

# 재미로 읽는 構造

## (3)

李 昌 男

### 17. 安全率이란 무엇인가?

같은 規格의 製品을 大量生産하는 生産業체에서는 試製品을 여러가지 方法으로 試驗을 하며 試驗値를 一定한 安全率로 나눈값을 表示하여 그 範圍内에서만 使用하도록 制限한다. 使用者가 그 制限値를 넘는 無理한것을 했을때 發生하는 結果에 對해서는 生産者가 責任을 지지 않는다. 安全率을 높일수록 生産者는 늘어나며 낮출수록 瑕疵發生頻度가 높아진다. 建築生産活動도 마찬가지로 이기는 한데 한가지 다른것은 實物大 試驗이 어려워 거의 모든 境遇 無試驗費過라는데 있다.

담당한 建築主들이 設計者에게 質問을 해온다. “이 建物は 安全率을 얼마로 보고 設計한것입니까?”

設計者는 그게 構造計算한 사람 所管이라는 뜻으로 내 얼굴만 쳐다본다. 대답할바를 몰라 우물쭈물하는 나를 못마땅한듯 외면한채 “이 建物は 콘크리트조니까 安全率이 3이지요.” 라고 시원스럽게 對答한다.

建물이 다 되어가다가 했더니 불쑥 튀어나오는 또 하나의 質問이 이 建物위로 몇層을 더 增築할수 있겠느냐? 는거다.

이렇게 해서 시작된 승강이는 잘 해야 다시한번 精算해서 輕量構造로라도 한層 더 增築이 可能한가 確認해보겠다. 라는 재탕일감만 생기고 그렇지 못하면 온갖 오해와 아울러 建築士가 무더기로 욕먹는 變을 당하기가 일쑤다. 鐵筋콘크리트에 配筋되는 鐵筋을 보자. 鐵筋을 잡아당기면 늘어나고 누르면 줄어든다. 잡아당겼다가 놓았을때 제자리로 돌아올수 있는 限界點 즉 더이상 잡아당겼다가 놓으면 제자리로 못돌아가는, 곧병들고 마는 그 점을 “降伏點”이라 부른다.

降伏點은 材料試驗室에서 찾아내는데 鐵筋을 기계에 물려서 잡아당겨보고 그 變形狀態를 보아 判斷하는, 그자리에서 금방 알아내는 값이다.

같은 힘으로라도 試驗室에서 行한것처럼 잠깐동안만 잡아당겼다가 도로 놓아주면 제자리로 돌아가는데 계속 당

기고 있다가 놓아주면 못돌아가는 일이 있다. 이러한 것을 감안하여 鐵筋을 短期荷重에는 降伏點까지 견딘다고 決定하며 長期的으로 作用하는 荷重에는 그의 1/1.5까지 견딘다고 보아 設計하도록 規定되어 있다. 우리나라에서도 建設部에서 制定한 鋼構造計算規準과 鐵筋콘크리트構造計算規準에 다같이 그대로 適用하도록 되어있다.

콘크리트는 좀 복잡한데가 있다. 構造計算에서 基準으로 삼고있는 設計基準強度(例28日圧縮強度 $F_c=180\text{kg/cm}^2$  210 $\text{kg/cm}^2$ )로부터 說明하면 다음과 같다.

設計基準強度는 그 값보다 적은값을 내는 強度의 確率값(不良率)이 一定率 以下로 되는 特定値를 뜻한다. 좀 어려운 말이지는 하나 쉽게들 생각하는 最低·最高 또는 平均値는 아니다.

우리나라 建設部에서 認定하는 設計基準強度 以下の 不良率은 全體의 약16%이다. 다른것은 다 잊어버려도 實際 建물에 施工된 콘크리트의 28日圧縮強度는 設計時 決定한 값과 一致하지도 않으며 더구나 반드시 더 크지도 않다는 것이다. ACI 舊規準(1971年度)을 예로들면 設計基準強度 210 $\text{kg/cm}^2$  콘크리트의 許容下限値는 154 $\text{kg/cm}^2$ 였다. 콘크리트의 壓縮·剪斷, 附着等 各種 応力에 對한 許容値는 서로 다르며 따라서 安全率이 얼마라고 딱잘라 말하기는 어렵다.

그러나 여기에서 分明히 밝히고 넘어가야 할것은 철근 콘크리트構造物에는 “安全率 얼마”라고 하지 못한다는 것이다. 각 나라마다에는 그나라 實情에 맞도록 制定된 規定이 있으며 設計者가 그 規定의 테두리 안에서 構造設計計算을 하면 우선 法的인 保護를 받게된다. 構造計算書가 設計書의 一部로서 許可수속할때 提出하는것은 이를 確認받기 위해서이다. 나보다 먼저 많은 研究를한 學者, 實驗室에서의 試驗結果, 또는 施工經驗을 토대로 여러차례의 改正을한 規定을 뒤엎을만한 充分한 根據 없이는 規定에 맞추어 設計한다는것이 筆者의 고집이다. 선 무당 사람잡듯 두세번의 經驗을 믿고 蠻勇을 부리는일은

없어야 한다. 한두번 漢江을 헤엄쳐 건너 사람이 항상 건널수 있는것은 아니기 때문이다. 漢江물이 때로는 얼음같이 차기도 하고 장마철 江巾과 流速은 平常時와 다르다는것을 알아야 한다.

18. 固定荷重, 積載荷重

달나라를 旅行하는 사람들은 물건의 무게가 變하는것을 느끼겠지만 땅에 발붙이고 살려면 地球의 引力과 싸우며 살아가야 한다. 比重이 큰 물건은 무게가 무겁고 적은것은 가볍다고 한다. 가볍고도 튼튼하고 거기다 값싼 材料가 무언인가를 찾아 헤메는것이 建築設計하는 사람들의 일 중의 하나이며 이미 選擇된 構造材料를 어떻게 配置하면 가장 덜고도 튼튼하겠는가를 研究하는것이 構造設計하는 사람들의 日課이다.

이제 構造를 職業으로 하는 자로서 建築設計하는분들에게 한가지 부탁말씀을 들어야겠다. 우리도 이제는 固定荷重을 줄이는 일에 힘을 써야한다.

외국사람이 우리나라에 와서 보고 놀라는것중의 하나가 기둥이 이상하게 크다는 것이다. 외국에서 짓는 집들의 建築材料와 우리것을 비교하면 그 理由를 알게 될 것이다.

그들은 바닥S lab 를 콘크리트로 設計할때 輕量콘크리트를 곧잘쓴다. 間壁은 물론 乾式輕量이며 鐵骨建物일 경우 기둥이나 보의 耐火被服 역시 輕量材料로 하고있다.

反面 우리는 콘크리트 S lab 면 의례것 重量 콘크리트이고 間壁은 벽돌아니면 Block , 화장실은 防水하고 Tile 붙이기, 지붕은 더욱 심해서 防水保護콘크리트라는 名目の 重量材로 덮을때 그 물勾配를 잡다보면 20~30cm 두께가 나올때도 있다.

일일이 그 내역을 나열하기는 번거로우나 大体로 外國建物の 單位面積當 全荷重은 우리것의 半程度에 不過하다는 事實을 알면 놀랄것이다. 게다가 主構造材로 사용되는 콘크리트의 設計基準強度는 外國것에 未達되니 構造材의 断面이 점점 커진다는 것은 自明한 이치이다.

우리는 개미허리나 코끼리다리에서 構造力學上의 理致를 깨달을 수 있다.

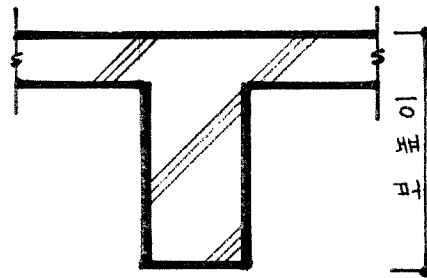
개미를 코끼리 크기만큼 擴大시켜 놓는다면 그런 動物이 살아남을수 있을까? 이 動物은 허리와 다리가 부러져서 걸지도 못하고 말것이다. 즉 코끼리의 무게를 지탱하기 위해서는 그만큼 断面의 다리뼈가 必要한것이다.

이와같이 建物도 荷重이 커지면 構造断面은 그 荷重이 커진것만큼만 커지는 것이 아니라 그보다 더 커져야 함을 알아야 한다.

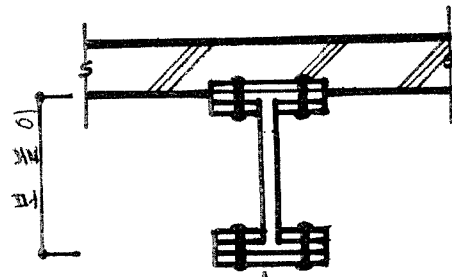
지붕을 스텔트나 합석같은 材料로 덮는것과 콘크리트 S lab 로 設計하는것을 對比較해 보기로 하자. 스텔트 무게는 약 25kg /m<sup>2</sup>, 중도리를 10kg /m<sup>2</sup>라 하면 합해보

아야 35kg /m<sup>2</sup>인데 反해 S lab 두께 12cm이면 288kg /m<sup>2</sup> 방수에다 보호콘크리트 무게를 합하면 두께에 따라 다르지만 약 450kg /m 에 達하게 된다. 무려 13倍나 된다. 개미와 코끼리는 아니라도 엄청난 差異다. 그러나 鐵骨建物이라도 바닥을 콘크리트S lab 로 하고 間壁은 組積造로 하는 式이면 全體重量에서 줄어드는것은 보나 기둥의 自重差異뿐이다.

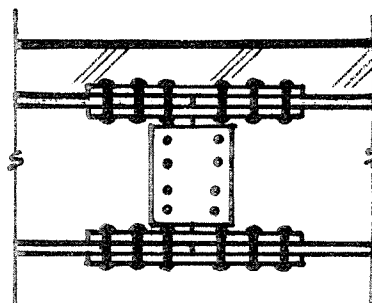
鐵骨造로 設計한다고 해서 보의 높이가 크게 줄어드는것은 期待하지 말아야 한다.(그림33참조) 鐵筋콘크리트보의 높이는 S lab 두께를 包含시키고 別途耐火被服을 안해도 되지만 鐵骨造는 그렇지 않으므로 보 自体높이 이외의 두께가 所要되기 때문이다(合成보일때는 例外).



철근 콘크리트



耐火被服



<그림 33> 철골보 높이의 비교

그러므로 筆者는 항상 “鐵骨建物은 鐵骨建物답게”를 부르짖는다. 鐵骨建物에 組積造나 기타 沿式工事を 곁들이는 것은 격에 맞지 않는 工法이다.

積載荷重은 그 바닥의 用途에 따라 法으로 定해 놓았는데 각 나라마다 그 크기가 다르며 우리나라것은 日本것을 그대로 옮겨 놓은 것이다.

같은 用途의 바닥이라도 床用積載荷重과 骨造用積載荷重에는 差異가 있는데 이는 荷重의 集中係數를 서로 다르게 假定했기 때문이다.

예를 들면 事務室의 積載荷重은 床用이 300kg/m<sup>2</sup> 이고 骨造用은 180kg/m<sup>2</sup>로 規定되어 있는데 이 값의 計算根據는 다음과 같다.

事務室에서 使用하는 家具의 重量은 50kg/m<sup>2</sup> 集中係數는 床用이 6, 骨造用이 3으로 되어있으며 事務室에서 일하는 사람의 무게는 30kg/m<sup>2</sup>, 集中係數는 床用이 0, 骨造用을 1로 規定하고 있다. 用途에 따라서는 衝擊係數도 定해놓고 있는데 積載荷重을 決定하는 公式은

$$\text{積載荷重} = \text{物品荷重} \times \text{集中係數} + \text{사람重量} \times \text{集中係數} \times \text{衝擊係數}$$

이므로

$$\text{床用} = 50\text{kg/m}^2 \times 6 + 30\text{kg/m}^2 \times 0 = 300\text{kg/m}^2$$

$$\text{骨造用} = 50 \times 3 + 30 \times 1 = 180\text{kg/m}^2 \text{이다.}$$

이들 各數値는 1947年 日本에서 建築規格으로 發表한 것인데 그동안 社會 全分野의 發達은 定해진 積載荷重種別에 包含되지 않는 用途의 室이 많아져서 構造計算에 많은 不便을 겪고 있다.

積載荷重을 決定하기 위하여는 物品荷重을 알아야 한다. 물탱크나 機械荷重을 質問할때에도 또 한차례 說明을 해야 한다. 무게, 크기, 位置, 衝擊係數등을 알아내기 위해서 이다.

같은 무게의 물건이라도 바닥을 차지하는 面積, 配置에 따라 差異가 많이 난다.

工場設計를 할때 設計荷重을 물어보았을 경우 때로는 엄청나게 큰 값을 얘기하는 것을 보게 된다. 하나씩 물어보면 기계의 무게를 바닥에 닿는 面積으로 나눈 값일 때가 있다. 100m<sup>2</sup> 크기의 방 어느 한 구석에 2 ton짜리 무게의 機械 한대가 놓여있다고 하자. 機械가 차지하는 面積이 1m<sup>2</sup>이면 2t/m<sup>2</sup> (0.2kg/cm<sup>2</sup>)이고 4m<sup>2</sup>면 0.5t/2.05kg/cm<sup>2</sup>라는 式의 計算이다.

80kg 무게의 男子에게 발을 밟혔을때 보다 50kg무게의 女子에게 밟혔을때가 더 아플수가 있다. 男子의 신바닥과 내 발등과 닿는 面積이 100cm<sup>2</sup>라면 壓縮応力度는 80 ÷ 100 = 0.8kg/cm<sup>2</sup>인데 뽕죽구두 뒷꿈치 繼面積 1cm<sup>2</sup>로 밟은 내 발등은 무려 50kg/cm<sup>2</sup>을 받아 아픈 程度를 지나쳐 病院신세를 져야하는 것이다.

이런것을 감안한것이 集中係數이다.

바닥 slab 위에 自動車가 지나가도 되겠느냐는 確認은 잘 하면서도 잔디를 심기위해 30cm정도의 흙을 덮는 것은 아무것도 아닌것처럼 여기는 수가 있다. 우리 法規

에 車庫나 自動車道路 設計用積載荷重은 床用550/m<sup>2</sup>, 骨用造400kg/m<sup>2</sup> 이며 30cm두께의 흙을 덮으면 흙무게만도 510kg/cm<sup>2</sup>나 된다.

筆者는 우리 法에 規定된 이 自動車道路와 車庫荷重에 關해서는 不滿이 좀 있다. 都心地 駐車場法規의 強化로 建物마다 여러층의 車庫가 생겨나고 어떤때는 車庫만을 위한 建物도 設計하게 되는데 거기에 出入하는 車種은 거의가 小形乘用車여서 法規의 값이 좀 지나친것같이 느껴서이다. 가끔 트럭등의 重量이 큰 車種의 出入을 생각해서 그렇다 하더라도 여러층을 받는 기둥이나 基礎設計用으로는 積載荷重의 低減率만으로 補正하는 程度로는 별로 도움이 안되며 때에 따라서는 法規를 違反해가며 構造計算을 하고싶은 衝動을 받기도 한다.

참고로 우리나라 法規에 規定하고 있는 車庫나 自動車道路 設計用 積載荷重의 算出根據는 荷重을 滿載한 트럭의 車體面積當의 平均重量을 450kg/m<sup>2</sup>로 보고 衝擊係數1.25를 곱하여 (450 × 1.25 = 550 kg/m<sup>2</sup>) 이를 床設計用으로 하고 骨造用은 自動車間의 빈틈을 고려하여 450 × 1.25 ÷ 1.4 = 400 kg/m<sup>2</sup>로 본 것이다.

그러나 建物構造計算에서 제일 크게 잘못을 저지르는 일은 오히려 壁體荷重의 過小正價이다. 벽돌 兩面에 Mortar 을 2cm 두께로 바른 벽돌을 3m × 4m 單位마다 壁높이 3m를 쌓았을때 그의 單位面積(床)當 固定荷重은 약 800kg/m<sup>2</sup>에 達한다는 것을 알면 놀랄것이다.

지붕 위에다 事務室을 한층 더 올리겠다는 얘기를 하면 우선 現存 지붕에 깔려있는 防水保護콘크리트의 두께를 確認해보기 바란다. 만약 그 두께가 平均 15cm라고 하면, 또한 보통의 重量콘크리트면 그 무게만도 약 350kg/m<sup>2</sup>이니 原來 設計當時 計算에 넣었을 積載荷重과 합하면 (例 350 + 130 = 480) 400~500kg/m<sup>2</sup>의 값이 되는데 이는 防水保護콘크리트를 떨어내는 作業만으로 쉽게 얻어지는 量이다.

지붕構造를 輕量材料로 하고 間壁을 制限하면 下部構造의 補強이나 檢討없이도 增築이 可能한 것이다. 后日을 위해서 이런 짐을 실어놓는다면 모르되 設計當時의 약간의 잔재주, 예컨대 지붕 slab 를 물구배에 맞추어 施工하도록 한다면 하는 것을 쓰면 建物全重量이 많이 줄어 들게 되며 따라서 全工事費가 줄어들게 될 것이다. 外國雜誌에 紹介된 建物을 보면 建物總重量이 表示된 것을 보게 된다. 사람, 動物, 各種商品의 規格을 표시하는데 그 重量이 끼어들듯 建物의 重量도 表示하다보면 關心이 기울어질 것이기 때문이다.

옛날 우리 祖上들이 집짓는 이야기가 생각난다. 집을 한채 지으려면 나무, 돌, 흙, 물, 그리고 일꾼들이 먹을

밥이 집만큼 들어간다고 했다. 重量節約, 資源節約에 힘써주기를 부탁드립니다.

## 19. EXPANSION JOINT

기차를 타고 旅行을 하면 Rail과 Rail 사이의 이음마다에서 나는 달그락소리로 그 速度를 짐작하게 된다. Rail의 길이는 運搬, 設置의 어려움때문에 限없이 길게 하지도 못하겠지만 外氣溫度의 變化에 의한 膨脹收縮이 自由롭도록 이음이 있어야 한다고 배워왔다. 그러다가 Long-Rail의 長점이 發表되고부터는 토닥난 Rail을 熔接하여 Long Rail의 高요함을 선사해주고 있다.

建築構造책에도 옛날것일수록 Expansion Joint의 間隔은 좁아서 30m마다 두어야 한다느니 60m마다 넣어야 한다고 되어있다. 그러다가 요즈음에 와서는 그 間隔이 점점 멀어지고 있으며 심하게는 Expansion Joint無用論까지 나오는 實情이다.

事實上 이 Expansion Joint는 처음부터 골치아픈 存在다. 어떤때는 Expansion Joint를 두었기 때문에 더 많은 災害가 일어나기도 한다. 美國에서 發表된 長 建物(Expansion Joint 없는)은 鉄筋콘크리트造로 220m, 194m, 167m, 134m 등이 있다. 이들은 다 아무 이상없이 쓰여지고 있다고 한다. 이들이 있는 位置도 우리나라와 氣候條件이 비슷한 St·Louis, Washington, D.C., Los Angeles이다. 우리나라에도 길이 100m짜리 建物(政府綜合庁舎, 大宇빌딩, 大韓教育保險社屋 등)에 Expansion Joint가 없다.

같은 길이의 建物이라도 또한 같은 外氣溫度에 露出된 것이라도 構造物 自体가 받는 溫度影響은 같지가 않다. Curtain wall로 둘러싸인 建物은 그 内部에 保温된 骨造가 外氣溫度와 無關係는 물론이나, 地盤Slab는 그렇지 못하다.

햇빛을 많이 받는 西側面은 그렇지 않은 北側面과 같지 않으며 땅에 接하거나 地中에 묻힌 部材와 上部部材는 또한 條件이 다르다. 平面形態가 一直線인것과 돌출 凹入한것과는 같이 比較가 되지 않는다. 100m를 넘는 아파트에 Expansion Joint를 두지 않고 設計했는데도 아무일 없는데 30m 길이의 다른 아파트에서는 Roof Parapet와 발코니 난간에 龜裂이 생겨서 災害이다. 筆者가 Expansion Joint없이 設計한 가장 長 建物은 鉄骨造工場으로 180m였다고 기억되는데 몇년이 지나도록 아무런 일이 없다.

모든 建築材料는 溫度變化에 따라 그 길이가 달라진다. 엄밀히 말하면 建物自体는 항상 움직이고 있으며 즉 그 體積이 늘었다 줄었다 한다. 마치 사람이 숨을 쉬는 것처럼-. 그래서 어떤 學者는 이 建物의 커졌다 작아졌다.

하는 現象을 Breathing 現象이라고 하는 것을 보았다. 그 때문에 建物의 各材料에는 自由롭게 움직이도록 Joint를 만들어 주기도 하지만 어떤때는 오히려 못움직이도록 拘束하기도 한다.

金屬板으로 된 地盤에서 소리가 난다든가 갑자기 유리가 깨질때, 벽에 龜裂이 생기고 문짝이 갑자기 안열릴때 그 原因이 이 溫度에 의한 變形일수도 있다고 생각해야 한다.

建物이 水平方向으로 늘어나는것은 Expansion Joint로 災害를 없앨 수 있다손 치더라도 垂直方向으로의 變形은 그렇게 쉽지가 않다. 外氣에 露出된 기둥과 그렇지 않은 内部기둥과는 溫度變化에 따라 길이가 달라지는데 高層建物에서는 위로 올라갈수록 그 量이 累積되어 때로는 骨造에 惡影響을 미치기도 하고 間壁等에 틈이 벌어지기도 한다.

이때에 보의 Span이 짧으면 짧을수록 더 不利하다는 것은 재미있는 現象이다. 構造物의 溫度膨脹收縮量은 그 構造物의 施工時期에도 關係가 있다. 여름철에 施工된 建物은 收縮被害가 큰 反面 추운 겨울에 施工된 것은 膨脹被害가 많다.

이런面에서는 봄·가을에 工事한 建物이 좋다. 낮과 밤에 施工되는 部位 사이에도 눈에 띄는 差異가 난다. 햇빛이 쨍쨍 내려쬐는 한낮에 비벼넣은 콘크리트는 硬化熱과 함께 높은 溫度에서 膨脹한 狀態下에서 急히 硬化되며 밤에 친 콘크리트는 低溫에서 徐徐히 硬化되므로 서로 다른 質의 콘크리트가 된다.

더운 여름에 施工된 콘크리트 特히 富配合 콘크리트에 配筋된 鉄筋을 따라 龜裂이 發生하는 것은 콘크리트의 溫度가 너무 高溫이었다는 原因이 된다.

처음에 기차의 Rail에 關한 얘기를 했는데 기차 Rail은 여름철에 손을 대지 못할정도로 뜨겁고 겨울에는 또한 氣溫이 내려가는데로 敏感한 反應을 보인다. 15章에서도 說明한 바 있는 Roof Parapet나 Balcony난간같은 部材가 意外로 溫度變化의 被害를 많이 받는것은 마치 겨울철에 가장 시린 몸의 部位가 귀·코·손·발인것 처럼 建物이란 큰 몸동아리에서 제일 멀리 떨어져서 몸체의 體溫德을 보지 못하는 理由일 것이다.

하나의 建物部材도 溫度는 表面과 内部가 같지 않다. 断面이 클수록 溫度變化의 影響을 적게 받는것은 물론이다.

## 20. GERBER BEAM

土木技術者들이 橋梁構造에 자주 利用하는 方式인데 建築設計에서도 많이 쓰도록 勸奨하고 싶다.

單純보가 連續보보다 不利하다는 것은 다 아는 事實이지만 素材의 接合, 이음이 쉽지 않을때에는 하는수 없

이 單純支持시키는 것이 一般化되어 있다.

지붕 Truss에 없는 중도리의 例를 들어보자.

중도리 断面을 選擇하기 위하여 檢査하여야할 事項은 우선 부러지지 않아야 하고 어느 限度이상 처지지도 않아야 한다. 어떤때는 부러지는 現象(stress)에 많은 여유가 있는데도 처지는(Strain)量이 너무 커서 하는수 없이 큰 断面으로 바꾸게 된다. 물론 중도리의 兩端을 單純支持시키도록 計畵하였을때의 일이다. 그렇다고 連續보로 施工하기에는 素材의 길이 가 너무 길어져서 市場商品을 求하기가 어렵고 또한 이어쓰기에는 여러가지로 不便이 따른다.

이럴때 Gerber Beam의 原理를 導入하면 좋은 結果를 얻게된다.

Gerber Beam은 連續보에서 Bending 応力이 적은 位置를 골라 그곳을 잘라 Pin으로 다시 連結해 놓은 보로서 이 Pin에는 自動的으로 Moment의 값이 항상 0가 되는 特性을 갖게되는 보이다.

서로 連結된 骨造에 荷重이 作用하면 骨造를 構成하고 있는 어느 한 部材에 加해진 荷重이라도 그와 接해 있는 다른 部材를 通하여 全 架構에 応力을 伝達하게 된다. 그 応力의 크기를 알아내기 위하여 Moment 分配狀態를 따지고 이런 作業에 많은 時間을 消費하게 된다.

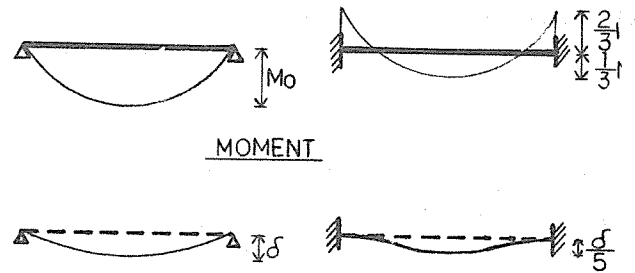
어느 한 보가 單純支持일때에 생기는 가장 큰값의 Moment를  $M_o$ 라고 하면 그 보의 兩端部가 自由롭게 돌아가지 못하도록 붙들어매주는 量에 따라 보의 中央部 Moment의 크기가 달라진다. 어떤때는 너무 세게 붙들어 매워서 오히려 中央部Moment의 크기가 붙들어매주는 Moment(端部 Moment)보다 적어지기도 한다. 그러나 特殊한 境遇를 除外하고는  $M_o$ 의 값을 넘지는 않는다. 같은 Span에 같은 荷重이 作用하는 連續보에는 어느 部分에도  $M_o$ 보다 큰 Moment가 發生하지는 않는다.

單純支持보의 兩端을 完全固定시켰을 때 그 보에 等分布荷重만 걸린다면 兩端의 Moment가 中央部 Moment 값의 倍가 된다는것은 建築士試驗에 應試했던 사람이면 누구나 다 아는 事實이다. 즉  $M_o$ 값의 兩배는 中央Moment, 나머지 一倍는 端部Moment라는 뜻이다.

보가 가장 現想的으로 設計되었다고 하면 中央Moment와 端部 moment가 꼭같이  $\frac{1}{2}M_o$ 로 되도록 端部 固定狀態가 定해졌을 境遇가 되겠으나 그게 마음대로 되지 않는다. 그 보의 端部와 接해있는 다른 部材의 能力에 의해서 定해지는, 말하자면 他意에 의해서 決定되는 때문이다.

Gerber beam의 얘기로 돌아가자. 連續보에서는 그 支點을 pin으로 놓았을때 Moment가 0이 되는 位置를 찾아내는 일이 어렵지 않다. Gerber Beam을 積極的으로

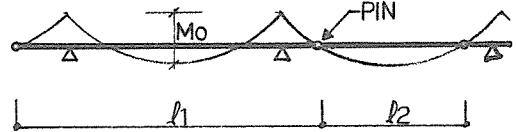
利用하려면 支點의 間隔을 適當히 節調하여 보 中央Moment와 支點Moment의 값이 같아지도록 만들수도 있다. 이런 利得은 없더라도 지붕 중도리같은 材料는 別다른 어려운 操作이 없이도 제법 좋은 效果를 期待할 수 있는 것이다.



처 절

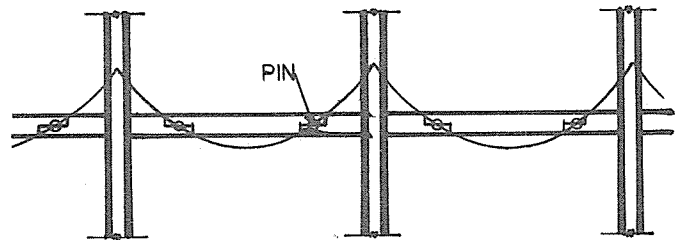
a. 單純보

b. 固定보



C. GERBER BEAM

(그림 34)



(그림 35)

그림 34 C에서  $l_1$ 의 길이가 市場製品 規格길이 이내라면 省儉한 構造方式이다. 비단 중도리같은 副資材뿐 아니라 主構造에도 잘 利用하면 좋은데 13章 單純보와 固定보에서 言及한 보의 Moment Connection을 變形하면 좋은 Gerber Beam을 얻어내게 된다. 다만 이 構造方式이 成功的인 利用을 위하여는 積載荷重의 部分的인 變化에 따르는 기둥에의 應力도 檢査하여야 하는 수고를 아끼지 말아야 한다.

## 21. 鐵筋의 配筋要領

鐵筋콘크리트라는 材料는 만들어내는 素材와 節次가 꽤나 硬성인데 反하여 力學的인 解析은 제법 높은 技術

을 필요로 한다. 鐵骨構造만 하더라도 어느 程度의 裝備과 技能을 갖춘자가 아니면 일에 손을 대지를 못하는데 鐵筋콘크리트 製作에는 그런것이 크게 소용되지 않는다. 그것이 鐵筋콘크리트의 長点이기도 하다.

한편 鐵筋콘크리트가 만들어지기 위하여는 큰 技術은 아니더라도 木手, 鐵筋工, 비벼넣는 콘크리트工的 힘을 빌어야 하며 좋은 質의 콘크리트를 만드는데는 역시 어느 程度의 技能은 要求되는 것이다. 아무나 特殊한 技術 없이도 할수 있는 일이니 待遇가 시원하지 않고 따라서 이 業에 從事하는 사람들은 항상 새사람들이다.

鐵筋콘크리트의 力學的인 理論따위를 알기를 期待하는 것 부터가 無理이다. 現場事情은 그렇다 치고 設計事務室에서 構造圖面을 作成하는 사람들의 技能은 어떤가? 全部가 그런것은 아니더라도 大部分의 設計事務室에서는 처음 入社한 補助員에게 構造圖面을 그리게 하는것을 보게된다. 骨造圖에다 符號나 붙이고 断面에는 鐵筋個數나 그려넣고 기껏해야 Rahmen圖에 鐵筋線이나 구부러 넣을줄 알면 되는 쉬운 일이라고 取扱하며 얼마간 이 일을 하다가는 自動的으로 연필線을 많이 긋는 建築圖面을 그리는 자리로 昇格하게 된다. 이렇게 되니 構造圖面 그리는 사람도 항상 새사람이다

鐵筋콘크리트 構造가 어느面으로 보나 鐵骨造보다 어려운데도 불구하고 鐵筋콘크리트가 아무나 할수있는 構造인것처럼 알고 있다. Slab鐵筋配筋을 제대로 自信있게 그리는 補助員이 몇이나 될까?

여기에서 鐵筋配筋에 関한 얘기를 시작하면 限이 없겠으므로 꼭 지켜야 하면서도 疎忽히 다루어지기 쉬운 詳細 몇가지만 說明하기로 한다.

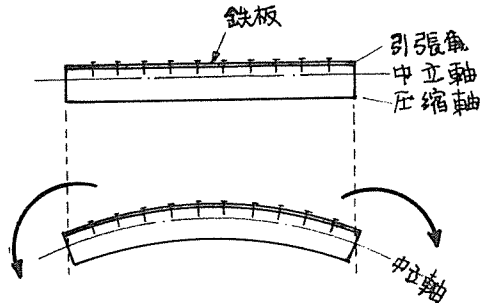
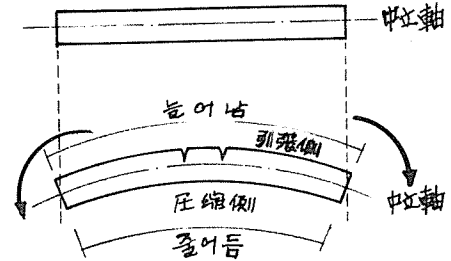
鐵筋콘크리트 部材에 Bending Moment가 作用하면 中立軸을 境界로 하여 한쪽은 引張應力이 생기고 그 反對쪽에는 壓縮應力이 發生한다. 다른 材料나 마찬가지로 鐵筋콘크리트도 中立軸에서 멀리 떨어져있는 粒子일수록 큰 應力을 받게된다.

나무토막을 꺾어보자. 中立軸에서 제일 먼 表面에서 부터 벌어지기 시작한다. 벌어진 틈을 보면 表面쪽이 제일 甚하고 中立軸에 가까울수록 벌어진 틈이 적어진다. 나무토막의 壓縮側은 오히려 눌러서 찌그러지며 길이가 줄어들게 되는데 이 찌그러지는 現象은 눈에 잘 안보일 따름이다.

나무토막이 잘 부러지지 않도록 하려면 어떻게 할까? 引張側 表面에 鐵板을 붙여본다. 좀체로 부러지지 않는다. 그러나 점점 더 힘을 주어 구부리면 壓縮側 나무 粒子가 부서지는것을 보게된다.

이것을 壓縮破壞라고 하며 이것을 防止하기 위하여는

壓縮側 表面에도 鐵板을 붙일수 있다. 나무代身 콘크리트토막이라면 鐵筋콘크리트가 되는것이다. 다만 鐵板은 콘크리트와 一體로 묶어주기가 어려우므로 鐵筋을 쓰는게 다를뿐이다. 또한 鐵筋을 表面에 露出시키면 녹이 날뿐만 아니라 콘크리트와 잘 붙어있지 않으므로 適當한 두께의 被服이 必要하게 된다.



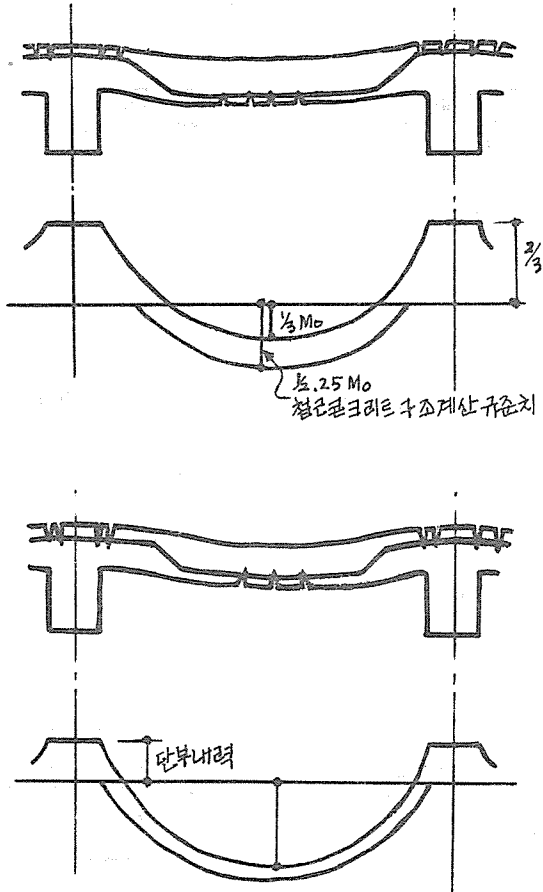
〈그림 36〉

나무토막은 두꺼울수록 튼튼하며 같은 힘으로 구부릴때에도 두꺼운 나무에는 鐵板을 붙이지 않아도 된다.

Slab를 例로 들어보자. 適當한 두께의 콘크리트 에다 適當한 量의 鐵筋을 必要한 位置에 補強하는게 重要하다. 그러나 現場에 가보면 失望하게 된다. 設計된 두께가 잘 지켜지지 않음은 물론 鐵筋의 位置가 거의 맞지 않는것이 普通이다. 配筋된 鐵筋은 Conduit Pipe나 F-floor Duct를 配管하는 사람들과 다른 여러 人夫들이 밟고다녀 全部 가라앉고 말게 되는데 그의 副作用은 다음과 같다.

그림 37에서 보는바와 같이 보 주위에 따라 龜裂이 가 있는 Slab의 大部分은 端部鐵筋이 있어야 할 位置에서 아래로 내려온 理由일때가 많다. 앞의 20章에서 等分布荷重을 받는 固定보의 端部 Moment와 中央momet의 크기가 各各  $M_o$ ,  $\frac{1}{2}M_o$ 라고 說明했다. Slab의 兩端이 完全固定이고 一方向配筋이라면 이같은 값으로 計算해

도 된다. 즉 中央下筋은 端部上筋의 半만 配筋하면 된다는 뜻이다. 우리 規準에는 中央下筋을 앞에 말한 값의 1.5배를 配筋하도록 規定했는데 이는 Slab의 端部固定狀態가 完全固定되지 않는 一般的인 境遇에 對備한 것이다. 端部鉄筋이 아래로 내려가서 耐力이 줄어들면 줄어든 量만큼의 Moment를 中央部에서 지탱하여야 하는데 만약 中央部에 여유 있는 鉄筋을 配筋해두지 않았다면 slab 下部에 龜裂이 發生하게 된다.



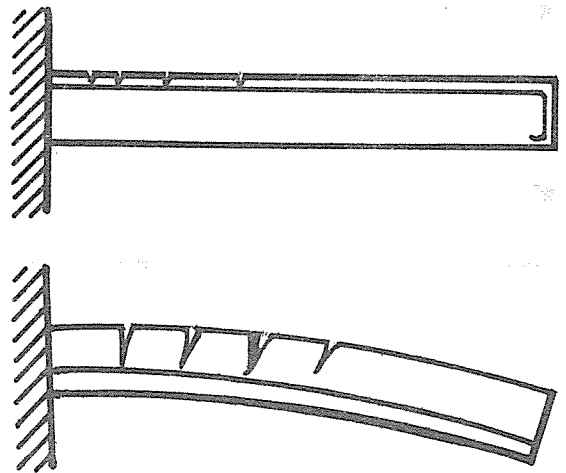
〈그림 37〉

Slab 配筋이 이렇듯 엉망인데도 주저앉아 버리는 例는 많지 않다. 종이나 형질의 가장자리를 固定시키고 그 위에 물건을 올려놓으면 비록 처지기는 해도 좀체로 찢어지지 않는것을 보게 되는데 Slab도 마지막에 가서는 이런 狀態에까지 到達하게 된다. 소위 薄膜效果 (Membrane Effect)라는 現象이다. Slab의 応力狀態가 이 지경에 이르면 여기저기 龜裂이 많이 發生한다는것은 말할것도 없다.

周固固定slab는 이렇듯 쉽게 주저앉지 않는 理由가 있는 反面 Cantilever Slab에서는 다른 어떤 追加耐力을 期待하지 못하여 번두리 住宅工事場에서는 자주 安全事故가 發生하는것을 보게된다.

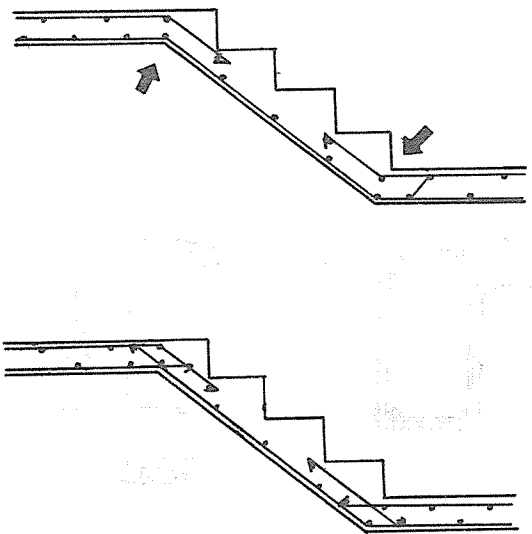
Slab의 두께를 너무 얇게 定했다든가 또는 鉄筋이 所

定位置에서 벗어나게 配筋되었을때는 처짐이 甚해지는 데 이렇게 되면 Slab에 龜裂이 생기는것은 물론이고 이 Slab위에 있는 間壁에도 變形이 일어나며 出入門의 角度가 달라져서 문짝이 잘 안닫힌다든가 하는 말썽을 일으키게 된다.



〈그림 38〉

階段이나 pipe pit와 같이 Slab가 다른 Slab나 壁體에 角度를 이루면서 만나게 鉄筋도 따라서 구부러야 하는데 그 要領은 아래와 같다.

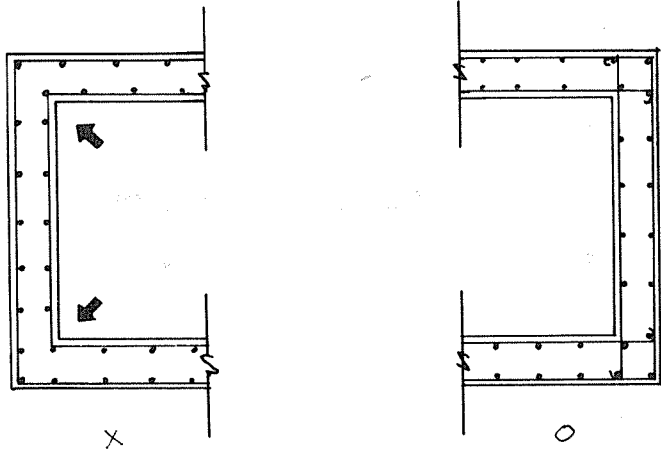


〈그림 39〉

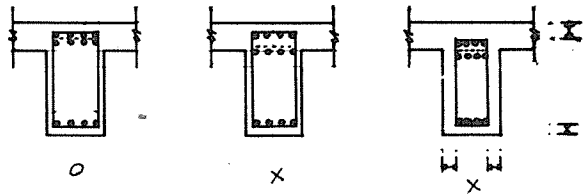
그림 39, 40 에서 鉄筋이 콘크리트를 감싸주는 境遇는 鉄筋끝을 別途로 定着해주시지 않아도 되겠으나 화살표로 표시된 곳같은 鉄筋은 引張應力이 생겼을 때 콘크리트 母體에서 脱落될 염려가 있으므로 콘크리트의 壓縮側 깊숙히 定着시켜야 한다.

보 断面圖를 보면 또한 鉄筋의 個數에만 關心을 갖고 그린 흔적이 눈에 띄곤 한다. 그림 41에서 鉄筋의 位置

에 따라 보의 耐力에는 많은 差異가 나게됨을 알아야 한다.

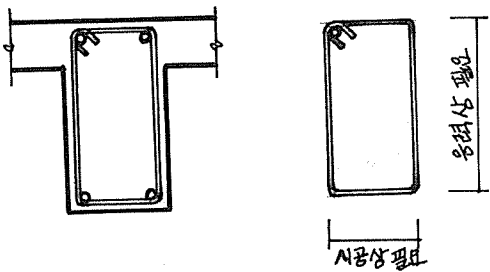


<그림 40>



<그림 41>

보에는 剪斷耐力를 增加시키기 위하여 스테럽(Stirrup)을 配筋한다. 비틀림 応力을 받지 않는 보통보에서 構造計算結果로 算定된 鉄筋은 重直鉄筋뿐이다. (그림42)



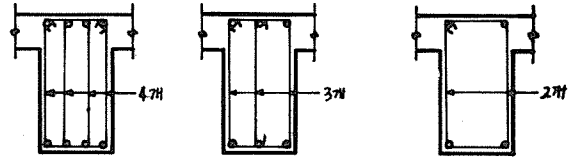
<그림42>

剪斷 応力이 큰 보는 때로 여러가닥의 스테럽으로 補強하기도 한다.

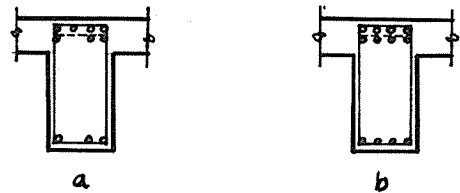
다음 그림43에서 스테럽의 表記는 4-D10-200@, 3-D10-200@, 2-D10-200@ 등으로 그 個數가 区分되어야 하겠으나 通常 2 個일때는 個數表示를 省略할 따름이다.

建築設計를 하는분들은 圖面自體의 아름다움에도 많은 神經을 쓰는 傾向이 있다. 그림44에서 a斷面으로도

充分한데 다만 圖面상 未完成인듯 하다는 理由로 b 斷面 같이 바꾸는것을 많이 보게 된다.

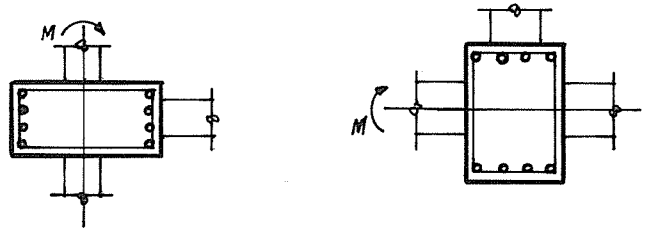


<그림 43>



<그림 44>

기둥에서 特別히 注意하여야 할점은 Moment 方向과 主筋의 配置에 關한 事項이다. 기둥主筋量이 最少值이거나 壓縮力補強用이라면 配置狀態와 無關하겠으나 Moment가 많이 作用하는 기둥에서는 特別히 方向性을 조심하여야 한다.



<그림 45>

기둥의 主筋은 윗層으로 올라갈수록 적어져야 하는 것처럼 알고있는분들이 意外로 많다. 어쩌다 上層部기둥이 下層部기둥보다 主筋個數가 많으면 質問 받을 것을 覺悟해야할 정도이다. 이런 質問받고 解明해야 하는 번거로움을 겪지 않으려고 아래層기둥의 主筋은 윗층기둥의 主筋보다 적지 않게 設計하는것을 많이 보게 되며 이런 것이 一般化한 것이다.

기둥에는 壓縮 応力과 보에서 전달되는 Moment를 동시에 받게 되는데 壓縮 応力이 별로 크지 않은 上層柱는 Moment에 의한 鉄筋量이 많이 必要로 하게되며 때에 따라서는 上層기둥斷面을 아래層보다 크게 되는것이 合理的일때도 있다.