

LỜI NÓI ĐẦU

Nhằm cung cấp tài liệu học tập cho sinh viên ngành Kỹ thuật công trình xây dựng, Bộ môn Kết cấu công trình Trường Đại học Xây dựng Miền Trung biên soạn cuốn giáo trình “**Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép**”.

Kết cấu bê tông cốt thép là loại kết cấu chủ yếu trong xây dựng hiện đại. Kiến thức về kết cấu bê tông cốt thép cần thiết cho cán bộ kỹ thuật xây dựng. Kết cấu chịu lực của nhà cao tầng thường bao gồm nhiều hệ kết cấu được liên kết với nhau sao cho chúng có khả năng chịu được các tác động của tải trọng như một hệ liên tục thống nhất. Bởi vậy việc tìm hiểu bản chất về sự làm việc của từng hệ chịu lực có ý nghĩa hàng đầu trong thiết kế và thi công nhà cao tầng.

Giáo trình trình bày những nguyên tắc cơ bản về lựa chọn các giải pháp kết cấu hợp lý, phân tích, áp dụng các giả thiết, lý thuyết tính toán, sơ đồ tính toán, xác định tải trọng và các yêu cầu tạo sao cho phù hợp với thực tế làm việc của từng dạng kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép.

Đây là tài liệu rất cơ bản, giúp ích cho sinh viên trong quá trình học tập, làm đồ án tốt nghiệp của sinh viên ngành Kỹ thuật công trình xây dựng.

Tài liệu chắc chắn sẽ còn những thiếu sót, rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu, chân thành của bạn đọc.

Chân thành cảm ơn các thầy giáo, cô giáo trong Bộ môn Kết cấu công trình và các đồng nghiệp đã cộng tác, góp ý và giúp đỡ để hoàn thành cuốn tài liệu này.

Tác giả

Huỳnh Quốc Hùng

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	i
MỤC LỤC	ii
MỤC LỤC HÌNH ẢNH	v
MỤC LỤC BẢNG	ix
Chương 1	1
TỔNG QUAN NHÀ CAO TẦNG	1
1.1. Khái niệm về nhà cao tầng.....	1
1.2. Lịch sử phát triển	1
1.3. Phân loại nhà cao tầng	6
Chương 2	8
CÁC HỆ KẾT CẤU CHỊU LỰC NHÀ CAO TẦNG	8
2.1. Khái niệm về các hệ kết cấu chịu lực	8
2.1.1. Đặc điểm chịu lực nhà cao tầng.....	8
2.1.2. Đặc điểm sử dụng vật liệu	8
2.1.3. Các hệ kết cấu chịu lực nhà cao tầng.....	9
2.2. Nguyên tắc lựa chọn kết cấu chịu lực nhà cao tầng	20
2.2.1. Giải pháp kiến trúc.....	20
2.2.2. Giải pháp kết cấu	22
2.2.3. Bố trí khe co dãn, khe lún, khe kháng chấn.....	27
2.3. Kết cấu nhà cao tầng.....	29
2.3.1. Kết cấu theo phương đứng.....	29
2.3.2. Kết cấu theo phương ngang (sàn và các dầm)	35
2.4. Sơ đồ làm việc nhà cao tầng	35
2.5. Tầng hầm	36
2.6. Cơ sở thiết kế nhà cao tầng.....	37
Chương 3	38
TẢI TRỌNG TÁC ĐỘNG LÊN NHÀ CAO TẦNG	38
3.1. Tải trọng đứng	38
3.2. Dao động riêng của hệ nhiều bậc tự do	40
3.2.1. Xác định tần số dao động riêng	42
3.2.2. Xác định tần số dao động bằng các phần mềm Sap, Etabs.....	48
3.3. Tải trọng gió tĩnh và động	52
3.3.1. Gió tĩnh	54
3.3.2. Gió động	56
3.3.3. Tổ hợp nội lực (tải trọng) do tải trọng gió.....	61

3.3.4. Tính tần số dao động từ phần mềm Etabs.....	62
3.4. Tải trọng động đất.....	65
3.4.1. Khái niệm chung về động đất	65
3.4.2. Phản ứng của công trình dưới tác dụng của động đất.....	68
3.4.3. Các phương pháp xác định tải trọng động đất	69
3.4.4. Phương pháp xác định tải trọng động đất theo TCVN 9386-2012.....	70
3.4.5. Số dạng dao động cần xét đến trong tính toán động đất.....	92
3.4.6. Tổ hợp các hệ quả của các thành phần tác động động đất.....	92
3.5. Tổ hợp tải trọng	97
3.6. Các hiệu ứng bậc hai (hiệu ứng P - Δ).....	99
3.7. Ví dụ tính toán	99
Chương 4	108
TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG	108
4.1. Khái niệm chung.....	108
4.1.1. Giả thiết tính toán	108
4.1.2. Ảnh hưởng của kết cấu sàn đến sự làm việc của các hệ chịu lực thẳng đứng	108
4.1.3. Sơ đồ tính toán	110
4.1.3. Các phương pháp tính toán	112
4.2. Xác định nội lực hệ vách cứng theo phương pháp Khandzi.....	113
4.2.1. Phân phối tải trọng vào vách cứng thứ i	114
4.2.2. Phân phối mô men vào vách cứng thứ i.....	117
4.3. Xác định nội lực nhà cao tầng bằng phần mềm thông dụng.....	117
4.3.1. Dữ liệu bài toán.....	117
4.3.2. Trình tự thực hiện	118
Chương 5	139
KIỂM TRA SỰ LÀM VIỆC CỦA NHÀ CAO TẦNG.....	139
5.1. Kiểm tra ổn định tổng thể	139
5.2. Kiểm tra gia tốc dao động.....	142
5.3. Xác định chuyển vị của nhà cao tầng	143
5.4. Xác định độ nghiêng, lệch của nhà cao tầng	147
5.5. Xác định chuyển vị ngang của nhà cao tầng	148
5.6. Kiểm tra ổn định nghiêng lật của công trình	148
Chương 6	150
NGUYÊN TẮC KIỂM TRA BỀN VÀ CẤU TẠO	KẾT CẤU CHỊU
LỰC	150

6.1. Nguyên tắc chung	150
6.2. Các tiết diện tính toán và tổ hợp nội lực	151
6.3. Kiểm tra các tiết diện ngang	152
6.3.1. Tính toán cốt thép cầu kiện chịu nén lệch tâm xiên	152
6.3.2. Tính toán cốt đai cột (TCVN 5574:2012).....	167
6.3.3. Lập biểu đồ tương tác	171
6.3.4. Tính toán vách cứng	173
6.4. Cấu tạo cốt thép dầm	193
6.5. Cấu tạo cốt thép cột	199
6.6. Cấu tạo cốt thép nút khung	203
6.7. Cấu tạo cốt thép vách cứng và lõi cứng.....	209
6.7.1. Lựa chọn và bố trí các vách và lõi cứng	209
6.7.2. Cấu tạo vách và lõi cứng.....	210
6.8. Nối cốt thép.....	219
TÀI LIỆU THAM KHẢO	222

MỤC LỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. 1. Các tòa nhà cao tầng nổi tiếng ở Mỹ.	2
Hình 1. 2. Nhà cao tầng ở Chicago.....	3
Hình 1. 3. Nhà cao tầng ở New York.	4
Hình 1. 4. Chiều cao các tòa nhà nổi tiếng trên thế giới.	5
Hình 2. 1. Sơ đồ tổ hợp các hệ chịu lực nhà cao tầng.	10
Hình 2. 2. Sơ đồ hệ khung chịu lực.	10
Hình 2. 3. Sơ đồ hệ tường chịu lực.....	11
Hình 2. 4. Hình dạng các vách cứng.	12
Hình 2. 5. Các hệ lõi chịu lực.	13
Hình 2. 6. Công trình “The Miglin-Beiler Tower” ở Chicago (Hoa Kỳ).....	13
Hình 2. 7. Các hệ hộp chịu lực.	14
Hình 2. 8. Công trình “JinMao Tower” ở Thượng Hải.	15
Hình 2. 9. Hệ hỗn hợp Khung – Tường (Vách) chịu lực.....	16
Hình 2. 10. Sơ đồ giằng.....	16
Hình 2. 11. Sơ đồ khung – giằng.....	16
Hình 2. 12. Hệ khung – lõi chịu lực.	17
Hình 2. 13. Nhà có vách cứng dạng dàn.....	17
Hình 2. 14. Sơ đồ biến dạng của hệ kết cấu.	17
Hình 2. 15. Các giải pháp lõi - ống, ống trong ống.....	18
Hình 2. 16. Kết cấu khung – vách – lõi.	19
Hình 2. 17. Sơ đồ lựa chọn hệ kết cấu theo số tầng.	19
Hình 2. 18. Một số hình dạng mặt bằng nhà cao tầng.	21
Hình 2. 19. Một số hình dạng phù hợp của nhà trên chiều cao.	21
Hình 2. 20. Khung nhiều nhịp.	23
Hình 2. 21. Các sơ đồ khung không nên chọn và biện pháp khắc phục.....	23
Hình 2. 22. Bố trí vách cứng trong khung.....	24
Hình 2. 23. Phân bố khối lượng theo chiều cao.	24
Hình 2. 24. Vị trí tâm khối lượng và tâm cứng trên mặt bằng nhà.	25
Hình 2. 25. Vị trí lõi cứng trong mặt bằng nhà.	26
Hình 2. 26. Sơ đồ hình thành khớp dẻo của khung.	27
Hình 2. 27. Khe kháng chấn.	28
Hình 2. 28. Mặt bằng kết cấu khung điển hình.	30
Hình 2. 29. Bố trí vách cứng trong mặt bằng.	31
Hình 2. 30. Hệ kết cấu vách chịu lực.	31
Hình 2. 31. Bố trí lõi cứng trên mặt bằng.....	32
Hình 2. 32. Kết cấu ống.....	32
Hình 2. 33. Một số dạng vách cứng thường gặp.	33
Hình 2. 34. Kết cấu khung – vách.	33

Hình 2. 35. Hệ kết cấu khung – lõi cứng.....	34
Hình 2. 36. Khung đỡ vách.....	34
Hình 2. 37. Hệ kết cấu ống.....	34
Hình 2. 38. Các loại sàn thường gặp.....	35
Hình 2. 39. Các sơ đồ làm việc.....	36
Hình 2. 40. Tầng hầm.....	37
Hình 3. 1. Hệ một bậc tự do.....	40
Hình 3. 2. Hệ nhiều bậc tự do.....	41
Hình 3. 3. Mô hình tính toán.....	42
Hình 3. 4. Mô hình tính toán.....	46
Hình 3. 5. Các dạng dao động của công trình.....	48
Hình 3. 6. hộp thoại khai báo Material Properties và Mass source.....	48
Hình 3. 7. Hộp thoại Assign Diaphragm.....	49
Hình 3. 8. Hộp thoại Dynamic analysis.....	49
Hình 3. 9. Hộp thoại Modal participating Mass ratio.....	50
Hình 3. 10. Hộp thoại Center mass Rigidity.....	50
Hình 3. 11. Các dạng dao động của khung phẳng.....	51
Hình 3. 12. Các dạng dao động của khung không gian.....	52
Hình 3. 13. Điều chỉnh trục của cột biên và dầm biên.....	52
Hình 3. 14. Tuần hoàn của gió.....	53
Hình 3. 15. Biểu đồ dạng áp lực gió.....	53
Hình 3. 16. Tải trọng gió là lực tập trung tác động lên trọng tâm sàn mỗi tầng.....	55
Hình 3. 17. Hộp thoại Center mass Rigidity.....	55
Hình 3. 18. Hộp thoại User Wind Load.....	55
Hình 3. 19. Hệ tọa độ xác định hệ số tương quan v.....	58
Hình 3. 20. Đồ thị xác định hệ số động lực ξ_i	60
Hình 3. 21. Hộp thoại Modal participating Mass ratio.....	62
Hình 3. 22. Hộp thoại Center Mass Rigidity.....	63
Hình 3. 23. Hộp thoại Building Mode.....	63
Hình 3. 24. Đặc trưng dao động tại chấn tâm và chấn tiêu.....	66
Hình 3. 25. Bản đồ phân vùng gia tốc nền lãnh thổ Việt Nam, chu kỳ lặp 500 năm, nền loại A.....	68
Hình 3. 26. Mô hình tính toán của hệ kết cấu có nhiều bậc tự do chịu tác động động đất.....	69
Hình 3. 27. Dạng của phổ phản ứng đàn hồi.....	75
Hình 3. 28. Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại nền đất từ A đến E (độ cứng 5%)......	76
Hình 3. 29. Các tiêu chí về tính đều đặn của nhà có giạt cấp.....	88
Hình 3. 30. Phân phối lực động đất lên tầng thứ i.....	90
Hình 3. 31. Hiệu ứng P - Δ của mô hình côngxôn.....	99

Hình 4. 1. a) Khung; b) Vách (lỗi); c) Sơ đồ biên dạng của hệ thống qua các liên kết (giằng) đặt ở các mức sàn.	109
Hình 4. 2. a) Sơ đồ kết cấu chịu tải trọng ngang; b, c) Sơ đồ liên kết và tải trọng thành phần.	110
Hình 4. 3. a) Mặt bằng kết cấu hệ khung - vách; b) Sơ đồ tính toán theo phương trục y c) Sơ đồ tính toán theo phương trục x.	110
Hình 4. 4. Hệ khung - vách - lỗi trong ngôi nhà có mặt bằng gây khúc cần tính toán theo sơ đồ không gian.	111
Hình 4. 5. Các sơ đồ tính toán.	111
Hình 4. 6. Xác định chuyển vị vách cứng.	113
Hình 4. 7. Tải trọng tác dụng theo từng phương.	115
Hình 4. 8. Tải trọng tác dụng theo hai phương.	115
Hình 4. 9. Trục chính các tường song song trục nhà.	116
Hình 4. 10. Mặt bằng công trình.	118
Hình 5. 1. Đồ thị xác định α	141
Hình 5. 2. Xác định đặc trưng mặt bằng nhà.	141
Hình 5. 3. Phân bố tải trọng gió theo độ cao.	145
Hình 5. 4. Độ nghiêng lệch của nhà trong và ngoài mặt phẳng.	147
Hình 6. 1. Các dạng vùng bê tông chịu nén.	152
Hình 6. 2. Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất trên tiết diện thẳng góc với trục dọc cầu kiện bê tông cốt thép trong trường hợp tổng quát tính toán tiết diện theo độ bền.	153
Hình 6. 3. Bố trí cốt thép cột (cột dọc, cột đai)	170
Hình 6. 4. Sơ đồ phân bố ứng suất trong cầu kiện nén lệch tâm tính theo biến dạng.	172
Hình 6. 5. Mặt biểu đồ tương tác cột nén lệch tâm xiên.	172
Hình 6. 6. Hình dạng vách cứng.	174
Hình 6. 7. Cách bố trí vách cứng theo chiều cao công trình và mặt bằng.	174
Hình 6. 8. Phân loại vách cứng theo chiều cao.	175
Hình 6. 9. Bố trí vách cứng trên mặt bằng công trình.	176
Hình 6. 10. Ứng xử hệ khung vách.	176
Hình 6. 11. Mô hình cấu tạo hệ chịu lực của kết cấu nhà.	177
Hình 6. 12. Các thành phần nội lực trong vách.	178
Hình 6. 13. Phân chia vách để tính theo phương pháp ứng suất đàn hồi;	179
Hình 6. 14. Phân chia vách để tính theo phương pháp vùng biên chịu mô men.	180
Hình 6. 15. Biểu đồ tương tác.	185
Hình 6. 16. Dạng bố trí cốt thép và biểu đồ tương tác của vách cứng.	186
Hình 6. 17. Phân bố cốt thép trong vách cứng.	186
Hình 6. 18. Cấu tạo cốt thép vách cứng.	188
Hình 6. 19. Các phương án bố trí cốt thép vách cứng phẳng.	189
Hình 6. 20. Dạng bố trí cốt thép vách cứng.	193
Hình 6. 21. Cột bị phá hoại.	194

Hình 6. 22. Tiết diện cột – dầm bê tông cốt thép.	194
Hình 6. 23. Quy định vùng tới hạn trong dầm.....	195
Hình 6. 24. Cấu tạo hình dạng cốt đai trong dầm.....	196
Hình 6. 25. Cấu tạo dầm bê tông cốt thép.	196
Hình 6. 26. Quy định lượng cốt thép dọc bố trí trong dầm.	197
Hình 6. 27. Cấu tạo cốt thép trong dầm.....	198
Hình 6. 28. Cấu tạo cốt thép đai trong dầm.....	199
Hình 6. 29. Quy định cách thức bố trí cốt thép trong cột.	201
Hình 6. 30. Cấu tạo cốt đai trong cột chịu tải động đất.....	202
Hình 6. 31. Một số dạng cấu tạo cốt đai trong cột.	202
Hình 6. 32. Bố trí cốt đai tại nút khung theo yêu cầu kháng chấn.	203
Hình 6. 33. Quy định chiều dài đoạn neo cốt thép.	204
Hình 6. 34. Cấu tạo nút khung thông thường không tính động đất: 1. cốt đai bổ sung; 2,3,4,5,6,7 cốt dọc trong dầm, cột được uốn cong tại các nút.....	206
Hình 6. 35. Tầm quan trọng của nút khung trong khung chịu tải trọng ngang;	207
Hình 6. 36. Sự làm việc và cơ chế phá hoại của nút khung;	207
Hình 6. 37. Sự phá hoại của nút khung.	208
Hình 6. 38. Gia cường cho nút khung.	208
Hình 6. 39. Phân tích sự làm việc nút khung.....	209
Hình 6. 40. Bố trí cốt thép trong vách.	211
Hình 6. 41. Cấu tạo cốt thép gia cường lanh tô cửa.	212
Hình 6. 42. Bố trí cốt thép trong vách.	212
Hình 6. 45. Bố trí cốt thép trong vách.	213
Hình 6. 46. Bố trí cốt thép trong vách.	213
Hình 6. 47. Bố trí cốt thép trong vách.	214
Hình 6. 48. Bố trí cốt thép trong vách.	215
Hình 6. 49. Bố trí cốt thép trong vách.	216
Hình 6. 50. Bố trí cốt thép trong vách.	216
Hình 6. 51. Bố trí cốt thép trong vách.	217
Hình 6. 52. Bố trí cốt thép trong vách.	217
Hình 6. 53. Bố trí cốt thép trong vách.	218
Hình 6. 54. Bố trí cốt thép trong vách (tham khảo).....	219
Hình 6. 55. Loại mối nối tiêu chuẩn.	220
Hình 6. 56. Nối cốt thép bằng coupler.....	221
Hình 6. 57. Nối thép bằng U-bolt.	221

MỤC LỤC BẢNG

Bảng 1. 1. Một số công trình nhà cao tầng ở Việt Nam	6
Bảng 2. 1. Chiều cao lớn nhất thích hợp cho nhà BTCT liên khối (m).....	8
Bảng 2. 2. Chiều cao tối đa H (m) và tỷ số giới hạn giữa chiều cao và chiều rộng H/B	20
Bảng 2. 3. Khoảng cách giữa các vách cứng phải thỏa mãn điều kiện:	26
Bảng 2. 4. Khoảng cách lớn nhất của khe co giãn khi không tính toán	28
Bảng 2. 5. Bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn (mm)	29
Bảng 3. 1. Giá trị giới hạn của tần số dao động riêng f_L	56
Bảng 3. 2. Hệ số áp lực động ζ_j	57
Bảng 3. 3. Bảng hệ số k_{zj} kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình.	57
Bảng 3. 4. Hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió v_1	58
Bảng 3. 5. Các tham số ρ và χ	59
Bảng 3. 6. Hệ số β điều chỉnh tải trọng gió với thời gian sử dụng giả định của công trình khác nhau.	61
Bảng 3. 7. Giữa thang Mercalli cải tiến và thang Richter có mối liên hệ như sau.....	67
Bảng 3. 8. Các loại nền đất.....	71
Bảng 3. 9. Mức độ và hệ số tầm quan trọng.....	72
Bảng 3. 10. Giá trị của các tham số mô tả các phổ phản ứng đàn hồi.....	76
Bảng 3. 11. Giá trị các tham số mô tả phổ phản ứng đàn hồi theo phương thẳng đứng	77
Bảng 3. 12. Các giá trị $\psi_{2,i}$ đối với nhà	91
Bảng 3. 13. Giá trị của φ để tính toán $\psi_{E,i}$	91
Bảng 3. 14. Các chu kỳ dao động cơ bản	100
Bảng 3. 15. Khối lượng và chuyển vị tầng theo dạng dao động cơ bản.....	101
Bảng 3. 16. Phân phối tải ngang theo phương Y lên từng tầng.	104
Bảng 3. 17. Chu kỳ dao động	105
Bảng 3. 18. Tải trọng ngang theo phương X lên từng tầng.....	105
Bảng 3. 19. Tải trọng ngang theo phương Y lên từng tầng.....	106
Bảng 3. 20. So sánh lực cắt đáy.....	107
Bảng 4. 1. Kích thước cột.....	118
Bảng 6. 1. Quy định về cốt dọc cột	199
Bảng 6. 2. Quy định về cốt đai	200

Chương 1

TỔNG QUAN NHÀ CAO TẦNG

1.1. Khái niệm về nhà cao tầng

Định nghĩa về nhà cao tầng thay đổi từng nước tùy thuộc vào sự phát triển khoa học kỹ thuật, kinh tế, xã hội và ứng dụng công nghệ của nước đó.

Theo Ủy Ban nhà cao tầng Quốc tế: "Một công trình được xem là nhà cao tầng nếu chiều cao của nó quyết định các điều kiện thiết kế, thi công hoặc sử dụng khác với nhà thông thường".

Có thể định nghĩa theo cách khác: "Nhà cao tầng là một nhà mà chiều cao của nó ảnh hưởng tới ý đồ và cách thức thiết kế".

Quy định nhà cao tầng của một số quốc gia:

Quốc gia	SNG	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Anh	Nhật	Đức	Việt Nam
Nhà ở	10 tầng trở lên	10 tầng trở lên	10 tầng trở lên	>50 m	> 24,3 m	11 tầng và chiều cao từ 31 m	Cao 22 m tính từ mặt nền	Công trình cao trên 40 m
Công trình khác	7 tầng	>24 m	Nhà trên 22 -25 m	>28 m				

1.2. Lịch sử phát triển

Từ đầu thế kỉ XX, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật (như công nghệ vật liệu, công nghệ chế tạo máy ...) đã đưa thế giới vào một cuộc chạy đua xây dựng các công trình chọc trời. Do vậy nhà cao tầng xuất hiện và trở thành biểu tượng cho sự phồn thịnh và phát triển mà điển hình là sự phát triển ở Mỹ:

- Năm 1913 cao ốc Woolworth Building được xây dựng (57 tầng, 241m);

- Năm 1930 xây dựng cao ốc Chrysler chiều cao 319m; sau vài tháng tòa nhà Empire State Building được xây dựng cao 381m (102 tầng), tính cả ăngten – cao 448 m.

- Sau đó tháp đôi World Trade Center ra đời cao 415 và 417 m (Bị đánh bom 11/09/2001).

- Năm 1973 xây dựng Sears Tower ở Chicagol, cao 442 m.

Ở Châu Á, xu hướng phát triển này cũng bắt đầu từ những năm 70 mà điển hình là:

- Bank of China Tower – Hong Kong cao 269m (70 tầng);

- Jin Mao Tower ShangHai cao 421m (86 tầng);

- Petronas Tower Malaysia cao 450m (95 tầng).

Nhà cao tầng ở Mỹ:

Trường phái nhà cao tầng Chicago: Là trường phái nhà cao tầng xuất hiện trước đặc điểm phát triển nhà cao tầng theo kiến trúc High-Tech và Super High-Tech. Mang nặng về mặt kỹ thuật, có hình thức khối tương đối vuông vắn, cục mịch và không đa dạng cũng như không mang tính nghệ thuật. Kiểu nhà cao tầng phổ biến nhất tại thành phố Chicago nói riêng và toàn nước Mỹ nói chung là những tòa nhà chọc trời được thiết kế thiên hướng theo công năng và kết cấu hiện đại mang tính công nghệ cao nhưng không mang tính phong phú và đa dạng về nghệ thuật kiến trúc nhà cao tầng. Kể từ khi được giới thiệu và sử dụng rộng rãi, kiến trúc này đã làm chuyển đổi các tòa nhà theo phong cách Châu Âu cổ điển sang trường phái thiết kế theo công nghệ phổ biến kết cấu.

Cao ốc Woolworth (241m) Cao ốc Chrysler (319m) State Empire Building (344m)



Hình 1. 1. Các tòa nhà cao tầng nổi tiếng ở Mỹ.

Trường phái nhà cao tầng New York: Là trường phái sau trường phái nhà cao tầng Chicago, có đặc điểm phong phú và đa dạng về hình thức kiến trúc của tổ hợp. Trường phái này có xử lý hình khối kiến trúc của tổ hợp một cách nghệ thuật. Bao gồm: Tổ hợp mặt bằng; tổ hợp mặt đứng mà hiệu quả là phân kết của mặt đứng. Trường phái này thể hiện bởi các kiểu nhà cao tầng phổ biến nhất tại thành phố New York là những tòa nhà chọc trời. Kể từ khi được giới thiệu và sử dụng rộng rãi ở đây, kiến trúc này đã làm chuyển đổi các tòa nhà của New York từ kiểu truyền thống Châu Âu thấp và các khối nhà theo phong cách cao tầng thô mộc Chicago sang những khu thương mại vươn thẳng đứng lên cao và có xử lý nghệ thuật ở phần mái. Đến 8/2008, New York có 5.538 tòa nhà cao tầng (nhiều nhất ở Hoa Kỳ và đứng hạng nhì thế giới sau Hong Kong). Hiện nay thành phố có 50 nhà chọc trời xây dựng xong, cao trên 200 mét. Bị bao quanh bởi mặt nước, mật độ dân số và giá trị bất động sản cao trong những

khu thương mại khiến cho New York trở thành nơi tập trung nhiều nhất các tòa nhà, tòa tháp chung cư và văn phòng trên thế giới.

New York có những tòa nhà cao tầng với kiến trúc nổi bật mang nhiều phong cách khác nhau. Woolworth Building tại 40 phố Wall (1913), là tòa nhà chọc trời mang kiến trúc Gothic phục hưng thời kỳ đầu. Nghị quyết phân vùng năm 1916 bắt buộc các tòa nhà mới phải được xây theo kiểu hình chồng lên nhau (phần dưới có diện tích rộng hơn phần trên) và giới hạn các tháp bằng một phần trăm nền đất bên dưới để cho ánh nắng mặt trời chiếu xuống đường phố bên dưới. Kiểu thiết kế art deco của tòa nhà Chrysler năm 1930 với đỉnh thon nhỏ và hình chóp bằng thép đã phản ánh những yêu cầu bắt buộc đó. Tòa nhà này được nhiều sử gia và kiến trúc sư xem như là tòa nhà đẹp nhất New York với cách trang trí rõ nét, thí dụ các góc của tầng 61 có hình biểu tượng chim ó gắn trên nắp phía trước đầu xe Chrysler kiểu năm 1928 và cả các mẫu đèn hình chữ V được ghép chặt bởi một tháp chóp bằng thép ở trên đỉnh tòa nhà. Một ví dụ về ảnh hưởng lớn của kiến trúc phong cách quốc tế tại Hoa Kỳ là tòa nhà Seagram (1957), đặc biệt vì diện mạo của nó sử dụng các xà bằng thép hình chữ H được bọc đồng dễ nhìn thấy để làm nổi bật cấu trúc của tòa nhà. Tòa nhà Condé nast (2000) là một thí dụ điển hình cho cấu trúc thiết kế bền vững (Sustainable Design) trong các tòa nhà chọc trời của Hoa Kỳ.



Hình 1. 2. Nhà cao tầng ở Chicago.

Đặc điểm của các khu dân cư lớn của New York thường là các dãy nhà phố (rowhouse, townhouse) đá nâu tao nhã và các tòa nhà cao tầng tối tân được xây dựng trong một thời kỳ mở rộng nhanh từ năm 1870 đến năm 1930. Đá và gạch trở thành các vật liệu xây dựng chọn lựa của thành phố sau khi việc xây nhà gỗ bị hạn chế bởi vụ cháy lớn vào năm 1835. Không giống như Paris trong nhiều thế kỷ đã được xây dựng từ chính nền đá vôi của mình, New York luôn lấy đá xây dựng từ một hệ thống các mỏ đá xa xôi và các tòa nhà xây bằng đá của thành phố thì đa dạng về kết cấu và

màu sắc. Một điểm nổi bật khác của nhiều tòa nhà cao tầng trong thành phố là có sự hiện diện của những tháp nước bằng gỗ đặt trên nóc. Vào thập niên 1800, thành phố bắt buộc các tòa nhà cao trên sáu tầng gắn các tháp nước như vậy để không cần phải nén nước quá cao ở các cao độ thấp mà có thể làm bể các ống dẫn nước của thành phố. Những tòa nhà cao tầng chung cư có vườn hoa trở nên quen thuộc suốt thập niên 1920 tại những khu ngoại ô trong đó có Jackson Heights nằm trong quận Queens.

Dạng trường phái nhà cao tầng này lan tỏa trên nước Mỹ với nhiều công trình có thẩm mỹ đẹp và nổi bật. Dưới đây là một vài công trình minh họa.



Hình 1. 3. Nhà cao tầng ở New York.

Nhà cao tầng ở Châu Âu:

Châu Âu đi sau Mỹ trong quá trình phát triển nhà cao tầng. Từ những năm 1950 Frankfurt - Đức trở thành thành phố nhà cao tầng đầu tiên của Châu Âu. Năm 1960 tháp Henninge trong khu phố Sachsenhausen là căn nhà Frankfurt đầu tiên vượt qua tháp tây của nhà thờ lớn Frankfurt về chiều cao (120 mét). các nhà cao nhất của những năm 1970 (Plaza Baro Center/khách sạn Marriott, DG-Bank (ngân hàng hợp tác xã Đức), Dresdner Bank) là những tòa nhà cao nhất nước Đức với chiều cao tròn 150m, tháp hội chợ (Messeturm) 1990 đạt chiều cao 257 m và đã là tòa nhà cao nhất châu Âu cho đến 7 năm sau đó bị vượt qua bởi tòa nhà cao 259 m (cả ăngten cao 300 m) là trụ sở chính của Commerzbank.

Nhà cao tầng ở Mỹ La tin, Trung Đông, Châu Á:

Từ cuối thập niên 1930, nhà cao tầng cũng dần dần xuất hiện ở Nam Mỹ và ở Châu Á như: Thượng Hải, Hồng Kông và Singapore.

Trước sự khan hiếm về đất đai xây dựng cũng như tỉ lệ hoàn vốn và lợi nhuận trên diện tích sàn cao, nhà chọc trời trở thành một xu hướng phát triển chung của loài người. Mặt khác, nhà cao tầng cũng được xem như biểu tượng của sức mạnh kinh tế.

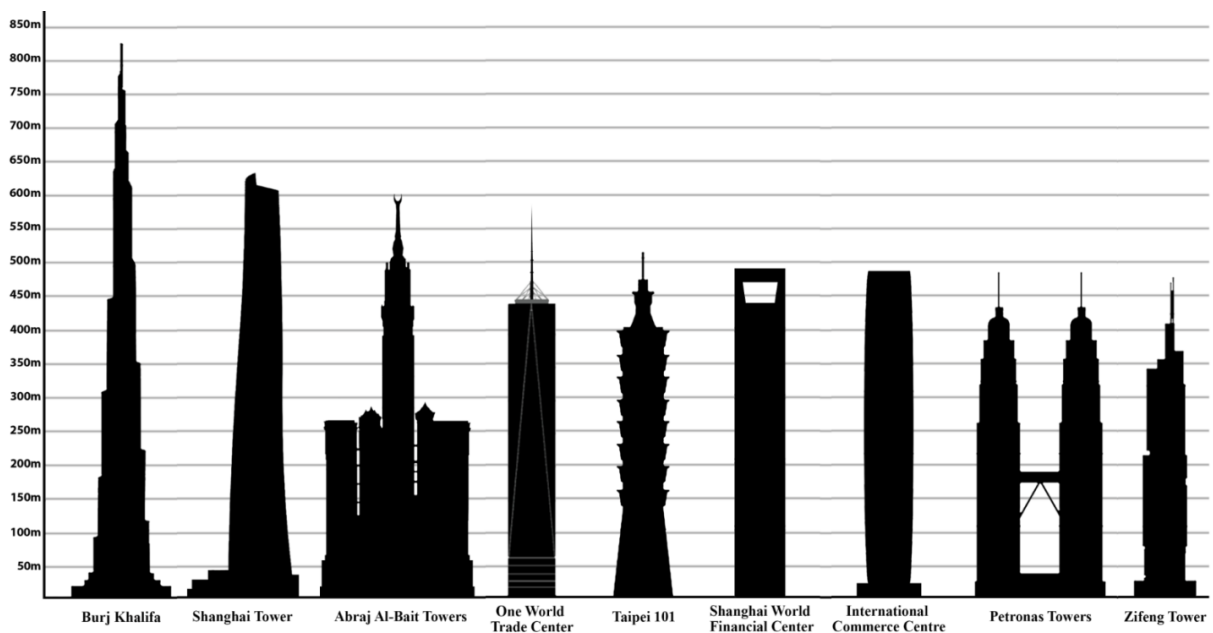
Kể từ cuối thập niên 1980, Hồng Kông và Trung Quốc đóng góp một số công trình nhà cao tầng nổi tiếng, bao gồm nhà băng Trung quốc và trung tâm tài chính quốc tế. Trên thế giới bộ ba Chicago, Hồng Kông và New York được xem là ba ông lớn về nhà cao tầng trên thế giới.

Trong số 10 tòa nhà cao nhất thế giới hiện nay, Châu Á chiếm tới 8 và giữ ngôi vị quán quân của Châu Á vẫn là tháp Taipei 101 với chiều cao 509 m. Hiện nay, Châu Á đua nhau xây nhà cao nhất thế giới.

Bước vào thế kỷ 21, ngay cả những nước giàu có về dầu lửa ở Trung Đông cũng chưa thể so với các thành phố Châu Á trong cuộc đua xây dựng các tòa nhà cao chọc trời. Tuy nhiên, cuối năm 2008, Taipei 101 đã phải nhường ngôi vị cao nhất thế giới cho tòa tháp Burj ở Dubai, Tiểu vương quốc Ảrập thống nhất. Tháp Burj do hãng kiến trúc Mỹ thiết kế cao tới 800 m với 160 tầng dùng làm khách sạn, siêu thị, văn phòng cho thuê và căn hộ sang trọng.

Taipei 101 cao nhất của Châu Á cũng sẽ bị một tòa nhà khác ở Châu Á hoàn thành vào năm 2010 hoặc 2011 vượt mặt. Đó là tháp Thiên niên kỷ ở thành phố cảng Busan (Hàn Quốc) với chiều cao 560 m.

Ngày nay, thành phố nào may mắn mới giữ được kỷ lục trong hơn nửa thập kỷ. Tháp đôi Petronas (Kuala Lumpur) hoàn thành năm 1998 đã bị tháp Taipei 101 vượt qua năm 2004. Tuy nhiên, Tháp Taipei 101 chỉ giữ được kỷ lục trong 4 năm bởi tháp Burj (Dubai) đã hoàn thành và đưa vào sử dụng.



Hình 1. 4. Chiều cao các tòa nhà nổi tiếng trên thế giới.

Việc đua nhau xây các tòa nhà chọc trời còn chứng tỏ tiềm lực kinh tế của các quốc gia và vùng lãnh thổ. Thành phố công nghiệp Thượng Hải (Trung Quốc) từ

những năm 1990 đã được ví như Manhattan của Châu Á với hàng loạt tòa nhà cao chót vót. Nổi tiếng nhất ở Thượng Hải là tháp Jin Mao với 88 tầng, 421 m là tòa nhà cao nhất Trung Quốc. Tuy nhiên, Thượng Hải đã có thêm một tòa nhà cao chọc trời nữa là Trung tâm Tài chính thế giới với chiều cao 492 m vào năm 2008.

Nhà cao tầng ở Việt Nam:

Trong khoảng hai mươi năm trở lại đây, đất nước ta đã xây dựng rất nhiều công trình nhà cao tầng. Các công trình nhà cao tầng đã đem lại cho các đô thị Việt Nam một cảnh quan mới, một không gian kiến trúc hiện đại, tạo ra biểu tượng cho nền văn minh và tiến bộ xã hội. Việt Nam trong những năm gần đây số lượng nhà có số tầng từ 20 trở lên tăng rất nhanh: SaiGon Plaza 33 tầng, Hanoi Tower 25 tầng, Vetcombank Tower 68 tầng (đang xây dựng), Khách sạn Melia 22 tầng, khu đô thị Trung Hòa 34 tầng, chung cư Sông Đà ở Km10 Nguyễn Trãi 34 tầng; Keangnam Hanoi Landmark Tower 345m (70 tầng), Tháp Dầu khí Việt Nam 79 tầng (dự kiến xây dựng), Trung tâm tài chính Bitexco 262,5m (68 tầng), Hanoi City Complex 195m (65 tầng)...

Sự phát triển của nhà cao tầng tạo điều kiện cho sự phát triển các hệ kết cấu chịu lực đặc biệt là các hệ kết cấu chịu tải trọng ngang.

Bảng 1. 1. Một số công trình nhà cao tầng ở Việt Nam

Công trình	Số tầng	Cao, m
Keangnam Hanoi Landmark Tower	72	336
Lotte Center Hà Nội	65	267
Bitexco Financial Tower (TPHCM)	68	262,5
Keangnam Hanoi Landmark Tower A (Hà Nội)	48	212
Keangnam Hanoi Landmark Tower B (Hà Nội)	48	212
Vietcombank Tower (TPHCM)	40	206
Saigon One Tower (TPHCM)	42	195,3
Diamond Flower Tower (Hà Nội)	40	177
Da Nang City Hall	34	166,9

1.3. Phân loại nhà cao tầng

Phân loại theo mục đích sử dụng: nhà ở; nhà làm việc và các dịch vụ khác; khách sạn.

Phân loại theo hình dạng:

Nhà tháp: mặt bằng hình tròn, tam giác, vuông, đa giác đều cạnh, trong đó giao thông theo phương đứng tập trung vào một khu vực duy nhất.

Nhà dạng thanh: mặt bằng chữ nhật, trong đó có nhiều đơn vị giao thông theo phương thẳng đứng.

Phân loại theo chiều cao nhà (Ủy ban nhà cao tầng Quốc tế):

Nhà cao tầng loại I: 09 - 16 tầng (cao nhất 50m);

Nhà cao tầng loại II: 17 - 25 tầng (cao 50m-75m);

Nhà cao tầng loại III: 26 - 40 tầng (cao 75m-100m);

Nhà cao tầng loại IV: 40 tầng trở lên (trên 100m, siêu cao tầng).

Phân loại theo vật liệu cơ bản dùng để thi công kết cấu chịu lực: nhà cao tầng bằng bê tông cốt thép; nhà cao tầng bằng thép; nhà cao tầng có kết cấu tổ hợp bằng Bê tông cốt thép và thép.

Phân loại theo dạng kết cấu chịu lực: Kết cấu thuần khung; kết cấu tấm (vách); kết cấu hệ lõi “Kết cấu hệ ống”; kết cấu hỗn hợp.

Các nước trên thế giới tùy theo sự phát triển nhà cao tầng của mình mà có cách phân loại khác nhau. Hiện nay ở nước ta đang có xu hướng theo sự phân loại của ủy ban Nhà cao tầng Quốc tế.

Về mặt kết cấu, một công trình được định nghĩa là cao tầng khi độ bền vững và chuyển vị của nó do tải trọng ngang (gió, động đất) quyết định. Mặc dù chưa có sự thống nhất chung nào về định nghĩa nhà cao tầng nhưng có một ranh giới được đa số các Kỹ sư kết cấu chấp nhận, đó là từ nhà thấp tầng sang nhà cao tầng có sự chuyển tiếp từ phân tích tĩnh học sang phân tích động học khi nhà chịu tác động của tải gió, động đất... tức là vấn đề dao động và ổn định nói chung.

Các công trình nhà cao tầng ngày càng cao hơn, nhẹ hơn và mạnh hơn so với các nhà cao tầng trong quá khứ. Các nghiên cứu trên thế giới cũng khẳng định xu hướng này trong tương lai, thông qua các kết quả so sánh cho thấy các công trình có độ mạnh cao đồng thời cũng mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn.

Chương 2

CÁC HỆ KẾT CẤU CHỊU LỰC NHÀ CAO TẦNG

2.1. Khái niệm về các hệ kết cấu chịu lực

2.1.1. Đặc điểm chịu lực nhà cao tầng

Do số lượng tầng nhiều nên tải trọng bản thân và tải trọng sử dụng thường rất lớn, thường bố trí trên mặt bằng nhỏ, nên cấu tạo móng rất phức tạp. Vì vậy đa số công trình đều lựa chọn giải pháp móng sâu (móng cọc đóng, cọc khoan nhồi..);

Nhà cao tầng thường rất nhạy cảm đến độ lún lệch của móng. Nó ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của công trình do độ cao công trình rất lớn;

Chịu tác dụng của tải trọng ngang lớn như: gió, động đất ...;

Sự phân bố độ cứng của công trình theo độ cao nhằm hạn chế chuyển vị ngang cũng như việc giảm khối lượng tham gia các thành phần dao động của công trình có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng chịu lực của công trình;

Nhà cao tầng thường có điều kiện thi công phức tạp, quy trình thi công rất nghiêm ngặt và yêu cầu độ chính xác cao;

Khả năng đảm bảo về thông gió, cấp thoát nước, phòng chống cháy nổ, giao thông... là rất phức tạp.

Đối với những ngôi nhà có chiều cao từ 40m trở lên, kết cấu chịu lực phải được tính toán cả với thành phần động của tải trọng gió và kiểm tra theo tải trọng động đất từ cấp 7 trở lên (theo thang MSK-64) được xem là nhà cao tầng.

Bảng 2. 1. Chiều cao lớn nhất thích hợp cho nhà BTCT liên khối (m)

Hệ kết cấu	Không có động đất	Cấp động đất thiết kế (MSK-64)			
		6	7	8	9
Khung	60	60	55	45	25
Khung – Vách - Lõi	130	130	120	100	50
Vách – Tường cứng	140	140	120	100	60
Lõi - ống, ống trong ống	180	180	150	120	70

Ghi chú: Độ cao nhà được tính từ mặt đất ngoài nhà đến điểm mái công trình, không kể độ cao của các bộ phận nhô lên khỏi mái như bể nước, buồng thang máy;

2.1.2. Đặc điểm sử dụng vật liệu

Nhà cao tầng yêu cầu khắc khe về vật liệu chịu lực và bao che.

- Trong nhà cao tầng các cấu kiện đều chịu các tải trọng thẳng đứng và tải trọng ngang lớn. Để đủ khả năng chịu lực đồng thời đảm bảo tiết diện các kết cấu thanh như cột, dầm, các kết cấu bản như sàn, tường có kích thước hợp lý, phù hợp với giải pháp

kiến trúc mặt bằng và không gian sử dụng, vật liệu dùng trong kết cấu nhà cao tầng cần có cấp độ bền chịu kéo, nén, cắt cao. Thường dùng bê tông B25 đến B60 (tương đương mác 300 đến 800) và cốt thép có giới hạn chảy từ 300 MPa trở lên.

- Bê tông là vật liệu đàn - dẻo, nên có khả năng phân phối lại nội lực trong các kết cấu, sử dụng rất hiệu quả khi chịu tải trọng lặp lại (động đất, gió bão). Bê tông có tính liên khối cao giúp cho các bộ phận kết cấu liên kết lại thành một hệ chịu lực theo các phương tác động của tải trọng. Tuy vậy, bê tông có trọng lượng bản thân lớn nên thường được sử dụng có hiệu quả cho các ngôi nhà dưới 30 tầng. Khi nhà cao trên 30 tầng nhất thiết phải dùng bê tông có cấp cường độ cao, bê tông ứng lực trước hay bê tông cốt cứng (hàm lượng cốt thép cứng $\mu \leq 15\%$) hoặc dùng kết cấu thép hoặc kết cấu thép - bê tông liên hợp.

- Trong nhà cao tầng thường sử dụng các lưới cốt rộng từ $6 \times 6 \text{ m}^2$ trở lên nhưng chiều cao tầng điển hình thường không lớn, nên giải pháp kết cấu sàn phải lựa chọn sao cho các dầm đỡ sàn có chiều cao tối thiểu. Bởi vậy bê tông ứng lực trước thường được sử dụng cho kết cấu sàn đổ toàn khối hay lắp ghép nhất là hệ sàn phẳng không dầm. Ngoài kết cấu chịu lực, kết cấu bao che trong nhà cao tầng cũng chiếm tỷ lệ đáng kể trong tổng khối lượng công trình. Bởi vậy cần sử dụng các vật liệu nhẹ, có khối lượng riêng nhỏ, tạo điều kiện giảm đáng kể không những chỉ đối với tải trọng thẳng đứng mà còn cả đối với tải trọng ngang do lực quán tính gây ra.

2.1.3. Các hệ kết cấu chịu lực nhà cao tầng

Các cấu kiện chịu lực chính tạo thành các hệ chịu lực nhà cao tầng bao gồm:

Cấu kiện dạng thanh: cột, dầm, thanh chống, thanh giằng;

Cấu kiện dạng tấm: Tường (vách), sàn.

Trong nhà cao tầng, khi có sự hiện diện của các khung thì tùy theo các làm việc của các cột trong khung mà hệ kết cấu chịu lực được phân thành các loại sơ đồ: sơ đồ khung; sơ đồ giằng; và sơ đồ khung- giằng.

Trong nhà cao tầng, sàn các tầng, ngoài khả năng chịu uốn do tải trọng thẳng đứng, còn phải có độ cứng lớn để không bị biến dạng trong mặt phẳng khi truyền tải trọng ngang vào cột, vách, lõi nên còn gọi là những sàn cứng.

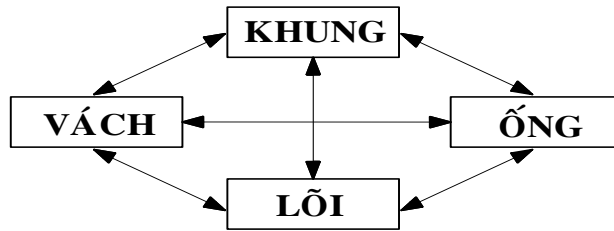
Cấu kiện không gian là các vách nhiều cạnh hở hoặc khép kín, tạo thành các hộp bố trí bên trong nhà, được gọi là lõi cứng. Ngoài lõi cứng bên trong, còn có các dầm cột bố trí theo chu vi nhà với khoảng cách nhỏ tạo thành một hệ khung biến dạng tường vây. Tiết diện các cột ngoài biên có thể đặc hoặc rỗng. Khi là những cột rỗng hình hộp vuông hoặc hình tròn sẽ tạo nên hệ kết cấu được gọi là ống trong ống. Dạng kết cấu này thường sử dụng trong nhà có chiều cao lớn.

Phụ thuộc vào các giải pháp kiến trúc, từ 3 thành phần kết cấu chính (cấu kiện dạng thanh, tấm, không gian) có thể liên kết tạo thành 2 nhóm kết cấu chịu lực:

Nhóm 1: Gồm 1 cấu kiện chịu lực độc lập – khung, tường, vách, lõi hộp (ống);

Nhóm 2: Hệ chịu lực được tổ hợp từ 2 hoặc 3 cấu kiện cơ bản trở lên:

- Kết cấu KHUNG + VÁCH;
- Kết cấu KHUNG + LỖI;
- Kết cấu KHUNG + VÁCH + LỖI v.v...

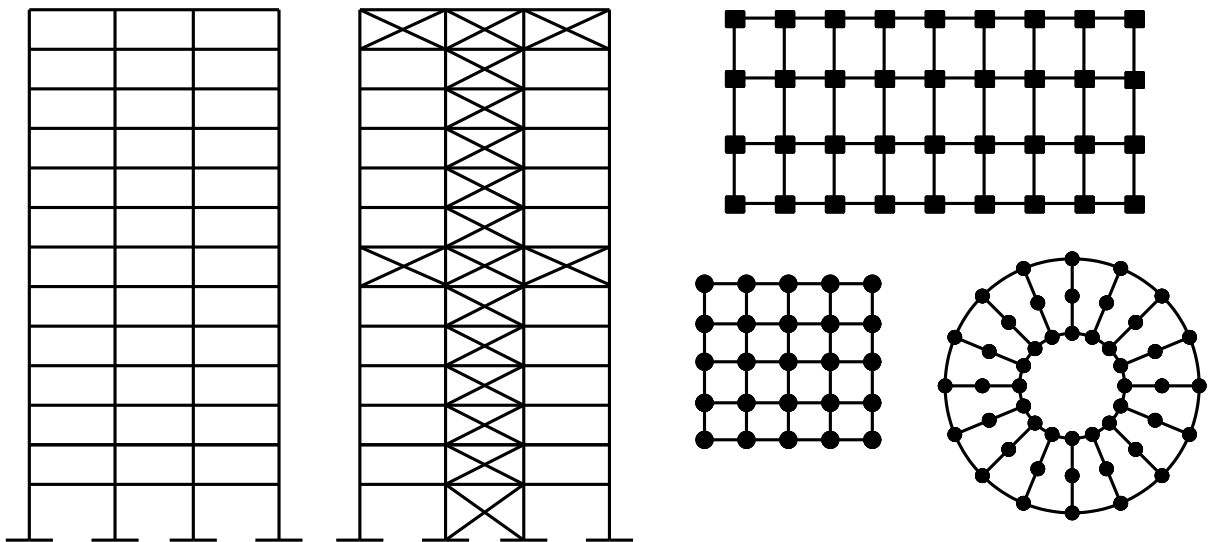


Hình 2. 1. Sơ đồ tổ hợp các hệ chịu lực nhà cao tầng.

Sự phân chia trên chỉ là quy ước tương ứng với từng giả thiết và mô hình tính toán công trình cụ thể, và phụ thuộc vào chiều cao (H), tỷ lệ giữa chiều rộng (B) và chiều dài (L) mặt bằng nhà v.v... Khi H tăng lên thì vai trò khung cột dần giảm dần đối với tác động của tải trọng ngang. Dầm, cột khung chủ yếu chịu các loại tải trọng thẳng đứng truyền từ sàn tầng vào. Bởi vậy trong thực tế, ngay cả các hệ vách, lõi, ống vẫn luôn kết hợp với hệ thống khung cột được bố trí theo các ô lưới nhất định, phù hợp với giải pháp mặt bằng kiến trúc.

2.1.3.1. Hệ khung chịu lực

- Các khung ngang và khung dọc liên kết thành 1 khung phẳng hoặc khung không gian, tải lên khung bao gồm tải trọng theo phương đứng và phương ngang. Để đảm bảo độ cứng tổng thể cho công trình nút khung phải là nút cứng.



Hình 2. 2. Sơ đồ hệ khung chịu lực.

- Dưới tác dụng của tải trọng, các thanh cột và dầm vừa chịu uốn, cắt vừa chịu kéo, nén. Chuyển vị của khung gồm 2 thành phần chuyển vị ngang do uốn khung như chuyển vị ngang của thanh côngxon thẳng đứng, tỷ lệ này khoảng 20%. Chuyển vị ngang do biến dạng của các thanh thành phần, chiếm khoảng 80% (trong đó do dầm biến dạng khoảng 65%; do cột biến dạng khoảng 15%).

- Khung có độ cứng ngang bé, khả năng chịu tải không lớn, thông thường khi lưới cột bố trí đều đặn, trên mặt bằng khoảng 6-9 m, chỉ nên áp dụng cho nhà dưới 30 tầng.

- Về tổng thể, biến dạng ngang của khung cứng thuộc loại biến dạng cắt.

- Khung thuần túy nên sử dụng cho nhà có chiều cao dưới 40 m. Trong kiến trúc nhà cao tầng luôn có những bộ phận như hộp thang máy, thang bộ, tường ngăn hoặc bao che liên tục trên chiều cao nhà có thể sử dụng như lõi, vách cứng nên hệ kết cấu khung chịu lực thuần túy trên thực tế không tồn tại.

- Để tăng độ cứng ngang của khung, có thể bố trí thêm các thanh xiên tại một số nhịp trên suốt chiều cao của nó, phân kết cấu dạng dàn được tạo thành sẽ làm việc như một vách cứng thẳng đứng. Nếu thiết kế thêm các dàn ngang (tầng cứng-OUTRIGGER) ở tầng trên cùng hoặc ở 1 số tầng trung gian liên kết khung còn lại với dàn đứng thì hiệu quả tăng độ cứng sẽ tăng lên và làm giảm thiểu chuyển vị ngang. Dưới tác động của tải trọng ngang, kết cấu dàn ngang sẽ đóng vai trò phân phối lực dọc giữa các cột khung, cản trở chuyển vị xoay của cả hệ và giảm mômen uốn ở dưới khung.

- Hệ kết cấu khung sử dụng hiệu quả cho công trình có không gian lớn, bố trí nội thất linh hoạt, phù hợp với nhiều loại công trình. Tuy nhiên hệ khung có khả năng chịu cắt theo phương ngang kém. Ngoài ra hệ thống dầm thường có chiều cao lớn nên ảnh hưởng đến không gian sử dụng và làm tăng độ cao của công trình.

- Chiều cao nhà thích hợp cho kết cấu BTCT là không quá 30 tầng. Nếu trong vùng có động đất từ cấp 8 trở lên thì chiều cao khung phải giảm xuống. Chiều cao tối đa của ngôi nhà còn phụ thuộc vào số bước cột, độ lớn các bước, tỷ lệ chiều cao và chiều rộng nhà.

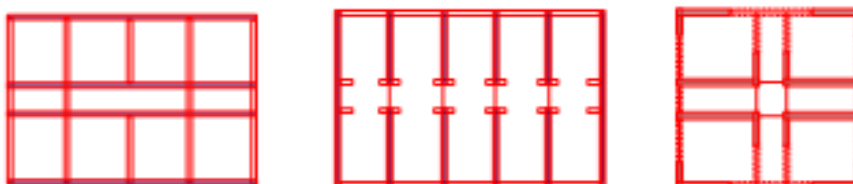
2.1.3.2. Hệ tường chịu lực

Là một hệ tấm tường phẳng vừa làm nhiệm vụ chịu tải trọng đứng, vừa là hệ thống chịu tải trọng ngang và là tường ngăn giữa các phòng. Căn cứ vào cách bố trí các tấm tường chịu tải trọng thẳng đứng chia làm 3 sơ đồ:

Tường dọc chịu lực.

Tường ngang chịu lực.

Tường dọc và ngang cùng chịu lực.



Hình 2. 3. Sơ đồ hệ tường chịu lực.

Trong các nhà mà tường chịu lực chỉ đặt theo một phương, sự ổn định của công trình theo phương vuông góc được đảm bảo nhờ các vách cứng. Như vậy, vách cứng được hiểu theo nghĩa là các tấm tường thiết kế để chịu tải trọng ngang. Trong thực tế,