

PHÂN TÍCH ỨNG XỬ TỪ BIẾN CỘT ống THÉP NHỒI BÊ TÔNG

Magnetic behavior analysis of concrete-filled steel pipe columns

Lê Công Trí¹

¹Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam
lecongtri8292@gmail.com

Tóm tắt — Khi cấu kiện làm việc trong một thời gian dài, dưới sự ảnh hưởng của nhiệt độ và tải trọng dài hạn, hiện tượng từ biến trong vật liệu có thể xảy ra và ít nhiều làm ảnh hưởng đến độ an toàn của công trình. Vì vậy, việc hiểu biết rõ các ứng xử phức tạp của chúng trong suốt quá trình chịu tải với một thời gian dài là điều rất cần thiết. Trong những năm gần đây, việc sử dụng phương pháp mô phỏng số như phương pháp phần tử hữu hạn trong lĩnh vực xây dựng trở nên phổ biến do sự phát triển của ngành khoa học máy tính.

Abstract — When the member works for a long time, under the influence of temperature and long-term load, the phenomenon of creep in the material may occur and more or less affect the safety of the building. Therefore, it is very important to understand their complex behavior during long-term load. In recent years, the use of numerical simulation methods such as finite element methods in the construction field has become popular due to the development of computer science.

Từ khóa — Phương pháp phần tử hữu hạn, cột ống thép nhồi bê tông, Finite element method, concrete-filled steel pipe.

1. Giới thiệu

Hiện nay, kết cấu xây dựng vẫn đang còn nhiều vấn đề nghiên cứu thêm. Việc tăng cường độ chịu nén của bê tông cho phép cột có tiết diện nhỏ hơn và cho phép sử dụng nhiều không gian sàn hơn. Tuy nhiên, khi sử dụng bê tông cường độ cao cho các cột có kích thước nhỏ hơn thì có thể xảy ra sự phá hoại dòn.

Đối với cột bê tông cốt thép truyền thống, để ngăn chặn sự phá hoại dòn cũng như tăng độ dẻo cho cột, khoảng cách giữa các cốt thép đai thường được giảm xuống. Nói cách khác, số lượng thép đai sử dụng cho cột tăng lên và điều này sẽ tạo ra một mặt trụ tự nhiên tách biệt lõi bê tông bị giam giữ bên trong với lớp bê tông bảo vệ bên ngoài. Vì vậy, nguy cơ nứt vỡ sớm của lớp bê tông bảo vệ khi cột làm việc sẽ tăng cao. Trên cơ sở đó, cột ống thép nhồi bê tông (Concrete Filled Steel Tube - CFST) là một giải pháp thay thế hiệu quả cho các cột bê tông cốt thép truyền thống.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Từ biến

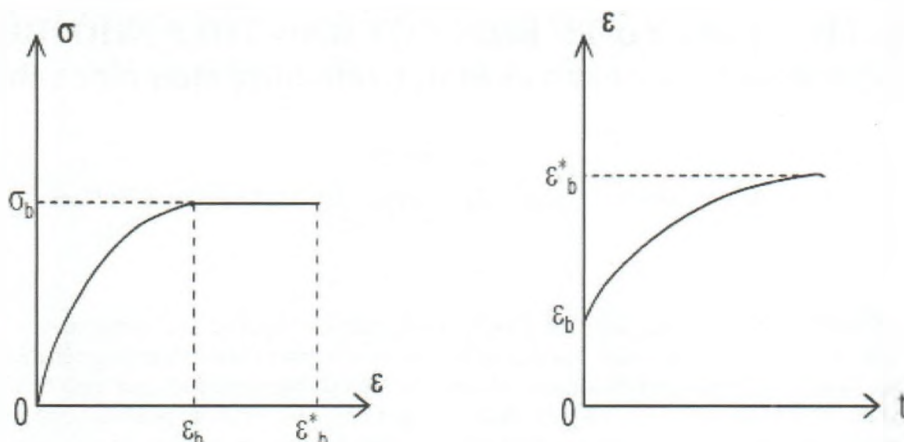
Từ biến là hiện tượng biến dạng tăng lên theo thời gian dưới tác dụng của tải trọng không đổi tác dụng dài hạn. Từ biến được gắn với sự thay đổi biến dạng theo thời gian tại những vùng chịu ứng suất nén thường xuyên.

Quan hệ ứng suất - biến dạng và quan hệ biến dạng - thời gian do tải trọng tác dụng dài hạn thể hiện trên đồ thị của hình sau:

Hình trái thể hiện sự tăng biến dạng khi σ_b không đổi, tác dụng lâu dài. Hình phải thể hiện sự tăng biến dạng theo thời gian t .

Khi ứng suất σ_b tương đối bé (chưa vượt quá $0,7R$) thì từ biến là có giới hạn, đường cong hình 1 có tiệm cận nằm ngang.

Khi ứng suất σ_b là khá lớn ($\sigma_b > 0,85R$) thì từ biến phát triển không ngừng và dẫn đến mẫu thử bị phá hoại. Đó là sự giảm cường độ của bê tông khi tải trọng tác dụng lâu dài.



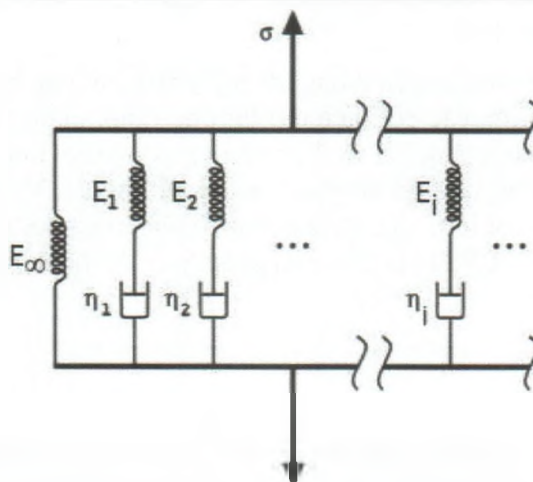
Hình 1. Đồ thị biểu diễn từ biến của bê tông

2.2. Mô hình Generalized Maxwell

Mô hình Generalized Maxwell được mô tả thông qua phương pháp sử dụng chuỗi Prony, đây là một phương pháp rất tốt để mô hình hóa ứng xử của vật liệu đàn nhớt, áp dụng có kết cấu bị ảnh hưởng bởi từ biến. Mô hình bao gồm $n+1$ phần tử mắc song song, là n mô hình Maxwell và một lò xo E_∞ , được biểu hiện như sau:

$$E(t) = E_\infty + \sum_{i=1}^n E_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right)$$

Trong đó, E_0 là hằng số vật liệu đàn hồi theo Hooke, E_i là hằng số vật liệu đàn hồi của phần tử Maxwell, E_∞ là module ở trạng thái cân bằng, đối với chất lỏng thì $E_\infty = 0$. Hệ số độ nhớt là η_i , hệ số này có thể được biểu thị theo thời gian τ_i là $\eta_i = \tau_i E_i$.



Hình 2. Mô hình Generalized Maxwell

3. Mô hình và kết quả

Theo ACI 209R-92 (1992), các cột được chịu tải dọc trục $P = 5\text{Mpa}$. Các điều kiện biên áp dụng cho các cột CFST với cột được cố định ba bậc tự do tại mỗi nút. Cột CFST được phân tích bằng phần tử SOLID 185 trong ANSYS, được sử dụng để tạo mô hình cho cả mô hình bê tông và thép.

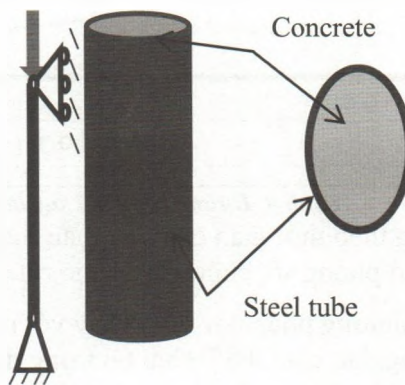
Mô hình biến cứng động học song tuyến được áp dụng cho thép, với mô đun tiếp tuyến là 0,05, mô đun đàn hồi của thép 2,06e5 Mpa, hệ số Poisson $\nu_s = 0,3$. Mô đun đàn hồi của bê tông 28 ngày tuổi $E_{cm} = 35,905\text{ GPa}$, hệ số Poisson $\nu_c = 0,15$. Hệ số từ biến $\phi_u = 2,12$.

Bảng 1. Các cột ngắn được nén theo trục.

STT	D × T × L (m)	f _y (MPa)	f _{ck} (MPa)	A _s (m ²)	A _c (m ²)	α	N _k	N _{ut}
1	1 × 0.012 × 3	345	40.7	0.037	0.748	0.0498	12.850	55.775
2	1 × 0.018 × 3	345	40.7	0.056	0.730	0.0761	19.158	64.732
3	1 × 0.024 × 3	345	40.7	0.074	0.712	0.1034	25.388	71.494
4	1 × 0.03 × 3	345	40.7	0.091	0.694	0.1317	31.540	77.432

Khả năng chịu tải cuối cùng của cột CFST dựa trên phương trình [1] với N_k = A_sf_y; N_{u28} là khả năng chịu tải khi tuổi bê tông bằng 28 ngày như sau:

$$N_{ut} = N_k + \frac{(N_{u28} - N_k)t}{1.243 + 0.977t}$$



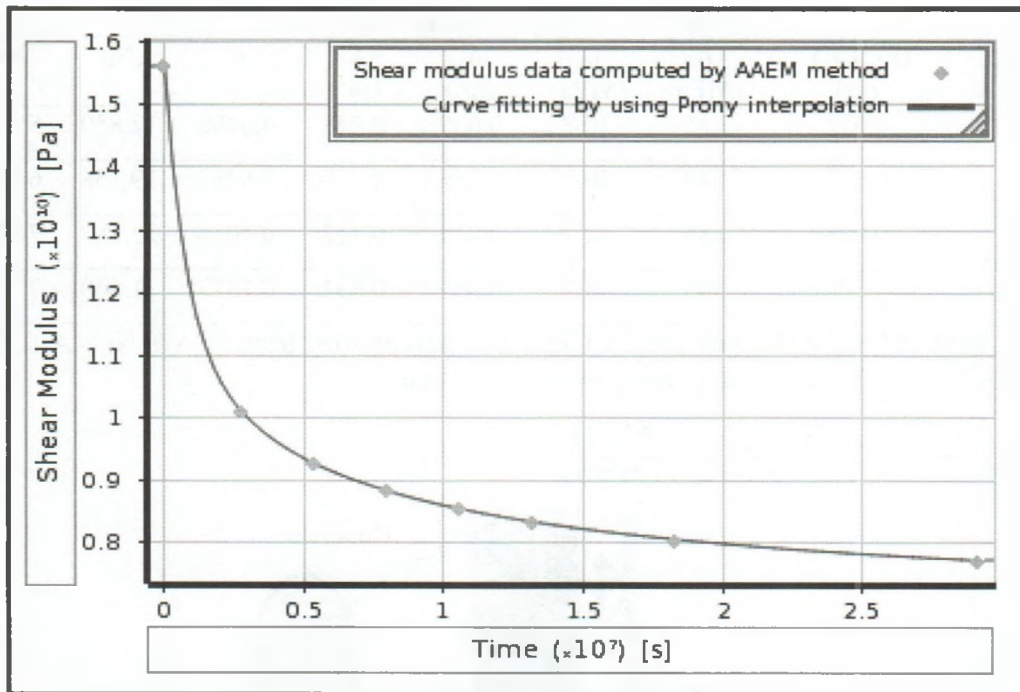
Hình 3. Cột ống thép nhồi bê tông

Hệ số từ biến được tính toán từ thời điểm t₀ = 28 ngày đến t = 365 ngày. Độ bền của bê tông giảm dần theo thời gian đối với mô hình được trình bày trong bảng 2, với các số liệu được tính bằng phương pháp ACI-209 và AAEM.

Đường cong rã của vật liệu được xác định bằng phép nội suy chuỗi Prony, sử dụng công cụ điều chỉnh đường cong trong ANSYS.

Bảng 2. Hệ số từ biến và mô đun đàn hồi tại thời điểm t_i

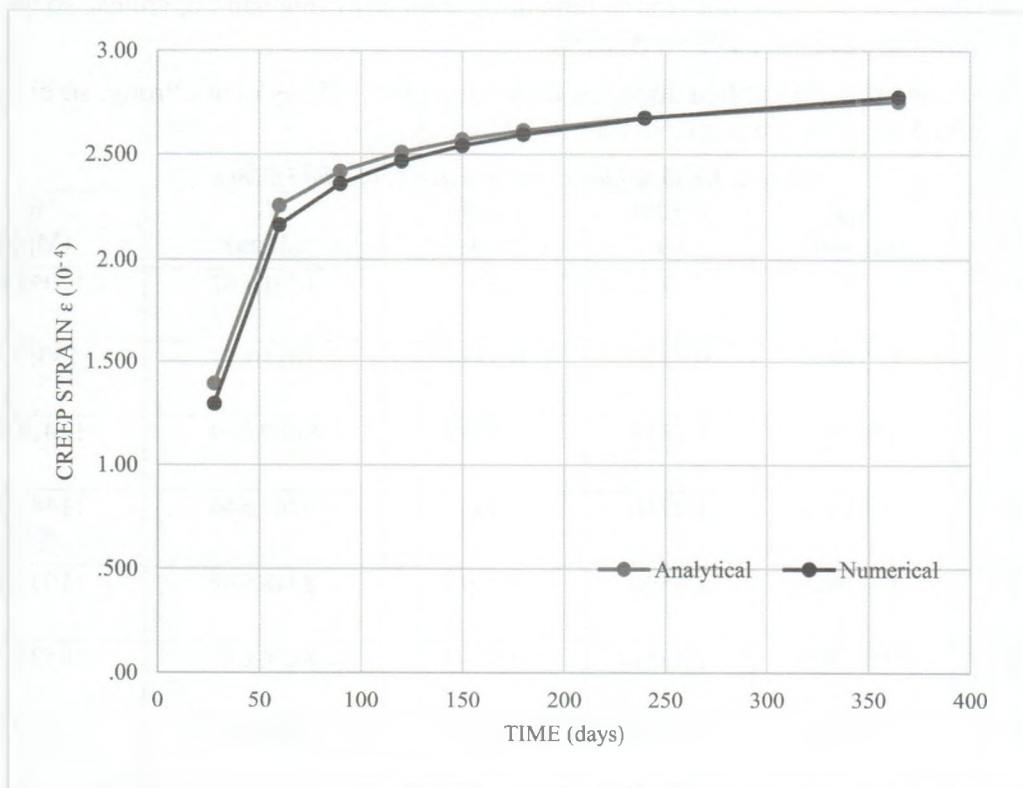
Age (day)	Age (second)	φ(t,t ₀) (-)	χ(t,t ₀) (-)	G (Mpa)	K (Mpa)
28	0	0	0.5	15610.87	17097.62
60	2764800	0.9422	0.5774	10110.53	13358.7
90	5356800	1.1518	0.5939	9609.099	12028.79
120	7948800	1.2746	0.6034	9269.546	11441.25
150	10540800	1.3590	0.6099	8948.989	11073.44
180	13132800	1.4221	0.6147	8824.076	10524.25
240	18316800	1.5122	0.6215	8666.591	10152.36
365	29116800	1.6253	0.6298	7714.197	9801.274



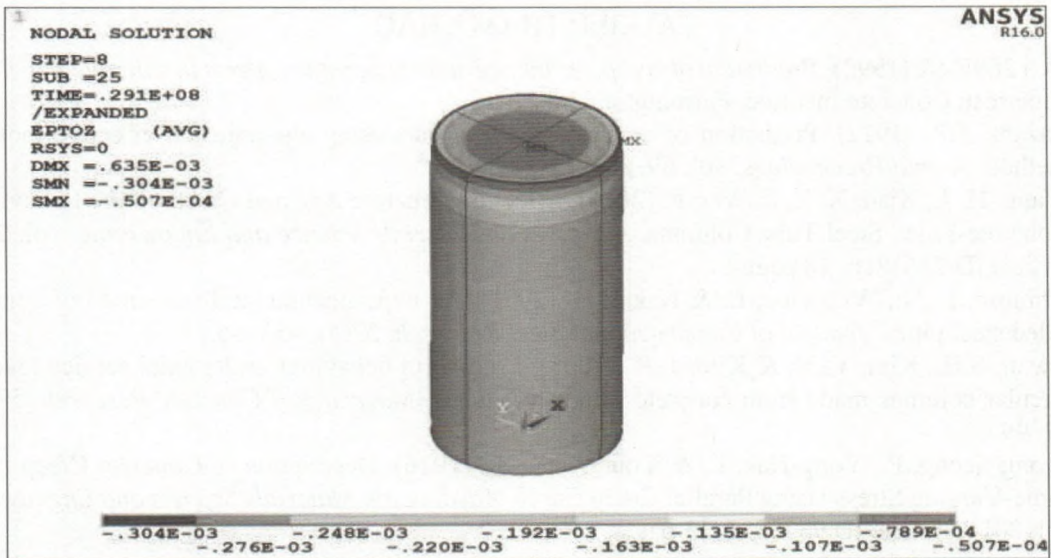
Hình 4. Đường cong nội suy từ biến

Đường cong biến dạng theo thời gian của bốn mẫu được thể hiện trong hình dưới, so sánh giữa kết quả giải tích và mô phỏng số, chúng ta có thể rút ra nhận xét như sau:

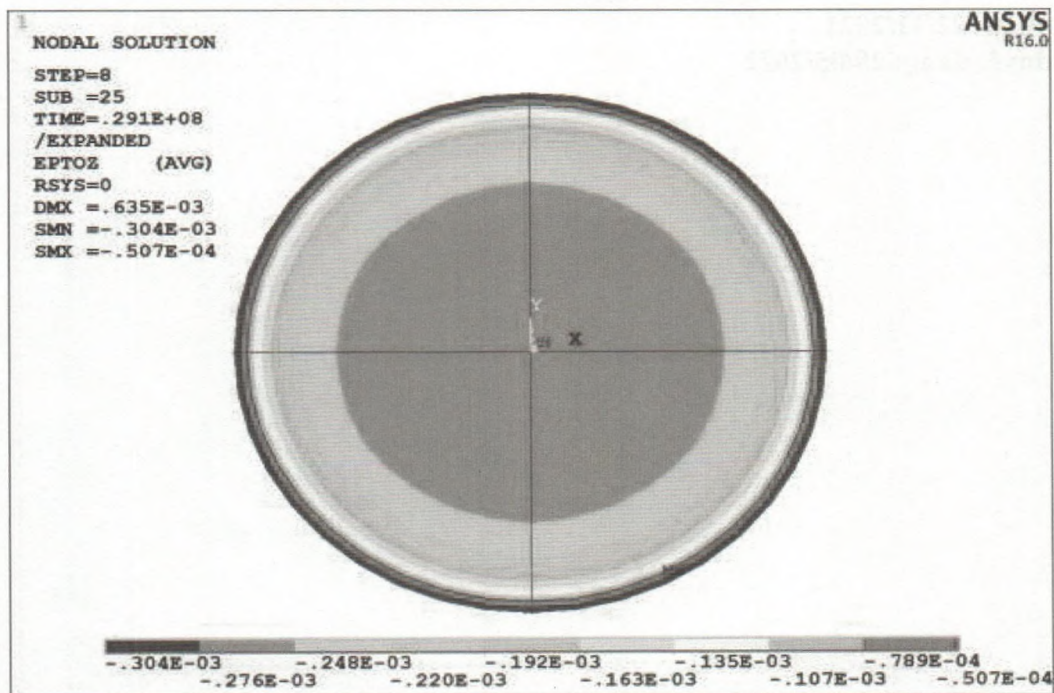
- Việc sử dụng phương pháp nội suy Prony với mô hình đàn hồi nhớt có khả năng dự đoán hiện tượng dãn cột CFST chịu tải trọng dọc trục dài hạn.
- Biến dạng từ biến phát triển nhanh chóng sau biến dạng tức thời.
- Đường cong bắt đầu có xu hướng nằm ngang tại 90 ngày.



Hình 5. So sánh kết quả từ biến dọc trục của mẫu 1



Hình 6. Kết quả từ biến dọc trục của mẫu



Hình 7. Kết quả từ biến dọc trục của mẫu 1

Các kết quả phân tích và tính toán được trình bày từ nhiều biến dạng - thời gian hoặc đường cong, biến dạng leo vắn có xu hướng tăng lên. Ảnh hưởng của ứng suất đến chiều dày ống thép của cột CFST là biến dạng ngang nhiều hơn biến dạng dọc.

4. Kết luận

Đối với cột CFST ngắn, độ dài cột không ảnh hưởng đáng kể đến hành vi phụ thuộc thời gian. Việc đánh giá bài toán bằng mô hình đàn hồi tổng quát Maxwell và sử dụng chuỗi Prony với 3 cặp tham số cho kết quả dự đoán chính xác cao. Ngoài ra để đánh giá độ dày ống thép cần dựa vào các thông số khác như khả năng chịu tải, tương tác vật liệu composite.

Kết quả này khác nhau vì phương pháp số Prony hoặc mô hình Maxwell tổng quát chỉ xác định hành vi của vật liệu bê tông. Đối với kết cấu cột CFST khi làm việc trong môi trường nhiệt độ cao như hỏa hoạn hoặc môi trường có độ ẩm thấp do các yếu tố môi trường như mưa, kết cấu CFST sẽ hạn chế ảnh hưởng của hiện tượng rão mà cột truyền thống hạn chế do không lớp thép tránh trao đổi ẩm với môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ACI209R-92 (1992). *Prediction of creep, shrinkage and temperature effects in concrete structures*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2] Bazant, Z.P. (1972). Prediction of concrete creep effects using age-adjusted effective modulus method. *Journal Proceedings*, vol. 69, pp. 212-219.
- [3] Wang, H. J., Xiao, X. Z. & Wei, F. (2016). Effect of Concrete Age and Creep on the Behavior of Concrete-Filled Steel Tube Columns. *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2016, Article ID 7261816, 10 pages.
- [4] Ichinose, L. H., Watanabe, E. & Nakai, H. (2001). An experimental study on creep of concrete filled steel pipes. *Journal of Constructional Steel Research*, 57(4): 453–66.
- [5] Kwon, S.H., Kim, Y. Y. & Kim, J. K. (2005). Long-term behaviour under axial service loads of circular columns made from concrete filled steel tubes. *Magazine of Concrete Research*. 57 (2), 87–99.
- [6] Yeong-Seong, P., Yong-Hak, L. & Youngwhan, L. (2016). Description of Concrete Creep under Time-Varying Stress Using Parallel Creep Curve. *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2016, Article ID 9370514, 13 pages.

Ngày nhận: 22/11/2021

Ngày duyệt đăng: 28/05/2022