

XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG MƯA TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG THEO TIÊU CHUẨN ASCE

Phạm Văn Thuyết¹, Vũ Minh Ngọc¹

¹Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Việc xác định và tính toán các loại tải trọng tác dụng lên công trình xây dựng là rất quan trọng trong quá trình thiết kế và thi công công trình, trong các loại tải trọng đó có sự tồn tại của tải trọng mưa. Bên cạnh sự ảnh hưởng của các loại tải trọng khác thì tải trọng mưa cũng là nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu lực và sự làm việc của kết cấu xây dựng do tải trọng mưa làm gia tăng thêm phần tải trọng tác dụng trên mái công trình xây dựng tại một giai đoạn nào đó trong quá trình thi công và sử dụng. Vì vậy khi thiết kế công trình xây dựng thì chúng ta cần xét đến ảnh hưởng của tải trọng mưa nhằm mục đích làm giảm thiểu tối đa sự bất lợi do tải trọng mưa gây ra đối với công trình đó. Với những phân tích trên thì bài báo này giới thiệu về lý thuyết và ví dụ tính toán tải trọng mưa tác dụng lên công trình xây dựng theo tiêu chuẩn ASCE (American Society of Civil Engineers). Qua đó rút ra kết luận và điều kiện áp dụng trong thực tế.

Từ khóa: Hệ thống thoát nước mái, tải trọng mưa, tiêu chuẩn ASCE.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống thoát nước mái được thiết kế để xử lý tất cả dòng chảy liên quan đến lượng mưa lớn, trận mưa có thời gian ngắn. Ví dụ, BOCA (1993) và Nhà máy Mutual Engineering Corp (1991) sử dụng thời lượng mưa 1 giờ với chu kỳ lặp là 100 năm; SBCCI (1991) sử dụng thời lượng mưa kéo dài 1 giờ và 15 phút với chu kỳ lặp là 100 năm cho hệ thống thoát nước sơ cấp và thứ cấp, theo Ủy ban liên kết về Bộ luật Xây dựng Quốc gia (1990) thì sử dụng thời lượng mưa 15 phút với chu kỳ lặp 10 năm. Một cơn lốc hoặc giông bão địa phương nguy hiểm có thể tạo ra một cơn mưa lớn có cường độ và thời gian tương ứng được thiết kế cho hệ thống thoát nước tạm thời khi bị quá tải. Trong đó tải tạm thời được bảo đảm đầy đủ trong thiết kế khi ống thoát nước bị tắc và mất ổn định.

Mái thoát nước là một hệ kết cấu, kiến trúc và cơ khí (hệ thống ống nước). Loại ống, vị trí của đường ống thứ cấp và cột áp thủy lực phía trên cửa vào của chúng tại dòng chảy thiết kế phải được xem xét để xác định tải trọng mưa. Sự phối hợp nhóm thiết kế là đặc biệt quan trọng khi thiết lập tải trọng mưa.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu bao gồm việc xác định tải trọng mưa thiết kế theo tiêu chuẩn ASCE, tải trọng mưa thiết kế nhỏ nhất đối với các tòa nhà và kết cấu khác, đánh giá sự mất ổn định do đọng nước và kiểm soát thoát nước mái.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết bằng cách cập nhật thông tin từ sách, báo, công trình khoa học... kế thừa và đúc kết những thành tựu tốt nhất về việc xác định tải trọng mưa thiết kế theo tiêu chuẩn ASCE. Trên cơ sở khảo sát, đánh giá một số công trình nhà công nghiệp, từ đó đưa ra hình dạng sơ đồ tính và sự phù hợp của sơ đồ tính đó với lý thuyết tính toán. Kết quả nghiên cứu là sự vận dụng lý thuyết và số liệu thu thập được để tính toán tải trọng mưa tác dụng lên mái nhà công nghiệp theo tiêu chuẩn ASCE.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lưu lượng mưa thiết kế

Lượng nước có thể tích tụ trên một mái nhà do tắc nghẽn hệ thống thoát nước chính được xác định và mái nhà được thiết kế để chịu được tải trọng do lượng nước đó tạo ra cộng với tải trọng phân bố đều do nước dâng lên trên đầu vào của hệ thống thoát nước thứ cấp tại dòng

chảy thiết kế của nó. Nếu tường lan can, dải nghiêng, khe co giãn và các tính năng khác tạo ra khả năng cho nước đọng sâu tại một khu vực thì nên lắp đặt đường ống thoát nước thứ cấp ở khu vực đó với các đường thoát nước riêng biệt thay vì tràn nước để giảm cường độ thiết kế tải trọng mưa. Trong trường hợp hình học cho phép, thì việc xả nước tự do là hình thức thoát nước khẩn cấp ưu tiên.

Khi xác định các tải trọng nước này, người ta cho rằng mái nhà không bị lệch. Điều này giúp loại bỏ sự phức tạp liên quan đến việc xác định sự phân phối tải trọng nước với áp suất lệch. Tuy nhiên, điều khá quan trọng là phải xem xét loại nước này khi đánh giá sự mất ổn định do đọng nước.

Độ sâu của nước, d_h , phía trên đầu vào của hệ thống thoát nước thứ cấp (nghĩa là cột áp thủy lực) là một hàm của cường độ mưa tại một khu vực, diện tích mái được thoát nước bởi hệ thống thoát nước và kích thước của hệ thống thoát nước.

Tốc độ dòng chảy (lưu lượng nước) qua một hệ thống thoát nước duy nhất như sau:

$$Q = 0,0104 \cdot A \cdot i \quad (1)$$

(trong SI: $Q = 0,278 \times 10^{-6} A \cdot i$)

Trong đó:

Q – lưu lượng nước của hệ thống thoát nước đơn, in.³/min (m³/s);

A – diện tích mái được thoát nước bởi hệ thống thoát nước đơn, in.² (m²);

i – cường độ mưa thiết kế được xác định theo mã quy định, in./h (mm/h).

Cột áp thủy lực d_h , liên quan đến tốc độ dòng chảy (lưu lượng) Q, cho các hệ thống thoát nước khác nhau trong bảng C8-1 trang 452 - Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Bảng đó chỉ ra rằng d_h có thể thay đổi đáng kể tùy thuộc vào loại và kích thước của từng hệ thống thoát nước và tốc độ dòng chảy mà nó phải xử lý. Vì lý do này, giá trị đơn 1 in. (25 mm) (tức là, 5 lb/ft² (0,24 kN/m²))

được sử dụng trong ASCE 7-93 đã bị loại bỏ.

Cột áp thủy lực, d_h , bằng không khi hệ thống thoát nước thứ cấp chỉ đơn giản là tràn tất cả dọc theo một cạnh mái.

3.2. Mất ổn định do đọng nước

Nước có thể tích tụ như ao trên mái nhà tương đối bằng phẳng. Khi lượng nước bổ sung chảy vào các khu vực như vậy, mái nhà có xu hướng lệch nhiều hơn, cho phép nước đọng sâu hơn hình thành ở đó. Nếu kết cấu không có đủ độ cứng để chống lại sự thay đổi này, sự phá hoại do quá tải cục bộ có thể xảy ra. Theo Haussler (1962), Chinn (1965), Marino (1966), Salama và Moody (1967), Sawyer (1967), Chinn et al. (1969), Sawyer (1969), Heinzerling (1971), Burgett (1973), AITC (1978), Ủy ban liên kết về Bộ luật xây dựng quốc gia (1990), Factory Mutual Engineering Corp (1991), SBCCI (1991), BOCA (1993), AISC (2005) và SJI (2007) chứa thông tin về việc cân nhắc và tầm quan trọng của nó trong việc thiết kế mái nhà linh hoạt. Các phương pháp thiết kế hợp lý để ngăn chặn sự mất ổn định do đọng nước được trình bày trong AISC (2005) và SJI (2007).

Với bất kỳ độ dốc nào của mái nhà, nếu nước đọng trên mái nhà có thể đạt đến hệ thống thoát nước thứ cấp thì sự mất ổn định do đọng nước trên mái có thể xảy ra. Trong trường hợp có nước đọng như vậy thì nhịp của khung ngang rất dễ bị ảnh hưởng đến khả năng chịu lực. Thể hiện trong hình 3 là các nhịp dễ bị ảnh hưởng điển hình đối với mái nhà có độ dốc 1/4 in./ft hoặc lớn hơn. Đối với cùng một kết cấu có độ dốc mái nhỏ hơn 1/4 in./ft, tất cả các nhịp đều dễ bị ảnh hưởng đến khả năng chịu lực. Hình 4 cho thấy một mái nhà có đường ống tràn chu vi (thứ cấp) và đường ống chính bên trong. Không phân biệt độ dốc mái, tất cả các nhịp đều dễ bị ảnh hưởng đến khả năng chịu lực, do đó các nhịp này cần phải được kiểm tra để ngăn chặn sự mất ổn định do đọng nước.

3.3. Kiểm soát thoát nước

Tại một số vùng, một số quy định trong thiết kế có ảnh hưởng làm hạn chế tốc độ dòng nước mưa từ mái nhà vào đường ống thoát nước. Việc kiểm soát thoát nước thường được sử dụng trên các mái nhà với điều kiện những mái nhà đó phải có khả năng duy trì lượng nước mưa tạm thời được lưu trữ trên mái. Nhiều mái nhà được thiết kế với đường ống thoát nước có khả năng kiểm soát lượng nước mưa có tải lượng mưa thiết kế là 30 lb/ft² (1,44 kN/m²) và được trang bị hệ thống thoát nước thứ cấp (ví dụ, vòi phun nước) ngăn độ sâu của nước ($d_s + d_h$) lớn hơn 5,75 in. (145 mm) trên mái nhà.

3.4. Tải trọng mưa thiết kế

Thiết kế tải trọng mưa, R, liên hệ với đường ống (các phễu thu nước):

$$R = 5,2 \cdot (d_h + d_s) \quad (2)$$

Trong đó:

R – tải trọng mưa thiết kế, psf (kN/m²);

d_h – cột áp thủy lực, in. (mm);

d_s – cột áp tĩnh, độ sâu của nước từ cửa; thoát nước đến bề mặt mái, in. (mm).

3.5. Ví dụ tính toán

Hai ví dụ sau minh họa phương pháp được sử dụng để thiết lập tải trọng mưa thiết kế dựa trên lý thuyết tính toán của tiêu chuẩn này.

Ví dụ 1: Xác định tải trọng mưa thiết kế, R, tại hệ thống thoát nước thứ cấp cho sơ đồ mái được thể hiện trong hình 1, được đặt tại một địa điểm. Cường độ mưa thiết kế, i , được chỉ định bởi mã hệ thống ống nước cho lượng mưa có chu kỳ lặp 100 năm, 1 giờ mưa là 3,75 in./h (95 mm/h). Đầu vào của ống thoát nước thứ cấp có đường kính 6 inch (152 mm) được đặt 2 inch (51 mm) trên bề mặt mái.

Tốc độ dòng chảy (lưu lượng), Q, đối với hệ thống thoát nước thứ cấp có đường kính đường ống mái 6 inch (152mm):

$$Q = 0,0104 \cdot A \cdot i$$

$$Q = 0,0104 \cdot (3600) \cdot (3,75) = 140,4 \text{ gal/phút} \\ (0,0089 \text{ m}^3/\text{s})$$

Cột áp thủy lực, d_h :

Sử dụng bảng C8-1 trang 452 - Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, cho đường ống thoát nước có đường kính 6 inch (152 mm) với tốc độ dòng chảy (lưu lượng) 140,4 gal/phút (0,0089 m³/s) nội suy giữa cột áp thủy lực 1 và 2 inch (25 mm và 51 mm) như sau:

$$d_h = 1 + [(2 - 1) / (170 - 80)] \cdot (140,4 - 80) = \\ 1,67 \text{ in. (42,4 mm)}$$

Cột áp tĩnh $d_s = 2$ in. (51 mm); độ sâu của nước từ cửa thoát nước đến bề mặt mái.

Thiết kế tải trọng mưa, R, liên hệ với ống:

$$R = 5,2 \cdot (d_s + d_h)$$

$$R = 5,2 \cdot (2 + 1,67) = 19,1 \text{ psf (0,91 kN/m}^2)$$

Ví dụ 2: Xác định tải trọng mưa thiết kế, R, tại hệ thống thoát nước thứ cấp cho sơ đồ mái được thể hiện trong hình 2, được đặt tại một địa điểm. Cường độ mưa thiết kế, i , được chỉ định bởi mã hệ thống ống nước cho lượng mưa có chu kỳ lặp 100 năm, 1 giờ là 1,5 in./h (38 mm/giờ). Đầu vào của phễu thu nước mái thứ cấp 12 in. (305 mm) được đặt là 2 in. (51 mm) trên bề mặt mái.

Tốc độ dòng chảy (lưu lượng), Q, đối với hệ thống thoát nước thứ cấp, bộ phễu thu nước đường ống rộng 12 in. (305 mm):

$$Q = 0,0104 \cdot A \cdot i$$

$$Q = 0,0104 \cdot (6400) \cdot (1,5) = 99,84 \text{ gal/phút} \\ (0,0063 \text{ m}^3/\text{s})$$

Cột áp thủy lực, d_h :

Sử dụng bảng C8-1 và bảng C8-2 trang 452 - Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, bằng cách nội suy, tốc độ dòng chảy của phễu thu nước đường ống rộng 12 in. (305 mm) gấp đôi so với phễu thu nước đường ống rộng 6 in (152 mm). Sử dụng bảng C8-1 và bảng C8-2, cột áp thủy lực, d_h , cho một nửa tốc độ dòng chảy (lưu lượng), Q hoặc 50 gal/phút (0,0032 m³/s), thông qua phễu thu nước đường ống rộng 6 in. (152 mm) là 2 in. (51 mm).

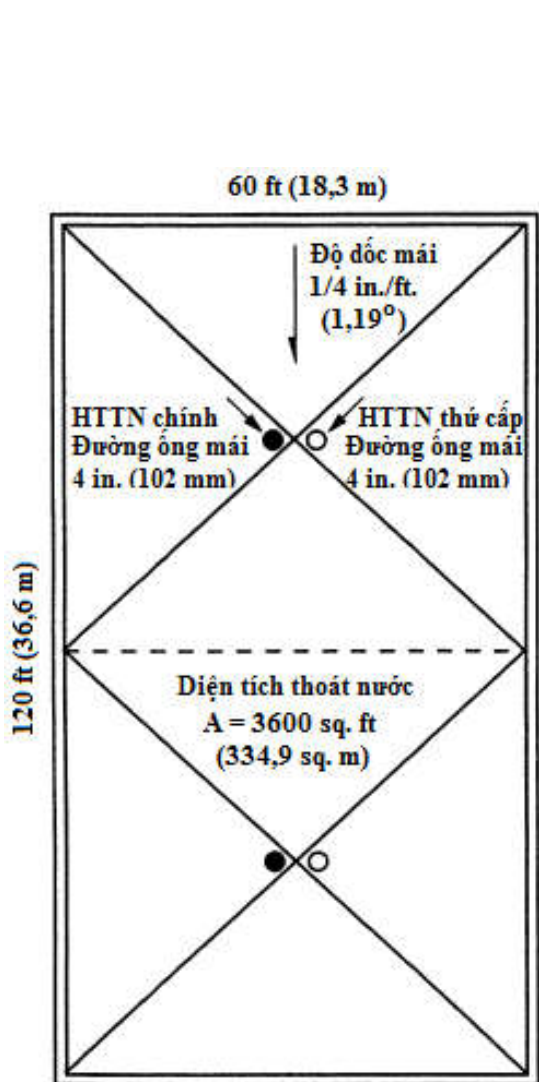
$d_h = 2$ in. (51 mm) đối với thiết bị phễu thu nước rộng 12 in. (305 mm) với tốc độ dòng chảy (lưu lượng), Q , là 99,84 gal/phút ($0,0063$ m³/s).

Cột áp tĩnh, $d_s = 2$ in. (51 mm); độ sâu của nước từ đầu vào của phễu thu nước đến bề mặt mái.

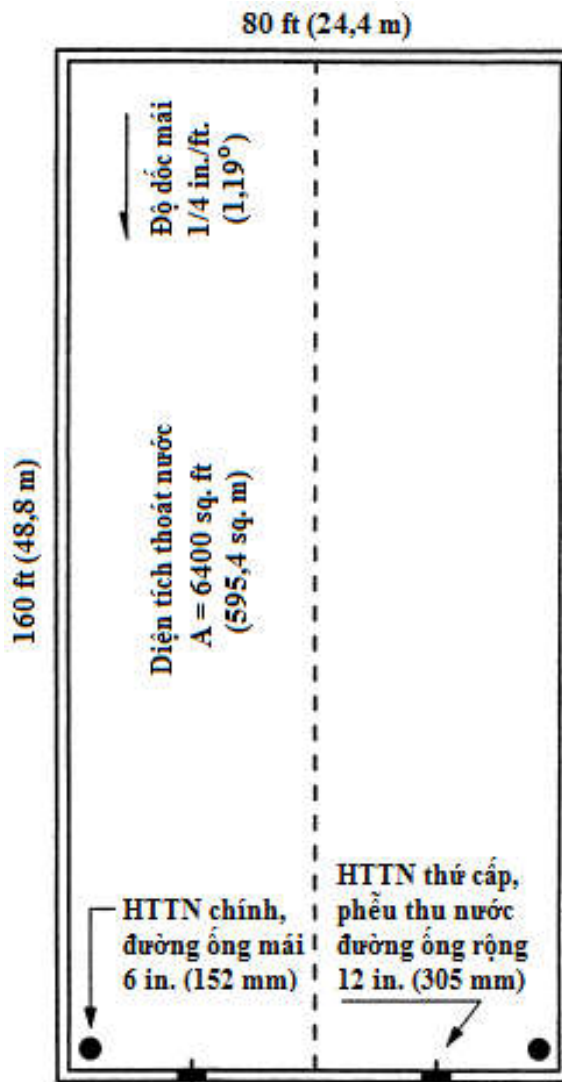
Thiết kế tải trọng mưa, R , liên hệ với các phễu thu nước:

$$R = 5,2 \cdot (d_h + d_s)$$

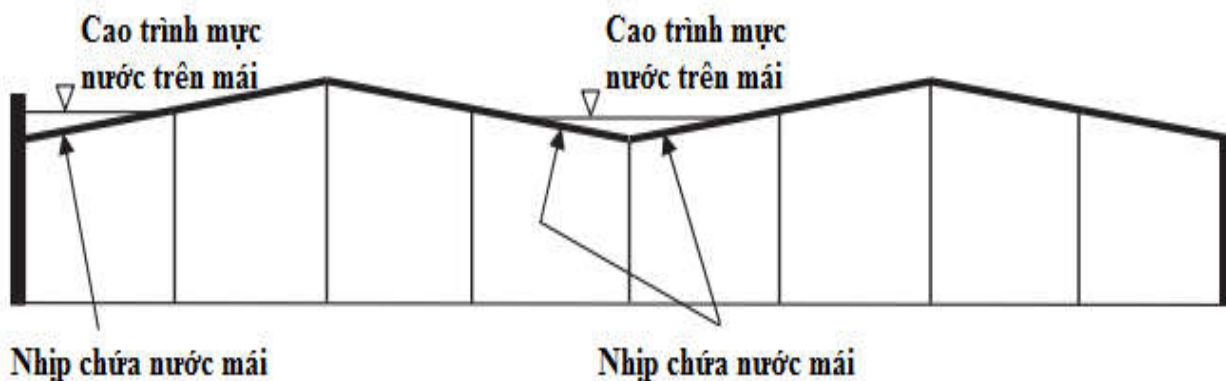
$$R = 5,2 \cdot (2 + 2) = 20,8 \text{ psf } (0,9959 \text{ kN/m}^2).$$



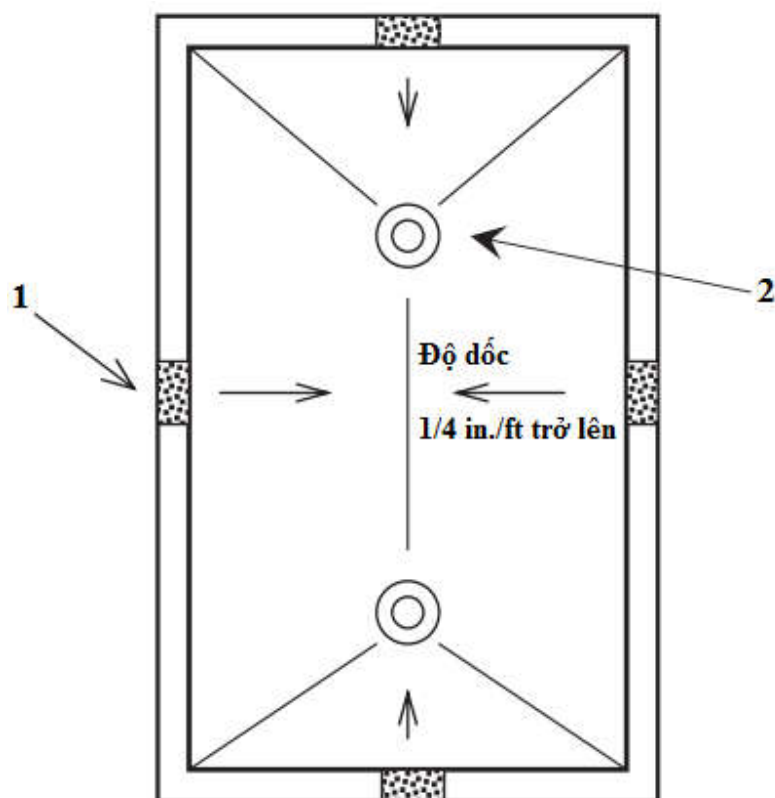
Hình 1. Minh họa ví dụ 1



Hình 2. Minh họa ví dụ 2



Hình 3. Minh họa nhịp chứa nước để đánh giá động nước cho mái có độ dốc 1/4 in./ft hoặc lớn hơn



Hình 4. Minh họa mái nhà có độ dốc $\frac{1}{4}$ in./ft trở lên, tất cả các nhịp chịu ảnh hưởng động nước

1 – Đường ống thứ cấp/chảy tràn;

2 – Đường ống chính bên trong dưới cao độ của đường ống chảy tràn.

4. KẾT LUẬN

Việc xét đến tải trọng do mưa tác dụng lên mái nhà là cần thiết khi tính toán các loại tải trọng tác dụng trên mái công trình xây dựng. Kết quả của nghiên cứu này đã đưa ra được phương pháp tính tải trọng mưa theo tiêu chuẩn ASCE, qua đó đưa ra ví dụ áp dụng phương pháp này để tính toán tải trọng mưa cho dạng công trình cụ thể. Tuy nhiên phần tính toán trên đây chỉ xét đến trường hợp tải trọng mưa trên mái nhà công nghiệp có độ dốc nhất định. Trong tương lai cần nghiên cứu thêm để tính toán đến tải trọng mưa tác dụng lên các loại mái có hình dạng và độ dốc khác nhau.

Nguyên lý tính toán và phương pháp xác định tải trọng mưa tác dụng lên công trình xây dựng theo tiêu chuẩn ASCE có thể áp dụng đối với các công trình xây dựng tại Việt Nam với yêu cầu sử dụng bảng phân vùng cường độ mưa, bảng tra cột áp thủy lực của đường ống thoát nước và sự chuyển đổi chu kỳ lặp phù hợp với điều kiện Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
2. Tiêu chuẩn AITC, (1978). Roof slope and drainage for flat or nearly flat roofs, American Institute of Timber Construction, Englewood, Colo., AITC Technical Note No. 5.
3. Tiêu chuẩn (AISC), (2005). Specifications for structural steel buildings, American Institute of Steel Construction, Chicago.
4. Tiêu chuẩn ASCE/EWRI 40-03. Regulated Riparian Model Water Code.
5. Tiêu chuẩn ASCE/EWRI 42-04. Standard Practice for the Design and Operation of Precipitation Enhancement Projects.
6. American Institute of Timber Construction (AITC). (1978). Roof slope and drainage for flat or nearly flat roofs, American Institute of Timber Construction, Englewood, Colo., AITC Technical Note No. 5.
7. Associate Committee on the National Building Code. (1990). National building code of Canada 1990, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario.
8. Southern Building Code Congress International (SBCCI). (1991). Standard plumbing code, SBCCI Inc., Birmingham, Ala.

9. Building Officials and Code Administrators International (BOCA). (1993). The BOCA national plumbing code/1993. BOCA Inc., Country Club Hills, Ill.
10. Burgett, L. B. (1973). Fast check for ponding. *Engineering Journal - American Institute of Steel Construction Inc.*, 10(1), 26–28.
11. Chinn, J. (1965). Failure of simply supported flat roofs by ponding of rain. *Engineering Journal - American Institute of Steel Construction Inc.*, 3(2), 38–41.
12. Chinn, J., Mansouri, A. H., and Adams, S. F. (1969). Ponding of liquids on flat roofs. *J. Struct. Div.*, 95(5), 797–808.
13. Factory Mutual Engineering Corp. (1991). Loss prevention data 1–54, roof loads for new construction, Factory Mutual Engineering Corp., Norwood, Mass.
14. Haussler, R. W. (1962). Roof deflection caused by rainwater pools. *Civil Eng.*, 32, 58–59.
15. Heinzerling, J. E. (1971). Structural design of steel joist roofs to resist ponding loads. Steel Joist Institute, Arlington, Va., Technical Digest No. 3.
16. Marino, F. J. (1966). Ponding of two-way roof systems. *Engineering Journal - American Institute of Steel Construction Inc.*, 3(3), 93–100.
17. Salama, A. E., and Moody, M. L. (1967). Analysis of beams and plates for ponding loads. *J. Struct. Div.*, 93(1), 109–126.
18. Sawyer, D. A. (1967). Ponding of rainwater on flexible roof systems. *J. Struct. Div.*, 93(1), 127–148.
19. Sawyer, D. A. (1969). Roof-structural roofdrainage interactions. *J. Struct. Div.*, 94(1), 175–198.
20. Steel Joist Institute (SJI) (2007). Structural design of steel roofs to resist ponding loads, Technical Digest No. 3, Steel Joist Institute, Myrtle Beach, S.C.

DETERMINING THE RAIN LOADS ACTING ON CONSTRUCTION WORKS ACCORDING TO ASCE STANDARDS

Pham Van Thuyet¹, Vu Minh Ngoc¹
¹Vietnam National University of Forestry

SUMMARY

Determining and calculate the types of loads acting on construction works to be very important while designing and constructing the construction works, in these types of loads there is the existence of rain load. In addition to the influence of other types of loads, the rain load is also a factor that directly affects the bearing capacity and the working of the construction structure due to the rain load increases more a part of the load on the roof of construction works at a phase during construction and use. Therefore, when designing construction works, we need to consider the influence of the rain load to minimize the disadvantages caused by the rain load on that construction works. Base on the above analysis, this paper introduces the theory and example of the calculation of the rain loads acting on construction works according to ASCE standards (American Society of Civil Engineers). Thereby draw conclusions and conditions applied in practice.

Keywords: American Society of Civil Engineers (ASCE), rain loads, roof drainage systems.

Ngày nhận bài : 30/01/2019
Ngày phản biện : 02/4/2019
Ngày quyết định đăng : 10/4/2019