

Ⅲ-A 369

古宇利大橋におけるコーン貫入試験の適用(その2)

＜コーン貫入試験結果に基づく支持力評価＞

沖縄県 大樹 久嗣 *

沖縄県 東浜 安邦 *

○(株)フロンティアサイエンス 正会員 本間 利明 **

続 誠 **

1. はじめに

本報告は(その1)で報告されたコーン貫入試験結果(CPT)に基づいた杭の支持力評価に関するものである。琉球石灰岩は海洋地盤に特徴的な世界各地に見られるカーボン系地盤(Calcareous)である。しかし物理的、強度的な特徴は通常の堆積地盤と異なり、設計に難しさを伴うことが知られている。国内ではカーボン系地盤の認識は、琉球石灰岩地盤を中心に固結/未固結層が複雑に介在した複雑な土層構成を持つと言った認識に留まっているのが現状であろう。今回の設計検討はFugroグループが世界各国のカーボン系地盤での経験を通じて得たデータベースや海外における実例、論文を参照して実施したものである。その妥当性及び適応性については、今後の載荷試験や精度の高い調査の実施によって検証して行く必要がある。

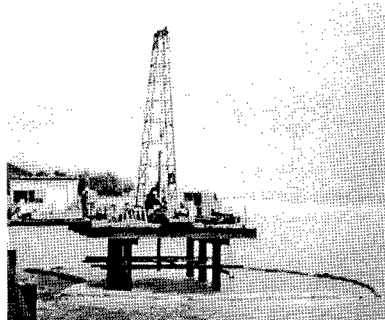


写真-1 CPT試験全景

2. 石灰地盤の特徴と原位置試験法の妥当性

石灰系地盤は固結や堆積過程の複雑さと、 CaCO_3 含有量によって強度特性が大きく変化する。含有量が20%以下の場合には通常のシリカ砂として取扱うことができるが80%を超える場合には強度低下が著しい。当該地盤でも何れも CaCO_3 含有量は80%を超えており、設計上の大きな問題点であった。試験法の妥当性について、同一地点での標準貫入試験(SPT)結果とCPT結果を示したものが図-1である。特に30m以深のN値は正確に成層状態や強度を確認することができず、固結薄層が複雑に介在する地盤での適用性に課題があることが判る。

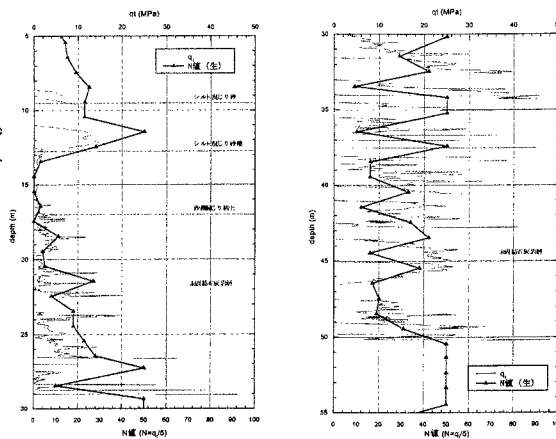


図-1 CPTとSPTの比較プロファイル

3. 設計方法

海洋の基礎設計に多く用いられる手法は、定性的なデータを中心に支持力を計算するAPI-Method(アメリカ石油協会、API RP2)とCPTで得られたqc値を用いたCPT-Methodがある。今回も、両手法を用いて設計を行ったが、地盤の複雑さをより正確に捕らえることのできるCPT-Methodによる検討結果を報告する。CPT-Methodによる周面摩擦力度と先端支持力度は次の方法で求める。

周面摩擦力度 砂 $f = \beta \cdot qc$, 粘土 $f = \alpha \cdot Su$ 先端支持力度 砂 $qe = \phi(qc, z, d)$ 粘土 $qe = Nc \cdot Su$ ここで、 $\beta = qc/300$ (圧縮)、 $qc/400$ (引拔) qc =コーン抵抗値 α =摩擦係数(正規圧密=1, 過圧密=0.5) $\phi(qc, z, d)$ =単位面積当たり先端支持力

z=深度、d=杭径

 Nc =支持力係数($Nc=9$)キーワード: コーン貫入試験, 杭, 基礎, 原位置試験, 石灰岩, CaCO_3

* 〒905-1631 沖縄県名護市宇屋105

TEL 0980-52-8808 FAX 0980-52-8890

** 〒102-0073 東京都千代田区九段北4丁目3番16号 TEL 03-3288-2936 FAX 03-3288-2984

4 杭の周面摩擦力度

未固結の石灰系地盤では側圧係数(K)は応力レベルの増加とともに増加し、相対密度の増加とともに低下する。打込み杭では先端部の圧密によって周囲の水平応力が低下し、長尺杭では水平支持力を低下させることになる。根入れが 20m を超える杭の周面摩擦力度の限界値は 10~20kPa であるとの Dutt(1984)や Poulos (1998)等の報告がある。図-2 はカーボン系地盤における打込み杭周面の応力状態の時間変化であり、カーボン系地盤での周面摩擦力の特性を現したものである(Kolk)。API RP2 では側圧係数は 0.8 であるが、世界各国の実例からは $K=0.4$ 前後の値が得られており、固結土ではさらに低いオーダが推奨されている。ここでは、Kolk(1999)の報告に基づき、周面摩擦力度は 12kPa を上限値としたが、CPT 結果から直接測定された周面摩擦力(fs)も、 $qc/300$ として求めた摩擦力の何れも推奨上限値である 12kPa よりも低いく、さらに安全側にある $qc/300$ で求めた周面摩擦力度を採用した。

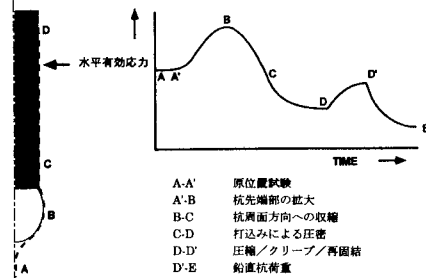


図-2 打ち込み杭周面の水平応力の状態

5 先端支持力度

海洋のカーボン系地盤での CPT の有効性から、多くの調査で CPT が用いられているが、ヒストレシスの影響から実際の支持力は、実際の qc 値よりも低いことが Fory(1990)や Kolk 等(1997)が報告している。Fugro は実杭やモデル試験結果から先端抵抗は qc 値の約 40% のオーダであると報告している。Foray 等(1990)はさらに低い 15% を提案している。各国での載荷試験結果から Kolk は開端形状の鋼管杭の先端支持力度の下限値を $q_e \approx 0.15qc$ 、上限値を $q_e \approx 0.3qc$ とすることを提案している。これらの報告に基づいて、先端支持力度については次の方法で上限と下限支持力を求めた。設計への適用が許される $qc=30MPa$ を採用し、杭下方 2D の平均 qc 値から $q_e=0.23qc$ として算定したものを最小先端支持力とし、通常の上限值 $qc=15MPa$ を用いて CPT-Method で求めた支持力度から最大先端支持力を求めた。

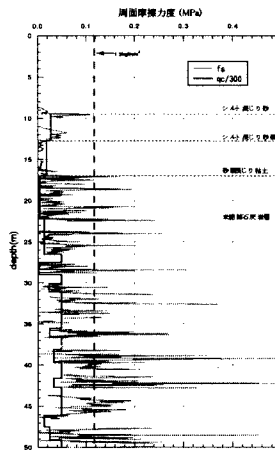


図-3 周面摩擦力度(P2)

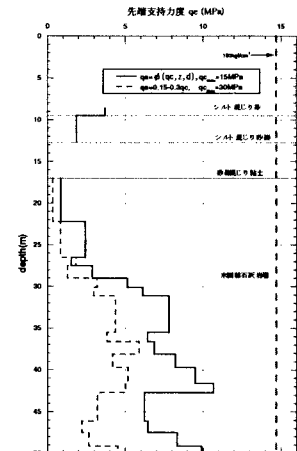


図-4 先端支持力度(P2)

6 支持力の計算と結果

前述の方法で求めた周面摩擦力度と先端支持力度を図-3、図-4 に示した。図-5 は支持力度に従って計算した杭の支持力カーブである。最小支持力曲線の場合でも杭の支持力は 35m 付近で設計支持力である約 6MN が得られる。今回の検討は、海外の載荷試験や CPT、サンプルの室内試験結果、さらにモデル実験などの報告に基づいたものである。従って、琉球石灰岩地盤における深い基礎の設計法を確立するためにも照査試験、実験などで検証して行くことが必要である。

参考文献

- H.J.Kolk, Deep Foundation in Calcareous Sediment, 1999, 2nd
 4 International Conference Engineering for Calcareous Sediments, Bahrain.

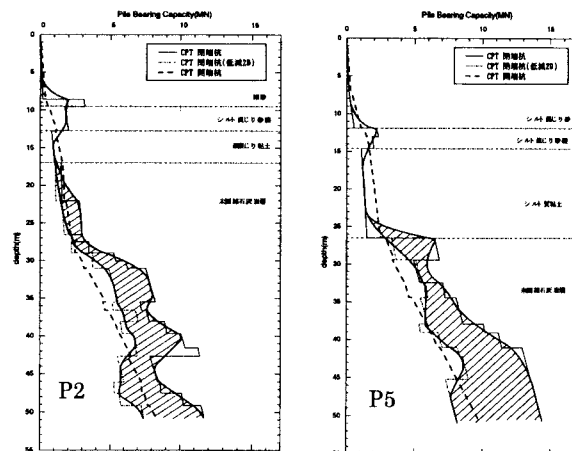


図-5 杭の支持力カーブ