

# 배수갑문 기초콘크리트 균열원인 분석

## A Cause Analysis for the Cracks on the Footing in Drainage Lock

장 동 일\*, 채 원 규\*\*, 이 명 구\*\*\*, 김 광 일\*\*\*\*, 손 영 현\*\*\*\*  
한양대학교 토목공학과\*, 신구대학 토목과\*\*,  
서울보건대학 산업안전과\*\*\*, 현대건설(주) 기술연구소\*\*\*\*

### 1. 서론

콘크리트에서 발생하는 균열은 구조물의 내구성뿐만 아니라 구조물의 안전성에도 악영향을 미치게 하며, 경우에 따라서는 사회적인 문제로까지 대두되기도 한다.

콘크리트의 균열은 크게 굳지않은 콘크리트와 경화콘크리트에서 발생될 수 있는 균열로 나눌 수 있다. 굳지않은 콘크리트에서 발생될 수 있는 균열요인으로 대표적으로 콘크리트의 초기동결, 소성침하, 거푸집 및 동바리의 조기제거 등을 들 수 있고, 경화콘크리트에서는 물리·화학적요인, 열적요인, 구조적요인 등을 들 수 있다. 이러한 여러 가지의 균열요인 중에서 최근들어 열적요인에 해당되는 매스콘크리트의 온도균열 문제가 자주 대두되고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 매스콘크리트 구조물 중 기초콘크리트에서 발생가능한 대표적인 균열사례의 원인분석을 수행함으로써 그에 대한 사전대책을 고려하여 보고자 한다.

### 2. 구조물 개요 및 콘크리트 타설 현황

본 연구의 대상 구조물은 배수갑문의 Pier를 지지하기 위한 기초콘크리트로서 그 폭이 19m, 높이 3m, 길이 72m이다. 콘크리트의 타설규모(타설물량 2052m<sup>3</sup>)는 1Lift의 높이를 1.5m로 하여 2단으로 나누어 타설하였다. 수화열 감소방안으로는 Pre-cooling 방법인 Chiller Plant를 사용하였다.

한편, 사용 시멘트의 종류는 Type V로서 내황산염시멘트를 사용하였고, 콘크리트 설계기준강도는 300kg/cm<sup>2</sup>으로서 그에 대한 배합비는 표 1과 같다.

표 1. 시방배합표

$\sigma_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	W/C (%)	S/a (%)	Slump (cm)	단 위 량 (kg/m <sup>3</sup> )				고성능 AE감수제 (g)
				W	C	S	G	
300	39.7	46.2	15±2.5	157	395	794	925	5,530

### 3. 균열발생 현황

균열발생 양상은 관통균열로서, 기초콘크리트를 1단(높이 1.5m) 타설한 후 그림 1과 같이 주로 길이방향에 수직한 횡방향 균열이 발생되었고, 2단 타설후에도 역시 횡방향 균열이 발생되었는데, 1단보다 많은 개소에서 균열이 발생되었다.

균열의 발생시기는 콘크리트 타설후 4~5일이 경과된 후 발생되었으며, 그 균열폭은 0.5mm정도인 것이 대부분이었고 그 이상인 균열도 발견되었다.

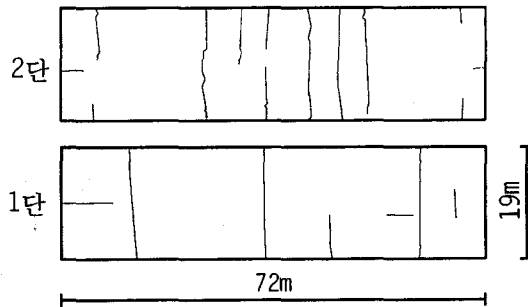


그림 1. 기초콘크리트 평면도 및 균열현황

### 4. 균열원인 분석

콘크리트가 응결 및 경화하는 과정동안 발생하는 수화열에 의하여 발생된 온도는 부재의 체적변형을 일으키게 된다. 수화열 발생초기에는 온도가 상승하는 시기로서 부재가 구속되어 있는 경우, 콘크리트에 압축응력을 발생시킨다. 잘 알려진 바와 같이 콘크리트는 압축력에는 매우 강한 재료이므로 온도가 상승하는 국면에서는 균열이 발생되기 어렵다.

그러나 콘크리트의 온도가 하강하는 시기에는 팽창된 부재가 수축하려고 하므로 바닥이 구속되어 있는 경우, 콘크리트에 인장응력을 발생시킨다. 이러한 외부구속에 의한 응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하게 되면 균열이 발생되며, 구속부를 시점으로 하여 상부로 발달하게 되는데 부재의 전체단면을 관통하여

형성되기도 한다. 이를 변형도의 향으로 나타내면 다음과 같다.

$$K_r \cdot C_t \cdot T_e > f'_t / E_c \quad (\text{균열발생}) \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서,  $K_r$ 은 구속계수,  $C_t$ 는 열팽창계수,  $T_e$ 는 체적변화를 일으키는 온도를 나타내며,  $f'_t / E_c$ 는 콘크리트의 인장변형으로 초기균열에 대하여 0.0001, 장기균열에 대하여 0.00015가 제안되고 있다.

그림 2에서는 이러한 부재의 변형이 외부구속에 의해 균열이 발생하는 관계를 보여주고 있다. 즉, 그림 2의 a의 경우와 같이 하부 콘크리트에 의한 구속이 없거나 느슨하게 결합된 경우에는 변형이 비교적 자유로와 균열이 발생하지 않게 되거나 그 가능성은 상당히 적지만, 그림 2의 b와 같이 먼저 타설된 바닥에 대하여 부재의 변위가 제한될 때 균열이 발생하게 된다.

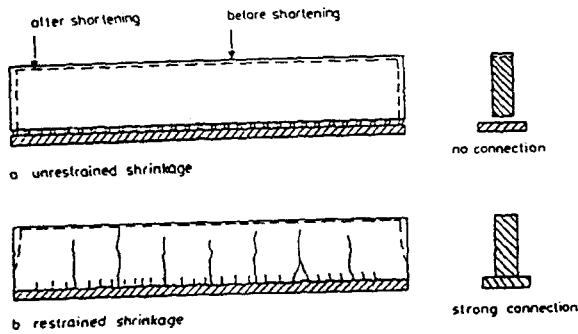


그림 2. 외부구속에 따른 온도균열 양상

본 구조물과 같이 외부구속이 되어 있는 경우 구속계수는 길이/높이비(L/H)와 부재높이 h/H에 따라 차이를 보이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K_r = [ (L/H-2) / (L/H+1) ]^{h/H} \quad (L/H \geq 2.5 \text{인 경우}) \quad \text{-----} \quad (2-1)$$

$$K_r = [ (L/H-1) / (L/H+10) ]^{h/H} \quad (L/H < 2.5 \text{인 경우}) \quad \text{-----} \quad (2-2)$$

타설길이를 길게 할 수록 L/H비가 높아져 구속계수가 증가되고 그에 따라 변형율이 증가되어 균열이 발생할 확률이 높아짐을 알 수 있다.

한편, 현장에서 실측한 대기온도와 콘크리트 내·외부의 온도변화는 그림 3과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 콘크리트의 내부온도는 콘크리트를 타설한 후 36시간만에 최고온도에 도달 한 후 하강하는 양상을 나타내고 있으며, 하강 후의 내·외부 온도차는 약 29℃인 것으로 측정되었다.

이상의 균열발생 양상과 시기, 온도측정 상황 등을 미루어 볼 때, 본 구조물

은 콘크리트의 대량 타설에 의하여 콘크리트의 수화열 발생을 촉진 시켰고, 이러한 상승온도가 하강하면서 하부 콘크리트의 구속에 의해 발생된 응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하여 나타난 균열이라 판단된다. 더욱이 블록타설을 수행하지 않고 구조물 전길이에 대하여 타설함으로써 구속도를 증가시켜 균열발생 가능성을 높인 것으로 사료된다.

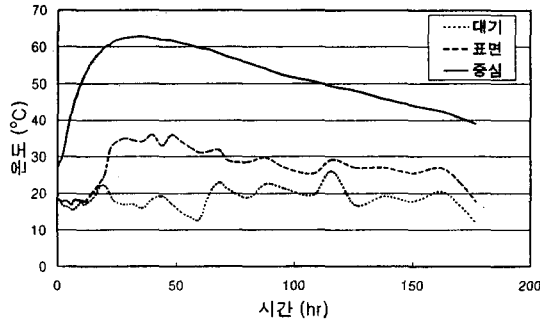


그림 3. 현장실측 콘크리트 및 대기의 온도변화

## 5. 결론

이상의 검토결과, 본 구조물은 콘크리트의 대량타설에 의하여 발생된 수화열이 하강하면서 하부 콘크리트의 구속에 의해 발생된 응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하여 나타난 균열이라 판단된다.

이러한 균열에 대응하기 위해서는 설계, 재료, 타설방안, 양생 등의 전반적인 면에서 종합적인 방안을 마련하여야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. ACI Committiee 207, "Effect of Restraint Volume Change and Reinforcement on Cracking of Mass Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, 207.2R, 1996.
2. A. M. Neville, "Property of Concrete", Longmann Ltd., 4th Edition, 1996.
3. "매스콘크리트 온도균열 제어대책," 한국콘크리트학회지, 제 9권 3호, 1997.
4. "콘크리트표준시방서," 건설교통부, 1996.