

휴대형 균열측정장치를 이용한 균열진전 평가 Crack Progress Evaluation using Portable Crack Viewer



이명호^{1)*}



박형철²⁾



윤우규³⁾

Lee, Myung Ho Park, Hyung Choel Yoon, Woo Kyoo

1. 머리말

도심지 오피스텔 지하주차장 공사시 슬러리월 공법과 가설스트럿 공법을 활용할 경우 선타설되고 슬래브 두께에 비하여 강성이 커서 후타설된 슬래브가 양생이 되면서 슬래브에 건조수축 균열 발생이 빈번하다. 이러한 균열이 슬래브 관통 균열로 이어질 경우 누수가 발생하기도 한다.

이러한 건조수축 균열은 일정기간이 지나면 균열이 진전이 멈춰 간단한 보수만으로도 충분한 사용성을 확보할 수 있다. 하지만, 민원인은 발생한 균열이 정지된 것인지, 진행되고 있는가에 대한 확증을 요구하는 경우도 있다.

이러한 경우 활용할 수 있는 균열 측정방법에 대해 상기에서 언급한 슬러리월과 가설스트럿

공법을 채용한 오피스텔에서 발생한 균열에 대해 균열원인평가 및 균열 진전여부 평가결과에 대해 논하고자 한다. 또한, 이러한 균열 측정법을 활용할 수 있는 분야에 대해서도 의견을 제시하고자 한다.



Fig. 1 모서리 부근의 사선균열

1) 대우건설 기술전략팀 선임연구원

2) 대우건설 건축연구팀장

3) 대우건설 건축CM기술팀장

* E-mail : myungho1.lee@daewooenc.com

2. 균열 원인 분석

일반적으로 균열발생의 원인이 되는 요인은 다음의 Table 1과 같다.

Fig. 2와 같이 슬러리월에 의해 구축된 슬래브 균열의 발생위치 및 방향은 크게 두가지로 나뉘어 진다. 첫째는 모서리 부분에 발생하는 경사방향 균열이고, 두 번째는 슬러리월에 직각방향으로 발생하는 균열이다. 이러한 균열양상은 슬러리월과 스트럿이 있는 구조물의 지하층에서 주로 발생하는 현상으로, 그 원인은 다음과 같다.

Table 1 균열발생 원인별 분석

원인	작용 원리
콘크리트 강도부족 혼화제 오용	실제강도가 설계강도보다 낮아 사용하중에서도 균열 발생
건조수축	시멘트의 수축작용에 의해 슬래브와 용벽 등 넓은면에 균열 발생 선시공된 슬러리월의 구축에 의해 직각방향으로 균열 발생
기초 침하	인접 기초간의 부동침하로 거더의 상대처짐 발생으로 거더에 균열 발생
과도한 시공 하중(중장비)	설계하중보다 큰 수직하중이 작용하여 휨균열 유발
스트럿 조기 철거	슬래브의 충분한 양생전에 스트럿을 제거하여 슬래브에 과도한 축력 작용
과도한 수압 발생	지하수위 상승에 따라 설계값보다 높은 수압 작용
동바리 조기철거	설계강도발현 전에 수직 하중작용으로 수평 부재에 휨 균열 발생

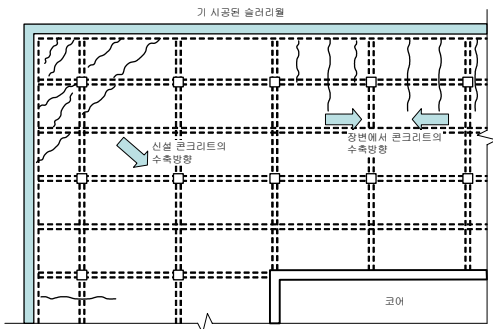


Fig. 2 슬러리월에 의해 구축된 슬래브의 건조수축 균열

2.1 슬러리월에 의한 건조수축 구속

콘크리트는 건조수축이 필연적으로 발생되며 특히 슬래브와 같이 넓은 면적이 동시 타설될 경우 상당한 수축이 발생된다. 이때 슬러리월처럼 기시공된 부분이 있으면 슬러리월 부근의 슬래브는 수축이 구속된다. 모서리 부분에서 신설된 콘크리트는 중앙(코어방향)으로 수축하려고 하고, 기시공된 슬러리월은 수축을 구속하고 있기 때문에, 모서리 부분에 사선 균열이 발생된다. 또한 긴변에서도 슬러리월이 수축을 구속하기 때문에 슬러리월에 직각방향의 균열이 슬러리월 부근에 발생된다.

건조수축균열은 1년~3년이 지나면 거의 정지된다. 그러기에 건조수축 균열은 적절한 시기에 균열보수를 실시하면 사용성은 충분히 확보될 수 있다고 판단되며, 추후 경미한 균열이 발생할 수는 있지만 재보수를 하면 될 것으로 판단된다.

2.2 초기재령의 횡하중

지하층 횡하중은 시공중에는 슬러리월+스트럿, 완공후에는 슬러리월+수평부재가 지탱하게 된다. 공사가 진행되면서, 수평부재가 타설되면 스트럿이 제거되는데 이때 슬러리월이 어느 정도 변형을 일으킨 후 안정화된다. 이러한 과정에서 수평부재들은 압축력을 받게 되고 이에 따라 횡하중의 작용방향으로 일부 균열이 발생된다. 건조수축에 의해 발생한 균열이 횡도압에 의해 진전될 수도 있다. 모서리 부분은 2면에서 작용되는 횡하중에 의해 경사방향으로 균열이 발생된다. 특히 슬래브 콘크리트가 충분히 경화되지 않은 상태에서 스트럿을 조기 제거할 경우 다수의 균열이 발생될 수 있다.

슬러리월의 변형양상과 주응력 방향을 분석하기 위해 유한요소해석을 수행하였으며, 그 결과

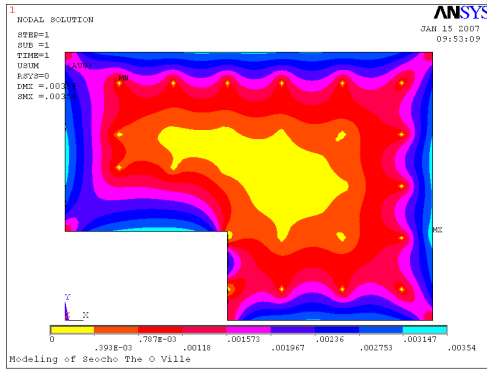


Fig. 3 유한요소 해석에 의한 변형 분포 양상

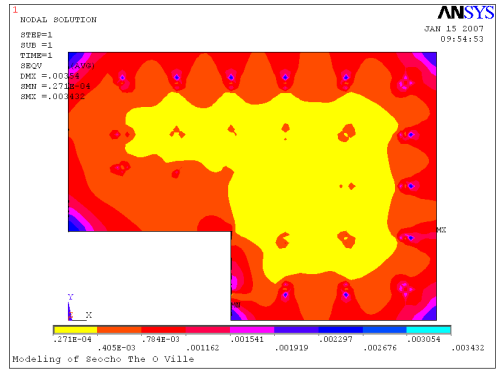


Fig. 4 유한요소 해석에 의한 주응력 분포 양상

는 Fig. 3~4와 같다.

슬러리월이 직각으로 만나는 점은 양쪽의 슬러리월에 의해 변위가 구속되어 있으므로, 모서리에 위치한 슬래브는 스트럿의 제거 후 슬러리월의 변형에 의해 전단변형이 발생하게 된다. 이에 따라 주응력 방향은 경사방향이 되며, 그 직각방향으로 인장변형이 발생하게 된다.

2.3 일시적으로 과도한 수압 발생

구조물과 인접 구조물의 신축 등에 의해 구조물 주변의 지하수위가 지질조사시보다 상승하여 지하 외벽에 설계값 이상의 과도한 횡하중이 작용할 수 있다. 건물 완공후에는 구조물에 작용하는 정확한 수압을 평가하기는 어려우나, 구조물의 변형 형태 및 균열 양상을 통해 간접적으로 평가할 수 있다.

장마나 일시적인 집중호우에 의해 단기간 과도한 수압이 작용되었을 수도 있다. 이 경우, 횡하중에 대해 적절히 설계된 슬러리월과 테두리보는 주철근에 의해 균열이 분산될 수 있으며 일시적인 횡하중이 제거된 후에는 탄성복원도 가능하다. 그러나 모서리의 슬래브는 철근 배근이 균열방향의 직각으로 배근되어 있지 않기에 일시적인 횡하중에 의해 기존 균열의 폭이 넓

어지거나 균열이 진전될 수도 있다. 슬래브 균열이 전단변형에 의해 발생되었다면, 일시적인 횡하중이 제거된 후에도 탄성복원이 되지 않게 된다.

2.4 차량하중에 의한 균열의 진전

슬러리월에 의한 건조수축 구속과 초기재령의 횡하중으로 인하여 발생한 균열은 차량하중에 의해 균열폭의 확대 및 진전될 수 있다. 지하주차장은 일반 사무실 및 거실에 비해 단위면적당 하중이 크며, 차량 운행에 따른 진동도 작용하게 된다. 균열 선단부의 콘크리트는 건전한 비균열 콘크리트에 비해 매우 불안정하며 외력 및 외부 변형에 의해 추가 균열이 발생되기 쉽다. 특히 진동에 의해서는 균열 진전이 이루어지기 쉽다.

이상의 균열 발생 및 진전의 원인을 정리하면 Fig. 5와 같다.

이상의 균열 발생 및 진전의 원인을 정리하면,

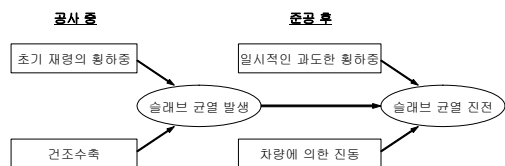


Fig. 5 균열의 발생 및 진전원인

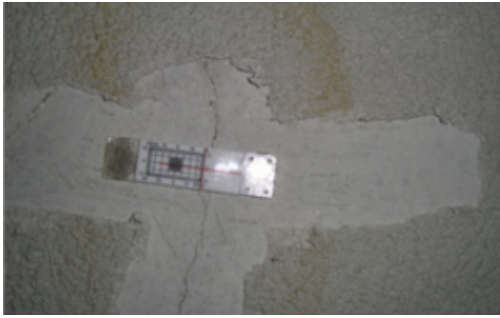


Fig. 6 간이 균열 측정기

콘크리트 타설 직후 콘크리트 재료 특성에 기인한 건조수축과 스트럿 제거에 의한 횡하중 작용 및 스트럿 해체시 충격에 의해 균열이 발생된 것으로 판단된다. 준공 후 건물 사용에 따라 사용하중의 작용과 지속적인 횡하중의 작용에 의해 발생된 미세 균열의 폭이 확대된 것으로 사료된다.

3. 균열 측정기기

일반적으로 사용되는 균열폭 측정기는 Fig. 6과 같다. 균열이 진전한다면 본 측정기로도 진전 여부를 파악할 수 있지만 미세한 변형은 알 수가 없다. 그러기에, 공식적인 대응을 하기 위해서는 균열 진전여부를 시각적으로 평가하여 측정결과에 신뢰를 확보하는 측정방법이 필요하다.

이와 관련하여 사진으로 촬영하고 PDA를 이용하여 균열 폭을 인지하는 장비가 Fig. 7이다. 본 장비로 사진을 촬영하면 Fig. 8과 같이 균열 폭이 바로 표시된다. 그림과 같이 촬영된 위치의 균열 폭을 알 수 있고, 시간이 지남에 따라 균열 폭의 변화를 알 수 있다.

4. 균열 측정

상기 Fig. 2와 같은 균열이 발생한 현장을 대



Fig. 7 균열 측정 기구



Fig. 8 균열 측정 결과

상으로 하여 균열 진전 여부를 측정하였다. 총 측정개소는 데이터 신뢰확보를 위해 35개소를 계측하였다. 측정시기는 지하수위 상승에 따라 토압이 상승할 것이라 예상되는 장마기간을 포함하여 3개월간 측정을 하였다.

Fig. 9는 35개 측정개소 중 3개소의 측정차수에 따른 변화양상을 그래프로 표현한 것이다. 그래프상에서 알 수 있듯이 균열측정기의 측정오차인 $\pm 0.05\text{mm}$ 를 고려할 경우 균열의 진전은 없는 것으로 판단된다.

현재의 균열은 시공 초기단계에서 발생한 것으로 판단되며, 진전은 멈춘 것으로 분석되었다. 이러한 결과를 바탕으로 적절한 균열 보수작업

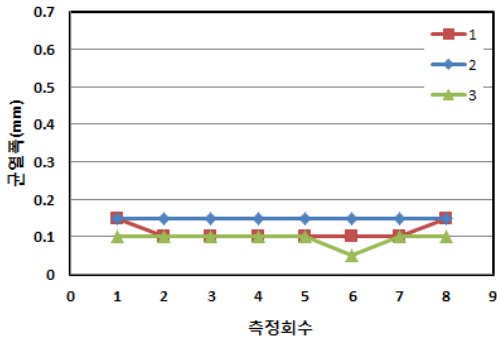


Fig. 9 균열 계측 결과

을 통해 건물의 사용성을 증가시켰다.

5. 맺음말

건조수축 등으로 발생한 균열은 일반적으로

에폭시 주입으로 사용성 확보가 가능하지만 민원인의 요구 등으로 인해 균열 진전여부를 계측해야 하는 경우가 종종 발생한다. 그러한 경우 육안계측보다는 시각적으로 신뢰를 확보할 수 있는 균열 측정방법이 필요하다.

본 장비는 간단하지만 균열 진전여부를 평가하고 신뢰를 확보할 수 있는 효과적인 방안이라 판단된다.

본 방법은 건축물 도심지 공사 전후의 인접건물 피해 평가, 터널 발파 공사시 인접 민가의 영향 평가 등에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

담당 편집위원: 김태수
(한밭대학교 건축공학과 부교수)
tskim@hanbat.ac.kr