

# I PARAPETTI DI SOMMITÀ DEI PONTEGGI

**INAIL**

Possibile impiego come protezione collettiva  
per lo svolgimento delle attività in copertura

**2017**

**COLLANA CANTIERI**



# I PARAPETTI DI SOMMITÀ DEI PONTEGGI

**INAIL**

Possibile impiego come protezione collettiva  
per lo svolgimento delle attività in copertura

**2017**

Pubblicazione realizzata da

**Inail**

Dipartimento innovazioni tecnologiche  
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

**Coordinamento scientifico**

Luigi Cortis  
Luca Rossi

**Autori**

Francesca Maria Fabiani  
Luigi Cortis  
Luca Rossi  
Davide Geoffrey Svampa

**Collaboratori**

Carlo Ratti  
Calogero Vitale

**Operatore tecnico**

Ivano Bevilacqua

**per informazioni**

**Inail**

Dipartimento innovazioni tecnologiche  
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici  
Via Roberto Ferruzzi 38/40  
00143 Roma  
dit@inail.it  
**www.inail.it**

© 2017 Inail

ISBN 978-88-7484-580-4

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nella pubblicazione, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Distribuita gratuitamente. Vietata la vendita e la riproduzione con qualsiasi mezzo.

È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

## Premessa

Le attività che si svolgono sulle coperture degli edifici espongono i lavoratori a rischi particolarmente elevati per la loro salute e sicurezza, in particolare al rischio di caduta dall'alto. La percentuale di infortuni mortali imputabile a cadute oltre il bordo non protetto della copertura è difatti molto elevata.

Tali lavori, che si svolgono nell'ambito dei cantieri temporanei o mobili, devono essere eseguiti in condizioni di sicurezza rispettando le misure generali di tutela previste dall'art.15 del d.lgs. 81/08. I rischi vanno eliminati e, ove ciò non sia possibile, ridotti alla fonte (comma 1, lettera e).

Per permetterne l'esecuzione in sicurezza è indispensabile la determinazione preliminare della natura e della entità dei rischi, la pianificazione delle attività, l'adozione di idonee metodologie di lavoro insieme alla scelta delle attrezzature, delle opere provvisorie e dei dispositivi di protezione collettiva e dei dispositivi di protezione individuale più idonei.

Il d.lgs. 81/08 considera l'adozione dei dispositivi di protezione collettiva come prioritaria rispetto quelli individuali (DPI), concetto che viene espresso nell'ambito delle misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro (art.15) e negli articoli 75 e 111.

I DPI devono essere impiegati solamente quando i rischi non possono essere evitati o sufficientemente ridotti da misure tecniche di prevenzione quali i mezzi di protezione collettiva, le misure, i metodi o i procedimenti di riorganizzazione del lavoro (art.75).

In particolare il comma 5 dell'articolo 111 prevede che "Il datore di lavoro in relazione al tipo di attrezzature di lavoro adottate (...), individua le misure atte a minimizzare i rischi per i lavoratori, insiti nelle attrezzature in questione, prevedendo, ove necessario, l'installazione di dispositivi di protezione contro le cadute. I predetti dispositivi devono presentare una configurazione ed una resistenza tali da evitare o da arrestare le cadute da luoghi di lavoro in quota e da prevenire, per quanto possibile, eventuali lesioni dei lavoratori. I dispositivi di protezione collettiva contro le cadute possono presentare interruzioni soltanto nei punti in cui sono presenti scale a pioli o a gradini".

Il comma 6 inoltre indica che "Il datore di lavoro nel caso in cui l'esecuzione di un lavoro di natura particolare richiede l'eliminazione temporanea di un dispositivo di protezione collettiva contro le cadute, adotta misure di sicurezza equivalenti ed efficaci. Il lavoro è eseguito previa adozione di tali misure. Una volta terminato definitivamente o temporaneamente detto lavoro di natura particolare, i dispositivi di protezione collettiva contro le cadute devono essere ripristinati".

Per lo specifico settore si può fare riferimento anche all'art.122 "Nei lavori che sono eseguiti ad un'altezza superiore ai due metri, devono essere adottate, seguendo lo sviluppo dei lavori stessi, adeguate impalcature o ponteggi o idonee opere provvisorie o comunque precauzioni atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone e di cose (...).".

Il presente studio si propone di individuare "precauzioni atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone e di cose" che possano essere impiegate nei lavori su copertura.

I parapetti di sommità dei ponteggi che soddisfano determinati requisiti prestazionali e geometrici possono essere utilizzati a questo scopo.

*Carlo De Petris*

Direttore del Dipartimento innovazioni  
tecnologiche e sicurezza degli impianti,  
prodotti e insediamenti antropici



# Indice

Premessa	3
Introduzione	7
<b>1 Definizioni</b>	<b>9</b>
<b>2 Riferimenti</b>	<b>10</b>
<b>3 Requisiti</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Requisiti prestazionali</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Requisiti geometrici e limiti di posizionamento</b>	<b>12</b>
<b>4 Prove sperimentali</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Obiettivi</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Disposizione e procedimento di prova</b>	<b>15</b>
4.2.1 Configurazioni di prova	16
4.2.1.1 Schema CD	17
4.2.1.2 Schemi CS	18
4.2.1.3 Schema CSR	19
4.2.2 Attrezzature e apparecchiature di prova	20
4.2.2.1 Struttura metallica rigida	20
4.2.2.2 Sacco sferoconico	21
4.2.2.3 Rullo cilindrico	21
4.2.2.4 Sistemi di sollevamento e sgancio	21
4.2.2.5 Sistema di misura dei dati	22
4.2.2.6 Sistema di acquisizione, registrazione ed analisi dei dati	25
4.2.2.7 Convenzioni	26
4.2.3 Descrizione delle prove con sacco sferoconico	26
4.2.3.1 Prove sul montante di sommità	26
4.2.3.2 Prova sui correnti	28
4.2.3.3 Prova sulla tavola fermapiede	30
4.2.3.4 Prova sulla protezione continua (rete)	30
4.2.4 Descrizione delle prove con rullo cilindrico	32
4.2.4.1 Prova sul montante di sommità	32
4.2.4.2 Prova sul traverso	33
4.2.4.3 Prova sul corrente intermedio	35
4.2.4.4 Prova sulla tavola fermapiede	36
4.2.4.5 Prova sulla protezione continua (rete)	37
<b>4.3 Risultati</b>	<b>39</b>
4.3.1 Risultati delle prove con il sacco sferoconico	39
4.3.1.1 Prove sul montante di sommità	39
4.3.1.2 Prove sui correnti	53
4.3.1.3 Prove sulla tavola fermapiede	77
4.3.1.4 Prove sulla protezione continua	89
4.3.2 Risultati delle prove con rullo cilindrico	109
4.3.2.1 Prove sul montante di sommità	109
4.3.2.2 Prove sul traverso	117
4.3.2.3 Prove sul corrente intermedio	128
4.3.2.4 Prove sulla tavola fermapiede	139
4.3.2.5 Prove sulla protezione continua	149
<b>5 Conclusioni</b>	<b>163</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>165</b>



## Introduzione

La circolare del Ministero del lavoro e delle politiche sociali n. 29/2010 ha chiarito la possibilità di impiegare i ponteggi come protezione collettiva per i lavoratori che svolgono la loro attività sulle coperture e quindi in posizione diversa dall'ultimo impalcato del ponteggio.

“... è possibile l'impiego di ponteggi di che trattasi come protezione collettiva per i lavoratori che svolgono la loro attività sulle coperture e quindi anche in posizione diversa dall'ultimo impalcato del ponteggio, a condizione che per ogni singola realizzazione ed a seguito di adeguata valutazione dei rischi venga eseguito uno specifico progetto.

Da tale progetto, eseguito nel rispetto del già citato articolo 133 e quindi firmato da ingegnere o architetto abilitato a norma di legge all'esercizio della professione, deve tra l'altro risultare quanto occorre per definire lo specifico schema di ponteggio nei riguardi dei carichi, delle sollecitazioni, del montaggio e dell'esecuzione, naturalmente tenendo conto della presenza di lavoratori che operano, oltre che sul ponteggio, anche in copertura.”

In [1] partendo dall'analisi della circolare, si evidenzia che la scelta di utilizzare un ponteggio (già autorizzato dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali) anche come dispositivo di protezione per i lavoratori che svolgono la loro attività su coperture deve essere sempre motivata da una adeguata valutazione dei rischi.

La corretta valutazione dei rischi è la premessa per l'individuazione dei requisiti prestazionali che il ponteggio deve possedere per tale utilizzo, non previsto nel libretto. Tali requisiti devono essere verificati in sede di progetto.

La valutazione dei requisiti geometrici e delle azioni da considerare in sede di progetto del ponteggio utilizzato anche con questo scopo non è cosa semplice ed è a discrezione del progettista in base alle specifiche caratteristiche del cantiere [1].

D'altra parte le norme tecniche riguardanti i ponteggi escludono il caso di impiego degli stessi come protezione per i lavori su coperture (UNI EN 12811-1:2004).

La UNI EN 13374:2013, norma tecnica che riguarda i sistemi temporanei di protezione dei bordi è considerata in [1] valido riferimento tecnico per il progettista del ponteggio, sia per quanto riguarda la geometria del parapetto di sommità con funzione di sistema di protezione dei bordi, sia per la valutazione delle azioni in gioco, sia soprattutto nel ritenere fondamentali le prove sperimentali per la valutazione dell'efficacia del dispositivo di protezione nei casi di caduta e/o scivolamento da una superficie inclinata. Prove sperimentali da eseguire tenendo in conto anche il sistema di fissaggio e la struttura di supporto (materiale base).

Nel presente studio, prendendo spunto dalla UNI EN 13374 e come osservato in [1], vengono dapprima definiti i requisiti prestazionali del ponteggio utilizzato come dispositivo di protezione collettiva (DPC) per i lavoratori che svolgono la loro attività in copertura; successivamente definiti i requisiti geometrici del parapetto di sommità con funzione di sistema di protezione dei bordi sia per quanto riguarda gli elementi costituenti sia le principali distanze fra il ponteggio e l'opera da servire.

Inoltre vengono eseguiti dei test di impatto su campioni di ponteggio ad altezza ridotta per la valutazione della loro efficacia nei confronti dell'arresto di cose e/o persone che cadano o scivolino lungo una superficie inclinata. L'esecuzione di prove sperimentali secondo tale procedura ha avuto anche lo scopo di misurare le azioni sui montanti e sugli ancoraggi del ponteggio durante l'impatto, utili per una successiva valutazione dell'intero ponteggio da realizzare.

Nel presente studio con parapetto di sommità si intende il parapetto di sommità con funzione di sistema di protezione dei bordi.





## 1 Definizioni

**Altezza di caduta,  $h_F$ :** distanza verticale fra il punto in cui una persona sta in piedi e il punto più basso della protezione utilizzata per arrestare la caduta (vedere Figura 3.2.1 - 1)

**Ancoraggio:** insieme comprendente la struttura di supporto (materiale base), l'ancorante e l'elemento da fissare a cui può essere collegato il ponteggio

**Corrente:** elemento strutturale prefabbricato di ponteggio utilizzato per la realizzazione dei collegamenti orizzontali tra le stilate del ponteggio

**Corrente intermedio:** corrente collocato fra il corrente principale l'impalcato

**Corrente principale o corrente superiore:** corrente che forma la parte superiore di un parapetto

**Elemento di impalcato:** elemento (prefabbricato o di altro tipo) che sostiene il carico per conto proprio e che forma l'impalcato o parte dell'impalcato e può costituire una parte strutturale del ponteggio di servizio (UNI EN 12811-1)

**Energia cinetica,  $E_c$ :** energia cinetica del dispositivo d'impatto utilizzato nelle prove sperimentali all'istante dell'urto contro il sistema di protezione dei bordi

**Filo esterno della copertura:** limite esterno della copertura che costituisce il riferimento per il posizionamento del ponteggio, del corrente superiore e per l'altezza del montante di sommità, nel caso di utilizzo come sistema di protezione dei bordi

**Impalcato:** uno o più elementi di impalcato su un livello all'interno di un campo (UNI EN 12811-1).

**Montante:** elemento verticale di un ponteggio (UNI EN 12811-1)

**Montante di sommità:** montante di un ponteggio disposto oltre l'ultimo impalcato dello stesso, in corrispondenza di ogni stilata

**Parapetto:** protezione laterale del ponteggio costituita da un corrente superiore, da un corrente intermedio e da una tavola fermapiede

**Parapetto di sommità:** parapetto dell'ultimo impalcato del ponteggio e fissato a due montanti di sommità. Può avere anche funzione di sistema di protezione dei bordi di una copertura se possiede i requisiti prestazionali e geometrici idonei

**Piano di lavoro:** superficie della copertura sulla quale il lavoratore esegue l'attività

**Protezione continua:** barriera (per esempio rete di sicurezza) posta fra il corrente superiore e l'impalcato del ponteggio

**Sistema di protezione dei bordi:** serie di componenti destinati a proteggere gli operatori dalla caduta ad un livello sottostante e per trattenere materiali

**Sistema temporaneo di protezione dei bordi UNI EN 13374 o parapetto provvisorio:** Sistema di protezione dei bordi costituito da almeno due montanti, un corrente superiore, un corrente intermedio o protezione continua ed una tavola fermapiede. Esso viene fissato alla struttura.

**Tavola fermapiede:** fascia continua poggiante sull'impalcato ed alta almeno 15 centimetri

**Telaio:** elemento strutturale prefabbricato costituito da due montanti stabilmente collegati da uno o più traversi, utilizzato per la realizzazione delle stilate di ponteggio

## 2 Riferimenti

La UNI EN 13374:2013 è la norma tecnica che riguarda i sistemi temporanei di protezione dei bordi, comunemente denominati parapetti provvisori e non si applica ai sistemi di protezione laterale sui ponteggi come esplicitamente espresso al primo paragrafo della stessa.

Tale norma classifica i parapetti provvisori in base ai requisiti prestazionali da soddisfare, che sono quelli di:

- sostenere una persona che si appoggi alla protezione e fornire un appiglio mentre si cammina di fianco alla protezione;
- arrestare una persona che stia camminando o cadendo verso la protezione
- arrestare una persona che stia scivolando o cadendo lungo una superficie inclinata;
- arrestare una persona che stia scivolando o cadendo lungo una superficie molto inclinata.

Il parapetto è di classe A se garantisce il soddisfacimento dei primi due requisiti; è di classe B se garantisce anche il terzo; è di classe C se garantisce il quarto.

Inoltre la UNI EN 13374:2013:

- individua delle classi minime di utilizzo dei parapetti in funzione dell'altezza di caduta e dell'inclinazione della copertura (Allegato A della UNI EN 13374:2013);
- stabilisce per ogni classe dei requisiti minimi geometrici per l'altezza del montante e dello spazio libero fra i correnti del parapetto;
- individua per ogni classe i carichi statici e/o dinamici da considerare nel progetto:
  - le classi A e B, devono fornire resistenza a carichi statici verticali e orizzontali perpendicolari e paralleli al parapetto; la verifica può essere effettuata attraverso calcoli o prove sperimentali di tipo statico;
  - la classe B, deve fornire resistenza anche ad azioni dinamiche moderate;
  - la classe C, deve fornire resistenza ad elevate forze dinamiche.

La verifica della resistenza alle azioni dinamiche (classi B e C) deve avvenire attraverso prove sperimentali di tipo dinamico, nelle quali deve essere considerato il metodo di fissaggio alla struttura e il materiale base previsti dal fabbricante.

Le prove sperimentali risultano fondamentali per la verifica della capacità di assorbimento dell'energia cinetica dovuta alla caduta e quindi della efficacia del dispositivo nei confronti dell'arresto caduta. Verifica che risulterebbe notevolmente complessa da effettuare solo con il calcolo, a causa dei molti fattori da tenere in conto in un sistema articolato, quali ad esempio rigidità e resistenza dei componenti, attriti, giochi etc. [1].

Per i parapetti provvisori di classe B (moderata azione dinamica) e di classe C (elevata azione dinamica), la UNI EN 13374 impone di eseguire dei test di impatto su prototipi assemblati e fissati alla struttura di supporto secondo le istruzioni del fabbricante, riproducendo nella prova anche il materiale base (muratura, calcestruzzo, etc.) su cui è previsto il fissaggio. In questo modo viene sperimentata l'efficacia dell'intero sistema costituito dal parapetto, dal sistema di fissaggio alla struttura e dal materiale base.

Seppur la norma UNI EN 13374 non si applichi ai sistemi di protezione laterale sui ponteggi come esplicitamente espresso al primo paragrafo della stessa, può fornire al progettista dei riferimenti tecnici per la progettazione del ponteggio utilizzato anche come dispositivo di protezione per lavori su coperture [1].

Infatti, sono gli stessi i requisiti prestazionali del ponteggio utilizzato anche come protezione per i lavori su coperture rispetto a quelli definiti nella UNI EN 13374 per i sistemi di protezione dei bordi.

Sulla base di tale osservazione, è ragionevole far riferimento alla UNI EN 13374 per:

- la definizione dei requisiti geometrici minimi riguardo allo spazio fra i correnti e all'altezza della protezione rispetto al bordo della copertura da proteggere;
- la valutazione dell'entità dei carichi statici e dinamici da considerare nel progetto come azioni aggiuntive per il particolare utilizzo del ponteggio ed opportunamente combinate con i carichi già considerati nell'autorizzazione ministeriale;
- la definizione delle prove sperimentali da eseguire per la verifica della resistenza alle azioni dinamiche dovute al possibile impatto del lavoratore.

Analogamente ai sistemi temporanei di protezione dei bordi UNI EN 13374, per i ponteggi utilizzati anche come dispositivi di protezione per i lavoratori che svolgono la loro attività sulle coperture, la problematica della verifica dell'efficacia nei confronti dell'arresto caduta rimane la stessa e i test di impatto risultano fondamentali [1].

In questo caso, seguendo la corretta logica della UNI EN 13374, dovrebbero essere sottoposti a prova dei prototipi di ponteggio assemblati e ancorati alla struttura secondo lo schema previsto dal fabbricante. Per ovviare alla difficoltà di eseguire i test di impatto a quote elevate, è ragionevole utilizzare dei prototipi di ponteggio ad altezza ridotta e misurare le azioni che vengono trasferite alla struttura sottostante (attraverso i montanti) e agli ancoraggi durante l'impatto. In questo modo si potrebbe ottenere sia la verifica dell'efficacia del parapetto ad arrestare la caduta, sia la stima delle azioni da applicare all'intero ponteggio per le ulteriori verifiche necessarie [1].

### 3 Requisiti

Si riportano di seguito i requisiti prestazionali e geometrici per i parapetti di sommità di un ponteggio destinato alla protezione dei lavoratori che lavorino sulla copertura degli edifici.

Tali requisiti vengono definiti prendendo spunto dalla norma tecnica UNI EN 13374:2013.

#### 3.1 Requisiti prestazionali

Un ponteggio utilizzato come sistema di protezione per lavoratori che svolgono la loro attività in copertura deve essere in grado di:

- resistere alle azioni di progetto dovute al consueto utilizzo come ponteggio;
- evitare la caduta dal ponteggio di persone e/o cose che cadano o scivolino dalla copertura verso la protezione utilizzata (arresto caduta);
- assorbire l'energia cinetica di persone e/o cose che cadano o scivolino dalla copertura, all'istante dell'urto contro la protezione.
- resistere alle combinazioni di azioni che tengano conto del duplice utilizzo.

Per la verifica dei requisiti relativi all'efficacia nei confronti dell'arresto caduta e alla capacità di assorbimento dell'energia cinetica, nel presente studio il sistema viene sottoposto a prove di tipo dinamico (vedi capitolo 4) nelle quali è generata l'energia cinetica attesa, in base alla valutazione dei rischi effettuata per ogni specifica realizzazione.

#### 3.2 Requisiti geometrici e limiti di posizionamento

Un ponteggio utilizzato come sistema di protezione per lavoratori che svolgono la loro attività in copertura deve comprendere, all'ultimo piano, almeno i seguenti elementi:

- un montante di sommità per ogni stilata di ponteggio
- un numero di correnti sufficiente a impedire il passaggio di persone e cose; in alternativa ai correnti, una protezione continua
- una tavola fermapiède per ogni campo di ponteggio
- un impalcato
- un ancoraggio all'opera servita per ogni stilata di ponteggio, in corrispondenza dell'ultimo impalcato, raddoppiato in basso lungo il montante

Il montaggio del ponteggio in relazione dell'opera da servire deve avvenire controllando i limiti per i seguenti parametri come di seguito definiti:

- posizione del montante interno
- posizione dell'ultimo impalcato
- larghezza utile dell'ultimo impalcato
- posizione del corrente superiore

#### Posizione del montante interno

Il montante interno del ponteggio deve essere posizionato oltre il filo esterno della copertura verso l'opera servita.

### **Posizione dell'ultimo impalcato**

La posizione dell'ultimo impalcato rispetto al filo esterno della copertura deve essere tale che  $h_p$  (figura 3.2.1 - 1) sia minore o uguale a 50 cm<sup>1</sup>.

### **Larghezza utile dell'ultimo impalcato**

L'ultimo impalcato deve avere una larghezza utile  $w_f$  (Figura 3.2.1 - 1) almeno pari a 60 cm.

### **Tavola fermapiede**

Il bordo superiore della tavola fermapiede deve avere una distanza di almeno 150 mm rispetto all'ultimo impalcato e installata in modo da evitare aperture tra la stessa e l'impalcato.

### **Posizione del corrente superiore**

La quota  $h_{ip}$  del corrente superiore rispetto al filo esterno della copertura, misurata lungo la normale alla copertura deve essere pari ad almeno 1 m (Figura 3.2.1 - 1). Ad esempio per coperture con inclinazione uguale a 45°, la quota  $h_{iv}$  del corrente superiore rispetto al filo esterno della copertura, misurata verticalmente dovrà risultare almeno pari a 1,41 m ( $=\sqrt{2}m$ ).

### **Distanza fra i correnti**

I correnti devono essere distanziati in modo che i vuoti fra essi impediscano il passaggio di persone e cose sulla base della valutazione dei rischi eseguita per ogni specifica attività e in relazione alle caratteristiche della copertura. In ogni caso la distanza fra i correnti, o fra il corrente più in basso e la tavola fermapiede, non deve essere superiore a 250 mm.

---

<sup>1</sup> Art.146 c. 3 d.lgs 81/08 e s.m.i.

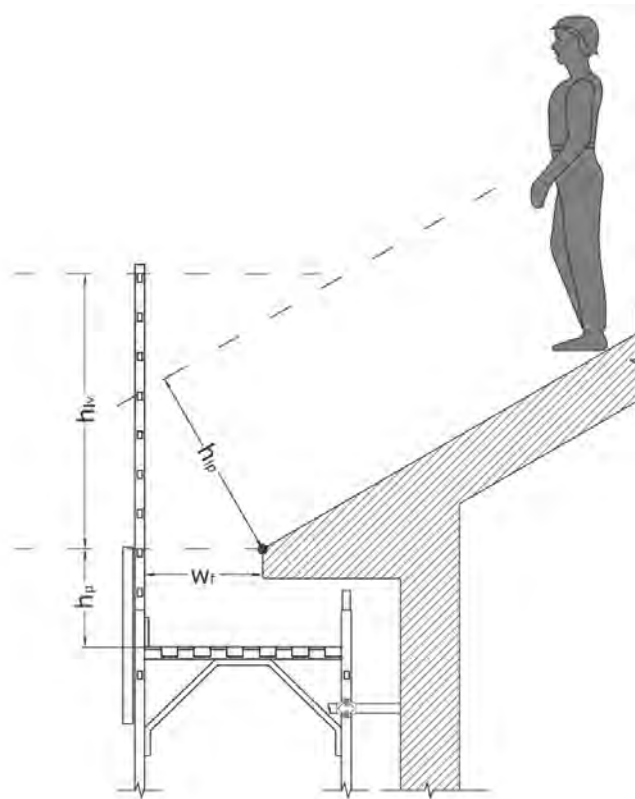


Figura 3.2.1 – 1 Limiti di posizionamento del ponteggio in relazione dell'opera da servire

## 4 Prove sperimentali

### 4.1 Obiettivi

L'obiettivo della sperimentazione è quello di eseguire dei test di impatto per la valutazione della efficacia dei ponteggi utilizzati come sistemi di protezione nei lavori su copertura nei confronti dell'arresto di persone e/o cose che cadano o scivolino lungo una superficie inclinata.

Per tale scopo sono stati utilizzati prototipi di ponteggio ad altezza ridotta opportunamente ancorati ad una struttura rigida.

Con riferimento alla UNI EN 13374, è stata verificata la capacità dei prototipi di assorbire diversi livelli di energia cinetica in diversi punti del sistema attraverso prove di impatto.

Ulteriore obiettivo è quello di misurare le azioni al piede dei montanti e agli ancoraggi dei prototipi durante l'impatto, oltre agli spostamenti degli elementi nei punti di impatto, utili per una successiva valutazione del ponteggio ad altezza reale.

### 4.2 Disposizione e procedimento di prova

Sono state previste diverse tipologie di prove di impatto, per diversi livelli di energia cinetica da ottenere e per la verifica dei diversi elementi del sistema nelle condizioni considerate più sfavorevoli.

In base all'energia cinetica da ottenere, si possono distinguere le prove, identificandole col dispositivo di impatto utilizzato, in:

- Prove con sacco sferoconico, con  $E_c = 500J, 1100J$ ;
- Prove con rullo cilindrico, con  $E_c = 3185J$ .

In base all'elemento del sistema da verificare, si possono distinguere le prove in:

- Prove sul montante
- Prove sul corrente superiore
- Prove sul corrente inferiore
- Prove sul traverso
- Prove sulla protezione continua (rete)
- Prove sulla tavola fermapiede
- Prove sull'impalcato

Nel presente studio le prove sull'impalcato non sono riportate in quanto effettuate in una precedente sperimentazione. Esse avevano già dimostrato che gli elementi d'impalcato a disposizione per la presente campagna non soddisfano i requisiti prestazionali richiesti.

Per la verifica degli elementi (con l'utilizzo del sacco e/o del rullo) sono state predisposte quattro configurazioni geometriche di prova (schemi) e individuati più punti di impatto.

La tabella seguente fornisce una sintesi dei tipi di prove eseguite.



Schema	Impatto		Prove con sacco				Prove con rullo				
			Elementi da verificare				Elementi da verificare				
	Punto	E <sub>c</sub> (J)	Mont.	Corr.	Ferm	Rete	Mont.	Corr.	Ferm.	Rete	Trav.
CD	1	500	x								
	2	1100	x								
		3185					x				
	12	3185									x
	13	3185									x
CS1	3	500		x							
	4	1100		x							
	5	1100			x						
		3185							x		
	6	1100		x							
	7	500		x							
	8	3185						x			
CS2	8	3185						x			
CSR	3	500		x							
	6	1100				x					
	7	500		x							
	10	1100				x					
		3185								x	
	11	3185						x			

Tabella 4.2 - 1 Sintesi delle prove eseguite

Per ogni test è stato registrato l'esito in termini di capacità di arresto del dispositivo di impatto utilizzato da parte della configurazione in prova.

Inoltre sono state misurate le azioni trasmesse agli ancoraggi ed ai montanti e la freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto.

Nel paragrafo 4.2.1 vengono descritte le configurazioni di prova utilizzate; nel paragrafo 4.2.2, le attrezzature e apparecchiature di prova.

Nei paragrafi 4.2.3 e 4.2.4 vengono rispettivamente descritte le prove con sacco sferoconico e le prove con rullo cilindrico.

#### 4.2.1 Configurazioni di prova

Il sistema sottoposto a prova è costituito da un parapetto di sommità, fissato a montanti di sommità, e da un impalcato montati su telai prefabbricati ad altezza ridotta che poggiano su basette regolabili, ancorati ad una struttura rigida.

Per il parapetto di sommità sono state previste due tipologie:

- Parapetto con correnti (Figura 4.2.1.1 – 1, Figura 4.2.1.2 – 1, Figura 4.2.1.2 – 2)
- Parapetto con protezione continua (con telaio “parapetto” e rete metallica – Figura 4.2.1.3 – 1)

Per la verifica dei diversi elementi del sistema sono state predisposte quattro configurazioni geometriche (schemi) di prova:

Schema CD	per la verifica dei montanti (prova con sacco e prova con rullo) e del traverso del telaio (prova con rullo)
Schema CS1	per la verifica del parapetto con correnti posti a distanza pari a 20 cm
Schema CS2	per la verifica del parapetto con correnti posti a distanza pari a 10 cm
Schema CSR	per la verifica del parapetto con protezione continua (prova con sacco per telaio “parapetto” e rete; prova con rullo per rete e tavola fermapiede).

Sono state previste due tipologie di tavola fermapiede, in legno o in acciaio e con altezze pari a 150 o 200 mm.

Comunque la tavola fermapiede è stata montata solo nelle prove riguardanti la stessa, non essendo elemento strutturale del sistema.

In generale gli elementi utilizzati sono elementi autorizzati dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali e appartenenti ad un unico fabbricante.

In particolare, in deroga alle indicazioni riportate nel libretto del ponteggio utilizzato, i montanti di sommità rappresentano dei prototipi realizzati ad hoc dal fabbricante stesso partendo dall'elemento autorizzato e modificato per consentire l'intensificazione dei correnti negli schemi CD, CS1 e CS2.

Analogamente, il parapetto con protezione continua utilizzato nello schema CSR rappresenta un prototipo realizzato ad hoc dal fabbricante composto da un telaio “parapetto” autorizzato sul quale è stata saldata una rete metallica.

I telai utilizzati sono a boccole per gli schemi CD, CS1 e CSR; a perni per lo schema CS2.

L'altezza dei telai è stata ridotta in funzione dell'attrezzatura a disposizione per la esecuzione delle prove di impatto.

Le quattro configurazioni sono state fissate alla struttura di prova mediante un sistema di ancoraggi realizzati con elementi di ponteggio.

Di seguito si descrivono le diverse configurazioni utilizzate.

#### 4.2.1.1 Schema CD

Lo schema CD è costituito da due campate; Il sistema prevede il parapetto di sommità realizzato con correnti.

La figura seguente riporta le principali dimensioni del sistema.

In particolare, i correnti sono stati disposti in modo che la distanza fra di essi fosse pari a 20 cm.

Lo spazio tra il corrente più in basso e la tavola fermapiede risulta pari a 29 cm per tavola da 15 cm e pari a 24 cm per la tavola da 20 cm.

La quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a:

- 115 cm, per le prove con il sacco
- 105 cm, per la prova con il rullo sul montante
- 135 cm, per la prova con il rullo sul traverso.

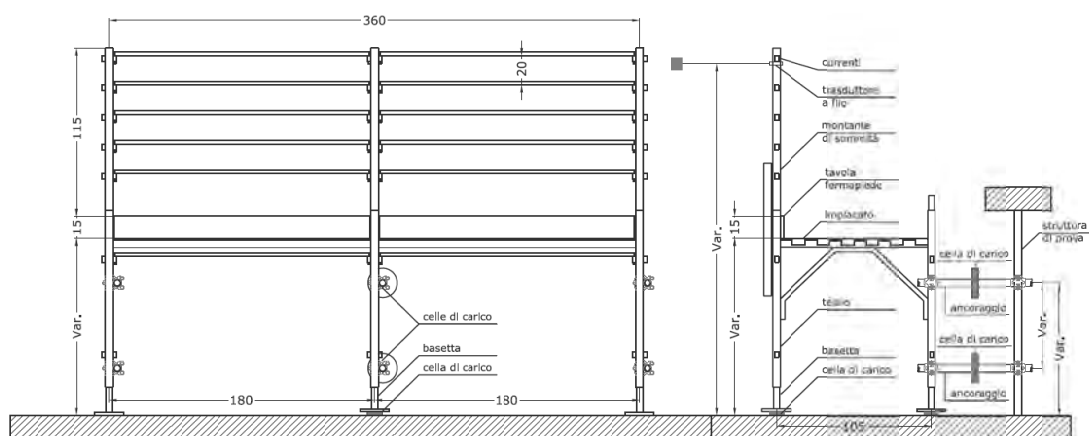


Figura 4.2.1.1 – 1 Schema CD

#### 4.2.1.2 Schemi CS

Gli schemi CS sono costituiti da una campata. Il sistema prevede il parapetto di sommità realizzato con correnti.

I correnti sono stati disposti in modo che la distanza fra di essi fosse pari a:

- 20 cm nello schema CS1 (figura 4.2.1.2 – 1)
- 10 cm nello schema CS2 (figura 4.2.1.2 – 2)

Nello schema CS1 lo spazio tra il corrente più in basso e la tavola fermapiede risulta pari a 29 cm per tavola da 15 cm e pari a 24 cm per la tavola da 20 cm. Nello schema CS2 lo spazio tra il corrente più in basso e la tavola fermapiede risulta pari a 17 cm per tavola da 15 cm e pari a 12 cm per la tavola da 20 cm.

La quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a:

- 115 cm, per le prove con il sacco
- 135 cm, per la prova con il rullo sul traverso
- 105 cm, per la prova con il rullo sul corrente intermedio
- 135 cm, per la prova con il rullo sulla tavola fermapiede

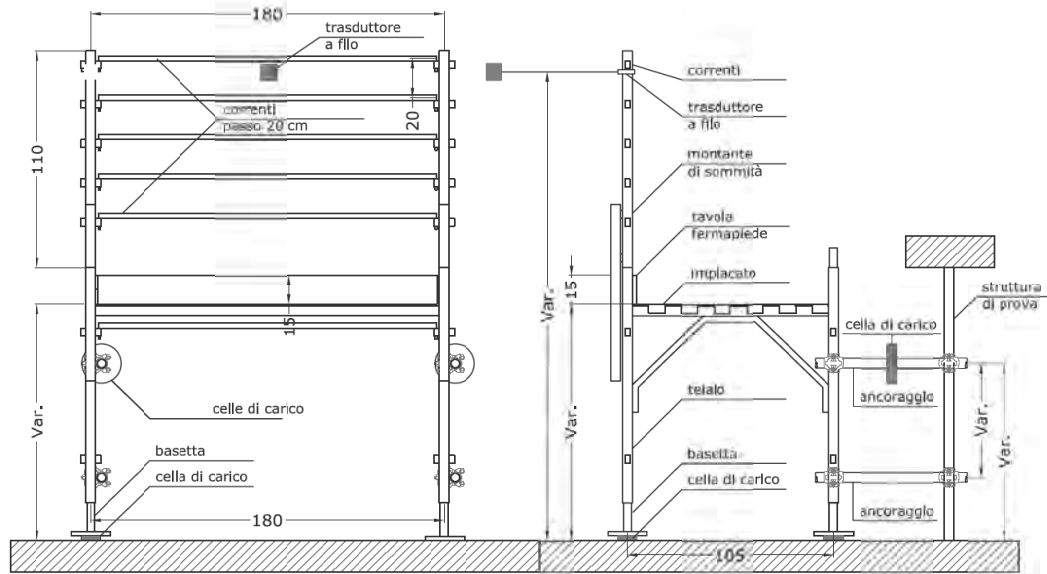


Figura 4.2.1.2 – 1 Schema CS1

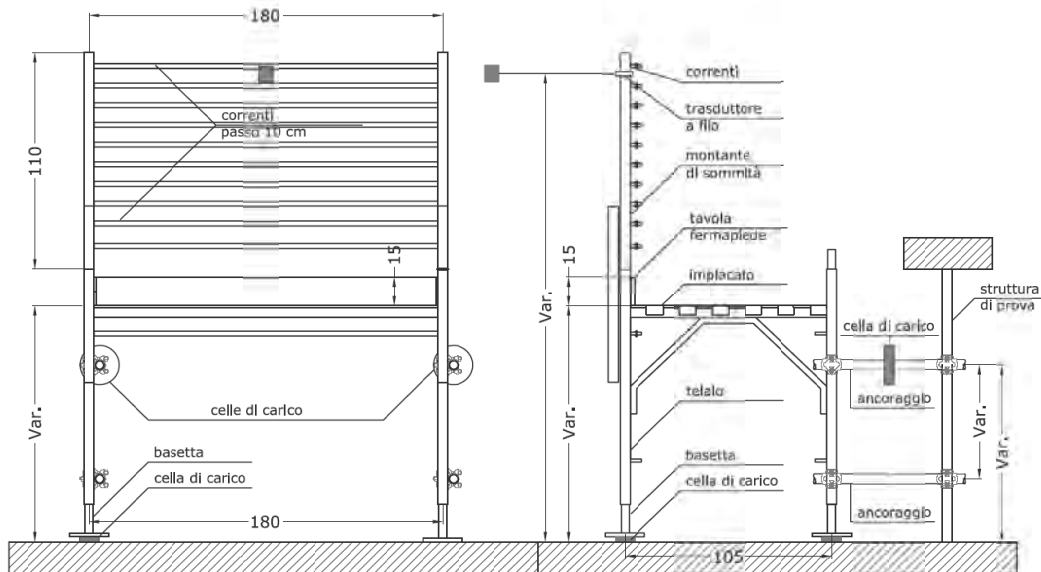


Figura 4.2.1.2 – 2 Schema CS2

#### 4.2.1.3 Schema CSR

Lo schema CSR è costituito da una campata. Il sistema prevede il parapetto di sommità realizzato con telaio parapetto e rete metallica (parapetto con protezione continua).

La rete utilizzata è in acciaio, verniciata, con dimensione della maglia 10 x 10 cm e spessore del filo 4 mm.

La quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a:

- 115 cm, per le prove con il sacco
- 105 cm, per la prova con il rullo sulla protezione continua
- 135 cm, per la prova con il rullo sulla tavola fermapiede

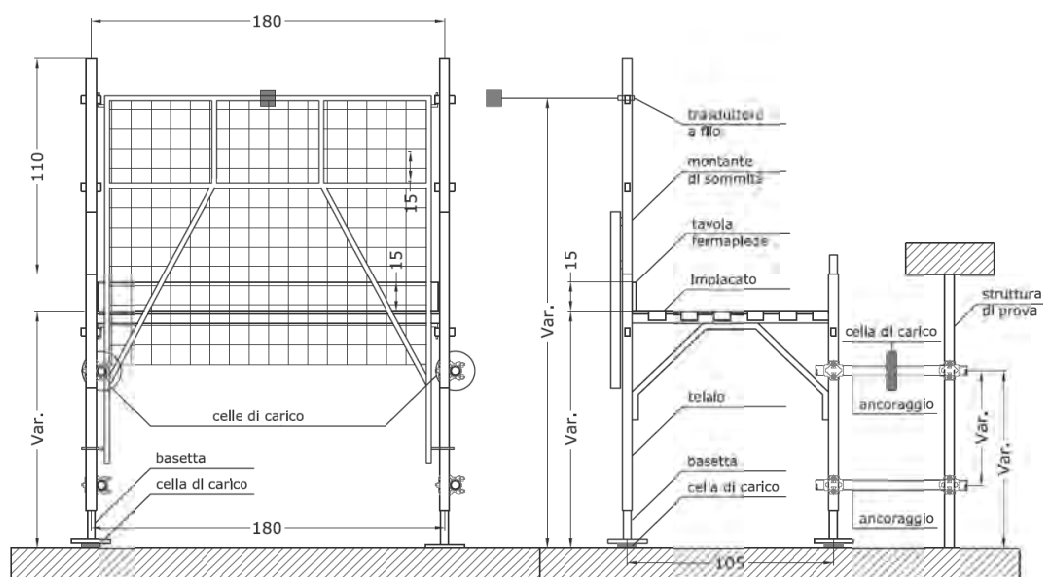


Figura 4.2.1.3 – 1 Schema CSR

## 4.2.2 Attrezzature e apparecchiature di prova

Per la esecuzione delle prove sono state utilizzate le seguenti attrezzature e apparecchiature:

- una struttura metallica rigida
- un sacco sferoconico
- un rullo cilindrico
- due sistemi di sollevamento e sgancio
- un sistema di misura dei dati
- un sistema di acquisizione, registrazione ed analisi dei dati.

### 4.2.2.1 Struttura metallica rigida

La struttura metallica rigida, realizzata in carpenteria metallica costituita da travi e pilastri HE, consente l'esecuzione di prove dinamiche mediante sacco sferoconico e rullo cilindrico.

Essa è divisa in due zone dove poter effettuare le prove con il sacco sferoconico e i test di impatto mediante rullo cilindrico. I dispositivi per l'impatto sono quelli previsti nella UNI EN 13374.



Figura 4.2.2.1 – 1 Attrezzatura di prova: struttura metallica rigida

#### 4.2.2.2 Sacco sferoconico

Il sacco sferoconico da 50 kg da utilizzare per le prove d'impatto è conforme alla EN 596 ed è realizzato in tessuto in grado di resistere agli impatti.

#### 4.2.2.3 Rullo cilindrico

Il rullo cilindrico in acciaio da 75 kg da utilizzare per le prove d'impatto è conforme alla UNI EN 13374 ed è rivestito in gomma ed è senza bordi taglienti.

#### 4.2.2.4 Sistemi di sollevamento e sgancio

I sistemi di sollevamento e di sgancio rapido consentono il posizionamento in quota e la caduta libera della massa senza apprezzabile velocità iniziale.

Nella prima tipologia di test il sacco sferoconico viene sollevato e fatto cadere da opportuna altezza tale che all'istante dell'urto contro il sistema di protezione abbia una determinata energia cinetica. Un sistema di pulegge e carrucole permette il sollevamento del sacco a diverse altezze in modo da ottenere diversi livelli di energia cinetica.

Il sistema che consente il sollevamento e lo sgancio del sacco sferoconico è costituito da un'elettrocalamita che viene agganciata al sacco, da una fune metallica e da un argano. L'elettrocalamita viene sollevata in quota solidalmente al sacco fino all'altezza stabilita mediante argano e successivamente sganciata per permettere l'azione dinamica del sacco contro il sistema di protezione.

Uno schema del sistema di sollevamento e sgancio del sacco sferoconico è illustrato in Figura 4.2.2.4-1. Il sacco sferoconico, sospeso tramite una fune di sollevamento F1, passante su una carrucola C1, impatta l'elemento in prova con la fune che al momento dell'impatto è inclinata al massimo di  $\pm 5^\circ$  rispetto la verticale. L'angolo  $\alpha$  tra la fune nella posizione di partenza del sacco sferoconico e la verticale dovrà essere inferiore a  $65^\circ$ .

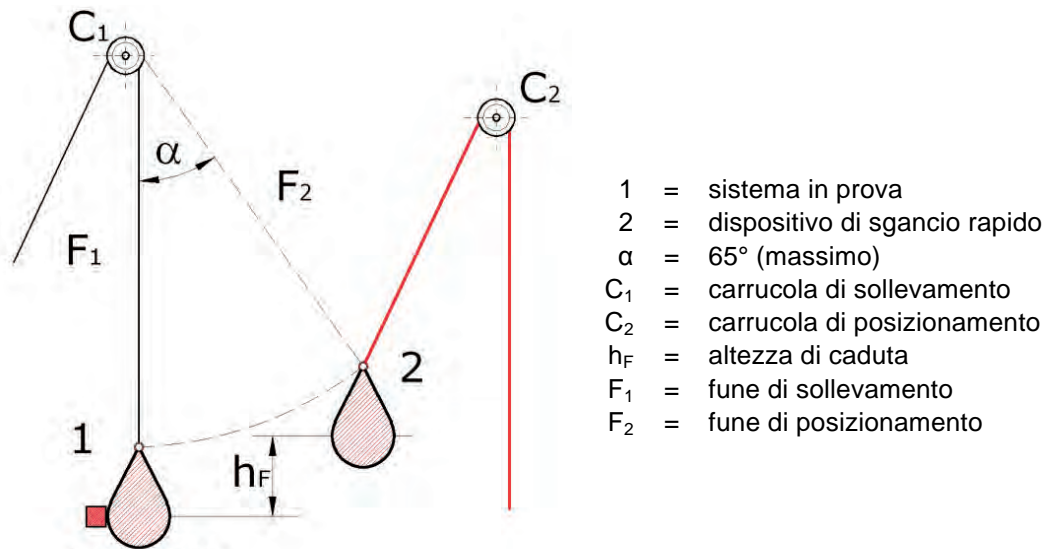


Figura 4.2.2.4-1 Sistema di prova con sacco sferoconico

Nella seconda tipologia di test il rullo cilindrico viene fatto impattare contro il sistema di protezione dopo averlo fatto rotolare per 5 m lungo una rampa inclinata di 60°.

Il rullo cilindrico viene portato in quota e recuperato dopo l'impatto mediante un sistema di sollevamento e sgancio costituito da un argano dotato di due funi metalliche che vengono agganciate al rullo. Le funi, che si avvolgono sull'argano, permettono il sollevamento in quota del rullo fino alla sommità dello scivolo dove viene agganciato meccanicamente, mediante idonei dispositivi, per impedirne la caduta. Successivamente il rullo viene sganciato per permettere il rotolamento lungo la rampa.

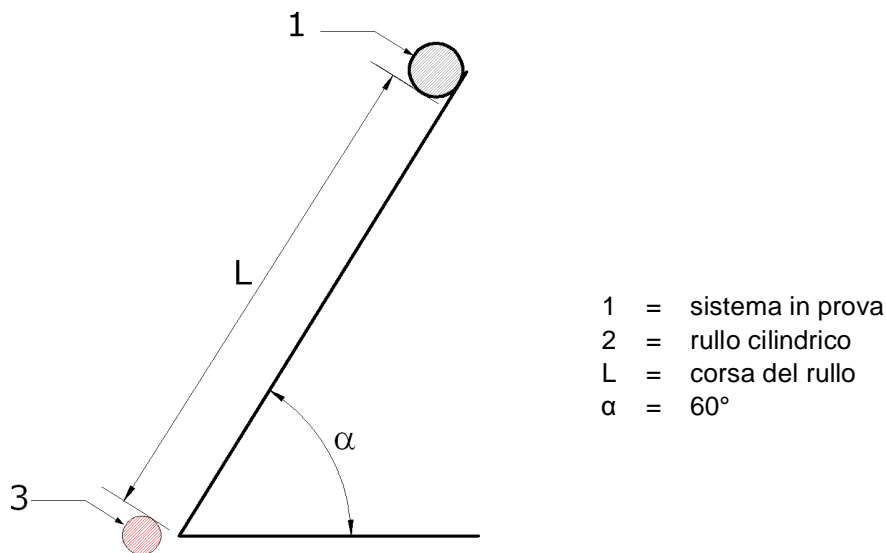


Figura 4.2.2.4-2 Sistema di prova con rullo cilindrico

#### 4.2.2.5 Sistema di misura dei dati

Per la misurazione delle forze e degli spostamenti durante le prove di impatto sono stati utilizzati:

- quattro trasduttori a filo Celesco MT2
- due celle di carico Leane CBES da 15.000 kg
- due celle di carico Leane DSCC da 100 kN
- due webcam.

I trasduttori a filo sono stati posizionati in corrispondenza dei punti d'impatto per misurare gli spostamenti istantanei e residui del sistema in prova.



Figura 4.2.2.5-1 Trasduttore a filo tipo CELESCO MT2

Le celle di carico di tipo Leane CBES da 15.000 kg sono state rese solidali alle basette dei montanti, mentre le celle di carico di tipo Leane DSCC da 100 kN sono stati posizionati fra i tubi che permettono l'ancoraggio del sistema in prova alla struttura.

Le celle di carico alla base dei montanti permettono la misura delle sole compressioni mentre quelle lungo gli ancoraggi, sia le compressioni che le trazioni.

L'azzeramento del sistema di misura è stato effettuato dopo il montaggio e l'ancoraggio del sistema in prova.



Figura 4.2.2.5-2 Cella di carico tipo Leane CBES 15.000 kg



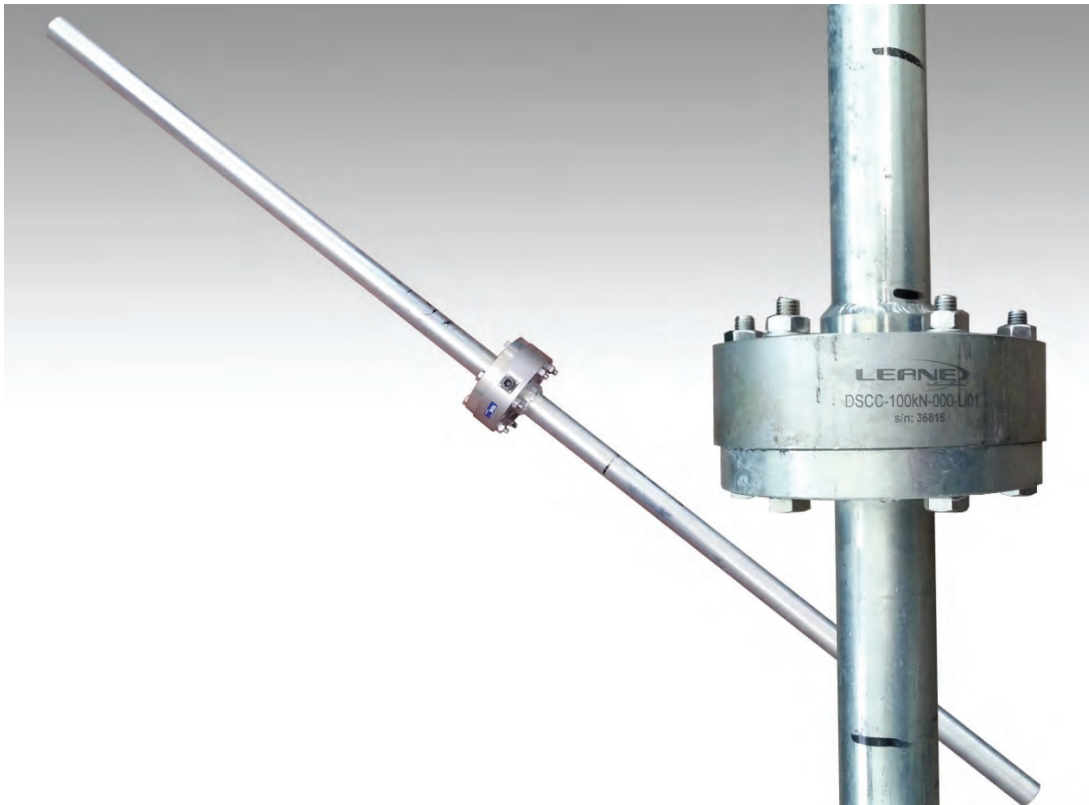


Figura 4.2.2.5-3 Cella di carico tipo Leane DSCC 100kN

Le webcam permettono la ripresa delle prove da due posizioni differenti e contribuiscono alla analisi degli stessi.

A titolo di esempio, di seguito viene illustrato il posizionamento delle celle di carico per lo schema CD costituito da due campate.

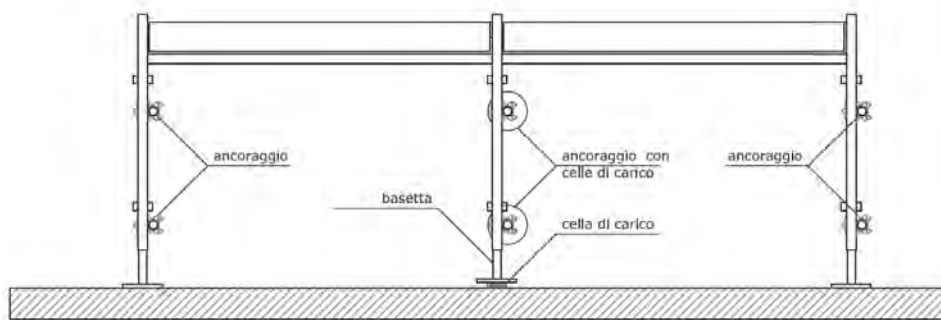


Figura 4.2.2.5-4 Sistema di misura dei dati – Posizionamento delle celle di carico nello schema CD  
Vista frontale

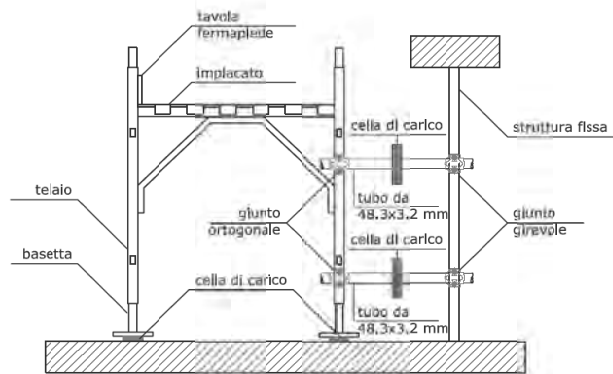


Figura 4.2.2.5-5 Sistema di misura dei dati – Posizionamento delle celle di carico nello schema CD  
Vista laterale

#### 4.2.2.6 Sistema di acquisizione, registrazione ed analisi dei dati

Il sistema di acquisizione è composto da un centralina Dewe 43A ad otto ingressi analogici 24 bit, otto ingressi digitali da encoder 32 bit, RPM, counter, 2 porte CAN full speed sulla quale vengono collegati i trasduttori a filo, le celle di carico e le webcam. La centralina è espandibile oltre gli otto ingressi attraverso ulteriori moduli.

Essa consente l'acquisizione a 24 bit, sincrona, di tutti i canali fino a 50 Ks/s per canale.

La centralina viene collegata ad un computer portatile sul quale è installato il software di gestione DeweSoft X2 che consente di effettuare la configurazione dei canali, gestire l'acquisizione, visualizzare, memorizzare ed esportare i dati.

DeweSoft X2 ha due modalità di funzionamento: in acquisizione ed in analisi. L'acquisizione avviene mediante hardware mentre l'analisi attraverso un file memorizzato. L'elaborazione dei dati e la visualizzazione dei risultati possono avvenire durante la misurazione o mediante file memorizzati.



Figura 4.2.2.6-1 Centralina DEWE 43° e software DEWEsoft X2

I dati provenienti dai sensori vengono mostrati attraverso un classico display digitale, analogico o un istogramma. Il software è dotato di registratore grafico e di registratore verticale che consentono attraverso una specifica funzione una facile ed immediata visualizzazione dei risultati in tempo reale.

Il software gestisce inoltre le webcam sincronizzate con i dati provenienti dai sensori per consentire una migliore analisi dei dati.

#### 4.2.2.7 Convenzioni

Le convenzioni utilizzate per descrivere le forze e gli spostamenti sono mostrate nella tabella che segue:

Grandezza	Direzione	Convenzione
Forza	Compressione	+
	Trazione	-
Spostamento	Allungamento (verso l'interno della struttura)	+
	Accorciamento (verso l'esterno della struttura)	-

Tabella 4.2.2.7-1 Convenzioni per forze e spostamenti

#### 4.2.3 Descrizione delle prove con sacco sferoconico

Le prove con il sacco sferoconico, così come descritte nei paragrafi che seguono, sono effettuate sui seguenti componenti:

- montante di sommità;
- correnti;
- tavola fermapiede;
- protezione continua (rete).

Le prove su ogni componente sono eseguite utilizzando la configurazione di volta in volta indicata.

##### 4.2.3.1 Prove sul montante di sommità

Le prove sul montante di sommità sono eseguite utilizzando la configurazione a due campi (schema CD). Esse consistono nel colpire il montante di sommità centrale sul punto 1 ( $E_c = 500 \text{ J}$ ) e sul punto 2 ( $E_c = 1100 \text{ J}$ ).

Il punto 1 è situato nella parte più alta del montante di sommità centrale, mentre il punto 2 è posto a 150 mm sopra la parte terminale del tubo di rinforzo del montante di sommità (Figura 4.2.3.1-1).

Le prove risultano superate se dopo l'impatto su ogni punto, il sacco risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove su ogni punto di impatto, utilizzando per ogni prova un nuovo campione.

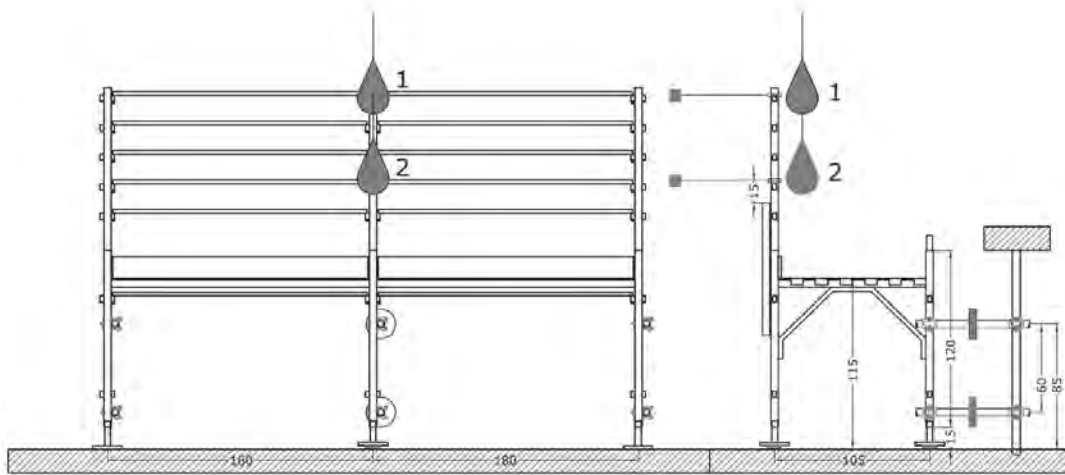


Figura 4.2.3.1-1 - Prove d'impatto con sacco sferoconico su montante di sommità - Schema CD

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 1

Solleverlo il sacco di un'altezza  $h_1 = 1.0$  m rispetto al punto di impatto 1 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il montante dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_i$  : forza misurata lungo l'ancoraggio inferiore
- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 2

Solleverlo il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 2 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il montante dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_i$  : forza misurata lungo l'ancoraggio inferiore
- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.3.2 Prova sui correnti

La prova sui correnti è eseguita utilizzando la configurazione ad un campo (schema CS1).

La prova consiste nel colpire il corrente superiore e il corrente inferiore rispettivamente nei punti 3 e 7 ( $E_c = 500$  J), 4 e 6 ( $E_c = 1100$  J).

Il punto 3 (500 J) e il punto 4 (1100 J) sono in mezzzeria; i punti 6 e 7 alle estremità (Figura 4.2.3.2-1).

La prova risulta superata se dopo l'impatto per ogni punto, il sacco risulta arrestato dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove su ogni punto di impatto, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

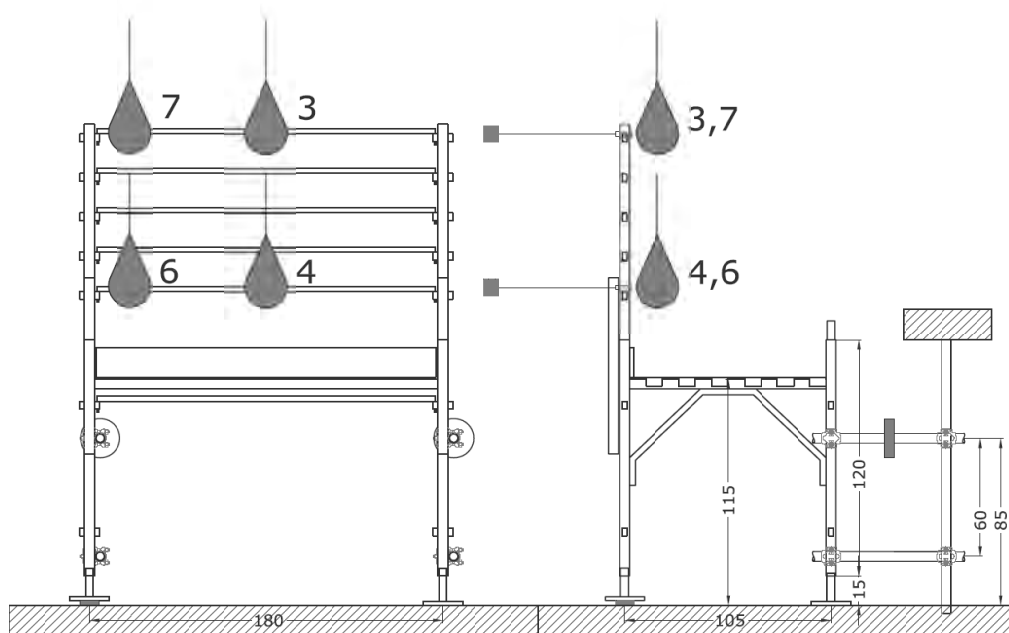


Figura 4.2.3.2-1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su correnti - Schema CS1

#### Specifica per la prova d'impatto sul punto 3

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_1 = 1.0$  m rispetto al punto di impatto 3 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il corrente dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### **Specifica per la prova d'impatto sul punto 4**

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 4 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il corrente dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### **Specifica per la prova d'impatto sul punto 6**

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 6 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il corrente dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### **Specifica per la prova d'impatto sul punto 7**

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_1 = 1.0$  m rispetto al punto di impatto 7 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il corrente dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.3.3 Prova sulla tavola fermapiede

La prova sulla tavola fermapiede è eseguita utilizzando la configurazione ad un campo (Schema CS1).

La prova consiste nel colpire la tavola fermapiede in mezzeria (1100 J) nel punto 5 (Figura 4.2.3.3-1).

La prova risulta superata se, dopo l'impatto, il sacco risulta arrestato dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

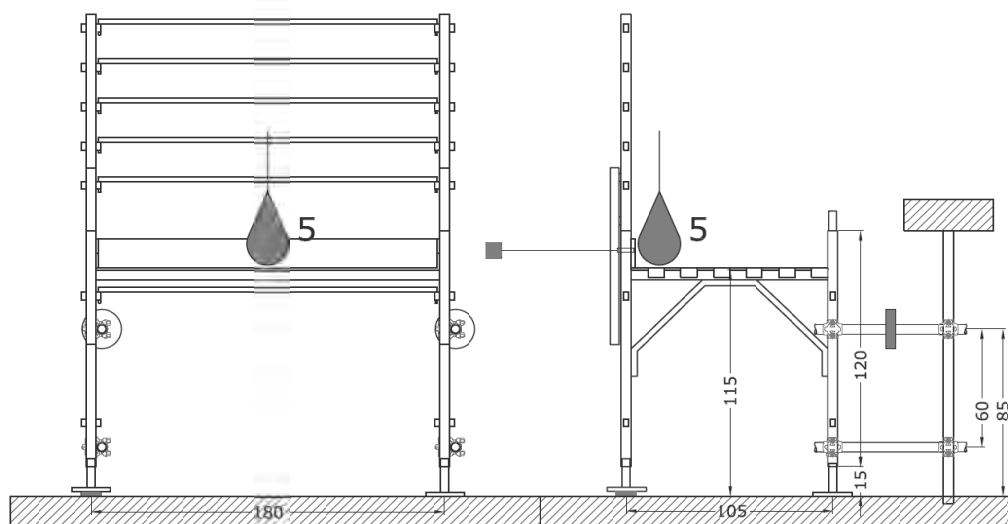


Figura 4.2.3.3-1 Prova d'impatto con sacco sferoconico su tavola fermapiede - Schema CS1

#### Specifica per la prova d'impatto sul punto 5

Sollevere il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 5 e poi rilasciarlo in caduta libera. La tavola fermapiede dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

$A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro

$A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro

$M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno

$\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.3.4 Prova sulla protezione continua (rete)

La prova sulla protezione continua è eseguita utilizzando la configurazione ad un campo (schema CSR).

La prova consiste (figura 4.2.3.4-1):

- nel colpire il telaio parapetto nel punto 3 (500 J),
- la rete al centro nel punto 10 (1100 J),
- la protezione continua nel punto 6 (1100 J), il più vicino possibile alla connessione del telaio con il montante
- la protezione continua nel punto 7 (500 J), il più vicino possibile alla connessione del telaio con il montante

La prova risulta superata se dopo l'impatto per ogni punto, il sacco risulta arrestato dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove su ogni punto di impatto, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

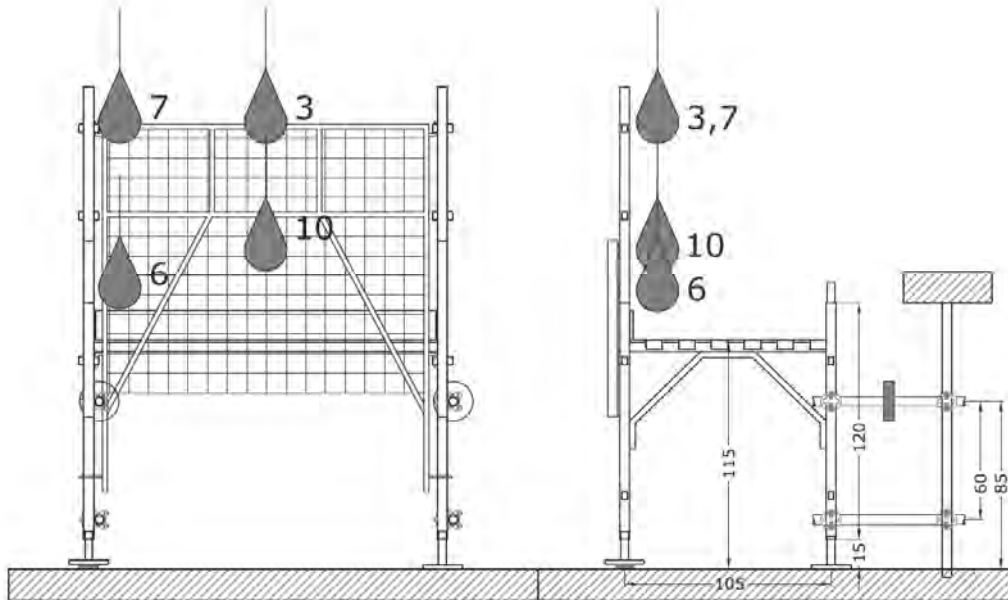


Figura 4.2.3.4-1 Prova d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua (rete) - Schema CSR

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 3

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_1 = 1.0$  m rispetto al punto di impatto 3 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il supporto superiore della rete dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 10

Sollevarlo il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 10 e poi rilasciarlo in caduta libera. La rete dovrà arrestare e ritenere il sacco.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto



### Specifica per la prova d'impatto sul punto 6

Sollevarre il sacco di un'altezza  $h_2 = 2.25$  m rispetto al punto di impatto 6 e poi rilasciarlo in caduta libera. La rete dovrà arrestare e ritenere il sacco ed il telaio non dovrà uscire dalla sua sede di sostegno sul montante.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 7

Sollevarre il sacco di un'altezza  $h_1 = 1.00$  m rispetto al punto di impatto 7 e poi rilasciarlo in caduta libera. Il supporto superiore della rete dovrà arrestare e ritenere il sacco e non dovrà uscire dalla sua sede di sostegno sul montante.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_{s, sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro
- $A_{s, dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.4 Descrizione delle prove con rullo cilindrico

Le prove con il rullo, così come descritte nei paragrafi che seguono, sono effettuate sui seguenti componenti:

- montante di sommità;
- traverso;
- corrente intermedio;
- tavola fermapiede;
- protezione continua (rete).

Le prove su ogni componente sono eseguite utilizzando le configurazioni di volta in volta indicate.

Data la impossibilità di variare la posizione della rampa, per permettere l'impatto nel punto stabilito, per ogni prova è stata variata la quota dell'impalcato del sistema rispetto al pavimento.

Le prove si intendono superate se dopo l'impatto sul singolo componente, il rullo risulta arrestato e ritenuto dall'intero sistema.

##### 4.2.4.1 Prova sul montante di sommità

La prova sul montante di sommità è eseguita utilizzando la configurazione a due campi (schema CD). La prova consiste nel far impattare il rullo cilindrico sul montante di sommità centrale nel punto 2 ( $E_c = 3185$  J) dopo averlo fatto rotolare lungo la rampa per 5 m.

Il punto 2 è posto a 150 mm sopra la parte terminale del tubo di rinforzo del montante di sommità (figura 4.2.4.1-1).

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.  
Si eseguono almeno tre prove utilizzando tre differenti provini.

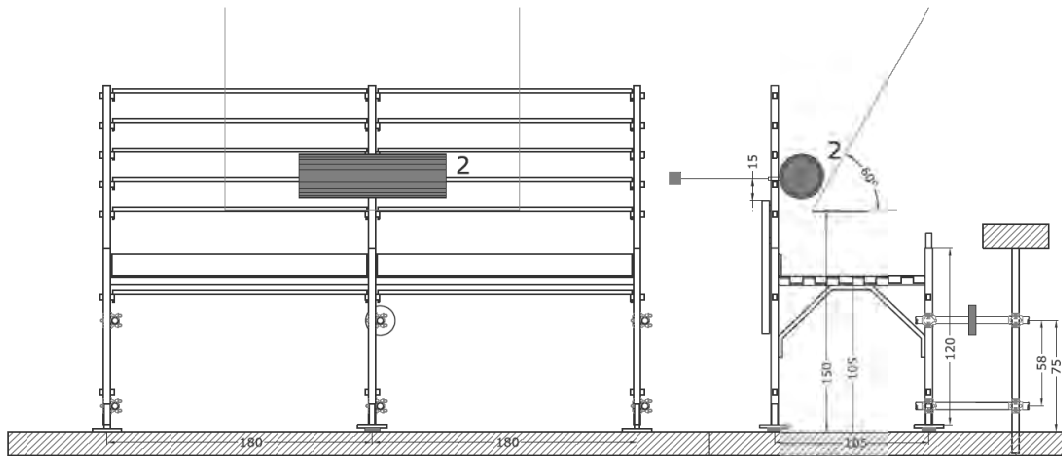


Figura 4.2.4.1-1 Prova d'impatto con rullo cilindrico su montante di sommità - Schema CD

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 2

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro il montante di sommità nel punto 2. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 105 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

### 4.2.4.2 Prova sul traverso

La prova sul traverso è eseguita utilizzando la configurazione a due campi (schema CD).

La prova consiste nel colpire il traverso tra i due elementi di impalcato nel punto 12 (3185 J) e nel punto 13 (3185 J).

Il punto 12 è posto a metà degli elementi di impalcato esterni in corrispondenza del traverso; il punto 13 è posto sugli elementi di impalcato esterni in prossimità della tavola fermapiEDE (figura 4.2.4.2-1).

La prova risulta superata se dopo l'impatto per ogni punto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove su ogni punto di impatto, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

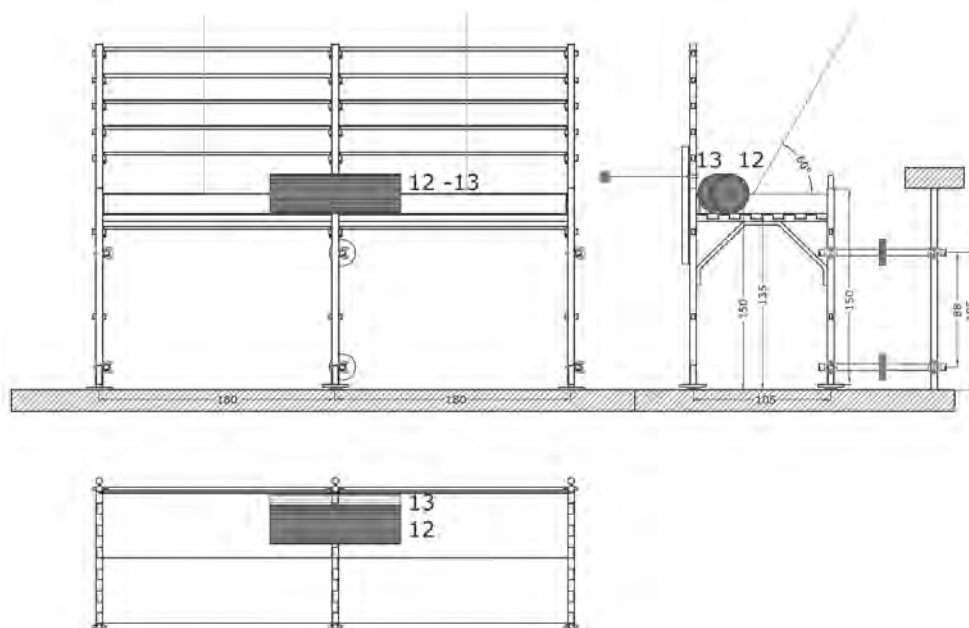


Figura 4.2.4.2-1 Prova d'impatto con rullo cilindrico su traverso - Schema CD

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 12

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro il traverso nel punto 12. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 135 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_i$  : forza misurata lungo l'ancoraggio inferiore
- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 13

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro il traverso nel punto 13. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 135 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_i$  : forza misurata lungo l'ancoraggio inferiore
- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.4.3 Prova sul corrente intermedio

La prova sul corrente intermedio è eseguita utilizzando due configurazioni a un campo (schema CS1 e schema CS2) con diversa distanza fra i correnti (figura 4.2.4.3-1 e figura 4.2.4.3-2). La prova consiste nel far impattare il rullo cilindrico nel punto 8 ( $E_c = 3185 \text{ J}$ ) dopo averlo fatto rotolare lungo la rampa per 5 m.

Il punto 8 è situato sul corrente più prossimo alla parte terminale del tubo di rinforzo del montante di sommità, ad una distanza di almeno 150 mm.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Per ogni configurazione, si eseguono almeno tre prove utilizzando tre differenti provini.

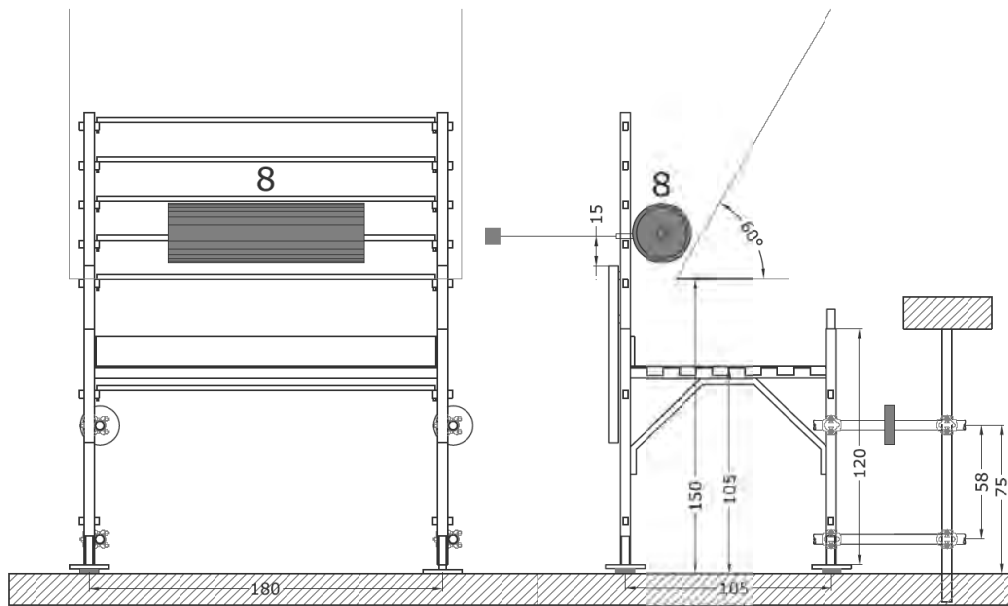


Figura 4.2.4.3-1 Prova d'impatto con rullo cilindrico sul corrente - Schema CS1

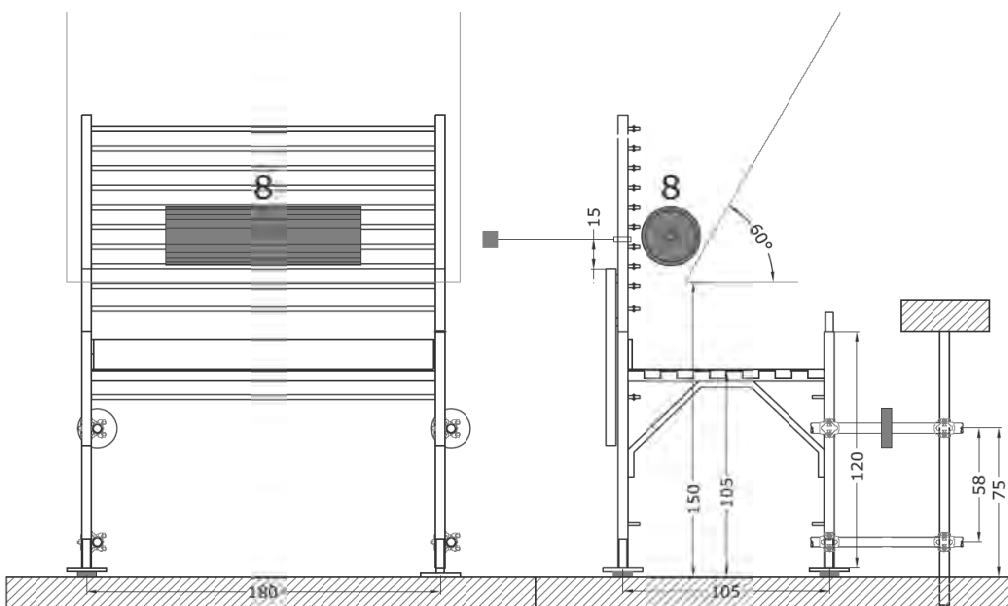


Figura 4.2.4.3-2 Prova d'impatto con rullo cilindrico sul corrente - Schema CS2

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 8

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro il corrente nel punto 8. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 105 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

$A_{s\ dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro

$A_{s\ sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro

$M_i$  : forza misurata alla base del montante interno

$M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno

$\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.4.4 Prova sulla tavola fermapiede

La prova sulla tavola fermapiede è eseguita utilizzando la configurazione a un campo (schema CS1). La prova consiste nel far impattare il rullo cilindrico nel punto 5 ( $E_c = 3185\ J$ ) dopo averlo fatto rotolare lungo la rampa per 5 m. Il punto 5 è posto in mezzzeria della tavola fermapiede (figura 4.2.4.4-1).

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

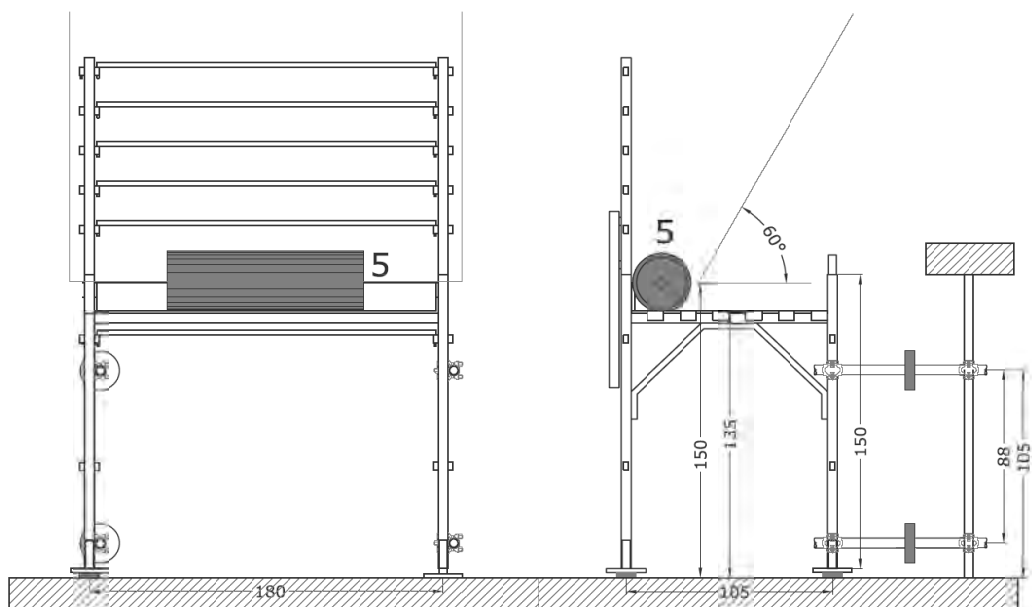


Figura 4.2.4.4-1 Prova d'impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiede - Schema CS1

### Specifica per la prova d'impatto sul punto 5

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro la tavola fermapiede nel punto 5. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 135 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

- $A_i$  : forza misurata lungo l'ancoraggio inferiore
- $A_s$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore
- $M_i$  : forza misurata alla base del montante interno
- $M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno
- $\delta$  : freccia istantanea massima all'altezza del punto d'impatto

#### 4.2.4.5 Prova sulla protezione continua (rete)

La prova sulla protezione continua è eseguita utilizzando la configurazione a un campo (schema CSR). La prova consiste nel far impattare il rullo cilindrico al centro della rete nel punto 10 ( $E_c = 3185$  J, vedi figura 4.2.4.5-1) e nel punto 11 ( $E_c = 3185$  J, vedi figura 4.2.4.5-2) in corrispondenza della tavola fermapiède, dopo averlo fatto rotolare lungo la rampa per 5 m.

La prova risulta superata se dopo l'impatto per ogni punto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Si eseguono almeno tre prove su ogni punto di impatto, utilizzando per ogni prova un nuovo provino.

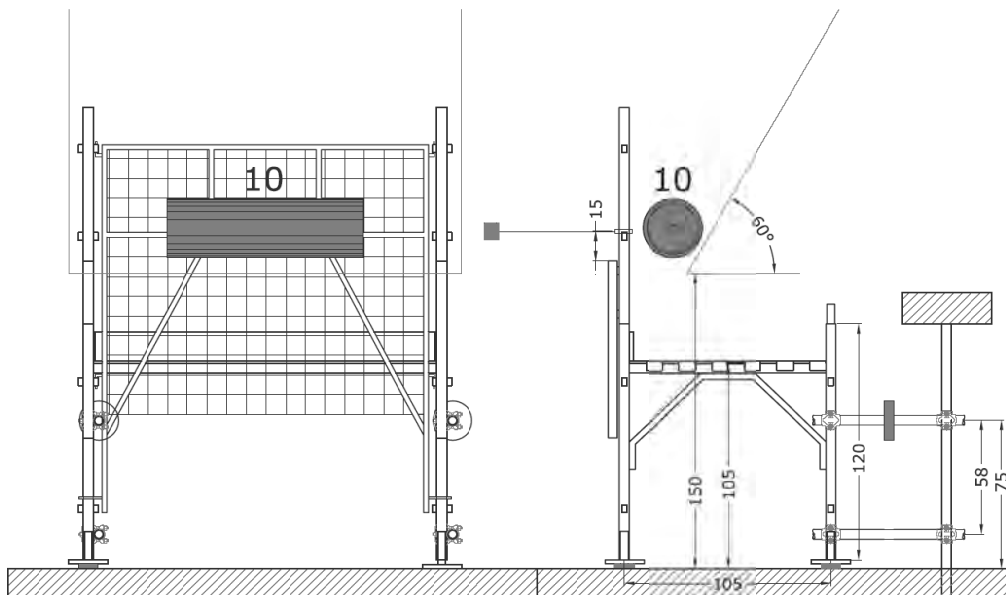


Figura 4.2.4.5-1 Prova d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua (rete) - Schema CSR

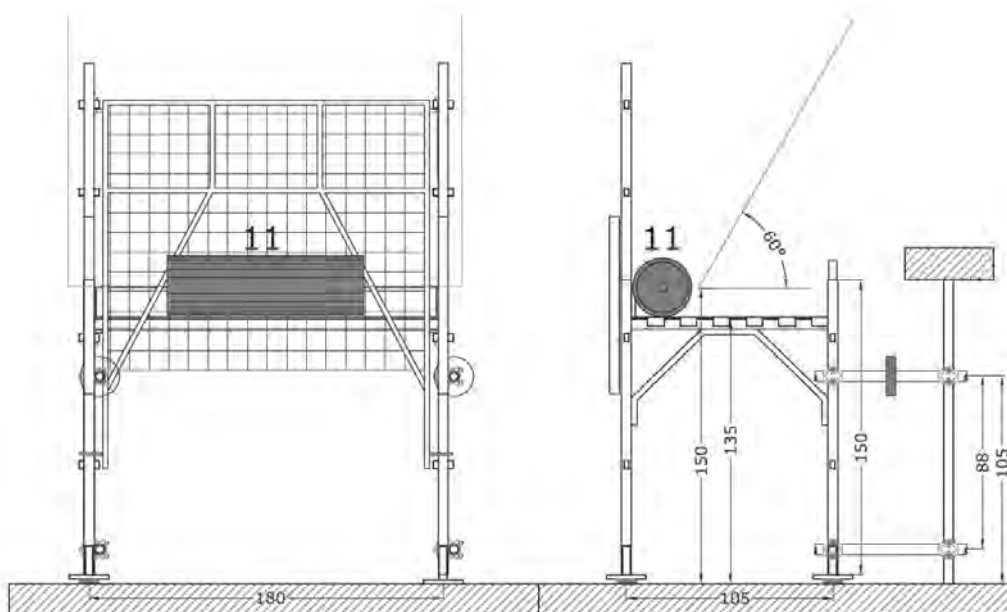


Figura 4.2.4.5-2 Prova d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua (rete) - Schema CSR

### Specifiche per la prova d'impatto sul punto 10

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro la protezione continua nel punto 10. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 105 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

$A_{s\ dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro

$A_{s\ sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro

$M_i$  : forza misurata alla base del montante interno

$M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno

### Specifiche per la prova d'impatto sul punto 11

Il rullo cilindrico deve rotolare per 5 metri prima dell'impatto contro la protezione continua nel punto 11. Per permettere l'impatto nel punto stabilito, la quota dell'impalcato del sistema in prova è stata imposta pari a 135 cm rispetto al pavimento.

La prova risulta superata se dopo l'impatto il rullo risulta arrestato e ritenuto dal sistema.

Misurare e registrare le seguenti grandezze:

$A_{s\ dx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore destro

$A_{s\ sx}$  : forza misurata lungo l'ancoraggio superiore sinistro

$M_i$  : forza misurata alla base del montante interno

$M_e$  : forza misurata alla base del montante esterno

### 4.3 Risultati

Per ogni prova eseguita è stato registrato:

- l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico o del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova;
- il valore di picco delle grandezze misurate.

Per ogni prova eseguita sono disponibili:

- i grafici e i valori di picco delle grandezze misurate durante il test;
- una immagine rappresentativa della prova.

Di seguito vengono raggruppati i risultati in base al dispositivo d'impatto utilizzato (sacco o rullo) e per ognuno di essi, in base all'elemento da verificare (montante, corrente, ecc.)

Le grandezze misurate sono state acquisite con una frequenza di campionamento pari a 50 Ks/s. I grafici sono stati realizzati non applicando filtri.

Per descrivere le forze è stata utilizzata la seguente convenzione:

- compressione: "+"
- trazione: "-"

Per gli spostamenti:

- allungamento (verso l'interno della struttura): "+"
- accorciamento (verso l'esterno della struttura): "-"

Le celle di carico alla base dei montanti permettono la misura delle sole compressioni mentre quelle lungo gli ancoraggi, sia le compressioni che le trazioni.

L'azzeramento del sistema di misura è stato effettuato dopo il montaggio e l'ancoraggio del sistema in prova e prima dell'impatto.

Per tale motivo i valori registrati dalle celle di carico rappresentano le azioni dovute al solo impatto, al netto della presollecitazione iniziale dovuta alla fase di montaggio (peso proprio, azioni dovute all'ancoraggio e alle imperfezioni geometriche).

In particolare i valori negativi registrati alla base dei montanti sono da considerarsi decompressioni rispetto alla compressione iniziale.

In generale, data la geometria dei sistemi in prova e la posizione dei punti di impatto, i grafici relativi alla freccia, al carico alla base del montante esterno e al carico lungo gli ancoraggi, raggiungono un picco contemporaneamente all'istante dell'impatto. Il picco relativo all'azione registrata alla base del montante interno si riferisce al rimbalzo (compressione) della struttura dopo l'impatto.

#### 4.3.1 Risultati delle prove con il sacco sferoconico

##### 4.3.1.1 Prove sul montante di sommità

Sono state eseguite tre prove nel punto 1 con  $E_c = 500J$  e sei prove nel punto 2 con  $E_c = 1100J$ , secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.3.1.



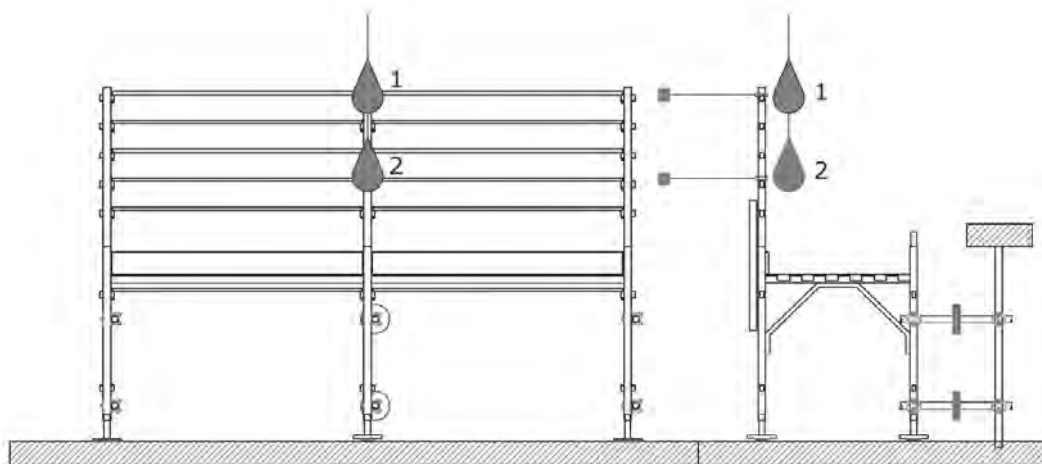


Figura 4.3.1.1 – 1 Prove d’impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Punti di impatto

### Risultati delle prove d’impatto sul punto 1

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l’esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

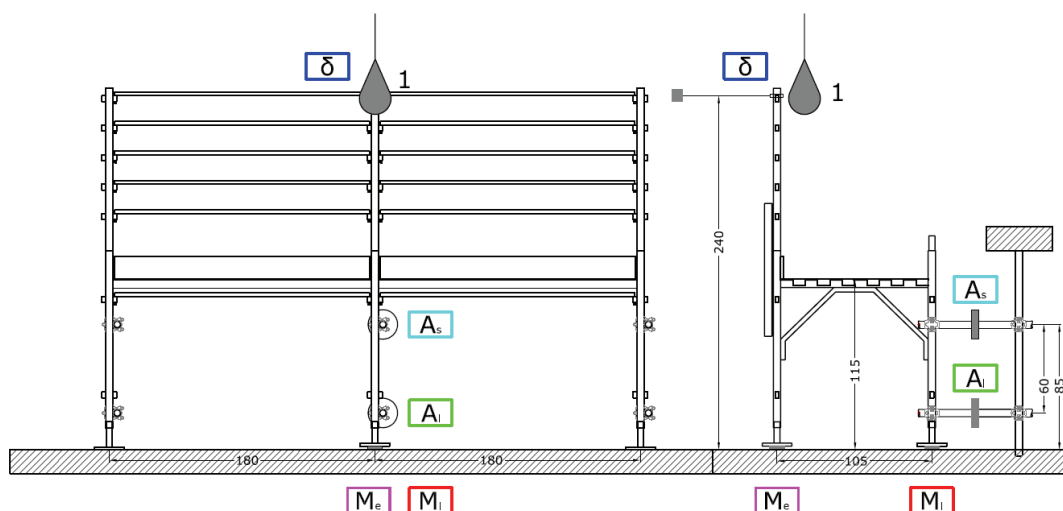


Figura 4.3.1.1 – 2 Prove d’impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d’impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico ( $kg_f$ )				Freccia istantanea massima $\delta$ (mm)	Arresto sacco
				Ancoraggio inferiore $A_i$	Ancoraggio superiore $A_s$	Montante esterno $M_e$	Montante interno $M_i$		
S_M_1/1	CD	1	500	- 80	- 291	296	357 (*)	-142	sì
S_M_1/2	CD	1	500	- 77	- 298	340	439 (*)	-147	sì
S_M_1/3	CD	1	500	- 79	- 326	353	591 (*)	-148	sì

(\*) dati registrati nella fase di “rimbalzo” del provino dopo l’impatto

Tabella 4.3.1.1 – 1 Prove d’impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_M\_1/1: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 1/Test n. 1

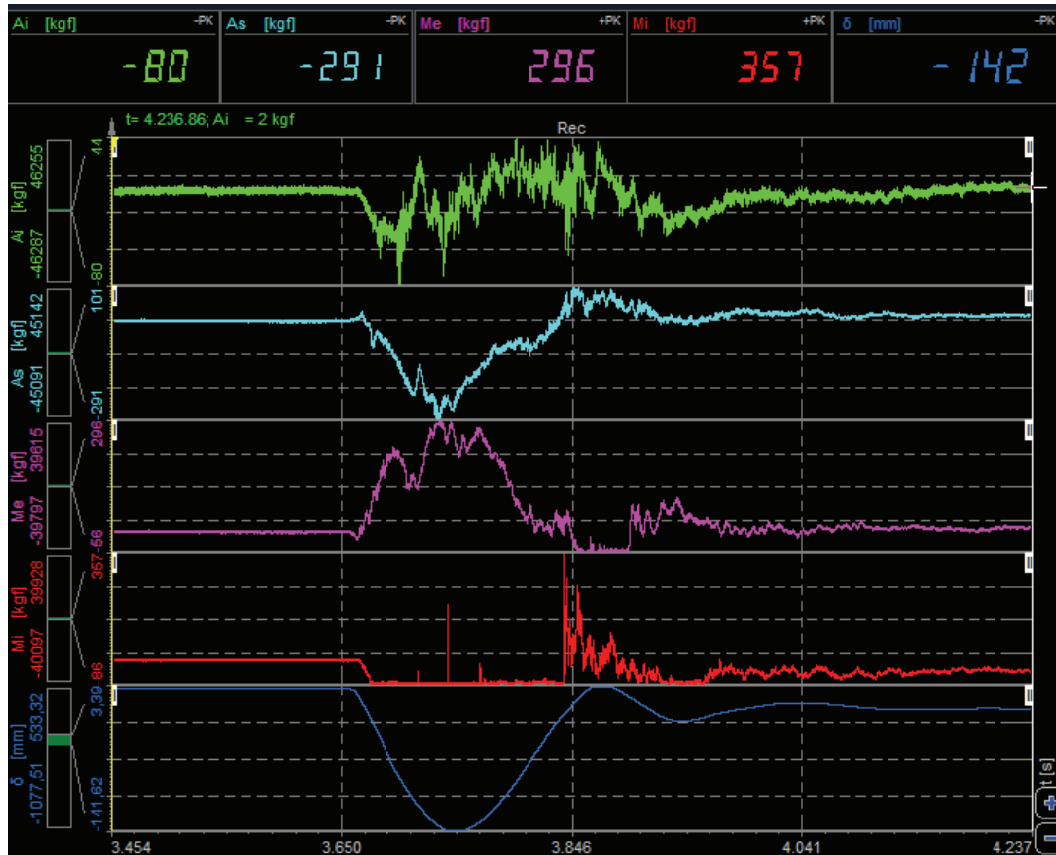


Figura 4.3.1.1 – 3 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 4 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_1/2: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
 Punto d'impatto 1/Test n. 2

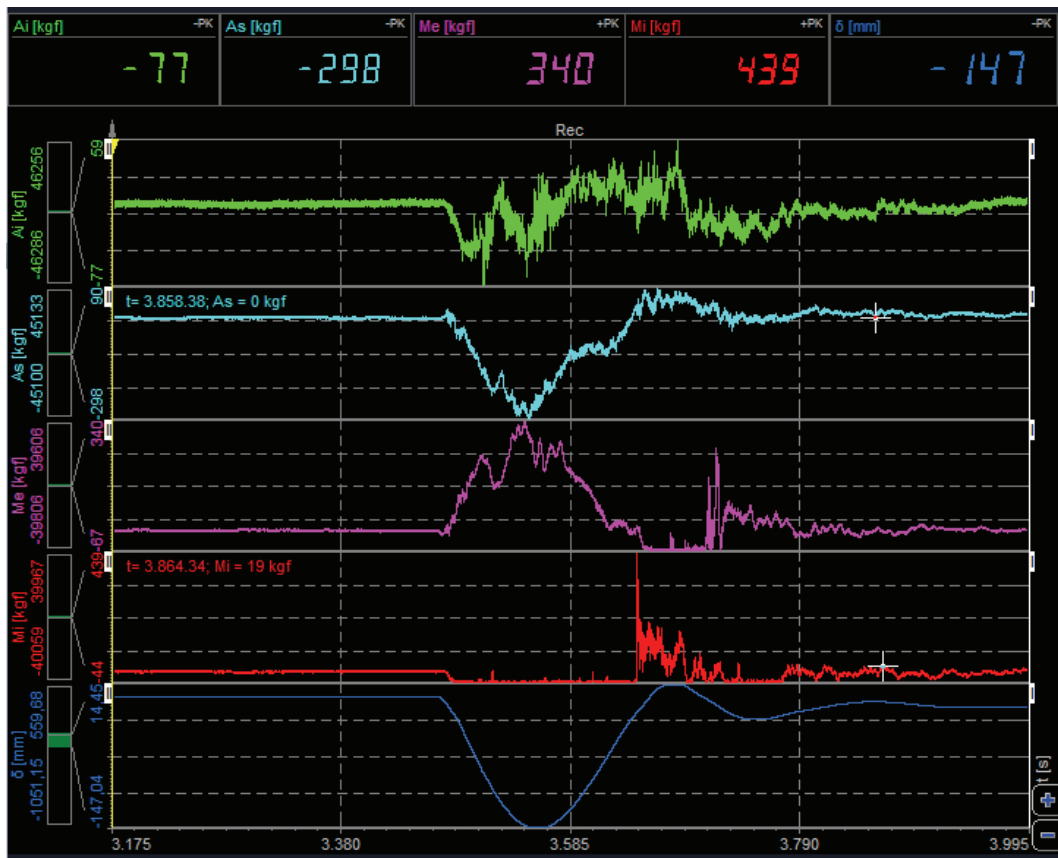


Figura 4.3.1.1 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_1/3: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 1/Test n. 3

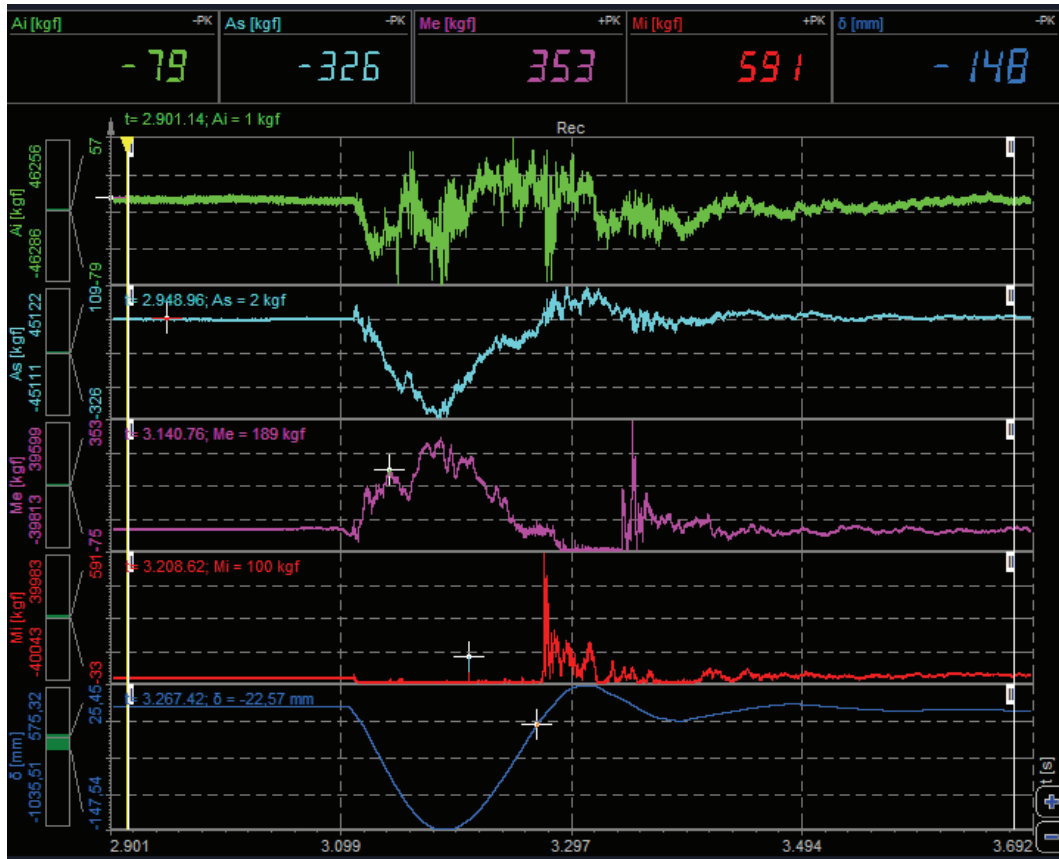


Figura 4.3.1.1 – 7 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 8 Immagine rappresentativa del test

## Risultati delle prove d'impatto sul punto 2

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

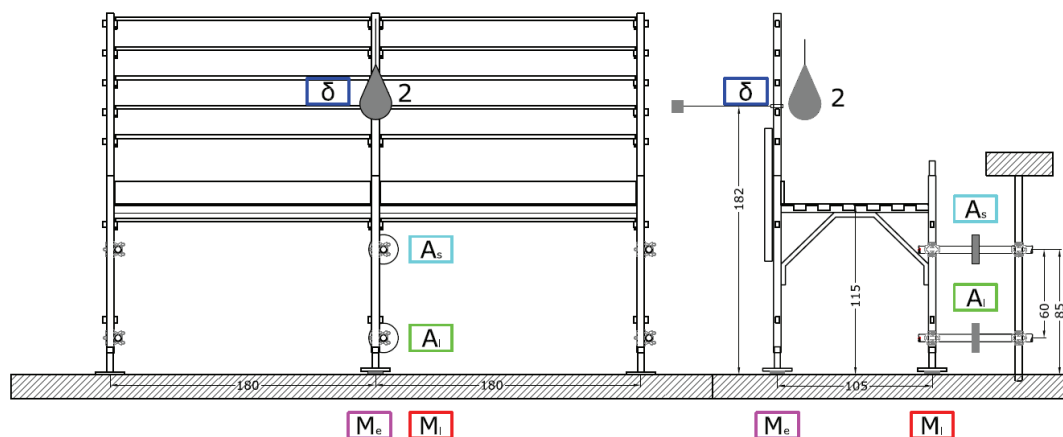


Figura 4.3.1.1 – 9 Prove d'impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico (kg <sub>f</sub> )				Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio inferiore $A_i$	Ancoraggio superiore $A_s$	Montante esterno $M_e$	Montante interno $M_i$	$\delta$ (mm)	
S_M_2/1	CD	2	1100	- 169	- 648	906	846 (*)	-110	sì
S_M_2/2	CD	2	1100	- 140	- 637	1179	479 (*)	-96	sì
S_M_2/3	CD	2	1100	- 220	- 660	1256	261 (*)	-125	sì
S_M_2/4	CD	2	1100	- 160	- 719	1184	373 (*)	-113	sì
S_M_2/5	CD	2	1100	- 176	- 692	949	434 (*)	-105	sì
S_M_2/6	CD	2	1100	- 241	- 705	1230	350 (*)	-107	sì

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto (compressione)

Tabella 4.3.1.1 – 2 Prove d'impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa

Prova S\_M\_2/1: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 1

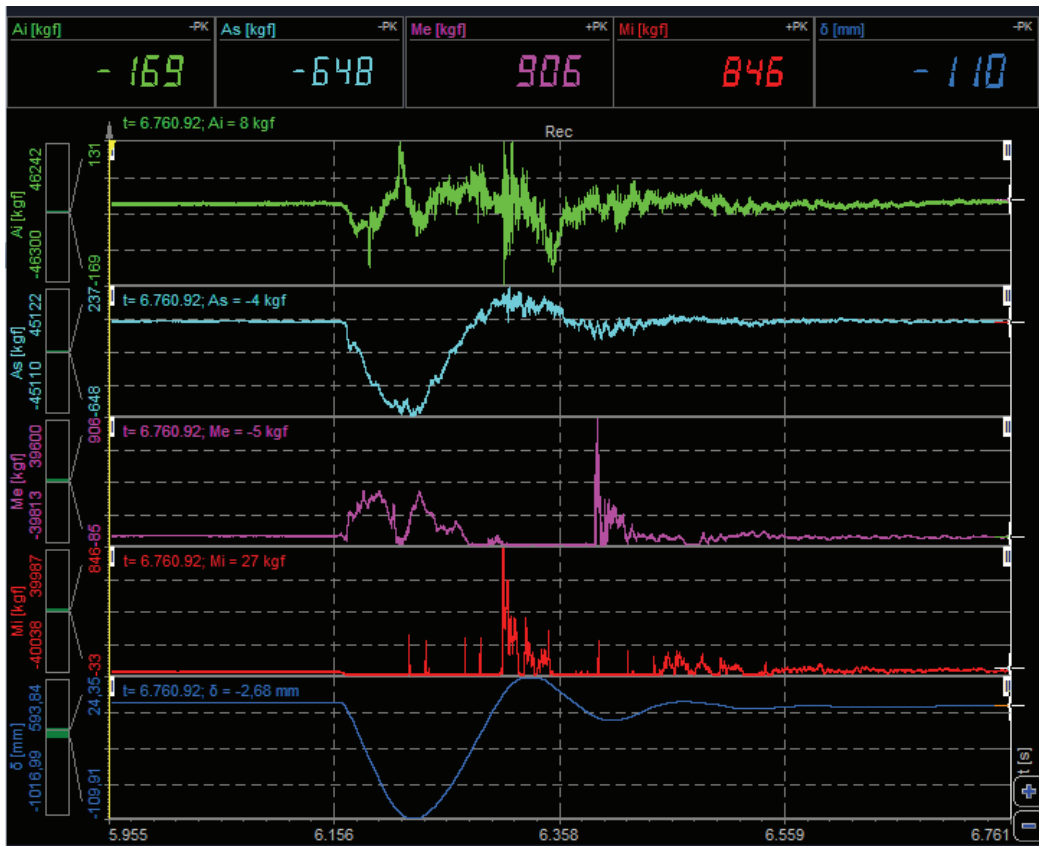


Figura 4.3.1.1 – 10 Grafici delle grandezze misurate

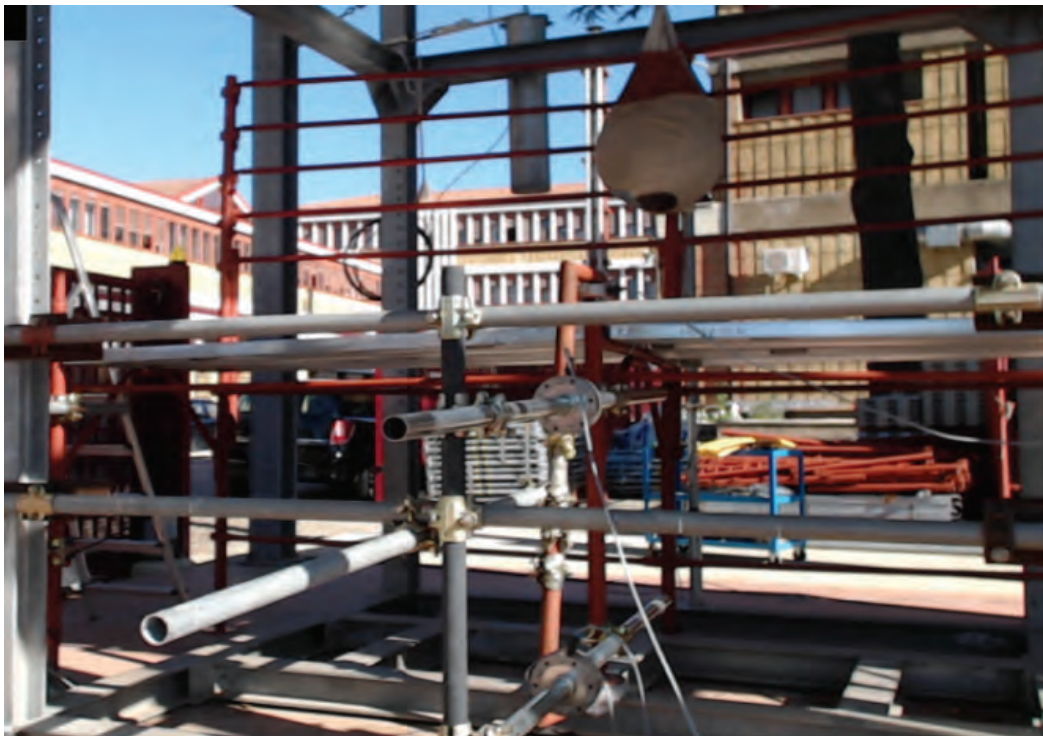


Figura 4.3.1.1 – 11 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_2/2: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
 Punto d'impatto 2/Test n. 2

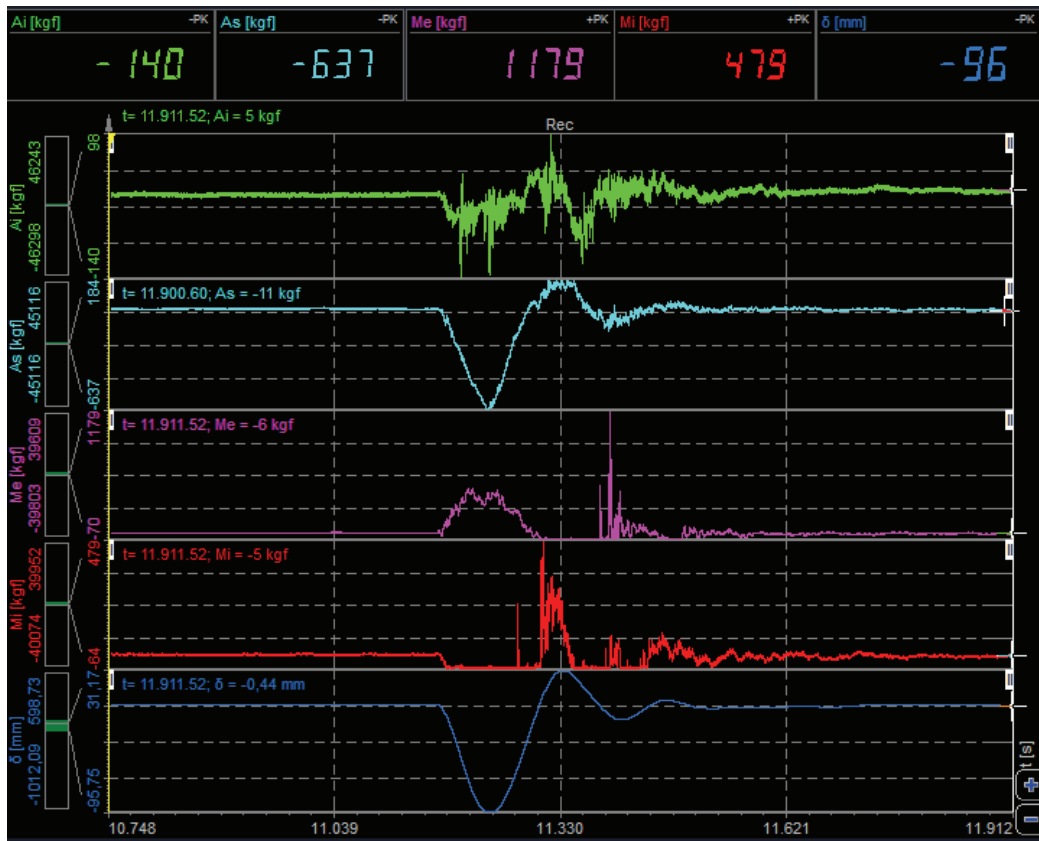


Figura 4.3.1.1 – 12 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 13 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_2/3: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 3

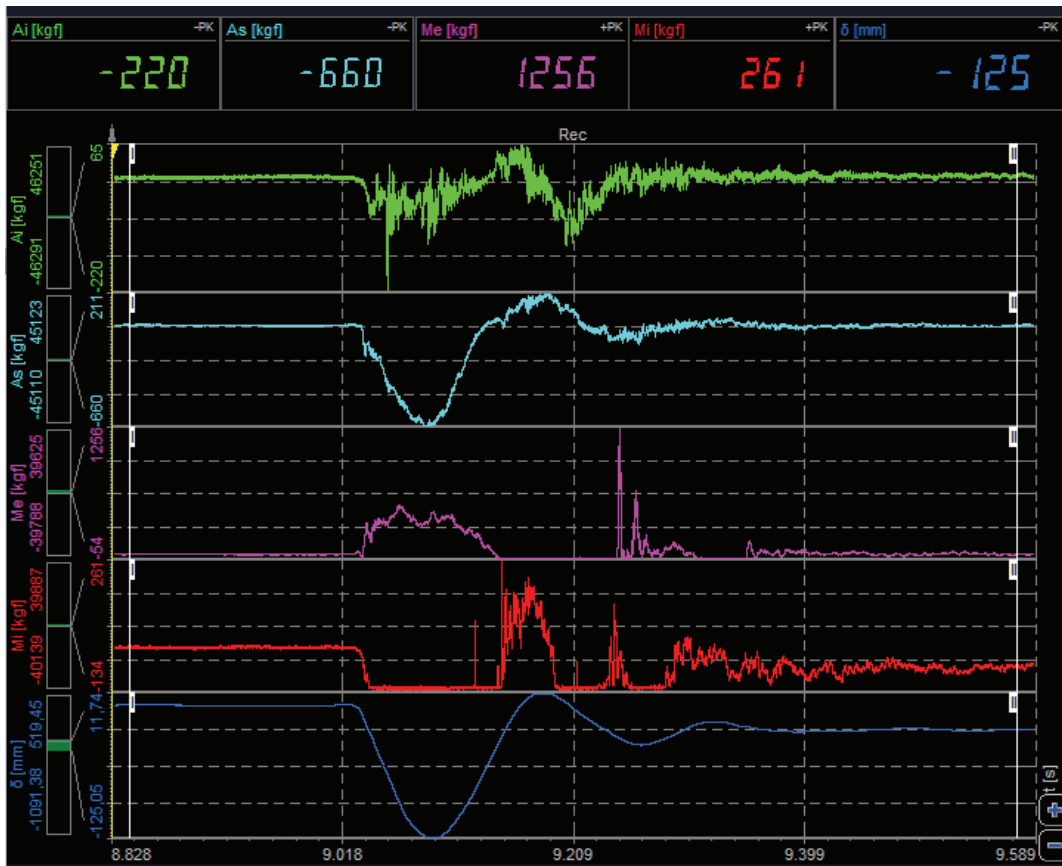


Figura 4.3.1.1 – 14 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 15 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_M\_2/4: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 4

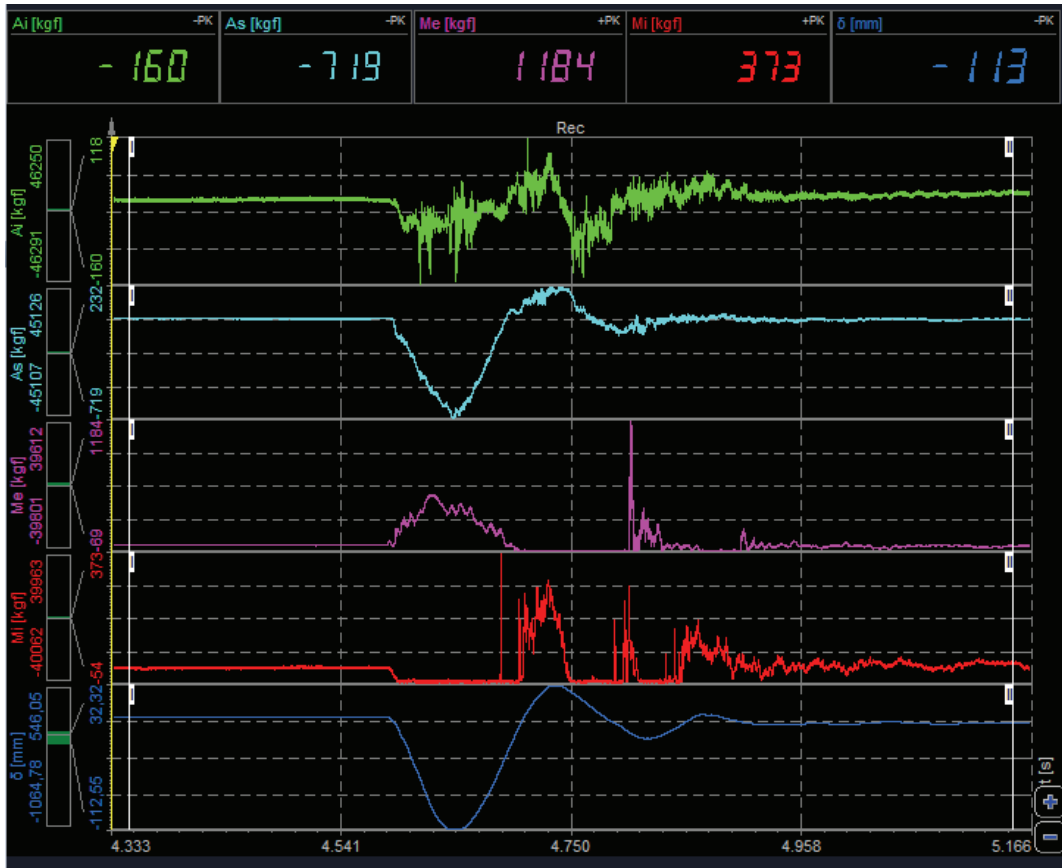


Figura 4.3.1.1 – 16 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 17 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_2/5: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 5



Figura 4.3.1.1 – 18 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 19 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_M\_2/6: Prova con sacco su montante di sommità (schema CD)  
 Punto d'impatto 2/Test n. 6



Figura 4.3.1.1 – 20 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.1 – 21 Immagine rappresentativa del test

## 4.3.1.1.1 Sintesi dei risultati delle prove sul montante di sommità

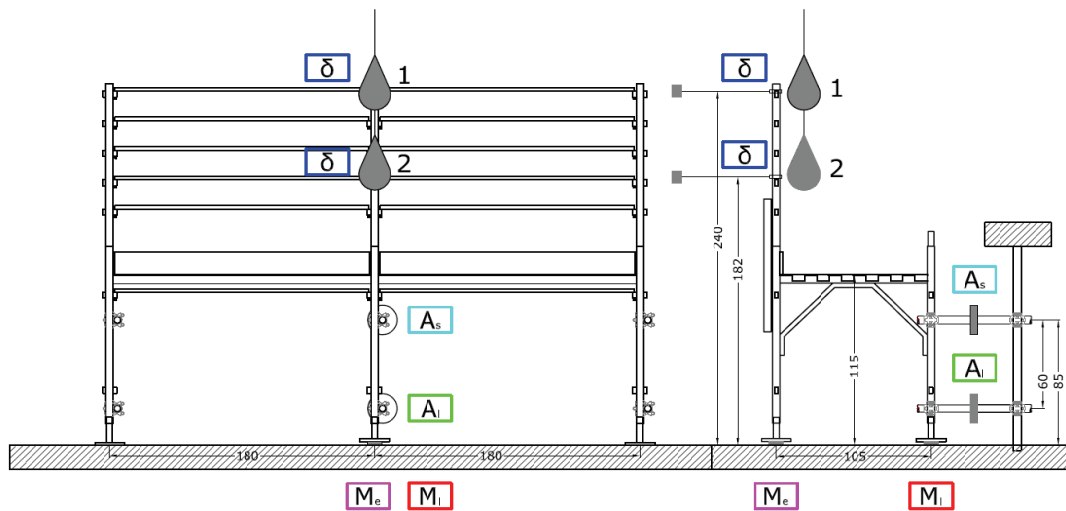


Figura 4.3.1.1.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico (kg <sub>f</sub> )				Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio inferiore $A_i$	Ancoraggio superiore $A_s$	Montante esterno $M_e$	Montante interno $M_i$	$\delta$ (mm)	
S_M_1/1	CD	1	500	- 80	- 291	296	357 (*)	-142	sì
S_M_1/2	CD	1	500	- 77	- 298	340	439 (*)	-147	sì
S_M_1/3	CD	1	500	- 79	- 326	353	591 (*)	-148	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico (kg <sub>f</sub> )				Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio inferiore $A_i$	Ancoraggio superiore $A_s$	Montante esterno $M_e$	Montante interno $M_i$	$\delta$ (mm)	
S_M_2/1	CD	2	1100	- 169	- 648	906	846 (*)	-110	sì
S_M_2/2	CD	2	1100	- 140	- 637	1179	479 (*)	-96	sì
S_M_2/3	CD	2	1100	- 220	- 660	1256	261 (*)	-125	sì
S_M_2/4	CD	2	1100	- 160	- 719	1184	373 (*)	-113	sì
S_M_2/5	CD	2	1100	- 176	- 692	949	434 (*)	-105	sì
S_M_2/6	CD	2	1100	- 241	- 705	1230	350 (*)	-107	sì

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto (compressione)

Tabella 4.3.1.1.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su montante di sommità – Schema CD – Sintesi dei risultati

#### 4.3.1.1.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sul montante di sommità sono state eseguite utilizzando la configurazione a due campi (schema CD). Il montante di sommità centrale è stato colpito nel punto 1 ( $E_c = 500$  J) e nel punto 2 ( $E_c = 1100$  J).

In tutte le prove il sacco è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Si ribadisce (vedi paragrafo 4.3) che i valori registrati dalle celle di carico rappresentano le azioni dovute al solo impatto, al netto della presollecitazione iniziale dovuta alla fase di montaggio (peso proprio, azioni dovute all'ancoraggio e alle imperfezioni geometriche), azzerata ad inizio prova.

Inoltre le celle di carico alla base dei montanti sono a sola compressione; pertanto i valori negativi nei grafici di  $M_e$  e  $M_i$  non devono essere considerati "trazione", bensì indice di decremento della compressione rispetto alla condizione iniziale, prima dell'impatto (azzeramento delle celle ad inizio prova).

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi, superiore e inferiore.

Durante l'impatto il montante interno risulta essere soggetto ad un decremento della compressione rispetto alla compressione iniziale. Il picco di compressione registrato si riferisce al rimbalzo della struttura dopo l'impatto.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello interno, con valori maggiori nelle prove di impatto sul punto 2 ( $E_c = 1100$  J). I valori registrati risultano nel range [296;353] kg<sub>f</sub> nelle prove per il punto 1 e nel range [906;1256] kg<sub>f</sub> per il punto 2.

L'ancoraggio superiore risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello inferiore, con valori maggiori nelle prove di impatto sul punto 2 ( $E_c = 1100$  J). I valori registrati risultano nel range [-291;-326] kg<sub>f</sub> nelle prove per il punto 1 e nel range [-637;-719] kg<sub>f</sub> per il punto 2.

La freccia istantanea massima risulta nel range [-142 ; -148] mm nelle prove per il punto 1 e nel range [-96; -125] mm per il punto 2.

### 4.3.1.2 Prove sui correnti

Sono state eseguite:

- cinque prove nel punto 3 ( $E_c = 500J$ )
- tre prove nel punto 4 ( $E_c = 1100J$ )
- cinque prove nel punto 6 ( $E_c = 1100J$ )
- tre prove nel punto 7 ( $E_c = 500J$ )

secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.3.2.

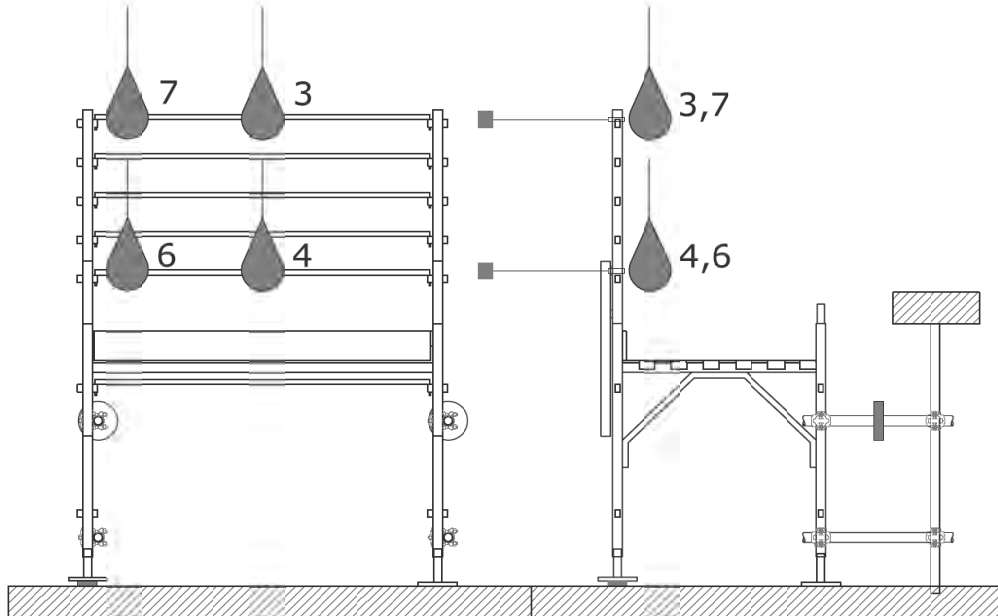


Figura 4.3.1.2 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su correnti – Schema CS1 – Punti di impatto

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 3

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

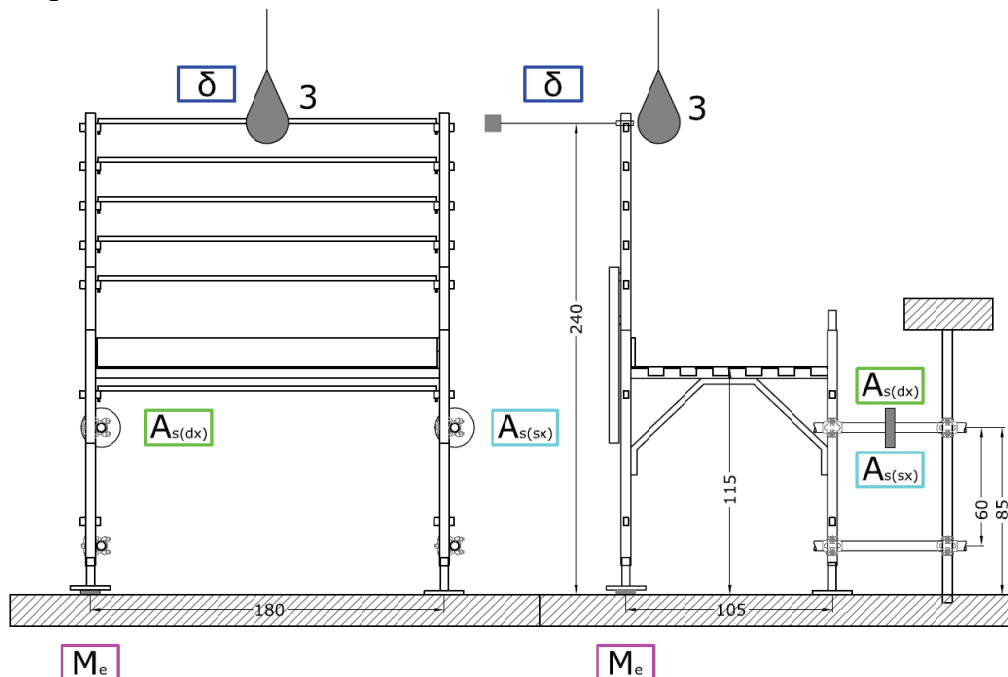


Figura 4.3.1.2 – 2 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_3/1	CS	3	500	-337	-194	254	-158	sì
S_C_3/2	CS	3	500	-285	-181	294	-171	sì
S_C_3/3	CS	3	500	-194	-138	292	-161	sì
S_C_3/4	CS	3	500	-181	-113	278	-149	sì
S_C_3/5	CS	3	500	-184	-116	270	-155	sì

Tabella 4.3.1.2 – 1 Prove d'impatto con sacco sferico su corrente – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_C\_3/1: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 3/Test n. 1

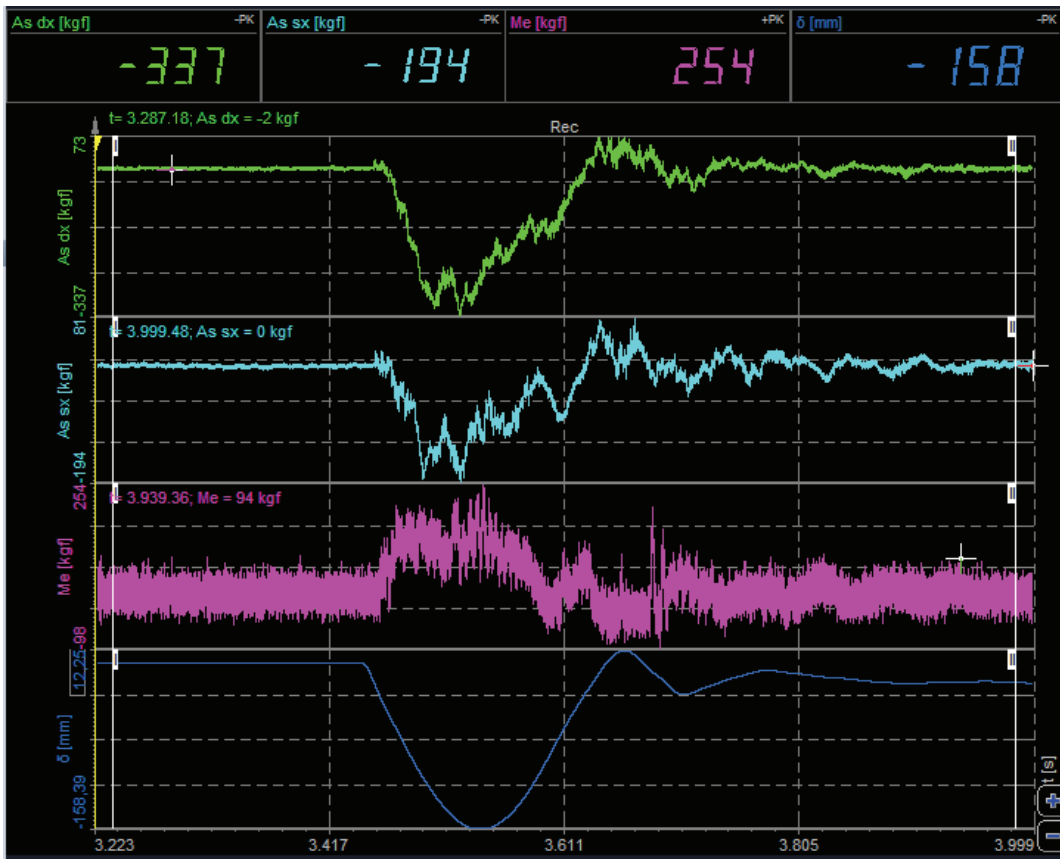


Figura 4.3.1.2 – 3 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 4 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_C\_3/2: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 3/Test n. 2

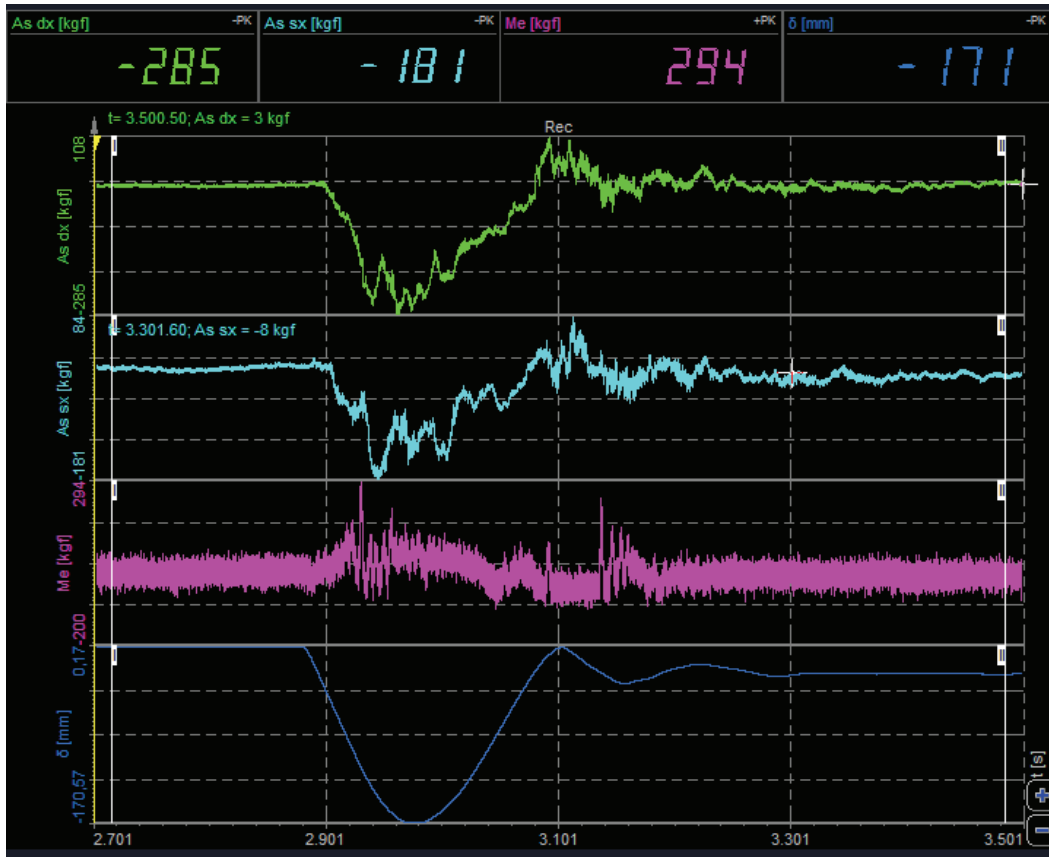


Figura 4.3.1.2 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_3/3: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 3/Test n. 3

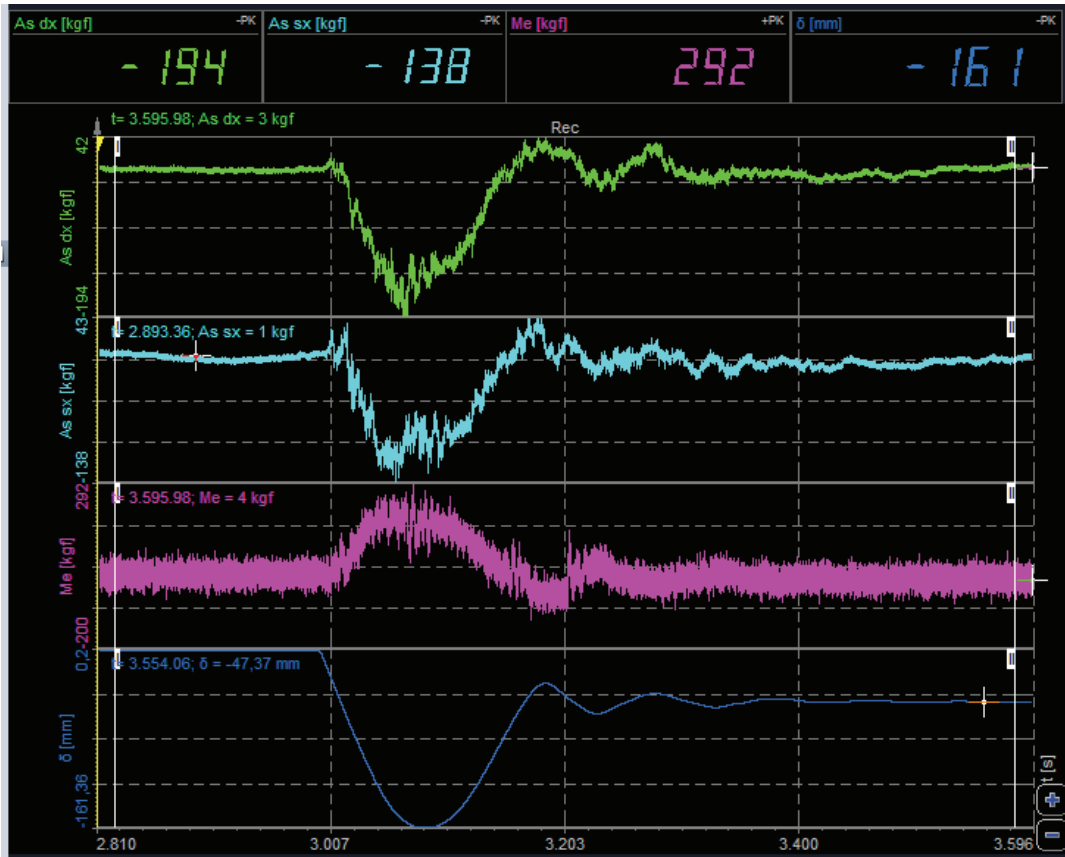


Figura 4.3.1.2 – 7 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 8 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_3/4: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 3/Test n. 4

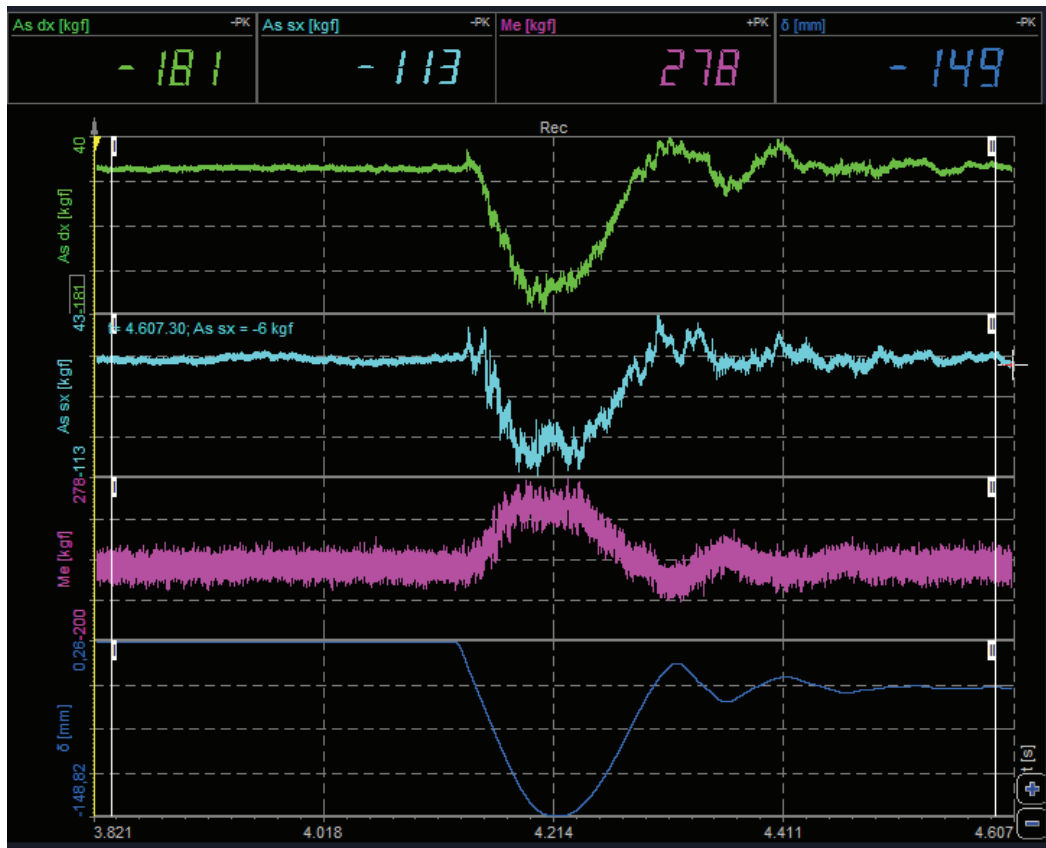


Figura 4.3.1.2 – 9 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 10 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_3/5: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 3/Test n. 5

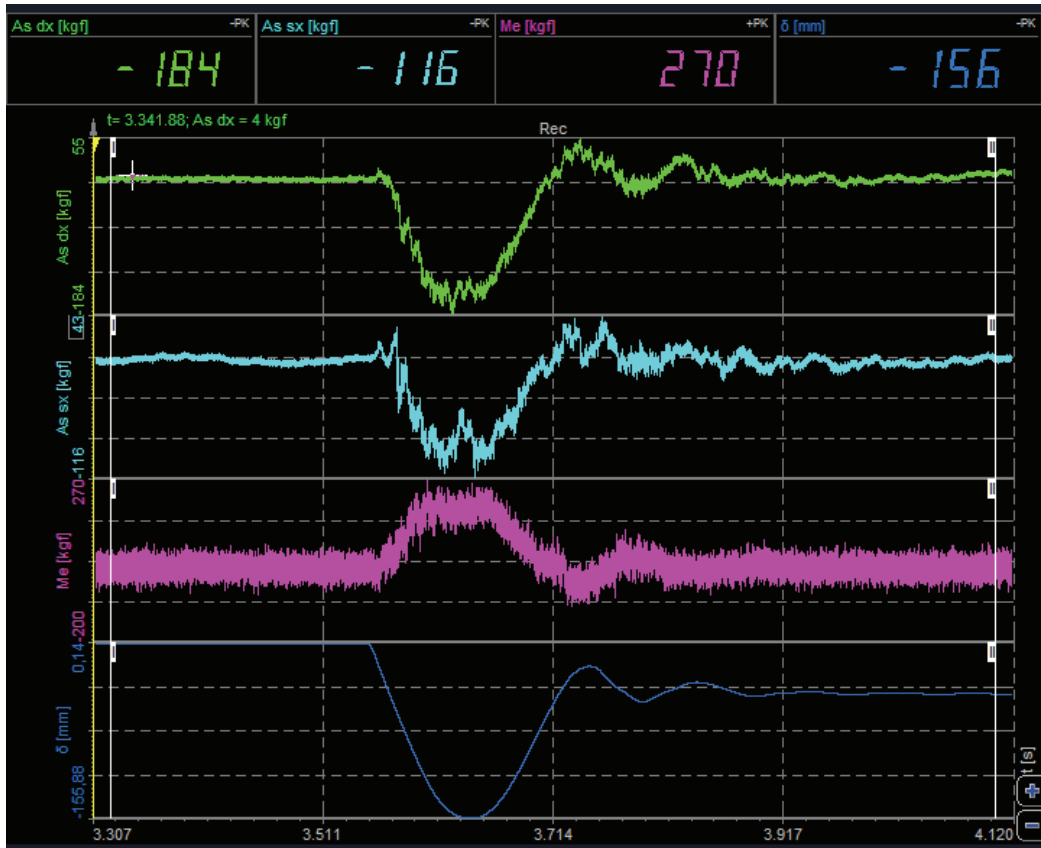


Figura 4.3.1.2 – 11 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 12 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 4

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

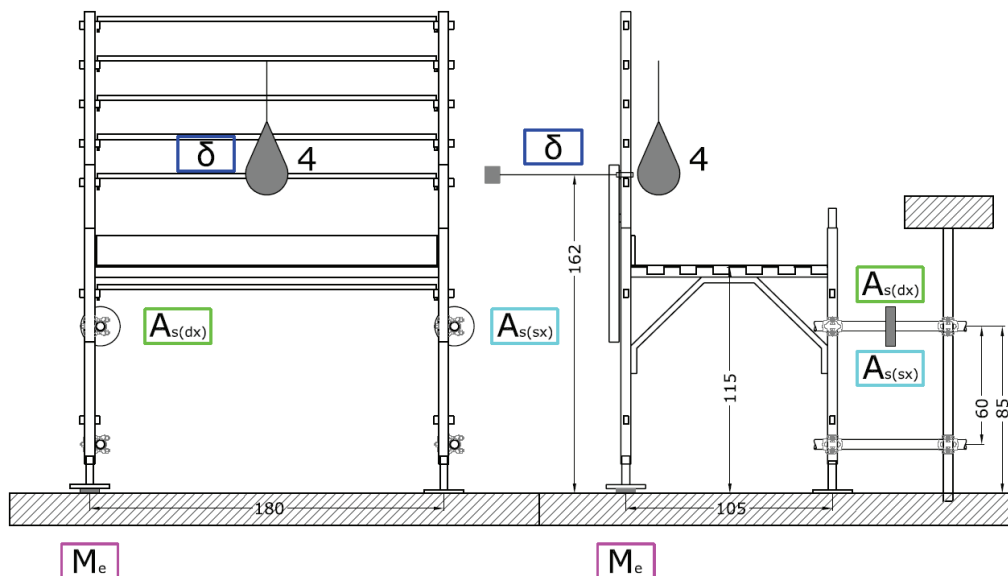


Figura 4.3.1.2 – 13 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_4/1	CS	4	1100	-452	-304	276	-154	sì
S_C_4/2	CS	4	1100	-538	-293	342	-153	sì
S_C_4/3	CS	4	1100	-468	-294	318	-147	sì

Tabella 4.3.1.2 – 2 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_C\_4/1: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 4/Test n. 1

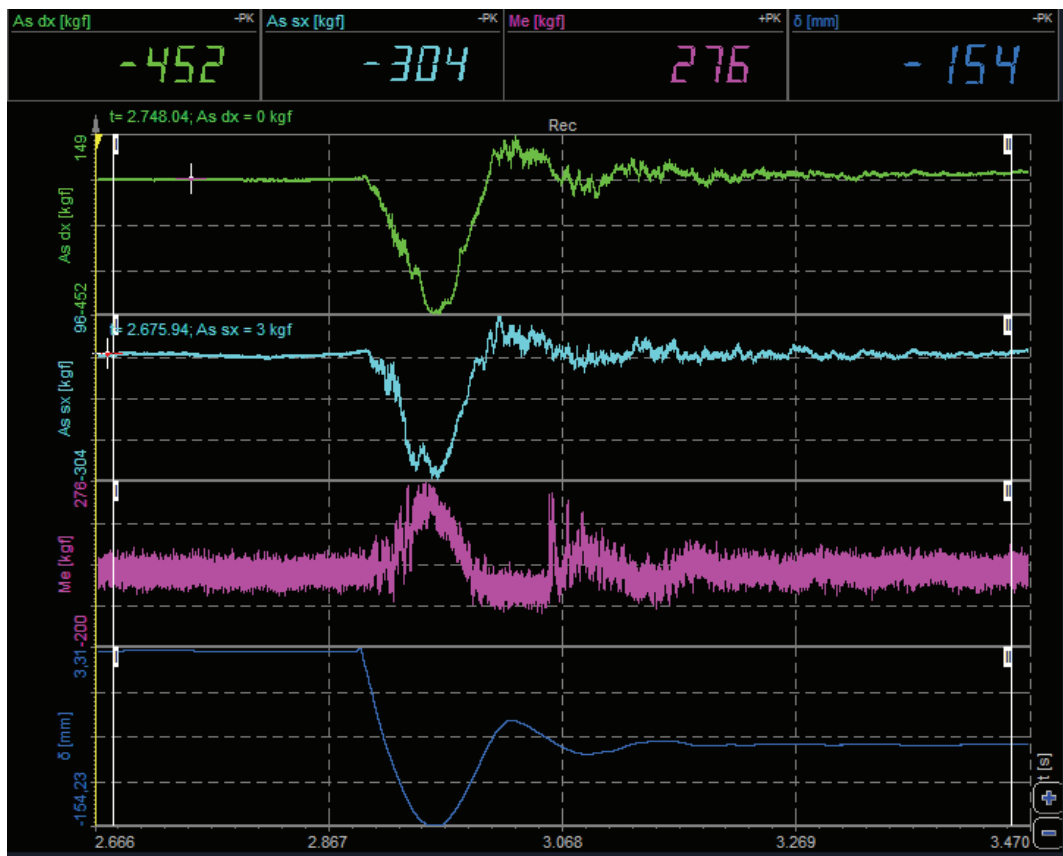


Figura 4.3.1.2 – 14 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 15 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_4/2: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 4/Test n. 2

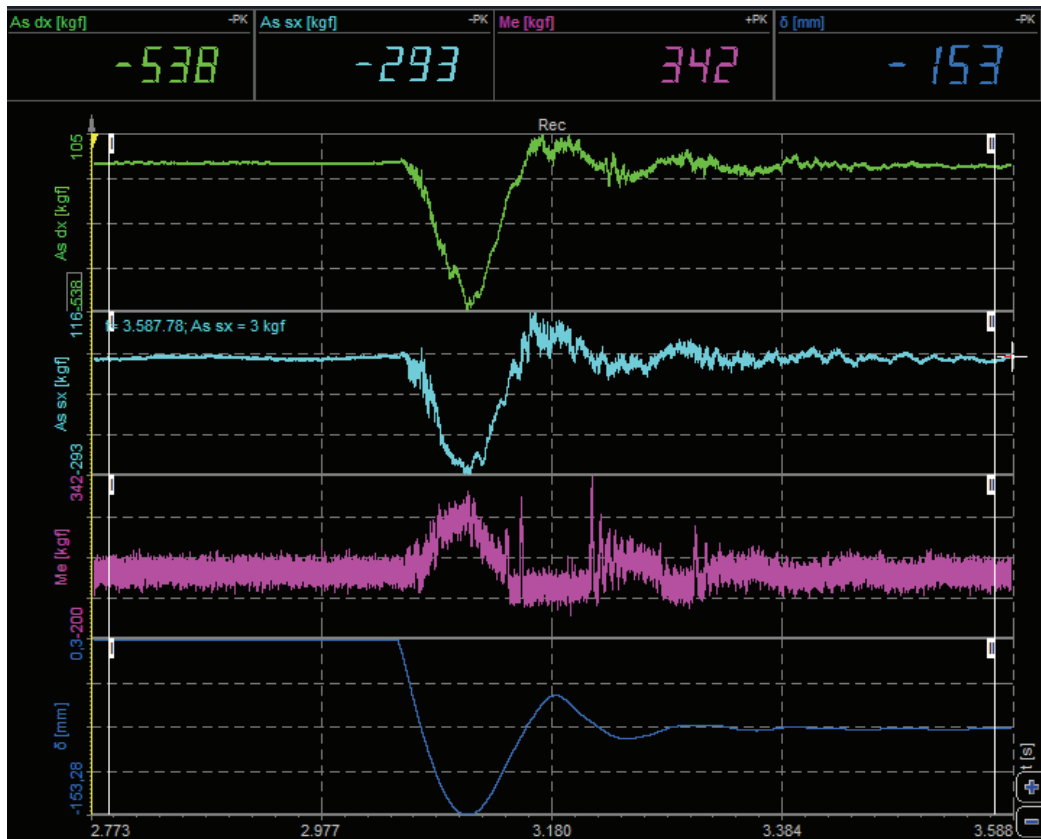


Figura 4.3.1.2 – 16 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 17 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_4/3: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 4/Test n. 3

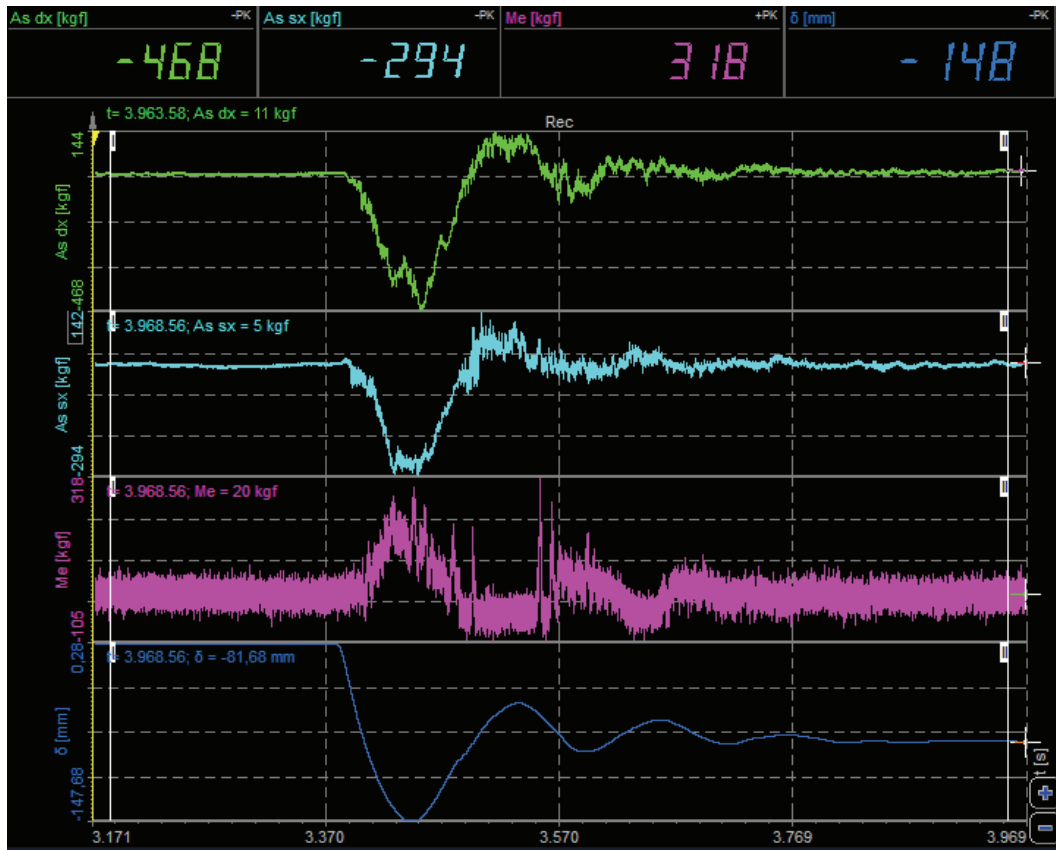


Figura 4.3.1.2 – 18 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 19 Immagine rappresentativa del test



### Risultati delle prove d'impatto sul punto 6

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

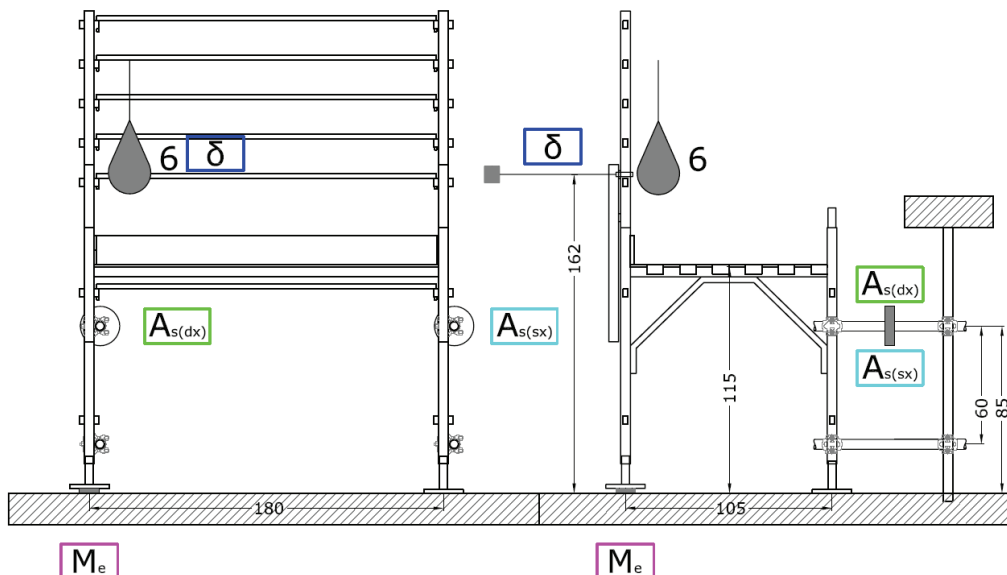


Figura 4.3.1.2 – 20 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
S_C_6/1	CS	6	1100	-480	-216	660	-100	si
S_C_6/2	CS	6	1100	-356	-216	818	-120*	si
S_C_6/3	CS	6	1100	-351	-244	773	-110*	si
S_C_6/4	CS	6	1100	-371	-201	929	-100*	si
S_C_6/5	CS	6	1100	-551	-214	804	-115*	si

(\*) Rilevati senza trasduttore (vedi ad esempio Figura 4.3.1.2 – 26)

Tabella 4.3.1.2 – 3 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_C\_6/1: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 6/Test n. 1

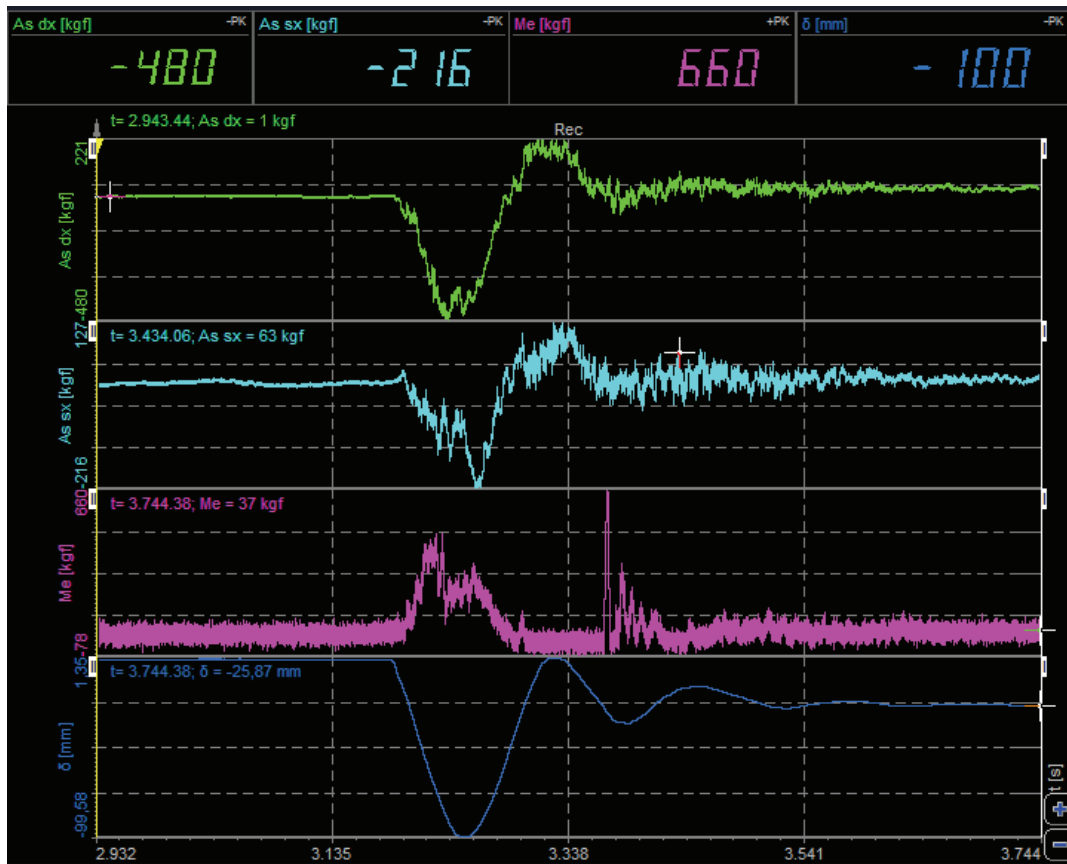


Figura 4.3.1.2 – 21 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 22 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_6/2: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 6/Test n. 2

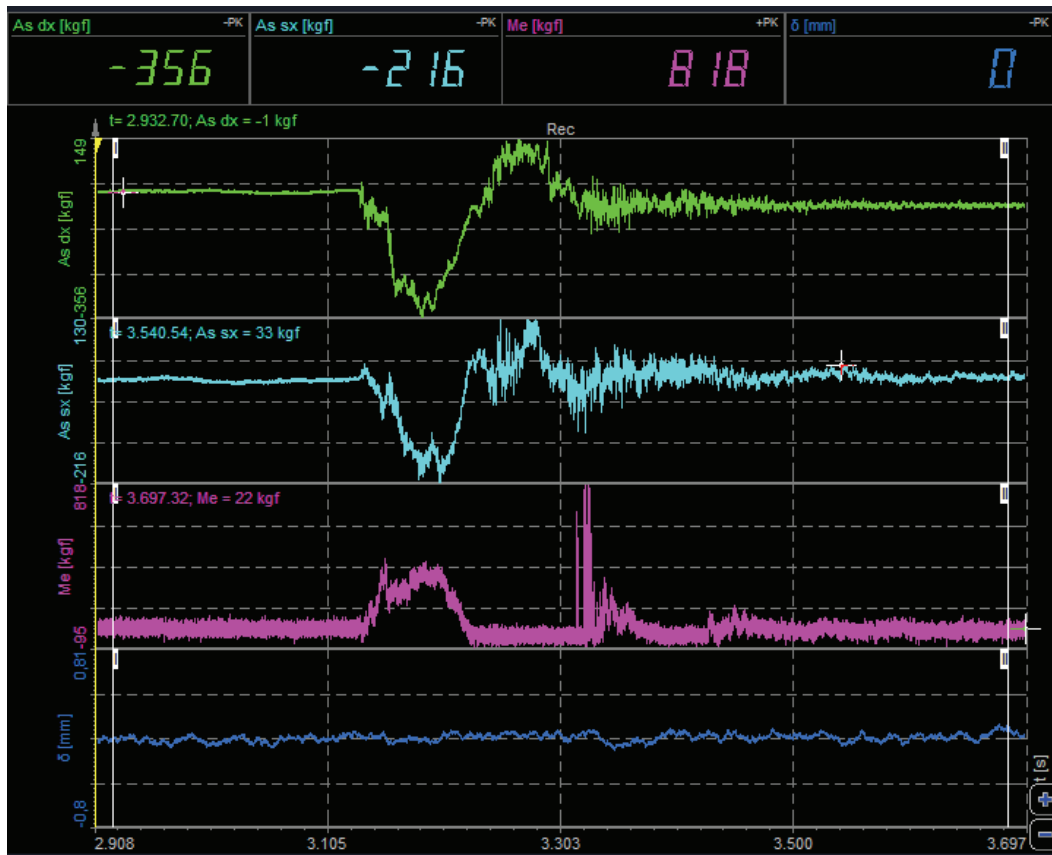


Figura 4.3.1.2 – 23 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 24 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_6/3: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 6/Test n. 3

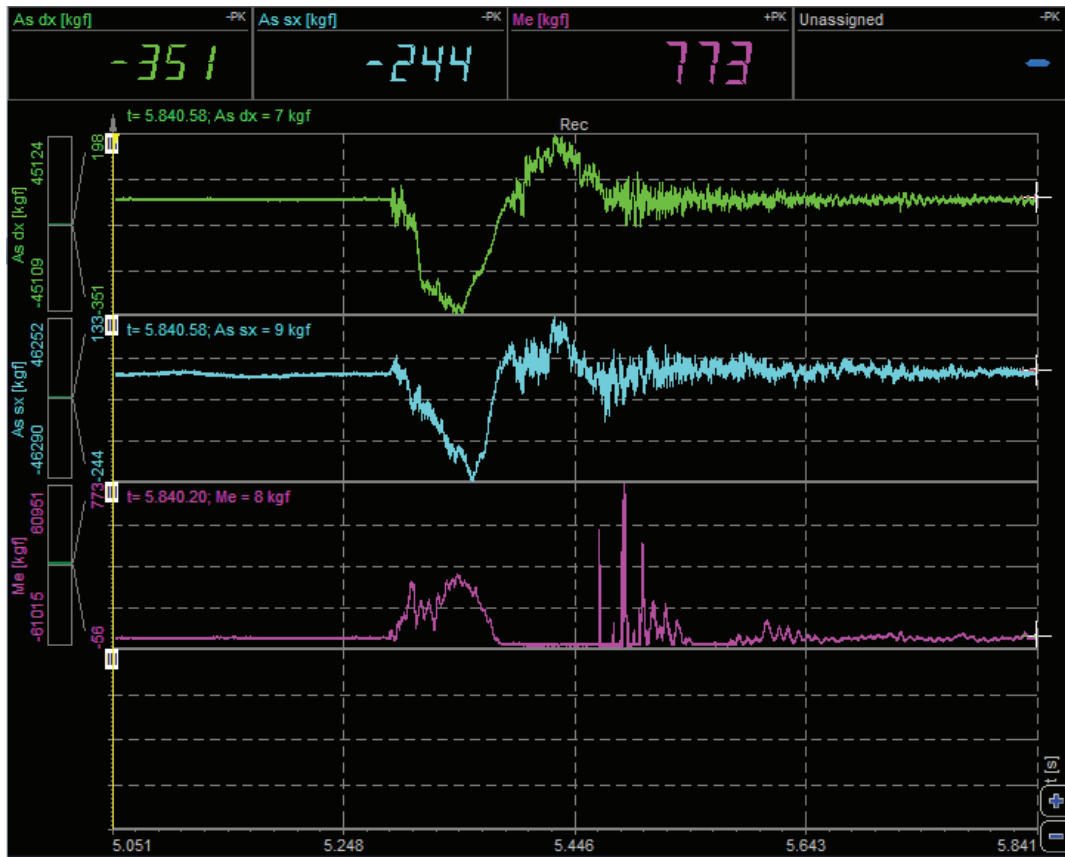


Figura 4.3.1.2 – 25 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 26 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_6/4: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 6/Test n. 4

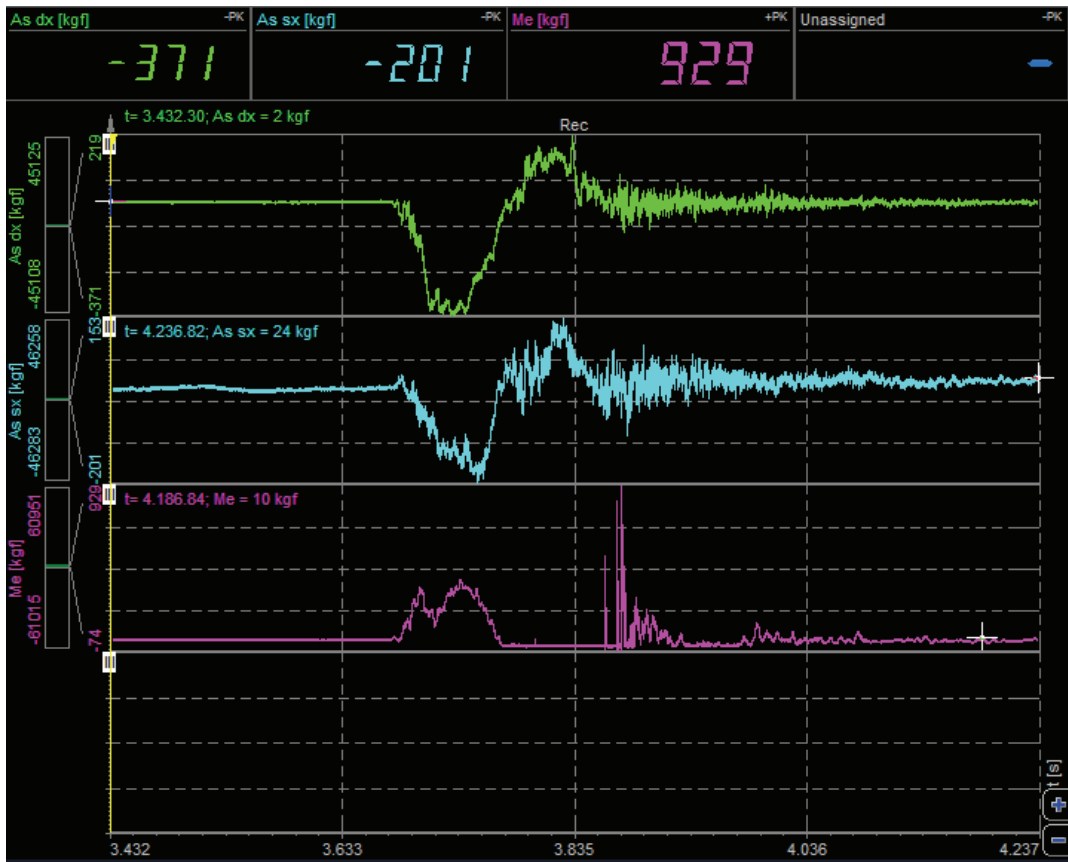


Figura 4.3.1.2 – 27 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 28 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_6/5: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 6/Test n. 5

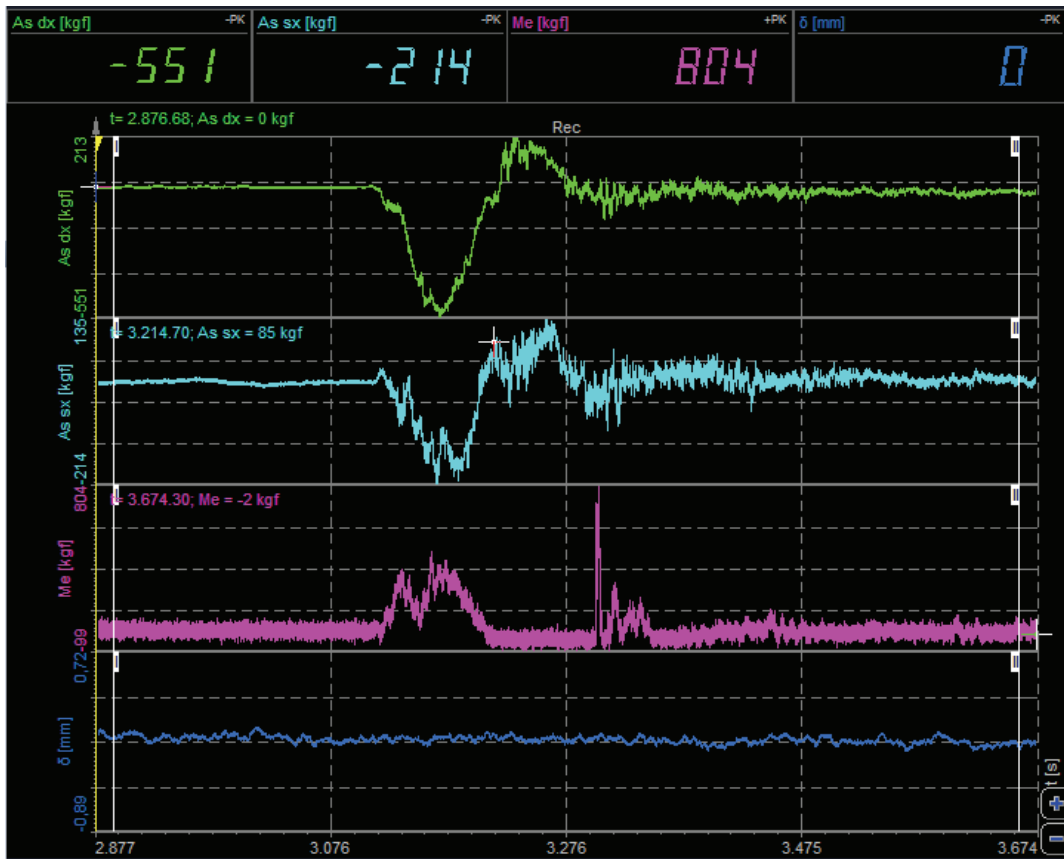


Figura 4.3.1.2 – 29 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 30 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 7

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

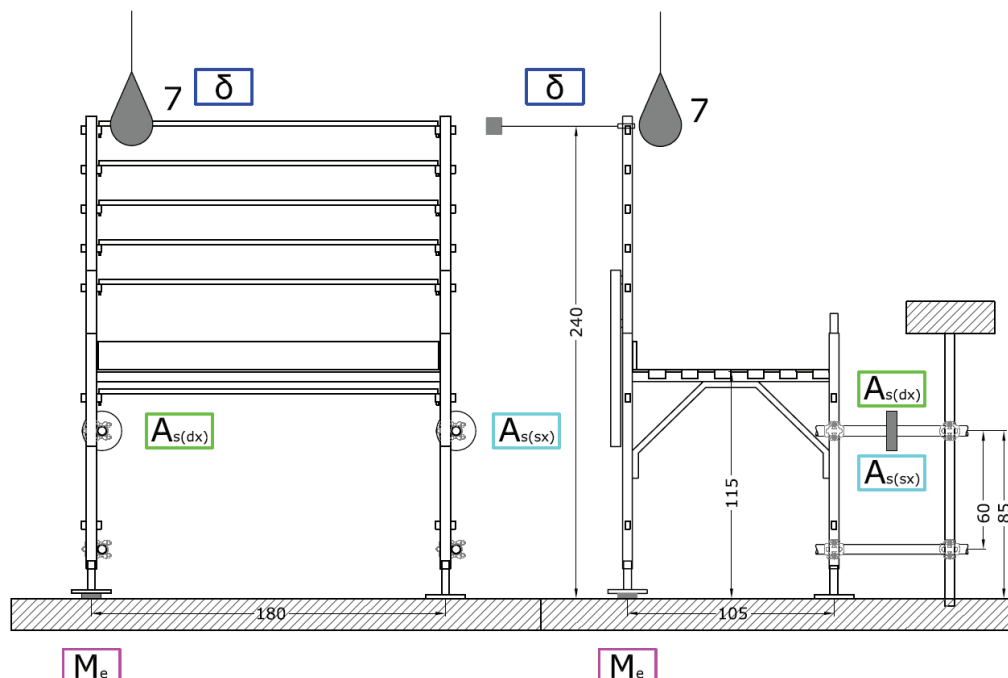


Figura 4.3.1.2 – 31 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_7/1	CS	7	500	-123	-89	266	-110*	si
S_C_7/2	CS	7	500	-137	-97	276	-115*	si
S_C_7/3	CS	7	500	-129	-103	266	-115*	si

(\*) Rilevati senza trasduttore (vedi ad esempio Figura 4.3.1.2 – 35)

Tabella 4.3.1.2 – 4 Prove d'impatto con sacco sferoconico su corrente – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_C\_7/1: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 7/Test n. 1

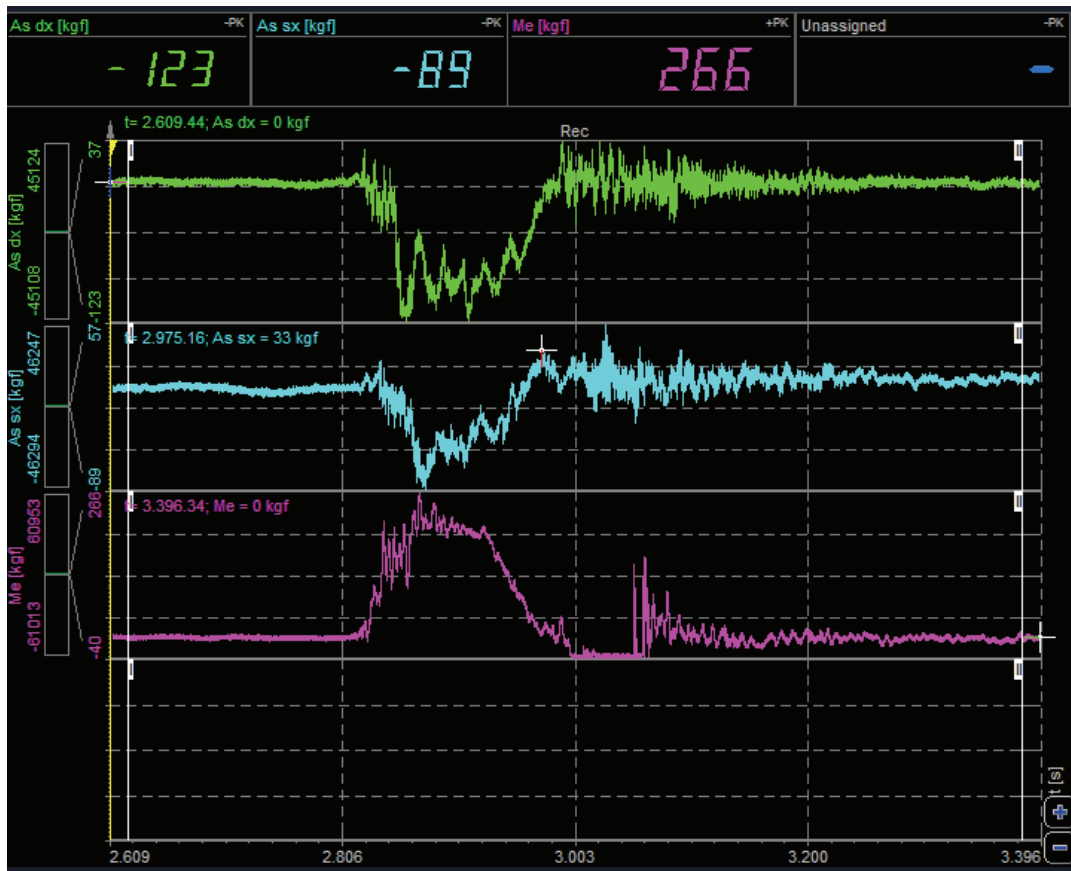


Figura 4.3.1.2 – 32 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 33 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_C\_7/2: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 7/Test n. 2

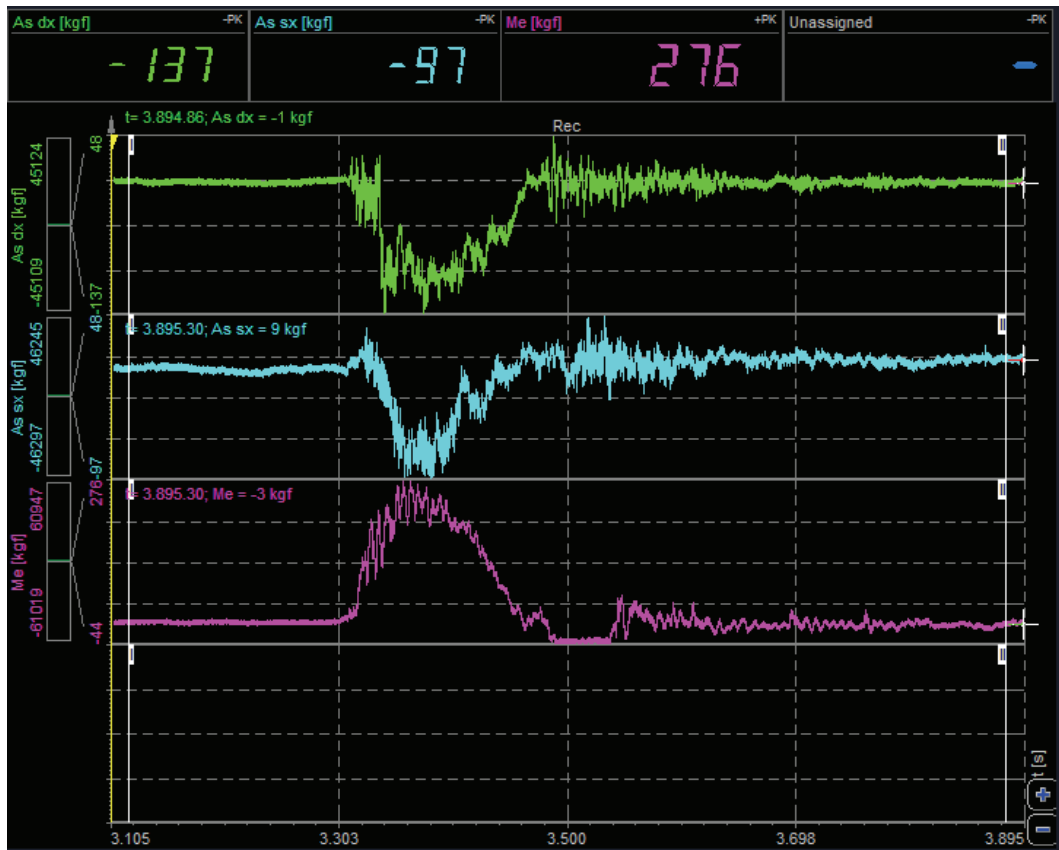


Figura 4.3.1.2 – 34 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 35 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_C\_7/3: Prova con sacco su corrente (schema CS1)  
Punto d'impatto 7/Test n. 3

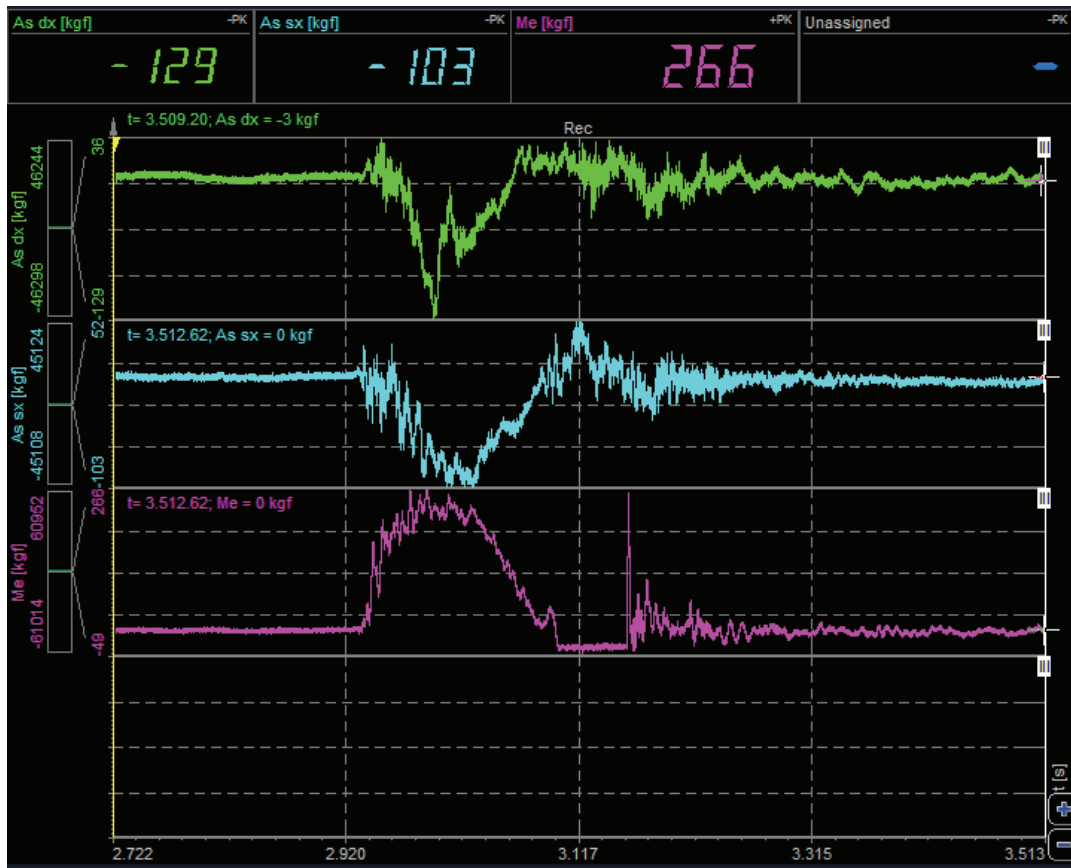


Figura 4.3.1.2 – 36 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.2 – 37 Immagine rappresentativa del test

### 4.3.1.2.1 Sintesi dei risultati delle prove sui correnti

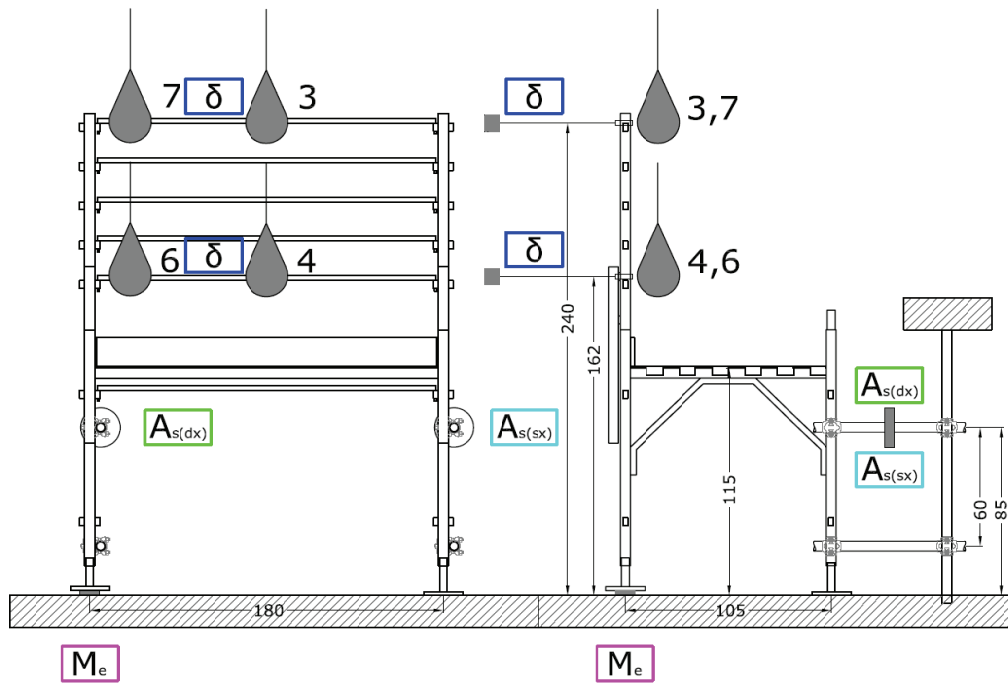


Figura 4.3.1.2.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico sui correnti – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_3/1	CS	3	500	-337	-194	254	-158	sì
S_C_3/2	CS	3	500	-285	-181	294	-171	sì
S_C_3/3	CS	3	500	-194	-138	292	-161	sì
S_C_3/4	CS	3	500	-181	-113	278	-149	sì
S_C_3/5	CS	3	500	-184	-116	270	-155	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_4/1	CS	4	1100	-452	-304	276	-154	sì
S_C_4/2	CS	4	1100	-538	-293	342	-153	sì
S_C_4/3	CS	4	1100	-468	-294	318	-147	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_6/1	CS	6	1100	-480	-216	660	-100	sì
S_C_6/2	CS	6	1100	-356	-216	818	-120*	sì
S_C_6/3	CS	6	1100	-351	-244	773	-110*	sì
S_C_6/4	CS	6	1100	-371	-201	929	-100*	sì
S_C_6/5	CS	6	1100	-551	-214	804	-115*	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_C_7/1	CS	7	500	-123	-89	266	-110*	sì
S_C_7/2	CS	7	500	-137	-97	276	-115*	sì
S_C_7/3	CS	7	500	-129	-103	266	-115*	sì

Tabella 4.3.1.2.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico sui correnti – Schema CS1 – Sintesi dei risultati

#### 4.3.1.2.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sui correnti sono state eseguite utilizzando la configurazione ad un campo (schema CS1). il corrente superiore è stato colpito nei punti 3 e 7 ( $E_c = 500$  J); il corrente inferiore nei punti 4 e 6 ( $E_c = 1100$  J).

In tutte le prove il sacco è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi superiori.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato nelle prove di impatto sul punto 6 (estremità del corrente inferiore,  $E_c = 1100$  J). I valori registrati risultano nel range [773; 929] kg<sub>f</sub>.

Gli ancoraggi risultano più sollecitati nelle prove nei punti 4 e 6 ( $E_c = 1100$  J) rispetto alle prove nei punti 3 e 7 ( $E_c = 500$  J), con valori maggiori nelle prove nel punto 4. I valori registrati risultano nel range [-293;-304] kg<sub>f</sub> per l'ancoraggio sinistro e nel range [-452;-538] kg<sub>f</sub> per l'ancoraggio destro.

La freccia istantanea massima risulta nel range [-149; -171] mm nelle prove per il punto 3; nel range [-147;-154] mm nelle prove per il punto 4; nel range [-100;-120] mm nelle prove per il punto 6; nel range [-110;-115] mm nelle prove per il punto 7.

#### 4.3.1.3 Prove sulla tavola fermapiede

Sono state eseguite nove prove nel punto 5 con  $E_c = 1100J$ , secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.3.3.

Sono state utilizzate due tipologie di tavola fermapiede, in legno o in acciaio e con altezze pari a 150 o 200 mm. Le tavole di legno sono state invecchiate al sole per un periodo di almeno sei mesi.

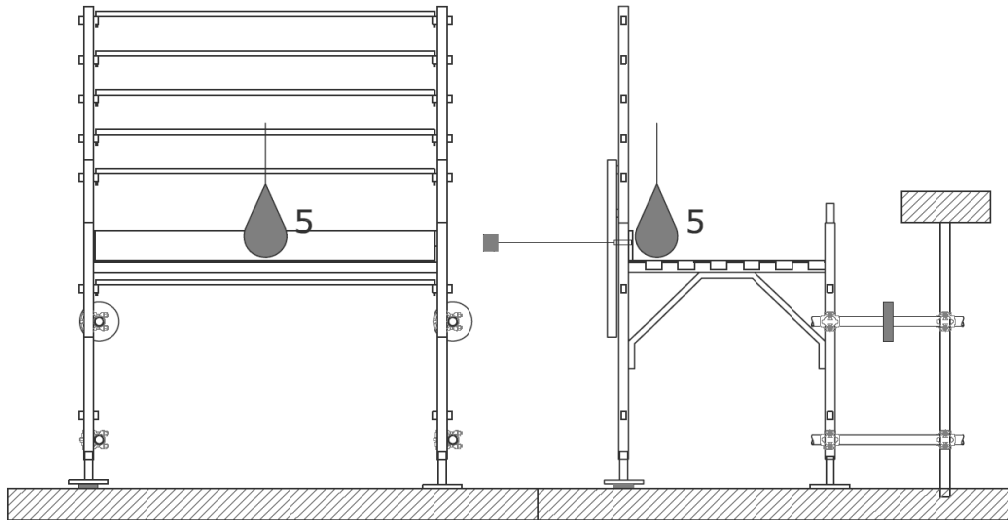


Figura 4.3.1.3 – 1 Prove d’impatto con sacco sferoconico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Punto di impatto

#### Risultati delle prove d’impatto sul punto 5

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l’esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

Le prove identificate con “A” sono state eseguite su tavola fermapiede in acciaio, quelle con “L” su tavola in legno. L’altezza delle tavole utilizzate vengono indicate con “15” e “20”.

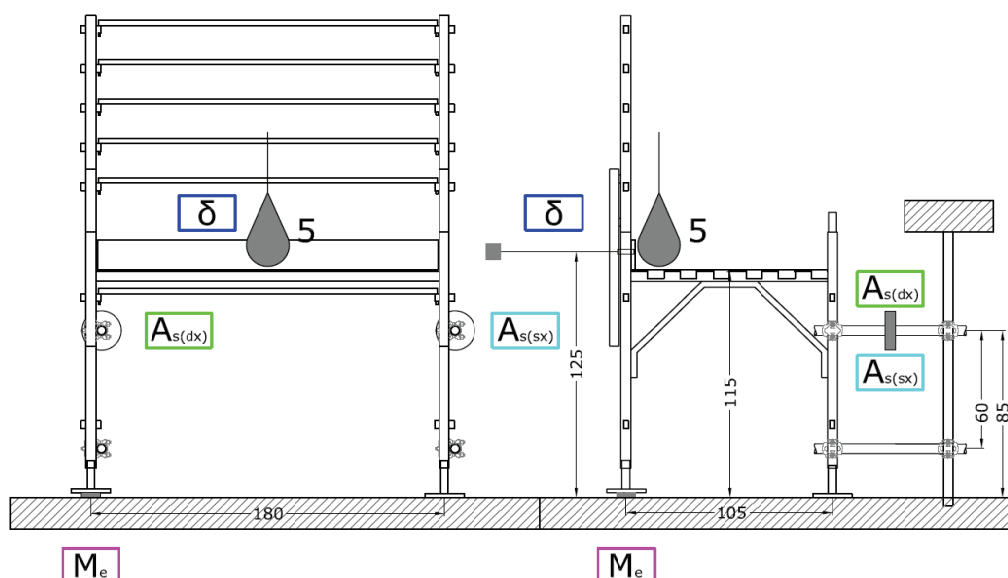


Figura 4.3.1.3 – 2 Prove d’impatto con sacco sferoconico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto di impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
S_T_5/1_A15	CS1	5	1100	-236	-181	201	-	no
S_T_5/2_A20	CS1	5	1100	-357	-277	216	-	no
S_T_5/3_A20	CS1	5	1100	-400	-319	219	-	no
S_T_5/4_A20	CS1	5	1100	-378	-347	343	-	no
S_T_5/5_A20	CS1	5	1100	-314	-249	218	-	no
S_T_5/6_A20	CS1	5	1100	-260	-195	484	-	no
S_T_5/7_A20	CS1	5	1100	-396	-272	177	-	no
S_T_5/8_L20	CS1	5	1100	-257	-424	363	-	no
S_T_5/9_L20	CS1	5	1100	-410	-387	365	-	no

Tabella 4.3.1.3 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_T\_5/1\_A15: Prova con sacco su tavola fermapiiede (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 1 – Acciaio h = 15 cm

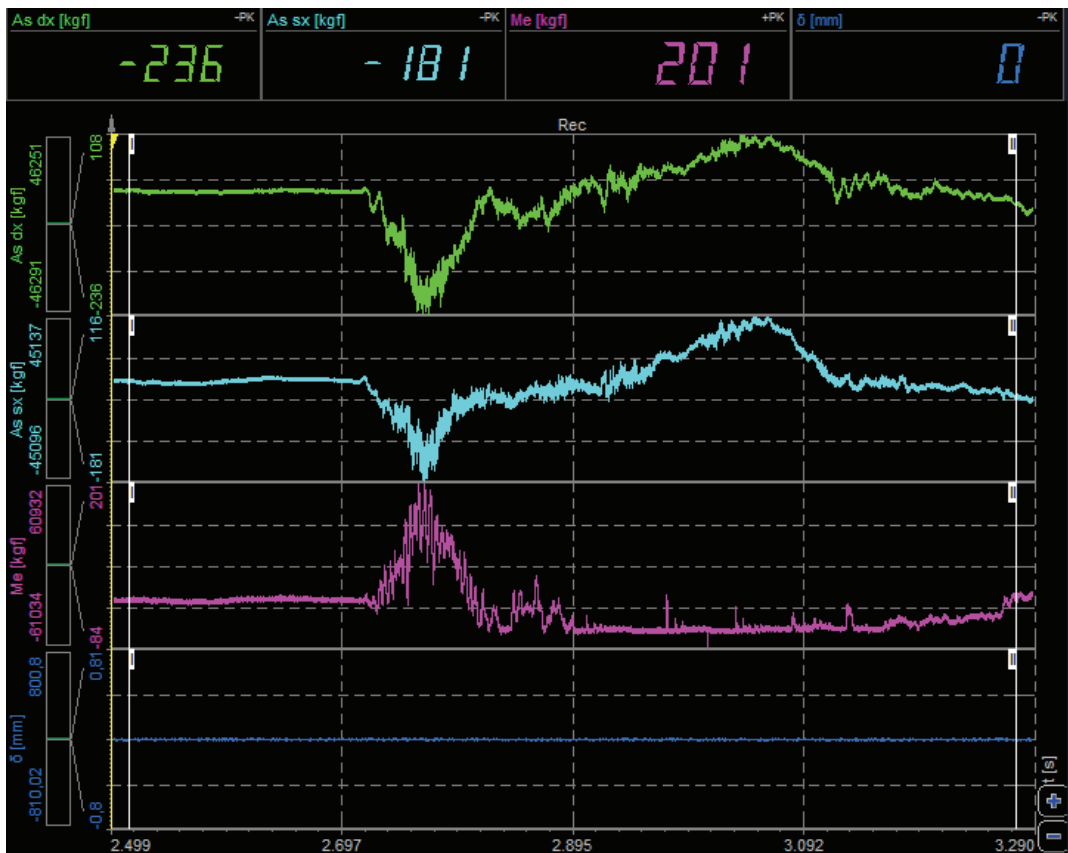


Figura 4.3.1.3 – 3 Grafici delle grandezze misurate

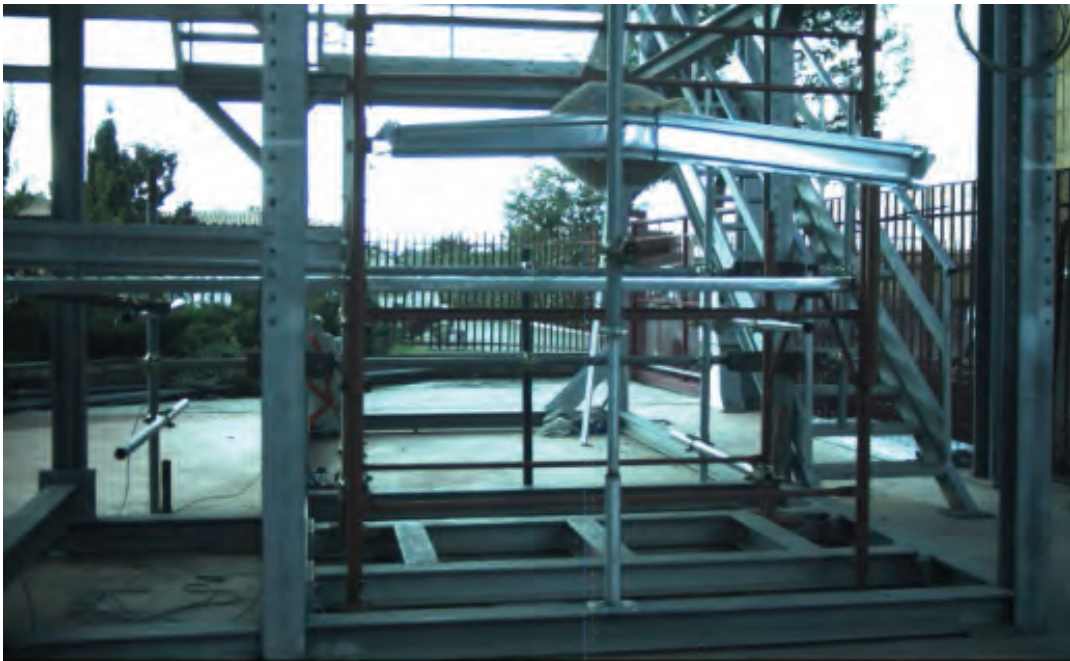


Figura 4.3.1.3 – 4 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_T\_5/2\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiiede (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 2 – Acciaio h = 20 cm

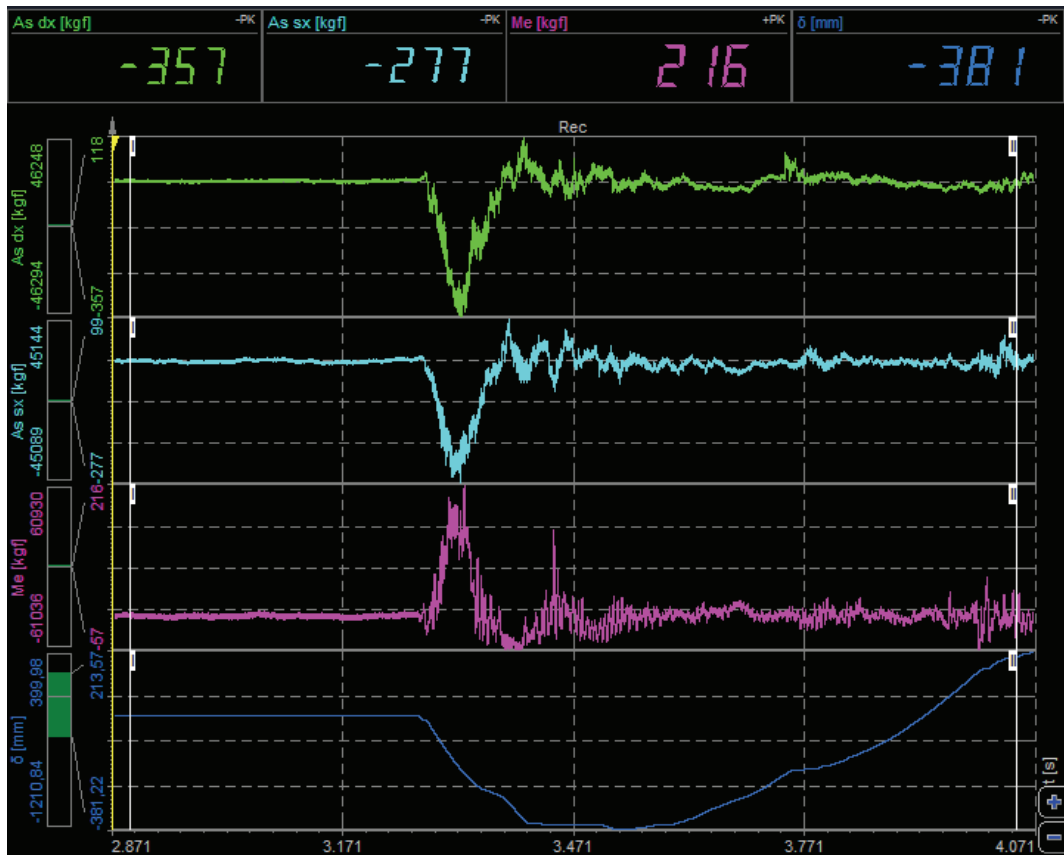


Figura 4.3.1.3 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.3 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/3\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 3 – Acciaio h = 20 cm

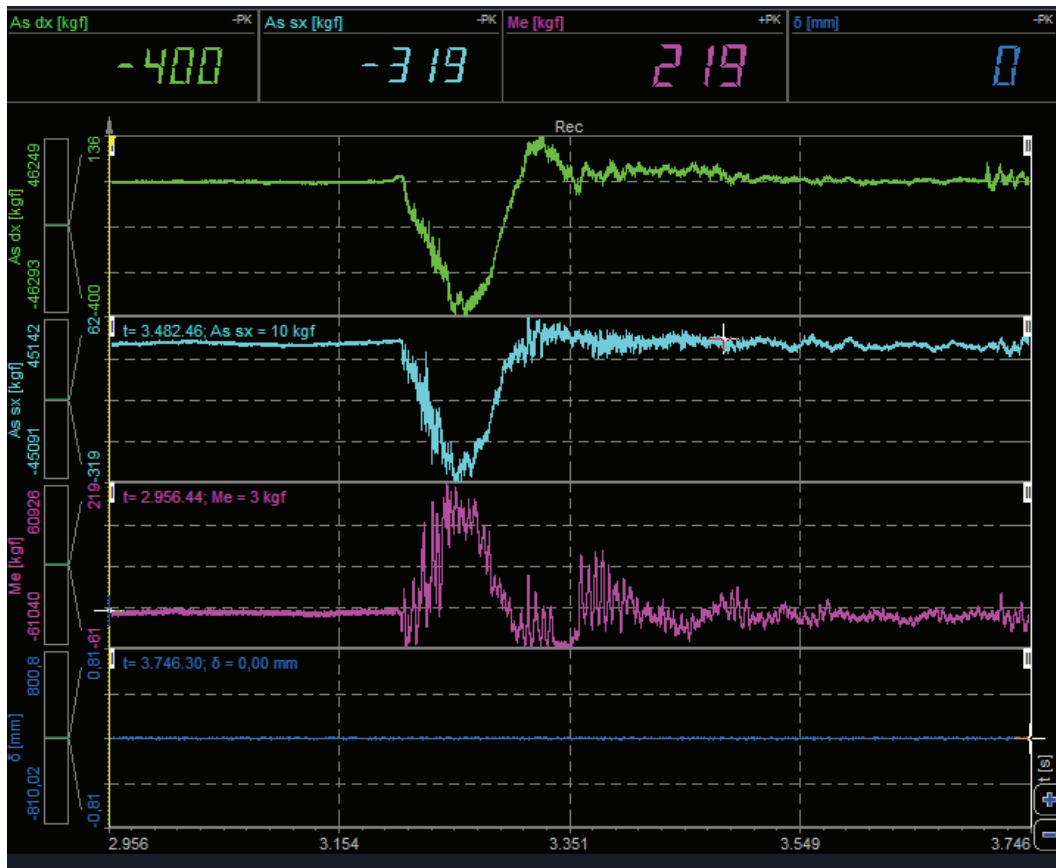


Figura 4.3.1.3 – 7 Grafici delle grandezze misurate

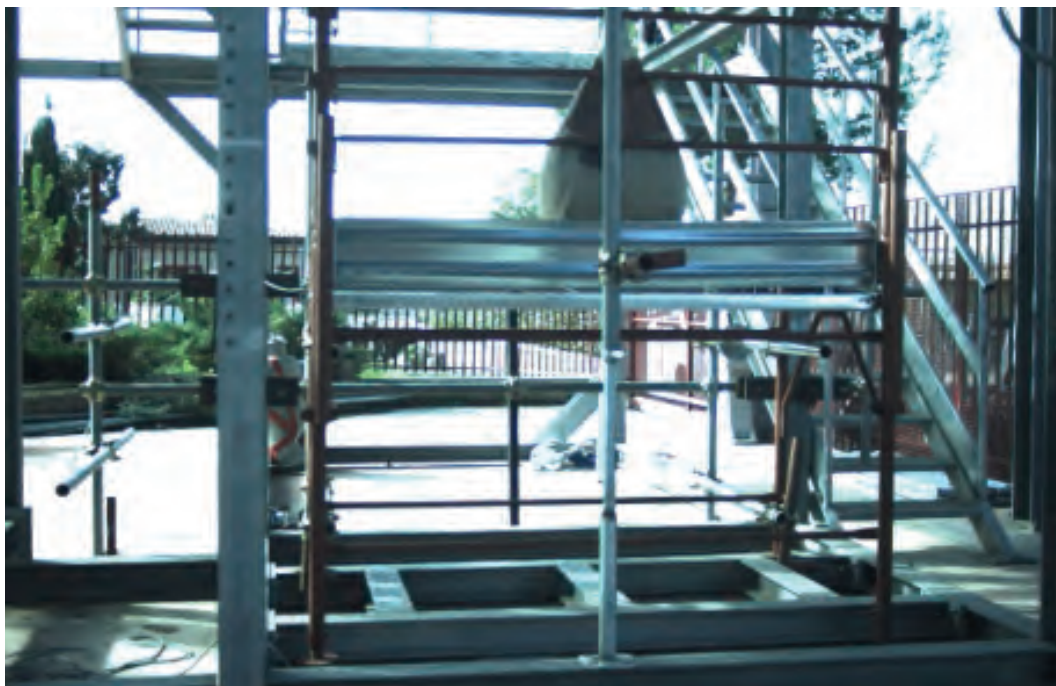


Figura 4.3.1.3 – 8 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/4\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiede (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 4 – Acciaio h = 20 cm

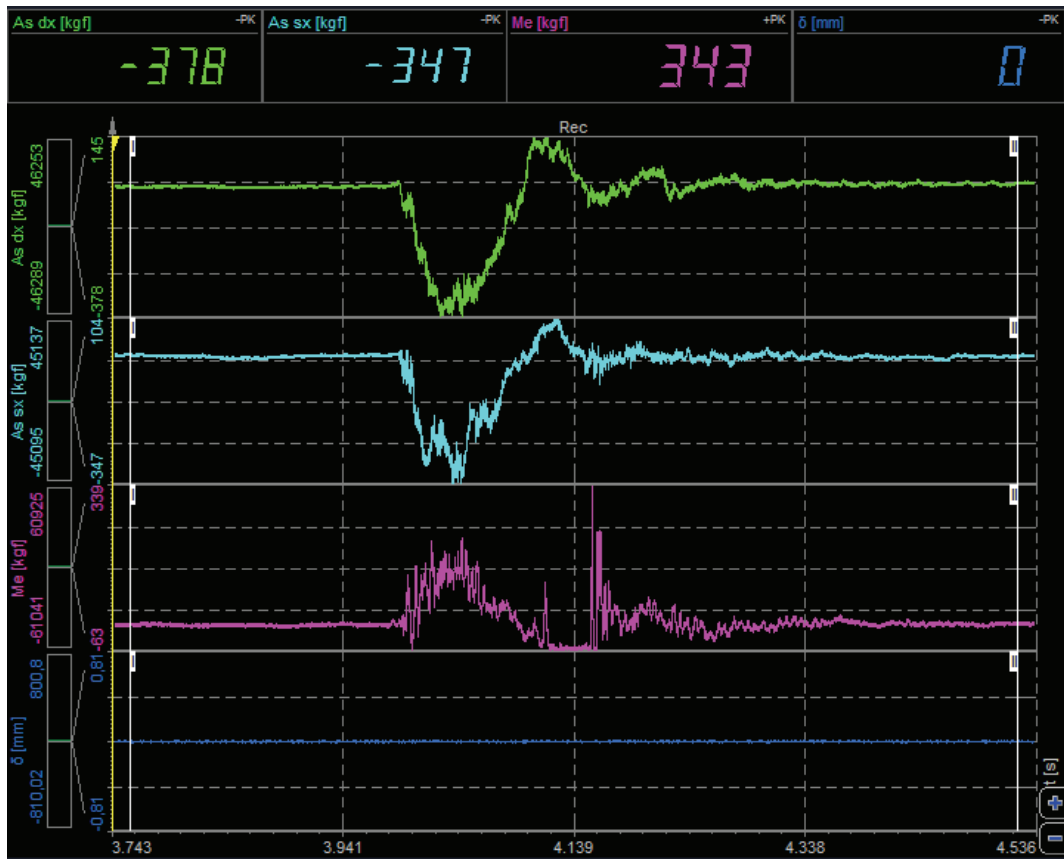


Figura 4.3.1.3 – 9 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.3 – 10 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/5\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 5 – Acciaio h = 20 cm

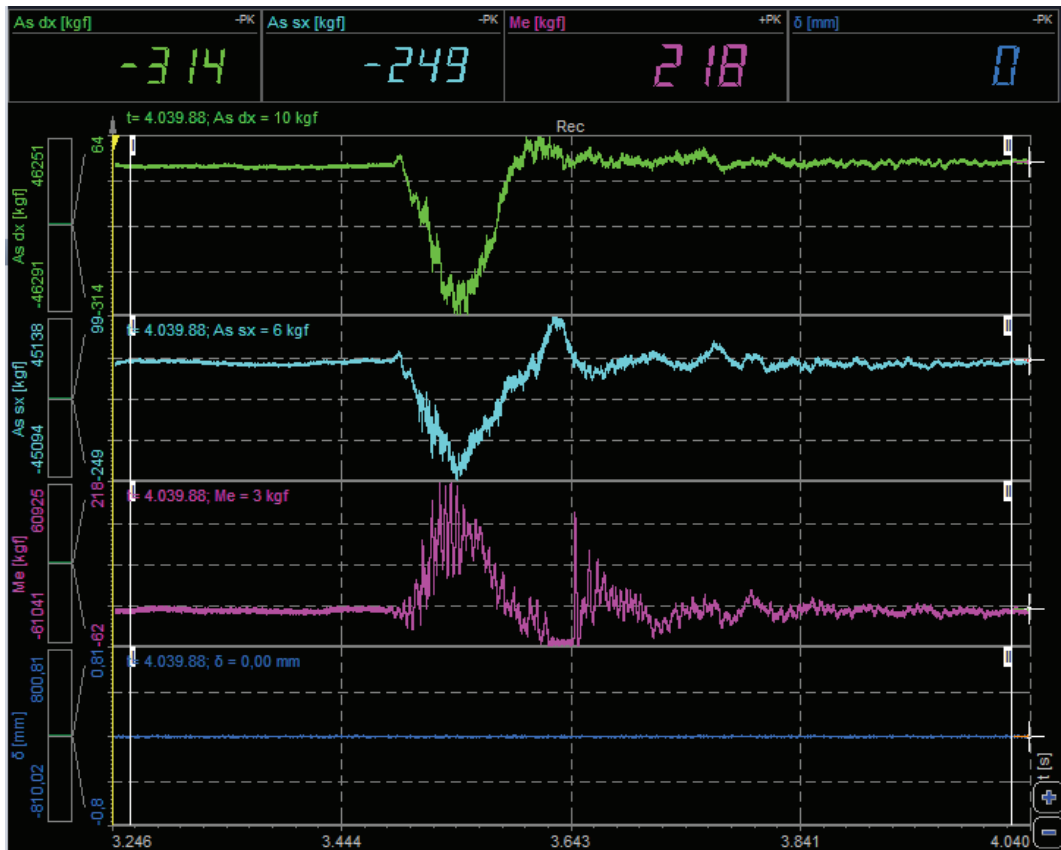


Figura 4.3.1.3 – 11 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.3 – 12 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/6\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 6 – Acciaio h = 20 cm

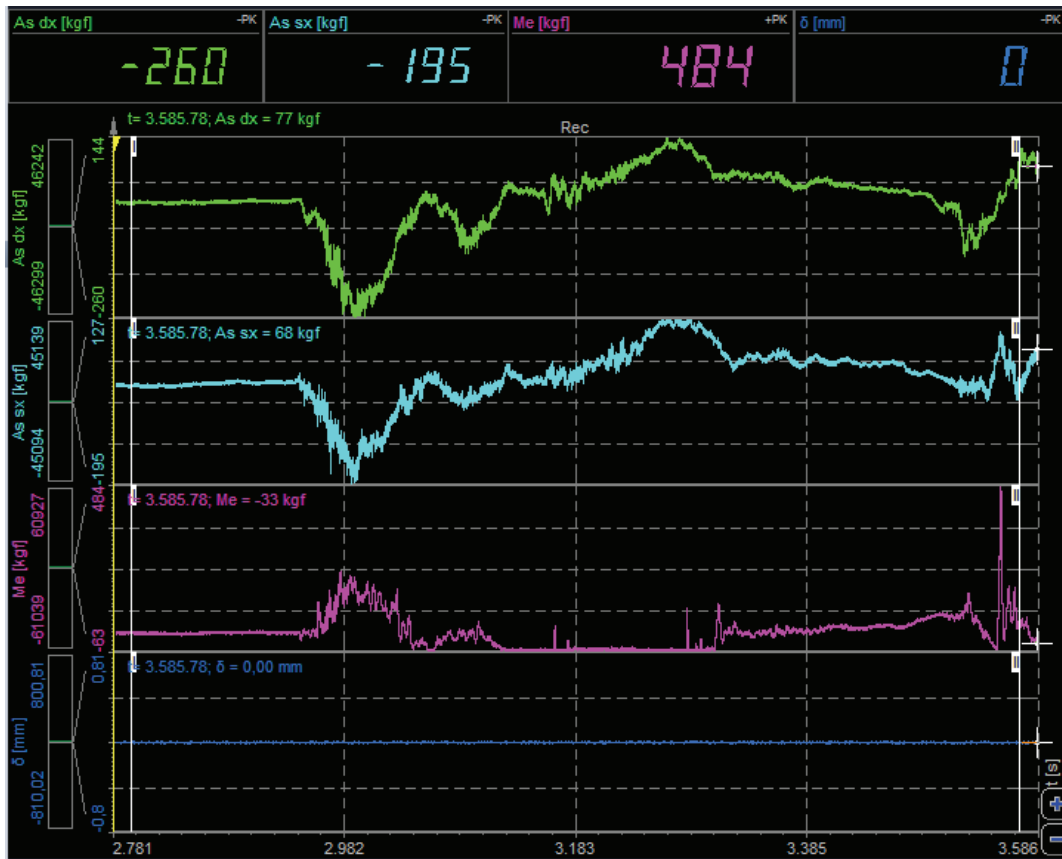


Figura 4.3.1.3 – 13 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.3 – 14 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/7\_A20: Prova con sacco su tavola fermapiiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 7 – Acciaio h = 20 cm

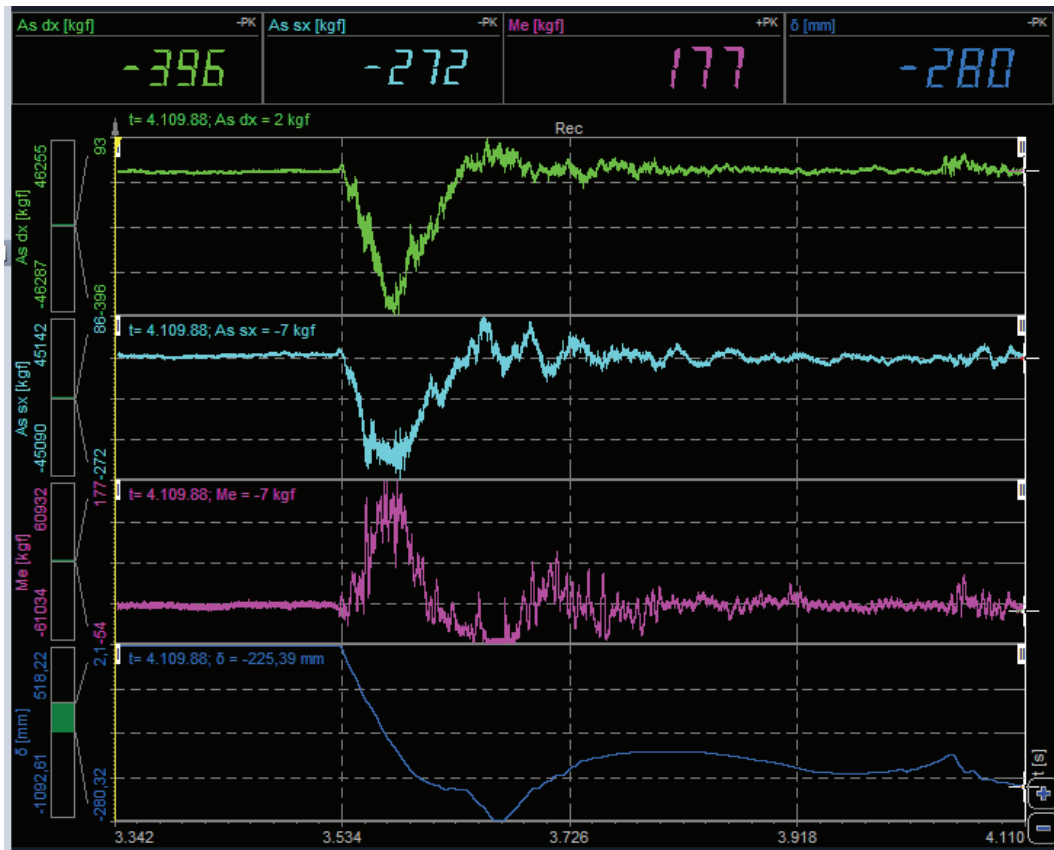


Figura 4.3.1.3 – 15 Grafici delle grandezze misurate

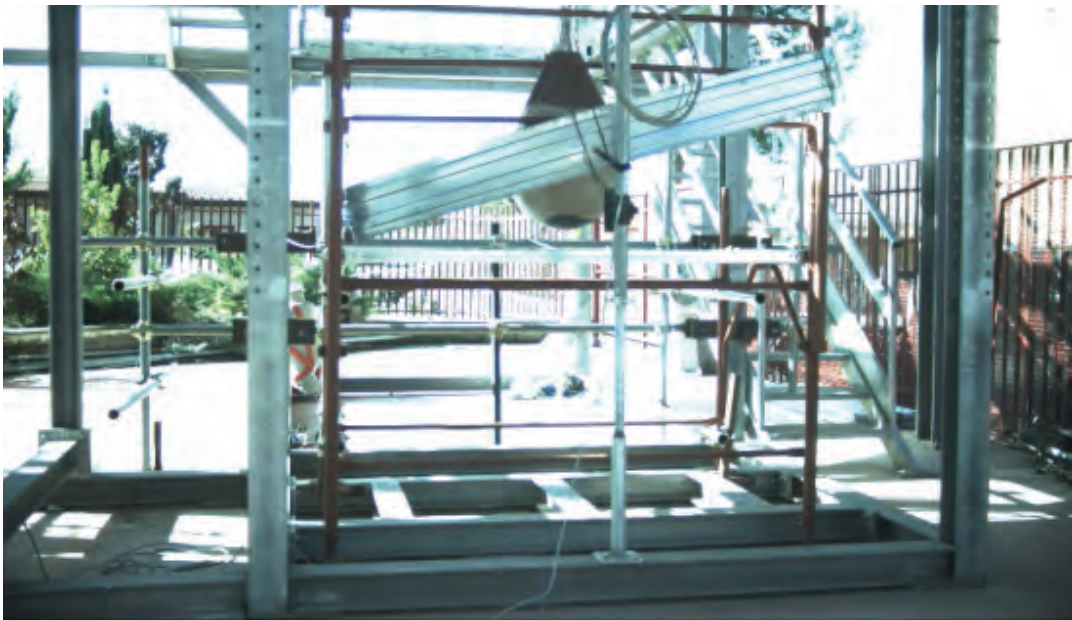


Figura 4.3.1.3 – 16 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/8\_L20: Prova con sacco su tavola fermapiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 8 – Legno h = 20 cm

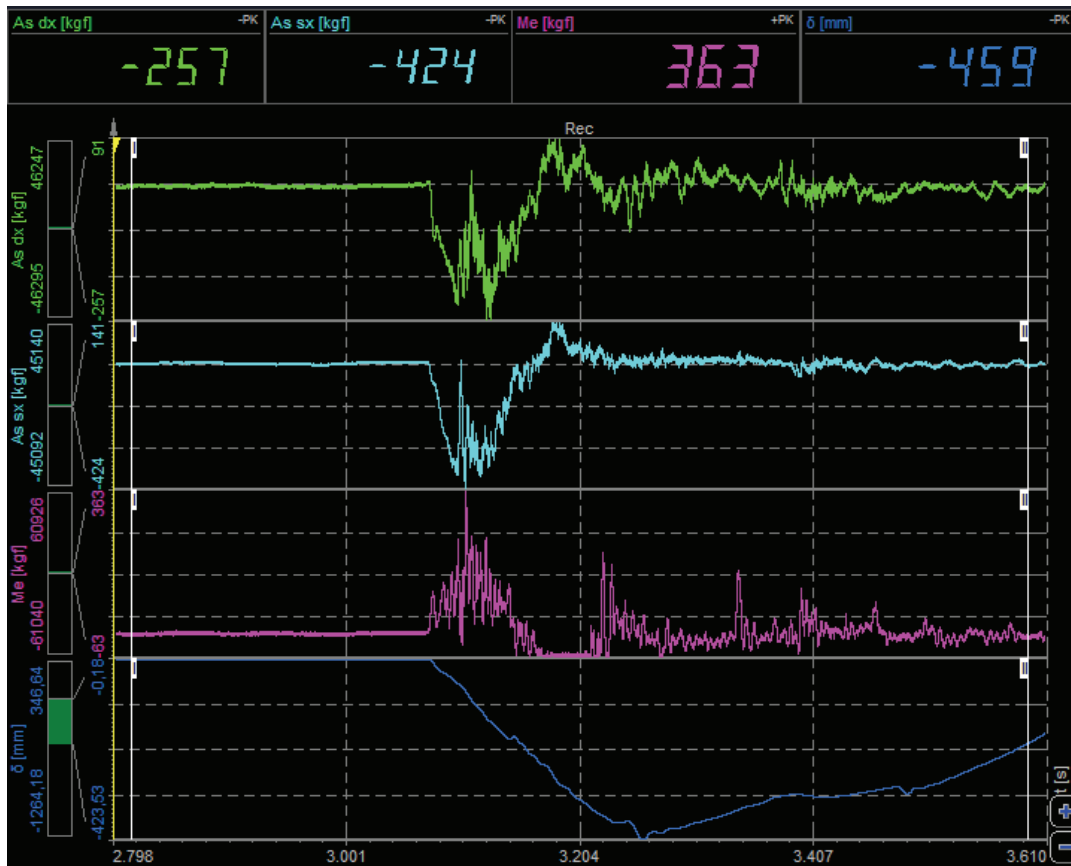


Figura 4.3.1.3 – 17 Grafici delle grandezze misurate

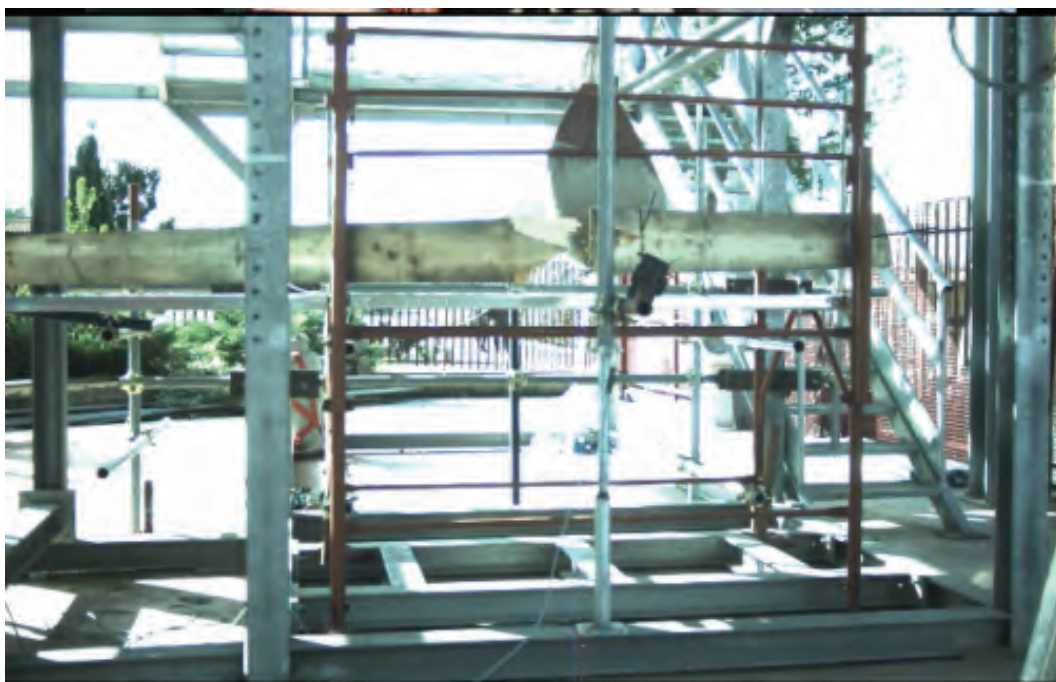


Figura 4.3.1.3 – 18 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_T\_5/9\_L20: Prova con sacco su tavola fermapiede (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 9 – Legno h = 20 cm

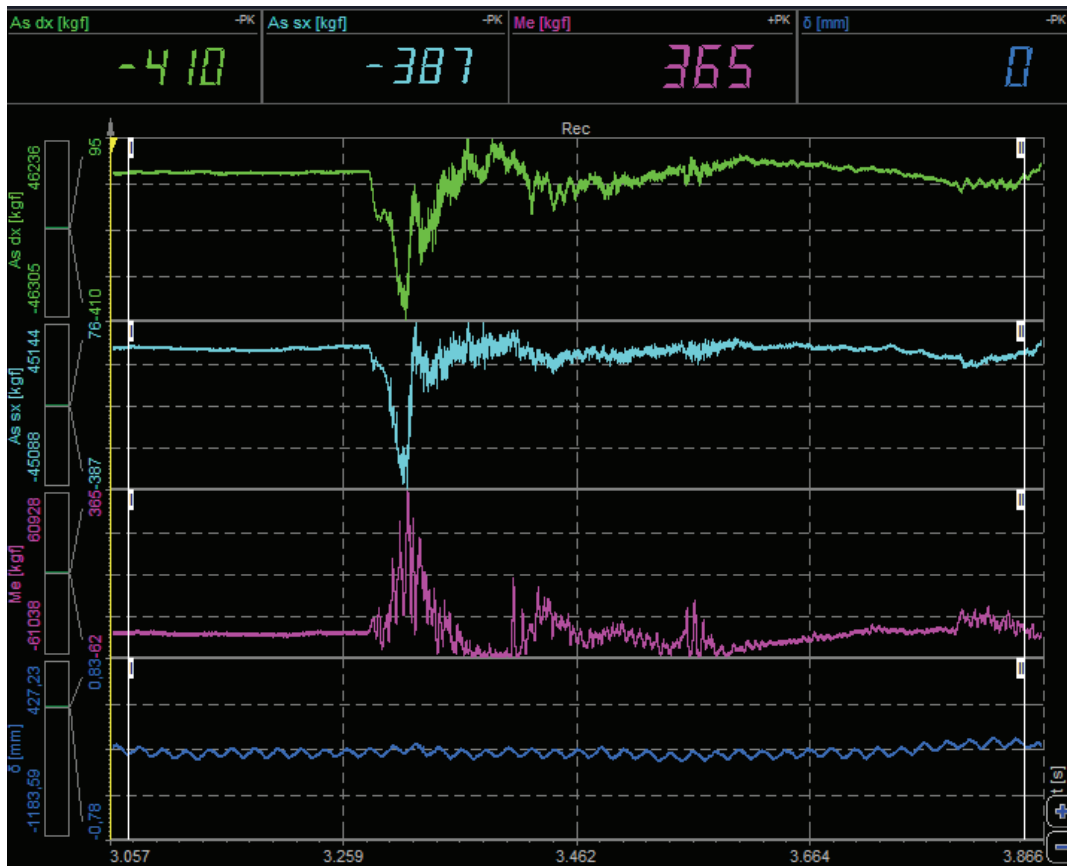


Figura 4.3.1.3 – 19 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.3 – 20 Immagine rappresentativa del test



#### 4.3.1.3.1 Considerazioni sui risultati

Le prove sulla tavola fermapiede sono state eseguite utilizzando la configurazione ad un campo (schema CS1). La tavola è stata colpita nel punto 5 con  $E_c = 1100J$ .

Sono state utilizzate sia tavole in legno che in acciaio.

In tutte le prove il sacco non è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Le tavole in legno si sono spezzate.

Le tavole metalliche si sono svincolate dai montanti; il punto critico è dunque rappresentato dall'attacco della tavola fermapiede sul montante.

#### 4.3.1.4 Prove sulla protezione continua

Sono state eseguite:

- tre prove nel punto 3 ( $E_c = 500J$ )
- tre prove nel punto 6 ( $E_c = 1100J$ )
- tre prove nel punto 7 ( $E_c = 500J$ )
- tre prove nel punto 10 ( $E_c = 1100J$ )

secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.3.4.

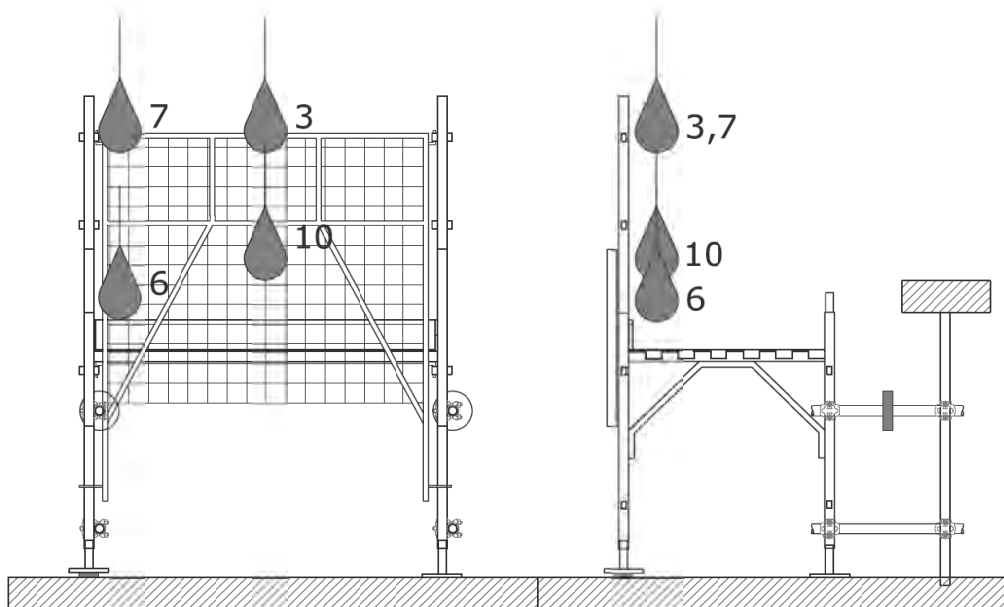


Figura 4.3.1.4 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Punti di impatto

#### Risultati delle prove d'impatto sul punto 3

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

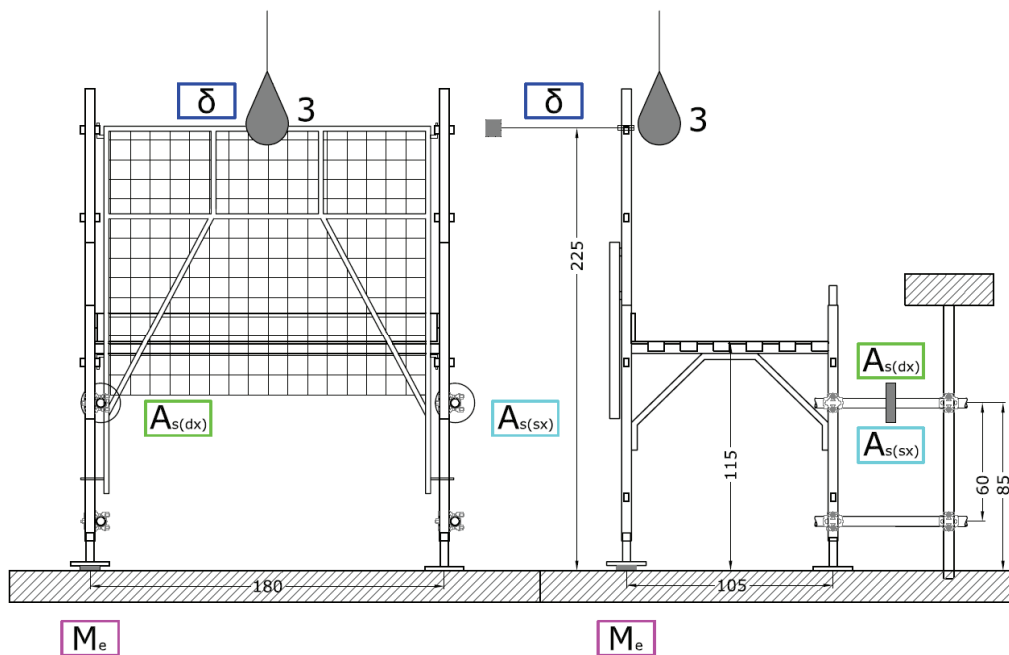


Figura 4.3.1.4 – 2 Prove d’impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d’impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
S_P_3/1	CSR	3	500	-88	-86	186	-128	si
S_P_3/2	CSR	3	500	-107	-101	221	-130	si
S_P_3/3	CSR	3	500	-116	-87	190	-134	si

Tabella 4.3.1.4 – 1 Prove d’impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa

Prova S\_P\_3/1: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 3/Test n. 1

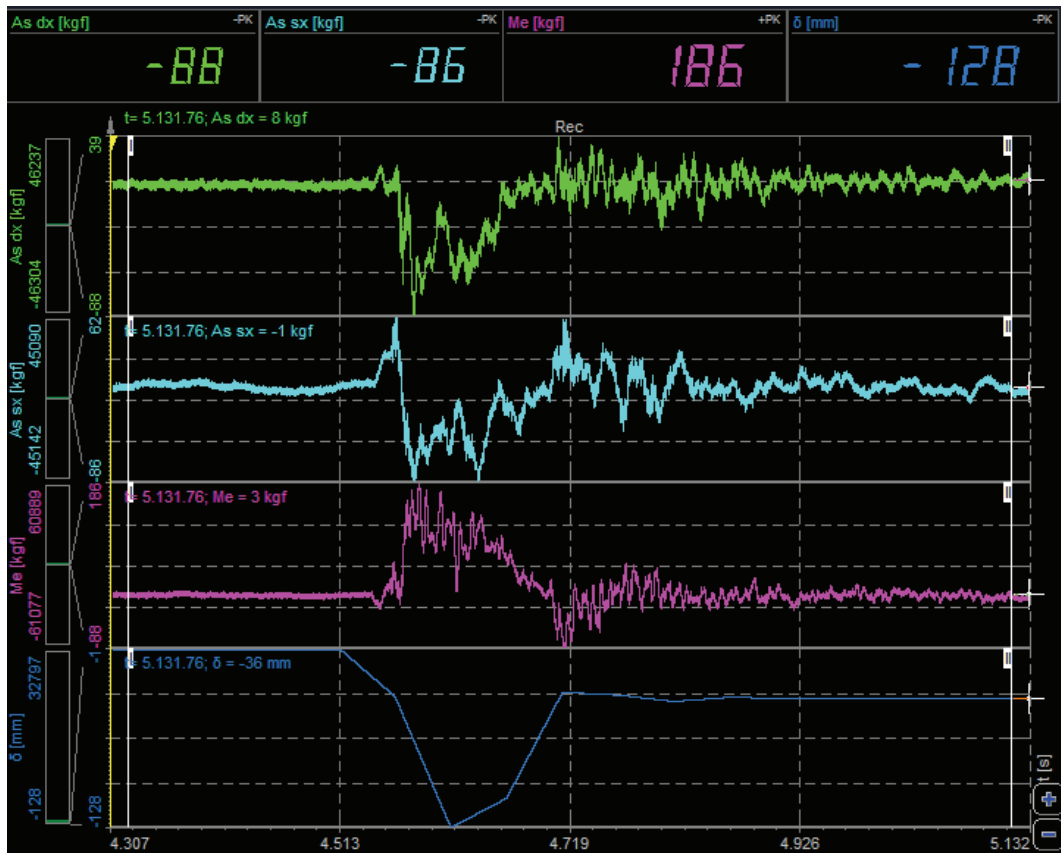


Figura 4.3.1.4 – 3 Grafici delle grandezze misurate

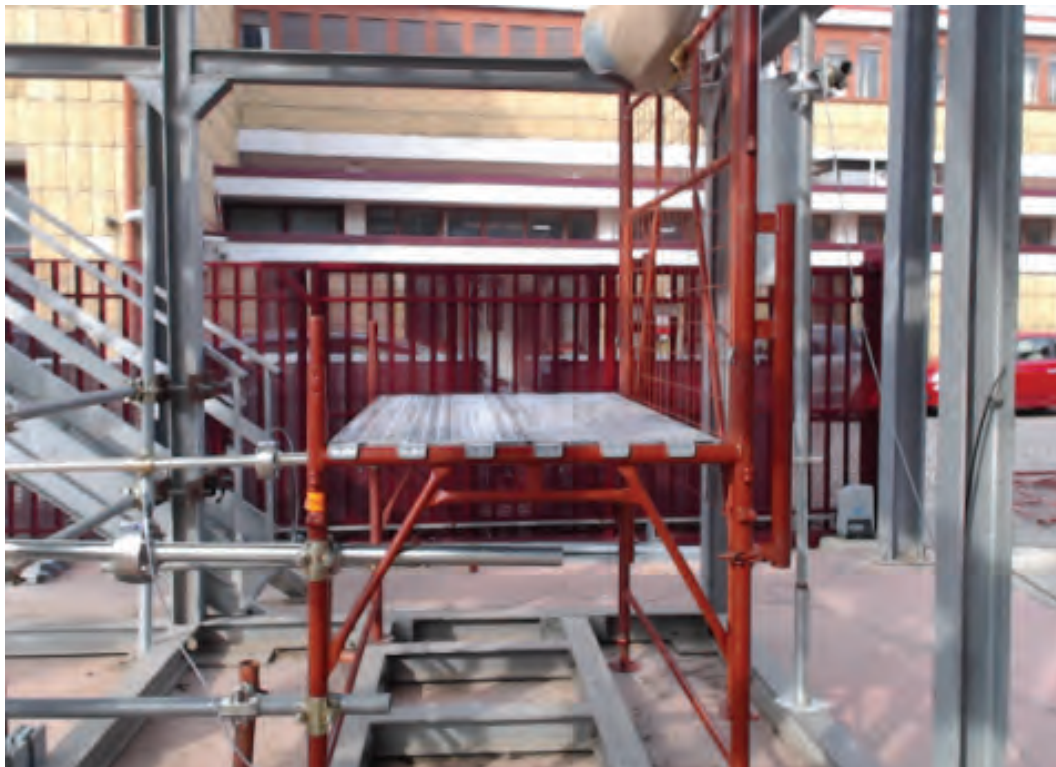


Figura 4.3.1.4 – 4 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_3/2: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 3/Test n. 2

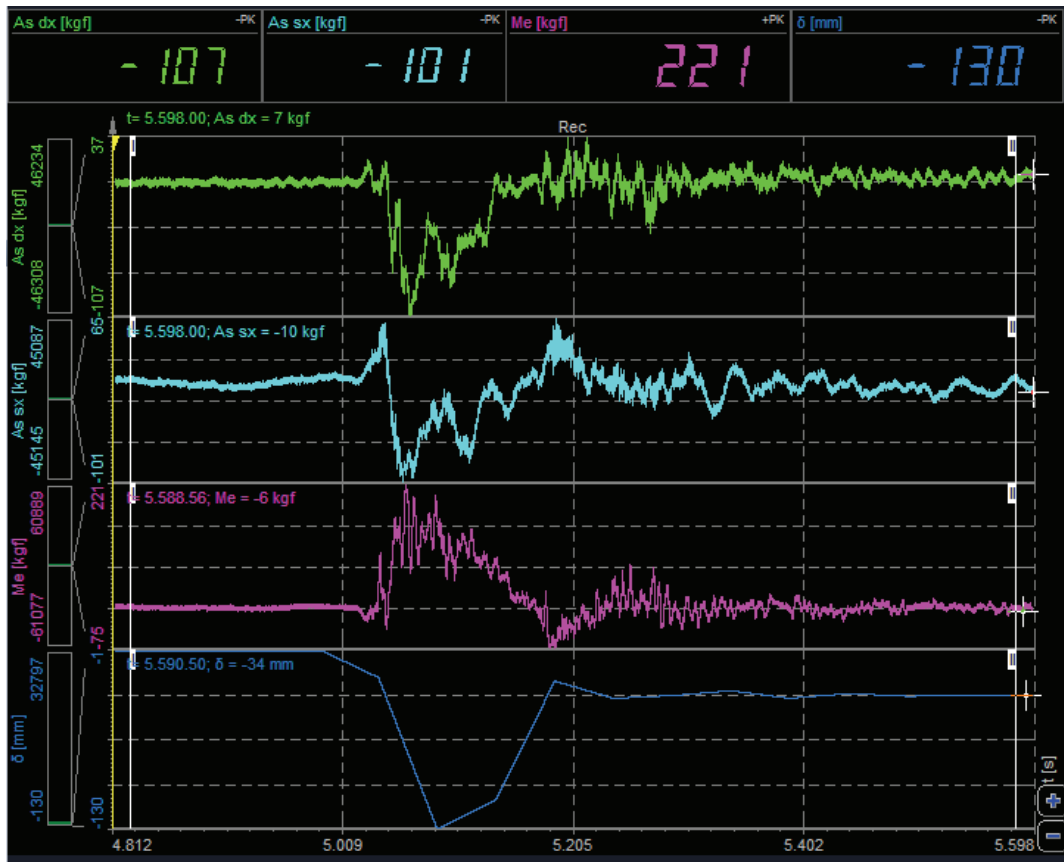


Figura 4.3.1.4 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_3/3: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 3/Test n. 3

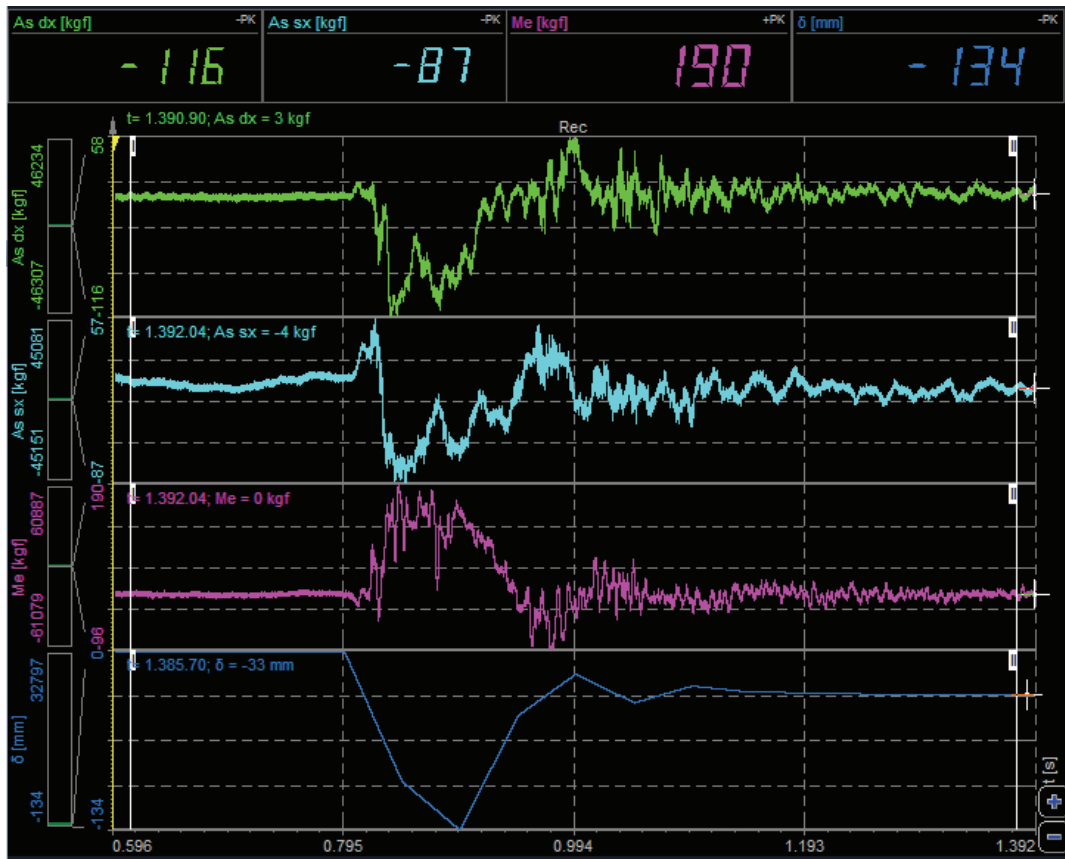


Figura 4.3.1.4 – 7 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 8 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 6

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

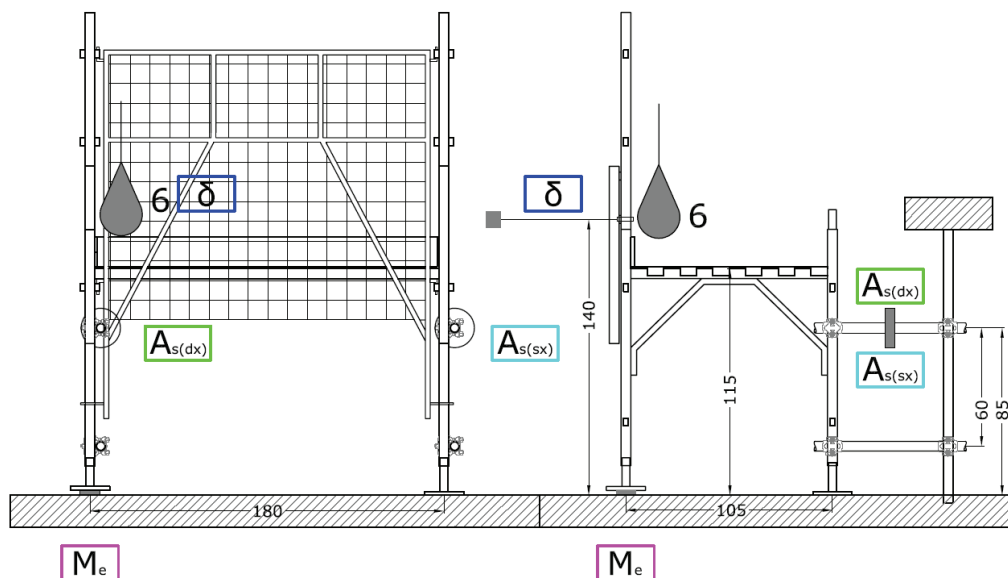


Figura 4.3.1.4 – 9 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
S_P_6/1	CSR	6	1100	-494	-297	543	-102	si
S_P_6/2	CSR	6	1100	-487	-386	486	-95	si
S_P_6/3	CSR	6	1100	-525	-311	687	-103	si

Tabella 4.3.1.4 – 2 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa

Prova S\_P\_6/1: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 6/Test n. 1

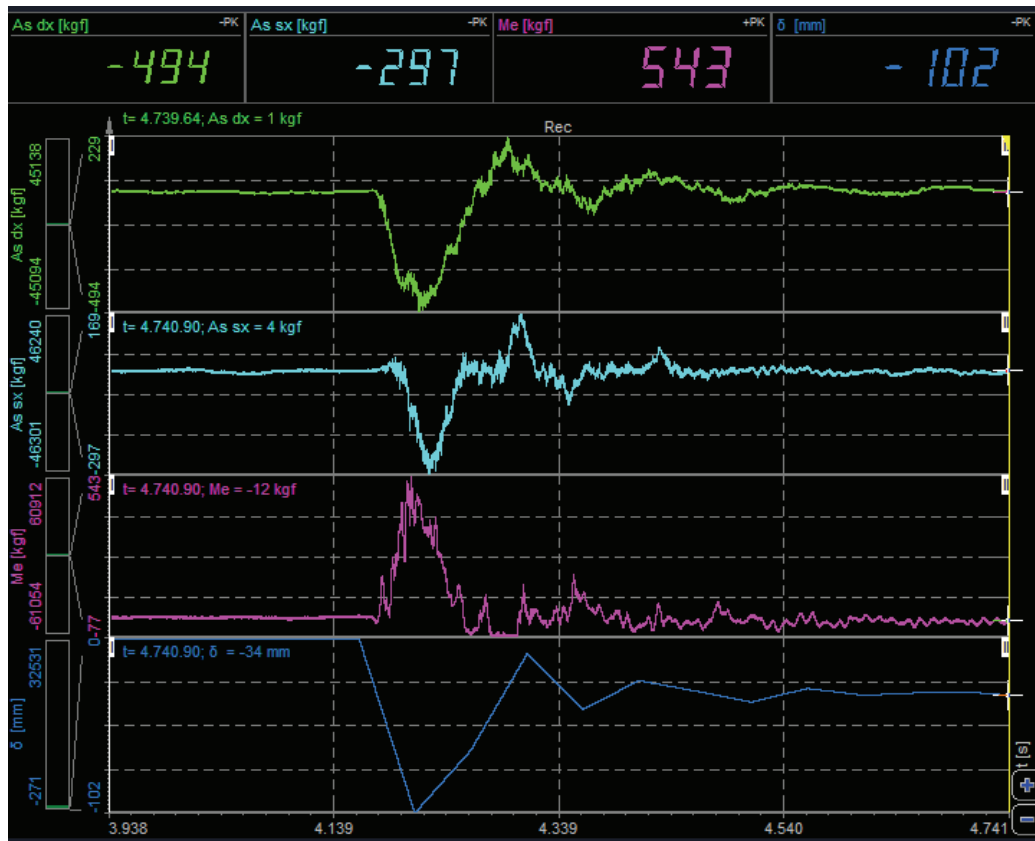


Figura 4.3.1.4 – 10 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 11 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_P\_6/2: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 6/Test n. 2

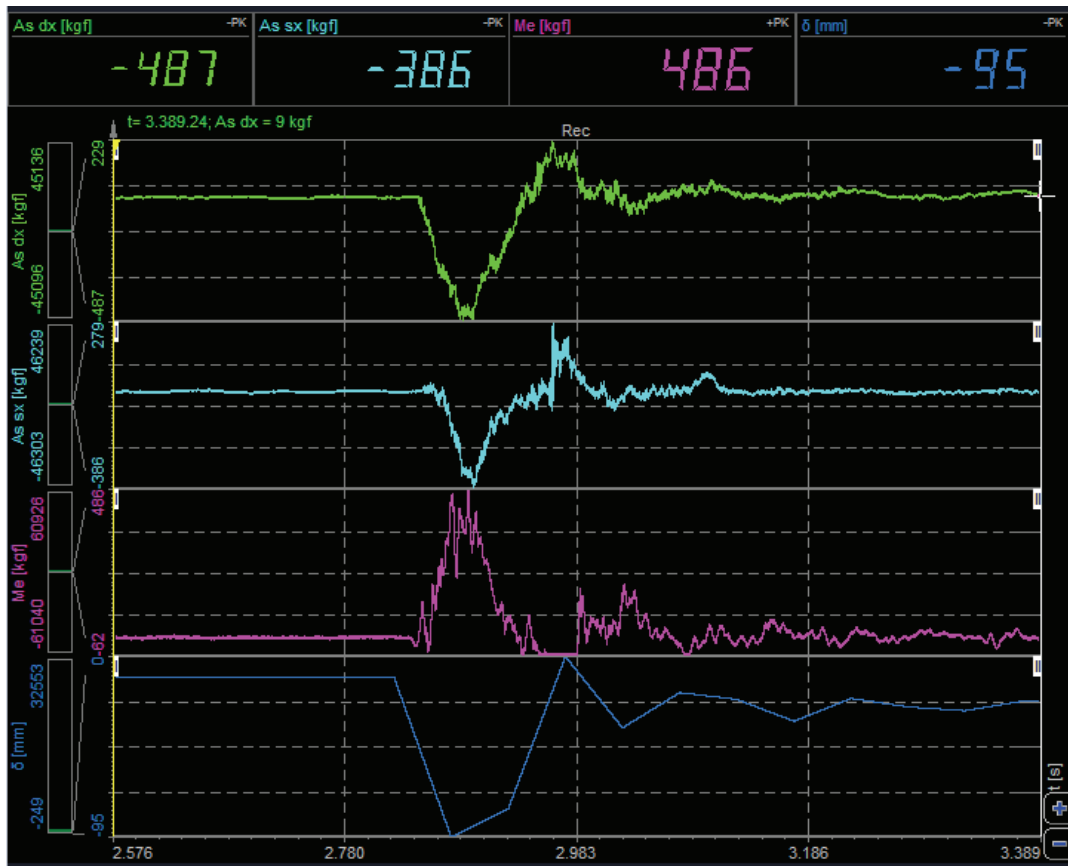


Figura 4.3.1.4 – 12 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 13 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_6/3: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 6/Test n. 3

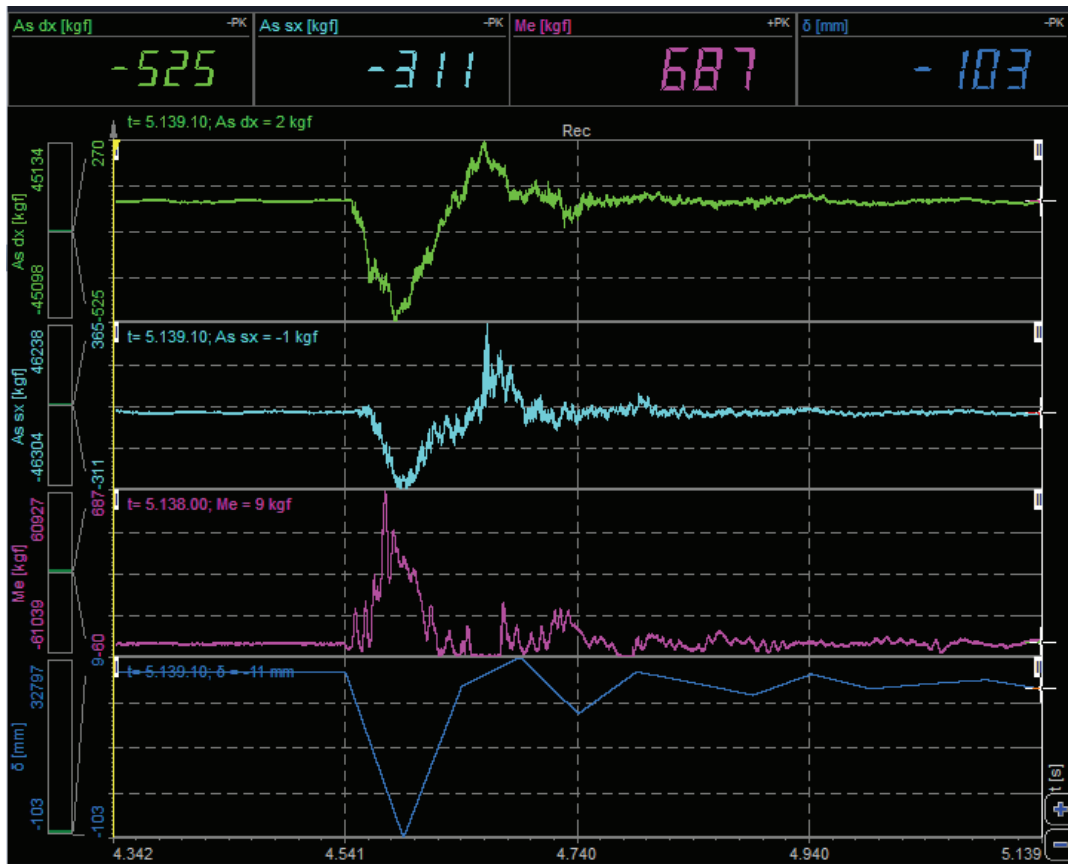


Figura 4.3.1.4 – 14 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 15 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 7

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

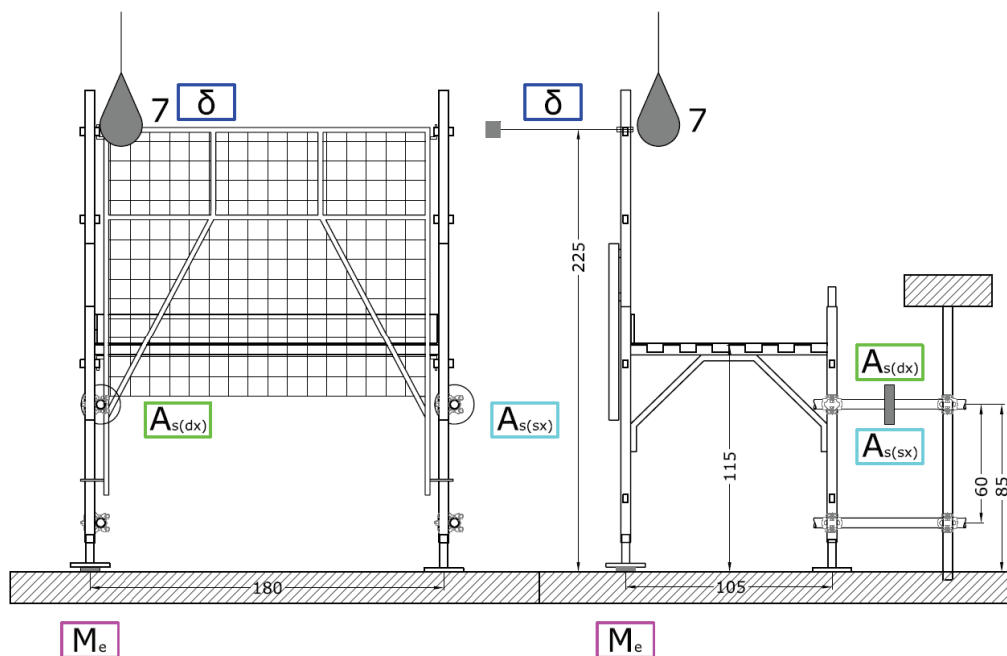


Figura 4.3.1.4 – 16 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_P_7/1	CSR	7	500	-196	-107	294	-97	si
S_P_7/2	CSR	7	500	-212	-114	322	-89	si
S_P_7/3	CSR	7	500	-236	-132	376	-96	si

Tabella 4.3.1.4 – 3 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova S\_P\_7/1: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 7/Test n. 1

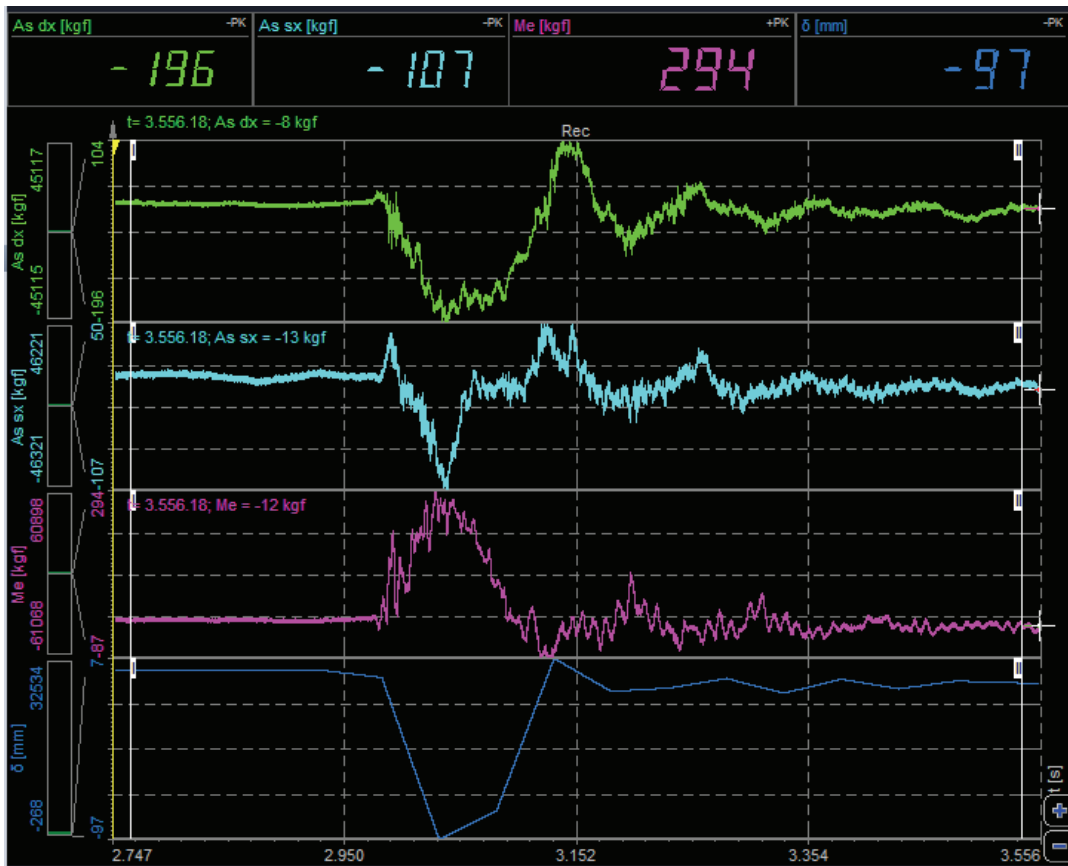


Figura 4.3.1.4 – 17 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 18 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_7/2: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 7/Test n. 2

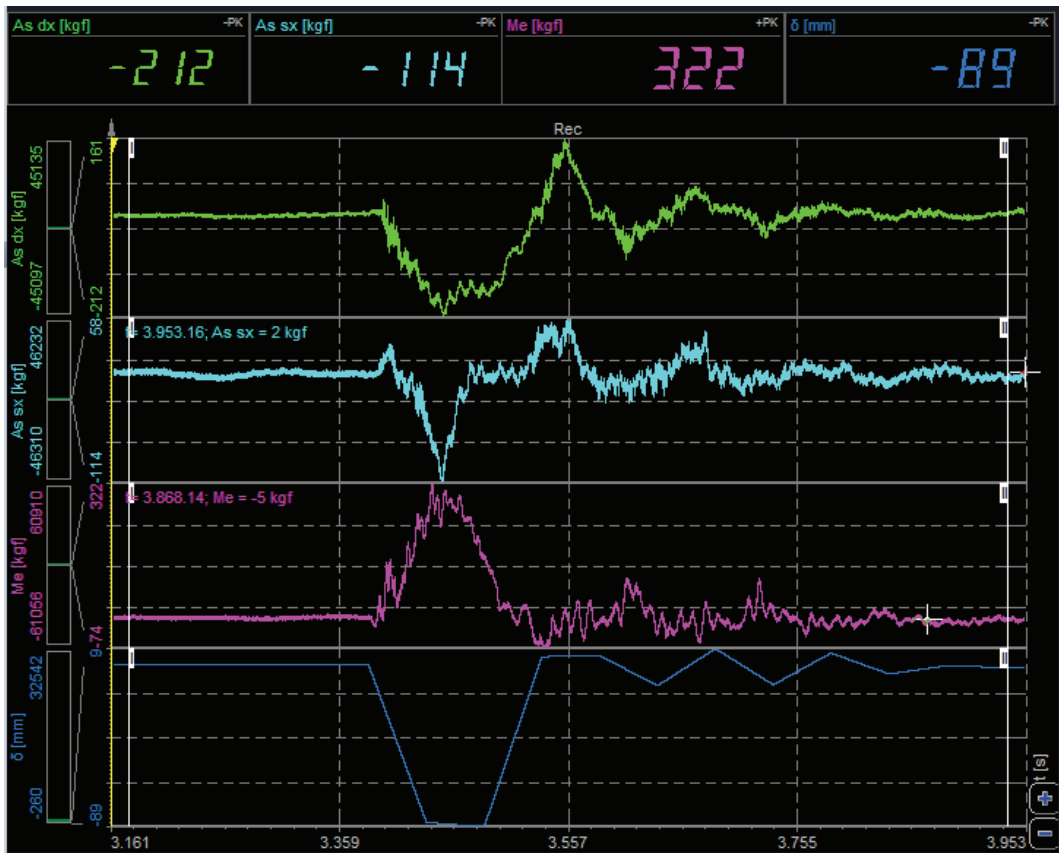


Figura 4.3.1.4 – 19 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 20 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_7/3: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 7/Test n. 3

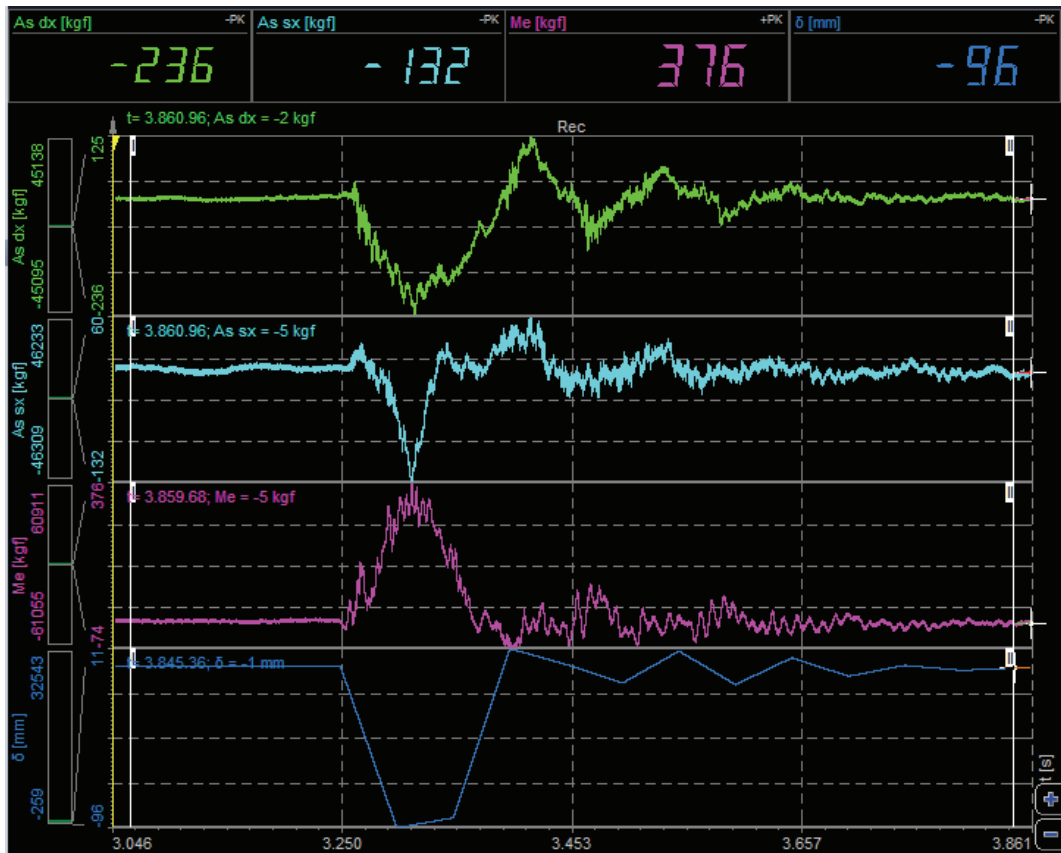


Figura 4.3.1.4 – 21 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 22 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 10

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del sacco sferoconico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

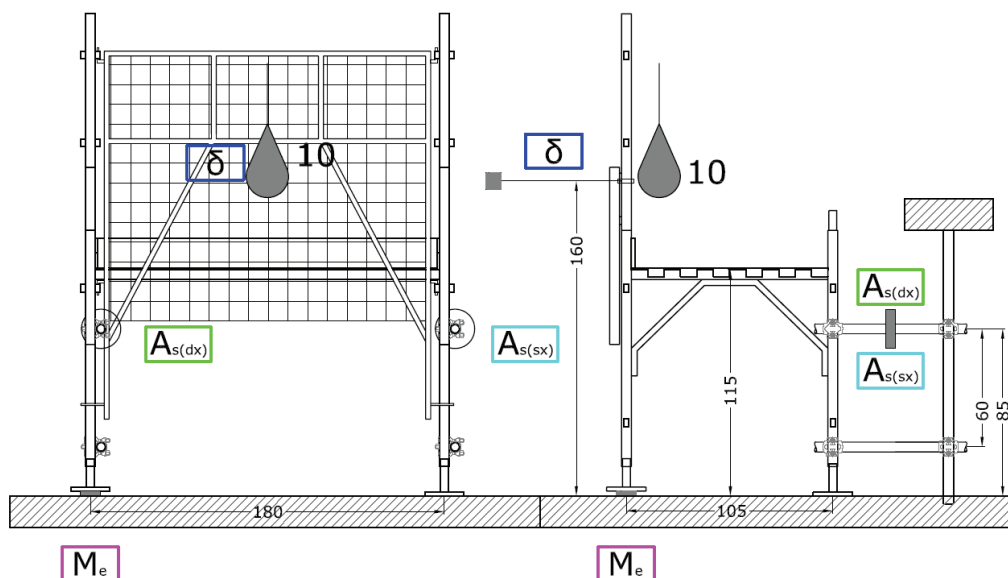


Figura 4.3.1.4 – 23 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
S_P_10/1	CSR	10	1100	-319	-221	349	-206	si
S_P_10/2	CSR	10	1100	-355	-227	356	-151	si
S_P_10/3	CSR	10	1100	-284	-204	369	-206	si

Tabella 4.3.1.4 – 4 Prove d'impatto con sacco sferoconico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa

Prova S\_P\_10/1: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 10/Test n. 1

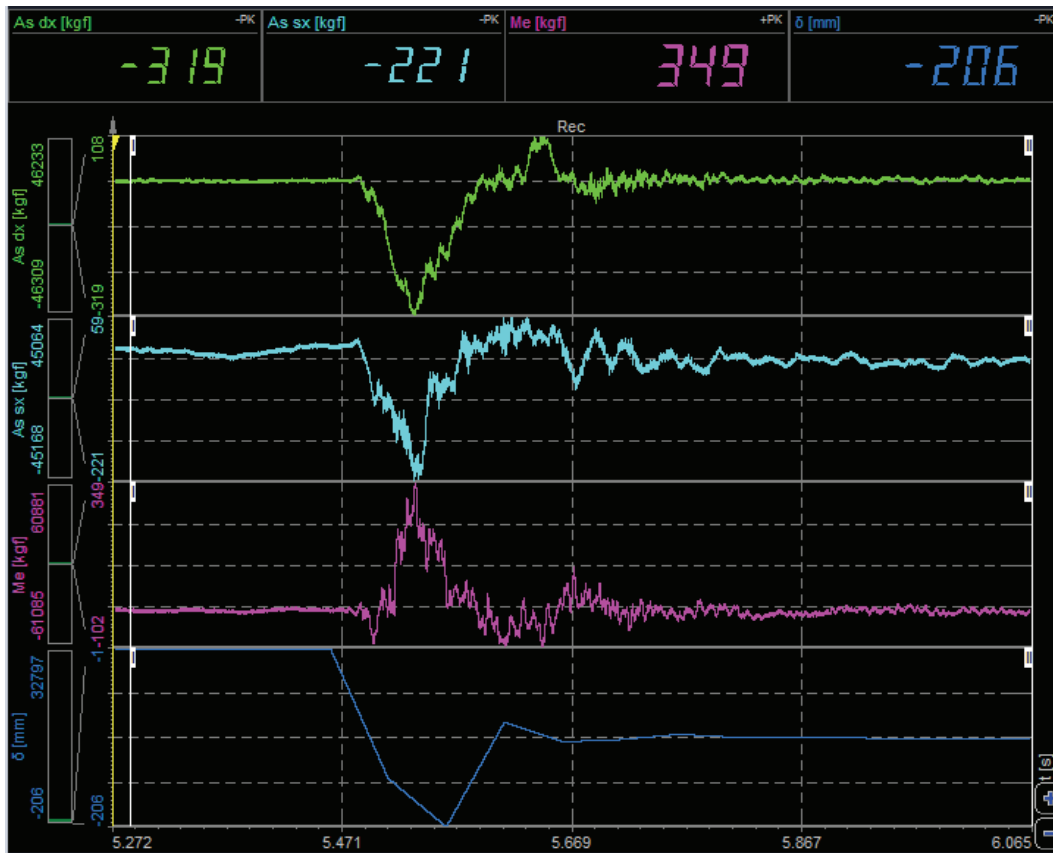


Figura 4.3.1.4 – 24 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 25 Immagine rappresentativa del test



Prova S\_P\_10/2: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 10/Test n. 2



Figura 4.3.1.4 – 26 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 27 Immagine rappresentativa del test

Prova S\_P\_10/3: Prova con sacco su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 10/Test n. 3

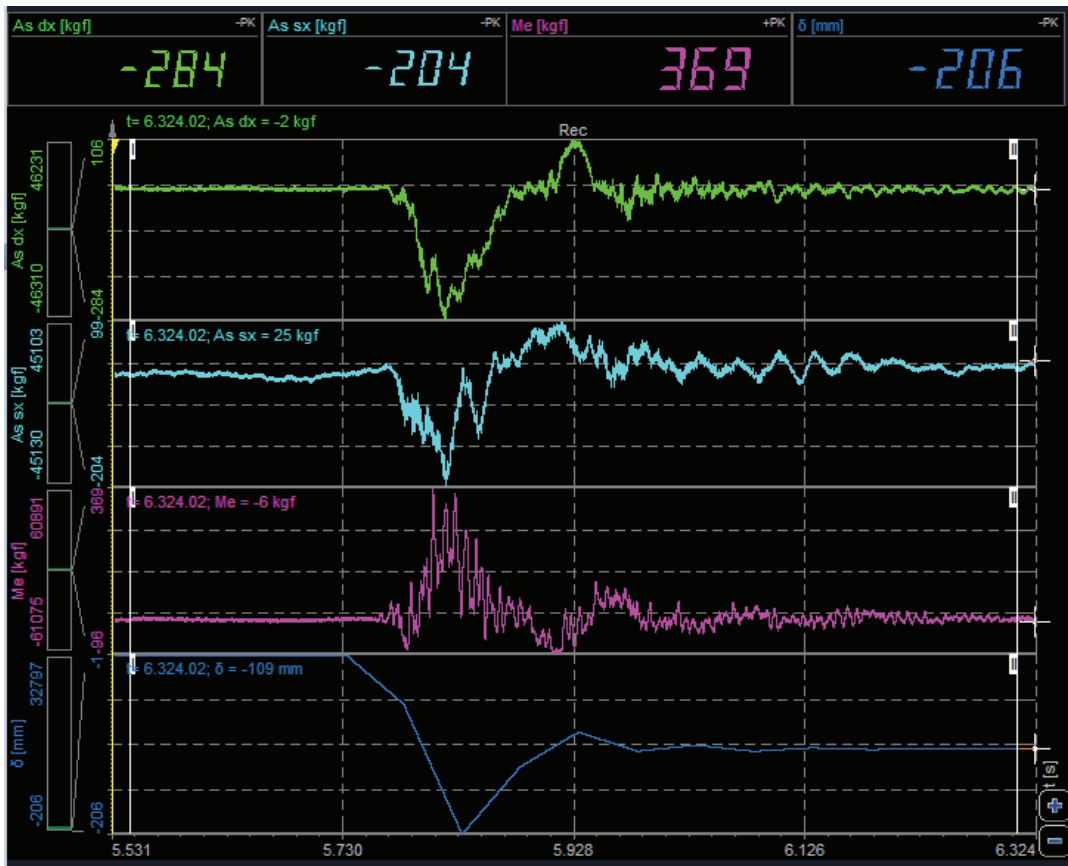


Figura 4.3.1.4 – 28 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.1.4 – 29 Immagine rappresentativa del test

#### 4.3.1.4.1 Sintesi dei risultati delle prove sulla protezione continua

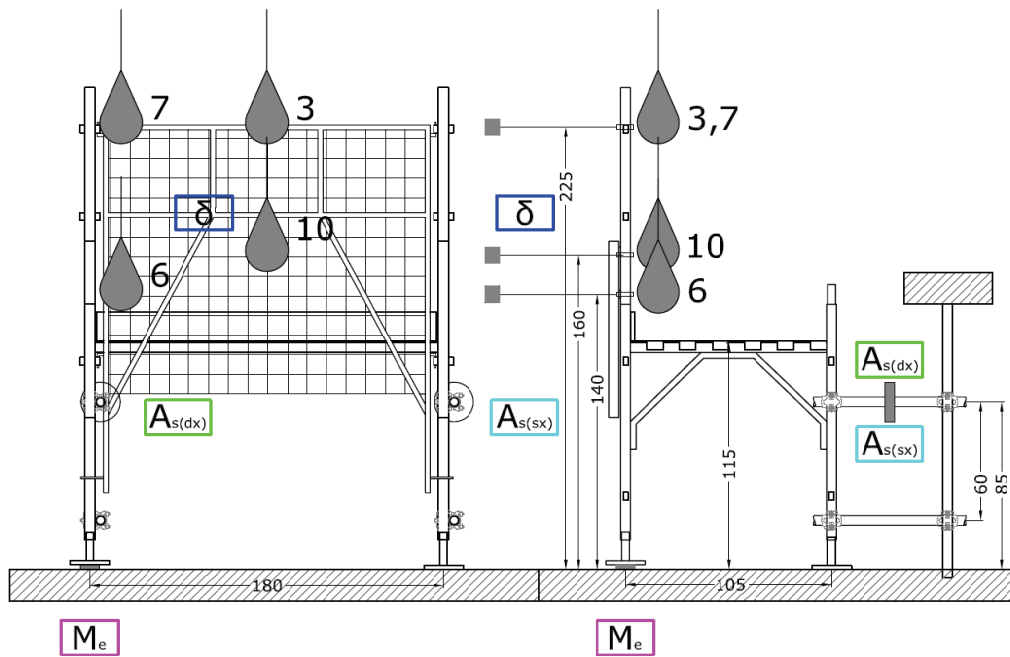


Figura 4.3.1.4.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sfericonico sulla protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_P_3/1	CSR	3	500	-88	-86	186	-128	sì
S_P_3/2	CSR	3	500	-107	-101	221	-130	sì
S_P_3/3	CSR	3	500	-116	-87	190	-134	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_P_6/1	CSR	6	1100	-494	-297	543	-102	sì
S_P_6/2	CSR	6	1100	-487	-386	486	-95	sì
S_P_6/3	CSR	6	1100	-525	-311	687	-103	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_P_7/1	CSR	7	500	-196	-107	294	-97	sì
S_P_7/2	CSR	7	500	-212	-114	322	-89	sì
S_P_7/3	CSR	7	500	-236	-132	376	-96	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto sacco
				Ancoraggio superiore destro $A_{s,dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s,sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
S_P_10/1	CSR	10	1100	-319	-221	349	-206	sì
S_P_10/2	CSR	10	1100	-355	-227	356	-151	sì
S_P_10/3	CSR	10	1100	-284	-204	369	-206	sì

Tabella 4.3.1.4.1 – 1 Prove d'impatto con sacco sferoconico sulla protezione continua – Schema CS1 – Sintesi dei risultati

#### 4.3.1.4.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sulla protezione continua sono state eseguite utilizzando la configurazione ad un campo (schema CSR). È stato colpito il telaio parapetto nel punto 3 (500 J), la rete al centro nel punto 10 (1100 J), la protezione continua nel punto 6 (1100 J), il più vicino possibile alla connessione del telaio con il montante, la protezione continua nel punto 7 (500 J), il più vicino possibile alla connessione del telaio con il montante.

In tutte le prove il sacco è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi superiori.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato nelle prove di impatto sul punto 6 (estremità del corrente inferiore,  $E_c = 1100$  J). I valori registrati risultano nel range [486; 687] kg<sub>f</sub>.

Anche gli ancoraggi risultano più sollecitati nelle prove nei punti 6 ( $E_c = 1100$  J). I valori registrati risultano nel range [-297;-386] kg<sub>f</sub> per l'ancoraggio sinistro e nel range [-487;-525] kg<sub>f</sub> per l'ancoraggio destro.

La freccia istantanea massima risulta nel range [-128; -134] mm nelle prove per il punto 3; nel range [-95 ; -102] mm nelle prove per il punto 6; nel range [-89;-97] mm nelle prove per il punto 7; nel range [-151;-206] mm nelle prove per il punto 10.

### 4.3.2 Risultati delle prove con rullo cilindrico

#### 4.3.2.1 Prove sul montante di sommità

Sono state eseguite cinque prove nel punto 2 con  $E_c = 3185 \text{ J}$  secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.4.1.

In particolare la quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a 105 cm.

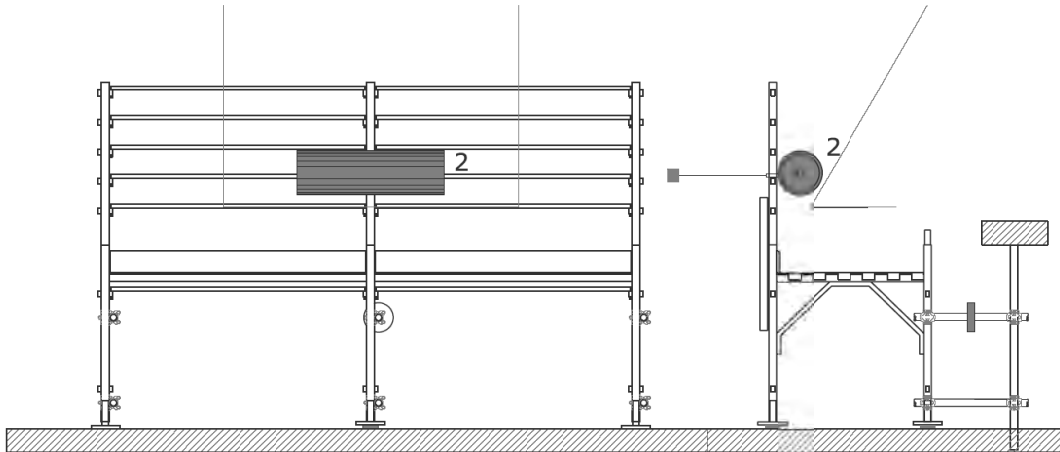


Figura 4.3.2.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su montante di sommità – Schema CD – Punto di impatto

#### Risultati delle prove d'impatto sul punto 2

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

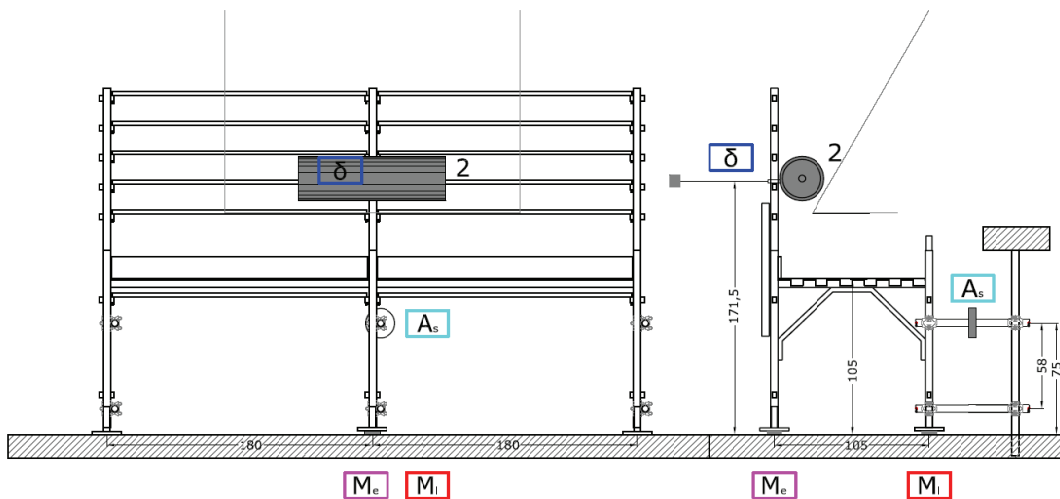


Figura 4.3.2.1 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su montante di sommità – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico			Freccia istantanea massima	Arresto rullo
				Ancoraggio superiore $A_s$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
R_M_2/1	CD	2	3185	-779	1035	687 (*)	(**)	si
R_M_2/2	CD	2	3185	-552	981	1588 (*)	-104	si
R_M_2/3v	CD	2	3185	-1107	2039	-126 (*)	-121	si
R_M_2/4v	CD	2	3185	-791	1318	196 (*)	-159	si
R_M_2/5v	CD	2	3185	-997	1504	72 (*)	-108	si

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto; (\*\*) valore non rilevato per rottura del trasduttore;  
 (v) vincolo supplementare per evitare il sollevamento del montante interno

Tabella 4.3.2.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente – Schema CD – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova R\_M\_2/1: Prova con rullo su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 1

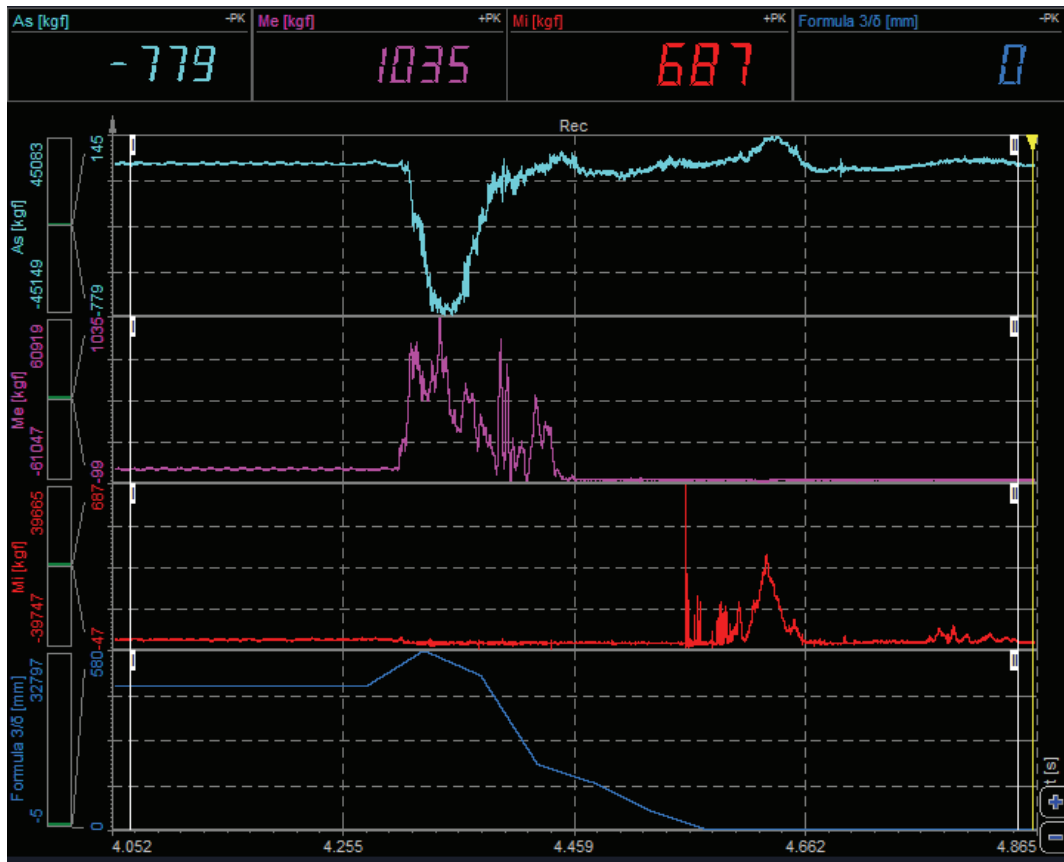


Figura 4.3.2.1 – 3 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.1 – 4 Immagine rappresentativa del test



Prova R\_M\_2/2: Prova con rullo su montante di sommità (schema CD)  
 Punto d'impatto 2/Test n. 2

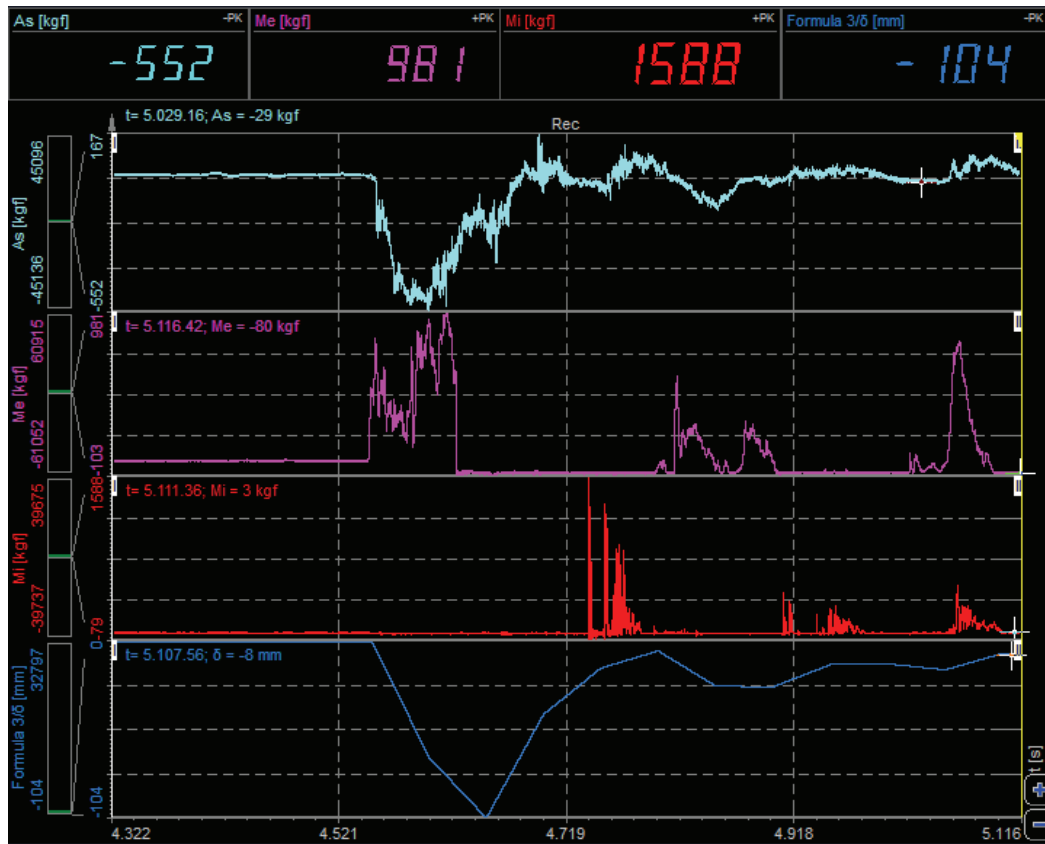


Figura 4.3.2.1 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.1 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_M\_2/3v: Prova con rullo su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 3

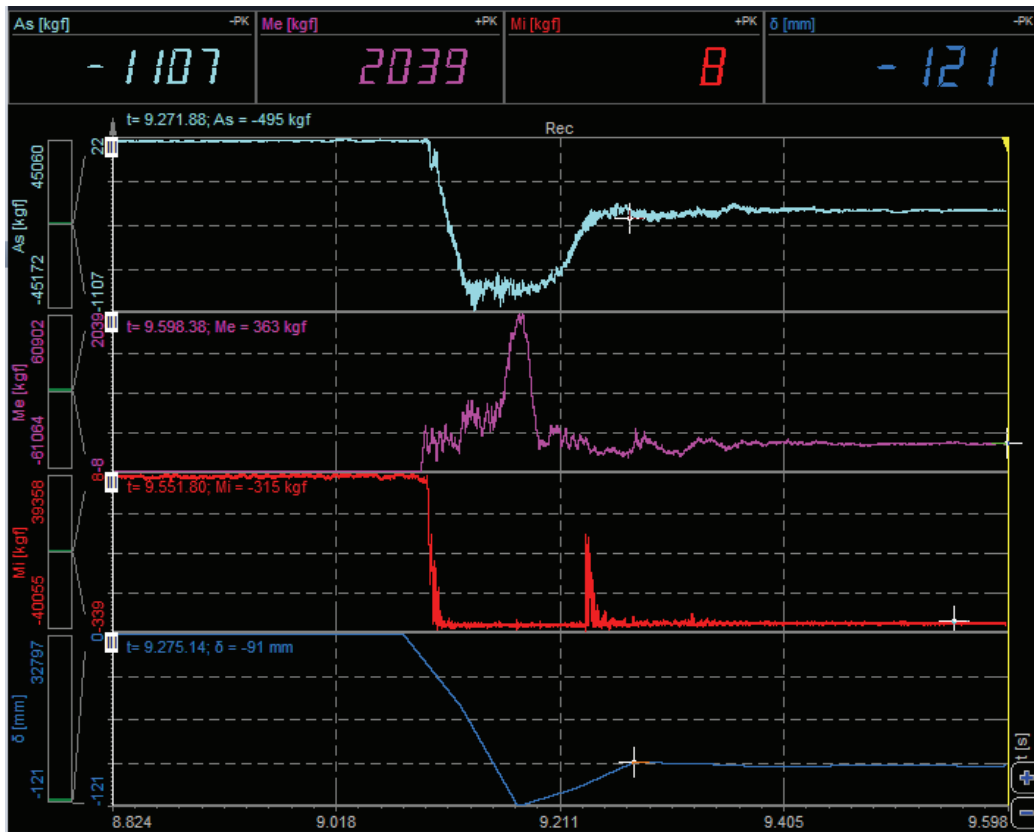


Figura 4.3.2.1 – 7 Grafici delle grandezze misurate

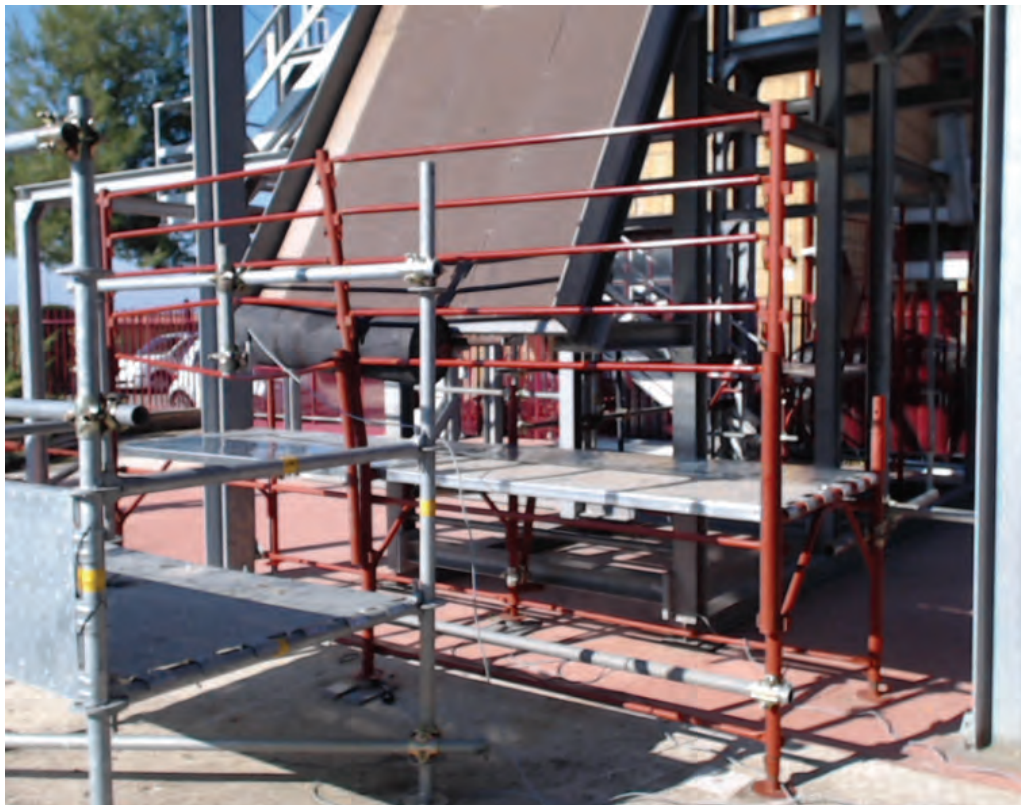


Figura 4.3.2.1 – 8 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_M\_2/4v: Prova con rullo su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 4

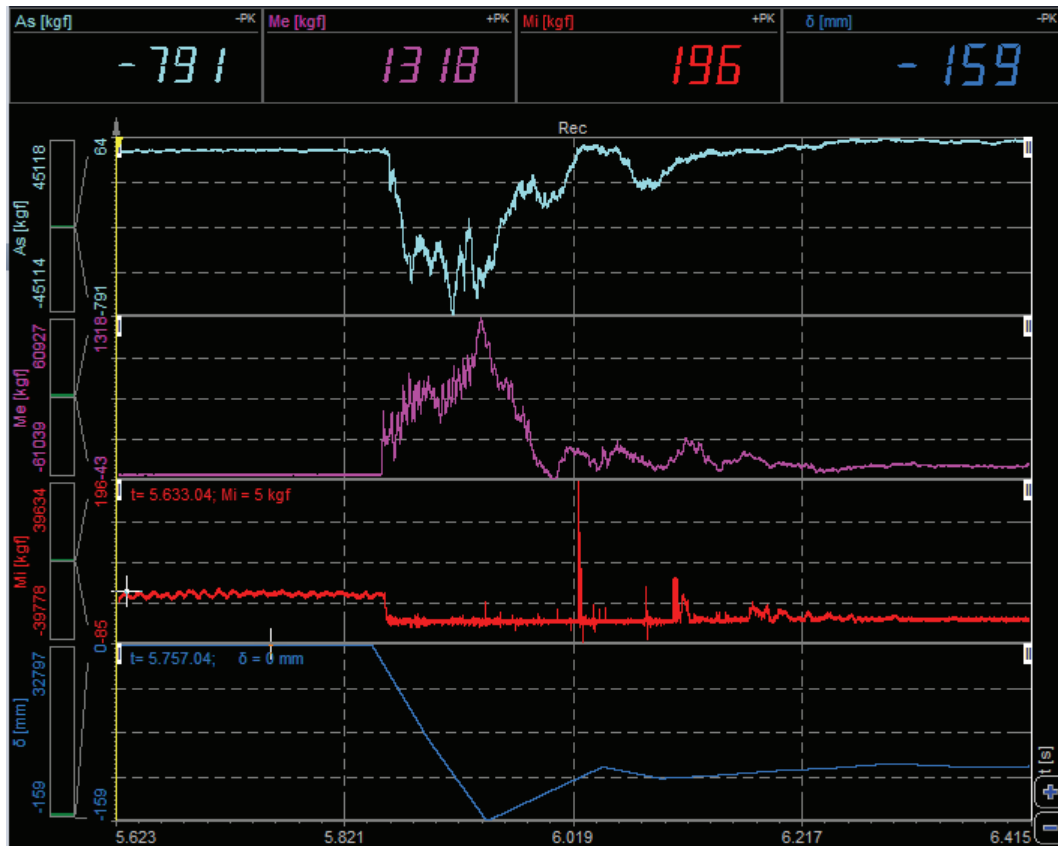


Figura 4.3.2.1 – 9 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.1 – 10 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_M\_2/5v: Prova con rullo su montante di sommità (schema CD)  
Punto d'impatto 2/Test n. 5



Figura 4.3.2.1 – 11 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.1 – 12 Immagine rappresentativa del test

#### 4.3.2.1.1 Considerazioni sui risultati

Le prove sul montante di sommità sono state eseguite utilizzando la configurazione a due campi (schema CD). Il montante di sommità centrale è stato colpito nel punto 2 ( $E_c = 3185 \text{ J}$ ).

In tutte le prove il rullo è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Si ribadisce (vedi paragrafo 4.3) che i valori registrati dalle celle di carico rappresentano le azioni dovute al solo impatto, al netto della presollecitazione iniziale dovuta alla fase di montaggio (peso proprio, azioni dovute all'ancoraggio e alle imperfezioni geometriche), azzerata ad inizio prova.

In particolare, per le prove R\_M\_2/3v, R\_M\_2/4v, R\_M\_2/5v è stato realizzato un vincolo supplementare alla base del montante interno per contenere il suo sollevamento durante l'impatto. La messa in opera di tale vincolo ha determinato una ulteriore presollecitazione iniziale di compressione, rispetto alle altre prove.

Si ricorda inoltre che le celle di carico alla base dei montanti sono a sola compressione; pertanto i valori negativi nei grafici di  $M_e$  e  $M_i$  non devono essere considerati "trazione", bensì indice di decremento della compressione rispetto alla condizione iniziale, prima dell'impatto (azzeramento delle celle ad inizio prova).

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nell'ancoraggio.

Durante l'impatto il montante interno risulta essere soggetto ad un decremento della compressione rispetto alla compressione iniziale. Il picco di compressione registrato si riferisce al rimbalzo della struttura dopo l'impatto.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello interno, con valori nel range [981;2039] kgf.

L'ancoraggio superiore risulta sollecitato nel range [-552;-1107] kgf.

La freccia istantanea massima risulta nel range [-104 ; -159] mm.

#### 4.3.2.2 Prove sul traverso

Sono state eseguite tre prove nel punto 12 e nel punto 13 con  $E_c = 3185 \text{ J}$  secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.4.2.

In particolare la quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a 135 cm.

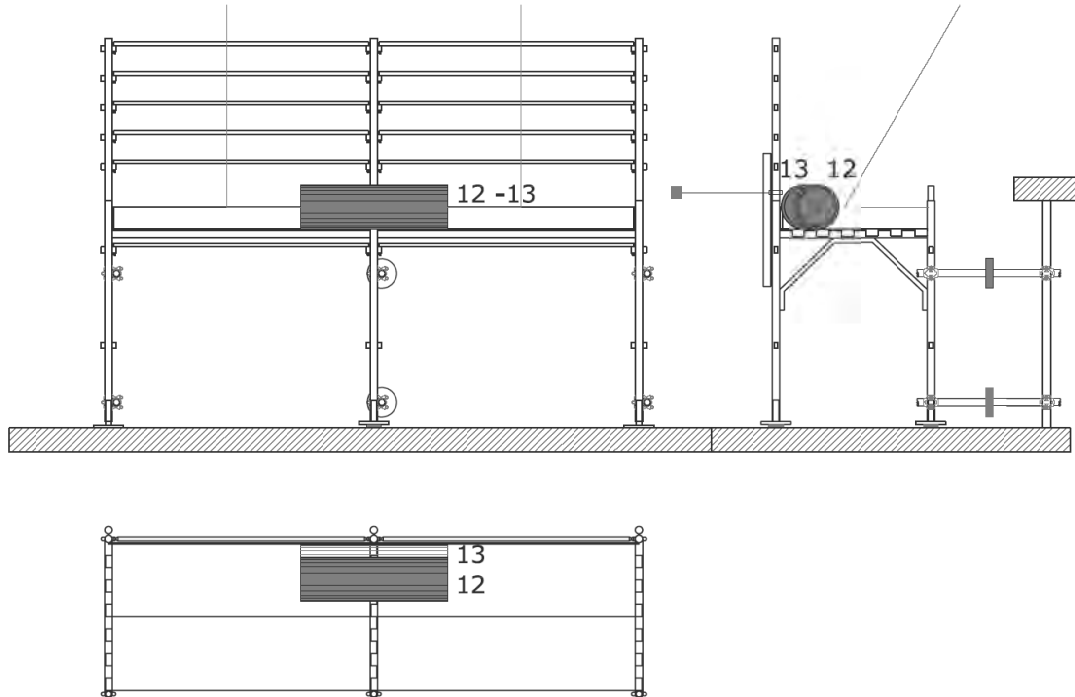


Figura 4.3.2.2 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Punti di impatto

#### Risultati delle prove d'impatto sul punto 12

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

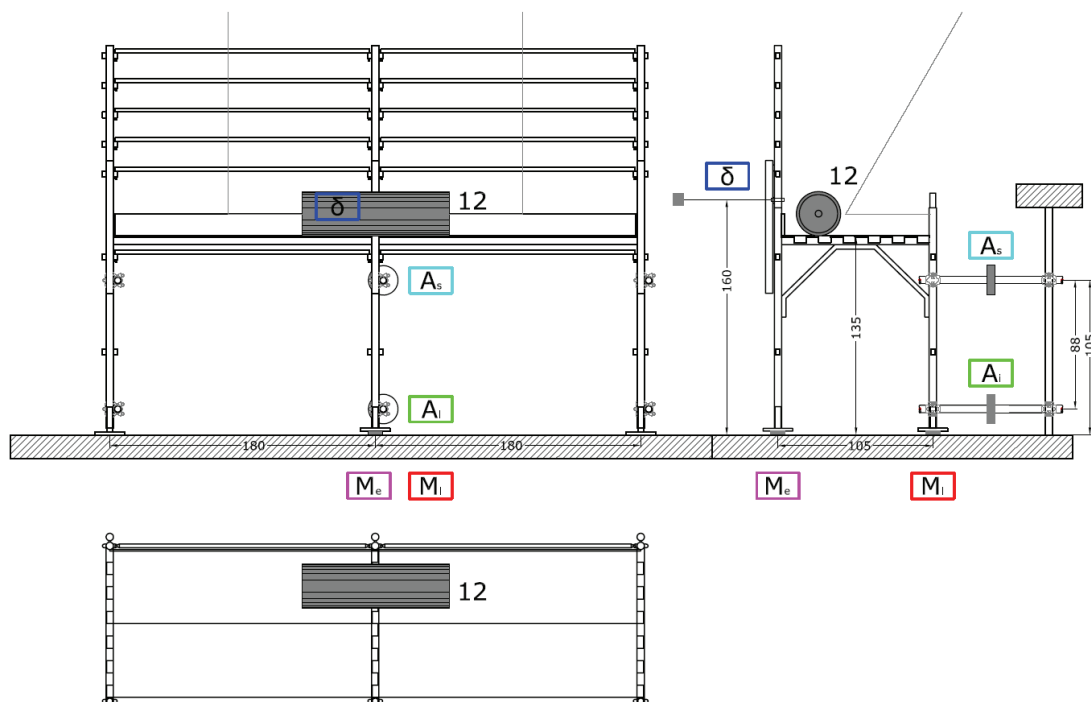


Figura 4.3.2.2 – 2 Prove d’impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d’impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Freccia istantanea massima	Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kgf)	Ancoraggio superiore $A_s$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	Montante interno $M_i$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
R_T_12/1	CD	12	3185	- 306	-1008	5311	1532	-31	sì
R_T_12/2	CD	12	3185	- 501	-984	5815	933	-39	sì
R_T_12/3	CD	12	3185	- 398	-982	5038	698	-16	sì

Tabella 4.3.2.2 – 1 Prove d’impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova R\_T\_12/1: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
Punto d'impatto 12/Test n. 1

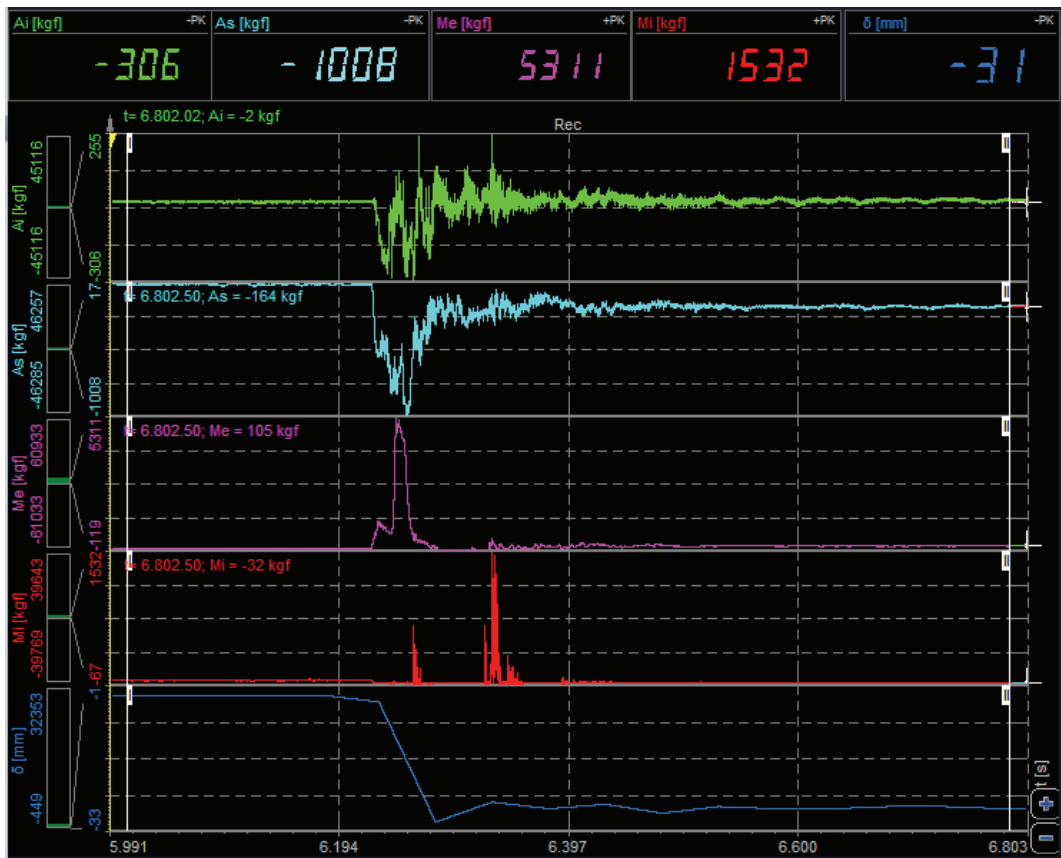


Figura 4.3.2.2 – 2 Grafici delle grandezze misurate

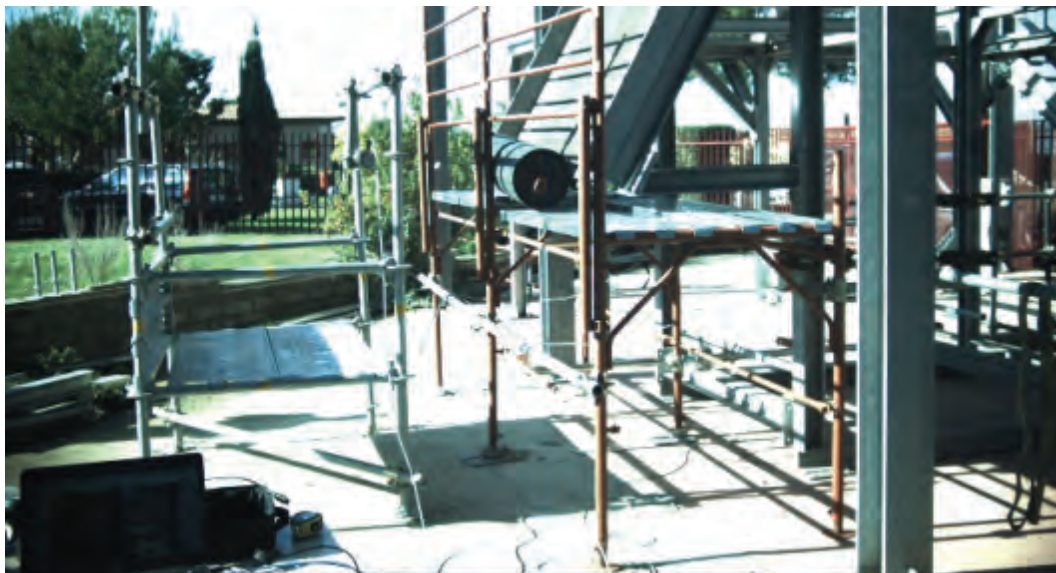


Figura 4.3.2.2 – 3 Immagine rappresentativa del test



Prova R\_T\_12/2: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
 Punto d'impatto 12/Test n. 2

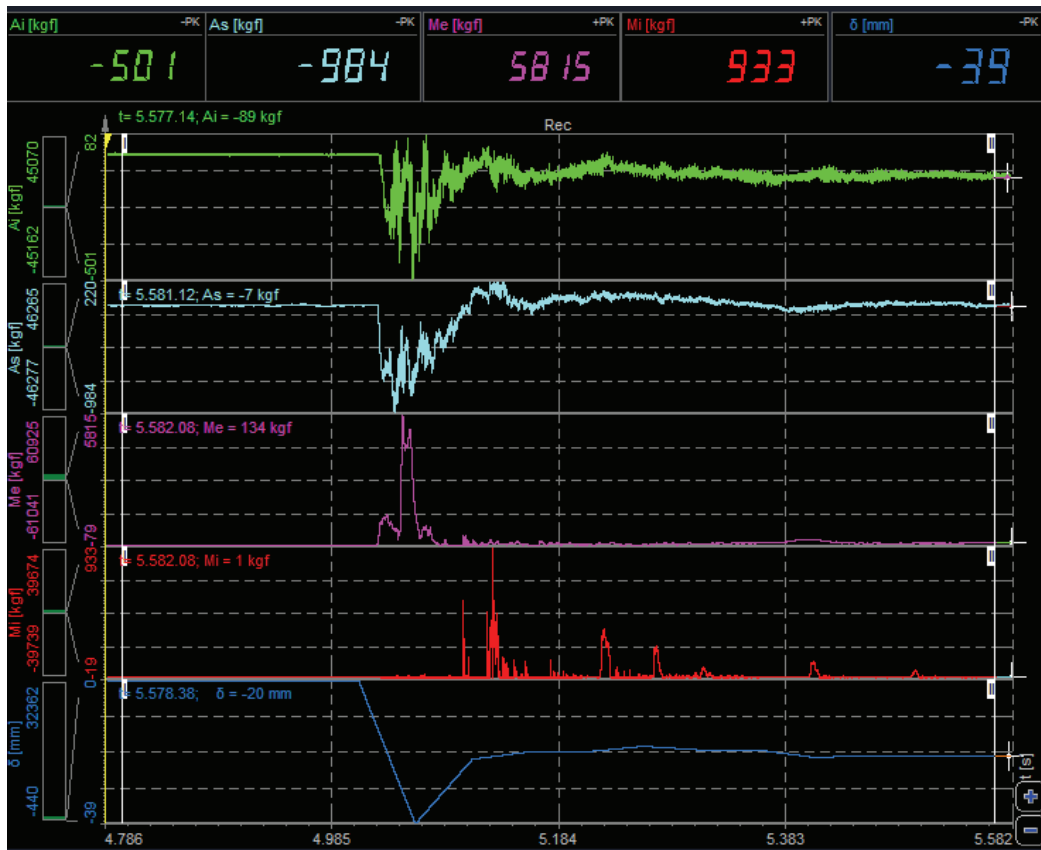


Figura 4.3.2.2 – 4 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.2 – 5 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_12/3: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
Punto d'impatto 12/Test n. 3

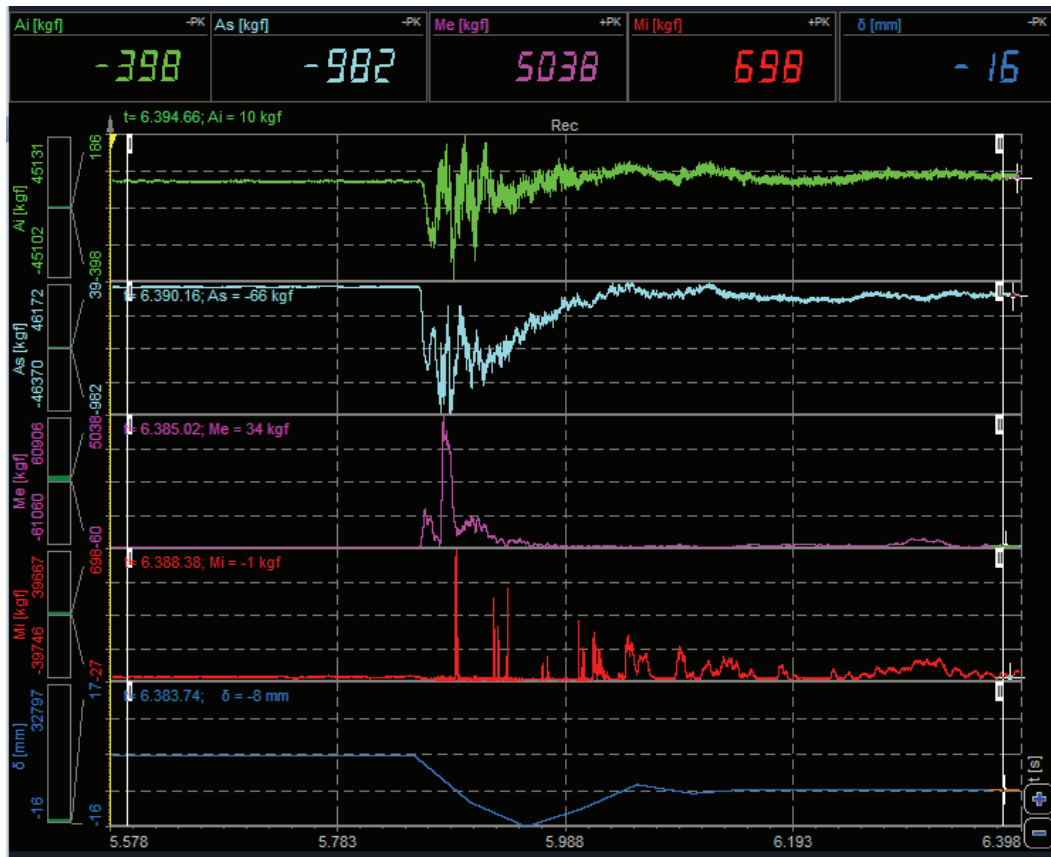


Figura 4.3.2.2 – 6 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.2 – 7 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 13

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

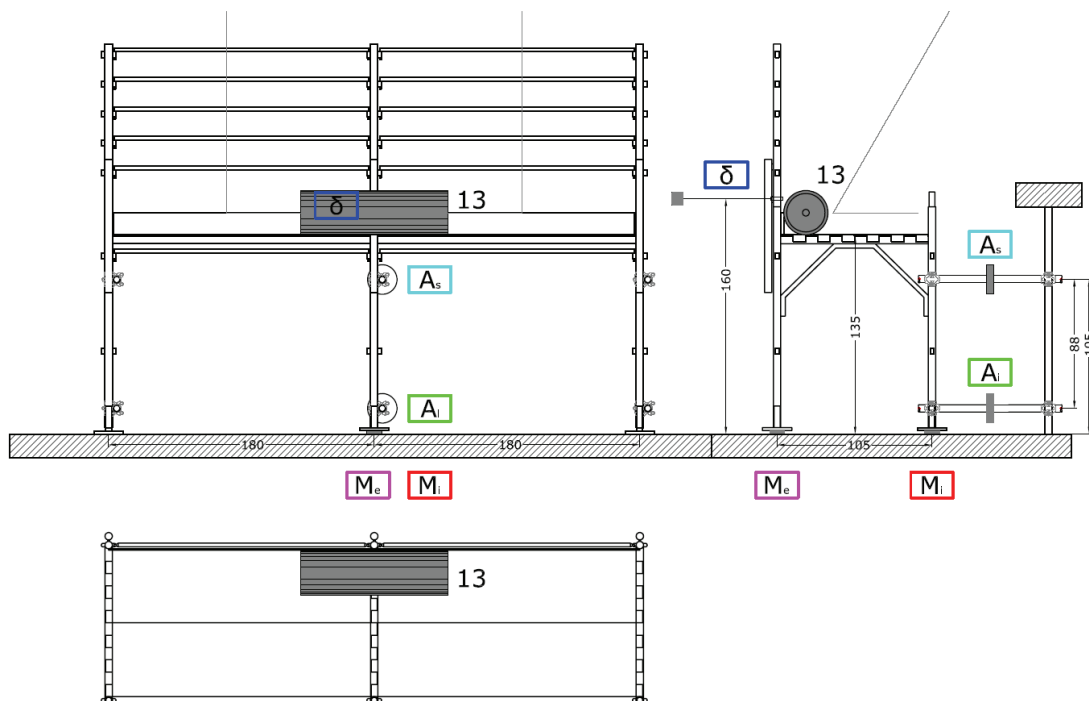


Figura 4.3.2.2 – 8 Prove d'impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Freccia istantanea massima	Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kgf)	Ancoraggio superiore $A_s$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	Montante interno $M_i$ (kgf)	$\delta$ (mm)	
R_T_13/1	CD	13	3185	- 364	-751	4233	4509	-46	sì
R_T_13/2	CD	13	3185	- 331	-740	4732	1364	(*)	sì
R_T_13/3	CD	13	3185	- 290	-714	4420	960	-31	sì

(\*) valore non rilevato per rottura del trasduttore

Tabella 4.3.2.2 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova R\_T\_13/1: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
Punto d'impatto 13/Test n. 1



Figura 4.3.2.2 – 9 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.2 – 10 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_13/2: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
 Punto d'impatto 13/Test n. 2

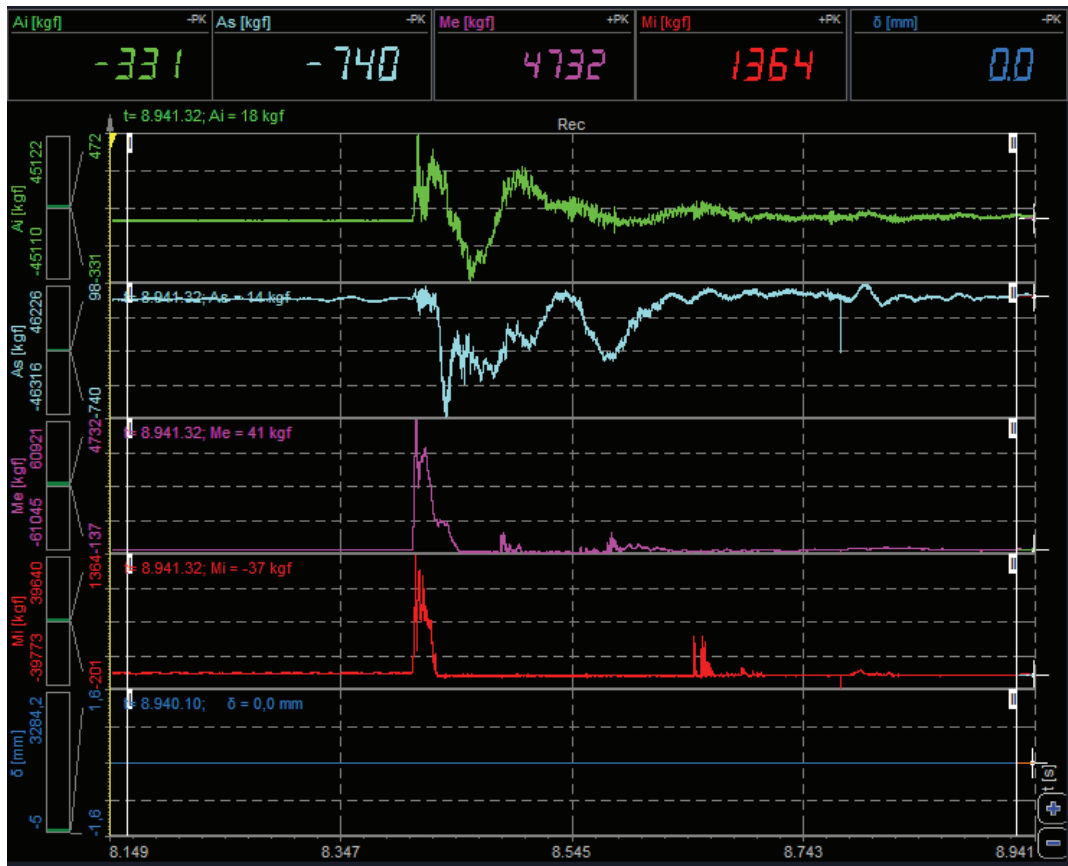


Figura 4.3.2.2 – 11 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.2 – 12 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_13/3: Prova con rullo su traverso (schema CD)  
Punto d'impatto 13/Test n. 3



Figura 4.3.2.2 – 13 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.2 – 14 Immagine rappresentativa del test

## 4.3.2.2.1 Sintesi dei risultati delle prove sul traverso

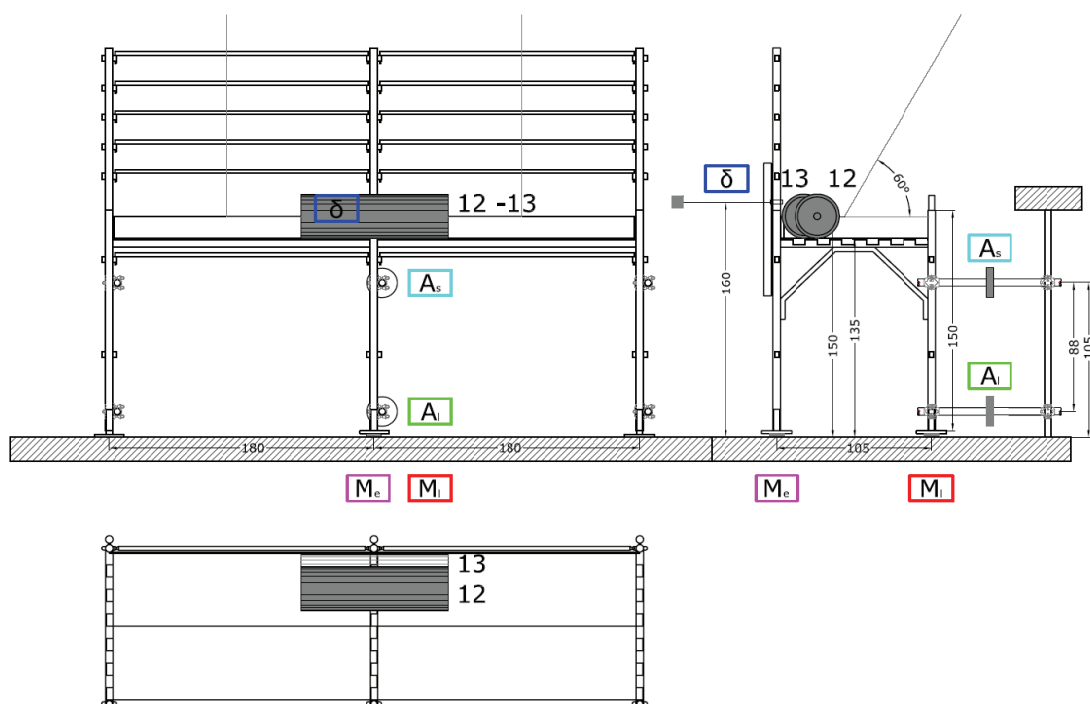


Figura 4.3.2.2.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Freccia istantanea massima	Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore $A_s$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
R_T_12/1	CD	12	3185	-306	-1008	5311	1532	-31	sì
R_T_12/2	CD	12	3185	-501	-984	5815	933	-39	sì
R_T_12/3	CD	12	3185	-398	-982	5038	698	-16	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Freccia istantanea massima	Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore $A_s$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	$\delta$ (mm)	
R_T_13/1	CD	13	3185	-364	-751	4233	4509	-46	sì
R_T_13/2	CD	13	3185	-331	-740	4732	1364	*	sì
R_T_13/3	CD	13	3185	-290	-714	4420	960	-31	sì

(\*) valore non rilevato per rottura del trasduttore

Tabella 4.3.2.2.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su traverso – Schema CD – Sintesi dei risultati

#### 4.3.2.2.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sul traverso sono state eseguite utilizzando la configurazione a due campi (schema CD). È stato colpito il traverso tra i due elementi di impalcato nel punto 12 (3185 J), posto a metà degli elementi di impalcato esterni, e nel punto 13 (3185 J) sugli elementi di impalcato esterni in prossimità della tavola fermapiede.

In tutte le prove il rullo è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sui montanti interno ed esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi, superiore e inferiore.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello interno, con valori maggiori nelle prove di impatto sul punto 12. I valori registrati risultano nel range [5038;5815] kg<sub>f</sub> nelle prove per il punto 12 e nel range [4233;4732] kg<sub>f</sub> per il punto 13.

L'ancoraggio superiore risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello inferiore, con valori maggiori nelle prove di impatto sul punto 12. I valori registrati risultano nel range [-982;-1008] kg<sub>f</sub> nelle prove per il punto 12 e nel range [-714;-751] kg<sub>f</sub> per il punto 13.

La freccia istantanea massima risulta nel range [-16 ; -39] mm nelle prove per il punto 12 e nel range [-31; -46] mm per il punto 13.



#### 4.3.2.3 Prove sul corrente intermedio

Sono state eseguite tre prove nel punto 8 con  $E_c = 3185 \text{ J}$  utilizzando due configurazioni a un campo (schema CS1 e schema CS2) con diversa distanza fra i correnti secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.4.3.

In particolare la quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a 105 cm.

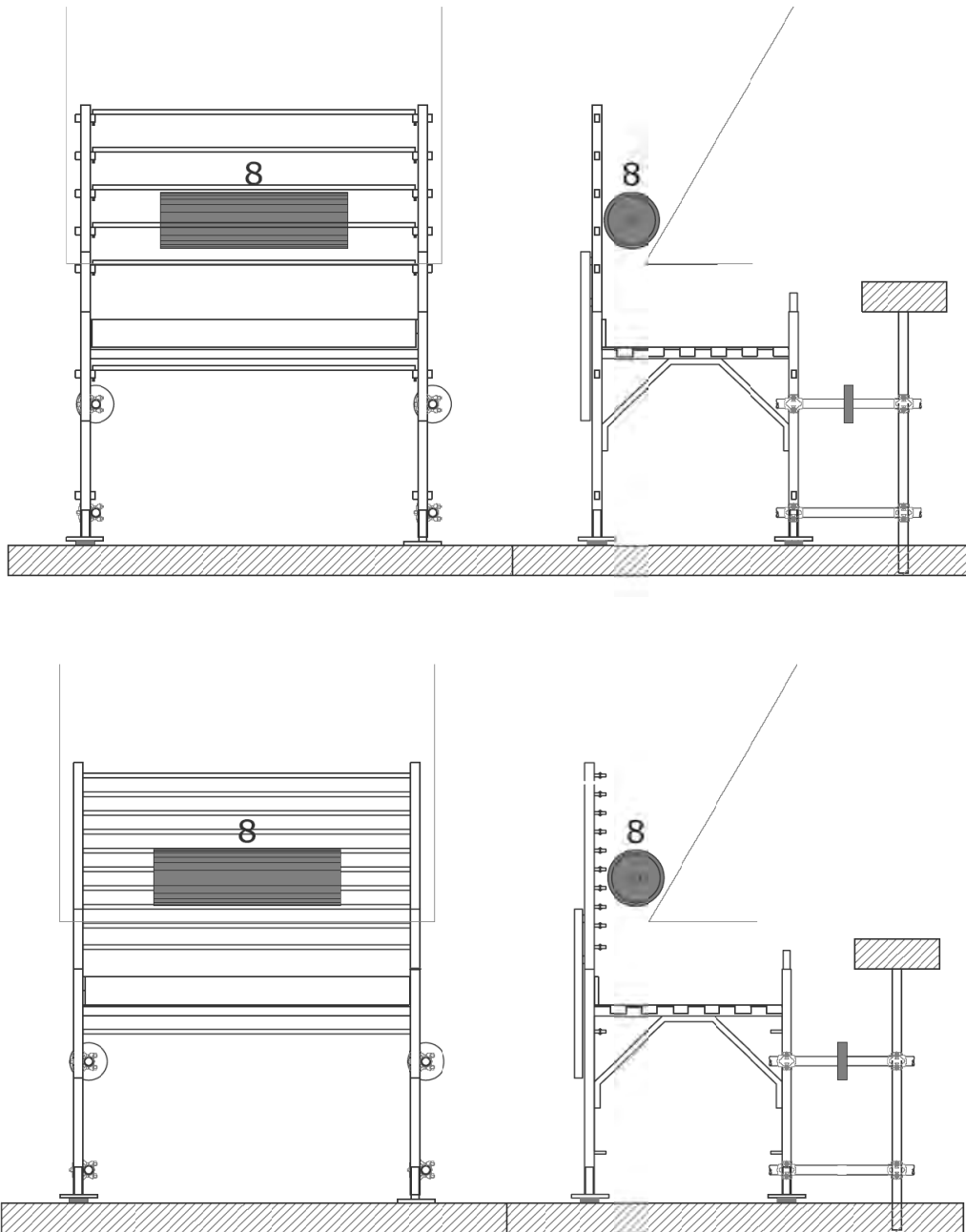


Figura 4.3.2.3 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente intermedio – Schema CS1 – Punto di impatto

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 8 – Schema CS1

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

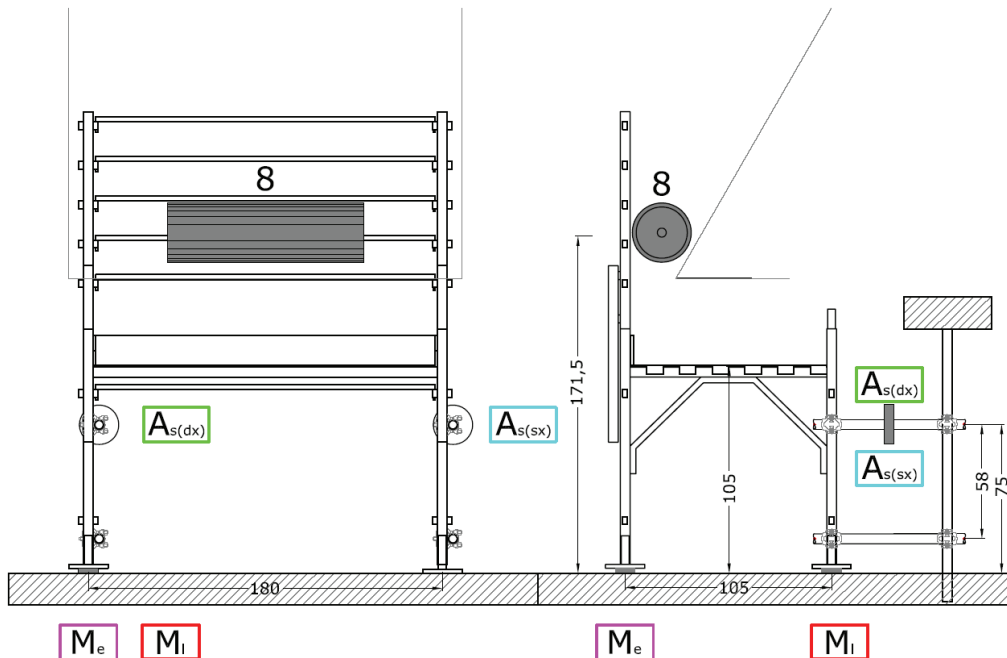


Figura 4.3.2.3 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente intermedio – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	Montante interno $M_i$ (kgf)	
R_C20_8/1	CS1	8	3185	-472	-222	3042	230 (*)	no
R_C20_8/2	CS1	8	3185	-428	-365	1755	382 (*)	no
R_C20_8/3	CS1	8	3185	-480	-289	3233	217 (*)	no

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto

Tabella 4.3.2.3 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente intermedio – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova R\_C20\_8/1: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS1)  
 Punto d'impatto 8/Test n. 1

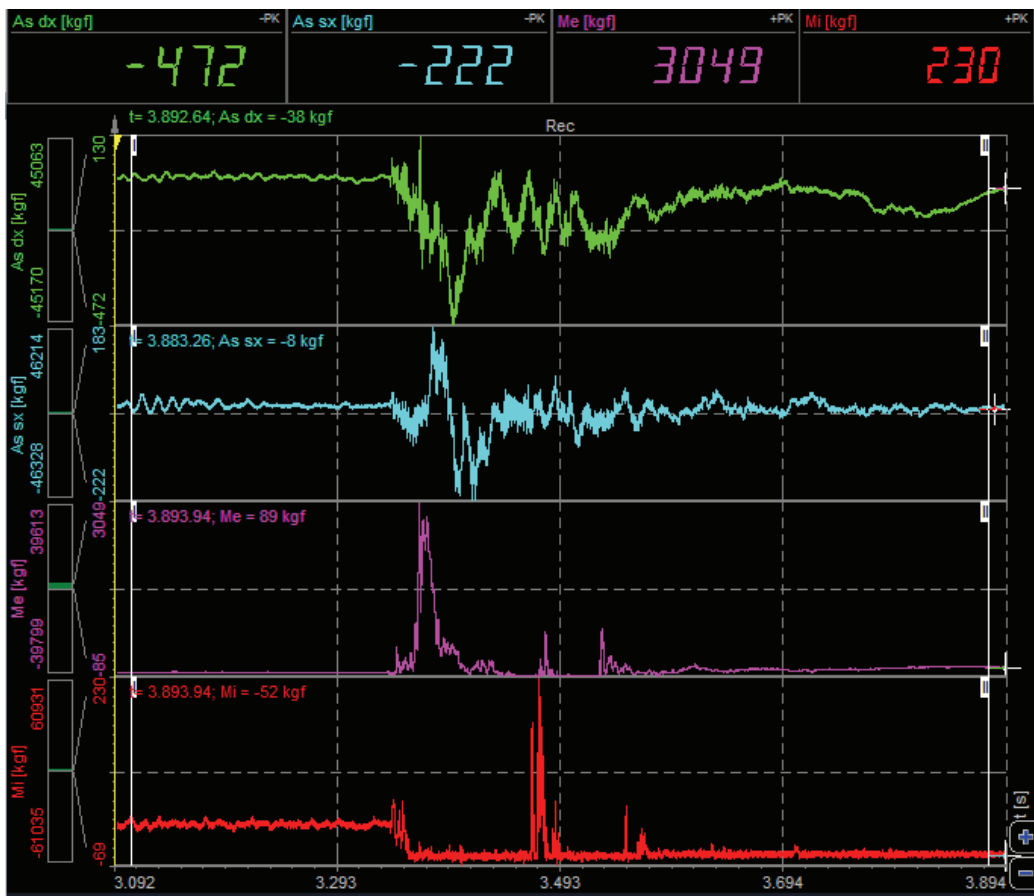


Figura 4.3.2.3 – 3 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 4 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_C20\_8/2: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS1)  
Punto d'impatto 8/Test n. 2

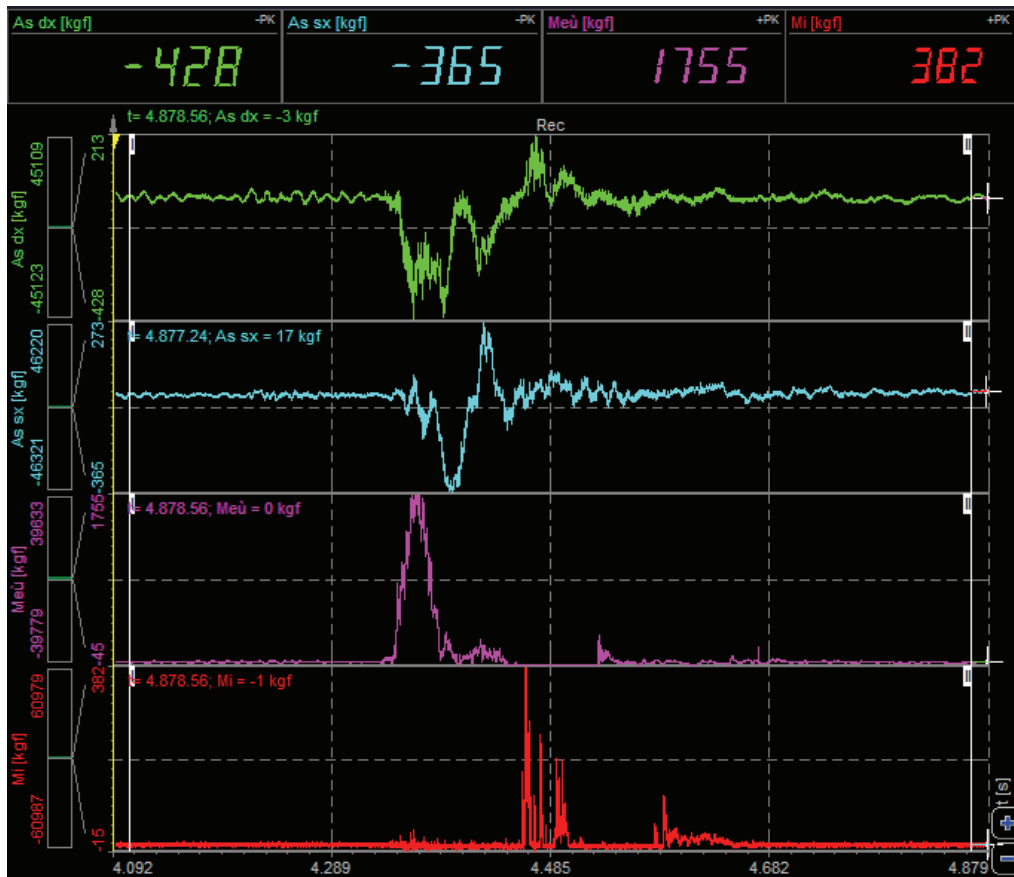


Figura 4.3.2.3 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_C20\_8/3: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS1)  
Punto d'impatto 8/Test n. 3

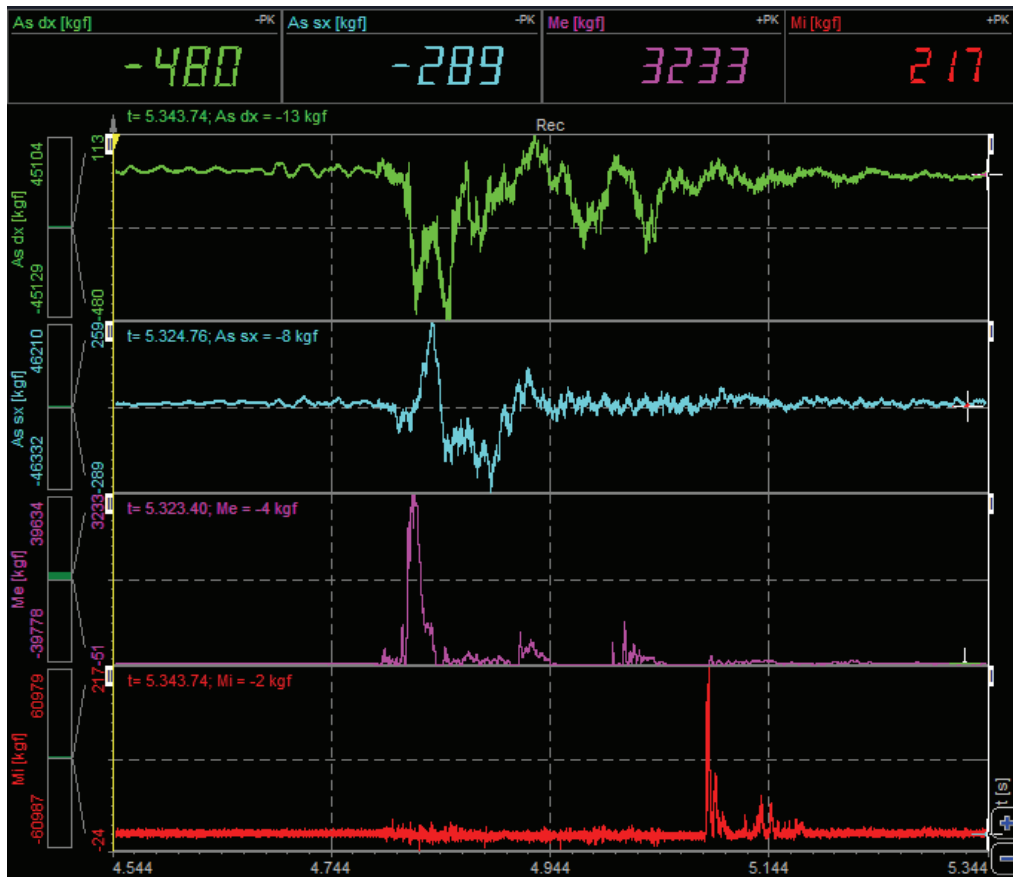


Figura 4.3.2.3 – 7 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 8 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 8 – Schema CS2

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

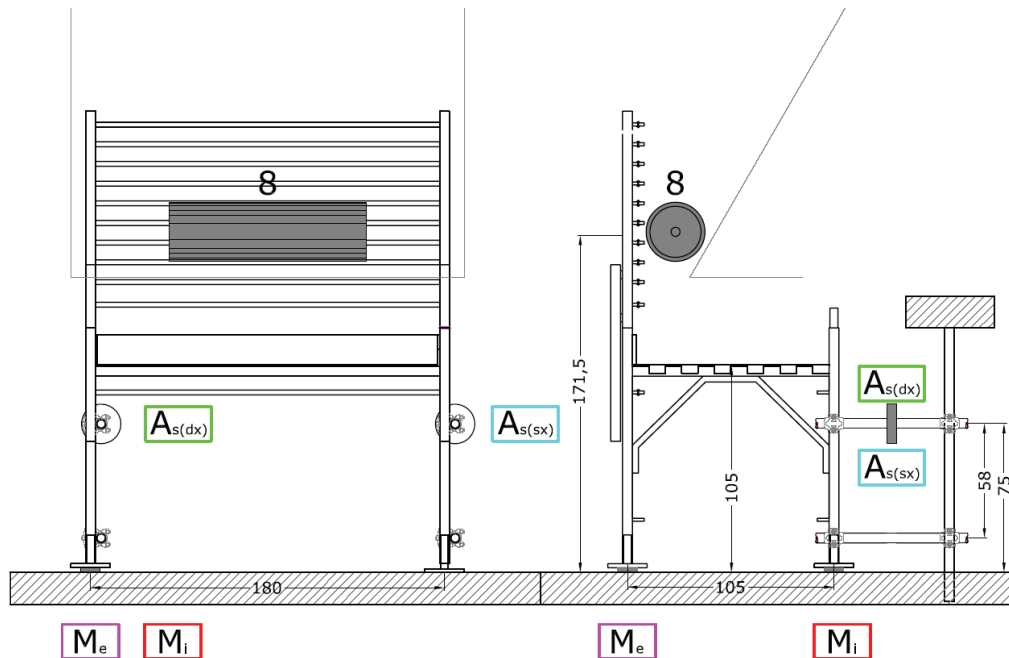


Figura 4.3.2.3 – 9 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente intermedio – Schema CS2 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	Montante interno $M_i$ (kgf)	
R_C10_8/1	CS2	8	3185	-418	-567	1714	203 (*)	sì
R_C10_8/2	CS2	8	3185	-428	-430	1374	57 (*)	no
R_C10_8/3	CS2	8	3185	-562	-438	1693	565 (*)	no

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto

Tabella 4.3.2.3 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su corrente intermedio – Schema CS2 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa

Prova R\_C10\_8/1: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS2)  
 Punto d'impatto 8/Test n. 1

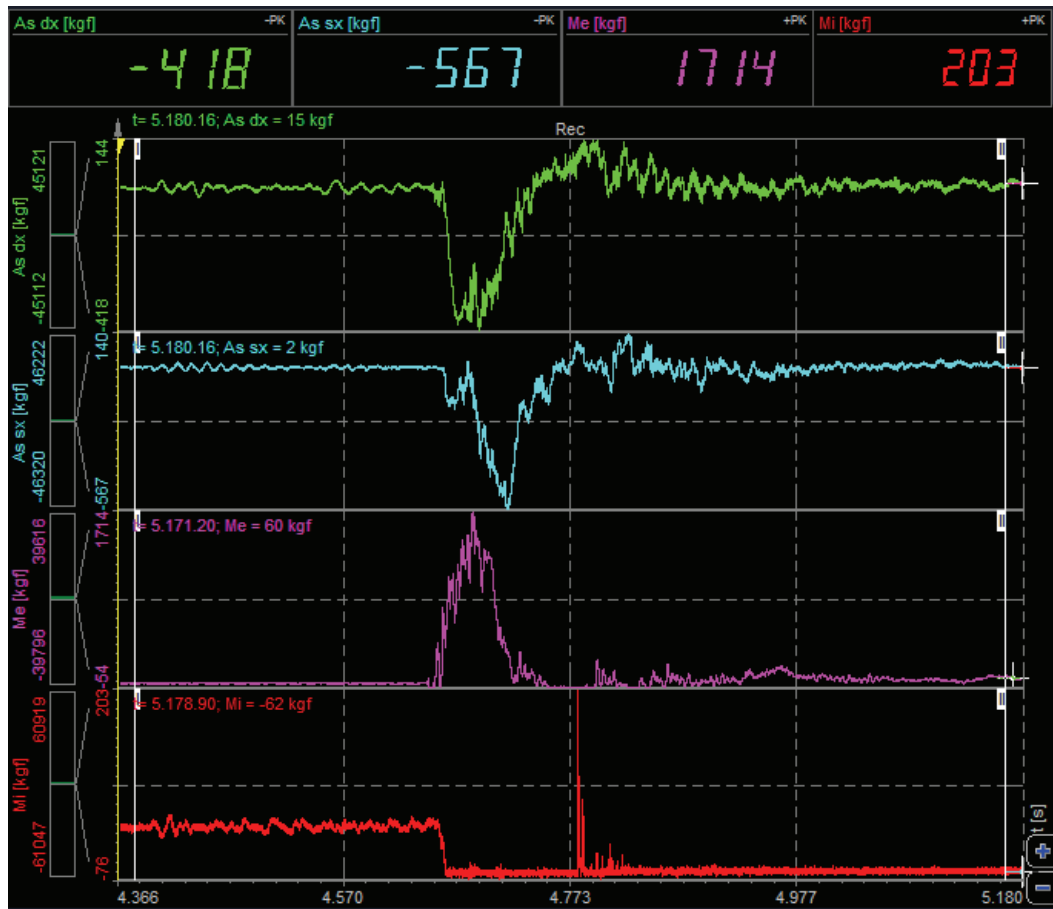


Figura 4.3.2.3 – 10 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 11 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_C10\_8/2: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS2)  
Punto d'impatto 8/Test n. 2

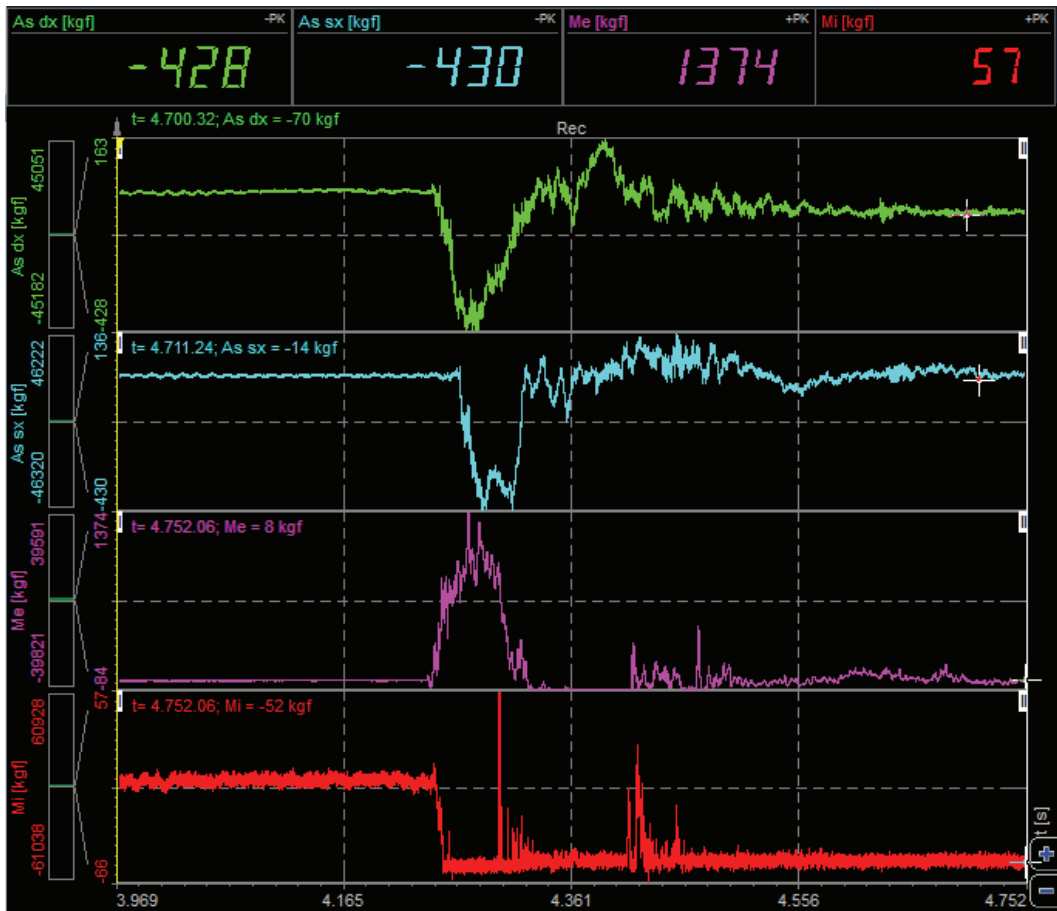


Figura 4.3.2.3 – 12 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 13 Immagine rappresentativa del test



Prova R\_C10\_8/3: Prova con rullo su corrente intermedio (schema CS2)  
 Punto d'impatto 8/Test n. 3

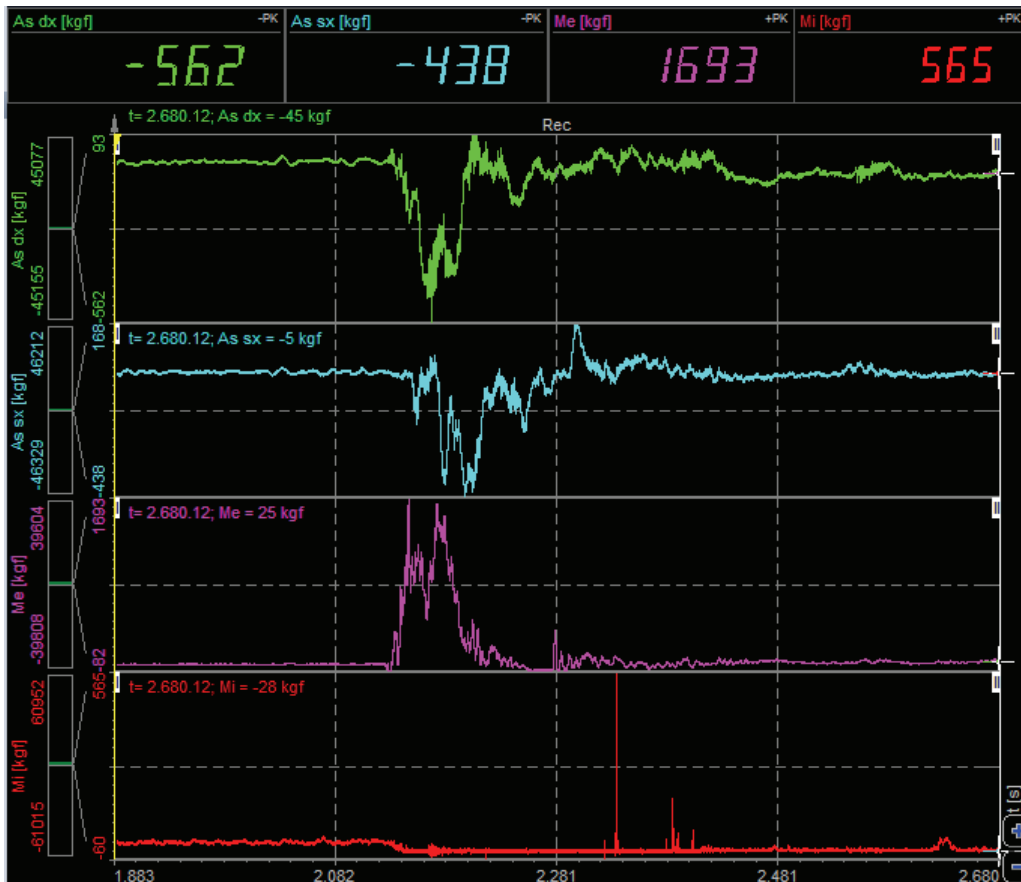


Figura 4.3.2.3 – 14 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.3 – 15 Immagine rappresentativa del test

## 4.3.2.3.1 Sintesi dei risultati delle prove sul corrente intermedio

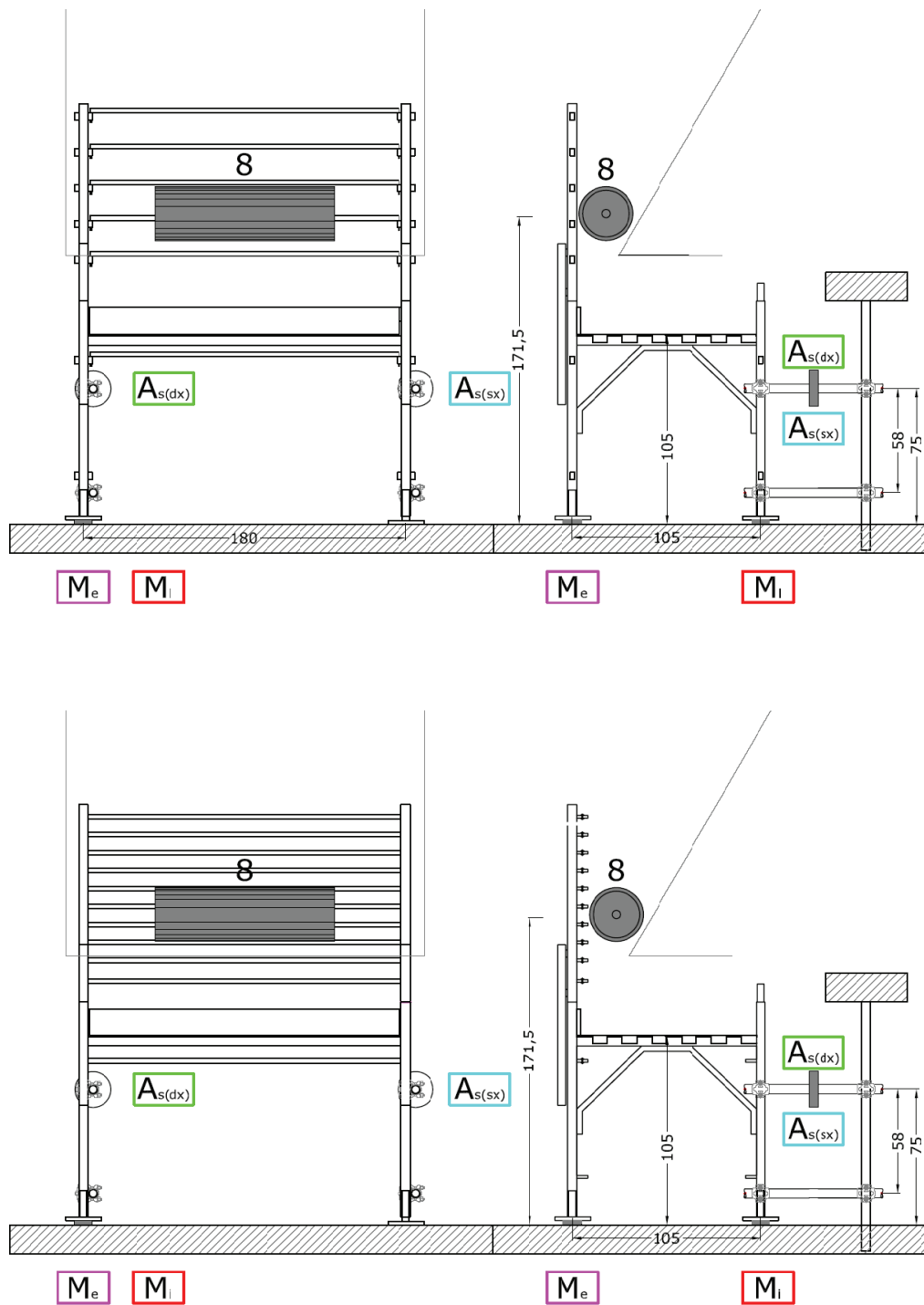


Figura 4.3.2.3.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico sul corrente intermedio – Schema CS1 e Schema CS2 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_C20_8/1	CS1	8	3185	-472	-222	3042	230	No
R_C20_8/2	CS1	8	3185	-428	-365	1755	382	No
R_C20_8/3	CS1	8	3185	-480	-289	3233	217	No

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_C10_8/1	CS2	8	3185	-418	-567	1714	203	sì
R_C10_8/2	CS2	8	3185	-428	-430	1374	57	No
R_C10_8/3	CS2	8	3185	-562	-438	1693	565	No

Tabella 4.3.2.3.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico sul corrente intermedio – Schema CS1 e Schema CS2 - Sintesi dei risultati

#### 4.3.2.3.2 Considerazioni sui risultati

La prova sul corrente intermedio è eseguita utilizzando due configurazioni a un campo (schema CS1 e schema CS2) con diversa distanza fra i correnti. Il corrente intermedio è stato colpito nel punto 8 ( $E_c = 3185$  J).

In tutte le prove il rullo non è stato arrestato e ritenuto dal sistema ad eccezione della prova R\_C10\_8/1.

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi, superiore e inferiore.

Durante l'impatto il montante interno risulta essere soggetto ad un decremento della compressione rispetto alla compressione iniziale. Il picco di compressione registrato si riferisce al rimbalzo della struttura dopo l'impatto.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello interno, con valori maggiori nelle prove di impatto dello schema CS1. I valori registrati risultano nel range [1755;3233] kg<sub>f</sub> nelle prove per lo schema CS1 e nel range [1374;1714] kg<sub>f</sub> lo schema CS2.

L'ancoraggio superiore destro risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello sinistro nello schema CS1; nello schema CS2 non c'è una sostanziale differenza. I valori registrati risultano nel range [-428;-472] kg<sub>f</sub> nelle prove nell'ancoraggio destro dello schema CS1 e nel range [-418;-562] kg<sub>f</sub> dello schema CS2.

#### 4.3.2.4 Prove sulla tavola fermapiede

Sono state eseguite sei prove nel punto 5 con  $E_c = 3185 \text{ J}$ , utilizzando la configurazione a un campo (schema CS1), secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.4.4.

In particolare la quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a 135 cm.

Sono state utilizzate due tipologie di tavola fermapiede, in acciaio o in legno (in una prova): le tavole in acciaio, con altezza pari a 150 mm, e la tavola in legno con altezza pari a 200 (sezione 200 x 50mm), invecchiata al sole per un periodo di almeno sei mesi. Inoltre, in tre prove, al posto di una tavola fermapiede è stato utilizzato un elemento di impalcato metallico posizionato di taglio, a realizzare una altezza di 490 mm.

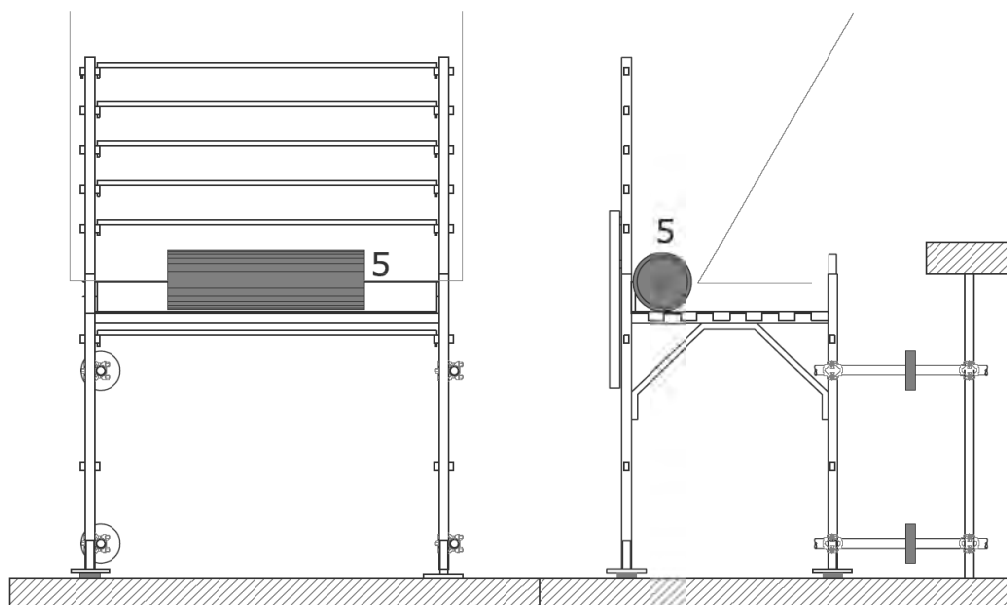


Figura 4.3.2.4 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Punto di impatto

#### Risultati delle prove d'impatto sul punto 5

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

Le prove identificate con "A" sono state eseguite su tavola fermapiede in acciaio, quelle con "L" su tavola in legno. Le prove identificate con "I" sono state eseguite su elemento di impalcato posto di taglio. L'altezza delle tavole utilizzate vengono indicate con "15", "20" o "49".

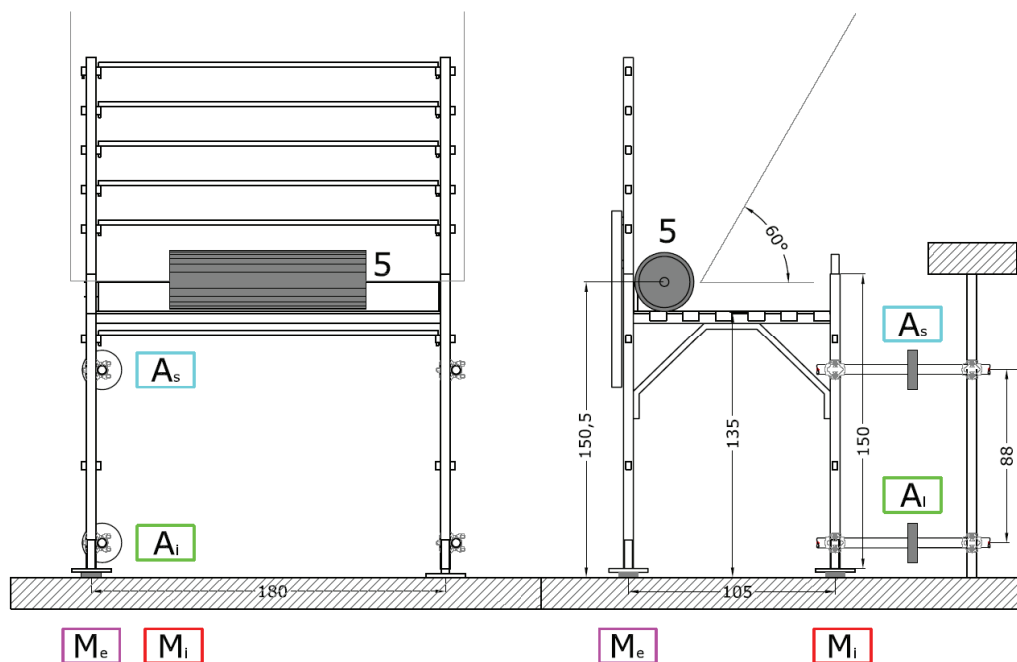


Figura 4.3.2.4 – 2 Prove d’impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiède – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d’impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore $A_s$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_T_5/1_A15	CS1	5	3185	-68	-174	919	231	no
R_T_5/2_A15	CS1	5	3185	-79	-127	663	203	no
R_T_5/3_L20	CS1	5	3185	-224	-480	1905	283	no
R_T_5/4_I49	CS1	5	3185	-138	-446	1102	308	si
R_T_5/5_I49	CS1	5	3185	-98	-414	1089	258	si
R_T_5/6_I49	CS1	5	3185	-122	-632	1641	286	si

Tabella 4.3.2.4 – 1 Prove d’impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiède – Schema CS1 – Risultati

Di seguito, per ogni prova eseguita, i grafici delle grandezze misurate e una foto rappresentativa.

Prova R\_T\_5 /1\_A15: Prova con rullo su tavola fermapiede (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 1

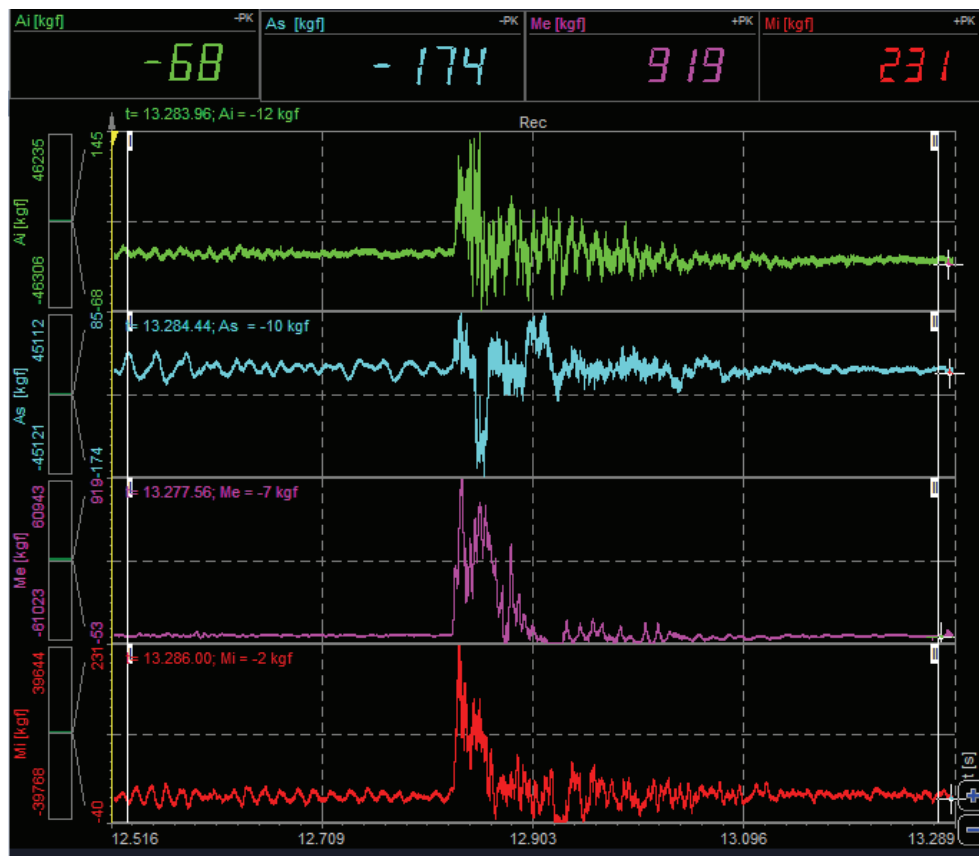


Figura 4.3.2.4 – 3 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 4 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_5/2\_A15: Prova con rullo su tavola fermapiede (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 2

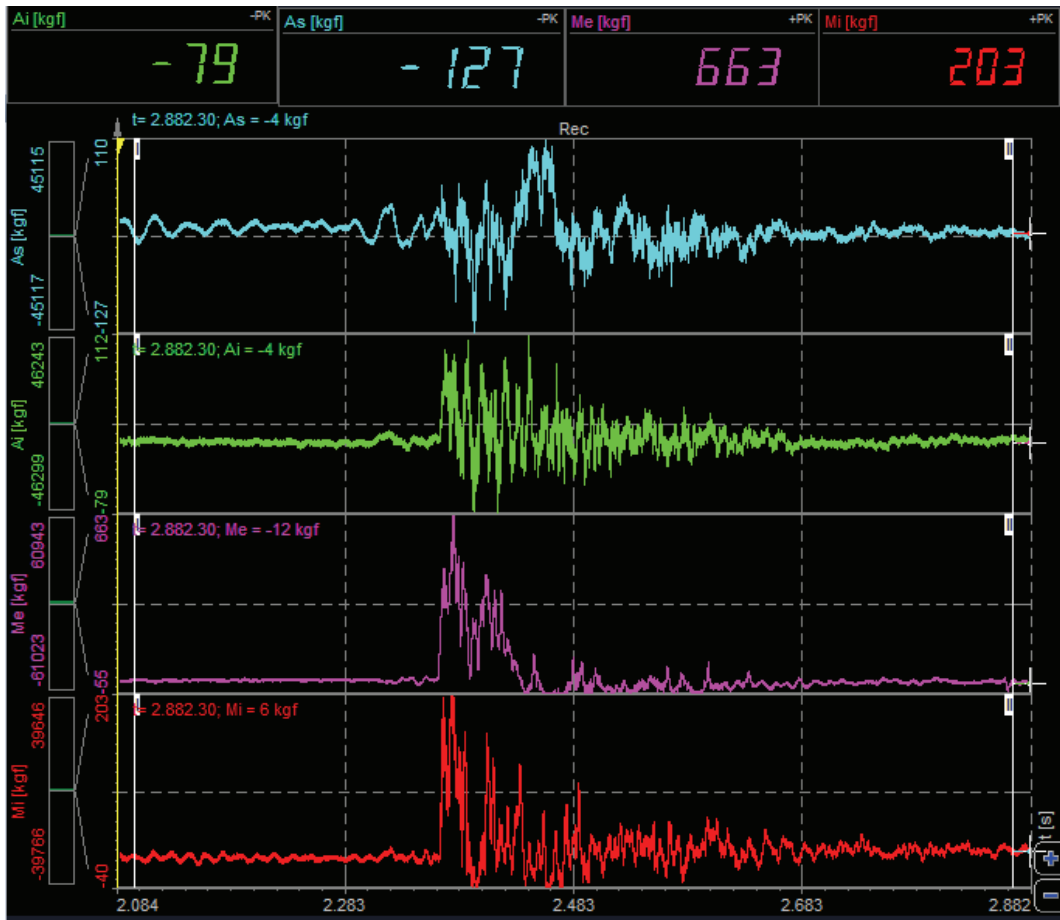


Figura 4.3.2.4 – 5 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 6 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_5/3\_L20: Prova con rullo su tavola fermapiède (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 3

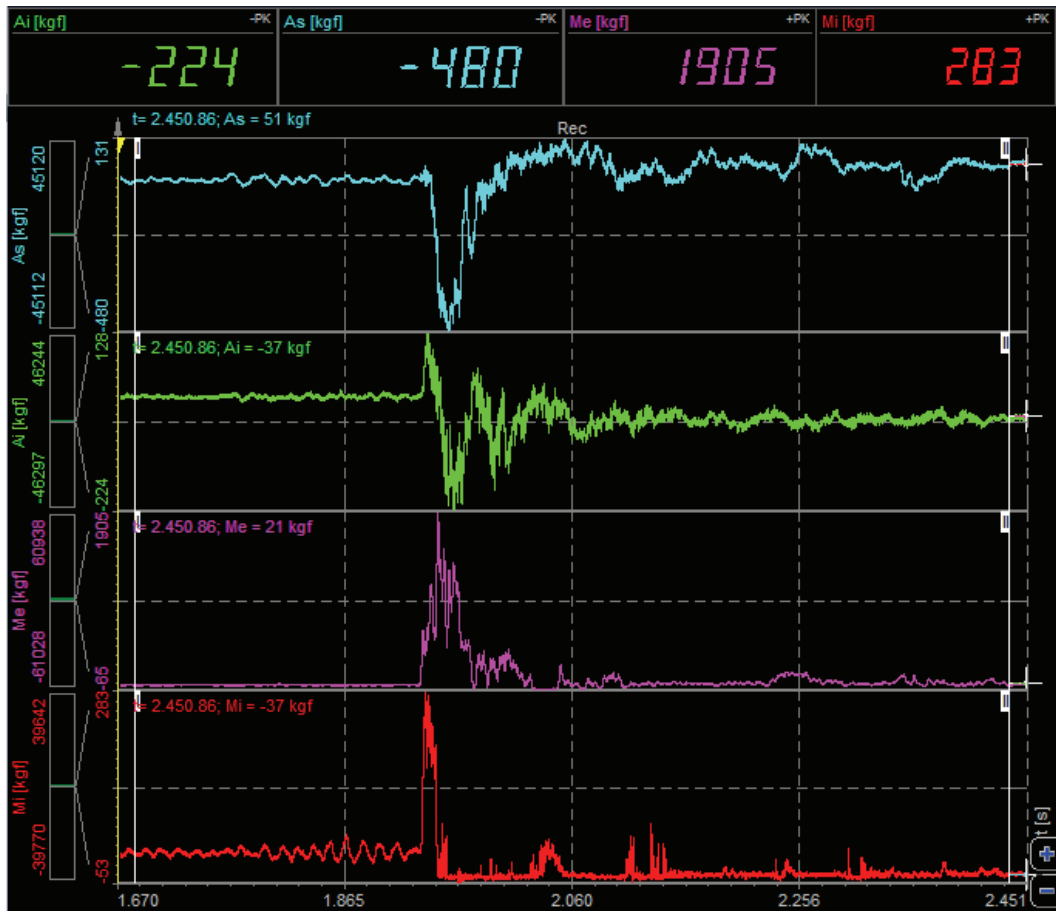


Figura 4.3.2.4 – 7 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 8 Immagine rappresentativa del test



Prova R\_T\_5/4\_I49: Prova con rullo su tavola fermapiède (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 4

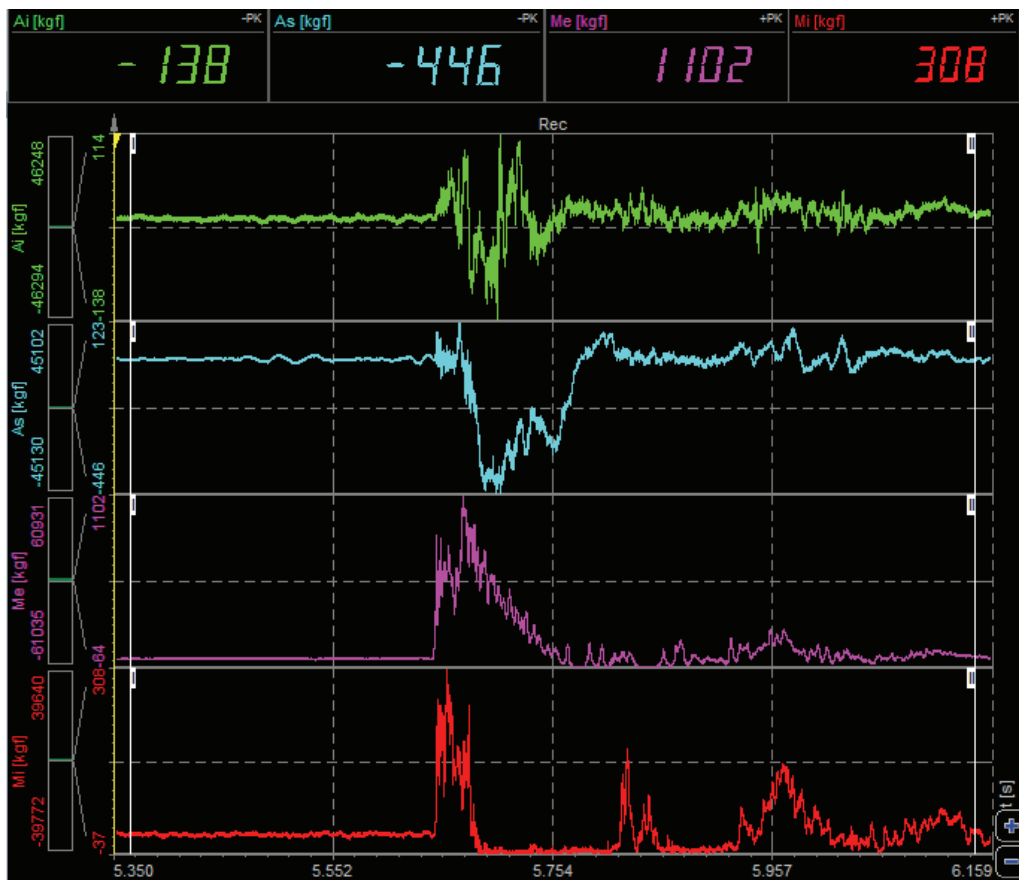


Figura 4.3.2.4 – 9 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 10 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_5/5\_I49: Prova con rullo su tavola fermapiède (schema CS1)  
Punto d'impatto 5/Test n. 5

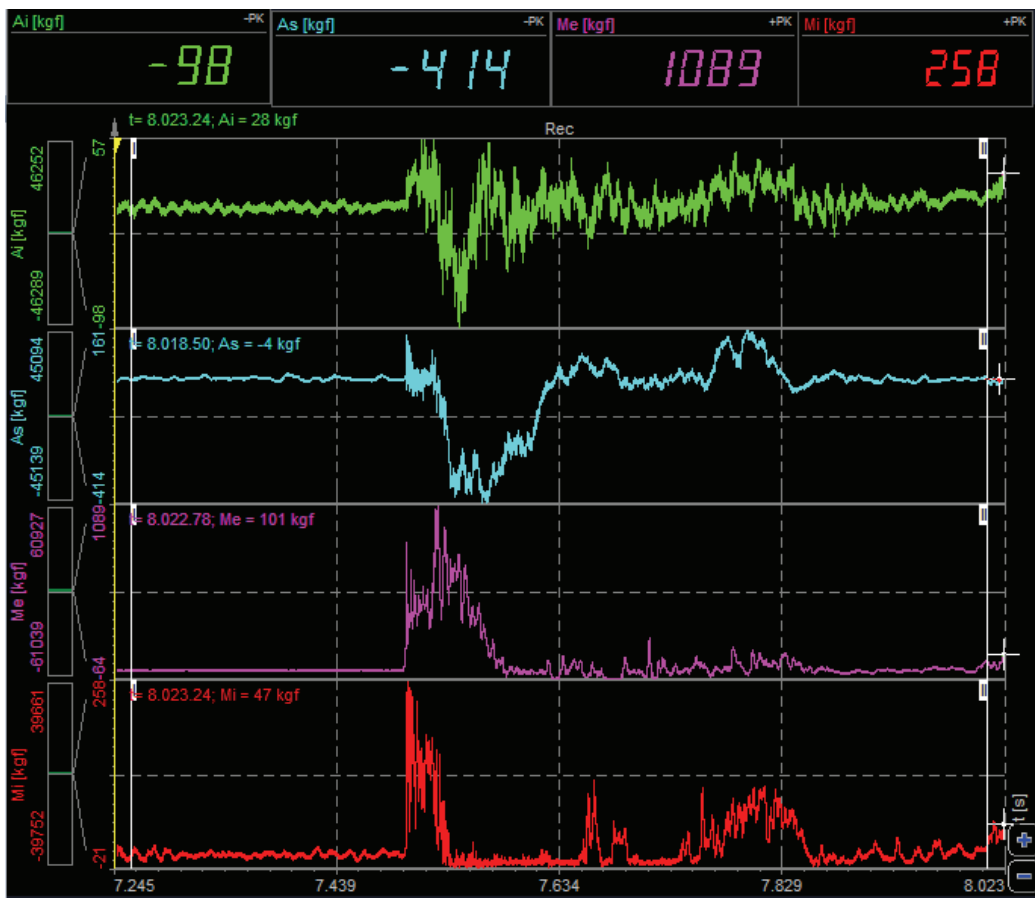


Figura 4.3.2.4 – 11 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 12 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_T\_5/6\_I49: Prova con rullo su tavola fermapiède (schema CS1)  
 Punto d'impatto 5/Test n. 6

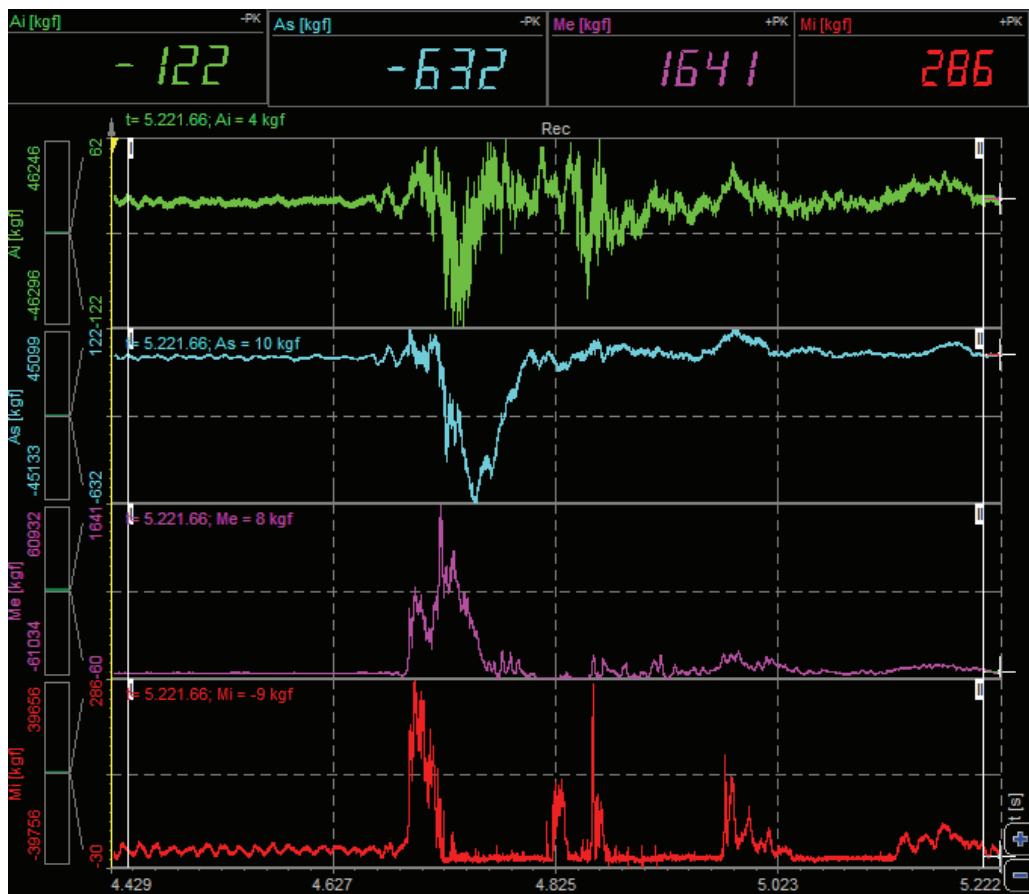


Figura 4.3.2.4 – 13 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.4 – 14 Immagine rappresentativa del test

#### 4.3.2.4.1 Sintesi dei risultati delle prove sulla tavola fermapiede

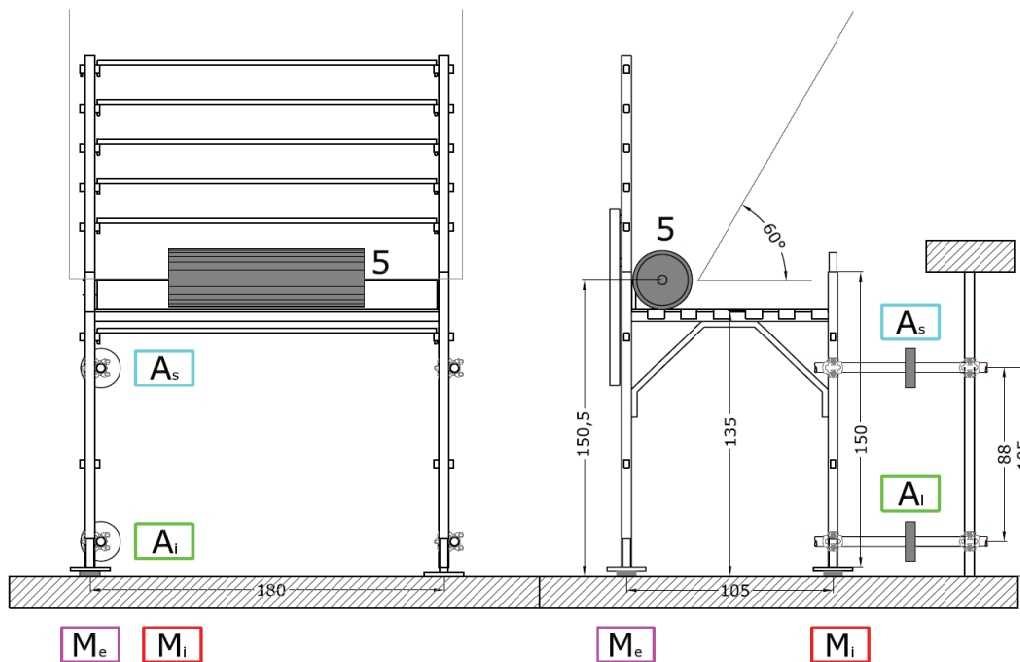


Figura 4.3.2.4.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio inferiore $A_i$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore $A_s$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_T_5/1_A15	CS1	5	3185	-68	-174	919	231	no
R_T_5/2_A15	CS1	5	3185	-79	-127	663	203	no
R_T_5/3_L20	CS1	5	3185	-224	-480	1905	283	no
R_T_5/4_I49	CS1	5	3185	-138	-446	1102	308	si
R_T_5/5_I49	CS1	5	3185	-98	-414	1089	258	si
R_T_5/6_I49	CS1	5	3185	-122	-632	1641	286	si

Tabella 4.3.2.4.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su tavola fermapiede – Schema CS1 – Sintesi dei risultati

#### 4.3.2.4.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sulla tavola fermapiede sono state eseguite utilizzando la configurazione ad un campo (schema CS1). La tavola è stata colpita nel punto 5 con  $E_c = 3185$  J.

Sono state utilizzate sia tavole in legno che in acciaio. Inoltre, in tre prove, al posto di una tavola fermapiede è stato utilizzato un elemento di impalcato metallico posizionato di taglio.

Nelle prove con tavola fermapiede in acciaio o in legno il rullo non è stato arrestato e ritenuto dal sistema; in quelle in cui è stato utilizzato un elemento di impalcato il rullo è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

In tali prove, dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sui montanti interno ed esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi, superiore e inferiore.

Il montante esterno risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello interno, i valori registrati risultano nel range [663;1905] kg<sub>f</sub>.

L'ancoraggio superiore risulta maggiormente sollecitato rispetto a quello inferiore, i valori registrati risultano nel range [-127;-632] kgf .

Dopo l'impatto il sistema risulta fortemente deformato con l'apertura di un varco di circa 20 cm tra l'impalcato e l'elemento utilizzato come tavola fermapiede.

#### 4.3.2.5 Prove sulla protezione continua

Sono state eseguite tre prove nel punto 10 e cinque prove nel punto 11 con  $E_c = 3185 \text{ J}$ , utilizzando la configurazione a un campo (schema CSR), secondo la descrizione effettuata al paragrafo 4.2.4.5.

In particolare la quota dell'impalcato rispetto al pavimento è stata imposta pari a:

- 105 cm, nelle prove sul punto 10
- 135 cm, nelle prove sul punto 11.

Nelle prove sul punto 10 non sono state montate le tavole fermapiede.

Nelle prove sul punto 11 sono state montate le tavole fermapiede ad eccezione della prova R\_T\_11/2

Le tavole fermapiede utilizzate, sono in acciaio o in legno (in una sola prova): le tavole in acciaio, con altezza pari a 200 mm, e la tavola in legno con altezza pari a 200 (sezione 200 x 50mm), invecchiata al sole per un periodo di almeno sei mesi.

Le prove identificate con "A" sono state eseguite su tavola fermapiede in acciaio, quelle con "L" su tavola in legno. L'altezza delle tavole utilizzate vengono indicate con "20".

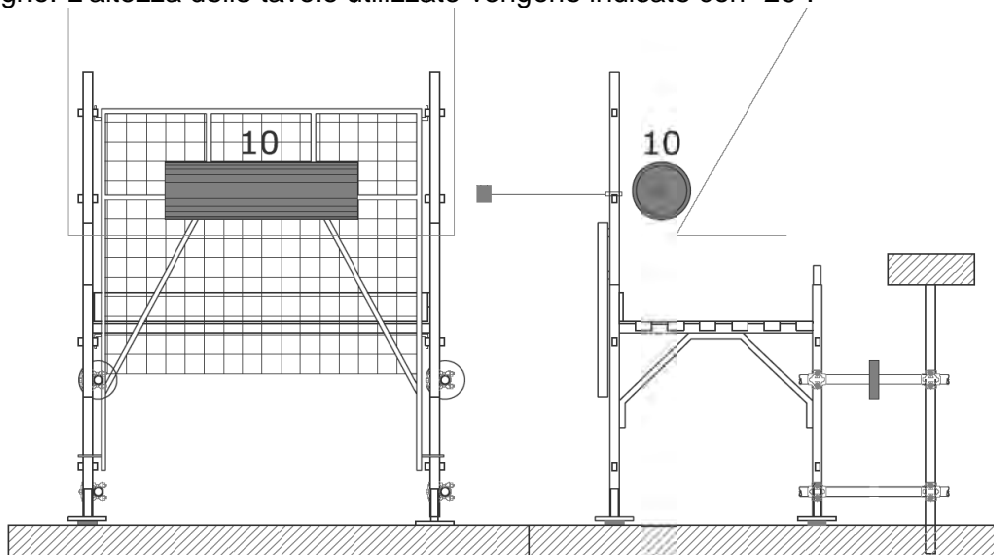


Figura 4.3.2.5 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Punto di impatto 10

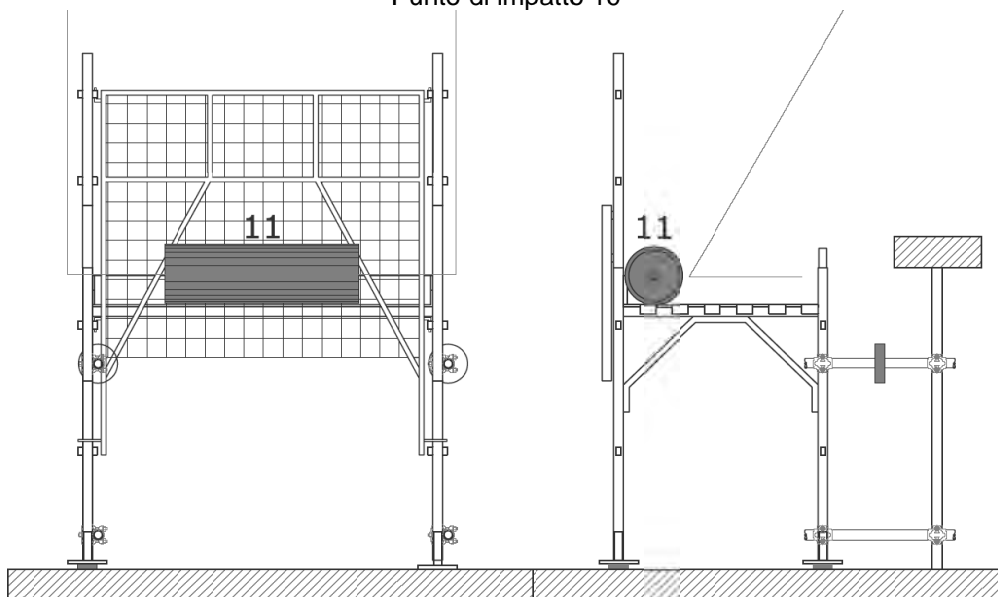


Figura 4.3.2.5 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Punto di impatto 11

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 10

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

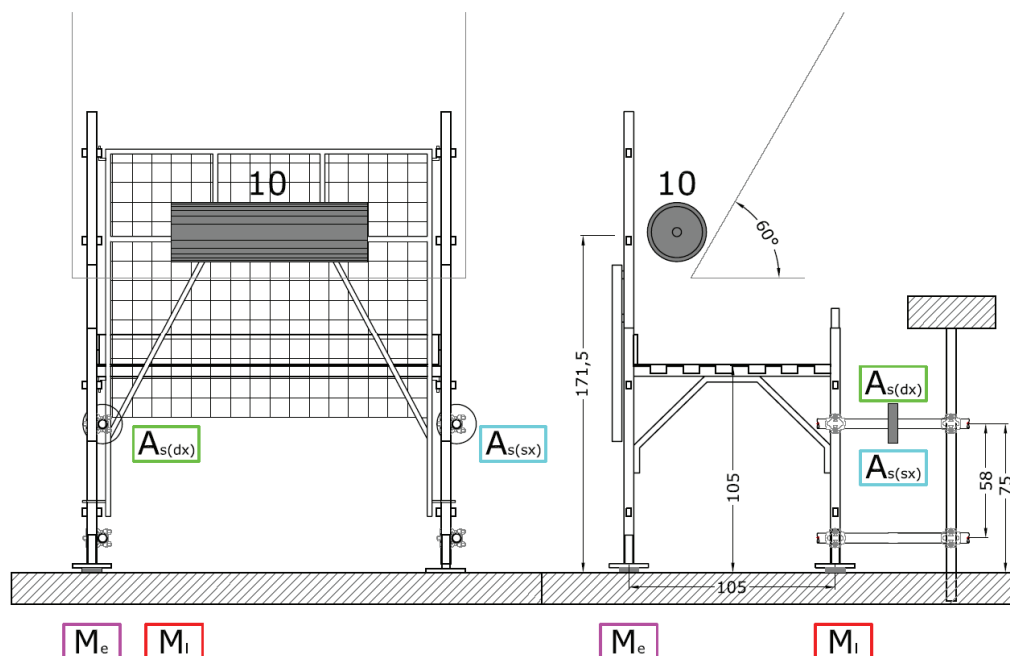


Figura 4.3.2.5 – 3 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_P_10/1	CSR	10	3185	-659	-555	2617	293(*)	sì
R_P_10/2v	CSR	10	3185	-501	-470	1449	83	sì
R_P_10/3v	CSR	10	3185	-794	-499	1198	47	sì

(v) vincolo supplementare per evitare il sollevamento del montante interno

(\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto

Tabella 4.3.2.5 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Prova R\_P\_10/1: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 10/Test n. 1

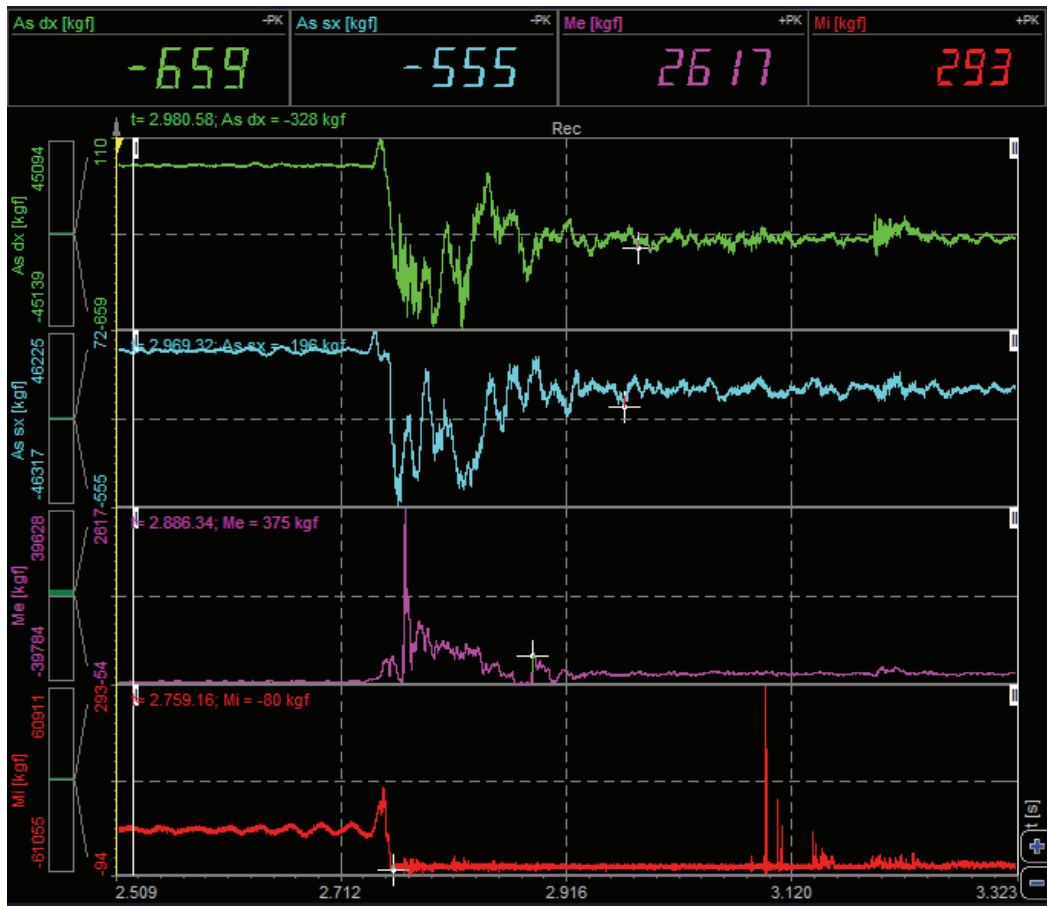


Figura 4.3.2.5 – 4 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 5 Immagine rappresentativa del test



Prova R\_P\_10/2v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 10/Test n. 2

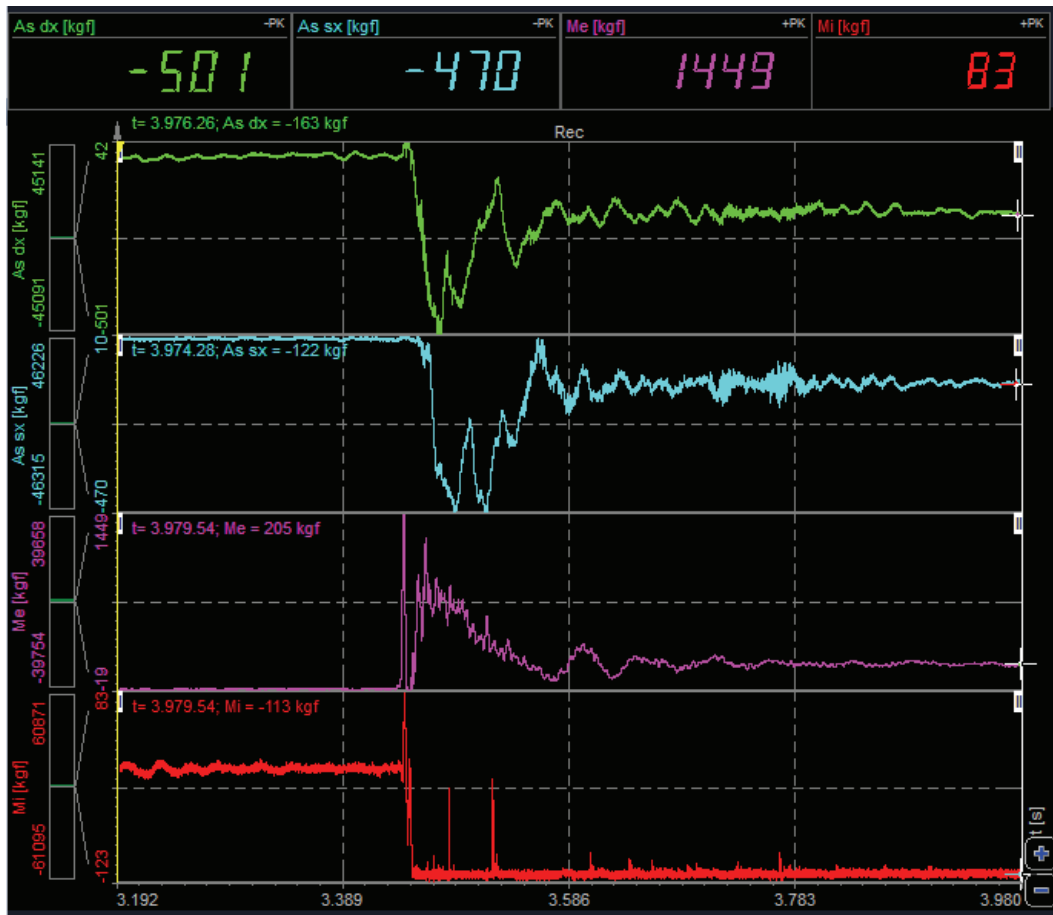


Figura 4.3.2.5 – 6 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 7 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_P\_10/3v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 10/Test n. 3

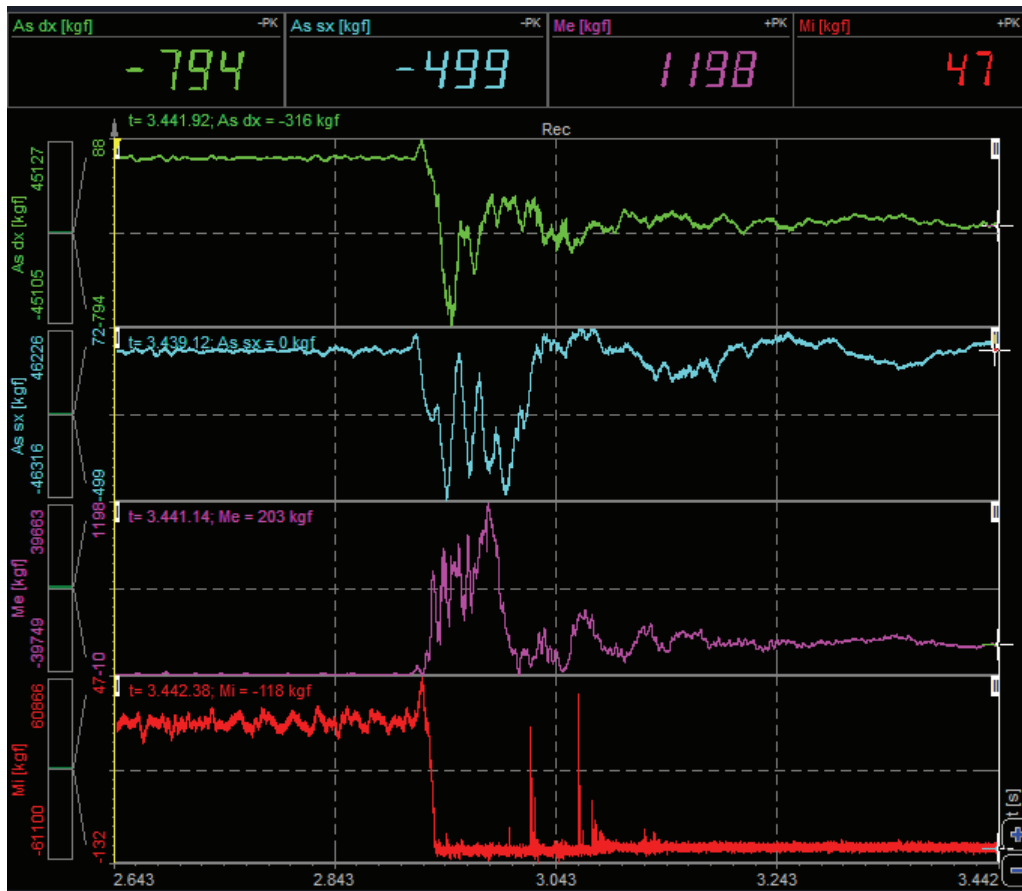


Figura 4.3.2.5 – 8 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 9 Immagine rappresentativa del test

### Risultati delle prove d'impatto sul punto 11

Con riferimento alla figura seguente, nella tabella successiva vengono riportati l'esito del test in termini di capacità di arresto del rullo cilindrico da parte della configurazione in prova e i valori di picco delle grandezze misurate.

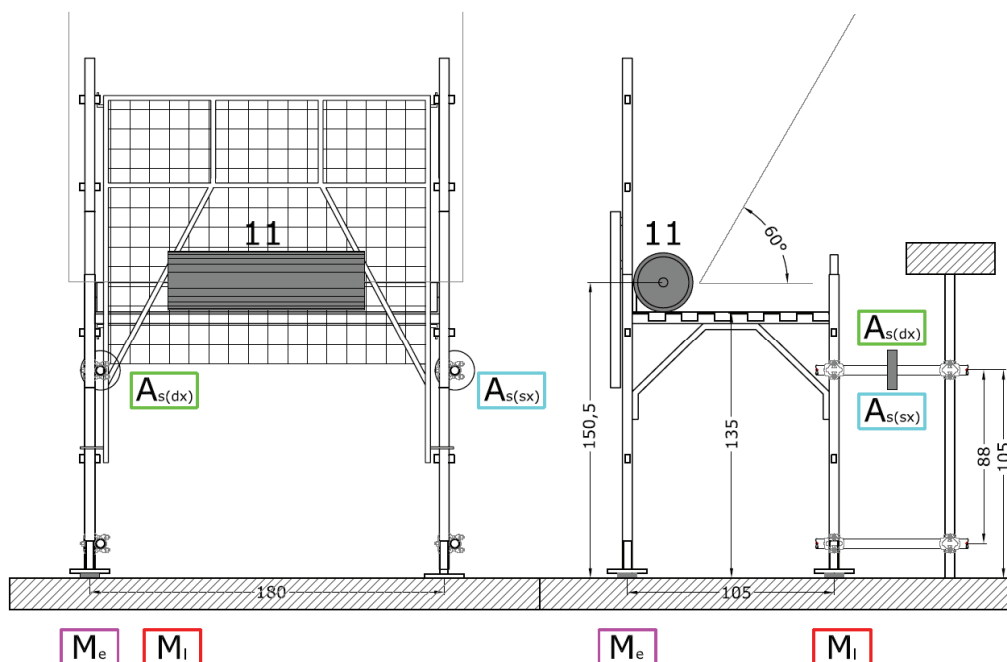


Figura 4.3.2.5 – 10 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kgf)	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kgf)	Montante esterno $M_e$ (kgf)	Montante interno $M_i$ (kgf)	
R_P_11/1_A20v	CSR	11	3185	-398	-400	1922	149	sì
R_T_11/2v(**)	CSR	11	3185	-334	-404	1028	221 (*)	sì
R_T_11/3_A20v	CSR	11	3185	-496	-516	1809	55 (*)	sì
R_T_11/4_L20v	CSR	11	3185	-489	-436	2205	113 (*)	sì
R_T_11/5_A20v	CSR	11	3185	-498	-434	1720	264 (*)	sì

(v) vincolo supplementare per evitare il sollevamento del montante interno; (\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto; (\*\*) schema senza tavola fermapiede

Tabella 4.3.2.5 – 2 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Risultati

Prova R\_P\_11/1\_A20v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 11/Test n. 1

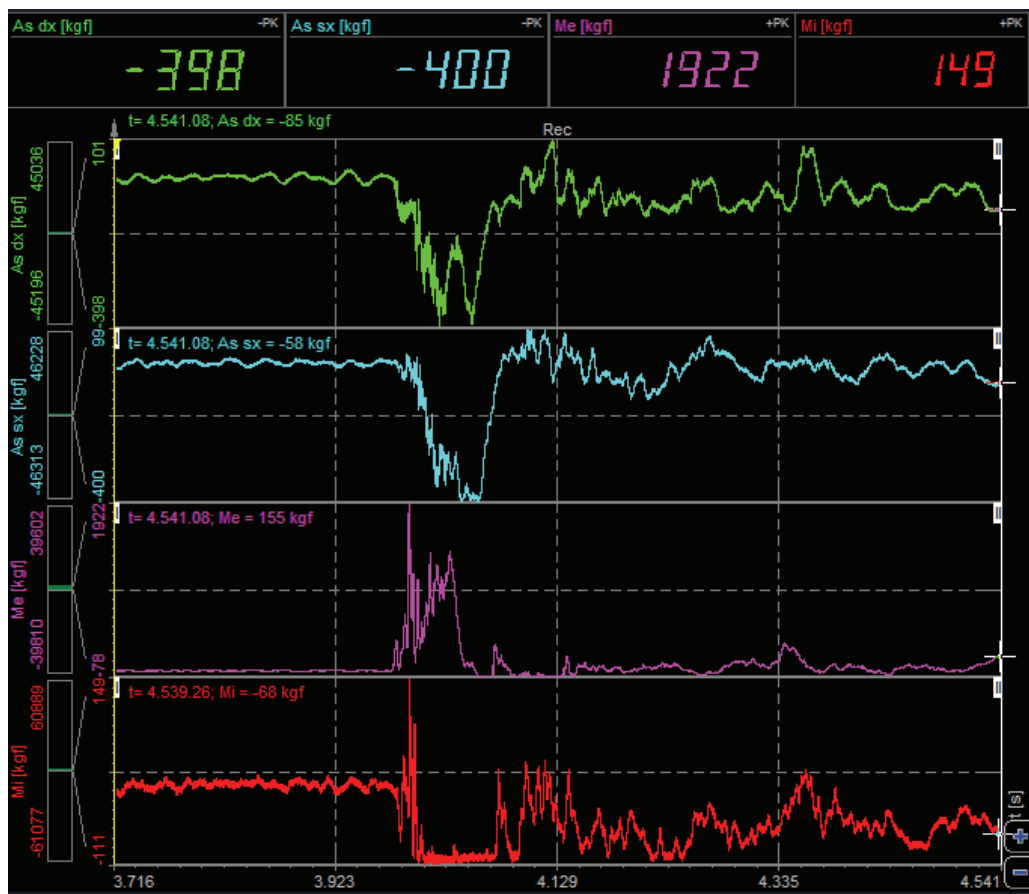


Figura 4.3.2.5 – 11 Grafici delle grandezze misurate

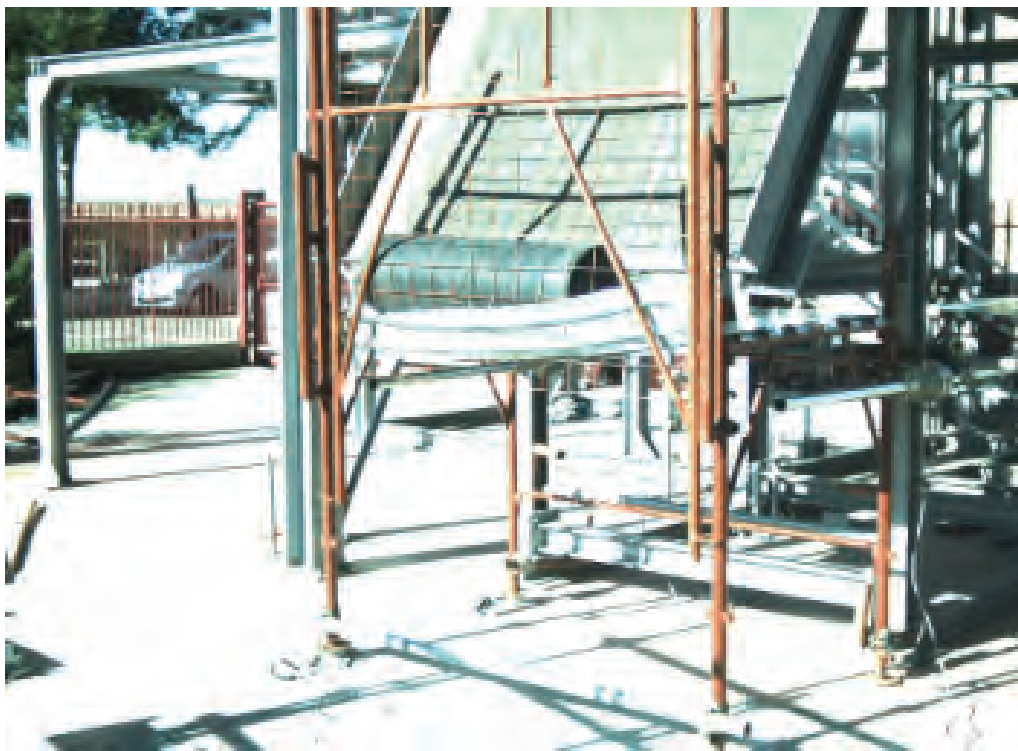


Figura 4.3.2.5 – 12 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_P\_11/2v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 11/Test n. 2

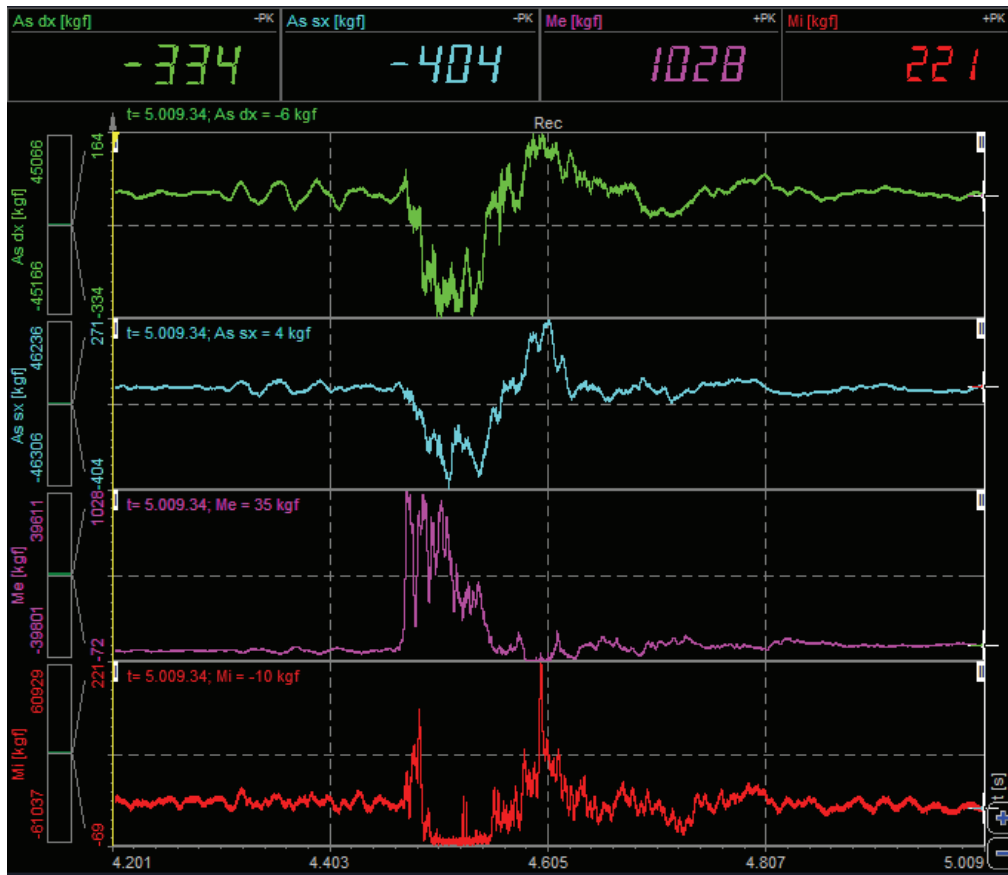


Figura 4.3.2.5 – 13 Grafici delle grandezze misurate

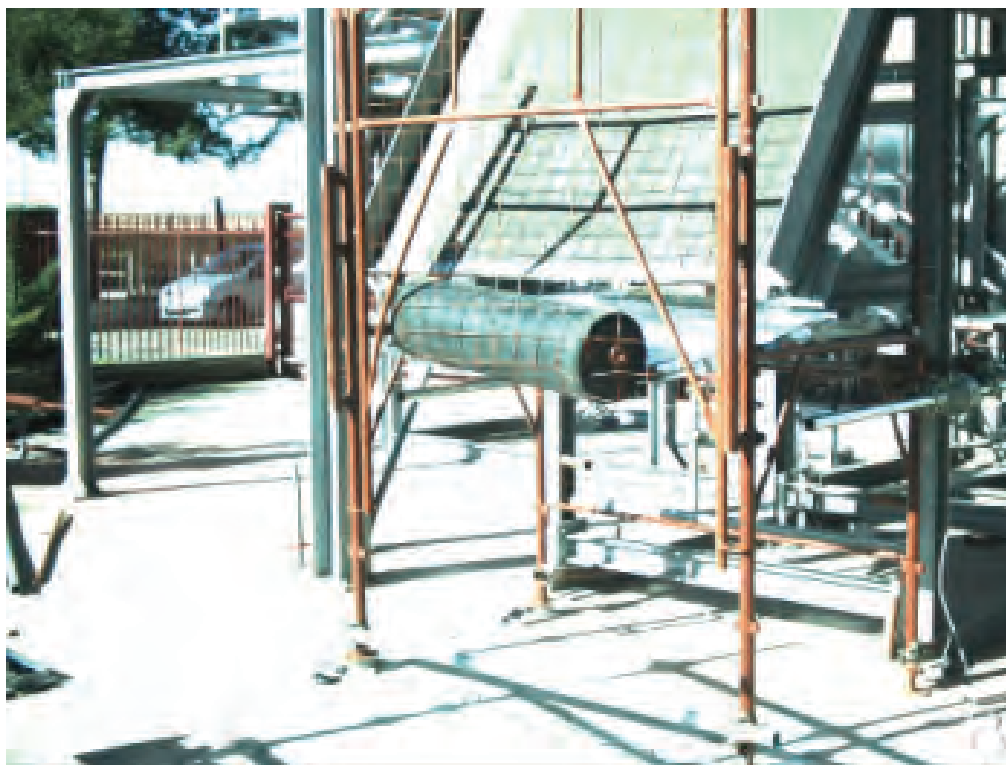


Figura 4.3.2.5 – 14 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_P\_11/3\_A20v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 11/Test n. 3

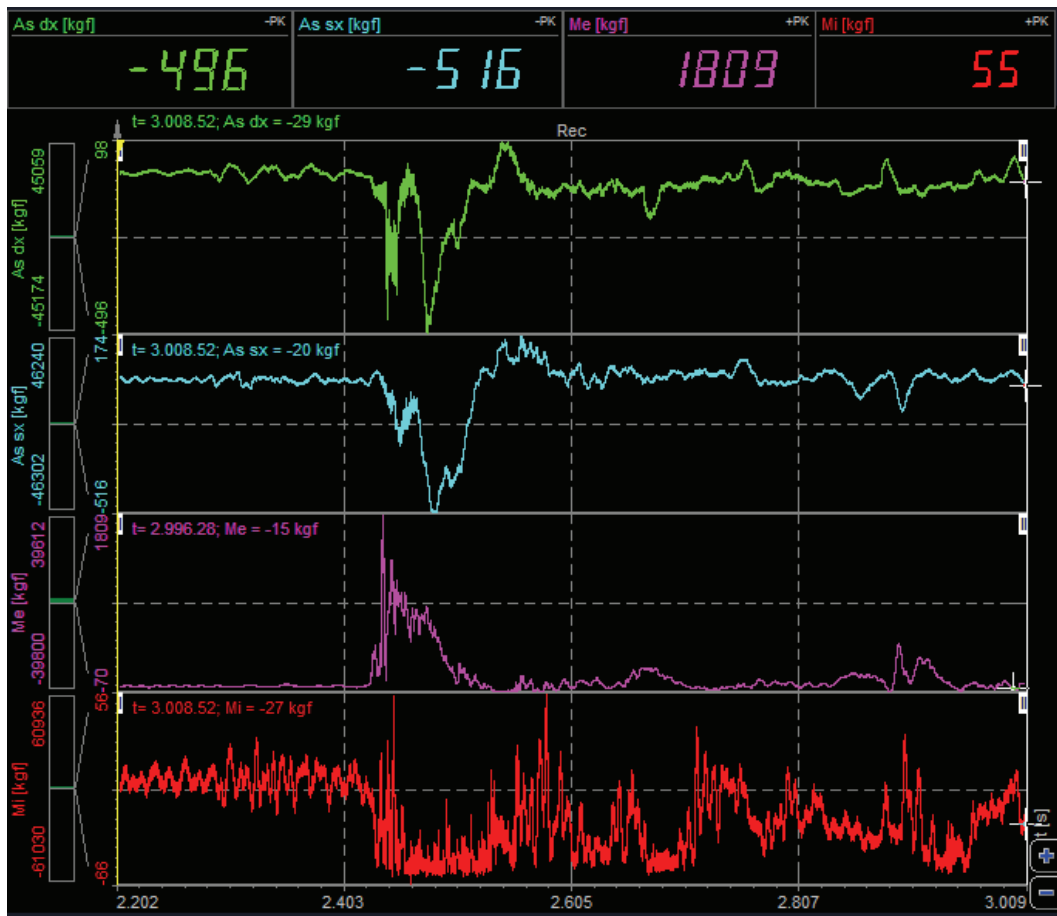


Figura 4.3.2.5 – 15 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 16 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_P\_11/4\_L20v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
 Punto d'impatto 11/Test n. 4

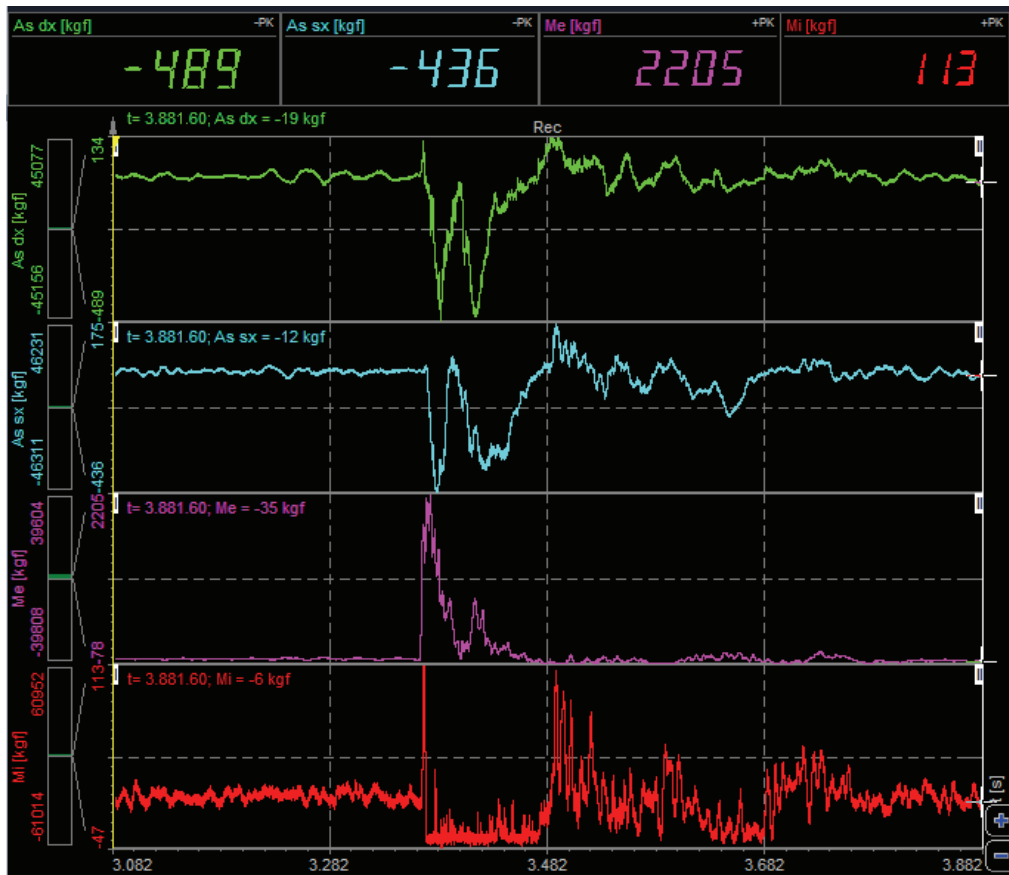


Figura 4.3.2.5 – 17 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 18 Immagine rappresentativa del test

Prova R\_P\_11/5\_A20v: Prova con rullo su protezione continua (schema CSR)  
Punto d'impatto 11/Test n. 5

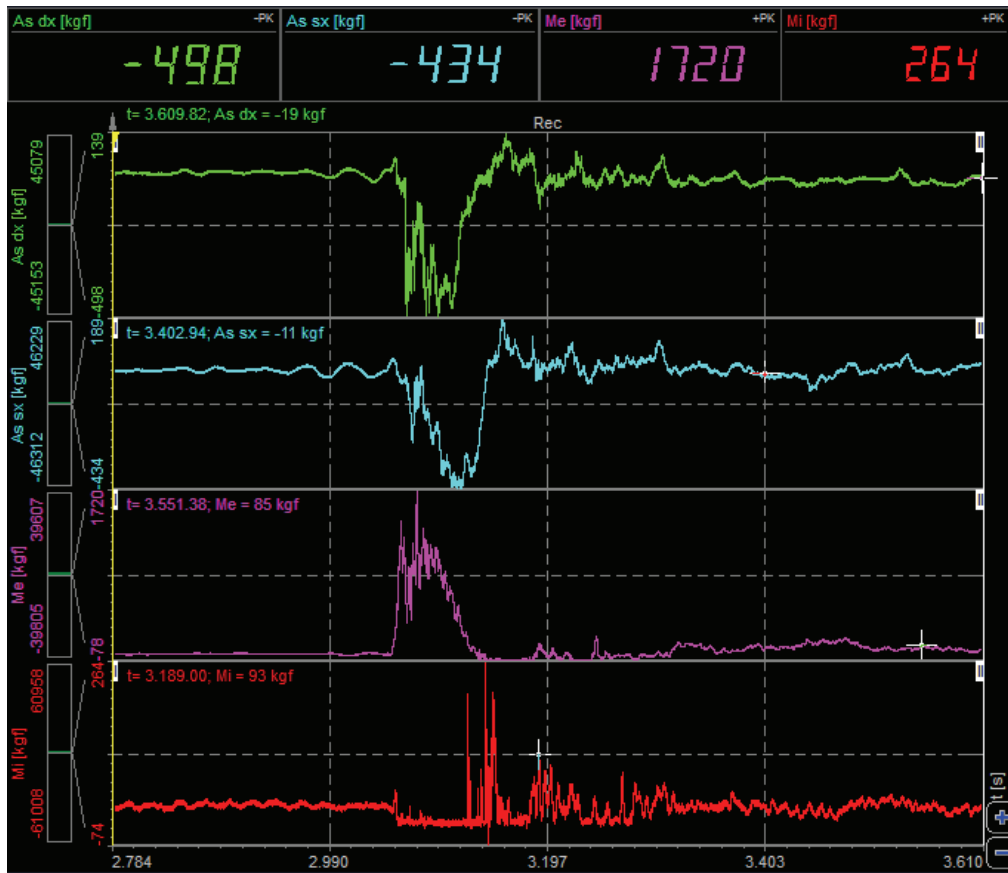


Figura 4.3.2.5 – 19 Grafici delle grandezze misurate



Figura 4.3.2.5 – 20 Immagine rappresentativa del test



### 4.3.2.5.1 Sintesi dei risultati delle prove sulla protezione continua

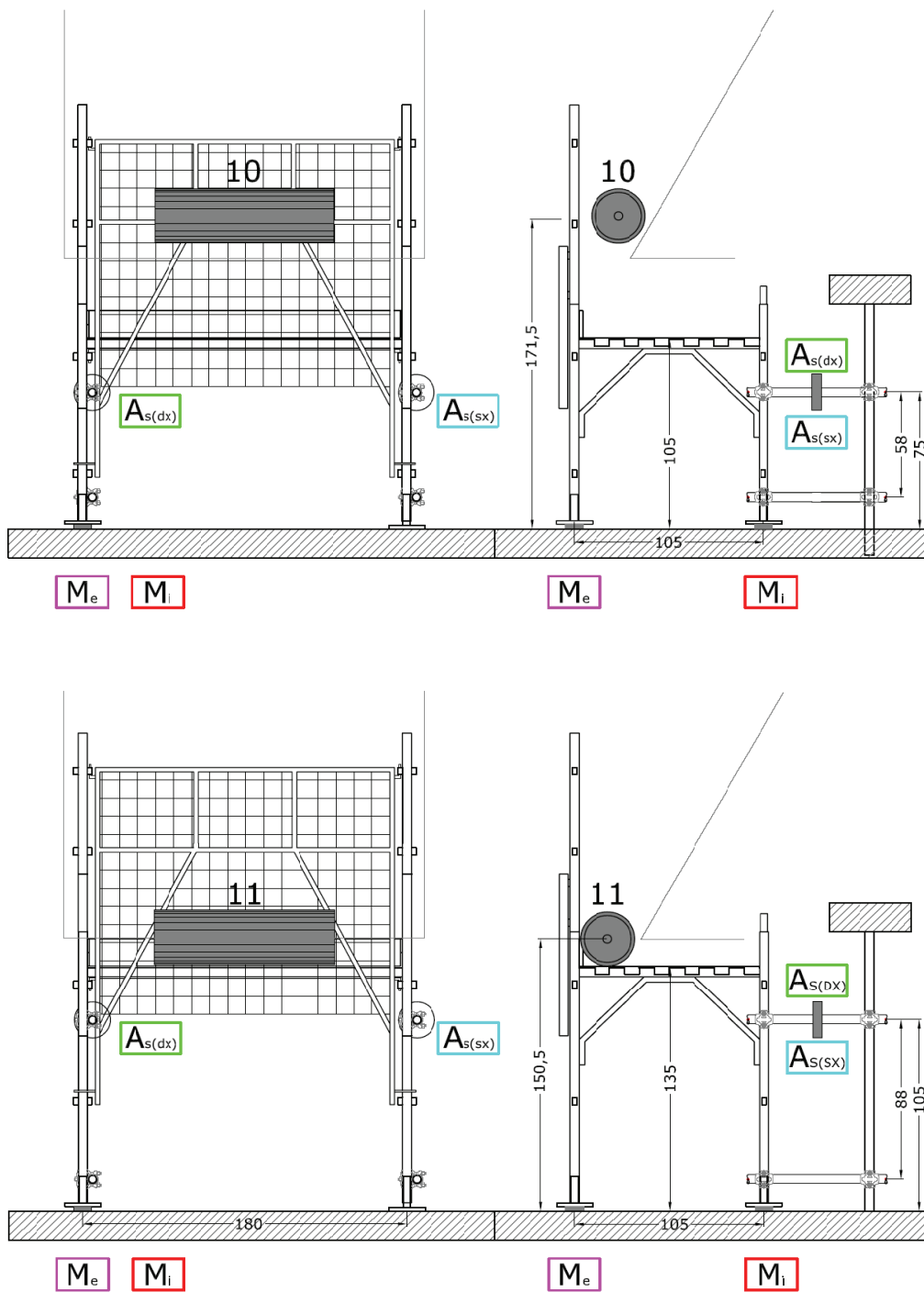


Figura 4.3.2.5.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Posizione degli strumenti di misura

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_P_10/1	CSR	10	3185	-659	-555	2617	293(*)	sì
R_P_10/2v	CSR	10	3185	-501	-470	1449	83	sì
R_P_10/3v	CSR	10	3185	-794	-499	1198	47	sì

Prova	Schema	Punto d'impatto	Energia cinetica $E_c$ (J)	Azioni celle di carico				Arresto rullo
				Ancoraggio superiore destro $A_{s\ dx}$ (kg <sub>f</sub> )	Ancoraggio superiore sinistro $A_{s\ sx}$ (kg <sub>f</sub> )	Montante esterno $M_e$ (kg <sub>f</sub> )	Montante interno $M_i$ (kg <sub>f</sub> )	
R_P_11/1_A20v	CSR	11	3185	-398	-400	1922	149	sì
R_T_11/2v(**)	CSR	11	3185	-334	-404	1028	221 (*)	sì
R_T_11/3_A20v	CSR	11	3185	-496	-516	1809	55 (*)	sì
R_T_11/4_L20v	CSR	11	3185	-489	-436	2205	113 (*)	sì
R_T_11/5_A20v	CSR	11	3185	-498	-434	1720	264 (*)	sì

(v) vincolo supplementare per evitare il sollevamento del montante interno; (\*) dati registrati nella fase di "rimbalzo" del provino dopo l'impatto; (\*\*) schema senza tavola fermapiede

Tabella 4.3.2.5.1 – 1 Prove d'impatto con rullo cilindrico su protezione continua – Schema CSR – Sintesi dei risultati

#### 4.3.2.5.2 Considerazioni sui risultati

Le prove sulla protezione continua sono state eseguite utilizzando la configurazione ad un campo (schema CSR). La protezione è stata colpita nel punto 10 e nel punto 11, con  $E_c = 3185$  J.

In tutte le prove il rullo è stato arrestato e ritenuto dal sistema.

Si osserva comunque che nelle prove sul punto 11, le tavole fermapiede montate all'interno della rete metallica seppur da essa ritenute, non hanno resistito all'impatto. Quelle in acciaio si sono sganciate dal montante e quella in legno si è spezzata.

Per quanto riguarda le azioni, si ribadisce (vedi paragrafo 4.3) che i valori registrati dalle celle di carico rappresentano le azioni dovute al solo impatto, al netto della presollecitazione iniziale dovuta alla fase di montaggio (peso proprio, azioni dovute all'ancoraggio e alle imperfezioni geometriche), azzerata ad inizio prova.

In particolare, in tutte le prove, ad eccezione della prova R\_P\_10/1, è stato realizzato un vincolo supplementare alla base del montante interno per contenere il suo sollevamento durante l'impatto. La messa in opera di tale vincolo ha determinato una ulteriore presollecitazione iniziale di compressione, rispetto alle altre prove.

Si ricorda inoltre che le celle di carico alla base dei montanti sono a sola compressione; pertanto i valori negativi nei grafici di  $M_e$  e  $M_i$  non devono essere considerati "trazione", bensì indice di decremento della compressione rispetto alla condizione iniziale, prima dell'impatto (azzeramento delle celle ad inizio prova).

Dai grafici delle grandezze misurate si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione nei due ancoraggi superiori.

Durante l'impatto il montante interno risulta essere soggetto ad un decremento della compressione (valore negativo) rispetto alla compressione iniziale. In molti casi tale decremento rimane costante dopo l'impatto, indice che il montante si solleva durante l'impatto e rimane sollevato. In altri il picco di compressione registrato si riferisce al rimbalzo della struttura dopo l'impatto.

Il sistema risulta più sollecitato nelle prove di impatto sul punto 10, con valori al montante esterno nel range [1198; 2617] kg<sub>f</sub>, all'ancoraggio sinistro nel range [-470;-555] kg<sub>f</sub> e all'ancoraggio destro nel range [-501;-794] kg<sub>f</sub>.

## 5 Conclusioni

Il presente studio riguarda il possibile impiego dei ponteggi come protezione collettiva per i lavoratori che svolgono la loro attività sulle coperture.

Prendendo spunto dalla UNI EN 13374 e come osservato in [1], vengono definiti i requisiti prestazionali e i requisiti geometrici del parapetto di sommità con funzione di sistema di protezione dei bordi.

Con riferimento alla UNI EN 13374, è stata verificata la capacità di campioni di ponteggio ad altezza ridotta di assorbire diversi livelli di energia cinetica (500 J, 1100 J e 3185 J) in diversi punti del sistema attraverso prove di impatto. L'esecuzione di prove sperimentali ha avuto anche lo scopo di misurare le azioni sui montanti e sugli ancoraggi del ponteggio durante l'impatto, utili per una successiva valutazione dell'intero ponteggio.

Le prove sono state eseguite utilizzando due dispositivi di impatto (sacco o rullo), con quattro configurazioni geometriche di prova (schemi), sui diversi elementi del sistema: montante di sommità, correnti e protezione continua, tavola fermapiede, traverso. Le prove con il rullo sull'impalcato non sono state effettuate in quanto oggetto di una precedente sperimentazione che aveva già dimostrato il non soddisfacimento dei requisiti prestazionali richiesti.

Nelle configurazioni di prova gli elementi di ponteggio utilizzati sono autorizzati dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali e appartenenti ad un unico fabbricante. Rispetto alle indicazioni riportate nel libretto, sono stati modificati i montanti di sommità per consentire l'intensificazione dei correnti negli schemi CD, CS1 e CS2. Inoltre nel parapetto con protezione continua utilizzato nello schema CSR è stata saldata una rete metallica sul telaio "parapetto" autorizzato.

Sono stati individuati 12 punti di impatto, eseguiti 46 test con il sacco e 31 test con il rullo.

In tutte le prove effettuate con il sacco ( $E_c = 500$  J e  $E_c = 1100$  J) esso è stato arrestato e ritenuto dal sistema (schema CD e schema CS1) tranne che in quelle sulla tavola fermapiede; in questi test infatti le tavole in legno si sono spezzate in mezzera e le tavole metalliche si sono svincolate evidenziando la criticità dell'attacco fermapiede/montante.

Nelle prove eseguite con il rullo ( $E_c = 3185$  J) esso è stato arrestato solo nei test effettuati sul montante di sommità, sul traverso (schema CD) e sulla protezione continua (schema CSR).

Le prove sui correnti (schemi CS) hanno dimostrato che le configurazioni utilizzate non sono efficaci nell'arrestare il rullo, nemmeno con l'infittimento dei correnti fino a 10 cm (schema CS2). Le prove sulla tavola fermapiede nello schema CS1 hanno avuto esito positivo solo nel caso in cui è stato impiegato, al posto della tavola stessa, un elemento di impalcato metallico posto di taglio, non convenzionale per tale utilizzo.

In generale, quindi, si può ritenere che i parapetti di sommità, comunemente presenti sul mercato, seppur con le modifiche sopra descritte, possano superare i test con il sacco solo nel caso di configurazioni con protezione continua.

Nel caso di utilizzo di parapetti realizzati con correnti e tavola fermapiede metallica, oltre all'infittimento dei correnti sarebbe necessario migliorare la connessione tra montante e tavola fermapiede per evitarne lo sganciamento. Questo potrebbe comportare maggiori sollecitazioni sulla stessa che potrebbe cedere all'impatto ed andrebbe quindi irrobustita.

Non possono essere impiegate le tavole in legno prive di certificazione di altezza 20 cm e spessore fino a 5 cm invecchiate all'aperto, come quelle comunemente utilizzate in cantiere. Ulteriore studio dovrebbe essere indirizzato verso l'impiego di tavole di legno di classe almeno C16 con opportuni spessori, che dovrà tener in conto anche lo stato di conservazione.

In riferimento alle prove con il rullo, a patto comunque di irrobustire l'impalcato, sembrerebbero efficaci esclusivamente i parapetti di sommità con protezioni continue (ad esempio telaio parapetto con rete).

La possibilità di utilizzo di configurazioni con correnti e tavola fermapiede dovrebbe essere ulteriormente investigata per esempio prevedendo il rinforzo per tutti i componenti del sistema.

Per quanto riguarda i valori registrati dalle celle di carico, seppur rappresentino le azioni dovute al solo impatto, al netto della presollecitazione iniziale dovuta alla fase di montaggio (peso proprio, azioni dovute all'ancoraggio e alle imperfezioni geometriche), potenzialmente diversa per ogni prova, essi forniscono indicazione sull'entità del fenomeno e possono essere valida base per ulteriori approfondimenti.

I valori riportati nelle tabelle non possono ancora essere utilizzati come riferimento tecnico dal progettista del ponteggio per la valutazione delle azioni in gioco. Sono necessari ulteriori studi per verificare la correttezza del campionamento e del filtro da utilizzare nei test dinamici.

In via generale, dai grafici delle grandezze misurate, si evince che l'impatto comporta compressione sul montante esterno del telaio e trazione negli ancoraggi. Il montante interno risulta meno sollecitato di quello esterno.

Riguardo ai possibili sviluppi futuri della ricerca si evidenzia inoltre la possibilità di implementare lo studio relativo alla teoria della dinamica degli urti.

## Bibliografia

### *Legislazione*

D.lgs 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.

### *Circolari*

Circolare del Ministero del lavoro e della previdenza sociale n. 85/78

Circolare del Ministero del lavoro e della previdenza sociale n. 44/90: Aggiornamento delle istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a telai prefabbricati

Circolare del Ministero del lavoro e della previdenza sociale n. 132/91: Istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a montanti e traversi prefabbricati

Circolare del Ministero del lavoro e delle politiche sociali n. 29/2010: Quesiti concernenti le norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e nei lavori in quota

### *Norme tecniche italiane*

UNI EN 12811-1:2004 - Attrezzature provvisoriale di lavoro. Parte 1: Ponteggi: Requisiti prestazionali e progettazione generale.

UNI EN 13374:2013 - Sistemi temporanei di protezione dei bordi - Specifica di prodotto - Metodi di prova.

### *Pubblicazioni*

[1] F. M. Fabiani – “I ponteggi come protezione collettiva in relazione ai lavori su coperture” in La sicurezza nei lavori sulle coperture. Sistemi di prevenzione e protezione contro la caduta dall'alto. Atti del seminario Lavori su coperture: problematiche, approfondimenti, soluzioni ed indirizzi, Bologna, 18 Ottobre 2013, Inail, 2014, pp. 61-70







