

레미콘 技術動向

日本の 王水産業(株)에서 아이스콘크리트 제조

일본의 王水産業(株)에서는 일반 레미콘 공장에서는 최초로 아이스콘크리트(icc concrete)의 제조설비를 구비하여 레미콘을 생산하고 있어 큰 관심을 끌고 있다. 계절의 온도차이에 의한 콘크리트의 품질변화는 레미콘업체가 해결해야할 기술과제인데, 서중콘크리트는 고온에 의한 균열발생, 슬럼프로스의 증대, 장기강도발현의 손실 등의 문제점이 지적되어 왔다.

금번 동회사의 아이스콘크리트 제조설비는 냉수설비, 제빙설비 및 얼음 저장설비로 구성되었는데, 아이스콘크리트의 경우 냉수와 얼음의 혼합비는 보통 50대 50의 비율로 제조된다. 아이스콘크리트에 대한 1m³당 공시체의 내부온도 실험결과에 따르면 중심부의 타설직후의 온도차는 11-13도가 낮으며, 최고온도 도달시에는 7.7-11.8도 정도가 낮게 나타나고 있는데 압축강도는 일반 상온콘크리트와 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타났다는 것.

연탄재를 이용한 건재생산

탄광업체인 동광산업은 연탄재와 탄광폐석을 활용한 경량골재와 벽돌을 개발하여 시현

생산에 들어갔다. 연탄재 벽돌은 일반 벽돌과 비교하여 약 40% 정도 가볍고 흡수율은 비슷하며 압축강도도 우수한 것으로 나타났다. 또한 연탄재와 탄광폐석에 무기재료질접착제를 혼합하여 1,200도의 고온에서 구워낸 골재도 일반 골재와 유사한 강도를 가지고 있다는 것.

동업체는 이들 골재와 건재가 실용화될 경우 천연골재의 고갈에 직면한 수도권 지역의 골재난을 해소하고 환경공해방지 및 연탄재의 매립수거에 따르는 인건비, 수송비, 에너지 등의 큰 절감효과를 기대하고 있다.

한편, 국내에는 연탄재를 이용한 건축패널, 벽돌 등이 몇개 업체에 의하여 생산되고 있다. 그 중에서 천안의 삼광물산(주)에서는 최근에 자동화설비를 갖추고 연탄재와 폐석도등을 활용하는 벽돌을 생산하고 있는데 소비자들로부터 좋은 호평을 받고 있다고 한다.

고강도콘크리트의 새로운 개발방법

최근 들어 미국에서는 고강도콘크리트의 이용이 급속하게 늘고 있다. 오하이오주의 클리브랜드에서는 현재 건설중인 공사에 재령 28일 압축강도가 12,000 psi(830kg/cm²)인 콘크리트를 적용하기 위한 검토가 진행되고 있다. 고강도콘크리트의 최종적인 물성으로서 28일 재령에서 압축강도가 830kg/cm² 탄성계수가 6.8×10⁶psi(4.7×10⁶kg/cm²)인 콘크리트가 요구되고, 또 펌프압송이 가능해야 한다. 이러한 고강도 콘크리트가 사용되는 구조

물의 부위는 동결작용을 받지 않는 기둥 등이 고려되고 있다. 고강도콘크리트의 물성, 워커빌리티에 커다란 영향을 미치는 요인으로서 시멘트량, 실리카흙의 양, 굵은 골재의 양, 고성능감수제 및 굵은골재의 종류 5가지가 선택되었다. 각 요인을 전부 실험하자면 $3^5=243$ 개의 배합방법이 필요하지만 실험계획법의 조정을 타입 I의 시멘트, 실리카흙, 나프탈렌술폰산염계의 고성능감수제를 사용하고 굵은 골재는 사암과 석회암을 이용한다는 것.

실험결과에 따르면 앞에서 설명된 목표강도를 내기 위해서는 고성능감수제와 실리카흙을 병용하고, 물·시멘트비를 27.5% 이하로 억제해야한다는 것이다.

고성능 콘크리트, 초고강도 콘크리트 개발

일본 鹿島建設은 우수한 유동성을 발휘함으로써 치밀한 구조와 마무리의 정밀도가 뛰어난 「초유동콘크리트」의 연구를 진행하면서 금번 東京 中央區에서 건설중인 사무소빌딩의 기둥에 실제로 채용한 결과를 발표하였다.

현재 일본에서는 건설 각사가 초유동콘크리트의 개발에 많은 투자를 하고 있는데, 동사가 시공한 사무소빌딩의 고성능콘크리트는 가까운 레미콘공장의 통상의 플랜트라인에서 제조될 수 있어 크게 주목을 받고 있다.

한편 大林組는 일본 건설업계에서는 최초로 설계기준강도 $1,300\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 나타내는 고강도 콘크리트를 개발, 실증실험에 성공하였다. 현재의 초고강도콘크리트는 지상 40-50층 건물이 한도였으나 금번 개발된 기술은 지상 90층까지의 철근콘크리트 건물의 설계가 가능하다고 한다.

殘光콘크리트 - 발광안료의 특성을 손상시키지 않고 유리에 끼우는 방법 개발

低融点의 에나멜 유리를 사용함으로써 발광안료의 특성을 본질적으로 손상시키지 않고 유리에 끼우는 방법이 개발되었다. 이것은 비교적 간단히 발광유리의 파립이나 성형체를 만들수 있어, 콘크리트표면의 조형에 다양한 새로운 기능을 가져왔다. 예를 들면 지하철역, 터널, 지하실의 비상구 유도시스템과 같은 안전분야 뿐만 아니라, 건축학이나 예술분야 등에도 새로운 디자인의 가능성이 기대된다.

미국, 레미콘 믹서차 재생성행

미국의 레미콘업계에서 믹서차의 재생이 성행하고 있다. 1970년 부터 1979년간 전 미국에서 55,000대의 새 믹서차가 판매되었으나 1980년에서 1989년 사이엔 불과 33,000대만이 판매되어 약 40%가 감소하였다. 이 20년간 믹서차의 용량은 6.8m^3 에서 7.6m^3 으로 약 11% 증가되었다.

1990년은 전미국에서 2억8백만 m^3 의 레미콘이 출하되었지만 믹서차 1대당 평균 3,000 m^3 를 수송했다고하면 69,000대가 가동한 셈이다. 이는 1980년대의 새 믹서차 33,000대 외에도 35,000대는 10년 이상의 오래된 믹서차라는 계산이 나온다.

가장 일반적인 믹서차의 재생은 믹서드럼의 치환이다. 드럼부의 철판두께는 유지보수시에 전자식 게이지로 측정되는데 1.6-1.8mm까지 마모하면 누전이 발생한다. 그 수명은 사용하는 골재의 거칠기, 습식배척과 건식배척의 여부, 저슬립프리미콘의 출하량 등에 영향을 받

는다. 브리넬 경도 400이상인 고강도강재의 경우는 0.9-1.0mm까지의 마모에도 견딜 수 있다.

영, 불해협 터널용, 콘크리트 세그먼트 44만개 3년간 제조

2년후의 완공을 목표로 공사중인 총연장 50km인 영 불해협의 라이닝공사에 콘크리트 세그먼트가 영국과 프랑스의 두 공장에서 각각 약 22만개를 3년간의 공사기간으로 제조하여 1991년 여름에 완료하였다.

터널은 내경이 7.6m인 2개의 철도터널과 그 중간에 위치하는 내경 4.9m의 서비스터널로 구성되어 있는데, 이 3개의 터널에 모두 70,000개의 콘크리트링, 길이로는 148.8km 분, 금액으로는 약 3,500억원 상당이 공급되기로 되어 있다. 철도터널용 세그먼트는 4.0m, 두께 46cm, 무게 8t, 서비스터널용은 3.7m, 두께 30.5cm, 무게 3.6t으로 각각 5개의 세그먼트에서 1개의 링을 구성한다. 세그먼트의 사이즈는 엄격하게 통제되는데 전자식 테스트에 의해 허용오차 0.5mm로 관리되었다. 1990년 말까지 제조됐던 195,000개중에서 600개가 불량품으로 판정되었다.

터널의 굴착은 일본이 굴삭기를 이용해 시간당 4.6m의 속도로 진행되었는데 1990년 10월에 서비스터널이 관통되었고 철도터널은 1991년 여름에 관통되었다.

걸프전에서의 콘크리트의 역할

1991년 1-2월의 페르시아만에 발발했던 전쟁에서는 엄청난 수의 미사일공격이 있었다. 그러나 그 와중에서 콘크리트기술에 관한 많

은 실제적인 체험을 확인하는 계기도 되었다.

1982년에 이라크는 약 450억원을 투입해 1,748m²의 지하요새를 구축했다. 독일인에 의해 건조됐던 이 요새는 상부 슬라브가 60cm의 철근콘크리트이고 벽 두께가 3m의 견고한 요새로 이번의 미사일 공격에서도 거의 파괴되지 않은채 남아있었다고 한다. 실제 리히터 지진계로 진도 7-8의 지진에도 견딜 수 있는 설계로 되었다는 것.

한편 다국적군은 폭격을 받은 공항 활주로의 보수를 위해 새로운 콘크리트기술이 동원되었다. 통상 공항 활주로는 70-180t의 항공기 중량에 견딜 수 있어야하는데, 폭발에 의해 뚫려졌던 30-90cm의 구멍보수에 미국은 Lone Star Industries사가 개발한 초속경성시멘트인 Pyrament를 사용하여 적어도 10일간의 시일을 요하는 보수공사를 6시간으로 단축하였다.

일본 최대의 RC조 觀音像

일본에서 높이 100m의 관음상이 탄생되었다. 전망, 전시시설을 갖춘 이 관음보살상은 일본 宮城縣 仙台市에 위치하고 있는데, (주)能谷組에서 시공하였다. 이 공사에 사용된 콘크리트는 압축강도 240의 유동화콘크리트가 사용되었으며 콘크리트의 타설은 3m단위로 이루어졌다.

복잡한 형성을 위하여 3차원 형상을 컴퓨터로 시뮬레이션하고 이를 이용하여 형틀을 만들었다. 또 구조해석은 FEM을 이용하여 수행되었다.

세계 최초의 콘크리트제 FLOATING 골프장

미국 북아이다호에 있는 리조트 골프장의 14번 홀에는 세계 최초의 콘크리트제 플로링 그린¹이 완성되었다. 무게 500lb, 면적 1,500ft²을 가진 그린은 잔디와 나무로 표면이 치장되어 있다. 육지에서 요트나 소형 페리로 그린으로 이동한다.

이 구조제의 폴리스틸렌, 철, 샌드위치 패널 등으로 이루어졌다. 이 작은 인공섬으로 된 골프장은 4개의 케이블로 자세를 잡고 있다.

콘크리트 강도를 높이는 혼화재의 개발

鹿島建設과 電氣化學工業은 탄소섬유보강콘크리트(CFRC)의 커튼월을 제조할 때, 조기 강도를 발휘하는 새로운 혼화제를 개발하였다. 종래의 증기양생을 통하거나, 고온고압 양생 과정을 생략할 수 있고 재료 코스트도 10-20% 정도 절감할 수 있을 뿐만 아니라 별도의 가공설비도 필요치 않다는 것.

이번에 개발된 「치수안정혼화제」는 칼슘계 시멘트광물과 무기황산염을 성분으로하는 특수시멘트의 일종이다. 통상의 시멘트에 15-20%를 첨가하여 강도를 발휘하는 제품이다.

CFRC는 모르타르에 탄소섬유를 가함으로써 표준 콘크리트의 2-5배의 강도를 나타내게 된다. 이러한 재료는 가볍고 얇기 때문에 공사작업을 간소화시킬 수 있고 공기도 단축할 수 있다.

殘留콘크리트의 세정수량, 화학 처리제를 이용하여 1/30로 감소

藤尺약품공업은 혼화제 메이커 4개사와 공

동으로 콘크리트 믹서차의 드럼내부에 남아 있는 콘크리트를 종래의 1/30의 수량으로 씻어낼수 있는 화학혼화제를 개발, 판매를 개시하였다. 세정에 사용하는 대량의 물을 절약할 수 있기 때문에 폐기물 처리문제의 해결과 환경오염방지에 크게 기여할 것으로 기대된다.

새로운 혼화제를 사용하면 믹서차의 드럼내부를 50리터 정도의 용액으로 세척할 수 있다. 그러나 종래에도 1,500리터 전후의 물이 필요하였다.

건설폐기물의 리사이클을 지원

鹿島建設은 건설폐기물의 재생 이용을 촉진하기 위하여 전문처리업자와 제휴, 지원사업을 강화할 방침이다. 선별처리용의 독일제의 대형기기를 도입, 개량하여 특정업자에게 대여하여 일본 수도원의 중간처리시설을 확보할 계획이라는 것.

鹿島建設이 기술자를 파견, 기계조작과 설비운영의 노하우를 제공하게되며 부분적인 설비투자도 고려하고 있다. 현재 대형업자들과 협의를 거치고 있다.

일본에는 작년 91년 10월의 리사이클법(재생자원의 이용촉진에 관한 법률)이 시행된 이래 종합건설업체들은 폐기물처리에 모든 관심을 집중하고 있다.

미국 건설업계 '91년 수주실적 발표

최근 5월에 발표된 '91년 미국 건설업계의

수주실적을 보면 상위 40개사가 전체 수주액의 76%인 2,299억 달러를 기록하였다. 이번에 발표된 보고서에 따르면 미국내의 수주액은 '90년과 거의 비슷한 1,600억달러 정도이지만 해외 수주액은 '90년의 430억달러에서 680억달러로 최근 5년간 가장 높은 신장세를 기록하였다. 특히 미국 건설업의 해외 수주액은 '87년을 고비로 해마다 20-30%이상의 높은 신장세를 이룩하였다.

1위에는 214억달러의 실적을 올린 Fluor Daniel사가 '90년에 이어 연속 수위자리를 차지했고, 국내에 잘 알려져있는 Bechtel그룹은 183억달러로 '90년의 3위에서 2위로 뛰어올랐다. 그리고 3, 4, 5위는 131.3, 131, 125억달러를 기록한 The M. W. Kellogg, The Parsons, Foster Wheeler 사등이 차지했다.

이중에서 해외 건설수주 동향을 살펴보면 '90년에 비하여 아시아, 중동, 아프리카, 남미 등에서 두드러진 증가를 보인 반면 유럽에서는 다소 줄어들었다.

오스트레일리아의 고강도 콘크리트 활용

오스트레일리아에서는 강도가 60-90MPa (600-900kg/cm²) 정도의 콘크리트가 고층건물의 기둥이나 내력벽에 이용되고 있다. 1980

년대에 들어서면서 고강도콘크리트에 대한 인식과 개발이 집중되면서, 양질의 골재와 혼합시멘트를 이용하여 60-90MPa정도의 콘크리트가 대량 생산되기에 이르렀다.

현재 고강도콘크리트가 쓰여지고 있는 곳은 고층건물의 내력벽 및 기둥, 콘크리트 화일, 마모저항성이 필요한 도로포장, 근해에 있는 오일 플랫폼 등에 주로 많이 사용되고 있다.

콘크리트의 배합에서는 특히 굵은 골재의 선택이 중요한데, 고강도콘크리트에 쓰이는 골재는 콘크리트의 설계기준강도 이상이어야 하고, 적절한 입경범위는 10-20mm이며 페이스트와의 부착이 양호한 형상(쇄석)을 유지하고 있는 점등이다.

응력-변위곡선이 급구배가 되어 최대응력시에 변형도도 높아지게 되는 것이 고강도콘크리트의 특징이고, 이로인하여 취성파괴가 일어나기 쉬운 점도 있다. 또 이외에도 동결저항성, 수축균열, 시멘트량의 과다 사용으로 인한 수화열에 온도균열 등도 문제가 된다. 그리고 우수한 골재나 혼화제를 사용하므로써 가격도 비싸진다는 점 등이다.

그러나 고강도를 이용하면 기둥의 단면이나 벽 두께를 작게해서 공간 활용도가 넓어지고 조립변형이 적으며, 내투수성과 마모저항성 등에서 뛰어나다는 점 등이 있다.

1960년대까지는 40MPa가 고강도로 여겨졌는데, 21세기에는 80MPa이상도 보통의 콘크리트가 되고 50층이상의 건물에도 콘크리트를 많이 사용하게 될 것이다.

< 産業技術情報院 責任 研究員 文英鎬 提供 >