

Příloha Technické zprávy 1

Oprava mostu ev. č. 01832-2

Statický výpočet

Obsah:

1	Úvod	4
1.1	Všeobecně	4
1.2	Popis konstrukce	4
2	Předpoklady výpočtu	4
2.1	Obecné předpoklady výpočtu.....	4
2.2	Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce	4
3	Geometrie	5
3.1	Tvar konstrukce	5
3.2	Model nosné konstrukce	8
3.2.1	Výpis materiálů konstrukce	8
3.2.2	Výpis uzlů konstrukce	8
3.2.3	Výpis průřezů.....	16
4	Zatížení konstrukce	16
4.1	Stálé zatížení	16
4.2	Vlastní tíha nosné konstrukce	16
4.3	Ostatní stálá zatížení	16
4.4	Nahodilá zatížení	16
4.4.1	Nahodilé zatížení sněhem	16
4.4.2	Nahodilé zatížení větrem	16
4.4.3	Nahodilé zatížení teplotou	16
4.4.4	Nahodilé zatížení dopravou	17
4.4.4.1	Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů	17
4.4.4.2	Roznášení soustředěných zatížení	18
4.4.4.3	Model zatížení 1 (LM1)	19
4.4.4.4	Model zatížení 2 (LM2)	19
4.4.4.5	Model zatížení 3 (LM3)	20
4.4.4.6	Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)	20
4.4.4.7	Brzdné a rozjezdové síly.....	20
4.4.4.8	Odstředivé a jiné příčné síly.....	20
4.4.4.9	Nahodilá zatížení na únavu	20
5	Sestavené zatěžovací stavy	21
5.1	Výpis zatížení	21
6	Výpočet vnitřních sil	23
6.1	Kombinace vnitřních sil.....	23
6.1.1	Mezní stavy únosnosti – MSÚ.....	23
6.1.2	Mezní stavy použitelnosti – MSP	23
6.1.3	Hodnoty součinitelů	24
6.2	Výpis kombinací	25
6.3	Vnitřní síly.....	25
6.3.1	Mezní stavy únosnosti	25
6.3.1.1	Nosná konstrukce - deska	25
7	Posouzení nosné konstrukce.....	29
7.1	Posouzení nosné konstrukce podle MSU.....	29
7.1.1	Moment únosnosti průřezu – betonářská výztuž	29
7.1.1.1	Nosná konstrukce - deska	30
7.1.2	Posouzení na smyk	31

8	Posouzení nosné konstrukce podle MSP	33
8.1	Vnitřní síly pro posouzení MSP	33
8.2	Omezení napětí	34
8.3	Omezení trhlin	35
9	Závěr.....	36

1 Úvod

1.1 Všeobecně

Účelem mostu je zajištění bezpečného převedení komunikace III/01832 přes vodoteč, Pavlovský potok. Požadavky na rekonstrukci mostu vyplývají z výsledků mostních prohlídek, diagnostického průzkumu a místního šetření.

Stavba je vyvolána nutností řešit nevyhovující stavebně technický stav stávajícího mostního objektu.

1.2 Popis konstrukce

Nosná konstrukce mostu je navržena jako železobetonová desková, o jednom poli světlosti 3,0 m. Dispozice nosné konstrukce viz grafické přílohy. Založení mostu je pravděpodobně plošné.

2 Předpoklady výpočtu

2.1 Obecné předpoklady výpočtu

Předpokládá se betonáž nosné konstrukce v celku, na nové úložné prahy.

2.2 Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce

Beton: C 30/37-XD3, XF4 (CZ) – CI 0.40 – D_{max}22 – S5

Návrhová pevnost betonu v tlaku EN 1992-2 ods. 3.1.6

$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ck} =$	30	Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{cc} =$	0,9		EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c =$	1,5		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c =$	1,2		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18,0	Mpa		
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	22,5	Mpa		

Návrhová pevnost betonu v tahu EN 1992-2 ods. 3.1.6

$f_{ctd} = a_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ctk0.05} =$	2,0	Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{ct} =$	1,0		EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c =$	1,5		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c =$	1,2		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{ctd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1,3	Mpa		
$f_{ctd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1,7	Mpa		

Ocel: B 500B
Návrhová pevnost oceli EN 1992-1-1 ods. 3.2.7, obr 3.8

$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8		
$f_{yk}= 500$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli mez kluzu oceli v ČSN 42 0139 $R_e=f_{yk}$	
$\gamma_s= 1.15$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace	
$\gamma_s= 1.0$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace	
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s= 434.8$	Mpa				
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s= 500$	Mpa				

Krycí vrstva EN 1992-2 ods. 4.

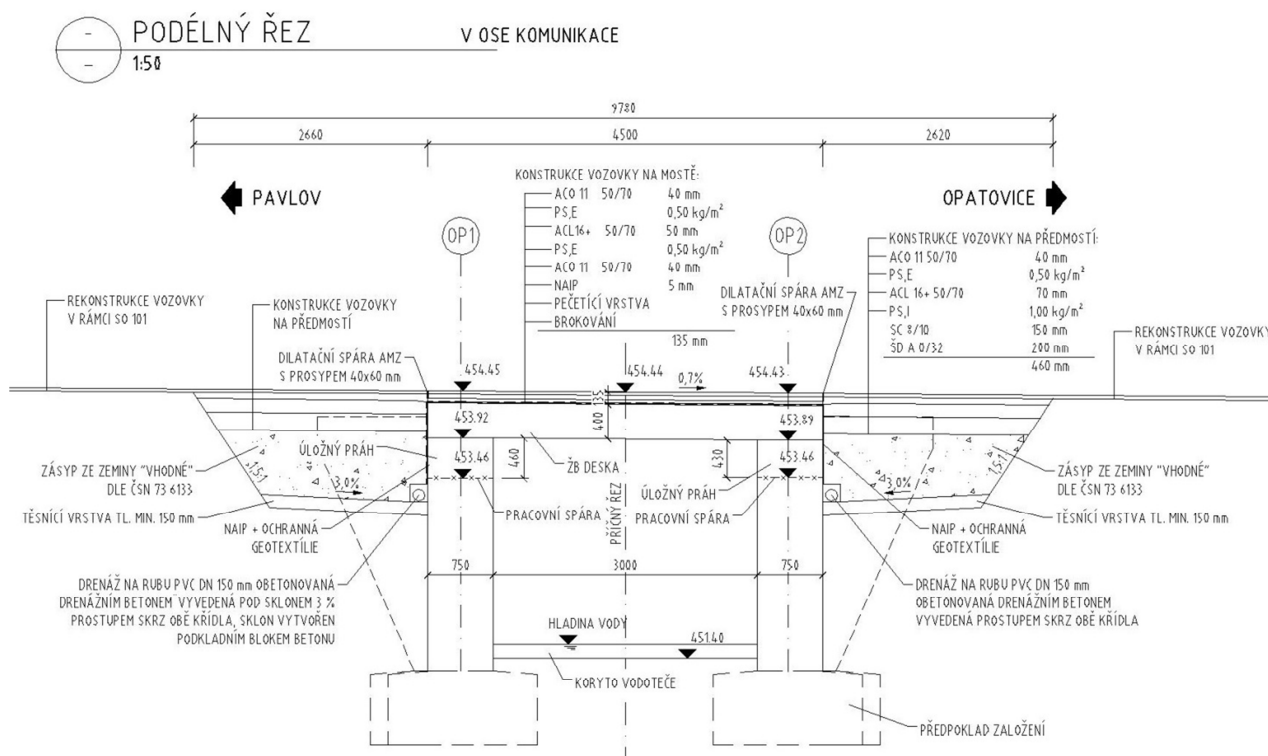
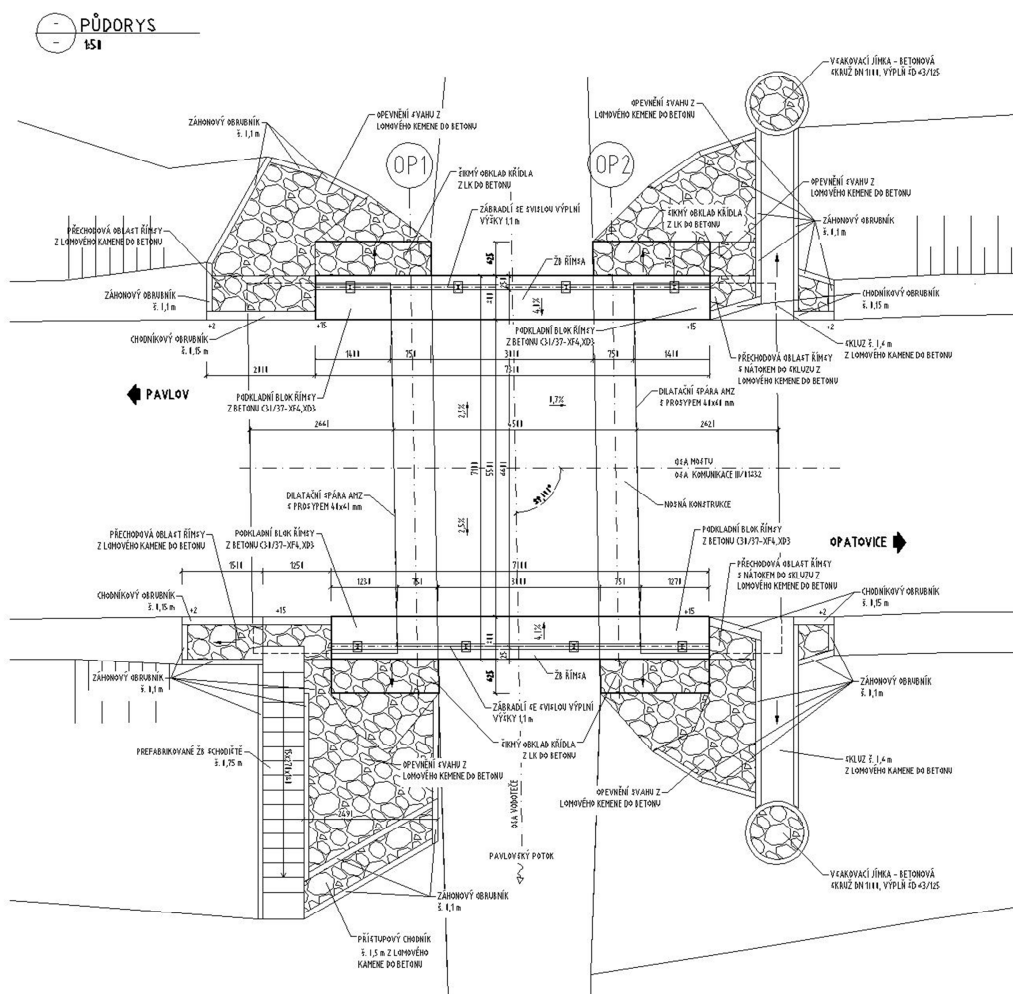
S 4			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
S 5				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur}= 40$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	minimální krycí vrstva z hlediska vlivu prostředí pro uvažovaný vliv prostředí XD1
$c_{min,b}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.2N	minimální krycí vrstev z hlediska soudržnosti, $D_{max} < 32mm \rightarrow \phi_p$ ak $D_{max} > 32mm \rightarrow \phi_p + 5mm$
$\Delta c_{dur,\gamma}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{dur,st}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro korozivzdornou ocel
$\Delta c_{dur,add}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro beton s ochrannými vrstvami
$\Delta c_{dev}= 10$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.3. pozn.	přídavek pro návrhovou odchylku
$c_{min}=\max\{c_{min,b}; c_{min,dur}+\Delta c_{dur,\gamma}-\Delta c_{dur,st}-\Delta c_{dur,add}; 10mm\}$				
$c_{min}= 40$	mm			
$c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}= 50$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.1	

3 Geometrie

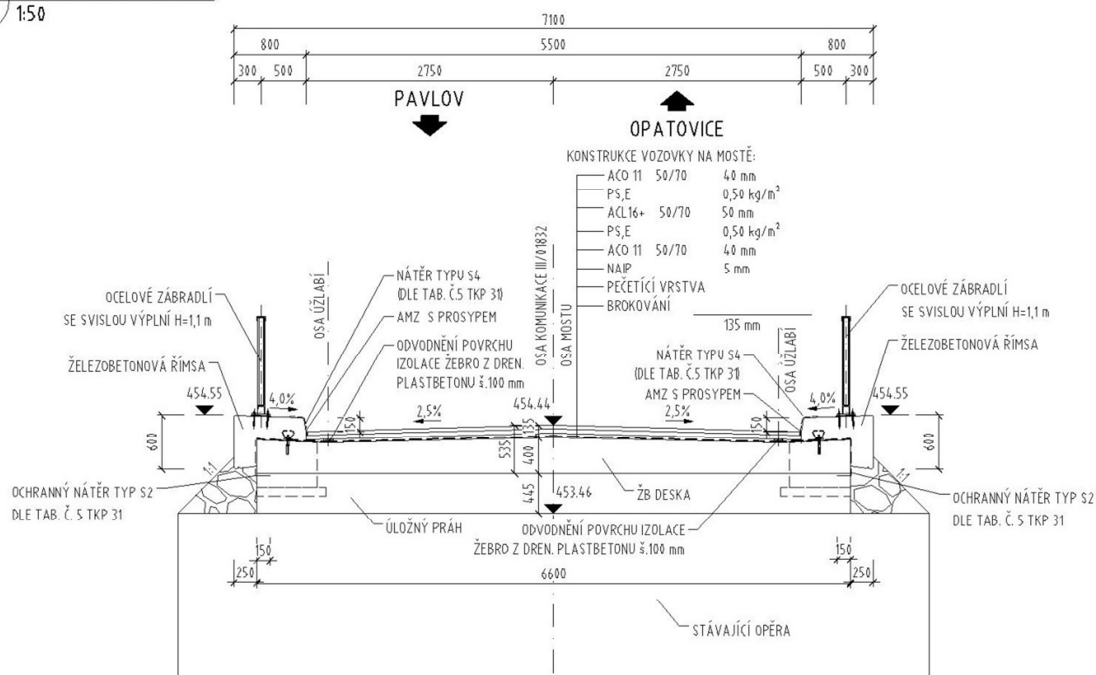
Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z příložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmá deska (89°), prostě uložená s tloušťkou odpovídající navrhovanému tvaru.

3.1 Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z dokumentace DSP.

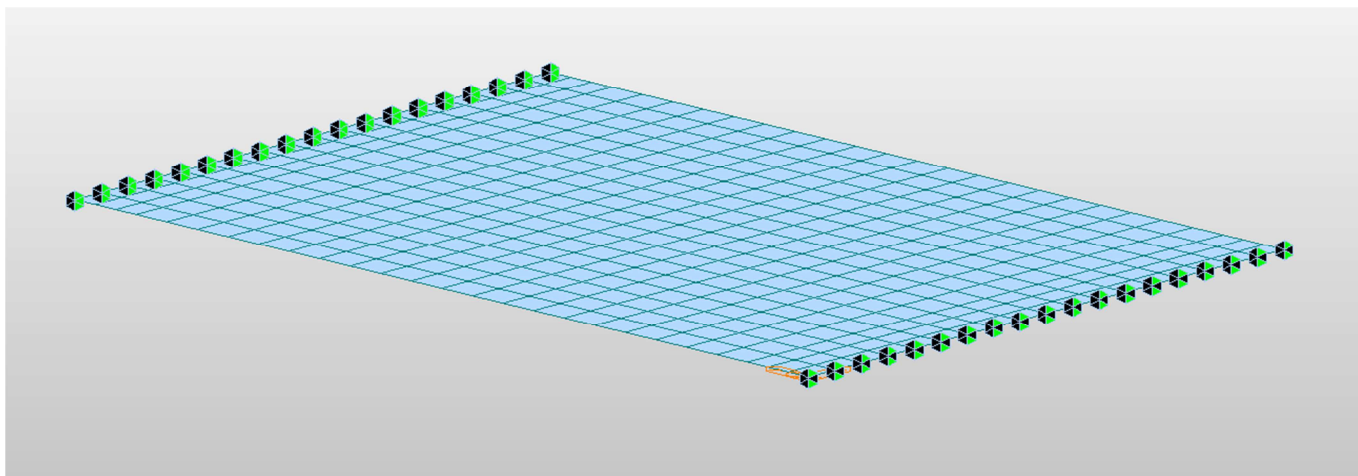


— PŘÍČNÝ ŘEZ
— 1:50



3.2 Model nosné konstrukce

Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.



3.2.1 Výpis materiálů konstrukce

Table 1 Materials

Name	Type	Standard	Elasticity (kN/m ²)	Poisson	Thermal (1/[C])	Density (kN/m ³)	Mass Density (kN/m ³ /g)
C30/37	Concrete	EN04(RC)	3.2836e+007	0.2	1.0000e-005	2.5000e+001	2.5493e+000

3.2.2 Výpis uzlů konstrukce

Table 2 Node

Node	X(m)	Y(m)
1	4.389531	6.600199
2	4.500438	-0.000169
3	0.000000	0.000000
4	-0.111025	6.600199
5	-0.009256	0.550221
6	4.491190	0.550221
7	4.398773	6.050221
8	-0.101774	6.050221
9	-0.055515	3.300221
10	4.444981	3.300221
11	-0.078644	4.675221
12	4.421877	4.675221
13	-0.032385	1.925221
14	4.468086	1.925221

15	0.148257	6.050221
16	0.398287	6.050221
17	0.648318	6.050221
18	0.898348	6.050221
19	1.148378	6.050221
20	1.398409	6.050221
21	1.648439	6.050221
22	1.898469	6.050221
23	2.148500	6.050221
24	2.398530	6.050221
25	2.648560	6.050221
26	2.898591	6.050221
27	3.148621	6.050221
28	3.398651	6.050221
29	3.648682	6.050221

30	3.898712	6.050221
31	4.148742	6.050221
32	-0.097148	5.775221
33	0.152882	5.775221
34	0.402913	5.775221
35	0.652943	5.775221
36	0.902973	5.775221
37	1.153003	5.775221
38	1.403033	5.775221
39	1.653063	5.775221
40	1.903093	5.775221
41	2.153123	5.775221
42	2.403153	5.775221
43	2.653183	5.775221
44	2.903213	5.775221
45	3.153243	5.775221
46	3.403273	5.775221
47	3.653303	5.775221
48	3.903333	5.775221
49	4.153364	5.775221
50	4.403394	5.775221
51	-0.092522	5.500221
52	0.157508	5.500221
53	0.407538	5.500221
54	0.657568	5.500221
55	0.907597	5.500221
56	1.157627	5.500221
57	1.407657	5.500221
58	1.657687	5.500221
59	1.907717	5.500221
60	2.157746	5.500221
61	2.407776	5.500221
62	2.657806	5.500221
63	2.907836	5.500221

64	3.157866	5.500221
65	3.407895	5.500221
66	3.657925	5.500221
67	3.907955	5.500221
68	4.157985	5.500221
69	4.408014	5.500221
70	-0.087896	5.225221
71	0.162134	5.225221
72	0.412163	5.225221
73	0.662193	5.225221
74	0.912222	5.225221
75	1.162252	5.225221
76	1.412281	5.225221
77	1.662311	5.225221
78	1.912340	5.225221
79	2.162370	5.225221
80	2.412399	5.225221
81	2.662429	5.225221
82	2.912458	5.225221
83	3.162488	5.225221
84	3.412517	5.225221
85	3.662547	5.225221
86	3.912576	5.225221
87	4.162606	5.225221
88	4.412635	5.225221
89	-0.083270	4.950221
90	0.166759	4.950221
91	0.416789	4.950221
92	0.666818	4.950221
93	0.916847	4.950221
94	1.166876	4.950221
95	1.416905	4.950221
96	1.666935	4.950221
97	1.916964	4.950221

98	2.166993	4.950221
99	2.417022	4.950221
100	2.667052	4.950221
101	2.917081	4.950221
102	3.167110	4.950221
103	3.417139	4.950221
104	3.667169	4.950221
105	3.917198	4.950221
106	4.167227	4.950221
107	4.417256	4.950221
108	0.171385	4.675221
109	0.421414	4.675221
110	0.671443	4.675221
111	0.921472	4.675221
112	1.171501	4.675221
113	1.421530	4.675221
114	1.671559	4.675221
115	1.921588	4.675221
116	2.171617	4.675221
117	2.421645	4.675221
118	2.671674	4.675221
119	2.921703	4.675221
120	3.171732	4.675221
121	3.421761	4.675221
122	3.671790	4.675221
123	3.921819	4.675221
124	4.171848	4.675221
125	0.194513	3.300221
126	0.444541	3.300221
127	0.694568	3.300221
128	0.944596	3.300221
129	1.194623	3.300221
130	1.444651	3.300221
131	1.694678	3.300221

132	1.944706	3.300221
133	2.194733	3.300221
134	2.444761	3.300221
135	2.694789	3.300221
136	2.944816	3.300221
137	3.194844	3.300221
138	3.444871	3.300221
139	3.694899	3.300221
140	3.944926	3.300221
141	4.194954	3.300221
142	-0.050889	3.025221
143	0.199139	3.025221
144	0.449166	3.025221
145	0.699193	3.025221
146	0.949220	3.025221
147	1.199248	3.025221
148	1.449275	3.025221
149	1.699302	3.025221
150	1.949330	3.025221
151	2.199357	3.025221
152	2.449384	3.025221
153	2.699411	3.025221
154	2.949439	3.025221
155	3.199466	3.025221
156	3.449493	3.025221
157	3.699521	3.025221
158	3.949548	3.025221
159	4.199575	3.025221
160	4.449602	3.025221
161	-0.046263	2.750221
162	0.203764	2.750221
163	0.453791	2.750221
164	0.703818	2.750221
165	0.953845	2.750221

166	1.203872	2.750221
167	1.453899	2.750221
168	1.703926	2.750221
169	1.953953	2.750221
170	2.203980	2.750221
171	2.454007	2.750221
172	2.704034	2.750221
173	2.954061	2.750221
174	3.204088	2.750221
175	3.454115	2.750221
176	3.704142	2.750221
177	3.954169	2.750221
178	4.204196	2.750221
179	4.454223	2.750221
180	-0.041637	2.475221
181	0.208390	2.475221
182	0.458417	2.475221
183	0.708443	2.475221
184	0.958470	2.475221
185	1.208497	2.475221
186	1.458523	2.475221
187	1.708550	2.475221
188	1.958577	2.475221
189	2.208604	2.475221
190	2.458630	2.475221
191	2.708657	2.475221
192	2.958684	2.475221
193	3.208710	2.475221
194	3.458737	2.475221
195	3.708764	2.475221
196	3.958791	2.475221
197	4.208817	2.475221
198	4.458844	2.475221
199	-0.037011	2.200221

200	0.213016	2.200221
201	0.463042	2.200221
202	0.713068	2.200221
203	0.963095	2.200221
204	1.213121	2.200221
205	1.463148	2.200221
206	1.713174	2.200221
207	1.963201	2.200221
208	2.213227	2.200221
209	2.463253	2.200221
210	2.713280	2.200221
211	2.963306	2.200221
212	3.213333	2.200221
213	3.463359	2.200221
214	3.713386	2.200221
215	3.963412	2.200221
216	4.213439	2.200221
217	4.463465	2.200221
218	0.217641	1.925221
219	0.467667	1.925221
220	0.717693	1.925221
221	0.967720	1.925221
222	1.217746	1.925221
223	1.467772	1.925221
224	1.717798	1.925221
225	1.967824	1.925221
226	2.217850	1.925221
227	2.467877	1.925221
228	2.717903	1.925221
229	2.967929	1.925221
230	3.217955	1.925221
231	3.467981	1.925221
232	3.718007	1.925221
233	3.968033	1.925221

234	4.218060	1.925221
235	-0.074018	4.400221
236	0.176011	4.400221
237	0.426039	4.400221
238	0.676068	4.400221
239	0.926097	4.400221
240	1.176125	4.400221
241	1.426154	4.400221
242	1.676183	4.400221
243	1.926211	4.400221
244	2.176240	4.400221
245	2.426269	4.400221
246	2.676297	4.400221
247	2.926326	4.400221
248	3.176355	4.400221
249	3.426383	4.400221
250	3.676412	4.400221
251	3.926441	4.400221
252	4.176469	4.400221
253	4.426498	4.400221
254	-0.069392	4.125221
255	0.180636	4.125221
256	0.430665	4.125221
257	0.680693	4.125221
258	0.930721	4.125221
259	1.180750	4.125221
260	1.430778	4.125221
261	1.680807	4.125221
262	1.930835	4.125221
263	2.180863	4.125221
264	2.430892	4.125221
265	2.680920	4.125221
266	2.930948	4.125221
267	3.180977	4.125221

268	3.431005	4.125221
269	3.681034	4.125221
270	3.931062	4.125221
271	4.181090	4.125221
272	4.431119	4.125221
273	-0.064766	3.850221
274	0.185262	3.850221
275	0.435290	3.850221
276	0.685318	3.850221
277	0.935346	3.850221
278	1.185374	3.850221
279	1.435402	3.850221
280	1.685430	3.850221
281	1.935459	3.850221
282	2.185487	3.850221
283	2.435515	3.850221
284	2.685543	3.850221
285	2.935571	3.850221
286	3.185599	3.850221
287	3.435627	3.850221
288	3.685655	3.850221
289	3.935683	3.850221
290	4.185712	3.850221
291	4.435740	3.850221
292	-0.060140	3.575221
293	0.189887	3.575221
294	0.439915	3.575221
295	0.689943	3.575221
296	0.939971	3.575221
297	1.189999	3.575221
298	1.440027	3.575221
299	1.690054	3.575221
300	1.940082	3.575221
301	2.190110	3.575221

302	2.440138	3.575221
303	2.690166	3.575221
304	2.940194	3.575221
305	3.190221	3.575221
306	3.440249	3.575221
307	3.690277	3.575221
308	3.940305	3.575221
309	4.190333	3.575221
310	4.440361	3.575221
311	-0.027759	1.650221
312	0.222267	1.650221
313	0.472293	1.650221
314	0.722319	1.650221
315	0.972344	1.650221
316	1.222370	1.650221
317	1.472396	1.650221
318	1.722422	1.650221
319	1.972448	1.650221
320	2.222474	1.650221
321	2.472500	1.650221
322	2.722526	1.650221
323	2.972551	1.650221
324	3.222577	1.650221
325	3.472603	1.650221
326	3.722629	1.650221
327	3.972655	1.650221
328	4.222681	1.650221
329	4.472707	1.650221
330	-0.023133	1.375221
331	0.226892	1.375221
332	0.476918	1.375221
333	0.726944	1.375221
334	0.976969	1.375221
335	1.226995	1.375221

336	1.477020	1.375221
337	1.727046	1.375221
338	1.977072	1.375221
339	2.227097	1.375221
340	2.477123	1.375221
341	2.727148	1.375221
342	2.977174	1.375221
343	3.227200	1.375221
344	3.477225	1.375221
345	3.727251	1.375221
346	3.977276	1.375221
347	4.227302	1.375221
348	4.477328	1.375221
349	-0.018507	1.100221
350	0.231518	1.100221
351	0.481543	1.100221
352	0.731569	1.100221
353	0.981594	1.100221
354	1.231619	1.100221
355	1.481645	1.100221
356	1.731670	1.100221
357	1.981695	1.100221
358	2.231721	1.100221
359	2.481746	1.100221
360	2.731771	1.100221
361	2.981797	1.100221
362	3.231822	1.100221
363	3.481847	1.100221
364	3.731872	1.100221
365	3.981898	1.100221
366	4.231923	1.100221
367	4.481948	1.100221
368	-0.013881	0.825221
369	0.236144	0.825221

370	0.486169	0.825221
371	0.736194	0.825221
372	0.986219	0.825221
373	1.236244	0.825221
374	1.486269	0.825221
375	1.736294	0.825221
376	1.986319	0.825221
377	2.236344	0.825221
378	2.486369	0.825221
379	2.736394	0.825221
380	2.986419	0.825221
381	3.236444	0.825221
382	3.486469	0.825221
383	3.736494	0.825221
384	3.986519	0.825221
385	4.236544	0.825221
386	4.486569	0.825221
387	0.240769	0.550221
388	0.490794	0.550221
389	0.740819	0.550221
390	0.990844	0.550221
391	1.240868	0.550221
392	1.490893	0.550221
393	1.740918	0.550221
394	1.990943	0.550221
395	2.240967	0.550221
396	2.490992	0.550221
397	2.741017	0.550221
398	2.991042	0.550221
399	3.241066	0.550221
400	3.491091	0.550221
401	3.741116	0.550221
402	3.991141	0.550221
403	4.241165	0.550221

404	0.139006	6.600199
405	0.389037	6.600199
406	0.639068	6.600199
407	0.889099	6.600199
408	1.139130	6.600199
409	1.389161	6.600199
410	1.639191	6.600199
411	1.889222	6.600199
412	2.139253	6.600199
413	2.389284	6.600199
414	2.639315	6.600199
415	2.889346	6.600199
416	3.139377	6.600199
417	3.389408	6.600199
418	3.639439	6.600199
419	3.889470	6.600199
420	4.139500	6.600199
421	-0.107941	6.416873
422	0.142090	6.416873
423	0.392120	6.416873
424	0.642151	6.416873
425	0.892182	6.416873
426	1.142212	6.416873
427	1.392243	6.416873
428	1.642274	6.416873
429	1.892305	6.416873
430	2.142335	6.416873
431	2.392366	6.416873
432	2.642397	6.416873
433	2.892428	6.416873
434	3.142458	6.416873
435	3.392489	6.416873
436	3.642520	6.416873
437	3.892550	6.416873

438	4.142581	6.416873
439	4.392612	6.416873
440	-0.104857	6.233547
441	0.145173	6.233547
442	0.395204	6.233547
443	0.645234	6.233547
444	0.895265	6.233547
445	1.145295	6.233547
446	1.395326	6.233547
447	1.645356	6.233547
448	1.895387	6.233547
449	2.145417	6.233547
450	2.395448	6.233547
451	2.645479	6.233547
452	2.895509	6.233547
453	3.145540	6.233547
454	3.395570	6.233547
455	3.645601	6.233547
456	3.895631	6.233547
457	4.145662	6.233547
458	4.395692	6.233547
459	-0.006170	0.366814
460	0.243854	0.366811
461	0.493879	0.366808
462	0.743904	0.366805
463	0.993928	0.366802
464	1.243953	0.366799
465	1.493977	0.366795
466	1.744002	0.366792
467	1.994027	0.366789
468	2.244051	0.366786
469	2.494076	0.366783
470	2.744101	0.366780
471	2.994125	0.366777

472	3.244150	0.366774
473	3.494174	0.366770
474	3.744199	0.366767
475	3.994224	0.366764
476	4.244248	0.366761
477	4.494273	0.366758
478	-0.003085	0.183407
479	0.246939	0.183401
480	0.496964	0.183395
481	0.746988	0.183388
482	0.997013	0.183382
483	1.247037	0.183376
484	1.497062	0.183370
485	1.747086	0.183363
486	1.997111	0.183357
487	2.247135	0.183351
488	2.497160	0.183345
489	2.747184	0.183338
490	2.997209	0.183332
491	3.247233	0.183326
492	3.497258	0.183320
493	3.747282	0.183313
494	3.997307	0.183307
495	4.247331	0.183301
496	4.497356	0.183295
497	0.250024	-0.000009
498	0.500049	-0.000019
499	0.750073	-0.000028
500	1.000097	-0.000037
501	1.250122	-0.000047
502	1.500146	-0.000056
503	1.750171	-0.000066
504	2.000195	-0.000075
505	2.250219	-0.000084

506	2.500244	-0.000094
507	2.750268	-0.000103
508	3.000292	-0.000112
509	3.250317	-0.000122

510	3.500341	-0.000131
511	3.750365	-0.000140
512	4.000390	-0.000150
513	4.250414	-0.000159

3.2.3 Výpis průřezů

Table 3 Thickness plate

Type	In=Out	Thick-In(m)
Value	Yes	0.3500

4 Zatížení konstrukce

4.1 Stálé zatížení

4.2 Vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha je zadána výpočetním programem

4.3 Ostatní stálá zatížení

Zatížení jsou definována následovně.

$$g_{\text{řimsa}} = 0,290 \cdot 25 / 0,55 = 13,18 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$g_{\text{vozovka}} = 0,135 \cdot 23 = 3,11 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$g_{\text{zabradlí}} = 1.0 \text{ kN} / \text{m}$$

4.4 Nahodilá zatížení

4.4.1 Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

4.4.2 Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

4.4.3 Nahodilé zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty (na tento typ konstrukce se neuplatní)

	3 typ	EN 1991-1-5, 6.1.1, str 15	stanovení typu konstrukce mostu
$T_{\min} =$	-32,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.2, str 15, NA2.20 str 37, obr NA2 str 39	minimální teplota vzduchu ve stínu
$T_{\max} =$	38,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.2, str 15, NA2.20 str 37, obr NA1 str 39	maximální teplota vzduchu ve stínu
$T_{e,\min} =$	-24,0 °C	EN 1991-1-5 NA.2.4 str 36	
$T_{e,\max} =$	39,5 °C	EN 1991-1-5 NA.2.4 str 36	
$T_0 =$	10,0 °C	EN 1991-1-5, NA 2.21	výchozí teplota, teplota nosné konstrukce v době zabudování
$\Delta T_{N,\text{con}} = T_{e,\min} - T_0 =$	-34,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, str 18	charakteristická hodnota max rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení
$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 =$	29,5 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, str 18	charakteristická hodnota max rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodložení
Zatížení pro ložiska a dilatační spáry			
$\Delta T_{N,\text{noc}+20} =$	-14,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{exp}+20} =$	49,5 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{noc}+10} =$	-24,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{exp}+10} =$	39,5 °C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota

Rozdílové složky teploty

	3 typ	EN 1991-1-5, 6.1.1, str 15	stanovení typu konstrukce mostu
$T_{M,\text{heat}} =$	15,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.4.1, tab 6.1 str 19	horní povrch teplejší než dolní
$T_{M,\text{cool}} =$	8,0 °C	EN 1991-1-5, 6.1.4.1, tab 6.1 str 19	dolní povrch teplejší než horní
$k_{\text{sur}} =$	0,6	EN 1991-1-5, 6.1.4.1, tab 6.2 str 19	horní povrch
$k_{\text{sur}} =$	1,0	EN 1991-1-5, 6.1.4.1, tab 6.2 str 19	dolní povrch
$\Delta T_{M,\text{heat}} = T_{M,\text{heat}} \cdot k_{\text{sur}} =$	8,4 °C		
$\Delta T_{M,\text{cool}} = T_{M,\text{cool}} \cdot k_{\text{sur}} =$	8,0 °C		

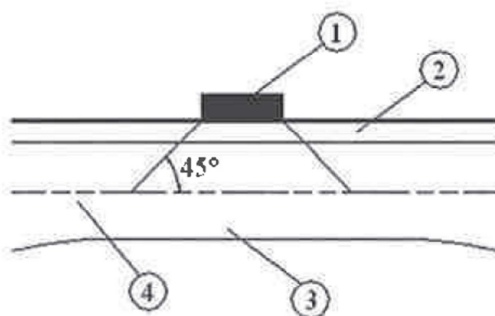
4.4.4 Nahodilé zatížení dopravou

4.4.4.1 Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	5,5 m		skutečná šířka vozovky na mostě
w=	2,75 m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
n=	2	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	navržený počet zatěžovacích pruhů
	0 m		šířka zbývajících ploch

4.4.4.2 Roznášení soustředěných zatížení



Legenda

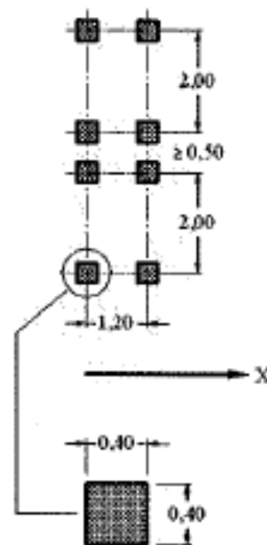
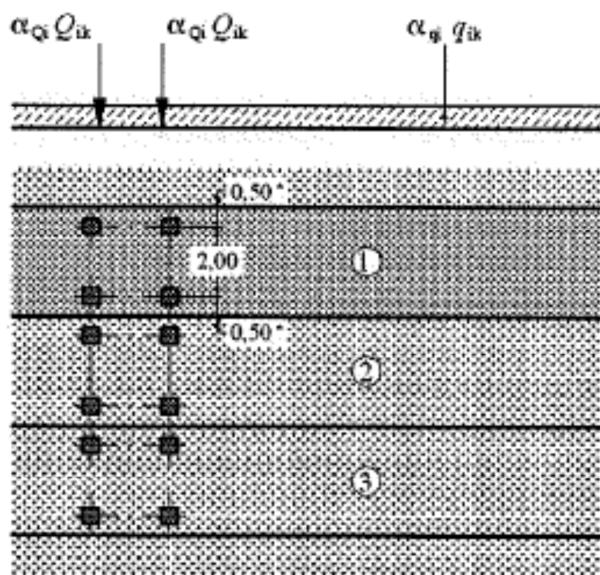
- | | | | |
|---|-------------------------|---|--|
| 1 | dotykový tlak kola | 2 | vozovka |
| 3 | betonová deska mostovky | 4 | střednicová plocha betonové desky mostovky |

Roznos kola [m]	Vozovka [m]	Deska nk [m]	Roznášecí délka [m]
0,4	0,135	0,5	1,17
0,35	0,135	0,5	1,12
0,6	0,135	0,5	1,37

4.4.4.3 Model zatížení 1 (LM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL.

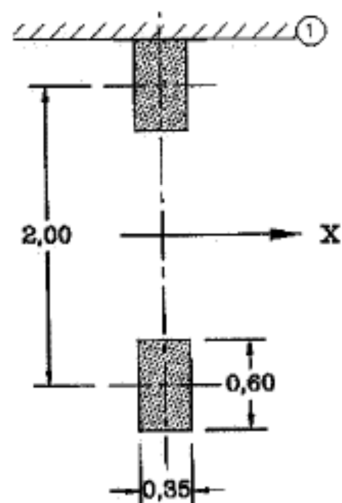
umístění	Q_{ik} [kN]	α_{Qi}	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / rd \cdot rd$ [kN/m ²]	q_{ik} [kN/m ²]	α_{qi}	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m ²]
Pruh č.1	300	1	300	343,16	9	1	9
Pruh č.2	200	1	200	228,77	2,5	2,4	6
Pruh č.3	100	1	100	114,39	2,5	1,2	3
Ostatní					2,5	1,2	3



4.4.4.4 Model zatížení 2 (LM2)

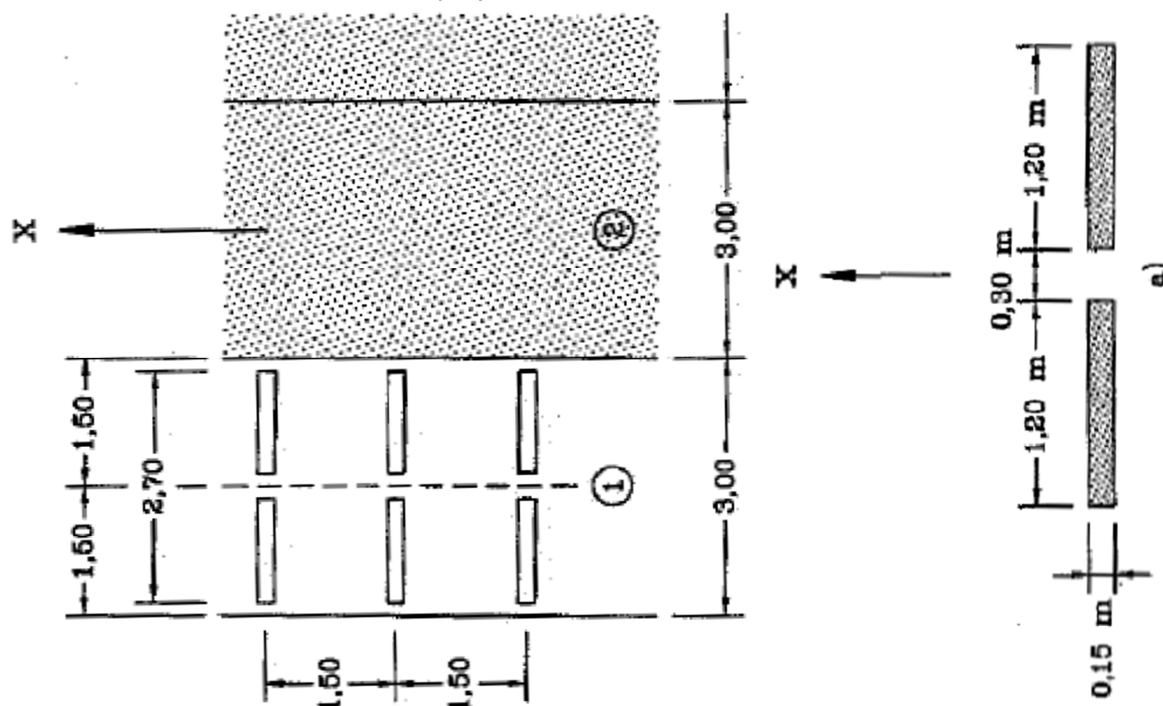
Zatížení ideální nápravou.

umístění	Soustředěné zatížení			$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / rd \cdot rd$ [kN/m ²]
	Q_{ak} [kN]	$\beta_{Q1} = \alpha_{Q1}$	$\beta_{Q1} \cdot Q_{ak}$ [kN]	
	400	0,8	320	319



4.4.4.5 Model zatížení 3 (LM3)

Je uvažováno zvláštní vozidlo 1800/200 (9 náprav 200kN po 1.5m). Zvláštní vozidlo se na mostě uvažuje samostatně bez současného působení LM1. Vozidlo se po mostě pohybuje ideální stopou s odchylkou $\pm 0,5$ m. V tomto případě se vozidlo pohybuje v ose mostu.



Předpokládám pojezd normální rychlostí, 70km/hod, aplikuji dynamický součinitel.

φ	1,25	EN 1991-2, Z3 NA.2.16, tabulka NA.2.2	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max.3.0m
-----------	------	---------------------------------------	---

4.4.4.6 Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)

Uvažuji spojité zatížení 5 kN/m^2 po celé ploše mostu.

q_{fk}	5	kN/m^2	EN 1991-2	charakteristické zatížení na celé ploše mostu
----------	---	-----------------	-----------	---

4.4.4.7 Brzdné a rozjezdové síly

Na nosnou konstrukci nemají vliv.

4.4.4.8 Odstředivé a jiné příčné síly

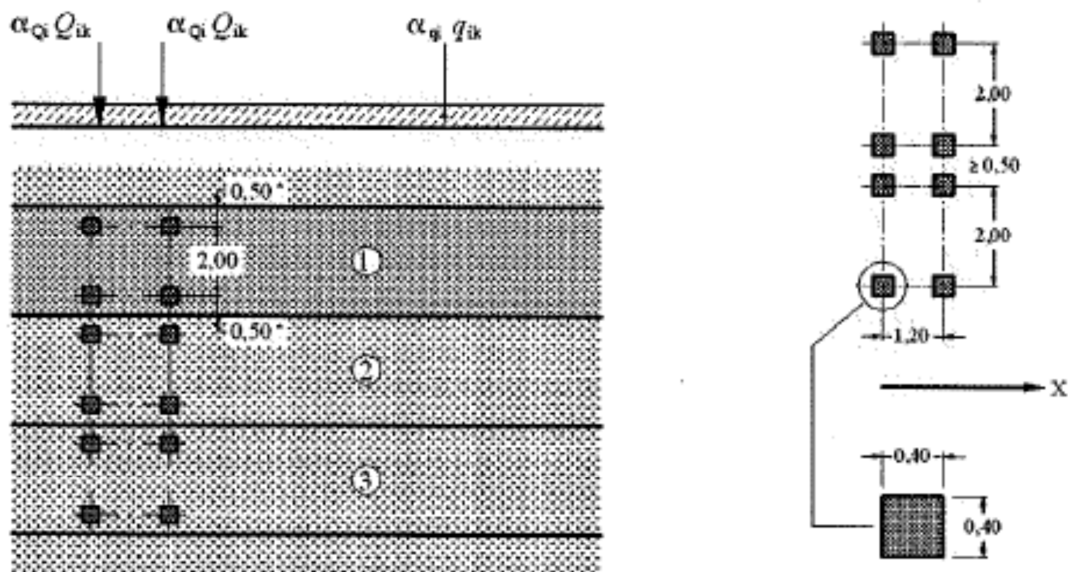
Nejsou rozhodující, neuvažují.

4.4.4.9 Nahodilá zatížení na únavu

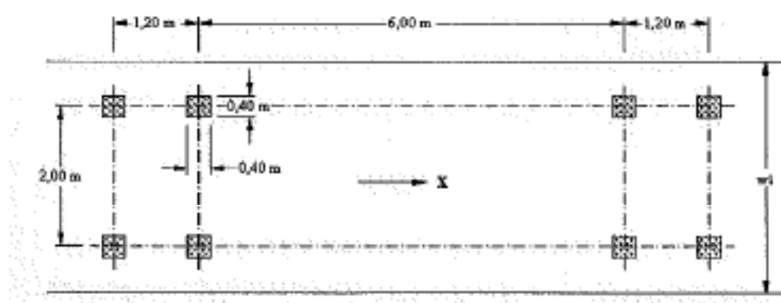
4.4.4.9.1 Model zatížením na únavu 1 (FLM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL.

umístění	Soustředěné zatížení				Rovnoměrné zatížení		
	Q_{ik} [kN]	α_{Qi}	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / r_d \cdot r_d$ [kN/m ²]	q_{ik} [kN/m ²]	α_{qi}	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m ²]
Pruh č.1	300	0.7	210	232.69	9	0.3	2.7
Pruh č.2	200	0.7	140	155.12	2.5	0.3	0.75
Pruh č.3	100	0.7	70	77.56	2.5	0.3	0.75
Ostatní					2.5	0.3	0.75



4.4.4.9.2 Model zatížením na únavu 3 (FLM3)



5 Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu.

5.1 Výpis zatížení

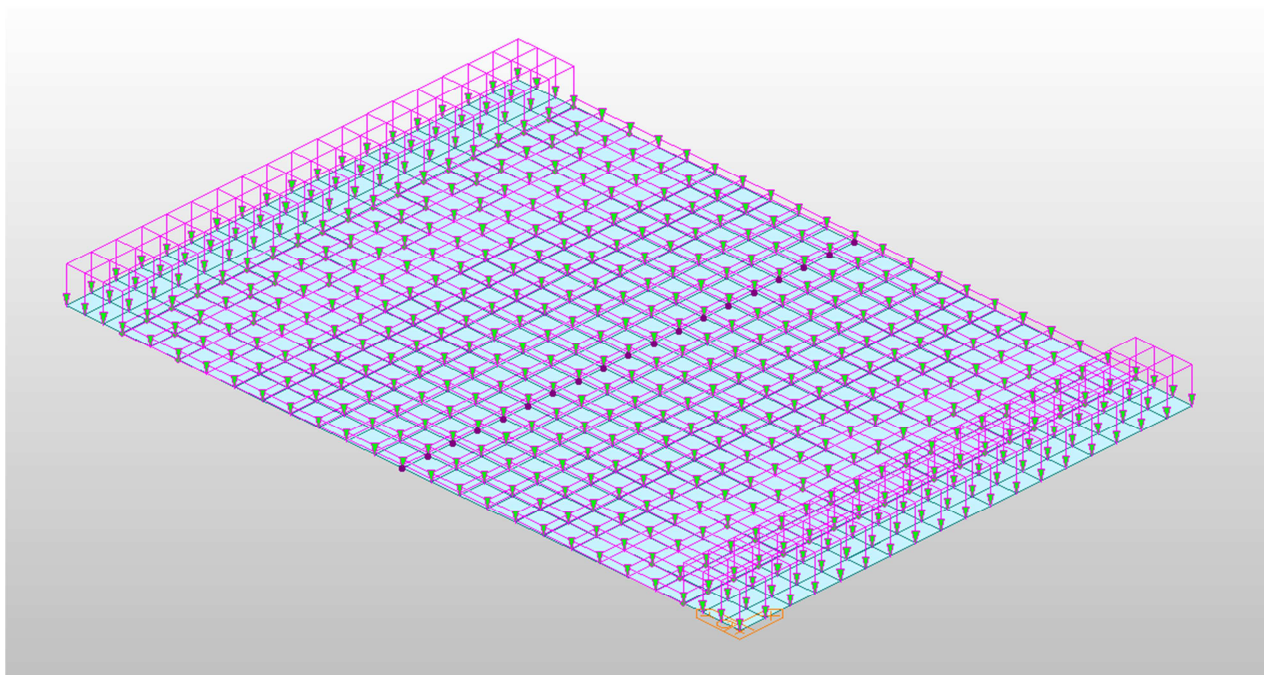
Table 4 LoadCase

N o	Name	Description
1	Go	Vlastní tíha
2	Gost	Ostatní stálo
3	Tm,heat	Oteplení horního povrchu konstrukce
4	Tm,cool	Oteplení dolního povrchu konstrukce

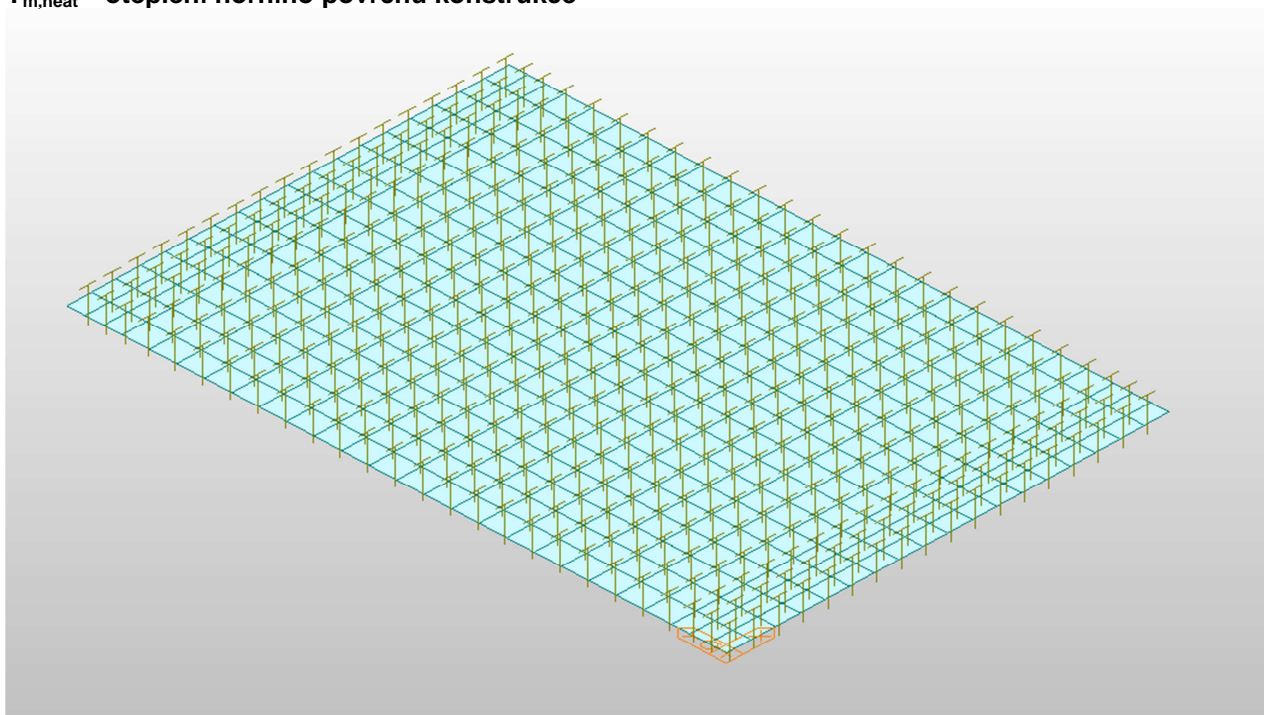
G₀ – vlastní tíha

Vlastní tíha všech částí konstrukce je zadána funkcí ve výpočetním programu Midas Civil. Hodnota tohoto zatížení je tak automaticky vygenerována a pomocí MKP jsou tak vypočítány příslušné vnitřní síly, které jsou použity v kombinacích zatížení.

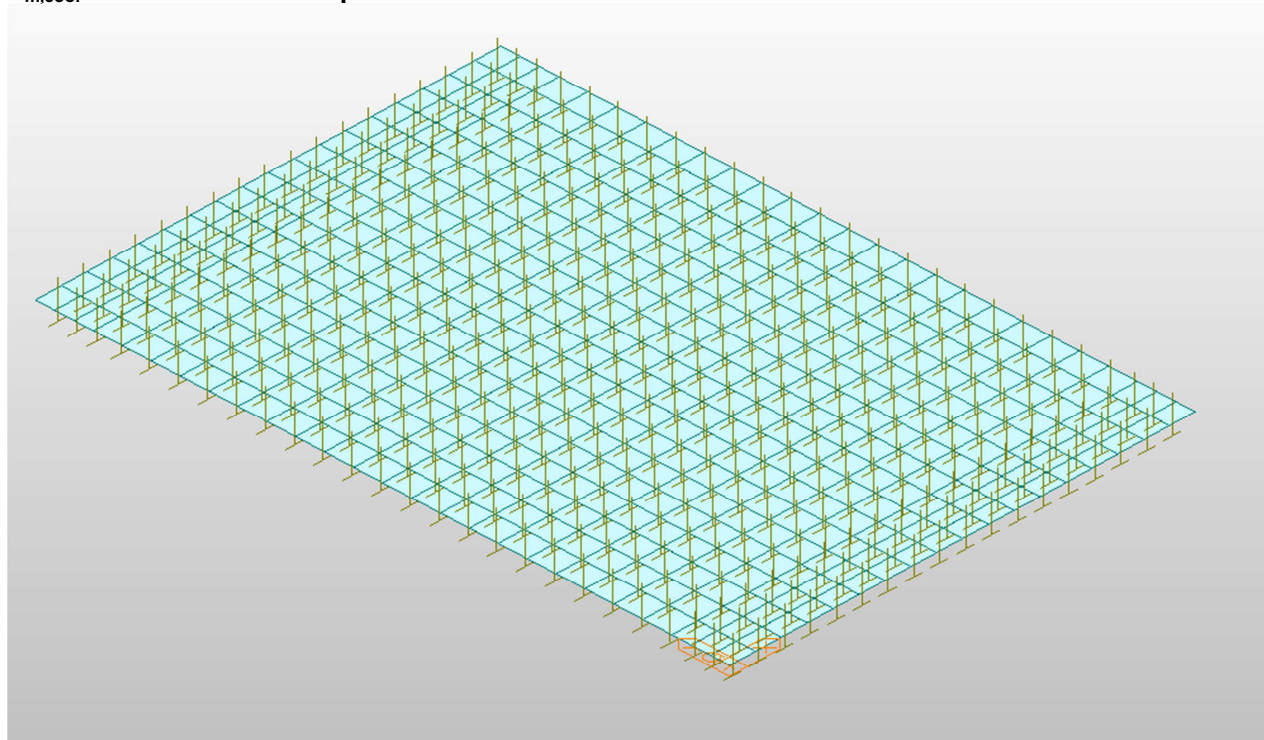
G_{ost} – vozovka, římsy



$T_{m,heat}$ – oteplení horního povrchu konstrukce



T_{m,cool} – ochlazení dolního povrchu konstrukce



6 Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu MIDAS Civil pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

6.1 Kombinace vnitřních sil

6.1.1 Mezní stavy únosnosti – MSÚ

Ve statickém výpočtu jsou pro mezní stavy použity kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace pro mezní stavy STR a GEO jako méně příznivá kombinace z následujících výrazů:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{rovnice 6.10a, dle ČSN EN 1990})$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{rovnice 6.10b, dle ČSN EN 1990})$$

6.1.2 Mezní stavy použitelnosti – MSP

Charakteristická kombinace – pro nevratné návrhové situace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{rovnice 6.14b, dle ČSN EN 1990})$$

Častá kombinace – pro vratné mezní stavy

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{rovnice 6.15b, dle ČSN EN 1990})$$

Kvazistálá kombinace – pro dlouhodobé účinky a vzhled konstrukce

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{rovnice 6.16b, dle ČSN EN 1990})$$

6.1.3 Hodnoty součinitelů

Pro použité kombinace jsou použity příslušné hodnoty součinitelů spolehlivosti redukčních a kombinačních součinitelů z ČSN EN 1990 uvedené v následujících tabulkách.

Tabulka A2.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro mosty pozemních komunikací

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou (viz EN 1991-2, Tabulka 4.4)	gr1a (LM1+ zatížení chodci nebo cyklisty) ¹⁾	TS (dvojnápravy) UDL (rovnomměrné zatížení) Zatížení chodci + zatížení cyklisty ²⁾	0,75 0,40 0,40	0,75 0,40 0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0,75
	gr2 (vodorovné síly)		0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0,40
	gr4 (LM4 (zatížení davem lidí))		0	–
	gr5 (LM3 (zvláštní vozidla))		0	–
Zatížení větrem	$F_{w,k}$ – Trvalé návrhové situace – Provádění	0,6 0,8	0,2 –	0 0
	F_w^*	1,0	–	–
Zatížení teplotou	T_k	0,6 ³⁾	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{sn,k}$ (během provádění)	0,8	–	–
Stavební zatížení	Q_c	1,0	–	1,0

¹⁾ Doporučené hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům $\alpha_{Q,k}$, $\alpha_{Q,k}$, $\alpha_{Q,k}$ a β_Q rovným 1. Ty, které se vztahují k UDL (rovnomměrné zatížení), odpovídají běžným scénářům dopravy, ve kterých se může zřídka vyskytnout kumulace nákladních vozidel. Jiné hodnoty lze předpokládat pro jiné třídy komunikací nebo očekávanou dopravu, které se vztahují k výběru odpovídajících součinitelů α . Např. hodnota ψ_2 jiná než nula se může předpokládat pouze pro rovnomměrné zatížení (UDL) modelu zatížení 1 (LM1) pro mosty převádějící silnou nepřetržitou dopravu. Viz také EN 1998.

²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů, zmíněná v tabulce 4.4 EN 1991-2, je redukovaná hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě.

³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.

POZNÁMKA 2 Pokud se pro některé mezní stavy použitelnosti betonových mostů národní příloha odkazuje na občasné kombinace zatížení, lze v ní definovat hodnoty $\psi_{1,inf}$. Doporučené hodnoty součinitelů $\psi_{1,inf}$ jsou: ^{NP20)}

- 0,80 pro gr1a (LM1), gr1b (LM2), gr3 (zatížení chodci), gr4 (LM4, zatížení davem lidí) a T (zatížení teplotou);
- 0,60 pro $F_{w,k}$ v trvalých návrhových situacích;
- 1,00 v ostatních případech (tj. charakteristická hodnota se použije jako občasná hodnota).

POZNÁMKA 3 Charakteristické hodnoty zatížení větrem a zatížení sněhem během provádění jsou stanoveny v EN 1991-1-6. Kde je to třeba, lze definovat v národní příloze nebo pro konkrétní projekt reprezentativní hodnoty zatížení vodou (F_{wa}). ^{NP21)}

Tabulka A2.4(B) – Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO) (Soubor B)

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení (*)		Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení (*)	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní		Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Výraz (6.10))	$\gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_F P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$	(Výraz (6.10a))	$\gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_F P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$
(Výraz (6.10b))	$\xi \gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\xi \gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_F P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$	(Výraz (6.10b))	$\xi \gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\xi \gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_F P$		$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$

(*) Proměnná zatížení jsou ta, která jsou uvedena v tabulkách A2.1 až A2.3.

POZNÁMKA 1 Volba mezi (6.10), nebo (6.10a) a (6.10b) je uvedena v národní příloze. V případě použití (6.10a) a (6.10b) může národní příloha upravit (6.10a) tak, že zahrnuje pouze stálá zatížení. ^{NP27)}

POZNÁMKA 2 Hodnoty součinitelů γ a ξ lze stanovit v národní příloze. Při použití výrazů (6.10), nebo (6.10a) a (6.10b) jsou doporučené hodnoty součinitelů γ a ξ následující: ^{NP20)}

$$\gamma_{G,sup} = 1,35^{1)}$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,00$$

$\gamma_Q = 1,35$, pokud Q reprezentuje nepříznivé působící zatížení od silniční dopravy nebo od chodců; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,45$, pokud Q reprezentuje nepříznivé působící zatížení od železniční dopravy, pro sestavy zatížení 11 až 31 (s výjimkou 16, 17, 26³⁾ a 27³⁾), model zatížení 71, SW/0 a HSLM a skutečné vlaky, pokud se uvažují jako jednotlivá hlavní zatížení dopravou; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,20$, pokud Q reprezentuje nepříznivé působící zatížení od železniční dopravy, pro sestavy zatížení 16 a 17 a SW/2; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,50$ pro ostatní zatížení dopravou a pro další proměnná zatížení; ²⁾

$$\xi = 0,85 \text{ (takže } \xi \gamma_{G,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15 \text{)}$$

$\gamma_{G,set} = 1,20$ v případě pružné lineární analýzy a $\gamma_{G,set} = 1,35$ v případě nelineární analýzy, pro návrhové situace, kdy nerovnoměrné sedání může mít nepříznivé účinky. Pro návrhové situace, kdy zatížení způsobená nerovnoměrným sedáním mohou mít příznivé účinky, se tato zatížení neuvažují.

Viz také EN 1991 až EN 1999 pro hodnoty γ , které se použijí pro vynucená přetvoření.

γ_F = doporučené hodnoty definované v příslušných Eurokódech pro navrhování.

¹⁾ Tyto hodnoty zahrnují: vlastní tíhu nosných a nenosných částí, kolejové lože, zeminu, podzemní vodu a volně tekoucí vodu, odstranitelné zatížení, apod.

²⁾ Tyto hodnoty zahrnují: proměnný vodorovný zemní tlak, podzemní vodu, volně tekoucí vodu a kolejové lože, zvýšení složky zemního tlaku od dopravy, aerodynamická zatížení od dopravy, zatížení větrem, teplotou apod.

³⁾ Pro zatížení železniční dopravou u sestav zatížení 26 a 27 lze součinitel $\gamma_Q = 1,20$ použít pro jednotlivé složky zatížení dopravou související s SW/2 a součinitel $\gamma_Q = 1,45$ lze použít pro jednotlivé složky zatížení dopravou související s modely zatížení 71, SW/0 a HSLM, apod.

POZNÁMKA 3 Charakteristické hodnoty všech stálých zatížení z jednoho zdroje se násobí součinitelem $\gamma_{G,sup}$, pokud celkový výsledný účinek je nepříznivý a součinitelem $\gamma_{G,inf}$, pokud celkový výsledný účinek je příznivý. Např. všechna zatížení mající původ od vlastní tíhy konstrukce lze uvažovat jako pocházející z jednoho zdroje; toto lze použít i v případě, kdy se jedná o různé materiály. Nicméně viz A2.3.1(2).

POZNÁMKA 4 Pro zvláštní ověření lze hodnoty γ_Q a γ_Q rozdělit na γ_Q a γ_Q a na součinitel γ_{Qd} zahrnující nejistoty modelování. Hodnota γ_{Qd} je v oboru 1,0 – 1,15 a lze ji použít v nejobecnějších případech a také ji lze upravit v národní příloze. ^{NP27)}

POZNÁMKA 5 Tam, kde zatížení vodou nejsou zahrnuta v EN 1997 (např. proudící voda), lze pro konkrétní projekt stanovit kombinace zatížení, které se mají použít.

6.2 Výpis kombinací

No	Name	Type	Description
1	G1	Add	max
2	G2	Add	min
3	G	Envelope	
4	D1	Envelope	doprava - charakteristicka
5	D2	Add	doprava - casta
6	T1	Add	teplota - otepleni
7	T2	Add	teplota - ochlazení
8	T	Envelope	
9	MSU 6.10a 1	Add	
10	MSU 6.10a 2	Add	
11	MSU 6.10b 1	Add	
12	MSU 6.10b 2	Add	
13	MSP 1	Add	kvazistala kombinace zat.
14	MSP 2	Add	kvazistala kombinace zat.
15	MSP 3	Add	casta kombinace zat.
16	MSP 4	Add	charakteristicka kombinace zat.

6.3 Vnitřní síly

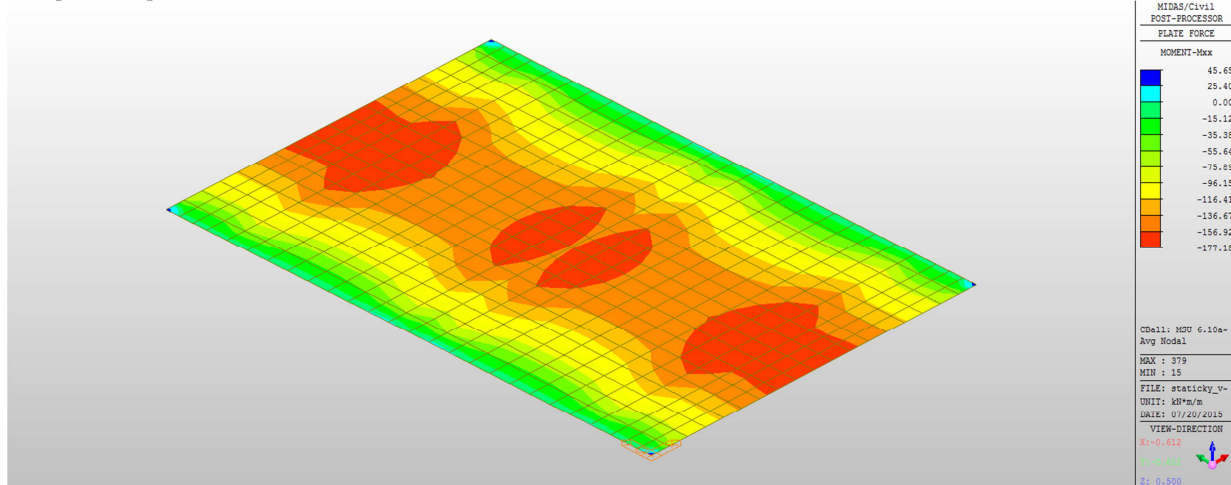
Výpočet průběhu vnitřních sil a jejich kombinací je proveden strojově. Ve statickém výpočtu jsou uvedeny jen extrémní hodnoty kombinací v nejvíce namáhaných částech konstrukce. Ostatní výstupy jsou archivovány u projektanta.

6.3.1 Mezní stavy únosnosti

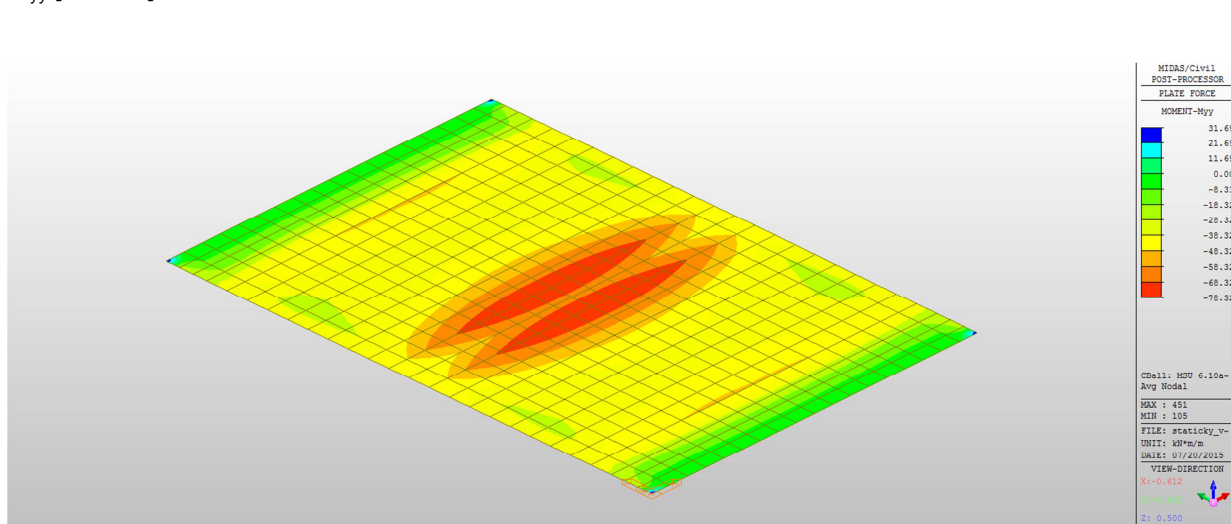
6.3.1.1 Nosná konstrukce - deska

Ohybové momenty – kombinace 6.10a

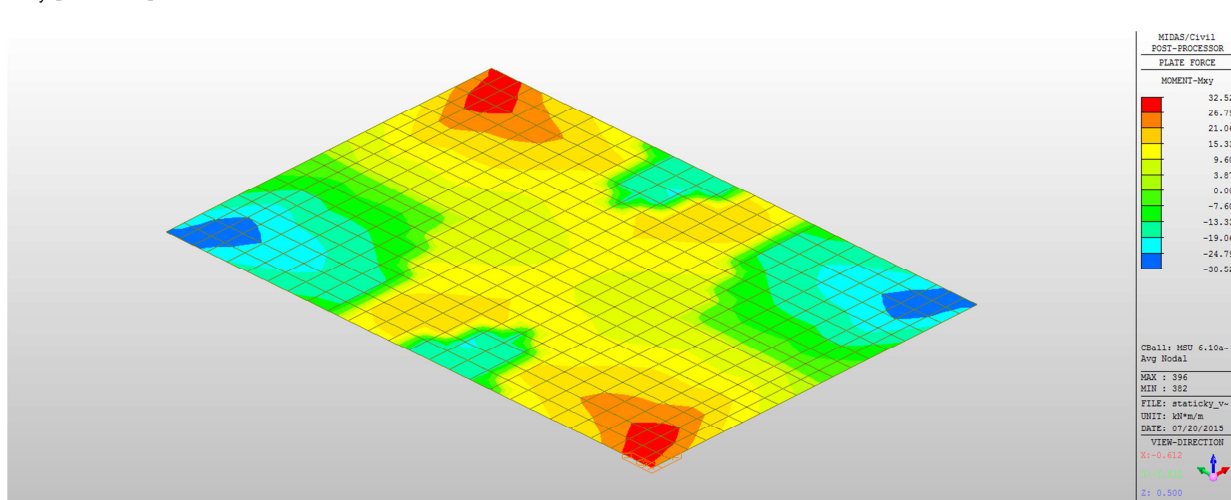
M_{xx} [kNm/m]



M_{yy} [kNm/m]

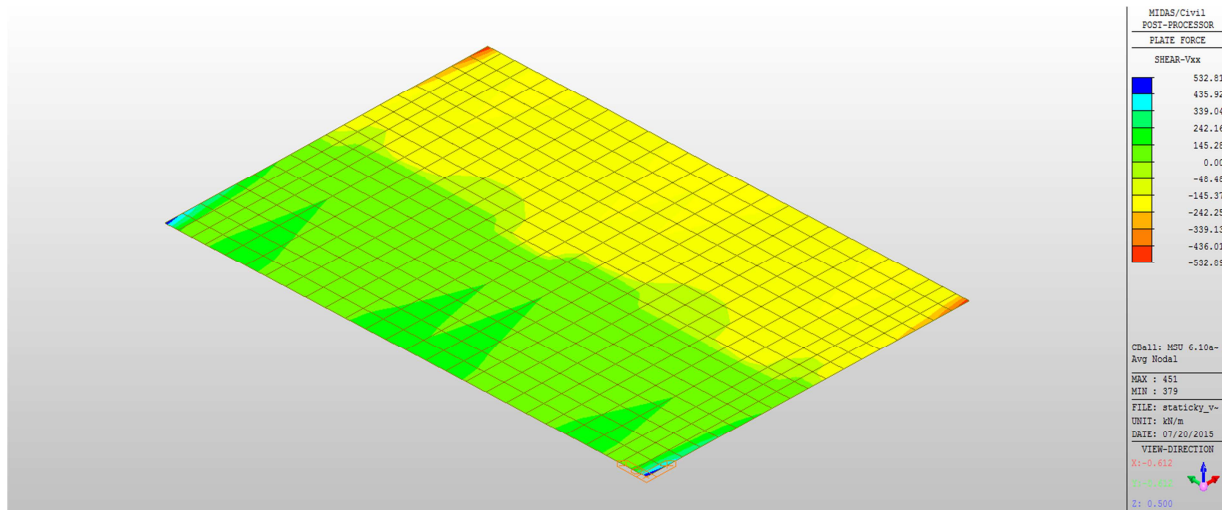


M_{xy} [kNm/m]

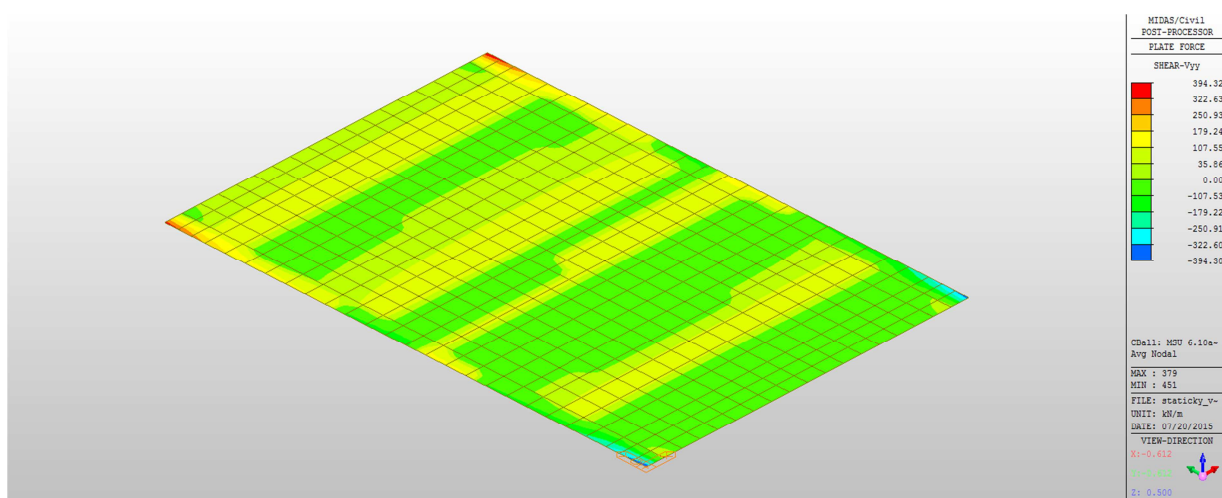


Posouvající síly – kombinace 6.10a

V_{xx} [kN/m]

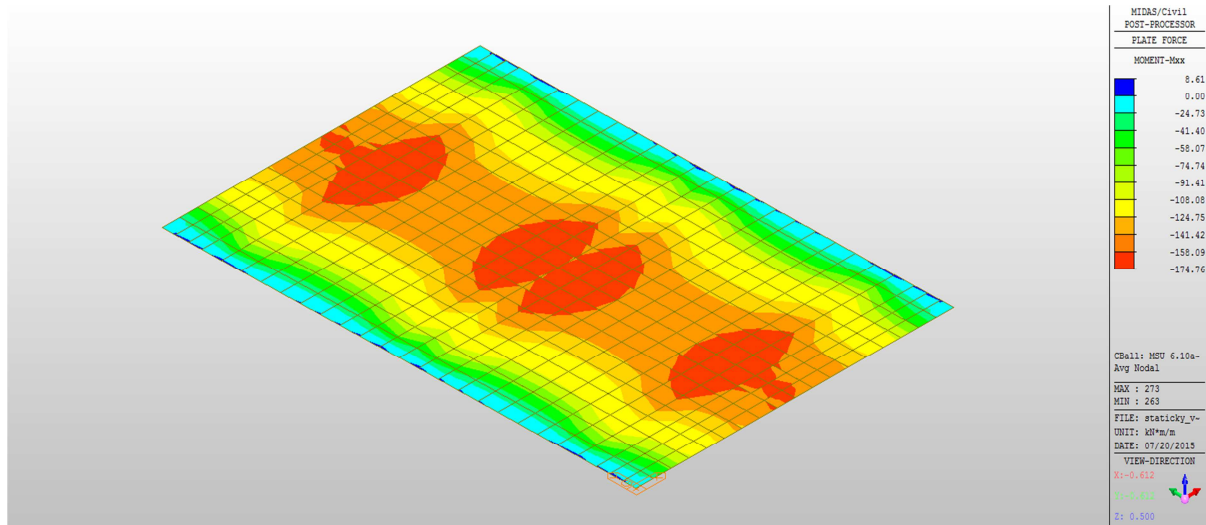


V_{yy} [kN/m]

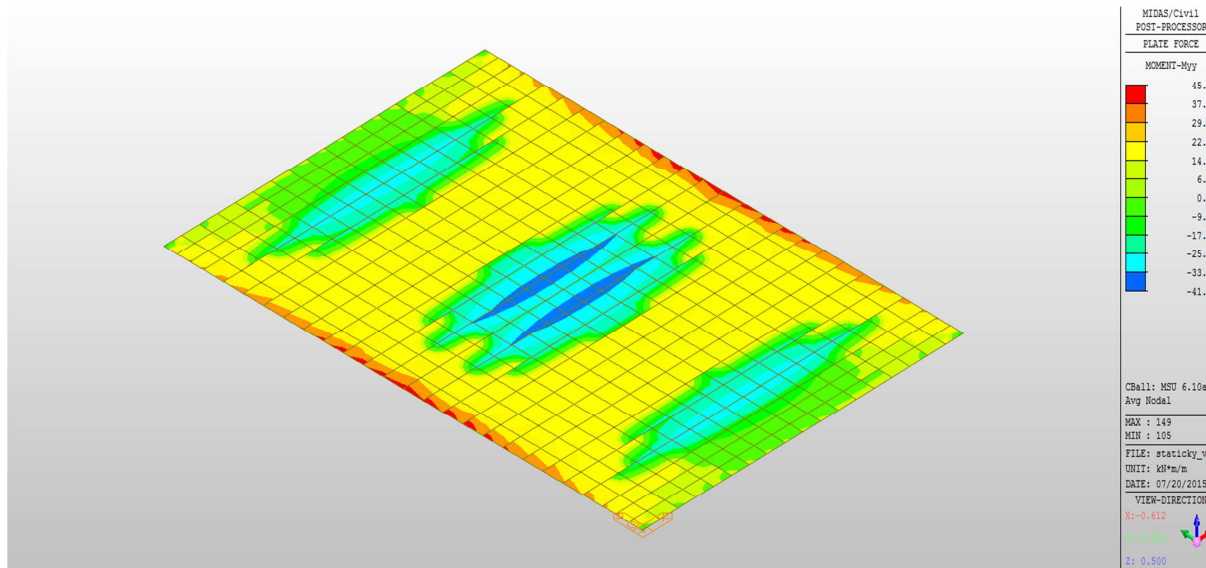


Ohybové momenty – kombinace 6.10b

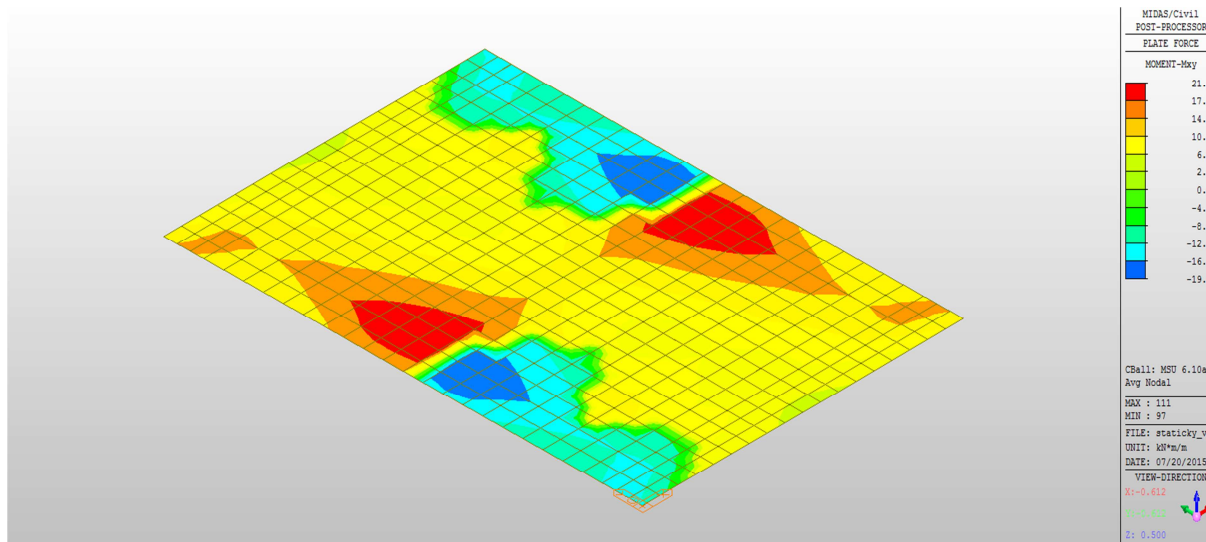
M_{xx} [kNm/m]



M_{yy} [kNm/m]

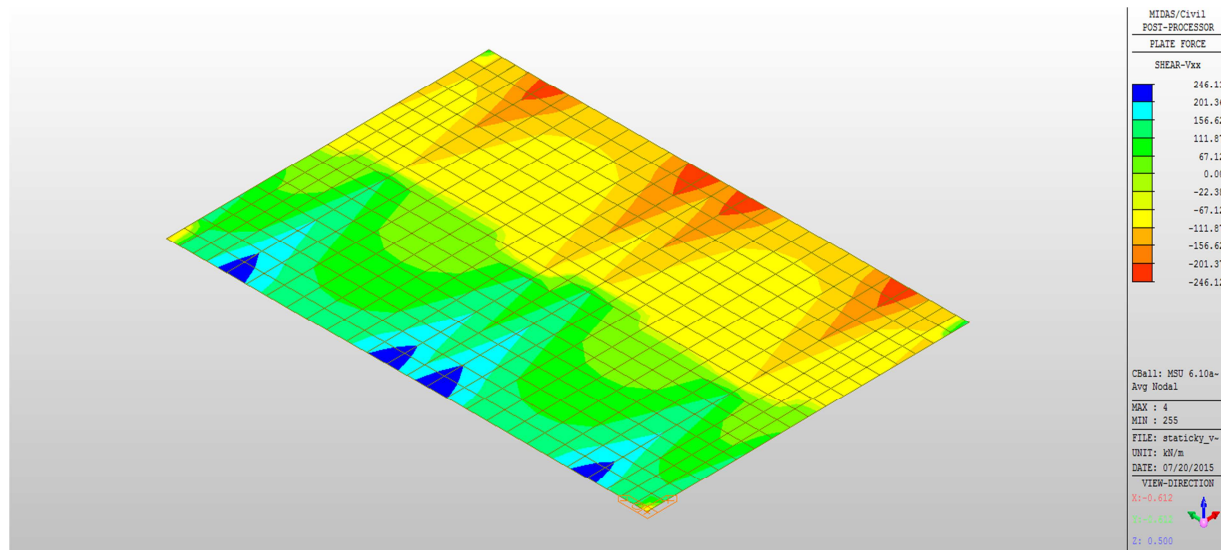


M_{xy} [kNm/m]

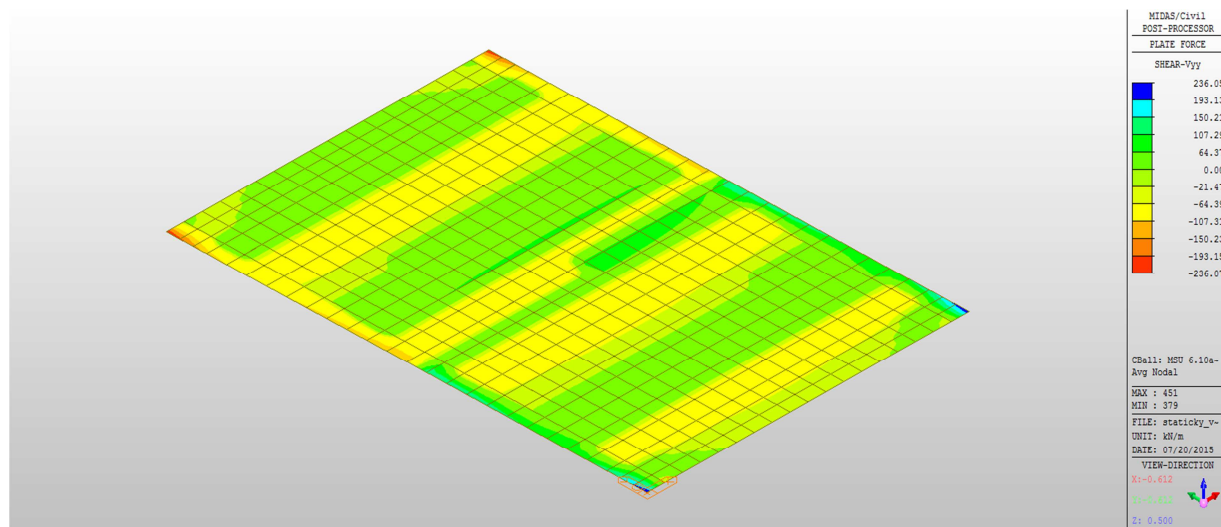


Posouvající síly – kombinace 6.10b

V_{xx} [kN/m]



V_{yy} [kN/m]



7 Posouzení nosné konstrukce

7.1 Posouzení nosné konstrukce podle MSU

7.1.1 Moment únosnosti průřezu – betonářská výztuž

Posouzení je provedeno na dimenzační momenty, které jsou převzaté ze strojové superpozice a zahrnují vliv kroucení v nejvíce namáhaných místech konstrukce.

Předpoklad plně využití betonářské výztuže. Posuzovaná je metrová šířka NK.

7.1.1.1 Nosná konstrukce - deska

- Ve středu rozpětí dolní povrch

$$\sum N = 0$$

$$F_{cd} = F_s$$

$$x_u \cdot b \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\sum M = 0$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot z_s = F_c \cdot z_c$$

$$M_{Rd} = \kappa \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_p - \lambda_p \cdot x)$$

Betonářská výztuž – návrh Ø22mm/200 mm

$$A_s = 1/0,2 \cdot \frac{0,022^2 \cdot \pi}{4} = 1,91 \cdot 10^{-3} m^2 \quad f_{yd} = 434,8 MPa$$

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 0,00191 \cdot 434,8 = 826,4 kN$$

Výpočet výšky tlačené části betonu:

$$F_{cd} = F_s$$

$$x_u \cdot b \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$x_u = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{0,001901 \cdot 434,8}{1 \cdot 18}$$

$$x_u = 0,046 m$$

$$x = \frac{x_u}{0,8} = 0,057 m$$

$$F_c = \sigma_c \cdot x_u \cdot b = 18,0 \cdot 0,046 \cdot 1,0 = 826,4 kN$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = 0,4 - 0,05 - 0,012 - 0,022 \cdot 0,5 - 0,046 \cdot 0,5 = 0,304 m$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = 826,4 \cdot 0,304$$

$$M_{Rd} = 251,2 kNm$$

Posouzení únosnosti:

-průřez je posouzen pro větší z hodnot kombinací 6.10a a 6.10b:

MSÚ (Eurocode): $M_{Ed} = 177,2 kNm$

$$M_{Rd} = 251,2 kNm > M_{Ed} = 177,2 kNm \Rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVUJE NA OHYB}$$

- Nad podporou

$$\sum N = 0$$

$$F_{cd} = F_s$$

$$x_u \cdot b \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\sum M = 0$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot z_s = F_c \cdot z_c$$

$$M_{Rd} = \kappa \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_p - \lambda_p \cdot x)$$

Betonářská výztuž – návrh Ø16mm/100 mm

$$A_s = 1/0,1 \cdot \frac{0,016^2 \cdot \pi}{4} = 1,005 \cdot 10^{-3} m^2 \quad f_{yd} = 434,8 MPa$$

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 0,001005 \cdot 434,8 = 437,1 kN$$

Výpočet výšky tlačené části betonu:

$$F_{cd} = F_s$$

$$x_u \cdot b \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$x_u = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{0,001005 \cdot 434,8}{1 \cdot 18}$$

$$x_u = 0,024 m$$

$$x = \frac{x_u}{0,8} = 0,030 m$$

$$F_c = \sigma_c \cdot x_u \cdot b = 18,0 \cdot 0,024 \cdot 1,0 = 437,1 kN$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = 0,4 - 0,05 - 0,012 - 0,016 \cdot 0,5 - 0,024 \cdot 0,5 = 0,318 m$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = 437,1 \cdot 0,318$$

$$M_{Rd} = 138,9 kNm$$

Posouzení únosnosti:

-průřez je posouzen pro větší z hodnot kombinací 6.10a a 6.10b:

MSÚ (Eurocod): $M_{Ed} = 45,8 kNm$

$M_{Rd} = 138,9 kNm > M_{Ed} = 45,8 kNm \Rightarrow$ PRŮŘEZ VYHOVUJE NA OHYB

7.1.2 Posouzení na smyk

Návrh smykové výztuže je proveden na největší smykovou sílu na konstrukci ze strojové superpozice stanovenou podle kombinací 6.10a a 6.10b. V našem případě je to maximální posouvací síla na okraji desky.

MSÚ (Eurocode): $V_{Ed} = 190,1 kNm$

V krajích desky dochází k většímu lokálnímu namáhání. Výztuž bude v těchto místech zhuštěna

Návrh smykové výztuže je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 kap.6.2.str.77 podle teorie mezních stavů:

beton

$$V_{Rd,c} = [C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c \min} = (\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{0,2/d} \leq 2,0 \quad \rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$$

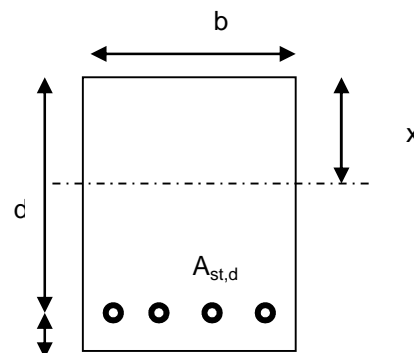
$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0,2 \cdot f_{cd} \quad \text{vliv predpeti}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \quad \nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad k_1 = 0,15$$

svislá výztuž

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot g \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

$$V_{Rd, \max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot g \theta + \tan \theta) \quad \nu_1 = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$



šikmá výztuž

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

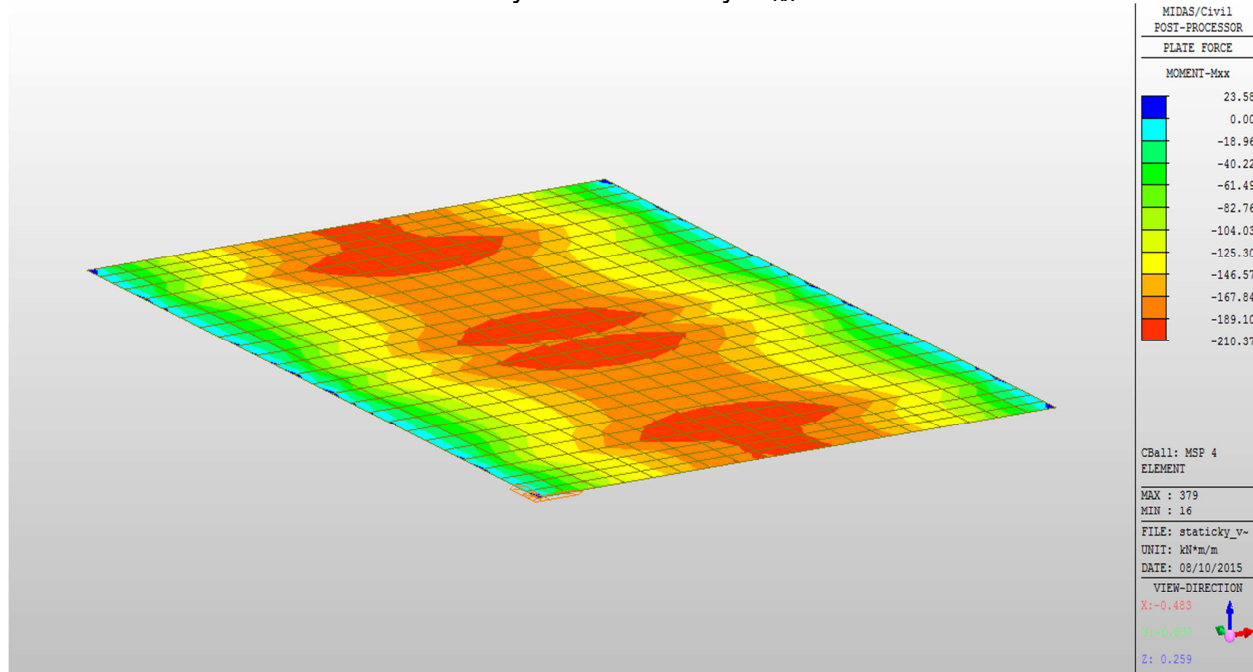
Namáhání		Ohybová výztuž							
V_{Ed}[kN]=	532,800	10	φ	16			A_{st,d}[m²]=	0,002011	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]=	1,000	f _{ctm} [MPa]=	2,9	f _{yk} [MPa]=	500	ε _{cu} =	0,0035	θ[°]=	45,0
h[m]=	0,500	f _{ck} [MPa]=	30,0	f _{yd} [MPa]=	435	λ=	0,800	α[°]=	90,0
c[m]=	0,090	f _{cd} [MPa]=	18,0	E _s [Mpa]=	210000	η=	1,000	k=	1,78
d[m]=	0,330	x[m]=	0,057	σ _{cpl} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1,000		
Beton									
V _{Rd,c} [kN]=	158,5	>	V _{Rdc,min} [kN]=	150,1	V _{Rd} [kN]=	158,5	nutná smyková výztuž		
Spony		10	φ	8	s[m]=	0,1	A_{sw}[m²]=	0,000503	
V _{Rd,s} [kN]=	695,0	<	V _{Rd,max} [kN]=	1717,2	V _{Rd,celk} [kN]=	853,5	Vyhovuje.		

Smyková výztuž bude u krajů desky (cca 0,5 m) zhuštěna na dvojnásobek navrhované hodnoty.

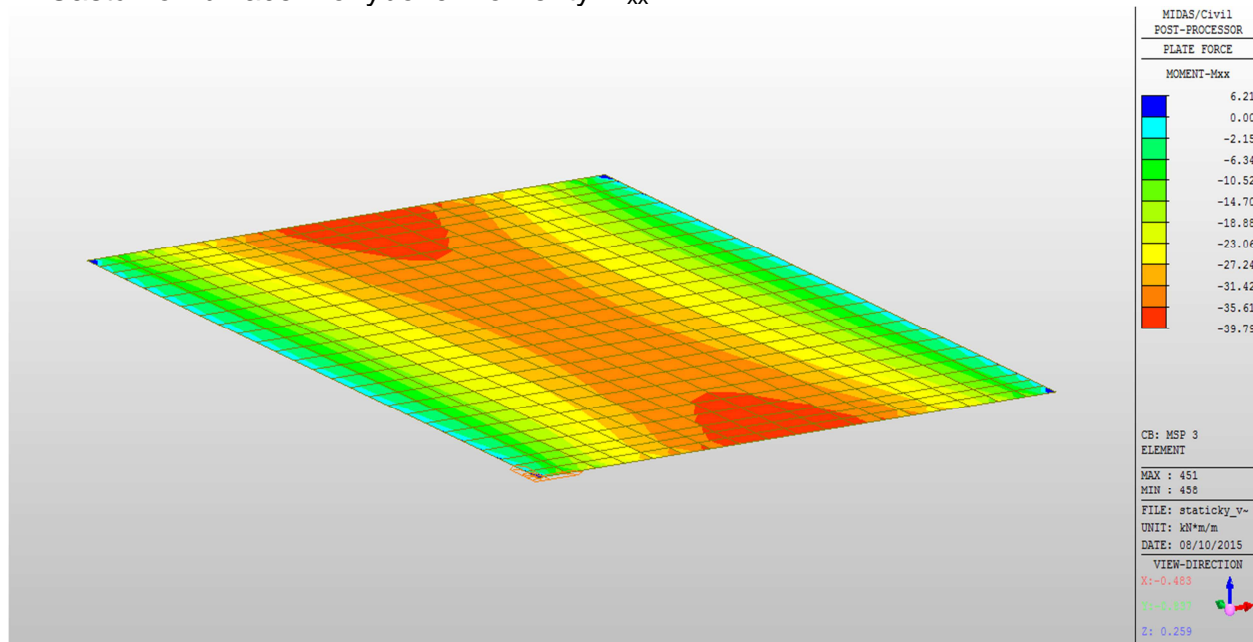
8 Posouzení nosné konstrukce podle MSP

8.1 Vnitřní síly pro posouzení MSP

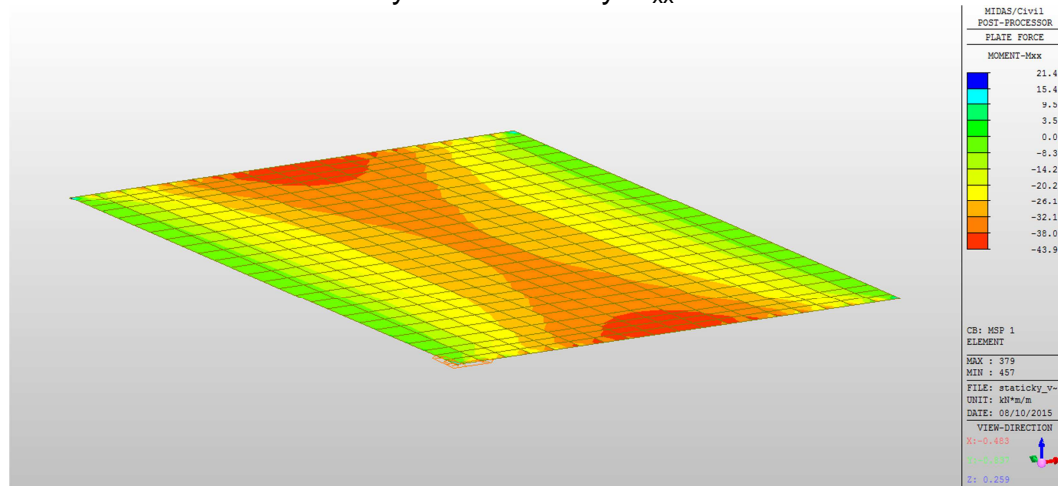
Charakteristická kombinace – ohybové momenty M_{xx}



Častá kombinace – ohybové momenty M_{xx}



Kvazistálá kombinace – ohybové momenty M_{xx}



8.2 Omezení napětí

$$|\sigma_c| \leq 0.6 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa (tlak)}$$

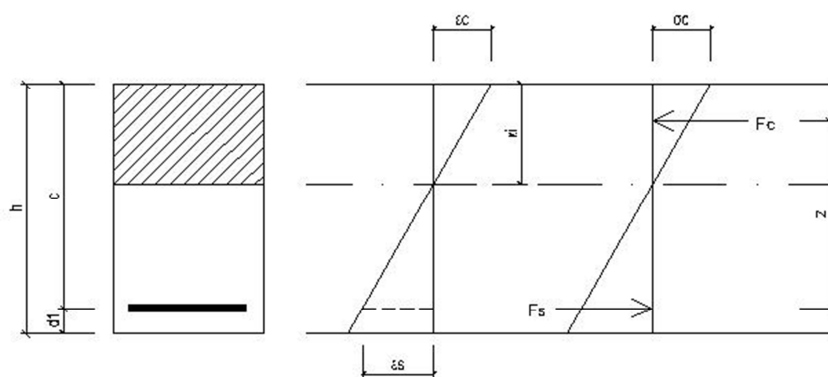
$$|\sigma_c| \leq 0.45 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$|\sigma_c| \leq 0.80 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa (tah)}$$

Při charakteristické kombinaci zatížení nesmí v krajních tlačných vláknech napětí přesáhnout hodnotu $0,6f_{ck}$. Při kvazistálé kombinaci nesmí napětí v tlačných vláknech přesáhnout hodnotu $0,45f_{ck}$, kdy je uvažováno lineární dotvarování betonu. V případě překročení této hodnoty je nutno uvažování nelineární dotvarování. Tahové napětí ve výztuži je omezeno hodnotou $0,8f_{yk}$ při charakteristické kombinaci zatížení.

Výpočet napětí v průřezu

Jedná se o železobetonovou konstrukci. Výpočet napětí v krajních vláknech proto bude uvažován jako na ideálním průřezu porušeném trhlinou.



$$\begin{aligned} h &= 400 \text{ mm} \\ d &= 327 \text{ mm} \\ d_1 &= 73 \text{ mm} \\ z &= 304 \text{ mm} \end{aligned}$$

Napětí v horních vláknech průřezu při charakteristické kombinaci zatížení:

$$\sigma_d = \frac{M_y}{I_y} \cdot z = \frac{0,210}{5,33 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,200 = 7,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d \leq 0,6 \cdot f_{ck}$$

$$7,88 < 18,00 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Průřez vyhovuje.}$$

Napětí v horních vláknech průřezu při kvazistálé kombinaci zatížení:

$$\sigma_d = \frac{M_y}{I_y} \cdot z = \frac{0,044}{5,33 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,200 = 1,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d \leq 0,45 \cdot f_{ck}$$

$$1,65 < 13,50 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Průřez vyhovuje.}$$

Napětí ve výztuži při charakteristické kombinaci zatížení:

$$\sigma_s = \frac{M_y}{I_y} \cdot z \cdot \alpha_c = \frac{0,210}{5,33 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,122 \cdot 6,56 = 31,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d \leq 0,8 \cdot f_{yk}$$

$$31,53 < 400,00 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Průřez vyhovuje.}$$

8.3 Omezení trhlin

Posouzení vzniku a šířky trhlin je provedeno podle normy ČSN EN 1992-2 čl. 7.3.1(105) za dodržení podmínek stanovených v tabulce NA.1. Pro železobetonové průřezy je stanovena max. šířka trhliny 0,2mm.

Tabulka NA.1 – Doporučené hodnoty w_{\max} a odpovídající kombinační pravidla^{a), b), c)}

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté bez soudržné předpínací výztuže (kvazi-stálá kombinace zatížení)	Prvky předpjaté soudržnou výztuží (častá kombinace zatížení)		
		Předem předpjatý beton	Dodatečně předpjatý beton	
			Stupeň protikoroziční ochrany předpínací výztuže PL1 až PL3 ^{d)}	Stupeň protikoroziční ochrany předpínací výztuže PL2 a PL3 ^{d)}
X0, XC1	0,4 ^{a)}	0,2	0,2	0,3
XC2, XC3, XC4	0,3	0,1 ^{b)}	0,2 ^{b)}	0,3
XD, XS, XF	0,2	Dekomprese ^{e)}	0,1 ^{b)}	0,2
Stupeň vlivu prostředí	Dělené konstrukce (bez průběžné podélné betonářské výztuže)			
Nerozhoduje	Nulový tah ve spáře: charakteristická kombinace zatížení (viz též ČSN EN 15050)			

^{a)} Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhlin vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má zajistit přijatelný vzhled. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.
^{b)} Pro tyto případy musí být také posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.
^{c)} Stupně protikoroziční ochrany (Protection Level) předpínací výztuže – viz tabulka NA.2 a tabulka NA.3.
^{d)} Tato tabulka není určena pro hodnocení existujících (ani nových) konstrukcí.
^{e)} Pro tento případ musí být také posouzena šířka trhlin 0,2 mm pro charakteristickou kombinaci zatížení.
^{f)} Tato tabulka platí pro konstrukce působící v obou směrech jako železobetonové nebo jako předpjaté stejným druhem předpínací výztuže (výztuž se soudržností, výztuž bez soudržnosti). Doporučuje se tabulku použít a uvažovat přísnější požadavky i v případech, kdy je konstrukce navržena v podélném a v příčném směru rozdílně (např. v podélném směru působí jako předpjatá výztuž se soudržností a v příčném směru jako železobetonová).
^{g)} Spřažené desky spolupůsobící s předpjatými nosníky se uvažují jako železobetonové, pokud po jejich betonáři již není do konstrukce vneseno další předpětí.

Šířka trhliny v časté kombinaci zatížení je omezena bez přímého výpočtu dle ČSN EN 1992-1-1 kap. 7.3.3

Tabulka 7.2N – Maximální průměry prutů ϕ_s pro omezení šířky trhlin¹⁾

Napětí ve výztuži ²⁾ [MPa]	Maximální průměr prutu [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	–

¹⁾ Hodnoty v tabulce vycházejí z následujících předpokladů:
 $c = 25$ mm; $f_{ct,eff} = 2,9$ MPa; $h_{cr} = 0,5h$; $(h-d) = 0,1h$; $k_1 = 0,8$;
 $k_2 = 0,5$; $k_3 = 0,4$; $k = 1,0$; $k_4 = 0,4$ a $k_4 = 1,0$
²⁾ Při odpovídající kombinaci účinků zatížení.

Tabulka 7.3N – Maximální vzdálenost prutů pro omezení šířky trhliny¹⁾

Napětí ve výztuži ²⁾ [MPa]	Maximální vzdálenost prutů [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	–
360	100	50	–

POZNÁMKY jsou vysvětleny v tabulce 7.2N

Tahové napětí ve výztuži:

$$\sigma_s = \frac{M_y}{I_y} \cdot z \cdot \alpha_c = \frac{0,040}{5,33 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,122 \cdot 6,56 = 6,01 \text{ MPa}$$

=> **Maximální průměr prutu je 25 mm. Maximální vzdálenost prutů je 200 mm.**

9 Závěr

Mostní objekt je navržen na zatížení dle ČSN EN 1991-2, s hodnotami regulačních součinitelů pro skupinu pozemních komunikací 1.

Nosná konstrukce vyhovuje z betonu třídy C30/37-XF4 vyztuženého výztuží B500B (10505(R)) dle kapitoly „Posouzení nosné konstrukce“.

Nosná konstrukce bude vyztužena betonářskou výztuží dle kapitoly 7.1.1. Smyková výztuž bude realizována sponami v počtu $4\phi R/m^2$.

Statickým výpočtem bylo prokázáno, že konstrukce je schopná přenést uvažované zatížení. Podrobný statický výpočet bude součástí realizační dokumentace stavby.



V Praze, srpen 2014

Ing. Lucie Hroudová