

Tải trọng nhiệt độ trên bản mặt cầu theo tiêu chuẩn BS EN 1991-1-5

Thermal action in bridge deck by BS EN 1991-1-5

Nguyễn Thị Thanh Hương

Tóm tắt

Bài báo trình bày cách xác định giá trị tải trọng nhiệt độ trên bản mặt cầu theo tiêu chuẩn BS EN 1991-1-5 và minh họa bằng hạng mục cầu cảng của Dự án hóa dầu Long Sơn.

Từ khóa: Tải trọng nhiệt độ, BS EN 1991-1-5

Abstract

The paper presents how to determine the thermal action in bridge deck by BS EN 1991-1-5 and take Long Son Petrochemical project's port as an example.

Key words: Thermal action, BS EN 1991-1-5

1. Đặt vấn đề

Tải trọng nhiệt độ được gây ra bởi sự thay đổi nhiệt độ của môi trường hoặc do các hoạt động sản xuất có thể tạo ra ứng suất phát sinh trong kết cấu hoặc các biến dạng quá mức, vì vậy cần phải xét đến khi tính toán kết cấu, đặc biệt với các dạng kết cấu có chiều dài hoặc chiều cao lớn, hoặc có sự biến thiên nhiệt độ giữa các bộ phận lớn. Có hai giải pháp để xử lý tải trọng nhiệt: một là sử dụng các khe nhiệt cấu tạo để phân chia kết cấu thành các thành phần nhỏ hơn, nhờ đó sự ảnh hưởng của nhiệt độ lên kết cấu đủ nhỏ và có thể bỏ qua; hai là phân tích kết cấu chịu tải trọng nhiệt độ và thiết kế các cấu kiện đủ khả năng chịu các hệ quả tác động của tải trọng này. TCVN 11823-3:2017 có đề cập đến tải trọng nhiệt, có thể áp dụng được nhưng còn một số hạn chế. Vấn đề này trong BS EN 1991-1-5 được đề cập rất cụ thể. Bài báo sẽ trình bày nội dung này trong phần kế tiếp.

2. Quy định của TCVN 11823-3:2017 về tải trọng nhiệt tác dụng lên cầu

Tải trọng nhiệt được phân thành nhiệt độ phân bố đều và gradient nhiệt 2 loại. Dưới đây tóm lược nội dung của tiêu chuẩn. Nội dung cụ thể cần xem thêm tiêu chuẩn TCVN 11823-3:2017 [3].

a) Nhiệt độ phân bố đều

Nhiệt độ thấp nhất $T_{\min tk}$ và cao nhất $T_{\max tk}$ được lấy bằng cận dưới và cận trên của biên độ nhiệt độ tại Bảng 1, phụ thuộc vào vùng khí hậu và loại kết cấu cầu.

Bảng 1. Biên độ nhiệt độ [3]

Vùng khí hậu	Kết cấu bê tông	Mặt cầu bê tông trên dầm hoặc hộp thép	Mặt cầu thép trên dầm hoặc hộp thép
Bắc vĩ độ 16°B (đèo Hải Vân)	+5°C ~ +47°C	+1°C ~ +55°C	-3°C ~ +63°C
Nam vĩ độ 16°B (đèo Hải Vân)	+10°C ~ +47°C	+6°C ~ +55°C	+2°C ~ +63°C

* Đối với các địa điểm ở phía Bắc vĩ độ 16°B và ở độ cao hơn mặt nước biển 700m nhiệt độ thấp nhất trong bảng phải trừ bớt 5°C

** Biên độ nhiệt độ cầu xác định theo bảng là dựa trên biên độ nhiệt độ không khí trong bóng râm từ 0°C đến +45°C phía Bắc vĩ tuyến 16°N (đèo Hải Vân) và từ +5°C đến +45°C phía Nam vĩ tuyến 16°N. Khi xác định được các dữ liệu nhiệt độ tại vị trí công trình có thể sử dụng chúng để xác định giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của nhiệt độ không khí trong bóng râm với chu kỳ lặp là 100 năm cho vị trí công trình và có thể điều chỉnh nhiệt độ của cầu trong bảng tương ứng.

Tải trọng nhiệt độ dùng để tính toán các hiệu ứng biến dạng được lấy bằng chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ thấp nhất $T_{\min tk}$ và cao nhất $T_{\max tk}$ với nhiệt độ cơ sở thi công giả định trong thiết kế T_0 :

$$\Delta T^+ = T_{\max tk} - T_0 \quad (2-1)$$

$$\Delta T^- = T_0 - T_{\min tk} \quad (2-2)$$

Khi thiết kế khe co giãn và gối cầu, tải nhiệt độ lấy bằng chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ thấp nhất $T_{\min tk}$ với nhiệt độ cao nhất $T_{\max tk}$

$$\Delta T = T_{\max tk} - T_{\min tk} \quad (2-3)$$

b) Gradient nhiệt

Các tác động của gradient nhiệt khác nhau phải được lấy từ cả hai điều kiện chênh lệch dương (mặt trên nóng hơn) và chênh lệch âm (mặt trên lạnh hơn). Sơ đồ phân bố gradient nhiệt theo phương thẳng đứng được mô tả trong hình 29 của tiêu chuẩn TCVN 11823-3:2017 [3].

ThS. Nguyễn Thị Thanh Hương

Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Xây dựng

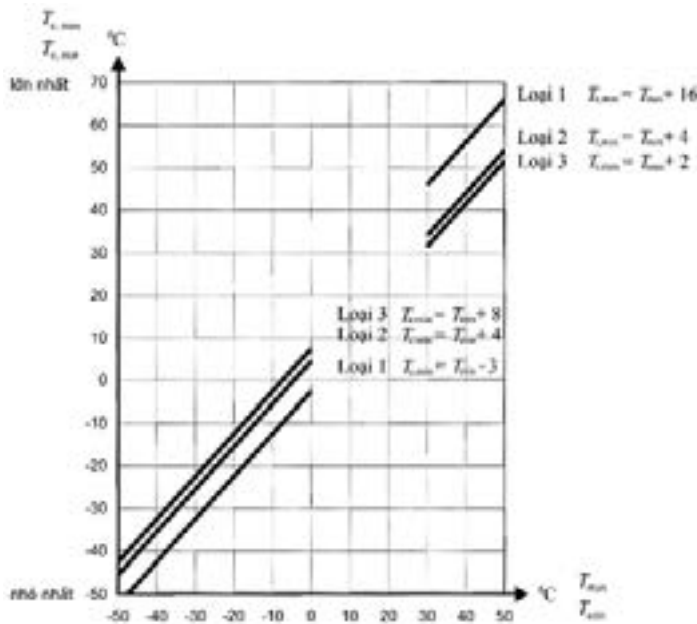
ĐT: 0983695880

Email: huongkxd@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/4/2020

Ngày sửa bài: 28/5/2020

Ngày duyệt đăng: 15/7/2021



Hình 1. Tương quan giữa nhiệt độ không khí trong bóng râm nhỏ nhất và lớn nhất $T_{\min}/T_{\max}$ và tải trọng nhiệt lên mặt cầu $T_{e,\min}/T_{e,\max}$

c) Nhận xét

Sử dụng biến thiên nhiệt độ trong Bảng 1 thiên về an toàn nhưng chưa sát với điều kiện thực tế của công trình. Ví dụ, tại Vũng Tàu, theo QCVN 02:2009 BXD [5], nhiệt độ không khí thấp nhất tuyệt đối là 15°C, nhiệt độ không khí cao nhất tuyệt đối là 36,2°C, chênh lệch nhiều so với biên độ nhiệt độ không khí trong bóng râm +5°C đến +45°C của khu vực phía Nam dùng để xác định biên độ nhiệt độ của Bảng 1.

TCVN 11823-3:2017 cho phép sử dụng nhiệt độ thực đo tại vị trí công trình để điều chỉnh biến thiên nhiệt độ tính toán, giúp quá trình thiết kế công trình hiệu quả hơn, nhưng chưa nêu cụ thể cách thực hiện, đặc biệt là sau khi xác định được giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của nhiệt độ không khí trong bóng râm với chu kỳ lặp là 100 năm, cần làm các công tác xử lý số liệu như thế nào để thu được biên độ nhiệt độ tính toán.

3. Quy định của BS EN 1991-1-5 [1] về tải trọng nhiệt tác dụng lên cầu

a) Phân loại bản mặt cầu

BS EN 1991-1-5 phân chia bản mặt cầu thành 3 loại:

- Loại 1: Mặt cầu thép
- Loại 2: Mặt cầu liên hợp
- Loại 3: Mặt cầu bê tông

Bản mặt cầu cần được kiểm tra với hai thành phần tải trọng: tải trọng nhiệt đều và tải trọng nhiệt biến thiên.

b) Thành phần tải trọng nhiệt đều

Tải trọng nhiệt đều tác dụng đồng đều trên toàn bộ tiết diện và chiều dài cầu kiện. Tải trọng này có thể gây ra ứng suất phụ đối với cấu kiện siêu tĩnh hoặc gây ra sự biến đổi chiều dài đối với cấu kiện tĩnh định.

Nhiệt độ lớn nhất $T_{e,\max}$ (°C) và nhiệt độ nhỏ nhất $T_{e,\min}$ (°C) phụ thuộc vào loại mặt cầu như sau: (Hình 1) [1]

$$\text{Loại 1: } T_{e,\max} = T_{\max} + 16; \quad T_{e,\min} = T_{\min} - 3 \quad (3-1)$$

$$\text{Loại 2: } T_{e,\max} = T_{\max} + 4; \quad T_{e,\min} = T_{\min} + 4 \quad (3-2)$$

$$\text{Loại 3: } T_{e,\max} = T_{\max} + 2; \quad T_{e,\min} = T_{\min} + 8 \quad (3-3)$$

Trong đó:

$T_{\max}$ - nhiệt độ không khí trong bóng râm lớn nhất với tần suất bị vượt bằng 2% (tương đương với chu kỳ lặp trung bình 50 năm), °C;

$T_{\min}$ - nhiệt độ không khí trong bóng râm nhỏ nhất với tần suất bị vượt bằng 2% (tương đương với chu kỳ lặp trung bình 50 năm), °C;

Chênh lệch nhiệt độ được xác định như sau:

$$\Delta T_{N,\exp} = T_{e,\max} - T_0 \quad (3-4)$$

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min} \quad (3-5)$$

trong đó:

$\Delta T_{N,\exp}$ - chênh lệch tăng nhiệt độ lớn nhất, °C;

$\Delta T_{N,\text{con}}$ - chênh lệch giảm nhiệt độ lớn nhất, °C;

T_0 - nhiệt độ ban đầu (tức nhiệt độ không khí tại thời điểm cấu kiện lắp đặt hoàn chỉnh). Khi không xác định được thời điểm chính xác (thường ở giai đoạn thiết kế), có thể lấy bằng nhiệt độ trung bình dài hạn, °C;

c) Thành phần tải trọng nhiệt biến thiên

Thành phần tải trọng nhiệt biến thiên trên bản mặt cầu gồm 2 thành phần: nhiệt độ biến thiên theo phương thẳng đứng (giữa mặt trên và mặt dưới của bản mặt cầu) và nhiệt độ biến thiên theo phương ngang bản mặt cầu. Thông thường chỉ cần xét đến thành phần nhiệt biến thiên theo phương đứng. Thành phần tải trọng nhiệt biến thiên phương ngang chỉ xét đến trong các trường hợp đặc biệt, ví dụ do hướng của cầu làm một bên thành cầu chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ sự đốt nóng của mặt trời.

Thành phần nhiệt biến thiên có thể gây nên mô men uốn phụ, sự tăng ma sát của các gối xoay, các hiệu ứng bậc 2.

Đối với thành phần thẳng đứng, cần xét hai trường hợp nhiệt độ mặt trên cầu cao hơn mặt dưới và ngược lại.

Có thể sử dụng một trong hai phương pháp nhiệt độ biến

Bảng 2. Dữ liệu nhiệt độ tại trạm quan trắc khí tượng Vũng Tàu (1987-2016)

TT	Năm	Nhiệt độ trung bình năm (°C)	Nhiệt độ lớn nhất trong năm		Nhiệt độ nhỏ nhất trong năm	
			Giá trị (°C)	Ngày quan trắc	Giá trị (°C)	Ngày quan trắc
1	1987	27,4	34,1	24/6/1987	19,4	4/2/1987
2	1988	27,2	34,3	1/6/1988	19,6	15/12/1988
3	1989	27,0	33,6	22/4/1989	19,8	15/12/1989
4	1990	27,4	36,2	21/4/1990	21,1	24/12/1990
5	1991	27,2	33,2	13/6/1991	19,9	5/12/1991
6	1992	27,7	34,8	10,31/5/1992	18,5	18/1/1992
7	1993	27,1	34,7	15/6/1993	18,1	29/1/1993
8	1994	27,2	36	4/5/1994	19,7	24/1/1994
9	1995	27,3	34,6	20/5/1995	19,9	6/2/1995
10	1996	27,1	34,3	8/5/1996	19	28/12/1996
11	1997	27,6	34,3	21/5/1997	20,2	13/1/1997
12	1998	28,2	36	23/5/1998	19,7	15/12/1998
13	1999	27,4	34,4	8,13/4/1999	19,2	25/12/1999
14	2000	27,5	34,3	1/5/2000	21,9	2/2/2000
15	2001	27,6	36,7	19/5/2001	20	30/12/2001
16	2002	27,6	34,5	13/6/2002	19,9	9/1/2002
17	2003	27,5	35,3	18/5/2003	21,3	21/12/2003
18	2004	27,5	35,5	13/5/2004	21	22/12/2004
19	2005	27,6	34,7	29/10/2005	21,1	5/1/2005
20	2006	28,0	34,5	4/12/2006	22,1	23/12/2006
21	2007	27,7	34,4	11/6/2007	19,9	30/1/2007
22	2008	27,7	33,8	22/6/2008	21,9	11/2/2008
23	2009	27,7	36,5	19/4/2009	20,1	15/1/2009
24	2010	28,1	34,5	23/5/2010	21,4	15/1/2010
25	2011	27,5	35	8/5/2011	21	17/1/2011
26	2012	28,0	34,9	31/5/2012	22	5/1/2012
27	2013	28,0	35,7	6/4/2013	20,5	16/1/2013
28	2014	27,9	35	29/5/2014	19,1	24/1/2014
29	2015	28,1	35,2	6/9/2015	19,6	10/2/2015
30	2016	28,2	35,7	4/9/2016	19,7	8/2/2016
Trung bình		27.6				

thiên tuyến tính hoặc phi tuyến để xác định giá trị tải trọng nhiệt độ.

Giá trị nhiệt độ biến thiên theo phương pháp tuyến tính sử dụng hai giá trị $\Delta T_{M,heat}$ (khi nhiệt độ mặt trên cao hơn mặt dưới) và $\Delta T_{M,cool}$ (khi nhiệt độ mặt trên thấp hơn mặt dưới). Giá trị của chúng được lấy theo bảng 6.1 của BS EN 1991-1-5.

4. Ví dụ tính toán

Đặt bài toán: Biết các thông số đo nhiệt độ trong một khoảng thời gian dài tại trạm quan trắc khu vực công trình xây dựng, tính toán xác định tải trọng nhiệt độ thực tế tác dụng lên kết cấu công trình. Tác giả áp dụng bài toán vào công trình “Hệ thống cảng nhập thiết bị và nhập nguyên liệu bằng bệ tông cốt thép chống đỡ bởi các cọc thép tại dự án Hóa dầu Long Sơn địa điểm xây dựng tại Bà Rịa - Vũng Tàu”.

Do TCVN 11823-3:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 3: Tải trọng và hệ số tải trọng chưa có chỉ dẫn chi tiết để tính

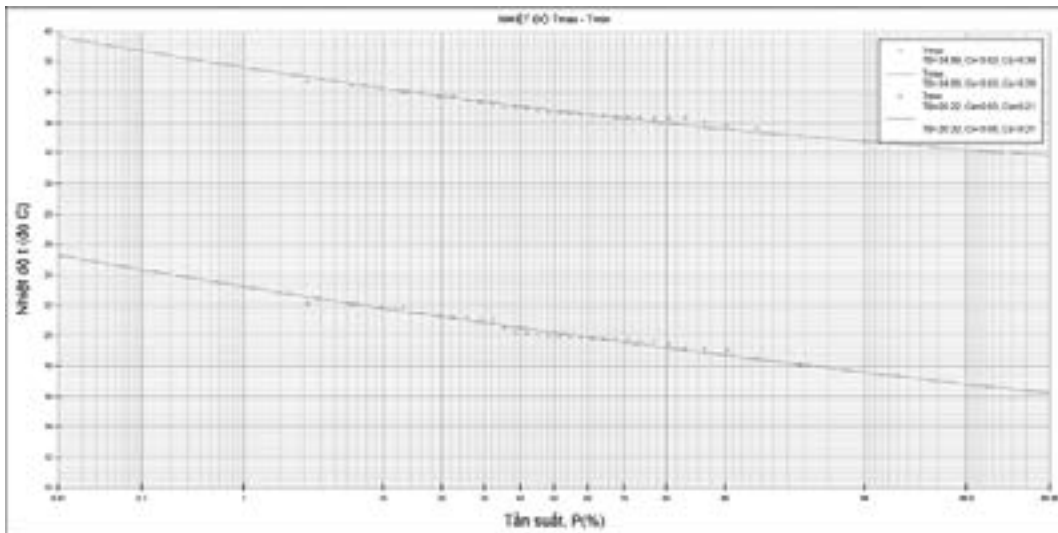
toán tải trọng nhiệt độ tác dụng lên kết cấu khi sử dụng các giá trị nhiệt độ đo được tại địa điểm xây dựng công trình nên ở đây tác giả áp dụng tiêu chuẩn EN 1991-1-5 để làm ví dụ tính toán.

a) Thông số đầu vào

Dự án Hóa dầu Long Sơn nằm tại Bà Rịa - Vũng Tàu, có các hệ thống cảng nhập thiết bị và nhập nguyên liệu bằng bệ tông cốt thép chống đỡ bởi các cọc thép. Đây là kết cấu lộ thiên nên chịu tác động lớn của nhiệt độ và vì thế cần kiểm tra phản ứng của kết cấu mặt cầu dưới tác dụng của tải trọng nhiệt.

Tải trọng nhiệt trong phân tích trong kết cấu được đề xuất bao gồm:

- Tải trọng nhiệt đều: nhiệt độ tác động đồng đều trên toàn bộ tiết diện bản mặt cầu
- Tải trọng nhiệt biến thiên: nhiệt độ chênh lệch giữa mặt trên và mặt dưới của bản mặt cầu



Hình 2. Đường tần suất nhiệt độ T_{max} ; T_{min}

b) Thu thập dữ liệu

Dữ liệu nhiệt độ được thu thập từ trạm quan trắc khí tượng Vũng Tàu từ năm 1987 đến năm 2016 được thể hiện trong Bảng 2.

Nhiệt độ T_{max} và T_{min} là giá trị tương ứng với tần suất bị vượt bằng 2%. Để xác định các giá trị này, cần tiến hành xử lý thống kê các số liệu đầu vào tại Bảng 2.

Dựa vào phân bố Pearson III, xác định được nhiệt độ lớn nhất T_{max} nhiệt độ nhỏ nhất T_{min} theo các tần suất bị vượt khác nhau thể hiện trên Hình 2, Bảng 3 và 4.

Bảng 3. Nhiệt độ lớn nhất theo tần suất bị vượt T_{max}

TT	Xác suất bị vượt P (%)	T_{max} (°C)	Chu kỳ lặp (năm)
1	1	37,6	100,00
2	1,5	37,4	66,67
3	2	37,3	50,00
4	3	37,0	33,33
5	5	36,7	20,00
6	10	36,3	10,00
7	20	35,8	5,00
8	25	35,6	4,00
9	30	35,4	3,33
10	40	35,1	2,50
11	50	34,8	2,00
12	60	34,6	1,67
13	70	34,3	1,43
14	75	34,2	1,33
15	80	34,0	1,25
16	85	33,8	1,18
17	90	33,6	1,11
18	95	33,3	1,05
19	97	33,1	1,03
20	99	32,8	1,01

Bảng 4. Nhiệt độ nhỏ nhất theo tần suất bị vượt T_{min}

TT	Xác suất bị vượt P (%)	T_{min} (°C)	Chu kỳ lặp (năm)
1	99	22,6	1,01
2	98,5	22,4	1,02
3	98	22,3	1,02
4	97	22,1	1,03
5	95	21,9	1,05
6	90	21,5	1,11
7	80	21,1	1,25
8	75	20,9	1,33
9	70	20,8	1,43
10	60	20,5	1,67
11	50	20,2	2,00
12	40	20,0	2,50
13	30	19,7	3,33
14	25	19,5	4,00
15	20	19,4	5,00
16	15	19,2	6,67
17	10	18,9	10,00
18	5	18,6	20,00
19	4	18,5	25,00
20	3	18,3	33,33
21	2	18,2	50,00
22	1	17,9	100,00

c) Tải trọng nhiệt đều

Dựa vào kết quả phân tích dữ liệu trong 30 năm tại trạm quan trắc khí tượng Vũng Tàu, các giá trị nhiệt độ được xác định như sau:

$T_0 = 27,6$ °C (Bảng 2, giá trị trung bình)

$T_{max} = 37,3$ °C (Bảng 3, chu kỳ lặp 50 năm)

$T_{min} = 18,2$ °C (Bảng 4, chu kỳ lặp 50 năm)

(xem tiếp trang 15)

3. Kết luận

AutoCAD là phần mềm không thể thiếu được trong lĩnh vực xây dựng cũng như các ngành kỹ thuật khác. Nó được hỗ trợ TĐH bằng các ngôn ngữ lập trình như SCRIPT, LISP, VBA... nhằm tăng tốc độ và hiệu quả công việc.

VBA là ngôn ngữ lập trình VB được tích hợp trong Office và AutoCAD có thể giải quyết nhiều bài toán TĐH thiết kế. VBA là ngôn ngữ dễ học vì mã lệnh tường minh, phù hợp đối với những người không chuyên về lập trình. Một số trường

Đại học thuộc khối kỹ thuật có đưa ngôn ngữ lập trình này trong nội dung đào tạo. Do vậy cần có sự quan tâm thích đáng với việc học và sử dụng VBA trong lĩnh vực TĐH thiết kế công trình.

Những người am hiểu VBA dễ dàng tiếp cận và chuyển đổi sang các phần mềm mạnh mẽ hơn như VB6, VB.NET, C#, Java... để xây dựng các sản phẩm ứng dụng chuyên nghiệp./.

Tài liệu tham khảo

1. *ActiveX and VBA Developer's Guide*, 2017. Autodesk.
2. *AutoCAD VBA 2006 - A Programmer's Reference*, 2006. Joe Sutphin. Apress.
3. *Mastering AutoCAD VBA*, 2001. Marion Cottingham. Sybex.
4. *Autodesk AutoCAD 2019: ActiveX Reference Guide*. 2019. Autodesk.
5. Phan Tự Hưởng, *Xây dựng mô hình tự động hoá thiết kế trong AutoCAD bằng ngôn ngữ lập trình VB6*. Tạp chí khoa học, kiến trúc và xây dựng - Trường ĐH Kiến trúc Hà Nội, 2010.

6. Phan Tự Hưởng, *Lập trình VBA trong Excel (tái bản lần thứ 4)*. Nhà xuất bản Thống kê, 2012.
7. Phan Tự Hưởng, *Lập trình VBA trong Excel - Phần cơ bản*. Nhà xuất bản thông tin truyền thông, 2019.
8. Phan Tự Hưởng, *Lập trình VBA trong Excel - Phần nâng cao*. Nhà xuất bản Đà Nẵng, 2019.
9. Phan Tự Hưởng, *Excel nâng cao và một số ứng dụng trong XD*. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2019.

Tải trọng nhiệt độ trên bản mặt cầu...

(tiếp theo trang 24)

Bản mặt cầu của dự án sử dụng vật liệu bê tông cốt thép, vì thế $T_{e,max}$ và $T_{e,min}$ được xác định như sau:

$$T_{e,max} = T_{max} + 2 = 37,3 + 2 = 39,3^{\circ}C$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 = 18,2 + 8 = 26,2^{\circ}C$$

Giá trị tải trọng nhiệt độ đều tác dụng lên bản mặt cầu:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 39,3 - 27,6 = 11,7^{\circ}C$$

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 27,6 - 26,2 = 1,4^{\circ}C$$

d) Tải trọng nhiệt biến thiên

Nhiệt độ chênh lệch giữa mặt trên và mặt dưới của bản mặt cầu sử dụng sự biến thiên tuyến tính của nhiệt độ giữa $\Delta T_{M,heat}$ và $\Delta T_{M,cool}$. Giá trị của chúng được lấy theo bảng 6.1 của BS EN 1991-1-5, cho hai trường hợp như sau:

Khi nhiệt độ mặt trên cao hơn mặt dưới: $\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}C$

Khi nhiệt độ mặt trên thấp hơn mặt dưới: $\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}C$

Qua kết quả tính toán tác giả nhận thấy: Tiêu chuẩn EN 1991-1-5 chỉ dẫn chi tiết nên kỹ sư tư vấn dễ dàng xác định tải trọng nhiệt độ khi có số liệu đo nhiệt độ tại vị trí công trình.

5. Kết luận

TCVN 11823-3:2017 cho phép sử dụng số liệu đo thực tế tại vị trí công trình để xác định tải trọng nhiệt độ, nhưng chưa có đủ chỉ dẫn chi tiết để có thể áp dụng tính toán cụ thể. EN BS 1991-1-5 cũng cho phép sử dụng số liệu đo thực tế tại vị trí công trình để xác định tải trọng nhiệt độ với các chỉ dẫn cụ thể, nhờ đó có thể áp dụng vào thực hành, đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn.

Để tạo điều kiện thuận lợi khi tính toán thiết kế tác động của tải trọng nhiệt độ lên kết cấu tác giả kiến nghị TCVN 11823-3 nên bổ sung chỉ dẫn tính toán tương tự EN 1991-1-5 áp dụng với số liệu khí hậu tại Việt Nam.

Nội dung của bài báo đề cập tới bản mặt cầu, nhưng trong thực tế có nhiều kết cấu công trình có hình dạng tương tự, chịu các điều kiện nhiệt độ tương tự như: nhà cầu liên kết giữa các dãy nhà, nhà cầu liên kết giữa các đơn nguyên cao tầng... nên hoàn toàn có thể áp dụng cách tính toán trong bài báo này. Do nguyên lý tính toán tải trọng nhiệt là chung nên ngoài các dạng kết cấu trên có thể tham khảo bài báo này để áp dụng cho các dạng kết cấu khác./.

Tài liệu tham khảo

1. EN BS 1991-1-5, Eurocode 1: Action on structures - Part 1-5: General actions - Thermal actions
2. Met-ocean study report, LSP complex project, POSCO E&C, Long Son Petrochemicals Co. Ltd
3. TCVN 11823-3:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 3: Tải trọng và hệ số tải trọng
4. ASSHTO LRFD Bridge Design Specifications, Eighth Edition, 2017
5. QCVN 02:2009/BXD Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng

6. Nghiêm Tiến Lam, 2009, Hướng dẫn thực hành kỹ thuật bờ biển, Ebook, <http://www.ebook.edu.vn>
7. Statistical methods in hydrology, Hann, C.T., 1977, The Iowa State University Press/ Ames
8. Phạm Văn Thoan, 2017, Khảo sát - tính toán thủy văn công trình giao thông, tập 1 và tập 2, Nhà xuất bản Xây dựng
9. Nghiêm Tiến Lam, 2008, Chương trình phân tích và vẽ tần suất FFC, Khoa Kỹ thuật Biển, Trường Đại học Thủy lợi
10. <http://coastal.tlu.edu.vn/media/chuong-trinh-phan-tich-va-ve-tan-suat-ffc-2008-164>