

Sự phân bố ứng suất tại tâm tải trọng ngoài dạng băng phân bố đều trên nền đất ven sông

The stress distribution at the center of an external uniformly distributed strip load on the riverbank subsoil foundation

> ĐẶNG TRÂM ANH¹, TRẦN VĂN TUẤN²

¹Khoa Kỹ thuật công trình giao thông, Trường Bách khoa - Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Bách khoa - Trường Đại học Cần Thơ

TÓM TẮT

Đồng bằng sông Cửu Long với địa tầng đất yếu phân bố gần bề mặt và thường xuyên ngập nước. Việc tính toán chính xác sự phân bố ứng suất và biến dạng của nền đất yếu phục vụ công tác bảo vệ bờ sông là một trong những vấn đề cấp thiết hiện nay. Nghiên cứu này tập trung phân tích sự phân bố ứng suất trong nền đất nhiều lớp ven sông do tải trọng ngoài theo độ sâu bằng phương pháp Flamant và phương pháp phần tử hữu hạn (Plaxis 2D). Kết quả cho thấy sự phân bố ứng suất đứng tại tâm tải trọng do tải trọng ngoài dạng băng phân bố đều trong nền đất ven sông theo độ sâu có dạng hyperbol hoặc hàm tuần hoàn của hyperbol; luôn tồn tại một giá trị mà tại đó ứng suất ngoài tiệm cận một trị số không đổi. Nghiên cứu cũng chỉ ra sự khác biệt về phân bố ứng suất do tải trọng ngoài theo độ sâu từ hai phương pháp trên; kết quả của nghiên cứu bổ sung vào điểm hạn chế của phương pháp giải tích khi nền đất không bằng phẳng và có nhiều lớp.

Từ khóa: Ứng suất do tải ngoài; đất ven sông; Đồng bằng sông Cửu Long; Flamant; phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT

Mekong Delta has a soft soil stratum distributed near the surface and is often flooded. The accurate calculation of the stress distribution and deformation of soft soil for riverbank protection is one of the urgent issues today. This study focuses on analyzing the stress distribution in multi-layered riverbank soil due to external loads at depth using the Flamant method and the finite element method (Plaxis 2D). The results show that the vertical stress distribution at the center of the load due to the external load in the form of a strip distributed uniformly in the riverbank soil at depth has a hyperbolic form or a periodic function of the hyperbola; there is always a value at which the external stress approaches a constant value. The study also points out the difference in the stress distribution due to external loads at depth from two methods above; the results of the study contribute to the limitations of the analytical method as the ground is uneven and has many layers.

Keywords: Externally induced stress; riverbank; Mekong delta; Flamant; finite element method.

1. GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có nền đất yếu, chủ yếu là đất sét mềm với khả năng chịu lực thấp (Rise & Fall-UDW Project, 2019). Phân bố dân cư dọc theo hai bên bờ sông là tập quán sinh sống của người dân miền tây Nam Bộ vùng sông nước ĐBSCL bao đời nay (Hoàng & Thanh, 2018). Ngày nay, nhu cầu phát triển đô thị và khu dân cư ở đây ngày càng gia tăng mạnh mẽ vì thế tốc độ xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông và nhà cửa cũng tăng cao (Rise & Fall-UDW Project, 2019). Gia tăng tải trọng làm cho ứng suất trong nền gia tăng, đất yếu ven bờ sông vùng ĐBSCL có khả năng biến dạng lớn khi chịu tải (Hoàng, 2018; Sơn, 2018; Quỳnh et al. 2018), và các ứng suất trong đất thay đổi đáng kể theo thời gian dưới tác động của tải trọng công trình. Yếu tố kích hoạt bởi tác động của tải trọng kết hợp cùng với các nguyên nhân khác như: sự thay đổi dòng chảy, thay đổi lòng dẫn, thay đổi dòng thấm, những tác động gây xói mòn bờ dẫn đến mất ổn định mái dốc bờ, dễ gây sụt lún, sụp đổ hoặc sạt lở (Hoàng & Thanh, 2018; Chương & Hoàng, 2018). Nghiên cứu ứng suất trong nền đất ven bờ sông dưới tác dụng của tải trọng công trình nhằm hiểu rõ sự phân bố ứng suất trong nền đất theo nguyên

nhân tác động giúp đánh giá và dự đoán được mức độ lún, sụt lở, từ đó đưa ra các biện pháp gia cố nền đất hiệu quả để đảm bảo an toàn và ổn định cho công trình.

Trong nghiên cứu này, thực hiện khảo sát sự phân bố ứng suất trong nền đất ven bờ sông theo hai phương pháp: phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn. Tài liệu địa chất được khảo sát tại vị trí bờ sông rạch Cái Sâu, khu dân cư 586, phường Phú Thứ, quận Cái Răng, TP Cần Thơ. Hồ khoan địa chất được thực hiện đến độ sâu -33 m qua 5 lớp đất (Hình 1), bao gồm: lớp 1 (CH) là đất loại sét màu xám xanh, trạng thái chảy, lớp 2 (CL1) là đất loại sét lẫn ít cát màu xám xanh, trạng thái chảy, lớp 3 (CL2) là đất loại sét lẫn ít cát màu xám nâu tím, trạng thái dẻo mềm, lớp 4 (OH) là đất loại sét hữu cơ màu xám đen, trạng thái dẻo mềm và lớp 5 (CL3) là đất loại sét lẫn nhiều cát màu xám nâu, trạng thái dẻo cứng chưa kết thúc trong hồ khoan. Mô hình mô phỏng nền đất đến độ sâu -25 m tương ứng với 3 lớp đất đầu tiên của nền, sử dụng phần mềm Plaxis 2D Version 8.2 để phân tích về cường độ và hệ số an toàn tổng thể của mái dốc bờ sông (Brinkgreve et al. 2007). Bài toán được phân tích theo ứng suất tổng (TSA).

2. PHÂN BỐ ỨNG SUẤT DO TẢI TRỌNG NGOÀI THEO PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH (GT)

Trong tính toán ứng suất của nền đất, bài toán được áp dụng với giả thiết rằng đất là một môi trường đàn hồi nhưng có đặc tính dị hướng hoặc phân lớp. Bài toán này đảm bảo độ chính xác cao và thường được dùng để phân tích nền móng trong các công trình xây dựng lớn hoặc đường giao thông. Phương pháp này giả định rằng ứng suất thẳng đứng chỉ truyền qua các đường thẳng đứng, và ứng suất tại độ sâu z phụ thuộc vào góc lan truyền của tải trọng từ bề mặt. Chi tiết được trình bày trong tài liệu (Verruijt, 2017).

Bảng 1. Thông số địa chất được sử dụng trong nghiên cứu

Chỉ tiêu cơ lý	Lớp đất		
	LỚP 1-CH	LỚP 2-CL1	LỚP 3-CL2
Bề dày H (m)	9,1	10,8	4,6
Dung trọng tự nhiên γ (kN/m ³)	15,71	17,37	18,2
Hệ số thấm k m/ngày	$5,44 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Góc giãn nở Ψ (°)	0	0	0
Lực dính c (kN/m ²)	8,1	9,7	21,1
Góc ma sát trong φ (°)	$30^{\circ}16'$	$4^{\circ}18'$	$7^{\circ}55'$
Mô đun E_{oed} (kN/m ²)	2.133,33	3.600	5.600
Hệ số Poisson ν	0,35	0,35	0,35



(a)



(b)

Hình 1. Vị trí nghiên cứu (a) và công tác khảo sát địa chất (b)

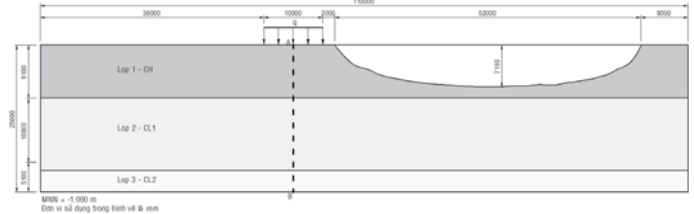
Các thông số địa chất và độ dày các lớp đất tại vị trí nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 1. Mô hình tính toán ứng suất trong nền đất tại vị trí trực tiếp của tải trọng dạng băng phân bố đều, có giá trị là q (kPa). Sơ đồ tính toán mô phỏng nền đất ven sông dưới tác động tải trọng của công trình có các kích thước theo chiều rộng là 110m và chiều sâu là 25 m, bao gồm ba lớp đất như trình bày ở Hình 2. Bề rộng diện truyền tải là 10 m. Sông có độ sâu -6.1 m và có mái dốc dựa trên thực tế là 1:1.

3. PHÂN BỐ ỨNG SUẤT THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Trong nghiên cứu này, sử dụng phần mềm địa kỹ thuật Plaxis 2D với mô hình Mohr-Coulomb được chọn để đưa các đặc điểm của đất vào phần mềm máy tính các thông số cường độ đất; góc ma sát, lực dính kết không thoát nước của đất sét và độ dày của các lớp đất.

Mô hình bài toán được trình bày trong Hình 2 với điều kiện biên gồm 3 mặt (đáy mô hình và hai bên) được khóa cứng. Mô hình được rời rạc hóa gồm 8037 nút và 980 phần tử dạng tam giác. Bài toán biến dạng phẳng với 15 nút trên cạnh được sử dụng trong phân tích. Đối với mô hình vật liệu của nền đất, tiêu chuẩn bền Mohr-Coulomb (MC) được sử dụng với kiểu vật liệu không thoát nước. Tương tác giữa các lớp vật liệu được chọn là liên kết cứng. Giá trị áp lực nước lỗ rỗng ban đầu ứng với mực nước ở mặt đất tự nhiên và phương pháp trọng lực (Gravity) được áp dụng trong tính ứng suất hữu hiệu ban đầu.

Bài toán được khảo sát dưới dạng nhiều pha tương ứng với các trường hợp tải ngoài. Khi phân tích độ bền thì kiểu tính toán được sử dụng là dẻo và khi phân tích hệ số an toàn tổng thể của mái dốc bờ sông thì kiểu tính toán giảm dần góc ma sát trong và lực dính của nền đất. Khi khảo sát ảnh hưởng của tải trọng ngoài thì mực nước sông được giữ cố định ở mặt đất tự nhiên. Các giá trị của tải trọng được thay đổi theo các cấp bao gồm 0 kPa, 2 kPa, 5 kPa, 10 kPa, 20,5 kPa và 20,61 kPa. Mực nước sông và mực nước trong đất dưới bờ sông được giả định thay đổi đồng thời (không xét đến ảnh hưởng của lực thấm do dòng chảy từ trong bờ ra sông).



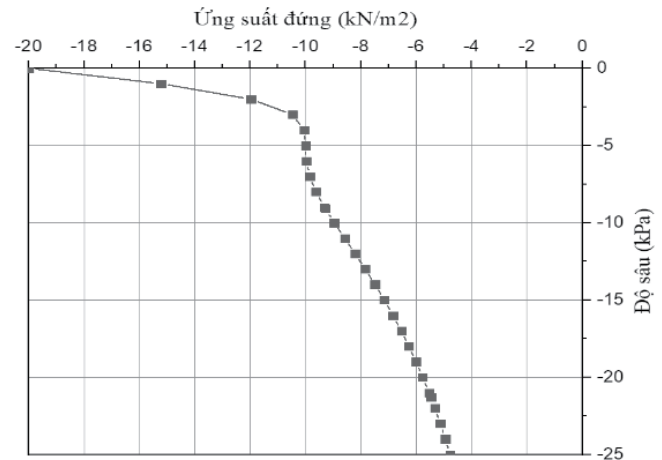
Hình 2. Mô hình tính toán ứng suất trong nền đất yếu dưới công trình

4. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

4.1. Ứng suất do tải trọng ngoài theo phương pháp giải tích

Một trường hợp cụ thể kết quả về sự phân bố ứng suất tại trục tim của tải trọng ngoài dạng băng trong nền đất yếu dưới tác động của tải ngoài và có mức tải áp là 20 kPa được trình bày ở Hình 3.

Từ biểu đồ nhận thấy trong khoảng độ sâu đến -5 m ứng suất thay đổi nhanh do giới hạn giá trị tải trọng. Tại vị trí độ sâu -9,1 m và -19,9 m có sự thay đổi phân bố ứng suất tại ranh giới giữa các lớp đất khác nhau.



Hình 3. Biểu đồ ứng suất trong nền đất yếu dưới nền công trình tại trục tải trọng dài theo phương pháp giải tích

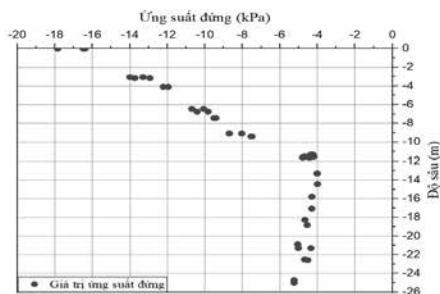
4.2. Ứng suất do tải trọng ngoài theo mô hình phần tử hữu hạn

Khảo sát ứng suất trong nền đất do tải trọng ngoài với 12 trường hợp (TH2 – TH13) như trong Bảng 2.

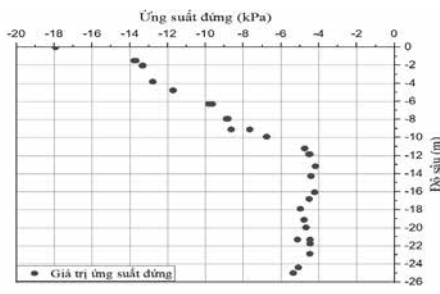
Bảng 2. Các trường hợp mô phỏng ứng suất trong nền đất theo phương pháp phần tử hữu hạn

STT	Điều kiện	Ký hiệu	STT	Điều kiện	Ký hiệu
1	TH1	Có sông, không tải	8	TH8	Mép tải cách mép bờ sông 12m
2	TH2	Mép tải cách mép bờ sông 0m	9	TH9	Mép tải cách mép bờ sông 14m
3	TH3	Mép tải cách mép bờ sông 2m	10	TH10	Mép tải cách mép bờ sông 16m
4	TH4	Mép tải cách mép bờ sông 4m	11	TH11	Mép tải cách mép bờ sông 18m
5	TH5	Mép tải cách mép bờ sông 6m	12	TH12	Mép tải cách mép bờ sông 20m
6	TH6	Mép tải cách mép bờ sông 8m	13	TH13	Mép tải cách mép bờ sông 22m
7	TH7	Mép tải cách mép bờ sông 10m			

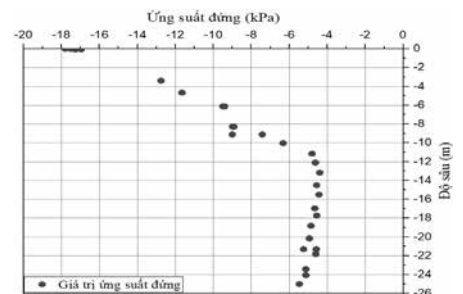
Kết quả phân tích được trình bày trong các biểu đồ từ Hình 4 đến Hình 15, mô tả sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng trong các trường hợp từ TH2 đến TH13 theo các điều kiện trình bày trong Bảng 2.



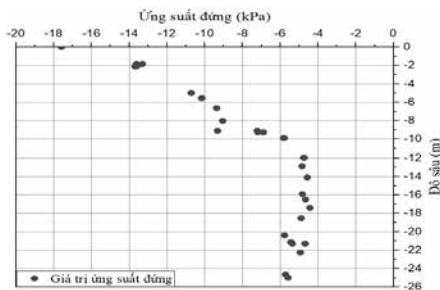
Hình 4. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH2-T



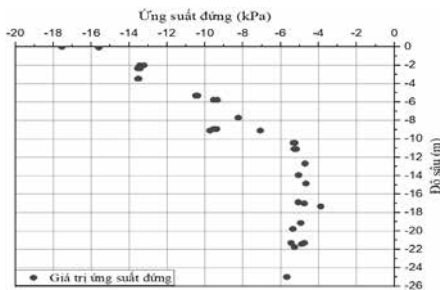
Hình 5. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH3-T



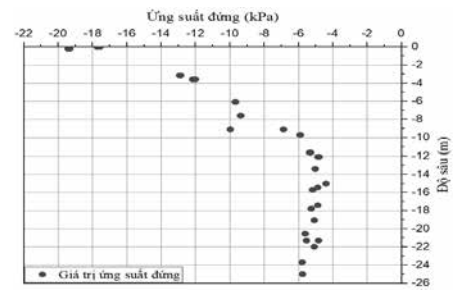
Hình 6. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH4-T



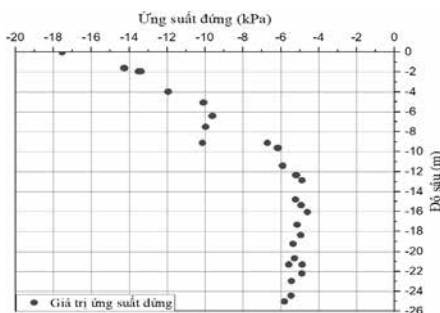
Hình 7. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH5-T



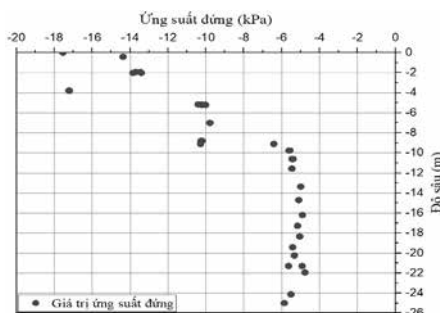
Hình 8. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH6-T



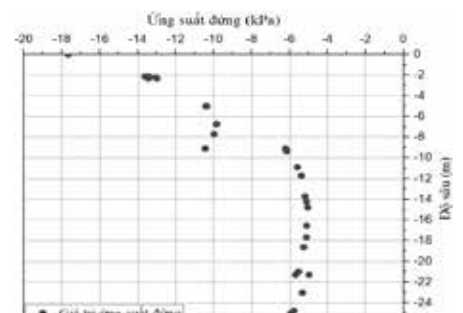
Hình 9. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH7-T



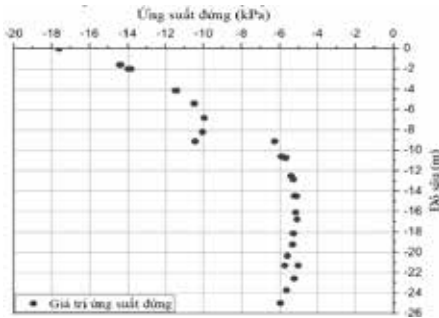
Hình 10. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH8-T



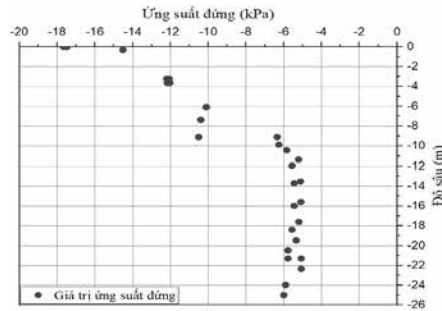
Hình 11. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH9-T



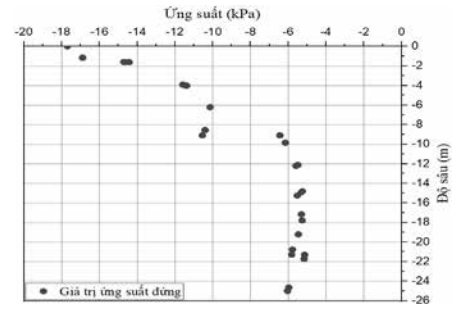
Hình 12. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH10-T



Hình 13. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH11-T



Hình 14. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH12-T



Hình 15. Sự phân bố ứng suất theo độ sâu tại vị trí tim của tải trọng dạng băng, TH13-T

Các biểu đồ ứng suất phản ánh rõ sự thay đổi trong tính chất nền đất và điều kiện tải trọng. Các trường hợp TH2-T, TH4-T, TH8-T biểu thị sự phân bố ứng suất có dạng đường cong dốc hơn trong khi những trường hợp TH3-T, TH7-T, TH13-T có hình dạng phân bố với đường cong thoải, ứng suất phân tán sâu hơn và có xu hướng tiệm cận về cùng một giá trị.

Kết quả cho thấy, khi mép tải càng cách xa bờ sông, ứng suất trong nền đất càng giảm rõ rệt, đặc biệt ở vùng nông gần bề mặt đất. Ở khoảng cách lớn hơn, như từ 14 m trở đi, ứng suất trở nên đồng đều và không còn tác động đáng kể đến nền đất sâu, thể hiện sự ổn định của nền. Điều này chứng minh rằng việc tăng khoảng cách giữa tải trọng và bờ sông là giải pháp hiệu quả để giảm thiểu nguy cơ tập trung ứng suất và đảm bảo an toàn cho nền đất ven bờ.

Các biểu đồ cung cấp cái nhìn trực quan và rõ ràng về mối quan hệ giữa khoảng cách tải trọng và sự phân bố ứng suất, làm cơ sở cho việc thiết kế và quản lý các công trình ven sông một cách an toàn và bền vững.

5. KẾT LUẬN

Số sánh kết quả từ hai phương pháp (phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn) cho thấy có sự khác biệt về sự phân bố ứng suất do tải trọng ngoài theo độ sâu. Sự khác biệt này có thể đến từ việc phương pháp được xây dựng với giả thiết mặt đất xung quanh tải trọng là bằng phẳng và đồng nhất. Tuy nhiên trong nghiên cứu này thì mặt đất phía sông thấp hơn phía bờ và nền đất nhiều lớp. Kết quả của nghiên cứu này bổ sung vào điểm hạn chế của phương pháp giải tích khi nền đất không bằng phẳng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự phân bố ứng suất đứng tại tim tải trọng do tải trọng ngoài dạng băng phân bố đều trong nền đất ven sông theo độ sâu trong nền đất có dạng hyperbol hoặc hàm tuần hoàn của hyperbol.

Kết quả nghiên cứu cho thấy trong sự phân bố ứng suất do tải trọng ngoài theo độ sâu trong nền đất yếu luôn tồn tại một giá trị mà tại đó ứng suất ngoài tiệm cận một trị số không đổi. Từ vị trí đó xuống sâu thì giá trị ứng suất gần như không biến đổi. Điều này có ý nghĩa trong thực tiễn tính toán biến dạng của nền đất ven sông. Nói cách khác, ứng suất phân bố theo độ sâu sẽ giảm đến một giá trị nhất, tùy thuộc vào loại đất và các yếu tố khác. Từ giá trị đó trở đi ứng suất không còn gây ra biến dạng đáng kể cho nền đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Brinkgreve, R. B. J. et al. (2007). Plaxis user's manuals, version 8, Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- [2]. Bùi Trường Sơn. (2018). Đánh giá lún lệch nền đất yếu dưới nền đường đắp ven sông theo thành phần ứng suất trong nền giới hạn. Viện khoa học thủy lợi miền Nam. (20):331-340.
- [3]. Lê Thanh Chương, Trần Bá Hoàng. (2018). Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng của các phương án bố trí không gian đề phá sóng trong mô hình bể sóng. Viện Khoa học thủy lợi miền Nam. (20):267-278.
- [4]. Nguyễn Phú Quỳnh, Đỗ Đức Hải, Đỗ Hồng Lam, Trần Văn Trương. (2018). Đánh giá biến động mực nước và ngập lụt vùng hạ du sông Sài Gòn dưới tác động của đô thị hóa, xây dựng công trình chống ngập và xả lũ các hồ chứa nước thượng lưu. Viện khoa học thủy lợi miền Nam. (20):304-317.
- [5]. Tuyển tập kết quả nghiên cứu của dự án Rise & Fall (UDW): động thái tài nguyên nước dưới đất và xâm nhập mặn trong điều kiện sụt lún Đồng bằng sông Cửu Long. Cần Thơ, tháng 10/2019.
- [6]. Trần Bá Hoàng. (2018). Xói lở bờ sông, kênh, rạch tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau. Viện khoa học thủy lợi miền Nam. (20):257-266.
- [7]. Trần Bá Hoàng, Lê Thị Phương Thanh. (2018). Diễn biến xói lở bờ, suy thoái rừng ngập mặn và định hướng giải pháp phòng chống cho dải ven biển hạ du Đồng bằng sông Mekong. Viện khoa học thủy lợi miền Nam. (20):234-246.
- [8]. Verruijt, A. (2017). An introduction to soil mechanics (Vol. 30): Springer.