

일본 시멘트산업의 혼합재 활용 확대 추진동향

이 경 희 <명지대 무기재료공학과 교수>

1. 최근의 일본 시멘트산업

1995년도 아시아권 국가의 국민 1인당 시멘트 소비량은 싱가포르가 가장 많아 1,430kg, 그 뒤를 이어 한국과 대만이 1,230kg이었으며, 일본은 홍콩에 이어 다섯 번째 소비국으로서 650kg으로 나타났다. 일본의 소비량은 전년도와 동일한 수준으로서 앞으로도 이같은 수준을 유지하게 될 것으로 예상되며 이는 일본이 몇 년 만에 걸쳐 시멘트합리화 정책을 세워 꾸준히 추진해 온 결과로 풀이되고 있다. 그러나 근래 일본 시멘트업계에 예기치 못했던 적자경영의 회오리바람이 불게 되었음은 또 다른 불행한 결과라 말하지 않을 수 없다.

이는 1994년 치치부-오노다의 합병과 스미토모-오사카의 합병으로 일본 시멘트 시장의 약 40%를 양회사가 독점하는 형태로 되면서 이에 불안감을 느낀 나머지 업체들의 가격경쟁이 심화됨에 따라 가격의 약 10%가 하락하였고 더욱이 레미콘 업체마저 운송차량 대규제 등으로 인하여 채산성이 떨어져 시멘트 가격 하락을 부채질하기도 하였다. 결국 이와 같은 과당 경쟁은 1995년 9월 중순경에 있어서 스미토모-오사카의 경우 약41억엔의 적자를 기록하였다.

2. 환경문제에의 대응

1992년 브라질에서 국제환경개발회의(UNCED)가 개최된 이래 지구환경문제가 인류공동과제로 인식되어감에 따라 일본은 일찍부터 이의 대응방안을 마

련하여 왔다. 일본의 환경보전기본법은 「공해대책기본법」(1967)과 「자연환경보전법」(1973) 등이 있으며, 1990년 10월에는 정부의 관계장관회의에서 「지구온난화방지 행동계획」이 결정된 바, 그 목표로서 1인당 CO₂ 배량을 2000년 이후에도 1990년 수준으로 안정화한다는 것이다. 그러나 이들 기본법만 가지고는 각종 형태의 환경문제를 규제하기는 어려울 것으로 판단, 이 두법을 합쳐 1993년 「환경기본법」으로 정착하기에 이르렀다.

한편 시멘트산업의 분진, CO₂, SO_x, NO_x, 소음, 진동 등의 제반 환경문제를 해결하기 위하여 1992년 시멘트협회에 「환경특별위원회」를 설치하였다. 일본 시멘트협회 「환경특별위원회」의 활동에 대하여 소개하면 다음과 같다.

- ① 환경청의 환경기본법 및 CO₂ 저감대책에 대한 방향조사
- ② 통산성 요업과 및 에너지청의 동향조사
- ③ 업계의 에너지절약 추진동향 조사·검토
- ④ 시멘트 JIS규격 개정에 관한 연구조사
- ⑤ 산업폐기물, 부산물 이용에 관한 조사
- ⑥ 환경세에 관한 조사, 검토
- ⑦ 보룬티어 플랜 작성

우선 시멘트업계의 CO₂ 발생현황을 보면 탄소환산치로 연간 총1,800만TC(탄소환산톤)에 달하는데 이는 석회석 원료에서 1,000만TC, 연료에서 800만TC이 배출되는 것으로서 일본내 총 CO₂ 발생량의 약 5.7%를 차지한다. 일본업계는 이의 저감대책으로서,

① 설비개선 (저감효과 2.1%)

② 산업폐기물, 부산물 이용(효과 1.2%)

③ 혼합시멘트의 활용 (효과 3.0%)을 들고 있지만 혼합시멘트의 활용이 가장 효과적인 방법인 것으로 결론짓고 있다. 예를 들어 고로슬래그를 OPC에 35%까지 혼합사용했을 때 CO₂ 저감량은 약16%에 이르며, 에너지 절약은 약 10%의 효과가 있는 것으로 보고 있다.

앞에서 언급된 사항들은 모두 환경대처에 피동적인 방법이고 시멘트와 환경에 있어서 현재 일본이 생각하는 좀더 적극적인 방법은 Eco-Cement의 개발이다.

Eco-Cement 는 도시쓰레기 조각로의 재, 하수의 쓰레기, 산업폐기물 등을 시멘트의 주원료로 하고, 연료의 일부는 주방쓰레기 처리과정의 RDF를 사용함으로써 완전한 Recycle의 개념을 가지는 시멘트이다. 일본 통산성은 NEDO를 통해 민간 3사에 보조금을 제공하여 이 사업을 추진하여 온 바 1996년은 민관합동으로 대량생산을 위한 Pilot plant가 완료되는 해이다.

그러나 Eco-Cement는 염소의 함량이 높아 철근콘크리트에는 사용이 불가능하고 무근콘크리트에만 사용이 가능하다는 점과 아리라이트, 베리라이트 등과 같은 광물조성으로 이루어져 다소 조강성을 나타낸다는 단점이 있다.

3. 건축환경의 변화와 시멘트

1990년대 들어 일본이 의욕적으로 추진해온 사회 기반시설로서 그 대표적인 것을 예를 들면 표에서 보는 바와 같다. 그 이외도 本州-四國 연결 교량, 동경만 횡단도로 등이 있으며 이들 구조물들은 그 크기나 내용면에서 건축환경에 커다란 변화를 가져오고 있음을 실감하게 된다.

이와 같은 건축물의 대형화는 결국 그 재료인 Concrete의 기능에 있어서 설계강도 1,200kgf/cm², 경화수축률의 극소화, 수화단열온도상승 30℃이하,

Yokohama MM21 Landmark Tower	지상 73층, 높이 296m 총바닥면적 165,000m ²
Tokyo Bay Sky City 1000	높이 1,000m, 밀면적경 400m 자중 600ton 15×14층=210층 총바닥면적 8km ²
Tokyo Bay Kamiurayasuoki Aeropolis 2001	한변 길이 100m 3각주, 높이 2,000m 20층×25층=500층, 총바닥면적 11km ²

고유동화, 수중콘크리트 등과 같은 일대 변화를 요구하고 있다. 또한 건축물의 대형화로 재건축이 어렵게 되어 자연히 보수용 콘크리트의 필요성이 증가되는 등, 지금까지의 일반 콘크리트가 가지고 있던 기능 외에 더 많은 기능이 요구되고 있다.

여기서 本-四교량에 있어 교각시공 Concrete의 설계를 예로 들어보면 상기 열거한 고강도, 저발열, 저수축 등의 요구조건을 만족시키기 위한 배합은 주로 두가지의 방향으로 집계할 수 있다.

그 하나는 Belite Cement의 사용이며, 또 하나의 방법은 Slag, Fly ash, CaCO₃와 같은 3종 혼합시멘트의 사용이다. 이는 시공회사에 따라 그 사용방법을 달리하여 시공되었으며, 시공결과는 극히 성공적인 것으로 평가되고 있다.

1990년대 일본의 Infra Structure에 대한 투자는 그 규모가 가히 향후 시멘트 콘크리트의 나아갈 방향을 제시하는데 충분한 것이라 생각된다. 따라서 장래 시멘트에 혼화제를 사용함은 단순한 환경차원만이 아니며 또한 시멘트 대응으로서의 개념을 넘어선 특수기능의 부여라는 측면에서도 대단히 중요한 역할을 기대할 수 있다고 본다.

4. 세계시멘트규격의 변화와 일본의 추진동향

시멘트산업의 최대과제중 하나는 물류비용의 절감이며 이를 위한 최선책은 소비지생산이 가장 바람직하

다고 볼 수 있다. 중국과 같은 광활한 국가는 해안 소비지에 대한 중국내륙으로부터의 공급보다 중국에서 가까운 한국으로부터의 해송이 월등히 유리한 것이다.

이같은 예로부터 향후의 시멘트 규격이 생산지에 따라, 또한 용도에 따라 시멘트 원료의 다양성을 가지는 방향으로 가리라는 것은 자연적인 현상이 될 것이라는 예측을 낳게 한다.

예를 들어 유럽통합규격안(ENV 197)을 보면 OPC와 Type III, IV, V의 혼합시멘트 사이에 Type II 시멘트규격의 범위를 극대화하여 혼화재의 종류를 Slag, Silica fume, Pozzolana, Fly ash, 혈암, 석회석 등으로 하고 그 함량을 6%~35%까지로 확대하여 17종으로 분류하여 됨으로써 OPC와 혼합시멘트만으로 분류된 많은 국가들의 단순규격보다는 소비자의 선택범위를 넓혀 놓았다.

그로 인해 OPC와 혼합시멘트라는 명칭에서 비롯된 시멘트의 이미지의 차이를 좁혀 놓고 있다. 현재 혼화재를 15%까지 허용하여 OPC라 칭하는 국가규격에는 중국이 있다.

일본은 종합건설사의 콘크리트 공사에 혼화재 사용이 증가하게 되면서 급기야 미분Slag사용의 JIS화를 제안하게 되었다. 이는 당초 일본철강협회 산하 Slag 협회가 주축이 되어 건설성, 통산성, 철강협회, 전력협회, 환경청 등도 공해 및 자원의 효율화라는 측면에서 적극적으로 미분Slag의 콘크리트 혼합을 주장하여 왔다. 그러나 시멘트업계에서는 최종 콘크리트 물성의 변화 등을 이유로 1995년 제안된 레미콘 첨가 미분 Slag 규격의 JIS화를 보류시켰다. 이에 대해 Slag 협회는 강력히 반발, 품질문제가 있다면 시멘트 메이커에서 크링카 분쇄단계에서 혼화재의 양을 늘려 직접 첨가하는 쪽으로 JIS를 개정할 것을 요청하고 있다. 현재 업계, 학계, 협회 모두는 결국 혼화재 함량의 상향조정은 언제인가는 이루어져야 할 것으로 전망하고, 현재 시멘트협회 연구소를 중심으로 기본 Data를 수집·정리를 하고 있는 것으로 알고 있다.

결국 일본 시멘트 산업계에 있어 Slag, Fly ash, 석회석 등의 첨가량을 증가시키는 문제는 정부기관 및 협회 등의 강력한 추진으로 JIS의 개정 쪽으로 향하는 의견이 높으나 실제 개정시기는 유동적이라 할 수 있다. 이제는 오직 정부와 협회 등 관계기관의 결단만이 남아있는 상태라 할 수 있다.

5. 맺음말

일본 시멘트산업의 1995년 결산을 볼때 최근에 이루어진 시멘트회사의 합병-대형화를 통한 산업구조 개선의 노력은 오히려 시멘트업계의 과당경쟁을 불러일으키게 되었으며, 그로 인해 사상 최고의 적자결산과 사상 유례없는 감원으로까지 이어지게 되었다. 한편 일부 특수시멘트 주력회사의 경우를 보면 매출액의 신장과 더불어 사세의 확장이 눈에 띄는 쌍곡선을 그려 그 명암이 뚜렷하게 나타난 한 해였다.

이와 같은 현상은 당분간 지속될 것으로 보이지만 일본은 장기간에 걸친 시설개선, 원단위절감, 특수시멘트개발, OPC자체의 감산, 환경문제에 대한 지속적 노력과 투자가 머지 않아 커다란 열매가 되어 밝은 장래를 약속해 줄 것으로 본다. 특히 환경문제는 앞으로의 시멘트산업에 있어 커다란 산과 같이 느껴진다. 그러한 면에서 일본시멘트협회 「환경특별위원회」의 활동은 지극히 인상적으로 느껴졌으며, 특히 환경문제 해결의 지름길은 역시 혼화재의 적극적 도입을 위한 수요자의 인식전환과 이를 위한 홍보, 그리고 더 많은 연구가 뒷받침되어 주는 것이 필수조건인 것으로 생각된다.

또한 시멘트 혼화재를 시멘트 대체물질이라는 인식을 탈피하여 환경문제 극복과 더불어 특수기능부여를 위한 신건축환경의 필수조건이라는 측면에서 다루어져야 한다는 점을 강조하고 싶다. ▲

〈註〉 본보고서는 혼화재의 활용증대와 관련하여 지난 96.1.18~2.16 일본 학계, 산업계 등을 현지 조사한 내용을 요약한 것임.