイトは、ローマンコンクリート中にも存在することが認められているAFm系の水和物であり、コンクリートの耐久性向上に寄与すると考えられている⁸⁾。ストラトリンガイトは、CHと非晶質アルミノシリケートの反応であるポゾラン反応によって生成するとされており⁹⁾、C₃Sの水和によって生成したCHが煅焼カオリナイトおよび煅焼アロフェン中の非晶質アルミノシリケートとポゾラン反応を起こし、ストラトリンガイトが生成されたものと考えられる。煅焼カオリナイトと同様に5配位Alの存在している煅焼アロフェンでも、ポゾラン反応性が増加したことから、煅焼による5配位Alの形成と、粘土鉱物の反応性の向上には明確な相関があると考えられる。

一方で、2 θ =32°, 34°付近のC₃Sに着目すると、C₃S-K800-30よりもC₃S-A800-30の回折強度が大きいことが確認できる。これは、C₃S-A800-30におけるC₃Sの反応量がC₃S-K800-30より減少していることを意味する。

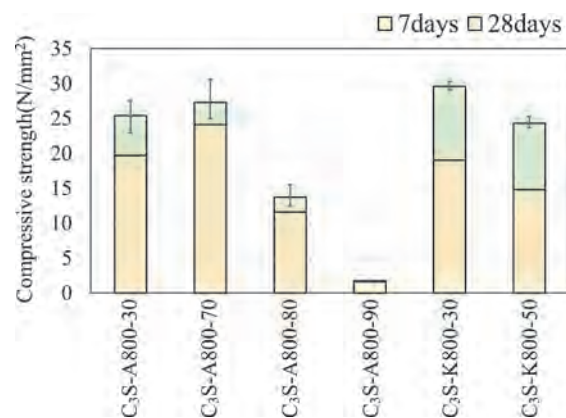


図4 圧縮強度試験結果

5. 煅焼アロフェン置換率を増加した際の影響

煅焼アロフェンを30%置換したC₃S-A800-30は、煅焼カオリナイトを30%置換したC₃S-K800-30と比較してC₃Sの反応量が減少する傾向があった。そこで本研究ではさらにC₃S量を減少させ、煅焼アロフェン置換量を70%および80%、90%に増加させたC₃S-A800-70、C₃S-A800-80、C₃S-A800-90を用いて検討を行った。比較対象として、煅焼カオリナイト置換量を50%に増加させたC₃S-K800-50も用意した。

図4にC₃S-A800-70、C₃S-A800-80、C₃S-A800-90、C₃S-K800-50の圧縮強度試験結果を示している。また、比較のため図2で示したC₃S-A800-30およびC₃S-K800-30の圧縮強度試験結果を併記している。初めに、C₃Sに対して煅焼アロフェンを70%置換したペーストであるC₃S-A800-70の材齢28日における圧縮強度は27.3N/mm²であり、C₃S-A800-30よりも1.9N/mm²増加した。一方、煅焼アロフェンの置換率を80%にしたC₃S-A800-80では13.7N/mm²、90%にしたC₃S-A800-90では1.7N/mm²まで低下した。C₃Sに対して煅焼カオリナイトを50%置換したC₃S-K800-50の材齢28日における圧縮強度は24.3N/mm²であり、30%置換時よりも圧縮強度が5.3N/mm²減少することが明らかとなった。また、材齢28日での圧縮強度は、煅焼カオリナイトを用いたC₃S-K800-30が最も高いものの、材齢7日の圧縮強度は、煅焼アロフェンを70%置

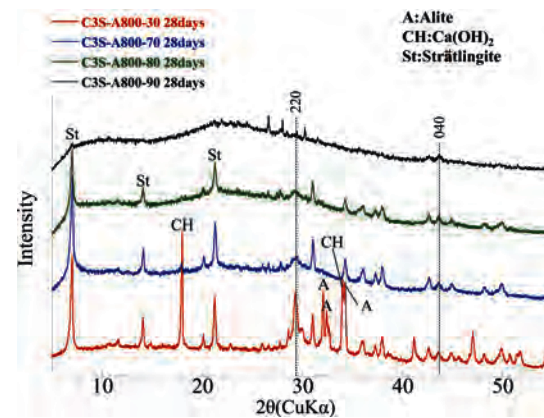


図5 XRDパターン

換したC₃S-A800-70が24.1N/mm²で全配合の中で最も高い強度であった。

以上の結果をまとめると、煅焼アロフェンを用いた配合では、C₃Sに対して最大70%まで置換することで強度増進する傾向があり、材齢7日時点の圧縮強度はC₃S単体や煅焼カオリナイトを使用したペーストを上回る強度を示すことが明らかとなった。この結果は、初期強度を担保しつつ、煅焼アロフェンの置換率を従来の煅焼粘土よりも増加することができる可能性を示すものである。なお、本検討ではクリンカ源にC₃Sを用いており、実際のセメントを用いる場合には性状が変わることも想定されるため、別途検討が必要である。

C₃S-A800-30、C₃S-A800-70、C₃S-A800-80、C₃S-A800-90のXRDパターンを図5に示している。

煅焼アロフェン置換量を70%に増加させたC₃S-A800-70では、C₃S-A800-30同様、2 θ =7°, 14°, 22°付近のストラトリンガイトの回折ピークが見られる。一方、2 θ =32°および2 θ =34°付近のC₃Sの回折ピークが確認できないことから、煅焼アロフェン置換量の増加により内割30%に減少したC₃Sがほとんど反応していることが考えられる。また、2 θ =29°, 50°付近のトバモライトゲルの(220), (040)の回折ピークに着目すると、C₃S量の減少に伴い回折ピークが低下している。

この結果より、煅焼アロフェン置換率を30%から70%に増加させることで生成するC-S-Hの割合が低下し、ストラトリンガイトが主成分となることが明らかとなった。加えて、C₃S-A800-70では、2 θ =18°付近に見ら

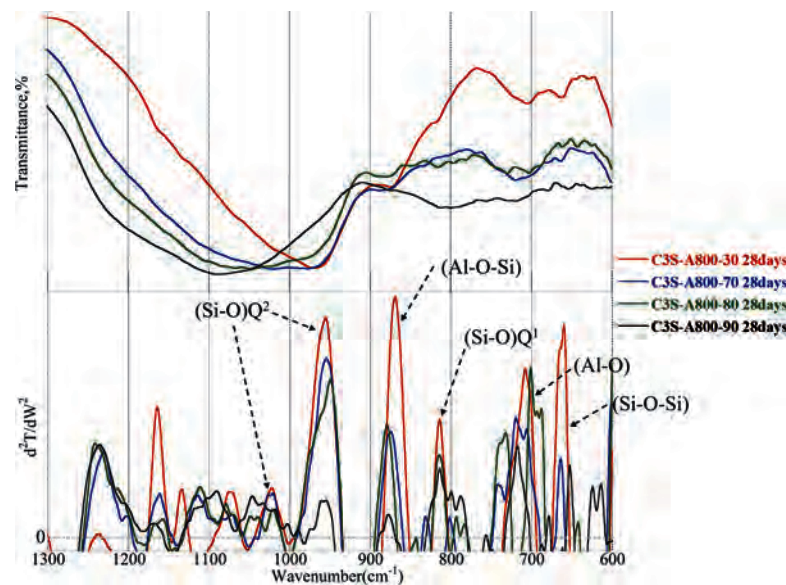


図6 FTIRスペクトル

れるCHの回折ピークがC₃S-A800-30よりも著しく低いことが確認できる。煅焼アロフェン置換率の増加に伴いC-S-Hが減少する傾向は、図6に示したFTIRスペクトルでも、C-S-Hに起因する各ピーク¹⁰⁾ (670cm⁻¹ 付近のSi-O-Siの変角振動, 810cm⁻¹付近のQ¹のSi-O伸縮運動, 960cm⁻¹付近のQ²のSi-O伸縮振動)の減少という形で確認できた。

以上の結果を踏まえると、図4に示した圧縮試験結果において、煅焼アロフェン置換率が30 %よりも70 %の系で高い圧縮強度を示したのは、煅焼アロフェン置換量を70 %とすることで未反応C₃SやCHが減少し、ストラトリングライトが主成分となることで構造が緻密化したことに起因するものと推測する。

他方、煅焼アロフェンの置換率を80 %に増加させたA800-80でもストラトリングライトが生成しているもののそのピーク強度は低下しており、置換率を90 %としたA800-90ではストラトリングライトの生成は確認されなかった。

6. まとめ

煅焼アロフェンを用いたペーストの強度発現性状および水和性状について検討を行った。

C₃Sに煅焼アロフェンを30%置換したペーストは、C₃S単相を水和したペーストと同等の圧縮強度を有し

ていた。煅焼アロフェン置換率30%のペーストには、CH、C-S-H、ストラトリングライトが主な水和物であり、煅焼カオリナイトを用いたペーストと比較して、C₃Sの反応量が減少していた。

煅焼アロフェン置換量を増加して検討を行った結果、煅焼アロフェン置換量を70%まで増加させたペーストでは30%置換時と比較して圧縮強度が増進する傾向が示された。これは、未反応のC₃S、CHが減少し、主成分がストラトリングライトになったことに起因するものと考えられる。

以上の結果より、煅焼アロフェンを用いたセメント系材料では、ストラトリングライトを主成分とした材料設計により、従来よりもクリンカー量を削減できる可能性がある。本研究結果は、セメントの水和を阻害するとされ利用が進んでいなかったアロフェンを活用し、ストラトリングライトを主成分とした、新しい低炭素セメント系材料の可能性を示すものである。

【謝辞】本研究における試料作製および圧縮強度試験につきましては、UBE三菱セメント(株)の福島悠太様に実施していただきました。また、固体NMR測定は、物質・材料研究機構NMRステーションの支援を受けて実施されました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) K. Scrivner et al. / Calcined clay limestone cements (LC3), Cem. Concr. Res., Vol. 114, pp. 49~56, 2018
- 2) セメント協会 セメント系固材技術専門委員会／火山灰質粘性土のセメント改良体における強度発現に関する検討《アロフェンの影響について》, セメント・コンクリート, No. 780, pp. 3~8, 2012
- 3) P. Du et al. / Calcination-induced changes in structure, morphology, and porosity of allophane, Applied Clay Science, Vol. 158, pp. 211~218, 2018
- 4) R. Fernandez et al. / The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite, Cem. Concr. Res., Vol. 41, pp. 113~122, 2011
- 5) 北川靖夫／土壌中のアロフェンおよび非晶質無機成分の定量に関する研究, 農業技術研究所報告, No.29, pp. 1~48, 1977
- 6) F. Avet et al. / Investigation of the calcined kaolinite content on the hydration of Limestone Calcined Clay Cement (LC3), Cem. Concr. Res., Vol. 107, pp. 124~135, 2018
- 7) H. F. W. Taylor / The Chemistry of Cement., Academic Press, London and New York, 1964
- 8) M. D. Jackson et al. / Assessment of material characteristics of ancient concretes, Grande Aula, Markets of Trajan, Rome, Journal of Archaeological Science, Vol. 36, pp. 2481~2492, 2009
- 9) H. F. W. Taylor / Cement Chemistry, Thomas Telford, London, UK, 1997
- 10) P. Yu et al. / Structure of calcium silicate hydrate (C-S-H) : Near-, Mid-, and Far-Infrared Spectroscopy, J. Am. Ceram. Soc., Vol. 82, pp. 742~748, 1999

HOT NEWS

セ協広告が『第65回日本雑誌広告賞』で銀賞

当協会が週刊新潮(新潮社発行)に掲載している純広告*「セメントが、日本をまもる。」(2022年11月10日号他掲載, 本誌裏表紙参照)が、一般社団法人日本雑誌広告協会(中部嘉人 理事長・東京都千代田区)主催による標記広告賞第1部(純広告)ー自動車・金融・サービス・その他部門で銀賞を受賞した。

同広告賞は1958(昭和33)年に創設され、経済産業省後援のもと、雑誌広告に関する優秀な作品を表彰している。作品表彰を行うことにより、雑誌広告の質的向上を図るとともに、社会生活情報としての機能を高め、もってわが国の産業、経済、社会、文化の発展に寄与することを目的としている。

審査する広告作品は、月号表記で前年の7月1日付以降、当該年の6月30日までの1年以内に会員社発行の雑誌に掲載されたものが対象で、第65回は1,447点の応募があった。

応募作品は同協会の選考委員会において選考した後、同協会委嘱の7名の審査委員(佐々木 宏委員長)により最終審査を行い、受賞者を決定した。

*一般的な広告のこと。広告主が媒体社から特定の広告枠を購入して掲載する広告



なお表彰会は、去る11月8日(水)に東京ドームホテル(東京都文京区)にて開催され、代表としてセ協広報対策委員会・穴見明広委員長が表彰盾を受け取った。

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収集ツールとして、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=gZufv4ZS30E_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

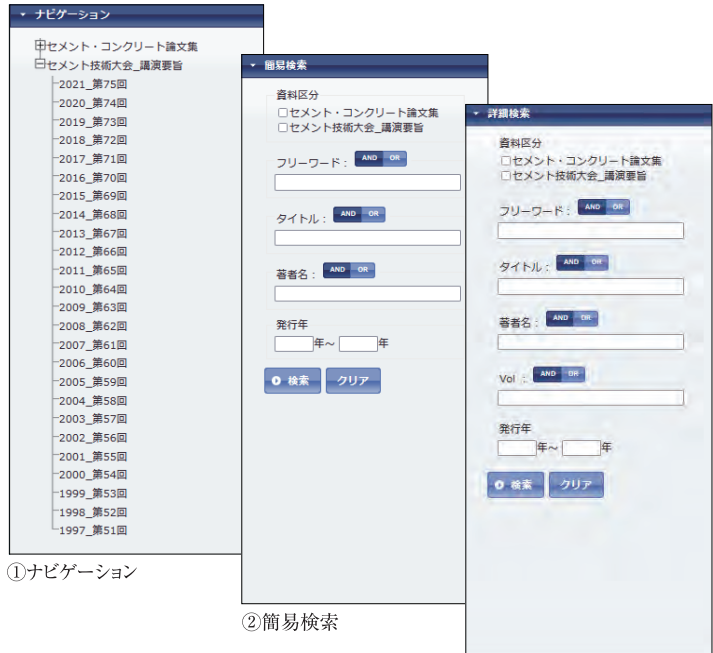
講演の申込時に登録する、「フリーワード」、「タイトル」、「著者名」、および「発行年」を対象に検索を行うことができます。また、「大会回数」を入力(例えば、「60回」)すると、第60回の研究報文の数や講演題目、著者名などが表示されます。

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。

<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



セルロースナノクリスタル、普通ポルトランドセメントおよび石灰石微粉末を用いた温室効果ガス排出量削減の取組み
Sivakumar Ramanathan, ほか
ACI Materials Journal
vol.120 [1] 205～218 (2023)

セルロースナノクリスタル (CNC) は、生分解性のカーボンニュートラルな素材であり、一般に酸加水分解により製造される長さ50～500nm、幅3～20nmの棒状晶である。既往の研究で、セメントにCNCを混合して使用することで、コンクリートの機械特性や物質移動特性が改善することが報告されているが、クリンカや温室効果ガス (GHG) 排出量の削減と合わせて議論した事例は少ない。そこで著者らは、普通ポルトランドセメント (OPC) の一部を石灰石微粉末 (LS) およびCNCに置き換えることで、従来のOPCと同等の性能を維持しつつ、GHG排出量削減の可能性を調べている。

本実験では、Type II のOPC、純度96%のLS、濃度11wt.%のCNC溶液を使用して、水結合材比0.40のセメントペーストを作製した。LSの置換率はOPCの質量に対して0、10、20、30%の4水準とし、CNCの添加率は結合材 (OPC+LS) の体積に対して0、0.2、0.5、1.0%の4水準とした。混合物の性能を定量的に評価するため、等温熱量測定、熱重量分析、曲げ強度試験、体積電気抵抗率試験を実施した。

実験の結果、CNCの添加率が0.5%までは、どの材齢においても結合材の水和度が増加した。また、セメントペースト中の細孔の相互接続性が低下し、体積電気抵抗率は最大で38%向上した。さらには、材齢7、28日における、セメントペーストの空隙率および曲げ強度への影響は見られなかった。LS置換率を20%、CNC添加率を0.2%とした場合、従来のOPCと同等の機械特性および物質移動特性を有する混合物が得ら

れ、最大19%のGHG 排出量を削減できる。さらに、LS置換率を30%、CNC添加率を0.2%とすることで、体積電気抵抗率は若干低下するが、従来のOPCと同等の機械特性となり、最大29%のGHG 排出量を削減することができる。

4成分系LC²スラグセメントの性能と反応性評価
Han Wang, ほか
Advances in Cement Research
[34] 529～541 (2023)

二酸化炭素排出削減のため、セメントの一部代替として補助セメント材料 (SCMs) が用いられる。高炉水砕スラグ (GGBS) やフライアッシュ (PFA) は代表的なSCMsとして挙げられるが、長期的な供給の保証がないことが懸念される。そこで近年、入手が容易かつ反応性の高い焼成粘土の利用が注目されている。さらに、石灰石と焼成粘土 (LC²) およびGGBSを含む4成分系混合セメントとすることで、圧縮強度の改善が期待される。複数のSCMsを含む混合セメントの性能評価およびSCMs間の相乗的相互作用を理解することは重要である。

本稿では石灰石、スラグ、焼成粘土を用いて、2-4成分系混合セメントを試製し、各セメントを用いたコンクリート圧縮強度試験および水和解析による要因解析を行った。コンクリート圧縮強度試験は中国国家規格GB/T50081に準拠した。4成分系のLC²スラグセメントを用いたコンクリートの圧縮強度は2成分系セメント (GGBSセメント/焼成粘土セメント) と比較して、3、7、28、90日でそれぞれ26、86、39および24%増大することが確認された。初期材齢 (3-28日) の強度は焼成粘土の高いポラゾン反応性とフィラー効果により増大したと考えられる。長期材齢 (28-90日) の強度発現は石灰石とスラグが共存するとき、最も圧縮強度が増大することが確認された。SCMs間の相互作用について、スラグと焼成粘土の反応性が石灰石の反応度に寄与していることが示唆された。これは石灰石中のCO₃²⁻がAl³⁺と反応、細孔溶液中のそれらの濃度を低下させ、スラグ・焼成粘土中のアルミノケイ酸塩の溶解速度を高めるためだと考えられている。以上より、4成分系のLC²スラグセメントではSCMs間の相互作用により、初期から長期材齢までの強度発現を良好にすることを確認した。



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

2024ふゆトピア・フェア in 北広島
～ふゆトピア研究発表会～

開催日：2024年1月11日(木)
会場：北広島市芸術文化ホール 大ホール(1F),
活動室1・2(2F)

参加費：無料
定員：第1会場500名, 第2会場150名
申込方法：国土交通省 北海道開発局 HPより申込み
問合せ：2024ふゆトピア・フェア in 北広島 実行委員会
事務局
電話：011-709-2311

JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)
改正説明会

開催日：[札幌市]2023年12月22日(金)
[東京都]2024年2月1日(木)
[大阪府]2024年1月22日(金)
[那覇市]2024年1月23日(火) ほか

参加費：一般13,200円, 日本規格協会維持会員
12,100円, 全国生コンクリート工業(協同)組
合連合会8,800円

定員：札幌300名, 東京900名, 大阪900名,
那覇180名
申込方法：JSA Webdesk HPより申込み
問合せ：日本規格協会グループ(JSA GROUP)研修
ユニット
電話：050-1742-6287

セメント協会主催
公式Instagram「第2回フォトコンテスト」

開催日：2024年1月31日(水)まで
媒体：SNS(Instagram)
参加費：無料
申込方法：セメント協会Instagram 公式アカウント
問合せ：(一社)セメント協会
アカウント：@_jca_ssoc_

「寒中コンクリート施工指針」改定講習会【東京会場】

開催日：2024年2月6日(火)
会場：建築会館ホール(港区芝)
参加費：会員12,000円, 後援団体会員14,000円,
会員外17,000円
定員：対面150名

申込方法：日本建築学会 HPより申込み
問合せ：日本建築学会
電話：03-3456-2051

「寒中コンクリート施工指針」改定講習会【札幌会場】

開催日：2024年2月19日(月)
会場：北海道建設会館 大ホール(札幌市中央区)
参加費：会員12,000円, 後援団体会員14,000円,
会員外17,000円
定員：対面100名
申込方法：日本建築学会 HPより申込み
問合せ：日本建築学会
電話：03-3456-2051

講習会「建築物の解体工事施工指針
(鉄筋コンクリート造編・鉄骨造編)」

開催日：2024年2月21日(水)
会場：建築会館ホール(港区芝) およびオンライン
参加費：会員9,000円, 後援団体会員11,000円,
会員外14,000円
定員：対面150名／オンライン制限なし
締切：対面2024年2月16日(金)
オンライン2024年2月5日(月)
申込方法：日本建築学会 HPより申込み
問合せ：日本建築学会
電話：03-3456-2051

第9回 初心者にもわかる信頼性工学セミナー

開催日：2024年2月26日(月), 27日(火)
会場：オンライン(Zoom)
参加費：[両日]会員7,000円, 非会員14,000円,
学生会員2,000円, 学生非会員4,000円
[1日]会員4,000円, 非会員8,000円,
学生会員1,000円, 学生非会員2,000円
定員：1日あたり50名
締切：2024年2月5日(月)
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「第9回 初心者にもわかる信頼
性工学セミナー」係
電話：075-761-5321

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
2024ふゆトピア・フェア in 北広島 ～ふゆトピア研究発表会～	2024年 1月11日	北海道	2024ふゆトピア・フェア in 北広島 実行委員会事務局	011-709-2311	本号 p.56
JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)改正説明会	2023年 12月22日	札幌市	日本規格協会グループ (JSA GROUP)研修ユニット	050-1742-6287	本号 p.56
	2024年 2月1日	東京都			
	2024年 1月22日	大阪府			
	2024年 1月23日	那覇市			
第11回 河川堤防技術シンポジウム	2024年 1月19日	東京都 および オンライン	土木学会地盤工学委員会 (事務局担当：那須)	03-3355-3559	本号 p.60
セメント協会主催 公式Instagram「第2回フォトコンテスト」	2024年 1月31日まで	SNS (Instagram)	セメント協会 Instagram 公式アカウント @_jca_ssoc_	_jca_ssoc_	表3
「寒中コンクリート施工指針」改定講習会	2024年 2月6日	東京都	日本建築学会	03-3456-2051	本号 p.56
	2024年 2月19日	札幌市			
講習会「建築物の解体工事施工指針 (鉄筋コンクリート造編・鉄骨造編)」	2024年 2月21日	東京都 および オンライン	日本建築学会	03-3456-2051	本号 p.56
第9回 初心者にもわかる信頼性工学セミナー	2024年 2月26日～27日	オンライン	日本材料学会 「第9回 初心者にもわかる 信頼性工学セミナー」係	075-761-5321	本号 p.56
第2回全国圧送技術大会	2024年 3月23日	東京都 および オンライン	全国コンクリート 圧送事業団体連合会	03-3254-0731	10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/>

※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

種類		23年		23年	
		8月	前年比	9月	前年比
ポルトランドセメント	普通	2,317	82.7	2,615	97.6
	早強・超早強	218	95.8	191	103.4
	中庸熟	48	78.7	88	100.8
	低熟	14	55.3	15	136.8
	耐硫酸塩	0	-	0	-
	その他	1	-	0	-
	小計	2,599	83.4	2,909	98.2
	高炉	627	82.2	779	107.1
混合セメント	シリカ	0	-	0	-
	フライアッシュ	3	179.6	3	247.2
	その他	56	84.6	64	103.4
	小計	686	82.6	846	107.0
その他のセメント		7	99.0	11	72.1
計		3,292	83.2	3,766	99.9
輸出用クリンカ等		397	81.3	274	79.7
合計		3,689	83.0	4,040	98.2

販売

地区		23年			23年		
		8月	前年比	構成比	9月	前年比	構成比
北海道		152	89.2	5.6	181	92.1	5.9
東北		207	85.6	7.7	242	83.0	7.9
関東一		672	97.1	24.9	749	99.8	24.5
関東二		243	88.2	9.0	266	84.5	8.7
北陸		121	94.0	4.5	135	94.2	4.4
東海		313	94.0	11.6	358	94.9	11.7
近畿		396	97.0	14.7	425	92.4	13.9
四国		79	79.7	2.9	95	88.9	3.1
中国		158	94.6	5.9	181	94.9	5.9
九州		305	82.2	11.3	357	91.0	11.7
沖縄		51	83.4	1.9	68	116.6	2.2
計		2,698	91.5	100.0	3,058	93.1	100.0

輸出

地域・仕向地		23年	23年
		8月	9月
アジア	韓国	32	25
	中国	0	0
	台湾	18	27
	香港	87	53
	フィリピン	72	0
	シンガポール	128	163
	ブルネイ	19	0
	スリランカ	0	0
	小計	356	268
その他	大洋州	337	237
	中南米	0	0
	アフリカ	0	42
	小計	337	279
合計		693	547

需給

和 平 市 (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	前年比				
会 計 年 度	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
暦 年 度	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
	2013	61,694	104.1	46,177	106.2	8,763	90.1	54,940	103.2	3,872	101.5	789	97.7	46,966	106.0	6,695
	2014	61,916	100.4	45,854	99.3	9,108	103.9	54,962	100.0	4,401	113.7	567	71.8	46,421	98.8	6,425
	2015	59,465	96.0	43,034	93.8	10,142	111.3	53,176	96.7	4,358	99.0	348	61.4	43,382	93.5	6,333
	2016	58,978	99.2	41,324	96.0	11,536	113.8	52,860	99.4	3,927	90.1	281	80.7	41,605	95.9	6,549
	2017	60,788	103.1	41,985	101.6	11,911	103.2	53,896	102.0	3,902	99.4	228	81.2	42,213	101.5	6,917
	2018	60,093	98.9	42,178	100.5	10,658	89.5	52,836	98.0	4,005	102.6	115	50.4	42,293	100.2	7,154
半 期	2019	58,335	97.1	41,389	98.1	10,323	96.9	51,712	97.9	3,938	98.3	17	14.9	41,406	97.9	6,689
	2020	57,083	97.9	39,236	94.8	10,979	106.4	50,214	97.1	4,412	112.0	16	90.8	39,251	94.8	6,395
	2021	55,580	97.4	38,019	96.9	11,460	104.4	49,479	98.5	4,086	92.6	20	131.1	38,039	96.9	6,426
	2022	53,207	95.7	37,488	98.6	9,569	83.5	47,057	95.1	4,062	99.4	10	51.2	37,499	98.6	6,175
	2021年度上	27,343	100.9	18,690	98.1	5,705	108.5	24,395	100.4	4,117	99.7	5	100.4	18,696	98.1	3,162
	下	28,398	98.1	19,181	97.8	5,779	98.7	24,960	98.0	4,347	100.3	5	35.1	19,187	97.8	3,208
	2022年度上	26,016	95.1	18,592	99.5	4,807	84.3	23,399	95.9	3,935	95.6	5	99.2	18,598	99.5	3,029
	下	25,466	89.7	18,672	97.3	3,330	57.6	22,003	88.2	4,194	96.5	11	203.8	18,683	97.4	3,204
四 半 期	2023年度上	23,197	89.2	17,387	93.5	3,301	68.7	20,688	88.4	3,943	100.2	4	78.5	17,391	93.5	2,760
	2021年度Ⅱ	13,877	98.9	9,466	98.1	2,846	99.2	12,312	98.4	4,117	99.7	5	100.4	9,472	98.1	1,516
	Ⅲ	14,854	95.4	10,283	97.4	2,865	96.7	13,148	97.2	4,086	92.6	5	103.9	10,288	97.4	1,737
	Ⅳ	13,544	101.2	8,899	98.4	2,914	100.8	11,813	99.0	4,347	100.3	0	-	8,899	98.3	1,471
	2022年度Ⅰ	13,224	98.2	9,171	99.4	2,636	92.2	11,807	97.7	4,246	104.3	5	-	9,176	99.5	1,518
	Ⅱ	12,792	92.2	9,422	99.5	2,170	76.3	11,592	94.2	3,935	95.6	0	-	9,422	99.5	1,511
	Ⅲ	13,647	91.9	9,997	97.2	1,848	64.5	11,845	90.1	4,062	99.4	5	99.7	10,002	97.2	1,675
	Ⅳ	11,819	87.3	8,675	97.5	1,482	50.9	10,157	86.0	4,194	96.5	5	-	8,680	97.5	1,529
月 度	2023年度Ⅰ	11,464	86.7	8,575	93.5	1,509	57.2	10,085	85.4	4,241	99.9	0	-	8,575	93.5	1,332
	Ⅱ	11,733	91.7	8,812	93.5	1,792	82.6	10,604	91.5	3,943	100.2	4	-	8,816	93.6	1,428
	2021年10月	5,101	99.6	3,488	93.2	1,077	111.8	4,565	97.0	4,044	106.0	0	-	3,488	93.1	610
	11月	4,660	90.6	3,447	101.2	802	91.6	4,249	99.2	3,840	93.4	0	-	3,447	101.2	615
	12月	5,093	96.0	3,348	98.2	986	87.7	4,334	95.6	4,086	92.6	5	-	3,353	98.3	513
	2022年1月	4,132	98.1	2,661	99.8	848	90.5	3,509	97.4	4,173	90.6	0	-	2,661	99.7	536
	2月	4,536	104.8	2,928	98.2	927	100.5	3,856	98.8	4,457	98.9	0	-	2,928	98.2	397
	3月	4,876	100.7	3,309	97.4	1,139	110.5	4,448	100.4	4,347	100.3	0	-	3,309	97.2	538
	4月	4,128	96.8	3,064	96.6	713	94.7	3,776	96.2	4,178	99.9	5	-	3,069	96.8	521
	5月	4,555	94.8	2,772	100.9	1,127	91.7	3,900	98.1	4,405	97.6	0	-	2,772	100.9	428
	6月	4,541	103.3	3,335	100.9	796	90.8	4,131	98.7	4,246	104.3	0	-	3,335	100.9	569
	7月	4,236	92.7	3,189	96.5	646	75.9	3,835	92.3	4,092	101.9	0	-	3,189	96.5	556
	8月	4,443	98.1	2,950	104.9	826	82.5	3,776	99.0	4,349	99.1	0	-	2,950	104.9	410
	9月	4,112	86.0	3,283	98.0	699	70.3	3,982	91.7	3,935	95.6	0	-	3,283	97.9	545
	10月	4,676	91.7	3,357	96.3	672	62.4	4,029	88.3	3,848	95.2	0	-	3,357	96.3	734
	11月	4,504	96.7	3,399	98.6	554	69.1	3,953	93.0	4,009	104.4	5	-	3,404	98.7	391
	12月	4,467	87.7	3,241	96.8	622	63.1	3,863	89.1	4,062	99.4	0	-	3,241	96.7	551
	2023年1月	3,670	88.8	2,527	94.9	527	62.2	3,054	87.0	4,281	102.6	0	-	2,527	94.9	396
	2月	3,938	86.8	2,916	99.6	478	51.5	3,393	88.0	4,311	96.7	0	-	2,916	99.6	515
	3月	4,211	86.4	3,233	97.7	477	41.9	3,710	83.4	4,194	96.5	5	-	3,238	97.8	618
	4月	3,597	87.1	2,811	91.7	487	68.4	3,298	87.3	3,989	95.5	0	-	2,811	91.6	504
	5月	3,900	85.6	2,721	98.2	623	55.3	3,345	85.8	4,154	94.3	0	-	2,721	98.2	390
	6月	3,968	87.4	3,044	91.3	398	50.0	3,442	83.3	4,241	99.9	0	-	3,044	91.3	438
7月	4,004	94.5	3,056	95.8	552	85.5	3,608	94.1	4,063	99.3	0	-	3,056	95.8	575	
8月	3,689	83.0	2,698	91.5	693	83.9	3,391	89.8	4,013	92.3	0	-	2,698	91.5	348	
9月	4,040	98.2	3,058	93.1	547	78.2	3,604	90.5	3,943	100.2	4	-	3,062	93.3	505	
10月	4,279	91.5	3,189	95.0	548	81.4	3,736	92.7	3,905	101.5					580	
累 計	2023年1月～	39,295	88.8	29,251	94.8	5,331	63.5	34,582	88.1	3,905	101.5	10	183.0	26,072	94.8	4,869
	2023年4月～	27,476	89.5	20,576	93.7	3,849	70.2	24,425	89.0	3,905	101.5	4	78.5	17,391	93.5	3,349

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7月	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	
6	20,139	3,069	657	1,618	4,753	7,851	800	
7	18,528	3,924	364	1,166	4,512	6,564	809	
8	17,476	2,022	264	1,350	4,531	6,747	287	
9	22,479	3,432	373	1,954	5,229	7,141	1,502	

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7月	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	
6	918	403	22	186	299	0.4	6	603	315	
7	926	402	22	179	314	0.3	9	565	361	
8	931	414	16	202	290	0.5	8	579	352	
9	920	400	10	174	320	0.4	16	558	362	

※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	建設工事受注動態統計(大手50社)(出所:国土交通省)									(単位:億円)
	総計	民間		公共機関		建築	土木	大規模工事	未消化工事高 (月末)	
		計	製造業	計	国の機関					
2021年度	150,979	109,267	24,237	33,500	21,885	103,889	47,090	100,146	202,497	
2022	165,377	116,357	32,673	37,045	25,000	112,943	52,434	113,603	-	
2022年7月	9,176	6,529	2,073	1,839	991	6,310	2,865	5,351	202,222	
8	10,334	8,302	3,261	1,451	1,146	7,711	2,624	6,649	202,166	
9	21,617	13,586	3,925	5,298	4,177	13,970	7,647	15,040	208,186	
10	10,520	7,331	1,341	2,426	1,311	7,400	3,120	6,998	208,774	
11	9,636	6,849	1,908	2,121	1,590	6,736	2,900	5,906	206,833	
12	17,593	14,275	5,184	3,208	1,707	13,048	4,544	14,299	207,841	
2023年1月	10,021	6,986	1,556	2,452	1,782	6,867	3,154	6,992	207,251	
2	14,867	9,285	1,928	5,010	3,207	9,662	5,204	11,344	209,850	
3	27,481	18,606	4,053	7,409	5,081	17,187	10,294	19,983	214,894	
4	10,993	8,354	2,034	2,003	1,250	7,807	3,186	7,488	215,556	
5	9,304	6,854	1,807	1,772	1,476	6,125	3,179	6,035	214,435	
6	17,100	12,062	2,801	3,457	2,533	11,401	5,699	11,528	215,220	
7	9,973	5,877	1,269	3,360	2,373	5,401	4,572	6,097	214,911	
8	9,888	7,470	2,331	1,930	1,152	7,132	2,756	6,338	212,974	
9	20,973	15,485	2,622	4,341	2,437	15,905	5,068	16,002	-	

※受注高10億円以上の国内工事のみを対象

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	
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7月	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	120.1	142.5	121.2	119	140	112.2	160.4	167	121.6	107.4	
5	119.3	143.5	126	119.9	137.2	113.1	160.4	167.3	122.8	107.9	
6	119.2	144	129.5	121.3	135.1	114.6	160.3	167.5	122.9	109.2	
7	119.5	144	132.9	122.2	133.6	115.2	161.1	167.6	124	110.6	
8	119.8	147	133.4	123.4	131.8	116.1	160.8	167.6	124.5	110.5	
9	119.6	147.4	133.7	124.7	131.6	116.5	160.7	167	124.8	109.6	
10	119.1	147.4	133.7	124.6	131.6	116.5	160.6	166.3	125	110.9	

※企業物価指数が2020年基準に変更

品目 年月		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7月		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
6		7,195	31,183	99,105	5,125	30,947	134,161
7		8,181	30,567	100,016	4,935	28,988	130,856
8		8,943	28,951	89,328	4,351	29,403	118,155
9		9,957	30,465	103,109	4,894	31,400	143,373

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7月		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
6		10,324	37,255	2,361	105,765
7		9,303	35,009	2,406	107,173
8		9,461	23,850	2,175	103,574
9		14,182	36,759	2,474	113,111

顧問

長瀧 重義 東京工業大学 名誉教授

委員長

小堀 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 U B E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

訂正とお詫び

本誌No.921(2023年11月号)に校正ミスがありました。
読者の皆様はじめ関係各位にはご迷惑をおかけいたしました。
ここに訂正するとともにお詫び申し上げます。

『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バイオマス発電の運転実績と今後の展開〜バイオマスを活用したエネルギーの低炭素化〜』大谷紀彦(住友大阪セメント(株))ほか著、50〜54ページ
54ページ5行目および8行目にかけての「RDF」3か所を「RPF」に訂正いたします。

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)

1月号 予告 セメント・コンクリート

○地方自治体の社会基盤の維持を目的とした管理者直営補修に向けた取り組み

○土木学会「締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工指針(案)」の概要

○海中環境において40年供用された根固めブロックの耐久性調査

○北海道新幹線へのPCaセグメント桁(PCU形桁)の適用

○セメント系複合材におけるビニロン繊維の適用技術

○鉄筋コンクリート構造物に対する電気防食工法〜基礎と最新の動向〜

○セメント協会研究奨励金による研究より／コンクリート表層部における養生効果の持続性に関する検討

○第51回セメント協会論文賞 受賞論文／赤外分光法を用いた大気CO₂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

○ずいそう(森 拓也) ほか



PCaボックスカルバートによる居住空間の創出

セメント・コンクリート No.922 12月号
2023(令和5)年12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

2023(令和5)年 表紙・目次 一覧 No.911~922

2023年
1月号
No.911

セメント・コンクリート
CEMENT & CONCRETE
2023 No.911

2023年
2月号
No.912

セメント・コンクリート
CEMENT & CONCRETE
2023 No.912

2023年
3月号
No.913

セメント・コンクリート
CEMENT & CONCRETE
2023 No.913

セメント・コンクリート1
CEMENT & CONCRETE
2023 No.911

もくじ

02	年頭ご挨拶	… 平野 正文
04	高強度・高性能コンクリートの性能評価と品質管理方法に関する一連の研究	… 関内 浩
14	うめせだ(大坂)地下駅に於けるコンクリート品質向上の取組み	… 越井 大輔ほか
22	うめせだ(大坂)地下駅に於けるコンクリート品質向上の取組み	… 大内 雅博
24	特殊の産量	… 渡邊 明
26	カーボニートラブルに備える高圧スラグ微粉末を用いた 低炭素セメント材料	… 西條 伸太郎
34	セメント炭化体の炭素化反応に関する理論的解析	… 相川 雅ほか
40	低炭素コンクリート(T-Sulfate)の開発	… 藤野 由理ほか
46	セメント・コンクリート材料のCO ₂ 削減技術	… 一月 幸雄ほか

13-33 HOT NEWS

54 EVENT GUIDE

56 外観の改良

57 セメント・テークアップ

58 主要部材の改良

60 2月号予告

61 3月号予告

1月の表紙

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

セメント・コンクリート2
CEMENT & CONCRETE
2023 No.912

もくじ

02	高強度・高性能コンクリートの性能評価に関する検討	… セメント協会 新幹線
10	セメント改良土とセメント改良技術	… 北原 昌雄
16	日をまたいで打撃を行うことによるマスコンクリートの合理化施工	… 角 健造ほか
24	無筋鉄筋のM鋼み	… 新藤 智文
26	北海道の最南端での超高度RC建築物の設計と施工	… 松浦 達ほか
32	日本建築学会・鉄筋コンクリート建築協会の 設備及び新技術の開発・施工指針の改定概要	… 丸山 一平ほか
42	汎用性の高い環境配慮型コンクリートの開発	… 金子 樹
50	床版取替工事への超高度耐久床版の適用	… 中田 自動車道 夢野洋二橋下り線

23 第77回セメント協会大会

48-60 外観の改良

61 EVENT GUIDE

62 セメント・テークアップ

64 主要部材の改良

66 3月号予告

1月の表紙

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

セメント・コンクリート3
CEMENT & CONCRETE
2023 No.913

もくじ

02	日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 一般の概要とポイント	… 野口 貴文ほか
08	東名自動車道 須賀高架橋(下り線)における鉄筋補修工事	… 森本 岳人ほか
14	2022年産量調査報告書	… 清水 達雄ほか
22	TAKI FARM	… 藤井 義雄
24	シリーズ セメント改良土 基礎改良土の基本的特性	… 関内 浩人
30	パイオを適用した月形防波堤型コンクリートの開発	… 山本 伸治ほか
36	セメント系材料の反応に基くアルカノール系系添加剤の 役割とその作用メカニズム	… 若林 敬司ほか
42	特種(ラフィング)コンクリートを使用したコンクリートの適用事例	… 関内 幸雄ほか
48	シリーズ セメント改良土 基礎改良土の基本的特性	… 山本 伸治ほか
56	CO ₂ 削減のためのポイント集 ～コンクリート建築ガイドブック2016補正資料～の公表について	… 関内 幸雄ほか
60	安楽寺灯台	… 関内 幸雄ほか

1月の表紙

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



2023年
4月号
No.914

セメント・コンクリート4

CEMENT & CONCRETE
2023 No. 914

もくじ

02	道路施設、地下空間の美観とその対策としての充填材開発	… 廣野 裕子ほか
08	LCI/コンクリートを用いた新体系材料の 環境改善品質に関する研究委員会活動とその成果	… 大野 政雄ほか
16	コンクリートへの再利用、現状と課題	… 原田 幹弘
24	水や汗をかく話	… 二宮 淳一郎 … 取道 剛ほか
26	コンクリートの「中性化」強制的な「高耐久化」の違い	… 取道 剛ほか
32	アメリカリナリア反応抑制技術の検討	… 中村 康一郎ほか … 山本 敬之ほか
38	「建築」によって暮らす…	… 宮川 豊章
40	CO ₂ を削減させた再生骨材利用の可能性 ～カーボンニュートラル社会に向けて～	… 伊藤田 昌宏ほか … 伊藤田 昌宏ほか
48	セメント改質技術の適用事例・深層混合処理	… 山本 敬之ほか
56	経路3Dプリンタに特化した産学連携デザインコンパ	

TOPICS

15	HOT NEWS	
55	セメント・コンクリートと環境①v477 （2022年度環境改善推進計画）	
58	外観設計の最新情報	
60	EVENT GUIDE	
63	セメント・デザインフェア	
64	主要建設工事・資料統計	
65	10月号予告	

■セメント協会ホームページ <https://www.jassac.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5544-6175

セメント・コンクリート No. 914, Aug. 2023

1



2023年
5月号
No.915

セメント・コンクリート5

CEMENT & CONCRETE
2023 No. 915

もくじ

PC建築の特集		
02	巻頭言 プラスチノストコンクリート建築を取り巻く最近の動向	… 植井 剛
05	岩手県立栗川小・中学校[PCa技術で実現する光あふれる教室]	… 原 健一郎ほか
14	嘉麻市庁舎[歴史・構造・設備の適合による機能的な庁舎]	… 堀田 光俊ほか
22	神戸市西区庁舎[PC-S工法を採用した庁舎の建設]	… 久保 昌ほか
28	名古屋造形大学 「開廊性を有する格子鋼板プレキャストコンクリートの設計と性能」	… 伊藤 健一郎ほか
36	彦根総合スポーツ公園陸上競技場[ここにしかない車の景観をもつ競技場]	… 大野 電也ほか
44	海外で学んだ「超絶建築」	… 今本 哲一
46	シムズ セメント製材所「その特殊な工場設備①」 セメント改質技術の適用事例・中層混合処理	… 大内内 俊彦
52	シムズセメント・コンクリート工場② 旧武蔵製鋼所改修棟	



今月の表紙

PC建築/特殊な工場設備①
PC建築/特殊な工場設備②

54	EVENT GUIDE	
57	セメント・デザインフェア	
58	主要建設工事・資料統計	
60	6月号予告	
61	セメント・コンクリート工場② （2022年度環境改善推進計画）	

■セメント協会ホームページ <https://www.jassac.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5544-6175

セメント・コンクリート No. 916, May. 2023

1



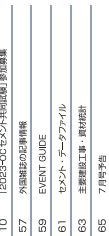
2023年
6月号
No.916

セメント・コンクリート6

CEMENT & CONCRETE
2023 No. 916

もくじ

02	2022年度環境改善推進計画と今後の展望	… (一社)セメント協会 調査・企画部門
05	LCI Report セメント・コンクリート環境 削減と最近10年間の推移	… (一社)セメント協会 研究所 技術開発グループ
11	熱力学的平衡計算を用いたセメントマトリックス組成の推定	… 宮本 敬太郎
17	環境負荷低減性が期待されるジオポリマーの可能性	… 谷田 寛章
25	百年先へ	… 本田 謙子
27	主要地方自治体からインターロックコンクリート舗装による道路補修について ～アスファルト舗装からコンクリート舗装へ～	… 佐々木 高直ほか
33	コンクリートのひび割れ後の経年劣化と劣化を抑制して ～びび割れ補修技術「T-WAVE」の開発～	… 堀田 貴一郎ほか
39	シムズ セメント工場 設備・生産を巡るレポート 低減CO ₂ からメタノールを合成できる設備の開発	… 堀田 貴一郎
45	セメント改質技術の適用事例・深層混合処理 粉体混合調整工法(DJM工法)	… 島野 剛ほか
51	特集編 総・コンクリート指図 ～赤城・小泉神社社と神社神社の大仏殿～	… 辻 幸司



10	TOPICS 2023-03 セメント環境① 環境編	
57	外観設計の最新情報	
59	EVENT GUIDE	
61	セメント・デザインフェア	
63	主要建設工事・資料統計	
65	7月号予告	

■セメント協会ホームページ <https://www.jassac.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5544-6175

セメント・コンクリート No. 916, June 2023

1



2023年
7月号
No.917

セメント・コンクリート7

CEMENT & CONCRETE
2023 No. 917

もくじ

02	LCI Report 2022年度のセメント生産および環境の概況	… (一社)セメント協会 生産・環境部門
06	セメント・コンクリート分野におけるCO ₂ 削減 ～建築基準法における環境と対策～	… 廣毛 岳雄
14	国道185号市街地周辺地区におけるコンクリート舗装修繕工事	… 宮中 友章
18	神出建設工法で石川を渡河する緑育牛橋の施工	… 中村 雅樹ほか
24	湧と利便性インフラと	… 中島 良光
26	PC-Sの改質化によるCO ₂ 削減 ～「リバーバスター」セメントのCO ₂ 固定化技術の開発に向けて～	… 原 健一郎ほか
32	調査・深層混合調整工法 スラリー攪拌工(CDM工法)	… 赤羽 健之介
38	シムズ セメント工場② その特殊な工場設備②	… 原 敬太郎
46	セメント改質技術の適用事例・深層混合調整工法 スラリー攪拌工(CDM工法)	… 北島 昌樹
50	CO ₂ と有機化合物からポリカーボネートやポリウレタンの原料を合成	… 漆谷 剛弘ほか
56	TOPICS 第77回セメント技術大会を開催	
60	日本水産風船産業	



今月の表紙

神出建設工法で石川を渡河する緑育牛橋
湧と利便性インフラと
湧と利便性インフラと
湧と利便性インフラと

13, 45	外観設計の最新情報	
62	EVENT GUIDE	
64	セメント・デザインフェア	
66	主要建設工事・資料統計	
68	8月号予告	

■セメント協会ホームページ <https://www.jassac.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5544-6175

セメント・コンクリート No. 917, Aug. 2023

1



2023年
9月号
No.918

セメント・コンクリート9

CEMENT & CONCRETE
2023 No. 919

もくじ

02	LCI Report 2022年度のセメントの化学分析手法への 応用と分析手法の適用に関する検討	… (一社)セメント協会 セメント化学研究委員会
06	土木学会「2022年度コンクリート標準示方書」の概要	… 二宮 淳一郎ほか
16	品川駅改良・品川駅周辺開発プロジェクトにおけるコンクリート構造物	… 堀田 貴一郎ほか
22	インテリジェントの作り方	… 三井 真一
24	深層混合調整工法と重張コンクリートを用いた大規模な改修と試験	… 神田 峰雄ほか
32	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	… 村上 利雄ほか
42	シムズセメント・コンクリート工場③ 東京建設局	
44	各種セメント硬化体の炭酸塩化反応によるCO ₂ 固定と生成物の変化	… 堀田 貴一郎ほか
50	モルタルの物性劣化に及ぼす化学処理剤への熱処理効果に関する研究	… 堀田 貴一郎ほか
54	シムズ セメント工場 設備・生産を巡るレポート YCS	… 原 健一郎ほか



今月の表紙

東京建設局
東京建設局
東京建設局
東京建設局

15	TOPICS 第38回(2023年度)セメント協会研究発表会	
61	外観設計の最新情報	
63	EVENT GUIDE	
65	セメント・デザインフェア	
66	主要建設工事・資料統計	
68	10月号予告	

■セメント協会ホームページ <https://www.jassac.or.jp> ■本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5544-6175

セメント・コンクリート No. 918, Sep. 2023

1



2023年
10月号
No.920



2023年
11月号
No.921



2023年
12月号
No.922

セメント・コンクリート

CEMENT & CONCRETE

2023 No.920

もくじ

02

地中貯蔵槽の引抜処理におけるセメント系材料の活用

… 堀崎 真哉

08

ラテックス改質速硬化コンクリートを用いた橋脚コンクリート補修の発展における活用性評価

… 小島 勇二ほか

14

改付モルタルを用いた外観劣化型コンクリート構造補修工法による施工の合理化

… 小林 聖ほか

20

「リフレッドライシヨット工法」の小断面補修工事への運用事例

… 朝石 昌之ほか

28

凍ど川に水にまつらる思い出話

… 朝川 宏一

30

「ひざたの里」から

… 宮川 豊章

32

増粘性高分子によるコンクリートの加齢変形率向上の検討

… 原田 恒平ほか

37

セメント系固材材で改良した火気取替軟性土の長期強度発現性と窒素の脱力挙動評価計算による検討

… 朝庭 英文

42

高機能養生剤「クリンセーバー」の基本特性

… 丸田 海斗ほか

50

β-C-S 結晶型合法による高C/S比の合成と高活性β-C-Sの作製

… 斎藤 崇

27

第18回(2024年第1回)セメント協会研究奨励会テーマ発表大会の要約

… 斎藤 崇

58

第55回セメント協会研究奨励会 概要

… 斎藤 崇

60

外観劣化の修繕

… 小島 勇二ほか

62

セメント・デンプン・ポリマー複合材料の活用

… 小林 聖ほか

64

主要部材工事・材料設計

… 丸田 海斗ほか

66

11月号予告

… 丸田 海斗ほか

今月の表紙

トンネル内における火気取替軟性土の長期強度発現性と窒素の脱力挙動評価計算による検討

… 朝庭 英文

■ セメント協会ホームページ

<https://www.cemcon.jp>

■ 本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5540-4175

セメント・コンクリート No.920 Dec.2023

1

セメント・コンクリート

CEMENT & CONCRETE

2023 No.921

もくじ

02

戻りコンクリートから製造したスランピング再生セメントの再利用技術

… 大川 聖ほか

10

3Dレーザーキャメラを用いたキルン点検手法の検討

… 野崎 康子ほか

18

東海新幹線新幹線名駅構内構内コンクリートを用いた橋脚修繕

… 野崎 康子ほか

24

コロナとともに札幌へ

… 山本 徹

26

西都府庁舎

… 伊藤 淳ほか

33

橋梁に関する国際会議「BEH2023」を開催

… 吉武 勇

36

生産性向上に資する構内不燃性コンクリートの打込み方法に関する検討

… 松本 修治ほか

42

第51回(2023年第1回)セメント協会論文賞・受賞論文「コンクリートの入量におけるセメント系材料の炭素化メカニズムの解明」

… 吉田 聖樹ほか

50

シールド・セメント系材料、低炭素化セメント系材料の活用

… 大谷 紀雄ほか

56

コンクリート製造員が活躍する

… 大谷 紀雄ほか

17

第18回(2024年第1回)セメント協会研究奨励会テーマ発表大会の要約

… 斎藤 崇

48

第55回セメント協会研究奨励会 概要

… 斎藤 崇

58

外観劣化の修繕

… 小島 勇二ほか

60

セメント・デンプン・ポリマー複合材料の活用

… 小林 聖ほか

62

主要部材工事・材料設計

… 丸田 海斗ほか

64

11月号予告

… 丸田 海斗ほか

今月の表紙

トンネル内における火気取替軟性土の長期強度発現性と窒素の脱力挙動評価計算による検討

… 朝庭 英文

■ セメント協会ホームページ

<https://www.cemcon.jp>

■ 本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5540-4175

セメント・コンクリート No.921 Nov.2023

1

セメント・コンクリート

CEMENT & CONCRETE

2023 No.922

もくじ

02

DEFとASRの経年変化による劣化

… 安藤 博子

08

日本コンクリート学会「コンクリート狂想曲2023」～その歴史と今後の展開～

… 中田 進久ほか

16

各種「ラン」系表面塗料の劣化環境下での適用効果に関する基礎試験

… 柳田 浩樹ほか

24

定年を前に

… 黒田 崇弘

26

パランスドアーチ橋のアーチリブ射出成形におけるコンクリート補修の適用

… 玉野 慶子ほか

32

開設アスファルト打ち替えにおけるコンクリート補修の適用

… 佐々木 健一ほか

40

CO₂排出量と六価クロム汚染を低減させる地盤改良材「バイプロジオ」

… 斎藤 崇ほか

46

第51回(2023年第1回)セメント協会論文賞・受賞論文「コンクリートの入量におけるセメント系材料の炭素化メカニズムの解明」

… 吉田 聖樹ほか

51

HOT NEWS

… 斎藤 崇

54

外観劣化の修繕

… 小島 勇二ほか

58

セメント・デンプン・ポリマー複合材料の活用

… 小林 聖ほか

60

主要部材工事・材料設計

… 丸田 海斗ほか

62

11月号予告

… 丸田 海斗ほか

64

12月号予告

… 丸田 海斗ほか

今月の表紙

トンネル内における火気取替軟性土の長期強度発現性と窒素の脱力挙動評価計算による検討

… 朝庭 英文

■ セメント協会ホームページ

<https://www.cemcon.jp>

■ 本誌への広告申込みはセメント協会 広報部門 TEL.03-5540-4175

セメント・コンクリート No.922 Dec.2023

1

セメント協会主催 公式 Instagram

第2回フォトコンテスト



第1回受賞作品

テーマ

私たちの安全・安心を支えているコンクリート

私たちの安全・安心・快適な生活の営みを支えているコンクリート構造物。
あなたのとおきのおき一枚をお待ちしています。

募集部門

携わってる部門

#携わってるフォトコン2024

現場や工場を介してセメント・コンクリートに携わっている方の部門。
製造・施工・維持・管理・補修などの職業を通して応募する方はこちら。

支えられてる部門

#支えられてるフォトコン2024

日常生活の中で「セメント・コンクリート」を通して安全・安心を感じる写真はこちら。

賞

協会長賞 **3万円 1名** 特選 2万円2名(各部門1名ずつ) 入選 1万円6名(各部門3名ずつ)
協会 SNS 賞 Amazon ギフトカード 1000 円分 10名

※Instagram1アカウントにつき2点までのご応募となり、規定応募数をオーバーしたアカウントは応募とみなしません。 ※入賞作品は、WEB・協会 PR 用、協会出版物などに無償で活用させていただきます。

応募方法

- 1 セメント協会公式Instagramをフォロー
- 2 ご自身のアカウントへ ハッシュタグ
#携わってるフォトコン2024 もしくは #支えられてるフォトコン2024 をつけて投稿
- 3 投稿後、セメント協会のアカウントへDMにてご自身の投稿を共有の上、「お名前・お住まいの都道府県・ご職業・ご年齢(〇〇代)、携わってる部門にてご応募の方は企業名・ご所属部署名」をご送信いただいて応募完了となります。

締切

2024年1月31日(水) 発表…2024年2月29日(木)

※セメント協会 HP および Instagram、X (旧 Twitter) にて発表



一般社団法人 セメント協会

<https://www.jcassoc.or.jp/photocon/info.html>



セメント協会公式 Instagram

@_jca_ssoc_



セメント・コンクリート No.922 / 2023.12 令和5年12月15日発行

定価 1100 円 本体 1000 円 ⑩ 送料別

神殿？ いいえ、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

セメント協会

検索