

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN XUÂN NAM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHÂN MỀM GEOSLOPE
TÍNH THẨM KHÔNG GIAN QUA NỀN VÀ VAI ĐẬP HỖ
CHỨA NƯỚC TRONG - TỈNH QUẢNG NGÃI

Chuyên ngành: Xây dựng công trình thủy
Mã số: 60.58.40

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2012

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: GS.TS.NGUYỄN THẾ HÙNG

Phản biện 1: TS. NGUYỄN VĂN MINH

Phản biện 2: TS. PHẠM KIM SƠN

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 12 tháng 5 năm 2012.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

MỞ ĐẦU

1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Một trong những vấn đề quan trọng nhất cần phải giải quyết khi thiết kế công trình thủy là dự báo chế độ thấm của hệ thống (công trình-nền) và xác định các thông số dòng thấm phục vụ các bước tính toán khác như ổn định mái dốc, xác định kích thước mặt cắt ngang đập... Sự phức tạp của bài toán này được thể hiện ở chỗ cần phải xét đến hàng loạt các yếu tố tác động như: địa hình, địa chất công trình; các đặc thù kết cấu của công trình cũng như các biện pháp và kết cấu chống thấm ở thân và nền công trình; khả năng dao động mức nước thượng hạ lưu... Độ chính xác trong dự báo chế độ thấm và kết quả các thông số dòng thấm phụ thuộc rất nhiều vào việc sử dụng phương pháp tính toán.

Hiện nay, vấn đề nghiên cứu thấm đã đạt được một số kết quả nhất định, bài toán thấm có thể được giải quyết bằng các phương pháp cổ điển như: phương pháp thủy lực, cơ học chất lỏng hay các phương pháp hiện đại như: phương pháp phần tử biên, sai phân hữu hạn, phần tử hữu hạn (PTHH) ... theo các mô hình thấm một chiều, hai chiều, hoặc ba chiều.

Trong đó phương pháp PTHH có ưu điểm hơn các phương pháp khác khi có thể cho lời giải bài toán thấm khá chính xác với những trường hợp miền thấm có địa chất phức tạp, hình dạng biên và điều kiện biên bất kỳ.

Mô đun SEEP3D của phần mềm thương mại GEOSLOPE, được xây dựng dựa trên phương pháp PTHH với khả năng mô hình hoá dòng thấm ổn định theo không gian ba chiều. Vì vậy, có thể ứng dụng chương trình để tính thấm không gian qua nền và vai đập công

trình hồ chứa nước Nước Trong và so sánh với kết quả tính toán thấm phẳng, từ đó đưa ra những kiến nghị đối với công trình tương tự.

2. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

- Tìm hiểu các phương pháp tính thấm CTT, làm rõ cơ sở lý thuyết và nội dung tính thấm bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

- Cơ sở lý thuyết của phần mềm SEEP3D và ứng dụng phần mềm tính toán thấm ổn định ba chiều qua nền và vai đập Hồ chứa nước Nước Trong, từ đó kiến nghị đối với các công trình tương tự.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Dòng thấm không gian qua nền và vai đập hồ chứa nước Nước Trong trên sông Nước Trong, thuộc xã Sơn Bao, huyện Sơn Hà, tỉnh Quảng Ngãi

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Luận văn dùng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, đồng thời có minh họa bằng những tính toán cụ thể.

5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI

Tính toán thấm là một trong những khâu quan trọng trong quá trình thiết kế công trình thủy. Phương pháp PTHH có thể cho lời giải bài toán thấm khá chính xác với những trường hợp miền thấm có địa chất phức tạp, hình dạng biên và điều kiện biên bất kỳ. Môđun SEEP3D của phần mềm thương mại GEOSLOPE, được xây dựng dựa trên phương pháp PTHH với khả năng mô hình hoá dòng thấm ổn định theo không gian ba chiều.

6. CẤU TRÚC CỦA LUẬN VĂN

Ngoài phần mở đầu và phần kết luận - kiến nghị, luận văn gồm 4 chương:

Chương 1: Lý thuyết về hiện tượng thấm và các phương pháp nghiên cứu thấm.

Chương 2: Đường viền thấm, bài toán tính thấm không gian qua nền và vai công trình.

Chương 3: Cơ sở lý thuyết của SEEP3D - Giải bài toán thấm không gian bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Chương 4: Ứng dụng SEEP3D tính thấm không gian qua nền và vai đập hồ chứa nước Nước Trong.

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ HIỆN TƯỢNG THẤM VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN THẤM

1.1. KHÁI NIỆM TỔNG QUÁT VỀ HIỆN TƯỢNG THẤM

Sự chuyển động của chất lỏng trong môi trường đất, đá nứt nẻ hoặc trong môi trường xốp nói chung, gọi là thấm.

Định luật cơ bản về thấm (định luật Darcy) được biểu diễn bằng phương trình vận tốc thấm:

$$v = Q/F = k \cdot i$$

Hoặc bằng phương trình lưu lượng: $Q = k \cdot w \cdot i$.

Các thông số đặc trưng dòng thấm:

- Tốc độ dòng thấm (V)
- Độ cao thủy lực (H)
- Gradient thủy lực I (tổng thất áp lực)
- Hệ số thấm K

Cấu trúc dòng thấm được đặc trưng bởi 2 yếu tố:

- Đường dòng (y): Là đường mà nước vận động theo nó. Trong chảy tầng, đường dòng là đường thẳng có thể song song hoặc không.

- Đường thế (f): Là đường mà mọi điểm trên nó áp lực giống nhau. Đường thế vuông góc với đường dòng

1.1.1. Dòng thấm chảy tầng và chảy rối

1.1.2. Dòng thấm có áp và không áp

1.1.3. Thấm ổn định và không ổn định

1.1.4. Thấm phẳng và thấm không gian

1.1.5. Môi trường thấm đồng chất và không đồng chất

1.1.6. Môi trường thấm đẳng hướng và dị hướng

1.1.7. Môi trường thấm bão hoà và không bão hoà

1.1.8. Hiện tượng mao dẫn trong thấm không áp

1.2. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA DÒNG THẤM

1.2.1. Phương trình liên tục thấm hai chiều ổn định, không áp

Phương trình vi phân dòng phẳng ngang thấm không áp nước ngầm từ trên xuống dạng tổng quát trong trường hợp ổn định là:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{W}{T} = 0 \quad (1.4)$$

1.2.2. Phương trình liên tục thấm không gian

Phương trình vi phân Laplace biểu diễn sự thay đổi cột áp của dòng thấm trong môi trường đồng chất đẳng hướng.

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = 0 \quad (1.9)$$

1.2.3. Phương trình động thái đàn hồi của dòng thấm

Động thái đàn hồi của dòng thấm phát sinh khi có sự thay đổi tải trọng bên trên của tầng chứa làm thay đổi áp lực của dòng thấm. Phương trình vi phân về dòng thấm trong điều kiện động thái đàn hồi có dạng:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial H}{\partial T} \quad (1.11)$$

1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN THẤM

Có 4 hướng chính để giải các bài toán thấm:

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

- Phương pháp đồ giải
- Phương pháp thí nghiệm và thực nghiệm
- Phương pháp số

1.3.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

1.3.1.1. Phương pháp cơ học chất lỏng

1.3.1.2. Phương pháp thủy lực học

1.3.2. Phương pháp đồ giải

1.3.3. Phương pháp thí nghiệm

1.3.4. Phương pháp số

1.3.4.1. Phương pháp sai phân hữu hạn

1.3.4.2. Phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp này có ưu điểm giải được các bài toán thắm có nền địa chất phức tạp hình dạng biên tùy ý, cho kết quả chính xác và tự động hoá dễ dàng trên máy tính.

Với sự hỗ trợ của máy tính điện tử, phương pháp phần tử hữu hạn đã trở thành thông dụng và là một công cụ mạnh để giải các loại bài toán thắm khác nhau: có áp, không áp, ổn định và không ổn định, phẳng và không gian...

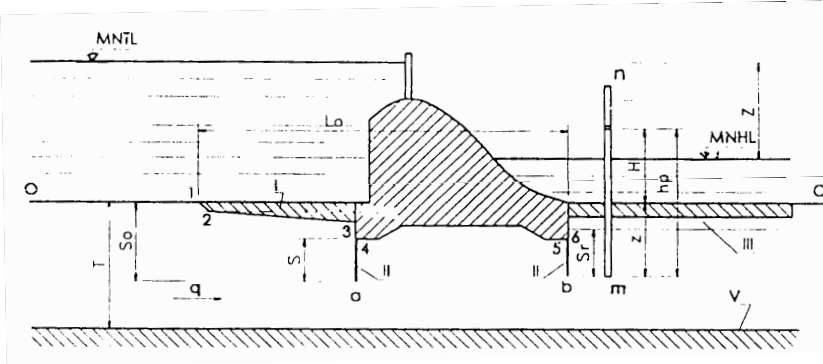
Chương 2

ĐƯỜNG VIỀN THẨM, BÀI TOÁN TÍNH THẨM KHÔNG GIAN QUA NỀN VÀ VAI CÔNG TRÌNH

2.1. ĐƯỜNG VIỀN THẨM

2.1.1. Đường viền thẩm dưới đáy công trình:

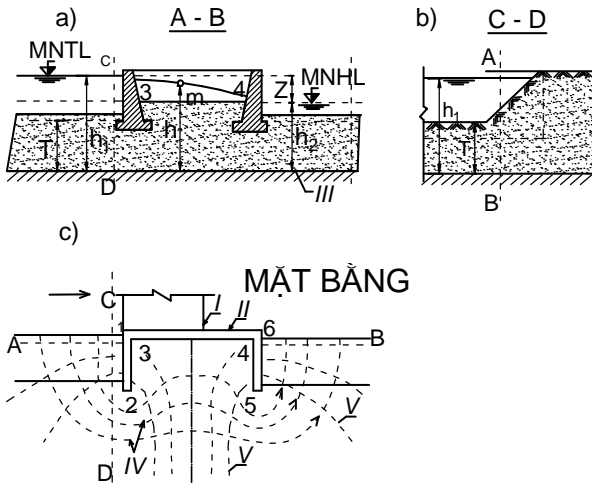
Đường giới hạn phía dưới của công trình và phân cách các bộ phận cấu tạo của công trình (móng công trình, các thiết bị tiêu nước, sân phủ, các hàng cừ, sân sau không thắm nước, v.v...) đối với đất nền gọi là đường viền dưới đất thực của đáy công trình.



Hình 2.1: Sơ đồ đường viền dưới đất của nền công trình (1-2-3-a-4-5-b-6) - Đường viền dưới đất của đập;

2.1.2. Đường viền thấm vòng quanh công trình:

Đường bão hoà quanh mặt trong của trụ biên (đường viền trong đất 1-2-3-4-5-6, hình 2.2c); phần bão hoà chạy theo tường dọc của trụ biên được biểu thị trên hình 2.2a (đường 3-4). Đường bão hoà này quyết định trị số áp lực của nước ngầm lên tường dọc của trụ biên.



Hình 2.2: Trụ biên có tường cánh thẳng góc

2.1.3. Các bộ phận của đường viên thấm:

Khi thiết kế đường viên thấm của công trình, cần phân biệt các bộ phận sau đây:

- Sân phủ;
- Các vật chống thấm thẳng đứng dưới dạng cừ, chân khay, tường răng bê tông hoặc màn chống thấm
- Các vật chống thấm ngang (trụ biên, tường bên, tường lõi, hàng cừ..)
- Đáy đập hoặc tấm móng.

2.1.4. Thiết kế đường viên thấm hợp lý của công trình

Với đường viên đó công trình sẽ được đảm bảo độ bền và độ ổn định về điều kiện thấm và điều kiện lực. Mặt khác, ở dạng hợp lý nhất là cần phối hợp được các điều kiện sau đây:

- Tính kinh tế của công trình.
- Tính đơn giản trong thi công và thi công được trong thời gian ngắn.
- Khả năng sử dụng được vật liệu địa phương để xây dựng công trình.
- Quản lý vận hành công trình được thuận tiện.

2.2. SƠ ĐỒ NGUYÊN TẮC CỦA ĐƯỜNG VIÊN THẤM :

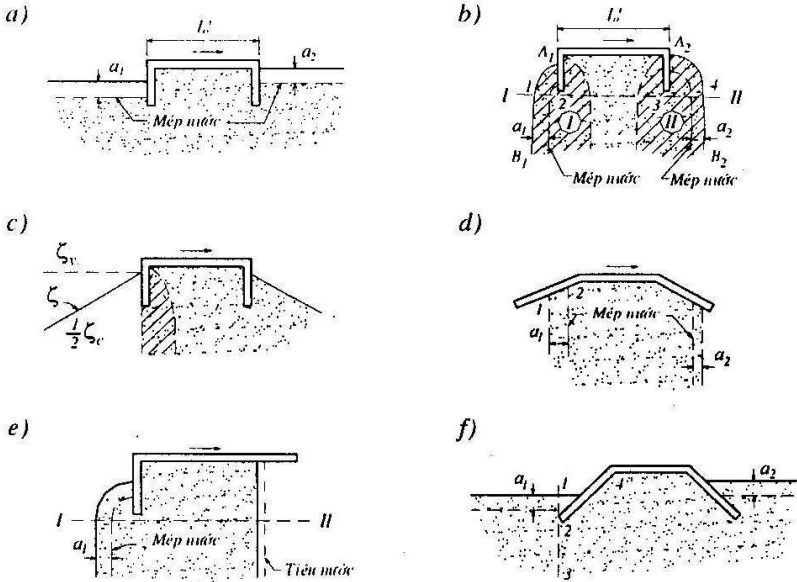
2.2.1. Thấm có áp dưới đáy công trình:

Khi thiết kế đường viên dưới đất của công trình cần phân biệt và sử dụng các sơ đồ đường viên dưới đất nguyên tắc sau, có 05 sơ đồ [2]:

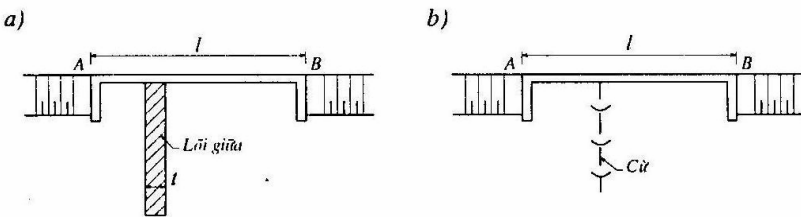
- Tấm móng và sân trước không có vật tiêu nước;
- Vật tiêu nước nằm ngang;
- Vật tiêu nước nằm ngang dưới tấm móng và sân phủ;
- Đập có thiết bị tiêu nước thẳng đứng;
- Vật chắn nước thẳng đứng cắt qua toàn bộ chiều sâu của tầng thấm nước (sơ đồ đường viên đất dưới sâu)

2.2.2. Thẩm vòng quanh công trình

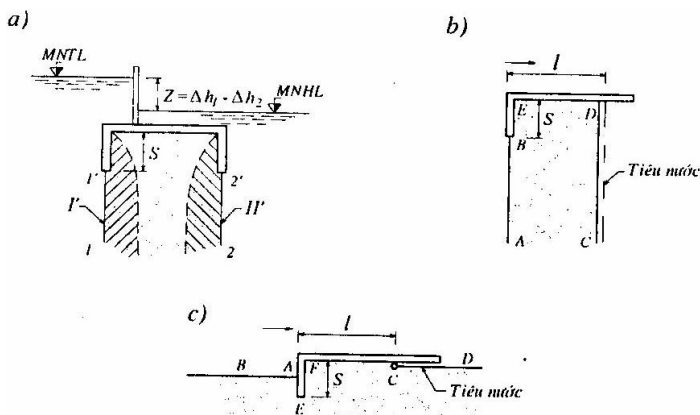
Để đơn giản trong tính toán, chuyển dòng thấm vòng quanh công trình thành “dòng thấm phẳng”. Bằng kết quả của sự đơn giản hóa này, tùy theo hình dạng kết cấu của trụ biên, ta có thể nhận biết được các sơ đồ khác nhau của dòng thấm ở trên mặt bằng:



Hình 2.8: Các sơ đồ thấm vòng quanh sau khi đơn giản hóa dạng hình học của trụ biên.



Hình 2.9: Trường hợp trụ biên nối tiếp với lõi giữa bằng đất sét hoặc màng ngăn dưới dạng hàng cừ.



Hình 2.10: Các sơ đồ bổ sung của trụ biên.

2.3. BÀI TOÁN TÍNH THẨM KHÔNG GIAN

Các bài toán tính thấm không gian bao gồm:

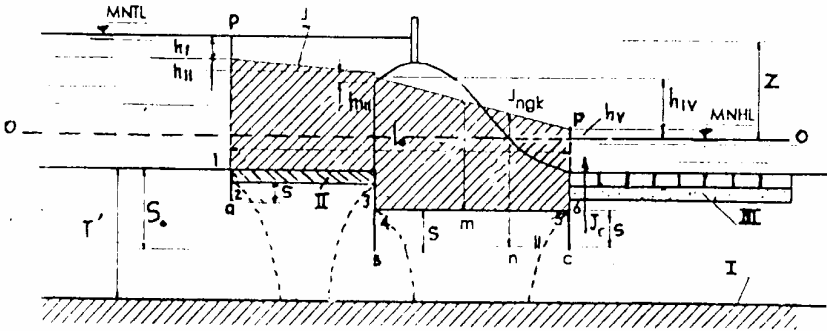
- Tính toán thấm cho đường viền dưới đất của đáy công trình.
- Tính toán thấm cho đường viền vòng quanh công trình
- Tính toán độ bền thấm của nền đập.

2.3.1. Tính thấm cho đường viền dưới đất của đáy công trình

Tính toán thấm cho đường viền dưới đất của đáy công trình cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Xác định các số liệu ban đầu của sơ đồ đường viền tính toán, các chỉ tiêu về đất nền, mực nước thượng hạ lưu đã biết.
- Vẽ biểu đồ áp lực ngược lên đáy công trình, đáy sân phủ, cần thiết cho việc tính toán tĩnh lực.
- Xác định cột nước ở chân khay hoặc mũi cừ ở chỗ ra của dòng thấm, cần thiết để kiểm tra độ bền cục bộ về chống trôi của đất trong phạm vi chỗ ra của dòng thấm.
- Xác định gradient thấm để kiểm tra độ bền thấm của nền.
- Xác định gradient thấm ra lớn nhất ở mặt đáy hạ lưu.

- Xác định gradient thấm ở các chỗ tiếp xúc giữa đất hạt rời mịn và đất hạt lớn ở nền (các chỗ có thể xảy ra xói ngầm đất hạt mịn vào các lỗ rỗng của đất hạt lớn).



Hình 2.11: P-P: Đường đo áp đối với các bộ phận nằm ngang của đường viền dưới đất (2-3) và (4-5)

2.3.1.1. Tính toán thấm cho đường viền dưới đất trong trường hợp đất nền là đồng nhất, đẳng hướng (Phương pháp các hệ số sức kháng của Trugaep)

2.3.1.2. Tính toán thấm cho đường viền dưới đất của đáy công trình trong trường hợp đất nền là đồng nhất, bất đẳng hướng

2.3.1.3. Tính toán thấm cho đường viền dưới đất của đáy công trình trong trường hợp đất nền là không đồng nhất gồm các lớp đất nằm ngang khác nhau

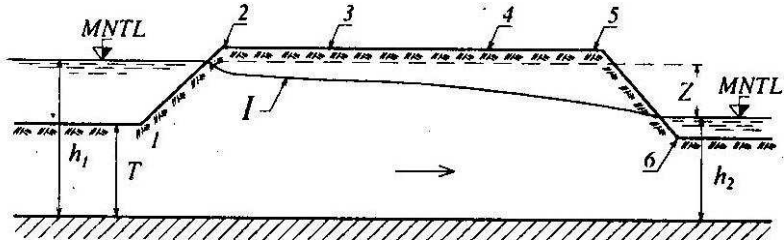
2.3.2. Tính thấm cho đường viền vòng quanh công trình (theo phương pháp của S.N.Numêrôp)

Việc tính toán thấm cho đường viền vòng quanh công trình (trụ biên, tường bên) phải nhằm các mục tiêu sau đây:

- Vẽ được đường cong bão hòa quanh trụ biên, cần cho việc tính toán tĩnh lực của trụ biên;

- Xác định gradient thấm dùng để kiểm tra độ bền thấm chung của đất đắp sau lưng trụ biên.

Nếu như vẽ đường dòng thấm theo đường 1-2-3-4-5-6 (hình 2.3c) rồi triển khai nó ra trên một mặt phẳng, thì ta nhận được hình ảnh như hình 2.7. Hình ảnh này tương tự như hình ảnh dòng thấm qua đập đất trên nền thấm nước.



Hình 2.23: Đường bão hòa quanh trụ biên-I.

Như vậy, khi tính toán thấm vòng quanh trụ biên, ta có thể áp dụng phương pháp giống như khi tính toán thấm qua đập đất trên nền thấm nước.

2.3.2.1. Trường hợp đập đất đồng chất

2.3.2.2. Trường hợp đập đất có lõi giữa

2.3.2.3. Vùng hoạt động thấm nền đập

2.3.2.4. Lập đường bão hòa quanh trụ biên theo phương pháp của F.Forkhgây mê - Tâm đáy tượng trưng

2.3.3. Tính độ bền thấm của nền công trình

2.3.3.1. Tính độ bền thấm bất thường (độ bền thấm ngẫu nhiên)

1. Điều kiện chung: Xuất phát từ độ bền bất thường của đất nền, các kích thước và hình dạng của đường viền dưới đất, cần phải thỏa mãn điều kiện sau đây: $J_k \leq [J_k]_{cp}$ (2.72)

Trong đó: J_k - Gradient thấm chung của nền hay công trình

$[J_k]_{cp}$ - Gradient thấm chung cho phép của nền hay công trình

2. Xác định trị số cho phép của độ dốc đo áp kiểm tra $[J_k]_{cp}$

Trị số độ dốc đo áp cho phép $[J_k]_{cp}$ dùng để kiểm tra độ bền bất thường của nền được xác định theo công thức: $[J_k]_{cp} = J_0/K_H$

2.3.3.2. Tính độ bền thấm bình thường (ổn định thấm cục bộ của đất nền)

Đường viền dưới đất được định ra trên quan điểm về độ ổn định chung của đất nền còn phải kiểm tra về:

- Sự trôi đất cục bộ do thấm ở hạ lưu ngay phía sau hàng cừ (hoặc chân khay) hạ lưu.

- Sự xói lũng ra ngoài ở mặt đáy hạ lưu bên trên có phủ tầng lọc ngược.

- Sự xói lũng bên trong (xói ngầm) có thể xảy ra trên các mặt tiếp giáp của đất to hạt và đất nhỏ hạt ở nền

❖ **Kiểm tra sự trôi đất cục bộ do thấm của đường viền dưới đất theo phương pháp của V.S.Bcumgart R.N.Davidancop**

❖ **Kiểm tra sự xói lũng ra ngoài ở mặt đáy hạ lưu**

❖ **Kiểm tra sự xói lũng bên trong (xói ngầm) của đất nền**

2.3.4. Tính độ bền thấm của đất đắp sau lưng trụ biên

2.3.4.1. Quy định chung

Khi đánh giá tính toán độ bền thấm của đất đắp sau lưng trụ biên chỉ cần xem xét độ bền ngẫu nhiên (bất thường) của đất. Độ bền thấm bình thường của đất ở hạ lưu của trụ biên phải được đảm bảo bằng việc bố trí các thiết bị tiêu nước cần thiết có lọc ngược bảo vệ.

2.3.4.2. Phương pháp tính toán

Cần phải thực hiện việc kiểm tra độ bền thấm của đất đắp sau lưng trụ biên bằng cách sau đây:

- Giả thiết rằng tầng không thấm nằm ở cao trình đáy hạ lưu (độc lập với vị trí thực của nó);

- Thay trụ biên đã cho bằng tấm móng tương đương và giả thiết rằng tấm móng này chịu tác dụng của cột nước bằng cột nước tính toán Z tác dụng lên trụ biên;

- Đối với tấm móng tương đương trên phải xác định trị số gradient thấm kiểm tra J_k ;

- Cuối cùng, so sánh giá trị J_k đã tìm được với giá trị cho phép của nó (J_k) cho phép. Trong trường hợp nếu:

$$J_k \leq (J_k)_{\text{cho phép}} \quad (2.78)$$

đường viền dưới đất đã thiết kế của trụ biên được coi là bền thấm.

Chương 3

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA SEEP3D - GIẢI BÀI TOÁN THẨM KHÔNG GIAN BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

3.1. GIỚI THIỆU CHUNG

3.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT SEEP3D GIẢI BÀI TOÁN THẨM

3.2.1. Hàm số hàm lượng chứa nước thể tích

Phương trình: $\theta = V_w/V$ (3.1)

3.2.2. Hàm số thấm

3.2.3. Quy luật dòng chảy

Tuân theo định luật Darcy là: $q = ki$ (3.2)

Trong đó q : Lưu lượng đơn vị;

- k : Hệ số thấm; i : Gradient thủy lực.

3.2.4. Các phương trình tổng quát

Phương trình thấm tổng quát

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q = \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad (3.4)$$

Trong đó: - H : Tổng cột nước (tổng áp suất);

- k_x, k_y, k_z : Hệ số thấm theo hướng x, y, z;

- Q : Tổng lưu lượng nút; θ : Hàm lượng chứa nước thể tích;

Phương trình thấm ổn định

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q = 0 \quad (3.5)$$

Phương trình thấm không ổn định:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q = m_w \gamma_w \frac{\partial H}{\partial t} \quad (3.11)$$

3.2.5. Hệ tọa độ

Các tọa độ x, y, z bất kỳ trong phân tử có liên hệ với tọa độ địa phương và tọa độ x, y, z của các nút bởi phương trình sau:

$$x = \langle N \rangle \{X\} ; \quad y = \langle N \rangle \{Y\} ; \quad z = \langle N \rangle \{Z\}$$

Trong đó $\langle N \rangle$: Vector của các hàm dạng nội suy;

- $\{X\}, \{Y\}, \{Z\}$: Các tọa độ x, y, z của các nút phân tử.

3.2.6. Các hàm nội suy

3.2.7. Mô hình biến số trường

Biến số trường trong phân tích quá trình thấm qua là cột nước tổng (H) nên cần phải thông qua một mô hình phân phối H vào trong phân tử đó. Dạng phương trình mô hình phân phối cột nước tổng:

$$h = \langle N \rangle \{H\} \quad (3.15)$$

3.2.8. Các đạo hàm của các hàm số nội suy

Gradient theo hướng x, y và z là:

$$i_x = \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial \langle N \rangle}{\partial x} \{H\} \quad (3.18)$$

$$i_y = \frac{\partial h}{\partial y} = \frac{\partial \langle N \rangle}{\partial y} \{H\} \quad (3.19)$$

$$i_z = \frac{\partial h}{\partial z} = \frac{\partial \langle N \rangle}{\partial z} \{H\} \quad (3.20)$$

3.3. GIẢI BÀI TOÁN THẨM BA CHIỀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

3.3.1. Các phương trình phần tử hữu hạn

Phương trình PTHH thẩm không ổn định là:

$$[K]\{H\} + [M]\{H\}_t = \{Q\} \quad (3.29)$$

Trong đó : $[K]$: Ma trận đặc trưng phần tử ; $[M]$: Ma trận khối phần tử

$\{Q\}$: Vector lưu lượng phần tử

Phương trình PTHH thẩm ổn định là:

$$[K]\{H\} = \{Q\} \quad (3.30)$$

3.3.2. Phép tích phân theo thời gian

3.3.3. Tích phân số

Tích phân: $\int_V ([B]^T [C][B]) dV$

Có thể được thay thế bằng

$$\sum_{j=1}^n [B_j]^T [C_j][B_j] \det|J_j| W_j r \quad (3.33)$$

Trong đó: j : Điểm tích phân; n : Số lượng các điểm tích phân

- $\det|J_j|$: Định thức của ma trận Jacobian;

- W_j : Hệ số trọng số

3.3.4. Ma trận dẫn thủy lực

Dạng tổng quát của ma trận dẫn thủy lực sử dụng trong SEEP3D là:

$$[C] = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \quad (3.34)$$

Trong điều kiện đẳng hướng, $[C]$ rút gọn thành:

$$[C] = \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & k_z \end{bmatrix} \quad (3.36)$$

3.3.5. Ma trận khối lượng

Ma trận khối lượng phần tử (ma trận dự trữ) được xác định như sau:

$$[M] = \int_V (\lambda \langle N \rangle^T \langle N \rangle) dV$$

3.3.6. Lưu lượng biên

Vectơ lưu lượng biên được bổ sung trên bề mặt của một phần tử được định nghĩa là:

$$\int_A (q \langle N \rangle^T \langle N \rangle) dA \quad (3.37)$$

3.3.7. Sắp xếp và giải các phương trình tổng quát

3.3.8. Sơ đồ giải lập

3.3.9. Gradient và vận tốc

Gradient tại mỗi điểm giải Gauss hoặc tại mỗi điểm tích phân được tính toán theo phương trình sau:

$$\begin{Bmatrix} i_x \\ i_y \\ i_z \end{Bmatrix} = [B] \{H\} \quad (3.39)$$

Vận tốc Darcy tại mỗi điểm giải Gauss được tính bằng phương trình sau:

$$\begin{Bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{Bmatrix} = [C][B]\{H\} \quad (3.40)$$

3.3.10. Lưu lượng dòng thấm

Lưu lượng được tính sử dụng phương PTHH cơ bản.

$$\{Q\} = [K]\{H\} + [M] \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (3.41)$$

Trong phân tích trạng thái ổn định phương trình giảm số còn:

$$\{Q\} = [K]\{H\} \quad (3.42)$$

3.3.11. Hàm vật liệu

Chương 4

ỨNG DỤNG SEEP3D TÍNH THẨM KHÔNG GIAN QUA NỀN VÀ VAI ĐẬP HỒ CHỨA NƯỚC TRONG

4.1. GIỚI THIỆU CHUNG

4.2. TÀI LIỆU TÍNH THẨM

4.2.1. Các thông số thiết kế

- Cấp công trình (theo TCXDVN 285-2002) : cấp II
- Gradient cho phép : $[J] = 1,0$
- Vận tốc thấm cho phép : $[V]=30(\text{cm/s})$
- Cao trình MNDBT : $+129,50\text{m}$
- Cao trình mực nước Hlmin : $+70,20\text{m}$
- Cao trình đáy đập phía thượng hạ lưu : $+63,50\text{m}$
- Chiều dài đập : $366\text{m};$
- Chiều rộng đỉnh đập : $9,0\text{m}$
- Chiều rộng đáy đập : $66,5\text{m}$
- Chiều dài bề tiêu năng : $L_b = 81,50\text{m}.$

4.3. ỨNG DỤNG PHẦN MỀM SEEP3D TÍNH THẨM

4.3.1. Nhiệm vụ tính toán

- Xác định Gradient thấm lớn nhất ($J_r \max$) ở hạ lưu, gradien trung bình nền đập và lưng tường biên.

- Xác định lưu lượng thấm và vận tốc thấm lớn nhất ở nền đập và lưng tường biên.

Dòng thấm qua nền đập được tính theo mô hình thấm phẳng và không gian; thấm qua vai đập được tính theo mô hình không gian.

4.3.2. Các giả thiết cơ bản

4.3.3. Các trường hợp tính toán

Tường hợp 1: Không bố trí tường bên, không màn chống thấm

Tường hợp 2: Không bố trí tường bên, có màn chống thấm

Tường hợp 3: Có bố trí tường bên, có màn chống thấm

4.3.4. Trình tự tính toán

Bước 1: Xác định vùng làm việc và sơ đồ tính toán

Bước 2: Khai báo chỉ tiêu đất nền, vật liệu

Bước 3: Khai báo điều kiện biên

Ta chọn mặt chuẩn 0-0 trùng với cao trình ± 0.000 của công trình.

+ Biên thượng lưu: Ứng với MNDBT, cột nước thể $H = 129,5\text{m}$

+ Biên hạ lưu: Cột nước thể $H = 70,2\text{m}$.

- Các mặt phía trên MNHLmin khai báo là biên thấm thể: Bằng 0 tại thời điểm $t = 0$.

+ Các mặt biên bên trái, bên phải, biên dưới đáy của mô hình không khai báo điều kiện biên, phần mềm sẽ tự động gán thông lượng bằng 0 (hay lưu tốc $v = 0$).

Bước 4: Chia lưới tính toán: Ở các vùng xuất hiện gradient lớn như khu vực sân phủ và cửa ra chia lưới phần tử mịn hơn các vùng còn lại

Bước 5: Tính toán

Bước 6: Kiểm tra và truy xuất kết quả

4.3.5. Kết quả tính

Bảng 4.1: Kết quả tính thấm không gian qua nền và vai đập Nước Trong

TT	Trường hợp tính	Giá trị	Thấm phẳng	Thấm không gian		
				Nền đập	Vai trái	Vai phải
1	Không tường bên, không màn chống thấm	q(l/s)	0,0025	6,48	3,45	3,45
		Jrmax	0,7	0,8	2,0	2,0
		Jtb	0,3	0,4	1,0	1,0
		V(m/day)	0,01	0,02	0,05	0,05
2	Không tường bên, có màng chống thấm	q(l/s)	0,0018	1,18	3,49	3,49
		Jrmax	0,5	0,6	0,6	0,6
		Jtb	0,25	0,3	0,3	0,3
		V(m/day)	0,01	0,01	0,05	0,05
3	Có tường bên, có màng chống thấm.	q(l/s)		0,764	1,151	1,151
		Jrmax		0,6	0,6	0,6
		Jtb		0,3	0,3	0,3
		V(m/day)		0,01	0,01	0,01

4.3.6. Nhận xét

- Đối với thấm qua nền: Trong tất cả các trường hợp bố trí công trình đều thỏa mãn về độ bền thấm vì vận tốc dòng thấm lớn nhất $V < [V_{k}]_{cp}$ ($V=0,02$ (m/ngày)=17,28 (cm/s) $< [V_k]_{cp}=30$ (cm/s)

- Đối với thấm qua vai: Với việc không bố trí tường biên cũng thỏa mãn điều kiện về độ bền thấm nên ở đây kiến nghị bố trí tường biên theo cấu tạo bằng cách mở rộng vai đập nhằm tăng ổn định, tạo thấm mỹ cho công trình

Kết quả tính thấm giữa thấm phẳng và thấm không gian ở nền đập cho thấy thông số dòng thấm tính theo thấm phẳng thiên nhỏ so với thấm không gian, tuy nhiên đối với trường hợp tính toán cho đập Nước Trong sự chênh lệch này là không lớn và không ảnh hưởng nhiều đến độ bền thấm nền công trình vì kết quả là nhỏ so với thông

số thấm cho phép. Nguyên nhân một phần ở đây là do địa tầng tại vị trí xây dựng đập Nước Trong tương đối tốt và việc chọn xử lý cao trình đáy đập của thiết kế đã hạn chế tối đa ảnh hưởng của dòng thấm

Để làm rõ hơn vấn đề cũng như có cơ sở đề xuất cho việc chọn hình thức cũng như kích thước các kết cấu chống thấm cho các công trình tương tự, luận văn đã giả định sau đây một công trình đập dâng tương tự để tính toán với các trường hợp khác nhau để có những nhận xét, kết luận khái quát hơn

4.3.7. Tính toán độ bền thấm cho Đập giả định

4.3.7.1. Các thông số thiết kế

- Cấp công trình (theo TCXDVN 285-2002) : cấp IV;
- Gradient cho phép : $[J] = 0,59$
- Cao trình mực nước thiết kế ở phía thượng lưu : +10,0m
- Cao trình mực nước thiết kế ở phía hạ lưu : +1,5m
- Cao trình đáy đập : 0,0m;
- Cao trình đỉnh trụ biên : +12m;
- Cao trình đỉnh đập : +8,0m
- Chiều rộng đỉnh đập : $B=5m$;
- Chiều dài đập : $L=60m$

4.3.7.2. Kết quả tính

Bảng 4.4: Kết quả tính thấm không gian qua nền đập giả định

TT	Trường hợp tính	Giá trị	Thấm không gian			
			Thấm phẳng Nền đập	Nền đập	Vai trái	Vai phải
1	Không tường bên, không cừ	q(l/s)	0,04	3,93	1,12	1,12
		Jmax	0,65	0,6	1,00	1,00
		Jtb	0,3	0,3	0,50	0,50
		V(m/day)	0,73	0,21	0,17	0,17

2	Không tường bên, cừ 3,5m	q(l/s)	0,03	0,53	0,85	0,85
		Jmax	0,4	0,4	0,80	0,80
		Jtb	0,2	0,2	0,40	0,40
		V(m/day)	0,93	0,17	0,10	0,10
3	Không tường bên, cừ 7m	q(l/s)	0,02	0,51	0,73	0,73
		Jmax	0,2	0,4	0,6	0,6
		Jtb	0,1	0,2	0,3	0,3
		V(m/day)	1,04	0,12	0,09	0,09
4	Tường bên thượng lưu 5m, không cừ	q(l/s)		2,08	0,88	0,88
		Jmax		0,6	1,00	1,00
		Jtb		0,3	0,50	0,50
		V(m/day)		0,17	0,13	0,13
5	Tường bên thượng lưu 5m, có cừ 3,5m	q(l/s)		0,52	0,83	0,83
		Jmax		0,30	0,40	0,40
		Jtb		0,15	0,20	0,20
		V(m/day)		0,12	0,09	0,09
6	Tường bên thượng lưu 5m, có cừ 7m	q(l/s)		0,52	0,83	0,83
		Jmax		0,40	0,40	0,40
		Jtb		0,20	0,20	0,20
		V(m/day)		0,13	0,09	0,09
7	Tường bên thượng, hạ lưu 5m, có cừ 7m	q(l/s)		0,57	0,61	0,61
		Jmax		0,40	0,40	0,40
		Jtb		0,20	0,20	0,20
		V(m/day)		0,10	0,10	0,10
8	Tường bên thượng 10m, hạ lưu 5m, có cừ 7m	q(l/s)		0,57	0,59	0,59
		Jmax		0,40	0,40	0,40
		Jtb		0,20	0,20	0,20
		V(m/day)		0,09	0,02	0,02
9	Tường bên thượng 5m, hạ lưu 10m, có cừ 7m	q(l/s)		0,55	0,38	0,38
		Jmax		0,40	0,40	0,40
		Jtb		0,20	0,20	0,20
		V(m/day)		0,26	0,01	0,01

4.3.7.3. Kết luận về đập giả định

Từ kết quả tính toán ở bảng 4.4 nhận thấy các trường hợp 6,7,8,9 đập đảm bảo an toàn về thấm. Để đảm bảo an toàn về kỹ thuật

cũng như thỏa mãn về kinh tế chọn trường hợp 7 là trường hợp đập được bố trí tường bên thượng hạ lưu và xử lý nền đến độ sâu 3,5m.

Giá trị Gradien cửa ra hạ lưu $J_{rmax} = 0,40 < [J] = 0,59$

4.3.8. Nhận xét chung

Từ kết quả tính toán các trường hợp ứng với hai công trình Đập nước Trong và Đập giả định luận văn đưa ra những nhận xét sau:

- Việc bố trí màn chống thấm nền công trình làm giảm gradien và vận tốc thấm chỗ ra ở hạ lưu và tác dụng chống thấm tăng lên khi chiều sâu xử lý càng lớn tuy nhiên điều này chỉ đúng đến một độ sâu xử lý nhất định, khi màng chống thấm đạt đến độ sâu phù hợp thì tác dụng chống thấm sẽ không tăng thêm nếu tiếp tục tăng thêm chiều sâu của màn chống thấm. Trong thiết kế, nếu tầng thấm dưới công trình có chiều dày lớn cần tính toán thử dần để tìm độ sâu xử lý nền phù hợp tránh lãng phí về mặt kinh tế. Ngoài ra, còn có thể kết hợp các biện pháp kéo dài đường viền thấm như tạo sân phủ thượng, hạ lưu để giảm chiều sâu xử lý nền.

- Đối với dòng thấm qua vai công trình, cũng tương tự như dòng thấm qua nền, khi bố trí tường bên sẽ có tác dụng làm giảm Gradien và vận tốc thấm, và khi hạ thấp cao trình đáy tường biên hoặc cừ chống thấm dưới tường biên cũng chỉ có tác dụng làm tăng khả năng chống thấm đến một độ sâu nhất định.

- Với dòng thấm vòng quanh vai công trình việc tăng kích thước tường bên cắm vào vai đập, theo phương dọc đập, có kết quả chống thấm tốt hơn việc tăng chiều sâu màng chống thấm (tăng thêm độ cắm sâu tường bên hoặc cắm sâu tường cừ dưới tường biên).

- Ưu tiên bố trí màn chống thấm, cừ chống thấm và tường biên về phía thượng lưu đập, sẽ có tác dụng làm giảm giá trị gradien thấm tốt hơn khi bố trí ở hạ lưu.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Một trong những vấn đề quan trọng nhất cần phải giải quyết khi thiết kế công trình thủy là dự báo chế độ thấm của hệ thống (công trình - nền) và xác định các thông số dòng thấm phục vụ các bước tính toán khác như ổn định mái dốc, xác định kích thước mặt cắt ngang đập.

Việc giải quyết bài toán thấm phẳng đến nay đã được nghiên cứu nhiều và thực tế đã có nhiều công cụ để phục vụ tính toán. Tuy nhiên, dòng thấm không gian vòng quanh công trình vẫn còn nhiều vấn đề phải nghiên cứu. Dòng thấm không gian là một bài toán rất phức tạp và phụ thuộc vào nhiều yếu tố mà các phương pháp tính thấm cổ điển như: theo phương pháp thủy lực; phương pháp tỷ lệ đường thẳng; tính thấm theo phương pháp cơ học chất lỏng; phương pháp đồ giải... không thể hiện được bản chất của bài toán thấm 3D có điều kiện địa chất và đường viền thấm phức tạp, kết quả tính có thể thiên về an toàn hoặc ngược lại. Do không thể hiện đầy đủ bản chất bài toán, người thiết kế khi sử dụng các phương pháp này thường chọn hệ số an toàn khá cao để đảm bảo an toàn cho công trình, gây lãng phí.

Môđun SEEP3D trong bộ phần mềm GEOSLOPE cho phép tính toán thấm không gian, ổn định và không ổn định cho vùng có địa hình và địa chất phức tạp; kết quả tính có độ chính tin cậy cao, nhanh chóng, đáp ứng được các yêu cầu xây dựng công trình.

Qua tính toán đập nước trong và một trường hợp đập giả định, luận văn cho thấy khả năng mô phỏng tốt dòng thấm qua công trình của phần mềm GEOSLOPE; có thể tìm được gradient thấm cực đại trong miền thấm; tìm được cột nước thấm, vận tốc thấm tại những vị trí cần quan tâm.

Kiến nghị

Việc xác định các đặc trưng dòng thấm là không thể thiếu trong tính toán thiết kế các công trình thủy lợi. Đây là vấn đề quan trọng nhằm đánh giá hiện tượng xói ngầm trôi đất đầy đủ nhất của nền, trên cơ sở đó đề ra biện pháp xử lý hữu hiệu và kinh tế trong việc phòng chống xói ngầm và trôi đất của nền, bảo đảm cho công trình làm việc bền vững.

Ngày nay, nhờ sự phát triển của công nghệ thông tin, việc áp dụng các phương pháp PTHH trong tính toán thấm trở nên đơn giản. Phần mềm GEOSLOPE có độ tin cậy cao, áp dụng cho bài toán thấm phẳng, thấm không gian có các điều kiện phức tạp, dễ sử dụng, giúp cho người thiết kế tính toán trong nhiều trường hợp khác nhau để từ đó chọn được giải pháp, kết cấu cũng như kích thước bộ phận chống thấm hợp lý nhất mang hiệu quả kinh tế cao. Trên cơ sở những nội dung đã được làm rõ trong luận văn cũng như những tính toán cụ thể cho công trình đập Nước Trong và đập giả định, luận văn có một số kiến nghị:

- Sử dụng phần mềm GEOSLOPE trong tính toán thấm ở mọi cấp công trình.

- Cần tính theo mô hình thấm không gian trong các công trình có quy mô từ cấp II trở lên, hoặc công trình cấp III trong trường hợp điều kiện địa hình và địa chất của nền và vai đập phức tạp.

- Cần phổ biến và đưa việc giảng dạy chương trình GEOSLOPE trong chương trình đào tạo cho sinh viên chuyên ngành xây dựng công trình thủy.