

高炉セメントの利用に及ぼす社会的諸要因の検討 (その2)

Effects of Social Factors on Supply and Demand of Portland Blast-furnace Slag Cement (2)

増田 健一*・魚本 健人**

Kenichi MASUDA, Taketo UOMOTO

1. はじめに

前報の“その1”においては高炉セメントの使用要因の歴史的背景と生産と消費に関わる組織的背景として、製鉄所での場合の話をしてきた。本報告書では工事現場、発注者、国の面から見た背景と高炉セメントの生産と消費の地域性、生産量予測を述べ、利用に対する影響について検討する。

2. 高炉セメントの生産と消費に関わる組織的背景

(1) 工事現場

建設業の高炉セメント使用によるデメリットには、凝結遅延・初期強度低下・中性化促進がある。例えば、圧縮強度 20 MPa となるまでに要する初期湿潤養生期間とスラグ混入率の関係を実験したところによると、結果としてスラグ混入率が高いほど、また、養生温度が低いほど養生期間の延長が必要となる。従って、高炉セメントは普通ポルトランドセメントに比べ、打設後も十分な管理をする必要となる面倒なセメントと位置づけられる。しかし、今日のように構造物が大型化し高流動コンクリートのような粉体量の多いコンクリートが多く用いられるようになるとマスコンクリートの水和熱をおさえることが重要視され、工事現場においても施工管理上のメリットが生じる。

(2) 発注者

発注者の高炉セメント使用によるメリットとしてコンクリートの性質向上、コスト削減および政策の3つがあげられる。

高炉セメントのコンクリート性質向上の効果には、ワーカビリティ向上、水和熱低下、水密性、科学抵抗性、

アルカリ骨材反応抑制があげられる。これらの効果の中から高炉セメント使用増加に特に影響が大きい要因としてアルカリ骨材反応抑制と水和熱低下の2つが注目される。

図1は輝石安山岩を用い、アルカリ量を全結合材に対して一定に調製した場合のモルタルバーの膨張率を示している。この図に示されているように、スラグ置換率が高いほどアルカリ骨材反応抑制効果が大きく、それはアルカリ量の多いほど顕著になる。

また普通ポルトランドセメントと普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を混入したセメントの断熱温度上昇を比べると、高炉セウラグ混入セメントの場合、普通ポルトランドセメントと比較して材齢初期における

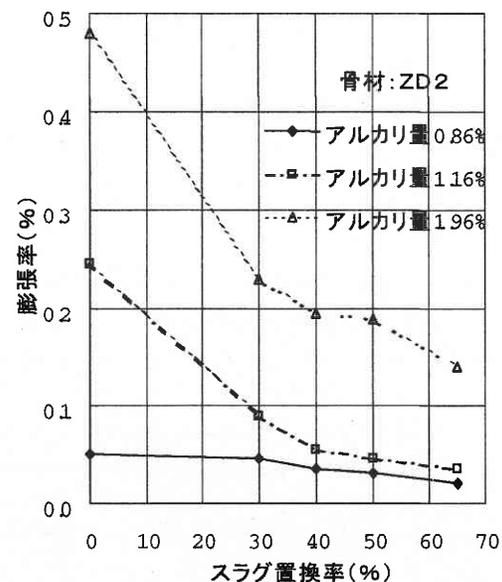


図1 スラグ置換率と膨張率

*中部電力(株)浜松営業所

**東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

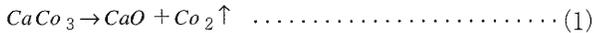
温度上昇の勾配が小さく、ピーク温度が低いことがわかり、いずれの性質もスラグ混入率が大きいほど顕著になる。これは高炉スラグを混入したセメントのほうが普通ポルトランドセメントよりも材齢初期において熱が外部に発散しやすいことを意味している。

またコストに関しては、高炉セメントは普通ポルトランドセメントに比べ1tあたり東京で500円、大阪で800円安い。また高炉B種使用生コンは、普通セメント、普通コンクリートよりも1m³あたり東京で100円、大阪で200円安価である。この価格差はエネルギーの使用料のさであるといわれている。東日本よりは西日本のほうが価格差が大きいが、この理由については後で説明する。

(3) 国

国の高炉セメント使用によるメリットは省エネルギーとCO₂削減であるセメントクリンカを作るためには石灰石と粘土を高温で焼成しなくてはならない。しかし、高炉スラグはセメント工場で焼成する必要がないため、高炉スラグをセメント混合材として用いた場合、セメントクリンカが減少した分だけエネルギーを節約できる。表1より高炉セメントは普通ポルトランドセメントに比較して1tあたり石炭43kgの節約になることが理解できよう。

ここで、43kgの石炭のすべてが炭素であり、キルンの中で完全燃焼すると仮定すると1tあたり158kgのCO₂抑制となる。また、セメント燃焼時における石灰石・粘土からセメントクリンカへの反応は式(1)のように石灰石から二酸化炭素の放出が伴う。石灰石1tを焼成する際450kgに二酸化炭素が放出される。高炉セメント1t当たり普通ポルトランドセメントに比較して0.5tの石灰石が削減され、225kgのCO₂が削減されることになる。石灰削減による減少ぶんも加えると1t当たり383kgのCO₂が削減される。



このことから政府は1990年に「地球温暖化防止行動計画」中の二酸化炭素排出抑制対策の一つとして高炉セメントの利用促進を決定した。省エネルギー、CO₂規制は

表1 セメント1t当たりの原単位

	普通ポルトランドセメント	高炉セメントB種 (ポルトランドセメント55%) (水砕スラグ45%)	高炉セメント使用による削減量
石炭	110kg	67kg	43kg
電力	110KWH	92KWH	18KWH
石灰石	1.2t	0.7t	0.5t
二酸化炭素	944kg	561kg	383kg

国にとって非常に重要なメリットであり、今後も高炉セメントの増加の大きな要因になって行くことが予測される。

3. 高炉セメントの生産と消費の地域性

(1) 東日本と西日本の高炉セメントの使用状況の相違

地域別高炉セメント使用比率は図2のようになる。この図から西日本と東日本では高炉セメントの使用比率が顕著に異なることがわかる。西日本の高炉セメント使用比率が東日本の使用比率よりも大きい理由として以下に示す3点をあげることができる。

第一に西日本が東日本よりも温暖なことで、気温が高ければ必要とする養生期間も短くなる。それにより養生期間の延長という建設業にとっての高炉セメントのデメリットが小さくなることになる。第二に製鉄所が西日本に偏在しているためスラグの輸送費が安くなり、その結果スラグ、しいては高炉セメントが安価となることである。第三に西日本に反応性骨材が多いことである。アルカリ骨材反応を防止するならば、普通ポルトランドセメントよりも高炉セメントのほうが有利となる。

(2) 諸外国における高炉セメントの生産状況

旧ソ連、中国、ドイツ、ベルギー、オランダ等では高炉セメントが多く生産されている。特にオランダではスラグ35%以上に高炉セメントが全セメント中の63.9%を占めている。また逆に、韓国、台湾ではほとんど生産されていない。なおアメリカ、イギリス、南アフリカ、カナダ等は高炉セメントではなく高炉スラグ微粉末としての利用が多い。このようにヨーロッパ諸国では高炉セメントが大量に生産使用されているが、これらの国は日本よりも寒冷であり高炉セメント使用に適しているとはいえない、しかし、産業副産物の有効利用という長いこと

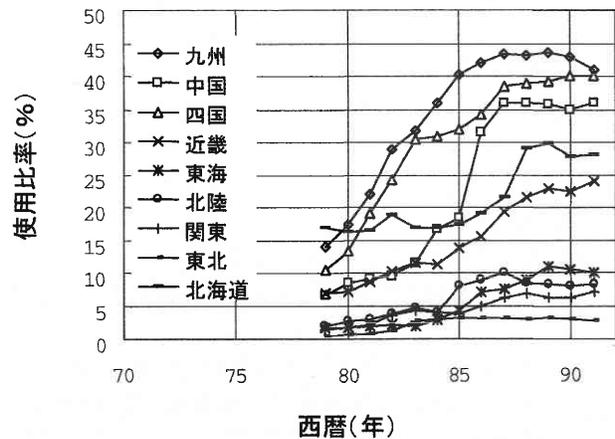


図2 地域別高炉セメントの使用比率

ヨーロッパ諸国では使用されてきており、高炉セメントの欠点に対し十分な配慮がなされている。

4. 高炉セメントの生産量予測

今後の高炉セメント生産量に影響を及ぼすと考えられる主要な要因は増加要因、変動要因、減少要因に分けられ、重要な変動要因の中には政策があり、政策は高炉セメントの生産に非常に大きな影響を持つが、政策の予測は非常に困難である。一方、減少要因には鉄鋼生産量の減少や変化による高炉スラグの減少がある。

普通鋼材需要部門別消費量は建設需要が鋼材消費量の半数を占め、そのあとに自動車、機械、造船と続いていることがわかる。まず建設では日米構造協議、景気刺激策による官公需の増加が期待できるが、景気の低迷により民需は低下を余儀なくされている。次に自動車であるが、これらの市場はほぼ飽和状態であり、需要は横ばいまたは減少傾向で推移すると考えられる。造船も同様のことがいえるであろう、各企業の設備投資も景気の低迷により急激な増大は期待しにくいと思われる。また、新規鉄鋼需要分野の発展の可能性であるが、新たな重厚超大型産業は発展は予想しがたい。

次は鉄鋼輸出面である。図3は日本における鉄鋼の輸出货量を表したものである。ここから、1985年以降輸入が増加し輸出が減少していることが分かる。現在米国をはじめとして、鉄鋼輸出先の輸入規制という傾向が年々強くなっている。さらに韓国、台湾、ブラジル等の日本を含めた鉄鋼海外市場への進出も激しくなっており、今後、輸入が増大することがあっても輸出が大きく増大することは考えにくい。

以上のことをまとめると、今後の日本の鉄鋼需要はオイルショック以降と同様、大きな増大は難しいと考えられる。このため、高炉スラグ生産量は減少するものと思われる。

しかし、より高い付加価値を求めて高炉スラグ水砕化率は今後も増加するであろう。現に鉄鋼業は高炉スラグ水砕化のために設備投資を行っている。水砕化率増加がセメント向け高炉スラグの生産量に及ぼす影響はるかに大きく、セメント向け高炉スラグは増加するものと思われる。ちなみに高炉スラグの100%が高炉セメント混和材となると仮定すると、現在の鉄鋼、セメント生産量から鑑み高炉セメント生産量の上限は5000万t、生産比

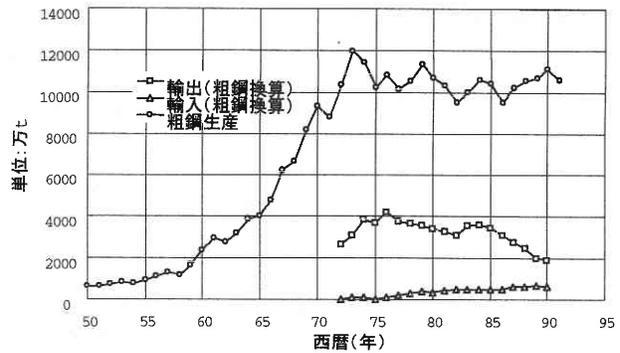


図3 粗鋼需要

は55%となる。即ち、鉄鋼生産量の減少の急激なものではない限り、水砕化率の上昇によって打ち消され、高炉セメント向けスラグの減少にはつながらないと予測される。以上のことから我国の高炉セメント生産量は大きく変動しながらも増加して行くと思われる。

5. 結 論

今まで述べてきた通り、高炉セメントの増減は養生延長、アルカリ骨材反応抑制、水和熱抑制といった純技術的要因はあまり大きな影響を及ぼさず、社会的要因が大きい。しかし、コンクリート技術者としては、高流動コンクリートなどの新しいコンクリートの利用のみならず、高品質なコンクリート構造物をつくるために、その材料に見合った使用方法を常に考えて対処して行くことが大切である。

謝 辞

本報告は、著者の一人である増田健一が修士論文としてまとめた論文の一部である。本研究を行うにあたり貴重な時間を割いて御協力を頂いた多くの方々に感謝いたします。また、本報告をまとめるにあたり芝浦工業大学大学院生伊代田岳史氏、千葉工業大学大学院生鈴木元敏氏に多大なる御協力を得たことに感謝します。

(1997年6月20日受理)

参 考 文 献

増田健一、魚本健人：高炉セメントの利用に及ぼす社会的諸要因の検討(その1)、生産研究8月号、1997。