

BETONOVÉ KONSTRUKCE

Pevnostní třídy betonu

f_{ck} - charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku (MPa)

f_{ctm} - průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu (MPa)

f_{ctk} - charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu (MPa)

E_{cm} - hodnota sečnového modulu pružnosti (GPa)

Třída betonu	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$f_{ctk 0,05}$	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
$f_{ctk 0,95}$	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3
E_{cm}	27	29	30	31	32	34	35	36	37

Pevnostní třídy betonářské oceli

f_{yk} - charakteristická pevnost výztuže v tahu i v tlaku (MPa)

mez kluzu popř. mez 0,2 ($f_{0,2k}$) při trhací zkoušce

f_{tk} - mez pevnosti při trhací zkoušce (MPa)

výztuž	označení	Jmenovitý průměr	Povrch	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	Tažnost	Svařitelnost
10425	V	6, 8 až 32	žebříkový	420	520	B	dobrá
10505.0	R	8 až 36	žebříkový	500	550	B	dobrá
10505.9	R	8 až 36	žebříkový	500	550	B	podmínečná
KARI drát	W	4,5,6,7,8,(10)	žebříkový	500	550	B	
Sítě	SZ	4,5,6,7,8	žebříkový	500	550	B	

Modul pružnosti lze uvažovat střední hodnotu $E_s = 200$ GPa

Plochy výztuže podle počtu prutů

Obvod průřezu $3,14d_s$ [mm]	Hmotnost 1 m prutu [kg/m]	Průměr prutu d_s [mm]	$A_s = 0,7854 d_s^2$ [mm ²]								
			Počet prutů								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
17,3	0,187	5,5	23,8	48	71	95	119	143	166	190	214
18,9	0,222	6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254
20,4	0,260	6,5	33,2	66	100	133	166	199	232	265	299
22,0	0,303	7	38,5	77	115	154	192	231	269	308	346
25,1	0,395	8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	452
31,4	0,617	10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707
37,7	0,888	12	113,1	226	339	452	566	679	792	905	1018
44,0	1,208	14	153,9	308	462	616	770	924	1078	1232	1385
50,3	1,578	16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810
56,6	1,998	18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290
62,8	2,466	20	314,2	628	942	1257	1571	1885	2199	2513	2827
69,1	2,984	22	380,1	760	1140	1521	1901	2281	2661	3041	3421
78,5	3,853	25	490,9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418
88,0	4,834	28	615,8	1232	1847	2463	3079	3694	4310	4926	5542
100,5	6,313	32	804,2	1608	2413	3217	4021	4825	5630	6434	7238

Plochy výztuže podle vzdálenosti prutů

průřezová plocha A_s v mm² na šířku 1 m

Vzdál. vloček	Profil prutů d_s [mm]											
	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	25
70	339	404	550	718	1122	1616	2199	2872	3635	4488	5431	7013
75	317	377	513	670	1045	1508	2053	2681	3393	4189	5069	6545
80	297	353	481	628	982	1414	1924	2513	3181	3927	4752	6136
85	279	333	453	591	924	1331	1811	2366	2994	3696	4472	5775
90	264	314	426	559	873	1257	1711	2234	2828	3491	4224	5454
95	250	298	405	529	827	1191	1620	2117	2679	3307	4002	5170
100	238	283	385	503	785	1131	1539	2011	2545	3142	3802	4902
105	226	269	367	479	748	1077	1466	1915	2424	2992	3621	4675
110	216	257	350	457	714	1028	1400	1828	2313	2856	3456	4463
115	207	246	335	437	683	984	1339	1748	2213	2732	3306	4269
120	198	236	321	419	655	943	1283	1676	2121	2618	3168	4091
125	190	226	308	402	628	905	1232	1609	2036	2513	3041	3927
130	183	217	296	387	604	870	1184	1547	1958	2417	2924	3776
135	176	209	285	372	582	838	1140	1489	1885	2327	2816	3636
140	170	202	275	359	561	808	1100	1436	1818	2244	2715	3506
145	164	195	265	347	542	780	1062	1387	1755	2167	2622	3386
150	158	188	257	335	524	754	1026	1340	1697	2095	2534	3273
155	153	182	248	324	507	730	993	1297	1642	2027	2453	3167
160	148	177	241	314	419	707	962	1257	1591	1964	2376	3068
170	140	166	226	296	462	665	906	1183	1497	1848	2236	2888
175	136	162	220	287	449	646	880	1149	1454	1795	2172	2850
180	132	157	214	279	436	628	855	1117	1414	1745	2112	2727
185	128	153	208	272	425	611	832	1087	1376	1698	2055	2654
190	125	149	203	265	413	595	810	1058	1339	1654	2001	2584
195	122	145	197	258	403	580	789	1031	1305	1611	1950	2517
200	119	141	192	251	393	566	770	1005	1272	1571	1901	2455
210	113	134	183	239	374	538	733	957	1212	1496	1810	2337
220	108	128	175	226	357	514	700	914	1156	1428	1728	2231
230	103	123	167	218	341	492	669	874	1106	1366	1653	2134
240	99	118	160	209	327	471	641	838	1060	1309	1534	2045
250	95	113	154	201	314	452	616	804	1018	1256	1520	1963
300	79	94	128	167	262	372	513	670	848	1047	1267	1636

Plochy výztuže - svařované sítě

obvod průřezu 3,14 d _s [mm]	hmotnost 1 m drátu [kg/m]	jmen. prům. drátu d _s [mm]	plocha průřezu drátu [mm ²]	Plochy průřezu v mm ² /m drátů připadajících na 1 m šířky desky při vzdálenosti drátu v mm							
				50 (100x)	75 (150x)	100	150	200	225	250	300
7,85	0,0385	2,5	4,91			49	33	25	22	20	16
8,79	0,0483	2,8	6,16			62	41	31	27	25	21
9,89	0,0612	3,15	7,79			78	52	39	35	31	26
11,15	0,0777	3,55	9,9			99	66	49	44	40	33
12,56	0,0986	4	12,57	252	168	126	84	63	56	50	42
14,13	0,125	4,5	15,9	318	212	159	106	80	71	64	53
14,44	0,13	4,6	16,62	332	222	166	111	83	74	66	55
15,7	0,154	5	19,63	393	262	196	131	98	87	78	65
17,27	0,187	5,5	23,76	475	317	238	158	119	106	95	79
17,58	0,193	5,6	24,63	492	328	246	164	123	109	98	82
18,84	0,222	6	28,27	565	377	283	188	141	126	113	94
19,78	0,245	5,3	31,17	624	416	312	208	156	139	125	104
20,41	0,26	6,5	33,18	664	442	332	221	166	147	133	111
21,98	0,302	7	38,48	770	513	385	257	192	171	154	128
22,29	0,311	7,1	39,59	792	528	396	264	198	176	158	132
25,12	0,395	8	50,27	1005	670	503	335	251	223	201	168

Třídy prostředí a krytí výztuže

Stupně vlivu prostředí

Označení prostředí	Popis prostředí	Informativní příklady prostředí	Min.tř.betonu, min. w/c a min.množství cementu kg/m ³
--------------------	-----------------	---------------------------------	---

1 Bez rizika poškození

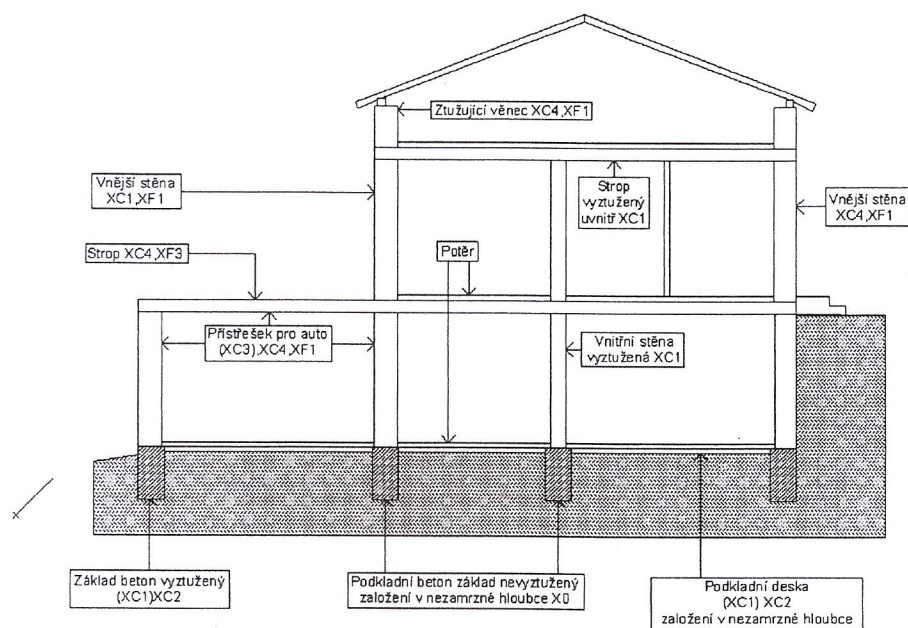
X0	Beton bez výztuže nebo s výztuží v suchém prostředí	Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu	C12/15
----	---	--	--------

2 Korozie způsobená karbonatací

XC1	Suché, stále mokré	Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu, beton trvale ponořený ve vodě	C20/25, 0,65, 260
XC2	Mokré občas Suché	Povrchy betonů vystavené dlouhodobému působení vody, většina základů	C25/30, 0,60, 280
XC3	Středně vlhké	Beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu, venkovní beton chráněný proti dešti	C30/37, 0,55, 280
XC4	Střídavě mokré a suché	Povrchy betonu ve styku s vodou, ne však ve stupni vlivu prostředí XC2	C30/37, 0,50, 300

Minimální hodnoty krytí $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž

Konstrukční třída	Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)						
	Stupeň prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55



Betonová krycí vrstva

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Hodnota $c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - c_{dur,add}, 10 \text{ mm})$, kde:

$c_{min,b}$	je minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti,
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí,
$\Delta c_{dur,y}$	přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti,
$\Delta c_{dur,st}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli,
$\Delta c_{dur,add}$	redukce min.krycí vrstvy při použití dodatečné ochrany (např. povlak výztuže)

Minimální hodnota $c_{min,b}$

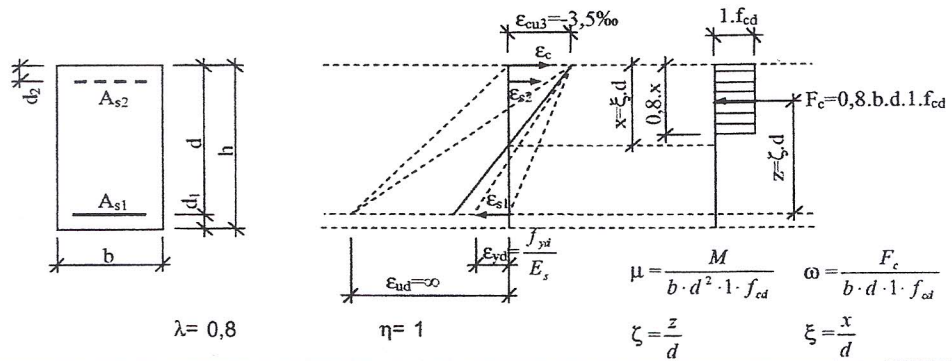
krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti se uvažuje pro betonářskou výztuž $c_{min,b}$

$$c_{min,b} \geq \Phi$$

kde Φ je průměr výztužného prutu,

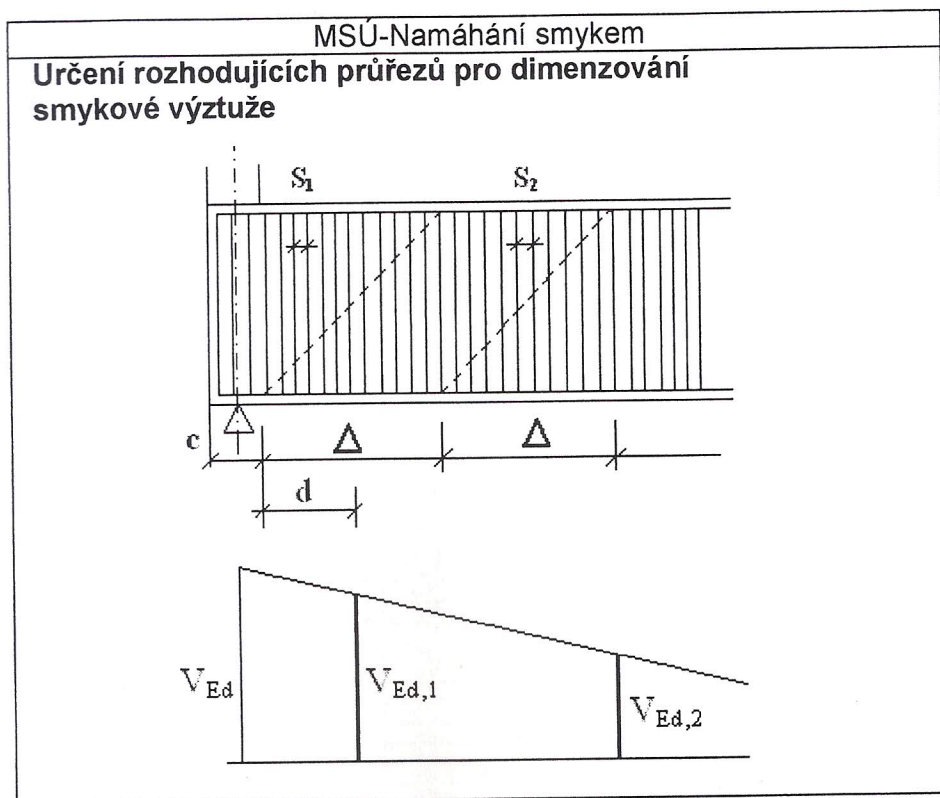
$$\Delta c_{dev} = 5 - 10 \text{ mm} \quad (\text{prefa } 5 \text{ mm}, \text{ monolit } 10 \text{ mm})$$

**Obdélníkový průřez, rovnoměrné rozdělení napětí v betonu
třidy ≤C50/55, přetvoření tahové výztuže neomezené**



μ	ω	ξ	ζ	ε _{s1}	ε _c	ε _{s2}			
						0,05	0,1	0,15	0,2
0,010	0,0101	0,013	0,995	275,093	3,500	10,430	24,359	38,289	52,219
0,020	0,0202	0,025	0,990	135,086	3,500	3,429	10,359	17,288	24,217
0,030	0,0305	0,038	0,985	88,412	3,500	1,096	5,691	10,287	14,882
0,040	0,0408	0,051	0,980	65,071	3,500	-0,071	3,357	6,786	10,214
0,050	0,0513	0,064	0,974	51,063	3,500	-0,772	1,956	4,684	7,413
0,060	0,0619	0,077	0,969	41,722	3,500	-1,239	1,022	3,283	5,544
0,070	0,0726	0,091	0,964	35,047	3,500	-1,573	0,355	2,282	4,209
0,080	0,0835	0,104	0,958	30,039	3,500	-1,823	-0,146	1,531	3,208
0,090	0,0945	0,118	0,953	26,142	3,500	-2,018	-0,536	0,946	2,428
0,100	0,1056	0,132	0,947	23,022	3,500	-2,174	-0,848	0,478	1,804
0,110	0,1168	0,146	0,942	20,468	3,500	-2,302	-1,103	0,095	1,294
0,120	0,1282	0,160	0,936	18,337	3,500	-2,408	-1,316	-0,224	0,867
0,130	0,1398	0,175	0,930	16,533	3,500	-2,498	-1,497	-0,495	0,507
0,140	0,1515	0,189	0,924	14,985	3,500	-2,576	-1,651	-0,727	0,197
0,150	0,1633	0,204	0,918	13,642	3,500	-2,643	-1,786	-0,929	-0,072
0,160	0,1754	0,219	0,912	12,465	3,500	-2,702	-1,903	-1,105	-0,307
0,170	0,1876	0,234	0,906	11,426	3,500	-2,754	-2,007	-1,261	-0,515
0,180	0,2000	0,250	0,900	10,500	3,500	-2,800	-2,100	-1,400	-0,700
0,190	0,2126	0,266	0,894	9,670	3,500	-2,841	-2,183	-1,524	-0,866
0,200	0,2254	0,282	0,887	8,922	3,500	-2,879	-2,258	-1,637	-1,016
0,210	0,2384	0,298	0,881	8,244	3,500	-2,913	-2,326	-1,738	-1,151
0,220	0,2517	0,315	0,874	7,626	3,500	-2,944	-2,387	-1,831	-1,275
0,230	0,2652	0,331	0,867	7,060	3,500	-2,972	-2,444	-1,916	-1,388
0,240	0,2789	0,349	0,861	6,540	3,500	-2,998	-2,496	-1,994	-1,492
0,250	0,2929	0,366	0,854	6,060	3,500	-3,022	-2,544	-2,066	-1,588
0,260	0,3072	0,384	0,846	5,615	3,500	-3,044	-2,588	-2,133	-1,677
0,270	0,3218	0,402	0,839	5,202	3,500	-3,065	-2,630	-2,195	-1,760
0,280	0,3367	0,421	0,832	4,817	3,500	-3,084	-2,668	-2,253	-1,837
0,290	0,3519	0,440	0,824	4,456	3,500	-3,102	-2,704	-2,307	-1,909
0,300	0,3675	0,459	0,816	4,118	3,500	-3,119	-2,738	-2,357	-1,976
0,310	0,3836	0,479	0,808	3,800	3,500	-3,135	-2,770	-2,405	-2,040
0,320	0,4000	0,500	0,800	3,500	3,500	-3,150	-2,800	-2,450	-2,100
0,330	0,4169	0,521	0,792	3,216	3,500	-3,164	-2,828	-2,493	-2,157
0,340	0,4343	0,543	0,783	2,947	3,500	-3,178	-2,855	-2,533	-2,211
0,350	0,4523	0,565	0,774	2,691	3,500	-3,190	-2,881	-2,571	-2,262
0,360	0,4708	0,589	0,765	2,447	3,500	-3,203	-2,905	-2,608	-2,311
0,370	0,4901	0,613	0,755	2,213	3,500	-3,214	-2,929	-2,643	-2,357
0,380	0,5101	0,638	0,745	1,989	3,500	-3,226	-2,951	-2,677	-2,402
0,390	0,5310	0,664	0,735	1,773	3,500	-3,236	-2,973	-2,709	-2,445
0,400	0,5528	0,691	0,724	1,565	3,500	-3,247	-2,993	-2,740	-2,487
0,410	0,5757	0,720	0,712	1,363	3,500	-3,257	-3,014	-2,770	-2,527
0,420	0,6000	0,750	0,700	1,167	3,500	-3,267	-3,033	-2,800	-2,567
0,430	0,6258	0,782	0,687	0,974	3,500	-3,276	-3,053	-2,829	-2,605
0,440	0,6536	0,817	0,673	0,784	3,500	-3,286	-3,072	-2,857	-2,643
0,450	0,6838	0,855	0,658	0,595	3,500	-3,295	-3,091	-2,886	-2,681
0,460	0,7172	0,896	0,641	0,404	3,500	-3,305	-3,110	-2,914	-2,719
0,470	0,7551	0,944	0,622	0,208	3,500	-3,315	-3,129	-2,944	-2,758
0,480	0,8000	1,000	0,600	0,000	3,500	-3,325	-3,150	-2,975	-2,800
0,490	0,8586	1,073	0,571	-0,239	3,500	-3,337	-3,174	-3,011	-2,845

Porušení posouvací silou – smyk



Posouzení pro posouvající sílu $|V_{Ed}|$ v uložení

- tvar průřezu i třída betonu vyhovují

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \frac{z \cdot \cot \Theta}{(1 + \cot^2 \Theta)} > |V_{Ed}|$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right); \quad z = 0,9d; \quad \cot \Theta = 2,5$$

Potřebný stupeň smykového vyztužení ρ_{wd} se při přímém zatížení určí pro posouvající sílu $|V_{Ed1}|$ ve vzdálenosti d od líce uložení

$$\rho_{wd} = \frac{|V_{Ed1}|}{f_{ywd} \cdot b_w \cdot z \cdot \cot \Theta}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s_{1d}}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{wd} \geq \rho_{w,min}$$

$$s_{1d} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{wd}} < s_{1,max}$$

$$s_{1d} = \frac{|V_{Ed1}|}{f_{ywd} \cdot b_w \cdot z \cdot \cot \Theta} < s_{1,max}$$

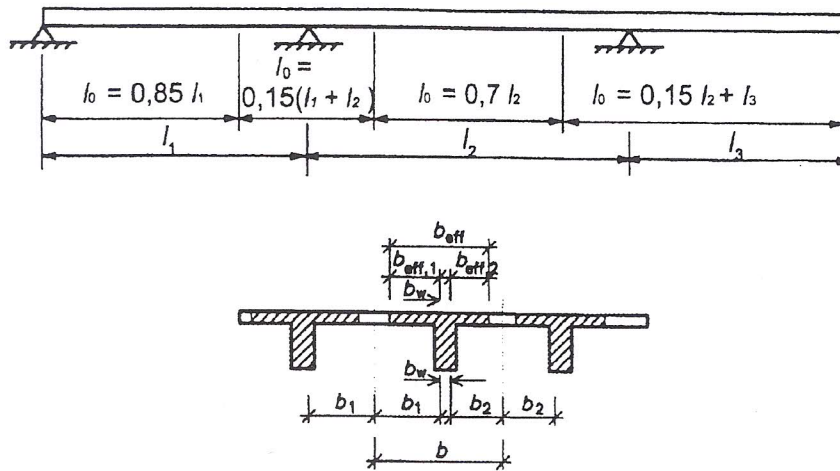
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_1} \cdot z \cdot \cot \Theta > |V_{Ed1}|$$

$$V_{Rd,s} = \rho_w \cdot f_{ywd} \cdot b \cdot z \cdot \cot \Theta > |V_{Ed1}|$$

$$s_{1,max} \leq 0,75 d$$

$$\leq 0,40 \text{ m (400 mm)}$$

T- průřez



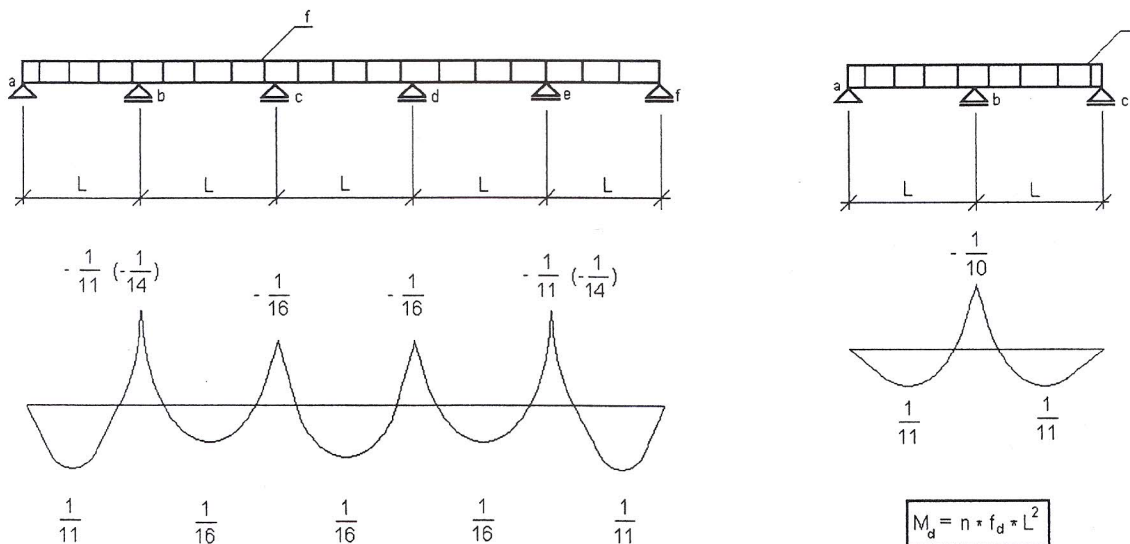
$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b, \text{ kde } b_{\text{eff},i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 l_0; b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

Redistribuce ohybových momentů a posouvajících sil

Součinitel n uvedený v závorce platí pro trámy, jinak pro trámy i desky. V polích platí hodnoty pro střed pole. Při vetknutí konců nosníku je v polích i podporách

$$n = \pm 1 / 16$$

Velikost posouvajících sil se určí ve vnitřních polích jako by šlo o prostý nosník, v krajním poli jako na spojitém nosníku o dvou polích



Kotevní délka A

C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60
48,33	40,28	36,25	32,95	29,00	25,00	23,39

Základní kotevní délka $l_{b,rqd} = A\emptyset$

Návrhová kotevní délka $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$

Určení hodnot součinitelů

α_1 - tvar prutu za předpokladu odpovídající betonové krycí vrstvy
- tlačené a přímé tažené pruty $\alpha_1 = 1$
- ostatní tažené pruty s koncovými úpravami $\alpha_1 = 0,7$

α_2 - vliv minimální krycí vrstvy

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \frac{c_d - \phi}{\phi} \quad ; \quad \alpha_2 = 1,0$$

α_3 - ovinutí příčnou výztuží

$$\alpha_3 = 1 - K\lambda \quad ; \quad \alpha_3 = 1,0$$

α_4 - vliv příčné přivařené výztuže $\alpha_4 = 0,7$

α_5 - vliv příčného tlaku podél návrhové kotevní délky

$$\alpha_5 = 1 - 0,04p \quad \text{příčný tlak v oblasti kotevní délky v MSÚ}$$
$$\alpha_5 = 1$$

Určení minimálních hodnot $l_{bd} \geq l_{b,min}$

- pro kotvení v oblastech tahu $l_{b,min} > \max(0,3 l_{b,rqd}, 10\emptyset, 100 \text{ mm})$
- pro tlačené pruty $l_{b,min} > \max(0,6 l_{b,rqd}, 10\emptyset, 100 \text{ mm})$

Konstrukční zásady

Parametr	Desky	Trámy	Sloupy
Podélná nosná výztuž \emptyset	Průřezová plocha výztuže $A_s \geq A_{s,min}$; $A_s \leq A_{s,max}$	$A_{s,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot bt \cdot d / f_{yk} \geq 0,0013 bt \cdot d$	$A_{s,min} = 0,1 N_{Ed} / f_{yd} \geq 0,002 A_c$
	Maximální osová vzdálenost prutů $a_{s,max}$	$A_{s,max} = 0,04 A_c$	$A_{s,max} = 0,04 A_c^{3)}$
	Minimální počet prutů	-	-
	Minimální vzdálenost mezi pruty	$a_{s,max} = 2 h (2 h ; 300)$ ($1000 / a_{s,max}$) \emptyset / m	-
Příčná výztuž	Jmenovitý průměr \emptyset_{st}	Max. z hodnot: \emptyset ; $d_s + 5$ mm ; 20 mm ; d_g – maximální průměr zrn z kameniva $\emptyset 8$	$\emptyset_{st} \geq 6$ mm (5 mm svař. síť)
	Vzdálenost s_s	-	$s \leq 20 \emptyset$ $\leq b$ ≤ 400 mm
Rozdělovací výztuž (vodorov. u stěn)	Minimální průřezová plocha ($A_{st,min}$ u každého povrchu)	0,2 A_s	-
	Maximální vzdálenost $s_{t,max}$	$s_{t,max} = 3 h \leq 400$ mm $s_{t,max} = 3 h \leq 400$ mm	-
	Průměr \emptyset	-	-

Poznámka :
 f_{ctm} – průměrná pevnost betonu v tahu; bt – průměrná šířka tažené oblasti betonu před vznikem trhlin, u T průřezů $bt = bw$;
 d – účinná výška průřezu; f_{yk} – charakteristická mez kluzu výztuže; A_c – průřezová plocha betonu, h - tloušťka desky