

Tính toán cọc chịu tải trọng ngang và mômen theo phương pháp POULOS

Calculation of piles subjected to lateral load and moment by POULOS method

Nguyễn Tiến Dũng

Tóm tắt

Phương pháp tính toán cọc chịu tải trọng ngang và mômen theo tiêu chuẩn hiện hành còn hạn chế về số lượng. Để nâng cao độ tin cậy cho công tác thiết kế và nghiên cứu cần cung cấp thêm phương pháp tính toán thực hành. Hiện nay, nhiều phương pháp tính toán cọc chịu tải trọng ngang đã được nghiên cứu và công bố. Bài báo đề cập đến phương pháp Poulos để tính toán cọc đơn chịu tải trọng ngang và mômen ở đầu cọc. Phương pháp này có thể áp dụng được cho trường hợp cọc đầu tự do hoặc cọc đầu cố định. Bài báo đã chỉ ra một số hạn chế cũng như phạm vi áp dụng của phương pháp, đưa giải pháp để có thể áp dụng cho phù hợp thực tế. Bên cạnh đó, bài báo đã cung cấp kết quả thí nghiệm hiện trường để đối chiếu đánh giá độ tin cậy phương pháp tính.

Từ khóa: cọc chịu tải trọng ngang, phương pháp poulos, tải trọng ngang, sức chịu tải ngang, liên tục đàn hồi

Abstract

The method of calculating piles subjected to horizontal loads and moments according to current standards is limited in number. In order to improve the reliability of the design and research, it is necessary to provide more practical calculation methods. Currently, many methods of calculating piles subjected to horizontal loads have been studied and published. The paper refers to the Poulos method to calculate the single pile bearing lateral load and the moment at the pile head. This method can be applied to the case of free-headed piles or fixed-headed piles. The paper has pointed out a number of limitations as well as the scope of application of the method, giving the solution to be applicable for practical application. In addition, the article provides field test results to compare and evaluate the reliability of the calculation method.

Key words: laterally loaded piles, Poulos method, lateral load, horizontal load capacity, elastic continuum methos

ThS. Nguyễn Tiến Dũng

Bộ môn Địa kỹ thuật _ Công trình ngầm

Khoa Xây dựng

ĐT: 0988120252

Email: nguyentientungkta@gmail.com.vn

Ngày nhận bài: 12/4/2021

Ngày sửa bài: 22/4/2021

Ngày duyệt đăng: 12/4/2023

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, các phương pháp phân tích cọc chịu tải trọng ngang có thể được phân loại làm ba nhóm chính là: nhóm phương pháp dầm trên nền Winkler (beam-on-Winkler foundation methods), nhóm phương pháp liên tục đàn hồi (elastic continuum methos) và nhóm phương pháp số (numerical methods) [4]. Theo tiêu chuẩn trong nước hiện hành, tính toán cọc đơn chịu tải trọng ngang và mômen được chỉ dẫn ở phụ lục A TCVN 10304-2014 [1] hoặc phụ lục G TCXD 205-1998 [2], đây là một phương pháp tính toán đơn giản thuộc nhóm phương pháp dầm trên nền Winkler. Để có thêm kết quả tính toán đối chiếu, so sánh trước khi tiến hành thí nghiệm hiện trường thì việc cung cấp thêm phương pháp tính toán thực hành là cần thiết. Bài báo giới thiệu phương pháp Poulos thuộc nhóm phương pháp liên tục đàn hồi tính toán cho cọc đơn chịu tải trọng ngang trong hai trường hợp: cọc có đầu tự do và cọc có đầu cố định.

2. Tính toán cọc đơn chịu tải trọng ngang và mômen - phương pháp Poulos [3]

Xét cọc đơn có chiều dài L , đường kính d , chịu tải trọng ngang H và mômen M ở đỉnh, cọc nằm trong khối đất bán không gian đồng nhất như hình 2.1. Đầu cọc sẽ làm việc như đầu tự do hay đầu cố định phụ thuộc vào quan hệ độ cứng giữa cọc- đài cọc và loại liên kết được quy định trong tiêu chuẩn. Thông thường, trong móng cọc đài cứng thì cọc được coi là đầu cố định. Cọc có đầu tự do khi chịu lực tác dụng ở đầu cọc thì đầu cọc có chuyển vị và góc xoay. Cọc có đầu cố định khi chịu lực tác dụng ở đầu cọc thì đầu cọc có chuyển vị nhưng không xoay được.

2.1. Cọc đầu tự do

Chuyển vị ngang, ρ , ở đỉnh cọc

$$\rho = I_{\rho H} \frac{H}{E_s L} + I_{\rho M} \frac{M}{E_s L^2} \quad (1)$$

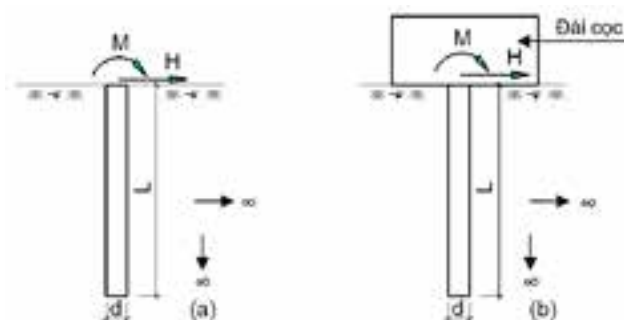
Trong đó: L - chiều dài cọc; H , M - lần lượt là tải trọng ngang, mô-men ở đỉnh cọc.

E_s - mô đun biến dạng của đất.

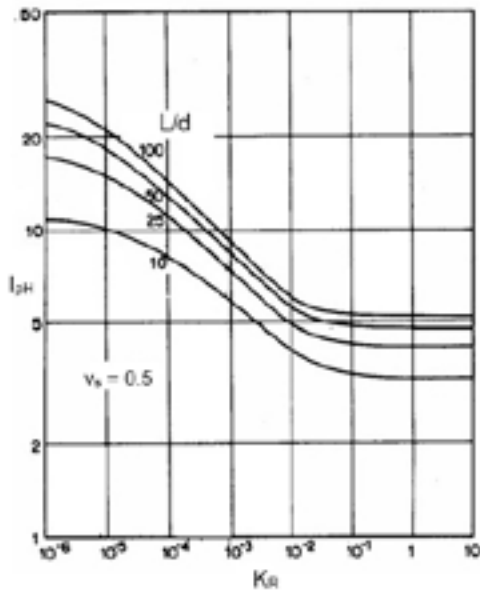
Hệ số $I_{\rho H}$ và $I_{\rho M}$ tra hình 2.2 và hình 2.3 theo hệ số uốn của cọc K_R , $K_R = E_{pilp} / E_s L^4$

Góc xoay θ , ở đỉnh cọc

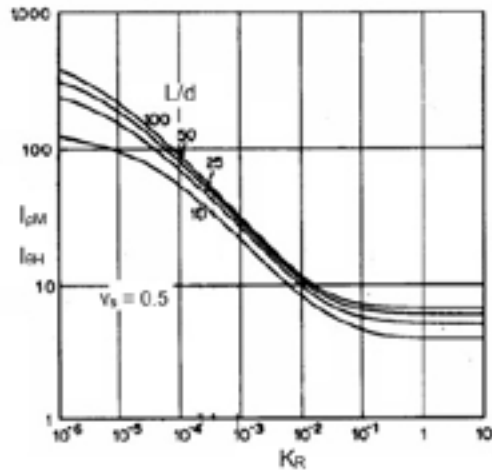
$$\theta = I_{\theta H} \frac{H}{E_s L^2} + I_{\theta M} \frac{M}{E_s L^3} \quad (2)$$



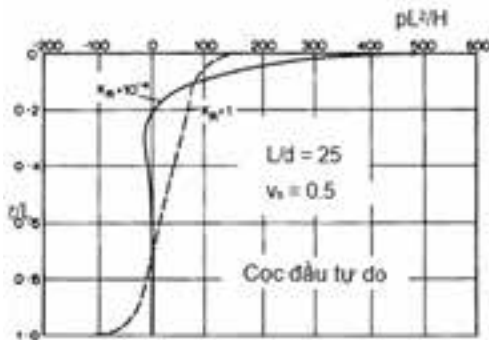
Hình 2.1. Cọc đơn chịu tải trọng ngang
(a) đầu cọc tự do; (b) đầu cọc cố định



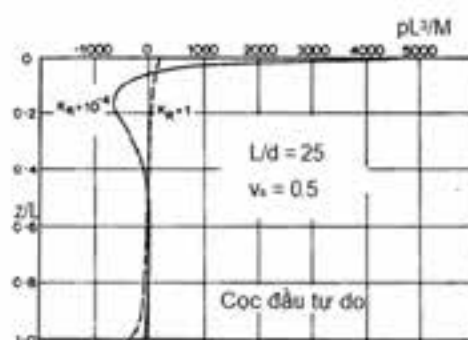
Hình 2.2. Hệ số ảnh hưởng I_{pH}



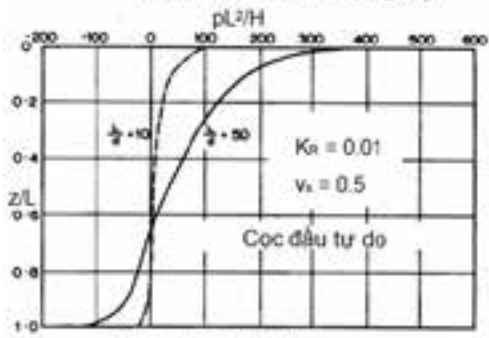
Hình 2.3. Hệ số ảnh hưởng $I_{\theta H}$ và I_{pM}



Hình 2.5a. Chỉ tải trọng ngang

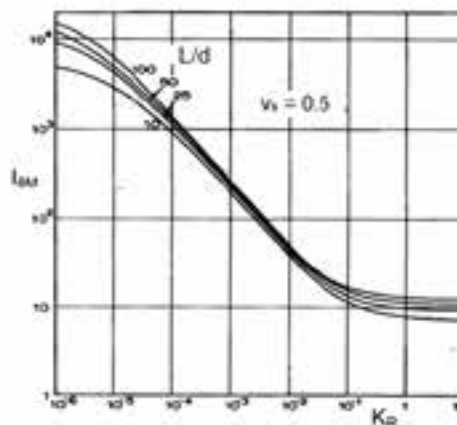


Hình 2.5b. Chỉ mô-men



Hình 2.5c. Chỉ tải trọng ngang

Hình 2.5. Phân bố áp lực ngang dọc theo thân cọc



Hình 2.4 Hệ số $I_{\theta M}$

Trong đó: Các đại lượng H , M , L , E_s có ý nghĩa như công thức (1)

Hệ số $I_{\theta H} = I_{pM}$ (hình 2.3). Hệ số $I_{\theta M}$ tra hình 2.4.

Phân bố áp lực ngang dọc theo thân cọc

Phân bố áp lực ngang điển hình dọc theo thân cọc được cho bởi hình 2.5a,b,c dựa theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

Mô-men trong cọc

Sự phân bố mô-men điển hình dọc theo thân cọc được chỉ trong hình 2.6 dựa theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

2.2. Cọc đầu cố định

Chuyển vị ngang, p , ở đỉnh cọc

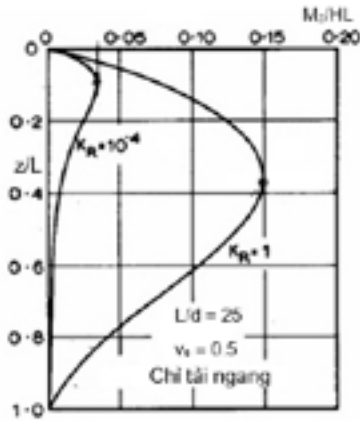
$$p = I_{pF} \frac{H}{E_s L} \quad (3)$$

Trong đó: Các đại lượng H , L , E_s có ý nghĩa như công thức (1)

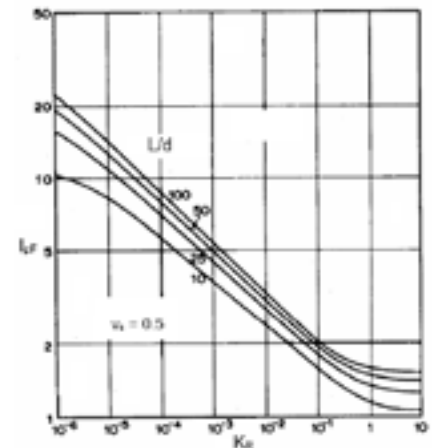
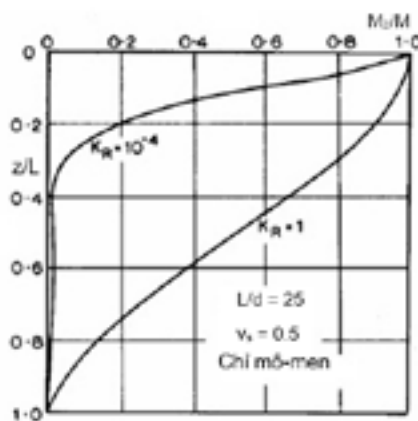
I_{pF} tra hình 2.7 theo hệ số uốn của cọc K_R .

Phân bố áp lực ngang dọc theo thân cọc

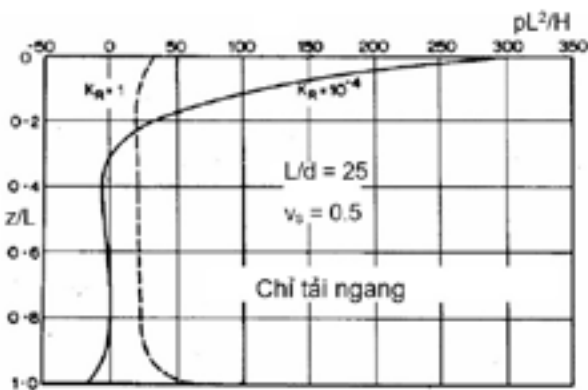
Phân bố áp lực ngang điển hình dọc theo thân cọc được



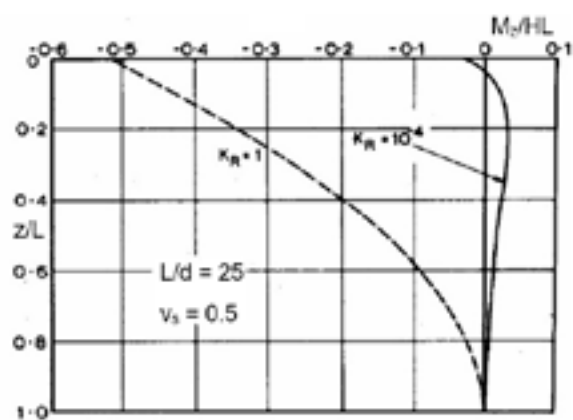
Hình 2.6. Phân bố mô-men dọc theo thân cọc



Hình 2.7. Hệ số ảnh hưởng I_{pf}



Hình 2.8. Phân bố áp lực ngang dọc theo thân cọc



Hình 2.9. Phân bố mô-men dọc theo thân cọc

cho bởi hình 2.8

Mô-men trong cọc

Sự phân bố mô-men điển hình dọc theo thân cọc được chỉ trong hình 2.9

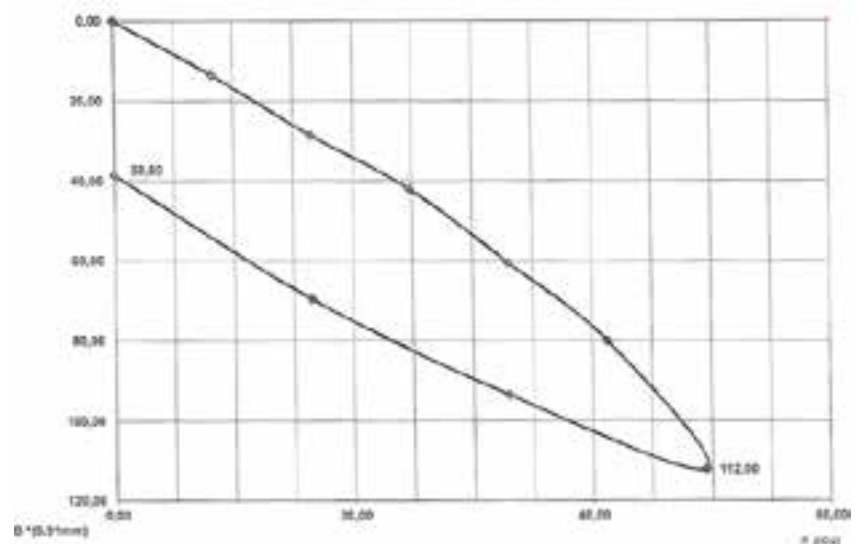
Lưu ý khi áp dụng phương pháp Poulos tính toán cọc chịu tải ngang và mô-men:

- Từ hình 2.2 ÷ 2.9, giá trị hệ số Poisson $v_s = 0,5$ (hệ số nở hông μ_0). Hệ số này ảnh hưởng nhỏ đến chuyển vị và góc xoay của cọc.

- Phương pháp phù hợp cho trường hợp nền đất đồng nhất, cọc có tỉ số $L/d \geq 10$.

- Công thức (1), (2), (3) được xây dựng cho trường hợp nền đất đồng nhất, vì vậy khi nền đất gồm nhiều lớp cần quy đổi về nền đồng nhất. Nghiên cứu cho thấy, khi cọc chịu tải trọng ngang tác dụng ở đỉnh thì chỉ một phần lớp đất phía trên (gần đỉnh cọc) làm việc, phạm vi đó gọi là chiều dày tầng đất chịu lực, h_{ah} . Đây là một đại lượng có ý nghĩa đặc biệt quan trọng khi quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất. Tiếc rằng hiện chưa tìm được tài liệu nào nêu rõ ý tưởng cơ học để xác định nó mà chỉ thu thập được một số dạng khác nhau của công thức tính h_{ah} . Dưới đây xin trích dẫn một công thức tính h_{ah} [5]:

BIỂU ĐỒ QUAN HỆ TẢI TRỌNG-CHUYỂN VỊ
Test Pile/Cọc thử: 11HA193



Hình 2.10 Kết quả thí nghiệm nén ngang cọc 11HA193 [8]

$$h_{ah} = 3,5d + 1,5 \quad (4)$$

Nếu trong phạm vi h_{ah} có một lớp đất thì dùng E_s của lớp đất đó. Nếu trong phạm vi h_{ah} chứa nhiều lớp đất thì xác định E_{tb} trong phạm vi h_{ah} như sau [6]:

Bảng 2.1. Bảng chỉ tiêu cơ lý các lớp đất [7]

STT	Tên lớp đất	h_i m	γ kN/m ³	c kPa	ϕ độ	E_0 kPa
1	Cát cấp phối kém (SP-SM)	3,8	19,50	0	26,77	23800
2	Sét vô cơ nâu vàng (CH-CL)	1,4	18,86	26	17,12	9230
3	Sét béo xanh xám (CH-CL)	11,3	18,70	18	12,10	7210
4	Sét xám xanh (CL)	4,6	19,09	23	18,20	6470
5	Sét nâu vàng (CL)	13,1	19,76	36	18,53	11880
6	Cát pha sét (SC)	3,6	19,49	12	22,17	10660
7	Sét nâu vàng (CL)	5,5	19,76	36	18,53	11880

Bảng 2.2. Chuyển vị ngang tại đỉnh cọc với H=4,95T

Tên	Ký hiệu	Cách tính	Giá trị	Đơn vị
Lực ngang đỉnh cọc	H	Đầu vào	4.95	T
Mô-men đỉnh cọc	M	Đầu vào	0	T.m
Cạnh dài thực tế cọc	l_{coc}	Đầu vào	0.5	m
Cạnh ngắn thực tế cọc	b_{coc}	Đầu vào	0.5	m
Chiều dài thực tế cọc	L	Đầu vào	53	m
Chiều dày tầng đất chịu lực	h_{ah}	$3,5d+1,5$	3.25	m
Mô đun biến dạng chung của đất	E_s	Phạm vi h_{ah}	$2.38E+03$	T/m ³
Mô đun đàn hồi của bê tông cọc khi nén	E_p	B30	$3.25E+06$	T/m ³
Mô-men quán tính tiết diện ngang của cọc	I_p	$I_p=b_{coc}.l_{coc}^3/12$	$5.21E-03$	m ⁴
Tỉ số L/d	L/d		106	-
Hệ số uốn dọc K_R	K_R	$K_R=E_p I_p / E_s L^4$	$9.01E-07$	-
Hệ số ảnh hưởng I_{pH}	I_{pH}	Tra hình 2.2	30	-
Hệ số ảnh hưởng I_{pM}	I_{pM}	Tra hình 2.3	600	-
Chuyển vị ngang ρ của đỉnh cọc	ρ	Công thức 1	$1.177E-03$	m

Bảng 2.3. Kết quả chuyển vị ngang tại đỉnh cọc theo các cấp tải

STT	Tải trọng (kN)	Thí nghiệm hiện trường Chuyển vị, mm [8]	Poulos Chuyển vị, mm
0	0,00	0,000	0,000
1	8,25	0,135	0,196
2	16,50	0,285	0,392
3	24,75	0,420	0,589
4	33,00	0,605	0,785
5	41,25	0,800	0,981
6	49,50	1,120	1,177

Trong phạm vi h_{ah} chứa 2 lớp đất:

$$E_{tb} = \frac{E_1 h_1 (2h_{ah} - h_1) + E_2 (h_{ah} - h_1)^2}{h_{ah}^2} \quad (5)$$

Trong phạm vi h_{ah} chứa 3 lớp đất:

$$E_{tb} = \frac{E_1 h_1 [2(h_3 + h_2) + h_1] + E_2 h_2 (2h_3 + h_1) + E_3 h_3^2}{h_{ah}^2} \quad (6)$$

2.3. Ví dụ tính toán

Cọc thí nghiệm BTCT đúc sẵn 11HA 193(B30) dài 53m, tiết diện 0.5x0.5m được hạ vào nền đất bằng phương pháp ép, đầu cọc tự do. Nền đất có số liệu như bảng 2.1. Tính chuyển vị ngang tại đỉnh cọc theo phương pháp Poulos với các cấp tải trọng ngang tác dụng ở đỉnh lần lượt là 0.825T, 1.65T, 2.475T, 3.3T, 4.125T, 4.95T.

Kết quả tính toán: Tính toán cho trường hợp tải $H=4,95\text{ T}$ được thể hiện tóm tắt ở bảng 2.2 (trong phạm vi $h_{\text{ah}}=3,25\text{m}$ chỉ có lớp đất 1 nên $E_s = E_1 = 23800\text{ kPa}$). Kết quả thí nghiệm hiện trường thể hiện ở hình 2.10. Tổng hợp kết quả tính toán và thí nghiệm hiện trường cho các trường hợp tải được thể hiện ở bảng 2.3.

Nhận xét kết quả:

Tính toán theo phương pháp Poulos cho kết quả tính toán khá tin cậy và thiên về an toàn. Kết quả tính toán phụ thuộc nhiều vào việc tra hệ số ảnh hưởng $I_{\rho H}, I_{\rho M}$ và thông số E_s của lớp đất gần đỉnh cọc.

3. Kết luận

- Bài báo đã giới thiệu một phương pháp tính toán thực hành khá đơn giản và tin cậy cho cọc đơn chịu tải trọng ngang và mô-men tập trung ở đỉnh cọc. Phương pháp Poulos phù hợp cho nền đồng nhất và cọc có tỉ số $L/d \geq 10$.

- Khi nền nhiều lớp, để áp dụng phương pháp Poulos ta cần xác định phạm vi chiều dày tầng đất chịu lực, hah để quy đổi nền nhiều lớp về nền đồng nhất tương đương./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 10304:2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội.
2. Tiêu chuẩn xây dựng TCXD 205-1998: Móng cọc-Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng Hà Nội.
3. Poulos - Chapter 14- Piles subjected to lateral load and moment, tr:283-286.
4. Vương Văn Thành, Nguyễn Tiến Dũng, Các phương pháp tính toán cọc chịu tải trọng ngang, Tạp chí Khoa học Kiến trúc – Xây dựng số 24, trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2016, tr2-5.
5. Nguyễn Bá Kế, Nguyễn Văn Quang, Trịnh Việt Cường. Hướng dẫn thiết kế móng cọc. NXB Xây dựng, Hà Nội, 1993.
6. Phan Dũng, Một số vấn đề cần hiểu đúng để tính đúng cọc chịu lực ngang theo TCXD 205:1998, 2010, tr 5-6.
7. Investigation report plant area, No.11/2010-PMC2-C-RPT-2000.
8. 8. Report on result of pile testing, Document No: LPI-UGCE-11UDH-C-MIA-CIR-0001, 2015.

Đặc điểm cảnh quan đô thị Hà Nội

(tiếp theo trang 17)

ra các khu mới, tạo cảnh quan hiện đại cho đô thị Hà Nội mà không phá vỡ những cảnh quan truyền thống. Mỗi quan hệ giữa cũ - mới có thể có không gian chuyển tiếp (bằng cây xanh, mặt nước và các yếu tố cảnh quan tự nhiên khác...)

- Tăng cường các quảng trường, vườn hoa trên các trục, tuyến giao thông.

- Mở các trục không gian lớn hướng ra các vùng cảnh quan tự nhiên như các hồ lớn, sông, khu công viên... để tổ chức thành trục cảm thụ cảnh quan vừa kết hợp với nhiều loại hình sinh hoạt khác.

4. Kết luận

Bố cục không gian đô thị cần phù hợp và triệt để khai thác các đặc điểm cảnh quan tự nhiên. Các trục không gian, sơ đồ mạng không gian không chỉ đảm bảo các yêu cầu về bố cục theo nguyên lý nhận thức thị giác mà còn tạo lập mối quan hệ giữa các yếu tố nhân tạo và các yếu tố tự nhiên. Hà Nội được thiên nhiên ban tặng cho một hệ sinh thái sông nước với một khung tự nhiên đã hình thành bởi mối quan hệ sông, hồ, và kênh mương. Công nghiệp hóa và đô thị hóa với các hoạt động của con người đang phủ lên trên đó một lớp bụi mà chúng ta cần có thời gian để làm sạch trở lại, giúp

cảnh quan của Hà Nội không chỉ có bản sắc của lịch sử với hình ảnh phố cổ, phố cũ, mà còn là bản sắc của thiên nhiên với cảnh quan sông hồ trong lòng thành phố. Với vị trí và vai trò là thủ đô của cả nước, Hà Nội là nơi tích tụ sâu đậm nhất những giá trị tư tưởng của dân tộc. Những giá trị đó được cha ông ta vận dụng trong mọi lĩnh vực đời sống, trong đó có nghệ thuật tổ chức cảnh quan. Đây là điều cốt lõi để đảm bảo duy trì tính truyền thống và đặc trưng cho cảnh quan đô thị Hà Nội trong bối cảnh quốc tế hoá mạnh mẽ như hiện nay./.

Tài liệu tham khảo

1. Hàn Tát Ngạn, Kiến trúc cảnh quan, Nhà xuất bản Xây dựng, 1997.
2. Đoàn Quốc Khoa, Kế thừa một số giá trị của cảnh quan đô thị truyền thống trong quy hoạch xây dựng đô thị Việt Nam, Luận án Tiến sĩ, 2004
3. Nguyễn Tuấn Anh, Khai thác đặc trưng sông hồ trong tổ chức cảnh quan đô thị Hà Nội, Luận án Tiến sĩ, 2012.
4. Thủ tướng Chính phủ (2011), Quyết định 1259/QĐ-TTg ngày 26/07/2011 phê duyệt Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050, Chính phủ, 2011.