



COMUNE
DI PESARO



INGEGNERI ARCHITETTI COSTRUTTORI

mensile di tecnica e informazione dell'associazione ingegneri e collegio costruttori di bologna
notiziario del collegio regionale ingegneri e architetti dell'emilia romagna



1876

638

aprile 2003 (3)

ANNO LVIII
Spedizione in A.P. - 45%
Art. 2 Comma 20/b
Legge 662/96 - Fil. Bologna
€ 3,10

inarcos

BOLOGNA
STRADA MAGGIORE, 13

**Pesaro:
Palazzo Gradari**

MANUELA MANENTI: INTRODUZIONE ■ **GIAMPAOLO TALOZZI:** PRESENTAZIONE ■ **ORIANO GIOVANELLI:** PESARO CITTÀ DI MODERNO UMANESIMO ■ **VERIS MOSCONI:** IL PROGETTO: STORIA E FINANZIAMENTI ■ **MICHELE ZACCHIROLI:** IL PROGETTO ARCHITETTONICO ■ **CLAUDIO CECCOLI - GILBERTO DELLAVALLE:** IL PROGETTO DELLE STRUTTURE: RESTAURO CONSERVATIVO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA ■ **PIER FRANCESCO PETRONCINI - LINO BRUNI:** IMPIANTI MECCANICI ■ **PIER PAOLO BATTARA:** IMPIANTI ELETTRICI ■ **ENRICO GENNARI - DONATO MENGARELLI:** RAPPORTO GEOLOGICO-GEOTECNICO ■ **PAOLO BUSDRAGHI - OLIVIERO GESSAROLI - ANTONIO MARI:** STUDIO PETROGRAFICO E GEOMECCANICO DEI COLONNATI DEL CORTILE ■ **DALL'UNIVERSITÀ ■ ASSICURAZIONI & PREVIDENZA ■ NOTIZIARI**

ENRICO GENNARI DONATO MENGARELLI

Geologi liberi professionisti - Pesaro

RAPPORTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

1. PREMESSA

L'area occupata da Palazzo Gradari fu sottoposta ad una prima indagine geognostica (Studio Gennari Enrico Febbraio 1986), quando venne programmato un primo progetto di recupero dell'immobile, mai realizzato a causa della mancanza dei finanziamenti necessari.

Considerato il rinnovato interesse da parte dell'Amministrazione per dare attuazione al progetto, e tenuto conto dell'esigenza di procedere ad una revisione dello stesso nel rispetto della nuova normativa vigente in materia di LL.PP. (L.109/94 e successive modifiche ed integrazioni), è stata eseguita una nuova e più approfondita indagine geognostica sui terreni di fondazione (Studio Gennari - Mengarelli Luglio '98), al fine di verificarne eventuali mutamenti ed avere maggiori elementi conoscitivi rispetto al quadro normativo, visto anche il tempo trascorso dall'indagine precedente.

Lo studio, condotto sulla base delle Norme Tecniche del D.M. 11.03.88 e relative istruzioni applicative (Circolare Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.88) nonché delle prescrizioni per le zone sismiche di II° categoria (L. 02.02.74 n° 64, L.R. 03.11.84 n° 33, D.M. 16.01.96), è stato rivolto ad una verifica a posteriori ed all'accertamento preventivo della natura e delle caratteristiche dei terreni sui quali poggia l'immobile in oggetto, per individuare le condizioni di fattibilità dell'intervento di progetto.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame è ubicata nel centro storico della città di Pesaro, ad una distanza di ca. 600 m dalla linea di costa e di 900 m dal letto del Fiume Foglia; dall'esame di alcuni testi bibliografici l'area ricade all'interno della cinta muraria che delimitava l'insediamento romano a pianta pseudorettangolare dell'antica città di "Pisaurum".

L'attuale morfologia pianeggiante dell'area, posta ad una quota di ca. 8.5 m s.l.m., è da mettere in relazione ad una serie di antichi interventi antropici di scavi e riempimenti, che hanno conferito alla zona circostante l'edificio una conformazione probabilmente diversa da quella naturale; si hanno infatti notizie del rinvenimento di reperti di epoca romana nell'area del demolito palazzo Mamiani, lungo Via Gavardini, ad una profondità di ca. 2.50-3.00 m. dall'attuale piano campagna (1969).

Dal punto di vista geologico il terreno in sito è costituito dai sedimenti fluviali terrazzati del IV ordine del F. Foglia, di natura prevalentemente limoso - argillosa e subordinatamente sabbioso - limosa, che alla profondità di 18÷19 m dal p.c. passano a depositi ghiaiosi di spessore variabile, dotati di una certa continuità laterale; tali sedimenti passano da una granulometria all'altra mediante contatto eteropico, quasi irregolare in conseguenza a ritmi e meccanismi deposizionali variabili che si sono susseguiti nel tempo.

La presenza e la circolazione delle acque sotterranee sembrano non risentire in maniera particolare della natura prevalentemente limoso - argillosa dei primi 18÷19 m ca. di terreno, come testimoniato dalla profondità della falda, che, durante tutto il periodo di esecuzione delle indagini (Luglio '98), è stata rinvenuta ad una profondità di ca. 7.5÷8.5 m dal p.c..

Sulla base di studi e perforazioni eseguite nel tratto terminale della valle del Fiume Foglia, lo spessore del materasso alluvionale, nella zona oggetto di studio, è stato valutato intorno ai 40÷50 m; il substrato di base, di origine sedimentologica marina, è costituito dai depositi miopliocenici, analoghi ai litotipi che si osservano sui rilievi del Monte S. Bartolo e del Monte Ardizio che delimitano, rispettivamente a Nord - Ovest e a Sud - Est, la pianura alluvionale su cui è posta la città di Pesaro.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

La verifica delle condizioni geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione di Palazzo Gradari è stata svolta, attraverso diverse metodologie d'indagine, in due fasi distinte:

- fase "a": Dicembre '85 - Gennaio '86
- fase "b": Luglio '98 (concordata con l'Ing. Dallavalle dello Studio Ceccoli & Associati)

In entrambi i casi l'indagine è stata fortemente condizionata e limitata, nell'ubicazione e nella scelta del tipo di prove, dalla presenza dei manufatti esistenti (strutture in elevazione e reti infrastrutturali sepolte), nonché dall'esistenza di volumi interrati (grotte e scantinati) accessibili solo ad alcuni dei mezzi utilizzati per i vari tipi di indagine svolti.

Nel complesso la campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di:

- n° 5 sondaggi meccanici a rotazione con prelievo di campioni indisturbati;
- n° 9 prove penetrometriche dinamiche e statiche;
- n° 7 pozzetti esplorativi in aderenza alle fondazioni esistenti;
- prove di laboratorio;

In fase di perforazione, sui campioni di terreno di natura coesiva (limi ed argille) sono state eseguite delle prove rapide in sito mediante Tor Vane e Pocket Penetrometer, mentre per la caratterizzazione geotecnica dei terreni granulari (ghiaie e sabbie) si è ricorso a prove S.P.T. a punta chiusa.

Sono stati inoltre prelevati, alle quote più rappresentative, alcuni campioni di terreno, sia a disturbo limitato (grado di qualità Q3÷Q4) che indisturbati (grado di qualità Q5). Tutti i fori di sondaggio sono stati infine condizionati con piezometri del tipo a tubo aperto, per il monitoraggio delle escursioni della falda nel tempo.

Delle nove prove penetrometriche, n° 6 sono state condotte con il metodo dinamico leggero (PDL) e n° 3 con quello statico, utilizzando sia la punta meccanica (CPT) sia la punta elettrica (CPTE).

In accordo con le indicazioni fornite dall'Ing. Dallavalle, nella *seconda fase* dell'indagine geognostica sono stati ripresi ed approfonditi alcuni pozzetti esplorativi (Pz), in alcuni casi eseguiti nella *prima fase*, sia a livello del piano interrato (all'interno dell'edificio, in aderenza ai muri portanti perimetrali), sia al piano terra (nel cortile interno, alla base delle colonne del loggiato).

Sui campioni di terreno più rappresentativi prelevati in fase di perforazione sono state effettuate le seguenti prove di caratterizzazione fisico - meccanica:

- caratteristiche volumetriche (peso di volume, peso specifico dei grani, densità secca, umidità naturale, indice dei vuoti, porosità, umidità di saturazione);
- prove di classificazione (analisi granulometriche e Limiti di Atterberg);
- prove scissometriche, per la valutazione della resistenza al taglio in condizioni non drenate (Cu);
- prove di compressione ad espansione laterale libera, per la valutazione della coesione non drenata (Cu) e del modulo di deformazione non drenato (Eu);
- prove di taglio diretto, per la valutazione dei valori di picco della coesione efficace (C') e dell'angolo d'attrito interno (F);
- prove di compressibilità edometrica, per la valutazione del modulo edometrico (Eed), dell'indice di compressione (Cc) e dei coefficienti di compressibilità primario (Cv) e secondario (Ca).

In **figura 1** si riporta il diagramma classificativo dei terreni analizzati.

4. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La successione litostratigrafica dell'area investigata si presenta sostanzialmente omogenea e può essere schematizzata in tre orizzonti principali:

- 1) terreno di riporto e/o rimaneggiato dagli interventi antropici;
- 2) alluvioni fini a comportamento prevalentemente coesivo;
- 3) alluvioni grossolane a comportamento prevalentemente granulare.

Nessuno dei tre orizzonti sopra menzionati si presenta perfettamente omogeneo dal punto di vista litologico e/o delle proprietà geomeccaniche, per tutto lo spessore di rinvenimento; tuttavia, per comodità di esposizione, si è ritenuto opportuno raggruppare i terreni in singole unità stratigrafiche, sulla base della loro origine deposizionale e/o della loro composizione litologico - granulometrica.

• ORIZZONTE N° 1:

Costituito da frammenti detritici e lateritici eterometrici, dispersi in matrice limoso - argillosa e/o limoso - sabbiosa, mediamente compatta, di colore da nocciola a grigiastro, talora con materiale torboso bruno - nerastro, l'orizzonte in questione rappresenta la coltre di terreno più superficiale, interessata, fin dai tempi di epoca Romana, da ripetuti interventi di origine antropica (scavi e riporti). Essendo costituito da materiale di riporto e/o riempimento, si rinviene in maniera discontinua nell'ambito dell'area di sedime dell'edificio, con spessori talora variabili lateralmente, in funzione dell'entità dei lavori di movimento terra eseguiti nel tempo, ovvero dell'altezza del piano interrato.

Laddove presente, l'orizzonte in questione si rinviene infatti fino a profondità comprese tra poco più di 2.50 m (vedi sondaggio S3a) e 4.50 m ca. (sondaggio S1b).

In corrispondenza del sondaggio S2b, alla base (quota 3.00÷3.10 m dal p.c.) è stato rinvenuto un elemento calcarenitico di colore nocciola, di spessore decimetrico, che con ogni probabilità rappresenta un frammento dell'antica pavimentazione stradale ("selci") di epoca romana.

• ORIZZONTE N° 2

Rappresenta il vero e proprio terreno naturale di fondazione, su cui è impostato l'originario impianto della struttura di fondazione di Palazzo Gradari (nella porzione di fabbricato provvista di piano interrato), per cui particolare attenzione è stata rivolta alla caratterizzazione fisico - meccanica di tali litotipi.

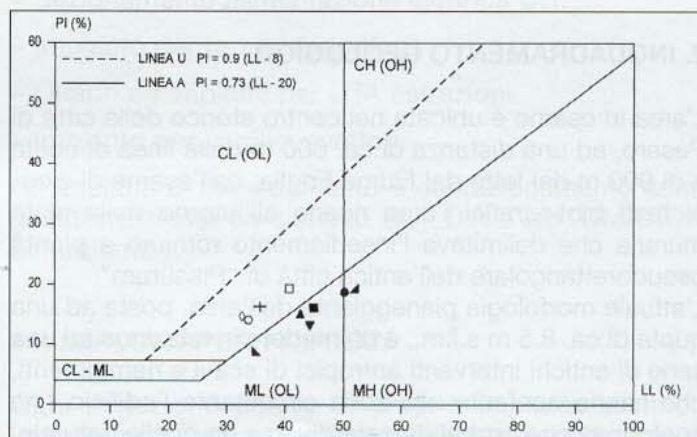


FIGURA 1

Carta di plasticità (sistema unificato U.S.C.S.); i simboli pieni sono relativi ai campioni della prima fase delle indagini, quelli vuoti alla seconda fase

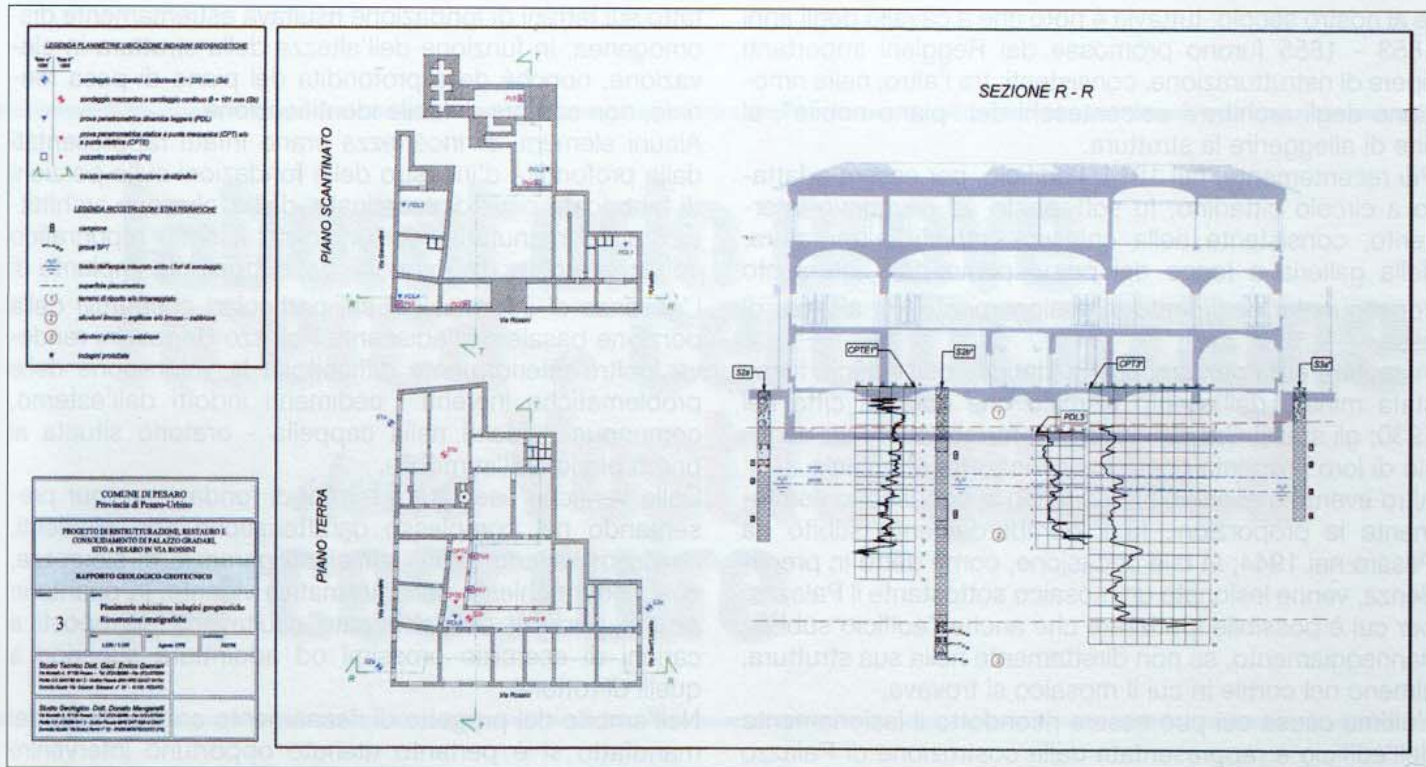


FIGURA 2
Stralcio fuori scala dell'Elaborato n° 3, con planimetrie ubicazione indagini geognostiche e ricostruzione litostratigrafica.

L'orizzonte in questione, rinvenibile fino a profondità comprese tra i 18.30 e i 19.20 m dal p.c., è litologicamente costituito da un'alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi, da mediamente consistenti a molto consistenti, di colore variabile tra il nocciola ed il grigio, a cui si intercalano talora sporadici livelli sabbiosi e/o sabbioso - limosi ocracei di modesto spessore.

• ORIZZONTE N° 3

Si rinviene a partire da una profondità di 18.30÷19.20 m dal p.c. ed è costituito da ghiaie eterometriche, prevalentemente di dimensioni medio - fini, in matrice da sabbiosa a limoso - sabbiosa, di colore beige e/o nocciola, a cui si intercalano lenti, di spessore e dimensioni variabili, di sabbie e sabbie limose, talora con ghiaietto.

Sulla base delle analisi granulometriche effettuate su due campioni ovviamente disturbati di terreno, ma comunque certamente rappresentativi degli orizzonti d'appartenenza, la percentuale della componente ghiaiosa varia tra il 32.95 % ed il 53.53 %, mentre quella della sabbia oscilla tra il 34.57 % ed il 40.93 %; ne consegue che la percentuale di fino (limo + argilla) risulta compresa tra 11.90 % e 26.12 %.

5. ANALISI DELLO STATO DEI LUOGHI E CENNI STORICI

Il Palazzo Gradari, costruito tra la seconda metà del XVI secolo e la prima metà del XVII, dimostra non solo i segni del tempo, ma anche quelli degli interventi realizzati in varie riprese sulla sua struttura, sia internamente che esternamente al fabbricato.

La conformazione piani - volumetrica dell'edificio risulta irregolare per la presenza di strutture in elevazione, anche di notevole altezza, e di cortili interni scoperti, con conseguente distribuzione dei carichi non uniforme sui terreni di fondazione.

La struttura fondale del manufatto è presumibilmente impostata su ciò che resta di un antico impianto di epoca romana (terreno e/o resti di abitazioni), della cui esistenza si hanno notizie certe.

I testi bibliografici¹ riportano infatti che quando la famiglia Pardi (prima proprietaria del palazzo) diede inizio ai lavori, furono reperite delle lapidi romane, ancora conservate; nel 1953 i Gradari (ultimi possessori) trovarono casualmente sotto il porticato del cortile, sul lato verso Via Gavardini, un mosaico in bianco e nero, il quale venne prima lesionato nel 1944 e poi distrutto nel 1962. Ed è proprio ai resti di tale mosaico, peraltro rinvenuti in occasione di altri scavi eseguiti in aree limitrofe (Piazza del Popolo, Largo Mamiani, Via Gavardini), che probabilmente devono essere riferiti i frammenti e le pietruzze rintracciati a 2.50÷3.00 m di profondità dal p.c. durante l'esecuzione del sondaggio S3a, in occasione della prima fase dell'indagine geognostica (Gennaio 1986).

Per i motivi sopra esposti è quindi lecito supporre che, già all'epoca della sua costruzione, i terreni di fondazione del Palazzo si trovassero in fase di consolidazione, nonostante i carichi cui erano sottoposti (peraltro sconosciuti) fossero, con ogni probabilità, inferiori a quelli attuali.

D'altra parte non si hanno notizie precise su fenomeni di lesionamento per cedimenti differenziali precedentemen-

¹ - Il Palazzo Gradari in Pesaro. 1966

- Pesaro nell'antichità. Storia e monumenti. 1984.

te al nostro secolo; tuttavia è noto che a cavallo degli anni 1853 - 1855 furono promosse dai Reggiani importanti opere di ristrutturazione, consistenti, tra l'altro, nella rimozione degli architravi seicenteschi del "piano nobile", al fine di alleggerire la struttura.

Più recentemente, nel 1914, l'edificio, per essere adattato a circolo cittadino, fu sottoposto ad un nuovo intervento, consistente nella chiusura, mediante muratura, della galleria a logge del primo piano; tale intervento comportò un sovraccarico sulle colonne portanti, con conseguente cedimento e lesionamento di alcune di esse.

In seguito è da ritenersi che la staticità dell'edificio fosse stata minata dall'evento sismico che colpì la città nel 1930; gli stessi Gradari dovettero far abbattere un negozio di loro proprietà posto nella Piazzetta Mamiani.

Altro evento sfavorevole, di cui non si conoscono esattamente le proporzioni, fu il bombardamento subito da Pesaro nel 1944; in tale occasione, come detto in precedenza, venne lesionato un mosaico sottostante il Palazzo, per cui è possibile ipotizzare che anche l'edificio subì un danneggiamento, se non direttamente nella sua struttura, almeno nel cortile in cui il mosaico si trovava.

L'ultima causa cui può essere ricondotto il lesionamento dell'edificio è rappresentata dalla costruzione di Palazzo Bertozzini (1969) in aderenza sul retro di Palazzo Gradari, nella zona compresa tra Via Gavardini, Via Sant'Ubaldo e Largo Mamiani.

E' fuori dubbio che in occasione dei lavori preliminari di sbancamento nell'area d'intervento (dove si verificarono peraltro dei crolli dei fronti di scavo lasciati verticali) il terreno si sia decompresso; il decadimento delle sue caratteristiche geotecniche influi negativamente sulla più vecchia struttura, producendo lesioni particolarmente evidenti sulle pareti e sul soffitto dell'oratorio - cappella.

6. CONSIDERAZIONI ED INDICAZIONI CONCLUSIVE

Sulla scorta delle informazioni fornite dalle indagini geognostiche, è stato possibile definire una esauriente ricostruzione stratigrafica e parametrizzazione litologico - geotecnica dei terreni di fondazione di Palazzo Gradari, attraverso cui si è potuto valutare le condizioni di fattibilità e le modalità di recupero, restauro e consolidamento dello stesso.

A causa della particolare conformazione plani - volumetrica dell'edificio, la distribuzione delle pressioni di con-

tatto sui terreni di fondazione risultava estremamente disomogenea, in funzione dell'altezza della struttura in elevazione, nonché della profondità del piano di posa fondale, non sempre di facile identificazione.

Alcuni elementi di incertezza erano infatti rappresentati dalla profondità d'incastro delle fondazioni sulle porzioni di fabbricato prive di scantinato, dall'evoluzione architettonica del manufatto, dall'originario assetto topografico dell'area e dalla disposizione del sottostante impianto di epoca romana.

L'assenza di informazioni sui particolari costruttivi della porzione basale dell'adiacente Palazzo Bertozzini rendeva inoltre ulteriormente difficoltosa la valutazione delle problematiche inerenti i cedimenti indotti dall'esterno, comunque evidenti nella cappella - oratorio situata al primo piano dell'immobile.

Dalle verifiche eseguite, i terreni di fondazione, pur presentando nel complesso caratteristiche non scadenti, non sembravano offrire sufficienti garanzie di sicurezza, così come richiesto dalla normativa vigente, in quanto in alcune porzioni del fabbricato risultavano sottoposti a carichi di esercizio prossimi od addirittura superiori a quelli di rottura.

Nell'ambito del progetto di risanamento conservativo del manufatto si è pertanto ritenuto opportuno intervenire anche in fondazione con opere di ristrutturazione e consolidamento, finalizzate all'adeguamento statico e sismico della struttura stessa rispetto ai nuovi carichi.

L'intervento, esplicitatosi attraverso il collegamento tra le murature di fondazione esistenti con delle platee adeguatamente dimensionate, ha consentito di aumentare la superficie d'appoggio fondale riducendo considerevolmente le pressioni di contatto sul terreno entro valori ammissibili e di sicurezza.

Attraverso il collegamento della struttura fondale con quella in elevazione si è inoltre perseguito l'adeguamento sismico dell'immobile, al quale è stato conferito un comportamento tipo "struttura scatolare" grazie al rafforzamento ed irrigidimento anche degli elementi verticali (muri) e degli orizzontamenti (solai) mediante i tradizionali metodi di risarcitura.

Le scelte strutturali in sede di progetto esecutivo, confortate dagli accertamenti e verifiche in corso d'opera, hanno ritenuto non necessario il ricorso ad opere localizzate di sottofondazione profonde con pali o micropali, originariamente ipotizzati in alcuni casi, in quanto la distribuzione dei carichi è stata garantita con l'adozione di estese superfici di appoggio mediante normali fondazioni superficiali dirette (platee).