

POŽÁRNÍ ZKOUŠKA NA EXPERIMENTÁLNÍM OBJEKTU V MOKRSKU

Program zkoušky 18.9.2008



Praha, srpen 2008

České vysoké učení technické v Praze

OBSAH

Úvodem	2
1 Tisková zpráva	3
2 Popis zkoušky	4
3 Test description	8
4 Výkresová dokumentace stavby	10
5 Návrh ocelobetonové desky	15
6 Požární zkouška v Cardingtonu	17
7 Požární zkouška v Ostravě	23
8 Literatura k požárním zkouškám	28
9 Podzemní výukové středisko Josef	29

Fotografie z výstavby experimentálního objektu v Mokrsku lze nalézt na titulní straně monografie. Na zadní straně jsou ilustrace z požární zkoušky v Cardingtonu, viz kap. 6.

Požární zkouška na experimentálním objektu v Mokrsku, program zkoušky 18.9.2008

Wald F.

ISBN 978-80-01-04146-8

URL: fire.fsv.cvut.cz/firetest_Mokrsko

Tisk česká technika, ČVUT v Praze

Září 2008

200 výtisků, 30 stran, 2 tabulky, 35 obrázků

ÚVODEM

Publikace seznamuje s programem požární zkoušky v Mokrsku, kterou připravil kolektiv katedry ocelových a dřevěných konstrukcí stavební fakulty Českého vysokého učení technického v Praze. Hlavním cílem zkoušky je ověření předpovědi chování konstrukce administrativní budovy vystavené požáru jako celku. Kromě požární odolnosti tří stropních konstrukčních systémů se zkouší šest řešení obvodových plášťů. Výsledky zkoušky umožní využití pokročilých stavebních technologií a metod návrhu pro zvýšení spolehlivosti a ekonomie řešení požární odolnosti budov. Práce se promítnou do národních a evropských návrhových norem.

Požární bezpečnost staveb je jedním ze šesti základních požadavků Směrnice Rady 89/106/EHS ze dne 21.12.1988 o sblížování právních a správních předpisů členských států, které se týkají stavebních výrobků. V nárocích na požární bezpečnost staveb jsou zahrnuty dílčí části: zachování nosnosti a stability konstrukce, omezení rozvoje a šíření ohně a kouře v objektu, omezení šíření požáru na sousední objekty, umožnění bezpečné evakuace osob a umožnění účinného a bezpečného zásahu jednotkám požární ochrany. Požárně inženýrské řešení vhodnou kombinací pasivní a aktivní požární ochrany zajišťuje nejvyšší bezpečnost osob a majetku při požáru. Zachování nosnosti a stability konstrukce za požáru se v Evropě posuzuje jako první mimořádná kombinace zatížení, které je v návrhových normách popsáno v ČSN EN 1991-1-2:2003. Požární spolehlivost je řešena v částech 1-2 norem, tj. ČSN EN 199x-1-2. Normy shrnují poslední poznatky a umožňují dobrý popis chování jednotlivých prvků za požáru. Pokročilé modely chování konstrukce jako celku jsou vyvinuty. Ověření jejich přesnosti při předpovědi teploty při požáru, přestupu tepla do konstrukce a mechanického chování konstrukce jako celku jsou aktuální otázkou požárního návrhu konstrukce.

V publikaci je v první kapitole uvedena Tisková zpráva, kterou laskavě připravila Beata Bartošová z Donath-Burson-Marsteller. Druhá kapitola seznamuje s cíly zkoušky a technickými podrobnostmi v češtině, třetí kapitola v angličtině. Přehledné výkresy ve čtvrté kapitole poskytují základní informaci o experimentálním objektu. Návrhu ocelobetonové desky se věnuje pátá kapitola. Požární zkouška v Mokrsku navazuje na zkoušky, které měli pracovníci ČVUT v Praze příležitost uskutečnit v Cardingtonu v roce 2003, viz kapitola 6, a v Ostravě 2006, viz kapitola 7. Zkušební objekt se nachází před podzemním výukovým střediskem Josef, o jehož aktivitách a historii v osmé kapitole informuje prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc. Na titulní straně připravil ing. Jan Vídenský obrazové materiály z výstavby objektu a z požární zkoušky v Cardingtonu.

Příprava zkoušky a měření jsou součástí práce ve výzkumném centru integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS č. 1M0579 a dílčí cíle jsou, mimo jiné, podpořeny granty COST C26 Požárně odolné styčníky a GAČR 103/07/1142 Metoda komponent pro požární návrh styčníků, jakož i výzkumným záměrem Ministerstva školství a mládeže VZ MSM 6840770005 Udržitelná výstavba.

Více podrobností o požární zkoušce lze nalézt na URL: fire.fsv.cvut.cz/firetest_Mokrsko.

František Wald, v Praze 25. 8. 2008

1 TISKOVÁ ZPRÁVA



Křest ohněm v Mokrsku

Praha 30. července 2008 – Pražské České vysoké učení technické (ČVUT) dokončuje tříleté přípravy na unikátní požární zkoušku v Mokrsku v okrese Příbram. Ta ověří chování konstrukce administrativní budovy vystavené požáru velkého rozsahu. Tematicky se navazuje na sedm velkých požárních zkoušek, které byly uskutečněny na skutečných budovách z oceli, betonu a dřeva v Cardingtonu ve Velké Británii. Požár jednoho podlaží budovy, který se v Mokrsku uskuteční 18. září, poskytne podklady o rozvoji teplot a chování nosné konstrukce i obvodových plášťů během zahřívání i při chladnutí po požáru. Jde o první akci takového rozsahu v České republice i ve střední Evropě.

„Evropské požární návrhové normy, které umožňují dobře předpovědět chování jednotlivých konstrukčních prvků za zvýšených teplot, vycházejí z výsledků experimentů v laboratorních podmínkách,“ říká prof. František Wald, z katedry ocelových a dřevěných konstrukcí stavební fakulty ČVUT v Praze. „Ukazuje se však, že to není dostačující. Poučením byl kolaps budov světového obchodního centra v New Yorku 11. září 2001, kde se některé budovy zasažené částmi dvojčat, např. WTC7, nechovaly tak spolehlivě, jak se při jejich návrhu předpokládalo. Pro zajištění vysoké požární odolnosti staveb a pro spolehlivější ekonomické řešení stavebních konstrukcí jsou k dispozici teoretické podklady a návrhové modely, jejich ověření zkouškami na skutečných objektech je nenahraditelné,“ dodává profesor Wald.

Hlavním cílem požární zkoušky, jejíž provedení je podporováno z národních i mezinárodních grantů, je ověření předpovědi chování konstrukce administrativní budovy vystavené požáru jako celku. Kromě požární odolnosti tří typů stropních konstrukcí se bude zkoušet i šest řešení obvodových plášťů s izolacemi z minerální vlny. Výsledky zkoušky umožní využití pokročilých stavebních technologií a metod návrhu a zvýšení spolehlivosti a ekonomie řešení požární odolnosti. Výsledky prací se promítnou do národních a evropských požárních návrhových norem.

„Účinná ochrana životů, zdraví a majetku před požáry je výsledkem spolupůsobení celé řady faktorů,“ říká plk. Rudolf Kaiser, ředitel odboru prevence Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. „Selhání kteréhokoliv z nich může mít dalekosáhlé následky. A každá příležitost ověřit chování konstrukce v praxi usnadňuje výběr ideální formy protipožární prevence. V případě požáru navíc umožňuje odhadnout situaci s větší přesností a detailněji naplánovat zásah hasičského sboru. V takovém případě je každá minuta drahá,“ dodává plk. Kaiser.

Na zkoušce se kromě ČVUT, které je nositelem projektu, podílejí i Ústav teoretické a aplikované mechaniky (ÚTAM AV ČR), Pavus a.s., The University of Sheffield, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Generální ředitelství hasičského záchranného sboru MV ČR, Profesionální komora požární ochrany a řada společností odpovídajících za realizaci konstrukce. Experimentální budovu v objemu tři milionů korun financovali sponzoři projektu ArcelorMittal Long Carbon R&D Centre, EXCON a.s., Rockwool a.s., Promat s.r.o., HAIRONVILLE VIKAM s.r.o., Metrostav a.s., TBG Metrostav s.r.o., DYWIDAG PREFA a.s., Kovové profily s.r.o., Kingspan a.s., SGB a Hünnebeck CZ s.r.o., Skála a Vít s.r.o. a další. Mediálním partnerem je časopis Konstrukce.

Kontakt:

Donath-Burson-Marsteller

Beata Bartošová

Tel.: 224 211 220, email: beata.bartosova@bm.com

2 POPIS ZKOUŠKY

2.1 Úvod

Zřícení budov světového obchodního centra v New Yorku 11. září 2001, zvláště objektu WTC7, obrátil pozornost inženýrů k chování styčnicků za požáru. Podle většiny odborníků zapříčinilo jeho progresivní kolaps porušení styčnicků.

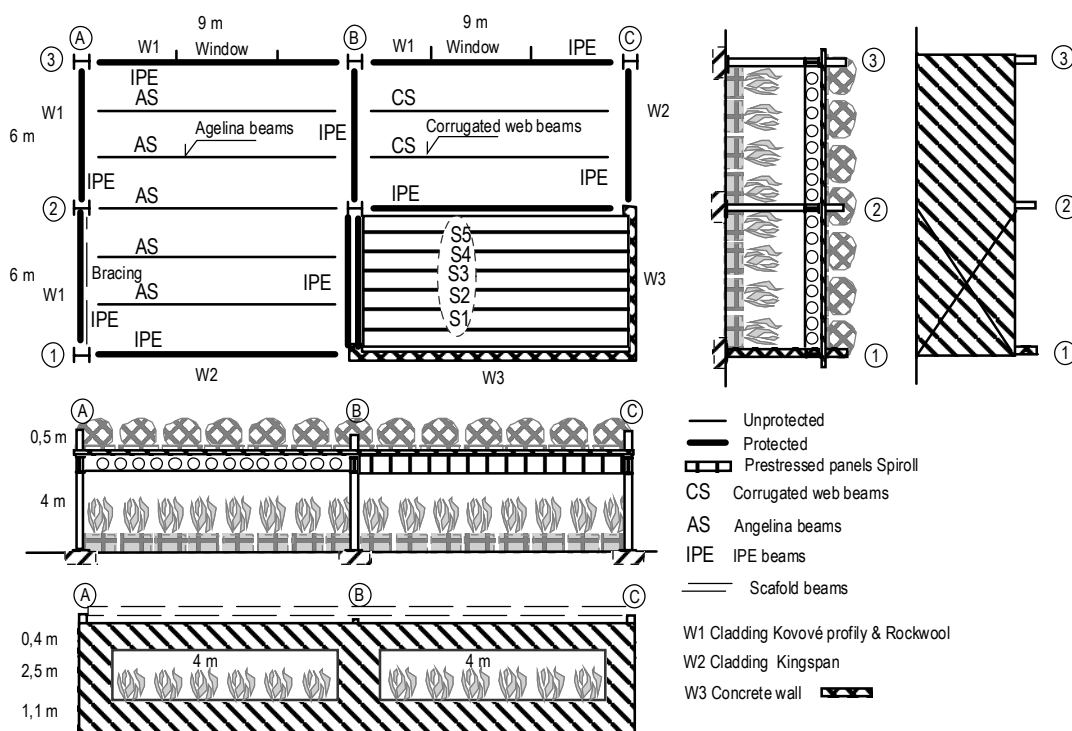
Analýza chování konstrukce za požáru se stává běžnou praxí při jejím návrhu. Předpověď chování jednotlivých prvků za zvýšených teplot je v evropských normách na velmi vysoké úrovni. Pro přechod od navrhování jednotlivých prvků k ekonomičtějšímu a spolehlivějšímu řešení konstrukce jako celku jsou zkoušky na celých konstrukcích zcela zásadní. Základem takovýchto zkoušek bylo sedm velkých požárních zkoušek na ocelové, jedna na betonové a dvě na dřevěné konstrukci v laboratoři v Cardingtonu ve Velké Británii v letech 1998 až 2003. Od té doby bylo provedeno pět požárních zkoušek na celých budovách. Zkouška v Mokrsku 18.9.2009 rozvíjí zde získané poznatky.

2.2 Cíle projektu

Požární zkouška ověří celkové chování konstrukce vystavené požáru, což nelze uskutečnit pouze na jednotlivých prvcích. Předpokládá se, že zkouška potvrdí správnost pokročilého integrovaného návrhu, který zahrnuje i fázi chladnutí a změny materiálu během chladnutí a po požáru. Kromě tří typů stropní konstrukce se ověřuje průběh teplot ve styčnicích se zvýšenou požární odolností. Přípoje s čelní deskou, které byly optimalizovány metodou komponent, jsou částečně požárně chráněny betonovou deskou. Ocelobetonová deska, která během požáru přenáší zatížení membránovým působením, je spřažena se dvěma typy nosníků, které výraznou úsporou hmotnosti šetří životní prostředí, s prolamovanými stropními nosníky a se stropními nosníky s vlnitou stojinou. Požárně nechráněné prolamované nosníky s variabilním tvarem otvorů ve stojině Angelina se navrhuji pomocí pokročilých výpočetních modelů a vynikají moderním estetickým působením. Požárně nechráněné nosníky s vlnitou stojinou umožňují jejich realizaci tloušťky plechu pouze 4 mm. Průvlaky a okrajové nosníky jsou řešeny s deskovou požární ochranou. Na jedné čtvrtině stropní konstrukce o rozměrech 6 x 9 metrů bude zkoumána únosnost stropu s předepnutými dutými betonovými panely. Podrobně bude vyšetřován rozvoj teploty v požárně chráněných sloupech, které jsou v konstrukci kombinovány s požárně nechráněnými stropy. Na stěnách budovy, které jsou tvořeny z nosných kazet, trapézových plechů a sendvičových panelů, bude zkoumán přestup tepla a chování za vysokých teplot. Bude měřena teplota, vlhkost a napětí betonových a sádrových stěn vystavených přirozenému požáru.

2.3 Konstrukce

Objekt představuje část jednoho podlaží administrativní budovy o rozměrech 18 x 12 m, viz obr. 2.1. Ocelobetonová deska je navržena na rozpětí 9 x 6 m. Sloupy z profilu HEB 180 jsou požárně chráněny. Prolamované nosníky mají výšku 395 mm a jsou vyrobeny z IPE 270. Nosníky s vlnitou stojinou mají pásnice šířky 220 mm, tloušťky 15 mm. Stojina je z plechu tloušťky 2,5 mm o výšce 500 mm. Okrajové nosníky jsou z profilu IPE 400. Vodorovná tuhost rámu je zajištěna betonovou stěnou tloušťky 250 mm a dvěma ztužidly z úhelníků L 80 x 8. Připoj čelní deskou se zvýšenou požární odolností je navržen z plechu 10 mm a se čtyřmi šrouby M16. Horní dva jsou zabetonovány v desce. Prostě podepřená železobetonová deska je betonována do trapézových plechů CF46 (Cofraplus 0,75 mm) o celkové tloušťce 120 mm (60 + 60 mm). Krychelná pevnost použitého betonu je 30 N/mm³ a pevnost výztužné sítě ø 5 mm 100/100mm je 500 MPa. Předepnuté duté panely Spiroll výšky 320 mm jsou navrženy na rozpětí 9 m. Dvě obvodové stěny jsou tvořeny nosnými kazetami, minerální vlnou a vnějšími trapézovými plechy a další dvě stěny tvoří sendvičové panely tloušťky 150 mm vyplněné minerální vlnou. Požární ochrana sloupů, průvlaků, okrajových nosníků a ztužidel je řešena pro požární odolnost R60.



Obr. 2.1 Schéma konstrukce pro požární zkoušku na experimentálním objektu

Fig. 3.1 Structural scheme for fire test on experimental building

2.4 Zatížení

Mechanické zatížení je navrženo tak, aby odpovídalo běžné administrativní budově, kde se proměnné zatížení pohybuje v rozpětí 2,5 až 3,5 kN/m². Za požární situace je statisticky ověřeno, že mechanické zatížení nedosahuje největších hodnot. Skutečná vlastní tíha zkoušené konstrukce představuje 2,6 kN/m². Při zkoušce je proměnné zatížení 3,0 kN/m² vytvořeno pytlí s pískem (78 pytlů, každý po 900 kg). Toto zatížení odpovídá při návrhu na mezním stavu únosnosti za běžné teploty proměnnému zatížení 3,0 kN/m² a zatížení podlahami a příčkami 1,0 kN/m², v charakteristických hodnotách. Použité zatížení překročí předpokládanou únosnost za požární situace, která je pro zjednodušený model stropní konstrukce vypočítána na 3,49 kN/m², asi o 60%.

Požární zatížení je tvořeno dřevěnými hranoly 50 x 50 x 1000 mm. V požárním úseku je rozmístěno 50 hranic po 12 patrech, tj. asi 35,5 kg/m² dřeva, což je asi 620 MJ/m². Požární zatížení běžné administrativní budovy při jejím návrhu je stanoveno na 420 MJ/m². Navržené množství paliva přesahuje o asi 50% množství, které se nachází v budově tohoto určení. Ventilace je zajištěna okenními otvory, které odpovídají moderní podlažní budově. Parapet dosahuje do výšky 1 m a okna mají výšku 2,54 m a celkovou délku 8,00 m. V oknech není skleněná výplň. Maximální teplota plynu, která byla předpovězena parametrickou teplotní křivkou, 1057°C bude dosažena po 60 min požáru, viz. obr. 2.2. Fáze chladnutí je spočítána na přibližně 90 min.

2.5 Měření

Pro měření teplot se plánuje 136 termočlánků, z toho pro měření teploty plynu 12 kusů, styčníků 31 kusů, stropnic 13 kusů, stěn 9 kusů, sloupů 9 kusů, betonové desky 14 kusů a ohraničujících konstrukcí 56 kusů. Deformace budou měřeny na deseti místech konstrukce z lešení, které je umístěno 1,5 m nad stropem zkušební budovy. Geodeticky budou deformace měřeny trigonometricky pomocí osmi tyčí na stropě. Sedm tenzometrů, které mohou měřit poměrné deformace při teplotách do 1200 °C, je připevněno na stojiny nosníků pro stanovení rozvoje vnitřních sil v konstrukci při požáru. Pět videokamer a tři termokamery umožní záznam chování konstrukce a rozvoje teplot v konstrukci a ve stěnách.

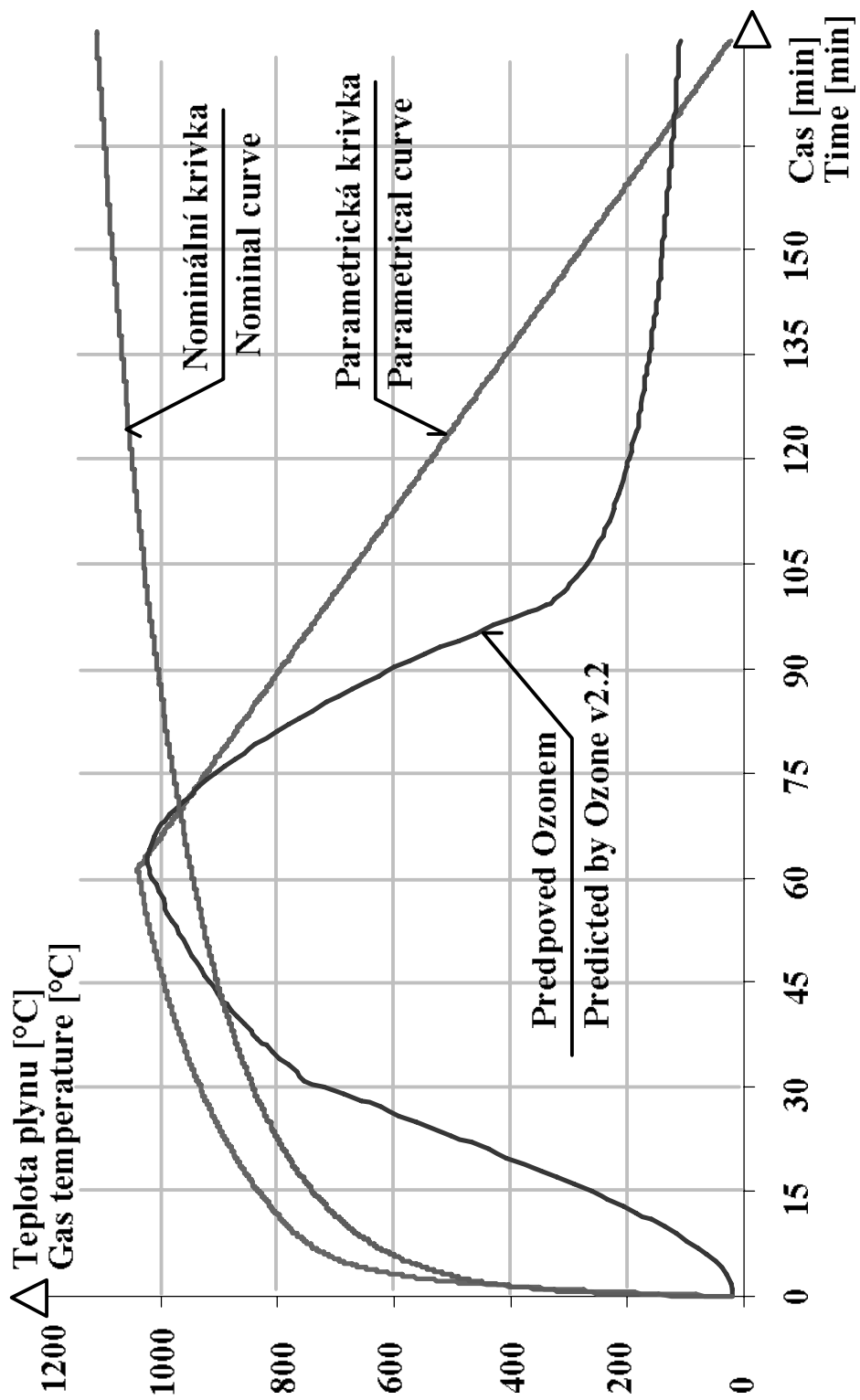
2.6 Partneři projektu

Nositelé výzkumných projektů: ČVUT v Praze, ÚTAM AV ČR, Pavus a.s.,
The University of Sheffield, STU Bratislava

Partneři projektu: GŘHZS MV ČR, PKPO

Partneři pro konstrukci: ArcelorMittal Long Carbon R&D Centre, EXCON a.s., Rockwool a.s., Promat s.r.o., HAIRONVILLE VIKAM s.r.o., Metrostav a.s., TBG Metrostav s.r.o., DYWIDAG PREFA a.s., Kovové profily s.r.o., Kingspan a.s., HILTI ČR spol. s r.o., SGB a Hünnebeck CZ s.r.o., Skála a Vít s.r.o.

Mediální partner: Konstrukce



Obr. 2.2 Předpokládané teploty plynu pro požární zatížení odpovídající administrativní budově
 Fig. 3.2 Proposed gas temperature for fire load in administrative building

3 TEST DESCRIPTION

3.1 Introduction

Failure of the World Trade Centre on 11th September 2001, namely the WTC 7 building, alerted the engineering profession to the possibility of connection failure under fire conditions. The failure of the connections is thought, by some, to have initiated the progressive collapse.

The prediction of the element behaviour at elevated temperature reached in structural Eurocodes high level. The global analysis of the structure during the fire starts to be the common practice of today's fire design. For the change from the element design to the design of the whole structure the tests on the whole structures are crucial. The background of this test is seven large fire tests on the steel structure, one on concrete and two on timber structures in Cardington laboratory from 1998 till 2003. Since then five fire tests on whole structure were performed. The prepared test in Mokrsko 18th September 2009 is contributing to this knowledge.

3.2 Project targets

The main goal of the fire test is overall behaviour of the structure, which may not be observed on the separate elements. The experiment is expected to confirm the advanced integrated fire design including cooling and material behaviour during the cooling phase and after the fire. Except of the tree types of flooring systems the temperatures in the connections with improved fire resistance are measured. The header plate connections with the end plates partially located in concrete slab were optimised for fire resistance by component method. Under the concrete slabs, which is expected to carry the load at elevated temperature by its membrane actions, will be studied two types of beams: the fire unprotected cellular beams with latest design of openings, which are allowed by informatics improvements and are called the Angelina beams, and the fire unprotected beams with corrugated webs. The work is focused on the temperatures in the beam webs and its behaviour at elevated temperatures. The edge beams will be fire protected by boarding. The resistance of the decking of the prefabricated panels with hollow core openings will be studied on a quarter of the floor on field of 9 to 6 m. The behaviour and the heat transfer will be studied on the walls from structural linear trays with trapezoidal sheets and sandwich panels of real size. The concrete and plaster walls will allow to measure the temperatures, the humidity and stresses in case of exposing of a fire.

3.3 Structure

The structure represents one floor of the administrative building of size 18 x 12 m, see Fig. 3.1. The composite slab is designed with a span 9 to 6 m. The fire protected columns are prepared from HEB 180 sections. The height of the cellular beams made of IPE 270 section is 395 mm. The beams with corrugated webs have flanges 220 x 15 mm and web 2.5 mm thick with height 500 mm. The edge beams are from sections IPE 400. The horizontal stiffness of the frame is reached by concrete walls with 250 mm thickness and two cross braces of L 80x8. The header plate connections are designed with plate thickness 10 mm and four M 16 bolts partially placed in concrete deck. The deck is a simple trapezoidal composite slab of overall thickness 120 mm with sheeting CF46 (Cofraplus 0.75 mm) and concrete of characteristic cubic strength of 30 N/mm^3 reinforced by a ductile mesh $\varnothing 5 \text{ mm } 100/100\text{mm}$; $f_{yr} = 500 \text{ MPa}$. The prefabricated panels of height 320 mm with hollow core openings form a span 9 m. Two walls are composed cladding: linear trays, mineral wool and external corrugated sheets. Two other walls are made of sandwich panels of thickness 150 mm filled with mineral wool. The fire protection of columns, primary and edge beams as well as bracings is designed for R60.

3.4 The load

The mechanical load is designed to correspond the regular administrative building, where the regular variable load is from 2.5 to 3.5 kN/m^2 . On the test building the applied permanent load is 2.6 kN/m^2 . The variable load 3.0 kN/m^2 is created by sand bags (78 bags of 900 kg each). It was statistically approved, that the structure is loaded at accidental action not by maximal mechanical load. The applied load during the test corresponds for the Ultimate Limit State design at ambient temperature to the variable load 3.0 kN/m^2 and to the load from missing flooring and internal walls 1.0 kN/m^2 , in the characteristic values. The level of loading exceeds of about 60% the predicted resistance under the fire situation, which is calculated for the slab by simple model as 3.49 kN/m^2 only.

The applied fire load is created by timber battens 50 x 50 x 1000 mm, 50 piles with 12 rows in a pile, e.g. about 35.5 kg/m^2 of timber, which is about 620 MJ/m^2 . The design fire load exceeds the fire load of regular administrative building, which is 420 MJ/m^2 , of about 50%. The regular openings of such type of building will ventilate the fire; the windows have sill 1 m, height 2.54 m, length 8.0 m. No glass will be installed. Maximal gas temperature, which was predicted by parametrical fire curve 1057 °C, is expected to be reached at 60 min, see Fig. 3.2. The cooling phase will take about 90 min.

3.5 Measurement

Measurements consist of 136 thermocouples to measure gas (12 pcs.), structural connections (31 pcs.), secondary beams (13 pcs.), walls (9 pcs.), columns (9 pcs.), slab (14 pcs.) and enclosures (56 pcs.) temperatures. The deformations will be measured from the scaffold located 1.5 m above the structure in 10 points and geodetically on long distance from towers in 8 points. Seven pieces of high temperature strain gauges will be located on the beam webs to predict the forces for connection design. Five video and three thermo cameras will allow recording the structural behaviour and temperature developments in the structure and walls.

3.6 Project partners

Grant holders: CTU in Prague, ÚTAM AV ČR, Pavus a.s., The University of Sheffield, STU Bratislava

Advisory board: GŘ HZS MV ČR, PKPO

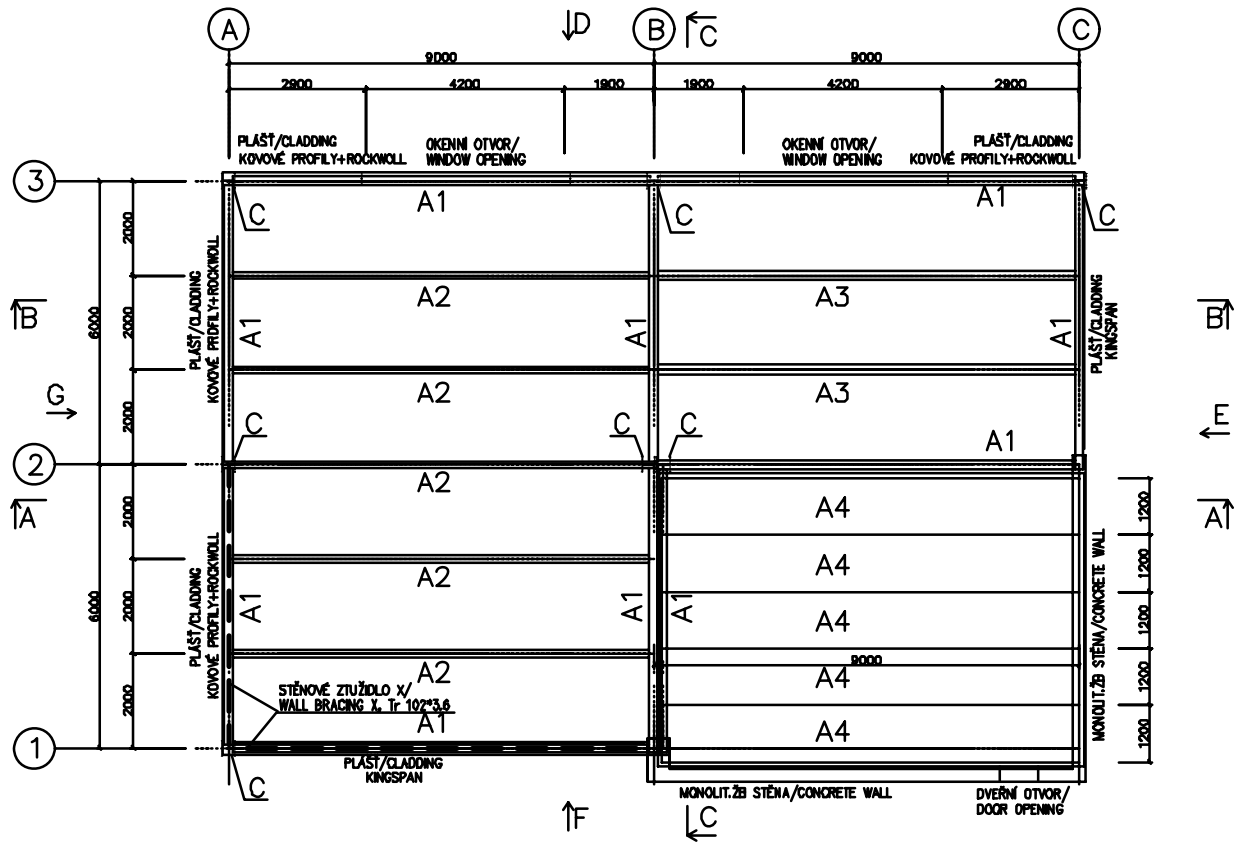
Structural partners: ArcelorMittal Long Carbon R&D Centre, EXCON a.s., Rockwool a.s., Promat s.r.o., HAIRONVILLE VIKAM s.r.o., Metrostav a.s., TBG Metrostav s.r.o., DYWIDAG PREFA a.s., Kovové profily s.r.o., Kingspan a.s., HILTI ČR spol. s r.o., SGB a Hünnebeck CZ s.r.o., Skála a Vít s.r.o.

Medial partner: Konstrukce

4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE STAVBY

Výkresovou dokumentaci experimentálního objektu připravil Ing. Petr Kyzlík EXCON a.s. ve dvou etapách, ve formě úvodního projektu a dílenské dokumentace. Pro tuto monografii upravila přehledné výkresy Ing. Petra Kallerová.

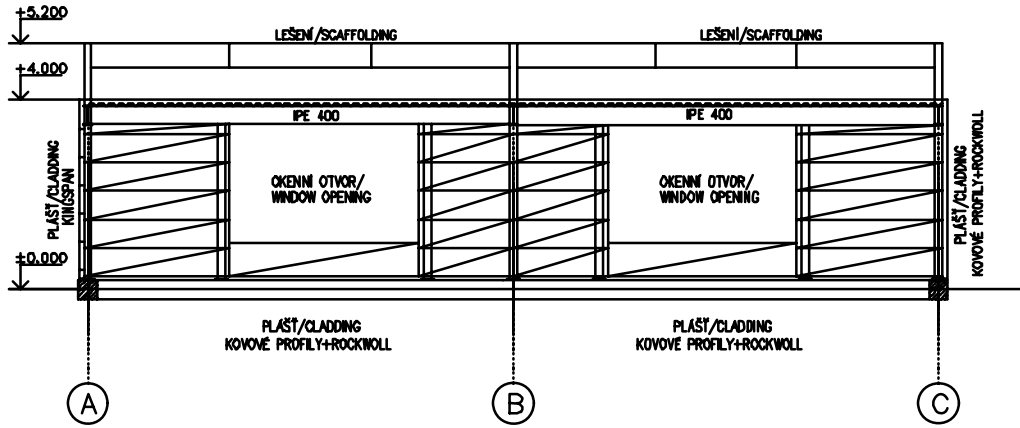
PŮDORYS/PLAN



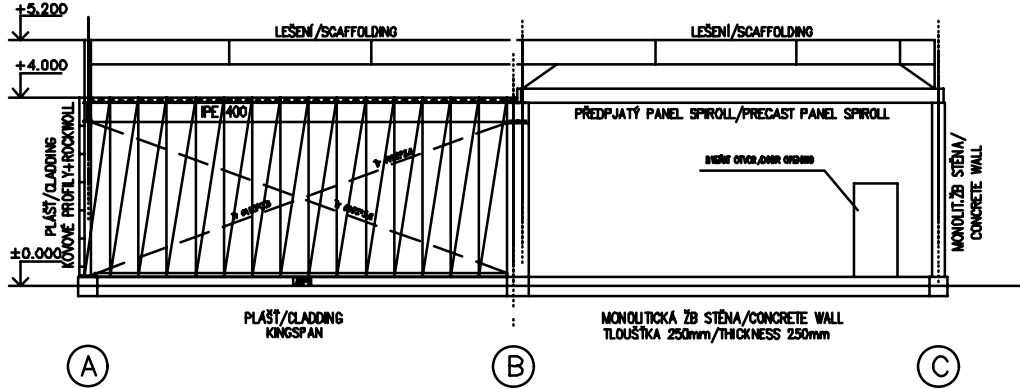
POZN./NOTES

- A1 IPE 400
- A2 PROLAMOVANÝ NOSNÍK/ANGELINA BEAM
- A3 NTB 500
- A4 PŘEDPŘÍJATÝ PANEĽ SPIROLL/PRECAST PANEL SPIROLL
- W MONOLIT.ŽB STĚNA/CONCRETE WALL
- C SLOUP/COLUMN HEB280

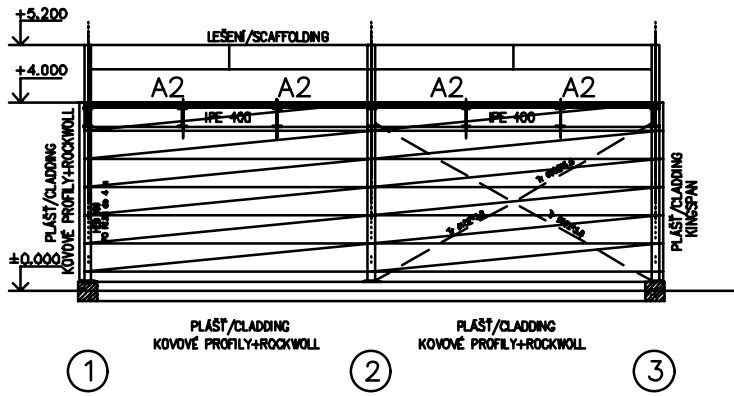
POHLED/VIEW D



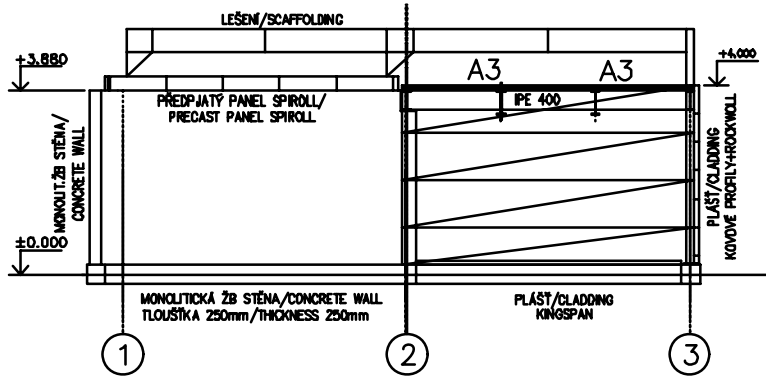
POHLED/VIEW F



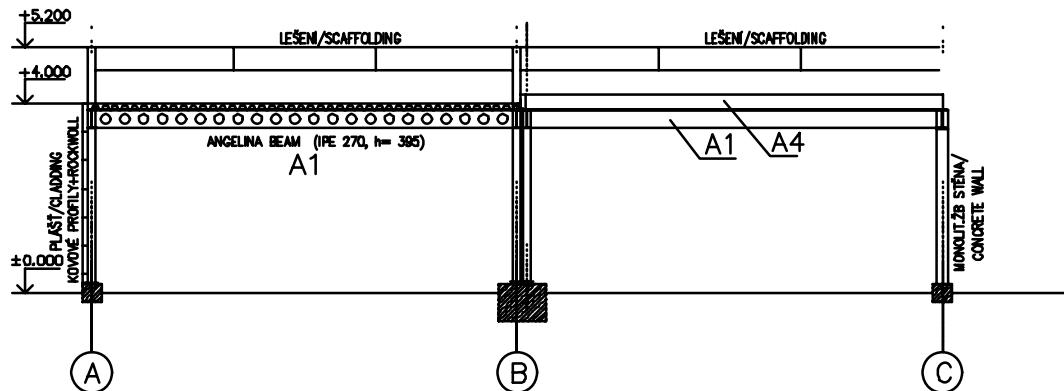
POHLED/VIEW G



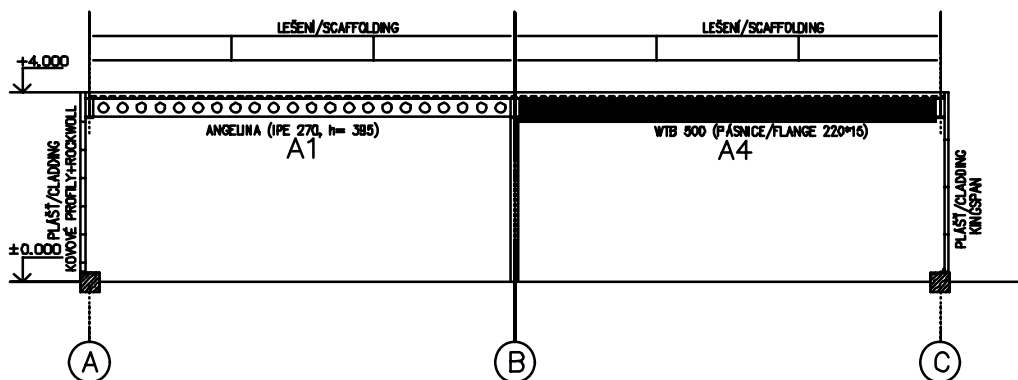
POHLED/VIEW E



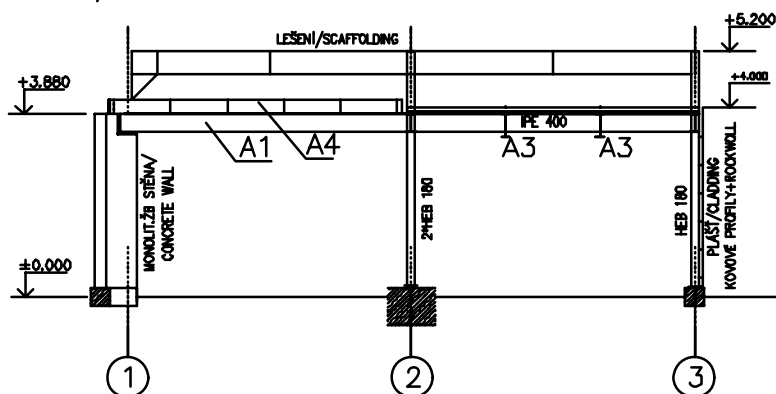
ŘEZ A-A/CUT A-A



ŘEZ B-B/CUT B-B



ŘEZ C-C/CUT C-C

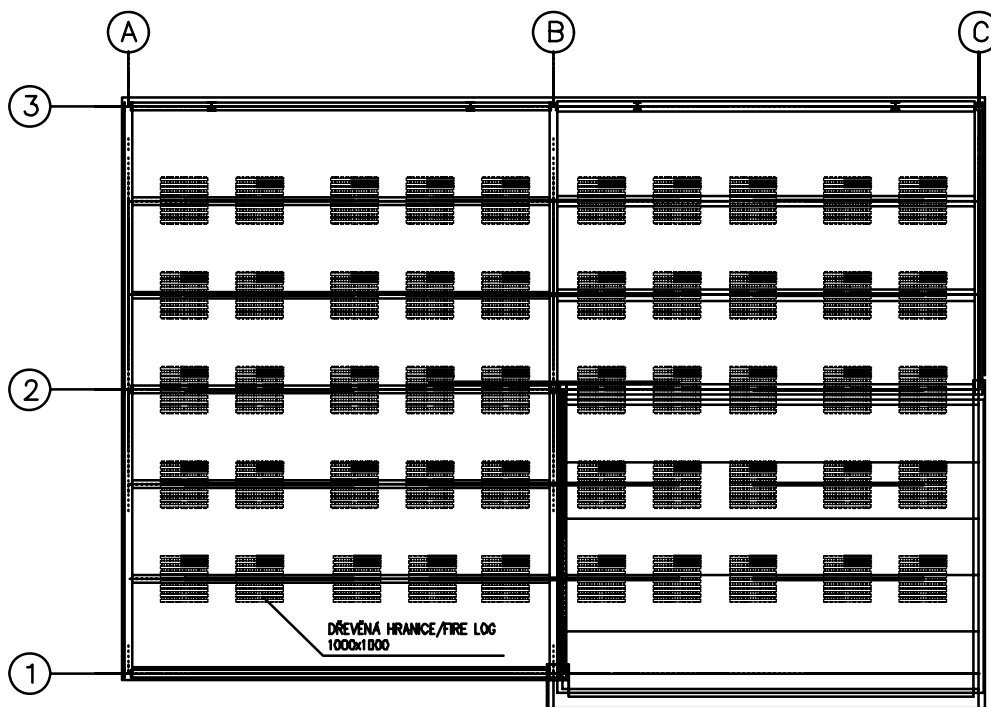


POZN./NOTES

- A1 IPE 400
- A2 PROLAMOVANÝ NOSNÍK/ANGELINA BEAM
- A3 WTB 500
- A4 PŘEDPĚJATÝ PANEĽ SPIROLL/PRECAST PANEĽ SPIROLL
- W MONOUT.ŽB STĚNA/CONCRETE WALL
- C SLOUP/COLUMN HEB280

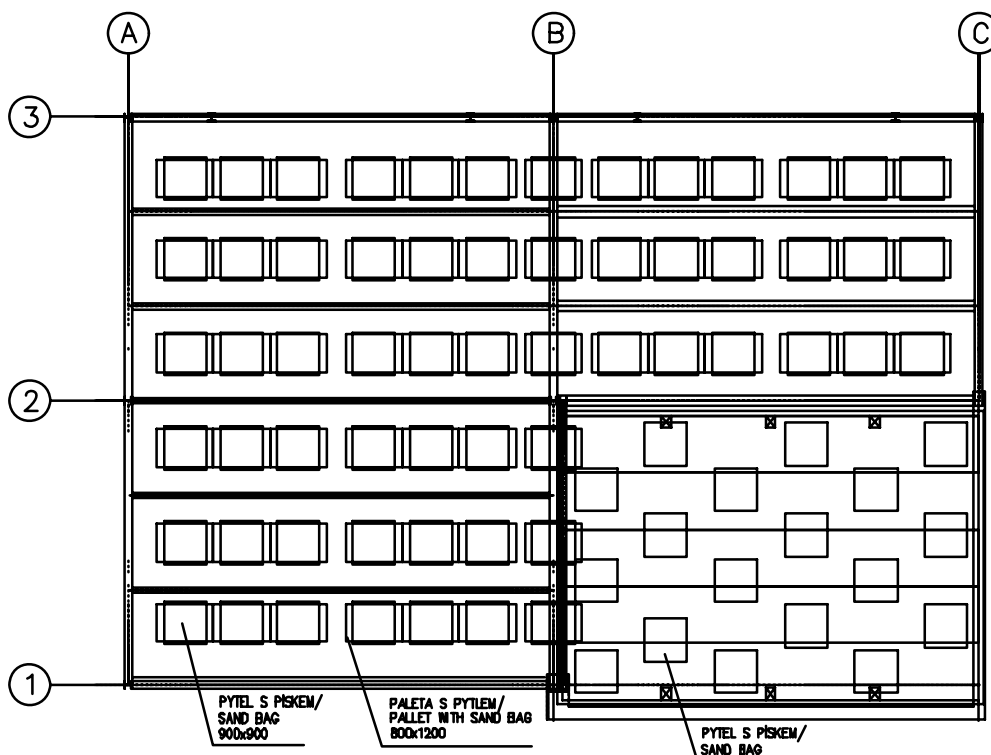
POŽÁRNÍ ZATÍŽENÍ/FIRE LOAD

PŮDORYS/PLAN



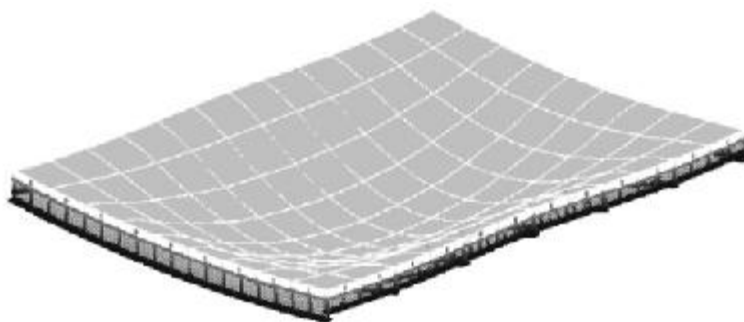
MECHANICKÉ ZATÍŽENÍ/MECHANICAL LOAD

PŮDORYS/PLAN



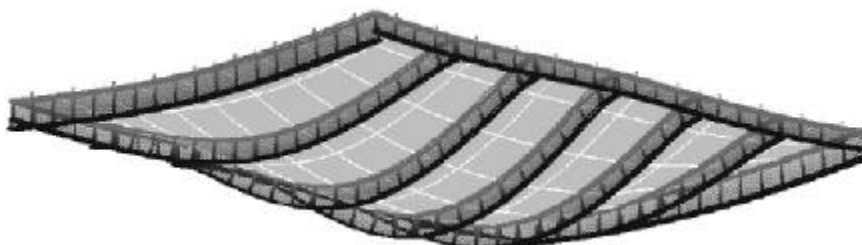
5 NÁVRH OCELOBETONOVÉ DESKY

Vhodně navržená ocelobetonová deska, i požárně nechráněná, výrazně zvyšuje požární odolnost nosné konstrukce. Na její jednoduchý a spolehlivý požární návrh je v současné době zaměřeno několik evropských projektů. Kromě řešení požární odolnosti styčnicků může požární experiment přinést zásadní poznatky o jejím chování se spojením s prolamovanými nosníky a nosníky s vlnitou stojinou. Kromě návrhu stropu na ČVUT v Praze byla deska požárně řešena Ing. Magdalénou Štujberovou, PhD. z STU Bratislava a prof. Ianem Burgessem z The University of Sheffield. Výstupy z programu VULCAN, viz URL: fire-research.group.shef.ac.uk, jsou dokumentovány dále. Na obr. 5.1 je zachycena předpověď deformace ocelobetonové desky 9 x 12 m. Deformace nechráněných prolamovaných nosníků pod deskou 9 x 12 m je ukázána na obr. 5.2. Předpokládané hlavní trhliny v ocelobetonové desce 9 x 12 m jsou zobrazeny na obr. 5.3. Průhyb ocelobetonové desky 9 x 12 m, ve středu a ve čtvrtině rozpětí, a chráněného obvodového nosníku 9 m je dokumentován na obr. 5.4.



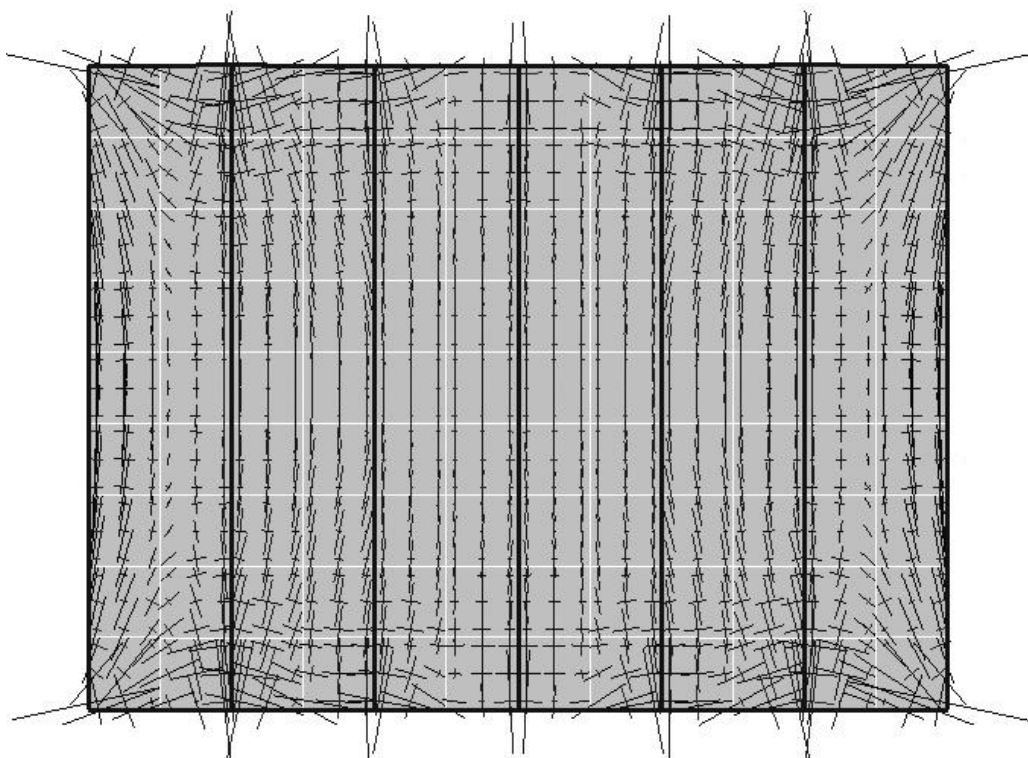
Obr. 5.1 Deformace ocelobetonové desky 9 x 12 m, program VULCAN, The University of Sheffield

Fig. 5.1 Deformation of the slab 9 x 12 m, program VULCAN, The University of Sheffield



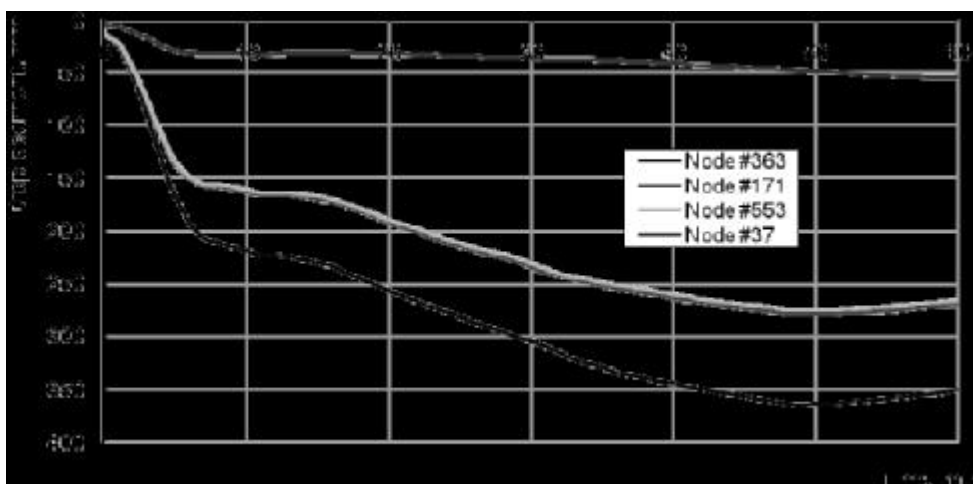
Obr. 5.2 Deformace nechráněných prolamovaných nosníků pod deskou 9 x 12 m

Fig. 5.2 Deformations of unprotected cellular beams under the slab 9 x 12 m



Obr. 5.3 Předpokládané hlavní trhliny v ocelobetonové desce 9 x 12 m

Fig. 5.3 Expected cracking of the steel concrete composite slab 9 x 12 m



Obr. 5.4 Předpokládaný průhyb ocelobetonové desky 9 x 12 m, ve středu a ve čtvrtině rozpětí 9 m, a chráněného obvodového nosníku 9 m

Fig. 5.4 Expected deformation of the slab 9 x 12 m, in the centre and quarter of the span 9 m, and of the protected edge beam 9 m

6 Požární zkouška v Cardingtonu

V příspěvku dále je popsána požární zkouška v Cardingtonu v roce 2003.

POŽÁRNÍ EXPERIMENT NA OSMIPODLAŽNÍM OBJEKTU V CARDINGTONU

M. Beneš¹, F. Wald¹, P. Hřebíková¹, M. Chladná² a J. Pašek³

¹ČVUT, Fakulta stavební, Katedra ocelových konstrukcí,
Thákurova 7, 166 29 Praha, ČR
Martin.Benes@fsv.cvut.cz
Wald@fsv.cvut.cz
Petra.Hrebikova@fsv.cvut.cz

²STU, Stavebná fakulta, Katedra kovových a drevených konštrukcií,
Radlinského 11, 813 08 Bratislava, SR
Chladna@svf.stuba.sk

³ČVUT, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb,
Thákurova 7, 166 29 Praha, ČR
Jan.Pasek@fsv.cvut.cz

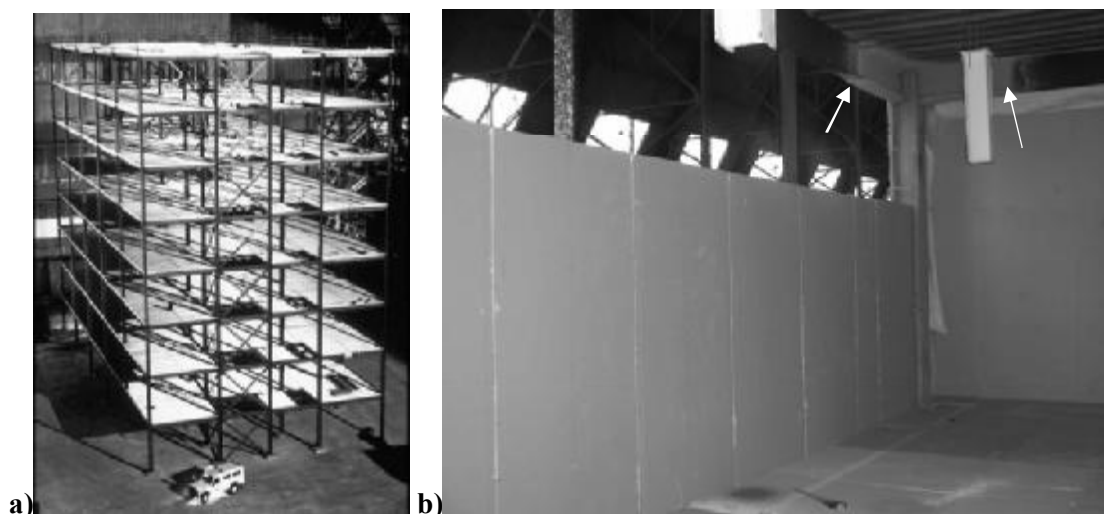
ABSTRACT

This paper presents the fire test conducted in the Large Building Test Facility in Cardington by Czech Technical University in Prague, British Research Establishment, University Coimbra, Technical University in Bratislava and University of Sheffield under the EU Fifth framework program HPRI – CV 5535 on January 16th 2003. The test was performed on the full-scale eight-story building, which had been designed and constructed as a typical multi-storey office building, see Fig. 1. This seventh fire test on the building was designed to investigate the temperature distribution and internal forces in connections as well as the behaviour of the composite floor slab. The paper is focussed to the test preparation, execution and the major observations. The behaviour of the connections observed during the test is discussed.

ÚVOD

Laboratoř pro zkoušky velkého rozsahu (LBTF) v Cardingtonu je unikátní zkušební prostor o rozměrech 48 m x 65 m x 250 m umístěný v bývalém hangáru pro vzducholodě, viz obr. 1a [1]. V hale je kromě dalších menších experimentálních staveb šestipodlažní dřevěný, sedmipodlažní železobetonový a osmipodlažní ocelobetonový objekt. Zkoušky na budovách ve skutečném měřítku jsou zaměřeny na spolupůsobení prvků, na konstrukční celistvost při

výbuchu a na zkoušky požární spolehlivosti, viz [2], na zkoušky, které na částech konstrukce nelze provést.



Obr. 1: a) Pohled na zkoušený objekt a b) do požárního úseku pro zkoušku celistvosti, šipkami označen rozsah tepelné protipožární izolace nosné konstrukce

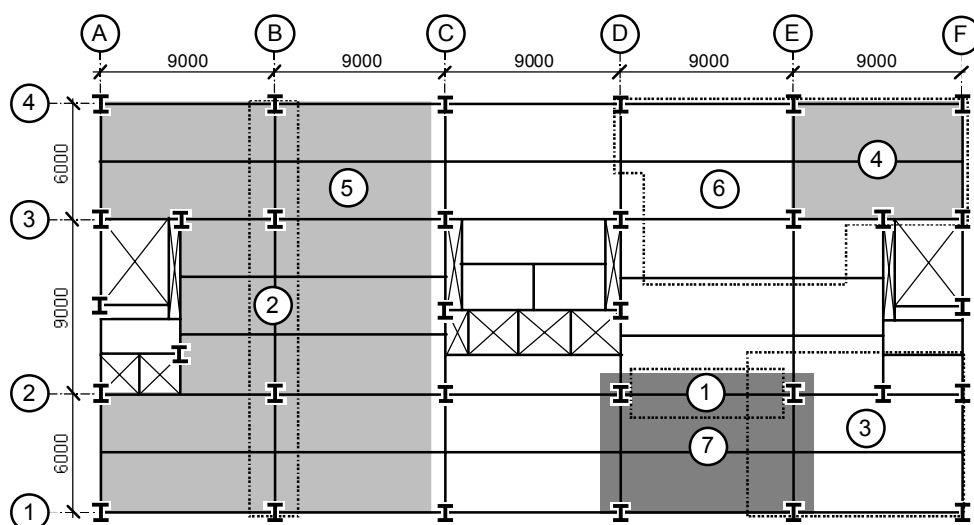
Ocelobetonový objekt je navržen jako typická moderní administrativní budova o užitné ploše 945 m², viz obr. 1. Objekt je vysoký 33 m o půdorysných rozměrech 21 m x 45 m se třemi trakty 6 m + 9 m + 6 m o pěti polích rozpětí 9 m. Konstrukce je v obou směrech ztužena diagonálními ztužidly umístěnými kolem tří přístupových svislých šachet, viz obr. 2 [1]. Ocelové nosníky jsou navrženy z otevřených profilů I jako prostě uložené a jsou spřaženy trny s plechobetonovou deskou o tloušťce 130 mm z profilovaných plechů a betonu s lehkým kamenivem. Deska je vyztužena jednou vrstvou sítí trhlinové výztuže.

Tabulka 1: Přehled požární experimentů na spřaženém ocelobetonovém objektu v laboratoři LBTF v Cardingtonu

Zkouška				Podlaží
1				7
2				4
3				2
4				3
5				3
6				2
7	ČVUT	Konstrukční celistvost	77	3

Na ocelobetonovém objektu bylo provedeno sedm hlavních požárních experimentů [3]. Jejich cílem bylo sledovat chování objektu vystaveného požární situaci, viz tab. 1 a tab. 2. První experiment byl zaměřen na nosník za vysokých teplot při skutečných okrajových podmínkách. Při experimentu č. 2 byla zatížena teplotou jedna celá příčná vazba. Pro tyto zkoušky se zahřívalo plynovými hořáky, viz [4]. Pro další zkoušky byly spalovány dřevěné hranoly nebo kancelářské vybavení, zkouška č. 6. Zkoušky č. 3 až č. 6 prověřovaly působení ocelobetonové stropní desky a vedly ke zvýšení spolehlivosti tohoto typu konstrukcí. Mechanické zatížení bylo vnášeno pytli s pískem. Průběh hoření u zkoušky č. 3 až 5 byl ovlivněn omezením přívodu kyslíku. U požární spolehlivosti se vycházelo z moderní koncepce, kdy se tlačené prvky (sloupy) chrání tepelně izolačním materiálem, viz [5],

a ocelobetonové stropy a ohýbané konstrukční prvky požární vyhoví bez ochrany. Při všech zkouškách se potvrdilo dobré chování ocelové konstrukce zatížené přirozeným požárem. Mezi typické poruchy styčniců za vysokých teplot patří boulení tlačené pásnice, ztráta únosnosti šroubů ve smyku u přípojů s deskou na stojině nosníku a přetržení jedné strany čelní desky ve fázi chladnutí konstrukce bez ztráty její únosnosti ve smyku. Na experimentech byly ověřeny modely rozložení teploty ve styčnicích, viz [6]. Hlavní přínos experimentů na skutečných objektech lze spatřovat v popisu chování ocelobetonové desky za vysokých teplot. Zkouška navržená pod vedením pracovníků z ČVUT navázala na poznatky z kolapsu WTC 11. září 2001 a zaměřila se na konstrukční celistvost objektu při zatížení požárem, viz [7].



Obr. 2: Půdorys typického podlaží se schematickým označením umístění požárních experimentů, zkouška ČVUT v Praze je označena ⑦

Tabulka 2: Hlavní charakteristiky experimentů na spřaženém ocelobetonovém objektu

Zkouška							Čas (min.)
1							170
2							125
3							75
4							114
5							70
6							40
7	40 kgm ⁻²	56%	1108	1088	~1220	925	55

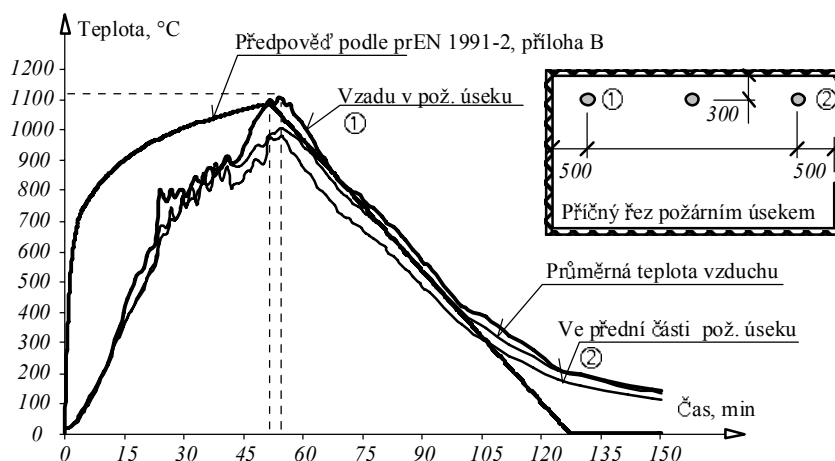
ZKOUŠKA KONSTRUKČNÍ CELISTVOSTI

Hlavními cíli zkoušky bylo získání poznatků o rozvoji teploty ve styčnicích konstrukce, o vnitřních silách ve styčnicích a o chování spřažené desky, viz [8]. Pro experiment byl na třetím podlaží vytvořen požární úsek o rozměrech 7 m x 11 m, viz obr. 2, zkoušena byla stropní deska nad třetím podlažím. Stěny úseku byly navrženy 1 m vně sloupů. Byly tvořeny příčkami ze sádkartonových desek (tloušťky 15 + 12,5 + 15 mm, tepelné vodivosti $\lambda_p = 0,20 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$) na ocelových tenkostěnných profilech. Sádkartonové desky byly ukončeny 0,5 m pod stropem. Mezera byla uzavřena rohoží z křemičitých vláken, tak aby

byla umožněna volná deformace stropu. U obvodového pláště byl vytvořen ventilační otvor o výšce 1,27 m a délce 9 m nad sádkartonovou příčkou, obr. 1.

Sloupy uvnitř požárního úseku byly ochráněny protipožárním nástřikem (Cafco 300) o tloušťce 15 mm na bázi vermiculitu (o tepelné vodivosti $\lambda_p = 0,078 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$) – vnitřní sloupy (D2, E2) pod styčníky s nosníky a vnější sloupy (D1, E1) až ke stropní desce včetně částí připojovaných nosníků o délce 1,2 m. Ocelová konstrukce stropu v požárním úseku byla bez tepelné izolace. Budova byla navržena na $3,65 \text{ kN/m}^2$ stálého zatížení a $3,5 \text{ kN/m}^2$ nahodilého zatížení. Pytle s pískem, každý o tíze 11 kN, představovaly ve čtvrtém podlaží na ploše $18 \text{ m} \times 10,5 \text{ m}$ během zkoušky plné stálé a dlouhodobé nahodilé zatížení včetně 56% krátkodobého nahodilého zatížení. Požární zatížení 40 kg/m^2 tvořilo celkem 32 hranic z dřevěných hranolů $50 \times 50 \times 1000 \text{ mm}$ o vlhkosti 11,8%.

K měření bylo použito přes 250 snímačů. Pro stanovení teplot v požárním úseku, na nosnících a styčnicích a v betonové desce zaznamenávalo 148 termočlánků. Vnitřní síly ve styčnicích byly určovány z deseti vysokoteplotních tenzometrů (HITEC PRODUCTS, INC., HBWAH-12-250-6NL). Napjatost v tepelně izolovaných sloupech a v ocelobetonové desce byla vyšetřována 57 tenzometry. 37 induktivních snímačů deformací zachycovalo změnu geometrie konstrukce. Snímače byly propojeny s ústřednou Orion Delta, která data odečítala, převáděla a zaznamenala. Data byla ukládána k vyhodnocení připojeným osobním počítačem. K popisu průběhu hoření a deformace sloupů a stropní desky sloužilo deset videokamer. Dvě termokamery (FLIR 695 PM) s objektivy o úhlu 6° zaznamenávaly teploty na styčnicích a konstrukci s rozlišením $24 \times 24 \text{ mm}$. Na přípravě zkoušky se po dobu tři a půl měsíce podílelo 19 pracovníků (dva doktorandi a čtyři pracovníci z Českého vysokého učení technického v Praze, osm pracovníků z British Research Establishment v Watfordu, dva doktorandi a jeden pracovník z University v Coimbre, jedna doktorandka z Technické university v Bratislavě a jeden kolega z University v Sheffieldu).

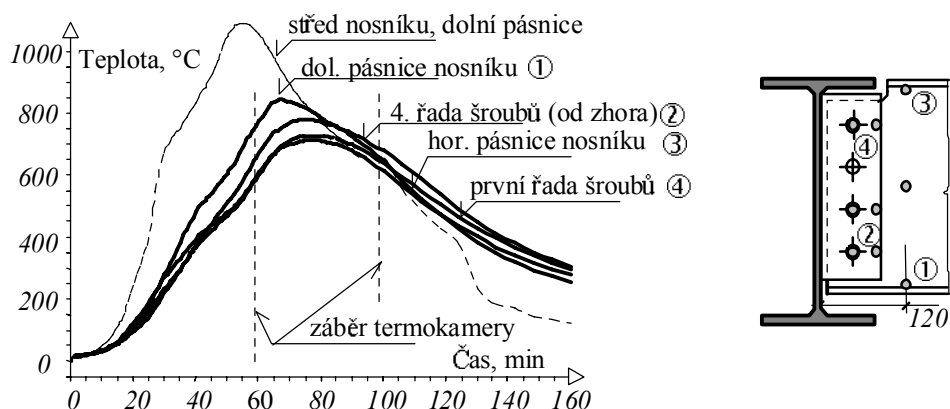


Obr. 3: Porovnání předpovědi teploty v požárním úseku, prEN 1991-2, příloha B, s naměřenými hodnotami

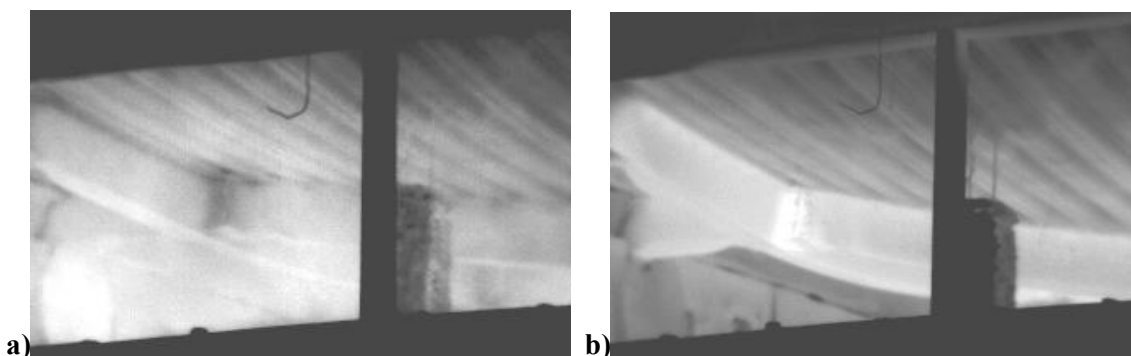
TEPLOTY V POŽÁRNÍM ÚSEKU A STYČNÍKU

Vhodnou volbou požárního zatížení a velikostí otvorů bylo dosaženo dlouhého požáru s pozvolným rozvojem bez výrazného přeskočení (flashover) při omezeném rozvoji kouře. Průběh hoření byl řízen ventilací. Obr. 3 zachycuje předpověděný a skutečný průběh teplot

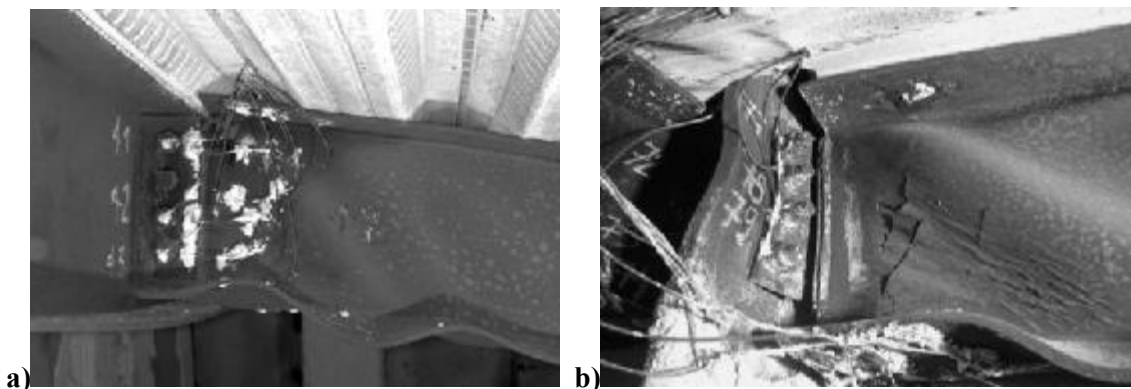
v požárním úseku (teplota je měřena 0,3 m pod stropem ve středu požárního úseku; vzadu 0,5 m od zadní stěny; ve středu a 0,5 m od čela budovy). Nejvyšší naměřená teplota vzduchu, 1108°C, v úseku byla v 55 minutě. Nejvyšší teplota v ocelové konstrukci byla naměřena v 57 minutě, 1088°C, ve středu nosníku. Největší průhyb stropní desky se nepodařilo zaznamenat průhyboměry (s rozsahem 1000 mm). Ze záznamu z videokamery lze odečíst přibližně 1220 mm. Zbytkový průhyb konstrukce byl změřen po vychladnutí konstrukce po 48 hodinách a dosahoval 925 mm. Koncentrací hmoty jsou styčníky konstrukce během zahřívání chladnější vzhledem k nosníkům. Při chladnutí se stávají teplejšími, viz grafy na obr. 4 a záběry z termokamery na obr. 5.



Obr. 4: Rozložení teplot ve styčníku nosníku na průvlak deskou na stojině



Obr. 5: Záběry z termokamery při a) zahřívání (teplota horního šroubu ve styčníku 664°C); b) chladnutí (teplota horního šroubu ve styčníku 687°C)



Obr. 6: a) Ovalizace otvorů u přípoje nosníku na průvlak deskou na stojině; b) porušení přípoje nosníku na sloup čelní deskou jejím přetržením na jedné straně

ZÁVĚRY

V průběhu testu nedošlo k progresivnímu kolapsu konstrukce, přestože mechanické zatížení překročilo výrazně návrhové hodnoty (56% užitného) a teplota v ocelových nosnících překročila 1000°C. Během chladnutí konstrukce došlo k porušení styčnicků prasknutím poloviny čelní desky podél svaru a ovalizací otvorů pro šrouby u styčnicků plechy na stojině, viz obr. 6. K porušení šroubů ani ke ztrátě smykové únosnosti přípoje nedošlo.

Naměřené vnitřní síly ve styčnicích potvrdily předpoklady z numerických simulací problematiky, viz [9], a z požadavků na celistvost konstrukce při mimořádných situacích. Prokázal se příznivý vliv spřažené betonové desky na únosnost stropní konstrukce, viz [10].

Lokální boulení dolní pásnice ve styčnicích konstrukce za běžných teplot nerozhoduje a při návrhu se uvažuje zjednodušeně. Za vysokých teplot lokální boulení je třeba zohlednit, protože oblast styčnicku ovlivňuje přerozdělení vnitřních sil a degradace materiálových vlastností. Na tuto problematiku se zaměří další výzkumné práce.

OZNÁMENÍ

Autoři děkují za podporu této práce grantem pátého rámcového programu Evropské unie č. HPRI – CV 5535 a grantem Grantové agentury České republiky č. 103/01/0708.

LITERATURA

- [1] Armer, G. S. T. - Moore, D. B.: *Full-Scale Testing on Complete Multi-storey Structures*. Structural Engineer, Vol. 72, No. 2, 1994, pp. 30-31
- [2] Bailey, C. G. - Lennon, T. - Moore, D. B.: *The behaviour of full-scale steel framed buildings subjected to compartment fires*. Structural Engineer, Vol. 77, No. 8, 1999, pp. 15-21
- [3] Lennon, T.: *Cardington fire tests: instrumentation locations for large compartment fire test*. Report N100/95, Building Research Establishment, Watford, 1996
- [4] Moore, D. B. - Lennon, T.: *Fire Engineering Design of Steel Structures*. Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 1, No. 1, 1997, pp. 4-9
- [5] Newman, G. M. - Robinson J.T. - Bailey C.G.: *A New Approach to Multi-Storey Steel-Framed Buildings*. SCI Publication 288, The Steel Construction Institute, Ascot, 2000
- [6] O'Connor, M. A. - Martin, M. D.: *Behaviour of a Multi-storey Steel Framed Building Subjected to Fire Attack*. J. Construct. Steel Res., Vol. 46, No. 1-3, 1998, Paper No. 169.
- [7] Beneš, M. - Wald, F. - Pascu, H. E. - Sokol Z.: *Numerical Study to Structural Integrity of Multi-Storey Buildings Under Fire*. Proc. EUROSTEEL (ed. A. Lamas and L. Simoes da Silva), CMM, Coimbra, 2002, pp.1401-1410. ISBN 972-98376-3-5
- [8] Wald, F. a kol.: *Structural Integrity Tests CV5535 Cardington - Part 1-4*. Internal report, ČVUT, Praha, 2003
- [9] Sokol, Z. - Wald, F. - Pultar, M. - Beneš, M.: *Numerical simulation of Cardington fire test on structural integrity*. Proc. MCM (ed. M. Kočandřlová and V. Kelar), CTU, Praha, 2003, pp.339-343. ISBN 80-7015-912-X
- [10] British Steel: *The Behaviour of Multi-storey Steel Framed Buildings in Fire*. British Steel plc., Swinden Technology Centre, 1999. ISBN 0 900206 50 0

7 Požární zkouška v Ostravě

V příspěvku dále je popsána požární zkouška v Ostravě v roce 2006.

POŽÁRNÍ ZKOUŠKA NA OBJEKTU

Petra Kallerová, František Wald, Zdeněk Sokol, Pavel Zima, Miloš Drdáký
České vysoké učení v Praze, URL: ocel-drevo.fsv.cvut.cz
Ústav teoretické a aplikované mechaniky, ČAV

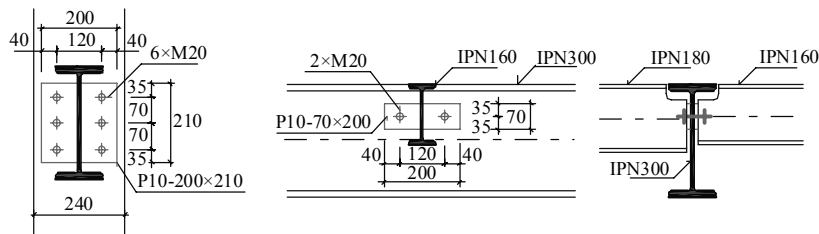
Hlavním cílem zkoušky Českého vysokého učení technického v Praze v roce 2006 bylo prohloubení poznatků o teplotě styčnicků a vnitřních silách v konstrukci. Dále se studovalo chování nosníků v konstrukci za zvýšených teplot, ohřev prvku vně požárního úseku a sloupu při lokálním požáru a rozvoj teploty v sendvičovém panelu, v panelu na bázi dřeva a v dřevobetonovém prvku.

Úvod

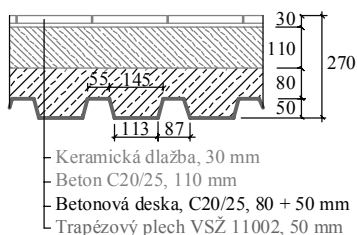
Zkoušky jednotlivých konstrukčních prvků, nosníků, sloupů a styčnicků, ve zkušebních pecích za vysokých teplot pomohly připravit návrhové modely jejich požární odolnosti, viz [1]. Chování celé konstrukce vystavené požáru lze ale ověřit pouze zkouškou na skutečných objektech. K dispozici je pouze několik zkoušek, z nichž nejznámější je deset zkoušek na objektech v Cardingtonu, viz [2], jedna na železobetonové, dvě na dřevěné a sedm na ocelové konstrukci. Ve dnech 15. června a 16. června 2006 byly provedeny dvě požární zkoušky, lokální požár a prostorový požár. Pro požární zkoušku byla vybrána a použita budova odstředivek Čpavkárny II. v areálu závodu Mittal Steel Ostrava, viz obr. 1. Budova byla v provozu od roku 1991 až do roku 1999. Nyní je určena k demolici. Jedná se o třípodlažní ocelový skelet s kloubovými přípoji průvlnaku a stropnic čelní deskou a s příhradovým ztužením, viz obr. 2. Stropní konstrukci nad požárním úsekem tvořila nosná železobetonová deska s trapézovým plechem, roznašecí vrstva byla z betonu a vrchní nášlapnou vrstvu tvořila keramická dlažba. Celková tloušťka stropu činila 270 mm, viz obr. 3.



Obr. 1: Budova odstředivek Čpavkárny II. v areálu závodu Mittal Steel Ostrava připravená ke zkoušce

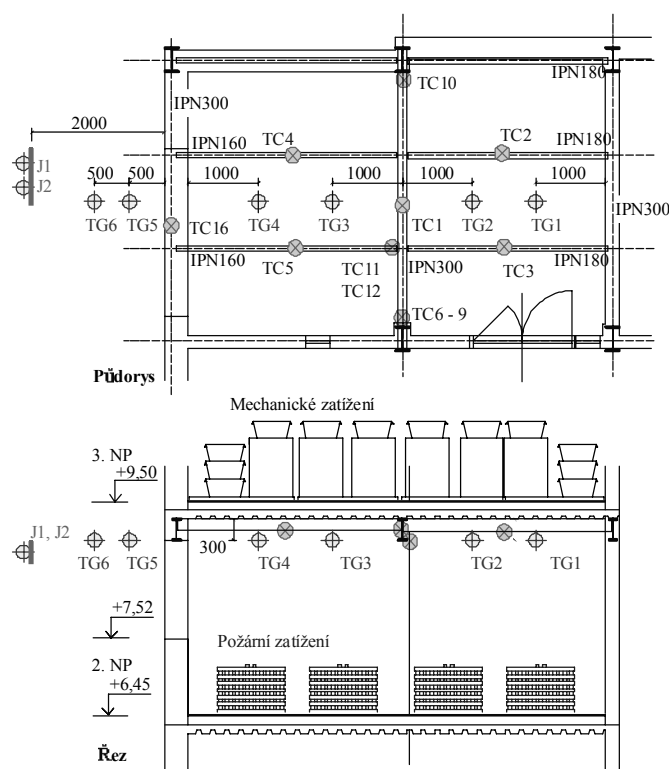


Obr. 2 Kloubové přípoje stropnic a průvlnaku



Obr. 3 Skladba stropní konstrukce

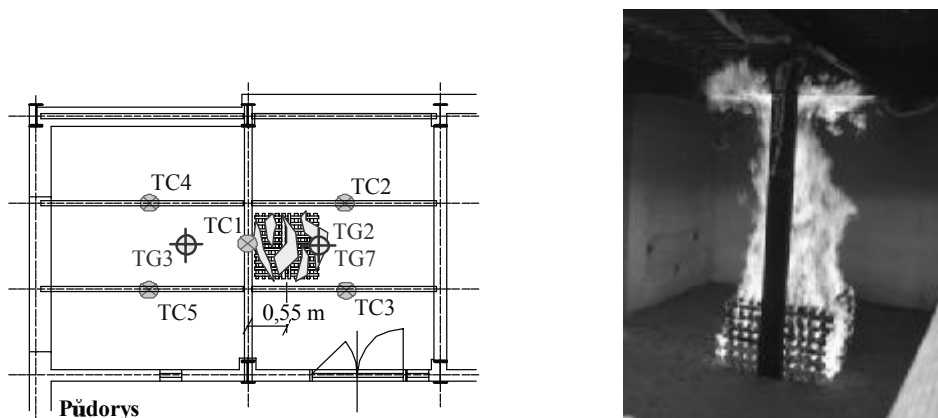
Požární úsek o vnitřních rozměrech 3,80 x 5,95 m a světlé výšce 2,78 m byl navržen ve druhém nadzemním podlaží, viz obr. 3. Ohraničujícími konstrukcemi byla čelní obvodová stěna z plynosilikátu, do níž byl rozšířen původní okenní otvor na 2400 x 1400 mm, s parapetem ve výšce 1,07 m od podlahy. Ostatní ohraničující stěny byly z keramických cihelných bloků. Vstupní dvoukřídlové dveře do požárního úseku byly při požární zkoušce opatřeny protipožárním obkladem. Tímto obkladem byly ochráněny i části vyčnívajících ocelových sloupů ze zdiva, které lícovaly s omítkou. Do jedné příčky byly vybourané dva okenní otvory, do nich byly instalovány okna 340 x 340 mm s protipožárními rámy a skly, které sloužily pro dokumentaci požáru videokamerami.



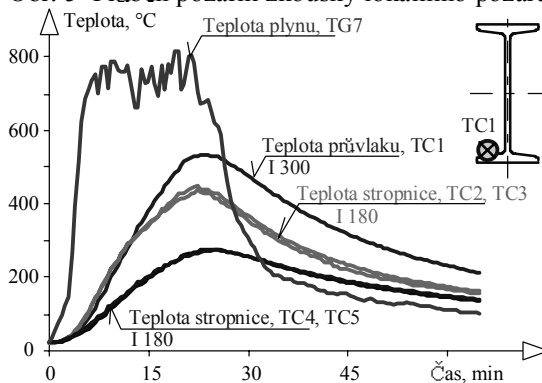
Obr. 4 Půdorys a řez požárního úseku s označením polohy termočlánků při prostorovém požáru

LOKÁLNÍ POŽÁR

Hlavním cílem zkoušky při lokálním požáru byl rozvoj teploty ve sloupu. Uprostřed požárního úseku osazen ocelový sloupek z profilu IPE200, který byl posuvně uchycený ke stropnímu průvlaku, viz. [3]. Na něj byly osazené 3 termočlánky, které měřily teplotu po délce nosníku TCi (300mm, 600mm a 900mm pod stropní konstrukcí). U sloupu byla postavena jedna hranice z dřevěných latí, která byla zapálena, viz obr. 5. Průběh teploty vzduchu nad požárem a konstrukčních prvků ve stropu je dokumentován na obr. 6.



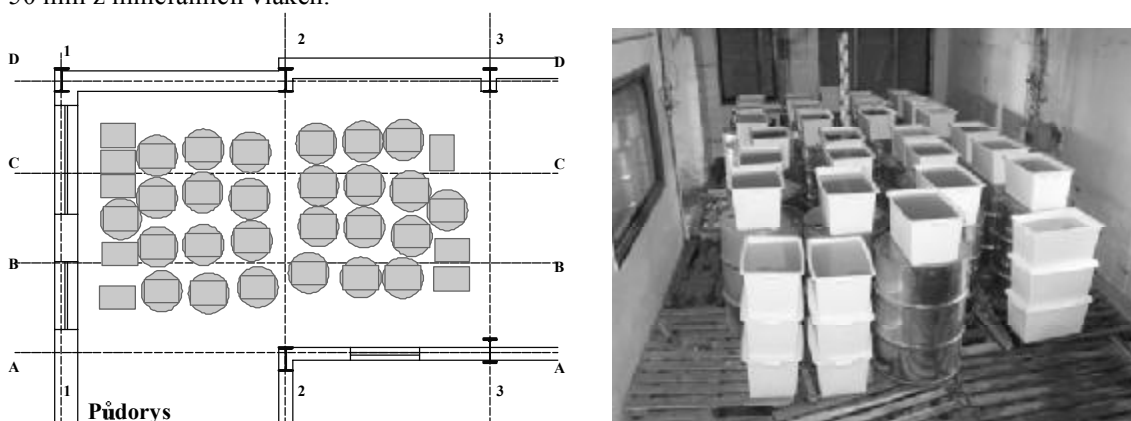
Obr. 5 Průběh požární zkoušky lokálního požáru



Obr. 6 Teploty změřené při lokálním požáru

PROSTOROVÝ POŽÁR

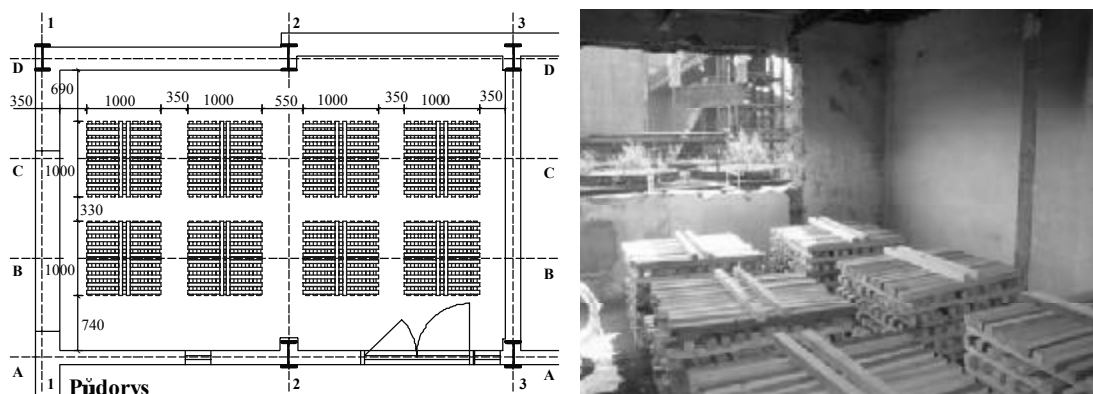
Mechanické zatížení stropní konstrukce nad požárním úsekem bylo vyvozeno vlastní hmotností konstrukce a vodním sloupcem cca 1m. K zajištění potřebného množství vody bylo použito 26 plechových sudů a celkem 50 plastových krabic. Sudy byly rovnoměrně rozmístěny po požadovaném půdorysu stropní konstrukce, viz obr. 7. Na každém sudu byla dále umístěna jedna krabice a po stranách místnosti se prázdná místa podlahy pokryla zbývajících 24 krabicemi. Sudy i krabice stály na dřevěných paletách, které byly tepelně izolovány od stropu tepelnou izolací tloušťky 50 mm z minerálních vláken.



Obr. 7 Rozmístění mechanického zatížení nad požárním úsekem

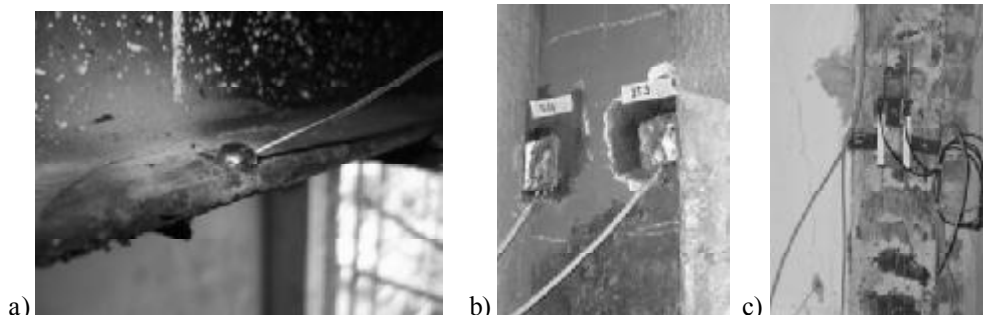
Požárním zatížením byly dřevěné nehořlavé latě 50 x 50 mm délky 1000 mm z měkkého dřeva o vlhkosti do 13%, sestavené při prostorovém požáru celkem do osmi hranic, jejichž rozmístění bylo rovnoměrné po podlaze celého požárního úseku, viz obr. 8. V každé hranici bylo 13 řad po 10 latích a dvě latě uprostřed hranice v 14. řadě, tzn. celkem 132 latí na jednu hranici. Současného

zapálení hranic se dosáhlo jejich propojením tenkostěnnými profily tvaru C, délky 2000 mm, které byly vyloženy minerální vatou a napuštěny petrolejem.



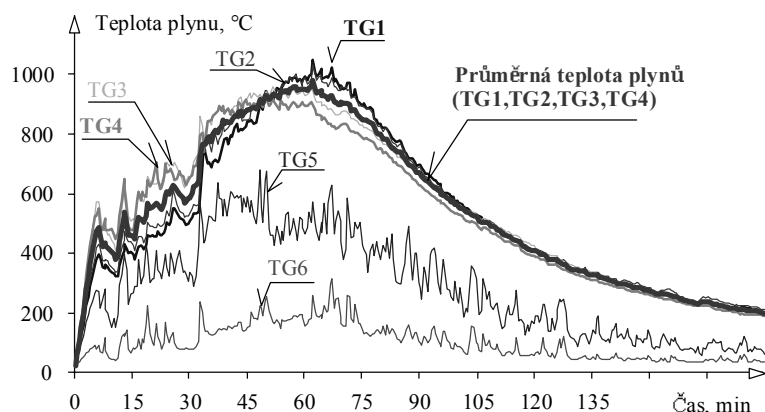
Obr. 8 Rozmístění požárního zatížení při prostorovém požáru

Před požární zkouškou byla konstrukce osazena čidly pro měření teplot, průhybů a deformací. Celkem bylo použito 42 termočlánků, 16 tenzometrů a 8 průhyboměrů, viz obr. 9. Teplota plynu v požárním úseku byla měřena čtyřmi termočlánky, značeny TGi, ve vzdálenosti 300 mm od stropní konstrukce. Dva termočlánky byly umístěny na vnější pomocné konstrukci 0,5 a 1 m od obvodové stěny odečítaly teplotu plynu před požárním úsekem. Na prvcích konstrukce bylo umístěno šest termočlánků, značeno TCi, a na styčnicích dalších sedm, viz obr. 4. Dvanáct termočlánků měřilo teplotu dalších prvků, tj. lehký dřevěný stěnový panel, sendvičový panel a vzorek dřevobetonového nosníku. Jedna sada průhyboměrů snímala svislé deformace desky v 3.NP a druhá sada byla použity pro záznam vodorovných deformací stropní desky a sloupů. Průběh celého prostorového požáru s vývinem kouře byl dokumentován sedmi videokamerami a třemi termokamerami.



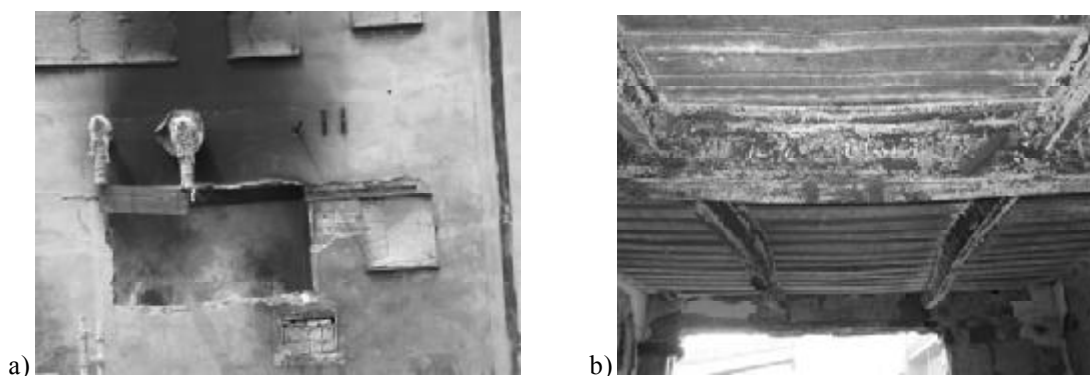
Obr. 9 a) Umístění termočlánku, b) tenzometru, c) průhyboměru na konstrukci

Porovnání průběhu teplot plynu v požárním úseku, viz obr. 10, ukazuje, že na počátku požáru do asi 30. min byla teplejší přední část požárního úseku až o 200 °C. Ve fázi plně rozvinutého požáru po asi 30. min požáru byla teplejší zadní část úseku až o 160 °C, kde teplota plynu dosáhla 1050 °C, ve přední části byla jen 920 °C. Při chladnutí se teploty vyrovnaly.



Obr. 10 Průběh naměřených teplot plynů 300 mm pod stropní konstrukcí, TG1 až TG4, a vně požárního úseku, TG5, TG6

Vnější ocelovou konstrukci přestavoval plech, který byl vystaven požáru před oknem požárního úseku, viz obr. 11a. Při požární zkoušce nemohlo být bohužel možno dosáhnout kolapsu stropní desky, stropních nosníků ani jejich přípojů. Došlo k předvídanému klopení nespřážených nosníků, viz obr. 11b a k deformaci čelních desek v přípojkách nosníků, k porušení svarů ani šroubů nedošlo.



Obr. 11 a) Plně rozvinutý prostorový požár, b) stropní konstrukce po zkoušce

SHRNUTÍ

Experiment požární zkoušky na skutečném objektu prokázal, že evropské normy umožňují spolehlivý požární návrh konstrukcí při výpočtu teploty v požárním úseku, přestupu tepla do konstrukce i konstrukce vystavené účinkům zvýšených teplot.

OZNÁMENÍ

Experiment byl proveden s podporou projektu GAČR 103/04/2100 a příspěvek vypracován v rámci Výzkumného centra CIDEAS s podporou Ministerstva školství projekt č. 1M0579.

LITERATURA

- [1] Buchanan A. H. Structural design for fire safety, John Wiley & Sons, 2003, ISBN 0-471-89060-X.
- [2] Wald F. a kol. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s., ISBN 80-0103157-8.
- [3] Kallerová P., Wald F.: Požární zkouška na skutečném objektu, Dílčí výzkumná zpráva, CIDEAS, ČVUT v Praze, Praha 2006, 18 s., URL: www.cideas.cz.

8 LITERATURA K POŽÁRNÍM ZKOUŠKÁM

Dále jsou shrnuty odkazy na vybranou literaturu o požárních zkouškách ČVUT v Praze v Cardingtonu a v Ostravě.

- Sokol, Z. - Wald, F. Variations of Forces in a Real Steel Structure Tested in Fires. In: Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007, p. 80-85. ISBN 978-80-01-03583-2.
- Uhlíř, A. - Kallerová, P. - Wald, F. Fire Test on Industrial Building. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Steel Structures. Singapore: Research Publishing Services, 2007, vol. 3, p. 757-762. ISBN 978-981-05-9365-0.
- Wald, F. - Pultar, M. - Chlouba, J. Fire Test on Industrial Building. In: Steel and Composite Structures. Leiden: Taylor & Francis/Balkema, 2007, vol. 1, p. 693-698. ISBN 978-0-415-45141-3.
- Wald, F. - Pultar, M. - Chlouba, J. - Uhlíř, A. Temperature of External Steelwork Under Natural Fire. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Steel Structures. Singapore: Research Publishing Services, 2007, vol. 3, p. 712-717. ISBN 978-981-05-9365-0.
- Pašek, J. - Wald, F. - Uhlíř, A. Experience with Thermo Imaging Cameras on Fire Tests. In: Proceedings of the Fourth International Workshop Structures in Fire. Aveiro: University of Aveiro, 2006, p. 1059-1064. ISBN 972-789-190-X.
- Sokol, Z. - Wald, F. Structural Integrity under Fire. In: Technical Sheets 2005, Volume 2: Technical Sheets of Results. Praha: CIDEAS-Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, 2006, vol. 2, p. 165-166. ISBN 80-01-03631-6.
- Wald, F. - Chladná, M. - Moore, D. - Santiago, A. - Lennon, T. Temperature Distribution in a Full-scale Steel Framed Building Subject to a Natural Fire. In: Steel and Composite Structures. 2006, vol. 6, no. 2, p. 159-182. ISSN 1229-9367.
- Wald, F. - Simões da Silva, L. - Moore, D. - Lennon, T. - Chladná, M. - et al. Experimental Behaviour of a Steel Structure Under Natural Fire. In: Fire Safety Journal. 2006, vol. 41, no. 7, p. 509-522. ISSN 0379-7112.
- Chladná, M. - Wald, F. Composite Slab Behaviour in Cardington Fire Test. In: 51-st Scientific Conference, Part III. Gdaňsk: EDIS sp. Z.o.o., 2005, p. 189-196. ISBN 83-921478-9-8.
- Sokol, Z. - Wald, F. Stresses in Steel Columns under Natural Fire. In: Improvement of Buildings' Structural Quality by New Technologies - Proceedings. Leiden: A. A. Balkema Publishers, 2005, p. 259-266. ISBN 04-1536-609-7.
- Wald, F. - da Silva, L.S. - Moore, D. - Santiago, A. Experimental Behaviour of Steel Joints under Natural Fire. In: Connections in Steel Structures V, Behaviour, Strength and Design. Zoetermeer: Bouwen met Staal, 2005, p. 393-402.
- Wald, F. - Sokol, Z. Structural Integrity of Multi-Storey Building under Natural Fire. In: Eurosteel 2005 - 4th European Conference on Steel and Composite Structures. Maastricht: DV Mainz, 2005, vol. 5.1, p. 103-110. ISBN 3-86130-812-6.
- Wald, F. - da Silva, L.S. - Moore, D.B. - Lennon, T. Structural Integrity Fire Test. In: 10th Nordic Steel Construction Conference, Proceeding Book. Copenhagen: Danish Steel Institute, 2004, p. 577-588.
- Wald, F. - Chladná, M. - Moore, M. - Santiago, A. - Lennon, T. The Temperature Distribution in a Full-Scale Steel Framed Building Subject to a Natural Fire. In: The Second International Conference on Steel and Composite Structures. Yusong: Techno-Press, 2004, p. 218-219. ISBN 89-89693-11-X.
- Sokol, Z. - Wald, F. - Pultar, M. - Beneš, M. Numerical Simulation of Cardington Fire Test on Structural Integrity. In: Proceedings of the International Conference Mathematical and Computer Modelling in Science and Engineering. Prague: CTU, 2003, p. 339-343. ISBN 80-7015-912-X.
- Beneš, M. - Wald, F. - Studecká, P. - Chladná, M. - Pašek, J. Požární experiment na osmipodlažním objektu v Cardingtonu. In: Ocelové konstrukce a mosty 2003. Praha: Czech Technical University in Prague, 2003, s. 209-220. ISBN 80-01-02747-3.
- Chlouba, J. - Wald, F. Teplota připoje čelní deskou při požáru. In: Konstrukce. 2007, roč. 6, č. 6, s. 31-32. ISSN 1213-8762.
- Chlouba, J. - Wald, F. - Zíma, P. - Štubrejová, M. Požární experiment na budově před demolicí. In: Experiment 07. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, s. 109-114. ISBN 978-80-7204-543-3.
- Kallerová, P. - Wald, F. - Sokol, Z. - Zíma, P. - Drdáký, M. Požární zkouška na objektu. In: Konstrukce. 2007, roč. 6, č. 4, s. 47-50. ISSN 1213-8762.
- Wald, F. - Beneš, M. Požární experiment na osmipodlažním objektu v Cardingtonu. In: Konstrukce. 2004, roč. 3, č. 1, s. 30-34. ISSN 1213-8762.

9 PODZEMNÍ VÝUKOVÉ STŘEDISKO JOSEF

9.1 Výukové středisko

Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef – Underground Educational Facility), viz URL: www.uef-josef.eu, je součástí Stavební fakulty ČVUT v Praze. Nachází se přibližně 50 km jižně od Prahy na břehu Slapské přehrady mezi obcemi Čelina a Mokrsko. Cílem střediska je především posílení prakticky orientované výuky studentů v oblasti podzemního stavitelství a spolupráce s jinými institucemi i komerčními firmami na domácích i mezinárodních výzkumných projektech. Obě tyto aktivity významně přispívají k výraznějšímu propojení akademického prostředí a komerční sféry, které je na většině českých vysokých škol dosud spíše sporadické.

Svým zaměřením a především reálnými podmínkami představuje Podzemní středisko unikát nejen v ČR, ale i v rámci celé Evropy. V současnosti zde probíhají prakticky zaměřená cvičení a exkurze pro studenty ČVUT z předmětů spjatých s podzemním stavitelstvím (geologie, geotechnika, mechanika hornin, důlní geodézie atd.). Zázemí střediska využívají k výuce také VŠCHT a Univerzita Karlova. Studenti mají jedinečnou možnost vyzkoušet si procesy, s nimiž se setkají v budoucí praxi, v prostředí skutečného podzemního díla. Výzkumná činnost UEF Josef zahrnuje kromě požárních experimentů i další projekty. V současnosti se zde sleduje např. vliv teploty na stabilitu ostění, nebo možnost využití technologie stříkaných jíílů při izolování odpadů. Do budoucna se připravuje rozšíření výukové i výzkumné činnosti o další aktivity. UEF Josef je otevřeno i veřejnosti. Kromě podzemních prostor jsou zde k vidění i zajímavé exponáty důlní dopravní techniky, výstavka různých druhů kotvení, historická výdřeva a také probíhající experimenty.



Obr. 9.1 Pohled na vchod do štol

Podzemní výukové středisko nese jméno po bývalé průzkumné štolě Josef, v jejíchž prostorách se nachází. Štola byla vybudována v rámci průzkumu zlatonosných ložisek Čelina a Mokrsko v průběhu 80. let 20. století. Ražba páteřní štolý začala v r. 1981. Během deseti let se důlní dílo rozrostlo na celkových téměř 8km podzemních chodeb. Samotná páteřní štola, spojující rozrážky v oblasti ložiska

Čelina s rozrážkami na ložisku Mokrsko, prochází pod kopcem Veselý vrch a měří 1835 m. Výška nadloží dosahuje až 140 m. Geologický průzkum obou ložisek byl definitivně ukončen v polovině 90. let minulého století. Od té doby štola chátrala a v r. 2000 byly z bezpečnostních důvodů zabetonovány oba vstupní portály. Naděje na nové využití se naskytla až o několik let později, kdy o štolu projevil zájem ČVUT. V letech 2006-2007 byly část podzemních chodeb i venkovní areál před portály zrekonstruovány a v červnu 2007 zde bylo slavnostně otevřeno středisko UEF Josef. V současnosti je zpřístupněno prvních 600 m podzemí, ale plánuje se renovace a využití i zbývajících podzemních prostor. Počítá se také s dalšími úpravami povrchového areálu včetně přestavby stávající zdevastované budovy na administrativní a servisní zázemí s laboratořemi.



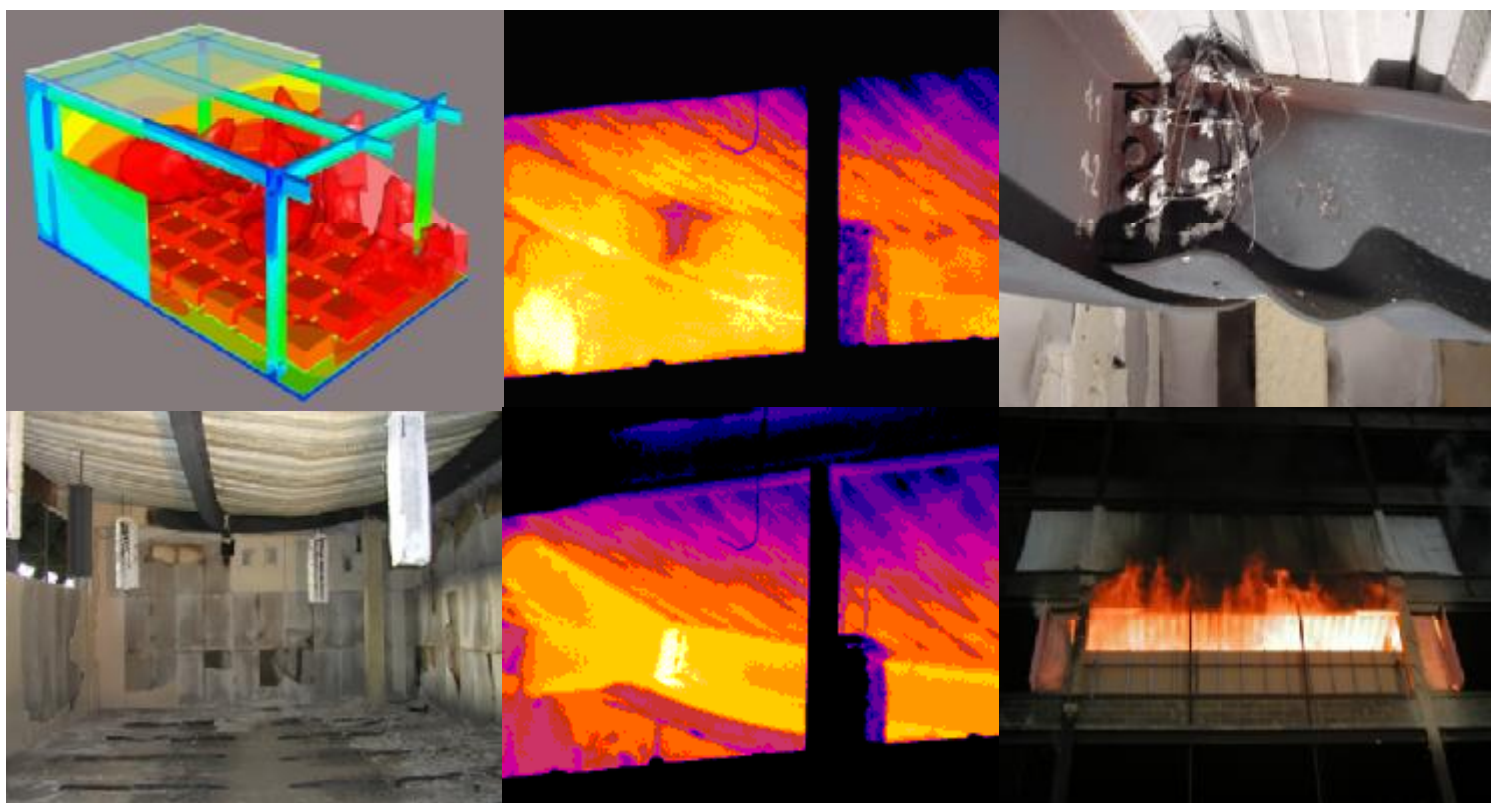
Obr. 8.2 Ve štole

9.2 Zlatá historie

Ložiska Čelina a Mokrsko, kvůli jejichž průzkumu byla štola Josef původně vyražena, jsou součástí zlatorudného revíru Psí hory. Zlato se zde dobývalo již ve středověku. Největšího rozmachu v celé své historii dosáhla těžba ve 14. století. Středověké dolování ustalo v polovině 16. století. Od té doby se na Psích horách už nikdy průmyslově netěžilo. Místní zlatonosná naleziště zůstala na mnoho staletí zapomenuta.

Obnovení zájmu o zdejší ložiska přinesl až rozsáhlý geologický průzkum uskutečněný v 80. letech 20. stol. V jeho rámci probíhala v letech 1989-91 zkušební těžba ložiska Čelina. Během těchto tří let bylo vytěženo 19 500 t rudniny o průměrné kovnatosti 1,6g Au/t. Získáno bylo 19,5kg zlata. Hlavním výsledkem průzkumu byl ovšem objev dosud neznámého ložiska Mokrsko-západ, jehož využitelné zásoby se odhadují na 75 t zlata. Toto množství ho řadí k nejbohatším ložiskům zlata v Evropě.

Celkové zásoby všech ložisek Psích hor jsou odhadovány na přibližně 130 t zlata. K obnovení komerční těžby však v dohledné budoucnosti rozhodně nedojde. Zlato by se totiž muselo dobývat povrchovým způsobem pomocí kyanidového loužení, které je u nás zakázané. Povrchová těžba by také jistě znamenala citelný zásah do rázu zdejší krajiny, a proto i sebenepatrnější úvahy o obnovení průzkumu narážejí na ostré protesty místních obyvatel.



Požární zkouška na experimentálním objektu v Mokrsku, program zkoušky 18.9.2008

Wald F.

ISBN 978-80-01-04146-8

URL: fire.fsv.cvut.cz/firetest_Mokrsko

Tisk Česká technika - nakladatelství ČVUT v Praze

Září 2008

200 výtisků, 30 stran, 2 tabulky, 35 obrázků