

# 建築 計劃을 爲한 部材 断面 假定

曹 鐵 鎬

## I. 序 論

建물이 美를 나타낸다는 것은 비단 意匠美만이 아니라 構造美도 포함된다.

建물이 設計될 때 意匠과 構造計劃은 相互 關聯 밑에서 이루어져야 한다.

建物の 構造体の 可能한 形態에 따라 意匠이 꾸며진다는 것이 自然스럽게 無理가 없어 合理的인 均衡을 갖춘 美를 나타내는 것이다. 따라서 建物の 設計는 建築計劃學이나 建築意匠學 하나만으로 이루어지는 것이 아니라 構造計劃에도 상당한 研究를 要한다.

構造技術者도 물론 建築意匠에 대한 研究를 해야 할 것이다.

建築家가 構造技術者로 일하고 있는 범위까지 研究한다는 것은 너무나 많은 노력과 時間을 要하여야 할 것이다.

構造技術者가 하는 감비의 계산, 모멘트 분배, 단면 산정등 전문적인 構造工學의 内容보다는 構造美의 파악이나 建物 断面 假定 등을 合理的으로 해 내는 일이 더욱 重要할 것 같아 建築 設計를 專工으로 하시는 분들을 위해 建物の 断面 假定을 筆者의 나름으로 쉽게 言及하고자 한다.

構造를 專功으로 하시는 분을 위한 것이 아니기 때문에 理論의 전개는 可及의 可하려고 하므로 많은 理解가 있기를 바란다.

## II. 本 論

紙面 관계로 鐵筋콘크리트造의 建物에 대하여 断面 假定 方法을 紹介하고자 한다.

### 1. 슬래브

各國의 計算規準에 따라 差異가 있지만 結果는 거의 비슷하다.

美國 ACI 318-63 2002(e) 條에 依하면

『어떤 경우에도 슬래브의 두께가  $3\frac{1}{2}$ in 보다 작거나 슬래브의 둘레를 180으로 나눈 값보다 작아서 안된다.』라고 규정 되어 있고,

909(b)表에 의하면

『처짐이 계산되어 있지 않은 경우의 彎曲을 받는 部材의 最小두께는 一方向 슬래브가 兩端連續일 경우  $l/35$  보다 커야 한다.』라고 규정 되어 있다.

鐵筋콘크리트造에서 슬래브는 보통 12cm로 設計하고 있다. 위의 규정에 依하여 생각하면 短方向의 길이와 長方向의 길이가 같은 슬래브에서는  $l_x/45$ 로 되니까  $5.400m \times 5.400m$  까지 가능한 셈이 되고, 長方向의 길이가 短方向의 길이의 2部가 되는 슬래브에서는  $l_x/30$ 로  $3.600m \times 7.200m$  까지 가능한 셈이다.

한편 日本建築學會의 JIA規準 13條에 依하면

『바닥 슬래브

$$l \leq 2 \text{의 } 2 \text{ 方向 슬래브 } t = \frac{l_x}{16 + 24l}$$

$$l > 2 \text{의 } 2 \text{ 方向 슬래브 또는 } 1 \text{ 方向 슬래브 } t = \frac{l_x}{32}$$

로 규정되어 있어 12cm의 슬래브에서 조사해 보면  $l=1$ 인 短方向과 長方向의 길이가 같은 슬래브에서는  $4.800m \times 4.800m$  까지 가능하지만 4.200m를 초과하지 못하게 규정하고 있다. 따라서  $4.200m \times 6.100m$ 의 범위 까지 가능한 셈이다.

$l=2$ 인 長方向의 길이가 短方向의 길이의 2배인 슬래브에서는  $3.840m \times 7.680m$  까지 가능한 것이다.

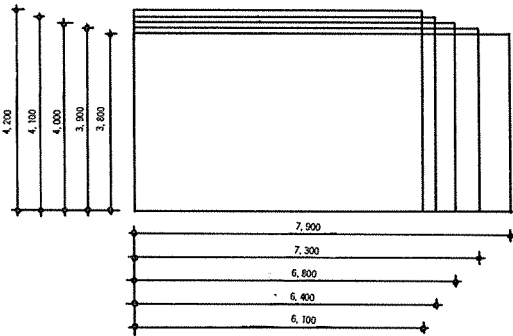
이렇게 規準에 따라 多小 差異가 있지만 거의 비슷한 셈이다.

JIA 規準에 依하여 12cm로 可能한 슬래브를 나열하면 다음과 같다.

- 4.200m × 6.100m
- 4.100m × 6.400m
- 4.000m × 6.800m
- 3.900m × 7.300m
- 3.800m × 7.900m

1 方向 슬래브 3.800m 이하의 범위 내에 있는 슬래브면 規定에 어긋나지 않은 것이다. 이것을 그림으로 표시하면 『그림-1』과 같게 된다.

따라서 建築 計劃에서 위에 열거한 슬래브보다 큰 경우에는 小梁을 넣거나 슬래브의 두께를 12cm 보다 두껍게 計劃해야 할 것이다.



『그림-1』

슬래브의 断面 假定에 對한 根據를 筆者 나름대로 밝혀 보면 다음과 같다.

ACI 規準에서  $n=9$ ,  $f_c=211 \text{ kg/cm}^2$ ,  $14/06$

$\text{kg/cm}^2$  인 경우

$$M=CJd=(b \times 0.378 d \times 95 / 2) 0.874 d = 15.7bd^2$$

$$=R bd^2 \dots\dots\dots (1-1)$$

$m=0.5$  ( $\lambda=2.0$ ) 일 때

$Mx_1=0.083 Wlx^2$  ( $t \cdot m$ ) 이므로  $lx$  를 cm 단위로 하면

$$Mx_1=0.083 Wlx^2 \times 10 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$$

$W=1.00 \text{ t/m}^2$  로 보면

$$Mx_1=0.083 \times 10 lx^2 \dots\dots\dots (1-2)$$

$$1-1) = (1-2)$$

$$15.7 \times 100 d^2 = 0.83 lx^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.83}{1570}} lx = \frac{lx}{\sqrt{1895}} = \frac{lx}{43.5} \dots (1-3)$$

$t=12\text{cm}$  인 경우 보통

$$t=d+3=9+3 \text{ 이므로}$$

$$t=1.333d \dots\dots\dots (1-4)$$

$$t = \frac{1.333}{43.5} lx = \frac{lx}{32.6} \xrightarrow{92\%} \frac{lx}{30} \dots (1-5)$$

한편 規準에서는

$$t = \frac{2(lx+ly)}{180}$$

$$ly=2lx$$

$$t = \frac{2(lx+2lx)}{180} = \frac{lx}{30} \dots\dots\dots (1-6)$$

으로 (1-5) 式과 (1-6) 式은 비슷한 결과가 된다.

$m=1.0$  ( $\lambda=1.0$ ) 일 때

$$Mx_1=0.033 Wlx^2 \times 10 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$$

$W=1.00 \text{ t/m}^2$  일 때

$$Mx_1=0.033 \times 10 lx^2 \dots\dots (1-7) \quad (1-1)$$

$$= (1-7)$$

$$15.7 \times 100 d^2 = 0.33 lx^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.33}{1570}} lx = \frac{lx}{\sqrt{4710}} = \frac{lx}{68.7} \dots\dots (1-8)$$

$$t = \frac{1.333}{68.7} lx = \frac{lx}{51.5} \xrightarrow{87\%} \frac{lx}{45} \dots (1-9)$$

規準에 依하면

$$t = \frac{2(lx+lx)}{180} = \frac{lx}{45} \dots\dots\dots (1-10)$$

로 (1-9) 式과 (1-10) 式은 비슷한 결과가 되는 것이다.

JIA 規準에서  $f_c=60 \text{ kg/cm}^2$ ,  $n=15$ ,  $f_t=1600 \text{ kg/cm}^2$  인 경우 슬래브의 端部에서 D13D 10를 上端筋으로 配筋할 경우 D 10를 下端筋으로 하여 上端筋의 2 倍의 간격으로 配筋하게 되므로

압축철근비

$$r=0.5 \times 0.713 / 0.5 (0.713 + 1.27) = 0.36$$

이때  $C=11.2$

$Wx=0.738 \text{ t/m}^2$  정도로 보면

$\lambda=2.0$  인 경우

$$Mx_1=Cbd^2=11.2bd^2 \dots\dots\dots (1-11)$$

$$Mx_1 = \frac{1}{12} Wx lx^2 \times 10 \dots\dots\dots (1-12)$$

$$(1-11) = (1-12)$$

$$11.2 \times 100 d^2 = \frac{1}{12} \times 0.738 \ell x^2 \times 10$$

$$d = \sqrt{\frac{0.738 \times 10}{12 \times 11.2 \times 100}} \ell x = \frac{\ell x}{\sqrt{1850}} = \frac{\ell x}{43.0} \dots (1-13)$$

$$t = \frac{1.333}{43.0} \ell x = \frac{\ell x}{32.1} \xrightarrow{99\%} \frac{\ell x}{32} \dots (1-14)$$

(1-14) 式은 規準式과 잘 一致한다.

入=1.0 인 경우

$$W_x = 0.5 \times 0.738 = 0.369 t / m^2$$

$$d = \frac{\sqrt{0.369 \times 10}}{12 \times 11.2 \times 100} \ell x = \frac{\ell x}{\sqrt{3700}} = \frac{\ell x}{60.8} \dots (1-15)$$

$$t = \frac{1.333}{60.8} \ell x = \frac{\ell x}{45.5} \xrightarrow{88\%} \frac{\ell x}{40} \dots (1-16)$$

로 되어 規準式과 비슷해 지는 것이다.

사실상 JIA의 規準式은 Beton Kalender I, 1969, S. 182의 彈性理論解에 根據를 둔 것으로 그 內容은 日本鐵筋콘크리트 計算規準 改定版 P135를 참고 하기 바란다.

한편 JIA 1日規準에 依하면 短方向의 길이와 長方向의 길이의 比에 관계 없이  $t = \ell x / 134$  으로 規定하고 있다.

이것은  $f_c = 60 \text{ kg/cm}^2$  일 때  $n = 24$ 로  $r = 0.36$  일 경우  $C = 19.0$ 이므로

$$d = \frac{\sqrt{0.738 \times 10}}{12 \times 19.0 \times 100} \ell x = \frac{\ell x}{\sqrt{3100}} = \frac{\ell x}{55.8} \dots (1-17)$$

$$t = \frac{1.333}{55.8} \ell x = \frac{\ell x}{41.8} \xrightarrow{96\%} \frac{\ell x}{40} \dots (1-18)$$

로 證明이 되지만 슬래브의 断面 假定規準은 改定된 案이 合理的인 것 같다.

이상 슬래브의 断面 假定에 對한 根據를 밝혀 보았지만 實際 建築 計劃에서는 그 根據는 몰라도 될 것이다.

## 2. 小 梁

小梁이나 梁에 關한 断面 假定 規準은 자세하나와 있지 않고 筆者가 아는 범위에서는 ACI 318-63 909(b) 項에서 『처짐이 계산되어 있지 않은

경우의 彎曲을 받는 部材의 最小 두께 梁... 兩端 連續인 경우  $\ell / 26$  이상』이라고 規定되어 있다. 보통  $\ell / 12$ 로 規定된 것으로 알고 계시는 분들이 많음에 놀란다.

筆者 나름대로 規定해 본다면 다음과 같다.

『그림-2』와 같은 小梁에서는

$$b = \ell x / 10 \dots (2-1)$$

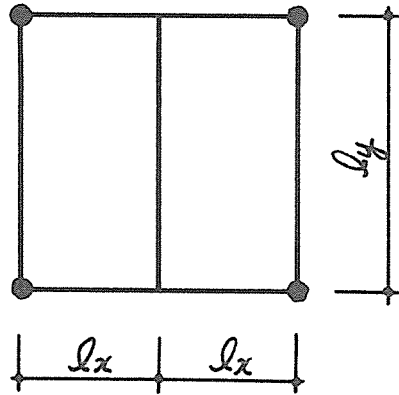
$$d = \ell y / 15 \dots (2-2)$$

$\ell x > \ell y$ 인 경우의 『그림-3』과 같은 小梁에서는

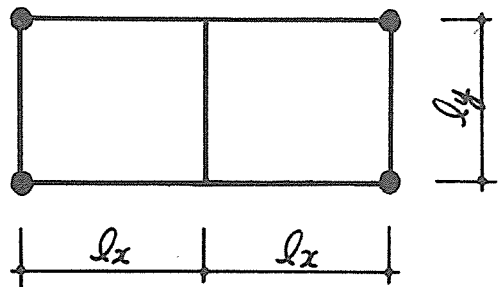
$$b = \ell x / 16 \dots (2-3)$$

$$d = \ell y / 15 \dots (2-4)$$

로 断面 假定하여 實際 断面은 鐵筋으로 調整하면 될 것이다.



『그림-2』



『그림-3』

『그림-3』과 같은 構造 計劃은 잘 하지 않으므로 小梁에서는 (2-1), (2-2) 式으로 断面 假定하는 것이 무난할 것이다. b를 변경하여 b'

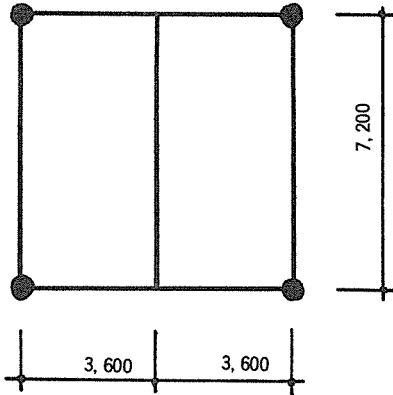
로 한다면 변경 할  $d'$  는

$$d' = \sqrt{bd^2 / b'} \dots \dots \dots (2-5)$$

式에 依하면 된다.

實際 例를 들어 小梁의 断面 假定을 해 보면

例 1)  $l_y=7.200m$   $l_x=3.600m$ 인 『그림-4』와 같은 構造物의 小梁를 断面 假定하라.



『그림-4』

解 1) (2-1)식에 의해

$$b = lx / 10 = 360 / 10 = 36cm \rightarrow 35cm$$

(2-2)식에 의해

$$d = ly / 15 = 720 / 15 = 48cm$$

$$D = 48cm + 5cm = 53cm \rightarrow 55cm$$

따라서 小梁의 断面은 350×550으로 하면 된다.

$$b' = 30cm로$$

$$d' = \sqrt{36 \times 48^2 / 30} = 52.6cm$$

$$D' = 52.6cm + 5cm = 57.6cm \rightarrow 60cm$$

따라 하자면 이 때의 小梁의 断面은

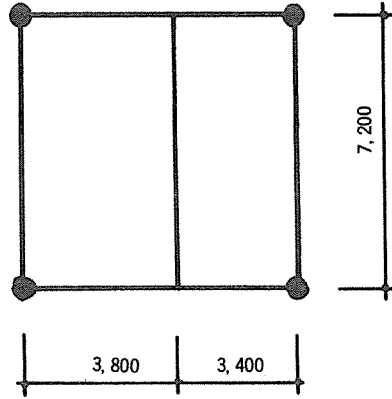
300×600으로 하면 된다.

$D'$ 를 50cm로 하자면

$$d' = 50 - 5 = 45$$

$$b' = \sqrt{36 \times 48^2 / 45^2} = 41cm \rightarrow 40cm$$

따라서 400×500으로 断面 決定하면 된다. 50cm는  $ly / 24$ 이므로 처짐에 대한 검토를 하지 않아도 되는 것이다.



『그림-5』

『그림-5』와 같이  $lx_1$ 과  $lx_2$ 의 다를 경우에는  $b$ 를  $lx_1$ 과  $lx_2$ 의 평균치에 의해서 결정하면 될 것이다.

建築 計劃을 하는데는 必要 없는 것일지 모르지만 관심이 계신 분들을 위해 (2-1)식과 (2-2)식의 根據를 筆者 나름대로 밝혀 보면 다음 과 같다.

JIA 旧 規準에 依하면  $fc=60kg/cm^2$ ,  $n=24$ ,  $ft=1600kg/cm^2$ 인 경우

압축철근비  $r=0.5$  일 때  $c=19.0$ 이므로

$$M = c \cdot bd^2 \dots \dots \dots (2-6)$$

$$M = w_1 ly^2 / 12$$

$$= w \cdot \alpha \cdot lx ly^2 / 12 \dots \dots \dots (2-7)$$

(2-7)식에서  $w \cdot = 1.00t/m^2$

$\alpha=1.0$ 로 보면

$$M = lx ly^2 / 12 \dots \dots \dots (2-8)$$

(2-6)식에서  $b=lx/10$ 으로 하고

(2-8)식에서  $lx$ 와  $ly$ 의 단위를 cm로 표시하면

$$M = lx ly^2 / 120 (kg \cdot cm) \dots \dots \dots (2-9)$$

(2-6) = (2-9)로 두면

$$c \cdot bd^2 = lx ly^2 / 120$$

$$19.0 lx / 10d^2 = lx ly^2 / 120$$

$$d = \frac{lx}{\sqrt{12 \times 19.0}} = \frac{ly}{15.1} \rightarrow \frac{ly}{15} \dots \dots \dots (2-10)$$

(2-10)식은 (2-2)식과 같이 된다.

이렇게 断面 假定할 경우 압축철근은 JIA 旧 規準에 依하면 인장철근의 거의 반으로 배근하면 되는 것이다.

断面 仮定에서 (2-1)식과 (2-2)식의 規定보다 작게 할 경우에는 압축철근비가 커지게 되므로 고려해서 計劃하면 된다.

JIA 新規準에 依하면  $f_c=60\text{kg/cm}^2$ 인 경우  $n=15$  이므로  $c=19.0$ 은 압축철근비  $r \leq 0$  로 되어 무리가 오게 된다. 筆者의 見解로는 JIA 規準에서  $n=24$ 에서  $n=15$ 로 改定한 것은 日本의 지진 등 韓國과 다른 實情에 비추어 그렇게 된 것으로 본다. 구태어 JIA 新規準에 依하여 (2-1)식과 (2-2)식을 합리화 시키면  $f_c=70\text{kg/cm}^2$   $f_t=1600\text{kg/cm}^2$  일때  $r=0.75$ 로 設計하면  $c=19.0$ 으로 (2-1)식과 (2-2)식을 만족 시키게 되는 것이다.

한편 (2-7)식에서  $\alpha$ 는 小梁에서 재단 고정 폭모멘트를 슬래브에서 오는 하중에 대하여 사다리꼴로 보게 되는 계수로  $\lambda=1.0$ 인 경우  $\alpha=0.6250$   
 $\lambda=2.0$ 인 경우  $\alpha=0.8906$   
 $\lambda=3.0$ 인 경우  $\alpha=0.9491$   
 $\lambda=6.0$ 인 경우  $\alpha=0.9868$

이므로  $\alpha=1.00$ 으로 보는 것은 약산이 되어 압축철근비  $\gamma=0.5$ 보다 적어지게 될 것이다. 물론 슬래브의 荷重  $w$ 에 따라 철근량과 압축철근비는 달라지지만 철근으로 조정하면 되므로 断面 假定에는 별 지장이 없다.

따라서 断面 假定에서  $\alpha$ 를 고려하여

$$b = \alpha \cdot l_x / 10 \dots \dots \dots (2-11)$$

로 規定할 수 있게 된다.

例 1 을 (2-11)식에 의해 断面 假定하면

$$\lambda=2.0 \text{ 이므로 } \alpha=0.8906$$

$$b=0.8906 \times 360 / 10 = 32.1 \text{ cm 로}$$

35cm보다 작은 단면을 얻을 수 있으나 (2-1)식에 비해 별 차이가 없으므로  $\lambda \geq 2.0$ 에서는 (2-1)식에 依해도 좋을 것이다.

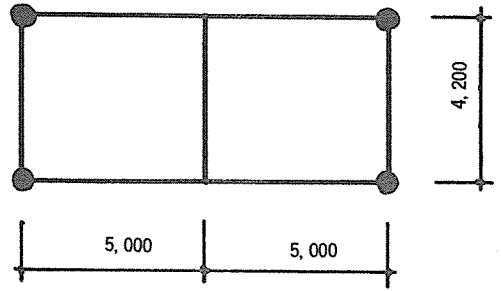
$\lambda < 2.0$ 인 경우에는 (2-11)식을 쓰는 편이 좋겠다.

(2-3)식과 (2-4)식에 의한 断面 假定에 대하여 例를 들어 설명 해 보면 다음과 같다.

例 2)  $l_x=4.200\text{m}$   $l_y=5.000\text{m}$ 인 『그림-6』과 같은 構造物의 小梁을 断面 假定하라.

解 2) (2-3)식에 의해

$$b = l_x / 16 = 420 / 16 = 26.2 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$



『그림-6』

(2-4)식에 의해

$$d = l_x / 15 = 420 / 15 = 28.0 \text{ cm}$$

$$D = 28.0 + 5.0 = 33.0 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

따라서 小梁의 断面은 250×350로 하면 된다.

$b' = 20 \text{ cm}$ 로 하자면

$$d' = \sqrt{26.2 \times 28^2} / 20 = 32.0 \text{ cm}$$

$$D' = 32.0 + 5.0 = 37.0 \text{ cm} \rightarrow 40 \text{ cm}$$

따라서 이때의 小梁의 断面은 200×400으로 하면 된다.

이렇게 構造 計劃에서 어렵고 복잡한 理論보다, 幼稚하다고 할지 모르지만, 基本的 事項을 徹底히 알아 두는 것이 建築 計劃에 많은 도움을 주게 되므로 重要的 것이 아닌가 생각해 본다.

筆者가 建築 意匠面을 고려하여 開發한 部材 断面 假定用 컴퓨터 프로그램인 CHULS에서도 여기 소개한 略算 規定을 많이 利用했음을 밝히는 바이다.

梁, 柱, 基礎에 對한 断面 假定은 다음호로 그 설명을 미룬다.

(筆者: 한국건축컴퓨터응용연구소 대표)