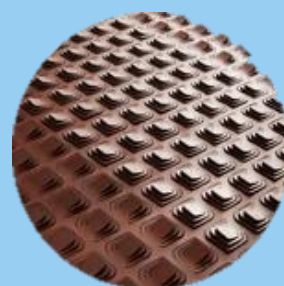
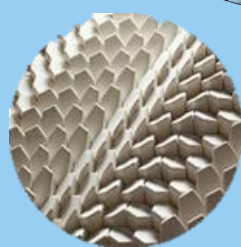
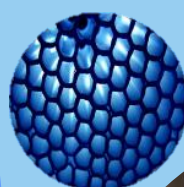


REPORT TECNICO IX

Linee guida per posa uso e manutenzione dei sistemi smart – Fibra ottica





POR-FESR 2014-2020

ASSE 1 Ricerca e Innovazione

Azione 1.2.2 Supporto alla realizzazione di progetti complessi di attività di ricerca e sviluppo su poche aree tematiche di rilievo e all'applicazione di soluzioni tecnologiche funzionali alla realizzazione della strategia di S3

Bando per progetti di ricerca industriale strategica rivolti agli ambiti prioritari della Strategia di Specializzazione Intelligente (DGR n. 986/2018)

Progetto MImeSIS

MATERIALI SMART SENSORIZZATI E SOSTENIBILI PER IL COSTRUITO STORICO

CUP E21B18000480007



REPORT TECNICO O5.3: LINEE GUIDA PER POSA USO E MANUTENZIONE DEI SISTEMI SMART

Obiettivo Realizzativo:	FASE 5
Responsabile di Fase:	CIRI-EC
Partner coinvolti	Certimac, CIRI EC, CNR-ISTEC, Geosmart Lab, CC
Data di completamento:	30 Gennaio 2022

Il presente documento ha lo scopo di fornire delle utili linee guida per l'installazione, uso e manutenzione del sistema di monitoraggio smart basato su fibre ottiche inserite in FRCM con fibre in acciaio per il rinforzo strutturale.

1 Sensore distribuito – fibra ottica

Il sensore è costituito da una fibra ottica monomodale contenuta all'interno di un'armatura elicoidale flessibile in acciaio; questo involucro ha lo scopo di proteggere il sensore una volta inserito all'interno della malta del rinforzo strutturale.

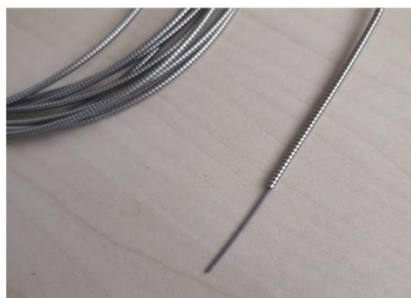


Figura 1 - Sensore fibra ottica

Specifiche del sensore:

Diametro del nucleo interno: 8.2 μm

Diametro mantello di vetro della fibra: 125 μm

Diametro del rivestimento esterno a base di acrilato adatto allo stripping: 245 μm

Range di temperatura: -60 °C a + 85 °C

Attenuazione del segnale inferiore a 0.34 dB/km per $\lambda=1310$ nm

Attenuazione dovuta al piegamento trascurabile per raggi di curvatura maggiori di 16 mm e basso numero di avvolgimenti

2 Centralina di acquisizione: Luna OBR 4413



Figura 2 - Centralina di acquisizione Luna OBR 4413

La centralina di acquisizione per le fibre ottiche è l'interrogatore **Luna OBR (Optical Backscatter Reflectometer) 4413**, questo dispositivo viene connesso ad un computer per l'analisi e l'elaborazione dei dati ricevuti.

Specifiche tecniche della centralina:

Input Voltage Range: 100-250 VAC

Input Frequency Range: 50-60 Hz

Operating Power: 100 VA

Operating Temperature Range: 10-35°C

Storage temperature range: 0-40°C

Relative Humidity: < 80%

Maximum Rated Output Power: 2.4 mW

Internal Laser Module Maximum Rated Output Power: 10.0 mW

Emitted Wavelengths: 1260-1340 nm or 1520-1630 nm

Dimensions: 366 X 345 X 165 mm

Maximum Device Length (including leads):

Normal Mode: 70 m

Extended Mode: 2000 m

Spatial Resolution (two-point): 10 µm over 30 meters

20 µm over 70 meters

3 mm over 2 km

Wavelength:

Resolution (max): 0.02 pm

Accuracy: ± 1.5 pm

Integrated Return Loss Characteristics:

Dynamic range: 70 dB

Total range: +5 to -125 dB

Sensitivity: -130 dB

Resolution: ± 0.05 dB

Accuracy: ± 0.10 dB

3 Installazione

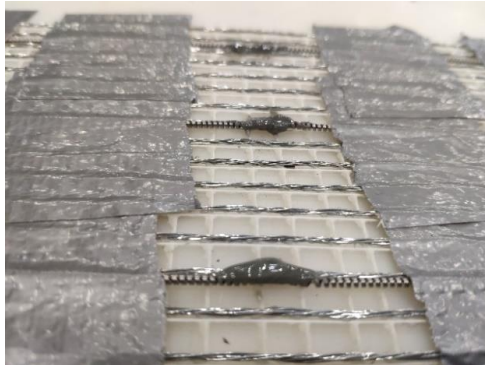
Per ottenere delle misure di deformazione realistiche all'interno dei sistemi di rinforzo in materiale composito FRCM è di fondamentale importanza la solidarizzazione del sensore fibra ottica con i microtrefoli presenti all'interno del tessuto in acciaio. Poiché la fibra ottica risulta ricoperta da un'armatura protettiva elicoidale in acciaio all'interno della quale può scorrere liberamente, è necessario solidarizzare il *sistema fibra-ricoprimento-trefolo in alcuni punti discreti*.

Per effettuare questi **incollaggi puntuali** si procede in due fasi distinte:

- 1) Per prima cosa le maglie elicoidali dell'armatura vengono allargate nella direzione della fibra mediante l'utilizzo di due pinze, poi si effettua l'incollaggio facendo colare in questi punti un adesivo cianoacrilato liquido;



- 2) Successivamente negli stessi punti la fibra al rinforzo, attraverso una pasta adesiva epossidica bi-componente.



A questo punto un'operazione essenziale è il collegamento tra una delle due estremità della fibra ottica e un connettore *pigtails*. Quest'ultima, infatti, viene solitamente venduta in rotoli e tagliata in base alle proprie esigenze, ma il collegamento con l'interrogatore deve sempre avvenire mediante un connettore apposito. Il processo di collegamento di questi due elementi è denominato "splicing" e viene eseguito attraverso un'apposita procedura di seguito presentata.

Prima di tutto è necessario rimuovere l'armatura elicoidale protettiva (nel tratto terminale di fibra), poi attraverso un opportuno strumento viene rimosso parte del rivestimento e del mantello della fibra stessa (attraverso una procedura denominata "stripping").



Figura 3 - Stripper (a sinistra) e tratto di fibra ottica con e senza mantello (a destra)

Questa operazione viene effettuata sia sull'estremità libera della fibra ottica resa solidale al rinforzo strutturale e quella del connettore. Una volta ripulite le due estremità così ottenute è

necessario regolarizzarne la sezione terminale, la quale deve risultare perfettamente ortogonale affinché possa avvenire efficacemente il processo di unione. Per fare questo viene utilizzato un **High Precision Cleaver** di marca Fujikura. In seguito, le due estremità vengono saldate mediante *splicing per fusione* con l'ausilio del **Livingston Type-25e** della Sumitomo Electric.



Figura 4 - Cleaver Fujikura (a sinistra) e Splicer Livingston (a destra)

Per l'operazione di splicing, le estremità delle due fibre vengono posizionate all'interno di due guide e fermate con piccole morse magnetiche. L'unione avviene con l'ausilio di un arco elettrico di precisione che ionizza lo spazio compreso tra le due estremità ad una temperatura di 1100°C. Una volta conclusa l'operazione, sul display viene mostrata l'accuratezza stimata in termini di perdita di segnale. Se il risultato è soddisfacente il tratto viene termosaldato con un rivestimento per proteggere e irrigidire il collegamento.

4 Uso e manutenzione

Innanzitutto, il sistema di acquisizione (composto dall'interrogatore e dal pc) viene posizionato in prossimità dell'elemento da analizzare. Prima di effettuare una misura lo strumento deve essere calibrato (comando *Tool - Calibrate*), collegando lo **specchio Faraday** fornito in dotazione con l'ingresso "source" della macchina.



Figura 5 - Specchio Faraday per la calibrazione dell'interrogatore

Successivamente è necessario allineare le ottiche interne alla macchina attraverso il comando *Tool – Align Optics*, presente all'interno del software proprietario preinstallato sul pc.

Successivamente devono essere definiti i seguenti parametri:

- *Spatial resolution* = 10 mm
- *Integration width* (variabile in base alla lunghezza del tratto di fibra ottica compreso all'interno del campione)
- *Shift resolution* = 1 cm

Una volta collegata la fibra ottica, le deformazioni vengono calcolate dal software in funzione delle differenze registrate rispetto ad una misura di zero iniziale, lungo tutto il suo sviluppo (attraverso il metodo *Brillouin scattering*).



Figura 6 - Esempio schermata di lettura delle deformazioni

Spesso il tratto di interesse non coincide con l'intero sviluppo della fibra, per questo motivo è possibile andare a selezionare la zona in cui concentrare l'analisi (cursore giallo mobile rappresentato in Figura 6). Attraverso questo sistema è possibile monitorare lo stato di salute dell'elemento strutturale rinforzato, individuando le posizioni in cui le deformazioni si concentrano (aree di possibile danneggiamento e degrado), fermo restando la necessità di avere sempre una lettura di zero di riferimento.

Occorre però proteggere sempre la parte terminale della fibra (dove si trova il connettore), nei periodi in cui la lettura non viene effettuata, per evitare di danneggiare l'interrogatore una volta che viene ripristinato il collegamento; inoltre va posta particolare attenzione mentre si muove l'estremità libera perché il rischio di strappare la fibra, nonostante il ricoprimento in acciaio, è molto alto. Nel caso in cui ci si accorgesse che la fibra è danneggiata nella sua parte terminale è sempre possibile ripetere l'operazione di splicing (descritta in dettaglio in precedenza) a valle della rottura così da ripristinare la funzionalità del sistema di monitoraggio strutturale.



Mimesis – Materiali Smart Sensorizzati e Sostenibili per il Costruito Storico è un progetto cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale (POR FESR 2014 – 2020) e dal Fondo per lo sviluppo e la coesione (FSC)

www.mimesis-project.eu

