

# 不定形 콘크리트 슬라브의 應力 特性

成 天 慶  
建 築 學 科

## 〈要 約〉

不定形 콘크리트 슬라브는 荷重傳達體系가 攪亂되어 있기 때문에 應力分布에 많은 變化가 있을 것이 豫想된다. 境界條件과 形態가 서로 다른 4가지 경우를 假定하여 콘크리트 슬라브를 均質等方性板으로 보고 差分法(Finite Differences Method)으로 解析하여 各點에서의 應力을 구한 후 이것을 비교 分析하였다.

## On the Characteristics of Stress Distribution for Irregular Shape Concrete Slabs

Sung, Chun Kyung  
Dept. of Architecture

### 〈Abstract〉

The disturbance of load transfer system of irregular shape concrete slabs will influence the stress distribution of it. 4 cases different in boundary conditions and shapes are analyzed by the Finite Differences Method and the results are investigated.

### I. 序 論

一般的인 板構造의 性質이 縱橫 二方向으로 荷重을 分配하여 휨(Bending), 비틀림(Torsion) 및 膜效果(membrane effect)가 복합적으로 作用하여 荷重에 抵抗한다고 할 때 不定形 콘크리트 슬라브는 그 形態의 不定形으로 인하여 荷重傳達體系에 變化가 있을 것이 기대 된다.

대체로 板構造는 그 構成材料나 補強方法에 따라서 直交異方性板(Orthotropic plate)과 直交等方性板(Isotropic plate)으로 구분한다.

一般的으로 콘크리트 슬라브를 構造設計 할 때에는 等方性板(Isotropic plate)으로 간주하여 Levy Type 級數, 또는 Navier Type 級數에 의하여 求하여진 四次偏微分方程式의 解를 가지고 圖表를 만들어 사용함이 보통이다.<sup>(1)</sup> 그러나 荷重狀態가 複雜하여진다면, 슬라브의 모양이 不規則하거나,

境界條件이 복잡하여질 경우에는 偏微分方程式의 解를 구하는 것이 어려워지거나 아주 不可能한 경우가 생기게 된다.

아파트 또는 事務室 등으로 쓰이는 建物과 특히 組積造로 된 建物에서는 不定形 슬라브가 많이 생기게 되며 境界條件도 여러가지의 경우가 있게 된다. 이러한 경우 安全側에 크게 誤差를 두도록 設計를 함이 보통이며 따라서 物資의 낭비도 많고 不正確한 解析에 의한 不均衡으로 構造物의 安全을 기할 수 없게 된다.

境界條件에 맞는 級數解를 求하는 方法으로서의 平板解析은 Design Procedure로서는 너무 어려운 것이며 여러가지 近似解法(Approximate Method)이 있지만 그 結果值의 正確度를 떨어뜨리는 경우도 있고 보통의 構造設計에 사용하기에는 아직도 어려운 점이 있다. 이러한 점으로 보아 差分法(Finite Differences Method)에 의한 平板解析은 가장 適切한 方法인 것 같다.

差分法은 解析의 基本이 되는 微分方程式과 境界條件式의 導函數를 差分近似式으로 變換시켜 解析하는 方法이다. 즉 積分을 行하여야 할 板의 全面積을 均等한 區間으로 나누어 Network를 構成한 후 各點의 交차點의 처짐량(Deflection)  $w$ 를 未知數로 하는  $n$ 元一次聯立方程式의 解를 구하여 이것을 가지고 필요한 應力을 구하는 方法이다. (2) 區間을 細分하면 正精度가 높아지는 대신 未知數의 量이 많아지지만 컴퓨터의 發達로 인하여 未知數의 量이 많아지더라도 쉽게 그 解를 구할 수 있다.

II. 板解析의 基本方程式과 差分式

1. 板構造 解析의 基本方程式

平板에 作用하는 荷重이 그 面에 垂直으로 作用하고, 처짐(Deflection)이 板厚에 비하여 작은 값이며, 境界(Boundary)에서 反力이 板面에 垂直하

다고 가정하면, 剪斷變形을 무시한 板의 基本 微分方程式은

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D} \tag{2.1}$$

이다. (1)

또한  $x, y$ 軸(Fig. 1 참조)에 대하여

$$M_x = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$M_y = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

$$M_{xy} = -M_{yx} = D(1-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \tag{2.2}$$

이며

$$Q_x = -\frac{\partial M_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial M_x}{\partial x} = -D \left( \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right)$$

$$Q_y = -\frac{\partial M_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} = -D \left( \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} \right) \tag{2.3}$$

이다. (1)

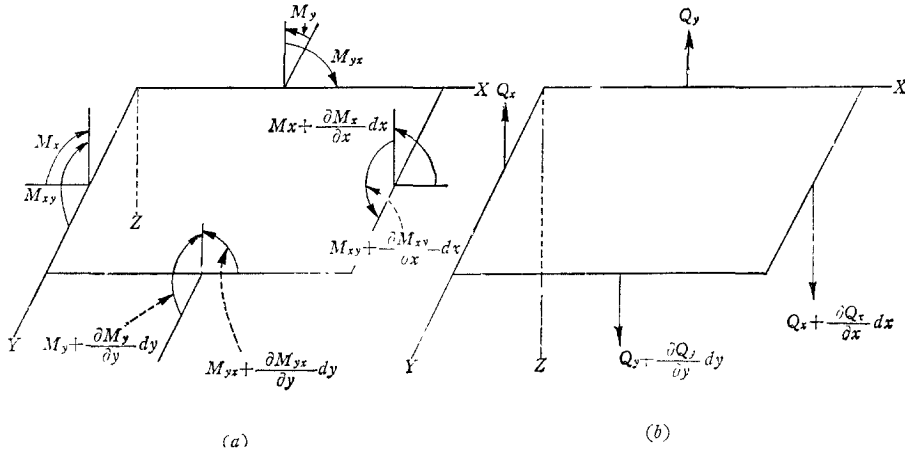


Fig. 1

2. 板의 差分式(Finite differences equation)

複雜한 境界條件으로 인하여 微分方程式의 解를 求하는 것이 不可能하기 때문에 函數  $w(x, y)$ 가 定義되는 區間을  $\Delta x, \Delta y$ 로 細分하고 Fig. 2와 같이  $k$ 點을 中心으로 各 節點에 번호를 붙이면

$$\frac{\partial w}{\partial x} \Big|_k \doteq \frac{w_{k+1} - w_{k-1}}{2\Delta x}, \quad \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_k \doteq \frac{w_l - w_i}{2\Delta y}$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \Big|_k \doteq \frac{w_{k+1} - 2w_k + w_{k-1}}{\Delta x^2},$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \Big|_k \doteq \frac{w_l - 2w_k + w_i}{\Delta y^2}$$

이다.

같은 方法에 의하여  $k$ 點에 대한 各 導函數를 差分法으로 求하면

$$\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \Big|_k \doteq \frac{1}{\Delta x^3} (w_{k-2} + 2w_{k-1} - 2w_{k+1} + w_{k+2})$$

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \Big|_k \doteq \frac{1}{\Delta x^4} (w_{k+2} - 4w_{k+1} + 6w_k - 4w_{k-1} + w_{k-2})$$

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} \Big|_k \doteq \frac{1}{\Delta x^2 \Delta y^2} (w_{l-1} - 2w_{k-1} + w_{l-1} - 2w_l + 4w_k - 2w_l + w_{l+1} - 2w_{k+1} + w_{l+1})$$

이다. (5)

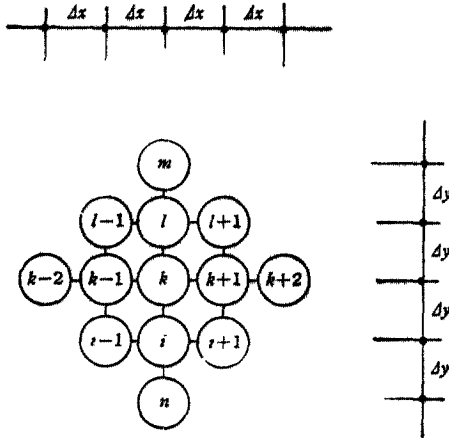


Fig. 2

이상과 같이 하여 板의 기본 방정식

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$$

을 差分式으로 고치면

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\Delta x^4} (w_{k-2} - 4w_{k-1} + 6w_k - 4w_{k+1} + w_{k+2}) \\ & + \frac{2}{\Delta x^2 \Delta y^2} (w_{l-1} - 2w_{k-1} + w_{l-1} - 2w_l + 4w_k - 2w_i + w_{i+1} \\ & - 2w_{k+1} + w_{i+1}) + \frac{1}{\Delta y^4} (w_n - 4w_i + 6w_k - 4w_l + w_m) \\ & = \frac{q_k}{D} \text{가 된다. 이기서 } \Delta x = \Delta y = \lambda \text{로 놓으면} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & w_{k-2} + w_m + w_{k+2} + w_n + 2(w_{l-1} + w_{i+1} + w_{i+1} + w_{l-1}) \\ & - 8(w_{k-1} + w_l + w_{k+1} + w_i) + 20w_k = \frac{q_k \lambda^4}{D} \end{aligned}$$

으로 된다.

이 式은 Fig. 2에 있는 各 節點의  $w$ 에 대한 係數를 그 位置와 一致시키면 다음과 같은 形態의 差分式으로 된다.

$$\times \omega = \frac{q}{\lambda^4} \lambda^4 \quad (2.4)$$

이 式은 결국  $w$ 에 關한  $n$ 元 一次聯立方程式이 될 것이므로 各 節點의  $w$ 가 決定되면 모멘트 및 剪斷力은 다음 差分式에 의하여 求할 수 있다.

$$M_x = \left( \begin{array}{ccc} & \nu & \\ 1 & -2(1+\nu) & 1 \\ & \nu & \end{array} \right) \times \frac{-D}{\lambda^2} \omega$$

$$M_y = \left( \begin{array}{ccc} & 1 & \\ \nu & -2(1+\nu) & \nu \\ & 1 & \end{array} \right) \times \frac{-D}{\lambda^2} \omega$$

$$M_{xy} = -M_{yx} = \left( \begin{array}{ccc} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \right) \times \frac{D(1-\nu)}{4\lambda^2} \omega \quad (2.5)$$

( $\nu$ : Poisson's Ratio)

$$Q_x = \left( \begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 4 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \right) \times \frac{-D}{2\lambda^2} \omega$$

$$Q_y = \left( \begin{array}{ccc} & 1 & \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ & -1 & \end{array} \right) \times \frac{D}{2\lambda^2} \omega \quad (2.6)$$

### 3. 境界條件(Boundary Condition)의 假定

#### A) 固定緣(Built in edge)인 경우

콘크리트 슬라브가 비교적 단면이 큰 Girder 또는 擁壁에 一體로 연결되어 있는 경우는 固定緣으로 假定할 수 있으며, 이 緣(Edge)에서의 처짐량(Deflection)  $w$ 는 零이어야 한다. 同時에 이 Edge에서 荷重을 받아 처진 슬라브 中心面에 接하는 平面(Tangent plane)은 원래의 슬라브 中心面과 一致해야 한다. 즉 固定緣의 座標가  $x=a$ 로 주어질 때의 境界條件은

$$(w)_{x=a}=0, \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=a}=0$$

이다. 슬라브가 Fig.3과 같이  $m, n, p$  點에서 固定되었다고 하고, 슬라브의 境界를 넘어서 Network를 연장하여 얻어지는 節點에  $m-1, n-1, p-1$ 과 같이 번호를 붙이던 위의 境界條件은

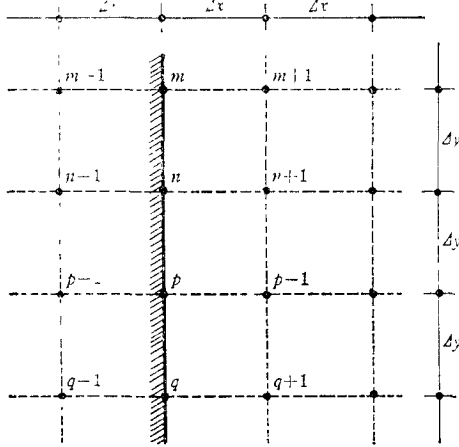


Fig. 3

$$w_m = w_n = w_p = 0$$

및

$$\frac{\partial w}{\partial x} \Big|_{x=m} = \frac{w_{n+1} - w_{n-1}}{2\Delta x} = 0 \text{에서 } w_{n+1} = w_{n-1} \text{이 되고,}$$

같이 하여  $w_{n-1} = w_{n+1}$ ,  $w_{p-1} = w_{p+1}$ 로 된다.

B) 純單支持緣인 경우(Simply Supported edge)

슬라브가 Beam이나 柱積遊壁 위에 單純히 얹혀 있는 경우는 單純支持緣으로 假定할 수 있으며, 이때에도 境界線에서의 처짐량  $w$ 는 零이어야 한다. 그러나 이 Edge는 Edge-line에 대하여 자유롭게 廻轉할 수 있으므로 이 Edge에서의 모멘트  $M_x$ 도 零이어야 한다. 즉 이 경우의 解析的인 境界條件式은

$$(w)_{x=a}=0, (M_x)_{x=a} = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)_{x=a} = 0$$

이다. 앞의 Fig.3에서  $m, n, p$  點이 單純支持 되었다고 가정하면 위의 境界條件은

$$w_m = w_n = w_p = 0$$

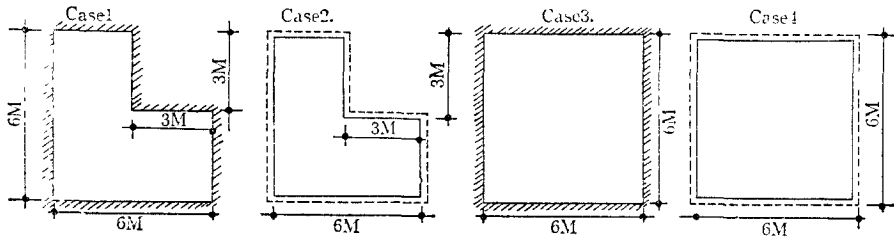
이며

$$M_{x_n} = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)_n = \frac{1}{2\Delta x^2}(w_{n-1} - 2w_n + w_{n+1}) + \frac{\nu}{2\Delta y^2}(w_n - 2w_{n-1} + w_{n+1}) = 0$$

에서  $w_{n-1} = -w_{n+1}$ 이다.

### III. 不定形 콘크리트 슬라브의 解析

不定形 콘크리트 슬라브에 생기는 應力の 상태는 荷重傳達體系의 攪亂으로 인하여 많은 變化가 豫想되므로 完全한 形態의 슬라브의 比較하여야 할 것으로 생각 된다. 따라서 Fig.4과 같이 形態와 境界條件 以外의, 荷重, 두께, 材料 등의 條件이 같은 것은 Case別로 假定하여 差分法에 依한 應力解析을 하고 그 結果를 比較 分析 하였다.



Case 1 : 周邊이 固定된 不定形 슬라브

Case 2 : 周邊이 單純 支持된 不定形 슬라브

Case 3 : 周邊이 固定된 完形인 슬라브

Case 4 : 周邊이 單純 支持된 完形인 슬라브

Fig. 4

위와 같은 서로 다른 境界條件과 모양을 가진 경우를 解析하기 위하여 콘크리트 슬라브를 15cm 두께의 均質等方性板으로 보고 다음과 같이 常數를 假定하였다.

$h=15\text{cm}$  : Thickness of the slab

$\nu=0.2$  : Poisson's Ratio for concrete

$E_{\text{concrete}}=2.1 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$  : Modulus of elasticity for concrete

$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$  : Flexural rigidity of the concrete slab

$=615.23437 \times 10^5 \text{ kg. cm}$

$q=1\text{ton/m}^2=0.1\text{kg/cm}^2$ ; Intensity of load

$\Delta x = \Delta y = \lambda = 1\text{m}$

따라서  $\frac{q}{D} \lambda^4 = 0.16254\text{cm}$ 가 된다.

1. 周邊이 固定된 不定形 슬라브(Case 1)의 應力 解析

均質等方性板으로 간주 되는 슬라브를 Fig. 5와 같이, 같은 간격을 갖는 區間으로 나누어 번호를 붙이면, 點 A의 點 M을 연결하는 線에 대하여 對稱이므로 方程式은 전체 슬라브의 半에 해당하는 部分만 세우면 된다. 슬라브의 境界 밖으로 Network를 延長하여 Fig. 5와 같이 번호를 정하면 境界條件에 따라

$w_i = 0 \text{ (} i = A, B, C \dots L, M \text{)}$ 이고

$w_n = w_{n'} \text{ (} n = 1, 2, 3, \dots, 9 \text{ \& } n' = 1', 2', 3', \dots, 9' \text{)}$ 가 된다.

이러한 境界條件을 考慮하여 各各의 節點(Point, 以下 pt.라 略稱한다)에 대하여 式(2.4)와 같은 差分方程式은 세우면 다음과 같다.

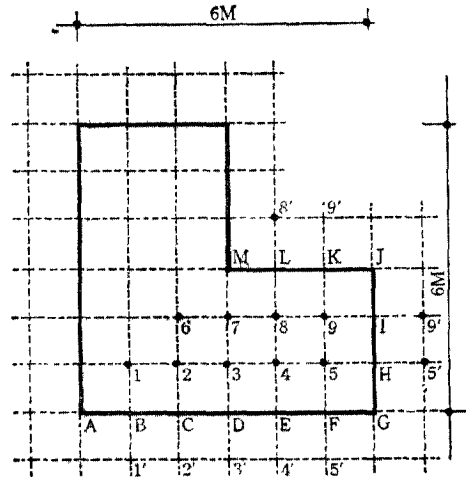


Fig. 5

pt. ①  $22w_1 - 16w_2 + 2w_3 + 2w_6 = 0.16254$

pt. ②  $-8w_1 + 23w_2 - 8w_3 + w_4 - 8w_6 + 3w_7 = 0.16254$

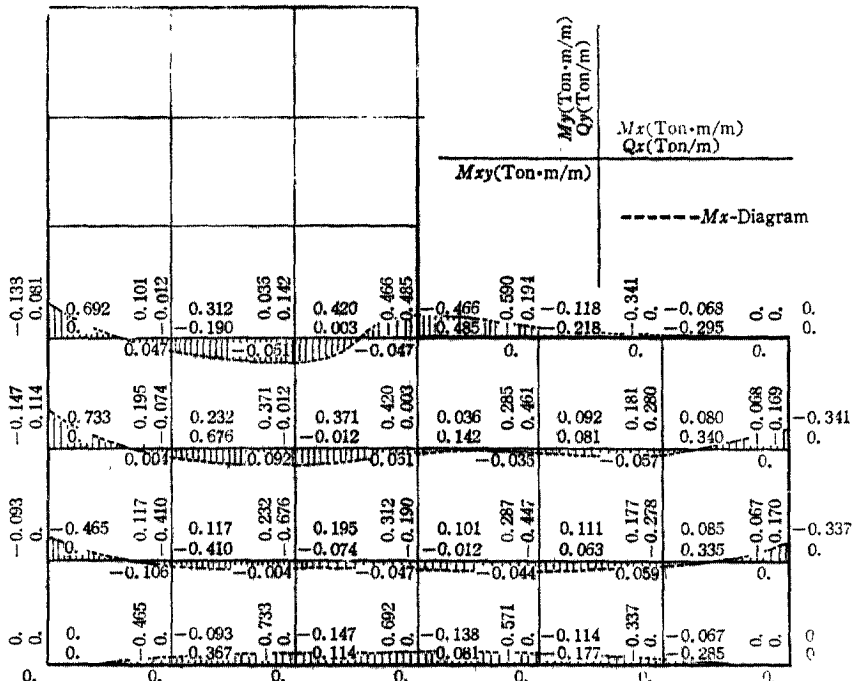


Table 1. Case 1의 應力과 Mx-Diagram

pt. ③  $w_1 - 8w_2 + 21w_3 - 8w_4 + w_5 + 2w_6 - 8w_7 + 2w_8 = 0.16254$

$= 0.16254$

pt. ⑤  $w_3 - 8w_4 + 22w_5 + 2w_8 - 8w_9 = 0.16254$

pt. ④  $w_2 - 8w_3 + 21w_4 - 8w_5 + 2w_7 - 8w_8 + 2w_9$

pt. ⑥  $2w_1 - 16w_2 + 4w_3 + 20w_6 - 16w_7 + 2w_8$

$= 0.16254$   
 pt. ⑦  $3w_2 - 8w_3 + 2w_4 - 8w_6 + 22w_7 - 8w_8 + w_9$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑧  $2w_3 - 8w_4 + 2w_5 + w_6 - 8w_7 + 21w_8 - 8w_9$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑨  $2w_4 - 8w_5 + w_7 - 8w_8 + 22w_9 = 0.16254$

電子計算機에 의한 上記 聯立方程式의 解  $w_i$ 의 값은 다음과 같다.

$w_1 = 0.03775\text{cm}$        $w_6 = 0.08647\text{cm}$   
 $w_2 = 0.05959\text{cm}$        $w_7 = 0.06311\text{cm}$   
 $w_3 = 0.05625\text{cm}$        $w_8 = 0.04791\text{cm}$   
 $w_4 = 0.04638\text{cm}$        $w_9 = 0.02769\text{cm}$   
 $w_5 = 0.02741\text{cm}$

이렇게 구하여진 各 節點에서의 처짐량을 가지고 式 (2.5) (2.6)의 差分式에 代入하여 그 節點의 應力  $M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$ 를 구하여 圖표로 만든 것이 Table 1이다.

2, 周邊이 單純支持된 不定形 슬라브 (Case 2)의 應力解析

前項의 경우(Fig.5 참조)와 같이 節點의 번호를 정하면, 單純支持線이므로 境界條件은

$w_i = 0$  ( $i = A, B, C, \dots, L, M$ )이며  
 $w_{n'} = -w_n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots, 9$  &  $n' = 1', 2', 3', \dots, 9'$ )가

된다. 이것을 고려한 이 경우의 差分方程式은 다음과 같다.

pt. ①  $18w_1 - 16w_2 + 2w_3 + 2w_6 = 0.16254$   
 pt. ②  $-8w_1 + 21w_2 - 8w_3 + w_4 - 8w_6 + 3w_7 = 0.16254$   
 pt. ③  $w_1 - 8w_2 + 19w_3 - 8w_4 + w_5 + 2w_6 - 8w_7 + 2w_8$   
 $= 0.16254$   
 pt. ④  $w_2 - 8w_3 + 19w_4 - 8w_5 + 2w_7 - 8w_8 + 2w_9$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑤  $w_3 - 8w_4 + 18w_5 + 2w_8 - 8w_9 = 0.16254$   
 pt. ⑥  $2w_1 - 16w_2 + 4w_3 + 20w_6 - 16w_7 + 2w_8$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑦  $3w_2 - 8w_3 + 2w_4 - 8w_6 + 22w_7 - 8w_8 + w_9$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑧  $2w_3 - 8w_4 + 2w_5 + w_6 - 8w_7 + 19w_8 - 8w_9$   
 $= 0.16254$   
 pt. ⑨  $2w_4 - 8w_5 + w_7 - 8w_8 + 18w_9 = 0.16254$

上記 聯立方程式의 解  $w_i$ 의 값은 다음과 같다.

$w_1 = 0.08990\text{cm}$        $w_6 = 0.15696\text{cm}$   
 $w_2 = 0.12519\text{cm}$        $w_7 = 0.11362\text{cm}$   
 $w_3 = 0.11674\text{cm}$        $w_8 = 0.09880\text{cm}$   
 $w_4 = 0.10146\text{cm}$        $w_9 = 0.06436\text{cm}$   
 $w_5 = 0.03527\text{cm}$

처짐량  $w_i$ 를 가지고 各 節點에서의 應力은 求하면 다음 표(Table 2)와 같다.

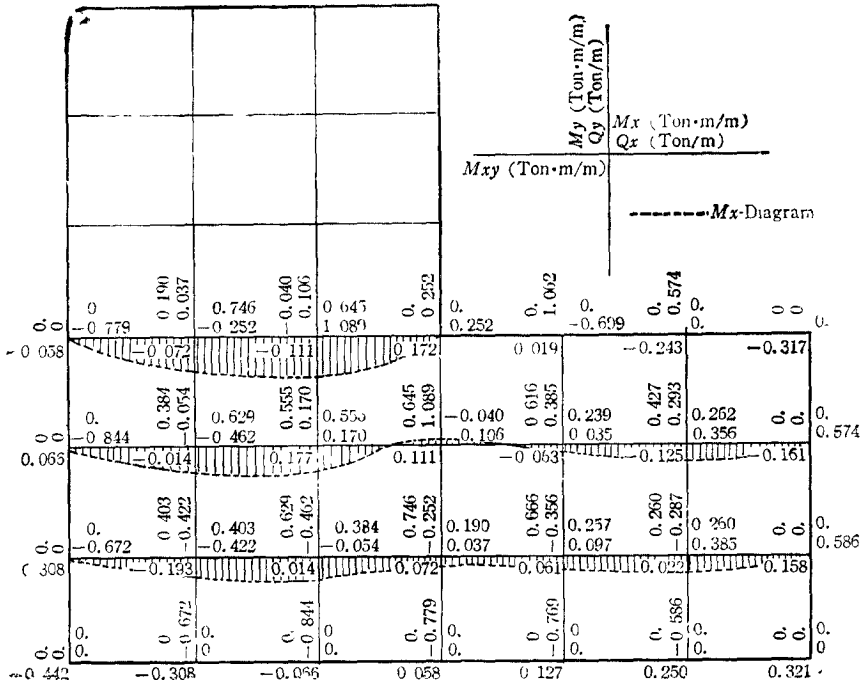


Table 2. Case 2의 應力과 Mx-Diagram

3. 周邊이 固定된 完形인 슬라브(Case 3)의 應力 解析

四邊이 固定(Built in)된 正四角形 슬라브를 Fig. 6

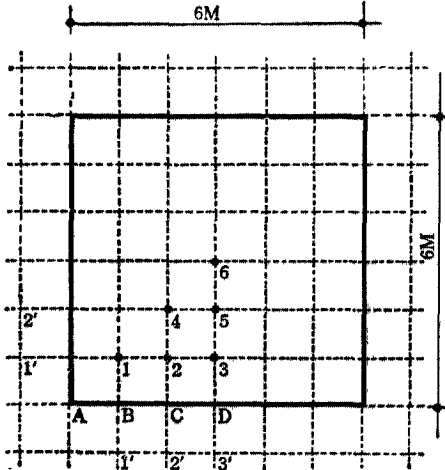


Fig. 6

과 같이. 같은 간격으로 나누어 번호를 정하면  $x, y$  方向에 대하여 對稱이므로 方程式은 전체 節點의 1/8에 해당하는 6개만 세우면 된다. 周邊이 固定되었으므로 境界條件은

$$w_i = 0 \quad (i = A, B, C, D)$$

$$w_n = w_{n'} \quad (n = 1, 2, \dots, 6 \text{ \& } n' = 1', 2', \dots, 6')$$

이다. 이 경우의 差分方程式은

$$\text{pt. ① } 22w_1 - 16w_2 + 2w_3 + 2w_4 = 0.16254$$

$$\text{pt. ② } -8w_1 + 24w_2 - 8w_3 - 8w_4 + 3w_5 = 0.16254$$

$$\text{pt. ③ } 2w_1 - 16w_2 + 21w_3 + 4w_4 - 8w_5 + w_6 = 0.16254$$

$$\text{pt. ④ } 2w_1 - 16w_2 + 4w_3 + 22w_4 - 16w_5 + 2w_6 = 0.16254$$

$$\text{pt. ⑤ } 6w_2 - 8w_3 - 16w_4 + 25w_5 - 8w_6 = 0.16254$$

$$\text{pt. ⑥ } 4w_3 + 8w_4 - 32w_5 + 20w_6 = 0.16254$$

이며 이 聯立方程式의 解  $w_i$ 의 값은 다음과 같다.

$$w_1 = 0.05516\text{cm}$$

$$w_4 = 0.22549\text{cm}$$

$$w_2 = 0.11024\text{cm}$$

$$w_5 = 0.26966\text{cm}$$

$$w_3 = 0.13086\text{cm}$$

$$w_6 = 0.32322\text{cm}$$

各 節點에서의 應力을 求하면 다음 표와 같다.

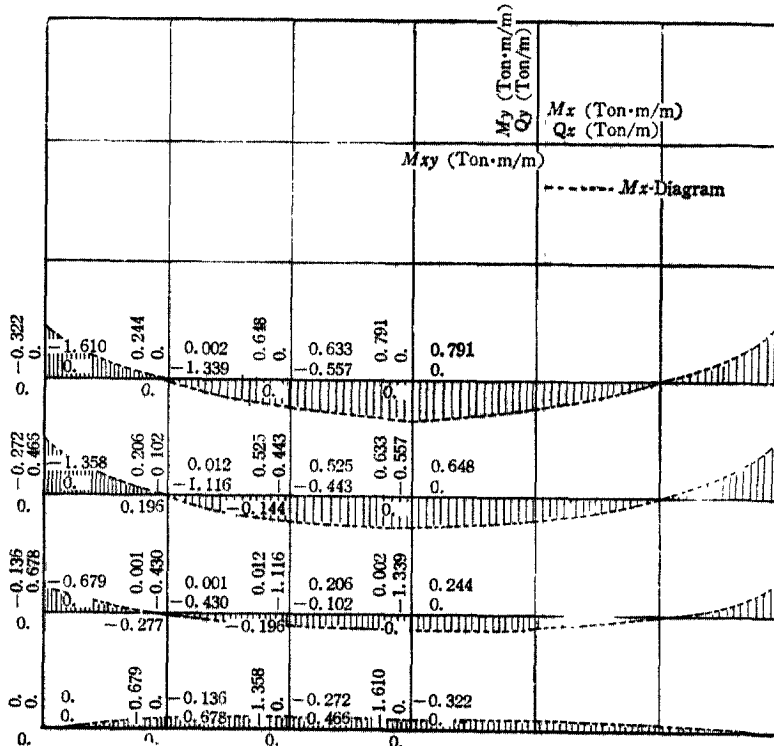


Table 3. Case 3의 應力과  $M_x$ -Diagram

4. 周邊이 單純支持된 完形인 슬라브(Case 4)의 應力解析

前項의 경우(Fig. 6 참조)와 같이 節點의 번호를 정하면, 單純支持線이므로

$$w_i = 0 \quad (i = A, B, C, D)$$

$$w_{n'} = -w_n \quad (n = 1, 2, \dots, 6 \text{ \& } n' = 1', 2', \dots, 6')$$

이다. 따라서 各 節點의 差分方程式은 다음과 같다.

pt. ①  $18w_1 - 16w_2 + 2w_3 + 2w_4 = 0, 16254$

pt. ②  $-8w_1 + 22w_2 - 8w_3 - 8w_4 + 3w_5 = 0, 16254$

pt. ③  $2w_1 - 16w_2 + 19w_3 + 4w_4 - 8w_5 + w_6 = 0, 15254$

pt. ④  $2w_1 - 16w_2 + 4w_3 + 22w_4 - 16w_5 + 2w_6 = 0, 16254$

pt. ⑤  $6w_2 - 8w_3 - 16w_4 + 25w_5 - 8w_6 = 0, 16254$

pt. ⑥  $4w_3 + 8w_4 - 32w_5 + 20w_6 = 0, 16254$

上記와 같은 聯立方程式의 解  $w_i$ 의 값은

$$w_1 = 0.23392\text{cm} \quad w_4 = 0.65524\text{cm}$$

$$w_2 = 0.39048\text{cm} \quad w_5 = 0.74730\text{cm}$$

$$w_3 = 0.44458\text{cm} \quad w_6 = 0.85279\text{cm}$$

이며 이 値를 代入 各 節點의 應力은 다음과 같다.

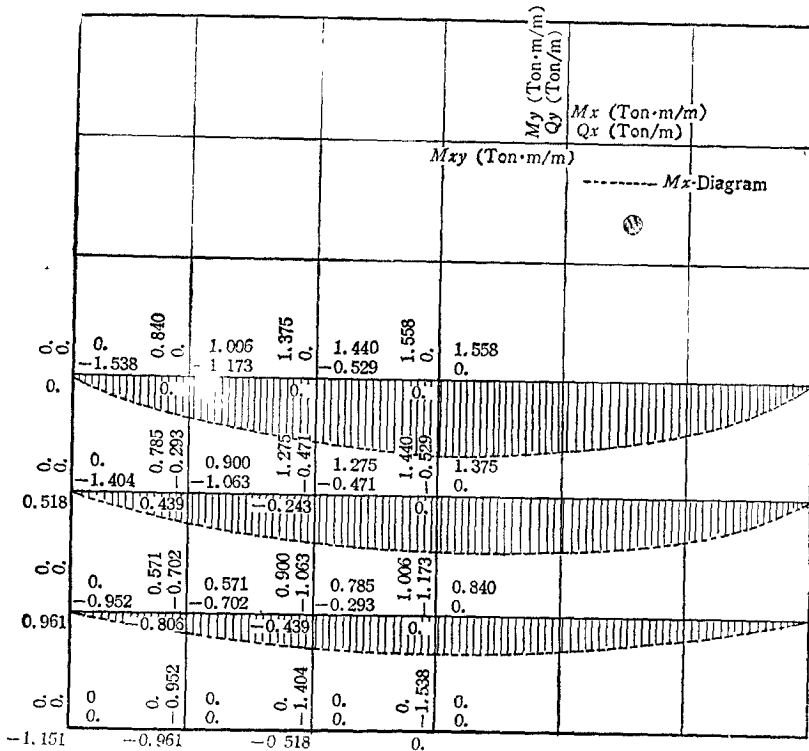


Table 4. Case 4의 應力과 Mx-Diagram

Ⅶ. 解析結果의 分析

差分法으로 解析한 結果를 슬라브의 境界條件과 모양이 따라 整理하여 Table 1~4를 作成하였다. 모멘트  $M_x$ 의 Diagram은 슬라브의 모양이 封閉이기 때문에 한쪽 方向으로만 표시 하였다.

上記 圖表와 Diagram은 分析한 結果 다음과 같은 事實을 알 수 있었다.

1) 定形의 슬라브는 完全한 二方向荷重傳達體系 (Two dimensional load transfer system)이지만 Case 1과 Case 2의 슬라브는 一方向荷重傳達體系에 가깝고 部分的으로 二方向荷重傳達系의 現象이 생긴다.

2) Case 1과 Case 2의 슬라브에 있어서 正모멘트 (positive moment)는 點D와 M을 연결한 方向이 가장 크다. 이것은 點C와 I 및 點B와 H를 연결한 strip을 連續보(continuous beam)라고 가정할 때



支點의 역할을 하고 있는 것으로 생각된다.

3) Edge에 수직인 方向의 否모멘트(negative moment)는 Case 3의 경우 點D에서 가장 큰 것은豫想되었던 것이지만 Case 1에서는 點C에서 최대값을 가지며 Case 1과 Case 2의 경우 처짐량(Deflection)은 點6에서 가장 큰 값을 갖는다. 이것은 슬라브 形態이 다른 應力의 變化로 생각된다.

4) 이더한 應力의 變化는 상당히 넓은 범위에 걸쳐 생기며 전혀 豫測치 않은 點에서 極值(예: Case 2의 點7에서 剪斷力)를 갖는 경우가 생기어 특별한 補強을 해주어야 할 것이 要求된다.

5) Case 1과 Case 3, Case 2와 Case 4를 비교해보면  $M_x, M_y$  및  $M_{xy}$  중에서 가장 큰 값은 Case 1과 Case 2의 경우가 Case 3과 Case 4의 경우의 대체로 半경우이다.

6) Case 3과 Case 4의 結果值을 Navier 級數解에 의한 結果와 비교하면 약 4%의 誤差가 있으나 構造設計에 사용하기에는 充分하며 境界條件과 슬라브 形態가 複雜할 경우, 差分法에 의한 解析은 하나의 適切한 方法이 될 수 있다.

7) 差分法에 의한 解析은 그 作業이 機械的 一貫

性을 가지므로 一般的인 構造解析에 사용되는 電子計算 programming과 마찬가지로의 組織化가 可能한 것으로 생각되며 이것을 앞으로의 課題로 한다.

### 參 考 文 獻

1. S. TIMOSHENKO and S. WOINOWSKY-KRIEGER "Theory of plates and shells", 2nd Edition, McGraw-Hill (1959)
2. R. BARES and C. MASSONNET, "Analysis of Beam Grids and Orthotropic plates by the Guyon-Massonnet Bares Method" SNTL-Publ. (1968)
3. LEE, S. K., "開口를 갖는 球形殼의 應力 解析." 大韓民國 建築學誌 Vol 15, No. 41 (1971. 7-8)
4. S. TIMOSHENKO and J. N. GOODIER, "Theory of elasticity" McGraw-Hill (1959)
5. 坪井善勝, "曲面構造", 丸善 KK. (1965)
6. 成天慶, "內部缺損을 가진 格子構造의 境界條件에 따른 應力變化에 관한 研究", 碩士論文 (1975).