

CƠ CHẾ HÌNH THÀNH LÚN NỨT MẶT ĐƯỜNG TRÊN ĐÊ KHI KẾT HỢP MẶT ĐÊ LÀM ĐƯỜNG GIAO THÔNG

Trần Văn Nguyên

Công ty TNHH MTV Khai thác Công trình Thủy lợi Hòa Bình

Phùng Vĩnh An

Viện Thủy Công

Tóm tắt: Trong một thập kỷ trở lại đây, hiện tượng lún nứt mặt đê kết hợp làm đường giao thông đã trở nên phổ biến. Ở Việt Nam cũng đã có một số nghiên cứu nhằm giải thích cơ chế, từ đó phân tích nguyên nhân. Tuy nhiên, do các nghiên cứu này chỉ trong một vị trí cụ thể, nên các kết quả chỉ nêu được nguyên nhân, chưa chỉ ra cơ chế hình thành và mối quan hệ giữa các yếu tố gây ra lún nứt. Kết quả nghiên cứu này cho thấy, hiện tượng ướt-khô theo mùa của đất đắp đê có hàm lượng hạt sét, hạt bụi cao là nguyên nhân hình thành vết nứt ban đầu. Những tác động cụ thể khác tại từng vị trí xây dựng công trình như nền đất yếu, tải trọng vượt tải, biện pháp thi công v.v... là những yếu tố thúc đẩy lún nứt phát triển trên đê kết hợp đường giao thông.

Từ khóa: Đê kết hợp đường giao thông; cơ chế lún nứt mặt đường trên đê sông; hiện tượng khô-ướt của đất đắp thân đê.

Summary: In the over one decade, the cracked settlement of surface road phenomenon on the river dikes became popular. Vietnam also have some studied to explain the mechanism to make that phenomenon. However, because these studies were for only site dike certain what the results come out only some causes, that not show how to the formation mechanism of formation the cracked settlement road surface. This study showed the wet-dry cause in seasonal of dike's body with content clay, dust high is the reason for making the crack original, because of decrease volume soil dikes body. After that, other these specifically impact at those different dikes as soft soil ground, overloading, construction method, etc..., are factors motive progression crack, settlement road surface on the dikes.

Keyword: River dikes combine with the traffic road; mechanism of road surface crack settlement on river dykes; wet-dry body dikes phenomenon.

1. MỞ ĐẦU

Kết quả khảo sát, đánh giá lún nứt mặt đê năm 2018, trên các tuyến đê từ cấp III trở lên [1] trên địa bàn 11 tỉnh đồng bằng Bắc Bộ, cho thấy chiều dài hư hỏng mặt đê là 454,98 km, chiếm 22% tổng chiều dài đê, trong đó 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 mặt đường nhựa, hư hỏng mặt cấp phối 57,6

km chiếm 12% tổng chiều dài gia cố cấp phối.

Có thể thấy, khác với đường giao thông, các vấn đề kỹ thuật đã được giải quyết một cách cơ bản ngay từ đầu, với những quy định chặt chẽ về vật liệu đắp, kỹ thuật xử lý. Đê sông được hình thành từ cách đây hàng nghìn năm, đắp dần, chủ yếu sử dụng đất bồi tích tại chỗ có hàm lượng hạt sét, hạt bụi cao, thi công với công cụ thô sơ, nên tồn tại nhiều khuyết tật trong thân đê. Nền đê chủ yếu là nền tự nhiên, phần lớn chưa được

Ngày nhận bài: 29/01/2021

Ngày thông qua phản biện: 19/02/2021

Ngày duyệt đăng: 22/02/2021

xử lý.

Do vậy từ rất lâu trước đây, hiện tượng nứt thân đê, mặt đê cũng đã xảy ra nhưng với mức độ và quy mô nhỏ, hơn nữa thời điểm đó trên đê chỉ cho phép những phương tiện giao thông nhỏ, con người lưu thông, nên những hiện tượng lún nứt đó ít được quan tâm. Giải pháp xử lý truyền thống vẫn là đào khai tâm khe nứt, rồi đắp đất đầm chặt. Cá biệt có những vị trí, năm nào cũng sử dụng biện pháp này để xử lý.

Bài báo nhằm mục tiêu làm rõ cơ chế hình thành và phát triển vết nứt, từ đó phân tích nguyên nhân gây ra lún nứt mặt đê để làm cơ sở đề xuất các giải pháp xử lý

2. PHÂN TÍCH CƠ CHẾ HÌNH THÀNH NÚT THÂN ĐÊ TRONG KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1 Lựa chọn khu vực nghiên cứu điển hình

Phạm vi nghiên cứu là vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, là khu vực có mật độ dân số cao, phong tục tập quán canh tác và sản xuất tương tự nhau. Đây cũng là khu vực mà hiện nay đang bắt đầu thực hiện chủ trương của Chính phủ nhằm kết hợp chặt chẽ đầu tư kết cấu hạ tầng thủy lợi với giao thông, phát triển mạng lưới đô thị và di dân dân cư nông thôn song song với hoàn thành việc xây dựng hệ thống các trục đường cao tốc nhằm hình thành hệ thống đường giao thông đồng bộ.

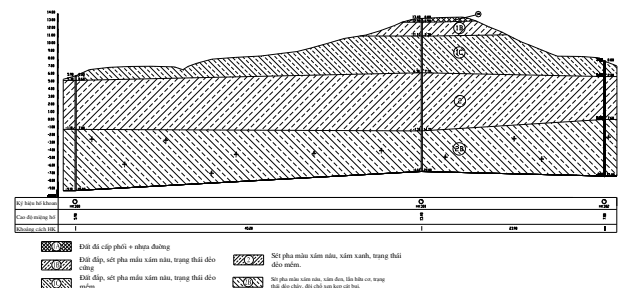
Trong khu vực này, điều kiện và lịch sử hình thành là tương đối giống nhau. Nền đê hình thành từ quá trình bồi đắp tự nhiên, thông thường có từ 3÷5 lớp. Phổ biến nhất là cấu trúc địa chất gồm nhiều lớp đất sét yếu trạng thái chảy, dẻo chảy nằm xen kẽ lẫn nhau. Theo các nghiên cứu [2] [3], có thể tổng quát hóa thành 3 dạng: (1) Nền đê có lớp tầng phủ dày ít thấm, dưới là tầng thấm mạnh chiều dày bé; (2) Nền đê có tầng phủ mỏng thấm yếu, dưới là tầng thấm mạnh chiều dày lớn; (3) Nền đê là đất yếu (bùn, sét hữu cơ trạng thái dẻo chảy - chảy). Trong đó, dạng thứ 3 là dạng bắt gặp trong hầu hết các sự cố lún nứt mặt đê đã xảy

ra.

Về cấu trúc thân đê và vật liệu đắp đê thì cũng tương tự nhau, đều chủ yếu được đắp bằng đất bồi đắp tại chỗ. Đặc trưng của loại đất này là tính thấm nhỏ, hàm lượng hạt bụi, hạt sét rất cao. Cấu trúc thân đê có mặt cắt nhỏ, chiều cao lớn nhất H = 10 (m); mái phía sông 2:1; Mái phía đồng 3:1; Chiều rộng đỉnh đê 5 (m) ~ 8 (m); Loại có cơ và không có cơ, loại có cơ có chiều cao 1,5 (m) ~ 3 (m), chiều rộng cơ nhỏ hơn 5 m. Cấu trúc thân đê và vật liệu đắp đê nêu trên, cùng với cấu trúc nền đê dạng thứ 3 là loại hình đặc trưng của đê sông trong phạm vi nghiên cứu, thường xảy ra hiện tượng lún nứt mặt đê khi kết hợp đường giao thông.

Như vậy, đê tả sông Hồng, tỉnh Hưng Yên đoạn K81+700 đến K82+050 có đầy đủ các đặc trưng điển hình cho toàn bộ khu vực. Trong nghiên cứu này, được lựa chọn làm nghiên cứu điển hình.

2.2. Giới thiệu đê Tả Hồng đoạn đoạn K81+700 ÷ K82+050



Hình 1: Mặt cắt ngang địa chất km 81+413

Dự án Đầu tư xây dựng, nâng cấp đê tả sông Hồng, tỉnh Hưng Yên đoạn K76+894 đến K124+824, bắt đầu thi công từ năm 2010 và hoàn thành năm 2012. Mục tiêu là nâng cao khả năng chống lũ cho đê, tạo tuyến đường huyết mạch, đáp ứng nhu cầu giao thông góp phần thúc đẩy phát triển du lịch, nâng cao mức sống của Nhân dân vùng ven sông Hồng. Quy mô đê là cấp I bao gồm: (1) Đắp tôn cao, áp trúc, mở rộng mặt và cơ đê hiện tại chủ yếu về phía đồng; (2) Cao trình đỉnh đê theo cao trình hiện tại, cao

trình cơ đê cao hơn mặt đất tự nhiên trung bình từ 1,0 m ÷ 1,5 m, mái đê phía đông $m_d=2,0 \div 3,0$, phía sông $m_s=2,0$ trồng cỏ chống xói. Phần nâng cấp mở rộng đê sử dụng đất đồi vận chuyển từ Hà Nam, đầm nện chặt $K=0,95$; (3) Đường đê và cơ đê hạ lưu thiết kế đường cấp IV đồng bằng, có tốc độ tối đa $v=40$ km/h,

bán kính cong tối thiểu $R=60$ m, tải trọng trục tính toán 10 T, Mô đun cường độ mặt đường yêu cầu $E=151$ Mpa.

Kết quả khảo sát địa chất cho thấy, cấu trúc địa tầng tuyến đê từ trên xuống dưới gồm 5 lớp, xem Bảng 1.

Bảng 1: Tổng hợp một số chỉ tiêu cơ lý tại vị trí khảo sát

TT	Tên chỉ tiêu vật lý	Đơn vị	Lớp 1B	Lớp 1C	Lớp 2	Lớp 2B	Lớp 2C	Lớp 6
1	Thành phần hạt							
	-Hạt cát (0,25÷0,05)	%	33	28	29	25	26	59
	-Hạt bụi (0,05 ÷ 0,005)	%	45	48	45	53	47	34
	-Hạt sét (<0,005)	%	22	24	26	22	27	7
2	Độ ẩm tự nhiên	%	31,5	35,2	37,6	43,5	37,2	31,2
3	Khối lượng tự nhiên	g/cm ³	1,89	1,85	1,82	1,76	1,82	1,86
4	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	1,44	1,37	1,32	1,23	1,33	1,42
5	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,72	2,72	2,72	2,70	2,72	2,66
6	Hệ số rỗng tự nhiên	%	0,892	0,987	1,056	1,201	1,050	0,875
7	Độ rỗng	-	47	50	51	55	51	47
8	Độ bão hoà	%	96	97	97	98	96	95
9	Giới hạn chảy	%	40,5	41,9	42,6	45,6	42,9	31,5
10	Giới hạn dẻo	%	24,6	25,6	27,7	30,1	27,0	25,8
11	Chỉ số dẻo	%	15,9	16,3	14,9	15,5	15,9	5,7
12	Độ sét	-	0,44	0,59	0,67	0,88	0,65	0,99

2.3. Phân tích cơ chế hình thành vết nứt thân đê

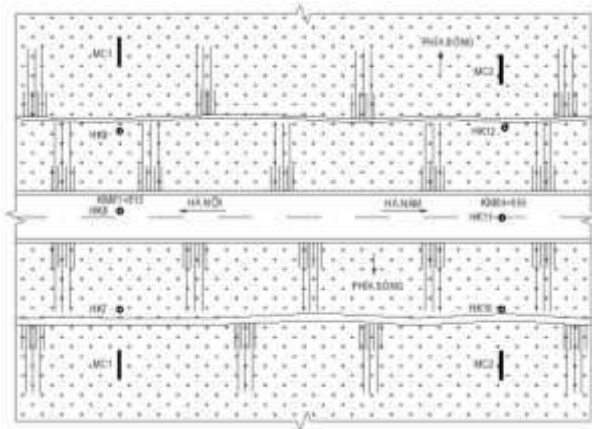
Do trước đây, đê đã nhiều lần xuất hiện tượng nứt dăm mặt đê và nứt dăm mái, nhưng hiện tượng này chỉ xảy ra vào mùa khô. Nên một số nghiên cứu trước đây cho rằng, đó là do

tính trương nở, co ngót của đất đắp, vì đất đắp là đất bồi tích có hàm lượng hạt sét, hạt bụi cao. Do vậy, để xác định cơ chế hình thành các vết nứt và giải thích các hiện tượng nứt thân và mặt đê, nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát, lấy mẫu thí nghiệm tại khu vực có

xuất hiện nứt, xem hình 2.

Kết quả thí nghiệm tại Viện thủy công cho thấy, độ trương nở lớn nhất là 1,8% và nhỏ nhất 0,1%, giá trị trung bình là 0,7%. So sánh với phân loại trương nở USBR (*Cục cải tạo đất của Mỹ, USBR: United States Bureau of Reclamation*) thì đất này thuộc loại không trương nở; (2) Độ co ngót lớn nhất là 30,6 % và nhỏ nhất 9 %, giá trị trung bình là 16,1%. Như vậy, đất có hiện tượng co ngót.

Các kết quả thí nghiệm khẳng định, đất đắp thân đê không có tính trương nở. Điều này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu của tác giả khác về đặc tính đất phù sa Đồng bằng sông Hồng [4]. Như vậy, quan điểm đất trương nở không phù hợp để giải thích được hiện tượng nứt của đê trong mùa khô.



Hình 2: Mặt bằng bố trí khảo sát địa chất tại vị trí xuất hiện nứt

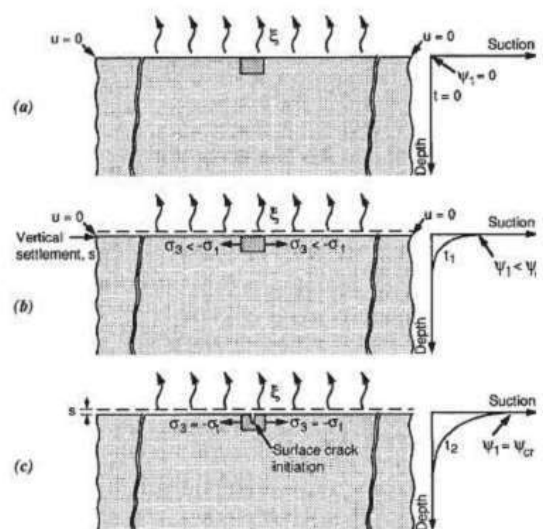
Tuy nhiên, quan sát từ hiện trường và mẫu các thí nghiệm đều cho thấy có hiện tượng nứt khi độ ẩm mẫu thí nghiệm thay đổi từ bão hòa sang khô. Vậy điều này phải giải thích thế nào khi loại đất nghiên cứu không có tính chất trương nở ?. Yếu tố nào gây ra vết nứt ?.



Hình 3: Vết nứt mẫu thí nghiệm trong phòng

Điều này chỉ có thể giải thích được khi công nhận rằng, đối với đất sét có hàm lượng hạt mịn lớn sự biến đổi về độ ẩm đã làm thay đổi các đặc tính cơ lý của đất, làm giảm thể tích đất, gây ra vết nứt.

Theo [5] [8] cho thấy, có nhiều quá trình diễn ra khi đất trải qua các chu kỳ khô - ướt. Khi xảy ra hiện tượng khô, đất bị co ngót và làm giảm thể tích, các vết nứt do khô xuất hiện do ứng suất nội tại trong đất, do đó đất xuất hiện các vết nứt. Điều này cũng phù hợp với những kết quả nghiên cứu của Konrad và Ayad (1977). Hai tác giả này cũng đồng thời mô phỏng sự hình thành vết nứt ban đầu khi độ ẩm thay đổi như trên Hình 4.



Hình 4: Mô phỏng sự hình thành vết nứt ban đầu khi độ ẩm thay đổi

Một kết quả nghiên cứu khác của Dexter (1988) [7], khi 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% như trên Hình 8. Kết quả này cho thấy, xuất hiện bốn 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.

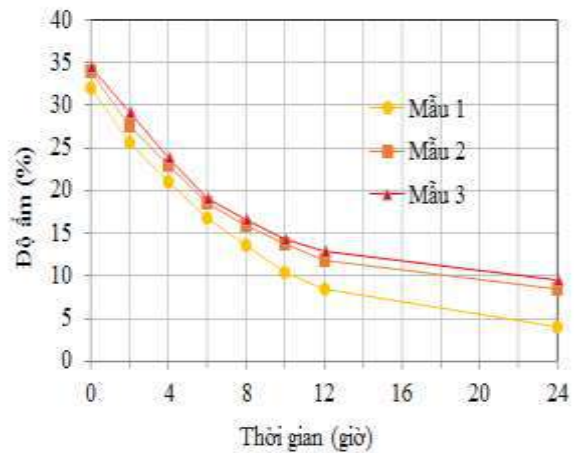


Hình 5: Thay đổi độ ẩm mẫu trong tủ sấy

Từ kết quả thí nghiệm lần 1, thấy rằng cần phải tiếp tục nghiên cứu sâu hơn hiện tượng biến đổi thể tích. Mẫu tiếp tục chuyển sang phòng thí nghiệm của Trường Đại học Thủy lợi để tiếp tục thí nghiệm với các mục đích: (1) Đo đạc sự thay đổi thể tích, khi độ ẩm thay đổi từ ướt sang khô; (2) Đo đạc sự biến đổi ứng suất theo sự biến đổi thể tích; (3) Đo đạc bề rộng vết nứt.

Kết quả thí nghiệm đã xác định được sự hình thành và phát triển vết nứt, khi độ ẩm thay đổi, cụ thể khi độ ẩm biến đổi từ 35% đến 0%, tỷ lệ giảm thể tích lần lượt là từ 0% đến 7% với mẫu 1, từ 0% đến 10% với mẫu 2, từ 0% đến 9% đối với mẫu 3. Như vậy, thể tích mẫu giảm trung

bình từ 0 đến 8,7 % khi độ ẩm biến đổi từ 35% đến 0%. Kết quả thực hiện 20 lần đo vết nứt với 17 điểm bố trí, cho thấy, kết quả tương tự như kết quả của Dexter và nnk 1988, nhưng mới hình thành có 2 giai đoạn. Vết nứt chính phát triển lớn nhất, các vết nứt thứ cấp vuông góc với phương vết nứt chính. Vết nứt lớn nhất đo được là 5 mm.



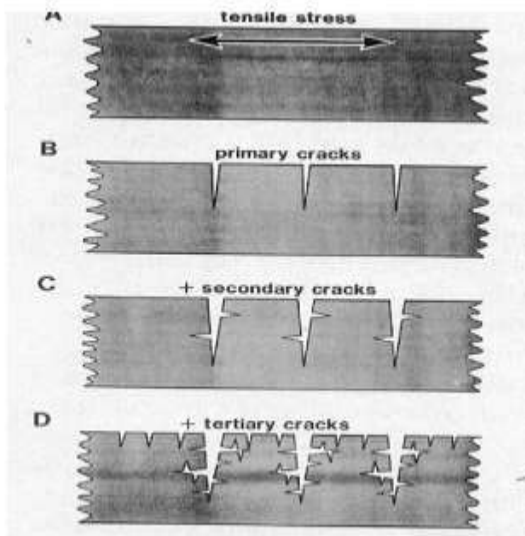
Hình 6: Biến đổi độ ẩm của mẫu theo thời gian khi duy trì liên tục nhiệt độ 35°C

Như vậy, có thể đi đến kết luận là sự thay đổi độ ẩm của đất ở đây đã gây ra sự biến đổi về mặt thể tích, ứng suất trong đất và làm phát sinh vết nứt.

Vậy vấn đề đối với đề sông thì nguyên nhân nào ảnh hưởng đến độ ẩm của đất thân đề ?. Theo [5] mực nước ngầm dưới nền đề (đường) ảnh hưởng lớn đến độ ẩm của đất thân đề (đường). Khi mực nước ngầm tăng lên, thì độ ẩm ở mái đề cũng tăng và ngược lại. Sự tăng giảm đó, gây ra hiện tượng thay đổi về mặt ứng suất. Kết quả tính toán của các tác giả cho thấy, khi mực nước ngầm dưới đề biến đổi từ 1,5 m đến 6 m, độ ẩm W của đất thân đề cũng biến đổi tương ứng từ 0,84 đến 0,64. Kết quả khảo sát địa chất trong mùa khô và mùa mưa trên đoạn đề này cũng cho giá trị mực nước tương đương.



Hình 7: Đo biến dạng và vết nứt trên mẫu thí nghiệm ứng với độ ẩm mẫu 0%



Hình 8: Mô phỏng các giai đoạn hình thành và phát triển vết nứt

Có thể thấy là do đất đắp đê là đất có hàm lượng hạt mịn lớn (chiếm từ 67 ÷ 72 % hàm lượng hạt). Nên về mùa mưa, khi mực nước sông dâng cao, thân đê được ngâm nước, mực nước ngầm trong thân đê trung bình khoảng 1,5 m. Khi thời gian kéo dài sang mùa khô, mực nước nền đê giảm dần, mức giảm tùy thuộc theo từng năm, nhưng trung bình sâu dưới nền đường khoảng 6 m. Khi xảy ra hiện

tượng khô, đất bị co ngót và làm giảm thể tích, các vết nứt do khô xuất hiện do ứng suất nội tại trong đất, do đó đất thân đê bắt đầu xuất hiện các vết nứt. Với những năm mưa đến sớm, thì thân đê chỉ có các vết nứt chính, chưa kịp hình thành các vết nứt thứ cấp, nên đất thân đê sẽ nhanh chóng phục hồi về trạng thái ban đầu. Với những năm mưa đến muộn, sẽ hình thành các giai đoạn nứt thứ cấp sau đó, vết nứt sẽ mở rộng. Những điều này hoàn toàn phù hợp với hiện trạng quan sát được trên thực địa.

Như vậy, có thể giải thích cơ chế lún nứt mặt đê như sau, do đất thân đê có hàm lượng hạt mịn lớn, vào mùa khô 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. Dưới tác động thúc đẩy phát triển vết nứt của các tác nhân: (1) Nền đất yếu; (2) Tải trọng vượt tải và tải trọng động; (3) Chất lượng thi công thân đê; (4) Khối đắp cũ và khối đắp mới, v.v... sẽ làm cho vết nứt phát triển. Tất nhiên, tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của từng đoạn đê mà các tác nhân tác động có thể chỉ là một hoặc một nhóm, hoặc toàn bộ các nguyên nhân trên. Sự phát triển của các vết nứt dưới lớp móng đường sẽ làm giảm khả năng

chịu lực của móng đường. Khi phát triển đến mức độ nào đó, sẽ gây nứt mặt đường. Tuy nhiên, kiểu và hình dạng vết nứt mặt đường sẽ không giống nhau vì nó phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của đoạn đường xem xét.

2.4 Giải thích một số hiện tượng lún nứt xảy ra trên đê

Hiện tượng nứt đê đã xảy ra từ trước đây rất lâu, có nhiều nghiên cứu cũng tìm cách giải thích các hiện tượng sau:

- Tại sao hiện tượng lún nứt mái đê, mặt đê đều xảy ra vào đầu mùa khô mà không phải là vào mùa mưa ?.
- Tại sao trước đây cũng đã xảy ra nứt mái đê, mặt đê nhưng trong vài thập kỷ trở lại đây, mức độ xảy ra ngày càng lớn lên ?.
- Tại sao phần lớn lại nứt về phía sông và có nơi vết nứt đều theo mọi hướng, nhưng cũng có nơi vết nứt chỉ xuất hiện dọc theo tim đê?.

Có thể sử dụng cơ chế trên giải thích các hiện tượng này như sau, do đất đắp thân đê chủ yếu đắp bằng đất tại chỗ, có hàm lượng hạt mịn cao. Nên về mùa khô, khi độ ẩm giảm làm thể tích, sự giảm thể tích gây ra các vết nứt sơ cấp và thứ cấp. Tuy nhiên trước đây, khi chưa có các hệ thống hồ chứa thượng nguồn, thân đê được ngâm nước trong thời gian khá dài, vì vậy về mùa khô, nhìn chung là sự biến đổi về độ ẩm chậm hơn, do đó mức độ, quy mô nứt cũng nhỏ hơn. Mặt khác, trước đây phương tiện giao thông trên đê chủ yếu là tải trọng thô sơ, nên việc tác động vết nứt, để gây ra sự phát triển vết nứt cũng hạn chế hơn. Ngày nay, dưới tác dụng của hệ thống hồ chứa, thân đê ít được ngâm nước, nên về mùa khô hiện tượng co ngót, làm giảm thể tích đất đắp thân đê với tần suất và quy mô lớn hơn. Thêm vào đó, tải trọng vượt tải và tải trọng động trên đê kết hợp với giao thông đã làm cho vết nứt phát triển nhanh, gây hư hỏng mặt đường. Ngoài ra, do mái đê phía sông thường thoải hơn mái đê phía đồng nên mật độ vết nứt ở phía này thường cao hơn

phía đồng. Như đã nêu trên, loại và hình dạng lún nứt xuất hiện trên đường không giống nhau vì đều xuất phát từ vết nứt do co ngót của đất. Tuy nhiên, tác nhân thúc đẩy vết nứt phát triển gây ra lún nứt mặt đường là không giống nhau, có nơi thì vết nứt vỡ vụn, vì đất đắp thân đê không đủ độ chặt, sự phát triển vết nứt, kết hợp với lún không đều đã làm cho lớp đáy móng bị phá hoại, dẫn đến hiện tượng phá hoại vỡ vụn mặt đường. Có những nơi, do phần nâng cấp mở rộng sử dụng đất đòi để đắp, do vậy khi vết nứt phát triển gây phá hoại, kết hợp với biến dạng không đều giữa hai nửa thân đê đã gây ra vết nứt chạy dọc tim đê. Lưu ý rằng, dạng vết nứt này phổ biến với hầu hết các đê nâng cấp, mở rộng kết hợp đường giao thông trong khu vực nghiên cứu.

3. KẾT LUẬN

Đê là công trình loại công trình đặc biệt, không quá phức tạp về mặt kết cấu, nhưng tồn tại nhiều hạn chế, khuyết tật. Do bản thân đê được hình thành từ lâu đời, sử dụng loại vật liệu có hàm lượng hạt bụi và hạt sét để đắp đê. Đất có hàm lượng hạt bụi lớn có nhiều bất lợi khi sử dụng để thi công công trình khối đắp.

Hàm lượng hạt sét lớn của đất đắp đê là nguyên nhân chính gây ra nứt tự nhiên khi độ ẩm đất thân đê giảm. Độ ẩm đất thân đê giảm có liên quan trực tiếp đến mực nước ngầm trong nền đê. Về mùa khô, khi mực nước ngầm giảm đã dẫn đến hiện tượng làm giảm độ ẩm trong đất thân đê, điều này làm cho đất thân đê bị giảm thể tích, gây ra hiện tượng nứt sơ cấp và thứ cấp. Dưới tác động của các yếu tố bất lợi khác, khi đê kết hợp đường giao thông, đã thúc đẩy vết nứt phát triển, gây ra phá hoại lớp móng đường, dẫn đến phá hoại lớp mặt đường.

Theo các kết quả nghiên cứu khác, trước mắt và lâu dài, mặc dù tổng lưu lượng nước về hạ lưu là không đổi. Tuy nhiên, do lòng dẫn bị hạ thấp, nên mực nước trên hệ thống sông cũng sẽ bị hạ thấp. Xu hướng thân đê ít được ngâm nước thường xuyên sẽ là xu thế chỉ đạo. Thêm vào

đó, mật độ lưu lượng xe lưu thông trên đê cũng ngày càng tăng lên. Như vậy, có thể dự báo rằng trong tương lai, hiện tượng lún nứt mặt đê sẽ tiếp tục tăng lên, nếu không có giải pháp phòng ngừa hiệu quả.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này là kết quả nghiên cứu của 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” do Tổng cục Phòng, chống Thiên tai - Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn cấp kinh phí và hỗ trợ cho Viện Thủy công thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tô Quang Trung và nnk (2018). *Báo cáo chuyên đề 3.1.1, Báo cáo chuyên đề điều tra, tổng kết hiện trạng 11 tỉnh có đê từ cấp III trở lên*. 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. Hà Nội.
- [2] Thuyết minh xây dựng TCVN 11323:2000, *Công trình Thủy lợi - Hồ móng trong vùng cát chảy - Thi công và Nghiệm thu*. Hà Nội.
- [3] Phùng Vĩnh An và nnk (2019). *Báo cáo phân tích đánh giá nguyên nhân lún, nứt các đoạn đê trọng điểm khi kết hợp làm đường giao thông*. 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. Hà Nội.
- [4] Đỗ Đình Thuận và nnk (2013). *Đặc điểm đất bồi tích đồng bằng sông Hồng*. Hà Nội.
- [5] Lê Văn Chung và Nguyễn Duy Đồng (2018). *Ảnh hưởng mực nước ngầm tới các chỉ tiêu cơ lý nền đường*. Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 4 năm 2018.
- [6] Sherard, James L and nnk (1953), *Influence os soil properties and construction methods on performance of homogenous Earth Dam*, US Bereau of Reclamation.
- [7] *Dexter, A.R. (1988), Advances in Characterization of Soil Structure, Soil and Tillage Research, Volume 11.*
- [8] Lakshmikantha (2009), M.R, *Experimental and theoretical analysis of cracking in drying soils*, PhD Thesis, Barcelona.