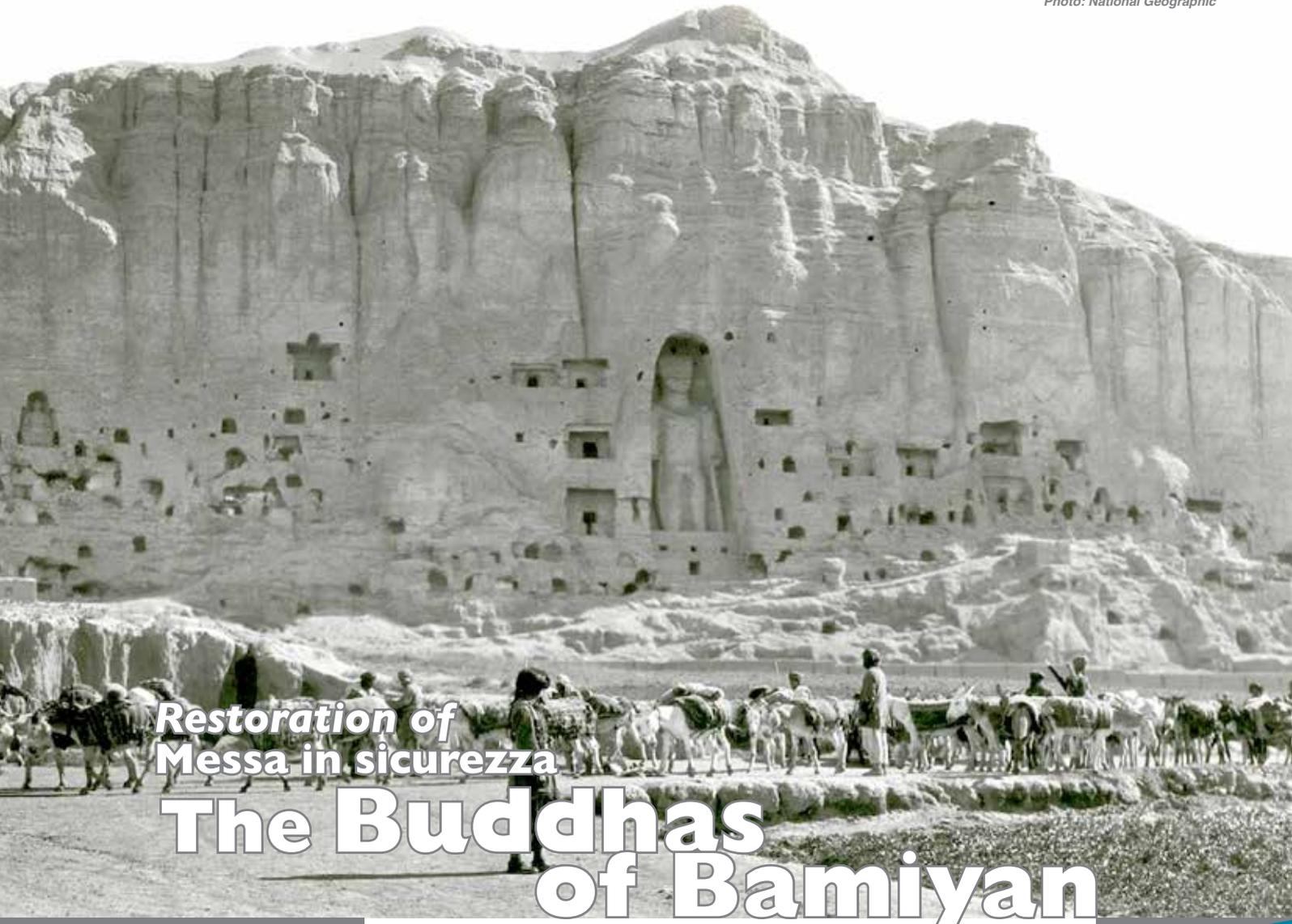


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE

Photo: National Geographic



Restoration of  
Messa in sicurezza

# The Buddhas of Bamiyan

Bamiyan valley, Afghanistan

Iniezioni  
Injections



Cliente : UNESCO  
Owner : UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION

Contrattista principale :  
Main Contractor : TREVII SPA

Durata dei lavori :  
Duration of works : 2003 - 2006 (in three execution phases)



## **I Buddha di Bamiyan** *Capolavori d'arte e di storia*

La valle di Bamiyan, “il luogo della luce splendente”, si trova 230 km a Nord-Ovest di Kabul, in Afghanistan, a circa 2500 metri di altezza sul livello del mare.

La zona è di per se' affascinante grazie agli stupendi paesaggi e ai meravigliosi colori che l'estesa parete rocciosa, sul suo lato settentrionale, assume al variare della luce del sole. Ancor di più, la valle è un sito archeologico unico, di incomparabile bellezza, per i resti di due enormi statue di Buddha e di un complesso di più di settecento caverne, scavate a mano nella roccia quando, nell'antichità, la zona era un fiorente centro religioso buddista. Si tratta di due colossi, costruiti a partire dal V secolo, il maggiore dei quali – il Grande Buddha – è alto 58 metri mentre l'altro (il Piccolo Buddha) ne misura “solo” 38, che testimoniano l'espansione della religione buddista verso Occidente ed il radicamento di questa religione nell'area: le due statue di Bamiyan sono le più grandi statue buddhiste del mondo. Esse sono situate agli estremi della parete rocciosa, orientata in direzione Est-Ovest, e tra una statua e l'altra si trova una miriade di caverne scavate a mano nella roccia: esse servivano da luoghi di culto, da stanze per i pellegrini, da vere e proprie abitazioni o da magazzini e sono, o meglio, erano riccamente decorate con affreschi stupendi.

Nel 2001 questo complesso di fondamentale importanza storica, culturale e artistica è stato minato e cannoneggiato ed irreparabilmente distrutto per un terribile atto vandalico compiuto dal regime talebano: sostenendo che le statue fossero una forma di idolatria e pertanto poco rispettose per la religione islamica, i Talebani decretarono che esse dovevano essere distrutte come ogni altro simbolo di tutte le altre religioni al di fuori di quella islamica. In realtà, come hanno cercato di sostenere nei confronti del governo talebano l'UNESCO e numerose altre delegazioni da tutto il mondo per cercare di fermare la distruzione, le statue

e tutto il complesso di Bamiyan avevano ormai soltanto valore da un punto di vista culturale e non religioso. Questo comunque non è bastato a fermare i bombardamenti, portati avanti per quasi un mese sotto gli occhi sgomenti di tutto il mondo.

Successivamente, dopo la caduta del regime talebano, l'UNESCO è intervenuto direttamente per proteggere e rivalorizzare il complesso di Bamiyan: dopo aver iscritto il sito nella lista dei luoghi Patrimonio dell'Umanità in Pericolo (“World Heritage in Danger”) ha promosso una serie di interventi, prima di tutto per consolidare le pareti di roccia che erano a rischio di crollo a causa del bombardamento subito.

**Il progetto di recupero è stato affidato dall'UNESCO al Gruppo Trevi, forte dell'esperienza guadagnata attraverso numerosi interventi precedenti su opere di grande valore culturale. Giorno dopo giorno, frammento dopo frammento, il team internazionale di esperti ha lavorato per stabilizzare la struttura rimanente delle statue e della parete rocciosa consentire il successivo intervento in sicurezza degli archeologi e restauratori.** È stato un lungo intervento su una roccia già deteriorata dalle cause naturali e gravemente danneggiata dalle esplosioni, attuato con numerose soluzioni che hanno previsto l'installazione di un sistema di monitoraggio delle fessure più aperte, l'installazione di ancoraggi, chiodature ed il fissaggio temporaneo di alcuni blocchi con una rete di funi d'acciaio e con travi metalliche di contrasto. Grazie all'indispensabile sostegno economico internazionale e ad un forte supporto delle autorità afgane, questo progetto è un importante esempio di applicazione di tecnologie avanzate in uno dei luoghi d'arte e di storia più antichi del mondo.



## **The Buddhas of Bamiyan Masterpieces of artistic and historical wealth**

*The Bamiyan Valley, “the place of the shining light”, lies 230 km to the north-west of Kabul in Afghanistan, at an altitude of about 2500 metres.*

*It is a fascinating place, thanks to the stunning landscape and the breathtaking colours of the vast cliff face on the northern side which change constantly as the light changes. As if that were not enough, the valley is also a unique archaeological site of unparalleled beauty as it houses the remains of two enormous statues of Buddha and a complex of more than seven hundred caves, hewn out of the rock by hand when the area was a thriving Buddhist religious centre in ancient times. The two statues are colossal, built from the 5th century onwards, the larger of the two – the Great Buddha – towers 58 metres high, while the other one (the Small Buddha) measures a “mere” 38 m. They are testimony of how the Buddhist religion spread towards the West and how it became deeply enrooted in the area: the two Bamiyan statues are the largest Buddha statues in the world. They are located at either end of the cliff face, facing east-west, and between them are a myriad of caves carved into the rock by hand: they acted as places of worship, rooms for the pilgrims, dwellings or storage and are, or rather, were sumptuously decorated with stunning frescoes.*

*In 2001 this complex of paramount historical, cultural and artistic value was mined, bombed and irreparably destroyed by the Taliban regime in a terrible act of vandalism: claiming the statues were a form of idolatry and therefore an affront to Islam, the Taliban decreed they had to be destroyed, like the symbols of all other non-Islam religions. Actually, as UNESCO and numerous other delegations around the world pointed out to the Taliban government in an attempt to prevent the destruction, by then the*

*statues and the whole Bamiyan complex had a purely cultural and not religious importance. But this was not enough to stop the bombing, which continued for nearly a month under the appalled eyes of the whole world.*

*Later, following the fall of the Taliban regime, UNESCO took steps to protect and restore the Bamiyan complex: first UNESCO included the site in the List of World Heritage in Danger and then promoted a series of actions primarily to consolidate the rock faces which were in danger of collapsing due to the bombing.*

*The Trevis Group was commissioned by UNESCO to carry out the rehabilitation operation, thanks to its vast experience in numerous projects of significant cultural value. Day after day, fragment after fragment, the international team of experts worked to secure what remained of the statues and the rock face, so the archaeologists and restoration workers could then work in safety. It was a long project, working on a rock which had already deteriorated due to natural causes and was then seriously damaged by the explosions. It involved a number of different solutions, including installing a system which monitored the movements of the widest cracks, installing anchors and nails and then temporarily securing some of the blocks with a steel wire mesh and metal struts and beams. Thanks to the essential international funding and the staunch support of the Afghan authorities, this project is an important example of how advanced technologies can be applied to one of the most ancient artistic and historical sites in the world.*

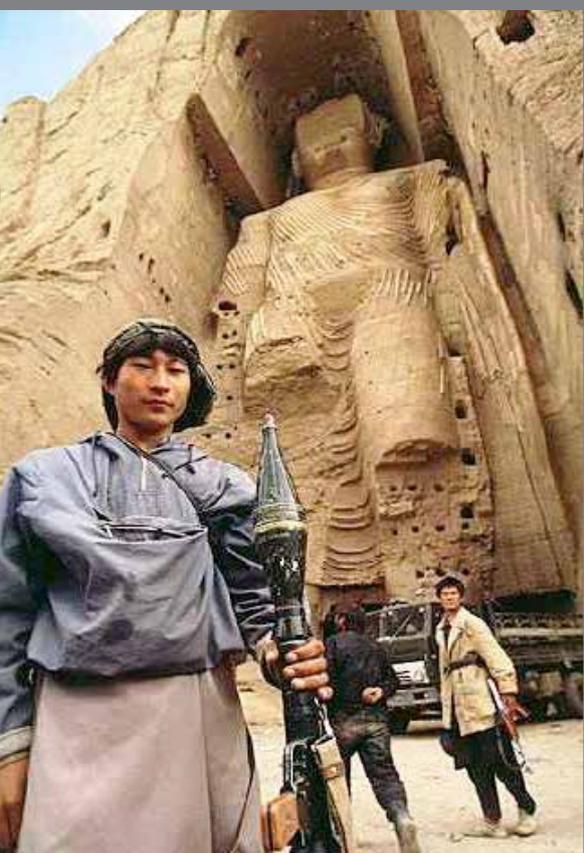
## La tecnica originale di costruzione delle statue

Le statue dei Buddha di Bamiyan sono state a lungo in passato considerate sculture in pietra. In effetti, le statue erano per la maggior parte sculture lapidee in rilievo, direttamente intagliate nella parete rocciosa. Tuttavia, la superficie esterna visibile era formata da uno o più strati di materiale argilloso. Gli strati in argilla fungevano non soltanto da strato di fondo, per ottenere una superficie liscia sulla quale applicare lo strato di colore, ma in molte parti, soprattutto nel Grande Buddha, essi sono serviti per la creazione ed il perfezionamento delle forme.

Gli scultori si sono avvalsi dell'argilla per modellare quei particolari delle statue il cui livello di dettaglio non sarebbe stato ottenibile scolpendo direttamente la superficie rocciosa. Infatti, l'opera dell'artista era resa difficoltosa dalla disomogeneità della

## The original construction technique of the statues

*In the past, the Buddha statues of Bamiyan were long considered stone sculptures. As a matter of fact, they were predominantly stone sculptures in relief, carved directly into the rock face. However, the visible external surface consisted of one or more clay layers. These layers acted as a base so the colour could be applied to a smooth surface but also, especially in the Great Buddha, large sections of them were also used to create and perfect the shapes. The sculptors used the clay to model details which would have been impossible to achieve if they had been sculptured directly on the rock surface. The lack of homogeneity of the rock, due to its somewhat varied layers, made the artist's task even more difficult, with alternating layers of conglomerates and finer silt and clay. As well as being unsuitable for sculpting*



roccia dovuta alla sua stratificazione alquanto eterogenea, con conglomerati alternati a strati più fini di limi ed argille. La roccia porosa, oltre a non essere adatta a scolpire profili precisi, non può essere dipinta direttamente sulla sua superficie. La combinazione di scultura in roccia e modellazione in argilla era una tecnica in passato molto diffusa nell'Asia centrale ed orientale.

Le due statue differiscono in quanto a tecnica costruttiva: mentre il Piccolo Buddha è stato intagliato con più precisione nella roccia e gli strati d'argilla riprendevano la forma lapidea e fungevano, generalmente, soltanto da strato di fondo per la pittura, nel Grande Buddha gli strati di materiale argilloso avevano una parte più importante nella realizzazione della statua. Particolari come le pieghe del "sangati" (il mantello che i monaci Buddisti usano per ripararsi dal freddo, spesso portato ripiegato su una spalla) e gli avambracci della statua, erano stati realizzati con una malta di argilla. In genere, uno strato più spesso e grezzo, mescolato con paglia e fibre grossolane, era posto al contatto con la roccia mentre un "intonaco" con mate-

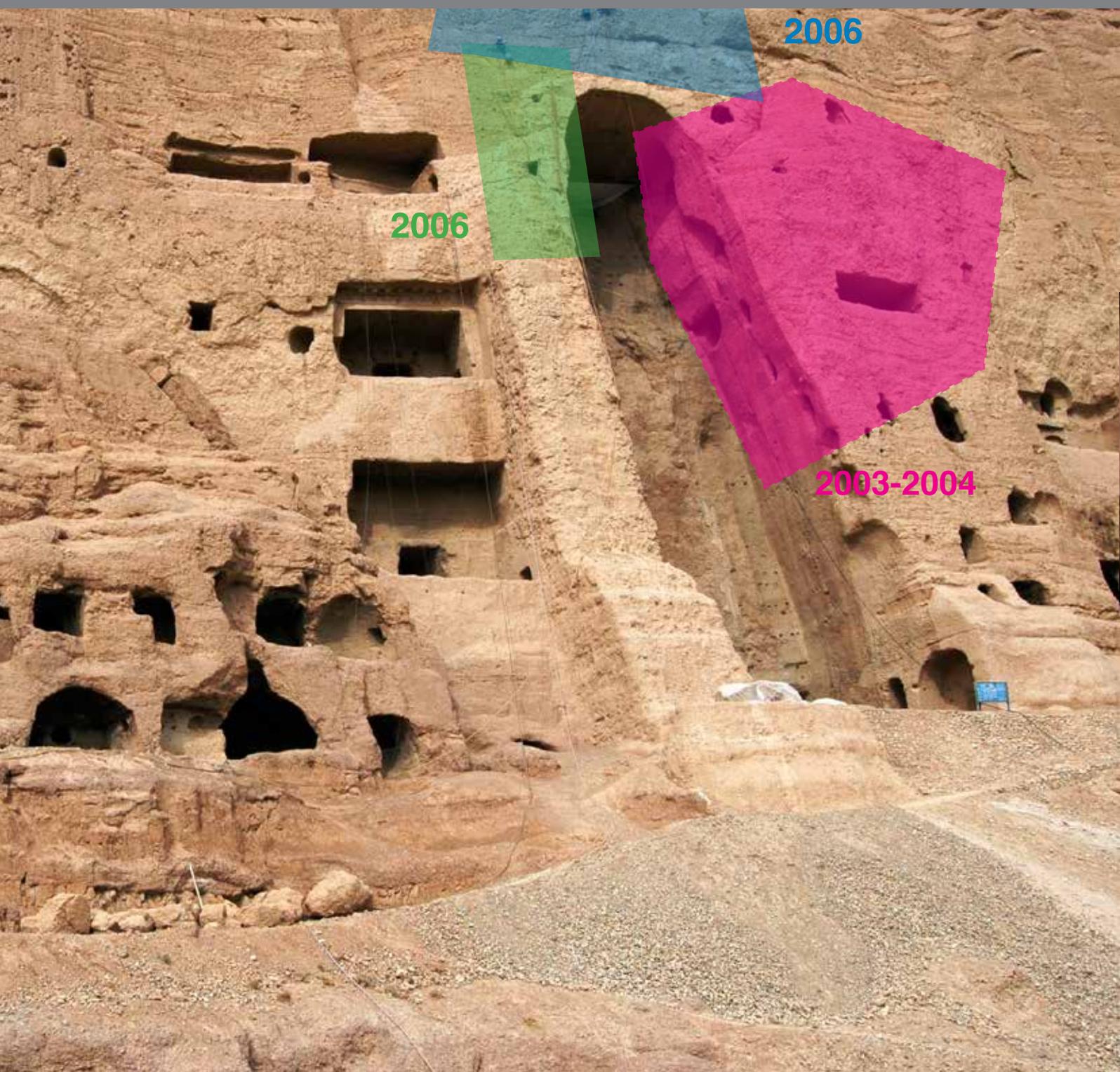
*precise profiles, the surface of porous rock cannot be painted on directly. In the past, the technique of combining rock sculptures with clay modelling was commonplace in central and eastern Asia.*

*Very different construction techniques were used to build the two statues: while the Small Buddha was carved with greater precision into the rock and the clay layers mimicked the stone form and generally acted as the base for the colour, in the Great Buddha the clay layers played a key part in the creation of the statue. Details like the folds of the "sangati" (the cloak Buddhist monks wore to protect themselves from the cold, often draped over one shoulder) and the forearms of the statue were produced using a clay mortar. Generally, a thick rough layer mixed with straw and coarse fibres, was placed directly on top of the rock, while a "stucco" made of finer materials which were often mixed with animal hair and thin vegetable fibres, was used to render the external surface smoother and more suitable for painting.*



riali più fini, spesso mescolati a pelame e a sottili fibre vegetali, rendeva la superficie esterna più liscia e adatta alla pittura. Per assicurare una buona adesione tra la roccia e l'argilla, un gran numero di fori, di circa 7 cm di diametro, disposti regolarmente secondo una griglia quadrata, erano intagliati su tutta la superficie rocciosa: si potevano vedere su veste, gambe e volto delle statue. Durante l'applicazione della malta argillosa, ciottoli (o cunei di legno) venivano pressati dentro questi fori insieme all'argilla, così da creare una connessione meccanica tra la roccia e la malta. Alcuni di questi ciottoli erano ancora visibili prima della distruzione della statua. Travi di legno, a sezione quadrata, di spessore decimetrico, erano poi inserite in appositi fori fino ad 1 m di profondità entro la roccia: queste fungevano da supporto alle parti in argilla più pesanti. genea, con conglomerati alternati a strati più fini di limi ed argille.

*To ensure the clay adhered to the rock, a large number of holes about 7 cm in diameter, arranged in a regular square grid pattern, were cut into the whole surface of the rock: they could be seen on the statue's robe, legs and face. As the clay mortar was applied, wooden pegs were pressed into these holes with the clay to create a mechanical connection between the rock and the mortar. Some of these pegs could still be seen before the statue was destroyed. Square section wooden beams, 10 cm thick, were then inserted up to 1 m deep into the rock via special holes: they supported the heavier clay sections.*



## Interventi di recupero e di consolidamento

Lo studio eseguito dagli esperti dell'UNESCO nel settembre 2003 per identificare le aree della parete rocciosa più a rischio di crollo, ha individuato le zone che necessitavano gli interventi di recupero più urgenti. Oltre che a preservare la struttura ed a prevenire ulteriori danni, era **necessario mettere le nicchie in sicurezza per consentire agli archeologi ed ai restauratori di intervenire per il recupero** e la catalogazione dei detriti che giacevano all'interno delle nicchie stesse.

In particolare, la parte superiore destra della nicchia del Piccolo Buddha è stata considerata a grande rischio di crollo imminente.

## Rehabilitation and consolidation works

*The UNESCO fact-finding mission in September 2003 to identify the sections of the cliff face which were in the greatest danger of collapsing, established the areas where the most urgent work was required. As well as preserving the structure and preventing further damage, it was **necessary to secure the niches to enable the archaeologists and restoration workers to recover and catalogue the rubble which lay inside.***

*In particular the top right section of the Small Buddha niche was considered at risk of imminent collapse. Monitoring of the cracks showed they were widening constantly and there was some*



Il monitoraggio delle fessure denotava un costante allargamento delle stesse e il blocco roccioso avrebbe potuto non resistere ad un ulteriore ciclo gelivo nell'inverno imminente. Il crollo avrebbe potuto coinvolgere una gran parte della zona superiore destra della nicchia, distruggendo quasi completamente la fisionomia restante del monumento.

A seguito di una procedura d'appalto internazionale indetta dall'UNESCO i lavori di consolidamento sono stati affidati al Gruppo Trevi. Da subito i tecnici Trevi hanno lavorato con i progettisti dell'UNESCO per trovare la soluzione tecnica più efficace alla luce delle peculiari condizioni logistiche locali.

I lavori specializzati di consolidamento e recupero strutturale sono stati eseguiti in tre differenti fasi tra il 2003 e il 2006.

*doubt as to whether the rock would withstand another bout of icy cold over the coming winter. The collapse would have involved most of the top right hand area of the niche, destroying almost completely the remaining features of the monument.*

*Following an international call to tender by UNESCO, the consolidation work was commissioned to the Trevi Group. The Trevi technicians immediately set to work with the UNESCO designers to identify the most effective technical solution, bearing in mind the particular nature of local logistics.*

*The specialised works for the consolidation and the structural rehabilitation of the area were carried out in three different phases between 2003 and 2006.*

Le attività, nell'ambito di ciascun intervento, si sono sviluppate in quattro fasi:

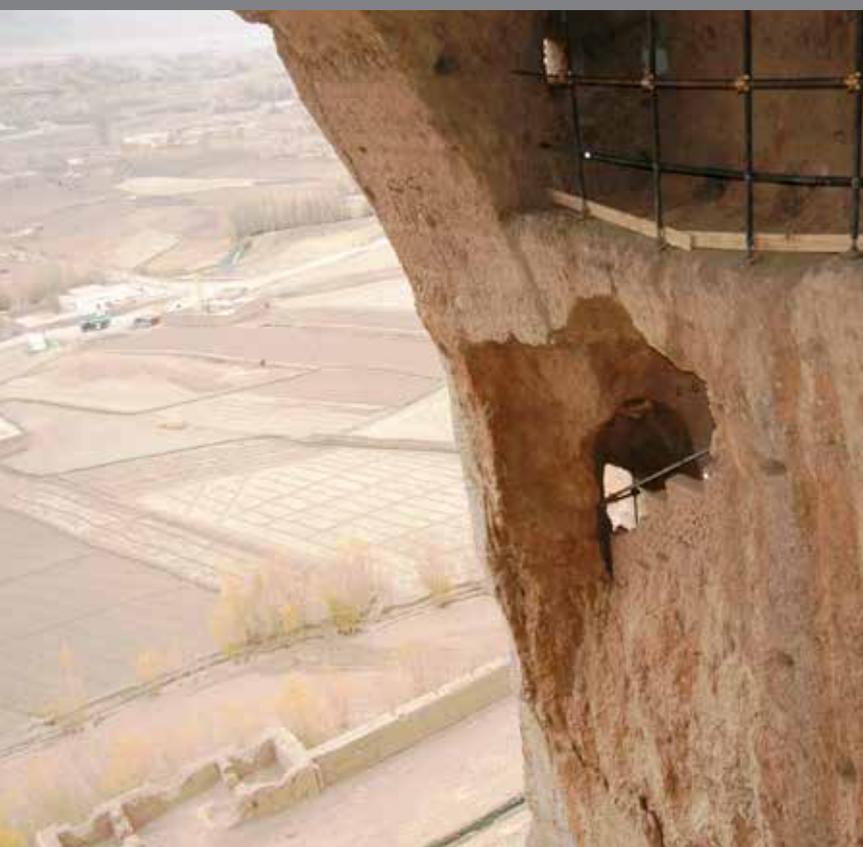
**Fase 1** Lo studio e l'installazione di un sistema di monitoraggio delle fessure in tempo reale. Una serie di sensori di misurazione (fessurimetri o "crack gauges") sono stati installati per il monitoraggio permanente delle fessure più pericolose, prospicienti le aree di lavoro. I sensori registravano in continuo l'evoluzione delle fessure ed erano collegati ad una centralina di allarme. In tal modo, ogni eventuale movimento delle fessure era immediatamente avvertito, soprattutto in funzione della risposta del blocco roccioso alle attività di consolidamento in corso.

Per i lavori sul Piccolo Buddha sono stati monitorati in continuo fino a 11 diversi sensori.

*The activities in every stage of the project were developed in four phases:*

**Phase 1** *This phase consisted in studying and installing a real time crack monitoring system. A series of crack gauges were installed to permanently monitor the most dangerous fissures, close to the working areas. The gauges continuously recorded the evolution of the cracks and were connected to an alarm control unit. This meant that any movement of the cracks was immediately detected, especially if the rock reacted to the ongoing consolidation work.*

*Up to 11 different gauges were constantly monitored during the works on the Small Buddha.*



**Fase 2** Lo studio e la realizzazione dei sistemi di protezione e sostegno temporaneo dei blocchi rocciosi, quali la costruzione e l'installazione di travi temporanee metalliche o composite (metallo/legno) per incrementare il sostegno laterale nelle aree critiche e l'installazione di cavi d'acciaio temporanei di bloccaggio dei conci di roccia pericolante. Un modesto pre-tensionamento è stato applicato ai cavi metallici di diametro 0.6". Per prevenire la caduta di frammenti anche di piccole dimensioni è stata inoltre installata una rete metallica sulle pareti di fondo delle due nicchie, dove erano state intagliate le statue. In questo caso, appositi distanziatori in legno sono stati inseriti tra la rete metallica e la parete per preservarne l'integrità.

**Fase 3** I lavori di consolidamento strutturale veri e propri che sono generalmente consistiti nell'installazione di chiodature e ancoraggi in acciaio e dall'iniezione nell'ammasso roccioso di miscele cementizie.

**Phase 2** *This phase involved studying and creating protective systems and temporary support for the rock blocks, including the construction and installation of temporary metal or composite (metal/wood) beams to increase lateral support in the critical points and the installation of temporary steel cables to secure the dangerous rock blocks. A light pre-tensioning was applied to the 0.6" diameter steel cables. A wire mesh was also installed on the back walls of the two niches where the statues had been carved, to prevent small fragments from falling. Special wooden spacers were inserted between the wire mesh and the wall to preserve its integrity.*

**Phase 3** *This phase consisted in the structural consolidation works, which generally involved installing steel nails and anchors and injecting cement grout into the rock.*

I lavori di perforazione per l'installazione di chiodature e ancoraggi e per l'iniezione sono stati eseguiti da esperti alpinisti perforatori e con l'ausilio di attrezzature leggere specificamente predisposte per l'utilizzo in parete. La scelta di eseguire i lavori direttamente in parete, invece che da una struttura di ponteggio montata "ad hoc", ha permesso di ridurre i costi degli interventi e, soprattutto, i lunghi tempi necessari per l'approvvigionamento ed il montaggio di un ponteggio che, vista la particolare conformazione della parete, avrebbe raggiunto dimensioni notevoli. In particolare, la fornitura e l'approntamento di un ponteggio non avrebbe permesso l'esecuzione nei tempi richiesti del primo e più urgente intervento sul Piccolo Buddha.

**L'intervento di chiodatura e ancoraggio sul Piccolo Buddha è consistito nell'installazione di 64 tra chiodi e ancoraggi, con lunghezze variabili tra 1,5 e 15 m per un totale di 444 m.**

*Expert rock climbers/drillers carried out all the drilling work needed to install the nails and anchors and inject the grouting, using lightweight equipment which was specially designed to be used on rock faces. The decision to operate directly on the cliff, instead of setting up customised scaffolding, meant reducing costs and, more importantly, the time that would have been needed to set up the scaffolding which, given the particular conformation of the rock face, would also have had to be extremely large. The first and more urgent work on the Small Buddha would never have been completed in time if the scaffolding had to be sourced and prepared.*

***The nailing and anchoring work on the Small Buddha involved installing 64 nails and anchors, between 1.5 and 15.0 m long, for a total length of 444 m.***



In particolare, nella sola parte orientale della nicchia sono stati installati:

- **17 ancoraggi passivi, di diametro di 26.5 mm, in acciaio ST 835/1030, con una lunghezza massima di 15 m, per una lunghezza totale di 200 m.** Questi ancoraggi sono stati installati nella parte esterna orientale della nicchia. La perforazione è stata eseguita a rotopercolazione con diametro 90 mm. La profondità variabile degli ancoraggi è stata studiata in funzione della geometria dei blocchi da consolidare. In generale è stata utilizzata una maglia con interasse di 4 m; tuttavia, la localizzazione di ciascun ancoraggio ha dovuto essere studiata in funzione della presenza delle caverne. Per garantire un'adeguata protezione contro la corrosione sono stati installati ancoraggi a doppia protezione, con guaina corrugata esterna.

- **6 ancoraggi passivi corti** (chiodi d'acciaio filettato FeB 44k, di diametro 16 mm, con piastra di ancoraggio e dado, lunghezza

*In particular the following were installed in the Eastern part of the niche alone:*

- ***17 passive anchors, 26.5mm-diameter, made of ST 835/1030 steel, with a maximum length of 15 m and a total length of 200 m.*** These anchors were installed on the external eastern part of the niche. Drilling was carried out by a 90 mm diameter roto-percussion system. The length of the anchors varied according to the geometry of the blocks that needed consolidating. Generally speaking, they were placed on a square grid with spacing of 4 m; it was, however, necessary to study the position of each and every anchor due to the presence of the caves. To protect the anchors against corrosion, they had double protection with external corrugated sheathing.

- ***6 short passive anchors*** (FeB44k steel threaded nails, 16 mm diameter, with anchor plates and nut, single bar length 2.5 m), placed inside the niche. A rotary drilling machine with diamond

della singola barra 2,5 m), posizionati nella parte interna della nicchia. La perforazione è stata eseguita a rotazione con corona diamantata per ridurre al minimo le vibrazioni.

- **24 ancoraggi in acciaio inossidabile, di diametro 18,25 mm, con lunghezza variabile tra 5 e 10 m, per un totale di 127 m.** Questi ancoraggi sono stati ubicati in situ per consolidare i blocchi rocciosi. In alcune zone, la distribuzione risultante degli ancoraggi ha una configurazione irregolare a causa della presenza delle grotte.

Una delle principali preoccupazioni tecniche iniziali è stata lo studio dell'aderenza tra la miscela cementizia d'iniezione degli ancoraggi e la siltite, materiale soggetto a sbriciolamento a contatto con l'acqua. Per evitare tale fenomeno, la scelta si è indirizzata verso miscele a basso rilascio d'acqua. Ciò è stato ottenuto con l'utilizzo di un additivo superfluidificante.

*head was used to keep vibrations to the bare minimum.*

- **24 stainless steel anchors ,18.25 mm-diameter, with a length ranging from 5 to 10 m, for a total of 127 metres.** These anchors were specifically placed in situ to consolidate the blocks. In some areas, the distribution of the anchors was irregular, due to the presence of the caves.

*A major technical concern at the beginning of the project was the adherence between the anchor grout mix and the siltstone, which is prone to slaking. To avoid this, the technicians chose low water release grouting. This was achieved by using a superplasticizer. Despite the almost total destruction of the Great Buddha statue, the niche where it was housed had not suffered serious consequences.*



Per quanto riguarda il complesso del Grande Buddha, nonostante la quasi completa distruzione della statua, la nicchia che la ospitava non ha sofferto gravi conseguenze. **Sul Grande Buddha sono state installate soltanto no. 8 chiodature nella parte sinistra della nicchia.** Si tratta di barre in acciaio inossidabile, 20 mm di diametro, con lunghezza massima di 2 m. Tre fori di iniezione sono inoltre stati eseguiti dall'alto della rupe al di sopra del Grande Buddha. Per eseguire queste perforazioni è stato necessario uno sminamento preliminare dell'area coinvolta. Scopo di questi fori è stata l'intercettazione e la conseguente iniezione con miscela cementizia di una serie di fratture beanti che terminano all'interno della nicchia, giusto al di sopra della porzione dove originariamente era posta la testa della statua. Un attento lavoro di sigillatura e di riempimento con miscela cementizia di queste fratture è stato eseguito anche a partire dallo stretto camminamento esistente nella nicchia all'altezza della testa della statua.

Per il consolidamento delle fessure, è stata iniettata miscela

**As few as 8 nails were installed in the left hand part of the Great Buddha niche.** They were stainless steel 20 mm-diameter bars with a maximum length of 2 metres.

*Three boreholes were also made from the top of the cliff above the Great Buddha. In order to drill these holes, first the whole area in question had to be cleared of landmines. The aim of these holes was to intercept and then grout with cement mix a number of open cracks reaching down inside the niche, just above the section where the head of the statue originally stood. These cracks were also carefully sealed and filled with cement mortar from the narrow corridor in the niche at the height of the head.*

*To consolidate the cracks, grout was injected for a total volume of approximately 25 m<sup>3</sup> containing about 20 tons of cement.*

cementizia, per un volume totale di circa 25 m<sup>3</sup> contenente circa 20 ton di cemento.

**Fase 4** Un quarto aspetto delle attività di consolidamento è consistito nello sforzo di minimizzare per quanto possibile l'impatto degli elementi installati sull'aspetto esteriore della parete rocciosa e delle nicchie. Tutti i lavori sono stati eseguiti con la massima cura ed attenzione per prevenire indesiderati danneggiamenti della parete. In particolare, le testate degli ancoraggi e dei chiodi sono state progettate in modo da venir installate, per circa 5 cm, all'interno della roccia: sono state poi ricoperte con una malta cementizia contenente aggregati del luogo, il cui colore dopo l'indurimento è simile a quello della roccia naturale. Prove in situ per scegliere la migliore composizione della malta, in quanto a resa cromatica, resistenza e stabilità sono stati preliminarmente

**Phase 4** The fourth aspect of the consolidation works was to minimise the impact of the elements installed on the outside of the rock face and niches. All work was carried out with the greatest care and attention to avoid any damage to the rock face. The heads of the anchors and nails were designed to be inserted about 5 cm into the rock: they were then covered with cement mortar containing locally sourced aggregates whose colour when hardened was similar to that of the natural rock.

Tests were performed in situ beforehand under the supervision of UNESCO expert archaeologists/restoration workers to choose the best mortar composition, as regards colour, resistance and stability.



eseguiti sotto la supervisione di esperti archeologi/restauratori dell'UNESCO.

## Conclusioni

Le soluzioni e le tecniche adottate dal Gruppo Trevi si sono dimostrate appropriate in quanto il sistema di monitoraggio non ha registrato deformazioni importanti nei blocchi instabili durante tutto il periodo dei lavori. L'intervento di stabilizzazione è perfettamente riuscito, con il **plauso unanime dell'UNESCO e degli esperti internazionali coinvolti, ribadendo la capacità tecnologica ed organizzativa del Gruppo Trevi.**

## Conclusions

The solutions and techniques adopted by the Trevi Group proved highly satisfactory, as the monitoring system did not record any significant deformation in the unstable blocks throughout the working period. The stabilisation project was a resounding success, **gaining the unanimous approval of UNESCO and the international experts involved, confirming the technological and organisational skills of the Trevi Group.**



5819, via Dismano - 47522 **Cesena** (FC) - Italy  
Tel. +39.0547.319311  
Fax +39.0547.318542  
e-mail: [intdept@trevispa.com](mailto:intdept@trevispa.com)  
[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)



TREVI S.p.A.  
Divisione RODIO