

레미콘 기술동향

암모니아의 발생량을 대폭 감소시킨 콘크리트

清水建設은 그림을 변색시키거나 반도체의 제조에 악영향을 미치는 암모니아의 발생을 대폭 저감할 수 있는 「암모니아리스 콘크리트」의 제조방법을 확립하였다.

이 제조방법은 암모니아의 구성원소인 질소의 함유량이 적은 시멘트와 질소분을 제거시킨 골재를 병용한 것으로, 암모니아의 발생량을 보통 콘크리트의 약 1/10로 저감시킬 수 있다. 이렇게 제조된 콘크리트는 이미 반도체공장의 크린룸에 일부 사용한 실적이 있어, 그 효과가 확인되고 있다.

암모니아는 유화 도구의 용제인 아마니유를 황색으로 변하게 하는 성분을 함유하고 있기 때문에, 일정 농도 이상의 암모니아가 접촉한 회화는 변색을 일으킨다. 또한, 반도체의 회로제조에 쓰이는 약품의 정상적인 화학반응을 저해할 뿐만 아니라, 다른 가스와 반응하여 생성된 미립자가 제조장치의 렌즈를 흐리게 하거나, 반도체 ware나 액정기판에 부착해서 반도체의 원료에 대한 제품의 비율을 현저히 저하시킨다.

이 때문에, 미술관의 경우, 준공 후에 「말리는 기간」이라고 부르는 1~2년의 미사용기간을 설정해서 관내를 환기시키고, 암모니아의

잔류농도가 낮아질 때까지 회화를 시작으로 하는 미술품의 전시를 금하고 있다. 또한, 반도체 공장의 경우 「말리는 기간」을 설정하면 매출에 영향을 미치기 때문에, 고가의 케미컬 필터를 공조의 급기구에 설치해서 암모니아를 제거하면서 반도체를 생산하고 있다.

콘크리트 제조시에 있어서 암모니아의 생성 과정은 완전히 해명된 것은 아니지만, 암모니아를 구성하는 원소의 질소함유량이 적은 시멘트나 골재를 사용하면, 그 발생량을 저감시킬 수 있다는 것이 분명해졌다. 이 때문에서, 清水建設에서는 질소함유량이 적은 원료로 만들어진 시멘트의 선정이나 골재로부터의 질소 제거방법에 관한 연구·실험을 거듭해 왔다.

먼저, 통상 사용되고 있는 6종류의 시멘트를 각각 사용한 페이스트 경화체 및 모르타르를 12종류 제조하고, 암모니아 발생량을 2주간에 걸쳐서 측정·분석하였다. 그 결과, 조강시멘트를 사용한 페이스트 경화체 및 모르타르로부터의 암모니아 발생량이 가장 적었고, 발생량은 발생량이 가장 많았던 고로시멘트의 1/5~1/20이었다. 이러한 원인으로는 조강시멘트 이외의 시멘트에는 플라이애쉬나 고로슬래그 등의 질소를 많이 함유한 増量材가 사용되고 있다는 것을 들 수 있고, 이러한 질소분은 콘크리트중과 같은 알칼리성 수용액 중에서 암모니아를 발생시킨다.

또한, 골재로부터의 질소화합물 제거방법을 확립하기 위한 검토·실증실험이 이루어져, 가열처리가 가장 경제적이며 간단하고 효과적이라는 것이 확인되었다. 이것은 전기로에 골재를 넣고 가열하여 질소를 가스화하여 제거하는 것으로, 600℃의 열로 60분간 가열하면 충분한 제거효과를 기대할 수 있다.

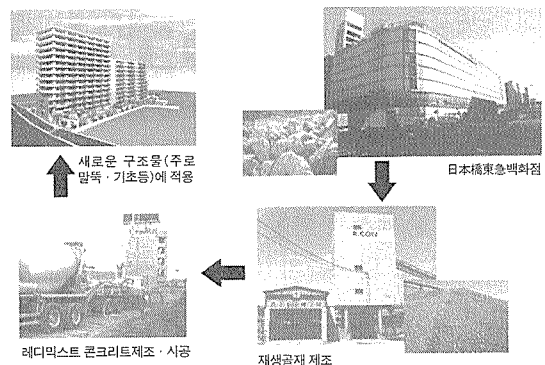
조강시멘트와 가열처리한 골재를 사용함에 따라, 보통 콘크리트에 비해서 암모니아의 발생량을 최대 1/10이하로 억제할 수 있고, 암모니아의 발생량은 콘크리트의 타설 직후에 1/10만g/m²·h로, 타설 후 3개월~1, 2년 경과한 보통의 콘크리트와 동등 이하이기 때문에, 미술관의 경우는 준공 후에 바로 개관할 수 있고, 또한 크린룸의 경우, 케미컬 필터의 교환빈도를 줄일 수 있다.

일본의 기준으로, 1m³당의 단가는 10,000~20,000円으로 보통 콘크리트의 약 1.6배정도이지만, 이것은 콘크리트 1m³에 사용하는 조강시멘트가 보통시멘트보다 1,000円정도 비싸고, 골재의 열처리에 6,000~7,000円정도가 들기 때문이다. 단, 암모니아리스 콘크리트는 건물전체에 사용되는 것이 아니라, 미술관의 경우에는 전시·수납 공간의 구체, 반도체공장의 경우에는 크린룸의 구체, 또는, 암모니아의 악영향을 받기 쉬운 제조라인 주위의 부재에만 사용되기 때문에, 콘크리트 단가가 오르는 것은 아니다. 또한, 미술관의 경우는 조기개관에 따른 입장료 수입의 증가, 크린룸의 경우는 케미컬 필터의 교환회수의 저감에 따라, 콘크리트 단가의 상승분은 흡수할 수 있다.

해체공사에서 해체배출되는 폐기물에 대한 재자원화를 위해 힘쓰고 있다. 폐기물의 최종 처리량을 적게 하기 위하여 콘크리트·목재·유리 등의 재이용 가능한 재료에 대해서는 리사이클 업자를 통해서 100%의 재자원화를 목표로 하고, 특히, 콘크리트 덩어리에 대해서는 재생골재로 하여 수주공사에 재이용할 계획을 가지고 있다.

해체공사에서 발생하는 콘크리트 덩어리 약 18,000m³를 재생공장으로 반입, 이 회사가 수주하는 공사에 있어서 재생콘크리트용 골재로서 재이용한다. 또한, 약 50m³의 목재 부스러기는 리사이클 업자에게 반입시켜 chip재로서 재생지의 원료나 연료 등에 재이용된다. Chip재로서 재이용할 수 없는 것은 소각재를 고품화하여 벽재 등의 원료로 한다. 전선을 함유한 약 3,700톤의 금속 쓰레기는 리사이클 업자에게 반입시켜 철은 철근으로서 재생하고, 비철금속에 대해서도 재생재료로 한다. 약 80m³의 염화비닐관은 리사이클 업자에게 반입시켜 재생염화비닐관의 재료로 사용한다. 또한, 약 150m³의 유리의 일부는 리사이클 업자에게 반입시켜 유리원료로 사용한다.

이 공사의 특징은 반출된 콘크리트 덩어리를 이 회사가 수주하는 공사에 모두 재이용하는 「Closed recycle」을 실시한다는 점에 있다. 해체 쓰레기를 노반재로서 재이용하는 것



건물해체시에 발생하는 폐기물을 재생이용

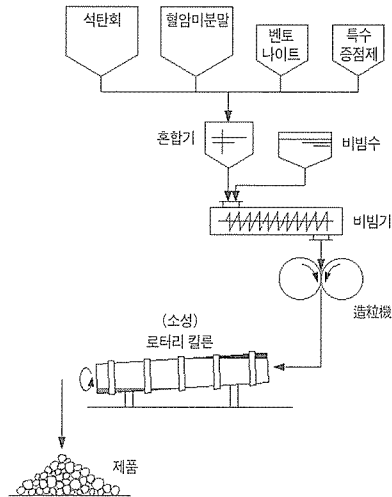
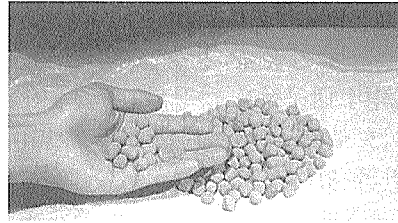
東急建設은 舊東急백화점 日本橋店建物 해

은 일반적으로 이루어지고 있지만, 이 회사에서는 콘크리트 덩어리를 재생 콘크리트로서 사용하기 위해서, 독자적으로 개발한 품질관리 시스템을 확립시켜 두고, 이것을 이용해서 적극적으로 기초구조체에 적용하는 것을 계획하고 있다. 또한, 콘크리트 덩어리의 경우는 공장에서 돈을 받고 받아 들였지만, 천연골재는 구입하는 것이기 때문에, 출하되는 재생 콘크리트의 가격은 천연골재 콘크리트보다 싸게 되는 경향이 있다.

석탄회를 주원료로 한 인공 다기능 골재

鹿島는 常磐共同火力 일본 메사라이트 공업과 공동으로 화력 발전소에서 발생하는 석탄회를 주원료로 한 인공경량골재를 개발하였다. 이 제품은 석탄회와 혈암(硬質堆積粘土岩)의 분말을 혼합 소성을 통해 제조된 콘크리트용 골재이다. 또한, 이번에 이 제품을 이용한 建材가 常磐共同火力勿來 발전소에서 발생한 석탄회를 이용하여 일본 메사라이트 공업 본사 공장에서 제조되었다. 그 후, 스판크리트 회사에서 空胴 프리스트레스트 콘크리트판 등의 콘크리트 건재 제조시에 골재로 사용하였다.

현무암 안산암 등의 천연골재는 인공골재와 비교하면 1/2 정도로 싸고, 강도가 충분하고, 안정하지만, 저장량이 해마다 감소하고 있다. 한편, 석탄화력발전소 등에서 발생하는 석탄회는 일본 국내에서의 발생량이 연간 1,000만톤 정도이고, 이 중 7할은 시멘트 등에 유효하게 이용되고 있다. 鹿島는 지금까지 석탄회의 고도 유효이용을 목적으로 함과 동시에 부가가치가 높은 건설자재에의 고도이용을 목적으로 경량 이면서 고강도로 저렴한 인공골재의 개발에 몰두한 결과, 이 제품의 개발에 이르게 되었다.



주원료로서 常磐共同火力勿來 발전소의 석탄회와 혈암 분말을 최적으로 배합하고 특수 粘結劑를 미량 혼입하여 혼합한 것을 일본 메사라이트 공업 본사공장의 로터리 킬른에서 고온으로 소성하여 제조한다. 이 2성분의 원료 배합을 변화시킴으로서 목적에 맞는 품질의 골재를 제조할 수 있다. 제조된 골재는 JIS A 5002「구조용 경량 콘크리트골재」의 각종 규정값을 만족하고 있고, 중량은 천연골재의 6할로 대폭적인 경량화를 도모하는 것이 가능하다. 또한, 기존의 인공경량골재와 비교해서 강도가 2배로서, 600kgf/cm²까지의 고강도 콘크리트에 적용가능하다.

골재내의 보유수를 이용한 Self Curing 콘크리트의 제조에 의해 살수 등의 습윤양생 없이 소정의 강도를 확보할 수 있는 것과 함께 균열발생을 억제하는 것이 가능하다. 또한, 거푸집의 조기해체도 가능하게 되었다. 인공 다기능

능 골재인 이 제품을 사용한 콘크리트는 중성화 건조수축이 기존의 경량 콘크리트에 비교해서 적어 내구성도 향상되고, 골재가 저렴한 가격이므로 건설비용 전체에서의 경비절감도 도모할 수 있다.

이 제품과 같은 인공 다기능 골재에 관련한 제조기술에 대해서는, 콘크리트에의 적용기술, 석탄회의 품질관리기술 등이 석탄회 유효이용기술로 활용하는 것이 가능함과 동시에, 요즈음의 콘크리트의 품질문제나 천연골재의 고갈 등의 여러문제를 해결하기 위한 유효한 기술로서 기대되고 있다. 금후 鹿島에서는 空胴 프리스트레스트 콘크리트판이나 일반 프리캐스트 콘크리트 외에 고강도 콘크리트나 초고층 건물에의 적용도 포함하여 폭 넓은 개발을 진행할 예정이다.

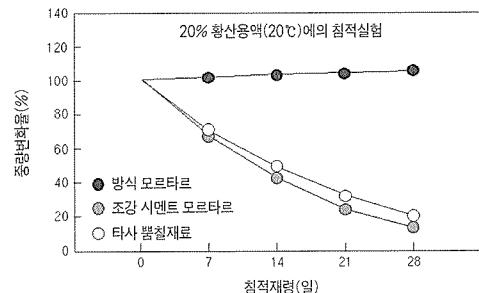
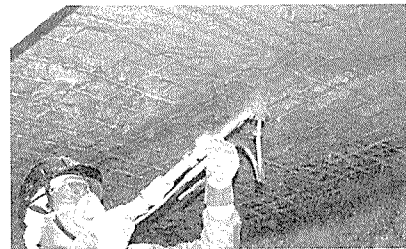
보수에 적합한 내산성이 높은 무기계방식 모르타르

態谷組는 방식성이 높은 「하수도 시설용 방식 모르타르」를 개발 실용화 하였다. 이 제품은 높은 방식성을 가지고 있어, 내산성이 요구되는 설비 등에 적합하므로 콘크리트 열화가 문제가 되는 하수도 설비 등에의 보수공사에 적용하는 것이 가능하다.

하수도 설비에는 하수나 오니에서 발생하는 황화수소 가스에 의해 콘크리트나 방식피복이 손상되는 문제가 있고, 특히 방식피복이 시공되어 있지 않는 오래된 시설 등에는 열화가 깊은 곳까지 진행된 사례도 확인되고 있다. 손상된 시설의 보수방법으로서 기존에는 열화가 깊은 곳까지 진행된 사례도 확인되고 있다. 손상된 시설의 보수방법으로서 기존에는 열화가 깊은 곳까지 진행된 사례도 확인되고 있다. 손상된 시설의 보수방법으로서 기존에는 열화가 깊은 곳까지 진행된 사례도 확인되고 있다.

소요되기 때문에 단가가 높은 등의 문제점이 있었다. 이러한 문제에 입각하여, 態谷組에서는 무기계의 단면보수재에 방식성을 부여한 하수도 시설용 방식 모르타르를 개발하였다.

하수도 시설에 있어서는 하수나 오니에서 발생하는 황화수소 가스를 황산화 세균이 분해한 결과, 황산이 생성된다. 황산은 콘크리트 중의 수산화칼슘과 반응하여, 황산칼슘이나 에트링가이트로 불리는 팽창성 물질을 생성하고, 이러한 것들이 작용하여 콘크리트의 부식 붕괴가 진행된다. 이 제품은 시멘트 경화체 중의 수산화칼슘 생성량을 저감시키는 무기계 혼화재를 다량으로 혼입하여, 황산칼슘이나 에트링가이트의 생성량을 억제하는 것으로 높은 내산성을 실현하고 있다. 또, 시나넨 三井 鑛山 態谷組의 3사에서 개발한 항균제 「제오 마이티」를 혼입하여 황산화 세균 등의 황산을 생성하는 미생물의 번식을 제어하고 있다. 이 결과, 콘크리트 표면에서 생성되는 황산의 양이 저감되어 콘크리트 부식의 진행을 억제하는 것이 가능하다.



이 제품에는 이미 분말형의 혼화제가 적량 혼합되어 있으므로, 소요의 물을 가해서 비빔하는 것만으로 제조할 수 있음과 동시에 압송시의 품질변동이 적으므로, 100m 이상의 장거리 압송이 가능하다. 또한, 뽕칠 흙손마감 거푸집 내의 충전 등 여러 가지 시공이 가능하고, 재령 7일에서 350kgf/cm², 재령 28일에서 약 500kgf/cm²의 압축강도가 얻어지는 등 높은 시공성과 품질을 가지고 있다.

하수도나 하수처리장의 수처리시설 등, 사용부식환경이 비교적 원만한 부위에 이 제품을 사용하는 경우는 수지계의 방식피복을 생략하는 것이 가능하므로 공기단축 비용절감을 도모할 수 있다. 또한, 오니농축조나 산화탱크 등의 오니처리시설이나 부식환경조건이 가혹한 일부의 수처리시설은 수지계 방식피복의 바탕으로 사용하는 것으로, 방식피복의 내용년수가 경과하여 피복에 손상이 발생한 경우에도 피해를 최소한으로 억제하는 것이 가능하다.

이 제품은 이미 펌프 우물이나 하수도의 보수공사에 적용되고 있고, 폭로시험의 결과 등에서도 보통의 모르타르와 비교하여 높은 내산성을 갖는 것이 확인되고 있다.

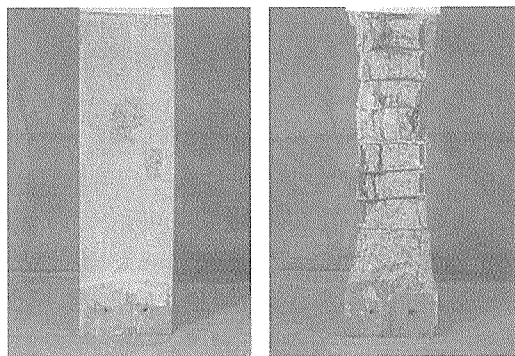
清水建設에서는 埼玉縣内の 2동의 RC조 초고층 맨션에 또, 竹中工務店에서는 都内の 1동의 RC조 초고층 맨션에 이 콘크리트를 적용할 계획이다. 이 콘크리트는 그 내화성능을 증명하는 기술증명을 일본건축종합시험소에서 취득하였다.

최근, RC조 맨션은 초고층화가 진행되고 있고, 200m를 넘는 높이의 맨션이 계획되고 있다. 초고강도 콘크리트는 이 건설을 지탱하는 기술의 중심으로, 이미 1cm²당 800~1,000kg의 하중에 견딜 수 있는 강도 800~1,000kgf/cm²의 콘크리트가 실용화되고 있다. 한편, 강도 800kgf/cm²이상의 콘크리트에서는 화재시와 같은 고열하에서 콘크리트 부재의 표층이 박리 비산하는 현상이 현저하게 되므로, 그 방지대책이 과제로 되고 있다.

콘크리트의 표층이 박리 비산하는 메카니즘에 대해서 아직 완전히 해명되어 있지 않지만, 현시점에서는 화재시의 고열에 의한 콘크리트 표층의 급격한 열팽창이나 콘크리트 내부에 함유된 수분의 급격한 기화 팽창 등을 원인으로 보고 있다. 콘크리트는 고강도로 될수록 밀실하지만, 화재시의 고열하에 있어서는 팽창장력이 커짐과 동시에 내부에서 팽창한 기체가 빠져나가지 못하므로 내부압력이 더욱 높

화재시에 표층이 박리 비산하지 않는 초고강도 콘크리트

清水建設과 竹中工務店은 공동으로 최근 50층 급의 RC조 초고층 맨션을 대상으로 한, 화재시의 고열하에서도 표층이 박리 비산하지 않는 초고강도 콘크리트「AFR (Advanced Fire Resistant : 고내화) 콘크리트」를 개발 실용화하였다. 이 콘크리트를 초고층 맨션에 채용함으로써 지금까지의 동급 규모의 맨션에 비해서 거주공간을 확대함과 동시에 공사비 절감 및 공기의 단축도 도모할 수 있다.



AFR 콘크리트

보통의 초고강도 콘크리트

최대가열온도 1,000℃에서 2시간가열한 강도 1000kgf/cm²의 시험체

아저 표층의 박리 비산이 발생한다. 이 때문에, 현재는 800kgf/cm² 이상의 초고강도 콘크리트 부재에서는 내화피복 등을 시공하는 것이 일반적이다. 그러나, 내화피복을 하게되면 기둥의 직경이 5% 정도 커지게 되므로, 거주공간의 면적이 적게 되고 공기와 공사비가 증가하게 되는 문제점이 있다.

이 콘크리트는 이러한 점을 고려하여 개발된 초고강도 콘크리트로 폴리프로필렌 등의 합성섬유를 혼입한 것으로 콘크리트 표층의 박리 비산을 방지하고 있다. 혼입된 합성섬유는 화재시의 열로 용융 소실되어 콘크리트에 미세한 공동을 만들고, 이 공동이 표층의 열팽창력이나 내부에서 팽창한 기체의 압력을 완화하는 역할을 하여, 콘크리트 표층의 박리 비산을 방지하는 구조이다.

합성섬유의 직경은 0.012~0.2mm, 길이 5~20mm, 강도 800~1,200kgf/cm²의 콘크리트에 대한 혼입율은 0.10~0.35vol% 정도이다. 이미 실시되고 있는 실증실험 등으로부터 우수한 내화성 외에 일반적인 초고강도 콘크리트와 동등의 강도특성이나 시공성 및 내구성을 갖는 것도 확인되고 있다.

콘크리트 자체에 표층의 박리 비산을 방지할 수 있는 특성이 있으므로, 지금까지의 초고강도 콘크리트에서 필요로 하고 있는 내화피복이 불필요하다. 이 때문에 내화피복을 하는 경우에 비해서 기둥의 직경을 작게할 수 있으므로 유효면적이 증대하는 것과 함께 현장의 시공도 생략할 수 있고, 일반적인 초고강도 콘크리트에 내화피복하는 경우의 1/10 이하의 비용으로 적용하는 것이 가능하다. 또한, 콘크리트 믹서트럭에 소량의 합성섬유를 혼입하는 것만으로 제조할 수 있으므로 특별한 제조설비도 필요없다.

이미 양사에서도 강도가 800kgf/cm²인 이 콘크리트의 시공실적이 있어, 현장에서의 시공성은 확인이 완료되었다.

소구경 코아에 의한 강도조사법

錢高組, 前田建設工業, 日本國土開發이 97년에 공동으로 개발한 콘크리트 강도 조사법 「소프트 코어링」이 (財)일본건축센터와 (財)건축보존센터가 공동으로 행하고 있는 기술심사증명을 취득하였다.

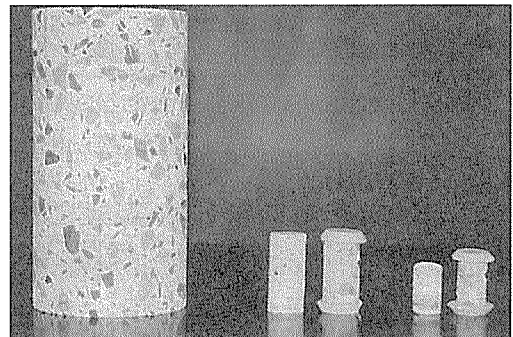
콘크리트의 구조체에서 직경 약 2cm의 코아를 채취하여, 구조체 콘크리트의 강도를 추정한다. 구조체의 손상이 적도록 코아 채취를 수행할 수 있고, 또한 코아를 채취한 흔적의 보수가 용이하다.

코아가 작으므로 간단한 압축강도 시험기를 사용하여 현장에서 강도를 조사할 수 있다.

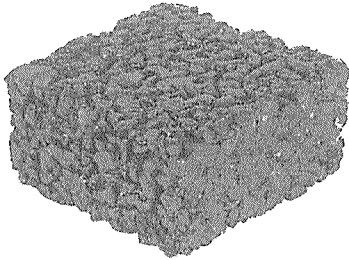
리사이클材를 사용한 배수성 포장

鹿島는 鹿島道路나 月島機械와 공동으로 리사이클材를 골재로 사용한 자동차용 포장인 「에코 배수성 포장」을 개발하였다.

하수 오니나 폐기물의 소각회를 1000℃ 가



좌측은 보통의 직경 100mm의 콘크리트 코아.
우측의 2조는 소프트 코어링으로 채취한 코아로 가운데 것은 직경 22.5mm, 오른쪽의 것은 직경 18.5mm



에코 배수성 포장. 폐기물의 소각회나 하수 오니를
재이용한 골재를 사용

까운 고온에서 용융하여 결정화 한 「용융결정
화 리사이클 석재」를 골재로서 사용하였다. 지

금은 일반적으로 사용하고 있는 천연쇄석과
치환할 수 있다.

리사이클 석재는 결정화 함에 따라 천연쇄
석과 같은 정도의 강도를 가진다. 화학적으로
안정하고, 폐기물에 포함되어 있는 중금속 등
유해물질의 용출량은 환경기준을 만족시킨다.
아스팔트와의 밀착성이 높고, 석재의 균열이
적으므로 아스팔트의 사용량을 저감시킨다.

에코 배수성 포장은 (주)日本道路協會의 기
술지침에서 규정한 아스팔트와의 부착성이나
내마모성 등의 품질을 만족한다.