تحلیل و ارزیابی معیارهای فنی مرتبط با آزمایشات میدانی حفاظ‌های بتنی جاده‌ای

مقاله علمی – پژوهشی

محمودرضا کی‌منش*، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال، تهران، ایران
امین جعفری، دانشجو دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mrkeymanesh@pnu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵– پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵
صفحه ۲۶۰-۲۴۱

چکیده

تصادفات در هنگام انحراف وسیله نقلیه از جاده‌ها، به ویژه در جاده‌های پرسرعت خارج از شهر، اگر کناره‌های جاده‌ها بی‌حفاظ باشند، شدید خواهند بود و سرنشینان وسایل نقلیه منحرف شده را در معرض خطر آسیب دیدگی بیش از حد قرار می‌دهد. نادیده گرفتن شرایط کناره‌های جاده، همراه با عدم برخورداری از ایمنی مناسب، منجر به بروز تصادفات ناخواسته، بخصوص صدمات شدید و مرگ و میرهای مکرر ناشی از برخورد بین وسایل نقلیه با عوارض حاشیه جاده‌ها و وسایل نقلیه جهت مخالف می شود و این مهم در تمام کشورهای جهان وجود دارد. بنابراین، استفاده از حفاظ‌های ایمنی جاده در طی چند سال گذشته گسترش یافته است و عملکرد ساختاری این حفاظ‌های ایمنی جاده‌ای می تواند به بهترین شکل از طریق آزمایش تصادف کامل انجام شود. در حال حاضر حفاظ‌های ایمنی مطابق با استانداردهای رایج CEN و MASH-NCHRP 350 برای سطوح مختلف عملکردی طراحی می شوند. در این مقاله، معیارها و تفاوت‌های استانداردهای مذکور در انجام آزمایش تصادف، مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق محدود نشان می‌دهد که علی رغم اینکه در این استانداردها، معیارها در روند انجام آزمایش‌ها، دستیابی به داده‌ها و ارزیابی عملکردها یکسان است، اما این استانداردها جهت استفاده به عنوان یک استاندارد واحد، بسیار متفاوت هستند و نیازمند طراحی آزمایش‌های تکمیلی جهت حل اختلاف می‌باشند و عملکرد ضمن خدمت آنها نیز باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش تصادف، حفاظ ایمنی، ارزیابی عملکرد ایمنی امکانات جانبی بزرگراه‌ها، روش‌های بهبود ارزیابی عملکرد ایمنی تجهیزات کنار جاده

۱- مقدمه

یکی از مسائل اساسی و عمده در حمل و نقل جاده ای که نظر همه مدیران، کارشناسان و دولت‌ها را به خود جلب و جذب نموده است موضوع ایمنی است. ایمنی مبحثی است که با جان، سلامتی و مال شهروندان هر کشوری سروکار دارد (اکبری مطلق،۱۳۹۶). دو جنبه از نظر ایمنی ترافیک ضروری است. اولین مورد، پیشگیری از تصادف و دومین مورد به حداقل رساندن شدت تصادفات پس از وقوع تصادف است(Soltani (et al.), 2013). یکی از تدابیر کنترلی جهت کاهش احتمال بروز تصادفات، استفاده از تجهیزات ایمنی در راه‌ها به خصوص انواع حفاظ‌های ایمنی است. این حفاظ‌ها، در جلوگیری از سقوط وسائل نقلیه منحرف شده به پرتگاه‌های کنار جاده‌ها و از روی پلها و همچنین ممانعت از ورود آنها به

جریان ترافیک جهت مخالف، کاربرد وسیعی دارند(سرکشیکی،۱۳۹۰). این حفاظها باید شرایط ایمن برای سرنشینان وسیله نقلیه، در برخورد با حفاظ را تضمین کرده و وسیله نقلیه برخورد کرده را به شرایط قبل از برخورد هدایت کنند تا وسیله نقلیه بتواند حرکت خود را تقریباً به موازات مسیر حفاظ ادامه دهد. حفاظها وسایل خنثی کننده نیستند و تصادفات جاده‌ای را از بین نمی‌برند، اما در صورت استفاده صحیح، اثرات منفی آنها را کاهش می‌دهند. بنابراین، حفاظها فقط باید در مکان‌هایی استفاده شوند که پیامدهای پیش بینی شده از تصادف جاده‌ای جدی تر از نتایج برخورد وسیله نقلیه به حفاظ باشد(Bruski(et al.), 2019). به عبارت دیگر، نصب حفاظ ایمنی، فقط زمانی ضرورت پیدا می‌کند که برخورد با آن، صدمه کمتری نسبت به برخورد با اشیاء ثابت یا خروج از بستر راه داشته باشد (شهیدیان، ۱۳۹۵). توسعه رو به رشد زمین در امتداد جاده‌های موجود و کاهش در دسترس بودن زمین ارزان برای ناحیه بازیابی و یا عاری از مانع، شرایطی را ایجاد کرده است که استفاده از حفاظهای ایمنی را به عنوان ابزاری برای کاهش عرض مقطع جاده‌ها توجیه می‌کند (Yaotian(et al.), 2014). باید دانست که حتی با بکارگیری عالی‌ترین استانداردها هم نمی توان بطور کامل از خارج شدن سهوی وسایل نقلیه جلوگیری کرد. رانندگان وسایل نقلیه به دلایل مختلف از جمله حواس پرتی، خواب آلوده بودن، بی‌توجهی به جلو، استفاده از مشروبات الکلی و داروهای خواب آور، سرعت زیاد، عوامل طبیعی، نابسامانی طرح هندسی راه و عیوب و نواقص وسیله نقلیه، کنترل وسایل نقلیه خود را از دست می‌دهند و وسیله نقلیه آنها از مسیر اصلی منحرف می‌شود (خالقی و همکاران، ۱۳۹۶). طراحی حفاظ ترافیکی با توجه به شدت تصادفات در برخوردهای با این حفاظها، نقش مهمی را بازی می‌کند، زیرا طراحی نامناسب حفاظها می‌تواند منجر به از روگذشتن یا زیر قرار گرفتن وسیله نقلیه در برخورد با حفاظ شود(Rezapour(et al.), 2019). به همین منظور همواره بهینه‌سازی ایمنی اینگونه حفاظها، شیوه نگهداری و درجه صلبیت آنها مورد توجه مهندسین بوده است (خالقی و همکاران، ۱۳۹۶). از ویژگی‌های خاص حفاظ ایمنی این است که آنها نمی‌توانند با استفاده از روشهای استاندارد محاسبات مانند آنالیزهای استاتیک یا دینامیک، خطی یا غیرخطی طراحی شوند. صحت پاسخ آنها و اثربخشی آنها باید در آزمایش های تصادف در مقیاس کامل بررسی شود(Bruski(et al.), 2019).

۲- آزمایش تصادف و استانداردهای آن

آزمایش تصادف برای ایجاد امکان ارزیابی، اعلام و مقایسه ویژگی‌های برجسته و عملکرد سیستم‌های مختلف حفاظهای ایمنی جهت مهار وسیله نقلیه ایجاد شده است (وب سایت bluesystems). استاندارد آزمایش تصادف حفاظهای ایمنی جاده‌ها و دستورالعمل‌های طراحی آنها در ایالات متحده تهیه شده است، و سپس دستورالعمل‌های مشابه این آزمایش های تصادف در اروپا ایجاد شده است. علاوه بر این استانداردها و دستورالعمل‌ها، تلاش‌های مستمر محققان در ارزیابی عملکرد برخورد وسایل نقلیه با حفاظهای ایمنی جاده‌ها، اجازه دارد به اصلاح و پیشرفت طرح‌های قبلی برای حفاظها کمک نماید(Jian(et al.), 2019). فرض بر این است که آزمایش تصادف استاندارد، نماینده حوادث واقعی است (Roque and Cardoso, 2013). در ایالات متحده، روش‌های استاندارد آزمایش تصادف برای ویژگیهای ایمنی بزرگراه‌ها در گزارش NCHRP[1] 350، با عنوان "روش‌های توصیه شده برای ارزیابی عملکرد امکانات ایمنی بزرگراه" و در MASH[2]، "دفترچه راهنمای AASHTO[3] برای ارزیابی سخت افزار ایمنی بزرگراه" که قصد دارد در دراز مدت به طور کامل جایگزین NCHRP 350 شود، و در اروپا در استاندارد EN[4] 1317 موجود است. با نگاهی به پیشینه این استانداردها، در می‌یابیم که از دهه ۱۹۶۰، استانداردهای طراحی حفاظهای جاده‌ها، سختگیرتر و به طور گسترده‌تر اجرا می‌شوند (Yaotian(et al.), 2014).

در جهت بهینه سازی، مطابق با استانداردهای مربوطه، قبل از نصب، حفاظهای ایمنی باید آزمایشات تصادف استاندارد را طبق دستورالعمل‌های تصویب آنها بگذرانند. این نیاز باعث شده است تا شدت حوادث کنار جاده‌ای مربوط به این نوع سیستم‌ها کاهش یابد(Roque and Cardoso, 2013).

۳- پیشینه استانداردهای آزمایش تصادف

NCHRP -۱-۳

برنامه تحقیقاتی مشترک ملی بزرگراه‌ها (NCHRP) در سال ۱۹۶۲ به عنوان ابزاری برای رسیدگی به نیازهای مشترک پژوهشی برای ایالات متحده آغاز شد. یکی از اولین پروژه‌های تحقیقاتی آغاز شده تلاشی بود که منجر به بخشنامه ۴۸۲ بزرگراه‌ها شد، که توصیه می‌کند ویژگی‌هایی نظیر جرم خودرو، سرعت برخورد و زاویه برخورد به عنوان پایه‌ای برای آزمایش تصادف در مقیاس کامل، برای تأیید عملکرد ویژگی‌های حفاظهای ایمنی کنار جاده باشد. در سال ۱۹۷۳، NCHRP پروژه ۲-۲۲، را برای بررسی عملکرد و طراحی حفاظهای ترافیکی آغاز کرد. نتیجه آن منجر به انتشار گزارش ۱۵۳ NCHRP، روش‌های توصیه شده برای آزمایش تصادف وسایل نقلیه بزرگراه‌ها شد که مجموعه ای از روش‌های آزمایش را برای ارتقا یکسان سازی بیشتر توصیه می‌کند. در مدت بسیار کوتاهی مشخص شد که گزارش ۱۵۳ دارای برخی محدودیت‌ها بوده و در سال ۱۹۷۶ کمیته‌ای از شورای تحقیقات حمل و نقل (TRB[5])، با عنوان کمیته ویژگی‌های ایمنی کنار جاده (A2A04) مسئولیت نظارت بر نیازهای بروزرسانی این روش‌ها را پذیرفت. که تلاش آنها منجر به بخشنامه تحقیقی ۱۹۱ از TRB شد، که برخی تغییرات جزئی را در روش‌ها توصیه می‌کند و زمینه را برای گسترش دامنه روشهای آزمایش خود فراهم می‌کند. در سال ۱۹۷۸، NCHRP با درک اینکه بخشنامه مذکور مجددا به بازنگری بهتری احتیاج دارد، پروژه 22-2(4) را شروع نمود و تلاش کرد تا گزارش ۱۵۳ و بخشنامه تحقیقاتی ۱۹۱ را در یک سند ادغام کند که به گزارش معتبر NCHRP 230، با عنوان "روشهای پیشنهادی برای ارزیابی عملکرد ایمن تجهیزات ایمنی بزرگراه"، رهنمون شد. گزارش NCHRP 230 تنها سندی بود که به طور خاص بصورت قانون مدون ۳۰۰ صفحه‌ای برای اثربخشی عملی تغییرات اساسی در برنامه ریزی و سیاست‌های حمل و نقل ایجاد شد. مجدداً در سال ۱۹۸۸، با درک اینکه همه چیز به مرور تغییر کرده است، انجمن رسمی بزرگراه‌ها و حمل و نقل ایالتی آمریکا (AASHTO) با پروژه NCHRP 22-7، بروزرسانی روشهای توصیه شده برای ارزیابی عملکرد ایمنی امکانات جانبی بزرگراه‌ها را مجاز دانست. در اوایل سال ۱۹۹۲ پیش نویس سوم این بروزرسانی تهیه شد و پس از یک بررسی دیگر و بازنگری‌های نهایی، ویرایش فنی آن به پایان رسید و سند اصلاح شده بنام گزارش NCHRP 350، از مارس ۱۹۹۳ در TRB در دسترس قرار گرفت. گزارش NCHRP 350 از این جهت مهم بود که سبب متحدالشکل شدن آزمایش‌ها و روش‌ها و پروتکل‌های آزمایش تجهیزات و حفاظهای ترافیکی شد، که تا آن زمان بسیار متفاوت بود(TRB,1995).

MASH -۲-۳

در سال ۱۹۹۷، دفتر مهندسی و فناوری مدیریت بزرگراه های فدرال (FHWA[6]) یک یادداشت راهنما را صادر نموده بود که بر اساس آن، کلیه تجهیزات استفاده شده در سیستم بزرگراه‌های ملی (NHS[7]) برای مطابقت با الزامات NCHRP 350 تحت آزمایش تصادف قرار می گیرند. پس از آن در سال ۲۰۰۲، هیئت ایمنی حمل و نقل، پروژه 22-14(02) با عنوان "روش‌های بهبود ارزیابی عملکرد ایمنی تجهیزات کنار جاده" را آغاز کرد، که برای بررسی تغییرات ایجاد شده در هندسه خودرو، سرعت جاده و سایر ملاحظات فنی، از زمان گزارش اصلی NCHRP 350 یعنی ۱۹۹۳، تا آن زمان طرح شده است. نتیجه آن، MASH بود که اولین بار توسط انجمن رسمی بزرگراه‌ها و حمل و نقل ایالتی آمریکا در سال ۲۰۰۹ منتشر شد. این گزارش شامل بسیاری از تجدید نظرها بود که روی مراحل آزمایش شرح داده شده در NCHRP 350 تأثیر گذاشت(Carleton, 2017).

EN1317 -۳-۳

کمیته هماهنگ سازی اروپا، CEN[8]، یک سازمان اروپایی است که مسئول برنامه ریزی، تهیه و تصویب مجموعه واحدی متشکل از چند هزار استاندارد ملی اروپایی است که یک زمینه فنی منسجم را برای بازار مشترک اروپا تشکیل دهند، تا به نفع همه افراد درگیر در حوزه اقتصادی اروپا باشد. این استانداردها

از طریق روش‌هایی است که رعایت اصول زیر را تضمین می‌کند.

- عدم محدودیت و شفافیت: تمام ذینفعان مرتبط، در برنامه کاری که انجام می‌شود شرکت می‌کنند.
- اجماع: استانداردهای اروپا بر اساس توافق داوطلبانه بین طرف‌های ذینفع تدوین می‌شود.
- تعهد ملی: تصویب رسمی استانداردهای اروپا با اکثریت آرا اعضای ملی CEN تصمیم‌گیری می‌شود که برای همه آنها لازم الاجرا است.
- انسجام فنی در سطح اروپا و ملی: استانداردها مجموعه‌ای را تشکیل می‌دهند که تداوم خود را برای منافع کاربران، هم در سطح اروپا و هم از طریق اجرای اجباری استانداردهای ملی اروپایی و لغو استانداردهای ملی متناقض، تضمین می‌کند.

این کمیته در سال ۱۹۹۰ تصمیم گرفت که یک برنامه استاندارد سازی در زمینه تجهیزات جاده‌ای را آغاز کند. برای این منظور، یک کمیته فنی بنام $TC^{9}226$ ایجاد شد. در اولین جلسه این کمیته در آوریل ۱۹۹۰، TC226 استاندارد سازی حفاظ‌های ایمنی، ضربه گیرها و به صورت کلی سیستم‌های حفاظ جاده‌ای را، به کارگروه ۱ (WGl^{10}) سپرد. حوزه فعالیت کارگروه ۱ به سیستم‌های حفاظ‌های جاده و سیستم‌های پیاده رو تقسیم شده است. هدف CEN/TC226/WG1 شامل بررسی رفتار تمام سیستم‌های مهار استفاده شده در حفاظ های مرکزی بزرگراه ها و در حاشیه جاده‌ها، از جمله پل‌ها و دیوارهای حائل برای استفاده دائمی و موقت، با اولویت دادن به سیستم‌های مهار وسایل نقلیه (VRS^{11}) است(TRB,1995). نتیجه فعالیت کارگروه ۱، به استاندارد EN 1317 منجر گردید. استاندارد EN 1317، روش‌های معمول آزمایش و صدور گواهینامه را برای سیستم‌های حفاظ‌های جاده تعریف می‌کند. سیستم‌های مهار خودرو برای پیاده سازی در اروپا باید الزامات استاندارد EN 1317 اروپا را برآورده سازند. این سیستم‌ها باید آزمایش‌های تصادف را انجام دهند، که پارامترها و معیارهای پذیرش آنها توسط آن ماخذ قانونی تعریف شده است. بسته به نتایج آزمون، سیستم‌ها به کلاس‌های عملکردی مختلف تقسیم می‌شوند. هر نوع سیستم مهار وسایل نقلیه در یک قسمت جداگانه از EN 1317 ارزیابی می‌شود که به شرح ادامه است (وبسایت TrafFix Devices) :

- EN 1317-1: اصطلاحات و معیارهای کلی روشهای آزمون
- EN 1317-2: کلاسهای عملکردی و معیارهای پذیرش آزمایش تصادف و روشهای آزمایش برای حفاظ‌های ایمنی از جمله حفاظهای روی پل‌ها
- EN 1317-3: کلاسهای عملکردی و معیارهای پذیرش آزمایش تصادف و روش‌های آزمایش ضربه‌گیرها
- EN 1317-4: کلاسهای عملکردی و معیارهای پذیرش آزمایش تصادف و روش‌های آزمایش برای نقاط انتهایی و نقاط انتقال در حفاظهای ایمنی.
- EN 1317-5: الزامات محصول و ارزیابی انطباق برای سیستم‌های مهار خودرو
- EN 1317-6: سیستم حفاظ گذرگاه عابر پیاده
- EN 1317-7: کلاسهای عملکردی ومعیارهای پذیرش آزمایش تصادف و روش‌های آزمایش برای انتهای حفاظهای ایمنی
- EN 1317-8: سیستم‌های حفاظ جاده‌ای موتور سیکلت که از شدت برخورد تصادفات موتورسواران با حفاظ ایمنی می‌کاهد.

٤- شرایط انجام آزمایش تصادف

با توجه به محدوده وسیعی از سرعت و زوایای مختلفی که در برخورد وسایل نقلیه به حفاظ‌های جاده‌ای وجود دارد و اینکه امکان بررسی همه این حالت‌ها، برای ارزیابی حفاظ‌ها وجود ندارد، به منظور عملی کردن و همچنین اقتصادی بودن آزمایش‌های ارزیابی عملکرد حفاظ‌ها در هنگام برخورد، شرایط برخورد باید به تعداد محدودی کاهش یابد. برای محدود کردن و عملی کردن این شرایط، استانداردهای موجود از شدیدترین و عملی‌ترین شرایط با انواع وسیله نقلیه و سایر ملزومات برای ارزیابی عملکرد حفاظ‌ها استفاده کرده اند. با توجه به اینکه در شرایط مختلف، انتظار از سطح عملکرد حفاظ‌های جاده‌ای متفاوت است، استانداردها برای ارزیابی حفاظ‌ها سطوح متفاوتی را قرار داده‌اند، به این صورت که سطوح پایین‌تر برای ارزیابی تجهیزات نصب شده در راه‌های با اهمیت کمتر و سرعت طرح پایین‌تر به کار برده می‌شود، در حالی که آزمایش‌های سطوح بالاتر به منظور ارزیابی حفاظ‌های نصب شده در راه‌های با سرعت طرح بالاتر

بکار گرفته می‌شود. دلیل اصلی ارایه چندین سطح مختلف برای انجام آزمایشات میدانی، متناسب بودن سطح عملکردی مورد انتظار از حفاظ با ظرفیت تحمل حفاظ انتخابی می‌باشد و بدین ترتیب است که اقتصادی بودن طرح تضمین می‌شود. برای مثال در گزارش NCHRP350 حفاظی که برای راه‌های با سرعت طرح و حجم ترافیک کم در نظر گرفته شده است تنها ملزم به گذراندن سطوح یک و یا دو از آزمایش‌های این گزارش می‌باشد و همچنین حفاظ‌هایی که برای استفاده در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها درنظر گرفته شده‌اند باید معیارهای سطح سه آزمایش را با موفقیت پشت سر بگذارند. جدول شماره ۱، سطوح مختلف آزمایش تصادف را به همراه جزئیات آن نشان می‌دهد (جعفری، ۱۳۹۸).

جدول ۱. سطوح مختلف آزمایش‌های میدانی، مطابق با گزارش NCHRP350 (FHWA,1993)

سطح آزمایش	شماره آزمایش	وسیله نقلیه	شرایط برخورد سرعت برخورد (کیلومتر برساعت)	زاویه برخورد (درجه)
۱	۱۰-۱	۸۲۰C	۵۰	۲۰
	۱۰-۱ (اختیاری)	۷۰۰C	۵۰	۲۰
	۱۱-۱	۲۰۰۰P	۵۰	۲۵
۲	۱۰-۲	۸۲۰C	۷۰	۲۰
	۱۰-۲ (اختیاری)	۷۰۰C	۷۰	۲۰
	۱۱-۲	۲۰۰۰P	۷۰	۲۵
۳	۱۰-۳	۸۲۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۰-۳ (اختیاری)	۷۰۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۱-۳	۲۰۰۰P	۱۰۰	۲۵
٤	۱۰-٤	۸۲۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۰-٤ (اختیاری)	۷۰۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۱-٤	۲۰۰۰P	۱۰۰	۲۵
	۱۲-٤	۸۰۰۰S	۸۰	۱۵
۵	۱۰-۵	۸۲۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۰-۵ (اختیاری)	۷۰۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۱-۵	۲۰۰۰P	۱۰۰	۲۵
	۱۲-۵	۸۰۰۰V	۸۰	۱۵
٦	۱۰-٦	۸۲۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۰-٦ (اختیاری)	۷۰۰C	۱۰۰	۲۰
	۱۱-٦	۲۰۰۰P	۱۰۰	۲۵
	۱۲-٦	۸۰۰۰T	۸۰	۱۵

تمامی حفاظ‌های نصب شده در جاده‌های مختلف، باید معیارها و ضوابط ارایه شده در سطوح آزمایش خودشان را ارضا کنند تا بتوان در مورد عملکرد ایمن آنها در هنگام برخورد با وسایل نقلیه منحرف شده از سواره‌رو اطمینان حاصل کرد (جعفری، ۱۳۹۸).

۵- معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی توصیه شده جهت عملکرد ایمن حفاظ‌ها به سه دسته کفایت سازه‌ای، میزان خطر برای سرنشینان و مسیر طی شده توسط وسیله نقلیه پس از برخورد، تقسیم می‌شوند که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است و هر سه مورد مذکور به اختصار توضیح داده می‌شود (جعفری، ۱۳۹۸):

۵-۱- کفایت سازه‌ای

کفایت سازه‌ای به طور کلی اولین عاملی است که ارزیابی می‌شود و امکانات ایمنی باید مطابق با الزامات ارایه شده در استانداردها با موفقیت انجام شود. کفایت سازه‌ای حفاظ‌ها باید وسیله نقلیه منحرف شده را در ارتفاعی مناسب در برگیرد و یا از نفوذ وسیله نقلیه به زیر حفاظ ممانعت کند. همچنین حفاظ باید توانایی تغییر جهت وسیله نقلیه را به صورت ملایم داشته باشد و بتواند بدون گسیختگی و تحمل تغییر شکل‌های خیلی زیاد وسیله نقلیه را به مسیر اولیه بازگرداند و یا آن را به طور کنترل شده متوقف کند (جعفری، ۱۳۹۸).

لازم به ذکر است که معیارهای کفایت سازه‌ای به الزامات ساختاری مرتبط با خود برخورد اشاره دارد.

به عنوان مثال، این معیارها به این معنی نیستند که یک سیستم پشتیبانی از تابلو که شرایط کفایت سازه‌ای یک آزمایش را برآورده می‌کند، الزامات کفایت سازه‌ای بارهای باد و بارندگی یا سایر ملاحظات محیطی را در صورت لزوم برآورده می‌کند (FHWA,1993).

جدول ۲. معیارهای ارزیابی حفاظ‌ها طبق گزارش NCHRP350 (FHWA,1993)

فاکتورهای ارزیابی	معیارهای ارزیابی
کفایت سازه ای	وسیله نقلیه باید به خوبی توسط حفاظ در بر گرفته شده و تغییر جهت دهد و همچنین نباید در حفاظ فرو رود، از روی حفاظ جهش کند و یا به زیر آن نفوذ کند، اگرچه تغییرشکل جانبی کنترل شده ی حفاظ قابل قبول می باشد.
میزان خطر برای سرنشینان	احتمال نفوذ اجزا جدا شده از سیستم حفاظ نظیر پیچ‌ها، مهره‌ها و سایر قطعات متلاشی شده در هنگام برخورد به داخل اتاق سرنشینان نباید وجود داشته باشد و همچنین این اجزا نباید برای جریان آمد و شد سایر وسایل نقلیه و افراد پیاده ایجاد خطر نماید. استحکام اتاق سرنشینان خودرو و عدم وارد شدن صدمه جدی به آن در اثر نفوذ قطعات حفاظ به آن نیز شدیدا مورد توجه است.
	عدم واژگونی خودرو در هنگام برخورد و پس از آن از اهمیت بسیار بالایی برخورداراست، اگر چه انحراف خودرو و بلندشدگی چرخ های آن تا حدی قابل قبول می‌باشد.
مسیر خودرو پس از برخورد	بعد از برخورد خودرو با حفاظ ترجیح بر این است که مسیر خودرو اختلالی در جریان ترافیک خط مجاور ایجاد نکند.
	سرعت برخورد سرنشین در جهت طولی نباید از ۱۲ متر بر ثانیه تجاوز کند. همچنین حداکثر شتاب منفی سرنشین برابر ۲۰ گرم در نظر گرفته شده است.
	زاویه خروج خودرو از حفاظ (زاویه بین راستای حفاظ و خودرو در هنگام خروج) کمتر از ۶۰ % زاویه برخورد آن باشد.

۵-۲- میزان خطر برای سرنشینان

میزان خطر محتمل برای سرنشینان وسیله نقلیه در هنگام برخورد با حفاظ‌های طولی در حاشیه راه‌ها، تا حد زیادی به قابلیت‌ها و مشخصات مکانیکی وسیله نقلیه برخورد کننده نظیر نحوه طراحی کابین سرنشینان، وجود سیستم‌های ایمنی نظیر کیسه‌های هوا و میزان سختی اجزاء داخلی اتاق وسیله نقلیه وابسته است. در ارایه معیار های مندرج در جدول فوق تا حد امکان سعی بر این بوده است که تنوع مشخصات عملکردی خودروهای مختلف در هنگام برخورد، بر ارزیابی این معیار (میزان خطر برای سرنشینان) کمترین تاثیر را داشته باشد. میزان خطر محتمل برای سرنشینان، با توجه به واکنش سرنشین فرضی[12] که حرکت آن نسبت به اتاق وسیله نقلیه، وابسته به میزان شتاب وسیله نقلیه می‌باشد نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. فرض می‌شود که سرنشینی با جرم نقطه‌ای[13] در هنگام برخورد وسیله نقلیه با حفاظ در فضای داخلی اتاق خودرو حرکت می‌کند تا به پیشخوان فرضی، شیشه جلو و یا سایر اجزاء داخلی خودرو برخورد کرده و متعاقبا باقیمانده تغییرات شتاب خودرو در هنگام برخورد را از طریق در تماس بودن با سطوح داخلی خودرو تجربه می‌کند (جعفری، ۱۳۹۸).

بدین منظور دو معیار زیر تعریف می‌شود:

مولفه‌های طولی و جانبی سرعت سرنشین در برخورد با سطوح داخلی اتاق خودرو[14]

حداکثر مقدار مولفه‌های طولی و جانبی شتاب خودرو که بعد از برخورد سرنشین فرضی با سطوح داخلی اتاق خودرو و در بازه‌های ۰٫۱ ثانیه متوسط گیری شده است. از این معیار با عنوان شتاب کاهشی[15] یاد می‌شود.

۵-۳- مسیر طی شده توسط وسیله نقلیه بعد از برخورد

ارایه مقادیر حداکثر برای سرعت برخورد سرنشین (OIV) و شتاب کاهشی ایجاد شده (ORA) در جهت طولی به منظور کاهش احتمال فرو رفتن خودرو در حفاظ و یا گیرکردن چرخ‌های آن به پایه حفاظ و عواقب نامطلوب آنها نظیر افزایش زاویه خروج خودرو و یا چرخیدن خودرو می‌باشد. همچنین تغییر جهت ملایم خودرو در برخورد با حفاظ بسیار مطلوب است که این امر هنگامی میسر می‌شود که زاویه خروج خودرو از حفاظ (زاویه بین راستای حفاظ و خودرو در هنگامی که تماسی بین آنها وجود ندارد) کمتر از ۶۰ درصد زاویه برخورد آن باشد. همچنین ممکن است کاهش شتاب خودرو و توقف آن در حالیکه تماسش با حفاظ حفظ شده است نیز رفتار قابل قبولی محسوب شود (اگر حفاظ در محدوده‌ی عرض خط جریان آمدوشد مجاور نصب شده باشد، وجود وسیله نقلیه متوقف شده می‌تواند خطراتی را برای رانندگان سایر وسایل نقلیه ایجاد نماید) (جعفری، ۱۳۹۸).

معرفی پارامترهای مورد ارزیابی حفاظ‌ها و وسیله نقلیه

پارامترهای رفتاری حفاظ‌های مورد بررسی (جعفری، ۱۳۹۸)

میزان انعطاف حفاظ در برخورد با وسیله نقلیه

میزان انعطاف حفاظ‌ها به خصوص در حفاظ‌های انعطاف پذیر و نیمه صلب، اهمیت ویژه‌ای دارد، به طوری که یکی از عوامل موثر در انتخاب حفاظ در مناطق مختلف می‌باشد. در این بخش میزان انعطاف ماندگار[16] و دینامیکی[17] (حداکثر تغییر شکلی که حفاظ در طول زمان برخورد با وسیله نقلیه متحمل می‌شود) مطرح می‌باشد.

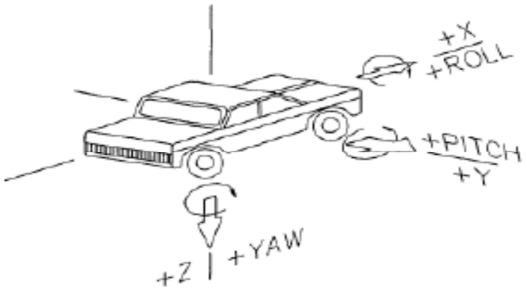
طول تغییر شکل یافته حفاظ‌ها و میزان انرژی ذخیره شده در سیستم

طول تغییر شکل یافته ی حفاظ‌ها در برخورد با وسیله نقلیه اهمیت ویژه‌ای در بحث تعمیرات پس از وقوع تصادف و هزینه‌های مرتبط با آن دارد. همچنین به منظور مقایسه بین میزان جذب انرژی و میراگر بودن سیستم حفاظ‌ها، میزان انرژی ذخیره شده باید مورد مقایسه قرار گیرد.

پارامترهای رفتاری وسیله نقلیه (جعفری، ۱۳۹۸)

میزان چرخش خودرو حول محورهای گذرنده از مرکز جرم آن

میزان چرخش خودرو حول محورهای سه گانه گذرنده از مرکز جرم آن که در شکل ۱ نشان داده شده است شامل میزان انحراف خودرو[18] یا زاویه خروج خودرو از حفاظ، میزان دوران خودرو حول محور طولی گذرا از مرکز جرم آن[19] و یا همان پتانسیل واژگونی خودرو و میزان چرخش خودرو حول محور عرضی گذرنده از مرکز جرم آن[20] می‌باشد که مقایسه بین این زوایا در برخورد خودرو با حفاظ‌های مختلف باید مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۱. زوایای دوران وسیله نقلیه حول محورهای سه گانه گذرنده از مرکز جرم آن

میزان کاهش سرعت خودرو در اثر برخورد با حفاظ‌ها

به طور کلی هرچه میزان سرعت خودرو پس از برخورد با حفاظ‌ها کمتر باشد کنترل آن راحت‌تر است. در نتیجه موجب ایمنی بیشتر سرنشینان وسیله نقلیه می‌شود.

میزان تغییرات شتاب طولی خودرو در اثر برخورد با حفاظ‌ها

تغییر ناگهانی شتاب خودرو عاملی بسیار مهم در ایمنی سرنشینان خودرو می‌باشد و با استفاده از دو متغیر سرعت طولی برخورد سرنشینان (OIV) و مقدار شتاب کاهشی منفی (ORA) می‌توان میزان خطر برای سرنشینان خودور را سنجید. این دو متغیر را می‌توان با استفاده از نمودار شتاب طولی خودرو محاسبه کرد.

کفایت سازه‌ای حفاظ ها در هدایت وسیله نقلیه

اصلی‌ترین معیار عملکرد حفاظ‌ها قابلیت هدایت وسیله نقلیه بدون واژگونی و یا نفوذ خودرو به پشت حفاظ‌ها می‌باشد. مسائلی نظیر واژگونی خودرو[۲۱]، نفوذ به پشت حفاظ و یا حرکت آن بر روی حفاظ‌ها[۲۲] باید مورد بررسی قرار گیرد.

معیارهای پذیرش

معیارهای اصلی قبولی در آزمایش‌های تصادف به شرح زیر است (TRB,1995):

رفتار وسیله نقلیه

- وسیله نقلیه نباید از حفاظ‌ها عبور کند و
- وسیله نقلیه باید هدایت شود.

رفتار حفاظ ایمنی

- هیچ قسمت عمده‌ای از حفاظ ایمنی نباید شکسته و جدا شود.

شاخص شدت

- هر دو شاخص شدت تصادف (ASI[۲۳]) و سرعت تئوری برخورد سر سرنشین (THIV[۲۴])، قبل از دستیابی به هرگونه توافق در مورد یک شاخص منفرد، استفاده خواهند شد.

تغییر شکل خودرو

- تغییر شکل داخل وسیله نقلیه باید با تکمیل فرم شاخص تغییر شکل اتاق وسیله نقلیه (VCDI[۲۵]) ارزیابی شود.

به طور کلی، این معیارها فقط برای یک آزمایش تصادف ارزیابی نمی‌شوند. چون آزمایش‌ها ممکن است در شرایط ضربه یکسان نباشند. به طور خاص، یک سیستم سطح بالای حفاظ که می تواند شرایط مهار کامیون‌ها را برآورده کند، ممکن است عملکرد صحیح مورد نیاز را برای شدت تصادف یک وسیله نقلیه سبک نداشته باشد. بنابراین تصمیم گرفته شده است که برای هر کلاس عملکردی مشخص، دو آزمایش تصادف انجام شود(TRB,1995).

- یک آزمایش برای بررسی حداکثر سطح مهار، و
- یک آزمایش اضافی روی یک اتومبیل شخصی کوچک برای بررسی رفتار وسیله نقلیه و شدت ضربه برای ایمنی سرنشینان.

مقایسه NCHRP 350 و MASH

هدف MASH مانند NCHRP 350 ارایه ضوابط و معیارهای ارزیابی تجهیزات سخت افزاری ایمنی است. نه MASH و نه NCHRP 350 دستورالعمل‌هایی برای طراحی سخت افزارهای ایمنی کنار جاده ارایه نمی‌دهند. این اطلاعات در راهنمای طراحی کنار جاده AASHTO موجود است. MASH و NCHRP 350 نمایانگر دستورالعمل‌های یکسانی هستند که برای انجام آزمایش تصادف در مقیاس کامل برای ویژگی‌های ایمنی راه‌ها به همراه معیارهای ارزیابی توصیه شده است. در ایالات متحده، یافتن وسایل نقلیه با وزن حدود ۸۲۰ کیلوگرم (۱۸۰۰ پوند)، که وسیله نقلیه سبک وزن تحت استاندارد NCHRP 350 می‌باشد، در سال ۲۰۰۹ هنگام نوشتن MASH بسیار دشوار بود. علاوه بر این، بسیاری از وانت‌های پیکاپ که به عنوان وسایل نقلیه آزمایش در NCHRP 350 استفاده می‌شدند، از نظر وزن و قد افزایش یافته بودند. این تغییرات وسیله نقلیه باعث ایجاد الزامات جدید

و بهبود آزمایش تصادف در MASH شده است (TRB,a,2013).

تفاوت‌های عمده بین NCHRP 350 و MASH را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد (TRB,a,2013):

وسایل نقلیه آزمایشی به روز شده‌اند تا ۸۵ درصد ناوگان شخصی ایالات متحده را پوشش دهند. شکل شماره ۲، تفاوت‌های بین دو استاندارد ذکر شده مربوط به کلاس وسیله نقلیه آزمایش را نشان می‌دهد.

Vehicle Class	NCHRP 350	MASH
Small car	820C Weight: **1,809 lb**	1100C Weight: **2,420 lb**
Pickup Truck	2000P Weight: **4,409 lb**	2270P Weight: **5,000 lb**
Single Unit Truck	8000S Weight: **17,636 lb**	10000S Weight: **22,000 lb**
Tractor Trailer	36000V Weight: 79,366 lb	36000V Weight: 79,300 lb

شکل ۲. تفاوت‌های NCHRP 350 و MASH در کلاس وسیله نقلیه آزمایش (وبسایت Roadsistems)

- معیارهای شرایط برخورد برای اصلاح ناسازگاری‌ها و شناسایی شرایط مورد نیاز اصلاح شدند. شکل شماره ۳، تفاوت‌های دو استاندارد ذکر شده در شرایط برخورد با حفاظ را در آزمایش تصادف نشان می‌دهد.

Test Level	Test Vehicle	NCHRP 350	MASH
TL-3	Small Car	Speed: 62 mph Angle: 20°	Speed: 62 mph Angle: 25°
TL-3	Pickup	Speed: 62 mph Angle: 25°	Speed: 62 mph Angle: 25°
TL-4	S.U.T.	Speed: 50 mph Angle: 15°	Speed: 56 mph Angle: 15°
TL-5	Tractor Trailer	Speed: 50 mph Angle: 15°	Speed: 50 mph Angle: 15°

شکل ۳. تفاوت‌های NCHRP 350 و MASH در شرایط برخورد (وبسایت Roadsistems)

- معیارهای ارزیابی برای اصلاح معیارهای مرتبط با سرنشین و برای تعریف بهتر سایر معیارها اصلاح شدند.

جزئیات اضافی که تفاوت بین NCHRP 350 و MASH را نشان می‌دهد بصورت زیر طبقه بندی شده است (TRB,a,2013):

- تغییرات در چارچوب آزمایش
- تغییرات در راه اندازی و انجام آزمایش
- تغییرات در وسیله نقلیه آزمایش
- تغییرات در معیارهای ارزیابی
- تغییرات در مستندات آزمایش

MASH یک سند AASHTO است و NCHRP 350 یک سند FHWA می‌باشد و این تغییر معیار تأثیر قابل توجهی در اجرای MASH خواهد داشت. تفاوت عمده بین اجرای NCHRP 350 و MASH در این است که به مقامات راهداری اجازه داده می‌شود برای آینده قابل پیش بینی خرید محصولات NCHRP 350 را ادامه دهند. مدیریت

بزرگراه های فدرال FHWA الزامی به استفاده از محصولات MASH نخواهد داشت. اما مقامات راه را ترغیب می کند تا سخت افزارهای ایمنی موجود در بزرگراه‌ها را که تحت گزارش MASH یا NCHRP 350 پذیرفته نشده‌اند را در طی پروژه‌های بازسازی یا در هنگام تعمیرات سیستم، به هریک از محصولات MASH یا NCHRP 350 ارتقا دهند.

بیشتر مسئولان راهداری موافق هستند که سخت افزار MASH در صورت وجود استفاده شود، اما هیچ الزامی برای تعویض سخت افزار فعلی NCHRP 350 وجود ندارد (TRB,a,2013). محصولات بسیار کمی با اصول MASH آزمایش شده‌اند و تولید محدود محصولات آن در حال انجام است، زیرا به احتمال زیاد به دلیل نیازهای دقیق‌تر آزمایش MASH، محصولات MASH گران تر از محصولات NCHRP 350 هستند. یک مقام راهداری که امکان استفاده از هر دو محصول را داشته باشد، به احتمال زیاد محصول ارزان قیمت NCHRP 350 را با کیفیت پایین‌تر انتخاب می‌کند و این سناریو باعث می‌شود تولید کنندگان نتوانند محصول گران تر MASH را تولید کنند. مشکل دیگری که رخ می‌دهد اینست که اگر با یک محصول که تنها در گروه محصولات MASH می‌باشد، مواجه باشیم، اگر مقامات راهداری بدانند این وضعیت انحصار ایجاد می‌کند، آنها تمایلی به معرفی محصول MASH نخواهند داشت. به تمام این دلایل، معقول و منطقی است که فرض کنیم محصولات ایمنی جاده NCHRP 350 برای سال‌های بسیاری در ایالات متحده و سایر کشورهای تابع این دستورالعمل، استفاده می‌شود (TRB,a,2013).

مقایسه NCHRP 350 و MASH با EN 1317

در سال ۲۰۰۸، از طریق کمیته AFB20، یک گروه جهانی از کارشناسان تجهیزات ایمنی جاده‌ها توصیه کردند که مقامات راهداری از EN 1317، NCHRP 350 یا هر دو استاندارد و به روزرسانی‌های آنها برای توسعه و تصویب استفاده از تجهیزات ایمنی کنار جاده‌ها استفاده کنند. با انجام این کار، مرجعی برای کشورها در سراسر جهان ایجاد می‌شود که به آنها امکان می‌دهد با خیال راحت محصولات ایمنی جاده‌ها را در یک سیستم بزرگراه با استفاده از استانداردهای متنوع ادغام کنند. جدا از پتانسیل ایجاد جاده‌ها و بزرگراه‌های ایمن، چنین راهنمای مرجعی می‌تواند درهای بازارهای مختلف را به یک استاندارد یا استانداردهای دیگر باز کند (TRB,b,2013).

مراحل مقایسه و ارزیابی

به طور گسترده، EN 1317 و MASH عملکرد سیستم‌های حفاظ‌های جاده را با روشی مشابه ارزیابی می‌کنند. در هر دو مورد، آزمایش‌های در مقیاس کامل با وسایل نقلیه مشخصه، با سرعت برخورد و زاویه بازنمایی در سطح زمین صاف انجام می‌شود. در هر دو مورد، خروجی ارزیابی، تغییر شکل سیستم مهار جاده، مسیر وسایل نقلیه آسیب دیده پس از برخورد، و احتمال بروز صدمات برای سرنشینان یا کاربران جاده است. اما در جزئیات تفاوت‌های چشمگیری وجود دارد. در وسایل نقلیه به کار رفته در آزمایش، شرایط دقیق برخورد، رفتار وسیله نقلیه پس از برخورد و روش ارزیابی خطر آسیب رسیدن به سرنشین، اختلاف وجود دارد. این تفاوت‌ها در زیر توضیح داده خواهند شد(TRB,c,2013).

وسایل نقلیه آزمایش

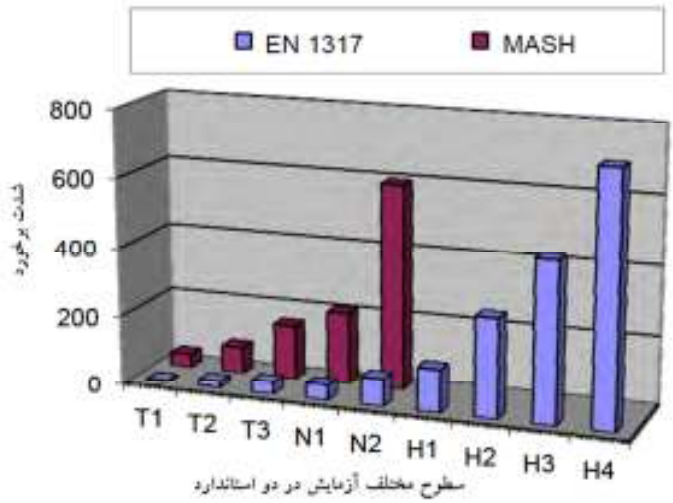
هر دو EN1317 و MASH دارای یک وسیله نقلیه کوچکتر و یک وسیله نقلیه بزرگ‌تر هستند. برای EN1317 جرم های خودرو ۹۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوگرم هستند. برای NCHRP 350 وسایل نقلیه ۸۲۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم است و اینها به ترتیب در MASH به ۱۱۰۰ و ۲۲۷۰ کیلوگرم افزایش یافته است. این اختلافات در شکل شماره ٤ برای وسایل نقلیه کوچکتر و در شکل شماره ٥ برای وسایل نقلیه بزرگتر نشان داده شده است (TRB,c,2013).

شکل ٤. وسیله نقلیه کوچک در آزمایش‌ها الف) EN۱۳۱۷ ب) NCHRP ۳۵۰ و ج) MASH (TRB,2013)

شکل ۵. وسیله نقلیه بزرگ در آزمایش‌ها الف) EN۱۳۱۷ ب) NCHRP ۳۵۰ و ج) MASH (TRB,2013)

شرایط برخورد

سرعت و زاویه برخورد بین استانداردهای مختلف آزمایش تصادف متفاوت است. این مورد می‌تواند به عنوان شدت برخورد برای هر سطح آزمایش حفاظ همانطور که در شکل شماره ٦ نشان داده شده است بیان شود (TRB,c,2013).



شکل ٦. شدت برخورد برای سطوح مختلف آزمایش تصادف

در مقایسه EN 1317 با چارچوب آزمایش MASH، اختلاف جرم وسایل نقلیه منعکس کننده اختلاف ناوگان بین اروپا و ایالات متحده است، و افزایش زاویه برخورد با حفاظ در استاندارد ایالات متحده از ۲۰ تا ۲۵ درجه ممکن است این فلسفه را منعکس کند که ضربه شدیدتر، در ارتباط با زاویه ضربه بالاتر می باشد که منجر به طراحی جامع حفاظ ایمنی خواهد شد (Abraham,2016).

رفتار وسیله نقلیه پس از برخورد

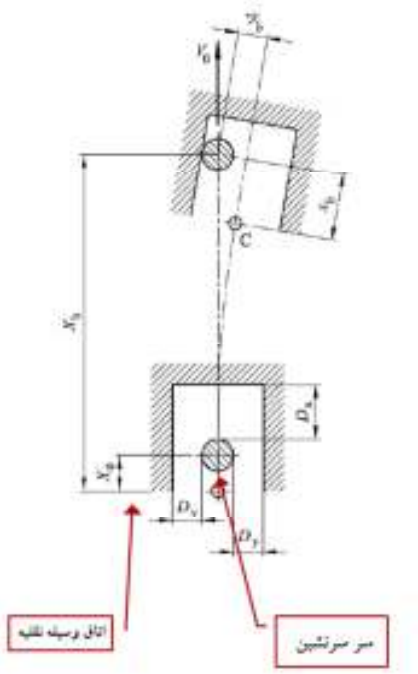
تفاوت عمده بین دو استاندارد در مورد رفتار وسیله نقلیه مربوط به مسیر خروج خودرو پس از برخورد است. استاندارد NCHRP 350 تصریح می کند که پس از تصادف، ترجیح داده می شود که مسیر خودرو به خطوط ترافیکی مجاور وارد نشود و زاویه خروج ترجیحاً باید کمتر از ٦٠ درصد از زاویه برخورد در هنگام آزمایش باشد که در زمان از دست دادن تماس وسیله نقلیه آزمایش با تجهیزات ایمنی آزمایش، اندازه‌گیری می شود. استاندارد EN 1317 تصریح می‌کند که در هر آزمایش، چرخ‌های وسیله نقلیه نباید خط باکس خروجی را مورد تجاوز قرار دهد. مگر اینکه سرعت مرکز جرم وسیله نقلیه، مساوی و یا کمتر از ۱۰ درصد از سرعت برخورد تعیین شده باشد. در چارچوب استاندارد EN 1317، در صورت عدم رضایت از این معیار، نتیجه آزمایش به تصویب نمی‌رسد. همچنین در این مورد، استاندارد EN 1317 سختگیرتر از استاندارد NCHRP 350 است، زیرا نیاز به مسیر خروج برای EN 1317 الزامی است، اما برای NCHRP 350 اختیاری است(TRB,2016).

سنجش صدمات سرنشین با مقایسه پارامترهای بیومکانیکی

قبل از انجام هر تست تصادف، با قرار دادن شتاب سنج در مرکز ثقل وسیله نقلیه آزمایش هر دو استاندارد، شتاب طولی (X)، عرضی (Y) و عمودی (Z) ثبت می شوند. نحوه ثبت داده‌ها در دو استاندارد یکسان است، اما در نحوه تهیه داده‌ها برای محاسبه پارامترهای بیومکانیکی که برای تایید شدن نتایج آزمایش‌ها باید کمتر از یک حدود مشخص شده باشند، اختلافاتی وجود دارد(TRB,2016).

پارامترهای بیومکانیکی محاسبه شده با استفاده از داده‌های حاصل از شتاب سنج‌ها، OIV و ORA برای استاندارد NCHRP 350 و نیز پارامترهای THIV (سرعت ضربه سر نظری) و ASI (شاخص شدت شتاب) برای استاندارد EN 1317 می‌باشند (TRB,2016). در استاندارد EN1317، محافظت از سرنشین‌ها بیشتر از طریق THIV (سرعت تئوری برخورد سر سرنشین) تعریف می‌شود. برای حفاظ‌ها، EN1317 نیاز دارد تا THIV کمتر از ۳۳ کیلومتر در ساعت و برای آزمایش‌های شاخ به شاخ با ضربه گیرها و قسمتهای انتهایی، THIV کمتر از ٤٤ کیلومتر در ساعت باشد. MASH سرعت ضربه به سرنشینان (OIV) را کمتر از ۳۰ فوت در ثانیه یا ۳۲,۷ کیلومتر در ساعت و حداکثر ٤٠ فوت در ثانیه یا ٤۳,۹ کیلومتر در ساعت ترجیح می‌دهد. این مقادیر مشابه

مقادیر EN1317 است اما با یک روش محاسبه متفاوت (TRB,c,2013). هر دو OIV (در MASH) و THIV (در EN1317) مفاهیم مشابهی دارند. آنها نمایانگر سرعت تئوری برخورد سر سرنشین در هنگام حرکت در فضای اتاق وسیله نقلیه هستند. تفاوت بزرگ این است که OIV از اجزای سرعت استفاده می‌کند، اما THIV از برآیند اجزا استفاده می‌کند. شکل شماره ۷ نمایانگر مدل فضای داخل اتومبیل است که در EN1317-1 استفاده می‌شود(TRB,c,2013).



شکل ۷. مدل واکنش سر سرنشین در حرکت نسبت به اتاق وسیله نقلیه (TRB,c,2013)

در هر دو استاندارد، سرنشین وسیله نقلیه به عنوان جسم آزاد برای حرکت در داخل محفظه اتاق وسیله نقلیه در نظر گرفته می شود. تا زمانی که وسیله نقلیه به حفاظ‌های ایمنی برخورد می کند، حرکتی نسبی بین سر مسافر (یا خود مسافر) و وسیله نقلیه برقرار خواهد بود زیرا فرض بر این است که مسافر به وسیله نقلیه متصل نشده و دارای حرکت آزاد است. سر به دلیل اثر نیروی اینرسی، به حرکت خود با سرعت اسمی برخورد ادامه می‌دهد، در حالی که محفظه اتاق وسیله نقلیه، به دلیل نیروی متضاد وارد شده در اثر برخورد با حفاظ ایمنی، شروع به کاهش سرعت می‌کند. در نتیجه می‌توان زمانی را به عنوان "زمان پرواز[۲۶]" مشخص کرد که سر با محفظه اتاق در ارتباط باشد که با t^* نشان داده می‌شود. هر دو استاندارد t^* را به عنوان زمانی که سرنشین (یا سر سرنشین) در داخل وسیله نقلیه ۰٫۶ متر در جهت طولی یا ۰٫۳ متر در جهت جانبی حرکت کرده است، برای محاسبات تعیین می‌کنند (TRB,2016).

پارامتر OIV به عنوان بزرگترین مقدار بین دو مؤلفه سرعت سرنشین (Vx و Vy) در t^* تعریف شده است. پارامتر THIV به عنوان برآیند سرعت سرنشین در t^*، تعریف می شود، به عنوان مثال، دو مؤلفه سرعت در زمان t^* در نظر گرفته می‌شود تا بزرگی بردار سرعت سرنشین را مانند فرمول شماره ۱ ارزیابی کند(TRB,2016).

$$\sqrt{V_x^2 + V_y^2} \qquad (۱)$$

با اشاره به این نکته، دو تفاوت اصلی بین دو استاندارد به وجود می‌آید: تفاوت اول در این است که استاندارد NCHRP 350 اجزای متعامد سرعت را به طور جداگانه در نظر می‌گیرد، در حالی که استاندارد EN 1317 اجزای متعامد سرعت را در کنار هم در نظر می‌گیرد، زیرا سرنشین این دو مؤلفه را همزمان احساس می‌کند. تأثیر ترکیب اجزا بسیار مهم است. به عنوان مثال، با فرض اینکه Vx و Vy در t* برابر با ۴۳,۲ کیلومتر در ساعت باشند، مطابق با الزامات NCHRP 350 مقدار OIV برابر ۴۳,۲ می‌باشد، اما مطابق با الزامات EN 1317، THIV برابر۶۱ کیلومتر در ساعت محاسبه می‌گردد، که دو پارامتر با هم برابر نیستند. این بدان معنی است که آزمایش تصادف مطابق با استانداردهای NCHRP 350، نمی‌تواند منطبق با استاندارد EN 1317 باشد(TRB,2016).

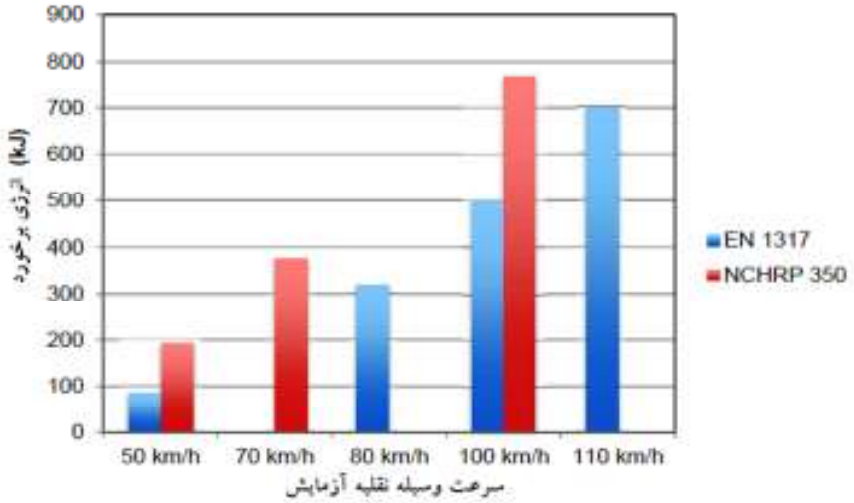
تفاوت دوم محدودیت‌های تعیین شده توسط دو استاندارد برای OIV و THIV می باشد. استاندارد NCHRP 350 همان حد ۴۳,۲ کیلومتر در ساعت را برای OIV در هر دو آزمایش برخورد شاخ به شاخ و برخورد جانبی تعیین می‌کند. در حالی که EN 1317 برای THIV در آزمایش برخورد شاخ به شاخ و برخورد جانبی، دو حد مختلف را تعیین می‌کند (حد مجاز در آزمایش شاخ به شاخ ۴۴ کیلومتر در ساعت و در آزمایش برخورد جانبی حد مجاز ۳۳ کیلومتر در ساعت است). در نتیجه، حدود THIV و OIV در برخورد شاخ به شاخ تقریباً یکسان است، در حالی که در برخوردهای جانبی حد NCHRP 350 محافظه کارتر است و می‌تواند از EN 1317 ایمنی بیشتری را برای سرنشین در نظر بگیرد. نکته دیگر اینکه، حال که حدود سرعت سرنشین معین گردید، مشکل تبعیت کردن از آن حدود افزایش می‌یابد، خصوصاً زمانی که سرعت اولیه بالا باشد. این بدان معناست که از نقطه نظر THIV یا OIV، پاس کردن یک آزمایش با سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت (EN 1317) از آزمایش با ۱۰۰ کیلومتر در ساعت (NCHRP 350) دشوارتر است حتی اگر انرژی صرف شده در برخورد تقریباً یکسان باشد (TRB,2016).

ORA (در MASH) مشابه $PHD^{۲۷}$ است، که برای نشان دادن حداکثر شتابی که سر سرنشین بعد از اولین برخورد (پس از سنجش THIV یا OIV) متحمل می‌شود، استفاده می شود. ORA بطور مستقل از اجزای شتاب استفاده می‌کند در حالی که PHD از برآیند شتاب حاصل استفاده می‌کند. PHD از EN1317 حذف شده است زیرا به نظر می‌رسد که یک پارامتر قابل اعتماد نیست. این مهم از نظر مفهومی صحیح است، اما اندازه‌گیری آن با توجه به نوسانات شتاب بسیار حساس است. ASI با OIV و ORA کاملاً متفاوت است و پارامتر اندازه‌گیری شده مورد نیاز MASH نیست، اگرچه MASH آژانس‌های متولی آزمایش تصادف را برای محاسبه ASI ترغیب می‌کند (TRB,c,2013).

EN1317 برای تعریف سه کلاس، از شاخص شدت تصادف (ASI) استفاده می‌کند. برای طبقه‌بندی A، شاخص ASI کمتر از ۱,۰ است، برای طبقه بندی B، شاخص ASI بین ۱ و ۱,۴ بوده و برای طبقه‌بندی C، شاخص ASI بین ۱,۴ و ۱,۹ می‌باشد. MASH نیز شتاب کاهشی منفی (ORA) را به دنبال مقادیر OIV اندازه‌گیری می‌کند. مقادیر ORA باید ترجیحاً کمتر از ۱۵ گرم و با حداکثر ۲۰/۴۹ گرم باشد(TRB,c,2013).

انرژی جنبشی جذب شده در حفاظ

آزمون ظرفیت به عنوان یکی از توصیف کننده‌های آزمایش تصادف تعریف شده است که حداکثر سطح انرژی برای سطح سرعت چارچوب آزمایش تصادفی که انجام می‌شود، می‌باشد. این مورد برای یک برخورد شاخ به شاخ با حفاظ، توسط وسیله نقلیه سنگین‌تر برای سطح سرعت مورد نظر است. در NCHRP 350، وسیله نقلیه سنگین‌تر وانت پیکاپ ۲۰۰۰ کیلوگرمی در هر سطح سرعت است، اما در EN1317 جرم وسایل نقلیه سنگین‌تر به سطح سرعت آزمایش بستگی دارد. شکل شماره ۸ انرژی موجود در هر آزمون ظرفیت را برای هر سطح سرعت در دو استاندارد نشان می‌دهد. میله‌های قرمز برای NCHRP 350 و میله‌های آبی برای EN1317 هستند (TRB,2016).



شکل ۸. مقایسه انرژی (کیلوژول)، در آزمون ظرفیت در هر سطح از سرعت برای هر دو استاندارد NCHRP 350 و EN1317 (TRB,2016)

از شکل ۸ به نظر می‌رسد که انرژی صرف شده در برخوردها نه تنها برای مقایسه سطح آزمون TL2 از استاندارد NCHRP 350 با سطح آزمون ۸۰ کیلومتر در ساعت استاندارد EN1317 قابل انجام است، بلکه برای سطح آزمون TL3 از استاندارد NCHRP 350 با سطح آزمون ۱۱۰ کیلومتر در ساعت استاندارد EN1317 نیز قابل مقایسه است. در نگاه اول، حفاظ در آزمایش ظرفیت TL3 نیاز به جذب ۷۰ کیلوژول انرژی بیشتر از حفاظ ضربه گیر در سطح آزمون ۱۱۰ کیلومتر در ساعت دارد. در واقع، انرژی اسمی در اثر برخورد وانت پیکاپ ۲۰۰۰ کیلوگرمی با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت با حفاظ ضربه‌گیر طبق استاندارد NCHRP 350، ۷۷۰ کیلو ژول است، در حالی که انرژی اسمی در اثر برخورد با ۱۱۰ کیلومتر در ساعت با حفاظ ضربه‌گیر، بر اساس استاندارد EN1317، ۷۰۰ کیلو ژول است. این بدان معنی است که ضربه گیرهای طراحی شده مطابق با استانداردهای اروپایی به مقدار ۱۰ درصد انرژی کمتری نسبت به ضربه گیرهای طراحی شده طبق استانداردهای ایالات متحده را جذب می‌کنند. در برخوردهای جانبی، اختلاف از نظر انرژی جنبشی جذب شده بین این دو استاندارد افزایش می‌یابد. انرژی جنبشی محاسبه شده بر اساس استاندارد NCHRP 350 با استفاده از تنها مؤلفه عرضی سرعت، ۹۰ کیلوژول است، در حالی که این انرژی بر اساس EN 1317 فقط ٤٧ کیلوژول است. در نتیجه حفاظ‌ها در استاندارد NCHRP 350 از نظر جذب انرژی خصوصاً با نگاه به برخوردهای جانبی، سخت‌تر از EN 1317 است.

این داده اما نشانگر این نیست که ضربه‌گیرهای NCHRP 350 از ضربه‌گیرهای EN1317 ایمن‌تر هستند. به عنوان مثال، با مقایسه تأثیرات دو وسیله نقلیه با انرژی جنبشی یکسان و در حالی که با دو سرعت متفاوت حرکت می‌کنند، موضوع روشن‌تر می‌گردد. انرژی جنبشی به شرح فرمول شماره ۲ است.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (۲)$$

که در آن: m برابر جرم وسیله نقلیه با واحد کیلوگرم، و v برابر سرعت وسیله نقلیه با واحد متر بر ثانیه می‌باشد.

با فرض جرم وسیله نقلیه ۲۰۰۰ کیلوگرم و سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت (۲۷٫۸ متر در ثانیه)، انرژی جنبشی سطح آزمایش TL3 از فرمول فوق بصورت زیر به دست می‌آید.

$$E = \frac{1}{2} \times 2000 \times (27.8)^2 = 770\ joule$$

ما در مثال خود این سطح از انرژی را تعیین می‌کنیم و با هر ترکیبی از سرعت و جرم می‌توان این سطح انرژی را بدست آورد. جهت ساده کردن مطلب به دو مثال بدیهی اشاره می‌کنیم.

مثال ۱: قطار با جرم ۹۰۰۰۰ کیلوگرم. این قطار هنگام حرکت با سرعت ٤,۷ کیلومتر در ساعت، همان انرژی جنبشی TL3 را خواهد داشت.

مثال ۲: موتور سیکلت با جرم ۲۰۰ کیلوگرم. این موتورسیکلت هنگام حرکت با سرعت ۳۱۵ کیلومتر در ساعت، همان انرژی جنبشی TL3 را خواهد داشت.

با فرض اینکه دو وسیله نقلیه موارد ۱ و ۲ به یک حفاظ ایمنی برخورد کنند که قادر به جذب انرژی جنبشی و متوقف

(۳)

نیرویی که بر روی وسیله نقلیه عمل می‌کند $F = m \times a$ است، که m جرم وسیله نقلیه است و a شتاب کاهشی یا

(٤)

حال با توجه به مقدمات بیان شده و با توجه به فرمول شماره ٤، چون انرژی جنبشی، Ec، صرف شده ثابت است، زمانی که جرم وسیله نقلیه کاهش یابد، میانگین تغییرات کاهش سرعت افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، با توجه به انرژی جنبشی ثابت Ec و فضای ثابت S که برای متوقف‌کردن وسیله نقلیه وجود دارد، وسیله نقلیه‌ای که با سرعت بالاتر (جرم کمتری) حرکت می‌کند با کاهش سرعت بیشتر متوقف می‌شود. این مثال ساده برای درک جنبه مهم مربوط به تفاوت

یک مثال

روش ارزیابی عملکرد سیستم حفاظ‌های ضربه‌گیر در EN1317 و MASH کاملاً متفاوت است(TRB,c,2013). با مقایسه بین الزامات طراحی ضربه گیرها در سطح ۳ آزمایش تصادف مطابق با NCHRP 350 و طراحی ضربه گیرهای هدایت کننده ۱۱۰ کیلومتر در ساعت مطابق با EN1317، NCHRP 350 آزمایش تصادف ضربه‌گیرها را با دو نوع اتومبیل متفاوت یعنی یک ماشین کوچک با جرم ۸۲۰ کیلوگرم و دیگری وانت پیکاپ ۲۰۰۰ کیلوگرم تعیین می‌کند و این خودروها هر دو برای تأیید ضربه گیرها برای سه سطح مختلف سرعت استفاده می شوند: ۵۰ کیلومتر در ساعت (TL1)، در ۷۰ کیلومتر در ساعت (TL2)، و ۱۰۰ کیلومتر در ساعت(TL3). استاندارد EN1317 اجرای آزمایش تصادف را با سه نوع ماشین متفاوت توصیف می‌کند: یک ماشین کوچک با وزن ۹۰۰ کیلوگرم؛ یک ماشین متوسط با وزن ۱۳۰۰ کیلوگرم؛ و یک ماشین بزرگ با وزن ۱۵۰۰ کیلوگرم. ضربه گیرها را می توان در چهار سطح مختلف سرعت آزمایش کرد: ۵۰ کیلومتر در ساعت، ۸۰ کیلومتر در ساعت، ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و ۱۱۰ کیلومتر در ساعت. وسیله نقلیه به کار رفته در آزمایش با سرعت۵۰ کیلومتر در ساعت کوچکترین خودرو است، از ماشین کوچک و متوسط برای میزان سرعت ۸۰ کردن هر دو وسیله نقلیه است، قابل درک است که تفاوت بزرگی برای تحمل تأثیرگذاری در سرعت ٤,۷ کیلومتر در ساعت به جای ۳۱۵ کیلومتر در ساعت وجود دارد. تفاوت اصلی ناشی از کاهش سرعت در اثر برخورد است که در سرعت‌های بالاتر بیشتر خواهد بود. میزان کاهش سرعت در هنگام ضربه‌ها معمولاً عامل آسیب دیدگی مسافران و رانندگان است. در طول زمانی که وسیله نقلیه به تجهیزات ایمنی برخورد می‌کند، تا آخر که متوقف می‌گردد، وسیله نقلیه با یک نیروی F عمل می‌کند. میانگین این نیرو که با S، جابجایی وسیله نقلیه در حین برخورد ضرب می‌شود، برابر است با انرژی جنبشی Ec، صرف شده در برخورد که در فرمول شماره ۳ ارایه شده است:

$$E_c = F \times S$$

تغییرات کاهش سرعت آن است. بنابراین، تغییرات کاهش سرعت به شرح فرمول شماره ٤ محاسبه می‌شود:

$$a = \frac{E_c}{m \times S}$$

بین NCHRP 350 و EN1317 مفید است. درست است که سطح انرژی NCHRP 350 از سطح معادل آن در EN1317، ۷۰ کیلوژول بزرگتر است، اما از طرف دیگر، EN1317 با وسیله نقلیه در ۱۱۰ کیلومتر در ساعت، با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت سریع‌تر از NCHRP 350 با حفاظ برخورد می‌کند و سرعت بیشتر باعث کاهش سرعت بیشتری می‌شود (TRB,2016).

و ۱۰۰ کیلومتر در ساعت استفاده می‌شود و از اتومبیل‌های کوچک و بزرگ برای سطح سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت استفاده می شود. استاندارد NCHRP 350 با توجه به ظرفیت انرژی جذب شده در اثر برخورد شاخ به شاخ و به ویژه برای اثرات برخوردهای جانبی با استاندارد EN 1317 متفاوت است. علاوه بر این، محدودیت پارامترهای بیومکانیکی در EN 1317 کمتر از NCHRP 350 است. استاندارد NCHRP 350، امکان OIVهای بزرگتر و میانگین کاهش سرعت سرنشین بزرگتری را فراهم می‌کند. در کل، NCHRP 350 منجر به ضربه‌گیرهای قوی‌تر و سفت‌تر می‌شود، در حالی که EN 1317ضربه‌گیرهای قابل اغماضی را امکان پذیر می‌کند که ممکن است منجر به کاهش سلامتی مسافر شود(TRB,2016). روشی برای طراحی ضربه‌گیرها که مطابق با دو استاندارد مذکور باشد، می‌تواند روشی شامل آزمایش تصادف ضربه‌گیرها مطابق EN 1317 و سپس انجام دو آزمایش تصادف اضافی به شرح زیر باشد (TRB,2016):

الف) یک آزمایش تصادف برای پر کردن فاصله بین انرژی‌های برخورد شاخ به شاخ محاسبه شده در دو استاندارد. مثلاً انجام آزمایش تصادف بر اساس سطح TL3.31 استاندارد NCHRP 350 .

ب) یک آزمایش تصادف برای برخوردهای جانبی، به نحوی که نشان دهد ضربه گیر طراحی شده با EN 1317، قادر به مقاومت در برابر برخوردهای جانبی بزرگتر مثل برخوردهای جانبی آزمایش های استاندارد NCHRP 350 می‌باشد. مثلاً انجام آزمایش بر اساس سطح TL3.37 استاندارد NCHRP 350 .

ارزیابی و مباحث تجاری

در صنعت خودرو، وسایل نقلیه‌ای که از مقررات اتحادیه اروپا برخوردار هستند در ایالات متحده و خودروهایی که از مقررات ایالات متحده برخوردار هستند در کشورهای اتحادیه اروپا فروخته می‌شوند. یکی از موانع تجارت بین اتحادیه اروپا و ایالات متحده، متفاوت بودن آزمایش استانداردهای ایمنی و الزامات مربوط به این وسایل نقلیه فروخته شده است. ساخت یا مدل کردن یکسان آزمایش تصادف در هر دو سیستم و انطباق طراحی با هرکدام می‌تواند گران باشد و مذاکره در مورد استانداردهای رایج ممکن است دشوار و وقت‌گیر باشد. بنابراین راه حل مناسبی برای توجیه شناخت متقابل، ضروری است تا نشان دهد عملکرد وسیله نقلیه در مبحث ایمنی تحت نظارت اتحادیه اروپا و ایالات متحده اساساً معادل است(Flannagan,et al., 2018).

ارزیابی ضمن خدمت حفاظ‌ها

ارزیابی ضمن خدمت گام اساسی در ایجاد یک متد برای اجرای حفاظ‌های ایمنی جدید یا انجام اصلاحات در حفاظ‌های ایمنی موجود می‌باشد. هدف از ارزیابی ضمن خدمت، تعیین و مستند سازی نحوه عملکرد حفاظ‌های ایمنی در مواجهه با طیف وسیعی از برخورد، ملاحظات محیطی، عملیاتی و نگهداری در شرایط میدانی و شرایط ترافیکی است. مرحله ارزیابی ضمن خدمت ضروری است زیرا آزمایشات تجزیه و تحلیل و آزمایش تصادف، فقط بخشی از کارایی یک حفاظ ایمنی را ارزیابی می‌کند، در حالی که دانش دقیق‌تر و عمیق‌تری از حفاظ‌های ایمنی مورد نیاز است. در شرایط عادی، جمع‌آوری داده‌های کافی برای تهیه یافته‌های معتبر آماری واقعی امکان پذیر نخواهد بود. به همین دلیل، مکان‌هایی باید انتخاب شوند تا بیشترین اطلاعات را در بازه‌های زمانی و از منابع محدود بدست آورند. ارزیابی ضمن خدمت شامل نصب تعدادی از حفاظ‌ها و تجهیزات ایمنی مشخص، در مکان‌هایی که با دقت انتخاب شده است، می‌باشد و سپس نظارت بر عملکرد این حفاظ‌ها و تجهیزات برای یک دوره زمانی در شرایط واقعی است.

۵- نتیجه‌گیری

با رانندگی از طریق کشورهای مختلف در جهان، فرد به سرعت در می‌یابد که بسیاری از خطرات کناره و میانه جاده‌ها که در کشور خود فرد شیوع دارد، به طور معمول در سایر کشورها نیز وجود دارد. بنابراین، مساله ایمنی کناره‌های جاده‌ها، یک مساله بین المللی است و استفاده از حفاظ‌های ایمنی کناره و میانه جاده‌ها به کلیه کشورهای جهان اختصاص دارد و یک سیستم حفاظ ایمنی موثر که بتواند بطور مطلوب حرکت وسایل نقلیه خارج از کنترل را محدود نماید برای جامعه جهانی از اهمیت زیادی برخوردار است. به این منظور، ایالات متحده و کشورهای اروپایی، در جهت تهیه استانداردها و دستورالعمل‌هایی به منظور بررسی عملکرد

مناسب حفاظهای جاده ای، با ارایه استانداردهای NCHRP MASH-350 و EN 1317، برای رفع مشکل فوق، پیشگام بوده‌اند که مبنای این استانداردها و گزارش‌ها، استفاده از آزمایش کامل تصادف جهت بررسی عملکرد ساختاری حفاظهای ایمنی جاده‌ای است که به بهترین شکل این حفاظها را به جهت کفایت سازه‌ای، میزان خطر برای سرنشینان و مسیر وسیله نقلیه پس از برخورد مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

آنچه لازم است چارچوبی برای ایجاد مقایسه جامع بین استانداردهای فوق است. داشتن یک مقایسه جامع و دقیق، به کشورهای مختلف اجازه می‌دهد با اطمینان از تجهیزات آزمایش شده برای هر دو استاندارد NCHRP 350- MASH و EN 1317، در جهت ایمن سازی شبکه راه‌های خود استفاده کنند.هر دو استاندارد MASH-NCHRP 350 و EN 1317، برای استفاده به عنوان یک استاندارد واحد بسیار متفاوت هستند، اما فناوری انجام تست‌ها، دستیابی به داده‌ها و ارزیابی عملکردها در هر دو استاندارد یکسان است. ضمن اینکه با تعریف آزمایش‌های تکمیلی جهت هر کدام از بخش‌های متفاوت از استانداردهای مذکور، می‌توان تفاوت‌ها را به حداقل رساند. تجزیه و تحلیل دستورالعمل‌ها و استانداردهای کشورهای نقاط مختلف جهان، شباهت‌های بسیاری را در کشورهای مختلف نشان می‌دهد. این مهم به این دلیل است که در حالی که برخی از کشورها استانداردهای اصلی خود را دارند (مانند ایالات متحده و کشورهای اروپایی)، برخی دیگر حداقل در بخش‌هایی، دستورالعمل‌های این کشورها را تصویب و انطباق می‌دهند. نکته مهم اینکه، اگرچه آزمایش تصادف استاندارد، پایه‌ای متحدالشکل را ارایه می‌دهد که محققان، سازمان‌ها و توسعه دهندگان ایمنی راه می‌توانند ویژگی‌های ایمنی را با یکدیگر مقایسه کرده و راهنمایی لازم جهت نصب حفاظ مناسب را پیشنهاد دهند، اما شرایط استفاده از حفاظ ایمنی در دنیای واقعی به قدری پیچیده است که باید عملکرد واقعی حفاظ را با ارزیابی ضمن خدمت آن بدست آورد. بر خلاف سطوح مختلف آزمایش تصادف استاندارد که عملکرد حفاظ را تحت سناریوی بدترین حالت ممکن ارزیابی می‌کند، ارزیابی عملکرد ضمن خدمت، بر عملکرد ایمنی بر مبنای موارد مشاهده شده متمرکز است. در زندگی روزمره موارد بسیاری از تأثیرات وسایل نقلیه در برخورد با حفاظهای ایمنی ممکن است رخ دهد که سرعت برخورد مختلف یا زاویه برخورد مختلف را دارند. علاوه بر این، ارزیابی عملکرد ضمن خدمت می‌تواند به تجزیه و تحلیل هزینه- سود قابل اعتماد با اطلاعات مفید در مورد نصب، نگهداری و هزینه‌های تعمیر منجر شود.

٦- پی‌نوشت‌ها

1.National Cooperative Highway Research Program
2. Manual for Assessing Safety Hardware
3.American Association of State Highway and Transportation Officials
4. European Normative
5. Transportation Research Board
6. Federal Highway Administration
7. National Highway System
8. European Committee for Normalization
9. Technical Committee
10. Working Group 1
11. Vehicle Restraint System
12. Flail Space Model
13. Point Mass Occupant
14. Occupant Impact Velocity (Oiv)
15. Occupant Ride Down Acceleration (Ora)
16. Permanent Deflection
17. Dynamic Deflection
18. Yaw Angle
19. Roll Angle
20. Pitch Angle
21. Rollover
22. Overriding
23. Accident Severity Index
24. Theoretical Head Impact Velocity
25. Vehicle Compartment Deformation Index
26. Flight Time
27. Post-Impact Head Deceleration

٦- مراجع

-سرکشیکی، ف.، (۱۳۹۰)، "بررسی عملکرد حفاظهای ایمنی به کار رفته در آزادراه‌های کشور مطالعه موردی آزادراه‌های تهران-ساوه و تهران- قم"، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل و نقل و ترافیک، سازمان ترافیک و حمل و نقل شهر تهران، تهران، ایران.

-شهیدیان، م.، (۱۳۹۵)، "حفاظهای ایمنی راه و ارزیابی عملکرد آن"، دومین همایش ملی توسعه پایدار در راهسازی با رویکرد حفظ محیط زیست، ۲۰ آبان ماه، شیراز، ایران.

–اکبری مطلق، ع.، (۱۳۹۶)، "افزایش ایمنی جاده‌ها با استفاده از حفاظ کابلی"، مجله راهبران، ماهنامه داخلی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، شماره ۱۰۰، ص. ۳۸–۴۰.

–خالقی، م. عضدی، و. و اخواست، ح.، (۱۳۹۶)، "طراحی گاردریل استوانه ای غلتان هوشمند در راستای کاهش تلفات جاده‌ای"، فصلنامه علمی تخصصی دانش انتظامی، سال ۸، شماره ۲۰، ص. ۱۷–۳۶.

-جعفری، ا.، (۱۳۹۸)، "شبیه سازی عددی رفتار انواع متداول حفاظ‌ها در اثر برخورد وسایل نقلیه سبک به روش اجزاء محدود"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، تهران، ایران.

-Abraham, N., Ghosh, B., Simms, C., Thomson, R., & Amato, G., (2016), "Assessment of the impact speed and angle conditions for the EN1317 barrier tests", International Journal of Crashworthiness. https://doi.org/10.1080/13588265.2016.1164444.

-Bruski. D, Burzyński. S, Chróścielewski. J, Jamroz. K, Pachocki. L, Witkowski. W, Wilde. K., (2019), "Experimental and numerical analysis of the modified TB32 crash tests of the cable barrier system, Engineering Failure Analysis 104 pp. 227–246. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.023.

-Flannagan C, Klinich K, Manary M, Green P., Balint A., Sander U., Sui B., Forsman A., "Fagerlind H, Phan V, et al., (2018), Comparing Motor-Vehicle Crash Risk of EU and US Vehicles, Accident Analysis and Prevention 117 (2018), pp.392–397. https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.003

-Jian Yang, Guoji Xu, C.S. Cai, A. Kareem. (2019), "Crash performance evaluation of a new movable median guardrail on highways", Engineering Structures 182, pp. 459–472. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.12.090

-Rezapour, M., Wulff, S.S, Ksaibati. K., (2019), "Examination of the severity of two-lane highway traffic barrier crashes using the mixed logit model, Journal of Safety Research 70, pp.223–232. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.07.010.

-Roque. C., Cardoso. J. L., (2013), "Observations on the relationship between European standards for safety barrier impact severity and the degree of injury sustained", IATSS Research 37, pp. 21–29. http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2013.04.002.

-Soltani, M. Baghaee Moghaddam, T. Karim, M.R. Ramli Sulong, N.H., (2013), "Analysis of developed transition road safety barrier systems", Accident Analysis and Prevention 59, pp.240– 252. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.029.

-Yaotian Zou, Andrew P. Tarko, Erdong Chen, Mario A. Romero, (2014), "Effectiveness of cable barriers, guardrails, and concrete barrier walls in reducing the risk of injury, Accident Analysis and Prevention 72", pp. 55–65. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.013.

-Carleton. Eric, (2017), "MASH Regulation, National Precast Concrete Association, Precast Inc November- December, pp.20-24.

-Federal Highway Administration, (1993), "Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features", NCHRP Report 350.

-Transportation Research Board, (1995), "International Crash Test Standards for Roadside Safety Features", Transportation Research Circular, Number 451.

-Transportation Research Board a., (2013), "International Crash Test Standards for Roadside Safety Features: MASH Compared to NCHRP 350", Transportation Research Circular, No. E-172: 7-10.

-Transportation Research Board b., (2013), "International Crash Test Standards for Roadside Safety Features: Can EN 1317 and NCHRP 350–MASH Be Used Interchangeably?" Transportation Research Circular, No. E-172, pp. 11-21.

-Transportation Research Board C., (2013), "International Crash Test Standards for Roadside Safety Features: Current Status of EN 1317 and U.S.–Europe Test Result Mutual Recognition, Transportation Research Circular", Number E-172, pp. 22-27.

-Transportation Research Board, (2016), "Roadside Safety Design and Devices, Transportation Research Circular, Number E-C215, pp.96-103.

Bluesystems, about cable barriers, http://en.bluesystems.se/about-cable-barriers/standards-crash-tests.

-Roadsystems, mash & nchrp-350, https://roadsystems.com/mash-and-nchrp-350/

TrafFix Devices, EN 1317 standards, https://www.traffixdevices.com/standards/EN1317.

Analysis and Evaluation of Technical Criteria Related To Field Tests of Concrete Road Guards

Mahmood Reza Keymanesh, Assistant Professor, Technical and Engineering Faculty, Payam Noor University, North Tehran Center, Tehran, Iran.

Amin Jafari, Ph.D., Student, Technical and Engineering Faculty, Payam Noor University, North Tehran Center, Tehran, Iran.

E-mail: mrkeymanesh@pnu.ac.ir

Received: July 2022- Accepted: November 2022

ABSTRACT

Roadway departure crashes, especially on high-speed rural roads, tend to be severe if the roadside exposes occupants of errant vehicles to excessive injury hazard. Unforgiving roadside features, along with the lack of proper safety treatment, contribute to undesirable crash outcomes, particularly the severe injuries and frequent deaths that result from collisions between dangerous roadside elements or opposite-direction vehicles and this is important in all countries of the world. Therefore, the use of road barriers has widened during the last several years and the structural performance of road barriers can be best accessed through full-scale crash tests. Safety barriers are currently designed for different performance levels, which are set according to current CEN and MASH-NCHRP 350 performance standards. In this paper, the criteria and differences of these standards in crash testing are evaluated and examined. The results of this limited study show that although these standards are the same in the technology to perform the tests, criteria, data acquisition, and performance evaluation, these standards are too different to be used as a single standard and require the design of additional tests to resolve the dispute and their performance under in-service conditions must also be considered.

Keyword: Accident Testing, Safety Protection, Safety Performance Assessment of Highway Accessories, Ways to Improve Safety Performance Assessment of Roadside Equipment, Common Testing and Certification Methods for Road Safety Systems, EN 1317, NCHRP 350, MASH