

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU HƯ HỒNG KẾT CẤU TRỤ THÉP VÀ CẦU THÉP TRÊN BIỂN ĐÔNG

ThS. NGUYỄN TRƯỜNG TOÁN

ThS. NGUYỄN THANH SANG

Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, Học viện KTQS

ThS. NGUYỄN TRUNG DŨNG

Cục Công trình Quốc phòng, BTL Công binh

TÓM TẮT:

Để phát triển kinh tế biển và bảo vệ vững chắc chủ quyền biển thì việc xây dựng các công trình biển đảo đóng vai trò rất quan trọng, đặc biệt là các công trình cầu, cảng xung quanh đảo. Các công trình biển đảo thường chịu tác động mạnh của môi trường biển. Từ kinh nghiệm thực tế về các công trình biển đảo của một số đảo trên Biển Đông, nhóm tác giả đưa ra những giải pháp nhằm giảm thiểu hư hỏng của kết cấu trụ thép và cầu thép khi được xây dựng làm cầu dẫn nối tiếp đảo và bến cảng hoặc làm cầu nối tiếp hai đảo gần nhau.

Từ khóa: cầu thép trên biển, trụ thép trên biển, tác động của môi trường biển, hư hỏng kết cấu thép trên biển.

ABSTRACT:

In order to develop the marine economy and protect marine sovereignty, the marine construction plays a high important role, especially bridges and sea-ports around the island. Marine constructions are often strongly affected by the marine environment. From practical experience on marine constructions of some islands in the East Sea, the authors propose solutions to minimize the damage of the steel pillar structure and the steel bridge when built as a bridge connecting the island and a harbor or as a bridge connecting two islands near each other.

Keywords: steel bridge at sea, steel pillar at sea, the impact of the marine environment, damage to steel structures at sea.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với các đảo tự nhiên của nước ta ở Biển Đông, việc xây dựng các cầu cảng để các tàu lớn tiếp cận đảo là rất cần thiết. Tuy nhiên, việc xây dựng các cầu cảng giáp với đảo sẽ làm ảnh hưởng đến dòng chảy và việc bồi đắp tự nhiên hàng năm của đảo. Đồng thời việc nạo vét tại vị trí cầu cảng sẽ gây xói lở mái taluy đảo trước ảnh hưởng của các cơn bão lớn. Do đó, một giải pháp tối ưu đó là đưa cầu cảng ra vị trí cách mép đảo khoảng (100-500) m, rồi dùng cầu dẫn nối tiếp từ cầu cảng đến đảo. Việc sử dụng cầu dẫn bằng thép trong trường hợp này có ưu điểm là kết cấu nhịp thanh mảnh, trụ thép kết cấu mảnh làm giảm ảnh hưởng do xói chân trụ.

Tuy nhiên, trong quá trình khai thác và sử dụng kết cấu thép (trụ cầu và kết cấu nhịp) thường xảy ra

hư hỏng. Có thể liệt kê một số hư hỏng như sau [1, 2]:

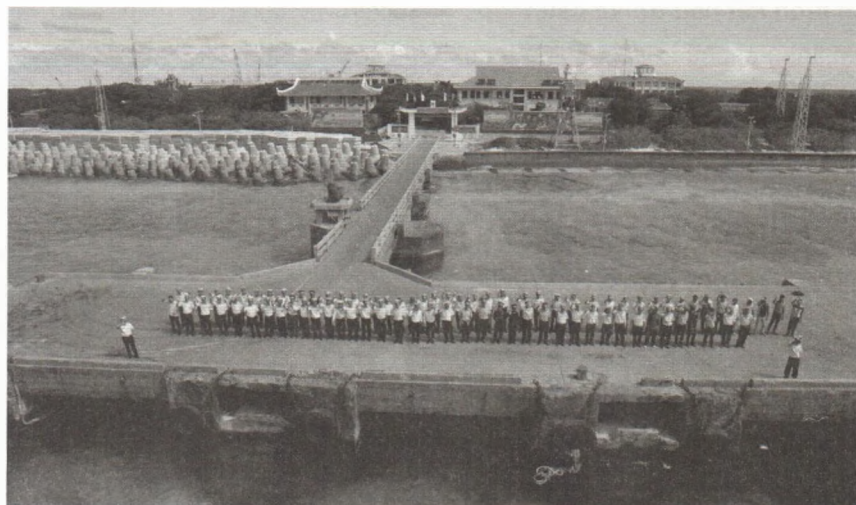
- Xói cục bộ tại vị trí trụ cầu;
- Ăn mòn kết cấu trụ thép;
- Hư hỏng kết cấu dầm cầu và mặt cầu do bão.

Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả phân tích các nguyên nhân gây ra hư hỏng, từ đó đưa ra những giải pháp cụ thể nhằm giảm thiểu hư hỏng do các tác động ăn mòn của nước biển và tác động của sóng biển, bão biển gây ra đối với trụ thép và cầu thép được xây dựng trên các đảo của nước ta ở Biển Đông.

2. PHÂN TÍCH NHỮNG ĐẶC ĐIỂM HƯ HỒNG KẾT CẤU THÉP DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA MÔI TRƯỜNG BIỂN

Xói cục bộ tại vị trí trụ cầu

Trong ba loại xói ảnh hưởng đến trụ cầu với công trình biển đảo, thì xói cục bộ là ảnh hưởng lớn nhất. Đồng thời đặc điểm của dòng chảy xung quanh các đảo thay đổi theo từng tháng trong năm [3]. Có thể



Hình 1. Cầu cảng Trường Sa

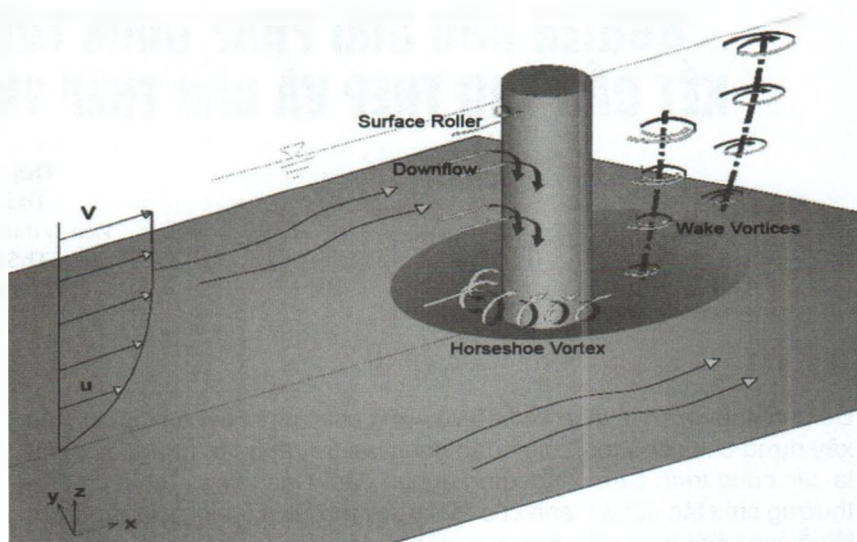
thấy rằng, xói cục bộ xung quanh trụ cầu là nguyên nhân chính gây hư hỏng cầu trên toàn thế giới. Ở nhiều quốc gia, các cây cầu được xây dựng trên đường thủy với lưu lượng giao thông lớn. Những cây cầu bị hư hỏng không chỉ nguyên nhân kết cấu mà còn do quá trình va đập và xói xung quanh trụ cầu. Tại Hoa Kỳ, yếu tố thủy lực đã gây ra sự mất ổn định của dòng chảy, gây ra xói cục bộ và tổng thể theo thời gian dài... đã gây ra 60% các hư hỏng cầu đường cao tốc. Xói xung quanh trụ cầu và nền móng do dòng chảy của lũ được coi là một trong những nguyên nhân dẫn đến hư hỏng kết cấu cầu nói chung, cầu thép nói riêng. Cấu trúc dòng chảy xung quanh trụ cầu được minh họa trong hình 2 [3].

Hình dạng mũi, góc của dòng chảy ảnh hưởng đáng kể đến mô hình dòng xoáy xung quanh trụ cầu. Chuyển động xoáy gây ra lớp trầm tích vùng lân cận của trụ, móng cầu. Khi hình thành dòng xoáy chúng lan xuống hạ lưu dọc theo hai bên của cầu, dòng xoáy này thường được gọi là xoáy móng ngựa. Dòng xoáy móng ngựa hình thành do sự phân tách dòng chảy mặt thượng lưu ở hố xoáy.

Vấn đề xoáy cục bộ xung quanh trụ cầu đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm từ vài thập kỷ trước. Tuy nhiên, đối với các cầu xây dựng trên đảo và trên biển đông thì đó vẫn là dấu hỏi lớn cho các nhà khoa học Việt Nam quan tâm.

Ăn mòn kết cấu trụ và cầu thép

Vật liệu nói chung và vật liệu thép nói riêng làm việc trong điều kiện môi trường biển thường xuyên chịu tác động bởi nhiều yếu tố xâm thực do môi trường tác động. Điều này dẫn đến sự xuống cấp của vật liệu. Đó là một hiện tượng tự nhiên. Quá trình ăn mòn phụ thuộc vào các yếu tố như độ ẩm, đặc điểm bề mặt kim loại và nồng độ tác nhân gây ăn mòn. Quá trình ăn mòn chuyển bề mặt kim loại thành các oxit, hydroxit hoặc sunfua của nó. Một dạng ăn mòn phổ biến kết cấu thép bị ăn mòn, chúng trở nên mất an toàn, có thể dẫn đến giảm



Hình 2. Cấu trúc dòng chảy xung quanh trụ cầu [3]

tuổi thọ và có thể gây sập. Ngay cả khi ăn mòn nhỏ cũng cần sửa chữa và bảo dưỡng. Trên thực tế, chi phí bảo dưỡng hàng năm cho việc ăn mòn kim loại là đáng kể [4].

Hư hỏng kết cấu dầm cầu và mặt cầu do bão [5]

Công trình cầu xung quanh các đảo trên Biển Đông có nguy cơ hư hỏng cao do tác động của các thảm họa thiên nhiên như gió, bão... Phần lớn các thiệt hại được xác định do yếu tố triều cường và tải trọng sóng tác dụng lên kết cấu cầu. Điều này đã được nhiều nghiên cứu xem xét tương tác giữa sóng và cầu trong các thập kỷ qua [6, 7]. Bên cạnh đó, nghiên cứu giữa tải trọng sóng tác dụng lên cầu thông qua thí nghiệm của một số nhà khoa học Gui, Hayatdavoodi, Seiffert và cộng sự [8-10]. Đó là những nghiên cứu sơ bộ ban đầu và đặt nền tảng cho các hướng dẫn về những cây cầu dễ bị ảnh hưởng tác động của bão biển và được đưa vào tiêu chuẩn AASHTO 2008. Đối với những cây cầu trên biển, cần có phân tích thủy-động lực học phức tạp và cũng được trình bày chi tiết trong tiêu chuẩn AASHTO 2008 [11].

Bên cạnh đó, nghiên cứu lý thuyết độ tin cậy tập trung vào những chi tiết dễ bị tổn thương hư hỏng do tác động của thiên tai cũng được một số tác giả tập trung nghiên cứu [12]

Ở Việt Nam những nghiên cứu tác động của bão, sóng, thủy triều lên các công trình cầu ven biển, ven đảo còn hạn chế. Tuy nhiên, trên thế giới vấn đề nghiên cứu tác động của sóng, bão, thủy triều được nhiều nhà khoa học quan tâm và nghiên cứu. Một trong những hư hỏng nghiêm trọng là vỡ mặt cầu, lan can do tác động của sóng vượt quá giới hạn cho phép. Ngoài ra, bản mặt cầu có thể bị dịch chuyển bởi lực sóng ngang khi cường độ của nó đủ lớn.

Tuy nhiên, mômen lật do sóng gây ra và các ràng buộc chịu lực vẫn chưa được nghiên cứu kỹ ở các nghiên cứu và các chỉ dẫn tiêu chuẩn. Chẳng hạn, AASHTO (2008) khuyến nghị chọn tâm mômen ở dưới của dầm hướng theo gia tốc g , trong khi Cai và cộng sự [13] đề xuất tâm mômen của dầm uốn cong để giải thích áp lực lên kết cấu cầu. Xu và cộng sự đã chỉ ra rằng phương pháp chọn tâm mômen này có thể đánh giá thấp tác động của lực ngang lên cầu [14].

Do yếu tố thiên nhiên tác động đến các công trình cầu trên biển phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Để kiểm soát và đưa ra những giải pháp cụ thể đòi hỏi phải nghiên cứu chi tiết ứng xử của kết cấu cầu trước những vấn đề bão, sóng, thủy triều gây lên.

3. ĐỀ XUẤT CÁC BIỆN PHÁP NHẪM GIẢM THIỂU HƯ HỒNG KẾT CẤU THÉP DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA MÔI TRƯỜNG BIỂN

Từ kinh nghiệm giám sát thiết kế và thi công nhiều công trình biển đảo, nhóm tác giả đưa ra các giải pháp giúp giảm thiểu hư hỏng của kết cấu trụ thép và cầu thép trong công trình biển như sau:

3.1. Đề giảm thiểu xói xung quanh trụ cầu

Về cơ bản, nghiên cứu đã đề xuất hai phương pháp để giảm thiểu xói xung quanh trụ cầu như sau:

Phương pháp thứ nhất là trang bị xung quanh trụ cầu các rọ đá, tetrapod... để chịu được ứng suất cắt do dòng chảy gây ra.

Phương pháp thứ hai là thay đổi hướng chảy để phá vỡ các xoáy và giảm vận tốc vùng lân cận trụ bằng các cọc hy sinh và vòng đệm, vòng đai để bảo vệ trụ cầu. Các vòng đệm, vòng đai bọc xung quanh trụ cầu có tác dụng giảm và ngăn chặn dòng chảy gây xói và bào mòn trụ cầu.

Bên cạnh đó, hình dạng của trụ cầu cũng được quan tâm thiết kế nhằm ngăn ngừa sự xói xung quanh trụ cầu. Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm chỉ ra rằng, hình dạng trụ cầu hợp lý là dạng trụ tròn.

3.2. Đề giảm thiểu ăn mòn kết cấu thép

Để giảm thiểu ăn mòn kết cấu thép làm việc trong môi trường biển chúng ta cần quan tâm đến những yếu tố như sau: lựa chọn vật liệu, lớp sơn phủ, biện pháp bảo vệ môi trường, lớp phủ hi sinh, chất ức chế ăn mòn và thay đổi thiết kế.

Đối với vật liệu kết cấu: Cách đơn giản để chống ăn mòn là sử dụng kim loại chống ăn mòn như nhôm hoặc thép không gỉ.

Đối với lớp bảo vệ: Việc phủ một lớp sơn là một cách tiết kiệm chi phí để chống ăn mòn. Lớp phủ sơn đóng vai trò như một lớp màng ngăn cản sự truyền điện tích điện hóa từ dung dịch ăn mòn sang lớp

kim loại bên dưới. Một khả năng khác khi áp dụng một lớp sơn tĩnh điện. Trong quá trình này, một loại bột khô được phủ lên bề mặt kim loại sạch. Sau đó, kim loại này được nung nóng để nung chảy bột thành một màng mịn không bị vỡ. Một số thành phần bột khác nhau có thể được sử dụng trong thực tế đó là: acrylic, polyester, epoxy, nylon và urethane.

Các biện pháp môi trường: Ăn mòn là do phản ứng hóa học giữa kim loại và các chất trong môi trường xung quanh. Khi đó sử dụng các biện pháp kiểm soát môi trường tức là ngăn ngừa những phản ứng hóa học không mong muốn xảy ra. Điều này có thể đơn giản như giảm tiếp xúc với nước mưa hoặc nước biển; hoặc các biện pháp phức tạp hơn, chẳng hạn như kiểm soát lượng lưu huỳnh, clo hoặc oxy trong môi trường xung quanh. Hoặc biện pháp điều chỉnh độ cứng, độ kiềm hoặc hàm lượng oxy trong nước.

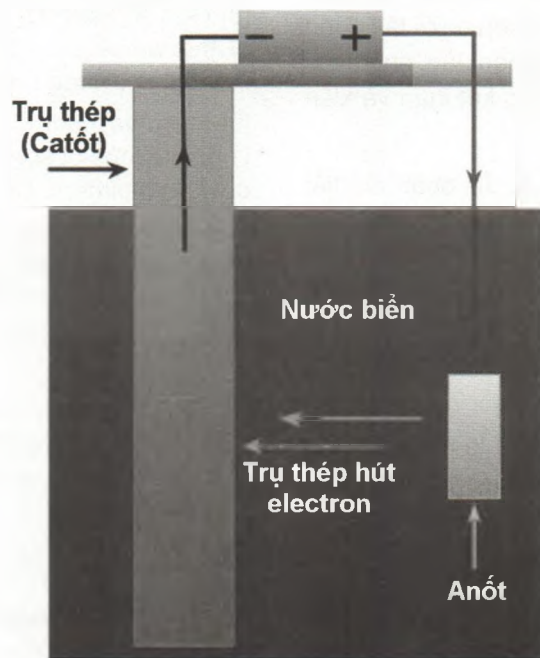
Lớp phủ nhân tạo: Sử dụng lớp phủ nhân tạo bao gồm việc phủ lên kim loại một loại kim loại bổ sung có nhiều khả năng bị oxy hóa hơn, người ta gọi là "lớp phủ hy sinh". Có hai kỹ thuật chính để đạt được

lớp phủ hy sinh đó là: bảo vệ catốt và bảo vệ anốt.

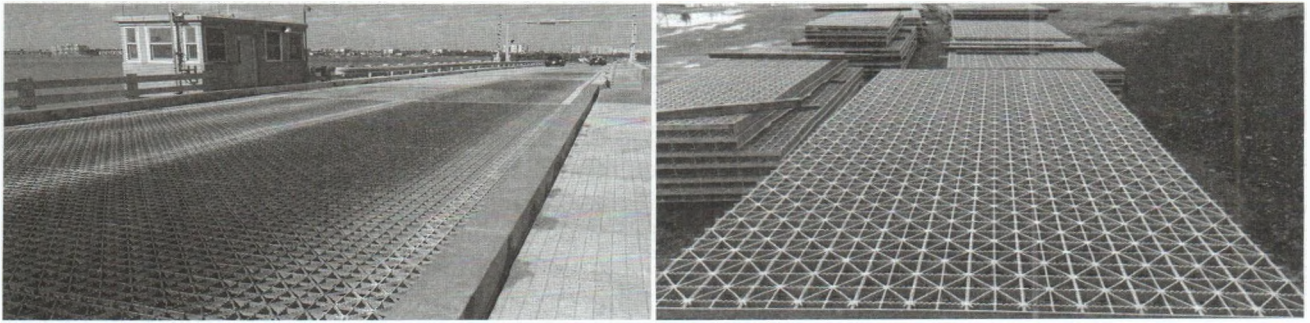
Chất ức chế ăn mòn: Chất ức chế ăn mòn là một hóa chất phản ứng với bề mặt của kim loại hoặc các chất khí xung quanh để ngăn chặn các phản ứng điện hóa dẫn đến ăn mòn. Khi sử dụng chất ức chế ăn mòn, người ta phủ lên bề mặt kim loại, tạo thành một lớp màng bảo vệ. Chất ức chế có thể áp dụng dưới dạng dung dịch hoặc lớp phủ bảo vệ bằng kỹ thuật phân tách. Chất ức chế ăn mòn thường được áp dụng thông qua một quá trình phản ứng hóa học. Phản ứng đó được coi là quá trình thụ động hóa.

Trong quá trình thụ động, một lớp phủ mỏng của vật liệu bảo vệ, chẳng hạn như oxit kim loại được tạo ra đã bảo vệ kim loại, hoạt động như một rào cản chống lại sự ăn mòn. Sự hình thành của lớp oxit này bị ảnh hưởng bởi pH môi trường, nhiệt độ và thành phần hóa học xung quanh.

Sửa đổi thiết kế: Sửa đổi thiết kế có thể giúp giảm ăn mòn và cải thiện độ bền của bất kỳ lớp phủ chống ăn mòn bảo vệ nào hiện có. Khi thiết kế, kết cấu chịu lực chính cần tránh tiếp xúc với môi trường để gây ăn mòn.



Hình 3. Chống ăn mòn trụ thép bằng phương pháp bảo vệ catốt (sử dụng anốt hi sinh)



Hình 4. Kết cấu mặt cầu thép dạng sàn mắt cáo

3.3. Để giảm hư hỏng mặt cầu do tác động bão

Sử dụng dầm cầu (dầm dọc và dầm ngang) dạng trụ tròn. Đồng thời các dầm cầu được hàn vào đỉnh trụ tạo thành kết cấu khung chắc chắn. Sử dụng mặt cầu dạng mắt cáo.

Lan can cầu có thể xoay, gập lại được. Trước ảnh hưởng của các cơn bão lớn, siêu bão, lan can cầu có thể xoay, gập xuống sàn để tránh ảnh hưởng sóng bão đánh trực tiếp vào lan can.

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Dựa vào sự phân tích các nguyên nhân và giải pháp đưa ra nhằm giảm thiểu các hư hỏng kết cấu trụ thép và cầu thép dưới tác động của môi trường biển đảo, nhóm tác giả đưa ra những kết luận và kiến nghị như sau:

1. Cần đánh giá, dự đoán chi tiết các yếu tố có thể gây hư hỏng kết cấu trụ thép và cầu thép dưới tác động của môi trường biển đảo để trong quá trình thiết kế, xây dựng và khai thác đưa ra các biện pháp cho phù hợp.

2. Với điều kiện làm việc khắc nghiệt của môi trường biển đảo, các công trình cầu nói chung và cầu thép nói riêng thường xuyên bị hư hỏng do xói cục bộ trụ cầu, ăn mòn thép hay hư hỏng do bão. Các giải pháp như kết cấu, cấu tạo, vật liệu cho kết cấu cầu cần được quan tâm nghiên cứu. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Xói lở ở công trình cầu - Trần Đình Nghiên - NXB Xây dựng 2008.
- [2]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10264:2014 về Bảo vệ catốt cho các kết cấu thép của cảng biển và công trình biển - Yêu cầu thiết kế.
- [3] A. Bestawy; T. Eltahawy; A. Alsaluli; A. Almaliki; M. Alqurashi. Reduction of local scour around a bridge pier by using different shapes of pier slots and collars. *Water Supply* (2020) 20 (3): 1006-1015. <https://doi.org/10.2166/ws.2020.022>.
- [4] Shuang-Ling Chong. Preventing Corrosion in Steel Bridges. *Public Roads*. Vol 68(2), 2004.
- [5] Zhu, D., Li, Y., Dong, Y. et al. Long-term loss assessment of coastal bridges from hurricanes incorporating overturning failure mode. *ABEN* 2, 10 (2021).
- [6] Padgett J, Desroches R, Nielson B, Yashinsky M, Kwon OS, Burdette N, Tavera E (2008) Bridge damage and repair costs from hurricane Katrina. *J Bridg Eng* 13(1):6-14.
- [7] Xu G, Cai CS (2015a) Numerical simulations of lateral restraining stiffness effect on bridge deck--wave interaction under solitary waves. *Eng Struct* 101:337-351.
- [8] Guo A, Fang Q, Bai X, & Li H. (2015). Hydrodynamic experiment of the wave force acting on the superstructures of coastal bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 20(12);04015012:1-11.
- [9] Hayatdavoodi M, Seiffert B, Ertekin RC (2014) Experiments and computations of solitary-wave forces on a coastal-bridge deck. Part II: deck with girders. *Coast Eng* 88:210-228.
- [10] Seiffert B, Hayatdavoodi M, Ertekin RC (2014) Experiments and computations of solitary-wave forces on a coastal-bridge deck. Part I: flat plate. *Coast Eng* 88:194-209.
- [11] AASHTO. (2008). Guide specifications for bridges vulnerable to coastal storms.
- [12] Dong Y, Akiyama M, Frangopol DM, & Tsompanakis Y. (2020). Risk-, resilience-, and sustainability-informed assessment and management of civil infrastructure in a life-cycle context. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2020:1-2.
- [13] Cai Y, Agrawal A, Qu K, Tang HS (2018) Numerical investigation of connection forces of a coastal bridge deck impacted by solitary waves. *J Bridg Eng* 23(1):04017108.
- [14] Xu G (2020) Discussion of "numerical investigation of connection forces of a coastal bridge deck impacted by solitary waves" by Yalong Cai, A. Agrawal, Ke Qu, and H. S. Tang. *J Bridge Eng* 25(1):1-2.