

DAO ĐỘNG DO DÒNG CHẢY (flow-induced vibrations)

Là dao động kết cấu gây ra bởi dòng chảy chất lỏng. Bất cứ khi nào kết cấu tiếp xúc với dòng chảy chất lỏng, lực chất lỏng có thể khiến cấu trúc dao động. Trong nhiều trường hợp, chẳng hạn như một cơn gió nhẹ làm lá cây xào xạc, đáp ứng của kết cấu không gây ra bất kỳ thiệt hại nào. Tuy nhiên, trong các trường hợp khác, chuyển động của kết cấu có thể kết hợp với sự kích thích của chất lỏng theo cách mà năng lượng từ chất lỏng đang chảy được truyền đến kết cấu và có thể xảy ra các dao động gây hại. Một trong những ví dụ ngoạn mục nhất của điều này là sự sụp đổ năm 1940 của Cầu treo Tacoma Narrows. Trong trường hợp này, nhịp trung tâm 850 m dao động dữ dội trong vài giờ trước khi sụp đổ cuối cùng với tốc độ gió tương đối khiêm tốn chỉ hơn 65 km/h. Trên thực tế, một thảm họa tương tự đã xảy ra gần 100 năm trước đó với cây cầu treo Wheeling ở Ohio. Cây cầu này có nhịp dài 305 m dài nhất thế giới vào thời điểm đó (1854). Mọi bài học rút ra từ kinh nghiệm này dường như đã bị lãng quên từ lâu khi cầu Tacoma Narrows được thiết kế. May mắn thay, không phải tất cả các rung động quá mức do dòng chảy gây ra đều dẫn đến sụp đổ nếu chúng được nhận biết và hành động thích hợp được thực hiện. Cầu treo Golden Gate được hoàn thành vào năm 1937 và có nhịp trung tâm dài 1280 m. Trong một trận bão gió năm 1951, sàn cầu phải chịu biên độ dao động đỉnh-đỉnh là 3,5 m và biên độ góc dao động đỉnh-đỉnh là . Sự tăng độ cứng xoắn sau đó của mặt cầu đã ổn định hóa đáp ứng của cầu ở mức chấp nhận được.

Tác động của việc thay đổi cách thiết kế.

Theo truyền thống, các kết cấu được thiết kế với các hệ số an toàn luôn lớn được yêu cầu để bù đắp cho những ảnh hưởng của kiến thức hạn chế về tải trọng và cường độ cũng như đối với các công cụ phân tích tương đối đơn giản hiện có vào thời điểm đó. Các kết cấu được tạo ra do đó là lớn và cứng và chúng không đáp ứng đáng kể với tải chất lỏng. Ngay cả khi trọng lượng nhẹ là một tiêu chí thiết kế, các kết cấu vẫn cứng như được thấy trong các thiết kế máy bay hai và ba lớp cánh. Tuy nhiên, sự ra đời của máy bay một cánh để tăng hiệu suất cũng làm giảm đáng kể độ cứng của cánh. Do đó, các cánh của Fokker D8 được phát hiện là dao động đột ngột ở một tốc độ gió nhất định và bị gãy sau một vài dao động.

Tính mềm của cánh cho phép các dao động uốn và xoắn kết hợp với gió

để tạo ra hiện tượng rung động do dòng chảy. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng dao động kết hợp uốn xoắn (flutter) và nó là một tiêu chí thiết kế quan trọng đối với máy bay hiện đại có cánh cố định.

Sự bùng nổ công nghệ từ giữa thế kỷ 20 đã cách mạng hóa sự hiểu biết của chúng ta về vật liệu và tải kết cấu cũng như các công cụ phân tích của chúng ta. Điều này đã cho phép tiếp cận theo cách được cải thiện rất nhiều để thiết kế và thiết lập các hệ số an toàn hợp lý. Những tiến bộ này do nhu cầu về hiệu suất và hiệu quả cao hơn đã dẫn đến kết cấu nhẹ hơn, linh động hơn tiếp xúc với các dòng vận tốc cao hơn. Tất cả những yếu tố này đã làm tăng khả năng xảy ra rung động do dòng chảy. Các vấn đề xảy ra ở khắp nơi, từ sự rung lắc của van tim nhân tạo và dao động gallop của sàn cầu tới dao động của các công trình biển trong sóng và dòng thủy triều và những rung động gây hại cho các ống hơi của nhà máy điện hạt nhân.

Các lĩnh vực về ứng dụng quá rộng nên các tài liệu khá rải rác có xu hướng tập trung vào các lĩnh vực ứng dụng chuyên biệt như hàng không, kỹ thuật gió, kỹ thuật đại dương, kỹ thuật thủy lực, kỹ thuật hạt nhân và cơ sinh học. Do những khó khăn đặc biệt trong việc phân tích các bài toán về tính không ổn định động và dòng chất lỏng không ổn định với các ranh giới chuyển động, một số lượng đáng kể các nghiên cứu đã được thực hiện trong lĩnh vực cơ học lý thuyết và động lực học chất lỏng tính toán. Lĩnh vực thứ hai là đặc biệt thách thức và là lĩnh vực có nhiều hoạt động nghiên cứu hiện nay. Mặc dù có sự đa dạng lớn về các ứng dụng vật lý của dao động do dòng chảy gây ra, chúng có thể được phân loại thành ba cơ chế cơ bản là dao động cưỡng bức, dao động tự kích thích và dao động tự điều khiển hoặc dao động cộng hưởng.

Hiện tượng dao động cưỡng bức được đặc trưng bởi các lực kích thích chất lỏng không tương tác mạnh với chuyển động của kết cấu. Ví dụ phổ biến nhất của loại cơ chế kích động do dòng chảy này là dao động của các kết cấu bởi gió rối. Có vô số ví dụ thực tế khác về kiểu dao động do dòng chảy này, từ dao động rời của các ống trao đổi nhiệt đến tải trọng gió giật của cánh máy bay.

Dao động tự kích thích được đặc trưng bởi lực kích thích chất lỏng hoàn toàn phụ thuộc hoàn toàn vào phản ứng của kết cấu. Trong trường hợp không có phản ứng kết cấu thì lực tuần hoàn liên quan đến cơ chế tự kích

thích không tồn tại. Dao động flutter uốn xoắn của cánh máy bay là một ví dụ tuyệt vời về dao động tự kích thích. Hệ ống –vỏ trao đổi nhiệt được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy hóa chất, năng lượng hóa thạch hoặc năng lượng điện hạt nhân. Từ những năm 1960, đã có nhiều sự cố của các ống trong bộ trao đổi nhiệt như vậy do hiện tượng tự kích thích được gọi là sự mất ổn định đàn hồi chất lỏng.

NGUYỄN ĐÔNG ANH

Tài liệu tham khảo

1. M. K. Au-Yang, *Flow-Induced Vibration of Power and Process Plant Components*, ASME Press, New York, 2001.
2. R. D. Blevins, *Flow-Induced Vibration*, 2nd ed., Van-Nostrand Reinhold, 1990, reprint, Krieger, Florida, 2001.
3. E. Naudascher and D. Rockwell, *Flow-Induced Vibrations: An Engineering Guide*, Dover, New York, reprint, 2005.
4. M. P. Paidoussis, *Fluid-Structure Interaction: Slender Structures and Axial Flow*, vol. 1, Academic Press, London, 1998, vol. 2, Elsevier Academic Press, London, 2004.
5. E. Simiu and R. Scanlan, *Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design*, 3rd ed., Wiley, New Jersey, 1996.