III-113　軟弱粘土地盤の帯状盛土による即時沈下に関する考察

○　鳥取大学工学部　正会員　清水正喜
鳥取大学大学院　学生員　前田暢夫
鳥取大学大学院　学生員　前田和仁

１．はじめに

軟弱粘土地盤の帯状盛土による即時沈下量の算定に，弾性論が用いられている．Skempton and Bjerrum[1]以来，非排水変形の条件を，ポアッソン比νを0.5とすることで代用する考え方が慣用になっている．しかし，非排水条件は土の性質ではなく，拘束条件であるので，それから構成パラメータ（例えばポアッソン比）を決定することはできない．

土の変形は有効応力によって一義的に決まる．弾性論で即時沈下量を計算するにしても，有効応力とひずみの関係を表すことのできる弾性係数を用いなければならない．

本報告では，有効応力とひずみを関係づける，即ち有効応力に基づいた弾性係数を１次元圧密試験と一軸圧縮試験から推定する方法を示す．また，非排水の条件を考慮した即時沈下量を，弾性係数をパラメータとして有限要素解析を行って求めた．結果を稲田らの方法[2]と比較検討する．

２．弾性係数の決定方法

有効応力増分とひずみ増分に対して等方線形弾性体と仮定する．１次元圧密および一軸圧縮試験において，供試体中心軸方向にｚ軸，ｚ軸に直交する任意の方向にｘ，ｙ軸をとる．ｚ，ｘ，ｙ軸に直交する面が主応力面である．

（１）体積圧縮係数mv　１次元圧密試験では，$\Delta\varepsilon_{zz}=\Delta\varepsilon$，$\Delta\varepsilon_{xx}=\Delta\varepsilon_{yy}=0$，$\Delta\sigma_{zz}'=\Delta p$．ここに，$\varepsilon$は圧縮ひずみ，ｐは圧密圧力．これらの条件を微小変形線形弾性体の有効応力増分～ひずみ増分関係（式(1)）に代入して（２）式を得る．ここに，λ，μはラーメの定数．

$$\Delta\sigma'_{zz}=(\lambda+2\mu)\Delta\varepsilon_{zz}+\lambda(\Delta\varepsilon_{xx}+\Delta\varepsilon_{yy}) \quad \text{----(1)}$$

$$m_v=\frac{\Delta\varepsilon}{\Delta p}=\frac{1}{\lambda+2\mu} \quad \text{-----(2)}$$

（２）変形係数Ｅｕ　一軸圧縮試験では，$\Delta\sigma_{zz}=\Delta\sigma$，$\Delta\sigma_{xx}=\Delta\sigma_{yy}=0$，$\Delta\varepsilon_{zz}=\Delta\varepsilon$，$\Delta v=0$．ここに，$\sigma$は圧縮応力，$\varepsilon$は圧縮ひずみ，ｖは体積ひずみ．これらの条件を，偏差応力増分Δs_{zz}と偏差ひずみ増分Δe_{zz}の関係（式(3)）に代入して（４）式を得る．ここにＧはせん断弾性係数．

$$\Delta s_{zz}=2G\Delta e_{zz} \quad \text{-----(3)}$$

$$E_u=\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}=3G \quad \text{-----(4)}$$

（３）ヤング率Ｅとポアッソン比ν　ラーメの定数（λ，μ）とＧをそれぞれＥとνで表し，（２），（４）式に代入して，結局

$$\nu=\frac{2E_um_v-3}{2E_um_v-6},\qquad E/E_u=\frac{4E_um_v-9}{3(E_um_v-3)} \quad \text{-----(5)}$$

が得られる．また次の関係も得られる：

$$E=\frac{2}{3}\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}(1+\nu) \quad \text{-----(6)}$$

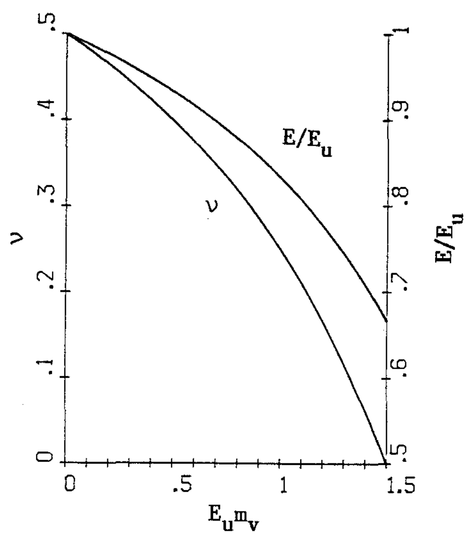

図１：νおよびＥ/Ｅuと Ｅumvの関係

（６）式は，$\nu=0.5$のとき，ヤング率Ｅが変形係数Ｅu（＝ $\Delta\sigma/\Delta\varepsilon$）に等しいことを表している。図１に，ポアッソン比$\nu$およびヤング率と変形係数の比（Ｅ／Ｅu）をＥumvに対して計算した結果を示す．Ｅumvの範囲は$0<\nu<0.5$の関係から定めた．

３．有限要素法による即時沈下量の解析方法と結果

有限要素法の定式化と用いたプログラムは前報[3]で示した通りである．

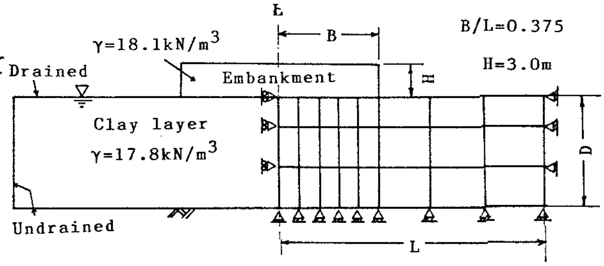

図２：有限要素解析メッシュ

解析モデルと要素分割を図２に示す．軟弱粘土層厚（Ｄ），載荷幅（２Ｂ）を変えて解析したが，ＤとＢのどの組合せに対しても,全要素数が同じ（２４要素９５節点）になるようにした．またＤとＢの各条件に対してＥとνを変化させた．盛土は瞬時に載荷されるものとし，非排水の条件で盛土中央直下の沈下量ρを計算した．ρに対する弾性係数の影響については別途報告している[4]ので，ここでは稲田らの方法による結果との比較のみを示す．

稲田らは，半無限弾性地盤上の帯状荷重に対する応力解から$\nu=0.5$としてひずみを求め，それを地表面から深さＤまで積分することによって即時沈下量ρを次式で表現した：

$\rho=(q/Eu)\,Ni$

ここに，ｑは盛土荷重強さ，Ｎiは沈下係数と呼ばれ，ＢとＤの関数である．

図３に，１例としてＢ＝15mの場合に対して，沈下係数ＮiとＢ／Ｄの関係を示す．有限要素解析によって得られた結果と稲田らの方法による結果を比較している．

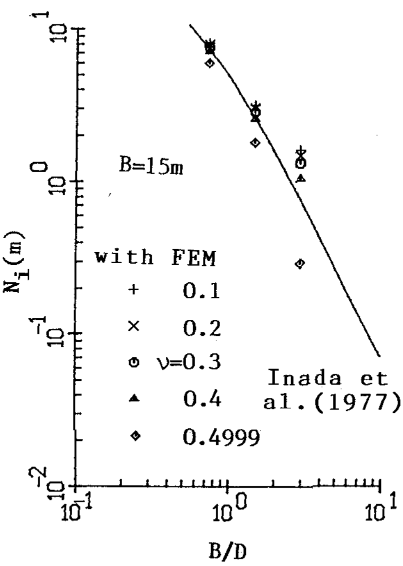

図３：沈下係数とＢ／Ｄの関係

有限要素解では，Ｂ／Ｄが大きいほど，Ｎｉに対するポアッソン比νの影響が大きくなっている．あるＢ／Ｄに対してνが小さいほどＮiは大きくなっている．稲田の方法によるＮiは，有限要素解の範囲内にある．有限要素解は，ポアッソン比が小さいほど稲田の解より大きく，0.5に近づくほど稲田らの解より小さい．Ｂ＝7.5，30ｍの場合も計算したが上述の傾向は同じである．

５．まとめ

弾性係数を圧密試験から得られる体積圧縮係数ｍｖと一軸圧縮試験から得られる変形係数Ｅuから推定する方法を示した．変形係数Ｅｕは，E50で代用することも可能であろう．

また，軟弱地盤上の帯状盛土の即時沈下量を，ポアッソン比が0.5でない場合について，有限要素法を用いて計算し，結果を稲田らの方法と比較した．稲田らの方法は、概ね有限要素解に近い結果を与えた．ただ，νが小さく、Ｂ／Ｄが大きいとき，稲田らの方法による即時沈下量は有限要素解に比べて過小評価される．

参考文献

１）Skempton and Bjerrum（1957）：Geotechnique,Vol.7,No.4 pp.168-178
２）稲田，赤石，張（1977）：盛土に伴う軟弱地盤のセン断変形，土と基礎，Vol.25，No.3 pp.53-56
３）清水，前田（1989）：土木学会４４回年次学術講演会Ⅲ，pp.274-275
４）清水，前田，前田（1990）：土木学会中国四国支部研究発表会（投稿中）