

施工の設計では、上のような簡便な弾性 FEM 解析の枠組みで、ある程度のレベルで変位予測が可能といえる。

3. 弾塑性解析の方法と結果

静的締固め砂杭工法の締固めメカニズムに関する最近の知見⁴⁾によると、おおむね 10%以上の細粒分を含む砂質地盤の締固めには、静的な圧入効果が大きく効き、それは圧入時のせん断応力の増加と過剰間隙水圧の発生に伴う体積圧縮（密度増加）によってもたらされるというものである。そこで、砂杭圧入によって発生するせん断応力による体積圧縮（負のダイレイタンス）を考慮した変位予想を行うために、今回は Cam-clay モデルを用いて弾塑性 FEM 解析（非連成）を実施した。なお、本検討においては、砂杭一本打設時の水平変位について軸対称解析を行っている。

(1) 計算条件

Cam-clay モデルでは、体積ひずみ ε_v は次式によって計算される。

$$\varepsilon_v = \lambda / (1 + e_0) \cdot \ln(p'/p_0') + D q/p'$$

ここに、 ε_v ：体積ひずみ、 λ ：圧縮指数、 D ：ダイレイタンス係数（ $= (\lambda - \kappa) / \{M(1 + e_0)\}$ ）、 κ ：膨張指数、 M は限界状態パラメータで原地盤の ϕ から計算した。 q, p' はそれぞれせん断応力成分、平均有効応力成分である。上式の右辺第 2 項が締固めに大きく寄与していると考ええる。なお、圧縮指数 λ は一般的な砂の e -log p 関係から推定した（表-1）。

(2) 計算結果

弾塑性解析による水平変位の比較結果を図-3中に示す。

全体的な変位モードにおいて実測値との違いはあるものの、おおむね良好の一致を示しているといえる。また、

図-1中の斜線部の要素について、体積ひずみを弾性解析と、弾塑性解析同士で比較したものを図-4に示す。これより、弾塑性解析では、距離 5m 付近まで体積ひずみが顕著にみられることから、改良原理（ここでは、せん断応力による体積圧縮現象と考えている）をよく表わしているといえる。

4. まとめ

本検討において、弾性 FEM 解析が静的締固め砂杭工法施工時に発生する水平変位の予測を行うのに有効な手段であることが確認された。また、変位の予測にとどまらず、応力、ひずみの予測までを行う場合には、ダイレイタンスを考慮できる構成モデルによる軸対称弾塑性解析が有効であると考えられる。しかし、弾塑性解析においては、モデルの土質パラメータ（圧縮指数 λ など）を地盤条件から決定する方法などについては、今後さらに検討していく必要がある。

《参考文献》1)山田・野津：非振動式締固め砂杭工法による砂地盤の締固め効果，第 31 回地盤工学研究発表会，pp.49～51,1996.7.；2)菅沼・深田・中井：静的締固め砂杭工法の施工事例報告，土木学会第 52 回年次学術講演会（投稿中）；3)川村・安達・河邊・皆川・松本・野津・鶴野：静的締固め砂杭工法の地中水平変位の予測，第 32 回地盤工学研究発表会（投稿中）；4)山本・原田・野津・大林：砂杭圧入による密度増加の評価について，第 32 回地盤工学研究発表会（投稿中）

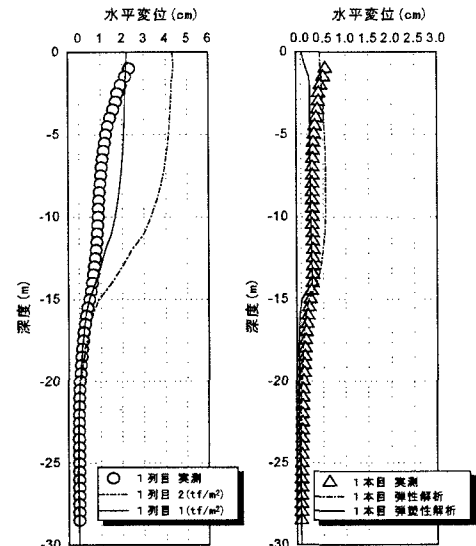


図-2 二次元弾性解析と実測変位 (1列打設時)の比較 図-3 軸対称弾性解析と実測変位 (1本打設時)の比較

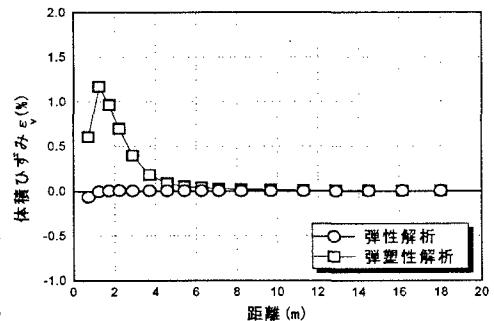


図-4 体積ひずみの分布