

# EMMEDUE S.P.A.

Via Toniolo 39/B, Loc. Bellocchi, Fano (PU)

## PROVE SPERIMENTALI SUL SISTEMA INTEGRATO DI PANNELLI MODULARI EMMEDUE

### RAPPORTO PROVE STATICHE SU ELEMENTI DI SOLAIO



## EUCENTRE

European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering

Via Ferrata 1 - 27100 PAVIA

Tel. 0382.516911 Fax 0382.529131

<http://www.eucentre.it>

e-mail: [info@eucentre.it](mailto:info@eucentre.it)

| RESPONSABILE DEL PROGETTO | RESPONSABILE TECNICO DI PROVA | REVISORE                    |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Prof. Ing. ALBERTO PAVESE | Dott. Ing. MARIA PIA SCOVENNA | Dott. Ing. DAVIDE BOLOGNINI |
| Firma                     | Firma                         | Firma                       |

|                       |                              |             |   |
|-----------------------|------------------------------|-------------|---|
| EMISSIONE: MARZO 2008 | Elaborato<br><br><b>RP_1</b> | Scala       | Nome file<br>RapportoDiProva_1.doc      |
| REVISIONE             |                              | Disegnatore | N° progetto/Protocollo<br>EUC 215/2007U |
| REVISIONE             |                              |             |   |
| REVISIONE             |                              |             |   |

A norma di legge il presente elaborato non potrà essere riprodotto né consegnato a terzi né utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione senza l'autorizzazione scritta di questo ente che ne detiene la proprietà

## 1. Premessa

L'azienda EMMEDUE, con sede in località Bellocchi via Toniolo 39/B Fano (PU), interessata a raggiungere la certificazione di idoneità tecnica relativamente ad un sistema integrato di pannelli modulari di cui possiede i diritti di legge, ha incaricato a Eucentre le attività di seguito riportate:

- Prove statiche su 12 pannelli di dimensioni ridotte
- Prove statiche su 8 elementi solaio
- Prove su 8 pannelli in scala reale in regime ciclico
- Prove su 4 nodi
- Prova pseudo dinamica su edificio in scala 1:1
- Valutazione dei risultati ottenuti
- Supporto alle pratiche per idoneità tecnica

Il presente rapporto riguarda l'esecuzione di prove statiche su 8 elementi di solaio.



Figura 1: Solaio in configurazione di prova

## 2. Descrizione delle prove

Le prove sono state eseguite presso il Laboratorio Prove Materiali e Strutture dell'Università degli Studi di Pavia.

La campagna di prove è composta da prove quasi statiche su i seguenti elementi di solaio:

- N°2 elementi di dimensioni 2,25x4m con polistirene sp=8cm densità 15 kg/m<sup>3</sup>
- N°2 elementi di dimensioni 2,25x4m con polistirene sp=8cm densità 25 kg/m<sup>3</sup>
- N°2 elementi di dimensioni 2,25x5m con polistirene sp=16cm densità 15 kg/m<sup>3</sup>
- N°2 elementi di dimensioni 2,25x5m con polistirene sp=16cm densità 25 kg/m<sup>3</sup>

Gli elementi di solaio sono state testati con uno schema statico di semplice appoggio (Figura 2 e Figura 3), a mezzo di vincolo di tipo cilindrico, con una luce netta di inflessione pari a 3,50m e 4,50m rispettivamente.

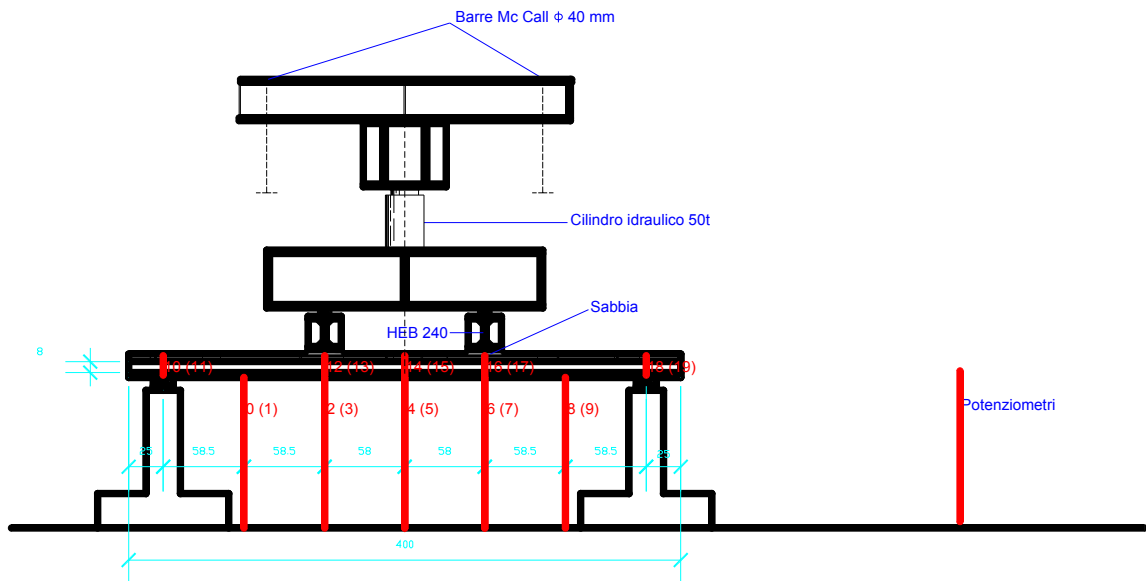


Figura 2: Schema di prova solai L=400cm

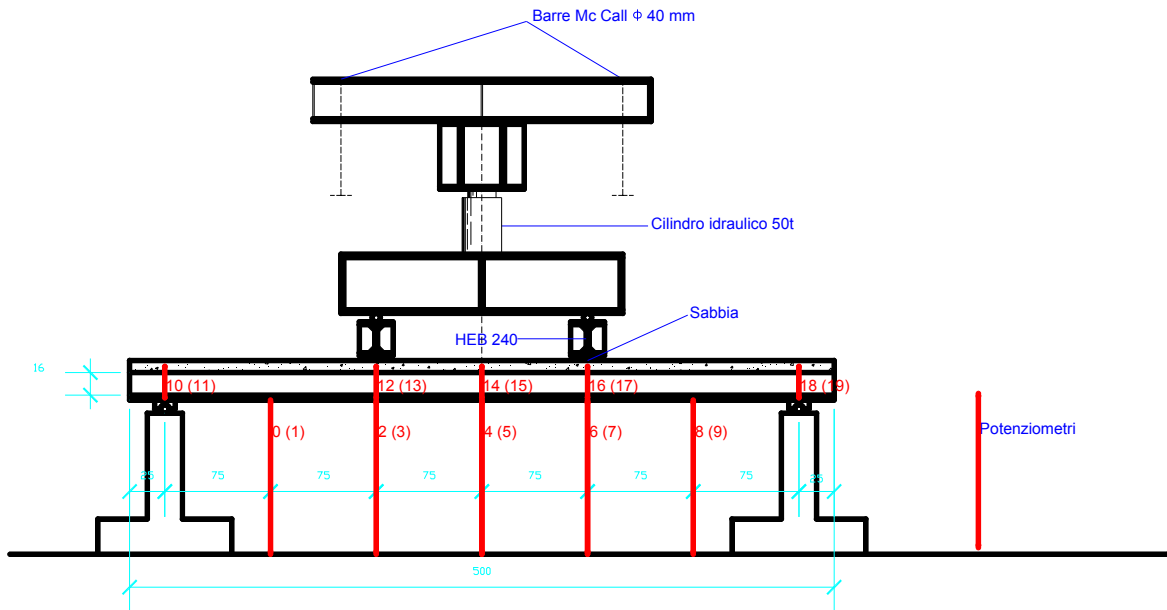


Figura 3: Schema di prova solai L=500cm

Per l'applicazione del carico, come dagli schemi mostrati in figura 1 e 2, si è utilizzato un martinetto RARI Press modello BS-1004-RO con le seguenti specifiche:

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Capacità nominale    | 100 t                  |
| Pressione nominale   | 680 bar                |
| Corsa                | 100 mm                 |
| Area effettiva       | 153.28 cm <sup>2</sup> |
| Capacità volumetrica | 1532.8 cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 42 kg                  |

Si è utilizzato un sensore di pressione Gefran modello TFD da 350 bar con le seguenti specifiche:

|                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Gamma di misura       | 0-350 bar                          |
| Classe di precisione  | 0.30% 0-60 bar<br>0.25% 60-350 bar |
| Impedenza di ingresso | 4500 Ohm                           |
| Sensibilità           | 3 mV/V                             |

### 3. Descrizione della strumentazione

Il sistema di acquisizione dati National Instruments è costituito da convertitore analogico digitale 24bit di risoluzione con campionamento massimo a 300kS, assemblato mediante chassis multiplexer SCXI1001 con moduli di acquisizione SCXI1102B per potenziometri e termocoppie.

Si sono utilizzati trasduttori rettilinei di posizione Gefran PZ-12-A-100, PZ-12-A-50 e PZ-12-A-25 di cui si allegano i dati tecnici:

|  | PZ-12-A-100   | PZ-12-A-050   | PZ-12-A-025   |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Corsa elettrica utile (C.E.U.)           | 100 mm        | 50 mm         | 25 mm         |
| Corsa elettrica teorica (C.E.T.)         | 101 mm        | 51 mm         | 26mm          |
| Corsa Meccanica (C.M.)                   | 105 mm        | 55 mm         | 30 mm         |
| Resistenza (sulla C.E.T.)                | 4 k $\Omega$  | 2 k $\Omega$  | 1 k $\Omega$  |
| Linearità indipendente (entro la C.E.U.) | +/- 0.1%      | +/- 0.1%      | +/- 0.2%      |
| Dissipazione a 40°C (0W a 120°C)         | 1 W           | 1 W           | 3 W           |
| Velocità di spostamento                  | $\leq 10$ m/s | $\leq 10$ m/s | $\leq 10$ m/s |
| Forza di spostamento                     | $\leq 0.5$ N  | $\leq 0.5$ N  | $\leq 0.5$ N  |
| Tensione massima applicabile             | 60 V          | 40 V          | 20 V          |

Per ogni elemento di soletta semplicemente appoggiata è stata utilizzata la seguente strumentazione (Figura 4):

- n° 10 potenziometri (corsa 50 e 100mm) posizionati lungo la campata per la misura degli spostamenti assoluti
- n° 10 potenziometri (corsa 25mm) posizionati tra lo strato di polistirene atti a misurare lo schiacciamento dello stesso o il distacco dei due strati di cls

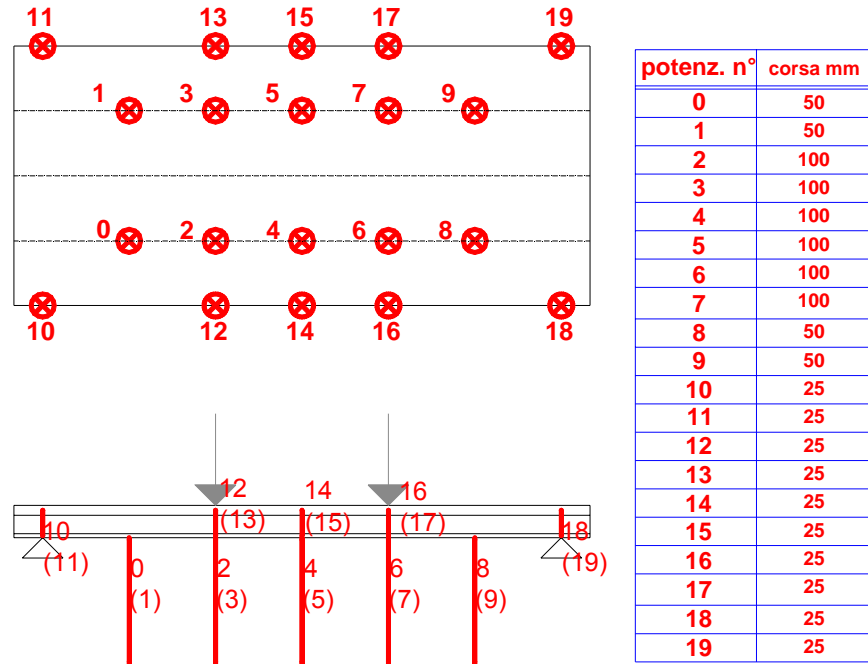


Figura 4: Schema di posizionamento della strumentazione

Il software di acquisizione è stato prodotto internamente al Laboratorio in ambiente di programmazione Labview (Figura 5).

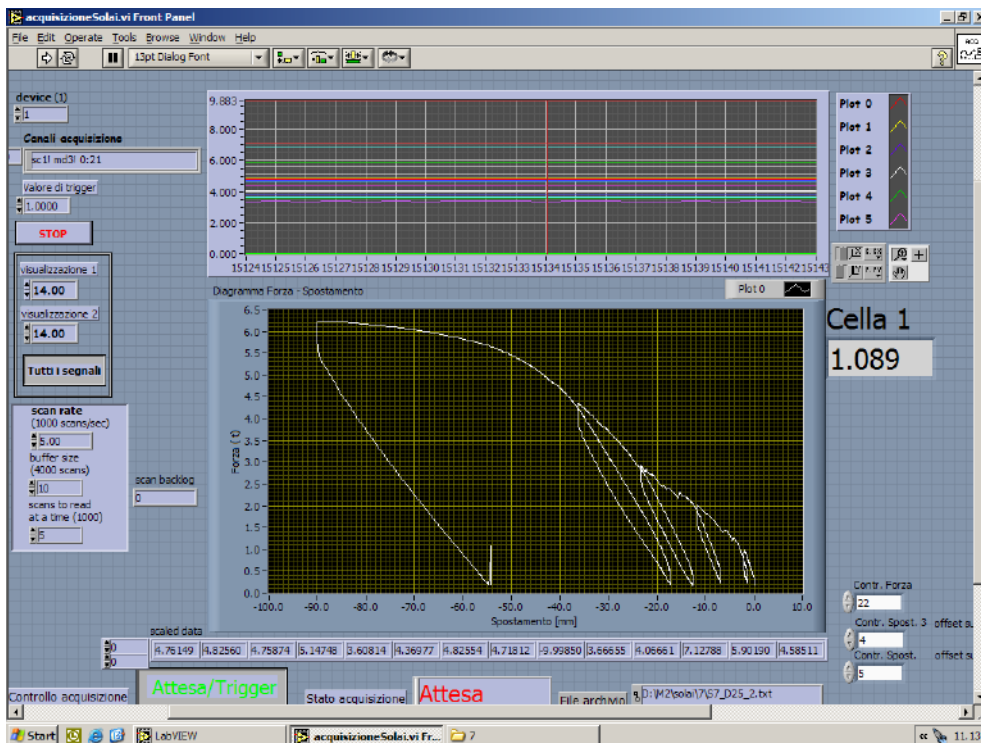


Figura 5: Schermata programma di acquisizione dati

#### 4. Descrizione del materiale provato

Emmedue propone un sistema integrato di pannelli modulari la cui funzione strutturale è garantita da due reti in acciaio galvanizzato elettrosaldato collegate tra loro mediante doppi connettori in acciaio e che racchiudono al proprio interno una lastra di polistirene espanso opportunamente sagomata capace di assicurare anche isolamento termo-acustico.

In questa campagna di prove è stato testato il pannello singolo utilizzato come cassaforma a perdere isolante per solai di luci contenute, predisposto senza nervature progettate.

Di seguito si riporta la scheda tecnica del pannello solaio singolo Emmedue (Figura 6)

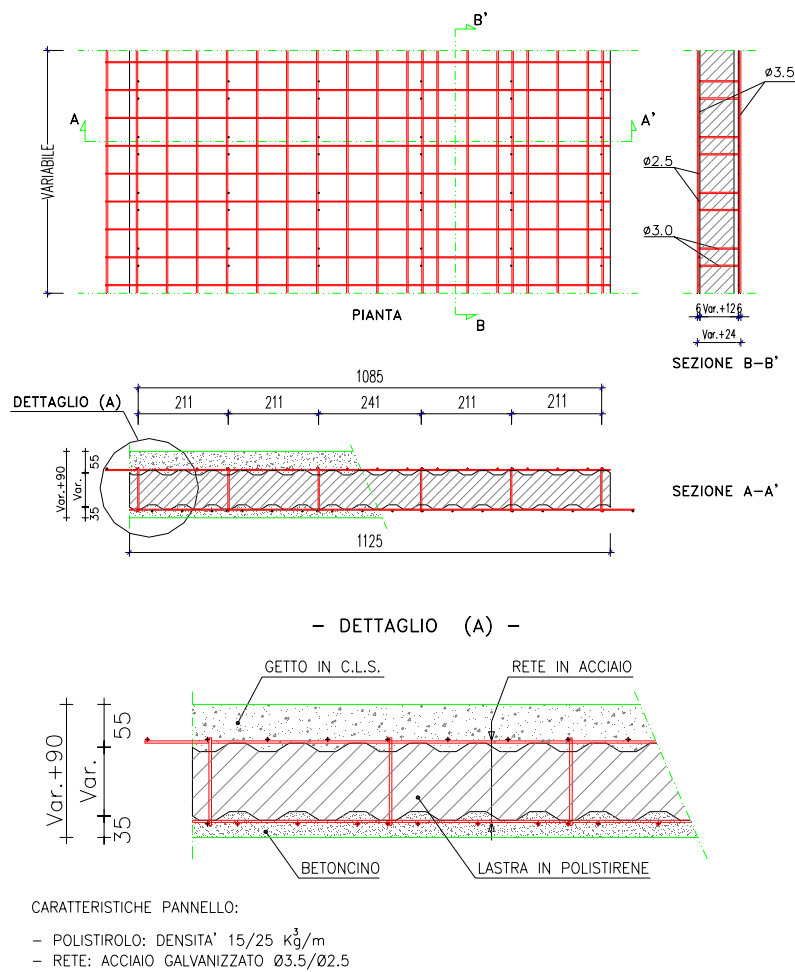


Figura 6: Pannello solaio singolo Emmedue

## 5. Prove sui materiali

Si sono eseguite prove sul calcestruzzo e sul betoncino per stabilire le caratteristiche effettive dei materiali. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti.

| Prove di resistenza a compressione su cubetti di cls per solai M2 |            |            |            |             |            |                                 |
|---|------------|------------|------------|-------------|------------|---------------------------------|
| Data confezione.  | Data prova | Lung. [mm] | Larg. [mm] | Altez. [mm] | Massa [kg] | Resistenza [N/mm <sup>2</sup> ] |
| 28/09/07  | 05/12/08   | 150        | 150        | 150         | 7.68       | 33.8                            |
| 28/09/07  | 05/12/08   | 150        | 150        | 150         | 7.84       | 2.58                            |
| 28/09/07  | 05/12/08   | 150        | 150        | 150         | 7.82       | 3.38                            |
| 28/09/07  | 05/12/08   | 150        | 150        | 150         | 7.64       | 3.47                            |

| Prove di resistenza a compressione su provini di betoncino per solai M2 |            |            |            |             |                                 |
|---|------------|------------|------------|-------------|---------------------------------|
| Data confezione.  | Data prova | Lung. [mm] | Larg. [mm] | Altez. [mm] | Resistenza [N/mm <sup>2</sup> ] |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 54.0                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 58.8                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 58.9                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 57.3                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 55.6                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 57.6                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 56.0                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 54.3                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 57.6                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 54.6                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 60.1                            |
| 06/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 59.4                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 46.4                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 49.0                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 45.9                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 49.2                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 49.0                            |
| 07/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 46.8                            |



| Prove di resistenza a compressione su provini di betoncino per solai M2 |            |            |            |             |                                 |
|---|------------|------------|------------|-------------|---------------------------------|
| Data confezion.   | Data prova | Lung. [mm] | Larg. [mm] | Altez. [mm] | Resistenza [N/mm <sup>2</sup> ] |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 57.5                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 59.0                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 54.3                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 53.1                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 55.6                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 54.6                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 42.9                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 46.3                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 44.3                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 47.5                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 49.5                            |
| 10/09/07  | 05/12/08   | 40         | 40         | 80          | 52.6                            |

## 6. Risultati delle prove

Le prove sono state svolte presso il Laboratorio Prove Materiali e Strutture dell'Università degli Studi di Pavia, via Ferrata 1 Pavia, alla presenza dell'ing. Omero Bassotti di Emmedue e del sig. Oddo Boni incaricato da Emmedue all'esecuzione di riprese video delle prove stesse.

Lo scopo delle prove è stata la caratterizzazione del comportamento di solai di diversa luce e diversa densità di polistirene.

A tal fine si sono realizzate prove statiche in controllo di forza su solai realizzati presso l'area costruzione provini di Eucentre direttamente dal committente: ad essi sono stati imposti tramite martinetti idraulici carichi concentrati in modo da avere zone soggette sia a flessione che a taglio e la zona centrale soggetta solo a flessione (Figura 7)

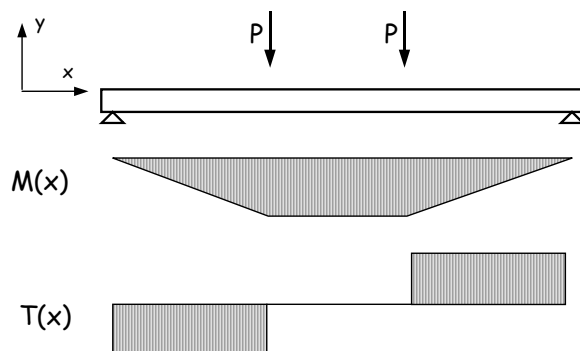


Figura 7: Schema statico e sollecitazioni risultanti

I solai sono stati appoggiati su idonei supporti a mezzo di vincoli cilindrici in acciaio. I carichi sono stati applicati a mezzo di "lame" in modo da risultare ripartiti uniformemente lungo il lato corto dei solai stessi. Secondo questa configurazione si è realizzato uno stato di deformazione piano, si sono evitate quindi le doppie curvature (Figura 8).

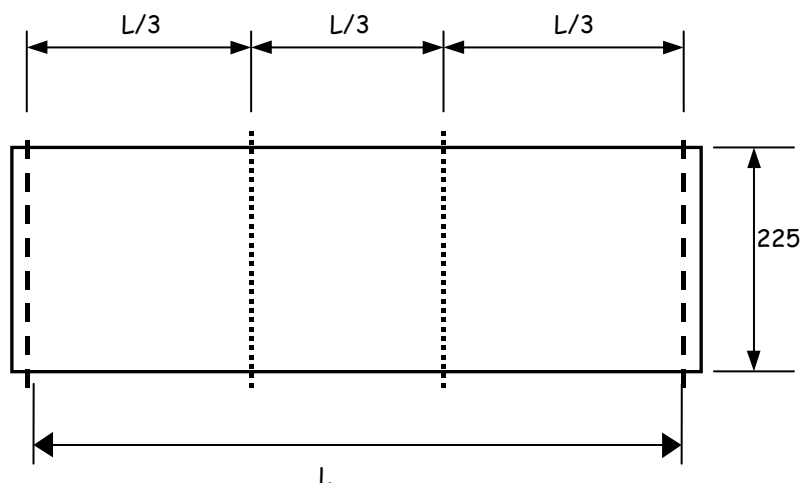


Figura 8: Schema statico (pianta)

Le prove sono state condotte applicando ad ogni tipologia di solaio un carico che riproducesse il momento flettente dovuto ad un carico uniformemente distribuito dato da un sovraccarico permanente di  $200 \text{ kg/m}^2$  e da un sovraccarico accidentale di  $200 \text{ kg/m}^2$  per il primo provino e di  $300 \text{ kg/m}^2$  per il secondo provino. Successivamente si è applicato un carico monotono applicando il carico con intensità crescente fino alla rottura del provino.

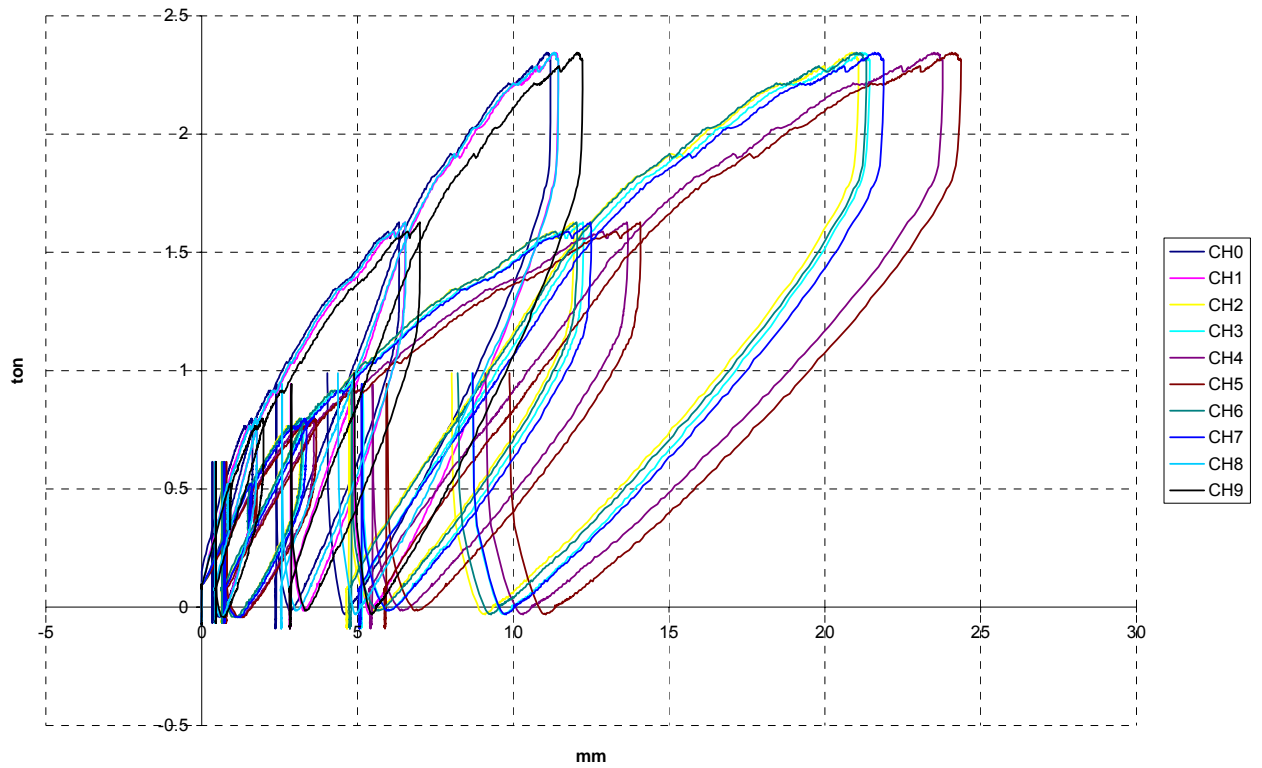
Per ogni prova si riportano di seguito i diagrammi forza spostamento dei potenziometri verticali delle due distinte fasi di prova.

| Nominativo Prova | Dimensioni Solaio | Spessore Polistirene | Densità Polistirene |
|------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| Solaio 1         | 2.25m x 4.00m     | 8 cm                 | $15 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 2         | 2.25m x 4.00m     | 8 cm                 | $15 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 3         | 2.25m x 4.00m     | 8 cm                 | $25 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 4         | 2.25m x 4.00m     | 8 cm                 | $25 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 5         | 2.25m x 5.00m     | 16 cm                | $15 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 5         | 2.25m x 5.00m     | 16 cm                | $15 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 5         | 2.25m x 5.00m     | 16 cm                | $25 \text{ kg/m}^3$ |
| Solaio 5         | 2.25m x 5.00m     | 16 cm                | $25 \text{ kg/m}^3$ |

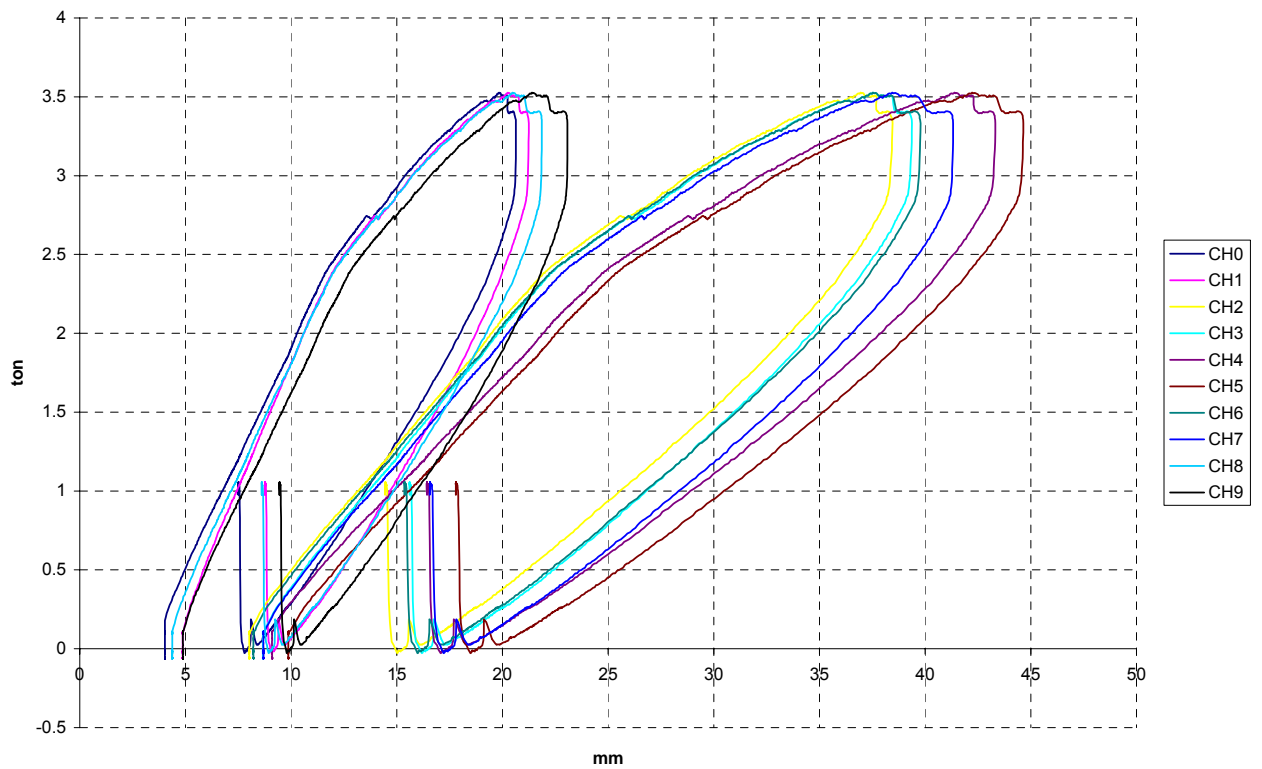
### 5.1 Solaio 1

Prova realizzata in data 6 dicembre 2007.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



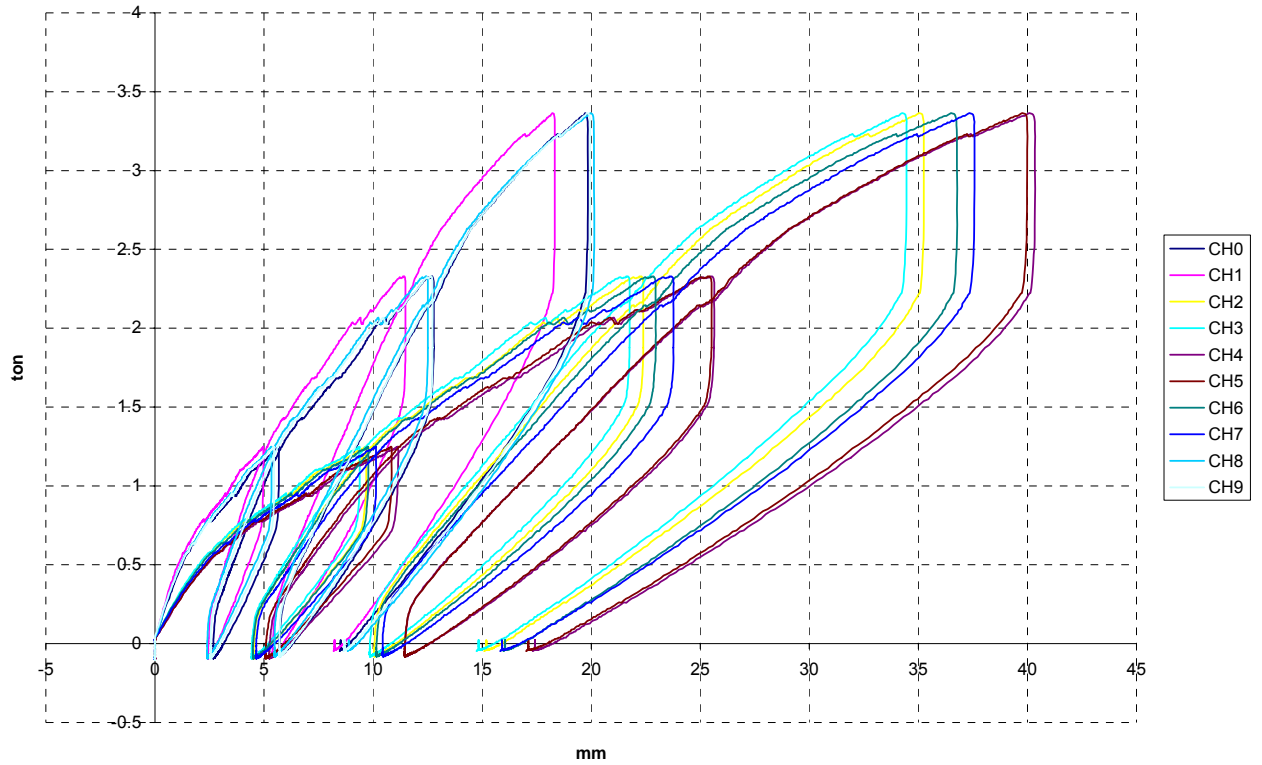
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



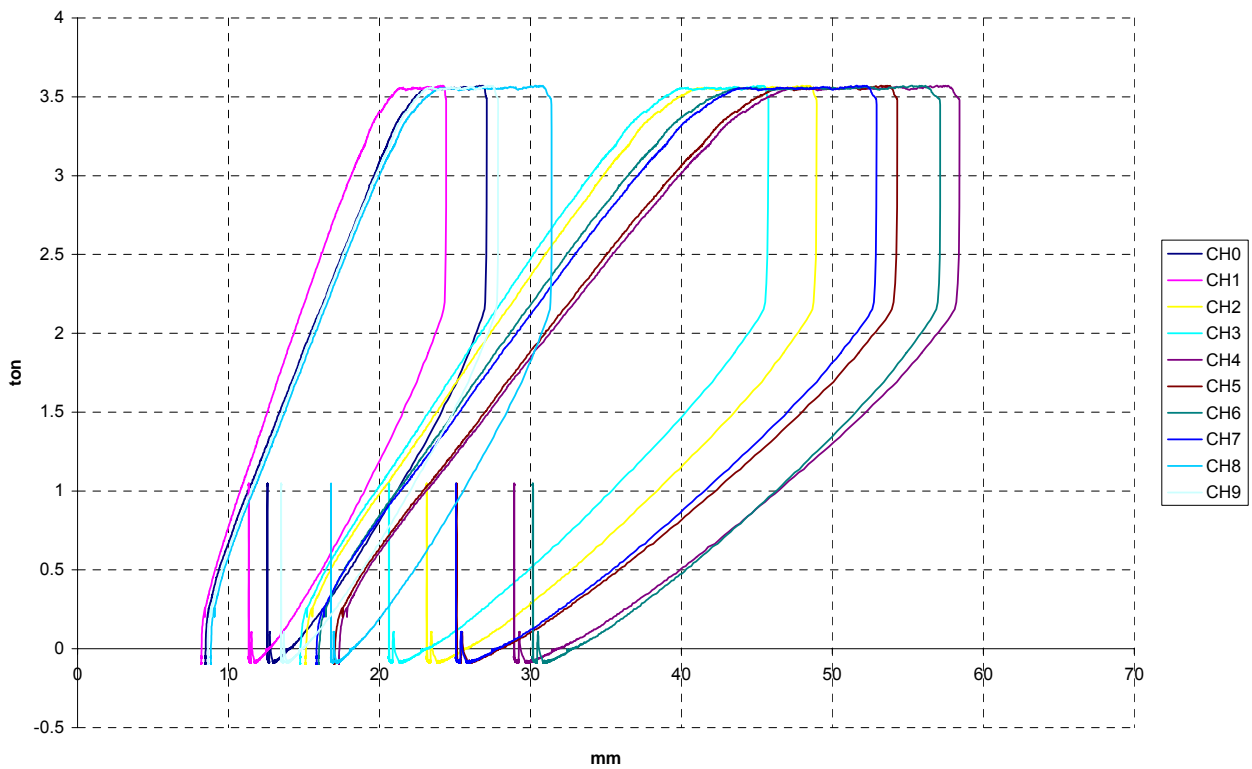
## 5.2 Solaio 2

Prova realizzata in data 13 dicembre 2007.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



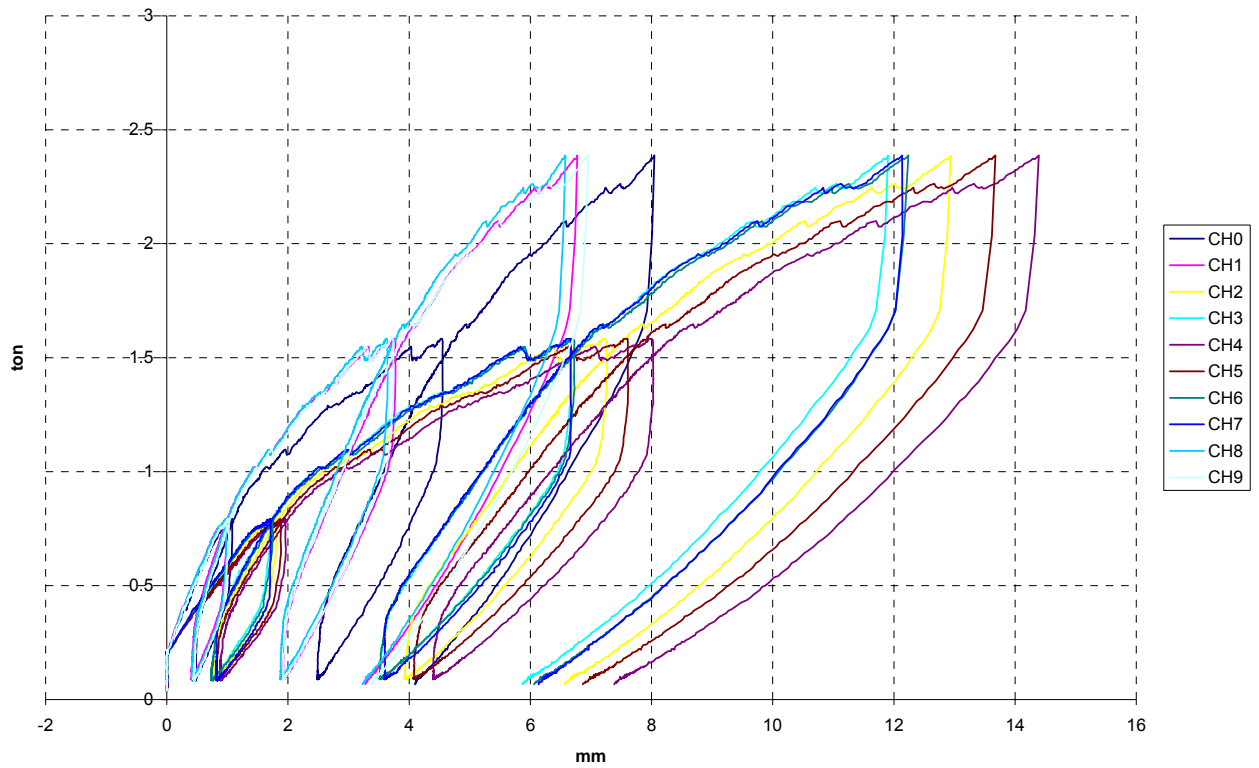
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



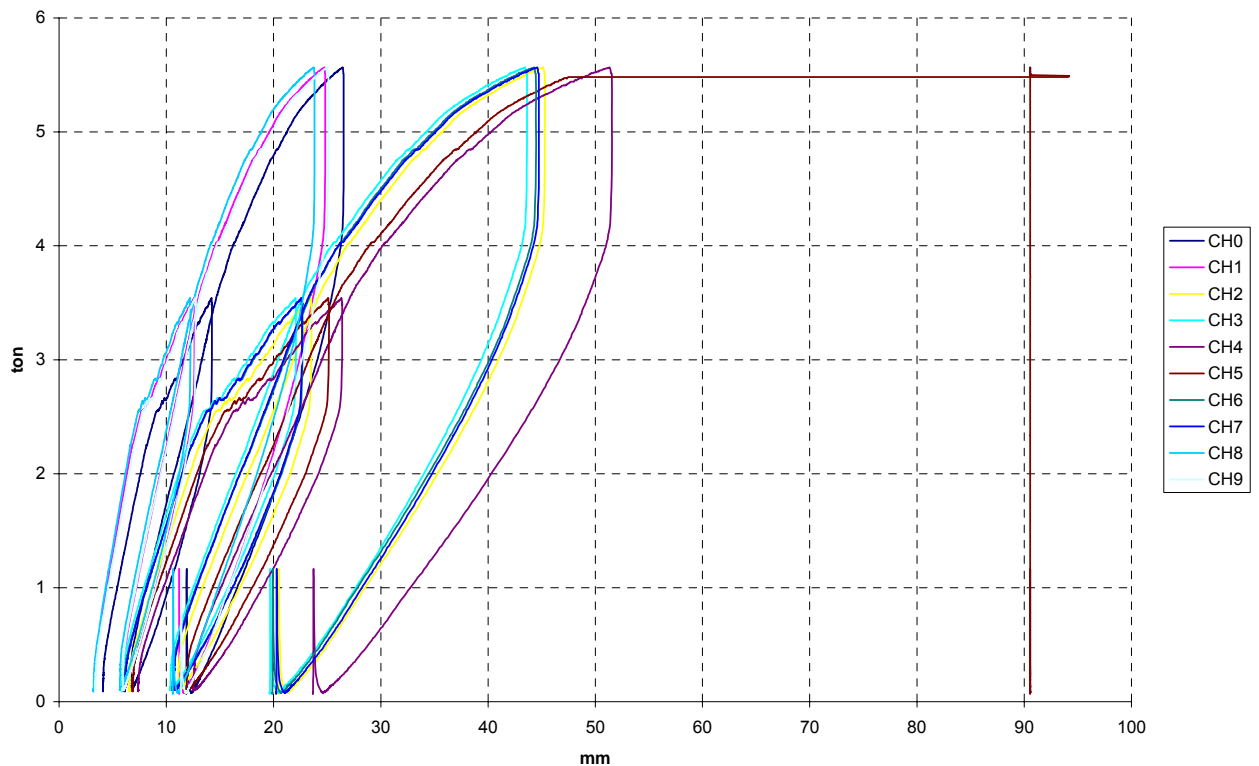
### 5.3 Solaio 3

Prova realizzata in data 19 dicembre 2007.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



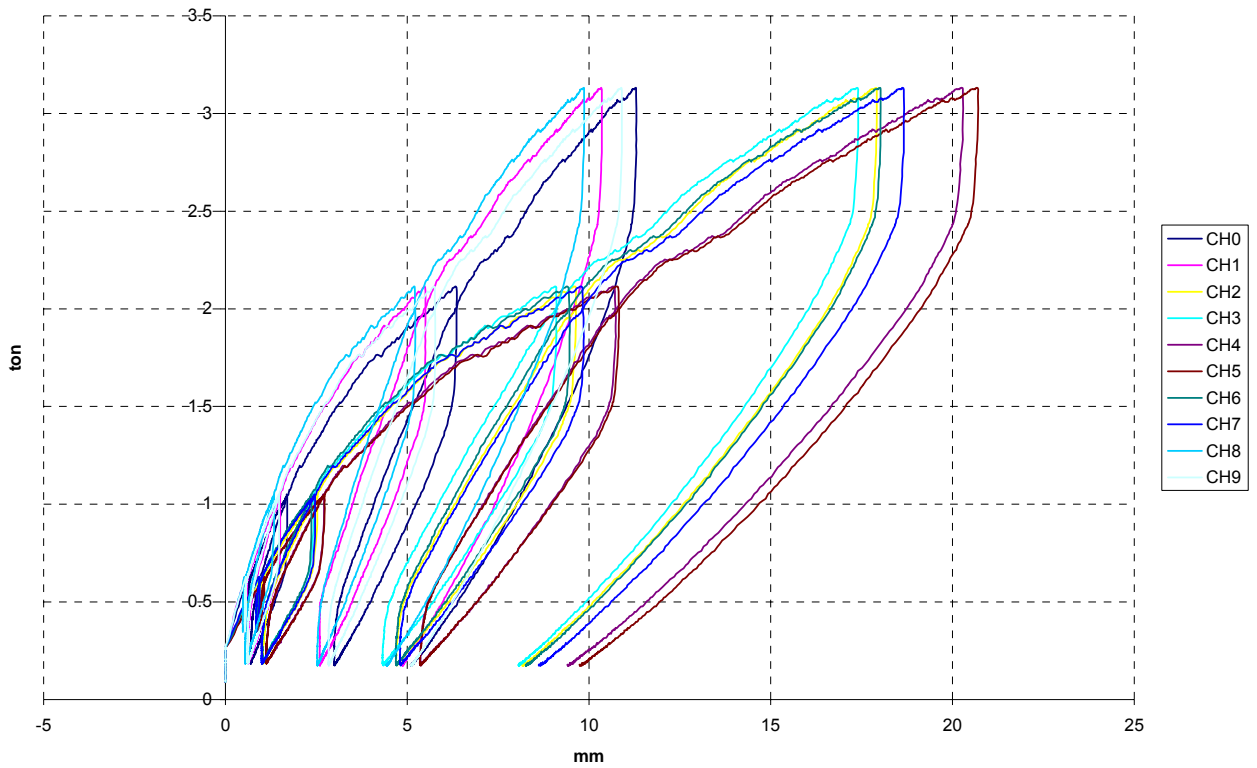
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



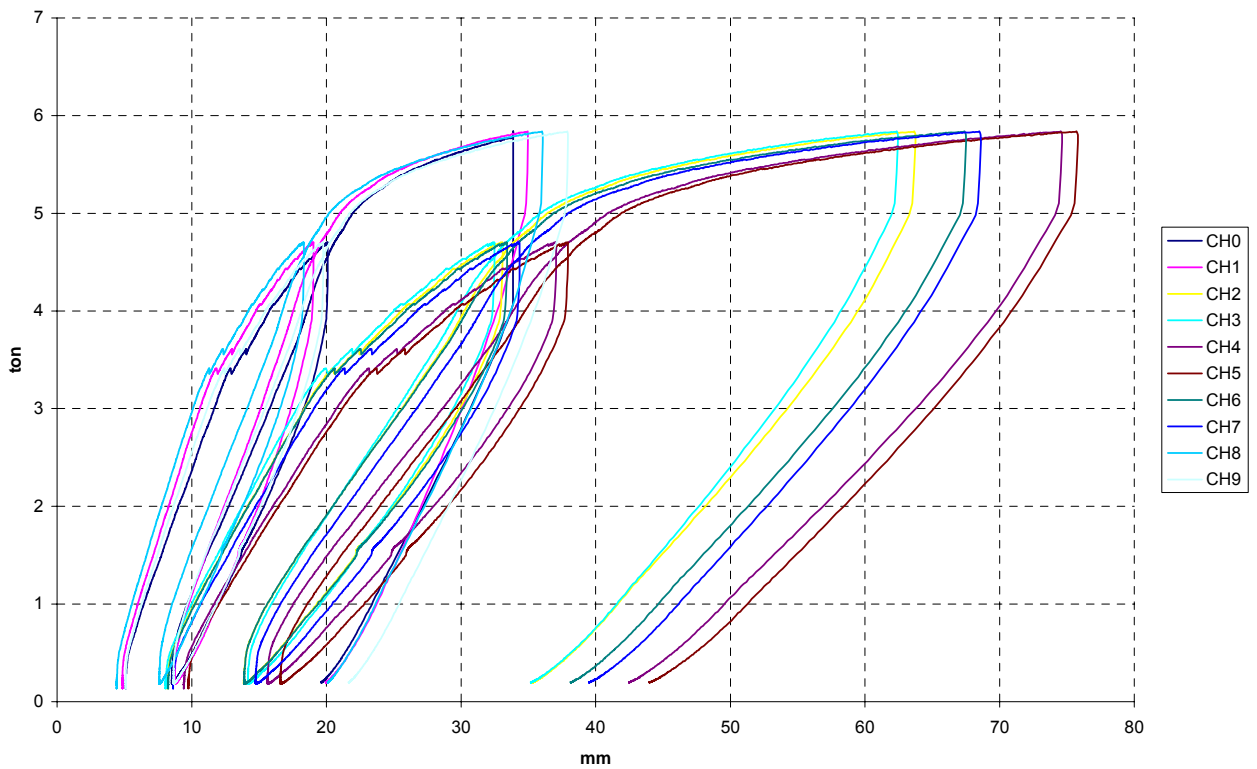
### 5.4 Solaio 4

Prova realizzata in data 7 gennaio 2008.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



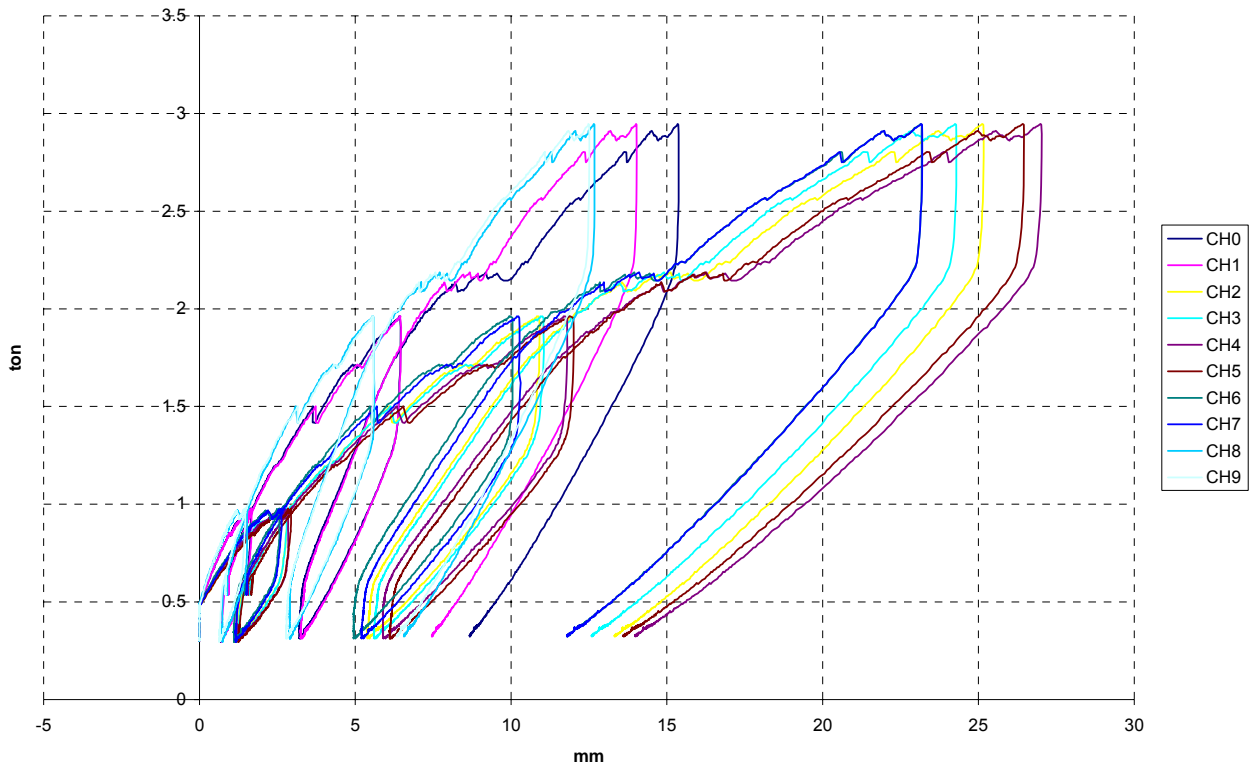
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



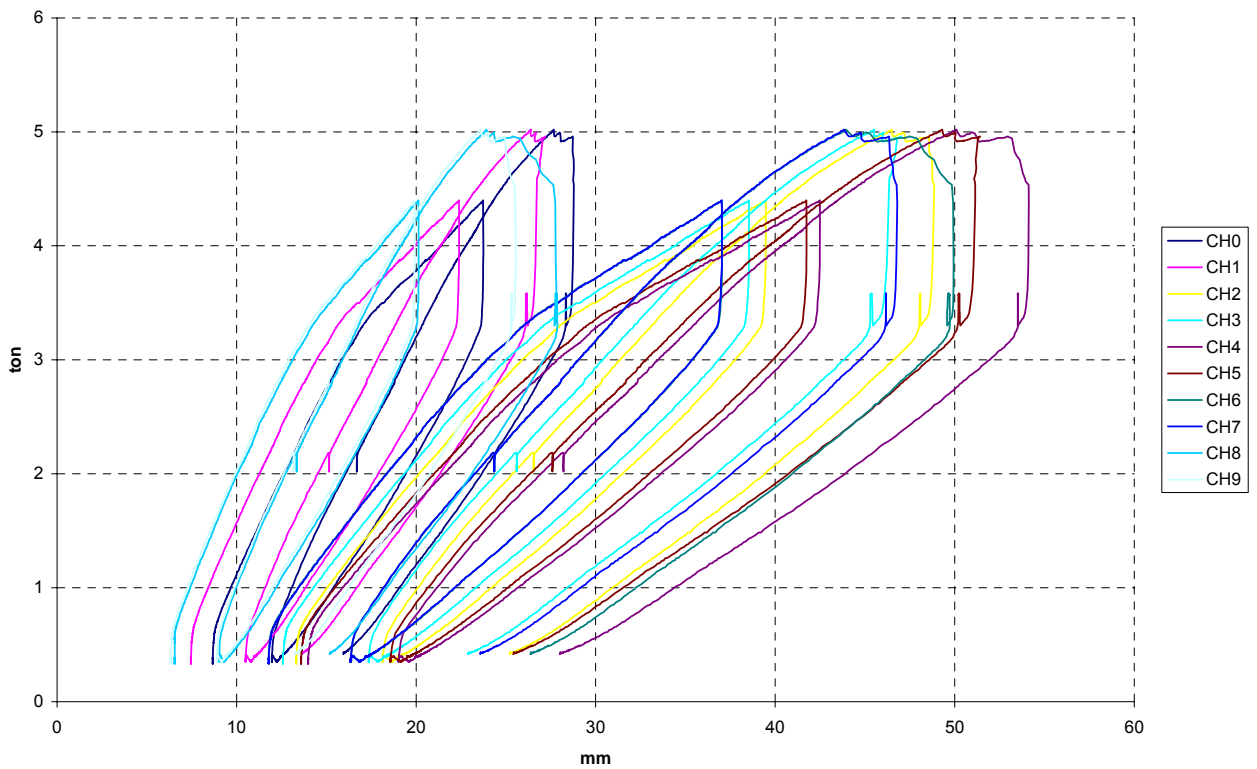
### 5.5 Solaio 5

Prova realizzata in data 10 gennaio 2008.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2

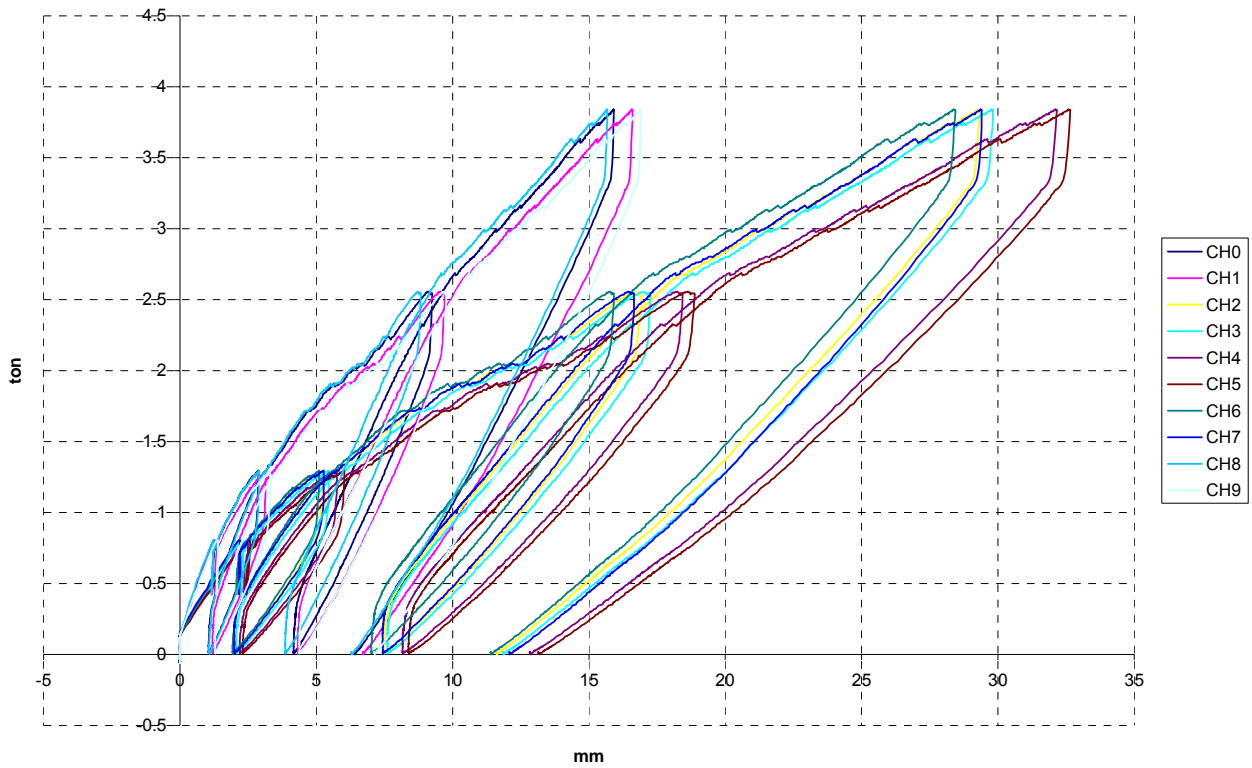




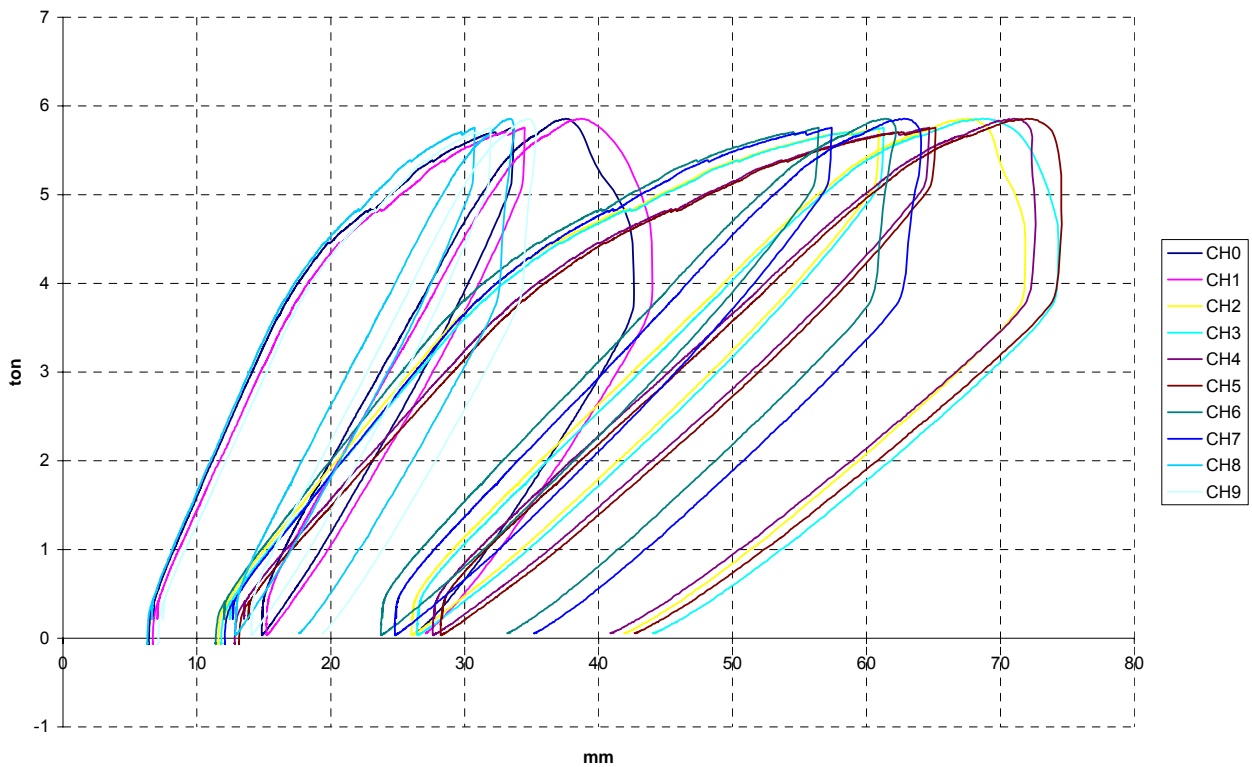
### 5.6 Solaio 6

Prova realizzata in data 25 gennaio 2008.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



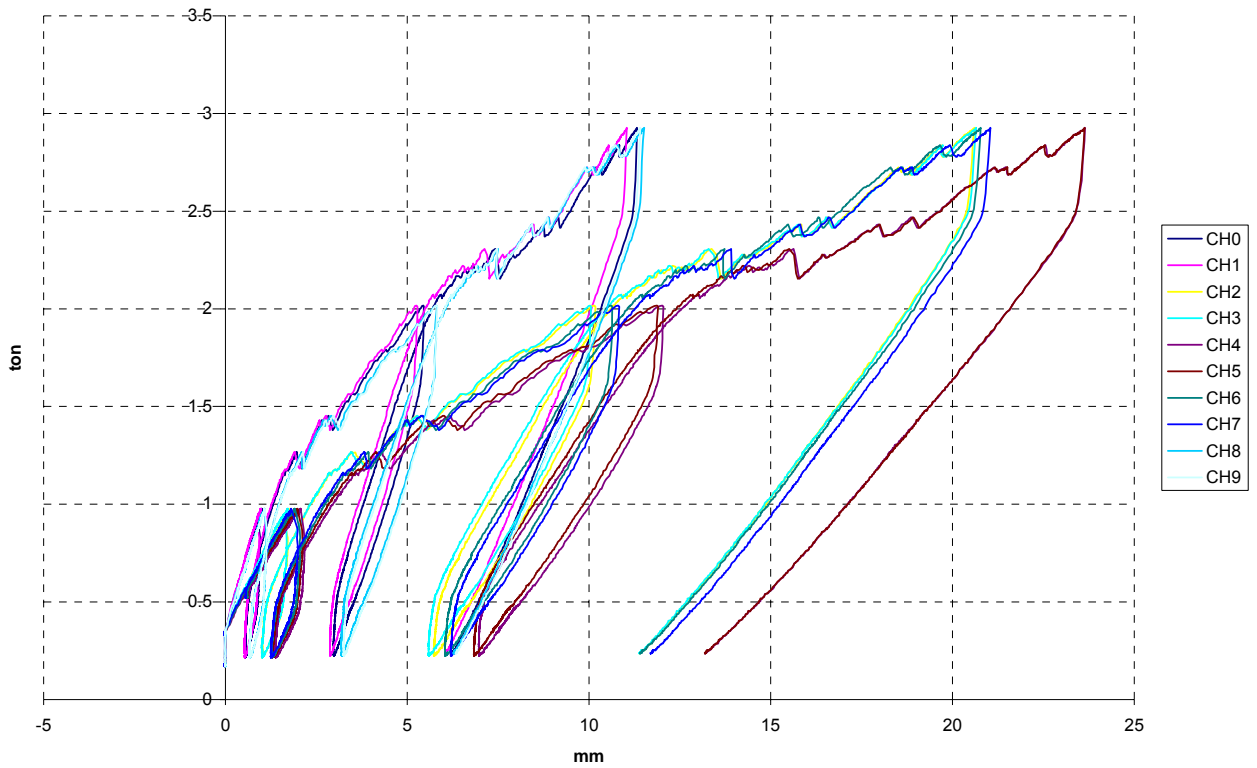
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



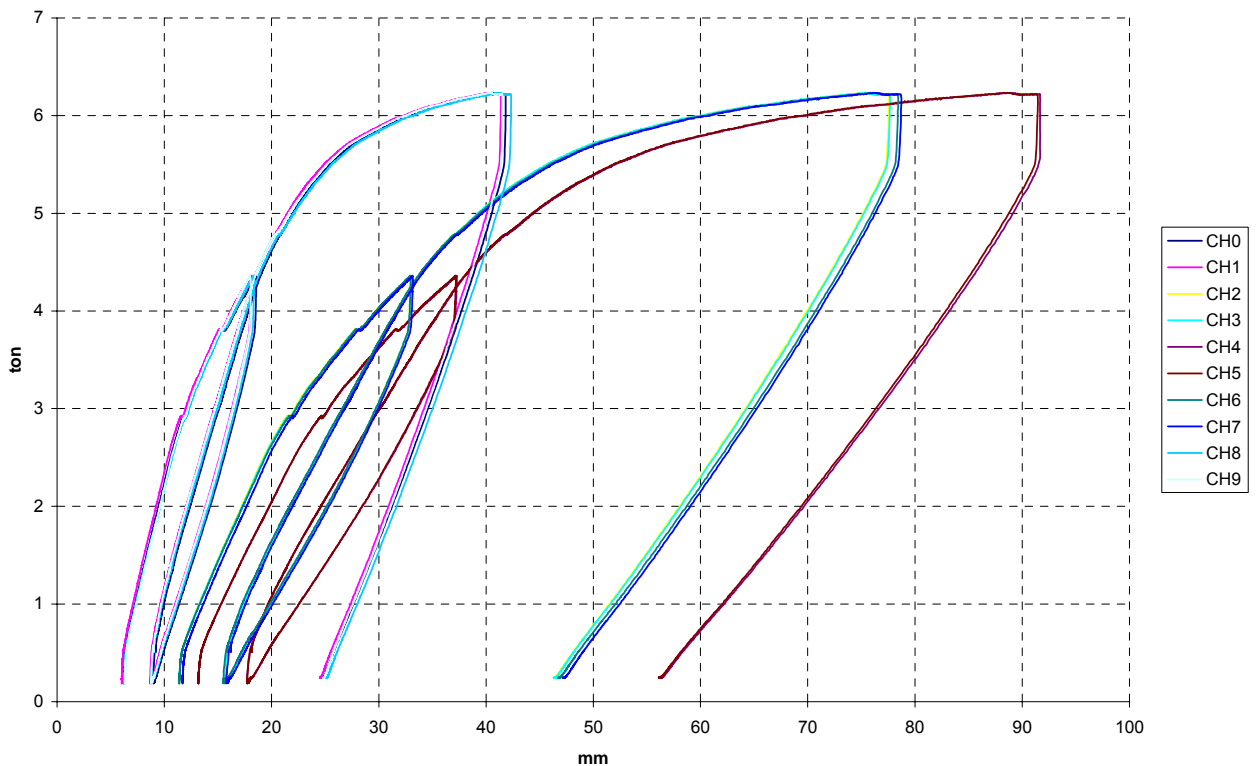
### 5.7 Solaio 7

Prova realizzata in data 16 gennaio 2008.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



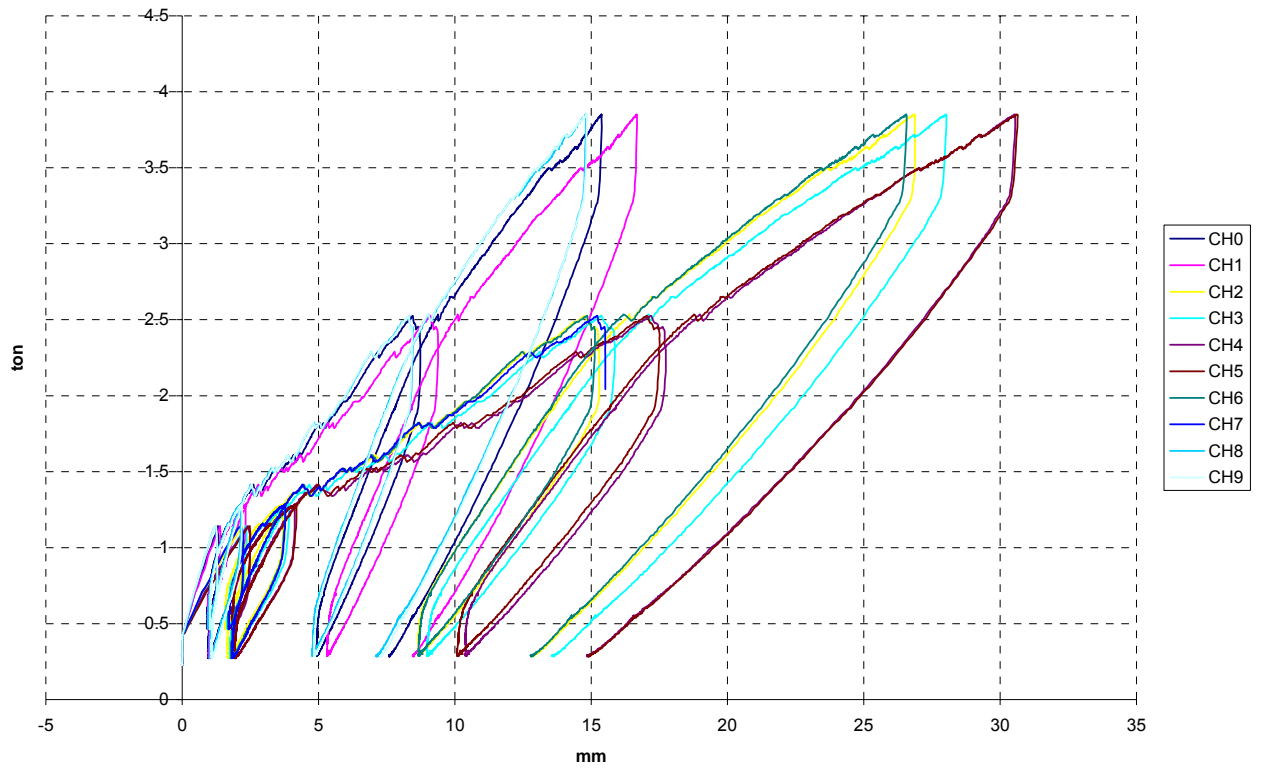
FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



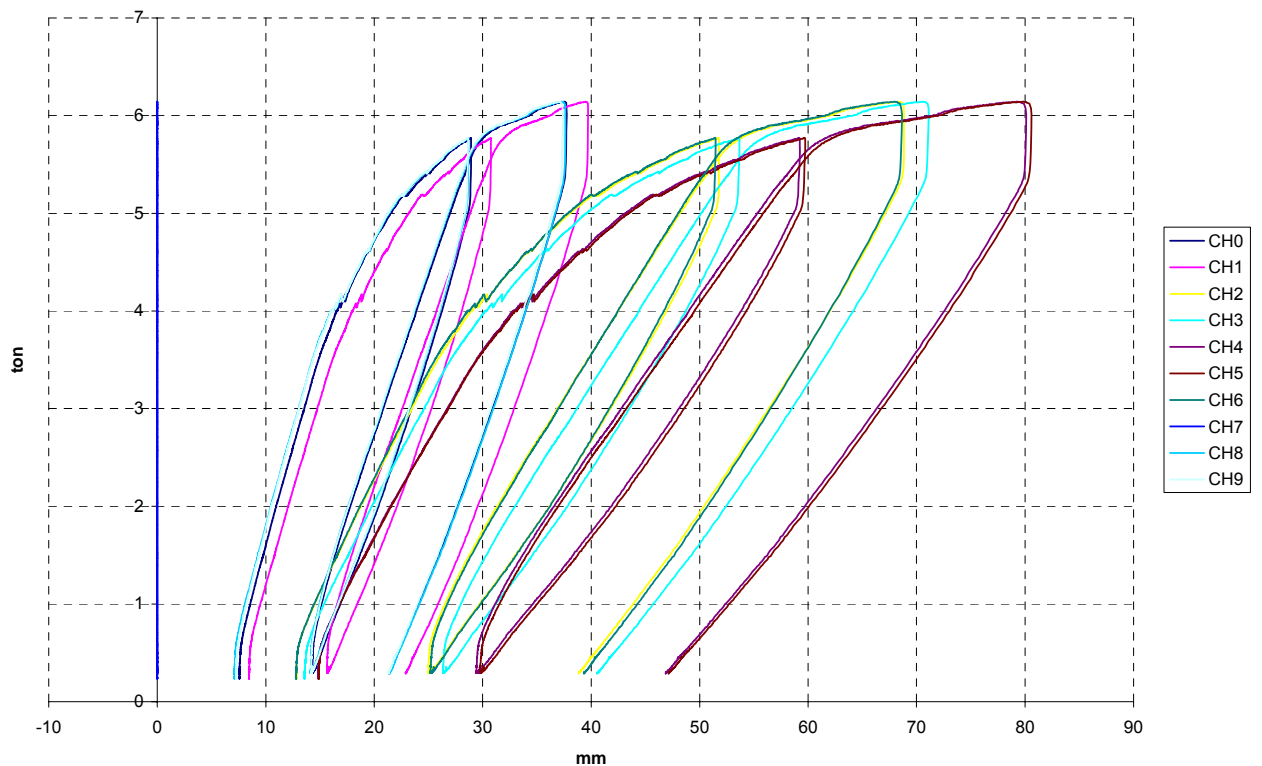
### 5.8 Solaio 8

Prova realizzata in data 21 gennaio 2008.

FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 1



FORZA\_SPOSTAMENTO FASE 2



## **7. Contenuto del CD**

Sono contenute le cartelle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 relative alle rispettive prove.

In ogni cartella è contenuta una cartella “dati” in cui sono presenti tutti i dati acquisiti durante la prova e una cartella “foto” in cui sono state raccolte le immagini relative alla prova stessa. Sono inoltre contenuti file in formato Excel con i dati elaborati.

È inoltre allegato un DVD contenente le riprese video eseguite da nostro personale durante le prove.

*Il Responsabile del Progetto*  
Prof. Ing. Alberto Pavese

*Il Responsabile Tecnico di Prova*  
Dott. Ing. Maria Pia Scovenna

*Il Revisore*  
Dott. Ing. Davide Bolognini