

Conception des éléments de la toiture et des façades

I. Eléments de toiture (comble)

Le comble est constitué de la couverture qui repose sur des pannes fixées sur les poutres (ou les fermes) des portiques transversaux.

Donc, la transmission des charges se fait ainsi: couverture –pannes- portiques- fondations

I.1) Couverture

Type: Bacs en acier nervuré:

- Largeur l : 1 m
- Longueur L : jusqu'à 12 m
- Epaisseur : 0.75 mm ou 1 mm
- Poids : 10 daN/mm²

Disposition (schéma statique) : en continuité (plus économique)

Charge admissible: 100 daN/mm² (Poids de 2 hommes + matériel)

Flèche admissible: $L/200$; L : portée (longueur)

Détermination de la portée (longueur) :

Pour une couverture de type A, de charge admissible = 100 daN/mm², posée en continuité et d'épaisseur 1 mm, le fabricant nous propose une portée $L = 5.10$ m.

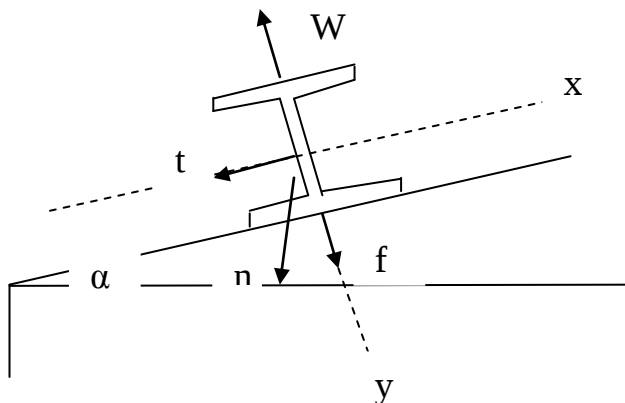
I.2) Pannes

Les pannes sont des poutrelles (en I généralement) qui sont disposées parallèlement à la ligne de faîtage sur chaque versant de la toiture.

Elles sont destinées à supporter la couverture d'une part et relier les portiques transversaux d'autre part. Donc, leur longueur est déterminée par l'entraxe des portiques et leur entraxe par la longueur des bacs de couverture.

a) Schéma statique:

A cause de la pente de la toiture, les pannes sont soumises à la flexion déviée:



b) Charges et surcharges

b1) Charge oblique W (due au vent):

$$\text{Charge normale: } W_n = -1474 \frac{N}{m^2}$$

$$\text{Charge extrême: } W_e = \frac{7}{4} \cdot (147.4) \approx -258 \frac{daN}{m^2}$$

b2) Charge normale (n):

$$\text{La charge verticale (n) est la plus défavorable des 3 combinaisons: } \begin{cases} \frac{4}{3} \cdot G + \frac{3}{2} \cdot S_n \\ G + S_e \\ G - W_e \end{cases}$$

$$\text{Charges permanentes (G): } \begin{cases} \text{Poids propre} \approx 6 \frac{daN}{m^2} \\ \text{Poids de (couverture + surcharge)} \approx 30 \frac{daN}{m^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{Charge de neige normale: } S_n = 112 \frac{N}{m^2} = 11.2 \frac{daN}{m^2} \\ \text{Charge extrême: } S_e = \frac{5}{3} \cdot (11.2) \approx 18.7 \frac{daN}{m^2} \end{cases}$$

$$n = \max \text{ de } \begin{cases} \frac{4}{3} \cdot (6 + 30) + \frac{3}{2} \cdot 11.2 = 64.8 \frac{daN}{m^2} \\ G + S_e = 36 + 18.7 = 54.7 \frac{daN}{m^2} \\ G - W_e = 36 - 258 = -222 \frac{daN}{m^2} \end{cases} ; \quad n = -222 \frac{daN}{m^2}$$

La valeur de n est multipliée par un coefficient de continuité = 1.25

$$\text{Les projections de n sont: } \begin{cases} |f| = n \cdot \cos \alpha = 1.25 \times 222 \times 0.99 \approx 275 \frac{daN}{m^2} \\ |t| = n \cdot \sin \alpha = 1.25 \times 222 \times 0.12 \approx 33.2 \frac{daN}{m^2} \end{cases}$$

Pour une panne intermédiaire (la plus sollicitée), l'entraxe est égal à 5.1 m (longueur du bac de couverture). Donc, les charges f et t sur la panne par ml sont:

$$\begin{cases} |f| = 275 \times 5.1 \approx 1402 \frac{daN}{m} \\ |t| = 33.2 \times 5.1 \approx 169.3 \frac{daN}{m} \end{cases}$$

c) Dimensionnement: On doit vérifier la condition de résistance et la condition de flèche:

c1) Condition de résistance (sous charges pondérées):

$$\sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{\frac{I_x}{v_x}} + \frac{M_y}{\frac{I_y}{v_y}} \leq \sigma_e$$

$$\begin{cases} M_x = \frac{f \cdot l^2}{8} = \frac{1402 \times (6)^2}{8} = 6309 \text{ daN.m} = 6309 \times 10^3 \text{ daN.mm} \\ M_y = \frac{t \cdot l^2}{8} = \frac{169.3 \times (6)^2}{8} = 761.8 \text{ daN.m} = 761.8 \times 10^3 \text{ daN.mm} \quad (\text{pannes sans lierne}) \end{cases}$$

La longueur de panne est $l = 6 \text{ m}$.

Les valeurs I_x/v_x et I_y/v_y n'étant pas connues à priori, alors on procède par tâtonnement, en commençant par le profilé le plus faible.

Normalement, le profilé le plus faible est l'IPE 80 mais par instinct d'expérience, on va commencer par un IPE 200 par exemple.

$$\text{IPE 200} \rightarrow \begin{cases} \frac{I_x}{v_x} = 194 \text{ cm}^3 = 194 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ \frac{I_y}{v_y} = 28.5 \text{ cm}^3 = 28.5 \times 10^3 \text{ mm}^3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sigma_x + \sigma_y = \frac{6309 \times 10^3}{194 \times 10^3} + \frac{761.8 \times 10^3}{28.5 \times 10^3} = 59.24 \text{ daN/mm}^2$$

$\sigma_e = 24 \text{ daN/mm}^2$. Donc, $\sigma_x + \sigma_y > \sigma_e$, c'est-à-dire que le profilé IPE 200 ne vérifie pas.

Alors, on passe au profilé directement supérieur (IPE 220) et ainsi de suite jusqu'à:

$$\text{IPE 300} \rightarrow \begin{cases} \frac{I_x}{v_x} = 557 \text{ cm}^3 \\ \frac{I_y}{v_y} = 80.5 \text{ cm}^3 \end{cases} \Rightarrow \sigma_x + \sigma_y = \frac{6309}{557} + \frac{761.8}{80.5} = 20.8 \text{ daN/mm}^2$$

Donc, l'IPE 300 vérifie la condition de résistance

b2) Condition de flèche (sous charge non pondérée):

Charge non pondérée: $G+Sn = (36 + 11.2) \text{ daN/m}^2 = 47.2 \text{ daN/m}^2$.

$$\begin{cases} |f| = 1.25 \times 47.2 \times 5.1 \times 0.99 \approx 298 \text{ daN/m} \\ |t| = 1.25 \times 47.2 \times 5.1 \times 0.12 \approx 36.1 \text{ daN/m} \end{cases}$$

La flèche max (f_m) ne doit pas dépasser la flèche admissible f_{ad} dans les 2 plans x et y:

Flèche admissible $f_{ad} = l / 200 = 600 / 200 = 3 \text{ cm}$.

On sait que pour une poutre supportant une charge uniformément répartie q (par ml), la flèche max $f_{\max}$ est:

$$f_{\max} = \frac{5.q.l^4}{384.E.I} \quad \text{avec } E = 21.10^5 \text{ daN/cm}^2$$

$$\begin{cases} f_{xm} = \frac{5.f.l^4}{384.E.I_y} = \frac{5 \times 298 \times 10^{-2} \times (6)^4 \times 10^8}{384 \times 21 \times 10^5 \times I_y} \leq 3 \text{ cm} \\ f_{ym} = \frac{5.t.l^4}{384.E.I_x} = \frac{5 \times 36.1 \times 10^{-2} \times (6)^4 \times 10^8}{384 \times 21 \times 10^5 \times I_x} \leq 3 \text{ cm} \quad (\text{pannes sans lierne}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_y \geq 97 \text{ cm}^4 \\ I_x \geq 798 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

Pour un IPE 300, on a: $I_x = 8356 \text{ cm}^4$ et $I_y = 604 \text{ cm}^4$.

Donc, l'IPE 300 vérifie largement la condition de flèche.

Finalement, l'IPE 300 convient comme panne de toiture pour l'exemple traité.