

圓形 全面基礎의 解析

金 聲 得 · 閔 惠 基

土 木 工 學 科

(1983. 9. 22 접수)

〈要 約〉

地盤을 等方彈性 半無限體로 보고 原子力發電所, 사일로우 등에서 널리 사용되고 있는 圓形인 全面基礎의 解析方法을 보여주고 있다. 그리고 Gauss點에서의 應力을 節點應力으로 바꾸는 副프로그램을 提示하였다.

Analysis of Circular Mats

Kim, Sung Deuk & Min, Tuk Ki

Dept. of Civil Engineering

(Received September 22, 1983)

〈Abstract〉

This work proposes a method to analyze circular mats, widely used for nuclear power plants and silos, etc., assuming that the subgrade can be represented as an elastic half-space. And, a subprogram has been presented to derived stresses at nodes from stresses at Gauss points.

I. 序 言

彈性地盤上的 基礎의 形狀에는 여러가지가 있지만 圓形 全面基礎⁽¹⁾는 굴삭, 各種의 塔構造物, 사일로우에서부터 原子力發電所, 工場設備를 지탱하는 구조물이나 建物 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 全面基礎를 받치는 地盤을 어떻게 모델화하느냐에 따라서 그 解析의 方法이 다양하게 있을 것이며, 경우에 따라서는 基礎에 引張應力이 發生케하는 荷重이 作用하는 등의 問題點도 일어나게 된다.

地盤의 모델화에 있어서 假定, 理論 및 適用方法에 있어서 研究 適用한 地盤모델을 정리해 보면 Winkler와 Half-space 지반모델로 귀착되었다고 볼 수 있겠으며,⁽²⁾ Winkler 지반은 그 簡單性 때문에 많이 쓰이고 있지만 스프링常數를 구하는 것과 암반과 같이 剛度가 큰 지반의 적용에 難點이 있어

서, 여기서는 지반을 等方彈性的의 半無限體(Half-space)로 보는 Boussinesq의 方法을 擇하기로 한다.

金이 發表한 有限要素法에 의한 全面基礎의 解法은⁽³⁾⁽⁴⁾ 기초로 하여서, 圓形인 基礎에 임의평상의 荷重이 作用할 때 基礎-地盤의 相互影響(Interaction)을⁽⁵⁾ 다루어 보면서 몇가지 새로운 理論을 補充하고자 한다.

II. 解析方法

1. 地盤의 처짐

Boussinesq는 Fig.1에서와 같이 흙이 均質(homogenous)하고 等方性(isotropic)이며 彈性的(elastic)인 半無限體위의 한 地表面上의 點 i 에 集中荷重 P_i 가 作用할 때 이 하중으로 인하여 하중 작용점에서 r 만큼 떨어진 곳에서 鉛直으로 z 길이 이

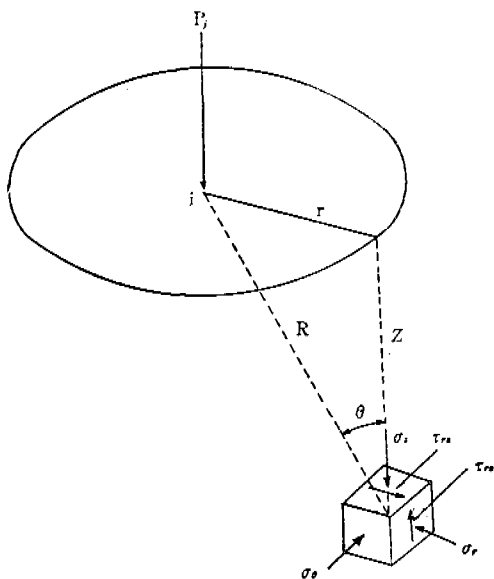


Fig. 1. Stresses in Half-space due to a Point Load at the Surface.

래에서의 應力을 彈性理論으로 다음과 같이 구했다.⁽⁶⁾

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{3P_i}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5} = \frac{3P_i}{2\pi z^2} \cdot \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right\}^{5/2}} \\ \sigma_r &= \frac{P_i}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{3zr^2}{R^5} - \frac{1-2\nu_i}{R(R+z)} \right\} \\ \sigma_\theta &= \frac{P_i}{2\pi} (1-2\nu_i) \left\{ \frac{1}{R(R+z)} - \frac{z}{R^3} \right\} \quad (1) \\ \tau_{rz} &= \frac{3P_i}{2\pi} \cdot \frac{z^2 r}{R^5} \\ \tau_{\theta z} &= \tau_{r\theta} = 0 \end{aligned}$$

여기서 ν_i 는 地盤의 포아송比이며 다른 부호는 Fig. 1에 그려진 바와 같다.

z 방향의 變形率 ϵ_z 는 Hooke의 法則에 따라서

$$\epsilon_z = \frac{1}{E_s} \{ \sigma_z - \nu_i (\sigma_r + \sigma_\theta) \} \quad (2)$$

와 같으며 E_s 는 흙의 彈性係數이다.

따라서 地반의 한 點 j 에 작용하는 집중하중 P_i 에 의해서 點 j 에서 r 만큼 떨어진 i 點에서의 수직 변위 w_{ij} 는 地반의 여러 층에서의 변형율을 길이에 대해 積分하면 얻어진다.

$$\begin{aligned} w_{ij} &= \int_0^\infty \epsilon_z \cdot dz \\ &= \int_0^\infty \frac{z^2}{\sin^2 \theta} \cdot \frac{r^2}{\sin^2 \theta} d\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1-\nu_i^2}{\pi E_s} \cdot \frac{P_i}{r} \\ &= \beta \cdot \frac{P_i}{r} \quad (3) \end{aligned}$$

여기서

$$\beta = \frac{1-\nu_i^2}{\pi E_s} \quad (4)$$

로서 흙의 性質에 따라서 정해지는 값이며, 또 β/r 을 柔軟度(Flexibility)라 하며 主對角要素 이외에 대해서는 같은 방법으로 구해진다.

그런데 i 點에 작용하는 하중으로 인해서 그 i 點에 생기는 변위를 구하고자 하면, $r=0$ 이 되어 (3)식의 값이 無限大로 되어 작용점 주위가 塑性과괴가 일어난다고 생각되므로, 한 點점 주위의 影響領域에 等分布된 荷重 q_i 를 받는 圓心에서의 變位는 그 영역의 全面積에 대하여 식 (3)을 적분함으로써 얻는다.

즉,

$$\begin{aligned} w_{ij} &= \int_{A_i} \frac{1-\nu_i^2}{\pi E_s} \cdot \frac{P_i}{A_i r} dA_i \\ &= \beta P_i \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \frac{dA_i}{r} \quad (5) \end{aligned}$$

여기서, 8-Node의 isoparametric 要素는 한 節點의 影響영역을 幾何學的으로 분할하기 어렵고 또 4(9)-Node처럼⁽⁷⁾ 요소들 4(9)等분하여 影響영역을 분할한다 하더라도 (5)식의 積分은 任意的 曲線境界를 갖는 4角形 領域에 對한 적분이 되므로 결국 數值積分에 依存하지 않을 수 없다는 두 가지 어려움이 생긴다. 이것에 對하여 趙는⁽⁸⁾ 다음의 提案을 하고 있다.

첫째는 집중하중의 分布범위를 적당히 배당하여 數值積分을 強行하는 方法이며, 둘째는 기초지반의 한 要素 領域을 생각하고 그 영역내에서는 일단 反力分布가 均等하다고 가정하여 영역내의 등분포하중과 정력학적으로 等價인 節點力系를 求하는 方法으로, P_i 의 影響영역의 面積 A_i 는

$$A_i = \int_e \int_f N_i dA = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 N_i(\xi, \eta) \det [J] d\xi d\eta \quad (6)$$

이며, e 는 要素, N_i 는 要素座標 (ξ, η) 로 定義되는 形狀函數를 의미하고 $[J]$ 는 Jacobian 매트릭스이다.

이제 任意 形狀의 影響영역을 같은 面積인 矩形 領域 $a_i \times b_i$ (a_i 가 長 邊)로 나타내면 식 (5)는

$$w_{ij} = \beta \frac{P_i}{a_i b_i} \int_{A_i} \frac{dA_i}{r}$$

$$= 2\beta \frac{P_i}{a_i b_i} \int_{x=0}^{x=\frac{a}{2}} \int_{y=0}^{y=\frac{b}{2}} \frac{dx dy}{\sqrt{x^2+y^2}} \quad (7)$$

가 되며 식 (7)을 직접 적분하여 다음과 같이 影響係數(Influence Factor) f_{ii} 로 나타내었다.⁽⁹⁾

$$w_{ii} = \beta \frac{P_i}{a_i} f_{ii} \quad (8)$$

$$f_{ii} = \frac{1}{b} \left[a \log \frac{\sqrt{a^2+b^2}+b}{\sqrt{a^2+b^2}-b} + 4b \log \sqrt{\sqrt{a^2+b^2}+b} + \sqrt{\sqrt{a^2+b^2}-b} - 4b \log \sqrt{2b} \right] \quad (9)$$

한편 Steinbrenner는 다른 영향계수 I_w 를 제시한 바⁽¹⁰⁾

$$w_{ii} = \beta \cdot \frac{P_i}{a_i} \cdot \pi I_w \quad (10)$$

$$I_w = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{a}{b} \log \left[\frac{1 + \sqrt{(a/b)^2 + 1}}{a/b} \right] + \log \left[\frac{a}{b} + \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + 1} \right] \right\} \quad (11)$$

와 같으며, Timoshenko는 또 다른 영향계수 S_i 를 제시하였다.⁽¹¹⁾ 즉,

$$w_{ii} = \beta \cdot \frac{P_i}{a_i} \cdot S_i \quad (12)$$

$$S_i = 2 \frac{a}{b} \left\{ \log \left(\frac{b}{a} \right) + \frac{b}{a} \log \left[\frac{a}{b} + \left(\frac{a^2}{b} \right) + 1 \right]^{1/2} + \log \left[1 + \left(\frac{a}{b} \right)^2 + 1 \right]^{1/2} \right\} \quad (13)$$

와 같으며, 본 연구의 해석에 있어서는 두번째 계수를 利用했으며 비교 검토는 뒤로 미루겠다.

따라서 임의의 절점 i 에서의 기초지반에 대한 沈下量은 i 점 외의 작용하중으로 인한 처짐량 (3)식의 누적치에 i 點에서의 하중으로 인한 값 (10)식을 합한 것이다. 즉,

$$w_i = w_{ii} + \sum_{j=1}^n w_{ij} = \beta \frac{P_i}{a_i} \pi I_w + \beta \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{r_{ij}} \quad (14)$$

이며 n 은 절점수이다. 모든 절점에 대한 (14)식을 매트릭스형태로 나타내면

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \end{pmatrix} = \beta \begin{pmatrix} \frac{\pi I_{w1}}{a_1} & \frac{1}{r_{21}} & \frac{1}{r_{31}} & \dots \\ \frac{1}{r_{12}} & \frac{\pi I_{w2}}{a_2} & \frac{1}{r_{32}} & \dots \\ \frac{1}{r_{13}} & \frac{1}{r_{23}} & \frac{\pi I_{w3}}{a_3} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (15)$$

즉,

$$\{w\} = [F_f] \{P\} \quad (16)$$

로서 $[F_f]$ 는 지반의 柔軟度 매트릭스(Flexibility Matrix)로서 대칭이지만 帶狀은 아니며

$$[F_f] = \beta \begin{pmatrix} \frac{\pi I_{w1}}{a_1} & \frac{1}{r_{21}} & \frac{1}{r_{31}} & \dots \\ \frac{1}{r_{12}} & \frac{\pi I_{w2}}{a_2} & \frac{1}{r_{32}} & \dots \\ \frac{1}{r_{13}} & \frac{1}{r_{23}} & \frac{\pi I_{w3}}{a_3} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad (17)$$

이다.

式 (16)을 $\{P\}$ 에 대해서 展開하면

$$\{P\} = [F_f]^{-1} \{w\} = [K_B'] \{w\} \quad (18)$$

$[K_B']$ 는 지반의 유인도매트릭스의 逆매트릭스이며 지반위의 板에 대한 變位벡터가

$$\{\delta\}^T = [w \ \theta_x \ \theta_y] \quad (19)$$

임을 고려하면 板과의 連結를 고려해서 變位와 荷重을 擴張하면

$$\{F_B\} = [K_B] \{\delta\} \quad (20)$$

로서 $[K_B]$ 는 $[K_B']$ 를 확장시킨 Boussinesq 지반의 剛度매트릭스이며, 板의 剛度매트릭스 $[K_p]$ 는 板理論에서 알 수 있다.

板의 절점에 作用하는 하중은 外的荷重 $\{F\}$ 이지만 地盤에 놓여있는 板임을 고려하면 效果的으로 미치는 基礎의 外力은 $\{F\} - \{F_B\}$ 이다.⁽¹²⁾ 즉,

$$\{F\} - \{F_B\} = [K_p] \{\delta\} \quad (21)$$

여기에 식 (20)을 代入하면

$$\{F\} = ([K_p] + [K_B]) \{\delta\} = [K_{p-B}] \{\delta\} \quad (22)$$

가 되며 $[K_{p-B}]$ 는 Boussinesq 지반상의 板이라 볼 수 있는 基礎의 剛度매트릭스이다.

2. 變位 및 應力 解析

$[K_{p-B}]$ 는 Fig.2-(a)에서 보는 바와 같이 帶狀으로 組合된 板의 剛度매트릭스 $[K_p]$ 에 지반의 유인도매트릭스 $[F_f]$ 의 逆行列을 구하여 行, 列 共히 3칸씩 길러서 중첩시키면 되는데, Winkler 지반에 있어서는 매트릭스의 對角線上에 지반강도가 누적되어서 연립방정식을 푸는 데 있어서 문제점이 별로 없으나, 等方彈性 半無限體지반에서는 Fig.2-(a)에서 볼 수 있는 것과 같이 절점수 \times 자유도 크기로 절점위에 걸쳐져서 사실상 帶狀매트릭스라 할 수 없으며, 따라서 要素數가 조금만 많아도 컴퓨터 기

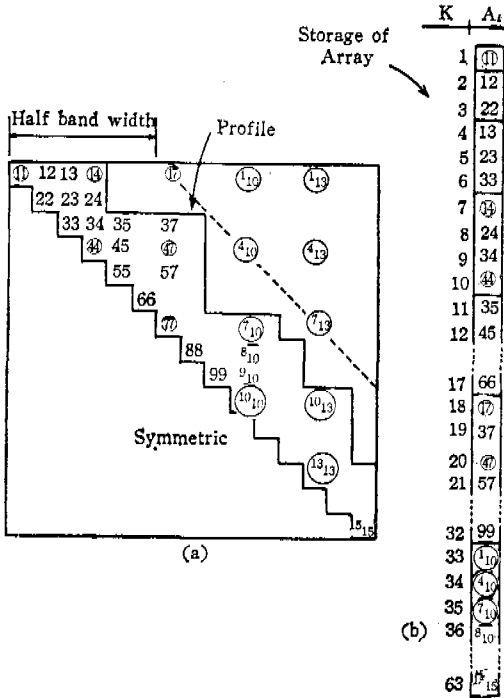


Fig. 2. Stiffness Matrix of Mat

역용량이 커져서 解가 곤란하게 되는 어려움이 있다. 이 난점을 해결하기 위해서 Fig. 2-(b)에서와 같이 Storage를 줄이는 解法을 강구하거나⁽¹³⁾ Frontal法을⁽¹⁴⁾ 改良하여야 될 것이며, Fig. 2-(a)에서와 같이 Half band width 마깁 부분은 r 값이 커지므로 그 영향이 적을 것이 예상되는 바 무시해서 구하여 비교해 볼만도 하다.

효과적인 연립방정식의 解法으로 變位를 구하며 이 값 중에서 구속결점에 대한 力系가 일반으로 反力이나 全面基礎에서는 모든 결점이 有限의 變位를 일으키므로 對應하는 結點역제가 기초의 結속反力이 된다.

要素内の 應力 $[\sigma]$ 는 Gaussian point 에서

$$[\sigma] = \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \\ Q_x \\ Q_y \end{Bmatrix} = [D][B]\{\delta\} \quad (23)$$

와 같이 구해지며 여기서 $[D]$ 는 Elasticity Matrix, $[B]$ 는 Strain Matrix이다. 그런데 結點변위, 반력이 結點에서 구해지므로 가우스 점에서의 응력을 結點에서의 응력으로 바꾸어서 구하는 것이 비교분

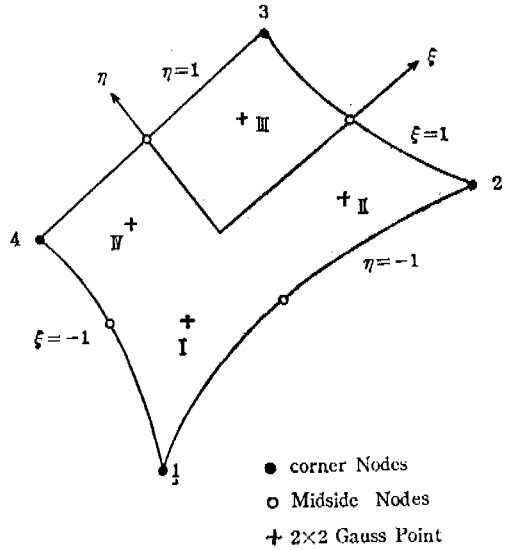


Fig. 3. A 2-D Parabolic Isoparametric Element

석에 有利하다고 할 수 있을 것이다.

Fig. 3에서 가우스점에서의 應力 σ_i 와 모서리 結點에서의 應力 $\bar{\sigma}_i$ 를 보이고 있으며, 反時計針 方向으로 結點이 배치되어 있을 때 Smoothing Matrix $[S_w]$ 를 사용하여 Hinton은 다음 式을 提示하였다.⁽¹⁵⁾ 즉

$$\begin{Bmatrix} \bar{\sigma}_1 \\ \bar{\sigma}_2 \\ \bar{\sigma}_3 \\ \bar{\sigma}_4 \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_I \\ \sigma_{II} \\ \sigma_{III} \\ \sigma_{IV} \end{Bmatrix} \quad (24)$$

와 같다.

그러나, 이렇게 구한 結點에서의 應力이 Fig. 4에서 보는 바와 같이 서로 다른 이웃한 要素에서 求한 같은 結點에서의 應力이 다를 수 있으므로, 各 要素에서 구한 結點응력을 합해 그 結點에 이웃한

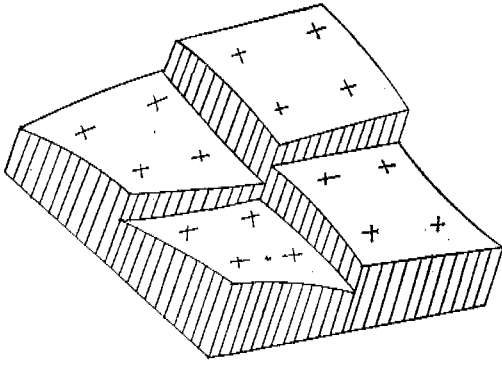


Fig. 4. Unsmoothed Stress Distribution

요소의 數로 나누어서 Smoothing 해야 할 것이다. 요소의 邊에서의 應力을 구하고자 한다면 두 보저리의 應力을 합해서 둘로 나누면 역시 알 수 있을 것이다.

Hinton 과 Owen 이 開發한 板구조물의 解析프로그램을⁽¹⁶⁾ 根幹으로하여 Winkler 支持 및 등방탄성 반구판체지반을 고려하여 基礎의 解析을 할 수 있도록 이미 제시한 바, 圓形基礎에 對해서도 절점의 影響영역을 矩形으로 격렬하게 바꾸거나 어떤 절점은 아주 미소한 面積으로 對應하는 方法을 擇하여서 解析할 수 있으며, 추가로 既開發된 프로그램에 새로운 副프로그램인 NWSTR 을 STRESS 에서 불러서 모서리 절점에서의 應力을 구할 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 NWSTR 의 흐름도를 보여주고 있다.

3. 有限差分法에 依한 解析

圓形 全面基礎와 같이 境界條件이 規則적인 것은 有限要素法 보다는 有限差分法(Finite Difference Method)⁽¹⁷⁾이 더 効果的으로 解析됨을 Bancrjee 등이⁽¹⁵⁾ 보여주고 있다.

式 (21)의 차질成分에 대한 外的荷重 Q_i , 板의 剛度매트릭스 D 에 對해서 이 式을 微分方程式으로 나타내면 다음과 같다.

$$Q_i - P_i = D \nabla^4 w \tag{25}$$

이제 Fig. 6에서 볼 수 있는 圓의 座標에서 權과 式 (25)式을 나타내 보면

$$Q_i - P_i = D \left(\frac{\partial}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right)$$

$$= D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial r^4} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial r^3} - \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r^3} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} - \frac{2}{r^3} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial r^2 \partial \theta^2} + \frac{4}{r^4} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r^4} \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial \theta^4} \right) \tag{26}$$

와 같으며 이 식은 圓의 中心에서는 singular 이기 때문에 여기서는 直角좌표를 써야 할 필요가 있다. 즉,

$$Q_i - P_i = D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) \tag{27}$$

로 나타내면, 境界조건으로서는 放射狀의 모멘트와 剪斷力이 零이다.

圓形基礎에 作用하는 하중은 Fourier 級數로 展開할 수 있고, 또 기초와 地반사이에서 分離가 일어나지 않을 때 問題의 調和함수로의 表示가 가능하다. 모든 應力成分과 變位를 Fourier 급수로 表現할 때 板의 方程式은 角 θ 에 독립한 常微分方程式으로 나타내어지며, 따라서 문제를 간소화시킬 수 있고 계산시간을 줄일 수 있다.

기초에 作用하는 外部荷重 Q_i , 地반반력 P_i , 기초의 變위 w_i 는 Fourier 指數 m 을 사용해서 나타내면

$$\begin{aligned} Q_i &= \sum_{m=1}^{\infty} q_{im} \cos m\theta \\ P_i &= \sum_{m=1}^{\infty} p_{im} \cos m\theta \\ w_i &= \sum_{m=1}^{\infty} w_{im} \cos m\theta \end{aligned} \tag{28}$$

과 같게 되며 식 (15)의 i 行을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} w_{im} &= \beta \left[\left(\frac{1}{r_{i0}} \right) \left(\sum_{\theta=\Delta\theta}^{2\pi} \frac{\cos m\theta}{r_{i1\theta}} \right) \right. \\ &\quad \left. \dots \left(\frac{\pi I_{ni}}{d_i} + \sum_{\theta=\Delta\theta}^{(2n-\Delta\theta)} \frac{\cos m\theta}{r_{i1\theta}} \right) \right. \\ &\quad \left. \dots \left(\sum_{\theta=\Delta\theta}^{2\pi} \frac{\cos m\theta}{r_{in\theta}} \right) \right] \begin{Bmatrix} P_{0m} \\ P_{1m} \\ P_{im} \\ \vdots \\ P_{nm} \end{Bmatrix} \end{aligned} \tag{29}$$

여기서 r_{i0} 는 板의 中心에서 i 點까지의 거리이고, $r_{i1\theta}$ 는 좌표 $(r_i, 0)$ 인 점 i 와 좌표 (r_j, θ) 인 점 j 사이의 거리로서

$$r_{i1\theta} = \left\{ (r_i - r_j)^2 + 4r_i r_j \sin^2 \frac{\theta}{2} \right\}^{1/2} \tag{30}$$

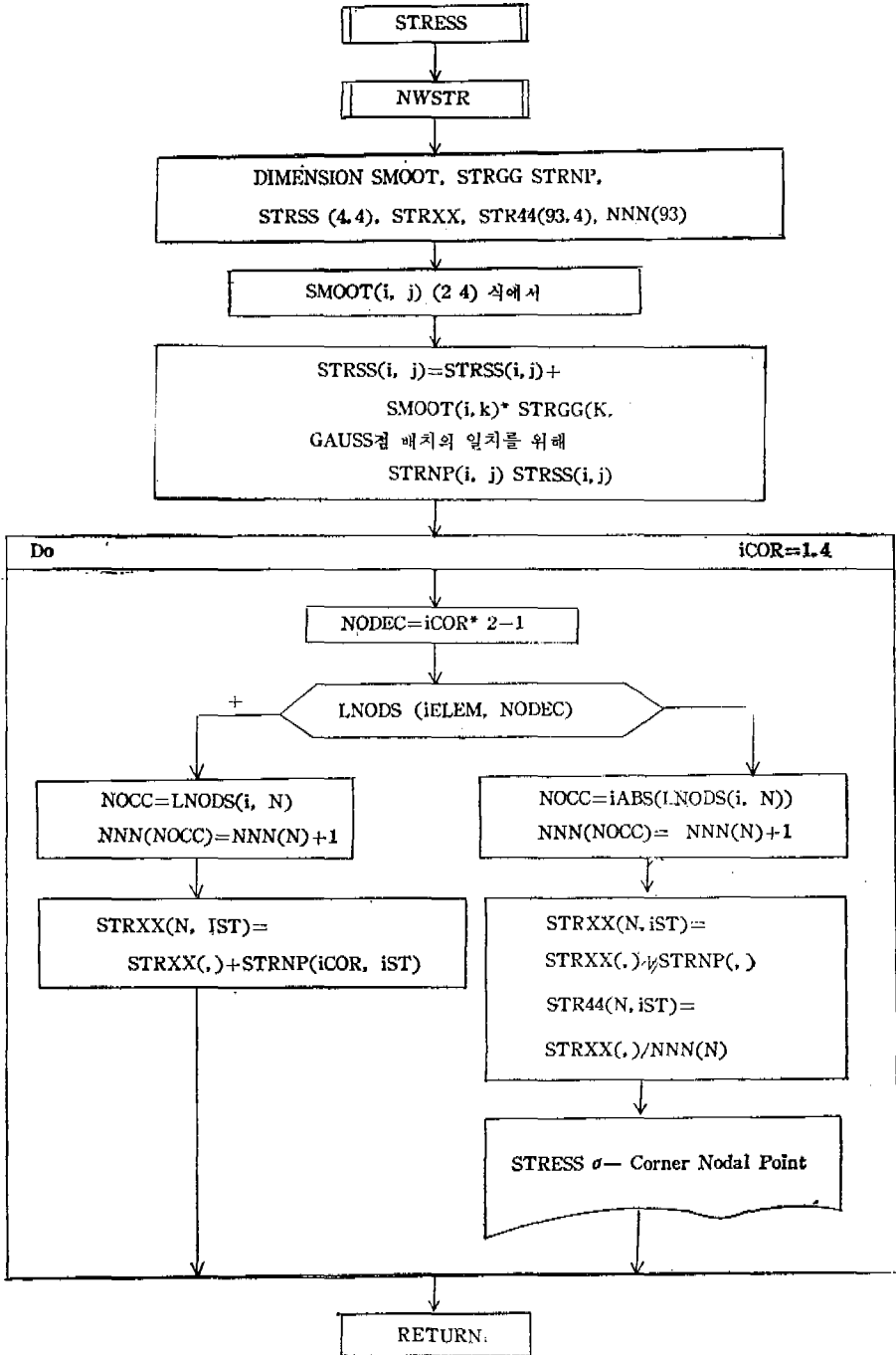


Fig. 5. NWSTR-Flow chart

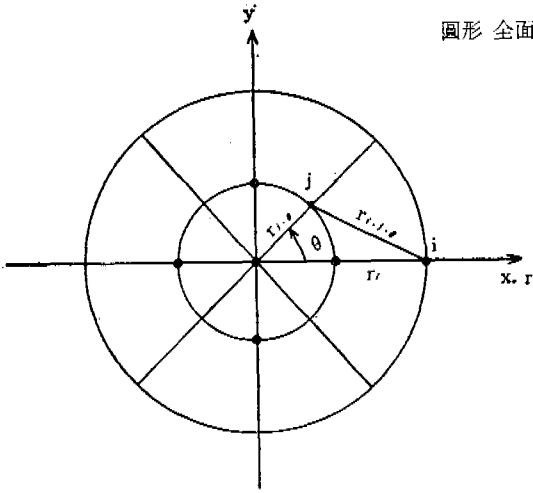


Fig. 6. Coordinates & Distance between 2 Nodes

이다.

따라서 板의 m 번째 조화방정식은

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial r^4} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial r^3} - \frac{2m^2+1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{2m^2+1}{r^3} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{m^4-4m^2}{r^4} w \right) \cos m\theta = q_{im} \cos m\theta - p_{im} \cos m\theta \quad (31)$$

로 나타내며 p_{im} 이 $K_B' w_{im}$ 과 微分値로 代入되면 위의 식은 w 에 대해 풀 수 있을 것이다.

III. 解析例

앞에서 說明한 理論과 컴퓨터 프로그램을 근거로 하여서 Fig.7과 같은 徑寸를 600cm, 두께 30cm 인

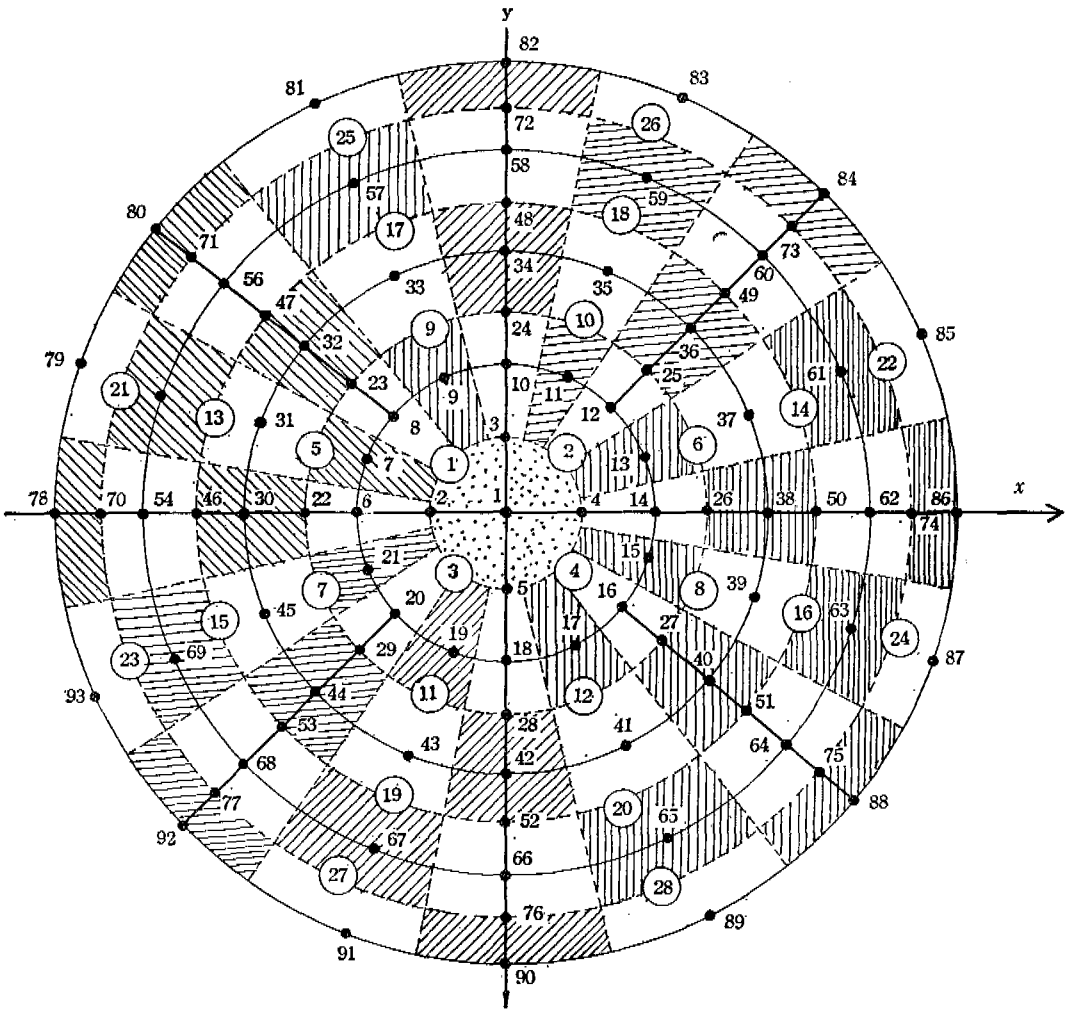


Fig.7. Application Model

圓形 基礎에 어떤 荷重이 作用할 때 처짐, 應力, 모멘트 등의 값을 구해 보자. 여기서 基礎의 彈性係數 $E=216t/cm^2$, 포아송비 $\nu=0.2$, 地盤의 탄성계수 $E_s=1t/cm^2$, 포아송비 $\nu_s=0.3$ 인 값으로 한다. 그리고 Fig.7에서와 같이 질점 番號를 부여해서 要素의 최대 번호의 최소 번호의 差異가 적도록 하여 計算時間을 줄일 수 있도록 힘이 圓形인 기초에 대해 특히 중요하다. 影響領域에 對해서는 等價面積인 矩形으로 쉽게 그리고 規則的으로 代置할 수 있으며 질점 2, 3, 4, 5와 22, 23, 25... 등에 대한 영향면적은 아주 미소하게 잡으면 영향영역의 분배가 쉽게 된다.

Fig.8은 基礎의 中央에 900ton의 荷重이 作用할 때의 처짐, 應力 등이 그려져 있고(Load Case 1), Fig.9는 中央에서 200cm 떨어진 질점 21에 같은 荷重이 미칠 때의 값이 그려져 있으며(Load Case 2) 文獻 (11) 및 (18)의 結果와 거의 일치하였다.

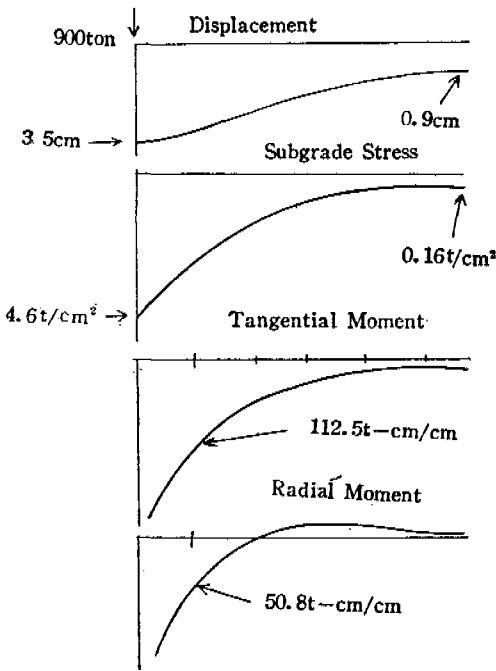


Fig. 8. Loading case 1

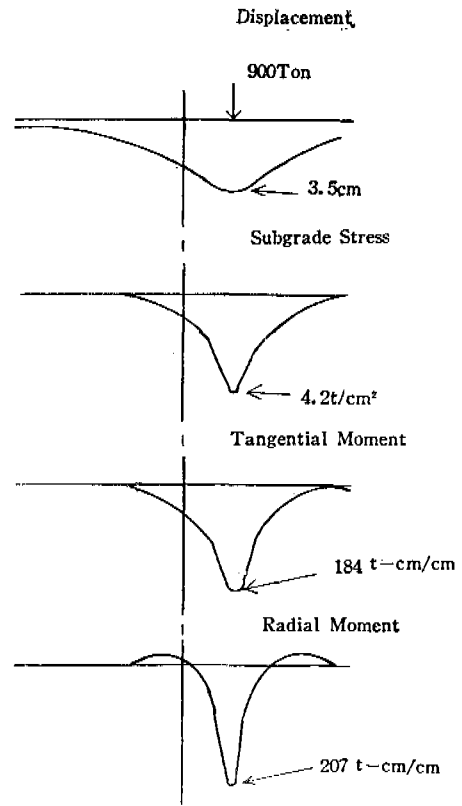


Fig. 9. Loading case 2

Ⅶ. 結 言

- (1) 等方彈性 半無限體上的의 板子조물인 全面基礎의 解析理論을 補完하였다.
- (2) 圓形인 全面基礎의 解析도 그 形狀의 規則性 때문에 既存의 프로그램으로 쉽게 할 수 있었다.
- (3) 圓形인 全面基礎는 그 境界條件이 역시 規則的이어서 有限差分法으로도 効果的으로 解析할 수 있음을 보여주고 있다.
- (4) 가우스점에서 求해진 應力을 比較分析에 쉽도록 節點에서의 應力으로 바꾸는 式과 서브루틴 프로그램을 提示하였다.
- (5) 影響領域의 配當, 影響係數, 帶狀剛度에 트릭스가 안되는 問題點의 改善策, 有限要素法과 有限差分法의 差異 등의 實際의 比較는 뒤로 미룬다.

參 考 文 獻

- (1) J. E. Bowles, Foundations Analysis and Design, 2nd ed., pp. 318—320, McGraw Hill (1974)
- (2) B. Goschy, Soil-Foundation-Structure Interaction, ASCE, ST5, pp. 749—761. (1978)
- (3) 金聲得, 有限要素法에 의한 全面基礎의 解析, 釜大 大學院 論文集(1981)
- (4) 金聲得, 等方彈性 半無限體上의 板의 解析, 蔚山工大 研究論文集, 第12卷 2號, pp. 305—311. (1981)
- (5) 金聲得, 地盤—基礎—構造 相互影響의 모델化에 관한 研究, 蔚山工大 研究論文集, 第14卷 1號, pp. 96—112. (1983)
- (6) W. H. Perloff & W. Baron, Soil Mechanics, pp. 178—179, Ronald Press (1976)
- (7) D. R. J. Owen & E. Hinton, Finite Elements in Plasticity, pp. 157—161, Pineridge Press (1980)
- (8) 趙顯榮, 彈性地盤上에 놓인 板—보樑의 有限要素法에 의한 解析, 釜大 構造研究室 (1981)
- (9) 前記 (4), p. 307.
- (10) 前記 (1), pp. 157—159.
- (11) S. Timoshenko & W. Krieger, Theory of Plates and Shell, 2nd ed., McGraw Hill, (1959)
- (12) Y. K. Cheung & O. C. Zienkiewicz, Plates & Tanks on Elastic Foundations, Int. J. Solids Structure Vol. 4, pp. 451—461 (1965)
- (13) O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, 3rd ed., pp. 716—724, McGraw Hill (1977)
- (14) E. Hinton & D. R. J. Owen, Finite Element Programming, pp. 171—206. Academic Press (1977)
- (15) E. Hinton & J. S. Campbell, Local and global smoothing of discontinuous finite element function using a least squares method, Int. J. Num. Meth. Eng. 8, pp. 461—480. (1974)
- (16) 前記 (3), pp. 34—37.
- (17) A. Chajes, Principles of Structural Stability Theory, pp. 106—119, & 262—266, Prentice Hall, (1974)
- (18) A. Banerjee & Z. D. Jankov, Circular Mats under Arbitrary Loading, ASCE, ST10, pp. 2133—2145 (1975)