Mục lục

LỜI NÓI ĐẦU 3

1. Tính cấp thiết của đề tài 3

2. Mục đích phù hợp 3

3. Nội dung và phương pháp nghiên cứu 3

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn 4

CHƯƠNG I: 5

TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI 5

1.1. Tổng quan về các dạng kết cấu móng các công trình trên biển 5

1.2. Ưu nhược điểm của kết cấu móng nổi bê tông thanh composit polyme 8

1.3. Nhiệm vụ cơ bản của bài toán tính toán móng nổi. 9

1.4. Các loại tải trọng và tổ hợp tải trọng tác dụng lên công trình. 9

CHƯƠNG 2: 11

TÍNH TOÁN KẾT CẤU MÓNG TRỤ ĐIỆN NỔI CẤU TẠO BÊ TÔNG THANH POLYME CỐT SỢI THỦY TINH 11

2.1 Các đặc trưng của vật liệu 11

2.2 Tính toán kết cấu phao theo điều kiện bền 12

2.2.1 Tính nội lực khung dầm ngang của phao nổi 12

2.2.2 Tính nội lực khung dầm ngang của phao vừa 13

2.2.3 Tính nội lực khung dầm ngang của phao lớn 14

2.3 Tính toán kết cấu theo điều kiện ổn định nổi 14

2.3.1 Tính ổn định nổi tĩnh của phao 14

2.3.2 Tính ổn định nổi động 20

2.3.3 Điều kiện ổn định nổi của phao 22

CHƯƠNG 3: 25

VÍ DỤ THIẾT KẾ KẾT CẤU MÓNG NỔI BẰNG PHẦN MỀM SAP 2000 25

3.1 Xác định các thông số hình học của mô hình 25

3.2 Khai báo thông số vật liệu 25

3.2.1 Bê tông 25

3.2.2 Thanh Composit polyme 26

3.3 Khai báo tải trọng và tổ hợp tải trọng 27

3.4 Kết quả tính toán của mô hình 27

CHƯƠNG 4: 34

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 34

LỜI NÓI ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay ngành xây dựng cơ bản đang phát triển với tốc độ rất nhanh cùng với đó là sự phát triển như vũ bão của các ngành công nghệ hóa học, công nghệ vật liệu mới và ngành tự động hóa. Nhờ sự phát triển này đã làm nảy sinh các giải pháp kết cấu mới trong xây dựng các công trình nói chung và công trình trên biển nói riêng.

Ở Việt Nam trong thời gian khoảng 10 năm trở lại đây, các công trình hạ tầng giao thông, đê biển, kè ven biển và công trình ngoài khơi được đầu tư rất lớn. Hiện nay, các công trình ngoài khơi đang sử dụng một số dạng kết cấu móng như sau: Kết cấu móng cọc bê tông cốt thép ứng suất trước, móng cọc khoan nhồi, cọc thép, giàn thép... Tuy nhiên các giải pháp kết cấu móng trên chỉ áp dụng cho các công trình ngoài khơi, xây dựng ở độ sâu khu nước nhỏ hơn 30m, trên thực tế có những khu vực nước sâu trên 30m vì vậy đòi hỏi cần có giải pháp vật liệu và kết cấu móng mới phù hợp với các khu vực này, trong đề tài này các tác giả đề xuất sử dụng bê tông cốt sợi thủy tinh kết hợp giải pháp kết cấu móng nổi để xây dựng các công trình trụ điện trên biển.

2. Mục đích phù hợp

Nghiên cứu, giới thiệu giải pháp vật liệu và kết cấu mới, hướng dẫn tính toán kết cấu bê tông cốt sợi thủy tinh làm móng nổi cho các công trình trụ điện trên biển phù hợp với các khu vực nước sâu, địa chất yếu.

3. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Trình bày một cách tổng quan về vật liệu composit sợi thủy tinh và khả năng ứng dụng vật liệu này thay thế cho cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép truyền thống. Nghiên cứu giải pháp kết cấu móng nổi cho các trụ điện trên biển ở các khu vực nước sâu, địa chất yếu.

Phương pháp nghiên cứu: sử dụng các phương pháp thu thập số liệu, phân tích đánh giá, tổng hợp thực trạng kết cấu móng các công trình ngoài khơi, dùng

mô hình toán học và phương pháp số để tính toán lực tác dụng và phân tích nội lực, chuyển vị trong kết cấu móng trụ điện. Sử dụng phương pháp so sánh để lựa chọn giải pháp kết cấu móng phù hợp cho các khu vực nước sâu và địa chất yếu.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Đề tài hoàn thành sẽ là cơ sở cho công tác giảng dạy, nghiên cứu khoa học và ứng dụng thực tiễn, tư vấn thiết kế cho phép xây dựng giải pháp vật liệu mới và kết cấu móng của các trụ điện xây dựng ở trên biển tại các khu vực nước sâu và địa chất yếu.

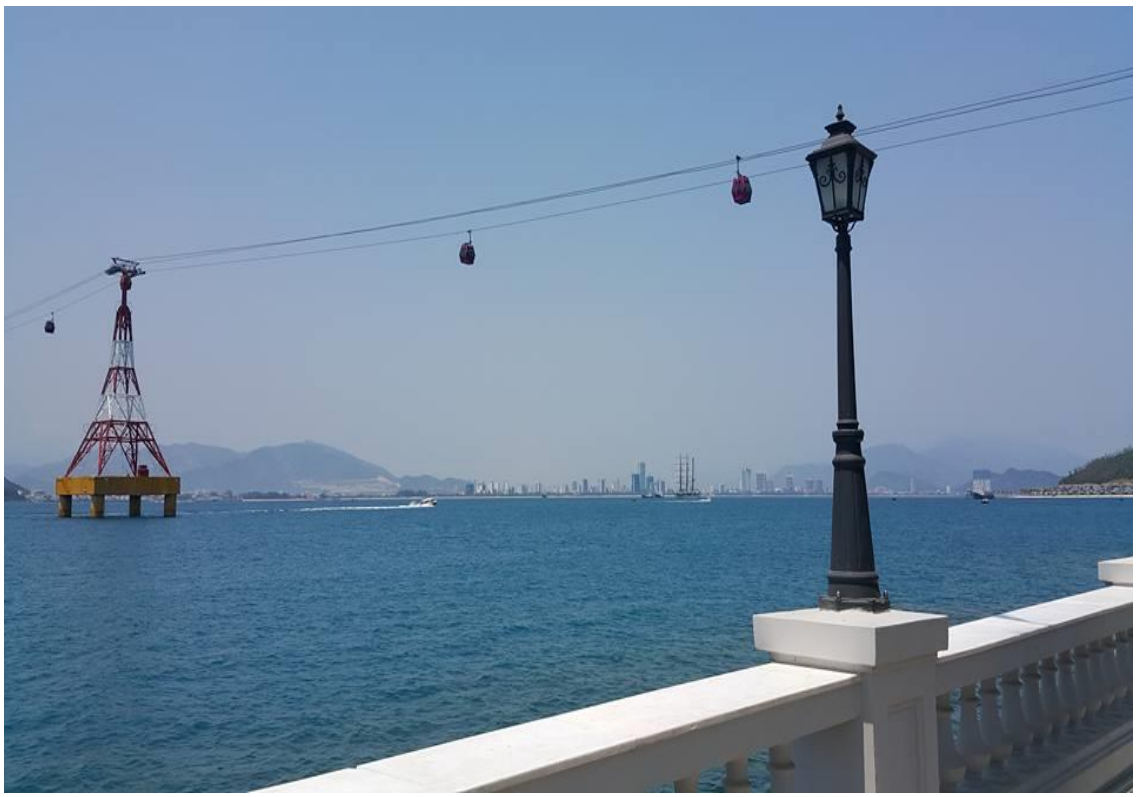
CHƯƠNG I:

TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1. Tổng quan về các dạng kết cấu móng các công trình trên biển

Đặc thù của các công trình biển là luôn luôn gắn liền với các loại tải trọng động như gió, sóng biển, dòng chảy. Do vậy việc chọn giải pháp kết cấu móng cho các công trình biển phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố địa hình, địa chất và thủy hải văn công trình. Hiện nay, ở Việt nam đang sử dụng một số giải pháp kết cấu móng cho các công trình trên biển như sau: kết cấu móng cọc bê tông cốt thép ứng lực trước, kết cấu móng cọc khoan nhồi bê tông cốt thép, kết cấu giàn thép (Hình 1.1, hình 1.2 và hình 1.3). Bên cạnh đó một số nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Nga… trong thời gian gần đây đã nghiên cứu và ứng dụng kết cấu móng nổi được làm bằng các phao nổi vật liệu composit hoặc bê tông cốt thép được liên kết với nhau (Hình 1.4 và hình 1.5).

Hình 1.1. Kết cấu móng cọc bê tông cốt thép ứng lực trước



Hình 1.2. Kết cấu móng cọc khoan nhồi bê tông cốt thép

Hình 1.3. Kết cấu giàn thép

Hình 1.4. Kết cấu móng nổi bằng vật liệu composit

Hình 1.5. Kết cấu móng nổi bằng các thùng bê tông lắp ghép

Trong phạm vi đề tài sẽ trình bày các lý thuyết tính toán móng nổi công trình biển cấu tạo từ các phao bê tông thanh polyme cốt sợi theo điều kiện bền, điều kiện ổn định của kết cấu móng nổi trụ điện dưới tác dụng của các loại tải trọng.

1.2. Ưu nhược điểm của kết cấu móng nổi bê tông thanh composit polyme

Ưu điểm: phù hợp cho các khu vực nước sâu, địa chất yếu, mực nước dao động nhiều. Giá thành rẻ hơn nhiều lần so với kết cấu cố định, có tính cơ động cao, dễ dàng bổ xung thay đổi kích thước và di chuyển. Có thể chế tạo với các điều kiện bị khống chế, tốc độ thi công nhanh, ở các khu vực xa hiện trường. Ngoài ra, kết cấu móng cọc đài cao bê tông cốt thép truyền thống thường bị xâm thực của nước biển dẫn đến ăn mòn cốt thép nghiêm trong chỉ sau một thời gian ngắn công trình đi vào khai thác sử dụng. (Hình 1.6. Một số hình ảnh kết cấu bê tông cốt thép truyền thống bị ăn mòn sau 10-20 năm sử dụng)

Hình 1.6. Một số hình ảnh kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn

Nhược điểm: dễ mất ổn định khi hoạt tải khai thác lớn, điều kiện tự nhiên bất lợi như sóng, gió và dòng chảy lớn dẫn đến khó khăn hoặc không đảm bảo cho việc neo giữ móng nổi.

1.3. Nhiệm vụ cơ bản của bài toán tính toán móng nổi.

Do công trình nghiên cứu là kết cấu nổi, chịu tác dụng của tải trọng thay đổi theo thời gian nên nhiệm vụ cơ bản của bài toán tính toán móng nổi bao gồm:

+ Xác định các tải trọng, tổ hợp tải trọng tác dụng lên công trình

+ Kiểm tra độ bền: Xác định nội lực do các tổ hợp tải trọng gây ra để căn cứ vào đó mà kiểm tra khả năng chịu lực của công trình. Việc tính toán nội lực lên móng nổi được thực hiện bằng phần mềm SAP2000.

+ Kiểm tra độ ổn định của móng nổi: Xác định ổn định tĩnh và ổn định động để công trình có thể sử dụng bình thường trong các điều kiện bất lợi về sóng, gió, dòng chảy.

1.4. Các loại tải trọng và tổ hợp tải trọng tác dụng lên công trình.

Kết cấu móng nổi được thiết kế với các tải trọng sau đây:

+ Tải trọng bản thân (tĩnh tải);

+ Tải trọng do người, phương tiện (hoạt tải);

+ Tải trọng sóng (tải trọng động);

+ Tải trọng gió (tải trọng động);

+ Tải trọng dòng chảy (tải trọng động);

Quá trình thiết kế bao gồm đánh giá khả năng của kết cấu để có thể chịu được tất cả các loại tải trọng trên, khả năng nổi và ổn định của móng nổi.

Trong tính toán cường độ theo điều kiện bền các tải trọng được tính toán với chu kỳ lặp lại một lần trong 100 năm với các tải trọng sóng, gió bão và dòng chảy.

Tổ hợp tải trọng tác dụng lên công trình bao gồm các tổ hợp như sau:

+ Tổ hợp tải trọng cơ bản bao gồm*:* tĩnh tải + hoạt tải (TH1); tĩnh tải + hoạt tải + tải trọng động (TH2..TH9).

+ Tổ hợp bao nội lực: bao nội lực của tất cả các trường hợp từ TH1 đến TH9.

Tổ hợp tải trọng cơ bản có một tải trọng tạm thời thì giá trị giá trị của tải trọng tạm thời được lấy toàn bộ. Nếu có từ 2 tải trọng tạm thời trở lên thì giá trị tính toán của tải trọng tạm thời hoặc các nội lực tương ứng của chúng phải được nhân với hệ số tổ hợp sau:

- Tải trọng tạm thời dài hạn và tải trọng tạm thời ngắn hạn nhân với hệ số n = 0,90;

Giá trị tiêu chuẩn của từng loại tải trọng được quy định trên cơ sở quan trắc những yếu tố tạo ra tải trọng đó và chỉnh biên các số liệu quan trắc bằng phương pháp xác suất thống kế. Giá trị tính toán của tải trọng được xác định bằng cách nhân giá trị tiêu chuẩn với hệ số vượt tải n. Nếu việc giảm nhỏ trị số của một tải trọng nào đó sẽ ảnh hưởng xấu đến khả năng chịu tải của công trình hoặc từng bộ phận công trình thì giá trị tính toán của tải trọng đó được xác định bằng cách nhân giá trị tiêu chuẩn với số nghịch đảo của hệ số vượt tải (1/n).

CHƯƠNG 2:

TÍNH TOÁN KẾT CẤU MÓNG TRỤ ĐIỆN NỔI CẤU TẠO BÊ TÔNG THANH POLYME CỐT SỢI THỦY TINH

2.1 Các đặc trưng của vật liệu

Bê tông: là loại bê tông mác cao theo công nghệ đúc rót, thành phần cấp phối của bê tông được thiết kế bởi Viện Chuyên ngành Bê tông thuộc viện Khoa học Công nghệ Xây dựng Việt Nam (IBST). Các vật liệu chính bao gồm: đá 0x5, cát hạt thô, phụ gia tro bay, phụ gia hóa dẻo, silicafum, cho phép tạo ra hỗn hợp bê tông dùng ít nước nhưng có tính công tác tốt (độ sụt > 20 cm) và có khả năng chịu nén cao (Cường độ chịu nén của mẫu khi đúc sau một tuần tuổi đạt 65 Mpa).

Thanh polyme cốt sợi: các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của thanh composite polyme dùng để thay thế cho cốt thép thường được trình bày trong bảng 2.1. Chi tiết tương ứng với các loại đường kính khác nhau đề nghị tham khảo chi tiết [1].

Bảng 2.1. Các đặc trưng của cốt FRP

Tên chỉ tiêu	Giá trị tiêu chuẩn	
	GFRP	BFRP
1. Ứng suất phá hoại khi uốn tĩnh ngang sợi, MPa, không nhỏ hơn	1200	1400
2. Ứng suất phá hoại khi kéo, MPa, không nhỏ hơn:		
a) Đối với đường kính từ 4mm đến 8mm	1500	1600
b) Đối với đường kính từ 10mm đến 14mm	1400	1500
3. Độ dãn dài tương đối khi đứt,%, không nhỏ hơn	2,2	2,2
4. Mô đun đàn hồi khi kéo, MPa, không nhỏ hơn	75000	90000
5. Khả năng chịu va đập ngang sợi, KJ/m^2, không nhỏ hơn	350	350
6. Khả năng chịu nung nóng tức thời:		
trong 24 giờ, ^{0}C, không nhỏ hơn	200	230
trong 5 giờ, ^{0}C, không nhỏ hơn	220	250
7. Độ thấm nước,%, không lớn hơn	0,2	0,2

2.2 Tính toán kết cấu phao theo điều kiện bền

2.2.1 Tính nội lực khung dầm ngang của phao nổi

Sơ đồ tính thể hiện trên hình 2.1, các góc C,D nối cứng, không có thanh đỉnh. Phao chịu tác dụng của các tải trọng: trọng lượng bản thân; áp lực nước ở hai bên và dưới đáy; các tải trọng đặt trên phao như người, thiết bị… Vì chiều dài L của phao lớn hơn nhiều so với chiều rộng B của phao, nên nội lực khung dầm ngang được phép xét cho bài toán phẳng; ứng với các tải trọng tác dụng vào đoạn bằng a – khoảng cách giữa các khung dầm ngang. Mô men tại nút C và D do tải trọng nước [2] là:

$$M_1 = \gamma.T.a.\frac{T}{2}.\frac{T}{3} = \frac{\gamma.a.T^3}{6}$$

Trong đó:

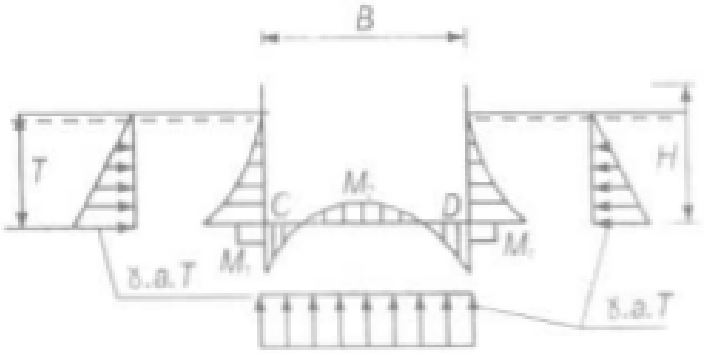
γ : Trọng lượng riêng của nước

T : Mớn nước ponton

Còn các mô men tại điểm giữa khung (dầm đáy) cũng chỉ do tác dụng của nước

$$M_2 = \frac{\gamma.T.a.B^2}{8} - \frac{\gamma.a.T^3}{6} = \frac{\gamma.T.a.}{24}(3B^2 - 4T^2)$$

Với B : Chiều rộng đáy phao



Hình 2.1. Sơ đồ tính nội lực ngang của phao nhỏ

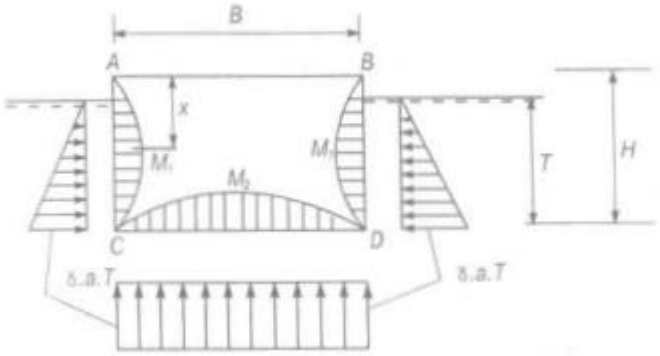
Tuy có nhiều tải trọng đồng thời tác dụng vào khung dầm ngang, song ứng với M_1 và M_2 có giá trị nguy hiểm nhất chỉ có áp lực nước.

2.2.2 Tính nội lực khung dầm ngang của phao vừa

Đối với poton vừa, để tránh xoắn trong quá trình làm việc, tại các góc A, B, C, D nên nối khớp (Hình 2.2) . Các dầm AB, CD, AC, BD được tính như dầm đơn giản. Xét cho áp lực nước, mô men lớn nhất tại hai dầm bên cách đỉnh một đoạn [2]:

$$x = (H - T) + T.\sqrt{\frac{T}{3.H}}$$

$$M_1 = \frac{\gamma.a.T^3.x}{6.H} - \frac{(x - H + T)^3.\gamma.a}{6}$$



Hình 2.2. Sơ đồ tính nội lực khung dầm ngang của phao vừa

Mô men M_2 tại điểm giữa dầm đáy:

$$M_2 = \frac{\gamma.a.T.B^2}{8}$$

Các lực dọc trong các cấu kiện của khung dầm ngang AC hoặc BD

$$N_1 = \frac{\gamma.a.T.B}{2}$$

Lực dọc trong các cấu kiện của khung dầm đáy CD

$$N_2 = \frac{\gamma.a.T^2}{6H}.(3H - T)$$

Lực dọc trong các cấu kiện của khung dầm đỉnh AB

$$N_3 = \frac{\gamma.a.T^3}{6H}$$

2.2.3 Tính nội lực khung dầm ngang của phao lớn

Về mặt cấu tạo khung dầm ngang của phao lớn khác với khung dầm ngang của phao vừa và nhỏ là có thêm thanh đứng ở giữa EG, FK và liên kết ở các nút chủ yếu là khớp. Về nguyên tắc dầm đáy CGKD được tính như dầm liên tục, các thanh còn lại đều là thanh đơn giản khớp cả hai đầu. Hai giá trị x và M_1 xác định như trên, còn M_2 và M_3 theo các công thức dầm liên tục với tải trọng phân bố đều [2]:

$$q = \gamma.a.T$$

Ngoài các khung dầm của phao, khung dầm dọc và vỏ bọc cũng như các cấu kiện khác được tính theo nguyên tắc chung của cơ học công trình. Khi tính toán dầm dọc có thể coi phao phía trên chịu tác dụng của tải trọng cố định, các hoạt tải p, phía dưới chịu tác dụng của áp lực nước W rồi tiến hành phân tích biểu đồ P và W ta sẽ có lực cắt và mô men.

2.3 Tính toán kết cấu theo điều kiện ổn định nổi

Phao nổi trên mặt nước, nên bắt buộc phải kiểm tra ổn định nổi khi phao làm việc, thậm chí cả khi phao không làm việc. Tính nổi là một đặc điểm của phao, xác định khả năng của nó chống lại các nguyên nhân làm nghiêng phao khỏi vị trí cân bằng.

Tính toán ổn định nổi bao gồm:

- Tính ổn định nổi tĩnh
- Tính ổn định nổi động
- Điều kiện ổn định nổi của phao

2.3.1 Tính ổn định nổi tĩnh của phao

Tính ổn định nổi tĩnh, xét trường hợp phao nghiêng do tải trọng tĩnh gây ra. Để đánh giá khả năng trở về vị trí cân bằng, người ta nghiên cứu 4 vấn đề cụ thể sau:

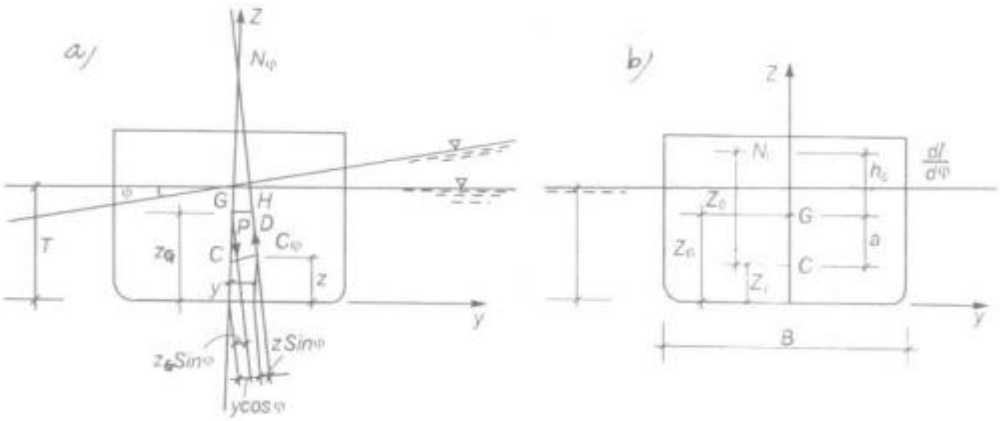
- Ổn định nổi tĩnh ngang
- Ổn định nổi tĩnh dọc
- Cách tính thực hành ổn định nổi tĩnh
- Đồ thị ổn định nổi tĩnh

a1, Ổn định nổi tĩnh ngang

Giả sử dưới tác dụng của ngoại lực phao bị nghiêng khỏi vị trí cân bằng một góc φ, phần thân phao ngâm dưới nước thay đổi tạo ra sự chuyển dịch từ trọng tâm G tới H, tâm nổi C tới vị trí C_φ. Như vậy, xuất hiện tâm ngang tức thời N_φ (tâm định khuynh) là giao điểm đường thẳng nối $C_\varphi H$ với trục đối xứng CG. Điểm C di chuyển tới C_φ theo một đường cong nhất định gọi là đường cong tâm nổi. Trên phao có 2 lực tác dụng:

- P : Tổng hợp các trọng lượng của phao, trọng lượng thiết bị hướng từ trên xuống đặt tại G
- D: tổng hợp các lực đẩy nổi hướng từ dưới lên, đặt tại C_φ

Cặp lực P và D bằng nhau, song song với nhau và ngược chiều nhau tạo thành 1 ngẫu lực, hình thành mômen phục hồi hay mô men ổn định tĩnh ngang $M_{p(y)}$



Hình 2.3. a - Sơ đồ vị trí tâm nổi thay đổi khi phao nghiêng ngang

B - Sơ đồ xác định chiều cao tâm nghiêng ban đầu của phương ngang

Từ nghiên cứu của các tác giả [2], ta có :

$$M_{p(y)} = P.\overline{N_\varphi.G}.sin\varphi \quad (1)$$

Theo toán hình học:

$$\overline{N_\varphi.G}.sin\varphi = \overline{G.H} = z.sin\varphi + y.cos\varphi - z_G.sin\varphi \quad (2)$$

Gọi l là cánh tay đòn ổn định nổi tĩnh ngang, ta có:

$$l = z.sin\varphi + y.cos\varphi - z_G.sin\varphi \quad (3)$$

Đặt:

$$l_c = z.sin\varphi + y.cos\varphi$$

Đây là hàm số của góc nghiêng φ và tọa độ tâm nổi C, nghĩa là phụ thuộc vào hình dạng phần thân tàu ngâm dưới nước và được gọi là cánh tay đòn ổn định hình dạng.

Đặt:

$$l_G = z_G.sin\varphi$$

Đây là hàm số phụ thuộc vào và chiều cao của trọng tâm G (trọng lượng ponton và hàng hóa), được gọi là cánh tay đòn ổn định trọng lượng.

Suy ra,

$$l = l_c - l_G$$

Lấy đạo hàm 2 vế phương trình (3) theo φ và φ → 0 ta tìm được chiều cao tâm định khuynh tổng quấy h_φ và chiều cao tâm định khuynh ban đầu h_0:

$$h_\varphi = \frac{dl}{d\varphi} = \frac{dz}{d\varphi}.sin\varphi + z.cos\varphi + \frac{dy}{d\varphi}.cos\varphi - y.sin\varphi - z_G.cos\varphi$$

$$h_o = \left(\frac{dl}{d\varphi}\right)_{\varphi\to 0} = z.cos\varphi + \frac{dy}{d\varphi}.cos\varphi - z_G.cos\varphi$$

$$h_o = \frac{dy}{d\varphi} - (z_G - z) = r_o - a$$

Với a : Khoảng cách giữa trọng tâm và tâm nổi

r_0 : Bán kính tâm nghiêng ngang hoặc bán kính định khuynh

Nếu phao hình hộp chữ nhật:

$$r_o = \frac{I_y}{V} = \frac{B^2}{12.T}$$

Nếu phao có hình dạng phức tạp:

$$r_o = \frac{\propto + \propto^3}{24} . \frac{B^2}{\sigma . T}$$

Với B: Chiều rộng phao

T : mớn nước phao

α : Hệ số diện tích mặt đường nước, là tỷ số giữa diện tích mặt bằng phao nơi đường mớn nước với diện tích hình chữ nhật bao quanh nó.

δ : Hệ số thể tích chiếm nước, là tỷ số giữa thể tích chiếm nước của phao với thể tích hình hộp chữ nhật bao quanh phần dưới nước của nó.

Ứng với vị trí nghiêng ban đầu (φ = 0), tâm nghiêng N_o (hình 3b) luôn nằm dưới tâm nghiêng N_φ (φ ≠ 0).

Công thức (1) được rút gọn:

$$M_{p(y)} = P.h_o.sin\varphi \qquad (4)$$

a2, Ổn định nổi tĩnh dọc:

Về nguyên tắc tính, ổn định nổi tĩnh dọc tương tự như ổn định nổi tĩnh ngang, mô men phục hồi $M_{p(y)}$:

$$M_{p(y)} = P.H_o.sin\psi$$

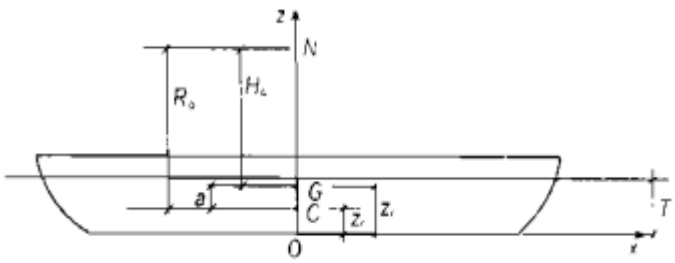
ψ : Góc nghiêng dọc phao

H_o: chiều cao tâm nghiêng ban đầu khi nghiêng dọc

$$H_o = N_o.G = Z_c + R_o - Z_G = R_o - (Z_G + Z_c) = R_o - a$$

a : Khoảng cách giữa trọng tâm và tâm nổi

R_o : Bán kính tâm nghiêng dọc ban đầu hoặc bán kính định khuynh dọc



Hình 2.4. Sơ đồ xác định chiều cao tâm nghiêng ban đầu khi nghiêng dọc

a3, Cách tính thực hành ổn định nổi tĩnh:

Để tính ổn định nổi tĩnh với 2 góc φ, ψ thỏa mãn điều kiện:

$$10^o \geq \varphi \geq \psi$$

Có thể giả thiết:

- Đường cong tâm nổi là một cung tròn tâm N_o bán kính bằng tâm nghiêng ban đầu h_o hoặc H_o
- Tâm nghiêng N_o không thay đổi vị trí mà nằm trên mặt phẳng đối xứng của tâm phao.
- $tg\varphi \approx sin\varphi \approx \varphi$ và $tg\psi \approx sin\psi \approx \psi$

Nên:

$$l = h_o sin\varphi$$

$$M_{p(y)} = P.h_o.\varphi$$

$$M_{p(y)} = P.H_o.\psi$$

Mô men làm nghiêng phao 1 độ hoặc mô men làm nghiêng phao 1cm theo phương dọc (gọi là Mô men đơn vị)

$$M_{1^o} = P.h_o.sin(1^o) = 0{,}0175.P.h_o$$

$$M_{1cm} = 0{,}01.\frac{P.H_o}{L} = 0{,}01.\gamma.\frac{I_x}{L}$$

Với , L : Chiều dài ponton (m)

γ : Trọng lượng riêng của nước (N/m^3)

I_x : Mô men quán tính của phao đối với trục ngang (m^4)

Giả sử dưới tác dụng của một nguyên nhân nào đó, phao chịu một mô men nghiêng ngang M_n hoặc một mô men nghiêng dọc M_d, góc nghiêng ngang φ và độ chúi dọc của phao (t) xác định theo công thức:

$$\varphi = \frac{M_n}{M_{1^o}} = \frac{M_n}{0{,}0175.P.h_o}$$

$$t = \frac{M_d}{M_{1cm}} = \frac{M_d.L}{0{,}01.\gamma.I_x}$$

So sánh với góc nghiêng ngang φ giới hạn và độ chúi dọc của phao t tối đa để kiểm tra ổn định nổi.

a4, Đồ thị đườngcong ổn định nổi tĩnh:

Ta có:

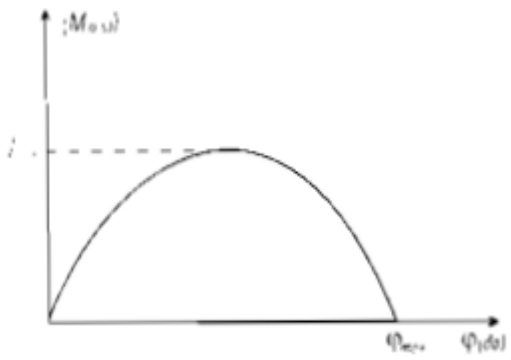
$$M_{p(y)} = P.\overline{N_\varphi.G}.sin\varphi = P.l$$

Với: $l = z.sin\varphi + y.cos\varphi - z_G.sin\varphi = f(\varphi)$

Nên :

$$M_{p(y)} = f(\varphi)$$

Dùng tạo độ Đề các với trục hoành là biến φ, trục tung là cánh tay đòn ổn định nổi tĩnh l vừa là mô men phục hồi Mp(y), ta vẽ được đường cong ổn định hình 2.5.



Hình 2.5. Đồ thị đường cong ổn định nổi tĩnh l = f(φ)

Từ đường cong l = f(φ) ta rút ra được kết luận:

- Vị trí có cánh tay đòn l_{max} tại đỉnh đường cong
- Phạm vi ổn định được giới hạn tới điểm cắt của đường cong với trục hoành.

2.3.2 Tính ổn định nổi động

Trong ổn định nổi động, đại lượng gây ra nghiêng phao là đại lượng biến thiên theo thời gian, do đó số đo tính ổn định động là công của mô men phục hồi sinh ra để chống lại sự nghiêng do mô men ngoại lực tạo ra.

Gọi φ : Góc nghiêng động

$A_n(\varphi)$ – Công do mô men nghiêng M_n sinh ra;

$$A_n(\varphi) = \int_0^1 M_n(\varphi)d\varphi \qquad (6)$$

$A_n(\varphi)$ – Công do mô men phục hồi M_p sinh ra.

$$A_p(\varphi) = \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi = P\int_0^{\varphi} l(\varphi)d\varphi \qquad (7)$$

Khi đó:

$$A_n(\varphi) = A_n(\varphi) \qquad (8)$$

$$\int_0^1 M_n(\varphi)d\varphi = P\int_0^{\varphi} l(\varphi)d\varphi \qquad (9)$$

Đặt: $l_d = \int_0^{\varphi} l(\varphi)d\varphi$ - Cánh tay đòn ổn định nổi động.

Như vậy cánh tay đòn ổn định nổi động là đường cong tích phân của đường cong ổn định nổi tĩnh.

$$l = z.sin\varphi + y.cos\varphi - z_G.sin\varphi \qquad (10)$$

$$l_d = \int_0^{\varphi} (z.sin\varphi + y.cos\varphi - z_G.sin\varphi)d\varphi$$

$$l_d = -z.cos\varphi|_0^{\varphi} + y.sin\varphi|_0^{\varphi} + z_G.cos\varphi|_0^{\varphi}$$

$$l_d = -z.cos\varphi + z.\cos 0 + y.sin\varphi - y.\sin 0 + z_G.cos\varphi - z_G.cos0$$

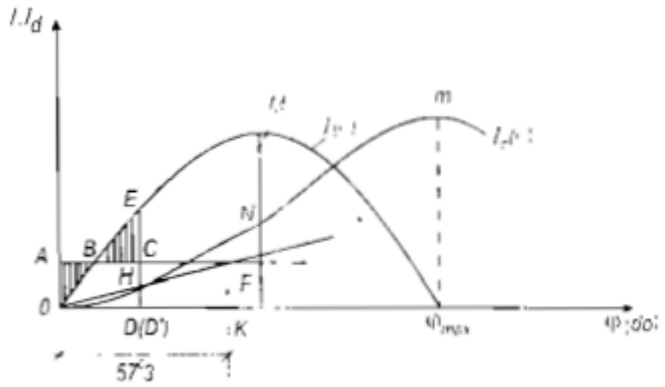
$$l_d = -z.cos\varphi + z + y.sin\varphi + z_G.cos\varphi - z_G$$

$$l_d = y.sin\varphi + (z_G - z).cos\varphi - (z_G - z)$$

$l_d = y.sin\varphi + (z_G - z).(cos\varphi - 1)$

Đặt: $(z_G - z) = a$ - Khoảng cách giữa trọng tâm và tâm nổi, nên:

$$l_d = y.sin\varphi + a.(cos\varphi - 1) \qquad (11)$$



Hình 2.6. Các đồ thị đường cong ổn định nổi tĩnh l = f(φ) và đường cong ổn định nổi động l_d = f(φ)

Trên hình 6 là đường cong ổn định nổi tĩnh l = f(φ) và đường cong ổn định nổi động l_d = f(φ) . Hai đường cong có quan hệ tương tác với nhau và có đặc điểm sau:

- Điểm gốc toạ độ (0,0), trục hoành là tiếp tuyến đường cong l_d = f(φ)
- Đường cong l_d = f(φ) có điểm uốn N ứng với điểm cực đại M của đường cong l = f(φ)
- Điểm cực đại M của đường cong l_d = f(φ) ứng với giao điểm của l = f(φ) với trục hoành tại φ_{max}

Dựa vào đồ thị đường cong ổn định nổi tĩnh và động trên hình 6, có thể tìm được góc nghiêng độngφ bằng 1 trong 2 cách sau:

Cách 1: Theo đường cong l = f(φ)

Giả sử có mô men nghiêng động $M_{nđ}$ = const. Trên trục tung đặt đoạn $\overline{OA} = \frac{M_{nđ}}{P}$. Vẽ đường thẳng qua A song song với trục hoành cắt đường cong l = f(φ) tại B. Dựng đường thẳng vuông góc DCE sao cho diện tích OAB bằng

diện tích BCE. Điểm D chính là điểm xác định góc nghiêng động φ ứng với $M_{nđ}$ đã biết.

Cách 2: Theo đường cong $l_d = f(\varphi)$

Trên trục hoành lấy điểm K cách O một khoảng bằng 1 radian (ứng với góc $\varphi = 57^o3$) dựng một đường thẳng song song với trục tung. Lấy $\overline{KF} = \frac{M_{nđ}}{P}$ và nối $\overline{OF}$. Đường thẳng $\overline{OF}$cắt đường cong $l_d=f(\varphi)$ tại H. Từ H kẻ đường vuông góc xuống trục hoành và cắt tại D' (trùng với D). Điểm D' xác định góc nghiêng động φ.

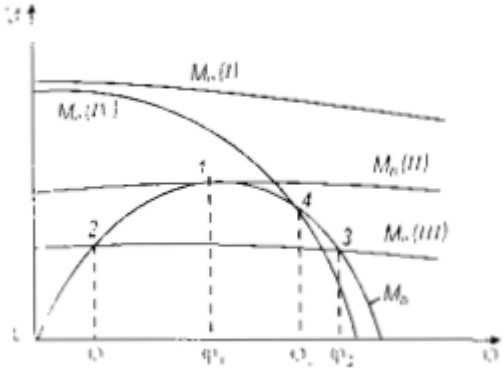
2.3.3 Điều kiện ổn định nổi của phao

Nghiên cứu điều kiện nổi của phao, người ta quy về 3 trường hợp:

- Điều kiện ổn định nổi tĩnh
- Điều kiện ổn định nổi ban đầu
- Điều kiện ổn định nổi động

c1. Điều kiện ổn định nổi tĩnh

Lần lượt phân tích quan hệ giữa một trong 4 đường cong mô men nghiêng I, II, III, IV với các đường cong mô men phục hồi M_p trên hình 7.



Hình 2.7. Sơ đồ phân tích điều kiện ổn định nổi tĩnh

- Trên đường I: $M_n > M_p$ phao mất ổn định
- Trên đường II: $M_n > M_p$ trừ điểm 1 có $M_n = M_p$ và $\frac{dM_n}{d\varphi} = \frac{dM_p}{d\varphi}$ các điểm khác $\frac{dM_n}{d\varphi} > \frac{dM_p}{d\varphi}$ nên phao vẫn mất ổn định.

- Trên đường III: đường cong M_n cắt đương cong M_p tại hai điểm 2, 3

Điểm 2 được gọi là vị trí cân bằng bền vững, vì : $M_n = M_p$ và $\frac{dM_n}{d\varphi} < \frac{dM_p}{d\varphi}$

Điểm 3 được gọi là vị trí cân bằng không bền, vì : $M_n = M_p$ và $\frac{dM_n}{d\varphi} > \frac{dM_p}{d\varphi}$

- Trên đường IV, đường cong M_n cắt đương cong M_p tại điểm 4. Đoạn trên $M_n > M_p$ phao mất ổn định, đoạn dưới có $M_n < M_p$ và $\frac{dM_n}{d\varphi} < \frac{dM_p}{d\varphi}$ phao cân bằng bền vững.

Vậy phao ổn định khi:

$$M_n \leq M_p \text{ và } \frac{dM_n}{d\varphi} < \frac{dM_p}{d\varphi}$$

Phao không ổn định khi:

$$M_n > M_p \text{ và } \frac{dM_n}{d\varphi} \geq \frac{dM_p}{d\varphi}$$

c2. Điều kiện ổn định nổi ban đầu

Ở vị trí ban đầu, $M_n = 0$ và $\frac{dM_n}{d\varphi} = 0$. Nên nếu $M_p = 0$ và $\frac{dM_p}{d\varphi} > 0$ là điều kiện đủ để phao ổn định nổi ban đầu, hay:

- Phao cân bằng bền vững khi tâm nghiêng N_o nằm trên trọng tâm G
- Phao cân bằng trung hoàn khi tâm nghiêng N_o trùng với trọng tâm G
- Phao mất cân bằng khi tâm nghiêng N_o nằm dưới trọng tâm G

c3. Điều kiện ổn định nổi động

Khi phao nghiêng dưới tác động của mô men nghiêng ngang M_n với tốc độ góc $\frac{d\varphi}{dt}$ nhất định và tiếp tục nghiêng tới φ_{max} khi $\frac{d\varphi}{dt} = 0$. Để phao trở lại vị trí cân bằng thì gia tốc $\frac{d^2\varphi}{dt^2} < 0$ (t : Thời gian nghiêng)

Phương trình chuyển động của phao:

$$I.\frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_n(\varphi) - M_p(\varphi)$$

Với I – mô men quán tính

Nhân hai vế với tốc độ góc $\frac{d\varphi}{dt}$ rồi chuyển dt sang vế phải:

$$I.\frac{d^2\varphi}{dt^2}.\frac{d\varphi}{dt} = [M_n(\varphi) - M_p(\varphi)].\frac{d\varphi}{dt}$$

$$I.\frac{d^2\varphi}{dt^2}.d\varphi = [M_n(\varphi) - M_p(\varphi)].d\varphi$$

Lấy tích phân đối với φ, ta được:

$$\frac{1}{2}I.\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 = \int_0^{\varphi} M_n(\varphi)d\varphi - \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi$$

Suy ra:

$$\frac{d\varphi}{dt} = 0 \;\; khi \int_0^{\varphi} M_n(\varphi)d\varphi = \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} < 0 \;\; \text{khi } M_n(\varphi) < M_p(\varphi)$$

Kết luận:

- Phao ổn định động khi: $\int_0^{\varphi} M_n(\varphi)d\varphi = \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi$ và $M_n < M_p$
- Phao mất ổn định động khi :

$$\int_0^{\varphi} M_n(\varphi)d\varphi > \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi$$

Hoặc khi:

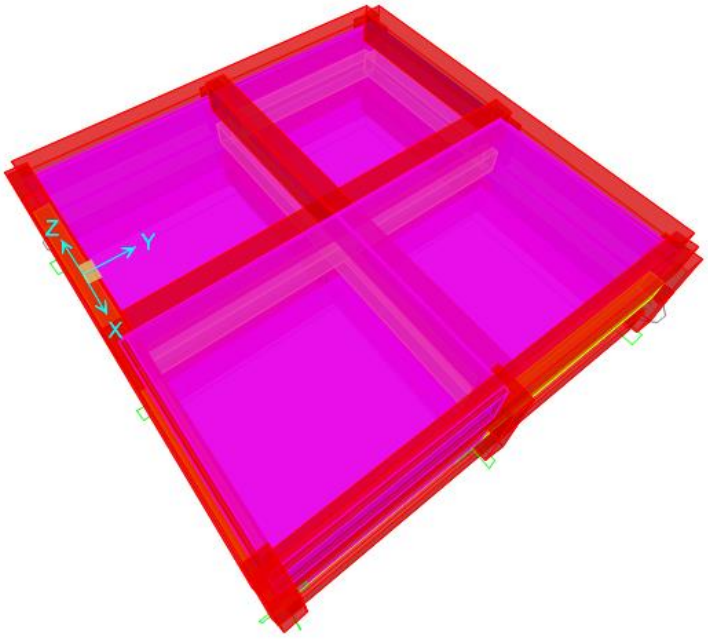
$$\int_0^{\varphi} M_n(\varphi)d\varphi = \int_0^{\varphi} M_p(\varphi)d\varphi \;\; \text{và } M_n \geq M_p$$

CHƯƠNG 3:

VÍ DỤ THIẾT KẾ KẾT CẤU MÓNG NỔI BẰNG PHẦN MỀM SAP 2000

3.1 Xác định các thông số hình học của mô hình

Các thông số hình học của mô hình kết cấu móng nổi được chọn tính toán như sau: dài x rộng x cao = 8m x 8m x 3m. Chiều dày bê tông của bản đáy, bản nắp và bản thành của móng nổi 0,1m. Kết cấu chịu lực chính của thùng móng nổi bao gồm hệ dầm ngang và dầm dọc bê tông cốt thanh composit polyme. Kích thước của dầm ngang như sau: dài x rộng x cao = 8m x 0,3m x 0,5m. Kích thước của dầm dọc như sau: dài x rộng x cao = 8m x 0,3m x 0,5m. Khoảng cách giữa các dầm ngang là 4m, Khoảng cách giữa các dầm dọc là 4m. Mô hình móng nổi trong Hình 3.1

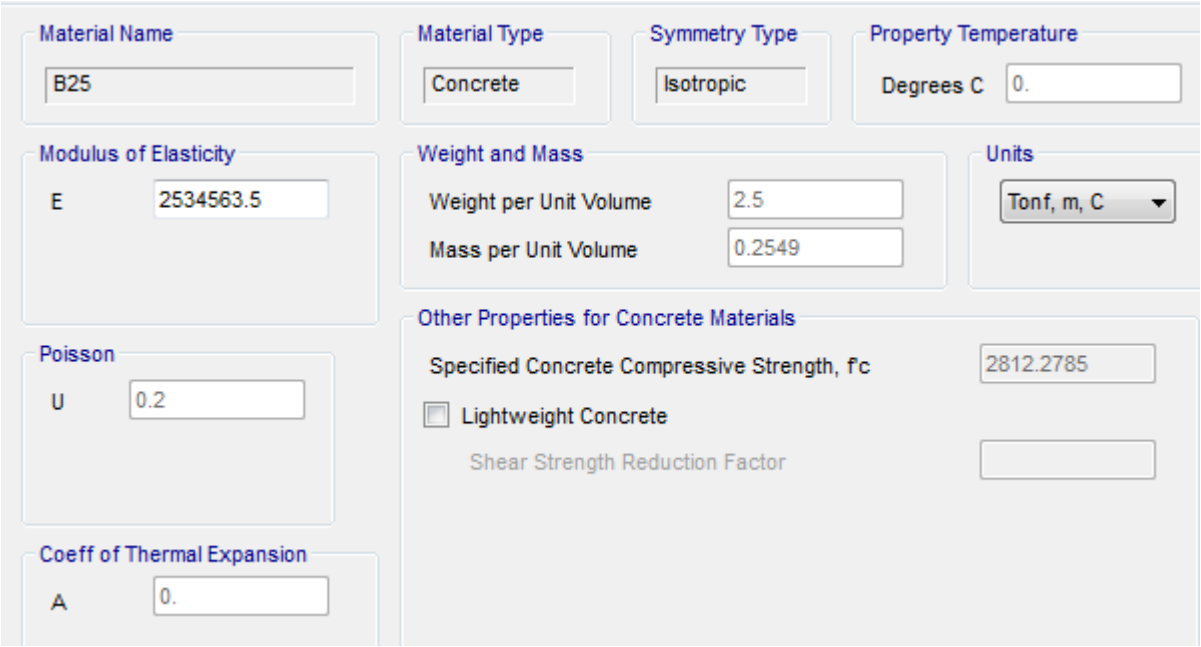


Hình 3.1 Mô hình hình học của móng nổi

3.2 Khai báo thông số vật liệu

3.2.1 Bê tông

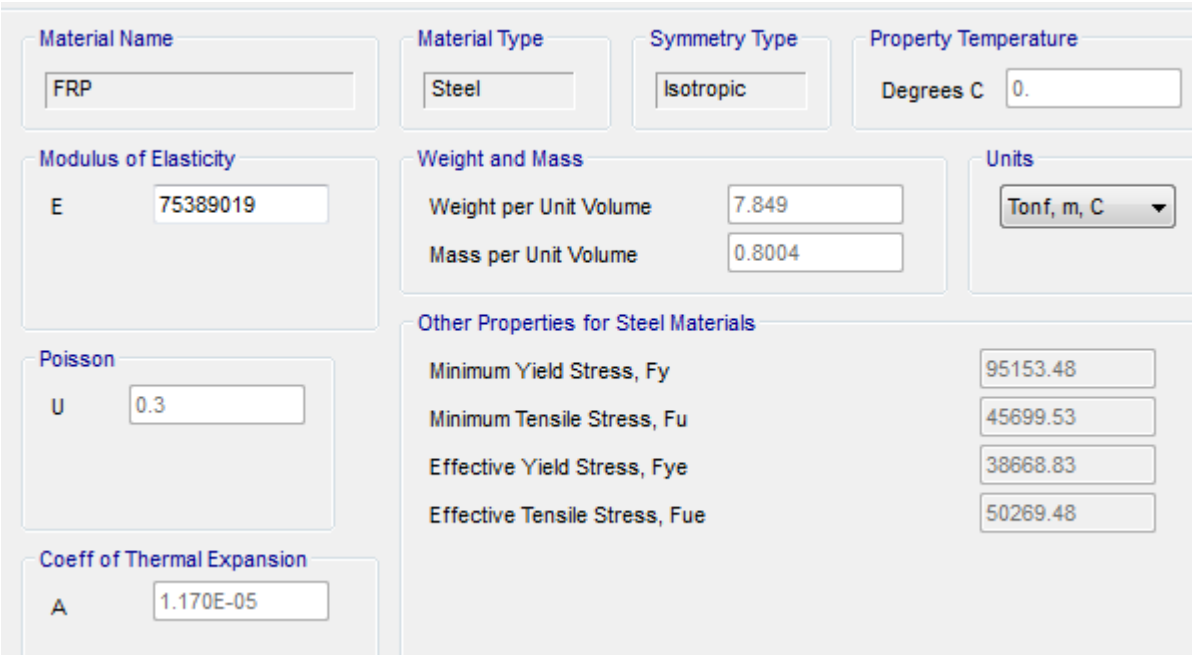
Cách khai báo vật liệu được tham khảo từ tài liệu [4]. Các chỉ tiêu cơ lý của bê tông được khai báo trong SAP2000 như hình 3.2



Hình 3.2 Khai báo vật liệu bê tông

3.2.2 Thanh Composit polyme

Các chỉ tiêu cơ lý của thanh polyme được khai báo trong SAP 2000 tương tự thép nhưng thay đổi các chỉ tiêu cơ lý như hình 3.3.



Hình 3.3 Khai báo vật liệu thanh FRP

3.3 Khai báo tải trọng và tổ hợp tải trọng

Tham khảo kết quả nghiên cứu của các tác giả [3], có thể thấy kết cấu móng nổi được thiết kế với các tải trọng sau đây:

+ Tải trọng bản thân (tĩnh tải);

+ Tải trọng do người, phương tiện (hoạt tải) q_{ht} =2T/m^2;

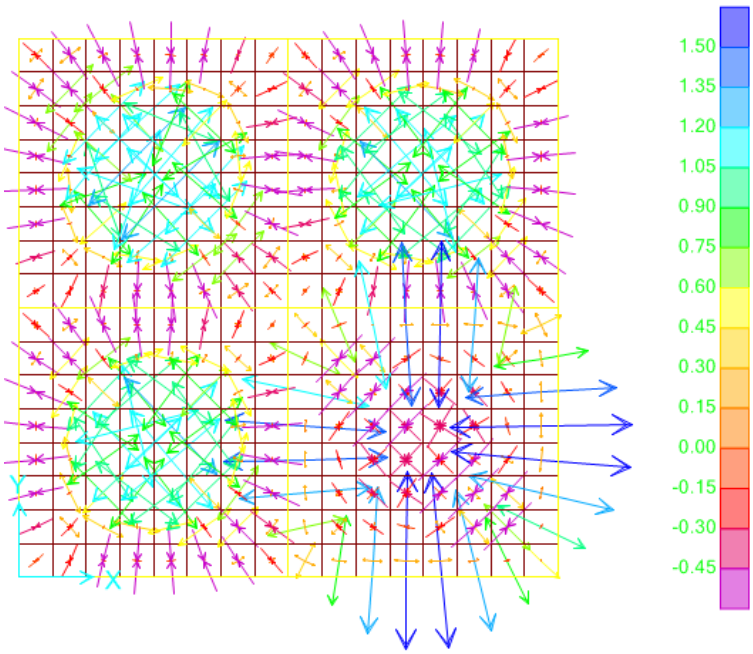
+ Tải trọng sóng (tải trọng động) lấy với chiều cao sóng h_s=1,0m;

+ Tải trọng gió (tải trọng động) gió hút 0,76 T/m^2 và gió hút 0,54T/m^2;

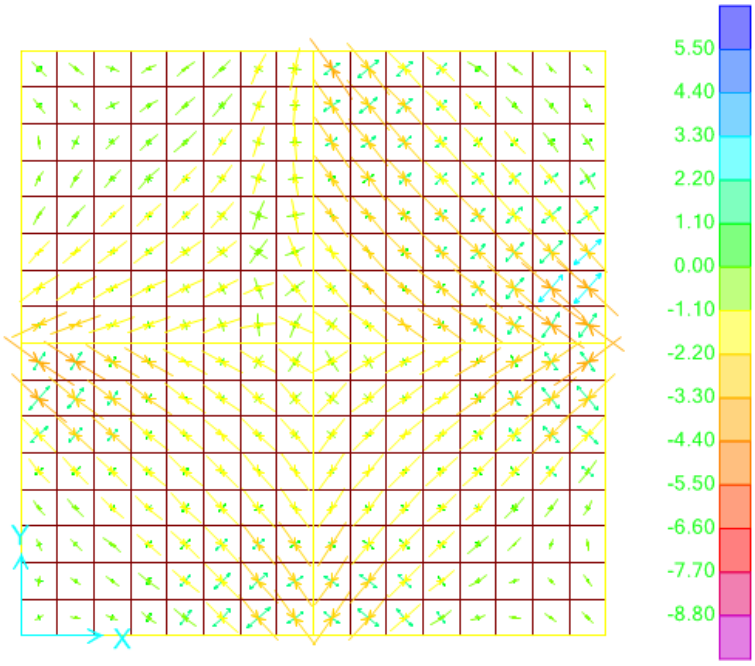
+ Tải trọng dòng chảy (tải trọng động) lấy với vận tốc dòng chảy v = 1,0 m/s;

3.4 Kết quả tính toán của mô hình

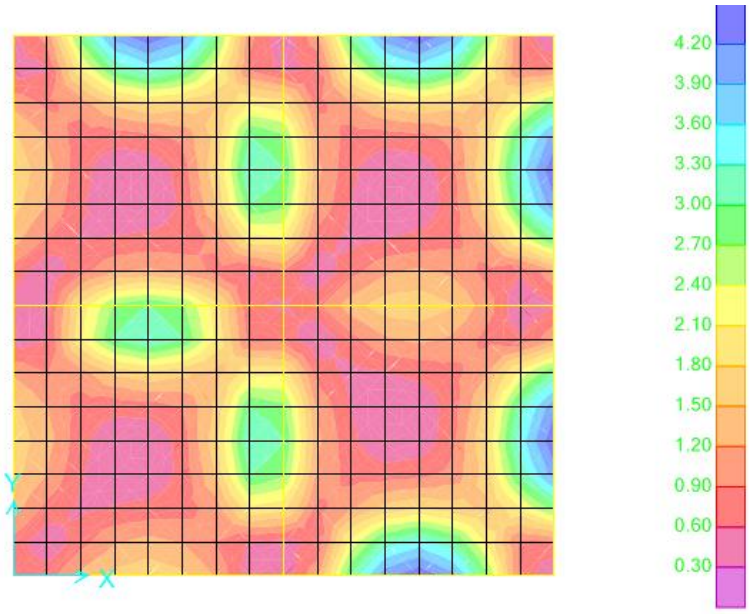
Kết quả nội lực mômen, lực màng và lực cắt của bản nắp được trình bày trong hình 3.4, hình 3.5 và hình 3.6.



Hình 3.4 Mô men của bản nắp

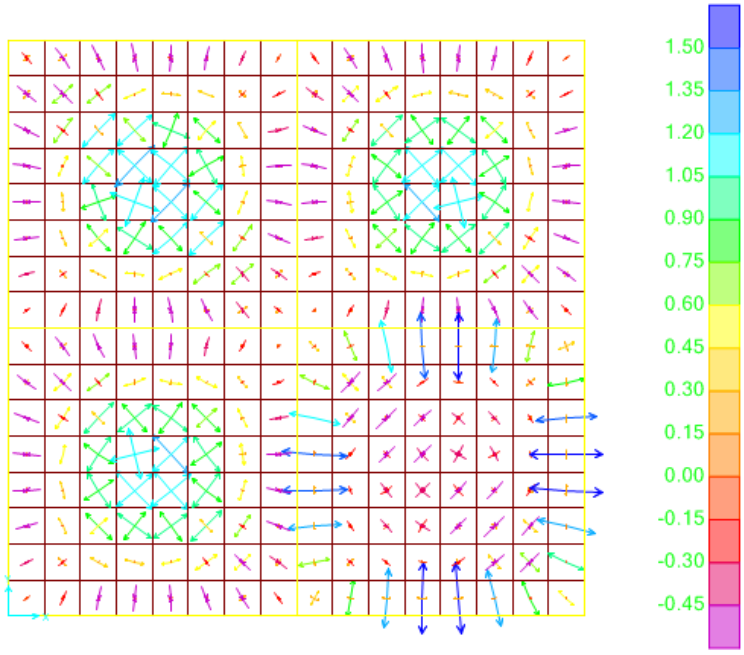


Hình 3.5 Lực dọc của bản nắp

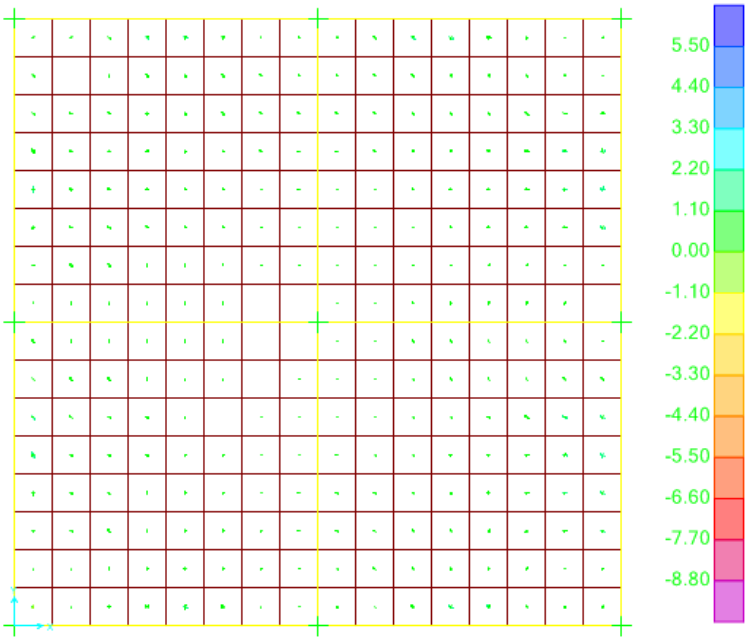


Hình 3.6 Lực cắt của bản nắp

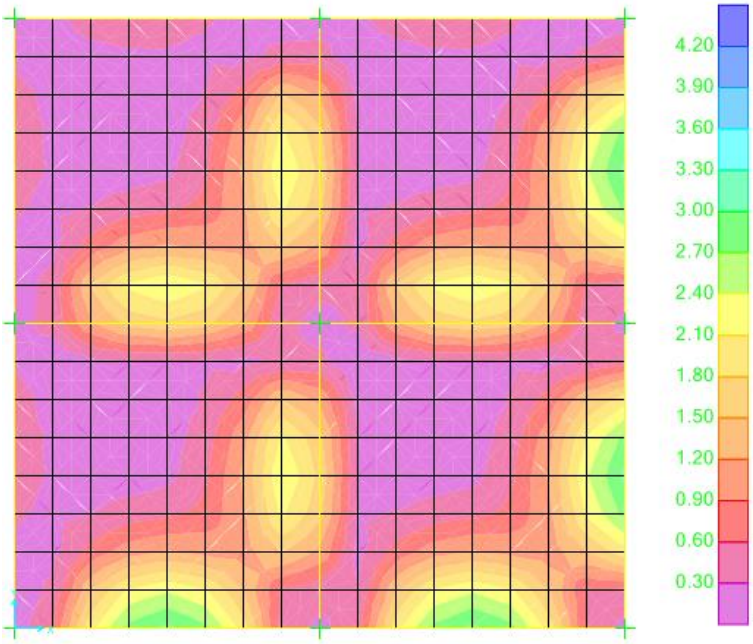
Kết quả nội lực mômen, lực màng và lực cắt của bản đáy được trình bày trong hình 3.7, hình 3.8 và hình 3.9.



Hình 3.7. Mô men của bản đáy

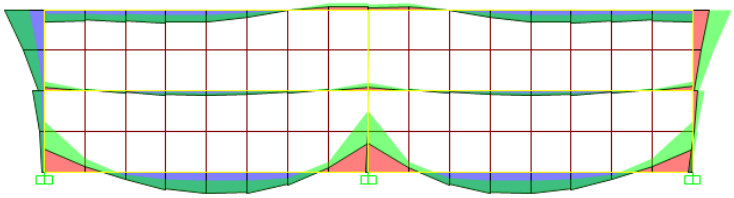


Hình 3.8. Lực màng của bản đáy

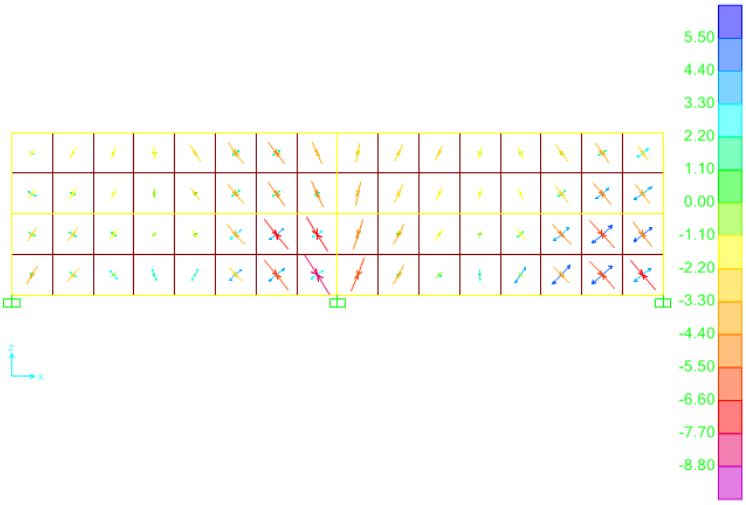


Hình 3.9. Lực cắt của bản đáy

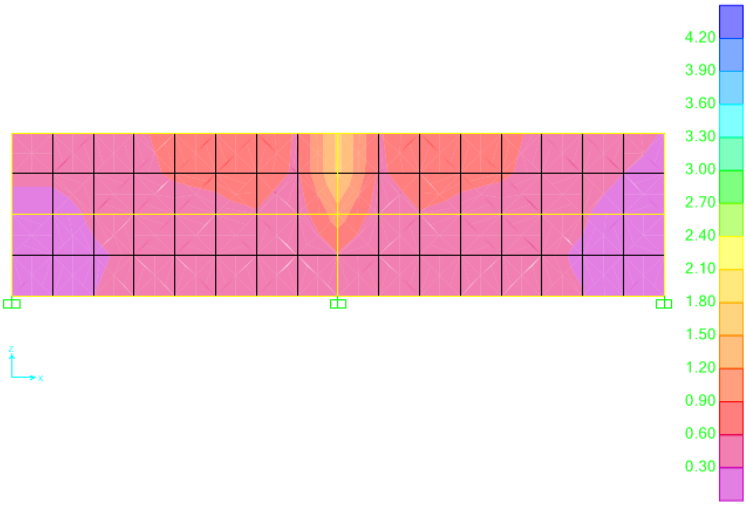
Kết quả nội lực mômen, lực màng và lực cắt của bản thành được trình bày trong hình 3.10, hình 3.11 và hình 3.12.



Hình 3.10. Mô men dầm của bản thành



Hình 3.11. Lực màng của bản thành



Hình 3.12. Lực cắt của bản thành

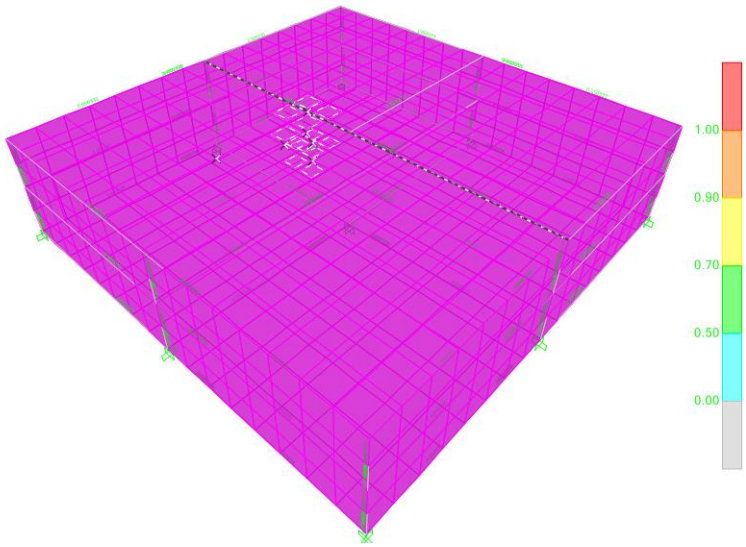
Kết quả tổ hợp nội lực trong bản và trong dầm dùng để tính cốt FRP được trình bày trong bảng 3.2 và 3.3. Kết quả tính toán hàm lượng thanh FRP trình bày trong hình 3.13

Bảng 3.2 Tổ hợp nội lực của bản.

Area	**AreaElem**	**ShellType**	**MMax**	**MMin**	**VMax**
Text	Text	Text	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf/m
25	25	Shell-Thin	-0.05872	-0.31434	0.574
156	156	Shell-Thin	2.62474	0.5171	4.458
156	156	Shell-Thin	2.62474	0.5171	4.458
157	157	Shell-Thin	2.62617	0.52116	4.464
157	157	Shell-Thin	2.62617	0.52116	4.457
184	184	Shell-Thin	2.65745	0.52885	4.481
184	184	Shell-Thin	2.65745	0.52885	4.474
192	192	Shell-Thin	2.6559	0.52334	4.474
192	192	Shell-Thin	2.6559	0.52334	4.474
212	212	Shell-Thin	2.51246	0.52223	4.441
212	212	Shell-Thin	2.51246	0.52223	1.765

Bảng 3.3. Tổ hợp nội lực của dầm.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m
6	4	COMB1	Combination		-12.9319	-1.8987	26.53983
6	4	COMB1	Combination		-12.9319	1.8987	26.53983
6	4	BAO	Combination	Max	-5.4113	-0.7899	26.53983
6	4	BAO	Combination	Max	-5.4155	1.8987	26.53983
34	1	COMB1	Combination		-25.9891	-29.924	38.79578
34	1	COMB6	Combination		-24.5862	-28.5527	36.36373
34	1	COMB7	Combination		-24.5827	-28.2883	36.57677
34	1	COMB8	Combination		-24.5731	-28.2691	36.56088
34	1	COMB9	Combination		-24.5862	-28.5527	36.36373
34	1	BAO	Combination	Max	-11.8456	-13.5307	38.79578



Hình 3.13. Kết quả tỷ lệ hàm lượng thanh FRP được thiết kế cho mô hình móng nổi

Kết quả tính toán chuyển vị và ổn định kết cấu thùng bê tông được trình bày trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Kết quả chuyển vị và ổn định tại các nút của thùng bê tông thành mỏng trong khi thi công bến nổi.

Nút	Tải trọng	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	DEAD	0,0000	4,998E-	-0,3044	0,0000079	0,000	-0,0000
101	DEAD	4,414E-10	5,475E-10	-0,304598	-2,317E-09	6,716E-10	-2,545E-10
116	DEAD	0,000001914	4,902E-10	-0,304594	-2,486E-09	-0,000016	-6,411E-11
98	DEAD	-0,000001913	5,992E-10	-0,304594	-2,141E-09	0,000016	1,418E-10
104	DEAD	0,000003834	4,298E-10	-0,304582	-2,667E-09	-0,000036	-1,547E-10
95	DEAD	-0,000003833	6,595E-10	-0,304582	-1,974E-09	0,000036	-6,35E-10
100	DEAD	3,85E-10	-1,353E-07	-0,304581	-0,00006	5,242E-10	5E-11
102	DEAD	5,094E-10	1,364E-07	-0,304581	0,00006	8,681E-10	-2,248E-11
115	DEAD	0,000002289	-0,00000014	-0,304578	-0,00006	-0,000015	7,914E-07
97	DEAD	-0,000002288	-1,399E-07	-0,304578	-0,00006	0,000015	-0,000000792

CHƯƠNG 4:

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Thông qua nghiên cứu các ưu nhược điểm của loại vật liệu mới và các kết cấu móng hiện đang sử dụng cho các công trình ngoài khơi tác giả đã đưa ra đề xuất áp dụng vật liệu FRP thay cho cốt thép và giải pháp kết cấu móng nổi cho các công trình điện vượt biển.

1. Đề tài đã trình bày được các bước cơ bản trong tính toán thiết kế một kết cấu móng nổi sử dụng thanh FRP thay thế cho cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép. Các bước tính toán theo điều kiện ổn định và điều kiện bền.

2. Đề tài đã đưa ra một ví dụ tính toán cụ thể cho một móng nổi có kích thước hình học dài x rộng x cao là: 8m x 8m x 3m.

3. Qua nghiên cứu này tác giả thấy khả năng sử dụng vật liệu FRP và kết cấu móng nổi là hoàn toàn khả thi cho các công trình ngoài khơi đặc biệt ở các khu vực nước sâu và địa chất yếu.

4. Do hạn chế về thời gian và kinh tế, nên đề tài chỉ dùng lại ở bước mô phỏng số không có mô hình vật lý và thực nghiệm để kiểm chứng các kết quả tính toán mô hình số.

Kiến nghị

Đề tài nghiên cứu một giải pháp kết cấu móng mới chưa được áp dụng ở Việt Nam, vì vậy tác giả rất mong muốn được nghiên cứu sâu hơn về đề tài và được hỗ trợ kinh phí để có thể làm thí nghiệm mô hình vật lý. Từ kết quả của mô hình vật lý có thể đối chứng với mô hình số và triển khai giải pháp kết cấu mới này vào thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. *Chỉ dẫn thiết kế và thi công kết cấu bê tông thanh Polyme cốt sợi*, Đại học xây dựng, Hà Nội, 2015.

[2]. Phạm Văn Giáp, Nguyễn Hữu Đẩu, Nguyễn Ngọc Huệ, *Công trình bến cảng*, NXB Xây Dựng, Hà nội, 2008.

[3]. ThS. Vũ Minh Tuấn, TS. Nguyễn Viết Thanh, *Thiết kế bến cảng du thuyền*, NXB xây dựng, Hà Nội 2014.

[4]. Bùi Đức Vinh, *Phân tích và thiết kế kết cấu bằng phần mềm SAP 2000,* NXB Thống kê, 2001.

[5]. https://www.csiamerica.com/