不均一基礎上の構造物の挙動について

京都大学工学部　正員　丹羽義次
日本国有鉄道　正員　○五味一幸

1）はじめに　一般に対象とする系の不均一性あるいは多相性は、その系と系を構成する材質の変動の成因の寸法との相対的なスケールで考えられる。物性に変動をもつ基礎とその基礎上の構造物を扱う場合、構造物にとって考慮すべき物性の変動のスケールは、構造物寸法の数分の一倍から数倍程度が卓越していることは容易に考えられる。構造物の寸法が大きくなるに従い、マトリックス－インクルージョンとしての扱いから層としての扱い、さらに回帰曲線としての扱いへと工学的取り扱いは変化する必要があるであろう。

本研究は、このような考えのもとに、不均一基礎を層及び回帰曲線として扱い、即ち物性をランダムに与えるのではなく、ある規則性のあるものとして与え、この基礎の規則性をもつ物性の変動と構造物の挙動との関連について有限要素法による数値実験から推定を行なったものである。

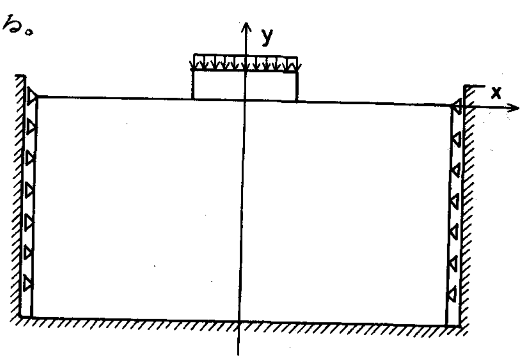
2）物性の変動について　基礎の物性の変動をモデル化するに際しては、(1)基礎の物性の変動の成因、(2)基礎調査から得られるデータ、の2点を考慮する必要がある。

(1)に関して最も一般的に考えられるのは、堆積岩及び堆積土に代表されるところの、運搬－堆積－固結という成因である。この成因からは層モデルが考えられる。風化による変動は、一般に地表部から深部へ増加する回帰曲線で考えられる。火成岩については規則的な変動としての扱いは一般には言えない。

(2)に関しては、ボーリング、試掘坑内試験、及び物理探査がある。前2者からは一次元的変動が、物理探査からはレベルとしての物性値が得られる。

3）解析モデル　研究の主眼を不均質性におくため、簡単のため弾性として扱った。さらに変動をもつ物性として弾性係数を取り上げ、ポアソン比については一定として与え、等方性として扱った。これは、弾性係数が変位曲線に最も影響を及ぼすと考えられること、また基礎の調査からその変動まで推定できる物性としては弾性係数が最も考え得るからである。解析モデルを図－1に示す。解析は平面ひずみ問題として行なった。

さて上述の(1),(2)から変動モデルを考える。まず実測データから推定可能な変動が表層のみ、あるいは水平坑のみから得られたと想定すると、危険側に考えて、鉛直変動モデルが与えられる。これを次式のように正弦波で与える。



図－1　解析モデル

$E(x) = E_0 + \Delta E \sin(2\pi \frac{L}{\lambda} x + \varphi)$ ……①

E：その座標での弾性係数

E_0：回帰成分（簡単のため定数）

ΔE：変動の振幅（$\Delta E / E_0$として無次元化して与える）

λ：変動波の波長，$f = \frac{L}{\lambda}$とおけば構造物寸法に関する周波数）

φ：変動波の位相，構造物と変動波型との相対的位置関係を表現する。

一般には層は傾きをもつ、この傾斜変動層モデルを次式で与える。

$E(x, y) = E_0 + \Delta E \sin\{2\pi \frac{L}{\lambda}(x - \tan\psi \cdot y) + \varphi\}$ ……②　ψ：鉛直面からの層の傾き

②のモデルは①のモデルをそのまま傾斜させたモデルではなく、いわば変動波をy座標に比例させた量だけx方向にずらしたモデルである。これは、層に垂直な変動が得られる場合よりも水平面に沿った変動が実測データとして得られる場合を想定した為である。

風化による影響は深部ほど受けにくく、一般に深くなるほど強度が上がる。そのため深くなるほど変動が大きくなるとは考えにくいため、回帰成分のみを増加させる。

$E(x, y) = E_0(ay + b) + \Delta E \sin(2\pi \frac{L}{\lambda} x + \varphi)$ ……③

簡単のため①のモデルの延長として③のモデルをとった。

さらに鉛直方向にも正弦波による変動を与えたモデルを考えた。

$E(x, y) = E_0 + \Delta E \sin(2\pi \frac{L}{\lambda} x + \varphi) + \Delta E' \sin(2\pi \frac{L}{\lambda} + \varphi')$ ……④

④のモデルは、もはやマトリックスーインクルージョンとしての扱いとみなされるであろう。

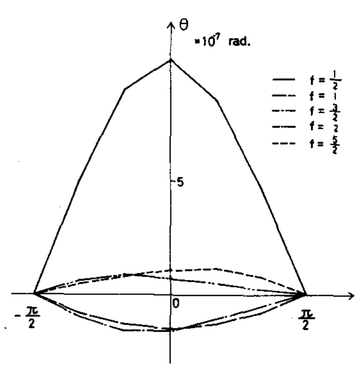
4）解析結果　構造物あるいは構造物基礎版が、剛体とみなされる場合について解析結果を簡単に記す。荷重は等分布鉛直荷重を与えた。構造物の底面の両端を結ぶ直線と、水平面との傾きを　物の変位による回転角θとすると、θと規則的不均一性との関係は以下の通りである。

モデル①について　(1)回転角θは、振幅$\frac{\Delta E}{E_0}$にほぼ比例する。この関係は、位相φ，周波数fにかかわらず成立する。(2)回転角θと位相φの関係は、周波数fごとに若干異なる。(3)回転角θはfが大きくなるほど小さくなる（図－2）。

モデル②について　(1)層の傾きψごとに、θを最小にするφの値、即ち構造物の相対的位置が得られた。(2)位相φごとにθを最大とするψの値は異なり、必ずしも$\psi = 0$、即ち鉛直層が最も危険とは言えない。

モデル③及び④について　鉛直方向の回帰及び変動は、回転角θで評価する限りでは、水平方向の変動に比して2次的効果しかもたない。

構造物を剛体ではなく、弾性体として扱った場合を含め、結果の詳細については、当日発表する。



図－2　θ－φの関係（$\Delta E / E_0 = 0.5$）