

Oggetto dell'incarico

STUDIO  
GEOLOGICO  
GEOMORFOLOGICO  
IDROGEOLOGICO

MODELLAZIONE  
GEOLOGICA

MODELLAZIONE  
SISMICA

Committente

GRASSINI MAURO

Titolo dell'incarico

PIANO ATTUATIVO PER LA DEMOLIZIONE DI UN ANNESSO  
E LA DELOCALIZZAZIONE DELLA S.U.C. ALL'INTERNO DI UNA ZONA V.P.R.

Località

Sant'Angelo di Celle - Deruta

Mappale

FOGLIO 9

PARTICELLE 99-520

Spazio timbro professionista

Emissione/revisione



Settembre 2011

Spazio timbri

## **PREMESSA**

L'incarico in oggetto è stato commissionato dal Sig. Grassini Mauro e riguarda lo studio geologico del piano attuativo per la demolizione di un annesso e la delocalizzazione della S.U.C. all'interno di una zona V.P.R. in località Sant'Angelo di Celle del comune di Deruta.

Il quadro normativo di riferimento comprende principalmente il D.M. 14/01/2008, e successive modifiche.

L'intervento in progetto è di modesta entità e prevede una ricostruzione edilizia futura.

L'area in esame è posta sul fondovalle percorso dal F.Tevere, ad ovest di Deruta, all'interno della C.T.R. dell'Umbria - Elemento 323011 - in scala 1:5.000 ed è distinta in planimetria catastale al foglio n°9 particelle n°99/520.

Le coordinate geografiche del sito sono: lat.=42.999° long.=12.398° (datum ED50) lat.=42.998° long.=12.397° (datum WGS84).

Non ci sono vincoli che riguardano gli aspetti geologici riferiti alle carte PRG, PAI, IFFI, PTCP.

## **STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

Il presente studio intende caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico l'area interessata dall'intervento descritto in premessa.

Al reperimento degli elaborati progettuali e della cartografia tematica del sito, sono seguiti il primo sopralluogo e la raccolta delle notizie degli abitanti della zona; successivamente sono state ricercate le opportune indagini nelle vicinanze e la stesura della presente relazione sulla base delle osservazioni compiute e dei risultati ottenuti.

Il sottosuolo appartiene alle alluvioni terrazzate antiche deposte dal F.Tevere, che costituiscono il ripiano dove si ergono Sant'Angelo di Celle e San Nicolò di Celle per molte decine di metri in profondità dal p.c., al disopra del substrato fluvio-lacustre del Villafranchiano affiorante sulla collina di S.Valentino-S.Enea.

Si tratta di depositi di origine alluvionale costituiti da facies argilloso-limose e sabbioso-ghiaiose disposte in strati e lenti di variabile spessore e granulometria.

Il terreno in esame ricade al margine del ripiano terrazzato, alla base del quale sono presenti le alluvioni più recenti deposte dal F.Tevere, ed è caratterizzato da una morfologia pianeggiante con lievi pendenze verso est.

Non sono presenti dati sulla franosità storica dell'area, anche in considerazione della stabilità globale della posizione di fondovalle.

La circolazione idrica del sottosuolo si sviluppa all'interno dei livelli sabbioso-ghiaiosi più permeabili presenti all'interno della successione alluvionale e forma falde acquifere sospese a diverse altezze stratigrafiche e variamente comunicanti, a partire dal p.c..

Il terreno in esame ricade ad una quota di circa 171/172 m s.l.m., ed assume una pendenza naturale di pochi punti percentuali verso est.

Non sono presenti movimenti in atto o latenti in grado di interferire con l'intervento in progetto, né lo stesso per la sua entità e la sua posizione di fondovalle può ledere a tale stabilità globale.

Il reticolo idrografico non interessa la posizione rialzata del sito.

La circolazione idrica sotterranea più superficiale può essere posizionata a circa -4.0/4.5 m di profondità dal p.c. ed è di buona entità, con una massima risalita nei periodi di morbida fino a circa -3 m dal p.c..

Le esondazioni fluviali, di qualsiasi entità e provenienza, non interessano la posizione rialzata del sito.

La cartografia sulla propensione ai dissesti (carta PRG, PAI, IFFI, PTCP) non riportano alcuna zona che possa interessare il sito di studio.

Non ci sono vincoli di normativa derivanti dalla pericolosità idrogeologica e idraulica e di PRG.

## **MODELLAZIONE GEOLOGICA**

Le indagini di riferimento, sufficienti in relazione alla tipologia dell'intervento in progetto, sono consistite in n°2 prove penetrometriche DPM e in n°1 prospezione geofisica MASW.

Si fa riferimento inoltre alle osservazioni sugli affioramenti superficiali ed alle notizie sulle perforazioni idriche condotte nelle vicinanze.

L'ubicazione delle indagini è visibile nelle tavole in appendice; la tipologia e descrizione delle indagini sono riportate di seguito.

### DPM

La strumentazione utilizzata è costituita da un penetrometro dinamico prodotto dalla Ditta Compac e contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- modello Penni 30, tipo DPM (medio), peso massa battente  $M = \text{kg } 30$ , altezza caduta libera  $H = \text{cm } 20$ , peso sistema di battuta  $P_p = \text{kg } 12$ , diametro punta conica  $D = \text{mm } 35,70$ , area base punta conica  $A = \text{cm}^2 10,00$ , angolo apertura punta  $\alpha = 60^\circ$ , lunghezza aste  $L = \text{m } 1,00$ , peso aste per metro  $P = \text{kg } 2,9$ , lunghezza tratto di infissione  $\delta = \text{cm } 10$ ;

I risultati in appendice riguardano:

- grafico Ndp-profondità in funzione del numero di colpi ogni 10 cm;
- elaborazione statistica e parametri geotecnici;

e fanno riferimento a:

- resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  (Formula Olandese):  $R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + P_p)$  [kg/cmq],  $M =$  Peso massa battente [kg]  $H =$  Altezza caduta libera [cm],  $A =$  Area base punta conica [cmq]  $e =$  Infissione per colpo =  $10/N$  [cm],  $P =$  Peso aste per metro [kg/m]  $P_p =$  Peso sistema di battuta [kg];

- legenda parametri geotecnici: *strati incoerenti*  $D_r =$  Densità relativa [%],  $\phi =$  Angolo attrito interno [°],  $\gamma =$  Peso di volume [t/mc],  $M =$  Modulo di deformazione drenato [kg/cmq],  $E =$  Modulo di deformazione di Young [kg/cmq],  $G_o =$  Modulo di deformazione di taglio [t/mq],  $V_s =$  Velocità onde sismiche [m/s]; *strati coesivi*  $I_c =$  Indice di consistenza,  $C_u =$  Coesione non drenata [t/mq],  $\gamma =$  Peso di volume [t/mc],  $E_d =$  Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq],  $G_o =$  Modulo dinamico di taglio [t/mq].

### MASW

La prova MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità, attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh ed in particolare attraverso la conversione della curva velocità di fase-periodo di tali onde (denominata curva di dispersione).

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si propagano sulla superficie libera di un corpo isotropo ed omogeneo ed hanno origine dell'interferenza tra le onde di compressione (P) e quelle di taglio verticali (Sv). In un mezzo stratificato tali onde sono di tipo dispersivo e sono denominate pseudo-Rayleigh.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle con frequenza maggiore e presentano normalmente velocità di fase più elevate.

La presente indagine è stata eseguita con il metodo attivo utilizzando la strumentazione classica per la sismica a rifrazione con onde P. Le onde superficiali sono state generate attraverso una sorgente impulsiva (mazza) disposta a piano campagna e registrate tramite uno stendimento lineare composto da 24 geofoni con una certa frequenza di risonanza posti a breve distanza intergeofonica.

Questo tipo di analisi produce dunque uno spettro di potenza rappresentato in un grafico f-V nel quale è possibile individuare visivamente le onde di Rayleigh sulla base del carattere dispersivo, della coerenza di fase e della potenza significativa. Successivamente si costruisce una sequenza di strati caratterizzati da spessore e velocità tali che la curva di dispersione calcolata per il suddetto modello si avvicini il più possibile a quella misurata nel grafico f-V. Il grado di corrispondenza fra la curva di dispersione misurata e quella calcolata è espresso dall'errore (Misfit Value). Il modello sismo-stratigrafico che si ottiene è mediato su tutto il volume di sottosuolo posto al di sotto dello stendimento di acquisizione. La strumentazione utilizzata è la seguente:

Unità di acquisizione	Sara Electronic Instruments 24 canali – 24 bit
Sensori	GS11D 4.5 Hz distanziati di 2 m
Energizzazione	Mazza da 8 kg su piastra metallica – offset 2 m
Campionamento	Lunghezza 2 s – Frequenza 1000 Hz – Periodo 1 mS
Programma di elaborazione	Geopsy, Dinver

Da tali indagini di riferimento è stato possibile, oltre che definire la modellazione sismica, ricostruire il seguente profilo stratigrafico-geotecnico del sottosuolo dell'area in oggetto (modello geologico-geotecnico), a partire dalla quota del p.c.:

**da 0.0 a 0.4/0.5 m      terreno vegetale tenero (limo argilloso/sabbioso)**

<i>parametro</i>	<i>simb</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	18.5	18.5	18.5
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}}$	$\text{kN/m}^3$	19	19	19
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	$\text{kN/m}^2$	7/8	7	5
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	$\text{kN/m}^2$	-	-	-
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	0	0	0
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	-	-	-
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	$\text{kg/cm}^3$	-	-	-
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	-	-	-
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.4	0.4	0.4
modulo deformazione drenato (t.incoerenti)	$M$	$\text{kg/cm}^2$			
modulo deformazione Young (t.incoerenti)	$E$	$\text{kg/cm}^2$			
modulo deformazione di taglio (t.incoerenti)	$G_0$	$\text{t/m}^2$			
modulo deformazione non drenato (t.coesi.)	$E_d$	$\text{kg/cm}^2$	4/6	4	4
modulo dinamico di taglio (t.coesivi)	$G_0$	$\text{t/m}^2$	1300/1600	1300	1300

**da 0.4/0.5 a 1.5/2.0 m limo argilloso/sabbioso medio compatto**

<i>parametro</i>	<i>simb</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	19	19	19
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}}$	$\text{kN/m}^3$	20	20	20
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	$\text{kN/m}^2$	80/150	80	57
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	$\text{kN/m}^2$	-	-	-
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	0	0	0
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	-	-	-
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	$\text{kg/cm}^3$	2/4	2	2
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.4	0.4	0.4
modulo deformazione drenato (t.incoerenti)	$M$	$\text{kg/cm}^2$			
modulo deformazione Young (t.incoerenti)	$E$	$\text{kg/cm}^2$			
modulo deformazione di taglio (t.incoerenti)	$G_0$	$\text{t/m}^2$			
modulo deformazione non drenato (t.coesi.)	$E_d$	$\text{kg/cm}^2$	60/110	60	60
modulo dinamico di taglio (t.coesivi)	$G_0$	$\text{t/m}^2$	9000/15000	9000	9000

**oltre 1.5/2.0 m sabbie e ghiaie medio dense**

<i>parametro</i>	<i>simb</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	18.5	18.5	18.5
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}}$	$\text{kN/m}^3$	20	20	20
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	$\text{kN/m}^2$	0	0	0
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	$\text{kN/m}^2$	-	-	-
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	35	35	29
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	35	35	29
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	$\text{kg/cm}^3$	6/8	6	6
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.35	0.35	0.35
modulo deformazione drenato (t.incoerenti)	$M$	$\text{kg/cm}^2$	200/350	200	200
modulo deformazione Young (t.incoerenti)	$E$	$\text{kg/cm}^2$	400/500	400	400
modulo deformazione di taglio (t.incoerenti)	$G_0$	$\text{t/m}^2$	17000/25000	17000	17000
modulo deformazione non drenato (t.coesi.)	$E_d$	$\text{kg/cm}^2$			
modulo dinamico di taglio (t.coesivi)	$G_0$	$\text{t/m}^2$			

Il sito ricade in posizione pianeggiante per cui è del tutto stabile e non necessita di verifiche di stabilità specifiche in relazione all'intervento in progetto; la modesta entità del suddetto intervento è tale da non determinare un aggravio delle condizioni di stabilità attuali, confermate dalle notizie raccolte e dalle indagini effettuate di riferimento.

## MODELLAZIONE SISMICA

L'edificio ricade nella zona sismica di 2a categoria (grado di sismicità pari a 9), come individuato nella D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" e seguita alle disposizioni dell'Ordinanza del P.C.M. n°3274 del 20/03/2003.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si farà riferimento all'effettiva dimensione del fabbricato in elevazione nella fase esecutiva.

Di supporto alla modellazione è stata presa come riferimento una prospezione geofisica MASW con stendimento ubicato nella tavola in appendice, le cui caratteristiche strumentali e modalità d'esecuzione sono state precedentemente indicate e con la quale è stato possibile definire la categoria "C" di sottosuolo, ossia "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  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  KPa nei terreni a grana fina)".

Per quanto riguarda la categoria topografica si può assegnare al sito in esame la categoria T1 ossia "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", visto la semplice morfologia superficiale/sepolta e le basse pendenze del sito.

Nell'ambito della zona in esame non sono inoltre superficialmente rilevabili evidenti lineazioni morfologiche di faglie sismogenetiche in grado di testimoniare fenomeni tettonici attivi.

Per quanto riguarda l'amplificazione si indicano:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  compreso tra  $1 \leq 1.7 - 0.6F_{0a_g}/g \leq 1.5$ ;
- coefficiente  $C_c$  pari a  $1.05 (T_c)^{-0.33}$ ;
- coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1$ .

L'esclusione della verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel punto 7.11.3.4 del DM 14.01.2008:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al p. campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna ...;
4. depositi costituiti da sabbie pulite ...;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 ... .

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La valutazione in oggetto è stata effettuata con i metodi semplificati di "Seed e Idriss" e "To-kimatsu e Yoshimi" che si basano sul rapporto fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ.

I risultati della valutazione riportati in appendice si riferiscono al livello acquifero posto a circa 3 m di profondità, con presenza di acqua, ed escludono in definitiva la liquefazione del terreno in fase sismica.

## CONCLUSIONI

Da un punto di vista geologico, si può concludere che non esistono controindicazioni alla realizzazione dell'intervento in progetto in relazione alla sua tipologia ed, in particolare:

- i terreni del sottosuolo sono di natura alluvionale ed hanno buone caratteristiche geotecniche, non sono suscettibili di liquefazione in fase di sisma e non hanno una disposizione eteropica significativa;
- il sito non è interessato da movimenti gravitativi in atto o latenti e da azioni morfogenetiche delle acque superficiali, né tale stabilità può essere alterata dall'intervento stesso;



- la falda idrica sotterranea interferisce con le fondazioni nel caso si spingano ad una profondità di oltre -3 m dal p.c.;

- non esistono altre problematiche ambientali che possano essere di rilevante pericolosità.

L'indicazione sulle fondazioni e la loro verifica tipologica e dimensionale, insieme a quella degli stati limite, sarà comunque valutata nella successiva fase esecutiva, sulla base di quanto ipotizzato in fase di piano attuativo e da verificare con opportune indagini dirette in sito.

Si consiglia di prevedere già in questa fase la migliore regimentazione delle acque superficiali ed ipodermiche (primo sottosuolo) con la verifica della buona funzionalità o con la nuova realizzazione di drenaggi e scoline, per evitare infiltrazioni pericolose soprattutto nella zona di monte dell'edificio; non è da escludere infatti la presenza di falde temporanee sui livelli più superficiali del sottosuolo durante gli eventi piovosi più gravosi.

TAVOLE:

- corografia topografica, planimetria catastale, cartografia vincoli, cartografia geologica tematica, planimetria progettuale, sezioni geologiche.

ALLEGATI:

- indagini geognostiche e geofisiche di riferimento;

- verifica alla liquefazione.

Marsciano, settembre 2011

IL GEOLOGO

Luca Servettini

