

# 건물의 바닥구조 설계

## Beam and Slab Structural Design of A Building

REPORT

金容孚 / 성균관대학교 건축공학과 교수  
by Kim, Yong-Boo

건축가는 건물의 건축설계(Architectural Design)에 책임을 진다. 즉 그는 건물의 모양, 건축주의 요구에 부응하는 모든 시설의 계획, 계단이나 승강기의 계획과 위치, 필요한 설비, 시설 등을 결정하며 내외부에 사용하는 재료를 구체적으로 지정한다. 그는 또한 후에 구조기술자의 자문으로 수정할 수 있지만 보와 기둥의 간격 및 위치를 결정한다. 건축가는, 아주 간단한 건물외는 구조설계에 책임이 있는 구조기술자에게, 그의 예비설계 도면을 넘겨서 건축의 구조를 처리하게 한다. 그런데 이 초기의 단계에서 구조의 강도를 검토하는 구조해석은 구조기술자에게 맡겨진다고 할지라도 그 이전에 검토되어야 할 구조설계는 건축가와 구조기술자가 다같이 초기의 건축설계에 맞는 건전하고 합리적이고 경제적인 최적 구조를 얻을 수 있도록 노력해야 할 것이다.

구조설계란 경험과 기술과 예술적 직관의 결과로 얻어져야만 하기 때문이다. 건물의 구조는 그의 목적에 부응하기 위하여 붕괴에 대하여 안전(safe)해야 하며 사용(serviceable)에 지장이 없어야 하고 경제적이어야 한다. 안전은 구조의 강도(strength)가 구조에 작용하는 모든 하중에 대해서 충분해야 함을 요구한다. 사용성(serviceability)은 부재의 처짐이 알맞게 작고, 만약 균열이 생기더라도 균열폭이 허용치 이내가 되며, 진동이 최소화되는 것을 요구한다. 건물

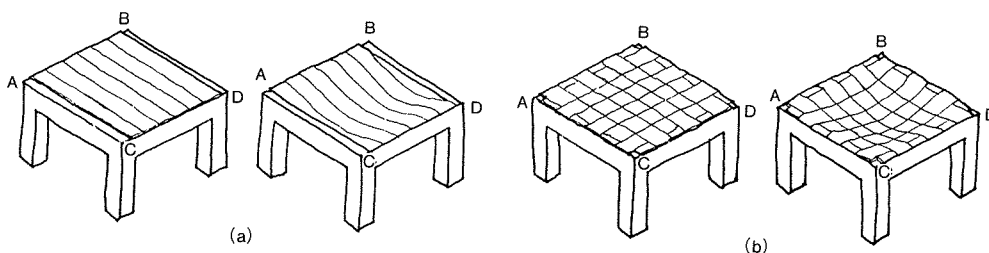
구조의 경제(economy)는 단순히 사용된 재료값 뿐만 아니라 그 이상의 것과 관련된다.

시공경제(construction economy)는 복잡한 것인데 원자재, 구성(fabrication), 건립(erection), 유지 등도 포함되어야 한다. 또한 설계 및 시공 인건비와 에너지 소비비도 고려되어야만 한다. 시공속도와 금융비용 또한 인자가 된다. 설계는 사용재료 선택과 구조계획에 있어 여러가지 案이 있을 수 있는데 전술한 것같은 목적에 부응하며 건축적 고려(architectural or functional consideration), 설비적 고려 등을 감안하여 최상의 해결(best solution)로 설계가 결정되어야 할 것이다. 간단한 구조설계의 예로 다음의 일반적인 바닥구조 문제에 대한 구조 설계안을 참고로 제시한다.

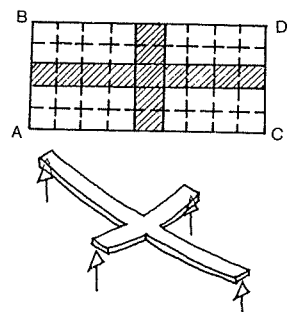
### 바닥구조(Beam and Slab construction)

슬래브에 작용하는 하중은, 어떻게 설계하는가에 따라, —방향으로 전달하거나 二방향으로 전달하게 할 수 있다. (그림 1)에서 二변 AB와 CD에만 천띠를 고정된 의자 (a)에 앉으면 사람의 무게는 띠를 따라 가장자리에 전달된다. 이러한 것이 —방향 슬래브에 비교될 수 있다. 다음에 (b)의 그림에서와 같이 천띠를 변 AC와 BD에도 고정한다. 정사각형 모양이라면 하중은 二방향의 띠(하나는 AB에서 CD에, 다른 하나는 AC에서 BD에 걸친 것)에 의해 반씩 분담되어 전달된다. 이것은 二방향 슬래브에 비교될 수 있다.

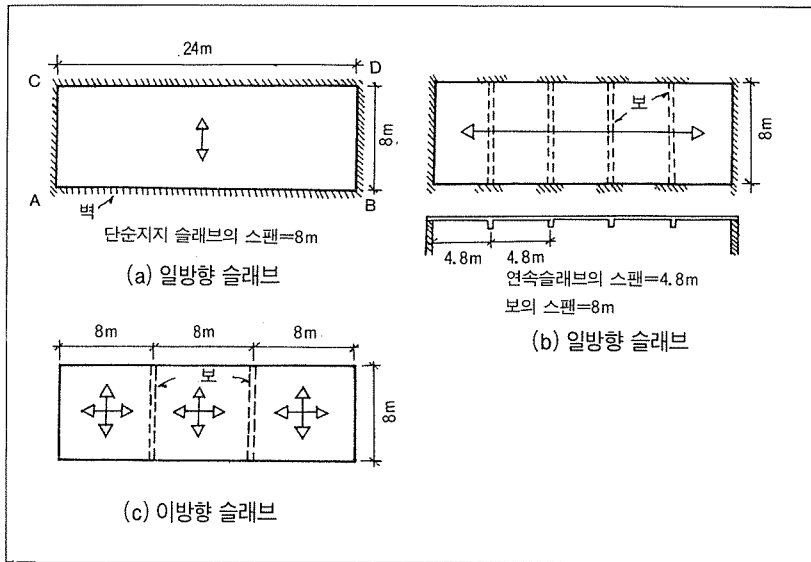
철근콘크리트 슬래브에 있어 二방향으로 배근된 철근은 이 二방향의 천띠와 같은 일을 한다. 二방향 슬래브는 전체하중의 일부로 응력이 계산되기 때문에 그 값이 —방향 슬래브때보다 작다. 등분포하중의 경우 응력은 하중에 비례한다. 슬래브가 정방형이거나 그것에 가까운 形狀인 경우에는 二방향 슬래브가 된다. 슬래브가 장방형 形狀인 경우에는 전체하중이 二등분되어 전달되지 않고 짧은 스펠 쪽에 많은 하중이 전달된다. 예를 들면 (그림 2)에서 변 BD의 길이가 변 AB의 길이의 두배라면 단위 면적당의 슬래브에 작용하는 하중은 단변에 약 16/17(94%), 장변에 약 1/17(6%)씩 전달된다. 그 이유는 양 방향에서 다같이 가운데 띠를 ㄱ집어 내어 생각해 보면 알 수 있다. 철근콘크리트는 일체로 되어 있기 때문에 二방향의 처짐은 중앙에서 같다.



[그림 1]



[그림 2]



[그림 3] 구조 평면도(8m×24m)

짧은 부재는 긴 부재에 비해 같은 크기의 처짐을 일어나게 하기 위해서는 더 딱딱하기 때문에 더 큰 하중이 필요하다. 그래서 단변 부재는 전체하중의 대부분을 전달하게 된다.

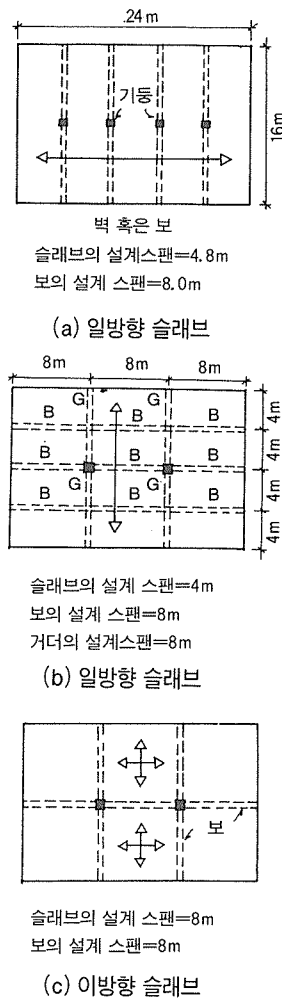
휨재(슬래브, 보 등)에는 처짐이 생긴다. 처짐은 스패んに 비례하는 것이 아니고, 등분포하중의 경우, 하중에는 비례하고 스패ん 길이의 4제곱에 비례한다. 하중의 분할은 슬래브의 변장비가 2:1인 경우 처짐의 비는 2:1, 즉 16:1이 된다. 전체하중(17)중 짧은쪽은 16/17, 긴쪽은 1/17씩 분할되는 것을 알 수 있다. 다음(표 1)은 여러가지 변장비에 대한 하중의 분할(%)를 참고로 계산한 것이다. 변장비가 1.5만 되어도 짧은쪽 방향으로 전체하중의 84%가 전달되므로 거의 일방향 슬래브가 되는 것을 알 수 있다.

보의 처짐의 크기를 알아보는 것은 구조설계에서 중요한 사항이다. 어떤 하중하에서 보의 설계란 응력도의 크기와 보의 처짐을 검토하는 것이다. 그것은 안전해야 하고 허용치 이내가 되어야 한다. 보의 처짐으로 일반적인 허용치는 전체하중(고정하중+적재하중)에 대해서는  $L/240$  이고 적재하중에 대해서는  $L/360$  정도이다. 스패ん(L)이 8m인 경우  $L/240$ 은 약 3.3cm이고  $L/360$ 은 약 2.2cm이다. 과도한 처짐은 보에 부착된 비구조재료에 균열을 생기게 하고 바닥이 구조처짐에 의해 개구부가 작동이 안되는 경우도 있게 되며, 바닥이 만곡이 되어 건물 사용에 지장을 초래한다. 더 중요한

[표 1] 두방향 슬래브에서의 하중의 분할(%)

변장비	분할*	변장비	분할
1.0	50 : 50	1.6	87 : 13
1.1	59 : 41	1.7	89 : 11
1.2	67 : 33	1.8	91 : 9
1.3	74 : 26	1.9	93 : 7
1.4	79 : 21	2.0	94 : 6
1.5	84 : 16	2.1	95 : 5

\* 단변방향 전달하중 : 장변방향 전달하중



[그림 4] 구조 평면도 (16m×24m)

것은 평지붕의 경우 물이 괴어서(ponding) 결과적으로 바닥의 파괴(dishlike collapse)가 생길 수도 있다. 처짐은 전체하중 중 고정하중의 비중이 클 때에 특히 위험하다. 예로 철근 콘크리트 보는 크리프 때문에 장기간 후에 모른 사이에 처짐이 커져서 충분히 불안정하게 될 수도 있다. 그래서 무거운 벽체나 지붕을 지탱해야 할 보에서는 처짐조정 설계에 특별한 고려가 필요하다.

어떠한 구조이든 경제성은 첫번째로 고려해야 할 사항일 수 있다. 경제성은 적절한 구조부재의 배치로 이루어지는 경우가 많다. 아주 간단한 예로서 24m×8m 크기의 평지붕 구조설계를 생각한다.(그림 3 참조) 우선 지붕을 벽 AB와 CD 사이에 스패ん 8m의 단순지지 일방향 슬래브로 설계한다면 스패ん이 커서 슬래브의 두께는 아주 두꺼워진다.(약 24~26cm 정도)(그림a). 대안 설계로 (b)그림과 같이 철골보 혹은 철근콘크리트보를 넣으면 슬래브의 스패ん은 4.8m가 되고 (a)와는 다른 방향의 하중전달 연속 일방향 슬래브가 되어 응력이 (a)의 경우에 비해 많이 작아지므로 경제적이다. 그것은 등분포하중의 경우 휨모멘트는 스패ん의 자승에 비례하므로

$8^2 : 4.8^2 \approx 2.8 : 1$ 에 관련되고 연속보의 경우 모멘트 계수는 단순지지보의 경우보다 작기 때문이다. (b)와 같은 설계의 경우 (a)의 경우보다 슬래브 두께가 얇아지며(약 13cm 정도) 보의 수는 증가되고 있지만 재료(철근과 콘크리트)의 양은 (a)의 경우보다 작아질 것이다. 또 다른 설계방법으로 (c)와 같이 하면 좀 큰 스패ん의 두방향 슬래브가 된다. 이때 슬래브는 정방형이므로 각 방향에 작용하는 하중은 전체의 반이고 연속슬래브가 되기 때문에 이 구조도 큰 문제가 없다. 하중의 전달 방법은 설계 여하에 따라 자유자재이다.

다른 설계 예로서 앞의 경우보다 크기가 두배가 되는 24m×16m 크기의 건물 평지붕의 설계를 생각해 본다.(그림 4 참조) 이때도 여러가지 설계가 가능하고 그들은 여러가지 면(외장, 구조, 설비, 시공, 경제, ...)에서 검토되어 최적의 것으로 구조설계를 결정해야 할 것은 앞 예의 것과 마찬가지로다. 기둥이 다소 근접해 있어도 지장이 없는 건물이라면 계획(a)과 같이 기둥을 4개 설치하면 보의 스패ん은 8m가 되고 적당한 보 단면으로 설계된다. 이 계획에서 횡방향으로 기둥을 연결하는 보도 없어도 무방하다. 횡방향의 스패ん 4.8m의 연속 슬래브와 종방향의 골조로도 구조의 전체성(integrity)이 확보될 수 있기 때문이다. 종방향으로 슬래브 밑이 전체적으로 평활하여 여러가지 면(외장, 설비, 시공, 경제 등)에서 유리하다. (b)와 같이 작은 보를 넣은 설계는 (a)와 비교하면 기둥수는 적고 보의 수는 많고 하중 전달 방향이 달라지며 슬래브의 응력이 다소 작아진다(스패ん 자승비 참조;  $4.8^2 : 4^2 \approx 1 : 0.7$ ). 작은 보(B)는 큰 보(G)에 지지된다. (c)와 같은 작은 보 없는 설계는 두방향 슬래브가 된다.

이상과 같은 간단한 예의 문제를 다루는데 많은 건축관계 종업원이 아직 서투른 것을 알았기 때문에 참고로 써보았다. 조금이라도 도움이 된다면 좋겠다.