

committente

ACCADEMIA DI BELLE ARTI DI NAPOLI

Ex convento Gesù delle Monache

Nuova sede dell'Accademia delle Belle Arti di Napoli
Via L. Settembrini, 10_Comune di Napoli

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Codice di elaborato

STR REL 04b

Titolo elaborato

RELAZIONE GEOTECNICA

Scala

PROGETTISTI INCARICATI IN RTP

Capogruppo - aspetti architettonici e paesaggistici

Od'A Officina d'architettura srl
via Paolo Emilio Imbriani 33, 80132, Napoli
tel/fax 081.661430 - 081.5512020
info@oda.na.it
www.oda.na.it

direttore tecnico
arch. **A**lessandra **F**asanaro

coordinatore sicurezza in fase di progettazione
arch. **G**iovanni **A**urino

gruppo di progetto
arch. **V**incenzo **F**iorillo
arch. **F**rancesca **T**ufano
arch. **F**rancesco **S**cuotto

strutture
Vitruvius Engineering S.a.s.
ing. **G**iancarmine **L**epore
viale M. Cristina di Savoia 18/a, 80122, Napoli
tel/fax 081 19560300
vitruviusengineeringsas@gmail.com

impianti
ing. **G**. **C**acciapuoti
via Bologna 114, 80010, Villaricca (NA)
tel 335 6419875
stgcing@gmail.com

geologia
dott. geo. **G**. **F**alzarano
piazza Tribunali 20, 82011, Airola (BN)
tel 347 5102977
geologofalzarano@gmail.com

	data	redatto	verificato	approvato	revisione
a	07-2023	G.L.	V.F.	G.A.	prima emissione
b	05-2025	P.F.	G.L.	G.L.	seconda emissione

"La proprietà intellettuale e i relativi diritti d'autore del prodotto dell'attività progettuale e di tutto quanto contenuto nel presente Progetto sono riservati ai Progettisti - soprattutto nel rispetto del diritto di paternità e di integrità dell'opera - a norma degli articoli 2575, 2576, 2577, 2578 del Codice Civile e della Legge 633/41 e s.m.i."

Progetto strutturale - generalità

Criteri di intervento

Le risultanze delle analisi condotte sul fabbricato, unitamente alle indagini ed alla campagna di rilievo eseguita, hanno permesso di mettere in evidenza le notevoli carenze strutturali dell'edificio: la tipologia muraria, unitamente alla carenza di connessioni efficienti tra pareti trasversali determinano una forte vulnerabilità della costruzione nei confronti dell'azione sismica; a tali problematiche si aggiunge il degrado dei solai in ferro e tavelloni e, soprattutto, il pessimo stato della copertura del corpo B2 che, come discusso in seguito, sarà oggetto di abbattimento e ricostruzione.

Alla luce di tali aspetti, unitamente alle esigenze di rifunzionalizzazione del fabbricato, il progetto strutturale prevede la seguente strategia di intervento: **consolidamento della scatola muraria** mediante la realizzazione di connessioni a secco dei cantonali e dei martelli murari, consolidamento delle volte e posa in opera di piattabande metalliche al di sopra delle aperture; **demolizione orizzontamenti in putrelle e tavelloni** fortemente degradati e loro sostituzione con solai collaboranti in acciaio e calcestruzzo alleggerito con lamiera grecata; **consolidamento degli orizzontamenti** in ferro e tavelloni; **realizzazione di modifiche strutturali** consistenti in aperture di vani all'interno dei alcuni paramenti murari finalizzate alla rifunzionalizzazione dell'edificio ed alla realizzazione di nuovi spazi e, infine, **nuove realizzazioni** di scale in carpenteria metallica ed installazione di un impianto elevatore.



Classificazione dell'intervento

Gli interventi proposti e discussi nel seguito si configurano come **INTERVENTI LOCALI** in accordo con §8.4.1 delle NTC 2018 secondo cui "*il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati*".

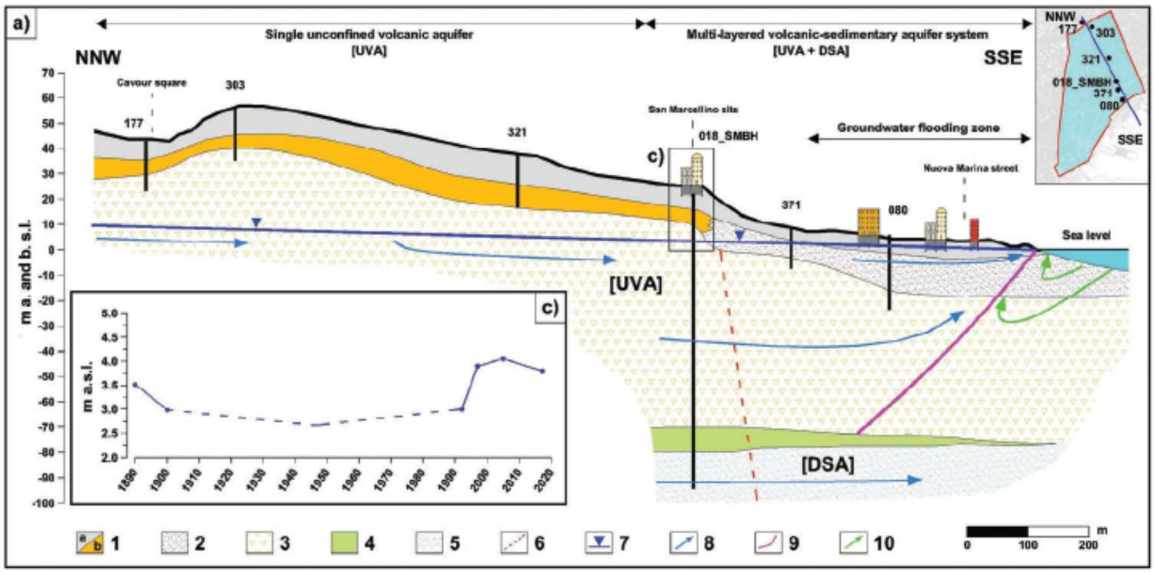
Nei paragrafi che seguono vengono trattati i vari interventi strutturali; in particolare si prevedono:

- interventi di **consolidamento** degli elementi murari;
- interventi di **consolidamento** degli orizzontamenti;
- realizzazione di nuove **piattabande** in carpenteria metallica;
- **demolizione e ricostruzione orizzontamenti fortemente degradati**;
- **demolizione e ricostruzione coperture in legno**;
- **modifiche strutturali (cerchiature)** per esigenze architettoniche.

Modello Geologico dei luoghi

Il complesso monastico di Gesù delle Monache si trova ad una quota di 42 m s.l.m. ed a circa 1.500 m dall'attuale linea di costa.

L'assetto stratigrafico al di sotto del sito d'interesse (Fig. 9) è caratterizzato da un banco tufaceo posto a circa 10÷15 m dal p.c., ascrivibile all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano; il suo top evidenzia depositi piroclastici post-TGN e terreni di riporto; al di sotto del TGN si rinvengono piroclastiti pre-TGN, intercalate a depositi di origine marina.



Caratteristiche geotecniche

I risultati d'indagini e prove disponibili sono stati confrontati con studi geologici e geotecnici bibliografici riguardanti un intorno significativo dell'area in questione.

In particolare si può desumere che il Convento di Gesù delle Monache di Napoli, insiste su terreni sabbioso-limosi costituiti da materiale eterogeneo e da piroclastiti sciolte rimaneggiate (cineriti), moderatamente addensate.

La caratterizzazione meccanica di tali terreni è resa difficoltosa da incertezze legate sia alla variabilità delle proprietà meccaniche tra i vari depositi e all'interno di un singolo

deposito, sia alle condizioni di parziale saturazione di questi materiali. Tali incertezze dovranno definite nelle successive fasi progettuali, mediante l'esecuzione d'indagini geognostiche specifiche; ad ogni modo data l'estesa diffusione areale di questi materiali, e la mole di dati provenienti dalle indagini eseguite in passato, è possibile generalizzarne il comportamento geotecnico.

Le proprietà fisico-meccaniche delle pozzolane, essendo queste materiali molto porosi ed a plasticità pressoché nulla, risentono sensibilmente del grado di saturazione S.

Dai dati di bibliografia, si ricava che il valore limite di S è di 0,7 al di sotto del quale il valore di φ decresce sensibilmente. Per S > 0,7, φ arriva ad assumere valori inferiori ai 20° è per tale motivo che le condizioni di drenaggio assumono un ruolo fondamentale. La coesione apparente è di circa 0,2 ÷ 0,3 Kg/cm2.

Per quanto concerne le caratteristiche di compressibilità, dalla letteratura specializzata si ricava che la componente più significativa non è data dalla consolidazione primaria ma da cedimenti legati alla consolidazione secondaria e/o alla frantumazione delle particelle. I moduli di compressione edometrica, iniziale Ei e differita Ed, riferiti a un range di sollecitazione di 1,6÷3,0 Kg/cm2, hanno un valore prossimo ai 100 Kg/cm2 per Ei e di poco inferiore per Ed.

L'angolo d'attrito interno φ proprio di questi materiali in sede, è molto variabile e dipende anch'esso dalle condizioni di saturazione, ma in via generale è compreso tra 28°÷40°, anche se in condizioni ottimali ed in assenza di disturbo (vibrazioni) si possono trovare in pareti verticali, la porosità è mediamente il 25 % ed il peso specifico 1,4 t/m3.

Per tutti questi motivi le pozzolane mostrano in situ caratteristiche geotecniche migliori di quelle poi rilevate in laboratorio, questa differenza è da attribuire alla coesione "apparente" che deriva dal fatto che i granuli hanno forme irregolari e scabrose e durante la deposizione si incastrano tra loro in modo tale da dare coesione alla massa. Come già detto, questa coesione viene meno se i materiali sono saturati e/o sottoposti a vibrazioni,

poiché con l'aumento delle pressioni interstiziali i granuli possono trovare un nuovo assetto geometrico con conseguente riduzione di volume.

Nicotera et alii hanno proposto un sistema di classificazione geotecnica delle pozzolane basato sui dati sperimentali, relative a circa 600 prove triassiali, raccolti in vari decenni dal D.I.G. dell'Università

Federico II di Napoli. Tale sistema prevede la classificazione dei depositi attraverso classi distinte in base alla profondità rispetto alle quali vengono rappresentati graficamente i limiti di fiducia dei parametri geotecnici (coesione e angolo di attrito), che rappresentano delle superfici ellittiche all'interno delle quali le coppie di valori dei parametri geotecnici hanno un'attendibilità del 70% e il cui centro rappresenta il valore medio dei parametri suddetti.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime dell'opera dovranno essere comunque verificate attentamente e valutate in fase progettuale definitiva ed esecutiva, così come la reale presenza di vuoti e cavità visto che dall'analisi della cartografia comunale il sito ricade in zona con elevata probabilità di presenza di cavità sotterranee.

Lo strato di riporto antropico, presente fino a profondità da definire dal p.c. con le indagini a farsi nei successivi approfondimenti progettuali, è costituito dai terreni che sono quelli probabilmente maggiormente interessati dalle fondazioni e per i quali è possibile determinare il Coefficiente di Permeabilità nel campo 103< k<10-5 cm/s.

Modello geotecnico

Come visto la stratigrafia della zona rispecchia quanto atteso ed in particolare il sottosuolo si può schematizzare come di seguito mostrato:

litologia	spessore m	ϕ °	γ_{nat} kN/m³	c kPa	Wn	γ_{sat} kN/m³	γ_{dry} kN/m³	Sr %	Dr %	RQD %	σ kPa
riporto antropico e piroclastiti rimaneggiate (alluvioni)	Fino a 10	28÷30	12,25	0,0÷5,0	25	16,2	10,0	42	25 ÷ 50		
Tufo Giallo Napoletano	Da 10 a 30	35÷40 *	17,00							80	8670

dove: φ' angolo di attrito da Prova taglio

c' coesione drenata da Prova taglio

Sr grado di saturazione

Wn contenuto naturale d'acqua

γnat peso di volume naturale

γdry peso di volume secco

φ angolo di attrito desunto da altri studi

E Modulo di compressione edometrica da prova edometrica

Contesto geologico e geotecnico

Caratterizzazione sismica dei terreni

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista dinamico richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito. In particolare si deve avere la conoscenza sino ad almeno 30 metri dal piano campagna (Vs30). La conoscenza del profilo delle onde di taglio Vs degli strati che compongono i primi 30 metri di profondità risulta necessaria per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello del piano fondale tipo di opera;
- valutare il potenziale di liquefazione del terreno;

- valutare l'accelerazione sismica per il calcolo della stabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno nei confronti dell'azione sismica;
- valutare, in condizioni sismiche, la capacità portante ed i cedimenti di rilevati stradali, opere di sostegno, fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità, si determina una *velocità media equivalente* **Vs30** rappresentativa del sito in esame. La legge adoperata è la seguente:

$$V_{S30} = 30 \Big/ \sum_{i=1,N} hi/Vi$$

Dove **hi** e **Vi** indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $<10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di n presenti nei primi 30 metri di profondità. Tale parametro consente di classificare il sito in categorie di sottosuolo. La stima della velocità delle onde di taglio Vs dei vari sismostrati può essere eseguita con la tecnica **MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES** (MASW) che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio. Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S, si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo, con la formulazione precedente e si classifica il sito secondo i riferimenti normativi.

Per il sito in esame la campagna di indagini è stata eseguita dalla società **ISTEMI s.r.l.** ed è consistita in:

- n° 1 indagine MASW
- n° 1 indagine sismica di tipo passivo HVSR



fig. 1 - Inquadramento indagini.

Dalle indagini eseguite è possibile determinare il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio. In particolare si è ottenuto il seguente valore:

$V_{S,eq}$ = 286,55 m/s

Le NTC2018 prevedono una suddivisione dei terreni di fondazione in 5 classi in funzione della velocità delle *onde s* dei primi 30 metri, cosi come schematizzato nella seguente tabella:

Terreno	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametro (vs30) (m/s)	In alternativa	
			NSPT	Cu (K/Pa)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360 ÷ 800	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri.	180 ÷ 360	15 ÷ 50	70 ÷ 250
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti.	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs 30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s\ 30}$ > 800 m/s.			

fig. 2 - Categorie di suolo (NTC 2018)

Dalla relazione geologica in si ricavano le caratteristiche sismiche dei terreni oggetto di studio. In particolare, l'area in esame è caratterizzata da un **sottosuolo di tipo C.**

Conclusioni

Le deformazioni e le tensioni risultanti dai calcoli attendono le verifiche agli stati limite, e sono conformi alla qualità dei materiali prescritti. Le ipotesi ed i risultati dei calcoli risultano conformi alle vigenti normative (D. M. 17.01.2018).

Napoli, 26.05.2025

Il progettista