

ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ TẦNG MÁI ĐẾN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP

THE EFFECTS OF TEMPERATURE DIFFERENCE OF ROOF LAYER ON STRUCTURE OF REINFORCED CONCRETE WORKS

Nguyễn Phú Hoàng

Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng; nguyennphuhoangdanang@gmail.com

Tóm tắt - Nhiệt độ là một trong những tải trọng đặc biệt tác dụng lên kết cấu công trình. Dưới ảnh hưởng do sự thay đổi của nhiệt độ môi trường, vật liệu bê tông cốt thép sẽ xảy ra hiện tượng co giãn; và khi sự co giãn này bị hạn chế thì sẽ phát sinh các ứng suất gây nguy hiểm cho kết cấu. Nội dung bài báo, tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến các kết cấu chịu lực cơ bản như sàn, dầm, cột,... trong công trình kết cấu bê tông cốt thép. Tác động nhiệt độ được đề cập đến trong bài báo là sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt đối diện của kết cấu sàn tầng mái, xảy ra khi bề mặt bên trên phát sinh nhiệt độ cao và bề mặt đối diện duy trì nhiệt độ thấp hơn.

Từ khóa - tải trọng nhiệt độ; sàn tầng mái; mô hình kết cấu; nội lực sàn; nội lực dầm; nội lực cột.

1. Đặt vấn đề

Tác động nhiệt độ là một loại tải trọng đặc biệt có ảnh hưởng đến kết cấu công trình xây dựng. Hiện nay ở nước ta, việc tính toán tải trọng nhiệt độ tác động đến kết cấu công trình còn chưa được quan tâm. Trong các tiêu chuẩn thiết kế chủ yếu đưa ra khuyến cáo về các giải pháp cấu tạo (bố trí khe nhiệt, đặt cốt thép cấu tạo, ...) nhằm hạn chế tác động của nhiệt độ lên kết cấu công trình chứ chưa đưa ra quy trình tính toán, kiểm tra cụ thể [1, 3]. Tuy nhiên, do sự biến đổi khí hậu (nhiệt độ trái đất nóng lên, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các mùa, giữa ngày và đêm lớn, ...) cũng như tình hình hóa hạn, thiên tai, ... trong thời gian gần đây diễn biến phức tạp, thì việc đánh giá ảnh hưởng của tác động nhiệt độ đến kết cấu công trình cần được quan tâm đúng mức.

Ở nước ta, vào mùa nóng nhiệt độ bên ngoài lớn, trong khi nhiệt độ môi trường thuận lợi cho cơ thể làm việc là 20-25°C. Khi đó, việc sử dụng các thiết bị điều hòa không khí trong phòng có thể gây ra sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên ngoài môi trường và bên trong phòng. Ngoài ra, đối với kết cấu tầng mái thì mức độ chênh lệch nhiệt độ bên trên mái và bên dưới mái có thể rất lớn. Chẳng hạn, nếu sử dụng mái bằng bê tông cốt thép (BTCT) hoặc mái bằng BTCT lợp tôn thì hiện tượng hấp thụ nhiệt có thể làm nhiệt độ bên trên sàn tầng mái tăng từ 60-100°C; trong khi đó nhiệt độ duy trì bên trong phòng làm việc 20-25°C. Điều này làm cho nhiệt độ chênh lệch bên ngoài và bên trong kết cấu sàn tầng mái có thể lên đến 40-60°C. Khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt đối diện của kết cấu, sẽ làm cho trục cấu kiện bị uốn cong (bề mặt nhiệt độ cao nở dài ra và bề mặt nhiệt độ thấp co ngắn lại). Do đó, sẽ xảy ra nội lực uốn phát sinh trong cấu kiện (mô-men uốn, lực cắt, ... do tải trọng chênh lệch nhiệt độ gây ra).

Trong nội dung bài báo, tác giả sẽ tập trung tìm hiểu ảnh hưởng của sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt đối diện của kết cấu sàn tầng mái công trình, xảy ra khi bề mặt bên

Abstract - Temperature is one of the special loads acting on the building structure. Under the influence of changes in environmental temperature, reinforced concrete material might experience elasticity; and when this elasticity is limited it can cause dangerous stress to the building structures. This paper investigates the impact of temperature on the basic structural members (i.e. floor, beam, column,...) of reinforced concrete building structure. The temperature load effect mentioned in this paper is the temperature difference between two opposite faces of the roof deck structure occurring when the above surface generates high temperature whereas the other surface maintains a lower temperature.

Key words - temperature load; roof floor; structural model; shell forces; beam forces; column forces.

trên phát sinh nhiệt độ cao và bề mặt đối diện duy trì nhiệt độ thấp hơn, đến các kết cấu chịu lực cơ bản trong công trình kết cấu bê tông cốt thép.

1.1. Cơ sở lý thuyết tính toán hệ siêu tĩnh chịu tác động nhiệt độ theo phương pháp chuyển vị

a. Các giả thiết tính toán

Ở đây ta chỉ xét bài toán trong trường hợp thừa nhận hai giả thiết:

- Nhiệt độ thay đổi như nhau dọc theo chiều dài từng thanh của hệ.
- Nhiệt độ thay đổi bậc nhất theo chiều cao tiết diện.

Với một thanh bất kỳ, nếu ký hiệu sự thay đổi nhiệt độ của thớ trên là t_1° , còn thớ dưới là t_2° , thì biến dạng do sự thay đổi vì nhiệt của thanh bao giờ cũng có thể xem là tổ hợp của hai biến dạng cơ bản:

- Trục thanh bị uốn cong và phát sinh mô-men uốn do sự thay đổi nhiệt độ chênh lệch ở hai thớ: thớ trên và thớ dưới (Δt).

- Trục thanh bị giãn ra (hay co lại) do sự thay đổi đều của nhiệt độ dọc theo trục thanh (t_c°). Trường hợp tiết diện thanh đối xứng với trục x thì $t_c^\circ = \frac{1}{2}(t_2^\circ - t_1^\circ)$, thay đổi chiều dài các thanh sẽ làm cho các nút của hệ cơ bản chuyển vị, do đó các thanh bị uốn cong và phát sinh mô-men uốn.

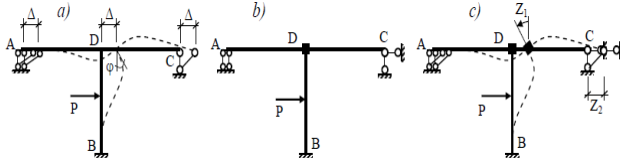
b. Các bước tính toán [2, 4]

* Bước 1: Xây dựng hệ cơ bản

- Khi tính hệ siêu tĩnh theo phương pháp chuyển vị, ta không tính trực tiếp trên hệ đã cho mà tính trên một hệ khác đã biết gọi là hệ cơ bản. Đối với hệ cơ bản theo phương pháp chuyển vị, ta đặt thêm vào các nút của hệ các liên kết để ngăn cản hết tất cả các chuyển vị còn lại của các nút có trong hệ, nhằm biến các thanh trong hệ thành các dầm một nhịp độc lập (sơ đồ tính các dầm này đã có bảng tra xác định nội lực).

- Để ngăn cản chuyển vị xoay của nút cứng, ta đưa vào các liên kết “chốt” hay liên kết “ngàm”. Liên kết này chỉ có tác dụng ngăn cản xoay của nút mà vẫn cho phép nút có chuyển vị thẳng, do đó trong liên kết chỉ phát sinh một phản lực mô-men, vì vậy liên kết “ngàm” còn được gọi là liên kết mô-men. Số liên kết mô-men được thêm vào bằng số nút cứng có trong hệ.

Ví dụ: Với kết cấu cho trên Hình 1.a, nút D được thêm vào một liên kết mô-men và biểu diễn liên kết này như Hình 1.b.



Hình 1. Xây dựng hệ cơ bản

- Để ngăn cản chuyển vị thẳng của nút, ta đặt vào nút liên kết thanh chống. Loại liên kết này chỉ có tác dụng ngăn cản chuyển vị thẳng mà vẫn cho phép nút cứng xoay được, do đó trong liên kết chỉ phát sinh một phản lực dọc theo thanh chống. Số liên kết thanh thêm vào bằng số chuyển vị thẳng độc lập của các nút. Trên Hình 1.a, nút cứng D có chuyển vị góc φ và chuyển vị thẳng ngang là Δ , để ngăn cản hai chuyển vị này, ta thêm liên kết mô-men tại nút D và liên kết thanh đặt tại C như Hình 1.b và đó là hệ cơ bản của phương pháp chuyển vị.

- Trên Hình 1.b gồm các thanh AD, BD giống như sơ đồ dầm hai đầu ngàm cứng (ngàm trượt tại A không có chuyển vị ngang hoàn toàn như ngàm cứng); thanh DC giống như sơ đồ dầm một đầu ngàm cứng một đầu khớp (liên kết mô-men tại D không có chuyển vị đứng và ngang nên hoàn toàn có thể coi như ngàm cứng).

- Liên kết thanh chống theo phương ngang đặt tại C hoặc A hoặc nút D đều có cùng một tác dụng là ngăn cản chuyển vị ngang của nút D, do đó với 3 cách đặt thanh chống hệ cơ bản thì vẫn chỉ là một. Như vậy, với cách thêm đầy đủ các liên kết thì hệ cơ bản của phương pháp chuyển vị là duy nhất.

Bước 2: Xây dựng hệ phương trình chính tắc

- Hệ cơ bản trên Hình 1.b khác với hệ siêu tĩnh đã cho trên Hình 1.a là chưa có lực tác dụng và không có các chuyển vị Δ và φ của nút D. Để hệ cơ bản giống với hệ siêu tĩnh đã cho, ta đặt tải trọng P, cho liên kết mô-men xoay cưỡng bức một góc Z_1 và cho liên kết thanh chống dịch chuyển cưỡng bức một đoạn Z_2 như Hình 1.c. Vì chưa biết chiều thực của Z_1 , Z_2 nên ta chọn chiều quay của Z_1 , chiều dịch chuyển của Z_2 là tùy ý.

- Nếu Z_1 , Z_2 đúng bằng φ , Δ thì hệ cơ bản hoàn toàn tương đương với hệ đã cho và nội lực của hệ cơ bản tương đương chính là nội lực cần tìm của hệ siêu tĩnh Hình 1.a. Thực tế chuyển vị của nút D là chưa biết nên Z_1 , Z_2 là hai ẩn số cần phải tìm. Điều kiện để tìm Z_1 , Z_2 là phản lực mô-men tại liên kết D và phản lực thanh chống thêm vào trên hệ cơ bản tương đương phải bằng phản lực tương ứng trên hệ ban đầu, tức bằng không. Ta có 2 phương trình cơ bản:

$$\begin{aligned} R_1(Z_1, Z_2, t) &= 0 \\ R_2(Z_1, Z_2, t) &= 0 \end{aligned} \quad (1.1)$$

- Phương trình cơ bản tổng quát của hệ có n ẩn số tại liên kết thêm vào thứ k có dạng:

$$R_k(Z_1, Z_2, \dots, Z_n, t) = 0 \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (1.2)$$

- Áp dụng nguyên lý cộng tác dụng ta có thể viết công thức dưới dạng:

$$R_k(Z_1, Z_2, \dots, Z_n, t) = R_{k1}Z_1 + R_{k2}Z_2 + \dots + R_{kn}Z_n + R_{kt} = 0 \quad (1.3)$$

- Trong đó:

+ R_{km} là phản lực tại liên kết thêm vào thứ k trên hệ cơ bản do ẩn chuyển vị tại liên kết thêm vào thứ m là Z_m gây ra.

+ R_{kt} là phản lực tại liên kết thêm vào thứ k trên hệ cơ bản do tải trọng nhiệt độ đã cho gây ra trên hệ cơ bản.

- Nếu gọi r_{km} là phản lực đơn vị tại liên kết thêm vào thứ k do ẩn chuyển vị $Z_m=1$ gây ra trên hệ cơ bản, ta có:

$$R_{km} = r_{km} \cdot Z_m$$

- Hệ phương trình cơ bản (1.3) có thể viết lại như sau:

$$r_{k1}Z_1 + r_{k2}Z_2 + \dots + r_{kn}Z_n + R_{kt} = 0 \quad (1.4)$$

- Cho $k=1, 2, \dots, n$ ta có hệ phương trình chính tắc:

$$R_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + \dots + r_{1n}Z_n + R_{1t} = 0$$

$$R_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + \dots + r_{2n}Z_n + R_{2t} = 0$$

$$\dots \dots \dots \quad (1.5)$$

$$R_{n1}Z_1 + r_{n2}Z_2 + \dots + r_{nn}Z_n + R_{nt} = 0$$

- Trong đó:

+ r_{kk} gọi là hệ số chính;

+ r_{km} gọi là hệ số phụ;

+ R_{kt} gọi là số hạng tự do.

- Các hệ số và số hạng tự do là phản lực, sẽ mang dấu dương khi nó cùng chiều với chiều của ẩn chuyển vị và ngược lại. Các hệ số chính r_{kk} luôn luôn dương, còn các hệ số phụ và số hạng tự do có thể dương, âm và bằng không.

- Hệ phương trình chính tắc (1.5) có thể biểu diễn gọn dưới dạng ma trận: $[K]\{\Delta\} + \{R\} = 0$ (1.6)

- Trong đó

+ $[K]$ là ma trận các hệ số;

+ $\{\Delta\}$ là véc-tơ các ẩn chuyển vị;

+ $\{R\}$ là véc-tơ các số hạng tự do.

* Bước 3: Xác định các hệ số và số hạng tự do

- Các hệ số r_{km} (với $m=1, 2, \dots, n$) và số hạng tự do R_{kt} của phương trình chính tắc thứ k là phản lực tại liên kết thêm vào thứ k, do lần lượt liên kết thêm vào thứ 1, 2, ..., n chuyển vị cưỡng bức bằng đơn vị và do tải trọng đã cho gây ra trên hệ cơ bản. Các phản lực trên có thể là phản lực mô-men (nếu liên kết thêm vào thứ k là liên kết mô-men), phản lực thẳng (nếu liên kết thêm vào thứ k là liên kết thanh). Có nhiều phương pháp xác định chúng, song vì nó là phản lực nên đơn giản nhất là sử dụng các điều kiện cân bằng bộ phận.

- Sau khi đã vẽ đúng các biểu đồ mô-men uốn do các nguyên nhân $Z_m=1$ và tải trọng gây ra trên hệ cơ bản, ta dễ dàng xác định các phản lực trên như sau:

+ Nếu liên kết thêm vào thứ k là liên kết mô-men thì r_{km} và R_{kt} được xác định từ điều kiện cân bằng mô-men

tại nút **K** của các biểu đồ $\overline{M}_m$ (do $Z_m = 1$ gây ra trên hệ cơ bản) và M_t^0 (do tải trọng nhiệt độ gây ra trên hệ cơ bản). Chiều dương của r_{km} và R_{kt} lấy theo chiều xoay giả thiết của ẩn Z_K .

+ Nếu liên kết thêm vào thứ k là liên kết thanh chống, thì r_{km} , R_{kt} được xác định từ phương trình cân bằng hình chiếu của một phần kết cấu trên hệ cơ bản lần lượt do $Z_m = 1$ và do tải trọng đã cho gây ra. Chiều dương của các phản lực trên lấy theo chiều dịch chuyển của ẩn Z_K . Từ các biểu đồ $\overline{M}_m$ và M_t^0 đã có, ta cần xác định thêm lực cắt hoặc lực dọc vừa đủ để tham gia trong phương trình cân bằng hình chiếu.

* Bước 4: Xác định nội lực trong hệ

- Sau khi giải hệ phương trình chính tắc, tìm được các ẩn chuyển vị $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$, ta có thể xác định mô-men uốn cuối cùng theo nguyên lý cộng tác dụng đã biết:

$$M_t = \overline{M}_1 Z_1 + \overline{M}_2 Z_2 + \dots + \overline{M}_n Z_n + M_t^0 \quad (1.7)$$

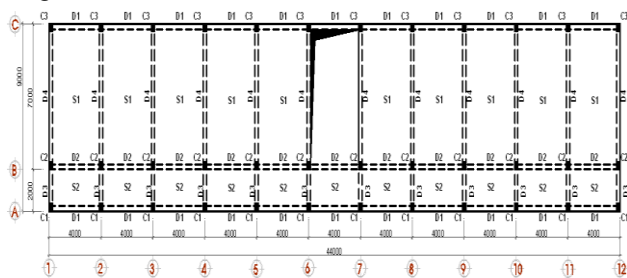
- Trong đó: $\overline{M}_1; \overline{M}_2; \overline{M}_n; M_t^0$ là các biểu đồ mô-men đơn vị và biểu đồ mô-men do tải trọng nhiệt độ trên hệ cơ bản (các biểu đồ này đã có sẵn).

- Thực hiện (1.7) tại hai đầu của từng đoạn thanh, sau đó nối thẳng rồi treo biểu đồ, sẽ có biểu đồ mô-men trong hệ siêu tĩnh đã cho. Từ mô-men suy ra lực cắt, từ lực cắt suy ra lực dọc. Để kiểm tra biểu đồ mô-men uốn cuối cùng theo phương pháp chuyển vị, ta có thể chỉ cần xét dạng, xét cân bằng mô-men nút, xét cân bằng bộ phận là đủ.

1.2. Ảnh hưởng chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt của sàn tầng mái đến kết cấu công trình bê tông cốt thép

a. Số liệu phân tích

Trong phạm vi bài báo, tác giả xét công trình kết cấu bê tông cốt thép 3 tầng tại TP Đà Nẵng có mặt bằng kết cấu tầng điển hình như sau:



Hình 2. Mặt bằng kết cấu tầng điển hình (tầng 1-3)

- **Vật liệu:** Bê tông cốt thép (bê tông cấp bền B20).

- **Chiều cao mỗi tầng:** $h_t = 3,9$ (m); khoảng cách từ dầm móng (đà kiềng) đến mặt móng 2,0 (m).

- **Tiết diện:** Sàn S1, S2 (10 cm); dầm D1, D2, D3 (25x40) cm, dầm D4 (25x60) cm; cột C1, C2, C3 (25x35) cm.

- **Tải trọng:**

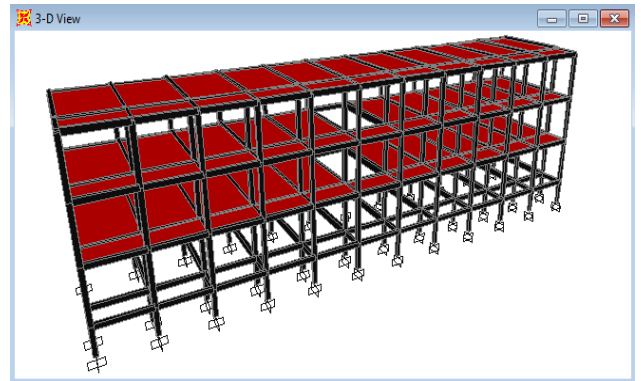
+ Tính tải do trọng lượng bản thân kết cấu: sàn, dầm, cột, ... khai báo để phần mềm SAP 2000 v10.0.1 tự tính.

+ Tính tải các lớp cấu tạo sàn (không tính phần bê tông): $g^{tt} = 1,1$ (kN/m²).

+ Hoạt tải sàn: S_1 ($p^{tt} = 2,4$ kN/m²); S_2 ($p^{tt} = 3,6$ kN/m²).

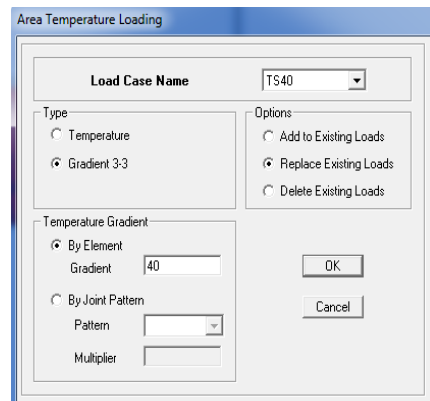
b. Trường hợp phân tích

- Phân tích công trình theo mô hình không gian bằng phần mềm SAP 2000 v10.01.1 với trường hợp chênh lệch nhiệt độ bên ngoài (thờ trên) cao hơn bên trong (thờ dưới) kết cấu dầm, sàn tầng mái lần lượt là: 10°C (TS10), 20°C (TS20), 30°C (TS30), 40°C (TS40).

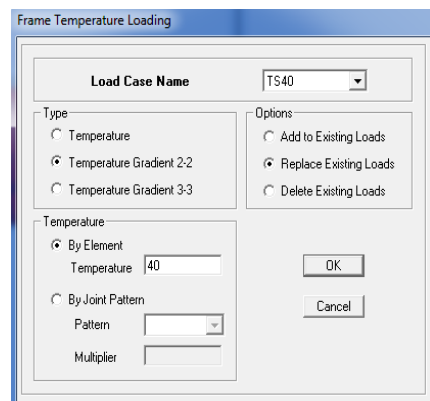


Hình 3. Mô hình kết cấu công trình trong phần mềm SAP2000

- Tiến hành khai báo và gán vật liệu, tiết diện, trường hợp tải trọng cho hệ. Đối với tải trọng nhiệt độ được gán như sau:



Hình 4. Gán chênh lệch nhiệt độ 40°C cho sàn tầng mái

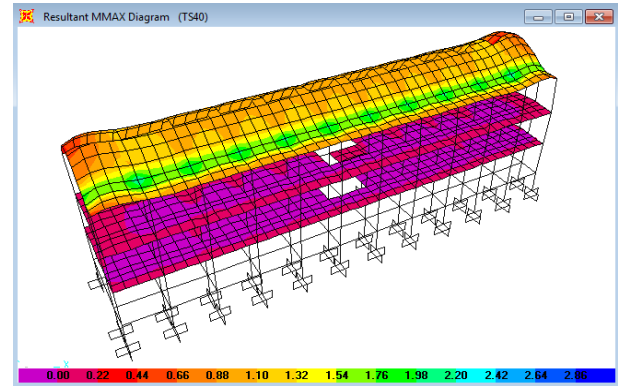


Hình 5. Gán chênh lệch nhiệt độ 40°C cho dầm tầng mái

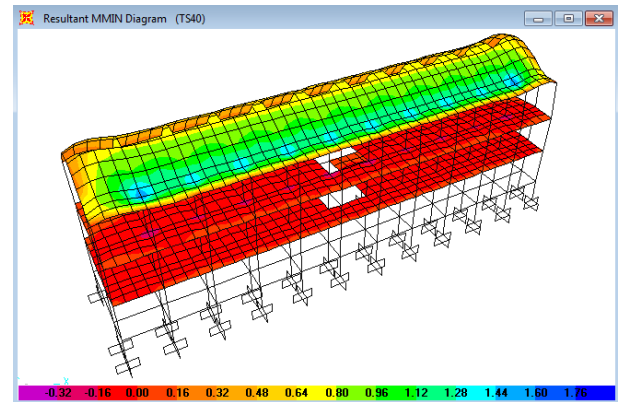
2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

Tiến hành tổng hợp và đánh giá kết quả phân tích chuyển vị, nội lực đối với sàn tầng mái và khung dọc KB của công trình.

2.1. Kết quả chuyển vị, nội lực sàn tầng mái

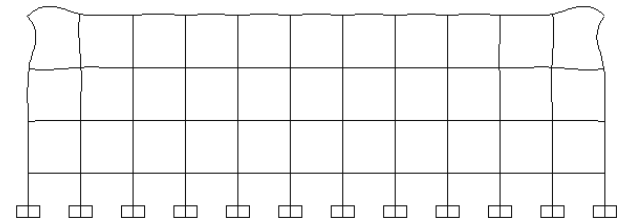


Hình 6. Kết quả mô-men M_{MAX} và biến dạng sàn do chênh lệch nhiệt độ dầm sàn tầng mái TS40

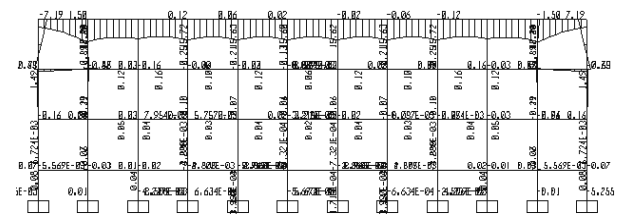


Hình 7. Kết quả mô-men M_{MIN} và biến dạng sàn do chênh lệch nhiệt độ dầm sàn tầng mái TS40

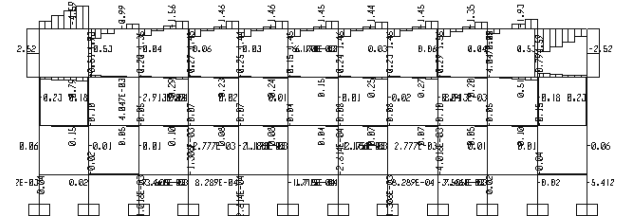
2.2. Kết quả chuyển vị, nội lực khung dọc KB



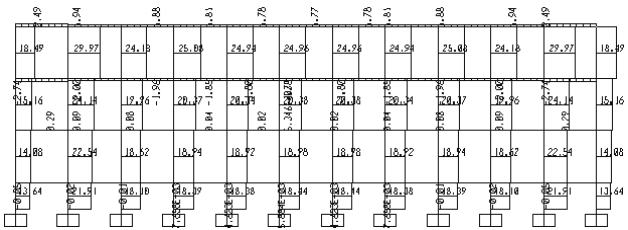
Hình 8. Biến dạng khung KB do chênh lệch nhiệt độ dầm sàn tầng mái TS40



Hình 9. Mô-men khung KB khi dầm sàn tầng mái chênh lệch nhiệt độ 40°C



Hình 10. Lực cắt khung KB khi dầm sàn tầng mái chênh lệch nhiệt độ 40°C



Hình 11. Lực dọc khung KB khi dầm sàn tầng mái chênh lệch nhiệt độ 40°C

2.3. Tổng hợp kết quả tính toán

a. Tổng hợp nội lực sàn

Bảng 1. Nội lực sàn tầng mái khi chênh lệch nhiệt độ 10-40°C

Cấu kiện	Nội lực sàn	Khi chênh lệch nhiệt độ					So sánh
		TS10	TS20	TS30	TS40	DEAD	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(6)-(7)
Sàn biên	M_{MAX} (kN.m)	0,369	0,738	1,107	1,476	3,546	41,6%
	M_{MIN} (kN.m)	0,0351	0,07	0,105	0,14	-3,344	Đổi dấu
	V_{MAX} (kN)	0,2	0,4	0,6	0,8	5,19	15,4%
Sàn giữa	M_{MAX} (kN.m)	0,364	0,727	1,091	1,455	3,132	46,5%
	M_{MIN} (kN.m)	0,055	0,11	0,165	0,219	-3,628	Đổi dấu
	V_{MAX} (kN)	0,13	0,26	0,39	0,52	5,07	10,3%

Bảng 2. Nội lực dầm cột khung KB tầng mái khi chênh lệch nhiệt độ 10-40°C

Cấu kiện	Nội lực	Trường hợp tải trọng					So sánh
		TS10	TS20	TS30	TS40	DEAD	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(6)-(7)
Dầm tầng mái	$M_{gối}$ (kN.m)	4,611	9,221	13,832	18,442	-29,147	63,3% đổi dấu
	$M_{nhịp}$ (kN.m)	2,557	5,113	7,670	10,226	22,436	45,6%
	V_{MAX} (kN)	-1,147	-2,294	-3,441	-4,588	43,692	10,5%
	P_{MAX} (kN)	0,624	1,247	1,871	2,494	-10,093	Đổi dấu
	P_{MIN} (kN)	-0,624	-1,247	-1,871	-2,494	10,093	Đổi dấu
Cột tầng mái	M_{MAX} (kN.m)	-1,798	-3,596	-5,394	-7,192	22,003	32,7% đổi dấu
	V_{MAX} (kN)	0,629	1,259	1,888	2,517	-10,258	24,5%
	P_{MAX} (kN)	4,622	9,244	13,865	18,487	-151,952	Đổi dấu

3. Bàn luận

Khi có sự chênh lệch nhiệt độ bên trong và bên ngoài

dầm, sàn tầng mái thì nội lực trong kết cấu dầm, sàn tầng mái do tác động nhiệt độ gây ra như sau:

- Nội lực (mô-men, lực cắt) ở sàn biên lớn hơn ở sàn giữa và khi mức chênh lệch nhiệt độ càng lớn thì nội lực gây ra trong kết cấu sàn mái càng lớn.

- Mô men tại vị trí nhịp sàn và dầm mái do nhiệt độ gây ra khá lớn (khi nhiệt độ chênh lệch 40°C ; kết quả mô-men nhịp sàn, nhịp dầm mái do nhiệt độ gây ra có thể chiếm 45,6% kết quả mô-men do tĩnh tải gây ra trong kết cấu công trình).

- Mô-men tại vị trí gối sàn và dầm mái do nhiệt độ gây ra ngược dấu so với giá trị mô-men tại vị trí gối sàn do tĩnh tải gây ra (chuyển dấu từ '-' sang '+').

- Lực cắt trong sàn và dầm mái do tải trọng nhiệt độ gây ra là không đáng kể (khi nhiệt độ chênh lệch 40°C , kết quả lực cắt sàn và dầm mái do nhiệt độ gây ra chỉ chiếm dưới 15% lực cắt do tĩnh tải gây ra).

- Tải trọng nhiệt độ do chênh lệch nhiệt độ trong dầm, sàn tầng mái chỉ gây ra nội lực hệ khung tại tầng mái, các tầng bên dưới ảnh hưởng ít (Hình 9 – 11).

- Ngoài ra, chênh lệch nhiệt độ ở tầng mái còn gây ra lực dọc (mô-men) trong dầm và cột khung ngược dấu so với lực dọc (mô-men) trong dầm và cột khung tầng mái do tĩnh tải gây ra (Bảng 2).

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu ảnh hưởng của chênh lệch nhiệt độ ở tầng mái đến kết cấu công trình bê tông cốt thép. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, tác giả có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Chênh lệch nhiệt độ bên ngoài và bên trong sàn tầng mái chỉ gây ra nội lực trong sàn, dầm và cột ở tầng mái, trong khi ở các tầng bên dưới chịu ảnh hưởng rất nhỏ.

- Ảnh hưởng do chênh lệch nhiệt độ ở tầng mái gây ra mô-men khá lớn trong kết cấu và gây ra lực cắt không đáng kể (chênh lệch nhiệt độ 40°C thì có thể gây ra mô-men chiếm 46,5% và lực cắt chiếm 15,4% so với mô-men và lực cắt do tĩnh tải gây ra cho công trình).

- Ảnh hưởng do chênh lệch nhiệt độ ở tầng mái gây ra mô-men trong cột và tại gối của dầm, sàn có dấu ngược so với mô-men trong cột và tại gối dầm, sàn do tĩnh tải gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng (1996), TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động (soát xét lần 2)*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Lê Thị Trinh (2006), *Cơ học kết cấu – Tập 1&2*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Tiêu chuẩn Quốc gia (2012), TCVN 5574:2012, *Bê tông và thiết kế công trình bê tông cốt thép*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Vũ Mạnh Hùng (1999), *Sổ tay thực hành kết cấu công trình*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

(BBT nhận bài: 20/03/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 13/04/2017)