

弾性基礎にある厚肉平板の曲げ特性に与える面外荷重の影響について

大分工業高等専門学校

学生会員

○大川 茉 友 子

大分工業高等専門学校

正 会 員

名 木 野 晴 暢

豊橋技術科学大学

正 会 員

樋 口 理 宏

豊橋技術科学大学

非 会 員

足 立 忠 晴

1. まえがき

基礎構造では、剛性の確保を目的として、比較的厚肉な平板構造が用いられることがある(写真-1)。厚肉平板では、面外せん断変形の影響と板厚方向の応力成分が無視できなくなる¹⁾。また、平板構造に作用する面外荷重は、物体力と表面力に大別されるが、薄肉平板と異なり、厚肉平板では、物体力と表面力を同じように取り扱うことができない。従って、地盤の影響を考慮した厚肉平板の曲げ特性に与える面外荷重の影響を正確に把握するためには、板厚方向の影響を厳密に考慮できる三次元弾性論に基づかなければならない。

本論文では、厚肉平板を三次元弾性体で、弾性基礎を Winkler 基礎でモデル化し、物体力と表面力を受ける弾性基礎にある厚肉平板の三次元応力解析を行い、その曲げ特性に与える面外荷重の影響を明らかにすることを目的としている。

2. 解析仮定、基礎方程式と境界条件

図-1 には、Winkler 基礎にある厚肉平板と直交座標系が示してある。ここで、三次元弾性論に従う等質かつ等方的な厚肉平板は、微小変形かつ線形弾性であるとし、板上面で表面力を受け、板下面で Winkler 基礎と滑らかに完全密着しているものとする。また、平板の周面は、単純支持されているとする。なお、表面力 $q(x, y)$ は、図-2 に示すような点 (x_0, y_0) を中心とする載荷幅 $2c \times 2d$ である部分等分布荷重とする。

直方弾性体の基礎方程式は、次式のように表される。

$$\begin{aligned} \nabla^2 u + \frac{1}{1-2\nu} \frac{\partial e}{\partial x} &= 0, \quad \nabla^2 v + \frac{1}{1-2\nu} \frac{\partial e}{\partial y} = 0, \\ \nabla^2 w + \frac{1}{1-2\nu} \frac{\partial e}{\partial z} + \frac{Z}{G} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 ∇^2 は Laplacian, e は体積ひずみ, ν はポアソン比であり, G はせん断弾性係数である。また、板の



写真-1 照明設備の基礎構造

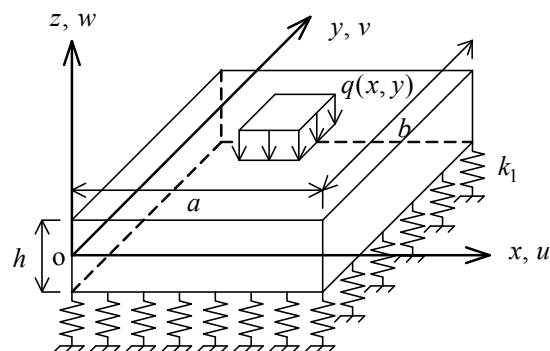


図-1 Winkler 基礎上の厚肉平板と直交座標系

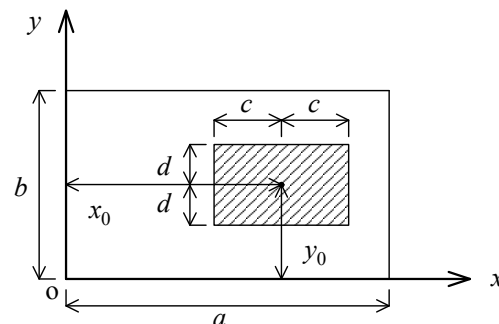


図-2 面外部分等分布荷重の定義

下面と上面での境界条件は、次式で与えられる。

$$\sigma_z = k_1 w, \quad \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0 \quad (z = -h/2) \quad (2)$$

$$\sigma_z = -q(x, y), \quad \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0 \quad (z = +h/2) \quad (3)$$

ただし、 k_1 は地盤反力係数である。よって、Fourier 解析を用いて、この境界値問題を解けば、板厚方向に閉じた形式の解析解が導出できる。その詳細は紙面の都合で割愛する。

キーワード 厚肉平板, Winkler 基礎, 物体力, 表面力, 弾性論, 三次元応力解析

連絡先 〒870-0152 大分市大字牧 1666 番地 大分工業高等専門学校 TEL: 097-552-7691

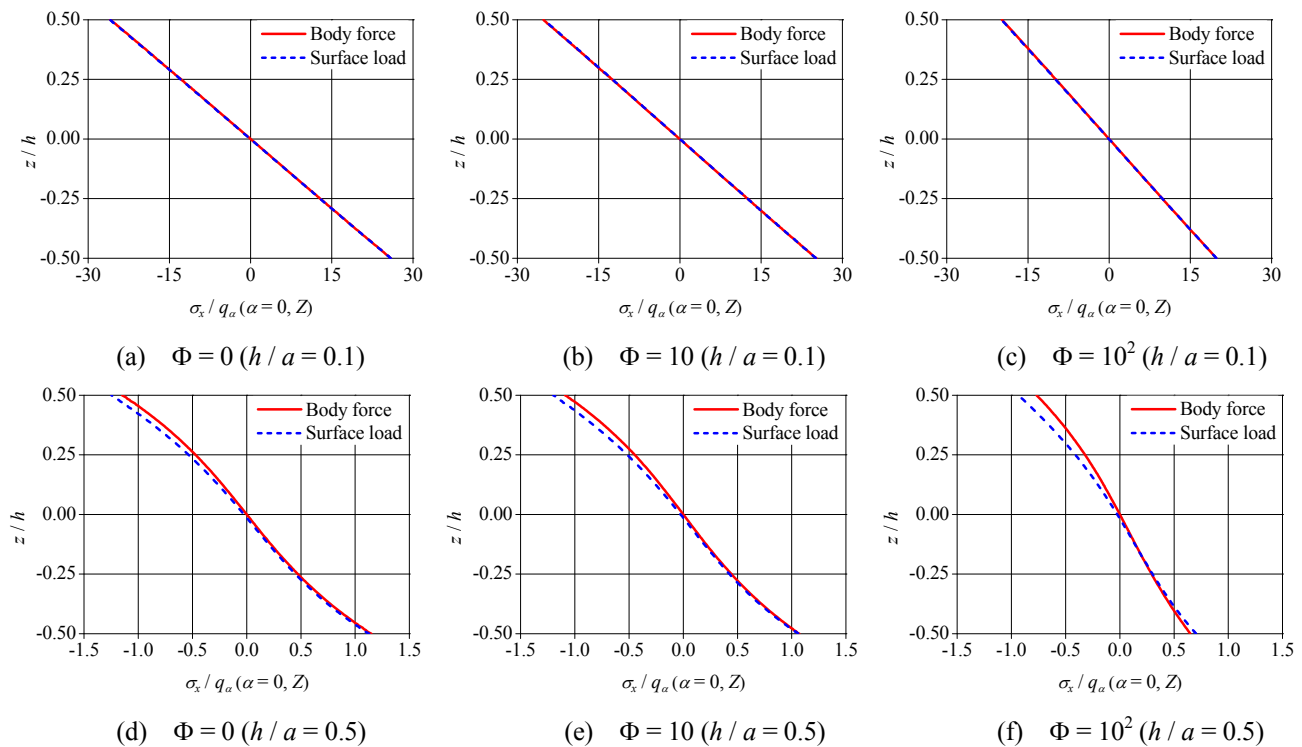


図-3 弾性基礎にある厚肉平板の板厚方向の応力 σ_x 分布に与える物体力と表面力の相違

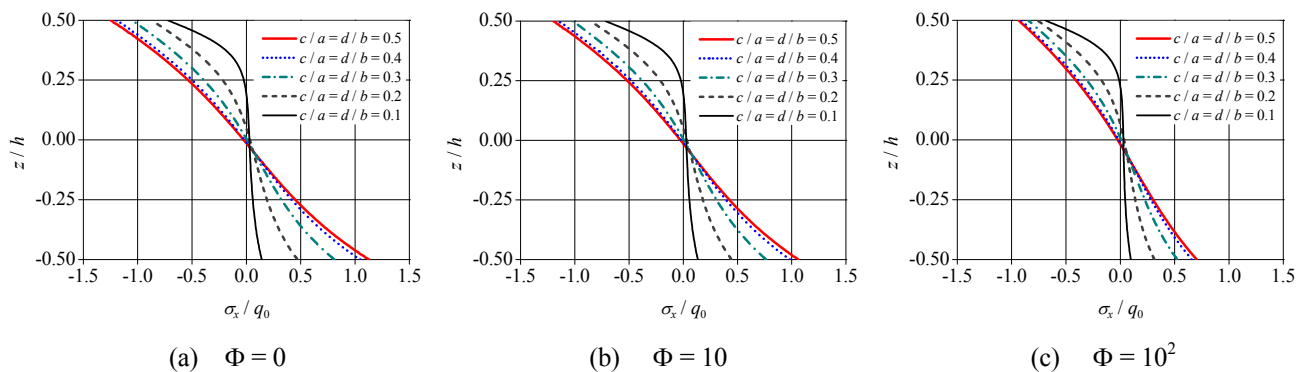


図-4 弾性基礎にある厚肉平板の板厚方向の応力 σ_x 分布に与える等分布荷重の載荷幅の影響

3. 理論解析及び考察

ここでは、弾性基礎にある厚肉平板の応力 σ_x 分布形状に与える面外荷重の影響について明らかにする。弾性基礎の影響は、無次元地盤反力係数 $\Phi_1 = k_1 a^4 / D$ で表す。数値計算では、正方形平板 ($b/a = 1$) を取り扱い、ポアソン比 $\nu = 1/6$ を用いる。

図-3 には、弾性基礎にある厚肉平板の板中央での応力 σ_x 分布に与える物体力と表面力の相違が示してある。ここで、 h/a は 0.1 (中等厚肉) と 0.5 (厚肉) に設定し、表面力は全面等分布荷重としている。これより、中等厚肉平板であれば、弾性基礎の有無に係わらず、表面力の影響を物体力として取り扱うことが可能である。しかしながら、厚肉平板になると、表面力と物体力の相違が現れており、表面力と物体力を同じように取り扱うことができない。

図-4 には、弾性基礎にある厚肉平板の板中央での応力 σ_x 分布に与える等分布荷重の載荷幅 $c/a = d/b$ の影響が示してある。ここで、 $h/a = 0.5$ に設定し、載荷幅 $c/a = d/b$ は 0.5 (全面分布) から 0.1 (部分分布) まで変化させている。これより、載荷幅が小さくなると、応力 σ_x 分布は、平板上面付近での圧縮応力が支配的になり、引張応力の値は小さくなる。また、応力 σ_x 分布の形状に与える Φ の影響はあまり見られない。

4. まとめ

本論文では、弾性基礎にある厚肉平板の曲げ特性に与える面外荷重の影響の一部を明らかにした。

参考文献

- 1) 名木野ら：応用力学論文集，Vol.12, pp.43-54, 2009.