令和元年度　技術講習会～新時代のコンクリート～
～品質と耐久性へのこだわり～

混和剤が変えるコンクリートの未来

あなたが引き出すコンクリートの底力

筒井 達也

国際企業株式会社/コンクリートよろず研究会

2020年1月29日

資料提供：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長 、福井工業高等専門学校 校長）
ＢＡＳＦジャパン株式会社　ポゾリスソリューションズ株式会社

お話する内容

はじめに　-よろず研究会 混和剤研究の背景-

混和剤の前に

混和剤とは

混和剤のトレンド

混和剤の可能性　-災害復旧現場での活用-

まとめ　-あなたが引き出すコンクリートの底力-

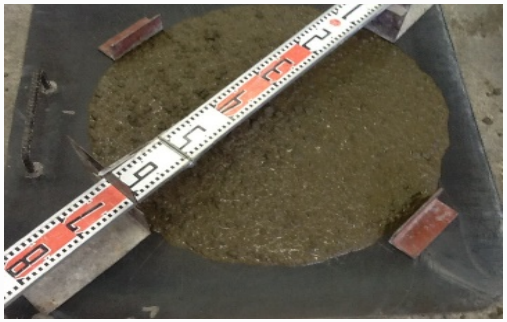
はじめに

-よろず研究会 混和剤研究の背景-

山口方式を受けて
品質確保に向けて今できること

山口方式

コンクリート
よろず研究会



コンクリート打設現場の現実
～キレイごとなし･実際の現場では～

現場で求められるもの → ・配合以上のスペック
・配合基準値内で、かつ高い打設効率

効率重視

厳しい
コスト管理

施工ｽｹｼﾞｭｰﾙ
スピード重視

・単位水量厳守
・混和剤、細骨材率による調整
・現場ごとの柔軟な対応

多くの生コン工場において
喜ばれるコンクリート
評価が高いコンクリート
→ **打設が速く終わるワーカブルな**
コンクリート

混和剤と生コンクリートの関係を中長期的なビジョンでの見つめなおし

混和剤サイドからの情報発信や共有はまだ不十分

・混和剤基礎知識・歴史、開発経緯、メカニズムを明確に伝え、必要性・重要性・コンクリートへの貢献度の周知を目指す

・混和剤がコンクリート品質に与える影響についてのデータ整理（メリット・デメリットの整理）

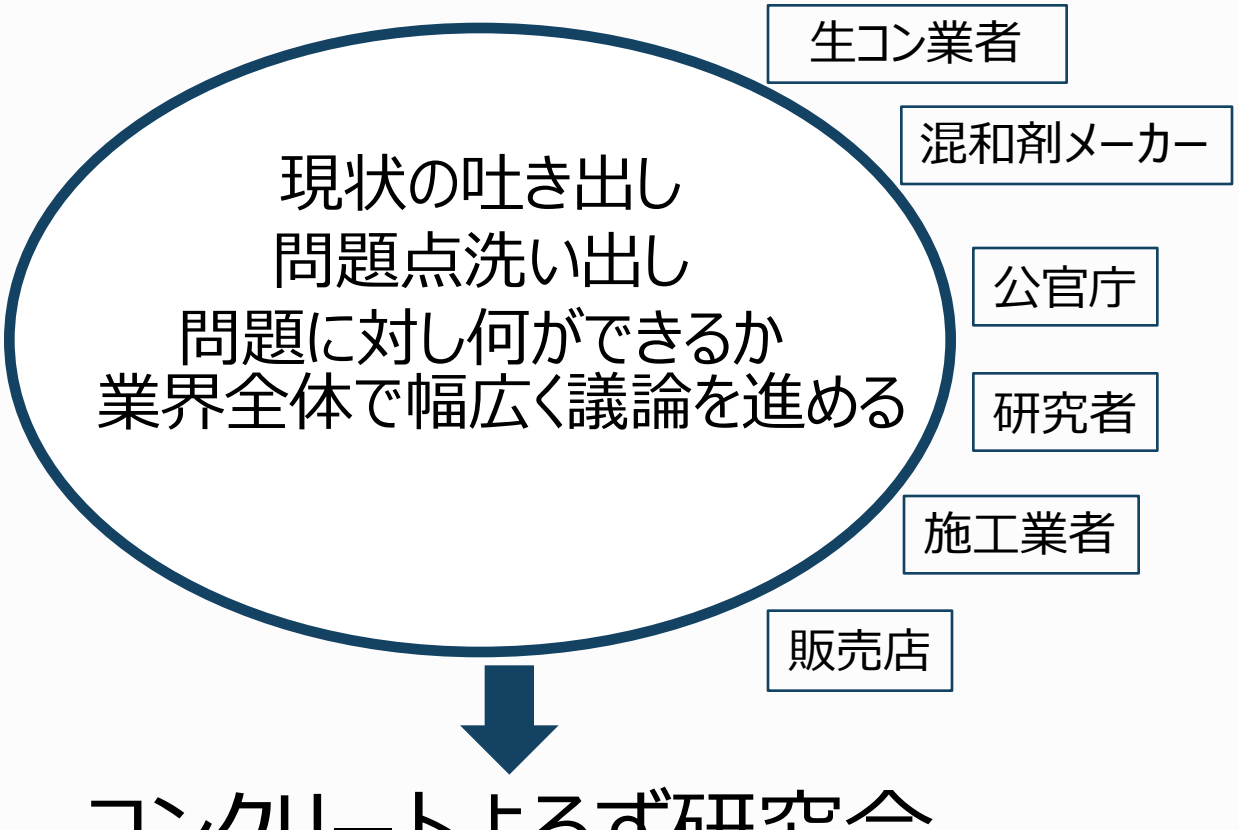
・混和剤のトレンドを把握し、なぜ必要とされ、いかにして貢献しているかを明確にする

・多種多様・多機能な混和剤の開発が生コンクリート打設現場でいかに影響していくか調査・研究が必要

- 混和材料について、いま対応すべきことは何か
- 現場に求められている事は何か
- 使用者目線で分析・情報発信

現状・問題点の理解と把握

・生コン工場を取り巻く環境と情報の共有化
・混和剤の多種多様化に目を向けた有効活用の洗い出し



コンクリートよろず研究会

コンクリートよろず研究会
最近の研究活動

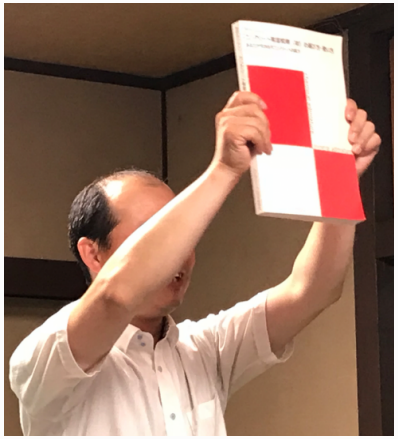
第2期の活動(H28.5-現在)

「コンクリート用混和剤（材）の選び方・使い方」

ーあなたが引き出すコンクリートの底力ー

　混和剤抜きでは考えられなくなった最近のコンクリート。しかし，コンクリートに添加される混和材料のことが正しく理解されているだろうか。

　今回のよろず研究会では，混和材料の正しい知識を普及させるための取り組みを行った。

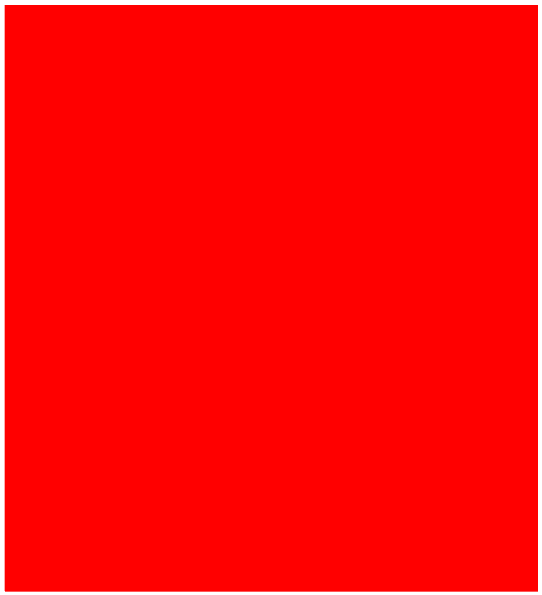


テレビ山口:YouTubeより

日刊新周南(H30年5/29日)より

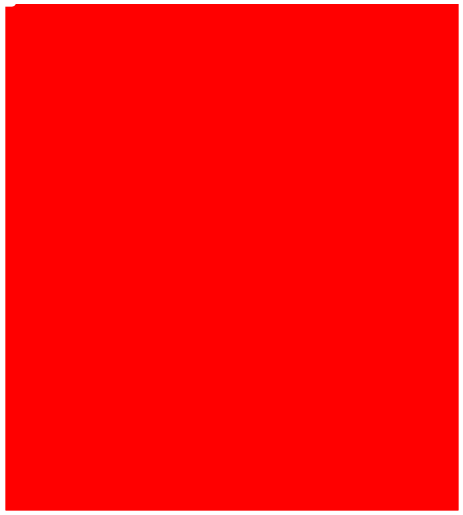
コンクリート用混和剤（材）の選び方･使い方

あなたが引き出すコンクリートの底力



chemical admixture

mineral admixture



20180525
コンクリートよろず研究会

全国各地からオーダー
全850冊完売！

第1章　コンクリートの配合設計と混和材料の関係
第2章　混和材料の選び方
第3章　混和剤の歴史、性能及び使い方
第4章　混和材の歴史、性能及び使い方
第5章　混和材料 Q&A
第6章　混和材料に関する研究成果
・早期交通開放型ポーラスコンクリート舗装に関する研究
・凝結遅延剤を用いた凝結制御コンクリートに関する研究
・増粘剤一液タイプ高性能AE減水剤を使用したコンクリートの応用的研究

付　録
①コンクリート用混和材料に関するアンケート」調査結果から見る
認知度、使用実績、今後の混和材料への期待
②混和材料商品一覧
③混和材料メーカー問い合わせ先一覧

テレビ山口（H30年5月25日放送）

混和剤の前に

コンクリートの配合設計と混和材料の関係

配合設計の考え方

コンクリートの配合設計は、構造物の建造に必要なコンクリートの量を求めるにあたり、例えば**1m³あたりのコンクリート(単位量)にセメント、水、細骨材、粗骨材、そして、空気をどれほどの割合で混合させるか決定する作業**です。

コンクリートの強度は水セメント比で概ね決まります。従って、まずは造ろうとする構造物が求める強度以上のコンクリートになるように、水セメント比を決めます。

その際、構造物の耐久性を確保す るために、水の量をなるべく少なく(セメントの量も必然的に少なくなり経済的)しつつ、コン クリートが材料分離など起こさないようにセメントペーストが全ての骨材を包み込むためのセメントと水の量を求めます。

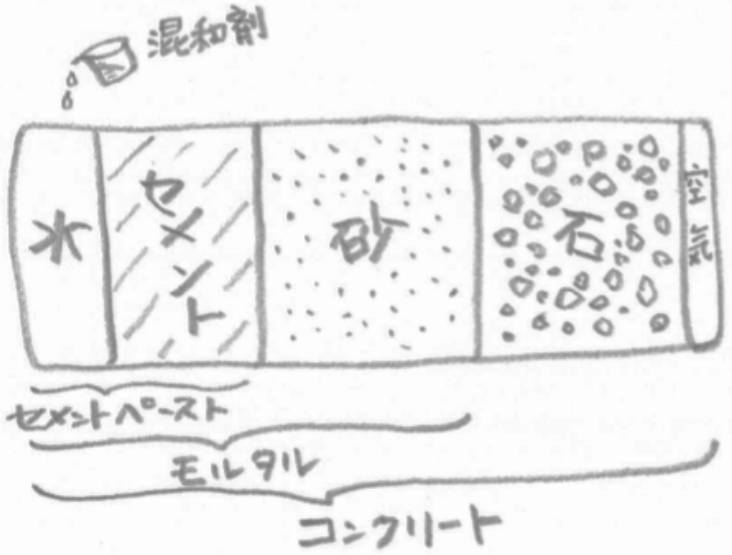


図１　コンクリートの配合イメージ

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント１： 水・セメントの量とコンクリートの性質

基本：水とセメントの割合(水セメント比)が同じであれば、コンクリートの強度は常に同じ

水の量が多くなると、作業性は向上します。

しかし、**“強度を落とさないで”水の量を増加させるためには水セメント比を一定にする必要かあるので、水の増加量に応じてセメントの量も増やす必要があります**。

すると、結果的にコンクリートの原材料費の値段は高くなります。また、 セメント量が多くなるほどセメントペーストが硬化する際の水和熱が大きくなりますので、温度 ひび割れが発生しやすくなります。さらに、水の量が多くなるほどコンクリートが硬化後に乾燥収縮を起こしやすくなってしまいます。

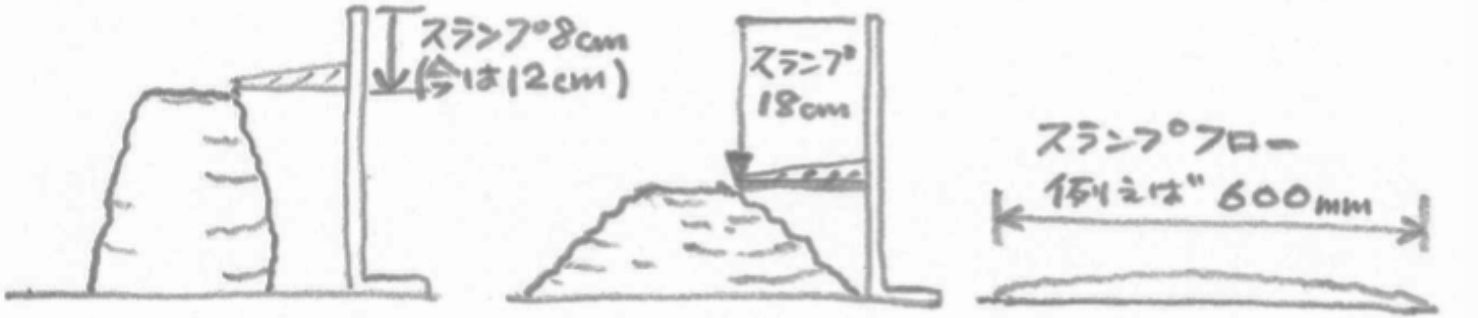
この時、**混和剤(AE 減水剤等)や混和材(フライアッシュ等)を使えば、ある程度はセメント や水の量を増やすことなく作業性を改善する(スランプを大きくする)ことかできます。**

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント2： 水セメント比でコンクリートの性能が決まる

その昔の配合設計でも「必要な強度に対して水セメント比を決めていた」とあるように、コンクリートの強度は水セメント比によって決まるということは古くから認識されていました。

厳密に言えば、コンクリートが固まるまで、あるいは固まってからの性質や性能は、水セメント比のみならずコンクリートを構成する材料や配合によって決まりますが、特にセメントペーストを構成する水とセメントの割合（水セメント比）は、コンクリートの強度から耐久性に関わる中性化の予測や塩害の劣化予測まで関係付け られており、様々な性能に影響を及ぼすことが知られています。



(a) 土木のコンクリート　(b) 建築のコンクリート　(c) 高流動コンクリート

図３　土木のコンクリート、建築のコンクリート、そして、高流動コンクリート

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント３：　コンクリートの強度は何で決まる

水セメント比とコンクリート強度の関係

ある講習会で「建築ではスランプ１８cmでコンクリートを打設しますが･･･」と説明したとき、「そんなコンクリートがあるのか？」といった声（つぶやき）が会場から聞こえてきました。おそらく土木のコンクリートしか扱ったことの無い方の声だと思いますが、ここでひとつ心配になったのは、彼がスランプ１８cmのコンクリートと聞いたときにどのような思いで「そんなコンクリートがあるのか？」という言葉が出てきたのかということです。

ひょっとしてこの声の主は、スランプ１８cmのコンクリートと聞いて、単に日頃扱っているスランプ８cmのコンクリートに水だけを加えてスランプ１８cmにすることをイメージしたのではないでしょうか。いわゆるシャブコン！？

確かにスランプを大きくするためには、水の量を増加させることになりますが、**コンクリートの強度が水セメント比で決まるという基本を知っていれば、スランプ８cmでもスランプ１８cmでも、“水セメント比が同じであればコンクリートの強度は同じになる”ということが理解できます**。

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント４：　永遠の課題，コンクリート用骨材の変化

コンクリートは、骨材の枯渇問題や環境負荷の軽減、ゼロエミッションの観点から材料が変化してきました。現在でも、静岡県のある地域ではコンクリートの骨材として玉砂利が採取されているそうですが、現在、我が国のほとんどの地域でそうした良質の骨材が枯渇し、砕石が粗骨材や細骨材として使われています。

砕石は岩石を砕いて製造するために、どうしても骨材に角(カド)があり、コンクリートに使用すると玉砂利と同じ水セメント比でコンクリートを製造した場合に比べて流動性が低下します。

このため、水の量を増やす必要があります。このとき、強度を落とさないためにはセメント量も増やす必要があります。そうすると、前述の水和熱や乾燥収縮によるによるひび割れのリスクが高まります。したがって、ここでも**水の量を増やさずコンクリートの流動性を確保するために混和材料が活用**されます。

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント5： 進化する機械化（ポンプ打設）とその対応

我が国の高度成長を支えたコンクリート構造物ですが、その施工速度を著しく改善したのが建設工事の機械化です。中でも、コンクリートポンプ車は極めて大きな貢献をしたと言えるでしょう。今尚、コンクリートポンプ車による施工は、より高く、そして、より遠くへと、その性能の向上が求められています。

このとき、ポンプによって運ばれるコンクリートの性能が、ポンプ車による施工性に大きく影響することは容易に予想できます。ここで言うコンクリートの性能の一つは流動性ですが、流動性が悪いとコンクリートがホース内に詰まってポンプ車のエンジンを痛めたり、ホースが裂けるといったトラブルが発生したりします。また、遠距離のポンプ圧送によるスランプの低下(スランプロス)も問題になります。

したがって、こうした場合でも**コンクリートの流動性を改善するために、混和材料が利用**されます。

写真１　ポンプ車による打設

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント６：　スランプの上限要求は理不尽なオーダー

近年、コンクリート構造物の品質確保の観点から施工性を向上させるために生コンクリートのスランプの（許容値の）上限要求が、さも当然のように行われる風潮が現れています。（硬めのコンクリートとか、柔らかめのコンクリートと言った注文もあるようです。）しかし、こうした注文は、品質管理基準の盲点をついた理不尽なオーダーです。

その昔、スランプに許容値が定められたのには、当時の生コンクリート工場の品質管理の環境にも配慮して、±ように許の誤差の範囲であれば、構造物の品質にさほど影響がないと判断したことに依りますが、実際には、スランプ8cmで設計したコンクリートが、スランプ5.5cmで出来上がった場合とスランプ10.5cmで出来上がった場合では明らかに品質は異なります。このバラツキの主たる原因は、骨材の表面水の量の変動にあると考えられ、これはコンクリートの品質に影響します。

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント７：　スランプの上限要求は理不尽なオーダー（つづき）

最近では、生コンクリート工場の品質管理も高度化し、ほとんどの生コンクリート工場で精度良くスランプをコントロールできるようになって来ました。また現在は、混和剤を使用したAEコンクリートが標準になっていますが、この混和剤の量を変化させることでスランプも容易にコントロールすることができます。

生産性向上の流れを受けて、平成29年７月には国土交通省から土木構造物のスランプの標準を8cmから12cmに変更する通達が出されました。これにより、スランプの上限要求など理不尽なオーダーをすることなく、部材に適したスランプの選定が行えるようになりました。

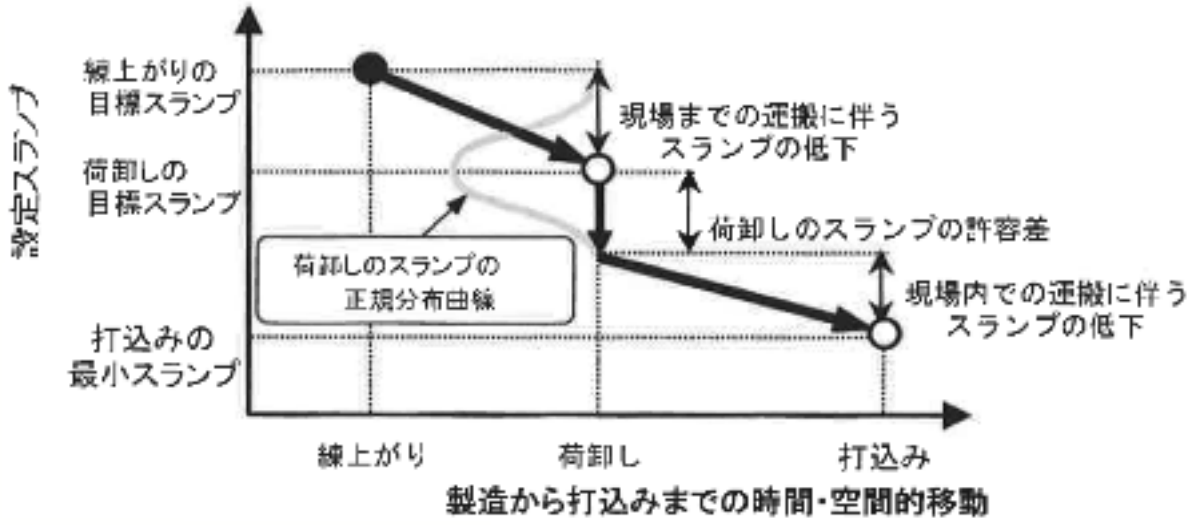


図 5　各施工段階の設定スランプと経時変化の関係

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ポイント８：科学の力，混和剤の登場

- AE剤の開発のきっかけは凍害に耐えるコンクリートを発見したことにあったそうです。AE剤の発見からまもなく90年になりますが、この間に流動性の発現や材料分離対策等を目的としたさまざまな高機能混和剤が開発されています。

　混和剤は、いわゆる水薬の様な役割をしますが、基本的に微量ですので、コンクリートの容積に参入しません。しかし、混和剤は、ほんの僅かな量でコンクリートの性質をコントロールできるだけに、材料との相性や適正量を確認して、正しく使用することが大切です。

- 混和材料によって実現する夢のコンクリート

　超高強度コンクリート、自己充填コンクリート、水中不分離コンクリート等、最近では様々な夢のコンクリートが現実のものになっています。超高強度コンクリートでは、鉄と同じくらいの圧縮強度を持つコンクリートさえ生まれています。その多くは混和材料を活用することで、コンクリートの水セメント比の原則を覆すことに成功したことによるものですが、混和材料の適切な使用があって初めて実現するものです。

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

表1　コンクリート用化学混和剤でできること，注意点

用いる混和剤	できること	注意点
高性能減水剤 高性能 AE 減水剤 流動化剤	単位水量低減 単位セメント量低 減流動性向上	セメント量削減でフレッシュ性状が変化するため、貧配合ではワーカビリティー低下の可能性がある。
AE 剤	エントレインドエア連行 対凍害性向上 単位水量低減	同一水セメント比では、空気量が増えると圧縮強度が低減するが、単位水量を低減し水セメント比を小さくすることで強度低下を防ぐことができる。
AE 減水剤高機能タイプ 高性能 AE 減水剤	スランプロス低減	使用量が少ない場合、効果が出ない可能性がある。 冬季はスランプが増加することがある。
AE 減水剤遅延形 高性能 AE 減水剤遅延形	コールドジョイント防止 スランプロス低減	気温に対して使用量が多い場合、凝結が著しく遅れる可能性がある。
凝結促進剤 耐寒性向上	初期強度発現促進 初期凍害防止	混ぜるな危険！ 主成分の異なる促進剤を混ぜると有毒ガスが発生する可能性がある。
収縮低減剤 AE 減水剤収縮低減タイプなど	乾燥収縮低減 自己収縮低減	使用量が少ない場合、効果が出ない可能性がある。 使用量と収縮低減量の確認が必要。
ブリーディング抑制剤 材料分離低減剤 増粘剤含有高性能 AE 減水剤	ブリーディング抑制 材料分離抑制	使用量が少ない場合、効果が出ない可能性がある。 骨材の種類により、効果が変動する

混和剤とは

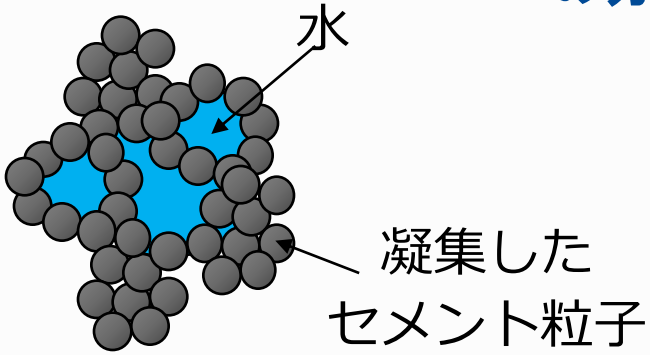
化学混和剤とは？

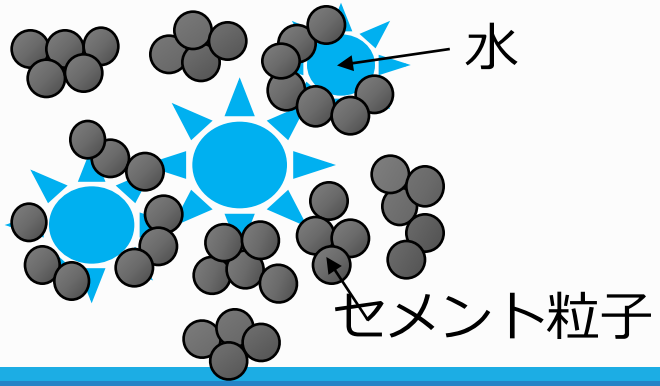
減水剤の効果

セメント＋水

セメント粒子
の分散作用

セメント＋水＋減水剤

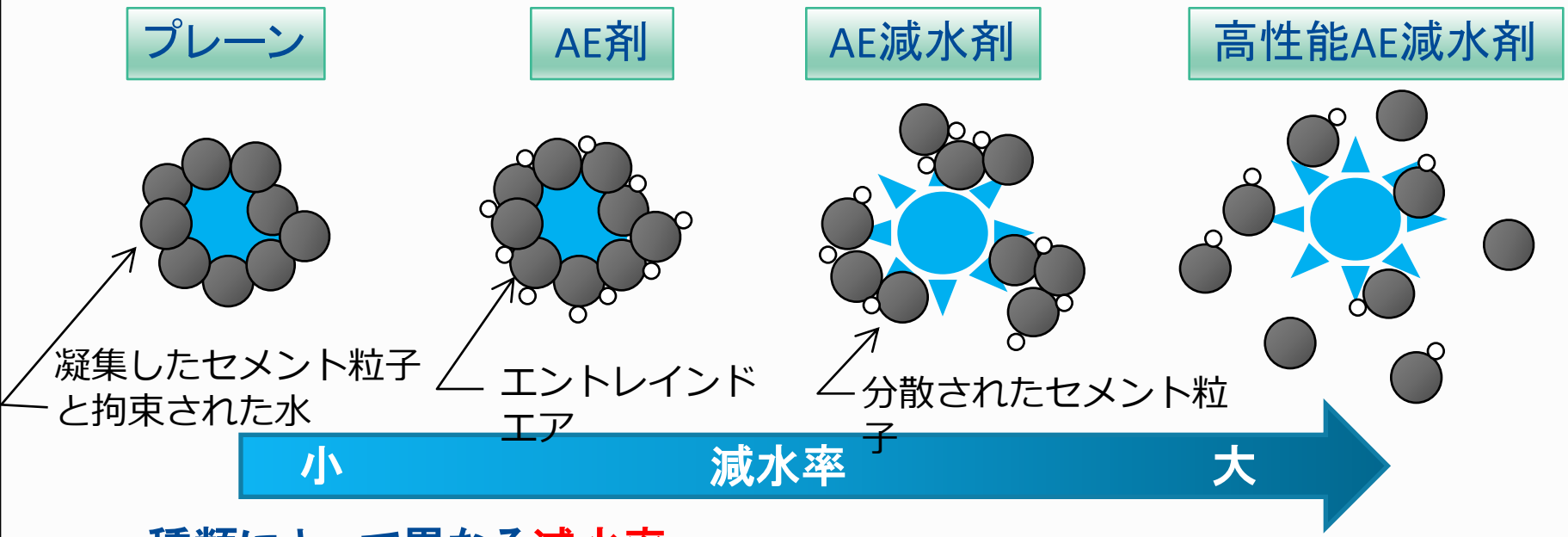




正しい混和剤の選定

化学混和剤とは？

化学混和剤の分散性の違い



種類によって異なる減水率

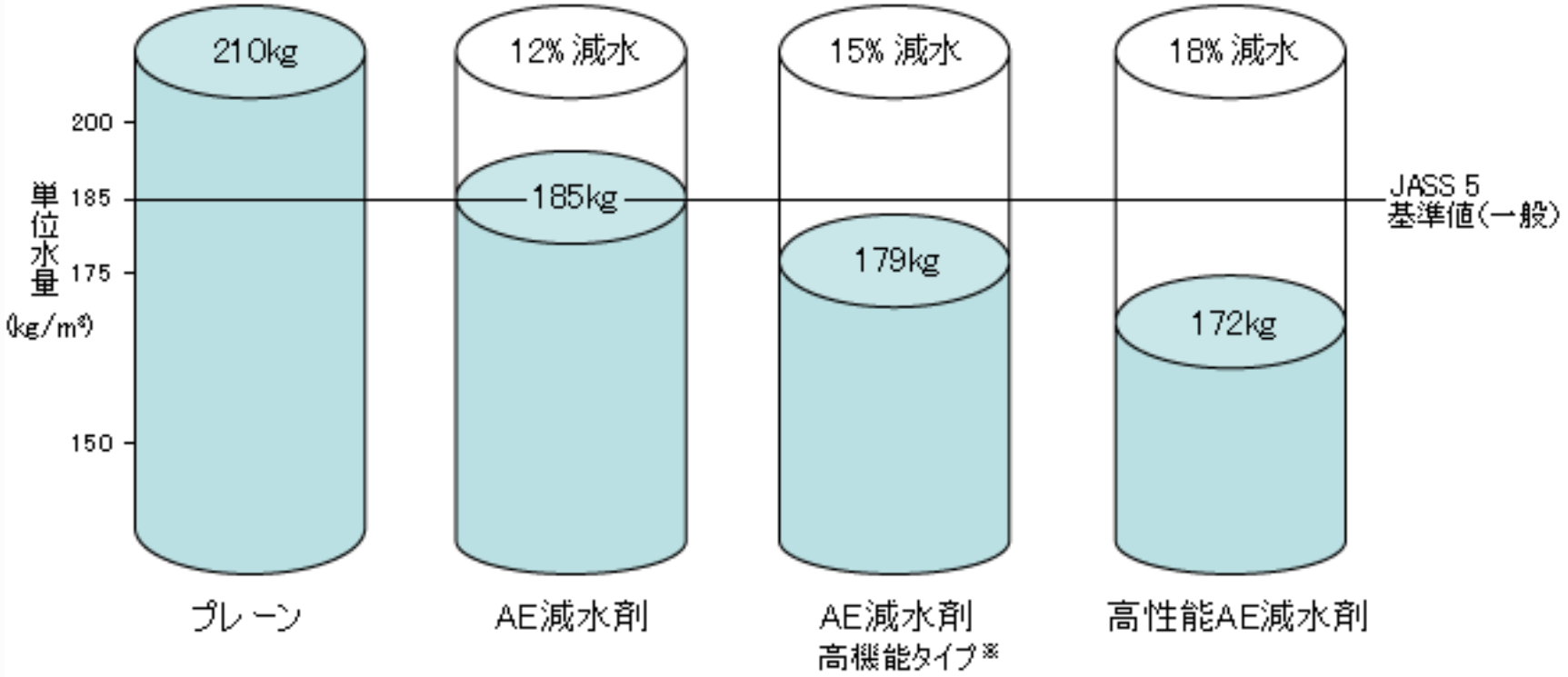
それ以外にもそれぞれの特徴がある。

正しい混和剤の選定

化学混和剤とは？

減水率とは

コンクリート用化学混和剤HPより引用

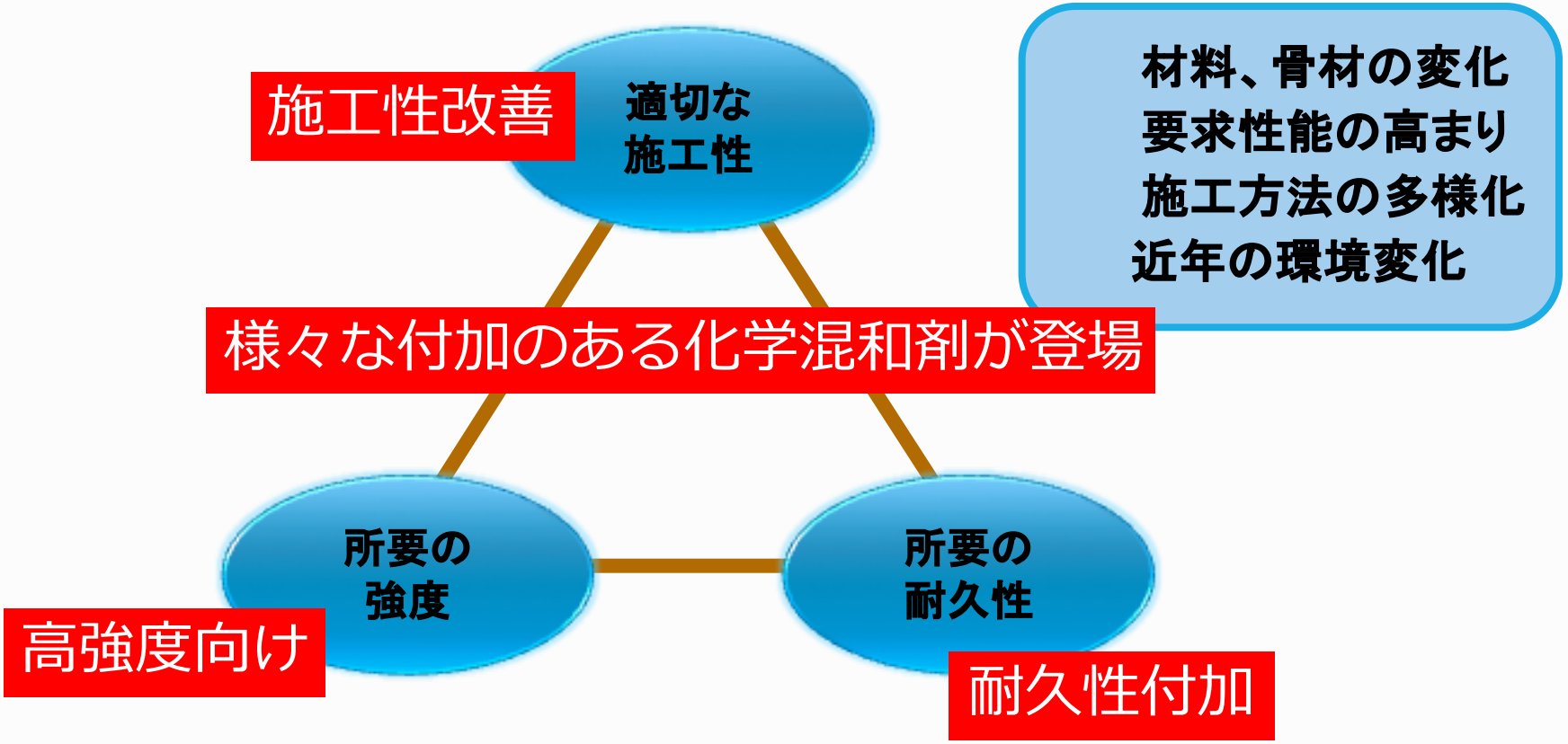


化学混和剤によって減らすことができる単位水量の割合

正しい混和剤の選定

新たな化学混和剤の登場

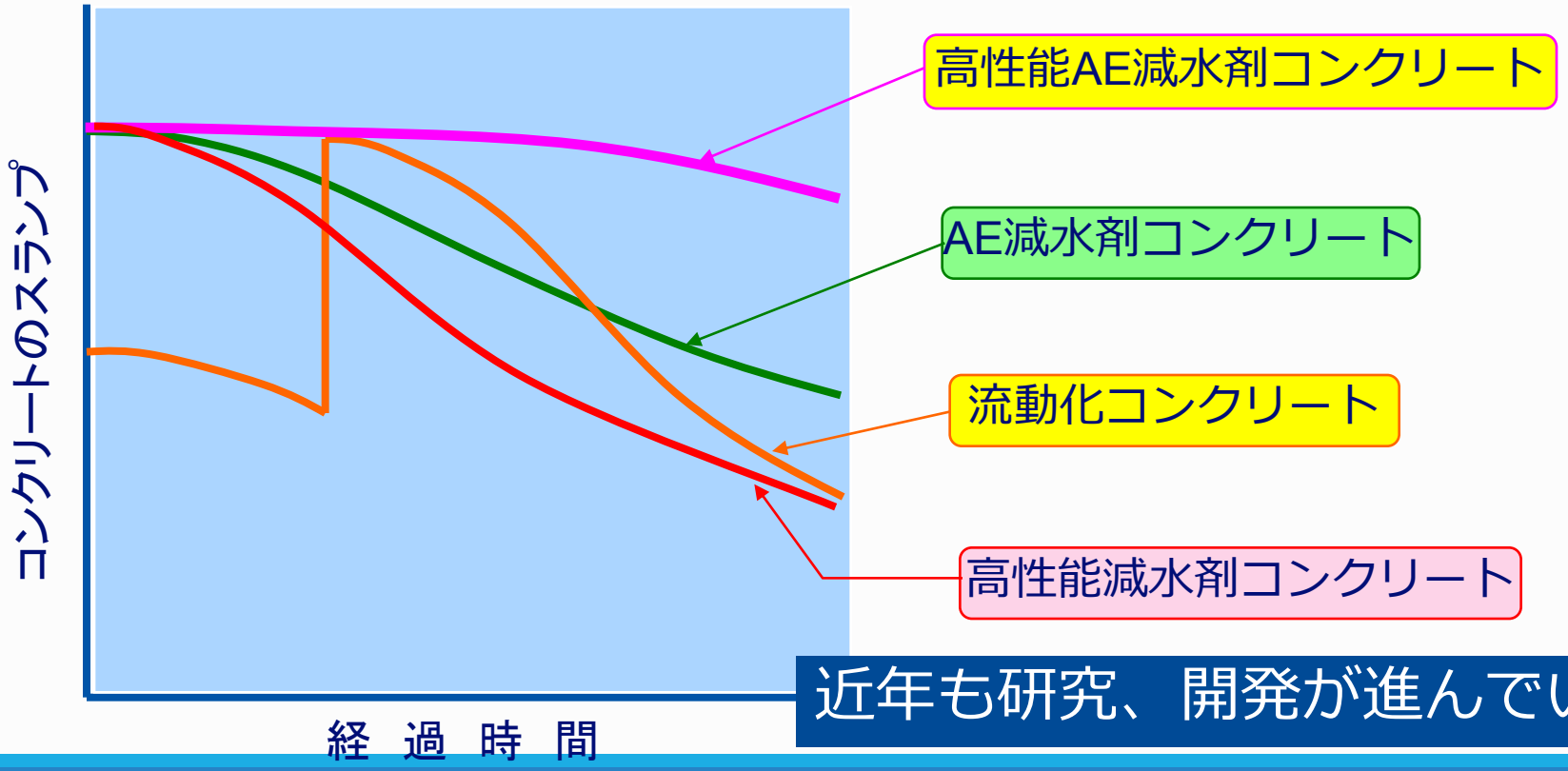
良いコンクリートにするための要求は高まってきている



正しい混和剤の選定

新たな化学混和剤の登場

スランプ（柔らかさ）の経時変化（イメージ図）



近年も研究、開発が進んでいる。

日本建築学会：高性能AE減水剤コンクリートの調合・製造及び施工指針・同解説より引用

多様化するニーズ

化学技術の進歩と共に
進化する化学混和剤

コンクリートは混和材料の時代へ

混和剤のトレンド

コンクリート用化学混和剤のトレンド

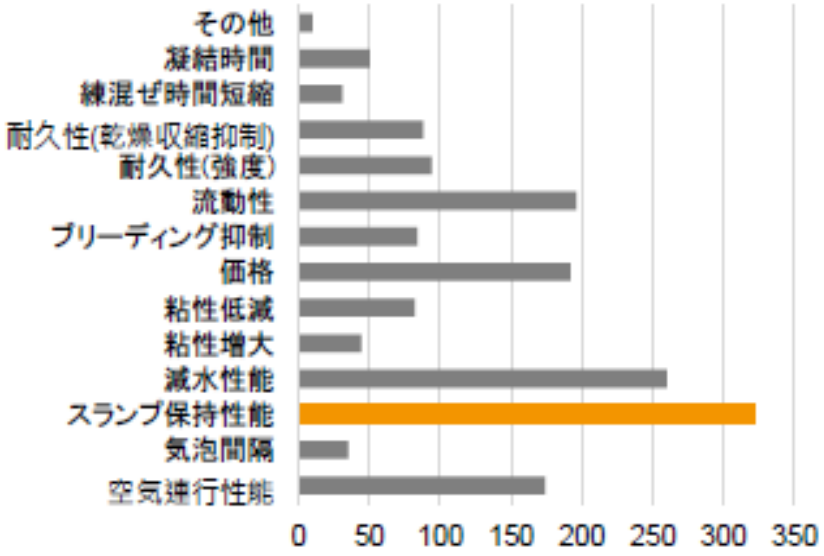
1. スランプ超保持混和剤
2. 増粘剤含有混和剤

スランプ超保持混和剤 現場のニーズ

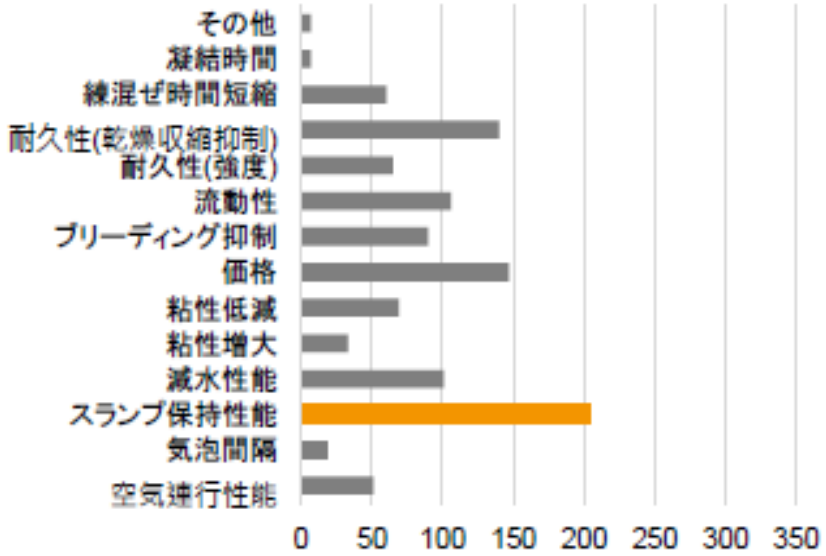
開発背景:化学混和剤メーカーの立場

化学混和剤の性能に関するニーズ

混和剤を使用する際に重視している項目



混和剤について機能を追加・強化してもらいたい項目



引用:コンクリートよろず研究会によるアンケート結果

対象:設計・施工者, 発注者・官公庁, コンクリート生産者, 材料生産・販売者

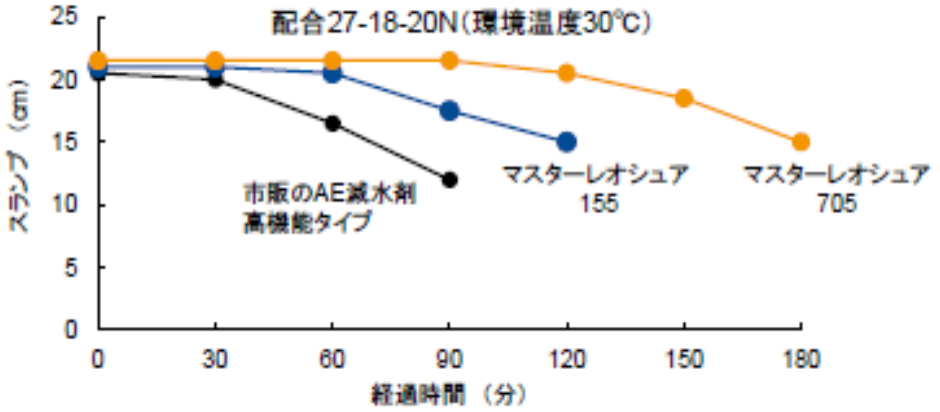
スランプ保持性能に対するニーズが最も高いです

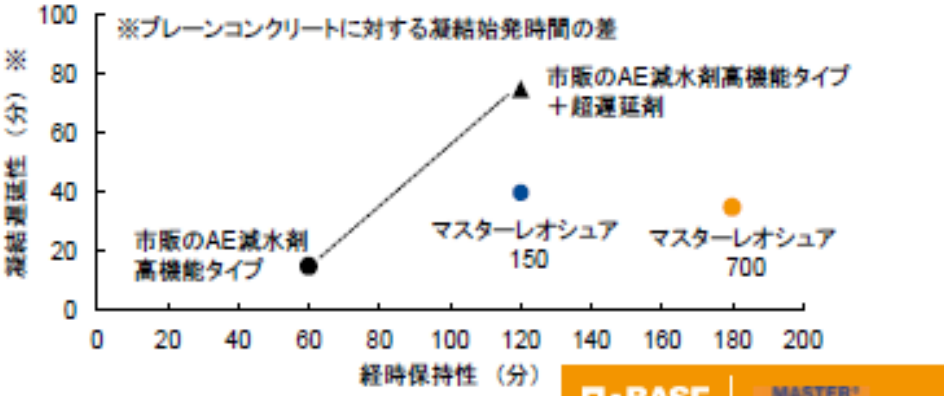
スランプ超保持混和剤の特徴

製品の特長

製品の特長

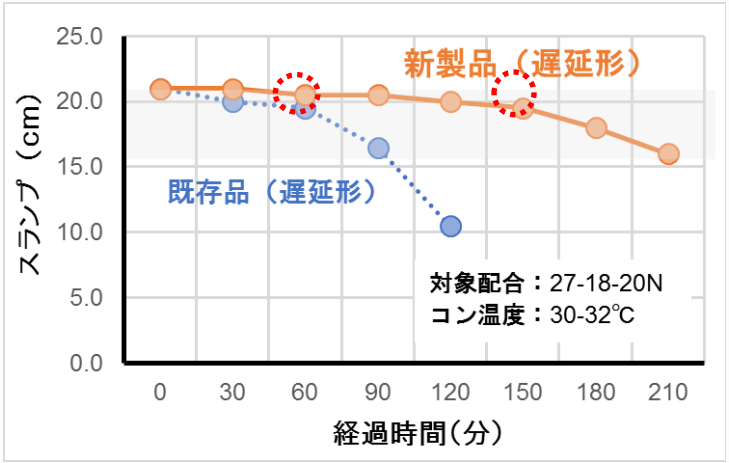
- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、スランプ保持性能が飛躍的に向上
- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、長時間良好なワーカビリティーを確保
- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、時間経過に伴うコンクリートの粘性の増加を抑制
- 凝結時間が大幅に遅延することなく、長時間スランプを保持
- 運搬時間や荷卸し時間を長時間確保
- ポンプ圧送性や施工性が著しく改善でき、特にポンプ圧送後のコンクリートの扱いがより容易に
- 150/155はフライアッシュや高炉スラグ微粉末などを大量に使用したコンクリートのスランプ保持性能が優る





スランプ超保持混和剤

建築現場配合 実機試験の一例



既存品の60分後の性状を150分まで保持した一例をご確認頂きました。

You can see the same property as the existing in 60min after 150min.

スランプ超保持混和剤

土木現場での活用実績　長時間静置輸送打設

工場出荷時　性状試験　SL:13.5㎝　空気量:4.8%
CT:28.0℃　AT:27.0℃

移送に使用するホッパー

ホッパーへの移し替え

ホッパーのまま現場(船)へ移送

スランプ超保持混和剤

土木現場での活用実績　長時間静置輸送打設

船上へ移送完了

現場の状況

打設現場

船上での性状試験,練直から約2時間後 SL:11.5㎝　空気量:4.1%
CT:31.0℃　AT:30.0℃

スランプ超保持混和剤

土木現場での活用実績　長時間静置輸送打設

スランプ超保持混和剤の使用　＝
生コンクリートの使用限度(賞味期限)の延長

凝結時間は始発が5時間程度、終結が7～8時間程度となる（20℃）。

練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内を標準とする。【RC示方書】

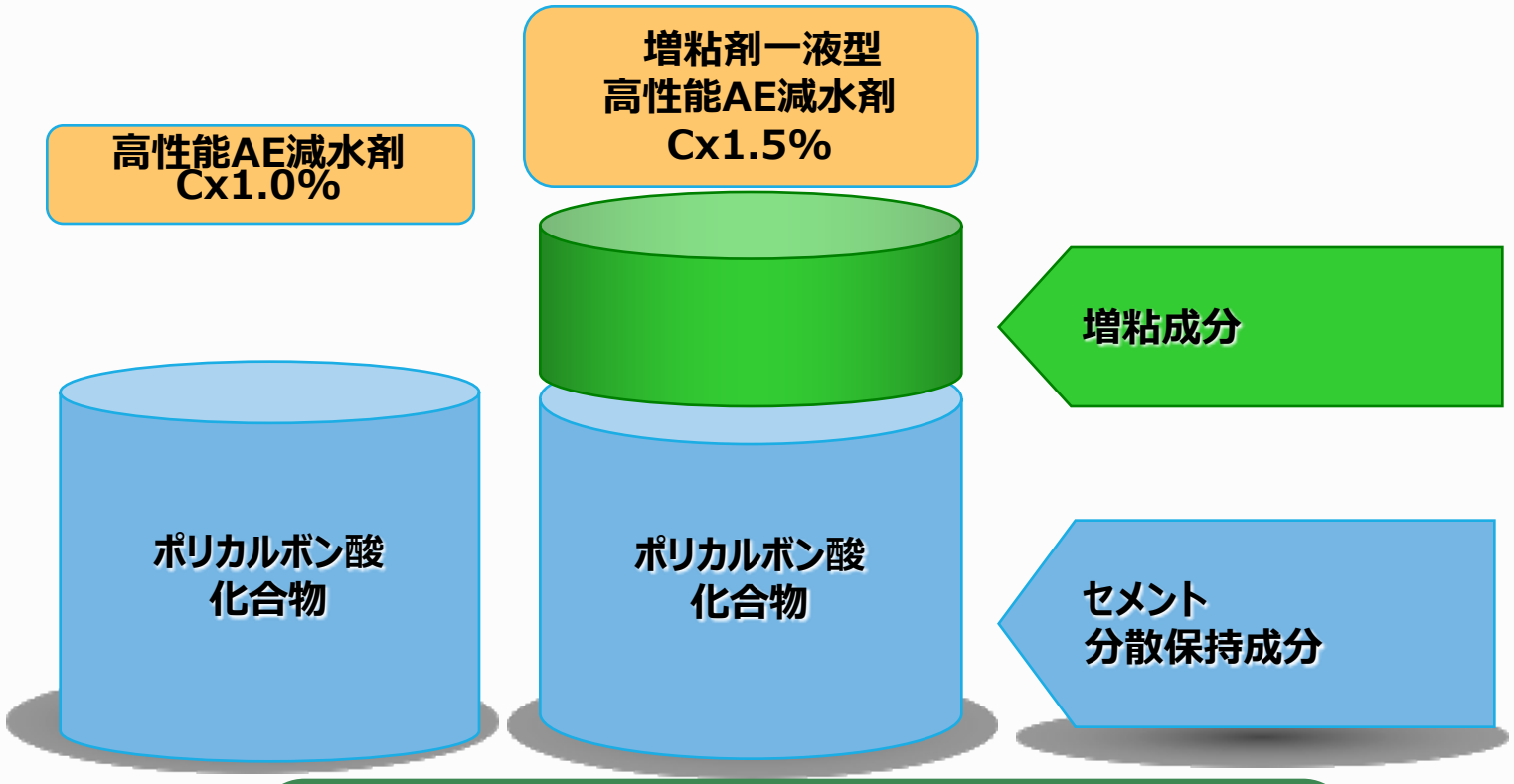
コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度は、外気温が25℃未満のときは120分、25℃以上のときは90分とする。ただし、凝結を遅らせる対策を講じた場合には、工事管理者の承認を受け、その時間の限度を変えることができる。【JASS 5】

レディーミクストコンクリートの運搬時間は、生産者が練混ぜを開始してから運搬車が荷卸し地点に到着するまでの時間とし、その時間は1.5時間以内とする。ただし、購入者と協議のうえ、運搬時間の限度を変更することができる。【JIS A 5308】

120分以上生コンクリート性状の確保が可能なコンクリートが製造可能

増粘剤含有混和剤

増粘剤含有高性能ＡＥ減水剤の構成



施工困難な現場で適用可能

例）・過密配筋建設物
・部材断面が小さい建造物
・作業スペース不足の現場
・大量打設現場

増粘剤含有混和剤CON実打設

2018.5.25　コンクリートよろず研究会
徳山高専　温品助教授撮影

増粘剤含有混和剤　模擬体充填試験

増粘剤含有混和剤　模擬体充填試験完了後

混和剤の可能性

-災害復旧現場での活用-

増粘剤含有混和剤　災害復旧現場での活用
使用実績

豪雨による河川護岸破損・空洞化補修工事

修復前

修復後

増粘剤含有混和剤　災害復旧現場での活用
使用実績

豪雨による河川護岸破損・空洞化補修工事

打設状況動画

災害復旧現場で
増粘剤含有混和剤にできること：

◆人手不足による工事遅れの解消
　人材確保は業界全体の懸案事項
　混和剤の活用で作業を軽減し現場を支える一助となる

◆多様性が求められる災害復旧現場の活用
　複雑な凹凸の発生する現場に適し利便性が高い
　被災地の皆様が少しでも早く元の生活を取り戻すための
一端を担うことができる

2014年8月
広島土砂災害

2016年1月 (災害から1年5か月)
砂防ダム打設開始

2017年1月 (災害から2年5か月)
砂防ダム大枠完成

2014.8　広島土砂災害

2016.4　熊本地震災害

2017.7　九州北部豪雨災害

2018.6　大阪北部地震

2018.7　西日本豪雨災害

2018.9　台風21号大阪インフラ損壊

2018.9　北海道胆振東部地震

2019.9　令和元年台風15号、台風19号被災

まとめ

-あなたが引き出すコンクリートの底力-

超高層
建築物
災害復旧
作業性向上
耐久性向上
長時間
ｽﾗﾝﾌﾟ保持
新架構実現
工期短縮
生産性
向上
収縮低減
混和剤という
選択肢

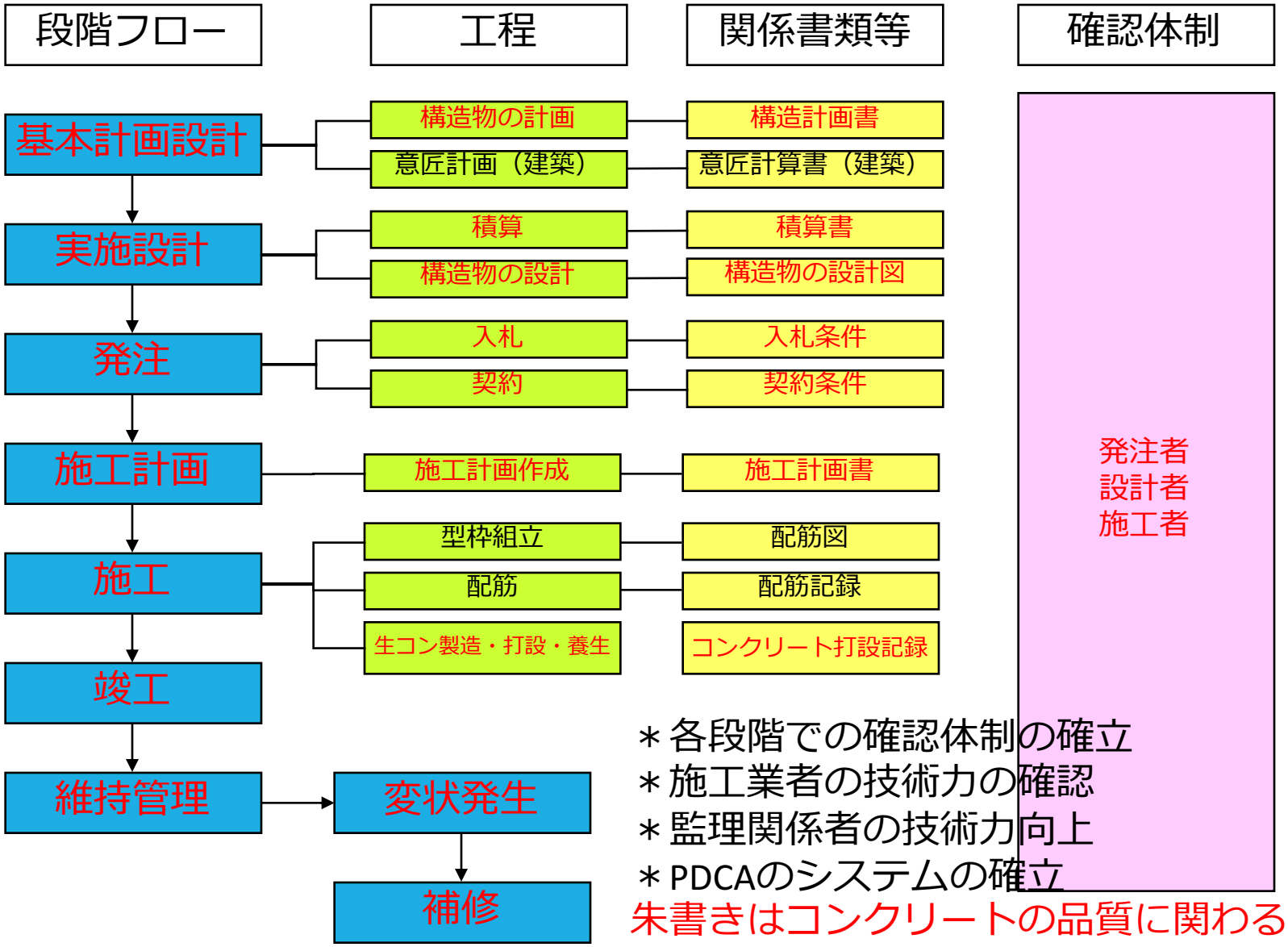
将来の夢

レディーミクストコンクリートの種類及び区分（案）

コンクリートの種類	粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ又はスランプフロー (cm)	呼び強度												
			18	21	24	27	30	33	36	40	42	45	50	55	60
普通コンクリート	20,25	8,10,12,15,18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
		21	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
		45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
		50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
		55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
		60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－

混和剤の技術革新

コンクリート工事の確認フロー（例）



＊各段階での確認体制の確立
＊施工業者の技術力の確認
＊監理関係者の技術力向上
＊PDCAのシステムの確立

朱書きはコンクリートの品質に関わる箇所

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

あなたが引き出すコンクリートの底力とは

- コンクリートは，複数の材料が組み合わさって生まれたひとつの命
  - 　コンクリートの製造は，いくつかの材料（素材）を複合させて，一つの新しい材料としての命を生み出す行為であり，コンクリート構造物の建設は，この新しい命にインフラとしての役割を与えることである。
  - 従って，コンクリートは，これを構成する材料や材料の割合を変えることで，それぞれ個別の性質を持った命となる。
- コンクリート工事の体制（システム）も，複数の工程が組み合わさって生まれるひとつの命
  - コンクリート工事もまた，複数のプレーヤーによる工程が連携して，一つの新しいプレーヤーとしての命が生まれる。
  - コンクリートの製造工程，あるいは，コンクリート構造物の建設工程において，正しく作業が行われなければ，本来，コンクリートが持っている力（強度，機能，耐久性）を引き出すことが出来ず，構造物としての性能も発揮できないことを意味する。
- コンクリート（材料）の命と，コンクリート工事（体制・システム）の命を大切にすることで，コンクリートの底力を引き出すことが出来る

資料：田村隆弘（コンクリートよろず研究会 会長　福井工業高等専門学校 校長）

ご清聴ありがとうございました

t.tsutsui@kokusai-kigyo.co.jp