

Atti del 2° Seminario Internazionale di Studi su Il Carsismo negli Iblei e nell' Area sud Mediterranea Castello di Donnafugata, Ragusa 28-30 maggio 2004	Speleologia Iblea	Vol. 12	pp. 175 - 183	Ragusa 2007
--	----------------------	---------	---------------	----------------

CONTRIBUTO FORNITO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELLA RISPOSTA DI SITO DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, DI LABORATORIO E SISMICHE EFFETTUATE IN TERRENI CARSIFICATI

G. Alessandro¹, S. Buonmestieri¹, M. Drago², F. Failla², S. Failla³, A. Frasca², S. La Delfa⁴,
E. P. Quaranta², G. Scaglione¹, S. Lo Nigro⁴ & G. Patané⁵.

1- Settore Geologia e Geognostica della Provincia Regionale di Ragusa 2- Collaboratore Geologo Libero Professionista. 3- Collaboratore specialista informatico. 4- Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania. 5- Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Catania

Riassunto

Nell'ambito dei compiti istituzionali dell'Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile della Provincia Regionale di Ragusa sono state svolte, dal 13° Settore - Geologia e Geognostica, una serie di indagini geognostiche dirette, prove di laboratorio geotecnico e rilievi sismici in foro di tipo Down-Hole e Tomografico in alcuni siti di pertinenza della Provincia Regionale di Ragusa. I dati ottenuti, analizzati in collaborazione con alcuni ricercatori del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Catania, sono stati successivamente finalizzati anche alla caratterizzazione della risposta sismica dei siti. I rilievi sismici di tipo Down-Hole sono stati effettuati in fori di perforazioni geognostiche dirette, ottenute a carotaggio continuo, opportunamente rivestiti con tubi in PVC, e la loro elaborazione ha portato alla modellazione di profili verticali di velocità media V_p e V_s , V_{s30} e di modelli 2D di variazione di V_p . L'analisi lineare-equivalente del modello sismostratigrafico 1D ottenuto in ogni sito ha permesso di calcolare le funzioni di amplificazione dinamica al suolo e la funzione di trasferimento nel dominio delle frequenze. Infine sulla base di 25 simulazioni si è proceduto alla convoluzione della Funzione di Trasferimento con un segnale sismico sintetico applicato al bedrock; tale segnale, espresso come accelerogramma, ha le caratteristiche del sisma di riferimento atteso per la Sicilia Sud-Orientale con $ML=7,3$, ed è generato con il procedimento stocastico di Boore, tenendo conto dell'attenuazione anelastica e dell'attenuazione geometrica del mezzo, subite dall'energia sismica lungo il percorso ipocentro-sito. La serie di parametri ottenuti ha permesso la caratterizzazione sismica dei siti in termini di valori medi dello Spettro di Fourier delle accelerazioni al suolo, delle stesse nel dominio del tempo e dello Spettro di Risposta delle Accelerazioni al suolo tenendo conto di uno smorzamento del 5%. La metodologia applicata in questo elaborato, secondo gli autori, potrebbe costituire una linea guida per la classificazione dei terreni di fondazione, secondo le norme tecniche espresse nell'Ordinanza n.3274 del 20 Marzo 2003.

Summary

Within the institutional assignments of the Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile of the Provincia Regionale di Ragusa are been developed, from the 13° Settore - Geologia e Geognostica, a range of direct geognostic surveys, geotechnical laboratory tests and seismic measurements of down-hole some sites concerning Provincia Regionale di Ragusa. The obtained data, analyzed in collaboration with some researchers of the Earth Science Departement of Catania University, afterwards have been finalized to the characterization of the seismic answer of the sites. The you notice seismic type Down-Hole and Tomografico I/you/ they have been effected in holes of perforations direct geognostiche, gotten to continuous core boring, opportunely dressed again with pipes in PVC,. The Down-Hole tests have been performed in holes carried out through direct geognostic drillings, obtained with continuous core boring covered by PVC pipes. and their elaboration has brought V_p and V_s to the modeling of vertical profiles of mean speed and V_{s30} . The linear-equivalent analysis of the model seismic-stratigraphic 1D obtained in every site have allowed to calculate the functions of dynamic amplification to the ground and the function of transfer in the dominion of the frequencies. Finally on the basis of 25 simulations it has been calculated the convolution of transfer function with a synthetic seismic signal applied to the bedrock; such a signal, with ground acceleration terms, has the characteristics of the reference sisma attended for South-East Sicily with $ML = 7,3$ and it is generated with the Boore stocastic process, keeping in mind the inelastic attenuation and the geometric attenuation of the media, endured by the seismic energy along the path ipocentro-site. The range of obtained parameters has allowed the seismic characterization of the sites in terms of middle values of the Fourier Spectra of ground accelerations, of the same one in the time domain and output spectra of ground acceleration calculating 5% damping. The methodology applied in this paper, according to the authors, could constitute a guide line for the classification of the grounds of foundation, according to the technical norms express in the Ordinance n.3274 of March 20th 2003.

Modalità di acquisizione dei dati sismici

Nella fase progettuale sono stati previsti sondaggi geognostici meccanici verticali spinti fino alla profondità di 30 m dal piano campagna. Le perforazioni sono state eseguite a carotaggio continuo utilizzando un doppio carotiere. Durante i lavori sono stati analizzati e descritti i terreni estratti dal perforo allo scopo di redigere le relative colonne litologiche.

Allo scopo di rendere uniforme la superficie interna del foro su cui ancorare il geofono, sono stati inseriti dei tubi in PVC e cementata l'intercapedine tubo - foro. Successivamente sono state effettuate le prove sismiche Down-Hole.

La strumentazione adottata ha la configurazione schematica mostrata in Fig. 1, ed è costituita da:

- Un geofono da pozzo con tre sensori disposti secondo le componenti cartesiane Z, X, Y per la rilevazione delle onde "P" e delle onde "S", e dotato di sistema di ancoraggio al foro di tipo pneumatico comandato dalla superficie;
- Attrezzatura per la sollecitazione meccanica verticale del suolo posta in superficie, costituito da una mazza battente di 8 Kg e da una piastra in duralluminio;
- Attrezzatura per la sollecitazione meccanica orizzontale posta sulla superficie, costituita da una mazza di 8 Kg e da una trave / cassa zavorrata il cui peso complessivo è di 550 Kg.
- Un registratore dei segnali sismici

Opportunamente posizionato il dispositivo per la sollecitazione meccanica del suolo in prossimità della bocca di foro, le procedure di campagna per effettuare le registrazioni sismiche Downhole, si sono svolte con le modalità di seguito esposte:

- posizionamento del geofono a prefissati intervalli di profondità nel foro;
- generazione di onde elastiche per ogni posizionamento;
- acquisizione e visualizzazione dei sismogrammi ottenuti;
- registrazione dei dati su supporto magnetico per la successiva elaborazione.

Il rilievo tomografico è stato condotto con i sensori sismici disposti in foro ed effettuando una serie di registrazioni con tecnica di acquisizione CSG (Common Shot Gather) *multi-offset in line*.

Elaborazione dei dati

Utilizzando adeguati softwares è stata determinata la velocità delle onde longitudinali (V_p) e delle onde trasversali (V_s), le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni ed il profilo di velocità $V_{s_{30}}$.

Nel dettaglio sono stati analizzati i tracciati delle registrazioni sismiche relative a ciascun punto di misura al fine di determinare i corrispondenti tempi di arrivo delle onde sismiche P ed S; in particolare per l'individuazione e lettura delle S si è ricorso alla combinazione dei tracciati in opposizione di fase.

Successivamente, i tempi così ottenuti, sono convertiti in *tempi verticali* in funzione della distanza piastra - foro (d)

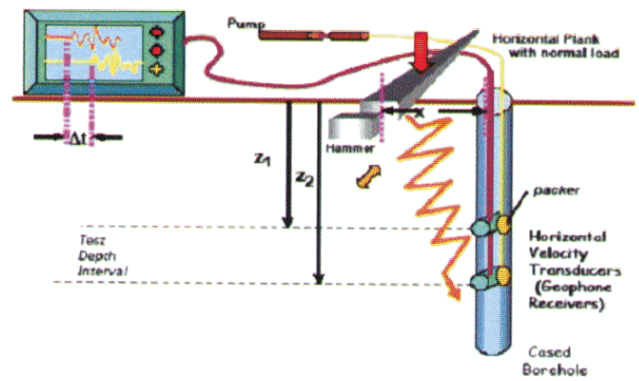


Fig. 1 - Schema della metodologia down-hole.

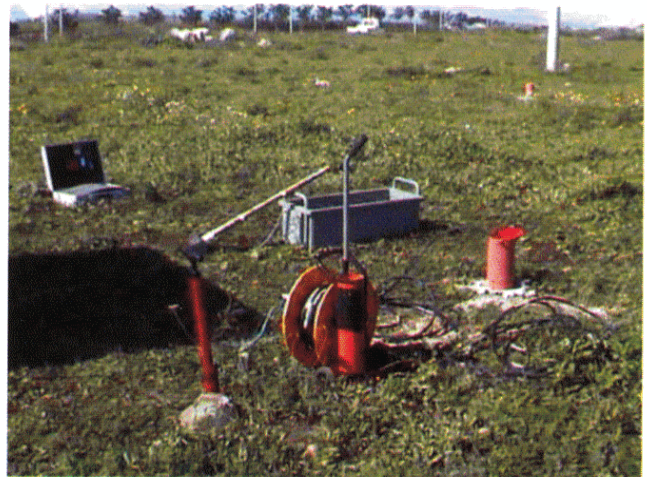


Foto 1-2

e della profondità di ancoraggio del geofono (z).

La determinazione dei tempi verticali è necessaria per ricavare le *velocità di intervallo* e/o le *velocità medie* delle onde P ed S. Le prime si riferiscono a coppie di punti di misura contigui le seconde, invece, derivano dall'inverso del coefficiente angolare delle migliori rette di regressione che rappresentano le dromocrone di corrispondenti sismostrati.

Le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni sono state determinate utilizzando le velocità V_p e V_s con cui le onde elastiche si propagano nei terreni ed i valori medi di densità ρ ricavati da prove di laboratorio.

Considerato che nel corso di prove sismiche un terreno è soggetto a tensioni e deformazioni indotte il cui ordine di

grandezza è inferiore a 10^{-6} e che, in prima approssimazione e per volumi ridotti, si può considerare omogeneo, isotropo ed elastico, quindi rispondente alla *legge di Hooke*;

$$\sigma = \epsilon E$$

con σ = Sforzo applicato
 ϵ = deformazione prodotta
 E = modulo elastico (*modulo di Young*)

sono stati determinati i seguenti parametri elastici dinamici:

Coefficiente di Poisson: $\sigma = 0.5 (V_p / V_s)^2 - 1 / (V_p / V_s)^2 - 1$
Modulo di taglio: $G = g \cdot V_s^2$
Modulo di Young: $E = g \cdot V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)$
Modulo di Bulk: $K = E / 3 (1 - 2s)$

con γ = densità
 V_p = Velocità onde longitudinali
 V_s = Velocità onde trasversali

Per determinare il profilo di velocità media V_{s30} relativo ai primi 30 metri di profondità dei terreni oggetto delle misure sismiche, è stata utilizzata la seguente espressione:

$$(1) \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio minori a 10^{-6}) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri oggetto di misure.

Valutazione della risposta di sito

Il procedimento di calcolo per valutare la risposta di sito tiene conto del modello sismostratigrafico 1D del sottosuolo e dei segnali sismici sintetici, espressi in termini di accelerazione orizzontale, applicati alla superficie del bedrock.

Gli accelerogrammi sintetici, sono generati con il procedimento stocastico di D. Boore (1983) e rispondono alle caratteristiche del sisma di riferimento atteso per la Sicilia Sud-Orientale quali:

- *Coordinate epicentrali:* Lat.: 37.443 N - Long.: 15.192 E
- *La magnitudo* $M = 7.3$
- *Il momento sismico* $M_0 = 1 \cdot 10^{27}$ dyne · cm
- *Lo stress drop* 100 bar
- *La corner frequency* 0.075 Hz
- *L'attenuazione anelastica* 0.04 sec (K di Anderson)

La generazione di tali sismogrammi tiene conto dell'attenuazione anelastica dovuta al mezzo e di quella geometrica subite dall'energia sismica lungo il percorso ipocentro-sito.

Il modello proposto da D. Boore (1983), $A(\omega)$, dipende dalle caratteristiche spettrali $S(\omega)$ della sorgente (spettro ω^2) e dall'attenuazione anelastica e geometrica subita dall'onda lungo il percorso sorgente-bedrock $P(\omega)$.

In superficie deve essere anche considerato l'effetto di sito $T(\omega)$, dovuto al terreno che poggia sul *bedrock*, ossia il diverso comportamento sismico del suolo rispetto a quello del basamento.

In definitiva si ha:

$$A(\omega) = S(\omega) \cdot P(\omega) \cdot T(\omega)$$

Di seguito viene brevemente esposta la procedura per il calcolo di $A(\omega)$.

Fissato lo spettro di accelerazione orizzontale atteso al *bedrock*, viene applicata una procedura che consente di generare una sequenza di serie temporali.

Quest'ultima si basa sulla generazione di un rumore bianco Gaussiano random a banda-limitata, con media zero e varianza tale da dare un'ampiezza spettrale uguale a 1 in media.

Lo spettro mediato derivante da una serie di finestre sovrimposte al suddetto segnale nel dominio del tempo viene poi moltiplicato per lo spettro atteso e la trasformata inversa di Fourier fornisce una serie temporale di accelerazione, la cui forma d'onda varia solo in funzione della serie random di partenza.

Si possono così ottenere infiniti accelerogrammi sintetici, tutti con contenuto spettrale somigliante quanto più possibile a quello imposto a priori.

Per il calcolo della *Funzione di Trasferimento* è necessario tenere conto del modello fisico, che consiste di n strati piani e paralleli, di estensione orizzontale infinita, su un semispazio (*bedrock*). Ogni strato, considerato omogeneo ed isotropo, è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità γ , dal modulo di taglio G e dal fattore di smorzamento ζ .

La soluzione dell'equazione d'onda:

$$\gamma \frac{\delta^2 u}{\delta t^2} = G \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \eta \frac{\delta^3 u}{\delta x^2 \delta t} \quad \text{con} \quad \eta = \frac{2G\zeta}{\omega}$$

permette il calcolo della risposta associata alla propagazione delle onde S in direzione verticale, procedendo dal *bedrock* verso la superficie, nella forma:

$$u(x, t) = A_1 e^{i(kx + \omega t)} + A_2 e^{-i(kx + \omega t)}$$

dove $u(x, t)$ è l'ampiezza dello spostamento orizzontale.

La funzione di trasferimento tra due strati qualsiasi n ed m è, quindi, definita dal rapporto tra l'ampiezza del moto dello strato n e dello strato

$$m : T(_) = u_m / u_n$$

$A(\omega)$ è dato dal processo di convoluzione tra gli spettri sintetici generati al *bedrock* e la funzione di trasferimento; tale processo fornisce come risultato le accelerazioni attese al suolo.

In definitiva, la procedura di calcolo informatizzata segue lo schema riportato in fig. 2.

Esempio di applicazione a terreni calcarei

Geolitologia e geomorfologia

Per l'applicazione delle tecnologie e metodologie descritte è stato scelto il sito adiacente all'ITG "R. Gagliardi", nel territorio di Ragusa, oggetto di indagini geognostiche finalizzate alla costruzione di un nuovo corpo.

Dal punto di vista geolitologico affiorano sedimenti lapidei miocenici, riferibili alla Formazione Ragusa (M.ro Irminio), costituiti da una alternanza di Calcareniti giallastre

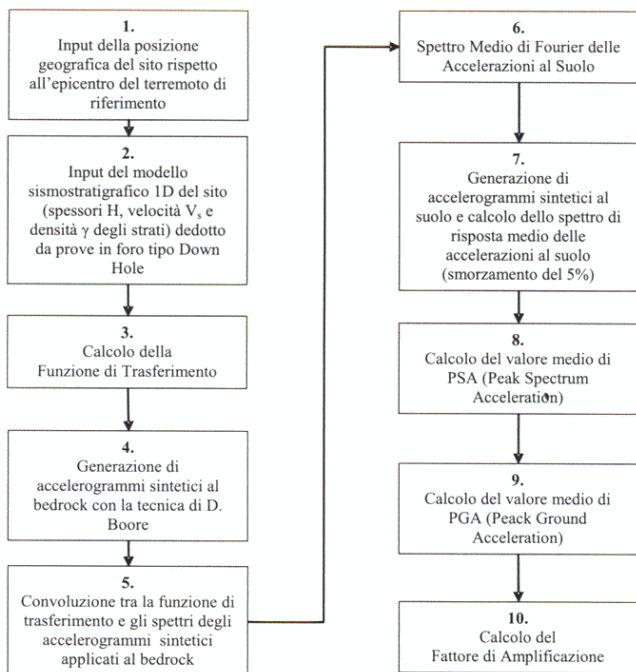


Fig. 2 - schema

e di Calcsiltiti biancastre, localmente alterata, fratturata e carsificata. La giacitura degli strati è suborizzontale con debole pendenza verso Est, conforme a quella della superficie topografica.

Il sito (Fig. 3) è delimitato a NE e SO da pareti di scavo di altezza compresa tra qualche metro e 5-6 metri (SO), lungo le quali sono visibili zone con un ammasso roccioso in parte integro ed in parte interessato da una fitta rete di discontinuità e forme tecto carsiche (Foto 3 e 4).

La seguente litostratigrafia è stata dedotta dall'analisi delle carote estratte a seguito di perforazioni geognostiche spinte in profondità fino a 30 metri dal piano campagna (Foto 5):

- alternanza di calcsiltiti, di colore biancastro, dure e compatte, sode alla percussione, in strati di 20-60 cm e di calcarenite giallastra, tenera e fratturata, in strati di 40-80 cm.
- Argille residuali di riempimento color ocra si riscontrano a differenti quote.

Sui campioni di roccia dura e tenera prelevati nel corso della realizzazione dei sondaggi geognostici sono state effettuate una serie di indagini e prove di laboratorio geotecnico per determinarne le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Modello sismostratigrafico

Le misure sismiche in foro tipo Down-Hole eseguite nei fori S1, S2, S3, S5 conducono ai seguenti modelli verticali di velocità Vs.

I valori di velocità delle onde S sono quelli delle velocità medie derivate per ogni misura sismica Down-Hole dall'inverso del coefficiente angolare delle migliori rette di regressione delle dromocrone corrispondenti ad ogni sismostrato individuato, mentre il valore della densità g corrisponde alla media dei valori dedotti dalle prove di laboratorio su coppie di campioni duri e teneri di roccia carbonatica.



Foto 3-4 -

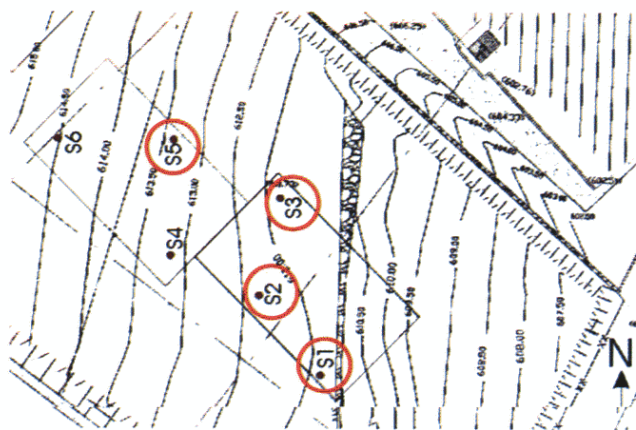


Fig. 3 - Sito in studio

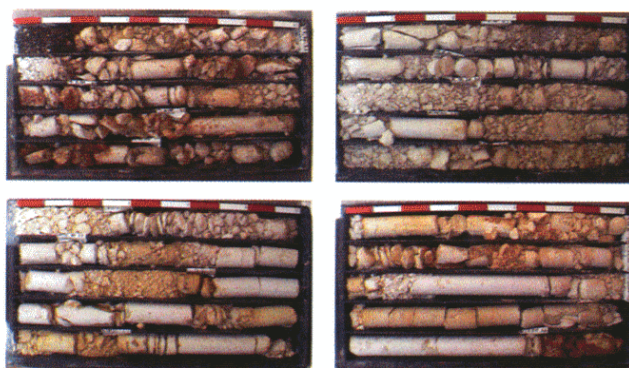


Foto 5 -

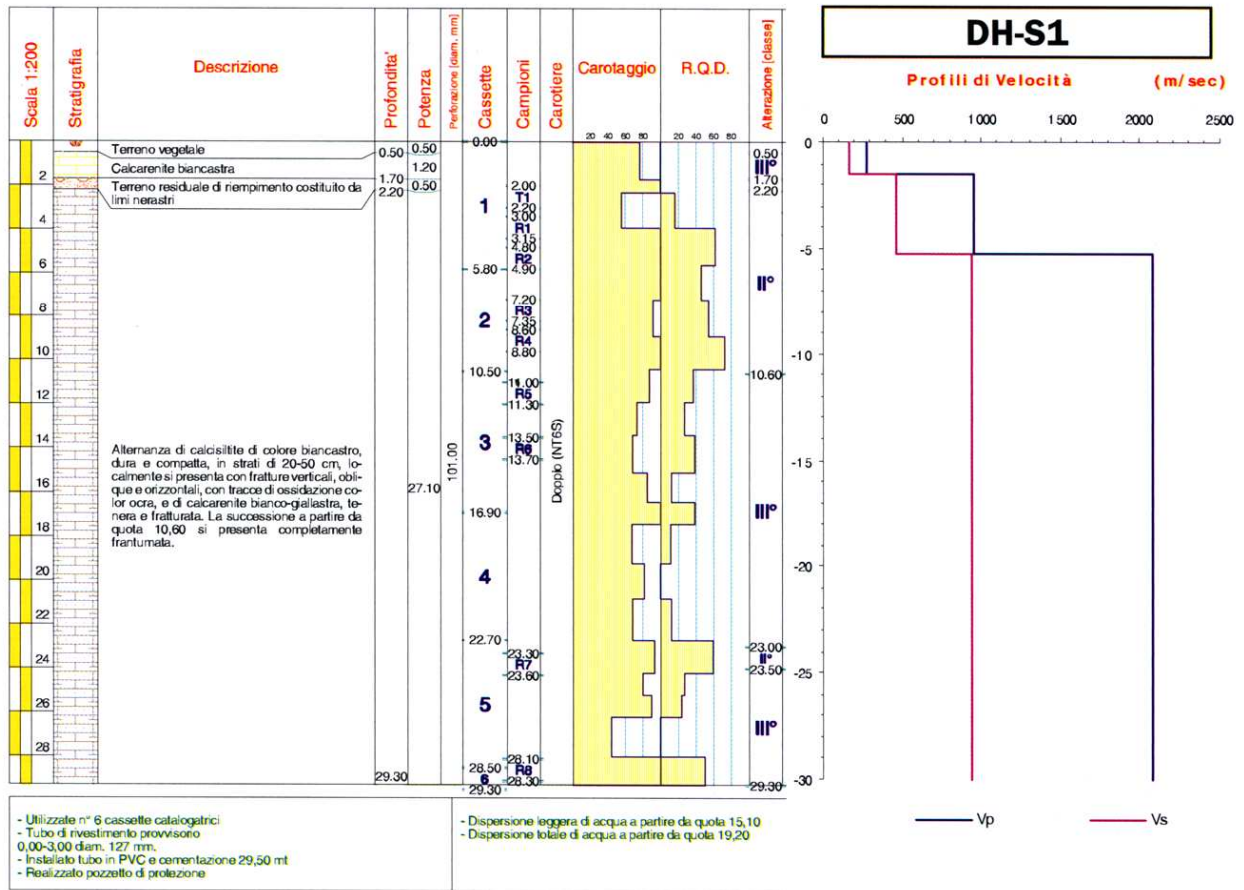


Fig. 4

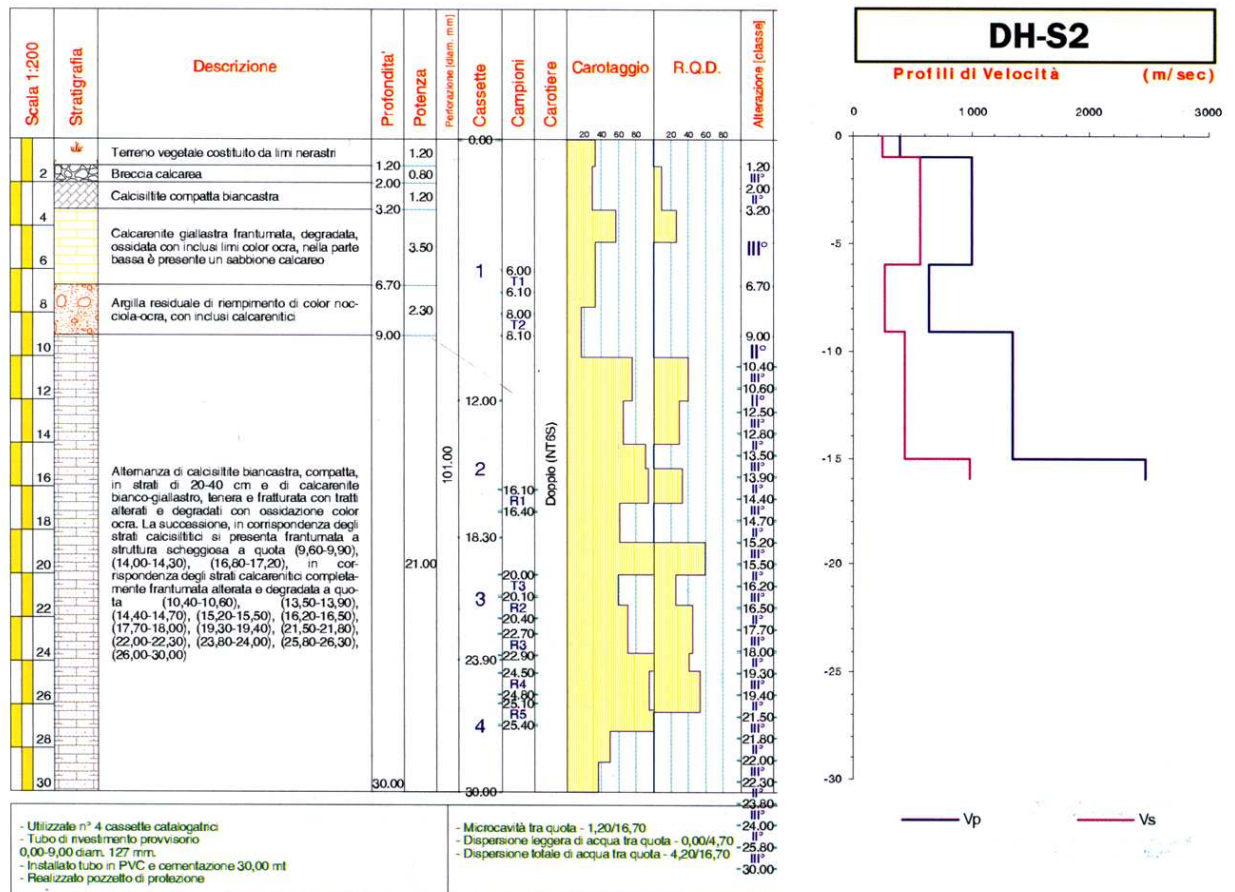


Fig. 5

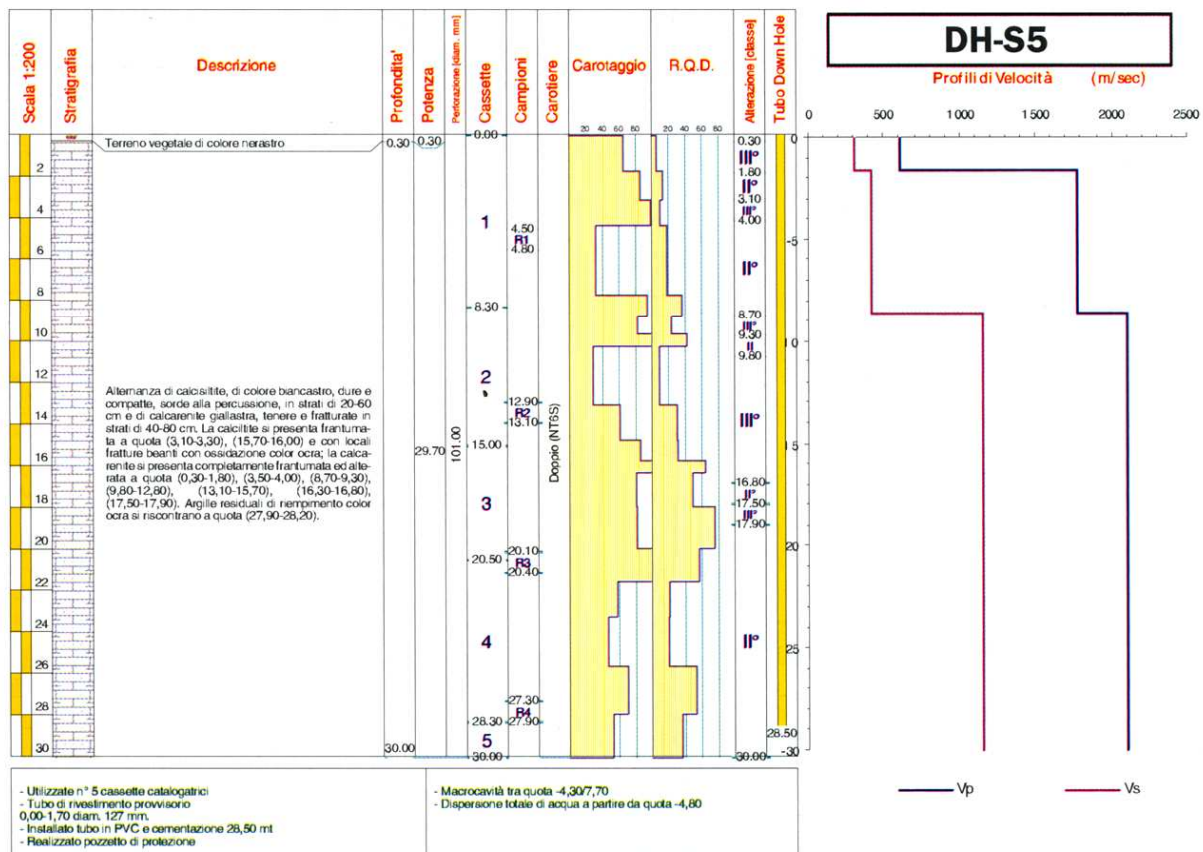


Fig. 6

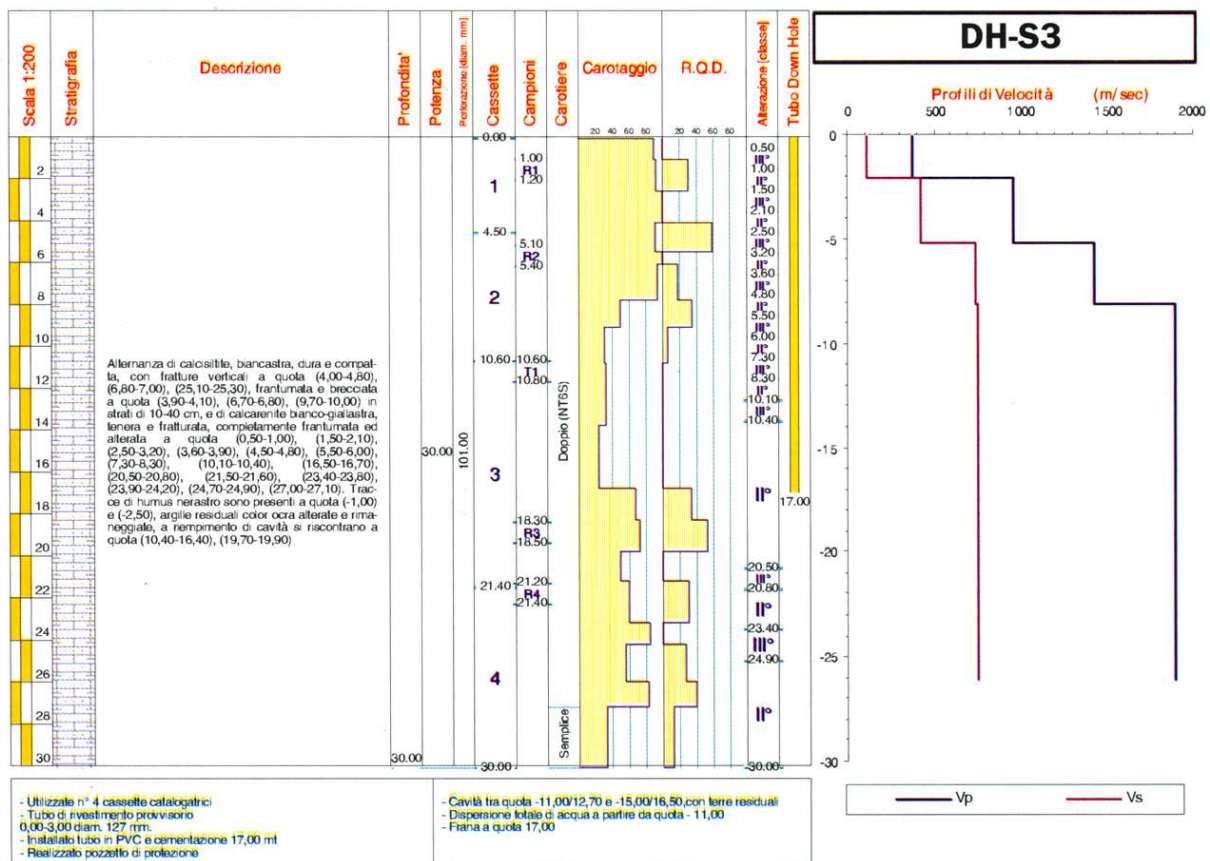


Fig. 7

Down-hole	Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)	γ (t/m3)
DHS1	1	1,5	169	2.10
	2	3,7	461	2.10
	3	24,8	944	2.10
DHS2	1	1,0	249	2.10
	2	6,0	558	2.10
	3	2,0	266	2.10
	4	6,0	427	2.10
	5	15,0	987	2.10
DHS3	1	2,0	118	2.10
	2	5,0	432	2.10
	3	8,2	742	2.10
	4	14,8	759	2.10
DHS5	1	1,6	313	2.10
	2	6,9	430	2.10
	3	21,5	1159	2.10

Tabella 1

Le elaborazioni relative ai Down-Hole (Figg. 4, 5, 6 e 7) e riassunte in Tabella 1 mostrano una evidente variazione, in senso laterale ed in profondità, dei valori di velocità V_p e V_s che possono essere connessi alla variazione dello stato e del grado di fratturazione, di alterazione e di carsificazione dell'ammasso roccioso carbonatico.

Infine, tramite la relazione (1) applicata ai summenzionati profili sismostratigrafici dedotti per ciascuno dei fori di sondaggio, sono stati calcolati ed ottenuti i valori di velocità media V_{s30} , mostrati in Tabella 2:

Foro	S1	S2	S3	S5
V_{s30} (m/s)	695	582	508	755

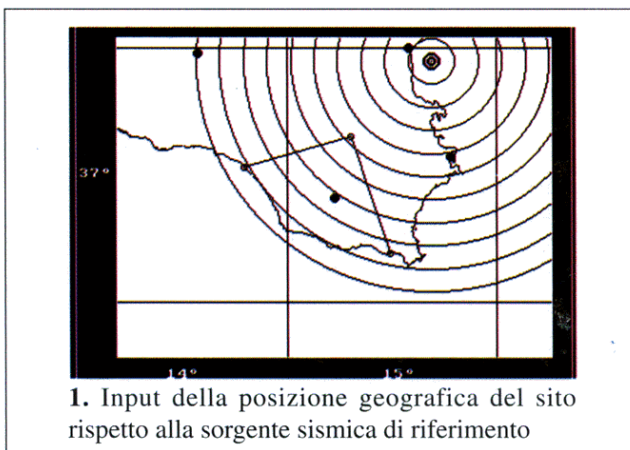
Tabella 2: Valori della V_{s30} nel sito in studio

I valori della Tabella 2 definiscono i terreni dell'area come appartenenti alla categoria B (depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec).

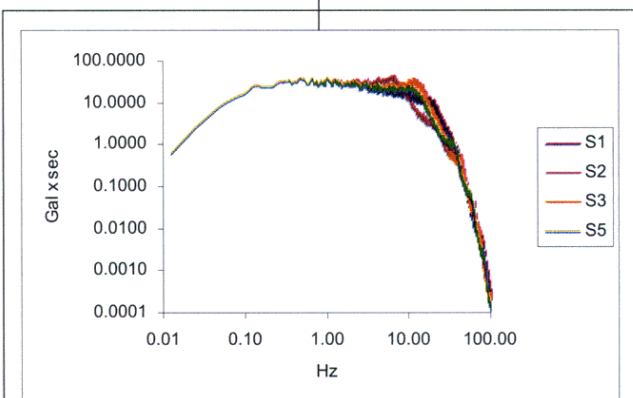
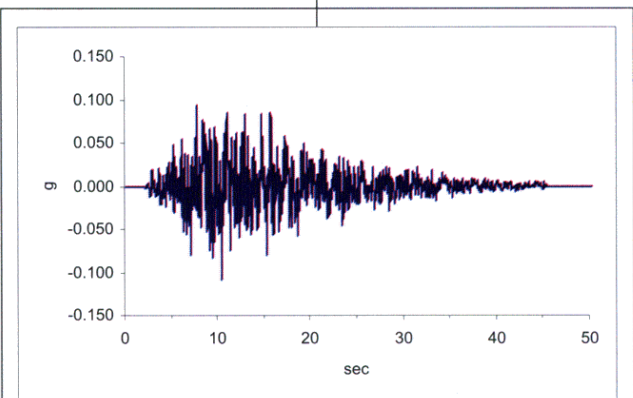
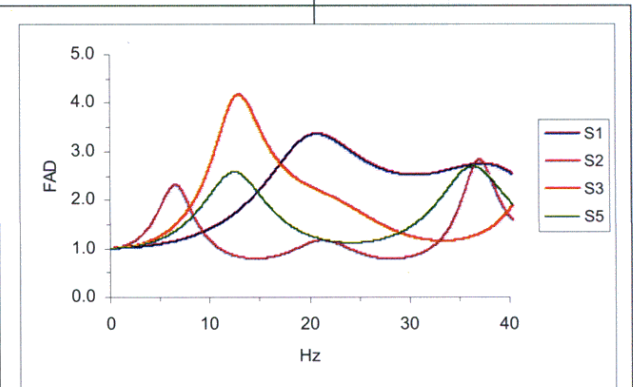
Dal punto di vista litologico tale caratterizzazione non trova però rispondenza con la stratigrafia dei terreni ricostruita tramite i fori geognostici effettuati.

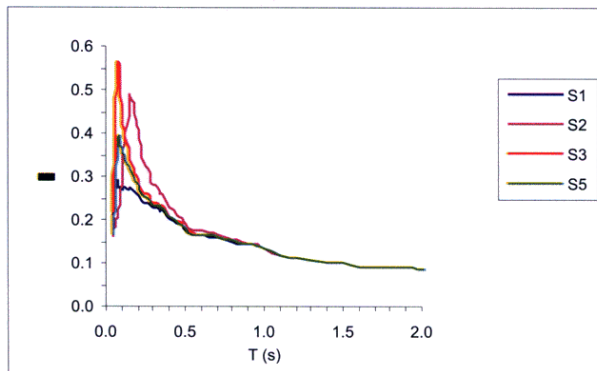
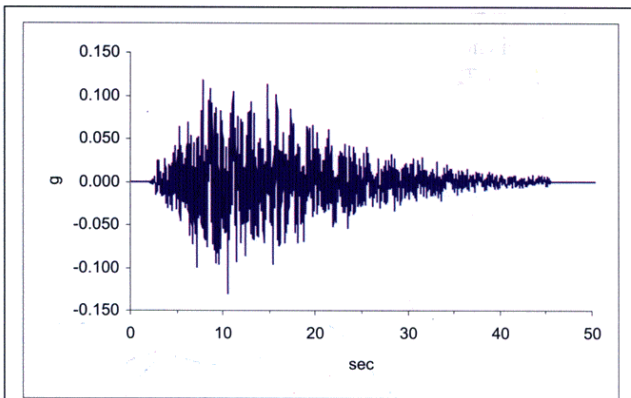
Risposta di sito utilizzando la simulazione stocastica di D. Boore

Il procedimento seguito per valutare la risposta di sito ricalca il digramma di flusso precedentemente descritto.



2. Input dei modelli sismostratigrafici relativi ai vari fori e riassunti in Tabella 1





7. Generazione di accelerogrammi sintetici al suolo e calcolo dello spettro di risposta medio delle accelerazioni al suolo (smorzamento 5%)

8-9-10. Calcolo del fattore di amplificazione FA = Accelerazione output al suolo / Accelerazione input al bedrock

In Tabella 3 sono sintetizzati i parametri sismici della risposta di sito dedotti nei 4 punti di misura:

Foro	FAD	Freq. (Hz)	PGA (cm/sec ²)	PSA (g)	T (sec)	FA
S1	3.35	20.73	119.960 ±9.850	0.289	0.070	1.344
S2	2.30	6.70	134.625 ±11.870	0.490	0.150	1.506
S3	4.15	12.88	157.914 ±11.750	0.563	0.080	1.772
S5	2.60	12.50	127.399 ±11.530	0.392	0.090	1.427
MEDIA	3.23	20.76	134.975 ±11.250	0.434	0.098	1.512

Tabella 3

- FAD** Fattore di Amplificazione Dinamica
- PGA** Peek Ground Acceleration
- PSA** Peek Spectrum Acceleration
- T** Periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice
- FA** Fattore di Amplificazione

Risultanze

Allo scopo di valutare l'applicabilità dei risultati ottenuti sono stati confrontati gli Spettri di Risposta Elastica (PSA, con smorzamento 5%) dedotti in sito ed i profili degli Spettri di Risposta Elastica (smorzamento 5%) previsti nella Zona Sismica 2 dall'Ordinanza PCDM n. 3274 del 20.03.2003 per profili di velocità V_{s30} corrispondenti alle categorie di suolo di fondazione equivalenti al tipo A (Formazioni litoidi) ed al tipo B, C, E.

Gli spettri di risposta elastica previsti dalla suddetta ordinanza sono definiti dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right] \\
 T_D \leq T \leq 4s & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]
 \end{aligned} \quad (2)$$

- dove:
- a_g accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (Tabella 2);
 - S fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione;
 - T periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;
 - T_B, T_C, T_D i periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione;
 - η fattore di correzione dello smorzamento che assume valore unitario per uno smorzamento viscoso pari al 5%;

ed assumono i valori indicati nelle Tabelle 4 e 5 relativi alla Zona 2, in cui ricade il territorio di Ragusa, ed alle categorie di suolo A, B, C ed E:

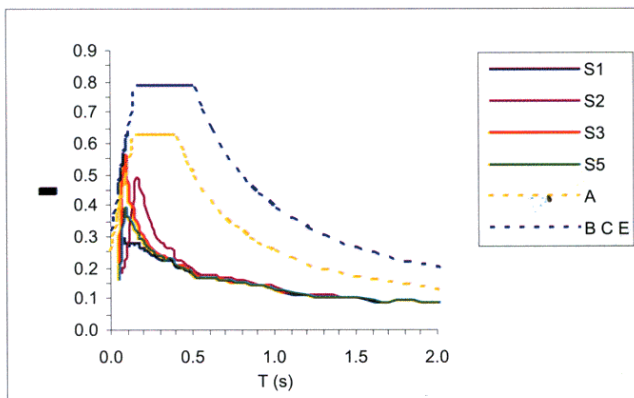
Zona	a_g
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Tabella 4 – Valori di A_g per le diverse zone sismiche del territorio nazionale

Categoria del suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Tabella 5 – Valori dei parametri nelle espressioni dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali

Il sottostante grafico sintetizza e compara gli Spettri di Risposta Elastica ottenuti dai processi di simulazione stocastica applicati ai 4 profili sismostratigrafici S1, S2, S3 e S5, dedotti in sito, con quelli standard (A e B C E) derivati per la Zona 2 dall'elaborazione delle espressioni (2).



Solamente il terreno presente nel sito S3 è classificato come categoria B mentre i restanti ricadono nel campo di classificazione della categoria A.

Conclusioni

Con l'entrata in vigore dell'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20.03.2003 sarà disciplinata, nelle aree soggette ad azioni sismiche, sia la progettazione e la costruzione di nuovi edifici, sia l'adeguamento di edifici esistenti.

L'Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile della Provincia Regionale di Ragusa, con l'impiego del personale e delle attrezzature del 13° Settore - Geologia e Geognostica, ha avviato un programma finalizzato alla verifica degli edifici e/o opere infrastrutturali considerati strategici in caso di emergenze di protezione civile. In questa prima fase sono attenzionate in particolare modo gli edifici scolastici di pertinenza provinciale.

Sono state messe a punto una serie di procedure di indagine e di calcolo che permettono la valutazione dell'azione sismica attesa nell'area in esame sulla base di un terremoto di riferimento.

In particolare, in tema di classificazione dei terreni fondazionali, è stato fatto un confronto tra le risultanze che si ottengono con le procedure di calcolo che si basano sul metodo della simulazione stocastica di Boore e con le metodologie contenute nell'Ordinanza 3274 sulla base dei valori della $V_{s_{30}}$.

Pertanto è stato possibile evincere che la metodologia di calcolo applicata dà risultati mediamente discrepanti rispetto alla classificazione ottenuta utilizzando il metodo previsto dall'Ordinanza n.3274, in quanto solo in un caso vi è stata coincidenza.

Tale procedura di calcolo necessita quindi di ulteriori studi e sperimentazioni, da effettuare su terreni a diversa litologia, al fine di poter contare su una casistica più ampia.