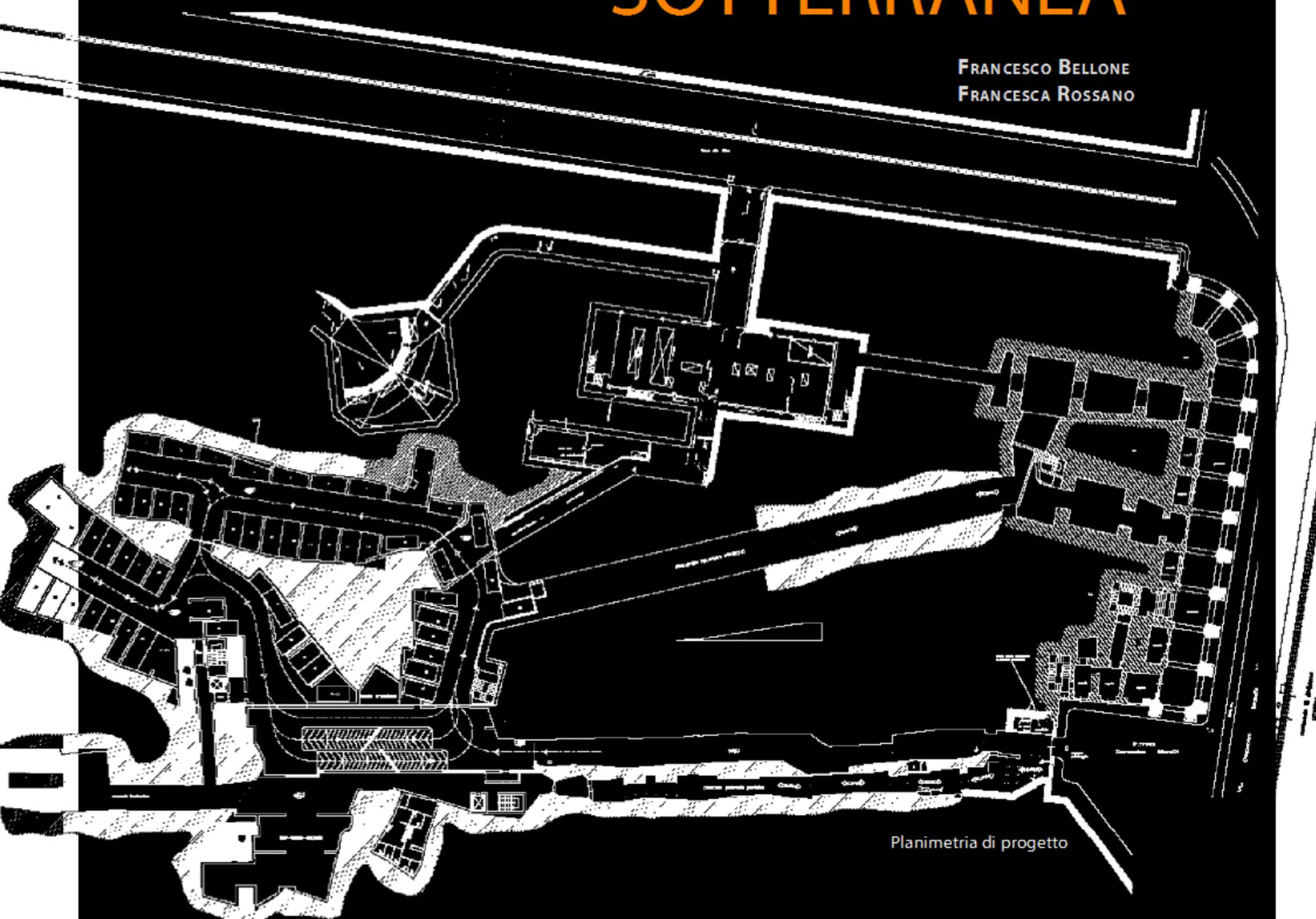


LA CITTÀ PARTENOPEA IN PRIMA LINEA PER RISOLVERE L'EMERGENZA PARCHEGGI

Napoli

SOTTERRANEA

FRANCESCO BELLONE
FRANCESCA ROSSANO

Planimetria di progetto

Vediamo da vicino i dettagli dei lavori per la realizzazione dell'impianto strutturale generale del parcheggio che trova collocazione all'interno della Cavità Morelli di Napoli nell'ambito dell'ammasso tufaceo del promontorio di Monte Echia: un parcheggio da 435 posti che si inserisce nella più ampia concessione di 1.500 posti auto sotterranei della "Napoletana Parcheggi", Gruppo Maione. Le sue caratteristiche principali? Funzionalità e sicurezza

Bibliografia

VITAGLIANO V. - Relazione di calcolo in fase definitiva
 GOBBI - Relazione geotecnica
 BRINGIOTTI M. - Guida al tunnelling, Ed. PEI seconda edizione
 BRINGIOTTI M., D.BOTTERO - Consolidamenti e fondazioni, Ed. PEI seconda edizione
 LAES- Napoli sotterranea.

Normativa di riferimento

- (1) D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- (2) D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- (3) D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- (4) Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/96.
- (5) Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
- (6) D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- (7) Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- (8) D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- (9) D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- (10) UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
- (11) Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- (12) Eurocodice n.2 - Progettazione delle strutture cementizie.
- (13) Eurocodice n.3 - Progettazione di strutture in acciaio.
- (14) Eurocodice n.4 - Regole comuni unificate per le strutture composite in acciaio e calcestruzzo.
- (15) Eurocodice n.5 - Regole comuni unificate per le strutture in legno.
- (16) Eurocodice n.8 - Strutture in zone sismiche - Progetto.

FRANCESCO BELLONE

Ingegnere, laureato al Politecnico di Torino, fondatore, amministratore unico e direttore tecnico della Cipa Spa. Cipa, oggi riferimento nazionale nelle opere di sua competenza, è impresa che da oltre vent'anni opera nel mercato del sottosuolo, attraverso l'acquisizione e l'esecuzione di gallerie in tradizionale, pozzi, consolidamenti ed opere infrastrutturali in cemento armato. L'ing. Bellone è anche Vicepresidente dell'AIF, l'associazione che, in ambito ANCE, raccoglie le principali imprese di fondazioni.

FRANCESCA ROSSANO

- Laurea in Ingegneria Civile Geotecnica conseguita nel 2002 presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II", titolo della tesi: "Cedimenti indotti dallo scavo di gallerie": la tesi si è occupata del problema dei cedimenti indotti dallo scavo di gallerie superficiali. metodi di previsione dei cedimenti, stima dei danni, e tecniche di mitigazione del rischio di danno, utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti il "PLAXIS".
- Esperienza come consulente per la progettazione delle opere civili e geotecniche presso I.Ge.S. - Ingegneria Geotecnica Strutturale - Roma, dal gennaio 2006 collabora all'ufficio tecnico della Cipa Spa occupandosi di gestione attività commerciali e di gara, attività tecniche e di progettazione, pianificazione commesse.

PARCHEGGIO MORELLI ATTORI DELLA REALIZZAZIONE

Committente
 NAPOLETANA Parcheggi spa
 (Gruppo Maione)

Impresa Esecutrice
 Cipa spa

**Direzione lavori
 e progetto architettonico**
 Ing. Michele Autorino
 Arch. Attilio Faiola

Progettazione Strutturale
 Prof. Ing. Bruno Calderoni
 Ing. Vittorio Vitagliano

Consulenza Geotecnica
 Ing. Sergio Gobbi

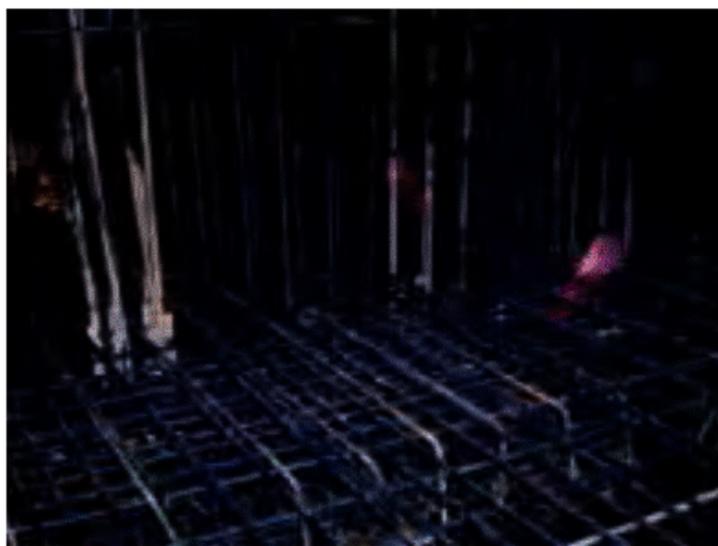
**Direttore operativo di cantiere
 per il Committente**
 Geom. Leonardo Caracciolo

**Direttore cantiere
 per l'impresa esecutrice**
 Geom. Francesco Maresca

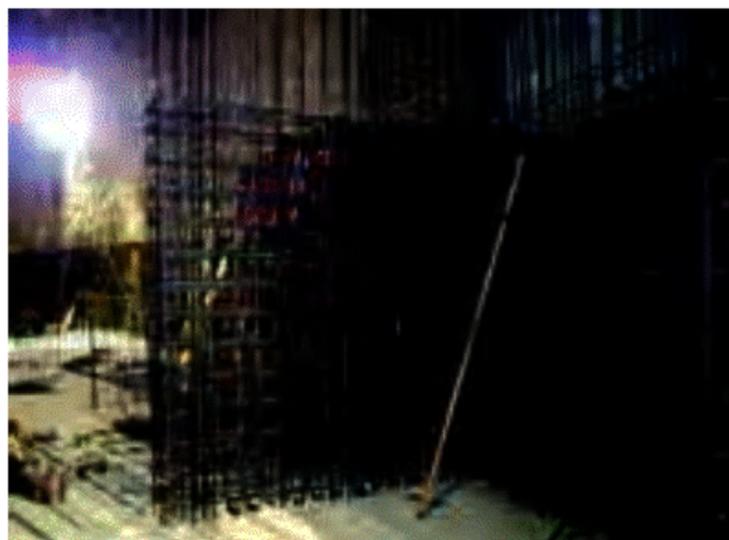




Pali solaio a quota 13,55



Modulo A-Solaio a quota 13,55



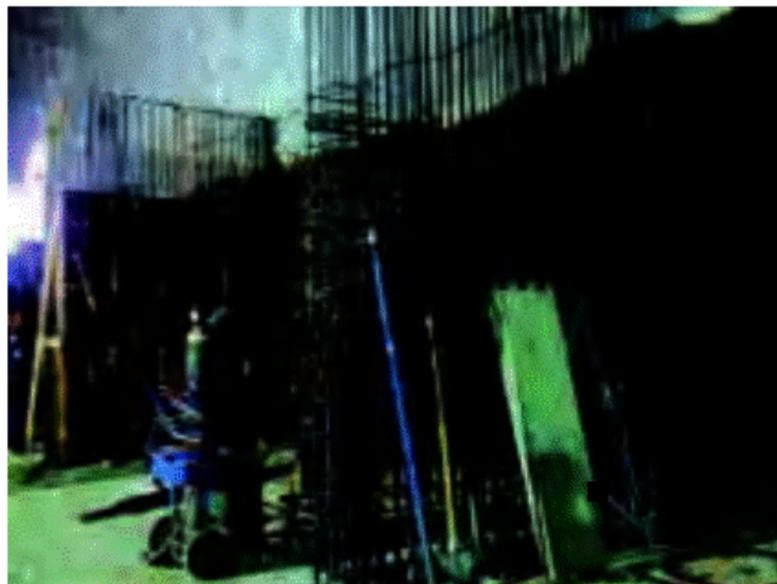
Modulo A-Pareti e setti quota 13,55



la cui fondazione si presume sia a quota +3,00 quota alla quale si attestano i tufi, come confermato dagli ultimi sondaggi in data 28/11/2006. Per quanto riguarda le modalità costruttive dei solai in questione, come già accennato, sfruttando la tipologia di fondazione profonda, già dalla quota +3,20 m, sono stati realizzati pali-pilastro, a costituire il sostegno verti-

cale dell'impalcato a quella quota. Successivamente è stata predisposta l'armatura ed il getto dei setti che reggeranno i solai di quota +6.60m e +9.65m. Completate queste due fasi, dopo la opportuna stagionatura dei getti, si procederà allo scavo intaccando il tetto del banco tufaceo esistente, il quale sarà ulteriormente abbassato fino alla quota di imposta della piastra di colle-

Modulo A-Pareti e setti quota 16,25



gamento in fondazione a cui seguirà lo scavo a sezione obbligatoria per la realizzazione dei plinti. Tali casistiche come si intuisce facilmente, hanno rallentato non poco le lavorazioni, non bisogna difatti dimenticare che la necessità di realizzare gli impalcati fino a quota 9,65 prima di giungere a quota fondazione, ha comportato scavi sotto copertura con l'impiego di attrezzature appropriate. Si renderanno necessari

ulteriori opere provvisorie (placcaggi e micropali) per la stabilizzazione dei setti murari prossimi al modulo I, anche se non previsti in fase progettuale.

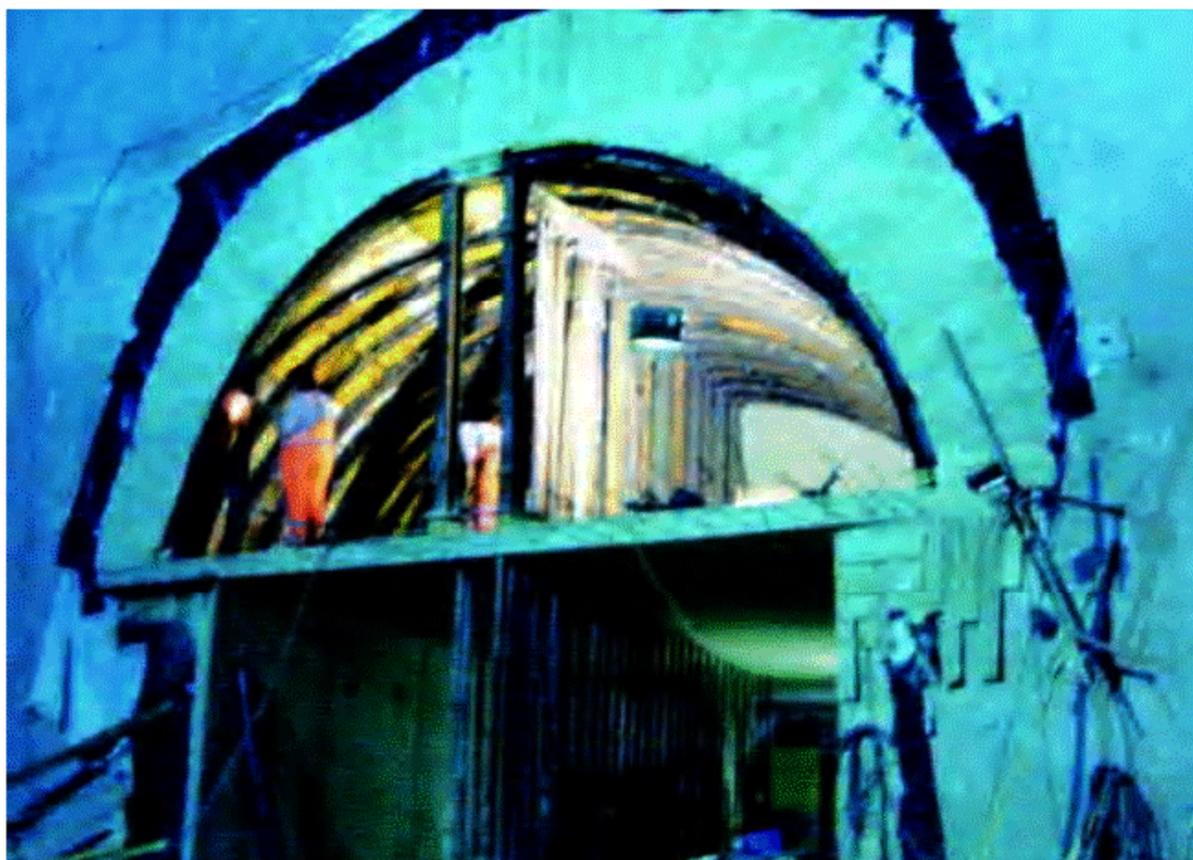
8. Modellazione delle strutture

Il programma che è stato utilizzato per lo studio ed il calcolo delle strutture

di fondazione è il PROSAP, per tenere conto dell'influenza reciproca tra il terreno, la piastra di fondazione e la struttura in elevazione, quest'ultima è stata interamente e contestualmente modellata insieme alla fondazione nell'algoritmo di calcolo utilizzato. Con riferimento alla piastra di base e ai setti in elevazione, trattandosi di elementi bidimensionale, essi sono stati modellati per procedere allo studio agli elementi finiti.

Predisposta un'opportuna mesh di discretizzazione, si è schematizzata l'interazione con il terreno mediante l'introduzione, in corrispondenza dei nodi, di vincoli elastici con rigidità assegnata in funzione delle caratteristiche dei suoli in sito. Per i vari impalcati di piano invece, si è ipotizzato, data la natura della soletta piena, un comportamento infinitamente rigido, tale da assicurare in caso di sisma uno spostamento rigido dell'in-

tero piano.



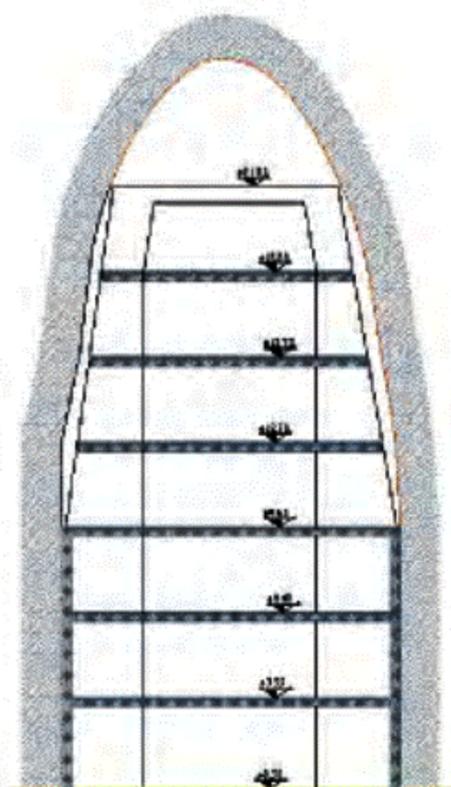
Solettone intermedio

7. Realizzazione struttura in elevazione

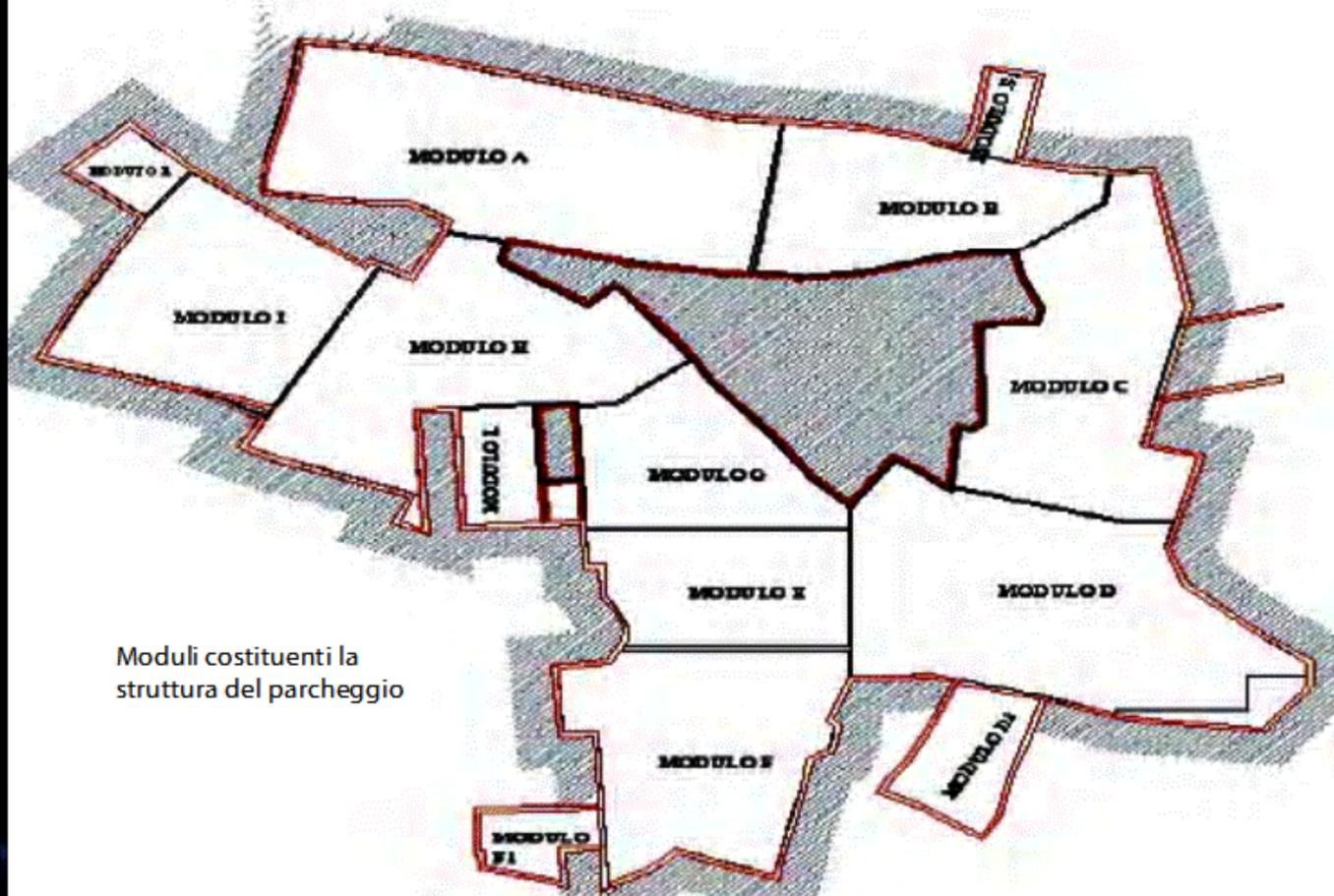
La costruzione delle strutture che costituiscono il parcheggio è iniziata nel luglio 2006 dal modulo A per proseguire con la realizzazione dei mo-

duli I ed H, B e G per gli altri moduli si prevede di procedere in maniera alterna fino all'ingresso attuale della cavità proveniente dal Largo Morelli. Il tutto per costituire un valido cerchiaggio del pilastro centrale in tufo naturale che caratterizza la cavità stessa.

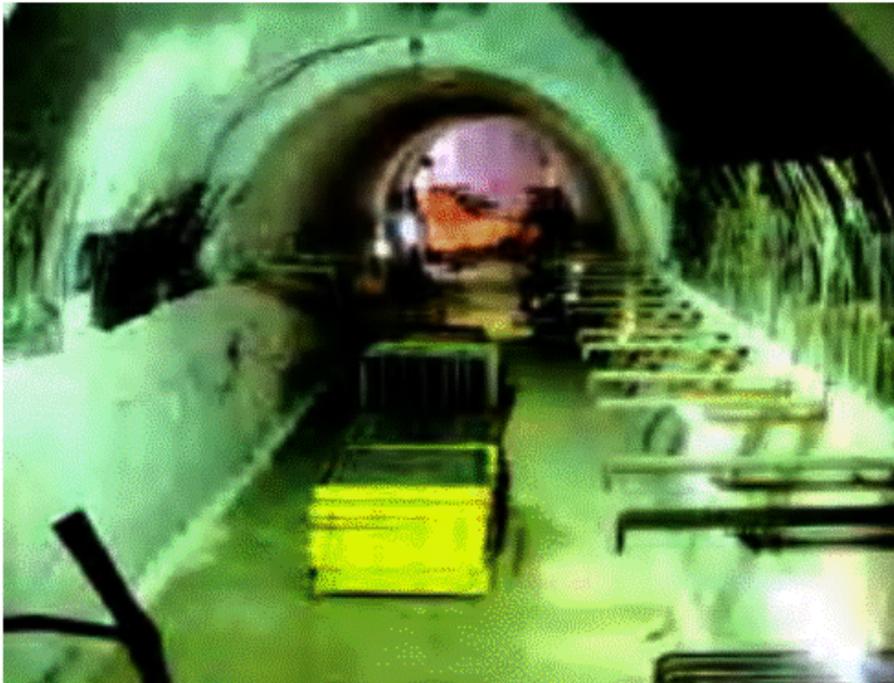
Per perseguire tale scopo, per i moduli A, B, B1, I, H, G e F i solai delle quote +6.60m, +9.65m e +3.55m, sono stati realizzati prima di giungere, con lo scavo, a quota fondazione, in maniera tale che gli stessi fungano da puntoni alle pareti tufacee, in particolare per il modulo F ad oggi alla quota di circa +7,50m ciò è dettato dalla necessità di contrastare un barbacane



Sezione rappresentativa struttura in elevazione



Moduli costituenti la struttura del parcheggio



Rivestimento definitivo



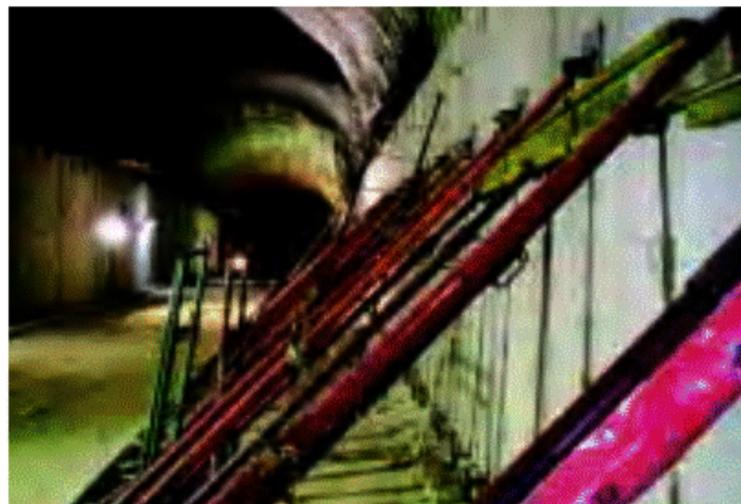
Solettone intermedio



Casseratura e getto calotta galleria di accesso

Sotto e a lato, cassetta e getto piedritto galleria di accesso

Successivamente è stato realizzato il rivestimento di prima fase (centine e spritz), impermeabilizzazione, armatura cassetta e getto del rivestimento definitivo completato poi nel giugno 2006 con il getto di un solettone intermedio che rende la parte superiore della galleria in oggetto pedonabile.



6. Realizzazione Galleria Morelli

Lo scavo della galleria di accesso al parcheggio da Via Domenico Morelli è stato effettuato in un primo momento a piena sezione, consolidando la sezione di scavo con chiodi e posa di rete. Successivamente nel settembre del 2005, essendo stata intercettata una cavità piena di detriti sciolti, si è dovuto procedere ad un cambio nelle modalità di scavo, difatti dopo aver provveduto all'iniezione di cls magro che consentisse di riempire detta cavità e dopo aver stabilizzato il fronte di scavo con spritz beton, si è deciso di procedere con una sezione troncoconica con un doppio ombrello di infilaggi in calotta, tubi di armatura 139,7 sp.8 mm a interasse di circa 25 cm, che consentissero di superare tale problematica.



Scavo galleria



Consolidamento galleria



Fornello

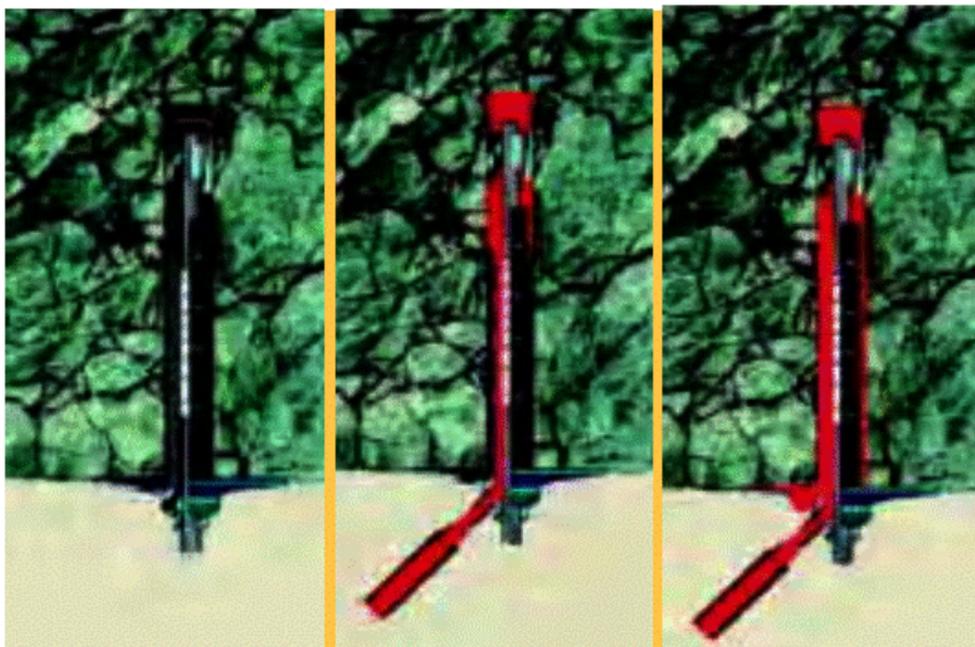


Infilaggi in calotta



5. Consolidamento Cavit : CT-BOLT

La cavit    stata consolidata, secondo le esigenze puntuali, con varie tecniche come chiodature con barre diwidad opportunamente iniettate, ma particolare menzione merita l'ulteriore sistema noto come CT-Bolt che rappresenta uno dei sistemi pi  utilizzati per il sostegno e consolidamento delle pareti rocciose, il fine di un sistema cos  concepito   quello di contenere i fenomeni deformativi, e nel caso in cui ci siano prismi di roccia disarticolati, quello di sostenerli.



Principio di funzionamento del CT-Bolt

N 1: Il CT-Bolt viene inserito nel foro (diam da 45 a 51 mm).

Pretensionata la testa ad espansione si fornisce cos  un supporto immediato tramite l'apporto della piastra di ancoraggio

N 2: Il CT-Bolt viene iniettato tramite la testa di miscelazione ed iniezione

N 3: La malta rifluisce ed esce dal foro praticato sulla piastra

dotto di iniezione.

La forma particolare della guaina agisce inoltre come centratore continuo del bullone all'interno del foro, impedendo all'acqua il contatto con l'acciaio e garantendo un effetto di antifrizione allo scivolamento. Il CT-Bolt   corredato da un corpo emisferico che manifesta due funzioni: sopporta e distribuisce il carico sulla piastra di ancoraggio e serve da camera di iniezione.

Il materiale di iniezione viene pompato nel bulbo di miscelazione ed attraversa la guaina di polietilene, all'estremit  superiore lo stesso rifluisce tra la

guaina e la roccia fino a sfiatare dalla piastra di ancoraggio. Le caratteristiche sono riportate nella tabella che segue.



CT-Bolt

Ovviamente la scelta della tipologia di ancoraggio da utilizzare   strettamente correlata con la tipologia dell'ammasso roccioso e oltre alle specifiche condizioni del cantiere, agli aspetti tecnici ed economici. Il CT - Bolt   un ancoraggio resistente alla corrosione che viene installato seguendo il principio geomeccanico del temporaneo ed immediato supporto della roccia mediante una testa ad espansione ed in seguito iniettato per conferirgli le caratteristiche di ancoraggio permanente. Tale sistema presenta rilevanti differenze tecniche, prestazionali e di costo (dell'elemento e della sua posa) dalle altre tipologie di ancoraggi. Una guaina rigida in polietilene, frapposta tra la barra in acciaio e la roccia, garantisce l'impermeabilit  eliminando l'azione corrosiva dell'acqua e, nello stesso tempo, viene utilizzata come con-



Consolidamento con CT-Bolt



Modello	Øbarra	Carico di rottura per ancoraggio puntuale	Carico di rottura per ancoraggio iniettato
C-TUBE M20	18,6mm	150kN	180kN
C-TUBE M22	21,6mm	250kN	318kN
Lunghezza standard:	da 1,5 m a 8,0 m (oltre a richiesta)		
Diámetro di perforazione:	da 45 a 51 mm		

3. Descrizione delle strutture portanti

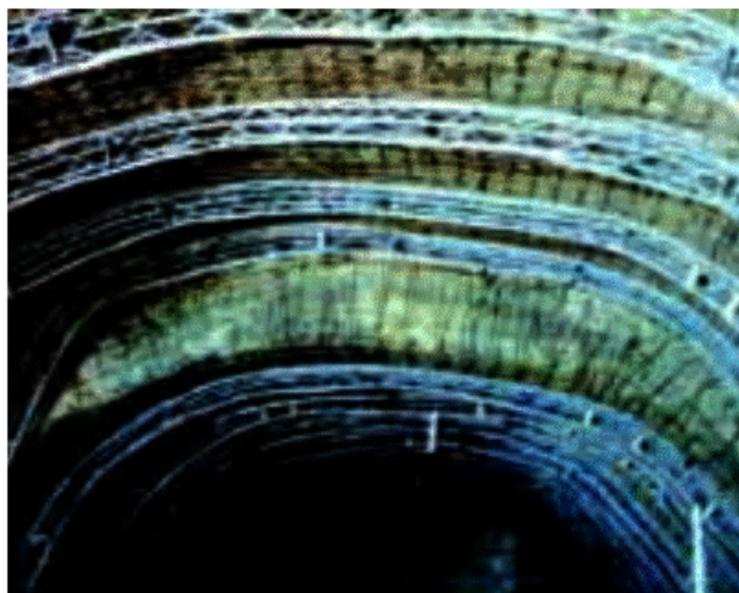
Le strutture verticali sono costituite da setti di spessore pari a 40 cm e lunghezza variabile, disposti, per le prime quote utili, in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse di sviluppo della cavità. Essi sono concepiti collaboranti con le pareti tufacee fino alla quota +9.65m, anche per le quote rimanenti, i setti saranno collegati alle stesse pareti della cavità. Come accennato i moduli che compongono la struttura portante sono in numero di 14, salvo variazioni che si rendano necessarie in corso d'opera, classificati secondo una lettera distintiva e articolati in principali e secondari.

Solai di impalcato

I solai si intendono gettati in opera a soletta piena con armatura bidirezionale di spessore totale di 35 cm.

Fondazioni

Le fondazioni sono costituite da plinti dello spessore di 80 cm in alcuni casi su pali di diametro 400 mm e lunghezza pari a 6,00 m oltre la quota di imposta



Centine reticolari

plinti. I plinti saranno uniti da una piastra di collegamento dello spessore di circa 40 cm ed estradosso coincidente con l'estradosso dei plinti. La quota di estradosso indicata è fissata a +0.50 m. I pali verranno eseguiti, per quanto riguarda solo i fori di trivellazione, dalla quota attuale di cantiere opportunamente livellata a +3,20 m, ad eccezione dei già indicati pali-pilastro, che invece saranno completi di armatura e getto fino alla quota di bocca-foro, in quanto dovranno fungere da sostegno provvisorio ai primi tre solai.

4. Fasi di realizzazione

I lavori per la realizzazione del parcheggio Morelli sono iniziati nel giugno del 2004, di seguito si descriveranno la modalità operative e progettuali di ciascuna lavorazione, sottolineando le problematiche affrontate in un sito così particolare, che hanno ad oggi prolungato le lavorazioni.

Le lavorazioni sono iniziate con lo scavo di ribasso e il consolidamento delle pareti e della volta della cavità.

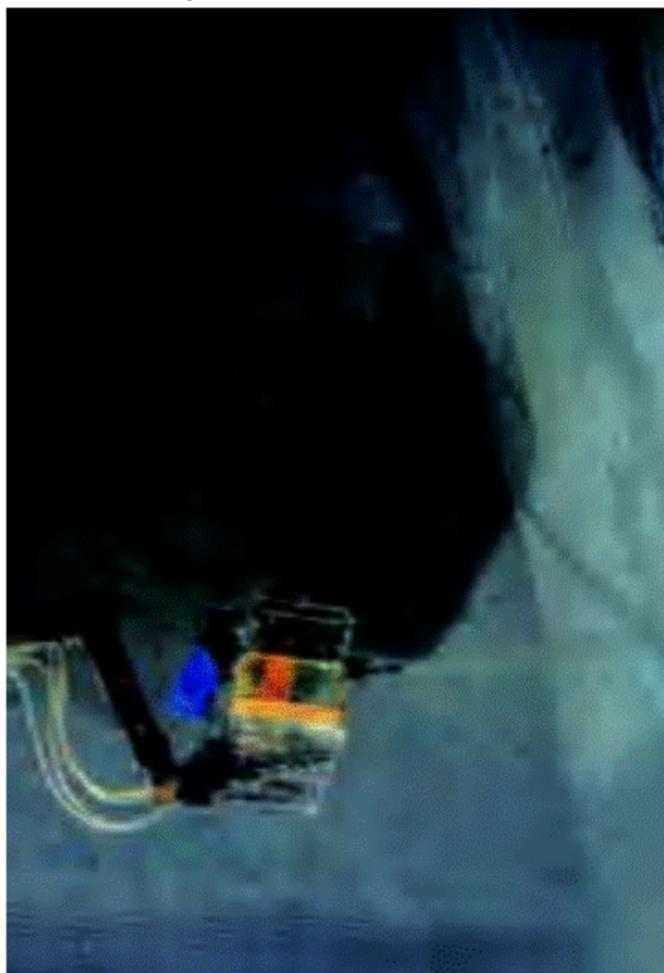
Tale consolidamento è stato effettuato mediante l'inserimento di elementi strutturali, barre filettate e Ct-Bolt, atti a migliorare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso e le cui caratteristiche verranno approfondite di seguito.

Un ulteriore intervento è stato effettuato in corrispondenza delle volte della cavità, quest'ultime, in alcune sezioni, sono state rinforzate con centine reticolari a costituire una sorta di rivestimento, ovviamente poiché le cavità raggiungono altezze, a scavo effettuato, fino a un massimo di 30 metri, per la posa di tali

centine, oltre che per il consolidamento di per sé, sono stati allestiti ponteggi ad hoc con geometrie non regolari adattate alla morfologia della cavità che consentissero di raggiungere tali altezze.

Le operazioni sono state completate con la posa di rete elettrosaldata e spritz beton.

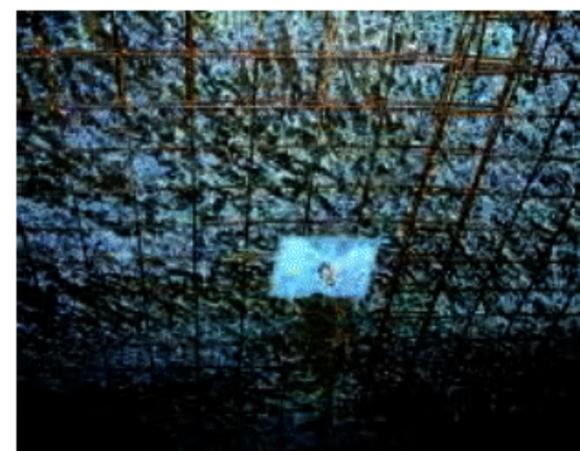
Realizzazione spritz beton



Ponteggio per la posa delle centine per la cavità secondari

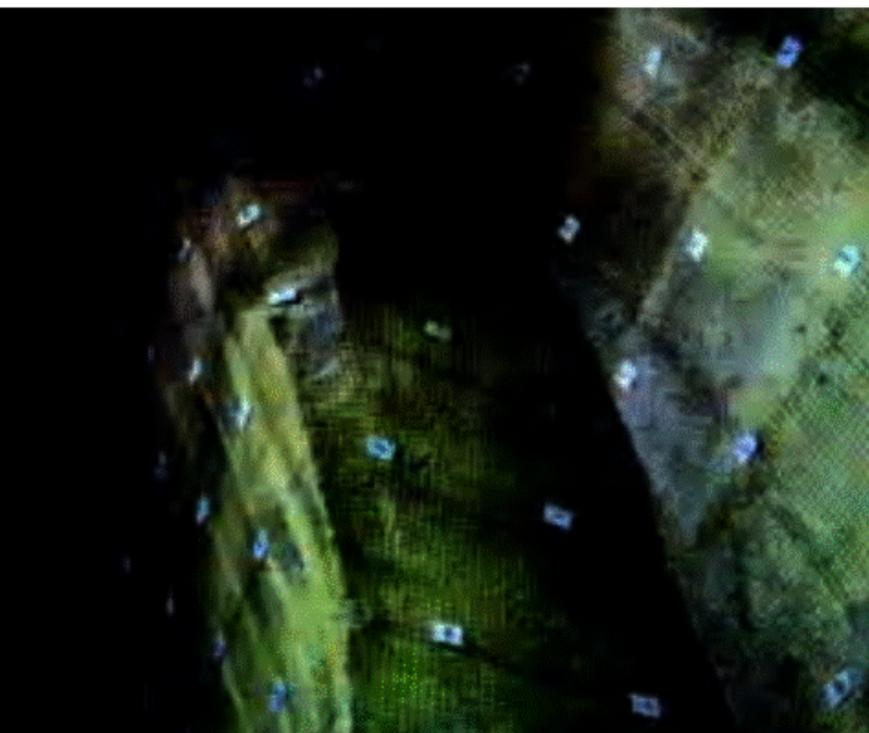


Rete elettrosaldata



rametri di resistenza del tufo sono cross-correlati con grado di correlazione negativo; ciò vuol dire che, ad un aumento della coesione, corrisponde spesso una diminuzione del termine attritivo. Poiché la stabilità degli scavi dipende fortemente dal valore della coesione, si è preferito assumere per l'angolo di attrito un valore più elevato (25°) ed ottenere la coesione dalla resistenza caratteristica a compressione del materiale essiccato, ottenendo $c'_k = 0.66 \text{ MPa}$. L'analogo valore relativo al tufo saturo è invece pari a circa 0.40 MPa.

Per quanto concerne la deformabilità, dalle prove in regime uniassiale è stato inoltre ricavato un modulo di Young compreso tra 1500 e 3500 MPa.



Chiodature

Come è ben noto dalla meccanica delle rocce, per effettuare la caratterizzazione meccanica di un ammasso, una volta note le proprietà del materiale che lo costituisce alla scala dei campioni utilizzati in laboratorio, è necessario valutare alcuni fattori che ne influenzano e ne determinano il comportamento su vasta scala. Tra questi, quelli di maggiore importanza sono rappresentati dal cosiddetto "effetto dimensione" e dal grado di fratturazione dell'ammasso. L'"effetto dimensione", in particolare, è essenzialmente legato alla non omogeneità del materiale ed alla possibile pre-

senza di microlesioni. Apposite prove di laboratorio hanno chiaramente mostrato, in proposito, che all'aumentare delle dimensioni del campione sottoposto a prova di rottura, la coesione ed il modulo elastico tendono a diminuire, fino ad un valore asintotico. Per tenere conto di tale diminuzione, nel caso del tufo giallo è opportuno considerare un coefficiente riduttivo circa pari a 0.7.

Il *grado di fratturazione*, invece, è legato principalmente all'evoluzione dei processi di raffreddamento e cementazione del materiale piroclastico sciolto da cui ha tratto origine il tufo, nonché a successivi fenomeni sismici e/o tettonici e, in ultima analisi, ad eventuali stati di sovrastimolazione indotti dall'opera dell'uomo, che possono aver provocato, localmente, la rottura della roccia. L'influenza del grado di fratturazione sul comportamento di insieme di un ammasso roccioso è estremamente rilevante: basti pensare che in presenza di due o più famiglie di discontinuità, ciascuna con interasse tra le lesioni dell'ordine del decimetro (caso abbastanza frequente, p. es. in rocce fortemente tettonizzate), il comportamento allo scavo non è più quello di una roccia, quanto piuttosto quello di una ghiaia,

o comunque di un terreno fondamentalmente privo di coesione. A prescindere dall'anzidetto caso estremo, la fratturazione della roccia comporta una riduzione sia della coesione che del modulo elastico, tanto più accentuata, naturalmente, quanto minore è l'integrità della roccia. Nel caso specifico, gli elevati valori di RQD riscontrati con le indagini effettuate conducono a fattori riduttivi che possono essere stimati intorno a 0.85÷0.90.

In definitiva, pertanto, l'ammasso tufaceo in esame può essere caratterizzato attraverso una legge costitutiva elastica-perfettamente plastica, con criterio di snervamento alla Mohr-Coulomb e legge di flusso non associata, o un modello elasto-plastico con legame tensioni-deformazioni di tipo iperbolico, utilizzando i seguenti valori medi dei parametri:

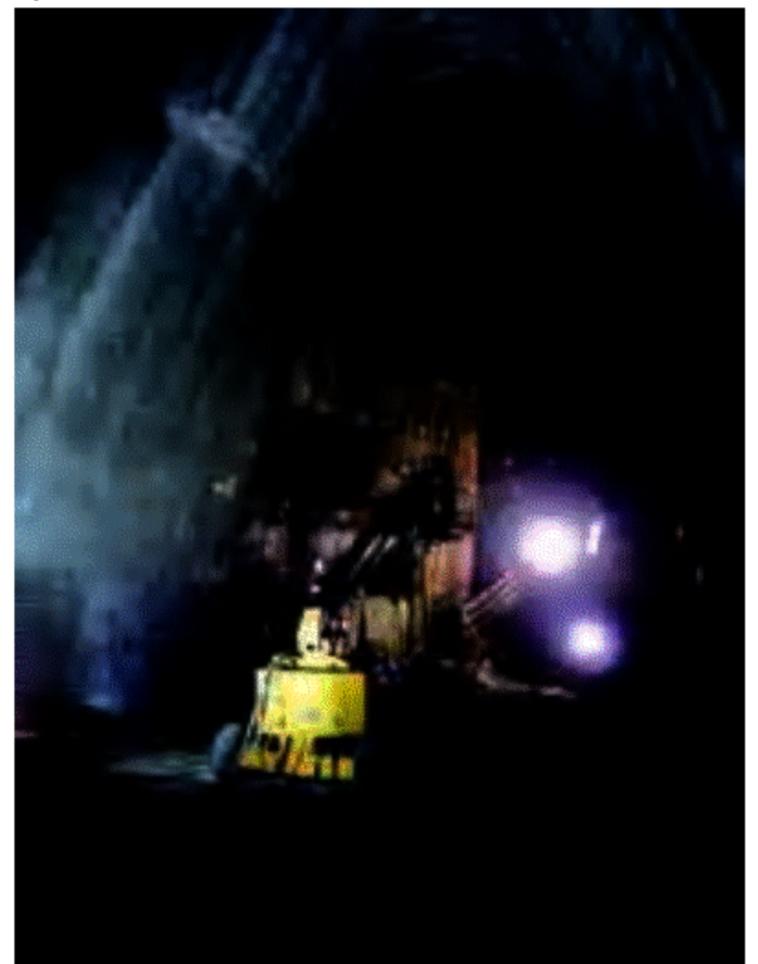
tufo sopra falda

- peso dell'unità di volume: 14 kN/m³
- angolo di attrito: 25°
- coesione efficace: 350÷400 kPa
- resistenza a trazione: 70÷100 kPa
- modulo elastico: 1000 MPa
- coefficiente di Poisson: 0.25
- angolo di dilatanza: 0

tufo sotto falda

- peso dell'unità di volume: 14 kN/m³
- angolo di attrito: 25°
- coesione efficace: 250÷300 kPa
- resistenza a trazione: 40÷60 kPa
- modulo elastico: 800÷1000 MPa
- coefficiente di Poisson: 0.25
- angolo di dilatanza: 0

Operazioni di consolidamento



dell'unità di volume del tufo pari a circa 13.0 kN/m³.

Il valore medio della resistenza a rottura risulta intorno a 3.5 MPa, per i provini sottoposti a prova dopo essere stati essiccati all'aria, e di 2.6 MPa, per i provini sottoposti a prova in condizioni di saturazione. Si osserva quindi che la saturazione induce una riduzione di resistenza pari a circa il 25% (1), mentre in entrambi i casi la deviazione standard è intorno a 0.7 MPa. In base a considerazioni statistiche si può allora considerare un valore caratteristico (ottenuto sottraendo due volte la deviazione standard al valore medio) della resistenza a compressione uniassiale pari a circa 2.1 MPa per i provini essiccati, e pari a 1.2 MPa per i provini saturi.

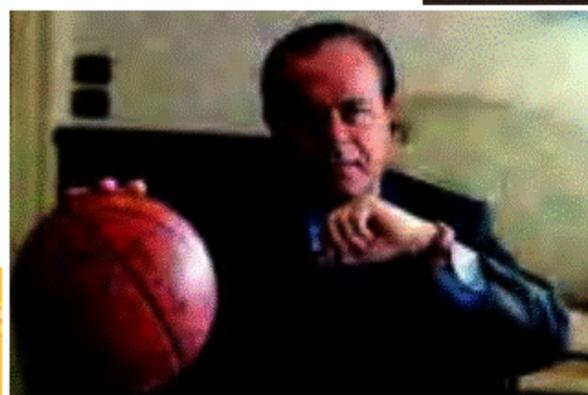
Quanto all'involuppo di rottura, ed ai relativi parametri c' e ϕ' , si sono presi in esame i risultati delle prove di compressione triassiale CID, condotte presso il DIG dell'Università di Napoli Federico

II. Nel piano $\sigma'_1 - \sigma'_3$, i valori delle tensioni a rottura ottenuti dalle prove condotte su campioni saturi, con l'esclusione di alcuni risultati palesemente anomali, si è ricavato un valore della coesione efficace di 0.74 MPa ed un angolo di attrito di 17°.

Si sottolinea però che tale valore dell'angolo di attrito risulta ben al di sotto del "range" tipico dei valori ottenuti per il tufo giallo napoletano attraverso la copiosa sperimentazione eseguita presso il DIG di Napoli. In base a dette prove, infatti, può dirsi che l'angolo di attrito è sempre superiore a 20°, con valori tipici compresi tra 24° e 30°. Quello prima ricavato è pertanto da considerare un valore anomalo che, probabilmente, risulta influenzato dal limitato numero di prove eseguite e della forte eterogeneità dei campioni provati, provata dalla marcata variabilità della resistenza a compressione uniassiale riscontrata fra tutti i campioni provati.

Come mostrato da Aversa (1989), i pa-

(1) Come evidenziato da specifiche sperimentazioni (Evangelista, 1980; Evangelista e Aversa, 1994), la riduzione interessa prevalentemente il termine coesivo dell'involuppo di rottura, mentre l'angolo di attrito rimane pressoché inalterato al variare del grado di saturazione.



MAIONE PROFILE

Mario Maione, avvocato, è componente della Giunta di Federmeccanica e della Giunta dell'Unione Industriali di Napoli di cui è stato già Vicepresidente. Mario Maione è fondatore e leader dell'omonimo Gruppo industriale, il figlio Giuseppe è la quarta generazione industriale della Famiglia che ha iniziato la sua storia industriale nel 1882 proprio nel settore pastaio e molitorio, e si è consolidato nel corso degli anni settanta e ottanta nella produzione di componenti per il primo equipaggiamento nel settore autoveicolo.

Nel 1992 il Gruppo ha realizzato con Fiat Auto il "Progetto Integrato Melfi", diventando leader del Consorzio dei Fornitori e primo produttore nazionale di componenti per il settore automobilistico.

Dal '92 al '94 il Gruppo ha effettuato investimenti cospicui, creando 450 nuovi posti di lavoro tra l'area di Melfi e l'area Napoli. Maione all'epoca ha assunto tra l'altro la carica di Presidente del Consorzio Progetto Integrato Melfi.

Nello stesso periodo, caratterizzato da una crescita progressiva del fatturato, sono stati

realizzati, nel Comprensorio integrato di Melfi, lo stabilimento Compla Sint. S.p.A. e il centro di ricerca Innomatec.

Alla fine degli anni novanta il Gruppo ha realizzato brillanti operazioni di "joint venture" con gruppi internazionali del settore automobilistico e iniziato una azione di diversificazione degli

investimenti in settori diversi (industriali, private banking, mercato immobiliare). Oggi, attraverso la finanziaria di famiglia, la Maifin S.p.A., ed attraverso la società di venture capital, la SO.FIN.IND. S.p.A., costituita unitamente al Monte dei Paschi di Siena, il Gruppo è presente in diversi settori di mercato, l'alimentare è uno dei business strategici nonché ritorno alle vocazioni di famiglia.

Tra i marchi più prestigiosi in portafoglio vanno annoverati Pastificio Russo di Cicciano (Na), Pastificio Di Nola di Gragnano (NA), 'Cioccolato Peyrano' di Torino, "La Mclisana" di Campobasso, e nei servizi, la Napoletana Parcheggio, in virtù di una concessione novantennale del Comune di Napoli.

creava non pochi problemi dal punto di vista della logistica e della sicurezza. Allo stato attuale siamo a buon punto con i lavori, visto che abbiamo realizzato anche il tunnel di collegamento ed entro l'inizio di gennaio avremo completato tutte le infrastrutture in cemento armato. Si tratterà poi semplicemente di mettere mano alle rifiniture. Il tutto dovrebbe essere pronto per il Natale del 2007.

L'impossibilità di avvalerci del progetto originario e poi la necessità di sfruttare al meglio la nuova grotta hanno comportato più o meno un anno di ritardo, ma ora il parcheggio si caratterizza per livelli di sicurezza, razionalizzazione e funzionalità davvero ottimali. Ad esempio, dato che la struttura prevede sia lo stallaggio a rotazione sia i box a cessione privata, siamo anche riusciti a creare una corsia preferenziale per coloro che saranno proprietari delle strutture e che quindi le utilizzeranno maggiormente.

In generale devo dire che sono molto soddisfatto: in poco più di 4 anni abbiamo realizzato 3 parcheggi in sotterraneo in condizioni non facilissime. Questo dimostra che quando si lavora in maniera seria e rigorosa si raggiungono risultati di alto livello e che la professionalità paga sempre".

ceo del promontorio di Monte Echia, laddove la presenza di una serie di edifici soprastanti ha di fatto impedito l'esecuzione di sondaggi sistematici dall'alto, finalizzati a definire in dettaglio l'andamento del tetto del tufo.

La stratigrafia del sottosuolo è stata perciò desunta sia da osservazioni dirette condotte sulle pareti della Cavità Morelli, sia dai risultati dei sondaggi a carotaggio continuo che è stato possibile eseguire sia nell'ambito della medesima cavità che da qualche giardino soprastante. In base a tali osservazioni, si può ritenere con sufficiente approssimazione che la copertura di tufo rispetto alla parte più elevata della cavità sia non minore di circa 4.0 m.

Al disopra dell'ammasso tufaceo sono poi presenti, praticamente fino al piano campagna, terreni sciolti di natura piroclastica ed, in subordine, materiali di riporto.

Per quanto riguarda la superficie libera della falda idrica, in base ad alcune osservazioni effettuate nell'area del parcheggio, essa risulta posta intorno a quota +1.5 m slm.

2. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo

2.1. Grado di fatturazione dell'ammasso

Il grado di fratturazione della roccia, quale ricavato dall'esame dei diversi sondaggi eseguiti nelle pareti tufacee della cavità Morelli, risulta generalmente piuttosto contenuto. Si sono infatti ottenuti valori di RQD (Rock Quality Designation) alquanto elevati, e per lo più compresi tra il 90 ed il 100%; solo in pochi casi, in prossimità di singole discontinuità, si è riscontrato un valore di RQD inferiore 50÷60%.

Per quanto è possibile rilevare ad occhio nudo all'interno della Cavità Morelli, inoltre, non si evidenzia la presenza di vere e proprie famiglie di discontinuità, ma solo lesioni localizzate. Non si può escludere, comunque, che in qualche zona l'ammasso, al suo interno, sia in realtà caratterizzato da un grado di fratturazione più elevato di quanto appaia dall'esame delle superfici esposte, né che siano presenti discontinuità paralle-

le o sub-parallele alle pareti della cavità, prodotte dal rilascio tensionale dovuto alla realizzazione della cavità stessa.

2.2. Proprietà fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce

Ai fini della realizzazione e della stabilità delle opere in oggetto, i terreni piroclastici sciolti presenti al di sopra del tetto della formazione tufacea rivestono senza dubbio una scarsa rilevanza, sia sotto l'aspetto geotecnico che applicativo. Per quanto concerne il tufo, va detto invece che nel caso in esame risulta della massima importanza definirne le caratteristiche di resistenza non solo al livello dei singoli campioni, ma anche e soprattutto alla scala dell'ammasso.

Partendo dai risultati delle prove di laboratorio, quali riportati nell'apposito elaborato del 2001 redatto dal Dipartimento di Ingegneria Geotecnica (DIG) dell'Università di Napoli Federico II, si rileva che il peso dell'unità di volume secco è mediamente pari 10.8 kN/m³. In ragione del contenuto d'acqua naturale, posto pari a 0.20, si ottiene un peso

Il punto di vista della Committenza: la parola all'Avv. Mario Maione

Abbiamo chiesto all'Avvocato Mario Maione, Presidente della Napoletana Parcheggi, di parlarci del parcheggio Morelli: ecco cosa ci ha detto

“Il mio gruppo ha rilevato nel 2001 la concessione per 3 nuovi parcheggi a Napoli: in Piazza San Francesco, Piazza Nazionale e Via Morelli, per un totale di 1.500 posti auto in sotterraneo. Anche se la concessione risaliva al 1990, in undici anni erano state scavate solo delle buche preliminari nel sottosuolo senza portare a termine nulla di concreto. In un solo anno, dal 2001 al 2002, noi invece abbiamo realizzato il parcheggio di Piazza San Francesco, che già da 4 anni funziona quindi a pieno regime con i suoi circa 490 posti. Poi nei tre anni successivi è stato costruito il parcheggio di Piazza Nazionale: oltre seicento posti auto, ultimati a febbraio 2006 invece che nel 2005, come previsto inizialmente, a causa di un'alluvione che ha causato ritardi nei lavori. Per quanto riguarda invece la struttura di via Morelli ci siamo trovati a dover modificare radicalmente il progetto che

avevamo ereditato dai precedenti titolari della concessione, visto che era assolutamente irrealizzabile dal punto di vista tecnico. È stato quindi necessario mettere a punto un nuovo progetto e farlo approvare dall'autorità, superando, attraverso una perizia giurata, anche le resistenze dei residenti nelle abitazioni soprastanti la grotta. A metà del 2005 tuttavia c'è stato un altro momento di svolta: a lato della cavità Morelli, in cui stavamo costruendo il parcheggio, abbiamo scoperto l'esistenza di un'altra grotta, che abbiamo immediatamente provveduto ad acquistare. A questo punto abbiamo nuovamente cambiato il progetto e, con lo spazio resosi disponibile grazie alle seconda grotta, abbiamo creato un percorso circolare all'interno del parcheggio e differenziato l'entrata dall'uscita. Col precedente progetto invece si entrava e si usciva dalla stessa stradina, il che, come si può immaginare,

indirizzi che portavano nei 436 ricoveri suddetti, alcuni dei quali con più di un accesso. L'allestimento dei ricoveri portò ad un ulteriore frazionamento dell'antico acquedotto.

Finita la guerra, per la mancanza di mezzi di trasporto, quasi tutte le macerie furono scaricate nel sottosuolo, quasi a voler seppellire con esse, anche tutti i ricordi di quel triste periodo. Fino alla fine degli anni '60 non si è più parlato del sottosuolo, anche se molti continuavano ad utilizzare i pozzi come discariche.

Dal 1968, però, cominciarono a verificarsi alcuni dissesti dovuti essenzialmente a rotture di fogne o perdite del nuovo acquedotto: tali inconvenienti, che in tutte le città del mondo si evidenziano con rigurgiti di liquami in superficie o allagamenti, a Napoli invece, proprio per la presenza del vasto sottosuolo cavo, si palesano con grosse voragini; ciò è dovuto al fatto che le acque di acquedotto o di fogne, trovano quasi sempre una via preferenziale verso i vecchi pozzi, nei quali fluidificano tutti quei materiali incoerenti che stanno al tetto del tufo ed al contorno delle perdite, per cui si innesca un vuoto che proce-

de verso l'alto e si rende palese solo allorché in esso crolla l'ultimo strato, costituito o da solai di terranei o dalla massicciata delle stesse strade.

Venendo all'oggetto, la "grotta Morelli" è ubicata in una delle zone più strategiche della città di Napoli, a poche centinaia di metri dalla centralissima Piazza Dei Martiri, della Villa Comunale, della via Caracciolo; da essa si diparte un "cunicolo Borbonico" che nei piani della mobilità Partenopea collegherà con la piazza del Plebiscito e la zona di via Toledo.

Per anni il parcheggio è stato utilizzato "a raso" sulla quota s.l.d.m. di circa 9,00 m presentando una capienza estremamente limitata.

Il progetto in fase di realizzazione prevede invece la creazione di 435 posti complessivi dei quali 225 destinati a parcheggi a rotazione e 210 destinati a box privati. Va in ogni caso detto che inizialmente la previsione di posti auto era pari a 673 e molti di essi (ben 238) sono stati sacrificati nella redazione di un progetto che rispettasse al massimo le esigenze di sicurezza e stabilità non-

ché lo stato dei luoghi.

L'impianto strutturale generale del parcheggio che trova collocazione all'interno della Cavità Morelli è costituito da struttura in cemento armato gettato in opera ed è articolato in 14 moduli giuntati sismicamente l'uno con l'altro.

Ogni modulo presenta complessivamente 6 impalcati in elevazione ed una fondazione con plinti e piastra di collegamento, ciò ad eccezione di quelli più piccoli, da realizzare in punti abbastanza particolari della cavità, quali nicchie e spazi chiusi tra le opere murarie esistenti. Al servizio del parcheggio è stata realizzata una galleria ex novo con imbocco dai portici del fabbricato della via Morelli, detta galleria che ha comportato difficoltà notevoli legate sostanzialmente all'incontro lungo il tragitto di ulteriori cavità, spesse volte piene di detriti, ha un mezzanino che consentirà il transito dei pedoni alla struttura.

1. Stratigrafia del sottosuolo

La Cavità Morelli si sviluppa interamente nell'ambito dell'ammasso tufa-



Premessa

Il sovraffollamento e il congestionamento dei centri storici delle grandi città, ha determinato nel tempo la necessità di ricercare in sotterraneo volumi atti ad accogliere attività e autoparcheggi come nel caso della cavità Morelli, sede del "futuro" e omonimo parcheggio.

È doveroso prima di descriverne le caratteristiche, le soluzioni progettuali e le problematiche esecutive introdurre il sito storicamente nella più ampia panoramica delle cavità presenti nel sottosuolo del comune di Napoli.

La Provincia di Napoli, incluso l'ambito del Comune di Napoli, è caratterizzata dalla presenza di un elevato numero di cavità.

L'esistenza della "Napoli sotterranea" è legata alla conformazione morfologica e geologica del proprio territorio, composto da roccia tufacea che ha caratteristiche di leggerezza, friabilità e stabilità del tutto particolari.

Le prime trasformazioni della morfologia del territorio, avvenute ad opera dei Greci a partire dal 470 a.C., danno inizio alla crescita di quel mondo affascinante

che è la Napoli sotterranea. Tali trasformazioni sono state dettate da esigenze di approvvigionamento idrico, che ha portato alla creazione di cisterne sotterranee adibite alla raccolta di acque piovane, e dalla necessità di recuperare materiale da costruzione per erigere gli edifici di Neapolis. Nei secoli successivi l'espansione della città portò alla realizzazione di un vero e proprio acquedotto che permetteva di raccogliere e distribuire acqua potabile grazie ad una serie di cisterne collegate ad una fitta rete di cunicoli. Durante il dominio romano l'esistente acquedotto fu ampliato e perfezionato, ma con l'avvento degli Angioini, nel 1266, la città conobbe una grande espansione urbanistica cui, ovviamente corrispose un incremento dell'estrazione del tufo dal sottosuolo per costruire nuovi edifici, confermando una peculiarità di Napoli: quella di essere generata dalle proprie viscere, dove i palazzi sorgono immediatamente sopra la cava che ha fornito il materiale da costruzione.

Ad incidere in maniera determinante sulla sorte del sottosuolo napoletano intervennero, fra il 1588 ed il 1615,

alcuni editti che proibivano l'introduzione in città di materiali da costruzione, onde evitare l'espansione incontrollata di Napoli. I cittadini, per evitare sanzioni e soddisfare la necessità di ampliamento urbanistico, pensarono bene di estrarre il tufo sottostante la città, sfruttando i pozzi già esistenti, ampliando le cisterne destinate a contenere l'acqua potabile e ricavandone di nuove. Questo tipo di estrazione, che avveniva dall'alto verso il basso, richiedeva tecniche particolari al fine di garantire la stabilità del sottosuolo ed evitare crolli indesiderati.

Solo nel 1885, dopo una tremenda epidemia di colera, venne abbandonato l'uso del vecchio sistema di distribuzione idrica per adottare il nuovo acquedotto, che ancora è in funzione.

L'ultimo intervento sul sottosuolo risale alla seconda guerra mondiale, quando per offrire rifugi sicuri alla popolazione si decise di adattare le strutture dell'antico acquedotto alle esigenze dei cittadini. Furono allestiti in tutta Napoli 369 ricoveri in grotta e 247 ricoveri anticrollo. Un elenco ufficiale del Ministero degli Interni del 1939 annoverava 616

