STANOVENÍ DYNAMICKÉHO PŘETVOŘENÍ ZÁCHYTNÝCH SYSTÉMŮ PŘI ZKOUŠCE NÁRAZEM VOZIDLA

Ing. Jiří Studnička, Ph.D.

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

Vývoj nárazových zkoušek záchytných systémů započal již ve 30. letech minulého století v USA současně s rozvojem dálniční sítě a rychlostních komunikací. V Evropě se požadavky na pasivní bezpečnost dálnic a rychlostních silničních komunikací začaly formulovat po druhé světové válce, opět v souvislosti s rozvojem tranzitní a osobní dopravy na dálnicích. Nastala potřeba sjednocení technických požadavků a způsobů jejich zjištění a vyhodnocení. K tomu byla založena v rámci evropské normalizační organizace CEN/CENELEC pracovní skupina TC 226. Pro zkoušky záchytných systémů vznikly normy řady EN 1317. Tyto normy specifikují požadavky na druhy a třídy zádržných systémů pro vozidla. Dále vznikla část normy, která harmonizuje požadavky na jednotnou certifikaci jako stavební výrobek dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh (tzv. „CPR“).

Tato situace dala podnět ke vzniku zkušebních laboratoří, převážně akreditovaných dle EN ISO/IEC 17025, které jako nezávislá „třetí strana“ provádějí zkoušky záchytných systémů na základě zadání od certifikačních orgánů pro výrobky, akreditovaných podle EN ISO/IEC 17065, které pak zkušební protokoly vyhodnocují.

Při certifikaci záchytných systémů se ověřují jejich návrhové parametry: úroveň zadržení, dynamický průhyb, pracovní šířka, úroveň prudkosti nárazu (ASI). Většina těchto parametrů se určuje na základě měření, případně pozorování. Nejobtížnější je **stanovení dynamického průhybu svodidla při nárazu vozidla**, což je základním parametrem pro stanovení pracovní šířky svodidla, které pak určuje jeho umístění vůči pevné překážce při silniční komunikaci.

Dynamický průhyb je velice obtížně měřitelnou veličinou, protože při nárazu vozidla do svodidla dochází k mechanické destrukci všech jeho částí. Ve Evropě se ustálila metoda odečtu této veličiny pomocí **obrazové analýzy**. Tato metoda je použitelná pouze v případě, kdy pořízené snímky jsou dobře čitelné a lze je převést do digitálního odečtu. Toto je patrné na **obr. 1**.

Obr. 1: Obrazová analýza dynamického průhybu vozidla pomocí klasického měření

Metodu však nelze použít v případech, kdy v obraze nejsou viditelné základní měřené body, protože je zakrývá prach, odletující úlomky z vozidla, odlesky nebo jiné překážky. Tento stav je demonstrován na **obr. 2**.

Obr. 2: Stav, kdy signifikantní body pro měření dynamického průhybu nejsou patrné

Pro tento případ byla vyvinuta **počítačová 3D vizualizace dynamických jevů probíhajících při reálné nárazové zkoušce**. Pro tento účel jsou vhodné počítačové modely postavené na základě metody Multibody Systems Approach (MB). Bylo však nutno vyřešit problém, jakým způsobem takto vzniklé počítačové zviditelnění ověřit (validovat) tak, aby mohlo sloužit jako věrohodný důkaz pro technické výroky certifikačních orgánů.

Bylo nutné stanovit postupy, jak získané technické a fyzikální hodnoty z reálných zkoušek zpracovat věrohodným způsobem a interpretovat pro potřeby programátorů, posuzovatelů a hodnotitelů těchto modelů. Z této potřeby vznikl projekt

„Dynamická obrazová analýza videozáznamů rychloběžných kamer“.

Ke spolupráci na tomto projektu byla oslovena Filmová akademie Miroslava Ondříčka v Písku. Ve spolupráci s prof. MgA. Josefem Pecákem bylo vytvořeno zadání možného principu, kdy postup je charakterizován těmito **realizačními kroky**:

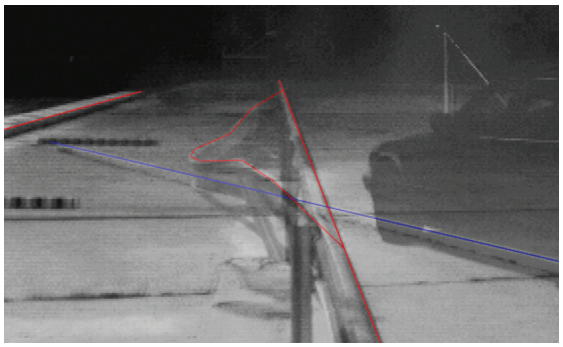
1. Přenos vybraných snímků z videozáznamu do vhodného počítačového programu
2. Superpozice snímků
3. Odečet dat ze snímků
4. Transfer dat do počítačového programu Cinema 3D – vznik virtuálního prostoru
5. Odečet geometrických hodnot

Pro názornost uvedeme postup obrazové analýzy na následujících obrázcích.

Krok č. 2: Superpozice snímků (**obr. 3**) – počítačovým způsobem jsou vzájemně prolnuty snímky, které budou sloužit pro odměřování.

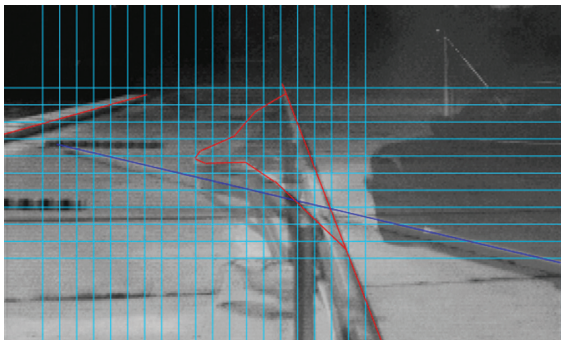
Obr. 3: Superpozice snímků

Krok č. 3: Odečet dat ze snímků (**obr. 4**) – v tomto kroku jsou proloženy základní křivky k odečtu dat ze snímků.



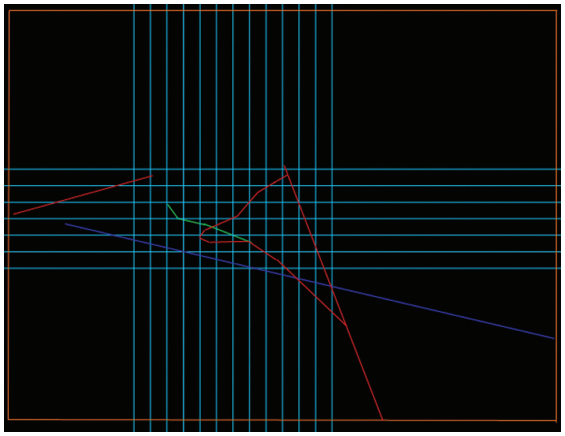
Obr. 4: Odečet dat ze snímků

Krok č. 4: Po této úpravě snímků je možné sejmout data (**obr. 5**) do počítačového programu Cinema 3D a vytvořit tak virtuální prostor



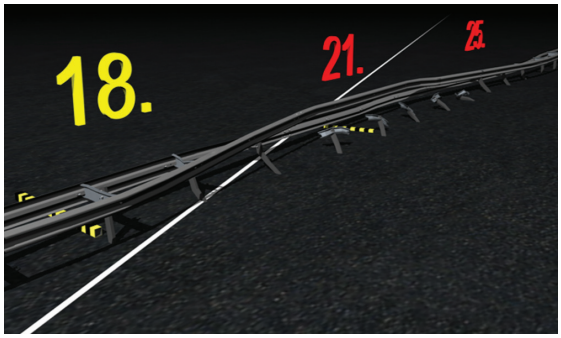
Obr. 5: Přenos dat do virtuálního prostoru

Krok č. 5: Následně v posledním kroku je možné provést odečet geometrických hodnot (**obr. 6**) pro 3D model.



Obr. 6: Odečet geometrických hodnot

Transformací záběrů z vysokorychlostních kamer dle předchozího postupu lze převést data do modelové 3D animace (**obr. 7**). Výsledkem je animace pohybu vozidla a deformace konstrukce záchytného systému, která je očištěna od parazitních efektů (zákryt vozidlem, odlesky, zvířený prach apod.). Lze pak vybrat snímek, na kterém se projevila **největší dynamická deformace** v průběhu nárazu.

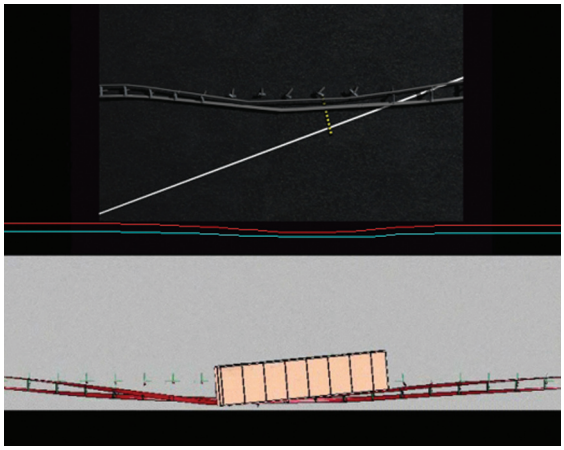


Obr. 7: Příklad vybraného snímků z 3D animace s největším dynamickým průhybem

Vozidlu ve 3D vizualizaci jsou implementovány hodnoty zjištěné z měření vozidla při reálné zkoušce v průběhu nárazu:

- poloha těžiště vozidla,
- trajektorie těžiště vozidla v průběhu nárazu ve tříosém zobrazení,
- zrychlení v trajektorii těžiště ve tříosém zobrazení,
- úhel natočení vozidla vůči těžišti ve tříosém zobrazení,
- průběh rychlosti vozidla v průběhu nárazu.

Vytvořenou 3D animaci lze (mimo stanovení dynamického průhybu svodidla) použít také k rozboru poměrného zatížení jednotlivých prvků záchytného systému. U ocelových svodidel je to namáhání jednotlivých prvků krouticím a ohybovým momentem. 3D animace primárně slouží k vizualizaci kinetických dějů s vysokou pravděpodobností skutečného děje na základě rekonstrukce obrazových dat.



Obr. 8: Příklad kalibrace počítačové simulace nárazové zkoušky

Další využití 3D animace je pro kalibraci počítačových simulací nárazových zkoušek vytvořených v počítačových simulacích (**obr. 8**), například v programu Ansys LS-DYNA.

V závěru je nutno potrhnout, že popsaný postup dynamické obrazové analýzy není počítačovou simulací zkoušky. 3D vizualizace slouží k zviditelnění dynamického děje při **reálné** nárazové zkoušce a jako přehledný sumář všech dat, zjištěných při zkoušce v jednotlivých fázích děje. Je možné volit různé úhly pohledu a s určitou pravděpodobností rekonstruovat nesnímatelné úhly pohledu na děj.

♦ ♦ ♦