

III-77 杭の水平抵抗について(杭にはさまれた土の挙動の解析)

石川島播磨重工業

正会員 ○田 中 晴 久

日本大学理工学部交通工学科

正会員 川 口 昌 宏

1. 諸言

水平荷重を受ける場合の杭の抵抗, すなわち杭の水平抵抗の問題は, 単純な力学系と考えられやすいが, 弾性的な杭と非弾性的な土との系を如何に結びつけて, 構造物の設計にどのように発展させるかという非常に複雑な要素をもったもので, 数多くの検討解析が試みられてきたが, 水平抵抗を適確にとらえている理論は未だ確立されていない。それは, 土の性質や挙動がよく判らないからである。

特に, 杭は単独で用いられることはほとんどなく, 大部分は, 群杭・組杭として用いられているがその水平抵抗に就ては, 単独の場合より直いつそう不明な点が多い。中でも, 杭と杭との間にはさまれた土の挙動, すなわち応力分布, 変形量等は明確にされていない。日本道路協会の『道路橋下部構造設計指針』によれば, 杭間隔を密に打った杭基礎では, 軸直角方向力の群杭による効果の低下を考慮しなければならぬ, すなわち, 単杭の載荷試験を行ってそれから許容支持力を求め, これに本数を乗じて, これを群杭の許容支持力とすることはできない。地盤の種類によっても異なるが, $5D$ 以下 (D : 杭径) に杭を打ち込む場合には, 一般に, 群杭による効率低下を考えなければならぬとされている。そこで本研究は, 杭にはさまれた土の挙動・杭同志の相互干渉の度合を明らかにすると同時に, 杭間隔の大小によって, それらが如何に影響を受けるかを調べようと試みたものである。

2. 解析方法・方針・仮定

解析は有限要素法による。また, 地盤, 地盤内応力状態, 応力-歪曲係に就いて次の仮定を立てることとする。

(地盤) (i)均質等方性である。(ii)三軸圧縮試験より近似表現した非線形な応力-歪曲係を有する。(iii)変位, 歪は微小である。(iv)応力の釣合式は変形前の形状のままでのつり合を考える。(v)土が降伏して塑性流動が起きても, 粘着力, 内部摩擦角は変化しない。

(地盤内応力状態) 図2-1のごとく, 地盤内で, x, y, z 方向に, 土圧によって, それぞれ P_x, P_y, P_z で圧縮されている板状六面体を考える。この初期圧縮された板状六面体が, 図2-2のように, z 方向に変形が拘束された状態, すなわち平面歪の状態において, 杭の変形によって生じた力が, x, y, z 方向に働く時に, xy 面に生ずる応力等を求めることにする。 P_x, P_y, P_z は, それぞれ, $abcd$ 面上に載っている土の重量, $abab$ 面, $cdcd$ 面に働く

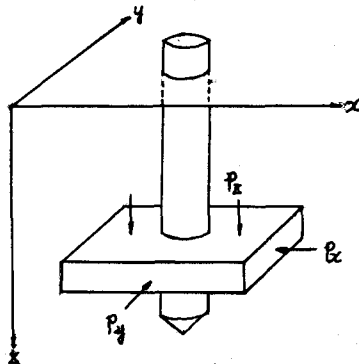


図2-1 地盤内応力

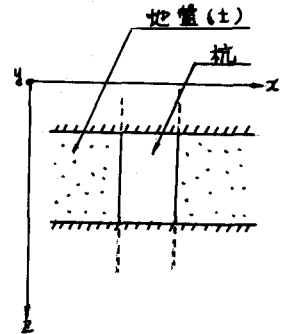
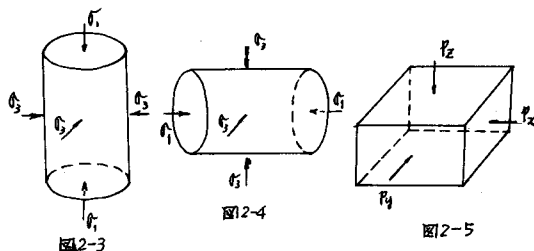


図2-2 平面歪状態

静止土圧とする。ここで、一般に行われている三軸圧縮試験と、この応力状態を対比させてみる。三軸圧縮試験は、側応力一定で、側方向歪を許す状態で行われる。図2-3。これを90°回転させた状態図2-4を考える。これを前に述べた地盤内応力状態図2-5と対比させてみる。もし、 $P_z = P_y$ であれば、 σ_1 は P_x に、 σ_3 は P_y に対応する。従って $P_z = P_y$ の仮定のもとに、初期主応力を $P_x (= \sigma_1)$ 、 $P_y (= \sigma_3)$ とする。



三軸応力状態

(応力-歪の関係) 応力と歪は変形係数 E_p によって、関係づけられるものとし、三軸圧縮試験の結果より求めるものとする。しかし、側応力が定数での応力軌跡より求めるのではなく、軸方向応力に応じて変化していくものとして、⁽²⁾変形係数 E_p を、軸歪、側応力の関数として、近似表現する。

(地盤及び杭の有限要素モデル化) 杭の変位によって影響をうけなくと思われる範囲に、固定ヒンジを仮定し、対称軸上には、地盤の変形特性を考慮して、可動ヒンジを仮定する。

非線形計算は反復法による。各計算段階における応力、歪に応じて、変形係数を修正し、次の段階の計算を行う。各計算段階においては、弾性計算を行う。

3. 数値計算結果

砂地盤、鋼杭を仮定して、杭のまわりの土の挙動を調べてみた。

・杭周辺の応力影響領域

杭が一本の場合、杭に与える変位を5mmとすると、図3-1、図3-2より明らかのように、応力の影響が及ぶ範囲は、杭前面では、1.5D以内、杭後面では、2.0D以内のようである。

・杭間隔と応力、変位の関係

杭を二本とした場合、杭間隔と応力、変位の関係は、図3-3、3-4のようになる。また変位図を描くと、図3-5のごとくなる。これをみると、杭間隔が5D以下の場合には杭相互の影響が無いように思われる。

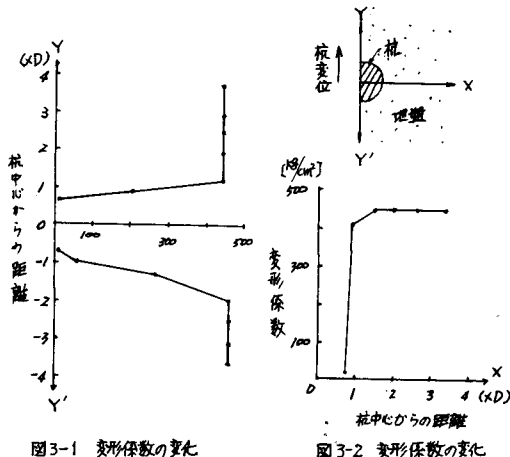


図3-1 変形係数の変化

図3-2 変形係数の変化

図3-3、3-4、3-5は別紙参照。

(参考文献)

- (1) 日本道路協会：道路橋下部構造設計指針（く、基礎の設計篇）、丸善、1964、pp34~35
- (2) 林正夫、藤原義一：逐次破壊現象としての斜面の安定性の数値解析、論文報告集NO171、pp12~24