



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



ISTITUTO NAZIONALE PER STUDI ED
ESPERIENZE DI ARCHITETTURA NAVALE

Technical Report: Horizontality
measurement of INSEAN carriage N. 1
displacement.

A. Moriconi - M. Sale

HORIZONTALITY MEASUREMENT OF INSEAN CARRIAGE N.1 DISPLACEMENT

MISURA DELL'ORIZZONTALITA' DELLO SPOSTAMENTO DEL CARRO DINAMOMETRICO N.1

Alessandro MORICONI
Mauro SALE

CNR - I.N.S.E.A.N.

Centro Nazionale delle Ricerche

Istituto Nazionale Studi ed Esperienze
di Architettura Navale - Roma

Ottobre 2011



INDICE

Abstract	3
Sommario	3
Introduzione	3
1. L'impianto e la tecnica di misura utilizzata	4
2. La sonda utilizzata	4
3. Le misure eseguite	4
4. Presentazione e analisi dei risultati	5
6. Conclusioni	6
7. Bibliografia	6
Tabella 1: tabella di taratura dello strumento di misura	7
Tabella 2: rilievi in funzione della distanza	8
Tabella 3: angoli d'inclinazione in funzione della distanza	9
Foto 1: particolare di uno dei registri dei binari	10
Foto 2: sonda kenek	10
Figura 1: variazione dell'altezza del carro N.1 rispetto al punto iniziale	11
Figura 2: angolo d'inclinazione del carro N.1	12

Abstract

The aim of the present work is to estimate the horizontality of the displacement of INSEAN Carriage N.1 as the parallelism between its vector and the free water surface.

A lot of measures have been performed along all the useful part of the basin, from the narrow part where models are prepared to pillar n. 40.

Sommario

Obiettivo del presente studio è quello di valutare l'orizzontalità del movimento del carro dinamometrico N.1 dell'INSEAN, intesa come parallelismo tra il suo vettore spostamento e la superficie libera del bacino.

Sono state eseguite misure lungo tutto il campo di utilizzo del bacino di prova N.1, dalla vaschetta utilizzata per l'approntamento dei modelli fino alla colonna 40.

Introduzione

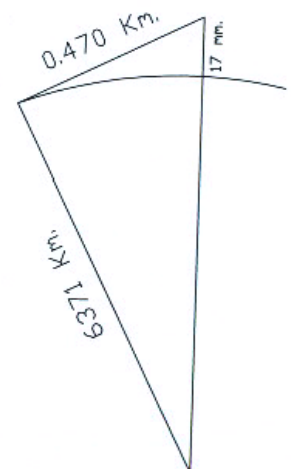
In tutti gli esperimenti svolti in una vasca navale, l'invariabilità della distanza del carro dinamometrico dalla superficie libera è fondamentale per l'accuratezza di molte delle misure eseguite durante i test, sia in assetto bloccato che in assetto libero. Nel primo caso è evidente l'importanza di tale condizione, in quanto se non si verificasse varierebbe l'immersione dell'oggetto in prova durante il test, modificando le forze idrodinamiche in gioco; nel secondo caso il modello è svincolato quindi l'idrodinamica dell'esperimento è rispettata, ma la strumentazione è solidale al carro, risulta quindi inficiata la misura ad esempio delle sovraimmersioni, né rimangono costanti gli angoli della linea di tiro e di contro tiro.

Quanto fosse importante l'orizzontalità dello spostamento del carro e quindi dei binari su cui esso poggia, era ovviamente ben noto a coloro che realizzarono gli impianti dell'Insean negli anni '70, tanto che essi sono dotati di appositi registri per la regolazione in altezza. (Foto 1)

E' opportuno sottolineare che, se si vuole mantenere costante la distanza dalla superficie dell'acqua, è necessario posizionare i binari considerando la curvatura della terra; trascurarla infatti significherebbe, su una distanza di 470 m (la lunghezza del bacino N.1 dell'INSEAN), commettere un errore di circa 17 mm.

In origine tale allineamento fu realizzato disponendo lungo tutto il bacino, una livella ad acqua che, sfruttando il principio dei vasi comunicanti, consentì di posizionare i binari sempre alla stessa distanza dalla superficie libera.

Con il presente lavoro abbiamo voluto indagare quanto, a distanza di circa 40 anni dalla sua costruzione, il bacino N.1 dell'Insean abbia mantenuto tale requisito.





1. L'impianto e la tecnica di misura utilizzata

Il bacino N.1 dell'INSEAN è lungo circa 470 metri, largo 13.5 e profondo 6.5. Il carro dinamometrico in pianta è un rettangolo lungo circa 15 metri e largo quanto il bacino stesso, che poggia su 4 coppie di ruote poste ai due lati e distanti circa 11 m una dall'altra.

L'orizzontalità dello spostamento del carro è stata valutata misurando la distanza di un punto solidale con il carro rispetto al pelo libero dell'acqua, al variare della posizione lungo il bacino. Ai fini di questo tipo d'indagine, che necessita di una superficie libera il più possibile piana, l'assenza di onde è evidentemente determinante. Per evitare al massimo la loro presenza, sia ad alta che a bassa frequenza, i test sono stati svolti attendendo almeno 72 ore dopo l'ultima immissione d'acqua in bacino, dopo almeno 5 giorni di assenza di prove, con le porte del bacino chiuse e spostandosi con il carro alla velocità di 0.5 m/s, dopo aver comunque tolto dall'acqua la sonda ed il suo cavo elettrico di riferimento.

Sono state eseguite acquisizioni di 240 secondi per tenere conto di eventuali onde lunghe residue delle quali non è comunque apparsa traccia nell'analisi dei rilievi temporali. La frequenza di acquisizione utilizzata è stata scelta molto bassa per evitare file molto pesanti e per la sicura assenza di alte frequenze nel fenomeno in esame.

2. La sonda utilizzata

E' stata utilizzata una sonda kenek generalmente usata per la misura dell'altezza d'onda nelle prove di seakeeping. Questo tipo di sonda ha la caratteristica di sfiorare appena la superficie dell'acqua senza generare quindi alcuna onda. (Foto 2)

La tabella 1 mostra i valori di taratura eseguiti e riassume tra l'altro le caratteristiche tecniche principali dello strumento utilizzato.

Dalla stessa tabella si evince che l'incertezza espansa dello strumento è 0.164 mm.

3. Le misure eseguite

La posizione 0 è stata per semplicità posta in corrispondenza della colonna "0" del bacino, anche se in tale punto non è stata eseguita alcuna misura poiché la sonda è stata posizionata al centro della zona in cui vengono generalmente approntati i modelli in prova, e tale posizione, con il carro tutto indietro, coincide con la colonna "1". Le colonne distano una dall'altra 9.6 m ed il primo rilievo è stato quindi eseguito a 9.6 m; è rispetto a questo punto che sono state calcolate le variazioni in altezza di tutto il bacino, in altre parole tutti i rilievi sono stati nettati con il valore misurato alla colonna "1".

Inizialmente sono stati acquisiti tre rilievi alla velocità di 0.5 m/s, lungo tutto l'impianto, per valutare quale fosse a livello qualitativo l'andamento del fenomeno in analisi, così da poter decidere dove eseguire le misure da fermo, stabilendo di infittirli nelle zone con le maggiori variazioni. La parte iniziale (fino alla colonna 10) e quella finale (dalla colonna 36 alla 40) sono quelle risultate più variabili: in queste sono stati eseguiti rilievi ad ogni colonna; nella parte centrale invece le misure sono state effettuate ogni 3 colonne.



Sono stati poi eseguiti 27 rilievi da fermo più due acquisizioni per l'azzeramento in due giorni diversi: 13 il primo giorno più lo zero e 14 il secondo più ancora lo zero di riferimento; tutte le misure sono state per semplicità effettuate in corrispondenza delle colonne. Il secondo giorno sono state ripetute 2 misure eseguite il giorno precedente per saggiare la ripetibilità dei risultati. Le misure all'interno dello stesso giorno sono state eseguite nell'arco di circa 2 ore.

4. Presentazione e analisi dei risultati

L'elenco dei risultati ottenuti è riportato in Tabella 2.

E' interessante notare che i rilievi eseguiti nei due giorni siano assolutamente congruenti e che i punti ripetuti manifestino differenze dell'ordine dei centesimi di millimetro, ben al di sotto dell'incertezza espansa dello strumento utilizzato.

In figura 1 ne è riportato il grafico in funzione della distanza dall'inizio del bacino; i punti sperimentali sono stati evidenziati con "◇".

Al fine di rendere la rappresentazione dei risultati più comprensibile e fruibile, nel grafico è stata riportata anche la pianta dei due bacini rettilinei. Appare evidente come i binari su cui si muove il carro dinamometrico subiscano un repentino abbassamento dell'ordine del millimetro nei primi 30 m, rimangano ad un'altezza pressoché costante fino a 250 m, per ricominciare poi a scendere nell'ultimo tratto.

Per quanto non siamo in possesso di rilievi sull'orizzontalità del bacino effettuati all'epoca della costruzione dell'impianto, rilievi che sarebbero stati comunque eseguiti con strumenti certamente meno affidabili di quelli di cui siamo a disposizione oggi, possiamo ipotizzare che inizialmente i binari fossero molto più "orizzontali" di quanto non lo siano oggi, visto che gli errori trovati con la presente indagine sono dell'ordine dei 3 mm, ovvero di una quantità già apprezzabile con gli strumenti esistenti alla fine degli anni '70.

Tale decadimento potrebbe essere riferito a varie cause:

- consumo dei binari dovuto allo sfregamento necessario per la loro pulizia, un tempo realizzata a mano ed ora elettricamente: i binari infatti risultano per tutta la loro lunghezza più bassi del punto iniziale, punto in cui, quando venivano puliti a mano, stazionava il carro, cosa che rendeva la pulizia difficoltosa e meno energica rispetto al resto, e punto in cui ora, che vengono puliti elettricamente, le spazzole non arrivano, visto che sono posizionate davanti alle ruote anteriori del carro, ovvero a circa 16 m minimo dal punto iniziale;
- consumo dei binari dovuto all'attrito volvente generato dal rotolamento delle ruote del carro;
- assestamento strutturale della parte finale del bacino: dal grafico risulta infatti abbastanza evidente che dai 250 m in poi è presente un peggioramento notevole dovuto forse al fatto che proprio in quella zona termina il bacino N.2 e diminuisce quindi la stabilità del bacino N.1, essendo le due strutture in cemento armato legate tra loro.

In tabella 3 sono riportati anche i valori dell'angolo d'inclinazione dei binari sempre al variare della distanza dal punto iniziale, ottenuti come l'arcotangente del rapporto incrementale tra le altezze e le distanze di rilievi contigui. In figura 2 ne è riportato il grafico, dal quale è evidente che per quasi tutto il bacino l'inclinazione raggiunge punte massime di un grado e che i problemi maggiori sono presenti nel primo tratto dove invece l'angolo supera abbondantemente tale valore.



Queste misure oltre a non avere una buona accuratezza, essendo state ottenute come grandezze derivate, tra i 100 e i 350 m hanno l'imprecisione dovuta al fatto che in effetti l'inclinazione del carro dipende dai punti in cui le ruote sono poggiate ai binari, e le ruote, come detto, distano tra loro 15 metri, mentre invece le distanze tra le misure sono multipli di 9.6 m. Sarebbe quindi necessario, per avere dei risultati più accurati, posizionare un inclinometro sul carro, ed effettuare delle misure dirette. I valori dell'angolo quindi sono da considerare solo per il loro ordine di grandezza e come base per avviare un eventuale indagine futura.

6. Conclusioni

I rilievi effettuati mostrano che, pur essendo passati circa 40 anni dalla costruzione degli impianti dell'Insean, i binari del bacino N.1 si sono sì leggermente abbassati, ma nel complesso hanno mantenuto una buona orizzontalità.

Tuttavia, nelle prove in assetto libero le misure delle sovraimmersioni sono dell'ordine di grandezza di alcuni millimetri ed hanno un'accuratezza di qualche decimo di millimetro, e in assetto bloccato l'accuratezza delle immersioni è dell'ordine del mezzo millimetro e le altre grandezze misurate sono fortemente dipendenti dall'immersione realizzata; è quindi consigliabile un riallineamento delle rotaie, visto che le differenze riscontrate sono dell'ordine di qualche millimetro.

I binari sono dotati di appositi registri per la regolazione in altezza, sui quali sulla base del presente lavoro, si potrebbe operare per eliminare al meglio le imprecisioni. In tal caso sarebbe certamente più veloce agire sulla parte iniziale e quella finale, portando tutto ad una quota pari a -1 mm rispetto all'attuale posizione del punto iniziale. Tale operazione andrebbe comunque eseguita mediante l'utilizzo di un sistema di riferimento puntuale su tutta la lunghezza del bacino.

7. Bibliografia

R. De Santis (1964) "Il nuovo centro di idrodinamica" - *Estratto dalla Rivista TECNICA ITALIANA n.12, dicembre 1964.*

E. Balzerano (1975) "Some notes on the facilities of I.N.S.E.A.N." - *Polish-Italian Seminar in the field of scientific cooperation concerning the ship hydrodynamic.*

Tabella 1

CALIBRATION REPORT nr. 1270

Measuring instrument characteristic				calibration and standard data			
Instrument	Manufacturer	model/type	N° identification	measurement procedure	laboratory standard	reference standard	reference data standard
wave meter	KENEK	SHT3-30	KEN148-L	PR-31	calliper	s/n 3347	see Mod-09
measurement unit	nominal range	calibration range	limiting operating conditon				
mm	300	-80 ÷ 60	1% (nominal range)	Calibration conditions			
repeatability	resolution	hysteresis	target uncertainty*	temperature	relative humidity	fixing position	framework
	0.015	0.0	0.20	20 °C	62%	vertical	Remmers and wood
Measurement result				Measurement uncertainty			
reference standard	measured value (V)	reference value	fit value	difference (ref-fit) (abs. value)	standard**	combined*	expanded*** (relative)
calliper	2.3014	0.0001	-0.4715	-0.4715	0.0034	0.272	
/	1.9037	-20.0000	-20.2413	-0.2413	0.0034	0.140	-0.70
/	1.5033	-40.0000	-40.1483	-0.1483	0.0034	0.086	-0.22
/	1.1040	-60.0000	-60.0017	-0.0017	0.0034	0.009	-0.01
/	0.7061	-80.0000	-79.7839	0.2161	0.0034	0.125	-0.16
/	2.3164	0.0000	0.2732	0.2732	0.0034	0.158	
/	2.7172	20.0000	20.2016	0.2016	0.0034	0.117	0.58
/	3.1173	40.0000	40.0928	0.0928	0.0034	0.054	0.14
/	3.5171	60.0000	59.9700	-0.0300	0.0034	0.020	0.03
/	2.3131	0.0000	0.1092	0.1092	0.0034	0.064	
				uncertainty fit*	maximum	maximum	
				2.46E-01	0.2732	0.003	
Uncertainty valuation and conformity analysis				Data for testing			
combined uncertainty		0.25 mm		signal conditioner SH s/n 148181	slope mm/V 49.7154	intercept mm -114.8859	uncertainty mm 0.49
expanded uncertainty ***		0.49 mm					
expanded uncertainty (relative)		0.164 Conform					
Note: typical standard deviation for every input (over 200 observations) 0,27 mV							
* according to PR-31 procedure ** total uncertainty for reference standard *** for approximately 95% coverage interval				Date	Performer	Signature	
				23/09/2011	M.Sale		

Tabella 1: *tabella di taratura dello strumento di misura*



Tabella 2

Distanza	Δ altezza
<i>m</i>	<i>mm</i>
9.6	0.0
9.6	0.0
14.4	-0.40
19.2	-0.70
28.8	-1.05
38.4	-0.93
38.4	-0.90
48.0	-0.89
57.6	-0.91
67.2	-0.86
76.8	-0.89
86.4	-1.07
96.0	-1.13
124.8	-1.19
124.8	-1.24
153.6	-1.41
182.4	-1.40
211.2	-1.50
240.0	-1.52
249.6	-1.51
268.8	-1.73
297.6	-2.13
326.4	-2.64
345.6	-3.00
355.2	-3.13
364.8	-3.27
374.4	-3.25
384.0	-3.14

Tabella 2: rilievi in funzione della distanza



Tabella 3

Distanza	Angolo
<i>m</i>	<i>deg</i>
12.0	-4.73
16.8	-3.62
24.0	-2.08
33.6	0.70
33.6	0.87
43.2	0.27
43.2	0.09
52.8	-0.13
62.4	0.30
72.0	-0.22
81.6	-1.07
91.2	-0.35
110.4	-0.12
110.4	-0.21
139.2	-0.43
139.2	-0.34
168.0	0.02
196.8	-0.21
225.6	-0.03
244.8	0.04
259.2	-0.65
283.2	-0.80
312.0	-1.00
336.0	-1.10
350.4	-0.76
360.0	-0.85
369.6	0.13
379.2	0.66

Tabella 3: *angoli d'inclinazione in funzione della distanza*



Foto 1: particolare di uno dei registri dei binari

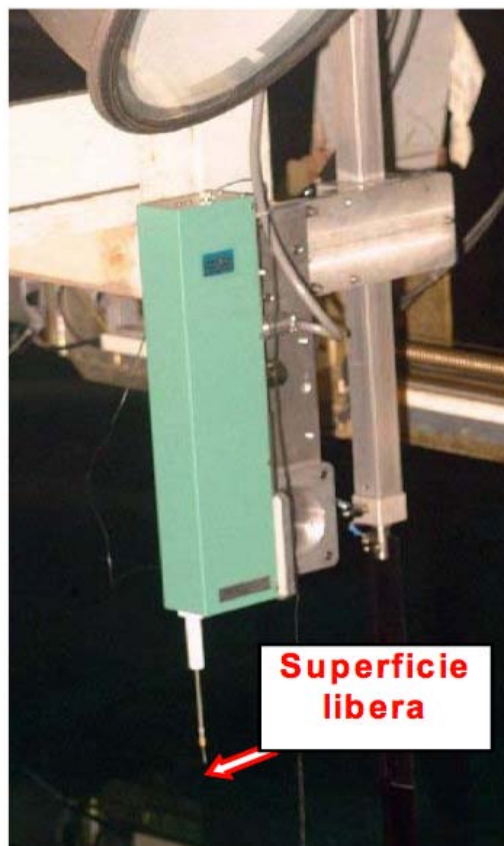


Foto 2: sonda kenek

VARIAZIONE DELLA DISTANZA DEL CARRO N. 1 RISPETTO ALLA SUPERFICIE LIBERA

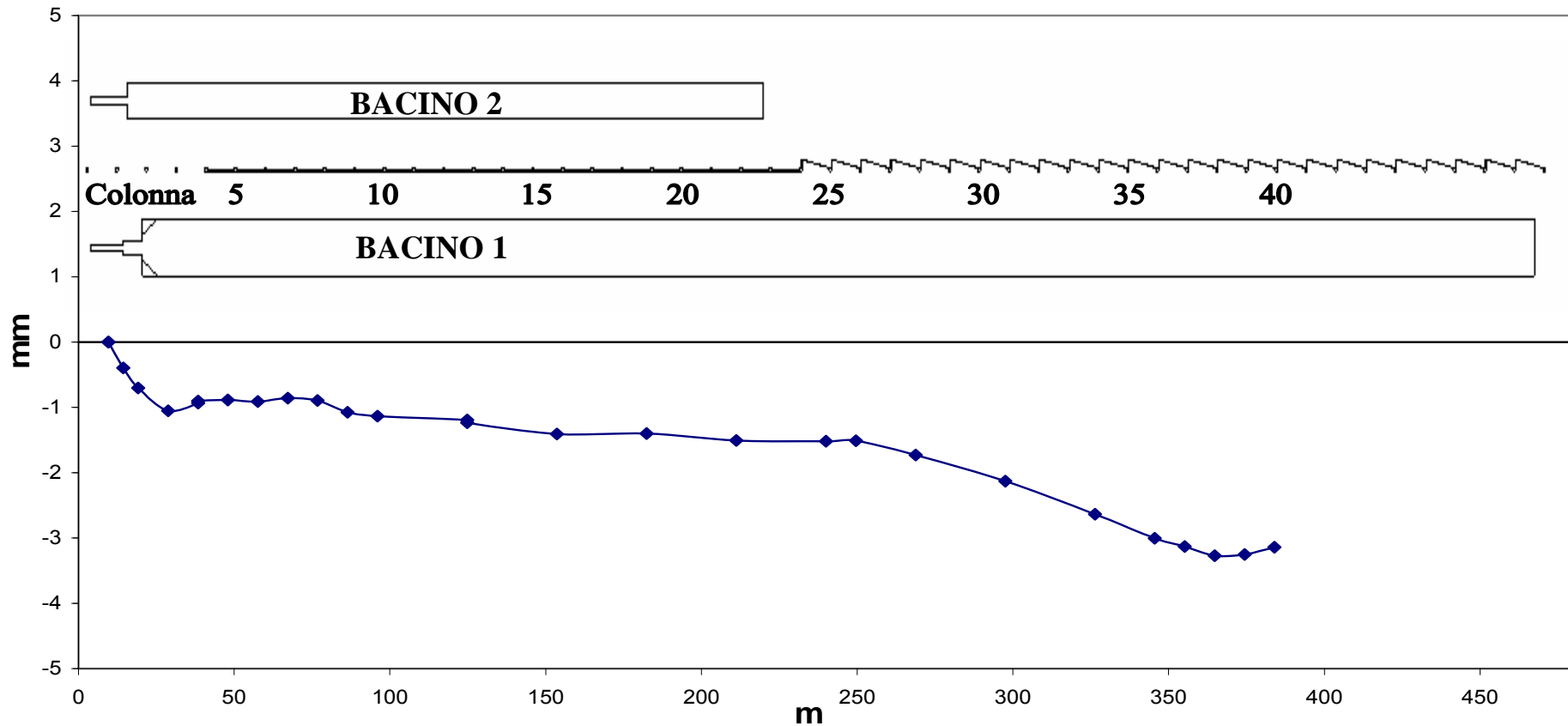


Figura 1: *variazione dell'altezza del carro N.1 rispetto al punto iniziale*

ANGOLO D'INCLINAZIONE DEL CARRO N. 1

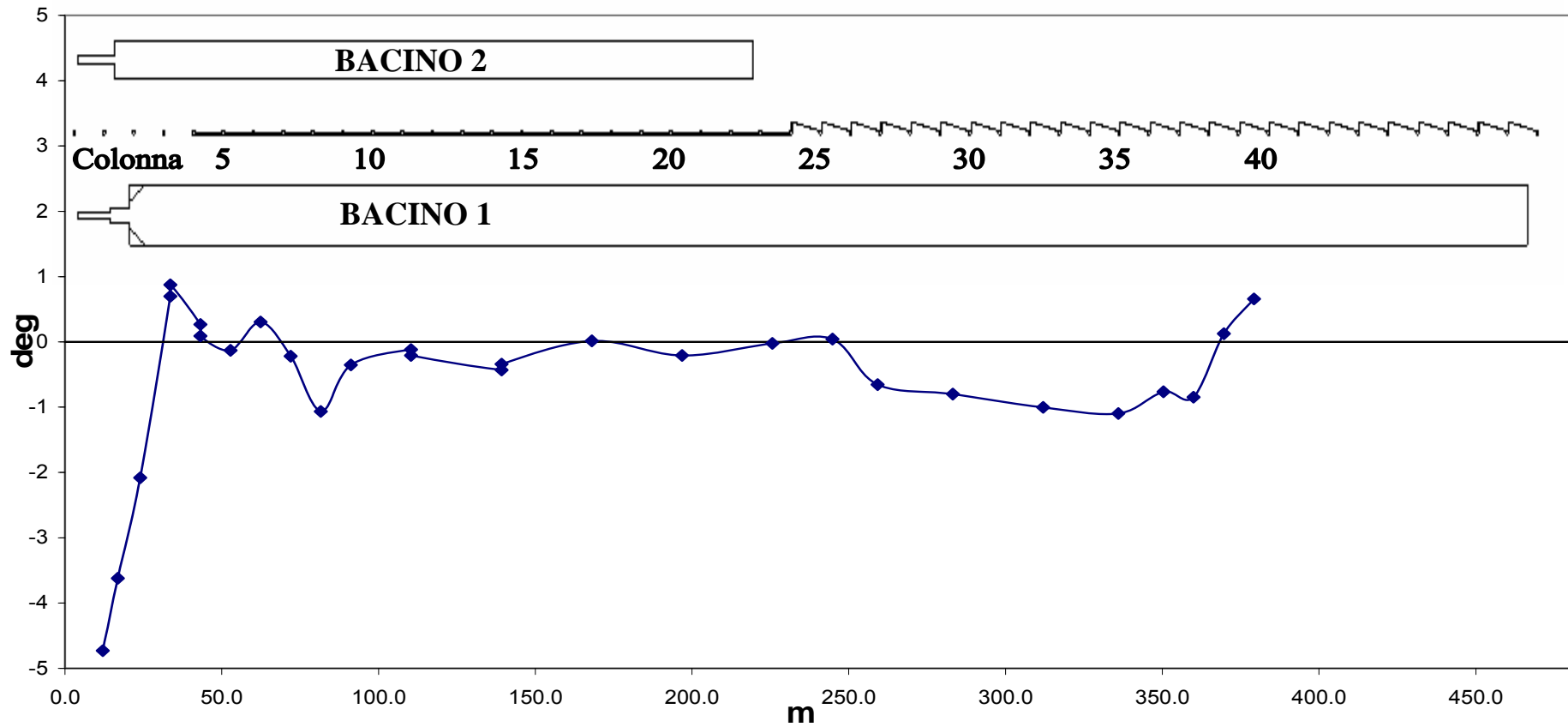


Figura 2: *angolo d'inclinazione del carro N.1*