

레미콘 기술동향

유황 산화세균에서 하수도 콘크리트 열화진단약을 개발

하자마와 일본 건설성 토목연구소는 공동으로 유황 산화세균에서 콘크리트 열화진단약을 개발했다. 건설성 토목연구소와 하자마는 1995년부터 유황 산화세균에서 하수도 시설의 콘크리트 구조물의 열화평가법 개발에 대해서 공동연구를 실시해 왔고, 그 성과로서 유황 산화세균에서 열화진단약을 완성시킨 것이다.

하수에 함유되어 있는 유화수소는 유황 산화세균에 의해 유산으로 산화된다. 이 유산이 콘크리트 중에 함유된 칼슘과 반응해서 석고가 되어 취약화하는 원리이다.

보수시 이 취약부분을 제거하지만, 그 하부의 겉으로는 건전한 상태로 보여지는 부분도 1~3cm정도 유산이 침입하고 있기 때문에 제거할 필요가 있다. 이것은 중요한 작업이어서 만일 이 부분을 제거하지 않고 모르타르 등으로 보수하면 1~2년정도에서 박리되어 버리게 된다.

이 때문에 열화부분에 있어서 유산의 침입 깊이를 측정할 필요가 있지만, 이것이 상당히 힘든 작업이다. 침입 깊이를 정확하게 측정하기 위해서는 시료를 채취·분석할 필요가 있고, 1개소당 300만원 정도의 비용과 10일의 분석기간이 필요하다.

이번에 공동개발된 열화진단약은 유산에 반응하는 지시약과 새롭게 발견된 안정화제를 조합한 것으로 이것을 劣化面에 뿜으면 건전한 면이 적갈색으로 발색한다(劣化面은 백색).

지시약의 성분은 Triphenyl-rosaniline-sulfon酸 나트륨과 P-벤젠술포산 아조레졸시놀의 혼합물에 세룰로스에테르계의 안정화제를 더한 것으로 종래의 화학분석과 양호한 상관관계가 확인되고 있다.

그러나, 이 지시약은 건조에 의해 퇴색하기 때문에, 알콜계의 도막형성제를 뿜어 붙여 퇴색을 방지하는 방법이 개발되어, 이 기술을 완성함과 동시에 특허출원되었다. 이와 같이, 이 진단약의 개발에 따라 제거를 필요로 하는 콘크리트 구조물의 열화부분을 순간적으로 판별하는 것이 가능하게 되었다.

(日本建築技術)

Fc 1000 초고강도 콘크리트를 43층 초고층 집합주택에 적용

大成建設은 압축강도 1000kg/cm²(Fc 1000) 초고강도 콘크리트를 일본에서 처음으로 43층의 초고층 집합주택에 본격적으로 적용하였다. 이로부터 초고층 건축에서도 철근 콘크리트(RC조) 때문에, 바람에 의한 흔들림이 적

고, 住戶 내부에 기둥이 없는 넓은 주거공간을 실현할 수 있다.

이번에 이것이 실용화된 것은 주택·도시정비공단이 발주한 「리버시티 21」 北 블록 N동 건설공사이다. 이 건물은 부지면적 6,631.79㎡, 바닥 연면적 65,521.22㎡, RC조 지하 2층, 지상 43층, 옥탑 1층의 공단임대주택으로 최고높이 142.75m, 공기는 1997년 1월 31일~2000년 5월 31일이다.

리버시티 21 北 블록 N동의 1, 2층 모두 기둥이 48개로 이번에 Fc 1000 초고강도 콘크리트 800㎡를 타설하였다. 이 초고강도 재료를 합리적으로 사용함에 따라 주거부의 기둥스팬을 9.5m로 하고, 주거공간의 내부기둥을 없앴다. 또한, 강성이 높은 RC조이기 때문에 강풍이나 지진시에 있어 흔들림이 적고, 쾌적한 주거공간을 실현한다. 한편, 구체공사비는 철골철근 콘크리트(SRC조)나 충전 콘크리트 강관구조(CFT)보다 10~20%가 절감된다.

사용된 초고강도 콘크리트는 시멘트 제조회사에서 보통 포틀랜드 시멘트, 석고계 혼화제, 실리카 흙의 3성분을 사전에 혼합한 제품으로 레미콘 공장에서 골재와 고성능 AE감수제를 혼합비법하여 제조한다. 콘크리트의 단위수량을 엄격하게 관리해서 고강도와 고유동성(슬럼프 플로우 60cm)를 유지하면서 현장에서의 타설을 용이하게 하였지만, 결과는 아주 양호하였다. 또한, 실용화에 있어서 실험 모델시험을 통해 강도의 확인이 이루어 졌다.

모든 기둥의 주근에는 통상의 2배강도를 가진 SD685 고강도철근을, 횡보강근에는 보통 철근의 4배강도의 이형 PC봉강을 사용하였다. 지하 및 3층이상의 기둥에는 Fc 800~300의 5종류의 콘크리트를 단계적으로 타설한다. 리버시티 21 北 블록동에서는 금년 3월과 5월사이에 Fc 1000 콘크리트 800㎡를 타설, 이어서 6월부터는 동경시 주택공급공사에

서 발주한 항구의 台場 I 구역 시민주택(지상 32층)의 1, 2층 모든 기둥에도 Fc 1000 콘크리트 250㎡를 타설할 예정이다.

앞으로, 대성건설에서는 초고강도 콘크리트의 적용을 높이 200m정도까지의 RC조 초고층 주택에 대해서 적극적으로 제안해 가는 것으로 하고 있다.

또한, Fc 1000 콘크리트의 調合例를 掲載하면 다음과 같다. 슬럼프 플로우 60cm, 공기량 2%, 물/시멘트비 21%, 단위수량 155kg/㎡, 시멘트량 738kg/㎡, 잔골재량 648kg/㎡, 굵은골재 878kg/㎡, 고성능 AE감수제 2.8%이다.

(日本建築技術)

물에 뜨는 강도 200kg/cm²의 구조용 초경량 콘크리트

가지마 건설은 물에 뜰 정도로 가벼움(비중 1.0이하, 보통 콘크리트의 비중은 2.3)에도 불구하고 구조부재로서의 압축강도(200kg/cm²)를 겸한 「구조용 초경량 콘크리트」를 개발하였다.

이 콘크리트는 공기를 혼입한 시멘트 페이스트와 비중 1을 넘지 않는 초경량골재를 최적 비율로 혼합해서 실현한 것이기 때문에, 동결융해, 중성화, 건조수축, 알칼리 골재반응 등 각종 내구성에 대해서도 같은 강도수준의 보통 콘크리트 등과 동등이상의 성능을 가지고 있다는 것이 확인되었다.

최근, 콘크리트의 고강도화와 함께 구조상 및 시공상의 합리화에서 경량화가 요구되어지고 있다.

이전까지 콘크리트의 경량화는 골재의 경량화 또는 콘크리트중에 공기를 혼입시키는 것으로 달성되어 왔다. 그러나, 경량골재를 사용한 콘크리트는 구조부재로서 견딜수 있는 강도는 가지고 있지만 비중이 1.4정도로 여전히

무겁다.

한편, ALC와 같이 공기를 대량으로 혼입한 콘크리트는 비중은 1.0이하로 경량이지만, 기포가 많기 때문에 강도적으로는 불충분하고, 구조부재로서 사용하는 것은 불가능하였다. 이러한 이유로 비중이 1정도의 초경량이고 또한, 구조부재로서의 강도를 가지는 초경량 콘크리트의 개발이 요구되어 졌다. 이번에 개발된 「구조용 경량 콘크리트」는 미세한 독립기포와 비중 1을 넘지 않는 초경량골재를 사용하고, 이러한 재료들의 혼합율을 최적의 값으로 함에 따라 비중 1.0이하의 가벼움에도 불구하고 압축강도 200kg/cm²를 실현하여, 구조부재로 사용하는 것이 가능함과 동시에 배합을 변화 시킴에 따라 비중 1.2로 압축강도 300kg/cm²도 가능하였다.

이 콘크리트의 골재로는 팽창혈암에서 만들어진 경량골재와 특수경량미분을 사용하고, 혼화제로서는 초포제와 고성능 AE감수제를 사용해서 소정의 공기량과 강도를 얻었다.

또한, 이 콘크리트의 동결융해, 중성화, 건조수축, 알칼리 골재반응에 대해서는 매트릭스 부분(골재와 골재를 결합시키는 부분)이 낮은 물/시멘트비로 치밀하기 때문에, 같은 강도 수준의 보통 콘크리트나 경량 1종 콘크리트에 비해, 동등이상의 성능을 가지는 것이 확인되었다.

더욱이 이번에 경량골재의 사용이나 기포의 혼입이 콘크리트 강도에 미치는 영향을 각각 독립적으로 구하고, 초경량 콘크리트의 강도를 높은 精度로 추정할 수 있는 최적배합 설계 방법을 새로이 개발하였다. 이 방법에 따라 물/시멘트비, 공기량, 경량골재의 종류 및 그 혼입량이 결정되면, 어떠한 경량기포 콘크리트에서도 강도의 추정이 가능하게 될 뿐만 아니라, 어떠한 골재를 사용하고, 어느 정도 공기를 혼입하면 가장 효과적이거나 등을 해석적으로

수행하는 것이 가능하다.

이 콘크리트를 PCa 커튼월이나 바닥부재에 적용함으로써 구조물의 중량저감에 관련되어 구조설계상 유리하게 될 뿐만 아니라, 구체의 Cost down, 부재의 대형화에 따른 시공성의 향상 등이 가능해진다.

(日本建築技術)

防菌콘크리트

콘크리트의 열화에 관여하는 대표적인 유황산화세균은 Thiobacterios thiooxidancy이다. Thiobacterios thiooxidancy는 1 μ m의 질긴 鞭毛를 갖는 杆菌(간균)으로 20~40 $^{\circ}$ C, pH 1~5의 환경조건에서 생육한다. 영양원은 환원형 무기유황화합물로 생체에 필요한 탄소는 탄산 또는 탄산가스에서 얻는다.

타설직후의 콘크리트는 pH 12~13의 강알칼리이며, 탄산화(중성화)되어도 pH가 9정도까지 Thiobacterios thiooxidancy는 활동할 수 없다. 이 틈새를 채우는 것은 pH 6~9에서 활동가능한 Thiobacterios thiooxidancy로 열화의 초기에 분열하게 된다.

방균제의 개발은 스테인레스가 콘크리트에 비해 열화되지 않는 것에 착안한 것으로 스테인레스의 성분원소를 모르타르에 첨가하여 폭로시험을 실시한 것에서 비롯되었다. 최초의 시험에서 니켈이 효과적인 것으로 판명되었다.

현재의 방균제는 니켈과 텅스텐을 혼합하여 사용하고 있다. 또한, 2차제품용 방균제에는 첨가확인을 쉽게 하기 위해 특수한 발광염료를 첨가하고 있다. 방균제의 첨가량은 시멘트의 0.15%정도가 유효하지만, 분산을 쉽게 하기 위해 희석하여 시멘트에 대해 1%가 첨가되도록 가공하여 공급된다. 또한, 미분쇄된 것이므로

원심성형을 실시할 때도 균일하게 분포한다.

방균제는 pH 2.5이상에서 유황산화세균의 활동을 저해하는 것이 가능하지만, 기본적으로 콘크리트는 耐酸性이 없다. 따라서, 부식성이 있는 물질에는 효과가 없다.

방식을 요구하는 하수구조물에서는 유황산화세균에 의한 열화가 많이 있으며, 특히 管路 및 맨홀의 경우에는 매우 효과적인 방법이다.

방균제는 콘크리트에 균일하게 분산되어 있으므로 손상에 강하고 2차제품의 전단면 처리도 불필요하다. 또한, 硫酸에 의한 열화는 유산이 씻겨나가지 않고 농축된 부분에 발생하므로 당연히 방균제의 유출도 없어 반영구적인 수명을 갖게 된다.

그리고, 사용하는 장소가 硫化水素 환경이므로 콘크리트의 표면부근에 존재하는 방균제는 물에 녹지않는 硫化物로 되기 때문에 용출될 수 없다.

최근의 연구에서 방방균제는 2차제품으로 Hume pipe 제작업체 25社가 참여한 Picrete제조협회가 공급하는 것과 혼화제 회사가 콘크리트 첨가용 또는 Pre-mix 모르타르로 공급하는 것이 있다. 가격은 2차제품으로 10~15% 증가하는데, 이는 기존의 방식공법이 100% 증가하는 것에 비하면 매우 경제적이다. 또한, 레미콘의 경우에는 15,000엔/m³ 정도 증가하며, 壁壓 33cm에서는 5,000엔/m³ 정도로 된다. 현장타설용 重防蝕은 18,000엔/m³ 정도로 매우 합리적이다.

방균제가 시판된지 4년이 경과하여 2차제품의 판매량도 2만톤을 넘어 급격한 신장을 보이고 있다. 향후에는 硫黃酸化細菌에 의한 열화가 지배적인 부분의 방식은 방균제가 주로 사용될 것으로 예상된다. 열악한 부식환경에서는 앵커부착 시트가 확실성이 있어 최근에 많이 사용되고 있지만, 앵커부착 시트의 밑부분 모르타르에 방균제가 이용되는 경우가 증가되

고 있다. 어쨌든 앞으로 하수도 구조물의 방식은 방균제와 앵커부착 시트가 주류를 이루게 될 것이다.

(JCI V.36, N.1, 98.01)

窒素酸化物(NOx)를 흡수하는 콘크리트

도심지 주요도로 및 고속도로 주변에서는 달리는 자동차에서 발생하는 폐가스와 소음이 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 1996년 大板西淀川の 公害訴訟에서 政府가 敗訴하였다. 공해의 주범은 43번 國道와 板新高速道路公團 神戸線이 통과하는 도로에서 발생한 소음·진동과 배출가스로 밝혀졌다.

교통체계가 자동차를 중심으로 이루어 지는 현대사회에서 이러한 사례는 東京環狀 7호선을 따라 시작되는 大都市圏에서도 발생할 수 있으므로 각지에서 提訴될 가능성도 있다. 특히, 최근에 RV車의 대부분인 디젤기관이 증가함에 따라 배출되는 가스에는 호흡기관에 나쁜 영향을 주는 NOx함량이 현저히 증가되고 있어 매우 深刻한 실정이다.

이러한 현상에 대응하기 위한 방안으로, 차량을 개량하여 발생원을 억제하는 방법과 遮音·吸音板의 설치 및 도로포장면을 아스팔트 排水性으로 함으로써 소음의 一部周波數帶를 흡수하여 소음·진동을 저감하는 방법이 시험되고 있지만, 차량에서 발생하는 소음·진동 및 배출가스중의 유해물을 흡수하는 재료의 개발도 필요하다.

다공질 콘크리트는 연속된 공극이 차지하는 내부표면적이 크므로 여러 가지 기능을 갖는 콘크리트로 이용될 수 있고, 특히 환경과 관련된 재료로 환경부하 저감형 및 생물대응형 에코콘크리트에 적용할 수 있기 때문에 주목을

받고 있다.

골재로 NO_x의 吸着能이 우수한 인공 제올라이트를 사용하고 표면부에 산화티탄을 첨가한 다공질 콘크리트는 자동차에서 배출되는 가스에 함유된 NO_x를 흡착·제거함과 아울러 흡음성이 있는 콘크리트의 제조가 가능하다는 것을 시사하였다.

유해가스의 흡착량을 향상시키기 위해서는 다공질 콘크리트로 하고 소음의 周波數帶域을 400~2,000Hz로 하면 吸音性能도 겸할 수 있으며, 意匠은 10~5cm의 요철을 설치하고 殘響室法에 따른 흡음율을 평균 80%이상으로 설정한다.

NO 또는 NO₂의 흡음성능이 양호한 입상화된 人工제올라이트(2~5mm)를 골재로 사용하고 시멘트계 재료로 다공질 콘크리트를 제작한다. 인공제올라이트가 NO 또는 NO₂의 흡음성능을 유지하려면 결합재 두께를 0.15mm이하로 하는 것이 바람직하다.

다공질 콘크리트 판의 표면에 光觸媒 能力이 있는 TiO₂, 제올라이트분체, 시멘트의 혼합물(TiO₂ : Z : C = 1 : 1 : 1)을 페이스트 상태로 얇게(두께 0.1~0.2mm) 뿌린다.

粒狀화된 인공제올라이트를 다공질 콘크리트의 골재로 사용하면 내부표면적이 크고, 표면성상이 요철로 됨과 아울러 연속공극을 갖기 때문에 흡음성 콘크리트로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 자동차로부터 배출되는 가스에 함유된 NO_x를 흡수하는 콘크리트로 이용할 수 있다. 더욱이 光觸媒로 TiO₂를 표면부에 적정량 첨가하면 NO를 NO_x로 변환시켜 인공제올라이트에 흡착하도록 하므로 無害한 흡음성 콘크리트의 제조가 가능하다는 것을 암시해 준다.

더구나, 제품화는 위의 방법으로 거의 가능하다고 사료되지만, 실내와 실외의 조건에 따라 실험을 실시할 필요가 있다.

(JCI V.36, N.1, 98.01)

조습성 콘크리트

옛날부터 일본에서는 목재나 흙, 종이 등 조습성이 있는 재료를 사용, 평면계획에서 주거 공간부분과 토장 등의 수장공간으로 나누어 통풍이 좋고 조습성이 풍부한 실내환경이 형성되어 왔다. 이에 비해, 최근의 근대건축은 내구성과 단열성 등에는 뛰어나지만, 콘크리트계의 건물에서도 금속이나 유리 등 흡방습성이 부족한 물질이 많다. 또한, 이러한 것은 공기의 단축 등에 의해 콘크리트 등의 건축재료가 가지고 있는 초기수분이 제거되지 않고 시공되어 조기에 사용을 시작하면 공장이나 주택 등에서는 건축내장을 파손하거나 결로를 일으킨다.

한편, 미술관에서는 미술품에 대해서 온습도의 안정과 콘크리트 구체로부터의 암모니아 방출 등 실내공기의 알카리 오염이 문제가 되고, 여기에서는 콘크리트 구체로부터의 방습의 영향경감과 공기질유지를 위한 콘크리트의 수분저감과 조기건조가 건축환경 구성상의 문제로 되고 있다.

이러한 건축 실내환경을 양호하게 하기 위한 기능성재료로서 천연 제올라이트 혼입 모르타르 패널을 흡방습성이 풍부한 조습 콘크리트 패널로서 개발하였다. 이 패널을 미술관의 내장벽에 사용했을 때, 온습도의 안정성 및 공기질의 유지면에서 극히 양호하였다.

더욱이, 이 제올라이트패널을 주택이나 창고 등의 일반건축물에 사용하기 위해 내장과 외장에 제올라이트패널을 전면 사용한 건물을 건설하고, 수년간에 걸친 각종 환경성능의 측정결과로부터 그 가능성을 확인하였다.

(JCI V.36, N.1, 98.01)