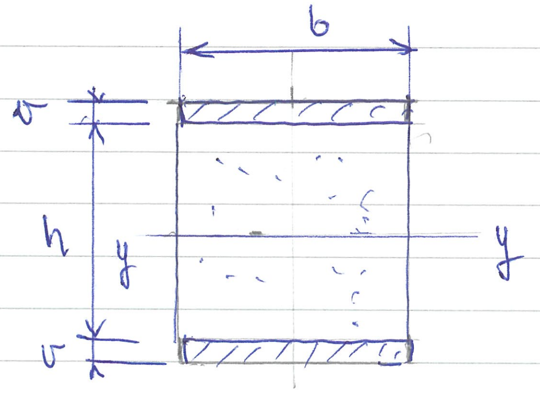
Szendvicsszerkezetek

A repülőgépipar fejlesztette ki, ahol a kis súly mellett nagyobb statikus merevség volt a cél. Általában háromrétegű szerkezetek, két fedőréteg és közötte kitöltő (mag) anyag.

A fedőréteg gyakran fém vagy szálvázas műanyag.



A mag anyag, lehet műanyag hab vagy gumi

Feszültség számítás.

A fedő és magréteg együtt dolgozása, itt a mag anyagot homogénnak tételezzük fel.

A fedő (borító) réteg másodrendű nyomatéka az y-tengelyre.

$$I_b = 2\left[\frac{b \cdot v^3}{12} + \left(\frac{h+v}{2}\right)^2 \cdot v\,b\right]$$

A magrétegé $\quad I_m = \dfrac{b \cdot h^3}{12}$

A fedőréteg az M hajlítónyomaték M_b hányadát a magréteg a M_m hányadát veszi fel.

$$M = M_b + M_m$$

A fedőréteg rugalmassági modulusát E_b-vel, a magrétegét E_m-mel jelöljük

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{M_b}{I_b \cdot E_b} = \frac{M_m}{I_m \cdot E_m}.$$

Bevezetve: $\lambda = \dfrac{I_m E_m}{I_b E_b}$

$$M_b = \frac{M}{1+\lambda} \; ; \quad M_m = M \frac{\lambda}{1+\lambda}$$

A feszültségek a fedőrétegben és a magban:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{I_b} \cdot z \; ; \quad \sigma_m = \frac{M_m}{I_m} \cdot z$$

Példa: $h = 20$ mm ; $b = 10$ mm ; $v = 2$ mm.

A mag anyaga: PVC hab $E_m = 100$ MPa.

A fedőréteg: kompozit $E_b = 2 \cdot 10^4$ MPa.

$M = 10^5$ Nmm.

$$\lambda = \frac{6667 \cdot 100}{4853 \cdot 2 \cdot 10^4} = 6{,}87 \cdot 10^{-3}$$

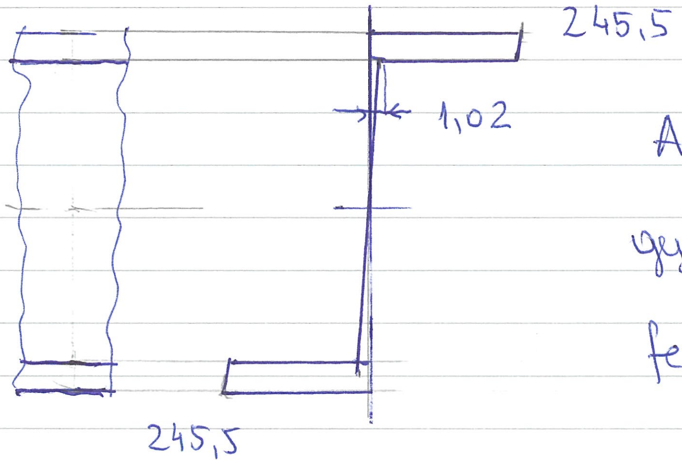
ha: $I_b = 4853\ mm^4$ és $I_m = 6667\ mm^4$

$$M_b = 9{,}93 \cdot 10^4\ Nmm.$$

$$M_m = 6{,}82 \cdot 10^2\ Nmm.$$

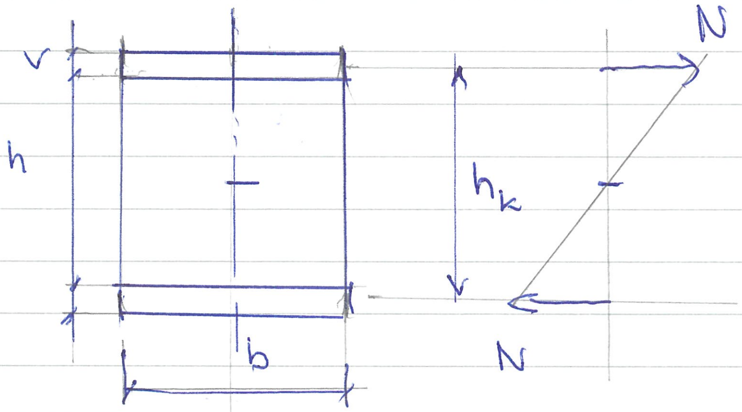
$$\sigma_b = \frac{9{,}93 \cdot 10^4}{4853} \cdot 12 = 245{,}5\ N/mm^2$$

$$\sigma_m = \frac{\cancel{\text{[illegible]}}}{\text{[illegible]}} = \frac{6{,}82 \cdot 10^2}{6667} = 1{,}02\ N/mm^2.$$



A hajlítónyomatékot gyakorlatilag a fedőréteg viseli.

Egyszerűsített számítás



$$N = b \cdot v \cdot \sigma_b$$

$$\sigma_b = \frac{M}{b \cdot v \cdot h_k}$$

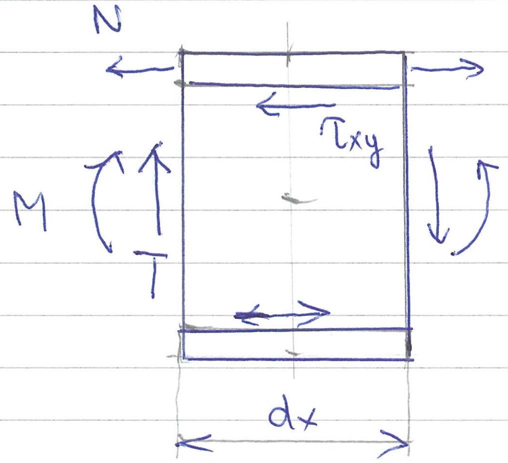
A 2 előző példa adataival.

$$\sigma_b = \frac{10^5}{10 \cdot 2 \cdot 22} = 227{,}3\ N/mm^2$$

A nyíró - igénybevétel hatása

Az elemi szilárdságtanból ismert

$$T = \frac{dM}{dx}$$



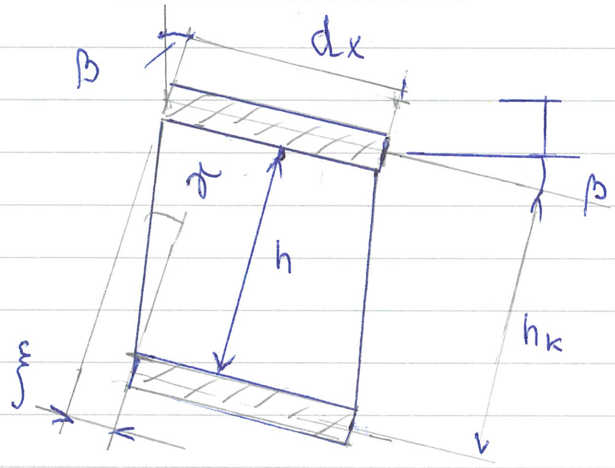
$$N + dN - N - \tau_{xy} \cdot b \cdot dx = 0$$

$$\tau_{xy} = \frac{1}{b} \frac{dN}{dx} = \frac{1}{b \cdot h_k} \cdot T$$

$$N = \frac{M}{h_k}$$

A nyíróerőt teljes egészében a magréteg viseli.

Alakváltozás



$$\xi = h \cdot tg\,\gamma \approx h \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{\tau_{xy}}{G_m}$$

$$\xi = h \cdot \frac{\tau_{xy}}{G_m} = \frac{h}{h_k} \cdot \frac{T^*}{G_m}$$

$$d\eta = dx \cdot tg\,\beta = dx \frac{\xi}{h_k} = \frac{h}{h_k^2} \frac{T}{G_m} \cdot dx$$

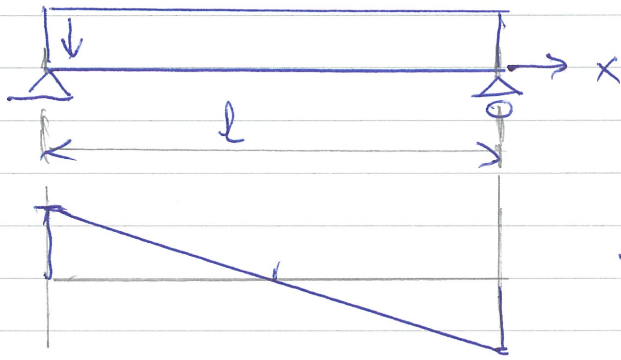
A $\underline{z}$ irányú elmozdulás az $\underline{x}$ helyen.

$$\eta = \int \frac{h}{h_K^2} \frac{T}{G_m} \cdot dx + C_1$$

ehhez hozzá kell adni a merev-test-szerű elfordulást : $C_2 \cdot x$

$$\eta = \int \frac{h}{h_K^2} \frac{T}{G_m} dx + C_1 + C_2 \cdot x$$

A kéttámaszú tartó nyírásból származó lehajlása.



$$T = q \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

$$\eta (x = 0) = 0 \rightarrow C_1 = 0$$

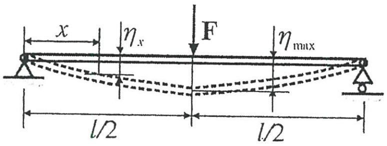
$$\eta (x = l) = 0 \rightarrow C_2 = 0$$

$$\eta = \int_0^{l/2} \frac{h}{h_K^2} \frac{q \left(\frac{l}{2} - x \right)}{G_m} dx = \frac{h}{h_K^2} \frac{q l^2}{8 G_m}$$

Ebben az esetben a nyírásból a maximális lehajlás a tartó közepén van.

– *Szendvicsszerkezetek* elmozdulásmezejének vizsgálatakor a nyíróerő hatása nem hanyagolható el. Adott esetben az utóbbi csaknem 30%-a a *hajlításból adódó lehajlásnak.*

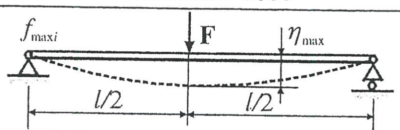
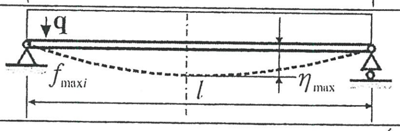
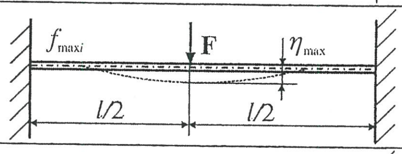
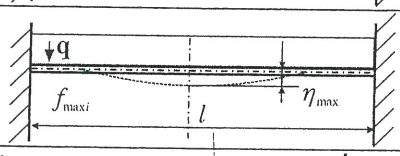
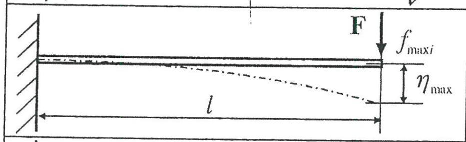
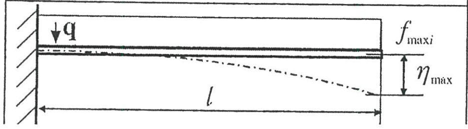
– *A hajlításból és nyírásból adódó lehajlás maximumának helye nem szükségképpen esik egybe.*



F.2.14. ábra

– Többtámaszú tartók közbenső alátámasztásainak és koncentrált erők támadási helyein a nyíróerő hirtelen nagyságot és előjelet vált, és ezzel előjelet vált $d\eta^*$ is (2.10). A tartó rugalmas szála megtörik, amire egy példát az *F.2.14. ábra* mutat, középen koncentrált erővel támadott szendvicstartó esetében. Ezért megváltozik a tartóban keletkező hajlítónyomaték eloszlása is. Emiatt *többtámaszú*

F.2.3. táblázat

Terhelési eset	f_{max}	η_{max}
	$\dfrac{Fl^3}{24h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{Flh}{4h_k^2 G_m}$
	$\dfrac{10ql^4}{384h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{hql^2}{8h_k^2 G_m}$
	$\dfrac{Fl^3}{96h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{Flh}{4h_k^2 G_m}$
	$\dfrac{ql^4}{192h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{hql^2}{8h_k^2 G_m}$
	$\dfrac{2Fl^3}{3h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{Flh}{h_k^2 G_m}$
	$\dfrac{ql^4}{4h_k^2 vE_b}$	$\dfrac{hql^2}{2h_k^2 G_m}$

7.

Szendvics lemezek számítási módszere

A számítást egységnyi szélességű ($b = 1$ mm) lemezcsíkokra végezzük.

A egységnyi szélességre a nyomaték

$$M^* = \frac{M}{b} \; [N]$$

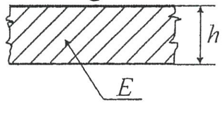
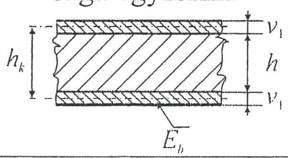
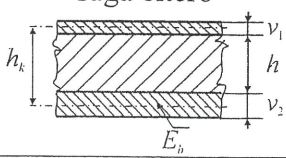
$$I^* = \frac{I}{b} \; mm^3.$$

$$I_b^* = \frac{I_b}{b} = \frac{v h_k^2}{2} \; ; \; W_b^* = v \cdot h_k.$$

$$\tau = \frac{T^*}{b} \; ; \; T^* = \frac{T}{b}.$$

lembe venni, hogy rugalmassági tényezőjét $E^* = \dfrac{E}{1-\nu^2}$ értékűre változtatják (ν a Poisson-tényező). Mivel szendvicsszerkezetek keresztkontrakcióját mérni nehézkes, a kísérleti eredményekbe többnyire „belemérik" az $1/(1-\nu^2)$ tagot. A számításokban gyakran együtt jelentkező $I_b^* E_b^*$ tényező helyett a lemez vagy héj alakváltozásának jelölésére bevezették a D *lemezmerevség* fogalmát. A másodrendű nyomaték, a keresztmetszeti tényező és a lemezmerevség számítási képleteit az *F.2.2. táblázatban* foglaltuk össze.

F.2.2. táblázat

	Homogén lemez	Szendvicslemez borítórétegek vastagsága egyforma	 borítórétegek vastagsága eltérő
			
I^* [mm^3]	$\dfrac{h^3}{12}$	$\dfrac{h_k^2 \nu}{2}$	$\dfrac{h_k^2}{\dfrac{1}{\nu_1}+\dfrac{1}{\nu_2}}$
K^* [mm^2]	$\dfrac{h^2}{6}$	$h_k \nu$	$\nu_1 h_k$ $\nu_2 h_k$
Lemez-merevség D [Nmm]	$\dfrac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$	$\dfrac{E_b h_k^2 \nu}{2(1-\nu_b^2)}$	$\dfrac{E_b}{1-\nu_b^2}\dfrac{h_k^2}{\dfrac{1}{\nu_1}+\dfrac{1}{\nu_2}}$