

Zadavatel:

Hexagon Technology, s.r.o.
Evropská 516/10
16000 Praha
IČ: 08722803

Statický výpočet
Přepočet ŽB konstrukce
Instalace FVE na střechu MŠ Příbyslav (č.p. 683)
Pavilón A-1 a C

Místo: Příbyslav
Vypracoval: Ing. Martin Jonáš
Kontroloval: Ing. Jan Zatloukal, Ph.D.
Datum: 8.11.2024

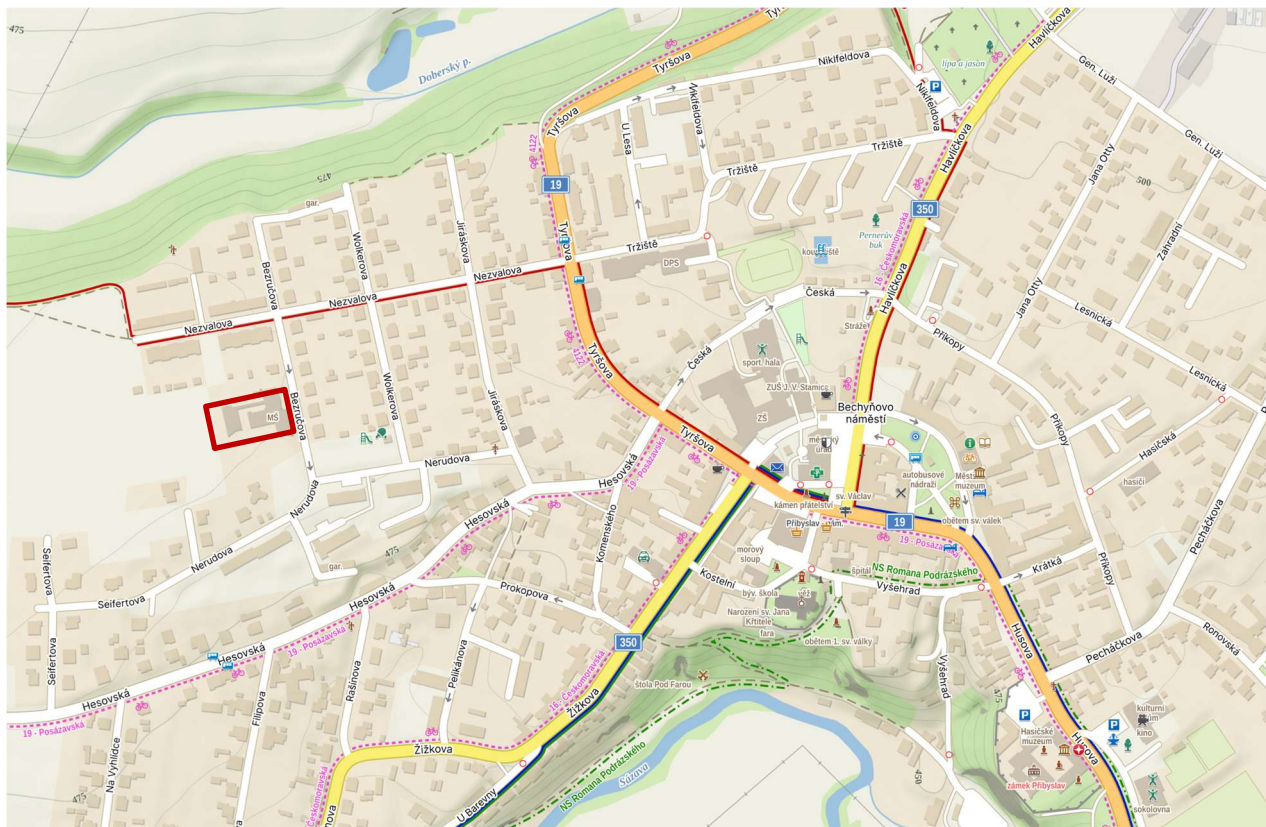


Počet stran: 20

1. Úvod

Dle požadavku zadavatele byl zpracován statický výpočet únosnosti stávajících přitěžovaných železobetonových konstrukcí. Objekt je posouzen ve stávajícím stavu na navrhované zatížení od fotovoltaických panelů o hodnotě max. 25 kgm^{-2} .

Výpočet je proveden v programu SCIA 24.1 a výstup je přiložen jako Příloha. Posudky prvků jsou uvedeny v tomto dokumentu.



Obr. 1 Poloha objektu.

2. Použité normy, podklady a software

- ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
- ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí
- Projektová dokumentace FVE od Hexagon Technology, s.r.o.
- SCIA Engineer 24.1
- MS Excel

3. Popis konstrukce a výpočetní model

Střecha pavilonu C je tvořena monolitickým trámovým stropem. FVE bude instalována pouze na východní části střechy. Modelována je tak pouze přitěžovaná část stropu. Ovlivnění zbylou částí je nahrazeno vhodně definovanými okrajovými podmínkami (zamezení rotací a/nebo posunů ve vybraných hranách).

Strop 2. NP pavilónu A-1 je z prefabrikovaných železobetonových dutinových panelů výšky 250 mm uložených na podélné zděné stěny z VPC. Podlaží je tvořeno dvěma poli o rozpětí 6,4 m a délce cca 24 m. Konkrétní specifikace panelů nebyla v dostupné dokumentaci nalezena. Byl využit předpoklad analogie stejných panelů na podobné konstrukci. Předpokládaná výztuž panelů je $\varnothing 16 \text{ mm @ } 200 \text{ mm}$, ocel 10 425 V. Dále je porovnáváno namáhání prvku ve stavu před a po montáži FVE. Výpočetní model představuje prostý nosník zatížený kritickou kombinací.

4. Zatížení

Na modelu jsou uvažovány následující zatěžovací stavy:

- Vlastní tíha
- Ostatné stálé
- Užiténé zatížení
- Užiténé zatížení – FVE
- Sníh
- Vítr

Jednotlivé hodnoty zatížení a kombinace jsou uvedeny v Příloze.

4.1 Klimatická zatížení

Zatížení větrem

Větrná oblast	II		
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} =$	25	m/s
Součinitel směru větru	$c_{dir} =$	1	
Součinitel období	$c_{season} =$	1	

Zatížení sněhem

Sněhová oblast	IV		
Charakt. hodnota zatížení sněhem	$s_k =$	2	kN/m ²
Sklon střechy	$\alpha =$	0	°
Tvarový součinitel	$\mu_i =$	0.80	
Součinitel expozice	$c_e =$	1	
Teplotní součinitel	$c_t =$	1	
Hodnota zatížení sněhem	$s = \mu_i \times c_e \times c_t \times s_k =$	1.600	kN/m ²

5. Pavilon C, posudky prvků

5.1 Deska

Ohybová výztuž dolní - Kladný moment směr X							
f_{yk}	490	MPa	f_{yd}	426.09	MPa	h	130 mm
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	1000 mm
M_{Ed}	6.13	kNm	A_c	130000	mm ²	x	9.64 mm
\emptyset	8	mm	$\emptyset_{podl.}$	0	mm	z	107.14 mm
n	6		d	111	mm	M_{Rd}	13.77 kNm
\acute{a}	167	mm	$A_{s,req}$	132	mm ²		
c	15	mm	$A_{s,prov}$	302	mm ²		

Návrh: $\emptyset 8$ mm á 166.667 mm						
M_{Ed}	6.13	kNm	<	M_{Rd}	13.77	kNm
Návrh vyhovuje.						

ξ	0.087	<	ξ_{max}	0.45	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0023	>	ρ_{min}	0.0013	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0023	<	ρ_{max}	0.04	Návrh vyhovuje.
d	167	<	d_{max}	300	Návrh vyhovuje.
d_s	159	>	d_{min}	27	Návrh vyhovuje.

Ohybová výztuž horní - Záporný moment směr X							
f_{yk}	490	MPa	f_{yd}	426.09	MPa	h	130 mm
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	1000 mm
M_{Ed}	6.32	kNm	A_c	130000	mm ²	x	8.03 mm
\emptyset	8	mm	$\emptyset_{podl.}$	0	mm	z	97.79 mm
n	5		d	101	mm	M_{Rd}	10.47 kNm
\acute{a}	200	mm	$A_{s,req}$	150	mm ²		
c	25	mm	$A_{s,prov}$	251	mm ²		

Návrh: $\emptyset 8$ mm á 200 mm						
M_{Ed}	6.32	kNm	<	M_{Rd}	10.47	kNm
Návrh vyhovuje.						

ξ	0.080	<	ξ_{max}	0.45	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0019	>	ρ_{min}	0.0013	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0019	<	ρ_{max}	0.04	Návrh vyhovuje.
d	200	<	d_{max}	300	Návrh vyhovuje.
d_s	192	>	d_{min}	27	Návrh vyhovuje.

Ohybová výztuž dolní - Kladný moment směr Y							
f_{yk}	490	MPa	f_{yd}	426.09	MPa	h	130 mm
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	1000 mm
M_{Ed}	7.69	kNm	A_c	130000	mm ²	x	6.43 mm
\emptyset	8	mm	$\emptyset_{podl.}$	8	mm	z	100.43 mm
n	4		d	103	mm	M_{Rd}	8.60 kNm
\acute{a}	250	mm	$A_{s,req}$	179	mm ²		
c	15	mm	$A_{s,prov}$	201	mm ²		

Návrh: \emptyset 8 mm á 250 mm						
M_{Ed}	7.69	kNm	<	M_{Rd}	8.60	kNm
						Návrh vyhovuje.

ξ	0.062	<	ξ_{max}	0.45	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0015	>	ρ_{min}	0.0013	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0015	<	ρ_{max}	0.04	Návrh vyhovuje.
d	250	<	d_{max}	300	Návrh vyhovuje.
d_s	242	>	d_{min}	27	Návrh vyhovuje.

Ohybová výztuž horní - Záporný moment směr Y							
f_{yk}	490	MPa	f_{yd}	426.09	MPa	h	130 mm
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	1000 mm
M_{Ed}	7.61	kNm	A_c	130000	mm ²	x	6.43 mm
\emptyset	8	mm	$\emptyset_{podl.}$	8	mm	z	90.43 mm
n	4		d	93	mm	M_{Rd}	7.75 kNm
\acute{a}	250	mm	$A_{s,req}$	197	mm ²		
c	25	mm	$A_{s,prov}$	201	mm ²		

Návrh: \emptyset 8 mm á 250 mm						
M_{Ed}	7.61	kNm	<	M_{Rd}	7.75	kNm
						Návrh vyhovuje.

ξ	0.069	<	ξ_{max}	0.45	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0015	>	ρ_{min}	0.0013	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0015	<	ρ_{max}	0.04	Návrh vyhovuje.
d	250	<	d_{max}	300	Návrh vyhovuje.
d_s	242	>	d_{min}	27	Návrh vyhovuje.

5.2 Trám stropu

Ohybová výztuž								
f_{yk}	490	MPa	f_{yd}	426.09	MPa	h	380	mm
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	250	mm
M_{Ed}	43.40	kNm	A_c	95000	mm ²	b_{eff}	510	mm
\emptyset	16	mm	\emptyset_{TR}	8	mm	x	62.99	mm
n	5		d	339	mm	z	313.80	mm
\acute{a}	46	mm	$A_{s,req}$	315	mm ²	M_{Rd}	134.42	kNm
c	25	mm	$A_{s,prov}$	1005	mm ²			

Návrh: 5ks \emptyset 16 mm á 46 mm						
M_{Ed}	43.40	kNm	<	M_{Rd}	134.42	kNm
						Návrh vyhovuje.

ξ	0.186	<	ξ_{max}	0.45	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0106	>	ρ_{min}	0.0013	Návrh vyhovuje.
ρ	0.0106	<	ρ_{max}	0.04	Návrh vyhovuje.
d	46	<	d_{max}	300	Návrh vyhovuje.
d_s	30	>	d_{min}	27	Návrh vyhovuje.

Rozdělovací výztuž								
$0.2 A_{s,ohyb}$	201.06	mm ²	\emptyset	0	mm	$A_{s,prov}$	0	mm ²
			n	1				
			\acute{a}	250	mm			
$A_{s,prov}$	0.00	mm ²	<	$0.2 A_{s,ohyb}$	201.06	mm ²	Nenavrženo.	

Smyková výztuž								
V_{Ed}	68.59	kN	f_{ywk}	490	MPa	v	0.54	
N_{Ed}	0	kN	f_{cd}	16.67	MPa	$C_{Rd,c}$	0.12	
$\cotg \theta$	1.5		f_{ywd}	426.09	MPa	k	1.768	
\emptyset_{sw}	8	mm	b_w	250	mm	v_{min}	0.411	
s	200	mm	z	313.80	mm	σ_{cp}	0.00	MPa
n	2		A_{sw}	100.53	mm ²			

Únosnost bez smykové výztuže						
V_{Ed}	68.59	kN	↓↓	$V_{Rd,c}$	0.01	kN
						Návrh třmínků.

Posouzení tlakové diagonály						
V_{Ed}	68.59	kN	<	$V_{Rd,max}$	325.87	kN
						Návrh vyhovuje.

Posouzení smykové výztuže						
Návrh: TŘ 2-střížný \emptyset 8 mm á 200 mm						
V_{Ed}	68.59	kN	<	$V_{Rd,s}$	100.81	kN
						Návrh vyhovuje.

ρ	0.002	>	$\rho_{sw,min}$	0.0008163	Návrh vyhovuje.
ρ	0.002	<	$\rho_{sw,max}$	0.011	Návrh vyhovuje.
s	200	<	s_{max}	400	Návrh vyhovuje.

6. Pavilon A-1

6.1 Zatížení

Stálé			g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]	
ZS1	Vlastní tíha panelu		3.70	1.35	5.00	
ZS2	Ostatné stálé		1.00	1.35	1.35	
Přeměnné			q_k [kN/m ²]	γ_Q	q_d [kN/m ²]	ψ_o
ZS3	Užitné	Střecha	0.75	1.5	1.13	0.7
ZS4	Užitné	FVE	0.25	1.5	0.38	0.7
ZS5	Sníh		1.60	1.5	2.40	0.5
ZS6	Vítr		0.29	1.5	0.44	0.6

Kombinace zatížení

- KZ 1 s FVE $1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,05 \cdot ZS3 + 1,05 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 0,9 \cdot ZS6$
- KZ 2 bez FVE $1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,05 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot ZS5 + 0,9 \cdot ZS6$

6.2 Vnitřní síly

KZ 1

$$f_d = 13,07 \text{ kN/m} \quad L = 6,4 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \times f_d \times L^2 = 1/8 \times 13,07 \times 6,4^2 = 66,92 \text{ kNm}$$

KZ 2

$$f_d = 12,81 \text{ kN/m} \quad L = 6,4 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \times f_d \times L^2 = 1/8 \times 12,81 \times 6,4^2 = 65,59 \text{ kNm}$$

6.3 Posouzení

Ohybová výztuž dolní – Kladný moment									
f_{yk}	410	MPa	f_{yd}	356.52	MPa	h	250	mm	
f_{ck}	25	MPa	f_{cd}	16.67	MPa	b	1000	mm	
M_{Ed}	66.92	kNm	A_c	250000	mm ²	x	26.88	mm	
\emptyset	16	mm	$\emptyset_{podl.}$	0	mm	z	216.25	mm	
n	5		d	227	mm	M_{Rd}	77.51	kNm	
\acute{a}	200	mm	$A_{s,req}$	862	mm ²				
c	15	mm	$A_{s,prov}$	1005	mm ²				

Návrh: $\emptyset 16 \text{ mm } \acute{a} 200 \text{ mm}$						
M_{Ed}	66.92	kNm	<	M_{Rd}	77.51	kNm
Návrh vyhovuje.						

V případě, že vyztužení neodpovídá předpokladu, byla dle ČSN 13 822 vyhodnocena bezpečnost konstrukce (dle článku 8.1).

8.1 Hodnocení bezpečnosti

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo v odůvodněných případech, když nebyly použity normy, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních postupů, lze považovat za bezpečné pro všechna zatížení kromě mimořádných (včetně seizmických) za předpokladu, že

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení nebo degradace;
- přezkoumá se konstrukční systém, prohlídnou kritické detaily a prověří se z hlediska přenosu napětí;
- konstrukce vykazuje uspokojivou způsobilost v průběhu dostatečně dlouhého časového období, ve kterém došlo v důsledku užívání a účinků prostředí k výskytu extrémně nepříznivých zatížení;
- predikovaná degradace s uvážením současného stavu a plánované údržby nemá vliv na trvanlivost; a
- po další plánované životnost konstrukce nenastanou změny, které by mohly významně zvýšit zatížení působící na konstrukci nebo ovlivnit její trvanlivost, a žádné takové změny nejsou očekávány.

$$M_{Ed,KZ1} = 66,92 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,KZ2} = 65,59 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,KZ1} / M_{Ed,KZ2} = 66,92 / 65,59 = 1,02 \quad \Rightarrow \quad 102 \% \text{ původního zatížení – zanedbatelná změna}$$

Všechny podmínky čl. 8.1 byly splněny, navýšení zatížení na konstrukci je pouze nepatrné, konstrukce tak vyhovuje instalaci FVE.

7. Závěr

Pro potřeby záměru instalace FVE (přetížení o hodnotě max. 25 kgm⁻²) na střešní konstrukci objektů mateřské školy v Příbyslavi byl zpracován přepočet únosnosti. V přepočtu únosnosti byly posouzeny vybrané rozhodující prvky nosné prvky konstrukce stropů. Konstrukce **VYHOVUJÍ** požadavkům na bezpečnost provozu.

V Praze dne 8.11.2024

Ing. Martin Jonáš

Ing. Jan Zatloukal, Ph.D.

Autorizovaný inženýr ČKAIT 0602804

Znalec v oboru stavebnictví MSP-88/2020-OINS-SZN/14

Experis DSKM, s.r.o. – Diagnostika, Statika, Konstrukce, Materiál

Vrátkovská 2057/9

Praha 10, 100 00