

まえがき 地盤の非線形応力解析法は弾性論の延長上にありながら、土質材料の応力～ひずみ関係の非線形性を直接解析に取り入れた便利な方法である。現在までにこの方法を用いて地盤の変形や盛土の変形などについて多くの問題が解かれてきた。その際土の物性として多くの場合変形係数 E とポアソン比 ν を用い、土の側圧一定三軸圧縮試験から得られる応力～ひずみ関係によりこれらの値を求めている(図・1・a)。しかし密な砂や大きな過圧密を受けた土はせん断に伴って大巾な体積膨張すなわち正のダイレイタンスーを示し、ポアソン比は0.5を越えてしまう。従来の解析法は ν が0.5以上では解析不可能であり、このような膨張性の土は正確には扱えなかった。筆者は従来の解析法を一步推し進め、いかなるダイレイタンスー特性を有する土も容易に扱え、さらに応力経路が土の物性値に与える影きょうを考慮できる新しい非線形増分解析法を発表した⁽¹⁾⁽²⁾。ここではこの方法を従来の解析法と対比し、解析値の比較検討を行なう。

解析法の比較 新しい解析法では土の変形を体積成分とせん断成分に分けて考え、さらに体積ひずみを圧密によるひずみとダイレイタンスーひずみに分解して取扱っている(図・1・b)。圧密による体積ひずみは等方応力の変化により生ずるが、ダイレイタンスーひずみは等方応力が一定の場合にせん断変形により粒の噛み合いが変化することにより生ずるものであり、両者は概念的に区別できるはずである。この解析法では土の物性表示として三つの情報を用いる。

(a) 従来の解析法

試験法

一定側圧
三軸試験

軸応力

(E)

軸ひずみ

軸ひずみ

(ν)

側方ひずみ

(b) 新しい解析法

等方
圧密試験

平均
主応力

(K)

圧密体積
ひずみ

一定平均
主応力
せん断試験

せん断応力

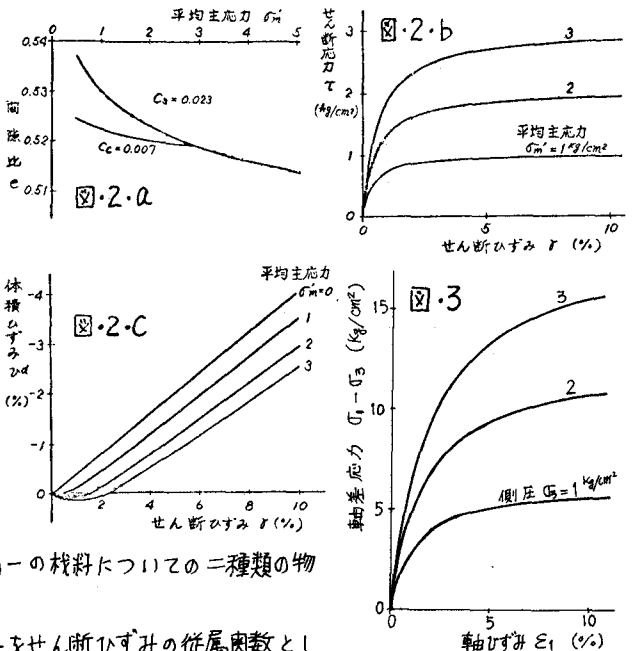
(G)

せん断ひずみ

図・1

それらは等方圧密試験から得られる体積係数 K と、平均主応力一定のせん断試験から得られるせん断剛性 G 、さらに同じ試験から得られるせん断ひずみ～体積ひずみの関係である。密な川砂(初期間隙比0.52～0.54)についての三軸圧縮試験の結果⁽³⁾を参考にして解析に取り入れ易いように修整したこれらの物性関係のグラフを図・2・a, b, cに示す。一方従来の非線形解法では側圧一定の三軸圧縮試験の軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ と軸ひずみ ε_1 の関係から変形係数 E を求め、さらに側方ひずみ ε_3 と軸ひずみ ε_1 の比からポアソン比 ν を求めている。等せん断ひずみ線⁽¹⁾が応力経路によらずに独立に定義できるとする考え方⁽¹⁾を用いて図・2の関係より $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon_1$ 関係を求めて図・3に示した。すなわち図・2と図・3は同一の材料についての二種類の物性表示を表わしている。

新しい解析法ではダイレイタンスー体積ひずみをせん断ひずみの従属関数とし



て、図-2-Cのような関係を用いて収束計算手法により解き、別に求めた圧密体積ひずみと加えて全体体積ひずみを求めていることが従来の解析法と全く異なる点である。⁽¹⁾⁽²⁾ 計算プログラムのフローチャートを図-4に示す。図中の破線で囲った部分が本解析法の特徴であるダイレイタンスーに関する収束計算のルーチンであり、それ以外の部分は従来の方法と本質的に変りはない。破線で囲った部分は最も時間のかかる逆マトリクス演算を含んでおらず、その計算時間の全計算時間に占める割合は10%以下である。

解析結果の比較 これら二種類の解析法による結果を比較するための例題として既に一部報告済み⁽²⁾の地中壁の向題を取り上げた(図-5)。砂地盤は図-2 ところに示すような物性を持ち、図-5に併記した初期応力により等方圧密されている。壁底面の二つの節点の荷重～変形関係を図-6に示す。太線は図-2の物性表示を用いた新しい解析法による値を示し、細線は図-3を用いた従来の非線形解析法による値である。従来の解析法ではポアソン比の値により変位量が著しく変化し、この値の選び方が非常に重要であることがわかる。変形係数Eの非線形性を重視し、ポアソン比の決定根拠が不明瞭な従来の方法はこの点疑念が残る。また新しい解析法では荷重～変位関係が載荷初期を除き非常に直線的であるのに対し、従来の方法では非直線性が顕著である。図-7は地盤中の三つの要素のせん断ひずみと体積ひずみの関係を示したものである。ポアソン比の値により土の膨張収縮性は非常に異なり、 $\nu=0.48$ の場合新しい解析法による結果に近づくが、その一致度は良くない。新しい解析法の優位性を証明するには精密な砂地盤の載荷実験を行ない解析値と比較することが必要であるが、いずれにしても新しい解析法は従来の方法に比べてかなり異なる結果を与えることが明らかとなった。

文献 (1)土質材料のダイレイタンスー特性を考慮した地盤の非線形解析法 国生剛治 電研土木技術研究所報告 昭和51年5月、(2)「ダイレイタンスーを考慮した粒状体の有限要素解析」 国生剛治 第11回土質工学研究発表会、(3)「三軸せん断装置による砂の変形特性に関する基礎的研究」 龍岡文夫 東大学位論文 1972年12月

