

Revitalizace střešního pláště na objektu MŠ Řezáčova, Brno - Komín

Statické posouzení návrhu nových skladeb

Zak.č. 20082

Statický posudek - revize 1

Investor: ÚMČ Brno - Komín
Vavřínecká 733/15
624 00 Brno - Komín

Objednatel: Buildigo s.r.o.
Legionářská 182/1
664 34 Kuřim

Vypracoval: Martin Libiger
Tábor 1275/35
616 00 Brno - Žabovřesky

V Brně v listopadu 2020

OBSAH

1.	ÚVOD	3
2.	PODKLADY A NORMY	3
2.1.	Použité podklady	3
2.2.	Použité normy	3
2.3.	Použité programy	3
3.	POPIS KONSTRUKCE	4
4.	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI STÁVAJÍCÍ ŽB STŘECHY	4
4.1.	Skladba střešního pláště a zatížení	4
4.2.	Posouzení střešních panelů	5
4.3.	Posouzení plochých průvlaků	8
4.4.	Posouzení ozubu v místě uložení panelu na průvlak	10
5.	ZÁVĚR	10

1. ÚVOD

Během srpna roku 2020 jsem byl kontaktován Ing. Bedřichem Horákem zastupujícím společnost Buildigo s.r.o. a požádán o vyhodnocení možnosti uložení nového vegetačního souvrství na stávající střechu objektu mateřské školy na ulici Řezáčova 3 v městské části Brno - Komín. Statický posudek je zpracován na základě doloženého stavebně technického průzkumu provedeného firmou Průzkumy staveb s.r.o. v srpnu roku 2020. Posudek řeší nosné betonové konstrukce prefabrikovaného skeletu dvoupodlažního objektu a má vyhodnotit, zda je tyto konstrukce možné doplnit novým vegetačním souvrstvím. Součástí posudku jsou střešní dutinové panely nad 2.np, dále ploché podélné průviaky střechy a prefabrikované sloupy ve 2.np. Stávající střecha je jednoplášťová plochá.

2. PODKLADY A NORMY

2.1. Použité podklady

- [1] Půdorys střechy a 2.np z původní výkresové dokumentace
- [2] Zpráva o provedení stavebně technického průzkumu objektu mateřské školy na ulici Řezáčova 3 v Brně, Průzkumy staveb s.r.o., Ing. Šponer, Ing. Ravčuk, Ing. Bernard, Ing. Kadlčík, srpen 2020

2.2. Použité normy

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
ČSN 73 0038 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

2.3. Použité programy

MS Office Excel 2013, výpočty a posudky konstrukcí dle EC a ČSN, Microsoft s.r.o.
MS Office Word 2013, textová část dokumentace, Microsoft s.r.o.

3. POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o samostatně stojící budovu, která je provozně propojena se sousedícím objektem kotelny. Objekt mateřské školy má dvě nadzemní podlaží, není podsklepen a je zakončen plochou střechou. Objekt je obdélníkového půdorysného tvaru o rozměrech 49,70 x 12,40 m.

Objekt je ze statického hlediska řešen jako podélný dvoutrakt. Svislé nosné konstrukce jsou provedeny z ŽB prefabrikovaných sloupů o rozměru 400 x 400 mm, v osových vzdálenostech v podélném směru 4800 mm a v příčném směru 6000 mm.

Vodorovné nosné konstrukce nad 2.NP (střešní konstrukce) jsou provedeny z podélných ŽB prefabrikovaných plochých průvlaků o spodní šířce 1200 mm a celkové výšce cca 250 mm. Mezi průvlaky jsou v příčném směru kladeny ŽB prefabrikované dutinové panely o šířce 1200 mm a výšce 215 mm

Původní střecha je provedena jako plochá vyspádovaná k vnitřním vtokům. Povrchová úprava je provedena z asfaltových pásů. V minulosti byla tato střecha doplněna o tepelnou izolaci s PVC folií.

Nosná konstrukce objektu je řešena jako ŽB prefabrikovaný skelet. ŽB prefabrikované sloupy jsou provedeny ve třech řadách (dvoutrakt). Na ně jsou uloženy v příčném směru ŽB prefabrikované ploché průvlaky. V podélném směru jsou mezi průvlaky kladeny ŽB prefabrikované dutinové panely.

4. POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI STÁVAJÍCÍ ŽB STŘECHY

4.1. Skladba střešního pláště a zatížení

Skladba střešního pláště ploché střechy dle [2] - sonda S1 - je následující:

STÁLÁ ZATÍŽENÍ, ČSN EN 1991-1-1	Stávající skladba střechy - dle sondy S1		
Skladba konstrukce	Tloušťka [mm]	Tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
hydroizolační fólie	-	-	- 0,10
expandovaný polystyren (EPS)	200	0,30	0,06 -
asfaltový hydroizolační pás	-	-	- 0,25
expandovaný polystyren (EPS)	50	0,30	0,02 -
beton protsý hutněný	40	24,00	0,96 -
heraklitová deska	50	4,50	0,23 -
cementový potěr	40	22,00	0,88 -
prefabrikované panely výšky 215 mm	-	-	- -
vápenocementová omítka	10	20,00	0,20 -
	celkem bez NK		2,690 kN/m²

Nové řešení uvažuje s uložením extenzivního vegetačního souvrství vázícího v nasyceném stavu max. 105 kg/m² na stávající střešní plášť:

STÁLÁ ZATÍŽENÍ, ČSN EN 1991-1-1	Doplněná skladba střechy		
Skladba konstrukce	Tloušťka [mm]	Tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
<i>vegetační souvrství extenzivní střechy (sat.)</i>	80	13,00	1,04 -
<i>hydroizolační fólie</i>	-	-	- 0,10
<i>expandovaný polystyren (EPS)</i>	200	0,30	0,06 -
<i>asfaltový hydroizolační pás</i>	-	-	- 0,25
<i>expandovaný polystyren (EPS)</i>	50	0,30	0,02 -
<i>beton protsý hutněný</i>	40	24,00	0,96 -
<i>heraklitová deska</i>	50	4,50	0,23 -
<i>cementový potěr</i>	40	22,00	0,88 -
prefabrikované panely výšky 215 mm	-	-	- -
<i>vápenocementová omítka</i>	10	20,00	0,20 -
	celkem bez NK		3,730 kN/m²

Střešní konstrukce **je přítěžována** – pro zjištění konkrétní únosnosti je třeba provést statické ověření. Střecha bude přístupná pouze pro revizi a nezbytné opravy.

4.2. Posouzení střešních panelů

Panely šířky 1,20 m a výšky 0,215 m jsou kladeny na rozpětí 6,00 m (osově) na ozub podélných průvlaků. Panely jsou vyztuženy šesti pruty průměru 10 a 12 mm z oceli 10 425 (V) při dolním okraji s krytím 20-25 mm. Pevnost betonu byla ověřena nedestruktivními zkouškami a beton byl zatížen jako C25/30 [2]. Panely jsou zatíženy pláštěm střechy.

Zatížení konstrukce			
Zatížení konstrukce	Působení	Intenzita zatížení	Kategorie
Zatížení skladbou	<i>šikmé</i>	3,730 kN/m²	-
Zatížení sněhem - II.oblast	<i>šikmé</i>	0,800 kN/m²	<i>sníh</i>

Výpočet vnitřních sil a deformací na prostě uloženém nosníku				
Prvek	1 x Železobetonový průřez			
Uložení	Prostě uložený nosník	Průřez[mm]	1200 x 215	
Materiál	C 20/25	EI =	2,98E+07 Nm ²	
Rozpětí	4,80 m	A =	2,58E-01 m ²	
Zatěžovací šířka	1,20 m	m =	4,193 kN/bm	
Zatížení: <i>Stálé, sup.</i>	<i>spojité zatížení centrické</i>		gk [kN/m]	4,193
Maximální moment	12,074	16,300 kNm	nk [kN/m]	0,000
Maximální posouvající síla	10,062	13,584 kN	délka [m]	4,80
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ξ	0,85
Max. průhyb neporušeného průřezu	0,97 mm			

Zatížení: <i>Stálé, sup.</i>	<i>spojité zatížení centrické</i>		gk [kN/m]	4,476
Maximální moment	12,891	17,403 kNm	nk [kN/m]	0,000
Maximální posouvající síla	10,742	14,502 kN	délka [m]	4,80
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ξ	0,85
Max. průhyb neporušeného průřezu	1,04 mm			
Zatížení: <i>Sníh</i>	<i>spojité zatížení centrické</i>		qk [kN/m]	0,960
Maximální moment	2,765	4,147 kNm	nk [kN/m]	0,000
Maximální posouvající síla	2,304	3,456 kN	délka [m]	4,80
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. Ψ_0	0,50
Max. průhyb neporušeného průřezu	0,22 mm		souč. Ψ_2	0,00

VNITŘNÍ SÍLY NA PRVKU, KOMBINACE								
Prvek, dx	Stav	maximální nahodilé	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
nosník, L=0	ULS	-	0,00	0,00	29,81	0	0,00	0,00
nosník, L/2	6.10a		0,00	0,00	0,00	0	35,78	0,00
nosník, L=0	ULS	<i>sníh</i>	0,00	0,00	27,33	0	0,00	0,00
nosník, L/2	6.10b		0,00	0,00	0,00	0	32,79	0,00

MSÚ DESKOVÉHO PRVKU, ČSN EN 1992				PREFABRIKOVANÉ STŘEŠNÍ PANELY				
BETON C 25/30		VÝZTUŽ diagram výztuže V 10 425 bez zpevnění		PRŮŘEZ		H [mm] = 215 B [mm] = 1200		
Pevnostní charakteristiky		Deformační charakteristiky		Součinitele materiálů				
f_{ck} =	25 MPa	E_{cm} =	31,0 GPa	α_{cc} =	1,00 -			
f_{ctm} =	2,6 MPa	$\epsilon_{cu,3}$ =	3,50 ‰	η =	0,90 -			
f_{yk} =	400 MPa	$\epsilon_{c,2}$ =	2,00 ‰	λ =	0,80 -			
f_{tk} =	460 MPa	E_s =	200 GPa	γ_{MC} =	1,50 -			
f_{cd} =	15,00 MPa	ϵ_y =	1,74 ‰	γ_{MY} =	1,15 -			
f_{yd} =	347,83 MPa	$\epsilon_{y,max}$ =	- ‰	norma:	ČSN EN 1992-1-1			
Návrh krytí výztuže								
	Prostředí	Kční třída	Krytí [mm]					
Horní okraj (+)	XC1	S3	-	Desková konstrukce	ano			
Dolní okraj (-)	XC1	S3	15	Zvýšená životnost (100 let)	ne			
Smyková výztuž	ne		-	Zvláštní kontrola kvality	ne			
Betonáž provedena	... do bednění		-	Obsah vzduchových pórů > 4%	ne			
				Maximální frakce kameniva [mm]	16			
Vyztužení prvku				Vnější výztuž ve směru osy x				
Směr	Výztuž	Φ [mm]	a [mm]	A_s [mm ²]	d [mm]	ϵ_s [‰]	z_c [mm]	m_{rd} [kNm/m]
x -	nosná	11	200	570	194,5	41,0	189	37,48
x +	-	-	-	0	-	-	-	0,00
y -	-	-	-	0	-	-	-	0,00
y +	-	-	-	0	-	-	-	0,00
Spony	Φ [mm]	s_x [mm]	s_y [mm]	A [mm ²]	úhel θ [°]	vrd,c [kN/m]		70,05
	-	-	-	-	35	...redukována únosnost dutinami		

Posouzení podélné a příčné ohybové výztuže						Posouzení únosnosti ve smyku		
Směr	m_{ed} [kNm/m]	$A_{s,min/max}$	$S_{s,min/max}$	Využití	Posouzení	$V_{ed,x}$ [kN/m]	$V_{ed,y}$ [kN/m]	V_{ed} [kN/m]
x -	35,78	ok / ok	ok / ok	95,4 %	OK	29,81	0,00	29,81
x +	0,00	- / -	-	0 %	OK	Únosnost bez smykové výztuže		
y -	0,00	- / -	-	0 %	OK	$S_{w,min}$	Využití	Posouzení
y +	0,00	- / -	-	0 %	OK	-	39,3 %	OK

MSP DESKOVÉHO PRVKU, ČSN EN 1992			PREFABRIKOVANÉ STŘEŠNÍ PANELY			
Vnitřní síly a deformace		Parametry dotvarování		Geometrie průřezu		
U _{k,kvazi} =	2,0 mm	t _g =	21 dní	Posouzení ve směru osy x		
U _{k,char} =	2,2 mm	t _{oo} =	18250 dní	Nadvýšení 0,0 mm		
M _{k,kvazi} =	24,965 kNm/m	RH =	50 %	Lx = 4,80 m		
M _{k,char} =	27,730 kNm/m	u ₀ =	1000 mm			
Moment setrvačnosti podle pružnosti			I = 9,94E-04 m ⁴			
Součinitel dotvarování podle kombinované teorie (ČSN EN 1992)			ϕ(t,t ₀) = 2,472 -			
Třída prostředí	XC1	Bez trhlin	Plně porušený průřez trhlinami			Jednotky
Speciální požadavky	-		bez dotvar.	s dotvarováním		
Doba zatížení		-	dlouhodobé	dlouhodobé	krátkodobé	-
Interpolační součinitel vlivu zatížení	β =	-	0,50	0,50	1,00	-
	E _{c,eff} =	-	31,00	8,93	9,61	GPa
Modul pružnosti betonu						
Moment setrvačnosti ideál. průřezu	I _{ir} =	9,95E-04	1,10E-04	3,15E-04	2,97E-04	m ⁴
Poloha n.o. v provozním stádiu	x =	108,7	31,6	54,6	52,9	mm
Kritický moment na mezi vzniku trhlin	M _{cr} =	24,352	14,112	16,133	15,968	kNm
Ohybová tuhost	B _i =	30,858	3,419	3,557	4,274	MN/m ²
Interpolační součinitel vlivu tuhosti	ξ _i =	-	1,000	0,791	0,668	-

MEZNÍ STAV PŘETVOŘENÍ	
Konečný průhyb desky s dotvarováním	OK
... vznik trhlin při dlouhodobém průhybu	
Konečný průhyb	U_{oo} = 19,0 mm
Limitní průhyb (L/250)	$U_{oo,lim}$ = 19,2 mm

Při posouzení na nové přetížení střešní panely **VÝHOVUJÍ** na mezní stav únosnosti i použitelnosti. Panely je možno přetížit lehkým vegetačním extenzivním souvrstvím. Rozhodujícím pro posudek je průhyb panelu.

4.3. Posouzení plochých průvlaků

Ploché průvlaky šířky 1,20 m a výšky 0,25 m jsou kladeny na rozpětí 4,80 m (osově) na prefabrikované železobetonové sloupy. Spojitost průvlaků nebyla ověřena. Lze předpokládat, že průvlaky budou kladeny s mezilehlými klouby v blízkosti podpor (Gerberův nosník) jako staticky určitá soustava nevynosující vodorovné reakce do vrcholů sloupů. Pro výpočet je zjednodušeně uvažováno s prostým uložením průvlaků. Průvlaky jsou vyztuženy dvěma pruty Ø12 při okrajích, dvanácti pruty Ø22 (J 10 335) při dolním okraji s krytím 10-15 mm. Pevnost betonu byla ověřena nedestruktivními zkouškami a beton byl zatřizen jako C16/20. [2]

Zatížení konstrukce			
Zatížení konstrukce	Působení	Intenzita zatížení	Kategorie
Zatížení skladbou (bez panelů)	šikmé	3,730 kN/m ²	-
Zatížení příčnými panely	průmět	4,193 kN/m ²	-
Zatížení sněhem	šikmé	0,800 kN/m ²	sníh

Výpočet vnitřních sil a deformací na prostě uloženém nosníku					
Železobetonový					
Prvek	1 x průřez				
Uložení	Spojitý gerberův nosník		Průřez[mm]	1100 x 250	
Materiál	C 16/20		EI =	4,15E+07 Nm ²	
Rozpětí	4,80 m		A =	2,88E-01 m ²	
Zatěžovací šířka	6,00 m		m =	7,188 kN/bm	
Zatížení: Stálé, sup.	spojité zatížení centrické		gk [kN/m]	7,188	
Maximální moment	20,700	27,945 kNm	nk [kN/m]	0,000	
Posouvající síla	14,203	19,173 kN	délka [m]	4,80	
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ξ	0,85	
Max. průhyb neporušeného průřezu	- mm				
Zatížení: Stálé, sup.	spojité zatížení centrické		gk [kN/m]	22,380	
Maximální moment	64,454	87,013 kNm	nk [kN/m]	0,000	
Posouvající síla	44,223	59,701 kN	délka [m]	4,80	
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ξ	0,85	
Max. průhyb neporušeného průřezu	- mm				
Zatížení: Stálé, sup.	spojité zatížení centrické		gk [kN/m]	20,126	
Maximální moment	57,964	78,251 kNm	nk [kN/m]	0,000	
Posouvající síla	39,770	53,689 kN	délka [m]	4,80	
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ξ	0,85	
Max. průhyb neporušeného průřezu	- mm				
Zatížení: Sníh	spojité zatížení centrické		qk [kN/m]	4,800	
Maximální moment	13,824	20,736 kNm	nk [kN/m]	0,000	
Posouvající síla	9,485	14,227 kN	délka [m]	4,80	
Maximální normálová síla	0,000	0,000 kN	souč. ψ0	0,50	
Max. průhyb neporušeného průřezu	- mm		souč. ψ2	0,00	

VNITŘNÍ SÍLY NA PRVKU, KOMBINACE								
Prvek, dx	Stav	maximální nahodilé	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
nosník, L=d	ULS	-	0,00	0,00	139,68	0	0,00	0,00
nosník, L/2	6.10a		0,00	0,00	0,00	0	203,58	0,00
nosník, L=d	ULS	sníh	0,00	0,00	126,91	0	0,00	0,00
nosník, L/2	6.10b		0,00	0,00	0,00	0	184,96	0,00

MSÚ DESKOVÉHO PRVKU, ČSN EN 1992					PREFABRIKOVANÝ STŘEDNÍ PRŮVLAK			
BETON C 16/20		VÝZTUŽ		diagram výztuže bez zpevnění		PRŮŘEZ		H [mm] = 250 B [mm] = 1100
		J 10 335						
Pevnostní charakteristiky			Deformační charakteristiky			Součinitele materiálů		
f _{ck} = 16 MPa		E _{cm} = 29,0 GPa		α _{cc} = 1,00 -				
f _{ctm} = 1,9 MPa		ε _{cu,3} = 3,50 ‰		η = 1,00 -				
f _{yk} = 330 MPa		ε _{c,2} = 2,00 ‰		λ = 0,80 -				
f _{tk} = 471 MPa		E _s = 200 GPa		γ _{MC} = 1,50 -				
f _{cd} = 10,67 MPa		ε _y = 1,43 ‰		γ _{MY} = 1,15 -				
f _{yd} = 286,96 MPa		ε _{y,max} = - ‰		norma: ČSN EN 1992-1-1				
Návrh krytí výztuže								
		Prostředí	Kčn	třída	Krytí [mm]			
Horní okraj (+)		XC1	S3	-	Desková konstrukce	ano		
Dolní okraj (-)		XC1	S3	15	Zvýšená životnost (100 let)	ne		
Smyková výztuž		ne		-	Zvláštní kontrola kvality	ne		
Betonáž provedena		... do bednění			Obsah vzduchových pórů > 4%	ne		
					Maximální frakce kameniva [mm]	16		
Vyztužení prvku						Vnější výztuž ve směru osy x		
Směr	Výztuž	Φ [mm]	á [mm]	A _s [mm ²]	d [mm]	ε _s [‰]	z _c [mm]	m _{rd} [kNm/m]
x -	nosná	22	91,7	4562	224	2,1	168	220,20
x +	-	-	-	0	-	-	-	0,00
y -	-	-	-	0	-	-	-	0,00
y +	-	-	-	0	-	-	-	0,00
Spony	Φ [mm]	s _x [mm]	s _y [mm]	A _{sw} [mm ²]	úhel θ [°]	vrd,c [kN/m]		177,93
					35			
Posouzení podélné a příčné ohybové výztuže						Posouzení únosnosti ve smyku		
Směr	m _{ed} [kNm/m]	A _{s,min/max}	S _{s,min/max}	Využití	Posouzení	V _{ed,x} [kN/m]	V _{ed,y} [kN/m]	V _{ed} [kN/m]
x -	203,58	ok / ok	ok / ok	92,5 %	OK	139,68	0,00	139,68
x +	0,00	- / -	-	0 %	OK	Únosnost bez smykové výztuže		
y -	0,00	- / -	-	0 %	OK	S _{w,min}	Využití	Posouzení
y +	0,00	- / -	-	0 %	OK	-	78,5 %	OK

Při posouzení na nové přitížení střední ploché průvlaky **VYHOVUJÍ** na mezní stav únosnosti. Střechu je možno přitížit lehkým vegetačním extenzivním souvrstvím.

4.4. Posouzení ozubu v místě uložení panelu na průvlak

ÚNOSNOST OZUBU V MÍSTĚ ULOŽENÍ PANELŮ NA PRŮVLAK

Návrhová reakce od uložení panelu	V_{ed} =	24,84 kN/bm		
Délka vyložení	a _x =	0,10 m		
Návrhový ohybový moment	M _{ed} =	1,15 kNm/m		
Návrhová posouvající síla	V _{ed} =	24,84 kN/m		
Výška ozubu	H =	0,100 m		
Součinitel výšky prvku	α _H =	1,5 -		
Třída betonu		C 16/20		
Návrhová pevnost betonu v tahu	f _{ctd} =	0,867 MPa		
Char. pevnost betonu v tlaku	f _{ctd} =	16,0 MPa		
Součinitel pevnosti v tahu	α _{ct} =	1,00 -		
Materiálový součinitel	γ _{MC} =	1,50 -		
Únosnost prostého betonu v ohybu	M_{rd} =	2,17 kNm/m	57,3%	VYHOVUJE
Minimální smyková pevnost	f _{cvd} = f _{ctd} =	0,867 MPa		
Smyková únosnost prostého betonu	V_{rd,c} =	86,67 kN/m	28,7%	VYHOVUJE

5. ZÁVĚR

Statický posudek řeší návrh uložení vegetačního souvrství na střechu mateřské školy na ulici Řeháčkova v Brně Komíně. Posouzení je provedeno pro prosté přetížení stávající skladby střechy lehkým vegetačním souvrstvím. Výpočtem je prokázáno, že **střechu lze přetěžovat skladbou do hmotnosti 105 kg/m²**. Z výsledků dále vyplývá, že střechu není možno využívat jako terasu, střecha tedy bude přístupná pouze pro revize a opravy.

Zpracoval: Ing. Martin Libiger

29. listopadu 2020 v Brně