

Text k PowerPointové lekci

K navrhování styčnicků za požáru, test požární spolehlivosti na osmipodlažním objektu v Cardingtonu

- 1 Požární spolehlivost konstrukcí za mimořádné situace zatížení požárem lze zvýšit návrhem pomocí výpočtu. Experimenty na osmipodlažní budově potvrdily dobrou přesnost návrhu.
- 2 V tomto výukovém materiálu jsou popsány hlavní části návrhu styčnicků za požární situace. Dále je probrána příprava, provedení a hlavní poznatky ze zkoušky na osmipodlažním ocelobetonovém skeletu. Na závěr jsou shrnuty zásady návrhu styčnicků za požární situace.
- 3 Návrh konstrukce za požární situace se skládá ze tří částí: stanoví se teplota plynů v objektu; určí se teplota konstrukce a vyšetřuje se chování konstrukce za vysoké teploty. Splnění mezního stavu únosnosti konstrukce se označuje v minutách.
- 4 Návrh konstrukce za vysoké teploty uvažuje se změnou materiálových charakteristik a protažením prutů při ohřívání a zkrácení při chladnutí. Za požární situace jsou styčnický vystaveny jiným silám než při běžném zatížení. Ve styčnicích je koncentrována větší hmota a jsou v chladnější části konstrukce.
- 5 Rozdělení teploty po styčnicku je základem jeho návrhu. Při návrhu styčnicků lze rozdělení teploty stanovit obdobně jako při návrhu prutů.
- 6 Materiálové charakteristiky svarů a šroubů se s teplotou mění výrazněji než základního materiálu. Změny jsou popsány v evropské normě pro navrhování ocelových konstrukcí za požáru.
- 7 Metodou komponent lze popsat chování styčnicku jak za běžné teploty tak za zvýšených teplot. V metodě komponent se nejprve se styčnick rozdělí na jednotlivé komponenty.
- 8 Únosnost komponenty je ovlivněna redukcí meze kluzu za zvýšené teploty. Tuhost komponenty závisí na redukcí modulu pružnosti.
- 9 Pracovní diagramy jednotlivých komponent se složí v pracovní diagram styčnicku s uvažováním rozdělení teploty ve styčnicku. Při představě konstantního rozdělení teploty se únosnost a tuhost určí jednoduchou redukcí výpočtu při běžné teplotě.
- 10 Příklad předpovědi pracovního diagramu styčnicku čelní dekou za zvýšené teploty.
- 11 Evropská laboratoř na zkoušky velkého rozsahu byla vybudována v hangáru na vzducholodě v Cardingtonu. Na obrázku je pohlednice z roku 1925 se zaparkovanými vzducholoděmi.
- 12 Prostor laboratoře o rozměrech 48 m x 65 m x 250 m umožňuje zkoušet chování skutečných objektů.
- 13 V hangáru byly postaveny tři objekty. V popředí hangáru je postavena šestipodlažní budova s dřevěnou nosnou kosterou. V budově se kromě požárních zkoušek, na obrázku je zkouška schodiště, zkoušela i konstrukční celistvost objektu při nárazu vozidla.
- 14 Ve středu hangáru je umístěna sedmipodlažní železobetonová konstrukce. Na obrázku je požární úsek s požárním zatížením, železobetonový sloup po experimentu a strop s obnaženou výztuží po oprýskání betonu.
- 15 Osmipodlažní budova s běžnou spřaženou ocelobetonovou konstrukcí byla postavena v roce 1994. Nosníky jsou navrženy v podélném směru na rozpětí devět metrů. Průvlaky mají rozpětí šest, devět a šest metrů. Prostorová tuhost objektu je v obou směrech zajištěna příhradovými ztužidly. Na konstrukci byla kromě zkoušek celistvosti při výbuchu a nárazu provedena řada požárních experimentů.
- 16 Konstrukce je tvořena sloupy a nosníky z válcovaných otevřených profilů a ocelobetonovými stropy betonovanými do trapézových plechů. Přípoje jsou kloubové. Přípoj nosníku na sloup je navržen krátkou čelní deskou. Přípoj nosníku na průvlak je proveden deskou na stojině.
- 17 Pro ověření požární spolehlivosti bylo na objektu uskutečněno sedm experimentů velkého rozsahu.

- 18 Experimenty č. 1 a 2 prověřovali požární spolehlivost prvků v konstrukci při požáru. Zahřívalo se plynovými hořáky. Zkoušky č. 3 až 6 byly zaměřeny na chování ocelobetonové stropní desky. V objektu byly vytvořeny požární úseky. Požární zatížení bylo vyvozeno hořením dřevěných hranolů. Požární a mechanické zatížení odpovídalo nárokům kancelářského provozu.
- 19 Moderní ocelobetonové konstrukce dosahují vysoké požární spolehlivosti tepelnou izolací tlačných prvků (sloupů) velkou odolností ocelobetonových stropů. Teplota plynu dosahuje při skutečném požáru až jednoho tisíce stupňů. Konstrukce se bez porušení únosnosti výrazně deformovaly.
- 20 Část sloupu, která nebyla tepelně izolována se zkrátila, bez kolapsu konstrukce.
- 21 Sedmá zkouška využila poznatků ze zřícení budov světového obchodního centra v New Yorku 11. září 2001 a zaměřila se, kromě problematiky ocelobetonové desky, na konstrukční celistvost objektů. Zkouška proběhla v rámci prací na projektu CV 5535 pátého rámcového programu Evropské unie. Hlavními cíly experimentu byly: teploty na prvcích a styčnicích, vnitřní síly ve styčnicích a chování ocelobetonové desky.
- 22 Na třetím podlaží byl vybudován požární úsek o rozměrech 11 x 7 metrů ohraničený stěnami ze sádkartonových desek s nosnou konstrukcí z ocelových tenkostěnných profilů. Pro přívod kyslíku byl ponechán okenní otvor 9 x 1,27 m.
- 23 Sloupy byly požárně izolovány vermiculitovým nástřikem Cafco300 tloušťky 15 mm. U vnějších sloupů byl nástřik protažen na jeden metr připojovaných nosníků. Teplota byla měřena 148 termočlánky. Poměrné deformace se zjišťovaly 57 tenzometry pro běžné a 10 pro vysoké teploty.
- 25 Měřilo se 27 svislých průhybů a 10 vodorovných deformací.
- 26 Celkové deformace byly zaznamenány deseti videokamerami a teploty konstrukce dvěma termo-kamerami.
- 27 Mechanické zatížení, odpovídající 100% stálého zatížení, 100% dlouhodobého nahodilého a 56% krátkodobého nahodilého zatížení, vyvozovaly pytle s pískem.
- 28 Dřevěné borové hranoly 50 x 50 mm představovaly požární zatížení 40 kg/m².
- 29 Zkouška se uskutečnila odpoledne 16. ledna 2003 po čtyřech měsících přípravných prací za dozoru hasičů z Bedfordské požární jednotky. Po zapálení ve 14:08 hořelo palivo rovnoměrně. Díky přívodu vzduchu okenním otvorem nedošlo v požárním úseku k výraznému prostorovému vzplanutí. Čas od začátku experimentu je zobrazen na grafu teploty plynu v zadní části požárního úseku. Okenním otvorem je vidět průhyb nosníku v požárním úseku.
- 30 Kamera v podlaží nad požárním úsekem dokumentuje deformaci stropu a porušení celistvosti stropní ocelobetonové desky v 56 minutách. Čas je zobrazen na grafu teploty plynu v zadní části požárního úseku. Deformace je vykreslena z měření průhybu nosníku ve středu požárního úseku. Podle závěrů videokamer byl průhyb stropu požárního úseku během požáru asi 1200 mm. Po zchladnutí konstrukce byla po 24 hodinách naměřena zbytková deformace 925 mm. I přes velké deformace, trhliny a místní porušení výztuže neztratila ocelobetonová deska nosnou funkci.
- 31 Tvar trhlin potvrzuje návrhový model ocelobetonové desky za požáru, ve kterém se předpokládá s podporami na průvlacích, krajním nosníku a u vnitřní stěny požárního úseku.
- 32 Termo-kamera s objektivem 6° měřila teplotu konstrukce v bodech o velikosti přibližně 24 na 24 milimetrů. Měření je zviditelněno barevnou paletou. Čas je zobrazen na grafu teploty plynu v zadní části požárního úseku. Na záznamu je patrné zahřívání a chladnutí nosníků a stěn. Styčnick se zahřívá a chladne se zpožděním.
- 33 Experiment potvrdil, že rozvoj teploty v požárním úseku lze předpovědět parametrickou křivkou podle evropské normy s dobrou přesností. Nejvyšší teploty bylo dosaženo vzadu v požárním úseku. Předpokládalo se 1078 °C v 53 minutě naměřilo se 1108°C v 55 minutě.
- 34 Nejvyšší teplota byla naměřena na dolní pásnice nosníku vzadu v požárním úseku 1088 °C v 57 minutě. Výpočtem se předpokládalo 1067 °C v 54 minutě.

- 35 Průběh teploty ve styčnicku deskou na stojině nosníku je na grafu porovnán s teplotou dolní pásnice připojovaného nosníku a s předpokladem teploty výpočtem podle evropské normy.
- 36 Teplota přípoje nosníku na sloup byla o 250°C nižší než teplota připojovaného nosníku.
- 37 Po požáru zbyla na zemi slabá vrstva popela.
- 38 Velkou míru vetknutí teplé ohybově poddajné části nosníku do tuhé chladnější části dokumentuje vybočení tlačných pásnic na konci tepelné izolace průvlastku. Při tepelném roztažení nosníků a uzavření mezer došlo k vybočení dolní pásnice nosníků.
- 39 Vhodně navržený přípoj čelní deskou na stojině vykázal dostatečnou deformační kapacitu. Otvory se spoji se ovalizovaly bez ztráty únosnosti přípoje.
- 40 Přípoj nosníku na sloup čelní deskou je schopen přenést tlakové síly od zahřívání stropní konstrukce. Při chladnutí je namáhán tahem od zkrácení nosníku. Spoje na jedné straně se porušily v kořeni svaru v oblasti tepelně ovlivněného materiálu. Porušený přípoj je schopen dále přenášet smykové síly.
- 41 Tenzometry pro vysoké teploty měří poměrné deformace konstrukce. Při vyhodnocení napjetí ve styčnicku se uvažovalo s vlivem teploty na protažení tenzometru a na změnu modulu pružnosti oceli. Je vidět, že styčnick je při zahřívání namáhán tlakem a při chladnutí tahem. Na grafu je patrný pokles napjatosti vlivem ztráty stability tlačné pásnice.
- 42 Tlačná pásnice sloupu se místně vyboulila bez ztráty únosnosti sloupu.
- 43 Experimentem konstrukce prokázala dobrou odolnost při požárním zatížení, odpovídajícím 40 kg/m² a mechanickém zatížení překračujícím požadavky při mimořádné situaci. Ocelobetonová konstrukce byla při mimořádné situaci celistvá. Koncepce požárně izolovaných tlačných prvků a stropů bez požární izolace byla experimentem potvrzena.
- 44 U styčnicků je nejvýraznější změnou chování za požáru oproti za běžné teploty místní ztráta stability dolních pásnic. Při chladnutí konstrukce se na jedné straně ve svarem tepelně ovlivněné části porušily přípoje čelní deskou. Přípoje deskou na stojině prokázaly dobrou deformační kapacitu správně navrženého přípoje.
- 45 Styčnický konstrukce jsou za požáru vystaveny vodorovným (vazebným) silám a o spolehlivosti styčnicků rozhoduje jejich odolnost těmto silám a deformační kapacita, což se shrnuje pod robustnost styčnicků. Styčnický skelet se umísťují v oblastech při požáru chladnějších. Protože je v nich koncentrována větší hmota než v připojovaných prvcích, není je třeba za běžných podmínek zvláště posuzovat ani tepelně chránit. V případě umístění styčnicku v poli nosníku, při přímém vystavení působení požáru, lze styčnický spolehlivě posoudit metodou komponent.
- 46
- 47 Experiment se uskutečnil v rámci projektu pátého rámcového programu Evropské unie CV 5535
- 48 Autoři výukového materiálu by chtěli poděkovat všem kolegům pracujícím na experimentu.
- 49 Tento materiál byl vyroben na Českém vysokém učení technickém v Praze s podporou projektu „Další vzdělávání v oblasti konstrukčních styčnicků“ programu Leonardo da Vinci Evropské Unie.