

締固め土における圧密降伏応力の推定

神戸大学 学生会員 ○金 銀羅
 神戸大学 正会員 河井 克之
 神戸大学 正会員 飯塚 敦
 神戸大学 谷内 世衣子

1. 目的

現場での盛土の品質の判定は盛土の乾燥密度をその最大乾燥密度でわったD値によって行われているが、この方法は直接力学的性質を表示するものではないため、盛土の沈下解析などに直接用いることができない。本研究では、締固め土を不飽和土として扱うことで、締固め状態（乾燥密度・含水比）より不飽和土の応力成分であるサクションを陽な形で組み込み、締固め土の圧密降伏応力を算定する手法を確立することを目的としている。

2. 研究のフロー

実験に用いた試料はカタルポであり研究の流れを図-1で示す。まず、供試体の初期含水比を7～23%に調整した粉末試料を、締固め速度 1.02mm/min で、高さ 2cm になるまで圧密リング(直径 60mm)内でその後、締固めた。その時の乾燥密度は 1.3～1.65g/cm³である。静的に締固めた供試体を用いて、水浸を含まない標準圧密試験を行った。鉛直応力は 9.8～2510kPa である。この実験から Casagrande の方法で降伏応力を求めた。同時に、試料の含水比を 9～25%に調整してランマー落下によって動的突固めを行った。モールド径 10cm、ランマー重量 2.5kg、落下高さ 30cm、1 層あたりの突固め回数は 15 回、25 回、40 回とし、3 層に分けて突固めた。

3. 動的締固め試験と静的締固め試験の比較

図-2 は動的締固め試験から得られた締固め曲線と静的締固め試験を行った時にロードセルによって測定された供試体に作用する締固め応力の分布図である。締固め応力は供試体高さが 2cm になる時の最大荷重を面積で割ったものである。動的締固め試験で得られた締固め曲線が一番左上が 40 回で次が 25 回、15 回で、突き固めエネルギーが増すにつれて左上に動いているのが分かる。一般的に締固め状態は土に与えられたエネルギーに依存するとされている。二つのグラフから締固め応力によって描かれたコンターと近い形状になることがわかる。

4. 一次圧縮試験

太田ら²⁾は締固め土の初期含水比により圧縮曲線が決定され、同じ初期含水比なら同じ圧縮曲線に収束すると
 キーワード 締固め土、圧密降伏応力、サクション、締固め応力

連絡先 〒657-8001 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学建設工学科 TEL 078-803-6281

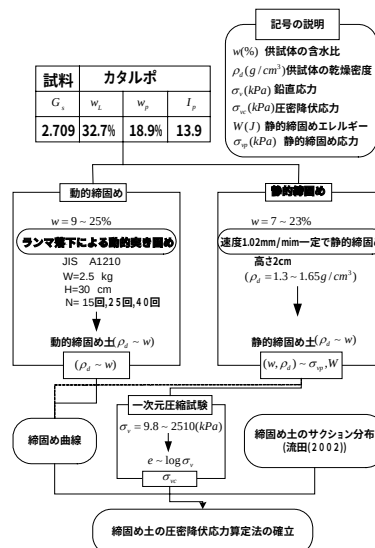


図-1 研究の流れ

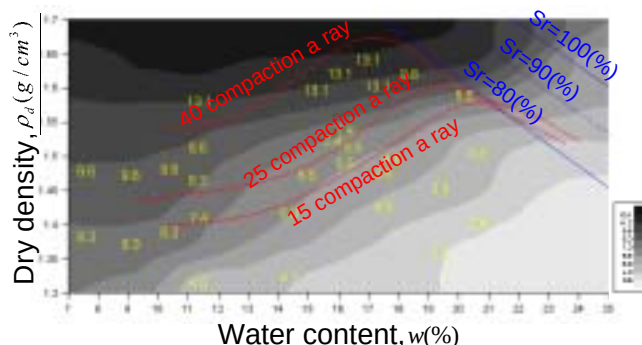


図-2 締固め応力の締固め曲線上のコンター

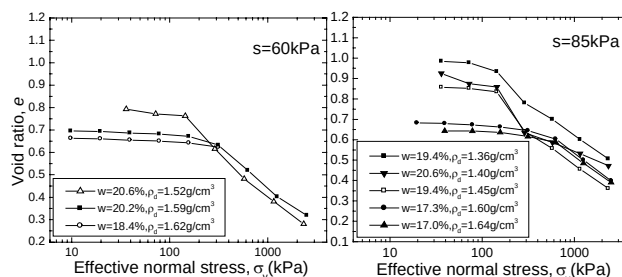


図-3 同じサクションの圧縮曲線

考えている。しかしながら、不飽和土の圧縮特性を支配するのはサクシオンであり、含水比は間接的にそれを表現していると言える。そこで、流田¹⁾が同様の締固め方法で得た締固め曲線上でのサクシオン分布を用いて、各供試体の初期サクシオンを求め、サクシオンによる圧縮曲線の比較を行った。図-3はサクシオンが60、85kPaでの圧縮曲線であるが、サクシオンごとに圧縮曲線の収束がみられ、サクシオンを圧縮曲線の関数と考える合理性が確認できる。

図-4は圧縮曲線からCasagrandeの方法で降伏応力を求め、締固め応力との関係をプロットしたものである。降伏応力と締固め応力がほぼ一致しているのが分かる。

5. 締固め土の圧密降伏応力推定法

これまで、締固め特性と締固め土の圧縮特性を個別に論じてきた。ここでは既存の不飽和理論を簡略化して締固め土の圧密先行応力を推定するための具体的なフローとしてまとめておくことにする。まず、図-5に示すようなチャートを準備する。第1象限は密度と含水比からなり、従来の締固め曲線をプロットしている座標である。また、第2象限は乾燥密度で表した圧縮曲線であり、第3象限は圧密降伏応力とサクシオンからなる降伏線であり、第4象限は締固め土の含水比とサクシオン関係を表している。

① 第1象限(締固め曲線)：図-2で示すように同じ速度で締固めた締固め応力分布もしくは締固めエネルギーの等値線（JIS基準の締固め曲線を含む）である。また、静的締固めの場合、同じエネルギー(締固め応力)で締固めた締固め応力は圧密降伏応力とほぼ一致している。(図-4参考)この結果により静的締固めで所定の乾燥密度、含水比まで締固めを行い、そのときの締固め応力を測定すればその土の降伏応力が知ることができる。逆にある現場に与えられた締固め土の降伏応力を求めれば、その土に与えられた締固め応力を推定することが出来る。

② 第2象限(圧縮曲線)：図-3の結果を考慮してサクシオンを関数とする圧縮曲線を表す。

③ 第3象限(降伏線)：Matyasは(サクシオン、外応力)面上に、不飽和土の等間隙線を実験から求めている。つまり、応力状態が与えられれば体積変化を求めることができる。図-5で示すような、等乾燥密度線を与えれば、第2象限のサクシオン毎の圧縮曲線が与えられる。この方法では太田らが表現できなかったコラプスのような浸水時挙動を表現することが出来る。

④ 第4象限(水分特性曲線)：サクシオンと飽和度(本論文では含水比で表現)の関係であるが、流田¹⁾は締固め曲線上にサクシオン分布を水分特性曲線より推定する方法を提案している。推定したサクシオンの分布を第1象限の締固め曲線上に示した。

6. 結論

一次元圧縮試験を行い得られた圧縮曲線はサクシオンごとに圧縮曲線の収束が見られた。締固め土の降伏応力は、締固め時の最大締固め応力に相当するので、一定の方法で得られた締固め曲線は、同じ降伏応力を持つ供試体の等値線を表しているといえる。以上の結果を用いて、チャートを用いて締固め土の降伏応力を算定する方法を提案している。これによって任意の締固め状態(乾燥密度含水比)にある供試体の降伏応力を算定することができ、現場施工に有益な手法として活用できる。

参考文献

(1)流田寛之,河井克之,森田寿,萩原正人:締固め土のサクシオン発生メカニズム,土木学会第57回年次学術講演会,2002 (2)太田秀樹,伊藤雅夫,石黒健,米谷敏,土木学会論文集, No.436/III-16, pp.27-36, 1991

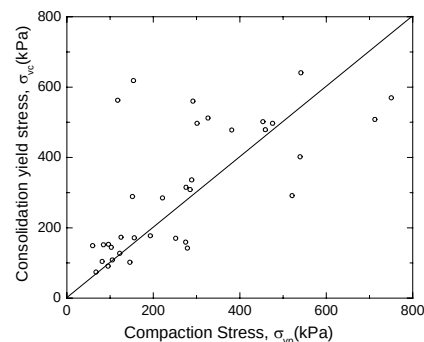


図-4 降伏応力と締固め応力の関係

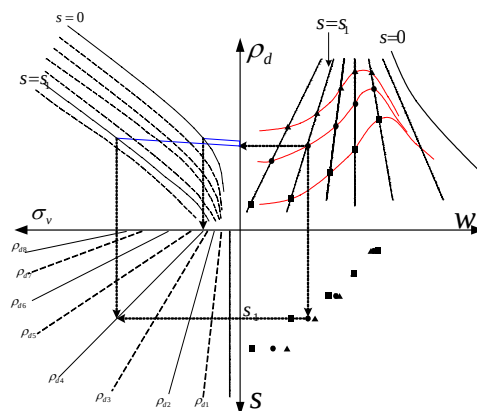


図-5 締固め土の圧密降伏応力推定法