

TÍNH NHANH ĐỘ THẨM CỦA ĐẤT BẰNG CÁC CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM

Trương Quốc Quân

Trường Đại học Thủy lợi, email: quantq@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Độ thấm là một trong những đặc trưng quan trọng nhất của đất, được sử dụng trong rất nhiều các bài toán lý thuyết và thực tế khác nhau, chẳng hạn trong việc mô hình hoá dòng chảy của nước trong đất, tính toán khai thác nước ngầm, tính toán hạ mực nước ngầm tạm thời phục vụ thi công, tính tốc độ lún cố kết, các bài toán ổn định trượt, trong công tác thiết kế đê, đập thủy lợi...

Việc xác định chính xác độ thấm của đất là công tác không hề dễ dàng, nhiều phương pháp thí nghiệm hiện trường và trong phòng đã được áp dụng. Tại hiện trường, có thể xác định độ thấm bằng thí nghiệm “đổ nước trong hố đào và trong hố khoan” (TCVN 8731-2012), phương pháp này thường có chi phí cao, thời gian thực hiện lâu và có nhiều nguồn sai số như đặc điểm cục bộ của đất tại vị trí thí nghiệm, trình độ của kỹ thuật viên... Thí nghiệm trong phòng cũng được dùng phổ biến để xác định độ thấm của đất (TCVN 8723-2012), phương pháp này cũng bộc lộ nhiều hạn chế như rất khó chế tạo mẫu thí nghiệm giống với đất hiện trường, thời gian dài và chi phí cao. Đặc điểm chung của những thí nghiệm này là rất khó đánh giá độ chính xác của kết quả đo được.

Để rút ngắn thời gian, giảm chi phí, phục vụ tính toán sơ bộ và tăng thêm cơ sở để đánh giá tính chính xác về độ thấm của đất, nhiều tác giả đề xuất các công thức kinh nghiệm để tính toán độ thấm của đất. Các công thức phổ biến và phạm vi ứng dụng của chúng sẽ được giới thiệu ở phần dưới đây.

2. CÁC CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM

Thông số cơ bản của những công thức thực nghiệm đề xuất là cấp phối và độ rỗng của đất. Vukovic and Soro (1992) [7] đã tổng hợp và đưa ra dạng tổng quát của những công thức này như sau:

$$k = \frac{g}{v} \cdot C \cdot f(n) \cdot d_e^2 \quad (1)$$

Trong đó k = độ thấm (m/s); g = gia tốc trọng trường (m/s^2); v là độ nhớt động học của nước ($v=10^{-6} m^2/s$); C = hệ số kinh nghiệm; $f(n)$ = hàm số của độ rỗng và d_e = đường kính hạt có hiệu của đất (m).

a) Công thức Terzaghi (Cheng&Chen) [4]

$$k = \frac{g}{v} \cdot C_t \cdot \left(\frac{n-0,13}{\sqrt{1-n}} \right)^2 \cdot d_{10}^2 \quad (2)$$

Trong đó hệ số C_t có giá trị từ $6,1 \cdot 10^{-3}$ đến $10,7 \cdot 10^{-3}$; d_{10} cỡ hạt chiếm ít nhất 10% khối lượng mẫu. Công thức này phù hợp để tính độ thấm cho cát hạt thô trở lên.

b) Công thức Alyamani [1]

$$k = 15 \cdot 10^{-3} \left[I_o + 0,025(d_{50} - d_{10}) \right]^2 \quad (3)$$

Trong đó I_o là giao điểm của đường thẳng đi qua 2 điểm d_{10} và d_{50} với trục hoành của đồ thị cấp phối hạt (mm); d_{10} , d_{50} (mm) lần lượt là cỡ hạt chiếm ít nhất 10% và 50% khối lượng mẫu. Công thức này phù hợp cho đất có cấp phối tốt.

c) Công thức Kozeny-Carman [2]

$$k = \frac{g}{v} \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\frac{n^3}{(1-n)^2} \right] \cdot d_{10}^2 \quad (4)$$

Trong đó n là độ rỗng. Công thức này không phù hợp cho đất sét hoặc đất có $d_{10} > 3$ mm.

d) Công thức Chapuis [3]

$$k = 2,46 \left(\frac{e^3}{1+e} d_{10}^2 \right)^{0,78} \quad (5)$$

Công thức này áp dụng cho cát hạt trung trở lên hoặc đất có lẫn cuội sỏi, $C_U < 12$.

e) Công thức Slitcher (Cheng&Chen) [4]

$$k = \frac{g}{v} \cdot 1.10^{-2} \cdot n^{3,287} \cdot d_{10}^2 \quad (6)$$

Công thức này rất phù hợp cho đất có kích cỡ hạt từ 0,01mm đến 5mm.

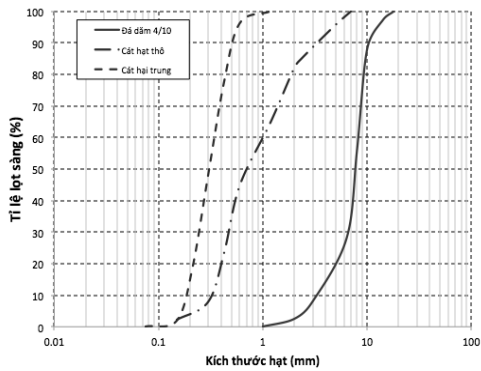
3. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

Ba loại vật liệu được sử dụng để kiểm chứng các công thức kinh nghiệm trên lần lượt là cát hạt trung, cát hạt thô và đá dăm tiêu chuẩn 4/10. Chương trình thí nghiệm gồm 2 phần lớn:

- Phần 1: thí nghiệm để thu thập thông số đầu vào cho các công thức thực nghiệm.

- Phần 2: thí nghiệm đo độ thấm trong phòng thí nghiệm để so sánh với kết quả tính toán theo các công thức thực nghiệm.

Những thông số đặc trưng của ba loại vật liệu được thể hiện chi tiết ở bảng 1, đường cong cấp phối được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Đường cong cấp phối của vật liệu

Bảng 1. Tổng hợp đặc trưng của vật liệu

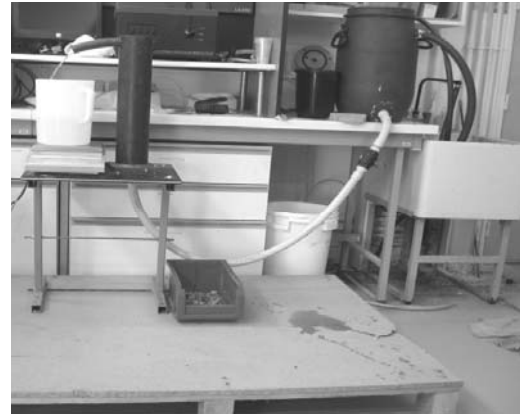
Tên vật liệu	d_{10} (mm)	d_{20} (mm)	d_{50} (mm)	n
Cát trung	0,18	0,22	0,33	0,433
Cát thô	0,31	0,4	0,72	0,395
ĐD 4/10	4,2	5,3	7,6	0,43

Từ các thông số đầu vào ở bảng 1, ta có thể tính được độ thấm của các loại vật liệu đã chọn theo các công thức thực nghiệm. Kết quả được tổng hợp trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán

	Terzaghi (m/s)	Slitchter (m/s)	Alyamani (m/s)	K-C (m/s)	Chapuis (m/s)
Đá dăm	$18,1.10^{-2}$	KAD	KAD	28.10^{-2}	$7,5.10^{-2}$
Cát trung	KAD	2.10^{-4}	$3,89.10^{-4}$	$6,6.10^{-4}$	$5,8.10^{-4}$
Cát thô	$7,68.10^{-4}$	$4,4.10^{-4}$	$10,5.10^{-4}$	13.10^{-4}	10.10^{-4}

Để có thể đánh giá kết quả thu được từ các công thức thực nghiệm, một thiết bị đo đơn giản đã được chế tạo. Thiết bị này hoạt động dựa trên nguyên tắc cột áp không đổi (Hình 2).



Hình 2. Thiết bị chế tạo để đo độ thấm

Giá trị độ thấm đo được thể hiện ở bảng 3 dưới đây:

Bảng 3. Tổng hợp kết quả đo độ thấm

	Đá dăm 4/10	Cát trung	Cát thô
k (m/s)	$4,4.10^{-2}$	$1,6.10^{-4}$	$8,2.10^{-4}$

4. KẾT QUẢ VÀ KẾT LUẬN

Từ kết quả tổng hợp ở bảng 2, ta thấy độ thấm tính theo các công thức kinh nghiệm có sự phân tán khác nhau tùy theo kích cỡ hạt đất và tính chất cấp phối:

- Với đất có kích cỡ hạt lớn nhất là đá dăm, kết quả tương đối phân tán. Giá trị lớn nhất (28.10^{-2}) gấp gần 4 lần giá trị nhỏ nhất ($7,5.10^{-2}$).
- Với đất có kích cỡ hạt nhỏ hơn, giá trị độ thấm cũng phân tán ít hơn. Giá trị lớn nhất chỉ gấp hơn 2 lần giá trị nhỏ nhất.

Khi so sánh độ thấm tính toán (Bảng 2) và độ thấm thực nghiệm (Bảng 3) ta thấy:

- Độ thấm tính toán luôn lớn hơn độ thấm thực nghiệm.
- Đá dăm 4/10 và cát hạt trung có độ thấm tính toán và độ thấm thực nghiệm sai khác nhau tương đối lớn. Cát hạt thô có độ thấm tính toán và thực nghiệm tương đối sát với nhau.

Có thể giải thích sự sai khác này như sau:

- Các công thức thực nghiệm có xét đến cấp phối và độ rỗng của đất nhưng chưa xét đến hình dạng của hạt, sự phân bố của hệ lỗ rỗng trong đất.
- Độ thấm thực nghiệm được đo dựa trên định luật thấm Darcy với giả thiết dòng chảy có vận tốc nhỏ, chế độ chảy tầng. Tuy nhiên trong môi trường đất có độ thấm cao, rất khó để đảm bảo điều này. Do vậy luôn tồn tại sự khác nhau giữa độ thấm tính toán và độ thấm thực nghiệm.
- Đá dăm 4/10 và cát hạt trung có cấp phối xấu, kích cỡ hạt tương đối đồng đều, do vậy độ rỗng của 2 loại vật liệu này lớn và chế độ chảy tầng khó đảm bảo. Do vậy độ thấm tính toán và thực nghiệm của 2 loại đất này tương đối khác nhau.
- Cát hạt thô có cấp phối tốt, kích cỡ hạt phân bố trên khoảng rộng, độ rỗng nhỏ hơn, chế độ chảy tốt hơn nên độ thấm thực nghiệm và tính toán tương đối phù hợp với nhau.

Các công thức thực nghiệm cung cấp cho chúng ta một công cụ tính toán độ thấm tương đối nhanh, đơn giản và chi phí thấp, có thể áp dụng trong các tính toán sơ bộ. Tuy nhiên cần lựa chọn đúng các hệ số kinh nghiệm và nắm rõ phạm vi ứng dụng của từng công thức để đạt được kết quả có độ tin cậy cao nhất.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Alyamani M. S. (1993). Determination of Hydraulic Conductivity from Complete Grain-Size Distribution Curves. Ground Water, vol. 31, n°4, pp. 551-555.
- [2] Carrier, W.D. 2003. Goodbye, Hazen; Hello, Kozeny-Carman. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 1054.
- [3] Chapuis R. (2004). Predicting the saturated hydraulic conductivity of sand and gravel using effective diameter and void ratio. Canadian Geotechnical Journal, vol 41, n° 5, pp. 787-795.
- [4] Cheng, C., and Chen, X. 2007. Evaluation of Methods for Determination of Hydraulic Properties in an Aquifer-Aquitard System Hydrologically Connected to River. Hydrogeology Journal. 15: 669-678.
- [5] TCVN 8731 : 2012 Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định độ thấm nước của đất bằng thí nghiệm đồ nước trong hồ đào và trong hồ khoan tại hiện trường.
- [6] TCVN 8723-2012 Đất xây dựng công trình thủy lợi – Phương pháp xác định hệ số thấm của đất trong phòng thí nghiệm
- [7] Vukovic, M., and Soro, A. 1992. Determination of Hydraulic Conductivity of Porous Media from Grain-Size Composition. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.