

## Researching solutions to overcome different forms of invisible wear and tear of construction of seaport berths in the form of a one-anchor pile wall

Nguyen Van Vi\*, Nguyen Van Bien  
University of Transport Technology, Hanoi, Vietnam

### Article info

#### Type of article:

Original research paper

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.3.38-48>

#### \*Corresponding author:

E-mail address:

[vinv@utt.edu.vn](mailto:vinv@utt.edu.vn)

Received: 3/8/2023

Accepted: 21/9/2023

Published: 27/9/2023

**Abstract:** The article presents the results of research on solutions to overcome invisible wear and tear of one-anchor pile wall seaport structures. The authors analyze and select structural solutions and propose a method of calculating the wharf with consideration of different invisible wear options and make a TC-AHMHVH calculation program.

The research have led to the basic results for different invisible wear options of the work:

- If it is only required to increase the depth in front of the wharf by an amount  $\Delta H_{tY} = 1.25$  m, then the thickness of the rock to replace the soft soil in front of the wall is at least  $h_{dmin} = 3.3$  m ( $0.33H_t$ , where  $H_t$  is the height of the work);
- If it is only required to increase the exploitation load on the wharf by an amount of  $\Delta q_Y = 15$  kPa, the minimum thickness of rock to replace soft soil is  $h_{dmin} = 2.59$  m;
- When it is required to simultaneously increase the depth in front of the berth and the operating load on the berth, already set up the relationship diagrams between the increased depth  $H_t$  and the working load can increase the limit  $\Delta q_{gh}$  for the different thicknesses of the layer of the rock to replace soft soil. On that basis, with an value of the required depth  $\Delta H_{tY}$ , it is possible to determine the mining load that can increase the limit  $\Delta q_{gh}$  and vice versa. For example, with  $h_d = 3.5$  m, if the required depth is increased by  $\Delta H_{tY} = 1.1$  m, the mining load can only be increased up to  $\Delta q_{max} = 7.4$  kPa. In the case of  $h_d = 3.0$  m, if the required mining load is increased by  $\Delta q_Y = 6.0$  kPa, the depth in front of the wharf can only increase up to  $\Delta H_{tmax} = 0.80$  m.

The research results can be applied in practice to overcome the invisible wear and tear of the work, as well as to renovate and upgrade harbor structures in the form of the one-anchor piling wall.

**Keywords:** The one-anchor piling wall wharf, solutions to overcome, invisible wear and tear, increasing the depth, increasing the exploitation load, rock layer replacing soft soil.

## Nghiên cứu các giải pháp khắc phục các dạng hao mòn vô hình khác nhau của công trình bến cảng biển tường cừ một neo

Nguyễn Văn Vi\*, Nguyễn Văn Biên

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam

### Thông tin bài viết

#### Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.3.38-48>

#### \*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

[vinv@utt.edu.vn](mailto:vinv@utt.edu.vn)

Ngày nộp bài: 3/8/2023

Ngày chấp nhận: 21/9/2023

Ngày đăng bài: 27/9/2023

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu giải pháp khắc phục hao mòn vô hình của công trình bến cảng biển dạng tường cừ một neo. Các tác giả đã phân tích chọn giải pháp kết cấu và đề xuất phương pháp tính toán công trình xét đến các phương án hao mòn vô hình khác nhau và lập chương trình tính toán TC-AHMH.

Các nghiên cứu đã đưa đến kết quả cơ bản đối với các phương án xét hao mòn vô hình khác nhau của công trình:

- Nếu chỉ yêu cầu tăng độ sâu trước bến một lượng  $\Delta H_{TY} = 1,25$  m thì chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường tối thiểu là  $h_{dmin} = 3,3$  m ( $0,33H_t$ , với  $H_t$  là chiều cao công trình);
- Nếu chỉ đòi hỏi tăng tải trọng khai thác trên bến một lượng  $\Delta q_Y = 15$  kPa thì chiều dày đá học thay thế đất yếu tối thiểu là  $h_{dmin} = 2,59$  m;
- Khi yêu cầu tăng đồng thời độ sâu trước bến và tải trọng khai thác trên bến, đã thiết lập được các biểu đồ quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_t$  và tải trọng khai thác có thể tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$  đối với các chiều dày lớp đá học  $h_d$  thay thế đất yếu khác nhau. Trên cơ sở đó với một giá trị độ sâu yêu cầu tăng thêm  $\Delta H_{TY}$  có thể xác định tải trọng khai thác tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$  và ngược lại. Ví dụ, với  $h_d = 3,5$  m, nếu độ sâu yêu cầu tăng thêm  $\Delta H_{TY} = 1,1$  m thì tải trọng khai thác chỉ có thể tăng thêm tối đa  $\Delta q_{max} = 7,4$  kPa. Còn trong trường hợp  $h_d = 3,0$  m, nếu tải trọng khai thác yêu cầu tăng thêm  $\Delta q_Y = 6,0$  kPa thì độ sâu trước bến chỉ có thể tăng thêm tối đa  $\Delta H_{tmax} = 0,80$  m.

Các kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng trong thực tế để khắc phục các hao mòn vô hình của công trình, cũng như cải tạo nâng cấp các công trình bến cảng dạng tường cừ một neo.

**Từ khóa:** Công trình bến tường cừ một neo, các giải pháp khắc phục, hao mòn vô hình, tăng độ sâu, tăng tải trọng khai thác, lớp đá thay thế đất yếu.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các nghiên cứu [1], [2], [3], [4] đã chỉ ra rằng, nguyên nhân cơ bản của việc giảm khả năng chịu tải của các công trình bến đang được khai thác là hao mòn vật lý và hao mòn vô hình của chúng. Hao mòn vật lý và ảnh hưởng của loại hao mòn này đến khả năng chịu tải của các công trình bến cảng đã

được nghiên cứu và trình bày trong [2], [3]. Trong khi đó các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hao mòn vô hình đến khả năng chịu tải của công trình và biện pháp khắc phục thì vẫn còn rất hạn chế [1], [2]. Ngay cả các tài liệu như các giáo trình giảng dạy trong ngành xây dựng Cảng – Đường thủy [5], [6], [7] và Tiêu chuẩn [8] cũng đề cập rất ít về dạng

hao mòn này của công trình bến cảng.

Hao mòn vô hình của công trình bến cảng – đó là sự không phù hợp hay không thích ứng của công trình đang được khai thác với đội tàu mới hiện đại hơn và với công nghệ bốc xếp - vận chuyển mới ở trên bến tiên tiến hơn.

Việc xảy ra hao mòn vô hình của các công trình bến cảng biển có những nguyên nhân khách quan, mà chủ yếu là quan hệ giữa tuổi thọ của công trình bến với tuổi thọ của đội tàu và các thiết bị bốc xếp - vận chuyển trên bến [2], [9]. Trong một thời hạn phục vụ hay “trong một vòng đời” của công trình bến diễn ra sự thay đổi của khoảng 2 thế hệ đội tàu hiện đại hơn và (3 – 4) thế hệ thiết bị bốc xếp - vận chuyển tiên tiến hơn ở trên bến. Điều đó dẫn đến sự tăng mạnh của kích thước và trọng tải của các tàu, cũng như kích thước và tải trọng của thiết bị bốc xếp - vận chuyển. Từ đó dẫn đến sự cần thiết phải thay đổi tải trọng tác dụng và các kích thước của công trình đã được thiết kế và đang được khai thác. Việc phân tích các tài liệu thống kê đã chỉ ra rằng, trong tổng số các công trình bến chịu hao mòn vô hình thì các công trình đòi hỏi tăng độ sâu trước bến là 95%, tăng chiều dài công trình – 30% và tăng tải trọng khai thác – 18% [2], [9].

Trong thực tế hiện nay, việc cho các tàu lớn hơn tàu thiết kế vào các bến đang được khai thác chủ yếu phải dùng biện pháp giảm tải tàu ở khu nước phía ngoài cảng. Việc các thiết bị bốc xếp - vận chuyển mới trên bến có thể gây tải trọng bất lợi cho việc chịu lực của công trình cũng chưa được nghiên cứu đầy đủ. Vì thế nghiên cứu và đề xuất các giải pháp kết cấu hiệu quả để tăng khả năng chịu lực của công trình bến và khắc phục các hao mòn vô hình của công trình vừa có ý nghĩa về lý thuyết, vừa có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

## 2. CÁC GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG KẾT CẤU KHI TĂNG ĐỘ SÂU VÀ TẢI TRỌNG KHAI THÁC

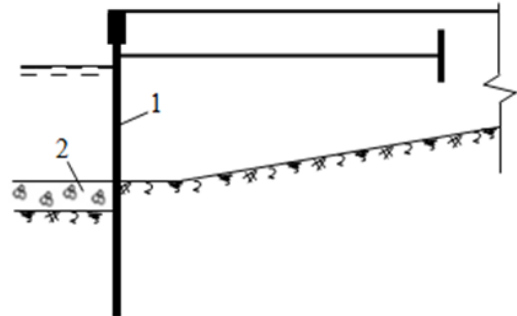
Như đã biết, hao mòn vô hình của công trình bến cảng biển thể hiện ở 3 dạng khác nhau: yêu cầu tăng chiều dài của công trình bến, yêu cầu tăng

tải trọng khai thác trên bến và yêu cầu tăng độ sâu trước bến.

Đối với hao mòn vô hình ở dạng yêu cầu tăng chiều dài của công trình bến có thể khắc phục được bằng cách điều chỉnh quy trình khai thác chặt chẽ hơn khi đưa tàu ra - vào bến.

Việc tăng tải trọng khai thác trên bến, hoặc tăng độ sâu trước bến, hoặc tăng đồng thời cả tải trọng khai thác trên bến và tăng độ sâu trước bến trong điều kiện công trình bến tường cừ một tầng neo đang được khai thác dẫn đến tăng nội lực trong kết cấu và làm giảm khả năng ổn định của công trình do chiều sâu chôn cọc không đủ. Vì thế phải có giải pháp tăng cường cho kết cấu của công trình bến.

Trong [10] đã đề xuất một số giải pháp để có thể tăng cường kết cấu. Tuy nhiên, việc phân tích các giải pháp dẫn đến kết luận rằng, chỉ có giải pháp thay thế đất yếu trước tường bằng vật liệu có chỉ tiêu cơ-lý tốt hơn là giải pháp tốt nhất và được thể hiện trên Hình 1.



**Hình 1.** Sử dụng đá hộc để thay thế đất yếu trước tường: 1- tường mặt; 2- đá hộc

Đây là giải pháp khả thi nhất để tăng cường khả năng của kết cấu nhằm khắc phục các hao mòn vô hình hoặc chuyển đổi công năng của bến.

## 3. TÍNH TOÁN CÔNG TRÌNH BẾN TƯỜNG CỪ MỘT NEO VỚI CÁC PHƯƠNG ÁN HAO MÒN VÔ HÌNH KHÁC NHAU

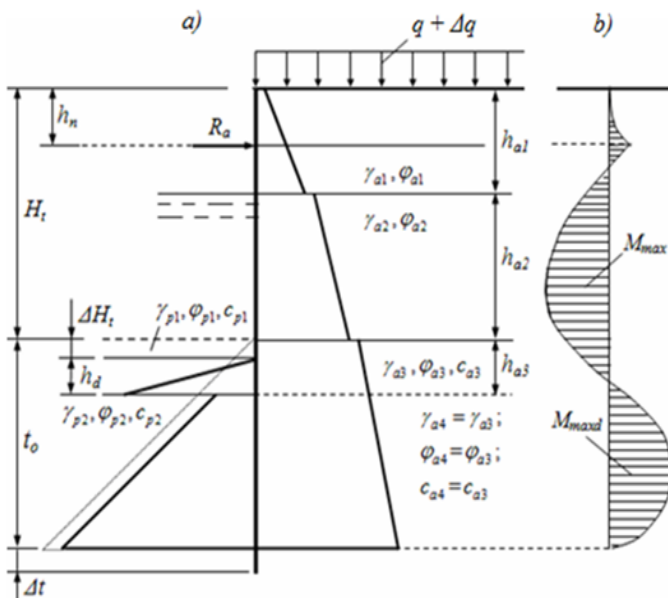
### 3.1. Sơ đồ tính toán kết cấu công trình

Như đã phân tích ở Mục 2, các tác giả lựa chọn giải pháp thay thế đất yếu trước tường để tăng cường cho kết cấu công trình.

Kết quả nghiên cứu của đề tài [11] đã đưa ra

kết luận rằng, đối với công trình bên cảng dạng tường cừ một neo, xét cả các yếu tố về chịu lực, kinh tế và điều kiện thi công, chiều sâu gắn neo hợp lý nhất trong khoảng  $h_n = (0,20 - 0,32)H_t$ , với  $H_t$  là chiều cao tường, còn chiều dày lớp đá hộc thay thế đất yếu trước tường hợp lý là  $h_d = (2 - 3)$  m. Vì thế, các tác giả đã chọn  $h_n = 0,25H_t$ , còn chiều dày lớp đá hộc thay thế đất yếu trước tường  $h_d$  được lấy bằng (0; 2,0; 2,5; 3,0 và 3,5) m, nghĩa là  $h_d = (0; 0,20H_t, 0,25H_t, 0,30H_t, 0,35H_t)$ . Công trình đang khai thác chịu hao mòn vô hình, nghĩa là đòi hỏi tải trọng và độ sâu tăng lên:  $\Delta q \neq 0; \Delta H_t \neq 0$ .

Trên Hình 2 thể hiện sơ đồ tính toán công trình bên tường cừ một neo để xét các dạng hao mòn vô hình khác nhau.



**Hình 2.** Sơ đồ tính toán tường cừ một neo xét đến các hao mòn vô hình của công trình

**3.2. Trình tự giải quyết bài toán**

Trong quá trình khai thác có thể xảy ra một trong các trường hợp công trình bị hao mòn vô hình sau đây:

- Chỉ đòi hỏi tăng tải trọng khai thác trên bến:  $\Delta q \neq 0;$
- Chỉ đòi hỏi tăng độ sâu trước công trình bến:  $\Delta H_t \neq 0;$
- Yêu cầu tăng đồng thời cả tải trọng khai thác và độ sâu trước bến:  $\Delta q \neq 0; \Delta H_t \neq 0.$

Trình tự giải quyết vấn đề theo các bước sau.

- **Bước 1:** Tiến hành tính toán công trình theo điều kiện thiết kế, nghĩa là:  $\Delta q = 0; \Delta H_t = 0$ .

- **Bước 2:** Tăng tải trọng đến một giá trị giới hạn  $\Delta q_{ghi}$  nào đó khi chiều dày  $h_{di}$  cố định, từ đó xác định chiều dày đá hộc tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng tải trọng khai thác  $\Delta q$ .

Tính toán công trình lần lượt với mỗi chiều dày  $h_d = (2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0)$  m để xác định giá trị tải trọng tăng thêm tối đa tương ứng  $\Delta q_{ghi}$ .

Bằng cách tính thử nhiều lần với các giá trị  $\Delta q$  khác nhau, đối với mỗi chiều dày  $h_{di}$  xác định được  $\Delta q_{ghi}$ .

Về nguyên tắc, trong mọi trường hợp tính toán đều phải đảm bảo:

$$M_{max} \approx M_{maxd}; \tag{1}$$

$$t_0 = (0,95 - 1,0)t_{0c}; \tag{2}$$

$$R_a \leq R_{ac}; \tag{3}$$

$$M_{max} \leq M_{maxc} \tag{4}$$

trong đó  $M_{max}, M_{maxd}$  – tương ứng là các mô men lớn nhất trong nhịp tường và trong đất (xem Hình 2b);  $t_0, R_a, M_{max}$  – các giá trị do tính toán;  $t_{0c}, R_{ac}, M_{maxc}$  – các giá trị tính toán trong trường hợp  $h_d = 0; \Delta H_t = 0; \Delta q = 0$  ở bước 1.

Trong các trường hợp tính toán, hầu như điều kiện về mô men (4) luôn đảm bảo, nhưng điều kiện về độ sâu chôn tường  $t_0$  (2) và lực neo  $R_a$  (3) có thể không đảm bảo. Vì thế khi một trong hai điều kiện trên thỏa mãn thì vẫn cần kiểm tra điều kiện còn lại.

Toàn bộ nội dung trong bước 2 đã được trình bày chi tiết trong [10].

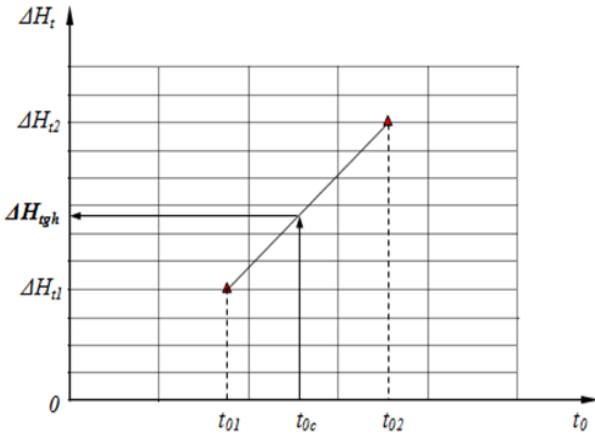
- **Bước 3:** Tăng độ sâu trước bến một lượng  $\Delta H_{ti}$  với chiều dày  $h_{di}$  và tải trọng khai thác  $q_{kt}$  không đổi.

Tính toán công trình lần lượt với mỗi chiều dày  $h_d = (2,0; 2,5; 3,0; 3,5)$  m để xác định các giá trị độ sâu tăng thêm giới hạn tương ứng  $\Delta H_{tghi}$ .

Với mỗi chiều dày  $h_{di}$ , sau khi tính thử nhiều lần với các giá trị  $\Delta H_t$  khác nhau, xác định được

giá trị  $\Delta H_{tghi}$ . Trong mọi trường hợp tính toán đều phải đảm bảo các điều kiện từ (1) đến (4).

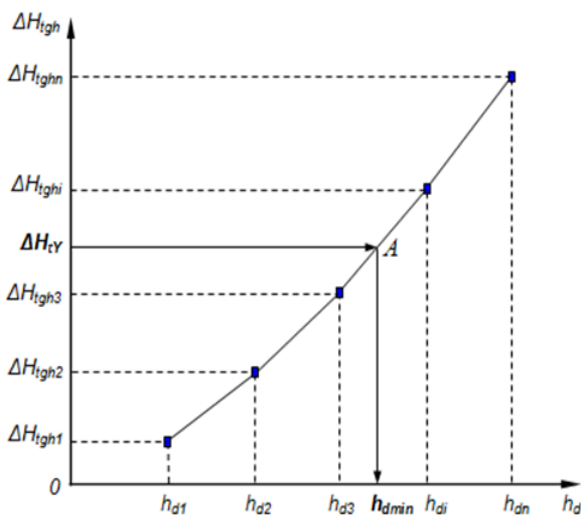
Trên Hình 3 thể hiện nguyên tắc xác định giá trị độ sâu tăng thêm giới hạn  $\Delta H_{tghi}$  với  $t_{0c}$  là chiều sâu chôn tường theo thiết kế,  $h_d = \text{constant}$ .



**Hình 3.** Nguyên tắc xác định độ sâu tăng thêm giới hạn  $\Delta H_{tghi}$  với  $t_{0c}$  là chiều sâu chôn tường theo thiết kế,  $h_d = \text{constant}$

- **Bước 4:** Tổng hợp kết quả tính toán xác định  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu tăng độ sâu trước công trình bến  $\Delta H_{tY}$ .

Trên Hình 4 thể hiện nguyên tắc xác định chiều dày đá học tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng độ sâu trước công trình bến  $\Delta H_{tY}$ .



**Hình 4.** Nguyên tắc xác định  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng độ sâu trước công trình bến  $\Delta H_{tY}$

- **Bước 5:** Với chiều mỗi dày đá học  $h_{di}$ , tăng đồng thời tải trọng khai thác  $\Delta q_i$  và độ sâu trước công trình bến  $\Delta H_{ti}$ .

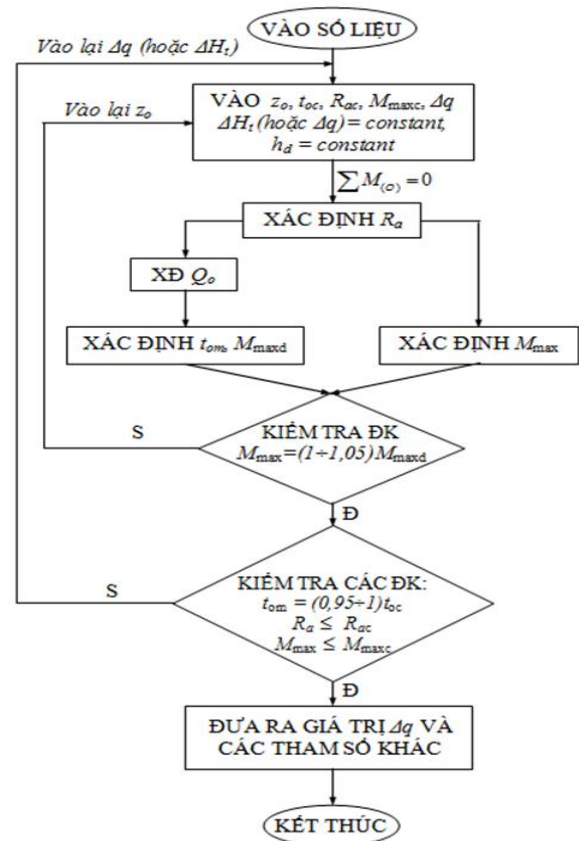
Tính toán công trình lần lượt với mỗi chiều dày  $h_d = (2,0; 2,5; 3,0; 3,5)$  m và một  $\Delta H_{ti}$ , xác định  $\Delta q_{ghi}$  tương ứng.

- **Bước 6:** Tổng hợp kết quả tính toán xác định quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_{tgh}$  và tải trọng khai thác tăng thêm  $\Delta q_{gh}$  đối với mỗi giá trị  $h_d$ .

Nguyên tắc xác định tải trọng khai thác tăng thêm tối đa  $\Delta q_{max}$  khi đã tăng độ sâu trước công trình bến  $\Delta H_{tY}$  và ngược lại được thể hiện trên Hình 9.

**3.3. Lập chương trình tính toán**

Các tác giả đã sử dụng chương trình tính TC-AHMHVH trên cơ sở sử dụng phương pháp “dầm tương đương” của Blium [12], [13] do PGS.TS. Nguyễn Văn Vi viết để phục vụ nghiên cứu. Sơ đồ khối để xây dựng chương trình tính được thể hiện trên Hình 5.



**Hình 5.** Sơ đồ khối chương trình tính toán công trình tường cừ một neo xét đến các hao mòn vô hình của công trình TC-AHMHVH

Kết quả vào số liệu và tính toán được thể hiện như ví dụ trong Bảng 1 và Bảng 2.



**Bảng 1.** Ví dụ vào số liệu theo chương trình tính TC-AHMHVH với

$$h_d = 3,0 \text{ m}; \Delta H_t = 0,5 \text{ m}; \Delta q = 10,0 \text{ kPa}$$

```

VAO SO LIEU:
So lop dat sau tuong cd: cd=4          Goc thneo voi phngang: aln(do)=0
So lop dat truooc tuong bd: bd=2      Buc thneo theo phdoc ben: lra(m)=2.52
Chcao tuong: Ht(m)=10                 Momen kh.uon 1md t.mat: W(cm3)=3056
Chsau diem gan neo: hm(m)=2.5         G.han chay cua thep t.mat: sc(MPa)=275
Chcao ban neo: hbn(m)=2.2            G.han chay cua thep thneo: sra(MPa)=230
Chday lop da thay the: hd(m)=3       Chieu sau chon coc TK: t0c(m)=11.43
Do sau diem M=0: z0(m)=1.65          Luc neo theo TK: Rac(kN)=206.71
Do sau tang them: deHt(m)=0.5        Momen lon nhat theo TK: Mmaxc(MPa)=496.82
Tai trong khai thac: qkt(kPa)=40
Tai trong tang them: delq(kPa)=10
DAC TRUNG CAC LOP DAT SAU TUONG:
Chieu day lop dat: ha[1](m)=4
Chieu day lop dat: ha[2](m)=6
Chieu day lop dat: ha[3](m)=3.5
Trong luong the tich: Ga[1](kN/m3)=15.62
Trong luong the tich: Ga[2](kN/m3)=10
Trong luong the tich: Ga[3](kN/m3)=11
Trong luong the tich: Ga[4](kN/m3)=11
Goc ma sat trong: Phia[1](do)=35
Goc ma sat trong: Phia[2](do)=32
Goc ma sat trong: Phia[3](do)=15
Luc dinh don vi: ca[3](kPa)=10
Luc dinh don vi: ca[4](kPa)=10
He so ald chu dong: la[1]=0.24
He so ald chu dong: la[2]=0.27
He so ald chu dong: la[3]=0.54
He so ald chu dong: la[4]=0.54
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[1]=0
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[2]=0
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[3]=1.4
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[4]=1.4
DAC TRUNG CAC LOP DAT TRUOC TUONG:
Chieu day lop dat (hd+deHt): hb[1](m)=3.5
Trong luong the tich: Gb[1](kN/m3)=11
Luc dinh don vi: cb[1](kPa)=0
He so ald bi dong: lb[1]=7.57
He so ald bi dong: lb[2]=1.86
Hso ald bi dong do luc dinh: lbc[1]=0
Hso ald bi dong do luc dinh: lbc[2]=2.52_
    
```

**Bảng 2.** Ví dụ về kết quả tính toán tường cừ một neo chịu hao mòn vô hình

KET QUẢ TÍNH TOÁN

hd(m)=3.00; deHt(m)=0.50; delq(kPa)=10.00; z0(m)=1.650			
THAM SO TINH TOAN		GIA TRI	
LUC NEO TT Ra	kN/m	202.0092	
LUC NEO TK Rac	kN/m	206.7100	
LUC TRONG THNEO Ras	kN	763.5946	
MOMEN TAI CTR.NEO	kNm/m	47.2625	
Mmax TRONG NHIP	kNm/m	395.8024	
Mmaxd TRONG NGAM	kNm/m	-396.2008	
Mmaxc TR.NHIP TK	kNm/m	496.8200	
Zmaxn TRONG NHIP	m	3.5298	
Zmaxd TRONG NGAM	m	3.5851	
DO SAU CH.COC t0	m	10.8206	
DO SAU CH.COC TK t0c	m	11.4300	
DUONG KINH THNEO da	cm	6.5110	
CHIEU DAI THNEO Lneo	m	17.7603	
KN CHKED CUA TNEO Rar	kN	765.4017	
DO BEN T.MAT Mp	kNm/m	840.4000	

DE RA ==> AN ENTER

#### 4. KẾT QUẢ ÁP DỤNG TÍNH TOÁN

##### 4.1. Các số liệu được đưa vào tính toán

##### 4.1.1. Sơ đồ kết cấu và sơ đồ tính

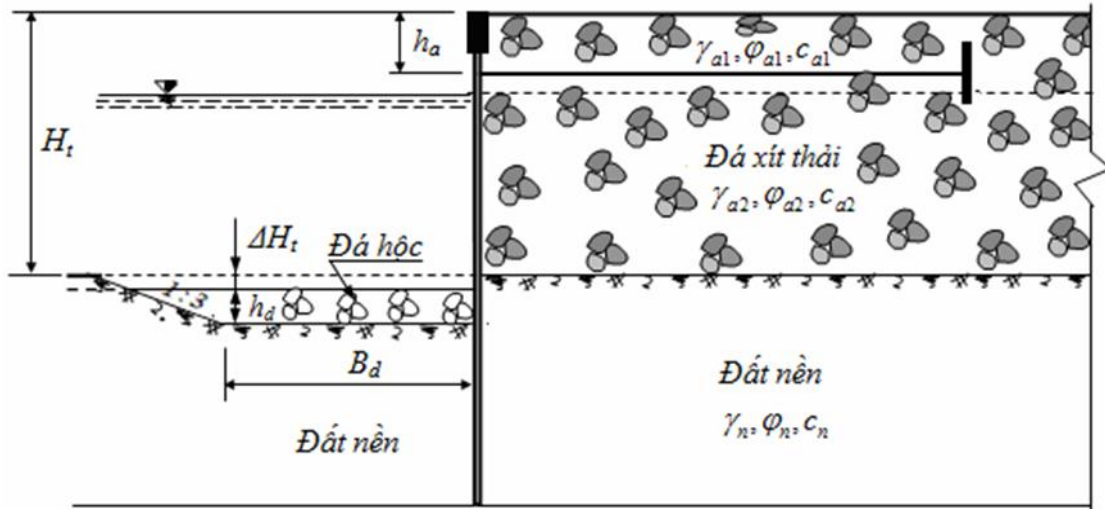
Nhằm minh họa cho phương pháp đã được đề xuất ở Mục 3, các tác giả đưa ra sơ đồ kết cấu

công trình, được thể hiện trên Hình 6. Kết cấu công trình gồm tường mặt là các cọc ván thép dạng FSP-V, thanh neo bằng thép tròn trơn, bản neo là các đoạn cọc FSP-V. Vật liệu lấp sau tường là đá xít thải có các chỉ tiêu cơ-lý được lấy từ kết quả của

đề tài cấp Bộ GTVT [14] và được thể hiện trong Bảng 3.

Để xét đến các hao mòn vô hình của công trình và biện pháp khắc phục, trong sơ đồ kết cấu thể hiện phần đất yếu trước tường được thay thế bằng đá hộc với chiều dày  $h_d$ , chiều cao  $H_t$  của

công trình được tăng một khoảng  $\Delta H_t$ . Bề rộng  $B_d$  phải lớn hơn bề rộng lăng thể phá hoại bị động trước tường tối thiểu là 1 m để lớp đá hộc phát huy đầy đủ khả năng làm việc của mình. Sơ đồ tính toán tường cừ một neo để giải quyết bài toán được thể hiện trên Hình 2.



Hình 6. Sơ đồ kết cấu công trình bển tường cừ một neo chịu ảnh hưởng của hao mòn vô hình

Bảng 3. Các số liệu được đưa vào tính tường cừ một neo

Tham số	Giá trị	Tham số	Giá trị	Tham số	Giá trị
$H_t$ (m)	10	$\gamma_{a2}$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	Bước thanh neo	2,52 m
$\Delta H_t$ (m)	0	$\varphi_{a2}$ (độ)	32	Momen kháng uốn mặt cắt ngang tường mặt $W_t$ (Larxen V)	3056 cm <sup>3</sup> /md
$h_d$ (m)	0	$c_{a2}$ (kPa)	0	G.hạn chảy của thép t.mặt	275 MPa
$h_n$ (m)	2,5	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	11	G.hạn chảy của thép th.neo	230 MPa
$h_{bn}$ (m)	2,2	$\varphi_d$ (độ)	40	Ch.sâu ch.cọc theo th.kế $t_{oc}$	11,43 m
$h_{a1}$ (m)	4	$\gamma_{a3}$ (kN/m <sup>3</sup> )	11	Lực neo theo th.kế $R_{ac}$	206,71 kN/m
$h_{a2}$ (m)	6	$\varphi_{a3}$ (độ)	15	$M_{maxc}$ trong tường theo th.kế	496,82 kNm/m
$\gamma_{a1}$ (kN/m <sup>3</sup> )	15,62	$c_{a3}$ (kPa)	10		
$\varphi_{a1}$ (độ)	35	$q_{tk}$ (kPa)	40		
$c_{a1}$ (kPa)	0	$\Delta q$ (kPa)	0		

**4.1.2. Các số liệu được đưa vào tính toán**

Để xét đến hao mòn vô hình của công trình bển tường cừ một neo, các số liệu đưa vào tính toán được nêu trong Bảng 3.

Cần lưu ý rằng, các số liệu được nêu ra trong Bảng 3 là các số liệu giả định cho thiết kế với các đại lượng  $\Delta H_t = 0$ ,  $\Delta q = 0$ ,  $q = q_{tk}$ . Khi xét đến các dạng hao mòn vô hình tương ứng thì vẫn sử dụng

các số liệu trong Bảng 3 nhưng các đại lượng  $\Delta H_t$ ,  $\Delta q$  được lấy khác 0.

**4.1.3. Các trường hợp tính toán**

Quá trình tính toán tuân thủ trình tự trong Mục 3.2:

- Trường hợp 1: Tính toán công trình theo điều kiện thiết kế, nghĩa là:  $\Delta q = 0$ ;  $\Delta H_t = 0$ ;  $q = q_{tk}$ .
- Trường hợp 2: Chỉ tăng tải trọng khai thác trên bến, nghĩa là:  $\Delta q \neq 0$ ;  $\Delta H_t = 0$ ;  $q = q_{tk} + \Delta q$ .
- Trường hợp 3: Chỉ tăng độ sâu trước bến, nghĩa là:  $\Delta H_t \neq 0$ ;  $\Delta q = 0$ ;  $q = q_{tk}$ .
- Trường hợp 4: Tăng đồng thời tải trọng khai thác trên bến và độ sâu trước bến, nghĩa là:  $\Delta q \neq 0$ ;  $\Delta H_t \neq 0$ ;  $q = q_{tk} + \Delta q$ .

Việc tính toán được thực hiện theo chương trình TC-AHMHV của PGS.TS. Nguyễn Văn Vi. Trường hợp 1 là trường hợp tính toán công trình theo các điều kiện thiết kế để xác định các tham số  $t_{0c}$ ,  $R_{ac}$ ,  $M_{maxc}$ . Đây là các đại lượng làm cơ sở so sánh để các trường hợp tính toán xét đến hao mòn vô hình của công trình phải đảm bảo các điều kiện từ (2) đến (4).

**4.2. Phân tích kết quả tính toán**

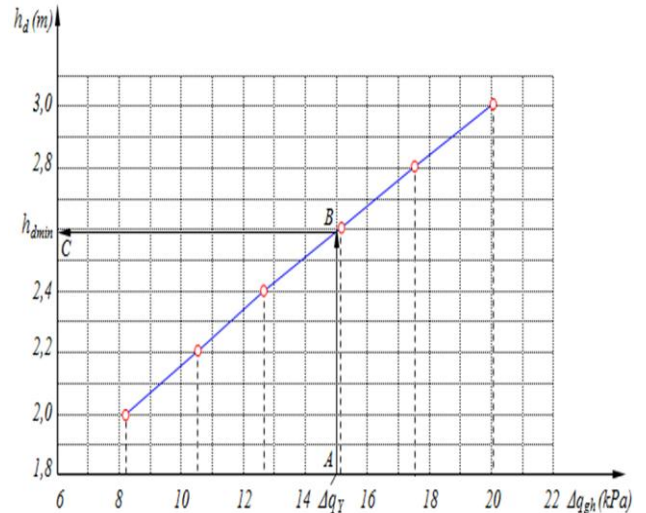
Sau khi tiến hành tính toán theo các trường hợp đã nêu ở trên, có thể tổng hợp và phân tích các kết quả tính toán đối với mỗi trường hợp hao mòn vô hình của công trình bến.

**4.2.1. Trường hợp chỉ tăng tải trọng khai thác trên bến**

Kết quả tính toán trường hợp này đã được công bố trong công trình [10]. Trên Hình 7 thể hiện biểu đồ quan hệ giữa chiều dày  $h_d$  và tải trọng khai thác tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$ , từ đó xác định được  $h_{dmin}$ .

**4.2.2. Trường hợp chỉ tăng độ sâu trước bến**

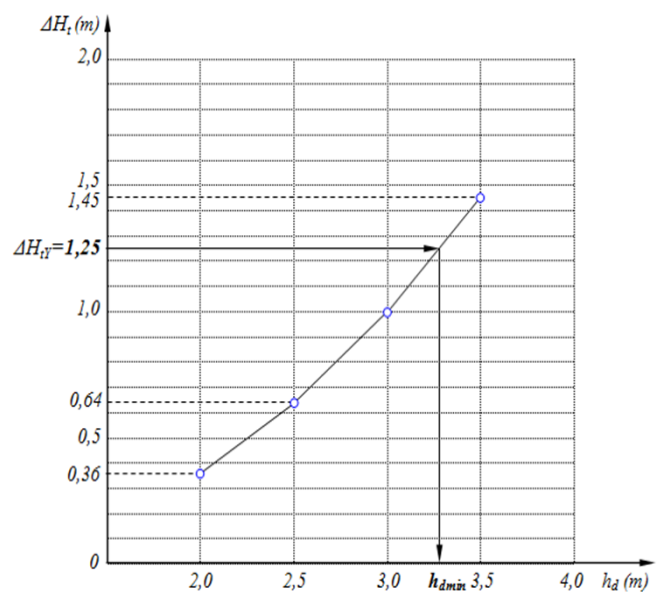
Tổng hợp các kết quả tính toán công trình bến khi chỉ tăng độ sâu trước bến được thể hiện trong Bảng 4, từ đó có thể vẽ biểu đồ quan hệ giữa  $h_d$  và  $\Delta H_{tgh}$  trên Hình 8.



**Hình 7.** Xác định chiều dày đá học tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng tải trọng khai thác  $\Delta q_Y$ : ví dụ, khi  $\Delta q_Y = 15$  kPa thì  $h_{dmin} \approx 2,59$  m [10]

**Bảng 4.** Tổng hợp kết quả tính toán khi yêu cầu tăng độ sâu trước bến

Chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường $h_d$ (m)	Độ sâu trước bến tăng thêm giới hạn $\Delta H_{tgh}$ (m)
2,0	0,36
2,5	0,64
3,0	1,00
3,5	1,45



**Hình 8.** Biểu đồ xác định chiều dày đá học tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng độ sâu trước bến  $\Delta H_{tY}$ : khi  $\Delta H_{tY} = 1,25$  m,  $h_{dmin} \approx 3,3$  m

**4.2.3. Trường hợp tăng đồng thời tải trọng khai**



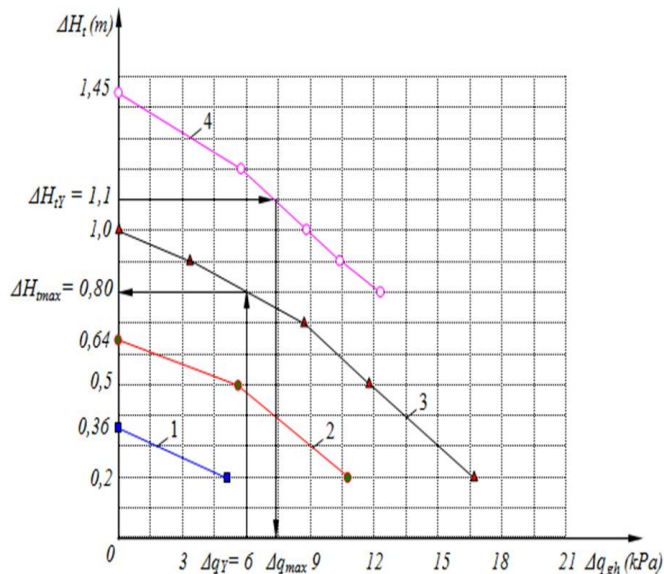
**thác trên bến và độ sâu trước bến**

Các kết quả tính toán công trình bến khi tăng đồng thời tải trọng khai thác trên bến và độ sâu trước bến được thể hiện trong Bảng 5.

**Bảng 5.** Tổng hợp kết quả tính toán khi yêu cầu tăng đồng thời tải trọng khai thác và độ sâu trước bến

$h_d$ (m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta q_{gh}$ (kPa)
2,0	0,2	5,15
	0,36	0
	-	-
	-	-
2,5	0,2	10,6
	0,5	5,65
	0,64	0
	-	-
3,0	0,2	16,6
	0,5	11,7
	0,7	8,6
	0,9	3,3
	1,0	0
	0,8	12,30
3,5	0,9	10,4
	1,0	8,9
	1,2	5,8
	1,45	0

Từ Bảng 5 có thể thể hiện các kết quả tính toán bằng các biểu đồ quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_t$  và tải trọng khai thác có thể tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$  trên Hình 9.



**Hình 9.** Biểu đồ quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_t$  và tải trọng khai thác giới hạn  $\Delta q_{gh}$  khi: 1-  $h_d = 2,0$  m; 2-  $h_d = 2,5$  m; 3-  $h_d = 3,0$  m; 4-  $h_d = 3,5$  m

Như vậy, với mỗi một chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường xây dựng được một đường quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_t$  và tải trọng khai thác có thể tăng thêm  $\Delta q_{gh}$  giới hạn. Trên cơ sở đó với một giá trị độ sâu yêu cầu tăng thêm  $\Delta H_{tY}$  có thể xác định tải trọng khai thác có thể tăng thêm tối đa  $\Delta q_{max}$  và ngược lại.

**KẾT LUẬN**

1. Trong một vòng đời hay trong suốt tuổi thọ của công trình bến cảng biển do sự thay thế đội tàu biển bằng đội tàu hiện đại hơn và sự thay thế công nghệ bốc xếp - vận chuyển trên bến bằng công nghệ tiên tiến hơn dẫn đến hao mòn vô hình của các công trình bến.

2. Đối với công trình bến tường cừ một neo, khi chỉ có yêu cầu tăng tải trọng khai thác trên bến cần thiết lập biểu đồ quan hệ giữa chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường  $h_d$  và cường độ tải trọng khai thác tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$ . Từ biểu đồ quan hệ này có thể xác định được chiều dày đá học tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng tải trọng khai thác  $\Delta q_Y$ . Ví dụ, như trường hợp nghiên cứu trong bài báo, khi yêu cầu tăng tải trọng thêm một lượng  $\Delta q_Y = 15$  kPa thì chiều dày đá học thay thế đất yếu tối thiểu là  $h_{dmin} \approx 2,59$  m.

3. Trong trường hợp chỉ có yêu cầu tăng độ sâu trước bến cần thiết lập biểu đồ quan hệ giữa chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường  $h_d$  và độ sâu trước bến tăng thêm giới hạn  $\Delta H_{tgh}$ . Từ biểu đồ quan hệ này có thể xác định được chiều dày đá học tối thiểu  $h_{dmin}$  đáp ứng yêu cầu tăng độ sâu trước bến  $\Delta H_{tY}$ . Ví dụ, khi yêu cầu độ sâu trước bến tăng thêm một lượng  $\Delta H_{tY} = 1,25$  m thì chiều dày đá học thay thế đất yếu trước tường tối thiểu là  $h_{dmin} \approx 3,3$  m.

4. Trong quá trình khai thác có thể xảy ra yêu cầu tăng đồng thời tải trọng khai thác trên bến và độ sâu trước bến. Khi đó, cần xây dựng các biểu đồ quan hệ giữa độ sâu tăng thêm  $\Delta H_t$  và tải trọng khai thác có thể tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$  cho các trường hợp chiều dày lớp đá học  $h_d$  thay thế đất yếu khác nhau. Trên cơ sở đó với một giá trị độ

sâu yêu cầu tăng thêm  $\Delta H_{TY}$  có thể xác định tải trọng khai thác có thể tăng thêm giới hạn  $\Delta q_{gh}$  và ngược lại.

Ví dụ, theo kết quả nghiên cứu trong bài báo, với  $h_d = 3,5$  m, nếu độ sâu yêu cầu tăng thêm  $\Delta H_{TY} = 1,1$  m thì tải trọng khai thác chỉ có thể tăng thêm tối đa  $\Delta q_{max} = 7,4$  kPa. Còn trong trường hợp  $h_d = 3,0$  m, nếu tải trọng khai thác yêu cầu tăng thêm  $\Delta q_T = 6,0$  kPa thì độ sâu trước bến chỉ có thể tăng thêm tối đa  $\Delta H_{tmax} = 0,80$  m.

5. Kết quả nghiên cứu của đề tài không chỉ đưa ra giải pháp khắc phục hao mòn vô hình của công trình bến tường cừ một neo, mà còn cho phép áp dụng cho việc cải tạo nâng cấp, tăng độ sâu trước bến hoặc thay đổi công năng của công trình bến.

## KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, đề nghị các cơ quan quản lý nhà nước hỗ trợ tiếp tục nghiên cứu để ban hành Sổ tay hướng dẫn và tiến tới xây dựng Tiêu chuẩn quốc gia về hao mòn vô hình của các công trình cảng biển.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V.V.Nguyen. (2001), Yếu tố thời gian trong tính toán công trình cảng, Tạp chí Giao thông vận tải, ISSN 0866-7012.
- [2] Костюков В. Д. (1987), Надежность морских причалов и их реконструкция (Độ tin cậy của các công trình bến cảng biển và sửa chữa chúng), Транспорт, Москва.
- [3] V.V.Nguyen. (1994), Сроки эксплуатации причалов с учетом их физического и морального износа (Thời hạn khai thác của các công trình bến xét đến hao mòn vật lý và hao mòn vô hình của chúng), Диссертация на соиск. ученой степ. канд. техн. наук. Спец. 05-22-19. Москва.
- [4] V.V.Nguyen. (2000), Некоторые вопросы морального износа портовых причальных сооружений (Một số vấn đề về hao mòn vô hình của các công trình bến cảng), Доклады

В научного симпозиума, посвященного 6-летию Вьетнамской научно-технической Ассоциации в РФ. ISBN 5-89081-031-6.

- [5] V.-G.Pham, H.-D.Nguyen, N.-H.Nguyen. Công trình bến cảng. NXB Xây dựng, 1998.
- [6] V.V.Nguyen. (2020). Công trình bến cảng, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [7] Смирнов Г. Н., Горюнов Б. Ф., Курлович Е. В., Левачев С. Н., Сидорова А. Г. (1979), Порты и портовые сооружения, Москва: Стройиздат – 607 с.
- [8] РД 31.31.27–81. Руководство по проектированию морских причальных сооружений (Hướng dẫn thiết kế công trình bến cảng biển). Москва: В/О “Мортехин-формреклама”, 1984.
- [9] V.V.Nguyen, T.-H.T.Tran. (2021). Nghiên cứu sử dụng đá học thay thế đất yếu trước tường để khắc phục hao mòn vô hình của công trình bến tường cừ một neo, Tạp chí Giao thông vận tải, ISSN 2354-0818.
- [10] V.V.Nguyen, V.B.Nguyen. (2023). Nghiên cứu giải pháp để tăng tải trọng khai thác trên các công trình bến cảng biển dạng tường cừ một neo. Tạp chí Địa Kỹ thuật, ISSN-0868-279X.
- [11] V.V.Nguyen và nnk. (2022), Nghiên cứu lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày đá xít thải thay thế đất yếu trước tường nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cho kết cấu công trình bến tường cừ một neo, Đề tài NCKHCN Trọng điểm cấp Trường ĐH Công nghệ GTVT, mã số ĐTTĐ 2021-29.
- [12] Costet J., Sanglerat G., Cours pratique de mécanique des sols, BORDAS, Paris, 1975. Moscow: 1981 (Bản Tiếng Nga: Механика грунтов – Практический курс).
- [13] V.V. Nguyen. (2009), Phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước trong tính toán độ tin cậy của các công trình cảng, NXB Giao thông Vận tải – 228 trang (Tái bản vào các năm 2014, 2017).
- [14] V.V.Nguyen và nnk (2018), Nghiên cứu tận

dụng vật liệu đá xít thải thay thế cát và đá hộc để tạo ra kết cấu kè bờ và công trình bến cảng

có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao, Đề tài NCKH&CN cấp Bộ GTVT, mã số DT184058.