

スカート基礎を有する防衛工の施工（その3：貫入抵抗と予測式の比較）

(株)大林組 正 ○伊藤政人 正 崎本純治
(株)大林組 正 米田 博 正 渡辺 朗

1. はじめに

本報（その3）では、防衛工の据付工事で得られたスカート基礎の貫入抵抗実測値とこれまで提案されている貫入抵抗予測式との比較を行う。

2. 地盤概要

図-1 にスカート基礎平面図、図-2 に地盤柱状図と CPT 結果を示す。当該地盤は、上部に厚さ 3.5m の軟弱粘性土があり、その下部に今回支持層とした砂層が堆積している。砂層天端は栈橋側から沖側に向かって約 1m 傾斜しており、スカート長さも平面位置で変化させたため、支持地盤への根入れ長さはスカート位置で異なっている。そこで、スカート先端に設置した刃口荷重計によって計測された各々の位置での先端地盤抵抗と貫入抵抗予測式の比較を行うこととする。

3. 貫入抵抗予測式

スカート基礎の貫入抵抗予測式には DNV（ノルウェー船級協会）の式と支持力公式に基づく式が提案されており、それぞれの先端抵抗算定式を表-1 に示す。支持力公式に基づく式では、支持力係数に Terzaghi の係数を用いる方法¹⁾と Meyerhof の係数を用いる方法²⁾がある。根入れ深さにおける鉛直有効応力 σ'_v を算出するにあたっては、貫入時にスカート内周面から内部土に伝達される周面摩擦力により鉛直有効応力が増加する効果を考慮する¹⁾。また Meyerhof の支持力公式では、第2項 N_q が乗する値は等価自由表面に作用する有効応力であるが、ここでは等価自由表面の角度 β に関わらず根入れ深さにおける鉛直有効応力 σ'_v と仮定する²⁾。

4. 実測値と予測式の比較

図-3 に A 測点における先端地盤反力度と先端標高の関係を示し、各予測式と比較した結果を示す。支持力式による値は、 ϕ の局所せん断破壊による低減を考慮したケースも示している（ $\phi_r = \tan^{-1}(0.85 \cdot \tan \phi)$ より $\phi = 28 \sim 33^\circ$ の時 $\phi_r = 24 \sim 29^\circ$ ）。また粘土層における支持力係数 N_c はどちらの式においても 8.85 とし、付着応力係数 α_c は 0.8 とした。

実測値は支持層（TP-28.7m）から急激に先端抵抗が増加しており、DNV 式との比較では中央値との対応がよい。支持力式ではどちらの方法でも $\phi = 29^\circ$ の場合に実測値と比較的よく対応するが、 ϕ によって先端抵抗は大きく変化する。これは支持力係数（特に N_q ）が ϕ に敏感な値であるためである。また支持力式による計算値は粘土層と砂層の境界において不連続となっている。これは現地の層境界が計算で仮定

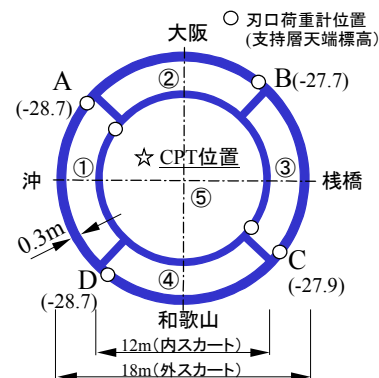


図-1 スカート平面図

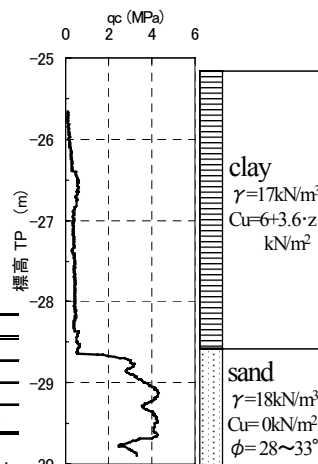


図-2 CPT 結果

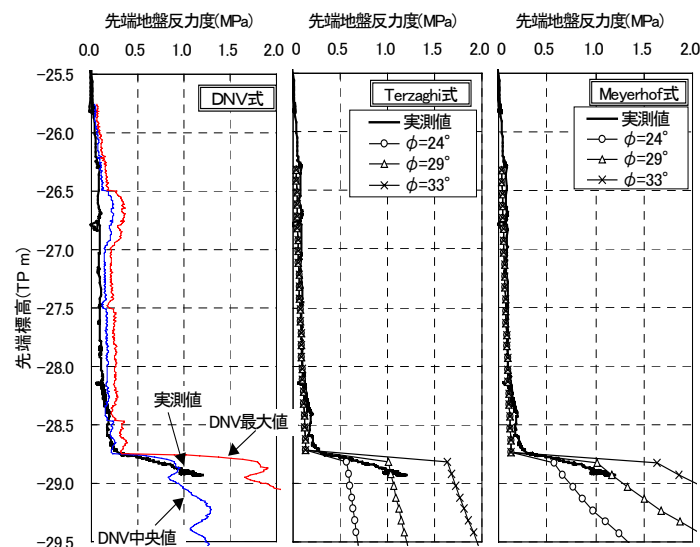


図-3 先端抵抗 - 先端標高（A 測点）

キーワード：スカート基礎、サクシオン、貫入抵抗、先端地盤反力

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0936 FAX 0424-95-0903

したほど明確ではなく、砂層の上部に ϕ が小さく粘土分を含む中間土が存在していたためと考えられる。このように支持力式を用いた貫入抵抗の予測には、 ϕ あるいは C_u の情報を連続的に把握することが重要となる。これに対し DNV 式は地盤の貫入抵抗を連続的に直接測定する q_c を換算した値であり、予測式としての信頼性は比較的高いと考えられる。

図-4、5 に B、C 測点の実測値と各予測式の比較を示す。これらの値は貫入時にサクシオンを作用させた隔壁部 (図-1) の先端抵抗であり、図中には水位低下量 ΔH を示してある。実測値は支持層に貫入してから急激に増加するものの、水位低下量が 4m ないし 5m となったときに増加量が鈍くなっている。DNV 式と比較すると中央値よりも小さく、サクシオンを用いて貫入させた場合の先端抵抗は、水位低下の影響の少ない A 測点よりも小さくなっていることがわかる。

これはスカート内の水位を ΔH 低下させると、スカート底版に下向きの力 (単位面積あたりの浮力低減量 $\gamma_w \cdot \Delta H$) が作用すると同時に、同じ大きさの力がスカート内地盤に上向きに作用し、粘土層下面の鉛直有効応力 σ'_{vc} がその分減少するためである (図-6)。当然ながら水位低下が大きくなって、 $\sigma'_{vc}=0$ となれば粘土層に盤ぶくれが生じる。

σ'_{vc} の低減を考慮した支持力式第 2 項 σ'_v の算定式は、スカート内部土のつり合いから以下のように算定される。

$$\sigma'_v = (B/A) \{ \exp(Ad') - 1 \}$$

ここに、 $A=2\mu K_{in}/r_i$ 、 $B=2(c_h/r_i) + (\gamma'_i - \gamma_w) + 2\mu K_{in}(\sigma'_{vc} - \gamma_w \Delta H)$

σ'_{vc} : 内周面摩擦力による増加効果を含む粘土層下面の鉛直有効応力

d' : 砂層への根入れ深さ、他の記号については¹⁾による

図-4、5 に上式で算定した支持力式 ($\phi=29^\circ$) による結果を示す。水位の低下量は $\Delta H=5m$ としたが、スカート先端の間隙水圧計の計測結果によると、下部砂層では約 25kPa 水圧低下していた (調査ボーリング孔によるみず道の影響と考えられる) ため、 $\Delta \sigma'_{vc}$ の低減量は $50-25=25kPa$ とした。図には比較のため低減なしの計算結果も示してあるが、 σ'_{vc} の低減を考慮した方が実測値と比較的対応がよい (特に Meyerhof 式)。このことより二層地盤 (上部粘性土・下部砂層) における水位低下時の先端抵抗の予測には上式が有効であると考えられる。

5. まとめ

実証工事で得られた貫入時の先端抵抗と貫入抵抗予測式を比較した結果以下のことが明らかになった。

- ・ DNV 式は地盤情報を連続的に直接測定する q_c を用いているため、予測式としての信頼性は比較的高い。
- ・ 粘土層の有効応力低減を考慮した支持力式によって、二層地盤における先端抵抗の予測が可能である。

【参考文献】¹⁾ 善他：サクシオンによるケーソン基礎の海底地盤中への沈設に関する事例解析、土木学会論文集 No.603/ -44,21-34,1998.9

²⁾ 伊藤他：スカート基礎の大型模型実験 (その 1：貫入試験)、第 34 回地盤工学研究発表会, pp.1411-1412, 1999.7.

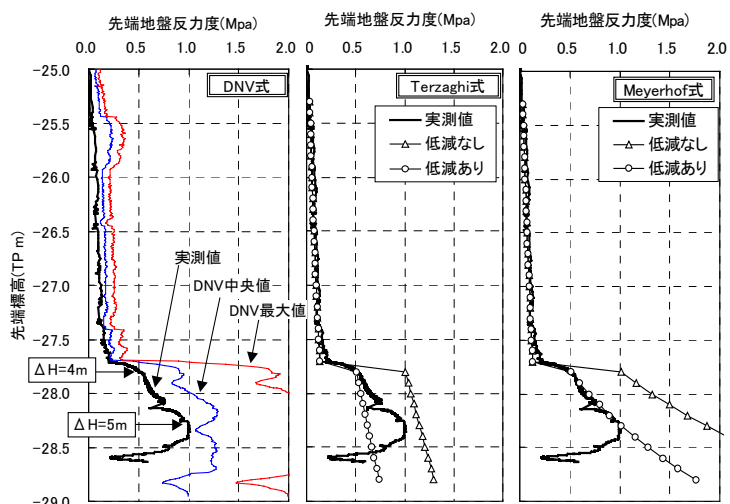


図-4 先端抵抗 - 先端標高 (B 測点)

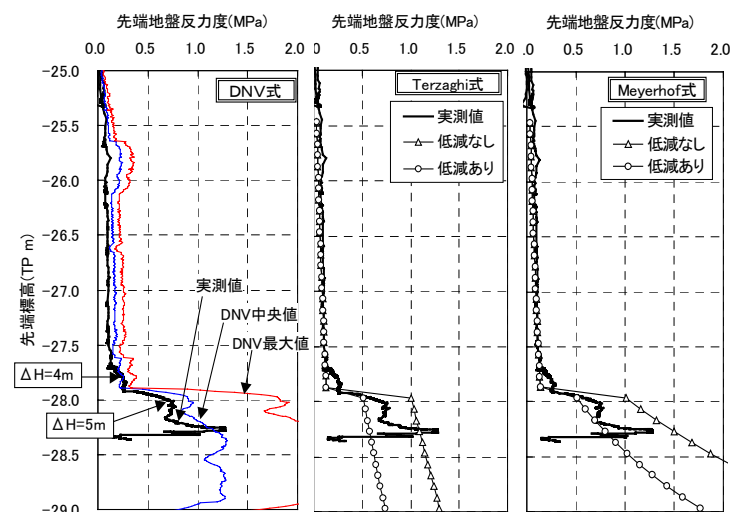


図-5 先端抵抗 - 先端標高 (C 測点)

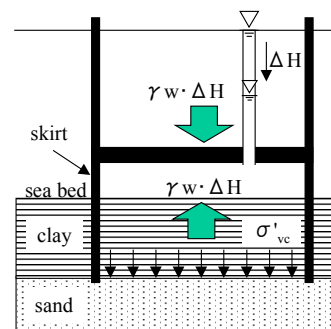


図-6 水位低下による力