

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

TRẦN VĂN NGUYÊN

NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG NÚT DĂM ĐÊ SÔNG
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG VÀ DỰ BÁO
KHẢ NĂNG BỊ NÚT CỦA MỘT SỐ ĐOẠN ĐÊ

Ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình thủy
Mã số: 9580202

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2025

Công trình được hoàn thành tại:

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học 1: **PGS.TS. Phùng Vĩnh An**

Người hướng dẫn khoa học 2: **TS. Nguyễn Tiếp Tân**

Phản biện 1: **PGS. TS. Nguyễn Đức Mạnh** - Trường ĐH Giao thông Vận tải

Phản biện 2: **PGS. TS. Bùi Văn Trường** - Trường Đại học Thủy lợi

Phản biện 3: **PGS. TS. Bùi Trường Sơn** - Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án Tiến sĩ cấp Viện
hợp tại Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

Địa chỉ: 171 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội.

Vào hồi giờ phút, ngày..... tháng..... năm 2025

Có thể tìm hiểu Luận án tại:

- Thư viện Quốc Gia

- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Nước ta có hệ thống đê điều có chiều dài khoảng 13.200 km, trong đó có gần 2.600 km đê biển và khoảng 10.600 km đê sông, trong đó chủ yếu là đê sông vùng Đồng bằng sông Hồng. Trước đây, hệ thống đê sông được đắp bằng phương pháp thủ công, sử dụng dụng đất tại chỗ, không được xử lý nền. Trải qua hàng nghìn năm, dần dần các hệ thống đê được mở rộng, đắp cao và nối với nhau liên tục trở thành hệ thống như ngày nay. Trong khu vực này, kể từ khi bắt đầu hình thành con đê, ngoài chức năng chính là ngăn lũ, đê còn kết hợp với đường giao thông. Ban đầu mặt đê nhỏ và yêu cầu phát triển kinh tế xã hội chưa cao, nên giao thông chủ yếu là cho người và các phương tiện nhỏ, nhẹ lưu thông. Trong thời kỳ này, các sự cố xảy ra như sạt mái, thấm lậu, v.v... là chủ yếu. Vấn đề nứt dăm mái đê, mặt đê cũng có xuất hiện, nhưng với quy mô nhỏ, hầu như không ảnh hưởng đến ổn định đê, chưa được quan tâm đến. Sau khi thống nhất đất nước, yêu cầu về cứu nạn, cứu hộ và phát triển kinh tế xã hội đã được các cấp quản lý đặt ra, việc cứng hóa mặt đê bằng bê tông đã được thực hiện cho nhiều đoạn đê, mang lại sự thuận tiện trong việc đi lại cho người dân. Trong giai đoạn này, chưa có các hệ thống hồ chứa lớn ở thượng nguồn. Vào mùa lũ hàng năm, đê thường bị “ngâm nước” với thời gian khá dài. Vì thế, hiện tượng nứt dăm mái đê, mặt đê vẫn cũng có xảy ra nhưng rất lẻ tẻ và ở quy mô không lớn. Do trước đây đê được đắp bằng thủ công theo phương pháp kê ba chồng đầu, nên nhìn chung tồn tại rất nhiều khuyết tật như độ rỗng lớn, đất không chặt. Quá trình nâng cấp cải tạo, hầu hết đỉnh đê đã đủ cao trình chống lũ, nhiều hệ thống đê được cứng hóa bề mặt bằng nhựa Asphalt, bê tông, v.v... thân đê, mặt đê được mở rộng bằng đắp áp trực nhưng bằng vật liệu chủ yếu là chở từ nơi khác đến. Do chu kỳ “khô” kéo dài hơn so với trước đây, hiện tượng nứt dăm mặt đê, mái đê có xu hướng gia tăng. Thêm vào đó, sự khuếch tán, cộng hưởng của tải trọng lưu thông đã làm cho hiện tượng nứt mái đê, mặt đê đe dọa mất an toàn đối với đê. Do đó, việc nghiên cứu tìm ra nguyên nhân chung gây “nứt” đê sông, để từ đó có biện pháp xử lý nhằm đảm bảo an toàn cho đê sông là cần thiết trong giai đoạn trước mắt và lâu dài.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Làm sáng tỏ cơ chế gây ra hiện tượng nứt mặt đê, mái đê trong mùa khô thông qua quan sát trên hiện trường, thí nghiệm trong phòng đối với sự thay đổi thể tích của đất thân đê, do sự biến đổi độ ẩm theo chu kỳ khô-ướt và mô phỏng trên mô hình toán. Từ đó, nhằm giải thích được các hiện tượng, sự cố đã xảy ra đối với đê khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở đó, giải thích, đánh giá được quá trình hình thành sự cố và ảnh hưởng của các yếu tố gây bất lợi đối với sự đê sông.

- Phân tích và dự báo khả năng xuất hiện hiện tượng nứt dăm của một số đoạn đê trong khu vực nghiên cứu, đồng thời đề xuất giải pháp xử lý thích hợp.

3. Đối tượng nghiên cứu

Đê sông hiện hữu đắp bằng đất; Thân đê, đặc biệt là mái thượng, hạ lưu đê sông vùng đồng bằng sông Hồng.

4. Phạm vi nghiên cứu

- Đê sông với giới hạn thân, mặt và mái đê sông Hồng thuộc khu vực Hà Nội, Hải Phòng, Bắc Giang, Bắc Ninh, Hà Nam, Hải Dương, Hưng Yên, Nam Định, Ninh Bình, Thái Bình, Vĩnh Phúc.

- Hiện tượng nứt phát sinh ở thời điểm ban đầu khi mái thượng, hạ lưu và thân đê khi chịu sự thay đổi của môi trường vào giai đoạn cuối mùa khô. Luận án không nghiên cứu sự phát triển tiếp theo của các vết nứt diễn ra trong mùa mưa, cũng như những tác động do nước mưa xâm nhập vào kẽ nứt ban đầu cũng như tác động do tải trọng phương tiện giao thông gây ra sau đó.

5. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu ảnh hưởng hàm lượng hạt sét, hạt mịn (sét bụi) của đất đắp thân đê đối với hiện tượng nứt mái đê thượng, hạ lưu thường xảy ra vào cuối mùa khô.

- Nghiên cứu sự biến đổi thể tích, biến đổi ứng suất kéo gây ra biến dạng trong đất đắp thân đê khi thay đổi độ ẩm do sự thay đổi chu kỳ khô-ướt trong tự nhiên.

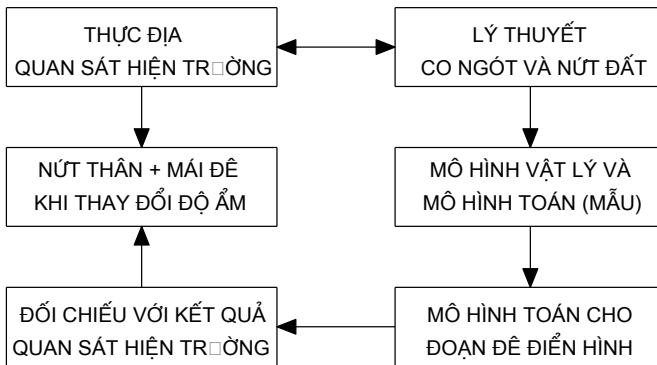
- Luận giải hiện tượng nứt đê đã xảy ra trong lịch sử và sau khi đưa hệ thống hồ chứa vào vận hành.

- Phân tích và dự báo một số đoạn đê có khả năng phát sinh nứt đê trong khu vực nghiên cứu, luận chứng và đề xuất giải pháp sửa chữa, xử lý thích hợp.

6. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng tổng hợp các phương pháp nghiên cứu tiên tiến có độ tin cậy cao, cụ thể:

Phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu liên quan; Phương pháp điều tra khảo sát thực địa; Phương pháp nghiên cứu lý thuyết; Phương pháp mô phỏng số; Phương pháp chuyên gia.



Hình 1 - Lưu đồ cách tiếp cận giải quyết vấn đề nghiên cứu

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Luận án góp phần bổ sung cơ sở lý luận nguyên nhân gây ra nứt đê sông. Đặc biệt là hiện tượng nứt mái đê thượng và hạ lưu thường xảy ra vào cuối mùa khô. Từ đó giải thích được những hiện tượng, nguyên nhân sự cố của đê sông đã xảy ra trong lịch sử. Đồng thời từ cơ sở lý luận này, giải thích được những sự cố phát sinh xảy ra trong mùa mưa do nước mưa xâm nhập vào kẽ nứt, cũng như tác động của tải trọng phương tiện giao thông, v.v... Trên các cơ sở đó, có thể dự báo hiện tượng nứt cho một số đoạn đê trên hệ thống đê thuộc khu vực đồng bằng sông Hồng, nhằm làm cơ sở cho công tác sửa chữa, cải tạo nâng cấp đê đảm bảo an toàn.

- Dự báo được khả năng hình thành nứt đê vào cuối mùa khô của một số đoạn đê sông thuộc khu vực đồng bằng sông Hồng. Từ đó, nhận định khả năng xảy ra sự cố đê sông trong mùa mưa, góp phần phục vụ công tác nâng cấp, sửa chữa nhằm đảm bảo an toàn cho đê sông trong khu vực nghiên cứu.

8. Những đóng góp mới của luận án

- Thông qua khảo sát địa chất và nghiên cứu trên hiện trường, kết hợp mô hình vật lý và mô hình toán, luận án đã xác định rõ nguyên nhân gây nứt thân đê là do đất đắp có thành phần hạt sét, hạt mịn cao (hạt sét $< 0,005$ chiếm $17,1 \div 32,1\%$; hạt mịn $< 0,05$ chiếm $46,7 \div 76\%$) và thành phần hóa học gây co ngót, vốn rất nhạy cảm với sự thay đổi độ ẩm. Bằng khảo sát thực địa kết hợp mô hình vật lý và mô hình toán, nghiên cứu đã giải thích được các hiện tượng nứt thân đê thường xảy ra vào cuối mùa khô.

- Cơ chế nứt dăm được xác định là do sự giảm thể tích đất khi khô, tạo ra ứng suất nội tại, gây biến dạng. Ban đầu xuất hiện các vết nứt chính xảy ra chủ yếu theo phương gần như vuông góc với tim đê. Các vết nứt này có hình dạng đặc trưng, phát triển theo quy luật nhất định với bề rộng vết nứt trung bình $< 0,5 \text{ cm} \div 1 \text{ cm}$, độ sâu vết nứt $< 0,5 \text{ m} \div 5,7 \text{ m}$. Các vết nứt thức cấp sau đó xuất hiện theo các vết nứt ban đầu. Trên cơ sở này, luận án đã xây dựng được cơ sở lý luận hoàn chỉnh về nguyên nhân và cơ chế phát triển nứt dăm đê sông Hồng trong phạm vi nghiên cứu vào cuối mùa khô, cũng như những hậu quả có thể gây ra sau đó.

- Đã nghiên cứu dự báo được một số đoạn đê có khả năng bị nứt dăm trong phạm vi nghiên cứu, qua đó góp phần hỗ trợ công tác quy hoạch, nâng cấp duy tu hệ thống đê một cách chủ động.

9. Cấu trúc của Luận án

Luận án ngoài phần Mở đầu và Kết luận, 50 tài liệu tham khảo, 06 tài liệu tác giả đã công bố và 04 Phụ lục, nội dung chính của Luận án được trình bày trong 04 Chương bao gồm 130 trang, 98 hình vẽ và 29 bảng biểu.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ ĐÊ SÔNG VÀ HIỆN TƯỢNG NÚT DẪM CỦA ĐÊ SÔNG

1.1. Hiện tượng nứt dầm khối đắp

1.1.1. Một số hiện tượng nứt của đất đắp

Hiện tượng nứt đê sông do các nguyên nhân sau: (+) Nứt do tân kiến tạo; (+) Nứt do lún nền; (+) Khe nứt do con người tác động; (+) Nứt do trương nở; (+) Nứt do co ngót. Trong luận án, tác giả nghiên cứu hiện tượng nứt dầm do biến đổi thể tích (co ngót) theo chu kỳ khô- ướt gây ra nứt dầm.

1.1.2. Các nghiên cứu trên thế giới

Lịch sử đê điều Việt Nam, đặc biệt là đê khu vực ĐB Sông Hồng khác biệt với đê điều các nước trên thế giới. Hiện tại chưa có một nghiên cứu nào trên thế giới có tính chất tương tự như đê ở ĐB Sông Hồng. Các công bố nghiên cứu của các nước trên thế giới về đê điều chủ yếu tập trung nghiên cứu ở các lĩnh vực: chỉnh trị dòng chảy, chống thấm, vỡ đê v.v... Tuy nhiên, xét trên góc độ xem đê là một khối đắp, trên nền đất yếu thì cũng có thể xem là có một số khía cạnh liên quan, cụ thể: (+) Nghiên cứu về khối đắp, nhiều nước trên thế giới đã có những nghiên cứu tương đối bài bản, ví dụ: Anh, Hà Lan, v.v... Đã xây dựng các mô hình về ứng suất - biến dạng vật liệu đất và sử dụng trong các phần mềm để tính toán mô phỏng. Hiện tại, các mô hình quan hệ US-BD của đất mà chúng ta đang sử dụng như Mohr-Coulomb, Hardening Soil, v.v... là những kết quả của các quá trình nghiên cứu này; (+) Nghiên cứu về ảnh hưởng của động đất, tải trọng động đến khối đắp. Khi xe chạy trên đường gây ra rung động nền đường và công trình dọc hai bên đường; (+) Nghiên cứu của về nứt do chu kỳ khô-ướt: Theo Konrad và Ayad (1977) có nhiều quá trình diễn ra khi đất trải qua các chu kỳ khô - ướt. Nghiên cứu của Dexter (1988) mô phỏng quá trình hình thành và phát triển vết nứt khi độ ẩm thay đổi từ trạng thái bão hòa 100% về trạng thái khô 0%. Nghiên cứu gần đây nhất của (Yliang Tu, Ruizang và nnk, 2022) về đặc tính độ bền và sự phát triển nứt do thay đổi độ ẩm của đất bùn sét do sự thay đổi chu kỳ khô-ướt, v.v... chứng tỏ cường độ của đất sẽ giảm khi bị tác động bởi chu kỳ làm khô-ướt.

1.1.3. Các nghiên cứu ở Việt Nam

Viện KHTL Việt Nam, Viện Quy Hoạch Thủy lợi, Trường Đại học Thủy lợi v.v... chủ yếu tập trung vào vấn đề quy hoạch lũ lụt, vấn đề về dòng chảy và

sạt lở, chỉnh trị dòng. Các luận án tiến sĩ nghiên cứu về đê cũng có tính chất tương tự. Có một đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu hiện tượng nứt đê và giải pháp nâng cấp, sửa chữa nhằm đảm bảo an toàn cho đê khi kết hợp đường giao thông”, là có liên quan trực tiếp đến nội dung luận án. Trong nghiên cứu trên, để giải thích và đánh giá mức độ phá hoại do hậu quả của việc nứt đê do thay đổi độ ẩm vào cuối mùa khô, đã đưa ra giả thiết về cơ chế gây ra nứt đê, từ đó phân tích, đánh giá hậu quả do hiện tượng nứt này gây ra trong quá trình vận hành. Luận án sẽ chứng minh giả thiết mà đề tài trên đã nêu ra.

1.2. Đặc điểm, điều kiện tự nhiên đê sông vùng đồng bằng sông Hồng

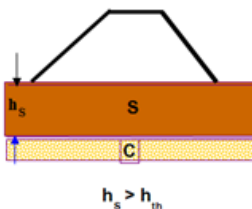
1.2.1. Đặc điểm hình thành và kết cấu đê sông

Có thể tóm tắt kết cấu điển hình đê sông trong khu vực nghiên cứu như sau:

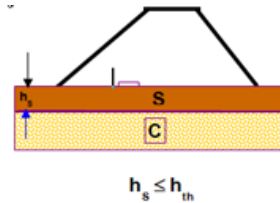
- Đê có mặt cắt nhỏ, chiều cao trung bình lớn nhất $H_d = 10$ m; Mái phía sông $m_s = 2$; Mái phía đồng $m_d = 3$; Chiều rộng đỉnh đê $B_d = 5 \sim 8$ m; Loại có cơ và không có cơ, loại có cơ cao $H_c = 1,5 \sim 3$ m, chiều rộng cơ $B_c < 5$ m.

- Thân đê từ mặt nền trở lên thường có từ 1 ÷ 2 lớp đắp bằng vật liệu tại chỗ, có hàm lượng sét, bụi rất cao nhạy cảm với sự thay đổi độ ẩm, với rung động trên thân đê.

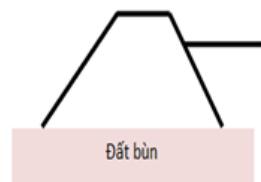
- Nền đê do hình thành từ quá trình bồi đắp tự nhiên, nên rất phức tạp, thường có từ 3÷5 lớp. Địa chất gồm nhiều lớp đất sét yếu trạng thái chảy, dẻo chảy nằm xen kẽ lẫn nhau. Có thể tổng quát hóa thành 3 dạng: dạng 2 (hình 1.5) và dạng 3 (hình 1.6) là dạng cần quan tâm xử lý về kỹ thuật khi nâng cấp, mở rộng đê kết hợp mục tiêu giao thông.



Hình 1.1 - Nền có tầng phủ dày ít thấm, dưới là tầng thấm mạnh chiều dày bé



Hình 1.2 - Nền đê có tầng phủ mỏng thấm yếu, dưới là tầng thấm mạnh chiều dày lớn



Hình 1.3 - Nền đê là đất yếu (Bùn, sét hữu cơ trạng thái dẻo chảy - chảy)

1.2.2. Đặc điểm điều kiện tự nhiên, xã hội

Đồng bằng sông Hồng là khu vực hạ lưu sông Hồng và sông Thái Bình, gồm 10 tỉnh thành, có diện tích khoảng 21,3 ngàn km² và bằng 6,4% diện tích cả nước, có địa hình khá bằng phẳng, có độ cao từ 0,4 ÷ 12m so với mực nước biển. Là vùng có mật độ dân số cao nhất Việt Nam (1450 người/km²), dân số là 21,9 triệu người.

1.2.3. Đặc điểm khí hậu

Mùa trong năm được phân chia rõ rệt là mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 23,8°C, mùa hè 35,3°C, mùa đông dưới 14,4°C. Độ ẩm không khí trung bình năm 83%. Lượng mưa tập trung và phân bố theo mùa, mùa hè thường có mưa to, bão lớn (lượng mưa từ 1.000 - 1.200mm chiếm khoảng 80% lượng mưa năm), mùa đông thời tiết hanh khô kéo dài, lượng mưa ít (lượng mưa từ 200 - 300mm chiếm khoảng 10 - 20% lượng mưa năm).

1.2.3. Đặc điểm thủy văn và nguồn nước

ĐBSH có hệ thống sông ngòi dày đặc, trong đó sông Hồng có vai trò quan trọng ảnh hưởng đến điều kiện thủy văn của khu vực. Sông Hồng có mực nước trung bình mùa cạn là +1,58m, mùa lũ là +4,7m. Vào mùa kiệt tốc độ dòng chảy nước sông dao động khoảng 0,2 ÷ 0,4m/s, mùa lũ 1,3 ÷ 1,5 m/s. Bề rộng dòng sông vào mùa kiệt là 500 - 1.000 m. Sông chảy xuống đồng bằng có tác dụng bồi lắng phù sa, sông có đặc điểm uốn khúc quanh co, tạo nên hiện tượng xói lở hai bên bờ, gây lũ lụt. Lũ lớn thường xảy ra vào khoảng tháng 7, 8, 9 trùng với thời gian ngập úng.

1.3. Hiện trạng nứt dăm đe sông trong vùng nghiên cứu

1.3.1. Kết quả điều tra thực địa

- Các tuyến đê từ cấp III trở lên có 2.050,4 km đê trong đó có 1.072,6 km đê gia cố mặt bê tông, 450 km đê gia cố mặt trải nhựa, 463 km mặt đê là cấp phối, còn lại là mặt đê đất. Chiều dài đê bị hư hỏng mặt đê là 454,98 km chiếm 23,28% tổng chiều dài đê. Hư hỏng mặt bê tông 242,86 km chiếm 23% tổng chiều dài gia cố bê tông; hư hỏng mặt đường nhựa là 154,52 km chiếm 34%

tổng chiều dài gia cố nhựa; hư hỏng mặt cấp phối 57,6 km chiếm 12% tổng chiều dài gia cố cấp phối.

- Hiện tượng nứt dăm mái đê thượng, hạ lưu và lún, nứt mặt đê hầu hết xảy ra vào mùa khô ($> 95\%$). Trong đó hiện tượng nứt dăm mái đê thường bắt đầu xảy ra từ khi bước vào mùa khô. Hiện tượng lún, nứt mặt thường xảy ra vào giữa hoặc cuối mùa khô.

1.4. Kết luận chương 1

- Hiện tượng nứt mái đê, mặt đê của hệ thống đê vùng ĐBSH là một hiện tượng có tính chất đặc thù khu vực thường xảy ra vào cuối mùa khô và gây ra sự cố trong mùa mưa.

- Đã phân tích, làm rõ đặc điểm cấu tạo thân đê và nền đê sông khu vực nghiên cứu, nhằm luận chứng lựa chọn được đoạn đê điển hình để nghiên cứu trong các chương sau.

- Phân tích kết quả nghiên cứu của các đơn vị tư vấn trước đây khi đánh giá sự cố thấy rằng, các nghiên cứu này đã chỉ ra các nguyên nhân cụ thể. Tuy nhiên, không giải thích được nguyên nhân và cơ chế hình thành, cũng không giải thích được những hiện tượng đã xảy ra trong thực tế.

CHƯƠNG 2 NGUYÊN NHÂN VÀ CƠ CHẾ PHÁT SINH NÚT DĂM ĐÊ SÔNG VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

2.1. Hiện tượng co ngót của đất

- Khi độ ẩm trong đất giảm, ứng suất do mao dẫn gây co ngót, thể tích giảm.
- Dựa vào cơ sở lý thuyết co ngót của đất, tác giả định hướng nghiên cứu.

2.2. Luận chứng lựa chọn đoạn đê nghiên cứu điển hình

Vị trí đê sông điển hình cho hệ thống đê khu vực đồng bằng sông Hồng cần phải thỏa mãn các tiêu chí:

- Vị trí đê lựa chọn thuộc hệ thống đê đồng bằng sông Hồng.
- Kết cấu về chiều cao, chiều rộng mặt đê và phương pháp thi công đại diện được cho hệ thống đê đồng bằng sông Hồng.
- Đất đắp thân đê là đất tại chỗ không phải loại đất đắp được lấy từ nơi khác đến, nền đê chưa được xử lý.

- Có hiện tượng nứt dăm đê vào cuối mùa khô trong lịch sử.

Chọn đoạn đê từ K81 ÷ K82,5 trên đê tả hồng đoạn qua Hưng Yên làm điển hình vì nó có thỏa mãn các tiêu chí nêu trên để nghiên cứu.

2.2.1. Vị trí khoan lấy mẫu thực hiện thí nghiệm

Chọn khảo sát tại vị trí K81+813 và K84+005, mỗi vị trí 3 hố khoan tại đỉnh đê và thượng - hạ lưu đê.

2.2.2. Điều kiện địa hình, địa chất

2.2.2.1. Điều kiện địa hình

Địa hình khu vực công trình tương đối bằng phẳng. Phía sông có bãi sông rộng cao độ trung bình khoảng + 6,90 m và bằng phẳng tuy nhiên dọc sát chân đê phía sông là các ao, hồ, đầm có cao độ trung bình khoảng +4,00 ÷ +5,30 m. Phía trong đồng bằng phẳng, cao độ trung bình khoảng +5,80 ÷ +6,30 m.

2.2.2.2. Đặc điểm Địa chất Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng

Đặc điểm địa tầng trầm tích Đệ Tứ (Q_2) vùng đồng bằng sông Hồng, gồm có các hệ tầng: Lệ Chi, Hà Nội, Vĩnh Phúc, Hải Hưng và Thái Bình:

- Hệ tầng Lệ Chi (Q_1^{1lc}) - Hệ tầng Hà Nội (Q_1^{2-3hn}) - Hệ tầng Vĩnh Phúc (Q_1^{3vp}) - Hệ tầng Hải Hưng (Q_2^{1-2hh}). Các hệ tầng này là nền đê.

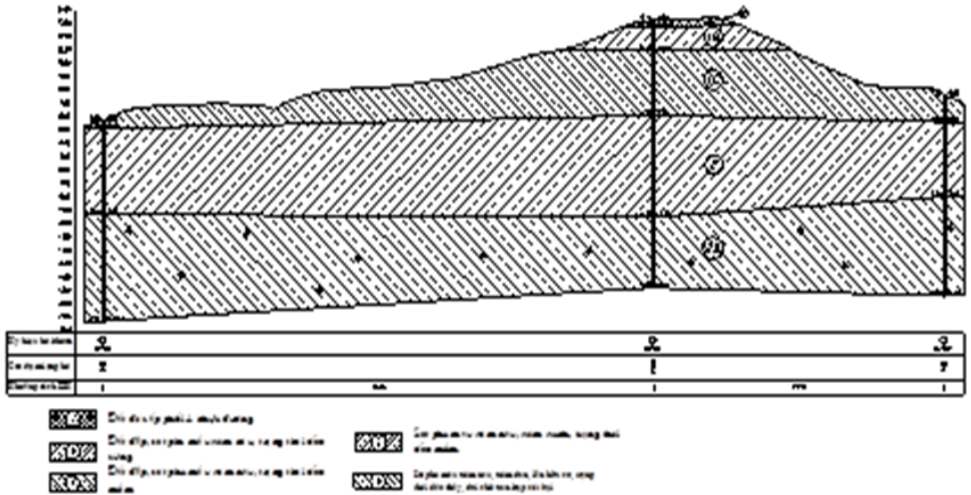
- Hệ tầng Thái Bình (Q_2^{3tb}) gồm: ($Q_2^{3tb_1}$) và ($Q_2^{3tb_2}$). ($Q_2^{3tb_2}$) là trầm tích ở bãi bồi ngoài đê có độ dày không lớn. ($Q_2^{3tb_1}$) là trầm tích ở bãi bồi trong đê, sử dụng làm nền đê và vật liệu đắp đê. Toàn bộ đê sông vùng đồng bằng sông Hồng về cơ bản được xây dựng trên nền là trầm tích này và sử dụng đất theo địa tầng này làm vật liệu đắp. Đất nguồn gốc sông (a) thuộc hệ tầng Thái Bình chính là đối tượng nghiên cứu của tác giả ($aQ_2^{3tb_1}$).

2.2.2.3. Điều kiện địa chất công trình đê Tả Hồng

Địa tầng tuyến đê được phân bố theo thứ tự từ trên xuống dưới như sau:

Lớp 1A: Đất đá hỗn hợp và nhựa đường, trạng thái chặt cứng; Lớp 1B: Đất đắp, sét pha màu xám nâu, nâu gu, trạng thái dẻo cứng; Lớp 1C: Đất đắp, sét pha màu xám nâu, nâu gu, trạng thái dẻo mềm.

Lớp 2: Sét pha màu xám nâu, xám xanh, trạng thái dẻo mềm; Lớp 2B: Sét pha màu xám nâu, xám đen, lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo chảy, đôi chỗ xen kẹp cát bụi; Lớp 2C: Sét pha màu xám xanh, xám ghi, đen, lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo mềm.



Hình 2.1 - Mặt cắt địa chất ngang đê km 81+813

Bảng 2.1 - Kết quả thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ lý đất thân, nền đê

TT	Tên chỉ tiêu vật lý	Đơn vị	Lớp 1B	Lớp 1C	Lớp 2	Lớp 2B	Lớp 2C
1	Thành phần hạt						
	- Hạt cát ($0,25 \div 0,05$)	%	33	28	29	25	26
	- Hạt bụi ($0,05 \div 0,005$)	%	45	48	45	53	47
	- Hạt sét ($<0,005$)	%	22	24	26	22	27
2	Độ ẩm tự nhiên	%	31,5	35,2	37,6	43,5	37,2
3	Khối lượng tự nhiên	g/cm ³	1,89	1,85	1,82	1,76	1,82
4	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	1,44	1,37	1,32	1,23	1,33
5	Độ rỗng	-	47	50	51	55	51
6	Độ bão hoà	%	96	97	97	98	96
7	Giới hạn chảy	%	40,5	41,9	42,6	45,6	42,9
8	Giới hạn dẻo	%	24,6	25,6	27,7	30,1	27,0
9	Độ sệt	-	0,44	0,59	0,67	0,88	0,65
10	Lực dính kết	KG/cm ²	0,18	0,20	0,18	0,09	0,19
11	Góc ma sát trong	Độ	15°09	12°26	07°13	04°21	06°17
12	Hệ số thấm	cm/s	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
13	Modul biến dạng	KG/cm ²	100	87	66	19	67

2.3. Nghiên cứu cơ chế phát sinh nứt dầm đất đắp đê trong phòng thí nghiệm

2.3.1. Lựa chọn mẫu thí nghiệm

Mẫu đất được dùng trong thí nghiệm xác định tương quan biến đổi giữa thể tích và độ ẩm là các mẫu đất thân đê nguyên dạng được lấy trong các hố khoan. Nhiệt độ sử dụng để mô phỏng thí nghiệm lấy theo nhiệt độ cao nhất của gián nhiệt độ vào đầu mùa khô là từ $20 \div 30^{\circ}\text{C}$.

2.3.2. Quá trình thực hiện thí nghiệm

- Trình tự thí nghiệm đánh giá biến đổi thể tích và độ ẩm

Bước 1: Bão hòa đĩa tiếp nhận khí cao. Trước tiên, cho nước vào đầy buồng bên dưới đĩa qua ống dẫn và đẩy hết bọt khí trong buồng ra ngoài. Sau đó đặt đĩa vào một khay inox to, đổ nước vào khay sao cho ngập trên mặt đĩa, ngâm đĩa trong nước 3 đến 5 ngày đến khi đĩa gôm bão hòa. Khi đĩa bão hòa thì nước trong lỗ rỗng của đĩa lưu thông với nước trong buồng. Áp lực nước trong buồng luôn duy trì bằng không ($U_w = 0$) bằng cách mở ống dẫn nước ra ngoài không khí.

Bước 2: Các mẫu đất nguyên dạng sau khi chuyển về phòng thí nghiệm được đưa vào dao vòng có chiều cao 2,0 cm, thể tích 60 cm^3 . Sau đó mẫu đất được bão hòa bằng cách đặt dao vòng chứa mẫu đất vào máy nén tam liên, phía trên và dưới mẫu có đặt đá thấm và giấy thấm. Đổ nước dần vào hộp nén đến khi ngập mẫu để mẫu đất bão hòa từ từ, đồng thời đặt tải trọng nén lên mẫu với cấp lực $0,05 \text{ kG/cm}^2$ để mẫu không bị trương nở.

Bước 3: Đặt mẫu đất vào tủ sấy được thiết lập ở nhiệt độ không đổi 30°C . Sau đó cân khối lượng đất sau các bước thời gian tếp tục là 1 giờ để xác định độ ẩm của đất.

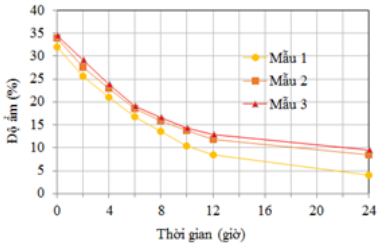


Hình 2.2 - Mẫu đất thí nghiệm bị nứt, co ngót

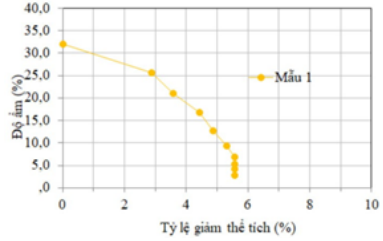
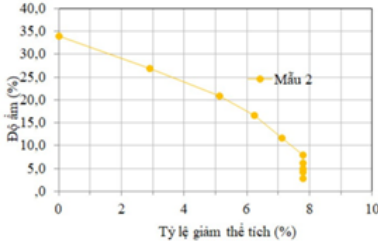
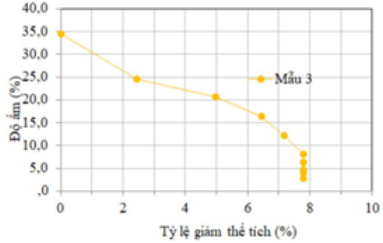


Hình 2.3 - Xác định khối lượng mẫu

- Kết quả thí nghiệm đánh giá biến đổi thể tích và độ ẩm



Hình 2.4- Biên đôi của độ ẩm theo T 30°C

Hình 2.5- Quan hệ giảm thể tích-độ ẩm M_1 Hình 2.7- Quan hệ giảm thể tích-độ ẩm M_2 Hình 2.7- Quan hệ giảm thể tích-độ ẩm M_3

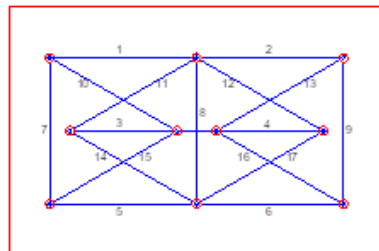
Trình tự thí nghiệm đánh giá biến đổi vết nứt, biến dạng với độ ẩm

Mục đích chính của việc này là kiểm soát được toàn bộ sự biến dạng theo các phương trong mẫu thí nghiệm, do ban đầu không thể biết chính xác được vị trí xuất hiện vết nứt hay khu vực co ngót. Các bước thực hiện được tiến hành như sau:

- **Đánh giá về biến dạng:** (+) Bước 1: Chuẩn bị hộp mẫu có kích thước cao, rộng, dài là (100 x 200 x 300) mm, KL 2748g; (+) Bước 2: Trộn đất với nước ở độ ẩm tối ưu, sau đó ủ đất khoảng 1 ngày; (+) Bước 3: Đầm đất vào hộp mẫu với độ chặt $K = 0,93$; (+) Bước 4: Sử dụng hệ cọc định vị bố trí theo hình hoa mai với khoảng cách 10 cm, có gắn cục để cố định với thiết bị đo biến dạng để thực hiện công việc đo biến dạng; (+) Bước 5: Cho mẫu đất vào tủ sấy, đặt nhiệt độ tủ sấy cố định ở 30°C;



Hình 2.8 - Bố trí các cục đo trên mẫu



Hình 2.9- Sơ đồ đo biến dạng trên mẫu

(+) Bước 6: Sau khoảng thời gian 2h, 4h, 6h... lấy mẫu đất ra khỏi tủ sấy; (+) Bước 7: Cân khối lượng mẫu đất, tính toán độ ẩm của mẫu đất; (+) Bước 8: Đo kích thước vết nứt bằng kính đo khe nứt; (+) Bước 9: Đo kích thước biến dạng của mẫu bằng thước đo biến dạng.

- **Đánh giá biến đổi vết nứt:** Từ những giờ sấy đầu tiên, thì trên bề mặt mẫu đã hình thành các vết nứt sơ cấp trong phạm vi mẫu đất, vết nứt dọc và ngang mẫu, đồng thời các vết nứt xuất hiện trên các mép biên có xu thế nứt tách phần đất và hộp mẫu. Tiếp tục sấy mẫu đất, cho tới khi kết thúc thí nghiệm. Thấy rằng mẫu đất có xu thế biến dạng co lại so với khuôn mẫu. Các vết nứt phát triển so với ban đầu cả về chiều rộng và chiều dài. Khe nứt tại các mép biên giữa đất và khuôn phát triển mạnh nhất tách rời hoàn toàn giữa đất và khuôn. Có xuất hiện vết nứt thứ cấp, nhưng số lượng ít.



Hình 2.10 - Vết nứt phát triển và co ngót của mẫu

Thí nghiệm sấy mẫu và đo đặc mẫu được thực hiện đến khi khối lượng mẫu không tiếp tục thay đổi thì dừng lại. Khi dừng sấy mẫu, đưa mẫu ra khỏi khuôn để quan sát bên trong khuôn và mẫu. Trên các mặt tiếp giáp giữa khuôn và mẫu xuất hiện vết nứt thứ cấp với số lượng lớn. Trong thí nghiệm, đã quan sát đánh giá có 6 vị trí đặc trưng cho vết nứt sơ cấp của mẫu bao gồm: 4 biên tiếp giáp giữa khuôn với mẫu và vết nứt dọc, ngang mẫu. Vết nứt dọc, biên trên, biên dưới đại diện cho nứt dọc mẫu. Vết nứt ngang, biên trái, biên phải đại diện cho nứt ngang mẫu. Vết nứt thứ cấp quan sát đánh giá được khi đã đưa mẫu ra khỏi khuôn tại 4 vị trí đặc trưng là: Biên trên, biên dưới, biên trái, biên phải.

- **Kết quả thí nghiệm:**

Kết quả đo đặc được trình bày trong Bảng 2.2 và Bảng 2.3 như dưới đây:

Bảng 2.2 - Số liệu đo chiều rộng vết nứt sơ cấp của mẫu đất

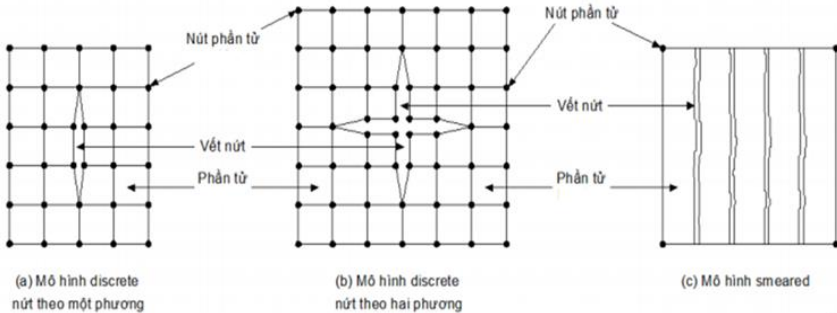
TT	Ngày, giờ	Độ ẩm (%)	Chiều rộng vết nứt (mm)					
			Biên trên	Biên dưới	Đọc mẫu	Biên trái	Biên phải	Ngang mẫu
1	8h ngày 28/9/2020	20,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	11h ngày 28/9/2020	20,11	0,08	0,09	0,01	0,11	0,11	0,02
3	15h ngày 28/9/2020	19,29	0,25	0,27	0,06	0,29	0,23	0,05
4	13h ngày 29/9/2020	17,72	0,50	0,53	0,11	0,68	0,56	0,13
5	11h ngày 30/9/2020	16,34	0,71	0,83	0,15	1,11	0,79	0,22
6	17h ngày 30/9/2020	15,28	0,98	1,11	0,22	1,18	0,98	0,27
7	15h ngày 1/10/2020	14,15	1,18	1,33	0,25	1,46	1,33	0,35
8	13h ngày 2/10/2020	12,93	1,31	1,51	0,32	1,85	1,46	0,43
9	11h ngày 3/10/2020	11,74	1,56	1,68	0,34	2,22	1,77	0,46
10	17h ngày 3/10/2020	10,76	1,66	1,98	0,38	2,36	2,13	0,53
11	14h ngày 5/10/2020	9,92	1,85	2,18	0,41	2,48	2,19	0,55
12	14h ngày 6/10/2020	8,65	2,18	2,38	0,47	2,79	2,38	0,66
13	13h ngày 7/10/2020	7,44	2,31	2,63	0,49	3,23	2,75	0,69
14	11h ngày 8/10/2020	6,21	2,52	2,88	0,58	3,38	2,98	0,75
15	17h ngày 8/10/2020	5,37	2,66	3,13	0,64	3,66	3,06	0,79
16	9h ngày 9/10/2020	2,00	3,28	3,65	0,74	4,33	3,89	0,98
17	11h ngày 9/10/2020	1,72	3,45	3,85	0,77	4,45	3,98	1,07
18	18h ngày 9/10/2020	0	3,66	4,16	0,83	4,96	4,28	1,11

Bảng 2.3 - Số liệu đo chiều rộng vết nứt thứ cấp của mẫu đất

Ngày, giờ	Độ ẩm (%)	Chiều rộng vết nứt (mm)			
		Biên trên	Biên dưới	Biên trái	Biên phải
18h ngày 9/10/2020	0	0,80	1,00	1,30	1,10

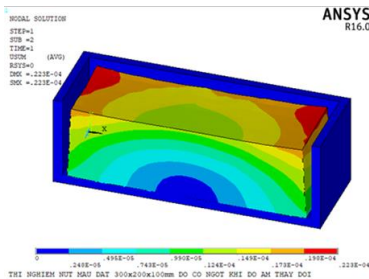
Kết quả đo mẫu đất chủ yếu về mặt định tính, định lượng tương đối khó khăn do hình dạng vết nứt khá phức tạp. Về mặt xu thế vết nứt đầu tiên phát triển theo phương cạnh ngắn sau đó theo phương cạnh dài, vết nứt được kéo dài vào tâm và mở rộng trong quá trình sấy khô. Bề rộng vết nứt lớn nhất trong mẫu đất tại mép ngoài khoảng 1 mm và được thu nhỏ vào tâm. Các vết nứt thứ cấp không đo được và chỉ quan sát được khi phá hoại mẫu đất.

2.4. Mô phỏng thí nghiệm trong phòng trên mô hình số

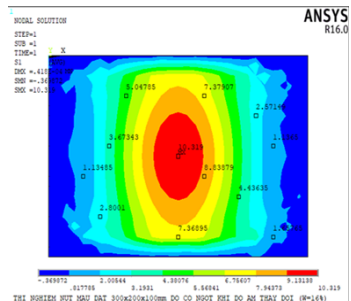


Hình 2.11 - Mô phỏng vết nứt trong mô hình

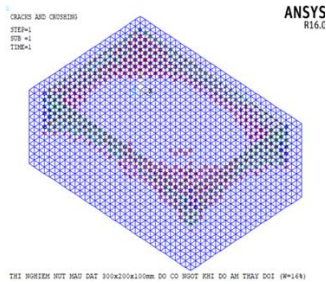
Sử dụng mô hình số để thay thế cho mô hình vật lý là xu hướng nhằm giảm được thời gian, cũng như kinh phí nghiên cứu. Cụ thể là phần mềm để mô phỏng và phân tích sự làm việc của mô hình. Các kết quả được thể hiện trên hình ảnh, kết quả được xuất ở độ ẩm 16%



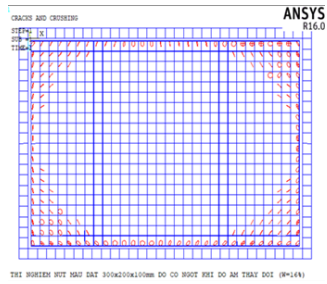
Hình 2.12 - Co ngót của mẫu đất



Hình 2.13 - Ứng suất của mẫu đất



Hình 2.14 - Phân bố vết nứt trên mẫu đất



Hình 2.15 - Phân bố vết nứt trên bề mặt

Bảng 2.4 - Kết quả tính toán phân tích đất đắp thân đê tả Hồng (K81+813)

T T	Chỉ tiêu	Phân bố vết nứt (Giai đoạn)			Phân bố vết nứt (Giai đoạn)			Biến dạng	Biến dạng	Biến dạng	ỨS chính	
	Độ ẩm	theo cạnh ngắn (m)			theo cạnh dài (m)			C ngắn (m)	cạnh dài (m)	tổng (m)	trên bề mặt (kN/m ²)	
	%	1	2	3	1	2	3				□ max	□ min
1	20	1	1	0	2	2	0	2,16E-05	2,85E-05	3,50E-05	12,16350	-1,70068
2	18	2	2	0	3	3	0	2,36E-05	3,14E-05	3,86E-05	9,87642	-1,12128
3	16	4	3	0	4	4	0	2,57E-05	3,44E-05	4,18E-05	10,31900	-0,36987
4	14	5	4	0	5	5	0	2,78E-05	3,71E-05	4,45E-05	11,10670	-1,63534
5	12	6	7	2	6	5	0	2,94E-05	3,77E-05	4,40E-05	8,73864	-3,96400
6	10	7	7	5	6	6	1	3,09E-05	3,59E-05	4,16E-05	8,31123	-0,78072
7	8	7	7	6	6	6	2	3,35E-05	4,32E-05	5,35E-05	9,36891	-11,6789
8	6	7	7	6	6	6	5	3,35E-05	3,78E-05	4,67E-05	23,45100	-2,94595

So sánh kết quả giữa mô hình vật lý và mô hình toán

Các kết quả định tính và định lượng giữa mô hình và thí nghiệm khá tương đồng. Trong mô hình vật lý có một số vết nứt không tuân theo quy luật. Trong mô hình toán, quy luật xuất hiện vết nứt là rõ ràng theo quy luật.

2.5. Kết luận Chương 2

- Kết quả thí nghiệm trong phòng cho thấy, độ trương nở lớn nhất 1,8%, nhỏ nhất 0,1%, như vậy so sánh với tiêu chuẩn quy định thì đất đắp đê không thuộc loại trương nở. Quan điểm đất trương nở không giải thích được hiện tượng nứt đê. Độ co ngót lớn nhất đo được là 30,60%, nhỏ nhất 9%, như vậy đất có tính co ngót.

- Kết quả từ mô hình vật lý và mô hình toán cho thấy, có nhiều quá trình diễn ra khi trải qua các chu kỳ khô - ướt trong tự nhiên. Khi đất khô, đất bị co ngót và giảm thể tích, các vết nứt hình thành do ứng suất kéo nội tại trong đất tăng lên. Mô hình vật lý và mô hình toán đều cho thấy quy luật và độ lớn vết nứt như nhau. Tuy nhiên hình ảnh phân bố về nứt trên mô hình vật lý không cho ra kết quả đồng đều như mô hình toán, lý do đất không phải là môi trường đồng nhất hoàn toàn.

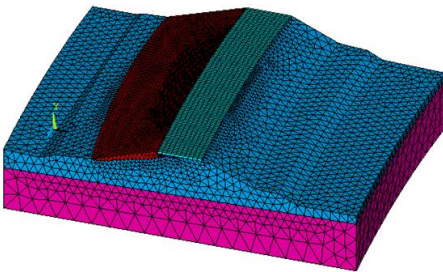
CHƯƠNG 3 NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN NÚT DẪM TRÊN ĐOẠN ĐÊ ĐIỂN HÌNH

3.1. Tính toán xác định sự hình thành vết nứt

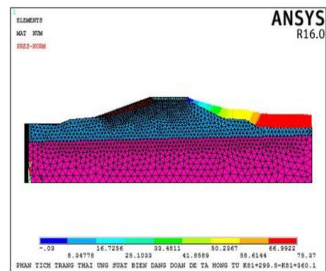
3.1.1. Xây dựng mô hình tính toán và các số liệu phục vụ tính toán

Dùng ngôn ngữ lập trình tham số APDL xây dựng mô hình không gian (3D) cho đoạn đê điển hình K81+299,5 ÷ K81+360,1.

Các số liệu đầu vào: Chỉ tiêu cơ lý đất thân, nền đê của đoạn đê điển hình làm số liệu tính toán cho mô hình. Đối với kết cấu đê sông có dạng cong và địa chất thay đổi theo chiều dài tuyến đê nên để phản ánh đúng trạng thái làm việc của đê cần sử dụng mô hình không gian của hệ thống “Thân đê - Nền”.



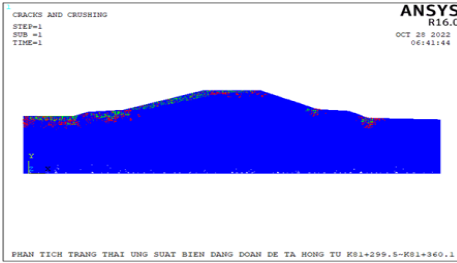
Hình 3.1 - Mô hình PTHH thân đê với nền



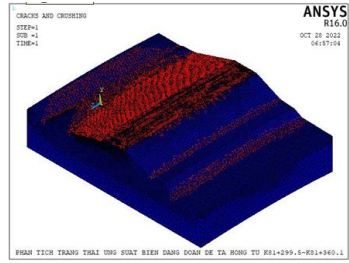
Hình 3.2 - Điều kiện biên mô hình

3.1.2. Quá trình tính toán sự hình thành vết nứt trên đoạn đê điển hình

Quá trình thực hiện mô phỏng số của đoạn đê điển hình về ứng suất-biến dạng và quá trình nứt của đê do sự thay đổi độ ẩm. Các vết nứt dăm xuất hiện trên mặt thân đê phía hạ lưu do quá trình thay đổi độ ẩm phù hợp với quy luật.



Hình 3.3 - Nứt dầm trên cắt ngang đê



Hình 3.4 - Nứt dầm trên bề mặt thân đê

3.1.3. Kết quả tính toán

Quá trình thực hiện mô phỏng số của mẫu đất về ứng suất-biến dạng và quá trình nứt của mẫu do sự thay đổi độ ẩm. Tình trạng phân bố các vết nứt của mô hình theo 3 giai đoạn, trong cả 3 giai đoạn thì sự phát triển các vết nứt và biến dạng vẫn đồng thời tiếp diễn: (+) Giai đoạn 1: Vết nứt đầu tiên xuất hiện theo phương ngang và vuông góc bề mặt đê; (+) Giai đoạn 2: Vết nứt thứ hai xuất hiện theo phương dọc và vuông góc với bề mặt đê; (+) Giai đoạn: Vết nứt thứ ba song song với mặt mái đê vuông góc với 2 vết nứt.

3.2. Xác định cơ chế hình thành vết nứt do sự biến đổi thể tích

3.2.1. Sự biến đổi thể tích thân đê

Thân đê giảm thể tích theo độ ẩm: Kết quả thí nghiệm đất đắp thân đê với độ ẩm giảm xuống 30% => thể tích giảm 0,58% và 20% => 4,7%, 10% => 6,66%.

3.2.2. Sự biến đổi của ứng suất - biến dạng

Tính toán phân tích với 3 độ ẩm 30% - 20% và 10%, kết quả tính toán dưới đây tương ứng với độ ẩm 20%.

Bảng 3.1 - Kết quả tính toán ứng suất, biến dạng đê Tả Hồng

Chỉ tiêu TT	Chuyển vị (m)	Biến dạng (m)	Chiều sâu vết nứt lớn nhất (m)	Ứng suất chính lớn nhất (kN/m ²)		Ứng suất chính nhỏ nhất (kN/m ²)	
				Min	Max	Min	Max
Độ ẩm %	Tổng thể	Tổng thể	Tổng thể				
30	0,010898	0,010898	2,2	-228,349	62,2122	-424,808	3,71E-05
20	0,011770	0,011770	3,9	-225,411	38,6555	-419,015	2,99E-03
10	0,013490	0,013490	5,7	-228,451	120,716	-425,055	17,0059

3.2.3. Cơ chế hình thành vết nứt

Qua kết quả tính toán phân tích mô hình đoạn đê tả Hồng cho thấy: Đất đắp thân đê có hàm lượng sét bụi cao, khi độ ẩm của đất đắp thân đê thay đổi thì thể tích thay đổi theo, đồng thời khối đất bị biến dạng và sinh ra nội ứng suất trong khối đất và gây ra các vết nứt. Như vậy cơ chế hình thành vết nứt là do thân đê bị giảm độ ẩm dẫn đến thể tích bị co ngót lại, biến dạng, sinh ra ứng suất kéo trong nội tại khối đắp thân đê và gây ra các vết nứt dăm trên mặt và mái đê.

3.2.4. Giải thích một số hiện tượng nứt đê trong lịch sử

Có thể giải thích cơ chế nứt đê như sau: do đất thân đê có hàm lượng hạt mịn lớn, vào mùa khô khi mực nước ngầm dưới đê bị hạ thấp, thân đê giảm độ ẩm làm cho đất thân đê bị co ngót, dẫn đến sự giảm thể tích, sự giảm thể tích gây ra các vết nứt sơ cấp và thứ cấp.

3.3. Kết luận Chương 3

- Kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý và mô hình toán đã xác định được nguyên nhân, có chế hình thành vết nứt là do thân đê bị giảm độ ẩm dẫn đến thể tích bị co ngót lại, sinh ra ứng suất kéo trong nội tại khối đắp thân đê và gây ra các vết nứt dăm trên mặt và mái đê. Có ba giai đoạn hình thành vết nứt, ban đầu là giai đoạn xuất hiện ứng suất kéo, tiếp theo là giai đoạn xuất hiện vết nứt chính, sau đó là giai đoạn xuất hiện vết nứt phụ thứ cấp.

- Kết quả nghiên cứu trên mô hình toán cho thấy, tính toán với 3 độ ẩm 30% - 20% và 10%. Khi độ ẩm giảm đến 30% thì ứng suất chính lớn nhất là: 62,2122 kN/m², ứng suất chính nhỏ nhất là: 3,71E-05kN/m², biến dạng gây nứt là: 0,010898 m.

- Có thể sử dụng mô hình toán với các điều kiện biên tương tự mô hình vật lý để nghiên cứu hiện tượng nứt của một đoạn đê.

CHƯƠNG 4 DỰ BÁO KHẢ NĂNG HÌNH THÀNH NÚT DẦM CHO MỘT SỐ ĐOẠN ĐÊ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

4.1. Giới thiệu một số đoạn đê khu vực nghiên cứu

Tác giả lựa chọn mỗi tỉnh, thành trong vùng đồng bằng sông Hồng một đoạn đê để nghiên cứu.

4.1.1. Điều kiện địa chất

Các tuyến đê nghiên cứu nằm trong khu vực có địa tầng trầm tích Đệ Tứ (Q_2) vùng đồng bằng sông Hồng, thân đê đắp bằng đất tại chỗ có hạt bụi sét cao.

4.1.2. Hình thức, kết cấu đê

Có thể tóm tắt được những đặc điểm chung như sau:

- Đê có mặt cắt nhỏ, chiều cao trung bình lớn nhất $H_d = 10$ m; Mái phía sông $m_s = 2$; Mái phía đồng $m_d = 3$; Chiều rộng đỉnh đê $B_d = 5 - 8$ m; Loại có cơ và không có cơ, loại có cơ cao $H_c = 1,5 - 3$ m, chiều rộng cơ $B_c < 5$ m.
- Thân đê từ mặt nền trở lên thường có từ $1 \div 2$ lớp đắp bằng vật liệu tại chỗ, có hàm lượng sét, bụi rất cao nhạy cảm với sự thay đổi độ ẩm, với rung động trên thân đê.
- Nền đê do hình thành từ quá trình bồi đắp tự nhiên, nên rất phức tạp, thông thường có từ $3 \div 5$ lớp, phổ biến nhất là cấu trúc địa chất gồm nhiều lớp đất sét yếu trạng thái chảy, dẻo chảy nằm xen kẽ lẫn nhau.

4.2. Xác định sự biến đổi thể tích, biến dạng và vết nứt

4.2.1. Các số liệu đầu vào phục vụ tính toán

Sử dụng các số liệu về các chỉ tiêu cơ lý của đất đắp thân đê của các tuyến đê trong vùng nghiên cứu, trên cơ sở tác giả điều tra thực địa thu thập được tại các tỉnh thành và khảo sát địa chất bổ sung.

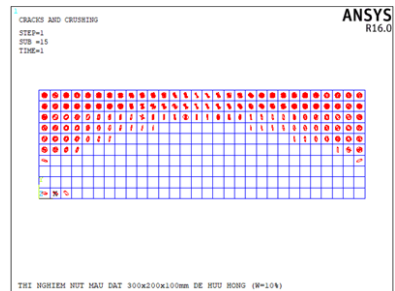
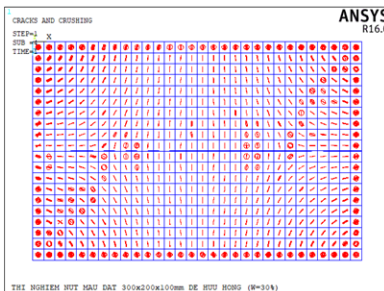
Bảng 4.1 - Chỉ tiêu cơ lý lớp đất thân đê của các tuyến đê

TT	Chỉ tiêu vật lý	Đơn vị	Hưng Yên	Hà Nam	Bắc Ninh	Nam Định	Thái Bình	Hải Dương	Vĩnh Phúc	Hà Nội
1	Thành phần hạt		Tà Hồng	Hữu Hồng	Hữu Duồng	Tà Đáy	Hồng Hà	Hữu Thái Bình	Phó Đáy	Hữu Cầu
Hạt	- Cát $0,25 \div 0,05$	%	33	26	36,8	35	35,06	33	37,6	14,8

TT	Chỉ tiêu vật lý	Đơn vị	Hưng Yên	Hà Nam	Bắc Ninh	Nam Định	Thái Bình	Hải Dương	Vĩnh Phúc	Hà Nội
	- Bụi 0,05 ÷ 0,005	%	45	38	26	33	36,66	43	35,3	30,5
	- Sét <0,005	%	22	25	27,1	23	24,87	24	22	17,1
2	Độ ẩm TN	%	31,5	24,3	24	28,5	29,21	33,9	23,1	20,5
3	Khối lượng TN	g/cm ³	1,89	1,83	1,94	1,85	1,88	1,87	1,94	1,98
4	KL thể tích khô	g/cm ³	1,44	1,47	1,56	1,44	1,46	1,4	1,57	1,64
5	KL đơn vị thể tích hạt	g/cm ³	2,72	2,69	2,7	2,71	2,72	2,72	2,69	2,67
6	HS rỗng TN	%	0,892	0,831	0,73	0,875	0,863	0,948	0,715	0,63
8	Giới hạn chảy	%	40,5	34,1	33,9	38,3	37,69	40,6	31,8	27,85
9	Giới hạn dẻo	%	24,6	22,8	19,9	23,3	22,88	26,2	18,8	18,55
10	Lực dính kết	Kg/cm ²	0,18	0,12	0,23	0,198	0,248	0,17	0,19	0,26
11	Góc MS trg	Độ	15°09	12°32	12°56	12°34	12°46	13°02	14°31	18°45
12	HS thấm*10 ⁻⁶	Cm/s	1.2*10 ⁻⁴	4,4	2,28	7,24	2,7	1,8	2,9	
13	Modul biến dạng	Kg/cm ²	100	84	133,2	116	100,8	85	164	

4.2.2. Kết quả tính toán

Kết quả tính toán phân tích các mẫu đất thân đề của các tuyến đề cho ra các chỉ số về vết nứt, biến dạng, chuyển vị và các ứng suất chính thay đổi theo độ ẩm của đất đắp đề.



Hình 4.1 - Vết nứt của mẫu đất

Nhận xét: Từ tài liệu khảo sát địa chất trên các đoạn đề nghiên cứu cho thấy, đất đắp thân đê có hàm lượng hạt mịn, hạt sét cao, thành phần hạt $< 0,005$ ($17,1 \div 32,1$)%, thành phần hạt $< 0,05$ ($46,7 \div 76$)%. Các kết quả tính toán phân tích các mẫu đất thân đê của các tuyến đê này, khi giảm độ ẩm đều biến dạng và sinh ra các vết nứt trên mẫu tương tự như các kết quả trong phòng thí nghiệm.

4.3. Dự báo khả năng nứt cho một số đoạn đê thuộc vùng nghiên cứu

4.3.2. Các số liệu phục vụ tính toán

4.3.2. 1. Số liệu về địa chất

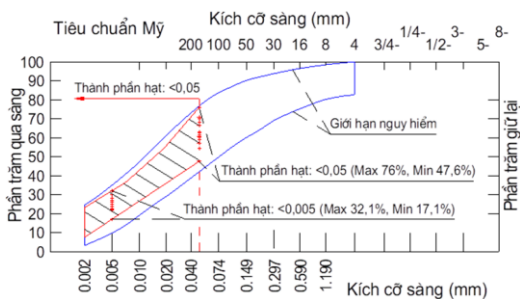
Sử dụng số liệu địa chất thu thập tại: (+) Hưng Yên: Đê tả Hồng; (+) Hà Nam: Đê Hữu Hồng; (+) Bắc Ninh: Đê hữu Đuống, Đê hữu Thái Bình; (+) Thái Bình: Đê Hồng Hà; (+) Hải Dương: Đê hữu Thái bình; (+) Vĩnh Phúc: Hữu Phó Đáy; (+) Hà nội: Đê hữu Cầu; (+) Nam Định: Đê Tả Đáy

4.3.2. 2. Số liệu về khí tượng thủy văn sông Hồng trên đồng bằng Bắc bộ

Tác giả đã thu thập các tài liệu về thủy văn trên sông Hồng với liệt đo mực nước ngày tại trạm KTTV Long Biên - Hà Nội từ năm 1956 đến năm 2018 dùng để phân tích.

4.3.3. Kết quả nghiên cứu

Qua các kết quả tính toán phân tích cho thấy trên các tuyến đê trong khu vực nghiên cứu, đất đắp thân đê có hàm lượng hạt bị, hạt sét cao, thành phần hạt $< 0,005$ ($17,1 \div 32,1$)%, thành phần hạt $< 0,05$ ($46,7 \div 76$)%, nhạy cảm với rung động và nguy hiểm đối với nứt.



Hình 4.2 - Phạm vi thành phần hạt đất đắp thân các tuyến đê nguy hiểm đối với nứt

4.4. Kết luận Chương 4

- Kết quả nghiên cứu cho thấy, có tính tương đồng rất lớn đối với Biểu đồ thành phần hạt của J.L. Sherard. Những đoạn đê nào có thành phần hạt nằm

trong vùng nhạy cảm về nứt, thì kết quả tính toán đều cho thấy khi có thay đổi về độ ẩm đều xảy ra nứt dăm.

- Qua phân tích cho thấy những đoạn đê trong vùng nghiên cứu có khả năng bị nứt dăm bao gồm: 1.Đê tả Hồng - Hưng Yên, 2. Đê hữu Hồng - Hà Nam, 3. Đê hữu Đuống - Bắc Ninh, 4. Đê Hồng Hà - Thái Bình, 5. Đê hữu Thái Bình - Hải Dương, 6. Đê tả Đáy - Nam Định, 7. Đê Phó Đáy - Vĩnh Phúc, 8. Đê hữu Cầu - Hà Nội. Đây là những đoạn đê cần được quan tâm xem xét và có giải pháp phù hợp để hạn chế hiện tượng nứt dăm, có thể gây ra mất an toàn cho đê trong điều kiện thuận lợi do các yếu tố kích thích làm mở rộng vết nứt.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Các kết quả đạt được của luận án

- Trên cơ sở thực hiện các nội dung nghiên cứu: (i) Tổng quan về đê sông và hiện tượng nứt dăm của đê sông; (ii) Nghiên cứu nguyên nhân và cơ chế phát sinh nứt dăm đê sông vùng đồng bằng sông Hồng; (iii) Nghiên cứu quá trình hình thành và phát triển nứt dăm trên đoạn đê điển hình; (iv) Dự báo khả năng hình thành nứt dăm cho một số đoạn đê vùng ĐB sông Hồng. Luận án tập trung nghiên cứu hiện tượng nứt dăm thân đê tại vùng Đồng bằng sông Hồng, một vấn đề cấp thiết trong bối cảnh biến đổi khí hậu, khô hạn kéo dài và việc kiểm soát nguồn nước ở thượng nguồn sông Hồng.

- Thông qua khảo sát thực địa, thí nghiệm trong phòng và mô hình hóa, luận án đã xác định nguyên nhân chủ yếu gây nứt là do đất đắp thân đê có thành phần hạt mịn và hạt sét cao, nhạy cảm với sự thay đổi độ ẩm. Khi độ ẩm giảm, đất co rút tạo ra ứng suất nội tại, dẫn đến hình thành vết nứt. Luận án cũng đã mô tả chi tiết quá trình phát triển vết nứt theo không gian và thời gian, từ các vết nứt chính đến thứ cấp. Các kết quả nghiên cứu của luận án đã giúp giải thích được hiện tượng nứt đê từng xảy ra trong lịch sử.

- Dựa trên cơ sở trên, luận án đã xác định được các đoạn đê thuộc khu vực đồng bằng sông Hồng có khả năng bị nứt dăm cao. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn lớn trong việc bảo trì, nâng cấp và phòng ngừa sự cố cho hệ thống đê điều. Đây là đóng góp khoa học và kỹ thuật quan trọng cho công tác đảm bảo an toàn đê tại Việt Nam.

2. Kiến nghị

Từ những kết quả nghiên cứu đã đạt được, luận án kiến nghị các cơ quan quản lý và đơn vị chuyên môn cần sớm đưa tiêu chí đánh giá thành phần hạt mịn, hóa học và độ nhạy cảm ẩm của đất đắp vào trong quy trình khảo sát, thiết kế và kiểm định chất lượng đê điều, đặc biệt là tại các khu vực có lịch sử nứt thân đê vào cuối mùa khô. Đồng thời, cần triển khai áp dụng rộng rãi phương pháp dự báo nguy cơ nứt đê dựa trên các chỉ số thực địa đã được luận án xây dựng, làm cơ sở khoa học cho việc khoanh vùng, lập kế hoạch bảo trì và nâng cấp hệ thống đê.

Ngoài ra, tiếp tục nghiên cứu mở rộng phạm vi ứng dụng kết quả luận án sang các vùng đê khác có điều kiện địa chất tương tự nhằm nâng cao khả năng ứng phó chủ động với các hiện tượng biến đổi khí hậu và hiện tượng khô hạn kéo dài.

Việc xây dựng hệ thống quan trắc độ ẩm và biến dạng đất đắp theo thời gian thực cũng là một hướng đi cần được ưu tiên, nhằm cảnh báo sớm nguy cơ sự cố và đảm bảo an toàn bền vững cho các tuyến đê trọng yếu.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Phùng Vĩnh An, Trần Quốc Lĩnh, Trần Văn Nguyên (2019), *“Phương pháp phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông và cống dưới đê”*. Tuyển tập khoa học công nghệ 60 năm xây dựng và phát triển (1959 - 2019) - Viện khoa học thủy lợi Việt Nam, tr. 626-636.
2. Trần Văn Nguyên, Phùng Vĩnh An (2021), *“Cơ chế hình thành lún nứt mặt đường trên đê khi kết hợp mặt đê làm đường giao thông”*. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi (ISSN:1859-4255) - Viện KHTL Việt Nam, ($\frac{64}{02-2021}$), tr. 80-87.
3. Phùng Vĩnh An, Nguyễn Đình Hải, Trần Văn Nguyên (2022), *“Nghiên cứu đề xuất kết cấu mặt cắt giao thông đường bộ hợp lý trên đê sông đoạn qua khu vực đô thị”*. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi (ISSN:1859-4255) - Viện KHTL Việt Nam, ($\frac{70}{02-2022}$), tr.110-116.
4. Phùng Vĩnh An, Trần Văn Nguyên và nnk (2018-2020), *“Nghiên cứu hiện tượng nứt đê và giải pháp nâng cấp, sửa chữa nhằm đảm bảo an toàn cho đê khi kết hợp đường giao thông”* Đề tài cấp Bộ (NT 2022).
5. Trần Văn Nguyên, Nguyễn Tiếp Tân (2024), *“Kết quả thí nghiệm xác định nguyên nhân nứt thân đê sông khu vực đồng bằng sông hồng do sự biến đổi độ ẩm đất đắp đê theo chu kỳ khô - ướt”*. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi (ISSN:1859-4255) - Viện KHTL Việt Nam, ($\frac{86}{10-2024}$), tr. 10-19.