

III-483

一般化ヤンセン式によるセル構造物の中詰め土圧評価

NKK鉄鋼研究所 正員 関口宏二

1 はじめに

セル式港湾構造物（鋼管矢板セル、鋼矢板セル、鋼板セルなど）を設計する際には、中詰め時のフープテンションを適切に評価し、継手あるいは構造物本体の周方向耐力が充分確保されるようにすることが必要である。中詰め土圧の評価手法として、サイロ構造物の設計に広く用いられているヤンセン式を多層系の地盤に拡張し、その適用性を実測データと比較検討したのでここに報告する。

2 一般化ヤンセン式

図1に示すような任意の断面形状のセルに入って静止している粒状体の鉛直方向の力の釣合を考えると、次の一階線形微分方程式が得られる¹⁾。

$$dP_v/dh + \alpha \cdot P_v - \gamma = 0 \quad \dots (1)$$

ここに、 $\alpha = \lambda K L / A$ で定義される定数、 P_v = 深さ h における鉛直方向圧力、 γ = 粒状体の見かけの単位体積重量、 λ = 粒状体とセル内壁との摩擦係数、 L = セル内壁の周長、 A = セル内部の水平断面積、 K = 側圧係数（水平圧 P_h と鉛直圧 P_v の比を表す係数）。図1に示すような3層系の問題では、次の境界条件の下に式(1)を解くことになる。

$$\begin{aligned} h=0 & : P_v^1(0) = q, & h=H^1 & : P_v^1(H^1) = P_v^2(H^1) \\ h=H^2 & : P_v^2(H^2) = P_v^3(H^2) \end{aligned}$$

ただし、 q は上載荷重を、また P_v^n は、第 n 層中における鉛直土圧を意味する。この問題の解は、容易に求めることができ、以後それを一般化ヤンセン式と呼ぶ。

3 実測データとの比較

3.1 計算条件 ここでは、3ケースの実測データと一般化ヤンセン式との比較を行なう。いずれのケースでも、土の有効単位重量は、海水面より上では 1.8 tf/m^3 とし、海水面より下では 1.0 tf/m^3 とした。側圧係数については、Darbowski²⁾ の土圧係数 ($K = (1 - \sin^2 \phi) / (1 + \sin^2 \phi)$) を採用した。摩擦係数については、Potyondy³⁾ を参照して $\lambda = \tan \delta = \tan(f \cdot \phi)$ より求めた。ここに、 δ は壁面摩擦角、 f は実験係数であり、 0.72 とした。砂の内部摩擦角 ϕ については、 $25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ の3通りの値を用いてパラメータスタディを行なった。

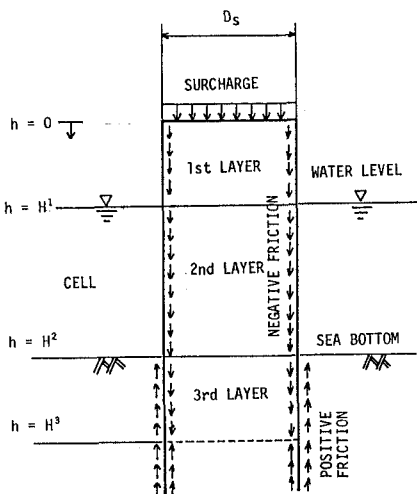


FIG.1 Illustration of A Cell Filled with Sand

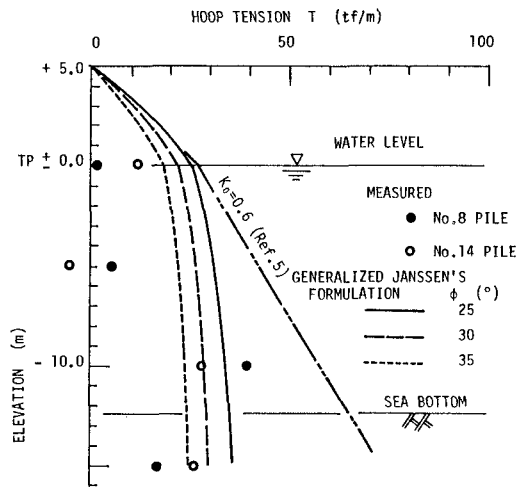


FIG.2 Measured and Calculated Hoop Tension of A Steel Pipe Pile Cell (measured data from Ref.4)

3.2 鋼管矢板セル⁴⁾ 図2に、鋼管矢板セルにおけるフープテンションの実測値と計算値を比較して示す。TP. + 0 m, TP. - 5 m における実測値は計算値よりもかなり小さい。これは、セルの変形によって中詰め砂が主動状態になっているためではないかと推測される。実測値が最大となる TP. -10 m では、 ϕ を25度とした場合の計算値と実測値は比較的近い値となっている。同図には、セルの設計基準⁵⁾による計算値($K_0=0.6$)も示したが、フープテンションを実測値よりもかなり大きめに見積もる結果となっている。

3.3 根入れ式鋼板セル⁶⁾ 図3に根入れ式鋼板セルにおける中詰め水平土圧の実測値と計算値を比較して示す。一般化ヤンセン式による計算値は実測値とよく合っており、 ϕ が25度のときに実測値を包絡している。同図中には、セルの設計基準による計算値($K_0=0.6$)も示したが、一般化ヤンセン式の方が実測値の傾向を良く表しているように思われる。

3.4 鋼矢板セル⁷⁾ 図4に鋼矢板セルにおけるフープテンションの実測値と計算値を比較して示す。TP. +1.5 m, TP. -2.5 m における実測値は、計算値と良く一致しているが、それ以外の実測値は計算値よりもかなり小さい。これは、セル上部がなんらかの影響(例えば重機の走行による振動など)で水平方向土圧が大きくなり、それによって TP. -3.0 m 以深のセルが相対的に中詰め砂より逃げるような状態になり、中詰め砂が主動状態になったためと考えられる。

4 まとめ

(1) 周方向に継手の有るセルでは、実測されたフープテンションと一般化ヤンセン式による値は良く一致した。(2) 周方向に継手の無いセルでは、実測されたフープテンションは一般化ヤンセン式による値よりもかなり小さくなる場合があった。以上の検討はわずか3例を対象にしているだけなので、今後各方面でフープテンションが実測されることが期待される。なお、この問題はFEMによって、より洗練された解析が可能である。これについては、別の機会に報告したい。

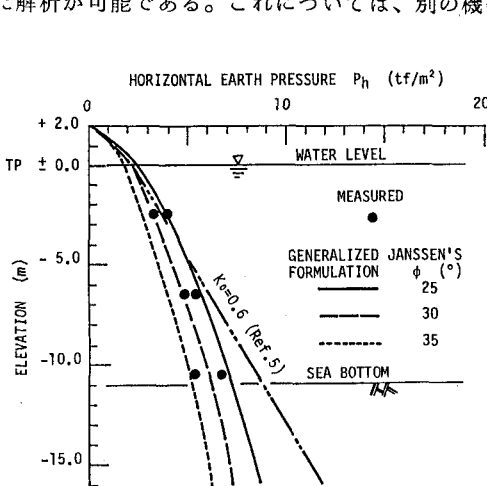


FIG.3 Measured and Calculated Horizontal Earth Pressures of A Embedded Steel Plate Cell (measured data from Ref.6)

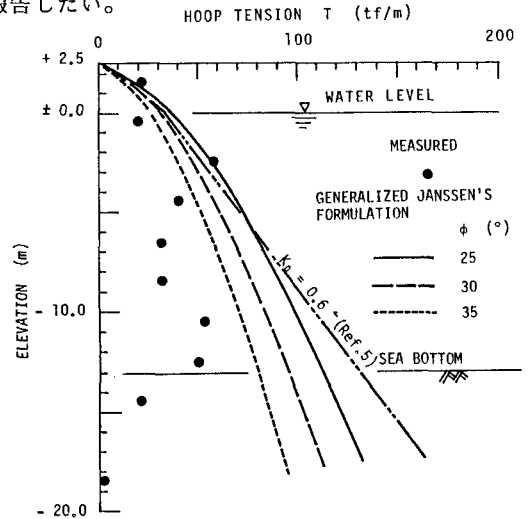


FIG.4 Measured and Calculated Hoop Tension of A Steel Sheet Pile Cell (measured data from Ref.7)

参考文献

- 1) Janssen, H.A. : VDP Zeitschrift, V.39, pp.1047-1049, 1885., 2) Darbowski, R. : Proc. of A SCE, Vol.89, No.ST5, pp.337-346, 1963., 3) Potyondy, J.G. : Geotechnique, Vol.11, No.4, pp.339-353, 1961., 4) 西方 守・小崎謙吉: 基礎工, pp.40-46, 1975., 5) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説、改定版、1990.6., 6) 中山種清他4名: 住友金属、Vol.34, No.2, pp.67-92, 1983., 7) プレハブ鋼矢板セル工法研究会: プレハブ鋼管矢板セル工法調査研究報告書、1983.