

Interventi di riqualificazione e valorizzazione dell'area "La Fratta" sottostante le Mura del Centro Storico "Lavori di consolidamento statico del versante occidentale"

(Determina n° 87 del 17/09/2025)

Progetto Esecutivo



3.PROGETTO 3.2 STRUTTURE

OGGETTO:

Relazione sulla Modellazione sismica
del sito di costruzione

Elaborato: **37**

Committente: Comune di Arcidosso (GR)

Scala: A4

Il Sindaco : Dott. Jacopo Marini

Data: Novembre 2025

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Simone Savelli

Aggiornamento:

Ingegneria strutturale: Ing. Giosuè Gifuni

Revisione:

Geologia e Geotecnica - Geoamiata : Geol. Alessandro Nenci - Geol.Massimo Fanti

Rilievi specialistici :

Progettazione e valutazioni economiche:

File : Elab.37_STR.09.pdf



Via Siria, 102 58100 Grosseto



Ing. Arch. Maurizio Di Stefano
Via Medina 5
80133 Napoli
maurizio.distefano@ordingna.it

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E VALORIZZAZIONE
DELL'AREA "LA FRATTA" SOTTOSTANTE LE MURA DEL CENTRO STORICO
"LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STATICO DEL VERSANTE OCCIDENTALE"**

COMUNE DI ARCIDOSO

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE

- RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO -

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. MODELLAZIONE SISMICA**
 - 2.1. INDAGINI REALIZZATE**
 - 2.2. PARAMETRI SISMICI E CATEGORIA DI SUOLO**

Oggetto: opere strutturali previste nel progetto degli interventi di riqualificazione e valorizzazione dell'area "La Fratta" sottostante le mura del centro storico – Lavori di consolidamento statico del versante occidentale.

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono presentati i risultati ottenuti da un'indagine sismica effettuata per il progetto delle opere strutturali previste nel Comune di Arcidosso per i lavori di consolidamento statico del versante occidentale, nell'ambito degli interventi di riqualificazione e valorizzazione dell'area "La Fratta" sottostante le mura del centro storico.

In progetto sono previsti i seguenti interventi:

1. Intervento 1: Scala e passerella di accesso al camminamento presente intorno alle mura del centro storico di Arcidosso.
2. Intervento 2: Muro di controscarpa con la funzione di sostegno degli elementi strapiombanti dell'affioramento roccioso.
3. Intervento 3: Realizzazione di una trincea necessaria all'arresto di alcuni blocchi disgiunti dal fronte roccioso.
4. Intervento 4: Consolidamento strutturale dello sperone di arenaria Pietraforte presente sotto il muro del ristorante Bastarda Rossa.

Si specifica che l'intervento 2: muro di controscarpa avrà l'obiettivo di consolidare il piede della muratura in pietra esistente e contemporaneamente fungere da sostegno per la scala e la passerella di collegamento tra il camminamento che passa intorno alle mura del centro storico e piazza della Riconciliazione. Per quanto riguarda l'intervento 4 si specifica che si prevede di realizzarlo per fasi successive: la prima prevede il disgiungimento di alcuni blocchi già ormai separati dall'ammasso roccioso principale e la seconda prevede il consolidamento della parte rimanente dell'ammasso roccioso con tecniche tipiche dell'ingegneria di consolidamento degli ammassi rocciosi (chiodi, tiranti e reti).

L'area all'interno della quale si prevede di intervenire è distinta catastalmente alla particella 301 e 302 foglio 30 del comune di Arcidosso.

Le indagini sui terreni e le relative elaborazioni di carattere geologico e geotecnico sono state condotte dallo studio tecnico GeoAmiata, a firma del dott. geol. Alessandro Nenci.

L'area studiata è ubicata al margine SW del centro storico di Arcidosso dove la morfologia è caratterizzata da uno sperone di Arenaria Pietraforte che digrada con pendenza maggiore di 40° verso il fosso del Giunco che in questo tratto è parzialmente Tombato. L'area si trova ad una quota tra 618 e 640 metri s.l.m., e ricade nella sezione 320210 della carta tecnica regionale della regione Toscana.

2. MODELLAZIONE SISMICA

2.1. INDAGINI REALIZZATE

Tenuto conto dell'importanza dell'opera da realizzare, è stata eseguita una specifica campagna d'indagine sismica articolata come segue al fine di determinare un quadro completo dell'assetto geotecnico locale e contestualmente ottemperare alle normative vigenti in materia di realizzazione di nuove strutture. La campagna ha previsto le seguenti indagini sismiche:

- Esecuzione di uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P;
- Esecuzione di una indagine MASW.

Nel 2021, in corrispondenza dell'area in esame, è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini geognostiche finalizzata alla progettazione di alcuni interventi di riqualificazione di piazza della Riconciliazione.

Da un punto di vista sismico, furono realizzate un'indagine sismica a rifrazione e una prova MASW in corrispondenza del piazzale situato a valle dell'affioramento roccioso.

Le risultanze di tali indagini hanno consentito di determinare la categoria di suolo, ritenuta rappresentativa dell'area di realizzazione degli interventi 1 e 2.

Per quanto riguarda, invece, le opere previste direttamente sull'affioramento roccioso (intervento n. 4), è stata eseguita una prova MASW lungo lo stesso stendimento utilizzato per l'indagine sismica a rifrazione.

2.2. PARAMETRI SISMICI E CATEGORIA DI SUOLO

Con l'entrata in vigore delle **NTC18 (D.M. 17/01/2018)**, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire da una “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La normativa sismica in vigore attribuisce alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo. Inoltre, prevede l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E, più altre due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (VS30) calcolate con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori. Più precisamente, le categorie di suolo individuate sono di seguito riportate in tabella.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	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).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Nella presente relazione vengono individuate due diverse tipologie di sottosuolo, distinte in funzione dell'intervento di riferimento.

1. Interventi 1 e 2: si fa riferimento alla prova MASW eseguita nel 2021;
2. Intervento 4: si fa riferimento alla prova MASW eseguita nel 2025, condotta trasversalmente all'affioramento roccioso.

Dalla prova MASW del 2021 risulta la presenza di una coltre superficiale dello spessore di circa 12–13 m, caratterizzata da $V_s \approx 250$ m/s, poggiante su un substrato con $V_s > 800$ m/s.

Al di sotto di tale livello, la velocità delle onde di taglio mostra un'anomala diminuzione a $V_s = 400$ –500 m/s, verosimilmente attribuibile a un artefatto d'inversione e non a una reale variazione sismostratigrafica.

Il confronto tra il profilo MASW 2021 e la stratigrafia del sondaggio S1_2021 suggerisce che:

1. il primo strato rappresenti il riporto antropico;
2. il secondo strato corrisponda all'arenaria di Pietraforte intercettata nel sondaggio.

Il valore del parametro V_{seq} calcolato sulla base dei primi 30 m dal piano campagna risulta compreso tra 250 e 270 m/s, con un substrato avente $V_s > 800$ m/s. In base a tali valori, e secondo quanto previsto dalla normativa sismica vigente (NTC 2018), **il sottosuolo relativo all'area degli interventi 1 e 2 è classificabile come categoria di suolo E.**

Per l'intervento 4 si fa riferimento alla MASW realizzata nel 2025, eseguita trasversalmente all'affioramento roccioso. La prova evidenzia la presenza di coltri superficiali spesse fino a circa 7 m, poggianti su un substrato tenero con $V_s < 800$ m/s. **Il valore del parametro V_{seq} , calcolato a**

partire dal piano campagna, risulta pari a circa 400 m/s, corrispondente alla categoria di suolo B.

Il risultato della MASW 2025 deve essere interpretato come media delle differenti condizioni sismiche presenti lungo lo stendimento, in quanto una parte dei geofoni è stata infissa nel riporto superficiale, mentre un'altra parte è stata posizionata direttamente sul substrato roccioso.

Questa configurazione non rappresenta la condizione ottimale per la stima del parametro V_{seq} , tuttavia, risulta comunque rappresentativa per la finalità del progetto. Poiché gli interventi di consolidamento previsti (quali chiodi o tiranti) saranno ancorati direttamente nel substrato roccioso, risulta corretto — e cautelativo — attribuire all'intervento 4 la categoria di suolo B, considerato che non sono presenti coltri significative in corrispondenza dell'area di intervento.

Categoria	Descrizione sottosuolo
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreno a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>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_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>

Tabella 1: Categoria stratigrafica, in giallo quella dell'intervento 1 e 2 e in blu quella dell'interventi 4

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, l'area degli interventi 1 e 2 si trova sul piazzale e dunque da un punto di vista morfologico può essere considerata pianeggiante mentre l'area dell'interventi 4 si trova invece sul versante con pendenza sicuramente superiore a 15°.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 2: Categorie topografica, in giallo quella dell'intervento 1 e 2 e in blu quella dell'intervento 4

Per l'ubicazione ed i risultati delle indagini eseguite si rimanda alle relazioni redatte dal dott. geol. Alessandro Nenci.