

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezích

Geometrie průřezu

Šířka průřezu	[m]	b
Výška průřezu	[m]	h
Moment setrvačnosti	[m ³]	J
$J = \frac{1}{12} * b * h^3$		
Jádrová úsečka	[m]	r _t
$r_t = \frac{h}{6}$		

Materiálové vlastnosti betonu

Modul pružnosti	[MPa]	E _c
Charakteristická pevnost v tlaku	[MPa]	f _{ck}
Dílní součinitele	[-]	γ _c
	[-]	α _{cc,pl}
Návrhová pevnost v tlaku	[MPa]	f _{cd}

Pracovní diagram

Poměrné přetvoření na počátku plastifikace	[-]	ε _{pp}
$\epsilon_{pp} = \frac{f_{cd}}{E_c}$		
Poměrné přetvoření při mezní plastifikaci	[-]	ε _{up}
Poměr přetvoření na začátku pl. a mezního plastického přetvoření	[-]	ξ
$\xi = \frac{\epsilon_{pp}}{\epsilon_{up}}$		

Přetvoření průřezu s vlivem trhlin

Excentricita normálové síly	[m]	e _d
$e_d = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$		
Podmínka:		
$e_d > r_t$		
NE – celý průřez je tlačný – konec výpočtu		
ANO – část průřezu je tažená		
Síla na počátku plastifikace průřezu (trojúhelníkový průběh napětí)	[kN]	N _{pp}
$N_{pp} = \frac{3}{2} * f_{cd} * b * \left(\frac{h}{2} - e_d\right)$		
Síla při mezní plastifikaci průřezu (lichoběžníkový průběh napětí)	[kN]	N _{up}
$N_{up} = \frac{3}{4} * \frac{(2 - \xi)^2}{(\xi^2 - 3\xi + 3)} * (h - 2e_d) * f_{cd} * b$		
Síla na konci plastifikace (obdélníkový průběh napětí)	[kN]	N _{kp}
$N_{kp} = 2 * f_{cd} * b * \left(\frac{h}{2} - e_d\right)$		
Lichoběžníkový průběh napětí – lineární část	[m]	x ₂
$x_2 = \sqrt{\frac{(24N_d)}{(f_{cd} * b)} * \left(\frac{h}{2} - e_d\right) - 12 * \left(\frac{N_{Ed}}{(f_{cd} * b)}\right)^2}$		
Lichoběžníkový průběh napětí – Konstantní část	[m]	x ₁
$x_1 = \frac{N_{Ed}}{(f_{cd} * b)} - \frac{x_2}{2}$		

Příloha 16

Lichoběžníkový průběh napětí – tlačená oblast betonu	[m]	x
$x = x_1 + x_2$		
Trojúhelníkový průběh napětí – tlačená oblast betonu	[m]	x
$x = 3 * \left(\frac{h}{2} - e_d\right)$		
Lichoběžníkový průběh napětí – napětí v krajních tlačných vláknech	[MPa]	σ_c
$\sigma_c = f_{cd}$		
Trojúhelníkový průběh napětí – napětí v krajních tlačných vláknech	[MPa]	σ_c
$\sigma_c = \frac{2N_{Ed}}{\left(3 * \left(\frac{h}{2} - e_d\right) * b\right)}$		
Lich. průběh napětí – poměrné přetvoření v krajním tlačném vláknu	[-]	ε_c
$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_{pp}}{x_2} * x$		
Troj. průběh napětí – poměrné přetvoření v krajním tlačném vláknu	[-]	ε_c
$\varepsilon_c = \frac{2N_{Ed}}{E_c * x * b}$		

Výpočet šířky trhlin

Poloha trhliny v ostění:			
	Vnitřní líc – VL		
	Rub ostění – R		
Hloubka trhliny		[m]	h_t
$h_t = h - x$			
Vzdálenost mezi trhlínami		[m]	s_t
$s_t = 1,2 * h_t$			
Počet trhlín na 1 m ostění		[ks]	n
$n = \frac{1}{s_t}$			
Poměrné přetvoření v krajních tažených vláknech		[-]	ε_t
$\varepsilon_t = \frac{h_t}{x} * \varepsilon_c$			
Deformace na tažené straně na délce 1 m		[mm]	d_L
$d_L = \varepsilon_t * 1000$			
Šířka trhliny		[mm]	w
$w = \frac{d_L}{n}$			

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezech

Průřez	36	36	36	36
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,300	0,300	0,300	0,300
J [m ³]	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03
rt [m]	0,05	0,05	0,05	0,05
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	5,99	5,43	0,17	7,08
N _{Ed} [kN]	41,78	51,16	44,72	858,21
e _d [m]	0,143	0,106	0,004	0,008
e _d > r _t	ANO	ANO	NE	NE
N _{pp} [kN]	132,60	877,25		
N _{up} [kN]	176,55	1168,00		
N _{kp} [kN]	176,80	1169,66		
	TROJ.	TROJ.		
x ₂ [m]	0,020	0,062		
x ₁ [m]	-0,007	-0,027		
x [m]	0,020	0,132		
σ _{c,TROJ.} [MPa]	4,201	0,778		
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	1,36E-04	2,51E-05		
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,280	0,168		
s _t [m]	0,336	0,202		
n [ks]	2,975	4,948		
ε _t [-]	1,91E-03	3,21E-05		
d _L [mm]	1,909	0,032		
w [mm]	0,642	0,006		

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezech

Průřez	19 – 25	19 – 25	19 – 25	19 – 25
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,300	0,300	0,300	0,300
J [m ³]	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03
rt [m]	0,05	0,05	0,05	0,05
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	6,52	8,94	8,30	43,49
N _{Ed} [kN]	64,41	83,99	78,35	891,43
e _d [m]	0,101	0,106	0,106	0,049
e _d > r _t	ANO	ANO	ANO	NE
N _{pp} [kN]	975,47	871,18	881,30	
N _{up} [kN]	1298,77	1159,91	1173,39	
N _{kp} [kN]	1300,63	1161,57	1175,07	
	TROJ.	TROJ.	TROJ.	
x ₂ [m]	0,073	0,078	0,076	
x ₁ [m]	-0,032	-0,033	-0,032	
x [m]	0,146	0,131	0,132	
σ _{c,TROJ.} [MPa]	0,880	1,285	1,185	
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	2,84E-05	4,15E-05	3,82E-05	
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,154	0,169	0,168	
s _t [m]	0,184	0,203	0,201	
n [ks]	5,423	4,922	4,966	
ε _t [-]	2,98E-05	5,37E-05	4,85E-05	
d _L [mm]	0,030	0,054	0,049	
w [mm]	0,006	0,011	0,010	

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezch

Průřez	17	17	17	17
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,300	0,300	0,300	0,300
J [m ³]	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03
rt [m]	0,05	0,05	0,05	0,05
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	9,06	9,52	8,89	41,27
N _{Ed} [kN]	80,61	90,67	84,98	900,82
e _d [m]	0,112	0,105	0,105	0,046
e _d > r _t	ANO	ANO	ANO	NE
N _{pp} [kN]	752,14	900,08	907,74	
N _{up} [kN]	1001,42	1198,39	1208,60	
N _{kp} [kN]	1002,85	1200,10	1210,32	
	TROJ.	TROJ.	TROJ.	
x ₂ [m]	0,071	0,082	0,080	
x ₁ [m]	-0,029	-0,034	-0,034	
x [m]	0,113	0,135	0,136	
σ _{c,TROJ.} [MPa]	1,429	1,343	1,248	
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	4,61E-05	4,33E-05	4,03E-05	
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,187	0,165	0,164	
s _t [m]	0,225	0,198	0,197	
n [ks]	4,452	5,051	5,086	
ε _t [-]	7,65E-05	5,29E-05	4,84E-05	
d _L [mm]	0,076	0,053	0,048	
w [mm]	0,017	0,010	0,010	

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezích

Průřez	12	12	12	12
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,370	0,370	0,370	0,370
J [m ³]	4,22E-03	4,22E-03	4,22E-03	4,22E-03
rt [m]	0,062	0,062	0,062	0,062
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	13,95	14,32	13,50	94,46
N _{Ed} [kN]	98,09	109,25	103,49	925,16
e _d [m]	0,142	0,131	0,130	0,102
e _d > r _t	ANO	ANO	ANO	ANO
N _{pp} [kN]	855,67	1078,49	1091,05	1657,97
N _{up} [kN]	1139,27	1435,93	1452,66	2207,48
N _{kp} [kN]	1140,90	1437,99	1454,74	2210,63
	TROJ.	TROJ.	TROJ.	TROJ.
x ₂ [m]	0,083	0,099	0,097	0,283
x ₁ [m]	-0,034	-0,041	-0,041	-0,072
x [m]	0,128	0,162	0,164	0,249
σ _{c,TROJ.} [MPa]	1,528	1,351	1,265	7,440
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	4,93E-05	4,36E-05	4,08E-05	2,40E-04
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,242	0,208	0,206	0,121
s _t [m]	0,290	0,250	0,248	0,146
n [ks]	3,449	4,002	4,039	6,870
ε _t [-]	9,28E-05	5,61E-05	5,14E-05	1,17E-04
d _L [mm]	0,093	0,056	0,051	0,117
w [mm]	0,027	0,014	0,013	0,017

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezech

Průřez	8	8	8	8
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,522	0,522	0,522	0,522
J [m ³]	1,19E-02	1,19E-02	1,19E-02	1,19E-02
rt [m]	0,087	0,087	0,087	0,087
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	12,84	24,67	23,27	186,12
N _{Ed} [kN]	120,17	129,31	123,46	958,64
e _d [m]	0,107	0,191	0,188	0,194
e _d > r _t	ANO	ANO	ANO	ANO
N _{pp} [kN]	3083,03	1404,36	1450,36	1337,00
N _{up} [kN]	4104,84	1869,81	1931,05	1780,12
N _{kp} [kN]	4110,70	1872,48	1933,81	1782,67
	TROJ.	TROJ.	TROJ.	TROJ.
x ₂ [m]	0,180	0,123	0,123	0,231
x ₁ [m]	-0,081	-0,052	-0,052	-0,044
x [m]	0,462	0,211	0,218	0,201
σ _{c,TROJ.} [MPa]	0,520	1,228	1,135	9,560
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	1,68E-05	3,96E-05	3,66E-05	3,08E-04
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,060	0,311	0,304	0,321
s _t [m]	0,071	0,374	0,365	0,386
n [ks]	13,995	2,677	2,737	2,592
ε _t [-]	2,16E-06	5,85E-05	5,12E-05	4,94E-04
d _L [mm]	0,002	0,059	0,051	0,494
w [mm]	0,000	0,022	0,019	0,191

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezích

Průřez		6	6	6	6
C		C123	C14	C124	C145
b	[m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h	[m]	0,579	0,579	0,579	0,579
J	[m ³]	1,62E-02	1,62E-02	1,62E-02	1,62E-02
rt	[m]	0,097	0,097	0,097	0,097
E _c	[MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck}	[MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c	[-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl}	[-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd}	[MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp}	[-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up}	[-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ	[-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed}	[kNm]	22,61	28,01	26,60	202,64
N _{Ed}	[kN]	128,89	136,58	130,72	968,95
e _d	[m]	0,175	0,205	0,203	0,209
e _d > r _t		ANO	ANO	ANO	ANO
N _{pp}	[kN]	2281,58	1688,37	1720,23	1607,33
N _{up}	[kN]	3037,77	2247,95	2290,37	2140,05
N _{kp}	[kN]	3042,11	2251,17	2293,64	2143,10
		TROJ.	TROJ.	TROJ.	TROJ.
x ₂	[m]	0,159	0,140	0,138	0,277
x ₁	[m]	-0,070	-0,060	-0,059	-0,066
x	[m]	0,342	0,253	0,258	0,241
σ _{c,TROJ.}	[MPa]	0,753	1,079	1,013	8,038
σ _{c,LICH.}	[MPa]				
ε _{c,TROJ.}	[-]	2,43E-05	3,48E-05	3,27E-05	2,59E-04
ε _{c,LICH.}	[-]				
h _t	[m]	0,237	0,326	0,321	0,338
s _t	[m]	0,284	0,391	0,385	0,405
n	[ks]	3,520	2,558	2,596	2,466
ε _t	[-]	1,68E-05	4,48E-05	4,07E-05	3,63E-04
d _L	[mm]	0,017	0,045	0,041	0,363
w	[mm]	0,005	0,017	0,016	0,147

Příloha 16

Výpočet přetvoření a šířky trhlin v průřezech

Průřez	4	4	4	4
C	C123	C14	C124	C145
b [m]	1,000	1,000	1,000	1,000
h [m]	0,522	0,522	0,522	0,522
J [m ³]	1,19E-02	1,19E-02	1,19E-02	1,19E-02
rt [m]	0,087	0,087	0,087	0,087
E _c [MPa]	31000	31000	31000	31000
f _{ck} [MPa]	25,0	25,0	25,0	25,0
γ _c [-]	1,5	1,5	1,5	1,5
α _{cc,pl} [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
f _{cd} [MPa]	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{pp} [-]	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,30E-04
ε _{up} [-]	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ξ [-]	0,123	0,123	0,123	0,123
M _{Ed} [kNm]	19,00	19,00	19,00	115,00
N _{Ed} [kN]	138,59	142,36	136,69	960,64
e _d [m]	0,137	0,133	0,139	0,120
e _d > r _t	ANO	ANO	ANO	ANO
N _{pp} [kN]	2478,10	2550,71	2439,99	2825,76
N _{up} [kN]	3299,42	3396,10	3248,67	3762,31
N _{kp} [kN]	3304,13	3400,95	3253,32	3767,68
	TROJ.	TROJ.	TROJ.	TROJ.
x ₂ [m]	0,172	0,177	0,170	0,427
x ₁ [m]	-0,076	-0,078	-0,075	-0,141
x [m]	0,372	0,383	0,366	0,424
σ _{c,TROJ.} [MPa]	0,746	0,744	0,747	4,533
σ _{c,LICH.} [MPa]				
ε _{c,TROJ.} [-]	2,41E-05	2,40E-05	2,41E-05	1,46E-04
ε _{c,LICH.} [-]				
h _t [m]	0,150	0,139	0,156	0,098
s _t [m]	0,180	0,167	0,187	0,118
n [ks]	5,545	5,978	5,342	8,492
ε _t [-]	9,73E-06	8,75E-06	1,03E-05	3,39E-05
d _L [mm]	0,010	0,009	0,010	0,034
w [mm]	0,002	0,001	0,002	0,004