



INVESTIGATION OF FLUID MUD IN DUYEN HAI PORT, TRA VINH PROVINCE

Le Vinh An¹, Nguyen Viet Thanh^{1,2,*}, Yasuyuki Nakagawa³, Nguyen Van Bo⁴

¹Faculty of Civil Engineering, University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²Viet Trung Research and Development Center, University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

³Coastal and Estuarine Sedimentary Dynamics Research Group, Port and Airport Research Institute, Yokosuka 239-0826, Japan

⁴Waterway Construction Consultants Joint Stock Company, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 25/4/2020

Revised: 20/5/2020

Accepted: 23/5/2020

Published online: 28/6/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.5.8>

* Corresponding author

Email: vietthanh@utc.edu.vn; Tel: 0913 080 860

Abstract. Duyen Hai harbour basin is influenced by the interaction process between river flow and the complicated hydrodynamics in estuaries and coastal causing serious sedimentation. The elevation of the sea bed of the water bodies only reaches the elevation from -3.0 to -5.0m (Chart Datum-CD) restricting the large ships' access to the 30,000 DWT coal berth. In particular, the presence of fluid mud in the channel, turning basin and berth' water bodies makes the sediment problem even more serious. This paper presents the research results of rheological characteristics (density, yield stress and viscosity) as measured by RheoTune equipment in the field, and the thickness and spatial distribution of fluid mud in the water area in front of the coal, oil berths, and turning basin of Duyen Hai port based on multibeam echo-sounder results. This is an important basis knowledge for further studies on determining of nautical depth of fluid mud bed for Duyen Hai port, Tra Vinh province.

Keywords: fluid mud, rheological, density, yield stress, viscosity, echo-sounder, Duyen Hai port.



NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG Bùn LỎNG KHU VỰC CẢNG DUYÊN HẢI, TỈNH TRÀ VINH

Lê Vĩnh An¹, Nguyễn Việt Thanh^{1,2,*}, Yasuyuki Nakagawa³, Nguyễn Văn Bộ⁴

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Việt Trung, Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

³Coastal and Estuarine Sedimentary Dynamics Research Group, Port and Airport Research Institute, Yokosuka 239-0826, Japan

⁴Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Công trình Thủy, Số 647 Phạm Văn Đồng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/4/2020

Ngày nhận bài sửa: 20/5/2020

Ngày chấp nhận đăng: 23/5/2020

Ngày xuất bản Online: 28/6/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.5.8>

* Tác giả liên hệ

Email: vietthanh@utc.edu.vn; Tel: 0913080860

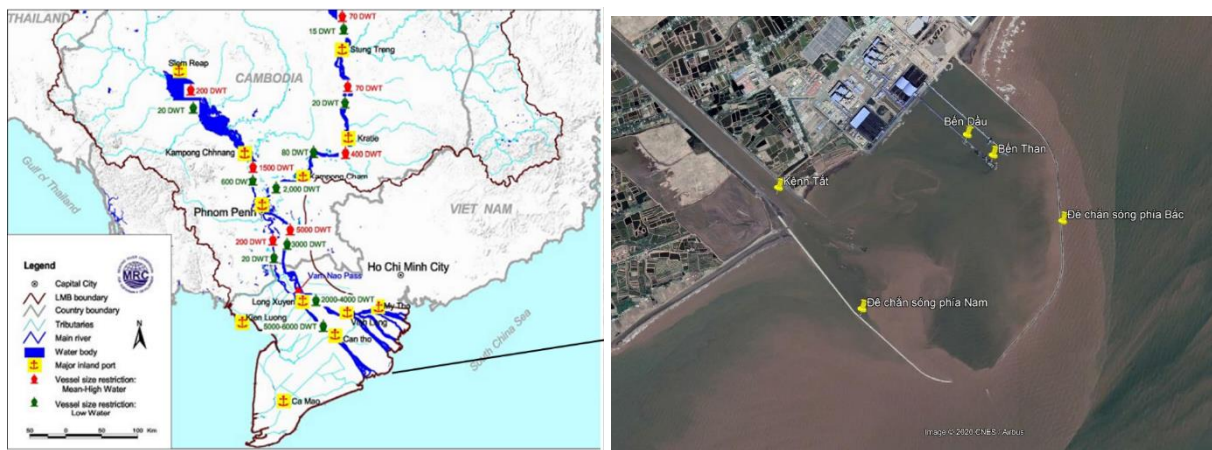
Tóm tắt. Bể cảng cảng Duyên Hải do chịu ảnh hưởng của quá trình tương tác giữa dòng chảy sông và chế độ thủy động lực vùng cửa sông ven biển phức tạp đã gây ra bồi lắng khá nghiêm trọng. Cao độ đáy các khu nước chỉ đạt cao độ từ -3,0 đến -5,0m (CD) đã hạn chế các tàu lớn ra vào bến than 30.000 DWT. Đặc biệt, sự xuất hiện bùn lỏng trong vũng quay tàu và các khu nước của các bến cảng càng làm cho vấn đề bồi lắng càng nghiêm trọng hơn. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu các đặc trưng độ lưu biến (mật độ, ứng suất tới hạn và độ nhớt) của bùn lỏng được xác định từ kết quả đo đạc bằng thiết bị RheoTune tại hiện trường, chiều dày và phạm vi phân bố của bùn lỏng ở khu nước trước các bến than, bến dầu và vũng quay tàu của cảng Duyên Hải từ kết quả đo địa hình bằng thiết bị đo sâu hồi âm đa tần. Đây là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu tiếp về xác định đáy chạy tàu hàng hải trong đáy có lớp bùn lỏng đối với cảng Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh.

Từ khóa: bùn lỏng, độ lưu biến, mật độ, ứng suất tới hạn, độ nhớt, đo thiết bị đo sâu hồi âm, cảng Duyên Hải.

© 2020 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cảng biển Trung tâm Điện lực Duyên Hải (sau đây gọi tắt là cảng Duyên Hải) thuộc thôn Mù U, xã Dân Thành, huyện Duyên Hải tỉnh Trà Vinh. Phía Tây tiếp giáp với dự án luồng sông Hậu. Phía Bắc giáp mặt bằng nhà máy. Phía Đông Nam và phía Nam giáp biển (Hình 1). Cảng gồm 2 bến nhập than, thiết bị, nguyên vật liệu cho tàu 30.000DWT và 1 bến cho tàu dầu 1.000 DWT. Khu nước trước 2 bến than đã được nạo vét đến cao trình -9,5m (Hệ cao độ Hải Đồ). Khu nước của bến dầu là -4,5m. Sau khi đưa vào sử dụng tháng 1 năm 2016, do ảnh hưởng của tương tác giữa dòng chảy sông và chế độ thủy động lực ven biển phức tạp luồng chính cũng như luồng nhánh vào cảng Duyên Hải đều bị bồi lắng khá nghiêm trọng. Hiện nay luồng nhánh vào cảng Duyên Hải chỉ đạt cao độ từ -3,0 đến -5,0m đã hạn chế các tàu lớn vào cập cảng than 30.000 DWT[1]. Đặc biệt sự xuất hiện bùn lỏng trong luồng nhánh, vũng quay tàu và khu nước của cảng càng làm cho vấn đề bồi lắng càng phức tạp hơn.



Hình 1. Vị trí nghiên cứu cảng Duyên Hải, Trà Vinh.

Cơ chế thủy động lực, quá trình lan truyền sóng và trường vận chuyển bùn cát khu vực nghiên cứu trước và sau khi có cảng Duyên Hải đã được Liên danh PortCoast-Nippon Koei-DHI nghiên cứu bằng mô hình toán MIKE 21 trong “Báo cáo mô hình toán – Dự án luồng cho tàu biển trọng lớn vào sông Hậu” [2]. Hiệu quả của công trình cảng Duyên Hải được PortCoast nghiên cứu trong “Báo cáo mô hình thủy động lực - Cảng Trung tâm Điện lực Duyên Hải” [1]. Cả 2 báo cáo này đều khẳng định sau khi xây dựng công trình thì sa bồi là không đáng kể, với phương án chọn thì sa bồi chỉ khoảng 177.000 m³ trong một năm. Đánh giá hiệu quả của luồng Quan Chánh Bó đã được thực hiện, kết quả cũng cho thấy công trình kênh tắt có những tác động đáng kể tới dòng chảy và quá trình vận chuyển bùn cát khu vực cửa Định An và ven biển tỉnh Trà Vinh [3]. Các nghiên cứu về diễn biến hình thái và sa bồi luồng cửa Định An cho thấy khu vực xây dựng công trình sẽ là một khu vực bồi lắng [4-6]. Mặc dù còn nhiều hạn chế song các nghiên cứu trên đây đã góp phần cơ sở khoa học trong xây dựng tuyến luồng cho tàu biển lớn và sông Hậu và cảng Duyên Hải. Các khuyến cáo trong các nghiên cứu trên vẫn còn giá trị cho đến hiện nay. Tình trạng sa bồi nghiêm trọng của bể cảng và cả tuyến luồng đang là mối quan tâm sâu sắc không chỉ của các nhà khoa học mà còn có sự quan tâm sâu sắc của đội ngũ khoa học biển trong nước. Những bài học và kiến nghị đối với Nhà nước về việc xây luồng cho tàu biển lớn vào cảng Cần Thơ qua kênh tắt và kênh Quan Chánh Bó cũng đã được tổng kết. Đây cũng là một bài học sâu sắc cho những người làm khoa học biển [7].

Bùn lỏng là một trạng thái quen thuộc của trầm tích hạt tổng hợp điển hình ở dạng kết tủa

keo của hạt rất mịn trong nước, là một loại bùn phi Newton có liên quan đến chảy tàu, bồi lắng và chuyển động của chất gây ô nhiễm gây ra bởi dòng chảy và sóng. Mặc dù nó hiển diện trên toàn cầu nhưng hiểu biết về quá trình hình thành, vận chuyển, phân tán còn rất nghèo nàn bởi đặc trưng của bùn lỏng rất phức tạp và nó biến đổi theo không gian và thời gian [8, 9]. Các nghiên cứu về bùn lỏng trên thế giới làm cơ sở đề xuất các tiêu chí để xác định cao độ đáy chảy tàu. Các nghiên cứu về cơ chế hình thành bùn lỏng trong nước chưa nhiều. Kết quả nghiên cứu bùn lỏng trên tuyến luồng Soài Rạp và giải pháp xử lý cũng chỉ mới là những nghiên cứu sơ khai, việc lấy mẫu bằng ống hình tròn xuyên vào trong lớp bùn rồi đem về phòng thí nghiệm để xác định mật độ của bùn lỏng là rất hạn chế bởi bùn lỏng có tính linh động cao, chỉ cần một tác động nhỏ cũng có thể làm thay đổi tính chất độ lưu biến của nó [10]. Trong khi đó trên thế giới hiện nay đã ứng dụng các công nghệ tiên tiến cho phép quan trắc trực tiếp các đặc trưng lưu biến của bùn lỏng như thiết bị RheoTune, thiết bị đo sâu hồi âm đa tần. Các thiết bị này cho kết quả khảo sát có độ tin cậy cao. Do bùn lỏng có tính linh động cao, mỗi một khu vực nghiên cứu có đặc trưng khác nhau nên việc nghiên cứu các đặc trưng lưu biến và phạm vi phân bố, chiều dày của lớp bùn lỏng đối với cảng Duyên Hải là hết sức cần thiết. Kết quả này là cơ sở để có thể xác định được cao độ đáy chảy tàu cho các khu vực cảng, luồng tàu có bùn lỏng cho cảng Duyên Hải, Trà Vinh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp đo đạc khảo sát địa hình đáy khi có bùn lỏng

Địa hình đáy khu vực nước trước các bến than, bến dầu và vũng quay tàu được đo đạc khảo sát bằng thiết bị hồi âm đa tần đơn tia gồm đầu đo có tần số 12 kHz, 33 kHz và 200 kHz. Tọa độ điểm khảo sát được định vị bằng hệ trạm GPS tĩnh và động. Việc cài đặt trạm tĩnh GPS bao gồm các cài đặt về tọa độ, độ cao của điểm khống chế và các cài đặt liên quan khác. Việc cài đặt trạm động máy thu GPS và Echo-Sounder bao gồm các cài đặt về chuẩn dữ liệu xuất ra (NMEA-083), tốc độ dữ liệu và một số cài đặt khác.

Bình đồ độ sâu có diện tích 145 ha, tỷ lệ 1/1000 được vẽ bằng phần mềm Mesh Generator, MIKE 21 dựa trên lưới phi cấu trúc dạng tam giác được xây dựng trên hệ tọa độ VN-2000, phép chiếu UTM, Ellipsoid qui chiếu WGS 1984, múi chiếu 3⁰, kinh tuyến trục 106⁰⁰' (Kinh tuyến trục TTĐL Duyên Hải). Mặt chuẩn qui chiếu độ sâu là mặt chuẩn số "0" Hải đồ.

2.2. Phương pháp đo đạc và phân tích các đặc trưng lưu biến của bùn lỏng

Để khảo sát đo đạc các đặc trưng của bùn lỏng, đã tiến hành ứng dụng thiết bị RheoTune, hãng Stema System, Hà Lan (Hình 2). Thiết bị RheoTune cho phép đo đạc đồng thời các đặc trưng lưu biến của bùn lỏng gồm mật độ bùn lỏng, ứng suất tới hạn và độ nhớt của bùn lỏng. Công tác đo đạc đặc trưng lưu biến của bùn lỏng bằng thiết bị Rheotune tại 09 vị trí (hình 3) được thực hiện trong 2 ngày 14 và 15 tháng 7 năm 2019, vị trí cụ thể như sau:

- + Bến than 3 vị trí. Các điểm quan trắc gồm: (QT1, QT2 ; QT3);
- + Vũng quay tàu 3 vị trí. Các điểm quan trắc gồm: (QT4, QT5; QT6);
- + Bến dầu 3 vị trí. Các điểm quan trắc gồm: (QT7, QT8; QT9).

Kết quả đo đạc được sử dụng để vẽ phân bố các đặc trưng lưu biến của bùn lỏng theo độ sâu nước để làm cơ sở phân tích sự biến thiên của mật độ, ứng suất, độ nhớt của bùn lỏng theo độ sâu nước và xác định chiều dày của lớp bùn lỏng trong các khu vực nước của các bến và vũng quay tàu.



Hình 2. Thiết bị Rheotune và phụ kiện (trái), thiết bị RheoTune ngoài hiện trường.



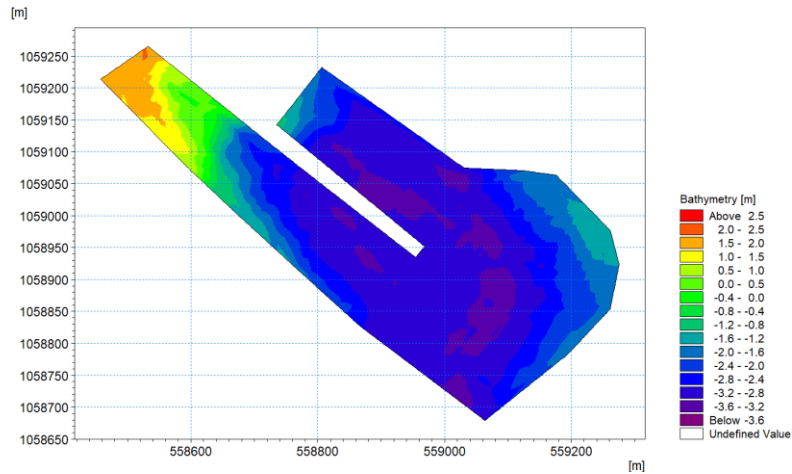
Hình 3. Vị trí đo đạc đặc trưng lưu biến của bùn lóng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

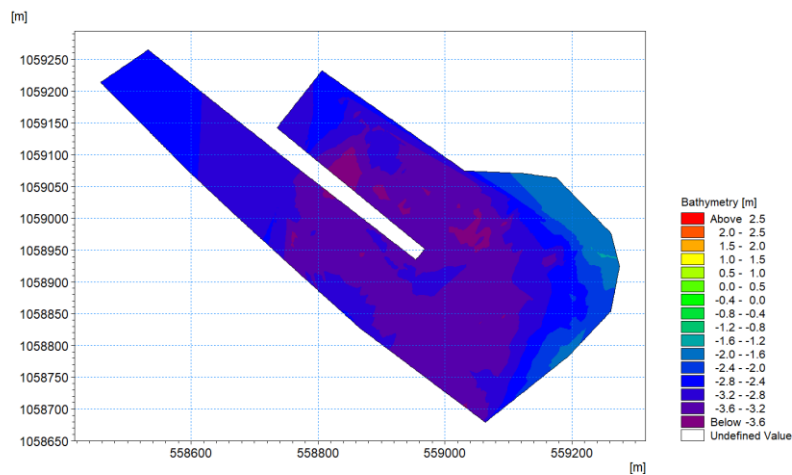
3.1. Diễn biến địa hình đáy theo kết quả các tần số của thiết bị hồi âm

Thiết bị đo sâu hồi âm tần số 200 kHz được sử dụng để đo độ sâu chỉ xác định được độ sâu đến bề mặt giữa nước và bùn lóng. Trong khi đó, máy đo sâu hồi âm có tần số 12-33 KHz có thể thâm nhập vào trong lớp bùn lóng [11, 12]. Tần số càng bé khả năng đo được độ sâu vào lớp bùn lóng càng tốt. Kết quả khảo sát tại khu vực nghiên cứu cho thấy:

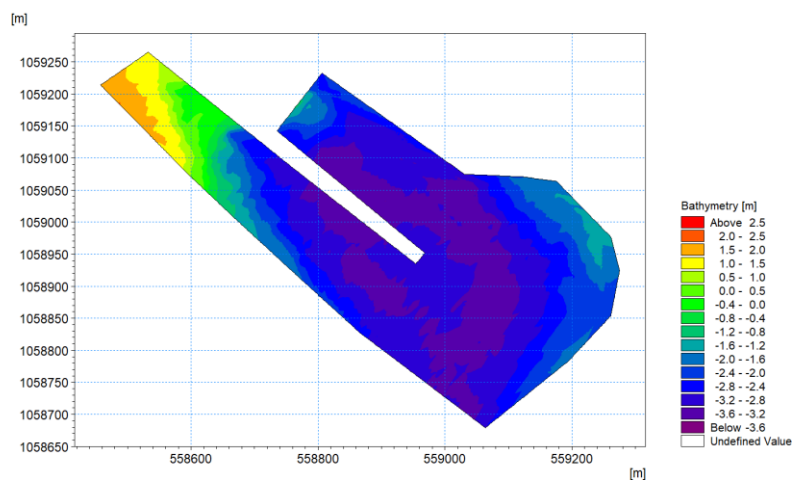
- Thiết bị đo sâu hồi âm có tần số 200 kHz độ sâu khu nước trước đầu đạt từ +0,48 đến +1,53m (cao độ Hải đồ); bến than từ -2,9 đến -3,35m; độ sâu vũng quay tàu chỉ đạt từ -2,30 đến -3,4 m (hình 4).
- Với thiết bị đo sâu hồi âm có tần số 12 kHz độ sâu khu nước trước đầu đạt từ -2,65 đến -2,74m (cao độ Hải đồ); các bến than -3,2 đến -4,0m; độ sâu vũng quay tàu chỉ đạt từ -2,20 đến -3,73 m (hình 5).
- Với thiết bị đo sâu hồi âm có tần số 33 kHz độ sâu khu nước trước đầu đạt từ +0,29 đến +1,36m; bến than từ -2,4 đến -3,5m; độ sâu vũng quay tàu chỉ đạt từ -2,30 đến -3,4 m (hình 6).



Hình 4. Địa hình đáy đo bằng thiết bị hồi âm tần số 200 kHz.



Hình 5. Địa hình đáy đo bằng thiết bị hồi âm tần số 12 kHz.



Hình 6. Địa hình đáy đo bằng thiết bị hồi âm tần số 33 kHz.

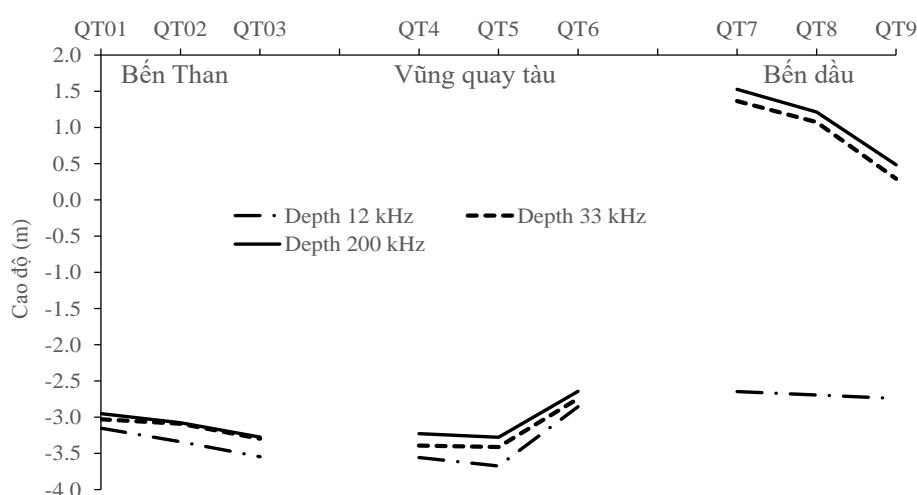
Kết quả thể hiện trên các hình 4, 5 và 6 cho thấy với thiết bị hồi âm tần số 12 kHz kết quả cho độ sâu lớn nhất. Ở khu vực 2 bên than và vũng quay tàu mức độ chênh lệch độ sâu không

lớn nhưng ở khu vực bến dầu mức độ chênh lệch độ sâu là rất lớn. Dưới đây sẽ thực hiện so sánh độ sâu tại các điểm khảo sát để làm rõ hơn sự chênh lệch này.

So sánh độ sâu theo 3 tần số 12 kHz, 33 kHz và 200 kHz tại các điểm đo bùn lỏng ở khu vực bến than cho thấy độ sâu ứng với tần số 33 kHz và 200 kHz chênh lệch nhau không nhiều chỉ từ 0,02-0,08m trong khi đó độ sâu giữa tần 12 kHz và 200 kHz có sự chênh lệch tương đối lớn dao động từ 0,2 đến 0,28m (hình 7-bên trái).

So sánh độ sâu theo 3 tần số 12 kHz, 33 kHz và 200 kHz tại các điểm đo bùn lỏng ở vùng quay tàu cho thấy độ sâu ứng với tần số 33 kHz và 200 kHz chênh lệch nhau không nhiều chỉ từ 0,1-0,17m trong khi đó độ sâu giữa tần 12 kHz và 200 kHz có sự dao động từ 0,21 đến 0,40m (hình 7-ở giữa).

So sánh độ sâu theo 3 tần số 12 kHz, 33 kHz và 200 kHz tại các điểm đo bùn lỏng tại bến dầu ứng với các tần số khác nhau, kết quả cho thấy độ sâu ứng với tần số 33 kHz và 200 kHz chênh lệch nhau từ 0,14-0,19 m trung bình đạt 0,16m. Độ sâu giữa tần 12 kHz và 200 kHz có sự chênh lệch rất lớn dao động từ 3,23 đến 4,18m, trung bình đạt 3,77m (hình 7-bên phải).



Hình 7. Độ sâu tại các điểm đo bùn lỏng tại bến than, vùng quay tàu và bến dầu ứng với các tần số đo sâu hồi âm 12, 33 và 200 kHz.

Kết quả này một lần nữa cho thấy đối với tần số 12 kHz độ chênh lệch rất lớn đã xảy ra, giá trị sai số lớn nhất đạt 4,18m. Điều này rất vô lý, rất ít khả năng tồn tại lớp bùn dày tới 4,18m. Một thực tế từ kết quả khảo sát địa chất cũng cho thấy khu vực bến dầu tương đối nông lớp địa chất trên cùng là bùn dẻo chảy. Mặt khác, có một sự bất hợp lý là độ sâu đo bằng tần số 12 kHz tại một số điểm lại nông hơn so với độ sâu đo bằng tần số 200 kHz. Điều này là rất khó xảy ra. Do đó có thể kết luận tần số 12 kHz là không phù hợp để đo đạc độ dày lớp bùn lỏng ở khu vực nghiên cứu.

3.2. Đặc trưng lưu biến của bùn lỏng ở cảng Duyên Hải

3.2.1. Phân bố mật độ bùn lỏng

Đặc trưng mật độ của bùn lỏng tại khu vực bến than thể hiện trên hình 8 cho thấy quá trình phân bố mật độ bùn lỏng như sau:

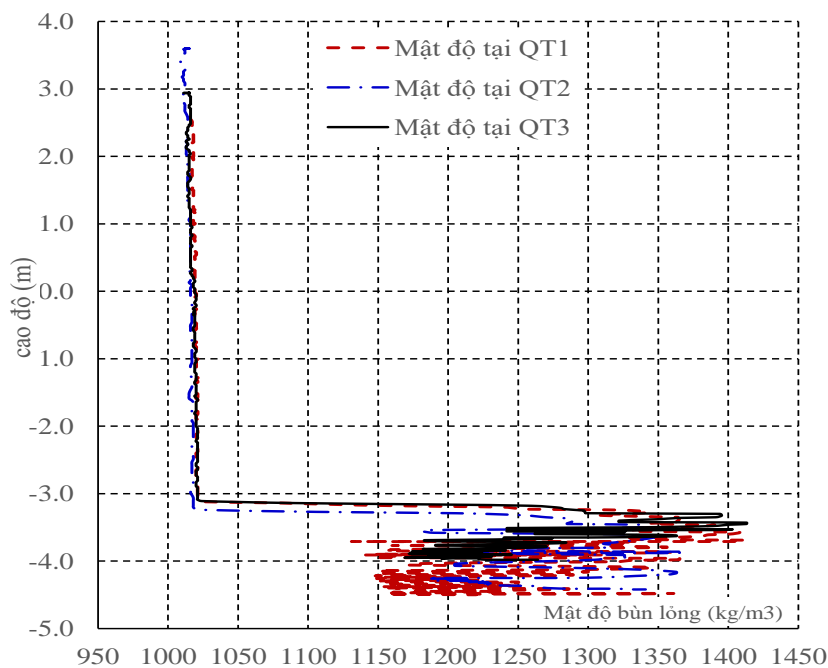
- Tại điểm QT1 bùn lỏng bắt đầu xuất hiện ở cao độ -3,08 m với mật độ 1033 kg/m^3 rồi tăng lên 1343 kg/m^3 ở -3,22 m sau đó giảm xuống 1291 kg/m^3 tại -3,46m, sau đó lại tăng cao đến 1376

kg/m³ trong chiều dày rất bé chỉ 0,05 m. Mật độ sau đó giảm xuống 1200 kg/m³ ở cao độ -4,05 m. Từ cao độ -4,05 đến -4,13 mật độ bùn lỏng dao động từ 1182 đến 1225 kg/m³. Tổng chiều dày lớp bùn lỏng theo kết quả đo đạc từ thiết bị RheoTune là 1,05m.

- Tại điểm QT2 bùn lỏng bắt đầu xuất hiện ở cao độ -3,24 với mật độ 1024 kg/m³ rồi tăng đến 1341 kg/m³ ở -3,50 m, sau đó mật độ giảm xuống 1182 kg/m³ tại -3,54m, rồi tăng đến 1363 kg/m³ (giá trị lớn nhất) ở -4,18m. Từ cao độ -4,18 đến -4,42m mật độ bùn lỏng dao động từ 1205 đến 1341 kg/m³. Tổng chiều dày lớp bùn lỏng ở QT2 đo được là 1,18m.

- Tại điểm QT3 bùn lỏng bắt đầu xuất hiện tại cao độ -3,14 với mật độ 1091 kg/m³, sau đó tăng tới 1298 kg/m³ ở -3,29m và tiếp tục tăng đến 1395 kg/m³ ở -3,33 m rồi giảm xuống 1322 kg/m³ tại -3,42 m. Mật độ bùn lỏng dao động từ 1322 đến 1413 kg/m³ xuất hiện từ cao độ -3,42 đến -3,45 m sau đó giảm còn 1183 kg/m³ ở -3,96 m, lại tăng lên đến 1264 kg/m³ ở cao độ -3,98 m. Tổng chiều dày lớp bùn lỏng ở QT2 đo được là 0,84m.

Như vậy tại khu vực bên than, chiều dày lớp bùn lỏng phân bố từ 0,84 đến 1,18 m. Trung bình đạt 1,02 m.



Hình 8. Phân bố mật độ bùn lỏng tại các điểm QT1-QT3 của khu nước bên than.

Đặc trưng mật độ của bùn lỏng tại khu nước vũng quay tàu thể hiện trên hình 9 cho thấy quá trình phân bố mật độ bùn lỏng tại đây như sau:

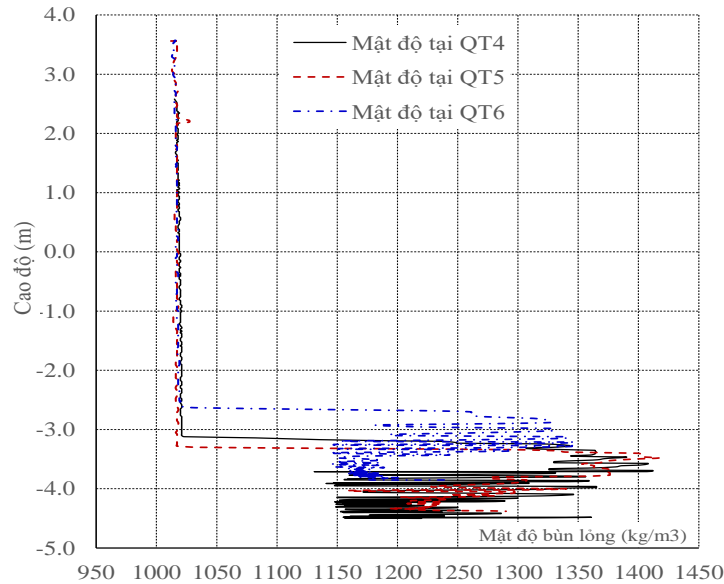
- Tại điểm QT4 bùn lỏng bắt đầu xuất hiện tại cao độ -3,3 m với mật độ dao động từ 1036 đến 1417 kg/m³ chỉ trong chiều dày lớp bùn 0,18 m đến cao độ -3,48 m, sau đó giảm và ổn định ở mức trung bình khoảng 1370 kg/m³. Từ cao độ -3,8 đến -3,99 m mật độ bùn lỏng dao động tiếp tục giảm từ 1353 xuống 1228 kg/m³, với mức trung bình đạt 1270 kg/m³. Từ cao độ -4,00 đến -4,50m mật độ bùn lỏng dao động từ 1189 đến 1290 kg/m³, trung bình đạt 1230 kg/m³. Tổng chiều dày lớp bùn lỏng ở QT4 đo được là 1,0 m.

- Tại điểm QT5, mật độ bùn lỏng dao động từ 1036 đến 1296 kg/m³ xuất hiện từ cao độ -3,33 đến -3,4m. Mật độ bùn lỏng dao động từ 1296 -1417 kg/m³ xuất hiện từ cao độ -3,4 đến -

3,48 m. Sau đó giảm xuống 1159 kg/m^3 ở cao độ -4,04 rồi tăng lên 1243 đến 1290 kg/m^3 ở cao độ -4,38. Chiều dày lớp bùn lỏng ở QT5 đo được là 1,05 m.

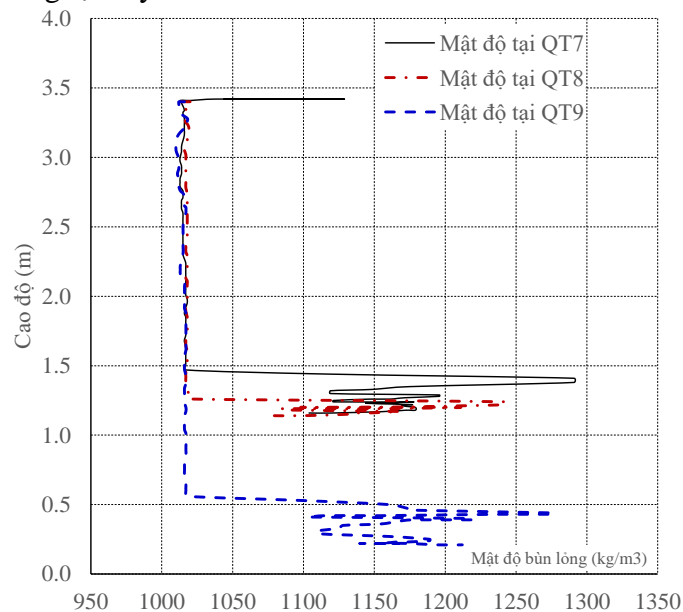
- Tại điểm QT6 mật độ bùn lỏng dao động từ 1032 đến 1269 kg/m^3 xuất hiện từ cao độ -2,63 đến -2,78m. Mật độ bùn lỏng dao động từ $1269 - 1327 \text{ kg/m}^3$ xuất hiện từ cao độ -2,78 đến -2,88 m. Sau đó giảm xuống 1182 kg/m^3 ở cao độ -2,93 và lại tăng lên đến 1241 kg/m^3 ở cao độ -3,85 m. Chiều dày lớp bùn lỏng tại điểm QT5 đo được là 1,23 m.

Như vậy tại khu vực vũng quay tàu, bùn lỏng phân bố với chiều dày dao động từ 1,0 đến 1,23 m. Trung bình đạt 1,09 m.



Hình 9. Phân bố mật độ bùn lỏng tại các điểm QT4-QT6 của khu nước vũng quay tàu.

Đặc trưng mật độ của bùn lỏng tại khu nước bến dầu thể hiện trên hình 10 cho thấy quá trình phân bố mật độ bùn lỏng tại đây như sau:



Hình 10. Phân bố mật độ bùn lỏng tại các điểm QT7-QT9 của khu nước bến dầu.

- Tại điểm QT7 cho thấy bùn lỏng bắt đầu xuất hiện ở rất nông tại cao độ +3,42m với mật độ dao động từ 1044 đến 1129 kg/m³. Mật độ bùn lỏng dao động từ 1038 đến 1291 kg/m³ xuất hiện từ cao độ +3,42 đến +1,38 m. Sau đó giảm xuống 1119 kg/m³ tại cao độ +1,30. Từ cao độ +1,30 đến +1,16m mật độ bùn lỏng dao động từ 1119 đến 1104 kg/m³. Có thể thấy tại vị trí QT7 bùn lỏng có mật độ tương đối nhỏ với chiều dày rất lớn đạt 2,26m.

- Tại điểm QT8 cho thấy bùn lỏng xuất hiện một lớp mỏng chỉ dày 0,12 m. Mật độ bùn lỏng tăng rất nhanh chỉ trong chiều dày 2cm từ 1019 kg/m³ tại cao độ +1,26 lên đến 1242kg/m³ tại cao độ +1,24 m, sau đó giảm xuống 1098 kg/m³ từ cao độ +1,20 m. Từ cao độ +1,20 đến +1,14m mật độ bùn lỏng dao động từ 1211 đến 1076 kg/m³.

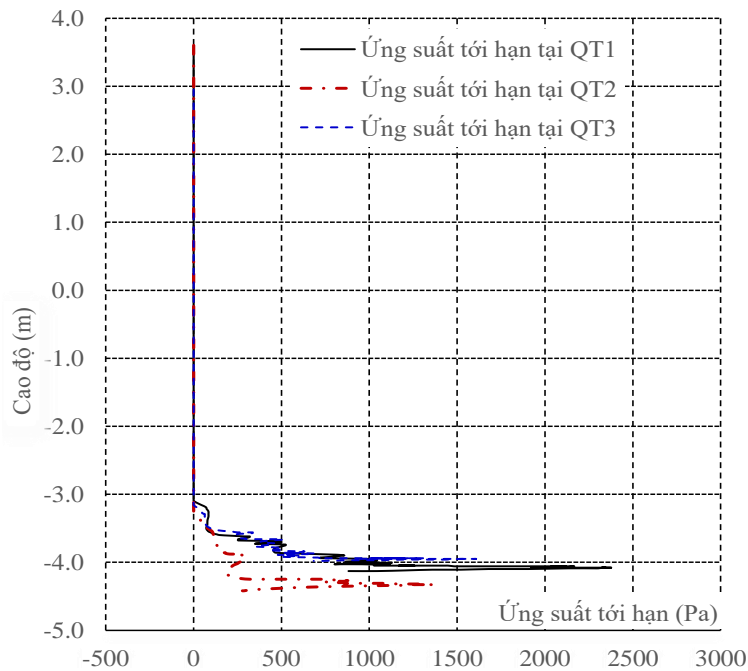
- Tại điểm QT9 cho thấy chiều dày lớp bùn lỏng chỉ 0,35m. Mật độ bùn lỏng dao động từ 1016 đến 1097 kg/m³ xuất hiện từ cao độ +0,56 đến +0,53 m sau đó tăng lên đạt giá trị lớn nhất 1276 kg/m³ tại cao độ +0,43m. Sau đó giảm xuống 1103 kg/m³ từ cao độ +0,41m. Từ cao độ +0,39 đến +0,21 mật độ bùn lỏng dao động từ 1177 đến 1212 kg/m³.

3.2.2. Phân bố ứng suất tới hạn của bùn lỏng

Đặc trưng ứng suất tới hạn của bùn lỏng tại khu nước bến than thể hiện trên hình 11 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại vị trí QT1 ứng suất tới hạn của có mật độ 1,99 Pa xuất hiện từ cao độ -3,10 m sau đó tăng lên 95,82 Pa ở -3,56 m và 319,26 Pa ở cao độ -3,62 m. Ứng suất tới hạn giảm xuống 254,29 Pa ở cao độ -3,66 m rồi tăng tới 802,22 và 2166,31 Pa xuất hiện cao độ từ -4,03 đến -4,06 m, sau đó giảm còn 881,93 Pa ở cao độ -4,13m.

- Tại điểm QT2 ứng suất tới hạn 8,26 Pa xuất hiện từ cao độ -2,73 m sau đó tăng tới 46,15 Pa ở cao độ -3,42 m và đến 86,47 Pa tại cao độ -3,51 m, rồi tăng mạnh tới 294,09 Pa ở cao độ -3,91 m, sau đó giảm xuống 192,60 Pa tại cao độ -4,13 m rồi tăng tới 889,06 tại cao độ -4,31 m. Từ cao độ -4,31 đến -4,33m ứng suất tới hạn dao động từ 889,06 đến 1365,80 Pa. Sau đó ứng suất giảm xuống 286,90 Pa có cao độ -4,42 m.



Hình 11. Phân bố ứng suất tới hạn tại các điểm QT1-QT3 khu nước bến than.

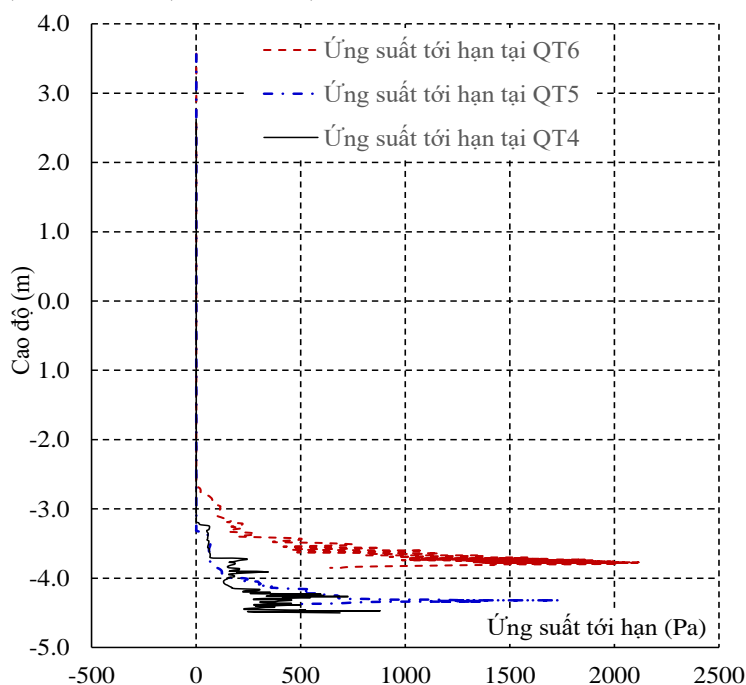
- Tại điểm QT3 ứng suất tới hạn 10,53 Pa xuất hiện từ cao độ -3,18 m. rồi tăng đến 90,16 Pa ở -3,49 m và 336,30 Pa ở -3,56 m, sau đó giảm xuống 260,20 Pa tại -3,63 m rồi lại tăng đến 508,91 Pa tại -3,66 m rồi giảm xuống 380,25 Pa tại cao độ -3,70m. Từ cao độ -3,98 đến -3,95 m ứng suất tới hạn dao động từ 683,83 đến 1608,34 Pa.

Đặc trưng ứng suất tới hạn của bùn lỏng tại các điểm QT4, QT5 và QT6 khu nước vũng quay tàu thể hiện trên hình 12 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại điểm QT4 ứng suất tới hạn 11,71 Pa xuất hiện ở cao độ -3,20 m rồi tăng lên 57,10 Pa ở -3,55 m, sau đó tăng mạnh tới 243,18 Pa ở -3,73 m rồi giảm xuống 150,35 Pa tại -3,84 m, sau đó tăng cao tới 344,87 tại -3,91 m rồi lại giảm xuống đến 169,17 ở cao độ -4,14 m sau đó tăng đến 606,37 ở cao độ -4,25m. Từ cao độ -4,25 đến -4,47 m ứng suất tới hạn dao động từ 229,31 đến 880,10 Pa sau đó giảm còn 251,5 Pa ở cao độ -4,49 rồi tăng vọt lên 688,05 tại -4,50 m.

Tại điểm QT5 cho thấy ứng suất tới hạn tăng từ 1,77 đến 59,67 Pa ở cao độ - 3,32 đến -3,46 m, rồi tăng đến 99,87 ở cao độ -3,85 m và tiếp tục tăng từ 504,69 đến 1733,79 ứng với cao độ từ -4,20 đến -4,32 m rồi giảm xuống 1380,39 ở cao độ -4,34m và 430,61 Pa ở cao độ -4,38 m.

- Tại điểm QT6 ứng suất tới hạn có sự thay đổi 5,55 đến 55,01 Pa xuất hiện từ cao độ - 2,68 đến -3,38 m rồi tăng lên 82,33 Pa ở cao độ -3,80 m. Ứng suất tới hạn thay đổi từ 153,38 đến 681,16 xuất hiện cao độ từ -3,99 đến -4,29 m sau đó tăng tới 1733,79 tại -4,32 m rồi giảm xuống 709,67 ở -4,36m và 430,61 Pa ở -4,38 m.

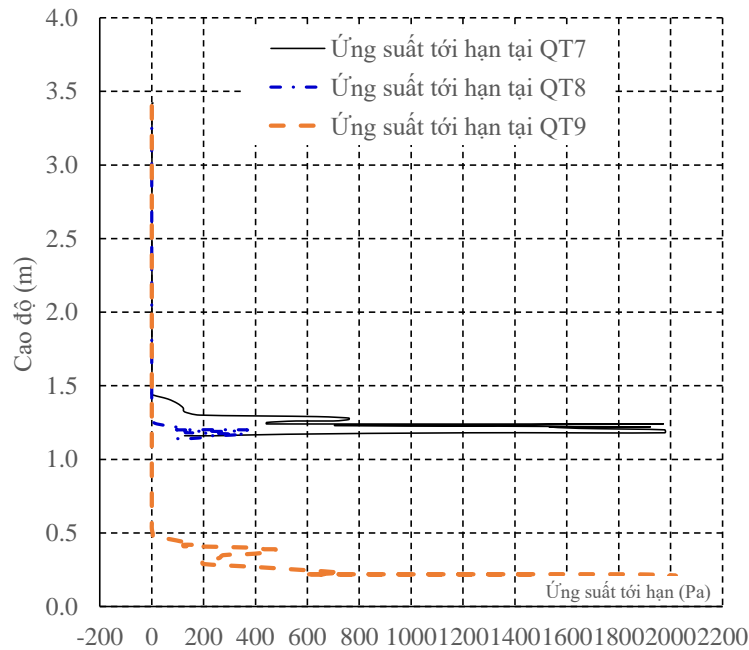


Hình 12. Phân bố ứng suất tới hạn tại các điểm QT4 - QT6 khu nước vũng quay tàu.

Đặc trưng ứng suất tới hạn của bùn lỏng tại các điểm QT7, QT8 và QT9 khu nước bến dầu thể hiện trên hình 13 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại điểm QT7 ứng suất tới hạn trên mặt nước ở cao độ +3,42 có giá trị trung bình 3,33 Pa sau đó giảm xuống 0,5 Pa ở cao độ +3,41 và giữ ổn định đến cao độ +1,44 m sau đó tăng tới 61,14 Pa ở cao độ +1,41 m và tăng vọt tới 759,64 Pa ở cao độ +1,27 m. Ứng suất tới hạn giảm

còn 442,32 Pa ở cao độ +1,25 m sau đó tăng vọt đến 1977,10 ở cao độ +1,18 m. Sau đó ứng suất giảm xuống 126,32 có cao độ +1,16 m.



Hình 13. Phân bố ứng suất tới hạn tại các điểm QT7 – QT9 khu nước bên đầu.

- Tại điểm QT8 ứng suất tới hạn của bùn lỏng bắt đầu tăng từ cao độ +1,24 m với giá trị 20,25 Pa sau đó tăng đến 89,25 Pa ở cao độ +1,22 m và 132,86 Pa ở cao độ +1,21 m, rồi đạt tới giá trị 298,03 Pa ở cao độ +1,19 m. Sau đó ứng suất giảm xuống 130,28 Pa ở cao độ +1,19 m rồi lại tăng đến 358,09 Pa ở cao độ +1,17 m. Sau đó ứng suất giảm xuống 98,00 Pa có cao độ +1,14 m.

- Tại điểm QT9 ứng suất tới hạn bắt đầu gia tăng tại cao độ +0,5 m với giá trị 3,78 Pa sau đó tăng cao lên 476,61 Pa ở cao độ +0,39 m. Tại cao độ +0,31 ứng suất giảm xuống 198,21 Pa rồi tăng lên 585,93 Pa ở +0,22 m rồi tăng rất cao đạt giá trị là 2020,05 Pa ở cao độ +0,21 m.

3.2.3. Phân bố độ nhớt của bùn lỏng

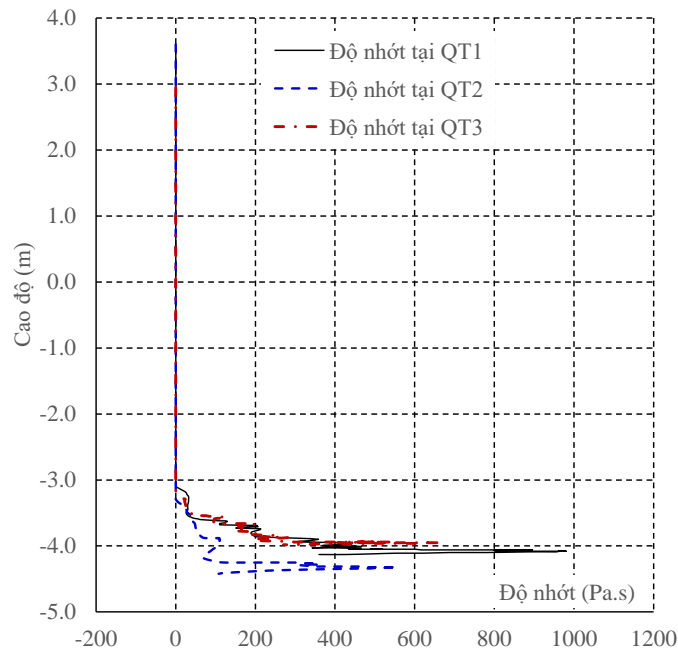
Đặc trưng độ nhớt của bùn lỏng tại các điểm QT1, QT2 và QT3 khu nước các bên than thể hiện trên hình 14 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại vị trí QT1 độ nhớt của bùn lỏng bắt đầu tăng từ 0,25 tới 8,68 tại cao độ -3,13 m, sau đó tiếp tục xu thế tăng đến 85,52 Pa.s tại cao độ -3,61 m, rồi đến 129,78 Pa.s tại cao độ -3,63 m. Độ nhớt giảm xuống 110,75 Pa.s ở cao độ -3,68 m sau đó lại tăng cao đến 358,54 Pa.s ở cao độ từ -3,90 m và lại giảm xuống 311,87 Pa.s ở cao độ -3,93 m sau đó lại tăng đến 359,97 Pa.s ở điểm cuối tại độ sâu đo được là -4,13 m.

- Tại điểm QT2 độ nhớt bắt đầu xuất hiện ở cao độ -3,35 m với giá trị 9,68 Pa.s rồi tăng lên đến 111,06 Pa.s ở cao độ -3,90 m sau đó giảm xuống 77,20 Pa.s tại cao độ -4,20 m. Độ nhớt tăng cao đến 365,87 Pa.s ở cao độ -4,31 m. Từ cao độ -4,31 đến -4,42 m độ nhớt lại giảm xuống còn 107,94 Pa.s ở điểm đo đặc cuối cùng.

- Độ nhớt phân bố theo độ sâu tại điểm QT3 cho thấy bùn lỏng bắt đầu xuất hiện ở cao độ -3,18 m với giá trị 4,18 Pa.s sau đó tăng lên 100,96 Pa.s ở cao độ -3,56 m. Độ nhớt từ 100,96 đến 126,81 Pa.s xuất hiện từ cao độ -3,56 đến -3,57 m. Sau đó độ nhớt giảm xuống 96,80 Pa.s

tại cao độ -3,64 m. Độ nhớt thay đổi từ 96,80 đến 199,73 Pa.s xuất hiện ở khu vực có cao độ từ -3,64 đến -3,66 m. Từ cao độ -3,70 đến -3,98m (cao độ cuối cùng có số liệu) độ nhớt dao động từ 160,71 đến 270,50 Pa.s.



Hình 14. Phân bố độ nhớt tại các điểm QT1-QT3 khu nước các bên than.

Đặc trưng độ nhớt của bùn lỏng tại các điểm QT4, QT5 và QT6 khu nước vũng quay tàu thể hiện trên hình 15 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại điểm QT4 cho thấy bùn lỏng bắt đầu xuất hiện ở cao độ -3,2 m với độ nhớt 4,73 Pa.s sau đó tăng lên 9,75 Pa.s ở cao độ -3,23 m rồi tăng tới 91,35 Pa.s ở cao độ -3,73 m, sau đó độ nhớt giảm xuống 71,71 Pa.s tại cao độ -3,78 m. Độ nhớt tăng từ 76,04 đến 132,74 Pa.s xuất hiện từ cao độ -3,87 đến -3,91 m. Sau đó độ nhớt giảm xuống 55,60 Pa.s tại cao độ -4,10 m. Độ nhớt thay đổi từ 55,60 đến 120,80 Pa.s xuất hiện cao độ từ -4,10 đến -4,22 m. Từ cao độ -4,22 đến -4,50m (cao độ cuối cùng có số liệu) độ nhớt dao động từ 112,67 đến 281,99 Pa.s.-

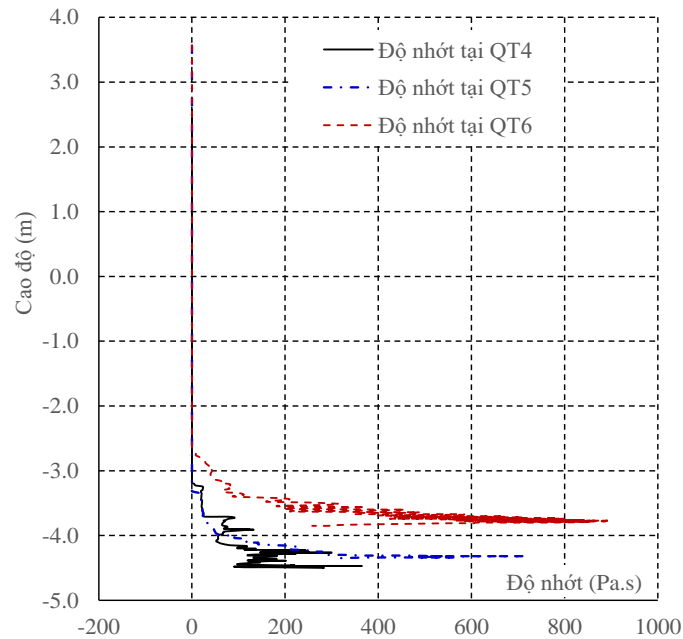
- Tại điểm QT5 cho thấy độ nhớt động học có sự thay đổi từ 0,25 đến 13,61 Pa.s xuất hiện từ cao độ 3,56 đến -3,34 m. Độ nhớt động học thay đổi từ 13,61 đến 94,13 Pa.s xuất hiện từ cao độ -3,34 đến -4,02 m. Độ nhớt động học từ 120,19 đến 221,83 Pa.s xuất hiện từ cao độ -4,09 đến -4,17 m. Sau đó độ nhớt động học giảm xuống 208,38 Pa.s tại cao độ -4,21 m. Từ cao độ -4,21 đến -4,38m (cao độ cuối cùng có số liệu) độ nhớt động học dao động từ 208,38 đến 430,61 Pa.s.

- Tại điểm QT6 cho thấy độ nhớt có sự thay đổi từ 0,25 đến 8,55 Pa.s xuất hiện từ cao độ 3,57 đến -2,76 m. Độ nhớt thay đổi từ 8,55 đến 67,00 Pa.s xuất hiện từ cao độ -2,76 đến -3,18 m. Độ nhớt từ 87,94 đến 209,71 Pa.s xuất hiện từ cao độ -3,40 đến -3,44 m. Từ cao độ -3,44 đến -3,85m (cao độ cuối cùng có số liệu) độ nhớt dao động từ 209,71 đến 258,28 Pa.s.

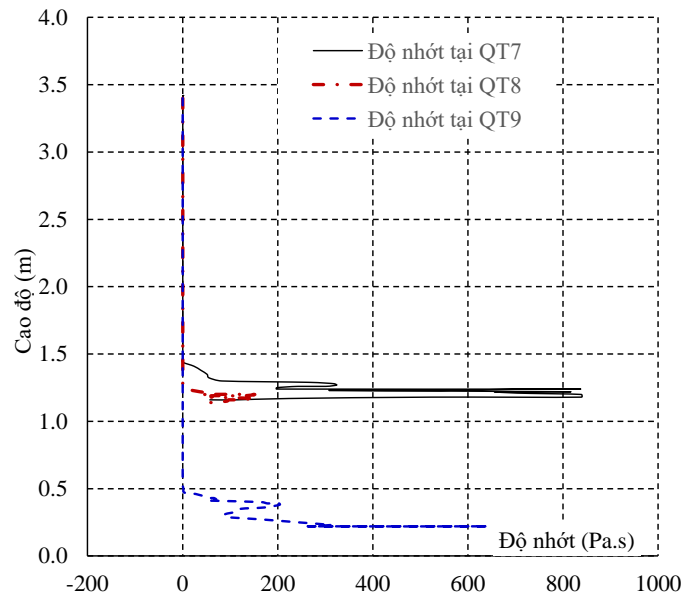
Đặc trưng độ nhớt của bùn lỏng tại các điểm QT7, QT8 và QT9 khu nước bên dầu thể hiện trên hình 16 cho thấy quá trình phân bố như sau:

- Tại điểm QT7 cho thấy độ nhớt có sự thay đổi từ 2,82 đến 0,25 Pa.s xuất hiện từ cao độ 3,42 đến 1,41 m. Độ nhớt thay đổi từ 23,68 đến 82,84 Pa.s xuất hiện từ cao độ 1,41 đến 1,30 m. Độ nhớt

từ 82,84 đến 324,08 Pa.s xuất hiện từ cao độ 1,30 đến 1,27 m. Từ cao độ 1,25 đến 1,16m độ nhớt dao động từ 197,29 đến 57,21 Pa.s.



Hình 15. Phân bố độ nhớt tại các điểm QT4-QT6 khu nước vũng quay tàu.



Hình 16. Phân bố độ nhớt tại các điểm QT7-QT9 khu nước bến dầu.

- Tại điểm QT8 cho thấy độ nhớt có sự thay đổi từ 0,25 đến 8,15 Pa.s xuất hiện từ cao độ 3,40 đến 1,24 m. Độ nhớt thay đổi từ 8,15 đến 43,55 Pa.s xuất hiện từ cao độ 1,24 đến 1,20 m. Từ cao độ 1,20 đến 1,14m độ nhớt dao động từ 43,55 đến 45,54 Pa.s.

- Tại điểm QT9 cho thấy độ nhớt có sự thay đổi từ 0,25 đến 3,93 Pa.s xuất hiện từ cao độ 3,40 đến 0,47 m. Độ nhớt thay đổi từ 3,93 đến 70,81 Pa.s xuất hiện từ cao độ 0,47 đến 0,42 m. Độ nhớt từ 70,81 đến 202,47 Pa.s xuất hiện từ cao độ 0,42 đến 0,39 m. Từ cao độ 0,39 đến 0,21m độ nhớt dao động từ 202,47 đến 813,12 Pa.s.

4. KẾT LUẬN

Thiết bị đo sâu hồi âm đa tần với đầu đo có tần số 33kHz và 200 kHz là phù hợp để xác định phạm vi của bùn loãng tiến hành đo đạc địa hình đáy khu vực nghiên cứu.

Bùn lỏng khu vực nghiên cứu có mật độ và độ nhớt tăng cao rất nhanh trong một độ sâu nhỏ, cụ thể là: mật độ dao động từ 1030 đến 1600 kg/m³; ứng suất tới hạn dao động từ 0,25 đến 2400 Pa; độ nhớt dao động từ 0,5 đến 900 Pa.s.

Lớp bùn lỏng phân bố trên toàn bộ khu vực khảo sát đo đạc và có chiều dày trung bình tương ứng tại các bến than là 1,02m; vũng quay tàu là 1,05 và bến dầu 0,91m.

Kết quả nghiên cứu này là cơ sở quan trọng để triển khai các nghiên cứu tiếp theo về xác định đáy chạy tàu khi xét tới việc có thể tận dụng lớp bùn lỏng cho cảng Duyên Hải, Trà Vinh.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Việt Trung, Trường đại học Giao thông vận tải thông qua đề tài “*Nghiên cứu đánh giá lớp bùn lỏng và xác định cao độ đáy chạy tàu thuộc Dự án cảng biển Trung tâm Điện lực Duyên Hải*”, mã số 01/HĐ-KHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PortCoast, Báo cáo mô hình thủy động lực - Cảng Trung tâm Điện lực Duyên Hải, Công ty Cổ phần Thiết kế cảng - Kỹ thuật biển (PortCoast): Thành phố Hồ Chí Minh, 2010.
- [2]. PortCoast, Nippon Koei, DHI, Numerical model report, Feasibility project of waterway for heavy-tonnages ships to enter the Hau River: Hanoi, p. 231, 2009.
- [3]. Dang Dong Nguyen, Nguyen Viet Thanh, Influence of enlargement of Quan Chanh Bo channel on hydrodynamic and sediment transport in Dinh An estuary, Vietnam, in Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress 2014, Hanoi, Vietnam: Construction Publishing House, 2014. <https://doi.org/10.13140/2.1.2060.5121>
- [4]. V.T. Nguyen, J.H. Zheng, L.P. Hau, Morphological evolution of navigation channel in Dinh An estuary, Vietnam in 7th IAHR Symposium on River, coastal and estuarine morphodynamics, Beijing: Tsinghua University Press, 2011. <https://doi.org/10.13140/2.1.3916.7362>
- [5]. V. T. Nguyen, J. H. Zheng, J. S. Zhang, Mechanism of back siltation in navigation channel in Dinh An Estuary, Vietnam Water Science and Engineering, 6 (2013) 178-188. <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2013.02.006>
- [6]. N. V. Thanh, Morphological evolution and back siltation of navigation channel in Dinh An Estuary, Mekong River Delta: understanding, modelling and solving, Hohai University: Nanjing. p. 181, 2012.
- [7]. N.N.Trân, Luồng kênh Quan Chánh Bó, bài học và kiến nghị, 2018.
- [8]. McAnally, Allen Teeter, David Schoellhamer, Carl Friedrichs, Douglas Hamilton, Earl Hayter, Parmeshwar Shrestha, Hugo Rodriguez, Alexandru Sheremet, Robert Kirby, Management of Fluid Mud in Estuaries, Bays, Lakes. I: Present State of Understanding on Character and Behavior, Journal of Hydraulic Engineering, 133(2007) 9-22. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2007\)133:1\(9\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2007)133:1(9))
- [9]. Ashish J. Mehta, Farzin Samsami, Yogesh P. Khare, Cihan Sahin, Fluid Mud Properties in Nautical Depth Estimation, 140 (2014) 210-222. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WW.1943-5460.0000228](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000228)
- [10]. Lê Mạnh Hùng, Lê Xuân Thuyên, Đinh Công Sản, Nguyễn Văn Hiệp, Bùn lỏng trên tuyến luồng Soài Rạp và giải pháp xử lý, Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi, 31 (2016) 8.
- [11]. Rewert Wurpts and Patrick Torn, 15 Years Experience with Fluid Mud: Definition of the Nautical Bottom with Rheological Parameters, Terra et Aqua, 99 (2005) 22-32.
- [12]. PIANC, Report No. 121-2014 Harbour approach channels design guidelines: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, 309, 2014.