

有限要素法によるネガティブフリクションの算定

大阪大学工学部 正員 松井 保
同 大学院 学生員 ○金井 誠
同 大学院 学生員 折立 和男

1. おえがき

構造物の不同沈下および破壊の原因の1つと考えられるネガティブフリクション(以下N.F.と略す)については、未解決の問題が多く存在する。現在杭に作用するN.F.の算定法は種々提案されているが、定量的には十分解明されたとは言い難い。そこで、本報告では連続体の解析に対して有力な手段であると考えられる有限要素法による単杭に発生するN.F.の算定法を示し、模型実験による測定値と比較するとともに、単杭のN.F.算定への有限要素法の適用性について検討した。

2. ネガティブフリクションの算定法

N.F.の最大値は、定性的に杭周辺粘土層の圧密が終了した状態で生じると考えられるので、この状態でのN.F.を算定するために、杭軸を対称軸とする軸対称問題として有限要素法を適用する¹⁾。その際問題を簡単にするために次の仮定を設ける。1)粘土層は等質等方性とする。2)粘土層のポアソン比は圧密終了状態を考慮して $\frac{1}{2}$ とする。3)杭は剛なものとし、かつ先端沈下を許さない。4)地盤の圧密量は即知とし、杭周辺の表面沈下量は二次曲線で与えられる。5)図-1に示すごとき有限要素に分割した地盤において、粘土層底面及び杭周面で変位が拘束され、側方端部及び地表面で水平変位がないとする。

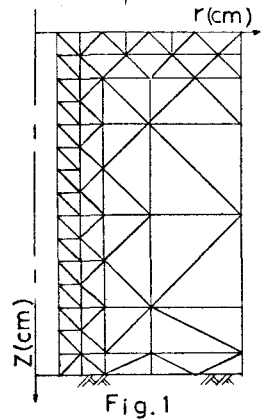


Fig. 1

土の応力-ひずみ関係は一般に非線形である。この非線形問題に対するアプローチとして直接反復法及び修正弾性係数を用いる増分法などがある。前者では、土は非硬化弾塑性体と考えられ、図-3に示す折線のごとき応力-ひずみ関係を用いる。また後者では、土は逐次破壊現象を起す硬化塑性体と考えられ、応力-ひずみ関係としてたとえばDuncan等²⁾の提案による非線形関係式を用いる。これらのうち後者の増分法の方が実際の土の特性に近いと考えられるが、変形が比較的大きい場合には、この方法は不適当と考えられる。

3. 模型実験

実験方法の概略はすでに報告済みであるので省略する。杭下端でロードセルにより測定したN.F.の経時変化を図-2に示す。この図において、実験1は初期層厚40cm、初期含水比171%の粘土層を自重圧密させ、杭1、杭2の本の杭についてN.F.を測定したもので、実験2は、杭2の測定終了後の地盤(層厚約31cm、含水比約120%)を用い、載荷量0.075kg/cm²で圧密させることによりN.F.を発生させた結果である。実験終了後の粘土層の応力

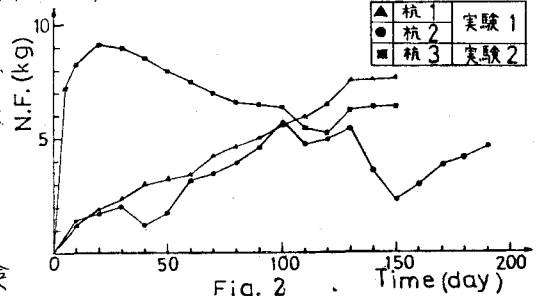


Fig. 2

一ひずみ関係は、実験1については粘土層が軟弱なためベンセン断試験により、せん断強度およびせん断弾性係数を全層の平均値として求め、実験2については三軸圧縮試験により求めた。この結果を図-3に示す。

4. 計算結果および考察

杭に接する要素の鉛直方向のせん断力が杭に作用するN.F.と考え、直接反復法により計算された実験1および2のN.F.分布を図示したのがそれぞれ図-4(a)および(b)の実線である。この図から、計算結果によるとどちらの場合も杭のほとんどの部分に最大のフリクションが発生していることがわかり、実験1および2の杭に作用する全N.F.の計算値はそれぞれ370kgおよび147kgとなる。一方、実験1の杭1、杭2および実験2の実測値の最大値は、図-2よりそれぞれ775kg、555kg、813kgである。これらの値の比較により実験1の杭1のようにN.F.が最終状態まで減少しないで生じた場合にはのみ計算値と実測値がほぼ一致し、N.F.が途中で減少する他の場合(この場合の原因として局部せん断破壊や応力緩和などが考えられる)には計算値の6~8割程度のN.F.しか実測されていないことがわかる。したがって、以上の結果より、この模型実験のように粘土層の圧密が比較的大きくN.F.が最終状態まで減少しない場合に限れば、N.F.はTerzaghi等による杭周面積と粘土のせん断強度の積として求める方法で算定できると思われる。

しかしながら、粘土層の圧密量が比較的小さい場合には上記の算定法ではN.F.を過大に評価する場合があることが予想される。そこで、試みに前述の実験1および2の地盤において圧密量のみを1mmとしてN.F.を計算すると、それぞれ図-4の破線のごとくなり、杭周面のフリクションが最大値より小さい場合があらわれるようになる。すなわち、その分布形は杭先端が沈下しない場合のそれを定性的にreasonableに表現していると思われる。したがって、圧密量が比較的小さい場合には有限要素法によるN.F.の算定は有力な手段になりうると考えられる。その際には、増分法による解析が更に実際の現象に近づく手段となろう。

5. あとがき

以上計算を簡単にするため種々の仮定を設けたが、より現実に近い解析、即ちひずみ小さい時の増分法による解析、あるいは杭の沈下、杭表面のオベリ等を考慮した解析については、できれば講演時に発表したい。

なお、この計算には、京大及び阪大の大型計算機を使用した。

参考文献 1) O.C. Zienkiewicz, Y.K. Cheung, "The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics", 1967

2) T.M. Duncan, C.Y. Chang, "Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soil Mechanics", ASCE, SMT, 1970

3) 伊藤、松井、井井「杭のネガティブフリクションに関する実験的研究」第26回土木学会年次講演会概要(1970)

伊藤、松井、井井「杭のネガティブフリクションに関する2,3の検討」第26回土木学会年次講演会概要(1971)

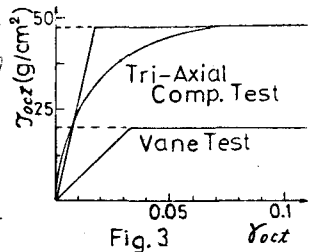


Fig. 3

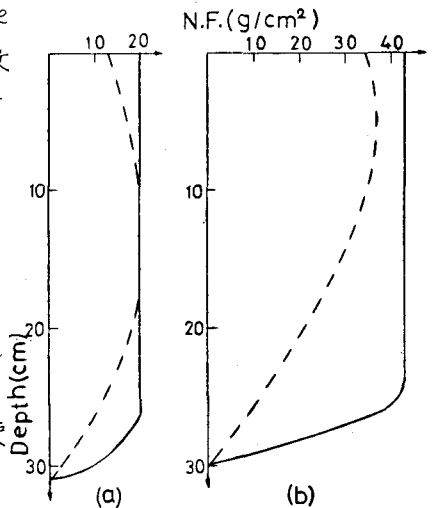


Fig. 4