

# Đánh giá ảnh hưởng của lún lệch đến mô men của dầm trên công trình Nhà học số 4 Trường THPT liên cấp Phú Xuân

Studying the effect of differential settlement on the bending moment of beams of the Educational building no. 4 of Phu Xuan inter-level high school

> **NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG**

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: huongkxd@gmail.com

## TÓM TẮT

Lún lệch giữa các cột sẽ ảnh hưởng đến nội lực của kết cấu bên trên. Do việc nghiên cứu bằng lý thuyết gặp nhiều khó khăn, nên các nghiên cứu về lún lệch chủ yếu được thực hiện trên các công trình thực tế. Bài báo này tiếp tục sử dụng một công trình cụ thể, cho từng cột chịu giá trị lún lệch giới hạn và nghiên cứu tỷ lệ biến thiên nội lực của hệ dầm dưới tác dụng của lún lệch. Tỷ lệ biến thiên nội lực không chỉ được xét tại mặt cắt dầm có mô men lớn nhất mà tại tất cả các tiết diện của dầm. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng, tỷ lệ biến thiên nội lực chịu ảnh hưởng lớn từ giá trị mô men ban đầu, vì thế hàm lượng cốt thép nhỏ nhất do người thiết kế lựa chọn từ đầu có tầm quan trọng rất lớn. Bên cạnh đó, cũng cần đặc biệt chú ý tăng cường khả năng chịu uốn của hệ giằng móng do hệ có sự gia tăng nội lực đáng kể khi xảy ra lún lệch.

**Từ khóa:** Lún lệch; nội lực; mô men; kết cấu; nghiên cứu lý thuyết.

## ABSTRACT

Differential settlement between columns will affect the internal force of the superstructure. Due to the difficulty of theoretical research, studies in this field are mainly carried out on practical buildings. This paper continues to use a completed construction, assign the limit differential settlement to each column, and study the rate of change of beam moments. This value is considered not only at the most dangerous cross section but at all cross sections of the beam. The simulation results show that the moment variation ratio is greatly influenced by the initial moment value, so the initial minimum reinforcement ratio designated by the designer has an important role. In addition, special attention should be paid to strengthening the flexural resistance of the ground beams because the rate of change of their moments is great under differential settlement.

**Keywords:** Differential settlement; internal force; bending moment; structure; theoretical study.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chênh lệch lún giữa các cột trong công trình luôn tồn tại. Điều này xảy ra do nhiều nguyên nhân như nền đất, vật liệu làm khung kết cấu không đồng nhất, tải trọng thực tế tác dụng lên cột không đều, áp lực gây lún khác nhau...

Lún lệch gây nên sự gia tăng nội lực trong kết cấu phần thân và hệ giằng móng, có thể thay đổi chiều nội lực. Đối với cột, vách, hiện tượng lún nhiều hơn của một cột so với cột xung quanh sẽ làm giảm lực dọc trong cột đang xét và làm tăng lực dọc lên các cột xung quanh, nhưng do cột chủ yếu được thiết kế để chịu lực dọc, đặc biệt cột bê tông chịu lực nén khá tốt, nên đây không phải là yếu tố chính gây nguy hiểm cho cột. Tuy nhiên, khi các cột biên hoặc cột góc có hiện tượng lún lệch, mô men trong các cột này sẽ tăng lên do phải nhận toàn bộ mô men tăng thêm của dầm liên kết với cột. Hiện tượng này có thể gây nguy hiểm cho cột.

Sử dụng các phương pháp lý thuyết để nghiên cứu ảnh hưởng của lún lệch lên kết cấu phần thân là khó khả thi vì tính đa dạng của công trình từ công năng sử dụng, giải pháp kết cấu chịu lực, cách bố trí kết

cấu, cách chọn tiết diện và sử dụng vật liệu... Giải pháp có tính khả thi hơn là tiến hành trên các công trình cụ thể với các điều kiện về địa chất, quan trắc thực tế, từ đó thu thập các số liệu, thống kê và đưa ra những nhận xét, đánh giá phù hợp.

Số lượng nghiên cứu về ảnh hưởng của độ lún lệch đối với kết cấu bên trên còn khá khiêm tốn. Năm 2007, Ngô Quang Vinh[1] đã sử dụng các chương trình tính toán kết cấu (SAP, PLAXIS) để tiến hành tính toán mô hình kết cấu khung - móng bê - đất nền làm việc đồng thời, có kể đến sự thay đổi của mô đun đàn hồi. Từ Đức Anh Sơn[2] (2020) đã nghiên cứu ảnh hưởng bất lợi của hiện tượng lún lệch giữa các móng đến các thành phần nội lực của các cấu kiện dầm và cột của hệ khung bê tông cốt thép có quy mô 8 tầng, kết cấu móng cọc đài đơn, sử dụng phần mềm SAP để xác định nội lực của công trình trong các cấu kiện dầm và khung. Năm 2015, mô hình tòa nhà khung chịu lực bê tông cốt thép 10 tầng, chịu độ lún chênh lệch 25 mm, đây là độ lún tối đa cho phép được đưa ra trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành của Canada, phân tích trên mô hình 3D của tòa nhà bằng chương trình SAP và đã có

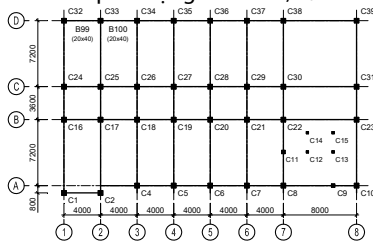
một số kết quả khả quan[3]. Năm 2016, phần mềm STADD PRO được dùng để phân tích mô hình khung bê tông cốt thép công trình 9 tầng (cao 30m, độ sâu của móng 3m) có 4 lưới cột theo cả 2 phương (kích thước mặt bằng 16x16m). Nghiên cứu sự biến đổi lực và mô men tại các cột tầng trệt sau khi áp dụng độ lún 25mm, 50mm, 75mm, 100mm cho 2 hàng cột liên kế nhau, trong đó có 1 hàng cột biên. Kết quả được so sánh với hai trường hợp chân cột gối cố định và gối lò xo[4].

Như vậy, ảnh hưởng của độ lún lệch đối với kết cấu bên trên cần tiếp tục được nghiên cứu mở rộng. Để đạt được mục đích này, bài báo tiến hành mô phỏng trên một công trình thực tế với giả thiết các cột bị lún với giá trị lớn nhất xác định từ giới hạn lún lệch trong tiêu chuẩn.

**2. DỮ LIỆU ĐẦU VÀO**

**a) Thông tin công trình**

Công trình khảo sát là Nhà học số 4 Trường THPT liên cấp Phú Xuân được xây dựng tại Buôn Ma Thuật với công năng chính là các phòng học. Công trình cao 5 tầng, sử dụng kết cấu bê tông cốt thép trên móng băng. Tiết diện dầm thay đổi từ 200x300 mm đến 200x980 mm, cột từ 200x200 mm đến 400x500 mm. Sàn dày 120mm. Mặt bằng bố trí cột của công trình được thể hiện trên Hình 1. Công trình được thiết kế với vùng gió IA [5][6] và không xem xét đến tác động của động đất. Vật liệu bê tông sử dụng B25,  $R_b = 14,5 \text{ MPa}$ ,  $E_b = 30000 \text{ MPa}$ . Cốt thép sử dụng CB400-V,  $R_s = 350 \text{ MPa}$ .



Hình 1. Mặt bằng bố trí cột của công trình

**b) Các tham số khảo sát**

Trong giai đoạn thiết kế, do chưa có số liệu quan trắc lún thực tế nên chỉ có thể giả thiết độ lún lệch ban đầu. Có thể sử dụng độ lún lý thuyết thu được từ tính toán dựa trên thông số địa tầng lấy từ báo cáo khảo sát địa chất. Tuy nhiên, thực tế quan trắc cho thấy, giá trị lý thuyết thường sai khác so với kết quả đo lún, vì thế trong nghiên cứu này, giá trị lún lệch dùng để khảo sát sẽ được lấy dựa vào độ lún lệch cho phép trong các tiêu chuẩn thiết kế nền móng công trình của [7], dạng công trình là nhà sản xuất, nhà dân dụng một tầng và nhà nhiều tầng kết cấu khung bê tông cốt thép, độ lún lệch tương đối giới hạn có giá trị bằng 0,2%.

Hàm lượng cốt thép nhỏ nhất  $\mu_{min}$  cũng được sử dụng trong nghiên cứu lấy bằng 0,1% [8].

Phương pháp sử dụng trong nghiên cứu là phương pháp phần tử hữu hạn.

**3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU VÀ CÁCH THỨC KHẢO SÁT**

**a) Phạm vi nghiên cứu**

Nghiên cứu trong bài báo này được giới hạn trong phạm vi sau:

- **Nhà khung bê tông cốt thép:** Kết cấu thép khá mềm dẻo và phản ứng tốt trước lún lệch, trong khi kết cấu bê tông khá nhạy cảm, nên cần phải được nghiên cứu;

- **Khảo sát biến đổi mô men uốn trong cấu kiện dầm:** cấu kiện dầm chịu ảnh hưởng lớn của lún lệch do chuyển vị không cùng hướng của các nút giao dầm và cột;

**Xét lún của từng cột riêng rẽ:** Toàn bộ khung kết cấu lún xuống hoặc trôi lên ảnh hưởng tới mô men uốn của dầm ít hơn so với từng cột riêng rẽ xảy ra lún lệch so với các cột trong khung.

**b) Xác định tỷ lệ biến thiên mô men r và giá trị lún lệch đầu vào**

Một số nguyên tắc tiến hành được đưa ra để đạt được mục tiêu nghiên cứu cũng như tránh được những kết quả vô lý, không thực tế hoặc không phù hợp:

- **Tỷ lệ biến thiên mô men r:** tỷ số mô men sau khi có lún lệch  $M_s$  của một móng so với mô men ban đầu  $M_0$  khi chưa có lún lệch:

$$r = \frac{M_s}{M_0} \times 100\% \tag{1}$$

- **Mô men thay thế  $M_{min}$  khi giá trị mô men  $M_0$  quá nhỏ:** nếu nội lực ban đầu  $M_0$  rất nhỏ, thì tỷ lệ r sẽ rất lớn ngay khi giá trị của  $M_s$  thay đổi không đáng kể. Tỷ lệ này không có ý nghĩa thực tế vì với mô men  $M_0$  quá nhỏ, mặc dù  $M_s$  có thể lớn hơn  $M_0$  nhiều lần, nhưng giá trị vẫn rất nhỏ; cốt thép trong dầm trước và sau khi xem xét lún lệch đều không thay đổi và được bố trí theo cấu tạo. Do vậy, chỉ những giá trị mô men đủ lớn mới được xem xét. Các giá trị nhỏ hơn khả năng chịu mô men nhỏ nhất của dầm, tương ứng với cốt thép trong dầm được bố trí với hàm lượng cấu tạo  $\mu_{min}$  bằng 0,1%, sẽ được thay thế bằng mô men  $M_{min}$  tính từ hàm lượng thép cấu tạo của dầm. Từ hệ phương trình cân bằng của dầm[8]

$$f_s A_s - R_b b x = 0 \tag{2}$$

$$M - f_s A_s (h_0 - 0.5x) = 0$$

ta có:  $M = f_s A_s \left( h_0 - 0.5 \frac{f_s A_s}{R_b b} \right)$  (3)

Thay  $A_s = \mu_{min} b h_0$  vào công thức 3 thu được mô men  $M_{min}$  với hàm lượng cốt thép nhỏ nhất  $\mu_{min}$ :

$$M_{min} = f_s \mu_{min} \left( 1 - 0.5 \mu_{min} \frac{f_s}{R_b} \right) b h_0^2 \tag{4}$$

- **Lún xuống và trôi lên:** trường hợp lún xuống, giá trị độ lún gán vào chân cột đang xét trong sơ đồ tính có giá trị âm (-), trong khi các cột khác được gán giá trị bằng 0. Trường hợp ngược lại là khi toàn bộ công trình bị lún đều trừ cột đang xét, khi đó tương đương với việc gán giá trị dương (+) cho độ lún (trôi lên) của cột đang xét, trong khi các cột khác vẫn được gán giá trị bằng 0. Giá trị độ lún của các cột dùng để gán vào sơ đồ tính được thể hiện tại Bảng 1.

**Bảng 1 - Độ lún khảo sát**

Vị trí	Tên cột	$L_{min}$ (m)	s (mm)	Vị trí	Tên cột	$L_{min}$ (m)	s (mm)
Cột biên dọc	C2	4	±8	Cột giữa	C12	2,26	±4,52
	C4	4	±8		C13	2,26	±4,52
	C5	4	±8		C14	2,26	±4,52
	C6	4	±8		C15	2,26	±4,52
	C7	4	±8		C17	3,6	±7,2
	C8	3,74	±7,48		C18	3,6	±7,2
	C9	2,67	±5,34		C19	3,6	±7,2
	C33	4	±8		C20	3,6	±7,2
	C34	4	±8		C21	3,6	±7,2
	C35	4	±8		C22	2,92	±5,84
	C36	4	±8		C25	3,6	±7,2
	C37	4	±8		C26	3,6	±7,2
	C38	4	±8		C27	3,6	±7,2
	Cột góc	C1	4		±8	C28	3,6
C32		4	±8	C29	3,6	±7,2	
C39		7,2	±14,4	C30	3,6	±7,2	
C10		2,67	±5,34	C11	2,67	±5,34	
Cột biên ngang	C16	3,6	±7,2				
	C24	3,6	±7,2				
	C31	3,6	±7,2				
	C23	2,93	±5,86				

**4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH**

**a) Kết quả mô phỏng**

Bảng 2 liệt kê kết quả tính toán tỷ lệ biến thiên mô men theo mô hình số của dầm B99 tầng 4 khi cột C33 lún xuống 8mm. Hình 2a

trong mô tả tên và tiết diện của khung trục D (chứa dầm B99 nằm giữa trục 1 và 2). Hình 2b và c là sơ đồ biểu đồ mô men của khung trục D trước và sau khi cột C33 lún xuống 8 mm.

**Bảng 2- Tỷ lệ biến thiên mô men trong dầm B99 tầng 4**

Tên tầng	Tên dầm	$\frac{h}{m}$	$\frac{b}{m}$	Tổ hợp	Vị trí m	$M_0$ kN.m	$M_s$ kN.m	$M_{min}$ kN.m	$ M_0 $ kN.m	$M'_s$ kN.m	$M_{max}$ kN.m	$r$
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	0,2	-26,32	-75,30	8,96	26,32	75,30	26,32	2,86
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	0,567	-10,96	-48,85	8,96	10,96	48,85	10,96	4,46
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	0,933	1,90	-24,91	8,96	1,90	-24,91	8,96	-2,78
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	0,933	2,44	-23,89	8,96	2,44	-23,89	8,96	-2,67
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	1,4	12,32	-0,95	8,96	12,32	-0,95	12,32	-0,08
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	1,867	18,16	17,96	8,96	18,16	17,96	18,16	0,99
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	1,867	18,24	18,50	8,96	18,24	18,50	18,24	1,01
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	2,333	16,61	29,74	8,96	16,61	29,74	16,61	1,79
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	2,8	10,48	36,49	8,96	10,48	36,49	10,48	3,48
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	2,8	10,04	36,67	8,96	10,04	36,67	10,04	3,65
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	3,1	3,01	37,86	8,96	3,01	37,86	8,96	4,22
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	3,4	-5,69	37,38	8,96	5,69	-37,38	8,96	-4,17
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	3,4	-6,60	37,22	8,96	6,60	-37,22	8,96	-4,15
TANG 4	B99	0,4	0,2	BAO MIN	3,8	-20,94	34,10	8,96	20,94	-34,10	20,94	-1,63

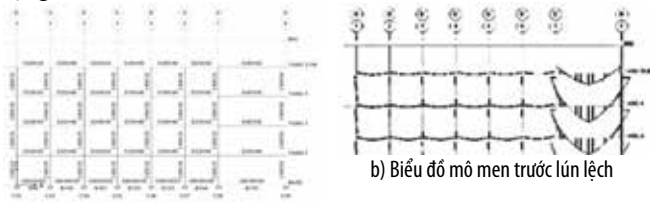
Chú thích:

$h, b$  - chiều cao và chiều rộng dầm;

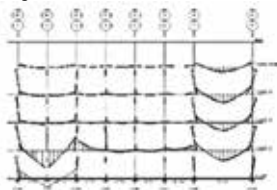
$M'_s$  - giá trị của  $M_s$  được chuẩn hóa theo dấu của  $M_0$ .  $M'_s = k_m M_s$ , với  $k_m$  bằng 1 khi  $M_0$  dương và bằng -1 khi  $M_0$  âm.  $M'_s$  dương có nghĩa  $M_s$  cùng dấu với  $M_0$ ,  $M'_s$  âm có nghĩa  $M_s$  ngược dấu với  $M_0$ , tức mô men bị đảo chiều;

$M_{max}$  - mô men chi phối của dầm, là giá trị lớn nhất giữa  $|M_0|$  và  $M_{min}$ .

Tỷ lệ  $r > 1$  mô tả nội lực tăng (giá trị tuyệt đối tăng);  $0 < r < 1$  là nội lực giảm (giá trị tuyệt đối giảm);  $r < 0$  thể hiện mô men có hiện tượng đảo chiều.



a) Sơ đồ khung



c) Sơ đồ mô men sau lún lệch

**Hình 2.** Sơ đồ biến dạng và biểu đồ mô men của khung trục D

Từ Hình 2b, 2c và Bảng 2 nhận thấy, biến thiên nội lực trong dầm rất lớn, khi cột C33 lún xuống 8mm, mô men tại tiết diện cách dầm B99 tầng 4 một khoảng  $x = 0,2m$  tăng 2,86 lần, tại vị trí 0,567m tăng 4,46 lần.

**b) Khảo sát giá trị của  $r$  theo tầng**

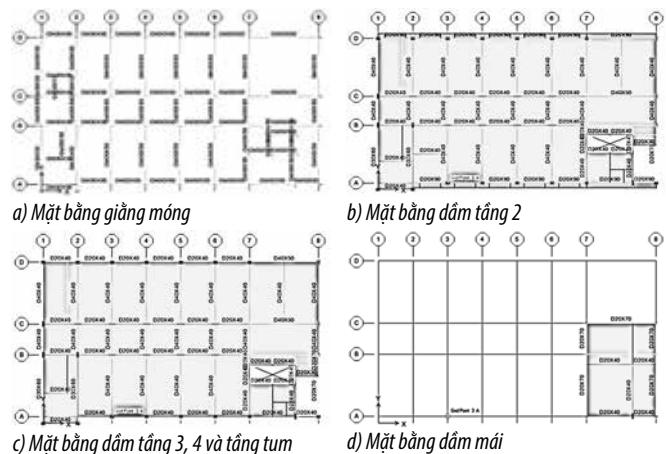
Bảng 3 liệt kê tỷ lệ biến thiên mô men lớn nhất của các dầm trong từng tầng (xem Hình 2a).

Giá trị lớn nhất của  $r$  trong toàn bộ kết cấu là 20,18 tại tầng BASE (tầng 1). Khi không có lún lệch, nội lực của giằng móng rất nhỏ (Hình

2b), do chỉ chịu tải tường nằm trên giằng móng. Khi một móng xuất hiện lún lệch (Hình 2c), mô men của giằng móng sẽ tăng lên nhiều lần và cao hơn các tầng trên.

Giá trị lớn nhất của  $r$  trong tầng 2 bằng 12,92 nhỏ hơn của tầng BASE nhưng lớn hơn các tầng còn lại. Lý do là vì tầng 2 do yêu cầu kiến trúc có sử dụng dầm biên dọc trục A và trục D (đi qua các cột biên dọc, nhịp dầm 4m) tiết diện 200x900 mm, cao hơn nhiều lần tiết diện dầm 200x400 mm của các nhịp 4m ở trục B, C và các tầng khác. Sự gia tăng của  $r$  thể hiện rõ ở các giá trị liên quan đến lún lệch tại hàng cột biên dọc và cột góc tại tầng 2 (xem Bảng 3).

Tiết diện dầm ở tầng 3, 4 và tum được chọn theo nhịp nên hợp lý hơn, ví dụ dầm nhịp 4m có tiết diện 200x400. Các tầng này có mặt bằng kết cấu và chịu tải tương tự nhau, vì thế ảnh hưởng của lún lệch khá tương đồng. Giá trị của  $r$  nằm trong khoảng 3,16 đến 6,74. Do dầm trục B và C của tầng 2 cũng tương tự như các tầng trên nên có thể quan sát thấy tỷ lệ  $r$  tại tầng 2 khi cột biên ngang, cột giữa chịu lún lệch cũng có giá trị tương tự.



**Hình 3.** Mặt bằng kết cấu các tầng

Giá trị lớn nhất của  $r$  trong tầng mái là thấp nhất và bằng 3,41 do tầng mái chỉ chiếm một góc giữa trục A-C, 7-8 nên ít chịu ảnh hưởng của lún lệch.

Về cơ bản, càng lên các tầng trên ảnh hưởng của lún lệch càng giảm do biến dạng thẳng đứng của cột nhiều hơn giúp điều chỉnh biến dạng cưỡng bức thẳng đứng gây ra bởi lún lệch (trong ví dụ tính bằng giải tích ở trên, khi chân cột C33 lún 8mm, giá trị chuyển vị cưỡng bức của dầm D99 của tầng 4 chỉ là 6,08 mm). Điều này được quan sát thấy tại các tầng 3, 4 và

tum (các tầng tương đồng), với 10/16 kết quả về giá trị  $r$  cho ba tầng này cho thấy sự giảm dần của tỷ lệ  $r$  từ tầng thấp lên tầng cao.

Về cơ bản, giá trị của  $r$  trong trường hợp lún lệch gây mô men đổi chiều nhỏ hơn trường hợp mô men do lún lệch cùng chiều với mô men do tải trọng của dầm, với chỉ 4 trên tổng số 48 trường hợp liệt kê trong Bảng 3 quan sát thấy giá trị của cột “Đổi chiều” lớn hơn giá trị tương ứng của cột “Tầng”.

**Bảng 3- Tỷ lệ biến thiên mô men lớn nhất trong các tầng**

Kiểu lún	Vị trí Tầng	Cột góc		Cột biên ngang		Cột biên dọc		Cột giữa		Max
		Tầng	Đổi chiều	Tầng	Đổi chiều	Tầng	Đổi chiều	Tầng	Đổi chiều	
Lún xuống	MAI	2,39	-1,32	2,94	-1,98	2,75	-2,26	2,81	-1,79	2,94
	TANG TUM	4,77	-3,19	4,84	-4,73	4,96	-4,22	5,55	-5,82	5,82
	TANG 4	5,13	-4,13	6,71	-5,36	5,60	-4,55	6,18	-4,70	6,71
	TANG 3	5,51	-5,67	6,51	-6,05	6,50	-4,88	6,01	-5,43	6,51
	TANG 2	7,13	-4,74	6,55	-6,04	10,39	-11,65	6,03	-5,67	11,65
	BASE (Giàng móng)	17,42	-17,19	13,60	-13,18	17,42	-17,19	20,18	-19,65	20,18
Trồi lên	MAI	2,35	-1,89	3,41	-1,60	2,59	-2,27	3,03	-1,80	3,41
	TANG TUM	4,52	-3,42	6,01	-4,13	5,81	-3,87	6,17	-4,63	6,17
	TANG 4	6,03	-4,35	6,24	-4,98	5,77	-4,05	6,56	-4,33	6,56
	TANG 3	6,74	-4,52	6,71	-5,56	6,58	-5,42	6,45	-5,26	6,74
	TANG 2	4,96	-5,60	7,05	-6,34	12,92	-10,35	7,12	-5,34	12,92
	BASE (Giàng móng)	17,42	-17,19	13,60	-13,18	17,42	-17,19	20,18	-19,65	20,18

**Bảng 4- Tỷ lệ biến thiên mô men lớn nhất của các tiết diện**

Tiết diện	Thông số tiết diện		Lún xuống		Trồi lên		Max
	Chiều cao (m)	Bề rộng (m)	Tầng	Đổi chiều	Tầng	Đổi chiều	
D20X30	0,3	0,2	3,38	-1,61	3,23	-1,47	3,38
D20X40	0,4	0,2	6,50	-5,67	7,12	-5,73	7,12
D40X40	0,4	0,4	6,71	-6,05	7,05	-6,34	7,05
D20X48	0,48	0,2	2,75	-2,87	4,03	-2,39	4,03
GM30X50	0,5	0,3	20,18	-19,65	20,18	-19,65	20,18
D40X50	0,5	0,4	2,81	-2,11	2,97	-2,31	2,97
D20X60	0,6	0,2	4,86	-5,82	6,08	-4,59	6,08
D30X60	0,6	0,3	2,71	-2,08	3,16	-2,26	3,16
D20X70	0,7	0,2	2,94	-2,32	3,53	-1,80	3,53
D20X90	0,9	0,2	10,39	-11,65	12,92	-10,35	12,92
D20X98	0,98	0,2	5,05	-3,46	5,00	-4,63	5,05

### c) Khảo sát giá trị của $r$ theo tiết diện dầm

Bảng 4 liệt kê giá trị lớn nhất của  $r$  theo tiết diện dầm cho toàn bộ công trình.

Không có quy luật rõ ràng về mối quan hệ giữa  $r$  và thông số chiều cao và bề rộng tiết diện dầm chứng tỏ ngoài tiết diện dầm còn rất nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến giá trị của  $r$ . Tuy nhiên có thể thấy, ngay cả với tiết diện nhỏ nhất là 200x300 mm, tỷ lệ tăng mô men  $r$  cũng đáng kể (3,38 lần). Do vậy, khi xét đến sự tăng nội lực trong giai đoạn thiết kế, không được xem nhẹ các dầm tiết diện nhỏ.

Giá trị lớn nhất của  $r$  ứng với tiết diện giằng móng GM30x50 là 20,18, ứng với tiết diện dầm D20x90 là 12,92 tiếp tục cùng cố nhận xét ở phần trên (mục 2) đối với tầng BASE và tầng 2.

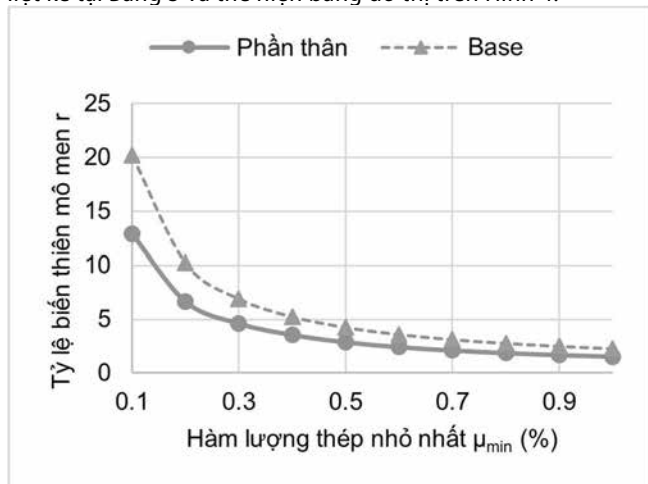
### d) Quan hệ giữa tỷ lệ $r$ và hàm lượng thép nhỏ nhất $\mu_{min}$

Trên lý thuyết, có thể thiết kế dầm với hàm lượng thép nhỏ nhất  $\mu_{min} = 0,1\%$ . Khi đó, theo khảo sát ở phần trên, tỷ lệ biến thiên mô men lớn nhất  $r$  là 20,18. Giá trị này quá lớn và thiếu tính thực tế.

Giá trị của tỷ lệ  $r$  có liên quan mật thiết tới hàm lượng thép nhỏ nhất  $\mu_{min\_tk}$  do kỹ sư lựa chọn khi thiết kế. Khi  $\mu_{min\_tk}$  nhỏ,  $r$  có giá trị lớn. Khi  $\mu_{min\_tk}$  tăng, khả năng chịu mô men tối thiểu của dầm  $M_{min\_tk}$  sẽ tăng và do đó sẽ triệt tiêu bớt số lượng mô men  $M_0$  quá nhỏ, dẫn đến làm giảm giá trị của  $r$ .

Nếu bố trí thép dầm theo hàm lượng  $\mu_{min}$  quy định trong tiêu chuẩn thường thiếu tính thực tế vì lượng thép quá ít. Ví dụ, với dầm tiết diện 200x400 mm, bố trí theo hàm lượng  $\mu_{min} = 0,1\%$  sẽ chỉ cần sử dụng 74mm<sup>2</sup>, tương ứng với 2Ø8. Thực tế, các kỹ sư thường bố trí với hàm lượng thép cao hơn nhiều (ví dụ 2Ø16).

Để đánh giá được đúng tỷ lệ biến thiên nội lực trong thực tế, cần khảo sát giá trị của  $r$  với các hàm lượng  $\mu_{min\_tk}$  khác nhau. Kết quả về mối quan hệ giữa tỷ lệ lớn nhất và hàm lượng thép nhỏ nhất  $\mu_{min\_tk}$  sau khi khảo sát cho toàn bộ dầm của công trình được liệt kê tại Bảng 5 và thể hiện bằng đồ thị trên Hình 4.



Hình 4. Đồ thị quan hệ giữa tỷ lệ  $r$  và hàm lượng thép nhỏ nhất  $\mu_{min}$

Bảng 5-Sự thay đổi của tỷ lệ lớn nhất theo hàm lượng thép của dầm  $\mu_{min\_tk}$  (%)

$\mu_{min\_tk}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Thân	12,92	6,68	4,63	3,57	2,89	2,44	2,12	1,88	1,69	1,54
Base	20,18	10,22	6,90	5,24	4,24	3,58	3,11	2,76	2,49	2,27

Có thể thấy, đúng như lập luận ban đầu, khi  $\mu_{min\_tk}$  tăng, giá trị của  $r$  giảm nhanh chóng. Khi  $\mu_{min\_tk}$  tăng từ 0,1% lên 0,5%, giá trị của  $r$  giảm khoảng 4,5 lần, từ 12,92 cho phần thân và 20,18 cho phần dầm móng xuống 2,89 và 4,24. Khi  $\mu_{min\_tk}$  tăng từ 0,1% lên 1%, giá trị của  $r$  giảm khoảng 8,4 lần, xuống 1,54 và 2,27. Việc

đánh giá nguy cơ gia tăng mô men trong dầm do lún lệch có thể áp dụng cho từng cấu kiện dầm đơn lẻ sử dụng chính hàm lượng thép nhỏ nhất thực tế của dầm.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu chỉ ra rằng, tỷ lệ biến thiên mô men trong dầm dưới tác động của lún lệch  $r$  phụ thuộc rất nhiều vào giá trị mô men ban đầu khi không xét tới lún lệch. Ở những mặt cắt có  $M_0$  nhỏ, tỷ lệ  $r$  có thể rất lớn. Tại những vị trí có mô men lớn nhất như phần đầu dầm, sự gia tăng mô men không lớn, chỉ vài chục phần trăm.

Thiết kế dầm với hàm lượng cốt thép nhỏ nhất  $\mu_{min} > 0,1\%$  giúp làm giảm đáng kể nguy cơ mất an toàn cấu kiện dầm do lún lệch. Khi  $\mu_{min}$  tăng, giá trị của  $r$  giảm nhanh chóng. Tuy nhiên, do nghiên cứu sử dụng giá trị lún lệch tối đa cho từng cột, tương ứng với độ lún lệch cho phép trong tiêu chuẩn nên giá trị của  $r$  ứng với hàm lượng thép nhỏ nhất  $\mu_{min}$  trên 0,5% vẫn còn rất cao.

Sự ảnh hưởng của lún lệch đến mô men uốn của các dầm phía có xu hướng giảm theo số tầng cao của công trình nhờ sự biến dạng dọc trục của cột. Lún lệch có thể gây ra hiện tượng đảo chiều mô men trong cấu kiện, nên cần được chú ý với các dầm chỉ được tính toán để đặt cốt đơn. Tỷ lệ biến thiên mô men  $r$  trong cả hai trường hợp mô men cùng chiều và mô men đảo chiều là tương tự nhau, trong đó giá trị có giảm nhẹ với trường hợp thứ hai.

Sự thay đổi nội lực của giằng móng khi tính với độ lún lệch giới hạn thường rất lớn nên sự biến thiên nội lực trong giằng móng cần phải có nghiên cứu riêng chỉ ra các trường hợp bất lợi của mô men uốn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Quang Vinh (2007) Phân tích ảnh hưởng độ lún lệch dưới móng bè lên nội lực kết cấu khung nhà, Luận văn thạc sỹ;
- [2] Từ Đức Anh Sơn (2020) Nghiên cứu ảnh hưởng của chuyển vị lún không đều giữa các đài cọc đến sự làm việc của hệ khung nhà nhiều tầng, Luận văn thạc sỹ;
- [3] Lan Lin et. al. (2015); "Structural Response to Differential Settlement of its Foundations"; Journal of Civil Engineering Research 5 (3); pp. 59-66;
- [4] K.B.Jaiswal1, A.C.Saoji (2016); "Effect of Differential settlement of foundation on RCC Building using Staad- Pro". International Research Journal of Engineering and Technology; Volume 3, Issue 10.pp.376-380;
- [5] TCVN 2737:1995 Tải trọng và tác động. Tiêu chuẩn thiết kế;
- [6] Quy chuẩn QCVN 02:2009/BXD Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng;
- [7] TCVN 10304:2014 Móng cọc. Tiêu chuẩn thiết kế;
- [8] TCVN 5574:2018 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế;