



TESTS OF THIN-WALLED SUSPENDED CEILINGS
EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ CHOVÁNÍ TENKOSTĚNNÝCH
KOVOVÝCH PODHLEDŮ

Bartoš F., Bouška F., Drdácký M.

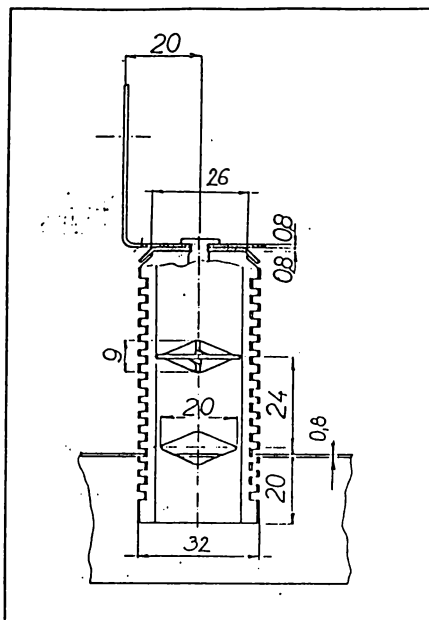
The paper deals with experimental verification and proof load tests of suspended ceilings. The structure consists in thin-walled steel elements and has been in service for more than twenty years. Important structural parts were tested in detail, then a part of the ceiling was loaded with a study of the failure mechanism and finally several hangers randomly chosen were measured under proof loading.

Spolehlivost zavěšených stropních podhledů je silně závislá na typu jejich konstrukce, kvalitě provedení a vzhledem k možnosti vážného korozního narušení i na jejich stáří. Některé z těchto konstrukcí slouží již více než 20 let a obavy o jejich bezpečnost vyvolaly nutnost provedení popisovaných zkoušek.

Byly studovány konstrukce typu FEAL, jejichž nejslabším článkem jsou závěsné prvky nesoucí tenkostěnný podhledový nosník. Experimentální ověření probíhalo ve třech etapách. Nejprve byly provedeny laboratorní zkoušky závěsů, potom zatěžovací zkouška *in situ* až do vyčerpání únosnosti části skutečné konstrukce a ověření výsledků zatěžovací zkouškou náhodně vybraných závěsů reálné konstrukce.

Laboratorní zkoušky únosnosti závěsů byly provedeny na vzorcích odebraných náhodně ze stávající konstrukce podhledu jedné stanice metra. Jednalo se o závěsy, které byly vyřazeny z funkce při montáži svítidel a jejich vyjmutím pro účely zkoušky nedošlo k zásahu do nosné funkce závěsné konstrukce podhledu. Zkoušeny tedy byly vzorky stejného typu, konstrukce, stáří i materiálového složení jako závěsy nesoucí podhled. Zkušební vzorek je zobrazen na obrázku č.1. Závěs je proveden z pozinkovaného plechu tloušťky 1 mm a skládá se ze dvou částí - závěsného pásku a

závěsné ozubené čelisti. Pásek je perforován otvory umožňujícími hrubou výškovou rektifikaci. Závěsná čelist je provedena rovněž z pásku pozinkovaného plechu ohnutého za studena do tvaru obráceného U. Ohnutím okrajů pásku jsou vytvořeny úzké příruby, do kterých jsou ve svislých ramenech vystřihány obdélníkové zoubky pro uchycení podhledových nosníků FEAL a zároveň umožňujícími jemnou rektifikaci výšky zavěšení podhledu. Příruby dále ztužují vodorovnou příčku čelisti. Pásek ohnutý do tvaru L je na této vodorovné příčce spojen s čelistí nýtem a dvěma úchytkami prostříženými ve stěně příčky.



Obr. č. 1. Konstrukce závěsu.

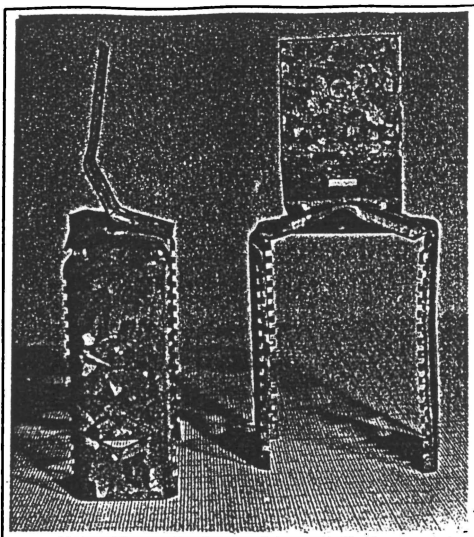
Sevření ramen čelisti je zajištěno

skrutným páskem z pozinkovaného plechu podle obrázku č.1, kde jsou uvedeny i důležité rozměry vzorků. Ze závěsů byla vyrobena tělíska atypických rozměrů pro tahovou zkoušku. Mez pružnosti dosahuje hodnoty 300 MPa. Z detailního grafického zobrazení průběhu zkoušky byl zjištěn i modul pružnosti, který má velikost přibližně 204 GPa. Zkušební tělesa byla upevněna ve speciální přípravku, který modeloval situaci na skutečné konstrukci. Závěsný pásek byl připevněn na čep profilu 16 mm stejným způsobem jako na stanici metra. Závěsná čelist svírala výřez originálního podhledového nosníku FEAL, kloubově podepřeného na koncích. Podepření zabráňovalo prostorovému natáčení nosníku, ale umožňovalo volnou deformaci přírub nosníku. Montáž čelisti na nosník byla provedena stejným způsobem jako na stanici metra, při použití stejných skrutných pásků. Při zkoušce byla registrována přetvoření závěsu v závislosti na působící síle. Bylo měřeno celkové protažení závěsu a posunutí středů protilehlých okrajů příčky čelisti. Zkušební tělesa byla namáhána tahem až do porušení. V první serii zkoušek byla tělesa zatěžována plynule, bez odlehčování, konstantní rychlostí celkového protažení až do porušení. Takto bylo zatěžováno 7

vzorků. Druhá serie 5 vzorků byla zatěžována po stupních s přírůstkem síly 0,05 kN a mezi jednotlivými zatěžovacími stupni byl vzorek plně odlehčován.

Pro detailní studium způsobu porušování závěsu byla provedena doplňková zkouška na samotném L profilu, připevněném přímo ke stolu zkušebního stroje. Závislost protažení na působící síle byla měřena v koutu L profilu a ukazuje proces jeho narovnávání.

Porušování závěsů má několik charakteristických fází. Po počátečním dotvarování imperfekcí



obr.č. 2. Zdeformovaná čelist.

při silách do 0,05 kN pracuje celý závěs pružně pouze do zatížení okolo 0,10 kN, kdy dochází k počátku plastizování průřezu závěsného pásku v místě připojení k čelisti. Pásek se zde začíná ohýbat a zároveň narovnávat v pravoúhlém L ohybu. Prvky závěsu mění svoji geometrii a vzniká jiná konstrukce. Tento okamžik je možné považovat za porušení původní konstrukce. Zjištěná hodnota odpovídá i teoretickým předpokladům. Porucha není ještě kritická z hlediska únosnosti celého závěsu. V druhé fázi dochází k současnému plastickému přetváření závěsného pásku doprovázeného dalšími trvalými deformacemi a pružnému namáhání čelisti. Čelist je namáhána nerovnoměrně - u ohybu závěsu více než na opačné straně. Při hodnotách zatížení okolo 0,45 až 0,55 kN dochází k výrazné plastifikaci průřezu příčky čelisti a ztrátě stability ztužujícího lemu. Tento okamžik je možno považovat za poruchu čelisti. Konstrukce závěsu ale stále ještě vykazuje plastickou rezervu únosnosti. V poslední fázi se přetváří příčka čelisti rozvojem plastického momentu ve více namáhané části a začíná se prostorově deformovat celá čelist. Dochází k ohybu a kroucení svislých ramen čelisti způsobujícímu rozevírání jejich konců v horizontální rovině tak, že odlehčené hrany se odklánějí od podhledového nosníku. Nakonec dojde k vyskočení lemu podhledového nosníku z podporujícího zoubku čelisti. Nastává porušení celé

soustavy. Typický tvar vzorků po zkouškách je dokumentován obrázkem č. 2. Velikost úhlu rozevření bočních čelistí byla v průměru $11,1^\circ$.

Pro zatěžovací zkoušku *in situ* byla vybrána část podhledu se šesti závěsy. Podhled byl odstrojen odebráním lamel a zvukové izolace z minerální plsti. Obnažené podhledové nosníky FEAL byly odděleny řezem od zbylé části podhledu, aby nebylo ovlivněno chování nosníků vlivem spojitosti konstrukce a zároveň nedošlo k případnému poškození části, která nebyla zkoušena. Zatěžováno bylo kusovou zátěží po stupních s odlehčováním, aby bylo možno sledovat přírůstky trvalých deformací. Před zkouškou byly změřeny deformace závěsu, které jsou nejvýraznější u L profilu. Kalibrovanými měrkami byla zjišťována tloušťka spáry (odklon) mezi ramenem L profilu a příčkou svěrné čelisti. Kromě jednoho závěsu, který dokonce vůbec nebyl funkčně spojen s podhledovým nosníkem, všechny závěsy vykazovaly značné plastické přetvoření L profilu pouze od zatížení lamelami a zvukovou izolací. Zjištěné deformace při zatěžování odpovídaly výsledkům laboratorních zkoušek s tím, že celkové deformace jsou menší, protože závěsy již byly před zkouškou trvale deformovány. Pozoruhodný byl značný rozptyl protažení při stejných silách po zatížení cca 180 N, který dosahuje několika set procent a svědčí o značné "nehomogenitě" konstrukce. Z hlediska nárůstu plastické deformace jednotlivých částí závěsu a zejména vzniku plastického momentu v příčce svěrné čelisti je možné odvozovat, že některé závěsy se chovají stejně jako při laboratorních zkouškách, u některých nedochází ke ztrátě stability lemu příčky svěrné čelisti a dochází dříve k vypadnutí podhledového nosníku z této čelisti, tedy ihned ke třetí fázi porušení. Zde, i když po přeskočení někdy došlo ke stabilizaci průhybů, konstrukce již byla na hranici vyčerpání únosnosti a při malém přírůstku síly se zhroutila. Jeden závěs vydržel dokonce dva přeskoky v těsném sledu za sebou.

Zkoušky ukázaly, že konstrukce podhledu byla od počátku vadná a došlo u ní k prvnímu porušení již během montáže. Díky plastické rezervě neproběhlo celkové zřícení, ale bezpečnost a spolehlivost podhledu je samozřejmě značně snížena, neboť za studena tvarovaný ohyb je ohýbán zpět momentem opačného znaménka.

Ing. František Bartoš, Ing. František Bouška, Ing. Miloš Drdácký, CSc.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR - Centrální laboratoř experimentální mechaniky, 128 49 Praha 2, Vyšehradská 49, tel.293347, fax 295903