

## ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC KHOAN NHỒI SỬ DỤNG KẾT QUẢ CÁC THÍ NGHIỆM XUYÊN CPT VÀ XUYÊN SPT

Lại Ngọc Hùng\*

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

### TÓM TẮT

Hiện nay trong thiết kế cọc khoan nhồi, sức chịu tải (SCT) của cọc thường tính dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên CPT hoặc xuyên SPT, sử dụng hệ số an toàn  $F_s$  từ 2-3 do đó kết quả khó xác định chính xác. Thực tế để kiểm tra SCT thông dụng sử dụng thí nghiệm nén tĩnh (TNNT) cọc sẽ cho kết quả rất tin cậy. Để giải quyết vấn đề mối tương quan giữa SCT của cọc khoan nhồi tính toán dựa trên kết quả xuyên CPT, SPT và sức chịu tải từ TNNT cọc, tác giả tiến hành thu thập kết quả nén tĩnh cọc khoan nhồi trên một số khu vực điển hình của thành phố Hà Nội và tính toán SCT cọc dựa trên kết quả xuyên CPT, SPT. Kết quả nghiên cứu chỉ ra mối tương quan giữa SCT của cọc theo kết quả thí nghiệm xuyên CPT, SPT với SCT từ TNNT thông qua hệ số tương quan  $K$ , với xuyên CPT có  $K = 0.654 - 1.405$ , với xuyên SPT có  $K = 0.837 - 1.42$ .

**Từ khóa:** Sức chịu tải của cọc, cọc khoan nhồi, thí nghiệm xuyên CPT, thí nghiệm xuyên SPT, thí nghiệm nén tĩnh cọc

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xây dựng hiện đại, đặc biệt với nhà cao tầng, móng cọc khoan nhồi luôn là giải pháp thiết kế được ưu tiên lựa chọn do có nhiều ưu điểm như sức chịu tải lớn, độ lún không đáng kể, sự ảnh hưởng đến địa chất và công trình xung quanh khi thi công có thể kiểm soát tốt...

Hiện nay để dự báo sức chịu tải của cọc nói chung và cọc khoan nhồi nói riêng, có thể sử dụng nhiều công thức khác nhau, trong đó công thức dựa vào kết quả từ các thí nghiệm xuyên (CPT và SPT) được dùng rất phổ biến.

Trong thực tế tính toán thiết kế, các kỹ sư tư vấn được sử dụng hệ số an toàn rất lớn (từ 2-3), nếu chúng ta có những so sánh tin cậy kết quả tính sức chịu tải cọc khoan nhồi dựa vào kết quả các thí nghiệm xuyên với kết quả thí nghiệm nén tĩnh trên cọc thực tế của công trình, chúng ta có thể sử dụng hệ số an toàn thích hợp hơn, tăng hiệu quả kinh tế của các dự án đầu tư xây dựng khi sử dụng cọc khoan nhồi, tránh gây lãng phí tài nguyên trong điều kiện môi trường xây dựng hiện đại.

### CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI DỰA VÀO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XUYÊN VÀ THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH

#### Phương pháp dựa vào các thí nghiệm xuyên

Dựa vào kết quả khảo sát bằng các thiết bị thí nghiệm xuyên (CPT và SPT), chúng ta tính toán được các thành phần sức ma sát bên của thành cọc với đất nền ( $Q_s$ ) và thành phần sức kháng của đất ở mũi cọc ( $Q_p$ ), từ đó tính được sức chịu tải của cọc theo phương diện đất nền là nguyên lý chung của việc tính sức chịu tải cọc dựa vào các thí nghiệm xuyên.

Sức chịu tải giới hạn:  $Q_u = Q_s + Q_p$  (2.1)

Sức chịu tải tính toán  $Q_a = Q_u / F_s$  trong đó  $F_s$  là hệ số an toàn lấy từ 2-3.

Với  $Q_s$  là sức kháng thành cọc,  $Q_p$  Sức kháng mũi cọc

- Theo thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT.

$$Q_s = K_2 \cdot N_{tb} \cdot A_s \quad (2.2)$$

$$Q_p = K_1 \cdot N \cdot A_p \quad (2.3)$$

Trong đó:  $N$  – chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1D dưới mũi cọc và 4D trên mũi cọc ( $D$  là đường kính cọc nhồi),  $N_{tb}$  – chỉ số SPT trung bình các lớp đất dọc thân cọc.

\* Tel: 0988 906921, Email: ngochungkcn@gmail.com

$K_1$  -hệ số lấy bằng 120,  $K_2$  -hệ số lấy bằng 1.0,  $A_p$  là diện tích tiết diện cọc,  $A_s$  là diện tích xung quanh thân cọc.

-Theo thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn CPT

$$Q_s = \sum_1^n u_i \cdot l_i \cdot \frac{\bar{q}_{ci}}{\alpha_i} \quad (2.4)$$

$$Q_p = A_p \cdot (q_{cn} \cdot K_i) \quad (2.5)$$

Trong đó:

$u_i, l_i$  : chu vi và chiều dài cọc đi qua lớp thứ  $i$ ,  
 $K_i$  hệ số phụ thuộc loại đất.

$\bar{q}_{ci}, q_{cn}$ : sức kháng mũi xuyên trung bình của lớp đất thứ  $i$ , thứ  $n$ .

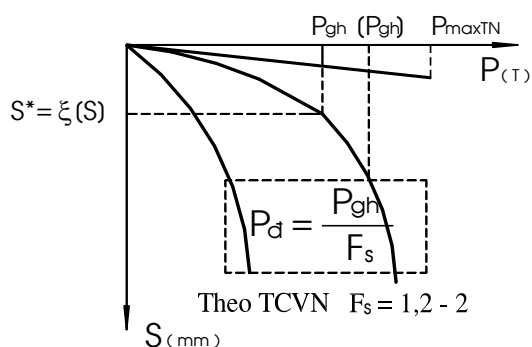
$A_p$  diện tích tiết diện cọc.

### Thí nghiệm nén tĩnh cọc trực cọc

Nguyên lý thí nghiệm:

Tác dụng lên cọc thí nghiệm tải trọng coi là tĩnh, xác định quan hệ tải trọng - độ lún (chuyển vị cọc) trên cơ sở đó xác định được sức chịu tải giới hạn của cọc về phương diện đất nền  $P_{gh}$  ( hay  $Q_u$ ) từ đó suy ra sức chịu tải tính toán  $Q_a$ .

Kết quả thí nghiệm: Theo quan điểm biến dạng: từ giá trị biến dạng cho phép đã hiệu chỉnh  $S^*$  suy ra  $P_{gh}$  theo sơ đồ như hình 1.



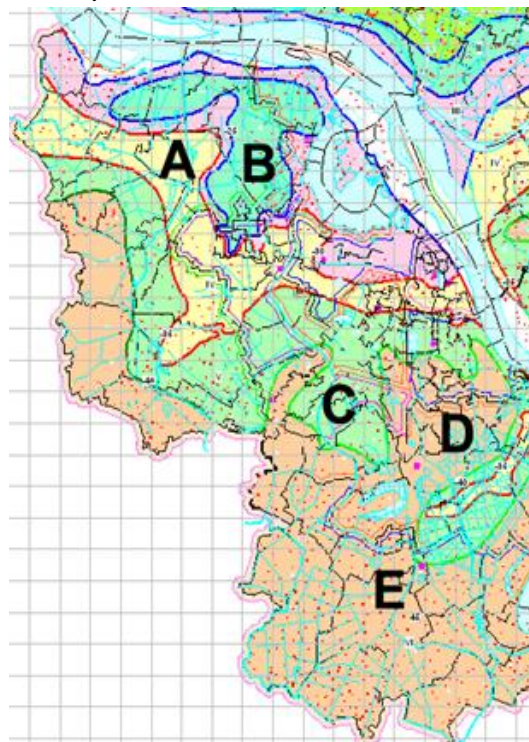
**Hình 1.** Xác định sức chịu tải của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh

**ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC KẾT QUẢ TÍNH SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI DỰA VÀO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XUYỀN VỚI THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH**

### Chuẩn bị số liệu

Trên cơ sở phân vùng địa chất ở Hà Nội, tác giả đã thu thập tài liệu, thống kê và tính toán

nội suy các số liệu khảo sát địa chất và số liệu nén tĩnh cọc khoan nhồi theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.



**Hình 2.** Phân vùng địa chất Hà Nội

Với 5 vùng địa chất điển hình đó (như hình 3.1), tác giả đã thu thập, tổng hợp các số liệu nén tĩnh cọc khoan nhồi cho các công trình thuộc các vùng tương ứng.

### So sánh kết quả tính toán và kết quả thí nghiệm nén tĩnh tại hiện trường

Sức chịu tải giới hạn của cọc khoan nhồi theo công thức lý thuyết sử dụng kết quả thí nghiệm xuyên ( $Q_u$ ), sức chịu tải cho phép của cọc ( $Q_a$ ) lấy với hệ số an toàn chung là 2,5.

Theo thí nghiệm nén tĩnh tại hiện trường: giá trị sức chịu tải giới hạn  $Q_u$  của cọc khoan nhồi được tính dựa vào đường cong nén S-P theo giá trị độ lún cho phép của cọc, giá trị này được quy định trong TCXDVN có thể lấy theo hai giá trị sau:

+ Theo  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  (với  $\xi = 0,1$ ;  $S_{gh}$  - độ lún giới hạn công trình), với công trình xây dựng dân dụng thì  $S^* = 0,1.8 = 0,8$  cm

+ Theo  $S^* = 1\% \cdot D$  ( $D$  - đường kính cọc)

Sức chịu tải cho phép của cọc lấy theo độ lún cho phép của cọc:  $Q_a = Q_u/1.25$

Tiến hành tính toán và so sánh, nghiên cứu thu được các kết quả sau:

**Với vùng A** (Khu Phú Diễn, Mai Dịch, Nghĩa Tân)

Tính toán cho công trình với cọc đường kính 1,2m; chiều dài 30 m (cắm vào lớp cuội sỏi khoảng 2m)

- Kết quả nén tĩnh: Lấy trung bình của 5 cọc có đường kính 1,2m, ứng với  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 690$  T, ứng với  $S^* = 0,01D$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 825$  T

- Kết quả tính sức chịu tải của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên:

**Bảng 1.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất A1

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	671.20	678.6	1349.8	539.9
2. Xuyên SPT	197.20	1357.2	1554.4	621.6

**Bảng 2.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất A2

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	714.10	1017.88	1731.96	692.8
2. Xuyên SPT	219.07	1357.17	1576.24	630.5

**Bảng 3.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất A3

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	386.84	1017.88	1404.72	561.9
2. Xuyên SPT	148.42	1357.17	1505.59	602.2

**Với vùng B:** (Khu Cổ Nhuế, Đông Ngạc):

Tính toán cho công trình với cọc đường kính 1,2m; chiều dài 33 m (cắm vào lớp cuội sỏi khoảng 2m)

- Kết quả nén tĩnh: lấy trung bình của 3 cọc có đường kính 1,2m, ứng với  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 760$  T, ứng với  $S^* = 0,01D$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 880$  T

- Kết quả tính sức chịu tải của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên:

**Bảng 4.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất B1

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	754.10	1123.88	1877.98	751.2
2. Xuyên SPT	258.07	1356.17	1614.24	645.7

**Bảng 5.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất B2

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	434.84	1017.88	1452.7	581.1
2. Xuyên SPT	262.42	1327.15	1589.6	635.8

**Với vùng C:** (Khu Mỹ Đình, Mễ Trì, Đại Mỗ)

Tính toán cho cọc đường kính 1,2m; chiều dài 34 m (cắm vào lớp cuội sỏi 2m)

- Kết quả nén tĩnh: lấy trung bình của 3 cọc có đường kính 1,2m, ứng với  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 751$  T, ứng với  $S^* = 0,01D$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 950$  T

- Kết quả tính sức chịu tải của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên:

**Bảng 6.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất C1

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	1467.9	678.6	2146.5	858.6
2. Xuyên SPT	341.7	1357.2	1698.9	679.6

**Bảng 7.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất C2

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	1503.7	1017.9	2521.6	1008.6
2. Xuyên SPT	442.8	1357.2	1799.9	719.9

**Bảng 8.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất C3

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	1036.1	1017.9	2053.9	821.6
2. Xuyên SPT	333.71	1357.2	1690.9	676.4

**Bảng 9.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất C4

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	2658.2	678.6	3336.8	1334.7
2. Xuyên SPT	345.4	1357.2	1702.6	681.0

**Với vùng D:** (Khu Trung Yên, Ngọc Khánh)

- Tính toán cho cọc đường kính 1,2m; chiều dài 45 m (cắm vào lớp cuội sỏi 2m)

- Kết quả nén tĩnh: lấy trung bình của 3 cọc, ứng với  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 660$  T, ứng với  $S^* = 0,01D$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 853$  T

- Kết quả tính sức chịu tải của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên:

**Bảng 10.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất D1

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	653.4	1017.9	1671.2	668.5
2. Xuyên SPT	277.9	1357.2	1635.1	654.3

**Bảng 11.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất D2

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	1535.36	1187.5	2722.9	1089.1
2. Xuyên SPT	409.68	1357.2	1766.8	706.7

**Bảng 12.** Kết quả  $Q_u, Q_a$  với dạng địa chất D3

Công thức tính	Qs(T)	Qp(T)	Qu(T)	Qa(T)
1. Xuyên CPT	1588.34	1085.4	2673.7	1069.5
2. Xuyên SPT	427.13	1251.5	1678.6	671.4

**Bảng 13.** Kết quả  $Q_u$ ,  $Q_a$  với dạng địa chất D4

Công thức tính	$Q_s(T)$	$Q_p(T)$	$Q_u(T)$	$Q_a(T)$
1. Xuyên CPT	1704.13	1187.5	2891.7	1156.7
2. Xuyên SPT	474.67	1357.2	1831.8	732.7

**Bảng 14.** Kết quả  $Q_u$ ,  $Q_a$  với dạng địa chất D5

Công thức tính	$Q_s(T)$	$Q_p(T)$	$Q_u(T)$	$Q_a(T)$
1. Xuyên CPT	458.39	1017.9	1476.3	590.51
2. Xuyên SPT	124.67	1357.2	1481.8	592.74

**Với vùng E:** (Khu Đại Kim, Linh Đàm, Pháp Vân, Thanh Trì)

- Tính toán cho cọc đường kính 1,2m; chiều dài 42 m (cắm vào lớp cuội sỏi 2m)

- Kết quả nén tĩnh: lấy trung bình của 3 cọc, ứng với  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 744T$ , ứng với  $S^* = 0,01D$  có  $Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh} = 992T$

**Bảng 15.** Kết quả  $Q_u$ ,  $Q_a$  với dạng địa chất E1

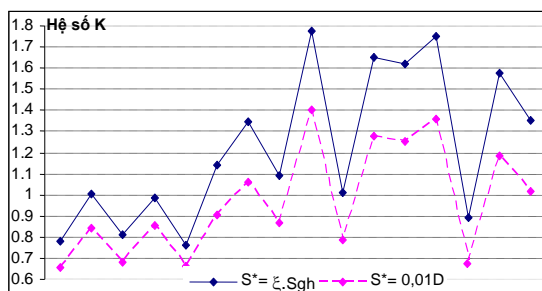
Công thức tính	$Q_s(T)$	$Q_p(T)$	$Q_u(T)$	$Q_a(T)$
1. Xuyên CPT	1079.55	1855.5	2935.1	1174
2. Xuyên SPT	308.76	2120.6	2429.3	971.7

**Bảng 16.** Kết quả  $Q_u$ ,  $Q_a$  với dạng địa chất E2

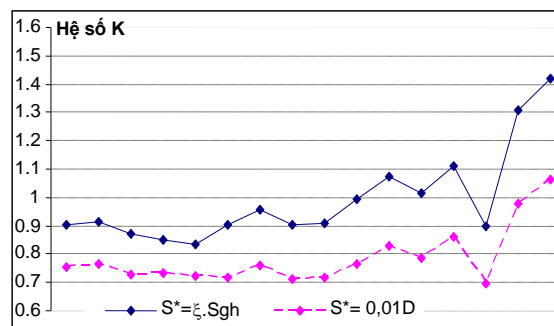
Công thức tính	$Q_s(T)$	$Q_p(T)$	$Q_u(T)$	$Q_a(T)$
1. Xuyên CPT	1277.49	1237	2514.5	1005.8
2. Xuyên SPT	521.24	2120.5	2641.7	1056.7

- Từ các kết quả trên, tác giả dùng hệ số tương quan  $K = Q_{at\grave{i}nh\ to\ an} / Q_{an\acute{e}nt\grave{i}nh}$  để đánh giá mức độ tin cậy của sức chịu tải cho phép tính toán dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên và kết quả sức chịu tải cho phép của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh, thu được kết quả như sau:

- Dựa vào thí nghiệm CPT, có  $K = 0.782-1.778$  nếu tính  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  và  $K = 0.654-1.405$  nếu tính  $S^* = 0,01D$  (như hình 3.2).

**Hình 3.** Bảng hệ số K giữa kết quả theo thí nghiệm CPT và thí nghiệm nén tĩnh cọc

- Dựa vào thí nghiệm SPT, có  $K = 0.837-1.42$  nếu tính  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  và  $K = 0.695-1.065$  nếu tính  $S^* = 0,01D$  (như hình 3)

**Hình 4.** Bảng hệ số K giữa kết quả theo thí nghiệm SPT và thí nghiệm nén tĩnh cọc.

## KẾT LUẬN

Với hệ số K thu được trong nghiên cứu, sức chịu tải cho phép của cọc tính dựa vào kết quả thí nghiệm CPT và SPT (với hệ số an toàn  $F_s = 2.5$ ) đều có sai khác với sức chịu tải của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh cọc, tuy nhiên sai khác này là không quá nhiều.

- Sức chịu tải cho phép của cọc tính theo kết quả thí nghiệm CPT và từ thí nghiệm nén tĩnh tính ứng với biến dạng  $S^* = 0,01D$  là tin cậy hơn (có  $K = 0.654-1.405$ ) so với tính ứng với biến dạng  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  (có  $K = 0.782-1.778$ ).

- Sức chịu tải cho phép của cọc tính theo kết quả thí nghiệm SPT và từ thí nghiệm nén tĩnh tính ứng với biến dạng  $S^* = \xi \cdot S_{gh}$  là tin cậy hơn (có  $K = 0.837-1.42$ ) khi tính ứng với biến dạng  $S^* = 0,01D$ .

- So sánh với sức chịu tải cho phép của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh cọc thì sức chịu tải cho phép của cọc tính theo kết quả thí nghiệm SPT tin cậy hơn tính theo kết quả thí nghiệm CPT (vì với thí nghiệm SPT cho  $K = 0.837-1.42$ , thí nghiệm CPT cho  $K = 0.782-1.778$ ).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Công Ngữ, 2006, Thí nghiệm đất hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng, Nxb Khoa học và kỹ thuật.
2. Lê Đức Thắng, tái bản 1999, Tính toán móng cọc, Nxb Khoa học kỹ thuật.
3. TCXDVN 205 : 1998, Móng cọc tiêu chuẩn thiết kế.
4. TCXDVN 269:2002, Cọc – Phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.

## SUMMARY

**ASSESSMENT OF METHODS APPLYING TO DETERMINE THE LOAD CAPACITY OF BORED PILES USING RESULTS FROM CPT AND SPT TESTS****Lai Ngoc Hung\****College of Technology - TNU*

Recently, the pile load capacity using in designs is commonly estimated based on the results of Cone penetration tests (CPT) or Standard penetration test (SPT). This calculations must apply a safety factor  $F_s$  from 2 to 3 because the pile load capacity is difficult to determine accurately that possibly leads to a wasteful design. In practice, to determine the load capacity of piles, the static load test method is commonly performed and provides reliable results. To solve the problem of the relationship between the load capacity of piles according to calculations based on experimental results of CPT or SPT and other regular capacity from static load test, the author has conducted static load test results of piles located in some typical areas of Hanoi, pile load capacities calculated theoretically based on CPT and SPT. This research focuses on establishing a correlation between the pile load capacity as a result of tests CPT, SPT with the capacity received from static load test through a correlation coefficient  $K$ , with CPT have  $K = 0.654- 1.405$ , with SPT have  $K = 0.837-1.42$ .

**Keywords:** *Loading capacity of pile, bored pile, cone penetration test CPT, standard penetration test SPT, static load test*

*Ngày nhận bài: 15/8/2014; Ngày phản biện: 30/8/2014; Ngày duyệt đăng: 25/11/2014*

**Phản biện khoa học:** *ThS. Hàn Thị Thủy Hằng – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐHTN*

---

\* *Tel: 0988 906921, Email: ngochungkcn@gmail.com*