



Solutions and Innovations for Structural Monitoring

SISMLAB s.r.l.
Spin-Off Università della Calabria
Via Pietro Bucci - 87036 Rende (CS) – ITALY
Tel. : 0984 – 447093 --- Fax: 0984 – 447093
E-mail: info@sismmlab.it---Internet: www.sismmlab.it

***MONITORAGGIO DI OPERE DI SOSTEGNO CON
ARCHITETTURA A FIBRA OTTICA***



1.0 Il monitoraggio strutturale

Con l'espressione *Monitoraggio* si intende il complesso di operazioni volte ad acquisire in modo manuale o automatico dati relativi a determinati parametri strutturali, con i quali è possibile definire lo stato di efficienza statica di elementi portanti, al fine di poter così predisporre interventi di manutenzione mirati.

Il processo diagnostico si compone essenzialmente di alcune fasi tipiche:

- ? misurazione di stati deformativi o di campi di spostamento;
- ? trasmissione dei dati rilevati alle unità di lettura ed elaborazione;
- ? interpretazione dei dati numerici in termini di definizione dello stato di efficienza statica della struttura.

Questa sequenza, se intesa in prospettiva come azione ciclica nei confronti del processo di decadimento nel tempo dei livelli qualitativi degli elementi strutturali, apre la strada verso l'innovazione del tradizionale "fare manutenzione" da una prassi per lo più collocata a valle dei processi di degrado, ad un intervento diagnostico che tende sempre più a caratterizzarsi come momento preventivo nella gestione della qualità del manufatto nel tempo.

Monitoraggio strutturale tramite sensori a fibra ottica

Noto come *Optical Fibre Strain Monitoring System* (Sistema di monitoraggio della deformazione con [sensori a] fibre ottiche) o semplicemente *Smart Fibre System* (Sistema di fibre intelligenti), il dispositivo è costituito da un insieme ordinato di sensori a fibre ottiche annegabili in strutture di calcestruzzo (ponti, edifici, ecc), materiali compositi (come gli alberi degli *yacht*) o superfici di rivestimento di strutture in acciaio o calcestruzzo; esso consente per la prima volta di rilevare dall'interno il carico di deformazione con un procedimento assimilabile a quello del sistema nervoso umano.

L'*Optical Fibre Strain Sensor System* raccoglie i dati fornendo informazioni immediate sulla sicurezza e sulle condizioni della struttura esaminata, ovvero consente un monitoraggio a lungo termine della sua efficienza e sicurezza.

Il corretto impiego di tali tecniche, che nel linguaggio degli specialisti vanno sotto il nome di *damage detection* e *health monitoring* ("individuazione del danneggiamento" e "monitoraggio dello stato di salute"), può portare benefici notevoli alle comunità in termini sia di prevenzione dei rischi connessi a lesioni o crolli delle strutture sia di efficacia, efficienza ed economicità della manutenzione.

I Sensori a fibra ottica sono strumenti che, sfruttando i principi di ottica ondulatoria, adottano per le misurazioni non più le proprietà della corrente elettrica bensì quelle della luce. Tale metodologia, che gli esperti definiscono "monitoraggio ottico", è stata concepita per

Monitoraggio di Opere di sostegno con architetture a Fibra Ottica

annullare gli svantaggi esibiti dalle attrezzature basate su principi di elettromagnetismo. Le nuove strumentazioni a fibra ottica possiedono difatti enormi vantaggi, tra i quali:

- immunità da campi elettromagnetici (che possono alterare le misurazioni);
- elevata precisione;
- sensori non invasivi e non distruttivi;
- affidabilità nel lungo periodo;
- possibilità di controllare contemporaneamente un elevato numero di punti di misura;
- possibilità di annegare i sensori nel calcestruzzo ed in altri materiali;
- facilità nell'installazione;
- piccolo formato e leggerezza;
- resistenza alla corrosione.

2.0 Finalità e Obiettivi del monitoraggio strutturale tramite sensori a fibra ottica applicato alle opere di sostegno in c.a.

I sensori a fibra ottica possono essere alloggiati sia negli elementi strutturali di fondazione, sia negli elementi in elevazione.

I tipi di sensori a fibra ottica adatti al monitoraggio strutturale e sviluppatasi soprattutto negli ultimi venti anni in ambito scientifico ed industriale sono essenzialmente quelli atti a monitorare deformazioni e temperatura.

E' importante sottolineare che, soprattutto nel caso di opere di sostegno di nuova costruzione, la posa in opera di un sistema di monitoraggio strutturale a fibre ottiche, a fronte di un costo percentualmente minimo rispetto all'opera nel suo complesso, fornisce uno strumento fondamentale per la valutazione dell'efficienza strutturale nel tempo.

La realizzazione di un sistema di monitoraggio continuo a fibra ottica per le strutture in c.a. consente di perseguire una serie di importanti obiettivi, quali:

☞ Controllare la corretta esecuzione delle diverse parti strutturali, e valutare il reale impegno dei materiali nelle diverse fasi realizzative, permettendo un controllo sistematico della rispondenza dell'opera al progetto, che risulta di grande supporto sia all'attività del direttore dei lavori che del collaudatore.

☞ Le letture strumentali effettuate nelle fasi costruttive, consentono inoltre di avere un riferimento costante per la valutazione dello stato di degrado dei materiali o di eventuali dissesti presenti nell'opera. Pertanto, attraverso letture periodiche dei valori strumentali, è possibile valutare lo stato di consistenza dell'opera e pianificare in maniera oggettiva gli eventuali interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Monitoraggio di Opere di sostegno con architetture a Fibra Ottica

☞ Tutte le informazioni acquisite attraverso il sistema permanente di monitoraggio, costituiscono parte integrante del fascicolo e/o piano di manutenzione dell'opera, ed evidenziano non solo eventuali variazioni nel tempo del comportamento strutturale, ma sono un riferimento fondamentale qualora si voglia verificare la condizione dell'opera a valle di eventi straordinari (eventi sismici, frane, alluvioni).

☞ Per le opere di sostegno poste in aree limitrofe alle reti viarie, la disponibilità di un sistema di rilevamento dello stato deformativo, consentirà, in caso di calamità naturali, di verificare in tempo reale e periodicamente il buono stato di salute.

☞ In ultimo, è necessario sottolineare come, per opere di sostegno disposte ai diretti effetti atmosferici, il sistema di monitoraggio consentirà di identificare eventuali riduzioni delle sezioni resistenti dovuti a processi di ossidazione delle armature.

Per tutti gli elementi in c.a., ossia piastra di fondazione e fusto, i sensori dovranno essere collocati sulle barre di armatura prima della fase di getto. Ciò permetterà di avere informazioni sin dalla fase di maturazione del calcestruzzo.

I sensori di ogni singolo elemento risulteranno collegati ad un box dal quale, mediante l'uso di una centralina di acquisizione, sarà possibile scaricare i dati sperimentali dei singoli rilevatori.

3.0 Esempio di monitoraggio di un'opera di sostegno in c.a.

A titolo di esempio, si riporta il sistema di monitoraggio a fibra ottica residente, installato su una spalla di un ponte e quindi opera di sostegno per il terrapieno sulla linea ferroviaria della Società "Ferrovie della Calabria S.r.l.

Si tratta di un cavalcavia in c.a. e c.a.p. nel Comune di Figline Vegliaturo (CS) nell'ambito dei *Lavori di Completamento ed Adeguamento della Strada di Collegamento Area Industriale di Piano Lago e Capoluogo*.

Il ponte in oggetto si compone di 1 campata di luce pari a circa 22.0m appoggiata sulle spalle in c.a. di larghezza 10.60m. L'impalcato è realizzato a mezzo di travi in c.a.p. solidarizzate da una soletta gettata in opera e da traversi.

La predisposizione del sistema di monitoraggio è stata effettuata al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Verificare le fasi realizzative dell'impalcato, controllando gli stati tensionali nelle armature delle spalle e sui pali di fondazione;
- Fornire un supporto al tecnico collaudatore durante le operazioni di collaudo;
- Valutare lo stato di efficienza statica durante la vita utile, evidenziando variazioni del comportamento strutturale nel tempo ed a valle di eventi straordinari (sisma, alluvioni, etc..).

Per come riportato nella figura 1 in fase progettuale ed esecutiva è stato previsto di monitorare, essendo il ponte essenzialmente simmetrico, la sola spalla di monte. In particolare, sono stati installati sensori in 2 pali di fondazione e sensori nel fusto della spalla del cavalcavia. Nella Planimetria riprodotta di seguito nella Figura 1, è individuata la spalla del cavalcavia oggetto di monitoraggio. I pali di fondazione ed il fusto in cui sono stati installati sensori a fibra ottica sono relativi a tale spalla.

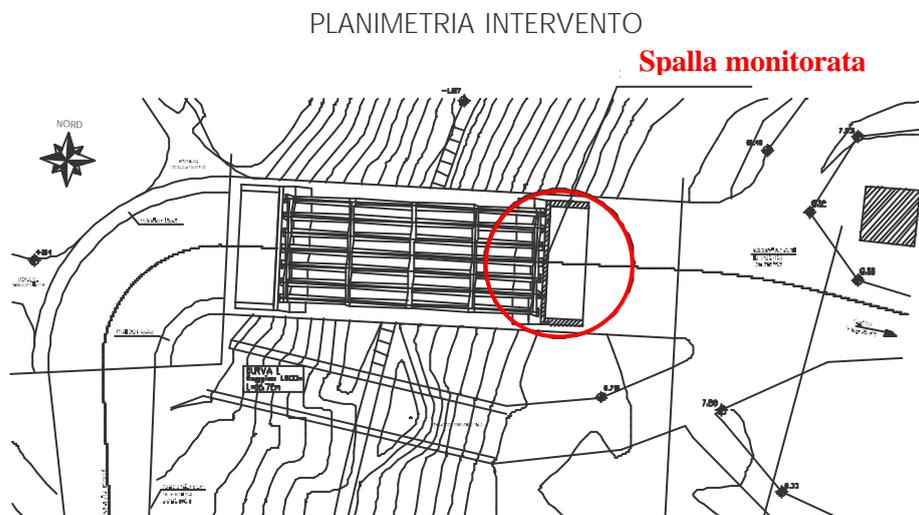


Figura 1

Identificazione della spalla del cavalcavia oggetto di monitoraggio

Monitoraggio di Opere di sostegno con architetture a Fibra Ottica

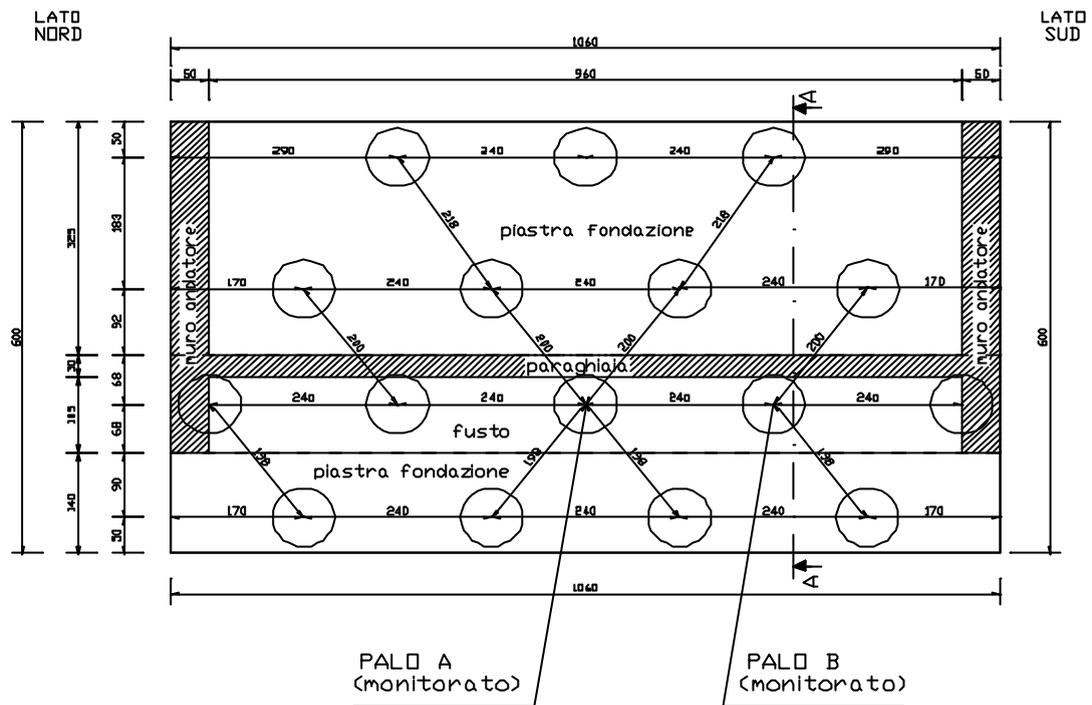


Figura 2

Identificazione dei pali di fondazione oggetto di monitoraggio

Nella pianta riprodotta in Figura 2, sono identificati i pali di fondazione sui quali sono stati installati i sensori a fibra ottica. Nelle figure 3-4 sono invece riportate le fasi di installazione in opera dei sensori.



Figure 3-4

Collocazione in sede delle armature dei pali di fondazione su cui sono stati installati i sensori a fibra ottica

Monitoraggio di Opere di sostegno con architetture a Fibra Ottica

Nella pianta riprodotta più avanti, come Figura 5, è invece precisata la posizione dei sensori a fibra ottica installati nel corpo del fusto della spalla in c.a. oggetto di monitoraggio.

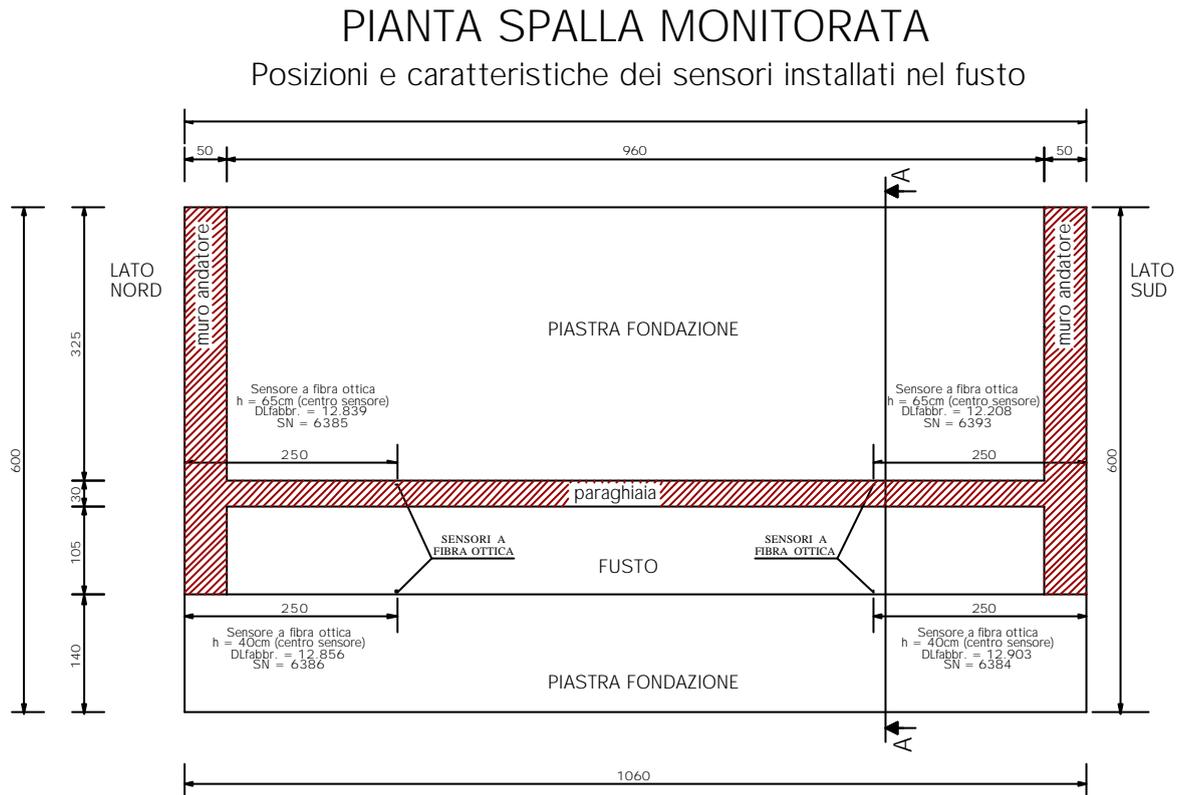


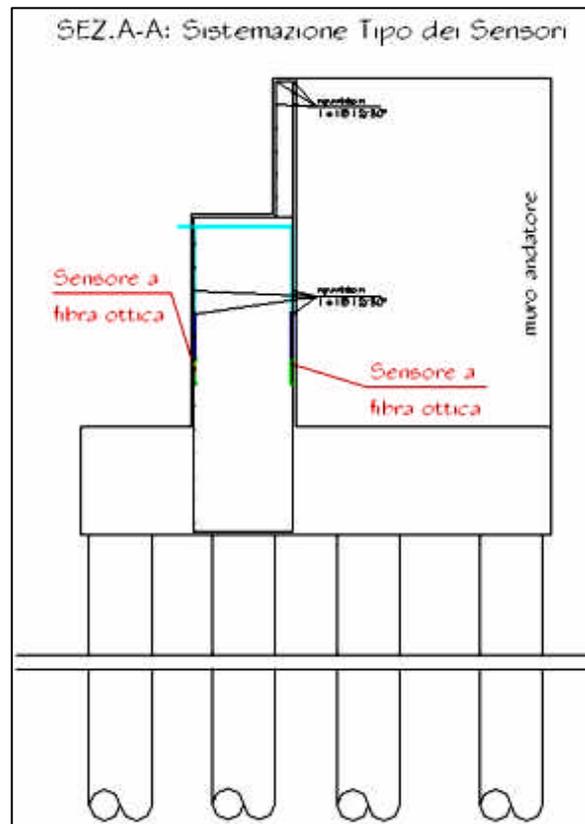
Figura 5

Identificazione della posizione a fibra ottica installati nel fusto della spalla oggetto di monitoraggio

Nella successiva **Figura 6**, è riprodotta la sezione AA precisata nella pianta riprodotta come **Figura 5**. In tale Sezione risultano rappresentati i sensori ubicati, in senso planimetrico, a 250 cm di distanza dal Lato Sud della spalla.

Figura 6

Identificazione della posizione dei sensori a fibra ottica installati nel fusto della spalla oggetto di monitoraggio



Monitoraggio di Opere di sostegno con architetture a Fibra Ottica

Nelle successive figure sono mostrate l'installazione in opera dei sensori a fibra ottica sul fusto della spalla del viadotto.



Foto 7
Armatura Fusto della Spalla Lato Est.
Installazione Sensori a fibra ottica.



Foto 8
Armatura Fusto della Spalla Lato Est.
Sensori a fibra ottica installati.