

# 매스콘크리트 구조물의 온도균열 제어 방안

이 중 열 (쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장)

김 태 홍 (쌍용양회공업(주) 콘크리트연구실 연구원)

## 1. 서 론

콘크리트 구조물이 점차 대형화 및 고강도화 되어 감에 따라 콘크리트에 다량의 시멘트가 사용되고 초기강도가 높게 요구되어 재령 초기에 수화열에 의한 온도균열이 발생하여, 구조물 설계에 무시할 수 없는 영향을 일으키는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 온도균열은 보통 그 폭이 크고 구조물을 관통하는 경우가 많으며, 구조물의 수밀성, 사용성 및 내구성 등의 요구 품질을 손상시키기 때문에 문제가 된다. 과거에는 콘크리트 구조물의 시공과정에서 생기는 온도균열은 설계단계에서는 고려하지 않고, 콘크리트 구조물의 초기 결합으로 인식되어 왔으나 최근에는 내구성 등에 대한 인식이 높아짐으로 인해 박스 쉘버트나 웅벽과 같은 일반적인 토목 구조물에 대해서도 열응력에 대한 대책이 필요하게 되었다.

온도균열에는 구조물의 안전성에도 영향을 미쳐 반드시 대책수립이 요구되는 균열이 있는 반면 비록 균열이 발생했다 하더라도 무시할 수 있는 균열이 있다. 또한, 구조물의 종류와 크기에 따라서는 1회 타설 높이를 낮게 하는 것이 효과적인 경우가 있는 반면 타설높이를 높게 하는 것이 효율적인 경우도 있다. 다시 말해서 온도균열의 제어대책을 적절히 수립하기 위해서는 온도균열의 발생원인 및 영향인자들의 영향에 대해 충분히 인식한 후에 각 시공조건에 따라 이에 맞는 대책을 수립할 필요가 있다.

그러나 균열대책의 유효성을 사전에 확인할 수 있다고 해도, 일반 콘크리트 구조물에 있어서 균열을 완전히 방지한다는 것은 기술적으로는 가능하기는 하지만, 현실적으로는 대단히 비경제적인 시공이 되기 때문에, 그 실시는 불가능한 경우가 적지 않다. 따라서, 구조물에 요구되는 기능이나 내구성 등과 대책에 따른 공사비 증가를 고려하여, 균열을 어느 정도 허용하면서, 균열의 발생 위치나 폭을 조절하는 것이 합리적이고 현실적인 대책이 된다.

본고에서는 매스콘크리트 구조물의 열응력 발생 메커니즘에 대한 이해의 폭을 넓히고 열응력 예측을 위한 기본 자료를 제공하기 위하여, 매스콘크리트 구조물의 수화열 및 온도분포에 영향을 미치는 요인 및 열응력에 영향을 미치는 요인으로 구분하여 각 항목에 대하여 기존 연구 자료를 정리, 분석하였다. 또한, 최근 매스콘크리트 구조물의 온도균열 제어의 보편적인 추세로 자리잡고 있는 유한요소법을 이용한 수화열 해석을 통한 온도균열 제어 사례를 간단히 소개하였다.

## 2. 온도균열 발생 메커니즘

매스콘크리트의 온도균열에는 구조체의 내부의 온도분포 차이에 의해 발생하는 균열과 온도상승에 의해 팽창되었던 콘크리트가 온도 강하시에 수축이 일어나면서 수축이 방해를 받아 발생하는 균열 등

두가지가 있다.

### 가. 내부구속이 탁월한 경우

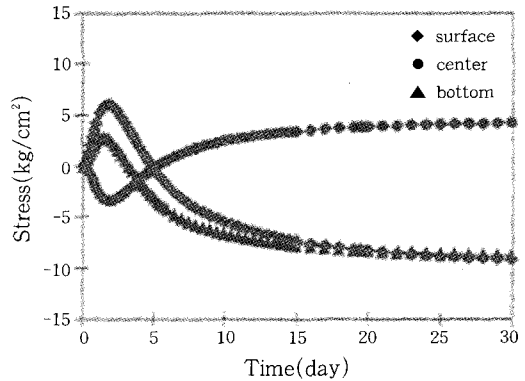
내부구속이 탁월한 경우는 주로 암반 또는 구속체의 탄성계수가 새롭게 타설한 콘크리트에 비해 현저히 낮은 경우나, 길이와 높이비(L/H비)가 작은 경우 또는 구속체와의 경계에서 미끄럼이 발생하는 경우 등 외부구속이 비교적 약한 경우에 나타난다.

내부구속이 탁월한 경우에는 열응력의 양상이 거의 일정하고 온도분포 형상에 크게 의존하기 때문에 단위 시멘트량이나 타설온도, 그리고, 타설높이 등 콘크리트 타설계획에 의해 주로 정해지는 값만 알면 온도분포로부터 열응력을 어느 정도 용이하게 파악할 수 있다.

표면과 내부의 온도차는, 재령 1~5일 정도에 콘크리트 내부 온도가 최대점에 도달했을 때 최대가 되는 경우가 많으며, 균열은 콘크리트의 온도가 최대가 되는 재령 1~5일 또는 거푸집 탈형 직후에 생기기 쉽고, 균열폭은 0.1~0.3mm 정도이며, 규칙성이 없고, 단면을 관통하지 않는다. 그러나, 내부구속에 의해 표면에 발생한 균열이 건조수축이나 외부구속에 의한 응력으로 인해 커다란 관통 균열로 진전하기도 하기 때문에 주의가 필요하다.(<그림-1>)

### 나. 외부구속이 탁월한 경우

외부구속이 탁월한 경우는 암반 위에 콘크리트를 타설하는 경우나 기타설한 콘크리트 위에 덧씌워 콘크리트를 타설하는 경우가 이에 해당하는데, 구조물의 크기나 하부의 암반상태에 따라 열응력의 발생 양상이 크게 달라지기 때문에 온도균열의 발생시나 위치 등에 대한 추정이 매우 곤란하다. 현재로서는 외부구속이 열응력에 미치는 영향에 대한 정확한 평가가 미비해 기존의 문헌상에 제시된 값을 그대로 인용, 또는 임의로 가정해 사용하고 있는 실정이다. 외부구속 정도를 어떻게 평가하는가에 따라 해석 결



<그림-1> 내부구속이 탁월한 경우의 열응력 변화

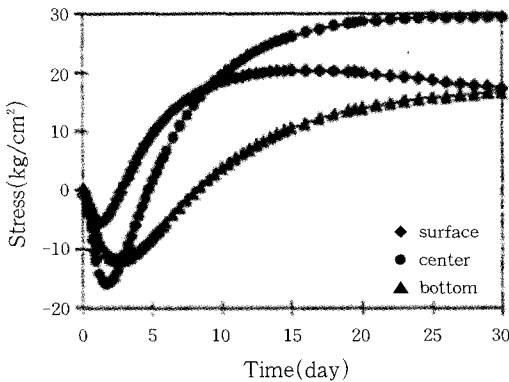
과는 커다란 차이가 난다.

구조물 내부의 응력이 초기에는 단면 전체에 걸쳐서 압축응력을 나타내다가 재령이 경과함에 따라 단면 전체가 인장응력으로 바뀌게 된다. 따라서, 균열은 주로 구속면에 대하여 직각방향으로 발생하며, 균열폭이 0.2~0.5mm 혹은 그 이상이 되고, 구조물을 관통하는 경우가 많으며, 구조물의 안전성에도 크게 영향을 미치게 된다. 실제의 온도균열 제어대책으로서는 이러한 외부구속 균열을 어떻게 제어할 것인가가 중요한 과제가 된다.(<그림-2>, <표-1>)

## 3. 수화열 및 온도분포에 영향을 미치는 요인

매스콘크리트의 수화열 및 열응력에 영향을 미치는 요인은 수화열 및 온도분포에 영향을 미치는 요인과 열응력에 영향을 미치는 요인 등 크게 두가지로 분류할 수가 있다. 온도균열을 제어하기 위해서는 먼저 수화열 및 온도분포에 영향을 미치는 요인의 특성에 대하여 검토할 필요가 있다.

수화열에 영향을 미치는 요인으로는 단위 시멘트량, 시멘트의 종류 및 분말도, 혼화재료, 그리고, 콘크리트 타설온도 등을 생각할 수 있으며, 온도분포에 영향을 미치는 요인으로는 구조물의 두께 및



〈그림-2〉 외부구속이 탁월한 경우의 열응력 변화

구조물 외부와의 경계조건 등을 생각할 수 있다.

### 가. 단위 시멘트량

단위 시멘트량은 콘크리트의 온도 상승량에 가장 큰 영향을 미쳐 결과적으로는 구조물내의 열응력 및 온도균열지수에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 매스콘크리트 시공시에는 소요의 품질을 확보할 수 있는 범위내에서 이에 대한 적극적인 검토가 필요하다. 콘크리트 타설계획 수립시 단위 시멘트량을 줄이는 것은 균열제어 측면에서 볼 때 매우 효과적이어서 10kg/m<sup>3</sup>의 단위 시멘트량 저감으로 중앙부의 온도 상승량을 약 1°C 정도 줄일 수가 있고, 내외부의 온도차는 0.3~0.4°C 정도 조절이 가능하다.

### 나. 시멘트 종류 및 분말도

콘크리트의 발열 특성은 시멘트의 수화열량 및 반응속도의 영향을 받는다. 시멘트의 수화열은 시멘트 구성성분에 의해 결정된다. 즉, 화학 성분비가 서로 다른 각종 시멘트는 서로 다른 수화 발열량 및 반응속도를 나타내며, 동일한 배합의 콘크리트라 하더라도 콘크리트의 단열온도상승은 시멘트 종류에 따라 차이가 나게 된다.

시멘트의 수화반응 속도는 시멘트의 분말도가 클

〈표-1〉 온도균열의 발생위치 및 발생시기

구 분	균열 발생위치	균열 발생시기
내부구속이 탁월한 경우	구조물 표면	1~5일
내외부구속이 공존하는 경우	구조물 표면 또는 관통	1~2주
외부구속이 탁월한 경우	구조물 관통	2~4주

수속 증가한다. 즉, 분말도가 클수록 배합수와 접촉하는 면적이 증가하므로 수화반응 속도가 증가하게 된다. 특히, 분말도의 영향은 초기 수화반응에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. ACI207 위원회 보고에 의하면 동종의 시멘트에서도 분말도의 대소에 의해 수화반응 속도가 크게 다른 것을 지적하고 있다.

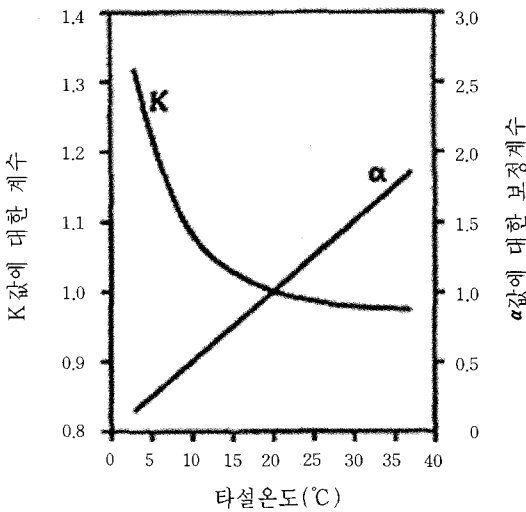
### 다. 혼화재료

콘크리트의 시공성 향상을 위해 사용되는 유동화제, 지연제와 같은 화학 혼화재료는 수화반응을 일시적으로 억제하거나 지연시키므로 화학 혼화재료를 첨가하지 않은 콘크리트의 발열과는 차이가 있다. 따라서, 이러한 화학 혼화재료를 사용하는 경우에는 수화반응의 지연 효과를 포함하는 새로운 단열 온도상승곡선이 채택되어야 한다.

플라이 애쉬, 고로 슬래그, 실리카퓌름과 같이 일정 시멘트 대체 결합재로서 사용되는 광물 혼화재료는 단위 시멘트량 감소에 따른 수화열 저감 효과 뿐만 아니라 시공성 개선, 콘크리트 강도 및 내구성 증진에도 효과가 있다. 광물 혼화재료를 사용한 콘크리트는 혼화재료 혼합률이 증가할수록 단열온도상승 곡선 특성값이 저하하는 경향을 나타낸다.

### 라. 타설온도 및 프리쿨링

콘크리트 타설온도는 타설 후의 온도상승 속도,



〈그림-3〉 타설온도에 따른 단열온도상승 특성값의 변화

최고온도, 온도강하 속도 등에 큰 영향을 미치고 이러한 것이 균열발생의 유무, 균열폭 등에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 가능한 타설온도를 낮게 유지하는 것이 바람직하다.

보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트에 대하여 타설온도를 변화시켜 가며 측정한 단열온도상승 시험 결과에 따르면, 최대상승온도는 타설온도가 높아지면 오히려 감소하지만, 반응속도는 타설온도에 비례하여 증가함을 나타내고 있다.(〈그림-3〉)

콘크리트의 타설온도를 낮추는 것은 단위 시멘트량의 조절만큼 큰 효과를 기대할 수는 없지만, 타설온도가 낮아질수록 수화반응속도계수가 작아져 점차로 수화반응이 지연되어 결과적으로 온도균열이 발생하는 시기가 점차 늦어지고 단위 시멘트량으로 제어할 수 있는 온도량이 약간씩 커진다. 단위 시멘트량이 적을수록 그리고 저온으로 갈수록 제어 효과는 크다.

타설온도는 프리쿨링 등의 조치를 전혀 취하지 않은 경우에는 외기온도보다 3~5°C 정도 높아지고 외기온도에 따라 변화한다. 현장에서 간편하게 타설온도를 낮추는데 사용할 수 있는 방법으로는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 골재 저장소에 직사광이 닿지 않도록 방호한다.
- ② 시멘트의 계획 구입에 의하여 온도가 높은 시멘트의 반입을 피한다.
- ③ 굵은 골재에 물을 뿌려둔다.
- ④ 야간 또는 아침에 콘크리트를 제조 및 타설한다.
- ⑤ 배합수로 가능한 한 저온의 물을 사용한다.

#### 4. 열응력에 영향을 미치는 요인

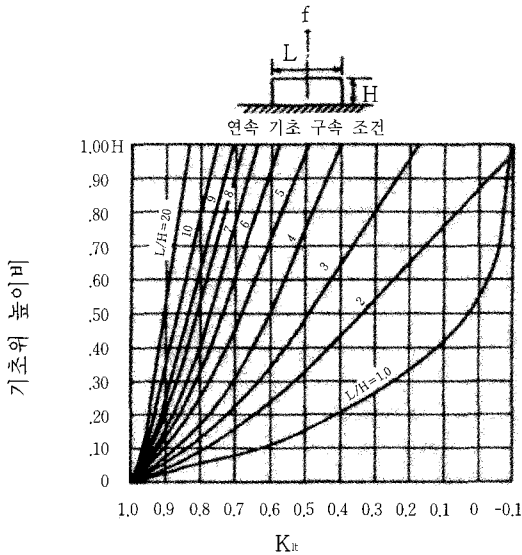
온도균열을 제어하기 위해서는 직접적으로 온도균열을 유발하는 열응력에 영향을 미치는 요인에 대하여 검토할 필요가 있다. 열응력은 우선 하부 구속도의 영향을 크게 받으며, 신축줄눈과 균열유발줄눈 설치 유무 및 간격, 온도철근의 양과 배치, 파이프쿨링 유무, 그리고, 양생 및 거푸집 존치 기간 등의 영향과 제어 대책을 고려할 수 있다.

##### 가. 하부 구속도

콘크리트의 열응력은 하부 구속체의 탄성계수 영향을 크게 받기 때문에 시공시에는 이에 대한 철저한 검토가 필요하다. 하부의 암반이 연암인 경우에는 내부구속 상태가 되어 초기에 표면부에서 균열의 발생 가능성이 높아지게 된다. 그러나 경암이거나 하부에 이미 타설한 콘크리트가 있을 경우에는 완전한 외부구속 상태가 되어 온도균열의 발생위치가 표면부에서 중앙부로 바뀌고, 발생시기도 재령 2주 이후가 된다. 이러한 균열발생 모드는 구조물의 형상(L/H)과 구속체 탄성계수의 영향을 받지만, 바닥체 탄성계수는 이미 시공조건에 의해 정해져 있는 상태이므로 L/H의 값을 줄이는 쪽으로 시공대책을 수립하여야 한다.(〈그림-4〉, 〈표-2〉)

##### 나. 신축줄눈과 균열유발줄눈

줄눈 설치는 열응력을 줄여주어 균열에어에는 확실히 효과가 있지만, 보, 슬래브 등의 구조물에는 일



〈그림-4〉 길이/높이(L/H)비와 부재 높이에 따른 구속정도

반적으로 적용하기가 곤란하다. 따라서, 줄눈은 옹벽, 수조벽, 터널의 복공 콘크리트, 박스 컬버트 등과 같이 주로 면외력을 받는 벽체형 구조물에 주로 설치한다.

줄눈에는 신축줄눈과 균열유발줄눈이 있다 신축 줄눈은 수화열에 의한 열 신축 외에 온도변화, 건조 수축, 침하 등에 의해 구조물에 나쁜 영향을 미치는 것을 피하기 위해 구조물을 두개 이상으로 독립시키기 위해 설치하는 것이다. 일반적으로는 신축줄눈은 15m 정도 간격으로 설치하지만 수화열에 의한 온도균열이 특히 문제가 되는 구조물에는 그 간격을 짧게 하는 것이 바람직하다.

균열유발줄눈은 단면의 일부를 결손시키거나 응력을 집중시켜 균열을 특정한 단면에 발생시키기 위하여 설치하는 줄눈이다. 균열을 유발시키고자 하는 위치에서 단면 결손량은 전체 두께의 30~50% 정도로 할 필요가 있으며, 균열유발 줄눈의 설치 간격은 대략 1회 타설높이의 1~2배 정도가 좋다. 그러나, 구조물은 형상, 치수, 응력집중 부분의 유무, 배력근의 정도 등을 고려하여 적절히 증감시키고, 이

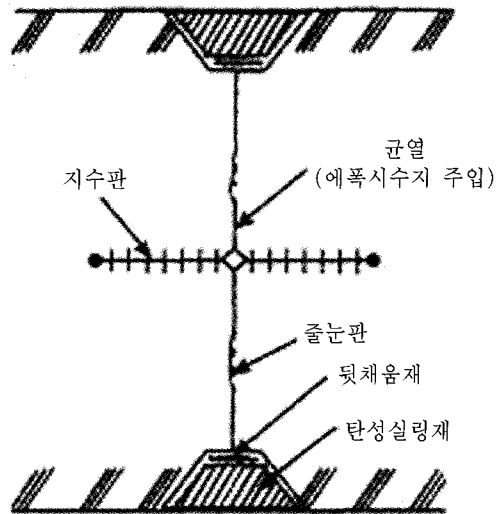
〈표-2〉 균열 발생 모드

구조물상 형	구속체의 탄성계수 E(kg/cm <sup>2</sup> )				
	500	10,000	50,000	300,000	
L/H	2	내부구속	내부구속	내부구속	내부구속
	4	내부구속	내부구속	내부구속	내외부구속
	6	내부구속	내부구속	내부구속	내외부구속
	10	내부구속	내부구속	외부구속	외부구속

위치가 구조상 결함이 되지 않도록 배려해야 한다. 또한, 균열을 유발시킨 후에는 필요에 따라서 흠 부분에서 지수 등을 목적으로한 몰탈 충전작업을 실시한다. 또한, 배력근의 양이 많은 경우에는 균열을 유발시키기 위한 위치 이외의 부분에서도 온도균열이 발생하는 것을 방지하기 위해 유발 위치의 배력근을 감소시키던가, 그렇지 않을 경우에는 그 부분의 배력근을 절단시키고 배력근에 상응하는 양의 Slip Bar를 배치하는 것이 좋다.〈그림-5〉)

#### 다. 온도철근

줄눈이나 시공이음의 간격을 작게 하는 것은 구속도를 완화시키고 열응력이나 균열폭을 저감시키는



〈그림-5〉 지수판을 이용한 줄눈부 처리 예

데에 매우 유효한 수단이다. 그러나, 줄눈이나 시공이음, 특히 시공이음 간격을 작게 하는 것은 내력, 수밀성, 내구성 등에 악영향을 미칠 수 있고 시공의 신속화를 저해하는 등의 이유로 비경제적인 시공이 될 수 있다.

구조물의 기능상 설계 및 시공상 지장이 없는 범위에서 줄눈이나 시공이음의 간격을 작게 한 상태에서 보다 엄격히 균열폭을 제어하기 위해서는 철근을 배근해서 균열을 제어하는 것이 효과적이다. 이때 철근의 배근간격이 작을수록 균열제어에 효과적이므로 직경이 작은 철근을 좁은 간격으로 배근하는 것이 효과적이다.

## 라. 파이프 쿨링

파이프 쿨링의 효과에 대해서는 해석상으로도 충분히 입증되어 있는 상태이지만, 해석이 매우 복잡하고, 해석시의 조건과 실제의 시공조건이 서로 일치하지 않아 통수온도가 너무 낮거나 냉각기간이 적절치 않는 등의 시공 착오가 발생할 경우에는 냉각관 근처의 온도 경사가 커지거나 온도 강하속도가 커져서 심각한 온도균열이 발생하는 경우도 있다. 따라서, 파이프 쿨링을 실시할 경우에는 물 순환시의 파이프의 직경과 간격, 통수량, 통수온도 및 기간 등에 대해서 사전에 면밀히 검토해 놓을 필요가 있다.

## 마. 양생 및 거푸집 존치 기간

매스콘크리트의 양생을 위해서는 콘크리트 내부와 외부의 온도차를 작게 할 수 있는 열전도율이 낮은 목재 거푸집을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 겨울철에는 단열 거푸집을 사용해도 된다. 그러나 목재 거푸집을 이용하면 콘크리트 중심부의 온도가 상승하기 때문에 부재 두께가 1m 정도인 벽체 구조물에서 외부구속이 탁월한 경우에는 오히려 균열이 발생할 위험성이 높아지기도 한다.

거푸집 탈형을 콘크리트 온도와 외기온도와의 차이가 클 때에 실시하게 되면 콘크리트 내외부 온도차가 커져서 균열 발생 위험성이 높아지므로, 거푸집의 존치 기간에 대해서도 충분한 검토를 해야 한다. 온도 상승 과정에서는 온도 상승속도 및 최대 온도, 최대 온도까지 도달하는데 걸리는 시간 등이 중요한 데이터가 된다. 콘크리트 온도가 최대가 되는 시간은 배합, 부재의 두께, 타설온도 등에 따라 다르지만 일반적으로 벽체 구조물에서는 1~3일 이내이고, 슬래브 구조물에서는 1~5일 정도로 조건에 따라 상당히 다르다. 따라서 거푸집은 적어도 이 정도의 기간은 존치해 놓는 것이 좋다.

내부구속이 탁월한 구조물에서는 구조물의 내부 온도차가 균열발생에 가장 큰 영향을 미치므로 콘크리트 온도가 최대에 도달한 후에도 표면의 온도를 급격히 저하시키지 말고 가능한 완만하게 콘크리트 온도와 외기온도가 평형에 도달할 수 있도록 배려해야 한다. 이를 위해서는 콘크리트 타설 후 급격한 온도변화나 건조작용을 받지 않도록 보호해야 한다. 따라서 타설 후 표면을 시트로 싸고, 햇빛에 직접 닿거나 한기에 노출되지 않도록 해야 하며, 살수양생이나 담수양생 등을 실시하는 것이 바람직하다. 이러한 조치는 표면을 냉각시키고자 하는 차원이 아니고 표면을 어디까지나 보온한다는 차원에서 실시하는 것이다. 특히 한절기의 시공시에는 보온을 유지할 필요가 있으며, 외기와의 온도차가 클 경우에는 균열이 발생할 가능성이 높으므로 열풍기를 사용하는 것도 효과적이다.

## 5. 수화열 및 열응력을 해석

온도균열의 판단 기준이 되는 온도균열지수를 산출하기 위해서는 수치해석을 실시해 검토 대상이 되는 콘크리트 구조물의 열응력을 구해야 한다. 매스콘크리트의 열응력을 산출하기 위해서는, 수화열 해석과 열응력 해석 등 두개의 단계를 거쳐야 한다.

수화열 해석은 콘크리트의 발열 특성, 타설온도,

외기온도, 그리고, 양생조건 등을 입력 데이터로 해서 비정상 열전도 해석을 통해 콘크리트 구조물 각 위치에서의 재령별 온도를 구하는 것이다. 열응력 해석은 수화열 해석을 통해 구해진 온도 변화에 선 팽창계수를 곱해 이것을 변형률로 환산하고, 또 탄성계수를 곱해 응력을 구하는 것이다.

매스콘크리트의 열응력 해석의 최대 특징은 콘크리트가 타설되면서 추가로 더해지기 때문에 해석 대상이 되는 구조체가 순차적으로 변화하는 것이다. 또 시공과정에서 생기는 응력을 구하기 위해 콘크리트 경화에 따라 탄성계수가 변화하는 것을 고려할 필요가 있어 해석적으로는 매우 복잡하다고 할 수 있다.

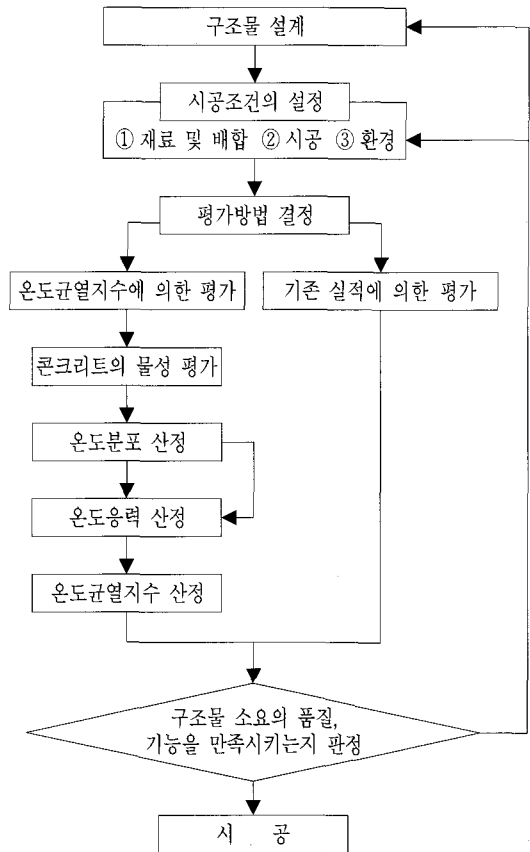
현재 해석 방법은 유한요소법(FEM)이 일반 구조해석에서와 마찬가지로 가장 유력한 해석 방법이며, 복잡 다양한 시공조건 등을 고려할 수 있는 유일한 해석 방법이다.

### 가. 수화열 해석 절차

실제로 온도균열 발생 위험성을 사전에 판단하기 위해서는 지금까지 기술했던 바와 같은 콘크리트의 물성값을 가정하고, 어느 쪽이든 열 해석 및 응력 해석 수법을 사용해 수화열 해석 및 열응력 해석을 실시하게 된다. 이러한 해석은 콘크리트의 타설 계획이나 배합, 그리고, 양생조건 등 다양한 변수를 해석인자로 하는 Case Study가 되는 것이 일반적이다. 수화열 해석으로부터 그 결과의 판단까지의 일련의 진행순서를 살펴보면 다음과 같다.(<그림-6>)

### 나. 수화열 해석을 통한 온도균열 제어 사례

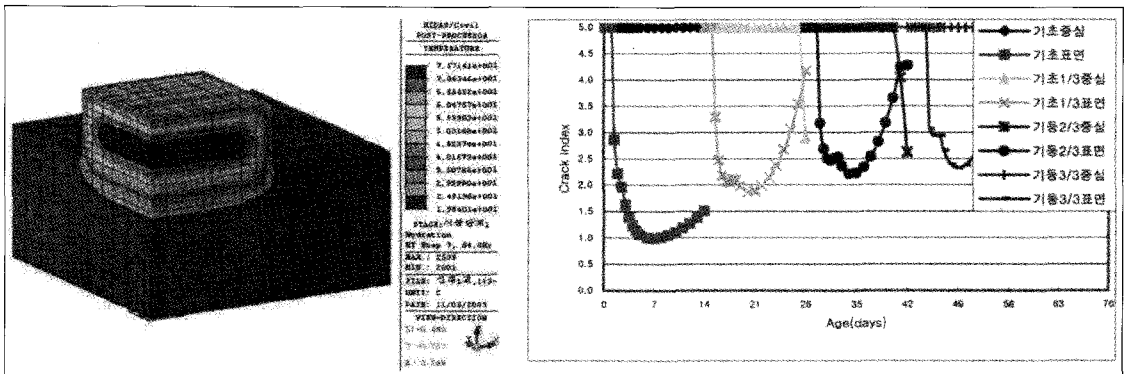
구조 기술자 들의 해석 기술의 향상과 더불어 수화열 해석 기능을 포함한 범용 해석 프로그램 및 수화열 전용 해석 프로그램들의 보급에 따라 수화열 해석 기술이 점차로 보편화 되고 있다. 이와 더불어 앞에서 언급하였듯이 내구성에 대한 인식의 강화로



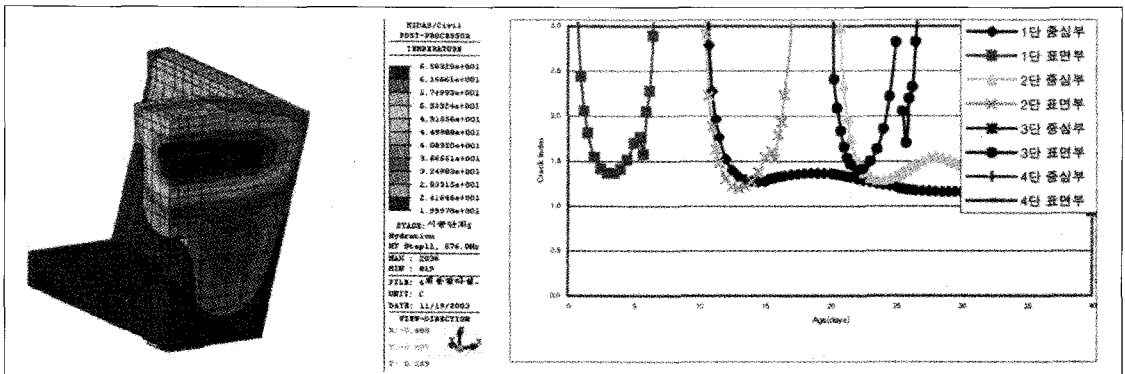
<그림-6> 수화열 해석 순서도

인해 점차 콘크리트 구조물 전반에 걸쳐 수화열 해석을 통한 온도균열 제어가 필수적인 과정으로 자리 잡고 있다. LNG 탱크, 취정수장과 하수처리장의 수조, 지하철의 지하박스 및 정거장, 대형 건축 구조물의 기초, 교량의 교대와 교각 등의 다양한 매스콘크리트 구조물에 대하여 수화열 해석을 통한 온도균열 제어 대책이 적용되고 있다.

교량 구조물에 대하여 살펴보면, 장대 및 일반 교량의 교대 및 교각 기초, 장대교량의 주탑 및 기초, FCM 교량의 주두부 등이 매스콘크리트에 해당한다. 그중에서 교각 기초 및 FCM교 주두부의 수화열 해석 사례를 살펴보면 다음과 같다.(<그림-7>, <그림-8>)



〈그림-7〉 교량 기초의 수화열 해석 예



〈그림-8〉 FCM교 주두부의 수화열 해석 예

## 6. 맺음 말

콘크리트 타설시 온도균열의 발생을 염두에 두고 시공해야 할 부분이 많이 있다. 많은 기술자들 중에는 단지 수화열이 적게 발생하는 저발열 시멘트를 사용하니까 안전하겠지, 또는 이전에 비슷한 사이즈의 콘크리트를 타설했을 때도 균열이 발생하지 않았으니까 이번에도 안전하겠지 하는 사고를 가지고 있는 사람들이 있는 것 같다. 그러나 매스콘크리트 공사는 일반 콘크리트 공사와는 달리 충분한 균열제어 대책을 세워놓지 않으면 구조물의 내력에도 영향을 미칠 수 있는 균열이 발생되어 여러가지 문제를 야기시키기 때문에 균열 발생에 대한 원인을 철저히 파악해 놓고 이에 대한 대책을 수립해 놓을 필요가

있다.

매스콘크리트 구조물에서의 열응력에 대한 연구는 댐 건설이 시작된 수십년 전부터 관심을 가지고 수행되어 왔으나, 열응력에 영향을 미치는 요인이 무수히 많고 모든 요소에 대한 고려가 사실상 불가능하기 때문에 지금까지도 매스콘크리트의 수화열에 의한 온도 분포와 열응력을 정확하게 평가하기는 어렵다. 특히 열응력에 대한 평가는 더 많은 불확실성을 내포하고 있기 때문에 더욱 어렵다. 그러나 지금까지 수행되어온 연구 결과에 의하면 각 영향 인자에 대한 분류, 평가법 및 영향 정도 등에 대한 분석이 가능하다. 따라서, 이러한 연구 결과를 더욱 상세화하고 적용함으로써 보다 실제값에 가까운 열응력을 유추할 수 있을 것으로 판단된다. ▲