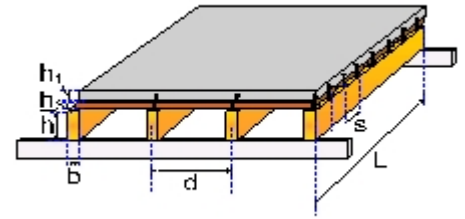


1. STROP-001**Spřažený dřevobetonový strop****2. Obecný popis, předpoklady, materiály, zatížení****2.1. Druh konstrukce**

Spřažený dřevobetonový strop

Třída dřeva : C24

Třída betonu: C25/30

Rozpětí stropních nosníků : $L = 4.600\text{m}$ Tloušťka betonové desky : $h_1 = 60\text{mm}$ Průřez stropních nosníků : $B \times H = 140\text{mm} \times 200\text{mm}$ Vzdálenost stropních nosníků: 0.900 m **2.2. Návrhové normy**

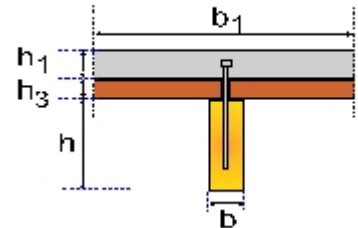
EN1990:2002 Zásady navrhování konstrukcí

EN1991-1-1:2002 Zatížení konstrukcí

EN1995-1-1:2009 Navrhování dřevěných konstrukcí

EN1992-1-1:2004 Navrhování betonových konstrukcí

EN1994-1-1:2000 Navrhování spřažených konstrukcí

**2.3. Návrhová metoda**

Vnitřní síly jsou spočteny na koncích a ve středu pole stropních nosníků, pružné deformace ve středu pole, pro všechny kombinace zatížení, podle EC 1 a EC 5. Všechna ověření podle Eurokódu 5 jsou provedena v mezním stavu únosnosti, (EC5 EN1995-1-1:2009, §6). Průhyby jsou ověřeny v mezním stavu použitelnosti podle EC5 EN1995-1-1:2009, §7.2. Jsou zahrnuta ustanovení Eurokódu 5 pro ověření vibrací nosníku (EC5 EN1995-1-1:2009, §7.3.3).

Vlastnosti spřaženého dřevobetonového průřezu jsou stanoveny podle:

2.4. Parametry materiálů**Charakteristické vlastnosti materiálu pro dřevo** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Třída dřeva : C24

Třída provozu : Třída 1, vlhkost $\leq 12\%$ (EN1995-1-1, §2.3.1.3) $f_{mk} = 24.0\text{ MPa}$, $f_{t0k} = 14.0\text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4\text{ MPa}$ $f_{c0k} = 21.0\text{ MPa}$, $f_{c90k} = 5.3\text{ MPa}$, $f_{vk} = 2.5\text{ MPa}$ $E_{0m} = 11000\text{ MPa}$, $E_{005} = 7400\text{ MPa}$, $E_{90m} = 370\text{ MPa}$ $G_m = 690\text{ MPa}$, $\rho_k = 350\text{ Kg/m}^3$ **Charakteristické vlastnosti materiálu pro beton** (EC2 EN1992-1-1:2004, §3.1)Třída betonu: C25/30, $f_{ck} = 25\text{ N/mm}^2$, $f_{cm} = 2.60\text{ N/mm}^2$, $E_{cm} = 31000\text{ N/mm}^2$ $f_{cd} = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17\text{ N/mm}^2$, $f_{ctmd} = 0.85 \times 3 / 1.50 = 1.47\text{ N/mm}^2$ (EC4 EN1994-1-1:2000, §4.4.1.4)

Třída výztuže: B550A

Charakteristické vlastnosti spřahovacích prostředkůPrůměr upevňovacího prostředku $O = 10.0\text{ mm}$, Pevnost v tahu $f_u = 500\text{ N/mm}^2$ Vzdálenost spřahovacích prostředků: $s_{min} = 100\text{ mm}$ ($0 - L/4$, $3L/4 - L$), $s_{max} = 300\text{ mm}$ ($L/4 - 3L/4$) $s_{ef} = 0.75 \times 100 + 0.25 \times 300 = 150\text{ mm}$ (EC5 EN1995-1-1:2009, §9.1.3(2))

2.5. Rovnoměrná zatížení podlahy

Záklop podlahy	$G_e = 0.500$ kN/m ²
Vlastní tíha betonové desky	$G_b = 1.440$ kN/m ²
Vlastní tíha (izolace-nosníky)	$G_w = 0.100$ kN/m ²
Stropní podhled	$G_c = 0.300$ kN/m ²
Suma stálých zatížení	$G_e + G_b + G_w + G_c = G_s = 2.340$ kN/m ²
Proměnné zatížení stropu	$Q_f = 2.000$ kN/m ²

2.6. Přímkové zatížení (kN/m) stropních nosníků

Stálé zatížení	$G_k = 0.900 \times 2.340 = 2.106$ kN/m
Proměnné zatížení	$Q_k = 0.900 \times 2.000 = 1.800$ kN/m

3. Návrhová pevnost spřahovacích prostředků**3.1. Strana betonu,** (EC4 EN1994-1-1:2000, §6.3.2.1)

Smykové porušení, $R_d = 0.8 f_u (n d^2 / 4) / \gamma_v = 25.13$ kN (EC4 EN1994-1-1:2000, Rov.6.13)
 Lokální tlak, $R_d = 0.23 d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm} / \gamma_v)} = 18.11$ kN (EC4 EN1994-1-1:2000, Rov.6.14)
 $d = 10.0$ mm, $f_u = 500$ N/mm², $f_{ck} = 25$ N/mm², $E_{cm} = 31000$ N/mm², $\gamma_v = 1.25$

3.2. Strana dřeva, (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.8.10.d)

$f_{hk} = 0.082 (1 - 0.01 d) \rho_k = 25.83$ N/mm², ($\rho_k = 350$ kg/m³, $d = 10.0$ mm) (EN1995-1-1 Rov.8.32)
 $Myrk = 0.30 f_{uk} \cdot d^{2.6} = 0.30 \times 500 \times 10.0^{2.6} = 59716$ Nmm ($f_{uk} = 500$ N/mm²) (EN1995-1-1 Rov.8.30)
 $F_{vrk} = 2.30 \sqrt{Myrk \cdot f_{hk} \cdot d} = 9.033$ kN (EC5 EN1995-1-1:2009 Rov.8.10.d)

Třída trvání zatížení : Stálé	, $k_{mod} = 0.60$	$R_d = k_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 0.60 \times 9.033 / 1.30 = 4.169$ kN
Třída trvání zatížení : Dlouhodobé	, $k_{mod} = 0.70$	$R_d = k_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 0.70 \times 9.033 / 1.30 = 4.864$ kN
Třída trvání zatížení : Střednědobé	, $k_{mod} = 0.80$	$R_d = k_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 0.80 \times 9.033 / 1.30 = 5.559$ kN

4. Mezní stav únosnosti (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)**4.1. Vlastnosti spřaženého průřezu** (EC5 EN1995-1-1:2009 Příloha B)

Účinná šířka příruby, $b_1 = 2L/8 = 2 \times 4600 / 8 = 1150$ mm and $b_1 \leq 900$ mm. $b_1 = 900$ mm (EN1994-1-1, §2.2.21)
 $K_u = (2/3) \cdot K_{ser} = (2/3) (\rho_k)^{1.5} (d/23) = (2/3) \times (350)^{1.5} \times (10/23) = 8333$ N/mm (Tab. 7.1)
 Účinná vzdálenost spřahovacích prostředků $sef = 150$ mm

$b_1 = 900$ mm, $h_1 = 42$ mm	$b_2 = 140$ mm, $h_2 = 200$ mm
$A_1 = 900 \times 42 = 37800$ mm ²	$A_2 = 140 \times 200 = 28000$ mm ²
$I_1 = 900 \times 42^3 / 12 = 5.56E+006$ mm ⁴	$I_2 = 140 \times 200^3 / 12 = 9.33E+007$ mm ⁴
$E_1 = 31000$ N/mm ²	$E_2 = 11000$ N/mm ²
$\gamma_1 = 0.09$	$\gamma_2 = 1.00$
$\alpha_1 = 117.7$ mm	$\alpha_2 = 41.3$ mm
$E I_{ef} = 3.22E+012$ Nmm ²	

4.2. Maximální vnitřní síly a průhyby nosníku (L=4.600m)

Stálé zatížení	$G_k = 2.106$ kN/m, $maxV = 4.84$ kN, $maxM = 5.57$ kNm, $max\Delta = 4.16$ mm
Proměnné zatížení	$Q_k = 1.800$ kN/m, $maxV = 4.14$ kN, $maxM = 4.76$ kNm, $max\Delta = 3.55$ mm

4.3. Návrhová zatížení (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Zatížení [kN/m]	Trvání	γ_g	γ_q	ψ_0
(Gk) Stálé $G_k = 2.106$	Stálé	1.35	0.00	1.00
(Qkf) Proměnné $Q_k = 1.800$	Střednědobé	0.00	1.50	0.70

L.C.	Kombinace zatížení	Třída trvání	kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	yg.Gk	Stálé	0.60	10.899	12.533
2	yg.Gk + yg.Qkf	Střednědobé	0.80	15.936	18.327
	Maximální hodnoty			15.936	18.327

4.4. Návrhová napětí

Maximální moment $M=14.66$ kNm, maximální smyk $V=12.75$ kN

Strana betonu

$\sigma_{cd} = \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \alpha_1 \cdot M / (EI)_{ef} = 1.53$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3a)

$\sigma_{md} = 0.5E_1 \cdot h_1 \cdot M_d / (EI)_{ef} = 2.96$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3b)

$\sigma_{cd} = 1.53 + 2.96 = 4.49$ N/mm² < 14.17 N/mm² (tlak)

$\sigma_{td} = 2.96 - 1.53 = 1.43$ N/mm² < 1.47 N/mm² (tah)

Strana dřeva

$\sigma_{2d} = \gamma_2 \cdot E_2 \cdot \alpha_2 \cdot M / (EI)_{ef} = 2.07$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3a)

$\sigma_{md} = 0.5E_2 \cdot h_2 \cdot M_d / (EI)_{ef} = 5.01$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3b)

$\tau_{2max} = 1.50 V_d / (b \cdot h) = 0.68$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.4)

$f_{md} = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77$ N/mm²

$f_{t0d} = 0.80 \times 14.00 / 1.30 = 8.62$ N/mm²

$f_{vd} = 0.80 \times 2.50 / 1.30 = 1.54$ N/mm²

$\sigma_{t2d} / f_{t0d} + \sigma_{md} / f_{md} = 2.07 / 8.62 + 5.01 / 14.77 = 0.58$ < 1.00

$\tau_{2max} = 0.68$ N/mm² < 1.54 N/mm²

4.5. Návrh spřahovacího prostředku

Vzdálenost spřahovacích prostředků: $s_{min} = 100$ mm (0-L/4, 3L/4-L), $s_{max} = 300$ mm (L/4-3L/4)

$s_{ef} = 0.75 \times 100 + 0.25 \times 300 = 150$ mm (EC5 EN1995-1-1:2009, §9.1.3(2))

$F_{1d} = \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot \alpha_1 \cdot s_1 \cdot V_d / (EI)_{ef}$ (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.4)

$F_{1d} = 0.09 \times 31000 \times 37800 \times 117.69 \times 100.0 \times 12.75 / 3.22E+012 = 5.03$ kN < 5.56 kN

5. Mezní stav použitelnosti (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

5.1. Vlastnosti spřaženého průřezu (EC5 EN1995-1-1:2009 Příloha B)

Účinná šířka příruby, $b_1 = 2L/8 = 2 \times 4600/8 = 1150$ mm and $b_1 \leq 900$ mm. $b_1 = 900$ mm (EN1994-1-1, §2.2.21)

$K_{ser} = (\rho_k)^{1.5} (d/23) = (350)^{1.5} (10/23) = 12500$ N/mm (EC5 EN1995-1-1:2009, Tab. 7.1)

Účinná vzdálenost spřahovacích prostředků $s_{ef} = 150$ mm

$b_1 = 900$ mm, $h_1 = 42$ mm

$A_1 = 900 \times 42 = 37800$ mm²

$I_1 = 900 \times 42^3 / 12 = 5.56E+006$ mm⁴

$E_1 = 31000$ N/mm²

$\gamma_1 = 0.13$

$\alpha_1 = 105.8$ mm

$EI_{ef} = 3.81E+012$ Nmm²

$b_2 = 140$ mm, $h_2 = 200$ mm

$A_2 = 140 \times 200 = 28000$ mm²

$I_2 = 140 \times 200^3 / 12 = 9.33E+007$ mm⁴

$E_2 = 11000$ N/mm²

$\gamma_2 = 1.00$

$\alpha_2 = 53.2$ mm

5.2. Maximální vnitřní síly a průhyby nosníku (L=4.600m)

Stálé zatížení $G_k = 2.106$ kN/m, $\max V = 4.84$ kN, $\max M = 5.57$ kNm, $\max \Delta = 3.57$ mm

Proměnné zatížení $Q_k = 1.800$ kN/m, $\max V = 4.14$ kN, $\max M = 4.76$ kNm, $\max \Delta = 3.05$ mm

5.3. Ověření průhybu prostřed rozpětí nosníku (EC5 §7.2)

Zatížení [kN/m]	u [mm]	Trvání	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Kdef
(Gk) Stálé Gk = 2.106	3.572	Stálé	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qkf) Proměnné Qk = 1.800	3.053	Střednědobé	0.70	0.50	0.30	0.60

Kombinace zatížení	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	3.572	5.715
2 Qk1	3.053	3.603
3 Gk+Qk1	6.625	9.318

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$, $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Rov.2.3, Rov.2.4)

Maximální hodnoty průhybu

$w_{inst} = 6.625$ mm, $w_{fin} = 9.318$ mm

Ověření podle EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2

Konečné průhyby

$w_{inst} = 6.625$ mm < $L/300 = 4600/300 = 15.333$ mm

$w_{net,fin} = 9.318$ mm < $L/250 = 4600/250 = 18.400$ mm

$w_{fin} = 9.318$ mm < $L/150 = 4600/150 = 30.667$ mm

Ověření vyhovuje

6. Konečný stav

Konečný modul pružnosti betonu (EC4 EN1994-1-1:2000, §3.1.4.2(4))

$E_{1,fin} = E_{cm}/2 = 31000/2 = 15500$ N/mm²

Konečný modul pružnosti dřeva (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.3.2.2)

$E_{2,fin} = E_o \cdot m_{eam} / (1 + \psi_2 \cdot K_{def}) = 11000 / (1 + 0.50 \times 0.60) = 8462$ N/mm²

$K_{ser,fin} = K_{ser} / (1 + \psi_2 \cdot K_{def}) = 12500.000 / (1 + 0.50 \times 0.60) = 9615.385$ N/mm

6.1. Vlastnosti spřaženého průřezu (EC5 EN1995-1-1:2009 Příloha B)

Účinná šířka příruby, $b_1 = 2L/8 = 2 \times 4600/8 = 1150$ mm and $b_1 \leq 900$ mm. $b_1 = 900$ mm (EN1994-1-1, §2.2.21)

$K_u = (2/3) \cdot K_{ser} = (2/3) \times (9615) = 6410$ N/mm

Účinná vzdálenost spřahovacích prostředků $s_{ef} = 150$ mm

$b_1 = 900$ mm, $h_1 = 42$ mm

$A_1 = 900 \times 42 = 37800$ mm²

$I_1 = 900 \times 42^3 / 12 = 5.56E+006$ mm⁴

$E_1 = 15500$ N/mm²

$\gamma_1 = 0.14$

$\alpha_1 = 119.2$ mm

$E I_{ef} = 2.38E+012$ Nmm²

$b_2 = 140$ mm, $h_2 = 200$ mm

$A_2 = 140 \times 200 = 28000$ mm²

$I_2 = 140 \times 200^3 / 12 = 9.33E+007$ mm⁴

$E_2 = 8462$ N/mm²

$\gamma_2 = 1.00$

$\alpha_2 = 39.8$ mm

6.2. Maximální vnitřní síly a průhyby nosníku (L=4.600m)

Stálé zatížení Gk= 2.106kN/m, maxV= 4.84kN, maxM= 5.57kNm, maxΔ= 5.51mm

Proměnné zatížení Qk= 1.800kN/m, maxV= 4.14kN, maxM= 4.76kNm, maxΔ= 4.71mm

6.3. Návrhová zatížení (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Zatížení [kN/m]	Trvání	γ_g	γ_q	ψ_0
(Gk) Stálé Gk = 2.106	Stálé	1.35	0.00	1.00
(Qkf) Proměnné Qk = 1.800	Střednědobé	0.00	1.50	0.70

L.C.	Kombinace zatížení	Třída trvání	kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot G_k$	Stálé	0.60	10.899	12.533
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_k$	Střednědobé	0.80	15.936	18.327
	Maximální hodnoty			15.936	18.327

6.4. Návrhová napětí

Maximální moment $M=14.66$ kNm, maximální smyk $V=12.75$ kN

Strana betonu

$\sigma_{cd} = \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \alpha_1 \cdot M / (EI)_{ef} = 1.54$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3a)

$\sigma_{md} = 0.5 E_1 \cdot h_1 \cdot M_d / (EI)_{ef} = 2.01$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3b)

$\sigma_{cd} = 1.54 + 2.01 = 3.55$ N/mm² < 14.17 N/mm² (tlak)

$\sigma_{td} = 2.01 - 1.54 = 0.47$ N/mm² < 1.47 N/mm² (tah)

Strana dřeva

$\sigma_{2d} = \gamma_2 \cdot E_2 \cdot \alpha_2 \cdot M / (EI)_{ef} = 2.08$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3a)

$\sigma_{m2d} = 0.5 E_2 \cdot h_2 \cdot M_d / (EI)_{ef} = 5.22$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.3b)

$\tau_{2max} = 1.50 \cdot V_d / (b \cdot h) = 0.68$ N/mm² (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.4)

$f_{md} = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77$ N/mm²

$f_{t0d} = 0.80 \times 14.00 / 1.30 = 8.62$ N/mm²

$f_{vd} = 0.80 \times 2.50 / 1.30 = 1.54$ N/mm²

$\sigma_{t2d} / f_{t0d} + \sigma_{m2d} / f_{md} = 2.08 / 8.62 + 5.22 / 14.77 = 0.59$ < 1.00

$\tau_{2max} = 0.68$ N/mm² < 1.54 N/mm²

6.5. Návrh spřahovacího prostředku

Vzdálenost spřahovacích prostředků: $s_{min} = 100$ mm (0-L/4, 3L/4-L), $s_{max} = 300$ mm (L/4-3L/4)

$s_{ef} = 0.75 \times 100 + 0.25 \times 300 = 150$ mm (EC5 EN1995-1-1:2009, §9.1.3(2))

$F_{1d} = \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot \alpha_1 \cdot s_1 \cdot V_d / (EI)_{ef}$ (EC5 EN1995-1-1:2009, Rov.B.4)

$F_{1d} = 0.14 \times 15500 \times 37800 \times 119.15 \times 100.0 \times 12.75 / 2.38E+012 = 5.06$ kN < 5.56 kN