



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

PŘÍČNÉ ODPORY PRAŽCŮ S PLASTOVÝMI PRAŽCOVÝMI KOTVAMI

LATERAL RESISTANCE OF SLEEPERS WITH PLASTIC SLEEPER ANCHORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Vít Hyžák

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vít Hyžák
Název	Příčné odpory pražců s plastovými pražcovými kotvami
Vedoucí práce	Ing. Richard Svoboda, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Předpis SŽDC S3 Železniční svršek

Předpis SŽDC S3/2 Bezstyková kolej

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je porovnání výsledků a zdůvodnění, zda jsou plastové kotvy možné pro použití v konstrukci železničních tratí. V práci budou zpracována měření příčných odporů pražců B03 s plastovými kotvami EVA V, ocelovými kotvami a pražců bez kotev ve zkušebním úseku. Práce bude zahrnovat měření po zřízení zkušebních úseků a po cca 8 měsících provozu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Richard Svoboda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá příčným odporem pražců s plastovými pražcovými kotvami EVA V. Součástí práce je porovnání naměřených hodnot příčného odporu pražců s pražcovými kotvami z plastu, z oceli a bez kotev. Dále tento dokument obsahuje srovnání příčného odporu pražců s plastovými pražcovými kotvami v době krátce po rekonstrukci železničního svršku s hodnotami naměřenými s odstupem přibližně 8 měsíců na téže trati a stanovení, zda je tento typ kotev vhodný pro použití v konstrukci trati.

KLÍČOVÁ SLOVA

příčný odpor, pražcová kotva, bezстыková kolej

ABSTRACT

This bachelor's thesis study lateral-resistance of sleepers with plastic sleeper anchors EVA V. The paper compares lateral-resistance of sleepers with plastic sleeper anchors to sleepers with steel sleeper anchors and sleepers without sleeper anchors. Furthermore, the document includes comparison of lateral-resistance of sleepers with plastic sleeper anchors in the moment shortly after permanent track reconstruction with a moment after approximately 8 months later. The thesis also determine possibility of application plastic sleeper anchors in track construction.

KEYWORDS

lateral-resistance, sleeper anchor, continuous welded rail, CWR track

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Vít Hyžák *Příčné odpory pražců s plastovými pražcovými kotvami*. Brno, 2017. 39 s., 29 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Richard Svoboda, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2017

Vít Hyžák
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2017

Vít Hyžák
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na těchto řádcích bych rád vyjádřil svůj vděk mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Richardu Svobodovi, Ph.D. za jeho ochotu, trpělivost, cenné rady a především vstřícnost, kterou projevil při konzultacích.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, na jejichž morální podporu jsem se mohl během celého studia spolehnout.

OBSAH

1	Úvod	11
2	Stávající stav	11
2.1	<i>Teorie bezстыkové koleje.....</i>	<i>11</i>
2.1.1	Historie	11
2.1.2	Charakteristika bezстыkové koleje	12
2.1.3	Typy bezстыkové koleje.....	13
2.1.4	Poruchy bezстыkové koleje.....	13
2.1.5	Podélný odpor	14
2.1.6	Příčný odpor.....	14
2.1.7	Údržba koleje a příčný odpor	14
2.2	<i>Pražcové kotvy.....</i>	<i>14</i>
2.2.1	Obecně.....	14
2.2.2	Charakteristika plastové pražcové kotvy	15
3	Cíle	15
4	Zvolená metodika	16
4.1	<i>Měření příčného odporu pražců.....</i>	<i>16</i>
4.1.1	Lokalita měření.....	16
4.1.2	Postup měření	17
4.2	<i>Zpracování dat.....</i>	<i>19</i>
4.2.1	Bilineární diagram.....	19
4.2.2	Proložení přímky	19
4.2.3	Směrodatná odchylka.....	20
5	výsledky měření.....	20
5.1.1	Měření 7. 9. 2015.....	20
5.1.2	Měření 19. 4. 2016	25
5.1.3	Celkové výsledky měření.....	29

6	Závěr.....	32
6.1	<i>Vyhodnocení.....</i>	32
6.2	<i>Doporučení.....</i>	32
7	Seznam použitých zdrojů.....	33
8	Seznam použitých zkratk a symbolů	35
9	Seznam tabulek	36
10	Seznam obrázků	37
11	Seznam grafů	38
12	Seznam příloh	39

1 ÚVOD

Už stavitelé prvních železnic si byli vědomi toho, že musí počítat s dilatací kolejnic způsobenou teplotními změnami. Proto byly zřizovány kolejnicové styky, díky kterým v kolejnicích nevznikaly osově síly vyvolané změnou teplot. Toto řešení se však ukázalo jako ne úplně ideální, neboť kolejnicový styk je slabým místem v konstrukci kolejového roštu. Dochází zde ke zvýšenému dynamickému namáhání, vyšší hlučnosti a vyšším nárokům na údržbu koleje. [1]

Zřízením bezstykové koleje je sice možné tyto problémy obejít, nicméně i tato technologie má své nevýhody – omezením možnosti volné dilatace vznikají v koleji značné osově síly, které mohou mít v krajních případech za následek lom kolejnic v období nízkých teplot či ztrátu stability a následné vybočení v období vysokých teplot. Aby se těmto poruchám koleje předešlo, je nutné zajistit v koleji dostatečnou podélnou a příčnou tuhost. V některých obloucích malého poloměru, kde je dosažení dostatečného příčného odporu nejproblematictější, se dle předpisu používá kromě úpravy tvaru kolejového lože také montáž pražcových kotev. [9] [13]

V současné době jsou používány pražcové kotvy ocelové, společnost Chládek a Tintěra Pardubice a.s. však vyvíjí pražcové kotvy z recyklovaného plastu a právě příčným odporem kolejového roštu s těmito pražcovými kotvami se tato bakalářská práce zabývá. [14]

2 STÁVAJÍCÍ STAV

2.1 TEORIE BEZSTYKOVÉ KOLEJE

2.1.1 Historie

První železniční trať na území dnešní České republiky byla uvedena do zkušebního provozu už v roce 1827. Kolej byla stykovaná, což má pro provoz a údržbu řadu nevýhod. V opotřebovaných kolejnicových stycích dochází při jízdě vozidel ke vzniku rázů, které mají negativní vliv na pohodlí cestujících, ale způsobují také zvýšené opotřebení vozidel či dokonce trvalé deformace železničního svršku a spodku. [1] [4]

Myšlenkou bezстыkové koleje se odborníci na našem území začali zabývat až o více než sto let později - ve třicátých letech 20. století. Nejvýraznější osobností, která se věnovala této problematice, byl prof. Ing. Dr. Josef Vaverka, DrSc. V roce 1954 byl na území Československé republiky zřízen první úsek bezстыkové koleje, čemuž předcházela nutný pokrok v technologii svařování kolejnic a také zlepšení konstrukce koleje tak, aby zajišťovala dostatečný příčný a podélný odpor. Technologie bezстыkové koleje se na tratích ČSD uchytila, v roce 1965 překročila délka bezстыkových kolejí milník 5000 km a v roce 1987 dokonce 8500 km. [1] [2] [15]

2.1.2 Charakteristika bezстыkové koleje

Bezстыková kolej je konstrukce koleje bez dilatačních spár, jejíž kolejnice jsou svařeny do dlouhých kolejnicových pásů. Délka bezстыkové koleje musí být dle předpisu SŽDC S3/2 minimálně 150 m. Charakteristickým rysem bezстыkové koleje je skutečnost, že tepelné změny mají různý účinek ve třech jejích částech - 2 dýchajících koncích a střední části. [13]

Absence dilatačních spár a pevné upnutí kolejnic na pražce ve střední části bezстыkové koleje brání změnám délky kolejnic vyvolané změnou teploty, čímž vzniká v kolejnicích osová tahová či tlaková napětí σ [9]

$$\sigma = \alpha E(T - T_n)$$

kde:

σ je napětí [MPa]

α je součinitel teplotní roztažnosti [K^{-1}]

E je modul pružnosti oceli [MPa]

T je aktuální teplota [$^{\circ}C$]

T_n je neutrální teplota [$^{\circ}C$]

V tomto vztahu nijak nefiguruje délka koleje, napětí ve střední části bezстыkové koleje je tedy přímo úměrné teplotnímu přírůstku a nezávisí na délce střední části.[9]

Dýchající konec je částí konstrukce na našem území nejčastěji používaného typu bezстыkové koleje, která se nachází na začátku a konci bezстыkové koleje. V dýchajících koncích dochází při teplotních změnách k částečné změně napětí a k částečné změně délky. Aby se mohl konec kolejnice pohybovat, musí osová síla od změny teploty překonat nejen tření mezi spojkami a kolejnicí ve styku, ale také

odpor proti posunutí mezi kolejnicí a upevňovacími. Délku dýchajícího konce lze určit výpočtem, zpravidla se však uvažuje 75 m.[9] [13] [17]

2.1.3 Typy bezстыkové koleje

Nejrozšířenějším typem je kolej s plným napětím od teplotních změn. Tento typ konstrukce je ukončen běžnými kolejnicovými styky.

Druhým typem je kolej s částečně regulovatelným napětím. Charakteristické jsou pro toto řešení tři vyrovnávací kolejová pole normální délky na konci bezстыkové koleje. Kolejová pole se před příchodem vysokých teplot vymění za kratší, aby byl umožněn větší rozsah posunu dýchajících konců.

Třetím typem je kolej s dilatačním zařízením na konci. Jak název napovídá, konstrukce koleje je na konci doplněna dilatačním zařízením, které umožňuje posuny konců kolejnic v mnohem větším rozsahu. Tento typ konstrukce se používá především u mostů.[2] [7] [9]

2.1.4 Poruchy bezстыkové koleje

Lom kolejnice je porucha bezстыkové koleje typická pro období nízkých teplot. Vlivem ochlazení kolejnice na teplotu nižší než neutrální teplota vzniká v kolejnici tahová osová síla. V místě metalurgické či jiné vady kolejnice pak může dojít k lomu. Velikost vzniklé spáry ovlivňuje podélný odpor koleje, zpravidla se pohybuje okolo 75mm. [9]

Tato porucha obvykle přeruší kolejové obvody zabezpečovacího zařízení a lze ji tedy snadno indikovat. Pro jízdu vlaků nepředstavuje lom kolejnice takové riziko jako vybočení koleje. [9]

Dojde-li ke zvýšení teploty kolejnice nad její neutrální teplotu, vzniká v kolejnici tlaková osová síla namáhající kolej na vzpěr. Pokud nevykazuje kolej dostatečnou tuhost, hrozí ztráta stability koleje a může dojít až k vybočení koleje. Takto vznikající vybočení koleje se nazývá *statické*. Pokud dojde k vybočení koleje vlivem teplotního zatížení a zatížení kolejovou dopravou, jedná se o vybočení *dynamické*. Odolnost proti dynamickému vybočení je nižší než proti statickému vybočení. K vybočení dochází především ve směrových obloucích, ale není vyloučeno ani v přímé koleji. [2]

Vybočení může nastat v rovině vodorovné i svislé, nejčastěji však dochází k prostorovému vybočení – nadzdvížení koleje způsobí pokles příčného odporu a následně nastane i vybočení v horizontální rovině. Porucha má vlnový charakter,

délka vlny závisí na konstrukci koleje, obvykle se pohybuje v rozmezí 8 – 20m. Boční výchylka dosahuje hodnot 0,5 – 0,75 m. Deformace koleje v takovémto rozsahu je velmi nebezpečná a často vede až k vykolejení vozidla.[4][9]

2.1.5 Podélný odpor

Třením mezi patou kolejnice a pražcem (resp. podložkou, podkladnicí apod.) vzdoruje kolejnice upevněná k pražci účinkům tepelné délkové změny. Kolejový rošt jako celek rovněž působí proti účinkům tepelné délkové změny a to zejména třením pražců o štěrk v kolejovém loži a odporem štěrku v mezipražcovém prostoru. [4]

2.1.6 Příčný odpor

Příčný odpor je skupina sil, která brání směrové deformaci kolejového roštu. Hlavními složkami příčného odporu jsou tření na ložné ploše pražce, tření na bocích pražce, odpor za hlavou pražce a případně odpor za pražcovou kotvou. [4]

Výrazně ovlivňují velikost příčného odporu vlastnosti štěrku – hmotnost, koeficient vnitřního tření. Nezanedbatelný vliv má také koeficient tření pražců o štěrk a celková hmotnost kolejového roštu.[2]

2.1.7 Údržba koleje a příčný odpor

Prováděním opravných prací dochází ke snížení příčného odporu v koleji. Například při strojním podbíjení pražců klesá hodnota příčného odporu až o 50 %, při směrové úpravě koleje až o 76 %. Použití zhutňovače mezipražcových prostor a prostoru za hlavami pražců při podbíjení snižuje negativní účinek na příčný odpor. Provozem po provedení opravných prací dochází k dohutnění kolejového lože a příčný odpor se zvýší na původní hodnotu. Při použití betonových pražců v konstrukci koleje je k dohutnění provozem potřebná zátěž asi $5 \cdot 10^5$ hrt. [2]

2.2 PRAŽCOVÉ KOTVY

2.2.1 Obecně

Předpis definuje pražcové kotvy jako zařízení pro zvýšení příčného odporu koleje, které se montuje na pražec. [13]

2.2.2 Charakteristika plastové pražcové kotvy

Kotva se skládá ze dvou částí - ocelového třmenu a samotného kotevního dílce. Třmen obepíná pražec svrchu a ze stran, kotevní dílec je umístěn pod ložnou plochou pražce. Spojení třmenu a kotevního dílce je zajištěno šroubovým spojem přes pásek ploché oceli, jenž je součástí kotevního dílce. Kromě již zmíněného ocelového pásku je kotevní dílec vyroben z materiálu s obchodním názvem TRAPLAST. Použitím technologie výroby litím za horka vzniká plastový blok, který je minimálně 7 mm do hloubky pod povrchem tvořen kompaktní hmotou. Tato kompaktní hmota vytváří nosnou skořepinu dílce. V důsledku chladnutí může vznikat v hloubce větší než 7 mm porézní struktura, to se však netýká částí dílce tenčí než 14 mm, ty jsou vždy tvořeny kompaktním materiálem v celém profilu. Porézní struktura dodává kotevnímu dílci pružnost. [14]



Obrázek 1 - Plastová pražcová kotva EVA V

3 CÍLE

Cílem této práce je:

- ❑ Stanovení hodnot příčného odporu pražců s plastovými pražcovými kotvami EVA V měření posunů pražce při vytlačování speciálním přípravkem. Tato metoda se snaží napodobit vodorovné příčné síly, které působí na pražec v bezstykové koleji, a vznikají vlivem teplotního namáhání.
- ❑ Porovnání hodnot příčného odporu pražců s plastovými pražcovými kotvami EVA V, pražců s ocelovými pražcovými kotvami a pražců bez pražcových kotev. Pro porovnání budou data z měření aproximována do podoby bilineárního diagramu.
- ❑ Stanovení, zda plastové pražcové kotvy EVA V splňují požadavky předpisu SŽDC S3/2 a zda jsou tedy vhodné či nevhodné pro použití v konstrukci koleje.

4 ZVOLENÁ METODIKA

4.1 MĚŘENÍ PŘÍČNÉHO ODPORU PRAŽCŮ

4.1.1 Lokalita měření

Měřený úsek se nachází v obci Čelechovice na Hané, v katastrálním území Studenec, na jednokolejné neelektrizované regionální trati Červenka – Prostějov, km 32,396 – 32,771. Poloměr oblouku s krajními přechodnicemi je 200 m, proto jsou pražcové kotvy osazeny na každém pražci v kružnicové části oblouku. V úseku jsou střídavě osazeny ocelové kotvy MIKO a plastové kotvy EVA V. Jedná se o konstrukci koleje s otevřeným kolejovým ložem, pražci B 03, kolejnicemi 49 E1 a přímým bezpodkladnicovým upevněním W14. [14] [16]



Obrázek 2 - Mapa lokality měření [3]

4.1.2 Postup měření

1. Odhrnutí šterku za hlavou měřeného pražce na vnitřní straně oblouku
2. Uvolnění vrtulí pomocí motorové zatáčečky na měřeném pražci a na dalších 2 pražcích bezprostředně vedle měřeného pražce
3. Demontáž upevňovadel a drobného kolejiva
4. Zvednutí obou kolejnic pomocí zvedáků tak, aby kolejnice nebyly v kontaktu s měřeným pražcem ani při posunutí pražce
5. Vyjmutí pryžových podložek
6. Instalace přípravku na měření příčného odporu pražců zaháknutím za patu vnitřního kolejnicového pásu
7. Umístění pomocného rámu tak, aby stabilita jeho podpor nebyla ovlivněna posunem vytlačovaného pražce
8. Osazení 2 snímačů posunu na pomocný rám
9. Nastavení snímačů posunu tak, aby byly v kontaktu s nivelační podložkou položenou na měřeném pražci
10. Pozvolné zvyšování tlaku v hydraulickém válci přípravku, po každém dosažení posunu o 1,00 mm odečtení odpovídající hodnoty síly

11. Po dosažení celkového posunu 15,00 mm odečtení odpovídající hodnoty síly a snížení síly na hodnotu 10 kN, 8 kN, 5 kN, 3 kN a odečtení odpovídající hodnoty posunu
12. Úplné odlehčení a odečtení odpovídající hodnoty posunu (konec měření)
13. Demontáž přípravku na měření, snímačů posunu a pomocného rámu
14. Posunutí pražce zpět do původní polohy pomocí páčidla
15. Uložení pryžových podložek pod kolejnice
16. Uložení kolejnic zpět na pražec
17. Montáž upevňovadel a drobného kolejiva
18. Utažení vrtulí předepsaným utahovacím momentem
19. Doplnění šterku za hlavu pražce a upravení kolejového lože do předepsaného profilu



Obrázek 3 - Vytlačovací přípravek na pražce



Obrázek 4 - Pomocný rám

4.2 ZPRACOVÁNÍ DAT

4.2.1 Bilineární diagram

Data získaná z měření byla aproximována do podoby bilineárního diagramu, to znamená do dvou úseček resp. přímk. První větev byla aproximována z dat v rozsahu posunů 0 – 1 mm, zatímco pro druhou větev byla použita data z rozsahu posunů 4 – 15 mm. Hodnoty z rozsahu posunů 2 – 3 mm nebyly při aproximaci zohledněny, protože v tomto intervalu dochází k výraznému zaoblení křivky popisující průběh příčného odporu pražce.

4.2.2 Proložení přímky

Pro vyjádření přímk je použita směnicová rovnice přímky, která má obecně tvar [6]

$$y = kx + q$$

Aproximace bodů byla provedena metodou nejmenších čtverců, jejíž podstatou je minimalizace součtu kvadrátů chyb $g(k,q)$, kde [5]

$$g(k, q) = \sum_{i=1}^n (y_i - (kx + q))^2$$

Minimum funkce $g(k, q)$ lze nalézt položením parciálních derivací nule [5]

$$\frac{\partial g(k, q)}{\partial q} = 0 \quad a \quad \frac{\partial g(k, q)}{\partial k} = 0$$

Vznikne soustava lineárních rovnic pro dvě neznámé k a q [5]

$$\begin{aligned} qn + k \sum x_i &= \sum y_i \\ q \sum x_i + k \sum x_i^2 &= \sum x_i y_i \end{aligned}$$

Řešením soustavy jsou koeficienty přímky k a q .

4.2.3 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka se běžně využívá určení, jak moc se hodnoty odchylují od průměrné hodnoty. Pro výpočet směrodatné odchylky je nejprve nutné určit střední hodnotu $\bar{x}$ [11]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Poté lze určit směrodatnou odchylku σ_n [11]

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

5.1.1 Měření 7. 9. 2015

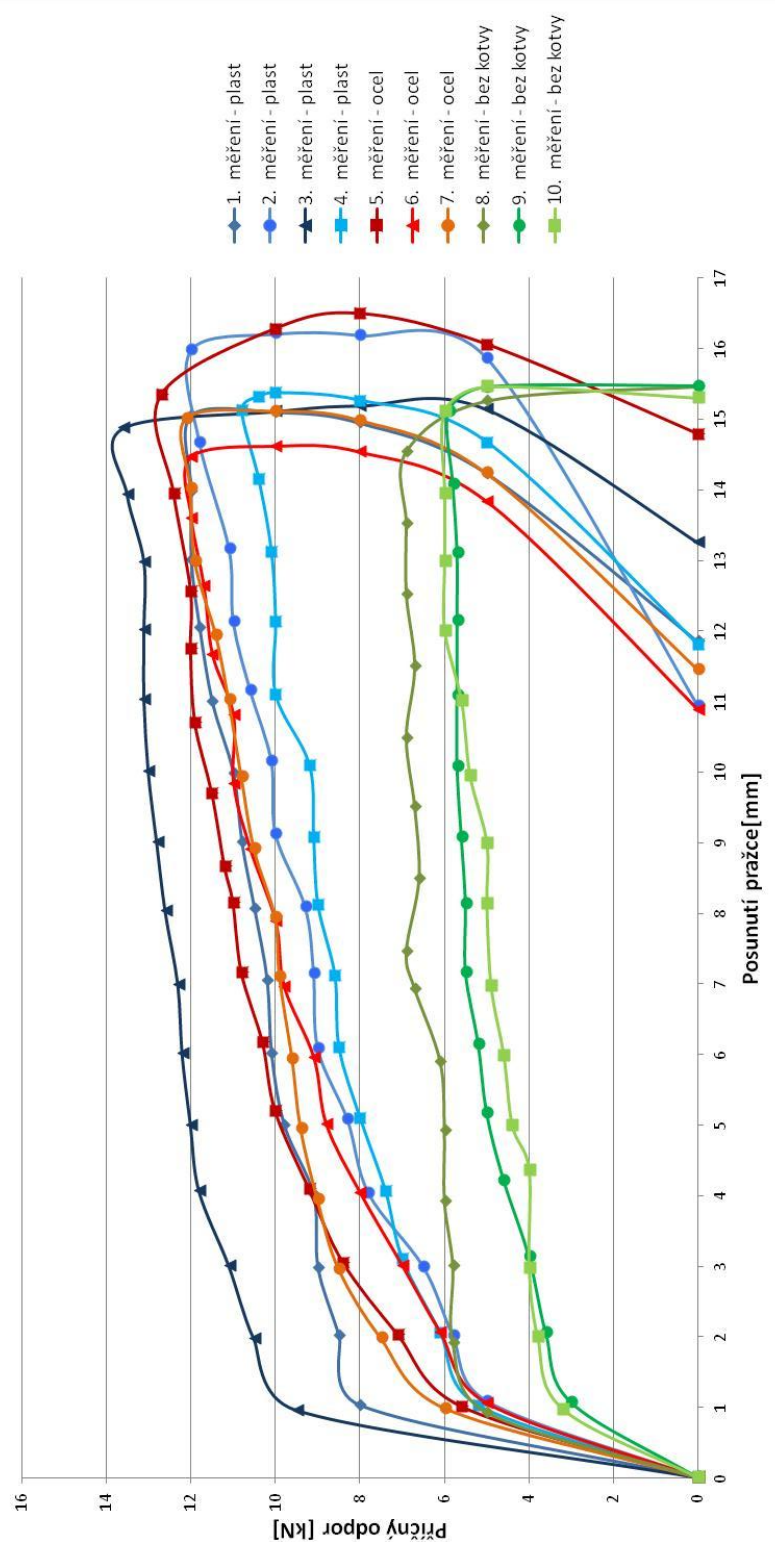
Během prvního měření byl stanoven příčný odpor celkem 10 pražců, z toho 4 s plastovými pražcovými kotvami, 3 s ocelovými pražcovými kotvami a 3 bez pražcových kotev.

Z pražců s pražcovými kotvami vyniká měřený pražec č. 3 s plastovou pražcovou kotvou, u nějž byl zjištěn výrazně vyšší odpor než u ostatních pražců. Naproti tomu pražec č. 4, který je též osazen plastovou pražcovou kotvou, dosahuje ve většině rozsahu posunutí nejnižší hodnotu příčného odporu z pražců s pražcovými kotvami. Rozdíl v příčném odporu při zatěžování těchto dvou pražců činí 2,8 – 4,4 kN.

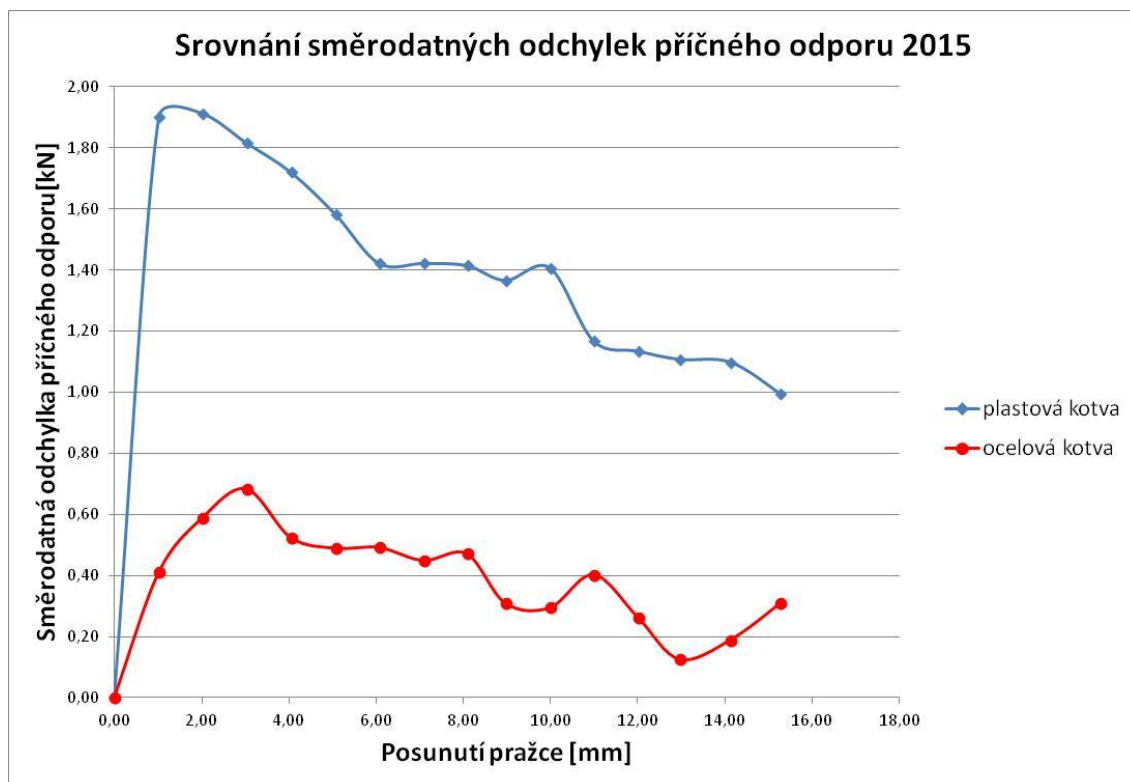
Z rovnic přímek, které aproximují naměřená data lze vyvodit, že přímka popisující příčný odpor pražců s plastovými pražcovými kotvami (modrá) má v intervalu 1. větve diagramu průměrně vyšší hodnotu směrnice (koeficientu k), jinak řečeno stoupá strměji než přímka popisující příčný odpor pražců s ocelovými pražcovými kotvami (červená). V intervalu 2. větve diagramu má vyšší hodnotu směrnice (koeficientu k) červená přímka, ale hodnota koeficientu q je nižší než u modré přímk. To znamená, že přímka popisující příčný odpor pražců s ocelovými pražcovými kotvami sice stoupá strměji, ale teprve až při posunutí pražce vyšším než 7,54 mm je hodnota příčného odporu pro tuto přímku vyšší než pro přímku popisující příčný odpor pražců s plastovými pražcovými kotvami.

U pražců osazených pražcovou kotvou došlo při odtížení k částečnému vrácení pražce až o 4 mm. U pražců bez pražcových kotev se tento úkaz neprojevuje.

Porovnání příčných odporů prážců s plastovými kotvami, ocelovými kotvami a bez kotev,
7.9.2015



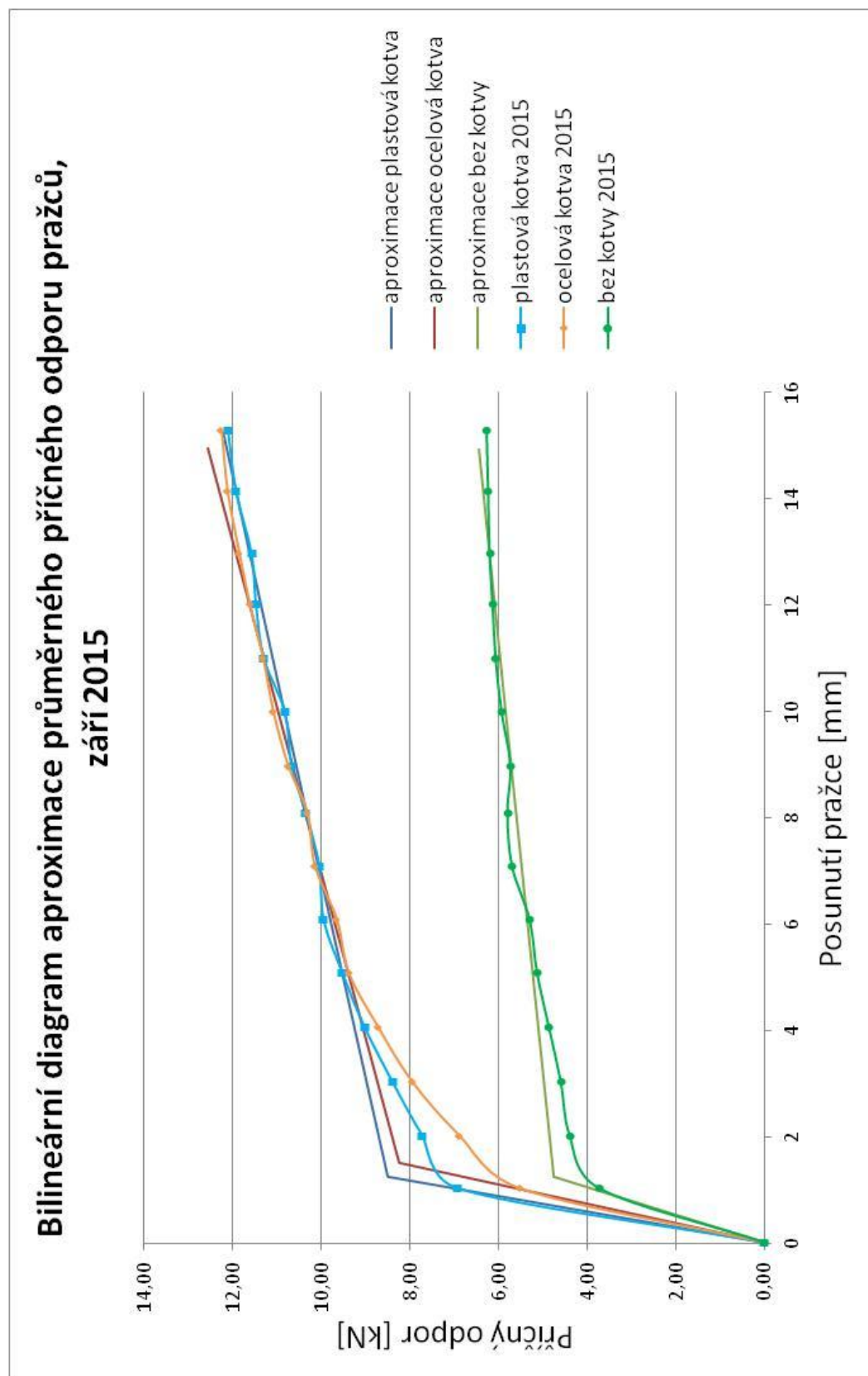
Graf 1 - Porovnání příčného odporu, 7. 9. 2015



Graf 2 - Porovnání směrodatných odchylek příčného odporu 2015

Tabulka 1 - Rovnice průměrných regresních přímek, září 2015

Rovnice průměrných regresních přímek, září 2015				
kotva	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
plastová	$y=6,858x$	0-1,24	$y=0,264x+8,20$	1,24-15,26
ocelová	$y=5,458x$	0-1,51	$y=0,321x+7,77$	1,51-14,94
bez kotvy	$y=3,840x$	0-1,24	$y=0,123x+4,62$	1,24-14,92



Graf 3 - Bilineární diagram příčného odporu pražců 2015

5.1.2 Měření 19. 4. 2016

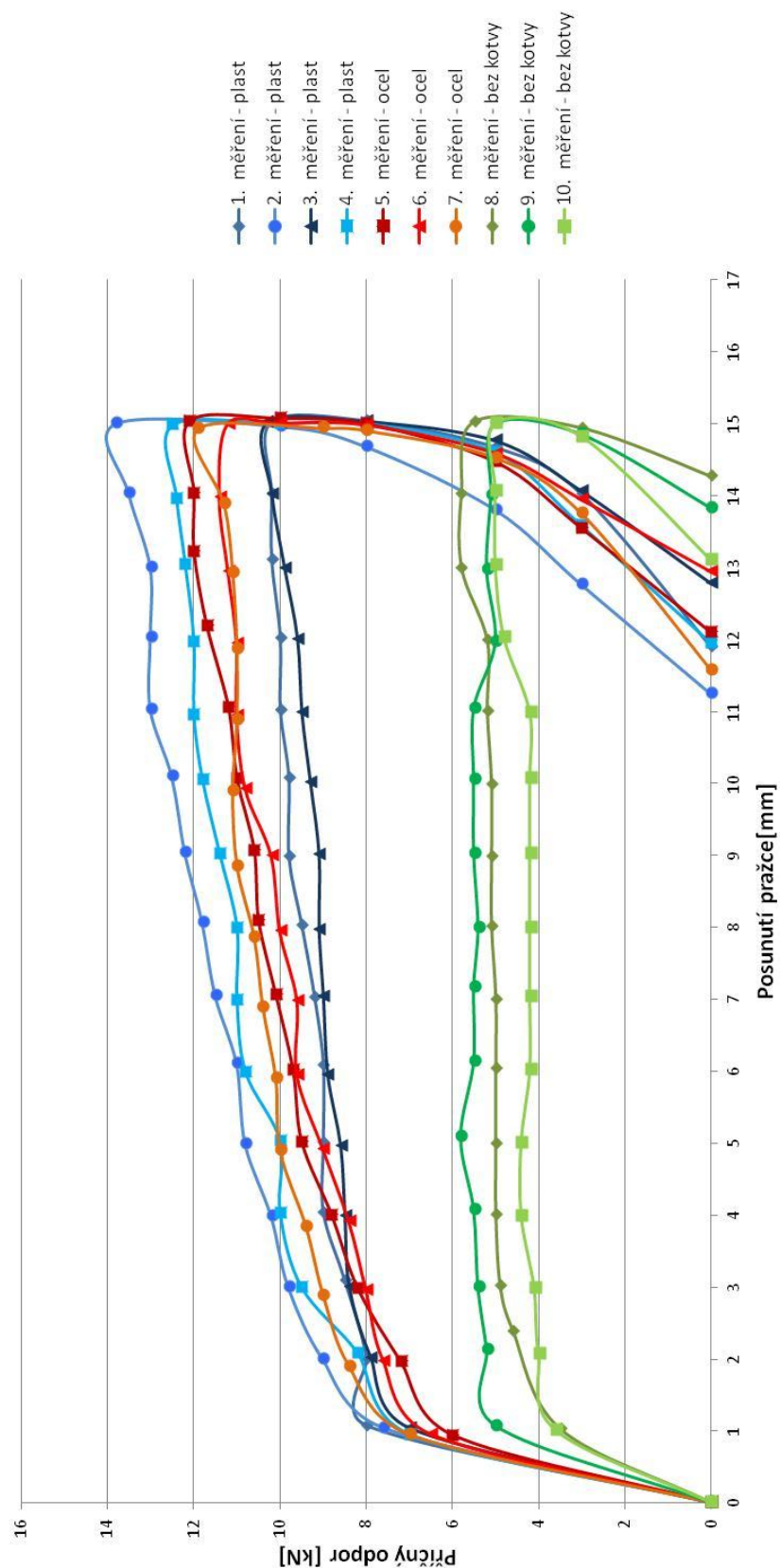
Během druhého měření byl rovněž stanoven příčný odpor celkem 10 pražců, z toho 4 s plastovými pražcovými kotvami, 3 s ocelovými pražcovými kotvami a 3 bez pražcových kotev. Nejednalo se však o stejné pražce jako při prvním měření v září 2015.

Nejvyšších hodnot příčného odporu dosáhl pražec č. 2 s plastovou pražcovou kotvou, nejnižší hodnoty příčného odporu z pražců s pražcovými kotvami byly naměřeny na pražci č. 3, rovněž s plastovou pražcovou kotvou. Rozdíl v hodnotách příčného odporu při zatěžování mezi těmito dvěma pražci činí 0,6 – 3,5 kN.

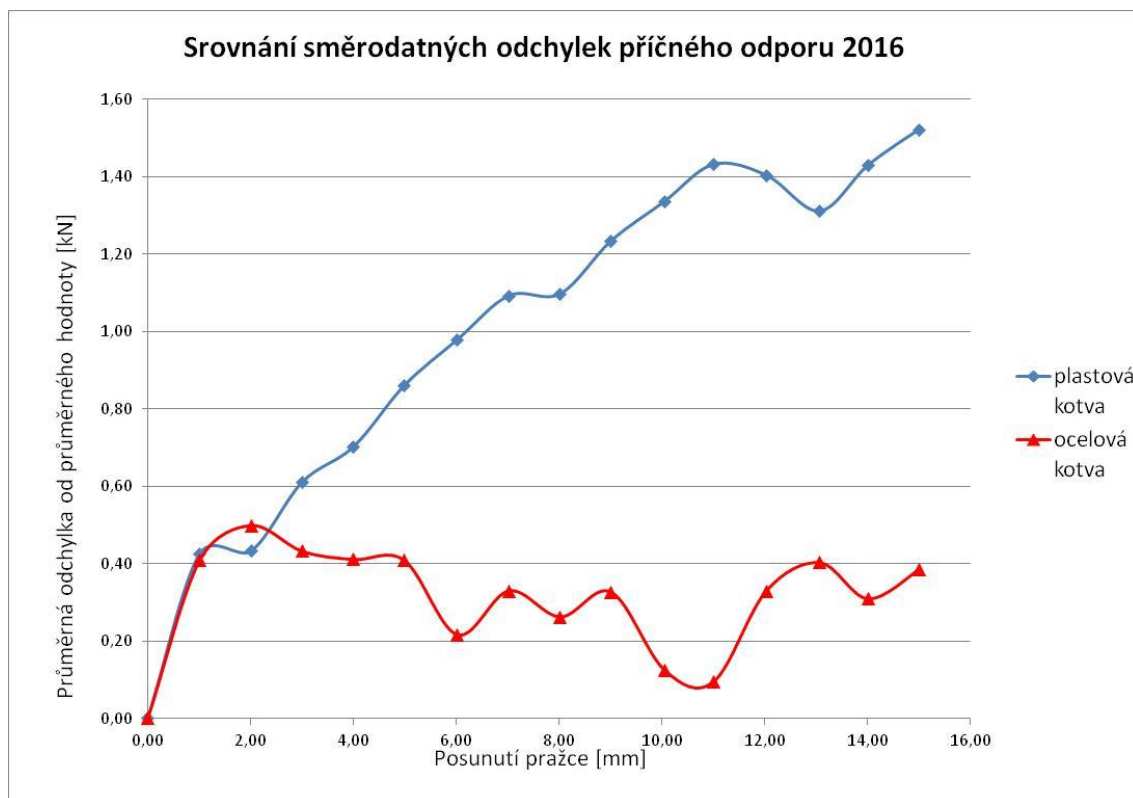
Z rovnic přímk, které aproximují naměřená data lze vyvodit, že přímka popisující příčný odpor pražců s plastovými pražcovými kotvami (modrá) má v intervalu 1. větve diagramu průměrně vyšší hodnotu směrnice (koeficientu k), jinak řečeno stoupá strměji než přímka popisující příčný odpor pražců s ocelovými pražcovými kotvami (červená). V intervalu 2. větve diagramu má vyšší hodnotu směrnice (koeficientu k) červená přímka, ale hodnota koeficientu q je nižší než u modré přímk. To znamená, že přímka popisující příčný odpor pražců s ocelovými pražcovými kotvami sice stoupá strměji, ale teprve až při posunutí pražce vyšším než 10,91 mm je hodnota příčného odporu pro tuto přímku vyšší než pro přímku popisující příčný odpor pražců s plastovými pražcovými kotvami.

Částečné vrácení pražce při odtížení se tentokrát projevilo i u pražců bez pražcových kotev.

Porovnání příčných odporů prážců s plastovými kotvami, ocelovými kotvami a bez kotev,
19.4.2016



Graf 4 - Porovnání příčného odporu, 19. 4. 2016

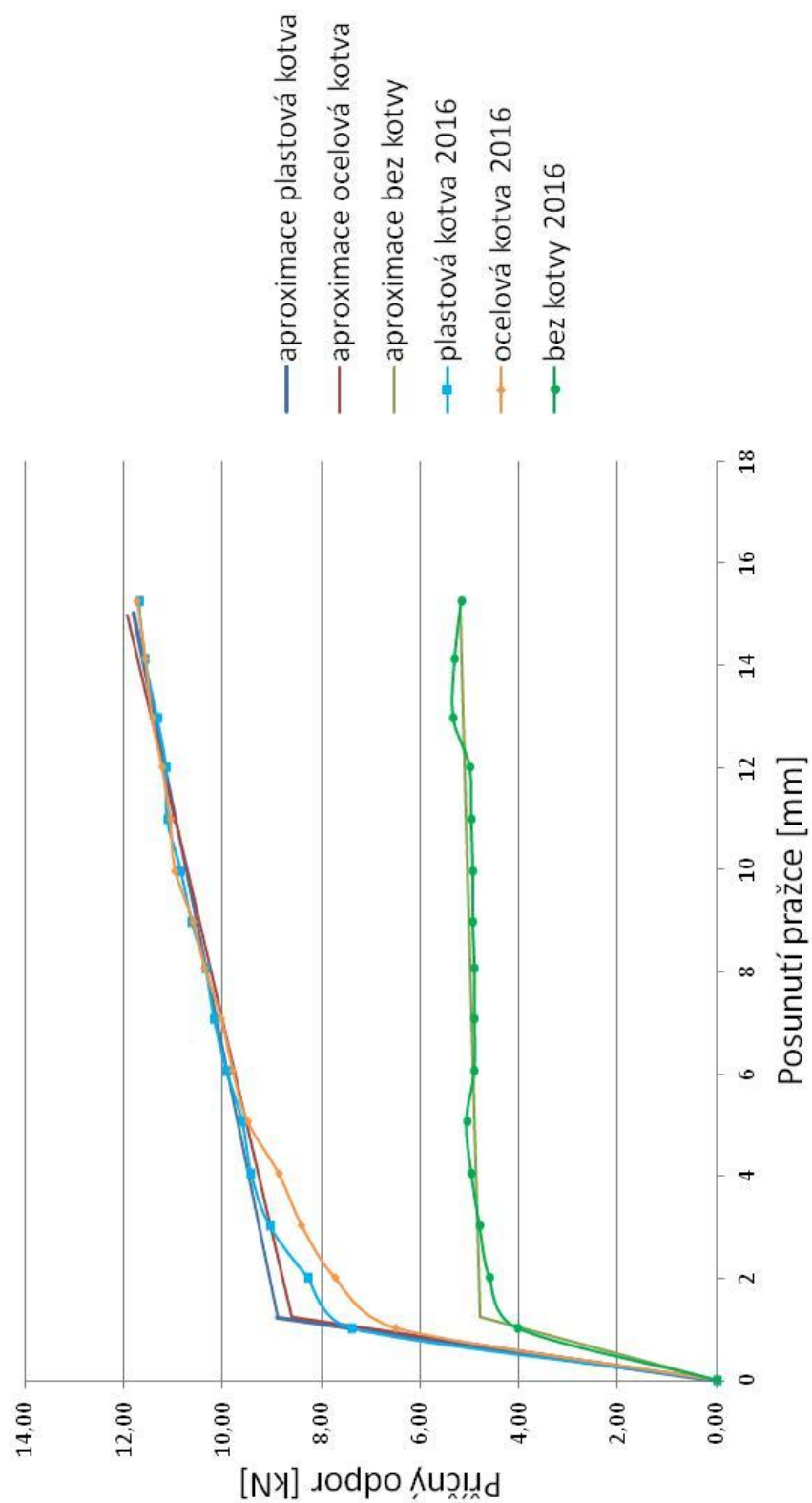


Graf 5 - Porovnání směrodatných odchylek příčného odporu 2016

Tabulka 2 - Rovnice průměrných regresních přímek, duben 2016

Rovnice průměrných regresních přímek, duben 2016				
kotva	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
plastová	$y=7,229x$	0-1,23	$y=0,210x+8,65$	1,23-15,01
ocelová	$y=6,877x$	0-1,25	$y=0,243x+8,29$	1,25-14,98
bez kotvy	$y=3,895x$	0-1,23	$y=0,028x+4,77$	1,23-15,01

**Bilineární diagram aproximace průměrného příčného odporu prážců,
19. 4. 2016**



Graf 6 - Bilineární diagram příčného odporu prážců 2016

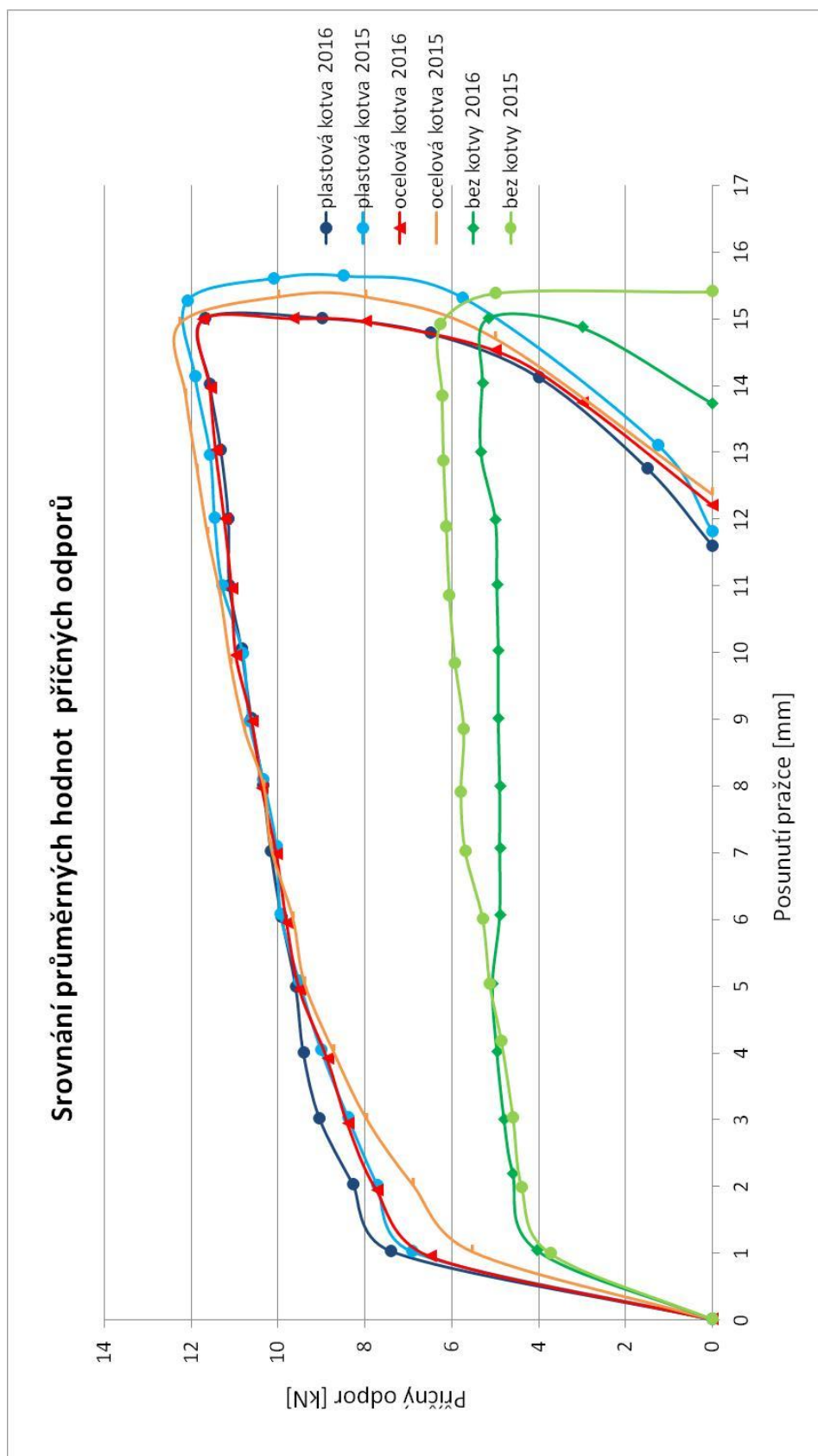
5.1.3 Celkové výsledky měření

Na první pohled je patrné, že pražce s pražcovými kotvami mají výrazně vyšší příčný odpor než pražce bez kotev. Pražce s plastovými pražcovými kotvami průměrně dosahují srovnatelných hodnot příčného odporu jako pražce s ocelovými pražcovými kotvami, v rozsahu posunutí 0 – 4 mm je dokonce u pražců s plastovými kotvami příčný odpor znatelně vyšší.

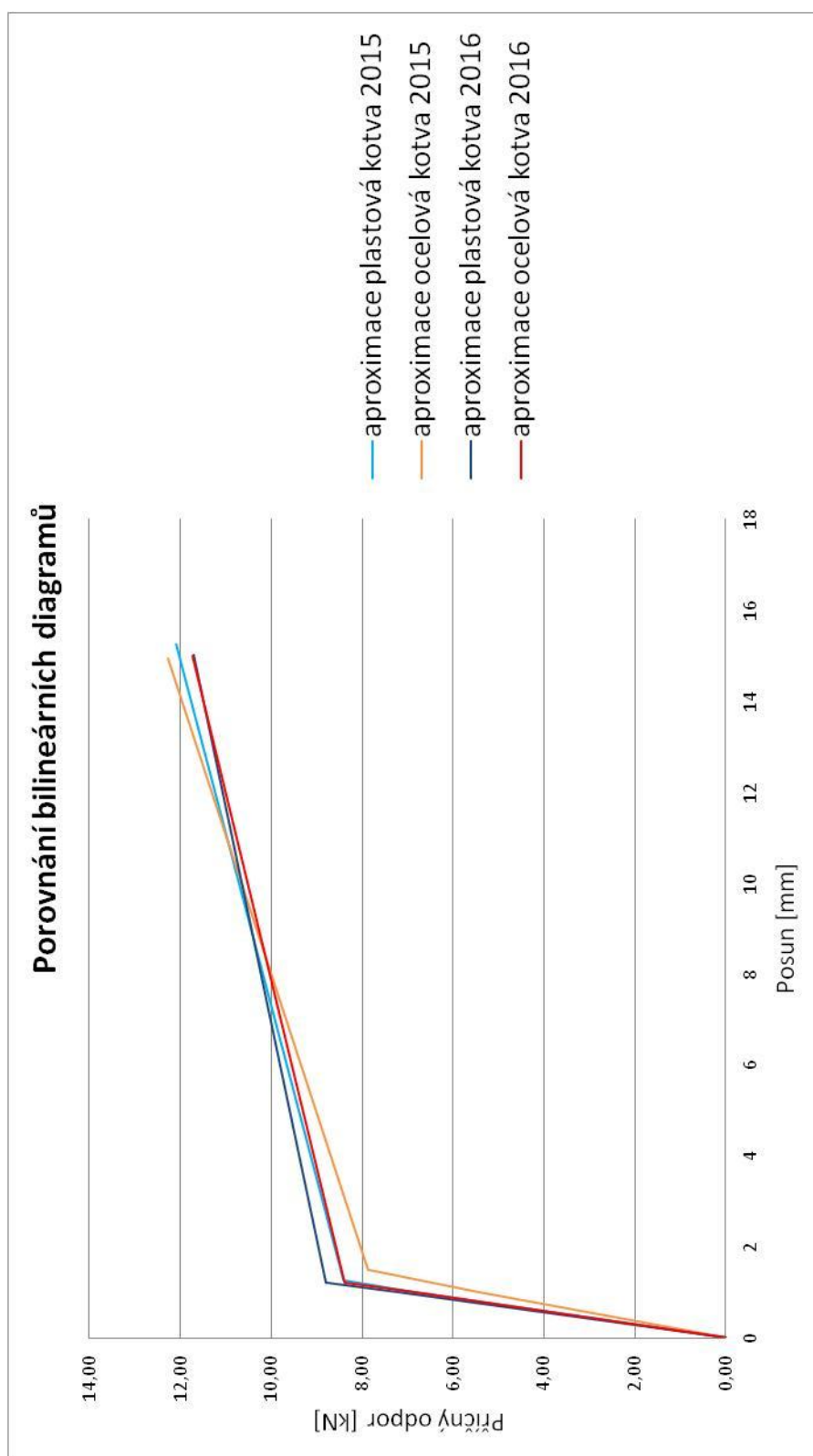
Jak je patrné z grafů směrodatných odchylek, v obou případech je směrodatná odchylka naměřených hodnot příčného odporu pražců s ocelovými pražcovými kotvami menší, než je tomu u plastových pražcových kotev. Jinými slovy lze říci, že rozptyl naměřených hodnot příčných odporů je u pražců s plastovými pražcovými kotvami vyšší.

Příčný odpor žádného z pražců s pražcovými kotvami nedosahuje hodnot stanovených předpisem SŽDC S3/2, který požaduje, aby byla hodnota příčného odporu pražce s pražcovou kotvou nejméně 14,2 kN. [13]

Při měření příčného odporu ve zkušebním úseku na trati Svitavy – Žďárec u Skutče v roce 2012 dosahovaly pražce SB 8 s pražcovými kotvami příčného odporu průměrně až 20 kN, ale ani tehdy nebyl příčný odpor pražců SB 8 s pražcovými kotvami oproti pražcům SB 8 bez pražcových kotev vyšší o 10 kN či více, jak předpokládá předpis SŽDC S3/2. Příčný odpor pražců SB 8 bez pražcových kotev dosahoval průměrně při měření v roce 2012 hodnot až 15 kN, zatímco příčný odpor pražců B 03 bez pražcových kotev se při měření v roce 2015 pohyboval nejvýše okolo 6 kN. Při tomto srovnání je patrné, že pražce B 03 mají výrazně menší příčný odpor než pražce SB 8, což je pravděpodobně způsobeno odlišným tvarem pražců (pražec B03 má menší ložnou i čelní plochu) a různou hmotností (pražec SB 8 je o 18 kg těžší). [8] [10] [12]



Graf 7 - Srovnání průměrných hodnot příčných odporů



Graf 8 - Porovnání bilineárních diagramů

6 ZÁVĚR

6.1 VYHODNOCENÍ

Použitím plastové pražcové kotvy EVA V dochází ke zvýšení příčného odporu koleje. Příčný odpor pražců s plastovými kotvami EVA V dosahuje srovnatelných hodnot a při posunech pražce asi do 4 mm i vyšších hodnot než ocelové pražcové kotvy. Lze tedy použití plastových pražcových kotev doporučit tam, kde se již ocelové pražcové kotvy používají.

Z aproximace je patrné, že pražce s plastovými pražcovými kotvami mají průměrně vyšší počáteční hodnotu příčného odporu, ale zároveň u nich dochází k trochu menšímu nárůstu příčného odporu při zvětšujících se posunech pražce než u ocelových pražcových kotev.

6.2 DOPORUČENÍ

Doporučuji provést další měření příčných odporů pražců s plastovými kotvami EVA V a podrobněji prozkoumat změny příčného odporu při posunech pražce zhruba do 2 mm, neboť v tomto rozsahu posunů pražce je množství doposud získaných dat pro podrobnější informace o průběhu hodnoty příčného odporu pražců nedostatečné.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KLIMEŠ, Ferdinand. *Železniční stavitelství I.* 2. vyd. Praha: SNTL, ALFA, 1978.
- [2] TYC, Petr, Bohumil KUBÁT, Karol DOSTÁL a Břetislav HAVÍŘ. *Železniční stavby: projektování železničních trat : železniční spodek a svršek.* Bratislava: Dh-Press, 1993. ISBN 80-855-4505-5.
- [3] Základní mapa: Čelechovice na Hané. In: *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, c1996-2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.0873149&y=49.5202487&z=14>
- [4] KUBÁT, Bohumil. *Železniční stavby: projektování.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 1998. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-902-4606-0.
- [5] JARUŠKOVÁ, Daniela. *Matematická statistika.* Dot. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1999. ISBN 80-010-1265-4.
- [6] KARÁSEK, Jiří a Ladislav SKULA. *Algebra a geometrie.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2315-3.
- [7] S3: *Železniční svršek.* Praha: SŽDC, 2002.
- [8] ČD SR 103/3 (S): Z1. 2003.
- [9] PLÁŠEK, Otto, Pavel ZVĚŘINA, Richard SVOBODA a Milan MOCKOVČIAK. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2620-9.
- [10] Předpjaté betonové pražce, tramvajové panely. In: *ŽPSV OHL GROUP* [online]. Uherský Ostroh: ŽPSV, c2006-2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.zpsv.cz/ohl-group/ostatni-dokumenty/zelezobetonove-prazce.pdf>
- [11] JARUŠKOVÁ, Daniela. *Pravděpodobnost a matematická statistika.* 3. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04829-0.
- [12] FRANCOVÁ, Aneta. *Příčné odpory pražců s plastovými pražcovými kotvami.* Brno, 2013.
- [13] SŽDC S3/2: *Bezстыková kolej.* Praha: SŽDC, 2013.
- [14] PLÁŠEK, Otto, Richard SVOBODA, Miroslava HRUZÍKOVÁ a Milan VALENTA. *Sborník přednášek 19. konference „Železniční dopravní cesta 2016“: Ověřování kotev z recyklovaného plastu pro zvýšení stability bezстыkové koleje* [online]. Praha: SŽDC,

- 2016 [cit. 2017-05-26]. ISBN 978-80-905200-8-0. Dostupné z:
<http://www.szdc.cz/soubory/konference-a-seminare/zdc-2016/zdc2016-sbornik.pdf>
- [15] Josef Vaverka. *Encyklopedie dějin města Brna* [online]. Brno: Magdalena Čoupková, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: http://encyklopedie.brna.cz/home-mmb/?acc=profil_osobnosti&load=2427
- [16] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, c2004-2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [17] KUBÁT, Bohumil a Petr TYC. *Železniční stvby: 2. díl. 2. přepr. vyd.* Praha: ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01066-X.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSD	Československé státní dráhy
E	modul pružnosti
hrt	hrubé tuny
k	koeficient k přímky, směrnice přímky
q	koeficient q přímky, absolutní člen
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
T	aktuální teplota
T_n	neutrální teplota
$\bar{x}$	střední hodnota
α	součinitel teplotní roztažnosti
σ	napětí
σ_n	směrodatná odchylka

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Rovnice průměrných regresních přímek, září 2015	23
Tabulka 2 - Rovnice průměrných regresních přímek, duben 2016	27

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Plastová pražcová kotva EVA V.....	15
Obrázek 2 - Mapa lokality měření [3]	17
Obrázek 3 - Vytlačovací přípravek na pražce.....	18
Obrázek 4 - Pomocný rám.....	19

11 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Porovnání příčného odporu, 7. 9. 2015	22
Graf 2 - Porovnání směrodatných odchylek příčného odporu 2015	23
Graf 3 - Bilineární diagram příčného odporu pražců 2015	24
Graf 4 - Porovnání příčného odporu, 19. 4. 2016	26
Graf 5 - Porovnání směrodatných odchylek příčného odporu 2016	27
Graf 6 - Bilineární diagram příčného odporu pražců 2016	28
Graf 7 - Srovnání průměrných hodnot příčných odporů	30
Graf 8 - Porovnání bilineárních diagramů	31

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Naměřené hodnoty příčných odporu, 7. 9. 2015

Příloha 2 – Naměřené hodnoty příčných odporu, 19. 4. 2016

Příloha 3 – Rovnice regresních přímek

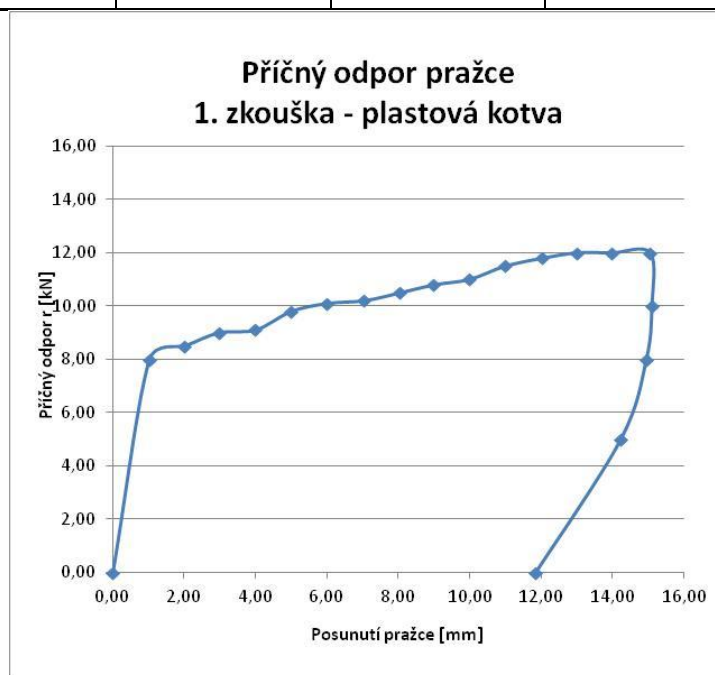
PŘÍLOHA 1
NAMĚŘENÉ HODNOTY PŘÍČNÝCH ODPORŮ
7. 9. 2015

1. zkouška - plastová kotva

10:52

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
8,00	1,04	1,01	1,03
8,50	2,02	2,00	2,01
9,00	2,99	2,96	2,98
9,10	4,02	3,97	4,00
9,80	5,02	4,97	5,00
10,10	6,02	6,00	6,01
10,20	7,02	7,05	7,04
10,50	8,03	8,07	8,05
10,80	9,00	8,99	9,00
11,00	10,00	9,96	9,98
11,50	11,00	10,97	10,99
11,80	12,05	12,03	12,04
12,00	12,98	13,01	13,00
12,00	13,96	13,99	13,98
12,00	15,01	15,09	15,05
10,00	15,05	15,14	15,10
8,00	14,91	14,97	14,94
5,00	14,21	14,24	14,23
0,00	11,85	11,83	11,84

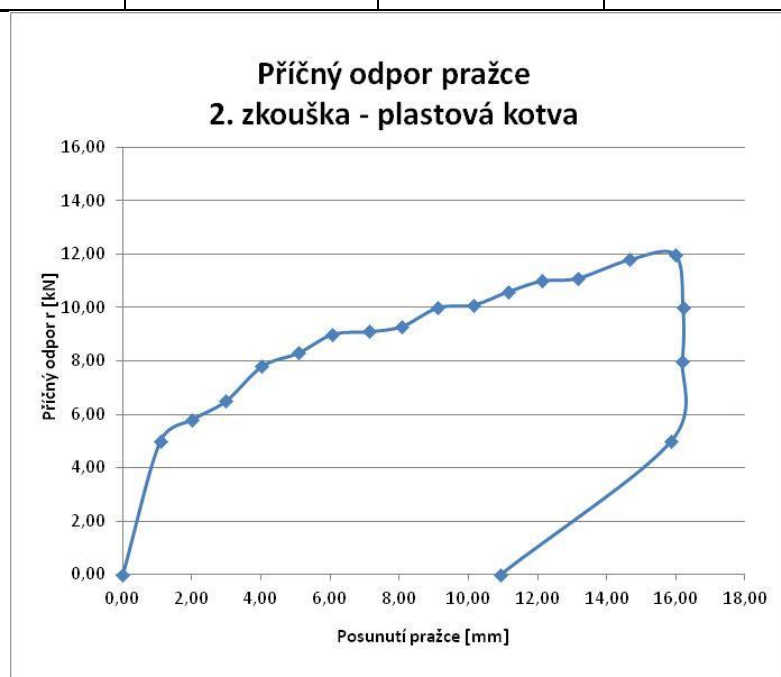


2. zkouška - plastová kotva

10:25 – 10:40

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	1,06	1,11	1,09
5,80	1,99	2,02	2,01
6,50	2,97	3,00	2,99
7,80	3,99	4,07	4,03
8,30	5,00	5,15	5,08
9,00	5,98	6,17	6,08
9,10	7,03	7,26	7,15
9,30	7,97	8,20	8,09
10,00	9,00	9,24	9,12
10,10	10,02	10,28	10,15
10,60	11,03	11,28	11,16
11,00	11,98	12,27	12,13
11,10	12,97	13,34	13,16
11,80	13,98	15,35	14,67
12,00	14,98	16,97	15,98
10,00	15,21	17,20	16,21
8,00	15,21	17,16	16,19
5,00	15,05	16,68	15,87
0,00	10,16	11,71	10,94
		-0,07	

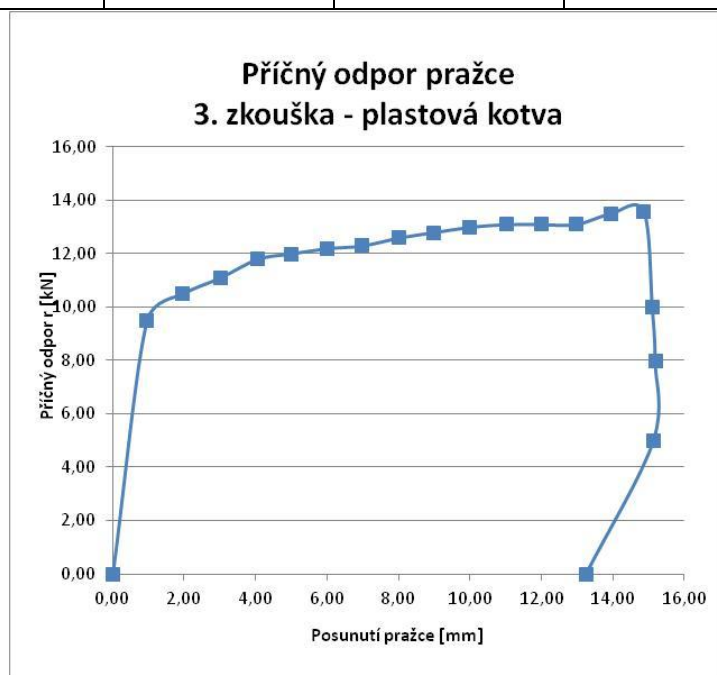


3. zkouška - plastová kotva

9:56 – 10:14

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
9,50	0,96	0,95	0,96
10,50	1,96	1,96	1,96
11,10	3,00	3,01	3,01
11,80	4,07	4,04	4,06
12,00	4,98	4,99	4,99
12,20	6,01	5,99	6,00
12,30	6,99	6,97	6,98
12,60	8,04	8,00	8,02
12,80	8,99	9,00	9,00
13,00	9,99	10,01	10,00
13,10	11,01	11,02	11,02
13,10	12,02	11,99	12,01
13,10	13,01	12,93	12,97
13,50	13,98	13,88	13,93
13,60	14,96	14,77	14,87
10,00	15,20	15,01	15,11
8,00	15,25	15,12	15,19
5,00	15,12	15,15	15,14
0,00	13,23	13,26	13,25

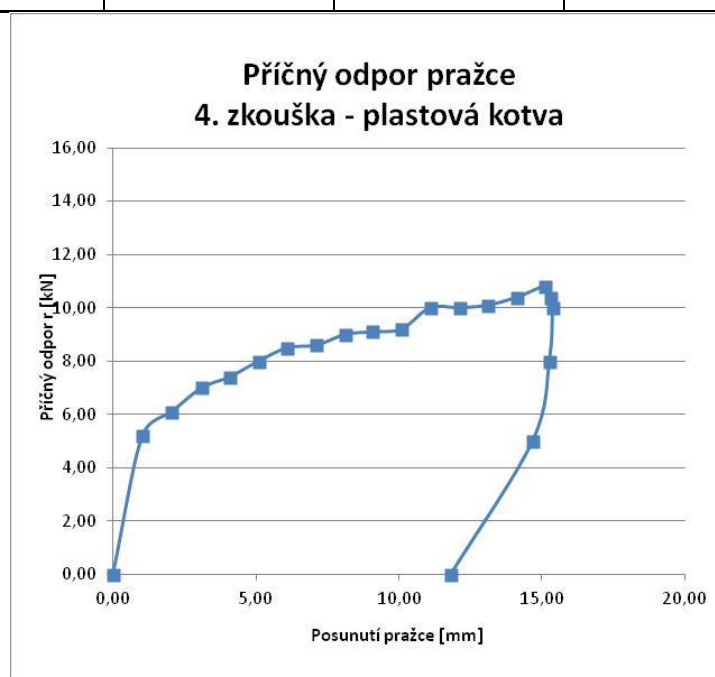


4. zkouška - plastová kotva

10:45 – 10:55

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,20	1,00	1,05	1,03
6,10	2,03	2,08	2,06
7,00	3,08	3,12	3,10
7,40	4,05	4,08	4,07
8,00	5,06	5,13	5,10
8,50	6,05	6,14	6,10
8,60	7,07	7,17	7,12
9,00	8,06	8,18	8,12
9,10	9,01	9,13	9,07
9,20	10,02	10,17	10,10
10,00	11,01	11,17	11,09
10,00	12,03	12,22	12,13
10,10	13,03	13,21	13,12
10,40	14,04	14,24	14,14
10,80	15,02	15,22	15,12
10,40	15,22	15,41	15,32
10,00	15,27	15,47	15,37
8,00	15,14	15,38	15,26
5,00	14,55	14,79	14,67
0,00	11,71	11,90	11,81

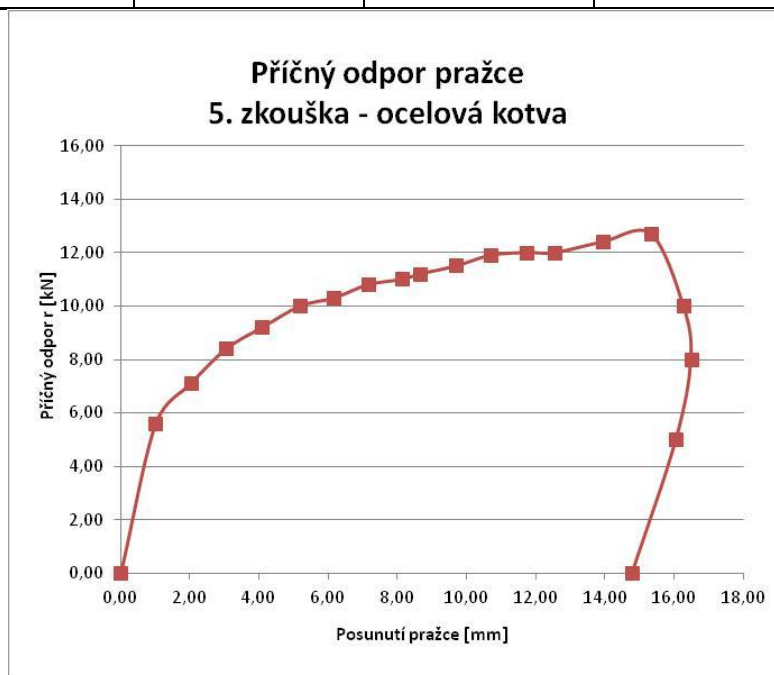


5. zkouška - ocelová kotva

8:56 –9:13

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,60	1,00	1,02	1,01
7,10	2,01	2,04	2,03
8,40	3,04	3,06	3,05
9,20	4,15	4,03	4,09
10,00	5,30	5,08	5,19
10,30	6,27	6,06	6,17
10,80	7,27	7,04	7,16
11,00	8,27	8,02	8,15
11,20	8,27	9,05	8,66
11,50	9,38	10,02	9,70
11,90	10,34	11,05	10,70
12,00	11,46	12,02	11,74
12,00	12,09	13,03	12,56
12,40	13,84	14,04	13,94
12,70	15,54	15,13	15,34
10,00	17,06	15,49	16,28
8,00	17,60	15,38	16,49
5,00	17,60	14,51	16,06
0,00	17,42	12,15	14,79

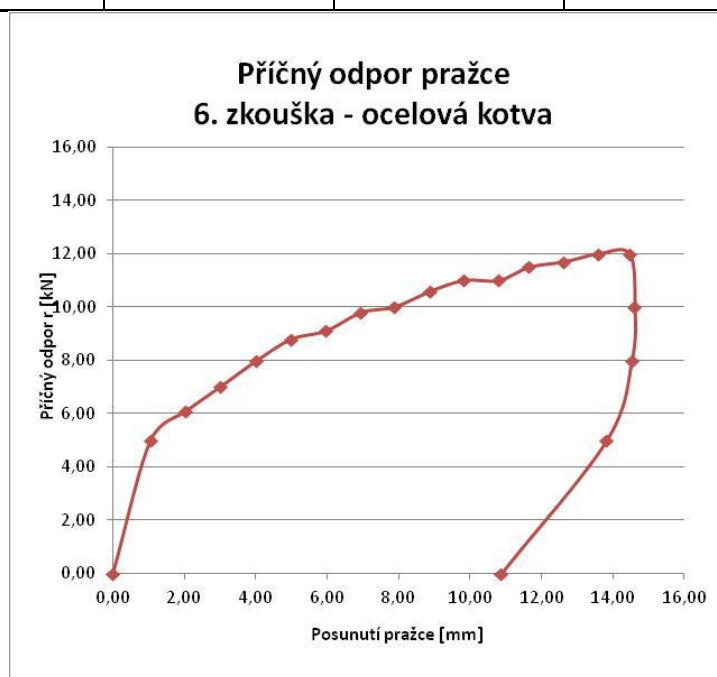


6. zkouška - ocelová kotva

9:15 – 9:30

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	1,10	1,01	1,06
6,10	2,11	2,00	2,06
7,00	3,07	2,93	3,00
8,00	4,13	3,94	4,04
8,80	5,12	4,88	5,00
9,10	6,09	5,82	5,96
9,80	7,13	6,78	6,96
10,00	8,08	7,67	7,88
10,60	9,09	8,71	8,90
11,00	10,11	9,55	9,83
11,00	11,13	10,46	10,80
11,50	12,10	11,22	11,66
11,70	13,12	12,14	12,63
12,00	14,16	13,02	13,59
12,00	15,09	13,83	14,46
10,00	15,26	13,96	14,61
8,00	15,15	13,90	14,53
5,00	14,36	13,29	13,83
0,00	11,09	10,67	10,88

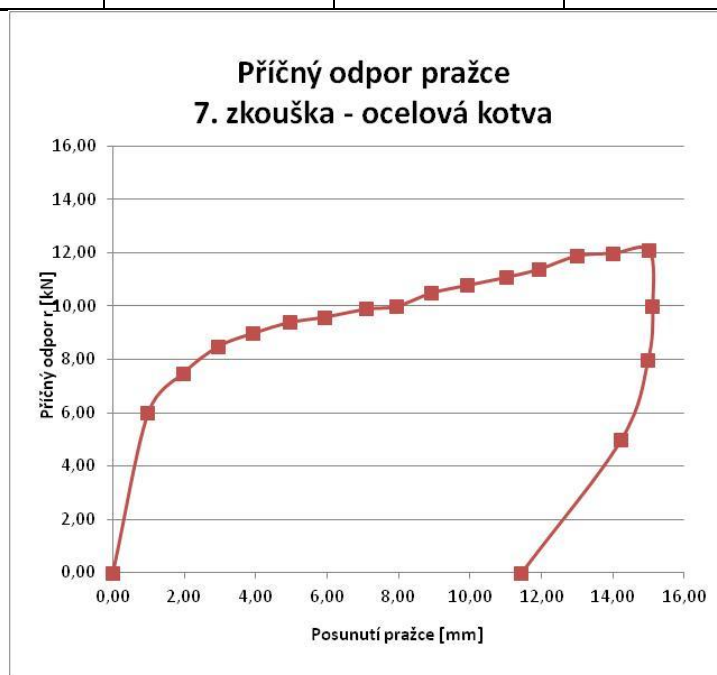


7. zkouška - ocelová kotva

10:10 – 10:20

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
6,00	1,02	0,95	0,99
7,50	2,00	1,95	1,98
8,50	2,99	2,92	2,96
9,00	3,99	3,89	3,94
9,40	5,01	4,89	4,95
9,60	6,00	5,87	5,94
9,90	7,14	7,07	7,11
10,00	8,03	7,84	7,94
10,50	8,99	8,82	8,91
10,80	9,99	9,87	9,93
11,10	11,06	10,97	11,02
11,40	11,99	11,87	11,93
11,90	13,02	12,95	12,99
12,00	14,01	14,02	14,02
12,10	14,98	15,04	15,01
10,00	15,08	15,14	15,11
8,00	14,97	14,99	14,98
5,00	14,27	14,19	14,23
0,00	11,55	11,34	11,45

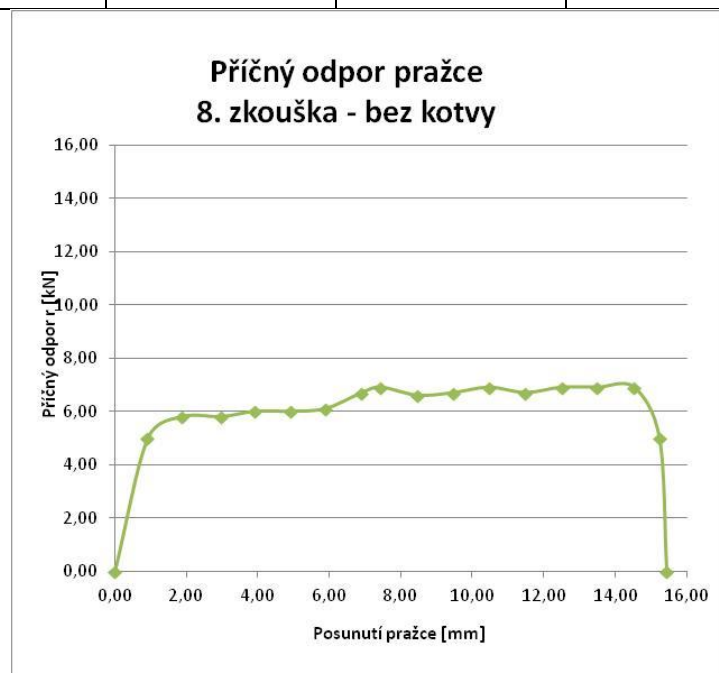


8. zkouška – bez kotvy

12:32 – 12:48

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	0,93	0,92	0,93
5,80	1,88	1,92	1,90
5,80	3,00	2,99	3,00
6,00	3,91	3,93	3,92
6,00	4,90	4,94	4,92
6,10	5,87	5,92	5,90
6,70	6,92	6,92	6,92
6,90	7,93	6,97	7,45
6,60	9,02	7,94	8,48
6,70	10,02	8,97	9,50
6,90	11,03	9,93	10,48
6,70	12,05	10,94	11,50
6,90	13,07	11,96	12,52
6,90	14,10	12,92	13,51
6,90	15,15	13,92	14,54
5,00	15,56	14,94	15,25
0,00	15,53	15,38	15,46

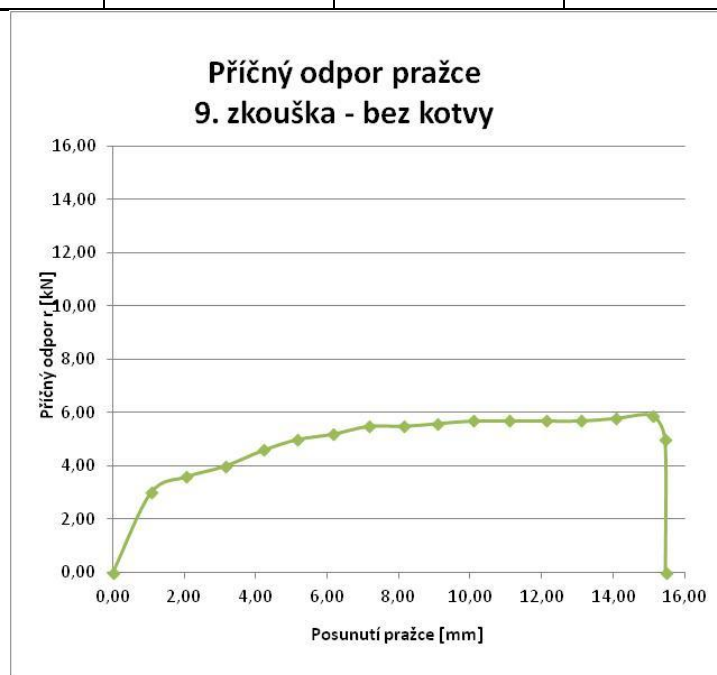


9. zkouška – bez kotvy

10:25 – 10:40

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	1,10	1,03	1,07
3,60	2,09	2,01	2,05
4,00	3,24	3,02	3,13
4,60	4,34	4,09	4,22
5,00	5,31	5,01	5,16
5,20	6,29	6,00	6,15
5,50	7,27	7,05	7,16
5,50	8,22	8,03	8,13
5,60	9,14	9,01	9,08
5,70	10,15	10,00	10,08
5,70	11,15	11,00	11,08
5,70	12,22	12,05	12,14
5,70	13,19	13,02	13,11
5,80	14,14	14,00	14,07
5,90	15,19	15,02	15,11
5,00	15,53	15,37	15,45
0,00	15,54	15,39	15,47

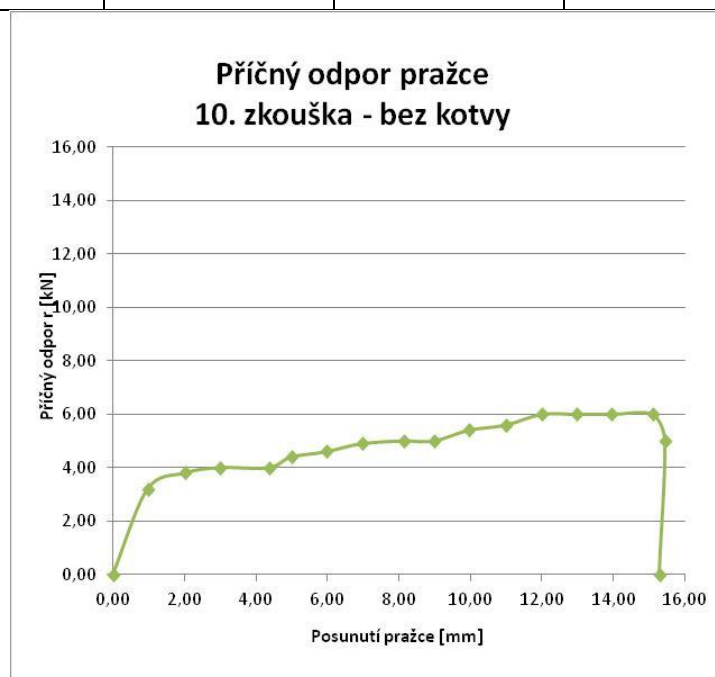


10. zkouška – bez kotvy

13:30 – 13:42

7. 9 2015

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
3,20	0,98	0,96	0,97
3,80	2,00	1,99	2,00
4,00	3,00	2,94	2,97
4,00	4,38	4,34	4,36
4,40	4,99	4,99	4,99
4,60	5,96	6,00	5,98
4,90	6,94	6,98	6,96
5,00	8,13	8,12	8,13
5,00	8,99	8,99	8,99
5,40	9,94	9,95	9,95
5,60	11,01	10,99	11,00
6,00	12,02	11,98	12,00
6,00	12,98	12,97	12,98
6,00	13,95	13,93	13,94
6,00	15,14	15,07	15,11
5,00	15,45	15,46	15,46
0,00	15,33	15,26	15,30



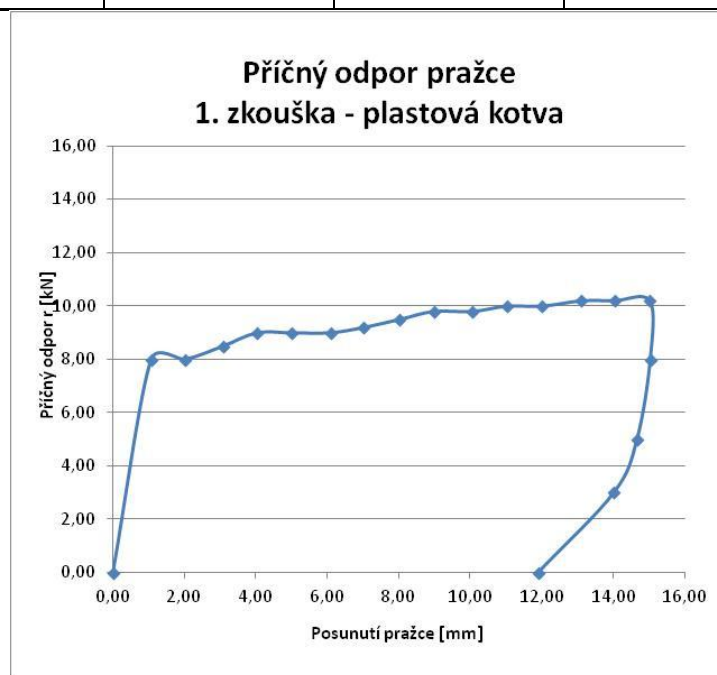
PŘÍLOHA 2
NAMĚŘENÉ HODNOTY PŘÍČNÝCH ODPORŮ
19. 4. 2016

1. zkouška - plastová kotva

11:44 - 11:52

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
8,00	1,07	1,07	1,07
8,00	2,00	2,00	2,00
8,50	3,08	3,08	3,08
9,00	4,03	4,03	4,03
9,00	5,00	5,00	5,00
9,00	6,08	6,08	6,08
9,20	7,01	7,01	7,01
9,50	8,02	8,02	8,02
9,80	8,97	8,97	8,97
9,80	10,06	10,06	10,06
10,00	11,01	11,01	11,01
10,00	12,01	12,01	12,01
10,20	13,10	13,10	13,10
10,20	14,02	14,02	14,02
10,20	15,02	15,02	15,02
8,00	15,03	15,03	15,03
5,00	14,66	14,66	14,66
3,00	14,01	14,01	14,01
0,00	11,89	11,89	11,89

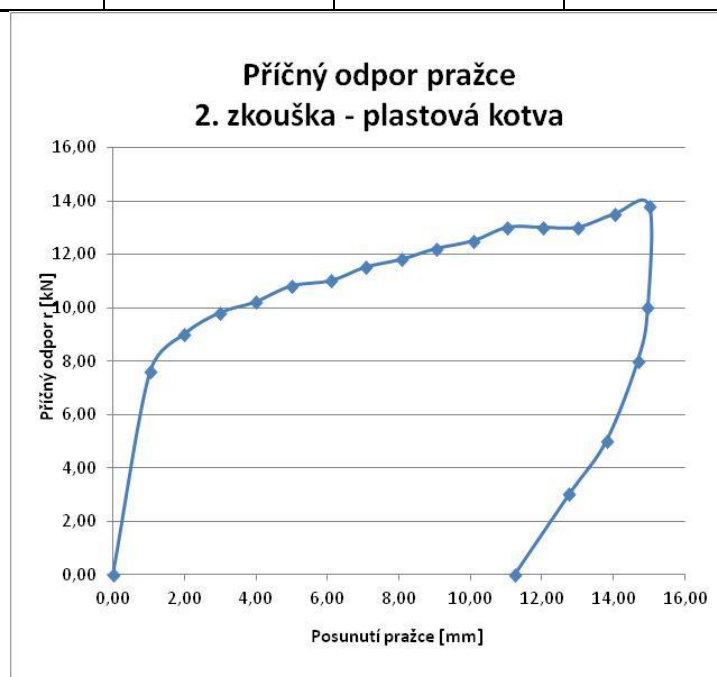


2. zkouška - plastová kotva

12:00 – 12:07

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
7,60	1,04	1,04	1,04
9,00	1,99	1,99	1,99
9,80	2,99	2,99	2,99
10,20	3,98	3,98	3,98
10,80	4,98	4,98	4,98
11,00	6,10	6,10	6,10
11,50	7,05	7,05	7,05
11,80	8,07	8,07	8,07
12,20	9,03	9,03	9,03
12,50	10,09	10,09	10,09
13,00	11,03	11,03	11,03
13,00	12,02	12,02	12,02
13,00	13,00	13,00	13,00
13,50	14,03	14,03	14,03
13,80	15,00	15,00	15,00
10,00	14,96	14,96	14,96
8,00	14,68	14,68	14,68
5,00	13,80	13,80	13,80
3,00	12,76	12,76	12,76
0,00	11,24	11,24	11,24

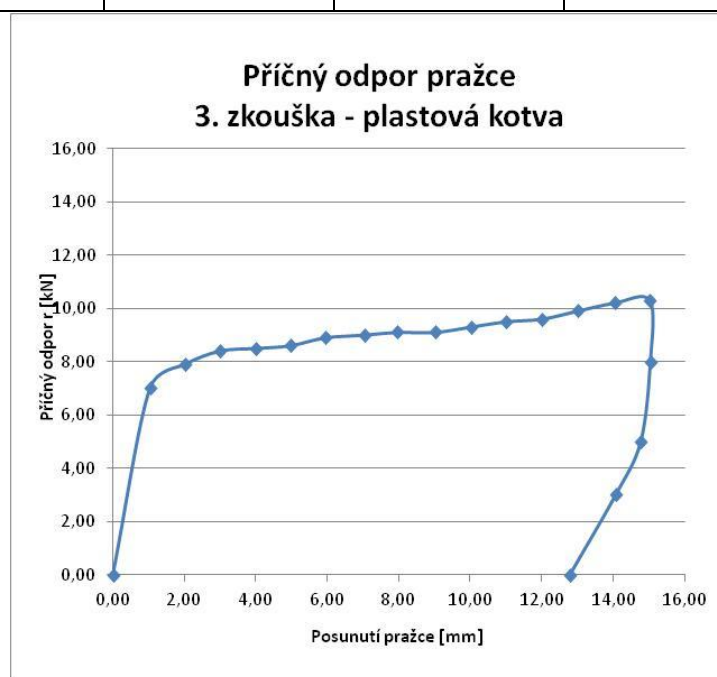


3. zkouška - plastová kotva

12:20 – 12:28

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
7,00	1,01	1,06	1,04
7,90	1,99	2,04	2,02
8,40	2,94	3,04	2,99
8,50	3,91	4,05	3,98
8,60	4,88	5,03	4,96
8,90	5,87	6,02	5,95
9,00	6,99	7,06	7,03
9,10	7,89	8,02	7,96
9,10	8,96	9,04	9,00
9,30	9,95	10,06	10,01
9,50	10,92	11,04	10,98
9,60	11,96	12,04	12,00
9,90	12,95	13,03	12,99
10,20	14,00	14,04	14,02
10,30	14,98	15,05	15,02
8,00	15,02	15,04	15,03
5,00	14,77	14,75	14,76
3,00	14,06	14,06	14,06
0,00	12,77	12,79	12,78

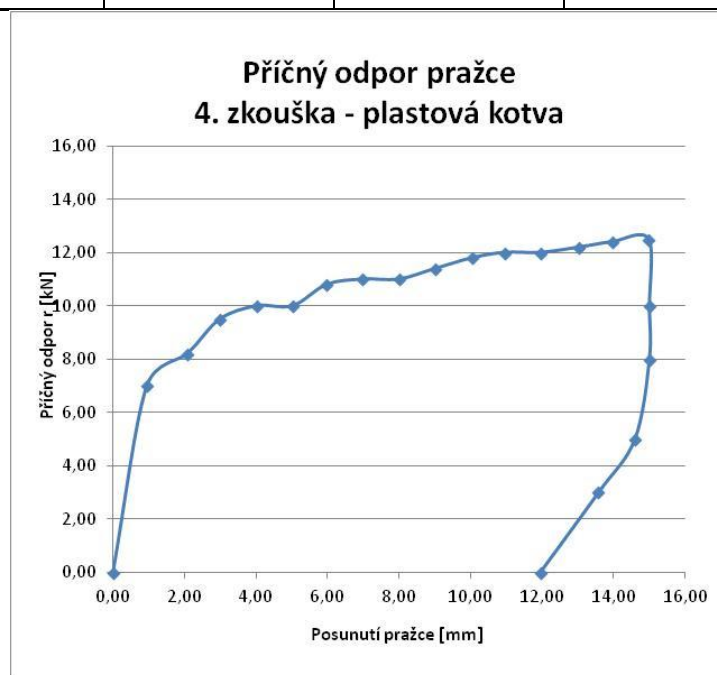


4. zkouška - plastová kotva

10:45 – 10:55

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
7,00	0,91	0,99	0,95
8,20	2,03	2,13	2,08
9,50	2,94	3,04	2,99
10,00	4,00	4,05	4,03
10,00	4,97	5,08	5,03
10,80	5,92	6,04	5,98
11,00	6,92	7,05	6,99
11,00	7,93	8,06	8,00
11,40	8,96	9,08	9,02
11,80	9,99	10,11	10,05
12,00	10,90	11,00	10,95
12,00	11,90	12,02	11,96
12,20	12,99	13,09	13,04
12,40	13,91	14,01	13,96
12,50	14,94	15,02	14,98
10,00	14,96	15,05	15,01
8,00	14,96	15,05	15,01
5,00	14,57	14,63	14,60
3,00	13,54	13,62	13,58
0,00	11,92	11,98	11,95

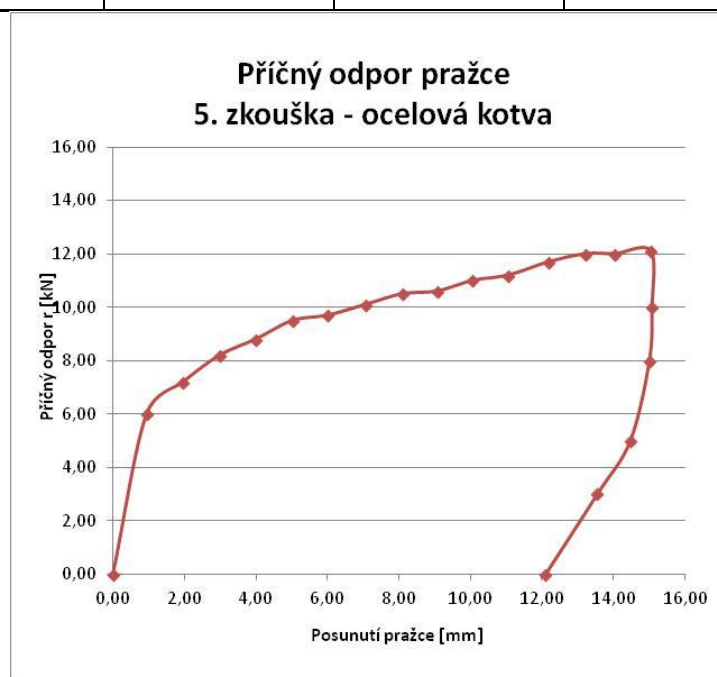


5. zkouška - ocelová kotva

13:20 – 13:28

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
6,00	0,92	0,96	0,94
7,20	1,95	1,97	1,96
8,20	2,96	3,00	2,98
8,80	3,99	3,99	3,99
9,50	5,02	5,01	5,02
9,70	6,03	5,99	6,01
10,10	7,11	7,01	7,06
10,50	8,16	8,02	8,09
10,60	9,12	9,01	9,07
11,00	10,11	10,01	10,06
11,20	11,09	11,02	11,06
11,70	12,24	12,13	12,19
12,00	13,25	13,19	13,22
12,00	14,06	14,01	14,04
12,10	15,08	14,99	15,04
10,00	15,12	15,02	15,07
8,00	15,07	14,92	15,00
5,00	14,53	14,40	14,47
3,00	13,61	13,47	13,54
0,00	12,16	12,03	12,10

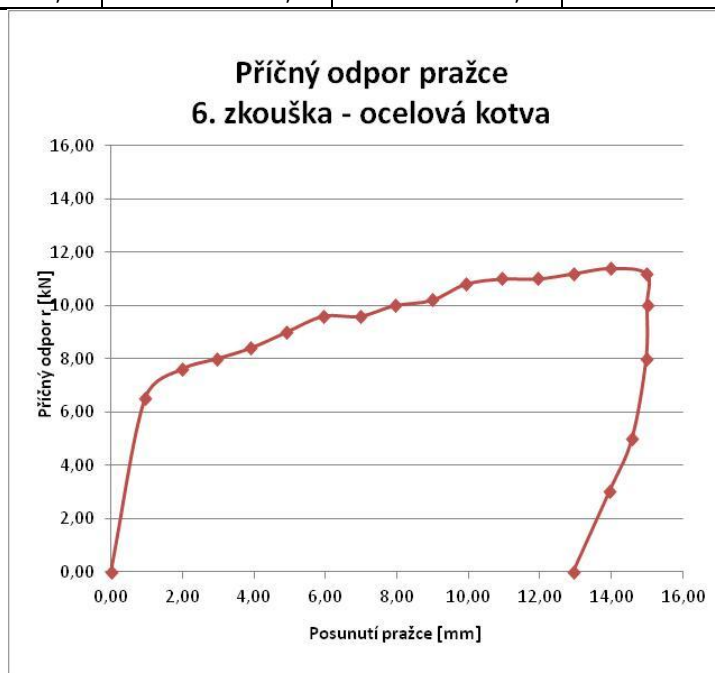


6. zkouška - ocelová kotva

13:00 – 13:10

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
6,50	0,92	0,98	0,95
7,60	1,93	2,01	1,97
8,00	2,90	2,99	2,95
8,40	3,85	3,96	3,91
9,00	4,84	4,98	4,91
9,60	5,88	5,99	5,94
9,60	6,94	7,00	6,97
10,00	7,90	7,98	7,94
10,20	8,94	9,03	8,99
10,80	9,88	9,95	9,92
11,00	10,91	10,97	10,94
11,00	11,87	12,00	11,94
11,20	12,89	12,99	12,94
11,40	13,96	13,98	13,97
11,20	14,99	14,99	14,99
10,00	15,00	15,00	15,00
8,00	15,00	14,95	14,98
5,00	14,59	14,57	14,58
3,00	13,93	13,95	13,94
0,00	12,92	12,95	12,94

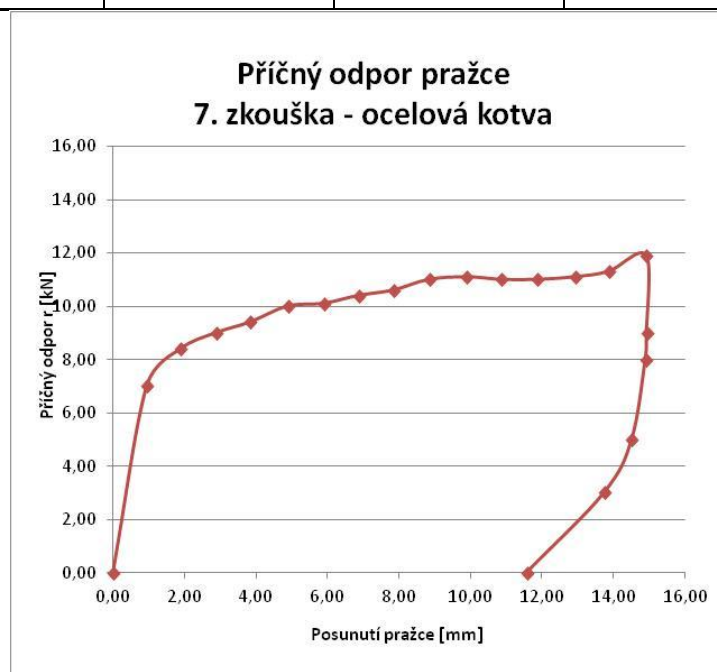


7. zkouška - ocelová kotva

10:10 – 10:20

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
7,00	0,87	1,02	0,95
8,40	1,76	2,03	1,90
9,00	2,71	3,05	2,88
9,40	3,66	4,01	3,84
10,00	4,74	5,04	4,89
10,10	5,72	6,06	5,89
10,40	6,71	7,05	6,88
10,60	7,67	8,03	7,85
11,00	8,66	9,03	8,85
11,10	9,70	10,08	9,89
11,00	10,67	11,07	10,87
11,00	11,70	12,04	11,87
11,10	12,78	13,07	12,93
11,30	13,73	14,02	13,88
11,90	14,78	15,08	14,93
9,00	14,80	15,07	14,94
8,00	14,77	15,03	14,90
5,00	14,39	14,65	14,52
3,00	13,61	13,88	13,75
0,00	11,38	11,77	11,58

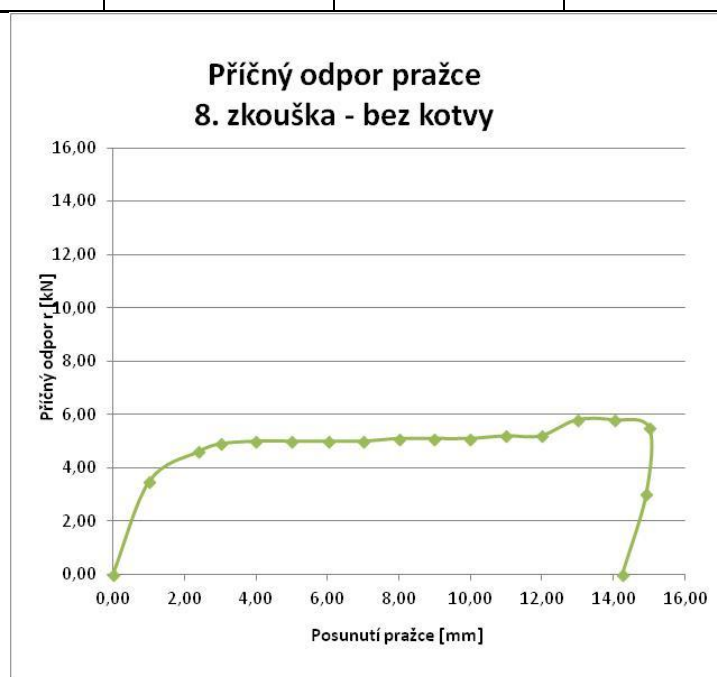


8. zkouška - bez kotvy

11:18 – 11:25

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
3,50	1,02	1,02	1,02
4,60	2,38	2,38	2,38
4,90	3,01	3,01	3,01
5,00	4,00	4,00	4,00
5,00	4,98	4,98	4,98
5,00	6,03	6,03	6,03
5,00	6,99	6,99	6,99
5,10	8,01	8,01	8,01
5,10	8,98	8,98	8,98
5,10	9,98	9,98	9,98
5,20	11,00	11,00	11,00
5,20	11,98	11,98	11,98
5,80	12,99	12,99	12,99
5,80	14,02	14,02	14,02
5,50	15,02	15,02	15,02
3,00	14,93	14,93	14,93
0,00	14,26	14,26	14,26

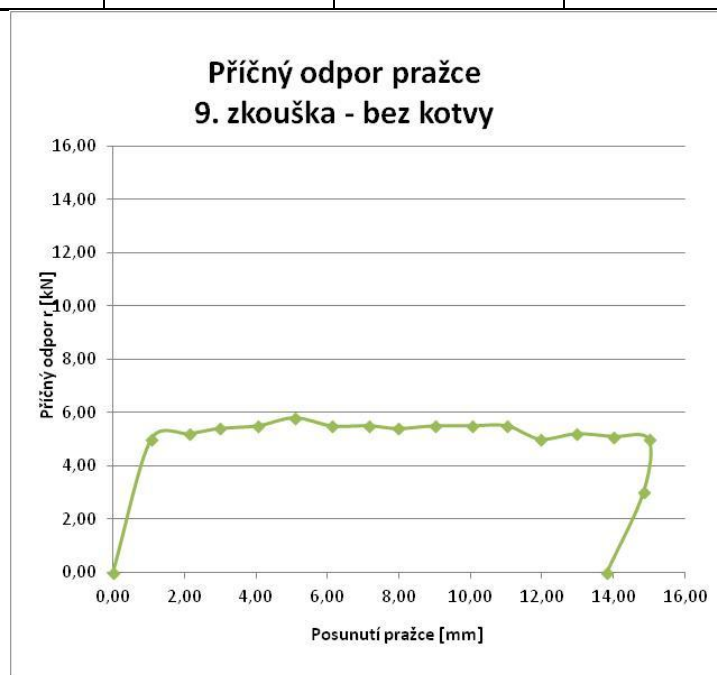


9. zkouška - bez kotvy

10:44 – 10:50

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	1,07	1,07	1,07
5,20	2,13	2,12	2,13
5,40	2,99	2,99	2,99
5,50	4,08	4,05	4,07
5,80	5,10	5,06	5,08
5,50	6,14	6,12	6,13
5,50	7,17	7,16	7,17
5,40	7,98	8,00	7,99
5,50	9,02	9,02	9,02
5,50	10,04	10,05	10,05
5,50	11,03	11,04	11,04
5,00	11,93	11,99	11,96
5,20	12,95	12,99	12,97
5,10	13,98	14,02	14,00
5,00	14,96	15,03	15,00
3,00	14,82	14,88	14,85
0,00	13,81	13,84	13,83

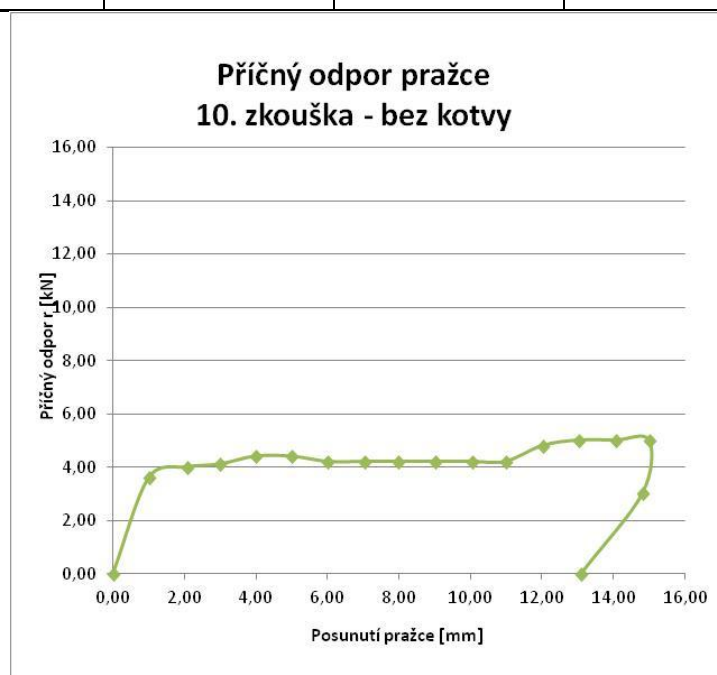


10. zkouška - bez kotvy

10:59 – 11:07

19. 4. 2016

Odpor r [kN]	Příčná výchylka v		
	snímač 1 [mm]	snímač 2 [mm]	průměr [mm]
0,00	0,00	0,00	0,00
3,60	1,01	1,00	1,01
4,00	2,06	2,07	2,07
4,10	2,98	2,98	2,98
4,40	3,97	4,00	3,99
4,40	5,00	5,01	5,01
4,20	6,01	6,01	6,01
4,20	7,03	7,04	7,04
4,20	7,98	8,00	7,99
4,20	9,01	9,02	9,02
4,20	10,07	10,05	10,06
4,20	11,00	10,96	10,98
4,80	12,02	12,02	12,02
5,00	13,02	13,03	13,03
5,00	14,06	14,06	14,06
5,00	15,00	15,00	15,00
3,00	14,81	14,81	14,81
0,00	13,10	13,09	13,10

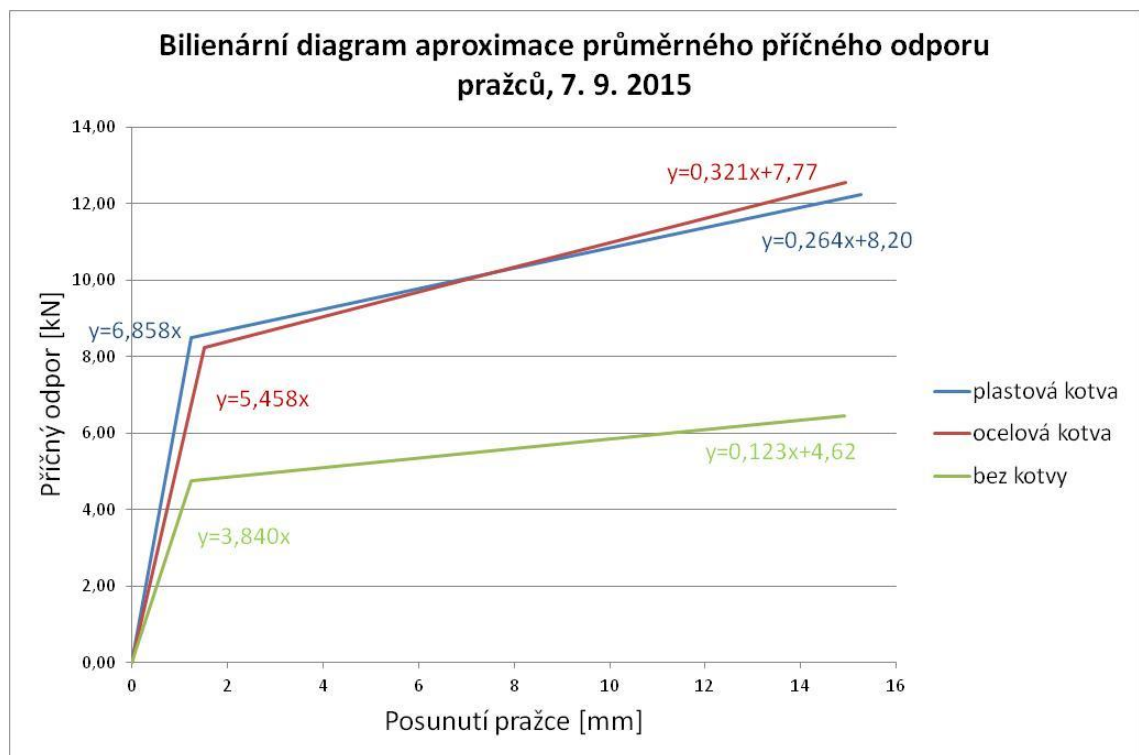


PŘÍLOHA 3
ROVNICE REGRESNÍCH PŘÍMEK

Regresní přímky 7. 9. 2015

Rovnice regresních přímek, září 2015				
měření	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
1	$y=7,805x$	0-1,11	$y=0,266x+8,37$	1,11-15,05
2	$y=4,608x$	0-1,55	$y=0,349x+6,61$	1,55-15,98
3	$y=9,948x$	0-1,15	$y=0,160x+11,24$	1,15-14,87
4	$y=5,073x$	0-1,37	$y=0,280x+6,57$	1,37-15,12
5	$y=5,545x$	0-1,62	$y=0,289x+8,52$	1,62-15,34
6	$y=4,739x$	0-1,59	$y=0,379x+6,93$	1,59-14,46
7	$y=6,091x$	0-1,35	$y=0,295x+7,85$	1,35-15,01
8	$y=5,405x$	0-1,10	$y=0,085x+5,83$	1,10-14,54
9	$y=2,817x$	0-1,68	$y=0,094x+4,59$	1,68-15,11
10	$y=3,299x$	0-1,10	$y=0,190x+3,43$	1,10-15,11

Rovnice průměrných regresních přímek, září 2015				
kotva	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
plastová	$y=6,858x$	0-1,24	$y=0,264x+8,20$	1,24-15,26
ocelová	$y=5,458x$	0-1,51	$y=0,321x+7,77$	1,51-14,94
bez kotvy	$y=3,840x$	0-1,24	$y=0,123x+4,62$	1,24-14,92



Regresní přímky 19. 4. 2016

Rovnice regresních přímk, duben 2016				
měření	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
1	$y=7,477x$	0-1,14	$y=0,132x+8,40$	1,14-15,02
2	$y=7,308x$	0-1,32	$y=0,313x+9,21$	1,32-15,00
3	$y=6,763x$	0-1,19	$y=0,159x+7,83$	1,19-15,02
4	$y=7,368x$	0-1,29	$y=0,236x+9,18$	1,29-14,98
5	$y=6,383x$	0-1,30	$y=0,296x+7,93$	1,30-15,04
6	$y=6,842x$	0-1,19	$y=0,258x+7,85$	1,19-14,99
7	$y=7,407x$	0-1,26	$y=0,176x+9,09$	1,26-14,90
8	$y=3,431x$	0-1,36	$y=0,069x+4,58$	1,36-15,02
9	$y=4,673x$	0-1,25	$y=-0,057x+5,92$	1,25-15,00
10	$y=3,582x$	0-1,08	$y=0,072x+3,80$	1,08-15,00

Rovnice průměrných regresních přímk, duben 2016				
kotva	rovnice 1. větve	interval 1. větve	rovnice 2. větve	interval 2. větve
plastová	$y=7,229x$	0-1,23	$y=0,210x+8,65$	1,23-15,01
ocelová	$y=6,877x$	0-1,25	$y=0,243x+8,29$	1,25-14,98
bez kotvy	$y=3,895x$	0-1,23	$y=0,028x+4,77$	1,23-15,01

