

## 레미콘 기술동향

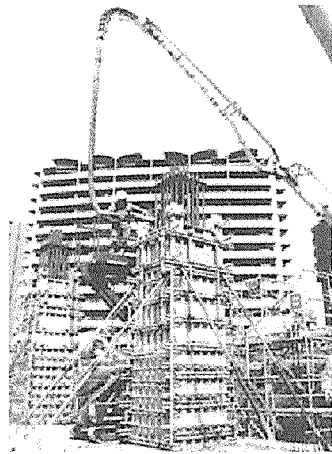
### 초고층 아파트에 초고강도 콘크리트를 타설

日本の 清水建設을 중심으로 하는 東武·東武谷内田共同企業體는 최근, 시공중인 32층의 초고층 아파트에 설계기준강도 800kgf/cm<sup>2</sup>의 초고강도 고내화 콘크리트「AFR (Advanced Fire Resistance) 콘크리트」의 타설을 종료하였다.

이번에 적용된 초고층 아파트는 규모가 지상 32층, 건축면적 1,494.33m<sup>2</sup>, 연면적 34,678.31m<sup>2</sup>인 철근 콘크리트조로서, 2003년 3월 준공 예정이다.

사용된 콘크리트는 폴리프로필렌 등의 합성섬유를 혼입한 초고강도 콘크리트로서, 화재 발생시에는 합성섬유가 응해·소실하여 콘크리트 내부에 미세한 공동을 형성하게 된다. 이 공동이 콘크리트 표층의 열팽창력이나 내부의 기체압력을 완화하여 표층의 박리·비산을 방지한다. 이 회사는 이미 당 콘크리트의 내화성능을 인정하는 기술증명을 일본총합시험소에서 취득하였다.

이 회사에서는 당 건물을 설계함에 있어, 지진시에 큰 하중(압축력)을 받는 건물 1층 외주부 기둥에 내진성능을 확보하면서 단면축소를 위해, 설계기준강도 800kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 초고강도 콘크리트를 채용하였다. 그러나, 설계기준



강도 800kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 초고강도 콘크리트를 적용하는 경우에는 화재시 등의 고열하에 있어서 콘크리트 부재의 표층이 박리·비산하는 현상이 현저하게 된다.

현재 상황에서는, 설계기준강도 800kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 초고강도 콘크리트의 표층이 고열하에서 박리·비산하는 메카니즘이 완전히 해명되지는 않았지만, 그 원인으로서는 화재시의 고열에 의한 표층의 급격한 열팽창이나, 콘크리트 내부에 포함되어 있는 수분의 급격한 기화·팽창 등이 지적되고 있다. 이 때문에, 일반적으로 설계기준강도 800kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 초고강도 콘크리트를 사용한 부재에는 내화피복 등을 하게 되지만, 내화피복을 하게 되면 그만큼 기둥이 커지게 되어 거주공간이 작게 될 뿐만 아니라, 공사기간·공사비도 증가하게 되

는 문제가 있다.

이 시공에 이용된 콘크리트에는 폴리프로필렌 등의 합성섬유를 혼입하였다. 합성섬유는 화재시의 열로 용융·소실하여 콘크리트에 미세한 공동을 구축하고, 이 공동이 콘크리트 표층의 열팽창력이나 내부에서 팽창한 기체의 압력을 완화하는 역할을 하여, 표층의 박리·비산을 방지한다. 혼입하는 합성섬유는 직경 0.012~0.2mm, 길이 5~20mm로, 설계기준강도 800~1200kgf/cm<sup>2</sup>의 콘크리트에 대한 혼입율은 0.10~0.35vol% 정도이다.

이 콘크리트를 채용함으로써 화재시에도 표층의 박리·비산방지 대책을 강구할 수 있다. 또한, 이에 따라서 기존 콘크리트 표층에 피복하였던 두께 20mm 정도의 모르타르 내화층 등이 불필요하게 되었다. 이 콘크리트는 트럭에 지테이터 내의 초고강도 콘크리트에 소량의 합성섬유를 혼입하는 것만으로, 소정의 품질을 만족하는 콘크리트를 제조하는 것이 가능하다. 이 회사는 앞으로, 아파트 사업자에 대하여 이 콘크리트의 채용을 적극적으로 제안함과 함께 초고층 아파트의 수주와 연계할 계획이다.

### 잔골재 전량을 용융 슬래그로 치환한 콘크리트

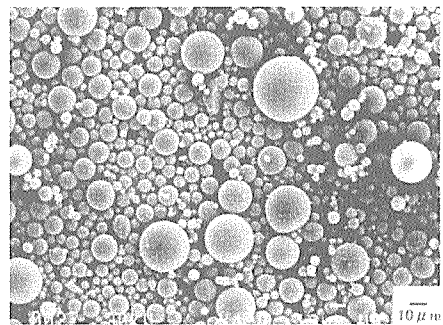
日本の 하자마와 中外爐工業은 콘크리트의 잔골재를 도시의 리사이클재인 「용융슬래그」와 하수오니의 리사이클재인 「하수오니 용융파우더」로 100% 치환하는 기술을 개발하였다.

이 기술에 이용되는 용융슬래그는 쓰레기 소각회를 1,200℃ 이상의 고온으로 녹여서 용암상태로 된 것을 소각함으로써 용적을 크게 감소시키고 있다. 용융파우더는 하수오니의 소각회를 미세하게 구상화, 파우더화 한 것으

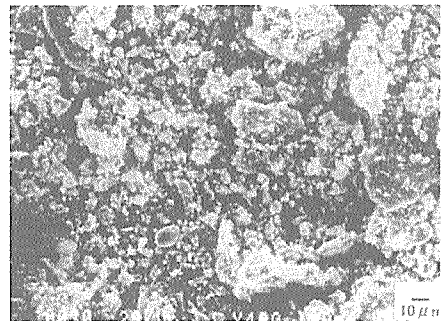
로 이 회사와 中外爐工業, 동경시가 공동으로 제조방법을 개발한 것이다.

이 용융슬래그 용융파우더를 이용하여 제조된 콘크리트는 타설시의 시공성, 경화후의 콘크리트 강도, 내구성(내동결융해성) 등에 대하여, 천연골재를 사용한 콘크리트와 거의 동등의 품질을 확보하는 것이 가능하다. 또한, 용융슬래그는 자치단체가 천연골재보다 저렴하게 제공하고 있는 경우가 있으므로, 천연골재를 사용한 콘크리트 보다 제조비용을 저감할 수 있다.

현재, 각지의 매립처리장 잔여년수가 부족함에 따라, 청소공장에서 나오는 일반폐기물 소각회를 용융슬래그화 하여 용적 감소 및 재자원화하는 자치단체가 증가하고 있다. 이 용융슬래그는 산출되는 대부분이 모래상이므로, 매립재 등의 토질재료 뿐만 아니라 콘크리트 잔골재의 대체재로서 이용하는 것이 기대되고 있다.



구상화 파우더



하수오니의 소각화

용융슬래그를 잔골재로서 사용한 콘크리트는 슬럼프가 감소하거나 강도나 내구성이 저하하는 등의 문제점이 있으므로, 일반적으로는 천연골재와 용융슬래그를 혼합하여 사용하고 있고, 그 치환율은 잔골재의 50% 정도이다. 이 때문에, 현재상황에서는 용융슬래그의 생산량이 20% 정도밖에 유효 이용되고 있지 않아, 사용량을 증가시키는 것은 한계가 있다.

한편, 하수오니 소각회에 대해서도 일반폐기물 소각회와 동일하게 매립처분 되고 있어서, 마찬가지로 최종처분장의 잔여년수 부족이 지적되고 있다. 이러한 하수오니 소각회를 미세한 용융파우더로 용융가공하는 기술은 이미 中外爐工業과 동경시에 의해 개발되어 있어, 제조된 용융파우더의 유효한 이용방법이 기대되고 있다. 이번엔 개발한 기술은 용융슬래그와 용융파우더를 조합하여, 기존의 콘크리트와 동등의 품질을 확보하고 있다. 용융슬래그는 소각회를 고온으로 녹인 것으로 소각에 의해 중량이 1/10, 용적이 1/20로 된 일반폐기물을 용융처리하여 용적을 감소시키고 있다. 또한, 용융슬래그는 자치단체가 천연골재보다 저렴하게 제공하고 있는 경우가 있으므로, 천연골재를 사용한 콘크리트보다 낮은 제조비용으로 시공하는 것이 가능하다. 이 회사에서는 도시 쓰레기 외에 하수오니의 용융슬래그를 사용한 제품에 대해서도 개발하고 있는 것 외에, 블록이나 하수용 흡관 등의 콘크리트 2차 제품으로의 전개도 추진할 예정으로 자원순환형 사회의 형성에 공헌하고 있다.

---

## 콘크리트 수화열을 제어하는 기술

---

일본의 西松建設, 東北大學, スリーボンド는 콘크리트 비빔 시에 지연제를 내장한 특수 캡

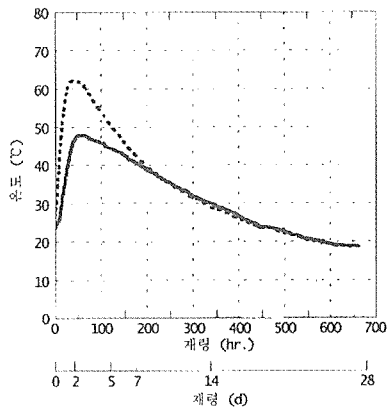
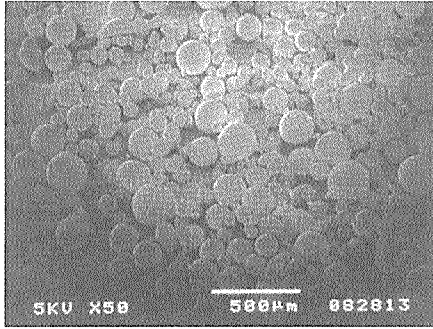
슐을 혼입하여, 시멘트의 수화반응을 지연시켜 수화열의 억제제를 제어하는 기술을 개발하였다. 이 기술은 콘크리트의 수화열이 어느 온도에 달하면 콘크리트에 혼합된 캡슐이 용해하여 수화열을 제어하는 구조로 되어있다.

이 기술은 지금까지 성능확인 실험 등 기초적인 실험은 종료하였고, 앞으로는 상품화를 향한 캡슐의 투입방법 타설방법 양생방법 등의 추가실험을 실시하려 하고 있다. 또한, 경제성 적용성의 범위 등의 실험 등도 실시 예정이다. 덧붙여서, 이 기술은 작년에 과학기술청에서 주목발명선정증을 수상하였다.

일반적으로, 매스콘크리트는 내외부 온도차에 의한 온도응력이나 온도 하강시의 외부구속력의 영향으로 균열이 발생하기 쉽다는 문제점이 있다. 이 때문에 온도를 제어해야 할 필요가 있으므로, 기존에는 지연제 저열시멘트를 사용하는 것 외에 타설온도를 낮게 하거나 파이프쿨링을 하는 등의 방법이 채용되고 있다. 그러나, 이러한 방법으로는 제어온도를 사전에 설정하는 것은 불가능하다.

이것에 입각하여 西松建設, 東北大學, スリーボンド는 1999년부터 「지능 재료를 사용한 콘크리트의 수화열 제어의 개발」에 관한 연구개발을 실시하여, 콘크리트 비빔 시에 지연제를 내장한 특수 캡슐을 혼입하는 것으로 수화열 억제제를 제어하는 기술을 개발하였다.

콘크리트 중에 혼입한 캡슐은 콘크리트 수화열이 사전에 설정된 온도에 달하게 되면 용해되어, 내부의 지연제가 수화반응을 제어함으로써 수화열을 제어하는 구조로 되어 있다. 이렇게 함으로써 수화반응을 필요이상으로 지연시키지 않고, 콘크리트의 급격한 온도상승 및 최고온도를 제어하는 것이 가능하다. 이 기술은 캡슐의 종류를 변화시킴으로써, 자유롭게 제어온도를 설정하는 것이 가능함과 동시에, 수화반응을 지속시키면서 온도제어가 가



능하게 함으로서, 고층 철근콘크리트조나 매스콘크리트 부재는 물론이고 원자력 건물 등에의 적용이 고려되고 있다. 지연제 봉입 캡슐을 콘크리트 중에 혼입하면, 양생재령의 초기 단계에 있어서는 시멘트의 수화반응을 저지시킴으로서, 시멘트 경화과정이 영향을 받아 재료강도발현이 보통보다도 지연되는 경향이 있지만, 장기재령에서는 보통 콘크리트보다도 강도가 높게되는 것이 확인되고 있다.

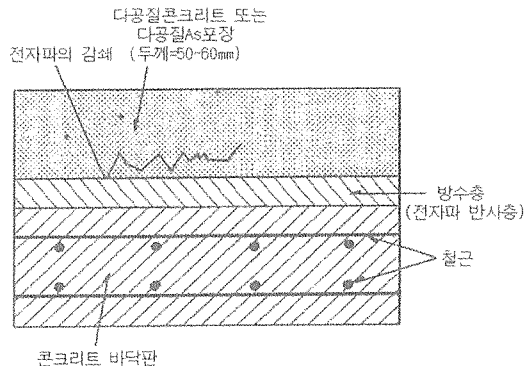
이 기술은 지금까지 성능확인 실험 등 기초적인 실험은 종료하였다. 이 회사에서는 앞으로 1년 이내에 상품화를 목적으로 캡슐의 투입 방법 타설방법 양생방법 등의 추가실험을 실시하려 하고 있다. 이와 동시에 경제성 적용성의 범위 등과 함께 판매체제 등에 대해서도 검토를 진행할 예정이다.

## 포장면에서 전자파를 흡수

(주)竹中工務店, (주)竹中道路의 3사는 일본도로공단과 공동으로 ITS(고속도로 교통시스템)를 도입한 경우에 특정의 주행차량을 향해서 발신된 전자파가 포장면에 맞아 반사하여, 다른 차량의 오작동을 일으키는 문제를 방지하는 「전자파 흡수포장」을 개발하였다.

ITS는 최첨단의 정보통신기술을 구사하여 고속도로를 중심으로 네비게이션 시스템의 고도화, 자동요금수수, 자동주행 등을 도입하여, 체증완화나 환경부하를 저감하여 이용자의 편리성, 쾌적성을 향상시키는 것으로서, 이미 일부의 서비스가 시작된 도로도 있다.

전자파 반사의 억제에는 포장면이 공극구조인 쪽이 유리하므로, 콘크리트 또는 아스팔트 다공질 구조가 적용되고 있지만, 이번에 개발한 공법의 경우는 재료에 전자파를 흡수하기 쉬운 성질을 가진 탄소섬유를 1/1000mm로 잘게 하여 결합재로서 혼입시켰다. 이것에 의해, 입사각 60도에서 최대 90%의 전자파를 포장면에서 흡수하는 것이 가능하다. 또한, 그림과 같이 도로에 콘크리트 바닥판을 이용하는 경우에는 바닥판의 철근에서 전자파가 반사하는 것을 방지하기 위하여, 바닥판과 포장 사이에 금



속 매쉬를 두어서 전자파 반사층으로 하여 포장내에서 전자파를 감쇄시킨다.

금후, ITS를 일반도로에도 적극적으로 도입하기 위하여, 가로 등 얇은 각도에서 반사되는 전자파의 억제에 대해 기술개발을 진행하고 있다고 한다.

---

## 쓰레기 소각회의 전량을 시멘트 원료화

---

日本の (주)토쿠야마와 宇部興産(주)은 山口縣에서 발생하는 쓰레기 소각회를 시멘트 원료로서 재자원화 하는 공동사업을 2002년도부터 시작한다. 양사는 이것에 앞서, 2001년 4월에 사업주체인 「山口 에코테크」를 설립하였다.

이 사업은 山口縣에서 진행되는 「山口 에코타운 기본구상」의 핵심 프로젝트로서, 현에서 발생하는 연간 약 5만톤의 소각회 전량을 토쿠야마사 徳山製造所 東工場내에 약 35억엔을 투입하여 설치한 재자원화 설비로 수입하여, 함유된 염소분이나 다이옥신류를 처리한 후, 이 회사에서 제조하는 보통포틀랜드시멘트의 원료로서 이용한다.

양사의 시멘트 공장의 클링커 제조능력은 연간 총 760만톤으로 소각회는 연간 30만톤까지 수입이 가능하다. 지금까지 현내의 쓰레기 소각회는 전부 매립 처분되어 왔지만, 이번 프로젝트는 일본 최초로 그 전량을 시멘트 원료화하는 것으로서, 2002년 4월 예정의 재자원화 설비에 의해 의한 쓰레기 감량화가 기대되고 있다.

---

## 착색 폐유리를 콘크리트 재료로

---

콘크리트 제품 제조사인 日本의 (주)笹岡工業

所는 福井大學, 福井縣工業技術센터와 공동으로 알코올이나 청량음료 등에 이용한 착색 폐유리병을 분쇄하여 콘크리트 블록 등에 잔골재로서 활용하는 기술을 개발하였다.

폐유리병은 투명하거나 갈색인 것은 재생병으로 리사이클 되지만, 그 이외의 것은 색이나 성질 등이 떨어지므로 회수 후에는 매립 처분된다. 이 때문에, 기존에서부터 각 방면에서 유리모래를 콘크리트용 재료로서 활용하는 연구가 진행되어 오고 있으나, 알칼리 실리카 반응에 의한 열화나 팽창계수가 달라서 균열발생이 우려되어 실용화에는 이르지 못했다.

따라서, 이 회사 등은 알칼리 실리카 반응방지를 위한 연구에 착수, 반응을 억제 제어할 수 있는 특수 첨가제를 개발하였다. 이것에 의해, 콘크리트 제품에 사용하는 잔골재량의 5~20% 정도를 미분쇄한 유리모래로 치환하는 것이 가능하게 되었다.

유리모래는 직경 5mm 이하로서 3 Type이고, 입형도 원형으로 가공되어 있다. 제품은 이미 현내에서 옹벽이나 블록으로서 채용되고 있지만, 유리모래의 치환율은 미래에 제품 그 자체의 재 리사이클을 고려하여 5% 정도의 혼입율로 억제되고 있다. 이 회사에서는 향후에 유리모래 가공, 리사이클 제품 제조의 2 시스템으로 나누어, 이 기술의 사업참여자를 모집하여 보급 발전을 목표로 하고 있다.



구배가 완만한 법면에 대한 시공예

## 황산에 의한 열화를 억제하는 콘크리트용 혼화제

日本の 후지다는 일본대학 이공학부 山中健生 교수와 공동으로 콘크리트의 열화를 방지하는 혼화제 「ノンバクター」를 개발하였다.

이 제품은 주성분으로 비금속계의 蟻酸칼슘을 채용함으로써 환경오염의 위험성이 거의 없고, 여러 종의 유황산화 세균의 생육을 저해하여 황산의 생성을 억제하여 콘크리트의 열화를 저해하는 효과를 가지고 있다.

배수에 황산수소가 많이 포함되는 하수나 주방시설을 갖는 건물의 배수조 등의 보수공사에 있어서, 이 제품을 혼합한 콘크리트를 적용함으로써 황산 발생을 방지하여 콘크리트의 열화를 방지하는 것이 가능하다.

이 제품은 이미 3건의 민간배수처리시설 보수공사에 적용되고 있다. 보수공사 시에는 열화된 콘크리트를 제거한 후, 이 제품을 혼합한 모르타르를 보수단면에 미장하는 것으로 보수공사를 완료하고 있다.

일본인의 식생활 중에 있어 육식이 증가하고, 온수 세제의 이용 등에 의해 하수도 시설의 배수에는 황화수소가 많이 포함되고 있다. 황화수소는 여러 종의 박테리아(황산화세균)가 작용하여 황산으로 변화하고, 이 황산이 콘크리트를 침식한다고 알려져 있다. 또한, 침식된

콘크리트는 조기열화를 발생시킴과 동시에, 콘크리트 중에 다른 박테리아(호산성 철산화세균)등이 번식한다.

쇼핑 센터나 호텔 등의 주방시설을 가진 건물에서는 배수조(제해시설)가 설치되어 있지만, 보통 배수조는 건물의 지중보를 겸하고 있으므로, 콘크리트가 침식되어 손상을 받으면 대형사고로 될 위험성이 지적되고 있다. 이번에 개발된 제품은 중금속을 이용한 일반적인 항균제 방균제와 달리 비금속계인 蟻酸칼슘을 주성분으로 하고 있어, 중금속에 의한 2차 오염의 위험성이 없다. 이 蟻酸칼슘이 박테리아 등의 생육을 저해하여 황산의 생성을 억제하고, 콘크리트의 열화를 억제하는 효과를 가지고 있다.

이 제품은 3건의 민간배수처리시설 보수공사에 있어서 적용되고 있다. 보수공사 순서는, 먼저 열화된 콘크리트를 제거하고, 사전에 배합된 모르타르에 소정량의 이 제품을 현장에서 혼합 교반한 후, 혼합된 모르타르를 보수단면에 흙손으로 미장하여 보수를 한다.

또한, 배수조의 황산수소 농도나 상황에 따라서는 이 제품을 혼합한 모르타르로 보수한 후, 그 위에 세라믹 파우더가 첨가된 에폭시 수지 라이닝 등을 시공하는 등, 이중방식을 채용하는 것으로 열화방지를 도모하고 있다.

이 회사에서는 이 제품의 적용에 있어서 renewal 공사, 보수공사뿐만이 아니라 건축공사에의 채용도 검토하고 있다.

