

Xác định nguyên nhân xuất hiện và phát triển vết nứt trên tường thân mố bê tông cốt thép của một công trình cầu thuộc TP. Hải Phòng

■ **ThS. HOÀNG VĂN TUẤN; PGS. TS. LƯƠNG XUÂN BÌNH**
ThS. VŨ THỊ ANH; ThS. LÊ THANH TÂM

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Hiện nay, hiện tượng nứt bê tông trên kết cấu mố bê tông cốt thép ngày càng phổ biến hơn. Tuy nhiên, để đánh giá, xác định nguyên nhân gây nứt là rất khó khăn. Bài báo trình bày kết quả hai năm quan trắc sự xuất hiện và phát triển vết nứt bê tông trên tường thân mố của một công trình cầu thực tế thuộc Hải Phòng, từ đó tiến hành phân tích định tính đã xác định nguyên nhân chính gây ra và duy trì sự phát triển của vết nứt là do chuyển vị cưỡng bức, sinh ra bởi quá trình cố kết của nền đất xung quanh công trình. Khẳng định này được kiểm chứng, củng cố bằng việc ứng dụng phần mềm Atena để phân tích, tính toán kết cấu mố cầu dưới tác dụng của chuyển vị cưỡng bức kết hợp các tổ hợp tải trọng khai thác.

TỪ KHÓA: Nứt bê tông, phát triển vết nứt, quan trắc vết nứt, mố cầu, nứt mố cầu, chuyển vị cưỡng bức, nền đất yếu.

ABSTRACT: Currently, the appearance of cracks on reinforced concrete abutment structures is becoming more and more popular. However, it is very difficult to evaluate and determine causes of these cracks. This paper presents the result of two years of monitoring the appearance and development of cracks on abutment stem wall of an actual bridge works in Hai Phong. Then, by conducting qualitative analysis, it has determined that the main cause causing and maintaining the development of cracks is due to forced displacement, generated by the consolidation process of the soil surrounding the works. This affirmation is verified and reinforced by the application of Atena software to analyze and calculate bridge abutment structure under the effect of forced displacement combined with service load combinations.

KEYWORDS: Concrete cracks, crack development, crack monitoring, abutment, cracks on abutment, forced displacement, soft soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng kết cấu mố, trụ cầu bê tông cốt thép xuất hiện các vết nứt ngày càng dễ bắt gặp. Đặc điểm của hệ thống vết nứt là rất đa dạng [1]. Việc xác định chính xác nguyên nhân gây ra hiện tượng nứt là rất cần thiết nhằm đưa ra biện pháp khắc phục, sửa chữa công trình và khuyến cáo cho các đơn vị liên quan nhằm hạn chế các trường hợp tương tự. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về hiện tượng nứt của kết cấu mố, trụ cầu hiện chưa nhiều. Hướng tiếp cận nứt xảy ra trong quá trình thi công có một số nghiên cứu như: V.M. Ngô và các cộng sự [2] - Nghiên cứu khả năng xuất hiện vết nứt do quá trình nhiệt thủy hóa trong thi công bê tông khối lớn mố trụ cầu; A.T. Đỗ và các cộng sự [3] - Mô phỏng số quá trình phát sinh nhiệt trong bê tông khối lớn trụ cầu; V.T. Hoàng [4] - Phân tích nguyên nhân phát sinh vết nứt thẳng đứng trên tường thân mố của một số công trình cầu...

Nghiên cứu này sẽ trình bày các kết quả quan trắc, theo dõi sự phát sinh và phát triển của vết nứt bê tông trên tường thân mố của một công trình cầu, thuộc địa phận TP. Hải Phòng. Trên cơ sở kết quả khảo sát, kết hợp với việc nghiên cứu các hồ sơ liên quan của công trình, nhóm nghiên cứu đã phân tích định tính và bằng phương pháp loại trừ đã đưa ra nhận định nguyên nhân chính gây ra hiện tượng ở trên là do chuyển vị cưỡng bức, gây ra bởi sự cố kết của đất nền. Bằng việc sử dụng phần mềm Atena, nhóm nghiên cứu đã tiến hành phân tích số kết cấu mố cầu dưới tác động của các tải trọng khai thác và chuyển vị cưỡng bức nhằm khẳng định cho nhận định này.

2. KHẢO SÁT VẾT NỨT BÊ TÔNG TRÊN TƯỜNG THÂN MỐ CẦU VÀ PHÂN TÍCH ĐỊNH TÍNH NGUYÊN NHÂN GÂY NỨT

2.1. Kết quả khảo sát, quan trắc vết nứt bê tông trên tường thân mố cầu

Công trình mố cầu được thi công vào năm 2014, đưa vào sử dụng năm 2016. Vào giữa năm 2018, kết cấu mố đã được khảo sát và phát hiện các vết nứt ở trên tường thân thuộc đơn nguyên trái tuyến mố A2. Sau đó, hiện trạng các mố cầu vẫn tiếp tục được quan trắc trong hai năm, cụ thể như sau:

- Ngày 05/01/2019: Tiến hành đo vẽ vết nứt móng cầu lần 1.
 - Ngày 04/10/2019: Tiến hành đo vẽ vết nứt móng cầu lần 2.
 - Ngày 07/02/2020: Tiến hành đo vẽ vết nứt móng cầu lần 3.
 - Ngày 27/5/2020: Tiến hành đo vẽ vết nứt móng cầu lần 4.
 - Tháng 8/2020: Tiến hành đào đất đắp trước móng và khoan rút lõi khảo sát chiều sâu vết nứt.
- Hiện trạng phát triển của các vết nứt qua các lần khảo sát được thể hiện như Hình 2.1.

Trái tuyến

Phải tuyến

Mặt trước
tường đỉnh

Gối cầu

Mặt trên
tường thân

Mặt trước
tường thân

Phân đất đắp

Hình 2.1: Hiện trạng vết nứt đơn nguyên trái tuyến móng A2

- Kết quả khảo sát ngày 05/01/2019
- Kết quả khảo sát ngày 04/10/2019
- Kết quả khảo sát ngày 07/02/2020
- Kết quả khảo sát ngày 27/5/2020

Sự phát triển chiều dài của các vết nứt được thể hiện trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Sự phát triển chiều dài vết nứt trong quá trình quan trắc

Số hiệu vết nứt	Độ tăng thêm của chiều dài vết nứt phát lộ theo thời điểm khảo sát (m)						
	05/01/19	04/10/19	Chênh lệch giữa 05/01/19 với 04/10/19	07/02/20	Chênh lệch giữa 04/10/19 với 07/02/20	27/05/20	Chênh lệch giữa 07/02/20 với 27/5/20
L6	1,75	2,09	0,33	2,19	0,10	2,307	0,12
L7	1,84	1,88	0,05	2,22	0,33	2,265	0,05
L8	5,53	5,53	0,00	5,53	0,00	5,53	0,00
L9	2,36	2,48	0,13	2,59	0,11	2,69	0,10
L11	2,28	2,28	0,00	2,28	0,00	2,28	0,00
L12	2,26	2,26	0,00	2,26	0,00	2,26	0,00
L13	2,34	2,34	0,00	2,34	0,00	2,34	0,00
L15	-	1,30	1,30	1,65	0,36	1,97	0,32
L16	-	1,41	1,41	1,41	0,00	1,76	0,35
L17	-	-	-	1,10	1,10	2,40	1,30
L18	-	-	-	2,65	2,65	2,65	0,00
L19	-	-	-	1,00	1,00	1,06	0,06
L20	-	-	-	0,25	0,25	0,25	0,00
L21	-	-	-	0,42	0,42	0,42	0,00
L22	-	-	-	0,64	0,64	0,74	0,10

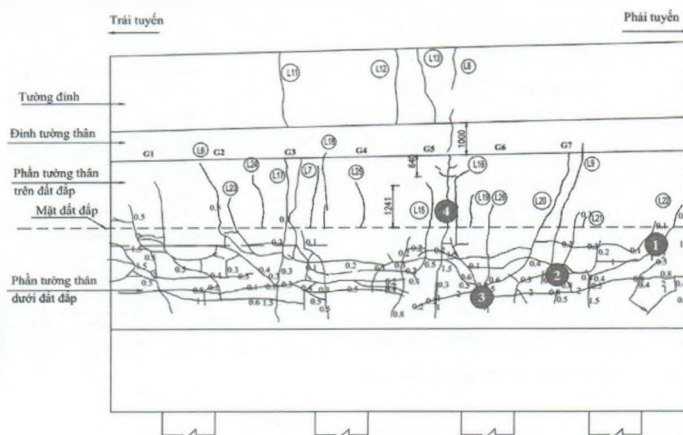
Số hiệu vết nứt	Độ tăng thêm của chiều dài vết nứt phát lộ theo thời điểm khảo sát (m)						
	05/01/19	04/10/19	Chênh lệch giữa 05/01/19 với 04/10/19	07/02/20	Chênh lệch giữa 04/10/19 với 07/02/20	27/05/20	Chênh lệch giữa 07/02/20 với 27/5/20
L23	-	-	-	-	-	0,94	0,94
L24	-	-	-	-	-	1,65	1,65
L25	-	-	-	-	-	0,84	0,84
L26	-	-	-	-	-	1,40	1,40

Sự phát triển bề rộng của các vết nứt được thể hiện trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Sự phát triển độ mở rộng vết nứt trong quá trình quan trắc

Số hiệu vết nứt	Độ tăng thêm của bề rộng vết nứt lớn nhất theo thời điểm khảo sát (mm)						
	05/01/19	04/10/19	Chênh lệch giữa 05/01/19 với 04/10/19	07/02/20	Chênh lệch giữa 04/10/19 với 07/02/20	27/05/20	Chênh lệch giữa 07/02/20 với 27/5/20
L6	0,15	0,30	0,15	0,37	0,07	0,45	0,08
L7	0,15	0,25	0,10	0,30	0,05	0,35	0,05
L8	0,80	1,10	0,30	1,25	0,15	1,40	0,15
L9	0,15	0,35	0,20	0,43	0,08	0,50	0,07
L11	0,40	0,45	0,05	0,47	0,02	0,50	0,03
L12	0,30	0,30	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00
L13	0,40	0,45	0,05	0,47	0,02	0,50	0,03
L15	-	0,30	0,30	0,40	0,10	0,40	0,00
L16	-	0,10	0,10	0,15	0,05	0,20	0,05
L17	-	-	-	0,10	0,10	0,15	0,05
L18	-	-	-	0,40	0,40	0,60	0,20
L19	-	-	-	0,20	0,20	0,25	0,05
L20	-	-	-	0,10	0,10	0,15	0,05
L21	-	-	-	0,18	0,18	0,20	0,02
L22	-	-	-	0,40	0,40	0,45	0,05
L23	-	-	-	-	-	0,15	0,15
L24	-	-	-	-	-	0,20	0,20
L25	-	-	-	-	-	0,2	0,15
L26	-	-	-	-	-	0,10	0,10





Tháng 8/2020 đã tiến hành đào phần đất đắp trước móng thuộc đơn nguyên trái tuyến móng A2. Sau khi phát lộ, phần tường thân phía dưới đất đắp xuất hiện hệ thống vết nứt dạng lưới (Hình 2.2). Ngoài ra, đội khảo sát đã tiến hành khoan rút lõi để khảo sát chiều sâu vết nứt. Vị trí các lỗ khoan được thể hiện trong Hình 2.2.



Hình 2.2: Hiện trạng vết nứt phần tường thân sau khi đào đất đắp trước móng và vị trí các lỗ khoan

Kết quả khoan rút lõi được thể hiện trong Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Các mẫu khoan khảo sát chiều sâu vết nứt

Mẫu	Hình ảnh	Chiều sâu vết nứt
Mẫu 1		15 cm
Mẫu 2		15 cm
Mẫu 3		30 cm
Mẫu 4		21 cm

Qua kết quả khảo sát và quan trắc vết nứt trong hai năm, có thể rút ra các đặc trưng của hệ thống vết nứt bao gồm:

- Các vết nứt không xuất hiện ở giai đoạn thi công, cũng như giai đoạn đầu khai thác, mà sau 2 năm đưa vào khai thác thì mới phát hiện ra các vết nứt.
- Trong suốt 2 năm quan trắc, các vết nứt không ngừng phát triển cả về số lượng, chiều dài, độ mở rộng, trong đó các vết nứt thẳng đứng có xu hướng phát triển dần từ dưới lên trên.
- Có hai hệ thống vết nứt chính:
 - + Hệ thống các vết nứt có phương thẳng đứng tập trung chủ yếu ở vị trí tương ứng với hai hàng cọc phía trong.
 - + Hệ thống các vết nứt có phương nằm ngang chỉ phân bố ở nửa dưới của tường phân.
- Qua 4 lỗ khoan thăm dò thì các vết nứt có chiều sâu từ 15 - 30 cm.

2.2. Phân tích định tính xác định nguyên nhân gây nứt

Dưới đây là các phân tích, đánh giá định tính để loại trừ và xác định các yếu tố tác động có khả năng là nguyên nhân chính gây ra và duy trì sự phát triển vết nứt của công trình:

Nhóm các nguyên nhân gây nứt bê tông trong giai đoạn thi công (nhiệt thủy hóa, có ngót, sa lắng...): Các vết nứt chỉ xuất hiện sau 2 năm khai thác, do đó đây không phải là nguyên nhân chính gây nứt móng cầu.

Các tải trọng khai thác (gồm áp lực đất, tĩnh tải, hoạt tải...): [5]: Có thể góp phần vào sự hình thành phát sinh và phát triển của vết nứt, tuy nhiên khó có thể là nguyên nhân chính, vì khi công trình được đưa vào khai thác thì chưa phát hiện vết nứt.

Sự xâm thực của môi trường (rỉ cốt thép, phản ứng kiềm - cốt liệu...): Có thể loại bỏ nhóm nguyên nhân này, bởi vì không phát hiện thấy bê tông bị om vỡ, chiều sâu các vết nứt khi khoan khảo sát từ 15 - 30 cm lớn hơn chiều lớp bê tông bảo vệ là 10 cm, hơn nữa công trình mới xây dựng được 4 năm thì đã xuất hiện các vết nứt.

Hiện tượng môi: Khó có thể là nguyên nhân, do các vết nứt không xuất hiện tại vị trí chịu tải trọng trùng phục là phía dưới các đá kê gối.

Chuyển vị cưỡng bức: Công trình thuộc địa phận TP. Hải Phòng và gần cửa sông nên đất nền của công trình là đất

phù sa trẻ [6]. Theo hồ sơ khảo sát địa chất thì trong chiều sâu 30 m trên cùng thì đất nền có chỉ số SPT chủ yếu từ 2 đến 5. Mặt khác, theo phương dọc cầu hệ móng chỉ có hai hàng cọc, đã làm giảm tính ổn định theo phương dọc cầu của hệ thống cọc [7]. Trong khi đó, chiều cao phần đất của đường đầu cầu sau móng lên đến 7,5 m là khá lớn. Dù rằng theo thiết kế đã có việc xử lý nền đất yếu với chiều sâu 20 m, tuy nhiên theo đánh giá của nhóm nghiên cứu thì ảnh hưởng của hiện tượng cổ kết không đồng đều của nền đất có thể gây ra các chuyển vị cưỡng bức khác nhau cho các bộ phận kết cấu, từ đó làm phát sinh thêm các ứng suất và biến dạng tác động lên kết cấu [8]. Tác động này sẽ duy trì và tích lũy dần trong thời gian dài. Vì vậy, khi kết cấu vừa đưa vào khai thác có thể tác động chưa đủ lớn để làm phát sinh các vết nứt. Sau một thời gian khi các chuyển vị cưỡng bức đủ lớn có thể khiến cho các vết nứt xuất hiện và phát triển theo thời gian.

Từ các phân tích trên, nhóm nghiên cứu đưa ra nhận định chuyển vị cưỡng bức do hiện tượng cổ kết của đất nền quanh công trình kết hợp với tác động của các tải trọng khai thác là nguyên nhân chính làm phát sinh và phát triển các vết nứt trên tường thân móng A2 đơn nguyên trái tuyến của cầu A thuộc địa phận TP. Hải Phòng.

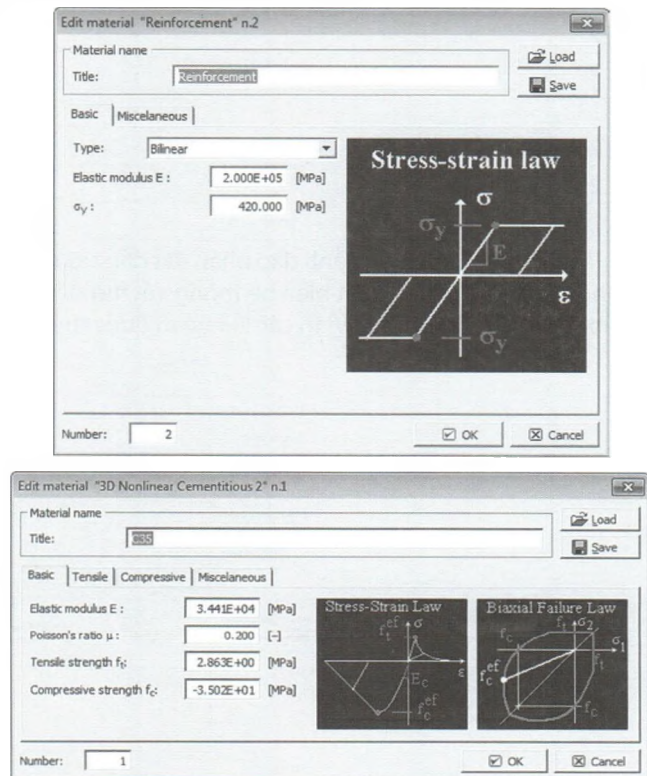
Dưới đây là các kết quả phân tích số bằng phần mềm Atena nhằm kiểm chứng và củng cố cho nhận định trên.

3. PHÂN TÍCH SỐ

3.1. Thông số vật liệu

Các thông số vật liệu, cấu tạo hình học của kết cấu được lấy theo hồ sơ hoàn công của công trình.

Các đặc trưng cơ học và mô hình vật liệu của cốt thép, bê tông [9] móng cầu được thể hiện như Hình 3.1.



Hình 3.1: Đặc trưng cơ học của cốt thép, bê tông

3.2. Mô hình hóa điều kiện liên kết

Các cọc sẽ được mô hình thành các liên kết gối chống chuyển vị theo ba phương.

3.3. Mô hình hóa các tải trọng

Các tải trọng do kết cấu phần trên truyền xuống, áp lực đất do đất đắp, áp lực đất do hoạt tải, lực ma sát của đất đắp sẽ được mô hình thành các tải trọng phân bố trên bề mặt.

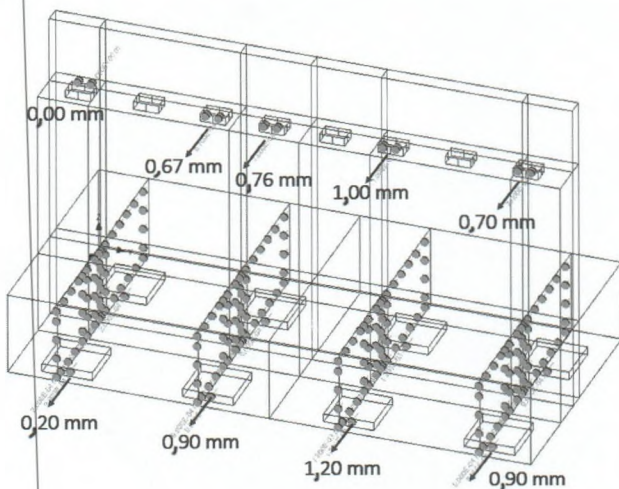
Về chuyển vị cưỡng bức, dựa vào hiện trạng các vết nứt và đặc điểm chịu lực của kết cấu tường thân móng cầu [10], nhóm nghiên cứu tiến hành đưa ra các giả định chuyển vị cưỡng bức khả dĩ như sau:

- Chuyển vị ngang theo phương dọc cầu của hai hàng cọc giữa lớn hơn hai hàng cọc ngoài, từ đó dẫn đến việc tường thân móng bị uốn trong mặt phẳng nằm ngang với phần chịu kéo là ở mặt trước tường thân và làm phát sinh hệ thống các vết nứt thẳng đứng xuất hiện tập trung tương ứng với vị trí hai hàng cọc giữa với bề rộng tương đối đồng đều từ trên xuống dưới.

- Chuyển vị ngang theo phương dọc cầu của phần bê móng là lớn hơn phần gối cầu ở trên (do bị ràng buộc bởi kết cấu nhịp), từ đó làm cho tường thân làm việc như một công-xon bị ngàm vào bê cọc và uốn ra phía sau móng và làm phát sinh hệ thống vết nứt nằm ngang tập trung ở nửa dưới của tường thân.

- Không xét đến chuyển vị lún, bởi vì hệ thống cọc khoan nhồi là cọc chống, mặt khác nếu tường thân bị uốn trọng mặt phẳng thẳng đứng thì các vết nứt sẽ xuyên hết qua chiều dày tường thân móng, điều này không phù hợp với kết quả khoan rút lõi khi chiều sâu của các vết nứt chỉ trong khoảng 15 - 30 cm.

Chuyển vị cưỡng bức được chia thành các bước tải trọng nhỏ và phân tích phi tuyến cộng dồn tăng dần các bước tải. Các giả định chuyển vị được sàng lọc sao cho kết quả phân tích nứt của mô hình tương đối phù hợp với tiến trình phát triển và hiện trạng các vết nứt trên công trình trong thời gian quan trắc. Qua quá trình phân tích, nhóm nghiên cứu nhận thấy giả định phù hợp được thể hiện ở Hình 3.2.

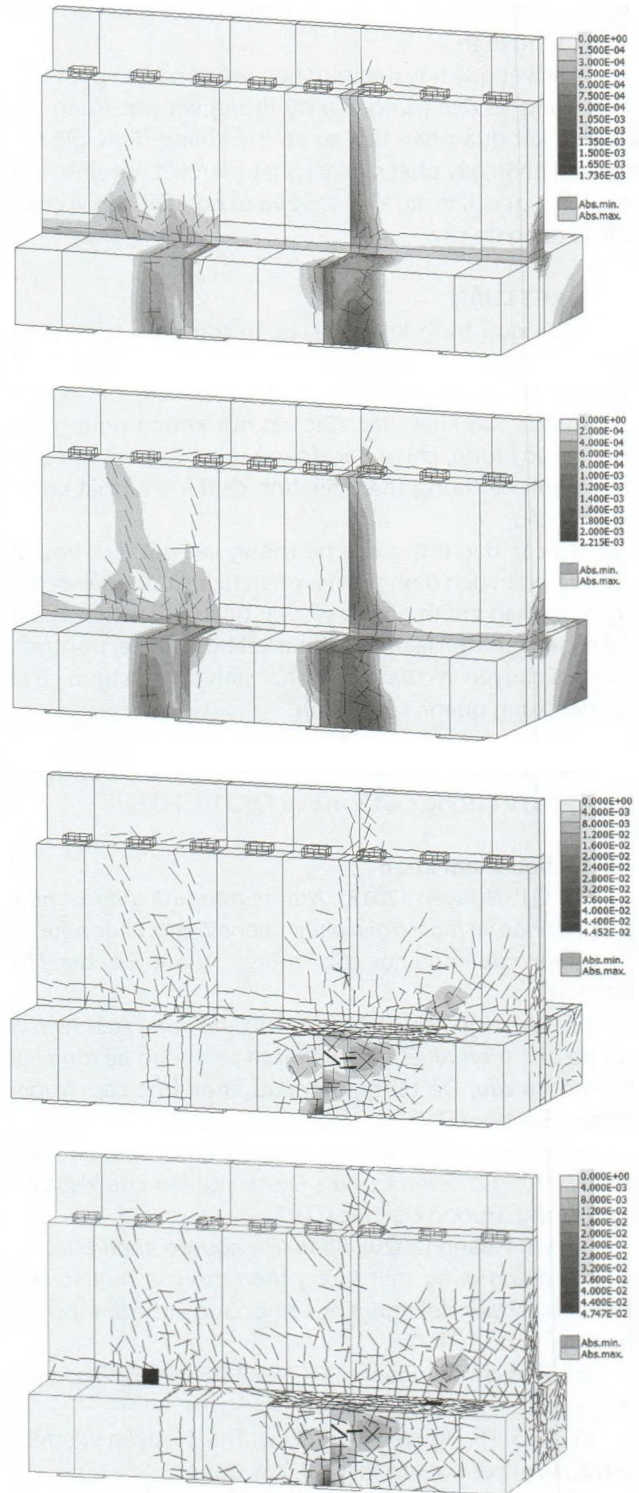


Hình 3.2: Các thành phần chuyển vị cưỡng bức giả định trong một bước tải

3.4. Kết quả phân tích

Kết quả phân tích nứt dưới tác dụng của các tải trọng

khai thác và các bước tải trọng chuyển vị cưỡng bức được thể hiện ở Hình 3.3.



Hình 3.3: Hình ảnh vết nứt theo mô hình số

Như vậy, theo mô hình số ta rút ra một số nhận xét sau:

- Theo tiến trình tăng lên của các bước tải trọng chuyển vị cưỡng bức, các vết nứt tăng dần về số lượng, chiều dài, độ mở rộng, các vết nứt thẳng đứng phát triển dần từ dưới lên trên.

- Các vết nứt xuất hiện trên tường thân móng với hai hệ

thống chính: hệ thống thứ nhất là các vết nứt thẳng đứng, phân bố tập trung ở vị trí tương ứng với hai hàng cọc giữa; hệ thống thứ hai là các vết nứt nằm ngang, phân bố ở nửa dưới tường thân.

Các kết quả này đều phù hợp với tiến trình phát triển, hiện trạng và đặc trưng của hệ thống vết nứt trong thực tế. Qua kết quả phân tích số có thể khẳng định, giả thiết nguyên nhân gây phát sinh và phát triển vết nứt sinh ra bởi tác động của tải trọng khai thác và tổ hợp chuyển vị cưỡng bức là đáng tin cậy.

4. KẾT LUẬN

Qua quá trình khảo sát, quan trắc trên tường thân thuộc đơn nguyên trái tuyến mố A2 của công trình cầu A thuộc TP. Hải Phòng đã xuất hiện hệ thống vết nứt sau 2 năm đưa vào khai thác. Các vết nứt không ngừng phát triển về số lượng, chiều dài, độ mở rộng. Các vết nứt phân bố có tính hệ thống theo đặc tính chịu lực về mặt cơ học của kết cấu.

Từ các đặc trưng của hệ thống vết nứt, kết hợp với kết quả phân tích định tính và phân tích số, có thể kết luận nguyên nhân chính gây ra và duy trì sự phát triển của hệ thống vết nứt trên là do tác động kết hợp của tải trọng khai thác với chuyển vị cưỡng bức phát sinh do quá trình cố kết đất nền xung quanh công trình.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2021-CT-022.

Tài liệu tham khảo

[1]. Q.P. Nguyễn (2018), *Nứt nẻ trong bê tông xi măng, nguyên nhân và một số giải pháp phòng tránh, khắc phục*, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường, Trường Đại học Mở - Địa chất.

[2]. V.M. Ngô (2016), *Nghiên cứu khả năng xuất hiện vết nứt do quá trình nhiệt thủy hóa trong thi công bê tông khối lớn mố trụ cầu*, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường, Trường Đại học GTVT.

[3]. A.T. Đỗ (2016), *Mô phỏng số quá trình phát sinh nhiệt trong bê tông khối lớn trụ cầu*, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường, Trường Đại học GTVT.

[4]. V.T. Hoàng (2020), *Phân tích nguyên nhân phát sinh vết nứt thẳng đứng trên tường thân mố của một số công trình cầu*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ lần thứ XXII, Trường Đại học GTVT.

[5]. Tiêu chuẩn ngành 22TCN272-05 (2005), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu*.

[6]. PGS. TS. Nguyễn Hồng Đức, ThS. Nguyễn Viết Minh (2015), *Địa chất công trình*, NXB. Xây dựng.

[7]. GS. TS. Bùi Anh Định, PGS. TS. Nguyễn Sỹ Ngọc (2005), *Nền và móng công trình cầu*, NXB. Xây dựng.

[8]. PGS. TS. Nguyễn Minh Nghĩa, ThS. Dương Minh Thu (2006), *Mố trụ cầu*, NXB. GTVT, Hà Nội.

[9]. T.T. Trần, X.H. Nguyễn (2011), *Phá hủy rạn nứt bê tông cơ học và ứng dụng*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[10]. Đ.L. Vũ, X.L. Nguyễn, Đ.N. Bùi (2018), *Sức bền vật liệu*, tập 1, NXB. GTVT, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 17/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2022

Người phản biện: TS. Nguyễn Đăng Hanh

TS. Trịnh Minh Hải