

# PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE PORUCH PŘEDSAZENÝCH LODŽIÍ ZPŮSOBENÝCH ÚČINKY TEPLoty ■ CONTRIBUTION TO THE ISSUE OF FAILURES OF PROJECTING LOGGIAS DUE TO TEMPERATURE EFFECTS

Jiří Witzany, Radek Zigler, Tomáš Čejka, Jiří Brožovský

Předsazené lodžie patří ke konstrukcím panelových budov, které mají řadu závažných projektových, materiálových a technologických vad a s tím související poměrně značnou četnost poruch, které snižují jejich funkčnost a trvanlivost. První část článku je věnována rozboru charakteristických vad a poruch, v druhé části je provedena teoretická analýza deformací a napětí lodžiové konstrukce vlivem teploty. ■ *Projecting loggias belong to constructions of precast panel buildings characterised by numerous serious design, material and technological defects and a related relatively high frequency of failures reducing their serviceability and durability. The first part of the article is devoted to the analysis of characteristic defects and failures, while the second part deals with the theoretical analysis of temperature-induced deformations and stresses of a loggia construction.*

## CHARAKTERISTICKÉ VADY A PORUCHY

Hlavní příčinou poruch lodžii, zejména předsazených, je chybná koncepce řešení vzájemné vazby mezi vnitřním nosným systémem a vnější konstrukcí lodžie, které nezohledňuje v potřebném rozsahu rozdílnou intenzitu účinků objemových změn vnějších a vnitřních konstrukcí.

Vnější prefabrikovaná železobetonová konstrukce předsazených lodžii je na rozdíl od vnitřní konstrukce panelového objektu vystavena v celém rozsahu cyklickým účinkům vnější teploty a vlhkosti, které způsobují trvale probíhající dilatační pohyby ve svislém i vodorovném směru. Dochází k namáhání spojů, tvořených diskretními ocelovými kotevními spojkami, a styků lodžiových dílců, zejména vodorovných styků lodžiových stěnových a stropních dílců, a styků mezi lodžii a vnitřní nosnou konstrukcí objektu.

Vnitřní konstrukce a styky přiléhající k oblastem kotvení lodžii jsou často porušovány namáháním a deformacemi způsobenými cyklickými dilatačními pohyby lodžiových dílců (nizkokycklická únava), které mohou v jednotlivých zatěžovacích cyklech dosahovat řádu až několika milimetrů (ve vertikálním i horizontálním směru).

V části vodorovných styků stěnových dílců (lodžiových a vnitřních nosných stěn) dochází k porušení účinkem vynucených deformací, zejména ve stadiu neporušených styků a plné tuhosti kotevních prvků (obr. 1). K poklesu intenzity těchto účinků dochází následně i ve stadiu postupného narušování styků mezi lodžiovou a vnitřní stěnovou konstrukcí

a poklesu tuhosti kotevních prvků při dosažení meze porušení betonu v oblasti ocelových spojek (kotvení) otláčením (uvolnění kotevních spojek).

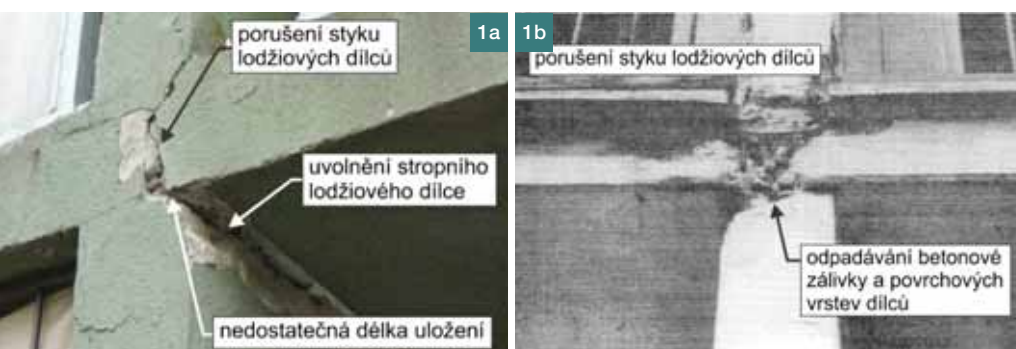
K podobnému procesu dochází ve vodorovném směru účinkem vynuceného přetváření lodžiových stropních dílců změnou teploty a vlhkosti v případech, kdy jsou předsazené lodžie provedené jako sdružené ve větší části průčelí (přes několik travé), popř. přes průčelí celé. V těchto případech lze očekávat progresivní porušování styků lodžiových dílců a oblastí v okolí kotevních spojek (profilů) zejména v nejvyšších podlažích a na okrajích sdružených lodžii.

Vodorovné styky stěnových a stropních dílců předsazených lodžii mají před porušením charakter tuhých styků, které po vzniku trhlin působí jako nedokonalé klouby. Tuhosti styku „stěna–strop–stěna“ lodžiových dílců v počáteční fázi („monolitický styk“), tj. před vznikem trhlin, neodpovídá pevnost vzájemného spojení dílců ve styku.

Mezi závažné poruchy předsazených lodžii [1] patří především poruchy snižující jejich stabilitu. Stabilitu a vazbu předsazených lodžii, které samy o sobě nejsou schopné odolávat vnějším účinkům (styky stropních a stěnových lodžiových dílců mají charakter liniových kloubů), zajišťují zpravidla ocelové kotevní spojkky provedené v úrovni horních zhlaví lodžiových stěnových dílců a svislé a vodorovné styky lodžiových stěnových a stropních dílců s nosnou konstrukcí panelového domu.

Uvedené řešení nerespektuje dilatační pohyby prefabrikované konstrukce lodžie účinkem teploty. Spojky a styky mezi konstrukcí lodžie a vnitřní nosnou konstrukcí objektu neumožňují „volné“ dilatace lodžie ve svislém, popř. vodorovném směru. Stykový beton (cementová malta) uložený do svislého styku lodžiových stěnových dílců (čela lodžiových stropních dílců jsou opatřena hmoždinkami) a obvodových dílců (hladký povrch), popř. do podélného styku lodžiových stropních dílců a obvodových dílců, zajišťuje vzájemný (neposuvný) kontakt lodžiové konstrukce a „vnitřní nosné konstrukce“. Působením tepelných změn vnějšího prostředí dochází účinkem cyklických dilatačních pohybů lodžiové konstrukce zpravidla v nejvyšších podlažích a na okrajích sdružených lodžii k uvolnění zálivkových styků smykovými trhlinami (obr. 2).

„Zmonolitnění“ vodorovného styku lodžiových stěnových a stropních dílců je při nedostatečném vyztužení příčinou porušení styku, který nemá předpoklady „pružné odezvy“ na



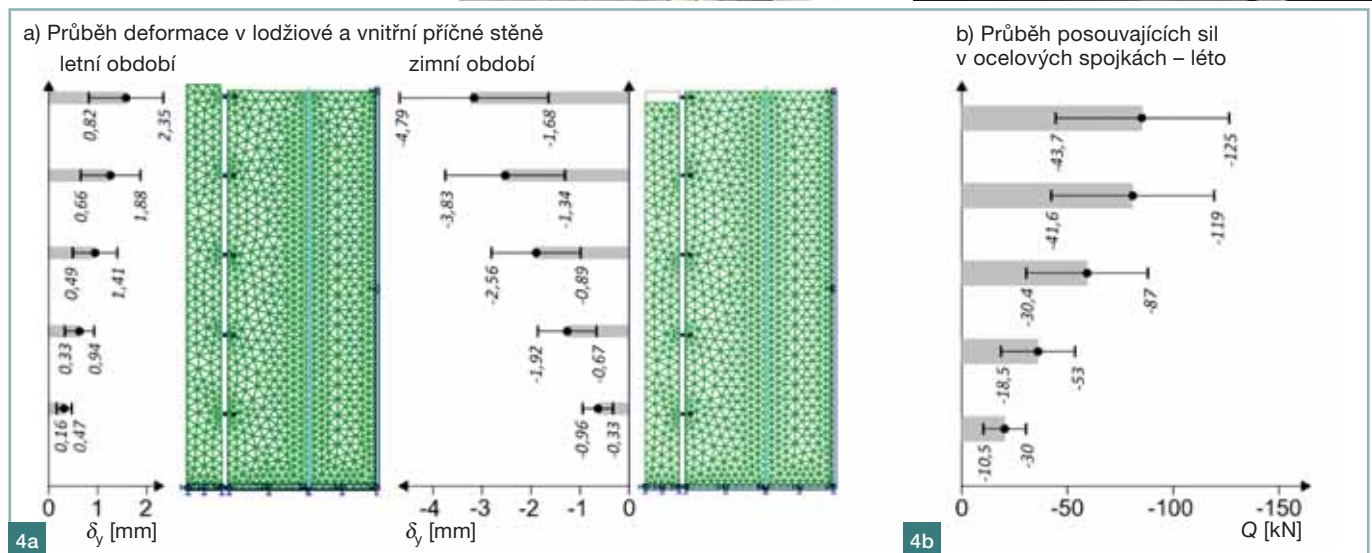
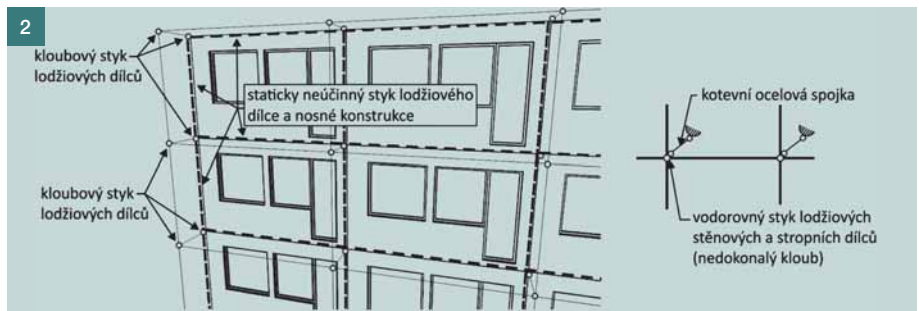
Obr. 1a,b Příklady porušení styku lodžiových stěnových a stropních dílců ■  
Fig. 1a,b Examples of a joint failure of wall and floor loggia units

Obr. 2 Zajištění stability předsazených lodžii  
 ■ Fig. 2 Securing the stability of projecting loggias

Obr. 3a,b Příklady porušení vodorovného styku lodžiových stěnových a stropních dílců účinkem cyklických změn teploty a vlhkosti – vypadávání stykového betonu, zatékání do styku, koroze výztuže, narušování zhlaví a pat stěnových lodžiových dílců ■

Fig. 3a,b Examples of a horizontal joint failure of wall and floor units due to the effect of cyclic temperature and moisture changes – spalling of joint concrete, leakage into a joint, corrosion of reinforcement, degradation of heads and toes of wall loggia units

Obr. 4 a) Velikost svislých deformací [mm] předsazené lodžiové stěny v jednotlivých podlažích v letním a zimním období, b) průběh posouvajících sil [kN] ve vodorovných kotevních profilech ■ Fig. 4 a) Magnitude of vertical deformations [mm] of a projecting loggia wall on individual storeys in summer and winter, b) time pattern of shearing forces [kN] in horizontal anchoring profiles



deformační účinky (obr. 3). Odezva vodorovného styku na dilatační vynucené deformace lodžiové konstrukce účinkem cyklických změn teploty a vlhkosti je provázána postupným narušováním stykového betonu, zhlaví a paty stěnových dílců. Narušením vodorovného styku jsou vytvořeny optimální předpoklady pro progresivní degradaci betonu dílců a korozi výztuže účinkem vlhkosti.

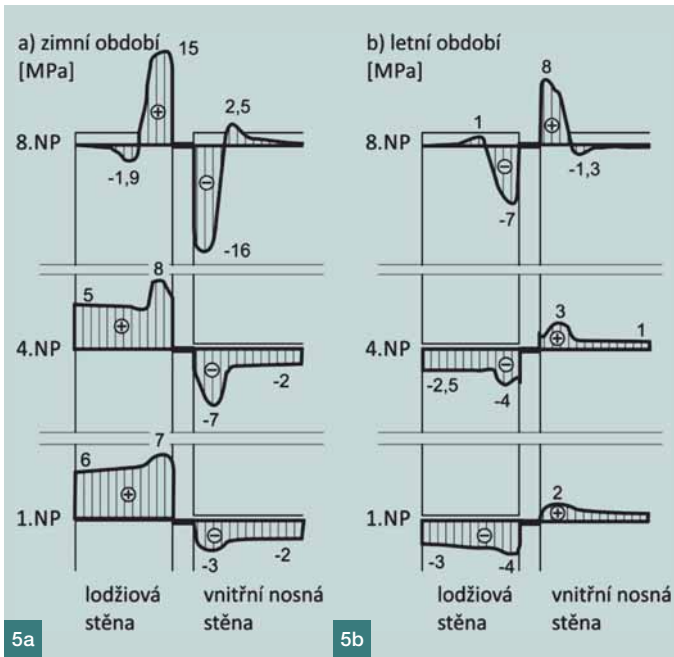
Mimořádnou pozornost je nutné věnovat také postupné degradaci betonu lodžiových dílců způsobené vnějšími klimatickými a chemickými účinky agresivních látek obsažených v ovzduší. Nevyhovující kvalita a nedostatečná tloušťka krycí vrstvy výztuže, vysoká permeabilita betonu dílců spolu s přímou expozicí vnějším účinkům jsou příčinou intenzivního narušování a karbonatce betonu, při níž dochází postupně k snižování alkality betonu a narůstající intenzitě koroze výztuže provázené narušováním zejména krycích a přípovrchových vrstev betonu lodžiových stěnových a stropních dílců.

Intenzita degradačních procesů narůstá v důsledku nedostatečné kvality betonu lodžiových dílců – nízká hutnost betonu, vysoká permeabilita, nevhodné složení kameniva, vysoká nasákavost, otevřený pórový systém (nebyly dostatečně zváženy důsledky přímé expozice zejména agresivním chemickým účinkům vnějšího prostředí).

### TEORETICKÁ ANALÝZA DEFORMACÍ A NAPĚTÍ LODŽIOVÉ KONSTRUKCE ÚČINKEM ZMĚNY TEPLoty

Pro posouzení příčin narušení vodorovných styků lodžiových stěnových a stropních dílců mají rozhodující význam mj. cyklické účinky změny teploty. Numerická analýza MKP namáhání a deformací předsazené lodžie vyžaduje stanovení poddajnosti diskretní vazby lodžiové konstrukce a vnitřní nosné konstrukce panelového objektu prostřednictvím kotevních spojek. Přímý výpočet této poddajnosti podle projektové dokumentace je dost nespolehlivý, neboť je funkce styku ovlivněna konkrétním provedením na stavbě. Přesnější hodnoty lze odvodit podle experimentálně zjištěné závislosti rozdílu teplot a relativních posuvů lodžiové stěny vůči vnitřní nosné konstrukci. Orientační měření a údaje získané automatizovaným záznamem měřicí ústřednou ukázaly, že skutečné dilatační pohyby lodžiové stěny dosahovaly pouze 20 až 35 % hodnot vypočtených teoreticky (lineární MKP analýza), (obr. 4).

Vysoké hodnoty normálových napětí v betonu v oblasti ocelových kotevních spojek zpravidla předcházejí narušení betonu a v důsledku toho k částečnému uvolnění – změkčení – diskretní vazby provázené poklesem extrémních hodnot



Literatura:

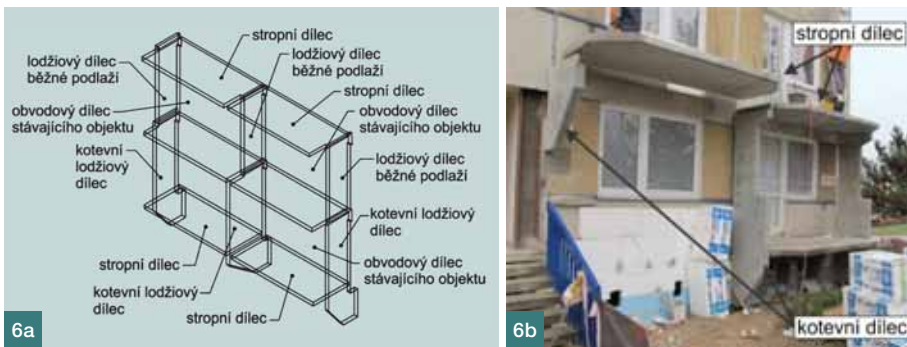
- [1] WITZANY, J., ČEJKA, T., KARAS, J. Analýza poruch představených prefabrikovaných lodžii panelových domů. *Stavební obzor*. 2001, roč. 10, č. 12, s. 18–20. ISSN 1210-4027.
- [2] VRBA, J. Představené lodžie uložené krátkými konzolami do nosné konstrukce domů. *Beton TKS*. 2005, roč. 5, č. 5, s. 27–32.
- [3] WITZANY, J., PAŠEK, J., ČEJKA, T., ZIGLER, R. *Konstrukce pozemních staveb 70 – Prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha, CZ: Vydavatelství ČVUT, 2003. 268 s. ISBN 80-01-02656-6.
- [4] WITZANY, J. a kol. *Metodické a technické pokyny pro rekonstrukce, opravy, popř. výměnu a dodatečné zřizování lodžii a balkonů*. Certifikovaná metodika MMR. Praha, 2016.

Obr. 5 Průběh svislých normálových napětí  $\sigma_y$  [MPa] od účinku teploty ve vodorovných řezech v 1., 4. a 8. NP: a) v zimním období, b) v letním období ■ Fig. 5 Time pattern of vertical normal stresses  $\sigma_y$  [MPa] due to temperature effects in horizontal sections on the 1st, 4th and 8th OS: a) in winter, b) in summer

normálových napětí při současném zvýšení celkových deformací lodžiové konstrukce.

Účinkem posouvajících sil v ocelových spojkách dochází k přídatnému namáhání vodorovného styku lodžiových stěnových a stropních dílců – v letním období k přídatnému tlakovému namáhání a v zimním období k přídatnému tahovému namáhání, které snižuje primární tlakové namá-

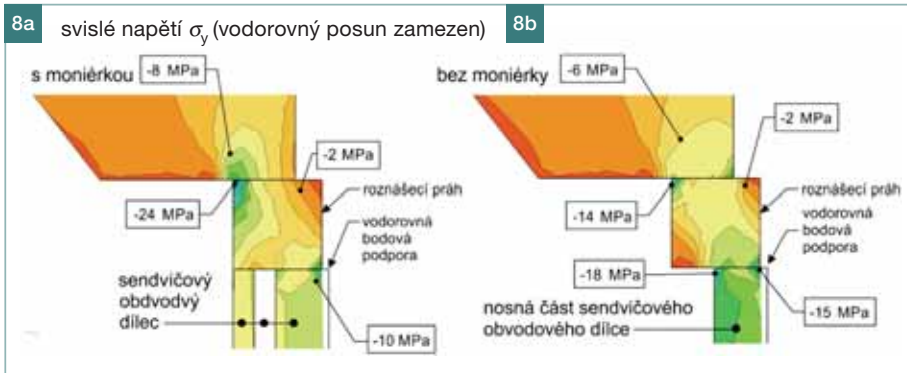
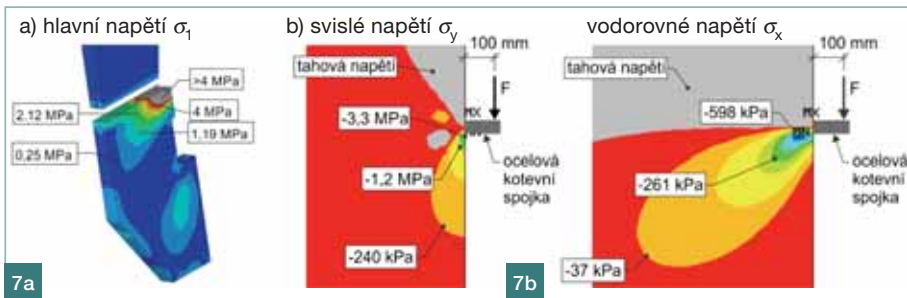
hání vodorovného styku od účinku svislých zatížení (obr. 5). Zvýšená normálová napětí v tlaku vodorovného styku lodžiových stěnových a stropních dílců (v letním období) mohou dosahovat hodnot, které překračují mezní únosnost styku v dostředném tlaku. Naopak, přídatná tahová namáhání vodorovného styku lodžiových stropních a stěnových dílců (v zimním období) mohou dosahovat hodnot vyšších, než je



Obr. 6 Prefabrikované konstrukce představené lodžie: a) skladebné řešení, b) příklad realizace na stavební soustavě T06B ■ Fig. 6 Precast panel constructions of a projecting loggia – composition design, example of installation in a T06B building system

Obr. 7 Výsledky lineární numerické analýzy: a) konzolový (kotevní) lodžiový dílec v místě uložení do stávající konstrukce a v místě kovové kotevní spojky v nejnižším podlaží, b) normálová napětí  $\sigma_x$  a  $\sigma_y$  v lodžiovém stěnovém dílci v místě kotevní ocelové spojky (výška představené lodžie 4+1 podlaží provedené dodatečně na panelovém objektu T06B, rozpon lodžie 3,6 m) ■

Fig. 7 Results of linear numerical analysis a) of a cantilever (anchoring) loggia unit at the point of mounting onto the existing construction and at the point of an anchoring metal connection on the lowest storey, b) normal stresses  $\sigma_x$  and  $\sigma_y$  in a loggia wall unit at the point of mounting an anchoring steel connection (projecting loggia's height of 4+1 storeys, loggia span of 3.6 m, installed additionally on a T06B precast panel building)

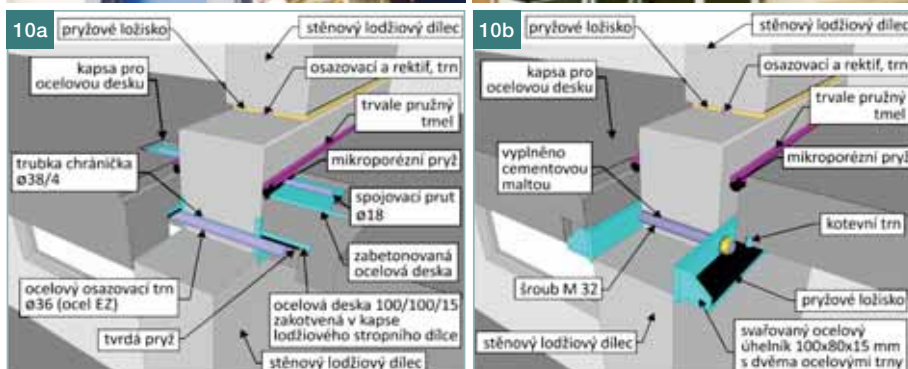


Obr. 8 Výsledky lineární numerické analýzy konzolového (kotevního) dílce a části obvodového dílce v místě uložení představené konstrukce lodžie na roznášecí práh (výška představené lodžie 4+1 podlaží provedené dodatečně na panelovém objektu T06B, rozpon lodžie 3,6 m): a) s moniérkou, b) bez moniérky ■ Fig. 8 Results of linear numerical analysis of a cantilever (anchoring) unit and a part of an external unit at the point of mounting a "projecting" loggia construction onto a load-distributing sill (projecting loggia's height of 4+1 storeys, loggia span of 3.6 m, installed additionally on a T06B precast panel building)



Obr. 9a,b,c Příkladů předsazených kovových lodžii ■ Fig. 9a,b,c Examples of projecting metal loggias

Obr. 10a,b Alternativní řešení uložení stropních lodžiových dílců ■ Fig. 10a,b Alternative solution of mounting floor loggia units



„tlakové předpětí“ vodorovného styku od účinku vlastní tíhy, a v důsledku toho mohou být příčinou porušení styku – rozvírání vodorovných ložných spár („zavěšení“ lodžiové konstrukce na kotevní ocelové prvky), (obr. 5).

Vzhledem k závažnosti cyklického působení změn venkovních teplot na předsazené lodžie, které je příčinou jejich postupného narušování, je při obnově a rekonstrukci předsazených lodžii nutné věnovat mimořádnou pozornost optimalizaci tuhosti a provedení diskretních spojek. Na jedné straně je tak třeba spolehlivě zajistit stabilitu předsazených lodžii prostřednictvím diskretních spojek a na straně druhé eliminovat nadměrné namáhání a deformace lodžiové konstrukce účinkem změny teploty.

Problematikou účinku teploty je nutné se také zabývat i v případě tzv. představených konstrukcí z betonových prefabrikovaných dílců [2] uložených na dodatečně provedenou základovou konstrukci, popř. uložených na speciální dílec „konzolově“ kotvený ke stávající panelové konstrukci (obr. 6).

K náročným prvkům představené lodžie patří kotvení lodžiových stěnových dílců do stěnových dílců vnitřní nosné konstrukce prostřednictvím chemických kotev (provedení nad sebou uspořádaných vývrtů v nosné stěně tloušťky 150, popř. i 120 mm) a konzolový lodžiový dílec vkládaný do dodatečně provedených kapes v obvodovém plášti a přiléhajícím stěnovém dílci.

Provedení představené železobetonové lodžie vyžaduje, vzhledem k řadě mimořádně náročných detailů, pečlivý přístup kvalifikované firmy. Jedná se zejména o uložení a kotvení konzolově vloženého dílce do dodatečně provedené kapsy. Numerická analýza prokázala vysoké hodnoty namáhání konzolově vyloženého lodžiového dílce v oblasti uložení do kapsy a v oblasti přivařených kotevních spojek (obr. 7 a 8).

Účinky teploty jsou do určité míry omezeny v případě dodatečného provedení předsazených lodžii z ocelových tenkostěnných pozinkovaných profilů a ocelových podlahových konstrukcí založených na dodatečně provedených základech a „pružně“ kotvených k stávající panelové konstrukci (speciální řešení styků s neoprenovými prvky umožňující realizaci svislé a vodorovné deformace). Toto řešení představuje progresivní alternativu odstraňující nedostatky be-

tonových prefabrikovaných dílců. Na obr. 9 jsou příklady předsazených kovových lodžii z tenkostěnných ocelových profilů.

„Pružnou“ odezvu styků prefabrikovaných dílců na cyklické účinky teploty umožňuje předsazená konstrukce prefabrikované betonové lodžie s poddajnými suchými vodorovnými styky (obr. 10), která je stručně popsána v [3] a [4].

## ZÁVĚR

Součástí dodatečného zateplení panelových objektů, nejčastěji kontaktním zateplovacím systémem, je rekonstrukce předsazených lodžii, která se uskutečňuje v rozsahu odpovídajícímu jejich stavebně technickému stavu – obnova styků předsazené lodžie s obvodovým pláštěm, sanace kotevních spojek, sanace vodorovného styku stěnových a stropních lodžiových dílců, oprava a reprofilace narušených lodžiových dílců, obnova zábradlí a nášlapných vrstev.

V příspěvku je poukázáno na některé závažné degradační procesy, které je nutné v zájmu zajištění odpovídající funkčnosti a trvanlivosti v nejvyšší možné míře zohlednit.

Zpracováno podle certifikované metodiky „Metodické a technické pokyny pro rekonstrukce, opravy, popř. výměnu a dodatečné zřízení lodžii a balkonů“.

prof. Ing. Jiří Witzany, Dr.Sc.  
Fakulta stavební ČVUT v Praze  
e-mail: witzany@fsv.cvut.cz



Ing. Radek Zigler, Ph.D.  
Fakulta stavební ČVUT v Praze  
e-mail: zigler@fsv.cvut.cz



doc. Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.  
Fakulta stavební ČVUT v Praze  
e-mail: tomas.cejka@fsv.cvut.cz



doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.  
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava  
e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

