

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
KHOA CÔNG TRÌNH

HỘI NGHỊ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN

ĐỀ TÀI

**THIẾT LẬP BẢNG TÍNH TÍNH TOÁN CẦU KIẾN
BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TIÊU CHUẨN TCVN 5574:2018.**

Giáo viên hướng dẫn: ThS. Nguyễn Thị Thanh Thúy

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Tuấn Dương - Lớp 59CX3

Nguyễn Minh Ánh - Lớp 59CX3

Hà Nội, 2021

Mục lục hình vẽ	3
Mục lục bảng	4
PHẦN 1: MỞ ĐẦU	5
1.1 Tổng quan về tính cấp thiết của vấn đề cần nghiên cứu	5
1.2 Mục tiêu đề tài	5
1.3 Phương pháp nghiên cứu.....	5
1.4 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	5
PHẦN 2: NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	6
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VỀ TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP TCVN 5574:2018	6
1.1 Giới thiệu về tiêu chuẩn TCVN 5574:2018	6
1.1.1 Giới thiệu chung.....	6
1.1.2 Một số điểm mới trong tiêu chuẩn TCVN 5574:2018	6
1.1.3 Tính toán thiết kế cấu kiện dầm và cột khung BTCT theo TCVN 5574:2018.....	9
1.1.4 Các quy định cấu tạo dầm, cột theo TCVN 5574:2018.....	12
CHƯƠNG 2: SỰ CẦN THIẾT VÀ THIẾT LẬP BẢNG TÍNH KỸ THUẬT (PHẦN MỀM EXCEL)	14
2.1 Sự cần thiết lập bảng tính thiết kế cấu kiện.....	14
2.2 Lựa chọn phần mềm để lập bảng tính.....	15
2.3 Các bước thiết lập một bảng tính bằng phần mềm excel.....	15
2.3.1 Chuẩn bị nội dung kỹ thuật – khoa học của bài toán	15
2.3.2 Thiết kế bảng tính gồm nhiều trang tính	16
2.3.3 Bố trí dạng trang in	16
2.3.4 Soạn thảo nội dung trang tính dành để nhập dữ liệu.....	17
2.3.5 Soạn thảo nội dung trang tính dành để xuất kết quả	17

2.3.6	Soạn thảo nội dung trang tính dành để lưu trữ cơ sở dữ liệu	17
2.3.7	Soạn thảo nội dung các trang tính dành để tính toán.....	17
CHƯƠNG 3: BẢNG TÍNH THIẾT KẾ DẦM CHỊU UỐN VÀ CHỊU CẮT BTCT THEO TCVN 5574:2018		18
3.1	Thiết lập bảng tính dầm chịu uốn	18
3.1.1	Bài toán.....	18
3.1.2	Thiết lập sơ đồ khối.....	18
3.1.3	Bảng tính excel thiết kế cho dầm chịu uốn tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn như sau (xem file excel nộp kèm)	20
3.2	Thiết lập bảng tính dầm chịu cắt	21
3.2.1	Bài toán.....	21
3.2.2	Sơ đồ khối.....	21
3.2.3	Kết quả Bảng tính excel kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm BTCT tiết diện chữ nhật chịu tải phân bố đều.....	21
3.3	So sánh kết quả tính giữa tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 và phiên bản cũ	28
CHƯƠNG 4: BẢNG TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CỘT BTCT THEO		32
TCVN 5574:2018.....		32
4.1	Bài toán	32
4.2	Sơ đồ khối	32
4.1.3	Bảng tính kiểm tra KNCL cột BTCT tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đối xứng	34
4.1.4	Một số nhận xét về kết quả tính toán thiết kế theo TCVN 5574:2018	35
PHẦN 3: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....		36
3.1	KẾT LUẬN	36
3.2	KIẾN NGHỊ.....	36
PHẦN 4: TÀI LIỆU THAM KHẢO		38

Mục lục hình vẽ

Hình 1: Biểu đồ biến dạng đầy đủ của bê tông khi chịu nén.....	9
Hình 2: Sơ đồ khối tính toán thiết kế dầm chịu uốn.....	19
Hình 3: Bảng tính thiết kế dầm chịu uốn	20
Hình 4: Sơ đồ khối kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm chịu tải phân bố đều	23
Hình 5: Bảng tính kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm chịu tải phân bố đều.....	25
Hình 6: Bảng tính cốt thép đai cho dầm theo TCVN 5574:2012	30
Hình 7: Bảng tính cốt thép đai cho dầm theo TCVN 5574:2018	31
Hình 8: Sơ đồ khối kiểm tra khả năng chịu lực của cột.....	33
Hình 9: Bảng tính kiểm tra khả năng chịu lực của cột.....	35

Mục lục bảng

Bảng 1: So sánh công thức tính toán độ bền ở 2 tiêu chuẩn	8
Bảng 2: So sánh công thức tính toán theo sự hình thành vết nứt ở 2 tiêu chuẩn.....	8
Bảng 3: Chiều dày tối thiểu của lớp bê tông bảo vệ	13

PHẦN 1: MỞ ĐẦU

1.1 Tổng quan về tính cấp thiết của vấn đề cần nghiên cứu

Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 được ban hành năm 2018 là tiêu chuẩn hiện hành áp dụng cho Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (BTCT) ở Việt Nam. Hiện nay các sách và giáo trình trong chương trình học của ngành KTXD hầu hết đều đang thiết kế tuân theo phiên bản cũ đã hết hiệu lực là tiêu chuẩn TCVN 5574:2012. Phần mềm phân tích kết cấu thông dụng là ETABS version mới nhất cũng chỉ thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012. Như vậy cần thiết phải có tìm hiểu về tiêu chuẩn có hiệu lực hiện hành này và cập nhật các quy định về thiết kế và cấu tạo kết cấu / cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn mới để phục vụ học tập và công việc sau này khi sinh viên ra trường trở thành kỹ sư Xây dựng.

1.2 Mục tiêu đề tài

Đề tài tìm hiểu và nghiên cứu về tiêu chuẩn Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép TCVN 5574:2018 về nội dung tính toán thiết kế và cấu tạo các cấu kiện cơ bản của khung bê tông cốt thép như dầm sàn và cột đồng thời thiết lập các bảng tính toán trên phần mềm excel phục vụ cho tự động hóa thiết kế và đưa ra một số nhận xét so sánh (nếu có) với các kết quả thiết kế theo TCVN 5574:2012.

1.3 Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, sinh viên tìm hiểu tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 và Nghiên cứu và thiết lập bảng tính (excel) cho các cấu kiện khung BTCT.

1.4 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nhóm sinh viên lựa chọn đối tượng và phạm vi nghiên cứu là thiết kế và cấu tạo các cấu kiện cơ bản của khung BTCT toàn khối là dầm và cột thiết kế theo trạng thái giới hạn – là các cấu kiện cơ bản trong các môn học về kết cấu BTCT và các đồ án bê tông cốt thép dân dụng, đồ án Kết cấu nhà BTCT và sắp tới là đồ án tốt nghiệp chuyên ngành XDĐD&CN.

Sản phẩm của đề tài có thể dùng trực tiếp làm tài liệu học tập, tham khảo cho sinh viên khi học các môn học về kết cấu BTCT, đồ án môn học và đồ án tốt nghiệp cũng như phục vụ cho công việc của kỹ sư thiết kế sau này.

PHẦN 2: NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nội dung chính của báo cáo gồm 4 chương:

Chương 1: Giới thiệu về tiêu chuẩn Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép TCVN5574:2018

Chương 2: Sự cần thiết và thiết lập bảng tính kỹ thuật

Chương 3: Bảng tính toán thiết kế dầm BTCT chịu uốn và dầm chịu cắt theo TCVN5574:2018

Chương 4: Bảng tính toán thiết kế cột BTCT theo TCVN5574:2018.

Chương 1,2 là các nghiên cứu lý thuyết và chương 3, 4 nhóm sinh viên thực hiện các công việc gồm đưa ra bài toán, lập sơ đồ khối và thiết lập bảng tính và thể hiện kết quả nghiên cứu là các bảng tính toán thiết kế cho dầm và cột của khung BTCT toàn khối.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VỀ TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP TCVN 5574:2018

1.1 Giới thiệu về tiêu chuẩn TCVN 5574:2018

1.1.1 Giới thiệu chung

- TCVN 5574:2018 do Bộ Khoa học Công nghệ ban hành năm 2018 thay thế cho TCVN 5574:2012
- Cơ sở tham khảo để xây dựng TCVN 5574:2018 là tiêu chuẩn của **Liên Bang Nga** SP 63.13330.2012 và các sửa đổi năm 2016
- Trong tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 này, nhiều điểm mới đáng được quan tâm chú ý và có sự thay đổi so với TCVN 5574:2012, trong đó có thay đổi mô hình ứng suất sang mô hình biến dạng (chấp nhận giả thiết tiết diện phẳng) khi tính toán tiết diện cấu kiện. Mô hình này được khuyến nghị ưu tiên sử dụng để tính toán theo các trạng thái giới hạn (thứ nhất và thứ hai) cho các cấu kiện chịu tác dụng của mô men uốn và lực dọc. ***Đối với các cấu kiện có hình dạng tiết diện đơn giản (chữ nhật, chữ T, chữ I) thì vẫn cho phép sử dụng phương pháp nội lực giới hạn nhưng có điều chỉnh.*** Ngoài ra, các thay đổi còn liên quan đến tính toán cắt, chọc thủng, nén cục bộ, xoắn v.v

1.1.2 Một số điểm mới trong tiêu chuẩn TCVN 5574:2018

○ Về cấu trúc

Toàn bộ cấu trúc trong tiêu chuẩn mới không giống với cấu trúc của tiêu chuẩn cũ,

trong đó tách biệt 3 phần riêng cho kết cấu bê tông, bê tông cốt thép không ứng suất trước và bê tông cốt thép ứng suất trước. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng dễ dàng hơn. Toàn bộ tiêu chuẩn được chia thành 11 phần và các Phụ lục. Ngoài ra, còn có các Phụ lục từ A đến M lần lượt nói về Quan hệ giữa cấp độ bền chịu nén của bê tông với cường độ chịu nén tiêu chuẩn và cường độ chịu nén trung bình; Các biểu đồ biến dạng của bê tông (các biểu đồ biến dạng đầy đủ); Hướng dẫn áp dụng một số loại cốt thép; Tính toán chi tiết đặt sẵn; Tính toán hệ kết cấu; Tính toán cột tiết diện vành khuyên và tròn; Tính toán chốt bê tông; Tính toán công xôn ngắn; Tính toán kết cấu bán lắp ghép; Xét đến cốt thép hạn chế biến dạng ngang khi tính toán các cấu kiện chịu nén lệch tâm theo mô hình biến dạng phi tuyến; Độ võng và chuyển vị; Các nhóm chế độ làm việc của cần trục kiểu cầu và cần trục treo.

○ **Về vật liệu**

- Mở rộng phạm vi áp dụng cho bê tông nặng từ B70 đến B100. Thay đổi giá trị của một số hệ số điều kiện làm việc của bê tông.
- Đối với cốt thép:
 - Sử dụng các tiêu chuẩn thép cốt hiện hành là TCVN 1651:2008 (đối với thép thanh cán nóng trơn CB240-T, CB300-T; có gân (gai) CB300-V, CB400-V và CB500-V), TCVN 6288:1997 (đối với dây thép vuốt (kéo) nguội cường độ thấp), TCVN 6284-2:1997 (đối với dây thép kéo nguội cường độ cao); TCVN 6284-5:1997 (đối với thép thanh cán nóng cường độ cao có gân (gai)), TCVN 6284-4:1997 (đối với cáp 7 sợi hoặc 19 sợi)
 - Sử dụng chung một hệ số tin cậy là 1,15

○ **Về tính toán:**

- Trong tiêu chuẩn mới đã cập nhật bổ sung các phương pháp mới để tính toán và cấu tạo, cũng như hoàn thiện các phương pháp cũ. Mục đích chính là làm sao cho các phương pháp mới này được dựa trên các mô hình tính toán đơn giản mà đa năng, có cơ sở lý thuyết, giảm bớt các hệ số thực nghiệm và kể đến được đặc điểm vật lý về sự làm việc của các cấu kiện bê tông cốt thép và đảm bảo được độ tin cậy cần thiết.
- Đối với tính toán độ bền: tính theo nội lực giới hạn kể đến sự làm việc dẻo của bê tông và cốt thép một cách quy ước. Ở đây, khi tính toán tiết diện thẳng góc thì công

thức xác định chiều cao giới hạn vùng bê tông chịu nén đã được điều chỉnh lại:

Bảng 1: So sánh công thức tính toán độ bền ở 2 tiêu chuẩn

TCVN 5574:2018	TCVN 5574:2012
$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}} \quad (1)$	$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)}$

- Đối với tính toán theo sự hình thành vết nứt, mở rộng vết nứt và biến dạng: sử dụng các nguyên tắc chung của cơ học kết cấu và sức bền vật liệu đối với kết cấu bê tông cốt thép

Bảng 2: So sánh công thức tính toán theo sự hình thành vết nứt ở 2 tiêu chuẩn

TCVN 5574:2018	TCVN 5574:2012
$\alpha_{crc,i} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} l_s \quad (2)$	$\alpha_{crc} = \delta \varphi_l \eta \frac{\sigma_s}{E_s} 20(3.5 - 100\mu)^{\sqrt[3]{d}}$

- Đối với tính toán chịu tác dụng của lực cắt: vẫn dựa theo nội lực giới hạn có sử dụng mô hình tiết diện nghiêng
- Đối với tính toán chịu nén cục bộ: Vẫn dựa theo nội lực giới hạn và điều chỉnh các công thức tính toán.
- Đối với tính toán chịu xoắn: vẫn sử dụng mô hình tiết diện không gian theo nội lực giới hạn và để áp dụng hơn tiêu chuẩn cũ
- Trong tiêu chuẩn mới tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép lần này có thay đổi quan điểm về mô hình tính toán, chuyển từ mô hình ứng suất sang mô hình biến dạng. Cụ thể thay vì giới hạn ứng suất thì chuyển sang giới hạn biến dạng của bê tông và thép

Trên tiết diện thẳng góc (chịu M và N):

$$|\varepsilon_{b,max}| \leq \varepsilon_{b,u} \text{ và } \varepsilon_{s,max} \leq \varepsilon_{s,u} \quad (2')$$

Trong đó $\varepsilon_{s,max}$ và $\varepsilon_{b,max}$ là biến dạng tương đối của thép bê tông chịu nén nhiều nhất và của thanh cốt thép chịu kéo nhiều nhất trong tiết diện thẳng góc của cấu kiện;
 $\varepsilon_{s,u}$ và $\varepsilon_{b,u}$ là giá trị giới hạn của biến dạng tương đối của bê tông chịu nén và biến dạng giãn dài tương đối của cốt thép.

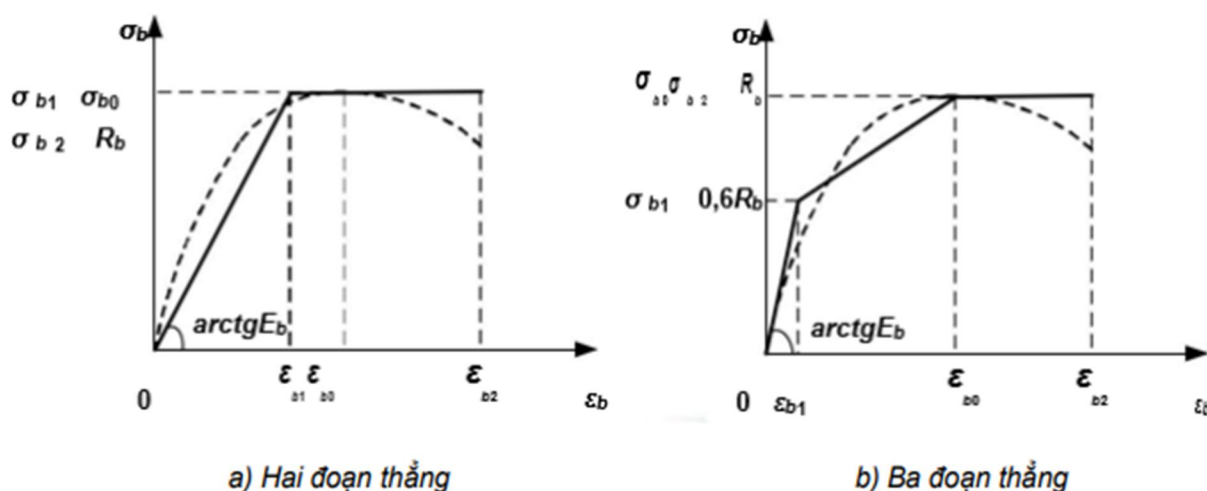
Mô hình này được khuyến nghị ưu tiên sử dụng để tính toán theo các trạng thái giới hạn (thứ nhất và thứ hai) cho các cấu kiện chịu tác dụng của mô men uốn và lực dọc.

Đối với các cấu kiện có hình dạng tiết diện đơn giản (chữ nhật, chữ T, chữ I) thì vẫn cho phép sử dụng phương pháp nội lực giới hạn.

- Tính toán cắt vẫn sử dụng mô hình tiết diện nghiêng nhưng có điều chỉnh công thức tính toán giúp cho việc tính toán đơn giản hơn. Tính toán chọc thủng cho phép kể đến ảnh hưởng của mô men uốn theo hai phương khác với trước đây không kể đến. Tính toán chịu nén cục bộ vẫn theo mô hình trước đây nhưng có điều chỉnh công thức tính toán. Tính toán xoắn vẫn sử dụng mô hình không gian theo phương pháp nội lực giới hạn, nhưng có sử dụng các biểu đồ tương tác khi có tác dụng đồng thời của mô men uốn và mô men xoắn, cũng như lực cắt và mô men xoắn.

1.1.3 Tính toán thiết kế cấu kiện dầm và cột khung BTCT theo TCVN 5574:2018

- Trong tiêu chuẩn mới sử dụng thuật ngữ “mô hình biến dạng phi tuyến” để chỉ mô hình biến dạng có kể đến tính chất không đàn hồi (đàn - dẻo) của bê tông và cốt thép khi nén và kéo.
- Đối với bê tông khi nén, biểu đồ biến dạng đầy đủ dựa trên đường cong biến dạng đầy đủ của bê tông theo Model code 1990



Hình 1: Biểu đồ biến dạng đầy đủ của bê tông khi chịu nén

- Biểu đồ biến dạng khi kéo của bê tông cũng lấy như biểu đồ biến dạng khi kéo của nó, chỉ khác là các giá trị σ_b , R_b và ε_b được thay bằng các giá trị tương ứng σ_{bt} , R_{bt} và ε_{bt} .
- Chịu nén lệch tâm theo nội lực giới hạn:
 - Cấu kiện bê tông chịu lực nén dọc trục cần kể đến độ lệch tâm ngẫu nhiên e_a . Độ lệch tâm e_a này lấy không nhỏ hơn: 1/600 chiều dài cấu kiện hoặc khoảng cách giữa các

tiết diện được liên kết chặn chuyển vị; $1/30$ chiều cao tiết diện cầu kiện; 10m.

- Đối với các cầu kiện kết cấu siêu tĩnh, lấy bằng giá trị độ lệch tâm xác định được từ tính toán tĩnh học, nhưng không nhỏ hơn e_a .
- Đối với các cầu kiện của kết cấu tĩnh định, độ lệch tâm e_0 lấy bằng tổng độ lệch tâm xác định được từ tính toán tĩnh học và độ lệch tâm ngẫu nhiên.
- Tính toán cầu kiện bê tông chịu nén lệch tâm với lực nén dọc nằm trong phạm vi tiết diện ngang của cầu kiện được tiến hành theo điều kiện:

$$N \leq R_b A_b \quad (3)$$

Trong đó: N là lực dọc tác dụng;

A_b là diện tích vùng chịu nén được xác định từ điều kiện trọng tâm của nó trùng với điểm đặt lực dọc N (có kể đến uốn dọc).

- Đối với các cầu kiện tiết diện ngang chữ nhật:

$$A_b = bh \left(1 - \frac{2e_0 \eta}{h}\right) \quad (4)$$

Cho phép tính toán các cầu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật với độ lệch tâm của lực dọc $e_0 \leq h/30$ và $L_0 \leq 20h$ theo điều kiện:

$$N \leq \varphi R_b A \quad (5)$$

trong đó: A là diện tích tiết diện ngang của cầu kiện;

φ là hệ số, phụ thuộc vào độ mảnh của cầu kiện khi có tác dụng dài hạn:

Khi có tác dụng ngắn hạn của tải trọng: xác định theo quy luật tuyến tính với $\varphi = 0,9$ khi $L_0/h=10$ và $\varphi = 0,85$ khi $L_0/h=20$;

L_0 là chiều dài tính toán của cầu kiện, được xác định như đối với cầu kiện bê tông cốt thép

- Sự làm việc của bê tông vùng chịu kéo:

$$\eta \leq \frac{R_{bt} A}{I e_0 \eta y_t - 1} \quad (6)$$

Đối với cầu kiện tiết diện ngang chữ nhật thì điều kiện (6) có dạng:

$$\eta \leq \frac{R_{bt} b h}{\frac{6 e_0 \eta}{h} - 1} \quad (7)$$

Trong đó: A là diện tích tiết diện ngang của cầu kiện bê tông;

I là mô men quán tính của tiết diện đối với trọng tâm của nó;

y_t là khoảng cách từ trọng tâm đến thớ chịu kéo nhiều nhất

η là hệ số uốn dọc, lấy theo các chỉ dẫn trong (8)

- Tính toán các cấu kiện bê tông chịu nén lệch tâm khi lực nén dọc trục nằm ngoài phạm vi tiết diện ngang của cấu kiện được tiến hành theo các điều kiện (6) và (7).

Giá trị hệ số η , kể đến ảnh hưởng của uốn dọc đến độ lệch tâm của lực dọc e_0 , được xác định theo công thức

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} \quad (8)$$

Trong đó N_{cr} là lực tới hạn quy ước, được xác định theo công thức:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{L_0^2} \quad (9)$$

Trong đó: D là độ cứng của cấu kiện ở trạng thái giới hạn về độ bền, được xác định như đối với cấu kiện bê tông cốt thép

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}$$

L là chiều dài tính toán của cấu kiện.

- Cấu kiện bê tông chịu uốn theo nội lực giới hạn

Các giả thiết khi tính toán như sau: Chấp nhận giả thiết tiết diện phẳng; Biến dạng thớ bê tông chịu nén ngoài cùng đạt đến giá trị ε_{b2} ; biến dạng cốt thép chịu kéo đạt đến $\varepsilon_{s0} = R_s/E_s$

- Tính toán cấu kiện bê tông chịu uốn được tiến hành theo điều kiện:

$$M \leq M_u \quad (10)$$

Trong đó: M là mô men uốn do ngoại lực;

M_u là mô men uốn giới hạn mà tiết diện cấu kiện có thể chịu được.

M_u được xác định: $M_u = R_{bt} W$

Trong đó: W là mô men kháng uốn của tiết diện cấu kiện đối với thớ chịu kéo ngoài cùng.

Đối với cấu kiện tiết diện ngang chữ nhật:

$$W = \frac{bh^2}{6} \quad (11)$$

- Quy trình thiết kế dầm

- Lựa chọn sơ bộ tiết diện cho dầm

- Vẽ sơ đồ tính
- Xác định các tải trọng tác dụng lên dầm
- Tổ hợp nội lực
- Tính toán và bố trí cốt thép cho dầm
- Quy trình thiết kế cột
 - Lựa chọn sơ bộ tiết diện cho cột
 - Vẽ sơ đồ tính
 - Xác định các tải trọng truyền vào cột
 - Tổ hợp nội lực cho cột
 - Tính toán và bố trí cốt thép cho cột

1.1.4 Các quy định cấu tạo dầm, cột theo TCVN 5574:2018

Áp dụng cho tiết diện chữ nhật:

- Cốt thép chịu lực: dùng để chịu các ứng lực phát sinh do tác dụng của tải trọng và được xác định từ nội lực xuất hiện trên tiết diện, thường dùng
- Nên đặt chiều cao tiết diện theo mặt phẳng tác dụng của mô men uốn, kích thước dầm, cột là bội số của 2,5,10 để dễ lắp đặt ván khuôn và lớn hơn kích thước tối thiểu để có thể thi công được
- Cốt thép cấu tạo: được đặt vào kết cấu để liên kết với các cốt chịu lực thành khung hoặc lưới, để chịu các ứng suất xuất hiện trên tiết diện
 - Thép thanh cán nóng trơn với đường kính từ 6 mm đến 40 mm theo TCVN 1651-1:2008 và thép thanh cán nóng có gân với đường kính từ 6 mm đến 50 mm theo TCVN 1651-2:2008;
 - Thép thanh gia công cơ nhiệt với đường kính từ 15 mm đến 40 mm theo TCVN 6284-5:1997 (ISO 6934-5:1991);
 - Dây thép vuốt nguội với đường kính từ 5 mm đến 12 mm theo TCVN 6288:1997 (ISO 10544:1992);
 - Dây thép kéo nguội với đường kính từ 2.5 mm đến 12.2 mm theo TCVN 6284-2:1997 (ISO 6394-2:1991);
 - Cáp 7 sợi hoặc 19 sợi với đường kính từ 9.3 mm đến 21.8 mm theo TCVN 6284-4:1997 (ISO 6934- 4:1991).

- Cáp được phân thành loại có bề mặt trơn, có gân, hoặc lõi lõm (có vết ấn), hoặc được nén chặt từ dây thép trơn.
- Chiều cao làm việc của tiết diện: khoảng cách từ biên chịu nén của cấu kiện đến trọng tâm cốt thép dọc chịu kéo ($h_0 = h - a \text{ (mm)}$)
- Lớp bê tông bảo vệ: chiều dày lớp bê tông tính từ biên (mép) cấu kiện đến bề mặt gần nhất của thanh cốt thép không nhỏ hơn đường kính thép, $\geq 10\text{mm}$ và theo bảng sau:

Bảng 3: Chiều dày tối thiểu của lớp bê tông bảo vệ

Điều kiện làm việc của kết cấu nhà	Chiều dày tối thiểu của lớp bê tông bảo vệ
Trong các gian phòng được che phủ với độ ẩm bình thường và thấp (không lớn hơn 75%)	20
Trong các gian phòng được che phủ với độ ẩm cao (lớn hơn 75%) (khi không có các biện pháp bảo vệ bổ sung)	25
Ngoài trời (khi không có các biện pháp bảo vệ bổ sung)	30
Trong đất (khi không có các biện pháp bảo vệ bổ sung), trong móng khi có lớp bê tông lót	40

- Khoảng cách giữa các thanh thép: không được nhỏ hơn đường kính cốt thép lớn nhất và không được nhỏ hơn các giá trị sau
 - 25mm đối với các thanh cốt thép được bố trí thành một lớp hoặc hai lớp ở phía dưới tiết diện và nằm ngang hoặc nằm nghiêng khi đổ bê tông;
 - 30mm đối với các thanh cốt thép ở phía trên của tiết diện, được bố trí thành một hoặc hai lớp nằm ngang hoặc nằm nghiêng khi đổ bê tông;
 - 50mm đối với các thanh cốt thép ở phía dưới tiết diện được bố trí thành ba lớp trở lên (trừ các thanh của hai lớp cuối cùng) và nằm ngang hoặc nằm nghiêng khi đổ bê tông, cũng như đối với các thanh nằm theo phương đứng khi đổ bê tông.
- Chiều dài neo cốt thép $L_{an} = \alpha L_{0,an} \cdot (A_{s,cal}/A_{s,ef})$ Với $L_{0,an}$ là chiều dài neo cơ sở và $L_{0,an} = R_s A_s / R_{bond} U_s$ Trong đó $\alpha = 1$ là hệ số đối với cốt thép chịu kéo và 0,75 với thép chịu nén; $A_{s,cal}/A_{s,ef}$ là diện tích tiết diện ngang của thép theo tính toán và theo thực tế; R_{bond} là cường độ bám dính tính toán của bê tông và thép; A_s và U_s là diện tích và chu vi của thanh thép.

- Hàm lượng cốt thép lớn nhất trong dầm là $\mu_{\max} = \xi_R R_b/R_s$ và $\mu_{\min} = 0,1\%$ (khác với tiêu chuẩn trước là 0,05%)
- Với cột: $\mu_{\min} = 0,1\%$ khi độ mảnh $L_0/i \leq 17$ và $\mu_{\min} = 0,25\%$ khi độ mảnh $L_0/i \geq 87$; với độ mảnh từ 17 đến 87 nội suy hàm lượng μ_{\min} hàm lượng μ_{\max} ở cột dọc chịu lực không nên quá 4%; tại những chỗ nối chồng có thể cho phép hàm lượng đến 8% (điểm khác so với phiên bản cũ); cốt dọc không cách nhau quá 400 theo phương vuông góc mặt phẳng uốn, không quá 500 theo phương mặt phẳng uốn.

Cốt thép ngang của dầm (gồm cốt đai và cốt xiên):

- Các dầm có chiều cao nhỏ hơn 150mm có thể không cần đặt cốt ngang nếu lực cắt do bê tông đủ chịu.
- Dầm cao trên 150mm: ở khu vực có lực cắt lớn khoảng cách đai $s \leq s_{ct} = \min(0,5h_0, 300 \text{ hoặc } 200 \text{ nếu B70 đến B100})$; ở khu vực có lực cắt nhỏ khoảng cách đai $s \leq s_{ct} = \min(0,75h_0, 500 \text{ hoặc } 400 \text{ nếu B70 đến B100})$
- Cốt đai trong cột: Đường kính $\geq (\phi_{\text{dọc max}}/4, 6\text{mm})$ với khoảng cách đai $\leq (15\phi_{\text{dọc}} \text{ và } 500)$. Nếu thép dọc chịu nén nhiều hơn 1,5% thì khoảng cách đai $\leq (10\phi_{\text{dọc}} \text{ và } 3500)$. Đai cột cần bố trí cao cho các thanh thép dọc ít nhất là cách một thanh phải có 1 thanh nằm ở vị trí uốn của cốt đai và các vị trí uốn này không cách nhau quá 400. Nếu ở một mặt bên có không quá 4 thanh, chiều rộng mặt bên không quá 400 thì cho phép dùng 1 đai bao quanh tất cả các thanh cốt dọc này.

CHƯƠNG 2: SỰ CẦN THIẾT VÀ THIẾT LẬP BẢNG TÍNH KỸ THUẬT (PHẦN MỀM EXCEL)

2.1 Sự cần thiết lập bảng tính thiết kế cấu kiện

Việc tính toán thiết kế cấu kiện cùng loại trong khung BTCT tuân theo một quy trình giống nhau cho nên nếu có thể thiết lập các bảng tính để biến quy trình tính toán thành tự động cho các cấu kiện giống nhau và chỉ thay đổi các tham số đầu vào và xử lý kết quả là việc có khả năng thực hiện được với các chương trình lập trình, việc này sẽ giảm được nhiều thời gian và có thể tính được cho số lượng lớn cấu kiện, việc xây dựng được quy trình tính chính xác cũng sẽ giảm được tính toán sai trong quá trình xử lý bài toán. Nhiệm vụ ở đây là bảng tính được lập trình phải xét được đầy đủ tất cả các khả năng có thể xảy ra và trình bày một cách trực quan để

hiểu để người dùng bất kỳ đều có thể sử dụng.

Như vậy việc lập bảng tính thiết kế ầu kiện sẽ giúp:

- Nhằm tự động hóa thiết kế các cấu kiện cùng loại
- Người dùng có thể dễ dàng kiểm soát được số liệu tính toán của mình
- Nếu tính nhiều lần với những giá trị khác nhau sẽ rất dễ dàng để thực hiện
- Nếu như không lập bảng tính thì khó có thể kiểm soát được kết quả tốt nhất có thể
- Có thể tìm được tiết diện tối ưu hoặc theo mong muốn của người dùng vì có thể thay các phương án khác nhau và xem được kết quả nhanh chóng để quyết định

2.2 Lựa chọn phần mềm để lập bảng tính

Hiện nay có nhiều ngôn ngữ lập trình có thể sử dụng trong tính toán kỹ thuật như C, C++, pascal, Visual basic.... Sau khi xem xét nhiều yếu tố và tham khảo việc lập thuyết minh tính toán của các công ty thiết kế, nhóm sinh viên đã lựa chọn phần mềm Excel để thiết lập bảng tính vì những lý do sau:

- Đây là phần mềm phổ biến, dễ sử dụng và có sẵn trong tất cả các máy tính cài hệ điều hành thông dụng (windows).
- Có khả năng lưu trữ và đạt được độ chính xác yêu cầu trong tính toán đối với các bài toán kỹ thuật.
- Tính tự động hóa, có thể viết thêm các modul lện để phục vụ các phép tính phức tạp hơn nếu cần (VBA)
- Hỗ trợ vẽ biểu đồ, vẽ hình, bảng biểu để trình bày.
- Khi trình bày cẩn thận có thể in ra các trang tính để làm thuyết minh tính toán có tính rõ ràng, mạch lạc, dễ hiểu cho người xem theo dõi.
- Đủ dùng cho các bài toán cơ bản không cần đến những ngôn ngữ lập trình bậc cao
- Có thể liên kết với phần mềm bên ngoài

2.3 Các bước thiết lập một bảng tính bằng phần mềm excel

2.3.1 Chuẩn bị nội dung kỹ thuật – khoa học của bài toán

- Người viết cần phải chuẩn bị nội dung kỹ thuật của vấn đề mà mình muốn giải trên máy tính (Không nên vội vàng bắt tay ngay vào việc lập trình khi chưa chuẩn bị kỹ vì như vậy chỉ tốn công sửa chữa và hoàn thiện về sau)
- Chuẩn bị nội dung trước khi làm một ứng dụng kỹ thuật trên Excel:

- Xác định mục tiêu bài toán, lập danh mục các tham số thể hiện kết quả tính toán (tên gọi, ý nghĩa vật lý, đơn vị đo, trị số ví dụ);
- Lập danh mục các biểu đồ, hình vẽ minh họa, thể hiện kết quả (tên gọi, ý nghĩa vật lý, phác thảo dạng);
- Tìm thuật toán giải rồi **lập sơ đồ khối** thể hiện quá trình tính toán từ khi nhập số liệu đến lúc tính ra kết quả;
- Viết các công thức tính toán theo đúng trình tự, ghi chú những chỗ tính toán kiểu chu kì lặp;
- Lập bảng danh mục các đại lượng sẽ được nhập vào để bắt đầu tính toán (tên gọi, đơn vị đo, ý nghĩa vật lý, trị số ví dụ).

2.3.2 Thiết kế bảng tính gồm nhiều trang tính

- Đối với những bài toán nhỏ thì có thể chỉ cần lập bảng tính với 1 trang tính duy nhất
- Trong trường hợp các bảng có chiều rộng cột khác nhau thì nên dùng kiểu bảng tính có nhiều trang tính
- Nếu dùng nhiều quá các trang tính sẽ khó quản lí và dễ nhầm lẫn lúc viết công thức có tham chiếu nội dung giữa các trang tính khác nhau
- Nên thiết kế bản tính của mình gồm các trang tính lần lượt có nội dung:
 - Sheet 1: chứa các thông tin ban đầu muốn giới thiệu
 - Sheet 2: chứa các bảng để nhập số liệu ban đầu
 - Sheet 3: chứa các bảng tính toán phần nội dung kĩ thuật 1
 - Sheet 4: chứa các bảng tính toán phần nội dung kĩ thuật 2
 - Sheet 5,6: Nhiệm vụ tính toán tùy theo nội dung cụ thể của bài bạn
 - Sheet 7: chứa các bảng để tính toán phần nội dung kết quả.
- Nếu bài toán cần phải tra bảng thì nên dùng 1 trang tính riêng cho số liệu bảng tra, việc này giúp tách riêng các cơ sở dữ liệu để dễ dàng xử lí (sửa đổi, thêm bớt dữ liệu).

2.3.3 Bố trí dạng trang in

- Dự kiến định dạng trang in ngay từ đầu
- Mỗi trang tính có nội dung riêng nên cách trình bày trang in có thể khác nhau để hình dạng các bảng trong trang tính đó phù hợp nhất với nội dung riêng của nó
- Sau khi soạn thảo xong hãy nhớ đóng từng cửa sổ bằng cách nhấn vào phím OK trên

cửa sổ đó. Đến đây coi như kết thúc việc chuẩn bị định dạng hình thức của các trang in. Phải làm cụ thể lần lượt cho từng trang tính trong bảng tính

2.3.4 Soạn thảo nội dung trang tính dành để nhập dữ liệu

- Kích hoạt trang tính và bắt đầu biên soạn các bảng trong trang tính để nhập số liệu.
- Chọn các kích cỡ bề rộng các ô trong bảng tính Excel sao cho phù hợp được với mọi bảng số liệu cần thể hiện (trong TH khó xử lý thì lập thêm 1 trang tính nữa dành cho việc nhập số liệu) để phù hợp với nội dung của bảng các số liệu nào đó đang xét
- Đảm bảo trang in phù hợp trong khuôn khổ bạn đã định
- Định dạng trang in theo khổ giấy nằm ngang (nếu bảng số liệu rộng nhô ra khỏi đường kẻ nét chấm thẳng đứng)
- Chuyển bảng số liệu đó sang trang in tiếp theo, mặc dù phải để 1 số dòng trống trong trang tính (nếu bảng số liệu dài nhô ra khỏi đường kẻ nét chấm nằm ngang)
- Trong cách trang tính dùng nhập số liệu nên có các sơ đồ hoặc hình vẽ để giải thích ý nghĩa của các số liệu nhập

2.3.5 Soạn thảo nội dung trang tính dành để xuất kết quả

- Các kết quả tính toán cần được phân loại trước và sắp xếp vào từng bảng theo nhóm ý nghĩa để dễ dàng theo dõi và kết luận.
- Kèm theo các bảng ghi kết quả nên có các hình vẽ minh họa.

2.3.6 Soạn thảo nội dung trang tính dành để lưu trữ cơ sở dữ liệu

- Tính toán khoa học kĩ thuật đều có sử dụng đến bảng tra, các đồ thị khác nhau đã được soạn sẵn, lưu các bảng tra này trong trang tính riêng để phục vụ tính toán

2.3.7 Soạn thảo nội dung các trang tính dành để tính toán

- Nếu có thể thì 1 đến 2 trang dành để tính toán. Nhiều hơn thì khó quản lí.
- Nếu bài toán quá lớn thì cũng có thể dành mỗi trang tính cho mỗi nội dung tính toán riêng để tiện theo dõi cũng như bố trí trang giấy in ra cho đẹp.
- Việc bố trí hợp lí các bảng trong trang tính nói chung khó mà đặt ra ngay từ đầu vì còn đang trong quá trình suy nghĩ dần và phát triển bảng tính của mình
- Soạn các bảng theo nội dung kĩ thuật cần thiết đến khi xong việc và tính ra ra kết quả cần thiết cuối cùng
- Sau khi đã tính ra kết quả cuối cùng, sửa sang các bảng của phần tính toán cho gọn và

dễ in ra trong khổ trang in dự kiến

- ➔ Kết quả tính không thay đổi nhưng bảng tính toán phụ này sẽ thuộc về 1 trang giấy in khác và in hay không thì tùy ý.

CHƯƠNG 3: BẢNG TÍNH THIẾT KẾ DẦM CHỊU UỐN VÀ CHỊU CẮT BTCT THEO TCVN 5574:2018

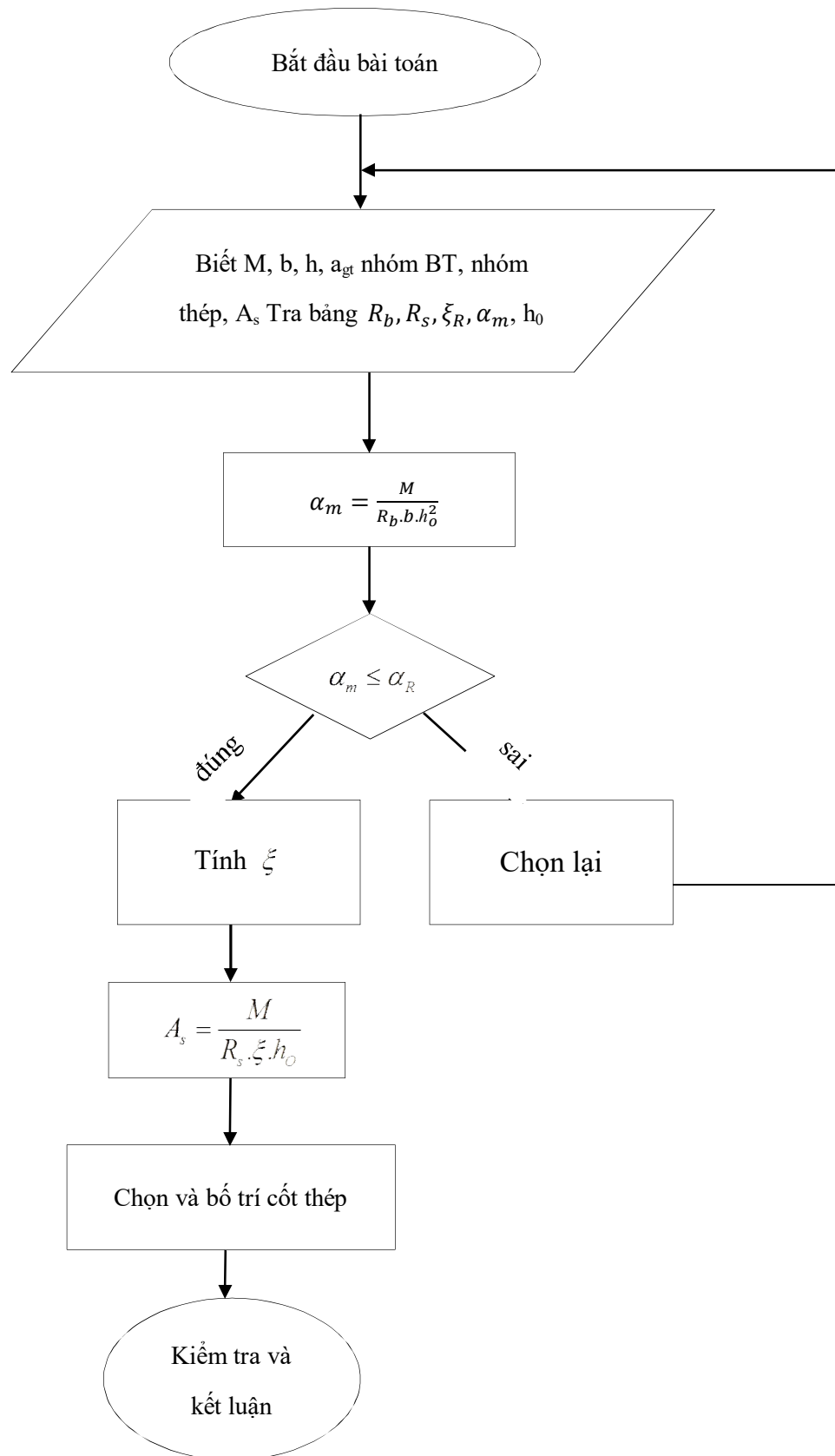
3.1 Thiết lập bảng tính dầm chịu uốn

3.1.1 Bài toán

Đề bài: Thiết kế một dầm sàn toàn khối tiết diện chữ nhật chịu mô men uốn, kết quả nội lực được xuất từ chương trình Etabs hoặc bảng Tổ hợp nội lực gồm các giá trị lớn nhất của Mô men của dầm

3.1.2 Thiết lập sơ đồ khối

Sau khi thực hiện các bước thiết lập bảng tính như mục 2.3 chương 2 bao gồm: xác định các thông số đầu vào gồm: vật liệu (bê tông, thép), tiết diện dầm, chiều dày sàn... Xác định các số liệu tra bảng, các bước và công thức tính toán và các kết quả cần xuất ra... Nhóm sinh viên đã thiết lập sơ đồ khối cho bài toán như sau:



Hình 2: Sơ đồ khối tính toán thiết kế dầm chịu uốn

3.1.3 Bảng tính excel thiết kế cho dầm chịu uốn tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn như sau (xem file excel nộp kèm)

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP CHỊU UỐN ĐẶT CỐT ĐƠN

Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 5574 : 2018

Tên cấu kiện: B29

Tên công trình: Khách sạn Việt Nam

Vị trí: TẦNG 4

Tầng: F4

1. Vật liệu

Bê tông: **B25**

+ Nén, R_b : 14.5 (Mpa)

+ Kéo, R_{bt} : 1.05 (Mpa)

Cốt thép: **CB300-V**

+ Dọc, $R_s = R_{s1}$: 260 (Mpa)

+ Ngang, R_w : 210 (Mpa)

Mô đun đàn hồi thép, E : 200000 (Mpa)

Mô đun đàn hồi bt, E_b : 30000 (Mpa)

2. Tiết diện

Chiều cao tiết diện, h :

40 (cm)

Chiều rộng tiết diện, b :

25 (cm)

Giả thiết giá trị a :

4 (cm)

Chiều cao làm việc h_0 :

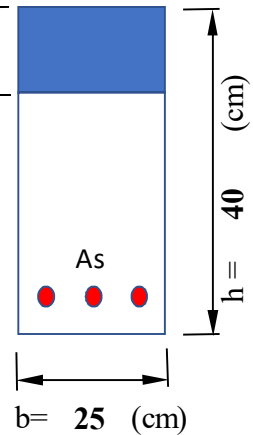
36 (cm)

Đường kính cốt đai, f :

10

Số nhánh đai, n :

2



3. Nội lực tính toán

Mômen uốn tiết diện, M : **14** (kNm)

Lực dọc tiết diện, N : 0 (kN)

Lực cắt tiết diện, Q : 0 (kN)

4. Tính toán cốt thép dọc

Kiểm tra sự phù hợp của tiết diện dầm: $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = 0.031 < 0.41 \rightarrow$ Thỏa mãn

Hệ số giới hạn về chiều cao vùng chịu nén: $\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0.8}{1 + \frac{\epsilon_{s,el}}{\epsilon_{b2}}} = 0.583$

$$\epsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = 0.001$$

Ktra đk giới hạn chiều cao vùng chịu nén: $\xi = 0.0311 < 0.583 \rightarrow$ Thỏa mãn

Diện tích cốt thép dọc theo yêu cầu, $A_s = \frac{\xi R_b b h_0}{R_s} = 1.56 \text{ (cm}^2\text{)}$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép, μ : $\mu = \frac{A_s}{b h_0} \times 100\% = 0.17 > 0.1\% \rightarrow$ Thỏa mãn

Hình 3: Bảng tính thiết kế dầm chịu uốn

3.2 Thiết lập bảng tính dầm chịu cắt

3.2.1 Bài toán

Đề bài: Tính toán (hoặc kiểm tra) bố trí cốt đai chịu cắt của dầm tiết diện hình chữ nhật chịu tải phân bố đều theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018

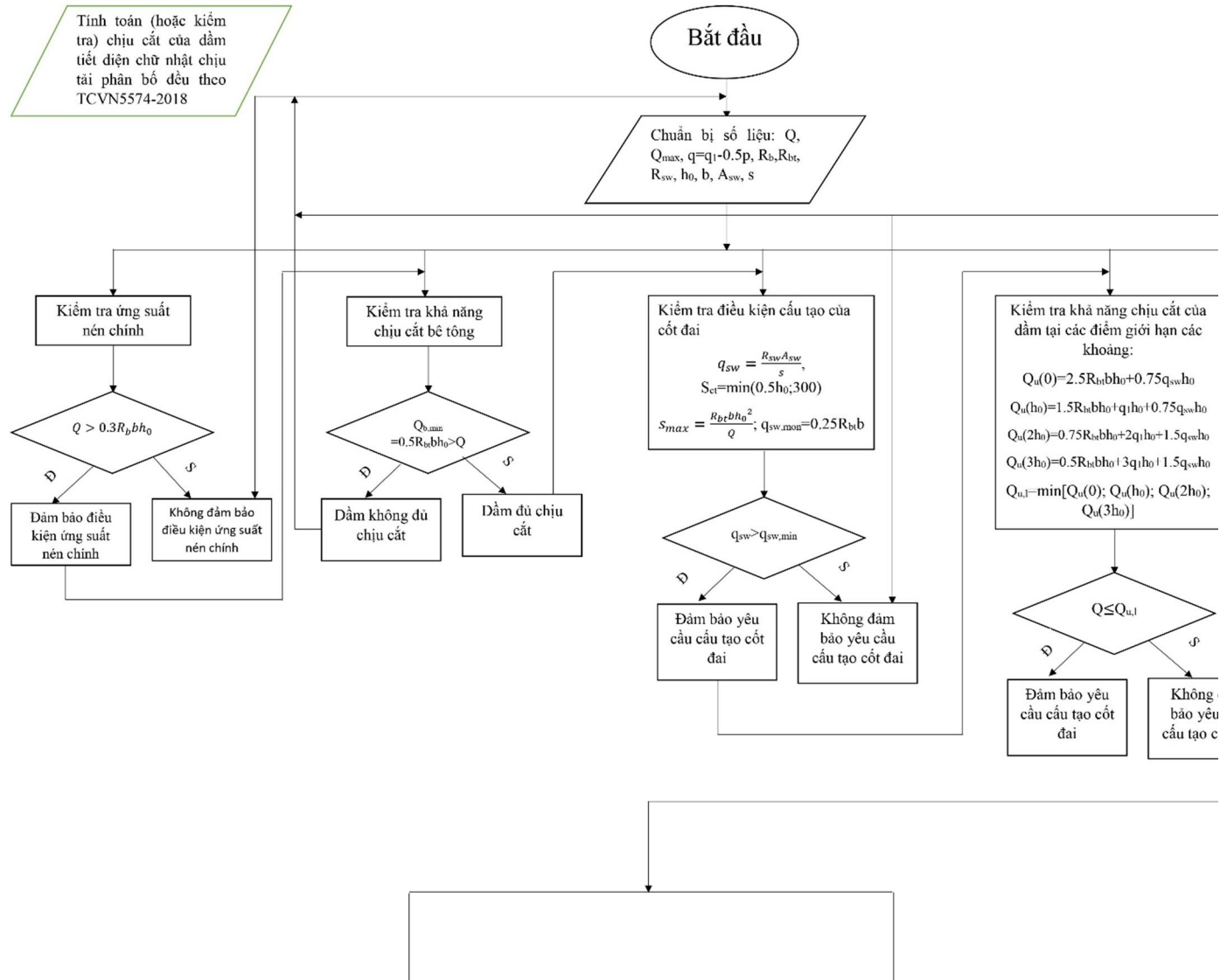
3.2.2 Sơ đồ khối

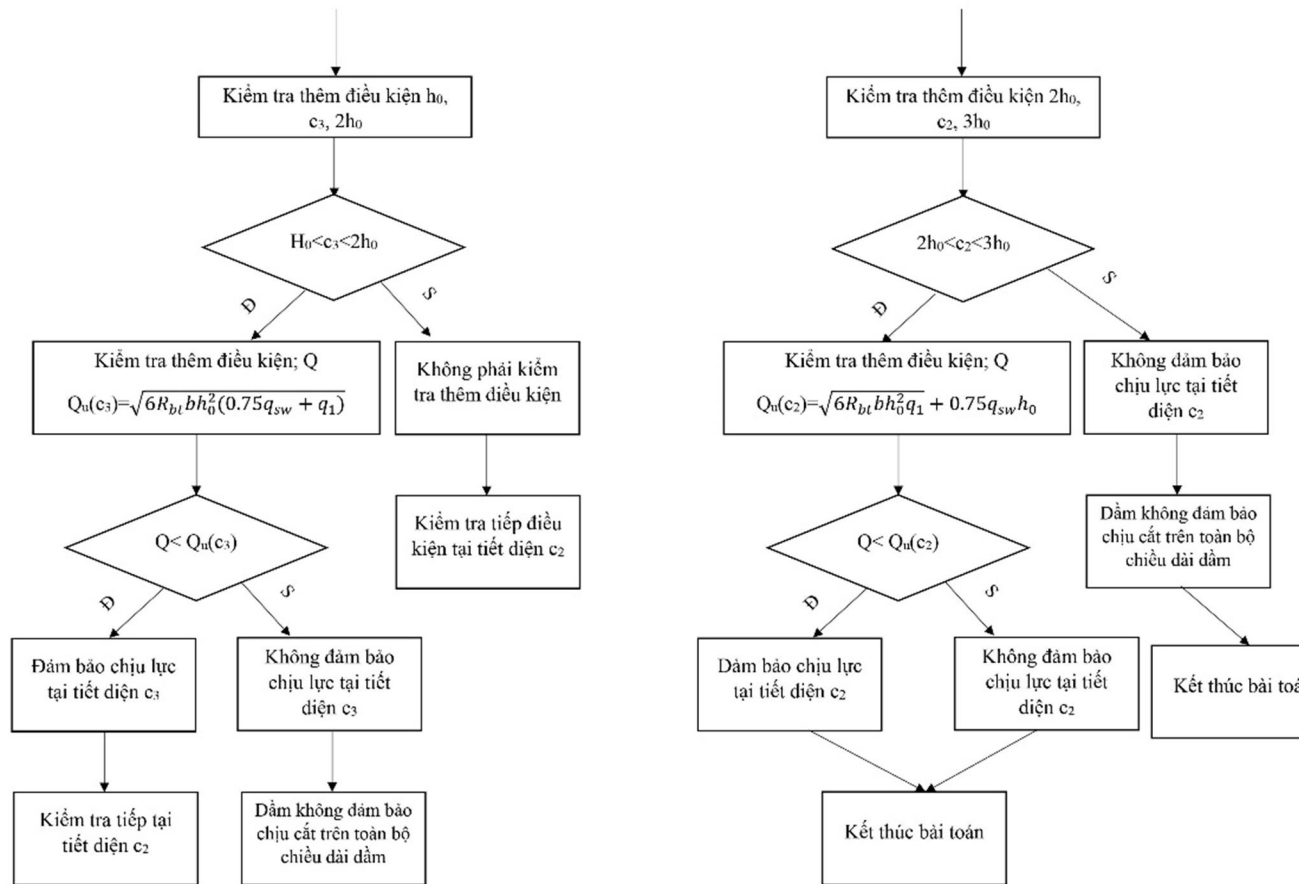
Sau khi thực hiện các bước thiết lập bảng tính như mục 2.3 chương 2 bao gồm: xác định các thông số đầu vào gồm: vật liệu (bê tông, thép), tiết diện dầm ... Xác định các số liệu tra bảng, các bước và công thức tính toán và các kết quả cần xuất ra,... Nhóm sinh viên đã thiết lập sơ đồ khối cho **bài toán kiểm tra** khả năng chịu cắt của dầm và thiết lập bảng tính các sản phẩm được trình bày ở các trang tiếp theo.

3.2.3 Kết quả Bảng tính excel kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm BTCT tiết diện chữ nhật chịu tải phân bố đều

(xem file excel nộp kèm)

Đối với bảng tính này nhóm sinh viên có sử dụng thêm đoạn code visual basic nhằm mục đích làm rõ và thể hiện các trường hợp xảy ra của bài toán. Người xem có thể ấn ALT +F11 trong bảng tính excel gửi kèm để tham khảo.





Hình 4: Sơ đồ khối kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm chịu tải phân bố đều

KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA DÀM BTCT CHỊU TẢI PHÂN BỐ ĐỀU

A. THÔNG SỐ ĐẦU VÀO

1. Cấp độ bền bê tông:

B25

- Cường độ chịu nén tính toán giới hạn I (R_b): 14.50 (MPa)(Bảng 7 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu kéo tính toán giới hạn I (R_{bt}): 1.05 (MPa)(Bảng 7 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu nén tính toán giới hạn II ($R_{b,ser}$): 18.50 (MPa)(Bảng 6 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu kéo tính toán giới hạn II ($R_{bt,ser}$): 1.55 (MPa)(Bảng 6 - TCVN 5574:2018)
- Mô đun đàn hồi ban đầu (E_b): 30000 (MPa)(Bảng 10 - TCVN 5574:2018)

2. Nhóm cốt thép chủ chịu lực

CB400-V

- Cường độ chịu kéo tính toán (R_s): 350 (MPa)(Bảng 13 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu nén tính toán (R_{sc}): 350 (MPa)(Bảng 13 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu cắt tính toán (R_{sw}): 280 (MPa)(Bảng 14 - TCVN 5574:2018)
- Mô đun đàn hồi (E_s): 200000 (MPa)(6.2.3.3 - TCVN 5574:2018)

3. Tiết diện và cấu tạo của cầu kiện:

- Bề rộng cột (b): 400 (mm)
- Chiều cao cột (h): 700 (mm)
- Chiều dài cột (l_0): 6000 (mm)

4. Bố trí cốt thép: 4 Φ 22+4 Φ 22

5. Các cặp nội lực:

- Momen 255 kN.m
- Lực dọc 3905 kN
- Momen dài hạn tương ứng 114.8 kN.m
- Lực dọc dài hạn tương ứng 2928.75 kN

B. TÍNH TOÁN

-B1: Chuẩn bị số liệu

- b= 400 (mm) $A_s = 1520.5$ (mm²)
- h= 700 (mm) $A'_s = 1520.5$ (mm²)
- a=a'= 36 (mm) $z_a = 628$ (mm)
- $h_0 = 664$ (mm)
- Độ lệch tâm ngẫu nhiên $e_a > 23.33$ (mm) → lấy bằng **23.3 (mm)**
- Độ lệch tâm tĩnh học $e_1 = 65.3$ (mm)
- Kết cấu siêu tĩnh có $e_0 = 65.3$ (mm)
- Giá trị chiều cao tương đối giới hạn vùng chịu nén của bê tông $\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0.8}{1 + \frac{\epsilon_{s,el}}{\epsilon_{s,pl}}} = 0.533$
- $\epsilon_{s,pl} = \frac{\epsilon_{b2} R_s}{E_s} = 0.002$

-B2: Tính ảnh hưởng uốn dọc

$$\lambda = \frac{l_0}{h} = 8.6 > 8 \quad \text{cần tính thêm n}$$

$$\text{-Hàm lượng cốt thép của cột là } \mu = \frac{A_{st}}{bh_0} = 1.14 \%$$

-Momen quán tính toàn bộ cốt thép dọc đối với trọng tâm tiết diện ngang của cầu kiện:

$$I_s = (A_s + A_s')(0.5h - a')^2 = \mu b h_0 (0.5h - a')^2 = \mathbf{299830436.00} \quad (\text{mm}^4)$$

-Hệ số xét đến sự ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn tính theo

$$\varphi_L = 1 + \frac{M_{L1}}{M_L} = \mathbf{1.7} < \mathbf{2}$$

-Độ lệch tâm tương đối của lực dọc $\delta_e = \frac{e_0}{h} = \mathbf{0.09} \rightarrow \delta_e = \mathbf{0.15}$

-Tính toán k_b $k_b = \frac{0.15}{\varphi_L (0.3 + \delta_e)} = \mathbf{0.196}$

-Xác định độ cứng của cấu kiện BTCT theo công thức

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s = \mathbf{1.09118E+14} \quad \text{Nmm}^2$$

-Lực tới hạn quy ước

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \mathbf{29915380.58} \text{ (N)} = \mathbf{29915.38} \text{ (kN)}$$

-Hệ số ảnh hưởng uốn dọc

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \mathbf{1.15}$$

-B3: Tính momen giới hạn

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b b h_0} = \mathbf{1.01} > \mathbf{0.533} \quad \text{cột chịu nén lệch tâm bé}$$

-Xác định kích thước vùng nén

$$\alpha_s = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \mathbf{0.138}$$

$$x = \frac{\alpha_n (1 - \xi_R) + 2\alpha_s \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha_s} h_0 = \mathbf{554.57} < \mathbf{664} \quad (\text{mm})$$

-Momen giới hạn tính theo

$$M_{gh} = R_b b x (h_0 - 0.5x) + (R_{sc} A_s' - \frac{N}{2})(h_0 - a') = \mathbf{351.908476} \text{ (kNm)} > \mathbf{293.27973} \text{ (kNm)}$$

vậy cột đảm bảo khả năng chịu lực

$$M_{gh} = (R_s A_s + \frac{N}{2}) z_a =$$

$$x = \alpha_n h_0 =$$

$$M_{gh} = R_b b x (h_0 - 0.5x) + (R_{sc} A_s' - \frac{N}{2})(h_0 - a') =$$

Hình 5: Bảng tính kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm chịu tải phân bố đều

Sau đây là nội dung đoạn code Visual Basic được nhóm sinh viên viết thêm cho bảng tính này:

Sub rc()

'Betong

Rb = 11.5

Rbt = 0.9

Rbser = 15

Rbtser = 1.35

Eb = 27500

'Thép chu

Rs = 260

Rsc = 260

Rsw = 210

Es = 200000

'Đo am moi truong

alpha_bcr = 1.8

elta_b1red = 0.0024

'Tiet tien

b = 300

h = 400

Ast = 804

Asct = 402

akeo = 33

anen = 33

vetnut = 0.1

Truonghop = "DaiHan"

'Noi luc

Mcrack = 15.315421

M_TH = 20

'----- Tinh toan co vet nut-----

ho = h - akeo

If vetnut = 0 And Truonghop = "NganHan" Then

Eb1 = 0.8 * Eb

alpha = Es / Eb1

A_red = b * h + alpha * Ast + alpha * Asct

S_tred = (b * h) * (h / 2) + alpha * Asct * (h - anen) + alpha * Ast * (h - akeo)

```

yt = S_tred / A_red
Ib = (b * h ^ 3) / 12
Ist = Ast * ((h / 2 - akeo) ^ 2)
Isct = Asct * ((h / 2 - anen) ^ 2)
I_red = Ib + Ist * alpha + Isct * alpha
D = Eb1 * I_red
rc = M_TH * 10 ^ 6 / D
End If

If vetnut = 0 And Truonghop = "Daihan" Then
Eb1 = Eb / 1 + (alpha_bcr)
alpha = Es / Eb1
A_red = b * h + alpha * Ast + alpha * Asct
S_tred = (b * h) * (h / 2) + alpha * Asct * (h - anen) + alpha * Ast * (h - akeo)
yt = S_tred / A_red
Ib = (b * h ^ 3) / 12
Ist = Ast * ((h / 2 - akeo) ^ 2)
Isct = Asct * ((h / 2 - anen) ^ 2)
I_red = Ib + Ist * alpha + Isct * alpha
D = Eb1 * I_red
rc = M_TH * 10 ^ 6 / D
End If

If vetnut > 0 And Truonghop = "NganHan" Then
elta_b1red = 0.0015
ki_s = 1 - 0.8 * (Mcrack / M_TH)
E_sred = Es / ki_s
E_bred = Rbser / elta_b1red
alpha_s2 = E_sred / E_bred
muy_s = Ast / (b * ho)
Group = muy_s * alpha_s2
xm = ho * (Sqr((Group ^ 2) + 2 * Group) - Group)

```

```

Z = h - (xm / 3)
D = E_sred * Ast * Z * (ho - xm)
rc = M_TH * 10 ^ 6 / D
End If
If vetnut > 0 And Truonghop = "DaiHan" Then
ki_s = 1 - 0.8 * (Mcrack / M_TH)
E_sred = Es / ki_s
E_bred = Rbser / elta_b1red
alpha_s2 = E_sred / E_bred
muy_s = Ast / (b * ho)
Group = muy_s * alpha_s2
xm = ho * (Sqr((Group ^ 2) + 2 * Group) - Group)
Z = h - (xm / 3)
D = E_sred * Ast * Z * (ho - xm)
rc = M_TH * 10 ^ 6 / D
End If
End Sub

```

Mục đích của viết code VBA: cung cấp đầy đủ các kiểu dữ liệu thông thường và các câu lệnh sử dụng ở trong bài excel

3.3 So sánh kết quả tính giữa tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 và phiên bản cũ

Một điểm khác biệt quan trọng giữa hai phiên bản tiêu chuẩn đó là sự khác nhau về giá trị của hệ số giới hạn về chiều cao vùng nén ξ_R khi tính dầm và cột. Ở đây nhóm xin lấy một ví dụ cụ thể để có số liệu tính toán:

Bê tông B20 có $R_b = 11.5$ (MPa), $R_{bt} = 0.9$ (MPa)

Theo TCVN 5574:2012: Cốt thép CII

Theo TCVN 5574:2018: Cốt thép CB300-T gần tương đương về cường độ

Tính hệ số giới hạn về chiều cao vùng nén ξ_R :

Theo TCVN 5574:2012 thì

$$\xi_R = \frac{0.85 - 0.0085 \times 11.5}{1 + 280 \times \frac{(1 - \frac{0.85 - 0.0085 \times 11.5}{1.1})}{400}} = 0.623$$

Theo TCVN 5574:2018 thì $\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.001}{0.0035}} = 0.583$

với $\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{260}{200000} = 0.001$

➔ Từ đó nhóm sinh viên rút ra được những nhận xét sau:

- Hệ số giới hạn về chiều cao vùng nén ξ_R cho cùng một loại vật liệu bê tông, thép theo TCVN 5574:2018 giảm so với của TCVN 5574:2012, như vậy là tiết diện nhanh đạt đến trạng thái phá hoại giòn hơn, khi đó cần chuyển sang đặt cốt kép hoặc tăng tiết diện hoặc tăng vật liệu.
- Đối với các cấu kiện có hình dạng tiết diện đơn giản (chữ nhật, chữ T, chữ I) thì TCVN 5574:2018 vẫn cho phép sử dụng phương pháp nội lực giới hạn nhưng có điều chỉnh về ξ_R như trên còn quy trình tính toán vẫn như TCVN 5574:2012
- Về tính toán chịu cắt vẫn sử dụng mô hình tiết diện nghiêng nhưng có điều chỉnh công thức tính toán và việc tính toán đơn giản hơn và tường minh hơn so với tiêu chuẩn TCVN 5574:2012.

TÍNH TOÁN CHỊU CẮT CỦA DẦM TD CHỮ NHẬT CHỊU TẢI PHÂN BỐ ĐỀU

Tài liệu tham khảo: Sách Bê tông cốt thép 1.

NXB: Khoa học và kỹ thuật

Hà Nội 2013

Nhập số liệu

Tính toán kiểm tra

1. Vật liệu

Bê Tông B20

+ Nén, R_b 11.5 Mpa

+ Nén, R_{bt} 0.9 Mpa

Cốt thép C1

+ Dọc, $R_s = R_s'$ 225 Mpa

+ Ngang, R_w 175 Mpa

2. Tiết diện

Chiều cao tiết diện, h 500 (mm)

Chiều rộng tiết diện, b 220 (mm)

Giá thiết giá trị a 50 (mm)

Chiều cao làm việc h_0 450 (mm)

Đường kính cốt đ a_{sw} 28.27 mm²

Số nhánh đai n 2 nhánh

Mô đun đàn hồi thép, E_s : 2.10E+05(MPa)

Mô đun đàn hồi bê tông, E_b : 3.00E+04(MPa)

3. Nội lực, tải trọng tính toán

Lực cắt lớn nhất $Q_{max} =$ 120 KN

Tình tải phân bố $q =$ 40 KN/m

Hoạt tải phân bố $p =$ 20 KN/m

4. Tính toán cốt thép đai

$$Q_{max} < 0,3R_b b h_c = 341.55 \text{ KN} \rightarrow \text{thỏa mãn} \quad \checkmark$$

$$q_{sw,tt} = \frac{Q^2}{4,5R_{bt} b h_0^2} - \frac{1}{0,75}(q - 0,5p) = 39.8 \text{ KN/m}$$

$$q_{sw,min} = 0,25R_{bt} b = 49.5 \text{ KN/m}$$

$$q_{sw} = \max(q_{sw,tt}; q_{sw,min}) = 49.5 \text{ KN/m}$$

a, Tính khoảng cách cốt đai

$$S_{tt} = \frac{n a_{sw} R_{sw}}{q_{sw}} = 199.9 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \frac{R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{Q} = 334 \text{ mm}$$

$$S_{ct} = (0,5h_0; 300) = 225 \text{ mm}$$

$$S_{chon} = \min(S_{tt}, S_{max}, S_{ct})$$

$$= 199.9 \text{ mm}$$

$$\text{Chọn } S = 190 \text{ mm}$$

Vậy chọn bố trí cốt đai cho dầm là:

$$\rightarrow \Phi 6a190$$

Hình 6: Bảng tính cốt thép đai cho dầm theo TCVN 5574:2012

TÍNH TOÁN CHỊU CẮT CỦA DẦM TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT CHỊU TẢI PHÂN BỐ ĐỀU

Tài liệu tham khảo: Sách Bê tông cốt thép - phần cấu kiện cơ bản

NXB: Khoa học và kỹ thuật

Hà Nội 2021

nhập số liệu

tính toán kiểm tra

1. Vật liệu

Bê Tông **B20**

+ Nén, R_b 11.5 Mpa
+ Nén, R_{bt} 0.9 Mpa

Cốt thép **CB240-T**

+ Dọc, $R_s = R_s'$ 210 Mpa
+ Ngang, R_w 170 Mpa

2. Tiết diện

Chiều cao tiết diện, h **500** (mm)
Chiều rộng tiết diện, b **220** (mm)
Giá thiết giá trị a **50** (mm)
Chiều cao làm việc h_0 **450** (mm)
Đường kính cốt đ a_{sw} **28.27** mm²
Số nhánh đai n **2** nhánh

Mô đun đàn hồi thép, E_s : 2.10E+05(MPa)

Mô đun đàn hồi bê tông, E_b : 3.00E+04(MPa)

3. Nội lực, tải trọng tính toán

Lực cắt lớn nhất Q_{max} = **120** KN
Tĩnh tải phân bố q = **40** KN/m
Hoạt tải phân bố p = **20** KN/m
 q_1 = 30

4. Tính toán cốt thép đai

$Q = 120 > 0,5R_{bt}bh_0$ 44.55 KN → bê tông dầm không đủ chịu cắt ✓
 $Q = 120 < 0,3R_{bt}bh_0$ **341.55** KN → thỏa mãn điều kiện ứng suất nén chính ✓

$$q_{sw} = \frac{(Q - 1.5q_1h_0) - 0.83R_{bt}bh_0}{h_0} = 57.3 \text{ KN/m}$$

$$q_{sw.min} = 0,25R_{bt}b = 49.5 \text{ KN/m}$$

$$q_{sw} = \max(q_{sw,tt}; q_{sw.min}) = 57.3 \text{ KN/m}$$

a, Tính khoảng cách cốt đai

$$S_{tt} = \frac{n.a_{sw}.R_{sw}}{q_{sw}} = 168 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \frac{R_{bt}.b.h_0^2}{Q} = 334 \text{ mm}$$

$$S_{ct} = (0,5h_0; 300) = 225 \text{ mm}$$

$$S_{chon} = \min(S_{tt}, S_{max}, S_{ct}) = 167.7 \text{ mm}$$

Chọn S = **160** mm

Vậy chọn bố trí cốt đai là:

→ Φ 6a160

Hình 7: Bảng tính cốt thép đai cho dầm theo TCVN 5574:2018

- Từ hai hình 6 và hình 7 trên ta thấy: Khả năng chịu được lực cắt của cốt đai giảm đi giữa tiêu chuẩn phiên bản cũ và mới; nói cách khác tiêu chuẩn mới sẽ tính ra thép đai cần nhiều hơn (tức đặt dày hơn nếu cùng đường kính đai) cho cùng một dầm. Ở đây có thể xem thông qua giá trị $q_{sw} = 49,5 \text{ kN/m}$ (TCVN 5574:2012) tương ứng đặt đai $\phi 6 \text{ a } 190$ sang $q_{sw} = 57,3 \text{ kN/m}$ tương ứng đặt $\phi 6 \text{ a } 160$ (TCVN 5574:2018), theo [7] mức giảm này là 25% so với tiêu chuẩn cũ 5574:2012
- Bê tông giảm đi khả năng chống cắt thông qua hệ số φ_{b2}
- Hàm lượng thép nhỏ nhất của dầm chịu uốn tăng lên là $\mu_{\min} = 0.1\%$ so với 0.05% theo phiên bản cũ

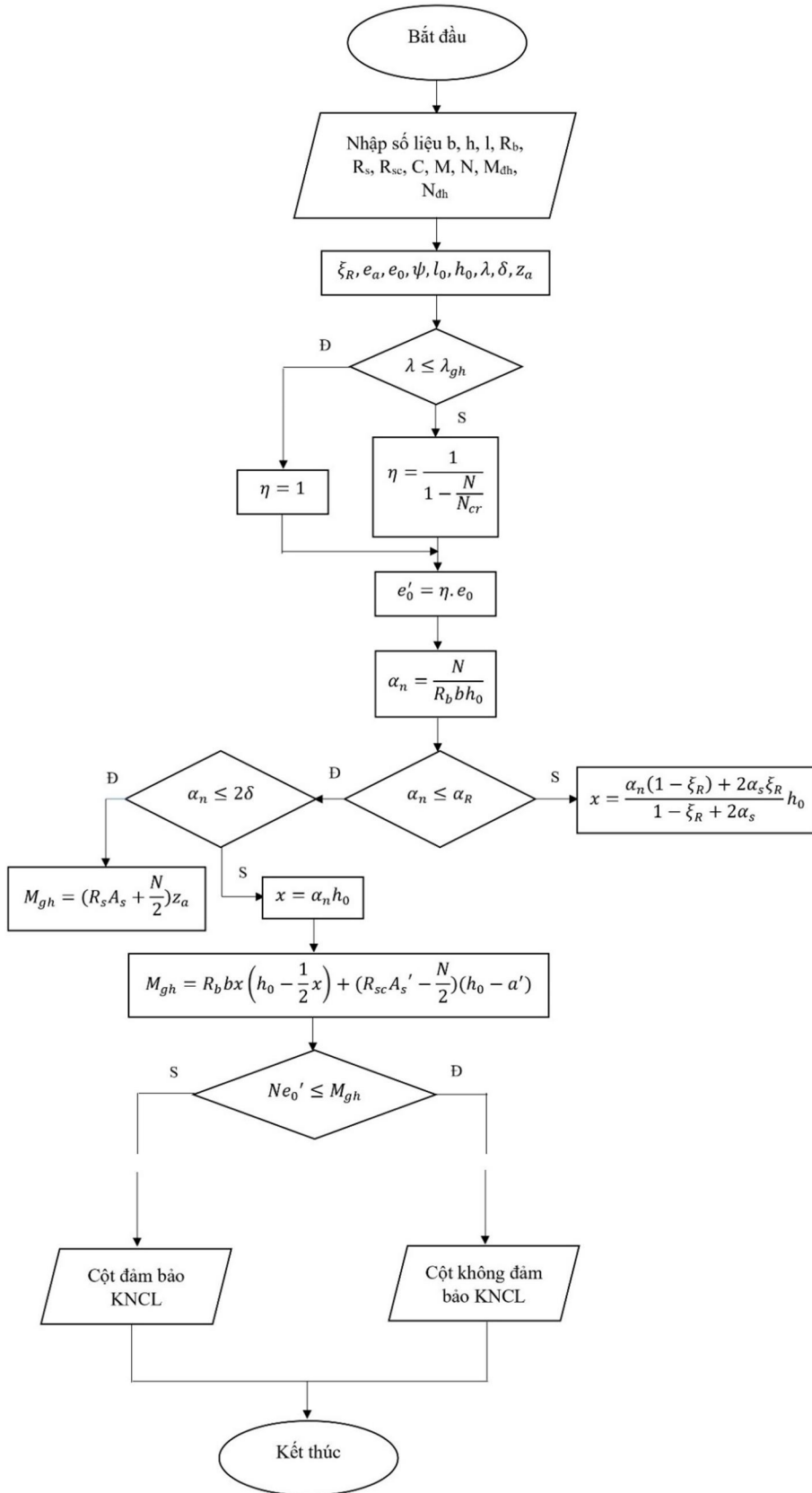
CHƯƠNG 4: BẢNG TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CỘT BTCT THEO TCVN 5574:2018

4.1 Bài toán

Đề bài: Kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm phẳng tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đối xứng

4.2 Sơ đồ khối

Sau khi thực hiện các bước thiết lập bảng tính như mục 2.3 chương 2 bao gồm: xác định các thông số đầu vào gồm: vật liệu (bê tông, thép), tiết diện cột, chiều dài tính toán cột ... Xác định các số liệu tra bảng, các bước và công thức tính toán và các kết quả cần xuất ra ... Nhóm sinh viên đã thiết lập sơ đồ khối cho ***bài toán kiểm tra*** khả năng chịu lực của cột như sau:



Hình 8: Sơ đồ khối kiểm tra khả năng chịu lực của cột

4.1.3 Bảng tính kiểm tra KNCL cột BTCT tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đối xứng

KIỂM TRA K.NĂNG CHỊU LỰC CỦA CỘT BTCT TD CHỮ NHẬT ĐẶT CỐT THÉP Đ.X

A. THÔNG SỐ ĐẦU VÀO

1. Cấp độ bền bê tông:

B25

- Cường độ chịu nén tính toán giới hạn I (R_b): 14.50 (MPa)(Bảng 7 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu kéo tính toán giới hạn I (R_{bt}): 1.05 (MPa)(Bảng 7 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu nén tính toán giới hạn II ($R_{b,ser}$): 18.50 (MPa)(Bảng 6 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu kéo tính toán giới hạn II ($R_{bt,ser}$): 1.55 (MPa)(Bảng 6 - TCVN 5574:2018)
- Mô đun đàn hồi ban đầu (E_b): 30000 (MPa)(Bảng 10 - TCVN 5574:2018)

2. Nhóm cốt thép chủ chịu lực

CB400-V

- Cường độ chịu kéo tính toán (R_s): 350 (MPa)(Bảng 13 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu nén tính toán (R_{sc}): 350 (MPa)(Bảng 13 - TCVN 5574:2018)
- Cường độ chịu cắt tính toán (R_{sw}): 280 (MPa)(Bảng 14 - TCVN 5574:2018)
- Mô đun đàn hồi (E_s): 200000 (MPa)(6.2.3.3 - TCVN 5574:2018)

3. Tiết diện và cấu tạo của cấu kiện:

- Bề rộng cột (b): **400** (mm)
- Chiều cao cột (h): **700** (mm)
- Chiều dài cột (l_0): **6000** (mm)

4. Bố trí cốt thép: **4 Φ 22+4 Φ 22**

5. Các cặp nội lực:

- Momen **255** kN.m
- Lực dọc **3905** kN
- Momen dài hạn tương ứng **114.8** kN.m
- Lực dọc dài hạn tương ứng **2928.75** kN

B. TÍNH TOÁN

-B1: Chuẩn bị số liệu

- $b =$ **400** (mm) $A_s =$ **1520.5** (mm²)
- $h =$ **700** (mm) $A'_s =$ **1520.5** (mm²)
- $a = a' =$ **36** (mm) $z a =$ **628** (mm)
- $h_0 =$ **664** (mm)

-Độ lệch tâm ngẫu nhiên $e_a >$ **23.33** (mm) → lấy bằng **23.3** (mm)

-Độ lệch tâm tĩnh học $e_1 =$ **65.3** (mm)

-Kết cấu siêu tĩnh có $e_0 =$ **65.3** (mm)

-Giá trị chiều cao tương đối giới hạn vùng chịu nén của BT

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{s,pl}}} = \mathbf{0.533}$$

$$\xi_{s,pl} = \frac{\sigma_s}{E_s} = \mathbf{0.002}$$

-B2: Tính ảnh hưởng uốn dọc

$$\lambda = \frac{l_0}{h} = \mathbf{8.6} > \mathbf{8} \text{ cần tính thêm } n$$

-Hàm lượng cốt thép của cột là $\mu = \frac{A_{st}}{bh_0} = \mathbf{1.14} \%$

-Momen quán tính toàn bộ cốt thép dọc đối với trọng tâm tiết diện ngang của cấu kiện:

$$I_s = (A_s + A_s')(0.5h - a')^2 = \mu b h_0 (0.5h - a')^2 = \mathbf{299830436.00} \quad (\text{mm}^4)$$

-Hệ số xét đến sự ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn tính theo

$$\varphi_L = 1 + \frac{M_{L1}}{M_L} = \mathbf{1.7} < \mathbf{2}$$

-Độ lệch tâm tương đối của lực dọc $\delta_e = \frac{e_0}{h} = \mathbf{0.09} \rightarrow \delta_e = \mathbf{0.15}$

-Tính toán k_b $k_b = \frac{0.15}{\varphi_L(0.3 + \delta_e)} = \mathbf{0.196}$

-Xác định độ cứng của cấu kiện BTCT theo công thức

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s = \mathbf{1.09118E+14} \quad \text{Nmm}^2$$

-Lực tới hạn quy ước

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \mathbf{29915380.58} \quad (\text{N}) = \mathbf{29915.38} \quad (\text{kN})$$

-Hệ số ảnh hưởng uốn dọc

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \mathbf{1.15}$$

-B3: Tính momen giới hạn

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b b h_0} = \mathbf{1.01} > \mathbf{0.533} \quad \text{cột chịu nén lệch tâm bé}$$

-Xác định kích thước vùng nén

$$\alpha_s = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \mathbf{0.138}$$

$$x = \frac{\alpha_n (1 - \xi_R) + 2\alpha_s \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha_s} h_0 = \mathbf{554.57} < \mathbf{664} \quad (\text{mm})$$

-Momen giới hạn tính theo

$$M_{gh} = R_b b x (h_0 - 0.5x) + (R_{sc} A_s' - \frac{N}{2})(h_0 - a') = \mathbf{351.908476} \quad (\text{kNm}) > \mathbf{293.27973} \quad (\text{kNm})$$

vây cột đảm bảo khả năng chịu lực

$$M_{gh} = (R_s A_s + \frac{N}{2}) z_a =$$

$$x = \alpha_n h_0 =$$

$$M_{gh} = R_b b x (h_0 - 0.5x) + (R_{sc} A_s' - \frac{N}{2})(h_0 - a') =$$

Hình 9: Bảng tính kiểm tra khả năng chịu lực của cột

4.1.4 Một số nhận xét về kết quả tính toán thiết kế theo TCVN 5574:2018

- So sánh với cách tính theo TCVN 5574:2012 ta thấy ξ_R theo tiêu chuẩn mới nhỏ hơn so với tiêu chuẩn cũ ảnh hưởng tới các trường hợp tính toán
- Độ lệch tâm tương đối của lực dọc δ_e theo TCVN 5574:2018 bé hơn tiêu chuẩn cũ
- Lực tới hạn quy ước N_{cr} theo TCVN 5574:2018 lớn hơn khá nhiều so với TCVN 5574:2012

PHẦN 3: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

3.1 KẾT LUẬN

Qua các nội dung chính của đề tài đã được trình bày ở trên nhóm sinh viên đã nghiên cứu và hiểu thêm về những vấn đề sau:

- Một số điểm mới của TCVN 5574:2018 cho kết cấu BT và BTCT:
 - Cường độ tính toán của cốt thép (do khác hệ số điều kiện làm việc);
 - Phương pháp tính toán chịu cắt, chọc thủng, võng, nứt, xoắn
 - Biểu đồ quan hệ ứng suất – biến dạng của bê tông
- Vật liệu
 - Cốt thép A hoặc C thay bằng thép trơn và thép có gân
 - Mở rộng phạm vi áp dụng bê tông nặng từ B70-B100
- Nghiên cứu thêm được về TCVN 5574:2018 để áp dụng trong việc làm đồ án tốt nghiệp cũng như ra trường đi làm (thay thế cho TCVN 5574:2012 đã hết hiệu lực)
- Tìm hiểu về phần mềm Excel và cách thiết lập các bảng tính toán thiết kế cấu kiện bằng Excel và có kết quả là các bảng tính toán cho cấu kiện dầm và cột khung BTCT theo TCVN 5574:2018, có thể áp dụng cho đồ án tốt nghiệp cũng như là cho công việc sau này. Về kết quả các tính toán dầm và cột, có một số thay đổi liên quan hệ số giới hạn vùng nén ξ_R , chuyển từ hạn chế ứng suất sang hạn chế biến dạng làm ảnh hưởng đến kết quả tính toán, phần thiết kế dầm chịu cắt công thức cũng đơn giản hơn và tường minh hơn, ngoài ra cũng cần kể đến các yêu cầu cấu tạo như hàm lượng thép dầm μ_{min} tăng lên thành 0,1 %; của cột tùy thuộc vào độ mảnh và có cận trên, dưới và ở giữa thì nội suy, chiều dài neo công thức đã thay đổi theo hướng quy định cường độ bám dính cơ bản, ...sau mỗi bảng tính nhóm nghiên cứu đều đưa ra những nhận xét từ kết quả khi so sánh với phiên bản cũ.
- Theo xu hướng cập nhật các tiêu chuẩn mới nhất và có hiệu lực của ngành Xây dựng, kết quả của đề tài là thiết thực đối với sinh viên để phục vụ cho việc làm đồ án tốt nghiệp và sau khi ra trường đi làm.

3.2 KIẾN NGHỊ

- Thời đại công nghệ 4.0 đang được áp dụng rất nhiều trong cuộc sống vì vậy muốn công việc được nhanh chóng thuận tiện, làm việc dễ dàng chúng ta nên áp dụng các phần

mềm vào việc tự động hóa thiết kế để thực hiện công việc một cách dễ dàng cũng như đạt hiệu quả cao nhất trong công việc.

- Các kết quả nghiên cứu được thiết lập thành bảng tính trên phần mềm excel để tự động hóa thiết kế. Nhóm sinh viên sẽ tiếp tục nghiên cứu và thiết lập cho các cấu kiện khác như sàn, cột chịu nén lệch tâm xiên, chịu uốn, xoắn, dầm sàn kiểm tra theo TTGH 2 về võng nứt, chọc thủng, TTGH 2... tạo thành bộ bảng tính thiết kế cấu kiện chuyên ngành Xây dựng dân dụng & công nghiệp tuân theo tiêu chuẩn hiện hành TCVN 5574:2018.

PHẦN 4: TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 5574:2018 Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] TCVN 5574:2012 Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] PGS.TS Nguyễn Viết Trung. *Tính toán kỹ thuật xây dựng trên Excel*, NXB Xây dựng 2012
- [4] Nguyễn Đình Cống. *Tính toán tiết diện cột BTCT*, NXB Xây dựng, 2006.
- [5] Phạm Quang Minh (chủ biên), Ngô Thế Phong, *Kết cấu BTCT phần cấu kiện cơ bản*, NXB Khoa học kỹ thuật, 2021.
- [6] Phạm Quang Minh (chủ biên), Ngô Thế Phong, *Kết cấu BTCT phần cấu kiện cơ bản*, NXB Khoa học kỹ thuật, 2013.
- [7] TS Lê Minh Long và nhóm đề tài, Viện KHCN xây dựng, *Một số điểm mới trong TCVN 5574:2018*