

OVĚŘOVÁNÍ KOTEV Z RECYKLOVANÉHO PLASTU PRO ZVÝŠENÍ STABILITY BEZSTYKOVÉ KOLEJE

**Doc., Ing. Otto Plášek, Ph.D., Ing. Richard Svoboda, Ph.D., Ing. Miroslava
Hruzíková, Ph.D.**

**Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ústav železničních
konstrukcí a staveb**

Ing. Milan Valenta

Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o.

1. ÚVOD

Zavádění nových typů součástí konstrukce železničního svršku vždy vyžaduje pečlivou přípravu počínající návrhem a následným posouzením jednotlivých součástí i celku, statickými a dynamickými výpočetními analýzami, laboratorními a modelovými zkouškami a provozním ověřením prvku v koleji ve zkušebním úseku. Tento proces trvá zpravidla až 5 let, v případě zásadně nových konstrukcí podmiňujících bezpečnost a spolehlivost konstrukce koleje tato doba dosahuje v železničním průmyslu zpravidla 8 až 12 let.

Pracovníci Ústavu železničních konstrukcí a staveb byli v roce 2004 osloveni společností Chládek a Tintěra, Pardubice a. s. se žádostí o pomoc při navrhování a ověření nové konstrukce pražcových kotev z recyklovaného plastu EVA I. Je zřejmé, že pražcové kotvy jsou důležitým konstrukčním prvkem z hlediska stability, spolehlivosti a bezpečnosti bezстыkové koleje a že bude nutné pečlivě ověřit funkční vlastnosti tak, aby bylo zaručeno, že kotvy budou po celou dobu životnosti, která se předpokládá 40 let, sloužit svému účelu.

Od samého počátku byl do diskuse k ověření vlastností pražcových plastových kotev zapojen správce kolejové infrastruktury, tj. Správa železniční dopravní cesty, s.o. (dále jen SZDC). Cílem spolupráce se SZDC bylo získat požadavky na ověření konstrukce a vytvořit prostor pro diskusi k výsledkům zkoušek a pro postupné upřesňování požadavků tak, aby bylo možné na konci procesu považovat výrobek za způsobilý k běžnému užití. Výrobce plastové části kotvy, dodavatel i řešitelský kolektiv vychází vstříc požadavkům SZDC, bez jejíž spolupráce by nebylo možné dosáhnout konečné ověření nového výrobku.

S ohledem na charakter konstrukce pražcových kotev, zejména na strukturu litého recyklovaného plastu byla zvolena cesta experimentálního návrhu a posouzení, spočívající v postupných úpravách tvaru kotvy a technologie výroby na základě dosavadních výsledků zkoušek. Proces ověření plastových kotev jinak zahrnuje všechny etapy potřebné ke schválení sérové výroby – laboratorní a modelové zkoušky, zřízení zkušebního úseku a jeho ověření a zpracování dokumentace, tj. návrhu technických podmínek dodacích.

2. DEFINICE POŽADAVKŮ A PŘÍPRAVA TECHNICKÝCH PODMÍNEK DODACÍCH

První verze návrhu technických podmínek dodacích (dále jen TPD), které definují požadavky na dílenskou výrobu, zkoušení, ověřování kvality, přejímání, dodávání a používání pražcových kotev byla sestavena v roce 2010 pro plastovou kotvu, mající označení EVA II. Postupnou úpravou tvaru a technologie výroby se změnilo označení kotev, které je v současné době EVA V. Je tedy zřejmé, že v současnosti jsou ve zkušebním úseku vloženy plastové pražcové kotvy v páté generaci návrhu. Přitom TPD jsou již v osmé verzi návrhu.

Kotevní dílec pražcové kotvy EVA V je vyroben litím za horka z materiálu s obchodním označením TRAPLAST, který se vyrábí recyklací plastových odpadů. Povrchová vrstva na všech částech kotevního dílce je tvořena kompaktním materiálem v tloušťce nejméně 7 mm, který tvoří nosnou skořepinu. Části kotvy tenčí než 14 mm jsou vždy tvořeny v plném profilu kompaktním materiálem, tlustší části kotevního dílce mohou mít vnitřní výplňový materiál porézni. K uvedenému jevu dochází přirozeně v důsledku chladnutí masivního plastového bloku, kdy materiál má snahu se snižováním teploty zmenšovat svůj objem. S ohledem na tuto skutečnost je základním způsobem, jak prověřit množství masivního materiálu v kotvě, vážení každé vyrobené kotvy.

Kotva se na pražec montuje pomocí ocelového přichytného třmenu, který se upíná pomocí šroubů a samojistných matic a ploché oceli, zalité do plastového kotevního dílce.

V první fázi byly definovány požadavky na zkoušky, parametry zkoušek a způsob jejich vyhodnocení. V druhé fázi byly zkoušky rozděleny do dvou kategorií – počáteční zkoušky typu a kontrolní výrobní zkoušky. Popsáno bylo ověřování kvality uživatelem a přejímka odběratelem. Je nutné podotknout, že pro plastové pražcové kotvy neexistuje žádný standard, zahrnující požadavky na zkoušení. V případech statické a únavové zkoušky a zkoušky na otěr bylo nutné vyvinout a odsouhlasit zkušební postupy s ohledem na jedinečný charakter výrobku tak, aby nahradily zátěž v koleji.

Od samého počátku sloužil návrh TPD k uspořádání požadavků na plastové kotvy. Nejprve byly definovány požadavky na vlastnosti materiálu, z něhož jsou kotvy vyrobeny. Protože se jedná o recyklovaný plast, panuje oprávněná obava o homogenitu materiálu a jeho kvalitu v průběhu výrobního procesu nebo, že v důsledku lití materiálu do formy může dojít k tomu, že vlastnosti materiálu se budou měnit v závislosti na poloze v odlítku.

Z těchto důvodů byly pečlivě vybírány materiálové zkoušky a místa na kotvě, ze kterých jsou vzorky ke zkouškám odebírány. Materiál pražcové plastové kotvy musí být nezávadný pro životní prostředí a musí být odolný vůči vlivům:

- mechanickým (doprava, manipulace, ukládání, kontakt s okolním materiálem, působení zatížení apod.);
- klimatickým (teplotní změny, vlhkost, sluneční záření, ozón apod.);
- chemickým (odolnost proti chemikáliím a ropným produktům);
- biologických činitelů (plísně, bakterie, hniloba, hlodavci);
- vysokých teplot (požární odolnost).

U materiálu kotevního dílce pražcové kotvy EVA V jsou proto sledovány následující vlastnosti:

- objemová hmotnost;
- ohybové vlastnosti – modul pružnosti a pevnost v ohybu;
- odolnost proti zvýšené teplotě – teplota měknutí dle Vicata;
- odolnost proti nízkým teplotám – vrubová houževnatost při -10 °C;
- vrubová houževnatost Charpy při pokojové teplotě (23 °C);
- požárně technické vlastnosti – průkaz požární klasifikace A2.

Dále byly u kotevního dílce stanoveny požadavky na rozměry a hmotnost a jejich tolerance. Byly definovány další zkoušky prokazující funkčnost pražcové kotvy. Popis těchto zkoušek je předmětem následujících kapitol.

3. LABORATORNÍ A MODELOVÉ ZKOUŠKY

Statickou zatěžovací zkouškou je zjišťována maximální zatěžovací síla při překročení únosnosti pražcové kotvy. Pražcová kotva je namáhána silou až do své destrukce. Uspořádání zkoušky je uvedeno na Obr. 1. V průběhu zkoušky je sledována deformace zkušební vzorku v závislosti na působící síle. Minimální síla, která byla při destrukci daného vzorku dosažena, je 12 kN.

Dlouhodobá únavová zkouška sleduje schopnost pražcových kotev odolávat opakovanému zatížení. Pražcová kotva je vystavena cyklickému namáhání silou se sinusovým průběhem v rozsahu od 4 kN do 10 kN, počet zatěžovacích cyklů je 2 miliony. Uspořádání zkoušky je shodné s upořádáním statické zatěžovací zkoušky. V rámci zkoušky se provádí vizuální kontrola držebnosti šroubového spoje, poškození plastu a jeho případné vymačkávání.

Modelovou zkouškou otěruvzdornosti se kontroluje schopnost materiálu plastového kotevního dílce vzdorovat cyklickému namáhání zrný kolejového lože. Sledován je úbytek hmotnosti kotevního dílce, který je stanoven porovnáním hmotnosti před a po zkoušce. Otěruvzdornost pražcové kotvy se zkouší na modelu spojení pražcové kotvy s pražcem ve šterkové vaně, uspořádání zkoušky je na Obr. 2. Svislý pohyb vzorku v modelu kolejového lože byl v průběhu zkoušky 2 mm, skutečně bylo 2 miliony cyklů. Po zkoušce byly na vzorku patrné drobné vrypy od kameniva, úbytek hmotnosti způsobený otěrem kotvy byl naprosto minimální, činil pouze 0,2 g.

Nad rámec dohodnutého rozsahu zkoušek uvedeného v návrhu TPD, byly dohodnuty a provedeny statické zatěžovací zkoušky na kotvách vyjmutých ze zkušební úseku Polička – Borová a kotvách podrobených zmrazování. Byly zkoušeny kotvy hluboce dlouhodobě zmrazené (déle než 1 rok). Ve všech případech kotvy vyhověly požadavku a síla při porušení kotvy byla vyšší než 12 kN.

4. OVĚŘOVÁNÍ FUNKČNOSTI PLASTOVÝCH KOTEV VE ZKUŠEBNÍCH ÚSECÍCH

Pro ověření plastových pražcových kotev byly dosud zřízeny dva zkušební úseky. První zkušební úsek byl zřízen v roce 2012 v úseku Polička – Borová v km 22,591 – 22,784 v oblouku o poloměru 200 m. Polovina oblouku byla osazena ocelovými pražcovými kotvami, druhá polovina úseku byla osazena kotvami

plastovými. Geodetickými metodami byla sledována prostorová poloha koleje. Byly měřeny směrové a výškové změny polohy koleje.

Druhý zkušební úsek byl v roce 2015 zřízen v mezistaničním úseku Senice na Hané – Kostelec na Hané v oblouku o poloměru 200 m v km 32,396 – 32,771 vystřídaně s kotvami ocelovými. V rámci zkušebního úseku jsou a budou nadále sledovány geometrické parametry koleje měřením zajišťovacích měř a pomocí měřicího vozíku KRAB Light.

V obou úsecích byl dále měřen i příčný odpor koleje s pražci bez kotev, s kotvami ocelovými a s kotvami plastovými. Geodetická měření i měření příčného odporu byly provedeny vícekrát v několika etapách s cílem postihnout vývoj případných změn prostorové polohy koleje a hodnot příčného odporu pražců.

Příčný odpor se zkouší přímo v trati na betonových pražcích s pražcovou kotvou ve směrovém oblouku s otevřeným kolejovým ložem s rozšířením a nadvýšením kolejového lože dle předpisu SŽDC S3/2, které je řádně upraveno do profilu a homogenizováno. Před zkouškou jsou upevňovací desky na délce 10 m od zkoušeného pražce na obě strany uvolněny a kolejničky vyzdviženy nad úložnou plochu pražce tak, aby nebránily volnému posunu pražce a nezvětšovaly tak příčný odpor. Na čelo pražce se osadí vytlačovací hlavice, přes kterou je do pražce vnášena tlaková síla, která je vyvozována pomocí hydraulického systému s tlakoměrem. Velikost posunu pražce je sledována na protější hlavě pražce dvěma snímači posunutí, které jsou osazeny tak, aby velikost posunu byla zjišťována ve směru působení tlakové síly. Uspořádání zkoušky je na Obr. 4.

Výsledný příčný odpor pražce je dán ustálenou maximální hodnotou síly potřebnou k posunutí pražce. Grafickým výstupem zkoušky je křivka závislosti vyvozené síly na vyvolaném posunu pražce. Příčný odpor na běžný metr koleje r_0 byl stanoven přepočtem z příčného odporu pražce r , který byl podělen osovou vzdáleností pražců a .

Porovnání výsledků příčných odporů pražců s různými pražcovými kotvami a bez kotev ze zkušebního úseku Polička - Borová je na Obr. 6. Z grafu je zřejmé, že plastové kotvy EVA V jsou srovnatelné s ocelovými kotvami a je viditelný přírůstek příčného odporu namontováním pražcových kotev.

5. ZÁVĚR

Pečlivé ověřování vlastností pražcových kotev z recyklovaného plastu se jeví s ohledem na jejich funkci pro spolehlivost a bezpečnost bezстыkové koleje jako nezbytné. Je zřejmé, že si tento proces od roku 2004 vyžádal značné úsilí všech zapojených subjektů – výrobce a dodavatele představovaného společností Chládek a Tintěra, Pardubice a. s. a uživatele, kterým je SŽDC, stejně jako zhotovitelů zkoušek laboratorních a in situ – Fakulty stavební VUT v Brně a Ústavu aplikované mechaniky Brno s.r.o.

Veškeré úsilí vedlo k významnému vylepšení tvaru kotvy a procesu její výroby a tím i jejich užitečných vlastností. Kotvy byly vloženy do zkušebních úseků, kde bude i nadále sledován jejich vliv na chování koleje v běžném provozu a odolnost kotev samých. Přes veškeré vložené úsilí a prostředky samozřejmě nelze vyloučit, že se v průběhu vývoje a ověřování nemusí podařit prokázat vhodnost pro běžné použití v koleji. Dosavadní zjištění a výsledky měření naznačují reálnou možnost, že další

plánované zkoušky a provozní ověření dopadnou úspěšně a pražcové kotvy z recyklovaného plastu budou ze strany SZDC schváleny pro použití v provozované koleji.

Poděkování

Publikované výsledky byly dosaženy v rámci smluvního výzkumu podporovaného společností Chládek a Tintěra Pardubice, a. s.

POUŽITÁ LITERATURA:

SZDC S3 Železniční svršek

SZDC (ČD) S3/2 Bezstyková kolej

ČSN EN ISO 1183-1 Plasty - Metody stanovení hustoty nelehčených plastů - Část 1: Imerzní metoda, metoda s kapalinovým pyknometrem a titrační metoda

ČSN EN ISO 11925-2 Zkoušení reakce na oheň - Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení plamene - Část 2: Zkouška malým zdrojem plamene

ČSN EN ISO 178 Plasty - Stanovení ohybových vlastností

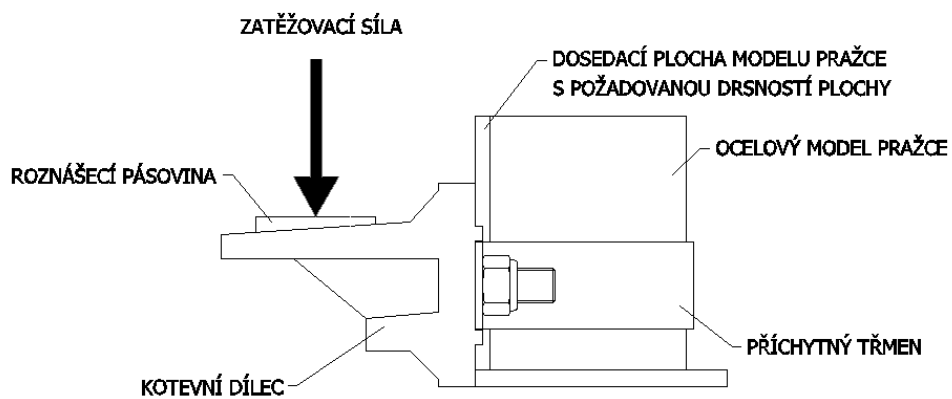
ČSN EN ISO 179-1 Plasty - Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy - Část 1: Neinstrumentovaná rázová zkouška

ČSN EN ISO 306 Plasty - Termoplasty - Stanovení teploty měknutí dle Vicata (VST)

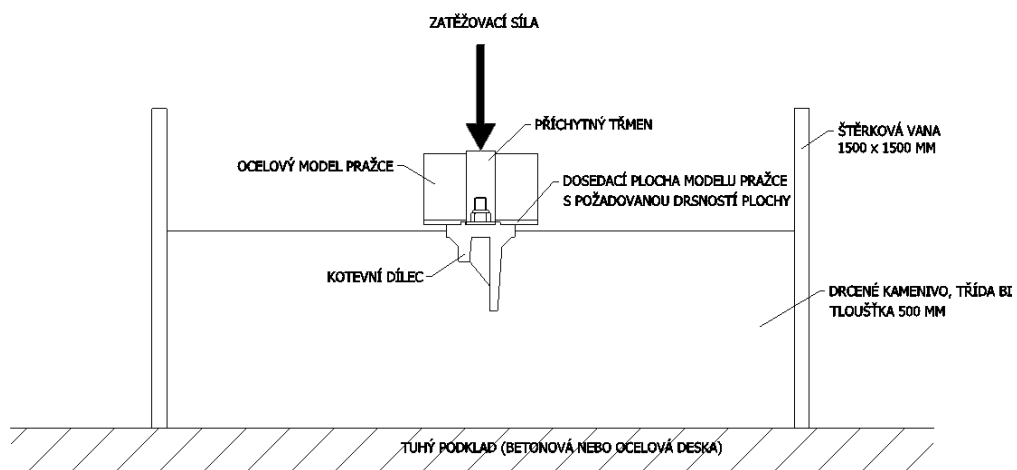
Obrázky a grafy



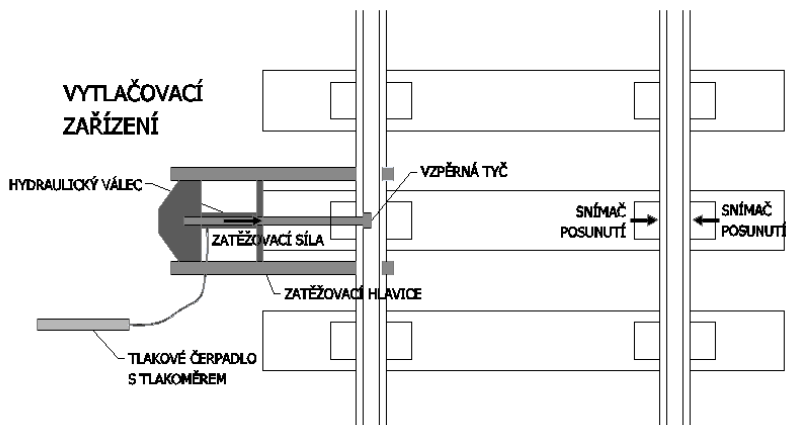
Obr. 1: Pražcová kotva EVA V z recyklovaného plastu (vpravo)



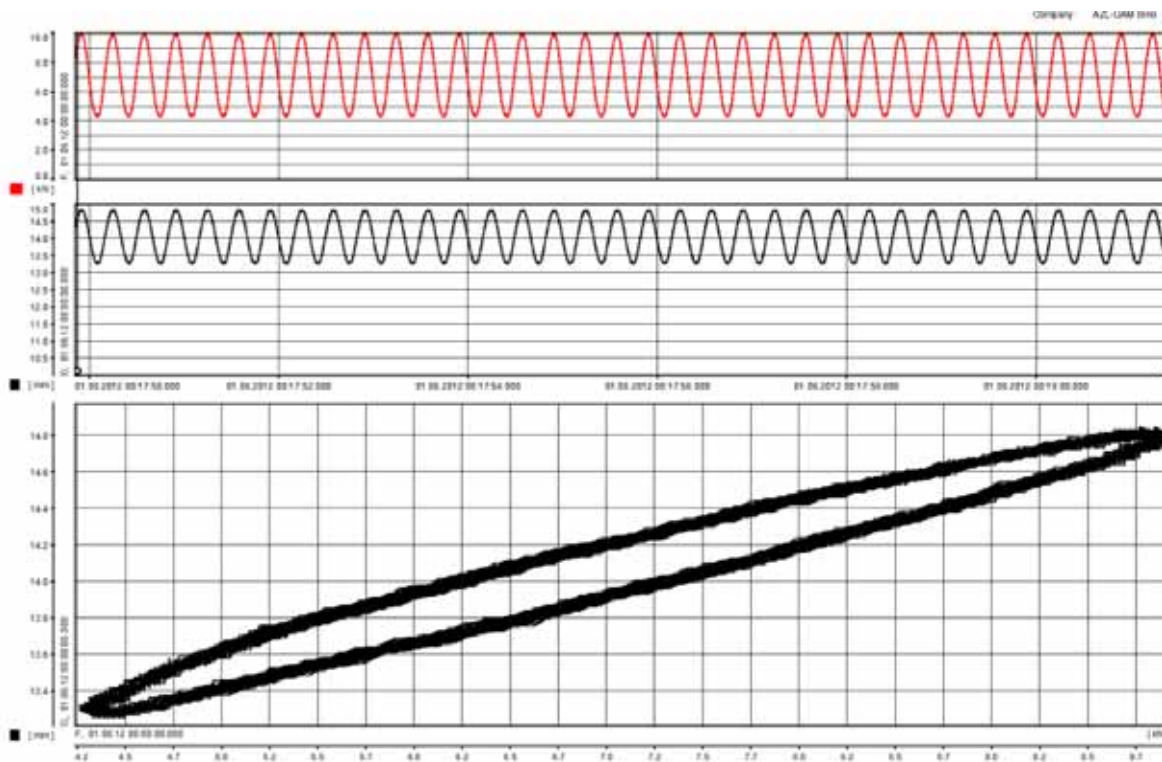
Obr. 2: Uspořádání statické zatěžovací zkoušky



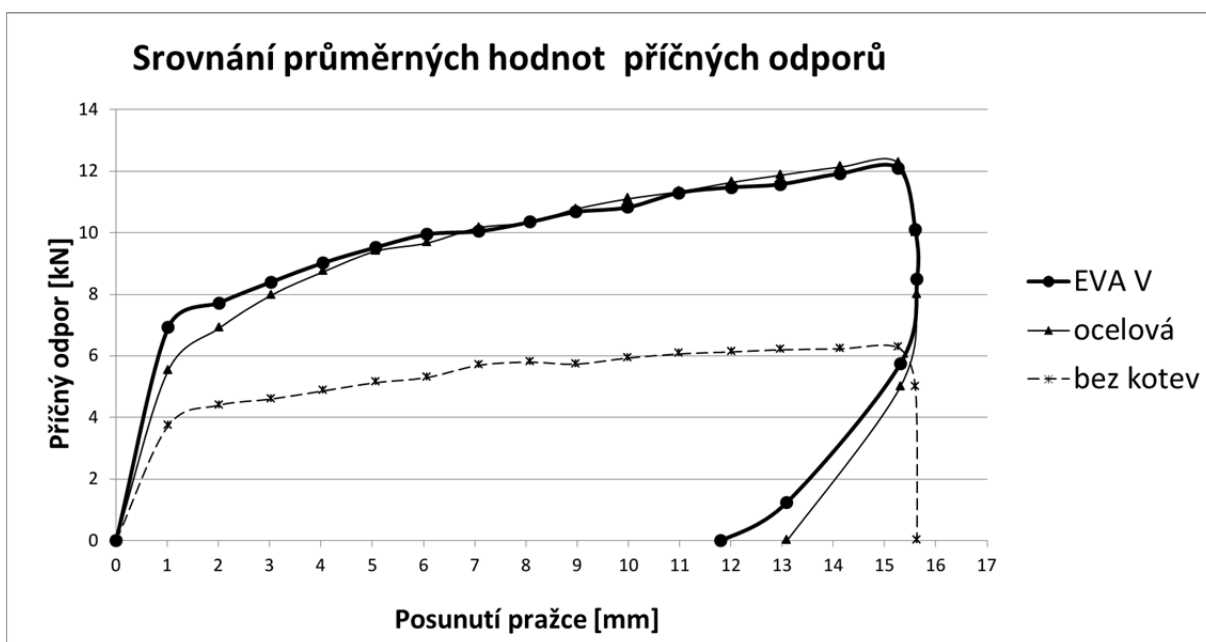
Obr. 3: Uspořádání zkoušky otěruvzdornosti plastové pražcové kotvy



Obr. 4: Uspořádání zkoušky pro stanovení příčného odporu pražce v kolejovém loži



Obr. 5: Průběh únavové zkoušky plastové kotvy



Obr. 6: Porovnání příčných odporů pražců

Lektoroval: Ing. Petr Szabó, SŽDC, Praha