



COMUNE DI META

Provincia di Napoli

“LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ALLA VIA
PONTEVECCHIO”

PROGETTO ESECUTIVO

Tav.1 Relazione

**Il Responsabile del
Procedimento
(ing. Paola De Maio)**

**Il progettista
(dott. geol. Francesco Buonocunto)**

Premessa

Il sottoscritto Dott. Geol. Francesco Paolo Buonocunto, incaricato dal Comune di Meta con Determina Dirigenziale dell'Area Tecnica, n. 316 del 03.10.2011 – Incarico per la progettazione e direzione dei Lavori di messa in sicurezza di via Pontevecchio, con la presente, a conclusione di indagini preliminari di tipo non invasive a rilevare lo stato di sicurezza del costone, a relazionare circa la tempistica e le modalità di intervento progettuale.

Descrizione dell'intervento di monitoraggio

L'intervento, effettuato interamente in parte in cordata dalla ditta specializzata R.I.A.S. S. r. l., con sede legale alla via F. Filzi n. 4 – 84100 Salerno, P.IVA 03879360653, sotto la direzione del sottoscritto che ha assunto anche la responsabilità della sicurezza in fase esecutiva, è consistito in:

- una ispezione dell'intero fronte della falesia sottostante via Pontevecchio, per una lunghezza lineare di circa 20 metri ed un'altezza di circa 25 metri, ponendo particolare attenzione allo stato di fatturazione del tratto di costone tufaceo libero, allo stato di deterioramento del muro di rivestimento e contenimento in conci tufacei, nonché al monitoraggio delle cavità presenti al piede;
- n. 1 rilievo geofisico di tipo SPAC, con n.4 stazioni di misurazione tra via Pontevecchio e via Ponte Orazio, al fine di caratterizzare il modello sismico per l'area in oggetto ed avere una indicazione di massima sulla qualità del tufo (stato di fratturazione e parziale detensionamento).
- Ispezione visiva dello stato della carreggiata di via Pontevecchio, con rilievo delle griglie di raccolta delle acque piovane.



Figura 1 – Veduta del tratto di falesia sottoposto a via Pontevecchio.

Da quanto rilevato, lo stato di potenziale ribaltamento del muretto di delimitazione su via Pontevecchio, sembra essere dovuto ad un parziale cedimento del sottostante costone tufaceo libero, che si presenta intensamente fratturato, con un sistema di giunti aperti che tendono ad intersecarsi e a creare

uno stato di detensionamento generalizzato nell'ammasso tufaceo, che nella parte più alta della successione già presenta caratteristiche geotecniche simili alle piroclastici sovrastanti, dunque nettamente scadenti rispetto all'ammasso litoide sottostante. In tal senso la presenza di una vegetazione infestante anche di tipo arboreo di certo crea un effetto di disturbo per la forza spingente degli apparati radicali e che può anche essere innescante per fenomenologie franose da crollo. Per ogni ulteriore considerazione geologica (geotecnica e modello sismico dell'area) si rimanda alla Relazione Geologica (Tav. 2).

La parte antropizzata della falesia, ovvero caratterizzata dal muro di contenimento e sostegno di parte della carreggiata di via Pontevecchio, si presenta in uno stato di generalizzato abbandono segnato dal parziale disfacimento dei conci tufacei e della relativa malta pozzolanica interstiziale (Documentazione Fotografica, Tav. 3).

Il muro edificato in tempi storici è composto da almeno 3 livelli di archi, di cui attualmente solo 2 mantengono la loro funzione portante; al momento dunque lo stato di deterioramento generalizzato, il crollo parziale del primo arco (partendo dal basso), la presenza di lesioni longitudinali lungo i due piedritti, fanno protendere per un possibile cedimento della struttura, anche se sulla carreggiata della via Pontevecchio sovrastante al momento si rilevano lesioni limitatamente al solo tratto esterno ed in prossimità del muretto parzialmente in ribaltamento (Figura 1, e Prospetto 1, a seguire).

A tal proposito, risulta di fondamentale importanza la verifica della funzionalità del sistema di regimazione delle acque piovane sulla stessa carreggiata; dal rilievo infatti le griglie poste ai lati della strada sembrano, almeno quelle esterne, chiuse e non svolgenti affatto la propria funzione di raccolta e/o convogliamento delle acque nel sistema fognario (Prospetto 3, a seguire).

Nella parte bassa del primo arco è evidente tra l'altro una apertura di circa 2x3 metri nella parete tufacea libera, che accede ad una cavità di circa 4x5 metri per un totale di circa 100m³ di ampiezza. La grotta di origine antropica, probabilmente creata per cavare materiale edile, è stata utilizzata successivamente per il ricovero di animali da pascolo e deposito di attrezzi

agricoli. Da un rilievo sommario delle pareti non sembra che la stessa sia stata interessata da problematiche da crollo o che presenti allo stato attuale fratture e fessurazioni tali da pregiudicare la staticità della volta.

Indicazione progettuale di intervento

Da quanto rilevato è possibile concludere che il parziale ribaltamento del muretto di delimitazione della carreggiata di via Pontevecchio e le lesioni registrate sulla stessa lungo il margine esterno, sono dovuti al progressivo deterioramento delle proprietà meccaniche delle strutture di sostegno, ovvero dell'ammasso roccioso tufaceo in posto costituente la falesia ed in parte del contiguo paramento murario ad archi di contenimento.

Pertanto le indicazioni progettuali di risanamento e messa in sicurezza dell'area devono considerare la necessità di procedere (Prospetto 2, a seguire):

- a) Pulizia dalla vegetazione infestante presente sul fronte tufaceo e paramenti murari e predisposizione all'intervento di consolidamento, con disaggio dei piccoli volumi di roccia e l'imbrigliamento momentaneo degli ammassi rocciosi da chiodare, nonché lo smontaggio del tratto di muro di delimitazione della carreggiata in potenziale ribaltamento.
- b) Dimensionamento di un intervento di consolidamento dell'ammasso tufaceo, ovvero intervento di bonifica montana (chiodature e rete armata con funi) per circa 300mq di estensione.
- c) Dimensionamento di un intervento di consolidamento della struttura muraria (archi), ovvero incremento della resistenza e della rigidità mediante lastra armata e cappa armata, o in alternativa rinforzo a flessione mediante FRP.

- d) Recupero del paramento murario, che consiste nella sostituzione e ripresa dei conci e soprattutto della malta pozzolanica, nonché nella ricostruzione del tratto di muro di cui al punto a), per un totale di circa 400mq di estensione; i paramenti murari più degradati potranno essere soggetti ad un intervento di incremento della resistenza e duttilità mediante giunti di malta armati (repointing).

a) Pulizia e predisposizione intervento di consolidamento

L'area di intervento misura in totale 50 metri lineari per una altezza di circa 25 metri, di cui circa 600mq di falesia tufacea e circa 500 mq di paramenti murari.

In questa prima fase è necessario procedere con un intervento in cordata sull'intero fronte, sia antropico che naturale, per complessivi circa 1100 mq, al fine di effettuare una attenta pulizia e disaggio del materiale sospeso di piccole dimensioni sul versante con taglio e/o estirpazione della vegetazione infestante, soprattutto di specie arborea. Tale fase si rende necessaria al fine di eliminare le tensioni negative esercitate dagli apparati radicali all'interno delle fessurazioni colonnari presenti sulla falesia tufacea e paramenti murari.

Bisognerà predisporre la falesia tufacea al successivo intervento di consolidamento, e pertanto andranno posti in sicurezza momentanea quegli ammassi rocciosi che in equilibrio precario non possono essere disgiunti (per le dimensioni e la stabilità generale delle strutture antropiche poste al di sopra).

Si provvederà inoltre allo smontaggio del muro di delimitazione della carreggiata di via Pontevecchio in chiaro potenziale ribaltamento.

Questa prima fase sarà propedeutica al dimensionamento dell'intervento di consolidamento, infatti solo il monitoraggio centimetrico in parete consentirà di poter meglio individuare le problematiche inerenti la chiodatura degli ammassi rocciosi.

b) Intervento di consolidamento costone

Il dimensionamento dell'intervento di consolidamento dipenderà anche da quanto rilevato nella fase di pulizia e monitoraggio, di cui al punto precedente.

L'intervento, da eseguirsi in cordata, si inquadra nella tipologia di *Bonifica Montana*, ed interessa il consolidamento della falesia tufacea libera, circa 300mq, e più in particolare consisterà in:

chiodature armate di tipo attivo e passivo, che nella parte più alta, in presenza delle parti tufacee più intensamente fratturate, saranno accompagnate da una protezione superficiale del tipo rete paramassi armata con fune metallica.

Protezione superficiale

L'intervento di *Protezione superficiale* sarà realizzato nella parte alta del fronte tufaceo, dal ciglio e per circa 10 metri in basso (100 mq di estensione areale), e consiste nell'apposizione di rete paramassi del tipo Maccaferri, rinforzata con funi metalliche ed ancorata con barre metalliche da 3 metri. La rete metallica a doppia torsione ha una maglia esagonale del tipo 6x8 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 500 N/mm² e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.20 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) - Cerio - Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 gr/m².

I teli di rete, una volta stesi lungo la scarpata, vengono uniti tra loro ogni 20 cm con idonee cuciture eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete e diametro pari a 2.20/3.20 mm o con punti metallici meccanizzati di diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 1770 N/mm².

Gli ancoraggi attivi di sostegno sono costituiti da barre metalliche del tipo Fe 44K, Ø = 24 mm, di lunghezza 300 cm, filettate alla sommità per 10 cm su cui viene inserita una piastra di Fe 510 20x20 cm, con relativo bullone avvitato, a bloccare la fune metallica di sostegno. Le barre, preventivamente cementate con miscela cementizia del tipo 3.25, sono messe in opera con un passo di 100 cm lungo i circa 10 metri di estensione lineare del ciglio del versante di

intervento.

Tutte le barre costituiscono ancoraggi di tipo attivo per la orditura romboidale/quadrangolare delle funi di rinforzo, oltre che per la fune di contenimento al piede, sono del tipo barre metalliche filettate $\varnothing = 24$ mm, di lunghezza 300 cm, preventivamente cementate con miscela cementizia del tipo 3.25, e disposte con una distribuzione sul versante praticamente regolare a maglia quadrangolare e passo 100 cm. Sulle barre filettate sarà avvitato una piastra da 20x20 cm a bloccare le funi.

Il reticolo di funi di sostegno e di contenimento è realizzato con fune metallica $\varnothing = 16$ mm di acciaio (norme UNI EN 10264-2 ; UNI ISO 2408) anima tessile con resistenza nominale dei fili elementari di acciaio non inferiore a 1770 N/mm², con carico di rottura minimo di 84.1 kN.



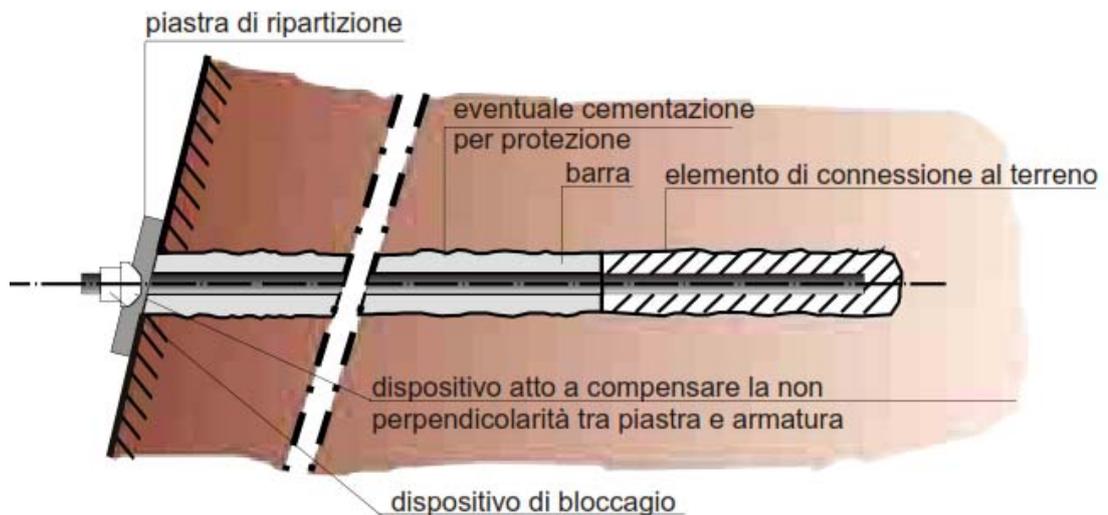
Esempio di intervento similare realizzato sul versante tufaceo di via Atigliana in Sorrento, con l'apposizione di rete armata con chiodature attive e rinforzata con funi metalliche.

Chiodature armate

Le chiodature armate saranno così realizzate:

- roto-perforazione in parete con l'ausilio di slitta ad aria compressa e martello di fondo foro, diametro foro 42.00 mm;

- barra d'ancoraggio filettata in Feb44k del tipo DIWIDAG (o comunque ad aderenza migliorata) in acciaio 85.0/105.0 kg/mm² Ø 16/24 mm per le chiodature da 3 metri e Ø 26.5 mm per le chiodature da 6 metri e 9 metri, o meglio sarebbe intervenire con Barre RDS, con diametro 32 mm e carico 380 kN snervamento e 450 kN;
- cementazione a rifiuto della barra con boiaccia acqua/cemento (cemento tipo R425 con $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$) procedendo dal fondo del foro e con l'impiego di un idoneo tubo;
- regolarizzazione della superficie di contatto della piastra di appoggio con scalpellatura, quindi montaggio della piastra di appoggio, avente dimensione 130x130x10 mm, e del dado di bloccaggio del tipo conico, il serraggio avverrà mediante chiave dinamometrica.



Schema semplificato di chiodatura attiva.

Mimetizzazione dei fori delle chiodature

L'intervento di chiodature sarà opportunamente occultato in parete attraverso:

- approfondimento della cavità di alloggiamento della piastra per una profondità atta a garantire l'occultamento della piastra e del dado di serraggio;
- taglio del tratto di estremità della barra di acciaio sporgente rispetto al profilo naturale del costone;
- realizzazione di testata di alloggiamento della piastra di ancoraggio con malta pozzolanica e blocchetto e/o taglime di tufo al fine di minimizzare l'impatto visivo.

Si procederà inoltre con la sarcinatura delle fessurazioni principali, mediante l'utilizzo di malta cementizia pozzolanica additiva.

L'intero intervento avrà in tal modo un impatto ambientale praticamente nullo, e consentirà di rispettare le normative vigenti in materia di tutela e salvaguardia delle condizioni geologiche ed idrogeologiche dell'area, così come previsto dall'Autorità di Bacino del Sarno e di chi altri per competenza.

c) Intervento di consolidamento archi

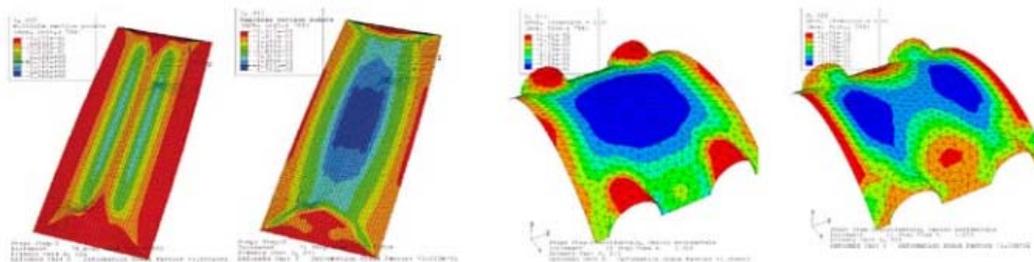
Si tratta di un intervento di risanamento strutturale della paratia muraria di contenimento, che sarà interessato dalla realizzazione di un rivestimento armato interno ai 3 ordini di archi.

La tecnica di consolidamento mediante lastra armata consiste nel realizzare in aderenza alla superficie muraria delle lastre di malta preferibilmente di calce ad alta resistenza con l'ausilio di rete elettrosaldata come armatura metallica. Con la stessa tecnica viene realizzato all'estradosso dell'arco una cappa armata, che potrebbe essere preceduta, in caso di supporto murario segnato da fessurazioni e fratturazioni, da un intervento di risarcitura con boiacche da iniezione.



Esempio di consolidamento con la tecnica della lastra armata

In sostituzione è possibile ipotizzare un rinforzo a flessione degli archi mediante l'utilizzo di rinforzi FRP; in tal caso sarà necessario disporre una rasatura a base di calce di levata resistenza in modo da permettere lo sfruttamento completo della resistenza offerta dalla fibra di carbonio o di vetro. Per i tratti di muratura intensamente danneggiata, prima dell'applicazione del rinforzo, si dovrà prevedere un preconsolidamento con materiali compatibili e di elevata resistenza (cuci-scuci, iniezioni, ristilatura dei giunti, ecc.).



Sopra, tensioni applicate nelle strutture ad arco; a lato esempio di nastri in fibre di carbonio, regolarmente in commercio presso fornitori specializzati del settore.

d) Recupero paramento murario

Recupero architettonico del paramento murario, che consiste nella sostituzione e ripresa dei conci e soprattutto della malta pozzolanica, nonché nella ricostruzione del tratto di muro di cui al punto a), circa 500mq di estensione; i paramenti murari più degradati potranno essere soggetti ad un intervento di incremento della resistenza e duttilità mediante giunti di malta armati (repointing). In tal caso, ovvero nei punti in cui la muratura esistente presenta giunti di malta di modestissima consistenza, accompagnata alla ristilatura del giunto può aggiungersi il rinforzo a taglio nel piano inserendo piccole piattine o barrette MBar di fibra di carbonio nei giunti oggetto di ristilatura. Le barrette in carbonio consentono di innovare profondamente questa tecnica grazie alla ridottissima sezione rettangolare (1.5mm x 5mm), alle elevate prestazioni meccaniche, alla elevata adesione alla malta di calce o di resina ottenibile in virtù della particolare geometria e del rivestimento di sabbia di quarzo.



Applicazione delle barrette in fibra di carbonio nei giunti del paramento murario in conci di tufo.

Modalità e tempi di intervento

Le modalità di realizzo dell'intervento progettuale e di conseguenza dei relativi tempi di esecuzione, sono strettamente legati alle necessità urgenti di intervento, dettata dalle più che precarie condizioni di stabilità riscontrate nella fase di rilievi ed accertamenti effettuati.

Allo stato attuale è più che mai constatato ed accertato il temuto e possibile pericolo di crollo del paramento murario di delimitazione della carreggiata stradale di via Pontevecchio, e soprattutto il cedimento per frana da crollo del sostegno rappresentato dal costone tufaceo libero, che allo stato si presenta intensamente fratturato in blocchi in parte liberi. La morfologia della falesia determina, in caso di distacco improvviso di un blocco, l'innescò a catena di possibili crolli delle strutture antropiche che insistono su questa parte del costone, ivi compreso parte degli archi attigui, già tra l'altro in chiare condizioni di degrado.

In considerazione della presenza di fabbricati che insistono su via Pontevecchio si ritiene quanto mai urgente una azione di intervento atta a scongiurare un danno di proporzioni incalcolabili con il rischio di coinvolgimento delle strutture abitative.

Modalità e costi di esecuzione

Le modalità di esecuzione dell'intero intervento possono essere sintetizzate in due tipologie:

- Lavori in cordata per la realizzazione della fase a) Pulizia e monitoraggio, e per la fase b) Consolidamento del costone;
- Lavori di risanamento e recupero conservativo della paratia muraria da potersi effettuare anche in cordata per la realizzazione della fase c) Consolidamento degli archi e per la fase d) Recupero paramento murario.

I lavori di risanamento della falesia tufacea libera hanno la priorità di esecuzione rispetto a quelli di recupero della paratia muraria, almeno per la fase a), mentre la fase b) potrà essere realizzata in concomitanza dell'inizio dei lavori della fase c) e d).

I tempi stimati di esecuzione possono essere calcolati, in considerazione della urgenza di realizzo per la messa in sicurezza dell'area, in circa 100 giorni lavorativi, di cui 60 per l'effettiva realizzazione delle opere (Tav. 11).

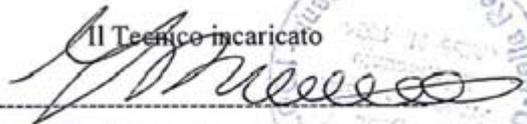
Il costo dei lavori di realizzo possono essere calcolati in circa 250.000,00 (duecentocinquantamila euro) oltre IVA ed oneri di sicurezza (Tav. 12), in considerazione delle scelte tecniche che potranno essere prese in fase di progetto esecutivo per quanto concerne il numero delle chiodature e soprattutto la tipologia di intervento nel consolidamento degli archi.

Pertanto per un maggiore dettaglio in merito si rimanda al relativo computo metrico (Tav. 6), in cui sarà tra l'altro necessario considerare tutte le figure tecniche professionali che dovranno affiancare il geologo nella realizzazione degli interventi.

Prescrizioni

La validità dell'intervento non può non considerare la verifica e, nel caso di malfunzionamenti accertati, il rifacimento della rete di sottoservizi idraulici posti sulla via Pontevecchio, incluse le pluviali di raccolta ed immissione nel rivolo sottostante.

Meta, 5 gennaio 2014

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Francesco Paolo Buonocunto
