



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



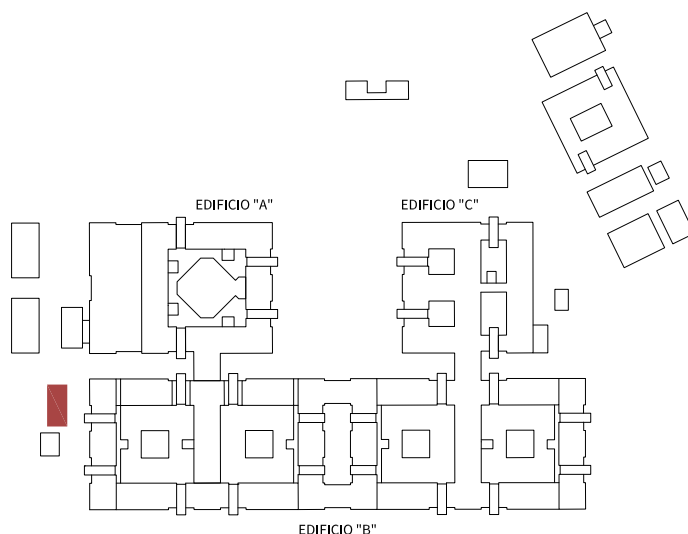
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



"Realizzazione di un locale sotterraneo radioprotetto"
per l'Istituto Nazionale di Ottica del CNR - Area Territoriale di Ricerca di Pisa

PROGETTO ESECUTIVO

(Art. 41 e All. I.7 sez. III D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36)

RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO:

Dott. Leonida Antonio GIZZI

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Marco PASCUCCI

TAV.

PE-GEN-04

ELABORATO

Relazione geotecnica e sulle fondazioni

SCALA

REV.

OGGETTO

DATA

FIRMA

01

02

DATA

03/2025

03

04



CNR-INO
ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

RELAZIONE GEOTECNICA e SULLE FONDAZIONI

1. - Premessa

Nell'ambito del progetto di potenziamento delle attrezzature sperimentali dell'Istituto Nazionale di Ottica, nella sua Sede di Pisa presso l'Area della Ricerca del CNR in Via Moruzzi n.1, è prevista la realizzazione di un "bunker sotterraneo" ubicato in prossimità dello spigo N-O del fabbricato "B", nella striscia compresa tra il suddetto fabbricato e la recinzione verso l'adiacente via comunale Alessandro Volpi.

All'interno del manufatto sotterraneo sono previste attività scientifiche sperimentali sull'accelerazione di particelle al plasma con laser di altissima potenza.

Il manufatto, delle dimensioni interne di 22,0x10,0 m ed altezza di 3,0 m, è previsto interamente in struttura di c.a. gettata in opera all'interno di apposito scavo protetto da una palancolata metallica provvisoria.

Lo scatolare è costituito dai seguenti elementi:

- una soletta di fondazione di spessore 60 cm, impostata a circa 5 m dall'attuale p.c., che prosegue con un dente di 50 cm esterno alle pareti perimetrali per migliorarne la stabilità al galleggiamento in caso di sollevamento della falda; la soletta sarà soggetta alla pressione di contatto sul terreno di imposta ed alla spinta idrostatica;
- le quattro pareti perimetrali di spessore 60 cm, soggette alla spinta attiva del terreno ed a quella dovuta ai sovraccarichi sulle pavimentazioni esterne, oltre alla spinta idrostatica con livello della falda posto a quota campagna;
- la soletta superiore di spessore 100 cm, soggetta, oltre che al peso proprio, ai carichi permanenti delle pavimentazioni ed agli eventuali carichi accidentali, sia mobili da traffico, sia degli impianti soprastanti; in particolare, per l'accesso al locale sotterraneo è prevista la realizzazione di un'asola nel solettone per l'inserimento del vano scala; per l'introduzione delle ingombranti attrezzature sperimentali è prevista la formazione di una botola quadrata di lato 200 cm chiusa con "tappo" di c.a. removibile a tutto spessore;

Completano le strutture in progetto, oltre alle pareti interne di confinamento del vano scala e quelle del montacarichi, un torrino di ingresso fuori terra, in muratura portante e

solaio latero-cementizio delle dimensioni interne di circa 6,0x6,0 m ed altezza di 3 m, impostato sulla struttura del del bunker sotterraneo di c.a. e due scannafossi impiantistici esterni alle pareti longitudinali del Bunker ma a queste connessi, delle dimensioni interne di circa 1,5x1,0 m, dotati di soletta superiore carrabile ad elementi prefabbricati asportabili. E' previsto anche un cavedio verticale e sterno per l'ingresso dei condotti laser.

2. – Caratterizzazione del terreno di fondazione

Per la determinazione della caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione è stata effettuata una apposita campagna geognostica i cui risultati sono contenuti nella Relazione Geologica redatta dal Dott.Geol. Luciano Sergiampietri, facente parte integrante della documentazione del presente progetto.

In sostanza, nel sottosuolo dell'area interessata dalla nuova costruzione, dopo la coltre superficiale di terreno di riporto di circa 1 m di spessore, è presente uno strato di argille limose e limi argillosi di media consistenza di circa 3-4 m di spessore dall'attuale p.c., soprastante un potente strato fortemente compressibile di argille organiche scarsamente consistenti che raggiungono lo strato profondo delle sabbie.

Nell'area di intervento sono stati eseguiti negli anni precedenti numerosi sondaggi e prove penetrometriche, ed in particolare per la realizzazione dell'edificio della "Nuova Chimica" dell'Università di Pisa, dai quali si sono desunte le caratteristiche geotecniche della tabella seguente.

strato	prof. da p.c.	E modulo di compressib. edometrica	γ peso di volume	γ' peso di volume efficace	ϕ angolo di attrito interno efficace	c_u coesione non drenata	litotipo
	m	Kg/cm ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kPa	
0	0,4/0,5	-	-	-	-	-	Suolo superficiale
1	1,5/2,0	38	18,7	18,7	-	40	Argille e limi di media consistenza
1	4,0/4,5	38	18,7	8,7	-	40	
2	6,5	29	18,5	8,5	-	35	Limi e limi argillosi di bassa consistenza
3	>10,0	18	16,0	6,0	-	10	Argille plastiche con bassissima consistenza

Un'apposita prospezione sismica di superficie (MASW) ha confermato la categoria sismica del sottosuolo di tipo D. La falda artesianica si livella a circa 5 m dal p.c.

3. – Portata del terreno di fondazione

In base ai risultati delle indagini geognostiche è possibile assegnare allo strato di terreno di imposta della soletta di fondazione dello scatolare i seguenti parametri minimi cautelativi:

$$c_u = 4,0 \text{ t/mq} \quad c' = 0 \text{ t/mq} \quad \phi' = 0^\circ \quad \gamma = 1850 \text{ daN/mc}$$

Per la determinazione della capacità portante del terreno di fondazione, in relazione alla tipologia e le dimensioni delle fondazioni, si può adottare il valore seguente, calcolato cautelativamente con la formula di Terzaghi per superfici rettangolari:

$$\text{Parametri: } N_c(\phi=0^\circ) = 5,14 \quad N_q(\phi=0^\circ) = 1,0 \quad N_\gamma(\phi=0^\circ) = 0$$

$$p_u = cN_c + \gamma N_q = 4,0 \times 5,14 + 1,85 \times 5,0 \times 1,0 = 30,0 \text{ t/m}^2 = 3,0 \text{ daN/cm}^2$$

Tenendo conto dell'approccio 2 (A1+M1+R3), con $\gamma_R = 2,3$, risulta:

$$p_d = 3,0 / 2,3 = 1,3 \text{ daN/cm}^2$$

4. – Stima dei cedimenti e verifica al galleggiamento.

Lo scatolare interrato viene realizzato previa la asportazione di circa 5 m di terreno e pertanto si ha una riduzione di pressione di contatto sulla superficie di imposta di circa 9

t/mq (in condizione di assenza di falda). Il carico specifico permanente trasmesso dal nuovo manufatto al terreno risulta pari a circa 6 t/mq; si ha quindi un effetto di piena compensazione dei carichi e pertanto non sono attesi cedimenti significativi.

Sarà invece necessario effettuare una verifica di stabilità al galleggiamento del manufatto in condizioni estreme con falda risalente fino al piano di campagna, data la vicinanza della rete dei canali esistenti e la possibilità di infiltrazione delle acque meteoriche di superficie. In tali condizioni la spinta idrostatica risulta di circa 5 t/mq, inferiore al carico permanente sopra indicato, determinando un fattore di sicurezza al galleggiamento pari a 1,2; considerando l'ulteriore effetto stabilizzante del terreno sul dente esterno della soletta il fattore di sicurezza risulta ampiamente superiore a 1,3.

5. – Spinta sulle pareti dello scatolare.

In favore di sicurezza, per la verifica delle pareti del manufatto interrato, si considera una combinazione estrema con falda risalente fino al piano di campagna, e pertanto la spinta massima sarà dovuta alla somma della spinta attiva del terreno immerso, della spinta idrostatica e della spinta attiva dovuta ai sovraccarichi stradali, con $K_a=0,49$ relativo ad angolo di attrito apparente pari a 20° .

6. – Spinta sulle opere di sostegno provvisorie.

Data la tipologia del sottosuolo, particolare attenzione è stata posta nel progetto delle opere provvisorie di protezioni degli scavi, costituite da una palancolata in acciaio vincolata in sommità mediante una trave di coronamento e puntoni di riscontro; la stabilità del piede delle palancole è assicurata da uno strato di magrone dello spessore di 30 cm gettato contro le palancole in contemporanea alle fasi di scavo.

Dai risultati dell'indagine geognostica è possibile adottare i seguenti valori dei parametri geotecnici per lo strato superficiale nei primi 5 m dal p.c.:

- c_u coesione = 0,4 daN/cm²
- ϕ angolo di attrito apparente (in funzione del valore della c_u) è assunto pari a 20°
- γ peso di volume = 1850 daN/mc

- γ' peso di volume immerso = 1100 daN/mc

Data la natura impermeabile del terreno e l'assenza di una falda attiva nello strato superficiale interessato, le spinte sulla paratia provvisoria sono state valutate in assenza di acqua, come riportato nella Relazione di Calcolo delle strutture.

6. – Verifica della stabilità delle fondazioni

Le massime pressioni di contatto sono state determinate mediante calcolo automatico su modello FEM a grigliato dell'intero scatolare in progetto, adottando un coefficiente elastico di sottofondo pari a $0,5 \text{ daN/cm}^3$, i cui risultati sono riportati nella Relazione di Calcolo e nel Fascicolo dei Calcoli.

Le massime tensioni, che si sviluppano agli spigoli della platea interessata anche alla circolazione stradale, sono risultate pari a :

- condizione statica (SLU): $\sigma_t = 0,95 \text{ daN/cm}^2 < 1,30 \text{ daN/cm}^2$

La verifica di scorrimento risulta superflua essendo il manufatto interrato e praticamente non soggetto ad azioni orizzontali.