

Ⅲ-A431

洪積粘性土地盤中の杭の水平載荷試験

港湾技術研究所 菊池喜昭 広島港湾空港工事事務所 滝野義和
第三港湾建設局神戸調査設計事務所 石丸 守 近藤武司

1. はじめに 杭の水平方向載荷試験はこれまでも数多く実施されてきているが、洪積粘性土地盤中の杭に対して実施された例は比較的少ない。今回洪積粘性土地盤に打設された杭の水平載荷試験を実施した。なお、今回載荷試験を実施したほぼ同じ地点で、既に洪積粘性土層を捨石に置き換えた杭の水平載荷試験を実施している¹⁾。これら一連の載荷試験は、杭の横抵抗を期待するために、洪積粘性土層と捨石層でどちらが有利であるかを比較しようとしたものである。ここでは、洪積粘性土の地盤反力係数について議論するとともに、捨石層の地盤反力係数との比較を試みた。

2. 試験概要 図-1に試験杭と地盤条件の関係を示す。当該地点は、CDL-13.4m以浅は沖積粘土層(Ac層)であり、CDL-19.3mまでは洪積粘性土層(Dc層)、それ以深は洪積砂礫層(Dg層)となっている。既報¹⁾のように、この地点は約CDL-1mまで軟弱粘土が堆積していたが、港湾構造物建設のためにCDL-13m付近まで床掘りしたところである。床掘りは試験の半年以上前に実施され、表層付近のAc層のリバウンドはほぼ終了しているものと考えられる。図-2に近接した地点での標準貫入試験結果と一軸圧縮試験結果を示す。このように、Ac層のN値はほぼ0であり、Dc層のN値は約10、Dg層では-21m付近より深いところでN値が50以上となっている。また、一軸圧縮強さ q_u はDc層でのみ測定されているが、上部で2~3kgf/cm²、下部で1.3kgf/cm²程度であった。試験杭は ϕ 1200mm、 $t=12$ mm、 $L=27.5$ mであり、鋼管杭の天端高CDL+3.5m、載荷高さCDL+3.25m、海底面の深さCDL-12.9m、鋼管杭の根入れ長11.1mである。杭の変形挙動は、挿入式傾斜計と、図-1に示す杭に貼付したひずみゲージから求めた曲げひずみにより推定した。載荷は地盤工学会の試験法²⁾に準じて、2サイクル、最大荷重10.5tfで実施した。

3. 試験結果と考察 この載荷試験では杭の自由長は16mにも及び、また水深が13m近くもあったため、水中で水平力が作用していないと考えることが困難であった。そこで、ここでは、傾斜計の計測データから杭の変形を推定し、海底面付近の曲げモーメント測定データから杭に作用しているせん断力と海底面でのモーメントを推定した。図-3

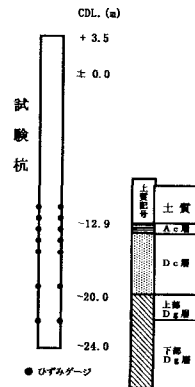


図-1 試験杭と地盤条件

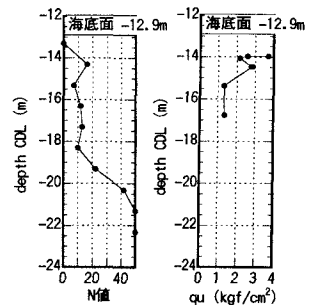
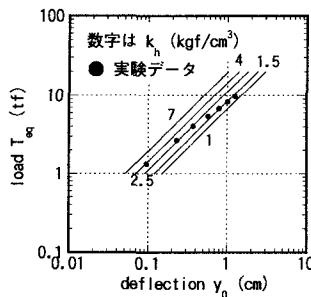
図-2 N値と q_u 

図-3 荷重変位関係(チャンの式)

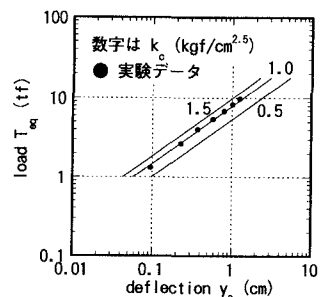


図-4 荷重変位関係(港研式)

と図-4に地表面の荷重 T_{eq} ~変位 y_0 関係とそれぞれチャンの式と港研方式(C型)で推定した地盤反力係数の関係を示す。この計算では、地盤は一層系であるとしている。一般的傾向であるが、チャンの式を用いて地盤反力係数 k_h を推定すると荷重レベルがあがるにつれて k_h が小さくなる。ここでは T_{eq} が1.34tfから

キーワード：杭の水平載荷試験、洪積粘性土、横方向地盤反力係数、港湾

連絡先：運輸省港湾技術研究所 〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 Tel 0468-44-5024

9.86tf になると k_h が 4kgf/cm^3 から 1.3kgf/cm^3 まで低下している。一方、港研方式で推定すると荷重レベルが低い場合を除き、地盤反力係数 k_c がほぼ $1.2\text{kgf/cm}^{2.5}$ となっている。ところで、今回の条件で一層系で計算をすると計算の仮定を満たすような無限長の杭としての必要根入れ長は 14m 程度となり、実際の根入れ長 11m よりはかなり長いものとなる。しかし、深い部分での Dg 層の存在により、根入れが多少浅い場合であっても下部の拘束が大きかったために、図-5 に示すように曲げモーメント分布や変位分布などを計算結果と実測値

とで比較してみてもおかしい結果とはなっていない。また、一般的には港研方式で推定した場合とチャンの式で推定した場合の曲げモーメント分布や地盤反力分布は必ずしも一致しないものである

が、今回の場合には、

地盤反力係数が深度方向に増加する傾向になかったことと自由長が長かったことなどから両者の結果にはあまり差がなかった。

つぎに、Dc 層の地盤反力係数を推定するために、多層地盤としての挙動についても検討してみた。ここでは、図-1 や図-2 に示した N 値の深度分布などから地盤を 4 層に分けることにした。すなわち、CDL-12.9~13.4m までの Ac 層、-13.4~19.3m までの Dc 層、-19.3~20.9m までの上部 Dg 層(N 値<50)、-20.9m 以深の下部 Dg 層(N 値>50)とした。このような多層地盤の場合には、推定すべき各層の地盤反力係数がトレードオフの関係になり易く、一意に決定することが困難であるが、図-1, 2 に示した地盤条件を勘案した上で、現象を再現するように決定した地盤反力係数のもとで計算した例を図-6 に示す($T=9.86\text{tf}$)。図-6 では全層が港研方式の C 型地盤であるとした。それぞれの層の k_c は、Ac $0.4\text{kgf/cm}^{2.5}$ 、Dc $1.3\text{kgf/cm}^{2.5}$ 、上部 Dg $3.0\text{kgf/cm}^{2.5}$ 、下部 Dg $5.0\text{kgf/cm}^{2.5}$ であった。同じ荷重条件で、チャンの式の場合には k_h を、Ac 0.5kgf/cm^3 、Dc 1.6kgf/cm^3 、上部 Dg 3.5kgf/cm^3 、下部 Dg 6.0kgf/cm^3 とすると現象を再現できた。

4. 捨石地盤との比較 既報¹⁾の捨石地盤の地盤反力係数は C 型地盤であるとする $k_c=0.4\sim0.5\text{kgf/cm}^{2.5}$ 、S 型であるとする $k_s=0.0025\text{kgf/cm}^{3.5}$ 、チャンの式 $k_h=0.5\text{kgf/cm}^3$ (地表面変位 1cm のレベルで)であった。この結果からすると地表面付近を捨石で置き換えるよりは、洪積粘土層を残しておいたほうが大きな横抵抗を期待できることになる。但し、粘性土地盤の場合には、水平力が長期的に作用する場合には、クリープ的な現象により水平変位量が時間とともに増加する傾向があるため、見かけ上地盤反力係数が低下したようになることがある³⁾ので注意が必要である。幸いこの実験で考えている構造物の条件では水平力は短期的にしか作用しないので、今回の実験結果が構造物の設計の参考にできるものと考えられる。

(参考文献) 1) 菊池喜昭ほか(1998): 捨石地盤の横方向地盤反力係数, 土木学会第 53 回年次学術講演会, III-B, pp. 52-53., 2) 地盤工学会(1983): 杭の水平荷重試験方法・同解説, 3) 菊池喜昭ほか(1994): 版により剛結された杭構造物の水平荷重に対する挙動, 港研資料 No. 773, pp. 9-10.

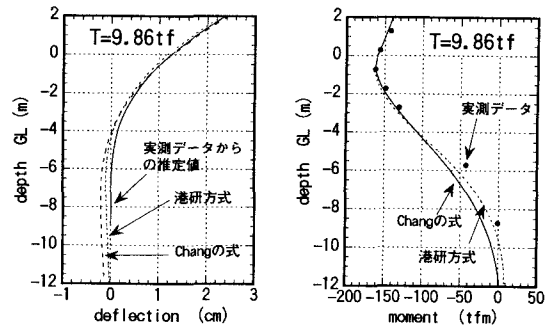


図-5 たわみおよびモーメント分布(一層系)

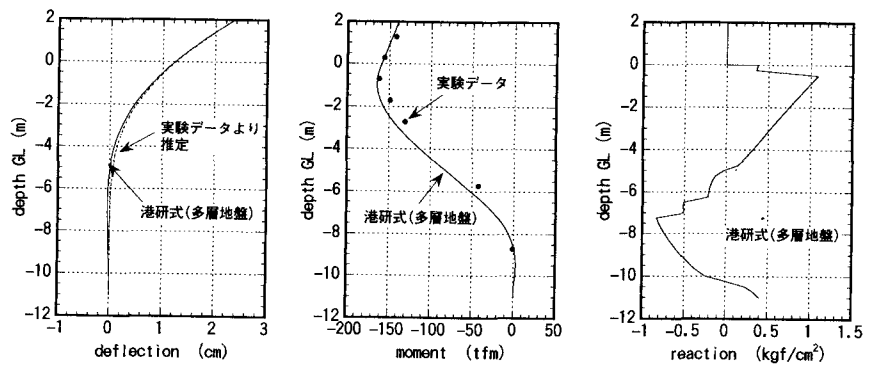


図-6 港研方式による再現計算結果(多層系)