

Ứng dụng Etabs tự động hóa tính toán hàm lượng cốt thép trong kết cấu khung BTCT công trình dân dụng

The Etabs application automates the calculation of reinforcement content in reinforced concrete frame structures for civil works

ThS. Trương Hoàng Phiếu^{1,*}

¹ Bộ môn Cơ học ứng dụng, Khoa Xây dựng, Trường ĐHXD Miền Tây;

* Email: truonghoangphieu@mtu.edu.vn

■ Nhận bài: 10/05/2024 ■ Sửa bài: 08/06/2024 ■ Duyệt đăng: 30/07/2024

TÓM TẮT

ETABS - một phần mềm quen thuộc trong lĩnh vực thiết kế kết cấu tòa nhà cao tầng, đã thể hiện sự phổ biến và tính hiệu quả trong các dự án xây dựng tại Việt Nam. Tuy nhiên, khi áp dụng Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018 về kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), người dùng thường gặp khó khăn do sự hỗ trợ chủ yếu cho các Tiêu chuẩn Mỹ, Châu Âu, Trung Quốc, Nhật, Anh... Để khắc phục thách thức này, nhiều người dùng đã thực hiện so sánh giữa việc tính toán cốt thép dầm cột BTCT theo TCVN 5574:2018 và sử dụng bảng tính Excel, nhằm đưa ra khuyến cáo về việc sử dụng ETABS trực tiếp theo tiêu chuẩn này. Kết quả của nghiên cứu này giúp người dùng hiểu rõ sự khác biệt giữa các phương pháp tính toán và cách ứng dụng ETABS một cách hiệu quả. Thực hiện việc tính toán cốt thép dầm cột BTCT trực tiếp trên ETABS theo TCVN 5574:2018 đem lại nhiều lợi ích đáng kể. Đầu tiên, việc tính toán trực tiếp trên phần mềm giúp tiết kiệm thời gian và công sức của người dùng, đồng thời giảm thiểu sai sót do tính toán thủ công. Thứ hai, sử dụng ETABS cho phép tái sử dụng dữ liệu một cách dễ dàng, tạo điều kiện thuận lợi cho việc cập nhật và chỉnh sửa thiết kế.

Từ khóa: *Etabs V21, Excel tính toán, Eurocode 2- 2004, TCVN 5574:2018, Thiết kế kết cấu, xây dựng dân dụng.*

ABSTRACT

ETABS - a familiar software in the field of high-rise building structural design, has shown its popularity and effectiveness in construction projects in Vietnam. However, when applying Vietnam Standard TCVN 5574:2018 on reinforced concrete structures, users often encounter difficulties due to the main support for American, European, Chinese, and Japanese Standards, der brother... To overcome this challenge, many users have made comparisons between calculating reinforced concrete beam and column reinforcement according to TCVN 5574:2018 and using Excel spreadsheets, to make recommendations on using ETABS directly according to TCVN 5574:2018. this standard. The results of this study help users understand the differences between calculation methods and how to apply ETABS effectively. Performing the calculation of reinforced concrete beam and column reinforcement directly on ETABS according to TCVN 5574:2018 brings many significant benefits. First, calculating directly on the software saves users' time and effort, while minimizing errors caused by manual calculations. Second, using ETABS allows for easy reuse of data, facilitating design updates and revisions.

Keywords: *Etabs V21, Excel calculation, Eurocode 2- 2004, TCVN 5574:2018, Structural design, civil construction.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Etabs là phần mềm chuyên dụng về thiết kế kết cấu các công trình xây dựng dân dụng. Ở Việt Nam, công cụ này được sử dụng rộng rãi và khẳng định tính chính xác, ưu việt trong thiết kế kết cấu các công trình, đặc biệt là nhà cao tầng. Tuy nhiên, Etabs chủ yếu hỗ trợ tiêu chuẩn thiết kế của Mỹ, Châu Âu, Trung Quốc, Nhật, Anh... [1,2]. Do đó, để thiết kế kết cấu BTCT theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018[3], người dùng phải phân tích và tổ hợp nội lực trong Etabs, sau đó xuất kết quả để đưa vào các chương trình thiết kế riêng theo tiêu chuẩn. Việc này gây ra nhiều khó khăn trong sử dụng, quản lý số liệu thiết kế và dễ gây ra sai sót [1,2].

Do đó, nhóm tác giả đề xuất sử dụng phần mềm Etabs để tính toán trực tiếp cốt thép dầm BTCT theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018 bằng cách quy đổi một số tham số thiết kế cho phù hợp. Việc thiết kế hoàn toàn sử dụng Etabs mà không cần thêm phần mềm khác, giúp dễ quản lý số liệu và tránh sai sót. [1-8]

2. THIẾT KẾ DẦM KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT TCVN 5574:2018 [8]

2.1 Vật liệu sử dụng.

- Hệ số làm việc cho bê tông: $\gamma_{bt} = 0.9$ + Bê tông B25: $R_b = 1,45\text{kN/cm}^2$

$R_{bt} = 0.105$ (kN/cm²); $E_b = 3000$ (kN/cm²) [3,14]

+ Nhóm thép CB400-V:

$R_s = 35$ (kN/cm²); $R_{sc} = 350$ (kN/cm²); $R_{sw} = 28$ (kN/cm²); $E_s = 2.10^4$ (kN/cm²)

$\alpha_R = 0,391$; $\xi_R = 0,533$ [3]

+ Nhóm thép CB300-T:

$R_s = 26$ (kN/cm²); $R_{sc} = 26$ (kN/cm²); $R_{sw} = 21$ (kN/cm²); $E_s = 2.10^4$ (kN/cm²)

$\alpha_R = 0,413$; $\xi_R = 0,583$ [3]

2.2 Công thức tính toán cốt thép dầm BTCT theo TCVN 5574:2018

2.2.1 Tính cốt thép dọc với tiết diện chữ

nhật đặt cốt đơn theo phương pháp nội lực giới hạn

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} < \alpha_R : \text{thoả điều kiện giới hạn (1)}$$

$$\zeta = 0.5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}) \quad (2)$$

$$A_{s,cal} = \frac{M}{R_s \zeta h_0} \quad (3)$$

Với M: Mômen tính toán của dầm; b, h₀: bề rộng và chiều cao làm việc của tiết diện dầm BTCT hình chữ nhật; R_b: Cường độ chịu nén tính toán giới hạn I (Bảng 7 – TCVN 5574:2018); R_s: Cường độ chịu kéo tính toán (Bảng 13 – TCVN 5574:2018); E_s: Module đàn hồi (Mục 6.2.3.3 – TCVN 5574:2018)

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0.1\% < \mu = \frac{A_{s,cal}}{b h_0} \times 100\% < \mu_{max} = \frac{\xi_b R_b}{R_s} \times 100\% \quad (4)$$

2.2.2 Tính cốt thép dọc với tiết diện chữ nhật đặt cốt kép theo phương pháp nội lực giới hạn

$\alpha_m > 0,5$: nên thay đổi tiết diện dầm

$\alpha_R < \alpha_m \leq 0,5$: giữ nguyên tiết diện và tính thép theo bài toán tính cốt kép

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} \times A'_s \times (h_0 - a')}{R_b b h_0^2} < \alpha_R \quad (5)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (6)$$

Nếu $x = \xi h_0 \geq 2a'$ thì $A_{s,cal} = \frac{\xi \times R_b \times h_0}{R_s} + \frac{R_{sc}}{R_s} A'_s \quad (7)$

Nếu $x = \xi h_0 < 2a'$ thì $A_{s,cal} = \frac{M}{R_s \times (h_0 - a')} \quad (8)$

2.3 Công thức tính toán cốt thép cột BTCT theo TCVN 5574:2018

2.3.1 Trường hợp cột chịu nén đúng tâm

Khi không có mômen tác dụng ngoài mặt phẳng uốn, hoặc khi có mômen nhưng độ lệch tâm ban đầu $e_0 \leq e_a$ (e_a độ lệch tâm ngẫu nhiên) thì được tính theo bài toán nén đúng tâm. [3,4]

2.3.2 Trường hợp cột chịu lệch tâm bé [3,4]

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b b h_0} > \xi_R \quad (9)$$

Tính toán diện tích cốt thép theo các bước:

$$\xi_1 = \min\left(\frac{\alpha_n + \xi_R}{2}; 1\right) \quad (10)$$

$$\alpha_{m1} = \frac{N(\eta e_0 + 0,5z_a)}{R_b b h_0^2} \quad (11)$$

$$\alpha_{s1} = \frac{\alpha_{m1} - \xi_1 (1 - 0,5\xi_1)}{1 - \delta} \quad (12)$$

$$\xi = \frac{\alpha_n (1 - \xi_R) + 2\alpha_{s1} \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha_{s1}} \quad (13)$$

$$A_{s,cal} = A'_{s,cal} = \frac{R_b b h_0}{R_s} \times \frac{\alpha_{m1} - \xi (1 - 0,5\xi)}{1 - \delta} \quad (14)$$

$$\mu_s = \frac{A_{s,cal}}{b h_0} \times 100\%; \mu'_s = \frac{A'_{s,cal}}{b h_0} \times 100\%;$$

$$\mu_t = \frac{A_{s,tot}}{b h_0} \times 100\% \quad (15)$$

Giá trị hàm lượng cốt thép tối thiểu tùy thuộc vào độ mảnh của cột:

$$\mu_{min} (\%) = (0,1 - 0,25) \quad (16)$$

Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 không đề cập đến giá trị cực đại của hàm lượng:

$$\mu_t = (\mu_s + \mu'_s) \leq \mu_{max} \quad (17)$$

Khi hạn chế sử dụng cốt thép lấy: $\mu_{max} = 3\%$

2.3.3 Trường hợp cột chịu lệch tâm lớn [3,4]

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b b h_0} \leq \xi_R \quad (18)$$

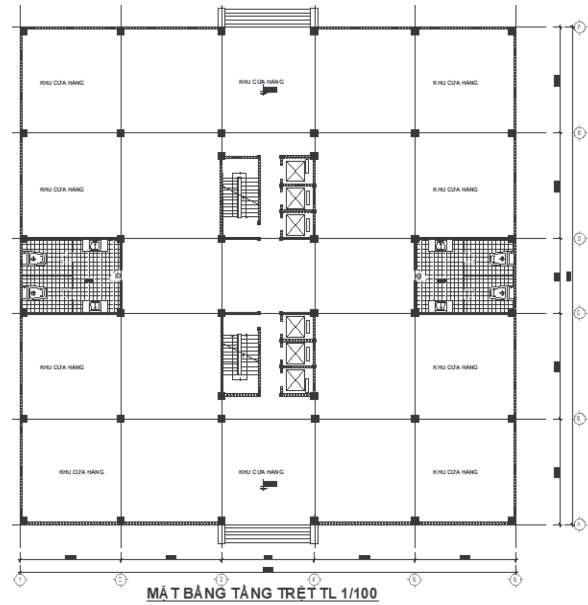
Trường hợp cột chịu lệch tâm lớn với vùng nén rất nhỏ, lấy $x = 2 a'$ và tính diện tích cốt thép theo công thức

$$A_{s,cal} = A'_{s,cal} = \frac{N(2\eta e_0 - z_a)}{2R_s z_a} \quad (19)$$

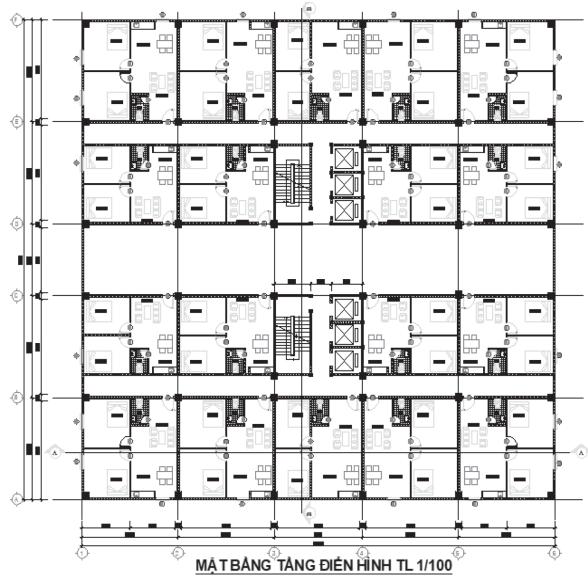
$$\mu_t = 2\mu > 2\mu_{min} = 0.4\% \quad (20)$$

2.4 Mô hình tính toán khung BTCT trong Etabs

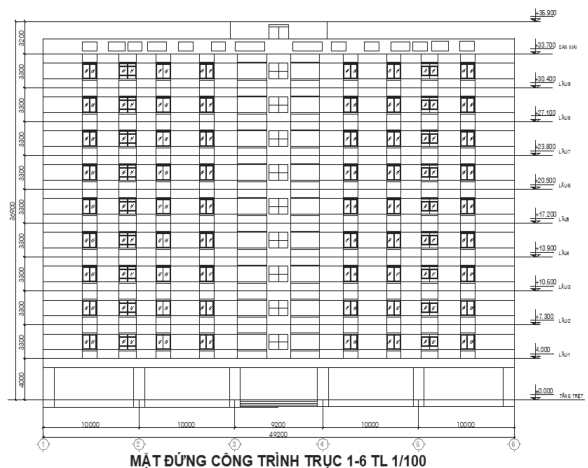
Bài báo trình bày kết quả tính toán diện tích cốt thép khung BTCT tiết diện hình chữ nhật cho công trình bằng kết cấu BTCT 11 tầng có mặt bằng và chiều cao như sau [1,2]:



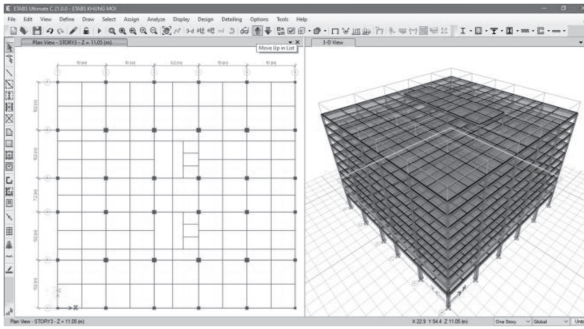
Hình 1. Mặt bằng kết cấu công trình tầng trệt



Hình 2. Mặt bằng kết cấu công trình tầng điển hình



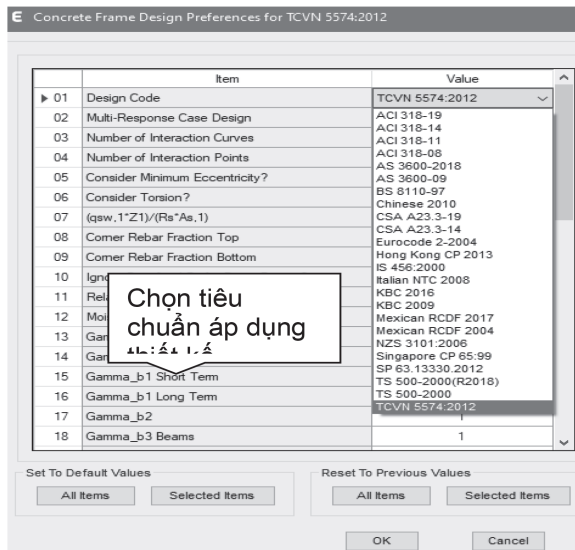
Hình 3. Mặt đứng kết cấu công trình



Hình 4. Dựng mô hình tính toán bằng Etabs v21 [1]

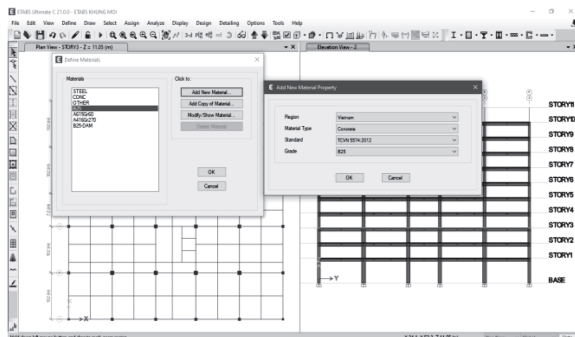
2.4.1 Số liệu đầu vào tính toán khung BTCT

Vật liệu: Bê tông cốt thép (bê tông cấp bền B25- Dầm), cốt thép dọc nhóm CB400-V, cốt thép đai nhóm CB300-T. Tiến hành khai báo vật liệu trong phần mềm Etabs chọn tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574: 2012 [7]

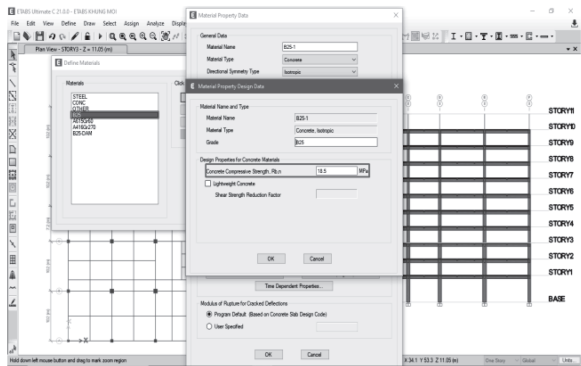


Hình 5. Lựa chọn tiêu chuẩn thiết kế

Khai báo vật liệu: Vào menu Define >> Material Properties >> Add New Material, hộp thoại Add New Material Property hiện lên như hình dưới [1]:

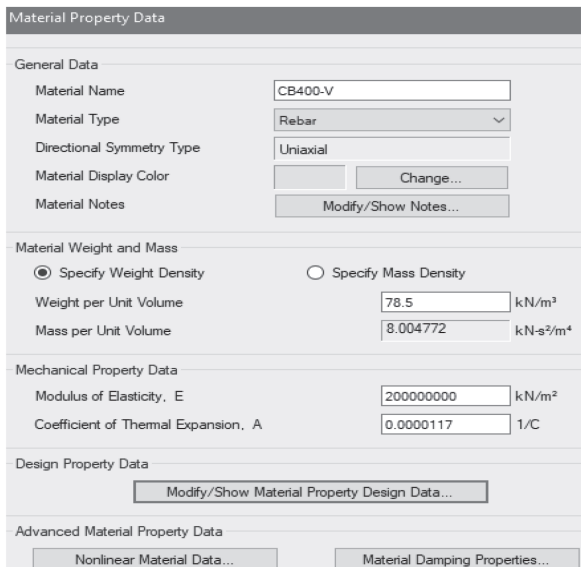


Hình 6. Lựa chọn cấp độ bền B25 thiết kế

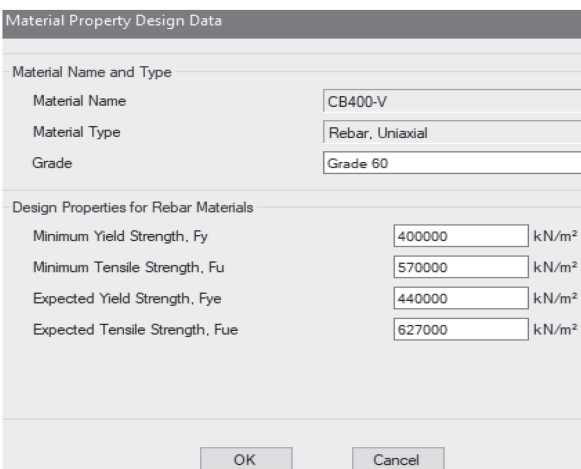


Hình 7. Nhập cấp độ bền của bê tông $R_{b,n}$ thiết kế

Khai báo cốt thép dọc CB400-V: người dùng cần khai báo khi sử dụng Etabs để tính toán diện tích cốt thép

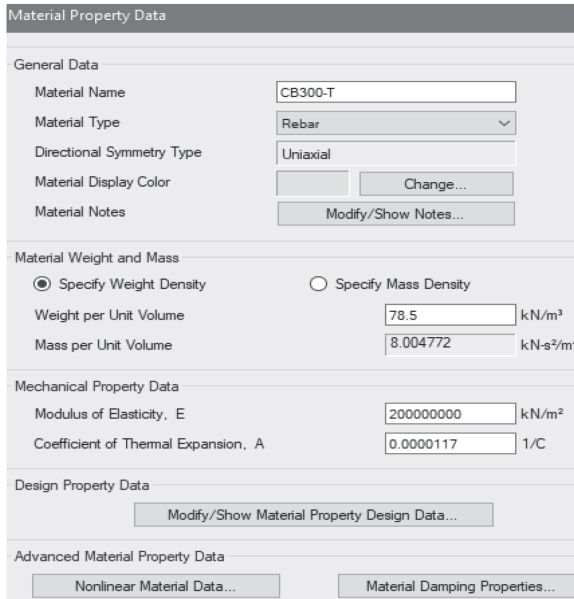


Hình 8. Khai báo vật liệu thép dọc CB400-V

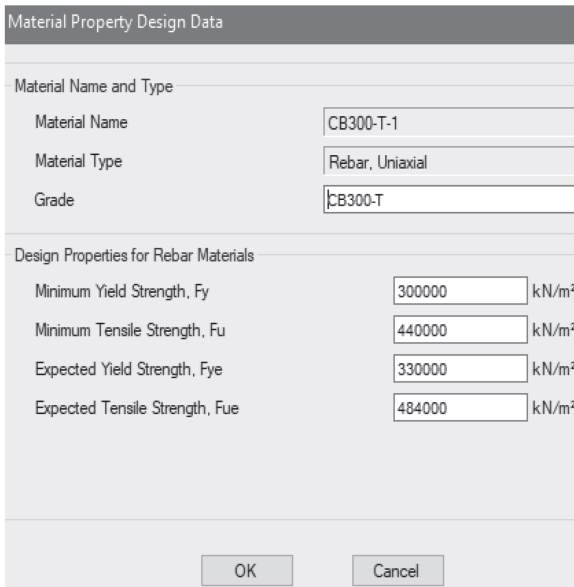


Hình 9. Khai báo F_y, F_u, F_{ye}, F_{ue} (CB400-V)

Khai báo cốt đai CB300T: khai báo các số liệu khi thiết kế thép cốt đai



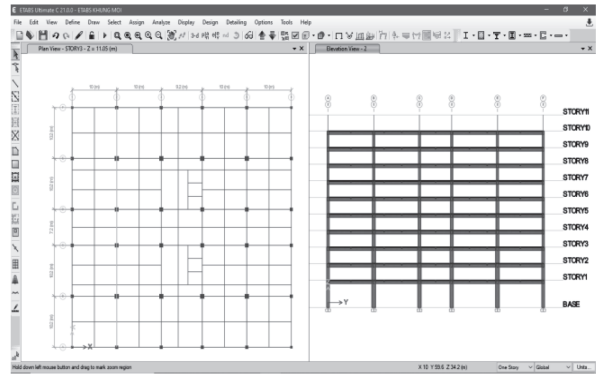
Hình 10. Khai báo vật liệu thép CB300-T



Hình 11. Khai báo F_y, F_u, F_{ye}, F_{ue} (CB300-T)

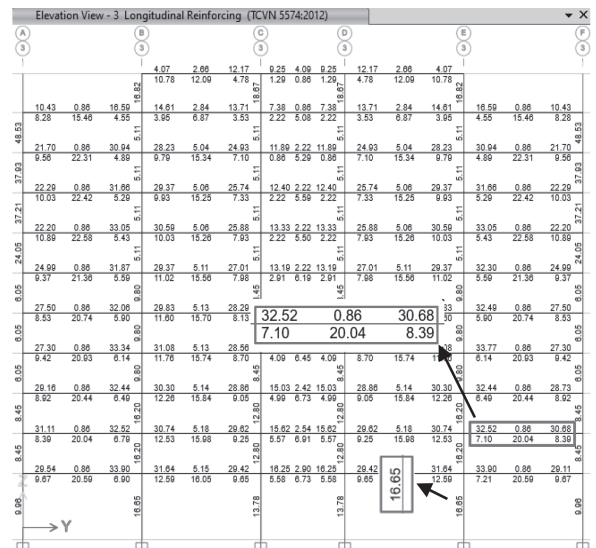
Các phần khai báo tiết diện cột, dầm, sàn và... nhóm không nêu ra đây, có thể tham khảo giáo trình [1-8]

Trong thiết kế kết cấu khung bê tông cốt thép, việc xác định chính xác các yếu tố đầu vào liên quan đến tải trọng là hết sức quan trọng. Phần tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng được khai báo theo tiêu chuẩn áp dụng, số liệu về tổ hợp tải trọng theo TCVN 2737 và theo Eurocode 2-2004 để tính toán cốt thép cho dầm cột được lựa chọn trong phần mềm Etabs 21 (v21.0.0). [5-10]



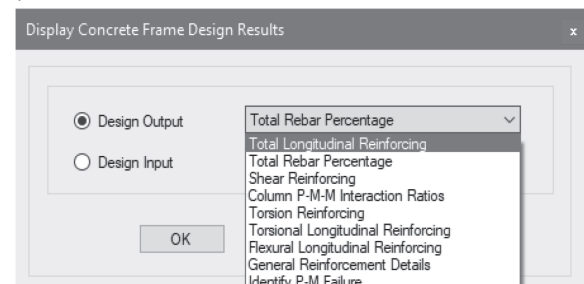
Hình 12. Khai báo trong Etabs

Sau khi nhập dữ liệu và chạy nội lực bằng phần mềm Etabs ta được kết quả tính diện tích cốt thép rất trực quan của từng khung (ví dụ khung trục 3 như hình 13). Từ kết quả trên hình chúng ta có thể chọn thép và bố trí thép cho cột và dầm, chọn thép dầm bố trí thép gối (miền trên) thép nhịp (miền dưới), chọn thép cột bố trí theo tiết diện. [11-16]



Hình 13. Thiết kế thép trong Etabs TCVN (cm²)

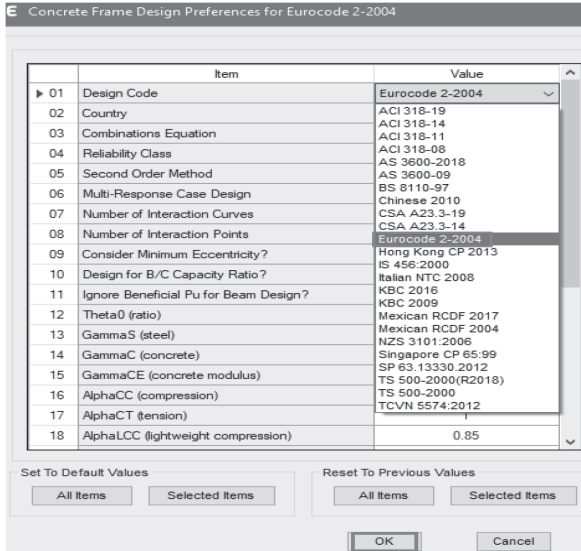
Ngoài ra chúng ta còn kiểm tra hàm lượng cốt thép trong dầm cột, có thể thay đổi tiết diện dầm cột nếu tính toán hàm lượng cốt thép μ dư hoặc thiếu.



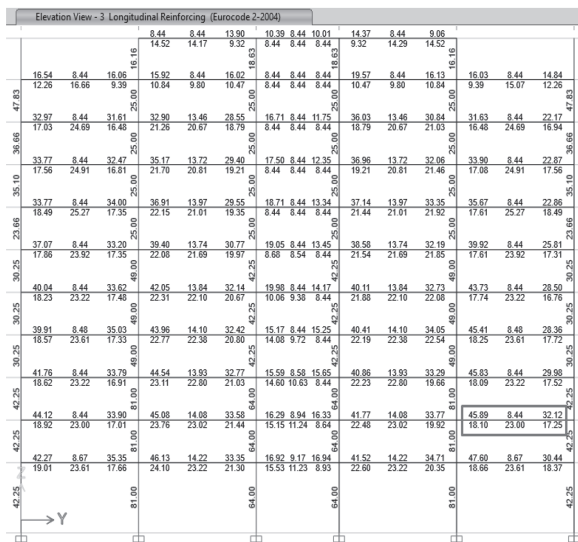
Hình 14. Lựa chọn nội dung xuất thuyết minh

2.4.2 Thiết kế khung BTCT theo Eurocode 2

Gồm các bước: Chọn tiêu chuẩn Eurocode 2-2004, chọn tổ hợp tính thép dầm và cột, kiểm tra hàm lượng tính thép, và chọn diện tích cốt thép dọc, chọn cốt thép đai. [14]



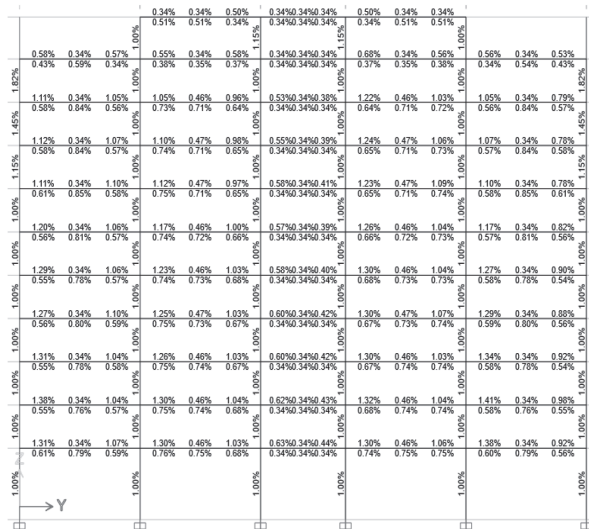
Hình 15. Chọn tiêu chuẩn áp dụng Eurocode 2- 2004



Hình 16. Thiết kế thép tiêu chuẩn Eurocode 2

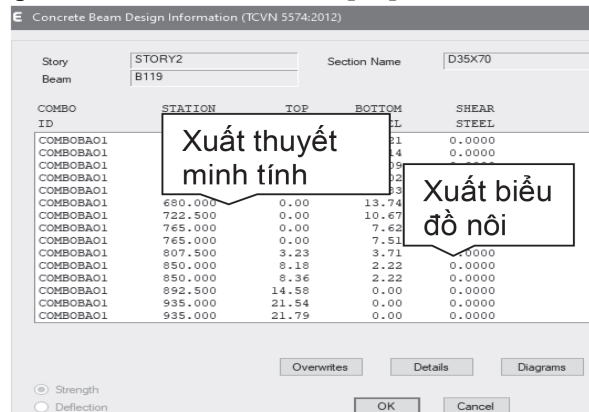
Kết quả diện tích thép khung trục 3, chúng ta chọn bố trí cốt thép dầm cột, để dàng kiểm soát được số liệu tính toán và điều chỉnh [14-16].

Trong quá trình phân tích cấu kiện khung có hiện ‘O/S’. Chúng ta cần kiểm tra phân khai báo vật liệu hoặc thay đổi tăng tiết diện và phân tích lại kết cấu sau cho phù hợp qui định tiêu chuẩn.



Hình 17. Hàm lượng μ tiêu chuẩn Eurocode 2

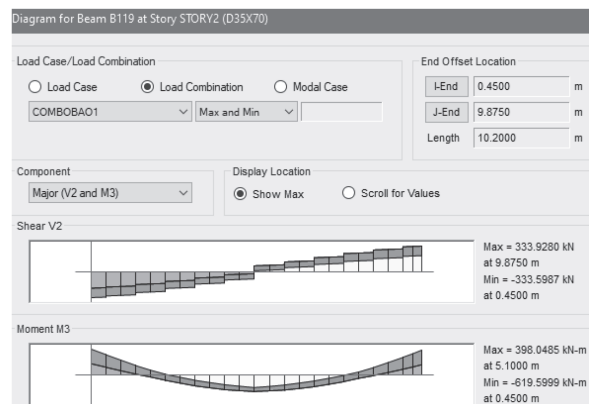
Từ kết quả phân tích của phần mềm Etabs chúng ta có thể kiểm tra từng phần tử hoặc toàn bộ khung thiết kế và in thuyết minh tính toán cho phần tử dầm lựa chọn. Ví dụ kiểm tra thép phần tử dầm B119 (story 2) sẽ được kết quả tính toán như hình 18.[12]



Hình 18. Kết quả tính cốt thép phần tử dầm B119

2.5 Tính toán dầm khung BTCT trong Excel

Lấy nội lực từ Etabs của phần tử dầm B119, Story 2, D35x70 [2].



Hình 19. Phần tử dầm B119, Story 2, D35x70

Nội lực mômen trên phần mềm Etabs tiến hành tính toán nhập vào bảng tính Excel lập theo TCVN 5574: 2018 [8]

1. Introduce		CALCULATION TABLE FOR BEAM REINFORCEMENT				KHUNG TRỤC 3								
Name of Building:	TRUNG TÂM THƯƠNG MẠI AN BÌNH					30/05/2024								
Location:						English								
Code of Practice:	TCVN 5574:2018	Trường hợp tác dụng tải trọng:				Đãi cấp								
Concrete:	B25	$R_c = 145$ (daN/cm ²)	Relative Humidity: 40% ≤ RH ≤ 75%		Coefficients:									
		$E_s = 300000$ (daN/cm ²)			$\gamma_{1,s} = 0.9$									
Reinforcement:	CB40W	$f_{yk} = 22$ (Mpa)			$\epsilon_{s,e} = 0.00175$									
		$R_s = 3500$ (daN/cm ²)			$\epsilon_{s,e} = 0.0048$									
		$R_s = 3500$ (daN/cm ²)			$\epsilon_{s,e} = 0.586$									
		$E_s = 2000000$ (daN/cm ²)			$\sigma_s = 6.414$									
		$f_{td} = 367.5$ (Mpa)												
3. Tính toán														
Story	Name	Location	Internal Force M (kNm)	Section			Coefficient		Calculation		Check			
				h (cm)	a (cm)	h ₀ (cm)	ϵ_{se}	ζ	Calculated Case (cm ²)	Layout A _s (cm ²)				
Story 2	B119 (D35x70)	Gối	-619.58	70	6	64	0.331	0.790	Cốt đơn	35.013	1.563	A _s 10 Ø22 38.013	OK	
				35	6								A _s Không tính 6 1 Ø22 22.808	OK
				70	6								A _s Không tính 10 1 Ø22 38.013	OK
	Nhịp	398.05	70	6	64	0.213	0.880	Cốt đơn	20.193	0.901			A _s Không tính 10 1 Ø22 38.013	OK
			35	6								A _s Không tính	OK	
			70	6								A _s Không tính	OK	
Gối	-596.65	70	6	64	0.319	0.800	Cốt đơn	33.295	1.486			A _s Không tính	OK	
		35	6								A _s Không tính	OK		

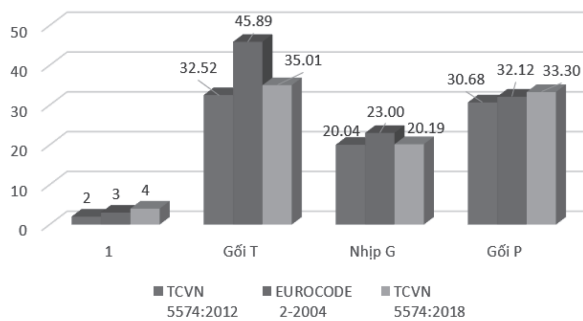
Hình 20. Kết quả tính thép dầm bằng Excel

Lấy kết quả tính thép phần tử dầm B119 lập bảng so sánh với kết quả tính bằng phần mềm Excel được kết quả như bảng 1.[8]

Bảng 1: So sánh kết quả tính thép (cm²)

Phần tử dầm	DẦM D35x70	TCVN 5574:2012	EUROCODE 2-2004	TCVN 5574:2018	So sánh (2)&(4)	So sánh (3)&(4)	Ghi chú (4)/(3)
1	1	2	3	4	5	6	7
D35x70	Gối T	32.52	45.89	35.01	7.7%	31.1%	0.76
	Nhịp G	20.04	23.00	20.19	0.8%	12.2%	0.88
	Gối P	30.68	32.12	33.30	8.5%	3.5%	1.04

Biểu đồ kết quả tính thép (cm²)



Hình 21: Biểu đồ so sánh kết quả

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả nghiên cứu

Bài báo đã nghiên cứu tính toán diện tích cốt thép cho khung bê tông cốt thép (BTCT) có tiết diện hình chữ nhật theo ba tiêu chuẩn: TCVN 5574:2012, Eurocode 2-2004, và TCVN 5574:2018. Việc tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam được thực hiện trực tiếp bằng phần mềm Excel. Trong phạm vi nghiên cứu, nhóm tác giả đã rút ra một số kết quả sau [7-13]:

Kết quả tính toán cốt thép dọc cho dầm cột BTCT có tiết diện hình chữ nhật theo các tiêu chuẩn, sau khi quy đổi cường độ vật liệu bê tông và cốt thép, cho ra kết quả gần giống nhau trong phần mềm Etabs. Khi sử dụng nội lực từ Etabs để tính toán cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 bằng phần mềm Excel, kết quả cho thấy sự chênh lệch lớn hơn so với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 trong Etabs (sai số 7,7%). So với tiêu chuẩn Eurocode 2-2004, sai số là 31.1%.

3.2 Thảo luận

Tận dụng các ưu điểm của phần mềm Etabs giúp thiết kế, kiểm tra và điều chỉnh số liệu, phần trăm hàm lượng cốt thép, thay đổi tiết diện dầm cột và xuất hồ sơ thiết kế nhanh hơn, tránh được sai sót khi sử dụng nội lực từ Etabs để tính toán thép bằng phần mềm trung gian [15-17].

Những phần mềm lấy nội lực từ Etabs tính thép nếu không thỏa điều kiện hàm lượng thép theo qui định, khi đó điều chỉnh tiết diện dầm BTCT sẽ không được tối ưu trong kết cấu [18,19].

Tuy nhiên để lập báo cáo thuyết minh tính toán theo cách riêng của doanh nghiệp phù hợp với tiêu chuẩn áp dụng theo qui định [15-19].

Phần tính toán diện tích cốt thép cột giữa các tiêu chuẩn có sự sai khác số liệu đầu vào và tính toán tổ hợp tải trọng cũng khác nhau nên không so sánh số liệu cột.

4. KẾT LUẬN

Nhóm đã nghiên cứu tính toán diện tích cốt thép dầm bê tông cốt thép (BTCT) có tiết diện hình chữ nhật theo các Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 và Tiêu chuẩn Eurocode 2-2004, đồng thời quy đổi các thông số vật liệu phù hợp với Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 và tính toán trực tiếp trên phần mềm ETABS. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, nhóm tác giả rút ra một số kết luận như sau [7,8,13]:

Kết quả tính toán cốt thép dọc dầm cột BTCT tiết diện hình chữ nhật theo Tiêu chuẩn Việt Nam và Tiêu chuẩn Châu Âu, cho kết quả sai khác. Cụ thể, sử dụng Tiêu chuẩn Eurocode

2-2004 cho kết quả lớn hơn Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 khoảng 31.1%, tuy nhiên để phân tích tính đúng đắn của từng cấu kiện phù hợp cần tổ hợp tải trọng theo tiêu chuẩn áp dụng.

Có thể sử dụng Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012, sau khi đã quy đổi phù hợp với TCVN 5574:2018, trong phần mềm Etabs để tính toán trực tiếp cốt thép dầm cột BTCT tiết diện hình chữ nhật, đảm bảo phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam[7-13].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Hành và N. K. Hùng, *Ứng dụng Etabs & Sape trong thiết kế kết cấu công trình*, NXB Lao động, Năm 2011.
- [2] Computers and Structures Inc, *ETABS v21 Concrete Design manual*, USA.
- [3] L.B.Huế, P.M. Tuấn, Nguyễn Đăng Nguyên, *Khung bê tông cốt thép toàn khối*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Năm 2023.
- [4] P.T.Tùng, T.V.Tâm, *Tính toán cột bê tông cốt thép*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Năm 2022.
- [5]. TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [6]. QCVN 02:2022/BXD, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*, 2022.
- [7] TCVN 5574: 2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*, 2012, Bộ khoa học và công nghệ, Việt Nam.
- [8] TCVN 5574: 2018, *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*, 2018, Viện khoa học và công nghệ, Bộ Xây dựng.
- [9] TCVN 2737:2023, *Tải trọng và tác động*, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Bộ Xây Dựng.
- [10] Sôm Sô Hoách Thạch, *Tính toán tải trọng gió cho công trình có mặt bằng hình vuông, hình chữ nhật theo TCVN 2737:2023*, *Tap chí khoa học và công nghệ Trường ĐHXD Miền Tây*, Số 07, Năm 2023.
- [11] BS:8110-1997. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 1997.
- [12] N.T. Hoà, *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, tiêu chuẩn châu âu - Eurocode en 1992-1-1 (bản dịch tiếng việt)*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2011.
- [13] L.C.Phát, *Ứng dụng phần mềm ETABS để tính toán diện tích cốt thép dầm bê tông cốt thép tiết diện hình chữ nhật phù hợp với TCVN 5574:2012*, trong *Kỷ yếu hội thảo khoa học quốc gia 2018 “CNTT và ứng dụng trong các lĩnh vực*, trang 104-110.
- [14] N.Đ.Minh, *Đánh giá cường độ bê tông theo cấp độ bền và mác bê tông*, *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 1/2012*, Viện KHCN Xây dựng.
- [15] T.C. Nwofor, S. Sule, D.B. Eme, *A comparative study of BS8110 and Eurocode 2 standards for design of a continuous reinforced concrete beam*, *International journal of civil engineering and technology (ijciet)*, 2015.
- [16] A.Z.Sampaio, A.M.Gomes, T. Farinha, *Bim methodology applied in structural design: analysis of interoperability in archicad/etabs process*, *Journal of Software Engineering and Applications*, 2021, 14, 189-206.
- [17] N.N.Linh, N.V.Anh, *Nghiên cứu ứng xử của nhà nhiều tầng có kết cấu dầm chuyên chịu tải trọng gió sử dụng phần mềm etabs*, *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE 2019*. 13 (3V): 31–41
- [18] M. Yousaf, M. Sohail, M. Tayyab, M. Javedan & M. Habib, *Structural Design of RCC Building Using Integrated BIM-Based Design Workflow and Analysis Result Comparison between ETABS and RSAP*, *Jurnal Kejuruteraan* 36(1) 2024: 211-221.
- [19] M. Narsimha, C.S. Reddy, J. B. Krishna, R. Rajesswari, *Study and comparison of structure having different infill materials using Etabs*, *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM)*, 2024.