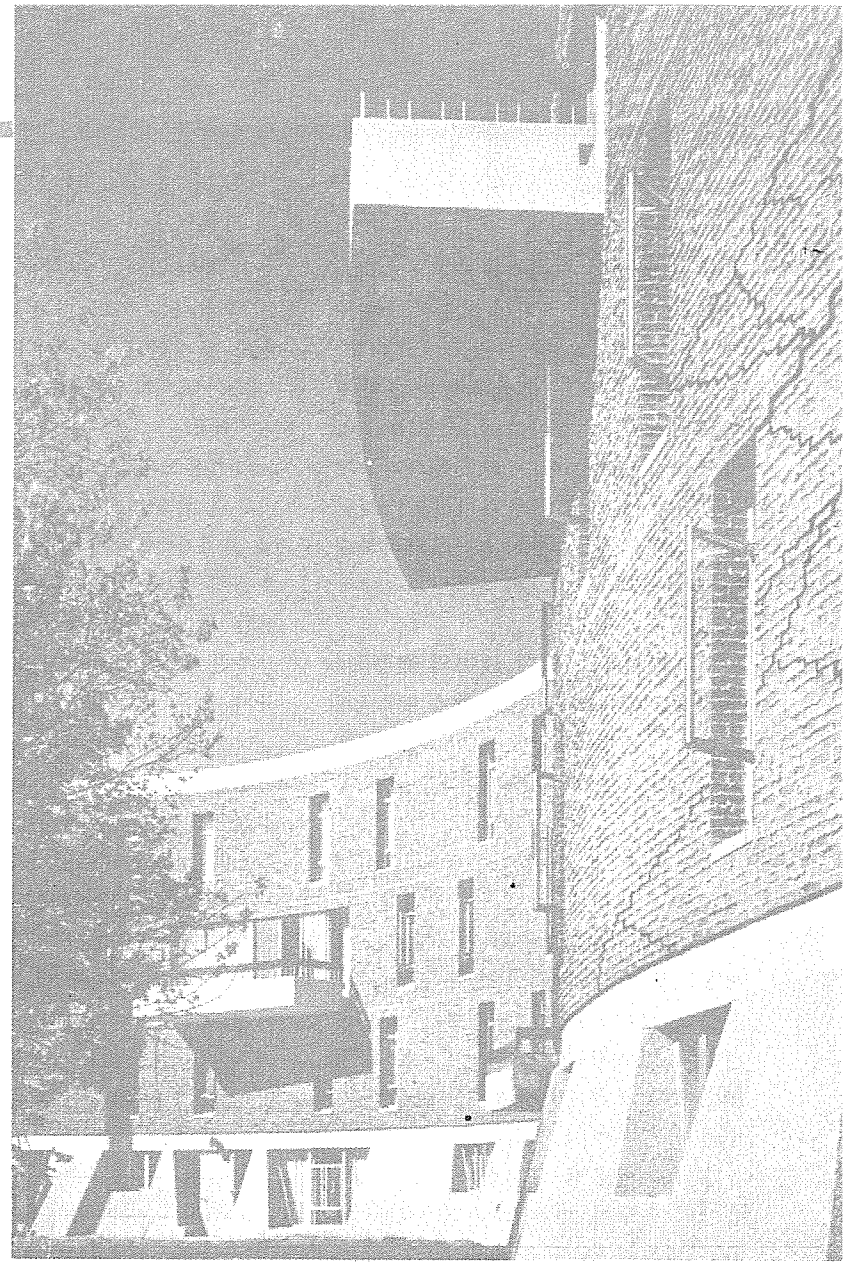
氣温變化로 인한 建物의 龜裂防止에 관한 硏究

任 南 宰 〈大田工專 교수〉



目 次

1. 序 論
2. 콘크리트의 硬化乾燥收縮
3. 氣温差로 인한 建物의 變形形狀
① 温度變化에 의한 建物의 變形形狀
② 外氣温度의 變化에 의한 建物의 變形
③ 日射에 의한 建物의 變形形狀
4. 龜裂防止를 위한 伸縮줄눈
① 氣温差로 인한 龜裂防止를 위한 伸縮줄눈
② 伸縮줄눈의 間隔과 位置選定
③ 長大한 建物의 伸縮줄눈의 位置
5. 結 論

1. 序 論

건물의 용도에 의하여 건물이 長大하게 길어질 경우, 또는 構造形式이 다른 경우나 부동침하가 예상될 경우, 건물에 유해한 응력발생이 생겨 균열이 발생하게 된다. 이러한 원인에 의해 발생한 균열을 방지하기 위하여 伸縮줄눈을 설치하는데, 이 때 構造設計의 미숙으로 건축물의 구조체를 一体로 만들지 않고 콘크리트를 분리하여 시공하면 되는 것으로 생각하여 마무리 모르타르 등은 관계치 않고 연속적으로 마무리해서 준공 후 1년도 못가 보기 흉한 균열이 생기고 누수사고를 일으키는 등의 사례가 허다하다.

일반적으로 건물에 발생하는 응력으로는, 하중 및 외력에 의한 응력과 특히 온도변화와 부동침하 등의 변형에 의한 것이 있다. 이에 대하여 구조상 안전하고 사용상 지장이 없으며 局部的인 파괴가 생기지 않도록 接合体끼리의 相対變位가 없는 伸縮줄눈을 설치하여야 한다. 이 때 伸縮줄눈의 위치는, 온도의 변화와 部材의 팽창수축의 원인에 의하여 微小한 변위로 균열이 생기지 않도록 力學的인 관계, 그리고 意匠的인 면을 고려하여 설치하여야 한다.

2. 콘크리트의 硬化乾燥收縮

콘크리트의 양생과정에서 수분의 증발에 의하여 콘크리트가 수분을 잃을 때 콘크리트가 굳어지며 微小한 수축을 일으키게 된다. 콘크리트製品의 工産品이 아닌 건축물은 수중에서 양생을 할 수 없으므로 수분이 콘크리트 구조물 전반에 걸쳐 균등하게 없어지는 경우란 절대로 없다. 때문에 不均等한 온도의 변화가 不均等한 수축을 생기게 하며, 部材에 내부응력을 일으키게 하는 원인이 되기도 한다.

불균등한 수축때문에 생기는 응력은 대단히 클 수가 있다. 수축에 대해서 전혀 억제를 하지 않는 無筋콘크리트에 있어서는 균등한 수축은 억제능력을 생기게 하지 않는다. 그러나 균등한 수축이란 실험실에서 쓰는 이론적인 것이지 일반적인 형태는 아니다.

콘크리트의 양생과정에서 생기는 미

소한 수축량은 노출상태와 콘크리트 質에 좌우된다. 대기에 노출시키면 수축율은 증가하고 습한 공기에서는 수축을 감소시킨다. 收縮係數는 단위 길이當 단축되는 길이로서 보통 0.0002에서 0.0006까지이다. 鉄筋콘크리트에 있어서는 수축이 균등하더라도 철근에는 압축응력이 생기고, 콘크리트에는 인장응력이 생기게 된다.

3. 氣温差로 인한 建物의 變形形狀

① 温度變化에 의한 建物의 變形形狀

건물의 온도변화의 원인은 자연온도변화와 인공적 온도변화로 구분할 수 있다.

자연변화온도는 외기온도로서 계절적으로 4계절에 의한 큰 주기를 가지고 변화하며, 건물의 지붕面(단, 평지붕) 및 각 外壁面이 받는 日射量으로 여름철에 지붕면은 최대가 된다. 외벽에 있어서는 가을·겨울·봄에 南側面이 높으나 그 절대치는 여름의 지붕면에 비하면 1/2이하이다.

그리고 인공적 온도변화로는 냉·난방의 유무가 건물의 온도변화에 미치는 영향과 공장 등에서 볼 수 있는, 고온을 발산하는 爐 부근의 구조체에 미치는 영향 등이 있다. 콘크리트造의 건물에서 기온차로 인한 팽창수축은 콘크리트 내부의 평균온도변화에 의하여 생긴다. 그러므로 外的要因의 온도변화가 그대로 콘크리트 내부의 온도변화를 나타내는 것이 아니라 콘크리트의 열전도율 관계로 인하여 약간 적은 값이 된다.

콘크리트 내부의 연간 평균온도차는 우리나라의 경우 대개 20℃ 내외이며 地中에 묻힌 콘크리트의 온도는 연간을 통하여 거의 변화하지 않으므로 온도의 팽창수축은 무시할 수 있다.

鉄筋콘크리트構造에서 철근과 콘크리트가 만족스러울 만큼 잘 일체가 되는 이유 중의 하나는, 이 두 물질의 열팽창계수가 거의 같은

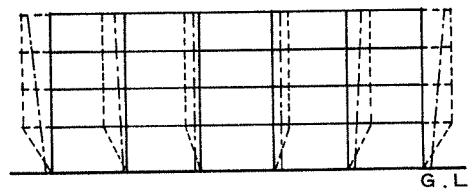
$\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$ /℃

로서 서로 같아 열변형 차이에서 오는 균열이나 기타 다른 좋지 못한 결과가 방지되기 때문이다.

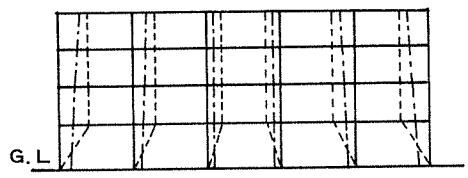
② 外氣温度의 變化에 의한 建物의 變形

외기온도의 변화에 의한 콘크리트 내부의 온도변화는 건물의 地上部分에 변화를 생기게 하며, 地中에 묻힌 부분에 대해서는 연간을 통해 거의 변화가 없고, 건물의 용적변화는 지상부분에만 생기고 지하부분은 변화하지 않는다.

라멘構造物에서 외기온도의 변화에 의한 변형은 그림 1의 점선과 같이 1층부분에 큰 層間變化를 일으키며, 2층 이상은 거의 같은 양의 용적변화이기 때문에 層間變位가 거의 생기지 않는다. 이 변화는 건물의 兩端部에서는 크고 중앙부에 접근할수록 적어진다. 그러나 실제적으로는 기둥이 이 변형을 구속하기 때문에 그림 1의 破線과 같은 형상이 된다.



膨脹의 경우



收縮의 경우

그림 1. 點線 : 슬래브 自由温度 伸縮의 경우
破線 : 기둥의 拘束을 고려한 경우

③ 日射에 의한 建物의 變形形狀

건물이 받는 일사량은 지붕면이 외벽면에 비해 압도적으로 많다. 그리하여 팽창도 최상층에 많고 그 밑의 층 이하는 거의 변화하지 않는다.

외기온도의 변화에 의한 경우와 같이 이 변형도 건물의 兩端部에서 커지며 중앙부와 가까와 질수록 적어진다. 그림 2와 같이 기둥의 變形拘束을 고려하면 변형형상은 破線과 같다.

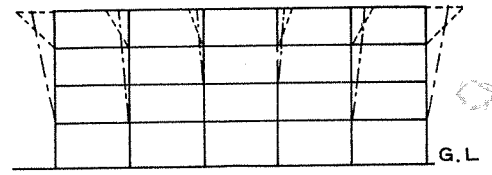


그림 2. 點線 : 슬래브 自由温度 伸縮의 경우
破線 : 기둥의 拘束을 고려한 경우

4. 龜裂防止를 위한 伸縮줄눈

① 氣温差로 인한 龜裂防止를 위한 伸縮줄눈

일반적으로 長大한 건축물과 옥외 종합경기장의 원형관람석(Stand)의 균열 발생 원인은, 하중 및 외력에 의한 응력 외에도 기온변화와 양생과정에서의 硬化乾燥收縮에 의한 것이 있다. 구조물의 변형에 의한 응력으로 인하여 건물의 局部的 파괴를 일으킬 수 있는 균열과 외관상 보기 흉한 균열, 그리고 누수사고를 일으키는 건축물이 우리 주위에 많이 있다.

이와 같은 사고를 최대한 예방키 위한 伸縮줄눈은 팽창·수축에 대한 방지 대책이며, 구조체의 팽창·수축에 의하여 유해한 균열이 생길 것이라고 예상될 경우 이에 대한 예방 또는 균열을 줄이기 위한 목적에서 설치한다.

構造設計에서의 일반적인 균열방지책은 다음과 같다.

1. 部材의 단면을 너무 줄이지 않는다.
2. 균열이 생기기 쉬운 곳은 계산외의 여분의 철근을 더 넣는다.
3. 長大한 건물은 적당한 간격으로 伸縮줄눈을 설치한다.
4. 균열이 퍼질 우려가 있는 곳에는 部分的으로 伸縮줄눈을 설치한다.

② 伸縮줄눈의 間隔과 位置選定

長大한 건축물 또는 옥외 경기장의 관람석 구조물 등의 伸縮줄눈의 간격을 결정하는 요소는 열응력과 硬化乾

燥收縮應力에 의하며, 伸縮줄눈의 간격은 특히 다음 사항을 고려하여 구조설계에 임하여야 한다.

1. 건물이 건설되는 지방의 기온차
2. 건물의 重要構造의 종류
3. 콘크리트 施工時期(夏節·冬節)
4. 건물의 剛性이 큰 부분과의 위치 관계

기온변화에 의한 건물의 豫想變形量에서 콘크리트의 온도팽창계수는 그 배합·施工軟度·材齡에 거의 관계없이 常溫의 범위 내에서는

$\alpha = 1.2\times10^{-5}$

이므로 길이 60m의 건물에서 유효온도차가 20℃인 경우, 기둥의 拘束을 무시하는 건물의 온도차에 의한 변형량은 다음과 같다.

$\Delta\ell = 6{,}000\times\frac{12}{1{,}000{,}000}\times20 = 1.44\text{cm}$

위의 건물에서 콘크리트의 乾燥收縮에 의한 豫想變形量은 自由收縮率(註：青山 博之一鉄筋コンクリート造建築物の自己歪應力に 関する 研究·學位論文)을 5×10^{-4}로 해보면 다음과 같다.

$\Delta\ell = 5\times10^{-4}\times6{,}000/2 = 1.5\text{cm}$

이와 같은 신축량은 기둥의 剛性에 의하여 실제적으로는 좀더 적은 값이 된다.

이상의 결과를 비교검토할 때, 건물의 수평방향의 변형을 고려하여 60~70m의 간격으로 伸縮줄눈을 넣어야 한다.

③長大한 建物의 伸縮줄눈의 位置

외기온도의 변화에 따른 콘크리트 內部의 온도변화는 일반적으로 건물의 지상부분에 생기고, 지중에 묻힌 부분은 거의 변화하지 않는 것으로 보아 용적변화는 무시할 수 있다.

또 地中에서 습윤상태에 있는 콘크리트는 수축되지 않고 오히려 팽창할 때도 있으나 그 용적변화는 무시할 수 있는 정도이다. 그리하여 팽창수축에 대한 伸縮줄눈은 기초부분에는 설치할 필요가 없고 그림 3과 같이 基礎上部構造에만 설치하면 된다.

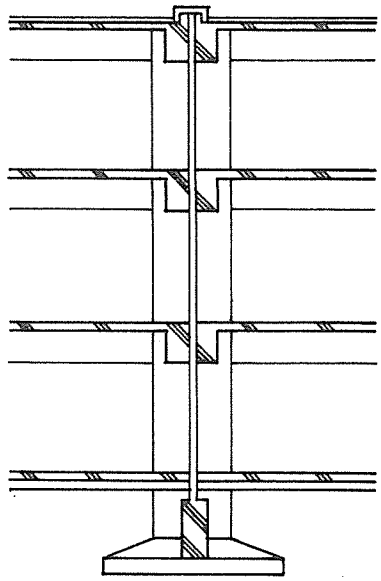


그림 3. 膨脹·收縮에 対處하기 위한 伸縮줄눈(基礎一体)

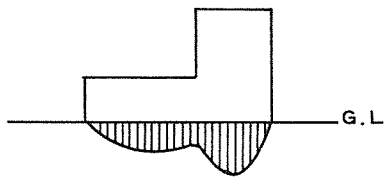


그림 4. 量重配分이 不適當한 경우

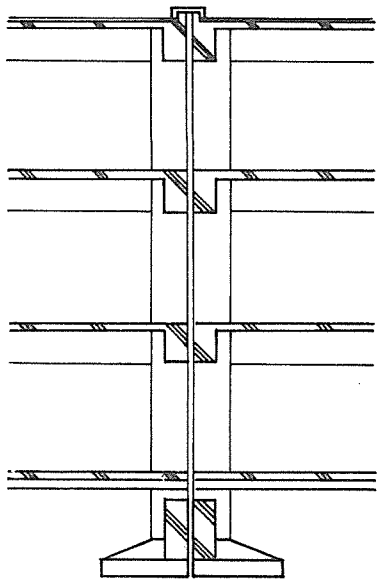


그림 5. 膨脹·收縮에 対處하기 위한 伸縮줄눈(基礎까지)

또한 건물의 重量配分이 부적당할 경우, 건물의 중량에 평면적으로 극단적인 차가 있으면 무거운 부분의 下部의 地中應力 관계(그림 4 참조)로 부동침하가 생기기 쉽다. 따라서 長大한 건물에 있어서의 伸縮줄눈은, 層高差가 3층 이상의 경우는 평면적 위치 결정에서 다른 블록(Block)끼리의 접합부와, 지진발생 예상지역에서는 地中의 기초부터 伸縮줄눈을 그림 5와 같이 설치함으로써 건물의 진동특성을 고려하여 2차원적인 응력의 발생을 방지하여야 한다.

5. 結 論

일반적으로 鉄骨鉄筋콘크리트造, 鉄筋콘크리트造 및 組積造에 있어서의 外的荷重으로 인한 部材力과 剛性에 대하여는, 안전한 건물이라 할지라도 構造設計의 미숙으로 인하여 長大한 건물, 중량배분이 부적당한 건물, 동일 건물 내의 지반에서 지내력에 차가 있을 경우의 온도변화, 콘크리트의 硬化乾燥收縮, 기초의 부동침하 등의 변형에 의한 응력으로 건물자체에 수축·팽창 및 부동침하 등의 응력발생이 생기기 쉽다. 따라서 건물의 局部的 파괴와 보기 흉한 균열이 발생하므로 이를 미연에 방지키 위하여 합리적인 伸縮줄눈 설치를 다음 사항에 유의하여 구조설계시에 임하여야 한다.

1. 균열이 퍼질 우려가 있는 부분에는 伸縮줄눈을 설치한다.
2. 균열이 생기기 쉬운 곳은 계산외의 여분의 철근을 더 넣는다.
3. 長大한 건물은 60~70m 간격으로 伸縮줄눈을 설치한다.
4. 부동침하가 예상되지 않는 건물은 地中까지 伸縮줄눈을 설치할 필요가 없다.
5. 地耐力의 차가 있는 곳, 또는 중량배분이 부적당하여 부동침하가 예상되는 건물은 기초까지 伸縮줄눈을 설치할 것(註：현행 건축법에는 伸縮줄눈에 관하여 아무런 규정이 없다. 그러나 적어도 여기에서 말한 3항과 5항만은 반드시 규정해 놓아야 할 것이다).