



**DIMMS**  
CONTROL SPA

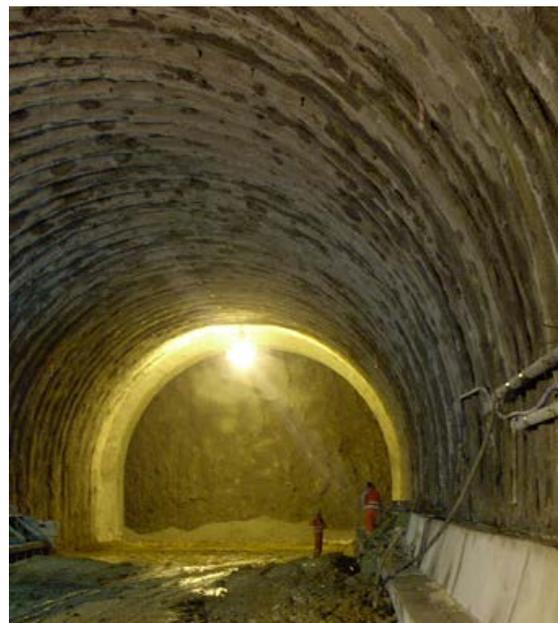
# SISTEMA DI MONITORAGGIO IN FIBRA OTTICA SU CENTINE IN GALLERIA

Negli ultimi anni lo sviluppo di sensori in fibra ottica ha visto accrescere enormemente la possibilità di monitorare in continuo, in svariati campi applicativi, le deformazioni delle strutture. Nel campo della costruzione di gallerie l'utilizzo di un sistema di monitoraggio in fibra ottica consente di verificare il comportamento dell'opera in fase di esecuzione e di monitorare l'evoluzione dello stato di deformazione della volta della galleria al progredire del fronte di scavo. Il sistema permette di avere sotto controllo le centine di sostegno della galleria in prossimità del fronte di scavo e di misurare l'incremento di pressione conseguente al progredire delle operazioni. Improvvisi incrementi dello stato di sforzo nelle centine, che rappresenta un segnale della stabilità dello scavo, può essere misurata in continuo avendo modo di valutare la sicurezza del fronte. Il sistema di misura, inoltre può essere inglobato definitivamente nel rivestimento della galleria permettendo la misura nel tempo della variazione dello stato tensionale, inoltre realizzando il sensore con un sistema accoppiato per la misura di deformazioni e temperatura è possibile correlare la misura di quest'ultima con la presenza di variazioni significative del regime delle acque sotterranee e consentire il monitoraggio dei deflussi nel tempo.

## Il Sistema

Il sistema prevede l'utilizzo di una fibra ottica singolo modo con rivestimento in PVC di tipo "tight" di 900 micron per la misura di deformazione, eventualmente accoppiata ad una fibra ottica singolo modo di tipo "loose tube" per la misura di temperatura (opzionale), da disporre mediante opportuno ancoraggio lungo l'intera lunghezza della centina.

Per una migliore valutazione dello stato di deformazione della galleria è opportuno, dove possibile, porre in opera almeno due fibre parallele a diverse quote; in mancanza delle misure parallele la determinazione della inflessione della centina va fatta attraverso il modello di Bernoulli che potrebbe essere inficiato da comportamenti anomali soletta legati alla curvatura della centina. Resta inteso che la misura della deformazione media sull'asse della centina è correlata alla deformazione uniforme caratteristica dello stato tensionale di origine litostatica. Nella centina, però, la presenza di un limitato volume efficace di terreno da contenere, induce uno stato tensionale prevalentemente flessionale, per la cui individuazione è opportuna la posa in opera di due sensori di deformazione paralleli ad una certa distanza lungo la centina da cui derivare le misure di curvatura. La fibra ottica è in grado di leggere sia sforzi di trazione che di compressione, quindi può essere installata lungo un piano qualsiasi della centina soggetto a deformazione.



## Perché utilizzare un sistema di monitoraggio in fibra ottica

Rispetto alle tecniche di misura tradizionali che, per quanto complesse, riescono a fornire solamente misure puntuali di una grandezza (usualmente spostamento) lungo lo sviluppo dell'opera, l'utilizzo di un sistema in fibra ottica presenta il vantaggio di:

- ✓ *effettuare una misura continua dello stato deformativo della trave o dell'intero viadotto;*
- ✓ *avere costi di realizzazione contenuti;*
- ✓ *poter effettuare misure in intervalli di tempo molto ridotti;*
- ✓ *avere tempi di restituzione della misura rapidi (controllo in real-time della struttura).*



## Restituzione dei dati

Mediante l'installazione di **una singola fibra ottica** di tipo "tight" è possibile ottenere:

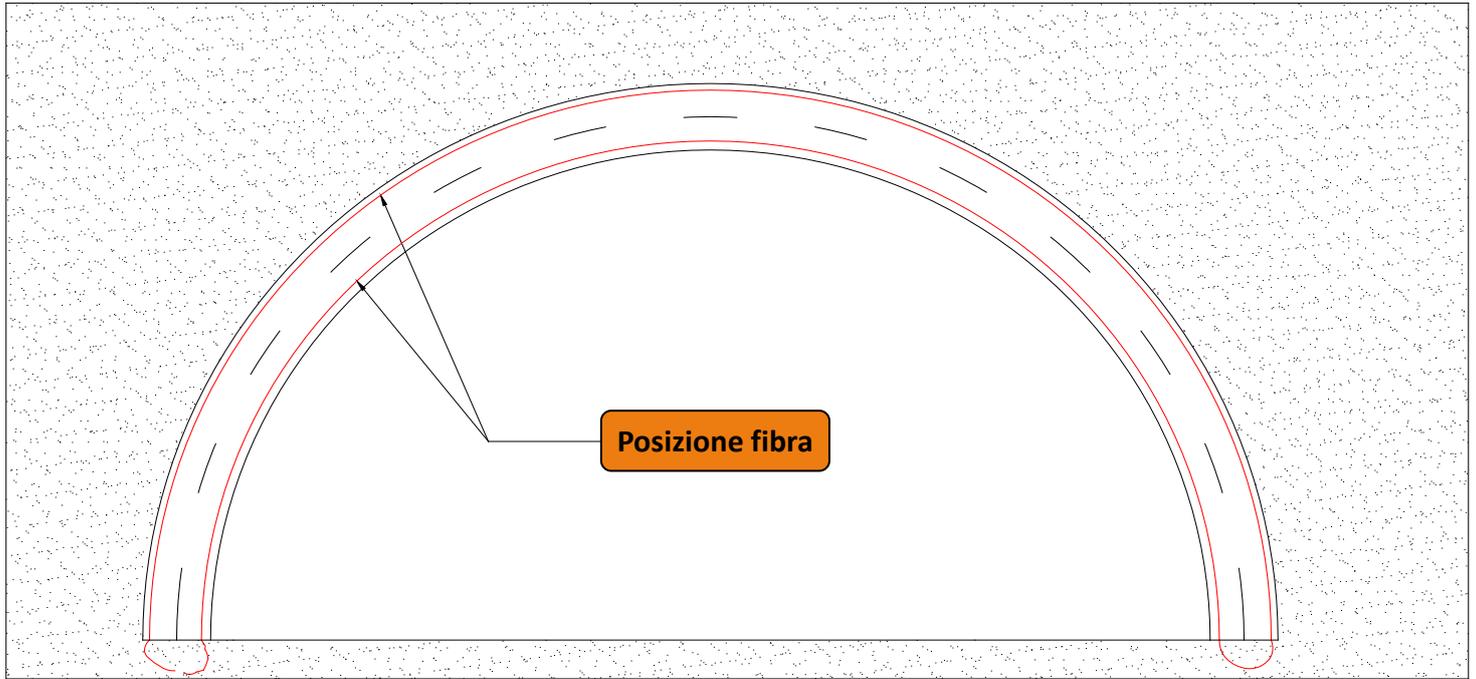
- ✓ *profilo di deformazione lungo l'intera fibra con risoluzione spaziale minima pari a 20 cm, range di misura massimo pari a 5 km e sensibilità pari a  $\pm 20 \mu\epsilon$  ( $\pm 20 \mu m/m$ ) \*;*
- ✓ *in un sistema a sensori paralleli di deformazione si ottiene una stima della posizione dell'asse neutro delle sezioni rette dalla quale è immediato determinare eventuali eccentricità dei carichi che rappresentano stati di sollecitazione particolarmente critici;*
- ✓ *evoluzione della deformazione nel tempo su una singola sezione oppure l'intera lunghezza della fibra, con frequenza di acquisizione dell'ordine di un profilo al minuto \*;*
- ✓ *detezione non quantitativa di eventi di deformazione veloci con frequenza di acquisizione dell'ordine del decimo di secondo e localizzazione dell'evento lungo la fibra\*;*
- ✓ *individuazione di localizzazioni della deformazione indice di danno localizzato entro la risoluzione spaziale della misura.*

Nella versione che prevede l'utilizzo di **due fibre ottiche**, una di tipo "tight" e l'altra di tipo "loose", il sistema è in grado di fornire:

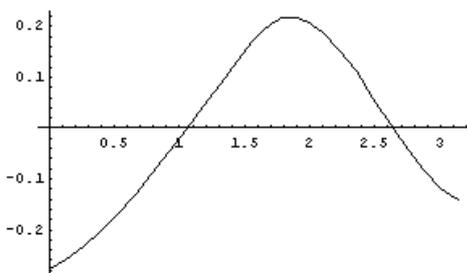
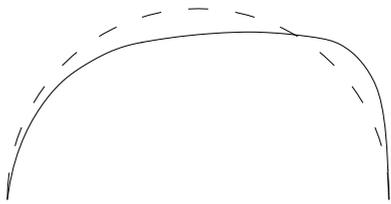
- ✓ *profilo di deformazione lungo l'intera fibra con risoluzione spaziale minima pari a 20 cm, range di misura massimo pari a 5 km e sensibilità pari a  $\pm 20 \mu\epsilon$  ( $\pm 20 \mu m/m$ ) \*;*
- ✓ *in un sistema a sensori paralleli di deformazione si ottiene una stima della posizione dell'asse neutro delle sezioni rette dalla quale è immediato determinare eventuali eccentricità dei carichi che rappresentano stati di sollecitazione particolarmente critici;*
- ✓ *profilo di temperatura lungo l'intera fibra con risoluzione spaziale minima pari a 20 cm, range di misura massimo pari a 5 km e sensibilità pari a  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  \*;*
- ✓ *evoluzione della deformazione e temperatura nel tempo su una singola sezione oppure l'intera lunghezza della fibra, con frequenza di acquisizione dell'ordine di un profilo al minuto \*;*
- ✓ *detezione non quantitativa di eventi di deformazione o temperatura veloci con frequenza di acquisizione dell'ordine del decimo di secondo e localizzazione dell'evento lungo la fibra \*;*
- ✓ *individuazione di localizzazioni della deformazione indice di danno localizzato entro la risoluzione spaziale della misura.*

\* durata di acquisizione, risoluzione spaziale e range di misura sono quantità correlate: per specifiche esigenze contattare DIMMS.



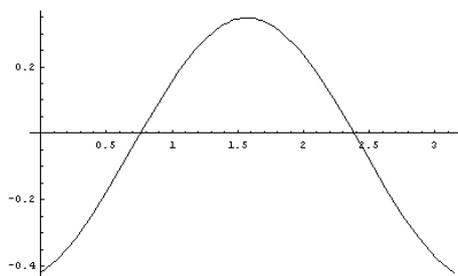
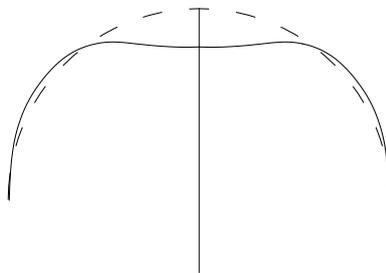


Deformazione e curvatura per i carichi eccentrici



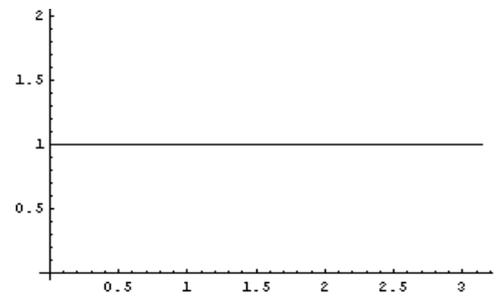
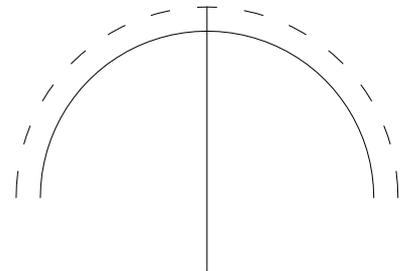
Curvatura eccentrica

Deformazione e curvatura per carico centrato



Curvatura simmetrica

Deformazione omotetica per carichi litostatici



Deformazione uniforme



## Metodologia

La procedura prevede l'impiego di fibra ottica con rivestimento in PVC di tipo "tight" di 900 micron per il monitoraggio della misura di deformazione e di tipo "loose tube" (opzionale) per il monitoraggio della misura di temperatura. L'operazione consisterà inoltre nel connettere FC/APC i due spezzoni di fibre dopo averla applicata ed incollata con adesivo epossidico bi-componente sull'elemento da monitorare. L'operazione terminerà con la formazione di un pozzetto a protezione del tratto libero di fibra dal quale si otterranno le informazioni di lettura.

## Tempistica

Il tempo di installazione dipende fortemente dalla modalità di installazione, che cambia a seconda della posizione della centina: a terra o montata in opera. A tale tempo va sommato quello necessario alla saldatura dei due capi della fibra incollata, dotati di connettori FC/APC e quello relativo al collegamento della fibra di sensing alla centralina di lettura. Ultimate le suddette fasi, se il livello di attenuazione risulta accettabile si passa ad acquisire la traccia di riferimento lungo ciascuna fibra installata; tale operazione si rende necessarie al fine di compensare le successive letture di temperatura/deformazioni dalle deformazioni dovute all'incollaggio. Il sistema sarà completato con il recapito e l'alloggio finale dei cavi in un pozzetto di protezione ed ispezione

## Oneri a carico del Committente

A carico del Committente sarà l'individuazione e la custodia sul cantiere di un punto sicuro e facilmente accessibile come luogo di ubicazione delle estremità della fibra.

Il Committente provvederà a fornire il materiale e la manodopera occorrente alla formazione di un pozzetto di protezione dell'estremità della fibra.

Nel caso di montaggio della fibra in posizioni non accessibili ordinariamente, il Committente provvederà a rendere raggiungibili i punti di allocazione della fibra anche mediante l'utilizzo dei propri mezzi d'opera utili allo scopo.

Nel caso di monitoraggio in continuo il Committente provvederà alla formazione di un pozzetto e/o armadio di protezione e di sicurezza anche antifurto della centralina di acquisizione.





MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE ITALIANO  
 Laboratorio calcestruzzo e acciaio - art. 59 D.P.R. 380/01, art.20 L. 1086/71  
 Laboratorio terre e rocce - art.59 D.P.R. 380/01  
 Indagini geognostiche e prove in sito – art.59 D.P.R. 380/01



LABORATORI AUTORIZZATI DAL  
 MINISTERO DEI TRASPORTI - ROMANIA



AUTORIZATIE – LABORATOR DE GRADUL II  
 ROMANIA



AZIENDA CERTIFICATA E.N.I. - SAIPEM



NATO CODIFICATION SYSTEM  
 (NCS) (NCAGE Code)



CERTIFICAZIONE ANAS  
 CERTIFICAZIONE AUTOSTRADE PER L'ITALIA



UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 OHSAS 18001:2007



AZIENDA ASSOCIATA A CONFINDUSTRIA



**DIMMS**  
 CONTROL SPA

**SEDE LEGALE**

C.da Archi, 14/G  
 83100 Avellino  
 Italy

**LABORATORI**

Area A.S.I. Avellino  
 Via Campo di Fiume, 13  
 83030 Montefredane (AV)  
 Italy

**BRANCH IN ITALIA**

Via D. Bertolotti, 7  
 10121 Torino  
 Italy

**BRANCH INTERNAZIONALI**

Jud. Ilfov, comuna Corbena  
 Sat. Petresti, Str.Radarului 3  
 Romania