

非均質弾性地盤上の版の簡易解法

大本組 正会員 巢元利博

1. まえがき コンクリート舗装の構造解析には、舗装を地盤上にコンクリート版が置かれたものとみなす方法と層構造とみなす方法がある。一般的には前者に属するWestergaard公式が用いられることが多いが、これは均質地盤上のコンクリート版を対象として導かれており、非均質地盤に対してはFEM等による数値解析を行わざるを得ないのが現状である。しかし、FEMでは最終的に多元連立一次方程式を解くために大きな計算機容量と速い計算スピードが必要とされる。ここでは、均質弾性地盤上の版に対して弾性地盤上の梁理論を応用した荒谷氏の簡易解法を基本にして、非均質弾性地盤上の梁の離散化による解を用いてパソコンにより非均質弾性地盤上の版のたわみ及び断面力の解析を行い、FEM解と比較を行った結果について報告する。

注) ここで言う非均質地盤とはx方向においては地盤が任意に変化するものの、y方向においては(x座標が同じなら)均質であるような地盤を意味している。

2. 解法の概要

2-1. 荒谷氏の方法¹⁾ 図-1に示された版上の荷重に対する解析において、まず図-2のような単位荷重 q_0 に対する幅 b_y の1方向版のたわみを求める(図-3)。この時図-3においてxの任意点の断面を切ってみると図-4のように幅 b_y の帯状の版とその左右の版とに w_x のずれが生じている。これは Kw_x (Kは地盤反力係数)の地盤反力が生じていることを意味する。この地盤反力が幅 b_y でなく実際はy方向の版幅 l_y に分散すると考え、図-5の荷重状態に対して求めた変形量を単位荷重 q_0 作用時の版の近似解とするのが荒谷氏の方法である。

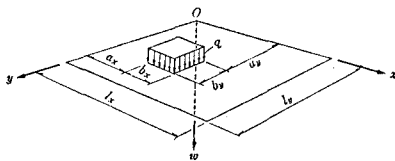


図-1 版上の荷重

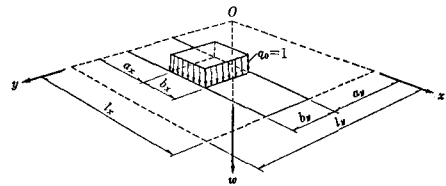
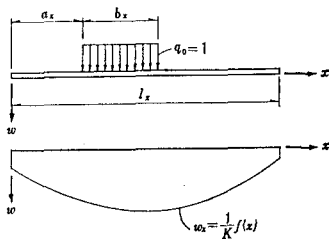
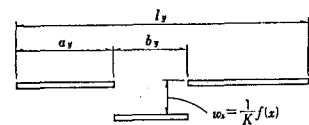
図-2 幅 b_y の版図-3 幅 b_y の版のx方向のたわみ

図-4 y軸に平行な断面

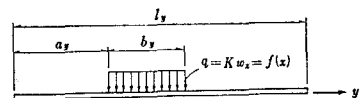


図-5 等価荷重の作用位置

2-2. 弾性地盤上の梁の離散化式 上述のように荒谷氏の方法はx方向及びy方向の弾性地盤上の梁の解が基本となっており、同氏は均質地盤に対する解析解を与えている。一方弾性地盤上の梁を有限個の梁要素に分割し、梁上面より分布荷重、梁下面より変位に比例した地盤反力が生じるものとして離散化を行うと、

節点変位と節点力の関係を示す次の釣合方程式が得られる。

$$\{F\} = ([K] + [K_E])\{\delta\} \quad (1)$$

ここに、 $\{F\}$: 梁に作用する荷重ベクトル

$[K]$: 梁全体の剛性マトリクス

$[K_E]$: 地盤の剛性マトリクス

$\{\delta\}$: 梁の節点変位ベクトル

(1)式に境界条件を導入して得られる多元連立一次方程式を解いて解を求める。

3. 計算例 均質地盤と非均質地盤に対する本解析法とFEMによる解についての比較を以下に示す。計算条件は、版の大きさ $10\text{m} \times 10\text{m}$ 、版の曲げ剛性 $D = 4069\text{tm}^2/\text{m}$ 、地盤反力係数は均質地盤では $8000\text{tf}/\text{m}^3$ 、非均質地盤ではx方向両サイド1/4が $4000\text{tf}/\text{m}^3$ 中央部が $8000\text{tf}/\text{m}^3$ 、荷重は図-6に示す位置に $100\text{tf}/\text{m}^2$ が作用するとした。FEMでは全体を 16×16 の要素に分割し、地盤反力係数に分担面積を乗じたばね定数を有するばねを各節点に配置し、プログラムI S A Pによって解析を行った。たわみ及び曲げモーメントの最大値の比較を表-1に示す。また図-6の①-①断面におけるたわみと曲げモーメントの分布比較図の一例を図-7及び図-8に示す。両者は比較的よく合っていると云える。また、簡易解析に用いた梁要素の数はx方向、y方向とも5要素であり、非均質地盤の計算に要した時間はNEC-PC9801RAで36秒であった。

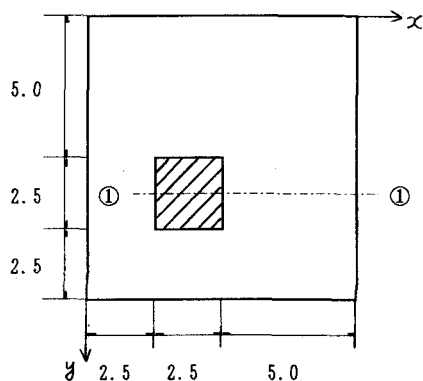


図-6 荷重位置図

表-1 計算結果の最大値比較表

		$\delta_{\text{MAX}} (\text{mm})$	$M_{\text{XMAX}} (\text{t} \cdot \text{m})$	$M_{\text{YMAX}} (\text{t} \cdot \text{m})$
均質地盤	FEM解	7.69	16.7	16.7
	簡易解	8.13	18.2	18.2
非均質地盤	FEM解	7.99	15.9	16.9
	簡易解	8.51	16.8	19.1

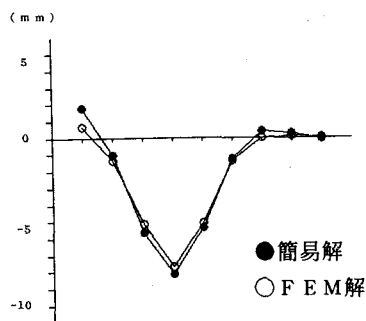


図-7 均質地盤たわみ比較図

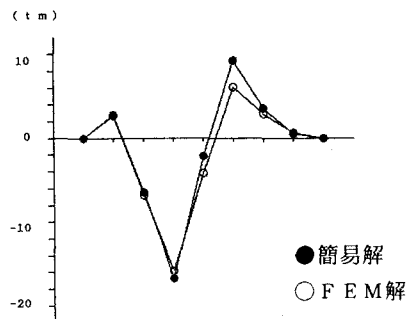


図-8 非均質地盤曲げモーメント比較図

4. あとがき 非均質弾性地盤上の版の簡易解法について述べ、その結果をFEM解と比較して示した。本報告では単独版に対する解についてのみ示したが、コンクリート舗装版等に特有の目地によって連続した版に対しても本法の応用は比較的容易であり、機会があれば報告したいと思う。

(参考文献) 1) 荒谷俊司: 大型ドックの構造設計と施工, pp. 52-75, 鹿島出版会, 昭46