

PHAN TRƯỜNG PHIỆT  
GIÁO SƯ TIẾN SĨ ĐỊA KỸ THUẬT

# Áp lực đất VÀ tường chắn đất



HUYỀN  
LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

**PHAN TRƯỜNG PHIỆT**  
GIÁO SƯ TIẾN SĨ ĐỊA KỸ THUẬT

# **Áp lực đất và tường chắn đất**

**NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG**  
HÀ NỘI - 2001

## LỜI NÓI ĐẦU

Tính toán áp lực đất và tường chắn đất là một trong những vấn đề lớn của địa kỹ thuật.

Trong những năm gần đây, lý thuyết về áp lực đất được phát triển và hoàn chỉnh thêm theo ba hướng chính:

1. Hoàn chỉnh cách giải theo lý thuyết cân bằng giới hạn cho những sơ đồ tường chắn thường gặp trong thực tế nhằm lập được hệ thống bảng biểu tiện dùng hoặc lập được chương trình tính toán bằng máy tính điện tử.

2. Ứng dụng lý thuyết phân mảnh (thời) và vận dụng phép phân tích hệ thống để giảm bậc siêu tĩnh của bài toán dạng nâng cao hiệu quả phép tính trên máy tính điện tử.

3. Hoàn chỉnh lý thuyết áp lực đất Coulomb cho đất đắp thuộc loại đất dính hoặc đất có cốt và giải chính xác cho các trường hợp phức tạp về lưng tường, mặt đất đắp và tải trọng ngoài.

Kết quả đạt được theo ba hướng nêu trên càng khẳng định tính ưu việt của lý thuyết áp lực đất của Coulomb mặc dù khởi điểm xuất là xa xưa nhất (1776). Sai số tính toán trong trường hợp tính áp lực đất chủ động là không đáng kể nhưng trong trường hợp áp lực đất bị động với tường lưng nhám (có  $\varphi_0 > 0,3\varphi$ ) thì sai số mắc phải là quá lớn.

Cuốn sách này giới thiệu lời giải chính xác theo lý thuyết Coulomb về áp lực đất chủ động với các sơ đồ tường chắn đất, mặt đất đắp và các dạng tải trọng, thường gặp trong thực tế xây dựng dân dụng, giao thông và thủy lợi. Lời giải này đáp ứng tốt hai yêu cầu cần thiết: một là xét được áp lực nước lỗ rỗng âm trong khối đất đắp không bão hòa nước; xét được tác dụng của cốt đất trong khối đất đắp. Hai là lập trình tính toán dễ dàng vì với một thuật toán duy nhất mà có thể tính toán cho tất cả các trường hợp về tường chắn, mặt đất đắp, các loại tải trọng thường gặp theo nguyên lý cộng tác dụng.

Về áp lực đất tĩnh và áp lực đất bị động, cuốn sách này trình bày những phương pháp tiến bộ hiện nay được giới thiệu nhiều ở nước ngoài.

Chúng tôi hi vọng cuốn sách đáp ứng được yêu cầu thiết kế, học tập và nghiên cứu hiện nay.

**Phan Trường Phiệt**

# Chương I

## NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

Tường chắn là công trình giữ cho mái đất đắp hoặc mái hố đào khỏi bị sạt trượt. Tường chắn đất được sử dụng rộng rãi trong các ngành xây dựng, thủy lợi, giao thông. Khi làm việc, lưng tường chắn tiếp xúc với khối đất sau tường và chịu tác dụng của áp lực đất.

Trong các công trình thủy công, có một số bộ phận của kết cấu công trình không phải là tường chắn đất nhưng có tác dụng tương hỗ với đất và cũng chịu áp lực của đất giống như tường chắn đất. Do đó, khái niệm về tường chắn đất được mở rộng ra cho tất cả những bộ phận của công trình có tác dụng tương hỗ giữa đất tiếp xúc với chúng và áp lực đất lên tường chắn cũng được hiểu như áp lực tiếp xúc giữa những bộ phận ấy với đất.

Tường chắn đất trong các công trình thủy công làm việc trong những điều kiện rất khác so với điều kiện làm việc của tường chắn đất trong giao thông và xây dựng do đặc điểm của công trình thủy lợi quyết định.

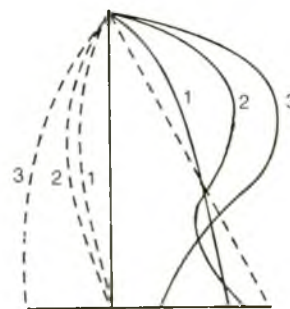
Đất đắp sau tường chắn, do yêu cầu chống thấm nước từ thượng lưu xuống hạ lưu của công trình thủy công, thường dùng đất loại sét có tính chống thấm tốt. Điều này dẫn đến việc tính toán thiết kế tường chắn phức tạp hơn so với trường hợp dùng đất loại cát đắp sau tường chắn.

### I. PHÂN LOẠI TƯỜNG CHẮN ĐẤT

Tường chắn đất thường được phân loại theo bốn cách sau đây nhằm mục đích khác nhau:

#### 1. Phân loại theo độ cứng

Biến dạng của bản thân tường chắn đất (độ uốn) làm thay đổi điều kiện tiếp xúc giữa lưng tường chắn với khối đất đắp sau tường, do đó làm thay đổi trị số áp lực đất tác dụng lên lưng tường và cũng làm thay đổi dạng biểu đồ phân bố áp lực đất theo chiều cao tường. Thí nghiệm của G.A. Đubrôva đã chứng tỏ khi tường bị biến dạng do chịu áp lực đất thì biểu đồ phân bố áp lực đất có dạng đường cong (hình I-1), nếu phần giữa thân tường bị biến dạng nhiều thì biểu đồ phân bố áp lực đất càng cong và cường độ áp lực đất ở phần trên tăng lên (đường 2), nếu chân tường có chuyển vị về phía trước thì ở phần trên tường tăng lên



Hình I-1

rất nhiều, có khi đến 2,5 lần so với cường độ áp lực ban đầu, còn cường độ áp lực ở phần dưới tường thì lại giảm (đường 3).

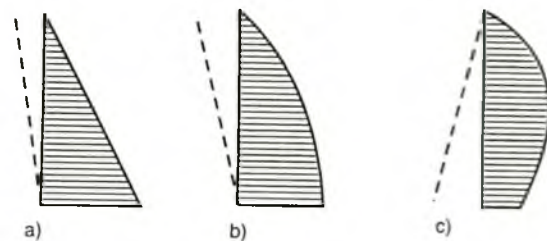
Theo cách phân loại này, tường được phân làm hai loại: tường cứng và tường mềm.

Tường có biến dạng uốn khi chịu áp lực đất như nêu trên đây gọi là *tường mềm* hoặc *tường mỏng*. Tường mềm thường là những tấm gỗ, thép, bê tông cốt thép ghép lại. Tường cứng xếp vào loại tường mềm.

*Tường cứng* không có biến dạng uốn khi chịu áp lực đất mà chỉ có chuyển vị tịnh tiến và xoay. Nếu tường cứng xoay quanh mép dưới, nghĩa là đỉnh tường có xu hướng tách rời khỏi khối đất đắp và chuyển vị về phía trước thì nhiều thí nghiệm đã chứng tỏ là biểu đồ phân bố áp lực của đất rời có dạng đường thẳng và có trị số cường độ áp lực đất lớn nhất ở chân tường (hình I-2a). Đối với đất dính (đất đắp sau tường), theo kết quả thí nghiệm của B.L. Taraxôp thì biểu đồ phân bố áp lực đất có dạng hơi cong và cũng có trị số cường độ áp lực lớn nhất ở chân tường (hình I-2b). Nếu tường cứng xoay quanh mép trên, nghĩa là chân tường rời khỏi khối đất đắp và chuyển vị về phía trước thì theo kết quả thí nghiệm của nhiều tác giả (K. Terzaghi, G.A. Đubrôva, I.V. Yarôpôncki, I.P. Prôkôfiép v.v...) biểu đồ phân bố áp lực đất (đất rời cũng như đất dính) có dạng cong, trị số lớn nhất phụ thuộc vào mức độ chuyển vị của tường và ở vào khoảng phần giữa lưng tường (hình I-2c).

Tường cứng thường là những khối bê tông, bê tông đá học, gạch đá xây nên còn gọi là tường khối. Tường chắn bằng bê tông cốt thép có dạng tấm hoặc bản nhưng tạo với các bộ phận khác của công trình thành những khung hoặc hộp cứng cũng được xếp vào loại tường cứng.

Như trên đã phân tích, cách tính toán trị số áp lực đất lên tường cứng và tường mềm khác nhau.



Hình I-2

## 2. Phân loại theo nguyên tắc làm việc

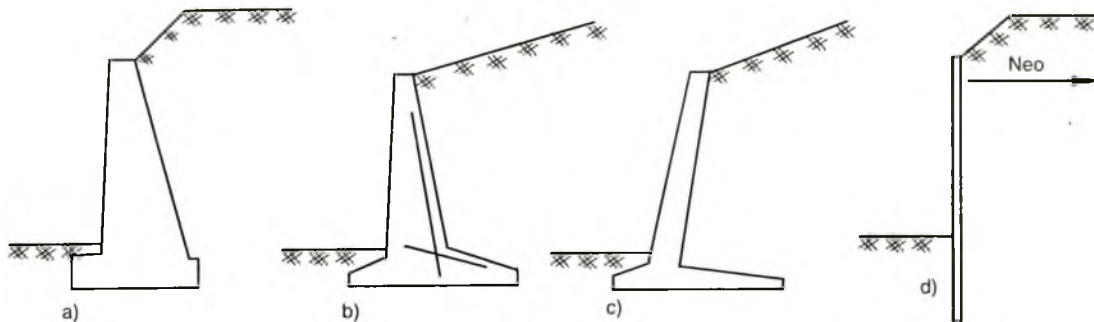
Tường chắn đất là loại công trình thường xuyên chịu lực đẩy ngang (áp lực đất), do đó tính ổn định chống trượt chiếm một vị trí quan trọng đối với tính ổn định nói chung của tường. Theo quan điểm này tường chắn được phân làm mấy loại sau đây:

*Tường trọng lực* (hình I-3a): độ ổn định được đảm bảo chủ yếu do trọng lượng bản thân tường. Các loại tường cứng đều thuộc loại tường trọng lực.

*Tường nửa trọng lực* (hình I-3b): độ ổn định được đảm bảo không những chỉ do trọng lượng bản thân tường và bản móng mà còn do trọng lượng của khối đất đắp nằm trên bản móng. Loại tường này thường làm bê tông cốt thép nhưng chiều dày của tường cũng khá lớn (do đó loại tường này còn có tên gọi là tường dày).

*Tường bán góc* (hình I-3c): độ ổn định được đảm bảo chủ yếu do trọng lượng khối đất đắp đè lên bản móng. Tường và móng là những bản, tấm bê tông cốt thép mỏng nên trọng lượng của bản thân tường và móng không lớn. Tường bán góc có dạng chữ L nên có khi còn gọi là tường chữ L.

*Tường móng* (hình I-3d): sự ổn định của loại tường này được đảm bảo bằng cách chôn chân tường vào trong nền. Do đó loại tường này còn gọi là tường cọc và tường cừ. Để giảm bớt độ sâu chôn trong đất của tường và để tăng độ cứng của tường người ta thường dùng dây neo.



**Hình I-3**

### 3. Phân loại theo chiều cao

Chiều cao của tường thay đổi trong một phạm vi khá lớn tùy theo yêu cầu thiết kế. Hiện nay, chiều cao tường chắn đã đạt đến 40m (tường chắn ở nhà máy Thủy điện Lênin trên sông Vonga). Trị số áp lực đất tác dụng lên lưng tường chắn tỉ lệ bậc hai với chiều cao của tường. Theo chiều cao, tường thường được phân làm 3 loại:

*Tường thấp*: có chiều cao nhỏ hơn 10m.

*Tường cao*: có chiều cao lớn hơn 20m.

Loại tường chắn có chiều cao vào khoảng trung gian của hai loại trên (tức cao từ 10 đến 20m) được xếp vào loại *tường trung bình*.

Theo quy phạm tạm thời thiết kế tường chắn đất QP-23-65 của ta thì lấy giới hạn phân chia ba loại tường thấp, cao, trung bình là 5 và 10m: tường chắn thấp có chiều cao nhỏ hơn 5m, tường chắn cao có chiều cao lớn hơn 10m.

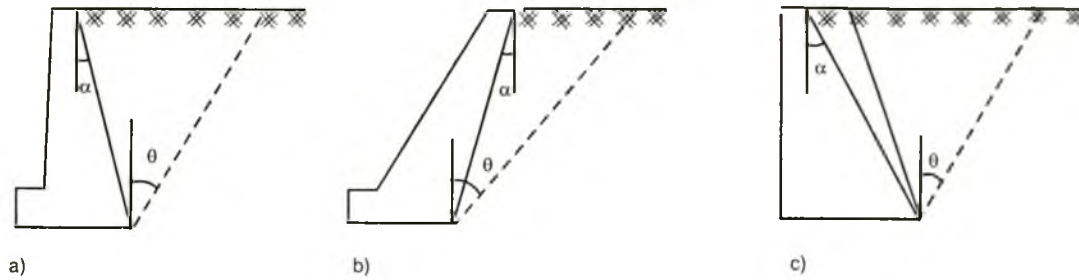
### 4. Phân loại theo góc nghiêng của lưng tường

Theo cách phân loại này, tường được phân thành tường dốc và tường thoải.

*Tường dốc* lại phân ra tường dốc thuận (hình I-4a) và tường dốc nghịch (hình I-4b). Trong trường hợp của tường dốc khối đất trượt có một mặt giới hạn trùng với lưng tường.

Nếu góc nghiêng  $\alpha$  của lưng tường lớn quá một mức độ nào đó thì khối đất trượt sau lưng tường không lan đến lưng tường (hình I-4c); tường loại này được gọi là *tường thoải*.

Nguyên tắc tính toán áp lực đất tác dụng lên lưng tường dốc và lưng tường thoải khác nhau. Phương pháp tính toán áp lực đất chủ động lên tường thoải được trình bày trong mục 2 chương VIII.



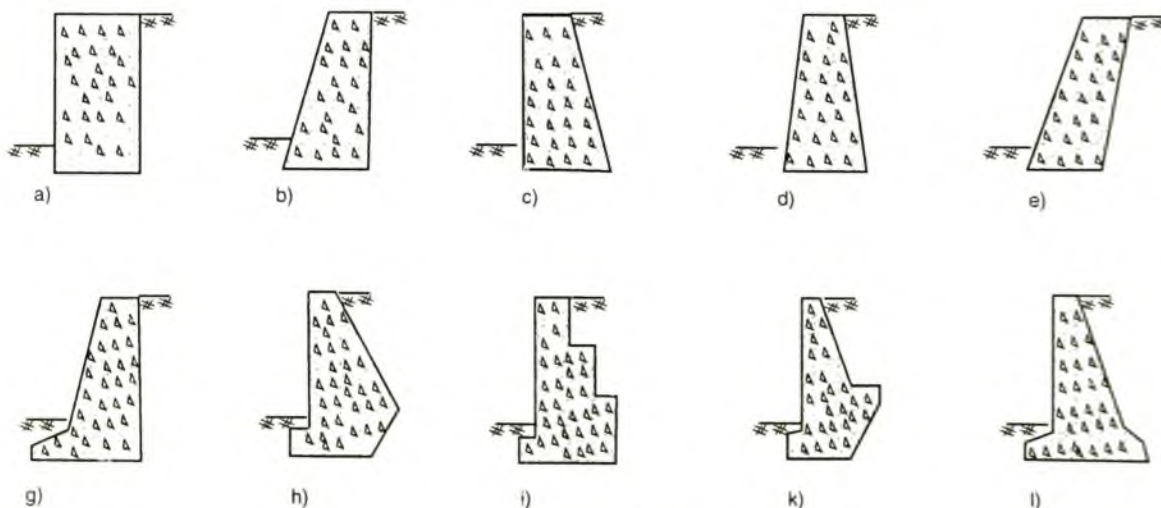
Hình I-4

### 5. Phân loại theo kết cấu

Về mặt kết cấu, tường chắn được chia thành tường liền khối và tường lắp ghép.

Tường liền khối làm bằng bê tông, bê tông đá hộc, gạch xây, đá xây hay bằng bê tông cốt thép. Tường liền khối được xây (gạch đá) hoặc đổ (bê tông, bê tông đá hộc, bê tông cốt thép) trực tiếp trong hố móng. Hố móng phải rộng hơn móng tường chắn một khoảng để tiện thi công và đặt ván khuôn. Móng của tường bê tông và bê tông cốt thép liền khối với bản thân tường, còn móng của tường chắn bằng gạch đá xây thì có thể là những kết cấu độc lập bằng đá xây hay bê tông. Mặt cắt ngang của tường liền khối rất khác nhau. Một số dạng tường loại này được trình bày trên hình I-5 với những tên gọi như sau: a) Hình chữ nhật, b) Hình thang có ngực tường nghiêng, c) Hình thang có lưng tường nghiêng, d) Hình thang có ngực và lưng nghiêng, e) Hình thang nghiêng về phía đất đắp, g) Có móng nhô ra phía trước, h) Có lưng gãy khúc, i) Có lưng bậc cấp, k) Có bệ giảm tải, l) Có móng nhô ra hai phía.

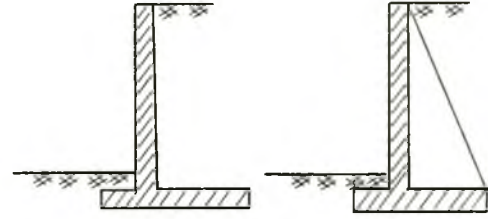
Tường bản góc (hay tường chữ L) kiểu côngxon (hình I-6a) hoặc kiểu có bản sườn (hình I-6b) cũng thường làm bằng bê tông cốt thép đổ liền khối.



Hình I-5

*Tường lắp ghép* gồm các cấu kiện bằng bê tông cốt thép đúc sẵn lắp ghép lại với nhau theo những sơ đồ kết cấu định sẵn. Cấu kiện đúc sẵn thường là những thanh hoặc những tấm không lớn (thường dưới 3m) để tiện vận chuyển.

Tùy theo sơ đồ kết cấu lắp ghép, tường lắp ghép thường có mấy kiểu sau đây: *kiểu chữ L* gồm những khối và tấm bê tông cốt thép lắp ráp lại (hình I-7a), *kiểu hàng rào* gồm nhiều thanh bê tông cốt thép làm trụ đứng hay trụ chống và các bản ghép lại (hình I-7b), *kiểu hộp* một tầng hay hai tầng, trong hộp đổ đầy cát sỏi (hình I-7c), *kiểu chuồng* gồm nhiều thanh đặt dọc ngang xen kẽ nhau, trong chuồng đổ cát sỏi (hình I-7d).

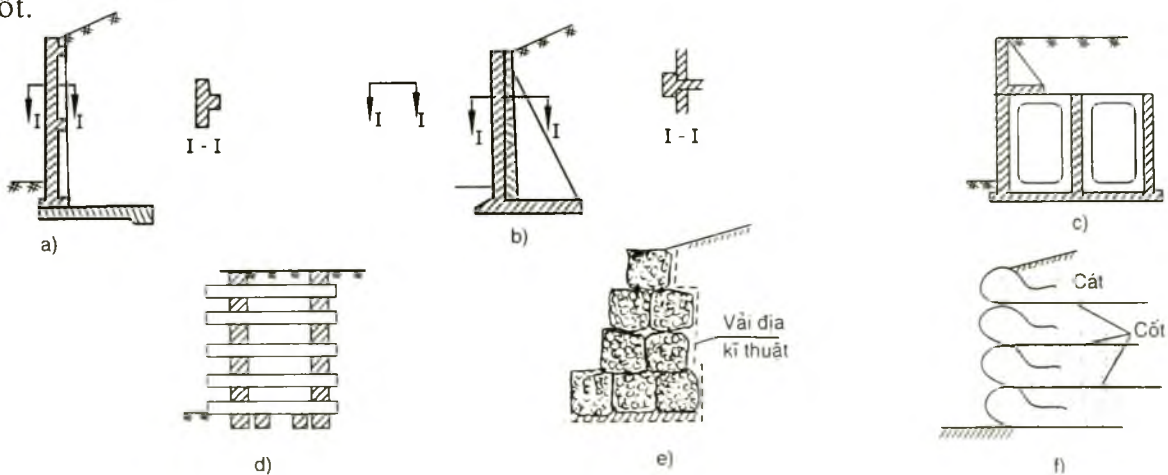


Hình I-6

Các loại tường lắp ghép đều được lắp ráp tại chỗ trong hố móng. Hố móng không cần đào rộng mà chỉ cần đảm bảo vừa bằng bình đồ của kết cấu lắp ghép.

*Tường rọ đá*: gồm các rọ đá nối ghép lại với nhau (hình I-7e). Những rọ đá bằng lưới sắt hoặc lưới pơlime được xếp từng lớp, kết nối với nhau rồi xếp đá hộc vào tường rọ. Để đất hạt mịn của đất nền và đất đắp không xâm nhập vào đá hộc trong rọ, thường để một lớp vải địa kĩ thuật ngăn cách đáy tường và lưng tường với đất nền và đất đắp. Ưu điểm nổi bật của tường rọ là chịu lún của nền rất tốt và kĩ thuật làm tường đơn giản. Hiện nay các nhà khoa học đang nghiên cứu biện pháp cũng như vật liệu để tăng tuổi thọ của rọ.

*Tường đất có cốt*: là dạng tường hiện đại của các bao tải đất chất đồng thô sơ của nhân dân (hình I-7f). Tường chính là mặt bì (da) làm bằng các tấm kim loại hoặc bê tông cốt thép. Mặt bì được nối với các dải kim loại hoặc pơlime chôn từng lớp trong đất đắp sau tường. Đất đắp có tác dụng đẩy mặt bì ra khỏi đất nhưng trọng lượng của đất đắp có tác dụng tạo nên lực ma sát giữa đất và cốt neo mặt bì lại. Tường đất có cốt có nhiều ưu điểm: nhẹ, chịu lún rất tốt nên có thể thích ứng với các loại đất nền không tốt. Kĩ thuật đặt cốt, cách tính toán được trình bày trong các sách chuyên đề về đất có cốt.



Hình I-7



## II. THOÁT NƯỚC CHO KHỐI ĐẤT ĐẤP SAU TƯỜNG CHẮN

Dù đất đắp sau tường chắn là loại đất rời hoặc đất dính, nước trong khối đất đắp làm thay đổi tính chất vật lí, cơ học của đất và có thể làm cho tường chắn đất đạt trạng thái nguy hiểm do áp lực đất tăng lên và có áp lực thủy tĩnh phụ thêm.

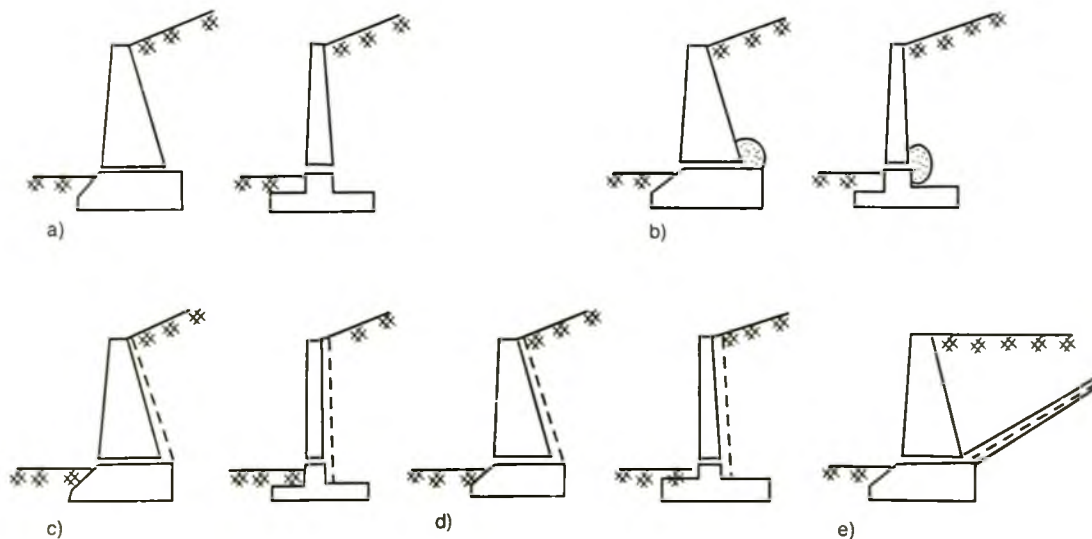
Việc thoát nước cho khối đất đắp sau tường chắn thường nhằm hai mục đích chủ yếu như sau: a) Tạo điều kiện cho nước tích chứa trong lỗ rỗng của đất thoát ra nhanh chóng hoặc ngăn ngừa nước thấm vào khối đất đắp, b) Ngăn ngừa nước tiếp xúc với lưng tường để trừ khử áp lực nước tác dụng lên lưng tường.

Nước thấm vào khối đất đắp sau tường có thể có mấy nguồn sau đây:

1. Nước mưa rơi ngấm xuống;
2. Nước mặt ở các vùng lân cận ngấm vào;
3. Nước ngấm ở các vùng khác tới.

Để thoát nước cho khối đất đắp sau tường thường phải dùng thiết bị thoát nước. Nói chung, thiết bị thoát nước gồm bốn bộ phận: bộ phận thứ nhất - thoát nước mặt; bộ phận thứ hai - giảm nhỏ lượng nước ngấm vào khối đất đắp; bộ phận thứ ba - thoát nước trong khối đất đắp; bộ phận thứ tư - thoát nước ra ngoài phạm vi tường chắn.

Tùy theo tính chất của đất đắp rời hay dính và điều kiện cụ thể của tường chắn, có thể sử dụng các loại thiết bị thoát nước trình bày trên hình I-8 với các đặc điểm như sau: a) Chỉ có lỗ thoát nước, b) Lỗ thoát nước có bố trí lọc, c) Rãnh thoát nước thẳng đứng, d) Tầng thoát nước áp sát lưng tường, e) Tầng thoát nước nghiêng (theo hướng mặt trượt).



**Hình I-8**

Tác dụng của thiết bị thoát nước đối với đất dính đắp sau tường được trình bày trong mục 3 chương 9.

### III. ĐIỀU KIỆN SỬ DỤNG CÁC LOẠI TƯỜNG CHẮN

Hiện nay tường chắn có nhiều loại hình khác nhau; mỗi một loại chỉ nên sử dụng trong một số điều kiện cụ thể mới đem lại hiệu quả kinh tế cao. Sau đây nêu sơ lược một số kinh nghiệm đã đúc kết được.

So với các loại tường thì loại tường mỏng bằng bê tông cốt thép thường cho hiệu quả kinh tế cao so với loại tường trọng lực; xi măng dùng cho tường mỏng ít hơn 2 lần và cốt thép nhiều hơn một khối lượng không đáng kể. Ưu điểm nổi bật của loại tường bằng bê tông cốt thép là có thể sử dụng phương pháp thi công lắp ghép và yêu cầu về nền không cao nên ít khi phải xử lý nền.

Nếu không cao quá 6m, loại tường bản góc (kiểu côngxon) bằng bê tông cốt thép có khối lượng ít hơn tường có bản sườn. Nếu cao từ 6 đến 8m thì khối lượng của hai loại tường này xấp xỉ nhau. Nếu cao hơn 8m thì tường có bản sườn có khối lượng bê tông cốt thép nhỏ hơn tường kiểu côngxon. Do đó loại tường mỏng bê tông cốt thép có bản sườn dùng thích hợp nhất khi có chiều cao từ trung bình trở lên.

Tường chắn đất bằng bê tông chỉ nên dùng khi cốt thép quá đắt hoặc khan hiếm, bởi vì bê tông của các tường chắn trọng lực chỉ phát huy một phần nhỏ khả năng chịu lực mà thôi. Cũng do nguyên nhân này, không nên dùng loại bê tông cường độ cao để làm tường chắn đất bê tông. Để giảm bớt khối lượng tường chắn bằng bê tông có thể làm thêm trụ chống. Dùng loại tường có bệ giảm tải đặt ở khoảng 1/4 chiều cao tường, tường có lưng nghiêng về phía đất đắp cũng tiết kiệm được bê tông.

Tường chắn bằng đá xây cần ít xi măng hơn tường bê tông, có thể hoàn thành trong thời gian tương đối ngắn và tổ chức thi công đơn giản. Nơi sản đá, dùng tường đá xây thường có hiệu quả kinh tế cao. Đối với tường chắn của công trình thủy công dùng đá xây có số hiệu từ 200 trở lên, vữa xi măng pudolan có số hiệu từ 50 trở lên. Lưng tường đá xây thường làm thẳng đứng hoặc nhiều bậc cấp.

Trường hợp sản đá vụn hoặc đá nhỏ thì nên thay tường đá xây bằng tường bê tông đá hộc.

Tường gạch xây không cao quá 3-4m thì nên dùng loại có trụ chống. Tường gạch xây chữ nhật hoặc lưng bậc cấp thường được dùng cho những công trình nhỏ dưới đất. Đối với các loại tường chắn lộ thiên chịu tác dụng trực tiếp của mưa nắng và các tường chắn của các công trình thủy công không nên dùng gạch xây. Gạch xây tường chắn có số hiệu không nên nhỏ hơn 200 và vữa xây từ 25 trở lên, không được dùng loại gạch silicat.

Tường chắn đất loại cao và trung bình xây ở vùng động đất nên bằng bê tông cốt thép.