

VIDEO 09 • HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TÍNH TOÁN CẦU THANG & KẾT CẤU PHỤ

Cấu kiện nhỏ nhất — nhưng phơi bày hiểu biết bản chất nhất

Giảng viên: **Nguyễn Phú Hoàng**

Khoa Kỹ thuật Xây dựng — Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật, ĐH Đà Nẵng

Ba mục tiêu — và vì sao cầu thang hay bị hỏi

- 1 **Bản thang:** quy đổi tải, tính nội lực, bố trí thép dọc và thép cấu tạo.
- 2 **Dầm chiếu nghỉ:** nhận phản lực hai vế, tính thép dọc và cốt đai.
- 3 **Kết cấu phụ:** lanh tô, ô văng, sê-nô, máng nước, hố thang máy.

Cầu thang phải đạt **ba** thứ: độ bền, độ cứng, và **thẩm mỹ** — vì nó là bộ phận nhìn thấy hằng ngày.

⚠ Vì sao hội đồng hay hỏi

Cầu thang là cấu kiện **nhỏ** nhưng phải bày **bản chất**: có hiểu quy đổi tải, hiểu mô men âm, hiểu console hay không — chỉ một câu là biết.

Thông số hình học: chọn bậc trước, chọn bề dày sau

TT	Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị
1	Chiều cao tầng (tầng 2 → tầng 3)	H	3 300 mm
2	Chiều cao một vế thang	$H_1 = H/2$	1 650 mm
3	Bề rộng bản thang	b_t	1 600 mm
4	Bề rộng bản chiếu nghỉ	b_{cn}	1 600 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'	3 000 mm

Bảng 8.1 — Cầu thang bộ CT1: 2 vế, bản phẳng toàn khối, không dầm cốn.

⚙️ Kiểm tra độ dốc

$$2h_b + b_b = 2 \times 150 + 300 = 600 \text{ mm}$$

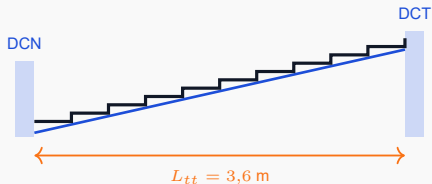
$$600 \in [600 \div 620] \text{ mm} \Rightarrow \text{ĐẠT}$$

💡 Bề dày bản

$$h = (1/30 \div 1/25) L_0 = 120 \div 144 \text{ mm.}$$

$$\text{Chọn } h_{bt} = h_{cn} = 140 \text{ mm.}$$

Sơ đồ tính: trải phẳng cầu thang thành một dầm đơn giản



DCN: dầm chiếu nghỉ; DCT: dầm chiếu tới.

⚙️ Nhịp tính toán

$$L_{tt} = L' + 2b_b = 3\,000 + 2 \times 300 = 3\,600 \text{ mm}$$

Kể cả đoạn bậc trên cùng ăn vào bản chiếu nghỉ và đoạn bậc dưới cùng ăn vào bản sàn.

⚠️ Vì sao không lấy 3,2 m

Nếu lấy đúng mép hai dầm, $L = 3,2 \text{ m}$, mô men chỉ còn $(3,2/3,6)^2 \approx 0,79$ lần. Bài giữ 3,6 m là **thiên về an toàn** — và phải nói rõ điều đó khi bảo vệ.

Quy đổi tải: nhân k cho tĩnh tải, tuyệt đối không cho hoạt tải

⚙️ Hệ số quy đổi từ phương nghiêng về phương ngang

$$\tan \alpha = h_b/b_b = 150/300 = 0,50 \Rightarrow \alpha \approx 26,6^\circ$$

$$k = 1/\cos \alpha = \sqrt{h_b^2 + b_b^2} / b_b = \sqrt{150^2 + 300^2} / 300 \approx 1,118$$

Góc nghiêng phải lấy theo tỷ số $h_b/b_b = 0,50$, **không** lấy theo $H_1/L' = 0,55$ — vì L' là hình chiếu của **10** mặt bậc, còn $n_b = 11$ bậc.

⚠️ Câu hỏi hội đồng hay hỏi nhất

Vì sao quy đổi tĩnh tải mà không quy đổi hoạt tải?

Vì hoạt tải vốn đã là tải **theo phương đứng trên hình chiếu bằng**. Chỉ có trọng lượng bản nghiêng mới cần chiếu.

💡 Hai lỗi ngược chiều nhau

Quên nhân k cho tĩnh tải $\Rightarrow$ **thiếu** tải.

Nhân k cho hoạt tải $\Rightarrow$ **thừa** tải.

Cả hai đều sai, và cả hai đều bị hỏi.

Tĩnh tải: hai bảng, vì bản thang và chiếu nghỉ khác nhau

Bản thang	g^{tc}	g^{tt}
Bản thân $\gamma_b h_{bt} k$	3,91	4,30
Bậc gạch $\gamma_g h_b / 2$	1,35	1,49
Vữa lót + đá 30 mm	0,74	0,81
Trát trần 15 mm	0,30	0,33
Lan can, tay vịn	0,31	0,34
Tổng	6,61	7,27

Chiếu nghỉ	g^{tc}	g^{tt}
Bản thân $\gamma_b h_{cn}$	3,50	3,85
Vữa lót + đá 30 mm	0,66	0,73
Trát trần 15 mm	0,27	0,30
Tổng	4,43	4,88

Hoạt tải $p^{tt} = 1,2 \times 3,0 = 3,6 \text{ kN/m}^2$.

⚠ Đơn vị và hệ số

Bảng tính bằng kN/m^2 ; hệ số vượt tải tĩnh tải 1,1 theo TCVN 2737:2023. Trọng lượng riêng: BTCT 25, gạch 18, vữa 18 kN/m^3 .

Từ tải về nội lực: dầm đơn giản, ba con số

⚙️ Tải phân bố trên dải bản rộng 1 m

$$q_{vé} = (7,27 + 3,6) \times 1,0 = 10,87 \text{ kN/m} \quad q_{cn} = (4,88 + 3,6) \times 1,0 = 8,48 \text{ kN/m}$$

$$q_{td} \approx \frac{q_{vé} + q_{cn}}{2} \approx 9,7 \text{ kN/m}$$

💡 Nội lực

$$M_{max} = \frac{q_{td} L_{tt}^2}{8} = 15,7 \text{ kNm/m}$$

$$V_{max} = \frac{q_{td} L_{tt}}{2} = 17,5 \text{ kN/m}$$

⚠️ Mô men âm không bằng 0

Sơ đồ dầm đơn giản cho mô men âm bằng 0 tại gối. Nhưng liên kết với dầm là **liền khối** nên thực tế có mô men âm nhỏ $\Rightarrow$ vẫn phải bố trí **thép mũ** theo cấu tạo.

Thép bản thang: năm bước, ra $\phi 10$ a150

Bước	Công thức — thay số	Kết quả
1	$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{15,7 \times 10^6}{14,5 \times 1000 \times 120^2}$	0,0752
2	Kiểm tra $\alpha_m \leq \alpha_R = 0,413$	ĐẠT
3	$\zeta = 0,5 (1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$	0,961
4	$A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_0} = \frac{15,7 \times 10^6}{260 \times 0,961 \times 120}$	524 mm ² /m
5	Chọn $\phi 10$ (78,5 mm ²): $s = 78,5 \times 1000 / 524$	$\phi 10$ a150

B25: $R_b = 14,5$ MPa; CB300-V: $R_s = 260$ MPa; $h_0 = 140 - 20 = 120$ mm.

⚙️ Hàm lượng

$$\mu = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{524}{1000 \times 120} = 0,44\% \text{ — hợp lý.}$$

⚠️ Nhầm h_0 là lỗi đắt

Bản chỉ dày 140 mm. Chọn lớp bảo vệ quá dày làm h_0 nhỏ, thép **tăng vọt** và có thể không bố trí nổi.

Ba loại thép cấu tạo: chỗ quyết định điểm của chương

💡 1. Thép phân bố

Đặt **vuông góc** cốt thép chịu lực, chống nứt do co ngót, nhiệt độ.

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

Chọn $\phi 6$ a200 (141 mm²/m).

💡 2. Thép mũ tại gối

Chống nứt mặt trên tại chỗ liên kết bản thang với dầm:

$\phi 8$ a200, kéo dài $L_{tt}/4 = 3\,600/4 = 900$ mm từ mép dầm.

⚠️ 3. Gia cường góc gãy

Tại “khớp gãy” giữa vế thang và chiếu nghỉ, ứng suất **tập trung** gây nứt.

Bố trí thêm **2 $\phi 12$ đặt chéo** ở góc, **cả lớp trên và lớp dưới**.

Đây là câu hỏi bảo vệ số hai, gần như chắc chắn xuất hiện.

⚙️ Điểm chung của cả ba

Ba loại thép này **không chịu lực theo tính toán**, nhưng thiếu cái nào cũng bị trừ điểm.

Bốn sai hỏng của bản thang, hai cái ngược chiều nhau

⚠ 1. Quên quy đổi tính tải

Không nhân $k = 1/\cos \alpha \Rightarrow$ **thiếu** tải, thép ra nhỏ.

⚠ 2. Quy đổi cả hoạt tải

Nhân k cho hoạt tải $\Rightarrow$ **thừa** tải, lãng phí thép.

⚠ 3. Bỏ thép mũ và góc gãy

Bản **nứt** tại vị trí liên kết — chỗ ai cũng nhìn thấy.

⚠ 4. Nhầm h_0

Lớp bảo vệ quá dày trên bản mỏng 140 mm $\Rightarrow h_0$ nhỏ, thép tăng vọt.

Hai lỗi đầu **ngược chiều nhau** mà cùng một gốc: không phân biệt được đâu là tải theo phương nghiêng, đâu là tải đã nằm trên hình chiếu bằng.

Dầm chiếu nghỉ: nhận phản lực từ hai vế thang

⚙️ Tải tập trung từ hai vế

$$P_{thang} = 2 V_{max} b_t = 2 \times 17,5 \times 1,6 = 56 \text{ kN} \quad q_{thang} = P_{thang} / L_d = 56 / 3,6 \approx 15,6 \text{ kN/m}$$

DCN-1 gồ lên hai cột, nhịp $L_d = 3,6 \text{ m}$, tiết diện sơ bộ $200 \times 300 \text{ mm}$.

Tính tải bản thân và tường (kN/m):

$$g_d = 25 \times 0,2 \times (0,3 - 0,14) \times 1,1 \approx 0,88$$

$$g_t = 18 \times 0,11 \times 3,0 \times 1,1 \approx 6,5$$

Tường dày 110 mm , $h_w = 3,3 - 0,3 = 3,0 \text{ m}$ — đã trừ chiều cao dầm.

💡 Nội lực dầm

$$q_d = 15,6 + 0,88 + 6,5 \approx \mathbf{23,0 \text{ kN/m}}$$

$$M_d = \frac{23,0 \times 3,6^2}{8} \approx 37,3 \text{ kNm}$$

$$V_d = \frac{23,0 \times 3,6}{2} \approx 41,4 \text{ kN}$$

Tường trên dầm chiếm **6,5/23** — gần ba mươi phần trăm tải trọng. Bỏ qua tường là sai lầm rất hay gặp.

Thép dọc và cốt đai: khi nào bê tông tự chịu được cắt

💡 Thép dọc

$$h_0 = 300 - 30 = 270 \text{ mm}$$

$$\alpha_m = 0,176 < 0,413; \zeta = 0,903$$

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

$$A_{s,min} = 0,001bh_0 = 54 \text{ mm}^2$$

Chọn **2 ϕ 20** ($628 > 588$).

⚠ Kiểm tra cắt (kN) — câu hỏi bảo vệ

$$Q_b = \varphi_{b3} R_{bt} b h_0 = 0,6 \times 1,05 \times 200 \times 270 \approx 34,0$$

$Q_b = 34,0 < V_d = 41,4 \Rightarrow$ bê tông **không đủ**, phải tính đai.

$$Q_{sw} = 41,4 - 34,0 = 7,4$$

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} A_{sw} h_0}{Q_{sw}} = \frac{210 \times 56,6 \times 270}{7400} \approx 434 \text{ mm}; \quad s_{max} = \min(0,5h_0; 300) = 135 \text{ mm} \Rightarrow \text{chọn } \phi 6 \text{ a130}.$$

Kiểm lại: $Q_b + Q_{sw} = 34,0 + 24,7 = 58,7 > 41,4 \text{ kN}$ — **ĐẠT**.

Nguyên tắc: $Q_b \geq V$ thì đai chỉ cần theo cấu tạo; $Q_b < V$ thì phải chọn bước đai từ điều kiện cân bằng lực cắt.

Ô văng: cốt thép chịu lực nằm ở lớp TRÊN

Bước	Công thức — thay số	Kết quả
1	$M_{góc} = ql^2/2 = 4,5 \times 1,2^2/2$	3,24 kNm/m
2	$Q_{góc} = ql = 4,5 \times 1,2$	5,4 kN/m
3	$h_0 = h - a = 100 - 25$ (thép lớp trên)	75 mm
4	$A_s = M/(R_s \zeta h_0)$, $\zeta \approx 0,98$	170 mm ² /m
5	Chọn $\phi 8$ a200 (251 mm ² /m)	lớp TRÊN

Ô văng hắt ra $l = 1,2$ m, dày 100 mm, $q = 4,5$ kN/m.

⚠ Neo thép: lấy giá trị LỚN HƠN

Chịu mô men âm: $\geq 1,5l = 1\,800$ mm — **khổng chế**.

Chiều dài neo: $l_{an} \geq 30d = 240$ mm.

Không được bẻ móc quặp xuống ngay mép dầm.

💡 Kiểm tra võng

$$I = 1000 \times 100^3/12 = 8,33 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$f = ql^4/(8EI) \approx 0,47 \text{ mm} \ll [f] = 2l/250 = 9,6 \text{ mm} \text{ — ĐẠT.}$$

Kết cấu phụ khác — và hai phép kiểm tra điều kiện sử dụng

Cấu kiện	Điều phải nhớ
Lanh tô	Cao $150 \div 200$ mm; tải tường lấy theo chiều cao quy đổi $h_{qd} = \min(h_t, L/3)$; đai $\phi 6$ a150
Sê-nô	Tải mái theo diện hứng tải , không theo toàn bộ chiều dài; kiểm vồng đầu hắt ra
Máng nước	Làm việc như dầm nhỏ, phải đảm bảo độ dốc thoát nước $\geq 1\%$
Hố thang máy	Chịu tải động ; làm bằng vách BTCT để đủ cứng và chống rung

⚙️ Kiểm tra độ vồng bản thang

$[f] = L/250 = 3\,600/250 = 14,4$ mm
 $L_{tt}/h_{bt} = 3\,600/140 = 25,7$
nằm trong $25 \div 30 \Rightarrow$ đủ độ cứng.

⚠️ Vết nứt

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

Ba câu hỏi gần như chắc chắn xuất hiện

Ba câu dưới đây hội đồng hỏi đúng ở chương này — trả lời được cả ba thì cầu thang “ăn điểm”.

Câu 1 — về quy đổi tải

Vì sao phải quy đổi **tĩnh tải** mà không quy đổi **hoạt tải**?

Câu 2 — về góc gãy

Cốt thép ở vị trí **góc gãy** bố trí thế nào, và vì sao phải làm vậy?

Câu 3 — về console

Ô văng thì thép chịu lực ở **lớp nào**? Nếu trả lời lớp dưới, hội đồng biết ngay em chưa hiểu mô men âm.

Video sau

Video 10: **Phân Thi công** — định vị, giới hạn và dầm phụ.