

東京工業大学 正員 中瀬 明男

， 日下部 治

日本道路公団 ， 野村 浩

1. はじめに

粘性土地盤の安定性の検討には $\phi_u = 0$ 法が広く用いられているが、この解析法の成功は、解析手法、推定強度がそのまゝ実際の破壊メカニズムや現位置強度に符号していることを示すものではなく、幾つかの要因の相殺の上に成立していると言える¹⁾。その意味で工学上バランスのとれた設計法という評価をうけているものと思われる²⁾。一方では、中間強度を有する地盤の安定問題を検討する際、一軸圧縮試験結果を用いた $\phi_u = 0$ 法解析は不経済であるとの認識もある。この不経済性は、a)地盤の排水条件を完全非排水と仮定すること、b)一軸強度をそのまゝ推定強度とすること、の二点に起因している。ところがa)の部分排水による有効応力の増加を設計に取り入れるためには、排水過程の追跡と安定解析を同時に行う必要があり、特別な場合を除いて設計への応用は難しい³⁾。本報告では特にb)の問題について既往のデータを粒度の観点から再整理し、粘性土地盤の一軸圧縮試験結果を用いた $\phi_u = 0$ 法の適用性を検討するものである。

2. $\phi_u = 0$ 法解析に影響を与える要因

$\phi_u = 0$ 法解析の成功は、1)サンプリングの乱れによる強度低下、2)強度異方性の影響、3)破壊時の拘束応力条件の違い、4)破壊速度の違い、5)破壊面上での強度を用いない、などの相殺要因の上に成立しているといえる。これらの要因は、あるものは $\phi_u = 0$ 法解析結果を安全側に、あるものは危険側に導くものであり、単独の補正を行うことは全体のバランス上必ずしも安全かつ経済設計につながらない。

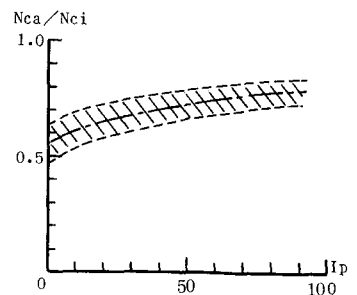
2.1 サンプリングの乱れによる強度低下

サンプリングに伴う乱れの強度低下については、今回別途報告した様に⁴⁾、サンプリング試料の応力-ひずみ曲線を利用し、擾乱比を用いて完全試料の非排水強度を求めることが可能である。そこで強度補正には粒度によるパラメータが含まれており、塑性指数 I_p の小さい土程、乱れによる強度低下が著しい。

2.2 強度異方性の影響

異方圧密された土の非排水強度には、強度異方性が認められる。非排水強度の異方性に対する設計上は、地盤の支持力の影響が問題となる。ここでは、Bishopの提案した非排水強度の異方性表現式⁵⁾を用い、水平地盤に帯状載荷された場合の支持力係数を円弧すべり法で求めた。Bishopの提案式に含まれる係数は、Ladd⁶⁾をはじめとし既往データ27個を I_p について再整理して定めた。結果は、等方地盤の支持力係数 N_{CI} と異方性地盤の N_{CA} との比と I_p の関係として図-1に示した。これは、通常用いられる地盤鉛直方向の C_{uv} のみを用いて、等方地盤として支持力を計算する場合の補正の範囲を意味しており、次式で支持力値を求めることができる。

$$q = N_{CI} \cdot \frac{N_{CA}}{N_{CI}} \cdot C_{uv}$$

図-1 異方性による支持力係数の低減と I_p

2.3 破壊時の拘束応力条件の違い

一軸、三軸試験が軸対称条件であるのに対し、原位置では平面ひずみ条件が多い。この条件の違いを求めるために、CKoU三軸試験と、CKoU平面ひずみ試験のデータを I_p で整理したのが図-2である。データはValid⁷⁾他9個を用いている。図にみられるように I_p と Cu_{plane}/Cu_{axial} の間には強い相関はみられず、圧縮時で1.02~1.15, 伸張時で1.14~1.23であり、平均的には $Cu_{plane}/Cu_{axial} = 1.1$ とされている。

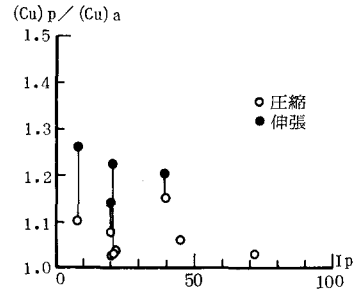


図-2 平面ひずみと軸対称の非排水強度比と I_p

2.4 破壊速度の違い

粘性土の非排水強度は、試験時のひずみ速さが小さい程小さい。柴田が与えた載荷速さと非排水強度に関するデータによれば⁸⁾、 I_p による差はみられず、6分間破壊強度を規準とした強度低減比はほぼ0.8以下で、設計計算上カンパリング試料に対し、20~30%の補正を行えばよいであろう。

2.5 破壊面上での強度を用いる

一般に非排水強度は、破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ を用いており、すべり面上のせん断強度 τ_f を用いている。すべり面と主応力のなす角はHvorslevの有効なカサ角 ϕ_e によって規定されるといわれ⁹⁾。この場合用うべき強度は $Cu \cos \phi_e$ となる。我国のデータによれば、 ϕ_e は20~40°の範囲にあり¹⁰⁾、 I_p との相関はみられない。従ってこの要因における補正は0.96~0.77程度となる。

3. 実例による $\phi_e = 0$ 法の適用性

前章でみたように、 $\phi_u = 0$ 法解析の影響要因のうち、乱れと異質性が I_p によって大きく変化する。ここで従来の一軸強度 q_u を用いて $Cu = q_u/2$ とする $\phi_u = 0$ 法解析の適用性を2つの実例により検討しよう。設計で用いられる非排水強度 Cu_D は、カンパリングによる Cu_R を2章で述べた各要因に対する補正を行って求められる。

即ち、 $Cu_D = (\text{乱れに対する補正}) \times (\text{異質性に対する補正}) \times (\text{平面ひずみに対する補正}) \times (\text{ひずみ速さに対する補正}) \times (\text{Ca}\phi_e \text{に対する補正}) \times Cu_R$

で求められる。

実例1) $I_p = 30$, $\phi_e = 23.4^\circ$ CKoU三軸圧縮による $Cu/p = 0.39$ 、一軸による $Cu/p = 0.28$ ¹¹⁾

CKoU結果は、理想試料に対するもので乱れ補正は必要ない。従って

$$Cu_D/p = (0.60 \sim 0.73) \times 1.1 \times (0.90 \sim 0.80) \times 0.90 \times 0.39 = 0.17 \sim 0.23$$

一軸の $Cu/p = 0.28$ と比べると若干の完全性を見込めば、一軸による $\phi_u = 0$ 法解析は適用可能といえる。

実例2) $I_p = 15$ CIU三軸圧縮による $Cu/p = 0.70$ 、一軸による $Cu/p = 0.01$

CIU結果に k_0 に対する補正(0.80)を行えば、乱れの補正は必要なく、この場合 Cu_D は

$$Cu_D/p = (0.55 \sim 0.69) \times 1.1 \times (0.70 \sim 0.80) \times (0.50 \sim 0.10) \times 0.5 \times 0.70 = 0.19 \sim 0.31$$

一軸の $Cu/p = 0.01$ であることから、もはや $Cu = q_u/2$ を用いた $\phi_u = 0$ 法は適用できずといえる。

参考文献 1) 例証は奥村(1975) 20回土質工学シンポジウム 2) 松尾(1977) 土と基礎 3) 中瀬(1978) 土質学会関西支部20周年記念

4) 中瀬他(1979) 34回土学会 5) Bishop (1966) Geotechn. 6) Ladd (1977) 9th I.C.S.M.F.E.

7) Valid 他(1974) A.S.C.E. 8) 柴田(1975) 29回土学会全研究討論会 9) Gibson (1953) 3rd I.C.S.M.F.E.

10) 中瀬他(1975) 12回土質工学学会 11) 中瀬他(1969) 流研報告