

# Comune di Piano di Sorrento

Città Metropolitana di Napoli

## PROGETTO ESECUTIVO

**Lavori di ripristino di un tratto di strada lungo via Ponte Orazio e di manutenzione straordinaria del costone tufaceo sottostante la sede di via Ponte Orazio nel comune di Piano di Sorrento**

Committente: Comune di Piano di Sorrento

R.U.P. Arch. Francesco Saverio Cannavale

- Elab.ES.08: Relazione tecnica generale della progettazione strutturale



Ing. Ercolano Michele

*Michele Ercolano*

## RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

### Sommario

Premessa.....	2
Operazioni di rilievo del costone ed indagini sismiche e geotecniche .....	4
Descrizione dei luoghi .....	5
Interventi di progetto.....	8
Normativa di riferimento .....	11
Elaborati del progetto strutturale.....	12

## **Premessa**

Nella serata del giorno 02 aprile 2017 si è verificato il crollo di una porzione della sede stradale di via Ponte Orazio in corrispondenza delle opere murarie di sostegno e di contenimento, anch'esse interessate da fenomeni di dissesto, poste sul ciglio del costone tufaceo aggettante sul Vallone Lavinola-Madonna di Rosella, per una lunghezza di circa m.20.

Inoltre la parete del costone tufaceo visibile nei pressi della zona del crollo si presentava fratturata in più punti come riportato anche nella relazione di sopralluogo a firma del funzionario responsabile del V settore del Comune di Piano di Sorrento, redatta il giorno 03-04-2017, e nel verbale di sopralluogo a firma dei responsabili tecnici del Comune di Meta, arch. Diego Savarese, del Comune di Piano di Sorrento, ing. Graziano Maresca, e del funzionario responsabile del Settore Provinciale del Genio Civile della Regione Campania del genio civile di Napoli, geol. Antonio Malafronte, redatta il 03-04-2017.

A seguito dell'ordinanza del Comandante della Polizia Municipale n.39 del 03-04-2017 l'area interessata al crollo è stata immediatamente interdetta alla circolazione veicolare e pedonale mediante la realizzazione di due muretti in blocchetti di lapil cemento. Attualmente i muri di chiusura della strada sono stati muniti di rete metallica per impedire che possano essere scavalcati facilmente.

Alla luce dell'accertamento del grave dissesto verificatosi, fu richiesto alla Regione Campania la messa a disposizione delle risorse necessarie al fine di consentire un primo intervento di somma urgenza e messa in sicurezza, nonché delle risorse necessarie al consolidamento dell'intero tratto di versante a rischio posto a confine tra i due comuni.

Tutto ciò premesso, in data 11-04-2017 il sottoscritto su richiesta del responsabile del V Settore del Comune di Piano di Sorrento, effettuò un primo sopralluogo nell'area del dissesto accompagnato dal geom. Mariano Severi eseguendo un rilievo fotografico dei luoghi ed un rilievo metrico speditivo del tratto di sede stradale interessata dal crollo.

Con la Determinazione n.152 del 11-04-2017, mi fu conferito dal funzionario responsabile del Comune di Piano di Sorrento l'incarico professionale al fine di individuare la soluzione tecnica che consentisse di procedere, in tempi rapidi, al consolidamento del tratto di strada di via Ponte Orazio dissestato a seguito del crollo avvenuto in data 02-04-2017. Fu redatta ed inviata alla Regione la progettazione strutturale di massima con relativa quantificazione della spesa che ha consentito di ottenere un primo finanziamento per i lavori di pulizia e rilevamento.

In data 02-10-2018, con nota prot.n.24702, lo scrivente ha provveduto a trasmettere al Comune di Piano di Sorrento il progetto preliminare per i lavori di ripristino del tratto di strada crollato lungo via Ponte Orazio e di manutenzione straordinaria dell'intero tratto di costone sottostante la sede stradale di via Ponte Orazio nel comune di Piano di Sorrento sulla scorta dei primi rilievi topografici della sede stradale posta a monte del costone tufaceo forniti dall'impresa incaricata dei lavori di pulizia del costone.

Il Comune di Piano di Sorrento è stato dichiarato sismico con delibera della Giunta della Regione Campania n.5447 del 07-11-2002 ed inserito in III categoria sismica.

## **Operazioni di rilievo del costone ed indagini sismiche e geotecniche**

Nel corso del 2019 sono stati condotti, dalla società GIA consulting srl con sede in Napoli al viale degli Astronauti n.8, i rilievi strumentali topografici (vedi documentazione GIA consulting srl) con alto grado di precisione dell'area e dell'intero fronte di costone tufaceo nonché delle cavità esistenti a cui è stato possibile accedere nella loro interezza (cavità nn.1, 2 e 3) compresa della materializzazione e livellazione dei capisaldi plano-altimetrici (riferimento spazio-temporale) e gli altri punti di dettaglio ausiliari mediante tecniche combinate di rilievo con sistemi GPS, rilievo laser scanner terrestre (TLS) e rilievi aerofotogrammetrici e topografici attraverso l'utilizzo di sistemi SAPR (Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto).

Tale operazione di rilievo è stata finalizzata a definire con precisione la morfologia dell'area di studio e di tutti gli elementi che insistono sulla zona indagata con maggior attenzione alla struttura/costone che costeggia via Ponte Orazio, alla conformazione del versante e della zona in frana, e di tutte le caratteristiche geometriche e materico costruttive.

Inoltre è stata eseguita, sempre dalla società GIA consulting srl, una campagna d'indagini geognostiche, sismiche e geologiche (vedi documentazione GIA consulting srl) consistente nelle seguenti attività:

- n.3 stendimenti M.A.S.W. per ricavare il profilo delle onde sismiche Vs, e la categoria di suolo;
- n.3 stendimenti sismici a rifrazione, per il rilievo sismo stratigrafico;
- n.2 stendimenti geoelettrici per la misura delle resistività dei terreni di sito;
- n.2 sondaggi stratigrafici con esecuzione di prove penetrometriche in foro tipo S.P.T.;
- prelievo di un campione di tufo su cui sono state condotte prove di laboratorio;
- esecuzione del rilievo geo-strutturale del versante oggetto d'intervento

## **Descrizione dei luoghi**

L'area interessata dal dissesto dell'aprile del 2017 costeggia un tratto del vallone Lavinola ed è caratterizzata dalla presenza di falesie in tufo grigio molto fratturate di altezza variabile fino a 25-30 metri rispetto al fondo dell'alveo del rivo Lavinola.

Si precisa che il crollo del tratto di sede stradale di via Ponte Orazio ha interessato anche le sottostanti strutture di sostegno della strada, pavimentata con cubetti di pietra lavica, costituite da vetusti archi in muratura di tufo, le cui spalle e piloni di sostegno, anch'essi in muratura portante di tufo, poggiavano direttamente su selle di fondazione ricavate direttamente nel costone roccioso tufaceo sottostante.

A seguito dei lavori di pulizia del costone e dei sondaggi geognostici eseguiti è stato possibile avere un quadro più chiaro dello stato fessurativo dell'intero costone posto a ridosso di via Ponte Orazio e delle aree interessate dal crollo mettendo in luce uno stato di dissesto molto più esteso e marcato di quanto si era ipotizzato inizialmente e sulla scorta del quale si è predisposta la progettazione esecutiva mirante al ripristino del tratto di strada crollato lungo via ponte Orazio ed all'esecuzione degli indispensabili lavori di manutenzione straordinaria e rafforzamento del costone tufaceo sottostante la sede viaria per l'intero tratto che va da Ponte Orazio alla zona franata, al fine di consentire la riapertura della strada comunale.

L'intero costone tufaceo che costeggia la sede stradale di via Ponte Orazio è risultato molto fratturato, ed in modo particolare sia nel tratto prossimo alla zona del crollo sia nel tratto prossimo a Ponte Orazio dove il costone tufaceo è arretrato rispetto al filo esterno della sede stradale.

Inoltre va tenuto presente che il costone tufaceo è stato, in epoca antica, interessato da un'intensa attività antropica condotta con lavori di escavazione del banco tufaceo e trasformazione a scopo commerciale/industriale ed edificatorio dell'area. In particolare, dopo aver completato i lavori di pulizia ed eseguito i sondaggi, si è potuto accertare quanto segue:

- la presenza in prossimità della zona del crollo (lato più prossimo a via Cavone) di due cavità (grotte) scavate nel banco di tufo. Le due cavità sono ubicate alla base del costone tufaceo, una alla destra e l'altra alla sinistra del tratto franato, ed hanno entrambe il calpestio all'incirca alla quota del sottostante appezzamento agricolo:
  - a. la cavità posta sulla destra, guardando il costone, è in proprietà privata, è di notevolissime dimensioni (superficie in pianta di circa mq.240 ed altezza interna della volta variabile fino

ad un massimo di m.13,10 circa) e risulta in parte ubicata al di sotto della sede stradale; l'accesso alla grotta avviene sia dall'appezzamento di terreno posto alla base del costone tramite un portale in muratura di tufo e mattoni incassato nel costone tufaceo sia dalla quota di via Ponte Orazio tramite un angusto e ripido cunicolo scavato nel tufo che la collega direttamente alla sovrastante sede stradale. All'interno della cavità si rivengono sul calpestio grossi blocchi di tufo che si sono staccati, sicuramente in tempi piuttosto recenti, dal cielo della cavità stessa a causa dello stato fessurativo presente e della scarsa qualità del tufo. La grotta presenta numerose fratture lunghe le pareti e la volta di copertura ed anche il cunicolo che la collega alla strada è interessato da profonde fenditure.

b. l'altra cavità, posta sulla sinistra del tratto franato, è di dimensioni minori rispetto alla precedente ma comunque raggiunge una superficie in pianta di circa mq.30 con altezze interne variabili fino ad un massimo di circa m.4,70. È posta anch'essa in parte al di sotto della sede stradale di via ponte Orazio con accesso (oggi in parte ostruito dal materiale franato dal costone) diretto solamente dal terreno agricolo posto alla base del costone. Inoltre parte della cavità è stata ricolmata da terreno sciolto a granulometria fine proveniente dall'appezzamento di terreno a monte della sede stradale che ha raggiunto la base della cavità attraverso le profonde fratture presenti in questo tratto di banco tufaceo;

- procedendo dalla zona del crollo verso ponte Orazio s'incontra un'altra piccola sgrottatura di circa mq.6 posta anch'essa in parte sotto la sede stradale e con accesso diretto solo dal terreno agricolo posto alla base del costone e piano di calpestio all'incirca alla quota del sottostante appezzamento agricolo;
- giunti quasi in prossimità di Ponte Orazio il costone tufaceo è leggermente arretrato rispetto al filo esterno della sovrastante sede stradale che, in questo tratto, è sostenuta sul fronte esterno da una grossa arcata in muratura di tufo poggiata direttamente sul banco tufaceo che presenta notevolissime fratture e blocchi di tufo staccatisi in tempi recenti. Sulla parete di fondo di questa cavità è presente un vano d'accesso munito di ringhiera che certamente da accesso ad un'altra cavità o sistema di cunicoli posti in proprietà privata e che non è stato ancora possibile esplorare.

Il costone tufaceo, in prossimità del tratto di strada franato, presenta fratture estese e di grosse dimensioni ed in particolare, in prossimità del palo dell'Enel posto a sinistra della zona franata, c'è un enorme blocco di tufo ormai prossimo al distacco dal retrostante costone che presenta, sul lato

monte, una frattura larga fino ad alcune decine di centimetri in sommità (vedi rilievo fotografico) che corre parallelamente all'asse viario e che si fa più ampia sul lato prossimo al crollo.

Anche le linee elettriche e le tubazioni idriche presenti lungo la strada in prossimità del tratto crollato necessitano di un'opera costante di monitoraggio a causa dell'alta probabilità di ulteriori cedimenti del costone tufaceo che possono causare l'interruzione dei servizi che forniscono o, nel caso delle tubazioni idriche, essere essi stessi la causa scatenante di ulteriori crolli e/o cedimenti.

Va inoltre evidenziato che a circa 8 metri dal tratto franato (lato destro guardando il costone) esiste una grossa condotta idrica in pressione del diametro esterno di circa 65 cm posta in aderenza al primo pilone in muratura (tratto non crollato) su cui poggiano le arcate in tufo di sostegno di questo tratto di via Ponte Orazio. La condotta, dopo aver attraversato il sottostante rivolo, arriva alla base del pilone e, da lì, sale fino ad arrivare alla sua sommità alla quota della sede stradale. La tubazione ha intaccato un angolo di un'arcata in tufo (circa a metà dell'altezza del pilone) ed uno spigolo alla base del pilone. I detti danneggiamenti sono stati probabilmente causati dai lavori d'installazione della condotta o dai movimenti che la tubazione stessa può avere avuto nel corso degli anni a seguito delle variazioni termiche ed agli sbalzi di pressione.

## **Interventi di progetto**

### Ricostruzione del tratto di strada crollato

Il progetto di ripristino prevede in primis la ricostruzione dei piloni, degli archi e della sede stradale crollati nell'aprile 2017 lungo via ponte Orazio utilizzando una struttura portante in c.a. rivestita esternamente con muratura di tufo a faccia vista avente dimensioni esterne simili a quelle delle strutture esistenti in maniera da ridurre al minimo le modifiche dello stato dei luoghi ed uniformare l'opera da ricostruire alla adiacente struttura di sostegno rimasta ancora in piedi. La fondazione dei piloni sarà costituita da platea di fondazione su pali trivellati in c.a. Propedeutica ai lavori di ricostruzione della sede stradale sarà l'esecuzione di lavori di pre-consolidamento e messa in sicurezza del fronte di costone tufaceo che incombe sulla zona d'intervento, che è molto fratturato, in maniera da consentire l'esecuzione in sicurezza dei lavori per le maestranze.

Al fine di aumentare la stabilità del tratto di strada interessato dal crollo, per una lunghezza di circa m.30, verrà realizzata una soletta in c.a. ancorata a micropali e sulla quale sarà ripristinata la pavimentazione stradale. La soletta in c.a. sarà collegata alla nuova struttura di sostegno realizzata a valle sul fronte esterno del costone ed ancorata con tiranti metallici e micropali al retrostante costone in modo da uniformare i carichi ed i sovraccarichi provenienti dalla sede stradale e ridurre il più possibile i sovraccarichi sulla parte più superficiale e fratturata del costone.

Inoltre verranno realizzati tiranti e micropali alla base dei piloni/arcate di sostegno della strada che si trovano a mezza costa nonché posizionati tiranti metallici lungo i piloni esistenti e da ricostruire in maniera da ancorare e tirantare le opere d'arte che sostengono la strada alla parte più interna del costone che ha migliori caratteristiche meccaniche rispetto alla parte esterna del costone più esposta agli agenti atmosferici. Completate le opere di realizzazione delle strutture si provvederà a ripristinare la sede stradale mediante il ripristino della pavimentazione in cubetti di pietra lavica, la ricostruzione del parapetto e della rete di recinzione, il ripristino degli impianti e dei sotto servizi.

### Sistemazione delle cavità e delle sgrottature

Le due cavità di dimensioni minori, indicate sui grafici con i nn.2 e 3, verranno riempite con calcestruzzo alleggerito misto a scapoli di pietrame recuperato dal materiale franato previa sbarramento dell'accesso con parete in blocchi di tufo a faccia vista. La cavità n.1 e la parte inesplorata retrostante la cavità n.4 dovranno essere oggetto d'indagini accurate condotte da parte

dei rispettivi proprietari finalizzate alla valutazione della sicurezza delle cavità stesse ed all'esecuzione delle eventuali opere di consolidamento.

Nella cavità di dimensioni maggiori (cavità n.1) verrà realizzata una struttura di sostegno ad arco in c.a., posta sulla verticale della sede stradale, nell'immediata adiacenza del portale di accesso alla cavità stessa.

La cavità n.4, quella posta in prossimità di Ponte Orazio, verrà consolidata all'imboccatura mediante la creazione di pareti in c.a. e muratura di tufo a faccia vista in modo da sorreggere il tratto di costone che risulta a sbalzo.

### Lavori al costone tufaceo

Per quanto riguarda il costone tufaceo sono previsti i seguenti interventi di manutenzione straordinaria:

- disaggio dei volumi di roccia pericolanti previo imbrigliamento momentaneo degli ammassi rocciosi da demolire di grosse dimensioni;
- rimozione degli apparati radicali delle piante e degli alberi infestanti;
- manutenzione dell'intero fronte del costone mediante interventi di bonifica montana con realizzazione di chiodature di rocce e massi instabili con micropali e barre tipo dywidag, posa in opera di rete armata con funi metalliche di ritenuta ancorate ad idonei tiranti metallici, sarcitura delle fratture con malta cementizia e tufina, realizzazione di cappatura armata tipo sprayed concrete con malta di tufina e cemento nei tratti più fratturati o più esposti agli agenti atmosferici, chiusura con muratura di tufo delle cavità e dei tratti a sbalzo;
- manutenzione dei muri e degli archi in tufo esistenti mediante interventi di sarcitura delle lesioni, ripristino dei ricorsi di malta tra le pietre e dei conci smossi, ricostruzione dei tratti di muratura mancanti, posa in opera ove necessario di tiranti metallici ancorati in profondità al retrostante costone, realizzazione di tiranti/micropali alla base delle strutture di sostegno degli archi in muratura dove il costone è fratturato o maggiormente degradato;
- regimentazione delle acque raccolte lungo la sede stradale

I calcoli delle opere sono stati eseguiti tenendo conto che:

- il sito su cui sorge l'opera è in zona sismica di III categoria

- la vita nominale dell'opera è stata posta pari ad anni 75
- categoria di suolo C
- categoria topografica T4
- l'opera è collocabile nella III classe d'uso
- i carichi di progetto sono stati stimanti assumendo per il calcestruzzo armato un peso per unità di volume di 2.500 kg/mc, per l'acciaio un peso per unità di volume di 7.850 kg/mc, per le murature in tufo un peso di 1.600 kg/m, per le murature in pietrame calcareo un peso di 2.400 kg/mc

I materiali da impiegarsi nella costruzione dovranno essere sempre conformi a quanto previsto dal D.M.17-01-2018 e sono: calcestruzzo del tipo C32/40 (Rck40), acciaio da c.a. del tipo B450C ad aderenza migliorata, barre in acciaio tipo dywidag con tensione di snervamento/ rottura pari a 950 / 1050 N/mm<sup>2</sup>, mattoni squadri di pietra di tufo di prima scelta, malta di allettamento a prestazione garantita M10.

Per gli schemi di calcolo utilizzati ed i dati finali risultanti dalle calcolazioni, si rimanda alla relazione di calcolo allegata alla presente.

## **Normativa di riferimento**

I calcoli sono svolti nel rispetto delle seguenti Normativa vigenti:

- Legge 5 novembre 1971, n.1086 (G.U. 21 dicembre 1971, n.321) “Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- Legge 2 febbraio 1974, n.64 (G.U. 21 marzo 1974, n.76) “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- Legge Regione Campania n.9 del 7 gennaio 1983 (B.U.R.C. 26 gennaio 1983, n.8) “Norme per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”
- D.P.R. 06-06-2001, n.380 (G.U. 20 ottobre 2001, n.245 – S.O. n. 239) “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” e ss. mm. ii.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture di concerto con il Ministero dell’Interno e con il capo del dipartimento della protezione civile del 17-01-2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## Elaborati del progetto strutturale

Gli elaborati costituenti il progetto strutturale sono i seguenti:

1. La presente relazione tecnica generale della progettazione strutturale
2. La relazione illustrativa sui materiali d'impiego e sulle dosature
3. La relazione di calcolo e sulle fondazioni delle strutture di sostegno del tratto di strada da ricostruire
4. La relazione geotecnica e la relazione di calcolo delle opere di manutenzione e consolidamento del costone tufaceo
5. Il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti
6. Le piante e le sezioni di carpenteria
7. I particolari costruttivi

Napoli, agosto 2019

