

解説

CO₂ 低排出型コンクリートの 実用化への取り組み

ひとみ たかし
人見 隆

中川ヒューム管工業(株)
常務執行役員技術営業部長
兼品質保証部長
(本誌編集委員)

1 はじめに

地球温暖化による影響は、異常気象によるゲリラ豪雨、干ばつや海面上昇など私たちの生活に大きな支障をきたし世界的な問題となっています。これらは、温室効果ガスによる地球温暖化の影響によるものといわれております。このような状況の中、日本は火力発電依存からの脱却など世界からきびしい目を向けられています。エネルギーに乏しい我が国においてはベース電源を確保する手段として火力などによる発電に依存せざるを得なく、また代替していくにしても今後数十年のスパンで考えなければならないのが現状のようです。そのような背景から、エネルギー以外のあらゆる分野においてもCO₂削減対策を講じる必要がある時代に突入したと考えられ、建設業界においてもより積極的な取り組みが期待されています。

コンクリートは、あらゆるインフラを自在に構築でき、便利で比較的安価な主要建設材料となっています。しかしながら、一方ではセメント製造時において発生する大量のCO₂も大きな課題で、近年は様々な方向から脱炭素へ向けた取り組みがなされており、産業副産物を大量に使用したコンクリートの開発が盛んになりつつあります。今回は環境省のCO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業¹⁾(中川ヒューム管工業(株)・(一財)電力中央研究所・(一財)石炭エネルギーセンター)にて進めている取り組みを紹介いたします。

2 技術の概要

2.1 エコな次世代コンクリート

今回ご紹介させていただく技術は、従来のセメントコンクリートと比較してCO₂の排出量を約70%削減できるセメント不使用のジオポリマーコンクリート(GeoPolymer Concrete、以下、GPC)です。一般的なコンクリート(Ordinary Portland Cement、以下、OPC)は、セメント(普通ポルトランドセメント)に水と砂利、砂を混ぜて水和反応によって硬化させますが、このCO₂低排出型コンクリートは、図-1に示すようにアルミ・シリカ系粉体であるフライアッシュや高炉スラグ微粉末を用いて製造されます。したがって、セメントに替えて用いられるSi-AI系粉体の結合材は、産業副産物のみで構成されています。また、水に変えてアルカリ溶液を用いますが、その他はOPCと同様に砂利砂を加えて練り混ぜて製造されます。その結果、セメント焼成時に排出されるCO₂(760kg/t)がゼロに抑えられ、製造されたコンクリー

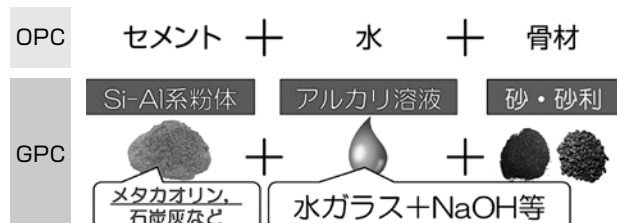


図-1 OPCとGPCの素材例

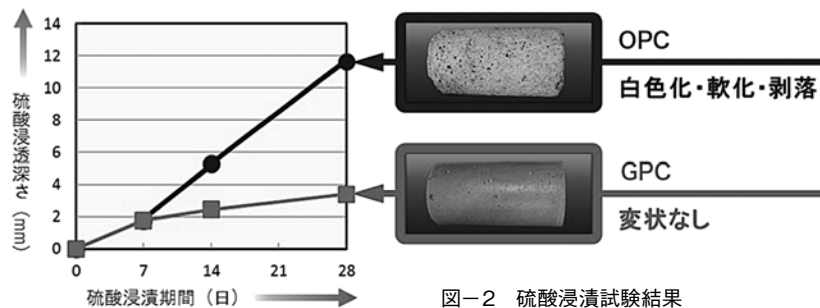


図-2 硫酸浸漬試験結果

ト1m³あたりのCO₂排出量に換算すると、OPCに比べて約70%排出量が削減できる技術となっております。このアルミ・シリカ系粉体とアルカリ溶液で硬化させたGPCは、世界的に注目されており技術開発が盛んな次世代コンクリートです。

2.2 特長(高い化学的耐久性と耐熱性)

GPCは、火力発電所から発生するフライアッシュを大量に使用することで、OPCに比べて腐食等が懸念されるカルシウム分を最小限に抑えることができます。カルシウム化合物が少ないコンクリートは、酸に溶け難く、化学的耐久性(特に耐酸性：図-2)に優れた性能を有しています。また、OPCは、セメント水和物(水分)が含まれており、高温に曝されると強度低下を伴って分解が進みます。特に高強度コンクリートにおいては爆裂するといった問題を解消するため、被覆や繊維の混入など様々な対処がとられています。一方、GPCは、セメント系水和物が非常に少なく²⁾、高温に曝されても分解が進まないといった特徴があり、耐火性のコンクリート材としても活用できる可能性もあわせ持っています。

このような特徴から、酸劣化が課題となっている下水道や温泉地、また耐熱性が要求される建築材料やトンネル等に用いる資材として期待されています。

2.3 国内における標準化へ向けた取り組み

これまで、(公社)日本コンクリート工学協会「建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会」³⁾で検討が進められてきましたが、まだ構造設計手法が確立されておらず、圧縮・引張・曲げ・せん断といった応答性状の評価式が未整備であることが課題となりました。そのような中、2019年から土木学会にて「土木分野におけるジオポリマー技術の実用化推進のための研究小委員会」が発足し、標準化へ向けた取り組みが

加速しています。現時点では、使用される原材料(粉体)やアルカリ溶液の種類が多岐に及んでおり、硬化後の性能に差が生じる可能性が否定できません。そのようなことから、材料や配合基準等の整合性を図り、指針の策定を目指しています。図-3はGPCとOPCの静弾性係数です。柴山らの報告⁴⁾にあるように、GPC自体はOPCに比べ静弾性係数がやや小さい傾向(同じ応力ならひずみが大きい)がありますが、鉄筋コンクリート部材としては鉄筋との付着性もOPCと同等であることから非常に高い靱性と変形性能を有していると推察されます。

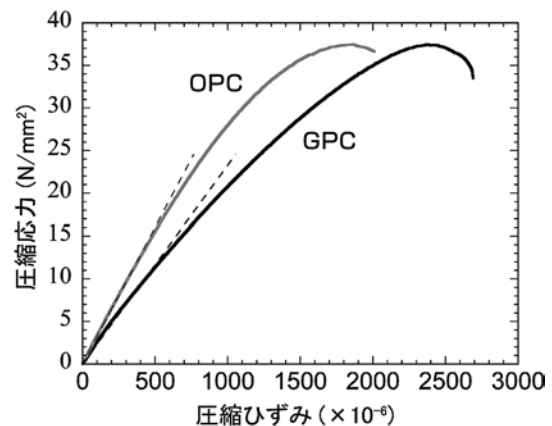


図-3 応力・ひずみ図

2.4 世界的にも注目されている技術

GPCは、ヨーロッパで開発された技術ですが、現在最も実用化普及が進んでいる国はオーストラリアです。常温での反応が遅いなどの理由により、工場で蒸気養生を施したプレキャスト製品としての事例が多いのですが、近年では生コンとしての試行もはじまっており、実用化例としては、写真-1、2に示す栈橋の床版や建築部材(スラブ)などのプレキャスト製品の他、生コンを使用した道路床版の打設も行われています。