

III-390

直接基礎の弾性限界支持力と安全率に関する一考察

法政大学 小宮隆之、神林憲司、金木正典
中村公一、牟田親弘、草深守人
前田建設工業(株) 石井靖人

1. まえがき

剛塑性論に基づく各種の支持力公式を利用して直接基礎を設計する際に、支持力を地盤の弾性範囲内で評価するために3軸試験等から得られる対象地盤のせん断強度の低減率(本文ではこれを安全率と呼ぶこととする)について考察する。なお、問題を簡単にするために、地盤は実験室で調整・圧密された均質な正規圧密粘土とし、対象とする支持力公式はTerzaghiの支持力公式に限定した。

2. 土質試験と模型実験

模型実験地盤は、含水比を液性限界の10%増しに均一に調整・脱気した粘土(CH)を $\phi 200 \times 400$ の圧密槽内で圧密することによって作製された。この地盤のせん断強度 C_u は3軸圧密非排水試験(B 値 $>97\%$)と1軸圧縮試験により決定された。直接基礎の模型実験は、圧密槽内の地盤表面部を持具付カッターを用いて水平に切削除去し、 $\phi 50$ の剛体円形基礎により載荷した(写真1)。

3. 実験結果と考察

図1は3軸圧密非排水試験と1軸圧縮試験から得られる非排水せん断強度 C_u と圧密圧力 P の関係を示したものであり、基礎底面が完全に滑らかで地盤面との摩擦がない場合のTerzaghiの支持力公式に従うこの地盤の極限支持力は次式で表される。

$$q = \alpha N_c C_u = 1.3 \times 5.71 \times C_u \quad (1)$$

ここで、 C_u は、図1より次式で表される。

$$3 \text{ 軸試験結果を用いる場合: } C_u = 0.432P \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 軸試験結果を用いる場合: } C_u = 0.263P \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

図2~4は、圧密圧力 $P=1.75, 2.00, 2.25$ (kgf/cm 2)で正規圧密された地盤に対する円形直接基礎の模型実験結果を示したものである。図中には式(1)から計算される支持力を併記した。これらの図から、Terzaghiの支持力公式に従って直接基礎を弾性領域の範囲内で設計する場合、基礎地盤の土の設計用せん断強度を C_u として、3軸試験および1軸試験から得られる C_u に対してそれぞれ $0.32C_u, 0.50C_u$ を用いる必要があることを示している。すなわち、安全率を $F_s = C_u / C_u$ で定義するものとすれば、3軸試験および1軸試験から得られる非排水せん断強度に対する安全率は、それぞれ $F_s = 3$ および2程度を見込まなければならないものと思われる。

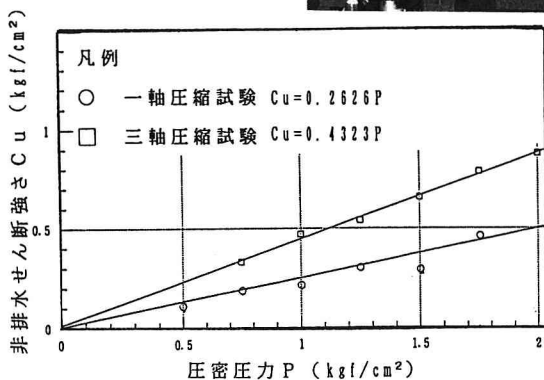
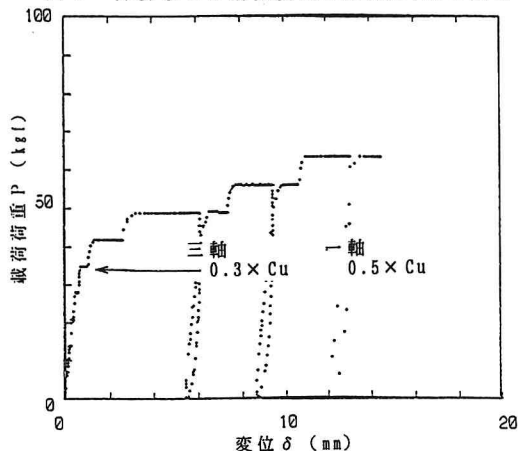
図5は、3軸圧密非排水試験の応力経路(限界状態線 $M=1.46$)と、有限要素法による模型実験の弾性解から得られる地盤内各要素の応力状態を示したものである。ただし、各要素の応力は、上記で述べた弾性限界に相当する荷重($C_u = C_u/3$ に対する支持力荷重)を載荷した場合の値である。

圧密圧力 $p = p'$ で初期圧密された正規圧密状態での粘土の応力-ひずみ関係が、偏差応力 q' の作用直後から塑性状態にあるものと仮定すれば、図5に示す応力経



写真1

直接基礎の模型実験

図1 非排水せん断強度 C_u と圧密圧力 P の関係図2 支持力試験による荷重、変位関係
圧密圧力 1.75 (kgf/cm 2)

路は常に降伏曲面、すなわち状態境界面上を移動するものと考えてよい。すなわち、圧密非排水3軸試験の応力経路は図6に示すように状態境界面上の間隙比一定の経路BC(ABは試料作製時の正規圧密過程)を表す。

一方、図6において、直接基礎の模型実験の応力経路は、試験地盤作成時の正規圧密(経路AB)終了後、圧密圧力を排水(吸水)条件で一旦除荷した過圧密状態(弾性壁上の経路BD)の地盤に対して基礎荷重を載荷している。したがって、基礎荷重の載荷過程に対する地盤内任意点の応力経路は、弾性壁上の経路DE(弾性領域)をへて状態境界面上の経路EF(塑性領域)へと移行することとなる。すなわち、図5に示す各要素の応力状態は、そのほとんどが状態境界面上の非排水応力経路の内側に位置する(●)ことから弾性状態にあり、基礎直下に位置する少数の要素(○)は、限界状態線の近傍にあることから破壊もしくは破壊直前の状態にあるものと判断できる。このことは、すでに述べた安全率によって土のせん断強度を低減した場合の基礎の支持力荷重は、地盤内の応力状態からも弾性限界付近にあることを示している。

4. あとがき

以上の考察から、3軸及び1軸圧縮試験から評価される土のせん断強度を適切な安全率で低減可能であれば、従来の支持力公式を用いて基礎の支持力を弾性限界内で評価することが可能であり、かつ安全率の設定根拠を明確にした設計が可能となるものと思われる。

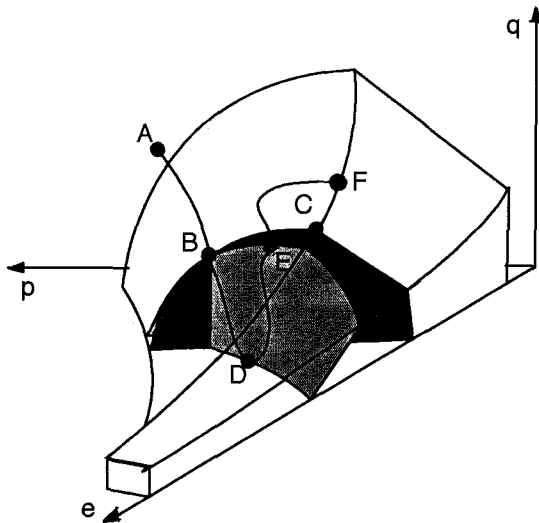


図6 状態境界面と応力経路

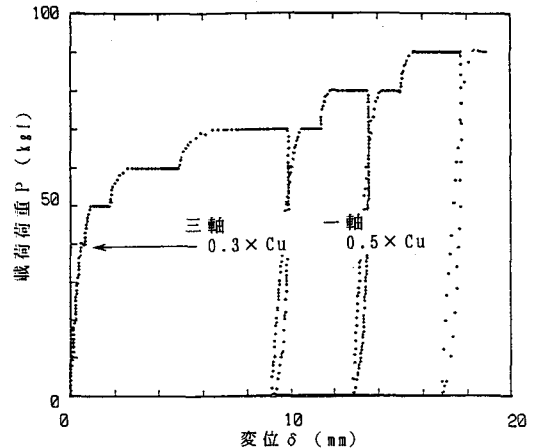


図3 支持力試験による荷重、変位関係
圧密圧力 2.00 (kgf/cm²)

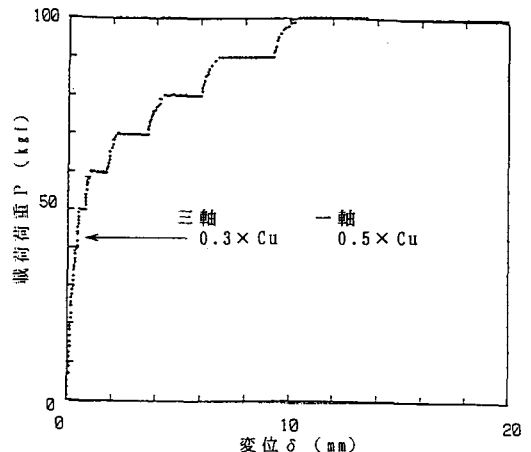


図4 支持力試験による荷重、変位関係
圧密圧力 2.25 (kgf/cm²)

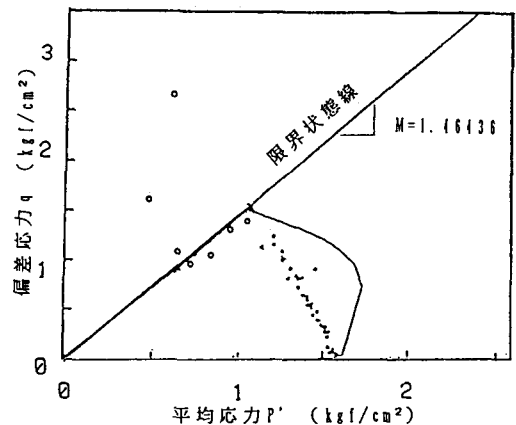


図5 3軸圧密非排水試験の応力経路

【参考文献】 神林、中村、金木：飽和正規圧密粘土の支持力に関する実験的研究、法政大学工学部土木工学科卒業研究、1993。