

エネルギー・CO₂ミニマム (ECM) セメント・コンクリートシステムの開発

Development of Energy-CO₂-Minimum Cement Concrete System

1) 全体概要

1) Outline of the Project

三井 健郎 Kenrou Mitsui*1

米澤 敏男 Toshio Yonezawa*2

梗概

「エネルギー・CO₂ミニマム (ECM) セメント・コンクリートシステム」は、新たに開発した高炉スラグを多量に使用したセメントとこのセメントを使用したコンクリートおよびこのコンクリートに適した構造体システムから構成される。本システムはセメントコンクリートのエネルギーとCO₂を最小化できる技術システムとして開発中の技術である。本稿では、開発の背景、システムの全体構成およびCO₂削減効果について概要を述べる。

キーワード：CO₂, セメント, 高炉スラグ, エネルギー

Summary

“Energy and CO₂ Minimum Concrete System” is a concrete system that consists of newly developed cement with high volume blast furnace slag, concrete using this cement and structural system using this concrete. This system is expected to minimize usage of energy and emission of carbon dioxide of construction of structures. This paper describes background of the development, outline of the system and effect of this system on reducing energy consumption and emission of carbon dioxide.

Keywords: emission of carbon dioxide, cement, blast furnace slag, energy consumption

1 はじめに

世界的な人口増加や都市化・工業化の急速な進展のため、石油や石炭などの化石燃料の消費量は急速に増大し、地球環境に深刻な影響をもたらすようになっており、CO₂排出量の削減および資源・エネルギーの有効利用は社会の持続性を担保するうえで重要な課題となっている。我国の全CO₂排出量のうち、建築・土木工事に関わるものは約18%であり、そのうち、コンクリートや鉄鋼、セメント製品など建設資材に関するものが60%以上を占めている。中でも主要な建設資材であるセメントの製造時のCO₂排出量は約5,000万トン/年と多く、我国のCO₂排出量の約4%を占めている。したがって建築・土木構造物の建設に関わるCO₂排出量、すなわち資源、エネルギー消費を削減するためには、CO₂原単位の小さなコンクリート構造物を建設するにはセメントのCO₂を削減することが必要である。

セメントのCO₂を削減する有力な手段の一つが高炉スラグ微粉末を利用することである。高炉スラグ微粉末は製造プロセスで焼成が不要であり原料からのCO₂排出もないため、高炉スラグ微粉末をポルトランドセメントに混合したほぼ全量がポルトランドセメントのCO₂削減に寄与する。したがって、高炉スラグ微粉末を多量に使用することによってセメントの、そしてコンクリートのCO₂削減が可能となる。また高炉スラグ微粉末は我国で1,500万トン/年以上生産されており、コンクリート用として十分な量が生産されていることもセメント用として実効性が高い。現状では、高炉スラグの半分以上が海外に輸出されており、これらを国内で有効利用することも十分に有用と考えられる。既存の高炉スラグセメントB種よりも高炉スラグを多量に含有するセメントとして高炉セメントC種や高硫酸塩スラグセメントが古くから知られており、セメントのエネルギー削減にこれらのセメントが有効なことも指

*1 技術研究所 建設技術開発部材料部門 マネージャー 博士(工学) General Manager, Research & Development Institute, Ph.D.

*2 技術研究所 リサーチフェロー Ph.D. Research Fellow, Research & Development Institute, Ph.D.

摘されてきた。しかし、これらのセメントは、我国ではほとんど利用されることはなかった。初期強度が低いこと、収縮（自己収縮・乾燥収縮）が大きいこと、中性化が速く鉄筋コンクリート構造物の耐久性の確保が難しいことなどがその理由と考えられる。

一方、上述したような高炉スラグを多量に含有したセメントの欠点を改良するとともに、コンクリート構造物へ適用する技術ができれば、我国で大量に生産される高炉スラグを資源として有効に活用できるとともに、コンクリート構造物の、資源・エネルギー量およびCO₂排出量を大幅に削減することが可能となる。

「エネルギー・CO₂ミニマム（ECM）セメント・コンクリートシステム」は、高炉スラグを多量に使用したセメントとこのセメントを使用したコンクリートおよびこのコンクリートに適した構造体の全体システムであり、セメントコンクリートのエネルギーとCO₂を最小化できる技術システムとして開発中の技術である。この研究開発は（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託研究として2008年より進めているものである。

2 ECMセメント・コンクリートシステムと本報告の構成

システムの全体構成をFig.1に示す。このシステムはECMセメントとECMセメントを使用したECM躯体構造と基礎構造の三つにより構成されている。

ECMセメントは高炉スラグ微粉末を60%以上含有する高炉スラグ高含有セメントであり、反応刺激材としてポルトランドセメントおよび一部に解体コンクリートから回収した再生微粉末を用い、反応調整剤として無水セッコウなどの成分を使用している。再生微粉末には水和反応の刺激作用とともにアルカリ性を増強し中性化を抑制する効果も期待している。ECMセメントは、高炉スラグ微粉末と反応刺激剤、反応調整剤の構成比により特性が異なり、現状では地盤改良体と構造体用の用途別に、Table 1に示すような材料構成としている。

ECM躯体構造は、ECMコンクリートの中性化を補い、鋼管コンクリート部材（CFT）や高強度RC部材を使用するとともに、再生微粉末のアルカリ増強作用など一般RC部材への適用も想定している。ECM基礎構造は、地盤改良体とRC杭などの地下躯体により構成されている。地盤改良体は鉄筋補強が不要なため、また基礎や地下躯体で

Table 1 ECMセメントの用途・目標強度と材料構成
Material composition and type of ECM cement

タイプ	用途	目標強度 (N/mm ²)		材料構成 (質量%)		
		7日	28日	高炉スラグ微粉末	反応刺激材	無水セッコウ
ECM-A	地盤改良体	7.5以上	40以上	60~75	25~35	3~10
ECM-B	躯体、杭	17.5以上	42.5以上	60~70	20~30	3~10

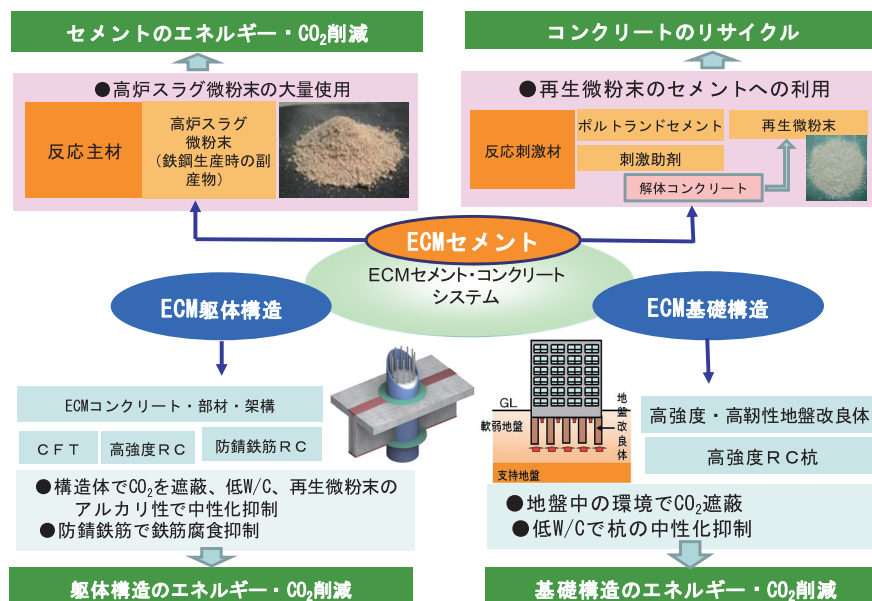


Fig.1 ECMセメント・コンクリートシステム
ECM cement concrete system

は中性化の問題が生じにくいという利点を利用したものである。

以上のシステム構成する要素技術に関する研究成果として、(その2)では再生微粉の製造技術、(その3)では地盤改良体への適用技術、(その4)ではコンクリートの基礎物性、(その5)ではECMセメントを用いたRC構造の特性および(その6)ではCFT構造に適用した場合の特性について述べる。

3 ECMセメント・コンクリートシステムのCO₂削減効果

RC造8Fの集合住宅を事例として試設計を行い、ECMセメントによるCO₂削減効果を評価した試算結果をTable 2に示す。ECMセメントは従来の普通ポルトランドセメントに対して、材料製造時におけるCO₂排出量を60%から80%削減するとともに、これを躯体構造用コンクリートとして用いた場合、構造物としてのCO₂排出量を40%から60%削減できる。同様に、基礎構造に用いた場合でも、地盤改良体で20%から30%、RC杭では50%から60%と大きなCO₂削減効果が期待できる。前述したように建設工事におけるCO₂排出量のうち、建設材料の製造に起因するものは約60%を占めることから、ECMセメントの普及により、建設工事に関わるCO₂排出量を大幅に低減できる可能性があり、我国の総CO₂排出量の政府の2020年目標値(1990年比25%削減)達成への効果が期待される。

Table 2 ECMセメント・コンクリートシステムのCO₂削減効果の試算例
Estimation of CO₂ emission of ECM cement concrete

区 分	セメント	コンクリート	躯体構造*		基礎構造**	
			RC部材	CFT部材	地盤改良体	RC杭
エネルギー・CO ₂ 削減率 (%)	60~80	60~70	50~60	40~50	20~30	50~60

*普通セメント従来RC比 **高炉B種セメント従来RC杭比

4 おわりに

ECMセメントは、従来のポルトランドセメントに対して、製造時のエネルギー消費量とCO₂排出量を大幅に削減する新しいセメントである。ECMセメントを用いたコンクリートシステムは、基礎研究のフェーズを終了し実用化開発の段階に入っている。ECMセメントは、従来の混合セメントの課題であった、強度発現や収縮などの課題を解決するとともに、土壌中の有害物の固定や高流動性など優れた性能を発揮することが確認されており、環境負荷低減だけでなく、様々な構造物への適用が可能である。ECMセメントの特性を活かし、マッシブな断面を有する土木構造物や高強度コンクリート、高流動コンクリートなど、土木、建築構造物全般に亘り、広く普及する可能性が期待される。

ECMセメントは、従来のセメントコンクリートのセメント・コンクリートに関する有力な環境技術の一つとなり得ると考えられる。

参考文献

- 1) 安斉剛史, 西川 真, 池尾陽作, 坂井悦郎: 高炉スラグ高含有セメントの水和反応解析, セメントコンクリート論文集, No.63, pp.22-27, 2009.