

極寒期の 建築工事와 凍害

鎌田 英治

(北海道大學 建築工學科 教授)

한랭지역의 기상조건은 매우 추운 겨울과 동결의 두 용어로 단적으로 말할 수 있다. 건축물은 인간의 주거환경을 자연의 기상작용으로부터 보호하고 쾌적한 주거생활을 약속하는 측면이 있기 때문에 직접 자연환경에 대처하며 존재해야 한다.


자연환경의 위협에 직면하는 것이 건축의 역할이므로 건축학의 기술적인 측면의 발달과 진보가 필요하다. 쾌적한 주거공간의 창달에는 환경공학의 역할이 중요하다. 그리고 극한환경의 건축에도 내구성이 뛰어난 재료가 요구되며, 동시에 환경조건이 가혹하면 할수록 그에 대응할 수 있는 시공기술의 발달이 필요하다.

건축구조공학의 진보로 초고층 건물이 지면에 건디는 건축의 출현이 가능한 것과 같이, 재료·시공 기술의 지속적인 진보는 극한 자연환경에 건축의 존재도 가능하게 한다.

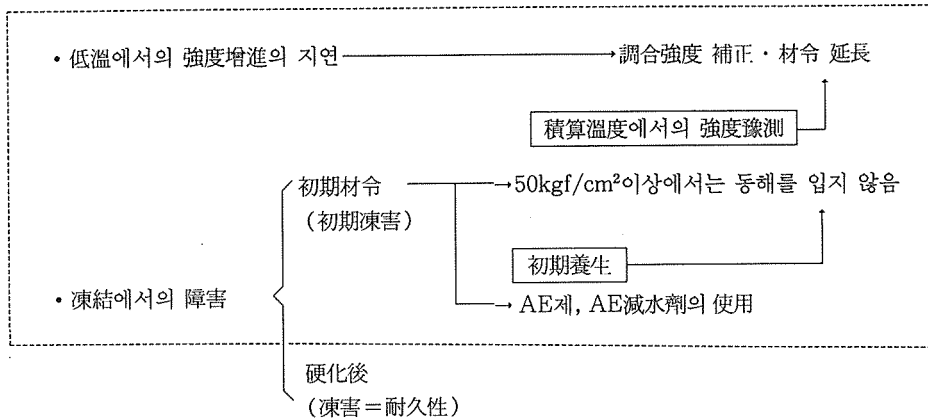
오끼나와의 겨울은 根室市(홋가이도의 도시 이름)의 여름과 비슷하다. 북방영토와 신문지상에 자주 언급이 되는 북해도 동단의 根室市의 가장 더운시기(8월)의 평균기온은 19.6°C 이고, 이것은 오끼나와에 있는 沖繩(도시 이름)의 1월의 온도와 거의 같다. 그리고 釧路市(홋가이도의 도시), 旭川市(홋가이도의 도시) 등지는 11월부터 다음해 4월까지 거의 반년 동안 최저기온이 0°C 이하이지만 도쿄에서는 이런 기온을 거의 관측할 수 없다. 이것은 우

리나라(일본)가 남북으로 길게 놓인 지형이므로 한랭지역과 온난지역이 아주 다른 환경을 가지고 있다고 생각해야만 한다.

추운지역의 콘크리트에 문제되는 재료의 특성은, 저온에서 콘크리트가 굳는 시간이 길어지고 콘크리트내의 수분이 얼게되는 문제가 있다. 건축을 구성하는 기본적인 재료인 콘크리트에 대해서 한랭지역이나 한랭기의 문제는 위의 두가지에 있다. 온난지역에서는 화학반응이나 물리적작용의 축진이 건축공사에 영향을 준다. 추운지역에서는 화학반응과 물리적작용의 지연이 문제가 되어 수분의 동결에 악영향을 미치게 된다.

아래의 그림은 저온에서 생기는 콘크리트 문제를 대응책과 함께 나타낸 것이다. 그림에서  안은 아주 추운기간을 포함해서 추운기간의 콘크리트공사와 관련된 것이다. 추운기간의 콘크리트 기술체계의 확립은 북해도 건축재료학 강좌를 맡고 있는 고에쓰토교수(현재명예교수, 관동학원대학교수)의 공헌이 크다.

저온은 콘크리트의 강도 발현을 늦춘다. 그러한 강도발현의 지연을 적절히 예측할 수 없으면 정확한 시공관리를 할 수 없다. 건축공사는 장소에 따라 매우 불안정하고 불확실한 것이다. 적산온도방식에 의한 콘크리트강도 예측은 콘크리트강도와 양생온도에 관련된 재료학으로부터 시공기술이 발전되고, 저온시의 콘크리트공사의 기본이 된다.



<그림> 低溫에서의 콘크리트의 問題点과 對應策

초기의 콘크리트가 동결되고 경화된 후에는 콘크리트 본래의 특성을 가질 수 없게 될 뿐만 아니라 콘크리트가 제기능을 발휘할 수 없게 된다. 다시말해서 강도가 떨어지는 콘크리트를 만드는 위험성이 있다는 것이다. 이는 초기의 동해가 원인이다. 추울때의 콘크리트공사에서는 초기동해방지가 대단히 중요하며, 외국에서는 초기에 동해를 받은 콘크리트구조물이 건설 중에 붕괴되는 예를 볼 수 있다. 재료학의 성과에서 50kgf/cm²의 압축강도를 갖는 콘크리트에 AE제와 AE감수제를 사용하면 여러번의 동해에 용해작용을 하는 것이 명백하게 나타났다. 아주 추운시기의 공사에서 장기간 콘크리트를 얼지 않게하는 것은 공사를 어렵게 하고 비경제적이다.

초기 동해방지의 조건은 처음 며칠간(이것도 적산온도 방식에 의해 산출 가능하다)의 양생과 초기양생에 있다는 것을 알 수 있다. 결과적으로 보온을 위한 과도한 가열이 필요없고, 추운기간의 공사를 안전하고 경제적으로 할 수 있는 중요한 역할을 다할 수 있게 된다.

이상의 예에서 처럼 시공기술의 확립을 위해서는 초기단계에 재료의 특성을 파악하는데 있다. 그러나 재료와 관련된 지식을 그대로 시공기술에 적용할 수는 없다.

시공기술을 체계적으로 확립해야만 한다. 추

운시기의 콘크리트공사는 건축의 일반적인 시공을 중심으로 점차적으로 정착되고 있다. 건축학회의 시방서, 더 나가서는 시공지침은 이러한 보급에 중요한 역할을 하고 있지만 재료에 관련된 언급은 거의 없다. 실제공사를 가능하게 하기 위해서는 부수적으로 많은 기술의 발달과 체계적인 기능을 갖추어야 한다. 강도 발현촉진, 동결방지를 위해서 콘크리트의 보온이 필요하다.

공사현장을 덮고(양생, 보온) 내부를 가열하는 것은 일반적으로 행해지는 방식이며, 공사는 이러한 내부에서 행해지게 된다. 그러나 그 방식이 정착되기 위해서는 환기와 전도에 의한 열손실에 대한 지식이 필요하다. 그리고 가열을 하기 위해서는 공간의 구조적인 안전성도 검토해야만 한다. 더 나가서는 기상조건에 관한 지식을 갖추어야 한다. 실제적 경험이 포함된 이러한 기술의 집대성은 추운기간의 공사를 실현시킬 수 있다.

동결기의 콘크리트기술은 체계적으로 확립되고 있다. 그렇지만 홋가이도의 건설공사는 겨울동안에는 크게 감소하고 있어서 건설고용의 불안정과 혼수쪽으로의 인력이동, 거액의 실업보험지불등의 문제가 있다. 아주 추운시기에서는 공사의 지장과 단가상승을 피할 수 없는 것도 그 이유의 하나이며, 아주 추운 시기의 공

사가 체계적으로 확립되지 못하는 것도 이런 이유에 있다. 건축의 최종단계에 시행되는 각종외부 마무리 공사는 콘크리트공사에 대응하는 지침으로 마련되어 있지는 않다. 이것이 연중공사와 연중시공을 하는데 걸림돌이 되고 있다. 연중시공이 지역경제를 활성화시키는 잇점을 가져오는 것이 명백하므로, 각종 마무리 공사 기술의 개발과 일반화가 중요한 과제이다.

재료의 특성을 연구해 나가는 것은 추리소설 처럼 재미있다.

콘크리트가 내구성을 가진 재료로 생각해 보면 건축에서도 중요한 재료로써의 위치를 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 한랭시대에서는 건설후 불과 몇년 지나지 않아서 열화에 의해 끔찍하게 붕괴되는 콘크리트 건물의 예를 볼 수 있다. 수십년간 아주 견재한 콘크리트로 존재하는 것도 있다. 한랭시대의 콘크리트 구조물의 내구성에 크게 영향을 미치는 동해를 재료 물성의 관점에서 살펴보는 것은 아주 재미있다. 동해방지대책을 정확히 실행하기 위해서는 왜, 어떻게 동해가 생기는지, 즉 동해발생 메카니즘을 이해해야 한다. 콘크리트 조직은 동해에 의해 파괴된다. 이러한 조직의 파괴는 어떻게 생기는 것일까? 콘크리트중의 수분이 동결되므로써 콘크리트내의 조직이 팽창된다고 생각할 수 있다. 동결과정중 콘크리

트의 팽창과 수축운동을 측정된 결과, 동해에 의해 콘크리트의 팽창에 기인하는 열화현상이 발생하는 것이 명백하다. 그러나 동결점(0°C) 이하의 온도에서도 팽창은 계속된다.

물이 0°C에서 동결(정확히 융해점)될 때 팽창한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 콘크리트는 이런 동결강도(압력)을 견뎌 낼 수 없다. 그 이유를 찾기 위해 내부에 틈이 간 콘크리트의 표면을 주목하고 미세한 구멍조직을 검토한다. 콘크리트의 미세한 틈구조는 온도가 낮을수록 동해가 더 심하고, 동해와 콘크리트(일반적으로 내부에 틈을 가진 재료) 조직의 조밀함은 밀접한 관계가 있다는 것을 알게 되었다. 더우기 실험에서 예상할 수 없는 여러가지 사실들을 얻었다. 이런 재료들에는 수분의 동결과 융해온도가 0°C로 한정되지 않는다는. 게다가 이 두가지(수분의 동결과 융해온도)는 서로 다르다. 동결은 팽창이 아니고 수축을 일으키기도 한다 등등……. 이런것들을 체계적으로 구성하는데는 상호간의 모순이 없는 현상을 설명할 수 있는 이론(임시적이론)을 만들고, 더욱 많은 검토가 필요하다. 결과를 논리적으로 예측하고, 그 예측이 들어 맞을 때의 기분은 추리소설에서 범인을 잡을때와 같은 재미가 과학에서도 통할 것이다.