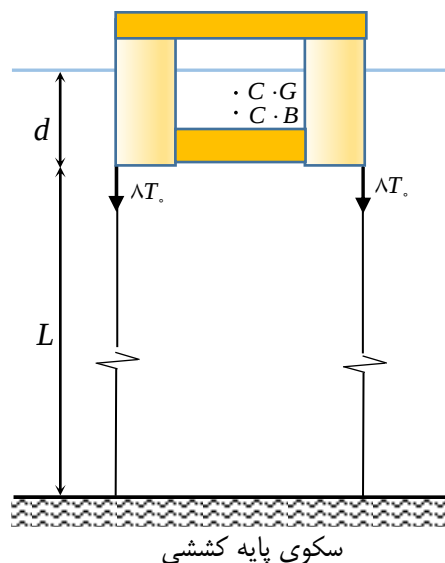




مساله اول:

در شکل زیر یک TLP با ۱۶ تندون داده شده است. مرکز جرم ($C \cdot G$) و مرکز بویانسی ($C \cdot B$) در شکل زیر نشان داده شده است. وزن کل سازه $G = 2600 MN$ ، بویانسی $B = 2900 MN$ ، طول تندون $L = 260 m$ ، سطح خط آب (مجموع مقطع ستون‌ها) $3100 m^2$ و سختی محوری هر تندون مساوی $k_{tendon} = 100 MN/m$ می‌باشد. فاصله بین تندون‌ها $110 m$ متر است.

الف) پیش کشیدگی اولیه تندون‌ها چقدر است؟ هنگام نصب سکو ابتدا آنقدر بالاست می‌شود که تندون‌ها بدون تنش ($T_0 = 0$) متصل شوند. بعداً دی-بالاست می‌شود تا به این پیش کشیدگی مورد نظر برسد. تحت این پیش کشیدگی، مقدار افزایش طول تندون‌ها چقدر است؟

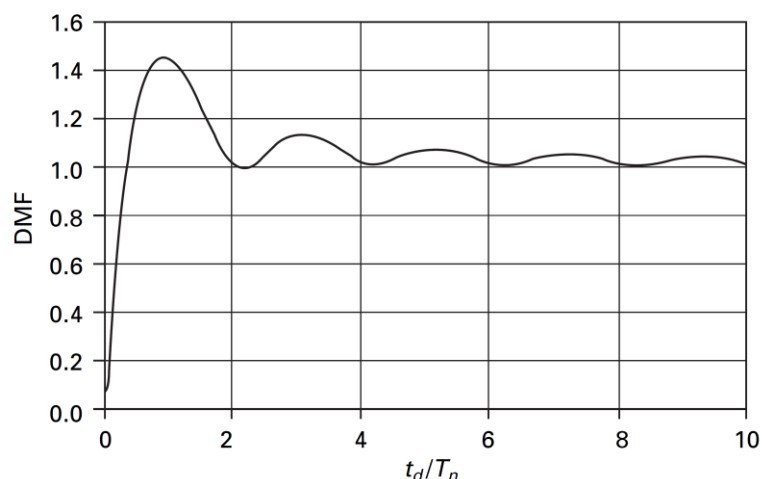


هنگام تکمیل بالاست، عمق آبخور نسبت به حالت شناوری چقدر تغییر می‌کند (و نه بویانسی) آزاد؟

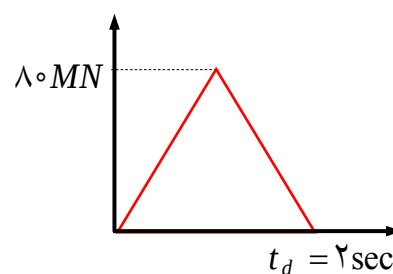
ب) یک مائول به جرم $1630000 kg$ قرار است دقیقاً در ترازای بالای مرکز جرم نصب گردد. پیش کشیدگی تندون‌ها بعد از این نصب چقدر است؟ اگر همین مائول به اندازه 20 متر افقی جابجا شود، مقادیر پیش کشی در تندون‌ها چه تغییری می‌کند؟

ج) پریود هیو و سرچ سازه قبل از نصب مائول چقدر است؟

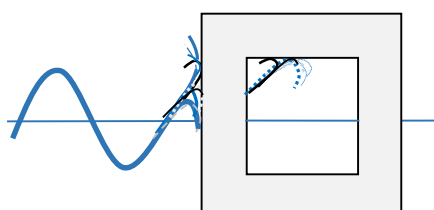
د) طی یک طوفان شدید ممکن است موج از زیر عرشه به سازه برخورد کند و باعث ضربه شدید شود. ضربه تصادفی طرح به صورت مثلث متقارن با مدت تداوم $2 Sec$ ثانیه فرض می‌شود که باعث نیروی بیشینه $80 MN$ می‌گردد. برای سادگی فرض کنید این ضربه دقیقاً در مرکز عرشه رخ می‌دهد. بیشینه نیروی تندون‌ها به علت این ضربه چقدر است؟ (۳۵ دقیقه)



طیف پالس مثلثی



پالس نیرو



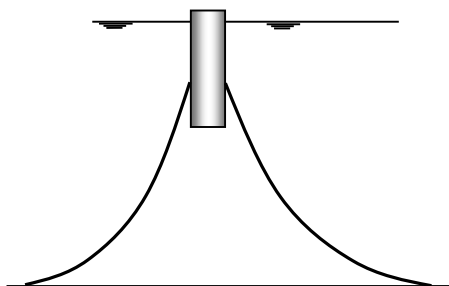
شماتیک ضربه موج به سکو

مساله دوم:

با انجام فرضیات مناسب برای مسئله قبل، تابع نیروی هیو را نوشته و RAO های هیو، سرج و پیچ را با دقت خوبی به طور کیفی ترسیم و تفسیر نمائید. (۱۵ دقیقه)

مساله سوم:

برای یک سکوی اسپار به ارتفاع 180 m و درفت 160 m تحت نیروی متناظر با H_s پنجاه ساله مساوی 8 m و فرض 12 خط مهار مناسب، خطوط مهار را طراحی نمائید. (۶۰ دقیقه)



مساله چهارم:

در مساله قبل اگر بخواهیم موج حدی متناظر را تعیین کنیم و تحت آن، کنده نشدن (عدم حرکت) و پاره نشدن خط مهار را کنترل نمائیم، محاسبات را ارائه نمائید. (۵ دقیقه موج حدی و نیرو- ۲۵ دقیقه خط مهار)

حل مسأله اول) (این مسأله برگرفته از جزوه‌ای در NTNU است.)

الف- با نوشتن تعادل نیرو در راستای قائم، نیروی تندون‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$16T_0 = B - G = 2900 - 2600 = 300 \text{ MN}$$

سختی کل تندون‌ها برابر است با:

$$k_{all-tendons} = 16k_{tendon} = 1600 \text{ MN/m}$$

تغییر طول تندون‌ها تحت این نیروی موجود برابر است با:

$$\Delta l = \frac{300 \text{ MN}}{16 \times 100 \text{ MN}} \approx 0.19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

سختی بویانسی برابر است با:

$$k_b = 3100 \times 1026 \times 9.81 \times 10^{-6} = 31.2 \text{ MN/m}$$

سختی کل در امتداد قائم برابر با مجموع سختی‌های ناشی از تندون‌ها و سختی بویانسی است:

$$k_{heave} = k_{all-tendons} + k_b = 1600 + 31.2 = 1631.2 \text{ MN/m}$$

توجه شود که سختی بویانسی نسبت به سختی تندون‌ها ناچیز و قابل صرف نظر کردن است.

اگر تندون‌ها وجود نمی‌داشت تغییر شکل قائم مساوی بود با:

$$\Delta l' = \frac{300 \text{ MN}}{k_b} = \frac{300 \text{ MN}}{31.2 \text{ MN/m}} = 9.6 \text{ m} \gg 0.19 \text{ m}$$

ب- وزن مازول برابر است با:

$$W = mg = 1630000 \times 9.81 \approx 16 \text{ MN}$$

پیش کشیدگی جدید تندون‌ها بعد از اضافه شدن مازول به سازه اصلی برابر است با:

$$16T_1 = B - G - W = 2900 - 2600 - 16 = 284 \text{ MN} \rightarrow T_1 = 17.75 \text{ MN}$$

اگر مازول ۲۰ متر به سمت راست جابجا شود، مجموع نیروهای پیش کشیدگی ثابت خواهد بود. ولی، مقدار نیروی پیش کشیدگی در تندون‌ها دچار تغییر می‌شود، بطوری‌که تندون‌های نزدیک به مازول مقداری کاهش و تندون‌های طرف دیگر افزایش در پیش کشیدگی را تجربه خواهند کرد (باید توجه داشت که تنها در حالتی نیروی پیش کشیدگی ثابت خواهد بود که این تغییرات جزیی در تندون‌ها باهم برابر باشند). بعد از اعمال جابجایی ۲۰ متر نسبت به مرکز جرم از طریق تعادل در لنگر ایجاد شده می‌توان تغییر در کشش تندون‌ها را بصورت زیر محاسبه کرد:

$$8\Delta T \times 110 \text{ m} = 16 \text{ MN} \times 20 \text{ m} \rightarrow \Delta T = \frac{320}{880} = 0.36 \text{ MN}$$

مقادیر جدید نیروی تندون‌ها برابر است با:

$$T_1^{right} = T_1 - \Delta T = 17.75 - 0.36 = 17.39 \text{ MN} \quad \text{نیروی تندون نزدیک به مازول (تندون‌های سمت راست):}$$

$$T_1^{left} = T_1 + \Delta T = 17.75 + 0.36 = 18.11 \text{ MN} \quad \text{نیروی تندون دور از مازول (تندون‌های سمت چپ):}$$

ج: پریود طبیعی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

که m در رابطه فوق مجموع جرم سازه‌ای و جرم اضافه شده ناشی از سیال اطراف سازه و k سختی سیستم است. در ادامه با فرض اینکه مقدار «جرم افزوده» مساوی جرم سازه در خشکی است، جرم کل مساوی دو برابر جرم سازه در خشکی در نظر گرفته شده است:

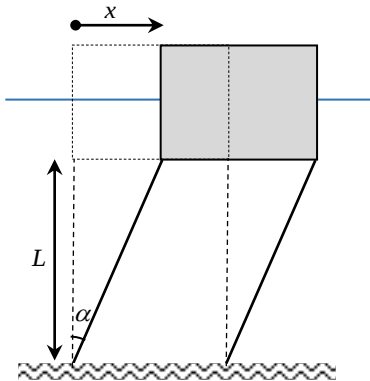
$$m_{heave} = 2 \times m = 2 \times \frac{2600 \times 10^6}{9.81} = 530 \times 10^6 \text{ kg}$$

در نتیجه پریود هیو مساوی است با:

$$T_{heave} = 2\pi \sqrt{\frac{m_{heave}}{k_{heave}}} = 2\pi \sqrt{\frac{530 \times 10^6}{1631.2 \times 10^6}} = 3.6 \text{ sec}$$

سختی راستای سرج:

با فرض اینکه کل نیروی پیش کشیدگی در طول حرکت سرج ثابت باقی بماند، از تعادل نیرو در راستای سرج، سختی این راستا را حساب می‌کنیم:



$$F_{\text{Restoring}} = 16T_o \times \sin \alpha$$

$$= 16T_o \times \frac{x}{L} = \frac{16T_o}{L} \times x \rightarrow k_{\text{surge}} = \frac{16T_o}{L}$$

$$k_{\text{Surge}} = \frac{300 \text{ MN}}{260} = 1.15 \text{ MN/m}$$

پریود سرج برابر خواهد بود با:

$$T_{\text{surge}} = 2\pi \sqrt{\frac{530 \times 10^6}{1.15 \times 10^6}} = 135.9 \text{ sec}$$

د- پالس نیروی ضربه:

افزایش بار شبه استاتیکی ناشی از ضربه در تندون‌ها برابر است با:

$$\Delta T_{q-s} = \frac{80 \text{ MN}}{16} = 5 \text{ MN}$$

بزرگنمایی دینامیکی را می‌توان از روی طیف ضربه به کمک نسبت زمان تداوم به پریود هیو بصورت زیر محاسبه کرد:

$$\frac{t_d}{t_{heave}} = \frac{2}{3.6} = 0.56$$

از روی منحنی طیف مشاهده می‌شود که بزرگنمایی دینامیکی برای این ضربه برابر حدوداً $1/3$ است. بیشینه دامنه نیرو با در نظر گرفتن اثر دینامیکی برابر است با:

$$\Delta T_d = 5 \times 1/3 = 1.67 \text{ MN}$$