室内コーン貫入試験による路床土の弾性評価に関する基礎研究

1.はじめに

室内コーン貫入試験は,実験結果を用いてトラフィ カビリティーや,安定処理を行う際の改良程度の判定 を行うために用いられる.

本研究は室内コーン貫入試験から弾性定数を推定す ることを目的とした.そこで今回は,モールド内に拘 束された有限円柱がコーンによる貫入を受けた場合の 3次元弾性解析を有限 Fourier-Hankel 変換による方法 で解析し,表面たわみに影響する因子を想定した上で, 主としてその変形特性を数値計算により検討した.

2.解析方法

図-1 に示す軸対称有限円柱において,r,,z 方向の変位をu,v,wとし,同方向の応力成分を,,,,,

z,さらに r・z 方向のせん断応力を _{rz}とする.また, 同方向のひずみ成分 _{r, z}およびせん断ひずみ _{zr}と応力成分との関係(フックの法則)は**式**(1)に示す

通りである.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{s}_r \\ \mathbf{s}_q \\ \mathbf{s}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (2G+I) & I & I \\ I & (2G+I) & I \\ I & I & (2G+I) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_r \\ \mathbf{e}_q \\ \mathbf{e}_z \end{bmatrix} \qquad \cdots (1)$$

ここで,上式中,Gおよび はラーメの弾性係数である. 本解析は有限 Fourier - Hankel 変換による方法で変位 成分の解析解を誘導し,この結果を式(1)に代入するこ とで応力成分を含めた厳密解の誘導を行った.解には 境界未知数が含まれるが,それらは,以下の境界条件 により求めた.

$$z=0$$
 \mathcal{C} $\mathbf{s}_{z}=q(r)$, $u=0$, $\mathbf{t}_{rz}=f(r)$...(2)

$$r = \mathbf{B} \, \mathbf{\tilde{C}} \quad \mathbf{t}_z = k \cdot w = \mathbf{b} / (1 - \mathbf{b}) k^* \cdot w$$
$$u = 0 \qquad \cdots (3)$$

 $z = C \mathcal{C} \quad w = 0$, $t_z = 0 \qquad \cdots (4)$

式(3)において, k はバネ定数であり, これを右辺のように無次元数(0)1)で表現している.=0では モールド壁面の摩擦がなく,供試体の変位が自由であるが,=1ではモールド壁面の摩擦により供試体の変

日本大学大学院				学生員	中山	知哉
日	本	大	学	正会員	秋葉	正一
日	本	大	学	正会員	加納	陽輔



図 - 1 軸対称有限円柱座標



図 - 2 コーンによる半無限弾性体表面の変形

位を拘束する.本解析ではこれを拘束係数と称することとする.なお, k^{*}は, k と次元を一致させるための パラメーターである.

図-2 に示すように、半無限弾性地盤にコーンが貫入 した場合の表面の荷重強度分布 q(r)は、 Sneddon I.N. により、次式で与えられる.

$$q(r) = -\frac{2G(G+I)}{2G+I} \left(\frac{w_0}{a}\right) \cosh^{-1} \left(\frac{a}{r}\right) \quad \dots (5)$$

ここで,w₀は,見掛けの変位と称することとする.な お**式**(5)の積分は次式で与えられる.

$$P = \frac{2G(G+I) \cdot \mathbf{p}aw_0}{2G+I} \qquad \cdots (6)$$

一方, f(r)は, コーンと供試体との摩擦係数を µ とす れば, 次式で与えられる.

$$f(r) = \mu \sin \mathbf{a} \cdot q(r) \qquad \cdots (7)$$

3.解析結果

3 - 1 モールドの大きさが表面たわみに与える影響 図 - 3 は表面たわみw/w₀(w₀=1)とr/Bの関係につ

キーワード:室内コーン貫入試験,3次元弾性解析,表面たわみ

いて,モールド径(B/H,H一定)を変化させて調べた ものである.これより,見掛けの変位が一定の表面た わみはB/Hが大きくなるにつれて減少する.

3 - 2 荷重およびコーンと土の摩擦の大きさが先端 変位に与える影響

図 - 4 は荷重 P と変位 w の関係について, コーンの先 端角度 を変化させて調べた結果である.まず, 荷重 の増加に対する変位の増加傾向は直線的ではなく,ま たこれはコーンの形状に関係ない.つぎに,同一の荷 重に対する変位の大きさは,コーンの先端角度が大き いものほど小さい.

図-5は荷重Pと変位wの関係について,コーンの先 端角度 が一定の場合,コーンと有限円柱の間に生じ る摩擦力を変化させて調べた一例である.これより, 同一の荷重に対する変位の大きさは,摩擦係数が大き いものほど小さいことがわかる.

3-3 拘束面の摩擦が表面たわみに与える影響

図 -6 は表面たわみw/w₀(w₀=1)とr/Bの関係につ いて,モールド側面の摩擦の影響を調べたものである. 結果はこの面で摩擦が無い場合(=0)と,この面の 摩擦が最大でこの面における変位が拘束される場合 (=1)で比較した.これより,摩擦のある場合は摩 擦のないものに比べ,表面たわみが小さくなる.その 傾向はモールド径の小さいものほど顕著となっている. そこで,その傾向を把握するために,コーン先端変位 とモールド径との関係を拘束係数 を変化させて調べ た結果が図 -7 である.これより,先端変位の大きさは モールド径が小さいものほど の影響を受けるが,モ ールド径が一定以上の大きさになると拘束係数の影響 を受けないということがわかる.

4.おわりに

本研究ではモールド内に拘束された有限円柱がコー ンによる貫入を受けた場合の3次元弾性解析を有限 Fourier-Hankel 変換による方法で解析した.それによ り,主として表面たわみに影響する因子を数値計算に より調べた.今後はこれらの因子が実験結果に与える 影響を検証するとともに,土の材料定数推定手法を提 案するための検討を行う必要がある.

<参考文献>

1)地盤工学会:土質試験の方法と解説(第一回改訂版), PP.266~273,2003.



図-3 モールド径の影響



図 - 4 先端角度の影響



図-5 先端摩擦の影響



図-6 完全拘束と自由



2)Sneddon I.N.:Fourier Transforms, McGraw-Hill, pp. 462~468, 1951.