

VÝBUCH PLYNU V PANELOVOM BYTOVOM DOME V PREŠOVE

GAS EXPLOSION IN A PANEL BLOCK OF FLATS IN PREŠOV

Vladimír Benko, Viktor Borzovič, Štefan Gramblička

V decembri 2019 sa v Prešove stala tragická udalosť, ktorá dodnes rezonuje v spoločnosti. Došlo k masívnemu výbuchu plynu hromadiaceho sa v hornej časti domu 13-podlažného bodového panelového domu a následnému požiaru. Tento príspevok opisuje stav jeho nosných konštrukcií po výbuchu. Cieľom príspevku je odovzdať odbornej verejnosti technické informácie, z ktorých sa treba poučiť pri navrhovaní a realizovaní stavieb, ako aj údržby a starostlivosti o existujúce budovy.

A tragic event, which still resonates within the society, took place in Prešov in December 2019. It was a massive explosion of gas which accumulated in the upper part of a 13-storey panel structure of a block of apartments and the subsequent fire. The paper describes the state of the load-bearing structure of the apartment block after the fire. The aim of the paper is to provide technical information, from which lessons need to be learned and used in the design and construction of new buildings as well as in the maintenance and care of existing buildings.

Mimoriadne zaťažania

Výbuch plynu je možné zatriediť medzi mimoriadne zaťaženia, ktoré je potrebné uvážiť pri návrhu nosných konštrukcií. Všeobecne sa zohľadnenie účinkov mimoriadnych udalostí uvádza v Eurokóde 0 [1] v kapitole Základné požiadavky. Ide o tzv. požiadavku na robustnosť. Robustnosť sa chápe ako schopnosť konštrukcie alebo jej časti odolávať nepriaznivým javom, napr. výbuchu, bez toho, aby došlo k jej poškodeniu v miere neprimeranej pôvodnej príčine. Ide hlavne o zabezpečenie celistvosti budovy a zabránenie jej reťazovému zrúteniu.

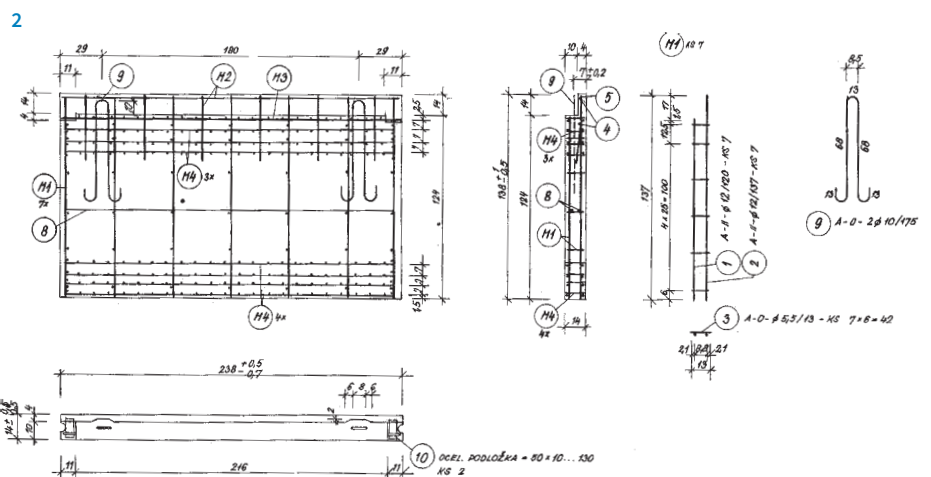
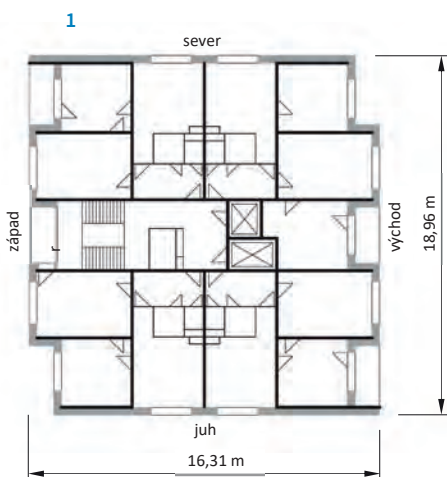
Pri návrhu nosných konštrukcií na mimoriadnu udalosť spôsobenú explóziou plynu sa pripúšťa porušenie prvkov okrem hlavných nosných prvkov, od ktorých je závislá celková stabilita objektu [2]. Pri posudzovaní existujúcich panelových budov sa zaťaženie explóziou plynu neuvažuje. Predpokladá sa, že toto mimoriadne zaťaženie sa v dostatočnej miere zohľadnilo pri pôvodnom návrhu [4].

Vplyvom porúch budov v zahraničí s tragickými dopadmi spôsobených výbuchom plynu sa aj u nás v 70. rokoch začali vytvárať predpisy pre projektovanie panelových budov, ktorých cieľom bolo zabrániť reťazovému zrúteniu bu-

dov následkom výbuchu [11]. Spočiatku išlo o rôzne smernice, neskôr boli požiadavky zohľadňujúce možné dopady výbuchu plynu na celistvosť budovy zahrnuté do normy ČSN 73 1211 z roku 1988 [5].

Stenový nosný systém panelových budov môžeme všeobecne považovať za veľmi tuhý krabicový systém. Konceptný návrh týchto objektov by mal pri zlyhaní jedného panelu zabezpečiť stabilitu objektu ako celku. To znamená, že poškodenia po explózii by mali mať lokálny charakter a nespôsobiť celkový kolaps budovy.

Impulzom pre vznik článku je tragická udalosť zo 6. decembra 2019





3

a osud bytového domu v Prešove, ktorý bol po explózii a následnom požiari asanovaný. Vzniknutá explózia mala obrovský rozsah a jej následkom došlo k zrúteniu aj celého schodiskového priestoru bytového domu.

Nosný systém panelového bytového domu

Bytový dom na Mukačevskej ulici č. 7 v Prešove bol postavený približne v rokoch 1973 a 1974, kolaudácia prebehla v roku 1974. Bodový panelový bytový dom má 13 podlaží. Je nepodpivničený, s plochou strechou, na ktorej sa nachádza strojovňa výtahu. Z typového hľadiska ide o panelovú sústavu T06B, ktorá bola vyvíjaná a spracovaná ako celoštátny typový nosný systém. Typový podklad konštrukčnej sústavy T06B bol spracovaný Štátnym typizačným ústavom v Prahe v roku 1965 [8]. Konštrukčné riešenie zodpovedá technológii montovaných panelových stavieb. V období výstavby bolo v Československej republike vytvorených niekoľko oblastných (krajských) variantov, v danom prípade sa jedná o prešovský variant tohto nosného systému. Základné pravidlá riešenia nosnej konštrukcie pre danú panelovú sústavu ale boli vždy rovnaké.

Schéma pôdorysu typického podlažia je na obr. 1. Na prízemí sú pivnice

1 Pôdorysná schéma typického poschodia bytového domu 2 Výstuž stenového schodiskového panelu (zdroj: [8], [10]) 3 Pohľad na východnú a severnú časť obvodového plášťa bytového domu po požiari 1 Plan of a typical floor of the apartment block 2 Reinforcement of the panel making up the wall of a staircase (source: [8], [10]) 3 View of the east and north facades of the apartment building after the fire

a spoločné úžitkové priestory vlastníkov bytov. Na každom typickom podlaží sú štyri byty: jeden trojizbový a tri dvojizbové byty. Komunikačný priestor domu je tvorený schodiskom a dvoma výtahmi. Bytový dom má priestorový nosný systém zložený z križujúcich sa priečnych a pozdĺžnych betónových nosných stien hrúbky 140 mm a plných stropných doskových panelov o hrúbke 120 mm. V štítoch domu sú nosné betónové steny doplnené o predsadený keramzitbetónový obvodový panel o hrúbke 280 mm.

Vzájomné spojenie hlavných nosných prvkov je zabezpečené stykmi z ôk betonárskej výstuže presahujúcich vybratia v čelách betónových stenových a stropných panelov, ktoré boli po skompletizovaní doplnené zvislou, resp. vodorovnou zálievkovou výstužou v tvare závlačky a následne boli celé škáry zabetónované. Takto spojené stenové a stropné panely vytvárajú tuhý nosný krabicový systém.

Konštrukčná výška podlaží je 2 800 mm. Zvislé nosné steny sú zo železobetónových panelov hrúbky 140 mm a výrobné výšky 2 640 mm, pri schodiskách o výške 1 380 mm (obr. 2). Plné stenové panely sú dlhé: 1 200, 1 800, 2 400, 3 450, a 3 600 mm. Stenové panely s dvernými otvormi majú rôzne veľkosti dverných otvorov, tiež rôzne polohy dverných otvorov a dĺžku 2 400 a 3 600 mm. Stenové panely boli navrhované v troch stupňoch kvality betónu: z betónu B170 (horné podlažia), z betónu B250 (stredné podlažia 13-podlažného objektu) a z betónu B250 so zosilnenou výstužou (päť spodných podlaží). Stropné panely sú plné železobetónové doskové panely o hrúbke 120 mm, dĺžke 3 580 mm a šírkach 2 390, 1 190 a 590 mm. Sú z betónu B250 a betonárska výstuž je z ocele 10 210 (alebo 10 300) a 10 400B (príp. A). Doskové stropné panely sú po statickej stránke ako prosté nosníky a vo vežových domoch tohto typu sú stropné panely v oblasti zvislých rozvodov podopreté na troch stranách (dvojsmerne vystužené dosky).

Schodišťa sú dvojramenné so šírkou schodiskového priestoru 3 600 mm, schodiskové ramená a podesty sú železobetónové. Medzipodesty sú ukladané na schodiskové stenové panely o výške 1 380 mm na ozub o šírke 100 mm (obr. 2) [8], [10].

Celkové pôdorysné rozmery panelového bytového domu sústavy T06B na Mukačevskej ulici č. 7 v Prešove sú 18 960 × 16 310 mm. V jednom smere je to päť polí po 3 600 mm + 2× obvodový plášť so zateplením. V druhom smere sú to štyria polia po 3 600 mm + 2× šírka lodžií.

Špecifikom použitého variantu nosnej konštrukcie panelového bytového domu sústavy T06B v Prešove bolo použitie železobetónových kruhových stĺpov o Ø 400 mm na podopretie vyloženia objektu zo štyroch polí po 3 600 mm na celkový rozmer 16 310 mm. Stĺpy sú cez prvé nadzemné podlažie, po úroveň stropu nad prízemím. Vyloženie je rovnaké na oboch stranách, a to na západnej a východnej strane domu. Spolu je to päť stĺpov z oboch strán objektu, ktoré sú v osovej vzdialenosti po 3 600 mm.

Stav nosných konštrukcií po explózii a následnom požiari

Explózia plynu 6. decembra 2019 v bytovom dome v Prešove nastala trinásť minút po 12. hodine. Tlakovou vlnou a následným požiarom boli významne poškodené konštrukcie hornej časti panelového domu v 9. až 12. NP. Z priebehu explózie a poškodení je zrejmé, že explózia nastala koncentrovaním plynu v spoločných priestoroch v strednej časti pôdorysu prevažne vo výtahových šachtách a v schodiskovom priestore. Rozsah poškodení po požiari je možné vidieť aj na obr. 3 a 4. Došlo ku kolapsu nenosných obvodových panelov bytov susediacich so schodiskovým priestorom troch najvyšších podlaží (obr. 5). Explózia plynu najviac poškodila strešnú konštrukciu (obr. 6), ktorá nad spoločnými priestormi, podobne ako obvodové panely zo

západnej strany horných troch podlaží, neplánovane fungovala ako „výfuková stena“ pri návrhu plynových kotolní. Strešná nosná konštrukcia nad spoločnými priestormi bola výbuchom vytrhnutá nahor a dopadla späť na panelový dom. Murovaná strojovňa výtahu z pórabetónových tvárnic na strešnej konštrukcii bola explóziou rozmetaná niekoľko desiatok metrov od panelového domu. Obvodové panely zo západnej strany boli tlakovou vlnou vytrhnuté a dopadli na zem do vzdialenosti niekoľkých metrov od panelového domu. Zložené panely schodiskového priestoru podopierajúce medzipodesty schodnicových ramien boli v horných troch podlažiach deformované horizontálne tlakovou vlnou až do vzdialenosti približne 1 m (obr. 8).

Panelový bodový dom mal samonosný obvodový plášť. Celková stabilita budovy bola zachovaná aj po páde viacerých panelov obvodového plášťa.

Aj keď sú stenové panely navrhované na namáhania pôsobiace v ich rovine, málokedy dochádza pri výbuchu plynu k ich deštrukcii. Častejšie dôjde k poruche stykov panelov a ich posunu, resp. zrúteniu. Z vnútorných stien boli v horných troch podlažiach najviac poškodené stenové delené panely podopierajúce medzipodestu a panely výtahových šácht.

Na obr. 7 vidieť panely výtahovej šachty po výbuchu v horných podlažiach panelového domu. Vo výtahovej šachte mal výbuch veľkú intenzitu. Panely sú posunuté, vybočili zo zvislej roviny, ale zachovali si celistvosť.

Na obr. 8 vidieť výrazné vybočenie delených panelov pri medzipodeste, ktoré malo za následok pád schodiska. Naproti tomu susedný nedelený panel na celú výšku podlažia vybočil v mieste styku s delenými panelmi medzipodesty, ale napriek tomu si zachoval celistvosť.

Zvislá stena podopierajúca medzipodestu, ktorá je vytvorená z dvoch panelov v rámci podlažia, má v strede výšky v mieste ulože-



4



5



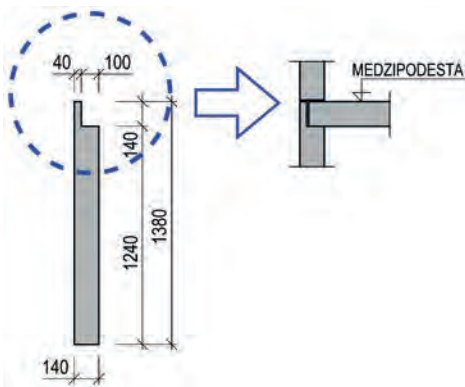
6



7



8



9



10

4 Pohľad na západnú a južnú časť obvodového plášťa bytového domu po požiari a blízky radový dom
 5 Detail poškodení horných podlaží obvodového plášťa zo západnej strany 6 Pohľad na strešnú konštrukciu bytového domu zo západnej strany, zrútená strecha technického podlažia 7 Poruchy následkom výbuchu, steny za výťahovými šachtami v horných poškodených podlažiach 8 Vybočenie delených panelov pri medzipodeste v horných troch podlažiach 9 Delený panel podporujúci medzipodestu a jej uloženie 10 Kollaps schodišťa, pohľad do schodiskového priestoru z dolného poschodia

4 View of the west and south facades of the apartment building after the fire 5 Detail of the damage to upper floors and the facade, viewed from the west side 6 View of the roof structure of the apartment building from the west side, a collapsed roof over the services floor of the building 7 Damage due to explosion: walls behind the lift shafts in the upper damaged floors 8 Buckling of the divided wall panels at mid-landing of staircase in the upper three floors 9 Divided wall panel supporting the mid-landing and its support 10 Collapse of the staircase, viewed from the lower floor

nia medzipodesty vodorovný styk s veľmi malou odolnosťou voči zaťažaniu pôsobiacemu kolmo na stenu v horizontálnom smere. Toto bolo hlavná príčina zrútenia celého schodišťa po výbuchu plynu v Prešove.

Následkom výbuchu v priestore schodišťa došlo k výraznému vybočeniu delených panelov pri medzipodeste v mieste ich vodorovného styku (obr. 8). Úložná dĺžka medzipodestového panelu 100 mm bola pri takomto výraznom vybočení zvislých panelov nedostatočná, čo spôsobilo pád medzipodesty a následne aj schodiskových ramien (obr. 9). V nižších podlažiach, kde bola intenzita výbuchu menšia, k vybočeniu delených panelov nedošlo. Konštrukcia schodišťa v tejto časti sa zrútila následkom pádu častí schodišťa z vyšších podlaží. Celkový pohľad na schodiskový priestor je na obr. 10.

Pomocou hasičskej plošiny a v sprievode príslušníkov hasičského a záchraného zboru bolo umož-

Literatúra:

- [1] STN EN 1990. *Eurokód 0: Zásady navrhovania konštrukcií*. SÚTN, 2009.
- [2] STN EN 1991-1-7. *Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií. Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia. Mimoriadne zaťaženia*. SÚTN, 2008.
- [3] STN ISO 13 822. *Zásady navrhovania konštrukcií – Hodnotenie existujúcich konštrukcií*. SÚTN, 2012.
- [4] STN 73 1211. *Posudzovanie betónových konštrukcií existujúcich panelových budov*. SÚTN, 2011.
- [5] ČSN 73 1211. *Navrhovanie betónových konštrukcií panelových budov*. Účinnosť od 1. 10. 1988.
- [6] HÁJEK, F., GRAMBLIČKA, Š. *Statické posúdenie porúch nosných konštrukcií objektu Kozmonautická 5 a 7 v Bratislave*. Záverečná správa IV. 1994.
- [7] BENKO, V., BORZOVIČ, V., GRAMBLIČKA, Š., BARTÓK, A. *Expertizny posudok: Posúdenie poškodenia nosných konštrukcií po výbuchu a následnom požiari objektu BD Mukačevská č. 7 – Prešov*. Slovenská komora stavebných inžinierov a Katedra betónových konštrukcií a mostov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. 2019.
- [8] MINISTERSTVO STAVEBNICTVÍ. *Typový podklad konštrukčnej sústavy T06 B*. Svazek E. Statický výpočet, 2. časť. Studijní a typizačný ústav v Praze, 1965. 439 s.
- [9] GRAMBLIČKA, Š. a kol. *Obnova budov pozemných stavieb s dôrazom na bytový fond, Statická únosnosť panelových stavebných sústav. Zmena štandardu bytov zmenou dispozičného riešenia. Nové technické riešenie vybraných stavebných konštrukcií*. Katedra betónových konštrukcií a mostov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Bratislava. VTP 6400/1999, 12/1999. 165 s.
- [10] *Archív panelových sústav SKSI*. Slovenská komora stavebných inžinierov, 2012.
- [11] WITZANY, J., VRBA, J., HONZÍK, V. *Otvory v panelových domech*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2014.
- [12] BENKO, V., BORZOVIČ, V., GRAMBLIČKA, Š., BARTÓK, A. *Explózia plynu v panelových bytových domoch*. *Stavebníctví*. 2020, roč. 14, č. 3, s. 40–45. ISSN 1802-2030.



11



12

11 Spojie panelov 4. NP 12 Lokálne presiaknutie vodou z hasenia požiaru
11 Panel joints of 4th floor 12 Local water seepage from fire extinguishing

nené dostať sa do objektu panelového domu a urobiť osobnú prehliadku nosných konštrukcií jednotlivých podlaží. V spodných podlažiach, ktoré zvonku vyzerali, že ich explózia a následný požiar významne nepoškodili, sa po obhliadke 2., 4., 5. a 6. NP dalo skonštatovať, že vplyvom explózie došlo k otrasom budovy, ktoré sa prejavili trhlinami povrchových úprav na zvislých stykoch stenových panelov a tiež na vodorovných stykoch stenových a stropných panelov. V dôsledku rozsiahleho hasenia objektu bola väčšina stykov poznačená presakujúcou vodou. Typické poruchy sú na obr. 11 a 12. Významnejšie poškodenia nosných konštrukcií týchto podlaží, až na vytrhané zárubne a dvere do všetkých bytov, zdemolované rámy výtahových šacht a poškodeného napojenia stropných dosiek na schodiskové ramená, sa osobnou obhliadkou nepotvrdili.

Záver

Panelové bytové domy po zhotovení tvoria tuhý krabicový nosný systém a sú navrhnuté tak, že dokážu odolávať aj mimoriadnym návrhovým situáciám ako je aj výbuch plynu. Poruchy a poškodenia lokálneho charakteru, napr. po úniku plynu z nízkotlakového spotrebiča v byte a následnom výbuchu, je poväčšine možné sanovať, príp. nahradiť novými prvkami [12].

Prípád explózie plynu v Prešove mal však oveľa väčší rozsah ako sú bežné lokálne výbuchy plynu v bytoch. K časovo veľmi rýchlemu koncentrovaniu plynu v schodiskovom priestore a výtahovej šachte dochádzalo kvôli prenikaniu plynu z poškodeného stredotlakového uličného plynového potrubia cez prívodný kanál inžinierskych sietí do bytového domu. Nedalo sa predpokladať, že k nahromadeniu plynu v schodiskovom priestore môže dôjsť v tak krátkej dobe a v takej extrémnej koncentrácii. Následná explózia bola tak mohutná, aké sa v bytových domoch neočakávajú. Tlaková vlna v horných troch podlažiach nielenže vytrhla obvodové panely v schodiskovom priestore a nadvihla strešnú konštrukciu, ale bola tak silná, že deformovala nosné panely v oblasti ukladania medzipodest prefabrikovaných schodišťových ramien (obr. 8), čím došlo k ich zrúteniu a následne aj k zrúteniu celého schodišťa, jedinej novej evakuačnej cesty v prípade požiaru. Práve táto okolnosť spôsobila extrémne sťaženú situáciu HaZZ nielen pri hasení požiaru bytového domu, ale hlavne pri záchrane osôb nachádzajúcich sa v dome. Nosné konštrukcie horných troch podlaží, kde bol extrémny výbuch, boli významne poškodené a pre prípadnú sanáciu sú nepoužiteľné.

O nosných konštrukciách spodných podlaží 1. až 8. NP by sa podobné vyhlásenie dalo urobiť až po dôkladnej diagnostike.

V prípade bytového domu v Prešove sa krízový štáb rozhodol asanovať celú budovu. Inžinieri nedostali priestor podrobnejšie zmapovať rozsah a diagnostikovať poškodenia nosných konštrukcií spodných podlaží, ako tiež prípadne navrhnúť aj možno ekonomicky výhodnejšie možnosti rekonštrukcie takto poškodeného bytového domu alebo jeho časti.

Táto práca vznikla s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0204 a s podporou výskumného projektu VEGA č. 1/0645/20 Navrhovanie a zosilňovanie betónových konštrukcií na trvanlivosť.

Fotografie: archív autorov, Ing. Viliam Hrubovčák, HaZZ SR



prof. Dipl.-Ing. Dr. Vladimír Benko, PhD.
vladimir.benko@stuba.sk



doc. Ing. Viktor Borzovič, PhD.
viktor.borzovic@stuba.sk



doc. Ing. Štefan Gramblička, PhD.
stefan.gramblicka@stuba.sk

všichni:
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Katedra betónových konštrukcií a mostov