

*A. Germak, S. Palumbo,
F. Mazzoleni, F. Vitiello*

**Conferma taratura a trazione fino a 10 mn
con telaio di inversione**

R.T. 11/2016

Marzo 2016

Abstract

In the 2014, INRiM had calibrated a 30 MN Build-Up System, composed by 3 10 MN Uniaxial Force Transducer, both in traction as in compression, using the Emanuel hydraulic press. The measurements in traction were performed using an inversion frame properly designed. After one year, the same UFTs has been calibrated again in order to verify the first calibration and their behavior after this period.

Sommario

Nell'ottobre del 2014 è stato tarato un Build-Up System (BUS) da 30 MN, costituito da tre trasduttori di forza da 10 MN, in trazione e compressione utilizzando il campione MCF 3.5.9. Le misure in trazione sono state eseguite tramite un telaio di inversione appositamente disegnato. Dopo un anno di lavoro, i trasduttori di forza del BUS sono stati rispediti per effettuare un confronto della bontà del fit risalente alla precedente taratura e verificare la bontà dello stesso ad un anno di distanza

Indice

1	Introduzione	4
2	Catene dinamometriche di trasferimento	4
3	Taratura dei trasduttori di forza	5
4	Il telaio di inversione per le prove in trazione	6
5	La nuova slitta	6
6	Confronto dei trasduttori di forza	7
	Bibliografia	9

Indice delle figure

Figura 1: Telaio di inversione	6
---------------------------------------	----------

Indice delle tabelle

Tabella 1: Dati del trasduttore di forza	4
Tabella 2: Dati della centralina	4
Tabella 3: Incertezze estese sui singoli punti	5
Tabella 4: Incertezze estese sui singoli punti durante il confronto	7
Tabella 5: Errori sui valori medi dei singoli punti durante il confronto	7

1 Introduzione

Il campione di forza MCF 3.5.9 è in uso nel laboratorio di forze dell'INRiM per estendere l'intervallo di forze da 1 MN fino a 10 MN. La taratura può essere eseguita solo in compressione ed avviene per confronto tramite un trasduttore di forza di riferimento. Per poter eseguire prove in trazione, è quindi necessario utilizzare un telaio di rinvio appositamente progettato. Tra la taratura del 2014 e la conferma del 2015, è stata realizzata e installata sulla pressa una slitta per agevolare la collocazione dei trasduttori di forza in taratura sotto il trasduttore di riferimento. I dati di questo confronto, quindi, possono essere utili per verificare la bontà dei trasduttori di forza e del fit realizzato, la riproducibilità delle misure tramite il telaio di inversione, e l'eventuale presenza di interferenze dovute alla nuova slitta.

2 Catene dinamometriche di trasferimento

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. sono elencati i dati del trasduttore di forza impiegato durante la taratura del 2014 ed il successivo confronto del 2015. I cavi utilizzati sono di tipo a 6 conduttori e di lunghezza di 6 m.

Tabella 1: Dati del trasduttore di forza

Costruttore	IDC
Modello	9/67
Matricola	179
Portata	9 MN

Il segnale è stato acquisito mediante la centralina estensimetrica del BUS, in modo da mantenere inalterata la catena metrologica sia durante la taratura delle singole trasduttori di forza che, successivamente, durante il riassetto e l'impiego del BUS. Le funzioni da essa svolte sono molteplici tra cui l'alimentazione dei ponti estensimetrici dei trasduttori di forza, l'acquisizione ed il condizionamento del segnale di misura in uscita dal ponte. I dati relativi alla centralina sono riportati in Tabella 2.

La centralina ha inoltre una funzione automatica, comunemente denominata *autocalibrazione*, che migliora l'accuratezza dello strumento mediante dei parametri di correzione interna, solitamente impostati dal costruttore. Tale funzione automatica è stata tenuta normalmente inattiva ed indotta manualmente trenta secondi prima di ogni lettura, lasciandola poi disinserita. In questo modo si è cercato di assicurare sempre le medesime condizioni di lettura e di evitare che la correzione interna potesse intervenire proprio durante la fase di acquisizione, alterandone il valore.

Tabella 2: Dati della centralina

Costruttore	AEP
Modello	MP6 Plus
Matricola	6001

3 Taratura dei trasduttori di forza

Nell'ottobre del 2014 sono state eseguite le tarature dei trasduttori di forza secondo la norma ISO376 [1], sia in compressione che in trazione.

Prima di ogni sessione, la catena dinamometrica di trasferimento è stata alloggiata nel laboratorio in cui si svolgono le misurazioni per almeno 8 ore, con l'alimentazione applicata, in modo da raggiungere le condizioni d'equilibrio termico.

Prima di eseguire ogni taratura, è stato applicato per tre volte un precarico pari alla corrispondente portata massima di ogni catena dinamometrica. Ogni precarico è stato applicato per un tempo di tre minuti.

I livelli di forza sono misurati in diverse posizioni angolari, ruotando il trasduttore di forza sulla base d'appoggio e avendo cura di non modificarne la posizione rispetto alla direzione verticale d'applicazione della forza.

I vari livelli di forza sono applicati al trasduttore di forza secondo una sequenza crescente di valori.

Definita una posizione angolare di partenza, denominata posizione a 0°, sono eseguiti due cicli di misura (per verificare la ripetibilità delle misure) ed un ciclo, rispettivamente, nelle posizioni a 120° e a 240° (al fine di verificare la riproducibilità delle misure). Ad ogni applicazione di carico, compresa l'assenza di carico, si sono attesi trenta secondi prima di registrare il valore di lettura.

Per tutte le prove è stata registrata la temperatura ambiente, sia all'inizio e sia alla fine della taratura.

Dal momento che le tarature sono state eseguite per confronto sotto il campione, l'incertezza minima esprimibile è pari a 5E-04, adeguata alle richieste del committente che richiedeva un errore massimo del 4E-03 [2]. In Tabella 3 sono riportate le incertezze estese sui singoli punti dei trasduttori di forza ottenuti dalle tarature eseguite.

Tabella 3: Incertezze estese sui singoli punti

Forza /kN	TdF 1		TdF 2		TdF 3	
	T /%	C /%	T /%	C /%	T /%	C /%
1000	0.209	0.106	0.132	0.180	0.131	0.167
2000	0.085	0.080	0.111	0.075	0.086	0.159
3000	0.085	0.057	0.099	0.072	0.105	0.155
4000	0.082	0.055	0.093	0.075	0.088	0.153
5000	0.079	0.054	0.089	0.071	0.092	0.146
6000	0.078	0.054	0.083	0.070	0.089	0.142
7000	0.072	0.053	0.078	0.071	0.090	0.141
8000	0.072	0.055	0.073	0.081	0.088	0.138
9000	0.071	0.055	0.072	0.068	0.083	0.138
10000	0.072	0.054	0.069	0.060	0.082	0.131

In accordo con l'azienda, è stata scelta come incertezza estesa complessiva per ogni taratura quella con il valore più elevato, ossia 2,09E-03. Questa scelta è stata presa per semplificare la riferibilità della misura e per incrementare il margine di errore delle misurazioni eseguite col BUS da 30MN.

4 Il telaio di inversione per le prove in trazione

Come già accennato in precedenza, il campione di riferimento MCF 3.5.9 (composto dalla catena dinamometrica di riferimento MCF 9000 e dalla pressa idraulica Emanuel) può essere usato unicamente per le prove in compressione. Al fine di poter eseguire anche prove in trazione, è stato necessario realizzare un apposito telaio di inversione. Il funzionamento del telaio può essere facilmente descritto tramite la Figura 1, in cui si vede il telaio di inversione senza il cappello superiore su cui viene applicata la forza.

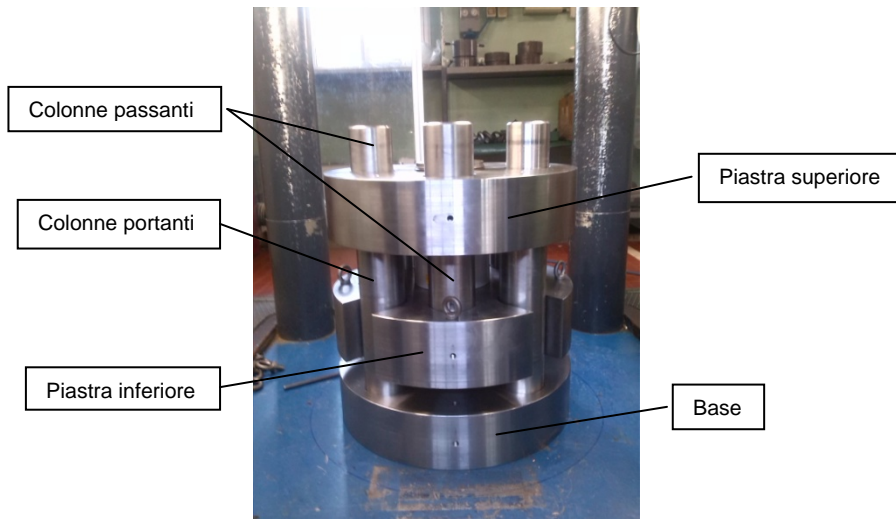


Figura 1: Telaio di inversione

La forza, attraverso il cappello superiore di spinta, viene applicata sulle quattro colonne passanti e trasferita alla piastra inferiore, a cui è fissato il trasduttore di forza. La piastra superiore, a cui è appeso il trasduttore di forza, è invece solidale con la base del telaio di inversione grazie alle quattro colonne portanti che la sorreggono. Perciò, quando viene applicata una forza, la piastra inferiore viene spinta verso il basso, mentre la piastra superiore rimane fissa, e di conseguenza il trasduttore di forza viene posto in trazione. Un simile telaio di inversione, se dimostrasse una riproducibilità delle misure senza effetti spuri non trascurabili anche col passare del tempo, potrebbe rappresentare un ulteriore progresso del servizio offerto dall'INRiM alle industrie sia nazionali che estere.

5 La nuova slitta

La conformazione della pressa, e la presenza di barriere protettive necessarie per assicurare l'incolumità dell'operatore durante le misure, rendono spesso laborioso e difficoltoso la collocazione dei trasduttori di forza, soprattutto quelli di dimensioni maggiori e aventi strutture per la taratura ad hoc (come ad esempio le culle per la taratura di perni). Ciò si traduce in una minore accuratezza nella centratura dei trasduttori di forza in esame, e un conseguente decentramento dello stesso nell'ordine del millimetro. L'impiego di una slitta ha invece permesso di superare le limitazioni geometriche della macchina, e la possibilità di collocare i trasduttori di forza in minor tempo e con maggiore accuratezza, anche grazie all'ausilio di un carro ponte, riducendo così di un ordine di grandezza l'errore sul decentramento.

6 Confronto dei trasduttori di forza

A distanza di un anno, i trasduttori di forza sono stati nuovamente tarati, sia in trazione che in compressione, seguendo i criteri e le modalità già espresse nei paragrafi precedenti. Gli elementi sotto esame sono stati la bontà dei fit, soprattutto a distanza di un anno, realizzati nell'autunno del 2014, la riproducibilità delle misure tramite il telaio di inversione ed eventuali effetti dovuti alla presenza della slitta. Per evidenziare possibili differenze tra le diverse misure, si è deciso pertanto di tarare le trasduttori di forza non più in milliVolt/Volt, bensì direttamente in kiloNewton tramite l'applicazione delle rispettive curve di tarature precedentemente realizzate.

Tabella 4: Incertezze estese sui singoli punti durante il confronto

Forza /kN	TdF 1		TdF 2		TdF 3	
	T /%	C /%	T /%	C /%	T /%	C /%
1000	0.153	0.182	0.184	0.114	0.179	0.134
2000	0.101	0.088	0.113	0.089	0.090	0.085
3000	0.079	0.079	0.115	0.086	0.073	0.063
4000	0.082	0.074	0.083	0.076	0.070	0.063
5000	0.069	0.060	0.090	0.068	0.068	0.059
6000	0.068	0.061	0.093	0.067	0.067	0.058
7000	0.068	0.063	0.093	0.068	0.067	0.057
8000	0.066	0.065	0.087	0.066	0.065	0.056
9000	0.066	0.061	0.089	0.067	0.066	0.055
10000	0.066	0.060	0.085	0.065	0.066	0.054

Come si può vedere dalla tabella, l'incertezza massima risultante sui singoli punti, anche in questo caso scelta come incertezza estesa di tutti i confronti, è inferiore all'incertezza estesa della taratura eseguita nel 2014 ed è pari a $1,84E-03$. Ciò dimostra che il telaio di inversione usato durante le diverse tarature ha risposto correttamente alle sollecitazioni senza creare effetti indesiderati sulla misurazione, e che la presenza della slitta non altera il risultato delle tarature, ma agevola sensibilmente il lavoro dell'operatore addetto alla macchina campione di forza, permettendogli una centratura della trasduttore di forza con maggior accuratezza ed in minor tempo, grazie all'uso del carro ponte presente nel padiglione.

Tabella 5: Errori sui valori medi dei singoli punti durante il confronto

Forza /kN	TdF 1		TdF 2		TdF 3	
	T /%	C /%	T /%	C /%	T /%	C /%
1000	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	6.67E-04	1.00E-03
2000	1.67E-04	1.33E-03	3.33E-04	1.83E-03	1.67E-04	1.67E-04
3000	7.78E-04	1.22E-03	1.11E-04	1.67E-03	3.33E-04	7.78E-04
4000	5.83E-04	1.67E-03	1.67E-04	1.83E-03	8.33E-05	5.83E-04
5000	9.33E-04	1.67E-03	2.00E-04	1.87E-03	2.00E-04	9.33E-04
6000	1.22E-03	1.83E-03	5.56E-05	1.89E-03	0.00E+00	1.22E-03
7000	1.14E-03	1.71E-03	9.52E-05	1.81E-03	9.52E-05	1.14E-03
8000	1.42E-03	1.88E-03	4.17E-05	1.88E-03	4.17E-05	1.42E-03
9000	1.37E-03	1.81E-03	7.41E-05	1.85E-03	7.41E-05	1.37E-03
10000	1.37E-03	1.83E-03	6.67E-05	1.97E-03	1.00E-04	1.37E-03

Durante il confronto, l'unità di misura scelta per la lettura del valore della trasduttore di forza non è stato in milliVolt/Volt ma direttamente in kiloNewton, usando la curva di taratura precedentemente ottenuta. Come si può osservare dalla tabella, nessun valore supera l'incertezza dichiarata in fase di taratura pari a $2,09E-03$, e questo indica non solo

la bontà dei trasduttori di forza ma soprattutto la bontà della taratura eseguita nel 2014, oltre ad indicare nuovamente una non osservabilità di interferenze nella lettura dovute al telaio di inversione o alla slitta installata.

Bibliografia

- [1] UNI EN ISO 376, "Metallic materials – Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines", 2011.
- [2] EURAMET, Uncertainty of Force Measurements, Version 2.0, 03/2011.
- [3] ISO-GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", 1999.
- [4] UNI CEI ENV 13005:2000, "Guida all'espressione dell'incertezza di misura".
- [5] EA-4/02, "Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration", December 1999.