V—11

ＲＣ床版における非線形層状解析

名古屋大学　学生会員　○多田康一郎
名古屋大学　正会員　田辺忠顕

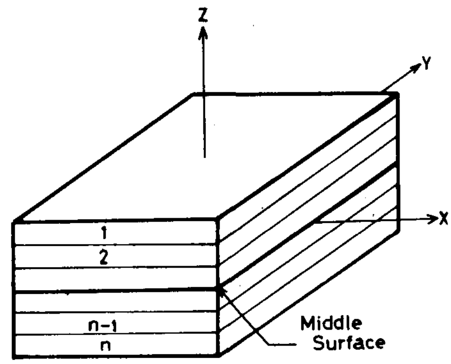
1．はじめに

昨今、コンクリート構造物は、巨大化するとともに その健全度を診断することの必要性が大きくクローズアップされてきた。従来では、コンクリート板状構造物を解析する際には、リブつき薄板としての近似解析手法が、主として用いられてきたが、そこには、ひびわれの方向や、多方向の方向性で有する損傷を十分に近似できない等の問題があり、解析にも限界があった。そこで、より詳細な検討を行ないたい場合には、層状解析という手法が用いられるようになった。

本研究においては、クラックが発生した場合のクラックひずみを構成方程式に取り入れた形で、層状解析を行なう一手法を提案するものである。

2．要素の分割

本解析には、前にも述べたように コンクリートのひびわれ等による材料非線形性を考慮する方法として、層状分割を実施した。まずはじめに、有限要素法の平面分割の手法のひとつである四辺形要素による二次元分割を実施し、次に、分割された各要素において、層状分割を実施する。その際には、分割された各層内において、厚さ方向に一様の材料特性を有するように分割数を定めなくてはならない。要素の層状分割終了後の状態を図－１に示す。



図－１　要素の層状分割

3．自由度

本解析においては、Ｐｅｃｋｎｏｌｄの20自由度の四辺形シェル要素を用いており、１要素の自由度は20、１節点の自由度は５、すなわち、図－１に示される座標系において、１節点に関して、x軸方向変位u，y軸方向変位v，z軸方向変位w，x軸方向の回転角θ_x，y軸方向の回転角θ_yを 自由度として考えるのである。

4．計算式の概要

今、u，v，wが以下のようにx，yの関数として一義的に決定されるとする。

$$u=\alpha_1+\alpha_2x+\alpha_3y+\alpha_4xy$$

$$v=\alpha_5+\alpha_6x+\alpha_7y+\alpha_8xy$$

$$w=\alpha_9+\alpha_{10}x+\alpha_{11}y+\alpha_{12}xy+\alpha_{13}x^2+\alpha_{14}y^2$$
$$+\alpha_{15}x^3+\alpha_{16}x^2y+\alpha_{17}xy^2+\alpha_{18}y^3+\alpha_{19}x^3y+\alpha_{20}xy^3$$

ここで、中央面からzの距離にある点のひずみをε，中央面の曲率をχ，中央面におけるひずみをε_0

で表わすとすれば、

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + z\chi$$

ε_0, χを列マトリックスu, wで表わすと

$$\varepsilon_0 = B_1 u$$

$$\chi = B_2 w$$

仮想仕事の原理より

$$\left[\delta u^T, \ \delta w^T\right] \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \int_V \left[\delta\varepsilon_x, \ \delta\varepsilon_y, \ \delta\gamma_{xy}\right] D \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} dV$$

$$= \int_V \left[\{\delta\varepsilon_0\} + z\{\delta\chi\}\right] D \begin{bmatrix} \{\varepsilon_0\} \\ z\{\chi\} \end{bmatrix} dV$$

$$= \int_V [\,\delta u^T B_1^T D B_1 u + \delta u^T z B_1^T D B_2 w + \delta w^T z B_2^T D B_1 u + \delta w^T z^2 B_2^T D B_2 w\,]\, dV$$

したがって

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_V [B_1^T D B_1]\, dV & \int_V z\,[B_1^T D B_2]\, dV \\ \int_V z\,[B_2^T D B_1]\, dV & \int_V z^2 [B_2^T D B_2]\, dV \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ w \end{bmatrix}$$

5. クラックを有する層内の構成方程式

J. C. Walravenらによって提唱された、せん断力τ, すべりδ, クラック幅w, コンクリートの圧縮強度f_{cc}'の関係式は、次のとおりである。

$$\tau = -\frac{f_{cc}'}{30} + \{1.8\,w^{-0.8} + (0.234\,w^{-0.707} - 0.2)\, f_{cc}'\}\,\delta \qquad (\mathrm{N/mm^2,\ mm})$$

クラックひずみの導入により導いた構成方程式は、次式のようになることが、岩田らによって述べられている。(参考文献1.)

$$[D_{cr}] = \begin{bmatrix} \frac{E_c}{1-\nu^2} & \frac{\nu E_c}{1-\nu^2} & 0 \\ \frac{\nu E_c}{1-\nu^2} & 0 & \frac{AG}{G+B} \\ 0 & \frac{AG}{G+B} & \frac{BG}{G+B} \end{bmatrix}$$

E_c : コンクリートのヤング率
ν : ポアソン比
G : コンクリートのせん断弾性係数

$$A = \{-23.28\, w_0^{-1.8} - 0.3245\, w_0^{-1.707} f_{cc}'\}\,\delta_0 \cdot \ell$$

$$B = \{29.1\, w_0^{-0.8} + (0.459\, w_0^{-0.707} - 2.0) f_{cc}'\} \cdot \ell$$

ℓ : クラック間隔

6. おわりに

これを利用した計算結果は、講演当日に発表する予定であるが、現在の段階では、層内の2軸状態のコンクリートの構成方程式を　いかに表わしたら適合性よくなるか等、検討すべき問題点が、残されている。

7. 参考文献

(1). T. Tanabe, M. Iwata, H. Yoshikawa, "Introduction of crack strain to the analysis of a discontinuous body", 5th Int. Conf. on NUMERICAL METHODS IN GEOMECHANICS, Apr. 1985

(2) 極原二郎　「平板の曲げ理論」　培風館