

# 病든 美人=않는 建物

李 昌 男 / 建構造研究所

## 제 1 話

창 밖에서는 비가 줄기차게 쏟아집니다. 한방울, 또 한방울... 천장에서 물방울이 떨어지기 시작했습니다.

漢詩가 흘러 나옵니다. 그러나 이러한 낭만도 잠깐, 물은 창문 안쪽 유리면에 水膜을 이루면서 설새 없이 흘러내렸습니다.

쓰레기통이 책상 위로 올라가는 행운을 차지하는가 하면 천장 수도꼭지의 이동에 따라 가구(家具)들이 민감하게 재배치 됩니다. 그래도 테이블 위에 떨어질 기회를 얻은 물방울은 산산히 부서져서 책이건 얼음이건 염치 없이 공격합니다.

덕택에 재산목록 제 1 호인 컴퓨터가 횡설수설합니다.

하루 종일 물걸레 쥐어짜기 운동을 하다가 퇴근을 했습니다. 비는 멎었습니다.

이튿날 출근한 나는 깜짝 놀랐습니다. 사무실 바닥은 잔잔한 호수요 벗어 놓은 슬리퍼 짝들은 어지럽게 떠있는 조각배들입니다.

수화기를 들었습니다. 전화기마다 불통입니다. 쓰레기통으로 물푸기 작업을 합니다. 바닥이 수평으로 마감되지 않은 것이 천만다행입니다. 물푸기가 한결 수월해서입니다.

햇볕이 쨍쨍합니다. 천장 수도꼭지는 막혔고 유리창도 줄무늬를 남긴채 말랐습니다. 그러나 바닥 한구석에서는 맑은 샘물이 설새 없이 솟아 납니다

“방수도 안된 현장사무실 풍경”이 무슨 이유로 건축사지에 실렸을까요?

그러나 그게 아닙니다. 엄연히 준공 검사도 마치고 입주한지 3년된 지상 10층, 지하 3층의 현대식 건물입니다.

구조는 철근콘크리트 라멘조, 별로 아름답지는 않지만 그렇다고 흉칙스

럽다는 비난을 받지는 않는 그저 흔히 있는 그런 건물입니다. 물론 냉난방도 됩니다.

외벽은 단열재를 넣은 二重壁이고 외부 마감은 외장타일입니다. 그런데 해마다 장마철이면 한바탕씩 물난리를 겪어야 합니다.

집장사 집은 이런 일이 없는데 建築家の 작품이 오히려 물이 샌다는 이야기입니다.

美人薄命이라니 아름다운 것은 불편하느니 하는 말도 들었습니다. 또는 玉에도 티가 있다는 옛말로 합리화 하는지도 모르겠습니다. 그러나 玉도 아닌, 美人도 아닌 것이 허물투성이라면 어디에다 내 놓겠습니까? 아름답지 못할바엔 건강하기라도 해야지요.

외장타일에서는 비 멎은 후에도 며칠동안 군데군데에서 물이 새어 나옵니다. 얼룩무늬 지도를 그리면서.....

이유를 알아봅니다. 물이 새는 것은 방수가 잘못되었기 때문이라는 간단한 대답입니다. 그러면 어디를 어떻게 해야 방수가 될까요? 물은 바늘구멍으로도 셉니다. 그러므로 물이 스며드는 경로를 찾아야 합니다.

지붕 방수막 파손은 치명적입니다. 지붕에 고인 물이 다량으로 흘러 들어갈 수 있기 때문입니다. (그림1참조)

창틀을 조사했습니다. 각종 Aluminum Bar를 잘라 맞춘 것이므로 그 접합면은 물이 새기 마련입니다. 따라서 조립과정에서 철저한 Sealing이 필요합니다.

창틀과 벽과의 Joint도 물이 스며들도록 되어 있습니다. (그림2 참조)

벽을 타고 내려온 물이 안으로 기어들지 못하도록 물끊기를 마련하여야 하며 어떤 경로로든 간에 二重壁

속으로 들어온 물은 밖으로 빠질 수 있도록 물구멍이 마련되어야 합니다. (그림3 참조)

외벽 마감재료인 타일과 줄눈재료의 흡수율 및 수밀성도 문제입니다.

매층마다 채양이 있는 건물은 비가 뿌리더라도 물의 양이 적으므로 벽내부까지 스며들지 못하는데 여러층을 한 벽면으로 설계한 건물은 아래로 내려갈수록 물의 양이 누적되어 벽체를 충분히 적시게 됩니다. (그림4참조)

이상은 최신식건물의 외관을 가질 자격을 얻기에 불충분한 Detail입니다. 만약 이 건물의 외벽단면이 집장사들 집처럼 작더라도 채양이 붙었다면 적어도 위와 같은 심한 결과는 가져오지 않았을 것입니다.

감기에는 약이 없다고 들었습니다. 몇가지 방법으로 방수공사를 했음다만 아직도 병을 앓고 있습니다. 바람 불지 않는 날의 콘비에는 새지 않습니다.

이런 앓는 建物이 우리 주위에는 얼마든지 있습니다. 비록 방안에까지 물이 들어오지는 않는다는 치더라도 二重壁 내부까지 물이 들어오는 경우는 많은 것입니다. 이 벽이 완전히 마르려면 몇날이 걸릴지 모릅니다. 二重壁 안에 들어온 물을 말리기란 모기장에 들어온 모기를 내 쫓는것만큼이나 어려운 것입니다.

단열재는 이 때문에 항상 젖어 있습니다. 젖은 단열재의 단열효과는 많이 감소됩니다.

二重壁을 긴결철물로 붙들어 맨다고 합니다. 이 긴결철물은 녹이 나기 시작합니다. 눈에 보이지 않으니 녹막이 칠도 못합니다. 벽 속에 매입된 전선관, 창틀 긴결철물, 내벽 마감칠, 천장, 바닥재, 커튼 박스 등이 습기로

납아갑니다. 누전의 위험성도 있습니다.

철골로 내화피복을 얹면 Spray나 집섬보드로 시공했을 경우 이들이 떨어지고 철골부재는 녹이 납니다.

우리들이 설계한 건물들이 이렇게 해서 준공시부터 속병을 앓게 됩니다.

8년 전 서울시내 모 건물에서는 성대한 준공식이 있었습니다. 건축주의 특별한 요구에 의해서 외장벽돌은 주문제작되었고 생산된 벽돌은 색의 통일을 위하여 1/10의 합격률로 선별된 제품만으로 시공했습니다. 과연 외관은 아름다웠고 시공자(일류건설업자)도 흐뭇해 했습니다.

그러나 이 아름다운 건물은 태어날 때부터 병고에 시달리게 됐습니다. 날이 갈수록 피부가 거칠어지고 들뜨기 시작했습니다. 벽면에 균열이 발생하고 넘어질 위험에 이르렀습니다. 그림 4, 5, 6을 보면 여러 건축사(건물의사)들의 진단이 나올 것입니다.

시멘트 제품은 젖어 있을수록 강도가 증가한다고 합니다. 그래서 二重벽으로 쌓은 시멘트벽돌의 강도가 증가해서 좋다는 역설이 통하겠습니까? 늦가을 비에 젖은 벽은 작년 겨울같은 매서운 추위에 얼어 체적이 늘어나고 미처 젖지 않은 인접 자재는 저온도에 줄어들대로 줄어들어 벽면 전체로는 큰 불균형 내응력이 생겨서 드디어 금이 가고 부서지기 시작합니다. 이런 일은 해를 거듭할수록 심해져서 드디어는 위 그림과 같은 결과를 초래하게 됩니다.

필자가 해방직후 월남해서 살던 적산가옥(일본인 공무원 사택)은 1942년엔가 준공된 목조 기와집입니다. 외벽은 Lath Mortar입니다. 이 건물들은 40년이 지난 오늘날까지 그대로 사용되고 있습니다. 물론 물 새는 일이 없습니다. 6.25 이후 우리 손으로 지은 집들이 그정도로 정정하게 서 있는지 궁금합니다.

비도 못가리는 집이 아름다우면 무엇입니까?

건물에서 무슨 사고가 나면 조사, 진단을 합니다. 대부분 복합 요인으로 그런 결과가 난 것입니다.

진단에 나서는 사람들 중에는 桌上에서 空論하는 선비들이 많습니다. 귀에 걸면 귀걸이, 코에 걸면 코걸이

의 결론이 나올 때도 있습니다.

건축사와 설비, 草綠은 同色입니다. 게다가 얼마 안되는 설계비 받고 도면 몇장 그려준 죄 밖에 없는 건축사, 그것도 준공시기를 보아서는 잊혀진 지 오랜 것, 가난한 설계사무소에서 공동책임을 저 봐야 지불능력도 없으니 모든 하자보수 책임을 시공자측에 양보하는 미덕을 발휘하도록 종용합니다.

사실은 감리도 했으니 공사 업자는 하수인격입니다.

우물에 빠진 아이의 실책을 나무라기 전에 아이가 우물가에 가지 않도록 “하자 요인이 없는 상세도”가 아쉽습니다.

건축물의 구조기준에는 다음과 같은 조항이 있습니다.

#### 제2장 2절 조적식구조

제18조(시공) ⑤ 조적식 구조인 각층의 벽은 편심하중이 작용하지 아니하도록 쌓아야 한다.

제20조(내력벽의 높이 및 길이 등)

① 조적구조인 건축물 중 2층 또는 3층인 건축물에 있어서 최상층 부분의 조적식 구조인 내력벽의 높이는 4미터를 넘을 수 없다.

② 조적식 구조인 내력벽의 길이는 10미터를 넘을 수 없다.

③ 조적식 구조인 내력벽으로 둘러싸인 부분의 바닥면적은 80제곱미터를 넘을 수 없다.

제21조(내력벽의 두께)

⑦ 조적식 구조인 내력벽을 二重벽으로 하는 경우에는 당해 二重벽 중 하나의 내력벽에 대하여 적용한다. 다만, 건축물의 최상층(1층인 건축물의 경우 1층을 포함한다)에 위치하고 그 높이가 3미터를 넘지 아니하는 二重벽인 내력벽으로서 그 각 벽 상호간에게 가로·세로 각각 40cm 간격으로 보강한 내력벽에 있어서는 그 각 벽 두께의 합계를 당해 내력벽의 두께로 본다.

그런데 일반적으로 라멘구조의 조적조 외벽은 내력벽으로 취급하지 않습니다. 에너지 절약이라는 명제 아래 건물의 외벽에는 보온재를 쓰도록 의무화 하였습니다. 가장 손쉽다고 해서 인지 벽돌(0.5B)을 二重으로 쌓고 그 사이 공간에 스티로폼이나 유리섬유 등의 보온재를 넣도록 설계합니다.

이들 격리된 두 0.5B벽돌 사이는 긴결철물로 연결하거나 벽돌을 물려 쌓아 0.5B 단독으로의 불안함을 해소하려 합니다. 그럴듯 합니다.

심지어는 二重벽돌 중 내부 0.5B의 공간측면을 방수하라고 지시하기도 합니다.

그러나 실제로 벽돌 쌓는 사람의 입장이 되어 봅시다. 긴결철물을 스티로폼이나 유리섬유를 뚫고 양쪽 벽돌 줄눈에 꽂아 정확히 놓을 수 있는 손재주도 문제려니와 방수공사를 어떻게 한다는 것인지 궁금합니다. 또한 벽돌을 물려 쌓는 것도 쉽지 않습니다. 외부 0.5B는 치장쌓기이기 때문에 물려 쌓는 벽돌의 한쪽 마구리는 치장벽돌 외면과 일치시켜야 하므로 보온층까지 지나다 보면 내부 0.5B 벽돌에 물리는 깊이는 불과 얼마 되지 않습니다. 벽돌을 물려 쌓으면서 단열재를 넣으려면 단열재를 전부 토막내야 합니다. 단열재의 단열효과가 떨어집니다.

결국 0.5B+단열재+0.5B의 공간쌓기는 두 0.5B가 단열재에 의해서 서로 완전히 격리된 독립벽으로 시공되는 현상이 많습니다. 거기에다 더 어이 없는 일들을 서슴치 않고 자행합니다.

외벽을 치장벽돌로 마감하는 건물은 그 건물이 2층이건 5층이건 아예 최하층부터 연속해서 쌓아 올립니다. 그림 4가 그런 예입니다.

이러한 방식으로 시공하다가 무너져서 다시 쌓는 현장은 많지만 그것은 오히려 처리하기가 손쉽습니다.

준공된지 8년만에 벽을 헐어내고 다시 시공해야 하는 당사자의 입장이 되어봅시다.

조적조의 높이와 두께의 비를 규제하는 규정은 각 나라마다 다르나  $\frac{h}{t}$ 는 15~30입니다. 가장 큰 값 30은 편심하중이 전혀 없을 때이고 창문 등 개구부에 관한 언급이 없는 경우이므로  $\frac{h}{t}$ 를 20으로 보면 0.5B는 2m, 1.0B는 4m가 제한높이입니다.

#### 제2화

아슬아슬한 분위기, 서스펜션, 드릴, 이런 것들을 주제로 한 흥행물들이 많습니다.

야구경기에서는 잘못하면 죽을줄 알면서도 도루를 시도합니다. 건축설계

도면에서도 이런 것들이 많이 발견된다고 하면 놀랄 것입니다.

무관심해서, 또는 겁 없이 시도한 모험이 실패하여 대형 사고가 발생하는 것을 우리는 흔히 봅니다.

이러한 대형 사고는 매스컴에서도

그냥 두지 않으므로 널리 알려지지만 간단한 사고는 관련자들이 서둘러 복구하거나 은폐하려 하기 때문에 영구히 잊혀지고 마는 경우가 많습니다. 그래서 우리는 선배들이 저지른 것과 똑 같은 실수를 오늘도 되풀이 하고

있는지 모릅니다.

야구는 이겨도 그만 져도 그만입니다. 그러나 건물은 무너져도 되고 주저앉아도 되는 것이 아닙니다.

건축사 교육현장에서 다음과 같은 질문을 하는 것을 들었습니다. 즉 열

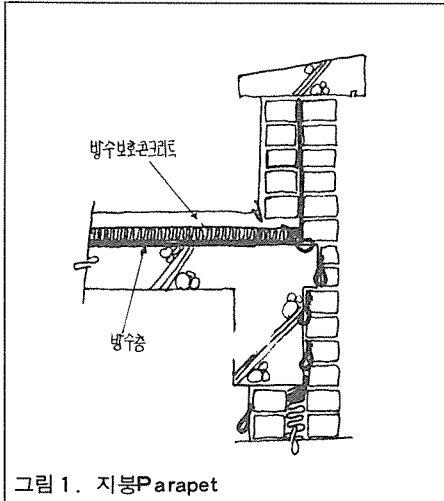


그림 1. 지붕Parapet

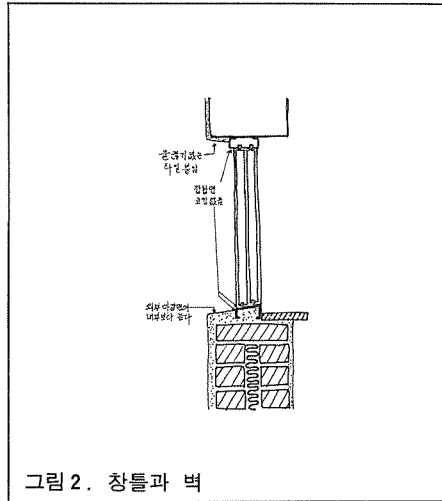


그림 2. 창틀과 벽

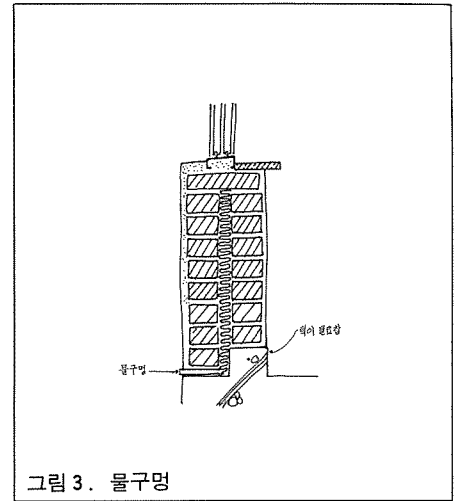


그림 3. 물구멍

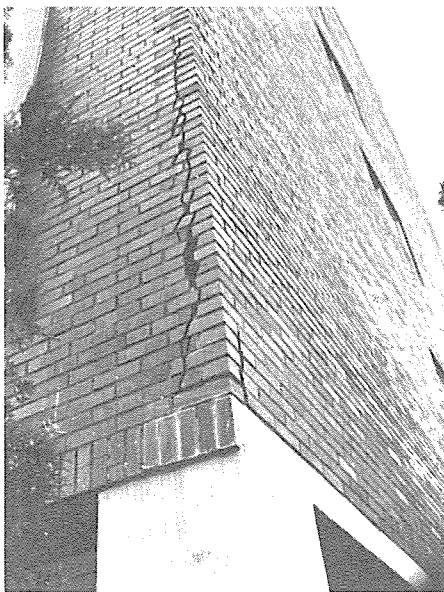


그림 4. 넓은 벽면

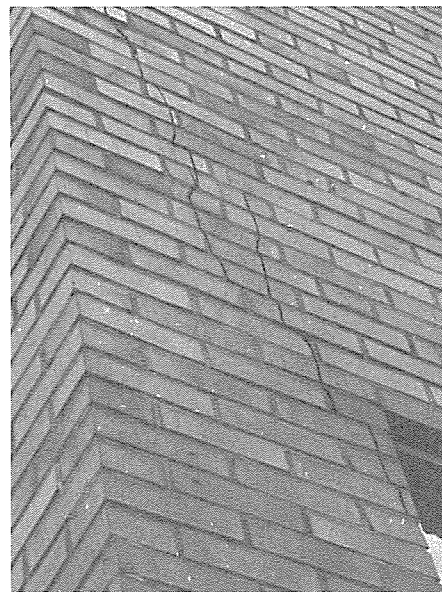


그림 5

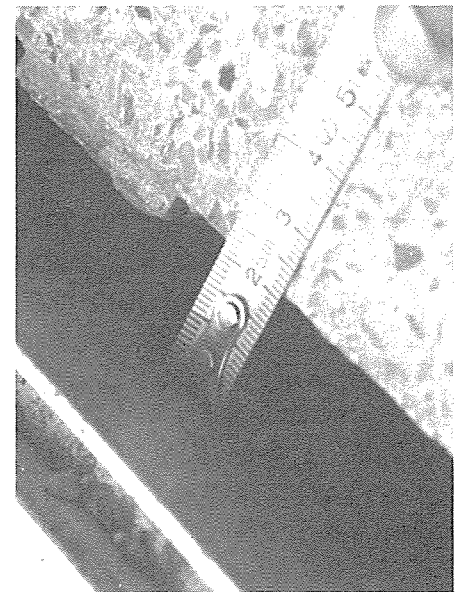


그림 6

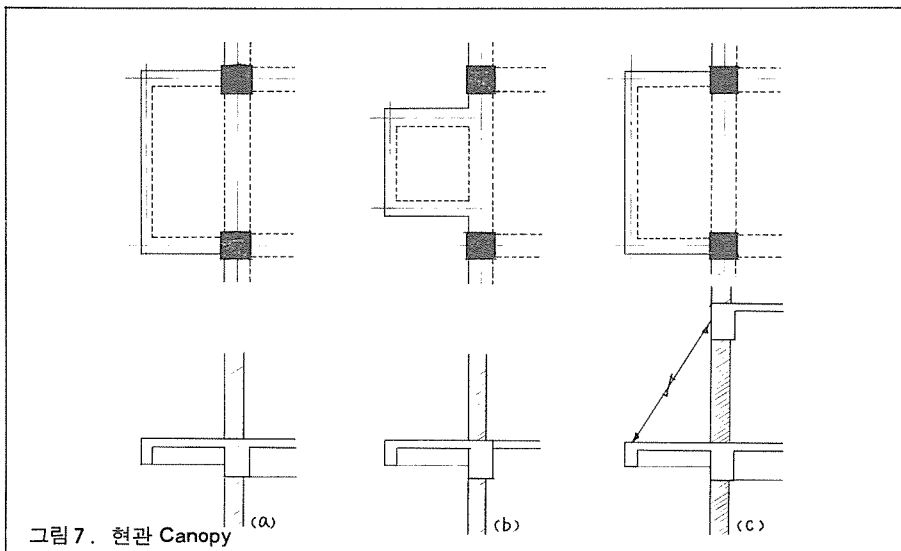


그림 7. 현관 Canopy (a)

(b)

(c)

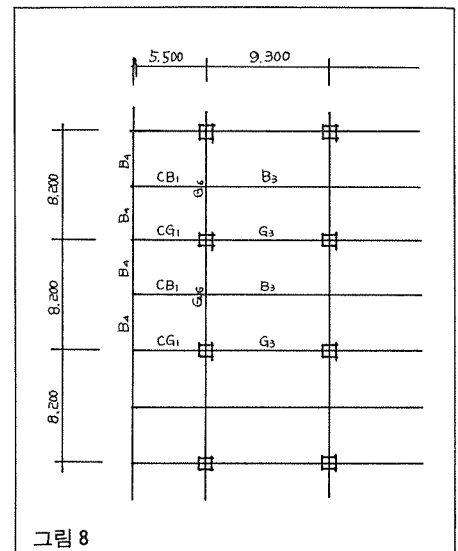


그림 8

번 잘하다가 한번쯤 잘못된 것을 처벌하는 것은 너무 심하다는 얘기였습니다. 그럴듯 합니다. 하지만 10년 동안 무사고 운전하던 운전수가 어느날 사고를 저질렀을 때 용서를 받을까? 라는 반대 질문을 하는 것으로 대답을 대신하는 것이었습니다.

우리가 설계하는 건물은 99% 안전하다고 해서 받아 들여지는 것이 아닙니다. 100% 안전해야 합니다. 그래서 일을 많이 할수록 점점 두려움이 많아 집니다.

구조부재로서 가장 불리한 것이 Cantilever 입니다. 국민학교에서 앞으로 나란히 / 를 해 보았을 것입니다. 빈손으로도 오랜동안 견디기 어렵습니다. 가장 아픈 부위가 어디입니까? 손가락 끝이 아니라 어깨 근처입니다. 손가락 끝에서는 Bending Moment가 0 이고 어깨에서의 값이 가장 큼니다. 팔이 아무리 튼튼하다고 해도 어깨 즉 팔을 붙들어 주는 고정단이 약하면 팔을 아래로 내려야 합니다.

그림 7 과 같은 현관 Canopy가 많습니다.

㉓는 아주 점잖은 구조입니다. 그러나 Canopy 가 너무 길어지면 ㉔에서처럼 달아 매는 방식을 쓰기도 합니다.

㉔는 대개 경량구조일 때 많이 쓰이는데 달아 매는 Wire 나 강봉은 눈에 띄지 않아야 좋으므로 가느다란 부재가 선택됩니다. 그러나 바람이 세차게 불면 Canopy는 위로 들리게 되며 들렸다 떨어지는 충격은 장기간 외기에 노출되어 부식한 인상재와 Turn Buckle 접속부위가 끊어져서 이를 피하는 사람을 다치게 합니다.

㉕는 가장 못때먹은 구조방식입니다. 천하 장사라도 철봉에 수평으로 매달려 정지할 수는 없습니다. 이런 구조방식으로 그것도 길수록 좋다는 주문은 건우어 주시기 바랍니다.

최근 필자는 한가지 어려운 문제로 고통을 받고 있습니다. 충고는 정해졌고 Cantilever의 길이는 무려 5.5m라야 한다는 건축주의 요구입니다. (그림 8 참조)

CB<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, CG<sub>1</sub>, G<sub>3</sub>를 변단면재로 설계하여 ㉖열에서 보의 춤이 최고가 되도록 하였습니다. 그래도 처짐량이 상당했습니다. 치울림을 주어 최종 처짐이 눈에 띄지 않게 배려했습니다.

그러나 예기치 않던데서 문제가 생겼습니다. B4 위에 P.C. Curtain Wall 을 설치하다 보니 CB<sub>1</sub>과 CG<sub>1</sub>의 처짐량에 차이가 있고 B4 의 처짐도 이에 가담합니다. CB<sub>1</sub> 끝의 최종 처짐량은 기둥의 강성 때문에 회전이 줄어든 CG<sub>1</sub>의 처짐보다 많고 또한 G<sub>6</sub>의 처짐도 영향을 줍니다. 그러므로 B<sub>4</sub>에 얹히는 P.C. 벽은 여러차례 조정해야 하는 불편을 겪고 있습니다.

보의 중앙 처짐은 일반적으로 건축 Detail상에서 별로 문제점으로 부각되지 않습니다. 대개 긴 Span 보의 중앙은 Open Space로 쓰이며 경량간벽으로 간막이 하는 것이 고작입니다.

그러나 외벽은 상황이 다릅니다. P.C. 벽일 경우 Joint 의 간격이 변하고 조적조에서는 균열의 원인이 되기도 합니다. 즉 P.C. 나 조적조로 외벽이 구성되는 보의 부재 허용처짐은 Span의 몇분의 1로 규제하기에 앞서 절대치의 제한이 필수적이라 생각됩니다. 그 부재자체만의 처짐이 아닌 主部材의 처짐을 포함한 최종 처짐의 크기입니다.

그러나 그렇게 제한하다 보면 단면들이 너무 커져서 불경제적인 뿐만 아니라 층고제한 등에 의한 제약을 받게 되므로 긴 Span일 때는 특별한 상대변위 흡수 Detail이 연구되어야 하겠읍니다.

지금 같이 Long Span 건물을 겁없이 설계하는 것을 생각하지도 못했던 시절에는 단면의 크기가 주로 부재응력에 의한 응력도에 의하여 결정되었습니다. Crane Runway Girder같이 처짐량의 제한이 엄격한 구조재일 때에야 처짐에 의하여 단면이 커지는 정도였습니다. 그래서 부재응력이 너무 커지면 고강도강으로 재질만 바꿔써도 되는 때가 많았습니다.

우리가 흔히 쓰는 강재의 허용응력도는 1.6t/cm<sup>2</sup>이고 고강도강은 2.2t/cm<sup>2</sup>입니다. 즉 고강도강이라고 해야 2.2/1.6=1.375이므로 보통강재보다 37.5%의 하중을 더 지탱한다는 뜻입니다.

건축사 시험을 준비할 때 
$$\delta = \frac{M}{Z} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

이런 공식을 외웠을 것입니다.

모멘트 Mt·cm 이 정해졌으면 부재의 단면계수 Zcm<sup>3</sup>의 선택 여하에 따라 응력도 δ t/cm<sup>2</sup>는 커졌다 작아졌다 합

니다. 이 δ의 값이 강재의 종류에 따르는 허용응력도 이내이면 우선 안전하다고 판정하는 것입니다.

그런데 등분포 하중을 받는 단순보의 중앙 최대 처짐 δ는

$$\delta = \frac{5Wl^4}{384EI} = \frac{5Ml^2}{48EI} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

입니다.

식②를 보면 아무리 찾아도 보통강재나 고강도강이니 하는 강재의 재질 특성이 들어 있지 않습니다. 고강도강이나 보통강이거나를 막론하고 강재의 영계수 E는 2,100t/cm<sup>2</sup>입니다. 단면 2차 Moment Icm<sup>4</sup>는 단면의 모양에만 관계되는 값입니다. Moment Mt.cm 보의 길이 lcm도 재질과는 관계 없습니다. 고강도강을 써서 단면을 줄이는데 정신을 잃고 있는 동안 처짐이라는 복병으로부터 강타를 당하고 맙니다.

식②를 다시 풀이하면 처짐량 δcm는 모멘트 Mt·cm에 비례하고 보의 길이 cm의 자승에 비례합니다. 또한 영계수 Et/cm<sup>2</sup>와 단면 2차 Moment Icm<sup>4</sup>에 반비례합니다.

앞에서 말한대로 E는 보통강재나 고강도강이 다 같이 2,100t/cm<sup>2</sup>이므로 처짐을 줄이려면 I값을 크게 하는 도리 밖에 없습니다.

처짐량을 결정하는 가장 큰 요인은 식②의 前項에서 보는 바와 같이 보의 길이 l입니다. 무려 l의 4승에 비례합니다. 같은 단면의 보에 같은 등분포 하중이 작용할 경우 보의 길이를 2배로 늘이면 처짐량은 16배로 커집니다. 한마디 더 하겠읍니다, Span 6m에 걸었던 보의 처짐량이 1cm였을 때 Span 12m에서도 같은 재료를 쓰고 처짐을 같은 1cm로 제한하려면 보를 16개나 나란히 놓아야 한다는 뜻입니다. 즉 강재량이 16배라는 말입니다.

그래서 Span이 크면 보 춤을 키워야 한다고 주장합니다. Cantilever보도 마찬가지입니다. 기회에 공식 하나만 더 쓰겠습니다.

등분포하중을 받는 Cantilever보의 최대 처짐량 δ는

$$\delta = \frac{Wl^4}{8EI} = \frac{Ml^2}{4EI} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

“구조”라고 하면 아예 외면하시는 일부 건축사들에게 공식 몇개 구경시키려고 美人計까지 쓰게 된 것을 용서 바랍니다.