

ING. FABRIZIO
TONELLA

Studio - Asolo (TV) - Via Foresto Nuovo, 32/A - Tel. - Fax. 0423/952442
Abitazione - Crespano d. Grappa (TV) - Via Aldo Moro, 28 - Tel. 0423/53577
n° 846 ordine di Treviso - C.F.TNL FRZ 52E18 D157I - P.IVA 01249070267

COMUNE DI **GIOIA TAURO**

PROVINCIA DI **REGGIO CALABRIA**

PROGETTO

**OPERE DI FONDAZIONE DELLA SALA OPERATORI
A SERVIZIO DI UN SISTEMA RILOCABILE
PER LA SCANSIONE RADIOGRAFICA DI CONTAINER SU MEZZI DI TRASPORTO
DA COLLOCARSI NELL'AREA PORTUALE DI GIOIA TAURO (RC)**

COMMITTENTE: **AGENZIA DELLE DOGANE**

DITTA: **SMITHS DETECTION - Rue Charles Heller, 36 - Vitry sur Seine Cédex - FRANCE**

- RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Asolo, li 12/02/2018

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE




DIRETTORE LAVORI DELLE STRUTTURE

TERRENO E FONDAZIONI

LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL TERRENO

Per quanto riguarda la tipologia del terreno si è fatto riferimento alla *Relazione geologica*, alla *Relazione geotecnica e sulle indagini* e alla *Relazione di pericolosità sismica* redatte dal Dott. Geol. Luigi Carbone, delle quali si allega copia.

L'area in oggetto è situata nell'area portuale di Gioia Tauro, lungo il litorale tirrenico compreso tra il Fosso Budello a sud, ed il Fiume Mesima a nord, nel territorio comunale di Gioia Tauro, e si trova alla quota topografica di 5.00 metri s.l.m.

Per definire la stratigrafia del terreno e la categoria sismica di sottosuolo, sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche in data 27/06/2013, realizzate in corrispondenza dei vertici del sedime della nuova costruzione, ed un'indagine sismica di tipo MASW.

Successivamente, nel mese di luglio 2015, la ditta "IDROPALM" ha eseguito le seguenti indagini:

- n. 1 sondaggio a rotazione e carotaggio continuo;
- n. 2 prelievi di campioni semi – disturbati;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T.

Sui campioni prelevati, la ditta "TECNO-SUD" ha eseguito delle analisi granulometriche per setacciatura.

Si riportano di seguito degli estratti con ubicazione delle prove e profondità di indagine.



TIPO PROVA	SIGLA PROVA	PROFONDITA' (m)	NOTE
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI	DPM 1	9,80	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 2	9,80	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 3	9,30	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 4	5,70	stima dei parametri fisico - meccanici
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	S1	15	ricostruzione litostratografica prelevati n° 2 campioni semi - disturbati eseguite n. 2 SPT in foro
PROVA SISMICA MASW	MASW 1	30,00	calcolo delle Vs, delle Vs30 e della categoria di sottosuolo

Tab. 2 – Sintesi indagini in sito

In base ai risultati e alla correlazione tra i dati rilevati dalle indagini penetrometriche e quelli desunti dal sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, è stato ricostruito il modello geologico dell'area di intervento.

Al di sotto del terreno di riporto, il terreno si configura come una successione di strati caratterizzati da una forte eterogeneità, sia da un punto di vista granulometrico, sia rispetto al grado di addensamento, con una composizione prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, attribuibili ai depositi di spiaggia affioranti nell'area del Porto di Gioia Tauro.

I terreni presenti, seppur nella loro eterogeneità, sono stati distinti in quattro complessi differenti:

- *Bitume e materiale di riporto*
- *Sabbie ghiaiose debolmente limose*
- *Sabbie con ghiaie debolmente limose*
- *Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni o di dimensioni centimetriche*

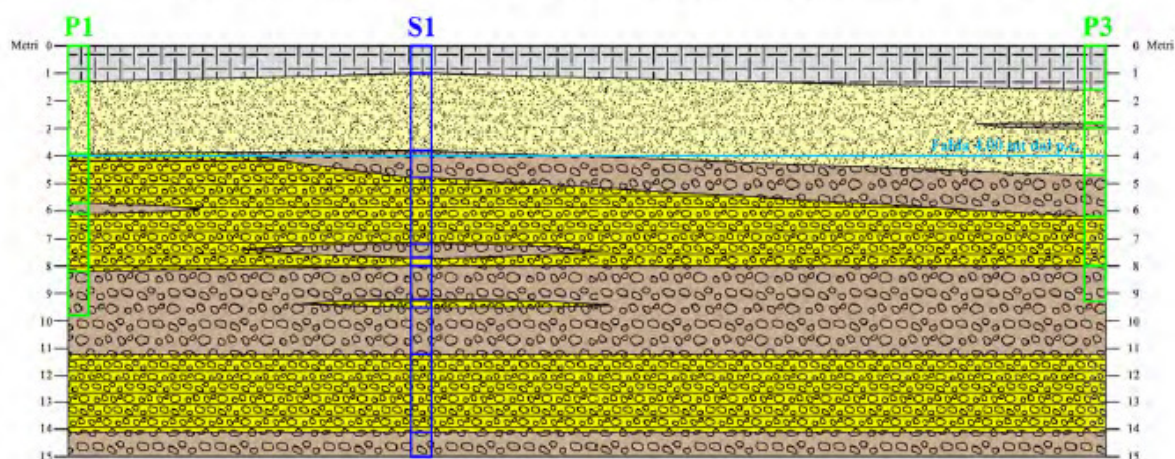
La falda, nel corso delle prove penetrometriche effettuate in data 27/06/2013, è stata rilevata ad una profondità compresa di 5.50 metri dal p.c. e 6.60 metri dal p.c., mentre il sondaggio a rotazione ha evidenziato la risalita della falda sino alla profondità di 4.00 metri dal p.c..

Si riportano di seguito degli estratti delle relazioni geologica e sulle indagini, con riportata la stratigrafia desunta dai dati delle prove penetrometriche e a carotaggio continuo.





Per i valori dei parametri geotecnici dei vari strati si rimanda alle relazioni in allegato.

TABELLA 10 – MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO (SONDAGGIO A ROTAZIONE E CAROTTAGGIO CONTINUO)		
LITOLOGIA	PROFONDITA' (Metri)	
Bitume e materiale di riporto	0.00	0.70
Sabbie ghiaiose debolmente limose	0.70	3.80
Ghiaie con sabbie e locali ciottoli di dimensioni centimetriche	3.80	4.80
Sabbie con ghiaie debolmente limose	4.80	7.20
Ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni centimetriche	7.20	7.70
Sabbie con ghiaie debolmente limose	7.70	8.00
Ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni centimetriche	8.00	9.20
Sabbie con ghiaie debolmente limose	9.20	9.50
Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni	9.50	11.20
Sabbie con ghiaie debolmente limose	11.20	14.10
Ghiaie con sabbie e ciottoli di piccole dimensioni	14.10	15.00

CORRELAZIONE LITOSTRATIGRAFICA - Scala 1:200
Prove penetrometriche dinamiche P1 - P3; Sondaggio a rotazione e carottaggio continuo S1



Legenda:

-  Bitume e materiale di riporto
-  Sabbie ghiaiose debolmente limose
-  Sabbie con ghiaie debolmente limose
-  Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni o centimetriche

LIQUEFAZIONE

Dai risultati ottenuti dalle indagini penetrometriche, dalle SPT e dalle analisi granulometriche, è stato rilevato che **i terreni nell'area d'intervento risultano potenzialmente liquefacibili.**

Il fenomeno della liquefazione consiste nella: *“diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità, causata dall'aumento di pressione interstiziale, in un terreno saturo, non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative con l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno stesso”*.

La liquefazione può verificarsi nei primi 10÷15 metri di profondità dal piano campagna, e riguarda depositi sabbiosi aventi densità inferiore alla densità critica, a granulometria rientrante nel fuso granulometrico critico ed in presenza di falda, specie quando i terreni risultano confinati all'interno di strati impermeabili che impediscono la dispersione rapida delle sovrappressioni neutre indotte dalle sollecitazioni cicliche.

Dallo studio effettuato in proposito è emerso che **i terreni analizzati rientrano all'interno del fuso critico, e quindi sono, dal punto di vista granulometrico, potenzialmente liquefacibili.**

Quindi, nel caso in oggetto, il terreno potrebbe essere interessato a diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale a seguito di un evento sismico, con conseguenti effetti di cedimenti differenziali e diminuzione della capacità portante.

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la categoria del sottosuolo, con riferimento ai risultati dell'indagine MASW eseguita dal geologo, al livello del piano di campagna, così come alla quota d'imposta della platea in progetto (~ -0.25 m da quota p.c), essa risulta essere di tipo C (D.M. 14/01/08 punto 3.2.2):

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”

Tuttavia, poiché il terreno risulta potenzialmente liquefacibile per uno spessore di circa 15 m, ai sensi del D.M. 14/01/08 punto 3.2.2, il sottosuolo è classificato **S2**:

“Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.”

Per sottosuoli appartenenti alla categoria S2 è necessario:

- predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno;

ed in alternativa:

- effettuare interventi per la diminuzione o l'abbattimento del potenziale di liquefazione.

Per l'abbattimento del rischio della liquefazione di un terreno libero in superficie ci sono diversi metodi.

Le tecniche più efficaci si basano sui seguenti principi:

- miglioramento della compattezza con metodi dinamici;
- abbassamento della falda;
- iniezioni cementizie o con resine sintetiche per il miglioramento dei legami intergranulari;
- aumento della permeabilità interstiziale attraverso installazione di dreni.

Nel caso in oggetto si è optato per la soluzione dei dreni di ghiaia (pali incapsulati drenanti).

Si tratta di pali realizzati con geotessile tubolare flessibile con funzione di armatura e incapsulamento del riempimento in ghiaia, infissi negli strati liquefacibili, usualmente disposti a quinconce, o anche a maglia quadrata.

Il diametro dei dreni, il loro interasse e la profondità sono definiti da opportuni calcoli che tengono conto dei parametri della stratigrafia del sito e dell'entità del sisma.

Un dreno di un diametro d_w e disposto ad un interasse S rispetto agli altri è in grado di drenare un cilindro di diametro equivalente d_e pari a 1.05 volte l'interasse S dei dreni se questi sono disposti a quinconce e pari 1,13 S nel caso essi siano disposti a maglia quadrata.

L'introduzione negli strati liquefacibili dei dreni ha come effetto il passaggio del terreno dalla categoria di sottosuolo **S2** a alla categoria **C**, e la possibilità di calcolare la fondazione come platea superficiale considerando la portata del terreno come da stratigrafia definita.

MODELLO COMPLESSO FONDAZIONE TERRENO

In base ai dati forniti dalla relazione geologica e dalle indagini effettuate in situ è stato ricostruito il modello terreno-fondazione.

Pur considerando il contributo dei dreni, che elimina il pericolo di liquefazione, eseguendo il calcolo della platea superficiale con i parametri geotecnici riportati nelle relazioni geologico-geotecniche, i cedimenti della platea sono risultati elevati sia in termini assoluti che differenziali.

Cio è dovuto ai valori del modulo edometrico dei vari strati di terreno, di bassa entità e quindi penalizzante per i cedimenti della fondazione.

Per contenere i cedimenti entro valori accettabili si è deciso di associare alla realizzazione dei dreni di ghiaia quella di pali trivellati in c.a. infissi per 3 m nello strato profondo di ghiaie e sabbie con ciottoli, per avere la sicurezza di trasmettere il carico agli strati di terreno non interessati dalla liquefazione.

A favore di sicurezza per i pali, oltre alla portanza di punta, è stata calcolata la portanza laterale solamente per i 3 m di infissione nello strato finale di ghiaie e sabbie con ciottoli, trascurando cautelativamente gli strati superiori interessati dalla liquefazione, nel caso in cui i dreni non dovessero essere sufficienti a contrastare il fenomeno.

In conclusione per la fondazione della sala operatori la scelta progettuale finale è quella di una platea su pali, previo abbattimento del pericolo di liquefazione con dreni di ghiaia.

La platea avrà dimensioni in pianta di 13.40x3.00 m ed uno spessore di 25 cm con 10 cm di magrone; l'estradosso sarà a quota +10 cm rispetto alla quota media del piano di campagna, e quindi la quota di imposta sarà a -25 cm da p.c. (intradosso magrone).

La prima fase prevede la realizzazione dei pali in c.a., successivamente saranno posti in opera i dreni e quindi si procederà alla costruzione della platea superficiale.

I pali avranno lunghezza di 17 m (da quota intradosso platea di fondazione) e saranno intestati per circa 3 m nello strato di ghiaie e sabbie con ciottoli, rilevato nel sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, che presenta buone caratteristiche geomeccaniche; saranno del tipo trivellato, con diametro Ø60 cm, armatura longitudinale costituita da n. 8Ø16, con barre aggiuntive in testa per i primi 4 m in numero di 8Ø20 e armatura trasversale costituita da una spirale Ø8/20 per tutta la lunghezza del palo.

Nel dettaglio si prevedono n. 4 pali disposti in modo alternato sul sedime della platea, ad un interasse di 4.00 m in direzione longitudinale e di 1.60 m in direzione trasversale.

I dreni avranno una disposizione triangolare (a quinconce) e occuperanno tutto il sedime della platea della sala operatori e dell'hangar adiacente, avranno diametro d_w Ø80 cm e interasse $S=320$ cm ($d_e=336$ cm, diametro equivalente del cilindro di terreno drenato).

Saranno realizzati a partire da circa 1 m da quota p.c. (35÷65 cm all'interno dello strato di riporto ghiaioso) ed intestati a a -16.00 m, per una lunghezza di 15 m, così da superare la profondità critica alla quale è possibile il verificarsi del fenomeno della liquefazione, in quanto per profondità superiori la pressione geostatica genera

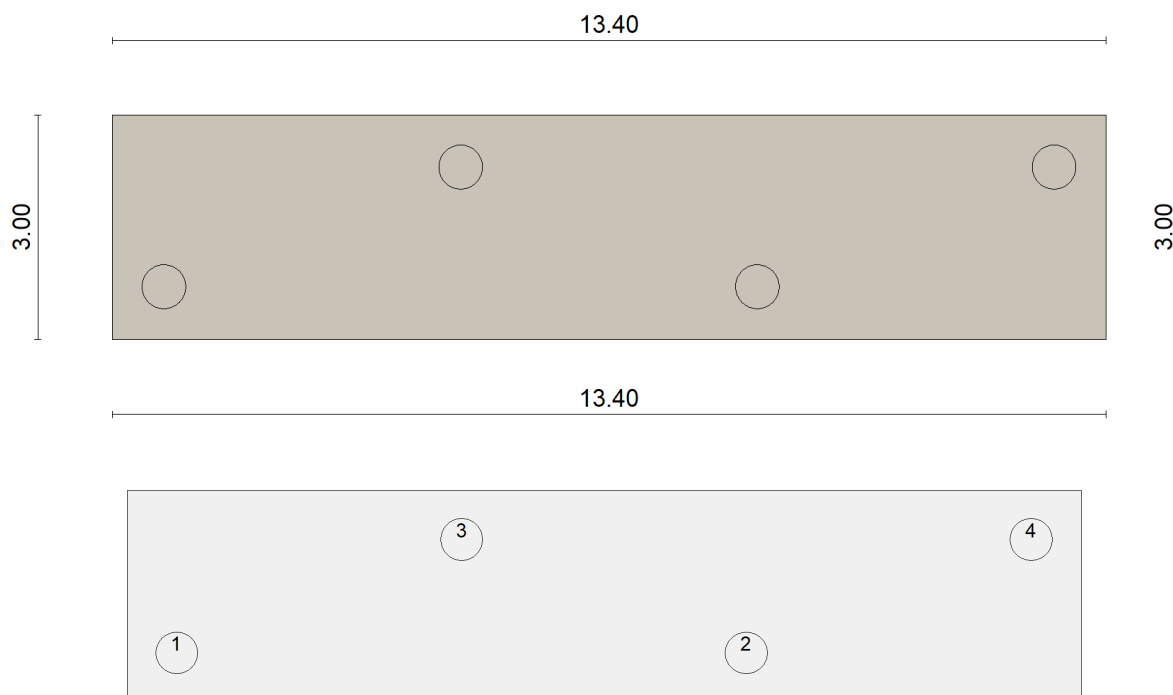
sufficiente compattezza sugli strati granulari tale da impedire che possano divenire liquefacibili.

Il dimensionamento dei dreni è stato eseguito mediante il programma *Geostru Software*.

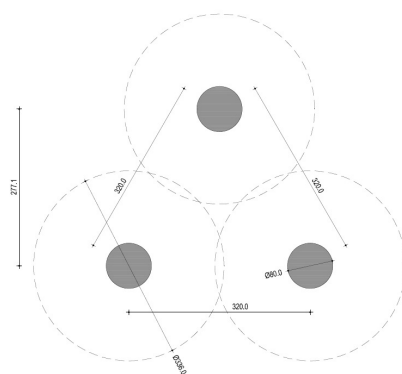
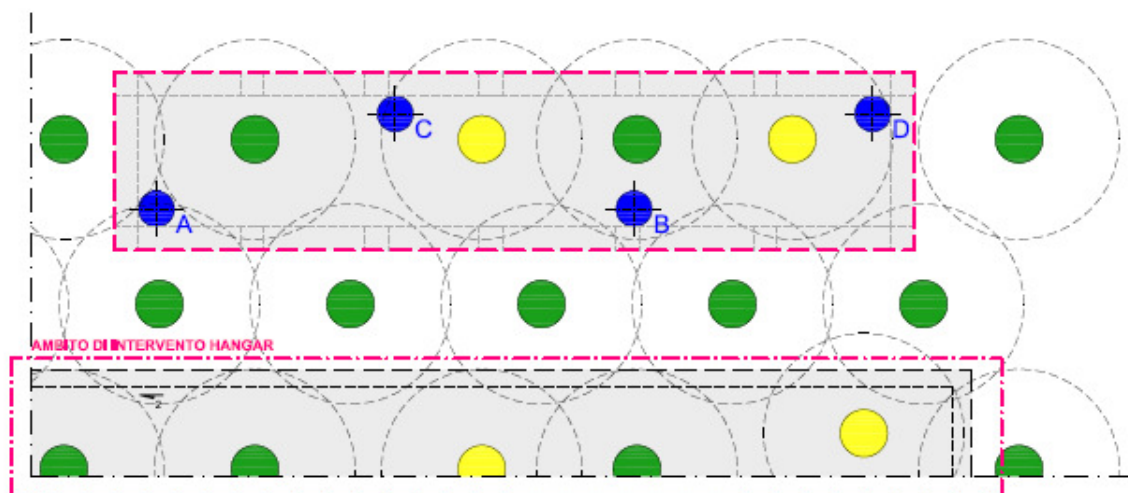
Il calcolo della platea su pali è stato effettuato secondo l'*Approccio 2*, uno dei metodi previsti dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008*.

La relazione di calcolo e le verifiche complete dei dreni e della platea sono riportate nella relazione di calcolo "*Calcoli strutturali*".

PIANTA PLATEA E PALI

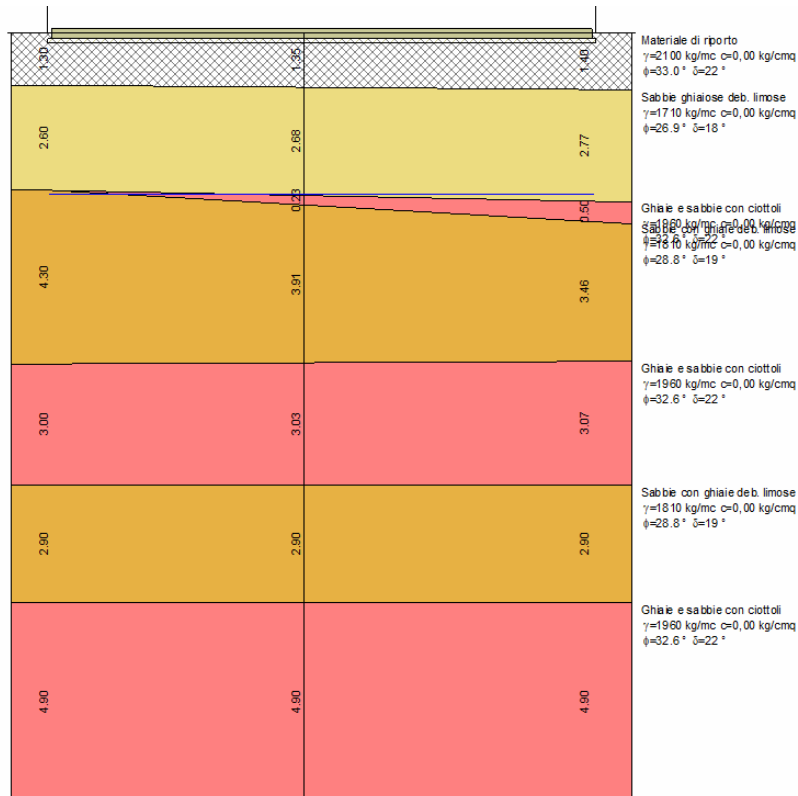


PIANTA E DETTAGLIO DRENI

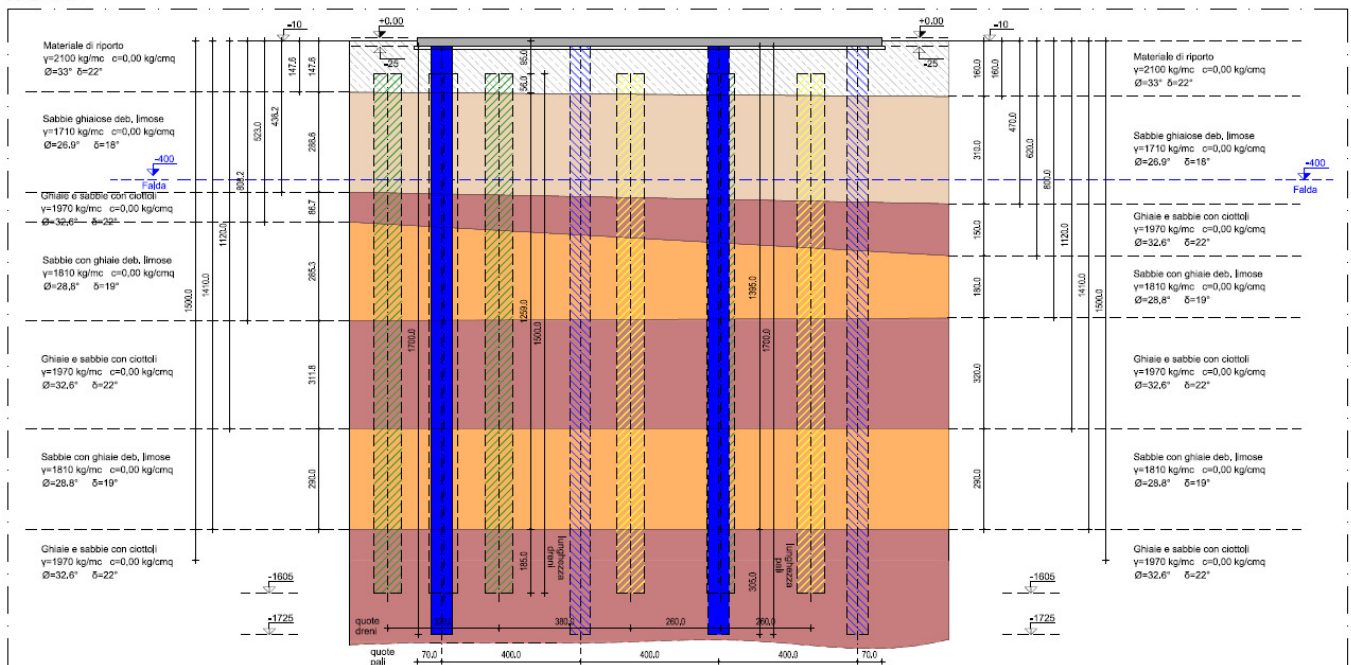


dw=80 cm
S=320 cm
de=1.05xS=336 cm

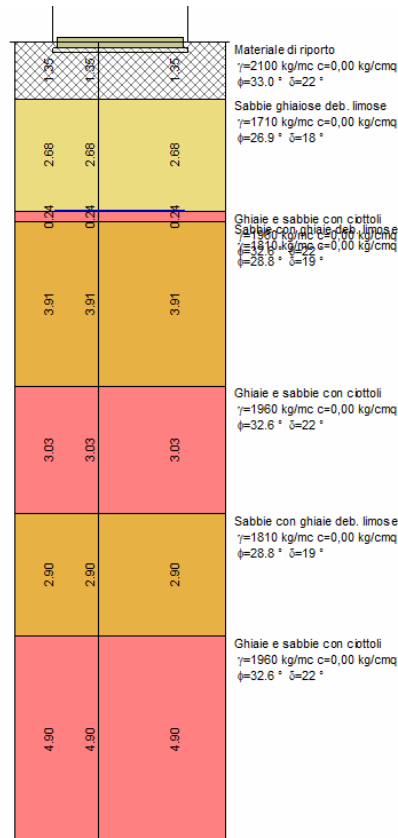
SEZIONE LONGITUDINALE



SEZIONE 1-1
SCALA 1:100

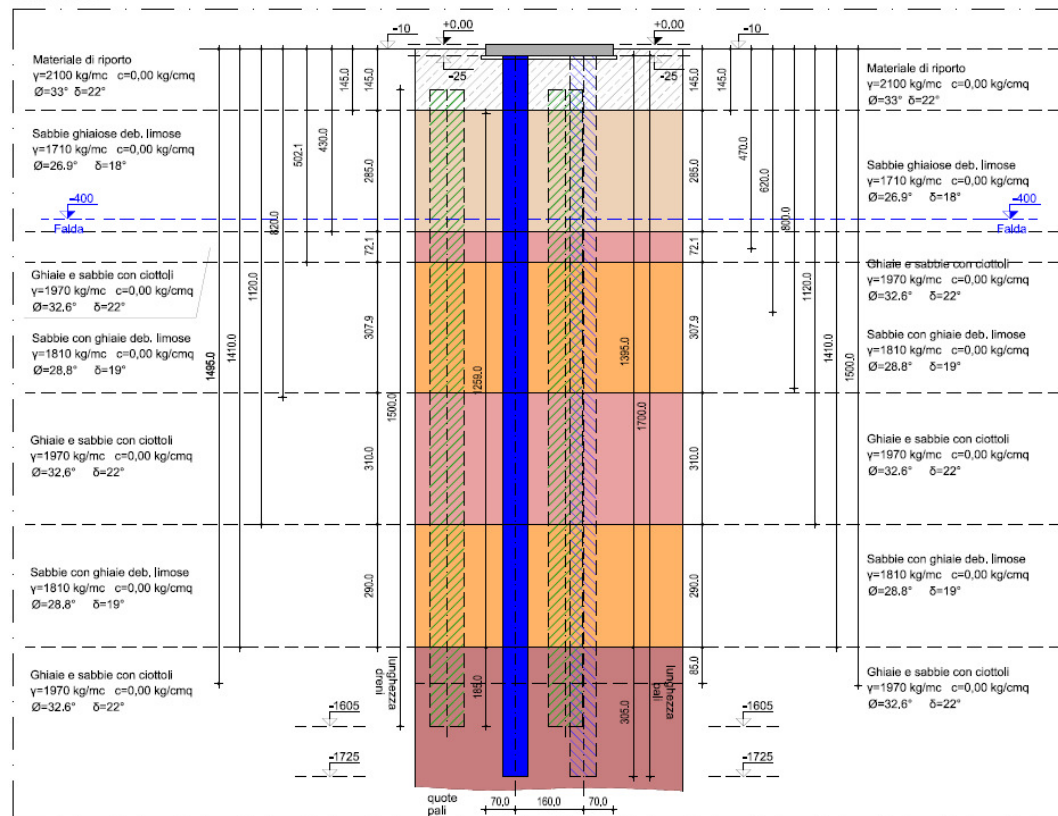


SEZIONE TRASVERSALE

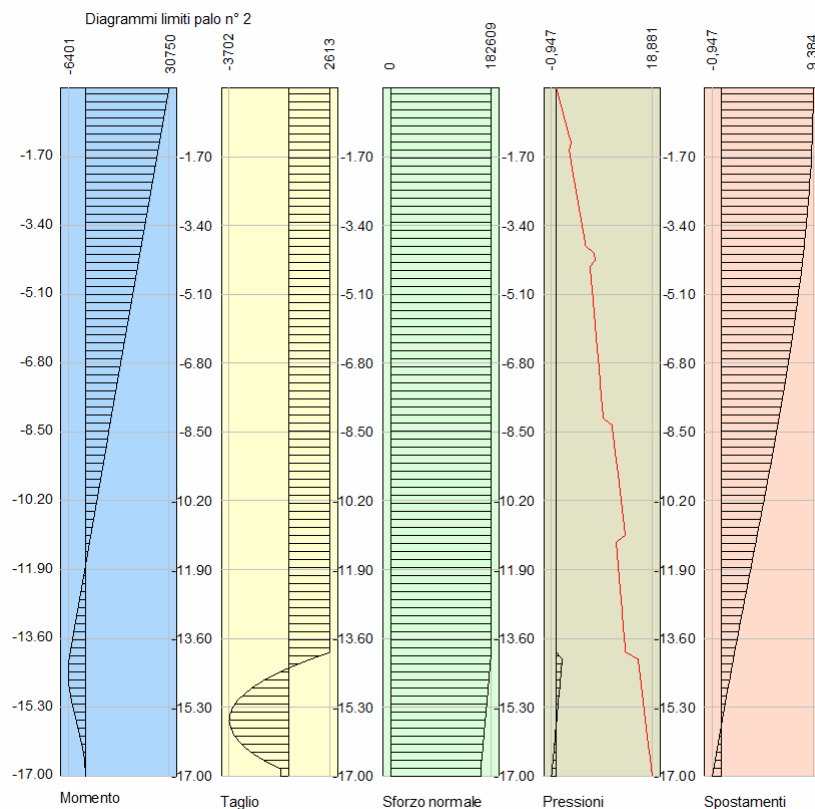


SEZIONE 2-2

SCALA 1:100

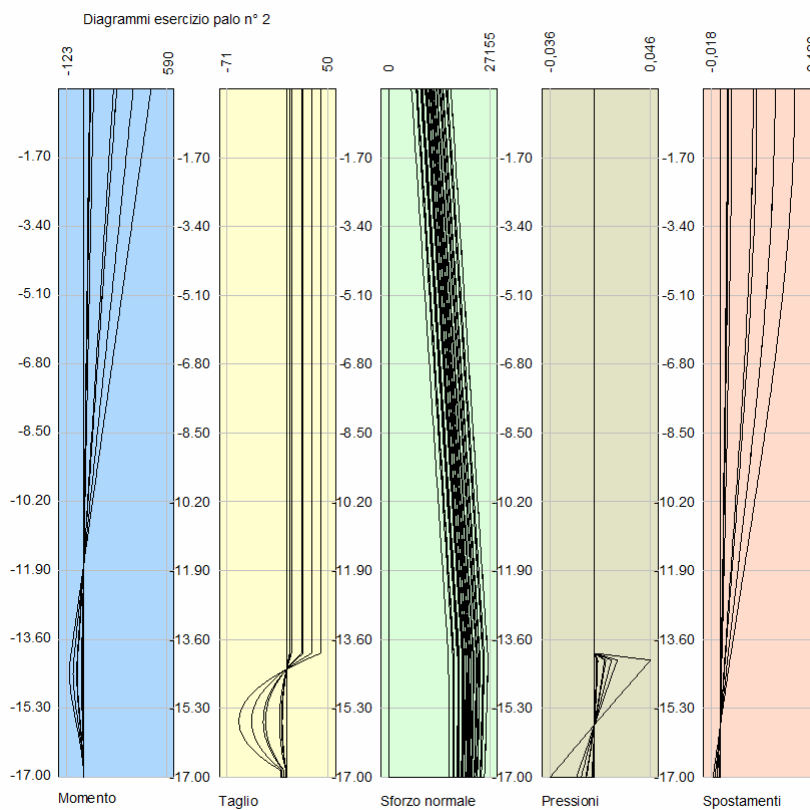


DIAGRAMMI LIMITE SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI PALI

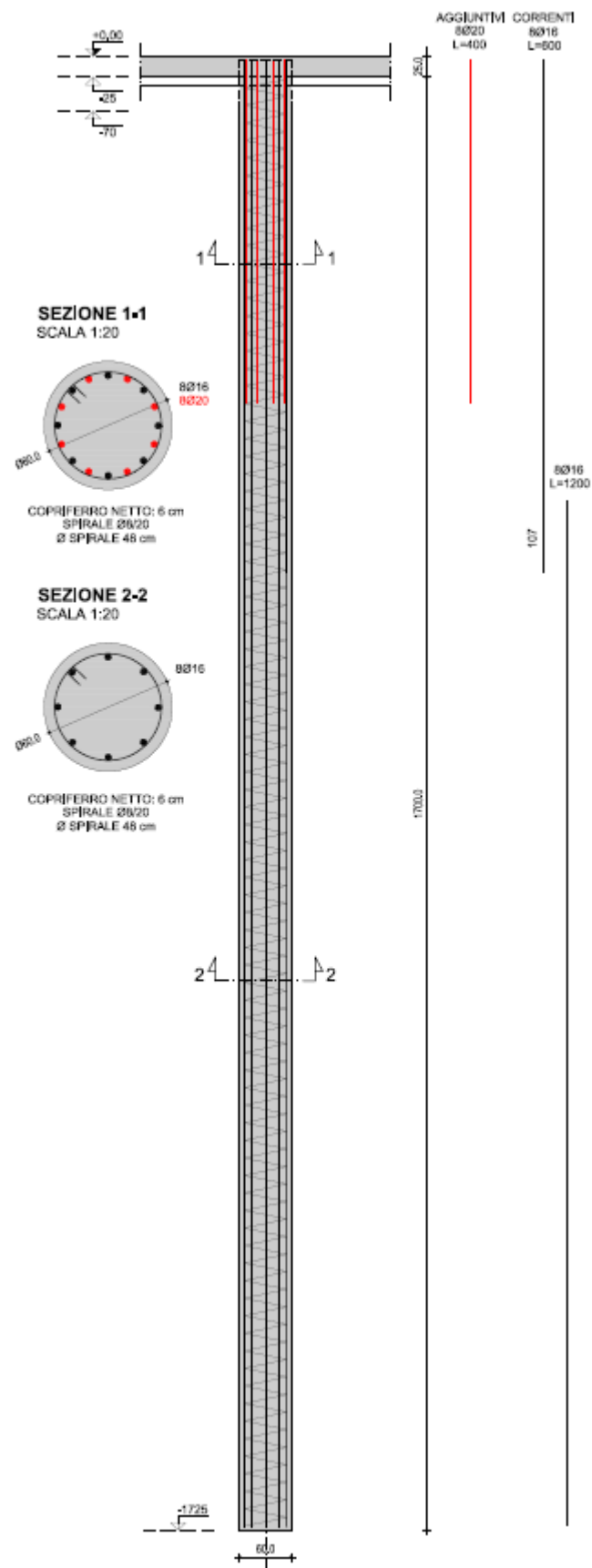


DIAGRAMMI ESERCIZIO SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI PALI

Inviluppo

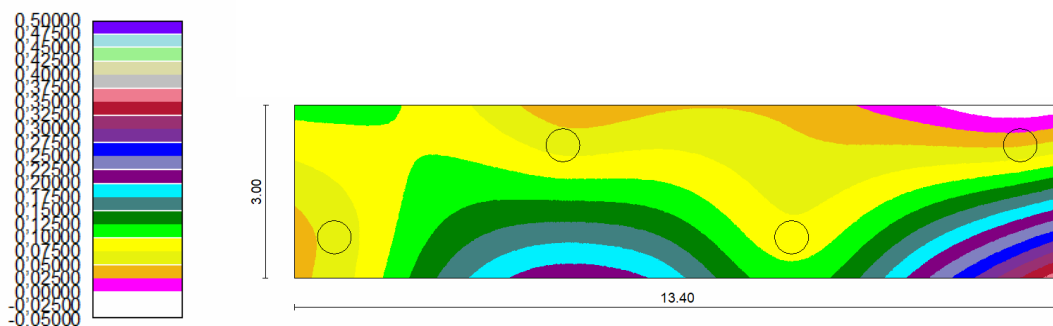


PALO TIPO

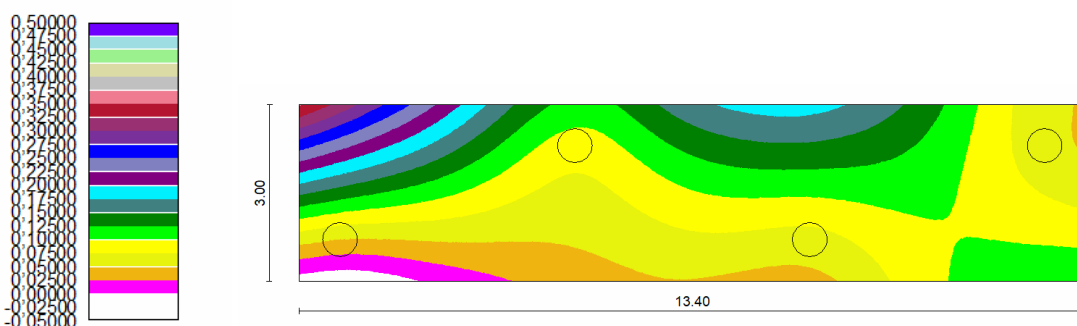


DEFORMATE PLATEA AGLI SLE DEFORMATE PLATEA AGLI SLE

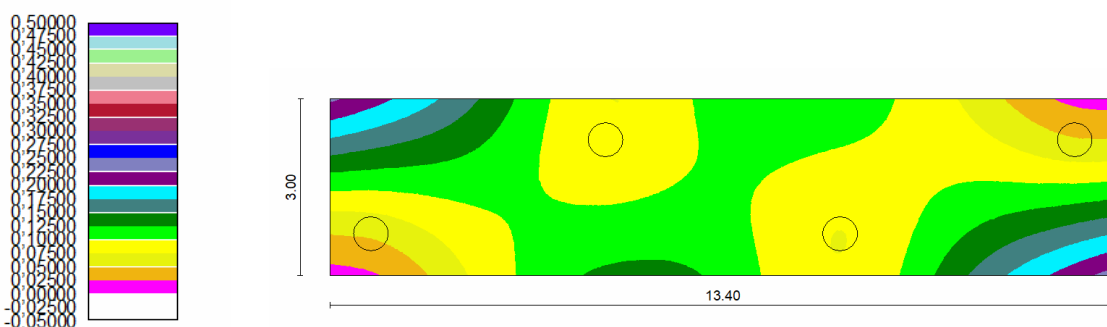
Comb. 49



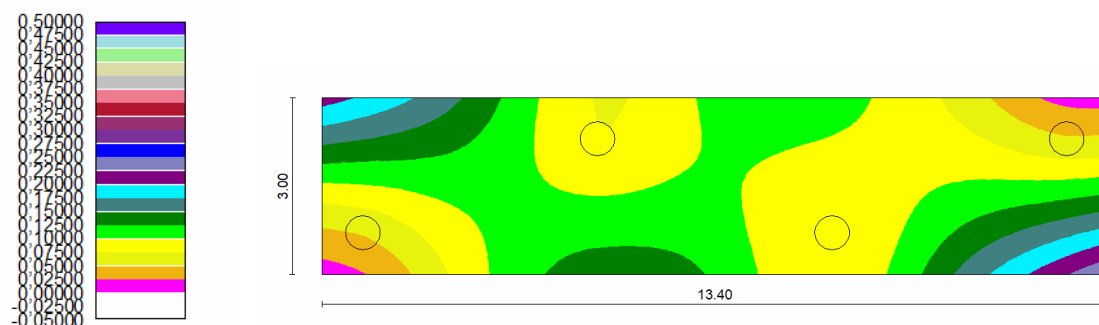
Comb. 50



Comb. 51



Comb. 52



Spostamenti

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
W _{max}	Spostamento verticale massimo espresso in [cm]
UX _{max}	Spostamento direzione x massimo spresso in [cm]
UY _{max}	Spostamento direzione y massimo spresso in [cm]
W _{min}	Spostamento verticale minimo espresso in [cm]
UX _{min}	Spostamento direzione x minimo spresso in [cm]
UY _{min}	Spostamento direzione y minimo spresso in [cm]
P _{max}	Pressione massima sul terreno espressa in [kg/cmq]
P _{med}	Pressione media sul terreno espressa in [kg/cmq]

Ic	W _{max}	UX _{max}	UY _{max}	W _{min}	UX _{min}	UY _{min}	P _{max}	P _{med}
49	0,3680	0,0009	-0,0712	-0,0218	-0,0007	-0,0736	0,0846	0,0241
50	0,3515	0,0007	0,0736	-0,0185	-0,0009	0,0711	0,0808	0,0233
51	0,2356	-0,0143	0,0005	0,0152	-0,0145	0,0001	0,0542	0,0237
52	0,2465	0,0000	0,0001	0,0135	0,0000	-0,0001	0,0567	0,0237