

# 재미로 읽는 構造

## 2

李 昌 男

### 10. 모래기둥(지정)

이세상에 모래가 없었다면 무엇으로 建築을 했을까? 콘크리트도 못만들고 mortar 도 벽돌도 block 도 없을 것이다.

새삼스럽게 모래의 고마움을 느끼게 된다. 그러면서도 모래의 性格을 잘 把握하지 못해 좋은 構造材로의 利用을 못하고 있는 형편이다.

모래알 하나 하나는 마치 고집센 사람과도 같아 다른 모래와 잘 融和하지도 않을뿐더러 남에게 자기 자리를 讓步하지도 않는다. 생긴 그대로 작은 바위다. 이들 작은 바위를 풀로 붙인것을 mortar 라 부르는데 풀로 붙이지 않고도 좋은 構造材 구실을 한다.

모래는 飽水狀態일때와 氣乾狀態일때 똑같이 가장 體積이 적다고 한다. 다시말하면 모래를 불에 구어 말려서 그릇에 담았을때와 물을 부어가며 담았을때가 가장 잘 다져진 것이라는 뜻이 된다. 모래의 長期許容壓縮強度는 20-40t/m<sup>2</sup>로 큰편이다. 한가지 短点인 融和할줄 모르는것이것만 解決하면 된다.

모래에 壓縮力을 加했을때 모래알 하나 하나는 서로 옆으로 밀고 나가려고 하는데 그것만 防止하면 된다는 뜻이다. 土木工事에서는 흔하게 이를 利用한다. 地下道나 地下鐵工事를 위하여 팠던 자리를 급히 메우고 鋪裝工事를 할 때는 例外없이 모래 물다짐을 하는것을 보아왔고 硬質地盤까지 파내려간 우물통내에 모래를 채우고 그 위에 基礎를 設置하는 工法은 一般化되어 있다. 물론 우물통은 모래가 밖으로 밀려나가지 못할만큼 튼튼해야 하며 地下水의 흐름으로 모래가 流失되지 않도록 氣密性이 維持되어야 한다.

을 위하여는 때때로 1층바닥을 마치 2층바닥처럼 땅에 뜨는 形式으로 設計하게 된다. 흙을 메울때 조금만 神經을 썼더라면... 하는 아쉬움이 있게 마련이다.

土木工事에서 地盤을 잘 다져주도록 要請하는 것이 全工事費를 節約하는 方法이 된다.

鋼管속에 모래를 채워 壓縮力을 받도록 즉 기둥으로 使用되도록 研究할 필요가 있다. 機械工学에서는 옛날부터 氣體와 液體를 鋼管에 넣어 壓縮시키면 큰 反力이 있다는 것을 利用하여 piston, press 등에 適用하고 있다.

우리가 無心히 보아넘기는 自動車나 비행기의 tire 는 고무管 속에 壓縮시켜 넣은 空氣壓이 그 무거운 무게를 지탱한다. tire 의 構造断面을 그려 놓고 거기에 실린 荷重을 計算해보면 實感하게 된다.

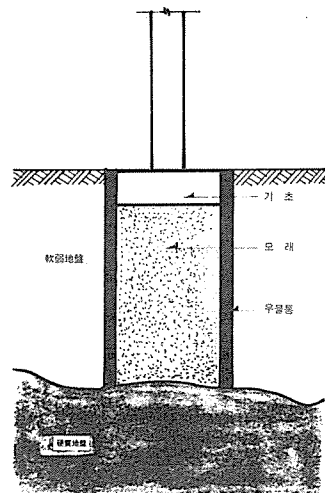


그림 15. 모래기둥

鋼管기둥의 内部도 비워두기보다는 모래를 채우는것이 오히려 有利하다.

땅을 메우기가 무섭게 집을 지으려하는 急한 建築主들

鋼管콘크리트 즉 鋼管내에 콘크리트를 부어 넣어 構造材로 쓰는 方式은 가끔 있는 일인데 아직 그 構造的 特性에 闕한 研究가 잘 되어있지 않아 一般鉄骨鉄筋콘크리트의 範

時에서 별로 벗어나지 못하고 있으나 앞으로 그의 長點이 크게 부각되어 많은 이용이 될것을 확신한다. spiral column 에서 spiral 鉄筋의 効用은 構造計算에 算入되는데 콘크리트 周圍를 完全히 密閉시킨 鋼管의 構造上 利點이 무엇인가는 하루빨리 糾明되어야 하겠다.

### 11. 말뚝是非

基礎地盤이 直接基礎로는 不適當하다고 判斷되어 말뚝을 박아 지정으로 삼는것은 좋은 일이다. 그런데 建築士가 設計當時 假定했던 말뚝의 支持力이 實際施工結果와 一致하는가를 確認하기 위하여는 몇가지 알아야 할 事項이 있다.

藥의 種類가 많은 病은 그 病의 特効藥이 없는것과 마찬가지로 말뚝에 관한 學說은 너무나도 많다. 말뚝의 許容支持力을 計算하는 方式도 여러가지가 있으며 그들 各各의 答은 같지가 않다.

筆者도 여러차례 왔다갔다 했는데 그 동안의 心的 苦衷은 꽤나 컸다. 이 글을 읽는 大部分의 建築士들은 이미 나름대로의 判斷을 내려 各者가 좋아하는 方法을 쓰고 있겠지만 아직 갈피를 못잡은 讀者들에게 本人이 즐겨 使用하는 方法을 紹介하여 參考가 되도록 한다.

먼저 諒解를 求할 事項은 말뚝製作業者들중 本人이 指適하는 어떤 內容도 그 業체가 갖고 있을지도 모르는 무슨 特殊工法이나 研究를 堪案하지 않았다는 점이다.

그동안 몇번의 改正이 있었는지는 알아보지 못했지만 원심력 철근콘크리트말뚝이 K.S로 처음 制定된것에는 말뚝의 安全荷重에 관한 言及이 없다. 콘크리트의 28일 壓縮強度가  $350\text{kg/cm}^2$  이상이어야하고 文脈으로 보아 長期許容應力度는 그의  $\frac{1}{2.5}$ 로 하라고 되어있다.

말뚝製作会社の Catalogue 를 보면 길이 12m 300m  $\phi$  를 基準으로 어떤것은 50 ton 심한 것은 60 ton 이 安全荷重이라 적혀있다. 두께가 60mm 이므로 單位面積當 許容壓縮應力度는  $110.5\text{kg/cm}^2$ ,  $132.6\text{kg/cm}^2$ 에 달한다. 鉄筋의 耐力을 算入해서 計算上 그렇게 된다는 뜻인듯 하다. 한편 日本 Catalogue에 의하면 最低保證強度  $800\text{kg/cm}^2$ 의 高強度 콘크리트를 開發하여 製作한 말뚝의 長期許容應力度를  $165\text{kg/cm}^2$ 로 計算하고 있는데 그 比例라면 우리나라 말뚝에 使用된 콘크리트의 28일 壓縮強度는  $536\text{kg/cm}^2 \sim 643\text{kg/cm}^2$ 에 달한다. 남의 나라야 어떻게 하든 알바 아닌데 問題가 되는 것은 Catalogue에 있는 “安全荷重”이란 값이 그대로 말뚝 個數決定基準처럼 쓰여지는 것이다.

말뚝의 安全荷重이라 적힌것은 그 말뚝 自体의 許容耐力이며 제대로 박히지 않으면 그 附力의 一部分만 實際耐力이 된다는 것은 너무나 當然하다.

地質調査도 해보지 않고 圖面에는 말 길이를 적어놓는 勇敏性을 發揮한다.

말뚝박는 業者는 이런경우 자기 責任量만 마치면 된다는 생각에 박다가 들어가지 않을때만 抗議해온다. Hammer의 規格도 그들 마음대로 定한다. 말뚝꿂기나 設計用 支持力에 關係없이 갖고있는 기계면 아무거나 마찬가지로 아는모양이다. 때로는 말뚝이 깨져서 더이상 박을수 없다고 不平을 늘어놓는다. 말뚝質이 좋지않다고도 하고 땅이 굳기때문이라고도 한다. 거기에만 理由가 있다고 判斷해서 안될때가 있다.

말뚝規格에 比해서 너무 작은 Hammer 로 박으려 하면 마치 작은 손망치로 큰 못을 박는것같이 소리만 요란하고 '기만 한다. 말뚝規格에 比해서 터무니 없이작은 Hammer 로도 無難하게 施工되는 때가 있다. 仁川, 馬山 같은 海岸地帶에는 岩盤위에 silt 를 메워 工場敷地를 造成한 곳이 있는데 이런곳에서는 말뚝 自重만으로도 半以上이 들어가기도 한다.

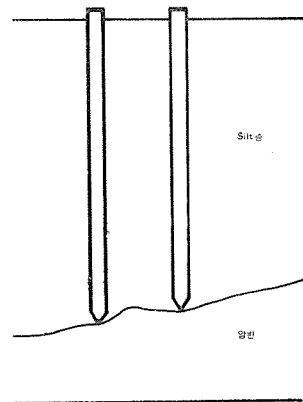


그림 16. Silt 층 말뚝

먼저 박아놓은 말뚝이 옆으로 누어버리는 때도 생기는데 다만 조심할것은 silt 層 밑의 地盤이 岩石이 아닌 다른 中質土일때는 역시 輕量 Hammer 를 使用할 수 없고 岩盤이라 하더라도 말뚝先端이 円錐形이기 때문에 그대로 올려놓는 狀態에서는 荷重을 받아 多少間 貫入된다는 것에 有意하여야 한다.

또한 말뚝이 先端에만 支持되어 이른바 支持말뚝이 되면 말뚝길이가 길어질수록 長柱效果에 관한 檢討를 거쳐야 한다.

말뚝이나 基礎地盤에 對한 建築士들의 關心이 별로 없는것은 우리나라가 多幸하게도 土質이 建築하기에 좋다는데 原因이 있는것도 事實이다. 메운땅이 아닌 原地盤이면 長期許容地耐力이  $10 \sim 20\text{t/m}^2$ 는 쉽게 確保되는 때문이다.

한편 都心地에 짓는 建物들은 거의 例外없이 地下室이 들어서게되어 말뚝신세 안지는 構造가 되기 쉽다.

말뚝個數를 먼저 假定해서 設計했을때 가끔 그 말뚝을 支持말뚝으로 設計한것인가 아니면 摩擦말뚝으로 設計한것인가? 라는 質問을 받게된다. 앞에 言及한 silt 層程

도의 나쁜 土質을 除外하면 우리나라의 土質은 말뚝의 種類가 딱히 무엇이든 부르기 困難한게 大部分이다. 地層이 아래로 내려갈수록 漸次 굳어져서 岩盤에 到達하는데 그 變化速度가 대단히 빨라서 地上에서 10余 m 밀은 岩인 경우가 많다. 그러므로 말뚝을 박다보면 처음 얼마간은 摩擦抵抗을 받다가 어느 깊이에 到達하면 말뚝先端部位의 支持力도 無視 못할 程度로 急速히 增加하는 것을 보게 된다.

이러한 傾向이 때로는 말뚝박기 作業을 곧잘 疎忽히 하게 하는 要因이 되고 있다.

京釜高速道路 大單位 아파트 工事에서는 말뚝이 메운 지 얼마안된 地層에 박히도록 設計된 것을 본 일이 있다

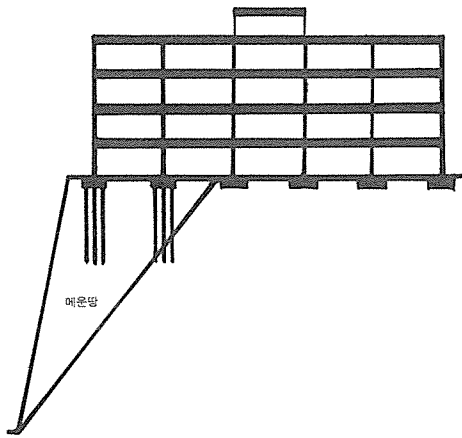


그림 17. 잘못 박은 말뚝例

工事途中 建物の 沈下와 横變位가 크게 일어났고 莫大한 量의 Cement Paste를 地中에 注入시켜 더 以上の 變形을 防止시켜준 일이 있다. 말뚝박은 工事者는 말뚝박은 當時의 記錄을 가지고 열심히 公式에 代入하여 그 支持力을 計算하고 있었다.

메운 흙은 흙의 種類에 따라 다르기는 하나 長期間에 걸쳐 눈비를 맞아가며 最終狀態로의 沈下運動을 繼續한다. 메우는 깊이가 깊으면 그 期間은 더 增加하는데 大略 3-5年은 걸린다고 한다. 高速道路 工事도 이 期間을 短縮함으로 因한 瑕疵가 많았다. 앞의 아파트事件이 아니더라도 말뚝이 原地盤까지만 박히는 것을 確認하는 것으로 安心해서는 안된다. 메운 흙도 말뚝박은 當時에는 相當한 抵抗을 하며 따라서 그 外觀上의 抵抗力이 말뚝支持力에 잘못 算入되게 되는데 이런 現象을 負摩擦(Negative Friction)이라 부른다. 메운 흙이 沈下할 때 말뚝을 물고 내려가 오히려 支持力을 減少시키는 것이다.

以上の 몇가지 事項을 알고 다음에 記述하는 公式의 使用法을 익히면 말뚝支持力의 概略値는 쉽게 計算된다.

이웃 日本에서는 말뚝支持力公式이 여러가지가 있기 때문에 오는 混亂을 막기 위한 措置인지는 몰라도 아예 建設省告示로 다음 公式을 發表한바가 있다. 그들은 이것을

5 S 公式이라고들 부른다.

$$Ra = \frac{F}{5S + 0.1}$$

Ra : 말뚝의 長期許容支持力(ton)

S : 말뚝의 1回打撃当 最終貫入量(m)

F : Hammer 의 打撃 Energy(t·m)

Diesel Hammer 일 때는  $F = 2W_H \cdot H$

Drop Hammer 일 때는  $F = W_H \cdot H$

다만  $W_H$ 는 Hammer 의 重量(ton)

H는 Hammer 의 落下高(m)

위 5 S 公式에서 願하는 말뚝支持力을 얻기위한 最終沈下量은

$$S = \frac{F}{5Ra} - 0.02 \text{가 되는데 例를들어 重量 1ton 짜리}$$

Hammer 를 落下高 3m 로 박을때의 最終沈下量은  $S = 0$ 가 된다.

다시말하면 안들어갈때 까지 박아야 30 ton 의 支持力을 얻게 된다는 뜻이다. 그렇다고 落下高만 한없이 높일수는 없는 일이어서 말뚝規格에 맞는 Hammer 의 種類를 擇하여야 한다는 것이다.

Drop Hammer 는 人力으로 그 落下高를 조절할 수 있으나 Diesel Hammer 는 그게 사람 마음대로 안된다. 弱者에는 弱하고 强者에는 強한 “義理의 돌쇠”다. 일일이 그 落下高를 올라가서 재보지 않아도 된다.

國內에 들어와 있는 Diesel Hammer 에는 여러 種類가 있으나 다음 資料는 工事時 Hammer 選擇에 도움이 될출 믿는다.

Hammer 의 製作会社마다 機械의 model No.가 다르기는 하나 例컨데 D-22나 M-22, IDH-22, K-22等 뒤에 붙는 數値는 Ram 의 公稱重量을 表示한다. 즉 M-23은 日本의 三菱重工業의 Ram 重量 2.3 ton 짜리다.

$F = 2WH$ 는 이 값에다 2.5m 를 곱하면 얻어진다. 이른바 몇 ton Hammer 라고 하는 呼稱이 된다. 다시 말하면 H의 값이 1.25m 가 되는 셈이다.

이렇게 Diesel Hammer 의 경우는  $2W_H \cdot H$ 를 計算할 必要없이 Hammer 의 種類에 따라 是해진 F 値로 沈下量을 確認하면 되는데 앞의 Drop Hammer 의 例를 다시 빌리면 一般이 呼稱하는 3 ton Hammer ( $F = 3\text{ton}$ ) 즉 D-12나 M-12, IDH-12 等으로는 고작 30 ton 支持力을 받는 말뚝 밖에는 박을수 없다는 뜻이 되며 같은 300φ 말뚝이라도 처음 說明한 50 ton 이니 60 ton 이나 하는 支持力을 갖도록 設計된 말뚝은 박을수 없다는 얘기가 된다. 實際로 300φ 말뚝이 50 ton ~ 60 ton 耐力을 갖도록 하기 위한 말뚝박기 試驗을 해 보았으나 말뚝이 견디지 못했는데 그 原因이 말뚝의 質 때문인지 上記 公式이 틀리는 것인지 그 判斷은 讀者에게 맡기기로 한다.

말뚝의 支持力을 計算하는 方法은 알아도 그 配置方法에 따라 때로는 所要個數에 많은 差異가 나기도 한다. 個數에는 差異가 없는데 그 上部構造部材斷面이 크게 달라지기도 한다.

工場이나 倉庫처럼 基礎에 바람에 의한 Moment가 적지 않게 作用할때, Crane에 의한 不均衡 moment가 基礎에 까지 影響을 미칠때 橫力의 主方向을 考慮하여 일부러 基礎을 偏心配置하는것이 有利할 수가 있다. 地質地盤이 말뚝의 引拔力을 期持할 수 없을 경우는 더구나 이 方法이 効果的이다.

앞서 6章에서의 偏心基礎와는 그 生成原因이 다르다. 上部荷量에 의해서 이미 기둥에 作用되는 moment는 基礎에 傳達시켜야 되기 때문이다. 그 moment를 人爲的으로 偏心化시킨 基礎에 惹起되는 反對方向 moment로 맞받아주는 方式이다.

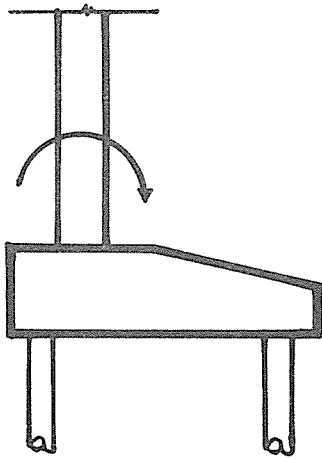


그림 18. 편심기초

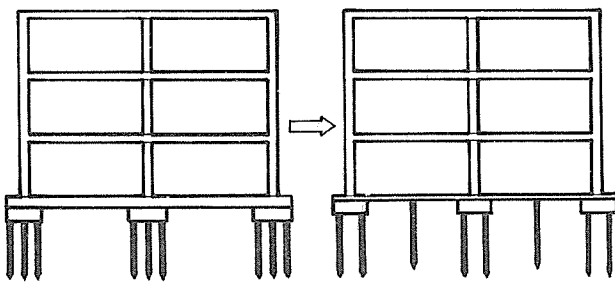


그림 19. 말뚝 배열

1층바닥도 支持할 能力이 없는 軟弱地盤에서는 부둣이 1층바닥 밑에도 frame을 짜주고 말뚝에 荷重을 傳達시켜야 하는데 그 말뚝 配置에 關한 이야기이다. 2층이상에서 내려오는 荷重에 견디기 위한 말뚝은 기둥밑의 基礎에 配置하는것은 當然한 일이겠으나 1층바닥荷重을 굳이 기둥에까지 끌고가 基礎의 負擔을 加重시켜야할 理由는 없다. 1층바닥 荷重은 말뚝耐力에 恰當하게 配置된 말뚝에 直接 傳達되도록 함으로써 2층바닥 frame이 많이 줄어들어 長點을 노린것이다(그림19 참조)

## 12. PRE - STRESSING

P.S라고하면 또 그 P.S. Concrete를 얘기하는구나 하는 讀者가 있겠으나 여기서는 그와 좀 다른것에 焦點을 맞추어 보고자 한다.

프랑스의 E. Freyssinet가 Pre-stressed Concrete를 開發하기 훨씬 前부터 있던, 또한 지금도 無心히 넘겨버리곤 하는 그런것 몇가지를 갖고 얘기하기로 한다.

Pre-stressing을 어떤 學者는 豫圧이라 번역한 것을 보았는데 構造部材中에는 저절로 豫圧되는것들이 많이 있다.

地下道路나 地下室 slab에 土圧이 作用하는것을 構造計算에 算入한즉 鉄筋量이 오히려 줄어들었다든가 2층기둥보다는 오히려 아래층 기둥의 配筋이 적어지더라는것 같은것이 재미있다.

某英會社 安養工場에는 마치 깔대기처럼 생긴 물탱크가 있다. 地上高 37.3m 容量 150 ton이다. 물탱크를 받치고 있는 원통형 기둥은 直徑(外径) 2.8m로 設計되었다.

같은 敷地内에는 이 물탱크 施工當時 바로 前에 竣工된 굴뚝이 있었다. 높이가 35m였는것 같다.

위에 150 ton의 물과 물탱크(콘크리트)를 떠받치고 있는 円筒形 기둥이 옆의 굴뚝보다 그 두께도 얇고 鉄筋도 적게 配筋되어 말썽이 난것이다.

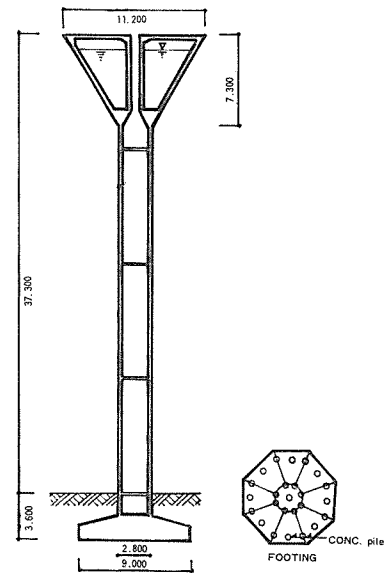


그림 20. 물탱크

물탱크도 굴뚝도 바람에 견디어야 한다. 물탱크는 꼭대기에 受壓面積이 큰 탱크가 있어 오히려 바람의 影響은 더 크게 받을지도 모른다, 그러나 그 물 탱크의 自重은 아래 円筒形 기둥에 豫圧을 加하였고 따라서 바람을 받아도 引張側의 引張應力이 적게 計算되었던 것이다. 굴뚝은 위에서 아래로 눌러주는 힘이란 그 壁體自重밖에 없으므로 바람에 의한 引張側應力이 오히려 큰 것이다.

물탱크에 물이 가득 찰때가 비겼을때보다 오히려 더 안전했던것으로 기억된다. 물탱크 重量이 円筒形기둥에 Pre-Stressing 해 준것이다.

組積造建物工事中 上部 Truss 나 Slab 를 열기 前에 強風이 불면 壁体가 넘어가는 일이 있다. 이것 역시 위에서 눌러주는(Pre-Stressing) 힘에 의하여 벽돌에 미리 壓縮應力이 생겨야 바람으로 葱起되는 断面内の 引張應力이 相殺되어 오히려 安全하게 되는 것이다.

組積造壁에 出入口 Canopy 같은 Cantilever 를 달아낸 断面도 가끔 보게된다.

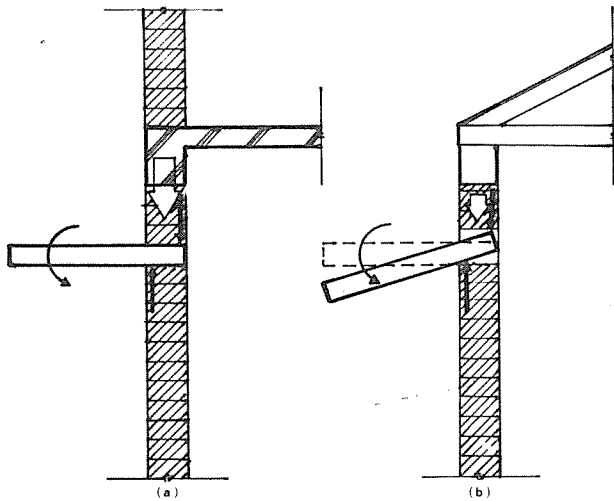


그림 21. 조적조에서의 Cantilever

위의 그림에서 "a"는 可能하지만 "b"는 不可能할 수가 있다. 물론 工事中 上部에서의 荷重이 完全히 加해질때까지 Canopy 의 Support는 存置시켜야 한다.

### 13 單純보와 固定보

單純보는 固定보에 比하여 應力이 크고 따라서 断面이 커져서 값이 많이 든다는것이 잘 알려진 應用力學理論이다.

그러면서도 스프레트 지붕의 鐵骨 truss 組積造 單span 의 roof slab 처럼 一般化된 單純보의 端部를 固定시켜 利得을 얻고자 하는 사람은 별로 없다.

鐵骨高層建物에서는 보가 기둥에 剛接되어야 되는것처럼 잘못 알고있는 사람마저 흔하다. 우리나라에 鐵骨建物이 유행되기는 KAL 벨딩때 부터인것 같은데 요사이 올라가는 鐵骨建物은 거의가 이른바 Moment-Connection 으로 보와 기둥을 剛接하고 있다. 이것에도 長點이 많기는 하다.

그림 22 a나 c와 같은 不完全固定式 接合에서 오는 보와 기둥의 最大應力個所에서의 不完全接合을 하는 結果가 되며 b에서 部材 "가"를 "나"보다 高強度材로 하면 計算上 葱起되는 應力度에 걸맞는 合理的인 設計가 되기도 한다. 그러나 이 Moment Connection 을 하기 위해서는 기둥材에 보의 端部部材"가"를 工場에서 溶接하여 現場까지 運搬하여야 하는 번거로움이 있고 現場에서는 또한번의 接合이

이루어지야 하는 二重 수고를 하게된다. 母材의 鐵骨量은 분명히 줄어들지만 接合用 附隨材와 加工組立費의 上昇을 막을수 없게된다.

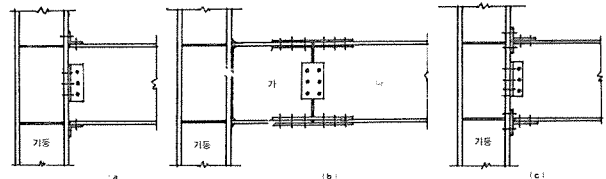


그림 22. 鐵骨기둥과 보의 接合

人件費의 比率이 工事費에서 큰 美國에서는 b와같은 接合은 오히려 잘 使用되지 않는것이 이런 理由에 있다.

우리도 美國에서와 같이 施工이 손쉬운 方式을 쓰면 工事費는 얼마나 더들까를 비교하던 중 다음과같은 몇가지 鐵骨構造方式을 골라낼수 있었다.

가) Castellated Beam : Honey Comb Web로 널리 알려진 一種의 Open Web Steel Beam 으로서 單位荷重이 적고 span 이 큰 보에 適合하다.

H-Beam을 切断하여 다시 溶接하는 번거로움이 있다. 仁松빌딩에도 使用되었고 工事中인 外換銀行本店에 工事中인 것을 본일이 있다

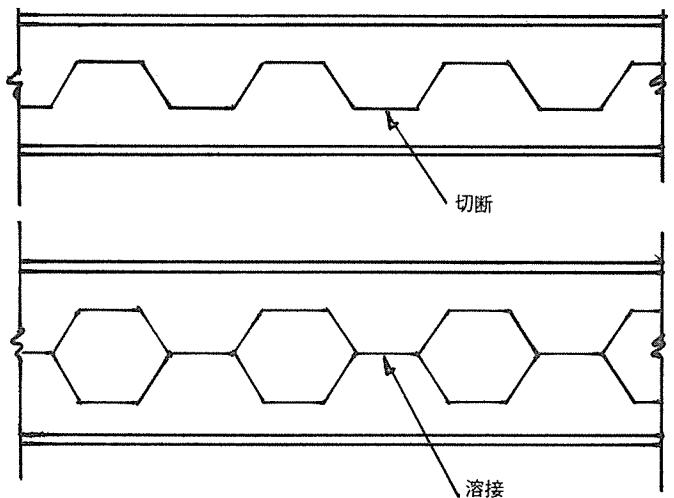


그림 23. Castellated Beam (Honey Comb)

断面의 性能上 端部接合은 單純支持로 하는것이 合理的인 것이다.

集中荷重을 받는 보는 Castellated Beam 의 使用이 適合하지 않다.

### 나) 組立보 (LATTICE)

ㄱ型鋼을 素材로한 lattice truss 는 많이 使用된

다. 外國에서는 steel joist 라는 이름으로 工場生産된 製品이 販賣되고 있다. 耐火被服에 関한 不安만 아니면 매우 좋은 構法이다. 政府綜合庁舎, 東邦生命에 使用된 것을 보았다.

다) 合成보 (Composite Beam)

經量骨材가 不足하기 때문에 우리나라의 高層建物에서는 바닥 slab 를 一般重量 Concrete 로 施工하는것이 普遍이다. slab 는 그 속에 電線, 電話線등을 위한 Conduit Pipe 를 埋設하기도 해서 一定두께 以上이 確保되게 마련이다.

이 slab 를 鉄骨보와 一体가 되도록 묶어주면 훌륭한 合成보로서의 役割을 發揮한다. 그 묶어주는 方法中 가장 確實한 것은 鉄骨보의 周圍를 鉄筋콘크리트로 감싸서 하나의 鉄骨鉄筋콘크리트 보가 되도록 하는 것인데 거푸집 일이 복잡한 흠이 있다(그림 24 a)

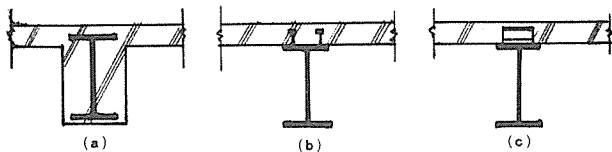


그림 24. 合成보

보다 간단한 方法으로는 shear connector 를 利用하는 걸로 stud (그림 24 b), channel (그림 24 c), spiral, flatbar, stiffened angle 등이 있다. 우리나라에서도 高架道路나 橋梁에 stud 를 쓰는 것을 보고 建築工事에도 쓰도록 設計하였으나 施工器具輸入 關係로 抵抗을 받아 channel 로 代置한 적이 있다.

어떤 種類의 Shear Connector 를 쓰든간에 slab 와 鉄骨보가 一体化하면 그 中立軸이 위로 移動하며 그結果 작은 斷面의 鉄骨보로도 큰 耐力을 發揮하게 된다. 즉 端部의 固定度를 줄여 單純보가 되도록 하더라도 中央部 斷面이 合成보로서의 効力으로 鉄骨斷面의 增加 없이도 安全하게 되는 것이다. 單純보로 計劃함에 따르는 처짐問題도 同時에 解決되는 좋은 構造方式이다.

다시 簡略하게. 說明하면 보의 端部를 固定시키기 위하여 消費되는 費用과 번거로움을 줄이는 代身 shear connector 를 使用한 合成보를 만들면 全工事費는 오히려 줄어든다는 것이다. 이렇게 해서 얻어지는 또하나의 利點은 기둥에 보端部固定때문에 생기는 Moment 가 없어져서 斷面이 줄어들는 것이다. 實際 構造計算過程에서 느끼는 일이지만 鉄骨造의 長點中 기둥斷面이 작다는 것을 實用化하다 보면 보에서 오는 Moment 를 받아내기에는 벽찰때가 많다. 보의 span 이 길어짐에 따라 기둥 剛比는 相對的으로 커지게 되어서 보의 固定端 moment 全部가 기둥에 傳

達되는것은 혼한일이다.

이렇게 單純보를 高層建物에 쓴다는것은 橫力支持構造가 別途로 마련되어 있을때만 可能하다. utilitycore 를 shear wall 로 濫用한다든가 해서 追加費用發生要因을 줄이는 研究가 되어야 한다.

最近 빌딩南大門, 永豐빌딩에 이 方式을 써서 좋은 成果를 올린바 있다.

라) 構造外的 部材의 逆利用

때로는 構造計劃上 別로 必要하지 않은 部材가 끼어들 때가 있다. 外觀上 理由, 平面構成上 配置되는것 등이다. 잘 궁리하면 쓸모가 發見되기도 한다.

그림 25에서 G 와 B 는 같은 span 에 같은 荷重인데도 材端固定度가 다르므로 斷面을 다르게 選定해야될 경우가 생긴다. 즉 B 가 오히려 G 보다 커지게 되는 것이다. 그러나 B 의 端部에 構造外的部材 즉 Mullion 등이 있으면 B 의 端部를 거기에 固定시켜 G 와 비슷한 応力이 생기도록 誘導하는 것이다.

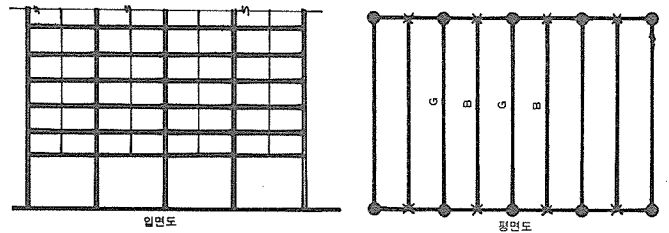


그림 25.

大韓火災에서는 이런 構造方式을 使用하였다. 鉄筋콘크리트 建物에서도 中柱配列보다 外柱間隔이 좁을때 그 外柱를 積極活用하는便이 有利하다.

本章을 읽는 途中 讀者中에는 筆者의 說明에서 어떤 混亂을 느낄지도 모른다. 한마디로 어떤 方式이 좋다는 건가? 라는 質問에 答하기를 要求할지도 모르겠다. 不幸히도 그 答은 없다. 各 方式은 그나름대로의 長點이 있어 使用條件에 따라 나타나는 效果가 크게 다르기 때문이다.

14. 施工荷重

어떤 構造의이 竣工되기까지에는 여러가지 工程을 거치게 되며 이들 名工程을 거치는 동안 構造體의 各部分 에는 또한 여러가지의 作業荷重이 作用하게 된다. 어떤때는 工事が 完工되었을 때와 같은 荷重을 工事途中에 加하여 構體에 無理한 應力이 생기기도 하고 또한 때로는 미처 생각하지 못했던 此少한 要因으로 工事上 큰 差跌을 招來하기도 한다.

工事が 進行되는 동안에 일어나는 모든 事故는 工事業者에게만 責任이 있고 設計者나 監理者와는 無關한 것인지 筆者는 잘 모르겠으나 事故의 要因을 미리 알려줄 道義的인 責任도 없다고는 못할것 같다.

가) 地下室壁

먼저 地下室벽과 옹벽(擁壁)의 구별부터 하고 넘어가기로 한다. 무슨 理由인지는 몰라도 地下室壁은 말할것도 없이 모든 鉄筋콘크리트 壁은 “옹벽”으로 불리어지는 것이 流行처럼 되었다.

비단 옹벽 뿐만 아니라 建築分野에는 너무나 많은 外來語가 常用되다보니 어떤 때는 그 單語의 國籍부터 찾아 헤매야 하는 서글픔을 누구나가 갖는 일일 것이다. 이 問題에 關하여는 機會있는 대로 關心있는 人事들에게 부탁해서라도 用語集같은 것을 만들어 볼 것을 建築士協會에 建議하는 바이다.

말이 옆으로 흘렀으나 얘기하던 옹벽의 뜻부터 풀이하면 다음과 같다.

옹벽(擁壁)은 建物과는 別途로, 獨立된 位置에서 二段의 地層 사이에 무너져 내리는 흙을 安定시키기 위하여 設置하는 壁體의 一種으로 土圧을 받도록 設計된다.

그러므로 建物의 一部分인 地下室壁, Elevator 나 其他 設備을 위한 壁은 그 材料가 鉄筋콘크리트라도 “옹벽”은 아니다.

本論으로 돌아가서 地下室壁은 옹벽과 같이 土圧을 지탱해야 한다. 地下室内部에 물이 스며들지 않도록 水圧에도 견디어야 한다. 그러나 地下室벽은 옹벽이 아니므로 建物과 떨어져서 獨立된 構造로서도 安全하게 設計할 必要는 없다. 즉 建物의 一部分이므로 建物의 다른 部分과 協力해서 土圧이나 水圧에 견디도록 設計하는 것이 훨씬 經濟的이다. 地下室壁板의 높이가 별로 크지 않으면 壁에 作用하는 土圧의 大部分은 一方向 slab 設計方法에 따라 計算된다. 즉 壁體가 上下 바닥 slab 에 支持된것으로 解析된다. 地下室 工事에는 많은 時間이 所要되며 일단 地下室壁의 콘크리트 工事が 끝나면 하루라도 빨리 주위 흙을 메워 現場整理를 하고 싶어진다.

地下室壁體의 上部支持點이 되는 1層 바닥 slab 의 施工이 끝나기 前에 이런 일을 하면 그 地下室壁은 土圧이나 水圧에 견딜수가 없는 것이다.

4 章에서 說明한 “地下室이 떠오르는” 問題도 가끔 크게 발생이 일어난다. 建築工事が 完成되었을 때는 上部의 重量에 充分한 餘裕가 있어서 建物이 떠오르는 일이 없지만 工事中, 特히 地下室 工事만 먼저 끝나고 上層部工事が 빨리 進行되지 않을 때는 日時的으로 地下水圧이 위에서 내려 누르는 建物重量보다 커서 위로 떠오르게 된다. 地下室 周圍의 흙을 매우지 않은 狀態에서 물푸기 作業을 中斷했다거나 갑자기 暴雨가 쏟아져서 地下室이 배처럼 물에 뜨는 것은 흔히 있는 일이다.

#### 나) 作業荷重

建物規模가 垞地에 比하여 클 때에는 먼저 施工된 部分

에나 建築資材를 쌓아두거나 作業機械나 自動車가 通行해야 되는 때가 있다. 어떤 때는 이런 一時的인 荷重때문에 本構造體를 補強해야 할 경우도 있다.

假設 support 를 適切히 配置하는 方法이 좋다.

#### 다) 工事順序

現場事情에 따라서는 建物를 몇 개의 工區로 나누어 施工하기도 한다. 地質狀態가 좋지 못할 때는 基礎地盤이 工事進行에 따라 많은 沈下를 일으키는데 먼저 施工된 部分과 後에 施工하는 部分이 만나는 部位에는 計算에 없던 応力과 變形이 일어나기도 한다.

基礎·地中보 등을 施工하기 위해 팠던 흙이 다져지지 않은 채 그 흙위에 上部 slab 콘크리트用 support 를 세우면 콘크리트 부어 넣는 作業中에 흘러내리는 물과 콘크리트 重量으로 항상 沈下가 發生한다. 잘 다져지지 않은 흙 위에 바닥으로 콘크리트를 부어넣어도 그 重量과 물로 沈下하는 일이 많다.

組積造壁을 耐力壁으로 計劃하였을 때는 當然히 壁體築造를 먼저 끝내야 하며 또한 養生期間을 거쳐야 한다.

Cantilever 등 隣接部材와 聯関性이 많은 部材의 施工은 特別히 그 施工順序에 有意하여야 한다.

#### 라) 合成보

앞章(13章)에서도 잠시 說明한 바 있는 合成보는 鉄骨보와 콘크리트 slab 가 協力해서 하나의 보인 것처럼 取扱하는데 slab 두께가 클 때에는 콘크리트가 硬化하는 동안 鉄骨보에 變形을 주어 願치않은 初期応力을 發生하게 한다. 이렇게 미리부터 變形된 鉄骨보는 콘크리트가 硬化한後 合成보가 되더라도 設計된 全荷重을 받지 못하게 된다. 물론 合成보를 設計할 때에는 콘크리트 slab 自重때문에 일으키는 鉄骨보의 變形을 미리 計算해서 必要할 때에는 工事中 鉄骨보 밑을 假設柱로 補強하도록 하는데 이를 shoring 이라 부른다.

#### 15. 構造外的部材 活用

앞에서 몇 차례에 걸쳐 構造外的部材의 活用例를 들었으나 本章에서 몇 가지 더 追加해 보고자 한다.

構造設計計算은 建築設計期間中 어느 時期에 하여야 하는가? 라는 問題는 항상 論議의 對象이 되고 있다. 마치 닭과 달걀의 先後처럼 밀고 당겨보지만 結局 不利한 쪽인 “먼저”로 끝나고 만다. 가장 正確한 것처럼 小数點以下 몇 자리까지 計算하는 構造計算으로 選定된 構造部材들은 設計가 進行되는 동안 “거짓말”이 되어 가며 어떤 때는 生命과 財産을 빼앗은 “새빨간 거짓말”로 변하기도 한다.

이런 판국에 構造外的 部材까지 構造材로 活用한다는 것은 不安한 要素가 되기는 하나 때로는 크게 도움을 주기도 한다. roof parapet, balcony 난간, pipe pit

와 같은것은 構造部材가 아니면서도 鉄筋콘크리트工事 項目에 들어가서 工事費算出上으로는 構造費에 算入되기가 쉽다.

이런 構造外的部材를 別途로 뽑아서 見積해보면 工事費를 줄이는 方法이 생각나기도 한다.

가) PIPE PIT

地下室이 없는 建物에서 外柱를 連結하는線上에는 이른바 地中보가 있게 마련이다. 構造計算을 끝내고 完成된 圖面을 보면 建物周圍에 pipe pit 가 配値되어 있음을 보게 되는데, pipe pit 外壁에는 地中보가 혹처럼 붙어있다.

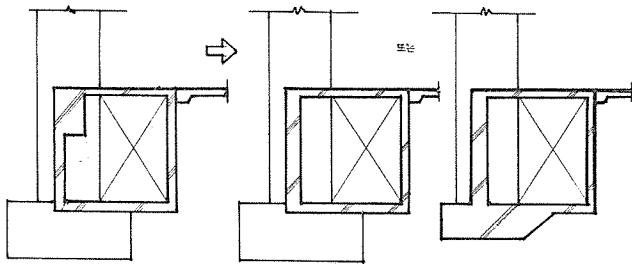


그림 26. PIPE PIT

大概의 경우 pipe pit 壁은 훌륭한 地中보 구실을 하는데 부족함이 없을뿐더러 어떤때는 pipe pit 壁과 그 밑의 slab 를 連續基礎로 活用하기도 한다.

나) 開口部 周圍壁

出入口 上部에는 벽돌을 세워쌓거나 u-block 또는 P.C. 보를 얹고 그 위에 벽돌이나 block 을 쌓는 번거로운 工事を 하는데 그 結果 나타나는 效果란 工事費上昇, 工事期間延長에다 間口部周圍의 龜裂이란 証明까지 얻게 된다. 보의 깊이를 開口部 上端까지 키우면 좋은 效果를 보게 된다.

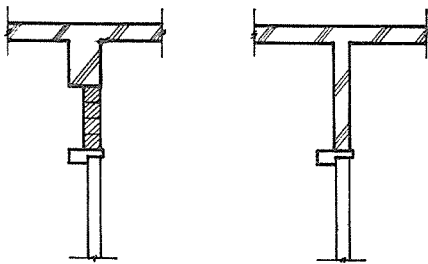


그림 27. 開口部 上部 보

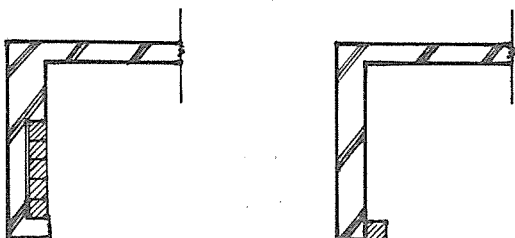


그림 28. 테두리보

다) BALCONY 난간, ROOP PARAPET

balcony 난간은 훌륭한 보의 구실을 할수 있으므로 굳이 別途의 보를 두지 않아도 되는때가 많다. roof parapet 도 좋은 構造材로 活用된다.

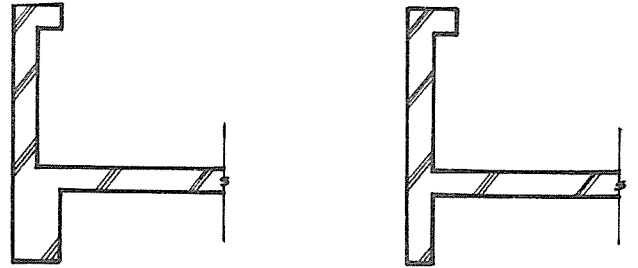


그림 29. Balcony 난간 또는 Roop Parapet

라) 계단실 벽

建築構造工事에서 계단工事に 消費되는 時間은 意外로 길다. 그 形態가 까다롭기때문에 釜山国民學校 事故의 原因으로 指摘된바와 같은 不實工事도 곧잘 이루어진다. 계단 slab 는 上下層을 連結하기 위하여 傾斜지게 마련인데 上下 어느層과도 만나지 않은 部位의 處理가 어려워진다.

筆者의 經驗으로는 이 계단室外壁은 鉄筋콘크리트壁으로 計劃하는 便이 훨씬 有利하다고 생각한다. 벽돌이나 block 을 쌓아도 되는 계단실 外壁을 鉄筋콘크리트壁으로 바꾸므로써 追加되는 工事費는 壁體가 構造化함으로써 줄어드는 断面으로도 相殺될것이다.

마) 建物の 外側壁

아파트의 側壁에는 開口部 없는 큰面으로 마무리짓는 일이 많다. 季節이 바뀌면서 溫度에 의한 壁材料의 膨脹收縮은 壁面을 온통 地圖로 만들어 놓고 해마다 땀질하는 光景을 보게 된다.

이런 일을 당해본 아파트業者들은 側壁을 아예 鉄筋콘크리트壁으로 設計하여 이제는 제법 많이 通用되는것을 보았다. 이렇게 다른 理由로 바꾼 材料도 構造材로 活用될수 있음은 물론이다.

위에 說明한 balcony 난간, roof parapet 등이 構造材로 活用되지 않을때 이들을 無關心하게 버려두면 보기 흉한 龜裂때문에 애먹는 경우가 많다. 構造外的部材라는 理由로 構造圖面에는 그리지도 않으며 따라서 配筋이 疎忽해지기 마련이다. 이들은 항상 外部에 露出되어 있어서 外氣의 影響을 많이 받게 되는데 壁體의 膨脹收縮龜裂을 防止하기 爲하여는 最少限의 溫度鉄筋을 配筋하는것을 잊지 말아야 한다. 壁體는 溫度變化에 따라 垂直, 水平 兩方向으로 膨脹收縮이 일어나는데 垂直方向으로는 그 自重이 있으므로 水平方向의 crack 發生이 적은데 反하여 拘束이 없는 水平方向으로의 膨脹은 水平方向 鉄筋을 많이 必要로 하게 된다.



建設部制定 鉄筋콘크리트計算規準에도 壁體의 最少鉄筋比는 垂直方向 0.15%, 水平方向 0.25% 이상을 配筋하도록 規定되어 있다.

16. 基礎의 斷面形態

基礎가 튼튼해야 한다는 말은 国民學校에서부터 들어온 터라 새삼스럽게 理由說明은 必要가 없겠으나 그 方法中 손쉽게 行해지는 몇가지를 얘기해보자 한다.

언제부터인가 기초는 그림 30 a와 같이 設計하는 것이 通例로 되어왔다. 筆者가 처음 現代建設에 入社했을때 現場에서 基礎工事を 눈여겨 보다가 妙한 形態를 發見하게 되었다.

그림 b와 같은 것이었는데 地中보例面과 基礎上面과의 사이는 꽤나 복잡한 面들의 만남이어서 不平을 늘어놓았으나 아무도 그 必要性을 생각하려하지 않고 默默히 圖面대로 만들어내고 있었다. 지금도 여러 現場에서는 이런 일을 계속하고 있다. 地中보가 基礎와 만나지 않는 a와 같은 때도 問題가 없는것은 아니다. 施工順序가 基礎콘크리트부터 끝내고 기둥中心과 level 을 맞추어 기둥거푸집을 갖다 세우는데 거의 大部分의 現場에서는 基礎上面과 기둥거푸집 下端과의 사이가 벌어지는것을 發見할것이다.

을 만들어야 한다. 그것도 삼을 道具로 기둥鉄筋과 基礎거푸집을 遲해가면서……

요행히 基礎最高높이까지 잘 맞추어 놓더라도 콘크리트가 傾斜面을 따라 흘러내리기도 하고 더구나 기둥鉄筋만으로 기둥外形을 正確히 判斷하여 맞추어주는 有能한 現場勞務者는 본적이 없다. 그 결과 콘크리트 基礎形態는 그림과 같은 모양으로 施工되는 例가 많다.

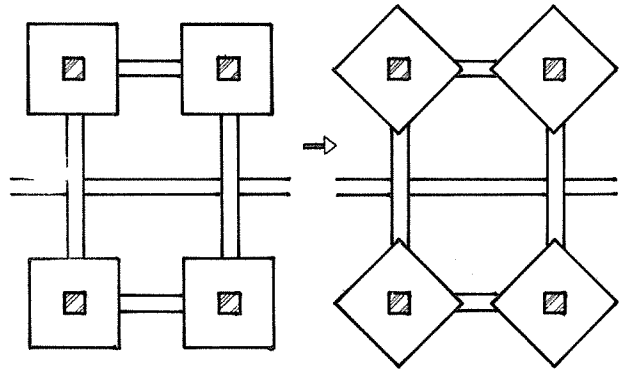


그림 32.

平滑하지도 않은 基礎上面과 거푸집 下端과의 사이에 벌어진 틈을 메우기 위하여 Cement 종이 같은것을 틀어막아 놓으면 콘크리트 피복은 없어지며 또한 남은 틈을 따라 흘러나오는 Cement Paste나 물 때문에 그部分의 콘크리트는 자갈만 남게되는때가 많다. 더구나 基礎는 땅속에 묻혀 지므로 鉄筋은 피복도 없는채 땅과 接해지며 長期間의 腐蝕은 鉄筋斷面積을 줄어들게 할것이다, 따라서 콘크리트의 量이 增加하더라도 基礎는 上下面이 水平하게 되도록 設計할 것을 提案한다. 그림 30c와 같은 形態의 基礎는 굳이 上下面 平行을 고집할 필요가 없다.

基礎의 크기가 커지다보면 어느사이엔가 모르게 열기둥 基礎와 서로 만나게 된다. 또는 거의 만나게 된다. 이때에는 오히려 複合基礎로 設計變更함이 合理的이다.

地下耐水板構造가 커지고 二重 slab 로 計劃될때에는 基礎와 耐水板사이의 境界가 또한 어려워진다. 이럴때는 基礎方向을 45°만큼 돌려놓는것만으로도 簡便한 構造가 마련이다.

構造計算을 몇차례라도 해본일이 있으면 알게 되겠지만 일반적으로 地耐力이 큰 位置에는 基礎의 크기에 比하여 그 두께가 두꺼워짐을 느끼게 된다. 基礎의 応力흐름이 잘 理解되지 않으면 거꾸로 뒤집어놓고 생각하면 쉽다. 6章 偏心基礎의 만화를 吟味해보기 바란다. 기둥軸力이 增加하거나 地耐力이 적어졌을때 基礎의 平面面積만을 조절하는 愚를 범하지 말아야 한다.

構造社

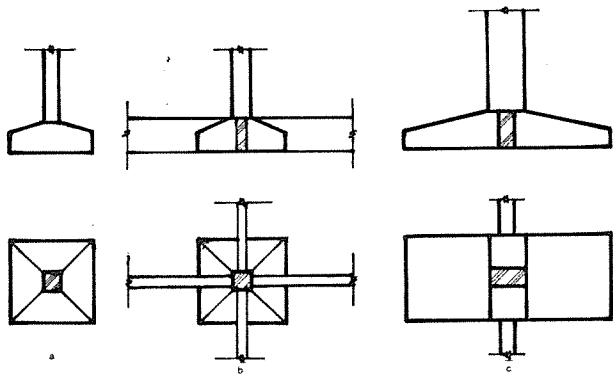


그림 30. 基礎 形態

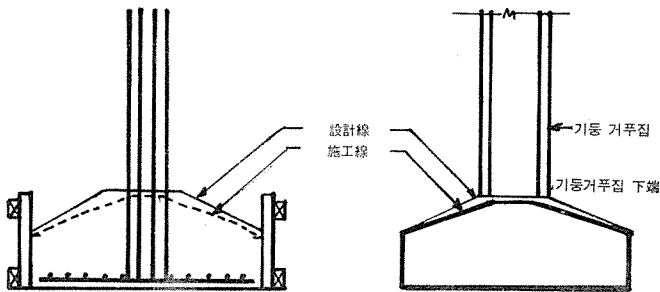


그림 31. 基礎콘크리트 施工例

基礎콘크리트를 부어넣을때 基準이 되는것은 基礎側面에 먼 거푸집인데 거기서부터 기둥을 向하여 네개의 斜面