

Dip.to DISTART - Università di Bologna



Progetto e verifica delle Barriere di sicurezza

Prof. Ing. Giulio Dondi

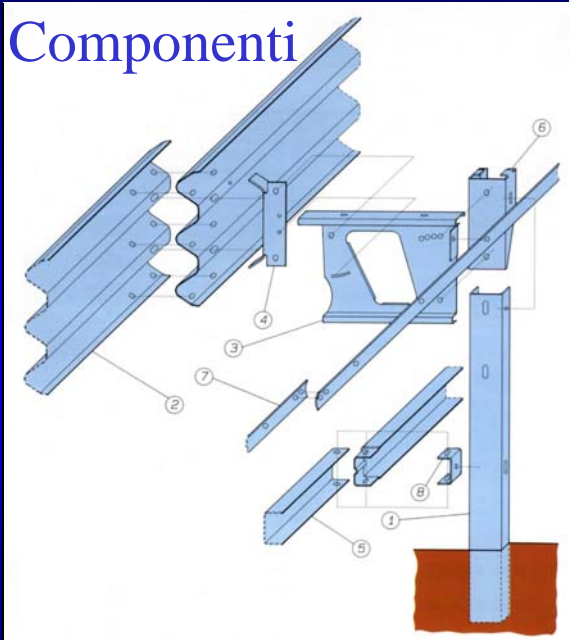
Generalità

- Invalicabilità, così da assicurare la sicurezza di tutto ciò che si trova al di là della struttura di contenimento;
- graduale rientro in carreggiata del veicolo dopo l'urto, con un angolo di ritorno tale da non arrecare danni agli altri veicoli occupanti la carreggiata;
- le minori accelerazioni possibili a carico degli occupanti del veicolo in modo da contenere i danni sia alle persone che all'automezzo;

CLASSIFICAZIONE

- **materiale di costruzione**
 - Acciaio
 - C.a.
 - Miste acciaio-C.a.
 - Legno
 - Materiali speciali
- **luogo di installazione**
 - barriere spartitraffico provvisorie;
 - barriere spartitraffico definitive;
 - barriere per bordo laterale da rilevato;
 - barriere per bordo laterale per opere d'arte;
 - barriere speciali e terminali.
- **comportamento in seguito all'urto**
 - barriere deformabili;
 - barriere rigide;
 - barriere semirigide.

Componenti



1 - Montante

2 - Nastro

3 - Distanziatore

4 - Dissipatore di energia

5 - Corrente inferiore

6 - Dispositivo di sganciamento

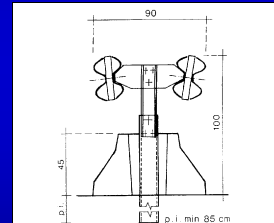
7 - Piatto sagomato

8 - Supporto inferiore

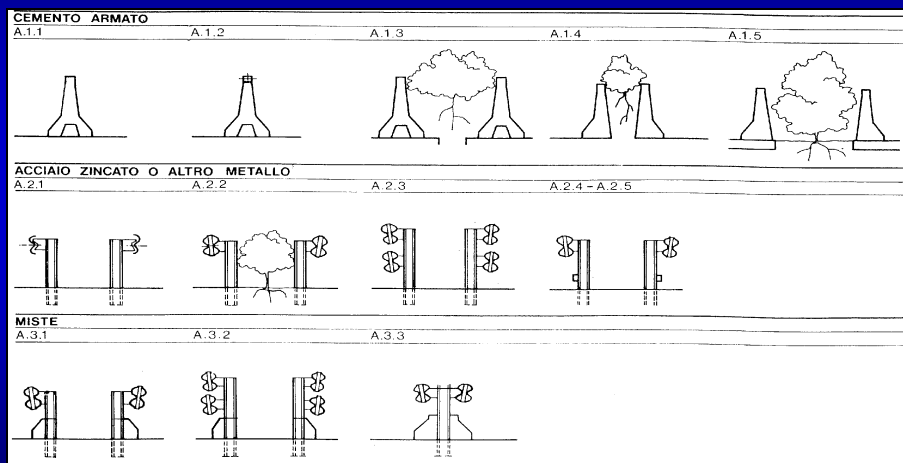
Tipologie

La barriera di sicurezza, dal punto di vista tecnologico e funzionale, può essere realizzata in diversi materiali :

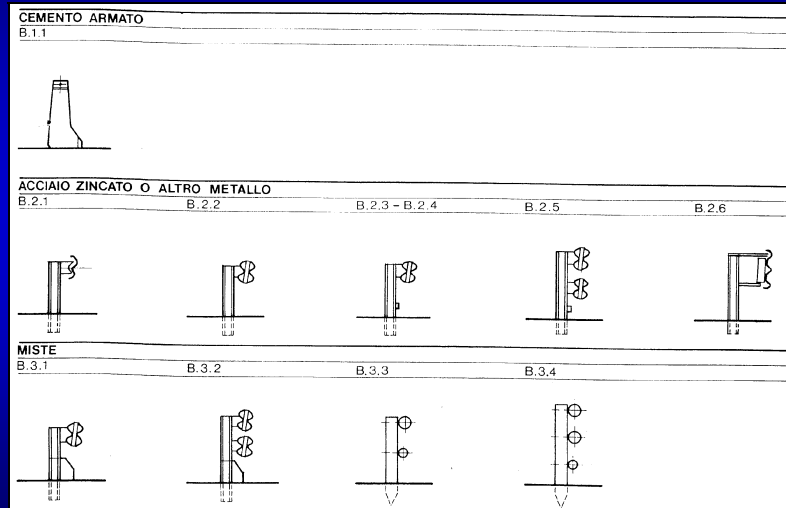
- Acciaio
- C.a.
- Miste acciaio-C.a.
- Legno
- Materiali speciali



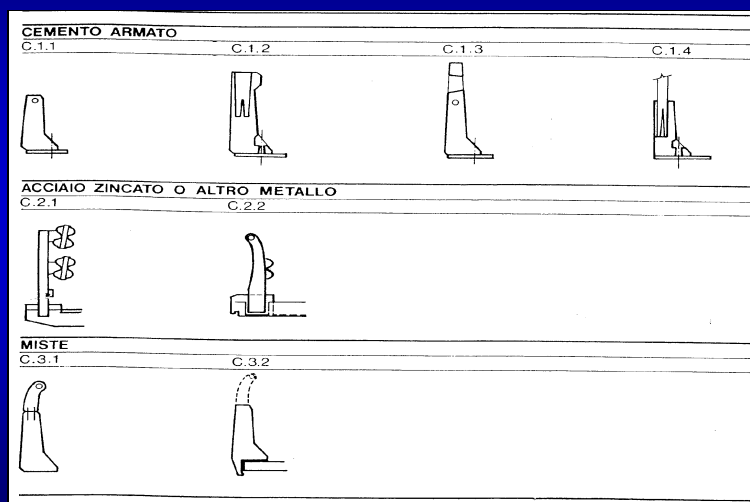
Tipologie



Tipologie



Tipologie



**NORMATIVA
ITALIANA
1/3**

DATA	TIPO DOCUMENTO	NUM.	TITOLO
2/8/1980	Decreto Ministeriale		"Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo di ponti stradali". (Sostituito dal DM LL.PP. 4/5/1990)
11/7/1987	Circolare LL.PP.	n° 2337	Legge 21/4/1962, n°181, art.1, lettera f - "Provvedimenti per la sicurezza stradale. Barriere stradali. Specifica per l'impiego delle barriere in acciaio". (G.U. 6/8/1987, n° 182)
12/11/1987	Circolare ANAS	n° 50	"Direttive sulla progettazione e sugli interventi necessari per la migliore utilizzazione delle Strade Statali". (Direzione Generale, 12/11/1987 - Integrazione dalla Circolare n°2337 11/7/1987)
4/5/1990	Decreto Ministeriale LL.PP.		"Aggiornamento delle Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali". (G.U. 29/1/1991, n°24)
18/2/1992	Decreto Ministeriale	n° 223	"Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza". (G.U. 16/3/1992, n°63)
9/6/1995	Circolare	n° 2595	"Barriere stradali di sicurezza. Decreto Ministeriale n° 223, 18/2/1992". (G.U. 16/6/1995, n°139)
16/5/1996	Circolare	n° 2357	"Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale"

**NORMATIVA
ITALIANA
2/3**

15/10/1996	Decreto Ministeriale	n° 252 - [223 (bis)]	"Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere stradali di sicurezza. Prescrizioni tecniche per le prove delle barriere stradali di sicurezza ai fini dell'omologazione". (G.U. 3/12/1996, n°283)
15/10/1996	Circolare	n° 4622	"Istituti autorizzati all'esecuzione di prove di impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza"
26/11/1997	Decreto Ministeriale	n° 223 (ter)	"Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere stradali di sicurezza. Prescrizioni tecniche per le prove delle barriere e dispositivi di sicurezza stradale ai fini dell'omologazione"
3/6/1998	Decreto Ministeriale		"Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza. Prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione". (G.U. 29/10/1998, n°253)

NORMATIVA ITALIANA 3/3	11/6/1999	Decreto Ministeriale		Istruzioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante: "Aggiornamento delle Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza" (G.U. 7/8/1999, n°184)
	6/4/2000	Circolare LL.PP.	n° 4622	"Istituti autorizzati all'esecuzione di prove di impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza"
	Maggio 2000	Norma UNI	UNI EN 1317-1	Barriere di sicurezza stradali. Terminologia e criteri generali per i metodi di prova
	Maggio 2000	Norma UNI	UNI EN 1317-2	Barriere di sicurezza stradali. Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza
	8/5/2001	Decreto Ministeriale	n° 3011	"Validità dei Crash test effettuati presso il Centro Prove di Anagni della Società Autostrade S.p.A."
	2/8/2001	Decreto Ministeriale	n° 4785	Proroga dei termini previsti dall'articolo 3 dal D.M. 11 giugno 1999 inerente le barriere di sicurezza stradale (G.U. n.301 del 29.12.01)
	Gennaio 2002	Norma UNI	UNI EN 1317-3	Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulle prove di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto.

D.M. 18-2-1992, n°223

- Classificazione delle barriere di sicurezza stradale, in relazione alla loro destinazione ed ubicazione;
- Finalità delle barriere stradali;
- Individuazione delle zone da proteggere;
- Indice di severità degli impatti;
- Materiali costituenti le barriere;
- Classificazione in relazione all'indice di severità;
- Criteri di scelta delle barriere di sicurezza ;
- Procedure per l'omologazione;
- Modalità di prova delle barriere e criteri di giudizio ai fini dell'omologazione.

TIPO DI STRADE	TRAFFICO	DESTINAZIONE BARRIERE			
		Barriere spartitraffico A ⁽¹⁾	Barriere bordo laterale B	Barriere bordo ponte C ⁽²⁾	Attenuatori D
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2	TC1 o TC2 Secondo velocità ≤ oppure > di 80 km/h (art.6)
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 ⁽³⁾	H2-H3 ⁽³⁾	H4	
Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento	I	H1	N2	H2	
	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

Il traffico è classificato in ragione dei volumi di traffico e della prevalenza dei mezzi che lo compongono :

- Traffico tipo I: quando il TGM è minore o uguale a 1000 con qualsiasi percentuale di veicoli merci o maggiore di 1000 con presenza di veicoli di massa superiore a 3000 kg minore o uguale al 5% del totale;
- Traffico tipo II: quando, con TGM maggiore di 1000, la presenza di veicoli di massa superiore a 3000 kg sia maggiore del 5% e minore o uguale al 15% sul totale;
- Traffico tipo III: quando, con TGM maggiore di 1000, la presenza di veicoli di massa superiore a 3000 kg sia maggiore del 15% sul totale.

Per TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei 2 sensi.

CLASSIFICAZIONE

CLASSE N1: Contenimento minimo $L_c = 44$ kJ
CLASSE N2: Contenimento minimo $L_c = 82$ kJ
CLASSE H1 : Contenimento minimo $L_c = 127$ kJ
CLASSE H2 : Contenimento minimo $L_c = 288$ kJ
CLASSE H3 : Contenimento minimo $L_c = 463$ kJ
CLASSE H4 : Contenimento minimo $L_c = 572$ kJ (724 kJ se
veicolo autoarticolato)

Livello di Contenimento

$$L_c = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{g} \right) (v \sin \sigma)^2$$

con :

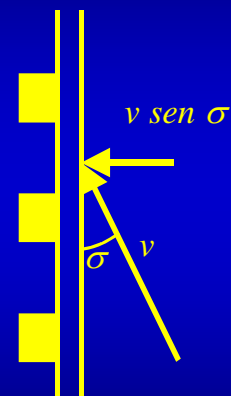
L_c = Livello di contenimento (kN m)

P = peso del veicolo (kN)

g = accelerazione di gravità (m/s^2)

v = velocità d'impatto (m/s)

σ = angolo di impatto



Raffronto Normativa

Classe barriera di sicurezza (1997)	L_C minimo (kN · m)	Classe barriera di sicurezza (1996)	I_S minimo (kN · m)
N1	44	A1	40
N2	82	A2	80
H1	127	A3	130
H2	288	B1	250
H3	463	B2	450
H4	572	B3	600

ASI: Acc. Severity Index

$$ASI(t) = \left[\left(\frac{\bar{a}_x}{\hat{a}_x} \right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y}{\hat{a}_y} \right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z}{\hat{a}_z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

dove

$\hat{a}_x, \hat{a}_y, \hat{a}_z$ sono le accelerazioni massime tollerabili dal corpo umano

lungo gli assi di riferimento x,y,z

$\bar{a}_x, \bar{a}_y, \bar{a}_z$ sono le accelerazioni rilevate sul veicolo in un intervallo di

50 ms esprimibili come:

$$\bar{a}_x = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a_x dt$$

$$\bar{a}_y = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a_y dt$$

$$\bar{a}_z = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a_z dt$$

Per la Normativa Italiana risulta: $\hat{a}_x = 12g; \hat{a}_y = 9g; \hat{a}_z = 10g$

THIV: Theoretical Head Impact Velocity

$$THIV = [v_x^2(T) + v_y^2(T)]^{\frac{1}{2}}$$

con v_x e v_y velocità relative del corpo rispetto al veicolo
riferite agli assi x e y

T tempo di primo contatto corpo - veicolo

PHD: Post Impact Head Deceleration

$$PHD = \max \left(\langle \ddot{x}_c \rangle^2 + \langle \ddot{y}_c \rangle^2 \right)^{\frac{1}{2}} \text{ con } t > T$$

Crash test per OMOLOGAZIONE

Autoarticolato



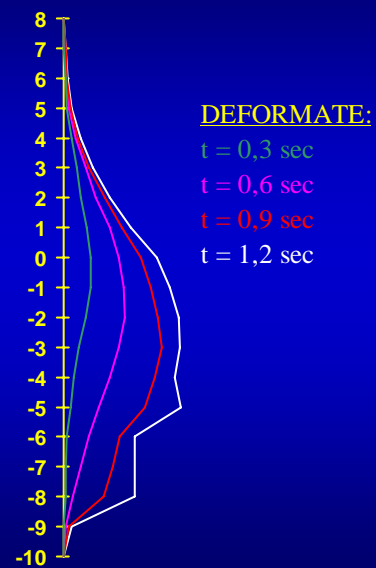
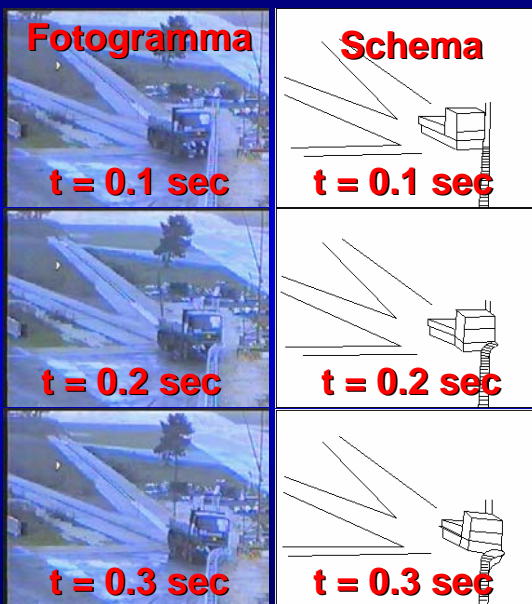
Vettura con varie barriere



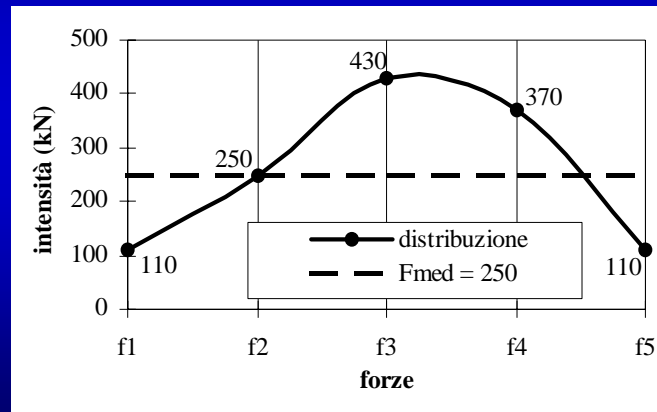
Vettura p.ti singolari



ANALISI DINAMICA DI UN CRASH TEST

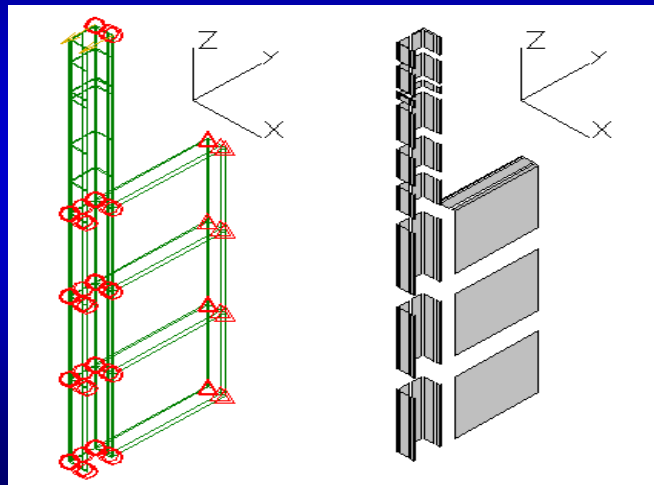


Diagrammi di carico

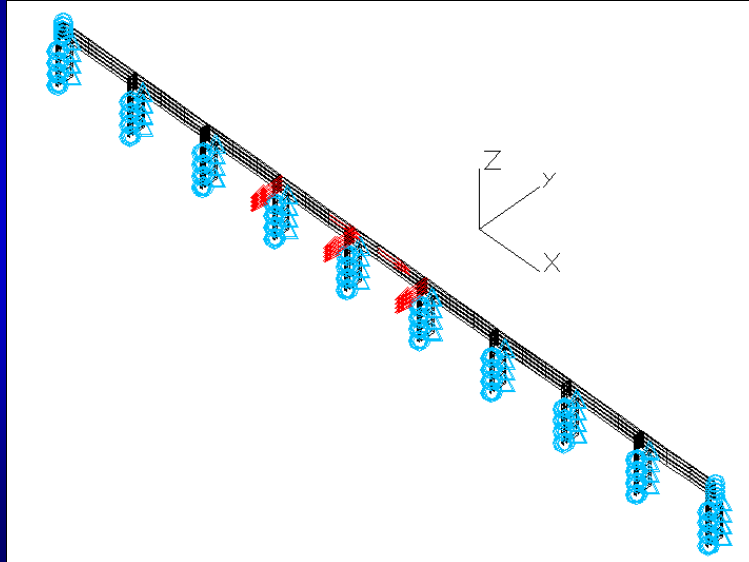


ANALISI NUMERICA

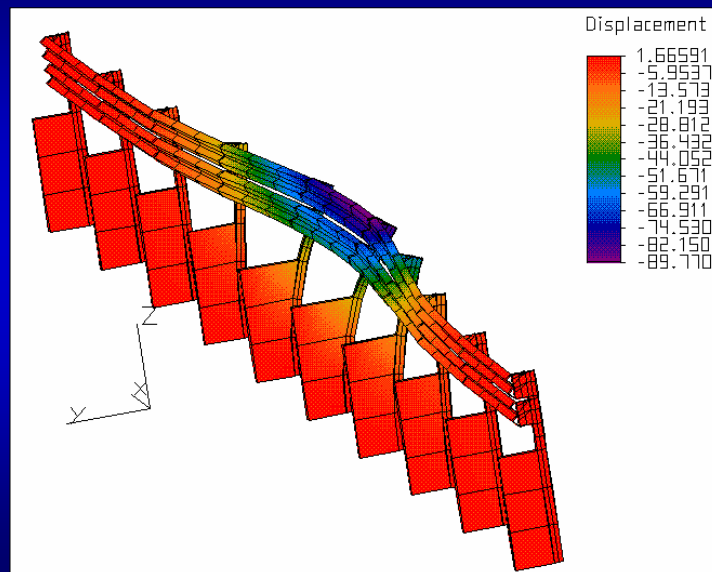
Schematizzazione montante-terreno



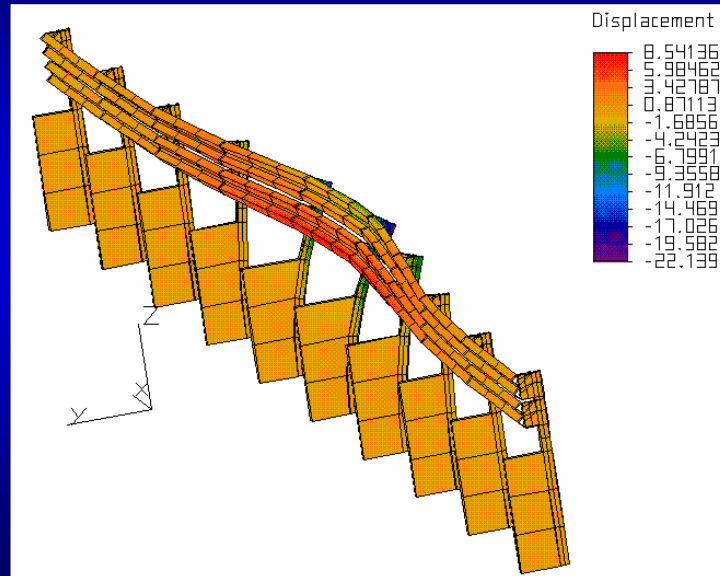
Analisi di barriera: schema statico



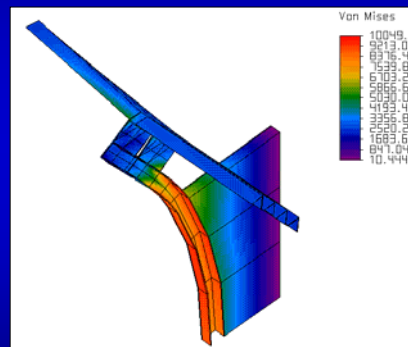
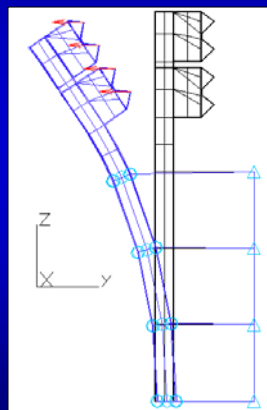
Deformata laterale (Δy)



Deformata verticale (Δz)

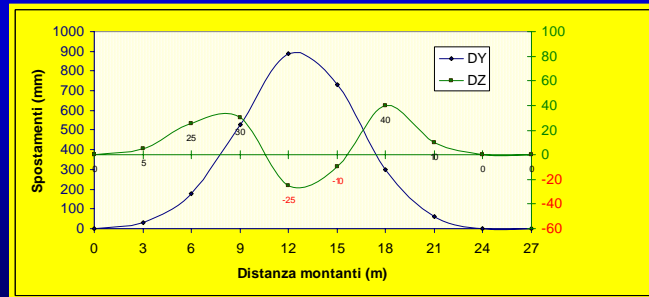


Deformata e Sollecitazioni

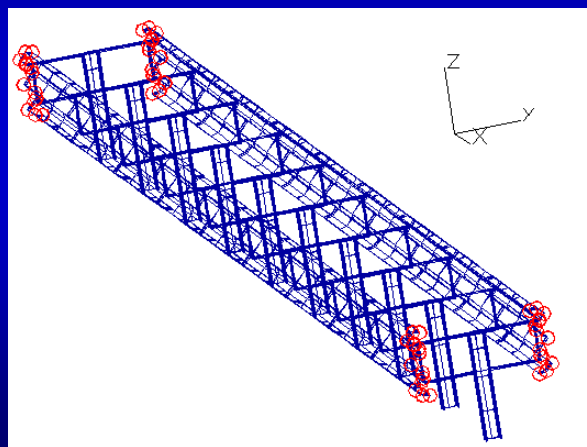


Sintesi delle deformazioni

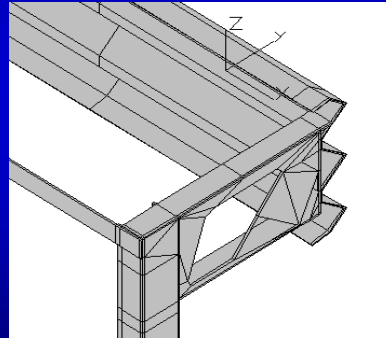
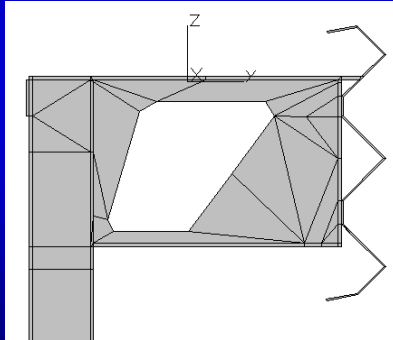
VAR	MONT. 1	MONT. 2	MONT. 3	MONT. 4	MONT. 5	MONT. 6	MONT. 7	MONT. 8	MONT. 9	MONT. 10
DY	0	30	180	530	890	730	300	60	0	0
DZ	0	5	25	30	-25	-10	40	10	0	0



MESH barriera bilaterale



MESH Dissipatore



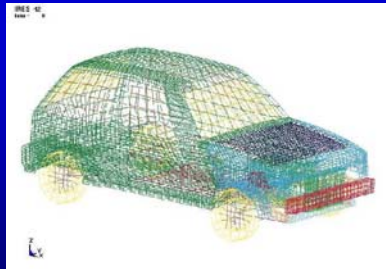
INDICE

- 1) Progettazione di dispositivi di sicurezza con l'ausilio di simulazioni numeriche
- 2) Progettazione delle prove sperimentali definitive
- 3) Esecuzione delle prove sperimentali su montanti infissi
- 4) Post-Processing - Conclusioni

Progettazione di barriere di sicurezza

Creazione di un modello di veicolo “leggero”

	TIPO DI NORMATIVA	MASSA STATICA TOTALE (kg)	ALTEZZA DA TERRA DEL BARICENTRO (m)
MODELLO REALIZZATO		929	0.545
INDICAZIONI DELLE NORMATIVE	Italiana ed	900±40	0.49±0.05
	europea Statunitense	895±25	0.55±0.05



Progettazione di barriere di sicurezza

Definizione dei modelli di crash test

• CARATTERISTICHE DELLA BARRIERA IN ACCIAIO:

- Elementi: Belytschko-Tsay (shell)
- Materiale: Tipo 3 (elasto-plastico): Yield Stress = $4,15 \cdot 10^2$ MPa
- Contatti: 2 superfici di contatto sliding (→ a5, 13)
1 rigidwall (→ coefficiente di aderenza = 0,5)

• CARATTERISTICHE DELLA BARRIERA IN CLS:

- Elementi: Belytschko-Tsay (shell): parti in acciaio; Solids (brick): blocchi in cls
- Materiali: Tipo 3 (elasto-plastico): Yield Stress = $4,15 \cdot 10^2$ MPa (FE)
Yield Stress = 19,85 Mpa (CLS)
- Contatti: 2 superfici di contatto sliding (→ a5, 13)
1 rigidwall (→ coefficiente di aderenza = 0,5): barriera incastrata
2 rigidwall (→ coefficienti di aderenza = 0,5 e 0,9): barriera appoggiata

Progettazione di barriere di sicurezza

Definizione dei modelli di crash test

CONDIZIONI DI PROVA

- VELOCITA' D'IMPATTO: 100 km/h
- ANGOLO D'IMPATTO: 20°
- CONDIZIONI DI VINCOLO DELLA BARRIERA:
 - Incastrata → acciaio, cls
 - Appoggiata → cls
- CAMPO DI GRAVITA': $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$
- ACCELEROMETRO:
 - Posto il più possibile vicino al centro di gravità.

CONFRONTO FRA BARRIERE



Progettazione di barriere di sicurezza

Risultati dei modelli analitici

- TEMPO DI ANALISI: 0,3 secondi

- RISCHI SUGLI OCCUPANTI:

THIV = Theoretical Head Impact Velocity – Velocità d’impatto della testa teorica (normativa europea)

Occupant Impact Velocities – Velocità d’impatto degli occupanti (normativa americana)

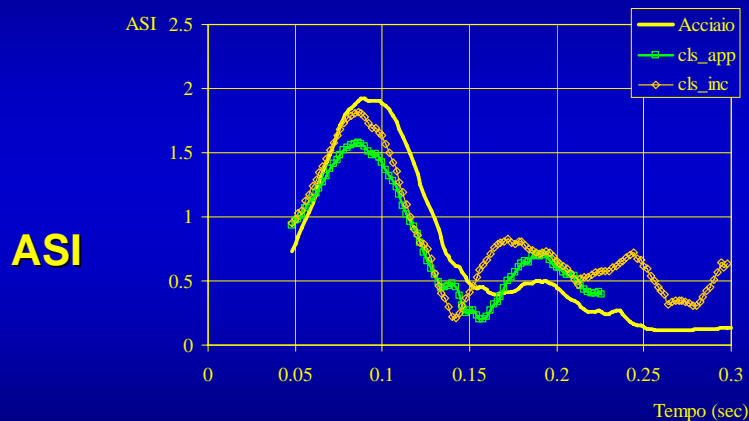
PHD = Post-Impact Head Deceleration – Decelerazione post-impatto della testa teorica (normativa europea)

Occupant Ridedown Accelerations – Accelerazione di ritorno degli occupanti (normativa americana)

ASI = Acceleration Severity Index – Indice di severità dell’accelerazione (normativa italiana)

Progettazione di barriere di sicurezza

Risultati dei modelli analitici



Progettazione di barriere di sicurezza

Nuovi criteri di progetto

	Barriera in acciaio	Barriera in cls appoggiata	Barriera in cls incastrata
Adeguatezza strutturale	*****	*****	*****
Danneggiamento del veicolo	***	**	**
Rischi a carico degli occupanti	**	**	*
Traiettoria del veicolo	****	**	*

*Legenda: ***** ottimo, **** buono, *** sufficiente, ** scarso, * insufficiente*

Giudizio di sintesi sulle barriere in base ai risultati dei modelli virtuali



Progettazione di barriere di sicurezza Scheda riassuntiva crash test "virtuale"

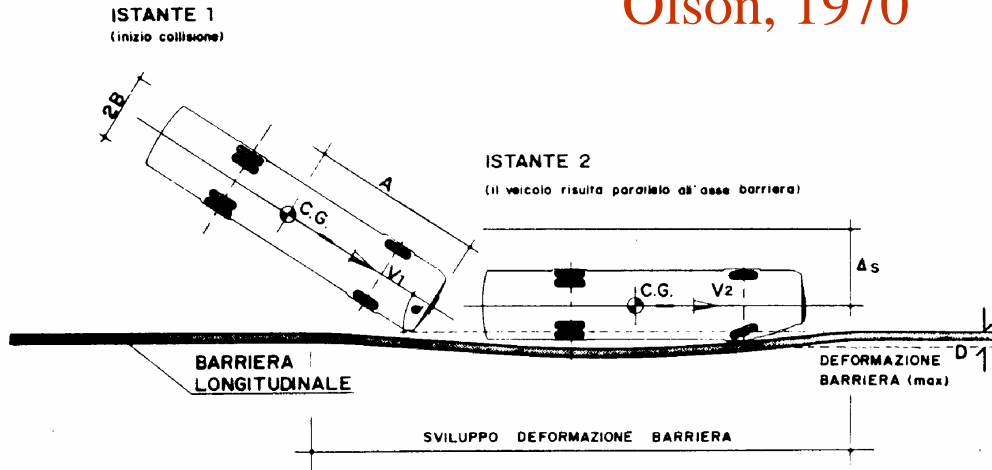
1. Informazioni generali		7. Indici di rischio sugli occupanti	
Ente/Dipartimento	DISTART	THIV (km/h)	41,2
Test N°	1	PHD (g)	7,09
Data	1/1/2000	ASI	1,92
2. Informazioni sulla barriera		8. Deflessioni della barriera	
Tipo	Barriera bordo ponte	Dinamica (m)	0,51
Lunghezza installazione	11 m	Permanente (m)	0,41
Materiale	acciaio	9. Adeguatezza strutturale	
3. Condizioni di vincolamento		Comportamento veicolo	il veicolo è reindirizzato
Tipo di vincolo	vincolo rigido	Comportamento barriera	il dispositivo non si spezza
4. Veicolo di prova		10. Danni del veicolo	
Tipo	autovettura	Esterni VDS	02FR4
Modello	Ford Festiva	Esterni CDC	02FREW3
Massa (kg)	929	Interni OCDI	RS0000011
5. Condizioni di impatto		Interni VCDI	RS0000011
Velocità (km/h)	100	11. Giudizio di sintesi	
Angolo di impatto (gradi)	20	Adeguatezza strutturale	*****
6. Condizioni di uscita		Danneggiamento veicolo	***
Velocità (km/h)	69	Rischi occupanti	**
Angolo di uscita (gradi)	5	Traiettoria del veicolo	****

Interpretazione delle forze d'urto

Δs = spostamento laterale del baricentro (tot.)

A = posizione del baricentro (C.G.)
rispetto al fronte del veicolo

Olson, 1970



lo spostamento totale laterale Δs , subito dal baricentro del veicolo durante l'urto, è dato da:

$$\Delta s = A \sin \vartheta + B \cos \vartheta + D - B$$

Dove:

- A= oggetto (distanza baricentro punto di contatto veic.- barriera)
- B= semicarraggiata
- ϑ = angolo d'impatto
- D= deformazione complesso barriera-veicolo

Δs si esaurisce nel corrispondente intervallo di tempo Δt (tempo che intercorre tra l'istante d'impatto e la fine dello strisciamento della fiancata)

con

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{V_m}$$

$$V_m = V_1 \frac{\sin \vartheta + V_2 \sin(0)}{2} \quad (\text{velocità media})$$

risulta, essendo quindi $V_2 \sin(0)=0$

$$\Delta t = \frac{A \sin \vartheta - B(1 - \cos \vartheta) + D}{\frac{1}{2} V_1 \sin \vartheta}$$

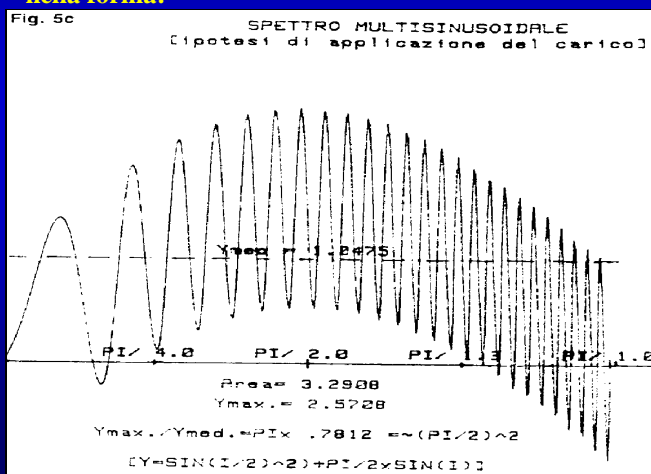
mentre l'accelerazione media vale:

$$\bar{a}_t = \frac{V_1^2 \sin^2 \vartheta}{2[A \sin \vartheta - B(1 - \cos \vartheta) + D]}$$

e la forza media corrispondente:

$$F_u = \frac{P}{g} \cdot \bar{a}_t$$

Ipotizzando che il comportamento del veicolo contro la barriera, durante l'urto, possa essere idealizzato in quello di un punto materiale contro una molla lineare (tipo "oscillatore") semplice, la legge di applicazione del carico rispetto al trascorrere del tempo può ridursi praticamente ad una forma semplificata di tipo multisinusoidale (come evidenziato dai tracciati accelerometrici delle prove reali) e quindi il valore di picco della accelerazione trasversale può essere valutato, in prima approssimazione, nella forma:



$$\max a_t = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \bar{a}_t$$

mentre la massima forza d'urto risulta

$$\max F_u = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \bar{a}_t \cdot \frac{P}{g}$$

il parametro **D** che compare nella formula esprime la deformazione subita dal complesso barriera-veicolo. Esplicitando questo termine possiamo riscrivere la formula nel modo seguente:

$$\bar{a}_t = \frac{V_1^2 \sin^2 \vartheta}{2[A \sin \vartheta - B(1 - \cos \vartheta) + Z_v + Z_b]}$$

con :

Z_v deformazione massima totale del veicolo

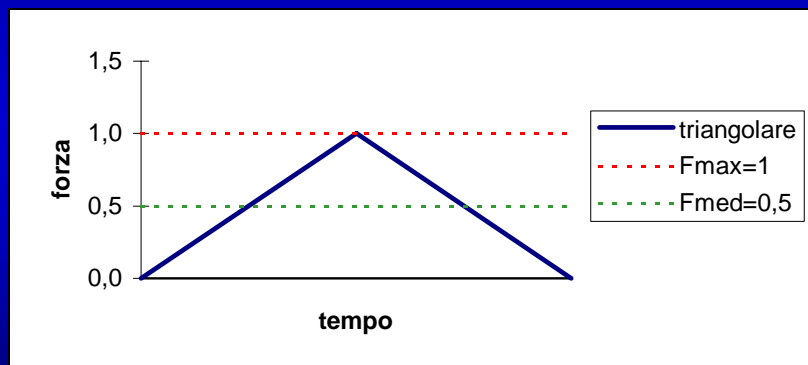
Z_b deformazione massima totale della barriera

Nonostante le approssimazioni fatte, la distribuzione delle forze rispetto al tempo risulta ancora troppo complessa per poter essere utilizzata nello studio tramite i modelli numerici

In letteratura sono state proposte altre forme molto più semplici di distribuzioni che sono però tutte ispirate da uno stesso concetto: mantenere il rapporto $F_{max}/F_{med} \approx 2$, valore che si è rivelato più attendibile dall'analisi dei tracciati accelerometrici.

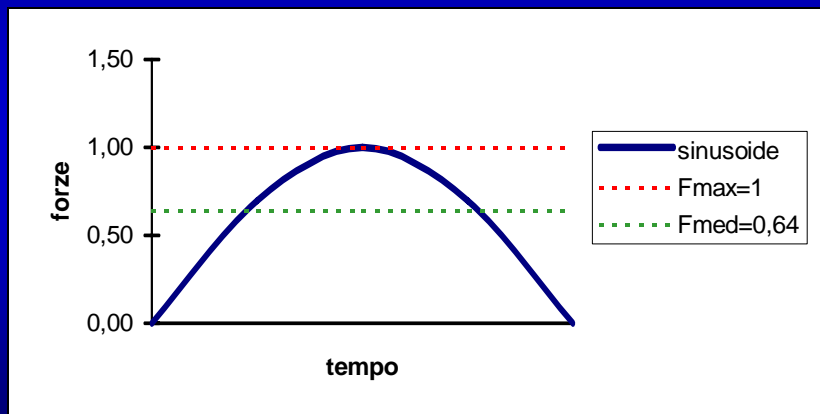
Ipotesi calcolo forze

Triangolo - rapporto $F_{max}/F_{med} = 2$



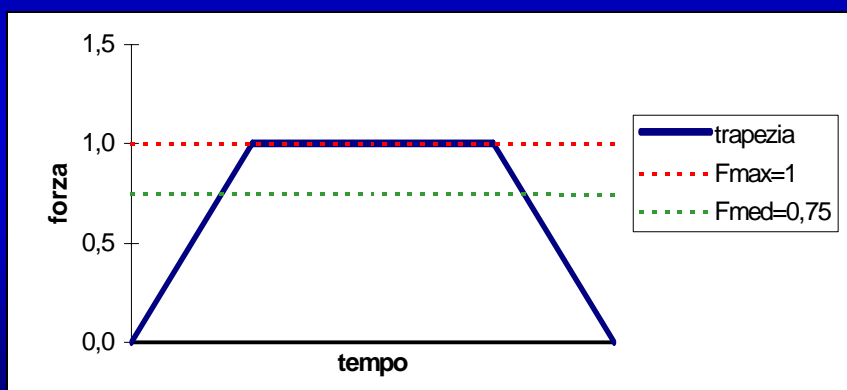
Ipotesi calcolo forze

SINUSOIDE SEMPLICE - rapporto $F_{max}/F_{med} = 1,57$



Ipotesi calcolo forze

Trapezio - rapporto $F_{max}/F_{med} = 1,33$



OSSERVAZIONI

E' da notare che queste rappresentazioni elementari sono significative a seconda del mezzo al quale sono riferite: la distribuzione triangolare è rappresentativa dell'impatto di una automobile, la trapezia di un veicolo pesante.

Se si osservano i tracciati accelerometrici si può evidenziare come le tendenze effettivamente espresse assomigliano a quelle esposte, soprattutto se si utilizzano tempi totali di impatto di 0,1 sec. per le autovetture (velocità del veicolo di circa 100 km/h), e di 0,6-0,7 sec. per i mezzi pesanti (velocità di circa 70 km/h), per test di barriere in acciaio classe B1 o B2.

Considerazioni energetiche

FORZA x SPOSTAMENTO (in dir.forza)= EN.CINETICA

$$F \cdot D_s = \frac{1}{2} \cdot (M \cdot V^2) \quad \longrightarrow \quad M \cdot \bar{a}_t = \frac{1}{2} \cdot M \cdot (V \cdot \sin \vartheta)^2 \cdot \frac{1}{D_s}$$

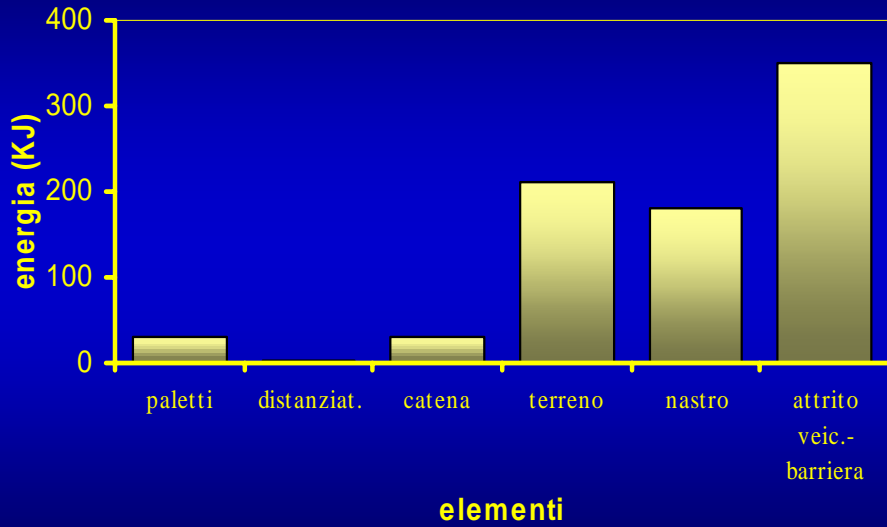
con:

M	massa del veicolo
\bar{a}_t	accelerazione trasversale media
V	velocità del baricentro (vettore)
ϑ	angolo d'impatto
D_s	spostamento massimo del baricentro del veicolo

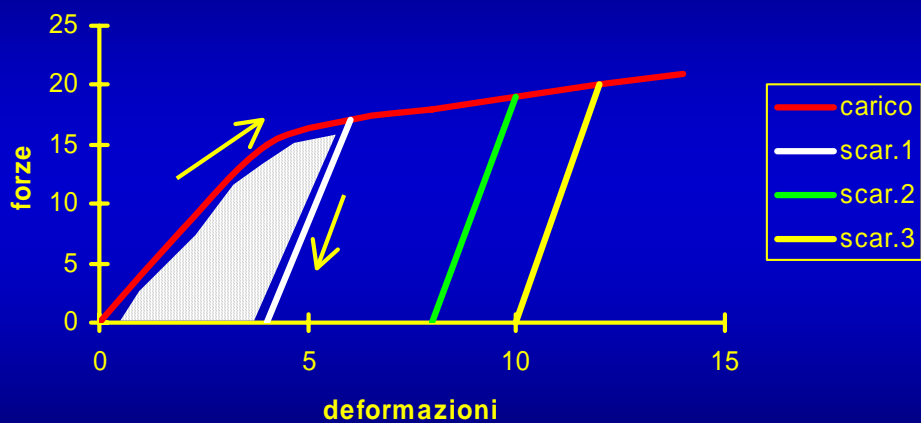
Da quest'ultima se si sostituisce a D_s l'espressione ricavabile dalla figura vista in precedenza, si ottiene per l'accelerazione trasversale:

$$\bar{a}_t = \frac{V_1^2 \sin^2 \vartheta}{2[A \sin \vartheta - B(1 - \cos \vartheta) + D]}$$

Energie dissipate



Considerazioni energetiche Curva di carico



CARICHI per classe B1 e INT. MONTANTI $l_p = 3.0$ m

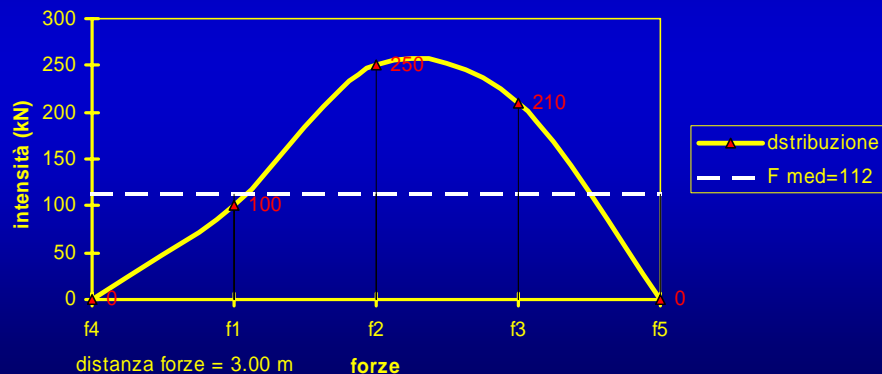
$l_p = 3$ quindi sono coinvolti ~ 3 montanti ($7.5/3$)
Si assume la seguente distribuzione di forze da applicare ai montanti in direzione ortogonale allo sviluppo della barriera:

N° FORZA	VALORE IN kN
f1	100
f2	250
f3	210
f4	0
f5	0
F orizzontale	40

ENERGIA TEORICA DISSIPATA

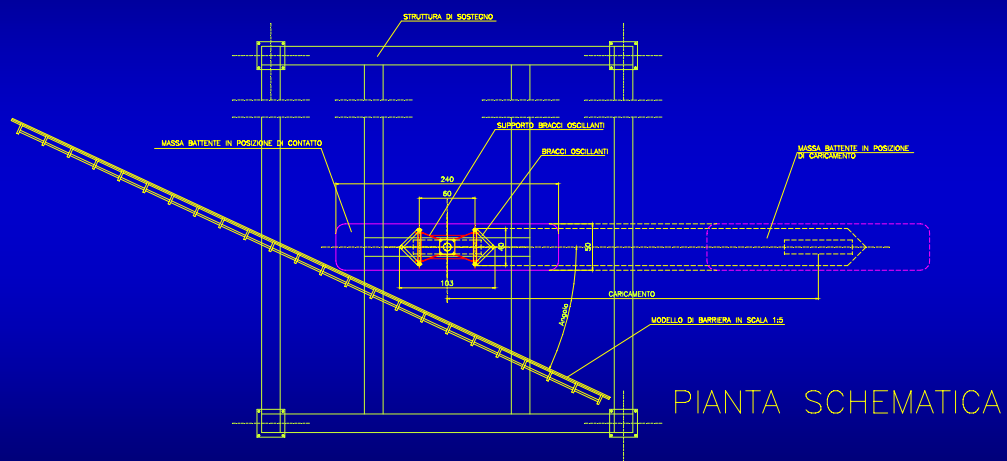
Energia teorica dissipata (spostamenti presunti): la si ottiene moltiplicando gli spostamenti teorici dei paletti sollecati con le forze a loro applicate. Ovviamente il valore va poi verificato effettuando la stessa operazione con i valori ottenuti dalla modellazione. I valori sono stati ottenuti dallo studio di una prova dal vero di una barriera della stessa classe di quella analizzata.

$$250 \times 0.7 + 210 \times 0.65 + 100 \times 0.6 = 373 \text{ kJ}$$



Interazione barriera-terreno

Pendolo per crash test

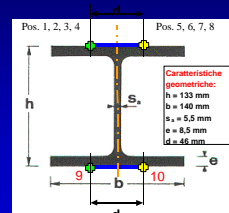
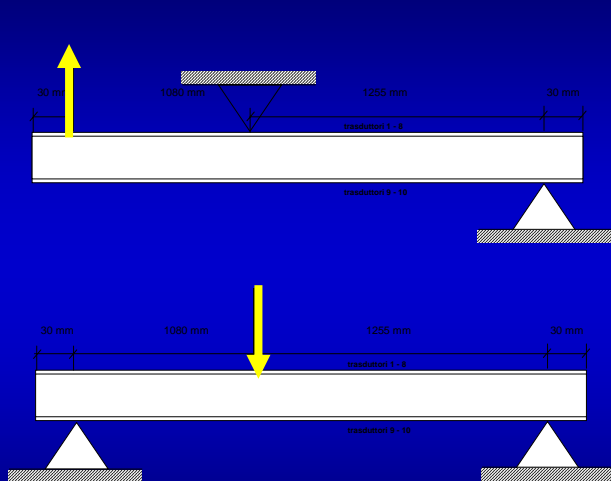


Prove sperimentali su paletti infissi



Realizzazione
Sito di prova

Prove sperimentali su paletti infissi



Taratura
estensimetri

Prove sperimentali su paletti infissi

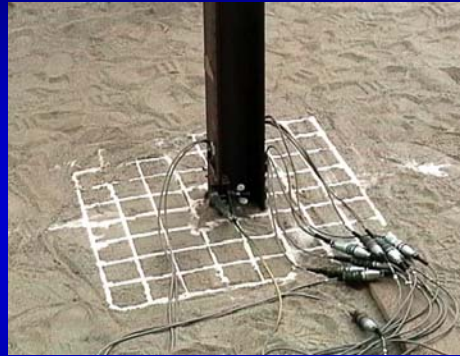


Infissione montanti

Prove sperimentali su paletti infissi Prova preliminare



Prove sperimentali su paletti infissi
Prova definitiva



Prove sperimentali su paletti infissi
Prova definitiva



Prove sperimentali su paletti infissi

Prova definitiva

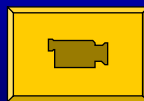
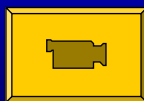


Prove sperimentali su paletti infissi

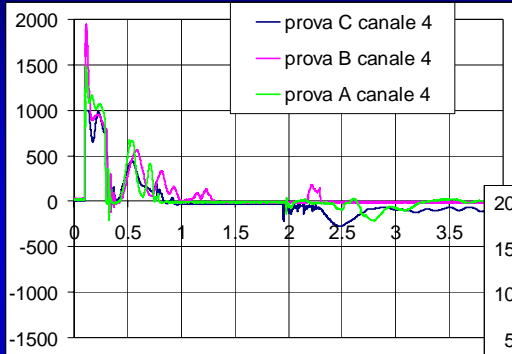


Esecuzione delle prove

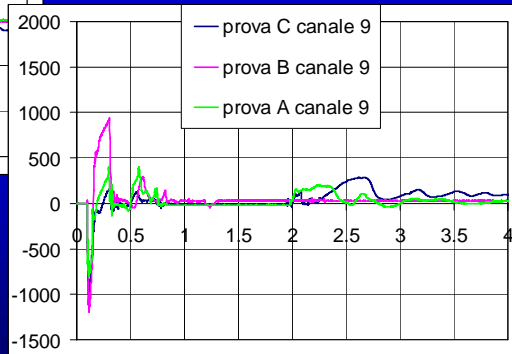
Riprese con telecamera ad alta velocità



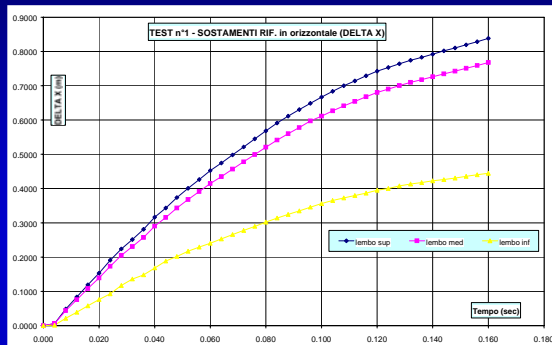
Post-processing



Risultati sperimentali

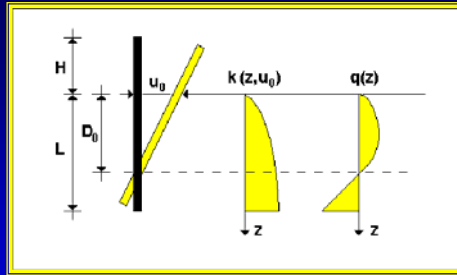


Post-processing



Risultati sperimentali



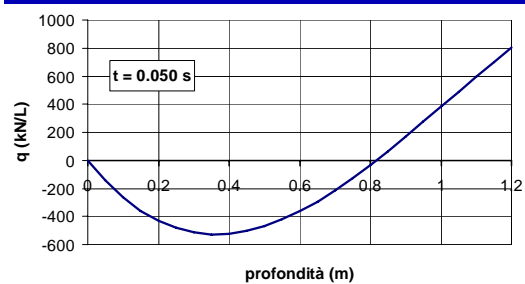
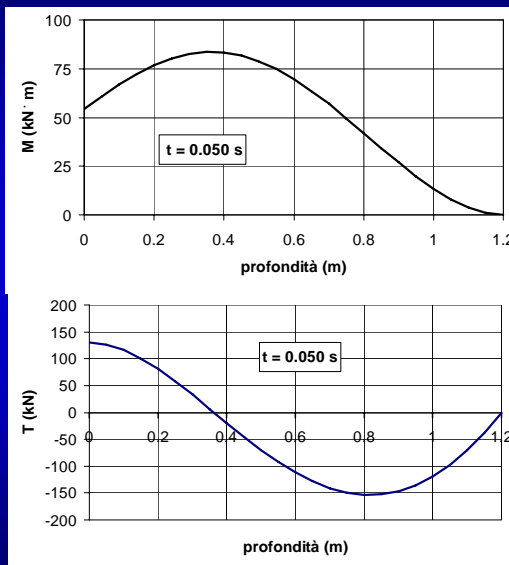


$$q(z) = k_L u_0 b \left[\left(\frac{z}{L} \right)^v - \frac{L}{D_0} \left(\frac{z}{L} \right)^{v+1} \right]$$

u_0 (m)	0.004	0.006	0.008	0.01
v	0.08	0.16	0.234	0.31
u_0 (m)	0.02	0.03	0.04	0.05
v	0.625	0.875	1.075	1.25

u_0 (m)	0.06	0.07	0.08	0.09
v	1.2925	1.2985	1.325	1.33
u_0 (m)	0.10	0.15	0.20	
v	1.35	1.375	1.385	

Post-processing

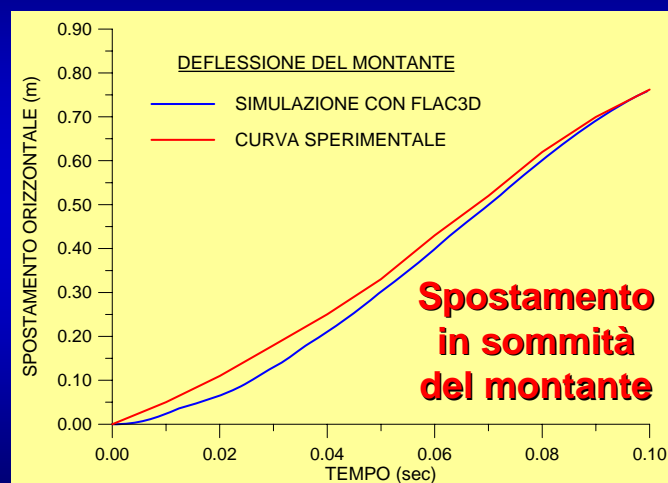
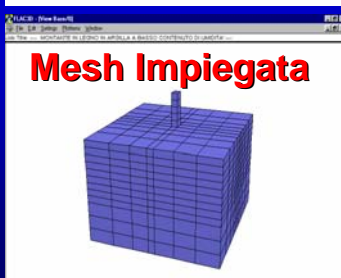
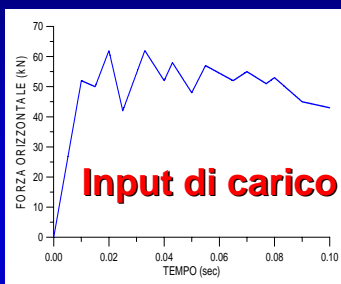


CONCLUSIONI

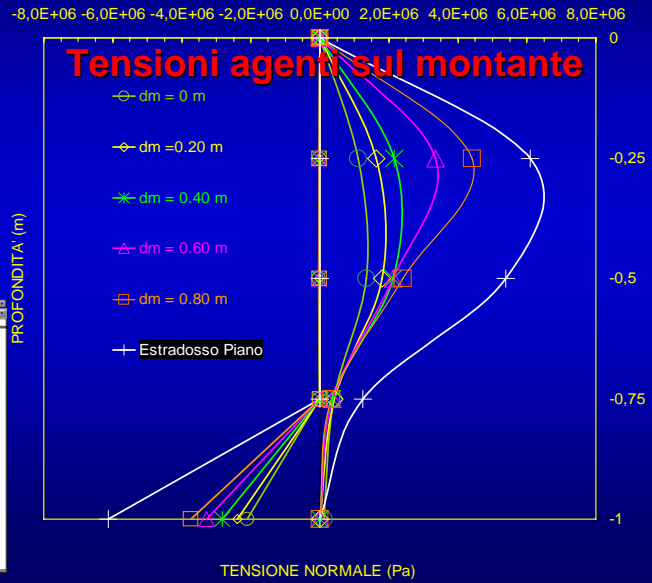
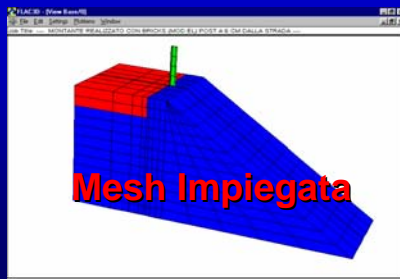
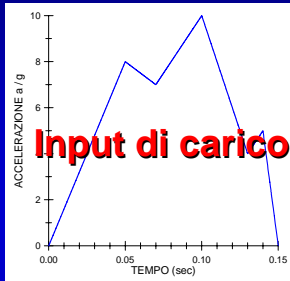
ESISTE LA POSSIBILITA' DI UTILIZZARE MODELLI NUMERICI IN SOSTITUZIONE DI GRAN PARTE CRASH-TEST REALI

- E' POSSIBILE VALUTARE LE ACCELERAZIONI ALL'INTERNO DEL VEICOLO, QUINDI I RISCHI SUGLI OCCUPANTI, E ANALIZZARE LA TRAIETTORIA DELLO STESSO.
- LA SIMULAZIONE DA' RISULTATI 'CONGRUENTI' CON LA REALTA' E PERMETTE DEI CONFRONTI.

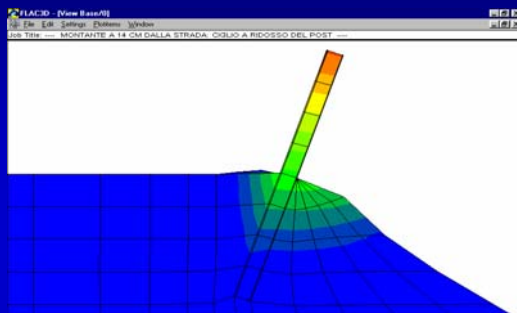
ANALISI NUMERICA: TARATURA DEL MODELLO



BARRIERE SU SEZIONI IN RILEVATO

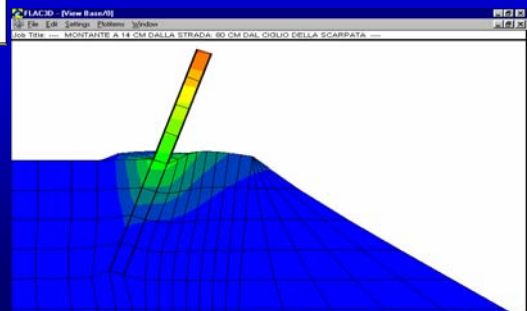


BARRIERE SU SEZIONI IN RILEVATO



Montante posto sul ciglio del rilevato

Montante posto a 0.80 m dal ciglio del rilevato



ANALISI DINAMICA DI UN CRASH TEST

