

金沢大学 正会員・西沢辰男
金沢大学 正会員 松野三朗

1. まえがき

コンクリート舗装版の挙動を力学的に解析するには、多様な構造条件や荷重条件を考慮に入れることが出来る有限要素法が有力な手段となることが明らかとなってきた。その際地盤のモデルとしては弾性基礎とウィングラ-基礎があり、両者のモデルによる数値計算結果は工学的にはほぼ同一である。しかしながら路盤の構造が複雑になり、その物理特性の組み合わせがコンクリート舗装版の挙動に大きな影響を及ぼす恐れのある場合、地盤のモデルとしては多層弾性体を考える必要がある。多層弾性体の問題は Burmister によって解かれ、以後電子計算機用プログラム化され広く利用されている。われわれはこの多層弾性理論と有限要素法を組み合わせ、多層弾性体上のコンクリート舗装版の挙動を解析するプログラムを作製した。本報告では、コンクリート版と多層弾性体との相互作用の考え方に示し、その考え方に基づいたプログラムによる若干の数値計算例を示す。

2. 解析方法

地盤とコンクリート舗装版との相互作用を考慮した剛性方程式は次式のように示される。

$$\{f\} = [K + IH] \cdot \{d\} \quad (1)$$

ここに $\{f\}$ は節点力ベクトル、 K はコンクリート版の剛性マトリックス、 I は地盤の剛性マトリックス、 $\{d\}$ は節点変位ベクトルである。地盤の剛性マトリックスは次のように誘導される。

図1に示のように、ある節点 j でコンクリート版は地盤より F_j なる反力を外力として受ける。同時に地盤もその反作用として節点力 F_j を受ける。その節点力 F_j による節点 i での地盤のたわみは次のように表わされる。

$$w_{ij} = a \cdot p_j \frac{(1-\mu_i^2)}{E_i} \int_0^\infty J_1(ma) \cdot J_1(mr_{ij}) \cdot (Ae^{-mk_i} + Be^{+mk_i}) \cdot dm$$

$$= g_{ij} \cdot F_j \quad (2)$$

ただし、 J_0 および J_1 はそれぞれの0次および1次の第1種ベッセル関数、 r_{ij} は節点 i と節点 j との距離、 $p_j = F_j/\pi a$ で、 a は節点力を円形の等分布荷重に置き換えたときの円の半径である。 A, B は多層弾性体の物理特性および厚さの関数であり、三層構造の場合の具体的な形は Burmister により与えられている。²⁾ 地盤はあらゆる節点より節点力を受けるので、節点 i での全たわみは(2)式を重ね合わせることにより次のように得られる。

$$w_i = \sum_{j=1}^N g_{ij} \cdot F_j \quad (3)$$

ただし G はマトリックスの形で次のように表わされる。

$$\{w\} = [G] \cdot \{F\} \quad (4)$$

(4)式を荷重について解いて次式を得る。

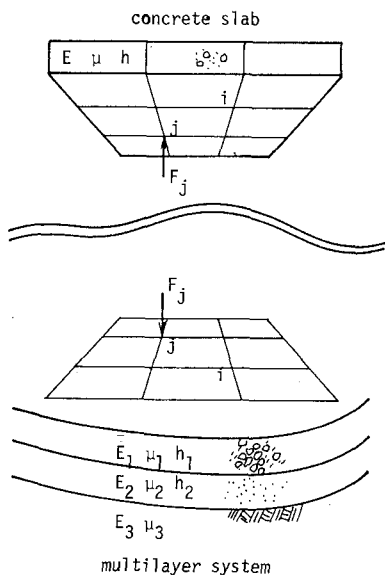


図1 多層弾性体とコンクリート版の相互作用

$$\{F\} = \{G\} \cdot \{u\}$$

(5) 式中 G が地盤の剛性マトリックスとなる。

以上の式を基礎にコンピュータプログラムを作製した。基本的な計算のアルゴリズムは従来のもの¹⁾と同一である。ただ多層弾性基礎の場合、式(2)の無限積分は数値積分によった。

3. 数値計算例

プログラムの精度のチェックを行うために、BISARによる計算との比較を行った。用いたモデルの数値は表1に示してある。図2はその結果で、上の図はたわみ形状、下の図はひずみ分布である。有限要素法の場合は解析範囲が有限であるため、BISARの結果とは端部において差がみられる。ひずみについては、荷重直下において有限要素法の値が大きく現われる。これは多層弾性理論ではなくまでも連続体と仮定しているのに対し、有限要素法では離散的なモデル化を行うためであると考えられる。とはいえ全体的には、このプログラムによる計算は十分な精度を有すると思われる。

次に目地の入った一般的な構造についての例を示す。用いたモデルの数値は表2に示すところである。図3は膨張目地縁部に荷重を作用させた場合の計算結果である。上の図はたわみ形状で下の図はひずみ分布であり、ここでは路床の弾性係数などのようにコンクリート版の挙動に影響するかを見たいものである。ひずみについては路床の影響があまり見られないが、たわみ値は大きく変化するのが見とれる。

4. 結論

多層弾性理論を組み込んだ有限要素法によるコンクリート舗装版の挙動を解析するプログラムを作製し、若干の計算例を示した。このプログラムは、地盤の物理特性の組み合わせがコンクリート版に及ぼす影響を調べることが可能である。ただ計算時間や、必要となる記憶容量が大きいものになるので、さらにコンパクトなものになるように改良を行う必要がある。

参考文献

- 1) 西沢、松野；スラッグモデルによるコンクリート舗装版の応力解析、土木学会第37回年次学術講演会概要集、1982年。
- 2) D.M. Burmister; The General Theory of Stress and Displacement in Layered Soil System III, J. Appl. Phys., vol 16, no. 2, 1945

(5)

	E kgf/cm ²	μ	h cm
concrete slab	340,000	0.27	19.9
layer 1	10,000	0.35	20.0
2	1,000	0.35	20.0
3	500	0.35	∞

表1 数値計算モデル

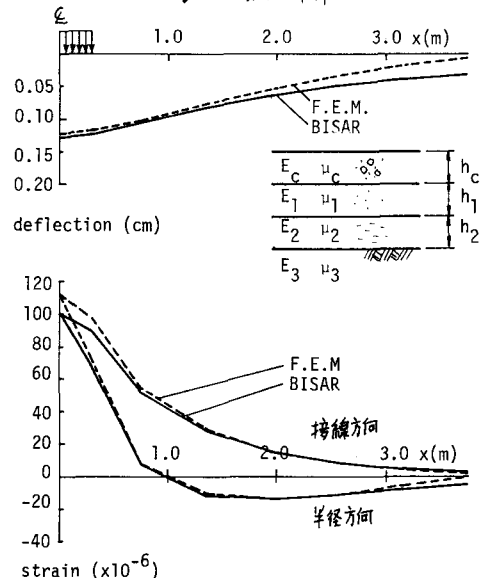


図2 中央荷重の場合

	E kg/cm ²	μ	h cm
concrete slab	340,000	0.27	19.9
layer 1	477	0.5	
2	100	0.5	

表2 数値計算モデル

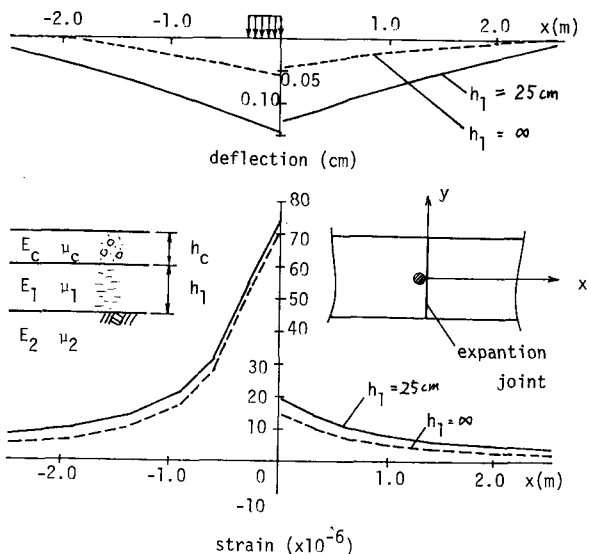


図3 膨張目地縁部荷重の場合