

PHÁT HIỆN SỰ HƯ HỎNG TẠO CÁP DỰ ỨNG LỰC TRONG VÙNG NEO CÁP DỰA VÀO SỰ THAY ĐỔI BIẾN DẠNG

Phan Ngọc Tường Vy, Đinh Hoài Luân, Đặng Ngọc Lợi

* Nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Trường năm học 2020-2021

Khoa Kỹ thuật Hạ tầng Đô thị, Trường ĐHXD Miền Tây

1. GIỚI THIỆU SỰ CẦN THIẾT ĐỀ TÀI

1.1. Sự cần thiết

Lực neo cáp DUL giữ vai trò rất quan trọng trong kết cấu DUL và đây là đề tài được giới học giả rất quan tâm vì nó ảnh hưởng đến không chỉ sự an toàn của công trình hạ tầng mà còn trực tiếp ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế của một đất nước. Mặc dù có rất nhiều phương pháp để quan trắc sức khỏe của cáp DUL (hầu như ở ngoài nước), mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng và chỉ áp dụng cho một trường hợp cá biệt. Trong khi đó, ở Việt Nam, các nghiên cứu chỉ tập trung ở mức giới thiệu thiết bị đo và ứng dụng thiết bị để đo cho kết cấu cáp DUL ngoài. Cơ chế làm việc của vùng neo DUL dưới sự hư hỏng của cáp DUL và ứng xử của nó thì gần như rất ít nghiên cứu nào đề cập đến.

Ở Việt Nam, đặc biệt là ở vùng đồng bằng sông Cửu Long, hệ thống công trình cầu áp dụng công nghệ DUL đã và đang xây dựng rất rộng rãi từ nhịp giản đơn cho kết cấu cầu dây văng hay dây võng chủ yếu từ năm 2000 trở lại đây. Tuy nhiên hiện nay gần như chưa có nghiên cứu và kinh phí cho việc quan trắc sức khỏe công trình (theo nhóm tác giả) sau khi đã đưa vào thời gian sử dụng. Hơn nữa, việc tính toán thiết kế vùng neo của kết cấu DUL hầu như dựa vào kinh nghiệm của người thiết kế. Hơn nữa, ứng xử của vùng neo cáp phụ thuộc rất nhiều yếu tố, như loại neo cáp, số lượng cáp neo trong vùng neo, kích thước của khối bê tông chống đỡ cho vùng neo, cường độ và bố trí thép gia cường trong vùng neo. Do đó, trong đề tài này chúng tôi chỉ tập trung chủ yếu vào phân tích ứng xử vùng neo cáp (multi-strand anchorage) của cáp DUL căng sau dưới sự hư hỏng của tao cáp DUL.

1.2. Tính cấp bách

Ứng xử của vùng neo cáp DUL là cần thiết cho việc phân tích tính toán kết cấu. Sự thay đổi biến dạng có thể được sử dụng để chuẩn đoán và xác định vị trí tao cáp hư hỏng trong vùng neo cáp. Ngoài ra, đề tài này cung cấp một cách nhìn tổng quát về ứng xử của vùng neo cáp (không xét bê tông), các phương pháp quan trắc khác có thể sử dụng để chuẩn đoán sức khỏe cho cáp DUL nói riêng và kết cấu nói chung.

Cung cấp cho người học, nhà quản lý, kỹ sư thiết kế một cái nhìn tổng quan về ứng xử của vùng neo cáp dưới sự mất mát lực DUL.

1.3. Phương pháp tiếp cận

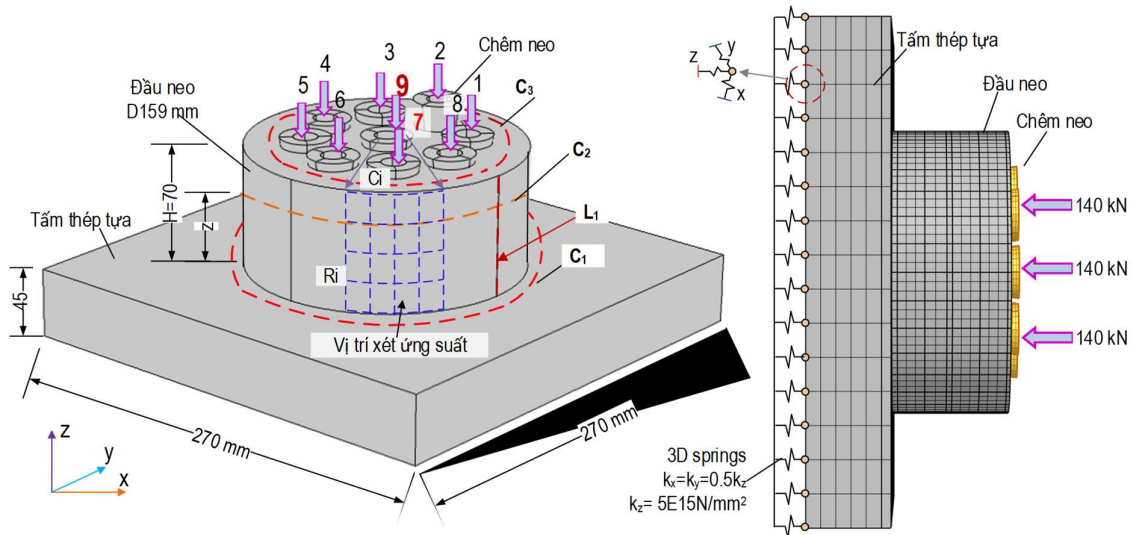
Về mô hình số: Phân tích sự thay đổi biến dạng trong vùng neo cáp của kết cấu dự ứng lực căng sau không dính bám dưới sự hư hỏng tạo cáp dự ứng lực. Phân tích cho các trường hợp vùng neo đối xứng và không đối xứng dưới mất mát một phần hoặc toàn bộ lực trong tạo cáp dự ứng lực.

Về mặt thực nghiệm: thực nghiệm đánh giá phản ứng thực tế của vùng neo cáp dưới sự mất mát tạo cáp dự ứng lực.

2. TÓM TẮT NỘI DUNG CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI

2.1 Phân tích ứng xử vùng neo sử dụng PTHH

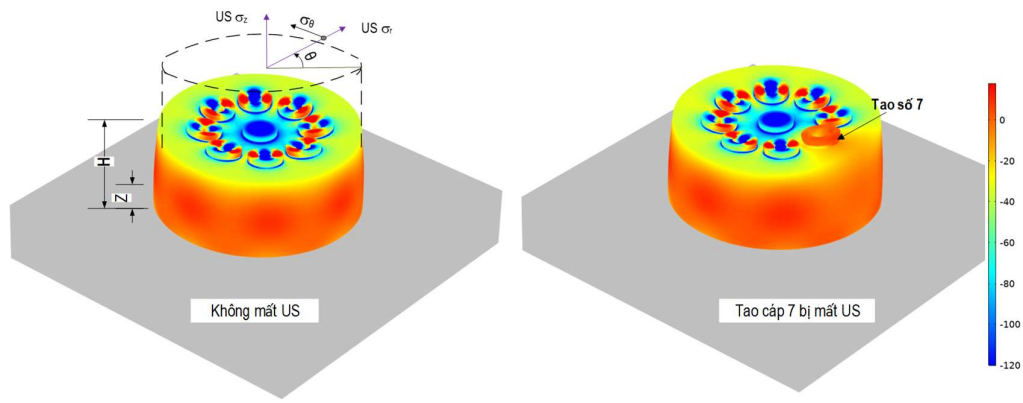
Để phân tích sự thay đổi của ứng suất (US) trong vùng neo cáp dưới tác dụng của mất mát lực DUL, mô hình phần tử hữu hạn (PTHH) của vùng neo cáp được thiết lập sử dụng Comsol Multiphysics (phiên bản 5.5). Mô hình PTHH bao gồm tấm thép tựa, đầu neo cáp sử dụng cho 9 tạo cáp và những chêm neo như thể hiện trên **Hình 1a**. Kích thước hình học và vật liệu của vùng neo cáp được lựa chọn dựa vào kiến nghị của VLS (loại E [34]). Mô hình PTHH được chia lưới với 61978 phần tử (phần tử ba chiều), bao gồm 17590 phần tử cho tấm thép tựa, 4752 phần tử cho tấm thép kê, những chêm neo và 39636 cho đầu neo. Loại phần tử tứ diện, phần tử bậc hai (tetrahedron) được sử dụng cho tấm thép kê, đầu neo và loại phần tử lục diện, phần tử bậc hai (hexahedron) được sử dụng cho phần tử chêm neo.



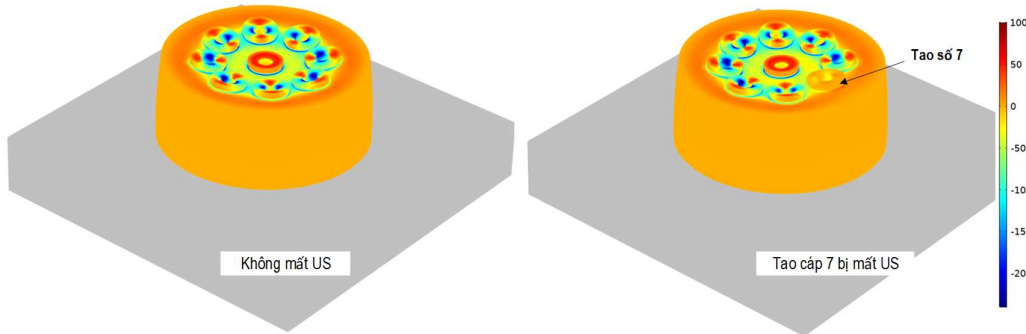
a) Vùng neo cáp dự ứng lực 9 tạo cáp b) Phân chia lưới và áp điều kiện biên

Hình 1. Mô hình PTHH của vùng neo

Đối với vùng neo dưới sự mất mát cục bộ của lực DUL, ba thành phần ứng suất được phân tích bao gồm US tiếp, σ_θ (circumferencial stress), US dọc theo bán kính, σ_r (radial stress), US theo chiều dọc trục của neo, σ_z (axial stress), như thể hiện trên **Hình 2**.



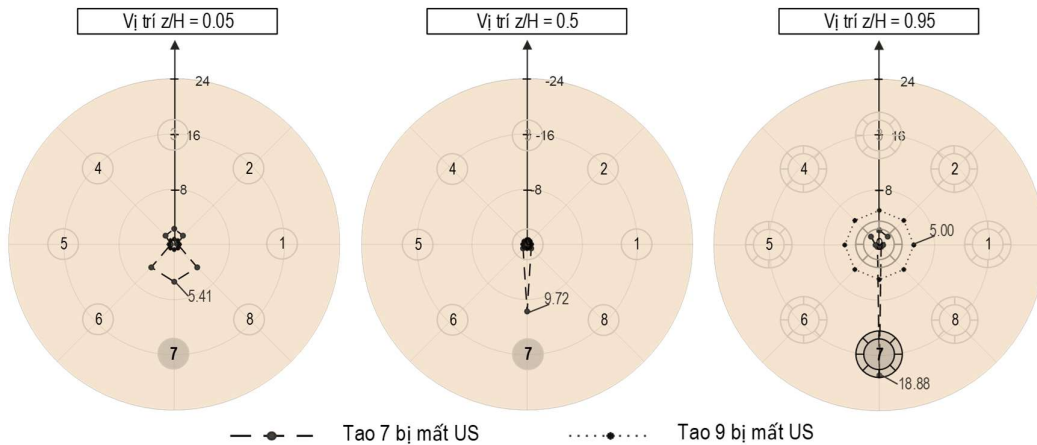
a. Ứng suất tiếp (circumferential stress), σ_θ



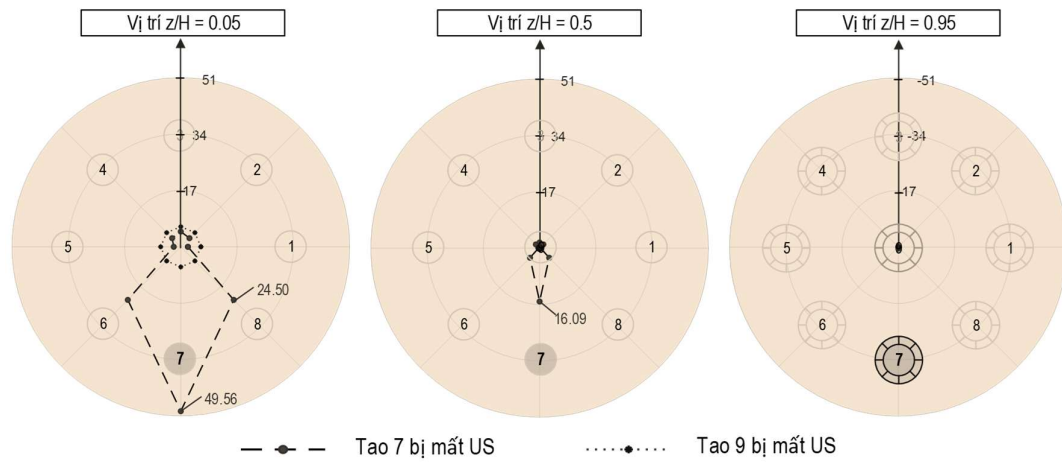
b. Ứng suất theo chiều dọc trục của neo, σ_z (axial stress)

Hình 2. Sự thay đổi vùng ứng suất trong đầu neo dưới mất mát DUL tao cấp 7

Sự thay đổi thành phần ứng suất trên đầu neo, như thể hiện trên **Hình 3.**



a) US σ_θ



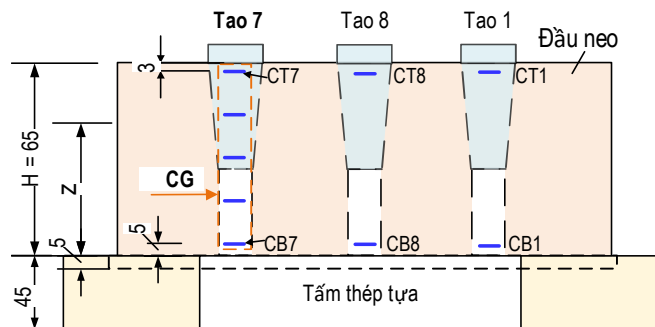
b) US σ_z

Hình 3. Sự thay đổi của các thành phần US (MPa) trên đầu neo cáp

2.2 Thực nghiệm xác định ứng xử vùng neo

Vùng neo cáp dự ứng lực căng sau (không dính bám) bao gồm một đầu neo với 9 tao cáp, với các bộ chêm neo và các tấm thép tựa cho đầu neo được thiết kế và lắp đặt tại vị trí bên trái của kết cấu. Kích thước hình học các bộ phận của vùng neo và vật liệu được lựa chọn theo chỉ dẫn kỹ thuật của VLS (hệ thống dự ứng lực nhiều tao cáp, loại E). Tấm thép tựa có kích thước là 270×270×45 mm, đầu neo cáp 9 tao có kích thước đường kính 159 mm và chiều cao 65 mm và những bộ chêm neo (loại ba miếng) có đường kính dưới đáy và trên đỉnh lần lượt là 29 mm và 17 mm. Tấm thép có kích thước 330×330×40 mm được dùng như tấm thép đệm thêm được đặt giữa vùng neo và tấm thép chủ bên trái như thể hiện trên Hình 4.

Các tao cáp dự ứng lực loại 7 sợi được làm bởi thép Grade 270 (loại tự chùng thấp) với chiều dài 4.4 m, đường kính là 15.2 mm. Diện tích mặt cắt ngang của một tao thép là 140 mm². Thép DUL được thiết kế phù hợp với chỉ dẫn kỹ thuật của VSL (một trong những nhà cung cấp tao cáp hàng đầu thế giới) có E = 195 GPa (mô đun đàn hồi), giới hạn bền chịu kéo cục hạn 260 kN (với giới hạn chảy tối thiểu là 235 kN).



Hình 4. Thiết kế của hệ thống vùng neo cáp DUL đo biến dạng (đơn vị mm)

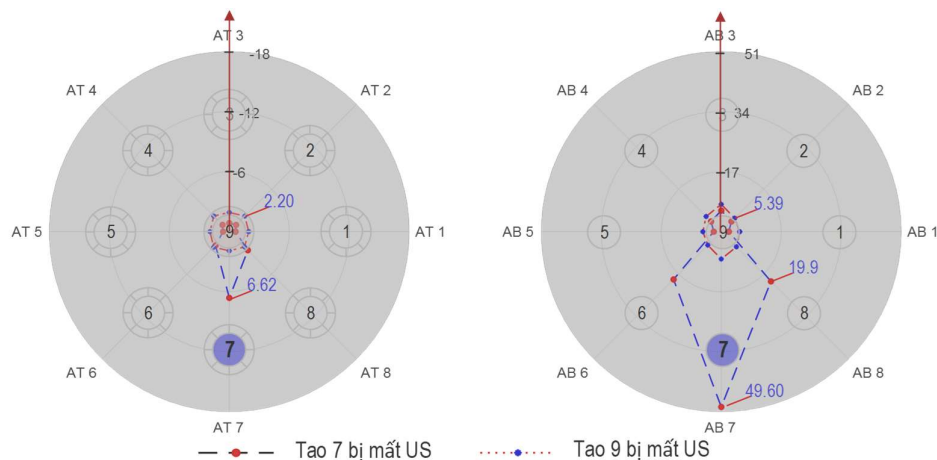
Bảng 1 là giá trị lực trung bình giữa các lần đo trong cùng một nhóm của ESGs. Một chú ý quan trọng khác là sự thay đổi của lực trong các tao cáp khác thì nhỏ dưới sự mất mát lực DUL của một tao đơn.

Bảng 1. Các trường hợp thí nghiệm mất mát lực DUL để đo biến dạng vùng neo

Case	Lực DUL (kN)								
	Tao 1	Tao 2	Tao 3	Tao 4	Tao 5	Tao 6	Tao 7	Tao 8	Tao 9
PS1	139.1	137.5	140.3	136.4	137.7	137.3	137.3	140.5	140.3
PS2	139.3	137.5	139.3	136.6	138.3	138.7	0.0	140.7	141.3
PS3	139.5	137.9	139.3	136.9	137.7	137.7	138.3	140.5	137.3
PS4	139.9	138.1	140.3	136.9	138.1	137.9	139.3	140.5	0.0

Sự thay đổi trong ứng suất dọc trục trên đầu neo được thể hiện bằng cách vẽ giá trị ứng suất này trên mặt cắt ngang của đầu neo cho các trường hợp mất DUL của tao 7 và tao 9, như thể hiện trên Hình 5a-b. Nhận thấy rằng, sự hư hỏng của tao cáp biên số 7 gây ra sự thay đổi ứng suất dọc trục tương đối lớn tại vị trí gần tao số 7. Trong khi đó thì, sự hư hỏng của tao cáp ở vị trí giữa đầu neo (tao số 9) thì gây ra sự thay đổi ứng suất dọc trục tương đối đồng đều.

Sự thay đổi trong ứng suất theo phương tiếp tuyến trên đầu neo được thể hiện bằng cách vẽ giá trị ứng suất này trên mặt cắt ngang của đầu neo cho các trường hợp mất DUL của tao 7 và tao 9. Tương tự như sự thay đổi của ứng suất dọc trục, sự hư hỏng của tao cáp số 7 (tao cáp biên) gây ra sự thay đổi tương đối lớn tại vị trí gần tao cáp bị hư hỏng, trong khi đó sự mất mát lực DUL ở tao cáp giữa gây ra sự thay đổi tương đối đồng đều đo được trên các đường chu vi xung quanh tao cáp.



a) Vị trí gần cuối của đầu neo

b) Vị trí gần cuối của đầu neo

Hình 5 Sự thay đổi của ứng suất dọc trục (MPa) tạo ra bởi sự mất mát lực DUL

3. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ KIẾN NGHỊ

Trong nghiên cứu này, tổng quan về tình hình nghiên cứu ngoài và trong nước về vùng neo cáp được thực hiện. Mô hình PTHH được áp dụng để phân tích US, biến dạng theo các thành phần US trong vùng neo có xét đến các yếu tố ảnh hưởng bao gồm tính đối xứng, bất đối xứng và ảnh hưởng của khối bê tông tựa. Mô hình thí nghiệm được thiết lập trên vùng neo cáp 9 tao được dán với hệ thống ESGs cho việc đo biến dạng theo các phương để kiểm chứng lại độ tin cậy của mô hình số. Phân tích đánh giá sự thay đổi biến dạng trong vùng neo dưới tác dụng mất mát DUL, và các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô hình tính toán và thực nghiệm cũng được phân tích đánh giá.

Từ kết quả phân tích PTHH và thực nghiệm trên mô hình vùng neo cáp dự ứng lực với nhiều tao cáp, một vài nhận xét và kết luận được rút ra: (1) Mất lực DUL gây ra sự nhảy trong sự thay đổi ứng suất tiếp tuyến tại vị trí gần mặt phẳng neo cáp; trong khi đó mất lực DUL gây ra sự nhảy trong sự thay đổi ứng suất dọc trục tại vị trí cuối đầu neo (gần tấm thép tựa); (2) Tấm thép tựa và khối bê tông thì ít nhạy đối với sự thay đổi lực DUL (3) Sự phân bố US trong vùng neo là phi tuyến do ảnh hưởng bởi các yếu tố như chêm neo, điều kiện tiếp xúc giữa vùng neo và kết cấu tựa. (4) Sự thay đổi trong biến dạng (ứng suất) có thể sử dụng như một tiêu chí quan trọng để đánh giá sức khỏe công trình của vùng neo cáp DUL không dính bám với bê tông.

Đề tài cung cấp bức tranh tổng quan về sự phân bố US biến dạng trong vùng neo cáp DUL không dính bám. Trong tương lai, nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố môi trường (ví dụ thay đổi nhiệt độ) đến kết quả tính toán. Nghiên cứu về ứng xử biến dạng của vùng neo cáp DUL không dính bám cũng được khuyến nghị.