

PHÂN TÍCH SỰ XUẤT HIỆN KHE NỨT TRONG KHỐI XÂY GẠCH ĐÁ CỦA CÔNG TRÌNH NHÀ CỬA Ở TP.HCM

GS. TS Huỳnh Chánh Thiên – C.ty CP Kiểm định xây dựng Sài Gòn

Xây dựng kết cấu gạch đá là kỹ thuật xây dựng lâu đời nhất. Những công trình bằng đá thiên nhiên đã có trên 5000÷6000 năm, công trình bằng gạch nung đã có trên 3000 năm.

Từ cuối thế kỷ 18 đầu thế kỷ 19, khi chưa có Quy phạm về kết cấu gạch đá, thì người ta xây dựng công trình gạch đá dựa vào kinh nghiệm với hệ số an toàn về cường độ rất lớn. Nhưng bên cạnh đó cũng đã xảy ra những hư hỏng phá hoại công trình, do khi tiến hành sửa chữa, trùng tu công trình đã sinh ra tải trọng phụ làm tăng tải trọng tác dụng lên công trình hoặc do mất ổn định của kết cấu chịu lực...

Ở Thành phố Sài Gòn từ sau năm 1945, những công trình có qui mô lớn không còn dùng kết cấu khối xây gạch đá, mà dùng nhà khung bê tông cốt thép (BTCT). Do đó trong thời gian sau này, hiện tượng xuất hiện khe nứt trong khối xây gạch đá trong các công trình ở TP. Hồ Chí Minh, phần nhiều là xuất hiện trong khối xây chèn trong khung nhà cao tầng. Có thể phân biệt sự xuất hiện khe nứt khác nhau trong khối xây gạch đá của loại nhà cổ xây dựng lâu đời và của khối đá xây chèn trong nhà khung cao tầng hiện nay.

1. Phân tích sự xuất hiện khe nứt trong nhà cổ bằng khối xây gạch đá ở TP.HCM

Ở TP.HCM còn lưu lại các công trình cổ khối xây gạch đá tiêu biểu, như Trụ sở Ủy Ban Nhân Dân TP.HCM, nhà Lưu niệm Bác Hồ, nhà hát lớn TP.HCM, nhà thờ Đức Bà Sài Gòn, nhà Bưu điện TP.HCM, các nhà cổ ở Chợ Lớn...

Các công trình này đã trên 100năm, chất lượng khối xây gạch đá đã ít nhiều xuống cấp và đã xuất hiện khe nứt rất đa dạng, mà nguyên nhân của nó do nhiều nhân tố khác nhau đã ảnh hưởng đến chất lượng khối xây gạch đá.

Sau đây bàn về các nhân tố chính làm xuất hiện khe nứt trong khối xây tường chịu lực của công trình cổ là:

Ảnh hưởng của cường độ vữa:

Cường độ của vữa là một nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ khối xây tường. Qua thời gian chất lượng vữa xuống cấp, cường độ vữa giảm đi, giảm lực bám dính... và đi đến xuất hiện vết nứt ở mạch vữa ngang khi khối xây chịu nén.

Cường độ của vữa giảm dần dần đến biến dạng của vữa tăng lên, đồng thời làm tăng biến dạng tương ứng của gạch.

Vữa theo thời gian bị lão hóa thì biến dạng càng lớn và càng hình thành nhiều khe nứt.

Ảnh hưởng của lực dính giữa gạch và vữa:

Qua nhiều năm sử dụng lực dính của vữa bị lão hóa, bị khô dần, giảm yếu lực dính kết giữa vữa và gạch.

Lực dính tạo thành tính toàn khối của khối xây tường, do đó lực dính ảnh hưởng đến sự làm việc của khối xây tường khi chịu nén lệch tâm, khi chịu uốn. Vì vậy lực dính của vữa giảm thấp làm giảm khả năng chống nứt khi khối xây tường bị biến dạng lớn.

Đặc biệt khi chịu tải trọng động, lực dính mất đi, không còn tác dụng duy trì khả năng chịu lực của khối xây. Do đó, những công trình khối xây gạch đá chịu tác động của tải trọng động đều gần như phổ biến là xuất hiện khe nứt.

Ảnh hưởng của chiều dày mạch vữa ngang:

Chiều dày mạch vữa ngang theo chuẩn là 1cm; tăng chiều dày mạch vữa ngang hơn 1cm thì làm tăng biến dạng đáng kể của khối xây tường, làm giảm cường độ của khối xây.

Công trình nào có chiều dày mạch vữa ngang lớn thì khối xây càng sớm xuất hiện khe nứt. Cụ thể đối với nhà thờ Đức Bà Sài Gòn, tường

ngoài theo chu vi công trình có mạch vữa ngang rất nhỏ, chiều dày chỉ bằng $5 \div 6 \text{mm}$, do đó các mảng tường này gần như hoàn toàn nguyên vẹn, không xuất hiện khe nứt. Nhưng ở những mảng tường bên trong, chiều dày mạch vữa ngang đều lớn hơn 1cm, và phổ biến là chiều dày mạch vữa đạt đến $12 \div 15 \text{mm}$, do đó một số mảng tường này đã xuất hiện khe nứt ở mạch vữa ngang.

Ảnh hưởng điều kiện xây có giằng:

Khi xây tường tuân thủ cách xây 3 dọc 1 ngang hoặc 5 dọc 1 ngang, nghĩa là xây có giằng thì tạo khối xây tường thành một khối toàn khối thống nhất. Khi xây thiếu giằng thì khi chịu lực nén, khối xây tường tách ra thành các cột nhỏ, có độ mảnh lớn làm giảm yếu khả năng chịu lực của khối xây, do đó dễ làm xuất hiện khe nứt qua mạch vữa đứng, truyền qua mạch vữa ngang và qua cả gạch.

Trong khối xây tường chịu nén, nhưng tải trọng trong tiết diện khối xây phân bố không đều, và phổ biến là tải trọng truyền lệch tâm, do đó khe nứt thường xuất hiện trong khối xây thiếu giằng, mà nguyên nhân này chúng ta ít khi để ý tới.

Ảnh hưởng của mạch vữa đứng:

Mạch vữa đứng chỉ chiếm 8% của diện tích tiết diện ngang của khối xây tường. Lực dính của vữa với gạch ở mạch vữa đứng không ảnh hưởng đến cường độ của khối xây chịu nén.

Khi xây người thợ không có khả năng bít kín mạch vữa đứng, do đó trong tính toán kết cấu khối xây gạch đá không xét sự tham gia chịu lực của mạch vữa đứng, và cũng từ đây vết nứt xuất phát từ mạch vữa đứng (không được bít kín) đi xuống cắt qua mạch vữa ngang và nếu viên gạch có cường độ thấp thì sẽ tiếp tục cắt qua gạch. Vì vậy, trình độ người thợ xây cũng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng khối xây.

Tóm lại, trong các công trình cổ qui mô lớn, công trình nhà phố cổ đã sử dụng hơn 100 năm, còn lưu lại ở TP.HCM có xảy ra hiện tượng xuất

hiện khe nứt, thì khe nứt rất đa dạng, không phải từ một nguyên nhân mà do nhiều nguyên nhân tổng hợp gây ra, xuất phát từ các nhân tố trên tác động. Vì vậy để đi sâu tìm nguyên nhân của sự xuất hiện khe nứt trong khối xây gạch đá thì cần phân tích cụ thể các nhân tố ảnh hưởng trên.

Hiện nay, vấn đề xuất hiện khe nứt trong khối xây tường đang được quan tâm nhiều nhất là sự xuất hiện khe nứt trong khối xây tường, xây chèn trong mặt phẳng khung nhà cao tầng.

2. Phân tích sự xuất hiện khe nứt trong khối xây tường chèn trong nhà khung cao tầng ở TP.HCM

2.1. Tường gạch xây chèn trong nhà khung tạo ra cấu kiện khung tường

Điều kiện làm việc của khối xây gạch đá làm tường xây chèn trong nhà khung, khác với điều kiện làm việc bình thường của khối xây gạch đá trong kết cấu tường chịu lực.

Nếu tải trọng gây ra lực nén lớn trong khối xây tường chịu lực, thì khối xây tường xây chèn trong khung, tải trọng gây ra lực nén trong khối xây là không đáng kể.

Trong nhà khung cao tầng, tại cao trình mỗi tầng bố trí dầm sàn, tựa lên cột và phần chịu lực của khối xây chèn, chỉ cao một tầng. Khi chiều cao tầng đến 4m, tải trọng do trọng lượng bản thân khối xây tại tiết diện có ứng suất lớn nhất, có thể tạo ra ứng suất nén không quá 1 kgf/cm^2 , như vậy không thể gây ra nguy hiểm cho cường độ khối xây chèn.

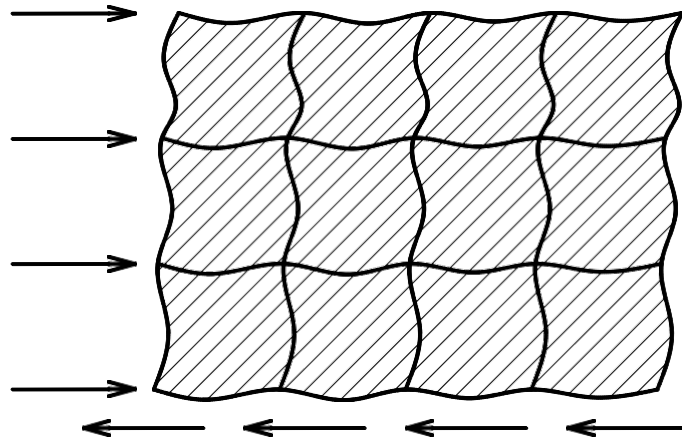
Ngược lại, tải trọng gió tác dụng vào nhà khung cao tầng lại gây ra ứng suất đáng kể trong khối xây chèn khung – tường.

Tải trọng gió tác dụng vào tường, tác dụng ngoài mặt phẳng tường, lúc đó ứng suất gây ra trong khối xây chèn làm việc ngoài mặt phẳng là không đáng kể, là không gây nguy hiểm cho cường độ khối xây tường.

Tải trọng gió tác dụng vào tường trong, tác dụng trong mặt phẳng tường, lúc đó ứng suất gây ra trong khối xây chèn là đáng kể, cần quan tâm.

Tải trọng gió gây ra độ võng nghiêng nhà. Trị số độ võng được xác định bằng độ cứng của kết cấu chịu lực đứng của công trình.

Trong nhà khung cao tầng, nhiệm vụ của kết cấu chịu lực đứng bao gồm cả khung và tường xây chèn được thiết kế cùng làm việc chịu tải trọng gió trong mặt phẳng khung tường.



Hình 1. Sơ đồ khung tường cùng làm việc chịu tải trọng gió

Trong nhà khung thấp tầng chịu tải trọng gió, ứng suất xuất hiện trong tiết diện tường chèn là không lớn và không cần thiết tăng tiết diện cấu kiện khung.

Trong nhà khung cao tầng (\square 16 tầng), tải trọng gió tác dụng trong mặt phẳng khung gây ra ứng lực lớn, tác động vào khối xây chèn. Như vậy, trong trường hợp này cần thiết phân tích đặc biệt về cường độ và độ cứng của kết cấu khung – tường. Sự phân tích này có ý nghĩa thiết thực quan trọng trong thiết kế nhà khung cao tầng.

Trong thực tế ở nước ngoài cũng như ở trong nước, thường giả thiết tải trọng gió chỉ xét do khung chịu và không truyền lực đến khối xây chèn.

Khối xây chèn có độ cứng nhất định, do đó cản trở chuyển vị ngang của khung và khi đó khối xây chèn đã chịu một phần tải trọng gió. Khi chịu tải trọng gió, nếu giữa khung và khối xây tường chèn hình thành vết nứt thì độ cứng của khối xây tường chèn bị giảm đi, và khi đó khung bị biến dạng lớn hơn.

Nguyên nhân truyền lực vào khối xây chèn là độ cứng của các nút khung không đủ khả năng chịu lực, khi đó tải trọng tác động sẽ truyền một phần vào khối xây chèn.

Đặc biệt khi xét tải trọng động đất là dạng tải trọng ngang tác dụng vào khung tường xây chèn. Phân tích những dạng tải trọng động đất không kiểm soát được là tải trọng ngang tác dụng trong mặt phẳng khung tường. Khi đó những mảng tường đặc và những mảng tường có lỗ cửa đều xuất hiện những vết nứt chéo do nhà khung bị chuyển vị biến dạng lớn tạo ra.

Chuyển vị ngang của nhà làm xuất hiện vết nứt trong khung – tường xây chèn còn do lún không đều của móng gây ra.

Theo kết quả thí nghiệm, thì độ cứng của nhà khung – tường xây chèn bằng 2, 3 lần lớn hơn độ cứng của nhà khung không có tường xây chèn.

2.2. Nhân tố chính ảnh hưởng đến chất lượng khối xây chèn

Cường độ và biến dạng của khối xây chèn, khi khung chuyển vị ngang được xác định bằng trị số lực dính và lực ma sát của khối xây chèn. Cường độ và biến dạng phụ thuộc vào hàng loạt nhân tố, thí dụ như đặc điểm của loại gạch, loại vữa, điều kiện xây...

Nếu sử dụng vữa xi măng thì khả năng chịu lực cao và biến dạng giới hạn của khối xây chèn sẽ ít hơn. Không thể sử dụng vữa có nhiều thành phần vôi làm tường khối xây chèn trong nhà khung cao tầng, vì khả năng chịu lực thấp và biến dạng giới hạn của vữa lớn.

Dạng viên gạch cũng ảnh hưởng đến tính chất của khối xây chèn. Dùng viên gạch có chiều cao lớn hơn chiều cao gạch thông thường, thì khi khung chuyển vị ngang, độ cứng của khối xây gạch có chiều cao viên gạch lớn hơn là lớn hơn độ cứng của khối xây gạch thông thường.

Trong tường ngoài nhà khung dùng khối xây khối lớn, trị số uốn dọc ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của khối xây gần như không đáng kể. Khi dùng viên gạch kích thước nhỏ, tạo thành kết cấu nhiều lớp, chiều dày tường giảm, độ mảnh tăng lên, do đó ổn định của tường chịu ảnh

hường đáng kể khi khung chuyển vị.

Chất lượng khối xây chèn còn phụ thuộc vào trình độ của người thợ xây, có đảm bảo tính giằng, đảm bảo tính toàn khối của khối xây hay không.

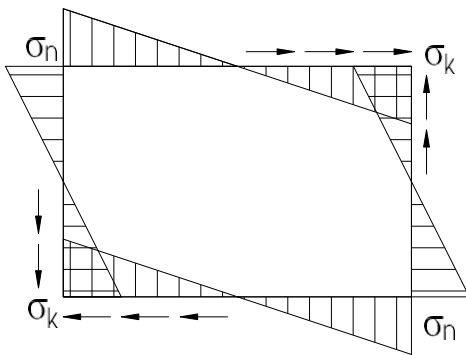
2.3. Biến dạng và hình thành vết nứt của khung – tường xây chèn khi khung chuyển vị ngang

Khi tải trọng gió tác động, khung chuyển vị ngang, có thể phân 3 giai đoạn của trạng thái ứng suất khối xây chèn.

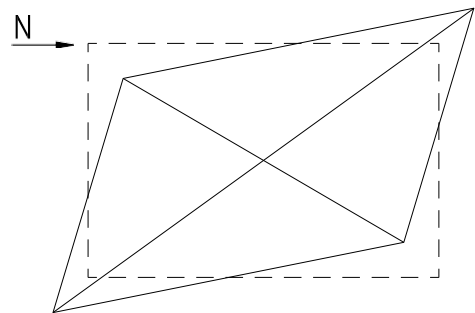
Giai đoạn 1:

Khối xây chèn và khung cùng làm việc trong một khối thống nhất. Theo mạch tiếp xúc giữa khung và khối xây lực dính chưa bị phá hoại, theo chu vi khối xây chèn chịu tác dụng của ứng suất nén và ứng suất kéo.

Trạng thái ứng suất của giai đoạn 1 kết thúc khi biến dạng còn rất nhỏ, và ứng suất kéo gây ra bắt đầu hình thành vết nứt theo chu vi khối xây chèn.



Hình 2. Ứng suất theo chu vi khối xây chèn do khung chuyển vị gây ra ở giai đoạn 1

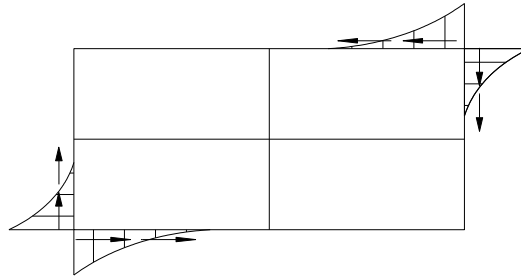


Hình 3. Chuyển vị ngang của khung tường ở giai đoạn 2

Giai đoạn 2:

Sau khi hình thành vết nứt theo chu vi khối xây chèn, thì khung và khối xây chèn không còn là một khối thống nhất. Khi khung chuyển vị ngang thì một đường chéo này của khối xây chèn co ngắn lại, đường chéo kia dãn dài ra. Sự dãn dài đường chéo của khối xây chèn làm xuất hiện và

phát triển vết nứt trong khối xây chèn. Như vậy, ở giai đoạn 2, chuyển vị của khung lớn hơn chuyển vị của khối xây chèn.



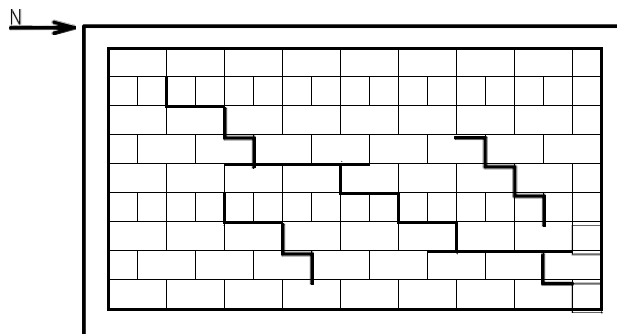
Hình 4. Sơ đồ phân bố ứng suất theo chu vi khối xây ở giai đoạn 2

Giai đoạn 2 kết thúc bằng sự xuất hiện những khe nứt lớn và các khe nứt này tiếp tục phát triển, đường chéo nứt mở rộng lớn hơn. Trong trường hợp này nếu khối xây có lực dính nhỏ thì đồng thời với đường chéo nứt có thể xuất hiện những vết nứt phụ xiên.

Giai đoạn 3:

Cùng với việc tăng tải trọng, chiều dày và chiều dài vết nứt chéo cũng phát triển. Ngoài những vết nứt chéo, khi tăng tải trọng thì xuất hiện những vết nứt xiên mới ở trên hoặc ở dưới những vết nứt đầu tiên.

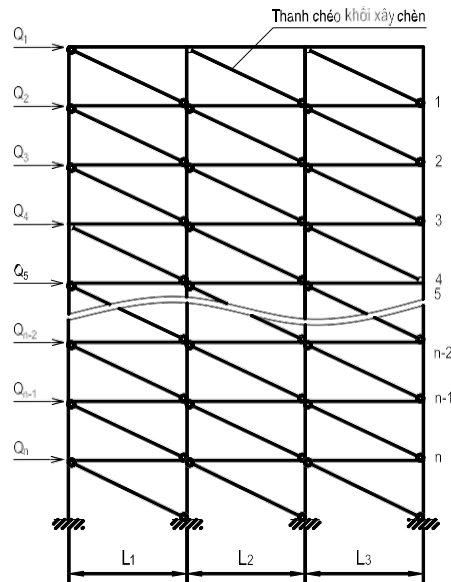
Cần nhận rõ là sau khi hình thành vết nứt, khả năng chịu lực của khối xây chèn vẫn chưa tận dụng hết. Song khi vết nứt phát triển lớn, chiều rộng vết nứt có thể đạt $a_n=2\div 3\text{mm}$, thì lúc bấy giờ đã đến giới hạn và không cho phép khai thác sử dụng nhà một cách bình thường được.



Hình 5. Hình thành vết nứt trong khối xây tường chèn khi khung chuyển vị ngang

2.4. Sơ đồ đơn giản để tính khung – tường chịu tải trọng gió trong mặt phẳng

Để xét sự làm việc của khối xây chèn trong nhà khung cao tầng chịu tải trọng gió, khi đó sự làm việc của khối xây chèn ở giai đoạn 1 được thay thế bằng một thanh chéo, hướng dọc theo đường chéo và liên kết khớp ở nút khung. Theo sơ đồ này khung cùng làm việc với khối xây chèn.



Hình 6. Sơ đồ đơn giản của khung – tường chịu tải trọng gió có xét đến sự làm việc của khối xây chèn

Giải bài toán này một cách nghiêm chỉnh có thể khó khăn, vì về phương diện cơ kết cấu là một hệ với thanh chéo là phi tuyến. Do đó để đánh giá ảnh hưởng của khối xây chèn có thể dùng phương pháp đơn giản hoặc dùng phương pháp tương đối chính xác sau:

Phương pháp đơn giản:

Trong phương pháp đơn giản, tải trọng gió Q_m tác dụng ở cao trình dầm tầng m , bao gồm thành phần Q_{mk} do khung chịu và thành phần Q_{mt} do tường xây chèn chịu:

$$Q_m = Q_{mk} + Q_{mt}$$

Trong thực tế, thường độ cứng khung và tường chèn khác nhau. Khi

đó lực ngang Q_m truyền vào cột khung và tường chèn theo tỉ lệ độ cứng tương ứng. Tường chèn thường có độ cứng rất lớn, trong nhiều trường hợp lớn hơn độ cứng của khung. Và với lực Q_{mt} xác định được lực dọc nén X trong thanh chéo của nhà khung cao tầng.

Phương pháp này đơn giản, nhưng dùng nhiều giả thiết gần đúng cho nên độ tin cậy không cao, do đó hiện nay ít dùng phương pháp này.

Phương pháp phần tử hữu hạn phi tuyến:

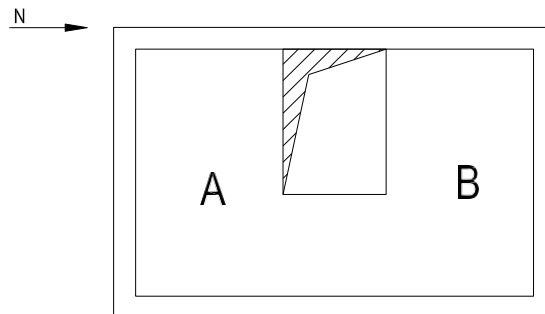
Vì sơ đồ khung tường là một hệ phi tuyến, cho nên không dùng phương pháp phần tử hữu hạn tuyến tính giải được. Người ta áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn phi tuyến với giả thiết thanh chéo là thanh thuần túy chịu nén X . Và không chế cường độ của thanh chéo là đến trạng thái giới hạn, ứng suất nén trong thanh chéo đạt cường độ giới hạn của khối xây chịu nén $\sigma_{kx} = R_{kx}$. Và khi đó khả năng chịu lực của thanh chéo triệt tiêu.

2.5. Cấu kiện khung – tường có lỗ cửa

Trạng thái ứng suất của khối xây, khung tường chèn có lỗ cửa khi hình thành vết nứt, có thể phân ra 3 giai đoạn sau:

Giai đoạn 1:

Khung và khối xây chèn là một khối thống nhất. Sự phá hoại bắt đầu từ sự xuất hiện vết nứt theo chu vi ở mép mỏng tường A gần với điểm đặt lực ngang N , Giai đoạn 1 kết thúc khi ứng suất ở khu vực điểm đặt lực N đạt đến giá trị giới hạn.



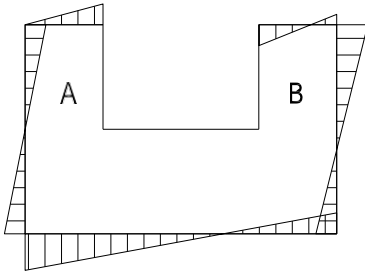
Hình 7: Khối xây chèn khung tường có lỗ cửa

Giai đoạn 2:

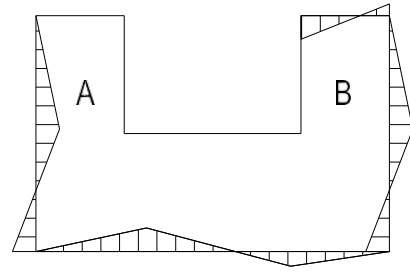
Sau khi xuất hiện vết nứt ở mảng tường A, độ cứng của mảng tường A theo phương tác dụng của lực gần như triệt tiêu. Khi mảng tường A gần như bị triệt tiêu thì mảng tường B bị xoay nghiêng.

Giai đoạn 2 của sự làm việc khối xây chèn kết thúc khi ứng suất ở mép của mảng tường B đạt trị số giới hạn.

Như vậy, giai đoạn 2 của trạng thái ứng suất khối xây chèn có lỗ cửa kết thúc bằng sự xuất hiện vết nứt ở cả mảng tường A và mảng tường B.



Hình 8. Sơ đồ phân bố ứng suất ở giai đoạn 1

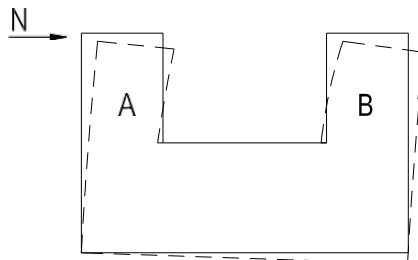


Hình 9. Sơ đồ phân bố ứng suất ở giai đoạn 2

Giai đoạn 3:

Tiếp tục tăng tải trọng, các lớp dưới của tiết diện mảng tường A và B xuất hiện vết nứt xiên. Đặc trưng hình thành khe nứt ở giai đoạn 3 của khối xây chèn cho thấy đã xuất hiện lực trượt ở mạch tiếp xúc của khung và khối xây chèn.

Trạng thái ứng suất của khối xây chèn phân 3 giai đoạn là đã tận dụng hết khả năng chịu lực của khối xây chèn.



Hình 10. Sơ đồ biến dạng của khối xây chèn ở giai đoạn 2 khi chuyển vị

Qua 3 giai đoạn của trạng thái ứng suất có nhận xét:

- Trong mỗi mảng tường A và B đều có đường chéo co ngắn và đường chéo giãn dài. Như vậy là cả 2 mảng tường đều chuyển vị ngang.

- Có sự tập trung biến dạng ở góc lỗ cửa và ở góc của phần mảng tường đặc, điều đó nói lên sự hiện diện của tập trung ứng suất.

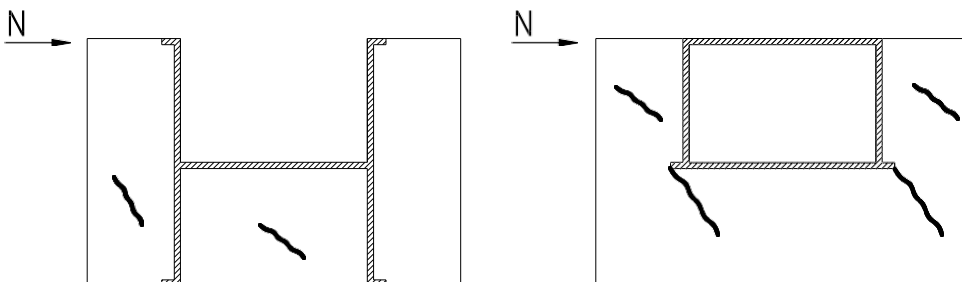
- Khi tăng chiều rộng lỗ cửa thì khi khung chuyển vị, độ cứng của khối xây chèn càng giảm yếu rõ rệt.

Quan sát đặc trưng khe nứt và biến dạng của khối xây cho phép xem sự làm việc của khối xây chèn sau khi xuất hiện vết nứt làm việc như thanh xiên chịu nén theo đường chéo của mảng tường.

Trong bài toán tính khung và khối xây chèn có lỗ cửa, thay thế mỗi mảng tường bằng một thanh chéo là rất phức tạp. Để đơn giản và hợp lý, thay thế khối xây chèn có lỗ cửa thực tế bằng một khối xây đặc có cường độ, độ cứng và cùng độ chuyển vị ngang tương đương. Và như thế khung tường có lỗ cửa được thay thế bằng một thanh chéo thuần túy chịu nén.

2.6. Cấu kiện khung – tường có lỗ cửa được gia cường bằng bê tông cốt thép

Sơ đồ khung tường xây chèn có lỗ cửa được gia cường bằng bê tông cốt thép (BTCT) xuất hiện vết nứt theo chu vi được thể hiện ở hình 11.



Hình 11. Sơ đồ hình thành vết nứt trong khối xây chèn có lỗ cửa được gia cường bằng khung bê tông cốt thép

Đối với khối xây chèn có lỗ cửa được gia cường khung BTCT, khi xuất hiện vết nứt đầu tiên, tải trọng tác dụng tăng trung bình lên $1,5 \div 2$ lần.

Gia cường khối xây chèn cũng như biện pháp gia cường, khi xuất hiện những vết nứt theo chu vi đầu tiên, gần như không ảnh hưởng đến trị số chuyển vị ngang của khung.

Gia cường độ cứng nút khung, nâng cao độ ngàm của khung là tương ứng nâng cao độ cứng của khối xây chèn.

Biến dạng của khối xây ở mép lỗ cửa và biến dạng của BTCT ở mảng tường B phát triển gần giống nhau, điều đó chứng tỏ khối xây của mảng tường B và cấu kiện BTCT cùng chung làm việc đến trạng thái giới hạn.

Khung – tường có lỗ cửa được gia cường bằng BTCT được thay thế bằng một mảng tường đặc, có cường độ và độ cứng tương đương, và như vậy trong sơ đồ tính toán được thay thế bằng một thanh chéo thuần túy chịu nén, không có momen uốn tác dụng ở 2 đầu thanh chéo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

* Tài liệu bằng tiếng Nga:

1. Kết cấu gạch đá, S.A. SÊMENXÓP, MASCÓVA 1953
2. Nghiên cứu công trình gạch đá, L.I. ÔNHIXÍCH, MASCÓVA 1949
3. Nghiên cứu nhà gạch đá chịu động đất, Nhiều tác giả, MASCÓVA 1962
4. Khối xây gạch đá trong nhà khung, S.V. POLIACÓP, MASCÓVA 1956
5. Qui phạm và tiêu chuẩn xây dựng kết cấu gạch đá, SNHÍP 84,

MASCOVA 1998

* Tài liệu bằng tiếng Việt:

1. TCXDVN 323:2004, Nhà ở cao tầng – Tiêu chuẩn thiết kế
2. TCVN 5573:2011, Kết cấu gạch đá và gạch đá có cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế