

# 多孔質弾性円柱の3次元解析

日本大学大学院 学生員 松島敏範  
 日本大学 正会員 秋葉正一  
 日本大学 正会員 栗谷川裕造

## 1. はじめに

排水性混合物は表面排水や騒音低減効果を期待するものとして、舗装における施工実績が近年非常に高い。この混合物は密粒度アスファルトに比べ空隙率が高く、力学評価を行なう場合は水の影響も含め、空隙をどのように扱うか迷うところである。そこで、本研究では排水性混合物を弾性体と仮定した場合に評価の助けとなる解析解を導く事を目的とし、多孔質弾性理論を適用し、3次元解析を実施した。本報告では多孔質弾性円柱の変形特性に関する若干の数値計算を実施したので報告する。

## 2. 解析方法

図-1に示す多孔質体を想定した軸対称有限円柱において  $r, z$  方向の変位をそれぞれ  $u, v, w$  とする。円柱座標におけるつり合い方程式にフック則の式を適用すれば垂直応力  $\sigma_z$ , およびせん断応力  $\tau_{rz}$  とひずみ  $\epsilon_r, \epsilon_z$ , およびせん断ひずみ  $\gamma_{rz}$  の関係は式(1)で表わされる。

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_z \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} (2\mu + \alpha) & & \\ & (2\mu + \alpha) & \\ & & (2\mu + \alpha) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} - \beta p_p \dots (1)$$

なお式中の  $\mu$  および  $\alpha$  はラーメの弾性係数である。また、 $p_p$  は空隙の間隙圧、 $\beta$  は Biot-Willis 係数である。 $\beta = 0$  は排水条件であれば0であり、非排水条件であれば飽和状態に影響され、(空気空隙率)  $\beta$  の範囲である。

解析は有限 Fourier-Hankel 変換による方法<sup>(1)</sup>で変位成分の解析解を誘導し、式(1)による応力成分を含めた厳密解の誘導を行った。この際の境界条件は、軸方向載荷による端面拘束

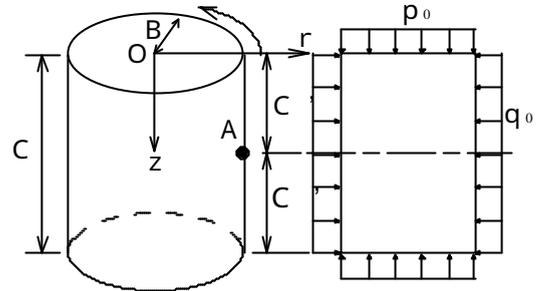


図-1 軸対称有限円柱

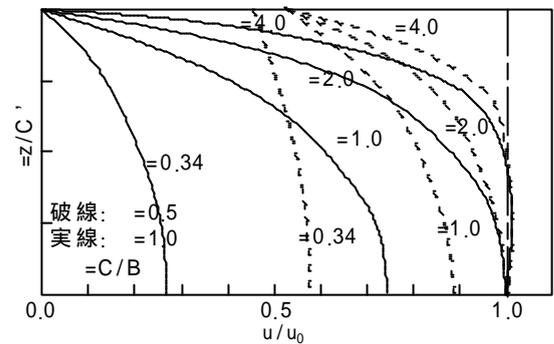


図-2 円柱側面の  $u$  の分布 ( $\beta = 0.2, q_0 = 0$ )

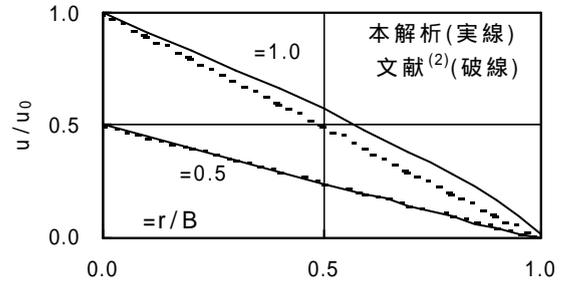


図-3 端面摩擦の  $u$  に与える影響 ( $\beta = 0.2, \alpha = 4, q_0 = 0$ )

の影響を考慮した式(2)~(4)の条件で、これにより境界未知数を求めた。

$$z=0 \text{ で } \frac{\partial w}{\partial r} = 0 \quad \alpha k^* u = (1 - \alpha) \tau_{rz} \dots (2)$$

$$\text{任意の } z \text{ で } 2\pi \int_0^B r \sigma_z dr = P \quad (P = B^2 p_0) \dots (3)$$

$$r=B \text{ で } r = q_0 \dots (4)$$

上式中  $\beta$  は端面の摩擦の程度を表わす係

キーワード: 排水性混合物, 多孔質弾性理論, 端面拘束, 三軸載荷, 有限 Fourier-Hankel 変換

日本大学 生産工学部 土木工学科 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 Tel047-474-2420 Fax047-474-2449

数で0 1であり0であれば端面拘束なし，1であれば端面の水平方向変位uが拘束される．本解析ではこの を拘束係数と称す．なおkは を無次元するために導入したパラメータである．

3. 数値計算

図-2は数値計算結果の精度・妥当性を検証する目的で，端面拘束を受ける無孔質円柱( $q_0=0$ )の側面の変形を調べたものである．この結果は文献<sup>(2),(3)</sup>との比較を実施したところ，ほとんど一致した結果が得られた．ただし，軸方向端面における摩擦の境界条件の与え方が，文献では端面におけるuの分布を仮定し，それに を乗じるものとしているため，図-3に示すように，拘束係数 の違いによる変位成分への若干の差異が確認された．なお，図-2，3および後述する図の説明において，図中の変位・ひずみ成分におけるサフィックス0は  $= 0$  における結果(基本解)を表している．

図-4から6は の違いが変位やひずみ成分に与える影響，図-7および8は $p_p$ の違いがひずみ成分に与える影響の結果である．なお，wは軸方向端面，ひずみは図-1におけるA点の計算結果である．また，図中の は基本解における主応力差を示している．これらの結果より，変位・ひずみ成分ともに端面拘束の影響はもとより空隙に関する因子( $\cdot p_p$ )の影響が大きいことがわかる．

4. おわりに

本研究では排水性混合物の3軸載荷による弾性評価を行うことを目的に多孔質弾性理論による解析を実施した．現在，本解析結果を用いた実験による評価手法の検討を実施しているところである．

参考文献

- (1) 秋葉他：土木学会論文集 No.484 / -22，pp. 41 ~ 49，1994．
- (2) 渡辺：土木学会論文集 No.450 / I-20，pp. 85 ~ 94，1992．
- (3) 長松他：日本機械学会論文集(第1部)36巻，288号，pp. 1276 ~ 1296，1970．

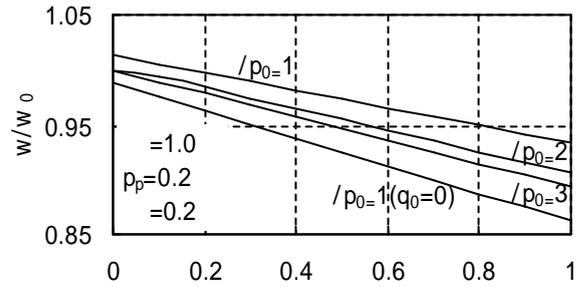


図-4 wと の関係

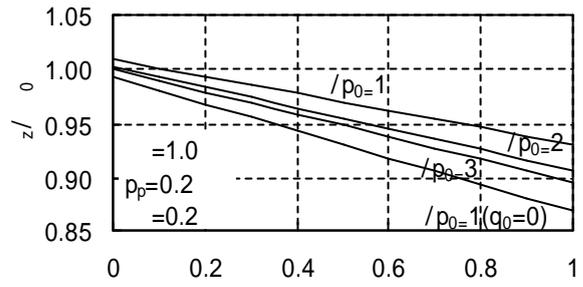


図-5 zと の関係

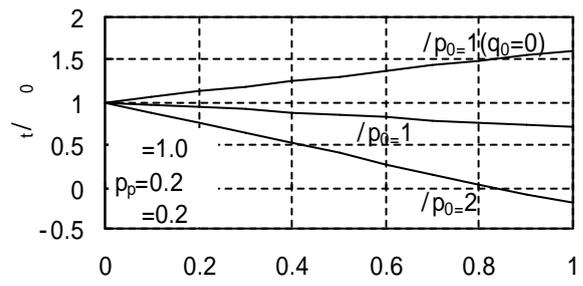


図-6 tと の関係

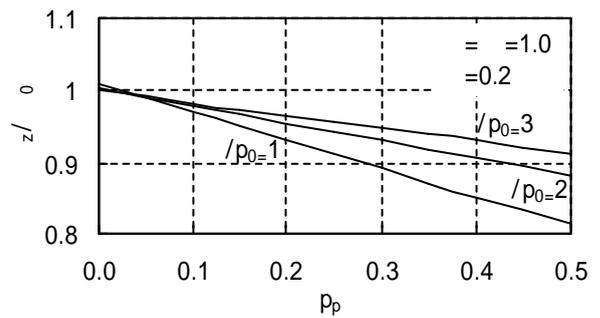


図-7 zと p\_p の関係

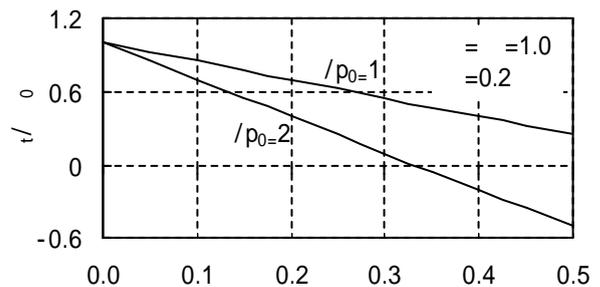


図-8 tと p\_p の関係