NTF 6 - Portos

Esforços Hidrodinâmicos e Momentos sobre pilares e tubulões Portuários

Aluno: Francisco José Matos Nogueira Filho

Matricula: 384962

In [1]:
```
import numpy as np
from numpy import pi
from IPython.display import Markdown as md
```

Dados da onda em Alto Mar

In [2]:
```
## Dados da onda em Alto Mar

H0 = 4.2 #m
T = 9 #s
g = 9.81 #m/s^2
```

In [3]:
```
rhoH2O = 1034 #kgf/m^3
rhoC = 2500 #kgf/m^3
Es = 2.1e6 #kgf/cm^2
Ec = 3e5 #kgf/cm^2

D = 0.7 #m
As = (pi * (1.905e-2)**2/4)* 16
Ac = pi*D**2/4
l = 25 #m
```

a) A altura da onda a atingir a zona de cravação das estacas

In [4]:
```
def comprimentoDeOnda(Periodo):
    return (g * Periodo**2)/(2 * pi)

L0 = comprimentoDeOnda(T)

#Resposta
md("$L_0 = %.2f \; m$"%(L0))
```

Out[4]: $L_0 = 126.47 \; m$

In [5]:
```
def comprimentoDeOnda(Periodo):
    return (g * Periodo**2)/(2 * pi)
def Celeridade(Comprimento,T):
    return Comprimento/T
L0 = comprimentoDeOnda(T)
C0 = Celeridade(L0,T)
sigma = 2*pi/T
#Resposta
md("""$L_0 = %.2f \; m$ \n
$C_0 = %.2f \; m/s$"""%(L0,C0))
```

Out[5]: $L_0 = 126.47\ m$

$C_0 = 14.05\ m/s$

In [6]:
```
from scipy.optimize import broyden1
#from scipy.optimize import minimize, newton_krylov, broyden1, curve_fit
d1 = 12 #m
def fu(l):
    return (l/L0 - np.tanh((2*pi*d1)/l))**2
x0 = 10 #Palpite inicial
solv = broyden1(fu,x0,iter=50)
L12 = solv

def calcularK(L):
    return (2 * pi)/L

k12 = calcularK(L12)
md("""
$L = %.2f \; m $ \n
$K = %.5f \; $
""" % (L12,k12))
```

Out[6]: $L = 87.90\ m$

$K = 0.07148$

In [7]:
```
def calcularN(K,d):
    return 0.5 * (1 + (2*K*d)/np.sinh(2*K*d))

n12 = calcularN(k12,d1)
md("""
$n = %.3f$
""" % n12)
```

Out[7]: $n = 0.819$

$$h = H_0 \sqrt{\frac{b_0}{b}} \sqrt{\frac{1}{2} \frac{1}{n} \frac{C_0}{C}}$$

Pode-se considerar $\frac{b_0}{b} = 0$ uma vez que se estamos calculando para um cenário em Mar Aberto

In [8]:
```
def calcularH(H0,n,C0,C):
    return H0 * (1 * 0.5* 1/n * C0/C)**0.5
def VelocidadeOrbitalMax(a,K,sigma):
    return (a * g * K)/sigma
C12 = Celeridade(L12,T)
H12 = calcularH(H0,n12,C0,C12)
a12 = H12/2
u12 = VelocidadeOrbitalMax(a12,k12,sigma)
md("""
$H = %.3f \; m $ \n
$u = %.3f \; m/s$
""" % (H12, u12))
```

Out[8]: $H = 3.936 \; m$

$u = 1.977 \; m/s$

b) A máxima força de inércia provocada pela onda ao passar pela estaca

$$F_M = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H k_m$$

$$k_m = \frac{1}{2} \tanh(Kd) \; sen\left(\frac{-2\pi t}{T}\right)$$

Para $sen(\frac{-2\pi t}{T}) = 1$ tem-se $k_d = \frac{1}{2}\tanh(Kd)$

In [9]:
```
Km = 0.5 * np.tanh(k12*d1)
Cm = 1.4
Fm = Cm * rhoH2O * g * (pi * D**2)/4 * H12 * Km
md("""
$F_M = %.3f \; tf$
""" % (Fm/9.81e3))
```

Out[9]: $F_M = 0.762 \; tf$

c) A máxima força de arraste provocada pela onda ao passar pela estaca (0,1 ponto);

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 k_d$$

$$k_d = \frac{1}{4} n \left| \cos(\frac{2\pi t}{T}) \right| \cos(\frac{2\pi t}{T})$$

Para $\cos(\frac{2\pi t}{T}) = 1$ tem-se $K_d = \frac{n}{4}$

In [10]:
```
Kd = n12/4
Cd = 1.05
Fd = Cd * 0.5 * rhoH2O * g * D * H12**2 * Kd
md("""
$F_D = %.3f \; tf$
""" % (Fd/9.81e3))
```

Out[10]: $F_D = 1.205 \; tf$

d) O máximo momento de inércia no pé da estaca provocado pela onda

$$M_M = F_M \; d \; s_m$$

$$s_m = 1 + \frac{1 - \cosh(Kd)}{Kd \; senh(Kd)}$$

In [11]:
```
sm = 1 + (1 - np.cosh(k12*d1))/(k12*d1 *np.sinh(k12*d1))
Mm = Fm * d1 * sm
md("""
$M_M = %.3f \; tf•m$
""" % (Mm/9.81e3))
```

Out[11]: $M_M = 4.834 \; tf \bullet m$

e) O máximo momento de arraste no pé da estaca provocado pela onda

$$M_d = F_d \; d \; s_d$$

$$s_d = \frac{1}{2} + \frac{1}{2n}\left(\frac{1}{2} + \frac{1 - \cosh(2Kd)}{2Kd \;\; senh(2Kd)}\right)$$

In [12]:
```
sd = 0.5 + 1/(2*n12) * (0.5 + (1 - np.cosh(2* k12*d1))/(2 * k12*d1 * np.sinh(2
* k12*d1)))
Md = Fd * d1 * sd
md("""
$M_D = %.3f \; tf•m$
""" % (Md/9.81e3))
```

Out[12]: $M_D = 8.070 \; tf \bullet m$

f) A resultante combinada dos momentos de inércia e arraste no pé da estaca

$$M = M_D + M_M$$

In [13]:
```
M = Md + Mm
md("""
$M = %.3f \; tf•m$
""" % (M/9.81e3))
```

Out[13]: $M = 12.904 \; tf \bullet m$

g) A frequência de vibração própria da estaca numa condição de simplesmente cravada

In [14]:
```
J = (pi*D**4)/64
md("""$J = %.4f m^4$""" %J)
```

Out[14]: $J = 0.0118m^4$

In [15]:
```
Ep = (As *Es + Ac*Ec)/(As + Ac)
md("""$E_p = %.2f kgf/cm^2$""" %Ep)
```

Out[15]: $E_p = 321079.98kgf/cm^2$

In [16]:
```
_m = (rhoH2O + rhoC) * pi * D**2/4
md("""$\overline{m} = %.2f kg/m^3/ml$""" %_m)
```

Out[16]: $\overline{m} = 1360.04kg/m^3/ml$

In [17]:
```
fator = (Ep*1e4*J/_m)**0.5
md(r"""
$\sqrt{\frac{E J}{\overline{m}}} = %.2f$
""" %fator)
```

Out[17]: $\sqrt{\frac{EJ}{\overline{m}}} = 166.81$

In [18]:
```
k = 0.56
f1 = k/l**2 * fator
md("""$f_1 = %.5f /seg$""" %f1)
```

Out[18]: $f_1 = 0.14946/seg$

h) A velocidade crítica de corrente capaz de produzir ressonância com a estaca simplesmente cravada

In [19]:
```
S = 0.2
U0 = (f1*D)/S
md("""$U_0 = %.5f m/s$""" %U0)
```

Out[19]: $U_0 = 0.52310 m/s$

i) O valor da força transversal máxima L provocada pela corrente, considerando que $sen(2\pi f_k t) = 1$.

$$L = c_K \frac{1}{2} \rho U_0^2 D \ sen(2\pi f_k t) = 1$$

In [20]:
```
Ck = 0.2
Vcorr = 6 #nós
Vcorr_ = Vcorr* 0.5144
L = Ck * 0.5 * rhoH2O * U0**2 * D
md("""$L = %.2f Kgf$""" %L)
```

Out[20]: $L = 19.81 Kgf$

In [21]:
```
if U0 > Vcorr_:
    print("Risco de haver Ressonância")
else:
    print("Sem risco de haver Ressonância")
```

```
Sem risco de haver Ressonância
```