

CT

CONCRETE TECHNOLOGY

| 2022/7 | Vol.41, No. 7 |

月刊コンクリートテクノ

COVER: 株式会社大分宇部 大分工場

モリ技巧製残水処理機「硬まるくん」

混和材との 付き合い方

特集



コンクリート用混和材の有効利用に向けて ～これまでとこれから～

十河 茂幸 | Sogo Shigeyuki
近未来コンクリート研究会

1. はじめに

コンクリート用混和材を積極的に利用するための委員会を設立し、シンポジウム¹⁾を開催し、報告書²⁾をまとめたのは、いまから11年前のことである。すでに脱炭素を目的とした議論がなされているが、いま改めて見ても新鮮である^{3,4)}。とはいえ、課題は残されたままとなっており、様々な提案をしているが実現している内容はあまりないと言える。今回、コンクリート用混和材の有効利用に向けての企画をいただいたが、提案だけで終わらないことを願うのみである。

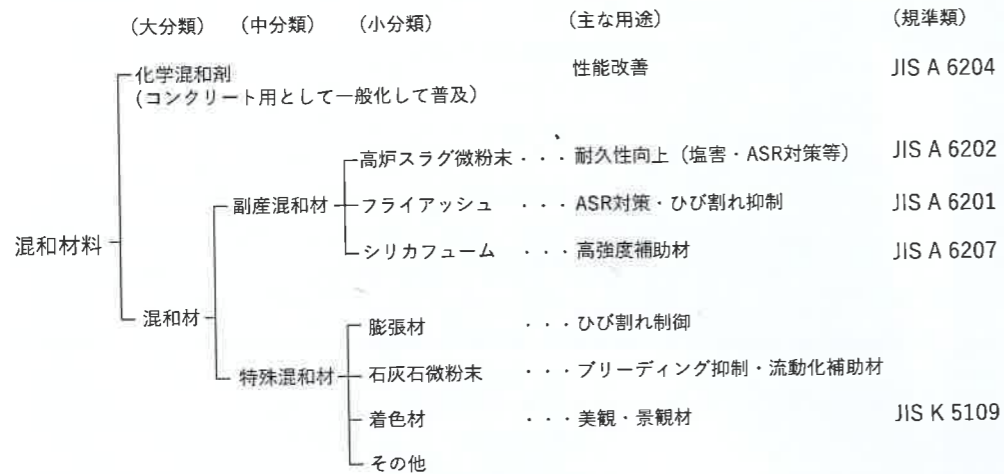


図-1 混和材の分類と用途、規準類

2. これまでの混和材の使用実態 ～利用の目的とその効果

コンクリート用混和材の使用実態を整理しておきたい。図-1は、混和材料を分類しているが、混和材に着目した内容である。高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどは、かつては産業廃棄物であったが、それを有効利用して、産業副産物の位置づけにした時代もあった。そして、これらの産業副産物のコンクリートへの利用効果が高いことから、むしろ積極的に活用する時代へと変化した。これらは、混和材というより、混合材として高炉セメントやフライアッシュセメントなどとしての利用となり、混和材としての利用ではないが、資源の有効利用として意味がある。過去に、明石海峡大橋の建設では、低発熱性を期待して副産混和材を多量に使用した経緯があり、その際にはクリンカーを15%として使用した例⁵⁾がある。混和材の積極

利用の発端と言えるが、現実にはプレミックスセメントとして供給されている。

シリカフュームは、産業副産物ではあるが、高強度コンクリートを製造するために必要な素材であることから、超高層の集合住宅などでは必要不可欠な混和材として扱われている。資源の有効利用の観点から、より積極的に性能向上を目的とした使い方として使用されている。

高炉スラグ微粉末は、耐久性の向上を目的として使用され、フライアッシュは、フレッシュコンクリートの性能改善と耐久性向上を目指して使用され、ひび割れ抑制を目的とした使い方もある。さらに、これらの副産混和材は、セメント代替として、カーボンニュートラルを目標としている。しかし、現実には製造、運搬、貯蔵設備、などの課題から、混和材としての使

用ではコストアップにつながるとして、あまり使用実績が多くないのは否めない事実である。

高強度コンクリート用としてシリカフュームを使用するのは、高層の集合住宅では必須の材料となり、これが製造できる工場は限られるが、ユーザーニーズに応じて対応されている。当然価格の設定も特別使用のため理に適っていると考えられるが、むしろ材料の調達などで苦勞をしているようである。

石灰石微粉末⁶⁾も高流動化に適していることから、セメントに代わる粉体量として温度ひび割れの抑制対策として利用できるが、製造設備面から、生コン工場では混合が困難な場合が多い。

3. 有効利用に向けた課題

コンクリートは、安価な建設材料として多くのインフラに活用されてきた。例えば、セメントの製造コストも生産効率を重視して、できる限りのコストダウンを図ってきた。セメントの単価が安いことから、コンクリートの単価も上がらないままである。最近になってようやく価格の値上げの要求が通るようになってきたが、これは従来型の資材費の高騰などを理由としており、本来のコンクリートの価値を見出したものではない。コンクリートの真の価値を見直す時期に来ている。そこで、混和材を有効利用するための課題を整理し、課題解決のための提案を表-1にまとめた。

表-1 混和材を有効利用するための課題と提案

	課題	提案
品質	<ul style="list-style-type: none"> 強度発現性 (BFS, FA) 収縮特性 (BFS) 水和熱による温度特性 (BFSの粉末度) 収縮ひび割れ発生 中性化 (FA, BFS) 未燃カーボンによる気泡減 (FA) 品質変動 品質保証 	<ul style="list-style-type: none"> 強度管理材齢を延長 自己収縮の低減策 (微粉末化を避ける) 温度ひび割れ対策で対応 ひび割れの無害化 緻密化で対応 (鉄筋の防食で対応) 適切な化学混和剤 (AE 剤) の使用 品質管理で対応 不具合発生に対する責任の在り方
供給	<ul style="list-style-type: none"> 製造コスト (火力発電による影響) 地域性 (輸送コストへの影響など) 貯蔵設備 規準の壁 (JIS の制約) 供給量の限界 生コン設備面 残コンの処理問題 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭の利用実態による影響を緩和 地産地消が原則 長期的な戦略で対応可能な設備改善 規制緩和 供給量予測で対応 混和材サイロの増設 有償化による対応
設計	<ul style="list-style-type: none"> 品質に関する認識不足 設計図書に記載がない 詳細な技術基準や仕様書の不備 実績中心的な設計実務 積算基準 	<ul style="list-style-type: none"> 設計の資格者の認定 設計図書の改善 実態の合った設計方法の確立 性能規定化の推進 積算基準の見直し
施工	<ul style="list-style-type: none"> 養生期間が長く必要 温度管理 施工性能 品質保証 	<ul style="list-style-type: none"> 設計面での対応 適切な養生温度の設定 性能規定化で対応 適切な積算で対応
環境	<ul style="list-style-type: none"> 環境負荷低減効果の評価 廃棄される材料 副産物の活用に対するインセンティブ 	<ul style="list-style-type: none"> 環境負荷低減評価方法の確立 再利用の検討 評価方法の見直し

(1) 品質面の課題

高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの副産混和材を用いることで、利点と欠点があり、それを

解決するための対策も考えられている。例えば、フライアッシュを使用すると、凝結と硬化が遅れるが、強度管理材齢を長くすればむしろ完成後の強度は増加して問題ないが、管理材齢を長くすることを承認できないとする発注者もいるし、施工面では養生期間が長くなるとして、嫌がる施工者もいれば、養生を短期に切り上げると強度不足となる懸念が生じる。高炉スラグ微粉末を使用する場合に、強度発現が遅れることから、粉末度を高めて早期強度発現を期待すると自己収縮率が大きくなり、ひび割れの発生確率が高くなる。そのため、低収縮性の微粉化を抑えた高炉スラグ微粉末とすると、強度発現が遅れる問題が生じる。解決できる問題があるにも関わらず、これまでの規準から外れることを恐れてしまう傾向がある。規準は材料、配合、施工条件に合わせて変更することこそ最適な規準となることを理解してほしい。なお、不具合が生じた場合の責任の問題も明確にしておかなければならない。特に、実績のない材料、配合、施工を行う場合は、予期せぬ不具合の発生する確率も高くなりがちである。責任逃れをするために、積極的な活用を恐れないうでほしいものである。

(2) 供給面の課題

レディーミクストコンクリート（生コン）の普及により、安価で便利な生コンとして活用され、生産性向上には大いに貢献したといえる。ところが、生コンの使用が主流になって以来、施工者側のコンクリートの関する知識が薄れ、コンクリートの不具合の責任を生コン工場に押し付ける傾向が高くなったといえよう。

生コンの製造では、製造設備を合理化して、計量は精度向上に努め、ミキサは強制式で短時間での練り混ぜができ供給量は多くなり、運搬ではリアルタイムで位置情報が共有されている。しかし、購入側の方はそれに甘えて、残コン・戻りコンが減らないのが現状である。最近になって価格上昇の機運は高まっているが、生コンの価値からするとまだ安価と言わざるを得

ない。残コンの責任は購入者側にあるにもかかわらず、価格に含まれるとして有償化に反対する動きがある。いまや廃棄物の費用負担は事業者負担が当たり前の時代にもかかわらずである。

供給側にも課題がある。多様化の時代にも関わらず標準品だけを製造することしかできない状態から脱却してほしい。製造設備の合理化を推進してきた結果、混和材を使用するにもサイロがない、計量できないといった現状にある。また、サイロを空けて対応したとしても、その後使用する見込みがないと、材料の廃棄問題が生じる。それらを生コンの価格に反映できる仕組みも考えられていない。また、生コンの価格に対しても共販制度で統一していると高性能品が売れないことになる。生コンの価値と価格制度を見直す時期に来ていると感じる。

(3) 設計・施工時の課題

設計時の要求性能と施工における要求性能を満たせば問題はないはずであるが、発注者は早期の建設を要望し、それを満足させるには強度発現が遅れる材料は適さないことになる。設計・施工の分離発注で行われる限り、一度設計された仕様を変更することは至難である。施工承認を認めてもらい、費用は施工者負担で改善を行うしか道がないのが現実である。

初期ひび割れを抑制するため収縮を低減できるフライアッシュを使いたいとしても、それにかかる費用は公共工事では認められないのが実状である。強度発現が遅れるからだとしても、その対策にかかる費用は施工者負担となる。また、材料、配合、施工方法を変更した責任も施工者に課せられる。施工者の中には、その責任を生コン工場に負わせようとする動きもある。発注者、設計者、製造者、施工者が問題意識を共有する必要がある。

(4) その他の課題

大手建設業を中心に脱炭素社会に向けて高炉スラ

グ微粉末やフライアッシュの使用が増加しているが、ここにも課題が残されている。現状では生コン工場で製造するしか方法がない。高炉スラグ微粉末やフライアッシュは脱炭素に適した材料といえるが、これらをコンクリートに適用するには、生コン工場の貯蔵設備面からの検討が必要となる。当然価格に反映されることになる。環境負荷低減のためには必要であるが、現状の設備では価格は跳ね上がる。副産混和材は安くなると認識するのは早い。製造設備だけの問題ではない、混和材の供給面と残った材料の廃棄問題もある。これらの課題は、発注者、設計者、製造者、施工者が連携して解決しなければならない課題といえる。

4. これからの混和材への期待

現在の建設現場を鑑みるに、生コンクリートでなくては施工ができないのが現状である。

生コン工場が存在しなければ、小規模の建設工事は大変なことになる。つまり、コンクリートを製造する設備を現場で組み、セメントの貯蔵、骨材の保管、混和材の貯蔵、計量装置・練り混ぜ設備などを設置しなければならない。当然、生コンを購入するより相当に高価な費用負担が生じる。とても1㎡が2万円程度では造れない。生コンの普及は、生産性向上に大いに貢献しているといえる。そうして、現在は生コンありきの現状となってきた。ところが、生コンも価格競争のため、効率化を優先して、少品種の多量生産化に走った。そのため、多様化の社会に程遠い存在と化して

きた。

しからば、生コン工場の改革こそが混和材の活用のカギとなる。とはいえ、生コンの価格が低いと改善の余地はない。発注者が積算で価格を抑え、受注者（施工会社）がそれに応じている限り改善されるわけがない。実勢価格が物価版に掲載され、それを見て積算をして発注条件を提示し、建設会社が応札している実態を変えなければならないが、確立された受発注の仕組みを変えることは困難な問題といえる。しかし、ここにきて、脱炭素化の提案をインセンティブとすることができれば改善されるはずである。

いまこそ、多様な要求に応じることが可能な生コンの製造設備と受発注システムを改革すべきであり、生コンを適正な価格で評価できることに期待する次第である。

5. おわりに

コンクリート用混和材としては、副産混和材を産業廃棄物にしないことから始まり、耐久性の向上を目的とした利用に変化し、また、低発熱性を期待する使用方法として有効活用が行われてきた。さらに、近年では脱炭素社会への貢献を目指して様々な試みと実用化が進んでいる。いずれにせよ、コンクリート用混和材の積極的利用は重要な局面を迎えている。しかし、生産現場の課題なども山積し、積極的な利用のための仕組みを考えなければならない。この報告が何らかのヒントになれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会編：混和材を積極的に使用するコンクリートに関するシンポジウム論文集、2011年12月
- 2) 日本コンクリート工学会編：混和材積極利用によるコンクリートの性能への影響評価と施工に関する研究委員会報告書、2013年8月
- 3) 十河茂幸、河野広隆、野口貴文、宮澤伸吾、近松竜一：混和材積極利用によるコンクリート性能への影響評価と施工、コンクリート工学、Vol.52、No.3、2014.3
- 4) 十河茂幸：コンクリート用混和材の有効利用—課題と展望（土木）、コンクリート工学、Vol.52、No.5、2014.5
- 5) 金沢克義、二宮仁司、十河茂幸、新開千弘：超低発熱セメントの橋りょうマスコンクリートへの適用性、コンクリート工学、Vol.27、No.5、1991.4
- 6) 日本コンクリート工学協会編：石灰石微粉末研究委員会報告書、1998