

# ỨNG DỤNG PLAXIS 2D TRONG PHÂN TÍCH BẾN CẦU TÀU CỬ TRƯỚC CẦU SAU KẾT HỢP BẢN GIẢM TẢI

## APPLICATION OF PLAXIS 2D IN THE ANALYSIS OF OPEN-TYPE QUAY WITH FRONT SHEET PILE WALL IN COMBINATION WITH RELIEVING PLATFORM

LÊ THỊ HƯƠNG GIANG

Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: gianglh.ctt@vimar.edu.vn

### Tóm tắt

Kết cấu bến cừ trước cầu sau kết hợp bản giảm tải đã được sử dụng khá phổ biến ở một số nước như Nga, Mỹ, Anh, Đức, Nhật Bản, Na Uy, Bỉ, ... Trong thời gian gần đây, một loạt các công trình bến cảng được thiết kế và thi công ở nước ta đã dùng loại kết cấu bến này. Chúng thể hiện khá nhiều ưu việt trong một số điều kiện cụ thể. Tuy nhiên, công tác tính toán kết cấu cầu tàu này trong quá trình thiết kế vẫn thường gặp một số khó khăn. Do đó, bài báo đề cập đến việc phân tích kết cấu bằng phương pháp PTHH dựa trên việc ứng dụng phần mềm thương mại chuyên dụng có ý nghĩa khoa học tốt. Điển hình là việc ứng dụng phần mềm PLAXIS để phân tích kết cấu, đây là phần mềm chuyên dụng đã được sử dụng khá tiện ích và tỏ rõ thế mạnh trong phân tích các bài toán tương tác giữa kết cấu và nền đất. Kết quả tính toán có thể so sánh với kết quả tính toán thiết kế truyền thống để đánh giá độ tin cậy và kịp thời nhận biết các bộ phận xung quanh kết cấu chính để kịp thời hiệu chỉnh thiết kế kết cấu đảm bảo phù hợp với thực tiễn.

**Từ khóa:** Bến cảng, bản giảm tải, bến bệ cọc cao, bến tường cừ, bến tàu, Plaxis 2D.

### Abstract

The open-type quay with front sheet pile wall in combination with relieving platform have been used quite commonly in some countries such as Russia, USA, UK, Germany, Japan, Norway, Belgium, etc. Recently, a series of port projects designed and constructed in our country have used this type of quay wall structures. They show quite a lot of superiority in some specific conditions. However, during the design and appraisal process, many difficulties have arisen, especially structural calculations. Thus, this paper presents a structural analysis by using the

finite element technique based on PLAXIS 2D. This is a specialized software that has been used quite conveniently and shows its strengths in analyzing interaction problems between structure and foundation. Finally, a comparative study is performed between internal force results obtained from Plaxis 2D and traditional method to validate the structural design of the quay wall in order to be suitable with the practical condition..

**Keywords:** Port, relieving platform, open-type quay, sheetpile wall, wharf, Plaxis 2D.

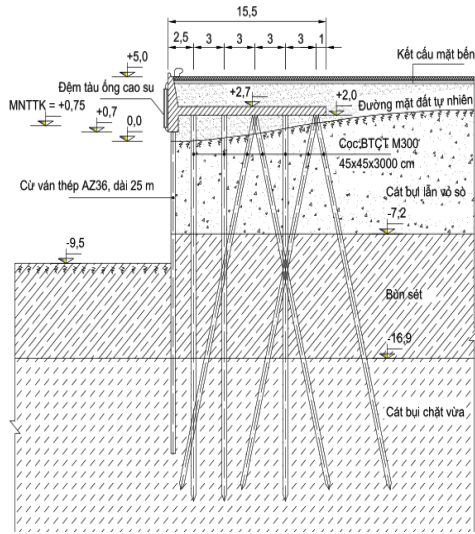
### 1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam hiện nay, bến cầu tàu được sử dụng phổ biến bởi địa chất khá yếu. Kết cấu này có mặt đầu như ở khắp các cảng nước ta và được xếp vào loại giải pháp kết cấu khả thi nhất [1], [2]. Sở dĩ có được ưu việt này bởi lẽ kết cấu cầu tàu có những đặc điểm nổi bật sau:

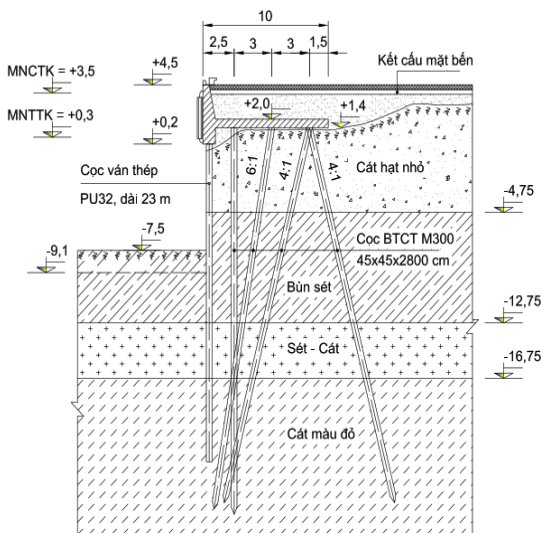
- Là một loại kết cấu nhẹ, tốn ít vật liệu xây dựng so với các loại kết cấu bến trọng lực, thậm chí ít hơn cả so với kết cấu bến tường cừ và bến mái nghiêng;
- Kết cấu cầu tàu mang tính chất công nghiệp cao; các cấu kiện được chế tạo bằng các công nghệ cao, hiện đại, liên tục được cải tiến;
- Cầu tàu đài cao là kết cấu bến dễ thi công, mọi công đoạn chính được thực hiện trên các phương tiện nổi (tàu đóng cọc, ponton chở các thiết bị vật liệu);
- Thế ổn định của cầu tàu đài cao được tạo bởi ma sát giữa cọc và đất và sức chống (áp lực bị động) của đất, đặc biệt đối với các cảng nước sâu khi chịu tác dụng của tải trọng sóng, gió, dòng chảy lớn thì các cọc góp phần làm giảm áp lực ngang thậm chí cả áp lực đẩy nổi của sóng.

Do đó, cầu tàu vẫn luôn đứng vào hàng các giải pháp được chọn. Trong đó, Kết cấu bến cầu tàu cừ trước cầu sau kết hợp bản giảm tải là giải pháp được nhiều đơn vị quan tâm.

## 2. Tình hình sử dụng loại kết cấu bến cầu tàu cừ trước cầu sau tại Việt Nam



Hình 1. Kết cấu bến cảng Nghi Sơn - Thanh Hóa [12]



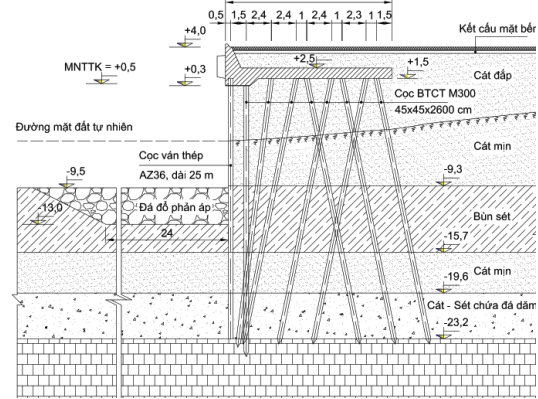
Hình 2. Kết cấu bến ở cảng Cửa Lò - Nghệ An [3]

Ở Việt Nam, kết cấu cừ trước cầu sau đã được sử dụng ở một số công trình điển hình [12]:

- Cảng Nghi Sơn - Thanh Hóa: Trong giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi và khả thi của cảng tổng hợp Nghi Sơn, phương án kết cấu dùng cho công trình là cừ trước cầu sau (Hình 1).

- Cảng Cửa Lò - Nghệ An: Kết cấu đã được dùng ở 2 bên, bến số 1 và bến số 2 với chiều cao trước bến là 12m. Bến được xây dựng từ thập kỷ 70 cho đến nay vẫn còn khai thác khá tốt (Hình 2).

- Cảng Dung Quất - Quảng Ngãi: Bến xây dựng có kết cấu cừ trước cầu sau với chiều cao trước bến là 14m và tải trọng khai thác  $10T/m^2$  để phục vụ dự án nhà máy lọc dầu và khu công nghiệp Dung Quất (Hình 3).



Hình 3. Kết cấu bến cảng Dung Quất - Quảng Ngãi [4]

## 3. Ứng dụng Plaxis 2D trong phân tích tính toán bến cầu tàu cừ trước cầu sau kết hợp bản giảm tải

### 3.1. Số liệu đầu vào

Thông số về tàu và điều kiện khai thác:

+ Tàu hàng tổng hợp 30.000DWT: Chiều dài:  $L=186m$ ; Chiều rộng:  $B=27,1m$ ; Mớn nước:  $T_c=10,9m$ ;

+ Tải trọng hàng hoá:  $1,8T/m^2$ ;

+ Cần trục bánh lốp LIEBHERR - LHM -1200 sức nâng 80T;

+ Đầu kéo Trainer và Chassic (tương đương ô tô H30).

Phương án kết cấu

- Chiều dài bến:  $L=170m$ ; - Chiều rộng bến:  $B=15,5m$ ; - Cao trình đỉnh bến:  $+5,0m$ ; - Cao trình đáy bến:  $-9,5m$ ;

Tải trọng do tàu tác dụng lên công trình

- Tải trọng va tàu: Thành phần lực vuông góc với mép bến:  $F_q=110,9T$ ; Thành phần lực song song với mép bến:  $F_n = \mu \cdot F_q = 0,5 \cdot 110,9 = 55,45T$ .

- Tải trọng neo tàu: Tàu có hàng:  $S=11,31T$ ;  $S_q=5,32T$ ;  $S_n=,20T$ ;  $S_v=3,87T$ . Tàu không hàng:  $S=20,35T$ ;  $S_q=7,79T$ ;  $S_n=13,50T$ ;  $S_v=13,08T$ .

- Tải trọng tựa tàu: Tàu có hàng:  $q=0,44T/m$ ; Tàu không hàng:  $q=0,95T/m$ .

### 3.2. Tính toán bằng phần mềm Plaxis 2D

- Mô hình vật liệu [13]:

Hiện có rất nhiều mô hình vật liệu tiêu chuẩn được sử dụng trong tính nghiên cứu ứng suất, biến dạng. Ở đây, tác giả lựa chọn mô hình tăng bền (Hardening soil) cho các lớp vật liệu đất, mô hình đàn hồi tuyến tính (Linear elastic) cho vật liệu bê tông được thể hiện trong Bảng 1.

**Bảng 1. Thông số các lớp vật liệu**

Thông số	Tên	BTCT M300	Cát san lấp	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Đơn vị
<b>Chung</b>							
Mô hình vật liệu	Model	LE	HS	HS	HS	HS	-
Loại thoát nước	Type	Non-porous	Drained	Drained	Undrained A	Drained	-
Trọng lượng riêng bên trên mực nước ngầm	$\gamma_{unsat}$	25	18	18	17	18	kN/m <sup>3</sup>
Trọng lượng riêng bên dưới mực nước ngầm	$\gamma_{sat}$	25	21	19,3	19,3	19,3	kN/m <sup>3</sup>
<b>Cơ học</b>							
Mô đun Young hữu hiệu	$E'_{ref}$	$3,95 \times 10^7$	-	-	-	-	kN/m <sup>2</sup>
Mô đun cát tuyến trong thí nghiệm ba trục thoát nước tiêu chuẩn	$E_{50}^{ref}$	-	25.000	20.000	10.000	30.000	kN/m <sup>2</sup>
Mô đun tiếp tuyến trong thí nghiệm nén cố kết Oedometer	$E_{oed}^{ref}$	-	25.000	20.000	10.000	30.000	kN/m <sup>2</sup>
Mô đun đỡ tải / gia tải lại	$E_{ur}^{ref}$	-	75.000	60.000	30.000	90.000	kN/m <sup>2</sup>
Số mũ cho mức độ ứng suất phụ thuộc vào độ cứng	m	-	0,5	0,5	0,63	0,5	-
Hệ số poát-xông	$\nu/\nu_{ur}$	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	-
Lực dính	$c'_{ref}$	-	2	5	10,80	2	kN/m <sup>2</sup>
Góc ma sát	$\phi'$	-	28	25,98	12,03	26,70	°
Góc trương nở	$\psi$	-	0	0	0	0	°
<b>Giao diện</b>							
Hệ số giảm cường độ	$R_{inter}$	-	0,85	0,85	0,8	0,85	-

- Phần tử kết cấu [13];
- + Phần tử cừ: Được mô hình hóa bằng loại phần tử Plates thể hiện trong Bảng 2;

**Bảng 2. Thông số phần tử cừ**

Thông số	Ký hiệu	FSP - VI <sub>L</sub>	Đơn vị
Loại phần tử	Set type	Plates	-
Loại vật liệu	Material type	Elastic, Isotropic	-
Trọng lượng riêng	w	2,4	kN/m/m
Độ cứng dọc trục	EA	6.426.000	kN/m
Độ cứng uốn	EI	180.600	kN.m <sup>2</sup> /m
Hệ số poát-xông	$\nu$	0	-

- + Phần tử cọc: Được mô hình hóa bằng loại phần tử Embedded beams rows thể hiện trong Bảng 3.
- Tương tác giữa kết cấu và nền đất được mô hình hóa bằng loại phần tử Interfaces thông qua hệ số  $R_{inter}$  [13];

- Mực nước tính toán và các tải trọng tác dụng được khai báo trực tiếp vào trong mô hình bài toán [3-4].

Hình 4 thể hiện kết quả tạo lưới phần tử của mô hình bài toán.

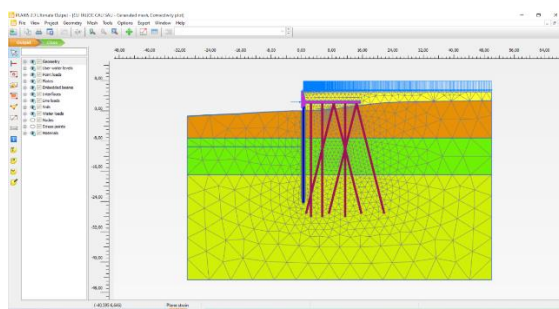
Căn cứ vào điều kiện làm việc thực tế của công trình, các giai đoạn tính toán được thể hiện trong hình 7 bao gồm: GĐ0 - Điều kiện hiện trạng; GĐ1 - Xây dựng công trình; GĐ2 - Chết tải hàng hóa; GĐ3 - Lực neo tàu; GĐ4 - Lực neo tàu; GĐ5 - Hàng hóa + Va tàu; GĐ6 - Hàng hóa + Neo tàu.

Kết quả tính toán nội lực trong các cấu kiện được thể hiện trong các Bảng 4 và Hình 8, 9 dưới đây:

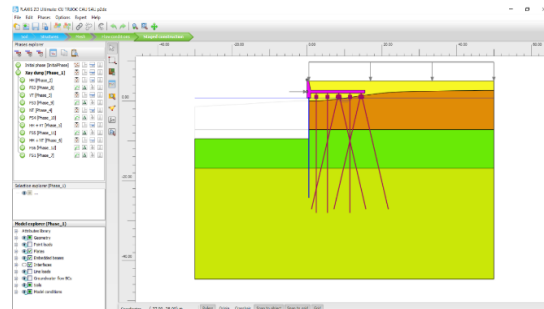
Kết quả tính toán chuyển trong các cấu kiện được thể hiện trong các Bảng 5 và Hình 10, 11, 12.

**Bảng 3. Thông số phần tử cọc**

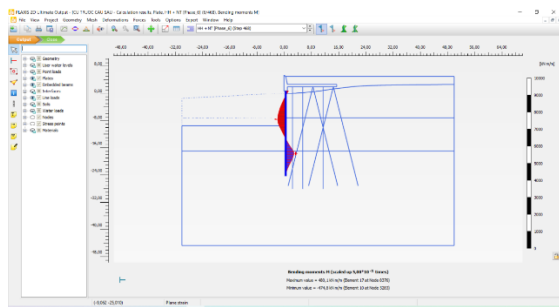
Thông số	Ký hiệu	Cọc BTCT 450'450	Đơn vị
Loại phần tử	Set type	Embedded beams	-
Loại vật liệu	Material type	Elastic	-
Mô đun đàn hồi	E	$3,95 \times 10^7$	kN/m <sup>2</sup>
Trọng lượng riêng	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
Loại tiết diện	Cross section type	Predefined	-
Hình dạng	Predefined cross section type	Soild square beam	-
Đường kính	Width/Diameter	0,45	m
Khoảng cách các cọc ngoài mặt phẳng	Lspacing	3	m



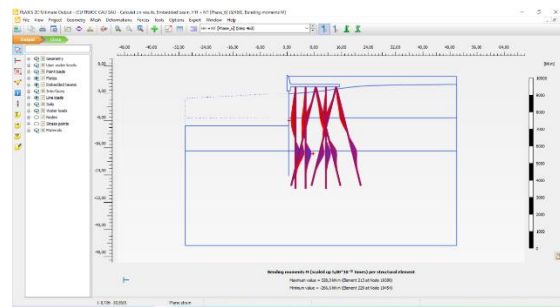
**Hình 4. Lưới phần tử hữu hạn**



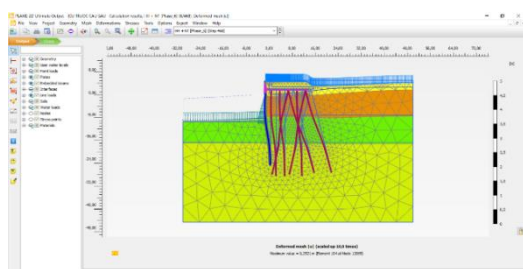
**Hình 5. Thiết lập các giai đoạn tính toán**



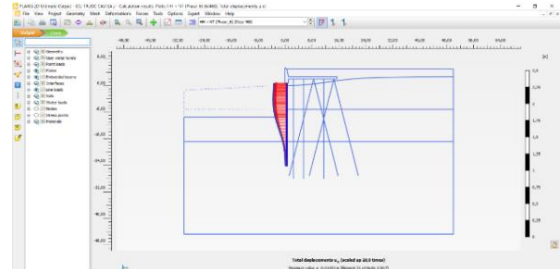
**Hình 6. Biểu đồ mô men uốn trong tường cừ - GD6**



**Hình 7. Biểu đồ mô men uốn trong cọc - GD6**



**Hình 8. Lưới biến dạng - GD6**



**Hình 9. Véc tơ chuyển vị ngang của tường cừ - GD6**

Kết quả tính toán trượt tổng thể công trình được thể hiện trong các Bảng 6 và Hình 11.

Từ kết quả tính toán bằng phần mềm Plaxis ở trên, tác giả tiến hành so sánh đại diện moment của cừ với kết quả theo phương pháp giải thủ công [12] như Bảng 7.

Từ Bảng 7, ta thấy: Kết quả tính moment của cừ

bằng phần mềm plaxis thấp hơn kết quả tính theo phương pháp giải thủ công trung bình là 25%. Bên cạnh đó, giải bằng phương pháp thủ công thì rất khó khăn để tính được kết quả chuyển vị và đặc biệt khi có nhiều trường hợp tải trọng (tổ hợp tải trọng) thì phương pháp giải tay gặp nhiều phức tạp, trong khi dùng phần mềm thì hoàn toàn làm được điều đó một cách dễ dàng.

**Bảng 4. Kết quả nội lực trong các cấu kiện**

Giai đoạn	Cấu kiện	Giá trị nội lực		
		M (kN.m/m)	Q (kN/m)	N (kN/m)
GD1	Dầm mũ	+197,1	+385,2	-475,2
	Cừ	+301,60 -312,70	+97,12 -113,40	+11,23 -292,90
	Cọc	+192,40 -167,30	+67,28 -52,12	+464,90 -1254,00
	Bản giảm tải	+106,8 -397,6	+435,0 -69,24	+204,4 -4,503
GD2	Dầm mũ	+197,3	+378,8	-498,8
	Cừ	+408,8 -413,0	+129,1 -120,5	+12,80 -312,4
	Cọc	+275,8 -231,6	+97,55 -60,65	+661,4 -1369
	Bản giảm tải	+101,4 -390,3	+417,1 -87,85	+237,8 -6,287
GD3	Dầm mũ	+505,5	+896,5	-830,4
	Cừ	+529,9 -397,5	+92,10 -271,9	+16,55 -78,80
	Cọc	+187,4 -305,5	+74,84 -207,1	+528,1 -1076
	Bản giảm tải	+70,27 -843,6	+1109 -36,61	-167,8 -777,6

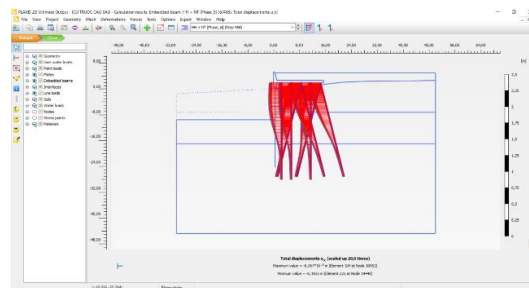
Giai đoạn	Cấu kiện	Giá trị nội lực		
		M (kN.m/m)	Q (kN/m)	N (kN/m)
GD4	Dầm mũ	+169,8	+80,1	-408,2
	Cừ	+359,7 -364,0	+105,1 -109,5	+10,68 -250,7
	Cọc	+233,3 -192,5	+77,75 -53,19	+983,1 -1333
	Bản giảm tải	+68,81 -351,5	+128,2 -96,29	+351,5 -2,722
GD5	Dầm mũ	+491,0	+882,8	-856,3
	Cừ	+514,5 -400,1	+97,96 -266,0	+6,947 -106,5
	Cọc	+192,5 -290,1	+78,79 -189,3	+251,9 -1133
	Bản giảm tải	+88,13 -835,2	+1071 -46,72	-191,7 -769,6
GD6	Dầm mũ	+161,6	+72,11	-410,8
	Cừ	+480,1 -474,8	+139,4 -119,1	+12,31 -275,7
	Cọc	+328,0 -266,6	+110,9 -68,37	+1202 -1464
	Bản giảm tải	+38,78 -480,8	+165,5 -147,3	+397,4 -2,250

**Bảng 5. Kết quả chuyển vị**

Giai đoạn	Cấu kiện	Giá trị chuyển vị		
		u  (cm)	u  (cm)	u  (cm)
GD1	Cừ	11,55	11,02	3,50
	Cọc	11,25	10,62	5,35
GD2	Cừ	16,52	15,89	4,54
	Cọc	16,18	15,44	7,73
GD3	Cừ	9,49	9,08	2,77
	Cọc	9,17	8,54	4,74
GD4	Cừ	14,28	13,84	3,52
	Cọc	13,88	13,36	6,39
GD5	Cừ	9,70	9,22	3,02
	Cọc	9,60	8,69	5,33
GD6	Cừ	9,70	9,22	3,02
	Cọc	9,60	8,69	5,33

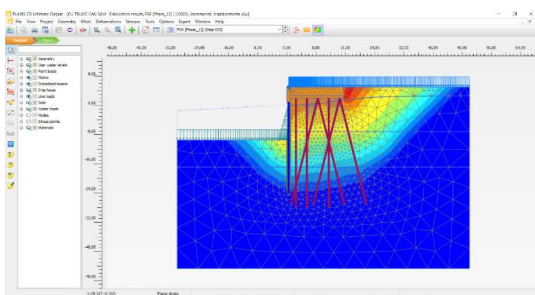
**Bảng 6. Kết quả hệ số ổn định trượt tổng thể**

Giai đoạn	Fs	So sánh	[Fs]	Kết luận
GD1	2,141	>	0,95	Đảm bảo
GD2	1,701	>	0,95	Đảm bảo
GD3	2,698	>	0,95	Đảm bảo
GD4	1,779	>	0,95	Đảm bảo
GD5	2,469	>	0,95	Đảm bảo
GD6	1,584	>	0,95	Đảm bảo



**Hình 10. Véc tơ chuyển vị ngang của cọc - GD6**





Hình 11. Sơ đồ cung trượt tổng thể công trình - GD6

Bảng 7. So sánh kết quả moment của cừ với kết quả giải bằng phương pháp thủ công [12]

Giai đoạn	Cừ	
	Plaxis	Giải tay
GD1	31,2	57,63
GD2	40,8	
GD3	52,9	
GD4	35,9	
GD5	51,4	
GD6	48	

#### 4. Kết luận

- Từ việc tổng quan được tình hình sử dụng loại kết cấu bến cầu tàu cừ trước cầu sau tại Việt Nam, tác giả đã chỉ ra được một số ưu điểm, khó khăn trong tính toán và phê duyệt thiết kế kết cấu bến cầu tàu cừ trước cầu sau. Và đề xuất được giải pháp tính toán kết cấu bến cầu tàu cừ trước cầu sau bằng phương pháp phân tử hữu hạn dựa trên ứng dụng phần mềm công nghệ thương mại chuyên dụng đảm bảo tính hiện đại, khoa học (phần mềm Plaxis theo mô hình 2D gồm: Khai báo số liệu đầu vào, thực hiện tính toán và phân tích kết quả) giúp các nhà tư vấn dễ dàng đánh giá, thiết kế đầy đủ các kết cấu đảm bảo an toàn và cơ quan thẩm định có thể kiểm soát nội dung thiết kế và đánh giá độ tin cậy

- Nên bổ sung phương pháp tính để giải đồng thời hệ kết cấu này có xét đến tương tác giữa kết cấu và đất nền, trong đó có thể ứng dụng phần mềm plaxis để phân tích vì đây là phần mềm thương mại hóa và khá mạnh trong phân tích tương tác giữa kết cấu - nền đất.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT23-24.74**.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Văn Giáp, Nguyễn Hữu Đầu và Nguyễn Ngọc Huệ (2008), *Công trình bến cảng*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Phạm Văn Giáp, Bùi Việt Đông (2006), *Bến cảng trên nền đất yếu*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Quốc Tới (2015), *Bến cầu tàu trong công trình bến cảng*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Nguyễn Quốc Tới (2015), *Hướng dẫn đồ án thiết kế bến cầu tàu trong công trình bến cảng*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [5] TCVN 11820-1:2017, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 1: Nguyên tắc chung*.
- [6] TCVN 11820-2:2017, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 2: Tải trọng và tác động*.
- [7] TCVN 11820-3:2017, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 3: Yêu cầu về vật liệu*.
- [8] TCVN 11820-4:2017, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 4: Nền móng và cải tạo đất*.
- [9] TCVN 11820-5:2017; TCVN 11820-5:2021, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 5: Công trình bến*.
- [10] TCVN 12250:2018, *Cảng thủy nội địa - Công trình bến - Yêu cầu thiết kế*.
- [11] TCVN 4116:2021, *KC BT thủy công toàn khối*.
- [12] Báo cáo khoa học, *Kết cấu cừ trước cầu sau kết hợp bán giảm tải & Một số vấn đề tính toán*, Tổng công ty TVTK GTVT, Hà Nội, 9-1999.
- [13] PLAXIS 2D V23 - Tutorial Manual.

Ngày nhận bài:	23/03/2024
Ngày nhận bản sửa:	08/04/2024
Ngày duyệt đăng:	18/04/2024