

ĐỘ LÚN VÀ BIẾN DẠNG GIỚI HẠN CỦA CÔNG TRÌNH LÂN CẬN KHI CẢI TẠO VÀ XÂY DỰNG MỚI TRONG ĐÔ THỊ

PGS.TS. Nguyễn Bá Kế

Hội Cơ học Đất và Địa Kỹ thuật Công trình Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xây mới và cải tạo các công trình ở đô thị, nhất là nơi có mật độ xây dựng cao, thường phải giải quyết vấn đề độ lún và biến dạng thêm của công trình hiện hữu do xây mới gây ra.

Các loại công trình thường gặp như là :

- Xây mới hoặc cải tạo mở rộng các khu vực trung tâm trong đô thị cũ nhằm tận dụng đất đai hoặc cải tạo môi trường sống;
- Xây dựng hệ thống cống, kênh, gara ô tô ngầm, tàu điện ngầm hoặc hệ thống dịch vụ, hiện đại hoá hệ thống giao thông đô thị;
- Lắp đặt máy móc thiết bị hoặc dây chuyền công nghệ mới để hoàn thiện hoặc mở rộng cơ sở sản xuất hiện có;
- Cải tạo, chỉnh trị các dòng chảy của sông hồ ở trong đô thị.

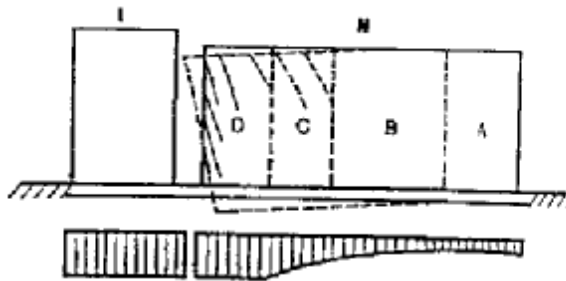
Những khó khăn trong xây dựng công trình mới và phương pháp bảo vệ để tránh hư hỏng công trình cũ là :

- Khó có đầy đủ tài liệu của công trình cũ về hiện trạng kỹ thuật kết cấu và nhất là về nền móng;
- Thiếu hồ sơ lưu trữ về hệ thống công trình ngầm (đường điện, cáp thông tin liên lạc, hệ thống cống rãnh thoát nước) và những thay đổi vị trí của chúng trong quá trình khai thác;
- Không dễ dàng chọn sơ đồ làm việc cũng như chỉ tiêu về cường độ và biến dạng các cấu kiện của công trình cũ gắn với thực tế để tính toán ảnh hưởng qua lại giữa công trình cũ – mới;
- Công nghệ thi công thường khó khăn, phức tạp và tốn kém về kinh tế, công trình cũ luôn có nguy cơ bị ảnh hưởng xấu;

- Ảnh hưởng không tốt đến môi trường sống (bụi, ồn, chấn động....) và hoạt động bình thường của cư dân ở gần lúc thi công, có lúc phải giải quyết những vấn đề rắc rối về xã hội vì thường có quan hệ đến bảo tồn cảnh quan kiến trúc và công trình lịch sử

Trong bài này chủ yếu xem xét hư hỏng của công trình cũ do tác động qua lại giữa công trình cũ, mới như là :

- Độ nhạy công trình hiện hữu với lún không đều (xác định bằng sơ đồ kết cấu và tình trạng kỹ thuật của các kết cấu chịu lực), điều đó phụ thuộc vào tuổi thọ và vào hao mòn hữu hình của công trình hiện hữu đã qua khai thác;
- Các ảnh hưởng bất lợi khi thi công xây dựng mới đối với nhà và công trình ở gần (như chuyển vị của đất, chấn động, hạ mực nước ngầm...) phải xét sự tương tác bất lợi nhất giữa chúng;
- Điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn (xác định tính biến dạng và độ bền của nền) có thể bị biến đổi trong quá trình khai thác và xây dựng;
- Lựa chọn công nghệ thi công nền móng thích hợp để hạn chế đến mức tối đa những tác động xấu đến công trình cũ.

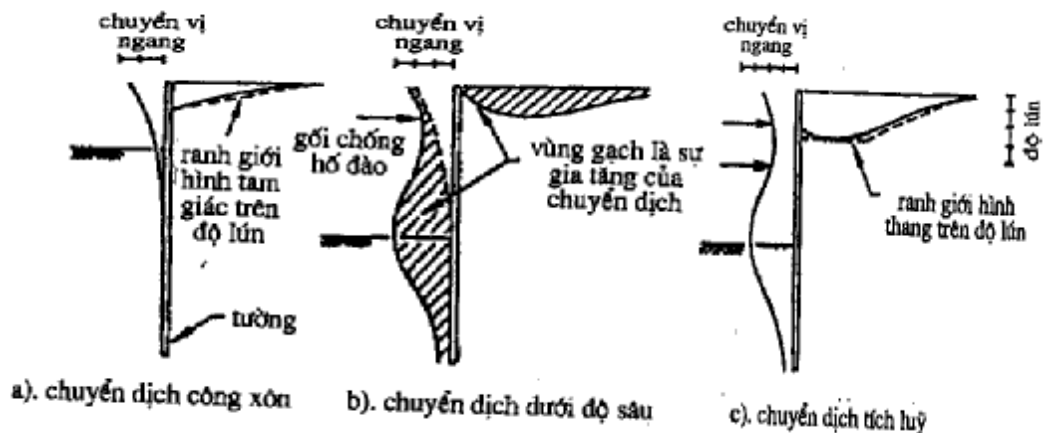


Hình 1. Sơ đồ sự tác động của ứng suất ở đáy công trình mới (I) lên công trình cũ (II) trong phạm vi phễu lún C, D. vùng bị phá hỏng

Trên hình 1 trình bày ảnh hưởng của ứng suất pháp ở móng công trình mới lên móng công trình hiện hữu tùy theo khoảng cách giữa chúng và do đó công trình cũ có thể có những biến dạng quá giới hạn cho phép. Trong thực hành, ta có thể dựa vào nguyên tắc trên của phân bố ứng suất để kiểm tra

những tác động bất lợi của công trình mới gây ra cho công trình cũ về biến dạng lún không đều, trượt hoặc ma sát âm lên cọc công trình hiện hữu.

Trong thi công có nhiều yếu tố ảnh hưởng xấu đến công trình ở gần, trong đó việc đào hố móng và chất lượng của công nghệ chắn giữ thành hố có vai trò đặc biệt quan trọng. Công trình ở gần hố móng có nguy cơ bị biến dạng đáng kể trong suốt quá trình đào, chắn giữ và xây mới như trình bày trên hình 2. Những chuyển vị đứng và ngang của đất ở đáy và thành hố sẽ dẫn đến lún và nghiêng của những nhà và công trình nằm trong vùng ảnh hưởng.



Hình 2. Sự chuyển vị của đất do chuyển vị của tường chắn hố đào

Trong bài này sẽ cung cấp cho người thiết kế những nguyên tắc tính toán về biến dạng của công trình hiện hữu cũng như những trị số giới hạn của chúng tích lũy được qua quan trắc công trình thực tế từ một số tài liệu của nước ngoài mà hiện chưa có trong tiêu chuẩn Việt Nam và trong thực tế người xây dựng còn thiếu nhiều thông tin về vấn đề này.

2. MỘT SỐ NGUYÊN TẮC TÍNH TOÁN LÚN VÀ BIẾN DẠNG

Theo như mục đích của bài toán thì toàn bộ tính toán này phải dựa trên nguyên tắc của trạng thái giới hạn về biến dạng.

Biến dạng thêm của nhà và công trình hiện hữu do cải tạo và xây dựng đô thị gây ra được xác định bằng tổng các biến dạng gây ra bởi các tác động độc lập khác nhau như trình bày ở bảng 1.

**Bảng 1. Những yêu cầu để xác định biến dạng của nền công trình
tùy thuộc loại tác động khi xây dựng ở gần (theo [2])**

Loại tác động	Biến dạng thêm cần xác định				
	Độ lún trung bình hoặc max của móng, S	Lún lệch tương đối của móng $\Delta S/L$ hoặc độ võng tương đối	Độ nghiêng của móng, i	Chuyển vị ngang của móng, u	Chuyển vị ngang tương đối $\Delta u/L$
Thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn	+	+	-	-	-
Tăng tải trọng lên nền khi xây mới	+	+	+	-	-
Thi công hố móng gần nhà hoặc thay đổi cốt nền	+	+	+	+	+
Tác động động	+	+	-	-	-

Kết quả tính toán phải thoả mãn các điều kiện dưới đây :

$$S \leq S_u \text{ và } \bar{S} \leq \bar{S}_u \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n S_{ad}^i \leq S_{adu} \quad (2)$$

Trong đó :

S - độ lún lớn nhất của nhà xây mới, xác định bằng tính toán;

S_u - độ lún giới hạn lớn nhất tính theo mô hình chính xác hoặc cho trong các tiêu chuẩn thiết kế nền móng;

\bar{S} và \bar{S}_u - trị trung bình của S và S_u ;

S_{ad}^i - độ lún thêm của nhà hiện hữu do nhân tố i gây ra khi xây mới (xem bảng 1);

$S_{ad, u}$ - độ lún thêm giới hạn của nhà hiện hữu do xây mới gây ra, cho ở bảng 2, theo cấp trạng thái kỹ thuật của công trình .

Trong trường hợp tương đối đơn giản thì theo các điều kiện (3) - (6):

$$S_{admax} \leq S_{adu} \quad (3)$$

Độ lún thêm tương đối tính theo công thức :

$$J_{admax} = (S_a^T - S_b^T) / l \leq J_{adu} \quad (4)$$

$$\text{Độ nghiêng : } i_{admax} = (S_a^T - S_n^T) / L_{a-n} \leq i_{adu} \quad (5)$$

Độ võng của đáy móng khi móng ở gần hố đào :

$$\rho(x) = \frac{\alpha_i - \alpha_j}{\Delta x} \leq \rho \quad (6)$$

Trong đó :

S_a^T, S_b^T - độ lún thêm của công trình hiện hữu tại điểm a (sát với công trình mới) và tại điểm b (cách điểm a một khoảng l);

S_n^T - độ lún thêm tại điểm n của công trình hiện hữu cách chỗ tiếp giáp khe lún giữa 2 công trình cũ mới là L_{a-n} , đối với nhà tương đối ngắn thì lấy $L = 20-30$ cm;

l - khoảng cách từ chỗ tiếp giáp (khe lún) đến chỗ tường gần nhất của lỗ cửa đối với nhà có tường dọc chịu lực; đối với nhà tường ngang chịu lực là khoảng cách giữa các tường; đối với nhà khung là bước cột, thường từ 2 – 6 cm;

α_i, α_j - góc nghiêng của móng tại điểm i và j có toạ độ là x và $x + \Delta x$, $\Delta x = 6 \dots 10$ m.

J_{adu}, i_{adu}, ρ - trị giới hạn cho ở bảng 2.

Các tính toán nói trên nên dùng phương pháp phần tử hữu hạn với mô hình phi tuyến của đất. Khi công trình hiện hữu ở gần hố đào còn phải kiểm tra thêm về ổn định trượt .

Bảng 2. Kiến nghị về trị biến dạng giới hạn (theo [3])

Loại nhà	Cấp trạng thái kỹ thuật của kết cấu	Biến dạng thêm giới hạn				
		Độ lún S_{adu} , cm	Lún lệch tương đối J_{admax}	Độ nghiêng i_{admax}	Độ võng của đáy móng, ρ 1/m	Độ lệch góc nghiêng đáy móng $\alpha_i - \alpha_j$
Nhà không khung nhiều tầng có tường chịu lực bằng gạch xây hoặc bằng bloc, không có cốt thép	I	4.0	2×10^{-3}	2×10^{-3}	4×10^{-4}	3×10^{-2}
	II	3.0	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-4}	8×10^{-3}
	III	1.0	7×10^{-4}	7×10^{-3}	8×10^{-5}	6×10^{-4}
	IV	0	4×10^{-4}	4×10^{-4}	5×10^{-6}	4×10^{-5}
	V	0	0	0	0	0
Nhà cổ cần bảo tồn, một và nhiều tầng hoặc kiến trúc lịch sử có tường chịu lực bằng gạch, không có cốt thép	I	-	-	-	-	-
	II	1.0	6×10^{-4}	6×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-3}
	III	0.4	4×10^{-4}	4×10^{-4}	4×10^{-5}	3×10^{-4}
	IV	0.2	1×10^{-4}	1×10^{-4}	2×10^{-6}	2×10^{-5}
	V	0	0	0	0	0

Chú thích của bảng 2 :

- Cấp trạng thái kỹ thuật của kết cấu được phân loại theo bề rộng vết nứt, độ lún lệch của móng và tình trạng móng (theo bảng 3),
- Theo [2], tùy thuộc vào tuổi và giá trị lịch sử của nhà mà chia ra: nhà cổ khi có tuổi hơn 100 năm, nhà cũ có tuổi 50-100 năm, nhà hiện đại có tuổi ít hơn 50 năm.
- Cấp trạng thái kỹ thuật V là cấp phá hỏng nên không trình bày ở đây

- Độ võng của đáy móng dùng trong trường hợp khi nó nằm trong vùng ảnh hưởng của hố đào.

Bảng 3 : Cấp trạng thái kỹ thuật của nhà hoặc công trình (theo [4])

Công trình	Cấp trạng thái	Biến dạng trong các kết cấu
Nhà sản xuất và nhà khung hoàn toàn	I	Không có hư hỏng trong các cấu kiện của khung. Trong tường bao bằng gạch hoặc trong mối nối giữa các tấm tường có vết nứt cục bộ đến 1mm. Không có dấu hiệu bị cắt. Móng ở trong trạng thái tốt.
	II	Có nứt cục bộ đến 0,5 mm trong các cấu kiện của khung. Vết nứt trong các mối nối của tường và trong chỗ ngàm sàn với tường đến 1mm, trong kết cấu bao che có vết nứt rộng đến 5mm, có dấu hiệu cắt/ trượt. Độ lún lệch tương đối của các móng đối với nhà khung thép có tường chèn lớn hơn 0,0001, đối với các nhà còn lại không lớn hơn 0,0003. Móng hư hỏng không đáng kể.
	III	Các vết nứt liên tục đến 1mm trong các cấu kiện khung. Các vết nứt trong tường lớn hơn 5mm, chuyển vị trong các mối nối và trong sàn - tường đến 5mm. Độ lún lệch tương đối của các móng đối với nhà khung thép có tường chèn lớn hơn 0,0001, đối với các nhà còn lại không lớn hơn 0,0003. Móng hư hỏng nhiều, phá hỏng vữa và vật liệu.

Nhà và công trình có kết cấu không cho phép xuất hiện nội lực do lún không đều	I	Không có hư hỏng trong các kết cấu chịu lực của nhà. Trong tường bao che có nứt cục bộ và nghiêng đến 0,5mm, không có chuyển vị. Các móng ở trạng thái tốt.
	II	Vết nứt đến 0,5mm trong các kết cấu chịu lực, và đến 0,3mm trong các tường gạch và tường bloc lớn. Độ lún lệch tương đối của móng đến 0,005. Các móng hư hỏng không đáng kể.
	III	Các vết nứt dày đặc hơn 1mm trong các kết cấu chịu lực, trong các tường bằng gạch và bằng bloc lớn nứt rộng đến 5mm. Móng hư hỏng nặng về vữa và vật liệu.
Nhà nhiều tầng không khung với tường chịu lực	I	Không có hư hỏng trong các tường chịu lực, trong tường gạch bao che và trong mối nối giữa các tấm tường có nứt cục bộ đến 1mm và không có dấu hiệu bị cát/ trượt. Móng ở trạng thái tốt.
	II	Trong các tường gạch chịu lực và trong các mối nối vết nứt đến 3mm chạy suốt trong kết cấu có dấu hiệu trượt. Độ lún lệch tương đối của các móng nhà tấm lớn đến 0,0010, nhà có giằng bằng bê tông cốt thép đến 0,0014. Độ nghiêng không quá 0,003. Móng hư hỏng không đáng kể.
	III	Vết nứt xuyên qua các tường, chuyển vị trong các mối nối và trong ngàm sàn, tường lớn hơn 3mm. Độ lún lệch tương đối của các móng của nhà tấm lớn nhiều hơn 0,0008, nhà gạch và nhà bloc không có cốt thép - lớn hơn 0,0010, nhà có giằng BTCT lớn hơn 0,0014. Nghiêng lớn hơn 0,003. Móng hư hỏng nặng, vữa và vật liệu bị vỡ.

Công trình cao, cứng, ống khói	I	Trong kết cấu BTCT có nứt cục bộ đến 0,5mm không có dấu hiệu trượt cắt trong các mối nối và trong ngàm sàn - tường.
	II	Có vết nứt đến 0,5mm trong các kết cấu BTCT và đến 1,00 mm trong các mối nối kết cấu BTCT lắp ghép. Trong thể xây gạch vết nứt đến 2mm. Độ nghiêng không lớn hơn 0,002. Móng hư hỏng không đáng kể.
	III	Vết nứt đến 1mm trong các kết cấu BTCT. Độ nghiêng lớn hơn 0,002. Móng hư hỏng nặng, vữa và vật liệu bị vỡ.

Một số tác giả (ví dụ xem [1]) thì lại dựa vào hiệu số các góc nghiêng của móng để đánh giá và gọi là góc uốn giới hạn β của đáy móng và đi đến kết luận chung rằng :

- Xuất hiện nứt của tấm trong nhà khung hoặc tường của nhà có tường chịu lực nếu $\beta > 1/300$;

- Hư hỏng cột, dầm nếu $\beta > 1/150$;

- An toàn chống nứt nếu $\beta < 1/500$.

Tác giả chính của tài liệu [3], V.A Ilichev, cũng lấy tiêu chuẩn độ võng của đáy móng ρ hoặc độ lệch góc nghiêng $\Delta\alpha$ của đáy móng (theo đề nghị của [1]) là yếu tố chính để xem xét ảnh hưởng của hố đào hở hoặc đào ngầm đến công trình lân cận, nhưng ở đây, trong bảng 2, đã đi sâu hơn là phải đánh giá trạng thái kỹ thuật của công trình lân cận để có sự đối xử thích hợp khi chọn kết cấu chắn giữ công trình ngầm.

3. Ý NGHĨA THỰC TẾ CỦA VẤN ĐỀ

Những trị số giới hạn về biến dạng thêm của công trình hiện hữu sinh ra bởi xây dựng công trình mới cho ở bảng 2 được dùng làm trị biến dạng khống chế trong xây dựng phát triển đô thị. Nếu những biến dạng thêm tính toán theo các công thức (1) - (6) không thỏa mãn thì phải thay đổi giải pháp móng của

công trình mới hay lựa chọn kết cấu chắn giữ hố đào thích hợp để thi công công trình ngầm hoặc phải gia cường nền móng hay cả kết cấu công trình hiện hữu.

Nhiều quan trắc thực tế [5] chứng tỏ rằng để công trình hiện hữu không xảy ra những biến dạng vượt quá biến dạng tiêu chuẩn (bảng 2) thì khi xây dựng công trình trong hố đào sâu phải thoả mãn điều kiện :

$$(H - h) / L \leq \operatorname{tg}\varphi_1 + C_1/p \quad (7)$$

Trong đó :

φ_1, C_1 - lần lượt là trị tính toán của góc ma sát trong và lực dính của đất dùng để tính theo trạng thái giới hạn về cường độ;

p - áp lực dưới đáy móng của công trình hiện hữu do tải trọng tính toán dùng trong tính sức chịu tải gây ra ;

L - khoảng cách từ công trình hiện hữu đến mép hố đào;

H, h - lần lượt là độ sâu của hố đào và của móng công trình hiện hữu.

Theo điều kiện (7) trong bảng 4 trình bày bán kính ảnh hưởng (R) của công trình mới lên công trình hiện hữu dựa trên kết quả tính toán. Theo đó những công trình hiện hữu nếu nằm trong bán kính R thì phải kiểm tra biến dạng bằng các điều kiện (1) – (6) nêu trên.

Bảng 4. Bán kính ảnh hưởng của kết cấu chắn giữ hố đào đối với công trình lân cận (theo [5])

Phương pháp thi công hố đào	Bán kính ảnh hưởng R
Tường trong đất : - Dừng neo - Dừng thanh chống bằng thép - Dừng sàn (phương pháp top down)	5H 3H 2H
Tường chắn bằng cọc vít có thanh chống	4H

Khi nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng của công trình hiện hữu trong thi công công trình trong hố đào sâu như điều kiện địa chất công trình, độ xa tương đối $m = (H - h)/L$ đã kiến nghị giải pháp tường chắn hố đào như trình bày ở bảng 5, trong đó điều kiện địa chất được qui ước như sau : I- cát (từ mịn đến sỏi sạn chặt vừa và chặt), II- á sét và sét từ trạng thái cứng đến dẻo cứng, III- cát bụi rời, á sét và sét từ mềm đến nhão (có thể có hữu cơ).

Bảng 5. Chỉ dẫn cách lựa chọn kiểu chống đỡ thành vách ứng với các dạng kết cấu nhà, điều kiện địa chất theo giá trị m (theo [6])

Tên và đặc điểm kết cấu nhà và công trình hiện hữu	Cấp trạng thái kỹ thuật của công trình	Độ lún lớn nhất S_{max} , cm	Vùng điều kiện địa chất	$m = \frac{H-h}{L}$	Khuyến cáo phương pháp chống giữ tường chắn
Nhà nhiều tầng không khung, tường chịu lực bằng bloc lớn hoặc có thể xây gạch không có cốt thép	I	4,0	I-III	$\leq 1,7$	A, P, II
			I, II	1,8 ... 6,0	P, II
				6,1 ... 10,0	II
	II	3,0	I-III	$\leq 0,5$	A, P, II
				0,6 ... 1,5	P, II
			I, II	1,6 ... 4,0	P, II
	4,1 ... 10,0	II			
	III	1,0	I, II	$\leq 0,4$	A, P, II
				0,5 ... 3,0	P, II
			I	3,1 ... 4,0	P, II
	4,1 ... 10,0	II			
	IV	0,4	I-III	$\leq 0,2$	A, P, II
I				0,2 ... 2,0	P, II
Nhà cổ hoặc kiến trúc lịch sử một hay nhiều tầng có tường chịu lực bằng gạch, không có cốt thép	II	1,0	I, II	$\leq 0,4$	A, P, II
				0,5 ... 3,0	P, II
			I	3,1 ... 4,0	P, II
				4,1 ... 6,0	II
	III	0,4	I-III	$\leq 0,2$	A, P, II
				I	0,2 ... 2,0
	IV		I	$\leq 0,2$	P, II

Chú thích của bảng 5 :

- Ở những trị số m lớn hơn trị cho trong bảng 4 thì cần có những biện pháp bảo vệ nhà (làm màn ngăn với công trình mới, gia cố thân móng và nền, đổi kiểu móng khác vv...).

- Phân cấp công trình theo trạng thái kỹ thuật tham khảo [4].
- A - giữ tường chắn bằng neo; P- giữ tường chắn bằng thanh chống ngang hoặc xiên; II- chống đỡ bằng sàn (thi công bằng phương pháp Top-Down).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Richard J. Fino et al. Analysis and performance of the Excavation for the Chicago - State Subway - Renovation Project and its Effects on Adjacent structures . Department of Civil Engineering Northwestern University, September, 2002.
2. Recommendations for Design and Instalation of Beds and foundations for Erection of Buildings Near Existing structures in Dense urban setting (Russian), Moscow City government, Moscomarkhitektura Moscow, 1999.
3. Ilichev V.A Novui metodu i zmerenia deformasi zdanii i kriterri ikh osenki. Osnovania, fundamentu i mekhanika gruntov, No 4, 2003.
4. Ulisky V.M, Shaskin, A. G, Geotechnical Supervision of urban Reconstruction (Investigation, Caculations, works implenmentation, monitoring) (Russian), Moscow, 1999.
5. Ilichev V.A et al. Vlianie stroitelstva zaglublenut soorujenii na sushestviushiuu istoritreskuiu zastroky v Moskve. Osnovania, fundamentu i mekhanica gruntov, No4, 2001.
6. Ilichev V.A et al. Prediction of deformations of building situated near pits opened in cramed urban settings within Moscow. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 41, No4, 2004.