

HƯỚNG DẪN TÍNH TOÁN KẾT CẤU CHO ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Cẩm nang kết hợp phương pháp & bài mẫu

Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng
(20 tầng nổi + 02 tầng hầm)

Nguyễn Phú Hoàng
Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng

Năm 2026

Lời nói đầu

Đồ án tốt nghiệp (ĐATN) là học phần khép lại chương trình đào tạo kỹ sư xây dựng. Đây cũng là học phần khiến nhiều sinh viên lúng túng nhất: không phải vì thiếu kiến thức, mà vì *không biết bắt đầu từ đâu và trình tự ra sao*. Sách giáo trình dạy ta công thức, nhưng ít khi dạy ta *cách làm một đồ án* từ trang giấy trắng đầu tiên đến buổi bảo vệ.

Quyển sách này ra đời để lấp khoảng trống đó.

Sách này dành cho ai

Sách phục vụ hai nhóm bạn đọc:

- **Sinh viên** ngành Kỹ thuật công trình xây dựng đang làm ĐATN: dùng như một *cẩm nang từng bước*, có bảng kiểm để tự đối chiếu.
- **Giảng viên hướng dẫn**: dùng làm khung kiểm soát tiến độ, chất lượng và cách đánh giá. Các ghi chú riêng cho giảng viên được đóng khung màu cam xuyên suốt sách.

Cách sử dụng sách

Sách được viết theo phương châm “**phương pháp kết hợp bài mẫu**”: mỗi chương vừa trình bày *nguyên lý và trình tự tính toán*, vừa minh họa liền mạch bằng **một công trình duy nhất** – Nhà cao tầng đa năng (20 tầng nổi, 02 tầng hầm). Nhờ vậy, các con số và số liệu *ăn khớp* với nhau từ chương đầu đến chương cuối, giúp người đọc thấy được mạch công việc thực sự của một đồ án.

Sách có bốn loại hộp hỗ trợ:

- Hộp **Lưu ý** (xanh dương): những điểm cần ghi nhớ, dễ nhầm.
- Hộp **Sai hỏng thường gặp** (đỏ): lỗi sinh viên hay mắc và cách tránh.
- Hộp **Quy trình** (xanh lá): các bước công việc theo đúng thứ tự.
- Hộp **Ghi chú cho GVHD** (cam): nhắc nhở dành riêng cho người hướng dẫn.

Phạm vi

Trong cơ cấu điểm của một ĐATN xây dựng dân dụng, phần **Kết cấu** thường chiếm tỉ trọng lớn nhất (Nhóm Kết cấu chính: 60%, gồm Khung thân 35% và Nền móng 25%), bên cạnh phần Kiến trúc và phần Thi công. Quyển sách này tập trung vào **phần Kết cấu** – từ xác định tải trọng, chọn sơ bộ tiết diện, tính sàn, khung – vách, móng, cầu thang, cho tới kiểm tra tổng thể và chuẩn bị bảo vệ.

Phân Kiến trúc và Thi công được nêu ở mức *định vị* (mối liên hệ và số liệu cần bàn giao), không đi sâu hướng dẫn chi tiết, vì hai phần đó thuộc chuyên môn của giảng viên bộ môn tương ứng.

Sách cập nhật theo hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành (xem danh mục Tài liệu tham khảo), đặc biệt là **TCVN 2737:2023** về tải trọng, **TCVN 5574:2018** về kết cấu bê tông cốt thép, **TCVN 9386-1:2025** về thiết kế công trình chịu động đất và **TCVN 10304:2025** về thiết kế móng cọc.

Lưu ý quan trọng về liêm chính học thuật

Đây là **tài liệu học tập**. Sinh viên *phải* thay bằng số liệu công trình của mình và *tự* thực hiện lại từng bước tính. Việc sao chép nguyên văn thuyết minh hoặc bản vẽ của sách (hay của bất kỳ đồ án nào khác) bị coi là vi phạm quy chế học tập và có thể dẫn tới việc bị đình chỉ xét tốt nghiệp. Hãy dùng sách như người thầy chỉ đường, không phải như bản sao để nộp.

Lời cảm ơn

Tôi chân thành cảm ơn các thầy cô trong Khoa Kỹ thuật Xây dựng đã góp ý cho bản thảo, và các em sinh viên qua nhiều khóa đã đặt ra những câu hỏi khiến nội dung sách ngày càng rõ ràng và thiết thực hơn. Mọi góp ý xin gửi về tôi để sách được hoàn thiện trong các lần tái bản sau.

Nguyễn Phú Hoàng
Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Mục lục

Lời nói đầu	i
Mục lục	iii
Danh sách hình vẽ	ix
Danh sách bảng	xii
1 Mở đầu và Quy trình thực hiện Đồ án tốt nghiệp	1
1.1 Mục đích của quyển sách	1
1.2 Đối tượng sử dụng	1
1.3 Phân luồng định hướng và Cơ cấu điểm	1
1.3.1 Nhóm 1: Chuyên đề Kết cấu chính	2
1.3.2 Nhóm 2: Chuyên đề Thi công chính (Kết cấu phụ)	2
1.4 Hướng dẫn thực hiện Phần Kiến trúc	2
1.5 Lộ trình thực hiện ĐATN	2
1.6 Bảng kiểm công việc theo tuần (checklist)	3
1.7 Mục tiêu học tập của sách	4
2 Cơ sở thiết kế và Lựa chọn giải pháp kết cấu	5
2.1 Giới thiệu chung	5
2.2 Phân tích và lựa chọn hệ kết cấu chịu lực	5
2.2.1 Các hệ kết cấu chịu lực chính	5
2.2.2 Các loại kết cấu sàn	7
2.2.3 Lựa chọn hệ kết cấu cho công trình	8
2.3 Các tiêu chuẩn và quy chuẩn áp dụng	10
2.4 Hệ đơn vị sử dụng	11
2.5 Lựa chọn vật liệu	11
2.5.1 Bê tông	11
2.5.2 Cốt thép	12
2.6 Công cụ tính toán	12
Tóm tắt chương	13
3 Tải trọng tác động lên công trình	14
3.1 Tổng quan	14
3.2 Tĩnh tải và hoạt tải	15
3.2.1 Tĩnh tải	15
3.2.2 Hoạt tải	17
3.3 Tải trọng gió theo TCVN 2737:2023	18

3.3.1	Công thức cơ bản	18
3.3.2	Ví dụ minh họa: nhà 20 tầng tại Đà Nẵng	19
3.4	Tải trọng động đất theo TCVN 9386-1:2025	21
3.4.1	Xác định gia tốc nền thiết kế	21
3.4.2	Phổ phản ứng đàn hồi	22
3.4.3	Phổ thiết kế và lực cắt đáy	22
3.4.4	Điều kiện áp dụng phương pháp lực ngang	23
3.5	Tổ hợp tải trọng	24
3.5.1	Các trường hợp chất tải	24
3.5.2	Tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt	24
	Tóm tắt chương	25
4	Chọn sơ bộ kích thước tiết diện	26
4.1	Vai trò của bước chọn sơ bộ	26
4.2	Sơ bộ chiều dày sàn	27
4.3	Sơ bộ kích thước dầm	27
4.3.1	Chiều cao dầm	27
4.3.2	Bề rộng dầm	27
4.4	Sơ bộ vách cứng và cột	28
4.4.1	Vách cứng	28
4.4.2	Cột theo diện tích truyền tải	29
4.5	Kiểm tra lại tiết diện sau khi có nội lực	30
	Tóm tắt chương	31
5	Tính toán kết cấu sàn tầng điển hình	32
5.1	Phương án và phương pháp tính toán	32
5.2	Xác định tải trọng tác dụng lên sàn	32
5.2.1	Tĩnh tải tính toán (g^{tt})	33
5.2.2	Hoạt tải tính toán (p^{tt})	33
5.2.3	Tổng tải trọng tính toán trên 1 m^2 sàn	33
5.3	Phân tích nội lực	33
5.3.1	Xây dựng mô hình trên phần mềm	33
5.3.2	Tổ hợp tải trọng (TTGH1)	33
5.4	Tính toán và bố trí cốt thép sàn (TTGH1)	34
5.4.1	Tính cốt thép chịu mô men uốn	34
5.4.2	Cắt và bố trí thép sàn (kỹ năng vẽ CAD)	35
5.5	Kiểm tra điều kiện sử dụng (TTGH2)	36
5.5.1	Kiểm tra độ võng sàn	36
5.6	Kiểm chứng tính tay 02 ô sàn điển hình – đối chiếu SAFE	36
5.6.1	Số liệu 02 ô sàn kiểm chứng	36
5.6.2	Kết quả tra bảng đàn hồi (phương pháp Marcus / Liên Xô)	36
5.7	Yêu cầu thể hiện bản vẽ	38
6	Tính toán khung không gian và Kiểm tra tổng thể	39
6.1	Giới thiệu chung	39
6.2	Lựa chọn khung tính toán	39
6.2.1	Sơ đồ tính và giả thiết	39
6.3	Thiết lập tổ hợp tải trọng	41
6.3.1	Tải trọng tường xây trên dầm	41

6.3.2	Các tổ hợp tải trọng	42
6.3.3	Lực gió tác dụng lên khung phẳng	44
6.4	Phân tích nội lực và bố trí cốt thép	47
6.4.1	Từ mô hình đến bảng tính: trích xuất nội lực	47
6.4.2	Thiết kế cốt thép dầm	48
6.4.3	Thiết kế cốt thép cột	48
6.4.4	Bảng đối chiếu tính tay – phần mềm	50
6.5	Kiểm tra các điều kiện tổng thể	51
6.5.1	Chuyển vị ngang tại đỉnh công trình	52
6.5.2	Chuyển vị tương đối giữa các tầng (Story Drift)	52
6.5.3	Kiểm tra tiện nghi dao động (nâng cao)	52
6.6	Vách cứng và hệ chịu lực ngang	53
6.6.1	Vai trò của vách cứng	53
6.6.2	Phân bố lực cắt ngang giữa khung và vách	53
6.6.3	So sánh khung thuần và khung – vách	54
6.6.4	Thiết kế thép vách (Pier) theo TCVN 5574:2018	54
	Tóm tắt chương	56
6.7	Yêu cầu thể hiện bản vẽ	56
7	Thiết kế kết cấu móng	57
7.1	Giới thiệu chung	57
7.1.1	Các số liệu đầu vào	57
7.2	Lựa chọn phương án móng và sức chịu tải cọc	58
7.2.1	Phương án móng	58
7.2.2	Các số liệu thiết kế được chốt	60
7.2.3	Sức chịu tải của cọc đơn	60
7.3	Thiết kế đài cọc	62
7.3.1	Chọn đài cọc và kích thước sơ bộ	62
7.3.2	Kiểm tra các điều kiện làm việc	64
7.3.3	Tính và bố trí cốt thép cho đài	64
7.4	Giằng móng	64
7.5	Móng nông và móng bè (bổ sung)	65
7.5.1	Khi nào dùng móng nông/bè thay cọc	65
7.5.2	Kiểm tra độ lún móng nông/bè	65
7.6	Tầng hầm và tường vây (bổ sung)	66
	Tóm tắt chương	67
7.7	Yêu cầu thể hiện bản vẽ	67
8	Tính toán cầu thang và kết cấu phụ	68
8.1	Giới thiệu chung	68
8.1.1	Cầu thang chọn tính toán	68
8.1.2	Các thông số hình học	68
8.1.3	Vật liệu và tiêu chuẩn áp dụng	69
8.2	Xác định sơ đồ tính và tải trọng	70
8.2.1	Phân tích sơ đồ truyền lực	70
8.2.2	Lựa chọn sơ đồ tính toán	70
8.2.3	Xác định tải trọng tác dụng (quy đổi về phương ngang)	70
8.3	Tính toán nội lực và bố trí cốt thép	72

8.3.1	Tính toán nội lực	72
8.3.2	Tính toán cốt thép chịu lực (thép dọc lớp dưới)	72
8.3.3	Bố trí cốt thép phân bố và cấu tạo	73
8.4	Tính toán cốt thép cho dầm chiếu nghỉ	74
8.4.1	Xác định tải trọng tác dụng lên dầm	74
8.4.2	Tính toán nội lực và cốt thép	75
8.5	Kết cấu phụ	75
8.5.1	Lanh tô (lintel)	76
8.5.2	Ô văng (canopy)	76
8.5.3	Sê-nô và mái dốc	77
8.5.4	Máng nước và sê-nô thu nước	77
8.5.5	Hồ thang máy	77
8.6	Kiểm tra điều kiện sử dụng	78
8.6.1	Kiểm tra độ võng bản thang	78
8.6.2	Kiểm tra bề rộng vết nứt	78
	Tóm tắt chương	79
8.7	Yêu cầu thể hiện bản vẽ	79
9	Trình bày, bảo vệ đồ án và Câu hỏi thường gặp	80
9.1	Kỹ năng trình bày thuyết minh	80
9.1.1	Cấu trúc chuẩn của một thuyết minh	80
9.1.2	Quy cách trình bày	80
9.2	Kỹ năng bảo vệ	81
9.2.1	Chuẩn bị slide bảo vệ	81
9.2.2	Xử lý câu hỏi của hội đồng	82
9.3	Câu hỏi thường gặp	83
9.3.1	Nhóm câu hỏi về sàn (Chương 5)	83
9.3.2	Nhóm câu hỏi về tải trọng và động đất (Chương 3)	86
9.3.3	Nhóm câu hỏi về khung, cột, vách (Chương 6)	86
9.3.4	Nhóm câu hỏi về móng (Chương 7)	87
9.3.5	Nhóm câu hỏi về cầu thang (Chương 8)	87
9.4	Thang chấm điểm (rubric)	87
	Tóm tắt chương	89
10	Phần Thi công trong DATN: định vị và giới hạn	90
10.1	Vì sao có chương này?	90
10.2	Vai trò của phần Thi công	90
10.3	Tóm tắt nội dung phần Thi công (cho biết, không hướng dẫn)	90
10.4	Phối hợp Kiến trúc – Kết cấu	91
	Tóm tắt chương	92
11	Tính toán thiết kế Dầm phụ	93
11.1	Sơ đồ tính và Chọn sơ bộ tiết diện	93
11.2	Xác định tải trọng tác dụng lên dầm phụ	93
11.2.1	Tĩnh tải (g)	93
11.2.2	Hoạt tải (p)	94
11.3	Tổ hợp tải trọng và biểu đồ bao nội lực	94
11.4	Tính toán cốt thép dọc và cốt đai	95
11.5	Ví dụ tính toán đầy đủ: dầm phụ liên tục 3 nhịp	95

11.5.1	Các trường hợp chất tải và biểu đồ bao	95
11.5.2	Tính cốt thép dọc	96
11.5.3	Tính cốt đai	96
11.6	Yêu cầu thể hiện bản vẽ	97
A	Bảng tra và công thức tổng hợp	98
A.1.	Công thức cốt thép chịu uốn	98
A.2.	Chiều dài neo và nối cốt thép	98
A.3.	Bảng tra giới hạn chuyển vị	98
A.4.	Hệ số vượt tải thông dụng	99
A.5.	Tổng hợp công thức cầu thang	99
B	Thuật ngữ và ký hiệu	100
B.1.	Ký hiệu thường dùng	100
B.2.	Bảng viết tắt	100
C	Quy định và hướng dẫn của Khoa	101
C.1	Cơ cấu điểm đánh giá ĐATN	101
C.2	Các mốc thời gian và tiến độ nộp bài	101
C.2.1	Bốn buổi sửa bài trực tiếp với GV (ĐACN XD)	101
C.2.2	Lịch sửa bài phần Kiến trúc	102
C.3	Yêu cầu phần Kiến trúc (15%)	102
C.3.1	Yêu cầu chung về năng lực	102
C.3.2	Yêu cầu về bản vẽ	102
C.3.3	Yêu cầu về thuyết minh	102
C.4	Quy trình 05 giai đoạn thiết kế kết cấu	102
C.5	Quy cách trình bày Bản vẽ và Thuyết minh	103
C.5.1	Quy cách bản vẽ	103
C.5.2	Quy cách Thuyết minh và Phụ lục	103
C.6	Danh mục tiêu chuẩn tối thiểu phải có	104
C.7	Vấn đáp Kiến trúc và Kết cấu: các câu hỏi mẫu	104
	Tóm tắt phụ lục C	105
D	Bản đồ gỡ lỗi – Khi kết quả KHÔNG đạt	106
D.1	Sơ đồ gỡ lỗi tổng quát	106
D.2	Sự cố 1: Chuyển vị đỉnh vượt $H/500$	107
D.3	Sự cố 2: Lệch tầng vượt $h_i/300$	107
D.4	Sự cố 3: Sai số tính tay – phần mềm quá lớn (trên 20%)	108
D.5	Sự cố 4: Hàm lượng cốt thép quá lớn	109
D.6	Checklist mô hình ETABS/SAFE	109
D.6.1	Trước khi chạy mô hình	110
D.6.2	Sau khi chạy mô hình – phải kiểm tra trước khi trích xuất	110
D.7	Từ mô hình đến bảng tính: trích xuất nội lực	111
D.7.1	Quy trình trích xuất nội lực dầm	111
D.7.2	Bảng tóm tắt: trích nội lực gì cho cấu kiện nào	111
D.8	Bảng tra nhanh: hiện tượng – nguyên nhân – xử lý	112
	Tóm tắt phụ lục	113

E	Đề cương chi tiết thuyết minh Kiến trúc	114
E.1	Nhu cầu xây dựng công trình	114
E.2	Địa điểm xây dựng	114
E.3	Giải pháp kiến trúc	115
E.4	Mặt bằng và phân khu chức năng	115
E.4.1	Tầng hầm	115
E.4.2	Khối đế (Tầng 1 – 4)	116
E.4.3	Khối tháp / Tầng điển hình (Tầng 5 – 19)	116
E.4.4	Tầng kỹ thuật mái (Tầng 20)	116
E.5	Mặt đứng	116
E.6	Hệ thống giao thông	117
E.6.1	Giao thông đứng	117
E.6.2	Giao thông ngang	117
E.7	Giải pháp kỹ thuật	117
	Tài liệu tham khảo	119

Danh sách hình vẽ

1.1	Lưu đồ quy trình thực hiện DATN kết cấu	3
2.1	Sơ đồ khung phẳng nhiều tầng: cột – dầm liên kết cứng, ngàm tại mặt móng	6
2.2	Chọn hệ kết cấu theo số tầng: khung ($\leq \sim 12$ tầng) $\rightarrow$ vách cứng $\rightarrow$ khung – vách cứng (≈ 40 tầng) $\rightarrow$ khung ống $\rightarrow$ ống trong ống	6
2.3	Sơ đồ nút khung 3D trên mặt đứng: đánh số nút theo tầng và trục – cách đặt tên để gán tải và đọc kết quả nội lực không nhầm	7
2.4	So sánh mặt cắt sàn sườn (có dầm lộ) và sàn phẳng (không dầm – phải kiểm tra chọc thủng)	7
2.5	Bố trí vách cứng tại lõi thang máy – thang bộ: vách nhận phần lớn lực cắt do gió và động đất	10
3.1	Sơ đồ truyền tải trọng tổng thể: sàn $\rightarrow$ dầm $\rightarrow$ cột $\rightarrow$ móng	14
3.2	“Dòng chảy” của tải trọng qua từng cấp cấu kiện – mỗi cấp nhận tải ở một dạng khác nhau (tải mặt $\rightarrow$ tải đường $\rightarrow$ tải điểm)	15
3.3	Chia tải ô sàn bản kê về bốn dầm theo đường phân giác 45°	16
3.4	Hai dạng tải sau khi chia: (a) tải <i>tam giác</i> trên dầm cạnh ngắn; (b) tải <i>hình thang</i> trên dầm cạnh dài – và cách quy về tải phân bố đều tương đương	16
3.5	Mặt bằng truyền tải từ sàn vào dầm trên thực tế (các ô sàn S2). <i>Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD</i> . Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0 $\times$ 7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	18
3.6	Sơ đồ truyền tải từ sàn tầng vào <i>dầm khung</i> : tải hình tam giác và hình thang truyền thẳng vào dầm khung theo đường phân giác	19
3.7	Phân bố áp lực gió theo chiều cao: mặt đón gió (đẩy, c_e) và mặt hút gió (c_i). Hệ số $k(z)$ tăng dần theo độ cao	20
3.8	Dạng phổ phản ứng đàn hồi theo TCVN 9386-1:2025	23
3.9	Ba dạng dao động đầu tiên: chu kỳ giảm dần theo bậc mode ($T_1 > T_2 > T_3$)	23
4.1	Ba tiết diện cần chọn sơ bộ: sàn (h_s), dầm (h_d, b_d), cột (b_c, h_c) – mỗi loại có công thức kinh nghiệm riêng	26
4.2	Mặt cắt ngang dầm BTCT: kích thước $b_d \times h_d$, bố trí thép dọc hai lớp và cốt đai . .	28
4.3	Diện tích truyền tải A_{tt} của cột giữa: lấy bằng <i>nửa khoảng cách</i> đến các cột lân cận theo cả hai phương	29
5.1	Trình tự 5 bước tính toán một cấu kiện BTCT – lặp lại cho mọi cấu kiện trong đồ án (sàn, dầm, cột, cầu thang...)	32
5.2	Ô sàn bản kê 4 cạnh: tải chia theo đường phân giác 45° thành vùng tam giác (dầm cạnh ngắn) và hình thang (dầm cạnh dài)	34
5.3	Ô sàn bản dầm (1 phương): $l_2/l_1 > 2$, bản chỉ uốn theo cạnh ngắn	34

6.1	Mặt bằng vị trí khung trục – trục 8–9–10 (phương X) và trục A–F (phương Y). Khung tính toán trục C là khung có nhịp lớn nhất và chịu gió bất lợi nhất. <i>Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.</i> Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0×7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	40
6.2	Mô hình tính khung không gian 3D của công trình trong ETABS	41
6.3	Sơ đồ hình học nút và phần tử của khung phẳng: các nút đánh số theo hàng từ dưới lên, các phần tử dầm và cột theo nhịp và tầng. Đây là ký hiệu sinh viên dùng để trình bày nội lực theo từng phần tử. <i>Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.</i>	42
6.4	Sơ đồ truyền tải từ sàn lầu vào <i>dầm khung</i> : tải từ các ô sàn xung quanh dồn về dầm theo đường phân giác (tam giác và hình thang)	43
6.5	Sơ đồ truyền tải từ sàn mái vào dầm khung (so sánh với sàn lầu để thấy sự khác biệt về phân vùng và cường độ tải). <i>Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.</i> Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0×7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	44
6.6	Diện tích nhận tải (tributary area) của cột khung: dùng để sơ bộ ước lượng lực nén N xuống cột trước khi có kết quả phân mềm. Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0×7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	45
6.7	Cách <i>chọn khung ngang điển hình</i> từ mặt bằng: chọn trục có nhịp lớn nhất hoặc chịu tải bất lợi nhất rồi tách thành khung phẳng	45
6.8	Mặt bằng đà kiềng (DK 25×40 và DK 20×30): thể hiện vị trí và kích thước đà kiềng theo cả hai phương, là cơ sở tính trọng lượng bản thân đà kiềng truyền vào nút khung tầng 1. <i>Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.</i> Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0×7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	46
6.9	Bề rộng đón gió của khung trục C: lấy bằng nửa khoảng cách đến các khung lân cận (B và D)	46
6.10	Biểu đồ tương tác $N-M$ của cột: điểm làm việc (M, N) phải nằm <i>bên trong</i> đường cong tương tác	49
6.11	Ba chỉ số phải “soi” ngay sau khi chạy mô hình: chuyển vị đỉnh – lệch tầng – chu kỳ dao động	51
6.12	Ba cấp kiểm tra bắt buộc theo trình tự: TTGH1 (độ bền) → TTGH2 (điều kiện sử dụng) → TTGH đặc biệt (động đất)	53
6.13	Vùng hàm lượng cốt thép μ hợp lý: quá ít thì nứt và thiếu chịu lực; quá nhiều thì khó đổ bê tông, dễ rỗ	55
7.1	Mặt cắt địa chất: mực nước ngầm và độ sâu đặt mũi cọc (lớp đất tốt – Lớp 5, dưới –19,0 m)	58
7.2	Mặt cắt cọc khoan nhồi: sức kháng mũi Q_p (ở mũi cọc) và ma sát thân Q_s (đọc theo thân cọc)	61
7.3	Mặt bằng đài 4 cọc khoan nhồi $D = 1,0\text{ m}$ ($4,5 \times 4,5\text{ m}$): khoảng cách tim cọc 3D và cột đặt tại tâm đài	63
7.4	Hai sơ đồ bố trí cọc phổ biến: (a) đài 4 cọc – bố trí đối xứng (dùng khi tải và mô men vừa phải); (b) đài 6 cọc – hàng đôi (khi tải hoặc mô men lớn hơn)	63
7.5	Hai mặt chọc thủng phải kiểm tra: <i>cột – đài</i> (tháp 45° từ chân cột) và <i>cọc – đài</i> (tháp từ mép cọc)	65

7.6	Trụ địa chất dùng để chia lớp tính lún: vùng chịu nén H_a (xác định ở ví dụ tính lún phía trên) nằm trong các lớp đất yếu phía trên mũi cọc. <i>Lưu ý</i> : hình minh họa trụ địa chất và vị trí mũi cọc; ví dụ tính lún ở trên xét móng nông nên H_a đo từ đáy móng, không vẽ trực tiếp trên hình	66
8.1	Sơ đồ truyền tải từ sàn mái (SM) vào dầm khung – cùng nguyên tắc đường phân giác 45° như sàn tầng. Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới 6,0×7,5 m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.	78
9.1	Lưu đồ xử lý câu hỏi phản biện của hội đồng	82
D.1	Trình tự gỡ lỗi: kiểm tra dữ liệu nhập → kiểm tra mô hình → mới đến thay đổi thiết kế	106
D.2	Hai dạng lệch tầng hoàn toàn khác nhau về bản chất và cách xử lý	108

Danh sách bảng

2.1	So sánh các phương án kết cấu sàn	7
2.2	Bốn tiêu chí đánh giá phương án kết cấu và trọng số	8
2.3	Tổng hợp điểm và lý do loại từng phương án	9
2.4	Các tiêu chuẩn – quy chuẩn chính áp dụng	11
2.5	Hệ đơn vị sử dụng	11
2.6	Đặc trưng cơ học cốt thép dùng phổ biến trong đồ án	12
3.1	Bảng tính tĩnh tải các lớp sàn (đơn vị: kN/m^2)	16
3.2	Hoạt tải tiêu chuẩn và tính toán theo công năng (TCVN 2737:2023)	18
3.3	Bảng tổng hợp kết quả tính tải trọng gió theo tầng	21
3.4	Tham số phổ phản ứng đàn hồi Loại 1 (trích theo loại nền đất)	23
4.1	Hệ số m cho các loại bản sàn	27
5.1	Tổng hợp tải trọng tính toán lên sàn sườn văn phòng ($h_s = 120 \text{ mm}$)	33
5.2	Số liệu hình học và tải trọng 02 ô sàn kiểm chứng (q^{tt} ô hành lang gồm tĩnh tải thấp hơn – không có tường ngăn, Bảng 3.1 – cộng hoạt tải $p^{tt} = 3,6$ theo Bảng 3.2, mục C4)	36
5.3	Đối chiếu mô men sàn tính tay (tra bảng) với kết quả SAFE	38
6.1	Bảng tính tải trọng tường xây truyền lên dầm	41
6.2	Trích nội lực gì cho cấu kiện nào	47
6.3	Đối chiếu nội lực dầm tính tay với kết quả ETABS	50
6.4	Đối chiếu cốt thép cột tính tay với kết quả ETABS (theo phân cấp tiết diện Chương 4)	50
6.5	Chẩn đoán nguyên nhân khi sai số tính tay – phần mềm lớn	51
6.6	So sánh hệ khung thuần và hệ khung – vách	54
7.1	Nội lực tính toán tại chân cột để thiết kế móng	57
7.2	Tổng hợp điểm và lý do loại từng phương án móng	59
8.1	Thông số hình học cầu thang bộ CT1	68
8.2	Bảng tính tĩnh tải tác dụng lên bản thang và bản chiếu nghỉ (kN/m^2)	71
9.1	Gợi ý bố cục slide bảo vệ (khoảng 10–15 phút trình bày)	81
9.2	Rubric chấm phần Kết cấu của ĐATN (thang 100 điểm)	87
10.1	Số liệu bàn giao từ Kết cấu sang Thi công & Kiến trúc	91
11.1	Bảng tính tải trọng phân bố tác dụng lên dầm phụ điển hình ($200 \times 400 \text{ mm}$, nhịp $L = 6,0 \text{ m}$, sàn $h_s = 120 \text{ mm}$, dải truyền tải $B_{\text{truyền}} = 3,75 \text{ m}$ – bằng nửa nhịp $7,5 \text{ m}$ của ô sàn)	94

11.2	Biểu đồ bao nội lực dầm phụ 3 nhịp ($L = 6,0$ m; mô men kNm, lực cắt kN)	96
A.1	Một số giới hạn kiểm tra tổng thể tham khảo	98
A.2	Hệ số độ tin cậy (vượt tải) thông dụng – TCVN 2737:2023	99
C.1	Nội dung và sản phẩm của 04 buổi sửa bài đồ án chuyên ngành	101
C.2	Thành phần và tỷ lệ bản vẽ Kiến trúc	102
C.3	Năm giai đoạn thiết kế kết cấu và sản phẩm đầu ra	103
C.4	Danh mục tiêu chuẩn tối thiểu cho DATN xây dựng dân dụng	104
D.1	Chẩn đoán lệch tầng theo dạng phân bố	108
D.2	Chẩn đoán nguyên nhân khi sai số tính tay – phần mềm lớn	109
D.3	Trích xuất nội lực theo loại cấu kiện	112
D.4	Bảng tra nhanh các sự cố thường gặp	112

Chương 1

Mở đầu và Quy trình thực hiện Đồ án tốt nghiệp

1.1 Mục đích của quyển sách

Đồ án tốt nghiệp (ĐATN) là học phần tổng hợp, đánh giá toàn bộ kiến thức chuyên ngành của sinh viên thông qua việc thiết kế kết cấu, nền móng và biện pháp thi công một công trình thực tế. Quyển sách này là **cẩm nang thực hành** giúp sinh viên biết *làm gì, làm theo thứ tự nào, và trình bày ra sao* — thay vì mò mẫm hoặc sao chép máy móc.

Sách được trình bày theo phương châm “**phương pháp kết hợp bài mẫu**”: mỗi chương vừa nêu nguyên lý tính toán, vừa minh họa bằng công trình xuyên suốt *Nhà cao tầng đa năng* (20 tầng nổi + 02 tầng hầm).

Lưu ý

Đây là tài liệu **học tập**, không phải tài liệu để sao chép nguyên văn. Sinh viên phải thay số liệu công trình của mình và tự thực hiện lại các bước tính. Việc sao chép thuyết minh, bản vẽ bị coi là vi phạm quy chế và có thể bị đình chỉ xét tốt nghiệp.

1.2 Đối tượng sử dụng

Sách phục vụ hai nhóm:

- **Sinh viên** làm ĐATN ngành Kỹ thuật công trình xây dựng: dùng như cẩm nang từng bước, có checklist tự kiểm tra.
- **Giảng viên hướng dẫn (GVHD)**: dùng làm khung kiểm soát tiến độ và chất lượng; các ghi chú dành riêng cho GVHD được đóng khung màu cam.

1.3 Phân luồng định hướng và Cơ cấu điểm

Khoa Xây dựng quy định đồ án tốt nghiệp được chia thành 2 hướng chuyên sâu. Tùy thuộc vào định hướng, sinh viên sẽ chọn một trong hai hướng sau:

1.3.1 Nhóm 1: Chuyên đề Kết cấu chính

Nhóm này tập trung sâu vào giải quyết các bài toán phân tích và thiết kế kết cấu công trình chịu tải trọng tĩnh và động (gió động, động đất) bằng mô hình không gian kết hợp tính tay kiểm chứng. Cơ cấu điểm toàn đồ án: **Kiến trúc 15% – Kết cấu chính 60% (Khung thân 35% + Nền móng 25%) – Thi công 25%**.

Yêu cầu nội dung Kết cấu: Tính toán sàn tầng điển hình; Tính toán khung không gian (mô hình ETABS, kiểm tra chuyển vị, dao động, tính thép dầm-cột); Tính toán kết cấu phụ (cầu thang bộ); và Thiết kế nền móng (móng cọc khoan nhồi / cọc ép).

Sai hỏng thường gặp

Cảnh báo ảo giác phần mềm: Tuyệt đối **KHÔNG** được dùng ETABS để trích xuất nội lực tính thép sàn (do lưới mesh tự động của ETABS không chính xác cho cấu kiện bản). Bắt buộc phải tính tay hoặc xuất mô hình sang SAFE!

1.3.2 Nhóm 2: Chuyên đề Thi công chính (Kết cấu phụ)

Nhóm này tập trung sâu vào kỹ thuật thi công, tổ chức mặt bằng, tiến độ và an toàn lao động công trình. Phần kết cấu được giảm tải, tập trung vào kỹ năng tính tay kinh điển các cấu kiện độc lập. Cơ cấu điểm toàn đồ án: **Kiến trúc 15% – Kết cấu phụ 25% – Thi công chính 60%**.

Yêu cầu nội dung Kết cấu phụ: Không yêu cầu mô hình khung không gian và móng phức tạp. Bắt buộc tính toán **hoàn toàn bằng tay** 03 cấu kiện: Sàn sườn tầng điển hình (Chương 5), Dầm phụ/Dầm dọc (Chương 11), và Cầu thang bộ (Chương 8).

1.4 Hướng dẫn thực hiện Phần Kiến trúc

Phần Kiến trúc là bước đạo đầu bắt buộc để định hình hình học cho bài toán kết cấu, giúp sinh viên hiểu rõ không gian làm việc của các cấu kiện trước khi bắt tay vào phân tích mô hình.

Do khối lượng nội dung cần trình bày của phần này tương đối nhiều và mang tính biểu mẫu, toàn bộ **Đề cương chi tiết và Hướng dẫn viết Thuyết minh Kiến trúc** đã được hệ thống hóa và chuyển sang **Phụ lục E**.

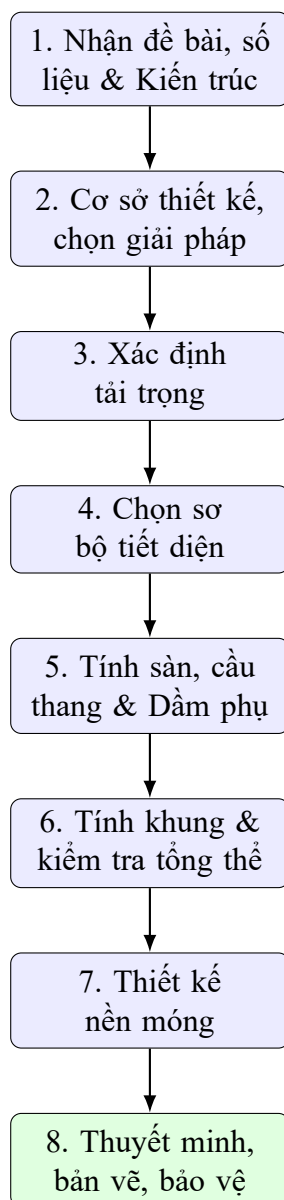
Sinh viên vui lòng lật đến **Phụ lục E** để lấy mẫu (template) và điền các số liệu công trình tương ứng của mình vào thuyết minh (từ Nhu cầu, Địa điểm, Giải pháp khối, Phân khu chức năng cho đến Hệ thống kỹ thuật M&E).

Lưu ý

Yêu cầu bản vẽ Kiến trúc: Thể hiện từ 03 đến 05 bản vẽ khổ giấy A1 bao gồm: Các mặt bằng (trệt, điển hình, mái), mặt đứng, mặt cắt. Bản vẽ phải thể hiện **đầy đủ chi tiết lưới trục, kích thước** làm cơ sở tính toán kết cấu.

1.5 Lộ trình thực hiện ĐATN

Trình tự dưới đây phản ánh đúng mạch công việc của một đồ án kết cấu, cũng là mạch của quyển sách này (xem Hình 1.1).



Hình 1.1: Lưu đồ quy trình thực hiện ĐATN kết cấu

1.6 Bảng kiểm công việc theo tuần (checklist)

Quy trình

Gợi ý phân bổ thời gian (cho 15 tuần):

1. Tuần 1–2: Nhận đề bài, tổng quan Kiến trúc, chọn giải pháp (Ch. 2).
2. Tuần 3–4: Xác định tải trọng, chọn sơ bộ tiết diện (Ch. 3, 4).
3. Tuần 5–7: Tính Sàn, Cầu thang & Dầm phụ (Ch. 5, 8, 11).
4. Tuần 8–10: Tính khung không gian, kiểm tra tổng thể (Ch. 6) (*Áp dụng cho Nhóm Kết cấu chính*).

5. Tuần 11–12: Thiết kế Nền móng (Ch. 7) (*Áp dụng cho Nhóm Kết cấu chính*).
6. Tuần 13–14: Hoàn thiện thuyết minh, bản vẽ.
7. Tuần 15: Nộp và bảo vệ (Ch. 9).

Sai hỏng thường gặp

Ba lỗi sinh viên hay mắc ở giai đoạn mở đầu: (1) không đọc kỹ bản vẽ kiến trúc nên chọn sai kích thước lưới cột; (2) bắt tay tính ngay mà chưa chốt giải pháp kết cấu, phải làm lại; (3) để dồn hết bản vẽ và thuyết minh vào tuần cuối.

1.7 Mục tiêu học tập của sách

Sau khi hoàn thành theo quyền sách này, sinh viên có thể:

- Lựa chọn và *luận cứ* được giải pháp kết cấu cho nhà cao tầng.
- Tính toán và bố trí cốt thép cho sàn, dầm, cột, móng, cầu thang theo TCVN.
- Kiểm tra điều kiện tổng thể (chuyển vị đỉnh, lệch tầng, tác động động đất).
- Trình bày thuyết minh – bản vẽ đúng quy cách và tự tin bảo vệ đồ án.

Ghi chú cho GVHD

Khi chấm, nên yêu cầu sinh viên chứng minh *luận cứ* của mỗi lựa chọn (vì sao chọn sàn sườn, vì sao chọn cọc khoan nhồi...) chứ không chỉ đối chiếu kết quả số. Đây là điểm phân biệt sinh viên hiểu bài với sinh viên sao chép.

Chương 2

Cơ sở thiết kế và Lựa chọn giải pháp kết cấu

2.1 Giới thiệu chung

Chương này trình bày các *luận cứ nền tảng* cho toàn bộ quá trình tính toán: từ việc phân tích, lựa chọn hệ kết cấu chịu lực, xác định các tiêu chuẩn áp dụng, chọn vật liệu, đến thống nhất hệ đơn vị và công cụ tính toán.

Lưu ý

Đây là chương sinh viên hay làm qua loa nhất, nhưng hội đồng lại đánh giá rất cao. Mọi lựa chọn (sàn sườn hay sàn phẳng, khung thuần hay khung-vách, móng nông hay cọc) đều phải có **luận cứ**, không được nêu suông.

2.2 Phân tích và lựa chọn hệ kết cấu chịu lực

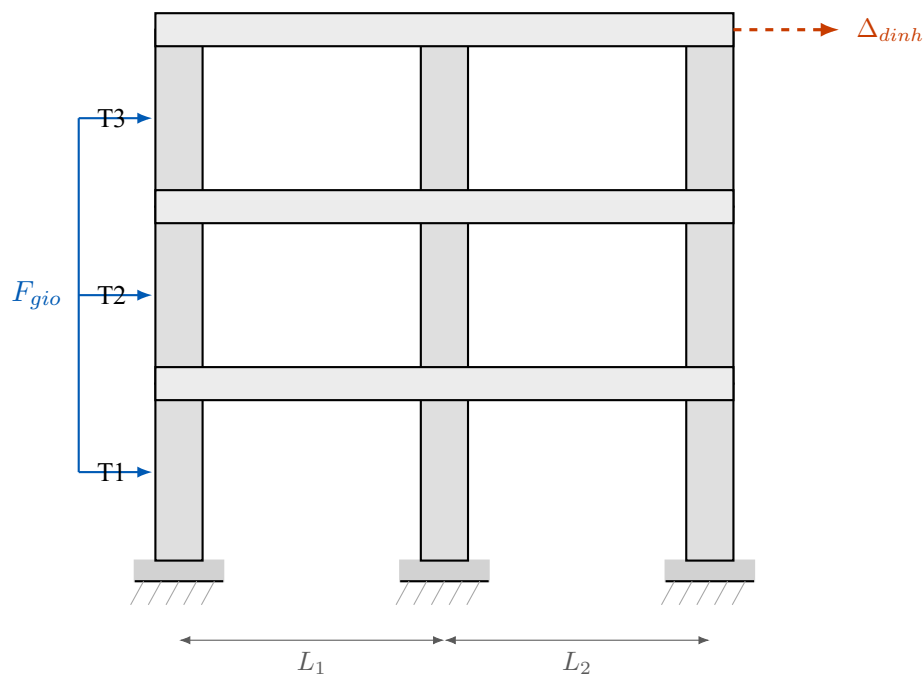
2.2.1 Các hệ kết cấu chịu lực chính

Căn cứ khả năng tiếp nhận tải trọng – đặc biệt là tải trọng ngang – nhà cao tầng thường dùng các hệ sau:

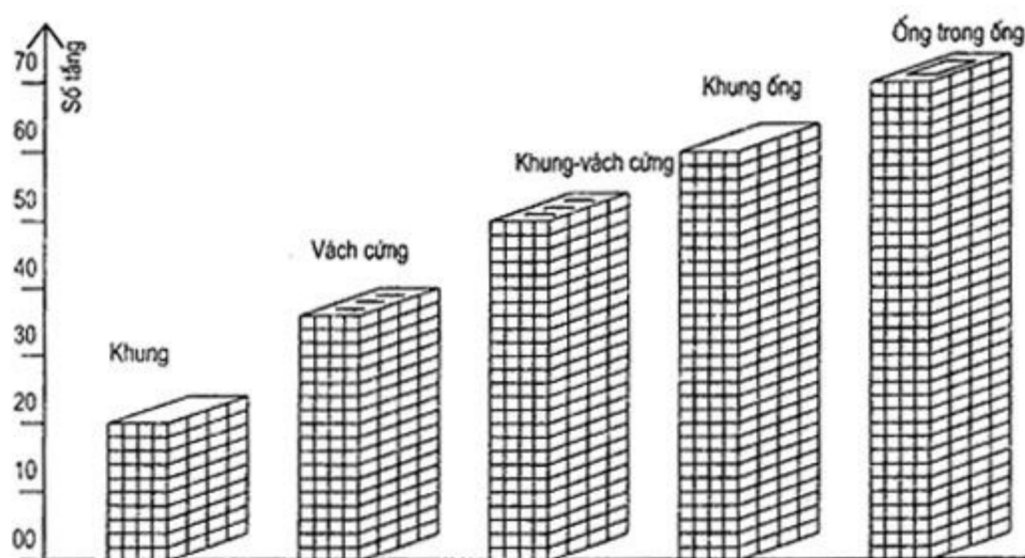
- **Hệ khung:** cột và dầm liên kết cứng tạo thành khung chịu lực. Phù hợp nhà thấp và trung tầng; khi chiều cao lớn, chuyển vị ngang tăng nhanh.
- **Hệ khung – vách:** kết hợp khung với các vách cứng (tường bê tông cốt thép). Vách đảm nhận phần lớn lực cắt; khung giữ ổn định và chịu tải đứng.
- **Hệ khung – lõi:** lõi cứng (thang máy, thang bộ) chịu tải ngang, khung bao quanh chịu tải đứng. Phù hợp nhà rất cao.
- **Hệ lõi – hộp:** dùng cho siêu cao tầng, ngoài lõi còn có hệ kết cấu bao quanh dạng ống.

Lưu ý

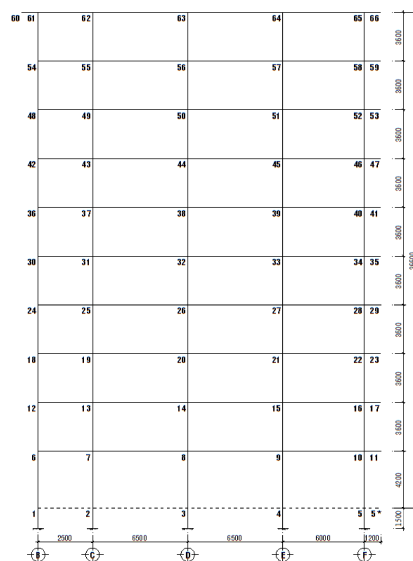
Hình 2.2 là **căn cứ trực quan nhất** để biện luận chọn hệ kết cấu. Công trình minh họa khoảng 20 tầng, nằm ở *vùng giao* giữa “khung” và “vách cứng / khung – vách”. Vì vậy chọn **khung – vách** là hoàn toàn hợp lý – và cần *giải thích* được vì sao không chọn khung thuần.



Hình 2.1: Sơ đồ khung phẳng nhiều tầng: cột – dầm liên kết cứng, ngàm tại mặt móng



Hình 2.2: Chọn hệ kết cấu theo số tầng: khung ($\leq \sim 12$ tầng) → vách cứng → khung – vách cứng (≈ 40 tầng) → khung ống → ống trong ống

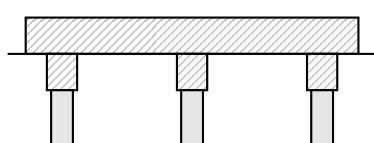


Hình 2.3: Sơ đồ nút khung 3D trên mặt đứng: đánh số nút theo tầng và trục – cách đặt tên để gán tải và đọc kết quả nội lực không nhầm

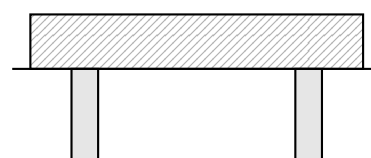
2.2.2 Các loại kết cấu sàn

Bảng 2.1: So sánh các phương án kết cấu sàn

Loại sàn	Ưu điểm	Nhược điểm
Sàn sườn (bản + dầm)	Độ cứng lớn, vượt nhịp tốt, phổ biến, dễ thi công	Chiều cao kết cấu lớn (có dầm), ảnh hưởng trần
Sàn ô cờ	Giảm chiều dày bản, kiến trúc trần đẹp	Thi công phức tạp, tốn công pha
Sàn không dầm	Trần phẳng, thông thủy tốt, tăng chiều cao sử dụng	Dễ xuyên thủng, khó kiểm soát nứt
Sàn ứng lực trước	Vượt nhịp rất lớn, mỏng, tiết kiệm vật liệu	Yêu cầu thiết bị – công nghệ cao, đắt



sàn sườn (có dầm)



sàn phẳng (không dầm)
phải kiểm tra chọc thủng

Hình 2.4: So sánh mặt cắt sàn sườn (có dầm lộ) và sàn phẳng (không dầm – phải kiểm tra chọc thủng)

Ví dụ: Chọn loại sàn cho công trình minh họa

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
Bước cột điển hình	$L_1 \times L_2 = 6,0 \times 7,5 \text{ m} \Rightarrow l_2/l_1 = 1,25 < 2$	Sàn làm việc 2 phương
Nhịp lớn nhất	$L_{max} = 7,5 \text{ m}$ – vượt nhịp trung bình	Dùng dầm, không dùng bản không dầm
Yêu cầu kiến trúc	Trần văn phòng có thể hạ trần thạch cao	Chấp nhận được dầm lộ
Thi công	Đơn vị thi công quen cấp pha dầm – sàn truyền thống	Ưu tiên phương án quen thuộc
Kết luận	Hợp 3 yếu tố: nhịp – kiến trúc – thi công	Sàn sườn BTCT toàn khối

2.2.3 Lựa chọn hệ kết cấu cho công trình**Bước 1 – Đặt vấn đề: các phương án khả dĩ**

Công trình minh họa cao 66,0 m (20 tầng nổi $\times$ 3,3 m), do đó **tải trọng ngang (gió, động đất) đóng vai trò chủ đạo**. Với quy mô này, có bốn phương án kết cấu chịu lực cần xem xét:

1. **Khung thuần** (chỉ cột – dầm, không vách).
2. **Khung – vách** (cột – dầm kết hợp vách BTCT).
3. **Khung – lõi** (cột – dầm kết hợp lõi cứng ở giữa).
4. **Ống (tube)** – hệ kết cấu hiện đại, cột dày đặc chu vi.

Bước 2 – Xác định tiêu chí và trọng số

Không thể đánh giá “phương án nào hay hơn” nếu không nói rõ **đánh giá theo tiêu chí gì**. Bảng 2.2 nêu bốn tiêu chí và trọng số tương ứng cho công trình này.

Bảng 2.2: Bốn tiêu chí đánh giá phương án kết cấu và trọng số

Tiêu chí	Trọng số	Vì sao quan trọng với công trình này
Khả năng chịu tải ngang	35%	Nhà 20 tầng, gió & động đất chiếm ưu thế; đây là tiêu chí quyết định
Kinh tế (vật liệu)	25%	Vốn đầu tư là ràng buộc thực tế của chủ đầu tư
Khả thi thi công	25%	Năng lực nhà thầu địa phương và tiến độ
Quen thuộc & an toàn	15%	Hạn chế rủi ro do thiếu kinh nghiệm thi công

Lưu ý

Ba tiêu chí đầu là bắt buộc. Tiêu chí “quen thuộc” có trọng số nhỏ vì một đồ án tốt nghiệp không nên chọn phương án chỉ vì “dễ làm”. Tuy nhiên với nhà thầu địa phương chưa có kinh nghiệm kết cấu ống, tiêu chí này vẫn có vai trò nhất định – và cần *được ghi rõ*, không giấu đi.

Bước 3 – Chấm điểm từng phương án

Ma trận so sánh phương án: Lựa chọn hệ kết cấu chịu lực (thang điểm 10)

Tiêu chí	Trọng số	Nhận xét – đánh giá	Điểm
Khung thuần	35%	Chuyển vị đỉnh lớn vượt $H/500$ khi nhà trên khoảng 12 tầng; kém hiệu quả	3
Khung thuần	25%	Tiết kiệm vật liệu ban đầu nhưng phải tăng cột rất lớn ở tầng dưới	5
Khung thuần	25%	Dễ thi công, quen thuộc	9
Khung thuần	15%	Đơn giản, ít rủi ro	9
Khung – vách	35%	Vách tại lõi thang đảm nhận phần lớn lực cắt, chuyển vị đạt yêu cầu	9
Khung – vách	25%	Tối ưu: cột nhỏ hơn nhờ vách chia tải ngang	8
Khung – vách	25%	Khung + vách thi công song song, tiến độ tốt	8
Khung – vách	15%	Phổ biến, nhà thầu địa phương đã làm nhiều	9
Khung – lõi	35%	Rất cứng, chuyển vị nhỏ nhất trong ba phương án khung	10
Khung – lõi	25%	Chi phí ván khuôn lõi cao, thi công lõi phức tạp	6
Khung – lõi	25%	Cần thiết bị và nhân lực chuyên biệt	6
Khung – lõi	15%	Ít phổ biến hơn ở địa phương	6
Hệ ống (tube)	35%	Rất cứng nhưng chi kinh tế khi trên 40 tầng	8
Hệ ống (tube)	25%	Không kinh tế ở quy mô 20 tầng; thừa khả năng chịu lực	3
Hệ ống (tube)	25%	Đòi hỏi công nghệ cao, khó với nhà thầu	3
Hệ ống (tube)	15%	Không phù hợp với quy mô và năng lực địa phương	4

Bước 4 – Kết luận và lý do loại các phương án khác**Quy trình**

Kết luận phương án kết cấu: Sàn sườn BTCT toàn khối trên hệ *Khung – Vách* BTCT, đặt trên móng cọc khoan nhồi.

Bảng 2.3: Tổng hợp điểm và lý do loại từng phương án

Phương án	Điểm	Quyết định	Lý do
Khung thuần	5,9	Loại	Không đủ cứng cho 20 tầng – chuyển vị vượt ngưỡng. Chỉ dùng đến khoảng 10–12 tầng
Khung – vách	8,5	CHỌN	Cân bằng tốt nhất giữa độ cứng, chi phí và khả năng thi công
Khung – lõi	7,4	Dự phòng	Kỹ thuật tốt hơn nhưng chi phí ván khuôn cao; chọn nếu chuyển vị vẫn không đạt sau khi tối ưu vách
Hệ ống (tube)	4,9	Loại	Thừa khả năng và không kinh tế ở quy mô 20 tầng

Ghi chú cho GVHD

Đây là phần hội đồng **đặc biệt quan tâm**. Câu hỏi gần như chắc chắn: “*Vì sao em chọn khung – vách mà không phải khung – lõi hay khung thuần?*” Trả lời “*Vì thầy/cô em bảo thế*” là **điểm trừ nặng**. Trả lời bằng Bảng 2.3 – có tiêu chí, có trọng số, có điểm, và *nói rõ vì sao loại* – là điểm cộng lớn.

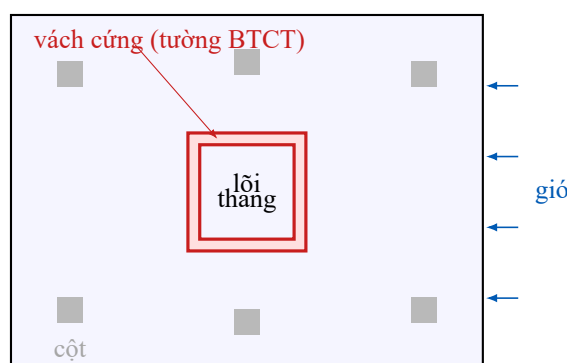
Nhánh rẽ:

Nếu công trình chỉ cao 8–12 tầng Khi đó tiêu chí “khả năng chịu tải ngang” giảm vai trò, và **khung thuần trở nên hợp lý về kinh tế**. Quy trình vẫn giữ nguyên (bốn bước), nhưng trọng số đổi: kỹ thuật 25%, kinh tế 35%, thi công 25%, quen thuộc 15%. ⇒ **Bài học**: trọng số phụ thuộc quy mô công trình, không có bộ trọng số dùng chung cho mọi đồ án.

Bài tập biến thể:

Thay đổi quy mô công trình Vẫn giữ mặt bằng và bước cột như công trình minh họa, hãy:

- Lập lại ma trận so sánh phương án cho trường hợp nhà **12 tầng** (trọng số kỹ thuật 25%).
- Lập lại cho trường hợp nhà **30 tầng** (trọng số kỹ thuật 40%).
- So sánh kết luận của ba trường hợp (20, 12, 30 tầng) và rút ra *ngưỡng số tầng* mà tại đó khung thuần không còn phù hợp.



Hình 2.5: Bố trí vách cứng tại lõi thang máy – thang bộ: vách nhận phần lớn lực cắt do gió và động đất

Lưu ý

Hãy so sánh hai hình 2.1 và 2.5: khung phẳng (chỉ có cột – dầm) sẽ *võng* rất nhiều khi có gió, còn khi thêm vách cứng vào lõi thì chuyển vị giảm mạnh. Đây chính là lý do chọn hệ khung – vách cho nhà cao tầng.

2.3 Các tiêu chuẩn và quy chuẩn áp dụng

Toàn bộ quá trình tính toán tuân thủ hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Bảng 2.4 liệt kê các tiêu chuẩn chính.

Bảng 2.4: Các tiêu chuẩn – quy chuẩn chính áp dụng

Số hiệu	Nội dung
TCVN 2737:2023	Tải trọng và tác động
TCVN 5574:2018	Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế
TCVN 9386-1:2025	Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 1: Quy định chung, tác động động đất và quy định cho nhà
TCVN 9386-5:2025	Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 5: Nền móng, kết cấu chịu lực và kết cấu địa kỹ thuật
TCVN 10304:2025	Thiết kế móng cọc
TCVN 9362:2012	Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình
QCVN 06:2022/BXD	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình

Ghi chú cho GVHD

Lưu ý dùng **đúng phiên bản mới nhất**. Nhiều tài liệu cũ (trước 2020) vẫn ghi TCVN 2737:1995, TCVN 5574:2012, TCXD 205:1998 hay TCVN 10304:2014 – nay đã được thay thế. Sinh viên dùng bản cũ sẽ bị trừ điểm và có thể sai kết quả.

2.4 Hệ đơn vị sử dụng

Để nhất quán toàn bộ thuyết minh và bản vẽ, sách dùng hệ SI:

Bảng 2.5: Hệ đơn vị sử dụng

Đại lượng	Đơn vị
Kích thước	m, mm
Lực	N, kN
Lực phân bố	kN/m
Tải trọng diện tích	kN/m ²
Mô men	kN · m
Ứng suất	Pa, kPa, MPa

2.5 Lựa chọn vật liệu

2.5.1 Bê tông

Cấp độ bền bê tông được chọn theo quy mô công trình và vị trí cấu kiện. Với nhà cao tầng, cột và vách tầng dưới thường dùng cấp bền cao hơn để đủ khả năng chịu nén và giảm tiết diện.

Ví dụ: Chọn cấp độ bền bê tông theo cấu kiện

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
Nhà 20 tầng, cột tầng 1 chịu $N \approx 8775 \text{ kN}$	Với tiết diện $900 \times 900 \text{ mm}$ thì B25 đã đủ (xem Chương 4); chỉ khi tiết diện bị giới hạn mới cân nhắc B30	B25 ($R_b = 14,5 \text{ MPa}$)
Cột – vách tầng trên (tải giảm)	Có thể giảm cấp bền	B25 ($R_b = 14,5 \text{ MPa}$)
Dầm, sàn (chủ yếu chịu uốn)	Bê tông không cần quá cao, nhưng $\geq \text{B20}$	B25
Cọc khoan nhồi	Thi công dưới nước, cần độ sụt cao	B25 – B30, độ sụt $18 \div 20 \text{ cm}$
Nguyên tắc chung	Cấp bền giảm dần theo chiều cao nhà	Tối ưu – kinh tế – thống nhất bản vẽ

Lưu ý

Cần ghi rõ trong thuyết minh: *cấp độ bền* (ví dụ B25, B30...), tương ứng *mác theo cường độ chịu nén f_{ck}* và các đặc trưng biến dạng dùng trong tính toán theo TCVN 5574:2018. Không lẫn giữa “mác” và “cấp độ bền”.

2.5.2 Cốt thép

Chọn nhóm thép theo khả năng cung ứng (thường CB300-V, CB400-V cho cấu kiện chịu uốn; một số cấu kiện dùng thép có giới hạn chảy cao hơn). Cần nêu cường độ chịu kéo – nén tính toán theo TCVN 5574:2018.

Bảng 2.6: Đặc trưng cơ học cốt thép dùng phổ biến trong đồ án

Nhóm thép	$R_s = R_{sc} \text{ (MPa)}$	$R_{sw} \text{ (MPa)}$	Dùng cho
CB240-T (AI)	210	170	Đai, thép cấu tạo
CB300-V (AII)	260	210	Cầu thang, đai dầm
CB400-V (AIII)	350	290	Sàn, dầm, cột, vách chịu lực chính
CB500-V	435	300	Cấu kiện chịu lực lớn, nhà cao tầng

2.6 Công cụ tính toán

- **ETABS:** phân tích tổng thể khung – vách, xác định nội lực và chuyển vị.
- **SAFE:** thiết kế chi tiết sàn.
- **Tính tay / tra bảng:** kiểm chứng độc lập cho các cấu kiện điển hình (xem Chương 5).

Sai hỏng thường gặp

Sinh viên thường *chỉ bấm nút* trong ETABS/SAFE rồi lấy kết quả mà không hiểu bản chất. Hội đồng sẽ hỏi ngay: “Tại sao chọn kích thước này?” “Kiểm tra chuyển vị bằng gì?”. Vì vậy mỗi kết quả phần mềm cần kèm một phép kiểm tra tay.

Tóm tắt chương

Chương đã chốt: giải pháp kết cấu (khung – vách + sàn sườn + móng cọc khoan nhồi), danh mục tiêu chuẩn mới nhất, hệ đơn vị SI, vật liệu và công cụ. Đây là cơ sở để bước sang xác định tải trọng ở Chương 3.

Chương 3

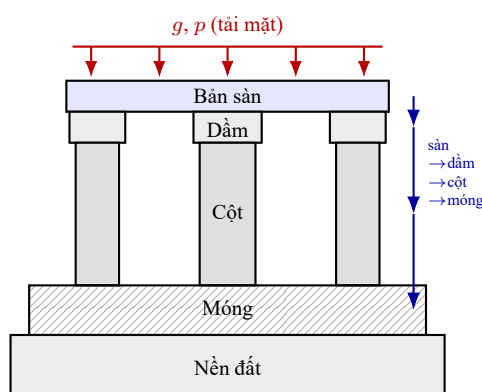
Tải trọng tác động lên công trình

3.1 Tổng quan

Tải trọng là *đầu vào* quyết định toàn bộ kết quả tính toán. Chương này hệ thống hóa bốn nhóm tải theo TCVN 2737:2023 và bổ sung phần **tải trọng động đất** theo TCVN 9386-1:2025:

1. Tĩnh tải (trọng lượng bản thân, hoàn thiện, tường ngăn).
2. Hoạt tải sử dụng.
3. Tải trọng gió (thành phần tĩnh + thành phần động).
4. Tải trọng động đất.

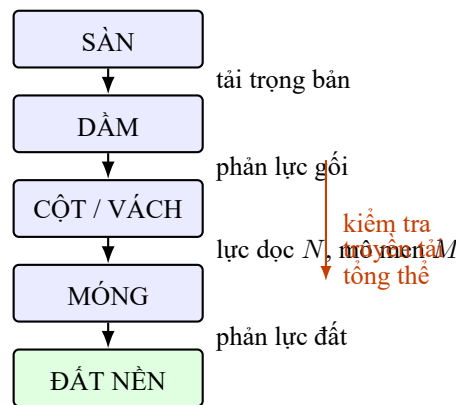
Trước khi tính, cần nắm rõ **đường đi của tải trọng** trong công trình: từ sàn → dầm → cột → móng → nền đất. Mỗi cấp nhận tải theo một dạng khác nhau (tải mặt → tải đường → tải điểm), và đó cũng là lý do các Chương 5–7 được trình bày theo đúng trình tự này.



Hình 3.1: Sơ đồ truyền tải trọng tổng thể: sàn → dầm → cột → móng

Lưu ý

Đây là chương “dễ mất điểm” nhất nếu làm ẩu: sai một hệ số tải trọng có thể làm sai toàn bộ nội lực phía sau. Sinh viên nên lập *bảng kiểm* tải trọng từng tầng và đối chiếu trước khi chạy mô hình.



Hình 3.2: “Dòng chảy” của tải trọng qua từng cấp cấu kiện – mỗi cấp nhận tải ở một dạng khác nhau (tải mặt → tải đường → tải điểm)

3.2 Tĩnh tải và hoạt tải

3.2.1 Tĩnh tải

Tĩnh tải gồm trọng lượng bản thân kết cấu và các lớp hoàn thiện (gạch lát, vữa, trần, tường ngăn...). Trọng lượng riêng của vật liệu lấy theo TCVN 2737:2023.

Quy trình

Cách lập bảng tính tĩnh tải (bắt buộc): sinh viên *phải* lập bảng theo *từng lớp cấu tạo*, không được dùng một con số tổng ghi sẵn. Mỗi dòng gồm: **chiều dày δ , trọng lượng riêng γ , hệ số vượt tải γ_f** , rồi tính $g^{tc} = \gamma \delta$ và $g^{tt} = \gamma_f g^{tc}$. Cuối bảng cộng tổng và *làm tròn*.

Ví dụ: bảng tính tĩnh tải sàn của công trình

Lưu ý

Bảng trên cho thấy vì sao **không được** lấy một con số chung cho mọi ô sàn: sàn WC nặng hơn sàn văn phòng do có lớp chống thấm và vữa tạo dốc. *Sai một lớp cấu tạo là sai toàn bộ.* Đây là câu hỏi kiểm tra kinh điển của hội đồng.

Sàn truyền tải xuống dầm như thế nào?

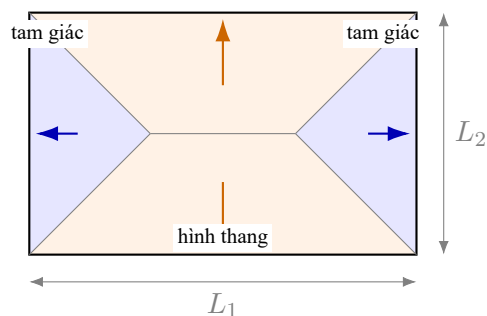
Tĩnh tải và hoạt tải tính được ở trên mới chỉ là *tải trên mặt sàn*. Muốn tính dầm, ta phải biết sàn truyền tải xuống dầm ra sao. Quy tắc phụ thuộc tỷ số L_2/L_1 :

- $L_2/L_1 > 2$ (**bản dầm**): tải truyền theo cạnh ngắn, dạng *phân bố đều* hình chữ nhật.
- $L_2/L_1 \leq 2$ (**bản kê**): kẻ *đường phân giác* 45° từ bốn góc ô sàn. Hai dầm cạnh ngắn nhận tải dạng **tam giác**; hai dầm cạnh dài nhận tải dạng **hình thang**.

¹Tường ngăn 110 mm xây gạch ống, quy đổi phân bố đều trên diện tích sàn (khoảng $1,0 \div 1,5 \text{ kN/m}^2$ tùy mật độ tường). Nếu biết vị trí tường, nên gán tải *đường* (line load) chính xác hơn.

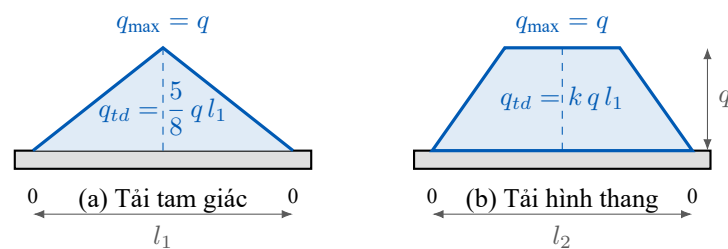
Bảng 3.1: Bảng tính tĩnh tải các lớp sàn (đơn vị: kN/m²)

STT	Tên lớp vật liệu	Chiều dày (m)	γ (kN/m ³)	γ_f	g^{tc}	g^{tt}
<i>I. Sàn khu vệ sinh (WC) – có lớp chống thấm và tạo dốc</i>						
1	Gạch lát ceramic chống trượt	0,010	20	1,1	0,20	0,220
2	Vữa xi măng M75 lót gạch	0,020	18	1,1	0,36	0,396
3	Lớp chống thấm (2 lớp)	0,005	12	1,1	0,06	0,066
4	Lớp vữa tạo dốc M75	0,025	18	1,1	0,45	0,495
5	Lớp vữa trát trần M75	0,015	18	1,1	0,27	0,297
Tổng cộng (sàn WC)					1,34	1,474
<i>Làm tròn</i>					<i>1,35</i>	<i>1,47</i>
<i>II. Sàn khu văn phòng, hành lang</i>						
1	Gạch lát granite nhân tạo	0,012	22	1,1	0,264	0,290
2	Vữa xi măng M75 lót gạch	0,020	18	1,1	0,360	0,396
3	Lớp vữa trát trần M75	0,015	18	1,1	0,270	0,297
4	Tải trọng tường ngăn (quy đổi) ¹	–	–	1,1	1,200	1,320
Tổng cộng (sàn VP, hành lang)					2,094	2,303
<i>Làm tròn</i>					<i>2,10</i>	<i>2,30</i>



Dầm cạnh ngắn nhận tải **tam giác** — dầm cạnh dài nhận tải **hình thang**

Hình 3.3: Chia tải ô sàn bản kê về bốn dầm theo đường phân giác 45°



Hình 3.4: Hai dạng tải sau khi chia: (a) tải *tam giác* trên dầm cạnh ngắn; (b) tải *hình thang* trên dầm cạnh dài – và cách quy về tải phân bố đều tương đương

Ví dụ: Quy tải ô sàn về dầm (bản kê 4 cạnh)

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Ô sàn $l_1 \times l_2 = 6,0 \times 7,5$ m; $q^{tt} = 8,00$ kN/m ² (khớp Bảng 5.1); $\beta = \frac{l_1}{2l_2} = 0,40$	$l_2/l_1 = 1,25 < 2 \Rightarrow$ bản kê
1. Dầm cạnh ngắn (tải tam giác)	Vùng tải sâu tối đa $l_1/2$ nên đỉnh tải $= \frac{q^{tt}l_1}{2} = \frac{8,00 \times 6,0}{2} = 24,0$ kN/m; $q_{td} = \frac{5}{8} \times \frac{q^{tt}l_1}{2} = \frac{5}{8} \times 24,0$	$q_{td} = 15,0$ kN/m
2. Dầm cạnh dài (tải hình thang)	Đỉnh tải $= \frac{q^{tt}l_1}{2} = 24,0$ kN/m; $q_{td} = (1 - 2\beta^2 + \beta^3) \times \frac{q^{tt}l_1}{2} =$ $(1 - 2 \times 0,40^2 + 0,40^3) \times 24,0 =$ $0,744 \times 24,0$	$q_{td} = 17,9$ kN/m
3. Kiểm tra cân bằng tải 1 ô sàn	$S_{ngan} = 2 \times \frac{1}{2}l_1 \cdot \frac{l_1}{2} \cdot q^{tt} = 2 \times 9,0 \times 8,00 = 144,0$ kN $S_{dai} = 2 \times \frac{l_2+l_2-l_1}{2} \cdot \frac{l_1}{2} \cdot q^{tt} = 2 \times 13,5 \times 8,00 = 216,0$ kN	Tổng $144,0 + 216,0 = 360,0$ kN $= q^{tt}A = 8,00 \times (6,0 \times 7,5) = 360,0$ kN – khớp
Ghi chú	Theo đường phân giác 45° , vùng tải của mỗi dầm sâu tối đa $l_1/2$ nên đỉnh tải tam giác/hình thang luôn $= q^{tt}l_1/2$; hệ số quy tải $\frac{5}{8}$ và $(1 - 2\beta^2 + \beta^3)$ nhân với <i>đỉnh tải đó</i> (kiểm tra nhanh: hình thang không thể vượt quá đỉnh tam giác $q^{tt}l_1/2$). Tải tam giác/hình thang <i>không</i> chia đều: cạnh ngắn nhận nhiều hơn về cường độ đỉnh; q_{td} là tải <i>phân bố trên mét dài dầm</i> , không đem cộng trực tiếp với tổng lực toàn ô sàn	Dùng đúng dạng tải khi nhập vào ETABS

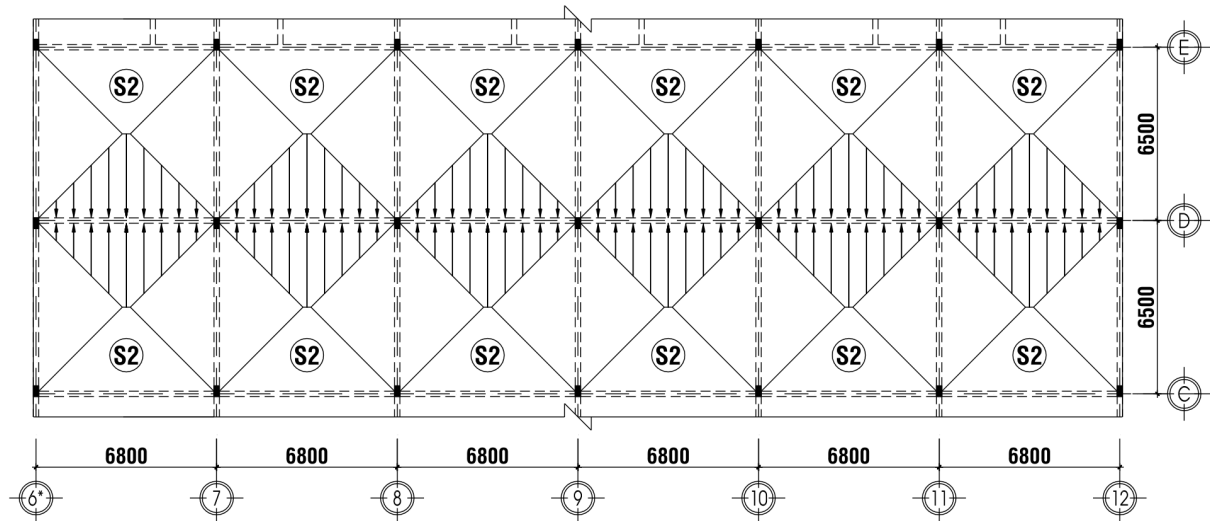
Lưu ý

Đường phân giác 45° xuất phát từ *bản chất* làm việc của bản: tải luôn truyền theo *đường cứng nhất* (gần gối nhất), nên vùng tải chia theo góc vuông 45° chứ không chia đều. Hiểu điều này thì không cần học thuộc.

Nguồn hình: Sổ tay hướng dẫn đồ án tốt nghiệp – Trường Đại học Xây dựng Miền Tây (2016). Hình minh họa cách vẽ mặt bằng truyền tải cho toàn bộ mặt bằng công trình, đúng cách sinh viên phải thể hiện trong thuyết minh.

3.2.2 Hoạt tải

Hoạt tải sử dụng tra theo **Bảng F.1 – TCVN 2737:2023**, tùy công năng từng khu vực. Khi tra bảng phải *ghi rõ số hiệu mục* đã tra để hội đồng kiểm chứng.



Hình 3.5: Mặt bằng truyền tải từ sàn vào dầm trên thực tế (các ô sàn S2). Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD. Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới $6,0 \times 7,5$ m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.

Bảng 3.2: Hoạt tải tiêu chuẩn và tính toán theo công năng (TCVN 2737:2023)

STT	Khu vực chức năng	p^{tc} (kN/m ²)	γ_f	p^{tt} (kN/m ²)	Nguồn tra cứu
1	Phòng làm việc (văn phòng)	2,0	1,2	2,4	Bảng F.1 – Mục C2
2	Hành lang, cầu thang	3,0	1,2	3,6	Bảng F.1 – Mục C4
3	Khu vệ sinh (WC)	2,0	1,2	2,4	Bảng F.1 – Mục B2
4	Phòng kỹ thuật, kho nhẹ	2,0	1,2	2,4	Bảng F.1 – Mục E1
5	Ban công	4,0	1,2	4,8	Bảng F.1 – Mục G1

Sai hỏng thường gặp

Ba lỗi thường gặp khi tính tĩnh tải: (1) **quên** cộng trọng lượng tường ngăn (tường không chịu lực) vào tĩnh tải sàn; (2) lấy sai trọng lượng riêng của các lớp cấu tạo; (3) không phân biệt *tải thường xuyên* và *tải tạm thời* khi tổ hợp.

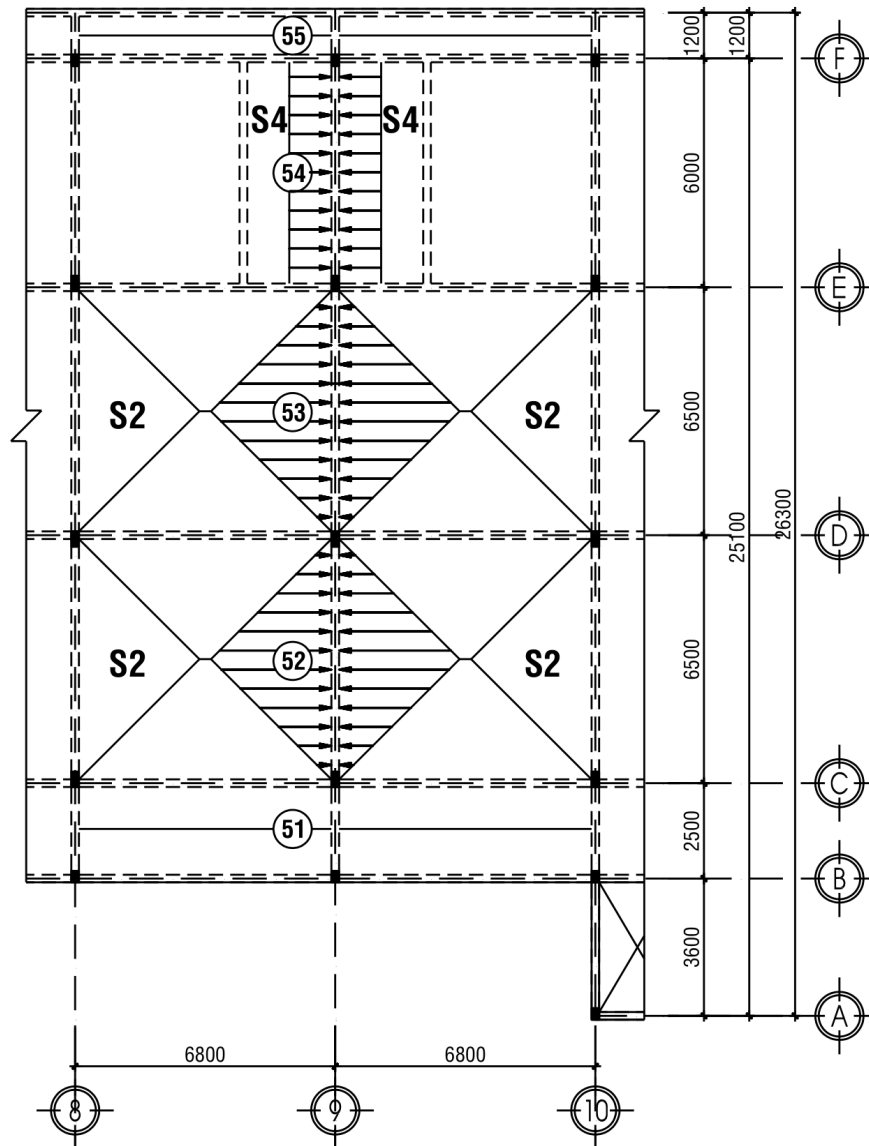
3.3 Tải trọng gió theo TCVN 2737:2023

Tải trọng gió gồm hai thành phần: **thành phần tĩnh** W_{st} và **thành phần động** W_p (bắt buộc xét với nhà cao trên 40 m).

3.3.1 Công thức cơ bản

$$W_{st}(z) = W_0 \cdot k(z) \cdot c \quad (3.1)$$

trong đó: W_0 là áp lực gió tiêu chuẩn (theo vùng, Bảng F.2); $k(z)$ là hệ số kể đến độ cao và dạng địa hình (Bảng F.3); c là hệ số khí động.



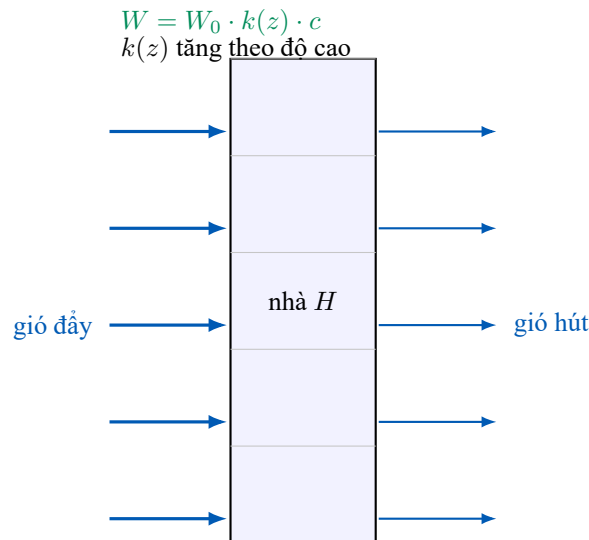
Hình 3.6: Sơ đồ truyền tải từ sàn tầng vào *dầm khung*: tải hình tam giác và hình thang truyền thẳng vào *dầm khung* theo đường phân giác

$$W_p(z) = W_{st}(z) \cdot \zeta(z) \cdot \nu \quad (3.2)$$

với $\zeta(z)$ là hệ số áp lực xung (Bảng F.6), ν là hệ số tương quan không gian (tra biểu đồ Hình F.2 và F.3).

3.3.2 Ví dụ minh họa: nhà 20 tầng tại Đà Nẵng

Ví dụ: Tính tải trọng gió theo TCVN 2737:2023 (nhà 20 tầng, Đà Nẵng)



Hình 3.7: Phân bố áp lực gió theo chiều cao: mặt đón gió (đẩy, c_e) và mặt hút gió (c_i). Hệ số $k(z)$ tăng dần theo độ cao

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Giả thiết đầu vào	Mặt bằng $B \times L = 25 \times 40$ m; $h_t = 3,3$ m; $H = 20 \times 3,3 = 66,0$ m; địa hình B; $f_1 \approx 0,83$ Hz (tức $T_1 \approx 1,2$ s); $\delta = 0,3$	$H \approx 66$ m
1. Áp lực gió tiêu chuẩn W_0	Đà Nẵng thuộc vùng gió IIIB , tra Bảng F.2	$W_0 = 1,27$ kN/m ²
2. Hệ số $k(z)$	Tra Bảng F.3 – dạng địa hình B theo từng cao độ z	Lập bảng tra (xem Bảng 3.3)
3. Hệ số khí động c	$c_e = +0,8$; $L/B = 40/25 = 1,6$ tra Bảng F.5 $\Rightarrow c_i = -0,5$; $c = c_e - c_i$	$c = 1,3$
4. Thành phần tĩnh	$W_{st}(z) = W_0 k(z) c$	Ví dụ tại $z = 33$ m: $W_{st} = 1,90$ kN/m²
5. Hệ số áp lực xung $\zeta(z)$	Tra Bảng F.6, dạng B; hệ số tương quan không gian $\nu \approx 0,88$ (biểu đồ Hình F.2–F.3)	Dùng cho mọi cao độ
6. Thành phần động	$W_p(z) = W_{st}(z) \zeta(z) \nu$	Tại $z = 33$ m: $W_p = 1,90 \times 0,70 \times 0,88 = 1,17$ kN/m²
7. Tổng áp lực	$W_{total} = W_{st} + W_p$	$z = 33$ m: $W_{total} = 1,90 + 1,17 = 3,07$ kN/m²
8. Lực gió theo tầng	$F_i = W_{total}(z_i) \times A_i$ với $A_i = B h_t = 25 \times 3,3 = 82,5$ m ²	$z = 33$ m: $F_i = 3,07 \times 82,5 = 253,3$ kN
9. Gán vào ETABS	Quy về tâm khối lượng (CM) từng tầng; xét lệch tâm ngẫu nhiên $e_a = \pm 0,05B$	Gán đủ 20 tầng

Lưu ý

$W_{total} = W_{st} + W_p = W_{st}(1 + \zeta\nu)$ với hệ số tương quan không gian $\nu = 0,88$ (xem Bước 5–7). Bảng chỉ *trích* 5 tầng điển hình. Khi làm đồ án, sinh viên phải lập bảng cho **tất cả các**

Bảng 3.3: Bảng tổng hợp kết quả tính tải trọng gió theo tầng

Tầng	z (m)	$k(z)$	W_{st} (kN/m ²)	ζ	W_{total} (kN/m ²)	F_i (kN)
3	9,9	0,82	1,35	0,85	2,36	194,7
6	19,8	1,00	1,65	0,78	2,78	229,6
10	33,0	1,15	1,90	0,70	3,07	253,3
15	49,5	1,28	2,11	0,66	3,34	275,2
20	66,0	1,35	2,23	0,63	3,47	286,0

tầng (≈ 20 dòng) rồi mới gán vào mô hình. Trong bảng này $F_i = W_{total} \times A_i$ với $A_i = B h_t$ (cả chiều cao tầng), và F_i được tính từ W_{total} chưa làm tròn; nếu sinh viên nhân lại từ W_{total} đã làm tròn trong bảng (ví dụ tầng 6: $2,7826 \times 82,5 = 229,6$ kN) có thể lệch ở chữ số thập phân cuối – không coi đó là lỗi. Nếu theo quy ước lấy *mửa chiều cao* tầng trên cùng thì $F_{20} = 3,47 \times 41,25 \approx 143,1$ kN – hai cách đều chấp nhận được nếu giải thích nhất quán trong thuyết minh.

Giá trị $f_1 \approx 0,83$ Hz và $\nu \approx 0,88$ trong ví dụ là xấp xỉ cho bài toán minh họa. Khi làm đồ án, chu kỳ T_1 phải lấy từ kết quả ETABS (nhà 20 tầng thường $T_1 \approx 0,9 \div 1,4$ s – xem Phụ lục D).

Quy trình

Cách gán vào ETABS/SAP2000:

1. Tính F_i cho *tất cả* các tầng theo bảng trên.
2. Khai báo sàn cứng (Diaphragm) để phần mềm xác định tâm khối lượng CM.
3. Gán F_i vào tâm khối lượng của tầng i .
4. Xét hiệu ứng xoắn: gán thêm độ lệch tâm ngẫu nhiên $e_a = \pm 0,05B$ so với CM để tạo mô men xoắn.

3.4 Tải trọng động đất theo TCVN 9386-1:2025

Với công trình cao tầng, tác động động đất là **bắt buộc** phải xét theo TCVN 9386-1:2025.

3.4.1 Xác định gia tốc nền thiết kế

Định gia tốc nền tham chiếu trên nền loại A, a_{gR} , tra theo bản đồ phân vùng gia tốc nền (hoặc theo địa danh hành chính). Gia tốc nền thiết kế:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} \quad (3.3)$$

với γ_I là hệ số tầm quan trọng (bằng 1,0 cho trường hợp thông thường).

Lưu ý

TCVN 9386-1:2025 phân biệt: *động đất yếu* khi $a_g \leq 0,08g$ ($\approx 0,78 \text{ m/s}^2$) được phép dùng quy trình giản lược; *động đất rất yếu* khi $a_g \leq 0,04g$ thì không cần áp dụng tiêu chuẩn này.

Ví dụ: Xác định gia tốc nền thiết kế a_g

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
1. Địa điểm	Công trình tại Đà Nẵng (quận Sơn Trà – xem Phụ lục E)	Tra bản đồ phân vùng gia tốc nền
2. Định gia tốc nền tham chiếu	Nền loại A, giá trị tra được	$a_{gR} = 0,0847g \approx 0,83 \text{ m/s}^2$
3. Hệ số tầm quan trọng	Nhà chung cư – văn phòng, cấp II	$\gamma_I = 1,0$
4. Gia tốc nền thiết kế	$a_g = \gamma_I a_{gR} = 1,0 \times 0,0847g$	$a_g = 0,0847g \approx 0,83 \text{ m/s}^2$
5. Kiểm tra ngưỡng	$a_g = 0,0847g > 0,08g$ (vượt ngưỡng “yếu”)	Bắt buộc áp dụng TCVN 9386-1:2025
6. Kết luận thiết kế	Công trình thuộc vùng động đất bình thường, bắt buộc tính đầy đủ	Tính đủ nội lực, kiểm tra, bố trí thép

Ghi chú cho GVHD

Ví dụ trên cho thấy một sự thật hay bị bỏ qua: **Đà Nẵng thuộc vùng động đất bình thường** ($a_{gR} \approx 0,0847g$), **bắt buộc** phải tính đầy đủ theo TCVN 9386-1:2025. Nhiều đồ án ở đây lại “photo” phần động đất của đồ án Hà Nội (a_{gR} lớn hơn nhiều) rồi dán vào – hội đồng phát hiện ngay vì số liệu không khớp bản đồ phân vùng. Cách làm đúng: *tra số liệu đúng địa điểm*, tính đủ nội lực động đất, trình bày quy trình và kết luận **bắt buộc áp dụng**.

3.4.2 Phổ phản ứng đàn hồi

Phổ phản ứng đàn hồi ngang $S_e(T)$ xác định theo công thức (3.2)–(3.5) của tiêu chuẩn:

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} (2,5\eta - 1) \right] \quad (3.4)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5\eta \quad (3.5)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5\eta \cdot \frac{T_C}{T} \quad (3.6)$$

$$T \geq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5\eta \cdot \frac{T_C T_D}{T^2} \quad (3.7)$$

với S là hệ số nền, η là hệ số điều chỉnh độ cản ($\eta = 1$ với cản nhót 5%).

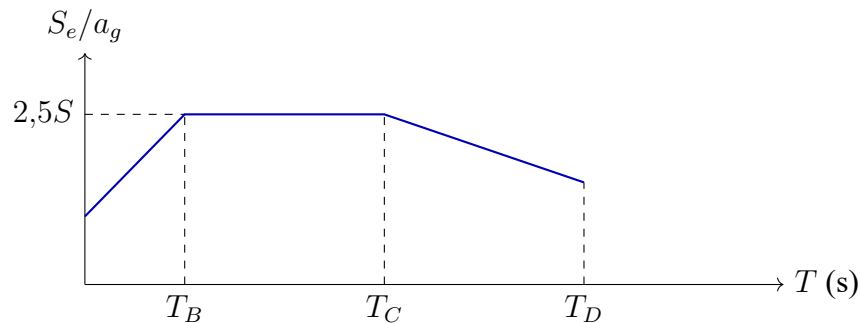
3.4.3 Phổ thiết kế và lực cắt đáy

Phổ thiết kế $S_d(T)$ nhận được bằng cách chiết giảm phổ đàn hồi bằng *hệ số ứng xử* q :

$$S_d(T) = \frac{S_e(T)}{q} \quad (3.8)$$

Bảng 3.4: Tham số phổ phản ứng đàn hồi Loại 1 (trích theo loại nền đất)

Loại nền đất	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,00	0,15	0,40	2,0
B	1,20	0,15	0,50	2,0
C	1,15	0,20	0,60	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0
E	1,40	0,15	0,50	2,0



Hình 3.8: Dạng phổ phản ứng đàn hồi theo TCVN 9386-1:2025

Theo TCVN 9386-1:2025, phổ thiết kế còn phải thỏa mãn **cận dưới** $S_d(T) \geq \beta \cdot a_g$ với $\beta = 0,2$ (điều kiện này thường chỉ ràng buộc ở các nhánh chu kỳ dài $T_C \leq T \leq T_D$ và $T_D \leq T$).

Lực cắt đáy động đất theo phương ngang (công thức 4.5 của tiêu chuẩn):

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (3.9)$$

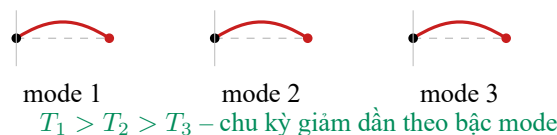
trong đó T_1 là chu kỳ dao động cơ bản, m là tổng khối lượng nhà, $\lambda = 0,85$ nếu $T_1 \leq 2T_C$ và nhà trên 2 tầng, ngược lại $\lambda = 1,0$.

Lực ngang tại tầng i (dạng dao động gần đúng tuyến tính):

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i m_i}{\sum_j z_j m_j} \quad (3.10)$$

3.4.4 Điều kiện áp dụng phương pháp lực ngang

Phương pháp phân tích lực ngang (tĩnh tương đương) chỉ dùng được khi thỏa mãn đồng thời: $T_1 \leq \min(4T_C; 2,0s)$ và kết cấu đều đặn theo mặt đứng. Nếu không, phải dùng *phân tích phổ phản ứng dạng dao động* (đảm bảo tổng khối lượng hữu hiệu $\geq 90\%$).

Hình 3.9: Ba dạng dao động đầu tiên: chu kỳ giảm dần theo bậc mode ($T_1 > T_2 > T_3$)

Lưu ý

Cần phân tích đủ số dạng dao động sao cho tổng khối lượng hữu hiệu đạt $\geq 90\%$. Với nhà 20 tầng, thường phải xét $9 \div 12$ mode mới đủ.

Ghi chú cho GVHD

Với nhà 20 tầng, sinh viên cần kiểm tra điều kiện trên **trước khi** chọn phương pháp. Nếu chu kỳ T_1 vượt ngưỡng, bắt buộc chuyển sang phân tích phổ phản ứng. Đây là câu hỏi hội đồng rất hay hỏi.

3.5 Tổ hợp tải trọng

3.5.1 Các trường hợp chất tải

Sau khi xác định tải trọng, cần xét các trường hợp chất tải riêng (tĩnh tải, hoạt tải từng nhịp, gió theo hai chiều, động đất theo hai phương) rồi *tổ hợp* theo quy định của TCVN 5574:2018 và TCVN 9386-1:2025.

3.5.2 Tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt

- **Tổ hợp cơ bản:** tĩnh tải + hoạt tải + gió (hệ số tổ hợp theo xác suất).
- **Tổ hợp đặc biệt:** tĩnh tải + động đất ($\sum G_k + \psi_2 Q_k + E_d$), theo công thức (3.2.4) của TCVN 9386-1:2025 – hoạt tải chỉ lấy giá trị *dài hạn* với hệ số $\psi_2 = 0,3$ cho khu vực văn phòng (Bảng 3.5), còn E_d là giá trị thiết kế của tác động động đất.

Sai hỏng thường gặp

Sinh viên hay dùng một cặp nội lực “bao” mà quên rằng động đất và gió *không* xảy ra đồng thời theo nghĩa tổ hợp. Cần tách tổ hợp cơ bản (có gió) và tổ hợp đặc biệt (có động đất) riêng biệt.

Nhánh rẽ:

Nếu công trình ở vùng động đất mạnh hơn (Điện Biên, Lai Châu) Khi đó a_g tăng đáng kể (có thể gấp 3–4 lần Đà Nẵng). Ba việc phải làm khác đi:

1. **Không được bỏ qua** thành phần đứng của động đất (thường lấy $a_{gv} = 0,9 a_g$ cho nhà thông thường).
2. **Phải kiểm tra tầng mềm** kỹ hơn – xem Phụ lục D.
3. **Cấp dẽo kết cấu** (DCM hay DCH) ảnh hưởng trực tiếp đến q và do đó đến $S_d(T_1)$; phải chọn đúng cấp và chỉ tiết cấu tạo tương ứng.

Bài tập biến thể:

Tải trọng với dữ liệu khác Vẫn giữ công trình 20 tầng, nhưng:

- a)** Chuyển địa điểm sang **Hà Nội** (a_g khác Đà Nẵng). Tra phụ lục TCVN 9386-1:2025, tính lại lực cắt đáy V_{base} và so sánh với trường hợp Đà Nẵng.

- b)** Giả sử hoạt tải sàn văn phòng tăng từ $2,0 \text{ kN/m}^2$ lên $3,0 \text{ kN/m}^2$ – tính lại tổng tải đứng và cho biết nó ảnh hưởng bao nhiêu phần trăm đến lực cắt đáy do động đất.
- c)** Nếu công trình có thêm 01 tầng hầm nữa (tổng 03 tầng hầm), khối lượng tham gia dao động thay đổi thế nào? (Gợi ý: khối lượng đất và tường vây có tham gia không?)

Tóm tắt chương

Chương đã trình bày cách xác định đủ bốn nhóm tải. Đặc biệt phần *động đất* được cập nhật theo TCVN 9386-1:2025 với đầy đủ công thức phổ phản ứng, phổ thiết kế và lực cắt đáy. Đây là cơ sở để bước sang chọn tiết diện (Chương 4).

Chương 4

Chọn sơ bộ kích thước tiết diện

4.1 Vai trò của bước chọn sơ bộ

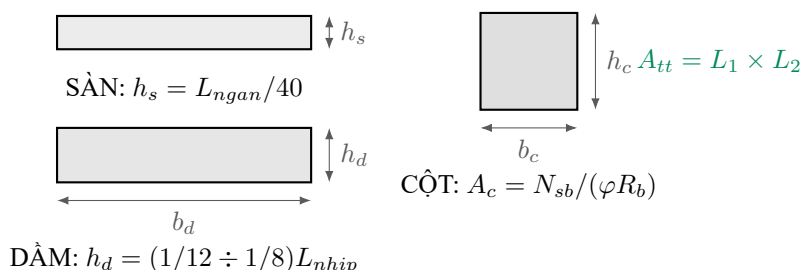
Trước khi chạy mô hình ETABS/SAFE, cần *ước lượng* kích thước tiết diện sàn, dầm, cột và vách. Mục đích:

- Đảm bảo mô hình có đủ độ cứng để “đứng” được và phân tích hội tụ.
- Kiểm soát độ võng và chuyển vị ngay từ đầu.
- Tránh phải chạy lại mô hình nhiều lần do tiết diện quá nhỏ hoặc quá lớn.

Quy trình

Quy trình chọn sơ bộ:

1. Ước chiều dày sàn theo nhịp.
2. Ước chiều cao và bề rộng dầm.
3. Ước chiều dày vách và tiết diện cột (theo lực nén dọc trục).
4. Chạy mô hình – kiểm tra chuyển vị, độ võng.
5. *Kiểm tra lại và điều chỉnh* tiết diện nếu cần.



Hình 4.1: Ba tiết diện cần chọn sơ bộ: sàn (h_s), dầm (h_d, b_d), cột (b_c, h_c) – mỗi loại có công thức kinh nghiệm riêng

4.2 Sơ bộ chiều dày sàn

Chiều dày sàn sơ bộ xác định theo điều kiện kiểm soát độ võng $f_u \leq [f] = L_{ngan}/250$:

$$h_s = \frac{L_{ngan}}{m}$$

(4.1)

trong đó L_{ngan} là cạnh ngắn của ô sàn (mm); m là hệ số kinh nghiệm:

Bảng 4.1: Hệ số m cho các loại bản sàn

Loại sàn	Hệ số m
Sàn dầm (bản kê 4 cạnh)	40–45
Sàn bản kê 2 cạnh (làm việc 1 phương)	30–35
Bản console (vươn ra)	10–12

Ví dụ: Chọn chiều dày sàn theo nhịp

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Ô sàn văn phòng $L_1 \times L_2 = 6,0 \times 7,5$ m, sàn sườn kê 4 cạnh	$L_{ngan} = 6000$ mm
1. Chọn hệ số m	Sàn dầm bản kê 4 cạnh $\Rightarrow m = 40$	$m = 40$
2. Tính h_s	$h_s = \frac{L_{ngan}}{m} = \frac{6000}{40}$	$h_s = 150$ mm
3. Kiểm tra khoảng hợp lý	$L_{ngan}/h_s = 6000/150 = 40$ – nằm trong $40 \div 45$	Đạt
4. Kết luận	Làm tròn theo mô-đun 10 mm	Chọn $h_s = 150$ mm

4.3 Sơ bộ kích thước dầm

4.3.1 Chiều cao dầm

$$h_d = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{8} \right) L_{nhịp}$$

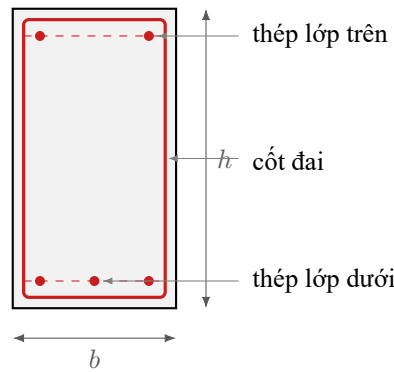
(4.2)

Dầm chính lấy cận lớn ($\sim 1/8 \div 1/10$); dầm phụ lấy cận nhỏ ($\sim 1/12 \div 1/16$).

4.3.2 Bề rộng dầm

$$b_d = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} \right) h_d$$

(4.3)



Hình 4.2: Mặt cắt ngang dầm BTCT: kích thước $b_d \times h_d$, bố trí thép dọc hai lớp và cốt đai

Ví dụ: Chọn sơ bộ kích thước dầm chính

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Dầm chính nhịp lớn nhất $L_{nhịp} = 7500 \text{ mm}$	$L_{nhịp} = 7,5 \text{ m}$
1. Chiều cao dầm	$h_d = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{8} \right) L_{nhịp} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{8} \right) \times 7500$	$h_d = 625 \div 938 \text{ mm}$
2. Chọn h_d	Làm tròn theo mô-đun 100 mm trong khoảng trên ($L/h_d \approx 9,4$)	$h_d = 800 \text{ mm}$
3. Bề rộng dầm	$b_d = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} \right) h_d = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} \right) \times 800$	$b_d = 267 \div 400 \text{ mm}$
4. Chọn b_d	Làm tròn theo mô-đun 50 mm, phù hợp bề rộng cột	$b_d = 300 \text{ mm}$
5. Kiểm tra tỷ số	$h_d/b_d = 800/300 = 2,67$ – nằm trong $2 \div 4$ hợp lý	Đạt
Kết luận	Tiết diện dầm chính	$300 \times 800 \text{ mm}$

Lưu ý

Chiều cao dầm h_d **đã bao gồm** chiều dày sàn h_s . Bề rộng dầm nên làm tròn theo mô-đun 50 mm hoặc 100 mm và phù hợp với chiều rộng cột.

4.4 Sơ bộ vách cứng và cột

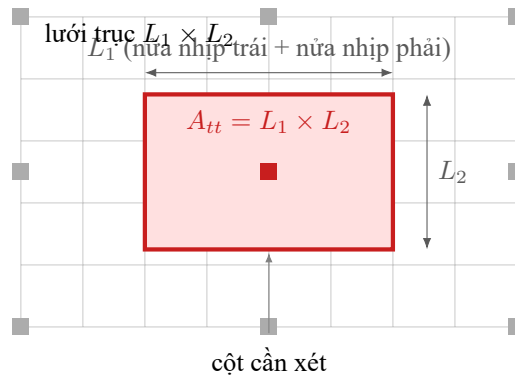
4.4.1 Vách cứng

Chiều dày vách t_w chọn theo kinh nghiệm và cấu tạo:

- Nhà ≤ 20 tầng: $t_w = 200 \div 250 \text{ mm}$.
- Nhà > 20 tầng: $t_w = 250 \div 350 \text{ mm}$.
- Quy tắc tối thiểu: $t_w \geq 200 \text{ mm}$ (đảm bảo thi công và chống cháy).

4.4.2 Cột theo diện tích truyền tải

Quy trình xác định tiết diện cột sơ bộ:



Hình 4.3: Diện tích truyền tải A_{tt} của cột giữa: lấy bằng nửa khoảng cách đến các cột lân cận theo cả hai phương

1. **Diện tích truyền tải A_{tt} :** diện tích sàn mà cột phải gánh (tính bằng nửa khoảng cách đến các cột lân cận).

2. **Tổng tải trên 1 m² sàn:**

$$q_{tong} = k (g^{tc} + q^{tc}) \quad (4.4)$$

với $g^{tc} \approx 6 \div 8 \text{ kN/m}^2$ (tĩnh tải tiêu chuẩn), q^{tc} là hoạt tải; $k \approx 1,2 \div 1,5$ kể đến dầm, cột, tường và vượt tải. Thông thường $q_{tong} \approx 12 \div 15 \text{ kN/m}^2$.

3. **Lực nén dọc trục sơ bộ:**

$$N_{sb} = n \cdot q_{tong} \cdot A_{tt} \quad (4.5)$$

với n là số tầng mà cột đỡ.

4. **Diện tích tiết diện cột yêu cầu:**

$$A_c = \frac{N_{sb}}{\varphi R_b} \quad (4.6)$$

với R_b là cường độ chịu nén tính toán của bê tông (B25: $R_b = 14,5 \text{ MPa} = 14\,500 \text{ kN/m}^2$), $\varphi \approx 0,7 \div 0,8$ kể đến uốn dọc và mô men chưa xét.

Ví dụ: Chọn sơ bộ tiết diện cột công trình 20 tầng (nhà cao tầng đa năng)

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Cột giữa tầng trệt, lưới cột $6,0 \times 7,5 \text{ m}$ ($A_{tt} = 45 \text{ m}^2$), bê tông B25 ($R_b = 14,5 \text{ MPa} = 14\,500 \text{ kN/m}^2$), số tầng $n = 20$	Công trình 20 tầng
1. Diện tích truyền tải	$A_{tt} = L_1 \times L_2 = 6,0 \times 7,5 = 45 \text{ m}^2$	$A_{tt} = 45 \text{ m}^2$
2. Tải trọng quy đổi	$q_{tong} = k(g^{tc} + q^{tc})$; chọn $k = 1,3$, $g^{tc} + q^{tc} \approx 10 \text{ kN/m}^2$	$q_{tong} \approx 13 \text{ kN/m}^2$

3. Lực nén sơ bộ	$N_{sb} = \alpha_v \cdot n \cdot q_{tong} \cdot A_{tt}$ (với $\alpha_v \approx 0,75$ kể đến hệ vách cứng lõi thang chia sẻ tải đứng và gánh phần lớn tải ngang): $N_{sb} \approx 0,75 \times 20 \times 13 \times 45$	$N_{sb} \approx 8775 \text{ kN}$
4. Diện tích cột yêu cầu	$A_c = \frac{N_{sb}}{\varphi R_b} = \frac{8775}{0,8 \times 14500}$	$A_c \approx 0,756 \text{ m}^2 = 7560 \text{ cm}^2$
5a. Cột vuông tầng dưới	$b = h = \sqrt{A_c} = \sqrt{7560} \approx 86,9 \text{ cm}$	$\Rightarrow$ chọn $900 \times 900 \text{ mm}$
5b. Cột chữ nhật	Chọn theo mô-đun, $A_c \geq 7560 \text{ cm}^2$	$700 \times 1200 \text{ mm}$ ($A_c = 8400 \text{ cm}^2$)
6. Phân cấp giảm tiết diện	Giảm dần theo chiều cao nhà (mỗi 3–5 tầng giảm 100 mm): T1–3: 900×900 ; T4–8: 800×800 ; T9–14: 700×700 ; T15–17: 600×600 ; T18–20: $500 \times 500 \text{ mm}$	Tầng 18–20: $500 \times 500 \text{ mm}$

Lưu ý

Lưới cốt cơ bản của công trình minh họa là $6,0 \times 7,5 \text{ m}$, lát mặt bằng $25 \times 40 \text{ m}$: phương ngắn (25 m) gồm 4 nhịp $6,0 \text{ m}$ + nhịp biên $1,0 \text{ m}$; phương dài (40 m) gồm 5 nhịp $7,5 \text{ m}$ + nhịp biên $2,5 \text{ m}$. Nhịp biên thường nhỏ hơn nhịp trong – khi làm đồ án với lưới khác, sinh viên chạy lại các bước trên với số liệu của mình.

Sai hỏng thường gặp

- Quên nhân hệ số k (kể đến dầm, cột, tường) $\Rightarrow$ cột bị nhỏ, sau này thiếu chịu lực. - Nhầm đơn vị giữa MPa và kN/m^2 . $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2$. - Không giảm tiết diện cột theo chiều cao: cột tầng trên có thể nhỏ hơn tầng dưới.

4.5 Kiểm tra lại tiết diện sau khi có nội lực

Sau khi chạy mô hình, cần kiểm tra:

- **Chuyển vị đỉnh và lệch tầng** trong giới hạn cho phép.
- **Độ võng** của dầm, sàn $\leq L/250$.
- **Tỷ số cốt thép** μ trong khoảng $\mu_{min} = 0,1\% \div \mu_{max} = 3\%$ (khuyến nghị thực hành; TCVN 5574:2018 cho phép đến 6% – xem Phụ lục D), tránh bố trí thép quá dày.
- **Ổn định** cột (không có dấu hiệu mất ổn định).

Ghi chú cho GVHD

Đây là điểm kiểm tra quan trọng khi chấm: sinh viên giỏi sẽ quay lại điều chỉnh tiết diện sau khi có nội lực, chứ không “chốt” tiết diện sơ bộ rồi bỏ qua.

Nhánh rẽ:

Khi nào phải quay lại điều chỉnh tiết diện sơ bộ Chọn sơ bộ *không phải* là quyết định cuối cùng. Phải quay lại khi:

- **Chuyển vị đỉnh không đạt** sau khi chạy mô hình – cần tăng cột biên hoặc tăng vách, không chỉ tăng cột giữa.
- **Hàm lượng thép cột vượt 3%** – tăng tiết diện hiệu quả hơn nhờ thép.
- **Tầng dưới bị “phình” cột** so với tầng trên quá nhiều (tỷ lệ diện tích giữa hai nhóm cột *liền kề* trên 1,5) – phải giảm dần từng bước (xem bước 6 ở ví dụ trên), không được “nhảy” cấp; nếu vẫn không đủ thì tăng chiều dày vách để chia bớt tải.
- **Cột có mô men quá lớn** so với lực nén – điều này thường là dấu hiệu mô hình có vấn đề, không phải lỗi tiết diện.

Bài tập biến thể:

Chọn tiết diện với nhịp khác Giả sử nhịp dầm chính tăng từ 7,5 m lên 9,0 m:

- a) Dùng công thức kinh nghiệm, chọn lại chiều cao dầm; cho biết chiều cao tăng bao nhiêu phần trăm.
- b) Với chiều cao dầm mới, kiểm tra lại tỷ số h/L có còn trong khoảng hợp lý không.
- c) Nêu ảnh hưởng của việc tăng chiều cao dầm đến *chiều cao tầng* và *tổng chiều cao nhà*. Nếu chiều cao tầng không tăng được thì phải xử lý thế nào?

Tóm tắt chương

Chương đã cung cấp bộ công thức kinh nghiệm để chọn sơ bộ sàn, dầm, vách, cột. Bước tiếp theo là tính toán chi tiết kết cấu sàn (Chương 5).

Chương 5

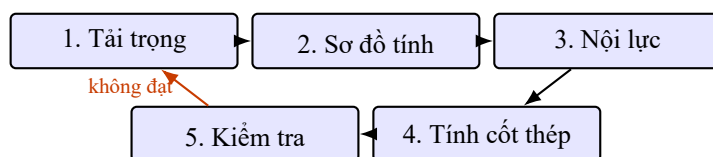
Tính toán kết cấu sàn tầng điển hình

5.1 Phương án và phương pháp tính toán

Sàn tầng điển hình của công trình sử dụng phương án **sàn sườn BTCT toàn khối**, đổ liền khối với hệ dầm chính, dầm phụ và cột.

- **Lưới cột và phân chia ô bản:** Lưới cột điển hình $6,0\text{ m} \times 7,5\text{ m}$. Bố trí 01 dầm phụ theo phương cạnh $6,0\text{ m}$ chia mỗi bước cột thành 02 ô bản nhỏ kích thước $l_1 = 3,75\text{ m}$ và $l_2 = 6,0\text{ m}$.
- Tỷ số cạnh $\lambda = l_2/l_1 = 6,0/3,75 = 1,6 < 2 \Rightarrow$ Ô bản làm việc theo hai phương (**bản kê 4 cạnh**).
- **Chiều dày bản sàn:** Theo Bảng 4.1 (bản kê 4 cạnh, $m = 40 \div 45$): $h_s = \left(\frac{1}{45} \div \frac{1}{40}\right) l_1 = \left(\frac{1}{45} \div \frac{1}{40}\right) \times 3750 \approx 83 \div 94\text{ mm}$ – cận độ cứng tối thiểu. Thực tế chọn $h_s = 120\text{ mm}$ (dày hơn cận trên) để đảm bảo cách âm, chống cháy và dự phòng bố trí kỹ thuật – độ cứng vượt yêu cầu tối thiểu, về phía an toàn. (Ở Chương 4, ví dụ sơ bộ xét ô lớn hơn $6,0 \times 7,5\text{ m}$ – chưa có dầm phụ – nên $h_s = 150\text{ mm}$; khi đã có dầm phụ chia ô $3,75 \times 6,0\text{ m}$ thì h_s giảm theo.)
- **Phương pháp tính toán:** Phân tích nội lực tổng thể bằng phần mềm **SAFE/ETABS**, kết hợp tính tay kiểm chứng tra bảng theo phương pháp đàn hồi cho 02 ô sàn điển hình (một ô bản kê S1 và một ô bản dầm S2).

Tiêu chuẩn áp dụng: **TCVN 2737:2023** (tải trọng) và **TCVN 5574:2018** (kết cấu BTCT).



Hình 5.1: Trình tự 5 bước tính toán một cấu kiện BTCT – lặp lại cho mọi cấu kiện trong đồ án (sàn, dầm, cột, cầu thang...)

5.2 Xác định tải trọng tác dụng lên sàn

Tải trọng tác dụng lên sàn được dẫn xuất trực tiếp từ bảng tổng hợp tải trọng ở Chương 3:

5.2.1 Tính tải tính toán (g^{tt})

Tính tải gồm trọng lượng bản thân bản sàn BTCT và các lớp hoàn thiện:

- Trọng lượng bản thân bản sàn BTCT ($h_s = 120 \text{ mm}$):

$$g_{btct}^{tt} = \gamma_f \cdot \gamma_c \cdot h_s = 1,1 \times 25 \times 0,12 = 3,30 \text{ kN/m}^2 \quad (5.1)$$

- Tính tải các lớp hoàn thiện và tường ngăn quy đổi (tra Bảng 3.1, Chương 3):

$$g_{ht}^{tt} = 2,30 \text{ kN/m}^2 \quad (5.2)$$

- Tổng tính tải tính toán: $g^{tt} = 3,30 + 2,30 = 5,60 \text{ kN/m}^2$.

5.2.2 Hoạt tải tính toán (p^{tt})

Hoạt tải tiêu chuẩn văn phòng theo TCVN 2737:2023 (Bảng F.1) là $p^{tc} = 2,00 \text{ kN/m}^2$. Hệ số độ tin cậy $\gamma_f = 1,2$:

$$p^{tt} = \gamma_f \cdot p^{tc} = 1,2 \times 2,00 = 2,40 \text{ kN/m}^2 \quad (5.3)$$

5.2.3 Tổng tải trọng tính toán trên 1 m^2 sàn

$$q^{tt} = g^{tt} + p^{tt} = 5,60 + 2,40 = 8,00 \text{ kN/m}^2 \quad (5.4)$$

Bảng 5.1: Tổng hợp tải trọng tính toán lên sàn sườn văn phòng ($h_s = 120 \text{ mm}$)

Loại tải	Tiêu chuẩn (kN/m^2)	Hệ số γ_f	Tính toán (kN/m^2)
Bản thân sàn BTCT ($h_s = 120 \text{ mm}$)	3,00	1,1	3,30
Các lớp hoàn thiện + tường ngăn	2,10	1,1	2,30
Hoạt tải văn phòng (TCVN 2737:2023)	2,00	1,2	2,40
Tổng cộng (q^{tt})	7,10	—	8,00

5.3 Phân tích nội lực

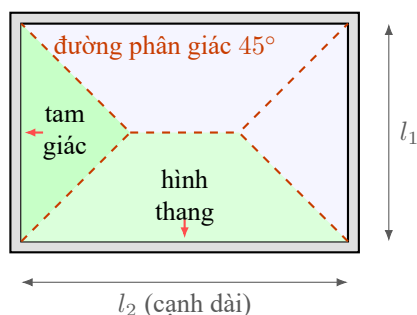
5.3.1 Xây dựng mô hình trên phần mềm

- Dùng phần mềm ETABS/SAFE; chia lưới (mesh) phần tử sàn kích thước $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ đến $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$.
- Khai báo sàn là *màng cứng* (Rigid Diaphragm) để phân phối tải ngang vào hệ khung và vách cứng.

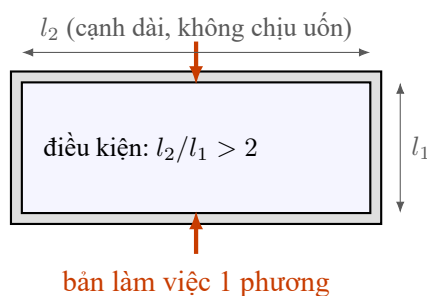
5.3.2 Tổ hợp tải trọng (TTGH1)

Tổ hợp cơ bản dùng để tìm nội lực lớn nhất tại nhịp và gối:

$$N_{oiLuc}^{tt} = 1,0 G^{tt} + 1,0 Q^{tt} \quad (5.5)$$



Hình 5.2: Ô sàn bản kê 4 cạnh: tải chia theo đường phân giác 45° thành vùng tam giác (dầm cạnh ngắn) và hình thang (dầm cạnh dài)



Hình 5.3: Ô sàn bản dầm (1 phương): $l_2/l_1 > 2$, bản chỉ uốn theo cạnh ngắn

5.4 Tính toán và bố trí cốt thép sàn (TTGH1)

5.4.1 Tính cốt thép chịu mô men uốn

Cắt dải bản rộng $b = 1000$ mm theo hai phương để tính thép. Chiều cao làm việc h_0 :

$$h_0 = h_s - a_{bv} - d_s/2 \quad (5.6)$$

Với $h_s = 120$ mm, lớp bê tông bảo vệ $a_{bv} = 15$ mm, dùng thép $\phi 8 \Rightarrow h_0 = 120 - 15 - 4 = 101$ mm ≈ 100 mm.

Quy trình

Các bước tính cốt thép sàn:

1. Tính hệ số: $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2}$.
2. Kiểm tra điều kiện: $\alpha_m \leq \alpha_R = 0,391$ (với bê tông B25, cốt thép CB400-V – tính theo TCVN 5574:2018, Điều 8.1.2.3: $\xi_R = 0,533$, $\alpha_R = \xi_R(1 - \xi_R/2)$).
3. Tính hệ số cánh tay đòn nội lực: $\zeta = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$.
4. Diện tích cốt thép yêu cầu: $A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0}$.
5. Bố trí thép, kiểm tra hàm lượng hợp lý: $\mu = \frac{A_s}{b h_0} \geq \mu_{min} = 0,1\%$.

Ví dụ: Tính cốt thép ô bản sàn sườn điển hình theo TTGH1

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Ô bản $3,75 \times 6,0$ m; $h_s = 120$ mm; B25 ($R_b = 14,5$ MPa); CB400-V ($R_s = 350$ MPa); $a_{bv} = 15$ mm; $d_s = 8$ mm	$h_0 \approx 100$ mm
1. Mô men gối lớn nhất	Từ mô hình SAFE, mô men âm tại gối dầm phụ	$M_{gối}^{tt} = 5,52$ kNm/m
2. Hệ số α_m	$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{5,52 \times 10^6}{14,5 \times 1000 \times 100^2}$	$\alpha_m = 0,038$
3. Kiểm tra điều kiện	$\alpha_m = 0,038 \leq \alpha_R = 0,391$	ĐẠT – bê tông đủ khả năng chịu nén
4. Hệ số ζ	$\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,038})$	$\zeta = 0,980$
5. Diện tích cốt thép gối	$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0} = \frac{5,52 \times 10^6}{350 \times 0,980 \times 100}$	$A_s \approx 161$ mm ² /m
6. Bố trí thép gối	Thép $\phi 8$ ($A_1 = 50,3$ mm ²). Bố trí theo cấu tạo và chống nứt: chọn $\phi 8 a150$ ($A_s = 335$ mm ² /m)	Chọn $\phi 8 a150$ (thép mũ gối)
7. Mô men nhịp và thép nhịp	$M_{nhịp}^{tt} \approx 2,5$ kNm/m $\Rightarrow A_s \approx 72$ mm ² /m. Bố trí theo $\mu_{min} = 0,1\%$ ($A_{s,min} = 100$ mm ² /m)	Chọn $\phi 8 a180$ ($A_s = 279$ mm²/m)
8. Kiểm tra hàm lượng	$\mu = \frac{335}{1000 \times 100} = 0,34\%$	Hợp lý trong khoảng $0,1\% \div 0,6\%$

5.4.2 Cắt và bố trí thép sàn (kỹ năng vẽ CAD)

Nguyên tắc cắt thép cho sàn sườn liên tục theo TCVN 5574:2018:

- **Thép mũ (thép trên gối dầm):** Kéo dài từ mép dầm ra nhịp một đoạn $L/4$ đối với nhịp biên, hoặc $L/3$ đối với nhịp giữa (L là nhịp thông thủy).
- **Thép lớp dưới (tại nhịp):** Đặt liên tục qua các dầm phụ, neo vào dầm chính tối thiểu $l_{neo} \geq 10d$.
- **Thép phân bố:** Đặt vuông góc với thép chịu lực chính, diện tích lấy tối thiểu 20% thép chịu lực chính.

Lưu ý

Lưu ý về chọc thủng (Punching Shear): Đối với sàn sườn BTCT toàn khối, toàn bộ tải trọng được bản sàn truyền trực tiếp vào các dầm sườn rồi mới truyền xuống cột. Do đó, **sàn sườn không có nguy cơ bị chọc thủng quanh đầu cột**. Bài toán kiểm tra chọc thủng chỉ áp dụng cho phương án sàn phẳng không dầm (Flat Slab).

5.5 Kiểm tra điều kiện sử dụng (TTGH2)

5.5.1 Kiểm tra độ võng sàn

Điều kiện độ võng: $f \leq [f]$, với $[f] = \frac{L}{250}$ theo quy ước thiết kế thường dùng; sinh viên nên đối chiếu thêm giới hạn cụ thể trong TCVN 5574:2018 và yêu cầu của công trình.

Ví dụ: Kiểm tra độ võng ô sàn sườn điển hình

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Nhịp cạnh ngắn $L = 3750$ mm; chiều dày $h_s = 120$ mm	Bản kê 4 cạnh liên kết dầm sườn
1. Giới hạn độ võng	$[f] = \frac{L}{250} = \frac{3750}{250}$	$[f] = 15,0$ mm
2. Độ võng từ SAFE	Độ võng lớn nhất tại tâm ô bản từ mô hình SAFE	$f_{SAFE} = 4,2$ mm
3. Kiểm tra	$f_{SAFE} = 4,2$ mm $< [f] = 15,0$ mm	ĐẠT điều kiện sử dụng
4. Kiểm tra nhanh tỷ số chiều dày	$L/h_s = 3750/120 = 31,25$	$m = 31,25 < 40$; $h_s = 120 > l_1/40 = 93,75$ mm – đầy hơn cận tối thiểu, độ cứng vượt yêu cầu Bảng 4.1 (an toàn)

5.6 Kiểm chứng tính tay 02 ô sàn điển hình – đối chiếu SAFE

5.6.1 Số liệu 02 ô sàn kiểm chứng

Bảng 5.2: Số liệu hình học và tải trọng 02 ô sàn kiểm chứng (q^{tt} ô hành lang gồm tĩnh tải thấp hơn – không có tường ngăn, Bảng 3.1 – cộng hoạt tải $p^{tt} = 3,6$ theo Bảng 3.2, mục C4)

Ô	Loại ô bản	l_1 (m)	l_2 (m)	l_2/l_1	q^{tt} (kN/m ²)
S1	Bản kê 4 cạnh (ô sàn văn phòng)	3,75	6,00	1,60	8,00
S2	Bản dầm 1 phương (hành lang bên)	2,40	6,00	2,50	8,00

5.6.2 Kết quả tra bảng đàn hồi (phương pháp Marcus / Liên Xô)

Với bản kê 4 cạnh S1 ngàm tại các dầm biên, mô men tính theo công thức:

$$M = m \cdot q^{tt} \cdot l_1 \cdot l_2 \quad (5.7)$$

Với $l_2/l_1 = 1,6$, tra bảng hệ số cho ô bản ngàm 4 cạnh:

- Hệ số nhịp phương ngắn: $m_1 = 0,02333 \implies M_1 = 0,02333 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00 = 4,20$ kNm/m.
- Hệ số nhịp phương dài: $m_2 = 0,00983 \implies M_2 = 0,00983 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00 = 1,77$ kNm/m.

- Hệ số gối phương ngắn: $m_I = 0,04872 \Rightarrow M_I = 0,04872 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00 = 8,77 \text{ kNm/m}$.
- Hệ số gối phương dài: $m_{II} = 0,03567 \Rightarrow M_{II} = 0,03567 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00 = 6,42 \text{ kNm/m}$.

Lưu ý

Công thức (5.7) nhân với $l_1 l_2$ (diện tích ô sàn), **không phải** l_1^2 : hệ số tra bảng được chuẩn hóa theo $M = m q^{tt} l_1 l_2$ (khớp Chương 9). Nhân nhầm l_1^2 sẽ làm mô men thiếu $\frac{l_2}{l_1} = 1,6$ lần – lỗi kinh điển khiến sàn thiếu thép nghiêm trọng. Kiểm tra nhanh: mô men gối của sàn ngàm 4 cạnh luôn $\approx 0,05 q^{tt} l_1 l_2$, nhịp $\approx 0,02 \div 0,04 q^{tt} l_1 l_2$.

Ví dụ: Tính tay ô sàn S1 (bản kê 4 cạnh) – đối chiếu SAFE

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	$l_1 = 3,75 \text{ m}; l_2 = 6,00 \text{ m}; q^{tt} = 8,00 \text{ kN/m}^2; l_2/l_1 = 1,60$	Bản kê 4 cạnh, liên kết ngàm vào dầm
1. Tra hệ số nhịp	Tra bảng đàn hồi với $l_2/l_1 = 1,60$: $m_1 = 0,02333; m_2 = 0,00983$	Tra sổ tay kết cấu
2. Mô men nhịp M_1	$M_1 = m_1 q^{tt} l_1 l_2 = 0,02333 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00$	$M_1 = 4,20 \text{ kNm/m}$
3. Mô men nhịp M_2	$M_2 = m_2 q^{tt} l_1 l_2 = 0,00983 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00$	$M_2 = 1,77 \text{ kNm/m}$
4. Tra hệ số gối	Tra bảng hệ số gối: $m_I = 0,04872; m_{II} = 0,03567$	Gối ngàm 4 phía
5. Mô men gối M_I	$M_I = m_I q^{tt} l_1 l_2 = 0,04872 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00$	$M_I = 8,77 \text{ kNm/m}$
6. Mô men gối M_{II}	$M_{II} = m_{II} q^{tt} l_1 l_2 = 0,03567 \times 8,00 \times 3,75 \times 6,00$	$M_{II} = 6,42 \text{ kNm/m}$
7. Đối chiếu SAFE	Tra bảng giả thiết ngàm tuyệt đối (dầm biên hoàn toàn cứng) nên cho mô men lớn hơn SAFE – đảm bảo biên thực tế uốn được, giải phóng một phần mô men gối: M_I : tính tay 8,77 vs SAFE 5,52	Cùng chiều, tính tay $\geq$ SAFE $\Rightarrow$ hướng bảo toàn – ĐẠT
8. Kết luận	Bố trí thép lấy theo giá trị nhỏ hơn (SAFE) – khớp mô hình thực tế của công trình	Dùng $M_I = 5,52 \text{ kNm/m}$

Lưu ý

Cách đọc Bảng 5.3 đúng: **(a) S1 – tra bảng (ngàm tuyệt đối) cho mô men LỚN HƠN SAFE** (+59% đến +113%): giả thiết ngàm tuyệt đối là *biên trên*; SAFE mô hình độ cứng uốn thực tế của dầm nên mô men gối giảm. Chênh dương $\Rightarrow$ hướng *bảo toàn* – đúng như lý thuyết, không phải lỗi. Điều kiện đạt: cùng dấu, cùng bậc lớn nhỏ, tính tay $\geq$ SAFE. **(b) S2 – bản dầm 1 phương**: nhịp tính theo 2 gối tự do ($q l_1^2/8$) khớp SAFE (+5%). Mô men gối chỉ xuất hiện nếu dải hành lang *liên tục* qua nhiều nhịp cột: SAFE cho 4,02 kNm – lớn hơn

Bảng 5.3: Đối chiếu mô men sàn tính tay (tra bảng) với kết quả SAFE

Ô	Vị trí	Hệ số	Tính tay (kNm/m)	SAFE (kNm/m)	Chênh (%)
S1	Nhịp theo l_1 (M_1)	$m_1 = 0,02333$	4,20	2,14	+96
S1	Nhịp theo l_2 (M_2)	$m_2 = 0,00983$	1,77	0,83	+113
S1	Gối theo l_1 (M_I)	$m_I = 0,04872$	8,77	5,52	+59
S1	Gối theo l_2 (M_{II})	$m_{II} = 0,03567$	6,42	3,28	+96
S2	Nhịp (bản dầm 1 phương, 2 gối tự do)	$ql_1^2/8$	5,76	5,48	+5
S2	Gối (nếu xét liên tục, gối kẹp)	$-ql_1^2/12$	-3,84	-4,02	-4,5

Nguyên tắc đối chiếu **xem lưu ý**

giới hạn gối kẹp một nhịp $ql_1^2/12 = 3,84$ vì gối nội của chuỗi dầm liên tục chịu mô men lớn hơn $\Rightarrow$ phải bố trí thép mũ gối khi xét liên tục. **(c) Không được lẫn sơ đồ:** nếu chọn gối kẹp thì nhịp phải tính theo $ql_1^2/24$ chứ không phải $ql_1^2/8$; hai hàng S2 trong bảng thuộc *hai sơ đồ giới hạn*, dùng để đối chiếu từng giá trị với SAFE (nằm giữa hai giới hạn). **(d)** Bố trí thép lấy giá trị nhỏ hơn (SAFE) khi đã tin mô hình; tra bảng dùng để kiểm chứng nhanh và làm biên trên.

Sai hỏng thường gặp

- Không đối chiếu tính tay với SAFE $\Rightarrow$ không phát hiện lỗi mô hình. - Nhầm đơn vị: M tính bằng Nmm nhưng thay số bằng kNm. - Bỏ qua kiểm tra hàm lượng cốt thép μ (quá dày $\Rightarrow$ khó đổ bê tông).

Ghi chú cho GVHD

Hội đồng đánh giá rất cao phần *tính tay đối chiếu*. Khi bảo vệ, câu hỏi thường trực: “Kết quả SAFE của em có kiểm chứng bằng cách nào?”. Sinh viên trình bày được 2 ô sàn tính tay so với SAFE như Bảng 5.3 sẽ đạt điểm tuyệt đối phần này.

5.7 Yêu cầu thể hiện bản vẽ

Ghi chú cho GVHD

Để đạt điểm tối đa phần Sàn, bản vẽ (khổ A1) phải bao gồm các nội dung bắt buộc sau:

- **Mặt bằng bố trí thép sàn:** Tỷ lệ 1/50 hoặc 1/100, thể hiện rõ đường nét cốt thép lớp dưới, cốt thép mũ gối, chiều dài vươn thép mũ ($L/4$, $L/3$).
- **Mặt cắt ngang qua sàn:** Tỷ lệ 1/20, thể hiện đầy đủ chiều dày sàn (120 mm), cao độ, đường kính và khoảng cách cốt thép ($\phi 8a150$, $\phi 8a180$).
- **Thông kê cốt thép:** Bảng thống kê chi tiết chủng loại, chiều dài, đường kính và tổng khối lượng thép. Khớp 100% với Thuyết minh.

Chương 6

Tính toán khung không gian và Kiểm tra tổng thể

6.1 Giới thiệu chung

Chương này phân tích và thiết kế hệ kết cấu chịu lực chính – **hệ khung BTCT không gian** – gồm ba mục tiêu:

- Phân tích nội lực (M , Q , N) cho dầm và cột các khung trực diện hình dưới các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất.
- Tính toán và bố trí cốt thép chi tiết cho các cấu kiện.
- Kiểm tra điều kiện *biến dạng tổng thể* (chuyển vị đỉnh, lệch tầng) để đánh giá độ cứng của toàn hệ.

6.2 Lựa chọn khung tính toán

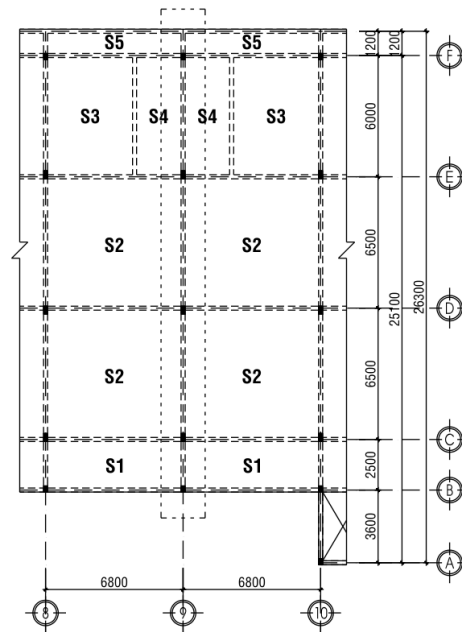
Để đánh giá toàn diện khả năng chịu lực theo cả hai phương, đồ án phân tích hai khung trực diện hình trích từ mô hình không gian:

- **Khung trực C:** theo phương ngang nhà (cạnh ngắn), nhịp lớn nhất $L_{max} = 7,5$ m; chịu tải đứng lớn và là khung chịu gió chính theo phương X. Đây là khung bất lợi nhất theo phương ngang.
- **Khung trực 3:** theo phương dọc nhà, bước cột điển hình; đại diện cho sự làm việc khi chịu gió theo phương Y.

Thuyết minh trình bày chi tiết cho **khung trực C**; khung trực 3 tính tương tự và trình bày trong phụ lục.

6.2.1 Sơ đồ tính và giả thiết

- Khung phân tích trong *mô hình không gian 3D* bằng ETABS (xét sự làm việc đồng thời của mọi cấu kiện). Khung trực C là khung phẳng siêu tĩnh, 20 tầng, 4 nhịp.
- *Liên kết chân cột:* giả thiết **ngàm cứng** tại mặt móng.



Hình 6.1: Mặt bằng vị trí khung trục – trục 8–9–10 (phương X) và trục A–F (phương Y). Khung tính toán trục C là khung có nhịp lớn nhất và chịu gió bất lợi nhất. *Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.* Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới **6,0 × 7,5 m** – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.

- *Liên kết dầm – cột*: nút khung là **liên kết cứng tuyệt đối**.
- Vật liệu bê tông và cốt thép xem là *đàn hồi, đồng nhất*.
- Bỏ qua biến dạng dọc trục trong cấu kiện dầm.

Lưu ý

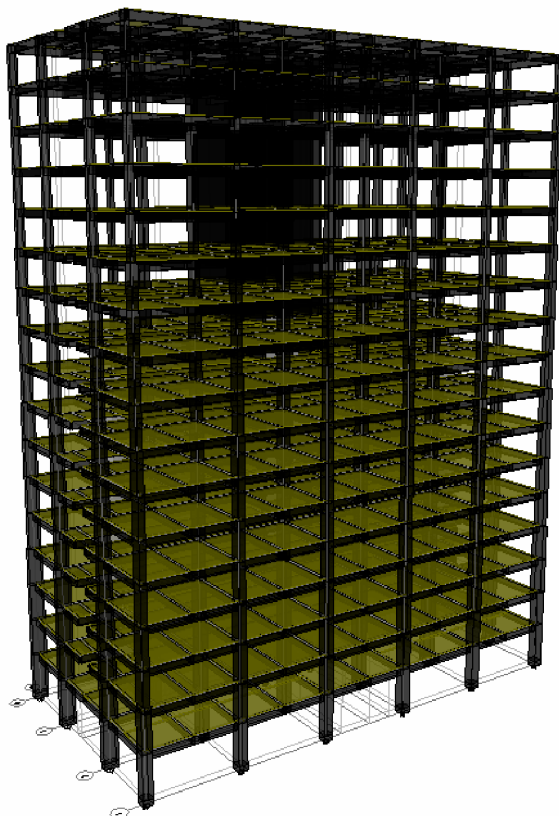
Xác định chiều cao thanh cột tầng 1 trong sơ đồ tính. Chiều cao cột lấy từ **mặt trên móng (đài cọc)** đến **nền nhà tầng 1**:

$$H_x = H_{nền} + D_f - H_m \quad (6.1)$$

trong đó D_f là chiều sâu chôn móng, H_m là chiều cao móng (đài cọc). Đây là cơ sở xác định chiều cao thanh cột tầng 1 khi lập sơ đồ tính khung.

Lưu ý

Hình 6.6 minh họa cách xác định **diện tích nhận tải của cột** – cơ sở để chọn sơ bộ tiết diện cột ở Chương 4. Đây cũng là hình hội đồng hay yêu cầu sinh viên vẽ lại khi bảo vệ.



Hình 6.2: Mô hình tính khung không gian 3D của công trình trong ETABS

Lưu ý

Giả thiết “ngàm cứng chân cột” chỉ hợp lý khi móng đủ cứng và có giằng móng. Nếu móng không đủ ngàm, chuyển vị đỉnh sẽ khác đi đáng kể.

6.3 Thiết lập tổ hợp tải trọng

6.3.1 Tải trọng tường xây trên dầm

Trước khi tổ hợp, phải xác định tải trọng tường truyền lên dầm khung (tường không chịu lực đặt trên dầm). Tải này tính theo từng loại tường.

Ngoài tường các tầng, còn phải kể đến tải trọng từ **đà kiềng** truyền vào chân cột tầng 1 (đặt trên tầng hầm hoặc giằng móng). Mặt bằng bố trí đà kiềng xem Hình 6.8.

Bảng 6.1: Bảng tính tải trọng tường xây truyền lên dầm

STT	Loại tường	d (m)	h (m)	γ (kN/m ³)	γ_f	g^{tc} (kN/m)	g^{tt} (kN/m)
1	Tường gạch ống 110 (không cửa)	0,110	2,60	18	1,1	5,15	5,66
2	Tường gạch ống 110 (kê 15% cửa)	0,110	2,60	18	1,1	4,38	4,81
3	Tường gạch ống 220 (không cửa)	0,220	2,60	18	1,1	10,30	11,33
4	Tường gạch ống 220 (kê 15% cửa)	0,220	2,60	18	1,1	8,75	9,63

55	56	57	58	59
49	50	51	52	53
43	44	45	46	47
37	38	39	40	41
31	32	33	34	35
25	26	27	28	29
19	20	21	22	23
13	14	15	16	17
7	8	9	10	11
2	3	4	5	5*

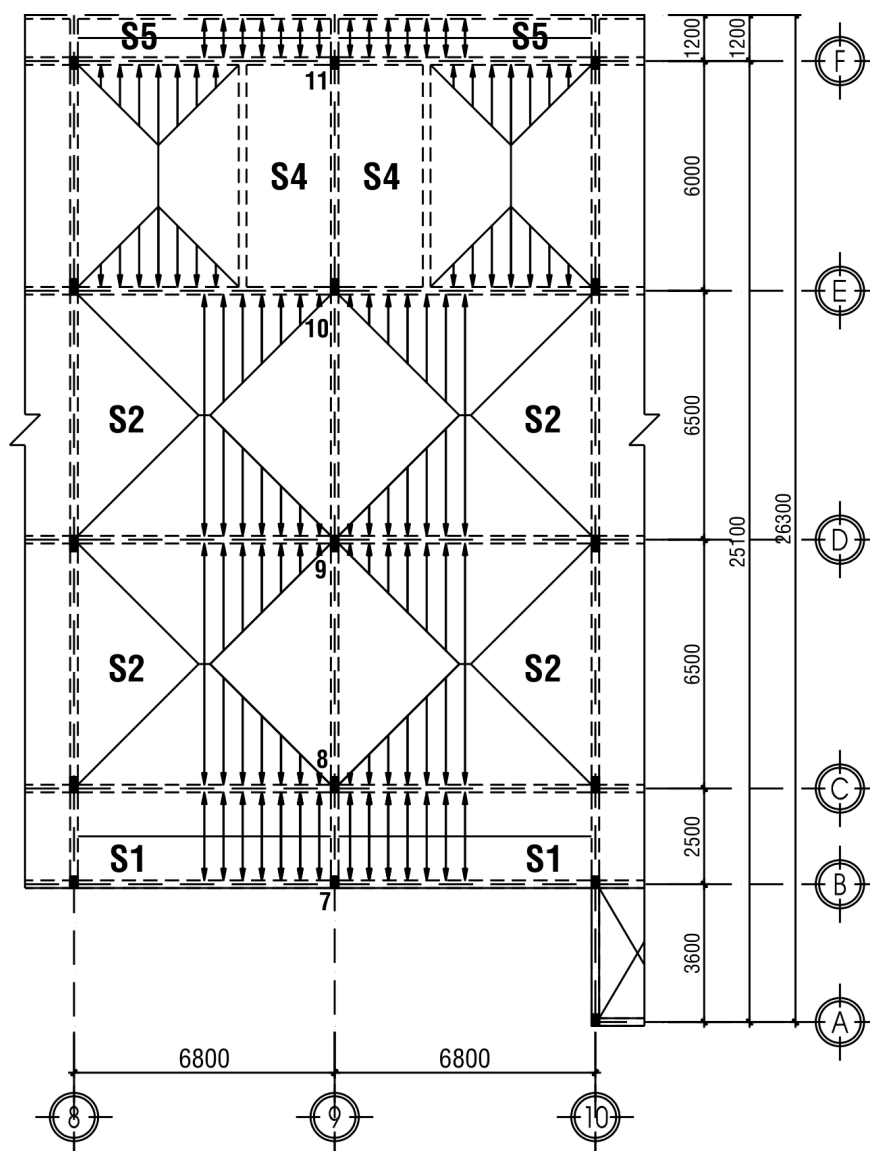
Hình 6.3: Sơ đồ hình học nút và phần tử của khung phẳng: các nút đánh số theo hàng từ dưới lên, các phần tử dầm và cột theo nhịp và tầng. Đây là ký hiệu sinh viên dùng để trình bày nội lực theo từng phần tử. *Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.*

Ghi chú: chiều cao tường tính toán $h_w = h_{tăng} - h_{dầm} = 3,3 - 0,7 = 2,60$ m (dầm khung 300×700 mm, xem Chương 4); **phải trừ đúng chiều cao dầm**, không lấy bằng chiều cao tầng. Tường có cửa thì quy đổi bằng cách nhân thêm hệ số 0,85 (kể đến 15% diện tích cửa).

Cảnh báo tính hai lần: nếu tường đặt trên *dầm*, dùng bảng này (tải *đường* truyền lên dầm) thì **phải bỏ** thành phần “tải trọng tường ngăn (quy đổi)” trong Bảng 3.1 của Chương 3 – nếu không sẽ tính tường hai lần. Ngược lại, nếu tường đặt trên *sàn*, dùng tải quy đổi trên m^2 sàn và *không* dùng bảng này.

6.3.2 Các tổ hợp tải trọng

Các trường hợp tải được tổ hợp theo Điều 5 TCVN 2737:2023 và TCVN 5574:2018 theo trạng thái giới hạn thứ nhất (ULS) để tìm nội lực nguy hiểm nhất. Đặt $D = DEAD + SDL + WALL$ (các



Hình 6.4: Sơ đồ truyền tải từ sàn lầu vào *dầm khung*: tải từ các ô sàn xung quanh dồn về dầm theo đường phân giác (tam giác và hình thang)

trường hợp tải đã khai báo giá trị tiêu chuẩn trong ETABS), năm tổ hợp cơ bản điển hình là:

$$\text{COMB1 (1 biến tải LIVE)} = 1,1 D + 1,2 \text{ LIVE}$$

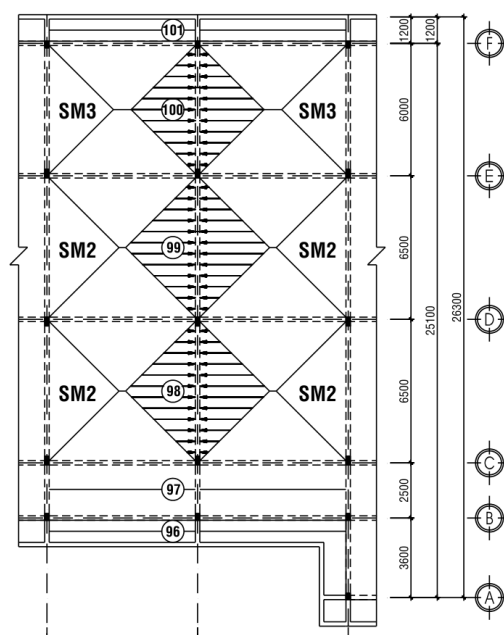
$$\text{COMB2 (1 biến tải GIÓ)} = 1,1 D + 1,25 \text{ WIND}_X$$

$$\text{COMB3 (LIVE chính, GIÓ phụ)} = 1,1 D + 1,2 \text{ LIVE} + 0,6 \times (1,25 \text{ WIND}_X)$$

$$\text{COMB4 (GIÓ chính, LIVE phụ)} = 1,1 D + 1,25 \text{ WIND}_X + 0,7 \times (1,2 \text{ LIVE})$$

$$\text{COMB5 (động đất, tổ hợp đặc biệt)} = 1,0 D + 0,3 \text{ LIVE} + 1,0 \text{ QUAKE}_X$$

Trong đó, hệ số tổ hợp biến tải phụ ψ_0 lấy theo Bảng F.1 TCVN 2737:2023 ($\psi_0 = 0,7$ cho hoạt tải văn phòng và $\psi_0 = 0,6$ cho tải trọng gió). **Lưu ý:** các hệ số tổ hợp phải được tra trực tiếp từ bản gốc TCVN 2737:2023 (Điều 5, Bảng F.1) cho công trình của sinh viên, không áp dụng máy móc theo sách. COMB5 là tổ hợp **động đất** theo TCVN 9386-1:2025 và Điều 5 TCVN 2737:2023: tải trọng lấy giá trị *tiêu chuẩn* ($\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$), hoạt tải nhân hệ số thường trực $\psi_2 = 0,3$ (Bảng 3.5) – chi tiết xem Chương 3.



Hình 6.5: Sơ đồ truyền tải từ sàn mái vào dầm khung (so sánh với sàn lầu để thấy sự khác biệt về phân vùng và cường độ tải). *Nguồn: Sổ tay HDDATN, Khoa KTXD.* Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới **6,0×7,5 m** – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.

6.3.3 Lực gió tác dụng lên khung phẳng

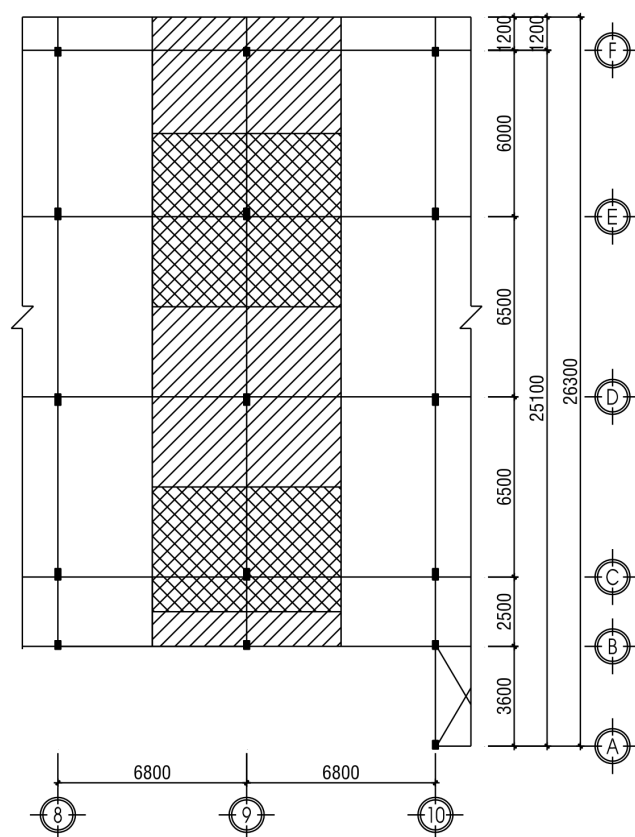
Lực gió tác dụng lên một khung phẳng điển hình xác định theo bề rộng đón gió:

$$F_{gio,i,khungC} = q_{gio,i,tong} \times B_{\text{đón gió}} \quad (6.2)$$

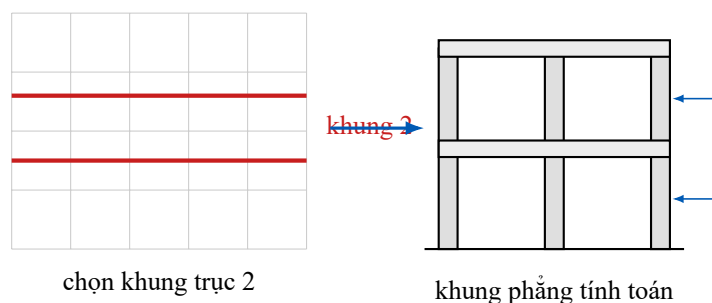
với $B_{\text{đón gió}}$ lấy bằng nửa khoảng cách đến các khung lân cận. Ví dụ: $B_{\text{đón gió}} = L_{BC}/2 + L_{CD}/2 = 7,5/2 + 6,0/2 = 6,75 \text{ m}$.

Ví dụ: Xác định lực gió lên một khung phẳng

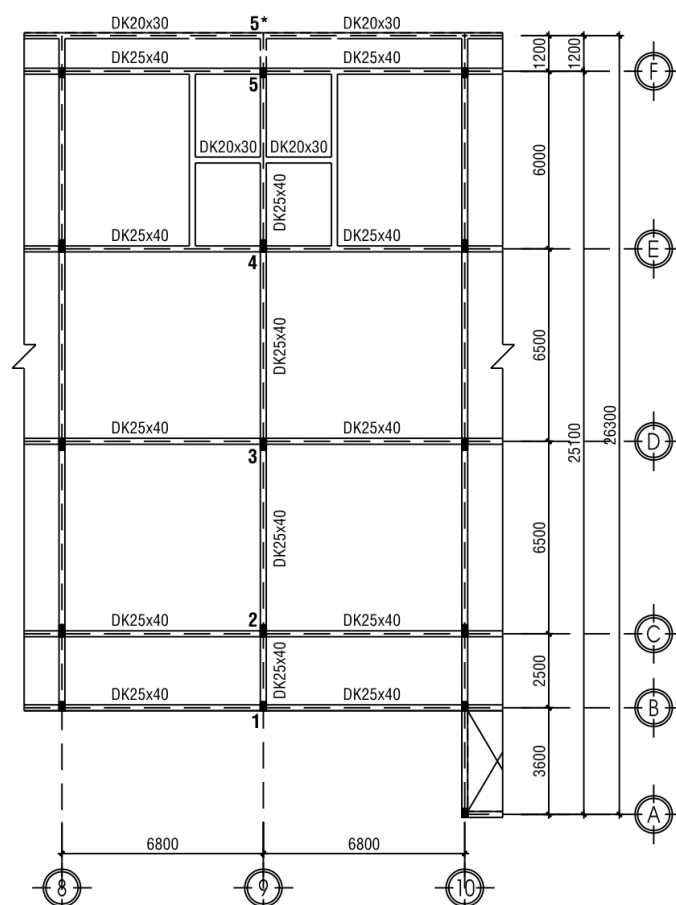
Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Nhịp $L_{BC} = 7,5 \text{ m}$; $L_{CD} = 6,0 \text{ m}$; áp lực gió tổng tại cao độ $z = 33 \text{ m}$ (Chương 3): $q_{gio} = 3,07 \text{ kN/m}^2$	Chọn khung trục C (chịu gió phương X)
1. Bề rộng đón gió	$B_{\text{đón gió}} = \frac{L_{BC}}{2} + \frac{L_{CD}}{2} = \frac{7,5}{2} + \frac{6,0}{2}$	$B_{\text{đón gió}} = 6,75 \text{ m}$
2. Lực gió tầng	$F_{gio,i} = q_{gio,i} \times B_{\text{đón gió}} = 3,07 \times 6,75$	$F_{gio,i} \approx 20,72 \text{ kN/m}$
3. Gán vào mô hình	Gán dạng tải phân bố đều lên khung trục C theo từng tầng	Gán đủ 20 tầng
4. Kiểm tra cân bằng	Tổng lực gió trên khung C × số khung $\approx$ tổng lực gió toàn nhà	Dùng để soát lỗi mô hình



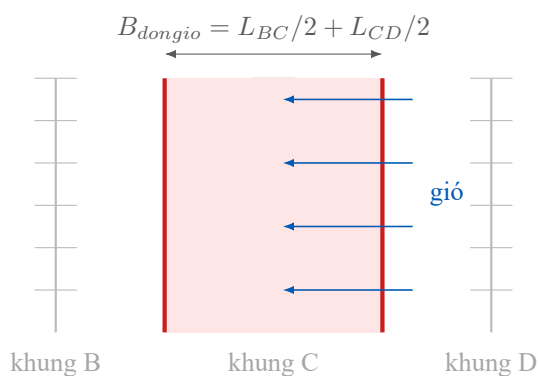
Hình 6.6: Diện tích nhận tải (tributary area) của cột khung: dùng để sơ bộ ước lượng lực nén N xuống cột trước khi có kết quả phân mềm. Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới $6,0 \times 7,5$ m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.



Hình 6.7: Cách chọn khung ngang điển hình từ mặt bằng: chọn trục có nhịp lớn nhất hoặc chịu tải bất lợi nhất rồi tách thành khung phẳng



Hình 6.8: Mặt bằng đà kiềng (DK 25×40 và DK 20×30): thể hiện vị trí và kích thước đà kiềng theo cả hai phương, là cơ sở tính trọng lượng bản thân đà kiềng truyền vào nút khung tầng 1. *Nguồn: Sổ tay HDĐATN, Khoa KTXD.* Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới **6,0×7,5 m** – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.



Hình 6.9: Bề rộng đón gió của khung trục C: lấy bằng nửa khoảng cách đến các khung lân cận (B và D)

6.4 Phân tích nội lực và bố trí cốt thép

6.4.1 Từ mô hình đến bảng tính: trích xuất nội lực

Trước khi tính được cốt thép, phải **lấy được nội lực từ mô hình ra**. Đây là bước nhiều sinh viên “đứng hình” vì sách thường bỏ qua. Quy trình gồm năm bước:

Quy trình

Quy trình trích xuất nội lực từ ETABS

1. **Chọn tổ hợp bao.** Bật chế độ xem theo Envelope của nhóm tổ hợp thiết kế – *không* xem từng tổ hợp riêng lẻ, vì mô men âm lớn nhất và mô men dương lớn nhất có thể ở hai tổ hợp khác nhau.
2. **Mở bảng kết quả.** Display → Show Tables (hoặc Ctrl+T). Chọn nhánh Analysis Results → Frame Results → Element Forces -- Frames.
3. **Lọc theo đối tượng.** Chỉ chọn các thanh thuộc khung đang tính (ví dụ khung trục C). Nếu không lọc trên ETABS thì xuất hết ra Excel rồi lọc bằng AutoFilter.
4. **Chọn vị trí trích xuất (Station).** Không nên chỉ lấy 3 vị trí (0, L/2, L) vì mô men dương lớn nhất khi chịu tải trọng ngang có thể nằm lệch tâm. Cần lấy ít nhất **9 vị trí** (hoặc dùng Auto Station) và xuất hàm MAX/MIN dọc toàn bộ cầu kiện:
 - MAX → mô men **dương** lớn nhất (thép lớp dưới).
 - MIN → mô men **âm** lớn nhất (thép lớp trên ở hai gối).
 Nếu chỉ lấy ở L/2, sẽ dễ *bỏ sót* giá trị thiết kế nguy hiểm nhất.
5. **Xuất ra Excel** rồi dùng hàm MAX và MIN trên cột M_3 cho từng nhóm (tầng, nhịp) để lấy giá trị bao.

Bảng 6.2: Trích nội lực gì cho cấu kiện nào

Cấu kiện	Thành phần lực	Dùng để	Lưu ý quan trọng
Dầm	M_3, V_2	Tính thép dọc, tính cốt đai	M_3 = mô men quanh trục mạnh. Lấy bao <i>riêng</i> cho mô men âm và mô men dương
Cột	P, M_2, M_3	Kiểm tra nén – uốn hai phương	Bắt buộc lấy P và M trong cùng một tổ hợp ; không được lấy P_{max} của tổ hợp này ghép M_{max} của tổ hợp khác
Vách	P, M_2, M_3, V_2, V_3	Tính thép vách, kiểm tra cắt	Trích theo Pier , không trích theo từng phần tử shell
Sàn	M_{11}, M_{22}	Tính thép sàn hai phương	Đơn vị kNm/m; lấy theo dải (strip) hoặc theo từng ô
Móng	F_z, M_x, M_y	Tính số cọc, kiểm tra đài	Tổng F_z phải khớp tổng tải đứng tính tay – đây là phép kiểm tra chéo bắt buộc

Sai hỏng thường gặp

Lỗi kinh điển khi trích nội lực:

1. **Trích nhầm trục nội lực.** Trong ETABS, trục địa phương 1 dọc dầm, trục 2 thẳng đứng, trục 3 nằm ngang. Mô men uốn trong mặt phẳng đứng (chịu tải trọng trọng lực)

luôn là M_3 (M_{33}) bất kể dầm chạy theo phương X hay Y trên mặt bằng. Nhằm sang M_2 (M_{22} – mô men uốn ngoài mặt phẳng) sẽ làm diện tích thép tính ra rất bé, dẫn tới sụp đổ kết cấu. *Cách kiểm tra:* biểu đồ M_3 phải có giá trị lớn, âm ở gối và dương ở giữa nhịp.

2. **Trích từng tổ hợp riêng lẻ.** Khi đó chỉ được một giá trị, không phải giá trị bao $\Rightarrow$ thiếu thép.
3. **Ghép P và M của hai tổ hợp khác nhau.** Sai về bản chất vật lý – hai giá trị này phải đồng thời xảy ra.
4. **Quên kiểm tra chéo tổng tải.** Tổng F_z ở chân cột phải xấp xỉ tổng tải đứng tính tay. Lệch quá 5% là dấu hiệu mô hình có lỗi.

Ghi chú cho GVHD

Ba câu hỏi hội đồng rất hay hỏi ở phần này và câu trả lời chuẩn: “Em lấy nội lực ở đâu?” – “Em lấy ít nhất 9 vị trí Station dọc cầu kiện (hoặc dùng Auto Station) ở chế độ Envelope, đã xuất ra Excel và lấy MAX/MIN”. “Em lấy M_{33} hay M_{22} ?” – “Dầm chịu uốn quanh trục mạnh trong mặt phẳng đứng nên dù dầm phương X hay Y em đều lấy M_3 (M_{33}); em kiểm tra bằng giá trị và dấu mô men âm ở gối, dương ở nhịp”. “Em tin kết quả phần mềm thế nào?” – “Em so tổng phản lực chân cột với tổng tải đứng tính tay, sai khác 3,2%”.

6.4.2 Thiết kế cốt thép dầm

Nguyên tắc thiết kế: “**dầm yếu – cột mạnh**” (weak beam – strong column), đảm bảo cơ chế phá hoại dẻo, tránh sụp đổ giòn.

Tính cốt thép dọc chịu uốn theo TCVN 5574:2018 (tương tự công thức ở Chương 5); tính cốt thép đai chịu cắt.

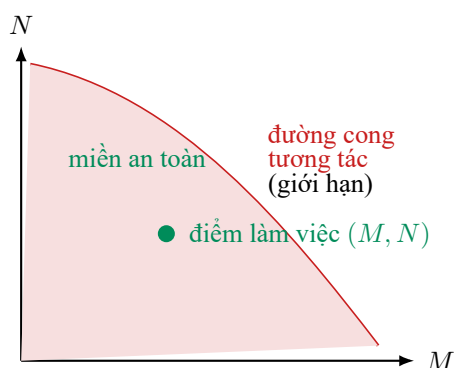
6.4.3 Thiết kế cốt thép cột

Cột chịu nén lệch tâm (kết hợp N lớn và M). Cần:

- Xác định độ lệch tâm $e_0 = M/N$.
- Phân biệt nén lệch tâm bé / lớn.
- Bố trí cốt thép đối xứng và kiểm tra hàm lượng μ .

Ví dụ: Kiểm tra tiết diện cột bằng biểu đồ tương tác

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Cột giữa tầng 18 (tiết diện 500×500 mm theo bảng phân cấp giảm tiết diện Chương 4); B25; CB400-V; lực dọc ước lượng theo Chương 4: $N \approx 0,75 \times 3,3 \times 13 \times 45 \approx 1448$ kN	$N = 1500$ kN (làm tròn bảo toàn); $M = 310$ kNm (ETABS)
1. Độ lệch tâm	$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{310}{1500}$	$e_0 = 0,207$ m = 207 mm



Hình 6.10: Biểu đồ tương tác $N-M$ của cột: điểm làm việc (M, N) phải nằm *bên trong* đường cong tương tác

- | | | |
|-------------------------------|--|--|
| 2. Xác định loại nén lệch tâm | So sánh e_0 với $e_{0,gh} \approx 0,3h_0$ ($h_0 = 450$ mm $\Rightarrow e_{0,gh} = 135$ mm) | $207 > 135 \Rightarrow$ nén lệch tâm lớn Với nén lệch tâm lớn <i>không</i> dùng công thức rút gọn dạng lệch tâm bé, mà kiểm tra trực tiếp bằng biểu đồ tương tác $N-M$ (bước 5); đồng thời phải tính ảnh hưởng độ vồng theo TCVN 5574:2018 (điều 8.4.4) |
| 3. Hàm lượng thép tạm tính | Tra biểu đồ tương tác với cặp (M, N) ; nội suy μ | $\mu \approx 1,4\%$ |
| 4. Diện tích thép | $A_s = \mu b h_0 = 0,014 \times 500 \times 450$ | $A_s \approx 3150 \text{ mm}^2$ |
| 5. Kiểm tra trên biểu đồ | Điểm $(M, N) = (310; 1500)$ nằm trong đường cong tương tác ($M_{cap}(1500) \approx 450 \text{ kNm} > 310$) | ĐẠT – dư $\approx 1,45 \times$ |
| 6. Chọn thép | $A_{s,1side} = A_s/2 = 1575 \text{ mm}^2$; chọn 8 ϕ 16 ($A_s = 1608 \text{ mm}^2$) | 8 ϕ 16 mỗi bên |
| 7. Kiểm tra hàm lượng | $\mu = A_s/(bh_0)$ so với $\mu_{min} = 0,1\%$, $\mu_{max} = 6\%$ (TCVN 5574:2018); thực hành khuyến nghị $\leq 3\%$ (xem Phụ lục D) | $\mu = 1,4\%$ – hợp lý |

Lưu ý

Độ nhạy với N – điều phải nhớ khi kiểm tra cột: cùng tiết diện 500×500 với 8 ϕ 16 mỗi bên, cột chịu được $M_{cap} \approx 450 \text{ kNm}$ khi $N = 1500 \text{ kN}$, nhưng chỉ $M_{cap} \approx 199 \text{ kNm}$ khi $N = 3800 \text{ kN}$ – lực dọc tăng gấp $\sim 2,5$ lần làm mô men chịu được giảm mạnh (đường cong tương tác dốc ở vùng N lớn). Vì vậy phải xác định N đúng từ mặt bằng tải trước khi tra biểu đồ; nếu N thực tế lớn hơn nhiều so với ước lượng ban đầu thì phải tăng tiết diện cột (ví dụ 600×600) hoặc nâng cấp thép, không được kết luận “ĐẠT” bằng cách chỉnh N cho khớp.

Lưu ý

Biểu đồ tương tác là công cụ *trực quan nhất* để kiểm tra cột. Khi bảo vệ, nếu sinh viên vẽ được *đường cong tương tác* của cột mình thiết kế và chỉ ra điểm làm việc nằm trong đó, hội

đồng đánh giá rất cao – vì chứng tỏ hiểu bản chất thay vì chỉ “bấm số”.

Sai hỏng thường gặp

- Không kiểm tra nguyên tắc “dầm yếu – cột mạnh” $\Rightarrow$ nguy cơ sụp đổ giòn khi động đất. - Bố trí cốt thép cột không đối xứng gây khó thi công và sai lệch. - Quên kiểm tra hàm lượng cốt thép tối thiểu/tối đa.

6.4.4 Bảng đối chiếu tính tay – phần mềm

Đây là phần **ghi điểm** quan trọng nhất của chương: sinh viên phải chứng minh kết quả phần mềm là *đáng tin* bằng cách tính tay kiểm chứng một số cấu kiện điển hình.

Bảng 6.3: Đối chiếu nội lực dầm tính tay với kết quả ETABS

TT	Dầm	Vị trí	Tính tay (kNm)	ETABS (kNm)	Sai số (%)
1	Khung trục C – nhịp C–D	Gối C (trái)	285,0	268,4	6,2
2	Khung trục C – nhịp C–D	Giữa nhịp	186,0	178,2	4,4
3	Khung trục C – nhịp C–D	Gối D (phải)	246,0	259,1	5,1
4	Khung trục 3 – nhịp B–C	Giữa nhịp	142,0	134,5	5,6
Sai số trung bình					5,3

Lưu ý về ký hiệu: trong bảng này “nhịp C–D” là **nhịp dầm** của khung trục C (khoảng cách giữa hai cột liền kề, $L = 6,0$ m). Khung trục C còn nhịp B–C dài nhất $L_{max} = 7,5$ m. Ký hiệu L_{CD} trong công thức bề rộng đón gió (6.2) là **khoảng cách giữa hai khung liền kề** – khác với nhịp dầm ở bảng này, không lẫn hai đại lượng.

Bảng 6.4: Đối chiếu cốt thép cột tính tay với kết quả ETABS (theo phân cấp tiết diện Chương 4)

TT	Cột	Tầng	Tiết diện (mm)	$A_{s,tt}$ (mm ²)	$A_{s,chon}$ (mm ²)
1	Cột trục C1	1–3	900×900	5 720	5 891 (12 ϕ 25)
2	Cột trục C3	4–8	800×800	4 410	4 562 (12 ϕ 22)
3	Cột trục C3	9–14	700×700	2 940	3 041 (8 ϕ 22)
4	Cột trục C1	18–20	500×500	3 150	3 217 (16 ϕ 16)

Lưu ý

Quy chuẩn đánh giá sai số tính tay so với phần mềm:

- **Dưới 10%:** Độ tin cậy rất cao, mô hình và tính tay hoàn toàn phù hợp.
- **Từ 10% đến 20%:** Là mức sai số thông thường chấp nhận được trong đồ án tốt nghiệp đối với hệ kết cấu không gian siêu tĩnh phức tạp. Sinh viên cần giải thích được nguyên nhân (do mô hình xét đến độ cứng xoắn của dầm, sự làm việc không gian và phân phối lại nội lực) và *chọn giá trị bao* (giá trị lớn hơn) để thiết kế cốt thép an toàn.
- **Vượt quá 20%:** Nghi ngờ có sai lệch mô hình, cần kiểm tra lại các giả thiết tính toán.
- **Phân cấp tham chiếu:** bảng liệt kê 4 cột điển hình; theo phân cấp Chương 4, tầng 15–17 dùng tiết diện 600×600 mm.

Xử lý sự cố:

Sai số vượt quá 20% – phải tìm lỗi ở đâu? Khi sai số vượt quá **20%**, gần như chắc chắn có lỗi mô hình hoặc lỗi tính tay. Bảng 6.5 giúp khoanh vùng xử lý. **Quy tắc:** sai số *đều đặn* ở mọi cấu kiện $\Rightarrow$ nghi ngờ lỗi tải trọng hoặc hệ đơn vị; sai số *cục bộ* ở vài cấu kiện $\Rightarrow$ nghi ngờ lỗi chia lưới (mesh) hoặc điều kiện biên liên kết.

Bảng 6.5: Chẩn đoán nguyên nhân khi sai số tính tay – phần mềm lớn

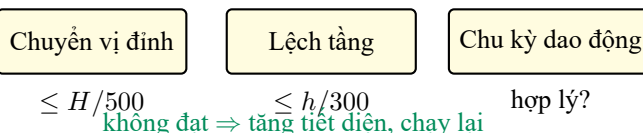
Triệu chứng	Nguyên nhân khả dĩ	Cách sửa
Sai số đều mọi mặt cắt, mọi cấu kiện (ví dụ đều ≈ 2 lần)	Sai tải trọng : quên hệ số vượt tải, hoặc sai đơn vị	So tổng tải đứng tính tay với tổng phản lực chân cột; kiểm tra đơn vị ở góc màn hình ETABS
Sai số lớn <i>chỉ ở gối</i> , giữa nhịp lại khớp	Giả thiết liên kết khác nhau, hoặc L_{tt} lấy khác	Kiểm tra L_{tt} tính tay (thông thủy vs tìm-tìm); kiểm tra dầm ảo
Sai số chỉ ở vài cấu kiện rải rác	Lỗi chia lưới (mesh): phần tử sàn quá thô, lưới lệch gối	Chia lưới mịn hơn ở vùng đó, chạy lại, xem kết quả có hội tụ không
Mô men lớn bất thường ở tầng dưới cùng	Chân cột bị coi là khớp thay vì ngàm	Kiểm tra liên kết chân cột tại mặt móng
Cột gần như chỉ chịu nén, mô men rất nhỏ	Nút dầm–cột bị coi là khớp (không truyền mô men)	Kiểm tra khai báo Release tại hai đầu dầm
Kết quả đổi mạnh giữa hai lần chạy	Mô hình mất ổn định cục bộ, có cấu kiện rời	Chạy Check Model; tìm cấu kiện không liên kết

Ghi chú cho GVHD

Hội đồng **luôn** hỏi câu: “Kết quả ETABS của em có được kiểm chứng bằng cách nào?”. Sinh viên trả lời được “Em tính tay 4 mặt cắt dầm, sai số dưới 7%” là điểm cộng rất lớn. Ngược lại, trả lời “Em tin phần mềm” là điểm trừ nặng.

6.5 Kiểm tra các điều kiện tổng thể

Sau khi có mô hình hoàn chỉnh, kiểm tra biến dạng dưới tác dụng tải trọng ngang tiêu chuẩn.



Hình 6.11: Ba chỉ số phải “soi” ngay sau khi chạy mô hình: chuyển vị đỉnh – lệnh tầng – chu kỳ dao động

Lưu ý**Kiểm tra Lệnh tầng (Story drift):**

Lệnh tầng Δ_i là chuyển vị tương đối giữa hai tầng liên kề. Giới hạn thông thường đối với tải trọng gió thường lấy $\Delta_i \leq h_i/300$ (hoặc $h_i/500$ tùy theo độ cứng của vách/tường chèn). Đối với tải trọng động đất, kiểm tra theo phương trình (6.6): $d_r \cdot \nu \leq 0,005h_i$ (vật liệu giòn)

hoặc $0,0075h_i$ (vật liệu dẻo) – trong đó d_r là độ lệch tầng *thiết kế*, ν là hệ số chiết giảm; xem mục “Kiểm tra tiện nghi dao động” bên dưới.

6.5.1 Chuyển vị ngang tại đỉnh công trình

Mục đích: đảm bảo công trình đủ độ cứng tổng thể.

$$[\Delta_{dinh}] = \frac{H}{500} \quad (6.3)$$

Ví dụ: Kiểm tra chuyển vị đỉnh và lệch tầng

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Tổng cao $H = 66\,000$ mm; chiều cao tầng $h_i = 3300$ mm	Nhà 20 tầng
1. Giới hạn chuyển vị đỉnh	$[\Delta_{dinh}] = \frac{H}{500} = \frac{66000}{500}$	$[\Delta_{dinh}] = 132,0$ mm
2. Chuyển vị theo X (ETABS)	$\Delta_{dinh,X}$ từ mô hình	$\Delta_{dinh,X} = 75,2$ mm
3. Kiểm tra theo X	$75,2 \leq 132,0$	ĐẠT
4. Chuyển vị theo Y	$\Delta_{dinh,Y} = 48,5$ mm	ĐẠT ($48,5 \leq 132,0$)
5. Giới hạn lệch tầng	$[\Delta_i] = \frac{h_i}{300} = \frac{3300}{300}$	$[\Delta_i] = 11,0$ mm
6. Lệch tầng thực tế	$\Delta_{i,X,max} = 8,5$ mm; $\Delta_{i,Y,max} = 5,4$ mm	ĐẠT cả hai phương
7. Kết luận	Kết cấu đủ độ cứng ngang	Chuyển sang bước thiết kế móng

6.5.2 Chuyển vị tương đối giữa các tầng (Story Drift)

Mục đích: khống chế biến dạng lệch tầng, tránh hư hỏng cấu kiện phi kết cấu.

$$[\Delta_i] = \frac{h_i}{300} \quad (6.4)$$

6.5.3 Kiểm tra tiện nghi dao động (nâng cao)

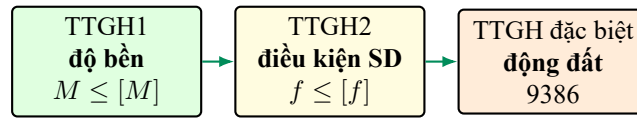
Đảm bảo dao động đỉnh không gây khó chịu:

$$a_{max} \leq 0,15 \text{ m/s}^2 \quad (6.5)$$

Ví dụ: $a_{max} \approx 0,082 \text{ m/s}^2 < [a_{max}] = 0,15 \text{ m/s}^2 \Rightarrow$ đạt.

Lưu ý

Giới hạn chuyển vị đỉnh $H/500$ và lệch tầng $h_i/300$ là các giá trị *tham khảo thông dụng* (thường dùng cho tải gió). **Đối với Động đất**, TCVN 9386-1:2025 bắt buộc kiểm tra độ lệch



thứ tự kiểm tra bắt buộc

Hình 6.12: Ba cấp kiểm tra bắt buộc theo trình tự: TTGH1 (độ bền) → TTGH2 (điều kiện sử dụng) → TTGH đặc biệt (động đất)

tầng thiết kế d_r (để hạn chế hư hỏng phi kết cấu) theo điều kiện:

$$d_r \cdot \nu \leq 0,005h_i \quad (6.6)$$

(Giới hạn là $0,005h_i$ với vật liệu giòn, hoặc $0,0075h_i$ với vật liệu dẻo). Trong đó:

- $d_r = d_{s,i} - d_{s,i-1}$ là độ lệch tầng thiết kế (lấy từ ETABS).
- ν là hệ số chiết giảm (lấy $\nu = 0,5$ với công trình tầm quan trọng I, II).

Lưu ý hệ số ứng xử q (quan trọng): chuyển vị lấy từ ETABS do tải động đất chỉ là chuyển vị đàn hồi d_e . Để có chuyển vị thiết kế d_s , phải nhân ngược lại với hệ số ứng xử q đã dùng khi khai báo phổ:

$$d_s = q \cdot d_e \quad (6.7)$$

Việc quên nhân q hoặc lấy nhầm giới hạn $h_i/300$ của gió để áp cho động đất là sai bản chất chống chấn, hội đồng sẽ đánh trượt hoặc trừ điểm rất nặng.

6.6 Vách cứng và hệ chịu lực ngang

Đây là phần **bổ sung** quan trọng với nhà cao tầng (hội đồng yêu cầu).

6.6.1 Vai trò của vách cứng

Trong hệ *khung – vách*, vách cứng (tường BTCT) đảm nhận phần lớn tải trọng ngang nhờ độ cứng rất lớn, trong khi khung giữ ổn định và chịu tải đứng. Vách được bố trí tại lõi thang máy và thang bộ.

6.6.2 Phân bố lực cắt ngang giữa khung và vách

Tỷ lệ lực cắt do vách chịu phụ thuộc độ cứng tương đối. Tại mỗi cao độ, tổng lực cắt ngang bằng tổng phần do khung và vách chịu:

$$V_{tong} = V_{khung} + V_{vach} \quad (6.8)$$

Tỷ lệ này xác định từ **độ cứng tương đối**: gọi K_{kh} và K_v là độ cứng chống chuyển vị ngang (tổng lực cắt trên một đơn vị chuyển vị ngang) của khung và của vách tại cao độ đang xét. Vì sàn tuyệt đối cứng nên khung và vách cùng chuyển vị ngang, do đó:

$$\frac{V_{vach}}{V_{khung}} = \frac{K_v}{K_{kh}} \Rightarrow V_{vach} = V_{tong} \frac{K_v}{K_v + K_{kh}} \quad (6.9)$$

Trong thực hành với ETABS, có thể lấy gần đúng K_v và K_{kh} bằng cách so *lực cắt* của nhóm Pier (vách) với nhóm Frame (khung) ở cùng một tầng từ bảng kết quả phân tích – tỷ lệ hai giá trị này chính là tỷ lệ độ cứng cần tìm. Đây là cơ sở để trả lời câu hỏi “vách chịu bao nhiêu phần trăm lực cắt?”.

6.6.3 So sánh khung thuần và khung – vách

Bảng 6.6: So sánh hệ khung thuần và hệ khung – vách

Tiêu chí	Khung thuần	Khung – vách
Chuyển vị ngang	Lớn khi nhà cao	Nhỏ (vách chống chuyển vị)
Chiều cao phù hợp	Thấp – trung tầng	Trung – cao tầng
Khả năng chống xoắn	Yếu	Tốt
Ảnh hưởng kiến trúc	Ít	Vách chiếm diện tích sử dụng

Quy trình

Kiểm tra sơ bộ vách cứng:

1. Chọn chiều dày vách $t_w \geq 200$ mm theo Chương 4.
2. Kiểm tra tỷ số diện tích vách/diện tích sàn (đảm bảo đủ độ cứng).
3. Kiểm tra vách chịu lực cắt và mô men trong mặt phẳng.
4. Bố trí cốt thép vách theo TCVN 5574:2018 (thép đứng, ngang).

6.6.4 Thiết kế thép vách (Pier) theo TCVN 5574:2018

Vách cứng chịu lực ngang chủ yếu dưới dạng **uốn và cắt trong mặt phẳng**. Khác với cột (chịu chủ yếu nén – uốn một phương), vách làm việc hai phương nên phải kiểm tra đồng thời cả hai trục uốn M_2, M_3 và lực cắt V_2, V_3 .

Quy trình

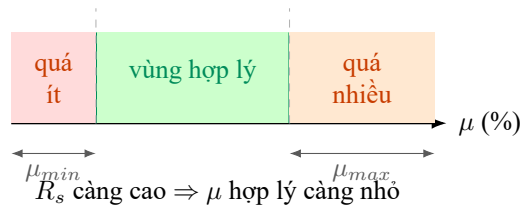
Trích xuất và tính thép vách từ ETABS:

1. **Gán thuộc tính Pier/Spandrel** cho vách (không trích theo từng phần tử Shell rời rạc – xem Mục 6.4.1).
2. **Trích nội lực thiết kế** của Pier tại các mặt cắt kiểm tra: đáy vách, đỉnh vách và các vị trí đổi tiết diện – nhận bộ (P, M_2, M_3, V_2, V_3) .
3. **Kiểm tra theo biểu đồ tương tác $P-M$** của vách (tương tự cột nhưng xét đồng thời hai trục uốn). Nếu vách có hốc cửa, tách thành các đoạn vách đặc và vách cánh.
4. **Bố trí thép:** thép đứng biên (boundary elements) tại hai đầu vách cộng thép phân bố

(web) thân vách; móc neo 135° ; kiểm tra hàm lượng thép biên không vượt giới hạn TCVN 5574:2018.

Lưu ý

Vách *không* tính như một “cột phình to”. Thép vách chủ yếu chịu **cắt trong mặt phẳng** và uốn hai phương; nếu chỉ bố trí thép như cột sẽ thiếu thép cắt và thép biên góc vách – hội đồng thường hỏi thẳng điểm này.



Hình 6.13: Vùng hàm lượng cốt thép μ hợp lý: quá ít thì nứt và thiếu chịu lực; quá nhiều thì khó đổ bê tông, dễ rỗ

Lưu ý

Quy định về Neo và Nối cốt thép (TCVN 5574:2018):

- **Chiều dài neo (l_{an}):** Phải đảm bảo chiều dài đoạn neo thực tế $l_{neo} \geq l_{an}$. Nếu không đủ chỗ neo thẳng, phải bẻ móc (móc 90° hoặc cổ ngỗng 135°).
- **Ba sai hỏng cốt thép tuyệt đối tránh:** (1) Đặt thép sai lớp ở dầm console (dầm console chịu mô men âm nên cốt thép chịu lực chính nằm ở *lớp trên*, sinh viên rất hay đặt nhầm xuống lớp dưới); (2) Chiều dài neo thép vào gối quá ngắn ($< l_{an}$); (3) Nối hơn 50% diện tích cốt thép chịu kéo tại cùng một mặt cắt ngang.

Ghi chú cho GVHD

Với nhà 20 tầng, vách cứng *quyết định* chuyển vị ngang. Khi chấm, nên kiểm tra sinh viên có hiểu vai trò phân chia lực cắt giữa khung và vách hay không – đây là điểm khác biệt giữa “hiểu kết cấu” và “chạy phần mềm”.

Xử lý sự cố:

Kết quả kiểm tra tổng thể KHÔNG đạt Đây là tình huống chắc chắn gặp khi làm đồ án. **Đừng sửa ngay.** Hãy đi theo trình tự ở Phụ lục D:

1. **Chuyển vị đỉnh** $> H/500 \Rightarrow$ xem Mục D.2.
2. **Lệch tầng** $> h_i/300 \Rightarrow$ xem Mục D.3 (phải phân biệt “hệ mềm” và “tầng mềm”).
3. **Sai số tính tay – mô hình** $> 20\% \Rightarrow$ xem Mục D.4.
4. **Hàm lượng thép cột** $> 3\% \Rightarrow$ xem Mục D.5.

Nhánh rẽ:

Nếu tổ hợp động đất lại *không* nguy hiểm bằng tổ hợp gió Điều này hoàn toàn có thể xảy ra, và *không* có nghĩa là đã tính sai. Nguyên nhân:

- Đà Nẵng có a_g không cao, trong khi gió bão ven biển lại rất lớn.
- Tổ hợp động đất dùng hệ số tổ hợp ψ nhỏ hơn (thường 0,3 cho hoạt tải).
- Công trình có nhiều vách $\Rightarrow$ chu kỳ T_1 ngắn (lấy T_1 từ phân tích modal trong ETABS – ví dụ $0,9 \div 1,4$ s, xem Chương 3) $\Rightarrow$ phổ gia tốc nhỏ.

$\Rightarrow$ **Vẫn phải kiểm tra cả hai** và lấy bao. Trình bày với hội đồng rằng “tổ hợp gió quyết định, nhưng động đất vẫn được kiểm tra” là câu trả lời hoàn toàn đúng.

Bài tập biến thể:

Khung với điều kiện khác Giả sử công trình bỏ hết vách, chỉ còn khung thuần (để so sánh):

- Ước lượng chuyển vị đỉnh tầng bao nhiêu lần (dùng tỷ lệ độ cứng khung/vách thu được từ phân tích ở Mục 6.6.2).
- Xác định số tầng tối đa mà khung thuần còn thỏa $H/500$.
- Nếu vẫn muốn dùng khung thuần cho 20 tầng, phải tăng tiết diện cột lên bao nhiêu? Ước lượng và cho biết biện pháp đó có khả thi về mặt kiến trúc không.

Tóm tắt chương

Chương đã hoàn thành: phân tích nội lực khung không gian, thiết kế cốt thép dầm và cột theo nguyên tắc “dầm yếu – cột mạnh”, kiểm tra chuyển vị đỉnh – lệch tầng – tiện nghi dao động, và bổ sung phần vách cứng. Đây là cơ sở để thiết kế móng ở Chương 7.

6.7 Yêu cầu thể hiện bản vẽ

Ghi chú cho GVHD

Phần Khung là khối lượng chính của Đồ án (35% tổng điểm toàn đồ án, chưa kể Nền móng 25%), yêu cầu bản vẽ (khổ A1) cực kỳ khắt khe:

- **Mặt cắt dọc khung:** Tỷ lệ 1/50, thể hiện toàn bộ khung từ móng đến mái. Đường nét cốt thép dầm, thép cột (bao gồm nối cốt thép, bẻ mỏ, neo cốt thép).
- **Mặt cắt ngang dầm, cột:** Tỷ lệ 1/20. Cắt qua các vị trí nguy hiểm của dầm (gối, nhịp) và cột (đầu, giữa, chân cột).
- **Ghi chú cấu tạo:** Thể hiện rõ các vùng gia cường cốt đai ở đầu/chân cột và đầu gối dầm để chống cắt và chịu động đất.
- **Thống kê cốt thép:** Thống kê chi tiết toàn bộ cốt thép khung, khớp 100% với kết quả tính trong Thuyết minh.

Chương 7

Thiết kế kết cấu móng

7.1 Giới thiệu chung

Móng là bộ phận quan trọng nhất, tiếp nhận toàn bộ tải trọng từ phần thân và truyền xuống nền đất an toàn. Mục tiêu: thiết kế cọc, đài cọc và giằng móng, đảm bảo cả *khả năng chịu lực* (độ bền) và *điều kiện biến dạng* (độ lún).

7.1.1 Các số liệu đầu vào

Tải trọng tại chân cột

Tính cho móng điển hình dưới cột giữa C1 (lực dọc lớn nhất, $N^{tt} = 8250$ kN). Móng dưới cột góc C3 ($N^{tt} = 3200$ kN nhưng mô men lớn, nên lệch tâm xiên) tính theo *đúng quy trình dưới đây*, chỉ khác ở bước kiểm tra cọc: phải xét *đồng thời* cả hai phương M_x và M_y (xem công thức P_{max} ở Mục 7.3).

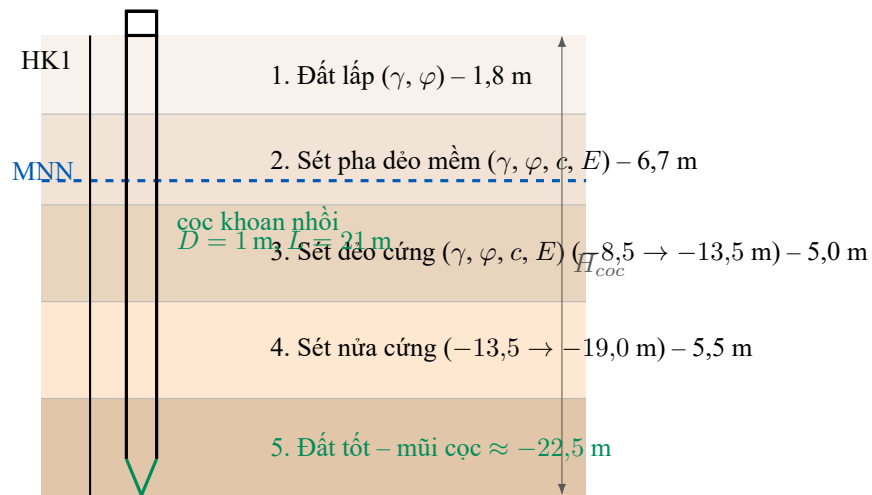
Bảng 7.1: Nội lực tính toán tại chân cột để thiết kế móng

Cột	Vị trí	N^{tt} (kN)	M_x^{tt} (kNm)	M_y^{tt} (kNm)
C1	Cột giữa (trục 3-C)	8250	120	455
C3	Cột góc (trục 1-A)	3200	480	350

Điều kiện địa chất

Mực nước ngầm ổn định ở độ sâu $-2,5$ m. Trữ địa chất điển hình (cao độ mặt đất tự nhiên $\pm 0,000$):

- Lớp 1 ($0,000 \rightarrow -1,800$ m): Đất lấp, rời rạc ($h_1 = 1,8$ m).
- Lớp 2 ($-1,800 \rightarrow -8,500$ m): Sét pha, dẻo mềm ($h_2 = 6,7$ m).
- Lớp 3 ($-8,500 \rightarrow -13,500$ m): Sét dẻo cứng ($h_3 = 5,0$ m).
- Lớp 4 ($-13,500 \rightarrow -19,000$ m): Sét nửa cứng ($h_4 = 5,5$ m).
- Lớp 5 (dưới $-19,000$ m): Cát lẫn cuội sỏi chặt, lớp đất tốt chịu tải – đặt mũi cọc (mũi cọc ở $-22,5$ m).



Hình 7.1: Mặt cắt địa chất: mực nước ngầm và độ sâu đặt mũi cọc (lớp đất tốt – Lớp 5, dưới $-19,0$ m)

Lưu ý

Khi đọc trụ địa chất, cần xác định ngay **ba số liệu quyết định**: (a) chiều sâu *lớp đất tốt* (để đặt mũi cọc); (b) vị trí *mực nước ngầm* (ảnh hưởng thi công và ma sát bên); (c) chiều dày *lớp đất yếu* phía trên (để bỏ qua hoặc kể hệ số).

7.2 Lựa chọn phương án móng và sức chịu tải cọc

7.2.1 Phương án móng

Cũng như khi chọn hệ kết cấu (Mục 2.2.3), việc chọn phương án móng **không được nêu kết luận sẵn** mà phải xuất phát từ điều kiện thực tế.

Căn cứ lựa chọn

- **Địa chất:** Lớp 1 (đất lấp) dày 1,8 m; Lớp 2 (sét pha dẻo mềm) dày 6,7 m. Hai lớp này *không thể* đặt móng nông trực tiếp. Lớp 3 (sét dẻo cứng, $-8,5 \rightarrow -13,5$ m) và Lớp 4 (sét nửa cứng, $-13,5 \rightarrow -19,0$ m) chưa đủ tốt để cắm cọc cho công trình 20 tầng; chỉ có Lớp 5 (cát sỏi chặt, dưới $-19,0$ m) mới đủ điều kiện đặt mũi cọc.
- **Tải trọng:** với 20 tầng, tải chân cột điển hình $N \approx 8000$ kN – rất lớn so với sức chịu tải của đất nền yếu.
- **Tầng hầm:** công trình có 02 tầng hầm $\Rightarrow$ cao độ đáy đài hạ thấp, phần đất yếu phía trên lại càng phải “đi vòng”.

Ma trận so sánh phương án móng

Ma trận so sánh phương án: Lựa chọn phương án móng (thang điểm 10)

Tiêu chí	Trọng số	Nhận xét – đánh giá	Điểm
Móng nông (đế đơn)	40%	Với $N \approx 8000$ kN trên nền yếu, R_{tc} không đủ; không thể	2
Móng nông (đế đơn)	25%	Rẻ nhất về vật liệu nhưng phải xử lý nền – chi phí ẩn phát sinh	6
Móng nông (đế đơn)	20%	Đơn giản nếu địa chất tốt; ở đây phải đào thay đất	4
Móng nông (đế đơn)	15%	Quen thuộc nhất	9
Móng bè	40%	Phân tán tải đều hơn nhưng lún vẫn quá lớn (> 80 mm)	4
Móng bè	25%	Bê tông khối lượng lớn, chi phí cao	5
Móng bè	20%	Thi công bè tầng hầm tương đối thuận lợi	7
Móng bè	15%	Kinh nghiệm địa phương có	7
Móng cọc đóng	40%	Sức chịu tải tốt nhưng gây ồn, chấn động, ảnh hưởng nhà bên cạnh	6
Móng cọc đóng	25%	Rẻ hơn cọc khoan nhồi ở cùng sức chịu tải	7
Móng cọc đóng	20%	Khó vượt lớp sét pha dẻo mềm dày; không thi công được gần công trình kế cận	4
Móng cọc đóng	15%	Phổ biến nhưng đang dần hạn chế trong đô thị	6
Cọc khoan nhồi	40%	Đường kính và chiều dài lớn, xuyên qua lớp bùn, neo vào lớp đất tốt (Lớp 5)	9
Cọc khoan nhồi	25%	Chi phí cao hơn cọc đóng nhưng ít rủi ro hơn	6
Cọc khoan nhồi	20%	Không ồn, không chấn động – thích hợp đô thị có nhà kế cận	9
Cọc khoan nhồi	15%	Nhà thầu địa phương đã có kinh nghiệm	8

Bảng 7.2: Tổng hợp điểm và lý do loại từng phương án móng

Phương án	Điểm	Quyết định	Lý do
Móng nông (đế đơn)	4,45	Loại	Không đủ sức chịu tải; lún quá lớn trên nền sét pha dẻo mềm
Móng bè	5,30	Loại	Lún vượt giới hạn; bê dày bè lớn, không kinh tế
Cọc đóng	5,85	Loại	Không thi công được gần nhà kế cận; khó xuyên lớp sét pha dẻo mềm dày
Cọc khoan nhồi	8,10	CHỌN	Đáp ứng cả bốn tiêu chí; neo được vào lớp đất tốt ở độ sâu lớn

Nhánh rẽ:

Nếu địa chất KHÔNG có lớp sét nửa cứng ở $-13,5$ m, mà toàn bùn sét Đây là tình huống hay gặp ở đồng bằng sông Cửu Long. Khi đó **không thể** dùng phương án đã chọn. Hướng xử lý theo thứ tự:

1. **Kéo dài cọc** xuống lớp cát chặt hoặc sỏi cuội sâu hơn (nếu có) – kiểm tra lại chiều dài và sức chịu tải theo ma sát thành.

2. **Tăng đường kính cọc** (D từ 1,0 m lên 1,2–1,5 m) để tăng sức chịu tải mũi và ma sát.
3. **Đổi sang móng bè cọc** (cọc + bè cùng làm việc) – huy động cả sức chịu tải của bè, giảm số cọc.
4. **Xử lý nền** bằng cọc xi măng đất hoặc bác thấm kết hợp gia tải trước – chỉ dùng khi tải không quá lớn.
5. **Thay đổi giải pháp kiến trúc** (giảm số tầng, giảm nhịp) – biện pháp cuối cùng, phải bàn với chủ đầu tư.

Bài tập biến thể:

Địa chất thay đổi Giả sử lớp 2 (sét pha dẻo mềm) dày đến 15 m thay vì 6,7 m, mũi cọc phải hạ xuống sâu hơn trong Lớp 5 (đến cao độ $-30,8$ m). Hãy:

- a) Tính lại sức chịu tải của cọc khoan nhồi (ma sát thành thay đổi theo chiều dài, mũi cọc vẫn ngàm vào Lớp 5 đất tốt).
- b) Xác định số cọc cần thiết cho một đài và so sánh với phương án ban đầu.
- c) Nêu hai rủi ro mới phát sinh khi cọc dài hơn (ổn định thành hố khoan, sai lệch độ thẳng đứng) và cách kiểm soát.

7.2.2 Các số liệu thiết kế được chốt

Do các lớp đất mặt (Lớp 1, 2) yếu và tải trọng chân cột lớn, chọn **cọc khoan nhồi BTCT tại chỗ**: tạo được cọc đường kính và chiều dài lớn, truyền tải xuống lớp đất tốt ở độ sâu lớn.

Giả định: cao độ mặt đất tự nhiên $\pm 0,000$; cao độ đài cọc $-1,5$ m; cọc $D = 1,0$ m, $L = 21,0$ m, mũi cọc ở độ sâu $-22,5$ m.

Lưu ý

Lưu ý về cao độ đài cọc khi công trình có tầng hầm: Ví dụ trong mục này xét một khối công trình *không có tầng hầm* để minh họa cách tính sức chịu tải cọc; chiều dài cọc $L = 21,0$ m được tính từ đáy đài ($-1,5 \rightarrow -22,5$ m). Công trình minh họa (nhà cao tầng đa năng) có **02 tầng hầm**, đáy đài cọc phải nằm dưới đáy tầng hầm sâu nhất – khi đó đáy đài hạ thấp, chiều dài cọc được tính từ cao độ đáy đài và bỏ qua ma sát bên từ mặt đất tự nhiên đến đáy đài; các bước kiểm tra ở các mục sau **không đổi**.

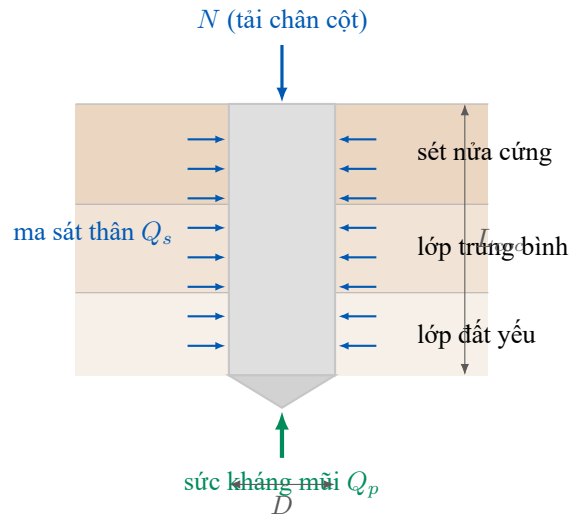
7.2.3 Sức chịu tải của cọc đơn

Theo TCVN 10304:2025 (thay thế TCVN 10304:2014):

- **Sức chịu tải theo vật liệu** P_{vl} : do bê tông và cốt thép.
- **Sức chịu tải theo đất nền** $R_{c,d}$:

$$R_{c,d} = k \left(\gamma_p q_p A_p + u \sum \gamma_{si} f_{s,i} l_i \right) \quad (7.1)$$

với q_p là cường độ đất ở mũi, u là chu vi cọc, $f_{s,i}$ là ma sát bên lớp thứ i .



Hình 7.2: Mặt cắt cọc khoan nhồi: sức kháng mũi Q_p (ở mũi cọc) và ma sát thân Q_s (dọc theo thân cọc)

Ví dụ: Tính sức chịu tải cọc khoan nhồi theo TCVN 10304:2025

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Cọc $D = 1,0 \text{ m}$; $L = 21 \text{ m}$; mũi ở $-22,5 \text{ m}$; đài ở $-1,5 \text{ m}$; B25	Chu vi $u = \pi D = 3,14 \text{ m}$
1. Diện tích mũi	$A_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 1^2}{4}$	$A_p = 0,785 \text{ m}^2$
2. Sức kháng mũi	q_p tra theo đất ở mũi (lớp đất tốt, Lớp 5); $Q_p = \gamma_p q_p A_p$	$Q_p \approx 2200 \text{ kN}$
3. Ma sát bên	$Q_s = u \sum \gamma_{si} f_{s,i} l_i$ – cộng theo từng lớp (bỏ lớp đất lấp)	$Q_s \approx 2450 \text{ kN}$
4. Sức chịu tải đất nền	$R_{c,d} = k(Q_p + Q_s)$; $k = 1,0$ (cọc khoan nhồi, theo Bảng của TCVN 10304:2025)	$R_{c,d} \approx 4650 \text{ kN}$
5. Sức chịu tải vật liệu	$P_{vl} = \varphi(\gamma_{cb} R_b A_b + R_s A_s)$; $A_b = 0,785 \text{ m}^2$; thép 16 ϕ 22 ($A_s = 6082 \text{ mm}^2$); lấy $\gamma_{cb} = 1,0$, $\varphi = 0,95$ (hệ số minh họa – sinh viên đối chiếu quy định hiện hành của TCVN 10304:2025)	$P_{vl} = 0,95 \times (1,0 \times 14500 \times 0,785 + 280 \times 6082/1000) \approx 12\,432 \text{ kN} \approx 12\,500 \text{ kN}$
6. Sức chịu tải thiết kế	Lấy <i>nhỏ hơn</i> rồi chia hệ số tin cậy $\gamma_k \approx 1,4$ (theo TCVN 10304:2025)	$P_{tt} = 4650/1,4 \approx 3321 \text{ kN}$ (lấy tròn $\approx 3300 \text{ kN}$)
7. Kiểm tra hợp lý	Với địa chất <i>tốt hơn</i> (lớp đất tốt Lớp 5 dày), kinh nghiệm cọc $D = 1 \text{ m}$, dài 21 m có thể đạt $P_{tt} \approx 6500 \text{ kN}$ – xem ví dụ độ nhảy ở mục 7.3	Ví dụ trên ra $\approx 3300 \text{ kN}$ do dùng địa chất điển hình – đây là giá trị dùng xuyên suốt sách

Lưu ý

Sức chịu tải tính toán của cọc lấy bằng giá trị **nhỏ hơn** giữa P_{vl} và $R_{c,d}$ (đã chia hệ số tin cậy). Ví dụ minh họa ở trên ra $P_{tt} \approx 3300$ kN do giả định địa chất điển hình. Trong đồ án, sinh viên *phải* lấy P_{tt} đúng theo lỗ khoan của chính công trình mình; nếu tra được lớp đất tốt hơn thì P_{tt} lớn hơn và số cọc có thể giảm (xem ví dụ độ nhảy ở mục 7.3).

Sai hỏng thường gặp

- Dùng **nhầm phiên bản** TCVN 10304:2014 (cũ) thay vì 2025. - Quên nhân hệ số k đặc trưng công trình trong công thức sức chịu tải. - Tính ma sát bên $f_{s,i}$ nhưng bỏ qua các lớp đất yếu phía trên.

7.3 Thiết kế đài cọc

7.3.1 Chọn đài cọc và kích thước sơ bộ

Lưu ý

Khung tham chiếu của các ví dụ mục này: để minh họa phương pháp, ta giả định đài cọc đặt tại cao độ $-1,5$ m, địa chất tra từ Bảng 7.1. Tòa nhà mẫu của sách có 2 tầng hầm $\Rightarrow$ cao độ đế đài thực tế $\approx -8,5$ m; cách tính *hoàn toàn tương tự*, chỉ thay bộ địa chất lớp sâu hơn (tra Bảng 7.1 theo cao độ mũi cọc mới) – nếu P_{tt} lớn hơn thì số cọc có thể giảm (xem mục 7.3).

Tính chi tiết cho đài dưới cột C1 (trục 3-C). Với $P_{tt} = 3300$ kN (theo bước 6, phần sức chịu tải cọc) và $N^{tt} = 8250$ kN, số lượng cọc sơ bộ:

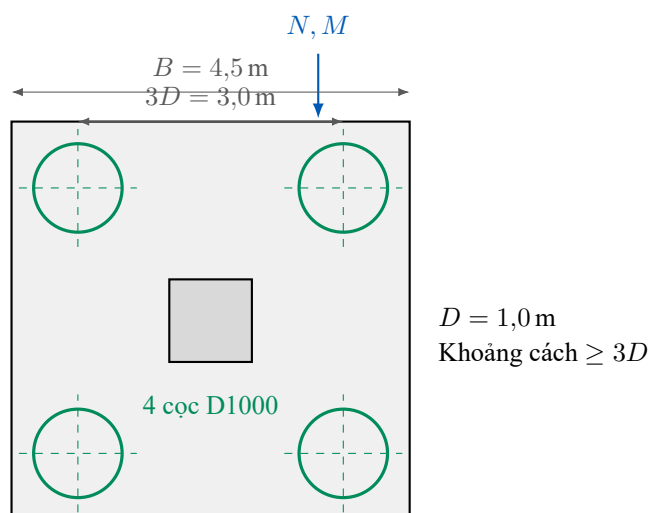
$$n_{coc} = \beta \frac{N^{tt}}{P_{tt}} \quad (7.2)$$

với $\beta \approx 1,2 \div 1,5$ kể đến mô men và sai lệch vị trí cọc (thường lấy $\beta = 1,3$ cho cọc khoan nhồi, tăng tới 1,5 nếu mô men lớn hoặc thi công khó kiểm soát).

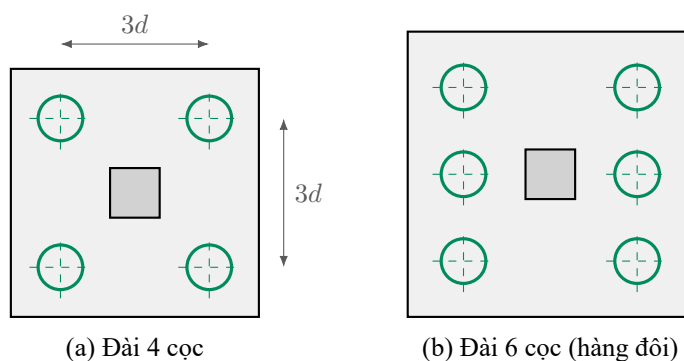
Chiều cao đài h_d xác định từ điều kiện chọc thùng cột – đài (tháp chọc thùng 45° xuất phát từ chân cột, xem Hình 7.5) và cấu tạo (thường $h_d \geq 1,0 \div 1,5$ m cho cọc lớn).

Ví dụ: Chọn số lượng cọc và kích thước đài

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	$N^{tt} = 8250$ kN; $P_{tt} = 3300$ kN; $M_y^{tt} = 455$ kNm; $M_x^{tt} = 120$ kNm	Cột giữa C1, tải lớn nhất
1. Số cọc theo lực dọc	$n \geq \frac{N^{tt}}{P_{tt}} = \frac{8250}{3300}$	$n \geq 2,50$ cọc
2. Kể hệ số β (mô men, sai lệch)	$n_{coc} = \beta \frac{N^{tt}}{P_{tt}}$ với $\beta = 1,3$	$n_{coc} = 3,25$



Hình 7.3: Mặt bằng đài 4 cọc khoan nhồi $D = 1,0 \text{ m}$ ($4,5 \times 4,5 \text{ m}$): khoảng cách tim cọc $3D$ và cột đặt tại tâm đài



Hình 7.4: Hai sơ đồ bố trí cọc phổ biến: (a) đài 4 cọc – bố trí đối xứng (dùng khi tải và mô men vừa phải); (b) đài 6 cọc – hàng đôi (khi tải hoặc mô men lớn hơn)

3. Chọn số cọc

Do có mô men $M_y = 455 \text{ kNm}$, chọn số **Chọn 4 cọc** chẵn và đối xứng

4. Kiểm tra lại sức chịu tải cọc

$$P_{max} = \frac{N + G_{đài}}{n} + \frac{(M_y + M_x) x_{max}}{\sum x_i^2} = \frac{8250 + 600}{4} + \frac{(455 + 120) \times 1,5}{9,0} \quad (\text{với } G_{đài} \approx 600 \text{ kN là trọng lượng đài})$$

$$P_{max} = 2308 \text{ kN} < P_{tt} = 3300 \text{ kN} - \text{ĐẠT (dư } 1,43 \times)$$

5. Kích thước đài

$3D$ khoảng cách tim cọc, cộng $2 \times$ **Đài $4,5 \times 4,5 \text{ m}$**
 $0,25 \text{ m}$ mép cọc đến mép đài: $B = 2 \times 1,5 + 1,0 + 2 \times 0,25 = 4,5 \text{ m}$

6. Chiều cao đài

Từ điều kiện chọc thủng cột – đài và cầu $h_d = 1,5 \text{ m}$ tạo

Ví dụ: Ví dụ độ nhạy: nếu địa chất tốt hơn ($P_{tt} = 6500$ kN)

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	$N_{tt} = 8250$ kN; $P_{tt} = 6500$ kN; $M_y^{tt} = 455$ kNm	Giả định lớp đất tốt Lớp 5 dày hơn
1. Số cọc theo lực dọc	$n \geq \frac{N_{tt}}{P_{tt}} = \frac{8250}{6500}$	$n \geq 1,27$ cọc
2. Hệ số β	$n_{coc} = \beta \frac{N_{tt}}{P_{tt}}$ với $\beta = 1,3$	$n_{coc} = 1,65$
3. Chọn số cọc	Vẫn chọn 4 cọc (số chẵn, đối xứng, chịu mô men)	4 cọc
4. Kiểm tra sức chịu tải	$P_{max} = \frac{8250 + 600}{4} + \frac{(455 + 120) \times 1,5}{9,0} = 2308$ kN < 6500	ĐẠT – nhưng mỗi cọc chỉ dùng $\approx 35\%$ công suất
5. Bàn luận	Nếu P_{tt} đoán “theo kinh nghiệm” mà <i>lớn hơn</i> thực tế thì đài sẽ thiếu cọc; nếu <i>nhỏ hơn</i> thực tế thì lãng phí. Vì vậy P_{tt} phải truy được từ lỗ khoan của chính công trình	Nguyên tắc: địa chất quyết định; kinh nghiệm chỉ để đối chiếu

7.3.2 Kiểm tra các điều kiện làm việc

- Kiểm tra sức chịu tải của cọc trong đài (cọc chịu nén, kéo).
- Kiểm tra chọc thủng cột – đài.
- Kiểm tra chọc thủng cọc – đài.
- Kiểm tra cường độ trên tiết diện nghiêng.
- Kiểm tra độ lún của móng khối quy ước (móng khối giả định được vẽ từ mép ngoài của các cọc biên, mở rộng xuống mũi cọc với góc $\alpha = \varphi_{tb}/4$, sau đó tính lún như móng nông).

Lưu ý

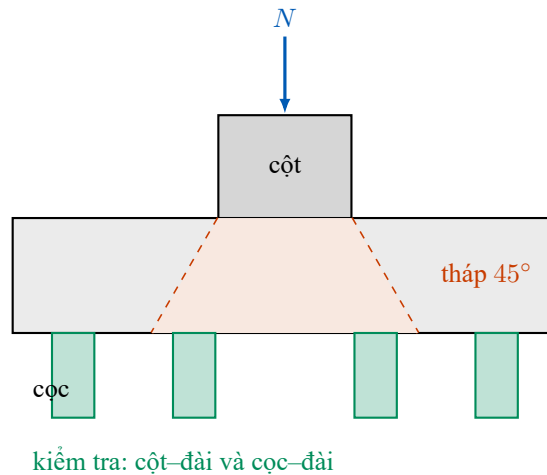
Đây là điểm sinh viên hay bỏ sót: **chọc thủng đài phải kiểm tra hai lần** – một lần theo cột đâm xuống, một lần theo cọc đâm lên. Bỏ sót một trong hai là thiếu hồ sơ, hội đồng sẽ phát hiện.

7.3.3 Tính và bố trí cốt thép cho đài

Đài được tính như cấu kiện chịu uốn do *phản lực cọc* đẩy lên, theo TCVN 5574:2018.

7.4 Giằng móng

Giằng móng nối các đài cọc thành hệ thống, tăng độ cứng và phân bố tải. Xem giằng như *dầm đơn giản* gối lên hai đài, nhịp tính toán bằng khoảng cách các đài.



Hình 7.5: Hai mặt chọc thủng phải kiểm tra: *cột – đài* (tháp 45° từ chân cột) và *cọc – đài* (tháp từ mép cọc)

7.5 Móng nông và móng bè (bổ sung)

7.5.1 Khi nào dùng móng nông/bè thay cọc

- **Móng nông (băng, đơn):** hợp lý khi lớp đất tốt nằm ngay dưới mặt đất và tải trọng không quá lớn.
- **Móng bè (mat foundation):** dùng khi tải trọng lớn nhưng không muốn dùng cọc, hoặc khi cần giảm lún bằng cách phân bố đều tải; thường dùng cho tầng hầm và đất nền yếu.
- **Móng cọc:** dùng khi lớp đất tốt ở sâu, tải lớn, hoặc yêu cầu kiểm soát lún nghiêm ngặt (công trình minh họa).

7.5.2 Kiểm tra độ lún móng nông/bè

Độ lún tính theo TCVN 9362:2012 (phương pháp cộng lún từng lớp):

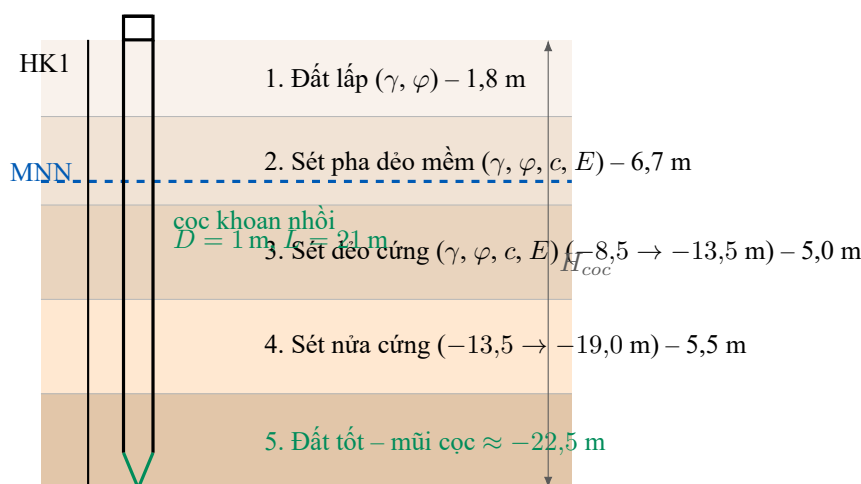
$$S = \sum_{i=1}^n \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \quad (7.3)$$

với e_{1i}, e_{2i} là hệ số rỗng trước và sau khi lún của lớp i ; h_i là chiều dày lớp i . Điều kiện: $S \leq [S]$.

Ví dụ: Tính lún móng nông bằng phương pháp cộng lún từng lớp

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Móng $2,0 \times 3,0$ m; $p_{tb} = 180$ kPa; chiều sâu chôn móng 1,5 m	Đất nhiều lớp, tính theo TCVN 9362
1. Xác định chiều sâu vùng nén	$H_a = 4B$ từ đáy móng (theo TCVN 9362)	$H_a = 4 \times 2,0 = 8,0$ m
2. Chia lớp tính lún	Chia vùng nén thành các lớp mỏng $h_i \leq 0,4B = 0,8$ m	≈ 10 lớp, mỗi lớp 0,8 m

3. Ứng suất bản thân	$\sigma_{bt} = \gamma z$ tại trung điểm mỗi lớp	Ví dụ lớp 1: $\sigma_{bt} = 18 \times 1,9 = 34,2 \text{ kPa}$
4. Ứng suất gây lún	$\sigma_{gl} = \alpha (p_{tb} - \sigma_{bt, day})$ với α tra bảng theo z/B	Giảm dần theo chiều sâu
5. Hệ số rỗng	Từ đường cong nén lún của từng lớp: $\sigma \rightarrow e$	$e_{1i} \rightarrow e_{2i}$
6. Lún từng lớp	$S_i = \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i$	Cộng dồn
7. Tổng lún	$S = \sum S_i$	$S = 6,4 \text{ cm} = 64 \text{ mm}$
8. Kiểm tra	$[S] = 8 \text{ cm}$ (nhà khung BTCT, theo TCVN 9362)	$64 \leq 80$ – ĐẠT



Hình 7.6: Trữ địa chất dùng để chia lớp tính lún: vùng chịu nén H_a (xác định ở ví dụ tính lún phía trên) nằm trong các lớp đất yếu phía trên mũi cọc. *Lưu ý:* hình minh họa trữ địa chất và vị trí mũi cọc; ví dụ tính lún ở trên xét móng nông nên H_a đo từ đáy móng, không vẽ trực tiếp trên hình

7.6 Tầng hầm và tường vây (bổ sung)

Công trình minh họa có 02 tầng hầm. Thi công hố đào sâu (sâu > 6m) yêu cầu phải thiết kế tường vây (tường chắn đất) để giữ ổn định và ngăn nước ngầm.

Lưu ý

Việc tính toán chi tiết tường vây hố đào sâu, phân tích có kết, ổn định trượt/lật hố đào đa phần thuộc chuyên môn **Địa kỹ thuật**, có thể nằm ngoài phạm vi ĐATN Kết cấu tiêu chuẩn của Khoa. Sinh viên **cần xác nhận với GVHD** trước khi đưa phần này vào thuyết minh. Riêng phần nền móng và kết cấu địa kỹ thuật chịu động đất, tham khảo thêm **TCVN 9386-5:2025** (Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 5: Nền móng, kết cấu chịu lực và kết cấu địa kỹ thuật).

Nếu đồ án yêu cầu tính toán tường vây một nhịp cơ bản, sinh viên có thể tham khảo quy trình sau:

Quy trình

Quy trình tính toán tường vây cơ bản:

1. **Xác định áp lực đất:** Tính áp lực đất chủ động (Rankine hoặc Coulomb) tác dụng lên tường theo từng lớp địa chất.
2. **Xác định áp lực nước ngầm:** Phân tách riêng áp lực nước thủy tĩnh (nếu không hạ mực nước ngầm) tác dụng lên mặt ngoài tường.
3. **Tổ hợp tải trọng và mô hình:** Tổ hợp áp lực đất + áp lực nước + hoạt tải trên mặt đất (surcharge). Mô hình tường như một dầm liên tục có các gối tựa là sàn tầng hầm hoặc hệ giằng chống (strut).
4. **Kiểm tra và thiết kế vách:** Xuất nội lực (mô men, lực cắt) từ mô hình để thiết kế cốt thép cho tường (barrette hoặc tường cừ) như cấu kiện chịu uốn/nén uốn.

Ghi chú cho GVHD

Với công trình có tầng hầm, hội đồng thường hỏi: “Tường vây chịu áp lực gì?”. Sinh viên cần phân biệt rõ *áp lực đất tĩnh* (effective stress) và *áp lực nước* (pore pressure). Việc gộp chung γ_{sat} mà không tách áp lực nước ở hố đào ngập nước là sai lầm phổ biến nhất.

Tóm tắt chương

Chương đã trình bày: lựa chọn móng cọc khoan nhồi theo TCVN 10304:2025, thiết kế đài cọc – giằng móng, và bổ sung kiến thức về móng nông/bè và tường vây tầng hầm. Đây là cơ sở để tính cầu thang ở Chương 8.

7.7 Yêu cầu thể hiện bản vẽ

Ghi chú cho GVHD

Bản vẽ phần Nền móng (khổ A1) chiếm khoảng **25% trọng số điểm toàn đồ án** (ứng với phần Nền móng trong cơ cấu Kết cấu 60% = Khung thân 35% + Nền móng 25%, xem Chương 1), yêu cầu thể hiện sắc nét các nội dung:

- **Mặt bằng định vị cọc và đài cọc:** Thể hiện rõ hệ trục tọa độ, vị trí tim cọc, cao độ cắt cọc. Ghi chú rõ sức chịu tải tính toán của cọc (P_{tt}).
- **Mặt bằng móng và giằng móng:** Thể hiện kích thước các đài móng, hệ thống đà kiềng/giằng móng liên kết.
- **Chi tiết mặt cắt đài cọc:** Tỷ lệ 1/20. Cắt qua trục đài thể hiện hình dáng đài cọc, đoạn ngầm cọc vào đài, cốt thép đài cọc (thép lớp dưới, lớp trên, thép cấu tạo).
- **Chi tiết cọc ép/khoan nhồi:** Tỷ lệ 1/20. Cấu tạo chi tiết đầu cọc, hộp nối cọc (cọc ép) hoặc cốt thép lồng cọc (khoan nhồi).
- **Thống kê cốt thép:** Thống kê chi tiết toàn bộ cốt thép móng và cọc.

Chương 8

Tính toán cầu thang và kết cấu phụ

8.1 Giới thiệu chung

Cầu thang là phương tiện giao thông theo phương đứng, đồng thời góp phần tạo nên nét kiến trúc của công trình. Vì vậy, thiết kế kết cấu cầu thang ngoài việc đảm bảo *độ bền*, *độ cứng* còn phải chú ý đến *thẩm mỹ*.

Trong phạm vi đồ án, ta lựa chọn và tính toán chi tiết cho một cầu thang bộ điển hình, sau đó mở rộng cho các kết cấu phụ.

8.1.1 Cầu thang chọn tính toán

Chọn cầu thang CT1 — kết nối giao thông giữa tầng 2 và tầng 3 của công trình minh họa. Đây là loại cầu thang:

- **02 vế** (2 vế thang);
- Dạng **bản bằng** bê tông cốt thép đổ *toàn khối*;
- **Không** sử dụng dầm côn nghiêng.

8.1.2 Các thông số hình học

Dựa trên bản vẽ kiến trúc của cầu thang CT1, ta có các thông số cơ bản:

Bảng 8.1: Thông số hình học cầu thang bộ CT1

TT	Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị
1	Chiều cao tầng (tầng 2 → tầng 3)	H	3300 mm
2	Chiều cao một vế thang	$H_1 = H/2$	1650 mm
3	Chiều rộng bản thang (vế thang)	b_t	1600 mm
4	Chiều rộng bản chiếu nghỉ	b_{cn}	1600 mm
5	Chiều cao bậc	h_b	150 mm
6	Bề rộng bậc	b_b	300 mm
7	Số bậc trong một vế	n_b	11 bậc
8	Chiều dài hình chiếu bằng một vế	L'	3000 mm

Kiểm tra độ dốc (điều kiện thoải mái). Theo kinh nghiệm thiết kế cầu thang dân dụng, kích thước bậc cần thỏa mãn:

$$2h_b + b_b = 2 \times 150 + 300 = 600 \text{ mm} \in [600 \div 620 \text{ mm}] \quad (8.1)$$

⇒ **Đạt yêu cầu** về sự thoải mái khi di chuyển.

Sơ bộ chiều dày kết cấu. Theo công thức kinh nghiệm cho cầu thang dạng bản chịu lực một phương:

$$h_b^{ban} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) L_0 \quad (8.2)$$

với L_0 là nhịp tính toán (khoảng cách tim hai gối tựa). Với $L_0 = 3,6 \text{ m}$: $h_b^{ban} = 120 \text{ mm} \div 144 \text{ mm}$.
Dựa trên kinh nghiệm thực tế cho cầu thang bộ thông thường, chọn sơ bộ:

- Chiều dày **bản thang**: $h_{bt} = 140 \text{ mm}$;
- Chiều dày **bản chiếu nghỉ**: $h_{cn} = 140 \text{ mm}$.

Chiều dày này sẽ được kiểm tra lại về khả năng chịu lực và độ võng ở các mục sau.

8.1.3 Vật liệu và tiêu chuẩn áp dụng

- **Bê tông B25**: $R_b = 14,5 \text{ MPa}$; $R_{bt} = 1,05 \text{ MPa}$; $E_b = 3 \times 10^4 \text{ MPa}$.
- **Cốt thép CB300-V**: $R_s = R_{sc} = 260 \text{ MPa}$; $R_{sw} = 210 \text{ MPa}$; $E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$.
- **Tiêu chuẩn**: TCVN 5574:2018 (kết cấu BTCT), TCVN 2737:2023 (tải trọng và tác động).

Lưu ý

Thông số hình học bậc thang (Kiến trúc):

Để đảm bảo điều kiện tiện dụng đi lại, bề rộng mặt bậc (b_b) và chiều cao cổ bậc (h_b) cần thỏa mãn công thức kinh nghiệm: $2h_b + b_b \in [600 \div 620] \text{ mm}$. Lưu ý: Đối với kết cấu bản thang (dạng bản phẳng), bậc thang chỉ là lớp gạch xây (tải trọng tĩnh) bên trên bản bê tông cốt thép nghiêng, không tham gia chịu lực chính.

Lưu ý

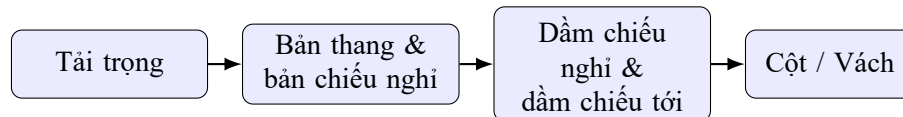
Cấp độ bền bê tông và nhóm thép nên được *thống nhất* tối đa với các chương sàn – khung – móng. Trong thực tế, các cấu kiện phụ như bản thang có thể dùng thép CB300-V ($R_s = 260 \text{ MPa}$) để tiết kiệm chi phí, hoặc dùng đồng bộ CB400-V ($R_s = 350 \text{ MPa}$) với hệ sàn để thuận tiện thi công. Trong bài mẫu này, tôi tính toán với CB300-V ($R_s = 260 \text{ MPa}$) theo chuẩn TCVN 5574:2018 để minh họa cách tra bảng và tính toán với nhóm thép gờ thông dụng này.

8.2 Xác định sơ đồ tính và tải trọng

8.2.1 Phân tích sơ đồ truyền lực

Với cầu thang bộ 2 vế dạng bản, **bản thang** BTCT là cấu kiện chịu lực chính. Tải trọng tác dụng lên mặt bậc truyền vào bản thang theo phương dọc của vế thang (phương có độ dốc). Bản thang làm việc như một *dầm bán*, gối lên hai đầu là **dầm chiếu nghỉ (DCN)** và **dầm chiếu tới (DCT)**.

Sơ đồ truyền lực hoàn chỉnh:



8.2.2 Lựa chọn sơ đồ tính toán

Để tính nội lực bằng phương pháp thủ công, kết cấu không gian của cầu thang được “trải phẳng” thành một sơ đồ *dầm đơn giản*:

Quy trình

Sơ đồ tính: Coi **dải bản thang rộng 1 m** như một *dầm đơn giản*, gối lên hai gối tựa là *tim* của dầm chiếu nghỉ và dầm chiếu tới.

Nhịp tính toán: bề rộng dầm chiếu nghỉ (DCN) và dầm chiếu tới (DCT) đều lấy $b_d = 200$ mm. Nhịp tính toán là khoảng cách giữa hai tim gối tựa; kể cả đoạn bậc trên cùng ăn vào bản chiếu nghỉ và đoạn bậc dưới cùng ăn vào bản sàn tầng (mỗi đoạn một bề rộng bậc $b_b = 300$ mm):

$$L_{tt} = L' + 2b_b = 3000 + 2 \times 300 = 3600 \text{ mm} = 3,6 \text{ m} \quad (8.3)$$

Ghi chú: (1) Bản chiếu nghỉ được xem như một phần của dầm thang này. (2) Nếu lấy nhịp đúng bằng khoảng cách mép hai dầm đỡ ($L' + b_d = 3200$ mm) thì mô men uốn giảm còn $(3200/3600)^2 \approx 0,79$ lần – bài giữ $L_{tt} = 3,6$ m là *thiên về an toàn*.

8.2.3 Xác định tải trọng tác dụng (quy đổi về phương ngang)

Toàn bộ tải trọng được tính trên **1 mét chiều rộng** của bản thang và được *quy đổi về tải trọng phân bố đều trên hình chiếu bằng* để tính trên sơ đồ dầm phẳng.

Hệ số quy đổi. Góc nghiêng của vế thang:

$$\tan \alpha = \frac{h_b}{b_b} = \frac{150}{300} = 0,50 \Rightarrow \alpha \approx 26,6^\circ \quad (8.4)$$

Ghi chú: một vế có $n_b = 11$ bậc cao 150 mm nhưng $L' = 3000$ mm là hình chiếu của **10 mặt bậc** – bậc trên cùng (ăn vào bản chiếu nghỉ) không tính vào L' . Vì vậy độ dốc phải lấy theo tỷ số $h_b/b_b = 0,50$ chứ không phải theo $H_1/L' = 0,55$. Hệ số quy đổi trọng lượng bản thân từ phương nghiêng về phương ngang:

$$k = \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{h_b^2 + b_b^2}}{b_b} = \frac{\sqrt{150^2 + 300^2}}{300} \approx 1,118 \quad (8.5)$$

Ví dụ: Quy đổi tải trọng bản thang từ phương nghiêng về phương ngang

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	$h_b = 150 \text{ mm}; b_b = 300 \text{ mm}; H_1 = 1650 \text{ mm}; L' = 3000 \text{ mm}$	Xác định hệ số k
1. Góc nghiêng	$\tan \alpha = \frac{h_b}{b_b} = \frac{150}{300} = 0,50$	$\alpha \approx 26,6^\circ$
2. Hệ số quy đổi	$k = \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{h_b^2 + b_b^2}}{b_b} = \frac{300}{\sqrt{150^2 + 300^2}} = 1,118$	$k = 1,118$
3. Áp dụng cho tĩnh tải	$g = \gamma_b h_{bt} k$ – chỉ nhân k cho trọng lượng bản thân	Bản thang 140 mm: $g = 3,91 \text{ kN/m}^2$
4. Hoạt tải	$p^{tt} = \gamma_p p^{tc} = 1,2 \times 3,0$ – không nhân k	$p^{tt} = 3,6 \text{ kN/m}^2$
5. Kiểm tra độ dốc bậc	$2h_b + b_b = 2 \times 150 + 300$	$600 \text{ mm} \in [600 \div 620]$ – ĐẠT
6. Giải thích bản chất	Hoạt tải là tải theo phương đứng trên hình chiếu bằng; tĩnh tải bản nghiêng mới cần chiếu	Câu hỏi hội đồng hay hỏi nhất

Tĩnh tải (G)Bảng 8.2: Bảng tính tĩnh tải tác dụng lên bản thang và bản chiếu nghỉ (kN/m²)

TT	Thành phần tải trọng	Cách tính	g^{tc}	g^{tt}
I. Tải trọng trên bản thang (vế thang)				
1	Trọng lượng bản thân bản thang	$\gamma_b h_{bt} k$	3,91	4,30
2	Trọng lượng bậc xây gạch tam giác	$\gamma_g \frac{h_b}{2}$	1,35	1,49
3	Lớp vữa lót + đá ốp bậc (30 mm)	$\gamma_v \delta$	0,74	0,81
4	Lớp vữa trát trần (15 mm)	$\gamma_v \delta$	0,30	0,33
5	Trọng lượng lan can, tay vịn (giả định)	–	0,31	0,34
Tổng cộng (bản thang)			6,61	7,27
II. Tải trọng trên bản chiếu nghỉ				
1	Trọng lượng bản thân bản chiếu nghỉ	$\gamma_b h_{cn}$	3,50	3,85
2	Lớp vữa lót + đá ốp (30 mm)	$\gamma_v \delta$	0,66	0,73
3	Lớp vữa trát trần (15 mm)	$\gamma_v \delta$	0,27	0,30
Tổng cộng (bản chiếu nghỉ)			4,43	4,88

Lưu ý

Hệ số vượt tải của tĩnh tải lấy **1,1** theo TCVN 2737:2023. Trọng lượng riêng: BTCT $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$; gạch xây $\gamma_g = 18 \text{ kN/m}^3$; vữa $\gamma_v = 18 \text{ kN/m}^3$ (riêng đá ốp $\approx 22 \text{ kN/m}^3$).

Hoạt tải (P)

Hoạt tải tiêu chuẩn cho cầu thang (tra TCVN 2737:2023) là $p^{tc} = 3,0 \text{ kN/m}^2$. Hệ số vượt tải $\gamma_p = 1,2$, vậy:

$$p^{tt} = \gamma_p p^{tc} = 1,2 \times 3,0 = 3,6 \text{ kN/m}^2 \quad (8.6)$$

Lưu ý

Hoạt tải đã là tải trọng *trên hình chiếu bằng* nên **không cần** quy đổi theo hệ số k . Đây là điểm sinh viên hay nhầm: chỉ quy đổi *tĩnh tải* của bản nghiêng.

Tổng hợp tải trọng trên dầm thang

Tải trọng phân bố đều (kN/m) trên dải bản rộng 1 m:

$$q_{ve} = (g_{bt}^{tt} + p^{tt}) \times 1,0 = (7,27 + 3,6) = 10,87 \text{ kN/m} \quad (8.7)$$

$$q_{cn} = (g_{cn}^{tt} + p^{tt}) \times 1,0 = (4,88 + 3,6) = 8,48 \text{ kN/m} \quad (8.8)$$

8.3 Tính toán nội lực và bố trí cốt thép**8.3.1 Tính toán nội lực**

Sơ đồ tính: dầm đơn giản, nhịp tính toán $L_{tt} = 3,6 \text{ m}$.

Tải trọng: tải trên dầm thang không hoàn toàn phân bố đều do có sự khác biệt giữa $q_{ve} = 10,87 \text{ kN/m}$ và $q_{cn} = 8,48 \text{ kN/m}$. Tuy nhiên, chênh lệch không lớn, nên để đơn giản hóa tính tay, ta lấy một giá trị tải trọng phân bố đều *tương đương*. Từ các phản lực gối tựa:

$$q_{td} \approx \frac{q_{ve} + q_{cn}}{2} \approx 9,7 \text{ kN/m} \quad (8.9)$$

Mô men và lực cắt:

$$M_{max} = \frac{q_{td} L_{tt}^2}{8} = \frac{9,7 \times 3,6^2}{8} \approx 15,7 \text{ kNm/m} \quad (8.10)$$

$$V_{max} = \frac{q_{td} L_{tt}}{2} = \frac{9,7 \times 3,6}{2} \approx 17,5 \text{ kN/m} \quad (8.11)$$

Lưu ý

Do sơ đồ tính là dầm đơn giản, mô men âm tại gối lý thuyết bằng **0**. Nhưng thực tế liên kết với dầm là *liền khối* nên có mô men âm nhỏ phát sinh $\Rightarrow$ bố trí **cốt thép mũ** theo cấu tạo.

8.3.2 Tính toán cốt thép chịu lực (thép dọc lớp dưới)

Thông số tính toán:

- $M = 15,7 \text{ kNm/m}$; bề rộng dải $b = 1000 \text{ mm}$;
- Chiều dày bản $h = 140 \text{ mm}$; lớp bảo vệ $a = 20 \text{ mm}$; $h_0 = 140 - 20 = 120 \text{ mm}$;
- Bê tông B25 ($R_b = 14,5 \text{ MPa}$), thép CB300-V ($R_s = 260 \text{ MPa}$).

Quy trình**Các bước tính cốt thép (giống sàn, Chương 5):**

1. $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2}$;
2. Kiểm tra $\alpha_m \leq \alpha_R = 0,413$ (với bê tông B25, cốt thép CB300-V – tính theo TCVN 5574:2018: $\xi_R = 0,583$);
3. $\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$;
4. $A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0}$;
5. Biện luận chọn thép và khoảng cách, kiểm tra hàm lượng $\mu = A_s / (b h_0)$.

Ví dụ: Tính cốt thép bản thang – từ nội lực đến thép bố trí

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	$M = 15,7 \text{ kNm/m}$; $b = 1000 \text{ mm}$; $h_0 = 140 - 20 = 120 \text{ mm}$ $h = 140 \text{ mm}$; $a = 20 \text{ mm}$; B25 ($R_b = 14,5 \text{ MPa}$); CB300-V ($R_s = 260 \text{ MPa}$)	
1. Hệ số α_m	$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{15,7 \times 10^6}{14,5 \times 1000 \times 120^2}$	$\alpha_m = 0,0752$
2. Kiểm tra	$\alpha_m = 0,0752 < \alpha_R = 0,413$	ĐẠT
3. Hệ số ζ	$\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0752})$	$\zeta = 0,961$
4. Diện tích thép	$A_s = \frac{15,7 \times 10^6}{260 \times 0,961 \times 120}$	$A_s \approx 524 \text{ mm}^2/\text{m}$
5. Chọn đường kính	Chọn $\phi 10$ ($A_1 = 78,5 \text{ mm}^2$)	$d_s = 10 \text{ mm}$
6. Khoảng cách	$s = \frac{A_1 b}{A_s} = \frac{78,5 \times 1000}{524}$	$s = 150 \text{ mm} \Rightarrow$ chọn $\phi 10 a 150$
7. Kiểm tra hàm lượng	$\mu = \frac{524}{1000 \times 120}$	$\mu = 0,44\% -$ hợp lý
8. Thép phân bố	$A_s^{pb} \geq 0,15 A_s = 0,15 \times 524$	Chọn $\phi 6 a 200$ ($141 \text{ mm}^2/\text{m}$)
9. Thép mũ tại gối	Kéo dài $L_{tt}/4 = 3600/4$ từ mép dầm	Chọn $\phi 8 a 200$, dài 900 mm

8.3.3 Bố trí cốt thép phân bố và cấu tạo

a) Cốt thép phân bố (thép ngang). Đặt vuông góc với cốt thép chịu lực để chống nứt do co ngót, nhiệt độ và phân phối tải trọng. Hàm lượng không nhỏ hơn 15% hàm lượng cốt thép chịu lực:

$$A_s^{pb} \geq 0,15 \times 524 \approx 79 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (8.12)$$

Chọn bố trí $\phi 6 a 200$ ($A_s = 141 \text{ mm}^2/\text{m}$).

b) Cốt thép mũ cấu tạo tại gối. Để chống vết nứt ở mặt trên tại vị trí liên kết giữa bản thang với dầm chiếu nghỉ/chiều tới (do mô men âm nhỏ): chọn $\phi 8 a 200$, kéo dài một đoạn $L_{tt}/4 = 3600/4 = 900 \text{ mm}$ từ mép dầm vào trong bản thang và bản chiếu nghỉ.

c) **Cấu tạo thép tại vị trí giao bản thang – bản chiếu nghỉ.** Tại vị trí “khớp gãy” giữa vế thang và chiếu nghỉ có thể tập trung ứng suất gây nứt. Cần bố trí thêm các thanh **thép gia cường chéo**: chọn **2 ϕ 12** đặt chéo ở góc, cả lớp trên và lớp dưới.

Sai hỏng thường gặp

- Quên **quy đổi tĩnh tải** từ phương nghiêng về phương ngang (hệ số $k = 1/\cos \alpha$) $\Rightarrow$ thiếu tải.
- Quy đổi *cả hoạt tải* theo hệ số $k \Rightarrow$ thừa tải (hoạt tải đã nằm trên hình chiếu bằng).
- Bỏ qua **thép mũ** và **thép gia cường góc gãy** $\Rightarrow$ bản nứt tại vị trí liên kết.
- Nhầm h_0 : với bản mỏng 140 mm, chọn lớp bảo vệ quá dày sẽ làm h_0 nhỏ, thép tăng vọt.

8.4 Tính toán cốt thép cho dầm chiếu nghỉ

Dầm chiếu nghỉ (DCN) gối tựa cho các vế thang và bản chiếu nghỉ, nhận tải trọng từ chúng rồi truyền vào cột/vách lân cận.

8.4.1 Xác định tải trọng tác dụng lên dầm

Sơ đồ và thông số. Xét dầm **DCN-1** gối lên hai cột C-1 và C-2, nhịp tính toán $L_d = 3,6$ m; sơ đồ tính là *dầm đơn giản*. Tiết diện dầm sơ bộ: 200×300 mm.

a) Phản lực từ bản thang và bản chiếu nghỉ. Phản lực gối tựa của *một* vế thang là $V_{max} = 17,5$ kN/m (kết quả Mục 8.11). Dầm chiếu nghỉ nhận phản lực từ **cả hai vế thang** cùng kê lên dầm (vế dưới đi lên và vế trên đi tiếp); mỗi vế rộng $b_t = 1,6$ m. Tổng lực tập trung do hai vế thang truyền vào:

$$P_{thang} = 2 \times V_{max} \times b_t = 2 \times 17,5 \times 1,6 = 56 \text{ kN} \quad (8.13)$$

Để đơn giản, xem lực này *phân bố đều* trên dầm chiếu nghỉ: $q_{thang} = P_{thang}/L_d = 56/3,6 \approx 15,6$ kN/m.

b) Tĩnh tải bản thân dầm và tường.

- Trọng lượng bản thân dầm: $g_d = \gamma_b b_d(h_d - h_{ban}) \times 1,1 = 25 \times 0,2 \times (0,3 - 0,14) \times 1,1 \approx 0,88$ kN/m;
- Tải trọng tường xây trên dầm (tường dày 110 mm, chiều cao thông thủy $h_w = 3,3 - 0,3 = 3,0$ m – **đã trừ chiều cao dầm 300 mm**): $g_t = 18 \times 0,11 \times 3,0 \times 1,1 \approx 6,5$ kN/m.

Tổng tải trọng phân bố đều trên dầm chiếu nghỉ:

$$q_d = q_{thang} + g_d + g_t = 15,6 + 0,88 + 6,5 \approx 23,0 \text{ kN/m} \quad (8.14)$$

8.4.2 Tính toán nội lực và cốt thép

a) Nội lực.

$$M_d = \frac{q_d L_d^2}{8} = \frac{23,0 \times 3,6^2}{8} \approx 37,3 \text{ kNm} \quad (8.15)$$

$$V_d = \frac{q_d L_d}{2} = \frac{23,0 \times 3,6}{2} \approx 41,4 \text{ kN} \quad (8.16)$$

b) Cốt thép dọc (chịu mô men). Tiết diện $200 \times 300 \text{ mm}$, $h_0 = 300 - 30 = 270 \text{ mm}$:

$$\alpha_m = \frac{37,3 \times 10^6}{14,5 \times 200 \times 270^2} = 0,176 < 0,413 \quad (\text{đạt})$$

$$\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,176}) = 0,903$$

$$A_s = \frac{37,3 \times 10^6}{260 \times 0,903 \times 270} \approx 588 \text{ mm}^2$$

Yêu cầu cốt thép cấu tạo tối thiểu cho dầm: $A_{s,min} = 0,001 b h_0 = 0,001 \times 200 \times 270 = 54 \text{ mm}^2$. Vì $588 > 54$ nên bố trí theo tính toán: chọn **2φ20** ($A_s = 628 \text{ mm}^2 > 588$).

c) Cốt thép đai (chịu lực cắt). Khả năng chịu cắt của bê tông (theo TCVN 5574:2018, với $\varphi_{b3} = 0,6$):

$$Q_b = \varphi_{b3} R_{bt} b h_0 = 0,6 \times 1,05 \times 200 \times 270 \approx 34,0 \text{ kN} < V_d = 41,4 \text{ kN} \quad (8.17)$$

Vì $Q_b < V_d$, bê tông **không đủ** chịu cắt – phải tính cốt đai chịu phần lực cắt còn lại $Q_{sw} = V_d - Q_b = 41,4 - 34,0 = 7,4 \text{ kN}$. Chọn đai φ6 hai nhánh ($A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,6 \text{ mm}^2$):

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw} h_0}{Q_{sw}} = \frac{210 \times 56,6 \times 270}{7400} \approx 434 \text{ mm} \quad (8.18)$$

Giới hạn cấu tạo $s_{max} = \min(0,5h_0; 300) = \min(135; 300) = 135 \text{ mm}$. Chọn φ6 a130 ($s = 130 < s_{max}$). Kiểm tra lại: $Q_b + Q_{sw} = 34,0 + \frac{210 \times 56,6 \times 270}{130 \times 10^3} \approx 34,0 + 24,7 = 58,7 \text{ kN} > V_d = 41,4 \text{ kN}$ – ĐẠT.

Lưu ý

Nguyên tắc **kiểm tra cắt** rất quan trọng và hay xuất hiện trong câu hỏi bảo vệ: nếu $Q_b \geq V$ thì bê tông đủ chịu cắt $\Rightarrow$ đai chỉ cần theo cấu tạo. Nếu $Q_b < V$ thì phải chọn bước đai từ điều kiện cân bằng lực cắt.

8.5 Kết cấu phụ

Ngoài cầu thang, đồ án còn một số kết cấu phụ cần tính và thể hiện trong thuyết minh. Nguyên tắc chung: xác định tải trọng $\rightarrow$ chọn sơ đồ tính (ví dụ *console* hoặc dầm đơn giản) $\rightarrow$ tính nội lực $\rightarrow$ bố trí thép.

8.5.1 Lanh tô (lintel)

Lanh tô là dầm nhỏ nằm trên cửa đi, cửa sổ, chịu tải trọng tường xây phía trên và tải trọng bản thân, rồi truyền vào tường hai bên. Thông thường chiều cao lanh tô lấy bằng chiều cao dầm cửa ($150 \div 200$ mm), bề rộng bằng bề rộng tường. Cần kiểm tra:

- Cốt thép dọc chịu mô men (nhập tính toán bằng khoảng thông thủy + chiều sâu ngàm vào tường);
- Cốt thép đai cấu tạo $\phi 6 a150$;
- Tải trọng tường trên lanh tô lấy theo *chiều cao quy đổi* $h_{qd} = \min(h_t, L/3)$, với h_t là chiều cao tường thực.

8.5.2 Ô văng (canopy)

Ô văng là **bản console** hất ra khỏi mặt đứng, chịu tải trọng bản thân, lớp hoàn thiện và hoạt tải mái. Sơ đồ tính là *console* với:

$$M_{goc} = \frac{q l^2}{2}, \quad Q_{goc} = q l \quad (8.19)$$

với l là chiều dài hất ra. Thép chịu lực bố trí **lớp trên** (đúng vị trí chịu kéo của console) và neo vào dầm/sàn đủ chiều dài.

Lưu ý

Lưu ý cấu tạo thép Ô văng (Console):

Thép chịu lực chính của bản ô văng **BẮT BUỘC** phải đặt ở **lớp trên** và *kéo dài* vào trong dầm/bản sàn phía trong với chiều dài đủ lớn để chịu mô men âm và chống lật: đoạn kéo dài vào gối $\geq 1,5 l_{console}$ (với $l_{console} = 1,2$ m ở ví dụ dưới $\Rightarrow \geq 1800$ mm). Cần phân biệt **hai tiêu chí khác nhau** (không mâu thuẫn, phải thỏa mãn *đồng thời* và lấy giá trị *lớn hơn*):

- **Chiều dài kéo dài** vào gối để chịu mô men âm: $\geq 1,5 l_{console} = 1800$ mm – *không chế* ở ví dụ này;
- **Chiều dài neo** của thanh thép: $l_{an} \geq 30d = 30 \times 8 = 240$ mm (đủ để thép bám dính và phát huy lực kéo).

Sinh viên tuyệt đối không được bẻ móc quặp xuống ngay tại mép dầm ngoài cùng một cách hời hợt.

Ví dụ: Tính và bố trí thép ô văng

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Số liệu	Ô văng hất ra $l = 1,2$ m; dày 100 mm; tải $q = 4,5$ kN/m	Console 1 đầu ngàm
1. Mô men tại gối	$M_{goc} = \frac{q l^2}{2} = \frac{4,5 \times 1,2^2}{2}$	$M_{goc} = 3,24$ kNm/m
2. Lực cắt tại gối	$Q_{goc} = q l = 4,5 \times 1,2$	$Q_{goc} = 5,4$ kN/m
3. Chiều cao làm việc	$h_0 = h - a = 100 - 25$ (thép lớp trên)	$h_0 = 75$ mm

4. Tính thép	$\alpha_m = \frac{3,24 \times 10^6}{14,5 \times 1000 \times 75^2}; \zeta \approx 0,98 \quad A_s \approx 170 \text{ mm}^2/\text{m}$ (với $R_s = 260 \text{ MPa}$, CB300-V); $A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0}$	
5. Chọn thép lớp TRÊN	$\phi 8 a200 (A_s = 251 \text{ mm}^2/\text{m})$	Bố trí lớp trên
6. Neo thép	Chiều dài neo $l_{an} \geq 30d = 30 \times 8 = 240 \text{ mm}$; nhưng chiều dài kéo dài vào gối không chế: $\geq 1,5 l = 1,5 \times 1200$	Lấy $l \geq 1800 \text{ mm}$ (theo kéo dài vào gối)
7. Kiểm tra độ võng	$f = \frac{ql^4}{8EI}$ với $E_b = 3 \times 10^4 \text{ MPa}$; $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1000 \times 100^3}{12} = 8,33 \times 10^7 \text{ mm}^4$	$f \approx 0,47 \text{ mm} \ll [f] = \frac{2l}{250} = 9,6 \text{ mm} - \text{ĐẠT}$

Sai hỏng thường gặp

Lỗi kinh điển của ô văng (console): đặt cốt thép chịu lực ở lớp dưới giống dầm thường. Console chịu mô men âm $\Rightarrow$ cốt thép chịu lực **phải ở lớp trên**. Đây là câu hỏi bảo vệ rất hay gặp.

8.5.3 Sê-nô và mái dốc

Sê-nô là dầm/bản nhỏ đỡ mái dốc ở mép công trình, chịu tải trọng mái truyền xuống. Sơ đồ tính thường là *console* hoặc *dầm đơn giản* tựa lên tường/dầm. Cần lưu ý:

- Tải trọng mái (tôn, ngói, xà gồ) truyền xuống sê-nô theo *diện tích hứng tải*, không phải theo toàn bộ chiều dài mái;
- Kiểm tra độ võng đầu hất ra – đây là cấu kiện **nhạy cảm với võng**, vì võng nhiều sẽ làm nứt lớp trát và thấm;
- Cốt thép chịu lực bố trí **lớp trên** nếu là console (xem mục ô văng).

Lưu ý

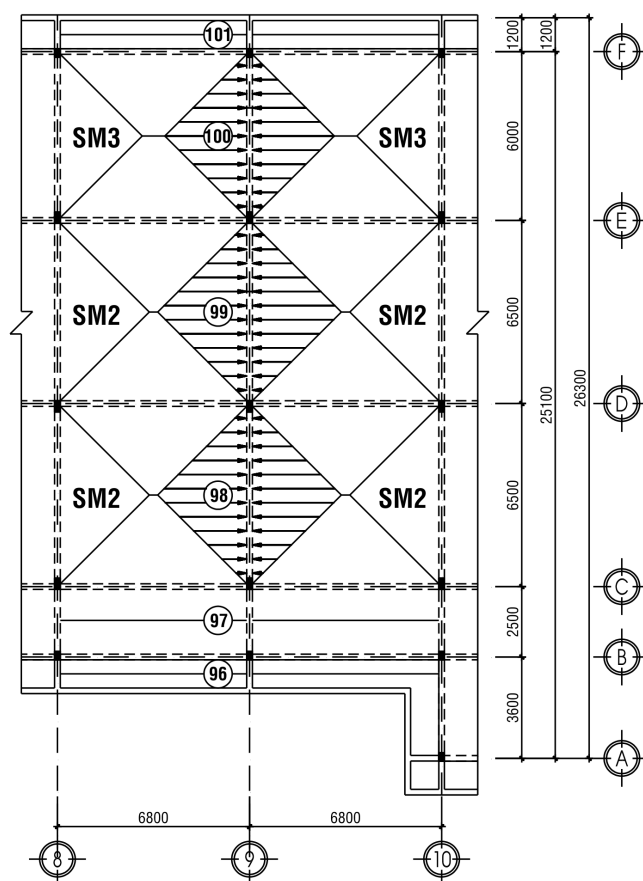
So sánh hình 8.1 (sàn mái) với hình 3.6 (sàn tầng, Chương 3): nguyên tắc truyền tải **giống hệt nhau**. Chỉ khác *giá trị* tải trọng (mái nhẹ hơn, có thể có tải gió hút thay vì hoạt tải người). Hiểu được điều này thì không phải học lại từ đầu cho sàn mái.

8.5.4 Máng nước và sê-nô thu nước

Máng thu nước mưa ở mép mái làm việc như một dầm nhỏ chịu tải phân bố, đồng thời phải đảm bảo **độ dốc thoát nước** (thường $\geq 1\%$). Đây là chi tiết hay bị bỏ sót nhưng hội đồng thi công thường hỏi khi bảo vệ.

8.5.5 Hồ thang máy

Hồ thang máy là kết cấu chịu tải trọng *động* (thang máy, lực hãm) và tải trọng ngang. Thông thường hồ thang được làm bằng **vách bê tông cốt thép** (vách ngăn) để đảm bảo độ cứng và chống rung.



Hình 8.1: Sơ đồ truyền tải từ *sàn mái* (SM) vào dầm khung – cùng nguyên tắc đường phân giác 45° như sàn tầng. Bản vẽ gốc của sổ tay dùng lưới nhịp 6,8 m; sách đã thống nhất lưới $6,0 \times 7,5$ m – kích thước lấy theo văn bản Chương 2.

Lưu ý

Các kết cấu phụ trên không cần tính quá chi tiết nếu Khoa không yêu cầu, nhưng **nên thể hiện đủ** trong thuyết minh và bản vẽ để đồ án được đánh giá là hoàn chỉnh.

8.6 Kiểm tra điều kiện sử dụng

8.6.1 Kiểm tra độ võng bản thang

Điều kiện: $f \leq [f]$, với $[f] = L/250 = 3600/250 = 14,4$ mm cho bản tính theo sơ đồ đàn hồi. Kiểm tra nhanh theo tỷ số $L_{tt}/h_{bt} = 3600/140 = 25,7$ – nằm trong khoảng hợp lý $25 \div 30$ cho bản thang một phương $\Rightarrow$ **đạt** về độ cứng.

8.6.2 Kiểm tra bề rộng vết nứt

Tương tự Chương 5: điều kiện $a_{crc} \leq [a_{crc}] = 0,3$ mm (trong nhà). Với hàm lượng thép hợp lý và thép có gờ CB300-V, kiểm tra sơ bộ thỏa mãn.

Ghi chú cho GVHD

Cầu thang là cấu kiện “nhỏ” nhưng hội đồng rất hay hỏi, vì nó phơi bày hiểu biết bản chất của sinh viên. Ba câu hỏi gần như *chắc chắn* xuất hiện:

1. “Vì sao phải quy đổi tĩnh tải mà không quy đổi hoạt tải?”;
2. “Cốt thép ở vị trí góc gãy bố trí thế nào? Vì sao?”;
3. “Ô văng (console) thì thép chịu lực ở lớp nào?”.

Sinh viên trả lời được 3 câu này $\Rightarrow$ cầu thang “ăn điểm”.

Tóm tắt chương

Chương đã trình bày: lựa chọn cầu thang CT1 (2 vế, bản bằng toàn khối); thông số hình học và kiểm tra độ dốc; quy đổi tải trọng từ phương nghiêng về phương ngang $\rightarrow$ xác định nội lực $\rightarrow$ tính và bố trí cốt thép cho bản thang, bản chiếu nghỉ và dầm chiếu nghỉ; bổ sung kiến thức về các kết cấu phụ (lanh tô, ô văng, sê-nô – máng nước mái, hồ thang máy). Kết quả này hoàn tất phần *Kết cấu* (60%) của đồ án, tạo tiền đề cho Chương 9 (trình bày và bảo vệ).

8.7 Yêu cầu thể hiện bản vẽ

Ghi chú cho GVHD

Bản vẽ Cầu thang (có thể ghép chung khổ A1 với dầm phụ hoặc cấu kiện khác) phải thể hiện sự am hiểu về cấu tạo không gian:

- **Mặt bằng bố trí thép:** Tỷ lệ 1/50. Thể hiện rõ hướng đi lên, kích thước bậc, bề rộng bản thang, chiếu nghỉ.
- **Mặt cắt dọc cầu thang:** Tỷ lệ 1/20. Đây là hình vẽ quan trọng nhất, phải thể hiện rõ góc gãy, sự neo nối cốt thép lớp trên/lớp dưới giữa bản thang và chiếu nghỉ, dầm chân thang.
- **Mặt cắt ngang dầm chiếu nghỉ:** Tỷ lệ 1/20.
- **Thống kê cốt thép:** Thống kê chi tiết toàn bộ cốt thép bản thang, dầm chiếu nghỉ.

Chương 9

Trình bày, bảo vệ đồ án và Câu hỏi thường gặp

9.1 Kỹ năng trình bày thuyết minh

Thuyết minh đồ án là *ấn tượng đầu tiên* của hội đồng. Một thuyết minh đúng quy cách, mạch lạc giúp hội đồng đọc theo đúng mạch tư duy của người làm, từ đó đánh giá đúng năng lực.

9.1.1 Cấu trúc chuẩn của một thuyết minh

Quy trình

Trình tự nên có:

1. **Đặt vấn đề:** giới thiệu công trình, địa điểm, quy mô, nhiệm vụ.
2. **Cơ sở thiết kế:** tiêu chuẩn áp dụng, vật liệu, số liệu địa chất.
3. **Lựa chọn giải pháp kết cấu:** so sánh – luận cứ – kết luận.
4. **Xác định tải trọng:** tĩnh tải, hoạt tải, gió, động đất.
5. **Sơ bộ tiết diện:** sàn, dầm, cột, vách.
6. **Tính sàn → khung → móng → cầu thang.**
7. **Kiểm tra tổng thể:** chuyển vị, lệch tầng, ổn định.
8. **Kết luận – kiến nghị.**
9. **Tài liệu tham khảo, phụ lục.**

9.1.2 Quy cách trình bày

- **Đơn vị:** thống nhất toàn sách – lực (kN), chiều dài (mm hoặc m), mô men (kNm), ứng suất (MPa). *Không* trộn đơn vị trong cùng một bài toán.
- **Bảng biểu:** mỗi bảng phải có *số thứ tự* và *tiêu đề* ở trên bảng; có nguồn số liệu; có dòng “tổng cộng” nếu là bảng tính.

- **Hình vẽ:** có số thứ tự và chú thích ở *dưới* hình; hình phải rõ, có tỷ lệ, ghi đầy đủ kích thước và cao độ.
- **Công thức:** đánh số công thức; nêu rõ *ý nghĩa từng ký hiệu* và *đơn vị*; ghi nguồn tiêu chuẩn.
- **Đánh số chương/mục:** ba cấp (Chương – Mục – Tiểu mục), thống nhất giữa mục lục và nội dung.

Sai hỏng thường gặp

Các lỗi trình bày khiến hội đồng *mất điểm ngay từ khi lật trang*:

- Chương/mục lục **không khớp** với nội dung (do chèn thêm mà quên cập nhật).
- Trộn đơn vị: bảng ghi kN nhưng công thức thay số kNm.
- Bảng/hình **không có số hiệu** hoặc số hiệu nhảy cách (Bảng 3.1 rồi Bảng 3.5).
- Chèn ảnh chụp màn hình mờ, không đọc được số liệu, không có tỷ lệ.
- Sao chép thuyết minh mẫu nhưng **quên đổi tên công trình**, địa chỉ.

9.2 Kỹ năng bảo vệ

9.2.1 Chuẩn bị slide bảo vệ

Slide bảo vệ **không phải** là bản thu nhỏ của thuyết minh. Nguyên tắc: *ít chữ – nhiều hình – nêu đúng con số quan trọng*.

Bảng 9.1: Gợi ý bố cục slide bảo vệ (khoảng 10–15 phút trình bày)

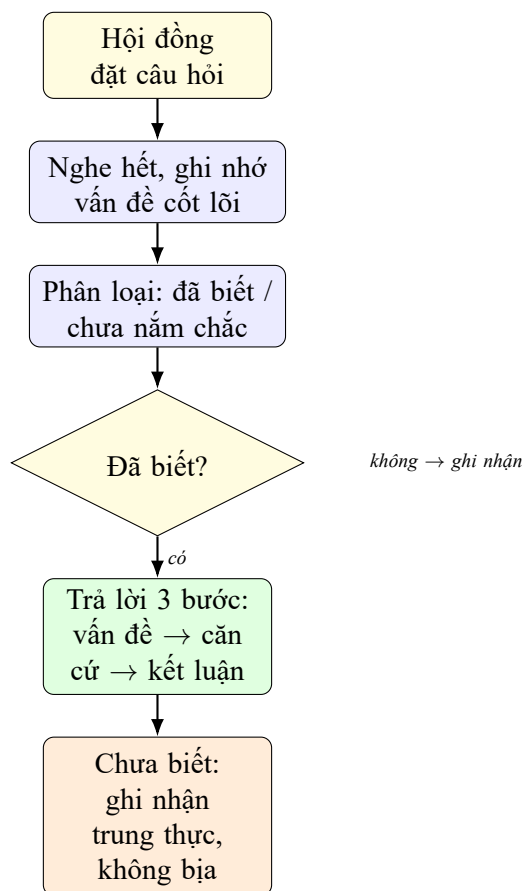
Slide	Nội dung	Gợi ý thời lượng
1	Trang bìa: tên đề tài, công trình, GVHD	30 giây
2	Giới thiệu công trình (vị trí, quy mô, công năng)	1 phút
3	Số liệu địa chất & giải pháp kết cấu đã chọn	1,5 phút
4	Tải trọng: gió, động đất (phổ phản ứng)	1,5 phút
5–6	Tính sàn: lưới, mô men, bố trí thép	2 phút
7–8	Tính khung: nội lực, kiểm tra chuyển vị/lệch tầng	2,5 phút
9–10	Móng: sức chịu tải cọc, kiểm tra lún	2 phút
11	Cầu thang & kết cấu phụ	1 phút
12	Kết luận – kiến nghị	1 phút

Lưu ý

Một mẹo rất hiệu quả: chuẩn bị **2–3 slide dự phòng** (“backup”) ở cuối file về những chủ đề hội đồng hay hỏi (hàm lượng thép, chọc thủng, độ võng, neo thép). Khi bị hỏi, mở thẳng slide backup ra trả lời $\Rightarrow$ ghi điểm chuyên nghiệp.

9.2.2 Xử lý câu hỏi của hội đồng

- **Nghe hết câu hỏi rồi mới trả lời.** Không ngắt lời.
- **Trả lời theo trình tự 3 bước:** (1) khẳng định vấn đề – (2) nêu căn cứ/công thức/tiêu chuẩn – (3) kết luận kèm số liệu cụ thể.
- **Không biết thì nói thẳng** “Em chưa nắm chắc phần này, em xin ghi nhận và tìm hiểu thêm” – tuyệt đối *không* bịa hoặc nói vòng vo.
- **Không tranh cãi** với hội đồng. Nếu hội đồng nêu ý khác, tiếp thu và diễn giải lại theo cách hiểu của mình để xác nhận.



Hình 9.1: Lưu đồ xử lý câu hỏi phản biện của hội đồng

Ghi chú cho GVHD

Ba dấu hiệu hội đồng dùng để phân biệt sinh viên “hiểu” và “làm theo mẫu”:

1. Sinh viên có *tự kiểm chứng* kết quả phần mềm bằng tính tay không?
2. Sinh viên có *luận cứ* cho mỗi lựa chọn (vì sao B25, vì sao cọc $D = 1,0\text{ m}$)?
3. Sinh viên có *đọc và hiểu* tiêu chuẩn mình viện dẫn không, hay chỉ trích dẫn?

9.3 Câu hỏi thường gặp

Dưới đây là ngân hàng câu hỏi được tổng hợp và *phân loại theo chương*, kèm gợi ý trả lời cốt lõi. Sinh viên nên tự trả lời bằng lời của mình trước khi đọc gợi ý.

9.3.1 Nhóm câu hỏi về sàn (Chương 5)

Đây là nhóm câu hỏi phổ biến nhất, vì sàn là nơi thể hiện rõ nhất hiểu biết về *sơ đồ làm việc* và *bản chất vật lý* của kết cấu.

Câu 1. Sơ đồ truyền tải từ sàn vào dầm rồi vào cột diễn ra thế nào? Chuỗi truyền lực: *sàn* → *dầm* → *cột* → *móng*. Ba giai đoạn:

1. **Sàn** → **dầm (tải mặt)**: nếu $L_2/L_1 > 2$ (bản dầm), tải truyền theo cạnh ngắn dạng *phân bố đều* vào hai dầm; nếu $L_2/L_1 \leq 2$ (bản kê), tải chia cho bốn dầm – dầm cạnh ngắn nhận tải hình *tam giác*, dầm cạnh dài nhận tải hình *thang* (kẻ đường phân giác 45°).
2. **Dầm** → **cột (tải đường)**: dầm gánh tải từ sàn + trọng lượng bản thân + tường trên dầm, sinh phản lực ở gối → lực tập trung truyền vào cột.
3. **Cột** → **móng (tải điểm)**: lực cộng dồn từ trên xuống, tạo lực nén dọc trục, truyền xuống móng.

Câu 2. Thế nào là sàn “bản kê” và “bản dầm”? Tiêu chí phân biệt? Tiêu chí cốt lõi là *tỷ số* L_2/L_1 :

- $L_2/L_1 > 2$: **bản dầm** (làm việc một phương) – độ võng chủ yếu theo cạnh ngắn; tính bằng cách cắt dải bản rộng 1 m theo cạnh ngắn.
- $L_2/L_1 \leq 2$: **bản kê** (làm việc hai phương) – võng cả hai phương như “mặt chảo”; tính bằng *tra bảng 9 sơ đồ liên kết*.

Bản chất vật lý: độ cứng chống uốn $K \sim 1/L^3$, nên dải theo cạnh ngắn cứng hơn rất nhiều; tải luôn truyền theo đường *cứng nhất*. Khi $L_2/L_1 > 2$, hơn 95% tải truyền theo cạnh ngắn ⇒ bỏ qua phương còn lại.

Câu 3. Tại sao có mô men âm ở gối và mô men dương ở nhịp? Do *tính liên tục* của sàn BTCT toàn khối đổ liền khối qua nhiều dầm.

- **Tại giữa nhịp**: sàn võng xuống nhiều nhất → thớ dưới bị kéo → *mô men dương* ⇒ cần **thép lớp dưới (thép bụng)**.
- **Tại gối**: nhịp hai bên võng xuống sẽ “nhấc” phần sàn trên dầm võng lên → thớ trên bị kéo → *mô men âm* ⇒ cần **thép lớp trên (thép mũ)**.

Nếu các tấm sàn *độc lập* gác lên hai dầm thì chỉ có mô men dương – mô men âm chỉ xuất hiện khi kết cấu *liên tục* qua gối.

Câu 4. Tại sao phải xét sơ đồ hoạt tải “ô cò”? Vì hoạt tải *có thể có hoặc không* và *thay đổi vị trí*. Chất đầy hoạt tải lên toàn sàn **không** cho nội lực nguy hiểm nhất:

- **Để có M^+ cực đại ở nhịp đang xét:** đặt hoạt tải lên nhịp đó, *dỡ* hoạt tải ở hai nhịp kế bên (tải ở nhịp bên gây M^- tại gối, làm giảm võng nhịp đang xét).
- **Để có M^- cực đại ở gối:** đặt hoạt tải lên *cả hai* nhịp kế gối đó.

Sơ đồ “ô cò” (xen kẽ như bàn cờ) là cách mô phỏng tổng hợp các trường hợp bất lợi này. Trong ETABS/SAP2000 có tùy chọn *Pattern Live Load* để tự động hóa.

Câu 5. Chọn sơ bộ chiều dày sàn dựa trên cơ sở nào? Công thức kinh nghiệm: $h_s = \frac{D}{m} L_{ngan}$, với $D \approx 1$ và m phụ thuộc sơ đồ làm việc:

- Bản kê 4 cạnh (sàn dầm): $m = 40 \div 45$;
- Bản dầm (1 phương): $m = 30 \div 35$;
- Sàn console (ban công, ô văng): $m = 10 \div 12$ (cần cứng hơn nhiều).

Mục đích chính: không chế *độ võng* (TTGH2), *không phải* để bảo đảm độ bền. Độ bền có thể bù bằng thép, nhưng độ cứng chống võng phụ thuộc chủ yếu vào chiều dày ($I \sim h_s^3$). Chọn quá mỏng $\Rightarrow$ võng quá $[L/250]$; chọn quá dày $\Rightarrow$ không kinh tế và làm tăng tải cho dầm, cột, móng.

Câu 6. Tải trọng trên sàn gồm những thành phần nào? Lấy ở đâu?

- **Tĩnh tải G :** (a) trọng lượng bản thân kết cấu – để phần mềm tự tính từ tiết diện và γ_b ; (b) lớp hoàn thiện + tường ngăn – tính tay theo bản vẽ cấu tạo, quy đổi ra kN/m^2 (hoặc gán tải đường cho tường).
- **Hoạt tải P :** tra **Bảng F.1, TCVN 2737:2023** theo công năng: văn phòng $2,0 \text{ kN/m}^2$; hành lang/sảnh/cầu thang $3,0 \text{ kN/m}^2$; ban công $4,0 \text{ kN/m}^2$; sàn mái có sử dụng $2,0 \text{ kN/m}^2$.
- **Phân biệt:** tiêu chuẩn (g^{tc}, q^{tc}) dùng cho TTGH2 (võng, nứt); tính toán (g^{tt}, q^{tt}) = tiêu chuẩn $\times$ hệ số vượt tải, dùng cho TTGH1 (bền, bố trí thép).

Câu 7. Khi cắt riêng ô sàn để tính tay, giả thiết liên kết biên là gì? Phụ thuộc điều kiện thực tế từng cạnh:

- **Biên liên tục** (tiếp giáp ô sàn khác): thực tế là *ngàm đàn hồi*; để tính tay giả thiết **ngàm tuyệt đối** – đơn giản và *thiên về an toàn* cho mô men âm tại gối.
- **Biên gián đoạn** (cạnh ngoài công trình): thực tế cũng liên khối với dầm biên nhưng *không có ô sàn bên kia* để cân bằng $\Rightarrow$ giả thiết **khớp** (hoặc ngàm có mức độ), thiên về an toàn cho mô men dương.

Câu 8. Tính tay nội lực sàn bản kê bằng phương pháp nào? Phổ biến nhất là **phương pháp tra bảng** cho 9 sơ đồ liên kết điển hình (theo sơ đồ đàn hồi): mô men xác định theo $M = \alpha_i q L_1 L_2$, với α_i tra bảng theo tỷ số L_2/L_1 và sơ đồ liên kết. Kết quả dùng để *đối chiếu* với SAFE/ETABS.

Câu 9. Thép mũ và thép bụng đặt ở đâu, chịu lực gì?

- **Thép bụng (lớp dưới):** chịu mô men dương ở giữa nhịp (thở dưới chịu kéo).
- **Thép mũ (lớp trên):** chịu mô men âm ở gối (thở trên chịu kéo).

Bố trí 2 lớp thép là hệ quả trực tiếp của tính liên tục của sàn.

Câu 10. Tính cốt thép sàn dựa trên tiết diện nào? Tiết diện chữ nhật $b \times h$ với $b = 1000$ mm (dài bản rộng 1 m), tính theo trường hợp cốt đơn (chỉ có cốt thép chịu kéo), vì bê tông vùng nén đủ khả năng. Chiều cao làm việc $h_0 = h_s - a$ (lớp bảo vệ + nửa đường kính thép).

Câu 11. Trình tự tính cốt thép sàn?

1. $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2}$;
2. Kiểm tra $\alpha_m \leq \alpha_R$ (nếu vượt $\Rightarrow$ tăng h_s hoặc cốt kép);
3. $\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$;
4. $A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0}$;
5. Chọn đường kính – khoảng cách; kiểm tra hàm lượng $\mu_{min} \leq \mu \leq \mu_{max}$.

Câu 12. Chọn đường kính và khoảng cách cốt thép sàn dựa trên gì?

- Đường kính: thường $\phi 6 \div \phi 12$ cho sàn; sàn dày dùng $\phi 10 \div \phi 12$; nên dùng ít loại đường kính để thuận thi công.
- Khoảng cách: tính từ $s = A_1 b / A_s$; thường chọn $a = 100 \div 200$ mm.
- Ràng buộc cấu tạo: $s \leq \min(1,5h_s; 200\text{mm})$ cho thép chịu lực; thép phân bố $s \leq 250 \div 350$ mm.

Câu 13. Đoạn cắt cốt thép mũ xác định thế nào? Theo kinh nghiệm: cắt thép mũ cách mép dầm một đoạn $l \geq L/4$ (với L là nhịp tính toán của ô sàn, tính từ mép gối), đủ để bao phủ biểu đồ mô men âm. Với sàn có nhiều nhịp, đoạn kéo dài lấy theo biểu đồ bao mô men, thường không nhỏ hơn $L/4$.

Câu 14. Với sàn sườn, cần kiểm tra những gì theo các trạng thái giới hạn?

- **TTGH1 (bền):** tính và bố trí cốt thép chịu uốn; kiểm tra hàm lượng thép; kiểm tra cắt (thường bê tông đủ chịu cắt với sàn); kiểm tra neo cốt thép.
- **TTGH2 (sử dụng):** kiểm tra độ võng $f \leq [f]$; kiểm tra bề rộng vết nứt $a_{crc} \leq [a_{crc}]$.

Câu 15. Tại sao kiểm tra độ võng quan trọng với mọi loại sàn? Vì độ võng ảnh hưởng điều kiện sử dụng: võng lớn gây rung, nứt tường ngăn, bong tróc lớp hoàn thiện, cảm giác bất an. Điều kiện $f \leq [f] = L/250$ (hoặc $L/150$ tối đa theo TCVN 5574:2018) áp dụng cho mọi cấu kiện chịu uốn, không chỉ sàn.

Câu 16. Sàn sườn có cần kiểm tra chọc thủng không? Không – chọc thủng là kiểm tra đặc trưng của *sàn phẳng* (không dầm), nơi lực tập trung từ cột có thể “đẩy thủng” bản. Với sàn sườn truyền thống, tải đã được dầm gánh nên *không* kiểm tra chọc thủng bản sàn. (Ngược lại, đài cọc *có* kiểm tra chọc thủng – xem Chương 7.)

Câu 17. Hàm lượng cốt thép tối thiểu trong sàn có ý nghĩa gì? μ_{min} đảm bảo bê tông không nứt đột ngột khi chịu kéo (bê tông chịu kéo rất kém), đồng thời chống co ngót – nhiệt độ. Nếu $\mu < \mu_{min} \Rightarrow$ lấy $A_s = \mu_{min}bh_0$. Hàm lượng quá lớn ($\mu > \mu_{max}$) $\Rightarrow$ khó đổ, không kinh tế, phá hoại giòn.

Câu 18. So sánh kết quả tính tay (tra bảng) và phần mềm? Chênh lệch thường trong khoảng 10–20% do khác biệt giả thiết liên kết (ngàm tuyệt đối vs. ngàm đàn hồi) và mô hình phân tử hữu hạn. Điều quan trọng là phải *giải thích được* nguyên nhân chênh lệch và *lấy giá trị bao* (giá trị lớn hơn) để thiết kế.

Câu 19. Khi nào chọn sàn sườn, khi nào chọn sàn phẳng?

- **Sàn sườn:** nhịp vừa ($\leq 8 \div 9$ m), tải lớn, cần che dầm bằng trần; kinh tế, phổ biến ở nhà ở, văn phòng thông thường.
- **Sàn phẳng (không dầm):** cần *thông thủy* trần, giảm chiều cao tầng, tăng tốc thi công (cốp pha phẳng, lắp ghép nhanh); nhưng *phải* kiểm tra chọc thủng và dùng bê tông mác cao hơn.

Câu 20. Xu hướng thiết kế sàn hiện đại? Bê tông mác cao hơn, sàn phẳng/ sàn ứng lực trước để giảm chiều dày; mô hình hóa chính xác (mô hình phân tử hữu hạn, phân tích *phi tuyến* khi cần); phối hợp BIM để đồng bộ kiến trúc – kết cấu – MEP; chú trọng *bền vững* – giảm vật liệu, giảm phát thải.

9.3.2 Nhóm câu hỏi về tải trọng và động đất (Chương 3)

- **Phân biệt gió tĩnh và gió động?** Gió tĩnh coi áp lực gió là tải tĩnh lên mặt đón gió; gió động kể đến *thành phần động* của áp lực gió gây dao động kết cấu (xét theo chu kỳ và độ cản dao động).
- **Khi nào phải tính động đất?** Theo TCVN 9386-1:2025, công trình được phân cấp theo *cấp công trình* và *gia tốc nền* a_g . Với nhà cao tầng ở Đà Nẵng, thường phải tính động đất.
- **Các phương pháp phân tích động đất?** Phương pháp *tĩnh tương đương* (hợp lý cho nhà thấp, đều đặn), phương pháp *phổ phản ứng* (phổ biến nhất), và phương pháp *phân tích theo lịch sử thời gian* (không gian phi tuyến, cho công trình quan trọng/không đều đặn).
- **Tổ hợp tải trọng theo TCVN 9386-1:2025?** Nội lực động đất kết hợp với tĩnh tải và hoạt tải dài hạn theo quy tắc tổ hợp, kể đến hệ số tổ hợp ψ .

9.3.3 Nhóm câu hỏi về khung, cột, vách (Chương 6)

- **Vì sao chọn hệ khung – vách thay vì khung thuần?** Vách cứng có độ cứng chống uốn theo phương ngang rất lớn, giúp không chế chuyển vị đỉnh và lệch tầng hiệu quả cho nhà cao tầng.

- **Cách xác định cốt thép cột?** Đặt cột vào *tổ hợp nội lực bất lợi nhất* (nén – uốn); tính cốt thép theo *trường hợp nén lệch tâm* (lệch tâm lớn hoặc bé tùy vị trí trục trung hòa).
- **Kiểm tra lệch tầng?** $\Delta_i/h \leq [\Delta/h]$ theo TCVN 9386-1:2025.
- **Kiểm tra chuyển vị đỉnh?** $u_{top}/H \leq$ giới hạn (thường 1/500 hoặc theo quy định); kiểm tra theo *cả tổ hợp gió và động đất*.

9.3.4 Nhóm câu hỏi về móng (Chương 7)

- **Vì sao chọn cọc khoan nhồi?** Lớp đất tốt ở sâu, tải lớn; cọc khoan nhồi tạo được đường kính – chiều dài lớn, ít chấn động, chịu tải tốt.
- **Sức chịu tải cọc lấy theo giá trị nào?** Lấy giá trị *nhỏ hơn* giữa sức chịu tải theo vật liệu và theo đất nền.
- **Kiểm tra đài cọc gồm những gì?** Cường độ cọc trong đài (nén – kéo); chọc thủng cột – đài và cọc – đài; cường độ trên tiết diện nghiêng (cắt); độ lún móng khối quy ước.

9.3.5 Nhóm câu hỏi về cầu thang (Chương 8)

- **Vì sao phải quy đổi tĩnh tải mà không quy đổi hoạt tải?** Tĩnh tải của bản *nghiêng* phải chiếu về *hình chiếu bằng* (hệ số $k = 1/\cos \alpha$); hoạt tải đã nằm trên hình chiếu bằng nên không quy đổi.
- **Cốt thép tại góc gãy (bản thang – chiều nghiêng)?** Bố trí thép gia cường *chéo*, cả lớp trên và lớp dưới, để chống tập trung ứng suất gây nứt.
- **Ô văng (console) thì thép chịu lực ở lớp nào?** Lớp trên – vì console chịu mô men âm (căng thớ trên).

9.4 Thang chấm điểm (rubric)

Rubric dưới đây do hội đồng đề xuất, dùng cho cả sinh viên *tự đánh giá* trước khi nộp và giảng viên *chấm thống nhất*. Thang điểm thô 100, quy đổi theo trọng số phần Kết cấu: khối Kết cấu chiếm **60% điểm đồ án**, gồm **Khung thân 35%** và **Nền móng 25%** (cơ cấu điểm đầy đủ xem Chương 1).

Bảng 9.2: Rubric chấm phần Kết cấu của DATN (thang 100 điểm)

Tiêu chí	Điểm	Mức	Mô tả mức đạt
1. Giải pháp & luận cứ	15	Xuất sắc (13–15)	So sánh ≥ 2 phương án, luận cứ thuyết phục, có số liệu.
		Khá (10–12)	Có so sánh nhưng luận cứ còn mỏng.
		TB (7–9)	Nêu 1 phương án, không so sánh.
2. Tải trọng	15	Xuất sắc (13–15)	Đủ tĩnh, hoạt, gió, động đất; đúng TCVN 2737:2023 & 9386-1:2025.

(còn tiếp trang sau)

(Bảng 9.2 – tiếp theo)

Tiêu chí	Điểm	Mức	Mô tả mức đạt
		Khá (10–12) TB (7–9)	Đủ tải nhưng động đất sơ sài. Thiếu gió hoặc động đất; sai hệ số.
3. Tính sàn	20	Xuất sắc (17–20) Khá (13–16) TB (9–12)	Nội lực – thép – kiểm tra vòng/nút đầy đủ; <i>có đối chiếu tính tay</i> . Đủ bước nhưng không đối chiếu. Thiếu kiểm tra TTGH2.
4. Khung, cột, vách	20	Xuất sắc (17–20) Khá (13–16) TB (9–12)	Bố trí thép dầm – cột, kiểm tra chuyển vị đỉnh & lệch tầng đạt. Đủ nhưng thiếu 1 kiểm tra tổng thể. Không kiểm tra tổng thể.
5. Móng	15	Xuất sắc (13–15) Khá (10–12) TB (7–9)	SCT cọc đúng TCVN 10304:2025; kiểm tra đài & lún đầy đủ. Đủ nhưng dùng số hiệu tiêu chuẩn cũ. Thiếu kiểm tra lún/chọc thùng.
6. Cầu thang, dầm phụ & phụ	5	Xuất sắc (5) Khá (4) TB (2–3)	Tính đủ bản thang, chiều nghỉ, dầm CN, dầm phụ (nếu có); cầu tạo góc gãy đúng. Thiếu cầu tạo góc gãy. Chỉ tính bản thang.
7. Trình bày & bảo vệ	10	Xuất sắc (9–10) Khá (7–8) TB (5–6)	Thuyết minh – bản vẽ đúng quy cách; trả lời phản biện tự tin, có căn cứ. Trình bày được nhưng còn lúng túng khi phản biện. Nhiều lỗi trình bày; yếu khi phản biện.
Tổng	100		

Lưu ý

Liên hệ cơ cấu điểm toàn đồ án: khối Kết cấu chiếm **60%** điểm đồ án, gồm **Khung thân 35%** và **Nền móng 25%** (Chương 1). Thang 100 của rubric là *phân bố nội bộ* của khối 60% này: các tiêu chí 1–4, 6–7 thuộc phần Khung thân, tiêu chí 5 (Móng) thuộc phần Nền móng. Vì vậy điểm của một tiêu chí trong bảng *không* bằng trọng số 35%/25% ở cấp toàn đồ án – muốn ra điểm cấp đồ án phải nhân tiếp với hệ số 0,60.

Ba tiêu chí *phân hóa* mạnh nhất là (1) luận cứ giải pháp, (3) đối chiếu tính tay – phần mềm, và (4) kiểm tra tổng thể. Đây cũng chính là ba câu hỏi “chốt” của hội đồng – sinh viên nên

chủ động trình bày trước khi bị hỏi.

Sai hỏng thường gặp

Lỗi chí mạng: nộp thuyết minh và bản vẽ *không khớp* (bản vẽ thép $\phi 12$ nhưng thuyết minh ghi $\phi 10$; hoặc bảng “tổng cộng” cộng sai). Hội đồng phát hiện một chỗ sai số là mất điểm toàn chương tương ứng.

Ghi chú cho GVHD

Khi chấm, hội đồng nên *thống nhất rubric trước* để tránh mỗi người chấm một kiểu. Rubric này là bản gợi ý – Khoa có thể điều chỉnh trọng số cho phù hợp với đặc thù từng học kỳ. Điểm tối đa không nên ưu ái cho hình thức bắt mắt mà bỏ qua chất lượng luận cứ kỹ thuật.

Tóm tắt chương

Chương đã cung cấp: kỹ năng trình bày thuyết minh và quy cách bảng – hình – công thức; kỹ năng bảo vệ (slide, xử lý câu hỏi); **ngân hàng câu hỏi thường gặp** được phân loại theo chương (sàn, tải trọng – động đất, khung – cột – vách, móng, cầu thang); và **rubric chấm điểm** chi tiết dùng cho cả sinh viên tự đánh giá lẫn giảng viên chấm thống nhất.

Chương 10

Phần Thi công trong ĐATN: định vị và giới hạn

10.1 Vì sao có chương này?

Đồ án tốt nghiệp gồm ba phần. Cơ cấu điểm phụ thuộc *nhóm đồ án*: nhóm **Kết cấu** – Kiến trúc 15%, Kết cấu 60% (Khung thân 35% + Nền móng 25%), Thi công 25%; nhóm **Thi công** – Kiến trúc 15%, Kết cấu 25%, Thi công 60% (xem Chương 1). Sách này do tôi thực hiện (phụ trách phần Kết cấu), nên chương chỉ có mục đích **định vị** phần Thi công (sản phẩm của thầy bàn giao cho sinh viên đúng chỗ) chứ **không hướng dẫn chi tiết** các môn do bộ môn khác phụ trách.

Ghi chú cho GVHD

Phần Thi công và Kiến trúc **không nằm trong phạm vi sách này**. Khi chấm, các phần đó do giảng viên bộ môn tương ứng đánh giá. Sách chỉ giúp sinh viên hiểu mối liên hệ để bàn giao số liệu đúng (ví dụ: phản lực chân cột cho thiết kế cọc, dữ liệu để chọn thiết bị khoan cọc nhồi).

10.2 Vai trò của phần Thi công

Phần Thi công (25%) yêu cầu sinh viên trình bày biện pháp kỹ thuật và tổ chức thi công. Nội dung này *dựa trực tiếp* trên kết quả phần Kết cấu:

- Chọn thiết bị khoan cọc nhồi dựa vào sức chịu tải cọc P_{tt} và chiều sâu mũi cọc (kết quả Chương 7).
- Chọn cấp pha, tính khối lượng bê tông dựa vào tiết diện đã chọn (Chương 6, 8).
- Kiểm tra an toàn trong quá trình thi công đầm, sắn (Chương 5).

10.3 Tóm tắt nội dung phần Thi công (cho biết, không hướng dẫn)

1. **Công tác đất:** tính khối lượng đào/đắp, chọn máy đào, xe vận chuyển.

2. **Thi công cọc:** công trình này dùng **cọc khoan nhồi** – chọn thiết bị khoan (máy khoan, ống vách/bentonite) theo đường kính, chiều sâu mũi cọc và P_{tt} ; quy trình khoan, hạ lồng thép, đổ bê tông, kiểm tra chất lượng cọc.
3. **Thi công đài – giằng:** tính ván khuôn, cốt thép, bê tông.
4. **Thi công thân:** cốp pha cột – dầm – sàn; đổ, đầm, bảo dưỡng bê tông.
5. **Tổ chức thi công:** tổng mặt bằng, tiến độ (Gantt), an toàn lao động.

Lưu ý

Các nội dung trên chỉ nêu *khung* để sinh viên biết cần bàn giao gì. Chi tiết biện pháp – cấp phối – tính toán thi công xin tham khảo giáo trình *Kỹ thuật thi công* và TCVN 4055, TCVN 4447, TCVN 9361, TCVN 4453...

10.4 Phối hợp Kiến trúc – Kết cấu

Kết cấu không tồn tại độc lập mà phải *ăn khớp* với kiến trúc. Ba điểm phối hợp thường gặp trong đồ án nhà cao tầng:

- **Vị trí vách cứng:** đặt theo yêu cầu chịu lực ngang (thường ở lõi thang máy, khu vệ sinh) nhưng phải tôn trọng công năng và *không chặn* lối đi, cửa sổ, hành lang. Trong công trình minh họa, vách được bố trí quanh lõi thang máy.
- **Lỗ mở và thông tầng:** các lỗ mở lớn (thông tầng, giếng trời) làm giảm độ cứng sàn $\Rightarrow$ phải kiểm tra lại chuyển vị và phân phối tải ngang.
- **Chiều cao tầng và hệ trần:** chiều dày sàn – dầm ảnh hưởng chiều cao thông thủy. Sàn phẳng giúp giảm chiều cao kết cấu nhưng cần kiểm tra chọc thủng.

Bàn giao số liệu liên môn

Để phân Thi công và Kiến trúc thuận lợi, sinh viên cần bàn giao:

Bảng 10.1: Số liệu bàn giao từ Kết cấu sang Thi công & Kiến trúc

Bàn giao cho	Số liệu
Thiết kế cọc (Thi công)	Sức chịu tải tính toán cọc, cao độ mũi cọc, đường kính
Cốp pha (Thi công)	Kích thước tiết diện dầm – cột – sàn, chiều cao tầng
Khối lượng (Thi công)	Bảng thống kê thép, khối lượng bê tông theo cấu kiện
Kiến trúc	Vị trí và kích thước vách, cột; chiều dày sàn; cao độ sàn các tầng

Lưu ý

Trình bày tốt phần *bàn giao số liệu* này giúp sinh viên thể hiện được tư duy *hệ thống* – điều hội đồng đánh giá cao hơn cả việc tính đúng một vài con số.

Tóm tắt chương

Chương đã *định vị* phần Thi công và phần Kiến trúc trong tổng thể DATN: nêu vai trò, các nội dung cần bàn giao, và mối liên hệ với phần Kết cấu. Đây là chương khép lại phần *thân* của quyển sách (tiếp sau còn Chương 11 – dầm phụ, và các phụ lục), khẳng định phạm vi: sách tập trung hướng dẫn **phần Kết cấu**, các phần còn lại do giảng viên bộ môn tương ứng phụ trách.

Chương 11

Tính toán thiết kế Dầm phụ

Ghi chú cho GVHD

Chương này đặc biệt dành cho sinh viên làm đồ án theo hướng **Thi công chính (Kết cấu phụ)**. Nhóm này bắt buộc phải tính toán dầm phụ (dầm dọc) **hoàn toàn bằng tay** từ việc xác định tải trọng, vẽ biểu đồ bao nội lực cho đến tính thép.

11.1 Sơ đồ tính và Chọn sơ bộ tiết diện

Dầm phụ (hoặc dầm dọc) được quan niệm là một **dầm liên tục đa nhịp**, tựa lên các gối tựa là dầm chính hoặc cột. Nhịp của dầm phụ L_{dp} là khoảng cách giữa trục các gối tựa.

Kích thước tiết diện dầm phụ ($b \times h$) được chọn sơ bộ dựa vào nhịp L_{dp} :

$$h = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16} \right) L_{dp}, \quad b = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} \right) h \quad (11.1)$$

(Nên chọn chẵn theo bước 50mm, ví dụ 200×400 mm, 200×500 mm).

11.2 Xác định tải trọng tác dụng lên dầm phụ

Tải trọng tác dụng lên dầm phụ bao gồm tĩnh tải và hoạt tải, chủ yếu do bản sàn truyền vào và trọng lượng bản thân dầm phụ.

11.2.1 Tĩnh tải (g)

Tĩnh tải phân bố trên chiều dài dầm phụ bao gồm:

1. **Trọng lượng bản thân sườn dầm phụ:** Do bản sàn dày $h_s = 120$ mm đã được tính trong phần tĩnh tải bản sàn, phần dầm tính thêm chỉ là sườn dầm nhô ra dưới đáy sàn:

$$g_{bt} = b \times (h - h_s) \times \gamma_{bt} \times n \quad (11.2)$$

(với $h_s = 0,12$ m, $\gamma_{bt} = 25$ kN/m³, $n = 1,1$).

2. **Lớp trát dầm:** Trát 2 mặt bên và đáy sườn dầm (lớp vữa dày 1,5 cm, $\gamma = 18$ kN/m³ theo Bảng 3.1), chu vi trát $u = 2(h - h_s) + b = 2(0,4 - 0,12) + 0,2 = 0,76$ m.

3. **Tải trọng tường xây trên dầm (nếu có):** Tính theo chiều cao tường thông thủy và khối lượng thể tích xây trát.
4. **Tĩnh tải từ bản sàn truyền vào:** Quy đổi tải trọng hình tam giác/hình thang từ các ô sàn hai bên về phân bố đều tương đương qua bề rộng truyền tải $B_{\text{truyền}}$: $g_{\text{sàn}}^{\text{qd}} = g_s \times B_{\text{truyền}}$.

11.2.2 Hoạt tải (p)

Hoạt tải do sàn truyền vào dầm phụ được quy đổi tương tự: $p_{\text{sàn}}^{\text{qd}} = p_s \times B_{\text{truyền}}$. Để tìm ra nội lực nguy hiểm nhất tại các nhịp và gối tựa, hoạt tải phải được chất thành nhiều trường hợp (chất tải cách nhịp và chất tải liền gối).

Bảng 11.1: Bảng tính tải trọng phân bố tác dụng lên dầm phụ điển hình (200×400 mm, nhịp $L = 6,0$ m, sàn $h_s = 120$ mm, dải truyền tải $B_{\text{truyền}} = 3,75$ m – bằng nửa nhịp $7,5$ m của ô sàn)

Thành phần tải trọng	Công thức	Tải tiêu chuẩn (kN/m)	Hệ số γ_f	Tải tính toán (kN/m)
TLBT sườn dầm (200×400)	$0,2 \times (0,4 - 0,12) \times 25$	1,40	1,1	1,54
Lớp vữa trát dầm (1,5 cm)	$0,76 \times 0,015 \times 18$	0,21	1,1	0,23
Tĩnh tải sàn truyền vào	$g_s \times B_{\text{truyền}} = 5,10 \times 3,75$	19,13	1,1	21,04
Tổng tĩnh tải (g)		20,74	–	22,81
Hoạt tải sàn truyền vào (p)	$p_s \times B_{\text{truyền}} = 2,40 \times 3,75$	7,50	1,2	9,00

Ghi chú: $g_s^{tc} = 5,10$ kN/m² tra Bảng 5.1 (Chương 5); $g_s^{tt} = 1,1 \times 5,10 = 5,60$ kN/m²; tổng tĩnh tải tính toán $= 1,54 + 0,23 + 21,04 = 22,81$ kN/m. Dải truyền tải $B_{\text{truyền}}$ lấy bằng nửa nhịp ô sàn ($7,5/2 = 3,75$ m) – đây là **giá trị đúng**; nếu vô tình lấy $B_{\text{truyền}} = 1,0$ m sẽ *thiếu tải trọng sàn khoảng 3,75 lần*. Hệ số γ_f của lớp hoàn thiện lấy 1,1 theo TCVN 2737:2023 (như Bảng 3.1).

11.3 Tổ hợp tải trọng và biểu đồ bao nội lực

Do dầm phụ là hệ siêu tĩnh, nội lực lớn nhất tại một tiết diện phụ thuộc vào vị trí chất hoạt tải:

- **TH1 (Tĩnh tải g):** Chất đầy toàn bộ các nhịp.
- **TH2 (Hoạt tải p_1):** Chất cách nhịp lẻ (nhịp 1, 3, 5...) để gây ra mô men dương lớn nhất tại các nhịp lẻ.
- **TH3 (Hoạt tải p_2):** Chất cách nhịp chẵn (nhịp 2, 4...) để gây ra mô men dương lớn nhất tại các nhịp chẵn.
- **TH4 (Hoạt tải p_3):** Chất liền gối (ví dụ nhịp 1, 2) để gây ra mô men âm lớn nhất và lực cắt lớn nhất tại gối tựa 2.

Xếp chồng các biểu đồ mô men và lực cắt của các trường hợp chất tải, ta thu được **Biểu đồ bao nội lực** (Envelope).

Sai hỏng thường gặp

Sai lầm phổ biến nhất của sinh viên khi tính đầm phụ bằng tay là chỉ lấy Tĩnh tải + Hoạt tải chất đầy toàn bộ các nhịp. Việc này sẽ dẫn đến mô men nhịp lớn nhưng mô men gối bị thiếu hụt nghiêm trọng, gây mất an toàn kết cấu!

11.4 Tính toán cốt thép dọc và cốt đai

Tính toán cốt dọc chịu uốn dựa vào Mô men lớn nhất M_{max} lấy từ biểu đồ bao mô men tại nhịp và gối. Tiết diện đầm phụ ở nhịp tính theo tiết diện chữ T (cánh là bản sàn), ở gối tính theo tiết diện hình chữ nhật ($b \times h$).

Tính toán cốt đai chịu cắt dựa vào Lực cắt lớn nhất V_{max} tại mép gối tựa theo TCVN 5574:2018:

$$Q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} h_0 \geq Q_{sw,min} = 0,25 R_{bt} b h_0 \quad (11.3)$$

Lưu ý**Cấu tạo nút giao Đầm phụ - Đầm chính:**

- **Neo thép âm:** Đầm phụ làm việc như đầm liên tục. Tại gối tựa (đầm chính), thép lớp trên chịu kéo (mô men âm) nên **BẮT BUỘC** phải được neo sâu vào đầm chính đủ chiều dài l_{an} (có bề mỏ nếu cần). Không được cắt đứt tại mép.
- **Cốt treo (Cốt đai gia cường):** Phản lực đầm phụ truyền vào nửa dưới đầm chính có xu hướng xé rách lớp bê tông bảo vệ. Theo TCVN 5574:2018, bắt buộc phải bố trí cốt treo (thường là cốt đai của đầm chính đặt dày lại) tại vùng nút giao này.

11.5 Ví dụ tính toán đầy đủ: đầm phụ liên tục 3 nhịp

Mục này khép kín chuỗi tính cho đầm phụ – đúng như yêu cầu đặt ra ở đầu chương: *tải trọng* → *biểu đồ bao nội lực* → M_{max} → A_s → *cốt đai*.

Số liệu. Đầm phụ tiết diện 200×400 mm, liên tục **3 nhịp** $L = 6,0$ m. Tải trọng tính toán lấy từ Bảng 11.1: $g^{tt} = 22,81$ kN/m; $p^{tt} = 9,00$ kN/m. Vật liệu: bê tông B25 ($R_b = 14,5$ MPa; $R_{bt} = 1,05$ MPa); thép CB300-V ($R_s = 260$ MPa; $R_{sw} = 210$ MPa).

11.5.1 Các trường hợp chất tải và biểu đồ bao

Vì đầm siêu tĩnh, hoạt tải phải chất theo các trường hợp bất lợi:

- **TH1:** g chất đầy cả 3 nhịp;
- **TH2:** g toàn bộ + p trên nhịp 1 và 3;
- **TH3:** g toàn bộ + p trên nhịp 2;
- **TH4:** g toàn bộ + p trên nhịp 1 và 2;
- **TH5:** g toàn bộ + p trên nhịp 2 và 3.

Giải đầm liên tục cho từng trường hợp (phương trình ba mô men, $EI = \text{hằng}$), rồi *xếp chồng* để lấy bao:

Bảng 11.2: Biểu đồ bao nội lực dầm phụ 3 nhịp ($L = 6,0$ m; mô men kNm, lực cắt kN)

Vị trí	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	Bao
Gối B (M^-)	-82,1	-98,3	-98,3	-119,9	-92,9	-119,9
Gối C (M^-)	-82,1	-98,3	-98,3	-92,9	-119,9	-119,9
Nhịp 1 (M^+)	65,7	98,2	59,4	89,5	61,4	98,2
Nhịp 2 (M^+)	20,5	4,3	44,8	37,1	37,1	44,8
Nhịp 3 (M^+)	65,7	98,2	59,4	61,4	89,5	98,2
V_{max}	82,1	111,8	95,4	115,4	115,4	115,4

Kết quả bao dùng để thiết kế: $M_{gối}^- = 119,9$ kNm; $M_{nhịp biên}^+ = 98,2$ kNm; $M_{nhịp giữa}^+ = 44,8$ kNm; $V_{max} = 115,4$ kN.

11.5.2 Tính cốt thép dọc

Chiều cao làm việc $h_0 = 400 - 40 = 360$ mm. Ở **gối** dùng tiết diện chữ nhật $b \times h = 200 \times 400$; ở **nhịp** dùng tiết diện chữ T với bề rộng cánh $b_f \leq L/3$, lấy $b_f = 2000$ mm. Ở **gối**, tiết diện chữ nhật $b \times h = 200 \times 400$:

$$\alpha_m = \frac{119,9 \times 10^6}{14,5 \times 200 \times 360^2} = 0,319 < 0,413 \quad (\text{đạt})$$

$$\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,319}) = 0,801$$

$$A_s = \frac{119,9 \times 10^6}{260 \times 0,801 \times 360} \approx 1600 \text{ mm}^2 \Rightarrow 3\phi 26 (1593 \text{ mm}^2)$$

Ở **nhịp biên**, tiết diện chữ T với $b_f = 2000$ mm:

$$\alpha_m = \frac{98,2 \times 10^6}{14,5 \times 2000 \times 360^2} = 0,0261$$

$$\zeta = 0,987$$

$$A_s = \frac{98,2 \times 10^6}{260 \times 0,987 \times 360} \approx 1063 \text{ mm}^2 \Rightarrow 3\phi 22 (1140 \text{ mm}^2)$$

Kiểm tra trục trung hòa nằm trong cánh: $R_b b_f h_f (h_0 - h_f/2) = 14,5 \times 2000 \times 120 \times (360 - 60) = 1044 \text{ kNm} \gg M^+ = 98,2 \text{ kNm} \Rightarrow$ đúng, tính theo tiết diện chữ nhật rộng b_f . (Nếu bỏ qua cánh, tính như chữ nhật 200×400 được $A_s \approx 1241 \text{ mm}^2$ – chọn $4\phi 20$; đây là cách *thiên về an toàn*.)

11.5.3 Tính cốt đai

Khả năng chịu cắt của bê tông: $Q_b = \varphi_{b3} R_{bt} b h_0 = 0,6 \times 1,05 \times 200 \times 360 = 45,4 \text{ kN} < V_{max} = 115,4 \text{ kN} \Rightarrow$ phải tính cốt đai. Chọn đai $\phi 8$ hai nhánh ($A_{sw} = 100,6 \text{ mm}^2$):

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw} h_0}{V_{max} - Q_b} = \frac{210 \times 100,6 \times 360}{70\,000} \approx 108,6 \text{ mm}; \quad s_{max} = \min(0,5h_0; 300) = 180 \text{ mm} \quad (11.4)$$

Chọn $\phi 8 a100$ ($s = 100 < \min(s_{tt}; s_{max})$). Kiểm tra: $Q_b + Q_{sw} = 45,4 + \frac{210 \times 100,6 \times 360}{100 \times 10^3} = 45,4 + 76,1 = 121,5 \text{ kN} > V_{max} = 115,4 \text{ kN} - \text{ĐẠT.}$

Lưu ý

Nhận xét quan trọng: với dải truyền tải $B_{\text{truyền}} = 3,75 \text{ m}$, hàm lượng thép tại gối là $\mu = 1600 / (200 \times 360) = 2,22\%$ – hơi cao (dù vẫn $< 3\%$). Trong thực tế nên **tăng chiều cao tiết diện lên $200 \times 500 \text{ mm}$** ($h/L = 1/12$) để giảm thép và dễ thi công; trình tự tính không đổi.

11.6 Yêu cầu thể hiện bản vẽ

Ghi chú cho GVHD

Để đạt điểm tối đa phần Dầm phụ, bản vẽ (khổ A1 hoặc A3) phải bao gồm các nội dung bắt buộc sau:

- **Mặt cắt dọc dầm:** Tỷ lệ 1/50, thể hiện rõ đường nét cốt thép dọc, cốt đai, các điểm cắt/neo cốt thép vào gối tựa và dầm chính.
- **Các mặt cắt ngang điển hình:** Tỷ lệ 1/20 tại gối và giữa nhịp. Ghi rõ đường kính, số lượng thép chịu lực, số nhánh đai và khoảng cách a của cốt đai.
- **Thống kê cốt thép:** Bảng thống kê chi tiết chủng loại, chiều dài, đường kính và tổng khối lượng thép. Khớp 100% với Thuyết minh.

Phụ lục A

Bảng tra và công thức tổng hợp

A.1. Công thức cốt thép BTCT chịu uốn (TCVN 5574:2018)

Với tiết diện chữ nhật $b \times h$, cốt đơn:

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (\text{điều kiện } \alpha_m \leq \alpha_R) \quad (\text{A.1})$$

$$\zeta = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m} \right) \quad (\text{A.2})$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0} \quad (\text{A.3})$$

$$\mu = \frac{A_s}{b h_0} \quad (\mu_{min} \leq \mu \leq \mu_{max}) \quad (\text{A.4})$$

A.2. Chiều dài neo và nối cốt thép

Chiều dài neo cơ bản (TCVN 5574:2018):

$$l_{an} = \alpha \omega_{an} \left(\frac{R_s}{R_b} + \Delta \lambda_{an} \right) d_s \geq \lambda_{an} d_s \quad (\text{A.5})$$

Chiều dài nối buộc không nhỏ hơn l_{an} và theo quy định cấu tạo.

A.3. Bảng tra giới hạn chuyển vị và lệch tầng

Bảng A.1: Một số giới hạn kiểm tra tổng thể tham khảo

Đại lượng	Giới hạn	Nguồn
Độ võng dầm, sàn (thông thường)	$L/250$	Thường dùng
Độ võng tối đa cho phép	$L/150$	TCVN 5574:2018
Bề rộng vết nứt (trong nhà)	0,3 mm	TCVN 5574:2018
Bề rộng vết nứt (ngoài trời)	0,2 mm	TCVN 5574:2018
Lệch tầng giới hạn	theo cấp công trình	TCVN 9386-1:2025
Chuyển vị đỉnh	$H/500 \div H/1000$	Tham khảo

Lưu ý: các giá trị trong bảng là giới hạn tham khảo thường dùng. Sinh viên cần đối chiếu bản gốc TCVN 5574:2018 và TCVN 9386-1:2025 để lấy giá trị chính thức cho công trình của mình.

A.4. Hệ số vượt tải thông dụng

Bảng A.2: Hệ số độ tin cậy (vượt tải) thông dụng – TCVN 2737:2023

Loại tải trọng	Hệ số γ_f
Tĩnh tải kết cấu BTCT	1,1
Tĩnh tải lớp hoàn thiện	1,1
Hoạt tải sàn (giá trị $\geq 2 \text{ kN/m}^2$)	1,2
Hoạt tải sàn (giá trị $< 2 \text{ kN/m}^2$)	1,3
Tải trọng gió	1,25

A.5. Tổng hợp công thức cầu thang

$$\text{Kiểm tra độ dốc: } 2h_b + b_b \in [600 \div 620\text{mm}] \quad (\text{A.6})$$

$$\text{Hệ số quy đổi: } k = 1/\cos \alpha = \sqrt{h_b^2 + b_b^2}/b_b \quad (\text{A.7})$$

$$\text{Mô men nhịp: } M_{max} = q L_{tt}^2/8 \quad (\text{A.8})$$

$$\text{Lực cắt: } V_{max} = q L_{tt}/2 \quad (\text{A.9})$$

Phụ lục B

Thuật ngữ và ký hiệu

B.1. Ký hiệu thường dùng

Ký hiệu	Ý nghĩa
R_b, R_{bt}	Cường độ chịu nén / chịu kéo tính toán của bê tông
R_s, R_{sc}	Cường độ chịu kéo / chịu nén tính toán của cốt thép dọc
R_{sw}	Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép ngang
E_b, E_s	Mô đun đàn hồi của bê tông / cốt thép
h_0	Chiều cao làm việc của tiết diện ($h_0 = h - a$)
A_s	Diện tích tiết diện cốt thép chịu kéo
μ	Hàm lượng cốt thép ($\mu = A_s / (bh_0)$)
L_1, L_2	Cạnh ngắn / cạnh dài của ô sàn
q, g, p	Tải trọng / tĩnh tải / hoạt tải
M, V, N	Mô men uốn / lực cắt / lực dọc
$[f]$	Độ võng giới hạn cho phép
a_{crc}	Bề rộng vết nứt

B.2. Bảng viết tắt

Viết tắt	Nghĩa
ĐATN	Đồ án tốt nghiệp
GVHD	Giảng viên hướng dẫn
TTGH1 / TTGH2	Trạng thái giới hạn thứ nhất (bền) / thứ hai (sử dụng)
BTCT	Bê tông cốt thép
SCT	Sức chịu tải
DCN / DCT	Dầm chiếu nghỉ / dầm chiếu tới
MNN	Mực nước ngầm
ĐHXD	Đại học Xây dựng

Phụ lục C

Quy định và hướng dẫn của Khoa

Phụ lục này tập hợp các quy định, tiến độ và hướng dẫn hành chính của Khoa đối với đồ án tốt nghiệp (ĐATN). Sinh viên **bắt buộc** đọc kỹ trước khi bắt đầu làm đồ án.

C.1 Cơ cấu điểm đánh giá ĐATN

Để tránh trùng lặp, nội dung về Cơ cấu điểm và phân luồng định hướng 2 nhóm (Kết cấu chính / Thi công chính) đã được chuyển sang Chương 1. Sinh viên vui lòng xem chi tiết tại Phần mở đầu để nắm rõ định hướng và yêu cầu cho từng nhóm.

C.2 Các mốc thời gian và tiến độ nộp bài

C.2.1 Bốn buổi sửa bài trực tiếp với GV (ĐACN XD)

Bảng C.1: Nội dung và sản phẩm của 04 buổi sửa bài đồ án chuyên ngành

Buổi	Nội dung chính	Sản phẩm mang đến / về nhà
1	Giới thiệu chung; nội dung cần chú ý của đồ án; hướng dẫn tìm – in – đọc tiêu chuẩn thiết kế liên quan; cách thể hiện đồ án.	Chốt tên đề tài; nhận nhiệm vụ; ghi nhận các điều chỉnh (nếu có).
2	Kiểm tra và hỏi sinh viên về <i>tiêu chuẩn thiết kế</i> ; trả lời câu hỏi của SV; sửa bài.	Về nhà: thể hiện đồ án (bản vẽ).
3	Trả lời câu hỏi của SV; sửa bài.	Về nhà: thể hiện đồ án; viết thuyết minh tính toán .
4	Trả lời câu hỏi của SV; sửa bài; ký chuyển giao cho GVHD Kết cấu.	Hoàn tất phần chuyên ngành, chuyển sang phần Kết cấu.

Sai hỏng thường gặp

- Buổi 2 GVHD sẽ **kiểm tra** sinh viên về tiêu chuẩn thiết kế. Sinh viên không đọc tiêu chuẩn, không mang theo tiêu chuẩn $\Rightarrow$ mất điểm ngay từ đầu. - Buổi 4 là mốc **ký chuyển giao** sang GVHD Kết cấu. Trễ mốc này sẽ ảnh hưởng dây chuyền đến toàn bộ tiến độ các phần sau.

C.2.2 Lịch sửa bài phần Kiến trúc

Thời gian sửa bài phần Kiến trúc thường kéo dài khoảng **03 tuần** (ví dụ năm 2025: từ 03/3 đến 23/3/2025). Sinh viên phải đăng ký lịch và đến đúng thời gian, đúng địa điểm do Bộ môn Kiến trúc thông báo. Lịch cụ thể từng năm niêm yết tại bảng tin của Bộ môn.

C.3 Yêu cầu phần Kiến trúc (15%)

C.3.1 Yêu cầu chung về năng lực

Sinh viên phải:

- Có kiến thức về **nguyên lý thiết kế kiến trúc** công trình nói chung, các quy chuẩn – tiêu chuẩn thiết kế hiện hành về thể loại công trình đã chọn.
- **Đọc và hiểu** được Hồ sơ thiết kế Kỹ thuật – Thi công.
- Có khả năng **phân tích, đánh giá** một phương án thiết kế kiến trúc.
- Sử dụng được các phần mềm đồ họa thích hợp (AutoCAD, Revit, SketchUp...) để thể hiện đồ án chuyên ngành xây dựng.

C.3.2 Yêu cầu về bản vẽ

Số lượng: 3–5 bản vẽ khổ A1.

Bảng C.2: Thành phần và tỷ lệ bản vẽ Kiến trúc

Thành phần bản vẽ	Tỷ lệ
Mặt bằng tổng thể	1/200 ÷ 1/1000
Mặt bằng các tầng và mặt bằng mái	1/100 ÷ 1/200
01 mặt đứng chính và 01 mặt đứng bên	1/100 ÷ 1/200
01 mặt cắt qua sảnh chính hoặc cầu thang	1/50 ÷ 1/100
01 chi tiết kiến trúc (do GVHD chỉ định)	theo chi tiết

Ghi chú: chi tiết kiến trúc do GV hướng dẫn chọn cho từng sinh viên, có thể là chi tiết cầu thang, chi tiết khu vệ sinh, chi tiết mặt đứng, chi tiết lan can – tam cấp...

C.3.3 Yêu cầu về thuyết minh

Phần thuyết minh **phải được đánh máy vi tính**. Nội dung chi tiết xem *Hướng dẫn thực hiện đồ án chuyên ngành Công nghệ kỹ thuật công trình xây dựng* niêm yết trên bảng tin của Bộ môn Kiến trúc.

C.4 Quy trình 05 giai đoạn thiết kế kết cấu

Đây là “bản đồ đường đi” chuẩn cho toàn bộ phần Kết cấu. Sinh viên nên dán bảng này lên tường để định vị mình đang ở giai đoạn nào.

Bảng C.3: Năm giai đoạn thiết kế kết cấu và sản phẩm đầu ra

GD	Tên giai đoạn	Công việc chính	Sản phẩm đầu ra
0	Chuẩn bị và xác định dữ liệu đầu vào	Nghiên cứu hồ sơ kiến trúc; nghiên cứu hồ sơ địa chất; xác định tiêu chuẩn & quy chuẩn áp dụng.	Bảng tóm tắt thông số hình học; bảng thống kê hoạt tải; danh mục tiêu chuẩn.
1	Lên phương án và thiết kế sơ bộ kết cấu	Chọn hệ kết cấu chịu lực & loại sàn; chọn vật liệu (cấp bền BT, nhóm thép); sơ bộ kích thước tiết diện; chọn phương án móng sơ bộ.	Bảng đặc trưng cơ lý vật liệu; bảng sơ bộ tiết diện; mặt bằng kết cấu sơ bộ.
2	Phân tích và tính toán chi tiết	Dựng mô hình 3D; gán tải trọng; tổ hợp tải trọng; chạy phân tích & kiểm tra mô hình; thiết kế cốt thép cấu kiện; thiết kế chi tiết móng.	Bảng nội lực; bảng tính & bố trí cốt thép; kết quả kiểm tra chuyển vị.
3	Hoàn thiện thuyết minh và bản vẽ	Viết thuyết minh tính toán; triển khai bản vẽ kết cấu (mặt bằng móng, định vị cột – vách, mặt bằng kết cấu tầng, chi tiết cốt thép, thống kê cốt thép).	Quyển thuyết minh; bộ bản vẽ kết cấu.
4	Kiểm tra, rà soát và chuẩn bị bảo vệ	Tự kiểm tra chéo thuyết minh vs. bản vẽ; soát lỗi chính tả, định dạng; chuẩn bị slide bảo vệ; luyện tập trình bày.	Slide bảo vệ; đồ án đã rà soát.

Ghi chú cho GVHD

Sinh viên **thường bỏ qua Giai đoạn 4** vì nghĩ “xong bản vẽ là xong”. Đây là sai lầm tốn điểm nhất: sai lệch giữa thuyết minh và bản vẽ (ví dụ thuyết minh ghi $\phi 22$ nhưng bản vẽ vẽ $\phi 20$) là lỗi hội đồng phát hiện ngay trong 5 phút đầu.

C.5 Quy cách trình bày Bản vẽ và Thuyết minh

C.5.1 Quy cách bản vẽ

- **Khổ giấy:** Tất cả các bản vẽ bắt buộc sử dụng khổ giấy A1 (594×841 mm).
- **Số lượng:** Tối thiểu 14 bản, tối đa 18 bản (tùy thuộc vào quy mô công trình và hướng ĐATN).
- **Mật độ nét vẽ:** Tỷ lệ lấp đầy hình vẽ phải đạt từ **60% đến 70%** diện tích bản vẽ. Cấm tình trạng bản vẽ quá trống trải hoặc bố trí rời rạc.
- **Đường nét và Text:** Bản vẽ in bằng mực đen. Sử dụng font chữ kỹ thuật (Arial hoặc VNI-Helve) chuẩn xác.
- **Khung tên:** Thống nhất theo mẫu của Khoa. Tên đề tài dùng chữ in hoa đậm cao 6mm. Các nội dung chính dùng chữ đậm 4.5mm. Ghi chú, ký hiệu dùng chữ 2.5mm.

C.5.2 Quy cách Thuyết minh và Phụ lục

- **Khổ giấy và Soạn thảo:** Sử dụng khổ giấy A4, **in 2 mặt** để tiết kiệm chi phí. Font chữ Unicode Times New Roman cỡ 13, dẫn dòng 1.2 lines. Lề trang: Trên 2.5cm, Dưới 3.0cm, Trái 3.5cm, Phải 2.0cm. Đánh số trang ở giữa phía dưới.

- **Khổ giấy và Bìa:** Tập thuyết minh chính đóng bìa cứng màu xanh dương, chữ mạ vàng. Giấy sách phải in đầy đủ tên đề tài, tên sinh viên và khóa.
- **Thứ tự sắp xếp trang (Bắt buộc):** Tờ lót trắng → Trang áp bìa → Phiếu giao nhiệm vụ (Bản gốc) → Phiếu nhận xét của GVHD → Lời cảm ơn → Mục lục → Danh mục hình, bảng biểu → Nội dung chính.
- **Tập Phụ lục:** Mọi sơ đồ tính chi tiết, kết quả nội lực xuất từ phần mềm (hàng trăm trang) **phải** được đưa vào Tập Phụ lục riêng (đóng bìa mềm, in 2 mặt). Thuyết minh chính chỉ để trình bày phương pháp, công thức và bảng tóm tắt kết quả nhằm tránh làm loãng nội dung.

C.6 Danh mục tiêu chuẩn tối thiểu phải có

Bảng C.4: Danh mục tiêu chuẩn tối thiểu cho ĐATN xây dựng dân dụng

Mã hiệu	Tên tiêu chuẩn	Dùng cho
TCVN 2737:2023	Tải trọng và tác động	Tĩnh tải, hoạt tải, tải gió
TCVN 5574:2018	Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế	Tính cốt thép dầm, sàn, cột, vách
TCVN 10304:2025	Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế	Sức chịu tải cọc, thiết kế móng
TCVN 9362:2012	Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình	Kiểm tra nền, độ lún
TCVN 9386-1:2025	Thiết kế công trình chịu động đất (thay thế TCVN 9386:2012)	Tổ hợp đặc biệt (bắt buộc với công trình này)
TCVN 9386-5:2025	Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 5: Nền móng, kết cấu chịu lực và kết cấu địa kỹ thuật	Thiết kế móng, tường vây chịu động đất

Lưu ý

Đây là danh mục **tối thiểu**. Tùy đề tài cụ thể có thể phải bổ sung thêm các tiêu chuẩn chuyên ngành khác (nêu đúng mã hiệu và tên gọi tra được trong bản gốc). Hai lưu ý quan trọng:

- Thành phần **gió động** đã được tích hợp trong TCVN 2737:2023 (xem Chương 3) – không tra thêm tiêu chuẩn gió riêng.
- Khi viện dẫn tiêu chuẩn thi công/nghiệm thu (ví dụ TCVN 4453) phải **xác nhận phiên bản hiện hành** trước khi ghi vào thuyết minh.

Mẹo nhỏ của Thầy: nên tạo một thư mục riêng trên máy tính (ví dụ D:\TCVN_DATN) và tải về **tất cả** file PDF tiêu chuẩn ngay từ đầu để tiện tra cứu. Khi mất mạng hoặc đến hạn nộp, đừng mất thời gian tìm kiếm. (Tên thư mục chỉ là ví dụ, sinh viên đặt tên tùy ý.)

C.7 Vấn đáp Kiến trúc và Kết cấu: các câu hỏi mẫu

Hội đồng **hỏi vấn đáp** cả hai phần. Dưới đây là các câu hỏi mẫu đối với phần Kết cấu (phần Kiến trúc có bộ câu hỏi riêng, do GVHD Kiến trúc cung cấp). Sinh viên nên *tự viết câu trả lời* cho từng câu theo số liệu công trình của mình.

Nhóm câu hỏi Giai đoạn 1 – Phương án và sơ bộ

1. Em hãy giải thích ý nghĩa của hệ số k trong công thức sơ bộ tiết diện cột $A_c = k N / R_b$, và tại sao em chọn giá trị đó?
2. Nếu nhịp dầm trong công trình rất lớn (ví dụ 15 m), phương án dầm BTCT thường còn hiệu quả không? Em đề xuất phương án nào khác?
3. Tại sao với công trình này em chọn móng cọc khoan nhồi mà không phải cọc ép? So sánh ưu – nhược điểm của hai loại.
4. Khi tính sơ bộ sức chịu tải của cọc, em dựa vào chỉ tiêu nào của đất nền là chính? Vì sao?
5. Việc chọn sơ bộ kích thước tiết diện có ý nghĩa gì trong toàn bộ quy trình thiết kế? Nếu chọn sai thì điều gì xảy ra ở các bước sau?

Nhóm câu hỏi Giai đoạn 2 – Phân tích và tính toán

6. Em hãy giải thích vai trò của việc khai báo “Màng cứng tuyệt đối – Rigid Diaphragm” trong mô hình ETABS. Nếu không khai báo thì kết quả phân tích sẽ khác biệt như thế nào?
7. Vì sao phải kiểm tra chuyển vị và giới hạn chuyển vị (chuyển vị đỉnh $H/500$, lệch tầng $h/300$)? Nếu vượt giới hạn thì em xử lý thế nào?
8. Tại sao phải kiểm tra bằng tính tay một số cấu kiện khi đã có kết quả ETABS?
9. Sự khác nhau giữa phần mềm và tính tay là gì?
10. Trong quá trình làm đồ án, khó khăn lớn nhất em gặp phải là gì và em đã giải quyết như thế nào?
11. Những kiến thức và kỹ năng nào từ đồ án này em nghĩ sẽ hữu ích nhất cho công việc của một kỹ sư kết cấu trong tương lai?

Ghi chú cho GVHD

Đây là các câu hỏi **thật** đã được dùng trong các buổi vấn đáp – không phải câu hỏi giả định. Sinh viên nên soạn sẵn câu trả lời cho *đúng đề tài của mình* và **thử trả lời thành tiếng** trước bạn bè. Trả lời trôi chảy 11 câu này là gần như đã nắm chắc điểm phần Kết cấu.

Tóm tắt phụ lục

Phụ lục C đã cung cấp: cơ cấu điểm, tiến độ 04 buổi sửa bài chuyên ngành, yêu cầu bản vẽ – thuyết minh phần Kiến trúc, quy trình 05 giai đoạn thiết kế kết cấu, danh mục tiêu chuẩn tối thiểu, và bộ câu hỏi vấn đáp mẫu. Sinh viên nên đọc phụ lục này *trước khi* đọc các chương chuyên môn để có bức tranh tổng thể.

Phụ lục D

Bản đồ gỡ lỗi – Khi kết quả KHÔNG đạt

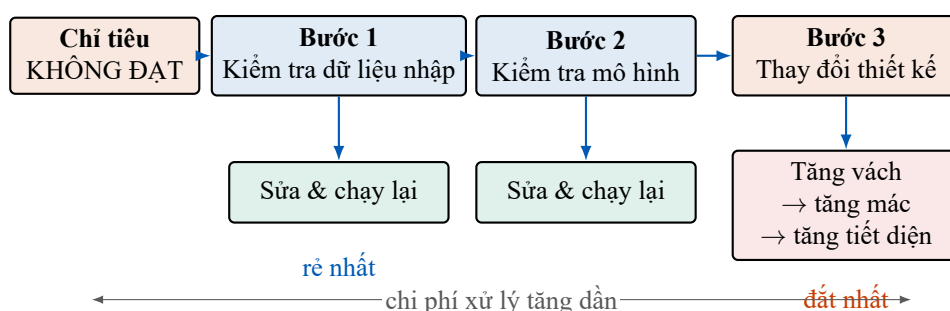
Trong quá trình làm đồ án, phần lớn thời gian sinh viên *không* dành cho việc tính ra một con số, mà dành cho việc **hiểu vì sao con số đó không hợp lý**. Phụ lục này gom lại những tình huống “tắc” hay gặp nhất, kèm **thứ tự ưu tiên xử lý** – vì không phải biện pháp nào cũng hiệu quả như nhau, và một số biện pháp rất tốn kém mà lại ít tác dụng.

Lưu ý

Trước khi gỡ lỗi, hãy **chắc chắn mô hình đã sạch**. Một mô hình còn lỗi khai báo thì mọi con số phía sau đều vô nghĩa. Xem Checklist mô hình ở Mục D.6 trước.

D.1 Sơ đồ gỡ lỗi tổng quát

Khi một chỉ tiêu không đạt, đừng sửa ngay. Hãy đi theo trình tự sau – trình tự này đi từ *kiểm tra cái rẻ nhất* đến *cái đắt nhất*.



Hình D.1: Trình tự gỡ lỗi: kiểm tra dữ liệu nhập → kiểm tra mô hình → mới đến thay đổi thiết kế

Ghi chú cho GVHD

Hội đồng rất hay hỏi: “Em thấy chuyển vị lớn, vậy em đã làm gì?”. Câu trả lời yếu là “Em tăng tiết diện cột”. Câu trả lời mạnh là “Em kiểm tra lại khai báo Mass Source và hệ số nút trước, vì nếu khai báo sai thì tăng tiết diện cũng vô ích; sau khi kiểm tra đúng em mới tăng vách”. **Trình tự gỡ lỗi là điểm cộng lớn khi bảo vệ.**

D.2 Sự cố 1: Chuyển vị đỉnh vượt $H/500$

Ví dụ: Tình huống giả định – chuyển vị đỉnh không đạt

Bước	Công thức – thay số	Kết quả
0. Kết quả	$\Delta_{đỉnh} = 142 \text{ mm}; [\Delta_{đỉnh}] = H/500 = 132,0 \text{ mm}$	KHÔNG ĐẠT (vượt 7,6%)
1. Bước 1 – kiểm tra lại dữ liệu nhập	Kiểm tra tiết diện, mác bê tông, chiều cao tầng đã nhập đúng chưa; kiểm tra đơn vị (kN, m, mm)	Nếu sai – sửa ngay, hết lỗi
2. Bước 2 – kiểm tra độ cứng khai báo	Hệ số nứt (crack modifier) có bị giảm quá nhiều không? Xem Mục D.6	Nếu sai – sửa, chạy lại
3. Bước 3 – tăng vách	Thêm vách mới, hoặc kéo dài vách đang có	Hiệu quả nhất trên mỗi đồng vật liệu
4. Bước 4 – tăng mác bê tông vách	Ví dụ B25 $\rightarrow$ B30 làm mô đun đàn hồi E_b tăng – tra Bảng 10, TCVN 5574:2018	Hiệu quả khá, chi phí vừa
5. Bước 5 – tăng tiết diện cột	Tăng tiết diện cột biên (cột ngoài cùng) – hiệu quả vừa phải, tốn vật liệu, làm nặng thêm tải đứng	Hiệu quả thấp hơn (3)
6. Bước 6 – đổi hệ kết cấu	Chuyển sang sơ đồ có vách nhiều hơn, hoặc khung – lõi	Biện pháp mạnh nhất

Xử lý sự cố:

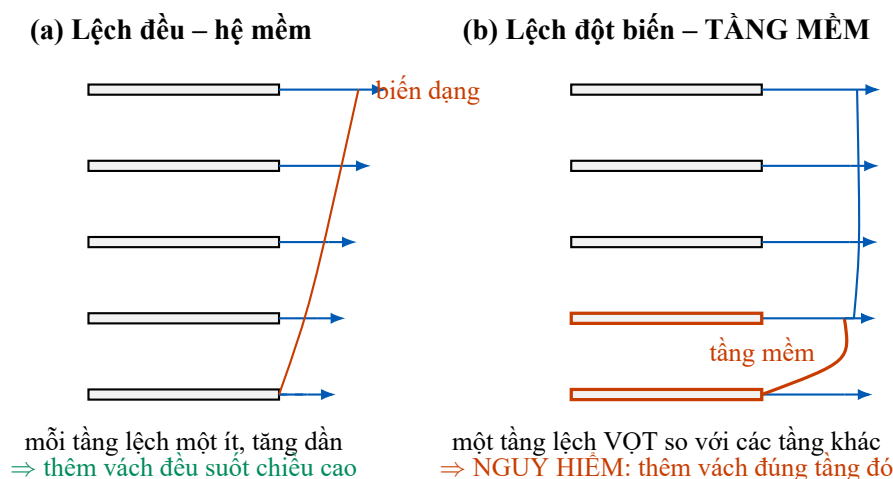
Chuyển vị đỉnh vượt ngưỡng – thứ tự biện pháp **Thứ tự đúng (từ rẻ đến đắt, từ hiệu quả nhiều đến ít)**:

1. **Kiểm tra lại dữ liệu nhập** – miễn phí, và sai sót kiểu này chiếm tỷ lệ cao nhất.
2. **Kiểm tra hệ số nứt & khai báo độ cứng** – miễn phí, hay bị bỏ sót.
3. **Tăng vách** (thêm vách mới, hoặc kéo dài vách đang có) – hiệu quả nhất trên mỗi đồng vật liệu.
4. **Tăng mác bê tông vách** – hiệu quả khá, chi phí vừa.
5. **Tăng tiết diện cột** – hiệu quả *thấp* cho chuyển vị ngang; chủ yếu giúp tải đứng. Nhiều sinh viên làm ngay bước này $\Rightarrow$ tốn vật liệu mà chuyển vị *vẫn* không đạt.
6. **Đổi hệ kết cấu** – chỉ khi các bước trên đã tận dụng hết.

Cách trình bày với hội đồng: nêu rõ *đã loại* biện pháp nào và *vì sao*, đừng chỉ nêu biện pháp đã chọn.

D.3 Sự cố 2: Lệch tầng vượt $h_i/300$

Khác với chuyển vị đỉnh (chỉ tiêu *độ cứng tổng thể*), lệch tầng là chỉ tiêu *cục bộ*. Vì vậy phải xem **phân bố** lệch tầng theo chiều cao, không chỉ xem giá trị lớn nhất.



Hình D.2: Hai dạng lệch tầng hoàn toàn khác nhau về bản chất và cách xử lý

Bảng D.1: Chẩn đoán lệch tầng theo dạng phân bố

Dạng phân bố	Nguyên nhân	Cách xử lý
Lệch đều ở hầu hết các tầng , giá trị tầng dần lên cao	Hệ <i>quá mềm</i> nói chung; độ cứng ngang chưa đủ	Tăng vách phân bố đều suốt chiều cao; cân nhắc tăng mức bê tông toàn hệ
Lệch đột biến ở 1–2 tầng (thường tầng dưới)	Tầng mềm (soft story): tầng đó ít vách/cột hơn hẳn	Nguy hiểm nhất trong động đất. Thêm vách cho đúng tầng đó; kiểm tra lại chiều cao tầng
Lệch lớn ở tầng trên cùng	Khối lượng tầng mái lớn (tường bao, sân thượng) mà vách không lên tới	Kéo vách lên tới mái; kiểm tra lại tải tầng mái
Lệch tầng chỉ ở một phương	Bố trí vách mất cân đối giữa hai phương	Thêm vách theo phương yếu; kiểm tra tâm cứng – tâm khối lượng

Ghi chú cho GVHD

“Tầng mềm” (soft story) là câu hỏi **gần như chắc chắn** xuất hiện khi bảo vệ, nhất là với đề tài có động đất. Sinh viên cần chỉ ra được trên biểu đồ lệch tầng rằng *không có* tầng nào lệch đột biến.

D.4 Sự cố 3: Sai số tính tay – phần mềm quá lớn (trên 20%)

Sai số dưới 10% là rất tốt; từ 10% đến 20% là mức chấp nhận được (sinh viên cần giải thích được nguyên nhân). Khi sai số vượt **20%**, gần như chắc chắn có lỗi thật, không phải “khác biệt giả thiết”. Bảng dưới giúp khoanh vùng lỗi.

Sai hỏng thường gặp**Ba lỗi hay gặp nhất gây sai số lớn:**

- Quên đổi đơn vị.** ETABS mặc định có thể đang ở kN–m hoặc Tf–m; nhập tiết diện mm nhưng tải kN/m. Luôn ghi rõ đơn vị ở góc mô hình.
- Quên hệ số vượt tải** khi tự tính tay, trong khi mô hình dùng tổ hợp đã nhân hệ số (γ_f).

Bảng D.2: Chẩn đoán nguyên nhân khi sai số tính tay – phần mềm lớn

Triệu chứng	Nguyên nhân khả dĩ	Cách kiểm tra
Sai số đều đặn mọi mặt cắt, mọi cấu kiện (ví dụ đều ≈ 2 lần)	Sai tải trọng (đơn vị, hoặc quên tổ hợp)	So tổng tải trọng đứng tính tay với tổng phản lực chân cột trong mô hình. Hai số phải xấp xỉ nhau
Sai số lớn chỉ ở gối , giữa nhịp lại khớp	Giả thiết liên kết khác nhau (ngàm vs khớp), hoặc chiều dài tính toán L_{tt} lấy khác	Kiểm tra lại cách lấy L_{tt} ; kiểm tra mô hình có đảm bảo không
Sai số lớn chỉ ở một vài cấu kiện rải rác	Sai do chia lưới (mesh) – phần tử sàn quá thô, hoặc lưới lệch gối	Chia lưới mịn hơn ở vùng đó, chạy lại, xem kết quả có hội tụ không
Mô men lớn bất thường ở tầng dưới cùng	Chân cột bị coi là khớp thay vì ngàm	Kiểm tra điều kiện liên kết chân cột (thường phải là ngàm tại mặt móng)
Cột chịu mô men quá nhỏ , gần như chỉ chịu nén	Mô hình coi nút dầm–cột là khớp (không truyền mô men)	Kiểm tra khai báo Release tại hai đầu dầm
Kết quả thay đổi mạnh giữa hai lần chạy	Mô hình mất ổn định cục bộ, hoặc có cấu kiện rời	Xem bảng lỗi mô hình (Check Model); tìm cấu kiện không liên kết

3. **Tính tay dùng L_{tt} khác mô hình.** Tính tay thường lấy L_{tt} = nhịp thông thủy; mô hình lấy khoảng cách tim–tim. Chênh khoảng 10–15% ngay từ đây.

D.5 Sự cố 4: Hàm lượng cốt thép quá lớn

Tính ra $\mu > 3\%$ (cột) hoặc quá nhiều thép (dầm) – đừng vội chọn thép to hơn.

Xử lý sự cố:

Hàm lượng thép vượt giới hạn **Thứ tự kiểm tra:**

1. **Kiểm tra M có hợp lý không?** – rất nhiều trường hợp mô men lớn là do lỗi mô hình (xem Mục D.4), không phải do thiết kế.
2. **Kiểm tra cấp bê tông** – tăng B25 lên B30 giúp giảm thép đáng kể, chi phí tăng không nhiều.
3. **Tăng tiết diện** – với cột, tăng tiết diện thường hiệu quả hơn nhồi thép.
4. **Kiểm tra tổ hợp** – có đang dùng bao nhiêu tổ hợp không cần thiết? Có nhân hệ số động đất hai lần không?
5. **Chỉ khi đã loại hết** mới xét đến việc dùng thép đường kính lớn, hoặc bố trí thép theo chu vi.

Cần nhớ: TCVN 5574:2018 giới hạn hàm lượng thép cột tối đa 6% (kể cả vùng nổi buộc), nhưng trong thực hành không nên vượt 3% vì khó thi công.

D.6 Checklist mô hình ETABS/SAFE

Đây là danh sách phải tích *đủ* trước khi tin vào bất kỳ con số nào từ mô hình. Kinh nghiệm: sai sót ở đây giải thích phần lớn những lần “kết quả vô lý”.

D.6.1 Trước khi chạy mô hình

Checklist:

- Khai báo vật liệu & tiết diện ☐ Đơn vị đã đúng chưa? (ghi rõ kN–m hay Tf–m ở góc màn hình)
- ☐ Cấp độ bền bê tông đã nhập đúng chưa? (trong ETABS dùng R_b , E_b theo TCVN 5574:2018 – lưu ý *không lẫn* cấp độ bền B với mác M, xem Chương 2)
- ☐ Cấp thép đã nhập đúng chưa? (f_y)
- ☐ Tiết diện dầm/cột/vách đã đúng theo bản vẽ sơ bộ?
- ☐ **Hệ số giảm cứng nứt** (crack modifier trong ETABS) đã khai báo hợp lý? (Tham khảo kinh nghiệm mô hình ETABS / ACI 318: dầm 0,35; cột 0,70; vách 0,70; lưu ý TCVN 5574:2018 không quy định trực tiếp hệ số này)

Checklist:

- Khai báo cho phân tích động đất & tải ngang ☐ **Mass Source**: đã khai báo khối lượng tham gia dao động (thường là tải đứng nhân hệ số)?
- ☐ **Rigid Diaphragm**: đã gán màng cứng cho sàn?
- ☐ **Khối lượng riêng** của bê tông đã đúng? (thường 25 kN/m³)
- ☐ Tải trọng tường xây đã gán lên dầm (không gán lên sàn)?
- ☐ Đã khai báo **tâm khối lượng** và **tâm cứng** để kiểm tra độ lệch tâm?

Checklist:

- Khai báo vách cứng (phần dễ sai nhất) ☐ Vách đã được khai báo là phần tử **Pier** (không phải cột)?
- ☐ **Spandrel** (dầm nối vách) đã tách khỏi Pier chưa?
- ☐ Vách có bị **chồng lấn** với cột/dầm tại cùng một vị trí?
- ☐ Đã kiểm tra **chiều dài vách** sau khi chia lưới (không bị cắt vụn)?
- ☐ Nếu vách có lỗ mở: đã mô hình thành 2–3 vách nhỏ + lanh tô nối?

D.6.2 Sau khi chạy mô hình – phải kiểm tra trước khi trích xuất

Checklist:

- Kiểm tra tính hợp lý của mô hình ☐ Đã chạy **Check Model**? Có cảnh báo nào không?
- ☐ **Tổng tải đứng** tính tay $\approx$ **tổng phản lực chân cột** trong mô hình? (sai khác cho phép dưới 5%)
- ☐ **Chu kỳ dao động** T_1 có hợp lý? (nhà 20 tầng thường $T_1 \approx 0,9 \div 1,4$ s)
- ☐ **Tổng lực cắt đáy** V_{base} theo hai phương có xấp xỉ tổng lực gió/động đất không?
- ☐ Biến dạng khi xem dạng dao động có **muột** và đúng dạng kỳ vọng?
- ☐ Đã tắt hiển thị lưới (mesh) khi xem kết quả để tránh nhầm phần tử?

Checklist:

- Trước khi trích xuất nội lực ☐ Đã chọn **đúng tổ hợp** (COMB) chứ không phải tổ hợp tải riêng lẻ?

- ☐ Đã bật chế độ **Envelope** (bao nội lực) cho việc thiết kế?
- ☐ Với dầm: trích M_3 (mô men uốn quanh trục chính).
- ☐ Với cột: trích P, M_2, M_3 (nén + uốn hai phương).
- ☐ Với vách: trích P, M_2, M_3, V_2, V_3 theo Pier.
- ☐ Đã kiểm tra **vị trí** trích xuất đúng (đầu/cuối phân tử)?

Sai hỏng thường gặp

Lỗi kinh điển: trích M_{22} cho dầm (nhầm trục). Với dầm, mô men uốn do tải trọng trọng lực trong mặt phẳng đứng **luôn là** M_3 (M_{33}), bất kể dầm chạy theo phương X hay phương Y; còn M_2 (M_{22}) là mô men uốn *ngoài mặt phẳng* – lấy nhầm sẽ ra diện tích thép rất bé, mất an toàn. **Cách chắc chắn:** sau khi trích, kiểm tra dấu và độ lớn – mô men dương ở giữa nhịp, mô men âm ở gối. Nếu bị ngược hoàn toàn thì đã trích nhầm trục.

D.7 Từ mô hình đến bảng tính: trích xuất nội lực

Đây là “khoảng trống” rất hay gặp: sách dạy cách lập tổ hợp, rồi nhảy sang bảng đối chiếu, mà không nói *bằng cách nào* có được con số để đối chiếu. Phần này dành để lấp khoảng trống đó.

D.7.1 Quy trình trích xuất nội lực dầm

Quy trình

1. **Chọn tổ hợp bao** (Envelope) cho toàn bộ tổ hợp thiết kế.
2. **Display** → **Show Tables** (hoặc Ctrl+T), chọn nhóm bảng Analysis Results → Frame Results → Element Forces.
3. Lọc **Frame Object** theo khung cần lấy (ví dụ trục C), hoặc lấy toàn bộ rồi lọc trong Excel.
4. Chọn **Station Output** theo vị trí cần: gối trái (Station 0), giữa nhịp (Station = $L/2$), gối phải (Station = L).
5. **Export to Excel** – xuất cả bảng ra file CSV/Excel.
6. Trong Excel: dùng MAX và MIN trên cột M_3 để lấy **mô men dương lớn nhất** và **mô men âm lớn nhất** (bao).
7. **Ghi lại** vị trí (tầng, nhịp, station) đi kèm giá trị – để còn đối chiếu tính tay và vẽ biểu đồ.

Mẹo: đừng cố lấy “một con số duy nhất”. Luôn lấy *bảng bao* rồi chọn giá trị thiết kế, vì mô men âm và dương có thể *không cùng một tổ hợp*.

D.7.2 Bảng tóm tắt: trích nội lực gì cho cấu kiện nào

Nhánh rẽ:

Nếu đồ án chỉ có mô hình khung phẳng, không có không gian Khi đó không có “dạng dao động” và không phân bố được tải ngang theo độ cứng. Cách xử lý:

- Với tải đứng: phân tải theo **diện tích truyền tải** (xem Chương 3).

Bảng D.3: Trích xuất nội lực theo loại cấu kiện

Cấu kiện	Thành phần lực	Dùng để	Lưu ý
Dầm	M_3, V_2	Tính thép dọc, tính cốt đai	M_3 = mô men quanh trục mạnh. Lấy bao âm + dương riêng
Cột	P, M_2, M_3	Kiểm tra nén–uốn hai phương	Bắt buộc lấy đồng thời P và M trong cùng một tổ hợp
Vách	P, M_3, V_2	Tính thép vách, kiểm tra cắt	Trích theo Pier , không trích theo phần tử shell
Sàn	M_{11}, M_{22}	Tính thép sàn hai phương	Lấy theo dải (strip) hoặc theo ô, đơn vị kNm/m
Móng	Phản lực F_z, M_x, M_y	Tính số cọc, kiểm tra đài	Tổng F_z phải khớp tổng tải đứng (kiểm tra chéo)

- Với tải ngang: chia theo độ cứng tương đối của các khung, hoặc **giả thiết đều** nếu các khung tương đương nhau.
- Phải **ghi rõ giả thiết** trong thuyết minh, và nêu hạn chế của nó khi bảo vệ.

D.8 Bảng tra nhanh: hiện tượng – nguyên nhân – xử lý

Bảng D.4: Bảng tra nhanh các sự cố thường gặp

Hiện tượng	Nguyên nhân hay gặp	Xử lý
Chuyển vị đỉnh vượt $H/500$	Hệ mềm; khai báo hệ số nứt sai	Kiểm tra khai báo trước, sau đó tăng vách
Lệch tầng vượt $h/300$ đột biến một tầng	Tầng mềm	Bổ sung vách cho đúng tầng đó
Sai số tay–máy trên 20%	Sai đơn vị, sai L_{tt} , hoặc lỗi mesh	Kiểm tra tổng tải trọng; làm mịn lưới
Hàm lượng thép cột trên 3%	Mô men quá lớn (lỗi mô hình) hoặc cấp bê tông thấp	Kiểm tra mô hình; tăng cấp bê tông
Mô men âm ở giữa nhịp dầm	Ngược dấu; hoặc dầm bị ngàm hai đầu	Kiểm tra lại hướng trục và liên kết
Chu kỳ dao động T_1 quá nhỏ	Mô hình quá cứng (không có hệ số nứt)	Khai báo hệ số nứt (crack modifier tham khảo thực hành ETABS/ACI 318)
Tổng phản lực chân cột $\neq$ tổng tải đứng	Thiếu tải, hoặc tải bị gán sai tầng	Rà lại bảng tải trọng theo tầng
Kết quả đổi mạnh giữa hai lần chạy	Mô hình mất ổn định cục bộ	Chạy <code>Check Model</code> , tìm cấu kiện rời

Lưu ý

Bảng D.4 nên được **in ra và dán cạnh máy tính** trong suốt thời gian làm đồ án. Kinh nghiệm cho thấy chỉ cần tra bảng này là giải quyết được phần lớn các lần “kết quả vô lý”.

Tóm tắt phụ lục

Phụ lục đã trình bày: sơ đồ gỡ lỗi tổng quát theo trình tự “kiểm tra dữ liệu → kiểm tra mô hình → thay đổi thiết kế”; bốn nhóm sự cố thường gặp (chuyển vị đỉnh, lệch tầng, sai số tính tay, hàm lượng thép); checklist mô hình ETABS/SAFE; quy trình trích xuất nội lực từ mô hình ra bảng tính; và bảng tra nhanh hiện tượng–nguyên nhân–xử lý.

Phụ lục E

Đề cương chi tiết thuyết minh Kiến trúc

Ghi chú cho GVHD

Phụ lục này cung cấp **biểu mẫu (template)** kèm **ví dụ viết mẫu** cho phần "Tổng quan Kiến trúc công trình" trong thuyết minh DATN. Với mỗi mục hướng dẫn, sinh viên sẽ thấy ngay một hộp ví dụ mẫu (*nền vàng*) cho công trình minh họa xuyên suốt quyền sách — **Nhà cao tầng đa năng, 20 tầng nổi + 02 tầng hầm**. Sinh viên đọc mẫu → tự thay số liệu công trình của mình → viết lại theo hành văn tương tự.

E.1 Nhu cầu xây dựng công trình

Trình bày ngắn gọn bối cảnh và lý do đầu tư xây dựng (nhằm giải quyết vấn đề gì, phục vụ đối tượng nào, ý nghĩa kinh tế – xã hội).

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Trong xu thế phát triển đô thị hoá nhanh chóng tại khu vực phía Đông thành phố, nhu cầu về không gian văn phòng hạng A và các dịch vụ thương mại tiện ích cao cấp ngày càng gia tăng. Chủ đầu tư quyết định xây dựng công trình nhà cao tầng đa năng nhằm đáp ứng nhu cầu thuê văn phòng cho các doanh nghiệp vừa và lớn, đồng thời cung cấp khu dịch vụ thương mại, nhà hàng và trung tâm hội nghị tại trung tâm thành phố.

E.2 Địa điểm xây dựng

Trình bày vị trí chính xác (số, đường, phường, quận/huyện, tỉnh/thành phố). Nêu rõ các hướng tiếp giáp (Đông – Tây – Nam – Bắc giáp gì). Đánh giá ngắn điều kiện giao thông tiếp cận.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Công trình được xây dựng tại số 128 đường Nguyễn Văn Linh, phường An Hải Đông, quận Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Khu đất có diện tích 3 500 m², hình chữ nhật, tiếp giáp các hướng như sau: phía Bắc giáp đường Nguyễn Văn Linh (đường chính, rộng 40m); phía Nam giáp khu dân cư; phía Đông giáp đường nội khu rộng 12m; phía Tây giáp công trình thương mại lân cận. Vị trí thuận lợi với hai mặt tiếp giáp đường giao thông, dễ dàng tiếp cận từ các

hướng bằng phương tiện công cộng và cá nhân.

E.3 Giải pháp kiến trúc

Trình bày tổng thể quy mô khối tích: số tầng hầm/nổi, chiều cao từng tầng, tổng chiều cao, hình khối mặt bằng, giải pháp bao che.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Công trình gồm **02 tầng hầm** và **20 tầng nổi**. Cụ thể: tầng hầm B2 và B1 cao 3,3 m mỗi tầng; các tầng nổi từ tầng 1 đến tầng 20 đều có chiều cao tầng điển hình thống nhất là $h_i = 3,3$ m. Tổng chiều cao tính từ cốt $\pm 0,000$ đến đỉnh sàn mái là **H = 66,0 m** ($20 \times 3,3$ m).

Mặt bằng tòa nhà có hình chữ nhật $40 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ (đồng bộ với mặt bằng đón gió tính toán ở Chương 3). Phần khối đế (tầng 1–4) thụt vào 3 m so với chỉ giới xây dựng ở mặt tiền, tạo ra hiên đi bộ (arcade) rộng rãi. Phần khối tháp (tầng 5–20) được bố trí thẳng đứng, hình khối gọn, không giật cấp, tạo ấn tượng vươn cao hiện đại.

Tường bao ngoài của khối tháp sử dụng hệ thống *Curtain Wall* kính cường lực Low-E hai lớp, khung nhôm màu trắng bạc. Khối đế được ốp đá Granite tự nhiên màu xám sáng kết hợp với kính cường lực.

E.4 Mặt bằng và phân khu chức năng

Đây là phần trọng tâm. Cần trình bày **cụ thể từng loại tầng**, chỉ rõ từng khu vực chức năng theo hướng Tĩnh – Động. Không được chỉ ghi chung chung ”tầng điển hình dùng làm văn phòng” mà không có thêm chi tiết gì.

E.4.1 Tầng hầm

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Tầng B1 và B2 chủ yếu phục vụ bãi đậu xe. Tổng diện tích bãi xe hai tầng hầm đạt khoảng $6\,500 \text{ m}^2$, đủ bố trí khoảng 220 chỗ đậu ô tô. Hệ thống dốc xe (ramp) hai chiều bố trí tại góc Tây–Nam của khu đất, rộng 6 m mỗi chiều, đảm bảo xe vào/ra an toàn và không gây ùn tắc trên đường nội khu.

Tầng B1 cũng bố trí các phòng kỹ thuật: phòng máy bơm (PCCC và sinh hoạt), bể nước ngầm dung tích 300 m^3 , phòng máy phát điện dự phòng 500 kVA, và trạm biến áp 1 000 kVA.

E.4.2 Khối đế (Tầng 1 – 4)

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Tầng 1 (Trệt): Bố trí sảnh chính rộng 400 m^2 với chiều cao thông tầng **2 tầng** ($2 \times 3,3 = 6,6\text{ m}$), tạo ấn tượng thị giác khi bước vào. *Lưu ý kết cấu:* sảnh thông tầng làm tầng 1 cao hơn tầng điển hình $\Rightarrow$ dễ phát sinh *tầng mềm* (soft story); phải kiểm tra lệch tầng cục bộ tại tầng này (xem Chương 6). Khu vực quây lễ tân và kiểm soát an ninh đặt ngay tại cổng vào. Phần còn lại tầng 1 bố trí khu vực ngân hàng, cửa hàng tiện lợi và khu sảnh chờ thang máy. **Tầng 2 – 4:** Dành cho các đơn vị thương mại thuê nguyên sàn. Mỗi tầng có diện tích thông thủy khoảng 800 m^2 , được phân chia thành các modul thương mại nhỏ từ $50 - 200\text{ m}^2$ tùy nhu cầu người thuê. Tầng 4 bố trí nhà hàng và trung tâm hội nghị sức chứa 200 người.

E.4.3 Khối tháp / Tầng điển hình (Tầng 5 – 19)

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Tầng 5 – 19 là các tầng văn phòng điển hình. Mỗi tầng có diện tích sàn (gross) $1\,000\text{ m}^2$ (chiều dài $40\text{ m} \times$ chiều rộng 25 m). Diện tích sử dụng thực tế (net) sau khi trừ lõi thang máy, kỹ thuật và hành lang là khoảng 800 m^2 .

Mặt bằng tầng điển hình theo dạng *Open Plan* – để trống không xây vách ngăn cứng, cho phép người thuê tự thiết kế nội thất theo nhu cầu sử dụng. Lõi kết cấu và kỹ thuật (core) bố trí ở trung tâm mặt bằng, gồm: 04 thang máy chở khách, 01 thang máy tải hàng, 02 buồng thang thoát hiểm có áp, hộp kỹ thuật điện–nước, và vệ sinh nam/nữ.

E.4.4 Tầng kỹ thuật mái (Tầng 20)

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Tầng 20 là tầng kỹ thuật mái, bố trí: tum thang và buồng máy thang máy (headroom); 02 bồn nước inox 10 m^3 mỗi bồn; dàn nóng hệ thống điều hòa trung tâm VRV; quạt hút khói tầng áp mái; và thiết bị thu sét chủ động. Từ tầng kỹ thuật mái có thể tiếp cận mái bằng BTCT (khu vực vườn cây xanh nhỏ, không đón khách).

E.5 Mặt đứng

Phân tích tính thẩm mỹ, phong cách kiến trúc, màu sắc, và vật liệu ốp lát mặt đứng chính.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Công trình sử dụng ngôn ngữ kiến trúc **hiện đại tối giản** (Contemporary Minimalism). Mặt đứng chính (hướng Bắc) nổi bật bởi hệ thống Curtain Wall kính Low-E phản quang hai lớp, phản chiếu bầu trời và cảnh quan xung quanh, tạo hiệu ứng "tòa nhà vô hình" đặc trưng. Khối đế được ốp đá Granite xám nhạt polished, tạo sự đối lập nhẹ nhàng với khối tháp kính phía trên. Tổng thể màu sắc chủ đạo là trắng bạc – xám bạc – xanh kính, truyền tải thông điệp

chuyên nghiệp, tin cậy.

E.6 Hệ thống giao thông

E.6.1 Giao thông đứng

Nêu số lượng, loại, tải trọng và tốc độ của thang máy; số lượng và vị trí thang bộ thoát hiểm.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Thang máy: Công trình bố trí **04 thang máy chở khách** tốc độ 2,5 m/s, tải trọng 1 000 kg (13 người)/cabin; và **01 thang máy tải hàng** tốc độ 1,0 m/s, tải trọng 1 600 kg. Tất cả thang máy được cung cấp điện dự phòng từ máy phát 500 kVA.

Thang bộ thoát hiểm: Bố trí **02 buồng thang** đặt tại góc Đông–Bắc và Tây–Nam của lõi, mỗi buồng rộng 1,4 m, chiều nghi 1,4 m × 2,5 m. Cả hai buồng thang đều được *tạo áp dương* (overpressure) để ngăn khói xâm nhập theo QCVN 06:2022.

E.6.2 Giao thông ngang

Nêu chiều rộng hành lang, cách tổ chức lưu thông nội bộ tầng điển hình.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

Hành lang nội bộ xung quanh lõi kỹ thuật rộng 2,4 m, đảm bảo lưu thông thuận tiện và đáp ứng yêu cầu thoát hiểm tối thiểu 1,8 m theo quy chuẩn. Các khu vực văn phòng mở không có hành lang nội bộ cố định; người thuê tự bố trí lối đi theo thiết kế nội thất.

E.7 Giải pháp kỹ thuật

Nêu tóm tắt các hệ thống M&E. Không cần đi sâu tính toán, chỉ cần nêu giải pháp và thiết bị tiêu biểu.

Ví dụ: Công trình minh họa: Nhà cao tầng đa năng

- **Hệ thống điện:** Nguồn điện chính lấy từ lưới điện quốc gia qua trạm biến áp 1 000 kVA đặt tại tầng B1. Máy phát điện dự phòng 500 kVA đảm bảo cấp điện liên tục cho thang máy, hệ thống PCCC, chiếu sáng sự cố và các thiết bị quan trọng khi mất điện lưới.
- **Hệ thống cấp – thoát nước:** Nước sinh hoạt được bơm từ bể ngầm (tầng B1, 300 m³) lên bồn mái (20 m³) rồi cấp xuống các tầng theo phương thức trọng lực. Nước thải sinh hoạt và nước mưa thu gom riêng biệt, thoát theo hệ thống gen kỹ thuật trong lõi về hệ thống thoát nước đô thị.
- **Hệ thống thông gió và điều hòa:** Hệ thống điều hòa trung tâm kiểu VRV (Variable Refrigerant Volume) với dàn nóng tập trung tại tầng kỹ thuật mái, cung cấp cho toàn bộ tầng văn phòng và khu thương mại. Hệ thống quạt tăng áp buồng thang và hút khói

hành lang hoạt động tự động khi có tín hiệu báo cháy.

- **Hệ thống PCCC:** Bố trí đầu báo khói địa chỉ (Addressable Smoke Detector) và đầu báo nhiệt cho toàn bộ các tầng. Hệ thống chữa cháy gồm: họng nước vách tường trên mỗi tầng và hệ thống Sprinkler tự động kích hoạt khi nhiệt độ đạt 68,0 °C.
- **Hệ thống chống sét:** Kim thu sét chủ động phát tia tiên đạo (ESE — Early Streamer Emission) đặt tại đỉnh tum thang, bán kính bảo vệ 80 m. Dây dẫn xuống thoát sét đi theo rãnh chuyên dụng trong tường, kết nối với hệ thống cọc tiếp địa đồng đặt xung quanh móng.
- **Hệ thống thu gom rác:** Mỗi tầng có phòng chứa rác tạm 4 m² liên thông với ống thu rác chuyên dụng (ống thép D300mm). Rác từ các tầng đổ xuống phòng tập kết rác tầng B1 (diện tích 25 m², có xe đẩy container chuyên dụng để xe rác đô thị thu gom hàng ngày).

Bài tập biến thể: Thực hành vận dụng

Sau khi đọc xong ví dụ mẫu ở Phụ lục này, sinh viên tự hoàn thiện phần Kiến trúc cho công trình của mình bằng cách:

1. Đọc kỹ bộ hồ sơ kiến trúc do GVHD cung cấp (bản vẽ mặt bằng, mặt đứng, mặt cắt).
2. Dùng bảy mục (E.1 đến E.7) làm sườn bài, *thay toàn bộ số liệu và thông tin* bằng số liệu công trình thực tế của bạn.
3. Viết thành đoạn văn hoàn chỉnh — **không được gạch đầu dòng** trong thuyết minh nộp.
4. Đối chiếu lại với bản vẽ Kiến trúc để đảm bảo không mâu thuẫn số liệu.

Tài liệu tham khảo

A. Tiêu chuẩn Việt Nam

1. TCVN 2737:2023 – *Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội: Bộ Khoa học và Công nghệ.
2. TCVN 5574:2018 – *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội: Bộ Khoa học và Công nghệ.
3. TCVN 9386-1:2025 – *Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 1: Quy định chung, tác động động đất và quy định đối với kết cấu nhà*. (Thay thế TCVN 9386:2012.)
4. TCVN 9386-5:2025 – *Thiết kế công trình chịu động đất – Phần 5: Nền móng, kết cấu chịu lực và kết cấu địa kỹ thuật*.
5. TCVN 10304:2025 – *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*. (Thay thế TCVN 10304:2014.)
6. TCVN 9362:2012 – *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*.
7. QCVN 06:2022/BXD – *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình*.
8. TCVN 10304:2014 – *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế* (bản cũ, tham khảo đối chiếu).
9. TCVN 9386:2012 – *Thiết kế công trình chịu động đất* (bản cũ, tham khảo đối chiếu).

B. Sách, giáo trình và tài liệu hướng dẫn

10. *Sổ tay hướng dẫn đồ án tốt nghiệp* (ngành Xây dựng dân dụng và công nghiệp). Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, 2016. (Giữ phương pháp trình bày; đã cập nhật số hiệu tiêu chuẩn.)
11. *Quy trình thiết kế kết cấu công trình*. Tài liệu lưu hành nội bộ, 2025.
12. Nguyễn Đình Cống – *Tính toán tiết diện cốt thép bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2018*. Nhà xuất bản Xây dựng.
13. Võ Bá Tâm – *Kết cấu bê tông cốt thép (Cấu kiện cơ bản) và Kết cấu nhà cao tầng*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM.
14. J. E. Gordon – *Structures: Or Why Things Don't Fall Down*. Da Capo Press, 2003. ISBN 978-0-306-81283-5. (Sách tham khảo tư duy kết cấu – dùng cho bản trích giảng riêng.)

C. Tài liệu của đồ án mẫu (Nhà cao tầng đa năng)

15. Hồ sơ thuyết minh tính toán kết cấu *Nhà cao tầng đa năng* (20 tầng nổi, 02 tầng hầm) – các chương 2–6.
16. Bộ bản vẽ kết cấu công trình Nhà cao tầng đa năng (KC-01 ÷ KC-12).
17. Ngân hàng câu hỏi bảo vệ đồ án tốt nghiệp – phần Kết cấu.