

NGUYỄN QUANG CHIÊU


Thiết kế TƯỜNG CHẶN ĐẤT



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

NGUYỄN QUANG CHIÊU

THIẾT KẾ TƯỜNG CHẮN ĐẤT


Trương Mạnh Hà
21-05-2011

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI - 2004

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TS. NGUYỄN XUÂN THỦY

Biên tập và sửa bài:

VŨ VĂN BÁI

Sắp chữ điện tử:

PHẠM THU HÀ

Trình bày bìa:

VƯƠNG THẾ HÙNG

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B Trần Hưng Đạo – Hà Nội

ĐT: 9423345 - Fax: 8224784

MS $\frac{(075)(6V)}{GTVT - 04}$ 105/09-04

In 520 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Công ty in Giao thông - NXB GTVT.

Giấy chấp nhận KHXB số 105/XB-QLXB cấp ngày 9/2/2004.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2004.

LỜI NÓI ĐẦU

Tường chắn đất (gọi tắt là tường chắn) là một kết cấu kiểu tường để chống đỡ đất đắp nền đường hoặc mái đất sườn núi. Trên các đoạn bố trí tường chắn đất phải căn cứ vào các tài liệu hữu quan và yêu cầu thiết kế để chọn vị trí, hình thức và cấu tạo của tường chắn và vẽ sơ đồ bố trí. Khi thiết kế tường chắn nếu có bản vẽ tiêu chuẩn thì có thể sử dụng và tiến hành kiểm toán độ ổn định chống trượt và chống lật và ứng suất trong mặt cắt thân tường. Do đó cần xác định hệ lực tác dụng trên tường chắn, đặc biệt là tính toán áp lực đất chủ động của khối đất sau lưng tường trong các trường hợp khác nhau.

Tài liệu này sẽ trình bày các nội dung nói trên, ngoài ra còn giới thiệu việc tính toán kết cấu tường chắn kiểu đất có cốt dùm ở trong và ngoài nước.

Khi nghiên cứu tài liệu này cần lưu ý:

1- Tìm hiểu cấu tạo của các loại tường chắn đất, đặc điểm và trường hợp sử dụng, hiểu được yêu cầu và phương pháp bố trí tường chắn đất.

2- Làm rõ nguyên lý tính toán áp lực đất chủ động của Rankine và Coulomb và điều kiện áp dụng, đồng thời có thể vận dụng sơ đồ ứng suất nén của đất để tiến hành tính toán áp lực đất.

3- Nắm vững các nội dung kiểm toán tường chắn và có thể tiến hành tính toán kết cấu đất có cốt.

Đất có cốt là một tiến bộ kỹ thuật đang được sử dụng ngày càng rộng rãi để làm tường chắn và mố cầu trong xây dựng đường. Tuy nhiên cơ cấu chịu lực của đất có cốt khá phức tạp, hiện chưa có phương pháp thiết kế thống nhất. Vì vậy ngoài phương pháp thiết kế tính toán viết ở chương 4, chúng tôi giới thiệu thêm phụ chương "Thiết kế tường chắn và mố cầu bằng đất tăng cường các loại cốt" (Trích chương 6 Tiêu chuẩn Anh quốc BS 8006-1995, bản dịch của GS Dương Học Hải) để bạn đọc tham khảo.

Tường chắn là công trình chống đỡ thường gặp trên các tuyến đường ô tô miền núi. Thiết kế và xây dựng tường chắn bảo đảm cường độ và độ ổn định trong điều kiện sụt trượt nghiêm trọng của nhiều tuyến đường miền núi hiện nay đang là một vấn đề lớn cần được nghiên cứu giải quyết. Tập tài liệu nhỏ này được biên soạn với mong muốn được góp một phần nhỏ vào việc xử lý vấn đề lớn đó.

Tác giả

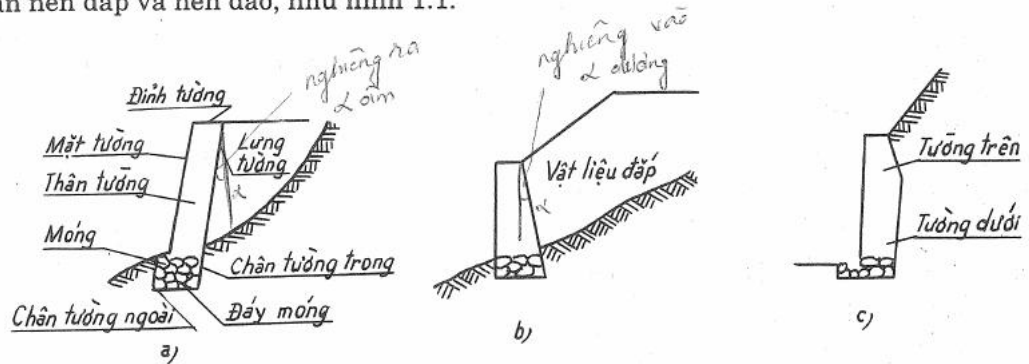
CHƯƠNG 1

CÁC LOẠI TƯỜNG CHẮN - CẤU TẠO VÀ BỐ TRÍ

1.1. LOẠI HÌNH

Tường chắn đất là chỉ khối tường chống đỡ mái đất và thu nhận áp lực ngang của đất. Tường chắn ngăn cản sự trượt của khối đất sau tường, bảo vệ nền đường và mái taluy. Trong công trình nền đường, tường chắn thường dùng để khắc phục các hạn chế về địa hình hoặc địa vật, giảm khối lượng đất đá và diện tích chiếm đất, phòng chống xói bờ sông, phòng chống sụt trượt.

Dựa theo vị trí đặt tường chắn, có thể chia tường chắn thành tường vai, tường chắn nền đắp và nền đào, như hình 1.1.



Hình 1.1. Phân loại theo vị trí đặt tường chắn

a) Tường vai; b) Tường chắn nền đắp; c) Tường chắn nền đào.

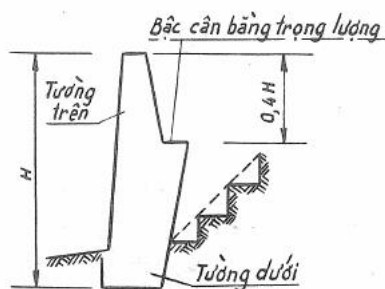
Dựa theo vật liệu và đặc điểm cấu tạo, có rất nhiều kiểu loại tường chắn, trong đó các loại được sử dụng tương đối nhiều gồm có tường chắn xây đá trọng lực, tường chắn bê tông cốt thép kiểu tường mỏng, tường chắn kiểu neo, tường chắn kiểu chống nê và tường chắn kiểu đất có cốt.

1. Tường chắn xây đá kiểu trọng lực

Tường chắn kiểu trọng lực chủ yếu dựa vào trọng lượng bản thân của tường chống lại áp lực ngang của khối đất sau tường (áp lực đất) để duy trì sự ổn định của nó. Thường xây bằng đá hộc, ở các vùng thiếu đá cũng có thể xây gạch hoặc làm bằng bê tông. Công xây của tường chắn kiểu trọng lực tương đối nhiều, nhưng kết cấu của nó giản đơn, vật liệu dễ tìm, thi công dễ nên được sử dụng rộng rãi.

Các bộ phận và tên gọi của tường chắn xây đá vẽ ở hình 1-1a. Lưng tường có thể làm thành đường thẳng hoặc đường gẫy để thích ứng với các điều kiện địa hình, địa chất và yêu cầu kinh tế khác nhau. Lưng tường nghiêng ra (hình 1-1a) thì áp lực đất thu nhận tương đối nhỏ, cho nên mặt cắt ngang của thân tường tương đối kinh tế, khi dùng cho nền đào thì lưng tường và mái đất dính chặt nhau, khối lượng đất đào móng và đất đắp lại đều tương đối ít.

Lưng tường kiểu nghiêng vào (hình 1-1b) thì áp lực đất thu nhận lớn, nhưng khi độ dốc ngang của chỗ xây tường tương đối dốc có thể làm mặt tường thẳng đứng để giảm chiều cao tường. Nếu chỉ có phần trên của lưng tường dốc vào thì sẽ thành lưng tường lồi (hình 1-1c), như vậy có thể giảm nhỏ kích thước mặt cắt ngang phần trên của tường (kể cả chiều cao tường) và thường dùng làm tường chắn của nền đào. Nếu giữa phần trên và phần dưới của lưng tường có đặt một bậc đối trọng (bậc cân bằng trọng lượng) và dùng loại mặt tường thẳng đứng thì sẽ hình thành kết cấu kiểu đối trọng và gọi là tường chắn kiểu đối trọng (hình 1-2). Loại tường này có thể lợi dụng trọng



Hình 1.2. Tường chắn kiểu cân bằng trọng lượng (đối trọng)

lực của khối đất đắp trên bậc đối trọng làm dịch trọng tâm của tường lùi về sau, do đó làm tăng độ ổn định của tường và giảm nhỏ kích thước mặt cắt ngang, thích hợp làm tường vai nền đắp ở những nơi mà địa hình sau lưng tường dốc đứng, cũng có thể dùng làm tường chắn của nền đào (kiềm luôn tác dụng chống đá rời).

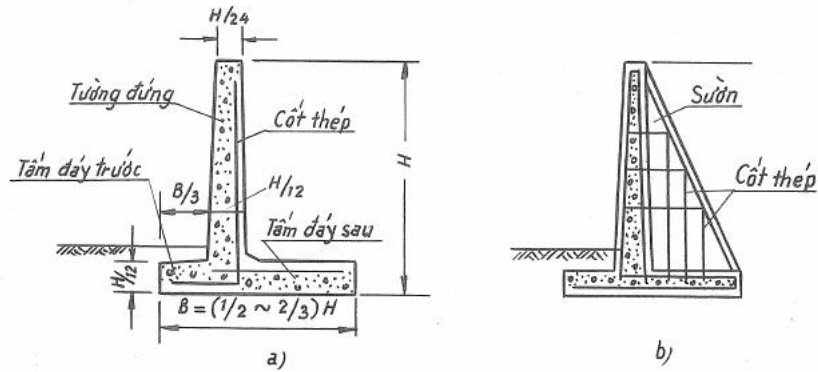
Tường chắn đá có thể là tường xây đá hoặc tường xếp khan, loại xếp khan chỉ dùng với loại tường cao dưới 6m, điều kiện nền móng tốt, ở các vùng không bị động đất, ở các đoạn sông không thông thuyền và không bị nước xói mòn.

2. Tường chắn móng bê tông cốt thép

Tường chắn móng kết cấu bê tông cốt thép có hai loại: kiểu tường hẫng và kiểu tường chắn có sườn.

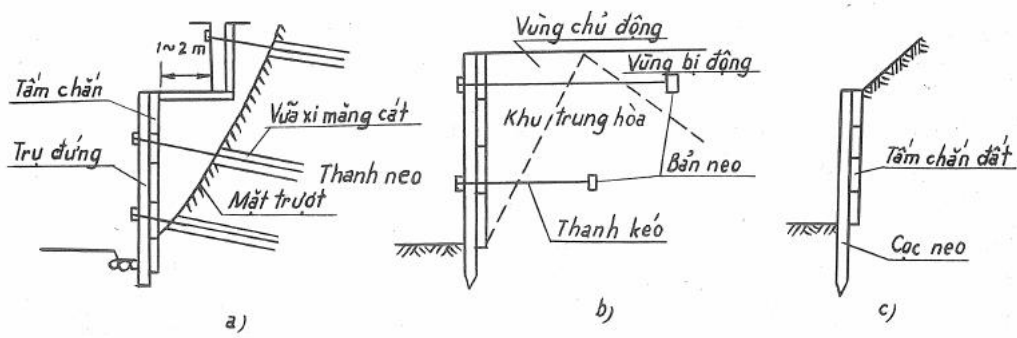
Tường chắn kiểu hẫng gồm có tấm tường thẳng đứng ghép với tấm đáy làm thành (hình 1-3a). Mặt cắt kết cấu của tường tương đối mỏng, cần lợi dụng trọng lượng của đất đắp trên tấm đáy sau để đảm bảo ổn định, tấm đáy trước có tác dụng tăng năng lực chống lật và giảm nhỏ ứng suất đáy móng. Tấm tường thẳng đứng là một cấu kiện dầm hẫng có tác dụng chống lại áp lực đất. Loại tường chắn này thích hợp để làm tường vai cho nền đắp (do khối lượng đất đắp sau tường nhiều) ở các vùng thiếu đá, tình hình nền móng tương đối kém. Khi chiều cao tường đứng lớn, mô men uốn ở phần dưới của tường lớn, lượng bê tông và cốt thép tăng nhiều sẽ ảnh hưởng đến tính

kinh tế của loại kết cấu này. Vì vậy khi chiều cao lớn hơn 6m, để tăng cường độ và độ cứng của kết cấu, cải thiện tình hình chịu lực, cứ cách một đoạn chiều dài lại làm thêm một sườn (tường cánh) liên kết tường đứng và bản đáy, thành tường chắn kiểu có sườn (hình 1-3b).



Hình 1.3. Tường chắn bê tông cốt thép
 a) Tường chắn kiểu hằng; b) Tường kiểu có sườn.

3. Tường chắn kiểu neo



Hình 1-4. Tường chắn kiểu neo.
 a) Kiểu neo thanh; b) Kiểu neo bản; c) Kiểu neo cọc ván.

Tường chắn kiểu neo gồm có mặt tường bê tông cốt thép (hoặc trụ đóng đúng và tấm chắn đất) và kết cấu neo hợp thành, thuộc loại tường chắn đất loại nhẹ. Dựa theo sự khác nhau của phương thức neo có thể chia thành kiểu neo thanh, kiểu neo bản và kiểu neo cọc ván. Tường chắn kiểu neo thanh dựa vào lực chống nhổ, lực chống kéo của các thanh thép neo vào trong lớp đất đá ổn định hoặc chôn trong khu vực ổn định của vật liệu đáy (khu bị động hoặc khu trung hòa) để chống lại tác dụng của áp lực đất truyền qua tấm chắn đất (hình 1-4a, b).

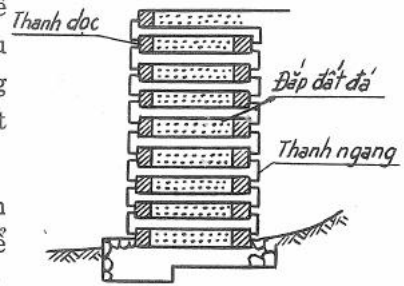
Loại tường chắn này có ứng suất ở đáy móng nhỏ, số công xây nề ít, có thể chế tạo sẵn các cấu kiện, khi chiều cao lớn có thể phân cấp để xây dựng. Loại tường chắn kiểu neo thanh thích hợp với nền đào, hai loại sau thích hợp với tường chắn của nền đắp hoặc với tường vai.

Tường chắn kiểu cọc ván là loại tường chôn cọc bê tông cốt thép vào trong lớp đất ổn định rồi ghép các tấm chắn đất vào (hình 1-4c). Loại này thích hợp với các nền móng tương đối kém, lực trượt của khối đất sau tường tương đối lớn, yêu cầu chôn cọc khá sâu, diện tích đào đất chôn cọc nhỏ nên có lợi trong việc đảm bảo ổn định khi thi công.

4. Tường chắn kiểu chồng nề

Loại tường chắn này thường dùng các thanh bê tông cốt thép đúc sẵn xếp chồng lên nhau theo kiểu chồng nề, bên trong đắp đất đá, dựa vào trọng lượng bản thân của nó để chống lại lực đẩy của khối đất sau tường (hình 1-5).

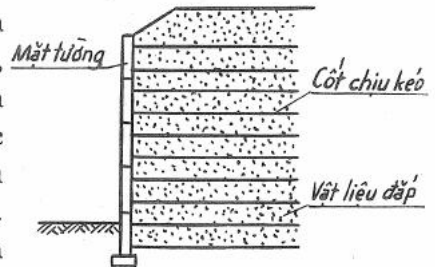
Loại tường chắn này thuộc kết cấu kiểu mềm cho phép sản sinh một biến dạng nhất định, có thể xây dựng trên nền móng có năng lực chịu tải thấp, nhưng nếu đáy móng bị lún không đều khá lớn thì các thanh bê tông cốt thép sẽ bị nứt gãy. Tường chắn kiểu xếp chồng nề thi công nhanh, có thể làm tường vai hoặc tường chắn của nền đắp.



Hình 1.5. Tường chắn kiểu xếp chồng nề

5. Đất có cốt

Tường chắn kiểu đất có cốt do ba bộ phận: mặt tường thẳng đứng (tấm mặt), cốt chịu kéo nằm ngang và đất đắp trong tường hợp thành (hình 1-6a). Nó thông qua lực ma sát giữa cốt và đất đắp mà giữ chặt mặt tường không cho đất đắp bị sụp đổ, hình thành một kết cấu phức hợp hoàn chỉnh, dựa vào trọng lượng bản thân của nó để chống lại tác dụng của áp lực đất sau tường. Đây là một kết cấu mới do kỹ sư Pháp H. Vidal phát minh năm 1963. Tường chắn đất có cốt ít tốn vật liệu, thi công đơn giản, yêu cầu đối với năng lực chịu tải của nền móng tương đối thấp, có khả năng chống động đất tốt, là một loại tường chắn rẽ, thích hợp để làm tường vai và tường chắn của nền đắp.



Hình 1.6a. Tường chắn đất có cốt

Xây dựng các nền đắp bằng đất có cốt là một phương pháp khác cũng cho phép làm được các tường chắn kiểu trọng lực.

Sự mất ổn định của taluy nền đắp có độ dốc vượt quá một trị số nào đó sẽ xảy ra do đất rời không có cường độ chịu kéo, hoặc có cường độ chịu kéo thấp và do cường độ chịu kéo của đất dính không duy trì được với trị số không đổi.

Để có thể làm được những taluy đứng hơn, cần tạo cho nền đắp có cường độ chịu kéo vốn bị thiếu này. Cường độ này có thể đạt được nhờ làm cho các hạt vật liệu dính kết với nhau. Đây là trường hợp tường chắn bằng bê tông. Nhưng người ta cũng có thể dựa theo nguyên lý của bê tông cốt thép bằng cách chôn trong nền đắp những thanh giằng làm việc nhờ sức ma sát. Đó chính là nguyên lý của đất có cốt.

Do đó, một khối đất có cốt sẽ được tạo thành bằng những lớp đất nằm ngang, trong đó cốt thép bằng kim loại được đặt với khoảng cách đều (ví dụ 0,5m) trong nền đắp. Ngoài ra còn phải bố trí vỏ tường, là lớp vách ngoài rất nhẹ, chỉ cốt để giữ cho phần đất đắp giữa hai lớp cốt thép khỏi tụt.

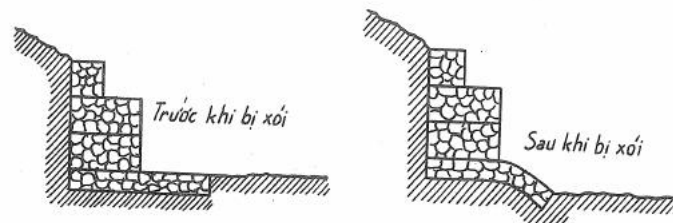
Đầu tiên lớp vỏ này làm bằng tôn cùng loại với cốt thép, nhưng nếu tường ở vào môi trường xâm thực, thì lớp vỏ thép này có vấn đề vì dễ bị gỉ. Hiện nay lớp vỏ kim loại đã được thay bằng các tấm bê tông cốt thép kiểu vảy cá, loại này có khả năng rất tốt về trang trí kiến trúc và có thể chế tạo trước tại chỗ.

Ở nước ta tường chắn đất có cốt đã được xây dựng trên đường vào cầu vượt Lạch Tray trên Quốc lộ 5 (Hải Phòng) từ năm 1998.

6. Tường chắn bằng rọ đá

Dùng rọ đá là một giải pháp có lợi để làm tường chắn kiểu trọng lực. Thông thường loại này rẻ hơn tường xây đá, lại có ưu điểm là loại công trình mềm và thích hợp hơn trong trường hợp đất dễ bị lún.

Đặc biệt nên dùng tường chắn bằng rọ đá trong trường hợp công trình được làm ở bờ sông, trên đất có thể dễ bị xói lở. Trong trường hợp này, nên làm những bộ móng mềm nhô ra phía sông đủ rộng để khi bị xói thì phần bộ móng bằng rọ đá này sẽ bị uốn cong xuống và vẫn bảo vệ được cho phần đất ở dưới tường (xem hình 1-6b).



Hình 1.6b. Tường chắn bằng rọ đá

Tường bằng rọ đá cũng có thể được dùng để chống đỡ đất rắn chắc; nhưng trong trường hợp này nên xét đến các ưu điểm và nhược điểm của chúng (ưu điểm là tính mềm và giá rẻ; nhược điểm là có thể trong tương lai sẽ bị hư hỏng do thép đan rọ bị gỉ). Đối với trường hợp tường có chiều cao thấp (dưới 6 m), nhược điểm này tương đối không quan trọng, vì thông thường công trình có thể được làm lại không mấy khó khăn, nếu thấy là cần thiết. Ngược lại, trong trường hợp taluy có chiều cao lớn, vấn đề phải được xem xét cẩn thận hơn.

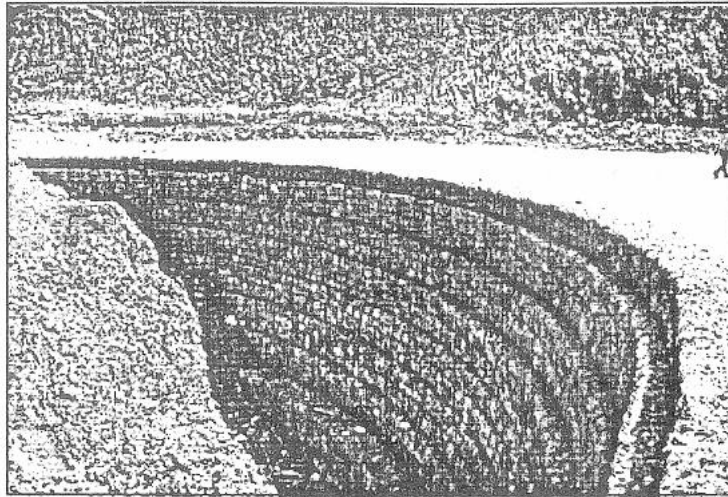
Thời hạn tồn tại của tường bằng rọ đá phụ thuộc đáng kể vào việc thi công có cẩn thận không. Nếu được thi công tốt, chúng phải được xem như là các loại tường xếp đá khan và chỉ tác dụng lực không nhiều đến các lưới kim loại đan rọ. Do đó, tường rọ đá có thể kéo dài thời gian phục vụ rất lâu. Trong trường hợp ngược lại, lớp lưới đan rọ phải chịu những lực tác dụng lớn thì rọ đá có thể bị vỡ và lúc đó công trình hoàn toàn bị sụp đổ.

Cần chú trọng thi công cẩn thận các công trình bằng rọ đá, vì thường những người thi công có xu hướng làm ẩu do họ nghĩ rằng vỏ rọ kim loại phải làm nhiệm vụ giữ cho đá khỏi đổ xô ra ngoài, như vậy thì chẳng cần gì phải xếp đá cẩn thận trong các vỏ rọ.

Để khắc phục các nhược điểm trên đây cả về mặt cấu tạo và kết cấu của tường chắn bằng rọ đá, gần đây nhiều tác giả đã nghiên cứu cải tiến độ bền và đổi mới kết cấu rọ đá khi xây dựng tường chắn. Ví dụ hãng Maccaferry (Cộng hoà Italia) đã cải tiến tăng độ bền và đổi mới kết cấu rọ thép: dùng loại rọ bằng sợi thép tráng kẽm bọc nhựa PVC được liên kết chặt chẽ bằng lưới neo trong khối đắp sau lưng tường, khi đó kết cấu làm việc theo nguyên lý tường chắn đất có cốt với mặt tường bằng rọ đá mà hãng Maccaferry gọi là Terramash.

Bằng các loại rọ đá kiểu mới này có thể xây dựng được các tường chắn có chiều cao đến 20m có độ bền cao mà giá thành chỉ bằng khoảng 70 - 80% giá thành tường chắn bê tông cùng quy mô.

Gần đây kết cấu tường chắn dùng rọ đá kiểu Terramash, tạm gọi là "rọ đá neo" đã được áp dụng vào một số đoạn trên đường Hồ Chí Minh. Ảnh dưới đây chụp tường chắn bằng rọ đá neo tại ngã ba khe Ve (km 461 + 647) trên đường Hồ Chí Minh.



Tường chắn rọ đá neo tại nút giao ngã ba Khe Ve Km 461 + 647,27

7. Sử dụng các loại vải địa - kỹ thuật và lưới địa kỹ thuật

Từ vài năm nay, nếu nói một cách tổng quát, đã có một sự phát triển kỹ thuật về việc sử dụng vải địa - kỹ thuật trong lĩnh vực xây dựng dân dụng. Vải địa - kỹ thuật được dùng để giải quyết vấn đề ổn định đất, phòng hộ chống xói, thoát nước để bảo đảm ổn định của taluy và của tường chắn.

Tường chắn đất được bảo đảm ổn định bằng cách tạo nên một khối được tăng cường nhờ sức ma sát giữa đất và các lớp vải địa - kỹ thuật có thể tạo được những taluy dốc lớn hoặc thậm chí dốc thẳng đứng.

Có một kỹ thuật khác, gọi là phương pháp "tăng cường khối đất bằng lớp vỏ bọc ngoài"; nội dung của phương pháp này là: bố trí các khối vật liệu đắp thành từng lớp dày 50 cm ở bên trong một lớp vỏ bọc bằng vải địa - kỹ thuật được neo giữ vào trong thân khối đắp. Để chống lại tác dụng bức xạ của các tia cực tím, bề mặt lớp vải lộ ra phải được bảo vệ thường xuyên (phun bê tông, trồng cây trên taluy).

Cũng có phương pháp kỹ thuật khác là xây dựng một lớp vỏ lát bằng khối bê tông đúc sẵn tự chèn nhám, vừa bảo vệ vải chống lại tia cực tím, vừa bảo đảm neo vào trong đất các cốt bằng vải địa - kỹ thuật.

Trong trường hợp đất cát, có một phương pháp thiết kế với nội dung hoàn toàn khác, đó là dùng các sợi nhỏ làm cốt bố trí trong đất. Công nghệ và các loại thiết bị để thực hiện hiện nay đã được hoàn chỉnh và trong một số trường hợp nhất định, có thể tạo ra được một giải pháp rất kinh tế.

1.2. CẤU TẠO TƯỜNG CHẮN

Về mặt cấu tạo, tường chắn gồm các bộ phận: thân tường, móng, thiết bị thoát nước và khe nối tiếp.

1. Thân tường

Khi cấu tạo thân tường chắn phải căn cứ vào yêu cầu bảo đảm cường độ và độ ổn định, dựa vào nguyên tắc hợp lý về kết cấu, mặt cắt kinh tế và thi công thuận lợi để xác định.

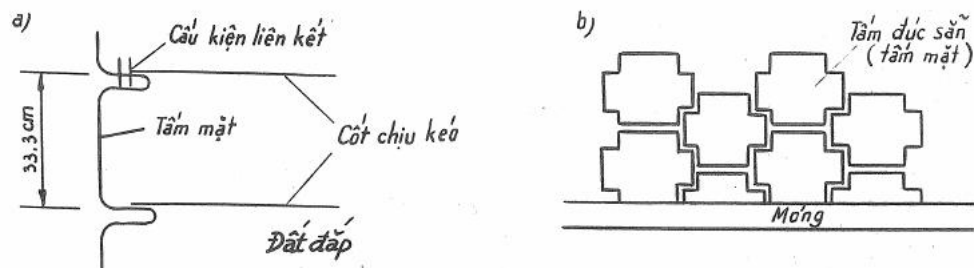
Cấu tạo thân tường chắn xây (xếp khan) đá kiểu trọng lực tương đối đơn giản. Độ dốc nghiêng ra của lưng tường thường từ $1: 0,15 \div 1: 0,25$, không nên thoải hơn $1: 0,30$ để tránh khó thi công. Độ dốc của bộ phận nghiêng vào thường từ $1: 0,20 \div 1: 0,40$. Tỷ lệ chiều cao của tường trên và tường dưới của tường chắn kiểu cân bằng trọng lực thường là $2: 3$ (xem hình 1 - 2). Mặt tường thường có dạng đường thẳng, độ dốc của nó phải phù hợp với độ dốc của lưng tường. Khi độ dốc ngang của mặt đất dốc, mặt tường có thể dốc $1: 0,05 \div 1: 0,20$. Khi mặt đất bằng phẳng dùng độ dốc $1: 0,15 \div 1: 0,35$ là kinh tế. Chiều rộng của đỉnh tường xây vào không được nhỏ hơn $0,50\text{m}$, đỉnh tường xếp khan không được nhỏ hơn $0,6\text{m}$. Đỉnh tường xếp khan nên xây vữa trong khoảng $0,5\text{m}$ cao để đảm bảo ổn định. Khi đỉnh tường cao hơn mặt đất từ 6m trở lên hoặc ở các nơi địa thế hiểm trở mà chiều dài tường vai dài trên 20m thì phải bố trí cọc hoặc tường phòng hộ để bảo đảm an toàn giao thông.

Tỷ lệ gần đúng của kích thước các bộ phận mặt cắt của tường chắn bê tông cốt thép như vẽ ở hình 1-3a, độ dốc của mặt tường thường lấy $1: 0,02 \div 1: 0,05$ còn lưng tường thì có thể thẳng đứng, chiều rộng đỉnh tường thường không được nhỏ hơn $0,15\text{m}$, với tường vai không được nhỏ hơn $0,20\text{m}$. Chiều dày của mút bản đáy không được nhỏ hơn $0,30\text{m}$. Khoảng cách giữa các tường cánh thường lấy từ $1/2 - 1/3$ chiều cao tường, chiều dày tường cánh không được nhỏ hơn $0,20\text{m}$. Bố trí cốt thép mặt cắt thân tường như ở hình 1-3b.

Tường chắn kiểu neo thanh mỗi cấp thường cao $5 - 6\text{m}$, giữa hai cấp chừa một bậc bằng rộng $1 - 2\text{m}$ (xem hình 1-4a). Để tiện chôn trụ và lắp đặt các tấm chắn đất, mặt tường thường làm thẳng đứng. Khoảng cách giữa các trụ được xác định theo thiết bị cầu lắp hiện trường và năng lực chống nhổ của neo, thường từ $2,5 - 3,5\text{m}$. Tùy theo chiều cao mỗi trụ có thể bố trí từ $2 - 3$ thanh neo, vị trí của thanh neo phải tận dụng phân bố đều mô men uốn của trụ để tiện bố trí cốt thép. Thanh neo là một thanh hoặc một số thanh cốt thép làm thành, có thể cắm ngang vào lớp đất, cũng có thể cắm dốc xuống dưới $10^\circ \div 45^\circ$, lỗ neo chèn vữa xi măng cát, do đó mà cố định thanh neo trong lớp đất. Chiều dài cố định hữu hiệu thanh neo trong lớp đá thường không nhỏ

hơn 4m, trong lớp đất không được nhỏ hơn 5m. Kích thước mặt cắt của cột và của tấm chắn đất xác định bằng tính toán.

Mặt tường của tường chắn đất có cốt có thể dùng cấu kiện tấm kim loại hoặc tấm bê tông đúc sẵn (hình 1-7). Tấm kim loại nhẹ, cường độ chịu kéo lớn, sử dụng thích hợp trong trường hợp vận chuyển khó khăn hoặc chỉ có thiết bị cầu lắp loại nhẹ, cấu kiện thường dài 10m, chiều cao hữu hiệu là 33,3 hoặc 25cm, chiều dày 3 - 5mm, mặt cắt thường dùng loại nửa elíp. Tấm mặt bê tông không bị gỉ, tuổi thọ dài, thường có các kiểu chữ thập, chữ nhật (có thể chia thành tấm có cùng chiều dày, tấm hình lòng máng, tấm hình chữ L) và kiểu hình lục giác; kích thước của tấm chủ yếu phụ thuộc vào năng lực cầu lắp và tình hình chịu lực, thường cao và rộng từ 0,5 - 1,5m, , dày 8 - 25cm, các tấm này khá thích ứng với sự thay đổi địa hình và với mặt tường cong, do đó được sử dụng rộng rãi. Cốt chịu kéo có thể dùng đai thép (gồm mặt trơn và mặt có gờ mạ kẽm chống gỉ; chiều dày không nhỏ hơn 3mm, chiều rộng không nhỏ hơn 30mm), đai bê tông cốt thép (chia thành đoạn đúc sẵn, dày 6 - 10cm, rộng 10 - 25cm), đai composit (dày > 0,8mm, rộng > 18mm) và đai thép tấm đục lỗ. Khoảng cách theo chiều ngang của cốt chịu kéo là 0,5 - 1,0m, lớn nhất không quá 1,50m, khoảng cách theo chiều thẳng đứng từ 0,25 - 0,75m. Kích thước cốt chịu kéo được xác định qua tính toán ổn định bên trong và bên ngoài của khối đất có cốt, nhưng chiều dài tối thiểu là 3m và thoả mãn yêu cầu $0,4H$ (H là chiều cao khối đất có cốt). Giữa cấu kiện mặt tường và cốt chịu kéo có thể liên kết với nhau bằng bulông, đầu neo, đinh tán hoặc bằng cách kẹp, hàn, dán. Ngoài ra còn có thể dùng géotextile làm vật liệu mặt tường và cốt chịu kéo, thực hiện một kiểu liên kết mềm tổng thể.



Hình 1.7. Mặt tường của tường chắn kiểu đất có cốt

a) Tấm sắt mạ kẽm; b) Tấm bê tông cốt thép đúc sẵn.

2. Móng

Móng các tường chắn phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất, bảo đảm chiều sâu chôn móng đủ sâu để bảo đảm ổn định của tường chắn. Đối với nền móng đất

chiều sâu chôn móng tường chắn phải ở dưới mặt đất thiên nhiên ít nhất 1m (móng của tấm mặt của tường chắn kiểu đất có cốt không được nhỏ hơn 0,6m), khi bị nước xói phải nằm dưới đường xói lở ít nhất 1m. Đối với nền móng đá, phải đào bỏ lớp đá phong hoá, khi lớp phong hoá tương đối dày khó đào bỏ toàn bộ, có thể căn cứ vào mức độ phong hoá của đá và sức chịu tải cho phép tương ứng của nó mà đặt móng tường chắn nằm trong lớp đá phong hoá. Khi độ dốc ngang của mặt đất trước tường chắn tương đối lớn, lớp móng ngoài việc phải cắm vào trong lớp đá một chiều sâu nhất định, còn phải chừa lại một chiều rộng ở mép đủ rộng để đề phòng phá hoại cát trước móng như quy định cụ thể ở bảng 1-1.

Khi tường chắn nằm trên các đoạn địa chất không tốt, có khả năng xuất hiện mặt trượt trong nền móng, đáy của móng tường phải chôn sâu dưới mặt trượt (chiều sâu trong lớp đá ổn định phải không nhỏ hơn 0,5m, chiều sâu trong lớp đất ổn định phải không nhỏ hơn 2m) hoặc phải áp dụng các biện pháp khác không cho tường chắn trượt theo mặt trượt.

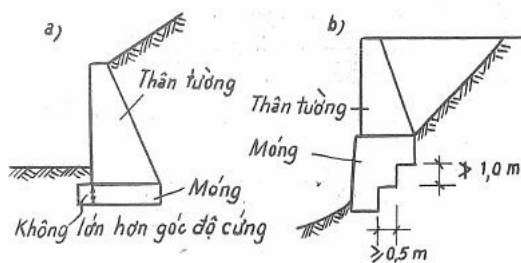
Bảng 1-1. Yêu cầu lớp móng cắm vào tầng đá

| Tình hình lớp đá nền móng | Chiều sâu chôn móng h (m) | Chiều rộng mép bên L (m) | Sơ đồ chôn móng |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| Đá cứng phong hoá nhẹ | 0,2 | 0,2 - 0,6 | |
| Đá phong hoá hoặc đá mềm | 0,4 | 0,4 - 1,0 | |
| Đất hạt thô đầm chặt | 1,0 | 1,0 - 2,0 | |

Thường thì các tường chắn đều trực tiếp xây dựng trên nền móng thiên nhiên. Khi năng lực chịu tải của nền móng tương đối thấp, địa hình bằng phẳng và thân tường tương đối cao, để giảm nhỏ ứng suất đáy móng và tăng năng lực chống lật, thường dùng móng mở rộng (hình 1-8a). Chiều rộng mở rộng móng thường không nhỏ hơn 0,20m, chiều cao móng dựa theo yêu cầu của

cường độ chống cắt và chống kéo uốn của bộ phận mở rộng hoặc góc độ cứng của vật liệu (với đá xây vữa là 35° , với bê tông là 40°) mà xác định. Khi gặp nền móng mềm yếu có thể áp dụng các biện pháp gia cố thủ công.

Khi xây dựng tường chắn trên nền móng đá tương đối cứng và độ dốc ngang khá



Hình 1.8. Các kiểu móng của tường chắn

a) Móng mở rộng; b) Móng bậc cấp.

dốc, để giảm khối lượng đào móng và tiết kiệm công xây nề, có thể làm móng kiểu bậc cấp (hình 1-8b). Tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng các cấp không nên lớn hơn 2:1, chiều rộng cấp không nên nhỏ hơn 0,5m.

Khi tường chắn bị khống chế bởi sự ổn định chống trượt, có thể dùng đáy móng nghiêng hoặc đáy móng lồi để tăng năng lực chống trượt.

3. Vật liệu đắp

Vật liệu đắp sau tường phải dùng cát sỏi thoát nước tốt hoặc vật liệu đá dăm, không dùng đất có tính trương nở. Đối với đất có cốt để tăng lực ma sát giữa cốt chịu kéo và vật liệu đắp nên chọn dùng cát sỏi có góc nội ma sát bão hòa nước lớn hơn 25° , nhưng kích cỡ hạt lớn nhất không lớn quá 25cm, trong đó các hạt lớn hơn 15cm không được quá 25%. Khi sử dụng mặt tường và cốt chịu kéo kim loại để phòng gỉ còn phải hạn chế trị số pH và điện trở suất của vật liệu đắp.

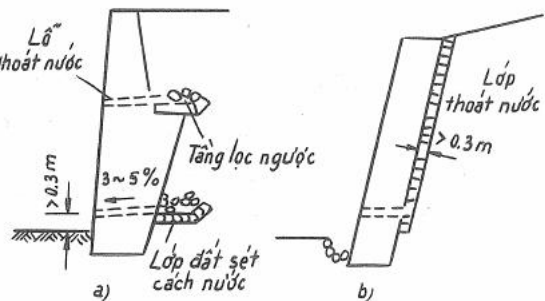
4. Thoát nước

Tường chắn đất phải có biện pháp thoát nước thích đáng để phòng nước mưa thấm xuống và xói rỗng đất sau tường, làm giảm năng lực chịu tải của nền móng, tăng lực đẩy sau tường và tăng nhanh tốc độ gỉ của cốt chịu kéo.

Phải làm tốt việc thoát nước mặt dốc sau lưng tường và mặt đỉnh khối đất có cốt như bố trí rãnh đỉnh (thoát nước), đầm chặt đất xốp bề mặt và làm lớp cách ly để giảm nhỏ lượng nước thấm và nước chảy trên bề mặt. Rãnh biên ở chân tường chắn nền đào phải gia cố bằng lát đá xây vữa không cho nước trong rãnh thấm xuống nền móng.

Thân tường xây đá hoặc đổ bê tông cũng phải đặt lỗ thoát nước (hình 1-9) để thoát nhanh nước đọng sau lưng tường. Lỗ thoát nước có thể là lỗ tròn đường kính 5 - 10cm hoặc các lỗ chữ nhật 5 x 10cm, 10 x 10cm, 15 x 20cm, khoảng cách giữa các lỗ từ 2 - 3m, bố trí xen kẽ trên dưới. Cửa thoát nước của lỗ thoát nước dưới cùng phải cao hơn mặt đất 0,3m. Miệng vào cửa lỗ thoát nước phải bố trí tầng lọc ngược để chống ứ tắc.

Tường chắn đá xếp khan và tường chắn đất, có cốt, do thân tường và mặt tường thấm nước nên không phải làm lỗ thoát nước.



Hình 1.9. Lỗ thoát nước và tầng thoát nước của tường chắn

- a) Hai hàng lỗ thoát nước;
- b) Lớp thoát nước liên tục.

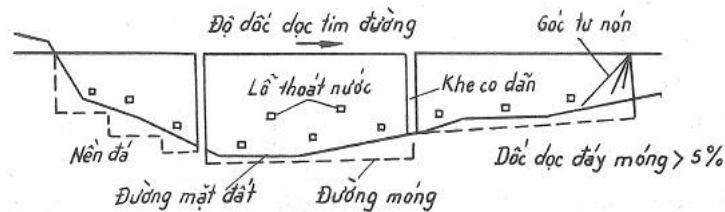
Khi vật liệu đắp kém thấm nước (dùng đất hạt mịn) dễ đọng nước hoặc có khả năng đông chướng, phải bố trí thoát nước sau lưng tường và tấm mặt tường, làm lớp lọc ngược (xem hình 1-9b) để tăng nhanh việc thoát nước, ngăn ngừa nước cuốn trôi các hạt mịn, giảm nhỏ áp lực nước tác dụng sau lưng tường và sau tấm mặt tường.

5. Khe nối

Nhằm tránh việc nền móng lún không đều ảnh hưởng bất lợi đến tình hình chịu lực của thân tường cần phải bố trí các khe phòng lún ở các chỗ tính chất nền móng thay đổi hoặc chiều cao thay đổi. Thường bố trí khe phòng lún và khe co giãn kết hợp với nhau.

Nên căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất để phân đoạn thiết kế và thi công tường chắn. Với các nền móng không phải là đá cứng cách 10 - 15m (với tường chắn đất có cốt là 30m) nên bố trí một khe phòng lún và co giãn, với nền móng đá khoảng cách giữa các khe co giãn có thể tăng lên thích đáng. Chiều rộng khe phòng lún và co giãn thường từ 2 - 3cm, làm suốt từ đỉnh tường đến móng tường và dùng nhựa matit để chèn kín ở mặt trong, mặt ngoài và đỉnh tường với chiều sâu không dưới 15cm. Với tường chắn xếp khan phải dùng đá phẳng để lát ở hai đầu khe. Khe lún của tường chắn bê tông cốt thép dùng loại khe ngầm, khoảng cách giữa các khe không quá 30m, giữa hai khe dẫn bố trí các khe co chữ V, cách nhau 10m bằng cách làm giảm yếu tiết diện bề mặt bằng các rãnh chữ V (không cắt cốt thép).

1.3. BỐ TRÍ TƯỜNG CHẮN



Hình 1.10. Bố trí theo hướng dọc tường chắn đất

Tại các đoạn bố trí tường chắn phải căn cứ vào tình hình địa hình, địa chất, thủy văn ở vị trí chân tường, xem xét tình hình vật liệu và điều kiện thi công kết hợp với việc so sánh kinh tế kỹ thuật để tiến hành bố trí và thiết kế tường chắn. Việc bố trí tường chắn đất nền đường thường tiến hành theo hướng ngang và hướng dọc. Khi bố

trí theo hướng ngang thì chọn vị trí và loại tường chắn trên bản vẽ mặt cắt ngang nền đường, xác định mặt cắt thân tường, loại móng và chiều sâu chôn móng, xác định biện pháp thoát nước, chọn vật liệu đắp sau tường... và vẽ các mặt cắt ngang tường chắn đại diện.

Việc bố trí theo hướng dọc được tiến hành trên bản vẽ mặt cắt dọc vị trí tường, sau khi bố trí vẽ thành bản vẽ mặt chính diện của tường chắn (hình 1-10), nội dung gồm:

1- Xác định điểm bắt đầu tường chắn và chiều dài tường; chọn hình thức nối tiếp giữa tường với nền đường hoặc với các kết cấu khác. Đầu mút tường có thể trực tiếp cắm vào sườn núi hoặc có thể nối tiếp với nền đắp bằng một mái đất góc tư nón.

2- Dựa theo tình hình nền móng và địa hình để tiến hành phân đoạn, xác định vị trí khe phòng lún và khe co dãn.

3- Bố trí móng tường chắn các đoạn. Khi mặt đất ở chân tường có độ dốc dọc thì đáy móng tường chắn có thể làm với độ dốc dọc không quá 5%, còn khi nền móng là đá, để giảm bớt khối lượng đào đá cũng có thể làm thành các bậc cấp theo hướng dọc, kích thước của cấp thay đổi theo địa hình nhưng tỉ lệ giữa chiều cao và chiều rộng không nên lớn hơn 1: 2.

4- Xác định vị trí các lỗ thoát nước, bao gồm số lỗ, khoảng cách và kích thước lỗ. Đối với các đoạn địa hình, địa chất phức tạp hoặc với tường chắn cong chạy ven sông, khối lượng công trình lớn thì ngoài việc bố trí theo hướng ngang và hướng dọc cần phải tiến hành thiết kế mặt bằng trên bản đồ địa hình, xác định vị trí mặt bằng của tường chắn trên bản đồ.

Khi thiết kế mặt cắt tường chắn, nếu sử dụng các bản thiết kế định hình thì cần phải tiến hành kiểm toán ổn định và tính toán kết cấu mặt cắt.

CHƯƠNG 2

TÍNH ÁP LỰC ĐẤT

2.1. ÁP LỰC ĐẤT CHỦ ĐỘNG, BỊ ĐỘNG VÀ TÍNH

Áp lực đất tác dụng lên tường chắn là căn cứ chủ yếu để thiết kế hoặc phân tích độ ổn định của tường chắn. Trước mắt ứng dụng phương pháp phân tích theo "phương pháp cân bằng dẻo" từ định nghĩa đường bao phá hoại của vòng tròn Mohr. Như ở hình 2-1 mô tả khối đất chịu tác dụng của ứng suất thẳng đứng $\sigma_1 = OA$, nếu ứng suất hông của nó σ_3 giảm dần (tương tự với khối tường chắn chuyển động ra phía ngoài) thì khi $\sigma_3 = OC$ khối đất sẽ đạt đến trạng thái cân bằng dẻo và xuất hiện phá hoại; nếu ứng suất hông của nó tăng dần (tương ứng với khối tường chắn di động vào trong) thì khi $\sigma_3 = OD$ khối đất cũng có thể xuất hiện phá hoại.

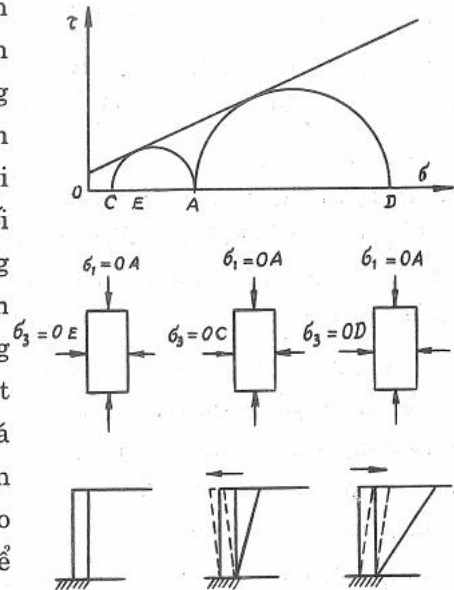
Ứng suất chính nhỏ nhất σ_3 của trường hợp đầu gọi là ứng suất nén chủ động của đất, nó có quan hệ với ứng suất thẳng đứng σ_1 như sau:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - 2C \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2-1)$$

$$\text{hoặc} \quad \sigma_3 = k_a \sigma_1 - 2C \sqrt{k_a} \quad (2-2)$$

trong đó C và φ là lực dính và góc nội ma sát của đất, k_a là hệ số áp lực đất chủ động.

Ứng suất chính lớn nhất σ_3 của trường hợp sau gọi là ứng suất nén bị động của đất, nó có quan hệ với ứng suất thẳng đứng σ_1 như sau:



Hình 2.1. Trạng thái cân bằng dẻo của đất

$$\sigma_3 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2-3)$$

hoặc
$$\sigma_3 = k_p \sigma_1 + 2C \sqrt{k_p} \quad (2-4)$$

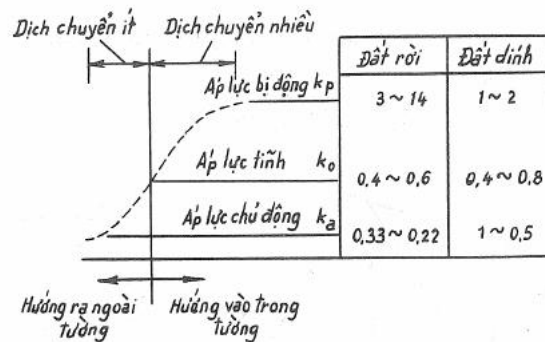
trong đó k_p là hệ số áp lực đất bị động. Giữa hai trường hợp trên, khi khối đất không đạt tới trạng thái cân bằng dẻo thì áp lực hông của đất σ_3 nằm giữa ứng suất nén chủ động và bị động, áp lực hông của đất tương đương với trường hợp khối tường bất động và gọi là áp lực đất tĩnh. Quan hệ của nó với ứng suất thẳng đứng σ_1 có thể viết:

$$\sigma_3 = k_0 \sigma_1 \quad (2-5)$$

trong đó k_0 gọi là hệ số áp lực đất tĩnh.

Phạm vi thay đổi của các hệ số áp lực đất chủ động, bị động và tĩnh cho ở hình 2-2.

Phương pháp tính toán áp lực đất tiến hành theo nguyên lý trên đây hiện được sử dụng rộng rãi nhất là phương pháp của Coulomb và phương pháp của Rankine.



Hình 2.2. Phạm vi thay đổi của các hệ số áp lực đất

2.2. LÝ LUẬN ÁP LỰC ĐẤT CỦA COULOMB

Lý luận do Coulomb đề ra năm 1776 là một trong các phương pháp tính toán áp lực đất sớm nhất. Coulomb giả thiết:

- 1) Vật liệu đắp là vật liệu rời, đồng chất, đẳng hướng, chỉ có nội ma sát, bề mặt vật liệu đắp là mặt nằm ngang;
- 2) Khi thân tường nghiêng ra ngoài có thể xuất hiện mặt trượt đi qua chân tường, mặt phá hoại này là mặt phẳng;
- 3) Khối đất trên mặt trượt là khối cứng, khi nó trượt tồn tại lực ma sát với lưng

tường, góc ma sát là δ ; lực ma sát dọc phân bố đều dọc theo mặt phá hoại, góc ma sát của nó là φ ;

4) Do việc tính toán được tiến hành cho một đoạn tường đơn vị của khối tường dài vô hạn nên có thể xem mặt trượt là mặt phẳng.

Dựa vào các giả thiết trên đây, căn cứ và điều kiện cân bằng tĩnh lực, có thể xác định áp lực đất chủ động khi khối đất trên mặt trượt ở vào trạng thái cân bằng giới hạn (hình 2-3):

$$E_a = \frac{W \sin(90^\circ - \theta - \varphi)}{\sin(\theta + \psi)} \quad (2-6)$$

Trong đó:

W - Trọng lượng khối đất trượt (khi trên khối đất trượt có tải trọng ô tô thì bao gồm cả tải trọng của xe);

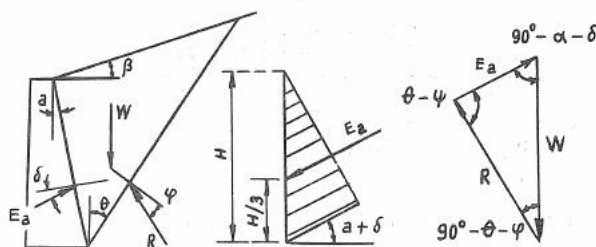
θ - Góc kẹp giữa mặt trượt với đường thẳng đứng;

φ - Góc nội ma sát của vật liệu đắp

$$\psi = \varphi + \alpha + \delta$$

α - Góc nghiêng của lưng tường, khi nghiêng ra đằng trước lấy dấu âm, nghiêng về phía sau lấy dấu dương;

δ - Góc ma sát của vật liệu đắp với lưng tường.



Hình 2.3. Sơ đồ tính áp lực đất chủ động theo Coulomb

Từ công thức trên có thể thấy trị số áp lực đất là hàm số của góc trượt θ , $E_a = f(\theta)$. Giả thiết có một số mặt trượt đi qua chân tường và mặt trượt cho áp lực đất chủ động lớn nhất sẽ là mặt trượt nguy hiểm nhất. Từ đó:

$$\frac{dE_a}{d\theta} = 0 \quad (2-7)$$

Từ điều kiện này có thể tìm được vị trí mặt trượt nguy hiểm nhất (góc θ) và trị số áp lực đất chủ động.

Khi bề mặt khối đất sau tường là mặt phẳng nghiêng một góc β so với mặt phẳng nằm ngang, dựa vào công thức (2 - 6) và công thức (2 - 7) tìm được công thức xác định góc trượt và áp lực đất chủ động:

$$\theta = 90^\circ - \varphi - \varepsilon \quad (2-8)$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}(\varphi - \beta) [\operatorname{tg}(\varphi - \beta) + \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)] [1 + \operatorname{tg}(\alpha + \delta) \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)] - \operatorname{tg}(\varphi - \beta)}}{1 + \operatorname{tg}(\alpha + \delta) [\operatorname{tg}(\varphi - \beta) + \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)]} \quad (2-9)$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a \quad (2-10)$$

Ở đây: γ là dung trọng đất;

H là chiều cao tường.

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (2-11)$$

Khi đã biết các thông số φ , α , β và δ thì có thể tra được các trị số k_a và θ từ bảng 2-1.

Bảng 2-1. Bảng tra giá trị của hệ số áp lực đất chủ động k_a và góc trượt θ theo Coulomb

| φ | α | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|-------|----------------|-------|----------|-------|---------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|
| | -11°29'(1:0.20) | | -5°43'(1:0.10) | | 0 | | 5°43'(1:0.10) | | 11°19'(1:0.20) | | 21°48'(1:0.40) | |
| | θ | k_a | θ | k_a | θ | k_a | θ | k_a | θ | k_a | θ | k_a |
| | $\beta = 0^\circ, \delta = 1/2\varphi$ | | | | | | | | | | | |
| 25 | 40°39' | 0.295 | 38°20' | 0.330 | 36°02' | 0.367 | 33°48' | 0.409 | 31°42' | 0.455 | 28°04' | 0.561 |
| 30 | 37°47' | 0.229 | 35°27' | 0.264 | 33°08' | 0.301 | 30°54' | 0.343 | 28°48' | 0.390 | 25°11' | 0.497 |
| 35 | 34°58' | 0.176 | 32°36' | 0.209 | 30°16' | 0.246 | 28°01' | 0.288 | 25°55' | 0.334 | 22°18' | 0.441 |
| 40 | 32°07' | 0.133 | 29°45' | 0.164 | 27°24' | 0.199 | 25°08' | 0.239 | 23°02' | 0.284 | 19°25' | 0.390 |
| 45 | 29°19' | 0.098 | 26°55' | 0.127 | 24°33' | 0.160 | 22°17' | 0.198 | 20°09' | 0.241 | 16°33' | 0.345 |
| | $\beta = 11^\circ19' (1:5), \delta = 1/2\varphi$ | | | | | | | | | | | |
| 25 | 44°19' | 0.347 | 42°36' | 0.389 | 40°57' | 0.437 | 39°26' | 0.490 | 38°05' | 0.550 | 36°04' | 0.693 |
| 30 | 40°14' | 0.263 | 38°21' | 0.304 | 36°33' | 0.350 | 34°53' | 0.402 | 33°22' | 0.461 | 31°03' | 0.601 |
| 35 | 36°37' | 0.198 | 34°38' | 0.236 | 32°43' | 0.281 | 30°55' | 0.331 | 29°18' | 0.387 | 26°46' | 0.524 |
| 40 | 33°16' | 0.147 | 31°12' | 0.182 | 29°11' | 0.224 | 27°13' | 0.271 | 25°36' | 0.325 | 22°53' | 0.457 |
| 45 | 30°06' | 0.106 | 27°57' | 0.138 | 25°52' | 0.176 | 23°54' | 0.221 | 22°07' | 0.272 | 19°16' | 0.399 |
| | $\beta = 29^\circ45' (1:1.75), \delta = 1/2\varphi$ | | | | | | | | | | | |
| 30 | 56°20' | 0.519 | 56°11' | 0.598 | 56°04' | 0.690 | 55°59' | 0.799 | 55°58' | 0.926 | 56°03' | 1.258 |
| 35 | 43°08' | 0.290 | 42°13' | 0.350 | 41°24' | 0.419 | 40°43' | 0.499 | 40°12' | 0.593 | 39°43' | 0.831 |
| 40 | 37°00' | 0.194 | 35°42' | 0.245 | 34°31' | 0.304 | 33°29' | 0.373 | 32°38' | 0.454 | 31°36' | 0.662 |
| 45 | 32°23' | 0.130 | 30°48' | 0.174 | 29°21' | 0.225 | 28°04' | 0.286 | 26°59' | 0.359 | 25°32' | 0.545 |

Từ công thức (2-10) và (2-11) có thể thấy là hệ số áp lực đất chủ động k_a không phụ thuộc vào chiều cao tường, còn áp lực đất chủ động thì lại tỉ lệ thuận với bình phương của chiều cao tường. Từ đó có thể thấy là ứng suất nén của đất phân bố tuyến tính theo chiều cao tường. Trong trường hợp ở hình 2-3 ứng suất nén của đất phân bố theo hình tam giác, tức:

$$\sigma_z = \gamma z k_a \quad (2-12)$$

Hợp lực của nó (tức là áp lực đất) tác động ở điểm $H/3$ và làm với pháp tuyến của lưng tường một góc δ .

Vi dụ 1:

Nền đào sâu phải làm tường chắn, chiều cao tường 6m, góc nghiêng bề mặt khối đất lưng tường là 1:5 ($11^\circ 19'$), góc nội ma sát của khối đất là 40° , dung trọng 18 kN/m^3 . Chọn góc nghiêng của lưng tường là 1:0.20. Hãy tính áp lực đất chủ động tác dụng lên lưng tường.

Giải:

Giả thiết góc ma sát của khối đất với lưng tường là $\delta = \frac{1}{2}\varphi$ tức $\delta = 0,5 \times 40^\circ = 20^\circ$. Từ bảng 2-1 với $\alpha = -11^\circ 19'$, $\beta = 11^\circ 19'$, $\delta = 20^\circ$ và $\varphi = 40^\circ$ tra được $k_a = 0,147$. Từ công thức 2-10, ta có:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a = \frac{1}{2} \times 18 \times 6^2 \times 0,147 = 47,628 \text{ kN}$$

Từ công thức (2-12), ứng suất nén của đất ở gót tường là:

$$\sigma_a = \gamma z k_a = 18 \times 6 \times 0,147 = 15,876 \text{ kN/m}^2$$

Điểm tác dụng của E_a cách gót tường là $H/3 = 6/3 = 2\text{m}$. Phương hướng tác dụng làm với đường pháp tuyến của lưng tường một góc kẹp là 20° hoặc làm một góc kẹp với đường nằm ngang là $20^\circ + 11^\circ 19' = 31^\circ 19'$.

2.3. LÝ THUYẾT ÁP LỰC ĐẤT CỦA RANKINE

Lý thuyết tính áp lực đất của Rankine (1857) khảo sát áp lực bên σ_z tại một độ sâu z bất kỳ trong khối đất ở trạng thái cân bằng dẻo. Giả thiết bề mặt đất đắp là mặt phẳng nằm ngang, đất đắp là đất không dính, giữa lưng tường và đất đắp không có lực ma sát. Sử dụng vòng tròn Mohr đã lập (hình 2.1, trường hợp $\beta = 0$) có thể tìm được công thức tính ứng suất nén chủ động của đất khi lưng tường dịch vị ngang ra phía ngoài.

$$\sigma_z = \gamma z k_a$$

$$k_a = \cos\beta \left[\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \right] \quad (2-13a)$$

trong đó k_a là hệ số áp lực đất chủ động, là hàm số của β và φ , các trị số của k_a ứng với một vài trị số của β và φ cho ở bảng 2-2.

Bảng 2-2. Các giá trị của hệ số áp lực đất chủ động của Rankine

| β | φ | | | | |
|------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 0° | 0.408 | 0.333 | 0.271 | 0.217 | 0.172 |
| $5^\circ 43'(1:10)$ | 0.414 | 0.338 | 0.274 | 0.220 | 0.173 |
| $11^\circ 19'(1:5)$ | 0.439 | 0.354 | 0.285 | 0.227 | 0.178 |
| $18^\circ 26'(1:3)$ | 0.516 | 0.399 | 0.313 | 0.245 | 0.190 |
| $29^\circ 45'(1:1.75)$ | | 0.754 | 0.436 | 0.313 | 0.231 |
| $33^\circ 41'(1:1.5)$ | | | 0.583 | 0.365 | 0.258 |
| $45^\circ (1:1.0)$ | | | | 0.528 | 0.316 |

Khi bề mặt của khối đất nằm ngang, tức $\beta = 0$ thì

$$k_a = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2-13b)$$

Từ công thức trên có thể thấy áp lực đất chủ động tăng tuyến tính theo chiều sâu. Từ đó có thể tìm được áp lực đất.

$$E_a = \int_0^H \gamma z k_a dz = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a \quad (2-14)$$

Điểm tác dụng của nó là trọng tâm của biểu đồ phân bố ứng suất nén hình tam giác, tức $z = H/3$ - Hướng tác dụng song song với bề mặt của đất đắp, tức là làm với mặt phẳng nằm ngang một góc β .

Ví dụ 2:

Các số liệu như của ví dụ 1, lưng tường thẳng đứng. Hãy tính ứng suất nén chủ động và áp lực đất.

Giải:

Từ bảng 2-2 khi $\beta = 11^\circ 19'$ và $\varphi = 40^\circ$ tra được $k_a = 0,227$. Ứng suất nén của đất tại chân tường là:

$$\sigma_z = \gamma z k_a = 18 \times 6 \times 0,227 = 24,516 \text{ kN/m}^2$$

Áp lực đất chủ động là:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a = \frac{1}{2} \times 18 \times 6^2 \times 0,227 = 73,548 \text{ kN}$$

Điểm tác dụng của E_a là $H/3 = 6/3 = 2\text{m}$, hướng tác dụng làm với mặt phẳng nằm ngang một góc $11^\circ 19'$.

2.4. TÍNH ÁP LỰC ĐẤT TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP KHÁC NHAU

Lý thuyết của Coulomb và Rankine sử dụng các giả thiết khác nhau và phương pháp xác định công thức tính áp lực đất cũng không giống nhau, vì vậy điều kiện sử dụng thích hợp chúng cũng khác nhau. Dưới đây kết hợp với đặc điểm ứng dụng thực tế vào tường chắn đất nền đường để bàn về phạm vi thích dụng của chúng.

2.4.1. Khi có tải trọng tác dụng trên mặt đất nằm ngang đỉnh tường

Khi đỉnh mặt đất đắp có tải trọng phân bố đều, có thể tính đổi tải trọng này thành chiều dày lớp đất tương đương h_0 có cùng dung trọng. Khi đó có thể sử dụng lý thuyết của Coulomb hoặc Rankine (khi lưng tường thẳng đứng) để phân tích áp lực đất chủ động. Ứng suất nén thẳng đứng tác dụng tại bề mặt của đất đắp là γh_0 , ứng suất hướng ngang của nó là $\gamma h_0 k_a$, tác dụng trên toàn lưng tường (hình 2-4). Do đó biểu đồ ứng suất nén chủ động của đất biến thành hình thang, áp lực đất là tổng diện tích hình thang, tức:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a k_1 \quad (2-15)$$

trong đó: k_1 là tỉ lệ do tải trọng làm tăng áp lực đất. Khi tải trọng phân bố đều, áp lực đất tăng $\gamma h_0 H k_a$, cho nên:

$$k_1 = 1 + \frac{2h_0}{H} \quad (2-16)$$

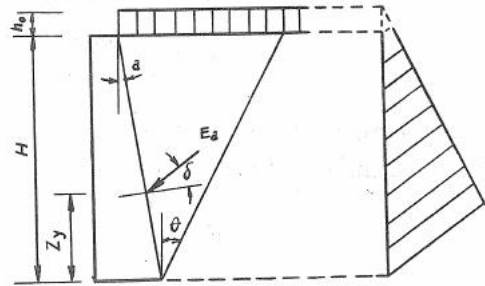
Điểm tác dụng của áp lực đất là tâm hình của biểu đồ ứng suất nén hình thang, tức là cách gót tường:

$$Z_y = \frac{H}{3} + \frac{h_0}{3k_1} \quad (2-17)$$

Khi tải trọng phân bố cục bộ trên mặt đất, không thể dùng lý thuyết Rankine tính áp lực đất, thì có thể sử dụng lý thuyết của Coulomb, sau khi cho thêm tải trọng cục bộ vào bộ phận tải trọng của nệm đất $W^{(*)}$ trong công thức (2-6) thì tìm được công thức tính toán góc trượt θ và áp lực đất chủ động E_a :

$$\text{tg} \theta = -\text{tg} \psi \pm \sqrt{(\text{ctg} \varphi + \text{tg} \psi)(\text{tg} \psi + A)} \quad (2-18)$$

(*) tải trọng của nệm đất W : trọng lượng của khối đất trượt hình nêm.



Hình 2.4. Sơ đồ tính áp lực đất khi có tải trọng phân bố đều trên mặt đất

$$A = \frac{-2b_0h_0}{H^2} - \operatorname{tg}\alpha$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a k_1 \quad (2-19)$$

$$k_a = \frac{\cos(\theta + \varphi)}{\sin(\theta + \psi)} (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha) \quad (2-20)$$

$$k_1 = 1 + \frac{2h_0h_2}{H^2} \quad (2-21)$$

Điểm tác dụng của áp lực đất sau khi thông qua việc vẽ biểu đồ ứng suất nén của đất, có thể căn cứ vào tâm hình của nó để xác định. Giả thiết ảnh hưởng của tải trọng cục bộ đối với lưng tường song song với phương hướng của mặt trượt (hình 2-5) thì từ đó có thể vẽ được biểu đồ ứng suất nén của đất. Vị trí tâm hình của biểu đồ là:

$$Z_y = \frac{H}{3} + \frac{h_0h_2(4H - 6h_1 - 3h_2)}{3H^2k_1} \quad (2-22)$$

$$h_1 = \frac{d}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$$

$$h_2 = \frac{b_0}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$$

trong đó b_0 là chiều rộng của tải trọng phân bố đều cục bộ, d là khoảng cách từ cạnh bên của tải trọng đến mép trong của đỉnh tường.

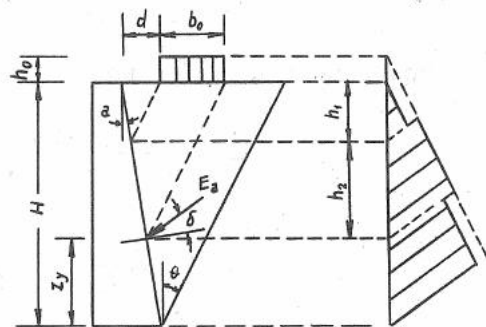
Ví dụ 3:

Tường vai cao 6m. Cách mép trong đỉnh tường 1m có một tải trọng phân bố đều cục bộ rộng 1,5m tác dụng, chiều dày lớp đất tương đương của nó là 1m. Góc nội ma sát của đất đắp là 40° , dung trọng là 18kN/m^3 , lưng tường nghiêng vào trong 1:0,20. Hãy tính áp lực đất chủ động.

Giải:

Giả thiết góc ma sát của đất đắp và lưng tường là $\delta = \varphi/2 = 40^\circ/2 = 20^\circ$.

Từ công thức (2-18) được:



Hình 2.5. Biểu đồ tính áp lực đất khi có tải trọng phân bố cục bộ trên mặt đất

$$\psi = \varphi + \alpha + \delta = 40^\circ + 11^\circ 19' + 20^\circ = 71^\circ 19' = 71,317^\circ$$

$$A = \frac{-2b_0h_0}{H^2} - \operatorname{tg}\alpha = \frac{2 \times 1,5 \times 1}{6^2} - \operatorname{tg}11^\circ 19' = -0,283$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta &= -\operatorname{tg}\psi \pm \sqrt{(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{tg}\psi)(\operatorname{tg}\psi + A)} \\ &= -\operatorname{tg}71,317^\circ \pm \sqrt{(\operatorname{ctg}40^\circ + \operatorname{tg}71,317^\circ)(\operatorname{tg}71,317^\circ - 0,283)} \\ &= 0,3737 \end{aligned}$$

$$\theta = 20^\circ 30'$$

Từ công thức (2-20) được:

$$\begin{aligned} k_a &= \frac{\cos(\theta + \varphi)}{\sin(\theta + \psi)} (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha) = \frac{\cos(20,5^\circ + 40^\circ)}{\sin(20,5^\circ + 71,317^\circ)} (\operatorname{tg}20,5^\circ + \operatorname{tg}11,317^\circ) \\ &= 0,284 \end{aligned}$$

Từ công thức (2-21) được:

$$k_1 = 1 + \frac{2h_0h_2}{H^2} = 1 + \frac{2 \times 1 \times 1,5}{6^2} = 1,083$$

Từ công thức (2-19) tìm được áp lực đất chủ động là:

$$E_0 = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a k_1 = \frac{1}{2} \times 18 \times 6^2 \times 0,284 \times 1,083 = 99,65 \text{ kN}$$

Điểm tác dụng của áp lực đất là:

$$Z_y = \frac{H}{3} + \frac{h_1h_2(4H - 6h_1 - 3h_2)}{3H^2k_1}$$

$$h_1 = \frac{d}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha} = \frac{1}{0,3737 + 0,20} = 1,7431 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{b_0}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha} = \frac{1,5}{0,3737 + 0,20} = 2,6146 \text{ m}$$

$$Z_y = \frac{6}{3} + \frac{1 \times 2,6146(4 \times 6 - 6 \times 1,7431 - 3 \times 2,6146)}{3 \times 6^2 \times 1,083} = 2,13 \text{ m}$$

Hướng tác dụng của áp lực đất làm với mặt nằm ngang một góc $(\alpha + \delta)$, tức $11^\circ 19' + 20^\circ = 31^\circ 19'$.

2.4.2. Khi mặt đất trên đỉnh tường không quy cách

Lý thuyết tính toán của Rankine chỉ thích hợp với trường hợp mặt đất nằm ngang. Nếu mặt đất là mặt gãy hoặc mặt không quy cách thì sau khi tính gần đúng được phạm vi của khu vực ứng suất Rankine, có thể dùng mặt phẳng nằm ngang gần đúng thay thế cho mặt đất không quy cách này. Với tường chắn của nền đắp thì phương pháp gần đúng này có thể có sai số tương đối lớn. Khi đó có thể dùng lý thuyết của Coulomb, dựa vào diện tích của nêm đất trượt trên mặt trượt, dùng công thức (2-6) và công thức (2-7) tính ra công thức tính toán của góc trượt và áp lực đất chủ động. Hình thức của công thức này hoàn toàn giống với công thức (2-18), (2-19) và (2-20) nhưng A trong công thức này là:

$$A = \frac{ab - H(H + 2a)\text{tg}\alpha}{(H + a)^2}$$

và công thức (2-21) sửa thành:

$$k_1 = 1 + \frac{2a}{H} \left(1 - \frac{h_3}{2H} \right) \quad (2-23)$$

$$h_3 = \frac{b - a\text{tg}\theta}{\text{tg}\theta + \text{tg}\alpha}$$

Điểm tác dụng của áp lực đất, sau khi dựa vào phương pháp trên đây để vẽ đồ thị áp lực đất (xem hình 2-6), thì dựa vào vị trí của tâm hình để xác định:

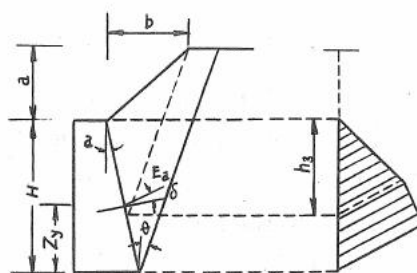
$$Z_y = \frac{H}{3} + \frac{a(H - h_3)^2}{3H^2k_1} \quad (2-24)$$

a và b trong công thức xem ở hình 2-6.

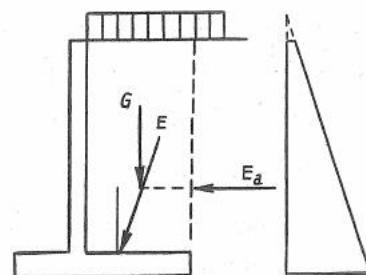
2.4.3. Khi lưng tường là đường gãy

Khi lưng tường là đường gãy theo lý thuyết thì không thể dùng hai lý thuyết trên để tính áp lực đất. Đối với tường chắn kiểu dầm hẫng và tường chắn kiểu vách chống, thường dùng lý thuyết Rankine để tính áp lực đất E_a trên phần tường thẳng đứng (hình 2-7).

Sau đó xác định hợp lực E của E_a với trọng lượng bản thân của vật liệu đắp trên bản đáy của tường G.



Hình 2.6. Đồ thị tính áp lực đất của tường chắn nền đắp



Hình 2.7. Sơ đồ tính toán tường chắn đất kiểu dầm hẫng

Đối với lưng tường kiểu hình lồi và kiểu cân bằng trọng lượng, thường dùng lý thuyết Coulomb, phân biệt tính áp lực đất của tường trên, tường dưới rồi hợp lại mà thành. Đương nhiên do góc nghiêng của lưng tường trên và dưới khác nhau, biểu đồ ứng suất nén của tường trên và dưới tại chỗ phân giới sẽ không liên tục.

2.4.4. Khi đất đắp là đất dính

Khi vật liệu đắp là đất dính, sự tồn tại của lực dính có một ảnh hưởng tương đối lớn đối với độ lớn của áp lực đất chủ động.

Từ công thức (2-2) có thể biết, khi thân tường di động ra phía ngoài mà vật liệu đắp ở vào trạng thái cân bằng dẻo thì áp lực đất chủ động cách mặt đất các độ sâu khác nhau là:

$$\sigma_3 = \gamma z k_a - 2C\sqrt{k_a}$$

Tại vị trí ở gần bề mặt, khi $\gamma z k_a$ nhỏ hơn về phải thì ứng suất mang dấu âm, tức là xuất hiện ứng suất kéo. Dưới tác dụng của ứng suất kéo trong lớp vật liệu đắp có thể xuất hiện đường nứt. Độ sâu của đường nứt có thể đến vị trí mà ứng suất kéo bằng 0. Như vậy từ công thức trên có thể rút ra chiều sâu H_1 của khu vực bị nứt là:

$$H_1 = \frac{2C}{\gamma\sqrt{k_a}} \quad (2-25)$$

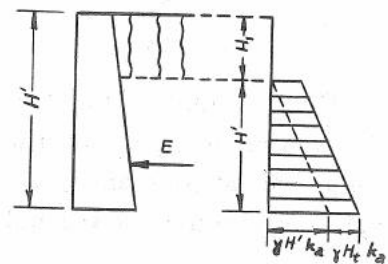
Từ các biện pháp xử lý khác nhau đối với khu vực bị nứt mà sinh ra nhiều phương pháp tính toán áp lực đất khi đất đắp là đất dính.

Ở đây giới thiệu một phương pháp tính toán tương đối an toàn. Xem lớp đất của vùng bị nứt là vật liệu đắp, cũng tức là tải trọng phân bố γH_1 , tính toán áp lực đất ở chiều cao $H - H_1$ (hình 2-8).

2.4.5. Tham số tính toán

Việc chọn giá trị góc nội ma sát của vật liệu đắp có ảnh hưởng tương đối lớn đến kết quả tính toán áp lực đất. Khi thiết kế tường chắn đất phải căn cứ vào tính chất của vật liệu đắp và trạng thái độ chặt độ ẩm của nó, mà thông qua thí nghiệm để xác định.

Khi không có điều kiện có thể tham khảo các trị số ở bảng 2-3.



Hình 2.8. Sơ đồ tính toán áp lực đất khi đất đắp là đất dính

Bảng 2-3. Cường độ kháng cắt hữu hiệu bình quân của đất đầm chặt

| Loại đất | Dung trọng khô lớn nhất (kg/m ³) | Độ ẩm tốt nhất (%) | Lực dính khi nén chặt (kPa) | Lực dính bão hòa (kPa) | Góc nội ma sát (°) |
|---|--|--------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| Sỏi sạn sạch cấp phối tốt, hỗn hợp cát sỏi | > 1906 | <13,3 | (*) | (*) | >38 |
| Sỏi sạn, hỗn hợp cát sỏi cấp phối tối | >1762 | <12,4 | (*) | (*) | >37 |
| Sỏi sạn lẫn đất bụi, cát sỏi lẫn đất bụi cấp phối tối | >1826 | <14,5 | (*) | (*) | >34 |
| Sỏi sạn lẫn sét, cát sỏi lẫn sét cấp phối tối | >1842 | <14,7 | (*) | (*) | >31 |
| Cát sạch, cát sỏi cấp phối tốt | 1906 ± 80 | 13,3 ± 2,5 | 43,97 ± 4,29 | (*) | 38 ± 1 |
| Cát sạch, hỗn hợp cát sỏi cấp phối tối | 1762 ± 32 | 12,4 ± 1,0 | 25,74 ± 6,43 | (*) | 37 ± 1 |
| Cát bụi, hỗn hợp cát - đất bụi cấp phối kém | 1826 ± 16 | 14,5 ± 0,4 | 56,84 ± 6,43 | 22,52 ± 7,5 | 34 ± 1 |
| Cát hạt nhỏ hơi dẻo - đất bụi - đất sét | 1906 ± 16 | 12,8 ± 0,5 | 22,52 ± 7,51 | 16,09 ± 6,43 | 33 ± 3 |
| Cát sét, hỗn hợp cát - đất sét cấp phối tối | 1842 ± 16 | 14,7 ± 0,4 | 83,66 ± 17,16 | 12,87 ± 6,43 | 31 ± 3 |
| Đất bụi, đất bụi pha sét | 1650 ± 16 | 19,2 ± 0,7 | 75,03 ± 10,72 | 9,65 ± (*) | 32 ± 2 |
| Hỗn hợp đất bụi và đất sét | 1746 ± 16 | 16,8 ± 0,7 | 70,79 ± 19,3 | 24,67 ± (*) | 32 ± 2 |
| Đất sét có độ dẻo thấp đến vừa | 1730 ± 16 | 17,3 ± 3 | 97,6 ± 11,8 | 15 ± 2,14 | 28 ± 2 |
| Đất bụi lẫn sét, đất sét đàn tính | 1313 ± 64 | 36,3 ± 3,2 | 81,51 ± 33,25 | 22,52 ± 9,65 | 25 ± 3 |
| Đất sét hầu lẫn cơ có độ dẻo cao | 1346 ± 32 | 25,5 ± 1,2 | 114,76 ± 37,54 | 12,87 ± 6,43 | 19 ± 5 |

Chú thích: 1) Theo tiêu chuẩn đầm nén Proctor tiêu chuẩn;
(*) Không đủ số liệu.

Góc ma sát với lưng tường phải căn cứ vào độ nhám của lưng tường, tính chất của vật liệu đắp sau tường và điều kiện thoát nước mà xác định. Có thể tham khảo các trị số sau:

| | |
|---|--|
| Lưng tường nhẵn và điều kiện thoát nước không tốt | $\delta = 0$. |
| Lưng tường bê tông | $\delta = 0 \div \varphi/2$. |
| Lưng tường xây đá tình hình thoát nước tốt | $\delta = \varphi/2 \div 2\varphi/3$. |
| Lưng tường xây đá kiểu bậc cấp, thoát nước tốt | $\delta = 2\varphi/3$. |

CHƯƠNG 3

NGHIỆM TOÁN ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA TƯỜNG CHẮN

Bản thân tường chắn phải có đủ độ ổn định tổng thể để chống lại lực đẩy của khối đất sau tường. Căn cứ vào kinh nghiệm, để bảo đảm ổn định của tường phải tiến hành các nghiệm toán sau:

- 1) Nghiệm toán ổn định trượt;
- 2) Nghiệm toán ổn định lật;
- 3) Nghiệm toán độ lệch tâm;
- 4) Nghiệm toán ứng suất đáy móng.

3.1. NGHIỆM TOÁN ỔN ĐỊNH TRƯỢT

Hệ lực tác dụng trên thân tường như ở hình 3-1.

Độ ổn định trượt của tường chắn theo đáy móng được biểu thị bằng hệ số k_0 với giá trị của nó không được nhỏ hơn 1,3.

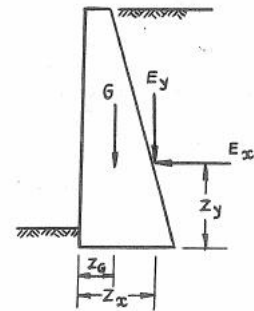
$$k_0 = \frac{\text{Lực chống trượt}}{\text{Lực đẩy}} = \frac{(G + E_y)f}{E_x} \geq 1,3 \quad (3-1)$$

Trong đó:

G - Trọng lượng bản thân của thân tường (kN);

E_x, E_y - Phân lực nằm ngang và thẳng đứng của áp lực đất chủ động (kN);

f - Hệ số ma sát của đáy móng, thay đổi theo loại móng, có thể tham khảo ở bảng 3-1.



Hình 3.1. Các lực tác dụng lên tường

Bảng 3-1. Trị số tham khảo của hệ số ma sát đáy móng f

| Loại đất đá ở đáy móng | | f |
|----------------------------------|---------------------|-------------|
| Đất dính | Trạng thái dẻo mềm | 0,25 |
| | Trạng thái dẻo cứng | 0,25 - 0,30 |
| | Trạng thái nửa cứng | 0,30 - 0,40 |
| Cát | | 0,40 |
| Đất lẫn cuội sỏi | | 0,40 - 0,50 |
| Nham thạch mềm | | 0,40 - 0,60 |
| Nham thạch cứng, bề mặt thô nháp | | 0,60 - 0,70 |

Giá trị của hệ số f của các loại đá phiến, đá sét, diệp thạch và của các nham thạch khác đã phong hoá thành đất thì phải dựa vào tình hình phong hoá và trạng thái ẩm ướt của nó, tham khảo các trị số của đất dính mà chọn dùng.

Áp lực đất bị động k_p của khối đất trước mũi tường thường được bỏ qua, không tính vào lực chống trượt.

Khi hệ số ổn định trượt $k_0 < 1,3$ phải áp dụng các biện pháp tăng lực chống trượt. Các biện pháp thường dùng là:

1) Sử dụng biện pháp thay đất cải thiện nền móng để tăng hệ số ma sát của đáy móng, như dùng đá dăm thay cho đất sét.

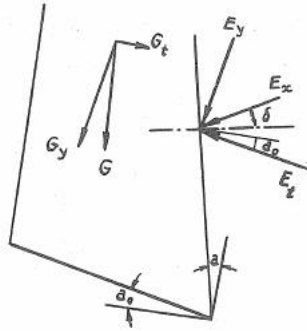
2) Làm móng nghiêng - Đáy móng của tường chắn kiểu trọng lực có thể làm nghiêng vào trong, hệ số ổn định trượt k_0 của nó từ đó có thể tăng lên thành (hình 3-2):

$$k_0 = \frac{[G \cdot \cos \alpha_0 + E \cdot \sin(\alpha + \delta + \alpha_0)]f}{E \cdot \cos(\alpha + \delta + \alpha_0) - G \cdot \sin \alpha_0} \quad (3-2)$$

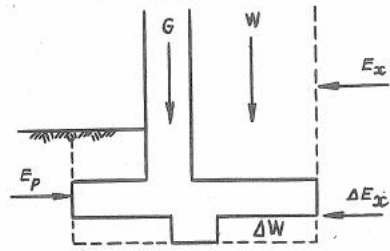
trong đó α_0 là góc nghiêng của đáy móng.

Độ nghiêng của đáy móng không nên quá lớn để tránh cho khối đất dưới đáy móng và trước mũi tường phát sinh phá hoại do cắt. Thông thường khi đáy móng là đất không được dốc quá 0,2:1 ($\alpha_0 \leq 11^\circ 19'$), khi đáy móng là đá không được dốc quá 0,3:1 ($\alpha_0 \leq 16^\circ 42'$).

3) Làm đáy móng lồi - Dưới đáy móng làm một mấu lồi cùng với móng làm thành một khối chỉnh thể (hình 3-3), lợi dụng áp lực đất bị động của khối đất trước mấu lồi để tăng độ ổn định.



Hình 3.2. Các lực tác dụng khi đáy móng nghiêng



Hình 3.3. Đáy móng lồi

Trong trường hợp này k_0 là:

$$k_0 = \frac{(G + W + \Delta W)f + E_p}{E_x + \Delta E_x} \quad (3-3)$$

3.2. NGHIỆM TOÁN ỔN ĐỊNH LẬT

Độ ổn định chống lật của tường chắn quanh mũi tường được biểu thị bằng tỉ số của mômen ổn định và mômen lật (gọi là hệ số ổn định chống lật k_0), hệ số này không được nhỏ hơn 1,5 - k_0 được xác định theo công thức (xem hình 3-1):

$$k_0 = \frac{\text{Mômen ổn định}}{\text{Mômen lật}} = \frac{G \cdot z_G + E_y \cdot z_x}{E_x \cdot z_y} \geq 1,5 \quad (3-4)$$

Trong đó: z_x và z_y là cánh tay đòn của phân lực nằm ngang E_x và phân lực thẳng đứng E_y của áp lực đất đến mũi tường; z_G là cánh tay đòn của trọng lượng tường G đối với mũi tường.

Khi hệ số ổn định chống lật không thoả mãn yêu cầu trên đây, có thể sử dụng các biện pháp dưới đây:

1) Mở rộng đáy móng, nhất là mũi tường để tăng cánh tay đòn. Đây là một biện pháp tương đối tốt, nhưng khi độ dốc ngang của mặt đất tương đối dốc thì lại làm tăng chiều cao tường;

2) Sửa đổi hình thức và độ dốc của lưng tường, ví dụ làm lưng tường nghiêng hoặc kiểu cân bằng trọng lượng để giảm áp lực đất hoặc tăng cánh tay đòn.

3.3. NGHIỆM TOÁN ĐỘ LỆCH TÂM

Cự ly từ điểm tác dụng của hợp lực trên đáy móng đến trung tuyến của đáy móng gọi là độ lệch tâm e . e không được quá lớn để tránh gây ra lún không đều quá lớn. Thường quy định độ lệch tâm của đáy móng đất không được quá $B/6$ (B là chiều rộng đáy móng), độ lệch tâm của đáy móng đá không được lớn hơn $B/4$.

Có thể xác định độ lệch tâm e theo công thức:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{G \cdot z_G + E_y \cdot z_x - E_x \cdot z_y}{G + E_y} \leq \frac{B}{6} \text{ (đất) hoặc } \frac{B}{4} \text{ (đá)} \quad (3-5)$$

Khi độ lệch tâm quá lớn, có thể mở rộng mũi tường hoặc dùng các biện pháp tương tự biện pháp tăng độ ổn định chống lật để cải thiện.

3.4. NGHIỆM TOÁN ỨNG SUẤT ĐÁY MÓNG

Tùy theo độ lệch tâm lớn hay nhỏ mà sự phân bố ứng suất ở đáy móng sẽ khác nhau. Hình 3-4 là các sơ đồ phân bố ứng suất khi độ lệch tâm khác nhau. Ứng suất lớn nhất σ_1 ở đáy móng trong các trường hợp có thể phân biệt xác định theo các công thức sau:

1) $0 < e < \frac{B}{6}$ (phân bố hình thang)

$$\sigma_{1,3} = \frac{G + E_y}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (3-6)$$

2) $e = \frac{B}{6}$ (phân bố hình tam giác)

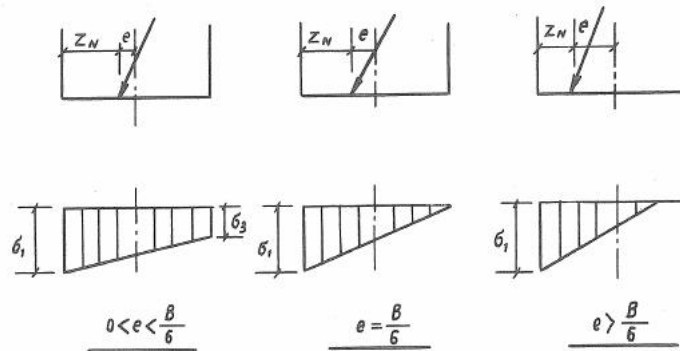
$$\sigma_1 = \frac{2(G + E_y)}{B} \quad (3-7)$$

3) $e > \frac{B}{6}$ (phân bố hình tam giác, xuất hiện vùng chịu kéo)

Giữa đáy móng và nền đất thường không thể chịu ứng suất kéo, nên thường bỏ qua không tính, khi đó ứng suất ở đáy móng được phân bố lại.

$$\sigma_1 = \frac{2(G + E_y)}{3z_N} \quad (3-8)$$

trong đó: $z_N = \frac{B}{2} - e$



Hình 3.4. Các sơ đồ phân bố ứng suất nén ở đáy móng

Ứng suất lớn nhất σ_1 ở đáy móng tính được trong các trường hợp đều không được lớn hơn lực chịu tải cho phép của đất nền $[R]$, tức là:

$$\sigma_1 \leq [R] \quad (3-9)$$

Lực chịu tải cho phép của các loại đất nền có thể tham khảo trong các quy phạm hữu quan như "Quy phạm thiết kế nền móng cầu cống đường ô tô JTJ024-85" của Trung Quốc hoặc tra theo bảng 3-2.

Khi ứng suất đáy móng lớn hơn lực chịu tải cho phép của đất nền có thể áp dụng các biện pháp tăng lực chịu tải như mở rộng đáy móng để giảm ứng suất hoặc cải thiện đất nền (thay đất).

Ví dụ 4:

Dựa theo ví dụ 3, nghiệm toán độ ổn định của tường chắn. Cho biết dung trọng của thân tường $\gamma_G = 22 \text{ kN/m}^3$, nền đất là đất sỏi sạn, hệ số ma sát là 0,45, lực chịu tải của đất nền là 600 kN/m^2 .

Giải:

Chọn mặt cắt ngang của thân tường như sau: chiều rộng đỉnh 0,8m, độ dốc lưng tường 1:0,2, độ dốc mặt tường 1:0,1.

1. Tính trọng lượng thân tường và cánh tay đòn:

Thể tích thân tường $V = 0,5 \times (0,8 + 2,60) \times 6 = 10,2 \text{ m}^3$

Trọng lượng thân tường $G = 10,2 \times 22 = 224,4 \text{ kN}$

Cánh tay đòn $z_G = 1,18 \text{ m}$

2. Độ ổn định trượt:

Từ công thức (3-1) được:

$$k_0 = \frac{224,4 + 99,65 \sin 30^{\circ}19'}{99,65 \cos 30^{\circ}19'} \times 0,45 = 1,46 > 1,30$$

3. Độ ổn định chống lật:

Từ công thức (3-4) được:

$$k_0 = \frac{224,4 \times 1,18 + 99,65 \sin 30^{\circ}19' \times 2,174}{99,65 \cos 30^{\circ}19' \times 2,13} = 2,08 > 1,50$$

4. Nghiệm toán độ lệch tâm:

Từ công thức (3-5)

$$e = \frac{2,60}{2} - \frac{224,4 \cdot 1,18 + 99,65 \sin 30^{\circ}19' \cdot 2,174 - 99,65 \cos 30^{\circ}19' \cdot 2,13}{224,4 + 99,65 \sin 30^{\circ}19'}$$
$$= 0,593 \text{ m} > \frac{B}{6} (= 0,433 \text{ m}), < \frac{B}{4} (= 0,65 \text{ m})$$

5. Lực chịu tải của đất nền

Từ công thức (3-8) được:

$$\sigma_1 = \frac{2(224,4 + 99,65 \sin 30^{\circ}19')}{3(1,3 - 0,593)} = 260,44 \text{ kN/m}^2 < 600 \text{ kN/m}^2$$

Từ các kết quả nghiệm toán trên đây có thể thấy độ ổn định chống trượt, chống lật và năng lực chịu tải của đất nền của tường chắn đất có mặt cắt đã chọn, đều thỏa mãn yêu cầu, chỉ có độ lệch tâm của đáy móng là hơi lớn. Có thể áp dụng các biện pháp như mở rộng mũi tường hoặc thay đổi độ dốc của lưng tường để giảm nhỏ độ lệch tâm này.

Bảng 3-2. Lực chịu tải cho phép (R) của đất nền

| Loại đất nền | | Tình trạng của đất nền | | [R] (kN/m ²) |
|-----------------------|----------------------------|--|-------------------------------|--------------------------|
| Đất dính thông thường | | Trạng thái chặt dẻo cứng | | 300 - 450 |
| | | Trạng thái dẻo mềm chặt, trạng thái dẻo cứng xốp rời | | 190 - 380 |
| | | Trạng thái dẻo mềm xốp rời | | 120 - 240 |
| Đất loại cát | Cát mịn, cát bột | Chặt và chặt vừa | Ẩm ướt | 200 - 350 |
| | | | Bão hoà | 100 - 300 |
| | Cát sỏi, cát to, cát trung | Chặt và chặt vừa | | 350 - 550 |
| Đất sỏi cuội | | Xốp rời | | 300 - 500 |
| | | Chặt vừa | | 600 - 1000 |
| | | Chặt | | 1000 - 1200 |
| Đất đá dăm | | Xốp rời | | 200 - 400 |
| | | Chặt vừa | | 500 - 800 |
| | | Chặt | | 800 - 1000 |
| Nham thạch | Mềm | Cường độ kháng nén 5 ÷ 30MPa | Phong hoá và nứt nghiêm trọng | 600 - 1000 |
| | | | Phong hoá và nứt nhẹ đến vừa | 1000 - 3000 |
| | Rất mềm | Cường độ kháng nén <5MPa | Phong hoá và nứt nghiêm trọng | 400 - 600 |
| | | | Phong hoá và nứt vừa | 600 - 800 |

CHƯƠNG 4

TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐẤT CÓ CỐT

Cơ cấu chịu lực của tường chắn đất có cốt tương đối phức tạp, hiện chưa có phương pháp thiết kế thống nhất, hoàn chỉnh. Dưới đây chủ yếu giới thiệu nguyên lý làm việc của đất có cốt đã được công nhận và phương pháp thiết kế thường dùng.

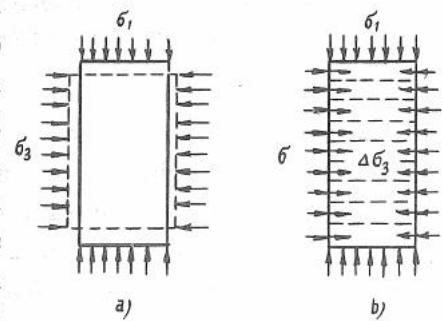
4.1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

Nguyên lý làm việc của đất có cốt là tác dụng ma sát giữa cốt chịu kéo và đất đắp (thường là vật liệu hạt), có thể giải thích như sau:

1. **Đất có cốt** được xem là một loại vật liệu phức hợp do cốt chịu kéo và đất làm thành. Thí nghiệm nén ba trục cho thấy đối với mẫu đất cát khô chịu áp lực thẳng đứng thì sẽ bị nở hông (xem hình 4.1a), nhưng sau khi bố trí các cốt chịu kéo nằm ngang trong đất thì do tác dụng ma sát giữa cốt và đất khiến cốt thu nhận lực kéo nên chuyển vị theo hướng ngang của các hạt đất bị khống chế, tương tự như tác dụng một áp lực hông $\Delta\sigma_3$ lên mẫu (xem hình 4-1b). Khi tăng áp lực thẳng đứng thì lực chống nở hông sẽ tăng theo cho đến khi xuất hiện sự trượt giữa đất và cốt hoặc đứt cốt chịu kéo thì mẫu mới bị phá hoại. Vì vậy cường độ của đất có cốt được tăng lên tương ứng.

Để tăng lực chống nở hông một mặt phải tăng lực ma sát trên mặt tiếp xúc của đất và cốt, cũng tức là phải dùng vật liệu đắp có đường kính hạt khá lớn và cốt chịu kéo dẹt và nhám; mặt khác phải sử dụng vật liệu ít bị dãn nở làm cốt chịu kéo. Dùng vật liệu có độ dãn dài lớn thì cốt chịu kéo sẽ cùng chuyển vị ngang theo hạt đất, mất đi tác dụng chống nở hông và không thể tăng cường độ của đất. Vì vậy ứng suất kéo cho phép của cốt bị khống chế bởi tỉ lệ dãn dài quy định khi thiết kế ($\leq 2\%$).

Tác dụng chủ yếu của cốt chịu kéo trong đất là giữ không cho các hạt đất nở hông;

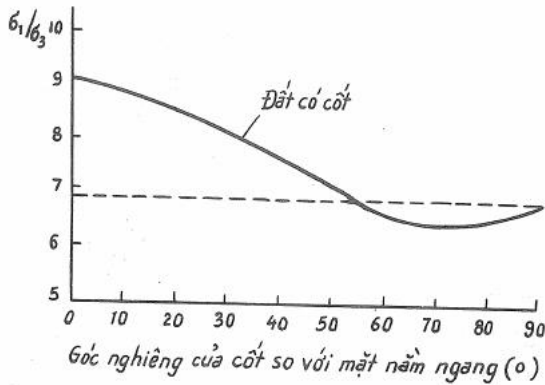


Hình 4.1. Cơ cấu tác dụng của đất có cốt

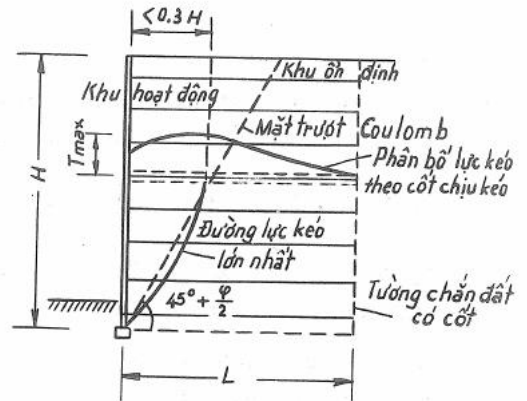
a) Đất thường; b) Đất có cốt.

vì vậy phải bố trí cốt trong khu vực có biến dạng lớn của khối đất và hướng của cốt phải song song với hướng của ứng biến kéo chủ, nếu không hiệu quả của cốt sẽ bị giảm.

Kết quả thí nghiệm vẽ ở hình 4-2 cho thấy khi góc nghiêng của hướng cốt chịu kéo so với mặt nằm ngang càng lớn thì cường độ của đất có cốt càng thấp, khi góc nghiêng lớn hơn 55° thì cường độ của đất có cốt còn thấp hơn đất thường, cũng tức là việc bố trí cốt có tác dụng ngược lại là làm giảm yếu cường độ của đất. Do đó cốt chịu kéo thường bố trí nằm ngang và thẳng góc với mặt tường.



Hình 4.2. Ảnh hưởng của phương hướng cốt chịu kéo đến với cường độ



Hình 4.3. Đường cong phân bố lực kéo của cốt chịu kéo

2. Kết cấu đất có cốt được xem là một kết cấu loại neo. Kết quả thực đo được tiến hành với thí nghiệm tường chắn đất có cốt nguyên hình (cùng kích thước) và thí nghiệm mô hình cho thấy (hình 4-3) lực kéo T mà cốt chịu kéo thu nhận phân bố dạng hình cung theo chiều dài L , trị số lớn nhất của nó T_{max} phải xuất hiện ở chỗ thay đổi hướng tác dụng của ứng suất cắt τ ở bề mặt cốt chịu kéo. Đường nối các điểm có lực kéo lớn nhất trong cốt chịu kéo các lớp (gọi là quỹ tích các lực kéo lớn nhất) chứa mặt trượt trong đó (khác với mặt trượt thẳng đứng Coulomb của đất thường) và chia vật liệu đắp thành vùng hoạt động (chủ động) và vùng cố định (neo giữ). Ứng suất cắt bề mặt cốt chịu kéo trong vùng hoạt động hướng về phía mặt tường khi mặt tường và vật liệu đắp dịch chuyển theo hướng hông có thể kéo bật cốt chịu kéo ra ngoài (kéo nhỏ); cốt chịu kéo trong vùng ổn định do tác dụng ma sát giữa cốt và vật liệu đắp sẽ được vật liệu đắp giữ chặt. Vì vậy cốt chịu kéo trong vùng ổn định phải đủ dài để đề phòng cốt bị kéo bật.

4.2. MÔ HÌNH PHÁ HOẠI

Sự phá hoại của kết cấu đất có cốt có hai loại: mất ổn định bên ngoài và mất ổn

định bên trong. Mất ổn định bên ngoài là khi kết cấu đất có cốt bị phá hoại toàn bộ (tương tự với tường chắn kiểu trọng lực): xuất hiện trượt theo đáy móng, trượt theo lớp sâu hoặc năng lực chịu tải của nền móng không đủ. Mất ổn định bên trong là các phá hoại do cốt chịu kéo bị đứt, bị nhổ bật gây ra.

Thiết kế kết cấu đất có cốt chính là để đảm bảo cho khối đất có cốt đủ độ ổn định bên ngoài và độ ổn định bên trong. Khi phân tích ổn định bên ngoài có thể xem khối đất giữa đường nối điểm nút các cốt chịu kéo và mặt tường là kết cấu chỉnh thể và dùng phương pháp đã nói ở trên. Việc phân tích độ ổn định bên trong gồm có:

1, Tính lực kéo mà cốt chịu kéo thu nhận, xác định tiết diện cần thiết của cốt để cho ứng suất kéo không lớn hơn trị số cho phép.

2, Xác định lực ma sát giữa cốt chịu kéo và đất đắp, xác định chiều dài cần thiết của cốt để cân bằng với lực kéo mà cốt thu nhận.

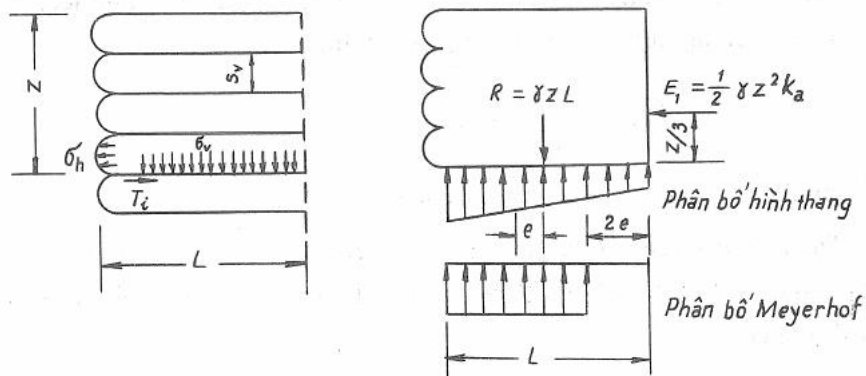
4.3. TÍNH TOÁN LỰC KÉO CỦA CỐT CHỊU KÉO

Giả thiết khối đất trong vùng hoạt động của vật liệu đắp ở vào trạng thái giới hạn, dùng phương pháp cân bằng cục bộ để phân tích lực kéo mà mỗi lớp cốt chịu kéo thu nhận. Như vẽ ở hình 4-4 lớp cốt chịu kéo thứ i chịu tác dụng của ứng suất nén thẳng đứng σ_v của vật liệu đắp ở mặt trên nó, mặt tường thì chịu ứng suất nén theo hướng hông của nó σ_h từ đó khiến cho cốt thép lớp này chịu lực kéo:

$$T_i = \sigma_h S_h S_v \quad (4-1)$$

Trong đó:

S_h và S_v - Khoảng cách theo hướng nằm ngang và hướng thẳng đứng của các cốt chịu kéo.



Hình 4.4. Tính lực kéo theo phương pháp cân bằng cục bộ

Ứng suất theo hướng hông σ_h có thể tính theo công thức sau:

$$\sigma_h = k_i \sigma_v \quad (4-2)$$

Trong đó hệ số áp lực hông k_i có quan hệ với trạng thái ứng suất của vật liệu đắp ở đó. Căn cứ vào các số liệu đo được bằng đầu đo áp lực gắn trên mặt tường có thể phát hiện được trạng thái ứng suất nén tĩnh của đất tại vị trí gần lớp trên của vùng hoạt động, còn lớp dưới thì ở vào trạng thái ứng suất nén đất chủ động của Rankine.

Từ kết quả quan trắc một số thí nghiệm, có thể tìm được quan hệ kinh nghiệm sau:

$$k_i = k_0 + \frac{z}{6} (k_a - k_0) \quad (4-3)$$

Trong đó: z - Chiều sâu đặt cốt chịu kéo (m), khi $z > 6m$, thì lấy $z = 6m$ để tính,

k_0 - Hệ số áp lực đất tĩnh, có thể tính theo góc nội ma sát của vật liệu đắp.

$$k_0 = 1 - \sin \varphi \quad (4-4)$$

k_a - Hệ số áp lực đất Rankine, tính theo công thức (2-13b).

Ứng suất thẳng đứng σ_v dựa theo các giả thiết khác nhau tính toán như sau:

1. *Phân bố đều*, không tính tác dụng của áp lực đất sau tường chắn đất có cốt, thì ứng suất thẳng đứng sẽ là ứng suất do trọng lượng bản thân, tức:

$$\sigma_v = \gamma z \quad (4-5)$$

Trong đó: γ - Dung trọng của vật liệu đắp (kN/m^3).

2. *Phân bố hình thang*, giả thiết áp lực đất sau tường có ảnh hưởng đối với mômen uốn sinh ra trong mặt cắt tính toán, từ công thức chịu nén lệch tâm tìm được ứng suất nén thẳng đứng lớn nhất tại mặt tường:

$$\sigma_v = \gamma z \left(1 + k_0 \frac{z^2}{L^2} \right) \quad (4-6)$$

Trong đó: L - Chiều dài lớp cốt chịu kéo tính toán (m).

3. *Phân bố theo Meyerhof*, giả thiết ứng suất thẳng đứng phân bố đều trong phạm vi $L-2e$ (xem hình 4-4), e là độ lệch tâm của hợp lực trên mặt cắt tính toán. Từ công thức (3-5) ta có:

$$e = \frac{k_0 z^2}{6L} \quad (4-7)$$

cho nên

$$\sigma_v = \frac{\gamma z L}{L - 2e} = \frac{\gamma z}{1 - \frac{k_0 z^2}{3L^2}} \quad (4-8)$$

Khi tính toán lực kéo T_i (kN) do cốt chịu kéo thu nhận thì ứng suất nén thẳng đứng do vật liệu đắp và xe cộ tác dụng trên cốt cũng như ứng suất hướng bên hông tăng thêm do tác dụng động đất được tính toán theo quy phạm thiết kế hữu quan φ .

Diện tích cần thiết của mặt cắt ngang cốt chịu kéo A_i (mm²) tính như sau:

$$A_i = \frac{T_i \cdot 10^2}{k_s [\sigma_s]} \quad (4-9)$$

Trong đó: $[\sigma_s]$ - Ứng suất kéo cho phép của cốt chịu kéo (MPa);

k_s - Hệ số tăng ứng suất cho phép của cốt chịu kéo, lấy theo bảng 4-1.

Bảng 4-1. Hệ số tăng ứng suất cho phép của cốt chịu kéo

| Trường hợp tải trọng | Đai thép, cốt thép, bê tông | Đai composit |
|----------------------|-----------------------------|--------------|
| Tổ hợp chủ yếu | 1,00 | 1,00 |
| Tổ hợp phụ | 1,25 | 1,30 |
| Tổ hợp động đất | 1,50 | 2,00 |

Đối với cốt chịu kéo kim loại kích thước mặt cắt ngang thực tế sử dụng phải trừ đi chiều dày hạn gở dự kiến như bảng 4-2.

Bảng 4-2. Chiều dày hạn gở một mặt của đai thép (mm)

| Phân loại công trình | Có mạ kẽm | Không mạ kẽm |
|---------------------------|-----------|--------------|
| Công trình không có nước | 0,5 | 1,5 |
| Công trình ngập nước ngọt | 0,75 | 2,0 |
| Công trình ngập nước mặn | - | 2,5 |

4.4. TÍNH CHIỀU DÀI CỐT CHỊU KÉO

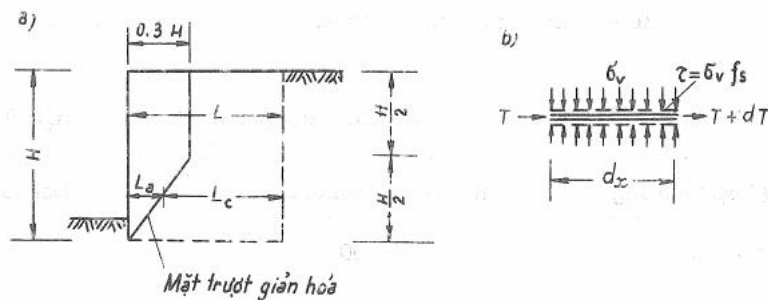
Để đề phòng cốt chịu kéo bị nhổ bật khi làm việc, mỗi thanh cốt chịu kéo phải đủ chiều dài L . Chiều dài L này gồm hai phần:

$$L = L_a + L_c \quad (4-10)$$

Trong đó: L_a và L_c - Chiều dài cốt chịu kéo chôn trong vùng hoạt động và trong vùng ổn định.

Nhiều tài liệu thí nghiệm cho thấy mặt trượt của khối đất có cốt (đường nối các điểm có lực kéo lớn nhất) đại thể như vẽ ở hình 4-3. Thường giản hoá như sau: phần trên của mặt trượt song song với mặt tường cao $0,3H$, còn phần dưới thì đi qua chân tường và làm với mặt nằm ngang một góc là $45^\circ + \varphi/2$. Có một số tài liệu còn đơn giản hơn: xem điểm gãy nằm ở điểm giữa chiều cao tường (hình 4.5a) tức:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Khi } z < \frac{1}{2}H, \quad L_a = 0,3H \\ \text{Khi } z > \frac{1}{2}H, \quad L_a = 0,6(H - z) \end{array} \right\} \quad (4-11)$$



Hình 4.5. Tính chiều dài cốt chịu kéo

a) Giản hoá mặt trượt; b) Phân tích tình hình chịu lực của cốt chịu kéo.

Chiều dài của cốt chịu kéo trong vùng ổn định L_c phải đủ dài để cho lực ma sát (lực chống nhổ bật) S_i giữa cốt chịu kéo và vật liệu đắp xung quanh gây ra không được nhỏ hơn lực kéo mà cốt thu nhận T_i . Từ việc phân tích sự chịu lực của cốt trong hình 4-5b có xét đến một độ an toàn nhất định, ta có:

$$S_i = \int_{L_c}^L 2b\sigma_v f_s dx = 2bf_s \int_{L-L_c}^L \sigma_v dx \geq [k_f] T_i \quad (4-12)$$

Trong đó:

- b - Chiều rộng của cốt chịu kéo;
- σ_v - Ứng suất nén thẳng đứng tác dụng trên đoạn dx ;
- f_s - Hệ số ma sát giữa cốt chịu kéo và vật liệu đắp;
- $[k_f]$ - Hệ số an toàn chống nhổ cho phép, với tổ hợp tải trọng chủ yếu bằng 2,0, tổ hợp phụ bằng 1,5, tổ hợp động đất bằng 1,2.

Hệ số ma sát f_s có thể xác định bằng thí nghiệm cắt. Trị số f_s chủ yếu phụ thuộc vào độ lớn nhỏ của hạt vật liệu đắp và độ nhám bề mặt của cốt chịu kéo; với đất dính còn có tác dụng dính bám của vật liệu đắp với cốt. Kết quả thí nghiệm cho thấy với cốt chịu kéo có độ bám dính cao (đai thép có gờ và đai bê tông cốt thép) trị số f_s giảm khi ứng suất thẳng đứng tăng và dần đến ổn định. Có thể tham khảo trị số f_s trong bảng 3-1 để thiết kế.

Căn cứ vào các giả thiết khác nhau của sự phân bố ứng suất nén thẳng đứng trên cốt chịu kéo, có thể tìm được các công thức tính L_c sau đây:

1. *Phân bố đều*, mang công thức (4-5) thay vào công thức (4-12), tìm được chiều dài hữu hiệu yêu cầu của cốt chịu kéo.

$$L_c = \frac{[k_r] T_i}{2bf_s \gamma z} \quad (4-13)$$

2. *Phân bố theo hình thang*, thì được:

$$L_c = \frac{[k_r] T_i}{2bf_s \gamma z \left(1 - k_a \frac{z^2 L_a}{L^3} \right)} \quad (4-14)$$

3. *Phân bố Meyerhof*, tìm được chiều dài cần thiết của cốt trong vùng ổn định là:

$$L_c = \frac{[k_r] T_i}{2bf_s \gamma z \left(1 - \frac{k_a z^2}{3L^2} \right)} + 2e \quad (4-15)$$

Trong thực tế tính toán, cần giả định chiều dài cốt chịu kéo là L , thường lấy $L = (0,8 - 1,0)H$.

Ví dụ:

Thiết kế một tường chắn đất có cốt, chiều cao tường $H = 6\text{m}$, chiều dày lớp đất tương đương của vật liệu đắp trên đỉnh tường và của tải trọng ô tô là $h_0 = 1,0\text{m}$, vật liệu đắp là cát sỏi, dung trọng $\gamma = 20\text{kN/m}^3$, góc nội ma sát $\varphi = 40^\circ$ nền móng là đá cuội sỏi chặt vừa, lực chịu tải cho phép $[\sigma_0] = 360\text{kPa}$. Mặt tường là tấm bê tông cốt thép đúc sẵn kiểu chữ thập $1,5 \times 1,5\text{m}$, mỗi tấm bố trí 6 thanh cốt chịu kéo, $S_h = 0,50\text{m}$, $S_v = 0,75\text{m}$ (xem hình 4-6). Cốt chịu kéo là đai thép có gờ mạ kẽm, ứng suất kéo cho phép $[\sigma_s] = 135\text{MPa}$.

Giải:

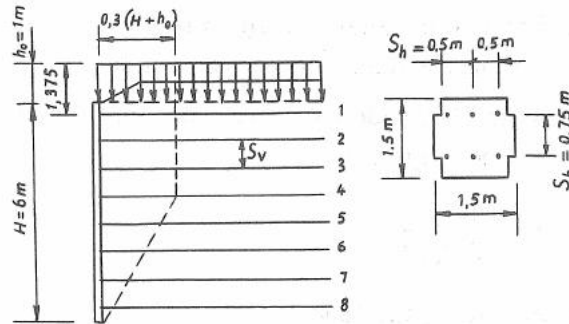
1. *Tính lực kéo của cốt chịu kéo.*

Giả thiết chiều dài cốt chịu kéo $L = 6\text{m}$, từ công thức (4-4) và công thức (2-13b).

ta được:

$$k_0 = 1 - \sin 40^\circ = 0,357$$

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{40^\circ}{2} \right) = 0,217$$



Hình 4.6. Tính toán tường chắn đất có cốt

Cốt chịu kéo lớp thứ nhất: $z_1 = 1,375\text{m}$, từ công thức (4-3):

$$k_1 = 0,357 + \frac{1,375}{6} (0,217 - 0,357) = 0,325$$

Xem σ_v phân bố theo Meyerhof, từ các công thức (4-3), (4-2) và (4-1) được

$$T_1 = \frac{\gamma z_1 k_1 S_h S_v}{1 - \frac{k_a z_1^2}{3L^2}} = \frac{20 \times 1,375 \times 0,325 \times 0,5 \times 0,75}{1 - \frac{0,217 \times 1,375^2}{3 \times 6^2}} = 3,36 \text{ kN}$$

Cốt chịu kéo lớp thứ 4: $z_4 = 3,625\text{m}$

$$k_4 = 0,357 + \frac{3,625}{6} (0,217 - 0,357) = 0,272$$

$$T_4 = \frac{20 \times 3,625 \times 0,272 \times 0,5 \times 0,75}{1 - \frac{0,217 \times 3,625^2}{3 \times 6^2}} = 7,60 \text{ kN}$$

Cốt chịu kéo lớp thứ 8: $z_8 = 6,625\text{m} > 6\text{m}$, vì vậy: $k_8 = k_a = 0,217$

$$T_8 = \frac{20 \times 6,625 \times 0,217 \times 0,5 \times 0,75}{1 - \frac{0,217 \times 6,625^2}{3 \times 6^2}} = 11,83 \text{ kN}$$

2. Xác định kích thước mặt cắt của cốt chịu kéo

Như đã thấy trên đây, trị số lực kéo của cốt chịu kéo lớp thứ 8 (lớp thấp nhất) là lớn nhất, được dùng để xác định kích thước mặt cắt cần thiết của cốt chịu kéo. Chiều rộng của cốt chịu kéo lấy bằng $b = 60\text{mm}$. Từ công thức (4-9) tìm được chiều dày hữu hiệu cần thiết của cốt chịu kéo:

$$t = \frac{T_8}{k_s [\sigma_s] b} = \frac{11,83 \times 10^3}{1,0 \times 135 \times 60} = 1,5 \text{ mm}$$

Xét đến chiều dày phòng gỉ $1,00\text{mm}$ (chiều dày gỉ của một mặt là $0,5\text{mm}$), lấy chiều dày nhỏ nhất của cốt chịu kéo là $3,0\text{mm}$.

3. Xác định chiều dài cốt chịu kéo

Lấy hệ số ma sát giữa vật liệu đắp và cốt chịu kéo $f_s = 0,55$, trị số cho phép của hệ số an toàn chống nhổ bật cốt chịu kéo $[k_d] = 2,0$, dựa vào các công thức (4-11), (4-15), (4-10) để tính chiều dài cần thiết của cốt chịu kéo các lớp.

Cốt chịu kéo lớp thứ 1:

$$L_1 = 0,3(H + h_0) + \frac{[k_r] k_1 S_h S_v}{2bf_s} + \frac{k_a z_1^2}{3L}$$

$$= 0,3(6 + 1) + \frac{2,0 \times 0,325 \times 0,5 \times 0,75}{2 \times 0,06 \times 0,55} + \frac{0,217 \times 1,375^2}{3 \times 6} = 5,82 \text{ m}$$

Cốt chịu kéo lớp thứ 4:

$$L_4 = 0,6(H + h_0 - z_4) + \frac{[k_r] k_4 S_h S_v}{2bf_s} + \frac{k_a z_4^2}{3L}$$

$$= 0,6(6 + 1 - 3,625) + \frac{2,0 \times 0,272 \times 0,5 \times 0,75}{2 \times 0,06 \times 0,55} + \frac{0,217 \times 3,625^2}{3 \times 6} = 5,27 \text{ m}$$

Cốt chịu kéo lớp thứ 8:

$$L_8 = 0,6(6 + 1 - 6,625) + \frac{2,0 \times 0,217 \times 0,5 \times 0,75}{2 \times 0,06 \times 0,55} + \frac{0,217 \times 3,625^2}{3 \times 6} = 3,22 \text{ m}$$

Thống nhất lấy chiều dài cốt chịu kéo như giả thiết ban đầu là $6,0\text{m}$.

Ngoài ra còn phải tiến hành tính toán chiều dày bản mặt tường và kiểm toán độ ổn định bên ngoài, trong ví dụ này bỏ qua không tính.

TỔNG HỢP CÁC CÔNG THỨC TÍNH ÁP LỰC ĐẤT TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP KHÁC NHAU

Xuất phát điểm của lý thuyết Rankine và Coulomb không giống nhau nên các công thức tính toán áp lực đất chủ động suy ra từ các lý thuyết này thích hợp với các điều kiện lưng tường khác nhau (hình dạng và độ dốc) và bề mặt đất đắp khác nhau. Các loại tường chắn đất phải dựa vào các điều kiện nói trên mà phân biệt chọn dùng các công thức tính toán tương ứng. Các biểu đồ ứng suất nén của đất vẽ được có thể dùng để tìm ra áp lực đất và vị trí điểm tác dụng của nó trong các trường hợp phức tạp.

Mặt cắt của tường chắn đất phải được kiểm toán về nhiều mặt trong đó mặt có tác dụng không chế thay đổi tùy theo loại tường, hình dạng và kích thước mặt cắt ngang và các điều kiện khác.

Chương này tổng hợp các công thức tính áp lực đất trong các trường hợp khác nhau theo phương pháp Rankine và phương pháp Coulomb.

5.1. TÍNH ÁP LỰC ĐẤT THEO CÔNG THỨC RANKINE

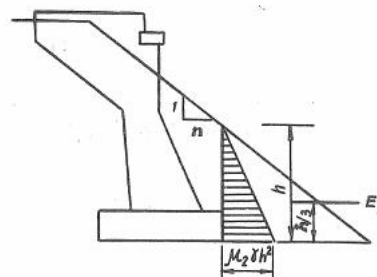
5.1.1. Áp lực đất chủ động của mái đất trước mố

$$E_2 = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1}{2} \mu_2 \gamma h^2 \quad (5-1)$$

Trong đó: φ - Góc nội ma sát của đất;

γ - Trọng lượng đơn vị (dung trọng) của đất (t/m^3);

h - Chiều cao cột đất tính toán (m).



Bảng 5-1. Bảng hệ số μ_2

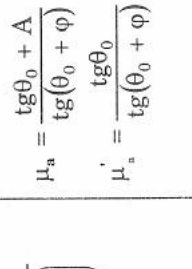
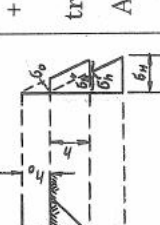
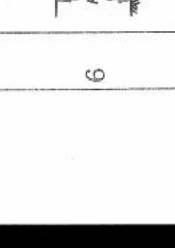
| φ | 27° | 30° | 33° | 37° | 40° | 43° | 45° |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 : n nằm ngang | 0.375 | 0.333 | 0.294 | 0.249 | 0.217 | 0.188 | 0.171 |
| 1 : 2.5 | 0.306 | 0.274 | 0.242 | 0.209 | 0.184 | 0.161 | 0.147 |
| 1 : 2.25 | 0.301 | 0.270 | 0.240 | 0.206 | 0.181 | 0.159 | 0.145 |
| 1 : 2.00 | 0.295 | 0.265 | 0.236 | 0.202 | 0.178 | 0.157 | 0.143 |
| 1 : 1.75 | 0.289 | 0.258 | 0.230 | 0.198 | 0.175 | 0.154 | 0.140 |
| 1 : 1.50 | 0.279 | 0.249 | 0.224 | 0.192 | 0.170 | 0.150 | 0.136 |
| 1 : 1.25 | 0.265 | 0.239 | 0.214 | 0.184 | 0.163 | 0.144 | 0.131 |
| 1 : 1.00 | 0.250 | 0.225 | 0.202 | 0.174 | 0.154 | 0.137 | 0.125 |

5.1.2. Công thức tính áp lực đất

Bảng 5-2. Công thức tính áp lực đất

| TT | Sơ đồ | Công thức xác định góc kẹp θ giữa mặt trượt nguy hiểm và mặt thẳng đứng | Hệ số lực đẩy | Lực đẩy tác dụng lên toàn bộ tường | Số liệu vẽ biểu đồ áp lực đất |
|-----|-------|---|---|--|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $\mu_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu_a$ |
| 2 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $\mu_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H}\right) \mu_a$ | $\sigma_0 = \gamma h_0 \mu_a$ $\sigma_H = \gamma(H + h_0) \mu_a$ |
| 3 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi$ $+ \sqrt{\left(1 + \operatorname{tg}^2\varphi\right) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ trong đó: $A = \frac{2ah_0}{H(H + 2h_0)}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H}\right) \mu_a$ | $h = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0}$ $\sigma'_h = \gamma h \mu'_a$ $\sigma''_h = \gamma(h + h_0) \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma(H + h_0) \mu'_a$ |

Bảng 5-2 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----|---|---|--|--------------------------------------|---|
| 4 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 - \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó: $A = \frac{2bh_0}{H^2}$</p> | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $h_1 = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0};$ $h_2 = \frac{a + b}{\operatorname{tg}\theta_0}$ $\sigma'_{h_1} = \gamma h_1 \mu'_a$ $\sigma''_{h_1} = \gamma (h_1 + h) \mu'_a$ $\sigma'_{h_2} = \gamma (h_2 + h_0) \mu'_a$ $\sigma''_{h_2} = \gamma h_2 \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |
| 5 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 - \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó: $A = \frac{2bh_0}{H^2}$</p> | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $h = \frac{b}{\operatorname{tg}\theta_0}$ $\sigma_0 = \gamma h_0 \mu'_a$ $\sigma'_h = \gamma (h + h_0) \mu'_a$ $\sigma''_h = \gamma h \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |
| 6 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = \frac{-\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 - \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}}{1 - (1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi) (1 - \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\theta_0)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |

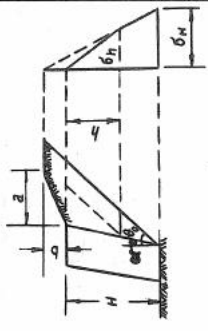
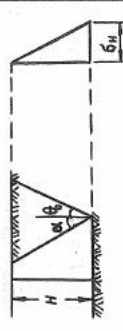
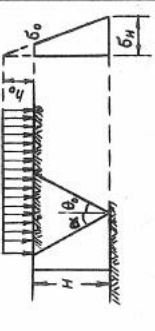
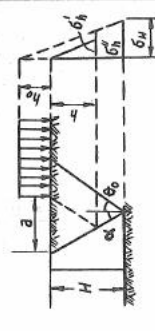
Bảng 5-2 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----|-----|---|--|--|--|
| 7 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi$ | $\mu_a = \cos^2\varphi$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu_a$ |
| 8 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi} \right)}$ <p>trong đó:</p> $A = \frac{ab}{(H + b)^2}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\left\{ \operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi) \right\} (1 - \operatorname{tg}\varepsilon \operatorname{tg}\theta_0)}$ $\mu''_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma (H + b)^2 \mu_a$ | $h = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0} - b$ $\sigma_h = \gamma h \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma (H + b) \mu''_a$ |
| 9 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} \right)}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu_a$ |
| 10 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} \right)}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H} \right) \mu_a$ | $\sigma_0 = \gamma h_0 \mu_a$ $\sigma_H = \gamma (H + h_0) \mu_a$ |

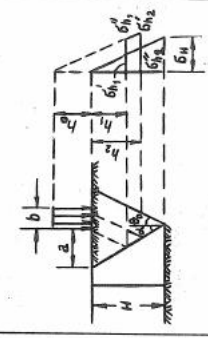
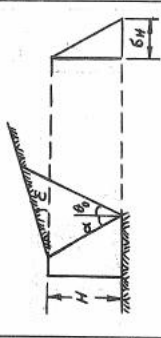
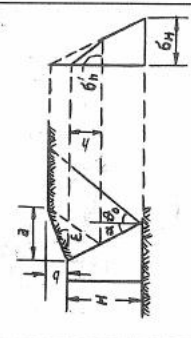
Bảng 5-2 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----|-----|--|--|--|--|
| 11 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó:</p> $A = \operatorname{tg}\alpha + \frac{2h_0 a}{H(H + 2h_0)}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H}\right) \mu_a$ | $h = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma'_h = \gamma h \mu'_a$ $\sigma''_h = \gamma (h + h_0) \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma (H + h_0) \mu'_a$ |
| 12 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó:</p> $A = \operatorname{tg}\alpha - \frac{2h_0 b}{H^2}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $h_1 = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_2 = \frac{a + b}{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma'_{h_1} = \gamma h_1 \mu'_a$ $\sigma''_{h_1} = \gamma (h_1 + h_0) \mu'_a$ $\sigma'_{h_2} = \gamma h_2 \mu'_a$ $\sigma''_{h_2} = \gamma (h_2 + h_0) \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |
| 13 | | $\operatorname{tg}\theta_0 = \frac{(\operatorname{tg}^2\varphi + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}{\operatorname{tg}\varepsilon (1 + \operatorname{tg}^2\varphi) - \operatorname{tg}\varphi (1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}$ $\mu'_a = \frac{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi)(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varepsilon)}{\sqrt{(\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\alpha)(1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}} \cdot \frac{\operatorname{tg}\varepsilon (1 + \operatorname{tg}^2\varphi) - \operatorname{tg}\varphi}{(1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}$ | $\mu'_a = \frac{(\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha)}{(1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)} \cdot \frac{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}{(1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varepsilon)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |

Bảng 5-2 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----|---|--|---|--|--|
| 14 |  | $\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_0 &= -\operatorname{tg}\varphi \\ &+ \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi} \right)} \\ \text{trong đó:} \\ A &= \operatorname{tg}\alpha + \frac{(a - b\operatorname{tg}\alpha)b}{(H + b)^2} \end{aligned}$ | $\begin{aligned} \mu_a &= \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)} \\ \mu'_a &= \frac{(\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha) \cdot (1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi)}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)} \\ \mu''_a &= \frac{(1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varphi) \cdot \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)} \end{aligned}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma (H + b) \mu_a$ | $\begin{aligned} h &= a \frac{1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\theta_0 - \operatorname{tg}\alpha} \\ \sigma_h &= \gamma h \mu'_a \\ \sigma_H &= \gamma (H + b) \mu''_a \end{aligned}$ |
| 15 |  | $\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_0 &= -\operatorname{tg}\varphi \\ &+ \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} \right)} \end{aligned}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu_a$ |
| 16 |  | $\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_0 &= -\operatorname{tg}\varphi \\ &+ \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} \right)} \end{aligned}$ | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H} \right) \mu_a$ | $\begin{aligned} \sigma_0 &= \gamma h_0 \mu_a \\ \sigma_h &= \gamma (h_0 + H) \mu_a \end{aligned}$ |
| 17 |  | $\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_0 &= -\operatorname{tg}\varphi \\ &+ \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi} \right)} \\ \text{trong đó:} \\ A &= -\operatorname{tg}\alpha + \frac{2h_0 a}{H(H + 2h_0)} \end{aligned}$ | $\begin{aligned} \mu_a &= \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)} \\ \mu'_a &= \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)} \end{aligned}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(1 + \frac{2h_0}{H} \right) \mu_a$ | $\begin{aligned} h &= \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha} \\ \sigma'_h &= \gamma h \mu'_a \\ \sigma''_h &= \gamma (h + h_0) \mu'_a \\ \sigma_H &= \gamma (H + h_0) \mu'_a \end{aligned}$ |

Bảng 5-2 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----|---|---|---|--|--|
| 18 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó: $A = -\operatorname{tg}\alpha - \frac{2h_0b}{H^2}$</p> | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $h_1 = \frac{a}{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_2 = \frac{a + b}{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma'_{h_1} = \gamma h_1 \mu'_a$ $\sigma''_{h_1} = \gamma (h_1 + h_0) \mu'_a$ $\sigma'_{h_2} = \gamma h_2 \mu'_a$ $\sigma''_{h_2} = \gamma (h_2 + h_0) \mu'_a$ $\sigma_H = \gamma H \mu'_a$ |
| 19 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = \frac{\operatorname{tg}^2\varphi - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon}{\operatorname{tg}\varepsilon(1 + \operatorname{tg}^2\varphi)} - \frac{\operatorname{tg}\varphi(1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}{\sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi)(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varepsilon)}}$ $- \frac{\operatorname{tg}\varepsilon(1 + \operatorname{tg}^2\varphi)}{\operatorname{tg}\varepsilon(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) - \operatorname{tg}\varphi(1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}$ | $\mu_a = \frac{(\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi) \cdot (1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varepsilon)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a$ | $\sigma_H = \gamma H \mu_a$ |
| 20 |  | $\operatorname{tg}\theta_0 = -\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) \left(1 + \frac{A}{\operatorname{tg}\varphi}\right)}$ <p>trong đó: $A = -\operatorname{tg}\alpha + \frac{(a + b)\operatorname{tg}\alpha}{(H + b)^2}$</p> | $\mu_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 - A}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ $\mu'_a = \frac{(\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}{(1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varepsilon) \cdot (1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varepsilon)}$ $\mu''_a = \frac{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi)}$ | $E_a = \frac{1}{2} \gamma (H + b)^2 \mu_a$ | $h = a \frac{1 - \operatorname{tg}\theta_0 \operatorname{tg}\varepsilon}{\operatorname{tg}\theta_0 + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_h = \gamma h \mu_a$ $\sigma_H = \gamma (H + b) \mu''_a$ |

5.1.3. Công thức tính áp lực đất bị động

$$E' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (5-2)$$

Trong đó: γ - Trọng lượng đơn vị của đất (t/m^3);

h - Chiều cao cột đất tính toán (m);

φ - Góc nội ma sát của đất (độ).

5.2. TÍNH ÁP LỰC ĐẤT THEO CÔNG THỨC CỦA COULOMB

5.2.1. Áp lực đất chủ động

$$E = \frac{1}{2} \gamma h^2 \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin \varphi}{\cos \delta}} \right]^2} = \frac{1}{2} \gamma h^2 \mu$$

Trong đó: γ - Dung trọng của đất đắp (t/m^3);

h - Chiều cao cột đất tính toán (m);

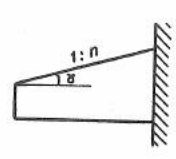
φ - Góc nội ma sát của đất (độ);

δ - Góc ma sát của đất đắp với lưng mố cầu hoặc lưng tường chắn (độ);

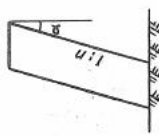
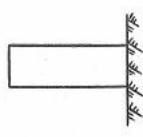
μ - Hệ số áp lực đất chủ động (xem bảng 5-3);

E - Áp lực đất chủ động trên 1m chiều rộng.

Bảng 5-3. Bảng hệ số áp lực đất chủ động của Coulomb

| Độ dốc của lưng tường | | Góc ma sát của đất đắp với lưng tường δ (độ) | Hệ số áp lực đất chủ động μ | | | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
| | | | Góc nội ma sát của đất φ (độ) | | | | | | | | |
| (1) | (2) | (3) | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | | | |
| | | | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | | | |
|  | 1 : 0.33 ($\alpha = 18^{\circ}26'$) | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.598 | 0.523 | 0.459 | 0.402 | 0.353 | 0.307 | | | |
| | | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.594 | 0.522 | 0.461 | 0.408 | 0.362 | 0.321 | | | |
| | 1 : 0.29 ($\alpha = 15^{\circ}57'$) | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.572 | 0.498 | 0.433 | 0.376 | 0.327 | 0.283 | | | |
| | | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.569 | 0.496 | 0.435 | 0.381 | 0.334 | 0.295 | | | |
| | 1 : 0.25 ($\alpha = 14^{\circ}02'$) | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.556 | 0.479 | 0.414 | 0.358 | 0.309 | 0.265 | | | |
| | | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.550 | 0.477 | 0.414 | 0.361 | 0.313 | 0.277 | | | |
| | 1 : 0.20 ($\alpha = 11^{\circ}19'$) | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.532 | 0.455 | 0.390 | 0.334 | 0.285 | 0.241 | | | |
| | | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.525 | 0.452 | 0.389 | 0.336 | 0.289 | 0.249 | | | |

Bảng 5-3 (Tiếp theo)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|---|------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 1 : 0.29 | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.351 | 0.269 | 0.203 | 0.150 | 0.110 | 0.077 |
| | ($\alpha = 15^{\circ}57'$) | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.340 | 0.260 | 0.196 | 0.147 | 0.108 | 0.076 |
| | 1 : 0.25 | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.363 | 0.279 | 0.214 | 0.161 | 0.119 | 0.086 |
| | ($\alpha = 14^{\circ}02'$) | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.352 | 0.271 | 0.208 | 0.157 | 0.117 | 0.085 |
| | 1 : 0.20 | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.377 | 0.295 | 0.229 | 0.176 | 0.133 | 0.098 |
| | ($\alpha = 11^{\circ}19'$) | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.366 | 0.237 | 0.223 | 0.173 | 0.132 | 0.098 |
|  | 1 : 0 | $\frac{1}{2} \varphi$ | 0.446 | 0.368 | 0.301 | 0.247 | 0.198 | 0.160 |
| | ($\alpha = 0$) | $\frac{2}{3} \varphi$ | 0.433 | 0.361 | 0.297 | 0.245 | 0.199 | 0.162 |

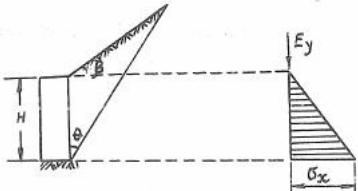
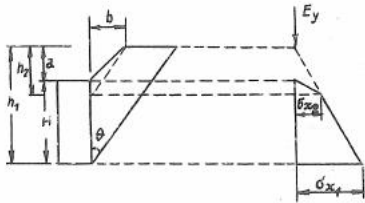
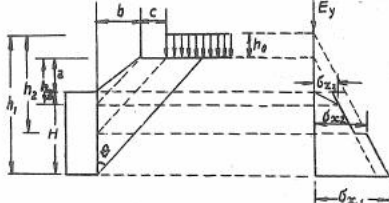
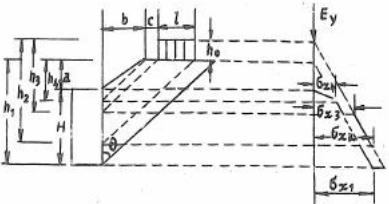
5.2.2. Công thức tính áp lực đất trong các trường hợp khác nhau

Bảng 5-4. Công thức tính toán

| TT | Sơ đồ | Công thức xác định góc kẹp giữa mặt trượt nguy hiểm và mặt thẳng đứng |
|-----|-------|---|
| (1) | (2) | (3) |
| 1 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{\operatorname{tg}\theta_2 (\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \delta + \varphi$</p> |
| 2 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \delta + \varphi$ $A_0 = \frac{1}{2}H^2 + Hh_0; B_0 = Ch_0$</p> |
| 3 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \delta + \varphi$ $A_0 = \frac{1}{2}H^2 + Hh_0; B_0 = lh$</p> |
| 4 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}H^2; B_0 = -2lh_0$</p> |
| 5 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}H^2 + Hh_0$ $B_0 = (c + d)h$</p> |

áp lực đất trong các trường hợp

| Hệ số lực đẩy | Lực đẩy tác dụng lên tường | Số liệu về biểu đồ áp lực đất |
|---|---|--|
| (4) | (5) | (6) |
| $\mu_x = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}(\theta + \varphi) + \text{tg}\delta}$ | $E = A \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} \text{tg}\theta$ trong đó: $A = A_0 \gamma; A_0 = \frac{1}{2} H^2$ | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_x = \gamma H \mu_x$ |
| $\mu_x = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}(\theta + \varphi) + \text{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \text{tg}\theta - B)$ trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x$ $h_1 = H + h_0$ $h_2 = \text{ctg}\theta + h_0$ |
| $\mu_x = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}(\theta + \varphi) + \text{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \text{tg}\theta - B)$ trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x$ $h_1 = H_3; h_2 = h_0 + (c + l) \text{ctg}\theta$ $h_3 = h_0 + \text{ctg}\theta$ |
| $\mu_x = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}(\theta + \varphi) + \text{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \text{tg}\theta - B)$ trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; h_1 = H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; h_2 = h_0 + \frac{c + d + 2l}{\text{tg}\theta}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; h_3 = h_0 + \frac{c + d + l}{\text{tg}\theta}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; h_4 = h_0 + \frac{c + l}{\text{tg}\theta}$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x; h_5 = h_0 + \frac{c}{\text{tg}\theta}$ |
| $\mu_x = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}(\theta + \varphi) + \text{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \text{tg}\theta - B)$ trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; h_1 = H + h_0$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; h_2 = h_0 + \frac{c + d + l}{\text{tg}\theta}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; h_3 = h_0 + \frac{c + l}{\text{tg}\theta}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; h_4 = h_0 + \frac{c}{\text{tg}\theta}$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|---|--|
| 6 |  | $\operatorname{tg}\theta = \frac{-Q \pm \sqrt{Q^2 - 4PR}}{2P}$ <p>trong đó:</p> $P = \sin\beta \cos(\theta_1 - \theta_2) - \sin\theta_1 \cos\theta_2 \cos\beta$ $Q = -2 \cos\beta \sin\theta_1 \sin\theta_2$ $R = \cos\theta_1 \sin\theta_2 \cos\beta$ |
| 7 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}(a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2}ab$ |
| 8 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = (a + H + 2h_0) \frac{a + H}{2}$ $B_0 = \frac{1}{2}ab + (b + c)h$ |
| 9 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}(a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2}ab - lh_0$ |

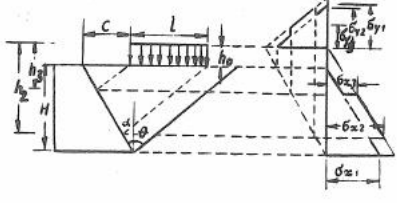
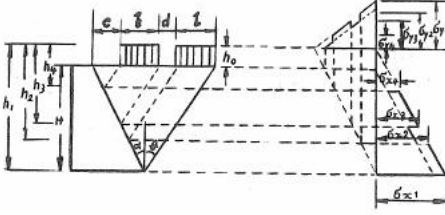
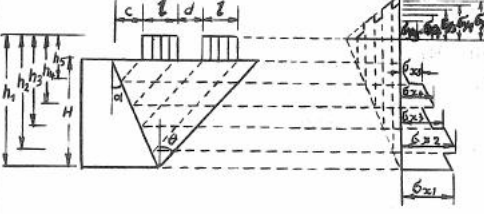
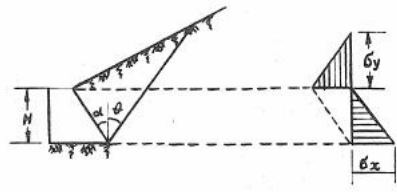
Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|--|---|--|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\theta(1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\theta)}$ | $E = \frac{A \sin\theta \cos(\theta + \theta_1)}{\cos(\theta + \beta) \sin(\theta + \theta_2)}$ <p>trong đó: $\theta_1 = \varphi$ $\theta_2 = \varphi + \delta$ $A = A_0 \gamma; A_0 = \frac{1}{2} H^2 \cos\beta$</p> | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_x = \gamma H \mu_x$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$</p> | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = \frac{b}{\operatorname{tg}\theta}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$</p> | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $h_1 = a + H + h_0$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c}{\operatorname{tg}\theta}$ $h_3 = \frac{b}{\operatorname{tg}\theta}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$</p> | $E_x = E \cos\delta$ $E_y = E \sin\delta$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{(b + c + l)}{\operatorname{tg}\theta}$ $h_3 = h_0 + \frac{(b + c)}{\operatorname{tg}\theta}$ $h_4 = \frac{b}{\operatorname{tg}\theta}$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|-----|--|
| 10 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = (a + H + 2h_0) \frac{a + H}{2}$ $B_0 = \frac{1}{2}ab + (b + c + d)h_0$ |
| 11 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}(a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2}ab - 2lh_0$ |
| 12 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2}H^2$ $B_0 = -\frac{1}{2}H^2\operatorname{tg}\alpha$ |
| 13 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta + \alpha$ $A_0 = \frac{H}{2}(H + 2h_0)$ $B_0 = ch_0 - \frac{H}{2}(H + 2h_0)\operatorname{tg}\alpha$ |

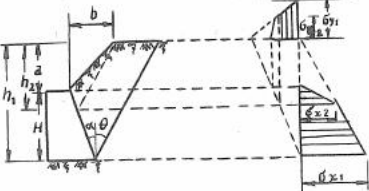
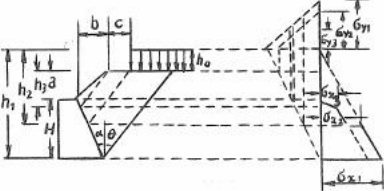
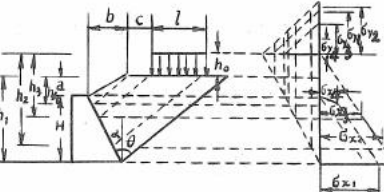
Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|---|---|---|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma$; $B = B_0 \gamma$</p> | $\begin{aligned} E_x &= E \cos\delta \\ E_y &= E \sin\delta \\ \sigma_{x1} &= \gamma h_1 \mu_x; & h_1 &= a + H + h_0 \\ \sigma_{x2} &= \gamma h_2 \mu_x; & h_2 &= h_0 + \frac{b + c + l + d}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x3} &= \gamma h_3 \mu_x; & h_3 &= h_0 + \frac{b + c + l}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x4} &= \gamma h_4 \mu_x; & h_4 &= h_0 + \frac{b + c}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x5} &= \gamma h_5 \mu_x; & h_5 &= \frac{b}{\operatorname{tg}\theta} \end{aligned}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}\delta}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma$; $B = B_0 \gamma$</p> | $\begin{aligned} E_x &= E \cos\delta \\ E_y &= E \sin\delta \\ \sigma_{x1} &= \gamma h_1 \mu_x; & h_1 &= a + H \\ \sigma_{x2} &= \gamma h_2 \mu_x; & h_2 &= h_0 + \frac{b + c + d + 2l}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x3} &= \gamma h_3 \mu_x; & h_3 &= h_0 + \frac{b + c + d + l}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x4} &= \gamma h_4 \mu_x; & h_4 &= h_0 + \frac{b + c + l}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x5} &= \gamma h_5 \mu_x; & h_5 &= h_0 + \frac{b + c}{\operatorname{tg}\theta} \\ \sigma_{x6} &= \gamma h_6 \mu_x; & h_6 &= \frac{b}{\operatorname{tg}\theta} \end{aligned}$ |
| $\begin{aligned} \mu_x &= \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)} \\ \mu_y &= \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha) (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha} \end{aligned}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma$; $B = B_0 \gamma$</p> | $\begin{aligned} E_x &= E \cos(\delta + \alpha) \\ E_y &= E \sin(\delta + \alpha) \\ \sigma_x &= \gamma H \mu_x; \\ \sigma_y &= \gamma H \mu_y; \end{aligned}$ |
| $\begin{aligned} \mu_x &= \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)} \\ \mu_y &= \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha) (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha} \end{aligned}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó: $A = A_0 \gamma$; $B = B_0 \gamma$</p> | $\begin{aligned} E_x &= E \cos(\delta + \alpha) \\ E_y &= E \sin(\delta + \alpha) \\ \sigma_{x1} &= \gamma h_1 \mu_x l; & h_1 &= H + h_0 \\ \sigma_{x2} &= \gamma h_2 \mu_x l; & h_2 &= h_0 + \frac{C}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha} \\ \sigma_{y1} &= \gamma h_1 \mu_y l; \\ \sigma_{y2} &= \gamma h_2 \mu_y l; \end{aligned}$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|---|--|
| 14 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \alpha + \delta + \varphi$ $A_0 = \frac{H^2}{2}$ $B_0 = -\frac{1}{2} H^2 \operatorname{tg}\alpha - l h_0$ |
| 15 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2 + H h_0$ $B_0 = (c + d) h_0 - \frac{H}{2} (H + 2h_0) \operatorname{tg}\alpha$ |
| 16 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2$ $B_0 = -\frac{H^2}{2} \operatorname{tg}\alpha - 2l h_0$ |
| 17 |  | $\operatorname{tg}\theta = \frac{-Q \pm \sqrt{Q^2 - 4PR}}{2P}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $P = \cos\alpha \sin\beta \cos(\theta_1 - \theta_2) - \sin\theta_1 \cos\theta_2 \cos(\alpha - \beta)$ $Q = \cos(\alpha - \beta) \cos(\theta_1 - \theta_2) - \cos(\alpha - \beta) \cos(\theta_1 - \theta_2)$ $R = \cos\theta_1 \sin\theta_2 \cos(\alpha - \beta) - \cos\alpha \sin\beta \cos(\theta_1 - \theta_2)$ |

Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|--|---|--|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)]\operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A\operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E\cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E\sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)]\operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A\operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E\cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E\sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = H + h_0$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{c + d + l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y; h_4 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)]\operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A\operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E\cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E\sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{c + d + 2l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = h_0 + \frac{c + d + l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y; h_4 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x; \sigma_{y5} = \gamma h_5 \mu_y; h_5 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)(1 + \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)](1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\theta)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)(1 + \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)](1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\theta)\operatorname{tg}\alpha}$ | $E = A_0 \gamma \frac{\sin(\theta + \alpha)\cos(\theta + \theta_1)}{\cos(\theta + \beta)\sin(\theta + \theta_2)}$ <p>trong đó:</p> $A = \frac{1}{2} H^2 \sec^2 \alpha \cos(\alpha - \beta)$ | $E_x = E\cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E\sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_x = \gamma H \mu_x;$ $\sigma_y = \gamma H \mu_y;$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|---|---|
| 18 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2} ab - \frac{H}{2} (2a + H)\operatorname{tg}\alpha$ |
| 19 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H + 2h_0)(a + H)$ $B_0 = \frac{1}{2} ab + (c + b)h_0 - \frac{H}{2} (2a + H + 2h_0)\operatorname{tg}\alpha$ |
| 20 |  | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2} ab - lh_0 - \frac{H}{2} (2a + H)\operatorname{tg}\alpha$ |

Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|---|---|---|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = \frac{b + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $h_1 = h_0 + a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = \frac{b + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; \quad \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + l + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{b + c + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}; \quad h_4 = \frac{b + \operatorname{atg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $\sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y;$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|-----|---|
| 21 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H + 2h_0) (a + H)$ $B_0 = \frac{1}{2} ab + (b + c + d) h_0 - \frac{H}{2} (H + 2a + 2h_0) \operatorname{tg}\alpha$ |
| 22 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2$ $B_0 = -\frac{1}{2} H^2 \operatorname{tg}\alpha$ |
| 23 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2$ $B_0 = \frac{1}{2} H^2 \operatorname{tg}\alpha \cdot l h_0$ |
| 24 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2) \left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0} \right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2$ $B_0 = \frac{1}{2} H^2 \operatorname{tg}\alpha \cdot l h_0$ |

Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|---|---|---|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta + \alpha)(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta + \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta + \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x;$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x;$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $\sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y;$ $\sigma_{y5} = \gamma h_5 \mu_y;$ $h_1 = h_0 + a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + d + l + a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{b + c + l + a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_4 = h_0 + \frac{b + c + a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ $h_5 = \frac{b + a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_x = \gamma H \mu_x;$ $\sigma_y = \gamma H \mu_y;$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $h_1 = h_0 + H$ $h_2 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x;$ $\sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $h_1 = H_0$ $h_2 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|-----|--|
| 25 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi + \delta - \alpha$ $A_0 = \frac{1}{2} H^2$ $B_0 = \frac{1}{2} H^2 \operatorname{tg}\alpha - 2lh_0$ |
| 26 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} H (H + 2h_0)$ $B_0 = \frac{1}{2} H (H + 2h_0) \operatorname{tg}\alpha + (c + d)h_0$ |
| 27 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2} ab + \frac{1}{2} H (2a + H) \operatorname{tg}\alpha$ |
| 28 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H + 2h_0)(a + H)$ $B_0 = \frac{1}{2} ab + (b + c)h_0 + \frac{1}{2} H (2a + H + 2h_0) \operatorname{tg}\alpha$ |

Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|---|---|--|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{c + 2l + d}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = h_0 + \frac{c + l + d}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y; h_4 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x; \sigma_{y5} = \gamma h_5 \mu_y; h_5 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = H + h_0$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{c + l + d}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = h_0 + \frac{c + l}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y; h_4 = h_0 + \frac{c}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \gamma \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A_0 \operatorname{tg}\theta - B_0)$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = a + H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = \frac{b - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \gamma \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A_0 \operatorname{tg}\theta - B_0)$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y; h_1 = h_0 + a + H$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y; h_2 = h_0 + \frac{b + c - c \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y; h_3 = \frac{b - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |

| (1) | (2) | (3) |
|-----|-----|--|
| 29 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2} ab - lh_0 + \frac{1}{2} H (H + 2a)\operatorname{tg}\alpha$ |
| 30 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha + \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H + 2h_0) (a + H)$ $B_0 = \frac{1}{2} ab + (b + c + d)h + \frac{1}{2} H (2a + H + 2h_0)\operatorname{tg}\alpha$ |
| 31 | | $\operatorname{tg}\theta = -\operatorname{tg}\theta_2 + \sqrt{(\operatorname{ctg}\theta_1 + \operatorname{tg}\theta_2)\left(\operatorname{tg}\theta_2 + \frac{B_0}{A_0}\right)}$ <p>trong đó:</p> $\theta_1 = \varphi, \theta_2 = \varphi - \alpha - \delta$ $A_0 = \frac{1}{2} (a + H)^2$ $B_0 = \frac{1}{2} ab - 2lh_0 + \frac{1}{2} H (H + 2a)\operatorname{tg}\alpha$ |

Bảng 5-4 (Tiếp theo)

| (4) | (5) | (6) |
|---|---|--|
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \gamma \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A_0 \operatorname{tg}\theta - B_0)$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \quad \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \quad \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \quad \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \quad \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + l - c \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{b + c - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_4 = \frac{b - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta + \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \quad \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \quad \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \quad \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \quad \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y;$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x; \quad \sigma_{y5} = \gamma h_5 \mu_y;$ $h_1 = h_0 + a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + d + l - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{b + c + l - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_4 = h_0 + \frac{b + c - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_5 = \frac{b - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |
| $\mu_x = \frac{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)}$ $\mu_y = \frac{\operatorname{tg}(\delta - \alpha)(\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha)}{[\operatorname{tg}(\theta + \varphi) + \operatorname{tg}(\delta - \alpha)] \operatorname{tg}\alpha}$ | $E = \frac{\cos(\theta + \theta_1)}{\sin(\theta + \theta_2)} (A \operatorname{tg}\theta - B)$ <p>trong đó:</p> $A = A_0 \gamma;$ $B = B_0 \gamma$ | $E_x = E \cos(\delta - \alpha)$ $E_y = E \sin(\delta - \alpha)$ $\sigma_{x1} = \gamma h_1 \mu_x; \quad \sigma_{y1} = \gamma h_1 \mu_y;$ $\sigma_{x2} = \gamma h_2 \mu_x; \quad \sigma_{y2} = \gamma h_2 \mu_y;$ $\sigma_{x3} = \gamma h_3 \mu_x; \quad \sigma_{y3} = \gamma h_3 \mu_y;$ $\sigma_{x4} = \gamma h_4 \mu_x; \quad \sigma_{y4} = \gamma h_4 \mu_y;$ $\sigma_{x5} = \gamma h_5 \mu_x; \quad \sigma_{y5} = \gamma h_5 \mu_y;$ $\sigma_{x6} = \gamma h_6 \mu_x; \quad \sigma_{y6} = \gamma h_6 \mu_y;$ $h_1 = a + H$ $h_2 = h_0 + \frac{b + c + d + 2l - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_3 = h_0 + \frac{b + c + d + l - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_4 = h_0 + \frac{b + c + l - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_5 = h_0 + \frac{b + c - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ $h_6 = \frac{b - a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\theta - \operatorname{tg}\alpha}$ |