

Chương 3

KẾT CẤU GẠCH ĐÁ

Biên soạn: PGS. TS. Trần Mạnh Tuấn

Hiệu đính: GS. TS. Nguyễn Xuân Bảo

Gạch đá là loại vật liệu địa phương sẵn có và dễ dàng khai thác, sản xuất. Bằng gạch đá có thể xây dựng được các công trình thủy lợi nhỏ, rẻ, đẹp và đủ độ bền, phù hợp với điều kiện của các địa phương, đặc biệt là các công trình nhỏ ở miền núi, vùng sâu xa còn nhiều khó khăn về vật liệu xây dựng. Gạch đá được dùng để xây dựng các cầu giao thông nông thôn, cống lấy nước, tiêu nước trên các hệ thống thủy lợi và nhiều công trình dân dụng và công nghiệp khác.

Kinh nghiệm xây dựng các công trình bằng gạch đá của các địa phương cũng rất phong phú và làm cho loại vật liệu xây dựng này được sử dụng ngày càng rộng rãi trong xây dựng các công trình thủy lợi. Vật liệu xây dựng gạch đá không chỉ rẻ tiền, dùng ít xi măng, không cần cốt thép, mà công việc xây dựng cũng khá đơn giản, dễ thi công, vật liệu sẵn có khắp nơi, công trình bằng vật liệu gạch đá có đủ độ bền và dùng được lâu.

Các phương pháp tính toán, cấu tạo các kết cấu bằng gạch đá ngày càng hoàn thiện và tạo điều kiện để nhiều công trình qui mô nhỏ được xây dựng với chi phí nhỏ mà vẫn đảm bảo độ bền và yêu cầu sử dụng, phù hợp với điều kiện phát triển kinh tế, đặc biệt là các công trình hạ tầng nhỏ ở nông thôn.

Nội dung phương pháp tính toán kết cấu gạch đá trong phần này được giới thiệu chủ yếu theo các tài liệu và tiêu chuẩn tính toán mới nhất. Các đơn vị sử dụng được dùng theo các đơn vị thông dụng và có ghi chú theo đơn vị cũ để thuận tiện so sánh và tham khảo.

3.1. VẬT LIỆU DÙNG TRONG KHỐI XÂY GẠCH ĐÁ

3.1.1. Gạch

3.1.1.1. Phân loại gạch

Theo khối lượng riêng trung bình, gạch được chia thành gạch nặng, gạch nhẹ và gạch rất nhẹ. Gạch dùng trong công trình thủy lợi chủ yếu là gạch nặng, có trọng lượng riêng $\gamma > 1800 \text{ daN/m}^3$ như các loại gạch đặc, gạch bê tông đặc nặng hoặc gạch rỗng có độ rỗng toàn phần nhỏ hơn 30%, v.v...

Kích thước của viên gạch được quy định phù hợp với sức khoẻ trung bình của người thợ xây khi nhắc viên gạch ở mỗi nước có khác nhau. Gạch đất sét nung của Việt Nam theo quy định có kích thước là 220×150×60 mm.

3.1.1.2. Cường độ của gạch

Tính chất quan trọng của gạch đá là cường độ, đặc trưng bằng mác hay số hiệu của nó. Mác gạch đá biểu thị cường độ của chúng khi chịu nén hoặc chịu uốn.

Giới hạn cường độ chịu kéo của gạch chỉ vào khoảng 5÷10% giới hạn cường độ của gạch khi chịu nén.

Mác gạch được xác định trên cơ sở cường độ trung bình và cường độ bé nhất của mẫu thử khi nén và khi uốn.

Trong bảng 3-1 giới thiệu một số tiêu chuẩn về mác gạch đất sét nung.

Bảng 3-1. Tiêu chuẩn về mác gạch đất sét nung

Mác (số hiệu gạch)	Cường độ mẫu nén, daN/cm ² (kG/cm ²)		Cường độ mẫu uốn, daN/cm ² (kG/cm ²)	
	Trung bình	Bé nhất	Trung bình	Bé nhất
150	150	100	28	14
100	100	75	22	11
75	75	50	18	9
50	50	35	16	8

Mác của gạch dùng trong khối xây dựng các công trình thủy lợi thường là 100 và 150.

Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của gạch đất sét gần như theo quy luật đường thẳng. Môđun đàn hồi xác định bằng thí nghiệm và có giá trị như sau:

- Đối với gạch đất sét dẻo và gạch silicat:

$$E_g = (1 \div 2) \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2. \quad (3.1)$$

- Đối với gạch đất sét ép khô:

$$E_g = (0,2 \div 0,4) \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2. \quad (3.2)$$

Hệ số biến dạng ngang của gạch tăng theo cùng với sự tăng ứng suất; với gạch đất sét nung hệ số đó bằng 0,03 đến 0,1.

3.1.2. Đá

Đá xây dựng được dùng làm móng và vật liệu trang trí, ốp lát nhà và công trình. Yêu cầu chung là đá không bị phong hoá, không có các vết nứt nẻ lớn.

Đá được khai thác trực tiếp từ trong tự nhiên, có thể được gia công đến một mức độ nào đó để có hình dáng và kích thước nhất định. Trong công trình thủy lợi thường dùng các loại đá sau: đá hộc dùng cho khối đá xây, đá đẽo, đá chẻ dùng cho khối đá lát mái, ...

Đá có các loại mác từ 4, 10, 25 đến 3000. Trong xây dựng dùng các loại đá nặng và đá nhẹ. Đá nặng có trọng lượng riêng $\gamma \geq 1800 \text{ daN/m}^3$ và thường gặp là đá hoa

cương, đá vôi sa thạch, đá bazan, đolômit, gabbro, v.v... Đá nhẹ có trọng lượng riêng $\gamma < 1800 \text{ daN/m}^3$, thường gặp là các loại đá bọt, đá tuff, đá vôi vỏ sò, v.v...

3.1.3. Vữa

3.1.3.1. Yêu cầu và tác dụng

Vật liệu vữa dùng trong khối xây gạch đá phải có cường độ nhất định, tính bền vững cần thiết, tính linh động (tính dẻo), độ sệt, khả năng giữ nước, bảo đảm dễ xây.

Tính linh động của vữa là khả năng rải vữa thành một lớp mỏng, đặc, đều và cân bằng được viên gạch đá, đảm bảo cho việc truyền, phân phối đều ứng suất trong khối xây. Dùng vữa linh động công việc của người thợ xây được nhẹ nhàng hơn, cho phép tăng hiệu suất lao động của họ. Tính linh động của vữa liên quan chặt chẽ tới độ sệt của vữa.

Vữa trong khối xây có tác dụng:

- Liên kết các viên gạch đá trong khối xây lại với nhau tạo nên một loại vật liệu liên khối mới.
- Truyền và phân phối ứng suất trong khối xây từ viên gạch đá này đến viên gạch đá khác.
- Lấp kín các khe hở trong khối xây.

3.1.3.2. Các loại vữa

Vữa xây dựng có thể phân loại theo trọng lượng riêng γ (daN/m^3) ở trạng thái khô. Vữa nặng có $\gamma > 1500 \text{ daN/m}^3$, vữa nhẹ có $\gamma \leq 1500 \text{ daN/m}^3$.

Các loại vữa dùng cho các công trình thủy lợi nói chung và các kết cấu gạch đá nói riêng phải tuân theo các qui định về thành phần, chất lượng của vữa thủy công đã được trình bày chi tiết trong chương 1 của tài liệu này.

Quy phạm kỹ thuật đã quy định thành phần cấp phối của các loại vữa và phạm vi sử dụng của chúng.

3.1.3.3. Cường độ và biến dạng của vữa

Cường độ của vữa được xác định bằng cách thí nghiệm các mẫu thử khối vuông, trong các điều kiện tiêu chuẩn. Mức tăng cường độ vữa phụ thuộc vào chất kết dính, môi trường và thời gian, nhanh nhất là vữa xi măng, chậm nhất là vữa vôi.

3.1.3.4. Chọn cấp phối vữa

Chọn cấp phối vữa là xác định khối lượng các thành phần của vữa.

Khối lượng xi măng Q_x (tính bằng kg cho 1 m^3 cát hạt trung bình và lớn khi độ ẩm từ 1 đến 3%) trong vữa xác định theo công thức:

$$Q_x = \frac{R_v}{0,7R_x} \cdot 1000 \text{ (kg)} \quad (3.3)$$

trong đó: R_v - mác vữa; R_x - mác xi măng.

Khi dùng cát khô lượng xi măng tăng 5%.

Lượng vôi tối trong vữa cho 1m^3 cát (tính bằng lít) được xác định theo công thức:

$$D = 170(1 - 0,002Q_x) \quad (3.4)$$

Lượng nước dùng để trộn vữa được khống chế bằng độ sụt cho trước của quả chùy chuẩn. Lượng nước có thể được xác định dựa vào điều kiện tỷ lệ nước-xi măng vào khoảng từ $1,3 \div 1,6$.

Cấp phối vữa đã chọn cần được kiểm tra bằng thử mẫu vữa tiêu chuẩn được qui định và trình bày trong chương 1 của tài liệu này.

3.2. CÁC DẠNG KHỐI XÂY GẠCH ĐÁ

3.2.1. Phân loại khối xây gạch đá

Khối xây bằng gạch đá được chia theo chiều cao hàng xây.

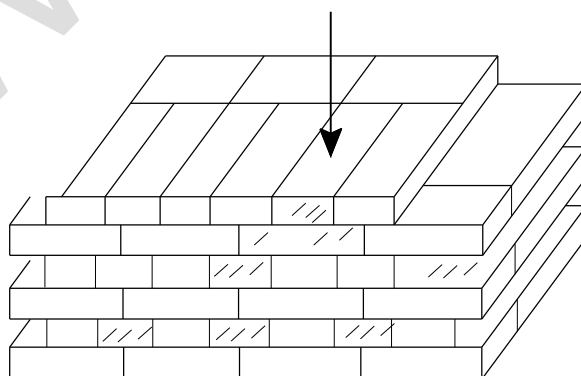
- Khối xây từ các loại khối lớn bằng bê tông, gạch và các loại khối xây khác, có chiều cao mỗi hàng xây lớn hơn 500 mm.
- Khối xây từ đá thiên nhiên và các loại đá khác, có chiều cao mỗi hàng xây từ $180 \div 350$ mm.
- Khối xây từ viên nhỏ như gạch, gốm và các viên gạch đá nhỏ khác, có chiều cao mỗi hàng xây từ $50 \div 150$ mm.

Theo cấu tạo chia thành khối xây đặc, khối xây nhiều lớp và khối xây có lỗ rỗng (ít gặp trong công trình thủy lợi).

3.2.2. Các nguyên tắc chung của việc liên kết gạch đá trong khối xây

Việc bố trí các viên gạch, đá trong khối xây phải tuân theo một số nguyên tắc sau:

- Trước hết, lực tác dụng lên khối xây cần phải vuông góc với lớp vữa nằm ngang. Các viên gạch đá trong khối xây cần phải đặt thành hàng (lớp) trong một mặt phẳng (hình 3-1).



Hình 3-1. Cách liên kết gạch đá trong khối xây

- Các mạch vữa đứng cần phải song song với mạch ngoài của khối xây và các mạch vữa ngang cần phải vuông góc với mặt ngoài của khối xây.

- Các mạch vữa đứng ở các hàng phải bố trí lệch đi một phần tư hoặc một nửa viên gạch để tránh hiện tượng trùng mạch. Có như vậy tải trọng từ bên trên truyền xuống mới phân cho toàn bộ khối xây (hình 3-1).

Khối xây gạch đá thường đặt theo hàng ngang. Tùy theo vị trí trong khối xây mà viên gạch đá được chia thành gạch mặt trong và gạch mặt ngoài. Viên gạch đặt dọc theo chiều dài khối xây gọi là gạch dọc, gạch đặt ngang gọi là gạch ngang và gạch nằm trong lòng khối xây gọi là gạch chèn.

3.2.3. Yêu cầu về giằng trong khối xây gạch đá

Giằng là trình tự xây các viên gạch (đá) này so với các viên gạch (đá) khác ở trong khối xây. Trong khối xây, giằng được giải quyết bằng cách xây từng hàng ngang và dọc xen kẽ hoặc hỗn hợp vừa ngang vừa dọc trong từng hàng.

3.2.3.1. Trong khối xây đặc

Đối với khối xây bằng gạch có chiều cao mỗi hàng 65mm, dùng cách xây hỗn hợp vừa ngang vừa dọc trong từng hàng, hoặc ba dọc một ngang, hoặc năm dọc một ngang.

3.2.3.2. Trong khối xây nhiều lớp

Khối xây hai lớp bao gồm lớp khối xây đặc chịu lực chính và lớp ốp (bằng gạch gốm, gạch bê tông, đá thiên nhiên). Lớp ốp liên kết vào khối xây cơ bản của tường nhờ các giằng ăn sâu vào nửa viên gạch hoặc sâu hơn. Các hàng giằng cách nhau từ ba đến năm hàng gạch theo chiều cao của tường.

3.3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA KHỐI XÂY GẠCH ĐÁ

3.3.1. Trạng thái ứng suất của gạch đá và vữa trong khối xây chịu nén đúng tâm

Kết quả thí nghiệm cho thấy, ngay cả khi khối xây chịu trọng tải nén phân bố đều trên toàn bộ tiết diện thì trạng thái ứng suất trong các viên gạch đá và vữa cũng rất phức tạp. Chúng đồng thời chịu nén, nén cục bộ, uốn, cắt và kéo.

Khi nén khối xây, ứng suất sẽ tập trung tại những chỗ có độ cứng lớn. Điều đó có thể diễn tả bằng mô hình là một vật thể cứng (viên gạch), chịu tác dụng của tải trọng phân bố không đều, tựa lên các gối phân bố lộn xộn và có độ cứng khác nhau. Trong viên gạch xuất hiện mômen uốn, lực cắt, nén cục bộ.

Khi chịu nén, khối xây vừa có biến dạng dọc vừa có biến dạng ngang (hiện tượng nở hông), trong đó biến dạng ngang của vữa lớn hơn của gạch. Vì có lực dính và ma sát giữa gạch và vữa mà gạch ngăn cản một phần biến dạng ngang của vữa.

Trạng thái ứng suất phức tạp của viên gạch đá còn do ảnh hưởng của các mạch vữa đứng, của các lỗ rỗng trong các viên gạch đá (xung quanh các lỗ rỗng có ứng suất tập trung) và do tính chất biến dạng khác nhau của bản thân các viên gạch đá.

Trong khối xây đá học, hình dạng các viên đá không có quy cách, ứng suất tập trung lớn ở những chỗ viên đá nhô ra. Các viên đá có sự xô đẩy nhau làm ảnh hưởng đến trạng thái và trị số ứng suất.

3.3.2. Các giai đoạn làm việc của khối xây chịu nén

Giai đoạn I: Khi lực nén tác dụng còn nhỏ, ứng suất trong khối xây còn khá bé, trong khối xây chưa xuất hiện vết nứt. Tăng lực nén lên, trong khối xây xuất hiện những vết nứt nhỏ tại một số viên gạch riêng rẽ. Gọi lực nén lúc này là lực làm xuất hiện vết nứt, ký hiệu N_n .

Giai đoạn II: Tiếp tục tăng lực nén lên, các vết nứt đầu tiên mở rộng, xuất hiện thêm những vết nứt mới. Các vết nứt cũ và mới nối liền lại với nhau và nối với những mạch vữa đứng. Khối xây dần dần bị phân thành những nhánh đứng. Những nhánh này nằm trong tình trạng chịu tác dụng của tải trọng lệch tâm khác nhau. Do có độ thanh mảnh khá lớn các nhánh dễ bị uốn dọc.

Giai đoạn III: Tăng lực nén lên nữa, khối xây nhanh chóng đi đến phá hoại. Gọi lực nén lúc này là lực phá hoại, ký hiệu N_p . Giai đoạn III còn gọi là giai đoạn phá hoại. Thực ra khi khối xây ở giai đoạn II nếu ngừng tăng tải trọng thì các khe nứt vẫn tiếp tục mở rộng, phát triển và dần dần khối xây sẽ bị phá hoại. Đây là trường hợp phá hoại do tải trọng tác dụng lâu dài. Lực phá hoại khi tải trọng tác dụng lâu dài bé hơn lực tác dụng ngắn hạn.

Đối với khối xây bằng gạch có thể tham khảo các trị số trung bình của tỷ số N_n/N_p trong bảng 3-2.

Bảng 3-2. Tỷ số N_n/N_p của khối xây gạch

Loại vữa	Tỷ số N_n/N_p ứng với tuổi khối xây tính bằng ngày		
	3	28	720
Vữa xi măng	0,6	0,7	0,8

Tỷ số N_n/N_p cho phép đánh giá mức độ an toàn về cường độ của khối xây khi vừa nứt. Đối với khối xây bằng vữa vôi tuổi còn thấp khi xuất hiện các vết nứt không đáng kể thì khối xây vẫn còn một mức độ an toàn nào đấy về cường độ. Khối xây bằng vữa xi măng tuổi cao thì khi đã xuất hiện vết nứt tức là khối xây đã chịu quá tải một cách nghiêm trọng.

3.3.3. Công thức tổng quát xác định giới hạn cường độ của khối xây chịu nén đúng tâm

Để xác định cường độ của khối xây chịu nén đúng tâm, nhiều tác giả đã nghiên cứu và đưa ra những công thức tính toán. Dựa trên những kết quả thí nghiệm với nhiều loại khối xây khác nhau, trên cơ sở phân tích, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng, công thức tính toán giới hạn cường độ khối xây bằng gạch đá, bằng khối lớn và bằng đá học chịu nén đúng tâm được viết dưới dạng sau:

$$R^c = AR_g \left\{ 1 - \frac{a}{b + \frac{R_v}{2R_g}} \right\} \eta \quad (3.5)$$

Kết quả tính toán theo công thức này phù hợp với số liệu thí nghiệm, do đó từ năm 1939 nó đã được đưa vào quy phạm tính toán và được dùng cho đến nay.

Trong công thức trên:

R_g và R_v - giới hạn cường độ chịu nén của gạch và của vữa;

a, b - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào loại khối xây cho trong bảng 3-3;

A - hệ số kết cấu phụ thuộc vào cường độ và loại gạch xác định theo công thức:

$$A = \frac{100 + R_g}{100m + nR_g}, \quad (3.6)$$

m, n - hệ số phụ thuộc vào loại khối xây cho trong bảng 3-3;

η - hệ số điều chỉnh dùng cho những khối xây có số hiệu vữa thấp:

$$\text{Khi } R_v < R_o \text{ có: } \eta = \frac{\eta_o R_o + (3 - \eta_o) R_o}{R_o + 2R_v} \quad (3.7)$$

$$\text{Khi } R_v > R_o \text{ có: } \eta = 1$$

Đối với khối xây bằng gạch đá có quy cách $R_o = 0,04R_g$ và $\eta_o = 0,75$; đối với khối xây bằng đá hộc $R_o = 0,08R_g$ và $\eta_o = 0,25$.

Bảng 3-3. Các hệ số a, b, m, n

Loại khối xây	a	b	m	n
- Bằng gạch, khối lớn bằng gạch đá có hình dạng quy cách với chiều cao mỗi hàng 50 ÷ 150 mm	0,2	0,3	1,25	3,0
- Bằng gạch đặc có hình dạng quy cách, chiều cao mỗi lớp 180 ÷ 350 mm	0,15	0,3	1,1	2,5
- Bằng đá hộc	0,2	0,25	2,5	8,0

Đối với những khối xây bằng tảng bê tông lớn và bằng đá thiên nhiên, giới hạn cường độ chịu nén được xác định theo công thức sau:

$$R^c = A' R_g \left\{ 1 - \frac{a}{b + \frac{R_v}{50}} \right\}, \quad (3.8)$$

trong đó:

$R_g = 0,85R_{tk}$ với R_{tk} là số hiệu thiết kế của bê tông hoặc đá;

$A' = 0,92KA$ với K được xác định theo bảng 3-4.

Công thức (3.8) cho các kết quả phù hợp với thực tế khi $R_{tk} \leq 400$.

Bảng 3-4. Giá trị của hệ số K

Loại tầng lớn	Hệ số K
Tầng rỗng, chiều cao 50 -100mm	$(F_d/F_{ng}) \mu_1 \mu_2 \mu_3$
Tầng rỗng, chiều cao trên 100mm	$1,1 (F_d/F_{ng}) \mu_1 \mu_2 \mu_3$
Tầng đặc chiều cao 50-100mm	μ_3
Tầng đặc chiều cao trên 100mm	$1,1\mu_3$

Chú thích:

F_d và F_{ng} - diện tích phần đặc của tiết diện (không kể phần rỗng) và diện tích toàn bộ tiết diện ngang (kể cả phần đặc và phần rỗng);

μ_1 - hệ số xác định khi thí nghiệm tầng lớn; khi không có số liệu thí nghiệm lấy

$$\mu_1 = F_d/F_{ng};$$

μ_2 - hệ số giảm cường độ khối xây bằng tầng có lỗ rỗng, khi độ rỗng dưới 20% lấy

$\mu_2 = 1$, khi độ rỗng từ 21% đến 30% lấy $\mu_2 = 0,9$; khi độ rỗng trên 30% lấy

$$\mu_2 = 0,8.$$

μ_3 - hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm tầng, với tầng bằng bê tông bọt, bê tông tổ ong không dùng xi măng $\mu_3 = 0,8$; tầng bằng bê tông tổ ong có dùng xi măng và bê tông silicat và có số hiệu trên 300 lấy $\mu_3 = 0,9$; tầng bằng bê tông đặc nặng và tầng bằng đá thiên nhiên nặng $\mu_3 = 1,1$; các trường hợp khác lấy $\mu_3 = 1,0$.

Dựa vào các công thức (3.6) và (3.8) có thể thấy rằng khi cường độ của gạch không đổi thì cường độ khối xây phụ thuộc vào cường độ của vữa.

Khi cường độ của vữa $R_v = 0$ (trường hợp khối xây vừa xong) thì cường độ khối xây R^c không bằng 0, mà bằng giá trị bé nhất R^c_{min} . Từ (3.8) suy ra:

$$R^c_{min} = AR_g \left\{ 1 - \frac{a}{b} \right\} \eta \quad (3.9)$$

Khi cường độ của vữa tăng lên vô cùng, ta có:

$$R^c_{max} = AR_g \quad (3.10)$$

Trị số R^c_{max} biểu thị giới hạn cường độ mà khối xây có thể đạt được khi cường độ của vữa rất lớn.

Hệ số kết cấu $A = \frac{R_{\max}^c}{R_g} < 1$, nghĩa là bằng những phương pháp xây thông

thường không thể nào sử dụng hết khả năng chịu nén của gạch, không thể có được khối xây có cường độ bằng cường độ của gạch. Hệ số A càng bé thì hiệu quả sử dụng gạch đá càng thấp.

Hệ số A xác định theo công thức (3.6) dùng đối với gạch có điều kiện tiêu chuẩn về cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén. Nếu cường độ chịu uốn của gạch khác nhiều so với tiêu chuẩn thì có thể xác định hệ số A theo công thức:

$$A = \frac{1,2}{1 + \frac{R_g}{3R_u}} \quad (3.11)$$

trong đó R_u là giới hạn cường độ chịu uốn của gạch.

3.3.4. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của khối xây

Có nhiều nhân tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của khối xây như: chất lượng gạch, chất lượng vữa, trình độ thi công, điều kiện làm việc v.v... Do ảnh hưởng của những nhân tố trên làm cho cường độ khối xây bao giờ cũng nhỏ hơn cường độ của bản thân gạch đá trong khối xây, nghĩa là không thể lợi dụng hoàn toàn hết cường độ của gạch đá.

3.3.4.1. Ảnh hưởng của cường độ và loại gạch đá

Từ các kết quả thực nghiệm trên có thể rút ra những nhận xét sau:

- Trong các khối xây bằng gạch đá có quy cách, khi chiều dày các viên gạch đá tăng lên (tức là chiều cao mỗi lớp khối xây tăng lên) thì cường độ khối xây tăng lên. Điều này được giải thích bằng sự tăng khả năng chống uốn, kéo, cắt của các viên gạch đá và sự giảm số lượng các mạch vữa ngang trong khối xây.

- Cường độ của khối xây bằng gạch đá có quy cách lớn hơn cường độ của khối xây bằng đá học.

- Cường độ của khối xây bằng gạch đá đặc lớn hơn cường độ của khối xây bằng đá rỗng có cùng quy cách.

Khi cường độ của gạch đá tăng lên thì cường độ của khối xây tăng lên, nhưng mức độ tăng chậm hơn. Cường độ của khối xây không tăng theo tỷ lệ thuận với cường độ của gạch đá.

3.3.4.2. Ảnh hưởng của cường độ và loại vữa

Cường độ của vữa là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của khối xây. Từ các thực nghiệm có thể rút ra các nhận xét sau:

- Khi cường độ của vữa tăng thì cường độ khối xây tăng, mức độ tăng nhanh và rõ nhất khi cường độ của vữa còn thấp, sau đó chậm dần và khi cường độ của vữa khá lớn thì sự tăng cường độ khối xây hầu như ngừng hẳn.

- Đối với khối xây bằng đá học sự tăng cường độ của vữa ảnh hưởng lớn đến cường độ khối xây, còn với khối xây bằng tảng lớn ảnh hưởng đó không đáng kể. Những loại khối xây khác chiếm vị trí trung gian.

- Thành phần và tính chất biến dạng của vữa cũng ảnh hưởng đến cường độ của khối xây.

- Đối với những loại vữa có pha phụ gia tuy có tăng cường độ nhưng đồng thời làm cho tính chất biến dạng tăng lên.

3.3.4.3. Ảnh hưởng của tuổi khối xây và thời gian tác dụng của tải trọng

Thí nghiệm cho thấy rằng khi dùng vữa mác cao, lúc đầu cường độ khối xây tăng nhanh, về sau chậm dần còn với vữa mác thấp, cường độ khối xây tăng đều đều trong một thời gian dài.

Trong công trình thực tế khối xây liên tục chịu tải trọng từ lúc xây đến lúc sử dụng. Nếu trong quá trình tác dụng tải trọng lâu dài mà lực N không vượt quá lực làm phát sinh vết nứt N_n thì lực N có lợi cho cường độ của vữa và của khối xây.

3.3.4.4. Ảnh hưởng của phương pháp thi công và chất lượng khối xây

Khi xây tay người thợ không thể đảm bảo trải thật đều lớp vữa trên viên gạch, đồng thời viên gạch đặt trên nền vữa cũng không thể tựa đều lên vữa. Đó là những nguyên nhân làm cho cường độ khối xây giảm đi. Cùng số hiệu gạch và vữa nhưng trình độ người thợ xây khác nhau cho kết quả khối xây khác nhau và cường độ khối xây có thể chênh lệch nhau $1,4 \div 1,5$ lần.

Khi xây bằng tảng lớn, việc trải vữa các mạch ngang không thật đều (các mạch ngang này thường có diện tích khá lớn) cũng làm cho cường độ khối xây này giảm đi có thể đến $25 \div 30\%$.

3.3.4.5. Ảnh hưởng của bề dày mạch vữa ngang và hình dáng viên gạch

Cường độ khối xây thay đổi phụ thuộc vào bề dày mạch vữa ngang. Việc tăng bề dày mạch vữa một mặt có lợi vì nó làm cho viên gạch ép đều lên nền vữa, mặt khác bất lợi vì làm tăng ứng suất kéo cho viên gạch.

Hình dáng và mức độ bằng phẳng của viên gạch cũng ảnh hưởng đến cường độ khối xây. Gạch có hình dạng đều đặn, đúng quy cách cường độ khối xây sẽ cao hơn so với loại gạch cong vênh, bề mặt lồi lõm.

3.3.4.6. Ảnh hưởng của độ linh động của vữa và mức độ lấp đầy mạch vữa đứng

Độ linh động của vữa (độ dẻo) của vữa ảnh hưởng đến năng suất lao động của thợ xây vì vậy ảnh hưởng đến cường độ khối xây. Tăng độ linh động của vữa làm giảm nhẹ công việc xây vì ít phải dùng sức hơn khi ấn viên gạch lên nền vữa.

Việc tăng độ linh động của vữa bằng cách dùng các chất phụ gia hoá dẻo sẽ dẫn tới việc giảm mật độ và tăng độ biến dạng của vữa. Vì vậy không được phép dùng một số lượng chất phụ gia để cho mật độ vữa giảm quá 6%.

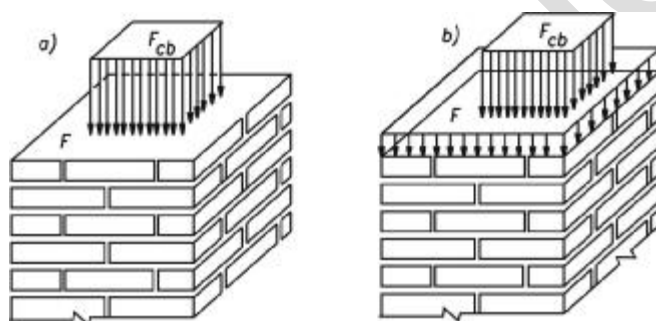
3.3.4.7. Ảnh hưởng do tác dụng lặp lại của tải trọng

Khi khối xây chịu tải trọng thay đổi trị số lặp đi lặp lại nhiều lần sẽ làm cho khối xây chóng bị phá hoại. Lực phá hoại phụ thuộc vào quá trình xuất hiện vết nứt đầu tiên trong khối xây và số chu kỳ thay đổi của tải trọng. Khi khối xây đã xuất hiện vết nứt đầu tiên, dưới tác dụng của tải trọng lặp lại, khối xây rất nhanh chóng bị phá hoại.

3.3.5. Giới hạn cường độ của khối xây chịu nén cục bộ, kéo, uốn, cắt

3.3.5.1. Cường độ chịu nén cục bộ

Khối xây chịu nén cục bộ khi chỉ một phần tiết diện chịu áp lực nén trực tiếp, phần còn lại của tiết diện hoặc là không có áp lực (hình 3-2a) hoặc là có áp lực nhỏ hơn (hình 3-2b). Thực nghiệm đã chứng tỏ rằng giới hạn cường độ của phần khối xây chịu nén cục bộ lớn hơn giới hạn cường độ của khối xây khi bị nén đều vì phần khối xây không chịu nén hoặc chịu nén ít cản trở biến dạng ngang của phần chịu nén cục bộ, kết quả là cường độ của phần chịu nén cục bộ được nâng cao.



Hình 3-2. Khối xây chịu nén cục bộ

Giới hạn cường độ chịu nén cục bộ được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$R_{cb}^c = R^c \sqrt[3]{\frac{F}{F_{cb}}} \leq \psi R^c \quad (3.12)$$

trong đó:

R^c - giới hạn cường độ khối xây chịu nén đúng tâm;

F - diện tích tính toán của tiết diện khối xây;

F_{cb} - diện tích phần chịu nén cục bộ;

ψ - hệ số phụ thuộc loại khối xây và vị trí tải trọng, lấy từ 1 đến 2.

Cách xác định F và ψ sẽ trình bày trong mục “Cấu kiện chịu nén cục bộ”.

3.3.5.2. Cường độ chịu kéo

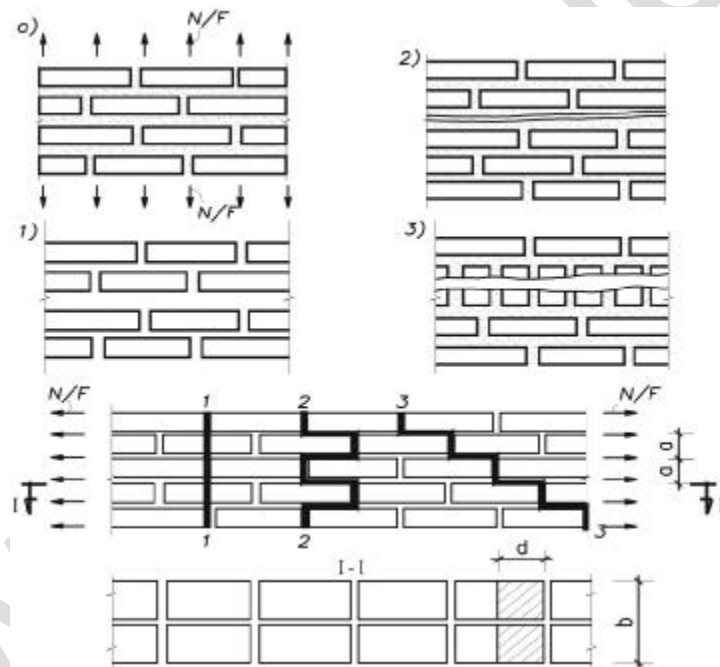
Do đặc điểm cấu tạo của khối xây là thành từng lớp nên tùy theo phương thức tác dụng của lực kéo mà khối xây có thể phá hoại theo tiết diện không giằng hoặc tiết diện giằng.

a. Theo tiết diện không giằng:

Lực kéo vuông góc với mạch vữa ngang. Sự phá hoại có thể xảy ra theo các trường hợp sau: 1) Theo mặt tiếp xúc giữa vữa và gạch; 2) Theo mặt cắt qua mạch vữa; 3) Theo mặt cắt qua gạch.

Thông thường sự phá hoại xảy ra theo mặt tiếp xúc giữa gạch và vữa hoặc theo mặt cắt qua mạch vữa. Chỉ khi nào cường độ gạch quá kém mới xảy ra mặt cắt bị phá hoại qua gạch.

Lực dính giữa gạch và vữa và cường độ chịu kéo của vữa trong mạch khối xây phụ thuộc vào khả năng dính kết của vữa, vào mức độ tiếp xúc giữa vữa và gạch, vào trạng thái bề mặt của viên gạch. Vữa xi măng co ngót nhiều, ứng suất co ngót lớn làm cho từng phần vữa bị tách ra khỏi gạch, khả năng dính kết của vữa không cao. Vữa nhiều vôi làm tăng độ dẻo, giảm biến dạng co ngót nhưng cũng làm giảm khả năng dính kết. Vì vậy để có lực dính kết lớn cần phải chọn tỷ lệ thích hợp giữa các thành phần của vữa: xi măng-vôi-cát.



Hình 3-3. Khối xây chịu kéo

a) Theo tiết diện không giằng; b) Theo tiết diện giằng.

Theo quy phạm, lực dính tiêu chuẩn xác định phụ thuộc vào giới hạn cường độ chịu nén R_v của vữa theo công thức sau:

$$R_d^c = \frac{3}{1 + \frac{40}{R_v}} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (3.13)$$

b. Theo tiết diện giằng:

Khối xây chịu kéo theo tiết diện giằng xảy ra khi lực kéo song song với mạch vữa ngang. Sự phá hoại có thể xảy ra theo các tiết diện sau: 1) Tiết diện đi qua các mạch vữa đứng và các viên gạch; 2) Tiết diện cài răng lược; 3) Tiết diện bậc thang.

Gọi cường độ lực dính tiếp tuyến trên mỗi đơn vị diện tích là R_d ; độ sâu của các viên gạch giằng vào nhau là d ; bề rộng của khối xây là b , thì lực cắt Q tính trên một mặt của mạch vữa ngang là:

$$Q = bdR_d \quad (3.14)$$

Gọi chiều dày mỗi lớp khối xây là a , chiều cao tiết diện khối xây là h thì số lượng các mạch vữa ngang là $n = h/a$, thì lực kéo N bằng tổng các lực cắt trên các mặt của mạch vữa ngang:

$$N = nQ = \frac{hbd}{a} R_d \quad (3.15)$$

Đặt $\nu = d/a$ là độ giằng vào nhau của các viên gạch; $F = bh$ là diện tích tiết diện ngang của khối xây, ta có:

$$N = \nu FR_d. \quad (3.16)$$

Cường độ chịu kéo của khối xây sẽ là:

$$R_k^c = \frac{N}{F} = \nu R_d \quad (3.17)$$

Với khối xây bằng gạch đá có quy cách mà $d \geq a$ quy phạm quy định lấy $\nu = 1$ (lúc đó $R_k^c = R_d$), với khối xây đá học lấy $\nu = 0,7$.

Khi lực dính kết tốt mà cường độ chịu nén của gạch kém thì sự phá hoại có thể xảy ra theo tiết diện cắt qua các viên gạch. Lúc này cường độ chịu kéo của khối xây quyết định bởi khả năng chống kéo của các viên gạch:

$$R_k^c = \nu' R_{kg}, \quad (3.18)$$

trong đó:

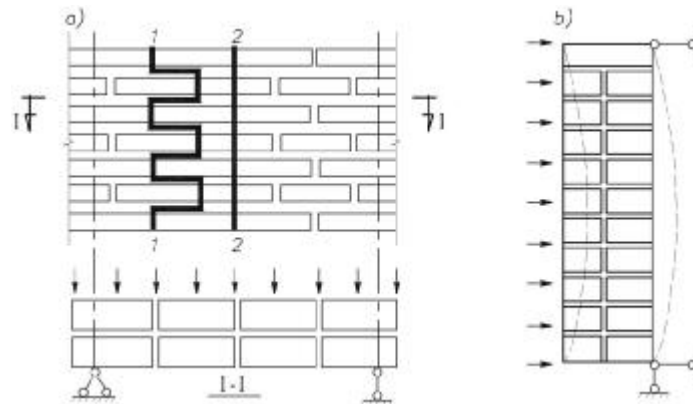
R_{kg} - giới hạn cường độ chịu kéo đúng tâm của gạch, thường lấy bằng 1/3 giới hạn cường độ chịu uốn;

ν' - hệ số kể đến sự giảm yếu của tiết diện do bỏ qua các mạch vữa đứng, $\nu' = F_g/F$;

F_g - diện tích tiết diện các viên gạch bị cắt qua (không kể các mạch vữa đứng).

3.3.5.3. Cường độ chịu uốn

Cũng như khi chịu kéo, khối xây có thể làm việc chịu uốn theo tiết diện không giằng hoặc tiết diện giằng (hình 3-4).



Hình 3-4. Khối xây chịu uốn

a) Theo tiết diện không giằng; b) Theo tiết diện giằng.

Khi chịu uốn, sự phá hoại bắt đầu từ vùng kéo. Xác định cường độ chịu kéo khi uốn theo công thức thông thường sau:

$$R_{ku}^c = \frac{M}{W} \quad (3.19)$$

trong đó:

M - mômen uốn làm phá hoại khối xây;

W - môđun chống uốn đàn hồi của tiết diện.

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng R_{ku}^c lớn hơn giới hạn cường độ chịu kéo, thông thường lấy R_{ku}^c bằng 1,5 lần cường độ chịu kéo R_k^c .

3.3.5.4. Cường độ chịu cắt

Khối xây cũng có thể chịu cắt theo tiết diện không giằng hoặc tiết diện giằng.

Cắt theo tiết diện không giằng xảy ra khi lực cắt song song với mạch vữa ngang (hình 3-5a). Cường độ chịu cắt của khối xây quyết định bởi lực dính tiếp tuyến R_d và lực ma sát tỷ lệ với ứng suất nén σ_o :

$$R_c^c = R_d + f\sigma_o \quad (3.20)$$

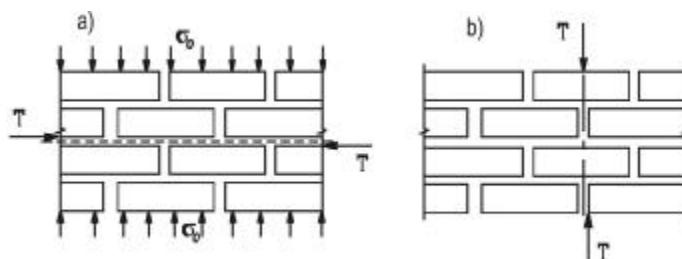
trong đó:

f - hệ số ma sát;

σ_o - ứng suất nén do lực dọc gây ra.

Cách xác định f và σ_o sẽ trình bày trong mục 3.4 phân cấu kiện chịu cắt.

Đối với những khối xây bằng gạch đá mác thấp, sự phá hoại có thể xảy ra theo tiết diện cắt qua gạch đá - tiết diện giằng (hình 3-5b).

**Hình 3-5. Khối xây chịu cắt**

a) Theo tiết diện không giằng; b) Theo tiết diện giằng.

Lúc này cường độ chịu cắt của khối xây quyết định bởi cường độ chịu cắt của gạch đá:

$$R_c^c = R_{cg} \quad (3.21)$$

trong đó R_{cg} là cường độ chịu cắt của gạch.

3.3.6. Biến dạng của khối xây chịu nén

Khối xây được cấu tạo từ hai loại vật liệu: vữa, có quan hệ giữa ứng suất biến dạng là đường cong; còn gạch đá có quan hệ giữa ứng suất biến dạng gần như đường thẳng.

Biến dạng của khối xây gồm biến dạng của vữa, biến dạng của gạch và biến dạng do việc tiếp xúc không đều khắp giữa gạch và vữa.

Môđun biến dạng của khối xây E xác định bằng tang góc φ lập bởi tiếp tuyến của đường cong quan hệ ứng suất biến dạng tại điểm có ứng suất bằng σ :

$$E = \operatorname{tg} \varphi = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (3.22)$$

Có thể dùng công thức thực nghiệm sau đây để xác định E :

$$E = E_0 \left\{ 1 - \frac{\sigma}{1,1R} \right\}$$

Khi $\sigma = 0$ có $E = E_0 = \operatorname{tg} \varphi_0$ trong đó E_0 là môđun biến dạng ban đầu của khối xây. Thực nghiệm cho biết môđun biến dạng ban đầu tỷ lệ với cường độ khối xây:

$$E_0 = \alpha R^c \quad (3.23)$$

trong đó α là đặc trưng đàn hồi của khối xây, lấy phụ thuộc vào dạng khối xây và số liệu vữa cho trong phụ lục của tiêu chuẩn thiết kế.

Trong tính toán kết cấu có thể lấy môđun biến dạng của khối xây như sau: Khi tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất $E = 0,8E_0$; Khi xác định nội lực trong khối xây là các kết cấu siêu tĩnh cùng làm việc với những kết cấu bằng các vật liệu khác $E = 0,5E_0$.

Ngoài các biến dạng trên, trong khối xây còn có biến dạng co ngót. Biến dạng co ngót cũng tăng theo thời gian và phụ thuộc vào tính chất của vữa và gạch. Khối xây dùng vữa xi măng có biến dạng co ngót lớn hơn khối xây dùng vữa vôi. Khối xây gạch silicat hoặc gạch bê tông có biến dạng từ biến lớn hơn dùng gạch nung.

3.4. TÍNH TOÁN KẾT CẤU GẠCH ĐÁ THEO KHẢ NĂNG CHỊU LỰC

3.4.1. Khái niệm chung

Kết cấu gạch đá được dùng từ rất lâu nhưng suốt trong thời gian dài nó chỉ được xây dựng theo kinh nghiệm. Mãi đến đầu thế kỷ 20 do vật liệu gạch đá được sử dụng nhiều, nên người ta mới bắt đầu nghiên cứu về sự làm việc của khối xây gạch đá và đề ra phương pháp tính toán. Ban đầu việc tính toán được tiến hành theo công thức của môn “Sức bền vật liệu” và tính theo phương pháp ứng suất cho phép.

Công thức tổng quát có dạng:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (3.24)$$

trong đó:

σ - ứng suất trong kết cấu;

$[\sigma]$ - ứng suất cho phép của khối xây gạch đá.

Kết quả nghiên cứu nhiều mặt về kết cấu gạch đá cho thấy rằng, dùng các công thức của môn Sức bền vật liệu là không phù hợp và khối xây gạch đá không phải là vật liệu đàn hồi, đồng chất.

Khoảng giữa thế kỷ XX, kết cấu gạch đá được tính theo phương pháp nội lực phá hoại. Công thức tính tổng quát có dạng:

$$N = \frac{N_p}{k} \quad (3.25)$$

trong đó:

N_p - nội lực làm phá hoại kết cấu, nó được tính toán với cường độ khối xây và đặc trưng hình học của kết cấu;

N - nội lực mà kết cấu phải chịu khi sử dụng;

k - hệ số an toàn.

Tính theo nội lực phá hoại có những tiến bộ đáng kể: nội lực phá hoại N_p được xác định khá chính xác có xét đến yếu tố vật liệu và hình dạng kết cấu, hệ số an toàn k đã có những quy định thích hợp. Tuy nhiên nó cũng còn những thiếu sót.

Thời gian vài chục năm gần đây đã phổ biến rộng rãi phương pháp tính theo trạng thái giới hạn.

3.4.2. Phương pháp tính theo trạng thái giới hạn

Trạng thái giới hạn là trạng thái mà từ đó trở đi kết cấu không thể thoả mãn yêu cầu đặt ra cho nó. Kết cấu gạch đá được tính theo hai nhóm trạng thái giới hạn: Khả năng chịu lực và theo điều kiện sử dụng bình thường.

3.4.2.1. Trạng thái giới hạn thứ nhất

Tính toán hoặc kiểm tra theo khả năng chịu lực dựa vào điều kiện:

$$T < T_{gh} \quad (3.26)$$

trong đó:

T - nội lực trong kết cấu do tải trọng tính toán gây ra;

T_{gh} - khả năng chịu lực bé nhất của kết cấu.

Trong từng kết cấu nội lực T có thể là lực dọc N , mô men uốn M , lực cắt Q , v.v... Khả năng chịu lực T_{gh} có thể là khả năng chịu nén, chịu kéo, chịu uốn, chịu cắt v.v...

Tính toán theo trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực là cần thiết cho mọi kết cấu. Cần tiến hành tính toán ứng với mọi giai đoạn: đang thi công, sử dụng, sửa chữa v.v ...

3.4.2.2. Trạng thái giới hạn thứ hai

- Kiểm tra biến dạng theo điều kiện:

$$f < f_{gh} \quad (3.27)$$

trong đó:

f - biến dạng (độ võng, độ giãn...) của kết cấu do tải trọng tiêu chuẩn gây ra;

f_{gh} - trị số biến dạng giới hạn cho phép của kết cấu.

- Kiểm tra độ mở rộng khe nứt theo điều kiện:

$$\Delta \leq \Delta_{gh} \quad (3.28)$$

trong đó:

Δ - biến dạng lớn nhất ở mép chịu kéo của cấu kiện do tải trọng tiêu chuẩn gây ra;

Δ_{gh} - biến dạng giới hạn cho phép trước khi hình thành vết nứt (đối với kết cấu không cho phép nứt), nếu là kết cấu cho phép nứt thì đó là độ mở rộng cho phép của khe nứt.

3.4.2.3. Tải trọng và tác động

Khi thiết kế, các loại tải trọng và trị số của nó phải được lấy theo các tiêu chuẩn về tải trọng. Đối với những công trình chuyên ngành như thủy lợi, giao thông v.v... cần lấy theo các tiêu chuẩn ngành tương ứng.

Tùy theo tính chất tác dụng mà tải trọng được chia ra làm ba loại: Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải), tải trọng tạm thời (hoạt tải) và tải trọng đặc biệt.

Khi tính kết cấu theo trạng thái giới hạn, người ta phân biệt hai trị số: Tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán. Tải trọng tính toán lấy bằng tải trọng tiêu chuẩn nhân với hệ số lệch tải.

$$P = n P^c \quad (3.29)$$

Hệ số lệch tải n kể đến các tình huống bất ngờ, đột xuất mà tải trọng có thể khác với trị số tiêu chuẩn. Theo TCVN 2737-90 với tải trọng thường xuyên, nếu khi tải trọng tăng mà làm cho kết cấu nguy hiểm thì lấy $n = 1,1 \div 1,3$, nếu khi tải trọng giảm mà làm cho kết cấu nguy hiểm thì lấy $n = 0,9 \div 0,8$; với tải trọng tạm thời lấy $n = 1,2 \div 1,4$.

Khi tính toán cần phải xét đến yếu tố tác dụng dài hạn và ngắn hạn của tải trọng.

3.4.3. Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán của khối xây

3.4.3.1. Cường độ tiêu chuẩn của khối xây

Khi thí nghiệm để xác định các loại cường độ của khối xây (như đã trình bày ở mục 3.3), ta có được cường độ của các mẫu thử là R_1, R_2, \dots, R_m . Trị số trung bình số học của mẫu được gọi là cường độ tiêu chuẩn R^c

$$R^c = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (3.30)$$

trong đó m là số lượng các mẫu thử.

3.4.3.2. Cường độ tính toán của khối xây

Cường độ tính toán của khối xây được xác định bằng cách chia cường độ tiêu chuẩn cho hệ số an toàn.

$$R = \frac{R^c}{k} \quad (3.31)$$

trong đó k là hệ số an toàn xét đến các yếu tố làm giảm cường độ khối xây; đối với khối xây chịu nén $k = 2,0$; đối với khối xây chịu kéo $k = 2,25$.

Cường độ tính toán của một số loại khối xây được cho trong các phụ lục của tiêu chuẩn thiết kế.

Khi tính toán khối xây có đặt cốt thép, cường độ tính của cốt thép R_a được xác định bằng cách lấy cường độ tiêu chuẩn R_a^c chia cho hệ số an toàn k_a và nhân với hệ số điều kiện làm việc m_a .

$$R_a = \frac{R_a^c}{k_a} m_a \quad (3.32)$$

trong đó $k_a = 1,1 \div 1,25$ đối với thép cán nóng, $k_a = 1,5 \div 1,75$ đối với sợi thép kéo nguội và sợi thép cường độ cao; hệ số m_a kể đến sự khác biệt khá lớn về biến dạng của khối xây và của cốt thép khi cùng làm việc với nhau, giá trị m_a theo quy định của quy phạm nằm trong khoảng $0,5 \div 0,9$ tùy thuộc vào nhóm cốt thép (cốt dọc, cốt đai v.v...) trong khối xây.

3.4.4. Cấu kiện chịu nén đúng tâm

Cấu kiện chịu nén đúng tâm (còn gọi là nén dọc trục) là cấu kiện chịu lực nén N đặt đúng trọng tâm tiết diện.

Điều kiện cường độ được viết như sau:

$$N \leq \varphi m_{dh} RF \quad (3.33)$$

trong đó:

N - lực nén do tải trọng tính toán gây ra;

φ - hệ số uốn dọc;

m_{dh} - hệ số xét đến ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn;

F - diện tích tiết diện của cấu kiện;

R - cường độ chịu nén tính toán của khối xây.

Hệ số uốn dọc φ tra theo bảng 3-5 phụ thuộc vào đặc trưng đàn hồi của khối xây α và độ mảnh của cấu kiện λ_h (hoặc λ_r).

Bảng 3-5. Hệ số uốn dọc φ

Độ mảnh		Hệ số uốn dọc φ ứng với đặc trưng đàn hồi α của khối xây						
λ_h	λ_r	1500	1000	750	500	350	200	100
4	14	1	1	1	0,98	0,94	0,90	0,82
6	21	0,98	0,96	0,95	0,91	0,88	0,81	0,68
8	28	0,95	0,82	0,90	0,85	0,80	0,70	0,54
10	35	0,92	0,88	0,84	0,79	0,72	0,60	0,43
12	42	0,88	0,84	0,79	0,72	0,64	0,51	0,34
14	49	0,85	0,79	0,73	0,6	0,57	0,43	0,28
16	56	0,81	0,74	0,68	0,59	0,50	0,37	0,23
18	63	0,77	0,7	0,63	0,53	0,45	0,32	-
22	76	0,69	0,61	0,53	0,43	0,35	0,24	-
26	90	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29	0,20	-
30	104	0,53	0,45	0,39	0,32	0,25	0,17	-
34	118	0,44	0,38	0,32	0,26	0,21	0,14	-
38	132	0,36	0,31	0,26	0,21	0,17	0,12	-
42	146	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,09	-
46	160	0,21	0,18	0,16	0,13	0,10	0,07	-
50	173	0,17	0,15	0,13	0,10	0,08	0,05	-
54	187	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04	-

$$\text{- Với tiết diện chữ nhật: } \lambda_h = \frac{L_o}{h}. \quad (3.34)$$

$$\text{- Với tiết diện bất kỳ: } \lambda_r = \frac{L_o}{r}. \quad (3.35)$$

trong đó:

L_o - chiều dài tính toán của cấu kiện, phụ thuộc vào sơ đồ kết cấu và điều kiện liên kết;

h - cạnh tiết diện theo phương uốn;

r - bán kính quán tính của tiết diện đối với trục uốn.

Hệ số m_{dh} được xác định theo công thức:

$$m_{dh} = 1 - \eta \frac{N_{dh}}{N}. \quad (3.36)$$

trong đó:

N_{dh} - lực nén tính toán do tải trọng dài hạn gây ra;

η - hệ số phụ thuộc vào λ_h (hoặc λ_r) và loại gạch cho trong bảng 3-6.

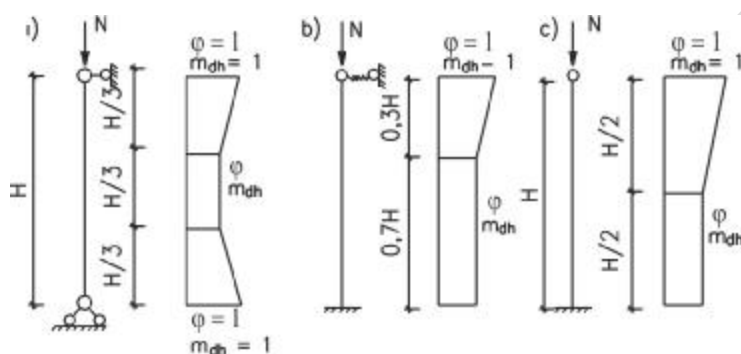
Bảng 3-6. Hệ số η

λ_h	λ_r	Khối xây bằng gạch đất sét, gạch bê tông nặng, đá thiên nhiên		Khối xây bằng gạch silicat, gạch hoặc tảng bằng bê tông nhẹ	
		Ứng với hàm lượng cốt thép μ %			
		$\leq 0,1$	$\geq 0,3$	$\leq 0,1$	$\geq 0,3$
≤ 10	≤ 35	0	0	0	0
12	42	0,04	0,03	0,05	0,03
14	49	0,08	0,07	0,09	0,08
16	56	0,12	0,09	0,14	0,11
18	63	0,15	0,13	0,19	0,15
20	70	0,20	0,16	0,24	0,19
22	76	0,24	0,20	0,29	0,22
24	83	0,27	0,23	0,33	0,26
26	90	0,31	0,26	0,38	0,30

Chú thích:

- Với khối xây không có cốt thép thì η lấy theo cột $\mu \leq 0,1\%$.
- Nếu μ nằm trong khoảng $0,1\% \div 0,3\%$ thì nội suy η .
- Trị số ϕ và m_{dh} được xác định phụ thuộc vào dạng liên kết:

- Với cấu kiện liên kết khớp ở đầu trên (hình 3-6a): Tại các tiết diện gối tựa lấy $\varphi = 1$, $m_{dh} = 1$, tại các tiết diện một phần ba ở giữa φ và m_{dh} lấy theo bảng và theo tính toán, tại các tiết diện còn lại φ và m_{dh} lấy theo nội suy.
- Với cấu kiện liên kết đàn hồi ở đầu trên (hình 3-6b): Tại các tiết diện đầu trên lấy $\varphi = 1$, $m_{dh} = 1$, tại các tiết diện $0,7H$ phía dưới φ và m_{dh} lấy theo bảng và theo tính toán, các tiết diện còn lại lấy theo nội suy.
- Với cấu kiện đầu trên tự do (hình 3-6c): Tại các tiết diện đầu trên lấy $\varphi = 1$, $m_{dh} = 1$; tại các tiết diện nửa chiều cao bên dưới φ và m_{dh} lấy theo bảng và theo tính toán, các tiết diện còn lại lấy theo nội suy.
- Khi cạnh bé nhất của tiết diện $h \geq 30$ cm có thể lấy $m_{dh} = 1$.



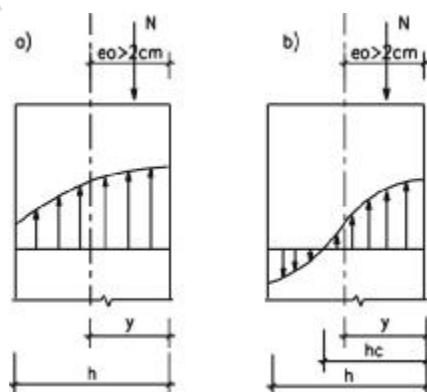
Hình 3-6. Biểu đồ trị số φ và m_{dh}

3.4.5. Cấu kiện chịu nén lệch tâm

3.4.5.1. Khái niệm chung

Cấu kiện chịu nén lệch tâm là cấu kiện chịu lực nén N đặt không đúng trọng tâm của tiết diện. Khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện đến điểm đặt lực gọi là độ lệch tâm của lực dọc. Ký hiệu là e_0 , độ lệch tâm xác định theo công thức sau:

$$e_0 = M/N. \quad (3.37)$$



Hình 3-7. Biểu đồ ứng suất trong cấu kiện chịu nén lệch tâm

a) Toàn bộ tiết diện chịu nén; b) Tiết diện có một phần chịu kéo.

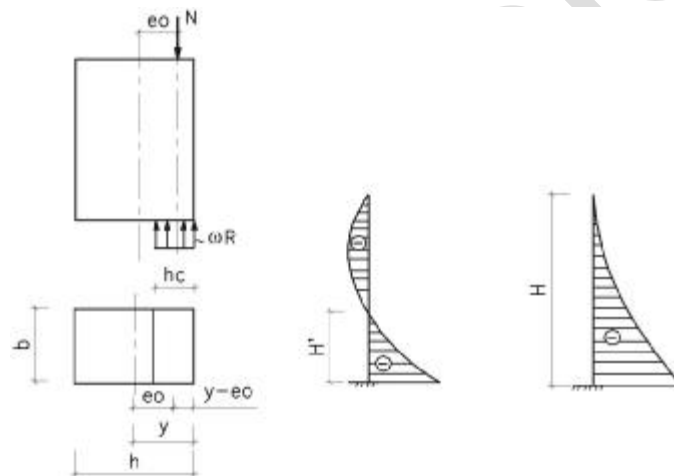
Tùy theo độ lệch tâm e_o của lực dọc mà trên tiết diện có thể chịu nén hoàn toàn (hình 3-7a) hoặc có một phần chịu kéo (hình 3-7b). Nếu ứng suất kéo lớn hơn cường độ chịu kéo của khối xây thì trong các mạch vữa ngang sẽ xuất hiện khe nứt. Sự xuất hiện khe nứt làm thay đổi chiều cao làm việc của tiết diện. Lúc này coi như chiều cao làm việc của tiết diện là h_c .

Khi tính toán tường có chiều dày từ 25cm trở xuống cần phải kể đến độ lệch tâm ngẫu nhiên e_o' . Lấy $e_o' = 2\text{cm}$ với tường chịu lực, $e_o' = 1\text{cm}$ với tường tự mang. Lúc này e_o tính theo công thức:

$$e_o = \frac{M}{N} + e_o' \quad (3.38)$$

Để bảo đảm sự làm việc an toàn cần phải hạn chế độ lệch tâm của kết cấu gạch đá như sau:

- $e_o \leq 0,9y$ khi tính toán với tổ hợp cơ bản.
- $e_o \leq 0,95y$ khi tính toán với tổ hợp phụ.



Hình 3-8

- Sơ đồ tính cấu kiện chịu nén lệch tâm;
- Biểu đồ xác định chiều dài tính toán của cấu kiện chịu nén lệch tâm.

Với tường dày từ 25cm trở xuống:

- $e_o \leq 0,8y$ khi tính toán với tổ hợp cơ bản.
- $e_o \leq 0,85y$ khi tính toán với tổ hợp phụ.

Trong đó y là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép tiết diện về phía đặt lực N (mép chịu nén nhiều). Với tiết diện chữ nhật $y = h/2$. Trong mọi trường hợp từ điểm đặt lực N đến mép tiết diện chịu nén nhiều hơn không được bé hơn 2 cm:

$$y - e_o \geq 2 \text{ cm.}$$

Tất cả các trường hợp nén lệch tâm được tính toán về khả năng chịu lực theo công thức chung (3.39). Ngoài ra khi độ lệch tâm $e_0 \geq 0,7y$ còn cần phải kiểm tra về khe nứt.

3.4.5.2. Công thức tính toán

Khả năng chịu lực của cấu kiện gạch đá chịu nén lệch tâm được xác định dựa trên các giả thiết sau:

- Bỏ qua sự làm việc của vùng kéo.
- Biểu đồ ứng suất vùng nén có dạng hình chữ nhật. Trị số ứng suất đạt tới cường độ tính toán về nén cục bộ ωR . Sơ đồ tính như trên hình 3-8.
- Điều kiện cường độ:

$$N \leq \varphi_1 m_{dh} \omega R F_c \quad (3.39)$$

trong đó:

- N - lực dọc tính toán;
- φ_1 - hệ số uốn dọc;
- m_{dh} - hệ số kể đến ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn;
- ω - hệ số xác định theo công thức thực nghiệm;
- R - cường độ chịu nén tính toán của khối xây;
- F_c - diện tích phần chịu nén của tiết diện.

Các hệ số φ_1 , m_{dh} được xác định theo công thức sau:

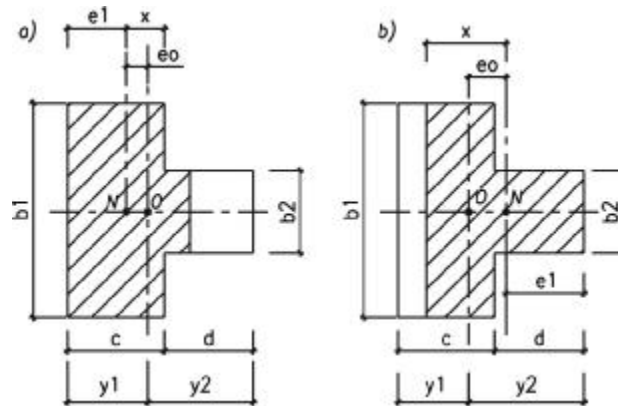
$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} \quad (3.40)$$

$$m_{dh} = 1 - \eta \frac{N_{dh}}{N} \left(1 + \frac{1,2e_{odh}}{h} \right) \quad (3.41)$$

trong đó:

- N_{dh} - lực nén do tải trọng tác dụng dài hạn;
- e_{odh} - độ lệch tâm của lực nén N_{dh} ;
- h - cạnh theo phương mặt phẳng uốn;
- r - bán kính quán tính theo hướng mặt phẳng uốn;
- φ, η - các hệ số, tra bảng 3-5 và 3-6 như đối với cấu kiện nén đúng tâm;
- φ_c - hệ số uốn dọc đối với phần chịu nén của tiết diện tra theo bảng 3-5 phụ thuộc vào độ mảnh λ_{hc} hoặc λ_{rc} xác định trong mặt phẳng của mômen uốn, $\lambda_{hc} = H'/h_c$ hoặc $\lambda_{rc} = H'/r_c$;
- H' - chiều cao phần cấu kiện có mômen uốn cùng dấu (hình 3-8b).

Khi biểu đồ mômen uốn cùng dấu theo toàn bộ chiều cao của cấu kiện (hình 3-8c) thì được lấy $H' = H$; h_c và r_c là chiều cao và bán kính quán tính của phần tiết diện chịu nén xác định trong mặt phẳng tác dụng của mômen uốn.



Hình 3-9. Cách xác định diện tích vùng nén của tiết diện chữ T

Hệ số ω được xác định như sau:

- Với khối xây bằng gạch rỗng, tảng bê tông rỗng hoặc bằng đá thiên nhiên $\omega = 1$.
- Với các loại khối xây còn lại:

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1,45 \quad (3.42)$$

Diện tích phần chịu nén của tiết diện F_c được xác định dựa trên điều kiện là trọng tâm của F_c phải trùng với điểm đặt lực N .

Đối với tiết diện bất kỳ, diện tích phần chịu nén F_c xác định từ điều kiện mômen tĩnh của diện tích phần chịu nén đối với trục đi qua điểm đặt lực và vuông góc với mặt phẳng uốn. Đối với tiết diện chữ nhật dễ dàng thấy ngay.

$$F_c = h_c \times b = 2(y - e_0)b = (h - 2e_0)b$$

Đối với tiết diện chữ T (hình 3-9) khoảng cách x từ điểm đặt lực N tới trục trung hoà và diện tích vùng chịu nén F_c có thể tính chính xác theo công thức sau:

- Trường hợp vùng chịu nén về phía cánh (hình 3-9a):

$$x = \sqrt{\frac{b_1 c}{b_2} (2e_1 - c) + (e_1 - c)^2}, \quad (3.43)$$

$$F_c = b_1 c + (e_1 + x - c) b_2. \quad (3.44)$$

Nếu $e_1 \leq c/2$ vùng nén chỉ nằm gọn trong phần cánh khi đó $x = e_1$ và F_c là tiết diện chữ nhật.

- Trường hợp vùng chịu nén về phía sườn (hình 3-9b):

$$x = \sqrt{\frac{b_2 c}{b_2} (2e_1 - d) + (e_1 - d)^2} \quad (3.45)$$

$$F_c = b_2 d + [c - (y_1 + e_0 - x)] b_1 \quad (3.46)$$

Nếu $e_1 \leq d/2$ vùng nén chỉ nằm gọn trong phần sườn, khi đó $x=e_1$ và F_c là tiết diện chữ nhật.

3.4.6. Cấu kiện chịu nén cục bộ

3.4.6.1. Khái niệm chung

Nén cục bộ là trường hợp chỉ một phần tiết diện chịu nén, trong thực tế xảy ra khi các dầm dãn, xà gồ, lanh tô... gác lên tường và cột. Chiều dày các tấm đệm bằng một số lần chiều dày các lớp gạch và không nhỏ hơn 14cm. Trong tấm đệm có đặt lưới thép.

3.4.6.2. Công thức tính toán

Tính toán kiểm tra về nén cục bộ theo công thức sau:

$$N \leq \mu d R_{cb} F_{cb}, \quad (3.47)$$

trong đó:

N - lực nén cục bộ tính toán;

μ - hệ số hoàn chỉnh biểu đồ áp lực của tải trọng cục bộ, khi áp lực phân bố đều $\mu = 1$, khi biểu đồ áp lực hình tam giác $\mu = 0,5$;

d - hệ số xét đến sự phân phối lại ứng suất trong vùng chịu nén cục bộ, $d = 1,5 \div 0,5\mu$ đối với khối xây bằng gạch, gạch nung, bằng bê tông đặc, $d = 1$ đối với khối xây bằng bê tông có lỗ rỗng, bê tông tổ ong.

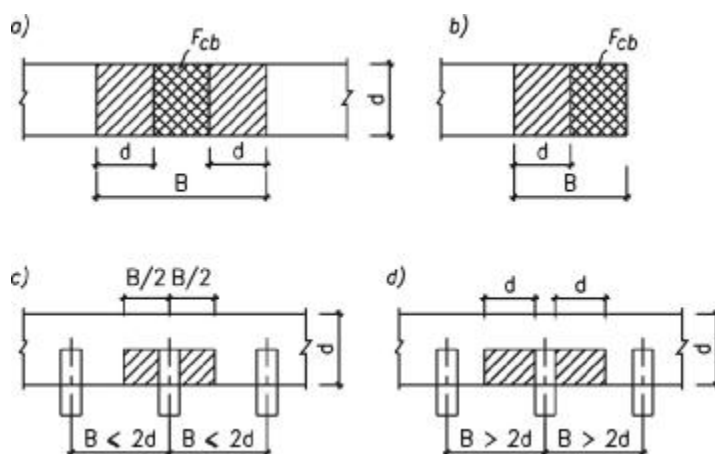
Đối với tải trọng cục bộ phân bố không đều, quy phạm cho phép lấy tích số μd không phụ thuộc vào dạng biểu đồ áp lực mà chỉ phụ thuộc vào loại khối xây, lấy $\mu d = 0,75$ khi kê lên tường, cột gạch, tường bê tông đặc, lấy $\mu d = 0,5$ khi kê lên tường bê tông có lỗ rỗng, bê tông tổ ong;

F_{cb} - diện tích phần chịu nén cục bộ;

R_{cb} - cường độ tính toán của khối xây khi chịu nén cục bộ, trị số R_{cb} được xác định theo công thức sau:

$$R_{cb} = R_3 \sqrt{\frac{F}{F_{cb}}} \leq \psi R \quad (3.48)$$

trong đó F là diện tích tính toán bao gồm diện tích chịu nén cục bộ F_{cb} và một phần xung quanh. Trên hình 3-10 giới thiệu cách tính diện tích F của một số trường hợp thường gặp. Hệ số ψ lấy theo bảng 3-7, phụ thuộc vào loại khối xây và vị trí đặt tải trọng cục bộ.



Hình 3-10. Cách xác định diện tích F khi cấu kiện chịu nén cục bộ

Bảng 3-7. Hệ số ψ

Loại khối xây	Tải trọng đặt ở khoảng giữa khối xây (hình 3.10a,c,d)		Tải trọng đặt ở góc khối xây (hình 3.10b)	
	Tính với tải trọng cục bộ	Tính với tổng tải trọng cục bộ và cơ bản	Tính với tải trọng cục bộ	Tính với tổng tải trọng cục bộ và cơ bản
- Gạch đất sét và gạch bê tông thường	20	2,0	1,0	1,2
- Bê tông đá học, tầng bê tông lớn	1,5	2,0	1,0	1,2
- Bê tông rỗng, bê tông tổ ong bằng đá thiên nhiên	1,2	1,5	1,0	1,0

3.4.7. Cấu kiện chịu kéo, uốn, cắt

3.4.7.1. Cấu kiện chịu kéo

Không cho phép thiết kế kết cấu gạch đá chịu kéo theo phương tiết diện không giằng.

Tính cấu kiện chịu kéo đúng tâm theo tiết diện giằng theo công thức sau:

$$N \leq R_k F \quad (3.49)$$

trong đó:

N - lực kéo tính toán;

R_k - cường độ chịu kéo tính toán của khối xây lấy theo phụ lục;

F - diện tích tiết diện.

3.4.7.2. Cấu kiện chịu uốn

- Kiểm tra cấu kiện chịu uốn theo điều kiện mômen theo công thức sau:

$$M \leq R_{ku} W \quad (3.50)$$

trong đó:

M - mômen uốn tính toán;

R_{ku} - cường độ chịu kéo khi uốn của khối xây lấy theo bảng phụ lục;

W - mômen chống uốn của tiết diện.

- Kiểm tra cấu kiện chịu uốn theo điều kiện lực cắt theo công thức sau:

$$Q \leq R_{kc} bZ, \quad (3.51)$$

trong đó:

Q - lực cắt tính toán;

R_{kc} - cường độ tính toán về ứng suất kéo chính;

b - bề rộng tiết diện;

Z - cánh tay đòn nội lực, với tiết diện chữ nhật $Z=2h/3$.

3.4.7.3. Cấu kiện chịu cắt

- Cấu kiện chịu cắt theo tiết diện không giằng (cắt qua mạch vữa ngang) được kiểm tra theo công thức sau:

$$Q \leq (R_c + 0,8 n f \sigma_o) F \quad (3.52)$$

trong đó:

R_c - cường độ chịu cắt tính toán theo tiết diện không giằng lấy theo bảng phụ lục;

f - hệ số ma sát lấy bằng 0,7 với khối xây bằng gạch đá đặc có quy cách, lấy bằng 0,3 với khối xây gạch rỗng, đá rỗng;

σ_o - ứng suất nén trung bình khi lực nén tính toán nhỏ nhất, với hệ số vượt tải là 0,9;

n - hệ số lấy bằng 1 với khối xây gạch đá đặc, bằng 0,5 với khối xây gạch đá có lỗ rỗng;

F - diện tích tính toán của tiết diện.

- Đối với khối xây bằng gạch đá mức thấp còn cần phải kiểm tra khả năng chịu cắt theo tiết diện có giằng (cắt qua gạch đá) theo công thức:

$$Q \leq R_{cg} F_g \quad (3.53)$$

trong đó:

R_{cg} - cường độ tính toán chịu cắt của gạch đá.

F_g - diện tích tiết diện chịu cắt của gạch (không kể phần diện tích mạch vữa).

Chương 3 173**KẾT CẤU GẠCH ĐÁ 173****3.1. Vật liệu dùng trong khối xây gạch đá 173**

3.1.1. Gạch 173

3.1.2. Đá 174

3.1.3. Vữa 175

3.2. Các dạng khối xây gạch đá 176

3.2.1. Phân loại khối xây gạch đá 176

3.2.2. Các nguyên tắc chung của việc liên kết gạch đá trong khối xây 176

3.2.3. Yêu cầu về giằng trong khối xây gạch đá 177

3.3. Tính chất cơ học của khối xây gạch đá 177

3.3.1. Trạng thái ứng suất của gạch đá và vữa trong khối xây chịu nén đúng tâm 177

3.3.2. Các giai đoạn làm việc của khối xây chịu nén 178

3.3.3. Công thức tổng quát xác định giới hạn cường độ của khối xây chịu nén đúng tâm 178

3.3.4. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của khối xây 181

3.3.5. Giới hạn cường độ của khối xây chịu nén cục bộ, kéo, uốn, cắt 183

3.3.6. Biến dạng của khối xây chịu nén 187

3.4. tính toán kết cấu gạch đá theo khả năng chịu lực 188

3.4.1. Khái niệm chung 188

3.4.2. Phương pháp tính theo trạng thái giới hạn 189

3.4.3. Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán của khối xây 190

3.4.4. Cấu kiện chịu nén đúng tâm 191

3.4.5. Cấu kiện chịu nén lệch tâm 193

3.4.6. Cấu kiện chịu nén cục bộ 197

3.4.7. Cấu kiện chịu kéo, uốn, cắt 198