

Statický výpočet kotvení

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Stavebník : VŠB – Technická univerzita Ostrava
17.listopadu 15/2172
708 33 Ostrava - Poruba

Akce : Zateplení budovy E kolejí

Stupeň : Dokumentace pro provedení stavby
Vypracoval : Ing. Foldyna David
Zakázkové číslo : 33/18
Číslo přílohy : 33/18 – D.1.2.a
Datum : 12/2018

Počet stran: 10

1. Úvod

1.1. Základní údaje

Předmětem tohoto statického výpočtu je posouzení kotvení zateplovacího systému do obvodového pláště a stabilizace nových vrstev střešního pláště.

Posouzení bylo zpracováno pro objekty C,D, E.

Objekty jsou postaveny dle typového podkladu technologie montovaného blokopanelu T0B - OS jako vícepodlažní panelové domy. Obvodové panely 2.-7. NP jsou z obvodových blokopanelů SPB 105 tl. 365mm.

Zateplení obvodového pláště bude provedeno kontaktním tepelně izolačním systémem ve skladbě : lepicí stěrková hmota – stabilizovaný samozhášivý pěnový polystyrén a minerální vlna tl. 160 mm +pojistné mechanické kotvení + tenkovrstvá omítka na přitmelené armovací tkanině.

Střecha bude zateplena izolací z desek stabilizovaného polystyrénu tl. 260 mm a bude položena nová hydroizolace. Konstrukce střechy bude přes separační textilií přitížena vrstvou kameniva tak, aby střešní konstrukce odolala účinkům sání větru

1.2. Použité normy a literatura:

- (1) ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí
- (2) ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro výpočet
- (3) ČSN 73 0033 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro zatížení a účinky
- (4) Montážní příručka DEK THERM – fasádní systém
- (5) Základní údaje pro projektování kontaktního zateplovacího systému TEXCOLOR

2. Posouzení kotvení zateplovacího systému

Kotvení je důležité z hlediska spolehlivé funkce fasádního systému zejména z následujících důvodů:

- Nosné upevnění zateplovacího systému k podkladům bez požadované přídržnosti (všechny starší podklady; nové podklady; podklady s nižší přídržností než je požadovaná; podklady bez prokázané přídržnosti lepicí hmoty, všechny nové podklady kromě cihelného zdiva).
- Zabránění výraznému vlivu termických změn tepelné izolace na základní vrstvu a celkový vzhled zateplovacího systému. Zateplovací systémy z pěnového polystyrénu a desek z minerálních vláken se obvykle kotví před realizací základní vrstvy. Lamely z minerálních vláken je možné kotvit i po realizaci základní vrstvy (cca do 0,5 hod po nanesení tmelu).

Obecné zásady kotvení tepelné izolace

- Kotvení se provádí fasádními hmoždinkami s talířovou hlavou (EJOT, BRAVOLL a KOELNER).
- Kotvení fasádního systému talířovými hmoždinkami se provádí po zatvrdnutí lepicí hmoty, technologická přestávka zpravidla činí nejméně 24 hodin.
- Při kotvení je nutné pamatovat na to, aby hmoždinka byla umístěna v místě, kde je na rubu desky lepicí tmel.
- Hloubka vrtání by měla být nejméně o 10 mm větší než kotevní hloubka, aby hmoždinky bylo možné dostatečně zatlačit do otvoru.
- Při vrtání do dutinových cihel a pórobetonu nelze použít přiklep.
- Pro vrtání se používá vrták o průměru 8 mm, pouze pro některé typy hmoždinek KOELNER vrták o průměru 10 mm.
- Špatně osazená hmoždinka - např. zdeformovaná během montáže, osazená s hlavou nad tepelným izolantem nebo nedržící v podkladu se odstraní (pokud nevede v realizaci dalších vrstev může se hmoždinka ponechat) a cca ve vzdálenosti 100 mm se osadí nová hmoždinka.
- Hlava hmoždinky má být těsně pod úrovní povrchu tepelné izolace tak, aby nezeslabovala nebo nezesilovala základní vrstvu.

Volba typu kotevní hmoždinky

Volba typu hmoždinky závisí na druhu podkladní konstrukce, použité tepelné izolace, hmotnosti zateplovacího systému a požadavcích z hlediska požární bezpečnosti. Při kotvení fasádního systému do hmotnosti 10 kg/m^2 se používají hmoždinky s plastovým trnem, nad 10 kg/m^2 a do 25 kg/m^2 hmoždinky s ocelovým trnem případně šroubem. Kotevní prvky s ocelovým trnem je dále nutno použít vždy v případě realizace zateplovacího systému v oblasti požárních pásů novostaveb a pro kotvení systému na konstrukce ohraničující požární úseky s výškovou polohou $h_p > 22,5 \text{ m}$. Při kotvení je nutné dodržet požadovanou kotevní hloubku.

Kotevní hloubka vymezuje ukotvení hmoždinky v únosném materiálu, do kotevní hloubky nelze například započítat tloušťku starých omítek apod.

2.1. Vstupní údaje:

typ a tloušťka izolantu na ploše stěny:	EPS-F tl. 160 mm min. vlna tl. 160 mm
druh podkladu:	SPB 105 (pórobeton)
příklad typu kotvy:	STR U
minimální délka kotvy:	$10 + 160 + 20 + 65 = 255 \text{ mm}$
minimální únosnost kotvy na vytažení:	$U_{1,\min} = 0,25 \text{ kN}$

rozměry budovy:

(tato hodnota návrhové únosnosti kotevního prvku je orientační, je nutno vždy provést na stavbě výtažné zkoušky a stanovit návrhovou únosnost hmoždinky)

šířka $b = 16,75 \text{ m}$

délka $l = 2 \times 37,125 \text{ m}$

výška $h = 23,8 \text{ m}$ (budova bloku C, D)

výška $h = 28,0 \text{ m}$ (střešní nástavba bloku C, D)

výška $h = 27,1 \text{ m}$ (budova bloku E)

výška $h = 31,0 \text{ m}$ (střešní nástavba bloku E)

2.2. Statické zatížení větrem:

místo stavby:

Ostrava - Poruba

větrová oblast podle (1), př. 1:

III

základní tlak větru podle (1), čl. 166:

 $w_0 = 0,45 \text{ kN/m}^2$

úprava tlaku větru podle (1), čl. 167:

0%

typ terénu podle (1), čl. 169:

A

součinitel zatížení podle (1), čl. 162:

 $\gamma_f = 1,2$

poměr h / b pro určení tvar. součinitele:

 $h / b = 1,42 < 1,5$

tvarový souč. podle (1), čl. 173 c) a tab 23.3:

sání na obvodové stěny: $C_l = -0,8$

sání na nároží: $C_l = -1,2$

šířka nároží podle (1), tab 23.3:

 $d = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 23,8 = 2,38 \text{ m} > 1,0 \text{ m}$

sání větru:

 $w = \gamma_f \cdot w_0 \cdot K_w \cdot C_l$

2.3. Návrh minimálního počtu kotev na 1 m^2 :

min. počet kotev:

 $n = w / U_{1,\min}$

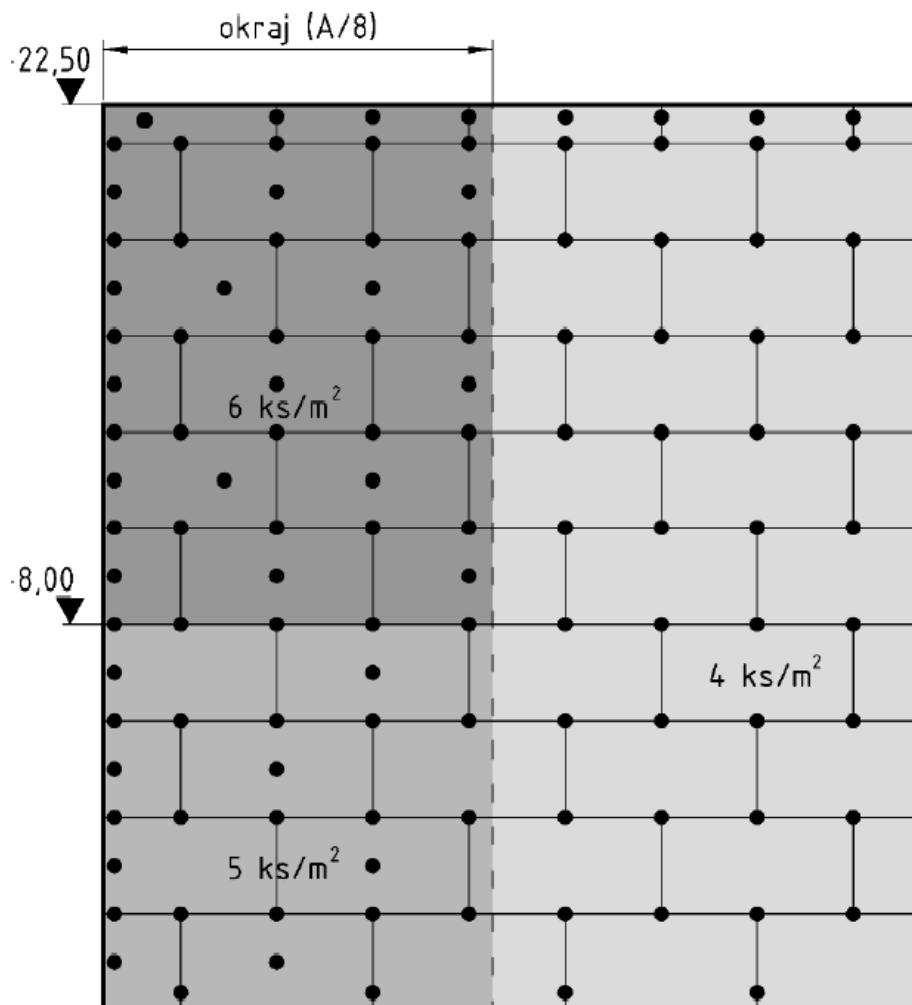
stěna	K_w	$w \text{ (kN/m}^2\text{)}$	n	nároží	$w \text{ (kN/m}^2\text{)}$	n
výška do 10,0 m	1,00	0,43	1,7	výška do 10,0 m	0,65	2,6
výška do 20,0 m	1,20	0,52	2,1	výška do 20,0 m	0,78	3,1
výška do 30,0 m	1,33	0,57	2,3	výška do 30,0 m	0,86	3,4

2.4. Posouzení kotvení:

Kotvení zateplovacího systému se vždy provádí podle technologických postupů konkrétního zateplovacího systému. Je zřejmé, že počet kotev je vždy vyšší, než minimální podle výše uvedeného výpočtu. Kotvení je navrženo s uvážením bezpečnostního součinitele a na základě dlouhodobých zkušeností a zkoušek jednotlivých dodavatelů zateplovacích systémů.

2.5. Příklad kotvení desek EPS podle (5)

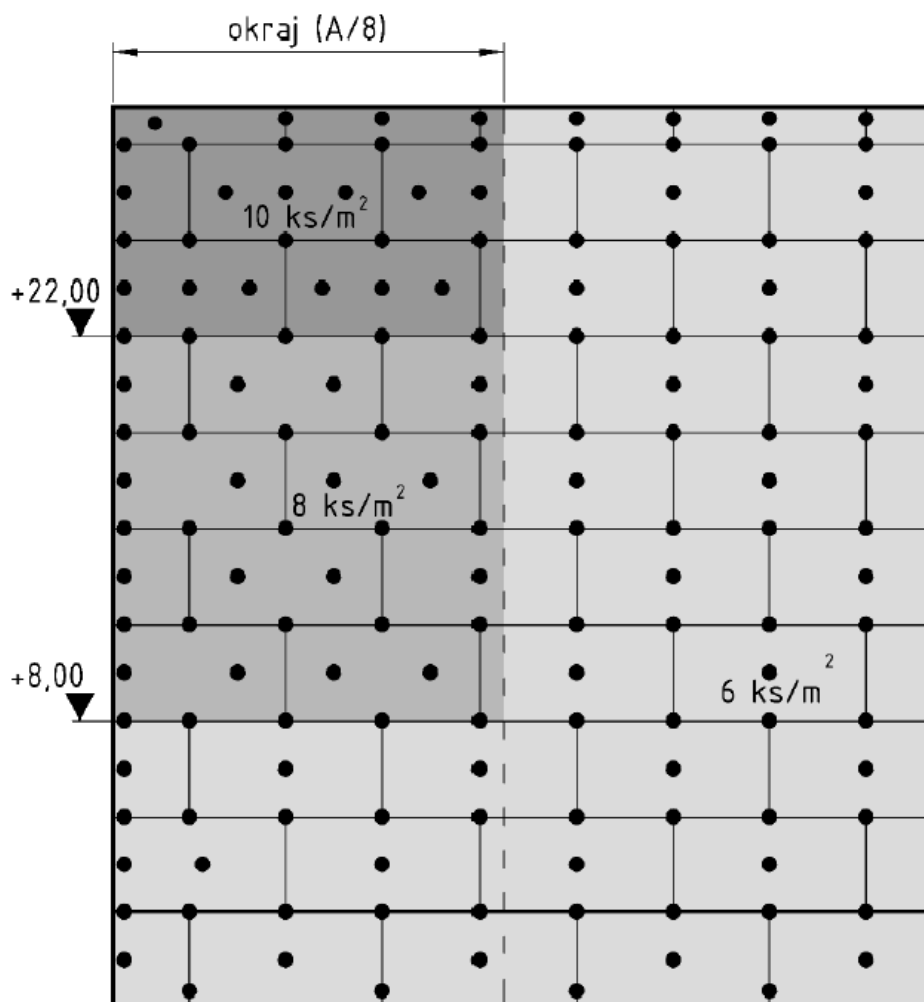
V ploše stěny se desky EPS-F kotví čtyřmi hmoždinkami na 1 m^2 . Na nárožích je nutné použít vyšší počet hmoždinek. Příklad řešení je patrný z obrázku.



A = rozměr užší strany budovy (min. 1 m, max. 2 m)

2.6. Příklad kotvení desek z min. vláken podle (5)

Desky z minerálních vláken s podélně orientovaným vláknem vyžadují vyšší počet hmoždinek než desky EPS. V ploše budovy se fasádní systém kotví šesti hmoždinkami na 1 m^2 . Na nárožích je počet hmoždinek v závislosti na výšce objektu $6 - 10 \text{ ks/m}^2$. Příklad řešení je patrný z obrázku.



A = rozměr užší strany budovy (min. 1 m, max. 2 m)

Desky s kolmo orientovaným vláknem se celoplošně lepí. Dodatečné kotvení se provádí od výšky 20,0 m, do plochy se umístí 4 hmoždinky na 1 m^2 a 8 ks v rozích.

3. Posouzení stability krytiny

destabilizující síla - statické zatížení větrem:

sání větru:	$w_s = w_0 \cdot K_w \cdot C_l$
součinitel výšky podle (1), tab.19:	$K_w = (h / 10)^{0,26} = 1,31$
součinitel návrhové situace:	$\gamma_{sit} = 1,0$ - čl. P1.1 (2)
součinitel spolehlivosti zatížení:	$\gamma_f = 1,2$ - čl. 162 (1)
součinitel účelu:	$\gamma_n = 1,0$ - tab. 3, ř. 3 (2)
extremní hodnota destabilizujících sil:	$V_u = \gamma_{sit} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot w_s$

tvarová součinitele:

střecha nástavby	
výška střechy nástavby	$h = 28,0$ m (blok C, D), 31,0 m (blok E)
rozměr nástavby	$b = 10,4$ m
tvar. souč. podle (1), čl.173 c) a tab 23.6:	$C_l = -3,5$
roh střechy	
výška střechy	$h = 23,8$ m (blok C, D), 27,1 m (blok E)
tvar. souč. podle (1), čl.173 c) a tab 23.5:	sání na roh: $C_l = -3,0$
rozměry rohu	$d = 0,1 \cdot 16,75 = 1,7$ m
okraj střechy	
výška střechy	$h = 23,8$ m (blok C, D), 27,1 m (blok E)
tvar. souč. podle (1), čl.173 c) a tab 23.5:	$C_l = -2,0$
rozměry okraje:	$d = 1,7$ m
okraj střechy vedle nástavby	
výška střechy	$h = 23,8$ m (blok C, D), 27,1 m (blok E)
tvar.souč. podle (1), čl.173 c) a tab 20.5:	$C_l = -1,2$
rozměry okraje:	$d = 0,1 \cdot 10,4 = 1,0$ m
střed střechy	
výška střechy	$h = 23,8$ m (blok C, D), 27,1 m (blok E)
tvar.souč. podle (1), čl.173 c) a tab 20.5:	$C_l = -1,0$

stabilizující síla - stálé a dlouhodobé zatížení:

vlastní tíha nové střešní krytiny

konstrukce	tl (mm)	γ (kN/m ³)	g^s (kN/m ²)
2x modif. asf. pás			0,10
EPS tl. 260 mm	260	0,2	0,05
celkem			0,15

pro stabilizaci krytiny se uvažuje sypaný štěrk o výšce vrstvy v (mm) a o objemové hmotnosti $\gamma = 15$ kN/m³

stabilizující plošné zatížení:	$p = v \cdot \gamma$ kN/m ²
součinitel stability polohy:	$\gamma_{stp} = 1,0$ - tab. 4, ř. 4 (2)
součinitel spolehlivosti zatížení:	$\gamma_f = 0,9$ - tab. 1, ř. 1 (1)
extremní hodnota stabilizujících sil:	$V_d = \gamma_{stp} \cdot \gamma_f \cdot (p + 0,15)$ kN

plocha	blok	h (m)	κ_w	C_i	ω (kN/m ²)	V_u (kN/m ²)	v (mm)	p (kN/m ²)	V_d (kN/m ²)
střecha nástavby	C, D	28,00	1,31	3,50	2,06	2,47	180	2,70	2,57
střecha nástavby	E	31,00	1,34	3,50	2,11	2,54	180	2,70	2,57
roh střechy	C, D	23,80	1,25	3,00	1,69	2,03	150	2,25	2,16
roh střechy	E	27,10	1,30	3,00	1,75	2,10	150	2,25	2,16
okraj střechy	C, D	23,80	1,25	2,00	1,13	1,35	95	1,43	1,42
okraj střechy	E	27,10	1,30	2,00	1,17	1,40	100	1,50	1,49
okraj vedle nástavby	C, D	23,80	1,25	1,20	0,68	0,81	50	0,75	0,81
okraj vedle nástavby	E	27,10	1,30	1,20	0,70	0,84	55	0,83	0,88
střed střechy	C, D	23,80	1,25	1,00	0,56	0,68	50	0,75	0,81
střed střechy	E	27,10	1,30	1,00	0,58	0,70	50	0,75	0,81

Podmínka spolehlivosti: $V_u < V_d$ je splněna

4. Posouzení přetížení střešní konstrukce

stávající zatížení

dlouhodobé zatížení:

konstrukce	tl (mm)	γ (kN/m ³)	g^s (kN/m ²)	γ_f	g^d (kN/m ²)
hydroizolace - 2x asf. pás	10		0,10	1,20	0,12
tep. izolace - Polsid	50	0,2	0,01	1,20	0,01
Heraklit	25	7,0	0,18	1,20	0,21
struskový násyp 50 - 350 mm	200	9,0	1,80	1,30	2,34
železobetonový dutinový panel	215		3,00	1,10	3,30
vápenocementová omítka	10	18,0	0,18	1,30	0,23
celkem			5,27		6,22

krátkodobé zatížení:

sníh na 1 m² střechy o sklonu 0°

Ostrava – podle mapy sněhových oblastí ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006 - sněhová oblast č.

II - charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 1,0$ kN/m², součinitel expozice $C_e = 1,0$,

tepelný součinitel $C_t = 1,0$, $\gamma_{fs} = 1,5$

součinitel tvaru střechy $\mu = 0,8$

zatížení sněhem na střeše: $s_s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8$ kN/m²

$s_d = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2$ kN/m²

nové zatížení

dlouhodobé zatížení - střecha:

průměrná výška stabilizujícího násypu

celková plocha střechy bez nástavby: $16,75 \cdot 37,125 - 10,4 \cdot 12,5 = 491,8$ m²

plocha okrajů střechy: $((16,75 + 37,125) \cdot 2 - 10,4 - 12,5 - 3 \cdot 1,7) \cdot 1,7 = 135,6$ m²

plocha rohů střechy: $3 \cdot 1,7 \cdot 1,7 = 8,7$ m²

plocha okrajů kolem nástavby: $(10,4 + 12,5 - 2 \cdot 1,7) \cdot 1,0 = 19,5$ m²

plocha středu střechy: $491,8 - 135,6 - 8,7 - 19,5 = 328,0$ m²

průměrná výšky násypu: $(328,0 \cdot 50 + 135,6 \cdot 100 + 8,7 \cdot 150 + 19,5 \cdot 55) / 491,8 = 66$ mm

konstrukce	tl (mm)	γ (kN/m ³)	g^s (kN/m ²)	γ_f	g^d (kN/m ²)
2x modif. asf. pás			0,10	1,20	0,12
EPS tl. 260 mm	260	0,2	0,05	1,20	0,06
stabilizační štěrkový násyp	66	15,0	0,99	1,30	1,29
celkem			1,14		1,47

dlouhodobé zatížení - nástavba:

konstrukce	tl (mm)	γ (kN/m ³)	g^s (kN/m ²)	γ_f	g^d (kN/m ²)
2x modif. asf. pás			0,10	1,20	0,12
EPS tl. 260 mm	260	0,2	0,05	1,20	0,06
stabilizační štěrkový násyp	180	15,0	2,70	1,30	3,51
celkem			2,85		3,69

krátkodobé zatížení:

zatížení sněhem na střeše:

$$s_s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$s_d = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Výsledné relativní přetížení

střecha - celkové zatížení:

pro provozní hodnoty zatížení: $\Delta P^s = 100 \cdot (1,14 + 0,8) / (5,27 + 0,8) = 32,0\%$

pro extrémní hodnoty zatížení: $\Delta P^d = 100 \cdot (1,47 + 1,2) / (6,22 + 1,2) = 36,0\%$

nástavba - celkové zatížení:

pro provozní hodnoty zatížení: $\Delta P^s = 100 \cdot (2,85 + 0,8) / (5,27 + 0,8) = 60,0\%$

pro extrémní hodnoty zatížení: $\Delta P^d = 100 \cdot (3,69 + 1,2) / (6,22 + 1,2) = 65,7\%$

Při extrémním zatížení je přetížení stabilizační štěrkovou vrstvou 36% u střechy a 65,7% u nástavby, což je hodnota, při které je již nutno provést nové dimenzování konstrukce a její posouzení podle mezního stavu únosnosti a použitelnosti.

podle části původní dokumentace jsou stropní konstrukce nad posledním podlažím tvořeny stropními panely PZD 1/24 a PZD 2/24 o rozměrech 5290 x 990 resp. 5290 x 490 mm a tl. 215 mm. Jedná se o železobetonové dutinové nepředpjaté panely, které byly vyráběny v Prefa Olomouc n.p. podle výrobního katalogu (M. Rochla, Stavební tabulky z r. 1980) jsou pro tyto panely uvedeny následující statické hodnoty:

 $q_{n,dov} = 7,85 \text{ kN/m}$ resp. $5,69 \text{ kN/m}$ (dovolené zatížení použité při výpočtu návrhového momentu zmenšené o vlastní hmotnost prvku = $3,3 \text{ kN/m}^2$)

 $M_n = 37,510 \text{ kNm}$ resp. $24,703 \text{ kNm}$ (návrhový moment od návrhového zatížení včetně vlastní hmotnosti prvku)

posouzení:

panely PZD 1/24

$$q_n = 6,22 - 3,30 + 1,47 + 1,2 = 5,59 \text{ kN/m} < q_{n,dov} = 7,85 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot (6,22 + 1,47 + 1,2) \cdot 5,19^2 = 29,88 \text{ kNm} < M_n = 37,51 \text{ kNm}$$

panely PZD 2/24

$$q_n = 0,5 \cdot (6,22 - 3,30 + 1,47 + 1,2) = 2,80 \text{ kN/m} < q_{n,dov} = 5,69 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot 0,5 \cdot (6,22 + 1,47 + 1,2) \cdot 5,19^2 = 14,94 \text{ kNm} < M_n = 24,70 \text{ kNm}$$

Je zřejmé, že stropní panely na posledním nadzemním podlažím vyhoví při přitížení stabilizační šterkovou vrstvou.

Protože však není k dispozici celá původní dokumentace objektu, pro posouzení je nutno provést stavebně technický průzkum všech částí střešní nosné konstrukce (atypické střešní panely, průvlaky, stropní panely nad nástavbami), určit množství a kvalitu výztuže prvků a provést jejich dimenzování. Je možné, že rezerva v únosnosti použitých prvků konstrukce – zejména u nástaveb nepokryje značné zvýšení zatížení, které činí 36,0 – 65,9% (při objemové hmotnosti struskového násypu max. 900 kg/m³ – nutno ověřit).

Z tohoto důvodu a s ohledem na velkou plochu střech (a nutné množství šterku) navrhuji provést kotvení střešní krytiny mechanicky pomocí kotev dimenzovaných na výše vypočítaná zatížení. Kotvy by bylo nutno zakotvit přes všechny vrstvy až do střešního panelu a jejich únosnost ověřit zkouškami.

Další alternativou je lepení nových vrstev na stabilní podklad. Stabilita stávajících vrstev by byla ověřena zkouškami.