

2012



ČVUT v Praze
Fakulta dopravní

SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CYKLISTOU

Závěrečná zpráva 2012



1 Obsah

1	Obsah.....	2
2	Úvod	3
3	Podmínky experimentu.....	3
3.1	Počáteční podmínky experimentu – dětský cyklista	3
3.2	Kolizní partneři - doplnění	4
3.2.1	Figurína P6 – ochranné pomůcky	4
3.2.2	Jízdní kolo	4
4	Průběh experimentu.....	5
4.1	Test 12_00905_301, střetová rychlost 30,0 km/h.....	5
4.1.1	Popis děje	5
4.1.2	Poškození po střetu	6
4.1.3	Odezva na automobilu.....	9
4.1.4	Postřetový pohyb, sekundární náraz	11
4.2	Test 11_00854_302, střetová rychlost 30,0 km/h.....	12
5	Výsledky testu 12_00905_301 – biomechanická kritéria poranění	15
5.1	Hrudník	16
5.2	Pánev	16
6	Diskuze výsledků, závěr	17
	Příloha 1 – Biomechanická kritéria – přehledové tabulky.....	19

2 Úvod

Tato závěrečná zpráva navazuje na výsledky testů střetu osobního automobilu s dětským cyklistou, které byly provedeny v roce 2011 na FD ČVUT v Praze [závěrečná zpráva 2011]. Během série testů 2011 (s označením 11_00854) došlo při konfiguraci střetu: čelo osobního automobilu – zad' cyklisty, při nárazové rychlosti 30 km/h, k poškození jednoho z kabelů akcelerometru na figuríně, k následnému zkratu a ke znehodnocení dat naměřených během této zkoušky. V roce 2012 byla proto zkouška s touto konfigurací a parametry provedena opětovně. Test byl proveden v rámci zkoušek s označením 12_00905, kdy zkoušky s označením 12_00905_20X reprezentují střet s dětským chodcem. Podmínky experimentu, lokace, instrumentace automobilu a figuríny testu střetu s dětským cyklistou je tudíž shodná s podmínkami a vybavením pro testy reprezentované označením 12_00905_20X. Detailní parametry testu zde proto nebudou uváděny, pro podrobnosti odkazujeme na závěrečnou zprávu zkoušek s dětským chodcem 2012 [1]. Podrobněji jsou popsány pouze ty části, které jsou pro střet s cyklistou specifické.

Cílem této experimentální činnosti je podrobná deskripce kinematiky dětského cyklisty, porovnání závažnosti primární a sekundární kolize, definice odlišností v porovnání s kinematikou dětského chodce, dopadovými zónami, mechanismy poranění a dále jako simulace reálného děje pro tvorbu matematického modelu.

3 Podmínky experimentu

3.1 Počáteční podmínky experimentu – dětský cyklista

Podmínky experimentu jsou podrobně popsány ve zprávě, která shrnuje výsledky testů 12_00905 – dětský chodec [zpráva 2012 xx]. Níže jsou uvedeny pouze ty, které jsou pro zkoušky s cyklistou specifické. Počáteční podmínky byly sjednoceny s předcházejícími testy provedenými v roce 2011. Z tohoto důvodu je zachována i konvence označování konfigurace střetu – označení „konfigurace 2“.

- kolize automobilu kategorie M1 – Škoda Yeti,
- figurína P6, (šestileté dítě; 1,17m; 22kg),
- jízdní kolo odpovídající věkové skupině a velikosti figuríny,
- konfigurace 2** (Obr. 1): čelo osobního automobilu – zad' cyklisty (představuje nedobrzdnění, nedokonaný vyhýbací manévr...).
- nominální rychlost nárazu 30 km/h,
- vozidlo brzděno s počátkem v okamžiku nárazu.



Obr. 1 – konfigurace nárazu – konfigurace 2.

3.2 Kolizní partneři - doplnění

3.2.1 Figurína P6 – ochranné pomůcky

- dětská cyklistická přilba, výrobce: Crivit, velikost: S.



Obr. 2 – cyklistická přilba.

3.2.2 Jízdní kolo

Dívčí jízdní kolo (Obr. 3)

- výška sedla: 70 cm
- výška řídítek: 87 cm
- osa kola - kliky: 25 cm



Obr. 3 – jízdní kolo

4 Průběh experimentu

Test 12_00905_301 s konfigurací: automobil čelně, cyklista stojící zády ke směru nárazu v ose x automobilu, nominální rychlost nárazu 30 km/h, cyklista vybaven cyklistickou přilbou.

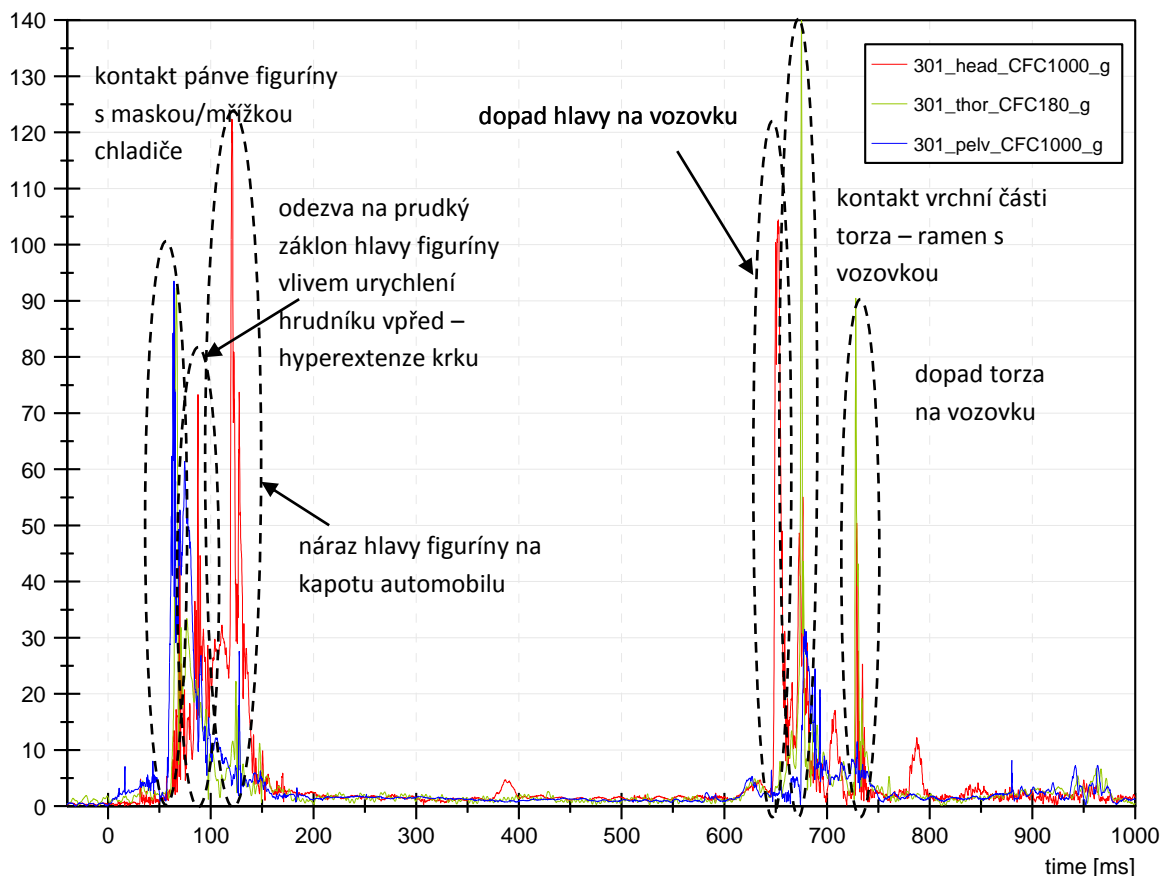
4.1 Test 12_00905_301, střetová rychlost 30,0 km/h

4.1.1 Popis děje



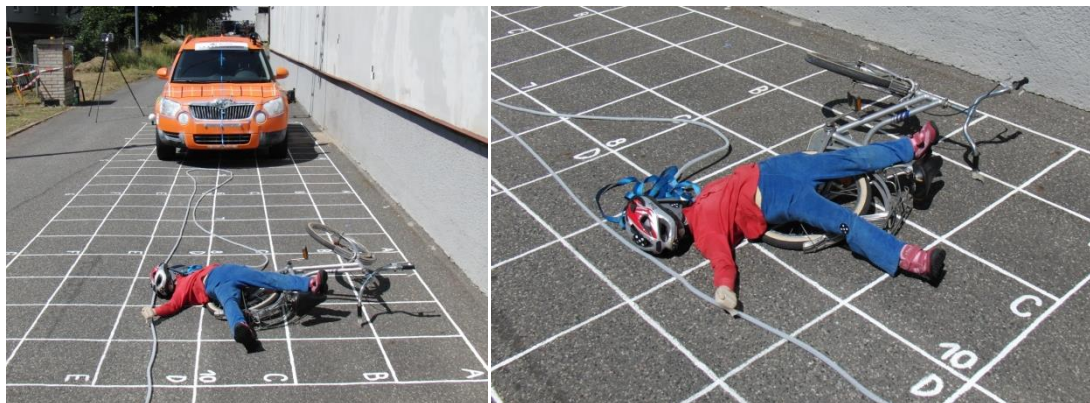
Obr. 4 - obrazová sekvence střetu pro test 12_00905_301.

První kontakt s cyklistou/figurínou nastává v ms 57. Obrazová sekvence střetu je patrná na Obr. 4. Graf naměřených výslednic zrychlení spolu s popisem děje je na Obr. 5.



Obr. 5 - graf naměřených zrychlení na figuríně – popis děje pro zkoušku č. 12_00905_301.

Konečná poloha objektů po kolizi



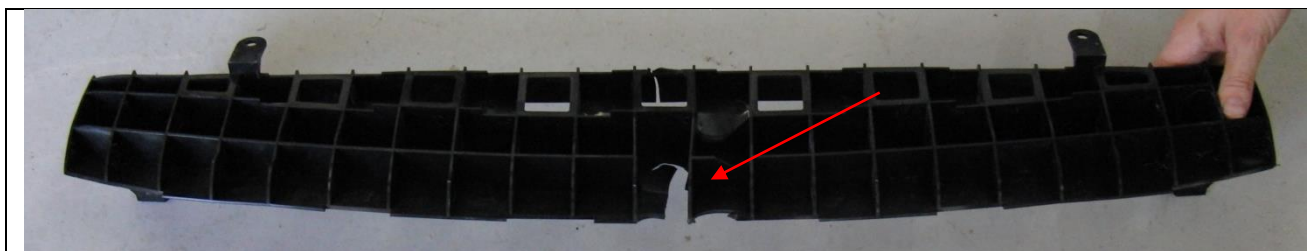
Obr. 6 - konečná poloha objektů po kolizi - 12_00905_301 - fotodokumentace.

4.1.2 Poškození po střetu

- **automobil:** poškození kapoty v místě kontaktu s figurínou, roznýtován krycí plast frontendu/zámku kapoty, poškození plastového krytu nárazníku v místě kontaktu se zadním kolem bicyklu, prasklý/vylomený spodní plastový spoiler – podražedlo, poškození chladiče, poškození (prasklina) chromované ozdobné lišty se znakem.
- **figurína:** bez poškození, oděv nese znaky poškození vlivem sunutí při sekundárním kontaktu.

- **cyklistická přilba:** stopy nátěru/laku v místě kontaktu přilby s kapotou automobilu, odlomená odrazka/světlo umístěné na týlovém pásku přilby, podřené levá strana od sekundárního kontaktu s vozovkou.
- **jízdní kolo:** zlomený zadní blatník, deformovaný nosič, ulomená zadní červená odrazka, povolené uchycení zadního kola.





Obr. 7 – poškození automobilu po kolizi – 12_00905_301.



Obr. 8 – poškození cyklistické přilby po kolizi - 12_00905_301

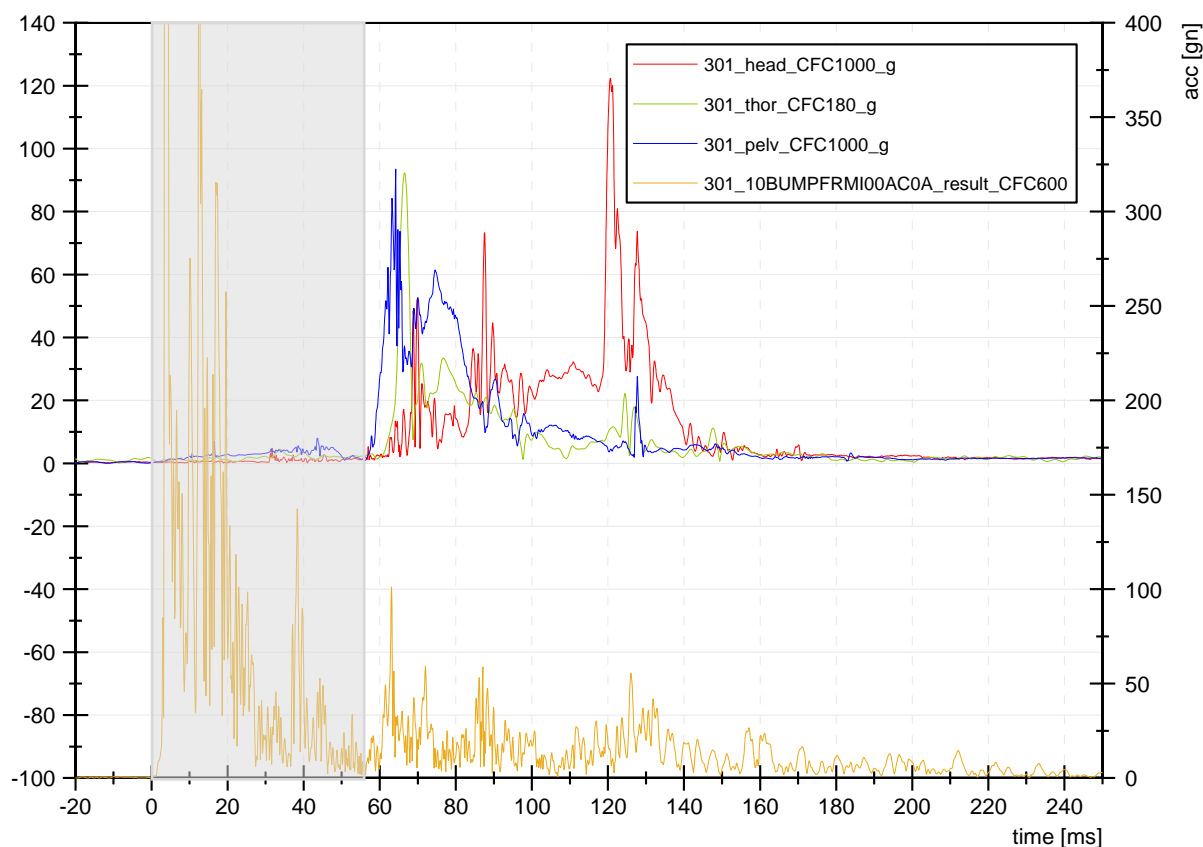


Obr. 9 – poškození jízdního kola po kolizi - 12_00905_301

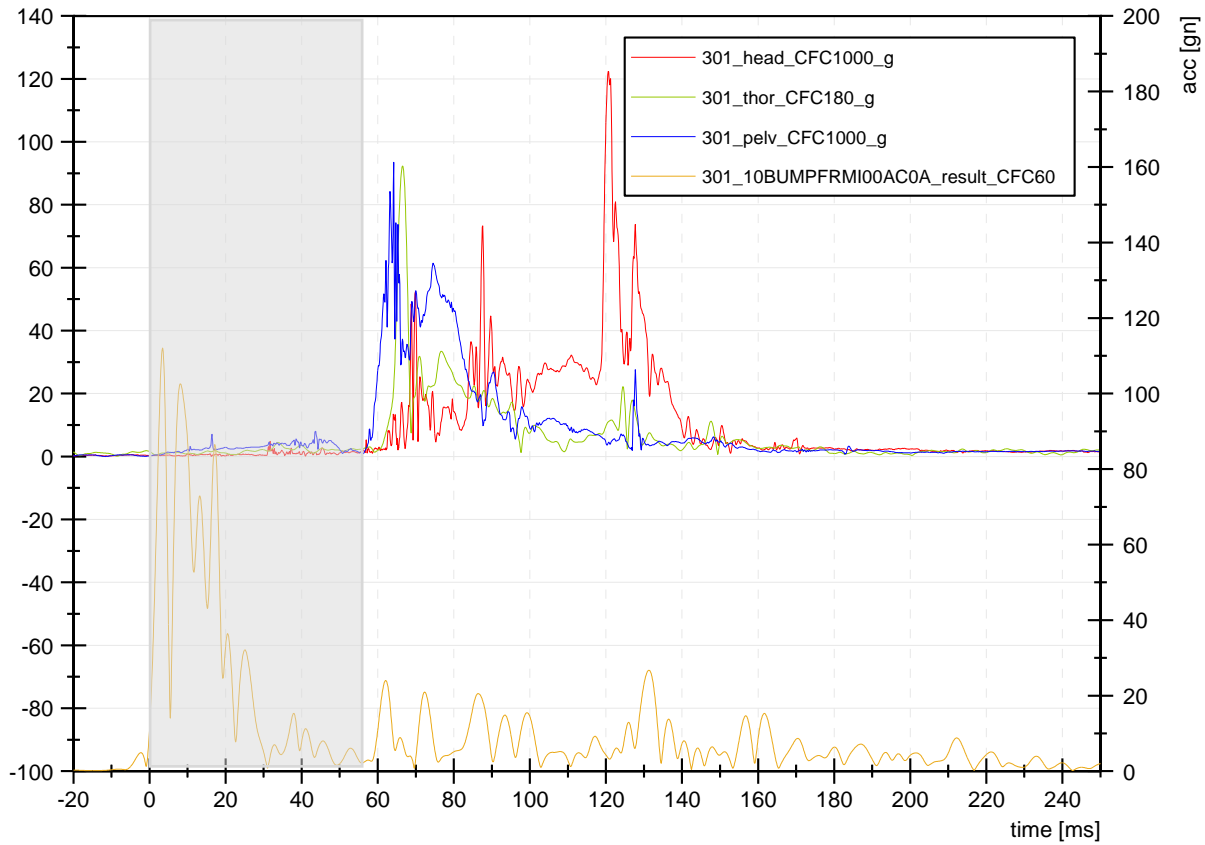
4.1.3 Odezva na automobilu

Odezvy naměřené na instrumentovaném automobilu byly porovnány se zrychlením zaznamenaným na figuríně. Na následujících grafech jsou znázorněny dva nejvíce vypovídající signály, a to zrychlení naměřené na plastovém krytu nárazníku a na frontendu u zámku kapoty.

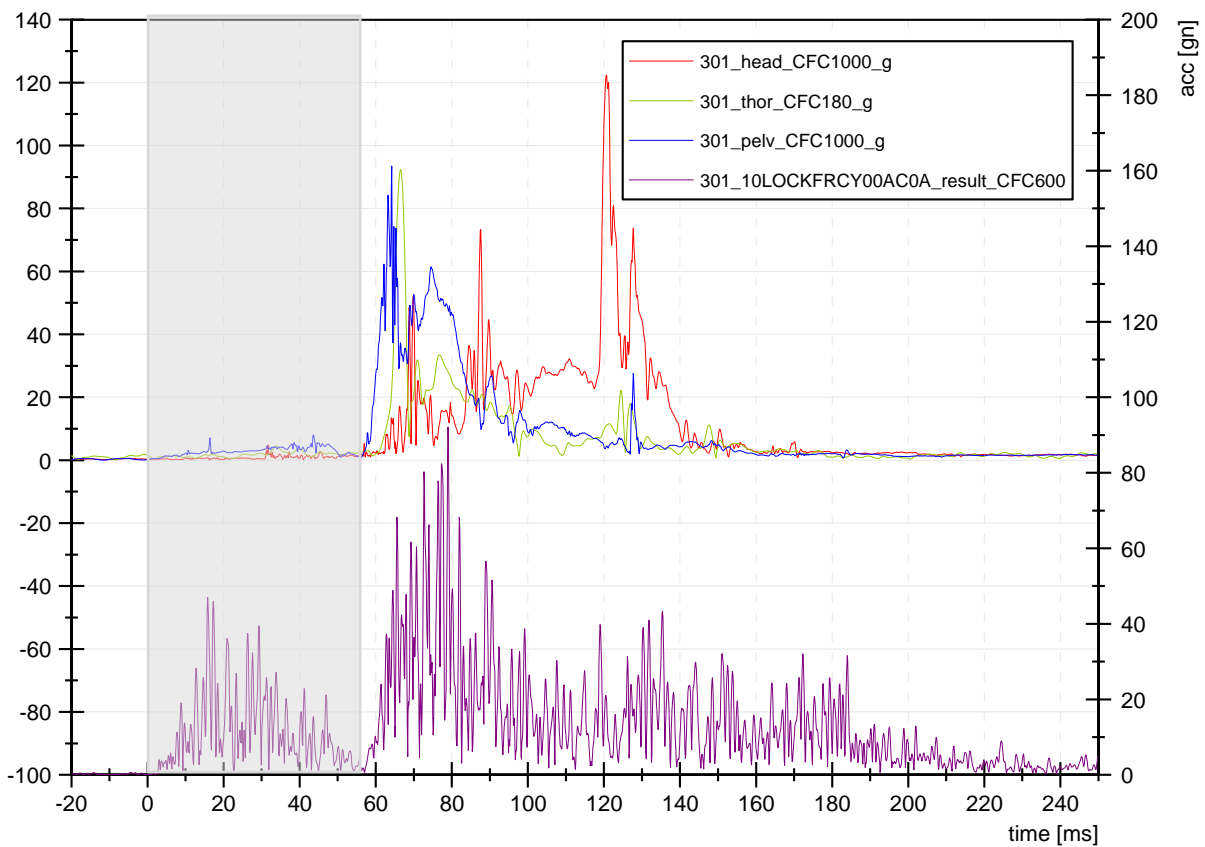
Zrychlení na plastovém krytu nárazníku jednoznačně vymezuje první kontakt s jízdním kolem, zrychlení naměřené u zámku kapoty koreluje se zrychlením na figuríně – v pánevní oblasti. Šedým polem je vyznačena oblast, ve které dochází k přenosu sil mezi automobilem a bicyklem, dochází k elastické i plastické deformaci u obou kolizních partnerů. Náraz figuríny do masky automobilu nastává v ms 57. K prvnímu kontaktu hlavy, resp. cyklistické přílby s kapotou automobilu dochází v ms 117.



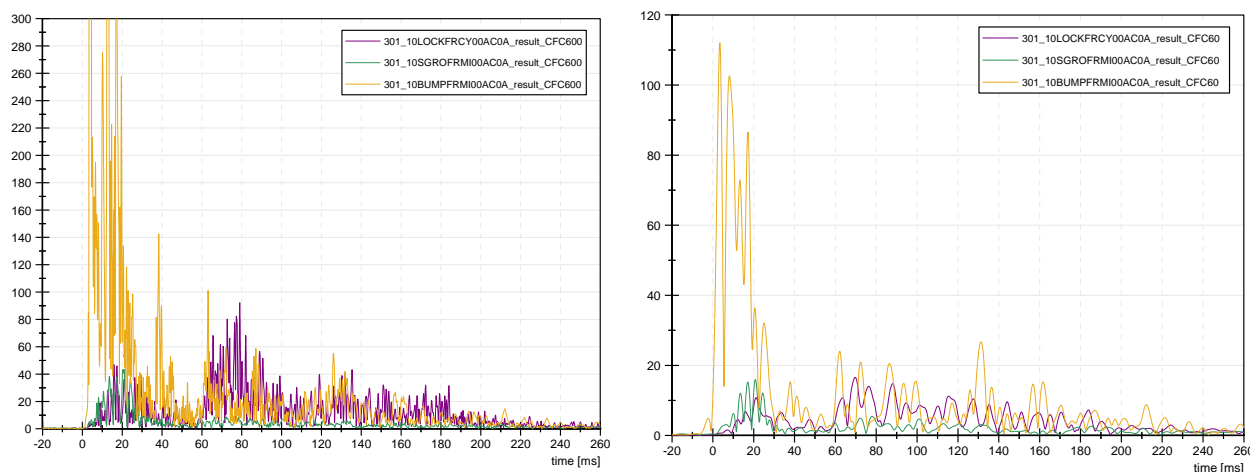
Obr. 10 – figurína vs. automobil – plastový nárazník, CFC600 – naměřené hodnoty zrychlení.



Obr. 11 - figurína vs. automobil – plastový nárazník, CFC60 – naměřené hodnoty zrychlení.



Obr. 12 - figurína vs. automobil – zámek kapoty, CFC600 – naměřené hodnoty zrychlení.



Obr. 13 – zrychlení naměřená na automobilu při kontaktu s cyklistou – vlevo CFC600, vpravo CFC60.

Samotný průběh primárního nárazu (nárazu hlavy o kapotu) a následně průběh nárazu sekundárního, mohl být ovlivněn postřetovým pohybem figuríny, kdy během sunutí figuríny po kapotě vzhůru došlo přibližně v ms 110 k zaseknutí spodního okraje horního dílu oděvu o chromovanou ozdobnou lištu kapoty se znakem. K uvolnění oděvu došlo až v ms 395. Během této doby je možné oděv považovat za další působíště momentu, síly.

Tímto spojením mohl být ovlivněn (urychlen) i okamžik nárazu hlavy o kapotu automobilu (v ms 117, avšak toto není zcela jednoznačně prokázáno). Následně se jeví jako pravděpodobné ovlivnění postřetového pohybu figuríny, kdy zachycení oděvu přispívá k jejímu „stažení“ směrem dolů. Tato skutečnost mohla minimálně přispět k urychlení postřetového děje a průběhu následného sunutí. Popis postřetového pohybu a sekundárního nárazu viz následující odstavec.

4.1.4 Postřetový pohyb, sekundární náraz

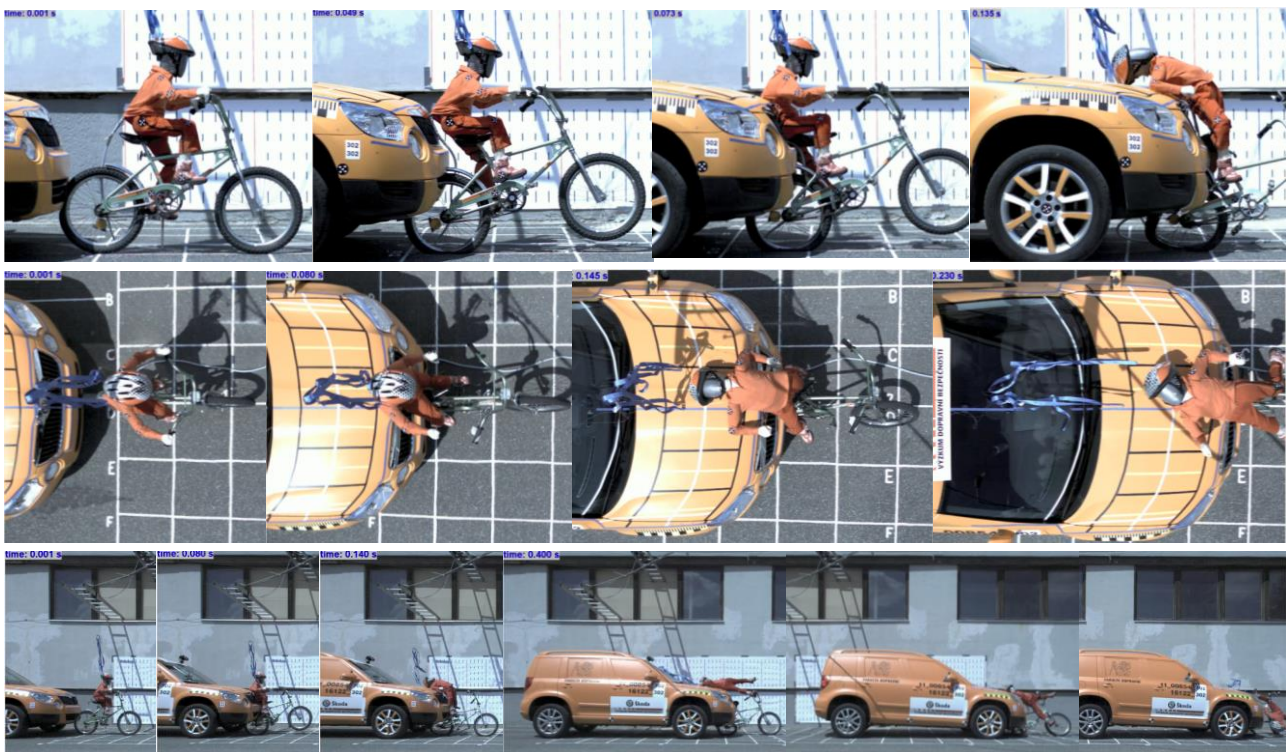
ms	popis děje
110	zaseknutí spodního okraje oděvu (trikotu) o ozdobnou chromovanou lištu se znakem
195	bicykl - poslední kontakt s nárazníkem - relaxace elastických deformací nárazníku a bicyklu
379	druhý kontakt hlavy s kapotou automobilu
395	uvolnění oděvu zpod chromované lišty
647	kontakt hlavy s vozovkou
670	kontakt horní části trupu s vozovkou - ramena a dopad na bok
727	druhý kontakt torza s vozovkou, přetáčení na záda, kontakt s bicyklem
	dále sunutí a postupné přetáčení na záda, postupný dopad dolních končetin na vozovku, resp. na bicykl
	figurína ustálena v poloze na zádech, trupem a dolními končetinami spočívá na bicyklu

Pozn.: video „šikmo z boku“ pro zkoušku 301, resp. jeho časová osa, je posunuta o 100 ms dopředu, tedy správný údaj počátku videa má být 0,594 s, nikoli 0,694 s.

4.2 Test 11 00854 302, střetová rychlost 30,0 km/h

Pro možnost srovnání postřetového pohybu a kinematiky střetu jsou v následujícím odstavci vložena data z předcházejícího testu shodných parametrů.

Jak již bylo řečeno v úvodu, při zkoušce 11_00854_302 došlo v 65. ms děje k mechanickému poškození (přerušení) datového a napájecího kabelu k akcelerometru umístěnému v pánvi a následně k opakovanému zkratu, což ovlivnilo měření i na ostatních vyhodnocovaných kanálech. Test byl proto vyhodnocován pouze prostřednictvím záznamu z rychlokamery a subjektivně vyhodnocením poškození.



Obr. 14 - obrazová sekvence střetu pro test č. 302.

Okamžik nárazu do jízdního kola nastal v -3 ms, náraz do figuríny v ms 54.

Tab. 1 – popis děje (střetu) při zkoušce 302.

čas	událost
-3 ms	kontakt předě automobilu se zadním kolem jízdního kola, jeho deformace sunutí vpřed, končetiny figuríny opouští opory (šlapky, řídítka)
54 ms	kontakt masky automobilu s pávní figuríny
71 ms	maximální zanoření pánve do předě automobilu
87 ms	maximální zanoření zádové oblasti do kapoty automobilu, následuje sunutí vzhůru, průhyb v zádové oblasti, odpoutání zádové oblasti od předě automobilu a relaxace plastických deformací
133 ms	kontakt cyklistické přilby (hlavy) s kapotou automobilu
152 ms	maximální plastická deformace kapoty při kontaktu s hlavou (vymezení vůle, posun hlavy v cyklistické přilbě) "vezení" figuríny na kapotě automobilu
362 ms	druhý kontakt hlavy s cyklistickou přilbou s kapotou automobilu pokračuje fáze "vezení" figuríny na kapotě automobilu
560 ms	počátek sunutí figuríny dolů z předě automobilu
620 ms	zaklesnutí levé dolní končetiny o jízdní kolo v místě řídítek - toto ovlivňuje další postřetový pohyb - trupu udělena rotace
740 ms	počátek sunutí hlavy figuríny po masce automobilu, v pohybu figuríny převládá rotace
867 ms	kontakt hlavy (přilby) s nárazníkem automobilu, následuje její odpoutání od automobilu
925 ms	odpoutání levé dolní končetiny od řídítek jízdního kola - pokračování rotace + sunutí dolů
995 ms	kontakt hlavy figuríny (přilby) s vozovkou
1240 ms	dopad trupu na vozovku
1450 ms	postupné ustálení pohybu figuríny na vozovce

Konečná poloha objektů po kolizi



Obr. 15 - Konečná poloha objektů po testu č. 302 - fotodokumentace.

Poškození

- **automobil:** deformován kryt nárazníku, spodní mřížka chladiče, chladičová stěna, prasklý padding, podražedlo, deformace kapoty (Obr. 16),
- **figurína:** bez poškození, oděv nese známky otěru od sekundárního nárazu,
- **cyklistická přilba:** deformace a odřeniny na plavé polovině přilby, praskliny výplně,
- **jízdní kolo:** deformace zadního kola, deformace zadního blatníku, deformace rámu, stopy laku automobilu na rámu a sedle, uvolnění/stočení sedla a řídítek (Obr. 17).



Obr. 16 - poškození automobilu po kolizi – test č. 302.



Obr. 17 – poškození jízdního kola po kolizi – test č. 302.

5 Výsledky testu 12_00905_301 – biomechanická kritéria poranění

Pozn.: kompletní tabulky biomechanických kritérií, včetně příslušných limitů a časového úseku, pro který bylo příslušné kritérium spočítáno, jsou souhrnně uvedeny v příloze 1.

Kritérium poranění hlavy HPC

Zrychlení je vyhodnoceno jako jedna z kritériálních hodnot zranění pomocí vztahu:

$$HPC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1)$$

kde, a = výsledné zrychlení [g], t_1 a t_2 = časové okamžiky v průběhu nárazu, určující počátek a konec intervalu, pro nějž je hodnota HPC nejvyšší. Pro „tvrdý“ náraz se pro výpočet max. hodnoty uvažuje časový interval 15 ms (HPC_{15}). Limitní hodnota kritéria HPC je 1000 – limit udává 50% pravděpodobnost vzniku závažného poranění hlavy. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria HPC_{15} pro šestileté dítě 700.

Tab. 2 – Hodnoty kritéria poranění hlavy HPC.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz		zkouška č.	Primární náraz		
	HPC_{15}		HPC_{15}			HPC_{15}		
	[-]	limit	[-]	limit		[-]	t_1 [ms]	t_2 [ms]
301	356.3	1000	451.8	1000	301	356.3	119.0	130.8

Kriterium poranění 3ms – hlava

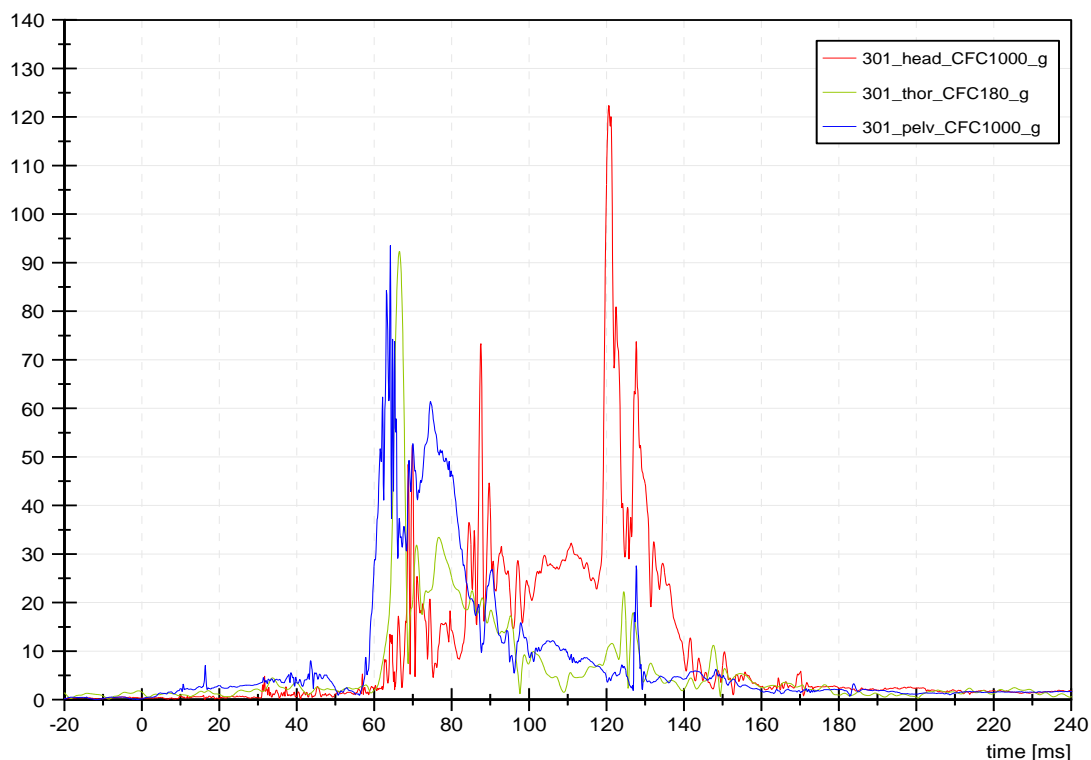
Toto kritérium je aplikovatelné nejen na poranění hlavy. Udává toleranci pro vznik závažného poranění. Limitní hodnota pro hlavu je 80 g. Interpretace kritéria: zrychlení vyšší než 80 g nesmí působit po dobu delší než 3 ms. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 3.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hlavu šestiletého dítěte 60 g.

Tab. 3 – Hodnoty kritéria poranění 3ms pro hlavu.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz		zkouška č.	Primární náraz			Sekundární náraz		
	a3ms		a3ms			a3ms			a3ms		
	[g]	limit	[g]	limit		[g]	t_1 [ms]	t_2 [ms]	[g]	t_1 [ms]	t_2 [ms]
301	68.3	80/60	84.7	80/60	301	68.3	119.4	123.3	84.7	650.8	653.8

K překročení kritéria HPC_{15} nedošlo při primárním, ani při sekundárním nárazu. U sekundárního nárazu došlo k překročení limitu 80 g u kritéria a3ms. U primárního nárazu došlo u kritéria a3ms k překročení limitu 60 g (dle amerického standardu FMVSS).



Obr. 18 – primární náraz – zkouška 12_00905_301.

5.1 Hrudník

Kriterium poranění 3ms – hrudník

Limitní hodnota tohoto kritéria v případě poranění hrudníku je 60 g. Naměřené hodnoty kritéria jsou uvedeny v Tab. 4. Pozn.: Dle předpisu EHK 44 „Dětské zádržné systémy“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hrudník šestiletého dítěte 55 g.

Tab. 4 – Hodnoty kritéria poranění 3ms pro hrudník.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz		zkouška č.	Primární náraz		
	a3ms		a3ms			a3ms		
	[g]	limit	[g]	limit		[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]
301	47.2	60/55	39.2	60/55	301	47.2	65.0	68.0

5.2 Pánev

Kriterium poranění a_{max} – pánev

Maximální hodnota zrychlení nesmí přesáhnout 130 g. Naměřené hodnoty maximálního výsledného zrychlení působícího na pánev jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 – Hodnoty maximálního zrychlení a kritérium poranění pro pánev.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz		zkouška č.	Primární náraz	
	a _{max}		a _{max}			a _{max}	
	[g]	limit	[g]	limit		[g]	t [ms]
301	64.2	130	31.5	130	301	64.2	93.5

Biomechanická kritéria poranění hrudníku a pánve nebyla během primárního ani sekundárního nárazu překročena.

6 Diskuze výsledků, závěr

U provedené zkoušky 12_00905_301 bylo překročeno biomechanické kritérium 3ms působící na hlavu figuríny, kritérium HPC překročeno nebylo. K překročení limitu došlo během kontaktu hlavy (resp. hlavy opatřené cyklistickou přilbou) s kapotou automobilu. U ostatních segmentů biomechanická kritéria poranění překročena nebyla.

Hlava figuríny P6 v pozici cyklisty dopadá na kapotu automobilu (Škoda Yeti) přibližně na úrovni WAD1200 (v závislosti na výšce sedla jízdního kola) – oproti tomu hlava chodce stejného vzrůstu kontaktuje kapotu přibližně v úrovni WAD1000.

Při porovnání zatížení působícího na figurínu (která hmotnostně a velikostně odpovídá 6letému dítěti) v pozici chodce a cyklisty lze konstatovat, že v pozici chodce jsou nejvíce zatíženy segmenty hrudníku a pánve, v pozici cyklisty narůstá zatížení pánve a dolních končetin. Jednoznačný vliv na zatížení hrudníku u chodce a pánve u cyklisty má výška náběžné hrany kapoty.

Výsledky testu 12_00905_301 byly rovněž porovnány s testem 11_00854_302, a to hlavně z hlediska kinematiky a naměřených signálů (v případě testu 11_00854_302 šlo pouze o signály zrychlení do 65. ms a rekonstruovaný signál z hlavy a hrudníku a to v časovém intervalu 70 – 240 ms – tedy převážné části primárního nárazu). Vzhledem k rozdílné geometrii posazu (zejména poloha osy kliky a řídítek) se těžiště cyklisty nacházelo v jiné výšce a na postřetovém pohybu je tudíž patrná diference, kterou lze vyjádřit rozdílnými hodnotami WAD pro kontakt hlavy s kapotou (1250 pro test 11_00854_302, a 1200 pro test 12_00905_301).

Partneři zkoušky

ŠKODA



Škoda

VÝZKUM DOPRAVNÍ BEZPEČNOSTI



(MSM6840770043)



Příloha 1 – Biomechanická kritéria – přehledové tabulky

Hlava

zkouška č.	HLAVA															
	Primární náraz								Sekundární náraz							
	HPC ₁₅			a _{max}		a3ms			HPC ₁₅			a _{max}		a3ms		
[-]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[-]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	
301	356.3	119.0	130.8	122.4	120.6	68.3	119.4	123.3	451.8	648.9	655.3	104.4	652.7	84.7	650.8	653.8

zkouška č.	HLAVA											
	Primární náraz						Sekundární náraz					
	HPC ₁₅		a _{max}		a3ms		HPC ₁₅		a _{max}		a3ms	
[-]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[-]	limit	[g]	limit	[g]	limit	
301	356.3	1000	122.4	-	68.3	80/60	451.8	1000	104.4	-	84.7	80/60

Hrudník

zkouška č.	HRUDNÍK									
	Primární náraz					Sekundární náraz				
	a _{max}		a3ms			a _{max}		a3ms		
[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	
301	92.3	66.5	47.2	65.0	68.0	140.3	675.1	39.2	727.3	730.6

zkouška č.	HRUDNÍK							
	Primární náraz				Sekundární náraz			
	a _{max}		a3ms		a _{max}		a3ms	
[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit	
301	92.3	-	47.2	60/55	140.3	-	39.2	60/55

Pánev

	PÁNEV									
zkouška č.	Primární náraz					Sekundární náraz				
	a _{max}		a _{3ms}			a _{max}		a _{3ms}		
	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]
301	64.2	93.5	52.6	73.3	76.3	31.5	678.1	26.9	677.1	680.1

	PÁNEV							
zkouška č.	Primární náraz				Sekundární náraz			
	a _{max}		a _{3ms}		a _{max}		a _{3ms}	
	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit
301	64.2	130	52.6	-	31.5	130	26.9	-

Koleno

	KOLENO			KOLENO	
zkouška č.	Primární náraz		zkouška č.	Primární náraz	
	a _{max}			a _{max}	
	[g]	t [ms]		[g]	limit
301	34.3	87.5	301	34.3	170

