

CHIỀU SÂU KHÔNG CẦN CHỐNG GIỮ HÀO ĐÀO KHI XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP LỘ THIÊN TRONG ĐẤT KHÔNG BẢO HÒA

Nguyễn Xuân Mãn⁽¹⁾, Phạm Thanh Tiên⁽¹⁾,
Nguyễn Minh Tuấn², Đặng Trung Kiên³

(1)Viện Cơ học Ứng dụng

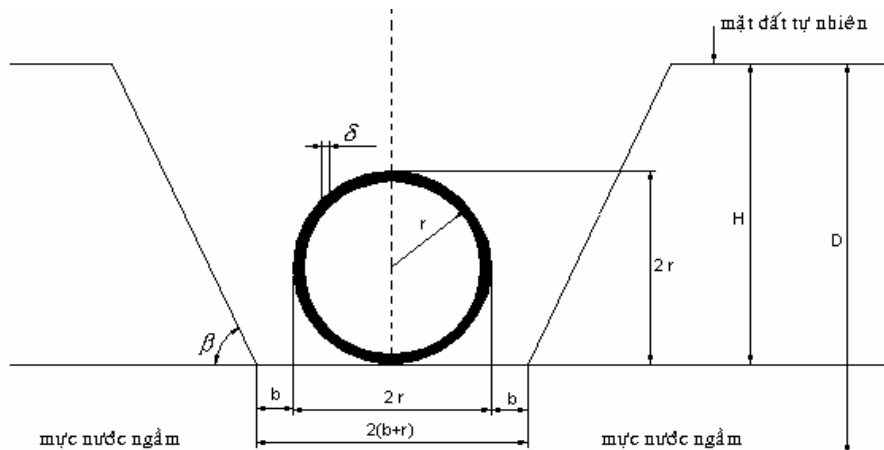
(2) Viện Cơ học; (3) ĐH. Mỏ - Địa Chất

(Bài nhận ngày 09 tháng 11 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 24 tháng 02 năm 2006)

TÓM TẮT: Bài viết đề cập đến phương pháp xác định chiều sâu không cần chống giữ khi thi công các hố đào phục vụ xây dựng các công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên. Các phương pháp đã có trước đây đã xem xét bài toán đặt ra trong đất bảo hòa hoặc trong đất không bảo hòa nhưng coi hàm lực dính là không đổi hoặc là thay đổi tuyến tính theo độ sâu kể từ mặt đất đến mực nước ngầm. Trong bài viết các tác giả đã xem xét đến quy luật biến đổi lực dính trong đất không bảo hòa theo quy luật phi tuyến. Sử dụng các lý thuyết trong cơ học đất và phần mềm toán học Maple cho phép tìm được công thức xác định chiều sâu không cần chống giữ khi đào hào xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên. Bài viết cũng minh họa ví dụ tính toán số.

1.ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên như: tunnel giao thông, tunnel dẫn nước hay các đường hầm đặt các thiết bị cơ sở hạ tầng (điện, nước, cáp thông tin,...) thường phải tiến hành đào các hào với chiều rộng, độ sâu và chiều dài thích hợp để lắp đặt kết cấu hầm (hình 1) theo thiết kế:



Hình 1: Hào đào trong thi công đường hầm

r - bán kính trong của kết cấu hầm tròn hoặc nửa chiều rộng hầm chữ nhật.
 δ - bề dày của kết cấu; H - chiều sâu đặt hầm; D - chiều sâu mực nước ngầm;
 β - góc nghiêng thành hào.

Vấn đề đặt ra là khi góc dốc mái hào β càng nhỏ, khối lượng đào tăng lên nhưng thành hào sẽ ổn định và khó sụp đổ hơn. Khi thành hào dốc đứng ($\beta = \frac{\pi}{2}$) thì khối lượng đào hào là ít nhất và do đó sẽ có lợi về kinh tế, nhưng ổn định của thành hào là vấn đề cần xem xét. Trong trường hợp này phải tiến hành chống giữ tạm thời thành hào bằng các kết cấu tạm (cừ, ván, văng ngang,...).

Điều này dẫn đến những bất lợi sau:

- Làm chật hẹp không gian thi công hầm
- Tốn kém chi phí cho việc chống tạm
- Làm chậm tiến độ thi công

Trong bài viết này đề cập đến vấn đề xác định chiều sâu không cần chống giữ của thành hào h_{kc} với góc nghiêng lớn ($\beta = \frac{\pi}{2}$). Môi trường đất ở đây được coi là không bão hòa và đất rời, với chiều sâu mực nước ngầm cách mặt đất tự nhiên là D .

Trong thực tiễn xây dựng thì chiều sâu cần đào của hào phải thoả mãn các điều kiện sau: $H \geq (2 \div 5)2r = (4 \div 10)r$ và $D > H + m$; trong đó: m – độ dày lớp đất dưới hào đào để tránh trường hợp bực nước từ dưới lên khi nước có áp, xác định như sau [1]:

$$m \geq \frac{h}{\left(\frac{\gamma_d}{\gamma_n} - 1\right)} \quad (1)$$

Trong đó: γ_d, γ_n - lần lượt là dung trọng của đất và của nước.

h - độ cao mực nước áp lực trên đáy hố khi bị bực nước.

2. LỰC HÚT DÍNH TRONG ĐẤT KHÔNG BÃO HOÀ

Một trong những đặc điểm quan trọng trong đất không bão hòa là áp lực lỗ rỗng âm ($u_w < 0$). Áp lực nước lỗ rỗng âm làm phát sinh lực hút dính $F_{hd} = (u_a - u_w)$. Áp lực nước lỗ rỗng càng âm khi độ ẩm của đất càng giảm hay độ bão hòa của đất giảm. Nếu áp lực nước lỗ rỗng càng âm sẽ làm tăng lực dính của đất do đó khả năng chống cắt của đất cũng tăng lên.

Các nghiên cứu chỉ ra rằng [2], lực hút dính của đất không bão hòa thay đổi theo chiều sâu kể từ mặt đất và giảm dần đến giá trị bằng không tại ranh giới của mực nước ngầm.

Trong các tính toán [3] đã đề cập đến 2 trường hợp (hình 2a,b) :

- Lực hút dính không đổi từ mặt đất đến mực nước ngầm: $F_{hd}(y) = const$;
(2a)
- Lực hút dính giảm tuyến tính từ mặt đất đến mực nước ngầm: $F_{hd}(y) = m - ny$;
(2b)

Trong bài viết này chúng tôi đề cập đến sự thay đổi lực hút dính theo chiều sâu kể từ mặt đất theo quy luật hàm đa thức bậc 3 có dạng sau đây:

$$F_{hd}(y) = a + by + cy^2 + dy^3 ; y - \text{chiều sâu xem xét.} \quad (3)$$

Phương trình (3) cần thoả mãn các điều kiện sau:

Khi $y = 0 \rightarrow F_{hd}(y) = \max = k\gamma_n gD$; khi $y = D \rightarrow F_{hd}(y) = 0$

Qua phân tích chúng tôi thấy dạng thích hợp với thực tiễn của (3) như sau:

$$F_{hd}(y) = \frac{A}{D} (D^2 - 2y^2 + y^3 / D) \quad (4a)$$

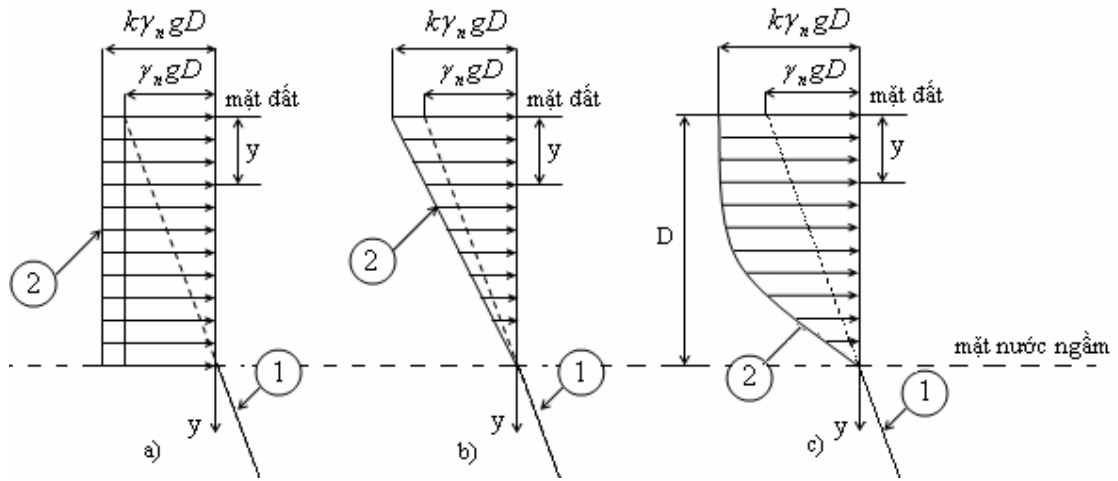
$$\text{hay: } F_{hd}(y) = AD(1 - y^3 / D^3) ; \quad (4b)$$

Với: $A = k\gamma_n g$; k - hệ số biểu diễn áp lực nước lỗ rỗng theo phần trăm so với mặt nghiêng áp lực thủy tĩnh; γ_n - **dung trọng** của nước; g - gia tốc trọng trường.

Như vậy lực hút dính giảm từ giá trị $AD = kD\gamma_n g$ (ứng với $y = 0$) đến giá trị bằng không (ứng với $y = D$). Đồ thị biểu diễn lực hút dính theo (4a) thể hiện trên hình 2c.

3. ÁP LỰC CHỦ ĐỘNG TÁC DỤNG LÊN THÀNH HÀO

Áp lực chủ động tác động lên thành của hố đào chính là thành phần áp lực nằm ngang xuất hiện trong đất.



Hình 2 : Phân bố lực dính theo chiều sâu

a) – Phân bố không đổi theo chiều sâu; b) – Phân bố giảm tuyến tính theo chiều sâu; c) – Phân bố phi tuyến theo chiều sâu. (1)– Mặt nghiêng áp lực thủy tĩnh; (2)– Đường phân bố lực hút dính

Theo lý thuyết áp lực lên tường chắn của Culông và Rankin đối với đất dính thì phân bố áp lực chủ động sẽ có dạng [2]:

$$p_a = (\sigma_n - u_a) = (\sigma_d - u_a) \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2C \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (5)$$

Ở đây: φ' - góc ma sát trong hữu hiệu; u_a - áp lực khí lỗ rỗng; p_a - phân bố áp lực chủ động tại độ sâu xem xét; σ_n, σ_d - thành phần ứng suất nằm ngang và thẳng đứng.

σ_d - thành phần ứng suất thẳng đứng do áp lực địa tầng (áp lực mô) sinh ra, xác định như sau :

$$\sigma_d = \gamma_d \cdot g \cdot y \quad (6)$$

Với đất không bão hòa, lực dính toàn phần C gồm 2 thành phần là lực dính hữu hiệu C' và lực hút dính $(u_a - u_w)tg\varphi_b$. Tức là : $C = C' + (u_a - u_w)tg\varphi_b$ (7)

ở đây: φ_b - góc ma sát ứng với những biến đổi của lực hút dính; C' - lực dính hữu hiệu.

Đưa (7) vào (5) và biến đổi cho ta:

$$\begin{aligned} p_a = (\sigma_n - u_a) &= (\sigma_d - u_a) \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2(C' + (u_a - u_w)tg\varphi_b) \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \\ &= (\sigma_d - u_a) \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2C' \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \\ &\quad - 2(u_a - u_w)tg\varphi_b \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Đưa (4a) vào (8) nhận được:

$$\begin{aligned} p_a = (\sigma_n - u_a) &= (\sigma_d - u_a) \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2C' \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \\ &\quad - 2tg\varphi_b \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \cdot \frac{A}{D} [D^2 - 2y^2 + y^3 / D] \end{aligned} \quad (9)$$

Đưa (6) vào (9) nhận được:

$$p_a = (\sigma_n - u_a) = (\gamma_d g y - u_a) \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2C' \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2tg \varphi_b \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \cdot \frac{A}{D} [D^2 - 2y^2 + y^3 / D] \quad (10)$$

Tổng lực đất chủ động tác dụng lên tường có chiều cao H_t : $P_A = \int_0^{H_t} p_a dy$

(11a)

4. CHIỀU SÂU KHÔNG CẦN CHỐNG GIỮ CỦA THÀNH HÀO

Biểu đồ phân bố áp lực chủ động sẽ có vùng kéo và vùng nén được phân chia ranh giới tại độ sâu y_k . Vùng ứng suất chịu kéo với chiều sâu y_k kể từ mặt đất làm cho áp lực chủ động âm, tức có xu hướng tách ra khỏi biên của mặt đứng thành hào (hay tường chắn). Trị số y_k xác định từ công thức (8) kết hợp với (4) với điều kiện $p_a = 0$ và $u_a = 0$, tức là:

$$\sigma_d \cot g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2C' \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) - 2tg \varphi_b \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \cdot \frac{A}{D} [D^2 - 2y^2 + y^3 / D] = 0.$$

(11b)

Giải phương trình (11b) cho ta giá trị y_k .

Nếu tổng áp lực chủ động P_A tác động lên tường hào triệt tiêu thì độ sâu tương ứng sẽ là chiều sâu không cần chống giữ của thành hào. Như vậy chiều sâu thành hào không cần chống giữ khi thi công công trình ngầm bằng phương pháp lô thiên trong đất không bão hòa được

xác định từ phương trình: $P_A = \int_0^y p_a dy = 0$;

(12)

Đưa (9) vào (12) và giải phương trình đối với biến y cho ta độ sâu không cần chống giữ của hào đào y_{kc} . Có thể sử dụng phần mềm toán học Maple để giải phương trình (12) và nghiệm của (12) có dạng: $y_{kc} = f(\varphi', \varphi_b, u_a, \sigma_d, D, A)$.

(13)

5. TÍNH TOÁN MINH HOẠ SỐ

Với một tổ hợp các thông số $(u_a, \gamma_d, \gamma_n, D, \varphi', \varphi_b, k)$ chúng ta xác định được giá trị y_{kc} từ công thức (13) và y_{kc} chính là chiều sâu không cần chống giữ ($h_{kt} = y_{kc}$).

Dưới đây là tính minh họa số với các chỉ tiêu địa kỹ thuật của môi trường đất vùng Đông Nam bộ Việt Nam; được lấy như sau: $C' = 50\text{kN/m}^2$; $k = 1,5$; $\varphi' = 22^\circ$; $\varphi_b = 14^\circ$; $\gamma_d = 18\text{kN/m}^3$; $\gamma_n = 10,18\text{kN/m}^3$. Giá trị áp lực khí lỗ rỗng trong tính toán là $u_a = 0$ (coi là bằng áp suất không khí).

Các kết quả tính toán cho trong các bảng 1,2,3 và 4 dưới đây:

a) Thay đổi mực nước ngầm D :

Bảng 1: phụ thuộc giữa h_{kt} với D

D - Độ sâu mực nước ngầm, m	7	8	9	10	11	13	15
h_{kt} - Chiều sâu không cần chống giữ, m	4,38	4,97	5,25	5,83	6,19	7,18	7,34

b) Thay đổi góc ma sát hữu hiệu φ' :

Bảng 2: phụ thuộc giữa h_{kt} với φ'

φ' - góc ma sát hữu hiệu, độ	10	14	18	22	26	30	35
h_{kt} - Chiều sâu không cần chống giữ, m	4,85	4,55	4,34	4,21	3,87	3,57	3,32

c) Thay đổi lực dính hữu hiệu C'

Bảng 3: phụ thuộc giữa h_{kt} với C'

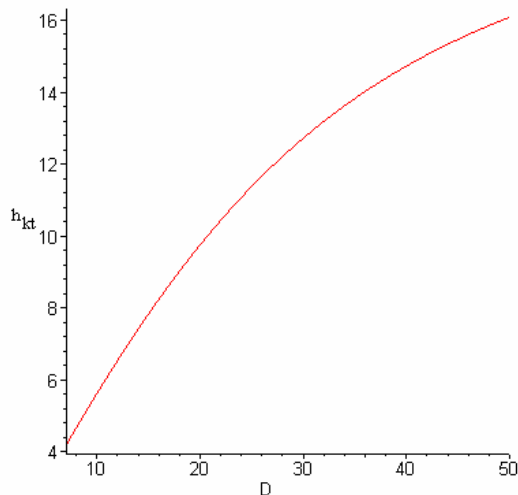
C' Lực dính hữu hiệu	20	40	50	60	70	75	85
h_{kt} Chiều sâu không cần chống giữ, m	3,71	4,09	4,23	4,31	4,39	4,45	4,63

d) Thay đổi hệ số k:

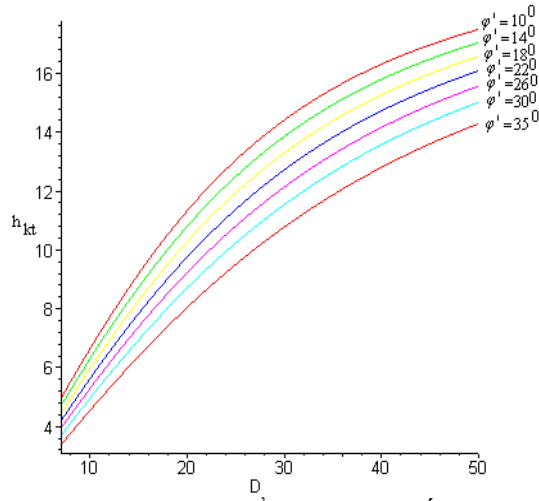
Bảng 4: phụ thuộc giữa h_{kt} với k

K - Hệ số biểu diễn áp lực nước lỗ rỗng theo phần trăm so với mặt nghiêng áp lực thủy tĩnh	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0
h_{kt} - Chiều sâu không cần chống giữ, m	3,22	3,69	4,23	4,52	4,98

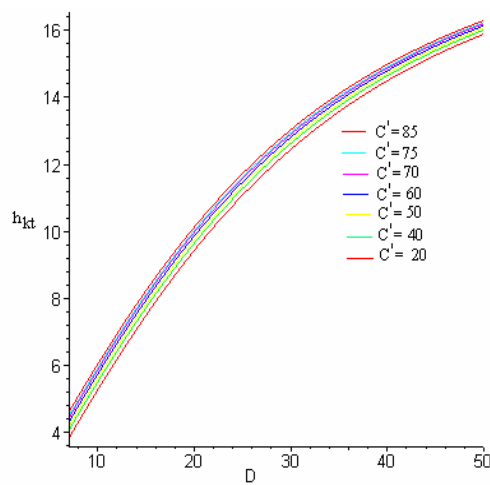
Các biểu đồ minh họa (hình 3,4, 5 và 6 xây dựng theo các bảng 1,2,3 và 4) cho dưới đây:



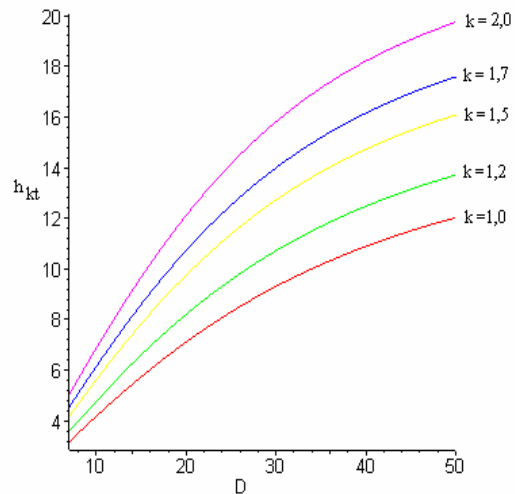
H.3 - Biểu đồ quan hệ giữa h_{kt} và D (theo số liệu bảng 1)



H.4 - Biểu đồ quan hệ giữa h_{kt} và D khi φ' thay (theo số liệu bảng 2)



H.5 - Biểu đồ quan hệ giữa h_{kt} và D khi C' thay đổi (theo số liệu bảng 4)



H.6 - Biểu đồ quan hệ giữa h_{kt} và D khi k thay đổi (theo số liệu bảng 5)

6. KẾT LUẬN

a- Trong đất không bão hoà tồn tại áp lực nước lỗ rỗng âm. Áp lực nước lỗ rỗng âm làm xuất hiện lực dính hút và do đó lực dính tổng tăng lên. Vùng gần mặt đất xuất hiện những vết nứt (vùng chịu kéo), làm cho đất có xu hướng tách ra khỏi mặt lộ thành hào, tạo áp lực chủ động âm – đây là cơ sở để xem xét khả năng không cần chống thành hào ở độ sâu nào đó (cần xác định) khi thi công các công trình ngầm lộ thiên..

b- Trong các tính toán đã có trước đây quy luật phân bố lực hút dính do áp lực nước lỗ rỗng âm là không đổi hay giảm tuyến tính theo chiều sâu – điều này tạo nên sai số lớn so với thực tế.

c- Trong bài viết này chúng tôi xem xét quy luật phân bố lực hút dính phi tuyến theo đa thức bậc ba (xem công thức (4a)) .

d- Kết quả tính toán bằng số minh họa cho thấy:

- Chiều sâu không cần chống của hào tăng phi tuyến so với chiều sâu mực nước ngầm. Khi chiều sâu mực nước ngầm khá lớn thì chiều sâu không cần chống của hào hầu như không tăng sẽ dẫn đến một giới hạn.

- Với cùng những điều kiện như nhau thì:

- + Chiều sâu không cần chống của hào giảm khi góc ma sát hữu hiệu của đất tăng.
- + Chiều sâu không cần chống của hào tăng không đáng kể khi lực dính hữu hiệu tăng.
- + Chiều sâu không cần chống của hào tăng mạnh khi hệ số k tăng

DEPTH OF TRENCHS WITHOUT PROPPING - UP IN BUILDING UNDERGROUND WORKS ON UNSATURATED SOILS BY OPEN –METHOD

Nguyen Xuan Man⁽¹⁾, Pham Thanh Tien⁽¹⁾
Nguyen Minh Tuan⁽²⁾, Nguyen Trung Kien⁽³⁾

(1) Institute of Applied Mechanics

(2) Institute of Mechanics;

(3) Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT: *This article presents a method to determine the depth of trench without propping up in building underground works – by open method. It is known that, almost previous methods have solved this problem on saturated or unsaturated soils with constant cohesive forces or linear depth (from ground to underground water level). In this paper, we focus on the variation of the cohesive forces by the non-linear function.*

Using the software Maple and theories of soil mechanics, we propose a formula that can find out the depth of trench. Some numerical results are presented.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Uyên và nnk, *Địa chất công trình*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội – 2002.
- [2]. D. G. Fredlund, H. Rahardjo, *Cơ học đất cho đất không bão hòa*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội – 2000.
- [3]. Phan Trường Phiệt, *Áp lực đất và tường chắn đất*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội – 2001.