

III-143 地盤変形による側方荷重うける基礎杭の設計

関西国際空港（株） 正員 丸山 忠明
 “ “ 本山 蒨
 “ “ 川口 廣

1. まえがき

関西国際空港は大阪湾東南部の泉州沖約5kmに計画されている空港である。空港は水深約16～18mの海を約511haにわたって埋立てる人工島に建設され、この空港へのアクセスとして橋長約3.75kmの連絡橋が計画されている。建設地点の地盤は表層部に約20mの軟弱な沖積粘土層が堆積し、その下に洪積粘土層と砂礫層との互層が存在している。埋立に先立ち沖積層には地盤改良が施工されるが、埋立規模が非常に大きく洪積層の圧密沈下も予想され、空港島に設置される橋台および空港島に近接した橋脚はこの地盤変形の影響をうけることが考えられる。そこでFEM解析により、この地盤変形の構造物への影響を予測し、設計に反映させることとした。解析の結果では構造物は空港島内へ引き込まれるような挙動を示し、沈下と共に側方への変形も設計上無視しえない量となることが判明した。ここでは、FEM解析の結果から求められた地盤の側方変位が基礎杭に与える影響を弾性支承上の梁として取り扱った設計法を紹介する。

2. 地盤変形解析結果

空港島の連絡橋取付部は幅150m 長さ90mの突出になっており、護岸は鋼セル構造である。この部分を中心に幅600m、深度170mの地盤をモデル化し、関口らが提案した弾・粘塑性構成式¹⁾を基本とするFEM解析を実施した。橋台の基礎杭は等価な2本の梁部材としてモデル化した。解析モデル、解析手法、構造物の沈下挙動および地盤応力については参考文献2)～4)に報告されている。橋台直下地盤の側方変位を図-1に示す。これより、橋台を設置している埋立部は島内側に引き込まれ、沖積層とその下の洪積層は陸岸側に押し出されるような変形を示すことがわかる。橋台の基礎杭はネガティブフリクションを発生させない等の条件から、沖積層直下の段丘砂礫層(Tg層)を支持層とする鋼管杭基礎(φ800)とした。基礎杭の設計にあたっては、下部工施工からの地盤の変形が問題となる。そこで、下部工施工後からの橋台基礎杭の根入れ地盤の側方変位量を図-2にまとめた。開港後50年の基礎杭の変形量として、杭頭部で約50cm島内側へ、杭下端で陸岸側へ約30cm変位すると予測される。この種の地盤の変形に対する基礎杭の応力問題については軟弱地盤に設置された橋台基礎に関する側方流動の研究があるが、それとは異なる挙動を示している。この地盤の変形に伴い地盤内に横方向の応力が発生するが、それに対応して杭に応力が発生することになる。

3. 地盤変形による基礎杭断面力の算定

前述のFEM解析は地盤の圧密変形に注目していること

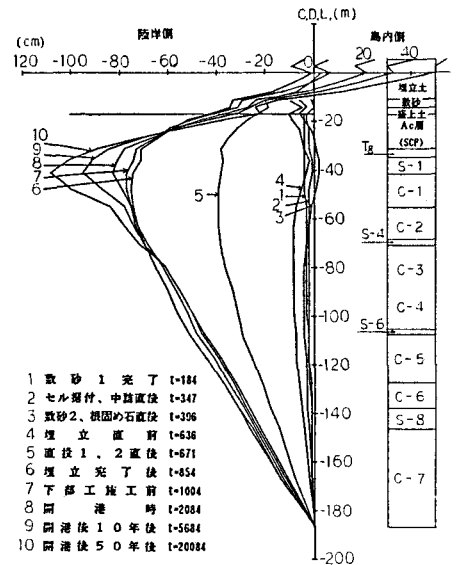


図-1 橋台直下地盤の側方変位

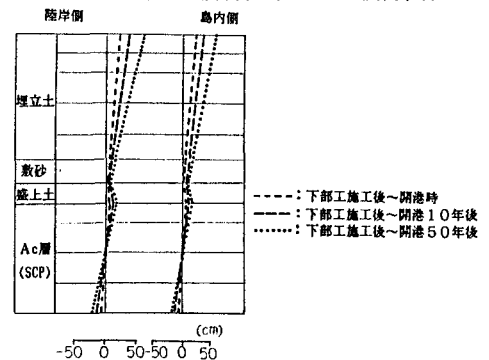


図-2 基礎杭根入れ地盤の側方変位

から、杭のモデル化にあたっては簡便な方法とした。そこで基礎杭の設計に関しては、地盤変形解析結果の側方変位を用いて側方荷重を算出し、基礎杭を弾性支承上の梁として断面力を算出し、断面設計を行った。設計手順は次のとおりである。

- ① 側方変位量を杭の前面側(Aライン)と背面側(Bライン)で各施工段階で整理する。

STEP 1 下部工施工後～開港時

STEP 2 " ～開港10年後

STEP 3 " ～開港50年後

- ② A, Bラインの変位挙動から、島内側への引き込み変形はAラインで、陸岸側への押し出し変形はBラインのみの変形で整理する。[図-3(a)]

- ③ 側方変位量の各地層毎の平均変位量 δ_i (cm)を算出する。

- ④ 杭群を土ケーソンと考え、仮想ケーソンの水平方向地盤反力係数 k_H を求める。

- ⑤ 側方変位量により、地盤反力係数を補正する。

$$K' = k_H \delta_i^{-0.5} \quad (\text{tf}/\text{m}^2)$$

- ⑥ ②で整理された変位量と補正地盤反力係数を乗じて、作用荷重 F を算出する。

$$F = K' \delta \quad (\text{tf}/\text{m}^2)$$

- ⑦ 基礎に作用する側方変位荷重 F を、各杭で均等に負担させ、杭一本当りの作用力 P_H を算出する。[図-3(b)]

$$P_H = F \cdot B / n \quad B: \text{基礎前面幅}, n: \text{杭本数}$$

- ⑧ 地盤をバネ定数 K' の弾性支承とした杭群モデルに⑦で求めた荷重を載荷し、断面力を求める。[図-3(c)]

4. 計算結果とまとめ

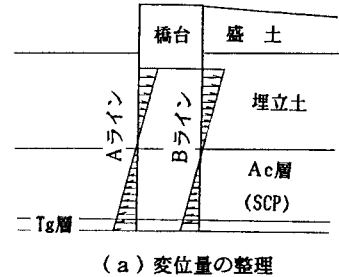
各施工段階での地盤側方変位による基礎杭の断面力と常時荷重と組合わせた設計断面力を図-4に示す。側方変位荷重断面力は杭頭部で最大となり、地中で2つのピーク値をもつことがわかる。また、杭の全長にわたって曲げモーメントが発生しているのが特徴である。これらの結果から、基礎杭の断面決定はこの地盤の側方変位荷重が大きな決定要因となっている。橋台基礎杭の設計については、地盤変形解析の結果から、側方への変位量を基本として断面力を算定したが、地盤の変形解析で用いた各土質定数は室内試験の他、既往の資料から推定で求めたが、これらの数値設定により地盤の変形量も変化すると考えられるため、今後現地の埋立による地盤測定結果を実施設計に反映させる必要がある。

参考文献 1) 関口他; 局部荷重を受けるパーチカル・ドレーン打設地盤の変形解析, 第31回土質工学シンポジウム発表論文集, IV-4, 1986.

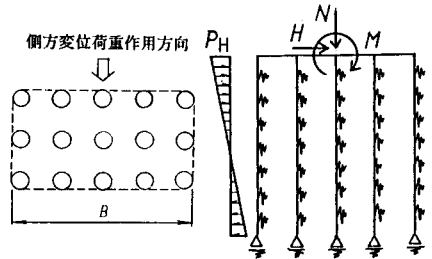
2) 関口他; 大水深護岸の変形解析(その1): 洪積粘土層の長期変形について, (第23回土質工学研究発表会講演集), 1988.6.

3) 関口他; 大水深護岸の変形解析(その2): 隅角部の三次元変形性状について, (" , ")

4) 本山他; 大規模埋立地に設置される橋台および近接する橋脚の受ける沈下影響について, (" , ")



(a) 変位量の整理



(b) 仮想ケーソン への側方荷重 (c) 弾性支承モデル

図-3 断面力算定模式図

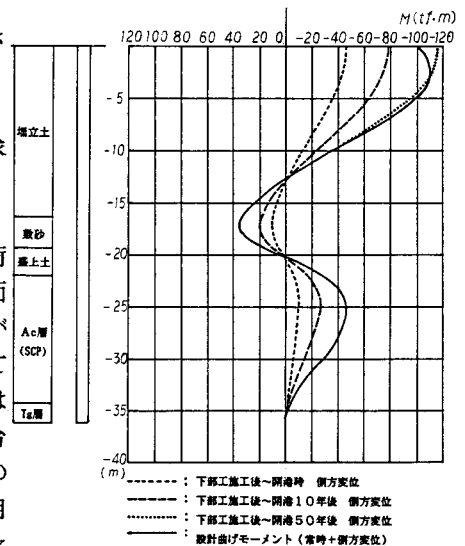


図-4 橋台基礎杭・断面力