

軟弱地盤上の盛土の計測管理におけるFLEMの適用性

鳥取大学大学院 福原 誠

鳥取大学工学部 木山 英郎 藤村 尚 西村 強

(株)計測リサーチコンサルタント 加登 文士 河上 隆司

1. はじめに 軟弱地盤上の盛土の計測管理は、地盤沈下や地中変位などを測定し、その性状や速度に着目して行われる。ところが、これに対して、設計は円弧すべりによることが多く、変位とは無関係に応力レベルによって安全率が求められることになる。時々刻々計測される変位に対応して地盤内応力や安全率が算定できれば、設計から施工まで一貫した管理が可能となり、現場計測の位置付けも明確になると考えられる。

流動要素法(FLEM)[1]は、軟岩や粘性土地盤において問題となるいわゆる塑性流動のような連続体としての大変形や流動挙動まで解析できる手法として提案している。すでに、上述のような問題にFLEMを適用する第一歩として二、三のモデル解析を実施して基礎的な検討を行っている[2]。本文では、それをさらに進めて、計測管理によって得られる変位を設計で得られる安全率に結合するFLEMを活用した計測管理手法へ発展させることを目的としている。

2. FLEMを活用した計測管理手法 荷重条件を与えた結果とそれより読み取った(限られた点の)変位を計測されたものと仮定して初期地盤に与えた結果に同様の応力状態が再現されるか、すでに検討している[2]。両者はほぼ一致し、既知の節点変位を用いて所定の荷重に対する応力状態が再現できることを示した。しかし、解析結果より応力状態や各要素内の安定度を知ることはできても、地盤全体としての安全率を求め、安全率と計測変位と結び付けるには、何らかの工夫が必要となる。そこで、着目点(計測点)で計測された変位を強制変位として与える一方、その変位に対応する応力状態を求め、円弧すべり円計算で得られる臨界円上要素の安定度に注目することにした。これまでの多くの計測データで、臨界円付近と見られる地層(要素)の変位が卓越しており、すべり破壊を起こした現場の状況を見てもこれらの要素に注目することが妥当と思われる。

図-1にFLEMを活用した安定管理手法の概略を示した。

3. 解析モデルによる検討 図-2は、解析モデルを示しており、表層に層厚2mの砂層、その下に物性値がそれぞれ異なる3層を仮定した。図中に示す粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ を用いて円弧すべり計算を行ったところ、臨界円は図中のように求められ、この円に対する安全率 f_s は0.896となった。図-2には、FLEM解析の要素分割と解析定数(ヤング率 E 、ポアソン比 ν 、単位体積重量 γ)も併せて示している。要素数165、節点数192となっており、臨界円上要素には陰影を施した。側方境界は鉛直方向可動、水平方向固定、また、下方境界は鉛直方向固定、水平方向可動となっている。解析では、まず、重力の作用下で初期応力を発生させた後、上辺太線部に盛土が施工され、それに伴う地表面沈下量が計測されたとして、当該節点に強制変位を与えた。強制変位は a 点での値を δ 、 b 点での値を 0 として当該節点の a 点からの距離に応じて与えた。例えば、 a 点から x の距離にある節点の変位 δ' は、 ab 間距離を Q として、 $\delta' = (Q-x) \cdot \delta / Q$ となる。時間増分 $\Delta t = 10^{-3}$ (s)、変位速度 $\dot{\delta} = 1$ (m/s)として解析を進め、要素の重心位置

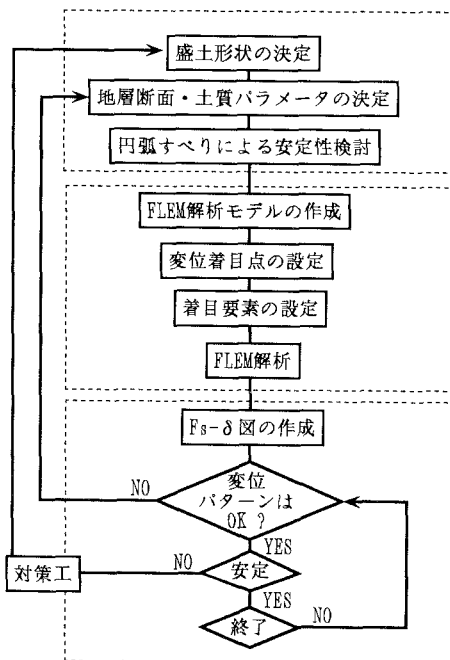


図-1 FLEMを活用した計測管理手順の概略

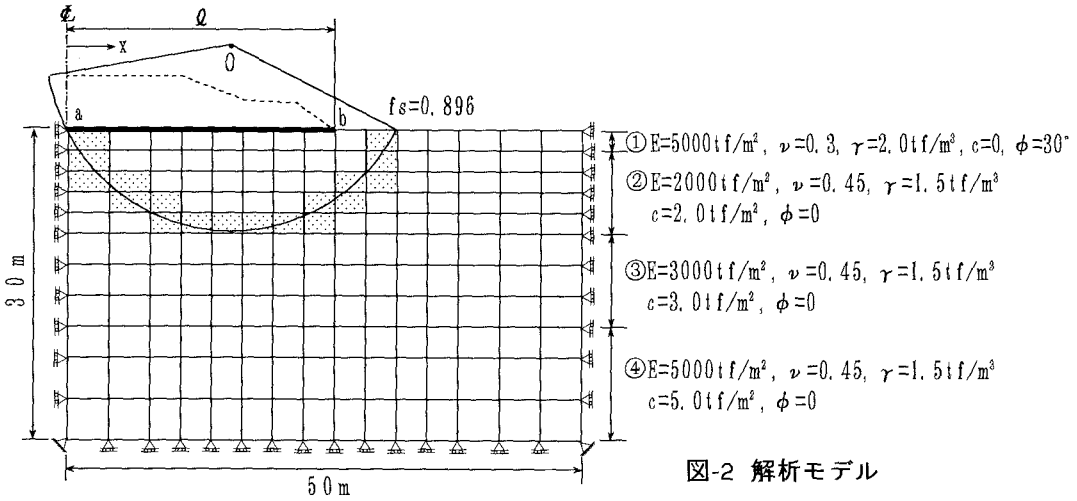


図-2 解析モデル

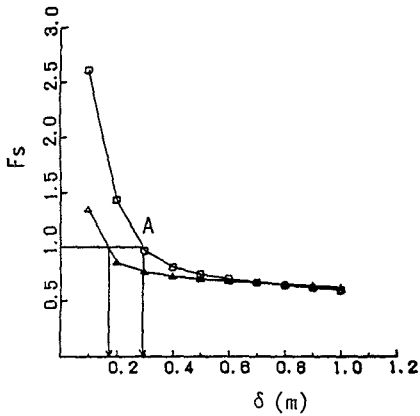


図-3 安定度と沈下量と関係

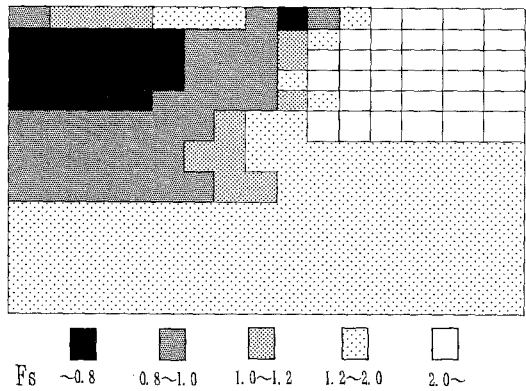


図-4 安定度分布

における応力状態のクーロン規準に対する破壊限接近度をその要素の安定度として算出する。このとき、安定度が1.0を下回った要素については、それ以降のひずみ増分に対するヤング率を頭初の値(図-2参照)の1/10に低下させて解析を行っている。所定の沈下量に達した時点で、臨界円上要素について平均値を求め、その変形状態に対する安定度 F_s とする。 F_s とa点の沈下量 δ との関係をまとめると図-3となる。この図では、当該沈下量に達した時点(□)と一旦 $\dot{\delta}=0$ として釣合状態に至らしめたとき(△)の2例を示している。 $F_s=1.0$ に対する沈下量は0.2mあるいは0.3mとなり、この値が計測管理の目標値として本手法から求められるものとなる。また、沈下量の増大とともに、 F_s は低下していくが、両者とも $F_s=0.6$ 程度に収束する傾向を示している。図-4には、沈下量30cmのとき(図-3のA点に対応)の地盤内各要素の安定度の状況を示した。盛土直下と法尻に当るb点付近で特に小さな値が見られる。

4. おわりに 本文では、臨界円上要素に注目して、要素内安定度の平均値として求めた F_s と代表着目点の沈下量を結び付ける手法を考察した。実際には、地盤物性も今回のように確定したものではなく、また、圧密の問題も生じてくるであろう。今後の課題としたい。

参考文献：[1]木山 英郎・藤村 尚・西村 強：連続体の大変形解析のための流動要素法(FLEM)の提案，土木学会論文集，No.439/Ⅲ-9，pp.63-68，1991.12. [2]西村 強・木山 英郎・藤村 尚・加登 文士・河上 隆司：FLEMの軟弱地盤上盛土の計測管理への適用に関する検討，第28回土質工学会研究発表会(発表予定)