



Rapporto interno n. 762 – marzo 2008

Strumentazione geotecnica in foro
Sistema Inclino metrico Biassiale

Duilio D'Onofrio

CNR-IRPI – Cosenza, Via Cavour, 4-6, 87030 Rende (CS)

INDICE

Par.	Pag.
1 Descrizione dell'attrezzatura – Sistema Inclinoetrico Biassiale	2
2 Strumentazione geotecnica in foro – Inclinoetro - Modalità di rilievo	3
3 Prove di misura con strumentazione inclinometrica su installazione fissa a parete	7
4 Certificati di calibrazione delle sonde inclinometriche	13

1 Descrizione dell'attrezzatura – Sistema InclinoMetrico Biassiale

- 1.1 Sonda InclinoMetrica Slope Indicator analogica s/n 26180 - P/N 50302510 ("vecchia") - Instrument Constant 25000 – metrica - Data di calibrazione 26.11.2003 (certificato pag. 16)
- 1.2 Sonda InclinoMetrica Slope Indicator analogica s/n 28914 – P / N 50302510 ("nuova") - Instrument Constant 25000 – metrica - *Data di calibrazione 18.11.2003* (certificato pag.13)
- 1.3 Sonda testimone in acciaio
- 1.4 Cavo in acciaio per sonda testimone da 100 m. circa
- 1.5 Digitilt Datamate mod. 50310900 per la lettura e la registrazione dei dati inclinoMetrici
- 1.6 Digitilt Indicator 09 plus s/n 4209 per la lettura dei dati inclinoMetrici
- 1.7 Psion organiser II per la lettura e la registrazione dei dati inclinoMetrici dalla centralina Digitilt Indicator 09 plus
- 1.8 Cavo per sonda inclinoMetrica mod. 50601010 da 98,50 m. – la numerazione inizia dal lato connessione sonda partendo da 1, 50 m. ($100 - 1,50 = 98,50$ m.)
- 1.9 Cavo per sonda inclinoMetrica mod. 50601010 da 60 m. – la numerazione inizia dal lato connessione sonda partendo da 0,00 m.
- 1.10 Prolunga Cavo per sonda inclinoMetrico mod. 50601010 da 55 m. – la numerazione inizia dal lato connessione sonda partendo da 0,00 m.



2 Strumentazione geotecnica in foro – Inclinometro - Modalità di rilievo

2.1 Operazioni preliminari

- controllo visivo della strumentazione
- verificare il livello di carica delle batterie del registratore “DATA MATE” :

Tensione di Test Delle Batterie	Tempo di utilizzo Rimanente
5.8 V	6.5 ore
5.7 V	2.5 ore
5.6 V	1 ora
5.5 V	15 minuti

- controllare il “DATA MATE” dalle “Utilities” – “Tmp.” – “Humidity” il livello di umidità. Questa deve essere compresa tra il 20 % e il 60 % per garantire un funzionamento ottimale, se l’umidità supera il 75% intervenire al fine di ripristinare i livelli ottimali. Aprire il “DATA MATE”, utilizzando dei guanti in lattice ed avendo cura di non toccare nessun componente elettronico (una scarica elettrostatica potrebbe danneggiarne l’elettronica) cercare il sacchetto disidratante posto tra le batterie ed il pannello frontale sostituirlo oppure ripristinarne l’efficienza ponendolo in forno a 121° C per 16 ore.
- verificare la funzionalità del freatimetro ed il livello di carica delle batterie (tasto di test)

2.2 strumentazione e accessori

- freatimetro
- registratore “DATA MATE”
- tubo di prolunga con carrucola
- falsa sonda inclinometrica + cavo
- sonda inclinometrica + cavo T.D.
- bussola
- metro
- telo di protezione
- modulo di rilievo, (vedi punto 2.5) per trascrizione dati e note inerenti la misura

2.3 Rilievo

2.3.1 Preliminari

- stendere il telo protettivo attorno al foro del sondaggio
- innestare il tubo di prolunga nel foro e verificarne l’altezza fuoriterra

- inserire la falsa sonda inclinometrica e verificare la libertà di scorrimento nel tubo della stessa nei due assi di ispezione fino alla profondità del sondaggio (Figura 1)
- assemblaggio e verifica strumenti
- connettere la sonda inclinometrica con il cavo T.D. ed il registratore “DATA MATE”, verificando la pulizia delle connessioni
- innestare il pulsante di invio al registratore
- accendere il “DATA MATE” in modo da alimentare gli accelerometri. Ciò li rende meno sensibili agli urti
- verificare il corretto scorrimento delle rotelle della sonda
- settaggio strumento

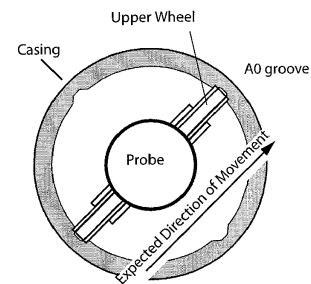


Figura 1 – sezione tubo e sonda

- a) inserire il nome del punto di rilievo, località e sito
- b) inserire il tipo di sensore
- c) inserire la costante espressa in misura metrica o inglese
- d) inserire la profondità di inizio e fine misura
- e) inserire la distanza di intervallo lettura

2.3.2 Rilievo

Annotare sul modulo di rilievo, vedi punto 2.5:

- la località del sondaggio
- il nome dell'installazione
- la data del rilievo
- il nome dei tecnici
- il nome del punto, in alcuni casi coincidente con i punti di rete GPS
- verificare la profondità del sondaggio ed annotarla segnalando eventuali anomalie di scorrimento
- effettuare un rilievo del livello dell'acqua presente nel foro a mezzo di freatimetro
- annotare il tipo di sonda utilizzato per il rilievo e la relativa costante di calibrazione (rilevabile dal certificato di calibrazione)
- il nome del responsabile del progetto
- individuare la guida di inserimento iniziale della sonda, secondo le indicazioni del responsabile del progetto (tramite la bussola), annotarne l'orientamento della guida N°1 – A0 (Figura 1) e marcare detta guida di riferimento
- inserire la falsa sonda nel foro con la rotella bassa nella guida N°1 – 3 = dir. A0 – A180 ÷ A180 ÷ A0 fino alla profondità di inizio lettura ed ispezionare il sondaggio in risalita, ripetere l'operazione ruotando di 180° e ripetere le operazioni ruotando la sonda di 90° sulla guida 2 – 4 = dir B0 - B180 ÷ B180 ÷ B0.
- se l'ispezione del sondaggio con la falsa sonda non ha fatto rilevare problemi di scorrimento si può procedere al rilievo, altrimenti, notata la difficoltà di scorrimento è opportuno segnare al responsabile del progetto la quota e la guida ostruita o deformata e procedere eventualmente al rilievo da una quota più superficiale
- se l'ispezione preliminare non ha evidenziato problemi, inserire la sonda nel foro con la rotella bassa nella guida N°1 - 3 fino alla profondità di inizio lettura

- attendere 10 minuti per permettere alla sonda di stabilizzarsi alla temperatura del tubo
- iniziare le letture in risalita utilizzando lo stesso riferimento per i segni di profondità sul cavo di controllo (es. fermacavo posizionato dopo la puleggia) e procedere secondo gli intervalli previsti

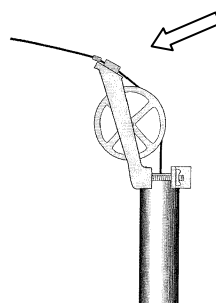


Figura 2 – tubo fuoriterza con carrucola e punto di lettura - (fermacavo ←)

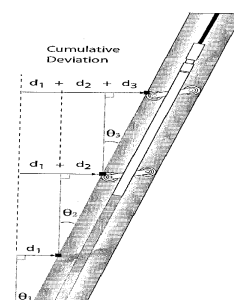


Figura 3 – sez. tubo con sonda

- finita la lettura ruotare la sonda di 180° posizionarla alla profondità d'inizio lettura ed effettuare la reciproca
- salvare i dati delle due letture sul "DATA MATE"
- dopo aver effettuato le operazioni preliminari di settaggio del "DATA MATE" descritte al precedente punto 2.3.1 lettere a) – b) - c) – d) – e) si procede al rilievo della guida 2 - 4 come di seguito descritto
- ruotare di 90° verso destra la sonda rispetto la guida N°1 sulla guida 2 - 4 e ripetere le operazioni precedentemente per l'ispezione della guida 1 - 3
- nel corso dell'ultima risalita procedere alla pulizia del cavo
- salvare i dati delle due letture sul "DATA MATE"
- spegnere il registratore

2.3.3 Disassemblaggio e custodia strumenti

- procedere alla pulizia della sonda, lavaggio e successiva lubrificazione
- disconnettere il cavo avendo cura di pulire i connettori alle estremità del cavo T.D., del registratore, della sonda e chiuderli con i tappi di protezione
- riporre il registratore e la sonda nelle custodie protettive

2.4 In ufficio

2.4.1 Scaricare i dati dal registratore al computer con il programma DMM (Data MateManager for Windows)

2.4.2 Verificare la congruenza dei dati rispetto alle precedenti letture

2.4.3 Elaborazione del rilievo rispetto alla lettura Ø

2.5 Modello di rilievo



Irpi - Sezione di Cosenza

Strumentazione geotecnica in foro – Inclino metro

FOTO DEL SITO

Località _____ Installazione **ACS1**

Data: _____ **L00**

Tecnico **D. D'Onofrio** – _____

Inclinometro n° **L1 – S1**

Profondità **152 m. – DA 42 m.**

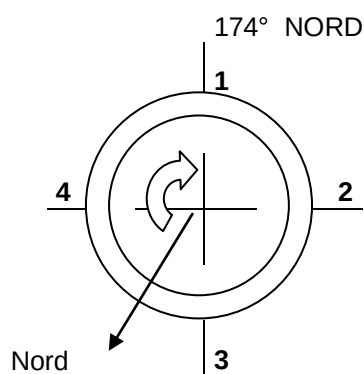
Acqua / Profondità _____ m.

Sonda vecchia – Metric 25000

Digitilt Datamate – Humidity _____ %

Cavo da 60 m.

Resp. Del Prog. _____



Prof. / m	Sez. 1 / 3		Sez. 3 / 1 (180 °)		Sez. 2 / 4		Sez. 4 / 2 (180 °)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1								
10								
20								
30								
40								
42								
50	RILIEVO GPS SULLA TESTA DELL'INCLINOMETRO							
60								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
152								

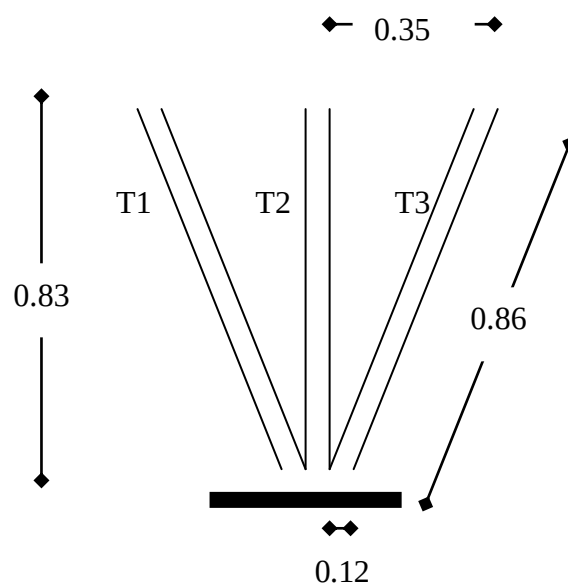
Note :

1) Rotella sonda inclinometro bassa verso valle (GUIDA 1-3);

3. Prove di misura con strumentazione inclinometrica su installazione fissa a parete.

3.1 Premessa

Le prove degli strumenti sono state effettuate utilizzando l'installazione fissa ubicata nei locali del CNR-IRPI di Cosenza, composta da tre tubi posizionati come raffigurato nell'immagine e nello schema sottostante, le letture sono riportate nelle tabelle; 1– letture registrate sul Datamate e Tab. 2 – differenza letture su i canali A e B

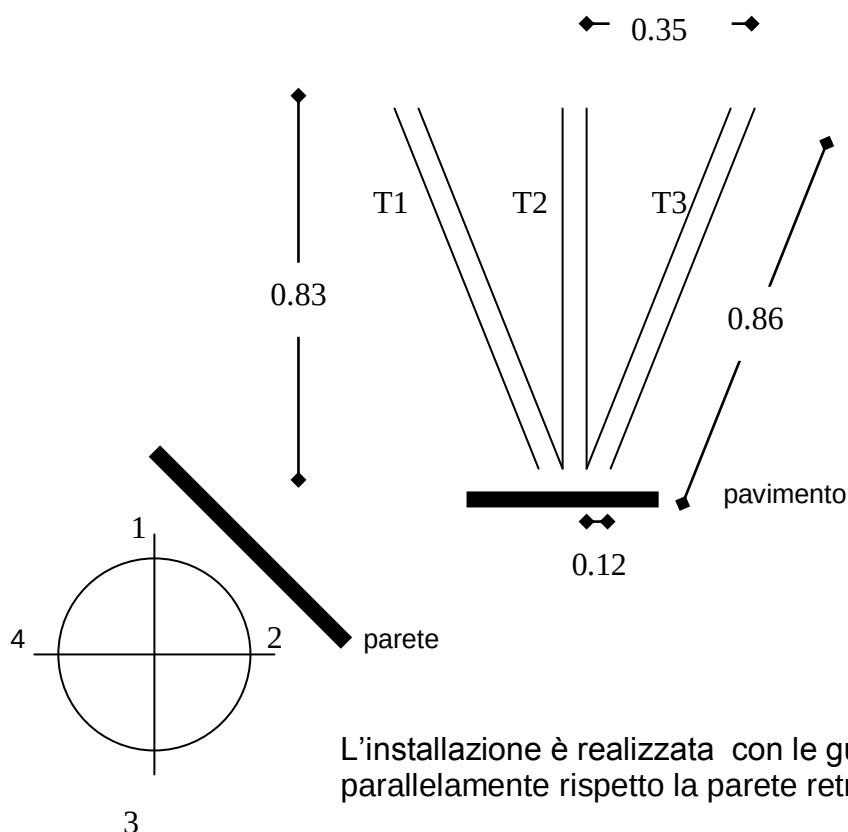


3.2 Prova di misura su i installazione fissa a parete – Sonda inclinometrica “nuova”

Sensor Serial No. 28914 Model 50302510 **29 gennaio 2003** ore 11: 04

Digitilt Datamate mod. 50310900 - Humidity 54.8% Rh – Temp. 19.1°C

Cavo connessione mod. 50601010 da 60 m. Rotella bassa verso il muro 1-3, 2-4.



TUBO	Sez. 1 / 3		Sez. 3 / 1		Sez. 2 / 4		Sez. 4 / 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B
T 1	- 4409	4603	4459	- 4621	4663	4414	- 4592	- 4443
T 2	176	- 173	- 126	- 186	- 156	- 143	209	157
T 3	4639	- 5327	- 4582	5311	- 5303	- 4622	5386	4588

Tab. 1 – letture registrate sul Datamate

TUBO	A		B	
	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)
T 1	50	71	- 18	- 29
T 2	100	53	13	14
T 3	57	83	- 16	- 34

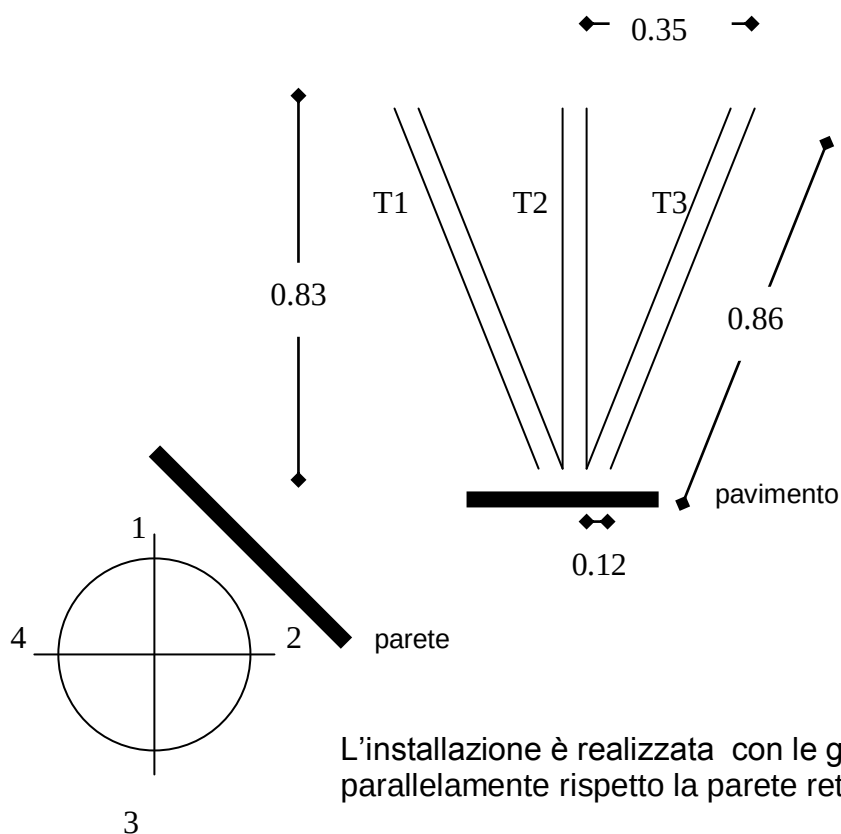
Tab. 2 – differenza letture sui canali A e B

3.3 Prova di misura su i installazione fissa a parete – Sonda inclinometrica “nuova”

Sensor Serial No. 28914 Model 50302510 **17 marzo 2004** ore 11: 30

Digitilt Datamate mod. 50310900 - Humidity 55.9% Rh – Temp. 20.1°C

Cavo connessione mod. 50601010 da 60 m. Rotella bassa verso il muro 1-3, 2-4.



TUBO	Sez. 1 / 3		Sez. 3 / 1		Sez. 2 / 4		Sez. 4 / 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B
T 1	- 4434	4584	4424	- 4620	4617	4393	- 4606	- 4441
T 2	137	- 188	- 153	180	- 194	- 147	183	140
T 3	4592	- 5330	- 4592	5299	- 5330	- 4605	5352	4549

Tab. 1 – letture registrate sul Datamate

TUBO	A		B	
	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)
T 1	- 10	11	- 36	- 48
T 2	- 16	- 11	- 8	- 7
T 3	0	22	- 31	- 56

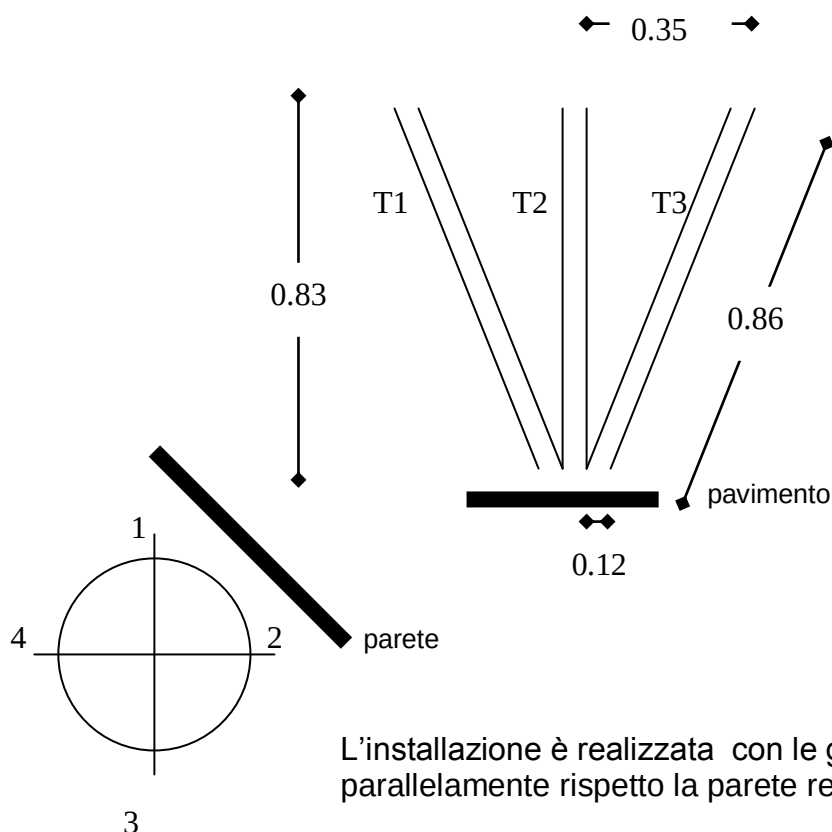
Tab. 2 – differenza letture sui canali A e B

3.4 Prova di misura su i installazione fissa a parete – Sonda inclinometrica “vecchia”

Sensor Serial No. 26180B Model 50302510 **17 marzo 2004** ore 11: 00

Digitilt Datamate mod. 50310900 - Humidity 55.9% Rh – Temp. 20.1°C

Cavo connessione mod. 50601010 da 60 m. Rotella bassa verso il muro 1-3, 2-4.



L'installazione è realizzata con le guide 1 – 2 posizionate parallelamente rispetto la parete retrostante

TUBO	Sez. 1 / 3		Sez. 3 / 1		Sez. 2 / 4		Sez. 4 / 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B
T 1	- 4452	4598	4469	- 4582	4606	4421	- 4595	- 4419
T 2	146	- 177	- 144	183	- 186	- 145	188	144
T 3	4616	- 5309	- 4604	5324	- 5301	- 4596	5344	4578

Tab. 1 – letture registrate sul Datamate

TUBO	A		B	
	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)
T 1	- 17	11	16	2
T 2	2	2	6	1
T 3	12	43	15	- 18

Tab. 2 – differenza letture sui canali A e B

3.5 Confronto di due misure effettuate su i installazione fissa a parete – Sonda inclinometrica “nuova”

E' stata utilizzata l' installazione di prova presente in loco ai tempi delle precedenti prove seguendo la stessa procedura di misura .

Le misure sono state effettuate con la stessa attrezzatura.

La sonda prima di effettuare la 2° misura è stata sottoposta ad intervento di manutenzione e successiva calibrazione corredata di certificato redatto in data 18 novembre 2003 (n.b. la data di prova della seconda misura è stata condizionata dai tempi di riconsegna dopo l'intervento di calibrazione)

1°) Sensor Serial No. 28914 Model 50302510 **29 gennaio 2003** ore 11: 04

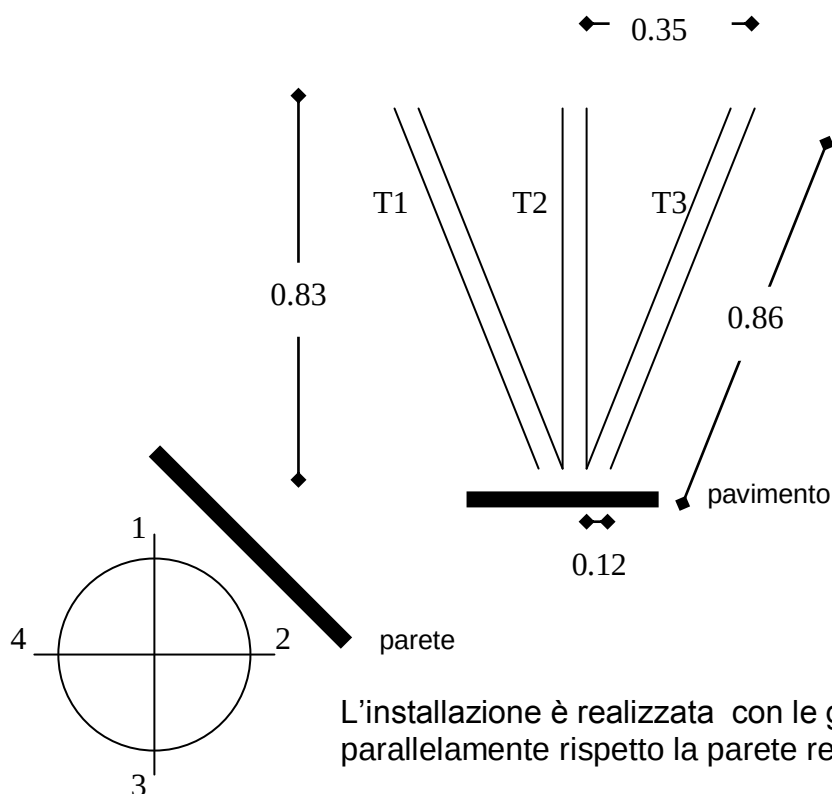
Digitilt Datamate mod. 50310900 - Humidity 54.8% Rh – Temp. 19.1°C

Cavo connessione mod. 50601010 da 60 m. Rotella bassa verso il muro 1-3, 2-4.

2°) Sensor Serial No. 28914 Model 50302510 17 marzo 2004 ore 11: 30

Digitilt Datamate mod. 50310900 - Humidity 55.9% Rh – Temp. 20.1°C

Cavo connessione mod. 50601010 da 60 m. Rotella bassa verso il muro 1-3, 2-4.



L'installazione è realizzata con le guide 1 – 2 posizionate parallelamente rispetto la parete retrostante

Tabella comparativa delle misure effettuate su installazione fissa come descritto al precedente punto 3.5 – tab. 1

TUBO	LETTURA	Sez. 1 / 3		Sez. 3 / 1		Sez. 2 / 4		Sez. 4 / 2	
		A	B	A	B	A	B	A	B
T 1	1°	- 4409	4603	4459	- 4621	4663	4414	- 4592	- 4443
T 1	2°	- 4434	4584	4424	- 4620	4617	4393	- 4606	- 4441
T 2	1°	176	- 173	- 126	- 186	- 156	- 143	209	157
T 2	2°	137	- 188	- 153	180	- 194	- 147	183	140
T 3	1°	4639	- 5327	- 4582	5311	- 5303	- 4622	5386	4588
T 3	2°	4592	- 5330	- 4592	5299	- 5330	- 4605	5352	4549

Tabella comparativa delle misure effettuate su installazione fissa come descritto al precedente punto 3.5 – tab. 2

	LETTURA	A		B	
		(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)	(1/3) - (3/1)	(2/4) - (4/2)
T 1	1°	50	71	- 18	- 29
T 1	2°	- 10	11	- 36	- 48
T 2	1°	- 100	53	13	14
T 2	2°	- 16	- 11	- 8	- 7
T 3	1°	57	83	- 16	- 34
T 3	2°	0	22	- 31	- 56

4. Certificati di calibrazione delle sonde inclinometriche

4.1 Certificato di calibrazione – Sonda inclinometrica “nuova” Sensor Serial No. 28914 Model 50302510

SLOPE INDICATOR

INCLINOMETER CALIBRATION

Sensor Serial No. 28914 Model 50302510 18 November 03
 Instrument Constant = 25000
 Indicator Serial No. 5170 Model 50300940 14:16:00
 Rotary Table Serial No. 92A20162B Page 1 of 3

A axis Zero Offset = -7 Sensitivity† = 0.99997						
θ	(Ideal)	+θ (Rdg)	-θ (Rdg)	DIFF.	(Ideal)	Linearity (%FS)
30°	12500	12525	-12470	24995	25000	-0.017
25°	10565	10583	-10546	21129	21131	-0.005
20°	8551	8559	-8539	17098	17101	-0.010
15°	6470	6473	-6468	12941	12941	0.002
10°	4341	4339	-4343	8682	8682	-0.001
9°	3911	3907	-3914	7821	7822	-0.002
8°	3479	3475	-3483	6958	6959	-0.002
7°	3047	3042	-3050	6092	6093	-0.005
6°	2613	2608	-2618	5226	5226	-0.001
5°	2179	2173	-2184	4357	4358	-0.003
4°	1744	1738	-1749	3487	3488	-0.003
3°	1308	1302	-1314	2616	2617	-0.003
2°	872	866	-878	1744	1745	-0.004
1°	436	430	-442	872	873	-0.002

B axis Zero Offset = -3 Sensitivity† = 1.00007						
θ	(Ideal)	+θ (Rdg)	-θ (Rdg)	DIFF.	(Ideal)	Linearity (%FS)
30°	12500	12436	-12560	24996	25000	-0.023
25°	10565	10521	-10608	21129	21131	-0.013
20°	8551	8521	-8578	17099	17101	-0.013
15°	6470	6453	-6488	12941	12941	-0.003
10°	4341	4332	-4350	8682	8682	-0.004
9°	3911	3903	-3919	7822	7822	-0.001
8°	3479	3473	-3485	6958	6959	-0.005
7°	3047	3041	-3052	6093	6093	-0.004
6°	2613	2608	-2618	5226	5226	-0.003
5°	2179	2175	-2183	4358	4358	0.000
4°	1744	1741	-1747	3488	3488	0.000
3°	1308	1305	-1311	2616	2617	-0.004
2°	872	870	-874	1744	1745	-0.004
1°	436	433	-438	871	873	-0.007

Repeatability and Hysteresis A ≤ 0.000 %FS B ≤ 0.008 %FS						
θ	A1↓	A2↑	A3↓	B1↓	B2↑	B3↓
3° 0'	1302	1302	1302	1305	1305	1305
3° 1'	1310	1310	1310	1313	1312	1312
3° 2'	1317	1317	1317	1320	1320	1320

TERMS AND DEFINITIONS

Inclinometer Calibration data

page 2 of 3

Zero Offset: The Zero Offset is what the probe reads at absolute vertical. The offset is usually eliminated during data reduction, when subtracting readings from opposite traverses through the casing.

Sensitivity: Sensitivity is the slope of the Best Fit Straight Line through the first ten data points on both sides of zero (20 data points total). This figure is used in calculating linearity error.

Linearity (%FS): This is a check on the linearity of the sensor readings. It is calculated as the variation from the best fit straight line in per cent of full scale.

What do I do with these values?

These values have no practical application for end users. The sensitivity value is generally not used unless one is trying to match the output of two different probes (typically from different companies).

The offset value will change due to wear and tear on the probe. However, offset is cancelled by the second (180 rotated) pass through the casing.

These factors are given on the Inclinometer Calibration sheet primarily as a quality check. It is to ensure that the sensor has been tested and verified to be within manufacturing tolerances.

SLOPE INDICATOR

CERTIFICATE OF TRACEABILITY

MANUFACTURER: SLOPE INDICATOR COMPANY

SENSOR: Digitilt Inclinator, P/N 50302510 S/N 28914

Page 3 of 3

This certificate confirms that the equipment listed above has been calibrated in accordance with the manufacturer's specifications with calibration standards that are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST)

CALIBRATION STANDARDS:

Instrument	Manufacturer	Calibration Recall Date
Rotary Table Model DM1100A2 S/N 92A20162B	Yokogawa	09 Oct. 2004
Digitilt Indicator Model 50300940 S/N 5170	Slope Indicator	02 Jul. 2004

The next calibration for this probe will be due 1 year from the date below.

CERTIFIED BY:

John
SLOPE INDICATOR COMPANY

18 November 03

4.1 Certificato di calibrazione – Sonda inclinometrica “vecchia” Sensor Serial No. 26180B Model 50302510

Certificate of Traceability

Manufacturer **Interfels Germany**

Performed for **Belotti**

Equipment Description **Digitilt Inclinometer, P/N** **50302510** **S/N 26180B**

This certificate confirms that the equipment listed above has been calibrated in accordance with the manufacturer's specifications and manufacture's calibration standards.

Calibration Standards:

<i>Instrument</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Calibration Recall Date</i>
DC Standard, Digistant H IOKI 7011 S/N 366	HIOKI	19. September 2004
Rotary Table, Rod 250 S/N 1373543A	Heidenhain	4. November 2004
Digitilt Indicator Model 503009 S/N 11258	Slope Indicator	21.October 2004

Certified by:



Date: 26.11.2003

INTERFELS GmbH

Inclinometer Calibration

Sensor Serial No. 26180B **Model** 50302510 **26. November 2003**
Instrument Constant = 25000
Indicator Serial No. 11258 **Model** 50300940 **12:33:00**
Customer Belotti

Rotary Table Serial No. S/N 1373543A **Heidenhain**

A axis **Zero Offset = -2** **Sensitivity = 0.99994**

θ [DEG]	Ideal [mm/m * 25]	+ θ [mm/m * 25]	- θ [mm/m * 25]	Diff. (+ θ)-(- θ) [mm/m * 25]	Ideal [mm/m * 25]	Linearity [%FS]
30°	12500	12538	-12461	24999	25000	0.002
25°	10565	10592	-10538	21130	21131	0.002
20°	8551	8569	-8533	17102	17101	0.008
15°	6470	6481	-6461	12942	12941	0.008
10°	4341	4346	-4336	8682	8682	0.001
9°	3911	3915	-3908	7823	7822	0.007
8°	3479	3483	-3477	6960	6959	0.007
7°	3047	3050	-3045	6095	6093	0.008
6°	2613	2615	-2611	5226	5226	0.000
5°	2179	2181	-2178	4359	4358	0.006
4°	1744	1746	-1743	3489	3488	0.006
3°	1308	1310	-1307	2617	2617	0.001
2°	872	873	-873	1746	1745	0.005
1°	436	438	-436	874	873	0.006

B axis **Zero Offset = -2** **Sensitivity = 1.00026**

θ [° DEG]	Ideal [mm/m * 25]	+ θ [mm/m * 25]	- θ [mm/m * 25]	Diff. (+ θ)-(- θ) [mm/m * 25]	Ideal [mm/m * 25]	Linearity [%FS]
30°	12500	12497	-12508	25005	25000	-0.006
25°	10565	10564	-10572	21136	21131	-0.002
20°	8551	8551	-8554	17105	17101	-0.002
15°	6470	6471	-6473	12944	12941	-0.001
10°	4341	4343	-4342	8685	8682	0.001
9°	3911	3912	-3912	7824	7822	0.001
8°	3479	3481	-3480	6961	6959	0.002
7°	3047	3049	-3047	6096	6093	0.004
6°	2613	2615	-2613	5228	5226	0.001
5°	2179	2181	-2179	4360	4358	0.004
4°	1744	1746	-1743	3489	3488	0.001
3°	1308	1310	-1308	2618	2617	0.002
2°	872	874	-872	1746	1745	0.002
1°	436	438	-435	873	873	0.001

Checked by: F.Bohm

Date: 26.11.03