

콘크리트 재료의 연구과제와 전망

정 일 영 (서울대학교 건축학과 명예교수)

콘크리트는 다른 재료와 달리 불순한 성분인 점토가 대량 섞여 있는데도 불구하고 순도가 높은 소석회보다 내수성이 월등하다는 진리를 깬 재료이다.

콘크리트는 Matrix Phase로서 강도를 결정하는 요소이며 Rotary Kiln에서 C₂S는 800°C 정도에서 생성되고 시멘트의 주성분인 C₃S는 1,450°C에서 만들어지며 1,600°C를 넘으면 애체화될뿐 아니라 Amorphous 구조의 격자형태가 일그러져서 강도를 저하시키는 원인이 된다.

이와 같이 Rotary Kiln에서 가해진 열은 열에너지로 시멘트속에 저장되고 시멘트에 물을 가하여 자극하면 활성화되어 시간이 경과함에 따라 주변에서 흡수된 물과 탄산가스를 열과 더불어 외부에 증발시키고 콘크리트 활성화가 극치에 달하면 온도는 안정되어 식어가고 경화한다.

충분히 활성화 되지 않으면 원점으로 되돌아가기 때문에 재차 열을 가하거나 플라야에쉬와 같이 재료 표면에 부착막이 형성되어 수화작용이 진행하지 않으면 자극제를 사용한다.

이와 같은 수화과정은 시멘트량에 따라 다르며 가령 시멘트량이 600kg/m³, w/c=40%일 때 슬럼프의 값은 22cm이며 유동성 및 시공연도 그리고 재료분리가 일어나지 않는다.

이때 콘크리트속의 Gel Pore가 Capillary Space를 완전히 메울 수 있는데 콘크리트의 수화율은 80%에서 끝나므로 재료의 일부는 물과 섞이지 않은 시멘트가 생기게 되어 Rheology 적인 재료를 얻을

수 없게 된다.

반명 시멘트량을 300kg/m³로 줄이고 경제성을 고려할 경우도 w/c=70%, 그리고 슬럼프의 값을 22cm에 맞추면 유동성을 지니게 되지만 재료분리가 일어난다. 그 이유는 시멘트 알맹이 겹겹질에 약한 마이너스 전기를 띄우고 있기 때문에 서로 Interlocking 되어 Flocculation을 형성하여 덩어리가 생기므로 시멘트 입자 둘레에 강력한 마이너스 전기인 음이온(Anion)의 2중층을 형성하면 시멘트입자 상호간이 서로 반발하여 시멘트 입자들을 분사시키고 입자의 침강속도도 늦어질 뿐 아니라 치밀하게 쌓여서 양질의 콘크리트를 만들 수 있다. 그뿐 아니라 Gel pore가 Capillary Space속을 전부 채울 수는 없고 일부만 남게되어 이곳에 주변에 있었던 물들이 유입될 때 시멘트 페이스트도 따라서 들어가게 되고 시멘트 페이스트가 있었던 곳은 골재만 남게되어 콘크리트 재료는 불균일하게 된다.

따라서 Gel pore가 Capillary Space을 완전히 메우고 콘크리트의 수화율이 100%가 되게 적절한 양의 혼화제를 사용하는 연구가 필요하다. 그리고 콘크리트 강도를 높이기 위해서는 종래의 하던 방법으로 콘크리트를 제조하면 어렵다.

새로운 방법으로는 콘크리트를 양생할 때 Press를 가하면 상당히 높은 강도의 콘크리트를 얻을 수 있다. 이것을 Press Concrete라 한다. 또한 다른 방법으로는 시멘트의 입자들을 6% 정도의 물로 접촉시키고 고압으로 눌러서 콘크리트를 만들면 2,000kgf

/cm² 이상의 강도를 얻을 수 있다. 한편 품질에 관한 문제로서 분산제는 현탁액 중의 시멘트를 분산시키는데 반하여 AE제는 표면활성제이면서 기포능력을 지니고 있지만 분산능력은 없고 도리어 입자들을 구속시켜서 시멘트 페이스트의 유동성은 도리어 나빠질 수 있다.

여기서 이런 조건에서 AE제를 사용할 때 유동성을 좋게 하는 방법을 찾아낸 사람이 Kennedy로서 약 0.15mm보다 적거나 1mm 이상인 모래를 사용하였을 때 효과가 없고 0.15~1.00mm의 모래에서는 미세한 기포가 이들 모래 사이에 들어가서 터지지 않고 입자 상호간의 접촉을 부드럽게 하였던 것이다.

즉 공기 연행작용을 하는 AE제는 콘크리트속의 모래들 사이에 들어가서 유동성을 주며 분산제는 콘크리트속의 시멘트 페이스트에 유동성을 준다.

표면활성제의 첨가량은 시멘트 중량에 대하여 1% 이하인데 비하여 팽창제는 10%이며 조강제, 급결제는 이들의 중간 정도이다.

포틀랜드 시멘트 100gr를 수화물로 만드는데 필요한 물의 양은 20gr에서 25kg 정도이다.

그러나 이와 같은 수량은 콘크리트를 비비는데 힘들기 때문에 통상 40~60kg 또는 그 이상으로 한다. 따라서 화학반응에 필요한 수량의 2~3배의 물로서 비비고 있는 것이 된다.

여기서 타설된 콘크리트를 대기중에 방치해 두면 시공에 적절한 수량과 화학반응에 필요한 수량과의 차이 만큼의 물이 서서히 증발되어 건조 수축된다.

이와 같이 하여 생긴 수축을 방지할 목적으로 시멘트속의 황산알루미늄산화물을 10%로 늘리면 팽창하여 콘크리트 수축을 보상할 수 있다. 그러나 바닷모래를 사용하면 콘크리트의 과대 팽창을 일으키는 원인이 되어 시멘트 Bacillus 현상을 일으킨다.

따라서 건조 수축을 보상하기 위하여 사용된 알루미늄산화물의 양을 10%에서 4~5% 정도로 감량시키면 콘크리트 파괴를 면할 수 있다.

최근에는 바닷모래를 사용하게 되고 염분이 염전

작용으로 수분이 증발되어 염분의 농도가 배 이상으로 늘어나는 경우를 제외하고는 일반적인 경우 모래에 포함되어 있는 수분이 10%이므로 물이 빠졌을 때 바닷모래의 염분농도는 0.3%로 감소된다. 시멘트 성분중 간극물질인 C₃A는 콘크리트의 침식작용을 막기 위하여 미국에서는 5% 이하인 Sulphate Resisting Portland Cement Type V를 생산하고 영국에서는 4% 이하인 Sulfacrete, 독일에서는 전혀 포함시키지 않은 Dychrehoff를 사용하고 있으나 적절한 양을 사용하면 C₃A는 CS나 CS로 만들어진 구조틈바구니속으로 들어가서 피막을 형성하여 염분의 일부를 가두는데 갇힌 염분을 Friedel염이라고 하며 나머지 가두어지지 않은 염은 철근을 심하게 부식시키는 양에 미달하므로 염에 의한 피해는 줄어든다. 이와 같이 염분의 일부를 가두는 피막을 만들 수 있는 CA량을 결정하는 것은 어려운데 미국에서는 성공적으로 완성시켰고 우리나라에서는 이에 관한 연구를 하여야 한다. 시멘트 몰탈 콘크리트는 비빌 때 폴리머를 혼합하면 경화속도를 조절할 수 있으며 일반적으로 1시간내에 고화된다. 고화할 때 발열량은 크며 150°C 이상 온도가 상승한다.

경화초기에는 0.2~0.4% 수축하며 강도는 재령 1일에 압축강도 500~1,000kgf/cm², 인장강도 100kgf/cm² 이상 얻을 수 있다.

그러나 강도의 의뢰성은 커서 100°C에서 1/3~1/4 정도로 저하되지만 시간이 경과함에 따라 상온으로 되돌아 갈 때는 강도는 회복된다는 것이 보통 시멘트 콘크리트와 다르다.

또한 콘크리트는 탁월한 역학적 특성, 내구성, 경제적인 구조재료일 뿐만 아니라 방사선을 흡수하거나 고에너지 X선, γ선 중성자 등으로 인한 재료적 성질의 열화 및 인체에 미치는 장애를 방지하는 Biological Shielding이 주목적이다. 그리고 좀더 효과적으로 고속의 중성자의 운동을 막기 위하여 무거운 성분을 사용하여 빨리 중성자의 움직임을 가라앉히는 방법으로 원자로의 벽두께를 두껍게 할 수 밖에 없으며 이로 인한 발열이 심하여 균열이 발생하

고 이 틈사이로 방사선이 누출될 우려가 있다. 따라서 중량 골재를 사용하여 중성자의 고속운동을 저지시키므로 벽두께도 얇아지고 온도로 인한 균열도 방지할 수 있다. 그리고 콘크리트의 균열 발생을 염려하여 Unbonded Precast Tendon으로 부재를 모니터로 균열 여부를 확인하여 그때마다 Tendon을 쫓아주면 된다. 따라서 이에 관한 연구도 필요하다.

영국의 농촌에서는 콘크리트를 주로 Capillary Space로 설계하여 콘크리트내의 수분을 자유자재로 증발 또는 흡수시키는 No Fine Concrete를 쓰고 있다. 이 지방은 비가 많이 내려서 홍수의 우려가 있는 곳이다.

건기에는 콘크리트내의 수분을 전부 증발시키고

우기에는 쉽게 흡수하여 홍수의 피해를 막고 있다.

최근에는 이와 같은 원리를 이용하여 우기에 도로면의 수분을 모두 흡수하고 날이 개이면 태양열로 작열된 도로면상의 열을 콘크리트내의 수분을 증발시키는 보수성 콘크리트가 출현하였다. 이와 같은 원리를 이용하는 연구도 하여야 한다.

끝으로 나날이 발전하는 콘크리트 재료에 관한 연구와 현장에서의 실험은 항상 학계와 관련업체가 정기적으로 모임을 갖고 서로 미진한 과제나 새로운 기술에 관하여 토의하고 의견을 교환하는 영구적인 기구를 만들고 경제적이며 새로운 기술들을 도입하여야 할 것이다. ▲

시사 용어 해설

▶ 나노미터(Nano Meter)

10억분의 1m를 가리키는 단위로 고대 그리스어의 난쟁이를 뜻하는 나노스(nanos)에서 유래했다. 1나노미터는 대략 성인 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당된다. 이번에 삼성이 개발한 60나노는 2000분의 1 정도되는 초미세 크기다. 반도체에서 나노 단위는 각종 회로를 웨이퍼 원판에 그려넣는 선폭의 크기를 표기할 때 쓴다. 70나노에서 60나노로 회로선 폭이 줄어들면 동일한 면적에 넣을 수 있는 데이터와 회로의 양이 그만큼 많아지는 것이다.

▶ 플래시메모리

D램은 전원장치가 꺼지면 기억했던 데이터가 모두 없어지는 반면 같은 메모리 제품인 플래시 메모리는 전원이 없어도 저장내용이 살아있다는 차별점이 있다. 때문에 MP3 플레이어, 디지털 카메라, USB 드라이브 등 휴대용 디지털 기기의 메모리 장치로 주로 사용된다. 플래시메모리는 낸드(NAND·데이터 저장형)와 노어(NOR)로 다시 구분된다.