



KONDENZACE VODY V OCELOVÝCH KONSTRUKCÍCH BALKONŮ

prof. Ing. Leonard Hobst, CSc., doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D., Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: leonard.hobst@vutbr.cz, petr.cikrle@vutbr.cz

Ocelové konstrukce se s výhodou používají pro dostavby stávajících konstrukcí. Při jejich návrhu je však nutno dodržovat přesné zásady, aby během provozu nedocházelo k poruchám, např. kondenzaci vody, při špatně zvolené skladbě konstrukce. Pro odhalení těchto případných vad se s výhodou dají použít některé metody nedestruktivního zkušebnictví.

1. Úvod

Ocel je oblíbeným a důležitým stavivem, hlavně při rekonstrukci staveb, popř. při dostavbách a při vytváření doplňkových konstrukcí ke stávajícím stavbám. Výhodou je poměrná lehkost konstrukcí a rychlost výstavby, které mnohdy převažují nad zvýšenou ekonomickou náročností.

Výhody ocelových konstrukcí jsou však v mnohých případech vyváženy nevýhodami – požadavky na preciznost a zachování všech normových požadavků při jejich zhotovování. Vady při vytváření ocelových konstrukcí mohou být zjevné již při kolaudaci, avšak někdy se mohou projevit i řadu let po uvedení konstrukce do provozu. Jedním z problémů, který se může v ocelových konstrukcích vyskytnout, je kondenzovaná voda, která může jednak způsobovat korozi na nepřístupných místech, a dále může způsobit deformaci konstrukce během zimního období vlivem změny skupenství vody z kapalného na tuhé – na led. Závisí pak na volbě diagnostické metody, která může tuto vodu v ocelové konstrukci v předstihu odhalit. Názorný příklad tohoto problému je dokumentován na diagnostice ocelových balkonů, dodatečně montovaných k bytovým domům, u kterých docházelo k deformaci a popraskání některých svislých sloupků konstrukce balkonu.

2. Popis konstrukce balkonu

Před 10 lety byly některé panelové bytové domy v Brně modernizovány (obr. 1). Především u nich proběhlo zateplení, byla vyměněna okna a starý typ původních balkonů byl nahrazen novými balkony, zhotovenými z uzavřených ocelových tenkostěnných profilů (jäcklů) čtvercového a obdélníkového průřezu (obr. 2). Svislé výplně jsou tvořeny nerezovým děrovaným plechem.



Obrázek 1 Obytný dům se zavěšenými balkony

Podlaha balkonu (podesta) je tvořena ocelovým vyztuženým plechem, ke kterému jsou v rozích a uprostřed jedné z delších stran přivařeny ocelové čtvercové sloupky 50 x 50 mm o délce 1100 mm, na které je přivařeno ocelové madlo obdélníkového profilu (50 x 70 mm), které ze tří stran ohraničuje půdorys balkonu. Nad rohovými sloupky jsou madla svařena tak, že svírají úhel 90° (obr. 3). Pro zakončení obdélníkového profilu madel byly použity plastové zátky. Balkon jako celek je zavěšen na dvou háčích, které jsou pevně fixovány v obvodovém plášti domu a jsou rektifikovány šrouby v úrovni podesty.



Obrázek 2 Detail zavěšeného balkonu



Obrázek 3 Detail připojení rohového sloupku k madlům balkonu

3. Zjištěné závady na některých balkonech

Po 10 letech užívání bytového domu a nových balkonů začalo docházet k poruchám některých balkonů tím, že přední rohové profily se začaly boulit. U některých balkonů pak na sloupcích

vznikly podélné svislé trhliny po výšce. Tato skutečnost naznačuje, že do tenkostěnných rohových profilů se postupně dostala voda, která v zimním období zmrzla, zvětšila svůj objem a způsobila deformaci a následnou poruchu profilu.

Uvedená porucha je patrná u celé řady balkonů, podrobně však je prezentována u dvou balkonů označených „A“ a „B“ u kterých byly zjištěny největší deformace a poruchy rohových sloupků.

4. Navržená metodika a průběh měření deformací sloupků

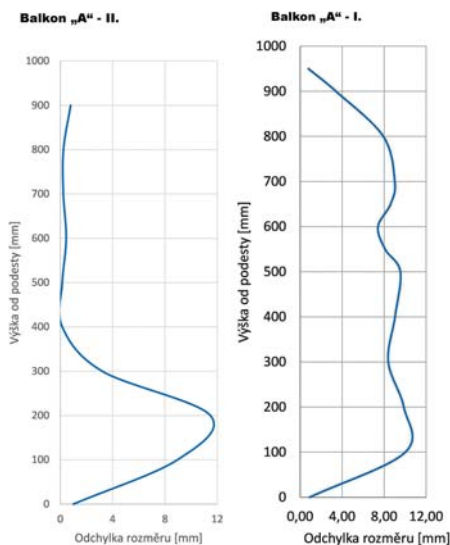
Příčné deformace profilů, které se projevovaly jen u předních rohových sloupků, byly měřeny po výšce posuvným měřítkem od podesty balkonu (bod 0), přičemž měření postupovalo po kroku 100 mm až do výšky 900 mm. Výsledky měření byly zaznamenány do tabulek a následně vyneseny graficky. Současně s měřením vnější deformace sloupků byla měřena i tloušťka stěn ultrazvukovým přístrojem Zonotip (od firmy Proceq) (obr. 4). Aritmetický průměr z celkem 28 měření tloušťky stěn profilů činí 4,32 mm. Při vynášení výsledků měření je označen levý sloupek II. a pravý sloupek I. (při uvažování čelního pohledu na fasádu domu).



Obrázek 4 Ultrazvukový tloušťkoměr Zonotip pro stanovení tloušťky stěny profilu

4.1 Balkon „A“

Balkon „A“ se nachází v bytě v 7. NP. U obou rohových sloupků vyboulení přesahuje hodnotu 10 mm. U sloupku II. dosahuje deformace do výšky 400 mm (Obr. 5). U sloupku I. však dosahuje vyboulení až do výšky 950 mm, což svědčí o tom, že sloupek byl plný vody (Obr. 6). U obou profilů došlo k prasknutí profilu svislou trhlinou v dolní vnější části obou sloupků

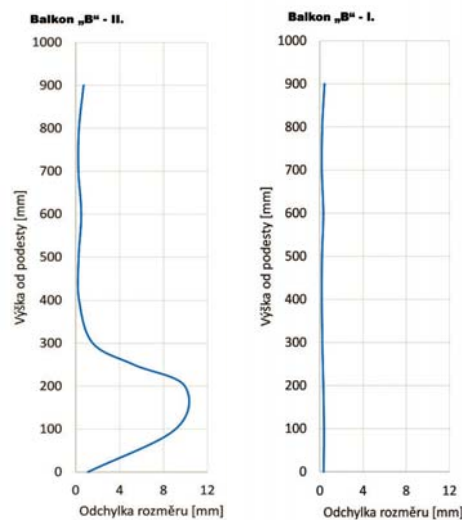


Obrázek 5 Profil „A“-II po výšce

Obrázek 6 Profil „A“-I po výšce

4.2 Balkon „B“

Balkon „B“ se nachází v 5. NP. Levý rohový sloupek (II.) byl vyboulen, ale nedošlo k jeho prasknutí. K maximálnímu vyboulení došlo v úrovni mezi 100 mm a 200 mm od podesty, a to o téměř 10 mm (Obr. 7). Pravý rohový sloupek (I.) nejevil deformace a je použit jako referenční (Obr. 8).



Obrázek 7 Profil „B“-II po výšce

Obrázek 8 Profil „B“-I po výšce

Výsledky předcházejících měření tloušťek stěn a rozšíření rohových profilů vlivem vyboulení spolu s analýzou poruch (jednalo se o naprosto symetrické vyboulení v příčném směru, vždy počínající v dolní části svislého rohového profilu) naznačily, že příčinou vzniku poruch by mohla být voda přítomná ve svislých rohových profilech balkonu. Tato voda se zřejmě postupně nahromadila uvnitř profilu a při zamrznutí zvětšila objem, čímž došlo ke vzniku obrovského tlaku na stěny profilu, které následně způsobilo vyboulení stěn profilu.

Pro ověření přítomnosti vody uvnitř uzavřeného profilu zábradlí balkonu byl zvolen právě balkon „B“, který obsahuje vyboulený avšak trhlinou doposud neporušený rohový profil. Oba dva rohové profily, tedy vizuálně zcela neporušený profil I. a v dolní části mírně vyboulený profil II., byly v dolní části navrtány vrtákem o průměru 3 mm. Výsledky byly zcela průkazné:

- Z nepoškozeného profilu I. vyteklo přibližně 0,15 l vody, což při vnitřních rozměrech profilu 42 × 42 mm odpovídá výšce vodního sloupce přibližně 100 mm;
- Z poškozeného profilu II. vyteklo přibližně 0,65 l vody, což při vnitřních rozměrech profilu 42 × 42 mm odpovídá výšce vodního sloupce přibližně 350 mm až 400 mm;

Množství vody v rohových profilech odpovídá míře poškození – vyboulení stěn. Zatímco 100 mm vodního sloupce se ještě neprojevilo na boulení stěny profilu, neboť v dolní části je profil příčně vyztužen a voda při zamrznutí má kam expandovat, při výšce vodního sloupce přibližně 350 – 400 mm již došlo k vyboulení stěn až do výšky 300 mm od podesty.

Diagnostika balkonů prokázala, že deformace krajních sloupků je způsobena vodou, která v zimě zmrzne a sloupky deformuje, neprokázala však, jak voda do sloupků proniká.

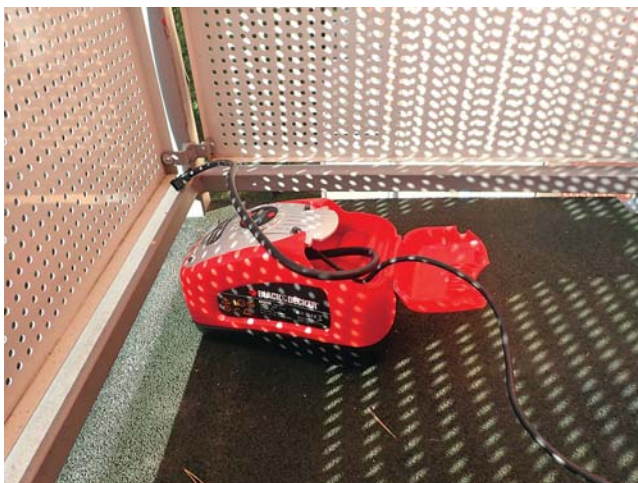
5. Stanovení místa průniku vody do konstrukce balkonu

Jak již bylo uvedeno, podrobná vizuální prohlídka konstrukce zábradlí prokázala, že konstrukce je svařena z dutých čtvercových a obdélníkových tenkostěnných profilů. Na svařech nebylo patrné žádné porušení, které by naznačovalo, že do dutin balkonové konstrukce proniká voda. Pouze horní obdélníkové madlo zábradlí, které bylo na dvou místech svařeno v úhlu 90° (viz



obr. 3) bylo zakončeno plastovými uzávěry, které však též nejevyly známky porušení.

Pro odhalení cesty, kterou se voda dostává do uzavřených profilů balkonů, byla navržena „přetlaková metoda“, která vychází z poměrně známější „vakuové metody“, kterou se zkouší netěsnost svarů. Tato přetlaková metoda vychází z předpokladu, že v konstrukci balkonu musí existovat netěsnost, kterou se voda nebo vodní pára dostává dovnitř. Při zvýšení tlaku uvnitř propojených profilů by natlakovaný vzduch měl unikat těmi místy, kterými do konstrukce proniká voda, nebo vodní pára. Jako detekční prostředek unikajícího tlaku vzduchu lze použít „mýdlovou vodu“, která v místě úniku natlakovaného vzduchu tvoří bubliny, resp. skupinu navazujících bublin.



Obrázek 9 Natlakování konstrukce balkonu kompresorem na 2 atp.

Praktické odzkoušení se uskutečnilo na balkónu „B“, kde již dříve byla dolní část rohového sloupku navrtána a z otvoru vytekla voda. Otvor byl převrtán na průměr 4 mm, aby do něj bylo možno umístit koncovku přenosného kompresoru, opatřeného manometrem na přesné změření tlaku (obr. 9). Ukončení horního madla balkonu a svary rohových sloupků byly natřeny mýdlovou vodou a kompresorem byl postupně zvyšován tlak v soustavě až do 2 atp. Při tomto tlaku se na obou koncích horního madla začaly objevovat mýdlové bubliny (obr. 10 a 11). Je tedy zřejmé, že rohové sloupky, zhotovené z uzavřeného profilu, jsou propojeny s horním madlem,

kde jeho obdélníkový průřez je zakončen plastovými zátkami. Zátky dovnitř propouští vodní páru, která se uvnitř sráží na vodu. Je tedy zřejmé, že zjištěné závady (průnik vody) se budou týkat pouze rohových sloupků, které jsou dle všeho neprovařenou částí horního madla u jeho dolního líce spojeny s dutinou madla, do které proniká sražená voda.



Obrázek 10 Zakončení madla plastovou zátkou na straně „II“



Obrázek 11 Zakončení madla plastovou zátkou na straně „I“

Vzhledem k tomu, že k poruchám v krajních sloupcích balkonů dochází pouze na jižní straně domu a nikoliv na severní, dá se usuzovat, že na jižní straně dochází v letních měsících k periodickému zahřívání vzduchu uvnitř propojených profilů balkonů, k růstu tlaku a tím k úniku zahřátého vzduchu ven. V noci, při snížení teploty je pak nasáván podtlakem v konstrukci balkonu vlhký vzduch z okolí, ze kterého uvnitř kondenzuje voda a ta je profilem „madla“ transportována k nezavařenému styku dvou částí madla a postupně proniká a zaplňuje krajní sloupky balkonů. V zimních měsících dochází k jejímu postupnému zmrznutí, což při určité výšce hladiny vody v rohových sloupcích ve svém důsledku způsobuje vyboulení povrchu sloupků, které v několika případech vede až k prasknutí stěny tenkostěnného profilu. Přítomnost vody uvnitř konstrukce balkonu následně zvyšuje pravděpodobnost vnitřní koroze konstrukce.

6. Závěr

Deformace (vyboulení) krajních sloupků u ocelových balkonů upozornilo na závadu, kterou zřejmě projektant nepředpokládal. Jedná se jednak o zakončení horního madla zábradlí plastovou zátkou, která u některých balkonů netěsnila a do prostoru konstrukce se dostával při změnách teploty „vlhký vzduch“ a voda v konstrukci kondenzovala. Další pochybení bylo, že nedošlo k dovaření svaru na dolním lici styku madel. Odtud se voda dostávala do krajních sloupků a v zimě zmrzla v led, který způsoboval příčnou deformaci sloupků.

Zřejmě by se s těmito eventualitami mělo při návrhu konstrukcí počítat a zhotovit preventivně odvodňovací otvory konstrukce, spolu s antikorozi úpravou vnitřních povrchů profilů. Další možností je např. vypěnění vnitřních prostor konstrukce polyuretanovou pěnou, která by zabraňovala hromadění vody ve zdánlivě nepřístupných prostorách konstrukce.

Poděkování

Príspevek vznikl na základě institucionální podpory na rozvoj výzkumné organizace č. 2112 na FAST VUT v Brně.

LITERATURA:

- [1] Kopec, B. a kol.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí*, Česká společnost pro nedestruktivní testování, CERM, s.r.o., 2008, ISBN 978-80-7204-591-4
- [2] Hobst, L., Cikrle, P.: *Zpráva o diagnostice zavěšených balkonů bytových domů – dílčí část*, 2017, Ústav stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně