

# TỔNG QUAN VỀ THIẾT KẾ - THI CÔNG HỒ ĐÀO SÂU, CÔNG TRÌNH NGẦM

Lê Hoàng Việt \*

## Tóm tắt

*Nhu cầu sử dụng không gian ngầm dưới mặt đất để xây dựng công trình và xây chen trong các đô thị ngày càng phổ biến và cấp thiết, đặc biệt là các thành phố lớn như Hà Nội, Thành phố Hồ Chí Minh. Trong khoảng thời gian từ những năm 2000 đến nay, việc thiết kế, thi công các công trình ngầm ở một số công trình đã gây ra những sự cố làm hư hỏng nghiêm trọng các công trình lân cận. Trong bài viết, tác giả trình bày một cách tổng quan nhất về những đặc điểm, các loại kết cấu tường chắn, những nguyên tắc cơ bản về thiết kế và trình tự tính toán thiết kế thi công hố đào sâu, công trình ngầm.*

*Từ khóa: Thiết kế, Thi công, Hố đào sâu, Công trình ngầm, Tường chắn đất.*

## Abstract

*The use of underground space for construction is increasingly common and urgent in the urban, especially in big cities such as Ha Noi and Ho Chi Minh. From the year 2000, the execution of some underground construction projects has faced significant damages affecting neighboring buildings. This paper generally introduces specifications and structure of guard walls, basic principles in design and process of constructive calculation for the deep excavations and underground works.*

*Keywords: Design, Construction, Deep excavations, Underground, Retaining walls.*

## 1. Đặt vấn đề

Tốc độ phát triển đô thị rất nhanh ở các thành phố lớn của nước ta như Thủ đô Hà Nội, TP.HCM trong những năm qua làm cho diện tích đất xây dựng ngày càng bị thu hẹp đáng kể. Để đáp ứng nhu cầu xây dựng các công trình phục vụ cho đời sống dân sinh ở các thành phố đã và đang khai thác không gian ngầm dưới mặt đất như công trình dân dụng từ 4-6 tầng hầm, công trình giao thông sử dụng tàu điện ngầm sâu dưới mặt đất đến hàng chục mét; để sử dụng có hiệu quả không gian ngầm và đảm bảo an toàn các công trình lân cận, việc nghiên cứu, phân tích đánh giá các giải pháp thiết kế thi công các loại công trình này là hết sức cần thiết.

## 2. Một số sự cố công trình ngầm

Do việc thiết kế và thi công các công trình hố móng sâu đôi khi ít được các đơn vị quan tâm đúng mức nên đã xảy ra một số trường hợp đáng tiếc, gây không ít thiệt hại về người và tài sản. Các sự cố có thể gặp như bị sạt lở hố móng, gây lún sụt, nứt nẻ và sụp đổ công trình lân cận. Sau đây là một số sự cố công trình liên quan đến hố đào, công trình ngầm:

- Ngày 26 tháng 7 năm 2007, toàn bộ căn nhà 4 tầng lầu (số 792C đường Nguyễn Kiệm, quận Gò Vấp, TP. Hồ Chí Minh) đã sụp đổ do quá trình xây dựng hầm. Nguyên nhân được xác định là do tự ý đào hầm sâu 5m mà không có biện pháp thi công hợp lý bên cạnh địa chỉ 792A, 792B, cộng với những cơn mưa lớn trong nhiều ngày đã làm sụp hoàn toàn căn nhà 792C đường Nguyễn Kiệm.



**Hình 1.** Căn nhà 4, 5 tầng số 792C sụp năm 2007

- Lúc 19 giờ 35 phút ngày 09 tháng 10 năm 2007, toàn bộ khu nhà hơn 100m<sup>2</sup> gồm một trệt, một lầu là văn phòng của tạp chí Khoa học Xã hội (thuộc Viện Khoa học Xã hội Nam Bộ, số 49 đường Nguyễn Thị Minh Khai, Phường Bến Nghé, Quận 1, TP.HCM) đã đổ sụp hoàn toàn.

Nguyên nhân ban đầu xác định là do trong khi thi công công trình số 43-45-47 đường Nguyễn Thị Minh Khai (cao ốc Pacific) phần móng thì tường vây giáp ranh với Viện Khoa học Xã hội Nam Bộ bị thủng kéo theo nước, cát và một phần căn nhà trên bị đổ sập.



**Hình 2. Hiện trạng tầng ngầm toà nhà Pacific, TPHCM sau khi xảy ra sự cố**



**Hình 3. Viện Khoa học Xã hội Nam Bộ sau khi xảy ra sự cố**



**Hình 4. Block 1, toà nhà Highland Tower (Malaysia) sụp năm 1993**



**Hình 5. Toàn cảnh trạm bơm nước thải ở Bangkok (Thái Lan) bị sụp năm 1997**



**Hình 6. Sập hầm đường tàu điện ngầm (MRT) tại Singapore, năm 2004**

### 3. Đặc điểm công trình hố đào sâu

Công trình hố đào sâu là một trong những loại công trình đặc biệt của ngành xây dựng và có những đặc điểm cơ bản như sau:

(1). Công trình sử dụng kiến thức của nhiều ngành khoa học về đất đá, về kết cấu và kỹ thuật thi công và các ngành khoa học tổng hợp đang còn chờ phát triển về mặt lý luận.

(2). Điều kiện địa chất của đất biến đổi trong phạm vi khá rộng, tiềm ẩn nhiều rủi ro rất phức tạp, tính không đồng đều của địa chất thủy văn ảnh hưởng rất lớn đến số liệu khảo sát, kết quả khảo sát có tính phân tán lớn, không đại diện được tổng thể cho địa chất của các tầng đất nên tính chính xác các số liệu khảo sát không cao làm khó khăn cho việc thiết kế thi công hố đào sâu và các công trình ngầm. Đặc biệt là trong điều kiện đất yếu, mực nước ngầm dâng cao và các điều kiện hiện trường phức tạp dễ sinh ra trượt lở đất, mất ổn định hố đào, chuyển dịch vị trí của tường chắn, đáy hố đào trôi lên, tường chắn bị rò rỉ nước do nước ngầm, ảnh hưởng nghiêm trọng đến các công trình xây dựng, các đường ống, công trình ngầm ở xung quanh.

(3). Công trình có khối lượng công việc rất lớn, giá thành cao, có kỹ thuật thi công rất phức tạp, phạm vi ảnh hưởng rộng, nhiều yếu tố biến đổi và nhiều rủi ro có thể xảy ra sự cố trong quá trình thi công. Để đáp ứng cho nhu cầu phát triển đô thị lớn và tập trung ở những khu đất nhỏ hẹp, dân cư đông đúc, điều kiện thi công khó khăn, không thể đào móng có mái dốc, yêu cầu phải đảm bảo ổn định các công trình lân cận và không chế chuyển dịch là rất quan trọng.

### 4. Phân loại tường chắn, trình tự thiết kế, thi công hố đào sâu, công trình ngầm

#### 4.1. Phân loại tường chắn hố đào

Tường chắn hố đào được phân loại theo 3 cách: phương thức đào; đặc điểm chịu lực của kết cấu; chức năng kết cấu. Cụ thể như sau:

#### 4.1.1. Phân loại theo phương thức đào

##### (a). Đào hố không có chắn giữ

- Đào thẳng đứng
- Đào có mái dốc gồm có: đào có mái dốc khi không có nước ngầm; đào có mái dốc thoát nước bằng máng hở; đào có mái dốc khi hạ mực nước ngầm bằng giếng.

##### (b). Đào hố có chắn giữ

- Đào kiểu côngxon (có neo hoặc không có neo)
- Cọc bản thép, cọc ống thép, cọc bản bê tông cốt thép (BTCT).
- Cọc khoan nhồi BTCT, tường chắn đất tổ hợp bằng một hoặc hai hàng cọc nhồi khoan lỗ và bơm vữa hoặc cọc đất trộn vôi, cọc đất xi-măng, cọc bơm quay.
- Tường liên tục bằng BTCT, cọc đất trộn vôi, cọc đất xi-măng.
- Kết cấu chống giữ bằng giếng chìm, tường chắn kiểu trọng lực.
- Cọc chắn giữ đất cốt cứng: kiểu đào chắn giữ hình vòm, kiểu sử dụng các thanh chống, kiểu sử dụng kết cấu chắn giữ với neo đất (cọc chắn đất, kiểu bầu neo, đỉnh đất, thanh neo dự ứng lực và thanh neo không dự ứng lực).

##### (c). Đào kết hợp hai phương pháp (a) và (b)

Thi công theo trình tự: đầu tiên đóng cọc bản – đào ở phần giữa – đổ bê tông công trình ngầm ở giữa – thanh chống ngang và chéo – đào đất xung quanh và thi công tiếp.

##### (d). Đào ngược và bán ngược (Top down)

Theo trình tự: đầu tiên làm cọc nhồi hoặc tường chắn (cọc bản, barret, tường liên tục) – đổ bê tông từ sàn tầng trệt - sàn tầng hầm từ trên xuống và lợi dụng nó làm kết cấu chắn giữ.

(f). Đào có gia cố thành và đáy hố đào: gia cố thành hố đào bằng bơm vữa, màng hóa chất hoặc xi-măng đất kết hợp lưới thép, đỉnh đất, neo bằng bê tông, hoặc gia cố bằng bơm vữa dùng áp lực đất

bị động ở đáy hố đào để giữ thành hố đào.

#### 4.1.2. Phân loại theo kết cấu chắn giữ

##### (a). Kết cấu chắn giữ chịu áp lực bị động

- Cọc: cọc nhồi BTCT, cọc BTCT đúc sẵn, cọc trộn sâu, cọc phun quay, cọc nhào trộn.
- Bản: thép hình chữ I, bản BTCT hình chữ nhật, chữ C, bản composit,...
- Ống: cọc thép ống có thanh neo, cọc BTCT có thanh neo.
- Tường: tường trong đất (đổ tại chỗ, đúc sẵn), tường trọng lực đất xi-măng.
- Chống: chống giữ bằng thép, BTCT, gỗ, ...

##### (b). Kết cấu chắn giữ chịu áp lực chủ động.

- Phun neo để chắn giữ (bơm vữa, kéo neo, thanh neo,...).
- Tường bằng đỉnh đất để chắn giữ (bao gồm cài thép gia cường).

#### 4.1.3. Phân loại theo chức năng kết cấu

##### (a). Bộ phận chắn đất

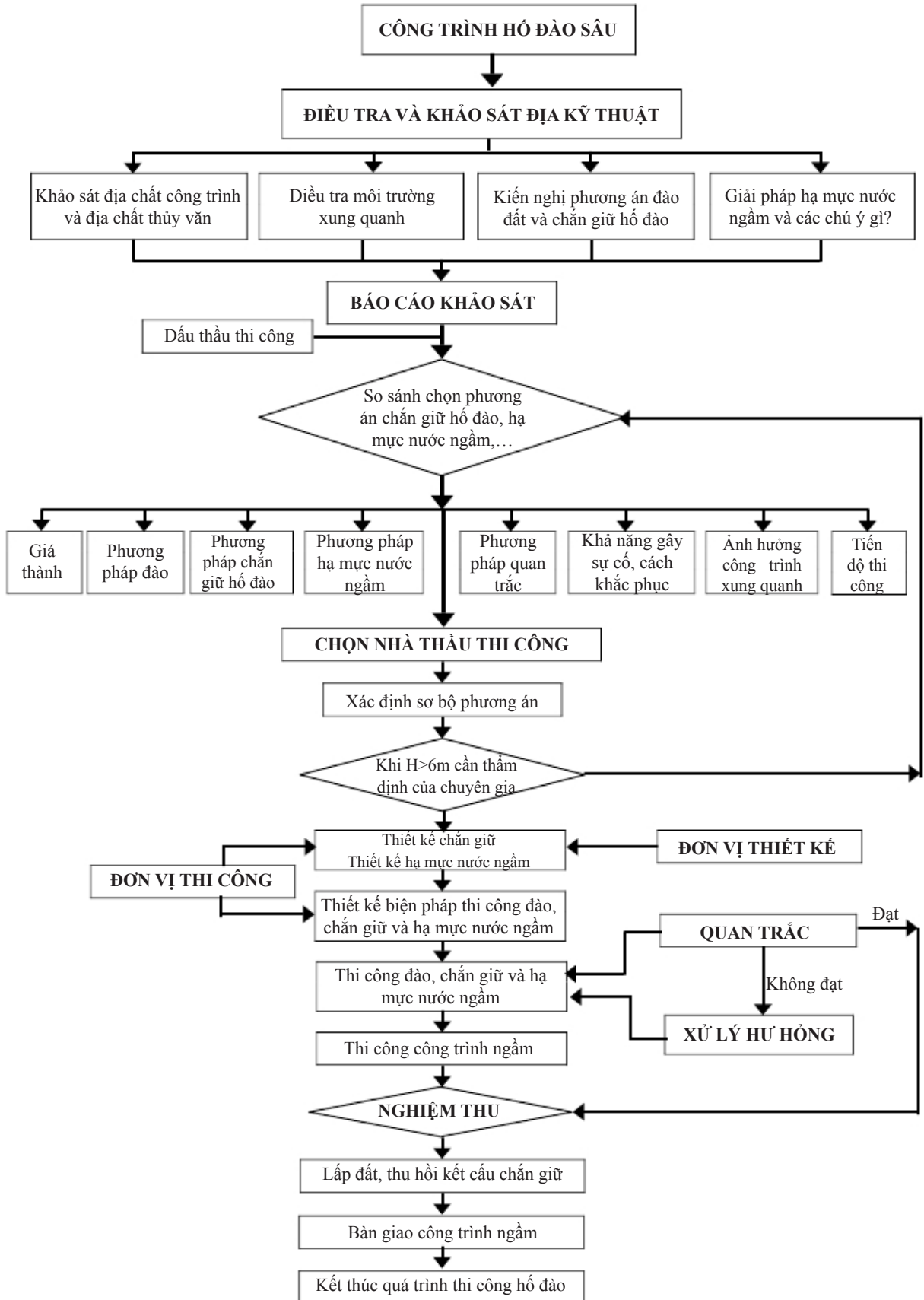
- Kết cấu chắn đất thấm nước như: cọc thép, cọc nhồi, cọc tường hợp nhất, chắn giữ bằng đỉnh đất, bằng cài cốt gia cường.
- Kết cấu chắn đất ngăn nước như: tường liên tục trong đất, tường bằng cọc đất xi-măng hoặc cọc khoan nhồi, cọc bản thép hoặc cọc bản BTCT, tường vòm cuốn khép kín.

##### (b). Bộ phận giữ tường kiểu thanh chống và neo.

- Kiểu tự đứng (cọc, côngxon, tường).
- Neo kéo (dầm, cọc, neo kéo), neo đất.
- Chống xiên, chống bằng hệ dầm.
- Hệ dầm đai ở lưng tường.
- Thi công Top down.



4.2. Trình tự thiết kế và thi công hố đào sâu và công trình ngầm



Hình 7. Sơ đồ trình tự thiết kế - thi công hố đào sâu và công trình ngầm

## 5. Nguyên tắc tính toán thiết kế hố đào sâu và công trình ngầm

### 5.1. Nguyên tắc thiết kế kết cấu chắn giữ hố đào

(1). An toàn, tin cậy: đảm bảo cường độ, ổn định, sự biến dạng của kết cấu chắn giữ, đảm bảo an toàn cho công trình xung quanh.

(2). Tính kinh tế: có giá thành hợp lý, hiệu quả kinh tế kỹ thuật rõ ràng trên cơ sở tổng hợp các tiêu chí: Thời gian thi công, vật liệu, thiết bị, nhân lực thi công và bảo vệ môi trường xung quanh.

(3). Thuận lợi và thời gian thi công: trên cơ sở độ tin cậy, hiệu quả kinh tế, điều kiện thi công thuận lợi nhằm rút ngắn thời gian thi công.

### 5.2. Đặc điểm thiết kế kết cấu chắn giữ hố đào

(1). Tính không xác định của ngoại lực: áp lực chủ động, áp lực bị động của đất và áp lực nước sẽ thay đổi theo điều kiện môi trường, phương pháp thi công, và giai đoạn thi công.

(2). Tính không xác định biến dạng: việc không chế biến dạng là yếu tố rất quan trọng trong thiết kế tường chắn giữ, nhưng có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng như: độ cứng của tường, cách bố trí thanh chống (hoặc neo) và đặc tính mang tải của kết cấu, tính chất của đất nền, chất lượng thi công, các kết quả quan trắc hiện trường,...

(3). Tính không xác định của đất: tính chất không đồng nhất của đất nền và phụ thuộc vào vị trí lấy mẫu, phương pháp thí nghiệm khác nhau và giai đoạn thi công khác nhau sẽ cho kết quả về tính chất của đất cũng khác nhau rất lớn, dẫn đến lực tính toán tác dụng lên tường cũng thay đổi khác nhau.

### 5.3. Nguyên tắc tính toán thiết kế kết cấu chắn giữ hố đào

Do nội lực và biến dạng tính toán trong các kết cấu chịu lực của cấu kiện chắn giữ luôn thay đổi theo sự biến thiên của quá trình thi công nên cần phải tính toán ở những giai đoạn đặc trưng nhất của quá trình thi công, đồng thời xét ảnh hưởng của giai đoạn thi công trước đến giai đoạn thi công sau khi tính toán nội lực và biến dạng này. Các thông số tính toán thiết kế tường chắn cơ bản gồm:

(1). Tính toán ổn định tổng thể của mái dốc hố đào.

(2). Tính toán ổn định do chuyển vị ngang theo hướng mặt bên của tường chắn.

(3). Tính toán ổn định trượt ở đáy chân tường và ổn định mặt trước của tường (do đỡ tải).

(4). Tính toán chống dòng thấm do áp lực nước ngầm tác động lên tường chắn và ở đáy hố đào.

(5). Dự báo độ lún và chuyển vị ngang của khu vực xung quanh làm ảnh hưởng đến công trình lân cận.

(6). Tính toán các điểm nổi, mối nối của tường chắn.

(7). Tính toán hạ mực nước ngầm bên trong và bên ngoài hố đào trong từng giai đoạn thi công.

(8). Chọn phương pháp đào tối ưu nhằm giảm thiểu phát sinh sự cố và ảnh hưởng đối với môi trường, với công trình lân cận.

### 5.4. Quan trắc

Quá trình thi công hố đào sâu và công trình ngầm phải thường xuyên quan trắc các công việc cụ thể sau:

(1). Biến dạng và nội lực của một số cấu kiện chống giữ chủ yếu như: Lực dọc trục của thanh chống, chuyển vị đứng và ngang ở đỉnh tường, đường cong biến dạng theo phương đứng của tường, độ lún hoặc sụt/trồi của các cọc độc lập.

(2). Biến dạng của khối đất xung quanh hố đào, độ ổn định của vách hố đào, sự thay đổi mực nước ngầm và áp lực nước lỗ rỗng, độ trôi và sụt ở đáy hố đào.

(3). Quan trắc độ lún, chuyển vị,... của các công trình lân cận xung quanh.

## 6. Nhận xét – thảo luận

### 6.1. Nhận xét

(1). Hố đào sâu, công trình ngầm là loại công trình đặc biệt. Việc tính toán, thiết kế, thi công các kết cấu chắn giữ hố đào sâu là rất đa dạng và luôn tiềm ẩn nhiều sự cố công trình, vì nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Cần nhấn mạnh rằng không có loại công trình xây dựng nào mà các khâu từ khảo sát, thiết kế, thi công và quan trắc lại có yêu cầu nghiêm ngặt và gắn bó chặt chẽ như đối với công trình hố đào sâu của các công trình ngầm.

(2). Việc tính toán thiết kế loại công trình này được sử dụng kiến thức của nhiều ngành khoa học về đất đá, về kết cấu, về kỹ thuật thi công và các ngành khoa học tổng hợp khác.

(3). Kết quả khảo sát địa chất thủy văn, giải pháp thiết kế - tính toán (bằng phương pháp số và phương pháp phần tử hữu hạn), loại kết cấu chắn giữ, phương pháp thi công, năng lực tổ chức thi công, điều kiện môi trường, kết quả quan trắc trong quá trình thi công,... ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng công trình hồ đào sâu, công trình ngầm.

## 6.2. Thảo luận

Điều kiện địa chất của nền đất biến đổi trong phạm vi khá rộng, ẩn dấu nhiều rủi ro rất phức tạp. Đặc biệt là trong điều kiện đất sét yếu

bảo hòa nước, mực nước ngầm dâng cao và các điều kiện hiện trường phức tạp dễ sinh ra trượt lở đất, mất ổn định hố đào, chuyển dịch tường chắn, đáy hố đào trôi lên, ... ảnh hưởng đặc biệt nghiêm trọng đến các công trình xây dựng, các đường ống, công trình ngầm ở xung quanh. Do đó khi thiết kế thi công các công trình loại này, các nhà thầu cần phải phân tích lựa chọn tối ưu hóa và có hệ thống cho hàng loạt các công việc như công tác khảo sát phục vụ thiết kế; xác định tải trọng tác dụng lên kết cấu chắn giữ; chọn loại kết cấu chắn giữ hố đào; giải pháp hạ mực nước ngầm; giải pháp quan trắc đo đạc chuyển vị và biến dạng kết cấu chắn giữ cũng như quan trắc các công trình lân cận trong suốt quá trình thi công.

## Tài liệu tham khảo

Nguyễn Bá Kế. 2010. *Bài học từ sự cố sập đổ Viện Khoa học Xã hội vùng Nam Bộ ở thành phố Hồ Chí Minh*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng. Bộ Xây dựng. số 3/2010 (152). Trang.49-57.

Nguyễn Bá Kế. 2008. *Thiết kế và thi công hố móng sâu*. NXB Xây dựng.

Nguyễn Bá Kế. 2010. *Xây dựng công trình ngầm đô thị theo phương pháp đào hở*. NXB Xây dựng.

Tuyển tập hội thảo khoa học. Tháng 8/2008. *Công trình xây dựng có phần ngầm – Bài học từ các sự cố và giải pháp phòng chống*. UBND TP. Hồ Chí Minh.