

Problematiche geologico-applicative connesse alla realizzazione della nuova basilica di S.Francesco di Paola a Paola (CS)

Alessandro Guerricchio¹, Roberto Mastromattei²

¹Università della Calabria, Facoltà d'Ingegneria, Dipartimento Difesa del Suolo, contrada San Antonello – 87040 Montalto Uffugo Sc. (CS) e-mail: guerrich@dds.unical.it

²Ingegnere, Via Postiglione 12/a – Bari e-mail: mastro@studiomastromattei.191.it

Engineering geological problems related to the new S.Francesco basilica building in Paola (Northern Calabria – Cosenza province)

ABSTRACT: The building of the new S.Francesco Basilica in Paola (Northern Calabria – Cosenza Province) has been very demanding and difficult for geological-geomorphological problems connected with its location, near the foot of a very inclined slope in Miocene fractured sandstones, involved by ancient landslides, like that in 1981, overlapping Miocene sandy conglomerates. The instability conditions were even more important due to the necessity of a deep cutting of the slope, with a front of 19 m in height, to get an appropriate area for the Basilica dimensions, planned for 5000 places. Further problems were linked with the presence, in the same area, of a sizeable, recent alluvial deposits, resting on the sandstone formation, with an important groundwater circulation. The geognostic investigations have emphasized a stratigraphic attitude for the sandstones to slide, with an inclination of 20°-35°, linked with faults, some of them with transcurrent characteristics. All boreholes have intercepted water levels in more permeable sandstones strata, supported by thin clayey levels. Geotechnical probes and in situ tests have determined the friction angle value in 33°, to be regarded like the lower limit of the range, typical of the more loose parts of the formation involved by ancient landslides. In this situation has been indispensable a support work, like a multianchored bulkhead, named “berlinese”, fitted in the sandstone formation and equipped with active bonds. The work, the biggest of this type in the Calabria region, with a total height of 30 m, of which 21.50 m above the foundation Basilica level, has the double function of the protection of the excavation front and the slope stabilization, also in case of ancient landslides remobilization, in particular connection with seismic stresses.

Key terms: Instability slope, large landslides, Miocene sandstone, bulkhead “berlinese”

Termini chiave: Grandi frane, arenarie mioceniche, paratia di sostegno “berlinese”

Riassunto

La realizzazione della nuova Basilica di S.Francesco di Paola a Paola (CS) ha posto serie problematiche di natura geologico-morfologica ed applicativa, essendo l'opera ubicata al piede di un versante fortemente acclive in arenarie mioceniche molto fratturate e con segni morfologici da fenomeni di instabilità pregressi, come un movimento franoso avvenuto nel 1981, sovrapposte a coevi conglomerati a matrice sabbiosa.

Le condizioni di instabilità assumevano ancor più rilevanza per la necessità di operare un profondo sbancamento del versante, con un fronte alto sino a 19 m, per disporre di un'area adeguata alle dimensioni della Basilica, proporzionata per l'accoglienza di 5000 fedeli. Ulteriore problematica derivava dalla presenza, nell'area d'impronta della struttura, di un consistente deposito alluvionale recente, poggiante sulla formazione arenacea.

L'indagine geognostica ha evidenziato condizioni stratigrafiche passanti da franapoggio a traversopoggio, con giaciture da 20° a 35°, associate a diaclasi e faglie a piccolo

rigetto, alcune a carattere trascorrente. Tutti i sondaggi hanno intercettato livelli idrici negli strati arenacei più permeabili e sostenuti dai livelli limoso-argillosi. Le prove geotecniche hanno quantificato l'angolo d'attrito in 33°, da considerarsi un limite inferiore dell'ammasso e ascrivibile ai partimenti più sciolti o più influenzati dai fenomeni gravitativi pregressi.

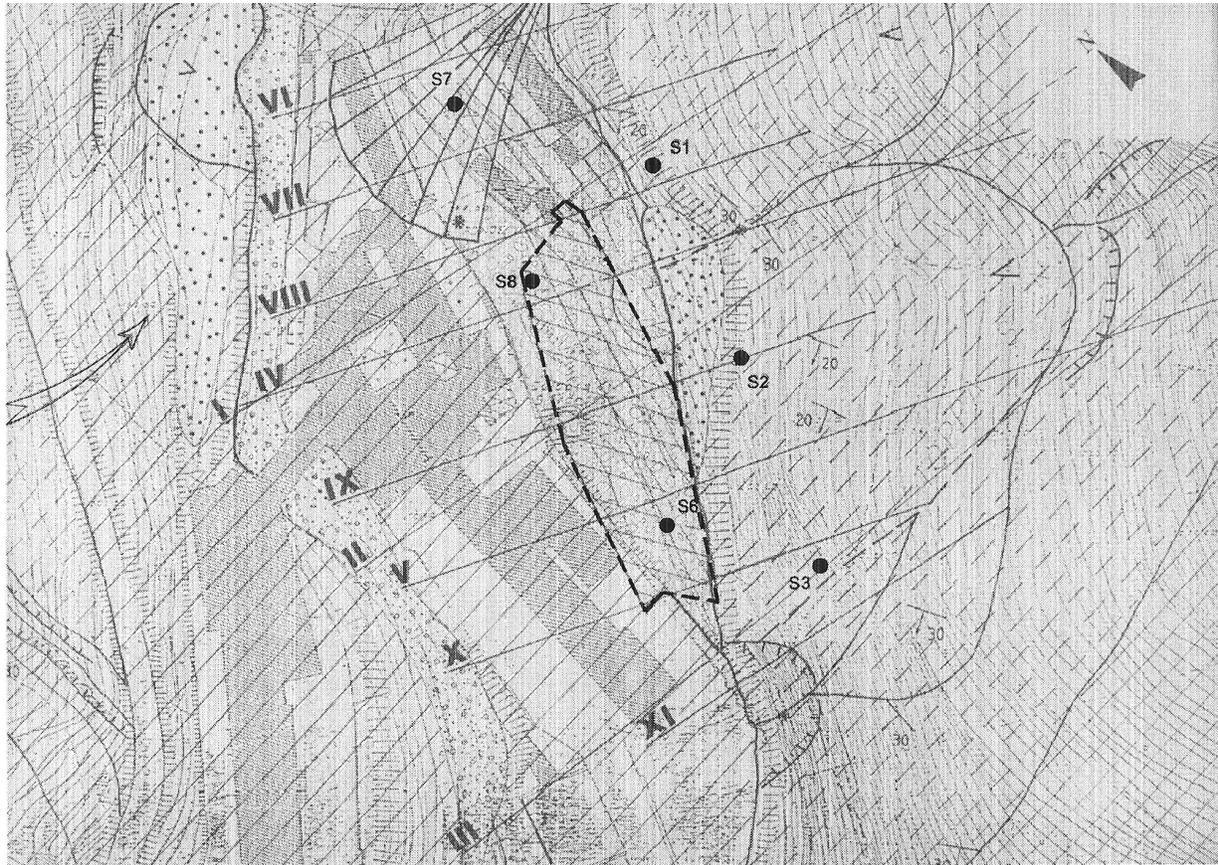
Conseguiva l'imprescindibile azione stabilizzante di una paratia di sostegno, del tipo “berlinese” multiancorata, ammorsata nella formazione arenacea e dotata di più ordini di tiranti attivi. L'opera, che per dimensioni geometriche costituisce la struttura di sostegno di tale tipologia più alta realizzata in Calabria, svolge così la duplice funzione di protezione della parete di scavo e di stabilizzazione del versante anche nei riguardi di eventuali riprese dei movimenti gravitativi pregressi con particolare riguardo alle sollecitazioni sismiche.

1. Caratteri geologici e geomorfologici del sito

Il rilievo in sponda sinistra del Torrente S.Francesco,

sede della Nuova Basilica, è costituito (Guerricchio, 1997) dalla successione di due formazioni sedimentarie di natura terrigena che, dal basso verso l'alto, sono date da conglomerati grossolani bruno-rossastri e grigiastri,

composti da ciottoli e frammenti di granito biotitico, gneiss e filladi, immersi in una matrice sabbiosa, e da arenarie grigiastre e bruno-verdastre, localmente conglomeratiche, da ben stratificate a massicce, del Miocene superiore (Fig.1)



-  Alluvioni mobili ciottolose del letto fluviale. ATTUALE
-  Detriti di falda e detriti di frane. ATTUALE
-  Detriti eluvio-colluviali ed alluvionali (?) ciottoloso-sabbiosi con lenti livelli limoso-sabbiosi. RECENTE
-  Corpi di antichi movimenti gravitativi profondi di versante allo stato quiescente
-  Depositi ciottoloso-sabbiosi rossastri, terrazzati. PLEISTOCENE SUPERIORE
-  Arenarie da tenere a cementate, da brune a giallastre, localmente conglomeratiche e con orizzonti sabbiosi e limoso-sabbiosi, da massicce a ben stratificate, attraversate da un fitto reticolo di diaclasi e fratture. MIOCENE SUPERIORE

-  Nomenclatura di una frana
a) scarpata principale
b) limite del corpo di frana
c) scorrimento rotazionale e/o traslazionale
d) verso del movimento

-  Cono di deiezione a grossi ciottoli prevalentemente di rocce ignee e metamorfiche
-  Faglia
-  Giacitura degli strati inclinati
-  Sorgenti e/o concentrazioni idriche
-  Traccia di sezione geologica
-  S3 ● Sondaggi

-  Area di occupazione della nuova Basilica

Fig.1 – Carta geomorfologica del sito con ubicazione delle indagini geonostiche
Geomorphological map with location of the geonostic investigations

La formazione arenacea, più direttamente interessata dagli interventi, presenta un'immersione verso NNW e NW, in accordo con la sottostante formazione conglomeratica, con giaciture variabili da 20° a 35°. Si delinea così una

condizione di parziale franapoggio, localmente passante a traversopoggio per effetto di antiche rotazioni di blocchi anche di cospicue dimensioni. Oltre a ciò, la formazione arenacea è interessata da una serie di diaclasi e faglie a

piccolo rigetto, qualcuna delle quali anche a carattere trascorrente.

Le suddette condizioni strutturali rappresentano il motivo fondamentale, unitamente alla presenza, all'interno della formazione arenacea, di sottili livelli limoso-argillosi e/o argillosi, della irregolarità del profilo del versante insistente sul Complesso Monastico, riconducibile ad una serie di antichi scivolamenti di grosse masse (Fig.2).

Verso le zone basali del versante le giaciture degli strati mostrano delle irregolarità rispetto alla generale condizione di franapoggio per effetto di antichi movimenti dei singoli blocchi che hanno così subito parziali rotazioni.

Il piede del versante, infine, è costituito da depositi alluvionali ed eluvio-colluviali in parte derivanti dagli apporti di fossi secondari affluenti di sinistra del Torrente S.Francesco, quali ad esempio quelli del cono di deiezione

alla confluenza di un fosso a monte del Complesso Monastico. Tali depositi continentali presentano uno spessore via via decrescente in direzione W, come riscontrato nei sei sondaggi geognostici terebrati costituenti la campagna geognostica (Fig.2). Essi, sino alle massime profondità raggiunte, pari a 53 m dal p.c., hanno attraversato termini ascrivibili al Complesso arenaceo-conglomeratico affiorante prima descritto, con una inclinazione di circa 30° in direzione NNW che mostra una tendenza ad aumentare sino a 50° dopo i 35 m dal piano campagna. I medesimi sondaggi hanno rimarcato la presenza diffusa di intercalazioni di livelli limosi, limoso-sabbiosi ed argillosi, dotati di una rilevante plasticità e di discontinuità meccaniche riconducibili a possibili livelli di scorrimento (Fig.2).

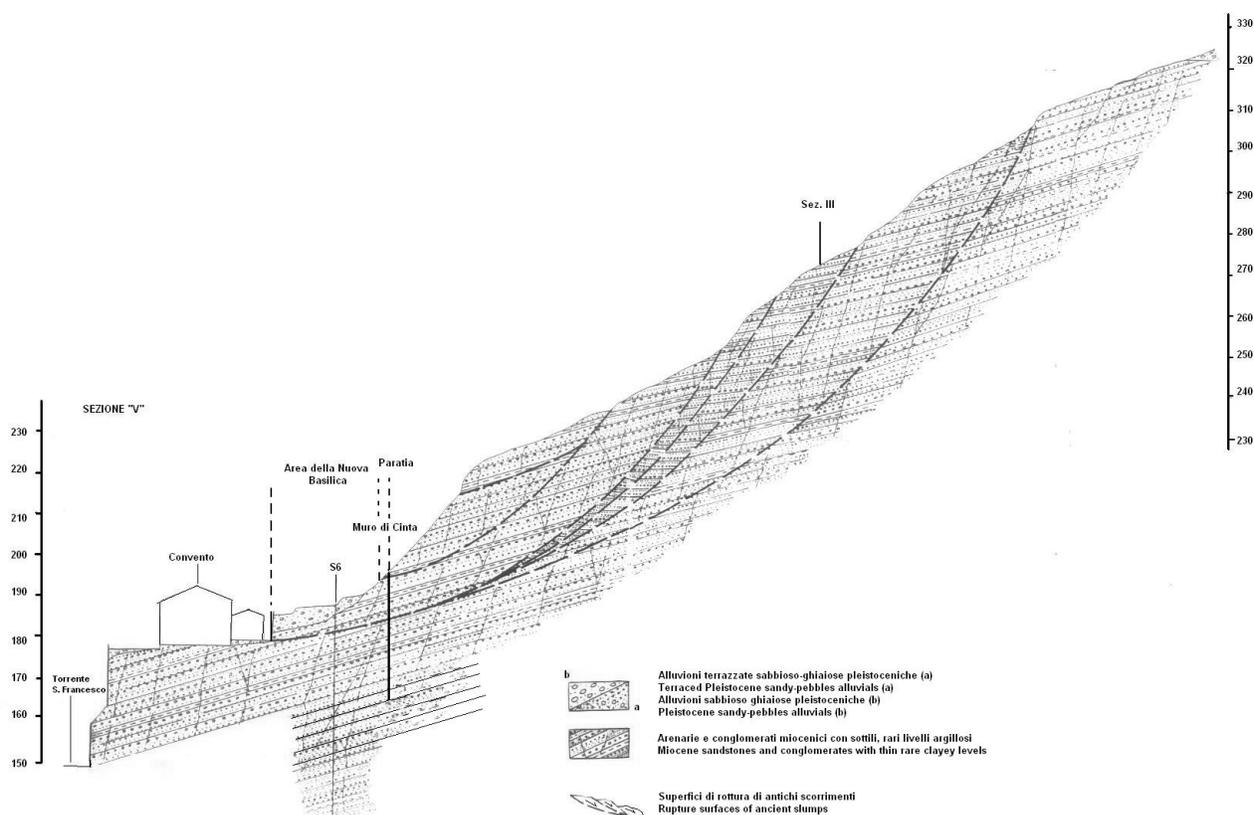


Fig.2 – Sezione geologica del versante incombente sull'area della Nuova Basilica di S.Francesco
Geological section of the slope overhanging the area of the New S.Francesco Basilica

2. Idrogeologia dell'area

Sotto il profilo idrogeologico, tutte le terebrazioni hanno intercettato livelli idrici ospitati negli strati arenacei particolarmente permeabili e sostenuti dai livelli limosi e limoso-argillosi. L'alimentazione idrica avviene attraverso il fitto reticolo di discontinuità meccaniche, le piccole faglie, le diaclasi, le fessure varie, le superfici di rottura generate da antichi movimenti di massa e le superfici di

strato che, immergendo verso il Torrente S.Francesco, agevolano il drenaggio delle acque in direzione di detto recapito. La dinamica degli afflussi individuata non ha consentito di parlare di un'unica falda, se si prescinde da quella, avente sede nei depositi eluvio-colluviali, ad alimentazione stagionale, ma la frequenza dei livelli idrici, a varie quote, configurano una sorta di "zona satura" interpretabile come "falda" ai fini tecnico-applicativi anche se non in termini rigorosamente idrogeologici.

Le quote piezometriche di stabilizzazione, infatti, si sono attestate su livelli ben correlabili, quasi a definire una superficie freatica univoca. In particolare, il profilo di correlazione dei livelli idrici nei sondaggi S1, S2 e S3 si è disposto secondo una cadente molto regolare in direzione del Torrente S.Francesco.

3. Caratteri geotecnici

La caratterizzazione geotecnica è stata attuata integrando le prove meccaniche di laboratorio con prove in sito a causa della difficoltà di campionamento dei terreni di natura sabbioso-conglomeratica. Le suddette analisi in sito, costituite da prove SPT, hanno fornito dati numerici suddivisibili in due campi di variabilità, il primo sino a 10

m dal piano campagna ed il secondo a profondità maggiori. Detta differenziazione, a parità di litotipo, è da ricondursi ad un progressivo incremento di compattezza ed addensamento all'aumentare della profondità. Il primo campo, con N_{SPT} medio pari a 34, è stato caratterizzato con un angolo d'attrito di 37° , passante a 46° per la porzione più profonda, con N_{SPT} medio = 64.

Le prove geotecniche di laboratorio hanno caratterizzato i terreni testati, sotto il profilo granulometrico, come sabbie ghiaiose mentre le prove all'apparecchio di taglio diretto, a loro volta, hanno fornito le seguenti coppie di parametri di resistenza, rispettivamente di picco e residuo (Fig.3):

$$c_p = 0 ; \phi_p = 33^\circ \quad - \quad c_r = 12.74 \text{ kN/mq} ; \phi_r = 14^\circ$$

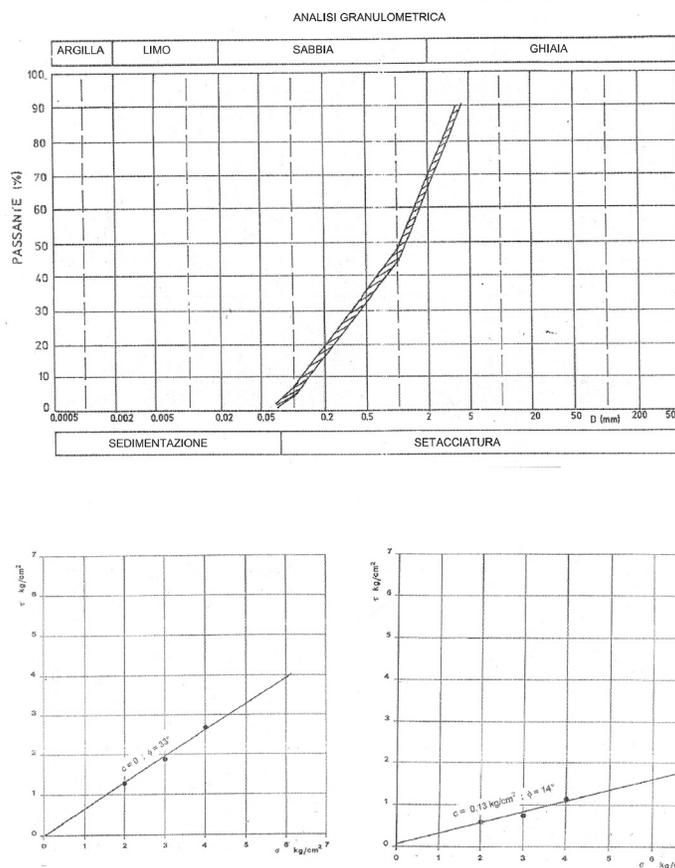


Fig.3 – Sintesi degli esiti delle prove geotecniche di laboratorio
Synthesis of the geotechnical laboratory probes

Dal raffronto fra i risultati delle prove in sito relative al primo campo di profondità ($\phi=37^\circ$) e le determinazioni in laboratorio geotecnico limitate ai parametri di picco ($\phi_p=33^\circ$), gli unici correlabili alle prove SPT in ragione delle modalità esecutive, è stata desunta una più che buona convergenza dei dati, tenendo conto della fisiologica, sensibile sopravvalutazione del dato da parte delle prove

penetrometriche. Di qui l'utilizzazione del valore di 33° , associato a coesione nulla, per le elaborazioni di natura geotecnica e di calcolo strutturale.

Il complesso di dati acquisiti ha consentito di concludere che l'ammasso arenaceo studiato dispone, nel complesso, di una resistenza media sicuramente maggiore, connessa alla presenza di blocchi anche di rilevanti dimensioni che, attraverso il meccanismo del mutuo incastro, forniscono un

notevole contributo alla stabilità della pendice. La difficile valutazione di tale contributo, però, portava prudenzialmente a considerare il parametro analitico disponibile, evidentemente riferibile ai partimenti sciolti più agevolmente campionabili in sede di sondaggio geognostico. Conseguenza, quindi, che il parametro di resistenza ricavato dal complesso delle prove in sito ed in laboratorio rappresenta il limite inferiore dell'intervallo di resistenza.

4. Analisi delle condizioni di stabilità

La valutazione delle condizioni di stabilità del versante sovrastante il sito della nuova Basilica è stata effettuata in corrispondenza di numerose sezioni geomorfologiche (Fig.1), considerando un coefficiente pseudostatico pari a 0,07 e come piezometrica l'estradosso della "zona saturata" di cui si è detto a riguardo dei caratteri idrogeologici del sito. Sono state altresì analizzate diverse superfici di scorrimento, una generale e altre concentrate nella parte medio-bassa della pendice, significative in quanto più direttamente influenzate dalle future alterazioni al piede a seguito delle operazioni di scavo.

Le verifiche effettuate hanno rimarcato che le condizioni di stabilità del versante "ante operam" sono affette da valori del fattore di sicurezza statici compresi fra 1.21 e 1.41, in ragione della maggiore o minore acclività, passando rispettivamente a 1.19 e 1.02 in condizioni sismiche. La valutazione delle medesime superfici a sbancamento avvenuto conduce a decrementi del fattore di sicurezza percentualmente compresi fra il 9% per l'intero versante e il 25% per la porzione più bassa.

L'inserimento, nella procedura di calcolo, con particolare riguardo alle porzioni basali più influenzate dalle operazioni di movimento terra, delle resistenze aggiuntive fornite dalla struttura di sostegno produce un incremento del fattore di sicurezza sino a 1.416, ossia un sostanziale ripristino delle condizioni di stabilità esistenti prima dello sbancamento.

5. Scelte progettuali ed esecutive

La tipologia dei terreni presenti, riconducibili ad arenarie cementate spesso fratturate con una configurazione a blocchi ha condotto, dopo attente valutazioni, ad optare, per l'utilizzazione di micropali con diametro di perforazione $\phi 250$ mm, armati con tubolare metallici in acciaio Fe510, disposti ad interasse di 0.55 m costantemente mantenuto per l'intero sviluppo longitudinale della paratia.

I cinque ordini di tirantature della "berlinese" sono stati realizzati con barre in acciaio speciale Dywidag, solidarizzate alla cortina verticale di micropali mediante travi di ripartizione in profilati metallici che hanno consentito una rapida posa in opera.

A completamento dell'opera di sostegno sono stati

previsti, in fase di avanzamento dello scavo, un getto di spritz-beton per coprire le zone di terreno comprese fra un micropalo e l'altro, evitando il decadimento corticale delle caratteristiche meccaniche, e successivamente, a scavo completato, il getto di una paretina in c.a. continua, in grado di inglobare gli orizzontamenti metallici di sostegno e di uniformare il paramento lato valle, migliorandone la resa estetica. Detta paretina è stata dotata soltanto di asole in corrispondenza degli ancoraggi attivi, al fine di rendere accessibile la testa bullonata per le verifiche periodiche della tesatura.

Per quanto attiene alla configurazione geometrica trasversale, le sezioni topografiche ricostruite hanno indicato come quota massima del terrapieno retrostante, posta pari a 0.00 la quota del piazzale esistente, il valore di 16.60 m. La presenza, però, di zone in cui il pendio retrostante si innalza con una notevole acclività ha suggerito di aumentare leggermente la quota coronamento della berlinese, allo scopo di offrire una migliore protezione all'area a valle della paratia.

E' stata pertanto fissata a +17.50 la quota costante dell'estradosso della trave di coronamento, avente un breve ramo di altezza variabile soltanto all'estremità destra, spalle al T.S.Francesco, della struttura.

La quota di fondo scavo di progetto risultava pari -3.05 m, sempre avendo come quota 0.00 quella del piazzale esistente.

Poiché l'indagine geognostica preliminare, come detto, aveva individuato la presenza di un materasso alluvionale di spessore variabile da 3 a 6 m. e di caratteristiche geotecniche piuttosto modeste (angolo di attrito di 14° con coesione nulla), accompagnate da uno stato di addensamento assai variabile e generalmente scarso, è stato ritenuto opportuno procedere all'asportazione totale di detto materiale, allo scopo di fondare la Nuova Basilica direttamente sulle arenarie sottostanti. Detta operazione ha comportato l'ulteriore approfondimento dello scavo sino a -4.50 m dall'attuale piazzale, per cui l'altezza libera della "berlinese" è giunta complessivamente a 21.10 m.

Per quanto attiene, infine, allo sviluppo longitudinale, la "berlinese" è lunga 103 m, con un andamento planimetrico caratterizzato da due rami rettilinei raccordati da un vertice a circa 90° (Fig.4). Le fasi esecutive della "berlinese" sono state così di seguito cadenzate:

- a) realizzazione dei micropali verticali;
- b) realizzazione della trave di coronamento in c.a. e del 1° livello di tiranti;
- c) test di collaudo e tesatura dei tiranti del 1° livello;
- d) scavo fino alla quota dei tiranti del 2° livello;
- e) protezione del fronte esposto della struttura mediante uno strato di spritz-beton armato;
- f) posa in opera della trave di ripartizione in acciaio ed esecuzione dei tiranti del 2° livello;
- g) test di collaudo e tesatura dei tiranti del 2° livello;

- h) ripetizione dei passi d), e), f) e g) sino al raggiungimento della quota di fondo scavo; i) realizzazione della parete di finitura complessiva in c.a..

PLANIMETRIA GENERALE

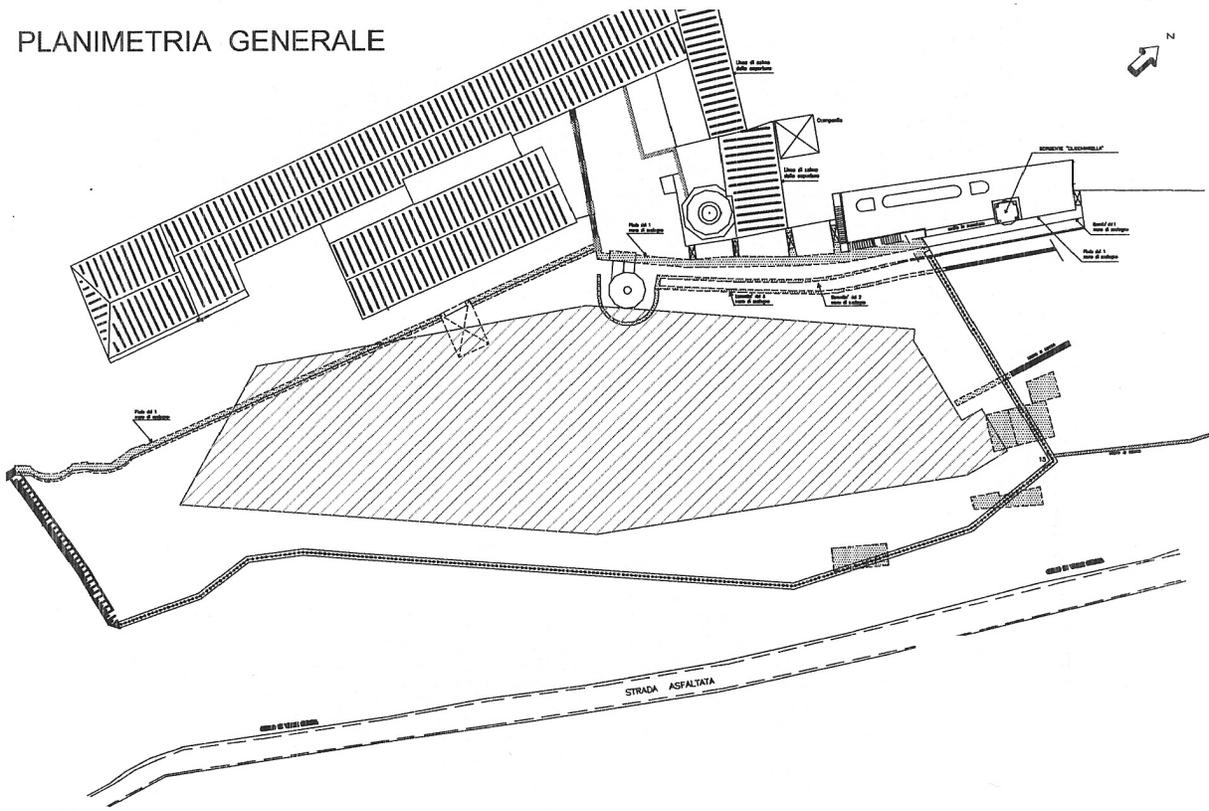


Fig.4 – Andamento planimetrico della paratia di sostegno “berlinese” ed area di ingombro della Nuova Basilica di S.Francesco
Plan of the multianchored bulkhead (“berlinese”) and encumbrance of the New S.Francesco Basilica

6. Modalità di calcolo

La progettazione esecutiva della struttura di sostegno è stata articolata in 2 fasi:

- calcolo della profondità minima di infissione mediante verifica agli stati limite. Si è fatto in particolare riferimento al “metodo della trave equivalente”, individuando il punto di flesso della deformata quale intersezione dell’asse dell’opera con il diagramma delle spinte. In questo caso sul coefficiente di spinta passiva K_p è stato applicato un coefficiente di sicurezza $F=1.5$ mentre il valore teorico d’infissione è stato incrementato del 20%.
- determinazione delle sollecitazioni in esercizio sulla paratia mediante calcolo in fase elasto-plastica, facendo ricorso al codice di calcolo “Denebola” (Balay, Harfouche, 1983) implementato dal Laboratoire Central des Ponts et Chaussées di Parigi - Francia, sulle cui peculiarità operative ci si soffermerà più avanti.

Sulla base degli esiti della seconda fase analitica si è quindi proceduto al calcolo delle sollecitazioni interne agenti sui tubolari metallici dei micropali, costituenti la parte principale della struttura, alla verifica dei singoli

elementi facenti parte dell’opera di sostegno, ossia degli elementi verticali, delle travi di ripartizione e dei cinque ordini di ancoraggi attivi (Fig.5) e, infine, alla verifica della parte connessa al terreno degli ancoraggi attivi.

Per tenere conto della sismicità dell’area, essendo Paola inserita nella lista dei comuni classificati come sismici di II categoria, è stata introdotta una variazione dei coefficienti di spinta attiva e passiva calcolati secondo la teoria di Mononobe-Okabe; che consente la valutazione del coefficiente di spinta attiva in maniera analoga a quanto richiesto dalla Normativa italiana di riferimento e permette di valutare il corrispondente decremento della spinta passiva:

Non è stato, infine, tenuto in conto l’effetto della falda in considerazione della previsione di diverse batterie di microdreni, dipartentesi dal paramento verticale dell’opera di sostegno.

7. Calcolo allo stato limite

Il calcolo è finalizzato alla individuazione dell’infissione minima della paratia necessaria a garantire la stabilità

complessiva dell'opera nei confronti della rottura del terreno. Si è fatto riferimento al "metodo della trave equivalente", considerando quindi il caso di paratia con incastro al piede, scelta motivata dalla sostanziale deformabilità dell'elemento strutturale "micropalo" rispetto al terreno di ammassamento, dal comportamento rigido.

Le elaborazioni analitiche, in presenza dei cinque ordini

di tiranti, hanno condotto ad una profondità di ammassamento di 8.50 m ed a valori di sforzi nei tiranti, con riferimento alla risoluzione della condizione allo stato limite e, quindi, non considerando l'effetto della spinta passiva nè l'azione di riequilibrio della fase elasto-plastica, variano da un minimo di 3.44 t ad un massimo di 36.84 t per metro lineare di struttura.

Tratto contromonte e discendente Hmax

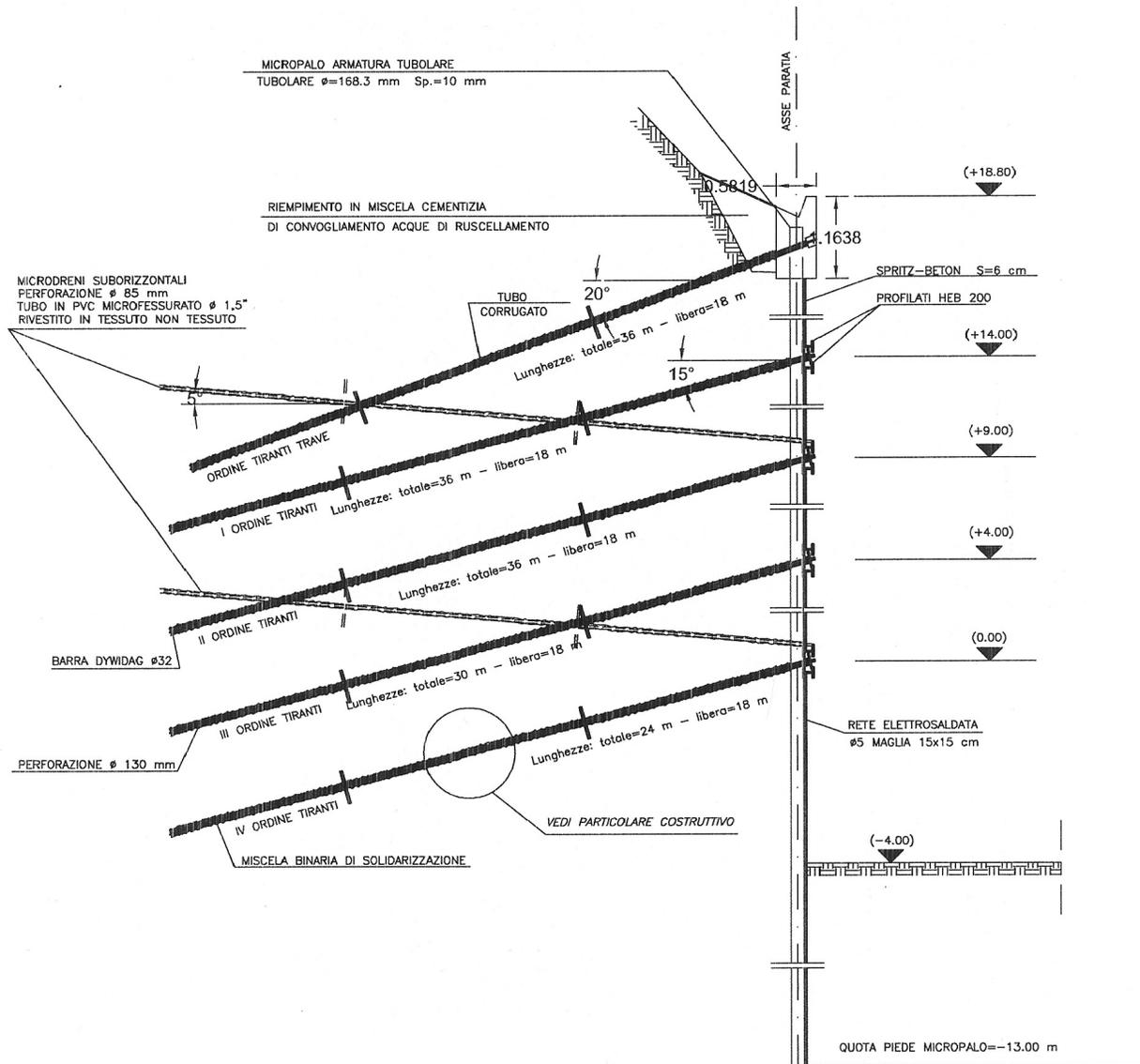


Fig.5 – Sezione tipo della paratia di sostegno “berlinese” con ubicazione dei cinque ordini di tiranti attivi
Type section of the multianchored bulkhead (“berlinese”) with position of the five anchorage levels

8. Calcolo in fase elasto-plastica

Il calcolo elasto-plastico consente, in linea di principio, di

determinare gli sforzi e le deformazioni in un'opera di sostegno immersa nel terreno durante le varie fasi di lavoro e di esercizio. E' così possibile tener conto del momento in

cui vengono tesate le file di tiranti e del relativo carico di tesatura, dell'applicazione a monte o a valle di eventuali sovraccarichi distribuiti o concentrati, di variazioni nel livello di falda e di qualsiasi altro parametro in grado di alterare le condizioni relative alla fase iniziale ("fase zero") corrispondente alla ultimazione del getto dell'opera di sostegno.

Il terreno reagisce elasticamente sino ai valori soglia di spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda della direzione dello spostamento, ai valori limite della spinta attiva o passiva. La legge costitutiva permette, inoltre, di considerare i cicli successivi di carico e scarico, eventualmente simulando comportamenti differenziati del

terreno nelle varie fasi. In tal modo, nella fattispecie, è stato possibile tenere conto analiticamente delle fasi realizzative dello scavo, con riferimento a tutti gli scavi parziali ed alla messa in opera delle tirantature di progetto con il loro pretensionamento.

A calcolo ultimato, gli sforzi di tensione nei cinque ordini tiranti (Fig.5) sono risultati compresi fra 77,4 e 113,74 kN/ml. Le prove di tesatura sono state condotte portando il singolo tirante ad uno sforzo di trazione pari a 1,5 volte il carico di esercizio, scaricandolo completamente, con relativa determinazione dell'eventuale valore di allungamento residuo e ritesandolo sino al carico di esercizio (Fig.6).

| BARRA n°1 | | tratto berlinese V7-V5 | | | Ordine Trave: TRAVE | | | | Tesatura | 15/12/97 |
|-----------|-----|------------------------|-------|-------|-------------------------|----------|------------|-----------------------|----------|----------|
| PRESSIONE | | CARICO | | TEMPO | ALLUNGAMENTI BARRA (mm) | | | Lr | Note | |
| bar | MPa | t | KN | min. | lat.comp. | δ | δ_i | $\delta_i - \delta_i$ | m | |
| 15 | | 2,3 | 22,9 | 1 | 29,10 | 0,00 | | | | |
| 50 | | 7,8 | 76,3 | 1 | 33,02 | 3,92 | | | | |
| 130 | | 20,2 | 198,4 | 1 | 40,42 | 11,32 | | | | |
| 205 | | 31,9 | 312,3 | 0 | 61,82 | 32,72 | | | | |
| 205 | | 31,9 | 312,3 | 5 | 62,04 | 32,94 | | 0,22 | | |
| 50 | | 7,8 | 76,3 | 1 | 37,73 | 8,63 | | | | |
| 15 | | 2,3 | 22,9 | 1 | 30,96 | 1,86 | 31,08 | | 17,75 | |
| 130 | | 20,2 | 198,4 | 1 | 41,80 | 12,70 | | | | |

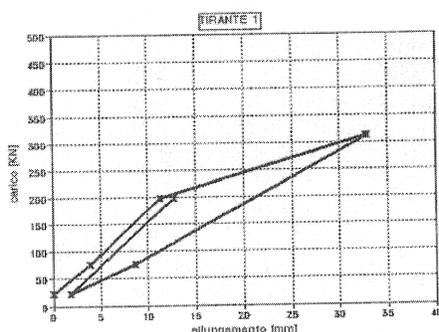


Fig.6 – Sintesi numerica e andamento grafico di una prova di tesatura dei tiranti attivi
Numerical synthesis and graph of a stretching anchorage probe

9. Modalità esecutive

Per la realizzazione dei micropali sono stati utilizzati tubi di armatura dotati di valvole "di non ritorno" disposte ad intervalli regolari lungo l'intero fusto. A perforazione ultimata si è proceduto alla posa in opera del micropalo ed al riempimento in risalita dello spazio anulare compreso fra pareti del foro e superficie esterna del tubo metallico (formazione della guaina).

Decorso un periodo dell'ordine di 12 ore sono state realizzate le iniezioni lungo il fusto tramite il tubo valvolato, utilizzando tutte le valvole a partire da quella più profonda, ottenendo una serie di sbulbature che agevolano il

trasferimento dei carichi dal singolo micropalo al terreno e, ad un tempo, operano un'azione di costipamento degli strati più compressibili.

Le caratteristiche della miscela per la formazione della guaina sono state le seguenti:

| | |
|------------------------|--------|
| cemento | 100 kg |
| acqua | 70 l |
| additivo fluidificante | 1 l |

Per quanto attiene ai tiranti di ancoraggio definitivi, del tipo a barra, protetti sia nel bulbo che nella parte libera, sono costituiti da una parte solidarizzata in profondità al terreno ed atta a trasmettere gli sforzi, da una parte svincolata dal terreno fino alla pretensione dell'armatura dei

tiranti e da una testata di ancoraggio.

Le procedure di messa in tensione sono state conformi alle raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" del maggio 1993.

La miscela cementizia di solidarizzazione ha avuto la seguente composizione:

| | |
|------------------------|--------|
| cemento | 100 kg |
| acqua | 50 l |
| additivo fluidificante | 1÷5 l |

10. Conclusioni

La realizzazione della nuova Basilica di S.Francesco di Paola ha richiesto la soluzione di rilevanti problemi di natura geologico-applicativa connessi alla morfologia dei luoghi ed alla presenza di terreni in facies arenacea

interessati da fenomeni di instabilità pregressi, sede nella porzione più superficiale ed alterata di una cospicua circolazione idrica.

Il rilevante sbancamento, sino a 19 m fuori terra, necessario per l'alloggiamento della nuova struttura è stato stabilizzato mediante la realizzazione di una struttura di sostegno in micropali multitirantata ("berlinese"), di altezza complessiva di 30 m, compresa la zona di ammorsamento, che rappresenta l'opera di tale tipologia più alta realizzata in Calabria.

Il suo posizionamento ha consentito di ripristinare le stesse condizioni di stabilità preesistenti all'intervento di sbancamento, ottenendo il duplice obiettivo di proteggere il fronte di scavo e di stabilizzare l'intero comparto adiacente alla nuova Basilica.

Bibliografia

Balay Jean, Harfouche Larbi, 1983. Programme Denebola pour le calcul des soutements par la methode des modules de reaction. Laboratoire Central des ponts et chaussées, Division

géotechnique, Mécanique des sols 2.

Guerricchio A., 1997. Relazione geologico-tecnica sugli esiti delle indagini e sugli orientamenti progettuali per la realizzazione

della Nuova Basilica di S.Francesco di Paola. Relazione professionale inedita