

ARCH. MAURIZIO BORDUGO
Via del Granatiere, 10
33170 Pordenone
tel. 0434-370660

ARCH. ANNA RAFFIN
Via del Granatiere, 10
33170 Pordenone
tel. 0434-370660

S.c.r.l.

- ingegneria
- urbanistica
- ambiente
- architettura
- ricerca

Sede

Via Ospedale Vecchio, n.3

33170 Pordenone

Telefono 0434-21085

Telefax 0434-520336

E-mail

info@coprogetti.it

C.C.I.A. PN 19501

P.IVA 00170010938

localizzazione

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

PROVINCIA DI UDINE

COMUNE DI REMANZACCO

tavola

D.02

committente

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI REMANZACCO

lavoro

AMPLIAMENTO E RECUPERO DELLA PALESTRA "BROILO"
DA ADIBIRE A CENTRO DI AGGREGAZIONE GIOVANILE

PROGETTO ESECUTIVO

oggetto

scala

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

responsabile di progetto

PROGETTAZIONE GENERALE
E COORDINAMENTO

ing. Maurizio Casoni



gruppo di progettazione

PROGETTO ARCHITETTONICO
Arch. Maurizio Bordugo
Arch. Anna Raffin

PROGETTO STRUTTURALE
ing. Matteo Bordugo

PROGETTO IMPIANTISTICO
ing. Maurizio Casoni

PROGETTO SICUREZZA
Arch. Maurizio Bordugo

ambito progettuale

collaborazione e aspetti specialistici

Dott. Geol. Paolo Giovagnoli

data progetto

rev.

data

motivo

riferimenti

Luglio 2012

redatto

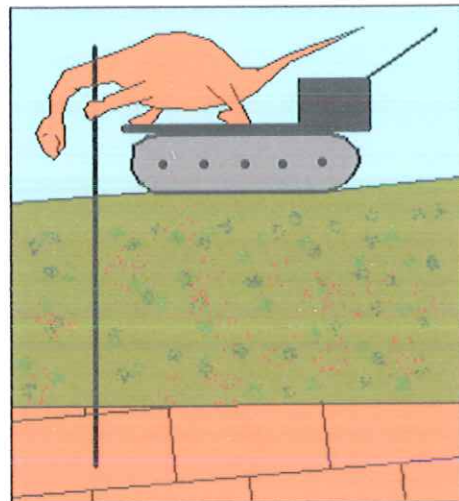
controll. FLC

archivio 1530E_DR02_R0.dwg

Dr. Paolo Giovagnoli
Geologo

Comune di Remanzacco

Provincia di Udine



RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLO GEOLOGICO

**per il progetto di riqualificazione
del centro storico di Remanzacco – area Broilo**

Amministrazione Comunale di Remanzacco

Studio di Geologia

dr. Paolo Giovagnoli

Faedis, 03.01.2011



Handwritten signature in blue ink.

Via Collevillano, 34 33040 Faedis (UD)
Tel 0432-728790 fax 0432-718807 handy 335-6837582
e-mail studiogiovagnoli@libero.it

Dr. Paolo Giovagnoli
Geologo

Comune di Remanzacco

Provincia di Udine

**RELAZIONE GEOLOGICA
E MODELLO GEOLOGICO**

**per il progetto di riqualificazione
del centro storico di Remanzacco – area Broilo**

Amministrazione Comunale di Remanzacco

Studio di Geologia

dr. Paolo Giovagnoli

Faedis, 03.01.2011

Via Collevillano, 34 33040 Faedis (UD)
Tel 0432-728790 fax 0432-718807 handy 335-6837582
e-mail studiogiovagnoli@libero.it

INDICE

1. Premessa	3
2. Caratterizzazione e modellazione geologica	3
3. Caratterizzazione geotecnica	3
4. Considerazioni conclusive	5

ALLEGATI AL TESTO

- 1 - COROGRAFIA A SCALA 1 : 2.500**
- 2 - CARTA GEOLOGICA GENERALE**
- 3 - VALUTAZIONE RESISTENZA DI PROGETTO DEL TERRENO**
- 4 - DIAGRAMMI VALUTAZIONE SISMICITA' E CEDIMENTI**
- 5 – DATI SISMICA PASSIVA**

1 - PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto per descrivere gli aspetti morfologici, litologici, strutturali ed idrogeologici di un'area che verrà interessata da un progetto di riqualificazione di un'area nel centro storico di Remanzacco.

Per la stesura dell'elaborato, finalizzato a fornire un'adeguata modellazione geologica e geotecnica del sito, ci si è avvalsi sia di indagini puntuali (esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche e utilizzo dei dati di una sismica passiva eseguita in area limitrofa) sia di elementi ricavati da precedenti indagini.

2 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Caratteristiche geomorfologiche

L'area indagata è situata in area pianeggiante in ambito urbano, priva di particolarità geomorfologiche. Nell'ambito di questa indagine è stato anche consultato lo studio geologico allegato al PRGC, in cui non vengono riportati rischi geologici né particolarità di sorta; analogamente non risultano problematiche geologiche o idrogeologiche nella cartografia PAI o IFFI.

Acque superficiali

L'area oggetto di indagine non è direttamente interessata da corsi d'acqua naturali o canali artificiali.

Acque sotterranee

La zona indagata è posta nella media pianura friulana ed in quest'area la falda è attestata a circa 45.0 metri di profondità, risultando ininfluyente nel caso in esame.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Indagini eseguite

Al fine di conoscere con esattezza lo spessore dei terreni limoso argillosi superficiali, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue mediante attrezzatura DPM con massa battente di 30 kg e corsa di 0,20 m, aste ($\varnothing = 2$ cm) del peso di 2,4 kg/m, punta conica con ($\varnothing = 3,56$ cm) e apertura di 60° .

Di seguito non si riportano diagrammi data la modesta profondità sempre raggiunta; in ogni caso le prove hanno evidenziando fino a 0.6 metri un numero di colpi pari a 4 – 5 raggiungendo poi valori da 50 a “rifiuto”. Le prove vengono interpretate utilizzando la ricca letteratura sulle prove Standard Penetration Test S.P.T.; infatti dalla bibliografia risulta che, sulla base delle esperienze condotte su terreni naturali, é da ritenersi valida la seguente correlazione tra il numero di colpi ottenuto con l'uso del penetrometro leggero e quello ottenuto con l'esecuzione di una prova S.P.T.: $N_{DPL30(10\text{ cm})} \cong N_{SPT(30\text{ cm})}$.

Valutazione dei parametri geotecnici

I risultati ottenuti dall'esecuzione della prova penetrometrica dinamica hanno consentito l'identificazione di un singolo tipo di terreno di interesse geotecnico, ossia il livello ghiaioso sabbioso, posto oltre 0.6 metri dal p.c.

Dr. Paolo Giovagnoli

Geologo

Trattasi di un terreno a granulometria grossolana ascrivibile al gruppo “GS”, ghiaie e sabbie dell’Unified Soil Classification System degli U.S.A. accettato anche dall’Associazione Geotecnica Italiana, (o A.G.I. 1977).

quota:	oltre 0.60 metri di profondità
numero di colpi:	$N_{DPL} = > 50$ colpi
peso di volume	$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 (18.5 \text{ kN/m}^3)$
angolo di attrito interno	$\phi = 41^\circ$
coesione	$c =$ si assume pari a 0
modulo di compressibilità	$E_c = 700 \text{ kg/cm}^2 (70 \text{ MN/mq})$

Permeabilità

Il terreno fondazionale, costituito essenzialmente da materiali ghiaioso sabbiosi, è dotato di medio alta conducibilità idraulica; il coefficiente di permeabilità k può essere stimato sull’ordine di 10^{-3} cm/sec .

Azione sismica

Sismicità della zona

L’area indagata non risulta interessata da faglie tettoniche riconosciute sismicamente attive.

In base alla delibera della Giunta Regionale n. 845 del 6/5/2010 il territorio del comune di Remanzacco è classificato "Zona 2".

Valutazione dei parametri a_g , F_0 e T_C *

Per la valutazione di:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_C * periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Si è fatto ricorso al software Geostru – Individuazione della pericolosità del sito (centro di Remanzacco).

- il Comune di Remanzacco ricade in Zona 2 (delibera G.R. n. 6.5.10);
- stato limite considerato: SLV
- tempo ritorno: 712
- classe d’uso: III
- accelerazione massima su suolo $A_g = 0.269 \text{ g}$
- massima amplificazione dell’acc. orizz. $F_0 = 2,426$
- inizio tratta costante acc. or. $T_c = 0.338 \text{ sec}$
- parametri locali: $S_s = 1.139$ $C_c = 1.367$
- categoria topografica = T1
- coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1$
- acc. max attesa in superficie $a_{MAX} = S_s * S_T * a_g = 0.376$

Categoria di sottosuolo

Per la valutazione della categoria dell’area in esame e per la valutazione del modello geologico, sono stati utilizzati i dati di una prova “sismica passiva” eseguita in area limitrofa.

Mediante tale prova si può vedere come il suolo nel sito sia caratterizzato da una modesta copertura limo argillosa e poi da terreno al quale è possibile attribuire una $V_s 30 = 500 \text{ m/sec}$; il

Dr. Paolo Giovagnoli

Geologo

sottosuolo è quindi ascrivibile alla categoria B delle NTC 2008: *terreni a grana grossa molto addensati* con valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800.

Stabilità nei confronti della liquefazione

Il sito si presenta stabile nei confronti della liquefazione.

Le caratteristiche granulometriche dei terreni non rientrano nel “fuso” suscettibile di liquefazione e degli effetti conseguenti a tale fenomeno.

Condizioni topografiche

Categoria T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media: $i \leq 15^\circ$.

Capacità portante delle fondazioni, resistenza di progetto del terreno e cedimenti

Il valore della **pressione sul terreno** potrà essere calcolato solo sulla base della esatta geometria fondazionale, ma già in prima approssimazione è possibile ipotizzare una soluzione fondazionale di tipo nastriforme, larga 60 centimetri e posata a 60 centimetri di profondità. Si può quindi utilizzare la classica formula di Brinch – Hansen (con le correzioni di Paolucci e Pecker) ed in allegato si riporta il tabulato di calcolo, da cui si possono ricavare il **carico limite e la relativa resistenza di progetto R_d** . Queste risultano rispettivamente pari a 335 e 186 kPa (circa 3.35 e 1.86 kg/cmq). La riduzione dell'angolo d'attrito (da 41° a 35°) è stata operata facendo riferimento all' “Approccio 1” – combinazione 2 : ($A_2 + M_2 + R_2$) considerando dunque $\phi' = 1.25$.

$$\phi'd = \arctan (\tan \phi / \gamma\phi')$$

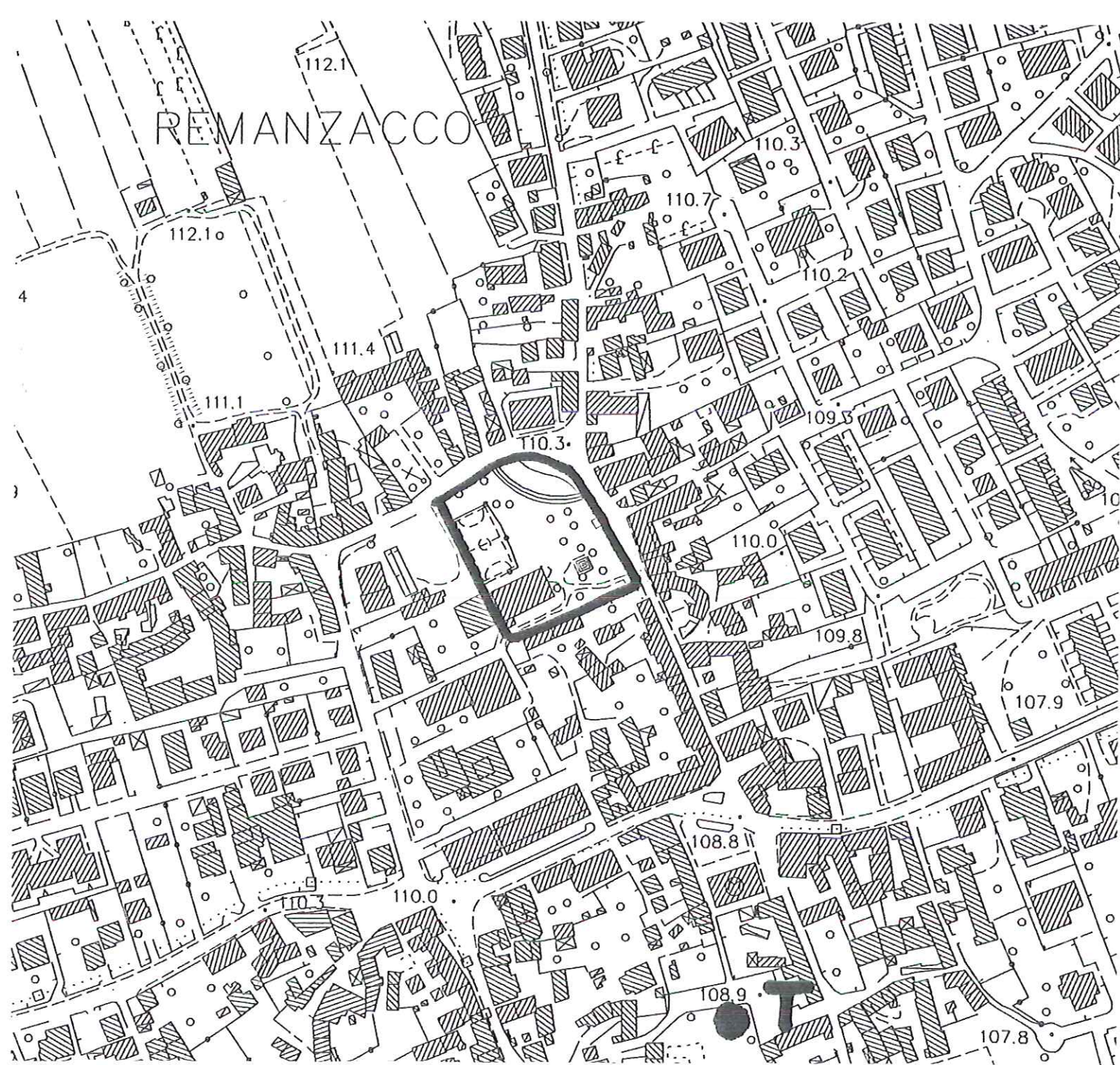
Per quanto attiene invece i cedimenti ipotizzabili, essi possono essere valutati mediante la classica formula:

$$S = \frac{P_o * b * (1 - \mu^2)}{E} * \mu_0 * \mu_1$$

con la quale si valuta un cedimento pari a 0.1 centimetri, valore compatibile con la struttura in esame. Nella formula P_o è il carico di esercizio (1.86 kg/cmq), b la larghezza della fondazione (60 cm), E il modulo di compressibilità (700 kg/cmq), μ il coefficiente di Poisson (= 0.3), mentre $\mu_0 * \mu_1$ sono due coefficienti adimensionali relativi alla geometria fondazionale e valutati mediante i grafici ausiliari di seguito allegati ($\mu_0 = 0.95$ e $\mu_1 = 0.65$). Nel caso di quest'ultimo coefficiente, si tiene conto del fatto che la profondità di influenza del carico viene assunta pari a 3 volte “B”.

4 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal momento che il fabbricato in progetto è di modeste dimensioni e verrà realizzato in un contesto già urbanizzato e privo di pericolosità naturali si ritiene non vi siano ostative di carattere geologico-tecnico alla sua realizzazione. Per quanto attiene ai valori di carico di esercizio e altre considerazioni di tipo geotecnico, si veda quanto riportato alle pagine precedenti



COROGRAFIA

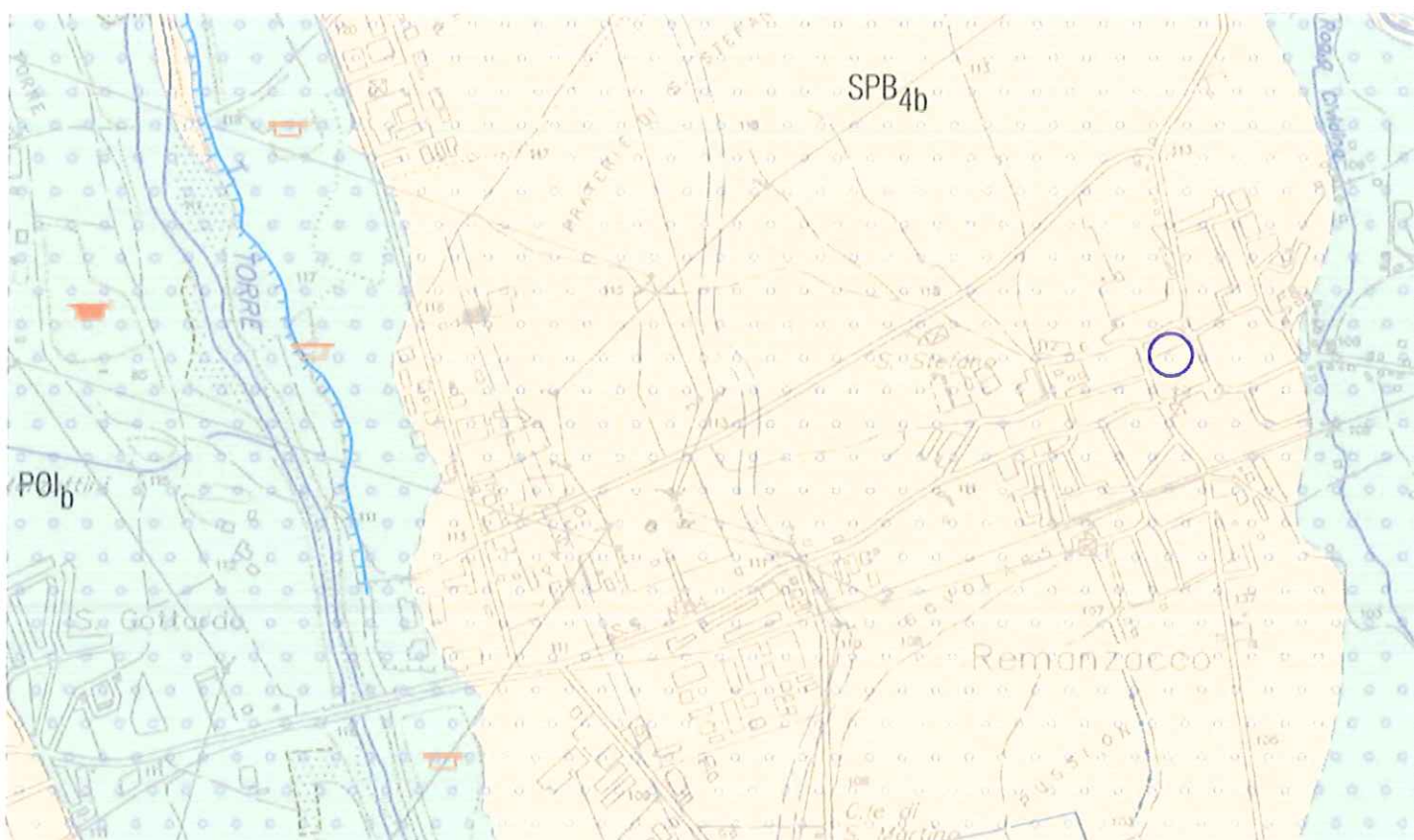
Scala 1 : 2.500

Estratta dalla carta tecnica regionale

Elemento: "Remanzacco - n. 066.121"

***Si evidenzia l'ubicazione dell'area in esame e della prova
sismica passiva citata in relazione***

CARTA GEOLOGICA



Estratta dalla carta geologica regionale. Si può osservare come l'area sia costituita da terreno ghiaioso sabbioso con scarsa frazione fina limo sabbiosa (termine SPB 4b).

**CALCOLO PORTANZA DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE
DI LATO 60 CENTIMETRI E POSATA A - 60 CENTIMETRI DAL P.C.
SU TERRENO GHIAIOSO SABBIOSO**

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

Formula Brinch-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} vengono introdotti i fattori correttivi z :

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi} \right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE

A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite 3,35 Kg/cm²

Resistenza di progetto 1,86 Kg/cm²

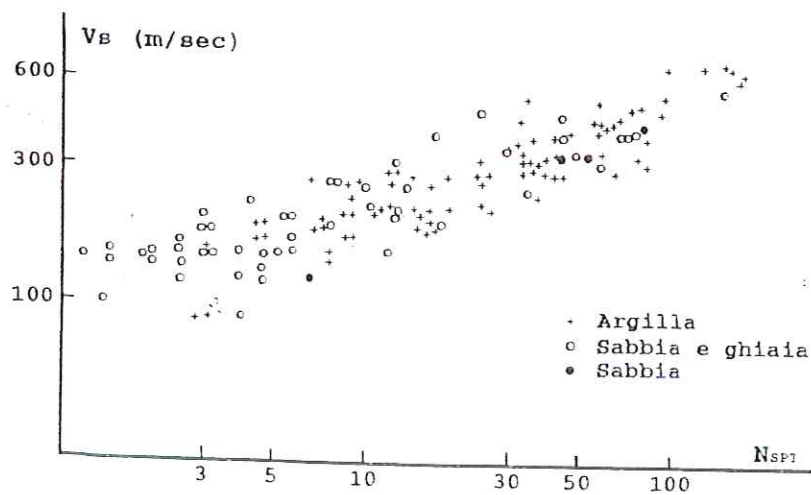
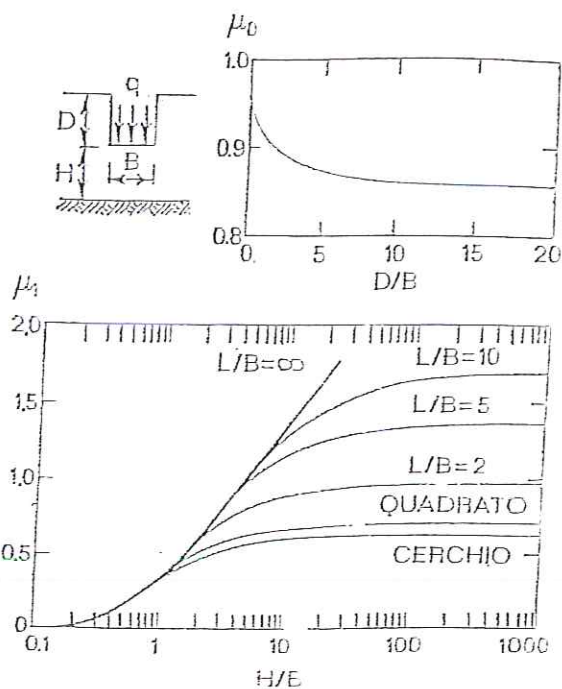


Figura 2.14 — Relazione sperimentale tra V_s e N_{SPT} per argille, sabbie e ghiaie (da Mai e Yoshimura, 1975).



QUI SOPRA:

grafici per la valutazione dei due fattori (μ_0 e μ_1) che compaiono nella formula per la valutazione dei cedimenti

QUI A LATO:

grafico per la valutazione della K di Winkler partendo dai valori desunti dalla prova penetrometrica

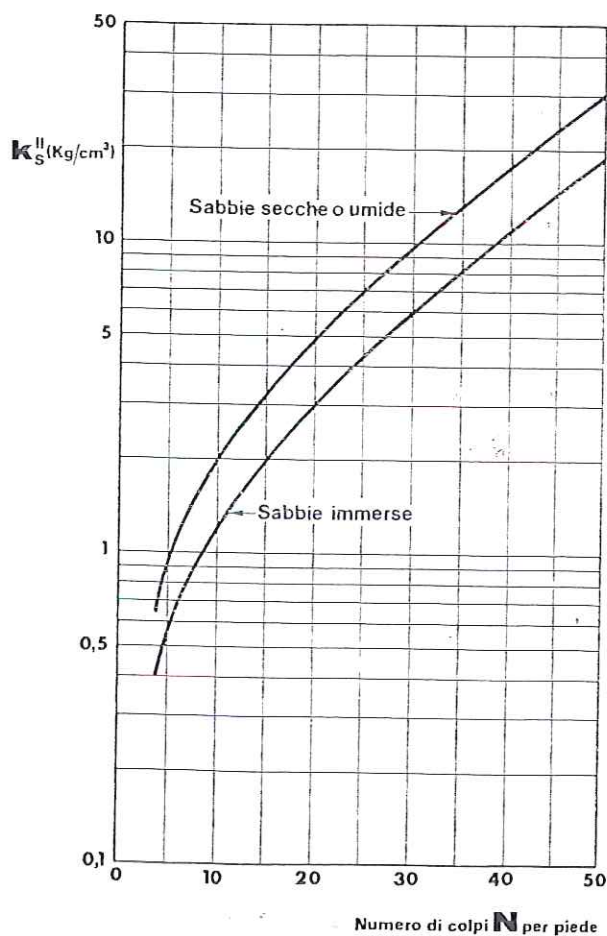


Fig. 10.6 — Variazione del coefficiente k_s'' dell'eq. (10.4) per terreni incoerenti in funzione del numero di colpi N per piede dello S.P.T. (Terzaghi).

RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'attuale normativa sismica intende fornire una base quantitativa per la classificazione dei suoli in termini di effetti di sito. Il parametro chiave di questa base quantitativa è la velocità media delle onde di taglio S nei primi 30 metri (V_{s30}).

La metodologia adottata della misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso i rapporti spettrali, porta alla misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo: le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che il V_{s30} .

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile pertanto misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo.

Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella delle strutture, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della *doppia risonanza*).

Metodologia adottata e strumentazione utilizzata

La metodologia HVSR, adottata nel presente lavoro, è una tecnica di tipo passivo dal momento che sfrutta il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento...), dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica (microtremori).

Ad ogni frequenza di risonanza rilevata corrisponde una variazione apprezzabile dei parametri elastici del sottosuolo e quindi ciò permette di discriminare, in un sistema stratificato, la presenza dei diversi orizzonti. Lo spessore (h) di tali orizzonti è poi ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza (f_r) alla velocità delle onde di taglio (V_s):

$$f_r = V_s / 4h \quad (1)$$

In mancanza della velocità delle V_s e in virtù dell'equazione (1), la tecnica HVSR può essere abbinata a metodi di prospezione di tipo geotecnico (penetrometrie, sondaggi meccanici) in grado di fornire un'adeguata descrizione stratigrafica del sottosuolo.

Nel presente lavoro è stata utilizzata un'acquisizione con tecnica HVSR adottando come stratigrafia di ancoraggio quella ottenuta da sondaggi meccanici a carotaggio continuo eseguiti nelle immediate vicinanze del sito.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale modello "*Tromino*" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ad alta risoluzione adatti a misurazioni di rumore ambientale. Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici, ortogonali tra loro, con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Durante la fase di processing in studio, i dati vengono convertiti in file ASCII mediante il software "*Grilla*", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

In fase operativa si sono eseguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 10 minuti;

- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali di 20 secondi ciascuna;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti;
- si costruisce poi un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita;
- si adatta la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde di taglio S.

Risultati del rilievo tromografico

La curva HVSR evidenzia una frequenza fondamentale di risonanza del sito a circa 25 Hz (fig. 2).

Si rileva una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini sismici con una graduale e costante crescita delle velocità di propagazione delle onde S al crescere della profondità; lo spettro sismico si stabilizza costantemente su di un rapporto spettrale $H/V > 1$ (fig. 3).

La frequenza fondamentale di risonanza di 25 Hz non comporta criticità in termini di amplificazioni locali delle onde sismiche (effetti di risonanza) per la struttura in progetto (fig. 1).

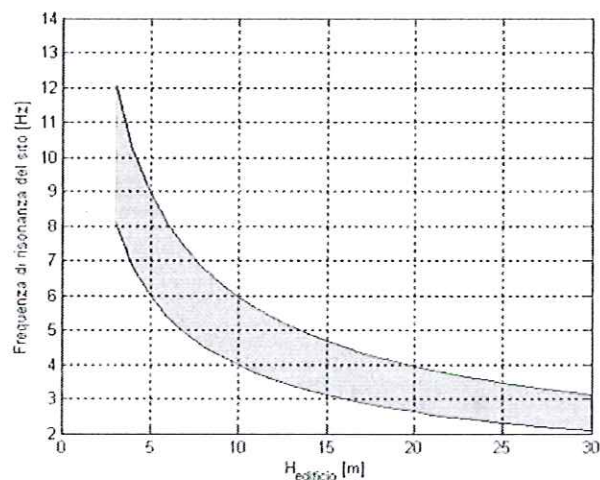


Fig. 1 Relazione fra frequenza di risonanza del sito ed altezza dell'edificio. In evidenza il campo di criticità.

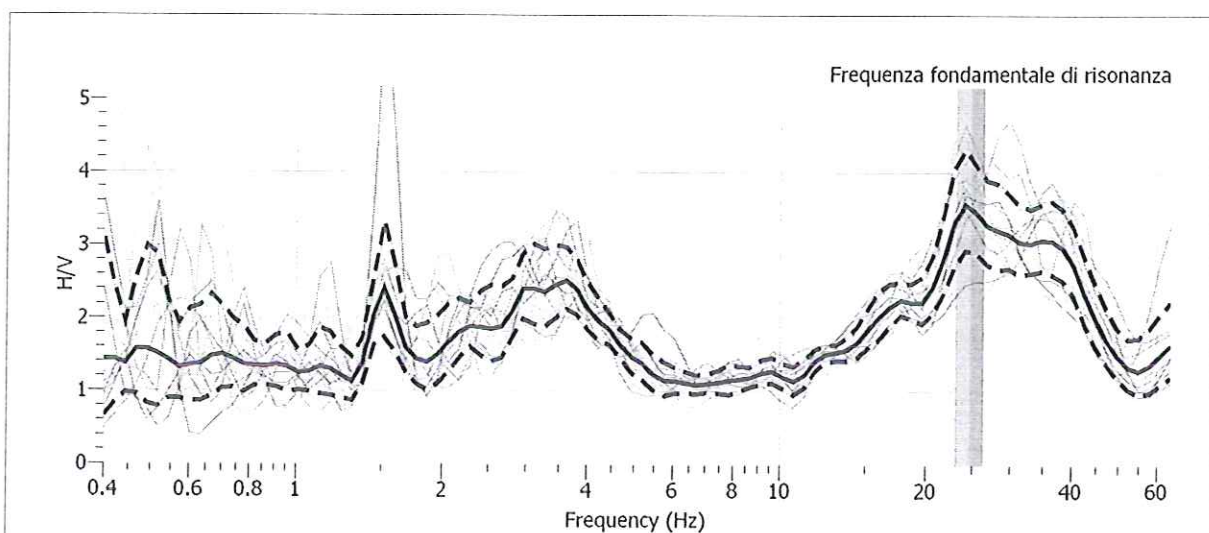


Fig. 2 Frequenza fondamentale di risonanza del terreno (evidenziata dalla banda colore grigio)

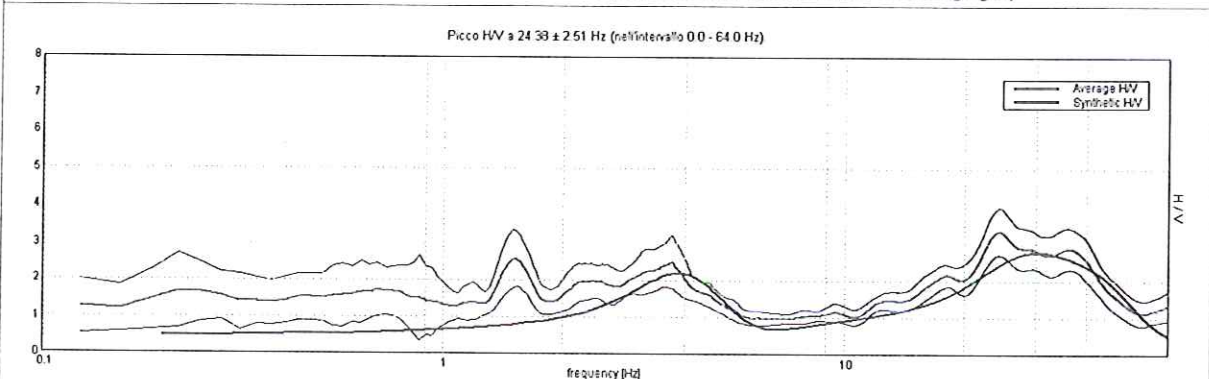


Fig. 3 Rapporto spettrale H/V misurato. Con la linea rossa l'H/V medio, l'intervallo di confidenza al 95%, con linea blu la curva sintetica

Il modello di inversione consente di definire la seguente sismostratigrafia in termini di onde di taglio (fig. 4):

sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	147	0,8
2	290	1
3	380	2
4	520	10
5	610	25
6	>1100	Inf.
V _{s30} =500 m/s		

La velocità equivalente delle onde di taglio **V_s**, nei primi trenta metri a partire dal piano campagna, è pari a circa **500 m/s**, che riconduce il tipo di suolo nella categoria **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori*