

NGHIÊN CỨU SỰ LAN TRUYỀN NÚT TRONG DẦM BÊ TÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

NGUYỄN VĂN MẠNH

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: nguyenvanmanh@khoaxaydung.edu.vn

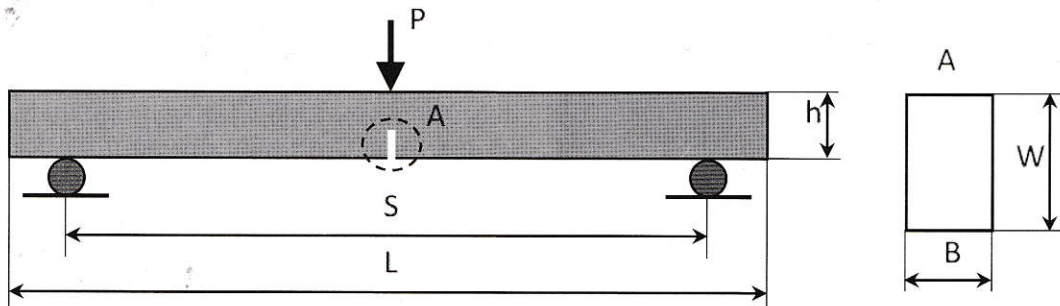
Hiện nay ở nước ta, việc sử dụng các mô hình để phân tích, đánh giá sự phá hoại các bộ phận kết cấu công trình đã và đang được áp dụng trong tính toán thiết kế nhằm nâng cao độ chính xác, độ tin cậy khi tính toán tuổi thọ của công trình. Lý thuyết cơ học phá hủy bê tông đã được áp dụng ở nước ta để phân tích sự phá hoại của các bộ phận kết cấu như dầm, vỏ hầm hay tường chắn bê tông do sự xuất hiện và lan truyền các khe nứt [1], [2]. Tuy nhiên, khi áp dụng phương pháp này để đánh giá sự làm việc của kết cấu bê tông đòi hỏi phải tiến hành rất nhiều thí nghiệm để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu, đặc biệt là các đặc trưng nứt cơ bản của vật liệu bê tông, để làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế và dự đoán sự phá hoại. Các đặc trưng nứt của một số loại bê tông thường dùng trong xây dựng ở Việt Nam đã được xác định thông qua thí nghiệm [2], [3]. Đây là các thông số rất hữu ích trong việc tính toán dự báo sự phát triển của các khe nứt trong kết cấu công trình bằng bê tông và bê tông cốt thép.

Trên thế giới có rất nhiều mô hình đã được đề xuất và áp dụng để dự báo, phân tích sự phát triển của khe nứt trong kết cấu bê tông [4], [5], [6]. Đa số các mô hình này đều tính toán sự phát triển nứt dựa trên hệ số tập trung ứng suất K . Khi ứng suất sinh ra trong vật liệu do ngoại lực tác động vượt quá giá trị hệ số tập trung ứng suất thì nứt bắt đầu

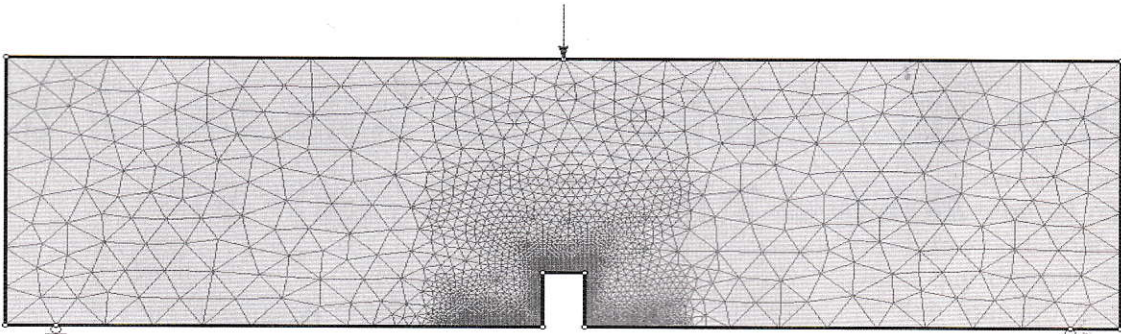
lan truyền trong vật liệu. Việc tính toán sự lan truyền nứt bằng các phương pháp giải tích này tương đối phức tạp và cần nhiều các thông số cơ học của vật liệu. Với sự phát triển mạnh của các phần mềm tính toán hiện nay, việc áp dụng phần mềm để mô hình hóa và tính toán sự lan truyền nứt trong dầm bê tông có vết nứt mỗi chịu tác động của tải trọng nhằm có các giải pháp phù hợp để gia cố, sửa chữa đảm bảo cho kết cấu làm việc trong giới hạn an toàn cho phép là rất cần thiết. Bài báo trình bày phương pháp xây dựng mô hình tính toán sự lan truyền nứt trong dầm bê tông có vết nứt mỗi bằng phần mềm Phase2 [7].

1. Xây dựng mô hình tính bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Mô hình mô phỏng sự lan truyền nứt trong dầm bê tông có vết nứt mỗi được xây dựng bằng phần mềm Phase2 - dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn. Giả thiết dầm bê tông có chiều dài L (m), chiều cao h (m), khoảng cách giữa 2 gối tựa của dầm là S (m). Dầm bê tông được tạo sẵn vết nứt mỗi ở giữa dầm có chiều rộng B (mm), chiều cao W (mm) như trên hình H.1. Mô hình uốn dầm bê tông có vết nứt mỗi như trên hình H.1 được xây dựng bằng chương trình Phase2 như trên hình H.2. Phần tử lưới tam giác quanh khu vực vết nứt mỗi được chia nhỏ hơn để nghiên cứu sự lan truyền nứt trong dầm.



H.1. Sơ đồ uốn dầm bê tông có vết nứt mỗi

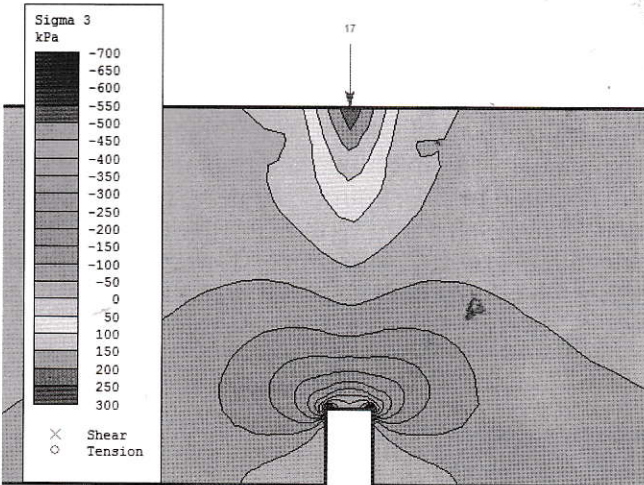


H.2. Mô hình uốn dầm bê tông có vết nứt môi bằng phần mềm Phase2

Mô hình cơ học của vật liệu bê tông là mô hình đàn hồi - dẻo, tuân theo quy luật Mohr-Coulomb. Tải trọng tác động là tải trọng tập trung tại giữa dầm như trên hình H.2.

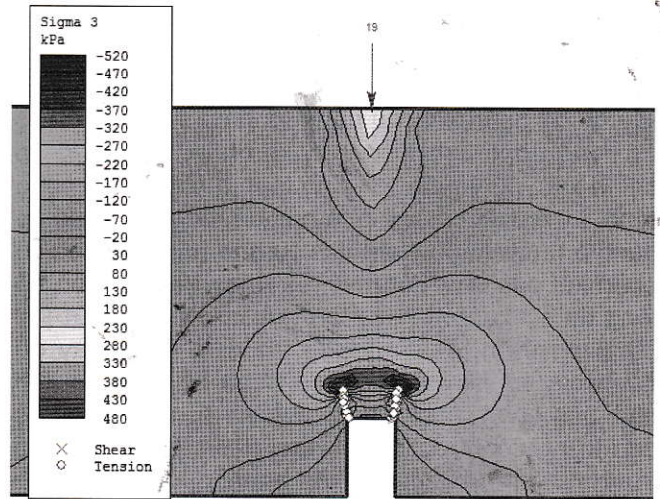
2. Nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông

Để nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng tác dụng đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi, tiến hành tính toán cho mô hình dầm bê tông có các thông số như sau: chiều dài dầm $L=1,32$ m; chiều cao dầm $h=0,4$ m; khoảng cách giữa 2 gối tựa của dầm $S=1,2$ m; chiều rộng vết nứt môi $B=50$ mm; chiều cao vết nứt môi $W=80$ mm; tải trọng tác dụng P thay đổi lần lượt là 17, 19 và 21 kN. Vật liệu chế tạo dầm là bê tông có cấp độ bền B20. Kết quả tính toán sự phát triển nứt khi tải trọng tác động thay đổi từ 17, 19 và 21 kN được thể hiện lần lượt trên các hình H.3, H.4 và H.5.

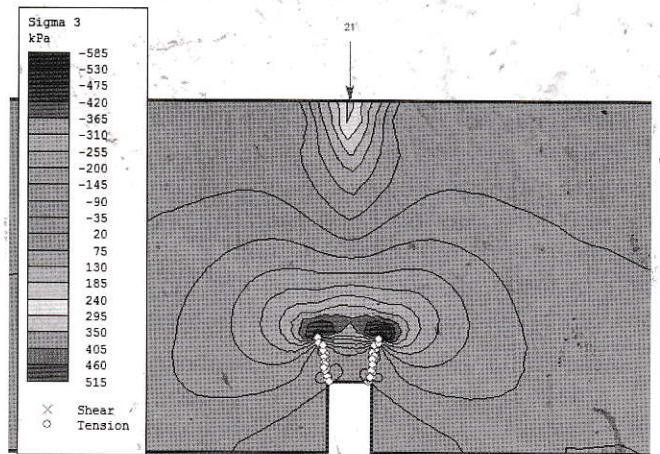


H.3. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi khi tải trọng $P=17$ kN

Từ hình H.3 đến hình H.5 có thể dễ dàng nhận thấy khi tải trọng tác dụng tăng lên thì sự phát triển nứt cũng tăng lên.

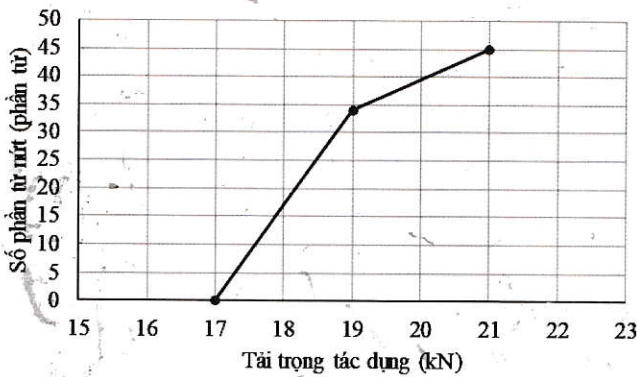


H.4. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi khi tải trọng $P=19$ kN



H.5. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi khi tải trọng $P=21$ kN

Với bê tông có cấp độ bền B20 dưới tác dụng của tải trọng là 17kN thì chưa có vết nứt xuất hiện, ứng suất kéo lớn nhất xuất hiện ở mép góc của vết nứt môi có giá trị khoảng -500 kPa như quan sát thấy trên hình H.3.



H.6. Sự thay đổi số phần tử nứt theo tải trọng tác dụng

Khi tăng tải trọng lên 19 kN thì bắt đầu xuất hiện vết nứt ở góc của vết nứt môi như trên hình H.4. Đây chính là các vị trí có sự tập trung ứng suất cao nên sự phát triển nứt bắt đầu từ các vị trí này. Tổng số phần tử bị nứt trong trường hợp này là 34 phần tử.

Khi tải trọng tác dụng tăng lên 21 kN, sự phát triển của vết nứt từ vết nứt môi tăng lên rõ rệt như trên hình H.5, số phần tử nứt do nứt tăng từ 34 lên 45 phần tử.

Kết quả sự thay đổi số phần tử nứt theo tải trọng tác dụng thể hiện trên hình H.6. Như vậy, dựa vào mô hình kết cấu dầm bắt đầu bị phá hủy, có thể xác định được giá trị tải trọng bắt đầu xuất hiện vết nứt từ vết nứt môi.

Từ đó có thể xác định được giới hạn bền của vật liệu, hay nói cách khác có thể xác định được hệ số tập trung ứng suất.

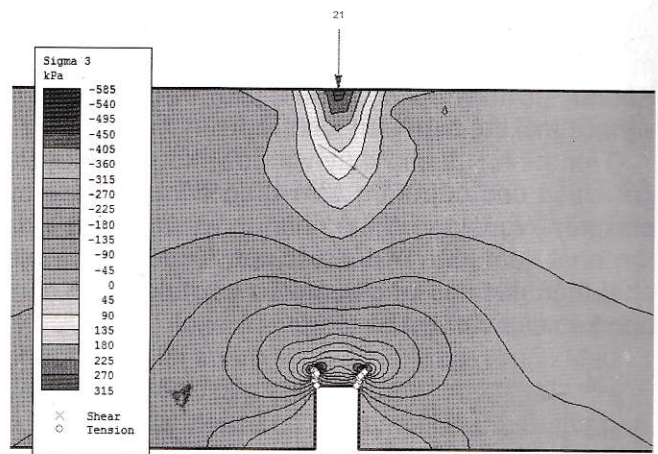
3. Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều cao vết nứt môi đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông

Để nghiên cứu ảnh hưởng chiều cao ban đầu của vết nứt môi đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông, chúng ta giả thiết chiều rộng vết nứt môi là 50 mm còn chiều cao thay đổi lần lượt là 70, 80 và 90 mm; dưới tác dụng của tải trọng $P=21$ kN. Vật liệu chế tạo dầm là bê tông có cấp độ bền B20.

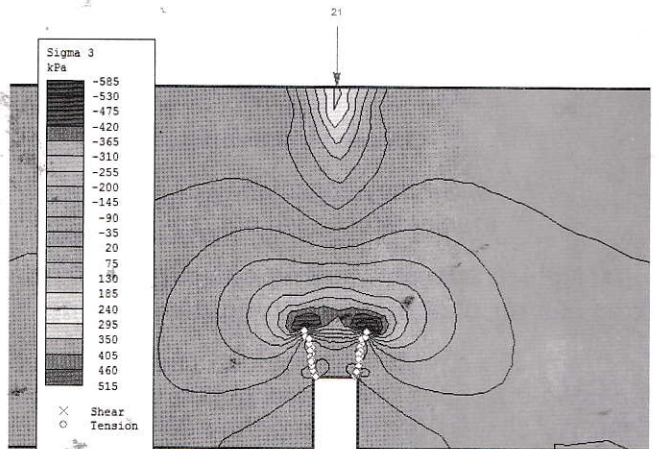
Kết quả tính toán sự phát triển nứt khi chiều cao vết nứt môi thay đổi từ 70 lên 80 và 90 mm sẽ được thể hiện lần lượt trên các hình H.7, H.8 và H.9.

Quan sát trên hình H.7 đến hình H.9, có thể dễ dàng nhận thấy khi thay đổi kích thước chiều cao vết nứt môi trong dầm bê tông từ 70 mm lên 80 mm và 90 mm thì sự phát triển của vết nứt có sự thay đổi rất lớn.

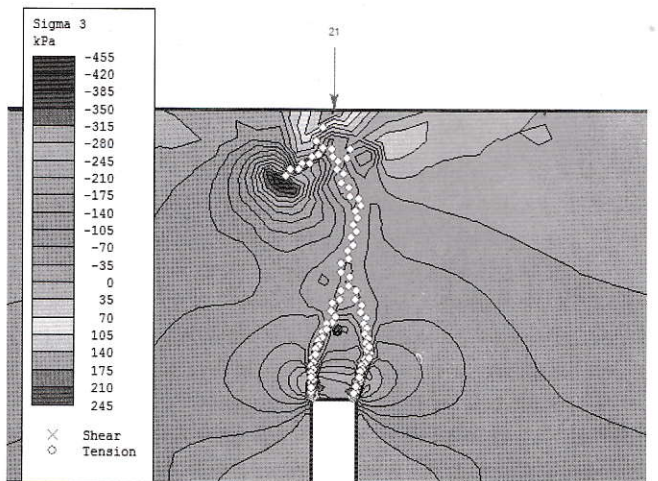
Khi chiều cao vết nứt môi là 70 mm thì chỉ có 27 phần tử bị nứt. Trong khi đó nếu tăng chiều cao vết nứt môi từ 70 mm lên 80 mm thì số phần tử nứt tăng từ 27 lên 45.



H.7. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi có $B \times W = 50 \times 70$ mm



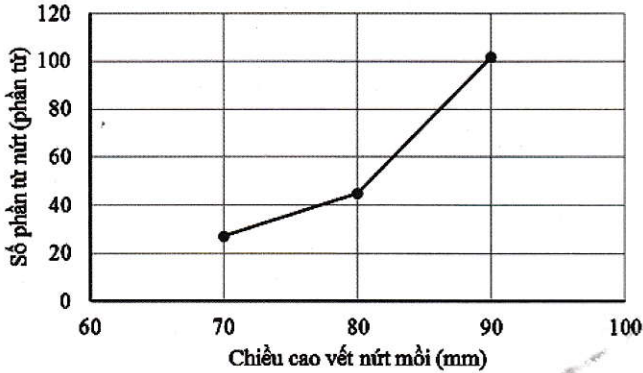
H.8. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi có $B \times W = 50 \times 80$ mm



H.9. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi có $B \times W = 50 \times 90$ mm

Nếu tiếp tục tăng chiều cao vết nứt mỗi lên 90 mm thì số phần tử nứt tiếp tục tăng lên thành 102. Kết quả sự thay đổi số phần tử nứt theo chiều cao vết nứt mỗi thể hiện trên hình H.10.

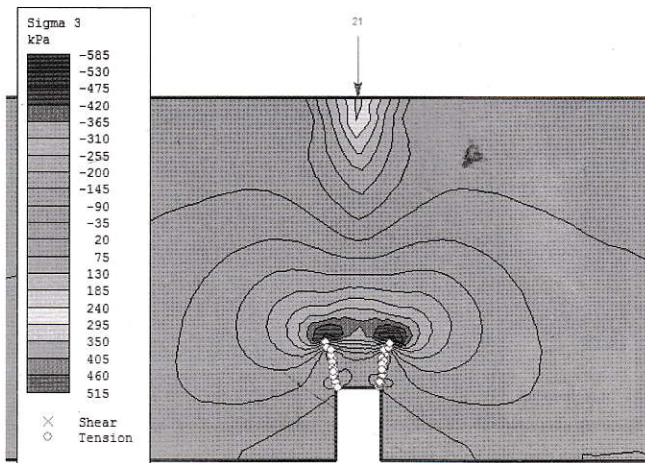
Trên hình H.9 cho thấy vết nứt phát triển xuyên hết chiều cao của dầm và khi đó dầm coi như bị phá hủy. Ngoài ra có thể nhận thấy, ứng suất kéo lớn nhất xuất hiện ở đầu vết nứt, từ đó gây ra sự phát triển nứt nếu ứng suất kéo vượt quá giới hạn bền kéo của vật liệu bê tông.



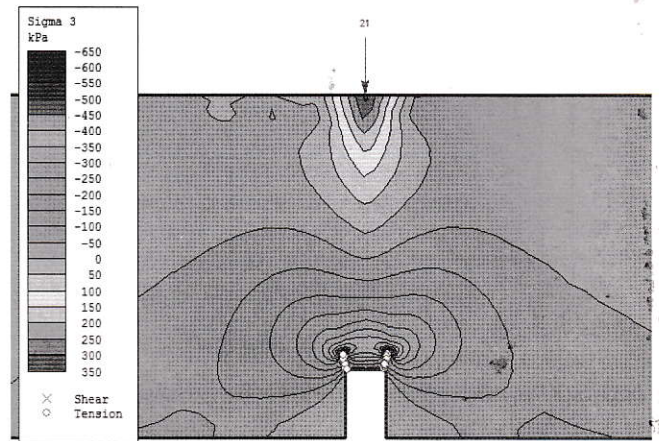
H.10. Sự thay đổi số phần tử nứt theo chiều cao vết nứt mỗi

4. Nghiên cứu ảnh hưởng của cấp độ bền bê tông đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông

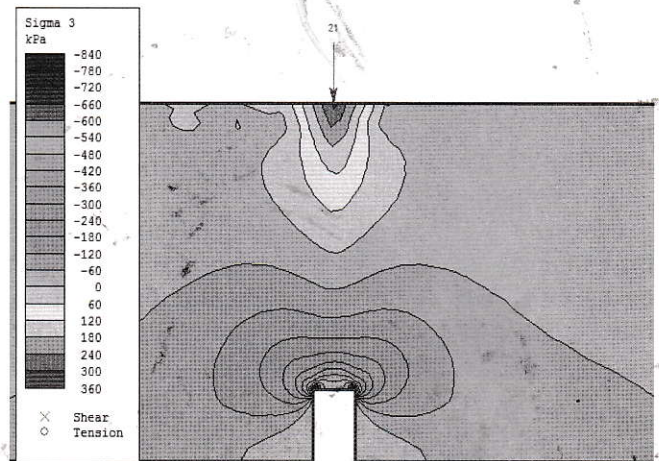
Để nghiên cứu ảnh hưởng của cấp độ bền bê tông đến sự phát triển nứt trong dầm bê tông, giả thiết cấp độ bền của bê tông thay đổi lần lượt là B20, B25 và B30 dưới tác dụng của tải trọng P=21 kN. Vết nứt mỗi ban đầu có kích thước BxW=50x80 (mm). Kết quả mô phỏng sự phát triển nứt khi thay đổi cấp độ bền bê tông được thể hiện trên các hình H.11 đến hình H.13.



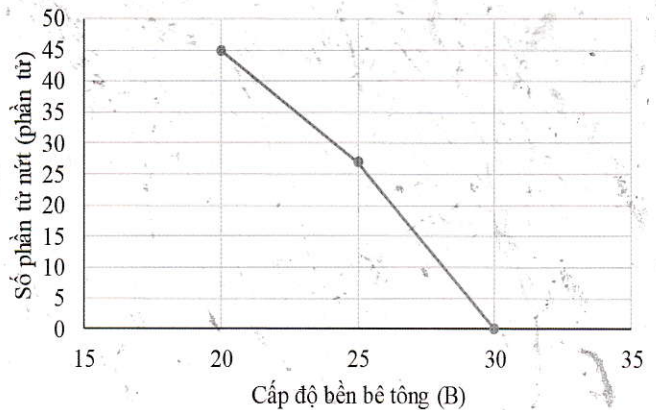
H.11. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông B20



H.12. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông B25



H.13. Thành phần ứng suất chính σ_3 và sự phát triển nứt trong dầm bê tông B30



H.14. Sự thay đổi số phần tử nứt theo cấp độ bền của bê tông

Quan sát trên các hình H.11 đến H.14 cho thấy, khi cấp độ bền của bê tông tăng lên thì số phần tử nứt bị giảm đáng kể: giảm từ 45 xuống 27 và 0 tương ứng với cấp độ bền bê tông tăng từ B20 lên B25 và B30. Nguyên nhân của sự

giảm số phần tử nứt khi tăng cấp độ bền bê tông là bởi vì khi cấp độ bền bê tông tăng, đồng nghĩa với giá trị độ bền kéo và mô đun đàn hồi của bê tông tăng lên. Cụ thể khi tăng cấp độ bền của bê tông từ B20 lên B25 và B30 thì giá trị mô đun đàn hồi và độ bền kéo của bê tông tăng tương ứng lần lượt là: $E_{20}=27$ GPa, $\tau_{20}=0,9$ MPa; $E_{25}=30$ GPa, $\tau_{25}=1,05$ MPa; $E_{30}=32,5$ GPa, $\tau_{30}=1,2$ MPa [8]. Như vậy, để giảm nứt thì có thể tăng cấp độ bền của bê tông.

5. Kết luận và kiến nghị

Mô hình mô phỏng sự phát triển nứt trong dầm bê tông có vết nứt môi đã được xây dựng bằng phần mềm Phase2. Kết quả cho thấy sự lan truyền nứt phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như cấp độ bền của bê tông, cấp tải trọng tác dụng, kích thước vết nứt môi ban đầu,... Khi ứng suất trong vật liệu do tải trọng tác dụng sinh ra vượt quá giới hạn bền của bê tông sẽ làm cho vật liệu bị nứt. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các vết nứt trong bê tông chủ yếu do ứng suất kéo lớn hơn độ bền kéo của bê tông.

Điều này là hoàn toàn phù hợp vì khả năng chịu kéo của vật liệu bê tông nhỏ hơn rất nhiều so với khả năng chịu nén. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở để xác định được trước những nguy cơ phá hủy các kết cấu bê tông có vết nứt môi, khiến các kết cấu không thể làm việc được bình thường.

Từ đó ta có thể đưa ra các giải pháp cụ thể, chọn chiều cao, kích thước, loại bê tông hợp lý, để đảm bảo được cho các kết cấu có thể làm việc một cách bình thường đúng công dụng.

Nội dung bài báo mới chỉ nghiên cứu sự phát triển nứt trong dầm bê tông. Tuy nhiên, trong thực tế, các kết cấu công trình xây dựng thường là kết cấu bê tông cốt thép. Vì vậy, cần có những nghiên cứu tiếp theo cho kết cấu là vật liệu tổ hợp bê tông cốt thép để phù hợp với điều kiện làm việc thực tế.

Vì vậy, trên thực tế cần kết hợp nghiên cứu trên mô hình mô phỏng và thí nghiệm thực trên dầm bê tông cốt thép để kiểm chứng kết quả thì sẽ tăng sức thuyết phục của vấn đề nghiên cứu hơn nữa. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Thế Truyền, 2006. Nghiên cứu xây dựng bộ cơ sở dữ liệu về các đặc trưng nứt của các loại bê tông dùng trong xây dựng cầu. Báo cáo đề tài khoa học cấp Bộ, ĐH Giao thông Vận tải, Hà Nội.
2. Nguyễn Thanh Vũ, Bùi Công Thành, Hồ Hữu Chính, Trần Thế Truyền, 2014. Thí nghiệm và tính toán

các đặc trưng nứt của bê tông cường độ cao. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, (2), tr. 42-48.

3. Trần Thế Truyền, Nguyễn Xuân Huy, 2011. Phá hủy, rạn nứt bê tông - cơ học và ứng dụng, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

4. Bazant Z.P, Yavari A., 2005. Is the cause of size effect on structural strength fractal or energetic statistical, Eng. Fract. Mech., (72), pp.1-31.

5. Carpinteri A.P, Cornetti N, Pugno A.S, Taylor D., 2008. A finite fracture mechanics approach to structures with sharp V-notches, Eng. Fract. Mech., (75), pp.1736-1752.

6. Farhidzadeh A., Dehghan-Niri E., Salamone S., Luna B., and Whittake A., 2013. Monitoring crack propagation in reinforced concrete shear walls by acoustic emission. Journal. Struct. Eng., 139(12), pp.1567-1582.

7. Rocscience, 2016. Phase2 V.7.0 - Tutorials.

8. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Công, 2006. Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 16/06/2017

Ngày gửi phản biện: 16/7/2017

Ngày nhận phản biện: 12/11/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 05/01/2018

Từ khóa: phương pháp mô phỏng; dầm bê tông, vết nứt môi, lan truyền nứt; phần tử hữu hạn

SUMMARY

This article presents the simulation results of the crack growth in notched concrete beams under three point bending by finite element method (Phase2 software). The results show that crack propagation depends on many factors such as the strength of the concrete, the magnitude of loading, the size of the initial crack. Cracks in concrete beams is formed and propagation mainly due to the tensile stress when it is greater than tensile strength of concrete material. This is perfectly reasonable, because the tensile strength of concrete material is much smaller than the compressive strength.