



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

PNV 3413

ESTUDO DE CASO: PLATAFORMA SPAR

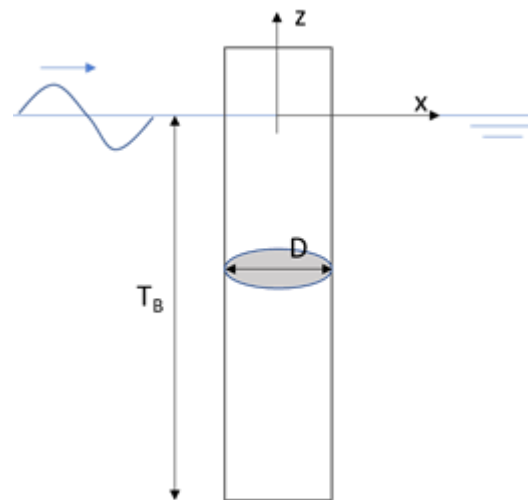
Considere uma estrutura flutuante composta por um cilindro circular vertical de diâmetro $D=10\text{m}$. Na ausência de ondas, a estrutura flutua em equilíbrio hidrostático com calado $T_B=30\text{m}$. O local pode ser considerado de águas profundas.

Considera-se a origem do sistema de coordenadas na linha d'água e, com relação a este ponto sabe-se que o casco tem um raio de giracão de massa em *pitch* (K_{yy}) correspondente a:

$$K_{yy} = T_B / \sqrt{3}$$

e que a altura metacêntrica longitudinal relacionada a uma rotação em torno do eixo y é:

$$GM_y = 1,0 \text{ m}$$



Considere água salgada com $\rho=1025 \text{ kg/m}^3$, $\nu=1.2\text{E-}6\text{m}^2/\text{s}$, $g = 9.81\text{m/s}^2$

- a) Suponha que, sobre esta estrutura, incida uma onda regular de amplitude $A=1\text{m}$ e período $T=10\text{s}$ e que se propaga no sentido $x+$. Nesta situação, verifique que é razoável considerar o regime de ondas longas, aproximando os efeitos de espalhamento de ondas sobre a estrutura. Empregue, então, a fórmula de Morison para obter uma estimativa da força hidrodinâmica horizontal que age sobre o corpo. Considere o coeficiente de arrasto das seções circulares $C_D=1.0$. Desconsidere efeitos não-lineares na parcela inercial da força. O potencial de velocidades do escoamento associado a esta onda é dado por:

$$\phi(x, z, t) = \frac{gA}{\omega} e^{kz} \sin(kx - \omega t)$$

- b) Na solução do item (a), você deve ter notado que a parcela de força relacionada ao arrasto viscoso é bastante pequena comparada à parcela inercial. A razão disso são os valores relativamente baixos de KC que caracterizam o escoamento ao longo do cilindro (compare seus resultados com o mapa de domínio de forças apresentado em



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

aula). Vamos, então, estender a aplicação da fórmula de Morison para estimar as forças e o módulo do RAO linear de surge desta estrutura para uma faixa de períodos de ondas entre 5s e 30s (é verdade que, para os períodos mais baixos, violaremos a hipótese de ondas longas, mas considere que o erro, neste caso, é aceitável). Faça um gráfico do módulo do RAO em função do período de onda. Para tanto, despreze a parcela viscosa da força de excitação e os efeitos relacionados ao amortecimento potencial (que, neste caso, são mesmo pequenos). Despreze também qualquer efeito tridimensional na massa adicional do cilindro (obtenha-a a partir das massas adicionais das seções horizontais) e qualquer acoplamento dinâmico que possa existir (ou seja, considere o movimento de surge como o único grau-de-liberdade do problema).

- c) Compare o RAO de surge obtido no item (b) com os resultados numéricos obtidos com o software WAMIT®, fornecido na planilha em anexo. Discuta a aderência dos resultados.
- d) De forma análoga, levante o gráfico da amplitude de RAO de *pitch* deste corpo flutuante para a mesma faixa de períodos de ondas (5s a 30s). Novamente, considere o problema com apenas um grau-de-liberdade, ignorando os acoplamentos dinâmicos. Na sua opinião, nesta faixa de frequências, continua sendo razoável desprezar o amortecimento por geração de ondas para a estimativa deste RAO?
- e) Compare o RAO de *pitch* estimado com os resultados numéricos fornecidos na planilha, e discuta a aderência dos resultados.
- f) Para o movimento vertical, neste caso, não é razoável a aplicação da fórmula de Morison para integração seccional. No entanto, podemos considerar que, uma vez que as ondas sejam longas, a pressão na base do cilindro possa ser estimada pela própria pressão decorrente da onda incidente não-perturbada, ou seja, desprezando efeitos da perturbação causada pelo corpo no escoamento incidente. Adotando esta abordagem, levante a amplitude do RAO de *heave* na mesma faixa de períodos dos itens anteriores.
- g) Comparando a estimativa do RAO de *heave* com os valores numéricos da planilha, percebe-se que há o problema da ressonância deste movimento dentro da faixa de frequências considerada. Discuta a questão da amplificação ressonante e os elevados valores obtidos. Eles devem ser representativos do movimento real da plataforma?
- h) Suponha, agora, que esta estrutura é sujeita a uma condição de mar unidirecional e que se propaga no sentido $x+$ ($\beta=0^\circ$) cujo espectro de energia seja descrito pelo modelo de JONSWAP, com altura significativa $H_{1/3}=4.0\text{m}$, período de pico $T_p=10\text{s}$ e fator de pico $\gamma=3.3$. Empregando os RAOs estimados nos itens (b) e (d), levante os espectros de resposta dos movimentos de *surge* e *pitch* da plataforma.

- i) Calcule, agora, as amplitudes significativas de movimento e os períodos entre zeros ascendentes dos movimentos de *surge* e *pitch*, previstos para esta condição de mar.

R: $A_{1/3, \text{SURGE}} = 1.05\text{m}$, $T_{Z, \text{SURGE}} = 9.5\text{s}$; $A_{1/3, \text{PITCH}} = 2.5^\circ$, $T_{Z, \text{SURGE}} = 9.9\text{s}$