

III-727

タンパーによる土の締固めの数値シミュレーション

岡山大学農学部 正員 藤井 弘章 学生員 藤田 鉦治
正員 西村 伸一 島田 清

1. はじめに

現地締固め試験は、労力と時間を要する上、誤差が大きく解釈に苦しむことが往々にして生ずる。そこで現地締固めの挙動をFEMによる数値シミュレーションから求めようとしている。本報では、建設現場で多用されている小型タンパーを用いた、実験土槽における締固め試験結果と数値解析結果を比較し、予測の可能性を探ろうとする。

2. タンパーによる実験土槽での締固め

実験および計測条件をなるべく単純にするため、フィールドは、壁厚約10cmのコンクリート土槽(176×76×55cm)とした。供試土は、中間土(GS;2.62、LL;39.6%、PI;10.8%、 W_{opt} ;15.2%、れき率;15.8%)である。これを人力で撒き出し、80kgfタンパー及び80kgfタンパーで10~50回締固めた。撒き出し層厚は9cm~55cmまでの8種類である。撒き出し直後および全締固め終了後に、内面沈下量(1)および乾燥単位体積重量(γ_d)を測定し、各回の締固め後に表面沈下量を求めた。表面の測点は各35点で、コンクリート土槽天端を基準として高さを測定した。単位体積重量は、100ccのソイルサンプラーで求めた。またタンパーで締固め中に、それによって生じる土圧、土中加速度およびタンパーのバネ上・バネ下加速度を測定した。Fig.1に、深度方向(D)へのサンプル乾燥単位体積重量の分布(密度勾配)を示す¹⁾。種々の撒き出し層厚(t)における締固め前(N=0)および締固め後(N=40~50)の値である。締固め層表面の値が最も大きく、深度が大きくなるにつれて締固め効果が得られていない。

3. 数値シミュレーション手法

二次元及び三次元のFEM線形弾性解析及び二次元FEM弾塑性解析を行った。荷重として、締固め機械の静荷重に最大起振力を加えたものを剛性を持たせて载荷し、擬似的な動的解析としている。なお土圧・加速度から求めた実測起振力は公称起振力とほぼ一致した。入力すべき材料定数は種々の単位体積重量の供試土について三軸圧縮試験を行い求めた。弾性係数に関しては、初期と破壊ピーク時による割線から、またポアソン比はRoweの方法と K_0 法から決定した。尚、夫々の材料定数は、試験の範囲内では乾燥単位体積重量の関数として表わすことができた。締固め前は、乾燥単位体積重量、変形定数は土層内は一定とし、締固め終了後、各要素の変形量から各要素毎の乾燥単位体積重量を換算し、これに対する変形定数を求めて新たに計算の初期条件とし、任意の回数繰り返した。

4. 数値解析結果と実験結果の比較

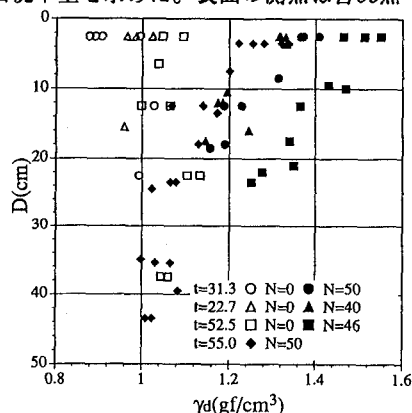


Fig.1 深度(D)と実測乾燥密度(γ_d)の関係
(実測乾燥密度勾配 1)

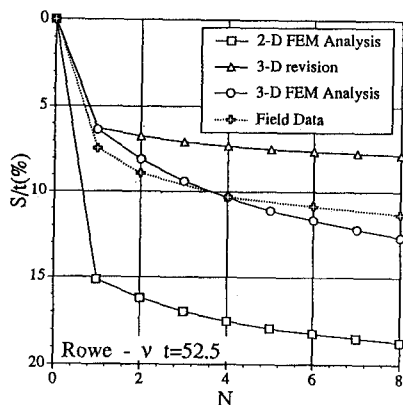


Fig.2 転圧回数(N)と沈下率(S/t)の関係

本報では、60Kgfコンパクターで締固めた例について述べる。
Fig.2に、撒き出し層厚 $t=52.5\text{cm}$ の場合の転圧回数(N)と、沈下率(S/t ;沈下量 S を層厚 t で除したもの)との関係を示す。数値解析は、① 二次元線形弾性解析、② ①を弾性論に基づいて三次元補正したもの、③ 三次元線形弾性解析結果である。使用したコンパクターの接地面形状が $32\times 32\text{cm}$ の正方形であるため、実測値は、二次元解析結果よりかなりきいが、三次元補正結果は実測値より大きく、両者の間にある。そして三次元解析結果は実測値に近いものとなっている。

Fig.3に $N=2$ における深度(D)方向の乾燥単位体積重量(γ_d)変化つまり密度勾配を示している。二次元解析結果は、地表面下約10cmで乾燥単位体積重量が最大となり、実測値とは定性的に異なる。一方、三次元解析結果は実測値に近いが、表層部において若干の相違がみられる。なおFig.6に三次元線形弾性解析による土層表面の沈下形状を示す。土槽試験の初期状態がかなり緩いものであることを考慮して試みた二次元弾塑性解析結果は、表層と下層の乾燥単位体積重量の差(密度勾配)が大きく、最大値が表層近くなり、実測値の傾向に近づく。二次元線形弾性解析による $N=1$ の撒き出し層厚($t=11.4\text{cm}$ 、 31.3cm 、 52.5cm)と、沈下量(S)の関係を示すFig.4に、また沈下率(S/t)とのFig.5に 関係を示している。一般的に、解析値は撒き出し層厚が大きくなる程、沈下率は小さく、沈下量は大きくなる傾向を示しているが、 $t=11.4\text{cm}$ の実測値は締固め層底部の剛性の影響で、大きな値を示している。

5. おわりに

同じ手法で、振動ローラーを用いた現地試験を対象とした場合、疑似動的な二次元線形弾性解析でシミュレーションが可能であった²⁾。しかし、接地面の長短辺比が1であるような小型コンパクターを対象とする場合には、三次元的解析を必要とする。しかし、二次元解析値、およびこれらの三次元補正値は、上界値と下界値を与えているといえよう。これらのことから、数値解析によって、現地締固めの挙動あるいは締固め効果を推定することが可能であるといえよう。

最後に、この締固め実験に供試土を提供して頂いた機関、実験機材等を提供して頂いた機関および実験・解析に御協力頂いた岡山大学農学部農業造構学研究室の卒業生に篤く感謝致します。

引用文献> 1) 藤井弘章・堀俊男・藤田敏治,ある中間土の締固めの事例-土槽および現地締固め試験からの考察-,土と基礎,Vol.41, No.7, pp.29~34, July, 1993.

2) Fujii et al, Several Consideration about the Mechanism of Field Compaction, Pr.10ISTVS, pp393-494, 1990

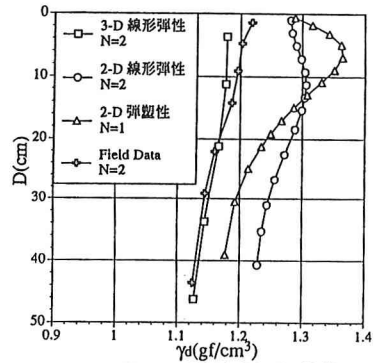


Fig.3 解析および実測密度勾配の比較

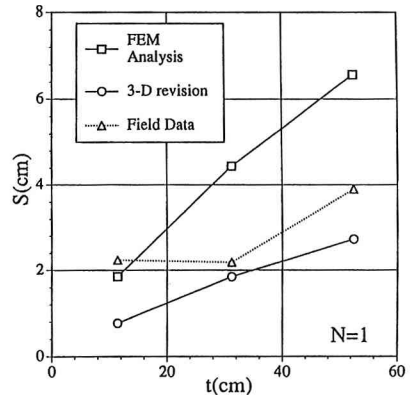


Fig.4 撒き出し層厚(t)と沈下量(S)の関係

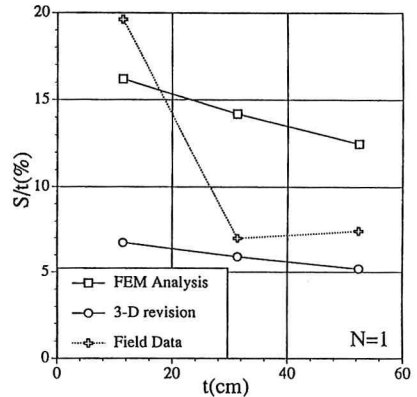


Fig.5 撒き出し層厚と沈下率の関係

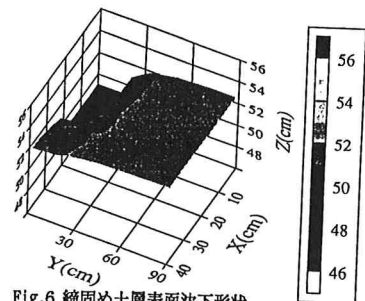


Fig.6 締固め土層表面沈下形状