

SISTEMA DI CONTROLLO STRUTTURALE E MONITORAGGIO IN OPERA NEL TRAFORO DEL MONTE BIANCO

XXII Convegno Nazionale di Geotecnica
Palermo 22-24 settembre 2004

"Valutazioni delle condizioni di sicurezza e
adeguamento delle opere esistenti"

Ingg. M. Russo e A. Mordasini, Lombardi SA

Ing. J. Doucet, GEIE TMB



INDICE

1. INTRODUZIONE
2. MODALITÀ DI GESTIONE DEL TRAFORO
3. IL TRAFORO E LA SUA COSTRUZIONE
4. BREVE DESCRIZIONE DEL TUNNEL
5. SCOPI DEL PIANO DI MONITORAGGIO
6. REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO
7. OGGETTI DEL PIANO DI MONITORAGGIO
 - 7.1 Sistema di riferimento topografico
 - 7.2 Dossier dell'opera
 - 7.3 Rilievo dello stato della volta
 - 7.4 Stazioni di misura delle convergenze
 - 7.5 Fessurimetri
 - 7.6 Attività collaterali
8. BILANCIO DEI PRIMI DUE ANNI DI MONITORAGGIO
9. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

SOMMARIO

L'invecchiamento delle opere strutturali può essere prevenuto con interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. Una efficace gestione dell'opera dovrà disporre di strumenti affidabili che consentano da un lato di apprezzare lo stato dell'opera e la sua sicurezza, dall'altro di programmare interventi manutentivi atti a prolungare la vita dell'opera stessa.

In tal senso il monitoraggio di un'opera sotterranea, avendo a che fare con le incertezze ed unicità della geologia, pone delle sfide differenti dal monitoraggio di altre strutture, dove il modello comportamentale è univoco. La parte di controlli generali deve prevedere sistemi semplici, così da poter essere demandata a personale senza particolare qualifica, ma il controllo a valle dei risultati deve essere affidato a personale esperto in possesso delle informazioni specifiche e delle tecniche di costruzione adottate.

Così, al crescere della dimensione dell'opera, diventano preponderanti le esigenze di uno strumento semplice che dia informazioni complete ed affidabili per le valutazioni necessarie.

Nel Tunnel del Monte Bianco è stato messo in opera un sistema di monitoraggio che, alla funzione primaria di supporto al Gestore, affianca la possibilità di trarre un quadro completo e puntuale dello stato dell'opera.

Parole chiave: Tunnel, Monitoraggio, Monte Bianco

1 INTRODUZIONE

Il Traforo del Monte Bianco, inaugurato il 15 luglio 1965, collega la vallata di Chamonix (F) a quella di Courmayeur (I).

A seguito dei tragici avvenimenti del 24 marzo 1999, ed ai lavori di ripristino ed adeguamento, durati circa 3 anni, la gestione del Traforo è stata trasferita dalle società concessionarie ATMB (Francese) e SITMB (Italiana) al G.E.I.E. TMB, struttura unica e sovra-nazionale.

Già precedentemente all'apertura al traffico, fu costituito un gruppo di lavoro per il monitoraggio strutturale con il compito di discutere l'insieme delle misure da mettere in atto per la sorveglianza e l'analisi dell'evoluzione delle strutture del Traforo. A tale gruppo di lavoro, oltre agli Autori, parteciparono esperti di fama mondiale nominati dalle Società Concessionarie (ing. Colombet e prof. Descoeurdes) e membri della Direzione dei Lavori (ing. Samama) dell'intervento di adeguamento.

A partire dalle raccomandazioni di tale gruppo di lavoro, la direzione tecnica del GEIE TMB, con il supporto della società LOMBARDI SA (CH), ha allestito il piano di monitoraggio e controllo delle strutture del Traforo descritto nel seguito.

2 MODALITÀ DI GESTIONE DEL TRAFORO

Dalla costruzione, il Tunnel è stato affidato in concessione alle società ATMB (Italiana) e SITMB (Francese). A seguito dell'incidente del marzo 1999, fu messa in evidenza la necessità di una gestione unitaria del Traforo. Su richiesta dei Governi, tramite la Commissione Intergovernativa di Controllo, è stato creato un gestore unico, il Gruppo Europeo di Interesse Economico GEIE TMB, struttura italo-francese regolata dal diritto comunitario.

Il GEIE-TMB è gestito e amministrato da un Comitato di Direzione composto da tre direttori due dei quali sono nominati dalle società concessionarie, il terzo, direttore-gerente, è nominato alternativamente da una o dall'altra società per un periodo di 30 mesi.

Organo permanente di orientamento e di supervisione del GEIE-TMB è il Consiglio di Sorveglianza, composto da dieci membri, cinque per ogni società. La presidenza del Consiglio di Sorveglianza è anch'essa garantita a rotazione dalle due società: quella che non designa il Direttore Gerente del GEIE, designa il Presidente del Consiglio di Sorveglianza.

Oltre ad avere assolto compiti di supervisione dei lavori

tra il 1999 ed il 2002, controllandone l'unicità funzionale, il GEIE TMB sin dalla ricezione dell'infrastruttura ne è responsabile della gestione, in particolare intervenendo, a tale titolo, su ogni questione riguardante la sicurezza.

Tra i compiti del GEIE TMB si ritrovano dunque: sicurezza e gestione del traffico, manutenzione dell'opera, committenza per i lavori di manutenzione e di miglioramento, riscossione dei pedaggi, informazione agli utenti e ai media e gestione generale.

3 IL TRAFORO E LA SUA COSTRUZIONE

La lunghezza del traforo è di circa 11.6 km, le coperture sfiorano i 2500 m in corrispondenza dell'Aiguille du Midi (F).

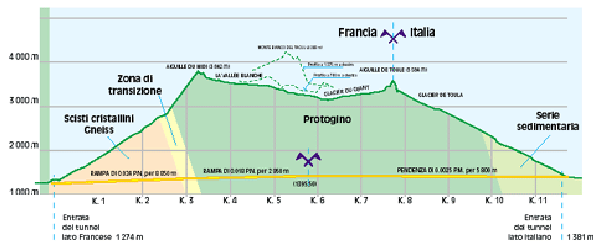


Figura 1. Profilo geologico schematico dell'opera

La geologia delle formazioni attraversate è abbastanza variegata: dalla Francia si incontrano dapprima gli scisti cristallini (per 3.2 km c.a.), poi si entra nella formazione del granito Protogino del Monte Bianco, nella quale si attraversa una zona milonitizzata di circa 300 m a partire dal km 7.9 circa, poi, procedendo verso l'Italia si ritrova, dal km 10.25 c.a., la serie sedimentaria dei calcari marnosi in cui sono presenti intercalazioni di scisti e filladi granitici.

Lo scavo fu effettuato da entrambi i portali, per tratte di lunghezza più o meno uguale, con esplosivo o demolizione meccanica sull'intera tratta scavata.

Dal portale francese l'avanzamento fu, per lo più, effettuato a piena sezione, con tratte centinate limitate ad un totale di circa 400 m, per lo più in prossimità del portale. In generale la stabilizzazione della roccia avveniva con bulloni d'ancoraggio di varia lunghezza, tali incidenze furono incrementate tra il km 3.5 e 5.9, dove si registrarono importanti fenomeni di decompressione violenta.

Dal portale italiano, dove le tratte centinate furono di circa 700 m, si procedette scegliendo piuttosto di parzializzare la sezione nelle tratte più complesse, in tal modo si registrò una incidenza delle chiodature necessarie decisamente inferiore a quella messa in opera sul versante francese.

4 BREVE DESCRIZIONE DEL TUNNEL

La larghezza libera del tunnel è di circa 8 m con carreggiata di 7.60 m.

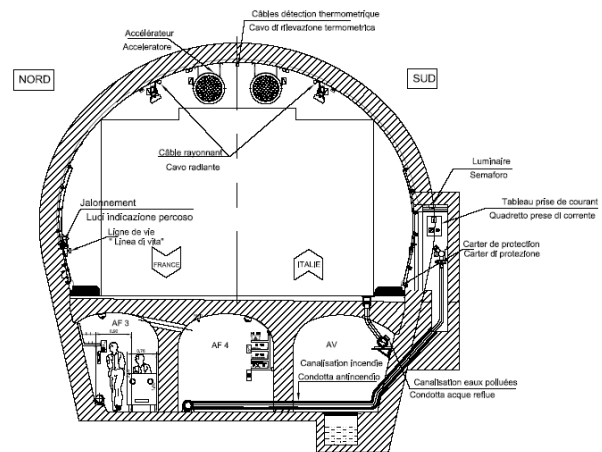


Figura 2. Sezione tipo a centro tunnel

Nell'intervento del 1999-2002 è stato integralmente rinnovato il criterio di sicurezza e le dotazioni impiantistiche della galleria. Le parti elettromeccaniche sono state completamente risanate.

Per quanto riguarda le nuove strutture, in particolare sono stati aggiunti 116 nuovi condotti per l'aspirazione dell'aria dalla galleria (carneaux), 156 nuove nicchie tra antincendio ed SOS, 4 serbatoi antincendio, 37 nuovi rifugi, ed una stazione di salvataggio a centro galleria collegate tra loro e con l'esterno tramite i canali di ventilazione aria fresca adibiti a via di fuga.

Oltre ad opere di ripristino strutturale più o meno distribuite lungo l'intera tratta (ripristino cls degradato della volta e dei piedritti, pavimentazione, etc...), sono state realizzate opere di captazione e convogliamento delle venute d'acqua diffuse e puntuali in volta, sui piedritti e nei canali di ventilazione

5 SCOPI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Una efficace ed organica gestione di una infrastruttura del tipo del Traforo del Monte Bianco non può prescindere dalla messa in opera di un piano di controllo dell'evoluzione dell'opera gestita.

In particolare, oltre alla verifica della Sicurezza offerta agli utenti, il piano di monitoraggio dell'opera garantisce al Gestore gli strumenti per pianificare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria allo scopo di mantenere adeguate performances funzionali dell'opera.

La LOMBARDI SA ha affiancato la Direzione Tecnica del GEIE TMB nella definizione del piano di monitoraggio delle strutture del Traforo.

In particolare si è prestata particolare attenzione alla semplicità e completezza del piano di controlli messi in opera ed alla immediata interpretazione dei dati ricavati.

Il degrado più o meno rapido nel tempo dello stato di

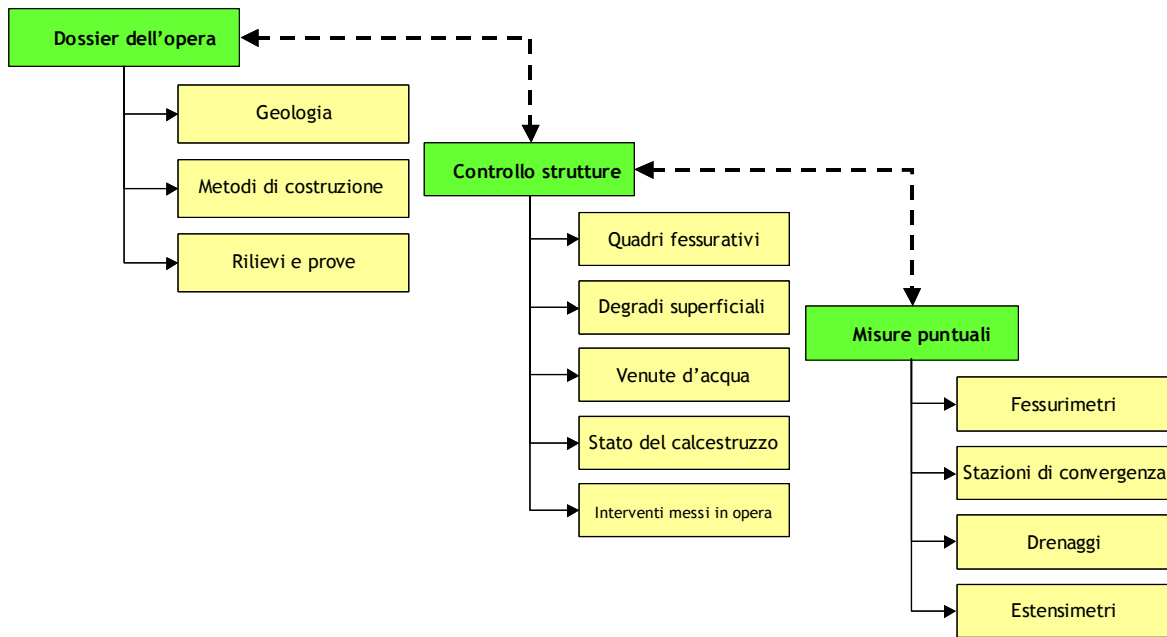


Figura 3: Elementi del piano di monitoraggio

conservazione di un tunnel va interpretato in funzione di tre elementi legati strettamente all'opera stessa:

Cause legate alla costruzione:

- materiali e strutture impiegate,
- metodologia di costruzione.

Cause al contorno,

- geologia
- idrogeologia
- ambiente

Cause legate all'utilizzo e gestione

- traffico,
- ventilazione.

Nel piano di monitoraggio del Traforo del Monte Bianco, sono stati introdotti elementi per la verifica degli effetti tutte e tre queste cause. Si è creata una struttura di controlli che consenta da un lato di rilevare l'innesco di meccanismi o fenomeni di degrado e dall'altro fornisca gli strumenti per la valutazione e la proiezione dell'evoluzione dei fenomeni stessi.

I risultati dei piani di verifica sono infine raccolti nei rapporti annuali sul monitoraggio redatti a termine di ogni esercizio.

6 REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

I requisiti di base del sistema di monitoraggio del Traforo sono stati la *semplicità* e la *significatività delle misure*.

Il gestore, sin dalle prime fasi di definizione del piano di monitoraggio, ha richiesto di integrare il controllo delle strutture nella complessa serie di controlli periodici dell'impiantistica del Traforo. D'altra parte è emersa la necessità di non duplicare né appesantire il sofisticato sistema di gestione degli impianti con un sistema di controllo dedicato.

Per la strumentazione installata si è scelto di rinunciare a strumentazioni automatiche o ad acquisizione remota, giudicate troppo delicate in un ambiente come quello di un tunnel stradale.

La filosofia con cui si è definito l'insieme di controlli è stata dettata dalla necessità di gestire un'opera, lunga oltre 11 km, che, a circa 45 anni dalla costruzione, oltre alle usuali irregolarità e eterogeneità caratteristiche dei tunnel, è stata concepita con filosofie di costruzione differenti tra i due attacchi.

Deriva dunque la necessità di impostare un sistema di controlli sulla globalità degli 11 km, che senza richiedere particolare formazione del personale preposto, consenta di mettere in evidenza le situazioni particolari e puntuali su cui personale esperto concentrerà studi più approfonditi. Infine il personale esperto affianca il personale gestionale nella definizione degli interventi e delle priorità di esecuzione.

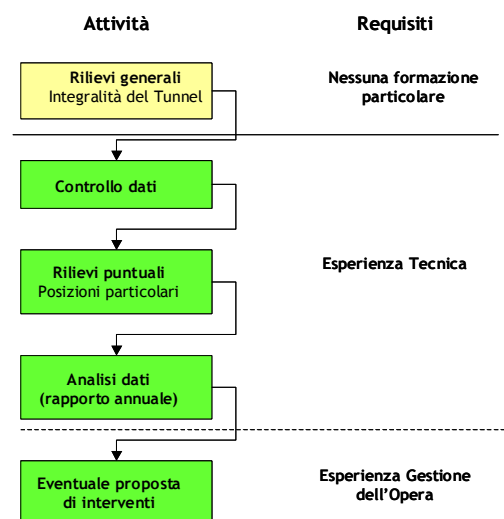


Figura 4 Schema di attività e competenze richieste

7 OGGETTI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio strutturale del Traforo del Monte Bianco è stato basato su una struttura gerarchica degli elementi seguenti:

- Catalogo della documentazione dell'opera (Dossier dell'opera)
- Controllo sistematico della volta
- Controllo puntuale di meccanismi evolutivi

L'oggetto principale, *Dossier dell'opera*, raccoglie i dati essenziali all'interpretazione degli elementi di sorveglianza periodica dello stato dell'opera, che consentono di apprezzare macro-anomalie, e che, a loro volta, includono oggetti secondari che focalizzano, con letture puntuali, su un numero limitato di misure significative di meccanismi evolutivi identificati e permettono di apprezzare nel dettaglio le evoluzioni di fenomeni di degrado.

7.1 Sistema di riferimento topografico

In primo luogo si è definito un sistema univoco che consenta il riferimento rapido ed univoco ad un elemento del Tunnel.

A tal scopo il tunnel è stato suddiviso in 400 elementi, 399 elementi sono lunghi 29 m, ed uno 24 m situato all'interfaccia tra le due concessioni Italiana e Francese (elemento 201). Ogni elemento o misura effettuata nel tunnel è caratterizzata da un riferimento a questo sistema.

La scelta di questa lunghezza si è rivelata un pratico compromesso tra il dettaglio richiesto e la necessità di contenere i rilievi entro quantità manipolabili ed interpretabili.

Per l'immediato riferimento all'interno del tunnel, si è installato a paramento un sistema di individuazione permanente dei suddetti elementi o tratte.

7.2 Dossier dell'opera

La documentazione relativa al Traforo del Monte Bianco è raccolta in 5 capitoli generali:

- Dati sulla geologia
- Dati sulla costruzione e sui nuovi interventi (include la manutenzione straordinaria)
- Dati derivanti dalle ispezioni (compreso i rapporti annuali di monitoraggio)
- Dati sulle strumentazioni installate

Si è in primo tenuto a procurare una interfaccia di facile accesso ai dati caratteristici dell'opera (geologia, costruzione, interventi susseguiti, storia, ecc...). Cioè tutte le informazioni di capitale importanza per l'interpretazione dei dati derivanti dal monitoraggio e per definire le contromisure necessarie all'atto del manifestarsi di un problema.

Per il Traforo del Monte Bianco, stanti le modalità di gestione messe in opera sin dall'apertura, è stato possibile reperire i dati di archivio che documentano esaurientemente i circa 45 anni dall'inizio dei lavori di

costruzione.

D'altra parte la mole di materiale disponibile ne ha ritardato la migrazione su supporto informatico. Per il momento sono disponibili su supporto informatico i risultati del monitoraggio dal 2002 in poi oltre alle schede rappresentative della geologia del tunnel in corrispondenza di alcuni dei nuovi carnaux. Questa documentazione è strutturata in modo da consentire il rapido accesso ad informazioni su una determinata zona o elemento del tunnel. Il dossier è attualmente aggiornato alla campagna del 2003.

Dati essenziali riguardanti gli interventi che hanno seguito la riapertura del 2002, da quando cioè il G.E.I.E. TMB ha preso in onere la gestione completa del Traforo, si è proceduto a tenere traccia nel sistema informatico degli interventi e manutenzioni effettuati.

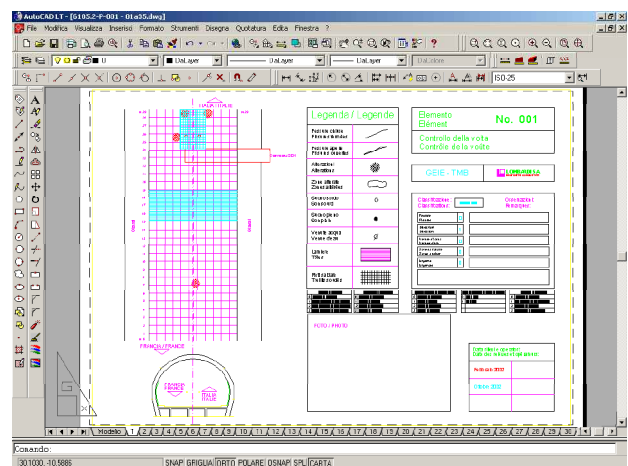


Figura 5. Esempio di archiviazione dei dati dei rilievi

Ulteriori dati vengono e verranno trasferiti su supporto informatico via via che se ne presenta la necessità.

7.3 Rilievo dello stato della volta

L'elemento di base del sistema di monitoraggio strutturale è rappresentato dal controllo periodico della volta. Questa operazione è affidata a personale con formazione di base sulle tipologie di dissesto strutturale nel calcestruzzo.

Vengono controllati a cadenza dapprima semestrale, oggi annuale, la volta del vano stradale ed i rivestimenti dei vani al di sotto del piano carrabile. Vengono controllati periodicamente anche i rifugi e le opere annesse.

L'attenzione del personale di controllo è focalizzata sul controllo e sull'evoluzione dei quadri fessurativi, dei degradi superficiali, delle venute d'acqua ed alla verifica della correttezza ed efficacia degli interventi messi in opera dall'ispezione precedente.

Tali operazioni possono essere effettuate in modalità di gestione in senso alternato ed, in tal caso, richiedono circa 10 notti.

Per ciascuna delle tratte in cui è diviso il Traforo, agli operatori, viene richiesto di compilare una scheda dedicata che include, oltre alle informazioni descritte in precedenza, un rilievo schematico delle fessure e la

registrazione di prove di auscultazione sonora sulla qualità del calcestruzzo.

In particolare vengono rilevate tutte le situazioni suscettibili di creare distacchi di materiale dalla volta (fessure, nidi di ghiaia od altre alterazioni, vecchie canalizzazioni di drenaggio, etc...).

Viene rilevata l'apertura delle fessure e la loro profondità. Particolare attenzione viene dedicata al rilievo delle fessure di compressione, richiedendo di registrare estensione ed inclinazione rispetto alla normale al rivestimento.

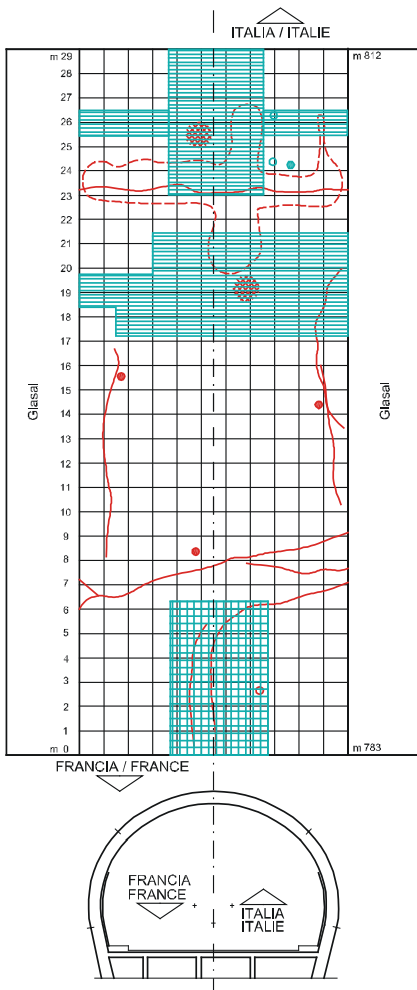
Infine viene predisposto un rilievo fotografico con procedura standardizzata, così da rendere confrontabili i rilievi nel tempo.

Il problema posto dalla soggettività delle misure (in particolare per le venute d'acqua o per l'estensione e gravità dei nidi di ghiaia) è in massima parte risolto utilizzando squadre formate da due operatori e variando in una campagna di rilievi la composizione delle squadre ed utilizzando, per quanto possibile i medesimi operatori nel tempo. Infine alcune schede vengono fatte verificare indipendentemente a squadre di composizione differente.

La scheda (figura 7) riporta situazioni particolari riscontrate durante le ispezioni precedenti sulle quali viene richiamata l'attenzione degli operatori. Ed include le specifiche per il controllo delle contromisure messe in atto a seguito del precedente controllo.



Figura 6. Operazioni di controllo della volta



Legenda / Legende	
Fessure chiuse Fissures fermées	
Fessure aperte Fissures ouvertes	
Alterazioni Alterations	
Zone alterate Zones altérées	
Suono sordo Son sourd	
Suono pieno Son plein	
Venute acqua Venue d'eau	
Lamiere Tôles	
Reti saldate Treillis soudés	

Fessure / Fissures		Alterazioni / Alterations	
0 Assenti / Absentes	0 Assenti / Absentes	0 Piccola / Petites	0 Medio / Moyennes
1 Legg. fessurato / Leg. fissuré	1 Medio / Moyennes	1 Medio / Moyennes	2 Grande / Grandes
2 Med. fessurato / Moy. fissuré	2 Forte / Fortes	2 Grande / Grandes	
3 Fort. fessurato / Très fissuré			

Elemento Élément	No. 028
Controllo della volta Contrôle de la voûte	

GEIE - TMB	LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI
------------	-------------------------------------

Classificazione: Classifications:	Ottobre 2002	Osservazioni: Remarques:
Fessure Fissures	1	
Alterazioni Alterations	1	
Venute d'acqua Venues d'eau	0	
Zone da trattare Zones a traiter	1	
Urgenze Urgences	1	
Lamiere 18 m ²		

Venute d'acqua / Venues d'eau	Zone da trattare / Zones a traiter	Urgenze / Urgences
0 Assenti / Absentes	0 No / Non	0 Assenti / Absentes
1 Deboli / Faibles	1 SI / OUI	1 Non urgenti / Pas urgentes
2 Medie / Moyennes		2 Urgenti / Urgentes
3 Grandi / Grandes		3 Immediati / Immédiates



Data rilievi e operatori: Date des relevés et opérateurs:	
Febbraio 2002	
Ottobre 2002	

Figura 7. Scheda tipo di controllo della volta

7.4 Stazioni di misura delle convergenze

Sono state installate 20 stazioni di misura di convergenze a 5 punti nel traforo. Cinque sezioni sono indipendenti, e cinque sono costituite da 3 sezioni elementari collegate longitudinalmente a cavallo di alcuni carneau a distanza di 50 m circa (figura 8).

Le precisioni richieste per queste letture sono raggiunte grazie a sistemi di mire adeguati. Tali mire vengono montate su supporti filettati fissi. La protezione di questi supporti è garantita dal rivestimento riflettente ai piedritti. Per procedere alle letture occorre dunque smontare alcuni elementi dei rivestimenti.

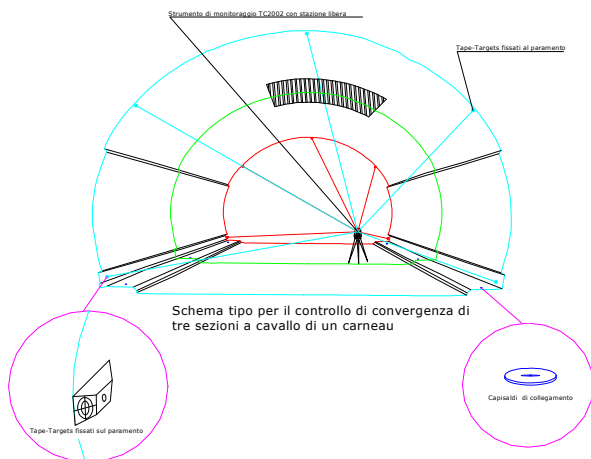


Figura 8. Schema di controllo delle convergenze (3 sez collegate)

I dati rilevati vengono tracciati in un grafico e confrontati con due soglie di plausibilità, la prima rispetto alla lettura precedente in valore assoluto, la seconda soglia è definita in funzione della derivata della lettura. Tali soglie sono segnalate in automatico all'operatore.

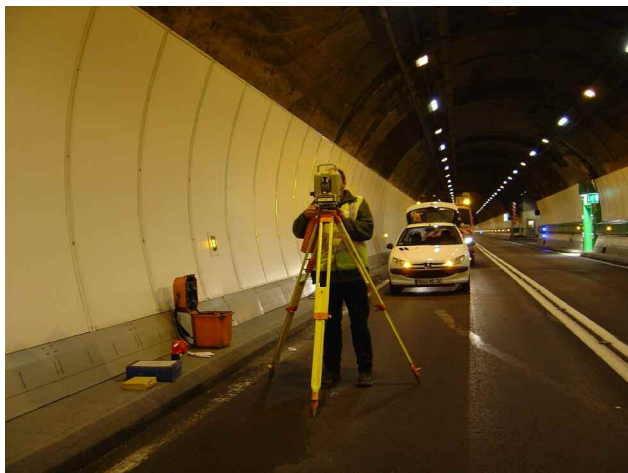


Figura 9. Operazioni di lettura delle convergenze

I diagrammi sono collegati alle schede in cui sono inserite le stazioni di misura.

L'immediata fruibilità di questi dati consente la reazione tempestiva in caso di situazioni anomale dapprima controllando la veridicità della lettura, in seguito

riducendo l'intervallo tra due letture per definire l'andamento del fenomeno e modellarne l'evoluzione per potere programmare eventuali interventi.

7.5 Fessurimetri

All'interno del traforo sono stati installati 21 fessurimetri a tre basi. Essendo abbastanza costante la temperatura nel Traforo, ed avendo una registrazione temporale molto fitta della distribuzione delle temperature, la cadenza di lettura dei fessurimetri è uguale quella delle ispezioni periodiche. Il medesimo personale, previo istruzione generica, si occupa queste letture.

Le misure vengono diagrammate ed, in caso di anomalie, il fenomeno è trattato in analogia con la lettura delle convergenze.

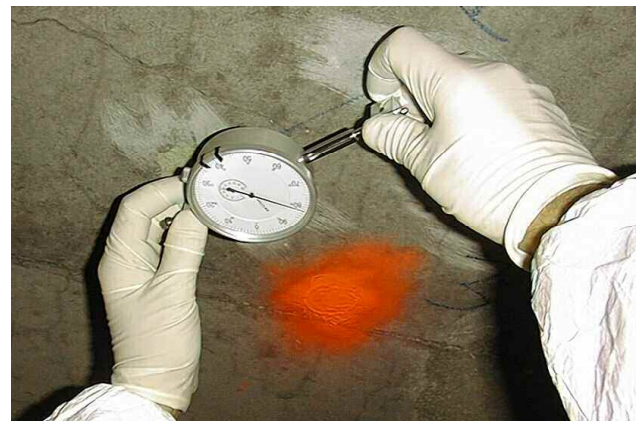


Figura 10. Operazioni di lettura dei fessurimetri

7.6 Attività collaterali

La regolarità delle operazioni di controllo, per le quali si prevede il passaggio sistematico in volta lungo l'intero tunnel, consente di integrare controlli puntuali via via che se ne manifesta la necessità.

Nel 2003 ad esempio, in parallelo alle operazioni di controllo della volta, si è effettuata la verifica delle coppie di serraggio dei sistemi di ancoraggio di tutti gli elementi fissati in volta sull'integralità del tunnel, ed il loro riserraggio.

Infine nel rapporto annuale di monitoraggio, si definiscono eventuali controlli supplementari da prevedersi nell'esercizio seguente (ad esempio integrazione delle misure, cadenza delle letture per l'anno successivo, eventuali indagini supplementari,...).

8 BILANCIO DEI PRIMI DUE ANNI DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio si è rivelato uno strumento utile ed affidabile sia per il controllo dell'evoluzione dell'opera, sia per la previsione e gestione degli interventi di manutenzione.

In particolare gli interventi manutentivi ordinari e

straordinari hanno potuto essere predetti con adeguato anticipo per essere deliberati in fase di definizione del budget annuale.

In particolare sono stati effettuati, nei due anni di monitoraggio, interventi finalizzati a:

- canalizzazione dell'acqua in calotta verso la canaletta al piede,
- ripristino degli scarichi delle acque in carreggiata
- posa di reti e/o lamiere di protezione in unti singolari con ammaloramenti più estesi
- trattamenti di zone superficiali e nidi di ghiaia
- trattamento di venute d'acqua puntuali

Il sistema come concepito contempla la possibilità di valutare sin dall'ispezione seguente il risultato dei lavori di adeguamento e la loro corretta esecuzione consentendo l'immediato ritorno di esperienza sulla efficacia delle riparazioni messe in opera.

9 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

La tendenza attuale del monitoraggio delle strutture tende a privilegiare le acquisizioni remote e "*in tempo reale*". Purtroppo ciò ha spesso l'effetto negativo di produrre moli di dati ridondanti o di difficile interpretazione.

Inoltre, poiché l'evoluzione dei fenomeni degenerativi di un'opera sotterranea presentano, ancora più di altre strutture, una accelerazione dei degradi nelle fasi conclusive, una grande mole di dati, magari con registrazione remota in tempo reale, può condurre ad effetti negativi di perdita di interesse per il dato, sia da parte del gestore, che non si preoccupa più di leggerlo, sia da parte di colui che lo interpreta.

Da qui deriva, in particolar modo per un'opera così lunga, la necessità di basare le osservazioni su un numero limitato di elementi che siano rappresentativi delle condizioni dell'opera, limitando la strumentazione a punti particolari, curando invece gli elementi rappresentativi dello stato dell'opera nel suo insieme e le attività di reporting annuale chiaro e conciso.

Nella messa a punto del piano di monitoraggio del Traforo del Monte Bianco si è curato, in particolare, l'aspetto della semplicità e della significatività dei controlli.

Il sistema di monitoraggio installato nel tunnel del Monte Bianco costituisce in tal senso un efficace sistema di safety assessment e previsione degli interventi. Sulla base dell'esperienza derivante dal monitoraggio di opere lineari di tale estensione, si è rilevato che:

- un sistema di monitoraggio va concepito come strumento a servizio del gestore, per controllare l'opera gestita, e non deve costituire un sovraccarico di mansioni per il gestore stesso;
- l'esecuzione delle misure previste deve avere la minima interferenza possibile con la gestione dell'opera stessa;
- L'assetto dei rilievi eseguiti deve essere semplice,

robusto, affidabile e riproducibile. L'interpretazione dei dati deve essere chiara ed univoca. Va evitata la ridondanza degli strumenti o dei punti di misura, che, producendo dati inutili o contrastanti, ha l'effetto negativo di scoraggiare colui che è incaricato dell'interpretazione.

- Le componenti del sistema messo in opera devono poter essere, in massima parte demandate a personale con una formazione generale di base. Unicamente la fase di interpretazione dei risultati e controlli puntuali sarà demandata a personale tecnico qualificato. Infine questi affianca il Gestore nella definizione del piano degli interventi.
- Il sistema deve essere integrabile sia in termini di scadenza dei controlli, sia in termini di strumenti installati.

ABSTRACT

STRUCTURAL CONTROL AND SURVEYING SYSTEM ADOPTED AT MOUNT BLANC TUNNEL

Keywords: Tunnel, Monitoring, Survey, Mount Blanc

For tunnels as in any other structures structural ageing and decay can be prevented by adequate maintenance. The management entity shall dispose of a robust and safe instrument to assess the state of the structure and its safety. The monitoring instrument shall thus provide safety assessment, information to program maintenance and any other repair to extend the life of the structure.

In this sense the monitoring plan for an underground structure is a challenge for the engineer dealing with uncertainties and singularities of the geology. Being the behaviour model of a tunnel different from one section to the other, the phases of control and interpretation of the results cannot, in general, be supported by an unique interpretation model, as for other types of structures.

On the other hand, the list of inspections and tests to be implemented, considering the tunnel length, has to be simple enough not to require particular training of the controlling personnel.

Reaching longer lengths the demand for an easy and clear procedure of assessment becomes mandatory. In this sense a successful monitoring system has to be based on a two steps process: the overall controls have to be made by personnel with no particular training, and the interpretation and punctual control on delicate points highlighted by the overall controls is made by an experienced engineer.

The convenience of this strategy increases with tunnel length and variety of the crossed geology.

The system that is being implemented in Mont Blanc Tunnel (11.6 km length) marry flexibility and simplicity to provide the GEIE TMB with an instrument that allows the assessment of the framework of the structure.