

長方形基礎底面の接触圧分布

神戸大 正 ○北村泰寿 神戸大 正 桜井春輔

1. はしがき

構造物と地盤との接触面における圧力分布について、構造物を剛体、地盤を等質等方性の半無限弾性体と仮定して Boussinesq および Cerruti の解を利用した数値計算結果はすでに報告済みである。¹⁾ ししがしながら構造物は地盤に比較して剛ではあるが、剛体と考えるよりも弾性体と考える方がより实际的である。構造物および地盤を弾性体と考えた場合の2次元の場合については理論解²⁾もあり、また、有限要素法を利用して容易に求めることができる。これに対して3次元の場合は、軸対称問題を除けば理論解はもちろん構造物、地盤両方に有限要素法を適用することは現在の計算機の容量からして不可能に近い。われわれは有限要素法の1つの利用法として構造物については3次元有限要素法を適用し、地盤については文献1)の方法を利用して接触面での境界条件より多元連立一次方程式を立て、接触圧分布を求めようとするものである。

2. 計算方法

構造物を等間隔に分割し、節点力を $\{P\}$ 、節点変位を $\{U\}$ 、剛性マトリックスを $[K]$ とすると、すでに成書³⁾に得られていさうな次式を得る。

$$[K]\{U\} = \{P\} \quad (1)$$

なお、われわれの用いたのは四面体要素である。いま (1) 式を次のように書き直しておく。

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $\{U_2\}$ 、 $\{P_2\}$ は構造物と地盤との接触面における節点の節点変位、節点力である。

つづいて、地盤部に対する (1) 式と同様の関係を導びいてやる必要がある。構造物と地盤との接触面における節点の圧力 $\{R\}$ 、変位 $\{D\}$ とすれば、すでに報告したように、その両者は次式によって関係づけられる。

$$[F]\{R\} = \{D\} \quad (3)$$

ここで、 $[F]$ は影響マトリックスであり、 $[F]$ の各要素を求めるときについては文献1)を参照されたい。(3) 式を変形して次式を得る。

$$[S]\{D\} = \{R\} \quad (4)$$

ただし、 $[S] = [F]^{-1}$ である。

しるが $\{R\}$ 、 $\{D\}$ が構造物と地盤との接触面における圧力、変位であることから、次式の関係が得られる。

$$\begin{aligned} \{U_2\} &= \{D\} \\ \{P_2\} + \{R\} &= \{T\} \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 $\{T\}$ は境界面に働く外力である。

したがって、(5) 式の関係を用いて、(2) 式および (4) 式より次式を得る。

$$\begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22}+S \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ T \end{Bmatrix} \quad (6)$$

よって、(6) 式の双元連立一次方程式を解けば、接触面における節点変位 $\{u_2\}$ が求まる。これより (5) 式の方程式と (4) 式より構造物と地盤との接触面における圧力分布 $\{R\}$ が求められることができる。

なお、(6) 式の双元連立一次方程式を解くにあたって、まず Choleski 法により解き、これを初期値として修正 Gauss-Seidel 法により反復計算を行なうことにより演算の合理化を計っている。

3. モデルおよび数値計算結果

数値計算結果の1例として、図-1, 2に鉛直圧分布およびせん断力分布を示す。この計算に用いられているモデルは、長さ X と高さ Y が $30\text{m} \times 30\text{m} \times 15\text{m}$ で、 Z と、 Y の分割は6等分、高さ X 方向については3等分し、対称性を考慮して第一象限のみを取り扱っている。また、構造物のポアソン比は、ヤング係数は 0.1 , $2.1 \times 10^6 \text{ ㏪/㏩}$ で、地盤のそれは 0.1 , $1.0 \times 10^4 \text{ ㏪/㏩}$ である。さらに文献(4)で得られた鉛直圧と等しい等分布鉛直力 467 ㏪/㏩ を構造物天端に与えている。

なお、計算を続行中であり構造物が剛体の場合との比較など結果を整理して、後日報告させていく予定である。また、モーメント外力、水平せん断力あるいは変形が構造物天端に与えられたときの接触圧分布の計算などを予定している。

今回用いた計算機は、京都大学大型計算機センターの FACOM 230-60 を利用したことについて関係各位に感謝の意を表します。

参考文献:

- 1) 梅井・北村, 長方形剛基礎底面の接触圧分布, 土木学会論文報告集 No. 175, 1970
- 2) 大久保, 弾性平面にて圧縮された半無限体の二次元問題について, 日本機械学論文集 Vol. 18, No. 65, 1952
- 3) Zienkiewicz, The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGRAW HILL 1967
- 4) 梅井・北村, 構造物基礎と地盤との接触面における摩擦を考慮した圧力分布について, 土木学会23回秋学術講演概要

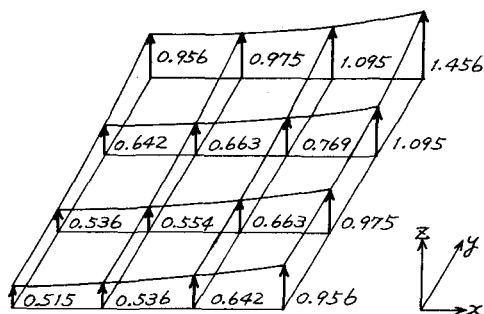


図-1 鉛直圧分布 (単位 $\times 10^4 \text{ ton}$)

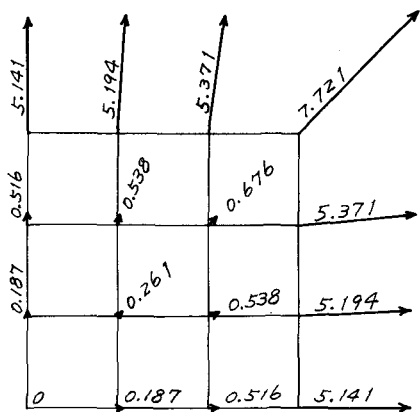


図-2 せん断力分布 (単位 $\times 10^4 \text{ ton}$)