



Provincia Regionale di Agrigento

Lavori per il collegamento tra la SS 189 – SS118 – SS115 a servizio dei comuni della montagna, strada Mare – Monti, tratto SS115 – SS118. Progetto definitivo

Esecuzione di Indagini geologiche e geotecniche in sito.

QUADERNO INDAGINI Relazione descrittiva

Rev0 del 26 agosto 2013



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
n. 6527 del 11/07/2011 per l'esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito
di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

Il Direttore di Laboratorio
Geol. Antonello Reale

Geotec S.p.A.



GEOTEC SPA



INDICE:

1.	PREMESSA	2
2.	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	3
	<i>Standard Penetration Test (S.P.T.)</i>	4
	<i>Campionamento</i>	5
3.	INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO	7
	<i>Piezometro a tubo aperto</i>	7
	<i>Tubo in PVC per prova sismica down hole</i>	8
4.	PROVE IN FORO DOWN HOLE	9
5.	RIEPILOGO LAVORAZIONI EFFETTUATE NEI FORI	11
6.	POZZETTI ESPLORATIVI GEOGNOSTICI	12
7.	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	13
8.	PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE	15
9.	TOMOGRFIE GEOELETTICHE	17

GEOTEC SPA	Lavori per il collegamento tra la SS 189 – SS118 – SS115 a servizio dei comuni della montagna, strada Mare – Monti, tratto SS115 – SS118. Progetto definitivo QUADERNO INDAGINI	Provincia Regionale di Agrigento
-------------------	---	----------------------------------

1. PREMESSA

Per incarico della Provincia Regionale di Agrigento, la GEOTEC SPA ha eseguito una campagna di indagini geognostiche, geotecniche, geofisiche al fine di definire l'assetto geolitologico e di stabilità dell'area interessata dai "Lavori per il collegamento tra la SS 189 – SS118 – SS115 a servizio dei comuni della montagna, strada Mare – Monti, tratto SS115 – SS118. Progetto definitivo".

Il presente Allegato riporta le risultanze delle indagini, esplicandone le procedure e le modalità operative seguite in fase esecutiva. Fornisce, altresì, i dati tecnici sui mezzi d'opera impiegati.

2. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Normativa di riferimento:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977): *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.*

Sono stati eseguiti n° 37 sondaggi meccanici a carotaggio continuo. Per questioni logistiche e tenuto conto della tipologia di indagini da eseguire, si è optato di utilizzare una perforatrice EK 650 CAN ELLETTARI, montata su trattore Antares (Foto 1), avente le seguenti caratteristiche:

- Brandeggio testa di rotazione
- Forza di rotazione = 650 Nm;
- Tiro testa = 40 KN;
- Spinta testa = 40 KN;
- Corsa testa di rotazione 4500 mm;
- Doppia morsa con passaggio 220 mm;
- Tiro argano = 10 KN;
- Corsa argano = 4500 mm;
- Pompa fango Bellin serie N avente portata = 180 mc/h e pressione max = 35 bar;
- Pompa scarotatrice avente portata = 15 l/min e pressione max = 150 bar.



Foto 1: perforatrice modello Ellettari.

La perforazione e l'infissione del rivestimento provvisorio (*casing* ϕ 127 mm) sono stati condotti in modo da minimizzare la variazione di stato dei terreni attraversati. Sono stati utilizzati inoltre batterie di aste con filettatura tronco conica, di diametro nominale esterno pari a 85 mm e lunghezza pari a 3.0 m, a meno delle aste di manovra da 1.0 – 1.5 m. Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in plastica, munite di scomparti divisori e di coperchio apribile. Sui bordi ed all'interno di dette cassette sono state indicate le quote dei recuperi, e tutti gli elementi utili per il riconoscimento delle quote dei campionamenti. Durante il campionamento si è utilizzato generalmente il carotiere semplice.

Standard Penetration Test (S.P.T.)

Normativa di riferimento:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977): *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*;
- ASTM D1586-67 (74); D1586-84. *Standard Method for penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil*;
- ISSMFE Techn. Committee (1988). *Standard Penetration Test b(SPT): International Reference Test Procedure*.

All'interno dei fori di sondaggio e durante la loro esecuzione sono state eseguite un totale di n° 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. (Foto 2).



Foto 2: Esecuzione prova penetrometrica SPT (foto di repertorio)

La prova S.P.T. (Standard Penetration Test) è una prova puntuale che viene eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro. Il dispositivo utilizzato è stato del tipo standard della Nenzi con: a) altezza di caduta pari a 76 cm con sistema di sgancio automatico, b) massa del maglio pari a 63,4 kg, c) batterie di aste con diametro pari a 50.8 mm, d) tubo campionatore (campionatore Raymond) con scarpa terminale.

I singoli risultati, con le relative profondità sono riportati nei profili stratigrafici di ciascun sondaggio.

Campionamento

Normativa di riferimento:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Nel corso dell'attività di perforazione a carotaggio continuo sono stati prelevati n° 63 campioni indisturbati per essere successivamente sottoposti alle analisi e prove di laboratorio previste.

Il prelievo dei campioni indisturbati si esegue solitamente utilizzando due tipi diversi di campionatore, a seconda delle litologie incontrate: il campionatore a parete sottile tipo "Shelby" ed il campionatore rotativo a doppia parete tipo "Mazier".

Prima di ciascuna operazione di prelievo dei campioni il foro è stato accuratamente ripulito da eventuali detriti.

Dopo l'estrazione del campionatore le due estremità del campione sono state pulite e livellate e quindi sigillate in modo da evitare scambi di contenuto d'acqua fra campioni ed ambiente esterno.



Foto 3: Prelievo di campione mediante campionatore Shelby (foto di repertorio)

Ogni fustella è stata contrassegnata con: 1) Committente; 2) Sigla sondaggio; 3) Numero campione; 4) profondità prelievo; 5) verso di prelievo. Questi dati sono stati riportati alle relative quote sulle stratigrafie dei sondaggi.

3. INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Piezometro a tubo aperto

Normativa di riferimento:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Sono stati installati n. 6 piezometri a tubo aperto, avente diametro pari a 2 pollici, nei fori denominati S4, S12, S24, SN1, SN2 e SN6.

Il piezometro a tubo aperto è costituito da una batteria di tubi giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta; il tratto immerso nell'acquifero è parzialmente finestrato. Il diametro può variare in funzione o dell'eventuale prelievo, all'interno del piezometro, di campioni d'acqua, o della posa di sonde o di altri strumenti di misura. Comunemente, i diametri più utilizzati sono compresi tra 1 e 4 pollici.

Date le sue caratteristiche, questo piezometro è utilizzato solo in terreni molto permeabili, perché in caso contrario si avrebbero tempi di risposta lunghissimi.

Le modalità di installazione dei piezometri a tubo aperto sono le seguenti:

1. Avanzamento del rivestimento;
2. Prima di estrarre il rivestimento provvisorio è necessario che il foro venga lavato con abbondante acqua pulita;
3. Installazione del tubo piezometrico, normalmente costituito da un tratto filtrante (tubo finestrato) e da un tratto chiuso (tubo cieco). Lo schema del piezometro varia a seconda della profondità della livello della falda. In genere viene applicata sulla parte fessurata una fascia di tessuto non tessuto;
4. Nell'intercapedine tubo – rivestimento va posato in opera materiale granulare pulito fino all'estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento senza l'ausilio della rotazione;
5. Si continua la costruzione dell'intercapedine immettendo sabbia per uno spessore variabile al di sopra del dreno, seguita da un tappo impermeabile di bentonite e si completa il tratto rimanente fino al piano campagna con una miscela ternaria acqua/cemento e bentonite.

Una volta installato il piezometro, si chiude con un tappo il tubo di rivestimento che fuoriesce dal piano campagna, e successivamente viene installato un chiusino metallico e un pozzetto che deve essere cementato al terreno.

Tubo in PVC per prova sismica down hole

I fori S6, S9, S11 ed S23 sono stati condizionati mediante tubazione in PVC avente diametro pari a 3 pollici, in modo da consentire la successiva esecuzione della prova sismica *down hole*.

La colonna di tubi è costituita da spezzoni, assemblati mediante manicotti di giunzione, aventi le seguenti caratteristiche:

Lunghezza $L = 3.0$ metri;

Diametro $\Phi = 76$ millimetri;

Spessore $d = 3$ millimetri.

La procedura di installazione è consistita delle seguenti fasi:

- Riempimento del tratto di foro non strumentato (da 40.0 a 30.0 metri di profondità) con una miscela cementizia costituita dai seguenti elementi nelle proporzioni indicate:
 - Acqua 100
 - Cemento 30
 - Bentonite 5;
- Installazione della colonna di tubi in PVC, alla quale è stato ancorato il tubicino per la successiva immissione in foro della miscela cementizia;
- Pompaggio della miscela cementizia dal basso e progressivo sfilaggio delle camicie di rivestimento fino a boccaforo.

4. PROVE IN FORO DOWN HOLE

La prospezione sismica *down-hole* consente la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni investigati mediante la stima diretta della velocità di propagazione delle onde elastiche sia di compressione (V_p) che di taglio (V_s) ed è finalizzata alla valutazione del parametro V_{s30} , che rappresenta la velocità media ponderale di propagazione delle onde S misurata per 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di fondazione.

Strumentazione utilizzata

Sismografo: è stato utilizzato il DAQLink II della Seismic SourceTM Co. L'unità DAQLink II dispone di 24 canali e consente una risoluzione in acquisizione di 24 bit. Di seguito sono riportate le specifiche tecniche del sismografo:


	DAQLink II	General Specifications:
	Resolution:	24-Bit
Channels per box:	6 - 24 (Simultaneous sampling)	
Channels per system:	Multiple boxes for high channel count	
Sample rate:	8 msec, 4 msec, 2 msec, 1 msec, 500 usec, 250 usec, 125 usec	
Input Pre-Amp Gain:	x1, x10 or x100	
Max Input Voltage:	25 Vp-p - Accelerometer option, 2.5 Vp-p - Geophone option	
Dynamic Range:	144 dB system, 115 dB measured	
Common Mode Rejection:	>100 dB	
Pre-trigger capability:		
Long record lengths:	>3600 sec	
Int. Storage Capacity:	CF card 32MB to 2GB	
Output Data Format:	Standard SEG-Y, SEG-2, or ASCII	
Automatic event capture capability:		
Wireless option:	Data can be downloaded and started via a Wireless Network	
Misc:	Geophone or Accelerometer test option	
Power:	10-18 VDC	
Dimensions:	3x5.6x11 in (76x144x280mm)	
Weight:	3 lb (1.4 kg)	

Figura 7: Sismografo DAQ link II con specifiche tecniche

Geofono: il geofono da foro utilizzato per l'acquisizione è il geofono triassiale da pozzo BHG-3 della Geostuff. Terminato con un puntale di acciaio consente l'ancoraggio alla tubazione tramite una balestra in acciaio azionata con una centralina elettrica da bocca foro.

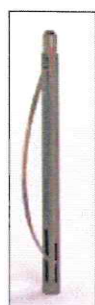


Figura 8: Borehole (a sinistra) e Centralina di controllo ancoraggio, disancoraggio, orientazione e canali (a destra)

Sorgente: Come sorgente per generare onde elastiche ad alta frequenza con forme ripetibili e direzionali si è utilizzato per le onde di compressione il metodo classico della mazza strumentata del peso di circa 7 Kg e per le onde di taglio una traversa in legno con piastre di battuta ortogonali al piano campagna.

Software per elaborazione dati: E' stato utilizzato il software "Vibrascope" della *Seismic Source* per l'acquisizione dei dati di campagna; successivamente le tracce selezionate sono state elaborate utilizzando i programmi "Windownhole e "Winpoint_2", entrambi della *Seismic Source*, ottenendo in questo modo il profilo sismostratigrafico utilizzato per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, così come previsto dalla normativa vigente.

Acquisizione di campagna

Sono state eseguite n. 4 prove *down hole* nei fori di sondaggio S6, S9, S11 ed S23 opportunamente cementati e spinti alla profondità di 25 metri dal piano campagna.

Sono state eseguite misure a partire da fondo foro ogni metro fino al piano campagna. Per ogni posizione sono stati registrati 3 file rispettivamente battuta su piastra per onde di compressione e 2 battute sulla traversina per le onde di taglio. Laddove si sia reso necessario, per ottenere una migliore qualità del dato sismico, si è proceduto alla registrazione della singola misura energizzando anche più volte con la stessa configurazione effettuando quello che in gergo geofisico viene definito *stack delle battute*.

5. RIEPILOGO LAVORAZIONI EFFETTUATE NEI FORI

Nella tabella seguente si sintetizzano le lavorazioni relative ai carotaggi effettuati.

Sondaggio	Profondità (m)	Tubazione installata	Campioni indisturbati	S.P.T.	Prova down-hole
S1	20	-	3	-	-
S2	20	-	3	-	-
S3	15	-	1	-	-
S4	25	Piezometro T.A. 2"	2	2	-
S5	30	-	1	1	-
S6	25	Tubo PVC 3"	1	1	1
S7	15	-	1	-	-
S8	20	-	2	-	-
S9	25	Tubo PVC 3"	1	-	1
S10	20	-	2	-	-
S11	25	Tubo PVC 3"	2	-	1
S12	25	Piezometro T.A. 2"	2	-	-
S13	20	-	2	-	-
S14	20	-	2	-	-
S15	15	-	1	-	-
S16	20	-	2	-	-
S17	12	-	2	-	-
S18	20	-	1	-	-
S19	15	-	1	-	-
S20	20	-	2	-	-
S21	20	-	2	-	-
S22	15	-	-	-	-
S23	25	Tubo PVC 3"	2	-	1
S24	25	Piezometro T.A. 2"	2	-	-
S25	15	-	2	-	-
S26	20	-	2	-	-
S27	15	-	1	-	-
S28	20	-	2	-	-
S29	27	-	3	-	-
S30	20	-	1	-	-
S31	21	-	2	-	-
SN1	20	Piezometro T.A. 2"	2	-	-
SN2	20	Piezometro T.A. 2"	2	-	-
SN3	20	-	2	-	-
SN4	20	-	1	-	-
SN5	20	-	2	-	-
SN6	20	Piezometro T.A. 2"	1	-	-

6. POZZETTI ESPLORATIVI GEOGNOSTICI

Nel corso della campagna indagini sono stati effettuati n. 16 pozzetti geognostici aventi dimensioni 1 x 2 metri e aventi profondità compresa tra 2 e 3 metri. Tali operazioni sono state condotte mediante l'utilizzo di escavatore cingolato. A partire dal fondo foro di tali pozzetti, ove possibile, sono stati prelevati campioni indisturbati per successive analisi di laboratorio, per un totale di n. 12. Nella tabella seguente si sintetizzano le lavorazioni eseguite.

Pozzetto	Profondità (m)	Campioni indisturbati
PZ1	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ2	2.00	
PZ3	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ4	2.00	
PZ5	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ6	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ7	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ8	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ9	2.00	
PZ10	2.20	C1 prof. 2.2 – 2.8 m
PZ11	2.15	C1 prof. 2.15 – 2.75 m
PZ12	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ13	2.00	C1 prof. 2.0 – 2.6 m
PZ14	3.20	
PZ15	2.80	C1 prof. 2.8 – 3.4 m
PZ16	2.50	C1 prof. 2.5 – 3.1 m

7. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Durante la presente campagna di indagini sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche dinamiche. Tali prove sono state eseguite utilizzando come attrezzatura un penetrometro semovente auto – ancorante di tipo medio ($M = 30.0 \text{ kg}$) le cui caratteristiche meccaniche sono indicate nella tabella seguente.

caratteristiche tecniche DM-30 (60°)	
Peso massa battente	$M = 30.0 \text{ kg}$
Altezza caduta libera	$H = 0.20 \text{ m}$
Peso sistema battuta	$M_s = 13.60 \text{ kg}$
Diametro punta conica	$D = 35.70 \text{ mm}$
Area base punta conica	$A = 10.00 \text{ cm}^2$
Angolo apertura punta	$\alpha = 60^\circ$
Lunghezza delle aste	$L_a = 1.00 \text{ m}$
Peso aste per metro	$M_a = 2.40 \text{ kg}$
Prof. Giunzione 1ª asta	$P_1 = 0.80 \text{ m}$
Avanzamento punta	$\delta = 0.10 \text{ m}$
Numero di colpi punta	$N = N(10)$
Rivestimento/fanghi	No
Energia specifica per colpo	$Q = (MH)/A\delta = 6.00 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente teorico di energia	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0.766$

I risultati delle prove effettuate sono stati diagrammati prendendo in considerazione come parametro il numero di colpi (N_{10}), registrato per infissioni successive di 10 cm. Da questi valori successivamente si è ricavata la Resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) tramite la seguente espressione (Formola Olandese):

$$R_{pd} = M^2 H / [Ae(M+P)] = M^2 H N / [A\delta(M+P)]$$

con

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A)

e = infissione per colpo = δ/N

M = peso massa battente (altezza caduta H)

P = peso totale aste e sistema battuta

Mediante inoltre il valore NSPT elaborato a partire da N10, è stato possibile ricavare, utilizzando correlazioni bibliografiche ritenute più idonee alla natura dei terreni, i principali parametri geotecnici.

8. PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE

La sismica a rifrazione è un metodo di indagine del sottosuolo che utilizza le onde prodotte da una sorgente superficiale e che hanno subito una rifrazione lungo le superfici di discontinuità fisiche e/o meccaniche dei mezzi attraversati.

La definizione dei sismostrati avviene lungo il profilo definito dai ricevitori (geofoni) appositamente ubicati; la distanza intergeofonica e la lunghezza totale dell'allineamento determinano la profondità massima e minima di investigazione.

La prerogativa indispensabile che tale tecnica funzioni è che la velocità delle onde sismiche aumenti con la profondità e quindi migliorino le caratteristiche "elastiche" in successione stratigrafica.

Strumentazione utilizzata

Sismografo: è stato utilizzato il DAQLink II della Seismic SourceTM Co. L'unità DAQLink II dispone di 24 canali e consente una risoluzione in acquisizione di 24 bit. Di seguito sono riportate le specifiche tecniche del sismografo:


	DAQ Link II	General Specifications:
	Resolution:	24-Bit
	Channels per box:	6 - 24 (Simultaneous sampling)
	Channels per system:	Multiple boxes for high channel count
	Sample rate:	8 msec, 4 msec, 2 msec, 1msec, 500 usec, 250 usec, 125 usec
	Input Pre-Amp Gain:	x1, x10 or x100
	Max Input Voltage:	25 Vp-p - Accelerometer option, 2.5 Vp-p - Geophone option
	Dynamic Range:	144 dB system, 115 dB measured
	Common Mode Rejection:	>100 dB
	Pre-trigger capability	
	Long record lengths:	>3600 sec
	Int. Storage Capacity:	CF card 32MB to 2GB
	Output Data Format:	Standard SEG-Y, SEG-2, or ASCII
	Automatic event capture capability	
	Wireless option:	Data can be downloaded and started via a Wireless Network
	Misc:	Geophone or Accelerometer test option
	Power:	10-18 VDC
	Dimensions:	3x6.6x11 in (76x144x280mm)
	Weight:	3 lb (1.4 kg)

Figura 7: Sismografo DAQ link II con specifiche tecniche

Ricevitori: sono stati utilizzati n. 24 geofoni verticali aventi frequenza di taglio pari a 4.5 Hz.

Sorgente: Come sorgente per generare onde elastiche ad alta frequenza con forme ripetibili e direzionali si è utilizzato per le onde di compressione il metodo classico della mazza strumentata del peso di circa 7 Kg.

Software per elaborazione dati: E' stato utilizzato il software "Vibrascope" della Seismic Source per l'acquisizione dei dati di campagna; successivamente le tracce selezionate sono state

elaborate utilizzando il software "ReflexW" della *Sandmeier software*, ottenendo in questo modo il profilo sismostratigrafico utilizzato per la caratterizzazione sismica del sottosuolo.

Acquisizione di campagna

Sono state acquisiti n. 3 profili sismici a rifrazione, la cui ubicazione viene riportata nei relativi allegati; le lunghezze degli stendimenti e le distanze intergeofoniche utilizzate sono riportate nella tabella che segue.

Per ogni profilo sono stati pianificati n. 5 punti sorgente, di cui 2 esterni e 3 interni allo stendimento dei 24 geofoni. Sono state inoltre effettuate n. 3 energizzazioni per ogni punto sorgente, ed è stato realizzato, in fase di processing, lo *stack* delle tracce nell'intento di aumentare il rapporto segnale/rumore. Si fa notare che, in fase di registrazione, si è evidenziato un problema al canale 3, dovuto ad un non corretto funzionamento del sismografo. Tale problema, comunque, non ha pregiudicato la corretta elaborazione dei dati ottenuti.

Profilo sismico	Lunghezza stendimento (m)	Distanza intergeofonica (m)
Ssr_1	57.5 (+ 10 m sorgenti esterne)	2.5
Ssr_2	69.0 (+ 10 m sorgenti esterne)	3.0
Ssr_3	69.0 (+ 10 m sorgenti esterne)	3.0

Per quanto riguarda la stesa sismica Ssr_1, è stata utilizzata una distanza intergeofonica pari a 2.5 metri, anziché 3.0 metri, a causa della ridotta ampiezza degli spazi a disposizione.

9. TOMOGRAFIE GEOELETTRICHE

Nel corso della presente campagna indagini sono state eseguite n.9 tomografie geoelettriche.

Le modalità operative, il materiale fotografico ed i risultati di tali prove sono riportati nel relativo Allegato 3 "Tomografie geoelettriche".

Campobasso, Agosto 2013

I geologi

Dott. Antonello Reale



Dott. Francesco Palladino

