

## TECHNICKÉ NOVINKY U TENKOSTĚNNÝCH PROFILŮ

Tenkostěnné plošné profily (trapézové a vlnité plechy, kazetové profily) jsou již nedílnou součástí většiny staveb průmyslových, občanských, sportovních..., jejichž nosnou konstrukci tvoří ocel a beton, případně vhodná kombinace prvků z obou těchto materiálů. Na plech jsou kladeny stále vyšší nároky. Například na základní materiál ke tvarování do profilů. Vznikají tak složitější tvary profilů s množstvím výtuh tak, aby výpočtový efektivní průřez byl hodně blízký plnému průřezu.

Tenkostěnné profily nejsou již jen pasivními prvky opláštění, ale ve statickém pojetí stavby je lze zakomponovat do celkového nosného systému, především využitím jejich plošné tuhosti, nebo přesným výpočtem jejich nosnosti nahradit dříve běžně používané liniové prvky – vaznice, paždíky. Vznikly tak dnes velmi rozšířené samonosné velkorozponové střešní pláště na rozpětí 6,0 až 9,0 m a stále velice populární samonosné kazetové stěny, které nejenže nepotřebují paždíky, ale veškeré další pomocné nosné prvky kolem oken, dveří a menších prostupů jsou schopny skrýt uvnitř pláště a vytvořit tak hladký vnitřní povrch stěny. Právě proto, že tenkostěnné plošné profily „dostávají“ stále větší úkoly jako součást nosného systému objektu, přicházejí souběžně s tím stále větší požadavky na životnost (tedy vyšší kvalitu povrchových úprav), požární odolnost a další stavebně-fyzikální nároky jako např. vyšší akustické parametry.

### POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Přestože trh stavebních materiálů je nekompromisní k cenám jednotlivých komponentů staveb (hlad po nejlevnějším řešení dodávky je stále silnější), měli by především projektanti, zástupci dodavatelů stavebních prací spolu se zástupci dodavatelů stavebních materiálů umět přesvědčovat investory o vlastnostech stavebních materiálů s vyšší užitnou hodnotou. Levné řešení v okamžiku

realizace stavby nemusí být nejlevnějším v horizontu 10 až 15 let během životnosti stavby. Nejlepším argumentem pro efektivní a ekonomicky odůvodněnou aplikaci určitého technického řešení je vždy znalost daného materiálu v kontextu s jiným řešením.

Takovým dobrým příkladem je volba mezi různými typy povrchové úpravy tenkostěnných profilů. Na trh přicházejí nové a kvalitnější povrchové úpravy žárově zinkovaných pásů, které se používají pro výrobu trapézových plechů. Dnes je stále nejrozšířenější povrchovou úpravou (a cenově nejvýhodnější) organický povlak polyesterem v tloušťkách 12 až 15  $\mu\text{m}$  (interiérové použití) a 25  $\mu\text{m}$  pro vnější použití. Výrobci však nabízejí další a nové povlaky, o jejichž vlastnostech, výhodách, ale i cenách nejlépe hovoří tabulka 1.

### NOVÉ MATERIÁLY

#### Armatec® 35/50

je 35/50  $\mu\text{m}$  polyesterový povlak s prodlouženou životností a odolností proti poškrábání, speciálně vyvinutý pro případy, kdy běžný polyester 25  $\mu\text{m}$  již nestačí (studené střešní pláště, střešní panely nebo stěnové opláštění v pobřežních oblastech).

#### Armatone®

je 50  $\mu\text{m}$  polyuretanový povlak se zvýšenou odolností proti poškrábání a excelentní barevnou stálostí.

#### Armatone® Metallic

je stejná povrchová úprava, ale v metalických odstínech.

#### HPS 200®

již není novinkou, ale pro úplnost uvedené řady představuje ve většině parametrů nejvyšší řešení s maximální trvanlivostí, stálostí barev i lesku.

### POŽÁRNÍ ODOLNOST

Trapézové plechy pro střešní pláště se v našich klimatických podmínkách navrhuji pro rozpětí do 9,0 m. Stále častěji je na konkrétních projektech vyžadována požární odolnost těchto pláštů a její doložení. Požární spolehlivost se prověřuje experimenty, které jsou zaměřeny nejen na stanovení únosnosti  $R(t)$ , ale především celistvosti konstrukce  $I(t)$  a teploty na neohřívané straně  $E(t)$ . Zkouší se při mechanickém zatížení, odpovídajícím mimořádné situaci, a při zatížení teplotou podle zkušební teplotní křivky. O spolehlivosti ocelových konstrukcí za mimořádné situace rozhoduje kvalita přípojů, které jsou při požáru namáhány silami od protažení/zkrácení konstrukce a jsou ovlivněny degradací materiálu spojovacích prostředků.

Firma Kovové profily realizovala v uplynulých třech letech sérii zkoušek vysokých trapézových profilů na různá rozpětí a v několika typech skladby střešního pláště.

Tabulka č. 1

Materiál:	Interiér. PES	Polyester	PVDF	Armatec
Tloušťka v $\mu\text{m}$	15	25	25	35
Lesk (60 °)	10–90 %	10–90 %	10–35 %	30–50 %
Min. ohyb	4–5 T	2–4 T	2 T	1,5 T
Korozní odolnost	4	3	3	2/3
Trvalá tepel. odolnost	90 °C	90 °C	100 °C	90 °C
Odolnost UV záření	3	2	1	2
Odolnost proti poškrábání	4	3	3	2
Odolnost anorganickým/organickým chemikáliím	3/3	2/2–3	1/2	2/2
Max. garance (roky)	–	–	5	10
Cena (polyester 25 $\mu\text{m}$ = 100)	93	100	118	106

Materiál:	Armatec 50	Armatone	Armatone Metallic	Plastisol HPS 200
Tloušťka v $\mu\text{m}$	50	50	50	200
Lesk (60 °)	30–50 %	15–40 %	15–40 %	20–40 %
Min. ohyb	1 T	0,5 T	0,5 T	0 T
Korozní odolnost	2	2	2	1
Trvalá tepel. odolnost	90 °C	120 °C	120 °C	60 °C
Odolnost UV záření	2	1	1	2/3
Odolnost proti poškrábání	2	2	2	1
Odolnost anorganickým/organickým chemikáliím	2/2	1/1	1/1	1/3
Max. garance (roky)	15	15	15	30
Cena (polyester 25 $\mu\text{m}$ = 100)	118	kalkulace	kalkulace	118

Hodnotící stupně: 1 – velmi dobrý, 2 – dobrý, 3 – vyhovující, 4 – nevyhovující

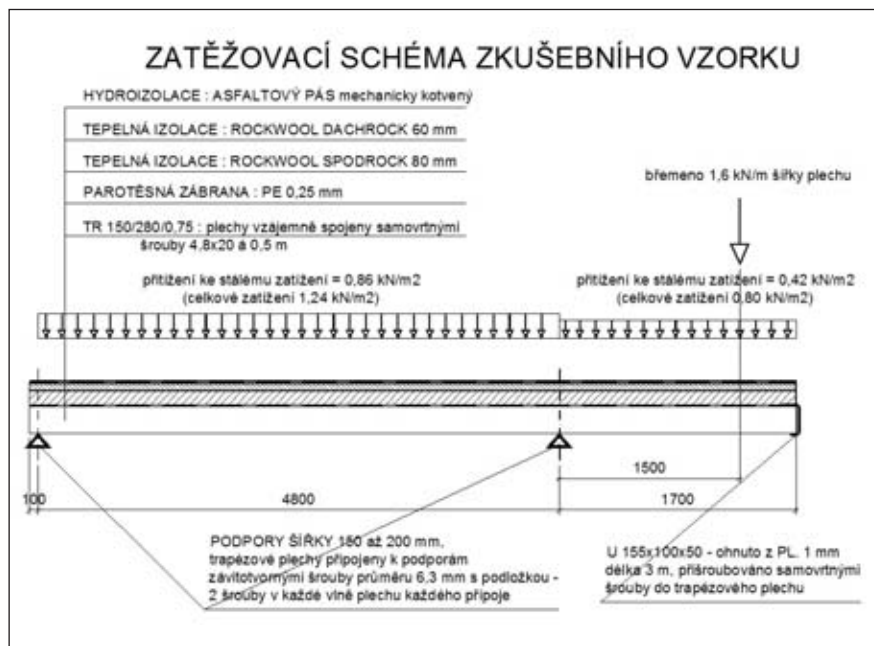
Zkoušky se uskutečnily podle již platných evropských norem:

- ČSN EN 1363-1 Zkoušení požární odolnosti – Část 1: Základní požadavky,
- ČSN EN 1365-2 Zkoušení požární odolnosti nosných prvků – Část 2: Stropy a střechy.

Většina případů použití vysokých trapézových plechů v praxi předpokládá pro plech nejvýhodnější uspořádání – spojitý nosník o dvou polích. Proto také volba zkušebního modelu byla vedena snahou zahrnout vliv koncentrace namáhání v plechu nad podporou. Byl použit model nosníku s převislým koncem, kdy volba délky konzoly a přitížení jejího konce vyvolaly stejnou kombinaci ohybového momentu a posouvající síly jako na klasickém spojitým nosníku o dvou polích. Celý vzorek byl připevněn do speciálního ocelového rámu samovrtnými (u prvních zkoušek), resp. závitovými šrouby s podložkou. U zkoušek se vědomě využívalo membránového působení, které odpovídá skutečnému chování ohřátého trapézového plechu. Pro zachycení membránových sil je nutno vyššího počtu šroubů než pro klasické namáhání plechu. Byl ověřen optimální stav – 2 ks šroubů do každé vlny. Zkouška potvrdila dostatečnost tohoto připojení – nikdy nedošlo k porušení šroubového připoje.

Experimenty byly ukončeny po dosažení normových kritérií únosnosti. Nikdy však nedošlo ke zhroucení konstrukce, vždy rozhodovala kritéria podle ČSN EN – překročení absolutní deformace, případně rychlosti přírůstku deformace. Z deformačních kritérií se následně vypočítávají maximální vnitřní síly na mezi únosnosti.

Sérií provedených zkoušek byla prokázána požární odolnost střešní konstrukce od 15 až k hranici 60 minut v závislosti na typu



trapézového plechu a skladbě střešního pláště. Výsledky zkoušek lze aplikovat na široký okruh námi dodávaných trapézových plechů v kombinaci s různými skladbami střešních pláštů.

#### AKUSTICKÉ VLASTNOSTI

V poslední době se stále více začíná dbát na uplatnění požadavkových norem, týkajících se povolené hladiny hluku jak v pracovní, tak bytové a odpočinkové sféře. Celková hluková zátěž a hlukové pozadí se v podstatě v celém životním prostředí postupně zvyšuje, takže proti tomu nastupuje stále přísnější kontrola, omezování a vyhodnocování zdrojů hluku.

V oblasti plochých střech lze ovlivňovat hlukovou expozici dvojím způsobem:

- absorpcí hluku uvnitř objektů (současně

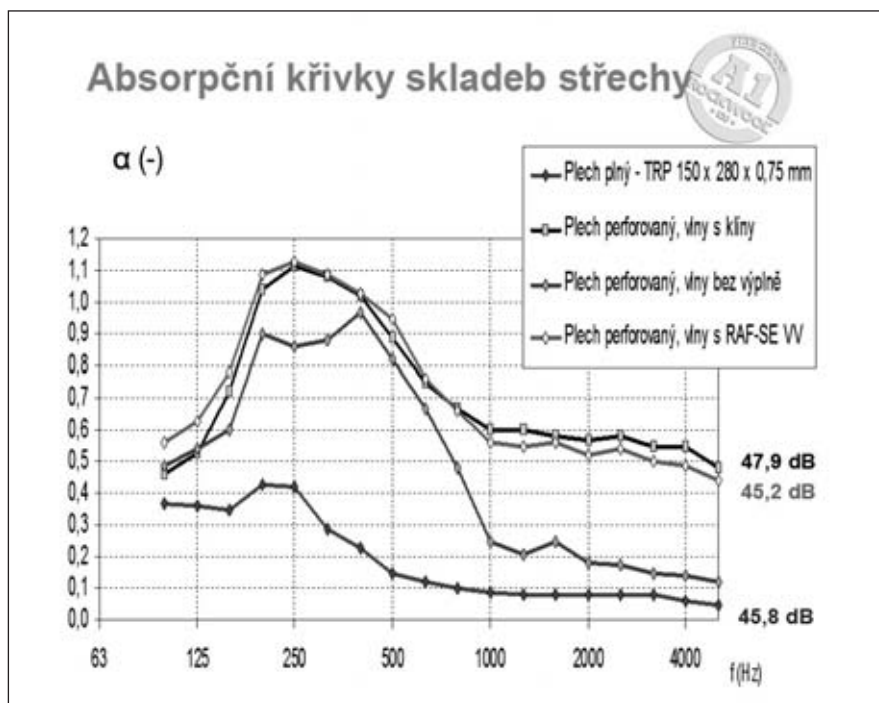
s úpravou dozvuku u hluku, převážně šířeného vzduchem; jde v podstatě o zkrácení a utlumení ozvěn),

- tlumením hluku při průchodu vnějšími obvodovými konstrukcemi stavby (opět jde hlavně o zvuk, šířený vzduchem, ale chrání se tím klidnější vnější prostory).

Spodní plocha střešního pláště může být upravena přímo jako absorpční. Řešení je známé – použije se méně staticky únosný, ale perforovaný trapézový plech s vloženou absorpční vložkou. Tím se využije tepelná izolace jako vícefunkční. Z ekonomického hlediska se pochopitelně dá najít vhodná kombinace (příplatek za perforaci + příplatek za případně zvětšenou tloušťku plechu + cena absorpčních vložek stojí proti ceně celoplošného akustického podhledu včetně jeho závěsné konstrukce).

Firma Rockwool nyní vyrábí dva typy akustických výplní, které se liší svou použitelností:

- pro menší velikosti vln a složitě lomené tvary prolisů u trapézových plechů se doporučuje přednostně použít tzv. plný akustický klín – tj. prvek z minerální izolace Airrock XD, zcela vyplňující mezeru). Druhou samostatnou část výrobku tvoří do vlny volně pokládaný pruh sklotkaniny černé barvy (zpravidla navinutý na cívice),
- pro větší velikosti vln s plochým tvarem stojin (tedy prolisy do cca 2 mm vysokých odsoků a vyztužení) se vyrábí plochá akustická výplň z desky, tlusté 30 mm, která má nakaširovanou černou sklotkaninu na jedné straně. Do strany bez rouna se vytvoří dva zářezy tvaru V. Tato výplň (označovaná RAF-SE VV) se vloží do vlny, přitom se ohne a tvaruje podle profilu spodní vlny plechu, jíž se dotýká stranou se sklotextilií. Rouno pomáhá držet desku pohromadě (proti odlovení v místech ohybu). Tento pásek se



vyrábí z deskového materiálu Airrock ND FB1, jeho délka je zpravidla 1,2 m.

Začátkem tohoto roku byla z podnětu firmy Rockwool uskutečněna akustická měření, při nichž se zkoušely oba typy výplně v námi dodaném vzorku akustického profilu TR 150/280 a také porovnání s chováním klasické skladby s plným plechem stejné vlny.

Současně byl akusticky měřen děrovaný trapezový plech, ale bez akustické výplně. Plech vysokých vln je děrován pouze ve střední části stojin perforací 23,4 % nebo perforací 11,7 % v celé stojině. Ze statického hlediska se jedná o stejné oslabení a dosahuje u tohoto profilu na  $2 \times 6,0$  m rozpětí a tloušťce plechu 0,75 mm snížení únosnosti jen o 5 %, resp. 6,5 % pro tloušťku 0,88 mm.

Grafické zpracování hodnot měření ukazuje, jak hlavně u nízkých frekvencí kolem 250 Hz jsou akustické profily s oběma typy výplní velmi účinné a i pouhé děrování profilu bez výplně přináší v rozsahu 125 až 700 Hz stále velký efekt proti plnému plechu.

*Miloš Lebr,  
Kovové profily spol. s r. o.*

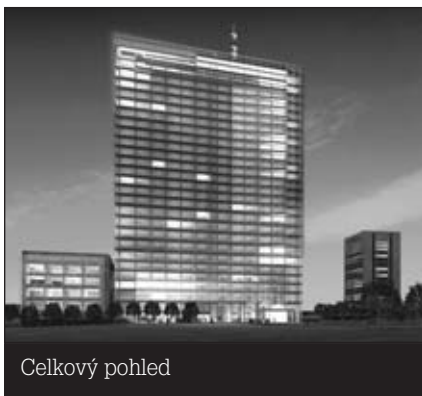
## KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ CITY TOWER

V minulém čísle jsme se obecně zmínili o nové budoucí dominantě Prahy. Nyní se zaměříme na nosnou konstrukci pražského City Tower, která je zajímavá z mnoha pohledů. Je to nejvyšší administrativní budova v ČR, design přestavy je z dílny renomovaného amerického architekta Richarda Meiera. Rekonstrukce stávající budovy je vždy složitější než novostavba a vyžaduje ve všech ohledech zvláštní přístup. V současné době se připravuje dokumentace pro výběr dodavatele. Konstrukce zaujme už jen tím, že pro její správný návrh bylo nutné v tunelu na zmenšeném modelu stanovit zatížení větrem. Takových staveb není mnoho.

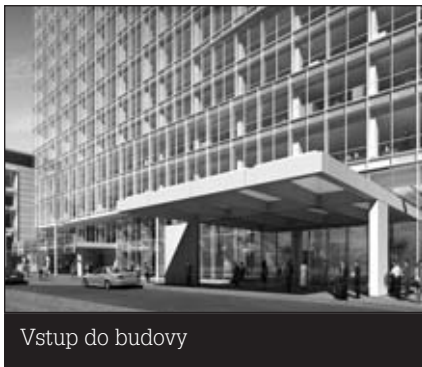
Vysoká stavba klade vždy vysoké nároky na přesnost montáže a na použití zvláštních výrobních i montážních postupů. Například rozdílné denní teploty při montáži deformují konstrukci a rozdílné podmínky zatěžování krajních a středních sloupů způsobují různé stlačování sloupů v průběhu jednotlivých etap montáže i stavby. Geometrie konstrukce se tak bude při montáži neustále mírně měnit. Tato skutečnost je dobře známa u staveb výškových budov a klade velké nároky na plánování, na lidský faktor při provádění a na inženýrský přístup při přesném vyhodnocování dat. Plánování detailu i celku musí vycházet z kritického zkoumání rozměrových tolerancí i možných imperfekcí stávající konstrukce a musí být doplněno hledáním nových úspěšných řešení. S ohledem na velikost konstrukce je nutné dát přednost těm návrhům, které jsou spolehlivé i ekonomické a které představují pouze malé nebo přijatelné riziko. Preferují se osvědčená systémová řešení. Nesystémová řešení vždy zpomalují proces plánování, proto jich musí být co nejméně.

Široké užití sprážených konstrukcí ocelobetonových stropů je z důvodu úspory oceli a zvýšení tuhosti stropních konstrukcí. Z vyšší tuhosti bude těžit nejen uživatel zlepšením užitných vlastností, ale i konstrukce skleněné modulové fasády. Cílem je navrhnout pevnou, ekonomicky přijatelnou nosnou konstrukci, která se bude dobře chovat i stavět.

Zvláštním nosným konstrukčním prvkem je vyvěšení dostavby severního i jižního štítu budovy do železobetonového vnitřního jádra. Z hlediska návrhu se jedná o sofistikované technické řešení dvou vzpěradel přes čtyři podlaží, kterými se pomocí vodorovných táhel v úrovni 7. a 9. nadzemního podlaží přenesou svislé zatížení z obou štítů



Celkový pohled



Vstup do budovy



Pohled na návrh fasády

budovy do vnitřního jádra. Táhla procházejí vnitřkem budovy, kde se střetávají se stávající i novou konstrukcí. Nosná táhla budou předepnuta a budou navržena z oceli vysoké pevnosti. Do úvah o správné funkci těchto prvků velké důležitosti je nutné zahrnout i koncepci požární ochrany.

Hledání a nalezení řešení je cílem moderního prediktivního inženýrství včetně modelování a vizualizace výsledků. Metoda konečných elementů se stala i na tomto projektu standardní částí procesu návrhu všech nosných prvků. Výpočetní simulace chování nosných komponentů zahrnuje predikci mezních stavů, optimalizaci návrhu i odhalení možného kolapsu. Pro správný návrh konstrukce je nutné od počátku na prostorových modelech zkoumat chování jednotlivých komponentů i částí konstrukce na spolehlivém softwaru. Jak je dnes běžným zvykem, v modelech se uplatňují prutové, plošné i objemové prvky, popř. kombinace všech těchto prvků. Aby výsledky prediktivního modelového inženýrství odpovídaly co nejvíce skutečnosti, aplikuje se v široké míře materiálová i geometrická nelinearita, kontakt, lineární buckling, modální analýza. S úspěchem se využívají evropské normy pro navrhování.

Nosná konstrukce obsahuje celou řadu architektonicky exponovaných nosných prvků. Atraktivní vzhled fasády podtrhují moderní prvky křídel se vzpěrami a táhly. Ty a další elementy představují velké nároky na jejich přípravu a na hledání nových řešení často z oblasti strojního inženýrství. Konstrukce s těmito prvky je nejprve ověřována na modelech, posléze staticky posouzena a rozkreslena do té míry, aby mohl vzniknout dialog mezi inženýrem a architektem. Tento postup se opakuje, až je výsledný tvar v pořádku, tj. vyhovuje architektovi, statikovi i stavebnímu řešení. Každý kdo podobně konstrukce navrhuje jistě potvrdí, že dobrý design není dílem náhody, ale je podložen mnoha hodinami tvrdé práce a neustálého předělávání.

*Jaromír Tomek,  
Pars building s. r. o.*

### ZÁKLADNÍ PARAMETRY PROJEKTU:

Délka budovy:	80 m
Šířka budovy:	28 m
Výška budovy:	115 m (s anténou 135 m)
Předpokládaná hmotnost OK:	2 300 tun
Generální projektant:	Spojprojekt Praha a. s., ateliér Aulický