

層間のすべりを考慮した軸対称多層弾性構造の解析ソフト AAMES の開発

東京電機大学 学生会員 山峯 明哲
東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人

1. はじめに

多層弾性構造の解析ソフトとして BISAR, CHEVRON, ELSA 等がある。その中で, BISAR は解析的に解を誘導しており、軸対象の問題だけでなく、非対称の問題も解くことができる。CHEVRON と ELSA は応力関数を用いて解析解に基づき開発されたソフトであるが、軸対象の問題に限定されている。

本研究では軸対称問題に限定して、多層弾性構造の解を解析的に求めることである。自ら開発することにより解析上の問題点を理解し、さらに解析ソフトに拡張性を持たせることも可能になる。逆解析に適用する時には、不必要な部分をカットし、計算効率を上げることもできる。このような理由により、多層弾性構造の解析ソフト AAMES(Axisymmetric Analysis of Multi-layered Elastic System)を開発した。基本的には BISAR と同様のハンケル変換を用いている。現時のところ BISAR 以外のソフトで層間のすべりを想定した解析ソフトは存在しない。今回の研究では1層目と2層目間に、BISAR のすべりの考え方を導入している。すべりがどのように多層弾性構造に影響しているかを調べる。

2. 理論解

軸対称要素上の応力は図1のように表せる。

陪調和関数 を用いると

$$u_r = -\frac{\lambda + \mu}{\mu} \Phi_{rz} \quad (1)$$

$$u_z = \frac{\lambda + 2\mu}{\mu} \nabla^2 \Phi - \frac{\lambda + \mu}{\mu} \Phi_{zz} \quad (2)$$

$$\sigma_r = \lambda \nabla^2 \Phi_z - 2(\lambda + \mu) \Phi_{rrz} \quad (3)$$

$$\sigma_z = (3\lambda + 4\mu) \nabla^2 \Phi_z - 2(\lambda + \mu) \Phi_{zzz} \quad (4)$$

$$\text{ここに } \nabla^4 \Phi = 0 \quad (5)$$

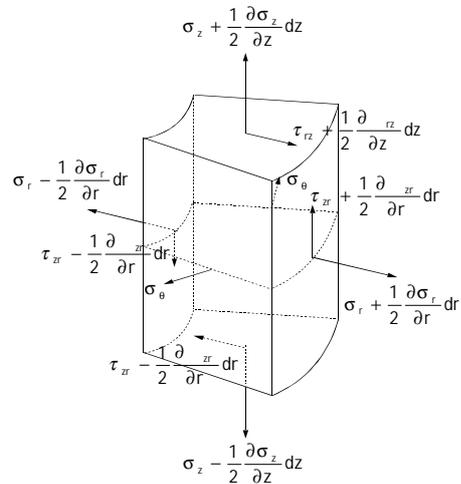


図 - 1 軸対称要素

3. 層間すべりの影響

現在、輪荷重の作用時に、舗装を構成している層と層の境界面ですべりが生じているかどうかについては明らかにはなっていない。

$${}^2_1 u_r - {}^1_1 u_r = \text{slp} \times {}^2_1 \tau_{rz} \quad (6) \quad \text{slp} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (7)$$

ここに $\alpha = 0$ のときにすべりが生じない。 α が大きくなるほど1層目と2層目の摩擦が小さくなりすべりやすい状態をしめしている。このすべりのモデルは1層目の底面と二層目の上面をせん断バネで結合していることを示している。 $1/\text{slp}$ がこのバネ定数に相当する。 $\alpha = 0$ は $1/\text{slp}$ が無限大となり1層と2層の間で相対的なすべりは生じない。 $\alpha = 1$ のとき $1/\text{slp}$ は0で摩擦係数が0の状態を意味している。

4. 実際の計算

図2の多層弾性構造の解析にすべりの幅 α の値を0から1まで0.1刻みで変化させそのときのAAMESの解析表面たわみの結果を図3に示し、せん断応力を図4に示す。すべりが発生すると一般にたわみが増加し、特にD0たわみに顕著な影響が現れ、遠方になるほどその影響は小さくなる。図4は表・基層下面のせん断応力を示している。この図からすべりが大きくなるとせん断応力はゼロに近づいていくことを示している。

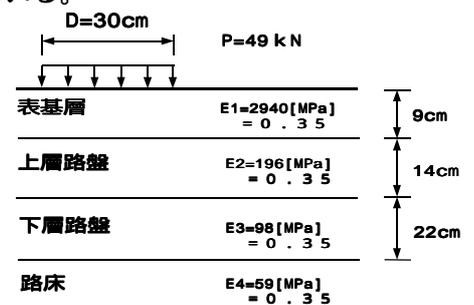


図 - 2 舗装の構造モデル

Keyword: AAMES、軸対称、すべり

連絡先：〒350 0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 :0492(96)5731 内線(2734) FAX:0492(96)6501

次に上で求めたたわみをもとに逆解析を行った結果を図5、図6、図7、図8に示す。この図からすべりの影響は最大で表・基層で約12%、上層路盤で約23%、下層路盤で約27%、路床で2%ほどになる。また、 $\mu=0.5$ の値で比較すると、すべりの影響は表・基層で約10%、上層路盤で約9%、下層路盤で約8%、となった。このことから幅広くすべりを考慮した逆解析においては表・基層、路床ではあまり影響を受けていないが、上層路盤、下層路盤においてはすべりの影響を受けていることがわかる。また、 $\mu=0.5$ の場合には表・基層、上層、下層路盤はほぼ同様の影響を受けていることがわかる。

5. おわりに

今回の解析の結果から表・基層と路盤の間にすべりが生じると、表面たわみが増加し、せん断応力が減少することが明らかになった。また、すべりが生じているとき、すべりが無いとして表面たわみを逆解析すると表・基層、上層、下層路盤の弾性係数は小さく推定し、しかし、路床の弾性係数はほとんど影響を受けないことが明らかになった。

6. 参考文献

- 1) 松井邦人・佐藤直俊：逆解析弾性係数におよぼす荷重分布と層間すべりの影響，土木学会論文集，No451 /V-17, PP.333~336, 1992.8
- 2) D.LDE JONG 他；BISAR マニュアル

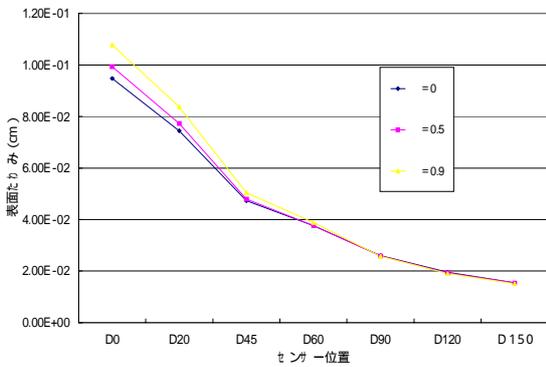


図-3 すべりを考慮した表面たわみ

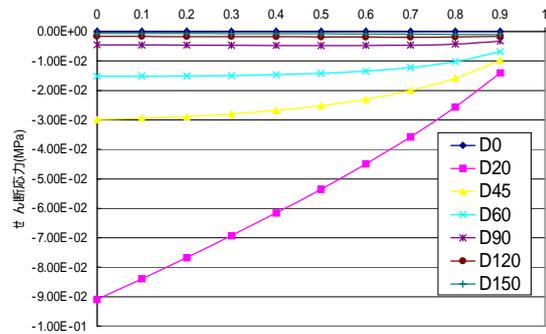


図-4 表・基層下面のせん断応力

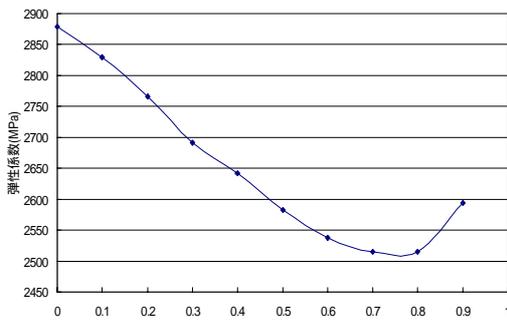


図-5 すべりを考慮した弾性係数(E1)

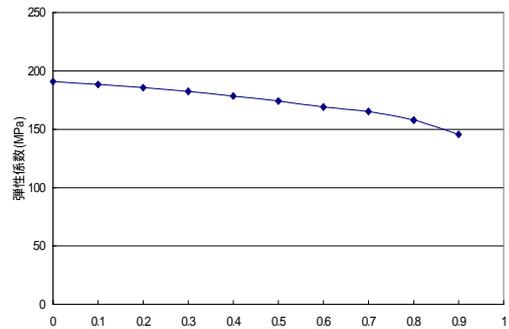


図-6 すべりを考慮した弾性係数(E4)

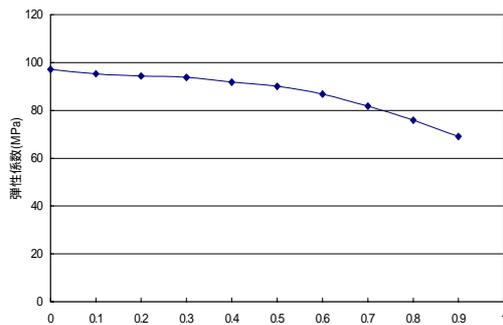


図-7 すべりを考慮した弾性係数(E3)

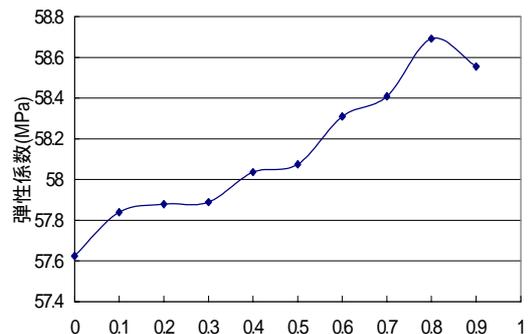


図-7 すべりを考慮した弾性係数(E4)