

CỌC CỬ VÁN BÊ TÔNG CỐT SỢI THỦY TINH ỨNG LỰC TRƯỚC MỘT SẢN PHẨM HỮU ÍCH CHỐNG SẠT LỞ BỜ BIỂN

PRESTRESSED GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE SHEET PILE A USEFUL PRODUCT FOR COASTAL EROSION CONTROL

➔ **ThS. Nguyễn Văn Khánh** - Chủ tịch HĐQT Công ty Cổ phần Đầu tư Phát triển công nghệ

Đại học Xây dựng Hà Nội (Nucetech)

➔ **TS. Hoàng Tuấn Nghĩa** - Giám đốc Công ty Cổ phần Đầu tư Phát triển Công nghệ Đại học Xây dựng (Nucetech)

➔ **TS. Võ Mạnh Tùng** - Phó Giám đốc Công ty Tư vấn Đại học Xây dựng Hà Nội (CCU)

➔ **Và các cộng sự khác**

Tóm tắt: Sử dụng cọc ván bê tông cốt sợi thủy tinh dự ứng lực (GFRP) là một giải pháp công nghệ mới, tiên tiến thay thế cọc ván bê tông cốt thép truyền thống, đặc biệt phù hợp cho các môi trường khắc nghiệt. GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) là vật liệu composite từ sợi thủy tinh gia cường trong nền polymer, thay thế hoàn toàn cốt thép bên trong tấm cọc ván. Sự khác biệt này mang lại những ưu điểm vượt trội: chống ăn mòn tuyệt đối, trọng lượng nhẹ, tuổi thọ kéo dài, không dẫn điện và không nhiễm từ. Nhờ những đặc tính này, cọc ván GFRP được ứng dụng rộng rãi làm tường chắn đất, bờ kè, cảng biển, hệ thống thoát nước, mố cầu và hầm ngầm, nhất là tại các khu vực đất nhiễm mặn, gần biển hoặc có tính ăn mòn cao. Cốt GFRP dự ứng lực là các thanh cường độ chịu kéo cao được kéo căng trước khi đổ bê tông, nó tạo ra một lực nén trong cấu kiện, giúp giảm ứng suất kéo do tải trọng ngoài, làm cho cọc ván chịu được tải trọng lớn hơn mà không bị nứt hoặc nứt ít. Cọc ván dự ứng lực cũng có độ cứng cao hơn và ít bị biến dạng hơn so với loại không ứng lực. Nghiên cứu trình bày thí nghiệm sự làm việc của ván cử bê tông cốt GFRP dự ứng lực, sử dụng sản phẩm của công ty Nucetech và tiến hành tại phòng thí nghiệm LAS125 của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

Từ khóa: Cọc ván bê tông cốt sợi dự ứng lực, chống ăn mòn, trọng lượng nhẹ, tuổi thọ cao.

Abstract: The use of prestressed Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) reinforced concrete sheet piles is a new, advanced technological solution that replaces traditional reinforced concrete sheet piles, making it particularly suitable for harsh environments. GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) is a composite material made from glass fibers reinforced in a polymer matrix, completely replacing the steel reinforcement inside the sheet pile panel. This difference offers outstanding advantages: absolute corrosion resistance, light weight, extended service life, non-conductivity, and non-magnetism. Thanks to these characteristics, GFRP sheet piles are widely applied as retaining walls, revetments, marine ports, drainage systems, bridge abutments, and tunnels, especially in areas with saline soil, close to the sea, or high corrosivity. Prestressed GFRP reinforcement consists of high-tensile strength bars that are tensioned before concrete pouring, which creates a compressive force in the structural member, helping to reduce tensile stresses caused by external loads, allowing the sheet pile to withstand greater loads without or with minimal cracking. Prestressed sheet piles also exhibit higher stiffness and less deformation compared to non-prestressed types. This research presents experiments on the performance of prestressed GFRP reinforced concrete sheet piles, using products from Nucetech company and conducted at the LAS125 laboratory of Hanoi University of Civil Engineering".

Keywords: Prestressed fiber reinforced concrete sheet piles, anti-corrosion, light weight, long life.

I. TỔNG QUAN VỀ TÌNH TRẠNG XÓI LỞ ĐẤT HIỆN NAY VÀ MỘT SỐ CÁC GIẢI PHÁP CHỐNG SẠT LỞ BỜ BIỂN

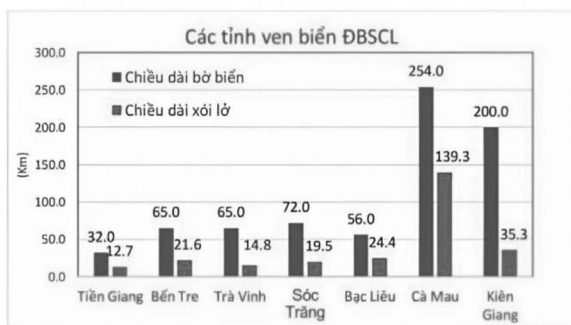
Biến đổi khí hậu đang gây ra những biến động thời tiết bất thường, dẫn đến tình trạng xói lở đất nghiêm trọng trên diện rộng tại Việt Nam, từ miền núi đến đồng bằng, sau các trận bão lũ và mưa lớn. Tại các vùng núi, nhiều vụ xói lở đã cuốn trôi nhà cửa, công trình, thậm chí cả làng mạc, gây ra những thiệt hại nặng nề về người và tài sản. Tại các vùng đồng bằng, đặc biệt là đồng bằng sông Cửu Long,

hiện tượng nước biển dâng và sóng lớn đã xâm thực, cuốn trôi nhiều công trình ven biển, đất canh tác, đất ở và các tuyến giao thông. Vì vậy, công tác chống xói lở hiện là nhiệm vụ vô cùng cấp bách và khẩn thiết.

Bên cạnh việc chống xói lở, mục tiêu phát triển kinh tế biển đòi hỏi các địa phương phải tập trung xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật một cách bền vững, ổn định và thân thiện với môi trường. Các công trình cần được ưu tiên xây dựng bao gồm: hệ thống



Hình 1: Diễn biến xói lở suy thoái rừng ngập mặn khu vực bờ biển Gò Công



Hình 2: Số liệu thống kê tổng quát về tình trạng xói lở bờ biển ĐBSCL

giao thông, hệ thống cảng biển, các cơ sở nuôi trồng thủy hải sản, các cụm công nghiệp ven sông, ven biển và các khu nghỉ dưỡng.

Việc phòng chống xói lở và giữ ổn định nền đất thường được triển khai thông qua ba nhóm giải pháp chính: giải pháp công trình (kỹ thuật), giải pháp phi công trình (quản lý, quy hoạch), hoặc giải pháp kết hợp giữa hai nhóm trên. Trong đó, việc nghiên cứu và phát triển cọc ván cừ (sheet pile) để gia cố chống xói lở là một hướng thuộc giải pháp công trình cần được đặc biệt quan tâm và đẩy mạnh.

Hiện nay có một số dạng cọc cừ đang được áp dụng:

1. Cọc cừ truyền thống

Các giải pháp chống xói lở đất truyền thống trong dân gian thường sử dụng cọc cừ bằng vật liệu địa phương như cọc tre, cừ trầm hay thân cây dừa. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, dễ thực hiện, sử dụng vật liệu sẵn có tại địa phương và thân thiện với môi trường. Tuy nhiên, hạn chế là chúng chỉ phù hợp cho các công trình đơn lẻ do khả năng chịu lực thấp. Giải pháp này thường được dùng kết hợp với các biện pháp phi công trình khác, chẳng hạn như trồng rừng để tạo bãi bồi hoặc trồng cỏ trên mái dốc để tăng cường khả năng giữ đất.

2. Ván cừ bằng vật liệu nhựa composit

Cọc ván cừ (sheet pile) làm từ vật liệu nhựa composit là loại cọc dạng tấm, có ưu điểm là dễ



Hình 3: Cọc giữ đất bằng các thân cây dừa

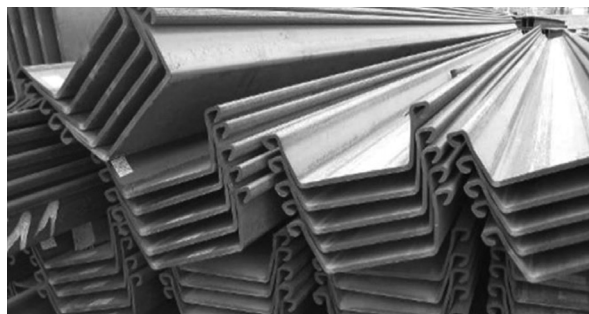
dàng thi công lắp đặt và ít bị ăn mòn trong môi trường nước biển. Tuy nhiên, qua quá trình sử dụng thực tế tại một số địa phương, loại ván này đã bộc lộ nhược điểm: chúng dễ bị lão hóa dưới tác dụng của ánh nắng mặt trời, dẫn đến biến dạng lớn và gây trượt mái dốc. Hơn nữa, cọc cừ nhựa composit có khả năng chịu lực thấp, do đó chỉ phù hợp để sử dụng cho các mái dốc nhỏ với độ chênh cao tối đa dưới 2m.



Hình 4: Cọc ván cừ dạng nhựa composit

3. Ván cừ thép (Steel Sheet Piles)

Cọc ván cừ thép là giải pháp được ứng dụng rất hiệu quả trong nhiều trường hợp, đặc biệt là để chống xói lở mái dốc, gia cố thành hố đào sâu, hoặc thi công tầng hầm. Loại cọc này có nhiều ưu điểm nổi bật: đảm bảo độ kín khít cao, dễ dàng ép xuống nền đất, và có khả năng chịu lực rất lớn. Tuy nhiên, cọc cừ thép cũng tồn tại hạn chế là giá thành khá cao và dễ bị ăn mòn, đặc biệt nghiêm trọng trong môi trường nước biển và tại các khu vực chịu ảnh hưởng của thủy triều. Chính vì những lý do này, cọc ván cừ thép thường được ưu tiên sử dụng như một biện



Hình 5: Ván cừ thép



Hình 6: Ván cừ thép bị rỉ theo thời gian

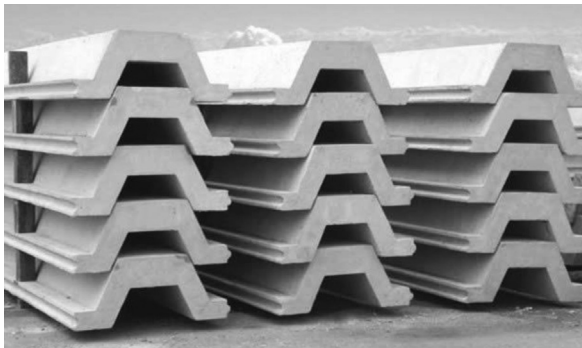
pháp thi công tạm thời, sau đó được nhổ lên và tái sử dụng (tận dụng lại) nhằm tiết kiệm chi phí.

4. Ván cừ bê tông cốt thép ứng lực trước (Prestressed Concrete Sheet Piles)

Trong thời gian gần đây, việc sử dụng hệ thống cọc ván cừ bê tông cốt thép ứng lực trước đã trở thành một giải pháp phổ biến để chống sạt lở bờ sông và bờ biển. Loại cọc này có hình dáng tương tự như cọc cừ thép, với chiều dày ván thường dao động từ 120 đến 180mm.

Ván cừ được chế tạo bằng cách sử dụng cáp thép cường độ cao làm cốt ứng lực trước, được căng trên bệ đúc. Nhờ vậy, cọc ván cừ bê tông ứng lực trước có khả năng chịu lực lớn và giá thành tương đối hợp lý.

Tuy nhiên, loại cọc này cũng có những hạn chế nhất định. Do có chiều dày ván thành lớn nên cọc khá nặng nề, làm tăng chi phí vận chuyển đến công trình. Việc đóng cọc vào nền đất cũng đòi hỏi thiết



Hình 7: Ván cừ bê tông cốt thép ứng lực trước



Hình 8: Ván cừ bê tông cốt thép ứng lực trước ven bờ biển

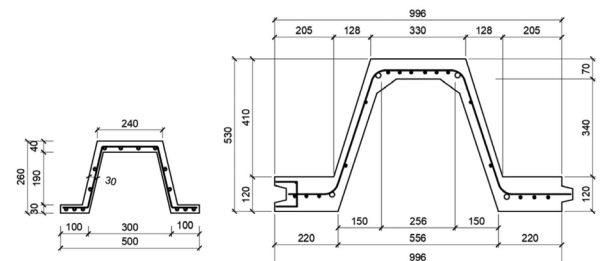
bị lớn và đôi khi gặp khó khăn, nhất là khi thi công trên nền cát chặt. Đặc biệt, khi sử dụng trong các công trình ven biển, môi trường nước mặn có thể làm cốt thép bị nhiễm mặn, dẫn đến ăn mòn, phá vỡ lớp bê tông bảo vệ và làm giảm tuổi thọ công trình hoặc tăng chi phí bảo dưỡng.

5. Ván cừ bê tông cốt sợi thủy tinh ứng lực trước (Nucepiles)

Để khắc phục những nhược điểm cố hữu của các giải pháp cọc cừ truyền thống trong việc chống xói lở bờ biển và duy trì ổn định mái dốc, các chuyên gia từ Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và Công ty Đầu tư Phát triển Công nghệ Đại học Xây dựng (NUCETECH) đã nghiên cứu, sản xuất thử nghiệm và áp dụng thành công một loại cọc ván cừ mới, được gọi là Nucepiles.

Đặc điểm kỹ thuật nổi bật của loại cừ này là sử dụng bê tông cường độ cao được gia cường bằng thanh cốt sợi thủy tinh ứng lực trước (còn gọi là bê tông cốt GFRP ứng lực trước). GFRP là viết tắt của Glass Fiber Reinforced Polymer (Polyme cốt sợi), một vật liệu có khả năng chống ăn mòn vượt trội.

Loại cọc ván cừ Nucepiles này được thiết kế với mặt cắt ngang điển hình nhằm tối ưu hóa khả năng



Hình 9: Mặt cắt ngang điển hình của ván cừ BT cốt GFRP ứng lực trước

chịu lực và độ bền trong môi trường khắc nghiệt.

II. QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO, THỰC NGHIỆM LOẠI CỌC CỪ BÊ TÔNG CỐT SỢI GFRP ỨNG LỰC TRƯỚC

1. Nghiên cứu sơ đồ điển hình, tối ưu hóa tiết diện (Hình 10, 11, 12)

2. Các nội dung nghiên cứu thực nghiệm:

Chương trình nghiên cứu thực nghiệm có những nội dung chính sau đây:

- + Thí nghiệm kéo cốt sợi thủy tinh GFRP;
- + Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông;
- + Thí nghiệm xác định mô đun biến dạng của bê tông;
- + Thí nghiệm ép chẻ xác định cường độ chịu kéo;
- + Thí nghiệm uốn mẫu cừ bê tông cốt GFRP ứng lực trước.

3. Thí nghiệm kéo cốt FRP

Thí nghiệm trên để xác định cường độ chịu kéo



Hình 10: Thí nghiệm chịu tải cọc ván cừ bê tông cốt FRP ứng lực trước



Hình 11: Thí nghiệm loại cừ bê tông cốt GFRP kích thước 550 x 350 mm dài 6m tại phòng LAB 125-ĐHXD Hà Nội



Hình 12: Thí nghiệm loại cừ bê tông cốt GFRP kích thước 996 x 530 mm dài 6m tại phòng LAB 125 – ĐHXD Hà Nội

đứt của mẫu cốt GFRP $\phi 12$ được sử dụng làm cốt chịu lực chính cho cấu kiện cọc ván cừ.
Kết quả cường độ chịu kéo mẫu được thể hiện

ở bảng 1

4. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông
Thí nghiệm được tiến hành với 6 mẫu trụ



Hình 13: Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo của cốt GFRP

Bảng 1. Kết quả kéo mẫu cốt GFRP

Đường kính (mm)	Diện tích tiết diện (mm ²)	Lực kéo đứt (kN)	Giới hạn bền kéo (MPa)	Modun đàn hồi (GPa)
12	113.09	70.0	618.93	44

15x30cm để xác định cường độ chịu nén của bê tông được sử dụng chế tạo cọc ván cừ. Kết quả thể hiện ở bảng 2.

5. Thí nghiệm uốn mẫu S3
Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trên hình 14
Bảng 2. Kết quả nén mẫu xác định cường độ chịu nén

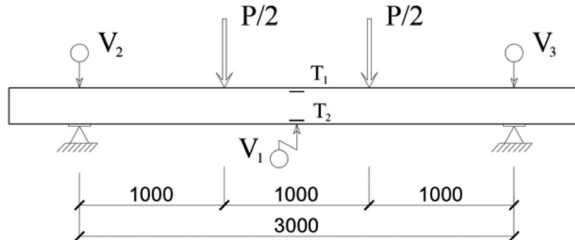
Mẫu thí nghiệm	Tải trọng giới hạn (kN)	Ứng suất giới hạn (MPa)	Ngày đổ bê tông	Ngày nén mẫu
1	1285	73	9/6/2025	25/6/2025
2	1316	74.7	9/6/2025	25/6/2025
3	1354	76.9	9/6/2025	25/6/2025
4	1135	64.5	14/6/2025	25/6/2025
5	1280	72.7	14/6/2025	25/6/2025
6	1270	72.1	14/6/2025	25/6/2025

tuân thủ theo tiêu chuẩn thử tải cho cấu kiện bê tông đúc sẵn của Nhật Bản JIS A 5373:2016. Trên sơ đồ thí nghiệm này, ván cừ chịu uốn phẳng bởi

2 lực tập trung cách nhau 1m ở giữa dầm. Chi tiết cấu tạo các gối kê hai đầu, thiết bị gia tải được lắp đặt như trên hình 15. Mẫu thí nghiệm có nhịp chịu uốn là 3m. Quy trình gia tải tuân thủ theo TCVN 9347:2012.

Kết quả thí nghiệm mẫu S3

6. Thí nghiệm uốn mẫu S1 và S2 tại LAS125



Hình 14: Sơ đồ thí nghiệm mẫu S3

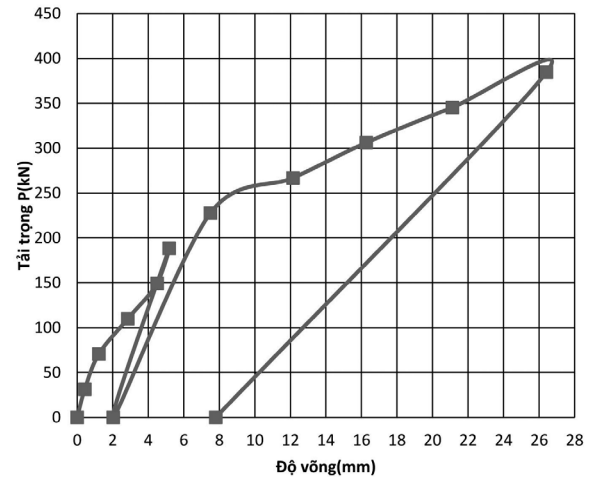


Hình 15: Lắp đặt thí nghiệm thực tế mẫu S3

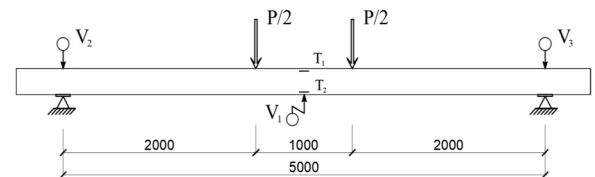
Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trên hình 17

STT	P (kN)	Độ võng (mm)	Mmax (kN.m)	Trạng thái
1	0	0	0	Chưa nứt
2	31.4	2.43	15.7	Chưa nứt
3	70.6	3.22	35.3	Chưa nứt
4	109.9	4.85	54.95	Chưa nứt
5	149.1	6.5	74.55	Chưa nứt
6	188.4	7.18	94.2	Chưa nứt
7	0	4.03	0	giảm tải
8	227.6	9.5	113.8	xuất hiện nứt
9	266.8	14.15	133.4	nứt phát triển
10	306.1	18.27	153.05	nứt phát triển
11	345.3	23.12	172.65	nứt phát triển
12	384.6	28.41	192.3	Độ võng xấp xỉ 1/100 nhịp
13	0	9.8	0	giảm tải

tuân thủ theo tiêu chuẩn thí nghiệm xác định tải trọng cho cấu kiện bê tông đúc sẵn của Nhật Bản JIS A 5373:2016.



Hình 16: Biểu đồ quan hệ Tải trọng- độ võng cục bộ S3



Hình 17: Sơ đồ thí nghiệm mẫu S1, S2

Trên sơ đồ thí nghiệm này, ván cừ chịu uốn phẳng bởi 2 lực tập trung cách nhau 1m ở giữa dầm. Chi tiết cấu tạo các gối kê hai đầu, thiết bị gia tải được lắp đặt như trên hình 18. Mẫu thí nghiệm có nhịp chịu uốn là 5m (hình 18). Quy trình gia tải tuân thủ theo TCVN 9347:2012.

Các thiết bị đo sau đây được sử dụng để thu thập các số liệu thí nghiệm: các thiết bị LVDT (Linear Variable Differential Transformers) được bố trí để theo dõi chuyển vị tại các vị trí V1, V2, V3; các thiết bị đo biến dạng được bố trí để theo dõi biến dạng tại các thớ làm việc của dầm T1, T2; thiết bị ghi số liệu tốc độ cao TDS-530 (high speed data logger). Độ mở rộng khe nứt được đo bằng kính soi nứt quang học chuyên dụng, có độ chính xác 0,01 mm. Gia tải bằng kích thủy lực như trên hình 18.

Giá trị chuyển vị của dầm được tính toán từ các



Hình 18: Lắp đặt thí nghiệm thực tế

số liệu đo chuyển vị các vị trí V1, V2, V3 như sau:

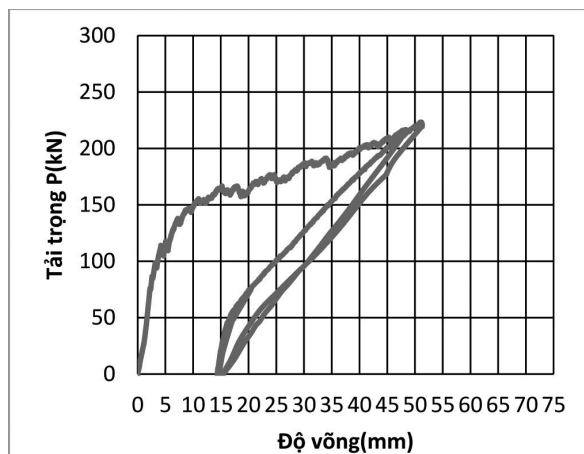
$$f = V_1 - \frac{V_2 + V_3}{2}$$

Kết quả thí nghiệm mẫu S1

Kết quả thí nghiệm mẫu S2

7. Kết luận

	P (kN)	Độ vồng (mm)	M giữa nhịp (kN.m)	Chiều rộng khe nứt (mm)	Trạng thái
1	100	4	108	0	xuất hiện nứt
2	110	5	118	0.22	
3	130	8	138	0.6	
4	160	14	168	0.9	
5	220	50	228		dừng thí nghiệm vì độ vồng lớn (>L/100), nứt lớn (>1mm) và có tiết diện giữa nhịp bắt đầu oằn



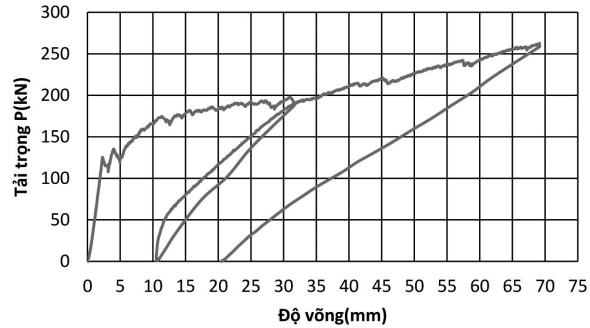
Hình 19: Biểu đồ tải trọng - độ võng của cọc cừ S1

So với các loại ván cừ đang được sử dụng phổ

STT	P (kN)	Độ vồng (mm)	M giữa nhịp (kN.m)	Chiều rộng khe nứt (mm)	Trạng thái
1	110	2	118	0	xuất hiện nứt
2	120	3	128	0.24	
3	130	4	138	0.42	
4	150	7	158	0.62	
5	258	69	266		dừng thí nghiệm vì độ vồng lớn (>L/100), nứt lớn (>1mm) và có tiết diện giữa nhịp bắt đầu oằn

biến hiện nay, cừ Nucepiles mang lại nhiều lợi thế vượt trội, bao gồm:

- Trọng lượng nhẹ hơn: cừ Nucepiles có trọng lượng nhẹ hơn đáng kể so với cừ bê tông cốt thép ứng lực trước cùng loại. Điều này giúp giảm thiểu chi phí vận chuyển và tạo thuận lợi cho quá trình



Hình 20: Biểu đồ tải trọng - độ võng của cọc cừ S2

thi công, đặc biệt phù hợp cho các công trình ven biển, hải đảo, và các dự án lấn biển. Cừ cũng dễ dàng kết hợp với các giải pháp phi công trình khác để bảo vệ bờ biển và chống xâm nhập mặn.

- Chống ăn mòn tuyệt đối: Vật liệu cốt sợi thủy tinh giúp cọc không bị ăn mòn trong môi trường nước biển khắc nghiệt. Nhờ đó, chi phí bảo dưỡng trong quá trình khai thác được giảm thiểu tối đa, tuổi thọ công trình được nâng cao và đảm bảo tính thân thiện với môi trường.

- Khả năng chịu lực cao: Cừ Nucepiles đảm bảo khả năng chịu lực lớn, có thể áp dụng hiệu quả cho việc xây dựng kè bờ biển, bờ kênh rạch, sông, suối, đảm bảo sự ổn định lâu dài cho công trình.

- Hiệu quả kinh tế: Cừ có giá thành hợp lý, mang lại tính kinh tế cao cho các dự án đầu tư.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long - Sạt lở và các giải pháp phòng chống. Tác giả: Trần Bá Hoàng, Đinh Công Sản, Lê Thanh Chương, Lê Xuân Tú - Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật;
- [2] Đánh giá tình hình sạt lở và hệ thống bảo vệ bờ biển khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long và định hướng giải pháp bảo vệ. Tác giả: Lê Xuân Tú, Đỗ Văn Dương, Lương Thanh Tùng - Viện KH thủy lợi Miền Nam;
- [3] Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, ACI 440.2R.17: Chỉ dẫn thiết kế của Viện bê tông Hoa Kỳ;
- [4] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11109:2015 "Cốt composit polyme" Hà Nội - 2015;
- [5] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11110: 2015 "Cốt composit polyme dùng trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật" Hà Nội - 2015;
- [6] "Tình trạng ăn mòn bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam và một số kinh nghiệm sử dụng chất ức chế ăn mòn canxi nitrit". Tác giả: Phạm Văn Khoan, Nguyễn Nam Thắng - Viện KHCN Xây dựng IBST;
- [7] Báo cáo tại hội nghị khoa học Trường Đại học xây dựng năm 2016 - Ths. Nguyễn Văn Khánh, TS. Hoàng Tuấn Nghĩa, PhGs, TS. Nguyễn Hồng Phong, Ths. Phạm Duy Thuận;
- [8] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9347:2012 về Cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn - Phương pháp thí nghiệm gia tải để đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt (năm 2012)
- [9] Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng kết cấu bê tông lắp ghép ULT của Nhật Bản JIS A 5373:2016.