

ĐỀ NGHỊ MỘT PHƯƠNG THỨC DỰ BÁO CHUYỂN VỊ NGANG LỚN NHẤT CỦA TƯỜNG VÂY DỰA VÀO CÁC THÔNG SỐ ĐỘ CỨNG KHÔNG THỨ NGUYÊN CỦA HỆ CHỐNG VÁCH

Ngày nhận bài: 22/01/2015
 Ngày nhận lại: 26/08/2015
 Ngày duyệt đăng: 04/09/2015

Dương Hồng Thâm¹

TÓM TẮT

Hố đào là một bài toán lớn, nhất là diễn biến chịu lực và biến dạng khi đào theo giai đoạn. Bài báo này trình bày sử dụng giải tích thứ nguyên để giải thích cho mối quan hệ giữa độ cứng và chuyển vị của tường vây với kỳ vọng từ mối quan hệ này, tiên đoán được chuyển vị của tường. Khi không chế được chuyển vị của tường bằng cách thay đổi thông số cấu thành độ cứng, giải pháp chống vách hợp lý cho hố đào móng của công trình có thể được xác lập. Thử thức tiếp cận là: a) khảo sát tìm ra thông tin về tất cả các yếu tố có liên hệ với độ cứng của hệ chống vách một hố đào có nhiều tầng chống vào đất yếu (dùng giải tích thứ nguyên); sau đó b) sử dụng dữ liệu từ các quan trắc thực nghiệm đo chuyển vị ngang của tường, phân tích xu hướng được tiến hành nhằm khảo sát mối tương quan nhiều ý nghĩa giữa độ cứng không thứ nguyên với chuyển vị ngang không thứ nguyên. Cách tiếp cận tính độ cứng không thứ nguyên này có thể được dùng để dự báo chuyển vị ngang lớn nhất của tường vây, hoặc tìm cách hợp lý hóa thiết kế hệ chống vách để không chế chuyển vị ngang không vượt quá một trị số cho phép được ấn định trước.

Từ khóa: Hố đào, giải tích thứ nguyên, độ cứng tương đối của hệ chống vách, chuyển vị ngang.

ABSTRACT

Deep Excavation, especially its behavior during stage excavation, is a big challenge to us. This article used dimension analysis to explain the correlation between the stiffness of support system and lateral displacements of diaphragm walls, in the hope that with this correlation, lateral displacement of diaphragm wall can be predicted. Our approach is as follows: a) Factors and variables of support system which contribute mainly to the stiffness of the system were firstly investigated using dimensionless analysis; b) observed displacements at several sites were used to conduct a back analysis. Some significant correlations between the relative stiffness of supporting system and relative lateral displacements (i.e real data observed at sites) were postulated. This approach can be used for predicting lateral maximum movements of diaphragm walls or for designing support system to meet a given allowable displacement.

Keywords: Excavation, dimensional analysis, relative stiffness of supporting system, lateral displacement.

1. Đặt vấn đề

Bài toán hố đào sâu nhiều tầng chống chứa đựng nhiều vấn đề phức tạp, trong đó chuyển vị ngang của tường vây tương ứng với các giai đoạn đào là mối quan tâm hàng đầu

của quá trình xây dựng phần ngầm nhà cao tầng. Trước hết vì là công trình ngầm, cho nên rất khó kiểm tra những trạng thái ứng suất trong đất khi ứng xử với diễn tiến thi công. Chúng ta cần nhìn thấy có những điều không

¹ PGS.TS. Trường Đại học Mở TP.HCM.

chắc chắn trong số liệu (gồm khảo sát địa chất, quy trình thí nghiệm, tiêu chuẩn thiết kế...), trong lựa chọn mô hình tính toán mô phỏng 2D hay 3D, Mohr Coulomb hay Hardening Soil, thoát nước hay không thoát nước, giải tích hay lời giải số (Aswin Lim et al., 2010), trong kết quả xuất ra từ các tính toán (chuẩn hóa hay không chuẩn hóa, xét lịch sử ứng suất hay không, xét thời gian hay không...).

Chuyển vị ngang của tường diễn biến khác nhau theo giai đoạn đào, có thể được tính từ giải tích (Qi Hu, 2013) hoặc quan trắc. Bản thân chuyển vị ngang của tường có mối quan hệ hết sức mật thiết với độ lún của mặt đất (Zapata Medina, 2007).

Trước hết, mô hình ứng xử (chuyển vị ngang) của đất sau tường theo độ cứng thay đổi của tường và hệ cây chống được nghiên cứu (Aswin Lim et al., 2010), qua đó kết quả quan trọng nhất có được từ nghiên cứu này là số liệu chuyển vị mô phỏng (từ 5 mô hình khác nhau) so sánh với quan trắc. Đặc điểm của nghiên cứu này là nhiều mô hình được đưa vào khảo sát, đó là Mohr – Coulomb (MC), sét Cam hiệu chỉnh (MCC), cứng hóa tăng bền (HS), cứng hóa tăng bền Biến dạng nhỏ (HSS), và Sét mềm thoát nước (USC – undrained soft clay); qua đó rút ra chỉ ra rằng mô hình HS tỏ ra tiên đoán độ lún mặt đất tốt hơn các mô hình còn lại, dù còn xa so với quan trắc thực tế; trong khi đó mô hình MC với giả thiết góc ma sát trong bằng zero, tỏ ra tiên đoán tốt cho giai đoạn trung gian và sau cùng của tiến trình đào. Nghiên cứu còn đưa ra mô hình sét yếu không thoát nước (USC model) và cho kết luận rằng mô hình này rất phù hợp quan trắc cho tất cả giai đoạn đào (Aswin Lim et al., 2010).

Độ cứng là khả năng ngăn cản biến dạng. Chính vì vậy, để nghiên cứu chuyển vị thì phải nghiên cứu độ cứng. Độ cứng có thể có đơn vị (thí dụ độ cứng dài) hoặc khi chuẩn theo một độ cứng nào đó cố định, thì thông số không thứ nguyên của sự so sánh này gọi là độ cứng tương đối. Bài toán chống vách hố đào huy động một hệ thống gồm cấu kiện chịu

nén (cây chống, struts hay props), chịu uốn (tường vây, diaphragm wall), có khi chịu kéo (neo anchorage). Nếu cấu kiện khỏe và cứng, đủ sức tiếp nhận lực thì vấn đề phải xem xét kế tiếp là liên kết giữa các cấu kiện có đảm bảo cứng chắc không. Nếu không đủ cứng chắc để chịu lực thì sẽ không truyền lực đi được, lúc đó chuyển vị xảy ra do tích lũy biến dạng của mỗi liên kết. Và bài toán chống vách hố đào được chủ trương nghiên cứu trên mô hình 3D bởi một số tác giả như Ou và cộng sự (2000), Lin và cộng sự (2003), Zdravkovic và cộng sự (2005), Finno và cộng sự (2005, 2007), Hou và cộng sự (2009) như đã được tổng quan bởi Bryson (2012). Theo các nghiên cứu này, bài toán chống vách hố đào được xem xét hiệu quả 3 chiều gồm chống ngang, độ cứng ngang, chống đứng, trạng thái ứng suất khối...v.v.. Sự xem xét toàn diện trên mô hình 3D là rất phức tạp, một phần do mô phỏng số lượng lớn phần tử hữu hạn, trên biên trải rất rộng lớn của miền giới hạn (đủ để khảo sát 1 hố móng lớn, thì miền mô phỏng càng phải rất lớn). Điều này đòi hỏi những bộ máy tính có bộ nhớ lớn, và sự tiêu hao giờ máy là không nhỏ. Tuy nhiên, cũng theo tác giả này, có thể phát triển một phương pháp nửa thực nghiệm ước tính độ cứng hệ tường chống vách, qua đó ước tính chuyển vị ngang của tường (Bryson, 2012).

Như vậy, trong bài toán chống vách hố đào, độ cứng của cả hệ chống vách là một chủ đề rất quan trọng, khác với khái niệm độ cứng thông thường là chỉ phụ thuộc Vật liệu, Hình dạng, kích thước; ta thấy độ cứng hệ chống vách tường vây hố đào sâu còn phụ thuộc vào hiệu quả tương tác với đất xung quanh tường và những vấn đề khác (cụ thể như an toàn đáy hố đào, bưng nền, đẩy nổi thủy lực...) nữa. Nếu độ cứng không tích hợp được những yếu tố như trên, chắc chắn sự tính toán hay mô hình tính toán tiên đoán chuyển vị ngang của tường, độ lún mặt đất hố móng sẽ hạn chế không nhỏ. Khái niệm về Thừa số độ cứng hệ thống được định nghĩa lần đầu bởi Clough và cộng sự (1989) như là tỷ số $\frac{EI}{\gamma h^4}$ trong đó EI

là độ cứng chịu uốn mỗi mét tới của tường và h là khoảng cách cây chống theo phương thẳng đứng, và γ là dung trọng của đất). Trong nghiên cứu của mình, Clough và cộng sự đã chấp nhận sử dụng công thức hệ số an toàn đối với nguy cơ bùng trồi đáy hố đào mà Terzaghi đã sử dụng năm 1943. Ứng với mỗi hệ số an toàn khác nhau, chiều sâu cắm cừ sẽ khác nhau và độ cứng hệ thống khác nhau (vì lực cây chống khác nhau), theo đó chuyển vị ngang của tường vây sẽ khác nhau. Có thể nói thừa số độ cứng của hệ chống vách do Clough và cộng sự đề ra năm 1989 là một mốc quan trọng để phát triển những nghiên cứu chi tiết hơn về độ cứng hệ chống vách sau này. Thật vậy, Bryson (2012) đã tổng quan những công trình của Long (2001) và Moormann (2004), nghiên cứu sâu hơn về loại đất mềm hay cứng dẫn đến sự sai khác với kết quả tính toán của Clough và cộng sự đã tiến hành năm 1989. Đặc biệt chống vách hố đào vào đất mềm thì số liệu chuyển vị ngang rất phân tán, có vẻ không liên quan gì tới những nghiên cứu về độ cứng của Clough (theo Moormann, 2004). Tác giả đã nhấn mạnh rằng chuyển vị ngang của tường còn liên quan đến loại đất chôn cừ mềm hay cứng, mực nước ngầm, sự không đều về hình học hố đào, nhà cửa xung quanh hố đào, tay nghề kỹ thuật và trình tự đào móng, lực kích trước (hoặc căng neo)... Từ các tổng quan của Bryson (2012) chúng ta có thể hình dung độ cứng hệ chống vách liên quan đến ít nhất 4 hoặc 5 nhóm thông số: Vật liệu – Kích thước – Hình dạng – Loại đất – Liên kết của hệ thống – Trình tự đào.

Phương pháp phân tích thiết kế và lựa chọn dữ liệu đưa vào mô hình tính toán cũng dẫn đến tiên đoán chuyển vị ngang khác nhau. Có thể hiểu điều này như sau: Cơ chế biến dạng nào thì dẫn đến phương trình cân bằng này, và giải thuật chỉ là cái hộp đen để chạy ra các kết quả. Nếu chiếc hộp đen được chăm chút kỹ, chặt chẽ thì kết quả đầu ra sẽ sát thực và nhạy so với số liệu đầu vào trong 1 dải tầm hẹp. Nghĩa là có độ chính xác. Phương pháp độ bền huy động (Mobilizable Strength Design MSD) nghiên cứu bởi Bolton và cộng sự

(2005) chỉ ra rằng có những vùng tiên đoán tốt cho chuyển vị ngang của tường, có thể được dùng để dự báo hiện trường với mức độ tin cậy cao, sai biệt so với thực tế không quá 30% (Bolton M.D, Lam S.Y và Vardanega, 2010).

Dựa vào những tổng quan bên trên, có thể thấy nổi lên mấy điều sau:

- Muốn dự báo chuyển vị ngang, nhất thiết phải tính toán “đúng và đủ” độ cứng của cả hệ thống (cây chống, tường, gông, loại đất, thậm chí biện pháp thi công).

- Độ cứng của hệ thống cần xét cả yếu tố không gian của hệ cây chống và của đất (khoảng cách chống ngang, chống đứng, tỷ lệ hố đào).

- Độ cứng là được tính trên cơ sở phép đào theo giai đoạn. Trong tính toán chuyển vị ngang, trình tự đào theo giai đoạn phải được kể vào *bằng cách nào đó* vào biểu thức độ cứng.

- Độ cứng có liên quan đến đất, cả ở sau tường vây (cứng hay mềm, có xảy ra hiệu quả bắc vòm hay không...) và dưới phần chân của tường vây.

- Độ cứng có thể phải xét trên quan điểm của phương pháp mô phỏng (huy động hay không, ít hay nhiều độ bền, thoát nước hay không thoát nước).

Bài này đề ra mục tiêu nghiên cứu thiết lập một biểu thức độ cứng, trong đó có xét đến mấy yếu tố bên trên, với ý đồ mở rộng tầm suy nghĩ về độ cứng thông thường, làm cơ sở tính toán chuyển vị ngang bằng sơ đồ mô phỏng Plaxis sao cho kết quả xuất ra khả dĩ sát hợp với quan trắc.

Đề tạo nên tảng vững chắc cho những nghiên cứu sau này về bài toán hố đào sâu và đảm bảo chặt chẽ của nghiên cứu, một số giả thiết sau đây được sử dụng: a) hố móng hình chữ nhật và bài toán được phân tích theo sơ đồ phẳng; b) thể thức đào theo giai đoạn là tương tự (cụ thể: đến dưới cao độ đặt cây chống một khoảng cách không thay đổi, chẳng hạn 1 mét dưới cao độ đặt cây chống là đều hết cho tất cả giai đoạn); c) không có biến dạng của cây chống và mối nối, hoặc liên kết nói chung là bảo đảm truyền lực được (không bị rơ hay lỏng khả dĩ có thể làm suy giảm độ

cứng) d) không xét lực kích trước (preloading) cho cây chống hoặc neo; và f) Đất dính đồng nhất, có độ bền tổng su không thay đổi theo độ sâu.

2. Thử thức nghiên cứu

Nghiên cứu giải quyết các đối tượng sau:

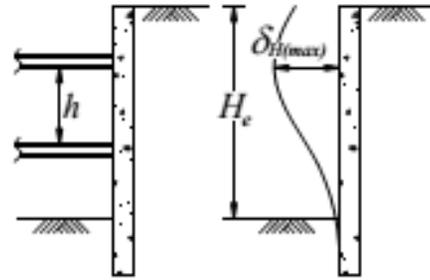
- Tìm các yếu tố đóng góp vào độ cứng của hệ chống vách hố đào, thử thức nghiên cứu dùng ma trận thứ nguyên.

- Lập biểu thức chuyển vị ngang theo độ cứng (không xét Nghiên cứu tham số để chỉ ra yếu tố nào nhạy với chuyển vị ngang hơn), sử dụng thử thức hồi quy trên các dữ liệu quan trắc thực tế (được nạp vào biểu thức tổng quát của độ cứng, sau đó xác định các hệ số của phương trình hồi quy).

2.1. Độ cứng

Để tìm thông tin về độ cứng, tất cả các thông số xung quanh bài toán chống vách được liệt kê.

Nhóm thông số liên quan đến *Vật liệu*: E_s E_w = lần lượt là Môđun đàn hồi của đất và của tường (kN/m^2);



Hình 1. Các thông số đưa vào tính độ cứng (Bryson, 2012)

Nhóm thông số liên quan đến *kích thước* h, l = khoảng cách cây chống rải theo chiều đứng và chiều nằm ngang (mặt phẳng thủy bình); H, H_c = chiều sâu tường vây và chiều sâu hố đào chắn đất; J là mômen quán tính của tiết diện tường vây mỗi mét dài (tính trên mỗi mét tới), có thứ nguyên [Chiều dài]³

Nhóm thông số liên quan đến *loại đất* loại đất, gồm: dung trọng γ , mật độ (độ chặt) ρ , và S_u độ bền tổng (sức chống cắt của đất).

Tổng cộng có 11 tham số và biến thêm vào gia tốc trọng trường $g = 9,81 m/s^2$

Theo Phương pháp giải tích thứ nguyên, ma trận thứ nguyên là:

Ma trận [B]

	E_s	E_w	h	l	H	H_c	J	γ	ρ	g	S_u
ChieudaiL	-1	-1	1	1	1	1	4	-2	-3	g	-1
KhoiluongM	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
ThoigianT	-2	-2	0	0	0	0	0	-2	0	-2	-2

[A]

Gọi ma trận C_s với

$$C_s = - (A^{-1} \cdot B)^T$$

Ta được kết quả như sau:

Ma trận [B]

	E_s	E_w	s	l	H	H_c	J	γ	ρ	g	S_u
L	-1	-1	1	1	1	1	4	-2	-3	g	-1
M	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
T	-2	-2	0	0	0	0	0	-2	0	-2	-2
Π_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
Π_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
Π_3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	-1
Π_4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	-1
Π_5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	-1
Π_6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	-1
Π_7	0	0	0	0	0	0	1	0	4	4	-4
Π_8	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0

Ma trận C_s

Các mối quan hệ rút ra được như sau:

$$\Pi_1 = \frac{E_s}{S_U}; \Pi_2 = \frac{E_w}{S_U}; \quad \Pi_3 = \frac{h}{l}; \quad \Pi_4 = \frac{\gamma}{S_U};$$

$$\Pi_5 = \frac{\gamma H}{S_U}; \Pi_6 = \frac{\gamma \cdot He}{S_U}; \Pi_7 = \frac{J}{S_U^4} \gamma^4; \quad \Pi_8 = \frac{\gamma}{\rho g}$$

Vì các số Pi là số không thứ nguyên, ta có thể kết nối, biến hóa các phép toán trên các số Pi để dẫn ra một độ cứng Không thứ nguyên.

Độ cứng Không thứ nguyên

$$= \Pi_o = \frac{\pi_1}{\pi_2} \cdot \frac{1}{\pi_7} \cdot \pi_3^2 \cdot \pi_6 = const = \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} \cdot \frac{S_U^4}{\gamma^4} \right) \left(\frac{\gamma H}{S_U} \right)$$

Kết quả này giải thích cho công thức độ cứng không thứ nguyên (L. Sebastian Bryson, 2012).

$$R = \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} H \right) \cdot \left(\frac{\gamma H}{S_U} \right) \quad (3)$$

Từ số hạng Π_7 và liên hệ với Π_3 và Π_4 , ta rút ra được thông tin như sau: độ cứng 1 mét tới tường J tỷ lệ với lũy thừa 4 khoảng cách cây chống theo chiều đứng h, nghĩa là:

$$J \propto h^4$$

Thông tin này cho biết: sự giảm khoảng cách cây chống TƯỜNG TỰ VỚI gia tăng độ cứng của tường theo lũy thừa bậc 0.25. Thí dụ: Khoảng cách cây chống đứng giảm từ 3m xuống còn 2,5m (giảm 1.2 lần) tỷ lệ với Mômen quán tính của tường tăng 207%. Khoảng cách chống đứng vì vậy đóng vai trò quan trọng.

2.2. Độ cứng của hệ chống vách tường vây

Độ cứng tương đối của hệ chống vách

Ban đầu, Clough và cộng sự (1989) đã xét thừa số độ cứng của hệ chống vách chỉ qua 1 biến nổi trội là lũy thừa bậc 4 của khoảng cách chống theo chiều đứng. Theo tác giả này, trị số độ cứng R thấp khi tường vây cọc đồ tại chỗ (diaphragm wall) và cao khi tường cừ bản thép.

- Đất sét độ cứng trung bình sẽ có R cao hơn sét cứng và mềm, xét theo tỷ số E_s/S_u (nghĩa là đất sét cứng và mềm thì E_s/S_u nhỏ hơn trị số này của sét cứng trung bình).

Như vậy, nếu phải xét chuyển vị theo độ cứng tương đối, phương pháp hồi quy đường xu hướng theo luật lũy thừa (Bryson, 2012):

$$\frac{\delta_H}{H} = A \times R^B \quad (4)$$

Trong đó A và B - hệ số đường xu hướng nửa thực nghiệm xác định từ phân tích xu hướng dựa vào các số liệu quan trắc thực tế chuyên dịch ngang của tường. Trong tính toán dưới đây hệ số an toàn FS chống đẩy trời hố đào không đưa vào tính toán (xem phần thảo luận).

Độ cứng tương đối của hệ chống vách, không xét đến lực kích và các thành tố khác của quá trình thi công

Độ cứng tính theo công thức (4) không xét đến yếu tố thuộc về thi công như phương pháp top-down hay bottom-up, có áp đặt một quy trình kích trước (preload) cho cây chống hay không, và đất có gia cố trộn sâu hay không (dung trọng và mật độ của đất)... Do vậy, chúng ta cần tìm một công thức độ cứng, theo đó xét đầy đủ những yếu tố như:

- Vật liệu: Loại đất và vật liệu bê tông tường vây, thể hiện qua mô đun biến dạng E_s (đất) và Mô đun đàn hồi E_w (tường); ngoài ra vật liệu đất còn có thể được xét qua mật độ (hay độ chặt) nữa.

- Tiết diện: Mômen quán tính J thực của tường (kể cả bê tông và cốt thép).

- Hình dạng: có nhiều yếu tố cần kể đến:
 - Trước hết, khi không xét đến độ sâu cắm cừ tối thiểu để bảo đảm không bị bùng nền hoặc đẩy trời đáy hố đào (một giải pháp kết cấu thường thấy là đúc một tấm bê tông dày để ổn định đáy hố đào).

- Phần tỷ lệ giữa đất trên và dưới cao độ đào

- Hình dạng hố đào

- Tỷ lệ chống vách (dày hay thưa), khoảng cách chống đứng và ngang.

2.3. Lập biểu thức của chuyển vị ngang của tường theo độ cứng không thứ nguyên

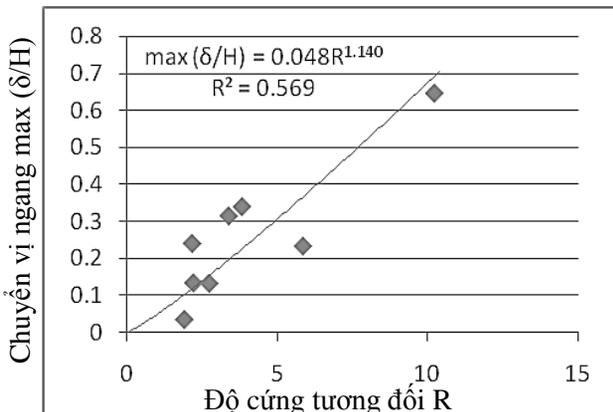
Lấy số liệu quan trắc thực tế, được tập hợp thành bảng tính. Dưới đây là số liệu rút ra ở quan trắc ở 8 công trường xây dựng hầm dạng tường vây tại Thụy Điền, (Bryson 2012).

Đường xu hướng “Chuyển vị max tương đối theo độ sâu hố đào” theo độ cứng tương đối R_s (Hình 2).

Bảng 1. Tính toán độ cứng tương đối R từ số liệu quan trắc chuyển vị

Công trình	Chuyển vị Max (cm)	Chuyển vị Max/H	Độ cứng tương đối R	Chiều sâu hố đào He (m)	Tỷ số Chiều rộng/ độ sâu hố đào B/H	Độ chôn tường vây D (m)	Bước cây chống chiều đứng h (m)	Chiều dày lớp đất chôn tường (m)	bước cây chống theo phương ngang l (m)	Đất sau tường			
										Độ cứng chịu uốn EJ của DW (kNm ²)	Độ bền tổng Su (kPa)	Thông số Vật lý γ (kN/m ³)	Độ cứng của đất sau tường Es (kNm ²)
Độ cứng tương đối $R_s \propto \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} \cdot H\right) \left(\frac{\gamma H}{S_U}\right) = \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} \cdot \frac{S_U^4}{\gamma^4}\right) \left(\frac{\gamma H}{S_U}\right)$													
CT 1	9.7	0.6467	2.0	15	4	18	1.87	16.6	2	151259	20	15	4900
CT 2	3.85	0.2406	4.3	16	1.2	31	2.5	9	2	1.28E+06	10	17.6	2450
CT 3	1.54	0.1339	4.4	11.5	2.5	21	3.5	9	2	9.29E+05	22	18	5390
CT 4	0.363	0.0352	3.8	10.3	8	13.7	3.65	3.65	2	951115	45	19	11025
CT5	3.813	0.3151	6.7	12.1	1.8	18.3	3.8	6.1	2	767855	20	19	4900
CT 6	6.26	0.3402	7.6	18.4	2	31	2.85	-	2	1.18E+06	25	19	6125
CT 7	2.83	0.1329	5.5	21.3	2	30.5	3	-	2	2.08E+06	30	17	7350
CT 8	4.87	0.2364	8.8	20.6	1.1	4	3	-	2	1.28E+06	35	18	8575

(Tên các công trình được ký hiệu là CTxx). Kết quả mối liên hệ giữa chuyển vị ngang và R_s



Hình 2. Đường quan hệ giữa tỷ số chuyển vị

vị $\left(\frac{\delta}{H}\right)_{MAX}$ theo độ cứng tương đối R_s

Như vậy, mối liên hệ giữa chuyển vị tối đa và cấu hình tổng thể của hệ chống vách – như trong bài nghiên cứu này có thể được tiên đoán là:

$$\left(\frac{\delta}{H}\right)_{MAX} = 0.048R_s^{1.14} \quad (5)$$

trong đó độ cứng tương đối (tính trên mỗi

mét dài tường) có thể được viết gọn lại là

$$R_s = \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} \cdot \frac{S_U^4}{\gamma^4}\right) \left(\frac{\gamma H}{S_U}\right) \propto \frac{E_s}{E_w} \cdot \left(\frac{hl}{J} \cdot H\right) \cdot \left(\frac{\gamma H}{S_U}\right)$$

3. Thảo luận

Xem xét đường quan hệ giữa độ cứng tương đối R_s với tỷ số chuyển vị max $\left(\frac{\delta}{H}\right)_{MAX}$, một số điểm cần lưu ý như sau:

- Đây là một dạng phân tích ngược (Back analysis), nghĩa là từ dữ liệu quan trắc thực tế, tính ngược trở lại độ cứng mô hình. Dữ liệu quan trắc tin cậy - có tính minh họa từ 8 công trình ở một địa điểm riêng, được trích rút ra từ bộ dữ liệu cho nhiều loại tường vây - thì biểu thức (5) tin cậy được, khả dĩ tiên đoán tốt cho độ chuyển vị lớn nhất của tường vây theo một cấu tạo định trước của hệ chống vách (chiều dày tường vây, bước cây chống đứng h và khoảng cách cây chống theo phương ngang, cùng với loại đất và dung trọng).

Từ kết quả của nghiên cứu này, R² = 0.569 tức hệ số tương quan R = 0.75 là chấp nhận được (ảnh hưởng của độ cứng tương đối

có thể giải thích được khoảng 75% chuyển vị ngang tối đa), tuy nhiên, vì bài toán hố đào hay nói chung, mọi bài toán địa kỹ thuật đều ít nhiều chứa đựng sự không chắc chắn (uncertainty), kể cả trong việc quan trắc. Do đó, cũng cần có kiểm chứng thêm từ tập số liệu quan trắc đủ nhiều hoặc từ mô hình tính trên Plaxis đã được hiệu chuẩn.

Kết quả tính toán trong nghiên cứu này chưa xét đến khoảng cách chống theo phương mặt bằng của hố đào (kích thước không gian thứ ba của hệ chống vách) và ảnh hưởng của lực kích trước cây chống cũng như kiểu thi công top-down hoặc bottom-up. Một trong những lý do là vì hệ số an toàn đưa vào tính toán là tính trên bài toán phẳng, hoặc cũng chỉ đưa vào hệ số xét kích thước không gian của hố đào trong công thức Hệ số an toàn mà thôi. Ngoài ra, còn hai yếu tố có thể đã chi phối tương quan, đó là Mô đun biến dạng của đất Es và khoảng cách rải cây chống theo phương ngang (trong Bảng 1 được giữ cố định $l=2$ m) cần được xem xét thêm.

- Khác với độ cứng chịu uốn (thường được hiểu là khả năng ngăn cản biến dạng, độ cứng càng lớn thì biến dạng càng nhỏ), độ cứng tương đối R theo công thức (3) đặc trưng cho tổng hợp các yếu tố thuộc về cấu hình của hệ chống vách, theo đó, chuyển vị tương đối $(\frac{\delta}{H})_{MAX}$ tỷ lệ thuận với khoảng cách chống theo phương thẳng đứng và ngang, tỷ lệ nghịch với độ cứng chịu uốn EJ và độ bền chống cắt s_u của đất.

- Hệ số an toàn đối với bùng đáy (basal heave) và đẩy nổi thủy lực (hydraulic uplift) thường được bảo đảm bằng giải pháp kết cấu hơn là sử dụng độ sâu cắm tường vây để làm giảm gradient thủy lực. Cụ thể, giải pháp thường thấy là đơn vị thi công thường đổ một tấm đan bê tông cốt thép khá dày (chiều dày xác định theo tính toán). Xem như một biện pháp ổn định đáy hố đào bằng kết cấu nhằm

độc lập (không chi phối hệ chống vách và độ cứng tương đối R).

- Chuyển vị ngang lớn nhất $(\frac{\delta}{H})_{MAX}$

cũng có thể được tiên đoán bằng một mô hình nghiên cứu hồi quy tuyến tính đa biến (multivariate regression model).

4. Kết luận

Phương pháp ma trận thứ nguyên giúp khai thác các thông tin liên quan đến độ cứng hố đào. Khi kết hợp với các số liệu thí nghiệm hoặc quan trắc thực tế được chuẩn hóa (đưa về không thứ nguyên), phương pháp tỏ ra khá hiệu quả.

Độ cứng tương đối R là một khái niệm mở rộng hơn độ cứng thông thường, trong đó các yếu tố thuộc về cấu hình của hệ cây chống như khoảng cách chống theo chiều đứng, khoảng cách chống theo chiều ngang, độ bền của đất, độ cứng của hệ tường vây và mô đun biến dạng của đất có thể được xem xét đồng thời.

Số liệu quan trắc nhiều có thể giúp đánh giá độ cứng của hệ tường vây một cách đáng tin cậy, qua đó có thể tiến hành những nghiên cứu tham số trên các tham số và biến của R, để tìm ra yếu tố nào đóng góp quan trọng hơn vào độ cứng của hệ chống vách hố đào. Như vậy, độ cứng tương đối là đối số (mục tiêu) của kiểu phân tích ngược (back analysis).

Nghiên cứu này khởi đầu cho các nghiên cứu chi tiết khác nhau về độ cứng hệ chống vách hố đào, với kỳ vọng từ độ cứng và tương quan xác lập với chuyển vị, cho phép dự báo chuyển vị lớn nhất của tường vây. Cách tiếp cận của nghiên cứu này có thể áp dụng một cách riêng biệt cho từng công trường theo số liệu địa chất khu vực xây dựng và cấu hình chọn lựa của giải pháp thi công; ngoài ra, phương pháp này có thể được dùng để đối chiếu hay so sánh song song với kết quả dự báo rút từ các mô hình phân tích hồi quy đa biến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aswin Lim et al., (2010). Evaluation of Clay constitutive model for analysis of deep excavation. *Journal of GeoEngineering, Vol.5, No.1*, pp 9-20.
- Bryson, L. Sebastian and David G. Zapata Medina (2012). Method for estimating system stiffness for excavation support walls. *Journal of Geotechnical and GeoEnvironmental Engineering.*, ASCE, vol. 138, no. 9, pp. 1104 - 1114, ISSN 1090-0241/2012/9-1104-1114.
- Chieh Wen Sun, Chung-Tien Chin and Richard N.Hwang, Prediction of Ground settlements due to deep excavation, tài liệu trên mạng từ <http://www.maa.com.tw/common/publications/.../2000-073.pdf>
- David G. Zapata Medina (2007). Semi-empirical Methods for designing Supporting systems based on deformation controls, Master Thesis, University of Kentucky.
- Malcolm D. Bolton, Sze-Yue LAM, Paul J. VARDANEGA, et al (2014). Ground movements due to deep excavations in Shanghai: Design charts [J]. *Frontier Structure. Civ. Eng.*, 8(3): 201-236.
- Sydney Sze Sye Lam (2010). Ground movement due to excavations in clay: Physical and Analytical models, PhD Thesis, University of Cambridge, October.