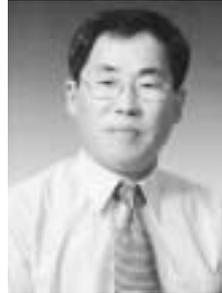
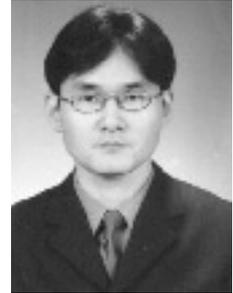




공동주택 지하주차장의 수축대(Shrinkage Strip) 시공사례



이도범
대림산업(주)
건축연구지원팀 부장



김록배
대림산업(주)
건축연구지원팀 부연구원

1. 공사개요

1.1 수축대 도입배경

일반적으로 공동주택 지하주차장과 같이 구조물이 대형화되거나 복잡할 경우 구조물의 응력취약 부위에서 균열, 누수 등의 문제가 발생할 확률이 크다. 이에 대한 대책으로 설계자들은 신축줄눈을 선호하고 있으나 신축줄눈은 시공상의 어려움과 사용중 잦은 하자 발생이라는 문제점을 안고 있다. 이 때문에 근래에 들어 대형건물을 한 단위로 처리하고 철근으로 보강하려는 경향이 있으나 구속도 차이에 따라 균열, 누수 등의 문제가 여전히 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 구조물을 수축대(Shrinkage Strip)라 부르는 띠 형상의 부분만을 남겨 놓고 콘크리트를 타설하여 일정 요구량의 초기 수축량을 수축대에서 흡수하고 이후 수축대 부위에 콘크리트를 메워 일체화시킴으로써 초기수축에 의한 균열을 상당부분 방지할 수 있다.



〈그림 1.1〉지하주차장의 신축줄눈 부위 하자사례

1.2 건조수축으로 인한 균열 양상

(1) 슬래브와 벽체의 부등수축에 의한 균열

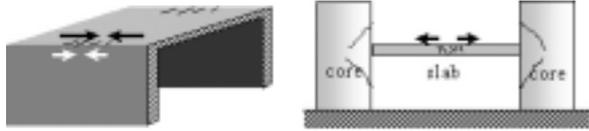
건조수축은 일반적으로 상대 습도와 부재의 두께 및 부재가 외기와 면하고 있는 정도 등에 따라 발생량에 차이를 보인다. 벽체와 슬래브의 두께에 차이가 있고 일반적으로 지하 주차장의 외부 옹벽은 흙메우기로 인해 한 면만 외기에 면하고 있어 두면이 외기에 면하고 있는 슬래브에 비해 건조수축량이 적다. 이러한 이유로 슬래브에 추가적인 인장응력이 발생하여 슬래브와 외부 옹벽이 접하는 부위의 슬래브 쪽에 외부 옹벽과 수직한 균열이 발생하게 된다(그림 1.2).

(2) 슬래브 단부의 강한 구속에 의한 균열

슬래브의 양 단부가 코어 벽체와 같이 강성이 강한 구조물에 의해 구속되어 있을 경우 슬래브 수축 시 슬래브의 수축이 양 단부에 의해 제한되므로 슬래브에 인장응력이 발생하여 슬래브 중앙에 균열이 발생하며 슬래브가 연결된 코어 벽체에도 슬래브의 수축으로 인해 45도 경사 균열이 발생한다(그림 1.3). 이러한 균열을 방지하기 위해서는 슬래브의 수축이 응력 유발 없이 발생하도록 건조수축 발생 시기에 조인트 등의 설치로 구조물의 구속을 적절하게 풀어주어야 한다.

본 기사에서는 주로 슬래브 단부의 강한 구속에 의한 균열을 저감시킬 수 있는 수축대의 시공 방법 및 현장 적용 사례를 소개하고 수축대 시공으로 인한 균열저감 효과에 대해 살펴보고자

한다. 수축대 적용을 위한 시험 시공은 당사에서 시공하고 있는 H아파트 현장과 I아파트 현장을 대상으로 하였다.



〈그림 1.2〉부등수축에 의한 슬래브 균열 〈그림 1.3〉강한 구조에 의한 슬래브 균열

2. 건조수축에 대한 이론적인 접근

건조수축 발생량을 예상하기 위해 ACI-209와 CEB-FIP의 제안식을 적용하였다.

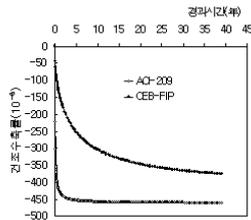
①ACI-209의 제안식

$$(\epsilon_{sh})_t = \frac{t}{35+t} (\epsilon_{sh})_u, \quad (\epsilon_{sh})_u = 780\gamma_{sh} \times 10^{-6} \quad (\text{식 2.1})$$

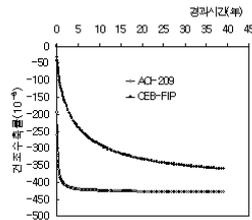
②CEB-FIP의 제안식

$$\epsilon_{cs}(t, t_s) = \epsilon_{cs0} \cdot \beta_s(t-t_s) = \epsilon_{cs0} \cdot \sqrt{\frac{t-t_s}{0.035(2A_c/u)^2 + t-t_s}} \quad (\text{식 2.2})$$

그림 2.1과 그림2.2는 건조수축 제안식에 각 현장의 설계안 및 콘크리트 배합설계를 적용한 결과이다. 적용 결과 ACI의 제안식과 CEB의 제안식에 의한 건조수축 예상은 발생 양상에 있어 큰 차이를 보이고 있는데 여러 재료 실험 결과들은 ACI의 제안식이 국내 현실에 타당하다는 것을 보여주고 있다.



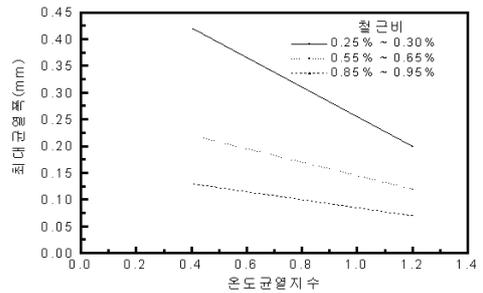
〈그림 2.1〉건조수축 발생량의 이론치 비교(현장)



〈그림 2.2〉건조수축 발생량의 이론치 비교(현장)

ACI-209의 제안식의 건조수축 발생 예상량과 최근 3년간 서울 지역 월 평균 기온 및 복도의 영향을 통한 온도변형률을 고려하여 슬래브 변형률을 산출하였다. 슬래브 변형률은 수축대 설치와 미

설치, 설치시 수축대 존치 기간에 따라 산출하였으며 슬래브의 균열평가를 위해 이러한 결과를 균열발생에 대한 안정성의 척도인 온도균열지수를 적용하였다. 온도균열지수로부터 그림 2.3과 같이 구조물의 철근비에 따른 최대 균열폭을 예상할 수 있다. 이러한 검토 결과 5월에 타설한 H 현장은 이후 온도 하강에 따른 슬래브 수축량이 비교적 적는데 반해 I 현장의 경우 기온이 높은 7월에 타설하기 때문에 온도 하강에 따른 슬래브 수축량이 매우 큰 것으로 나타났다.

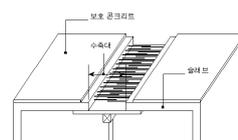


〈그림 2.3〉온도균열 지수에 따른 최대 균열폭

3. 수축대의 적용

3.1 수축대 상세

Mark Fintel에 의하면 수축대 간의 간격은 30~45m 마다 1개 소가 권장되나 강성이 큰 수직 부재 간격보다는 좁아야 한다. 또한 수축대의 폭은 0.6~0.9m 정도로 하고 수축대 부분은 총 건조수축의 40%정도 수축이 발생하는 시기인 조인트 주위 타설 후 2~4 주 후에 타설하는 것을 권장하고 있다. 그러나 이와 같은 수축대 상세는 국내 실정에 맞추어 검증된 바 없고 평면 형태나 타설 조건의 변화 등에 대한 구체적 언급이 부족해 현장 적용이 어려운 현실이다. 또한 수축대의 설치가 건조수축 균열 저감에 어느 정도의 효과를 나타내는지에 대한 근거가 없어 수축대 설치와 균열 부분 보수에 대한 경제성 평가 등 선택의 기준이 모호하므로 수축대 효과와 상세에 대한 현실적인 연구가 필요하다.



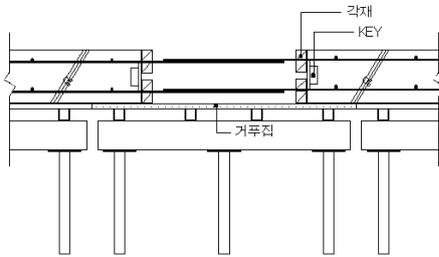
〈그림 3.1〉수축대 설치 모습



〈그림 3.2〉수축대 사진

3.2 수축대 시공 방법

우선 수축대 설치로 인한 슬래브의 휨 및 전단 성능의 저하가 발생하지 않도록 이어치는 마구리 부분에 전단키를 설치해야 하며 수축대 사이의 철근에 의한 콘크리트의 구속이 양쪽의 독립적인 건조수축 발생을 저해할 수 있으므로 수축대 부분에서 철근을 겹침이음하거나 구부려야 한다(그림 3.3). 따라서 철근을 겹침이음할 경우 수축대의 폭은 겹침 이음길이 이상이 되도록 하여야 한다.



(그림 3.3) 수축대 상세 단면도

보의 경우 기타설 콘크리트와 후타설 콘크리트간의 일체성을 확보하기 위해서 마구리면에 rib lath를 설치하는 것이 바람직하다.

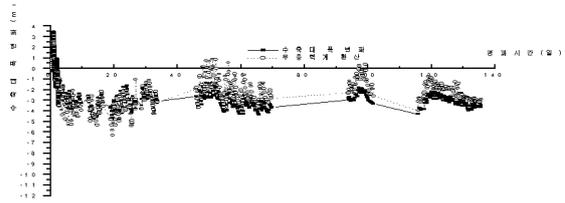
수축대 부위 철근은 수축대 존치 기간 중 외기에 노출되기 때문에 시멘트 페이스트를 도포하여 부식을 방지해야 하며 수축대의 설치가 주차장 전 지역에 형성되므로 수축대 부분 철근 보호 및 작업자의 통로를 위해 안전발판을 설치하여 안전한 작업 통로를 마련해야 한다. 지하주차장 roof층 슬래브의 기타설 구간의 경우 미리 복토를 시행하여 외부 온도 변화에 의한 슬래브 온도 변형을 감소시키는 것이 바람직하다. 수축대를 통한 우수 및 토사의 유입을 방지하기 위해 수축대 주위에 모래주머니로 방호벽을 형성하거나 방수턱을 설치하는 것이 필요하다.

4. 수축대 적용결과

4.1 현장 계측 및 결과 분석

현장 계측은 H 아파트 현장의 경우 지상층 슬래브에서 타설 시점인 2001년 4월 20일부터 수축대 부위 충전 시점인 9월 3일까지 136일간 수행하였으며 I 아파트 현장의 경우 지상층 슬래브에서 타설 시점인 2001년 7월 7일부터 수축대 부위 충전 시점인 10월 9일까지 94일간 수행하였다.

슬래브의 온도 변형을 알아보기 위해 슬래브 중앙부에 열전대(thermo couple)를 설치하였으며 수축대에 strain gauge와 LVDT를 설치하여 수축대의 폭 변화를 측정하였다. 슬래브 중앙부에는 무응력계와 응력계를 설치하여 슬래브의 변형률을 측정하였다.



(그림 4.1) 수축대 폭 변화(H현장)

계측 결과 실제 슬래브의 변형이 온도 변형보다는 건조수축 변형에 더 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났는데, 이는 초기 건조수축과 상시 온도 변형을 제어할 수 있는 신축줄눈과 초기 건조수축과 초기 온도 변형을 제어할 수 있는 수축대를 비교할 때 슬래브의 초기 균열 제어라는 측면에서는 신축줄눈이나 수축대가 동일한 효과를 발휘할 수 있음을 말해주는 것이다.(그림 4.1)

건조수축 계측값들은 타설 3개월 이후 어느 정도 수렴하는 모습을 보여 슬래브 타설 이후 약 3개월 이상은 수축대를 존치해야 건조수축으로 인한 슬래브 균열을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4.2 균열 발생양상 분석 및 적용 효과

H 아파트 현장의 경우 지하주차장 roof층 슬래브의 균열을 조사한 결과 각 동 코어 사이에 수축대를 설치하지 않은 곳에서 가장 많은 균열이 발생하였는데 양 단부 코어의 강한 구속으로 인해 발생한 것으로 사료된다. 또한 시공 편의상 아파트 코어로부터 상대적으로 거리가 먼 곳에 수축대를 설치한 곳에도 균열이 발생하였다. 따라서 효과를 나타낼 수 있는 유효거리 이내에 수축대를 설치해야 함을 알 수 있다.

그러나 별도의 조인트가 없는 슬래브의 경우 부분적으로 슬래브 개구부가 수축대의 역할을 하여 개구부 부근에만 주로 균열이 발생하여 개구부 주변의 보강이 필요할 것으로 보여진다.

슬래브 양 단부가 코어로 구속된 경우 슬래브 수축으로 인한 코어 벽체에 경사균열이 발생하는 경우가 많은데 수축대 설치로 코어 벽체의 경사균열은 발생하지 않았다.

수축대와 관계없이 외부 응력 주위의 슬래브에 벽면과 수직방향의 균열이 발생하였는데 이는 벽체와 슬래브의 건조수축률의 차이로 인해 슬래브에 생긴 인장응력 때문으로 사료된다. 이러한 균열은 지상층 슬래브의 복토 시기를 앞당겨 외부응력과 유사한 환경을 만들어주거나 철근의 추가 배근, 재료의 품질 개선, 철저한 콘크리트 양생 관리 등의 방지 대책이 별도로 필요하다.



I 아파트 현장의 경우 B1층 슬래브는 수축대나 별도의 조인트 없이 시공하였으며 roof층 슬래브에는 슬래브 가운데에 수축대를 두었다. 수축대가 없는 B1층 슬래브의 경우 상대적으로 코어 등의 수직부재에 많은 구속을 받고 있는 부분에서 균열이 많이 발생하였으며 슬래브가 'L'자로 꺾여 응력이 집중되는 곳에도 균열이 많이 발생하는 등 전반적으로 아파트 코어, 램프 등 수직부재의 구속이 강한 곳 주변에 균열이 많이 발생하였다. 그러나 수축대를 설치한 roof층 슬래브에는 외부 옹벽쪽의 부등 축소로 인한 균열과 기타 약간의 균열 외에는 별다른 균열이 발생하지 않아 수축대의 설치에 균열 저감에 매우 효과적이었음을 보여주고 있다.

H 현장과 I 현장을 비교해보면 H 현장에 보다 많은 균열이 발생하였음을 알 수 있는데 이는 H 현장이 구조물 전체의 길이가 길고 평면배치 형상이 매우 복잡하여 수축대의 설치에 어려움이 있을 뿐 아니라 현장 관리상 필요한 모든 곳에 수축대를 설치하기가 곤란하였기 때문이다. 따라서 평면 배치 형상이 복잡한 경우 현장의 상황에 따라 수축대와 시공줄눈을 병행하여 적절히 계획하는 것이 바람직하다.

5. 결론

지금까지 두 곳의 공동주택 지하주차장에 수축대를 설치하고 계측 및 조사를 수행하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 실제 구조물의 계측과 균열발생 조사 결과 수축대는 균열 방지에 효과적임을 알 수 있었다.
- (2) 수축대 설치시 평면 형상 및 수직 부재의 배치, 개구부의 배치 등을 고려해야 하며 수축대가 효과를 발휘할 수 있는 유효거리를 고려해야 한다. 또한 부등수축으로 인한 균열은 수축대 설치와 더불어 재료, 시공에 대한 대책이 병행되어야 한다.
- (3) 외부 기온이 낮아 구조물이 수축한 상태에 있을 때 수축대 부위를 충전하는 것이 균열 방지에 유리하다.
- (4) 수축대 폭은 철근의 이음길이를 고려하여 결정해야 하며 수축대 시공시 수축대 부위의 구조적 보강, 누수 방지, 작업 안전통로 형성 등의 작업이 필요하다.

늘어나는 가변형 아파트



김근영 우리회 부총무
공간기술단 소장

석고보드등 자체수요 폭증

지난 80년대말 선보이기 시작했던 가변형 주거공간이 날이 갈수록 늘어나고 있다. 지난해 한껏 부푼 청약열기를 보여줬던 주상

복합건물을 필두로 철골조에서나 가능한 것으로 여겨지던 건물 내부의 자유로운 공간분할에 따른 변화를 콘크리트 구조의 건물에서도 제한적이거나 누릴 수 있는 아파트 평면이 개발되고 있다.

아파트 소비자들이 기존의 내력벽이 적용된 벽식아파트의 단조