

Aumentare la sicurezza passiva



1. Incastro di un'autovettura che tampona un veicolo industriale.

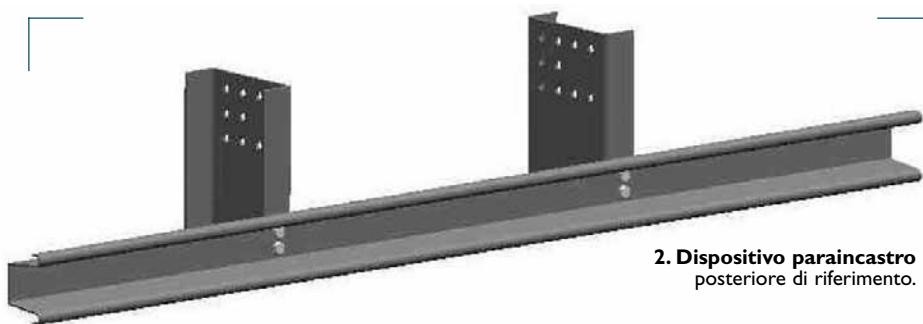
Nell'ambito della sicurezza passiva la corretta progettazione di un veicolo "pesante" prevede la messa a punto di dispositivi capaci di limitare i danni subiti dagli altri veicoli coinvolti in eventuali impatti. In caso di collisione tra un veicolo pesante e un'autovettura i pericoli maggiori si presentano per questa; un'autovettura che tampona un veicolo industriale privo di alcuna protezione rischia il tranciamento del tetto, con conseguenze letali per i passeggeri (figura 1). Per scongiurare tali pericoli le normative europee (ECE R58) e americane (FMVSS n. 223 e 224) prescrivono, ai fini dell'omologazione dei veicoli industriali messi in commercio, la presenza di opportuni dispositivi paraincastro posteriori; tali normative limitano lo spostamento massimo subito dall'estremità del dispositivo sotto l'applicazione di opportuni carichi statici. In una recente assemblea dell'European Transport Safety Council è emerso che gli occupanti di un'autovettura coinvolta in un im-

patto con velocità relativa superiore a 56 km/h possono sopravvivere solo se il veicolo pesante dispone di adatti assorbitori di energia, attualmente latenti sulla maggior parte dei mezzi in produzione.

Si stima [1] che tali sistemi, testati con opportune prove di crash, purtroppo non previste dalle normative vigenti, potrebbero ridurre di circa 1.200 i morti e di 24.000 i feriti all'anno in tutta Europa.

Pertanto si è voluto sviluppare, con l'ausilio di simulazioni Fem, un nuovo dispositivo paraincastro posteriore per veicolo industriale capace di dissipare una notevole energia (High Energy Absorption Rear Underrun Protective Device, HEARUPD), nell'ottica di ridurre i danni subiti dai passeggeri dell'autovettura. Le simulazioni numeriche di crash test hanno evidenziato un migliore comportamento del dispositivo paraincastro posteriore HEARUPD rispetto ad uno attualmente in uso, preso come riferimento.

In un tamponamento tra un'autovettura e un autocarro un nuovo dispositivo paraincastro posteriore per veicolo industriale consente di dissipare una notevole energia nell'ottica di ridurre i danni subiti dai passeggeri dell'autovettura. Le simulazioni numeriche di crash test hanno evidenziato un migliore comportamento del dispositivo paraincastro posteriore HEARUPD rispetto ad uno attualmente in uso, preso come riferimento



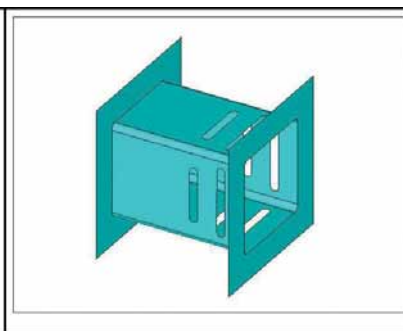
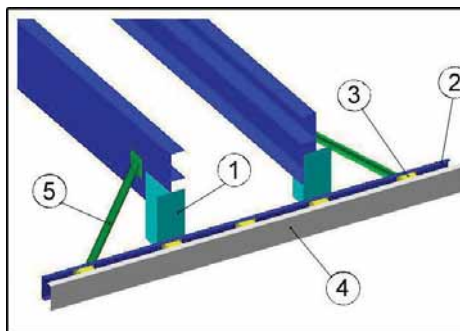
2. Dispositivo paraincastro posteriore di riferimento.

Metodologia di sviluppo

Si è preso come riferimento il dispositivo paraincastro posteriore di un veicolo industriale furgonato adibito al trasporto merci venduto in Europa e conforme alla normativa europea. Questo è costituito da una barra con sezione trapezoidale aperta collegata tramite dei bulloni a due staffe ancorate ai longheroni del telaio (figura 2). Per esaminare l'influenza dei due dispositivi sui danni riportati dal mezzo impattante si sono eseguite analisi Fem per la simulazione di due modalità di tamponamento da parte di un'autovettura utilitaria, una dove tutta la larghezza dell'autovettura è sovrapposta a quella del veicolo industriale (100% overlap) e l'altra con 40% di overlap (lato conducente). Si è utilizzato un codice Fem esplicito e si è realizzato un modello parametrico dell'HEARUPD che ha permesso, facendo variare gli spessori e le principali dimensioni dei suoi componenti, di ricercare la configurazione più performante nell'urto a 56 km/h tra l'autovettura ed il veicolo industriale dotato del nuovo dispositivo. Il modello agli elementi finiti della autovettura (Geo Metro) impiegato per le simulazioni di crash test, fornito dal National Crash Analysis Center (NCAC, <http://www.ncac.gwu.edu>), è costituito da circa 16300 elementi di tipo shell e brick; questo è stato validato simulando un crash test di impatto frontale conforme allo standard US-NCAP e confrontando successivamente i risultati ottenuti con quelli sperimentali prelevati dal database della National Highway Traffic Safety Administration. Il modello presenta un comportamento abbastanza fedele a quello reale, sia in termini di deformazione che in termini di picchi di decelerazione massima rilevati sull'abitacolo durante l'urto; dunque lo si è potuto impiegare per confrontare i due dispositivi paraincastro.

Il modello Fem del veicolo industriale com-

3. Modello del dispositivo HEARUPD (sinistra) e dettaglio del crashbox privo di schiuma (destra).



prende solamente la parte di interesse, che termina in corrispondenza del piano verticale contenente l'ultimo asse del veicolo. Si è supposto un comportamento infinitamente rigido del materiale costituente i longheroni e la struttura furgonata, che vengono pure vincolati nello spazio in modo da non subire spostamenti durante l'urto. Tale ipotesi risulta abbastanza verosimile e comunque è conservativa, in quanto si ha un aggravio di sollecitazione sul dispositivo paraincastro che rappresenta l'unico componente deformabile oltre gli pneumatici. Gli obiettivi che si vogliono raggiungere con l'impiego dell'HEARUPD sono:

- scongiurare il pericolo di incastro di un'autovettura che tampona un mezzo pesante nelle principali configurazioni di impatto, annullando l'intrusione nell'abitacolo;
- incrementare l'energia dissipata dal dispositivo, limitando così la deformazione della cellula di sopravvivenza dell'autovettura;
- ridurre, per quanto possibile, le decelerazioni trasmesse dalla vettura ai suoi occupanti durante l'impatto.

La struttura

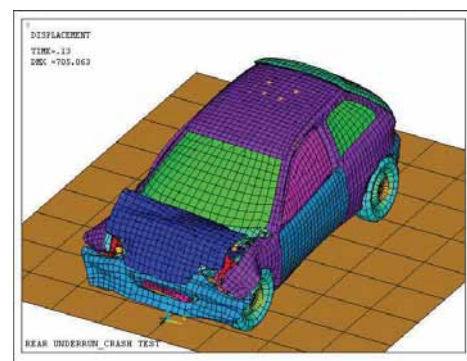
Il dispositivo HEARUPD presenta una struttura abbastanza rigida, superiore rispetto al di-

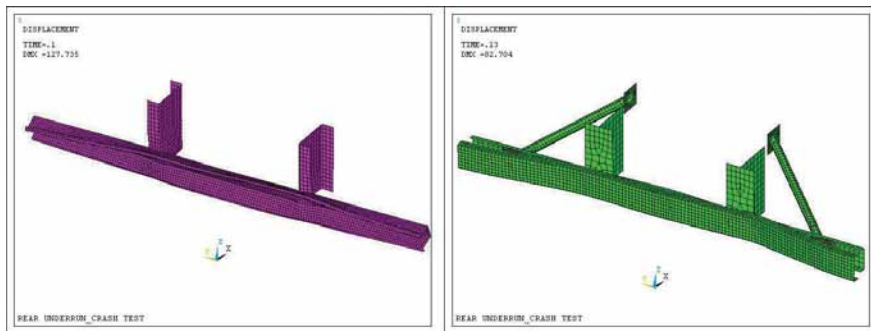
positivo di riferimento, che garantisce la protezione dall'incastro; all'interno sono tuttavia presenti elementi deputati a dissipare parte dell'energia cinetica posseduta dall'autovettura impattante.

Tra gli elementi costituenti l'HEARUPD si annoverano (figura 3):

- staffe di collegamento del dispositivo al telaio (1),
- barra trasversale principale collegata alle staffe (2),
- dissipatori energetici costituiti da crashboxes collegati alla barra principale (3),
- barra trasversale d'estremità (o secondaria)

4. Deformata dell'autovettura dopo l'impatto 100% overlap con il dispositivo di riferimento (sinistra) e con l'HEARUPD nella sua migliore configurazione (destra).





5. Deformazione dei due dispositivi
al termine dell'urto 100% overlap.

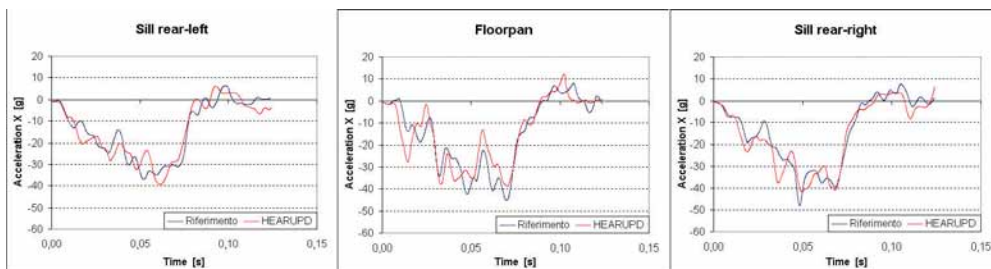
6. Decelerazioni in direzione X lette
sull'abitacolo dell'autovettura durante l'urto 100% overlap.

collegata alle estremità dei dissipatori (4),
- puntoni tubolari colleganti le estremità della barra principale al telaio (5).

Tutti i componenti sono realizzati in acciaio Fe510, tranne i cinque crashboxes costituiti da tubi di alluminio 6061 T6 di sezione quadrata riempiti di schiuma d'alluminio ed opportunamente flangiati alle estremità per il collegamento con le due barre trasversali (figura 3). Costituisce una peculiarità dei crashboxes impiegati la presenza di due feritoie praticate su ogni parete dei tubi al fine di favorire il collasso quando sono caricati assialmente per mezzo della barra secondaria.

Vantaggi

Dopo aver analizzato il comportamento del dispositivo di riferimento, nel crash test con full overlap è stata ricercata la configurazione mi-



gliore dell'HEARUPD. Pertanto, si sono simulate più prove facendo variare alcune variabili di progetto in modo da valutarne l'influenza e ricercarne i valori più opportuni.

Da un confronto delle deformate dell'autovettura al termine dell'impatto con i due dispositivi (figura 4) risulta evidente la minore deformazione del cofano motore e dei passaruota nell'urto con l'HEARUPD (nella sua migliore configurazione): infatti rispetto all'urto con il dispositivo di riferimento lo schiacciamento dell'autovettura è diminuito del 10% e l'energia dissipata dal dispositivo è aumentata del 50%; in entrambi i casi l'autovettura non si incastra data la modesta altezza dal suolo delle barre e la presenza delle due staffe come ostacolo all'incuneamento. La figura 5 mostra i due dispositivi al termine dell'urto.

Le decelerazioni lungo l'asse del moto dell'autovettura, asse X, lette in prossimità della soglia delle due portiere e sul tunnel del pavimento sono confrontate con quelle relative all'urto col dispositivo di riferimento (figura 6); sul lato destro e sul tunnel si riscontra una diminuzione rispettivamente pari a 8 g e 6 g del-

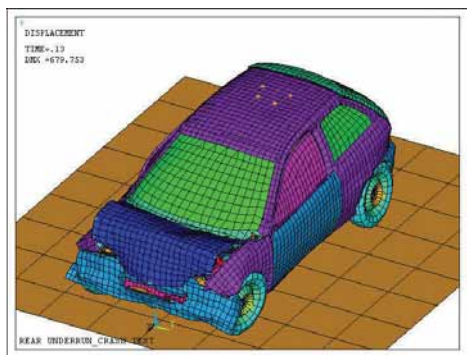
la decelerazione massima mentre l'accelerometro di sinistra rileva un picco massimo superiore di 2 g rispetto a quello di riferimento. Nel crash test 40% overlap con il dispositivo di riferimento l'autovettura si incunea sotto il mezzo pesante a causa della notevole flessione subita dall'estremità della barra. Il front-end dell'autovettura non subisce alcun danno di rilievo mentre il parabrezza e la parte anteriore del tetto si schiacciano urtando lo spigolo del veicolo industriale (figura 7).

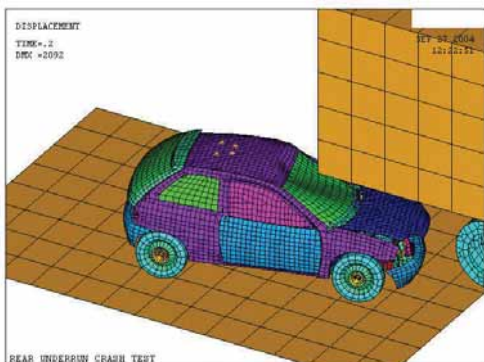
In direzione X le decelerazioni maggiori si legono negli accelerometri posti sulla soglia della portiera sinistra e sul tunnel, con picchi rispettivamente pari a 19 g e 25 g, mentre nella portiera destra si rileva un picco di soli 12 g. In direzione Y il picco maggiore è presente a

destra del tunnel ed è pari a 22 g contro i 12 g rilevati a sinistra e sul tunnel.

Durante il crash test con il dispositivo HEARUPD il parabrezza dell'autovettura non collide con lo spigolo dell'autocarro e l'intera autovettura non corre il pericolo di incastrarsi (figura 8); determinante è la presenza del puntone che evita l'incastro dell'autovettura. In tal caso l'effetto dei crashboxes è minore rispetto a quello riscontrato nell'urto full overlap; data anche la modesta larghezza dell'autovettura, durante l'impatto si deforma in maniera rilevante solo il dissipatore posto sull'estremità destra del dispositivo (figura 9).

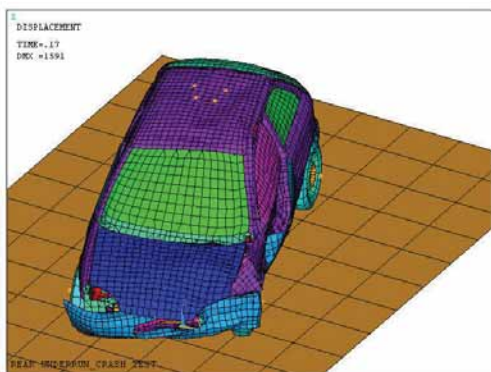
Le decelerazioni rilevate sull'autovettura sono ovviamente maggiori sul suo lato sinistro, ove si legge sul pavimento un picco massimo lungo X di 35 g; tale valore è inferiore a quello relativo all'urto con 100% di overlap ma ora sono pure significative le decelerazioni lungo l'asse Y, ove si registra un valore massimo di 21 g in prossimità della portiera sinistra. Diversamente sul lato destro e sul tunnel centrale la decelerazione trasversale è contenuta entro 15 g. Per poter valutare ulteriormente i benefici





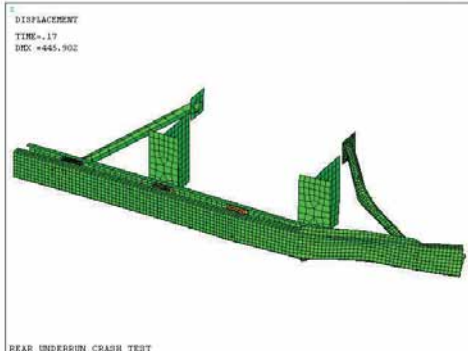
7. Crash test con 40% overlap
(dispositivo di riferimento): incastro.

introdotti dai crashboxes si è deciso di confrontare il dispositivo HEARUPD con un alternativo (figura 10), realizzato a partire da quello di riferimento al quale sono stati aggiunti due puntoni di collegamento con i longheroni del telaio. La presenza dei puntoni offre una maggiore protezione dall'incastro ma comporta un ulteriore aumento della rigidità del sistema rispetto al dispositivo originario. Nell'urto full overlap ciò si riscontra nel basso valore di energia assorbita, pari a 12,5 kJ; lo schiacciamento dell'autovettura è pari a 630 mm, superiore di 53 mm rispetto a quello ricavato col dispositivo HEARUPD. Il confron-



8. Autovettura al termine dell'urto 40% overlap con dispositivo HEARUPD.

to tra le decelerazioni mostra i vantaggi del dispositivo HEARUPD rispetto a quello alternativo; con quest'ultimo si rileva un picco massimo a destra del tunnel superiore di 10 g rispetto all'urto col dispositivo HEARUPD mentre a sinistra il picco è superiore di 2 g. Sul tunnel a fronte di un picco di 38,7 g se ne legge ora uno poco superiore i 45 g. Nell'urto con overlap 40% il puntone disposto



9. Deformazione del dispositivo HEARUPD al termine dell'urto con overlap 40%.

10. Modello Fem del dispositivo di riferimento modificato.

dal lato del veicolo impattante svolge la prevedibile efficace azione contro il rischio di incastro. La lettura della velocità posseduta dall'autovettura mostra delle differenze rispetto all'urto con il dispositivo HEARUPD; a conferma della maggiore velocità posseduta dal veicolo dopo l'urto si leggono valori di decelerazione inferiori in alcune zone dell'abitacolo.

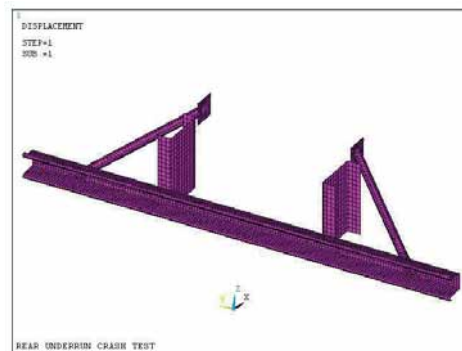
In direzione Y l'accelerometro posto sulla sinistra del pavimento riporta una curva con picchi massimi inferiori di 7 g, mentre sul tunnel e sulla destra dello stesso si registra una diminuzione rispettivamente

di 3 g e 5 g. Le decelerazioni maggiori relative all'urto con l'HEARUPD (40% overlap) presentano comunque valori sopportabili per gli occupanti del veicolo, contrariamente a quanto avviene nell'urto full overlap con il dispositivo alternativo dove si è rilevato un picco di decelerazione superiore a 50 g.

Concreta possibilità di impiego

Il dispositivo HEARUPD nella sua migliore configurazione ha superato la prova di omologazione europea ECE R 58 simulata con analisi Fem non lineare svolta con un codice implicito. Tale valutazione è stata eseguita dopo le simulazioni di crash test poiché soltanto per mezzo di queste ultime si poteva sviluppare un dispositivo più efficiente.

Ciò è confermato dal comportamento del dispositivo di riferimento, che non assicura la protezione dall'incastro nel crash test 40% overlap. In conclusione le simulazioni numeriche hanno evidenziato un migliore comporta-



mento del dispositivo paraincastro posteriore HEARUPD rispetto ad uno attualmente in uso preso come riferimento.

È indubbia l'influenza positiva dei crashboxes, che consentono di diminuire gli svantaggi dovuti all'irrigidimento della struttura, necessario per evitare l'incastro dell'autovettura, rendendo il dispositivo più deformabile ed in grado di dissipare una maggiore energia. L'esito positivo della simulazione della prova di omologazione europea e l'ingombro complessivo di poco maggiore hanno confermato la possibilità di impiego del dispositivo HEARUPD in sostituzione di quello di riferimento.

R. Buttitta, F. Cappello, V. Nigrelli, Dipartimento di Meccanica, Università degli Studi di Palermo.

Bibliografia

[1] "Priorities for EU Motor Vehicle Safety Design", European Transport Safety Council, Brussels 2001.