OSSERVATORIO SULLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEGLI AEROPORTI

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI VARESE

A.I.MAN. Associazione Italiana Manutenzione

9° CONVEGNO

"Aeroporti: esperienze operative e innovazioni tecnologiche"

30 ottobre 2014 - Aeroporto Malpensa

Nuove tecnologie per ambiente sicurezza e monitoraggio in aeroporto:

La tecnologia FBG per il monitoraggio in ambito aeroportuale

Ing. Matteo Bacchi

ewo® DAB SI SISTEMI INTEGRATI impresa bacchi COSTRUZIONI GENERALI

Indice

- Introduzione
- Sistema di monitoraggio basato sulla tecnologia delle fibre ottiche accoppiata ai sensori FBG
- Descrizione della fase sperimentale
  - Test di laboratorio
  - Sperimentazione in vera grandezza
- Applicazioni significative
- Conclusioni

Introduzione

- Monitorare una sovrastruttura è utile ed interessante per fini scientifici in quanto si può disporre di dati con i quali progredire nelle conoscenze e nella modellazione razionale della pavimentazione

- Lo stato dell'arte dei sistemi tradizionali di acquisizione dati è caratterizzato da strumenti elettro-meccanici con una elevata mortalità anche durante la fase di installazione

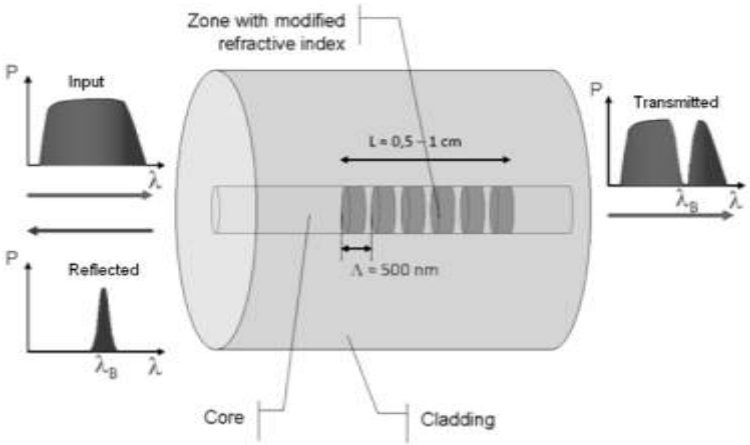
- Questa ricerca presenta un innovativo sistema di monitoraggio basato sulla tecnologia delle fibre ottiche, sviluppato e testato per la misurazione dello stato tenso-deformativo e delle temperature all'interno di pavimentazioni in conglomerato bituminoso

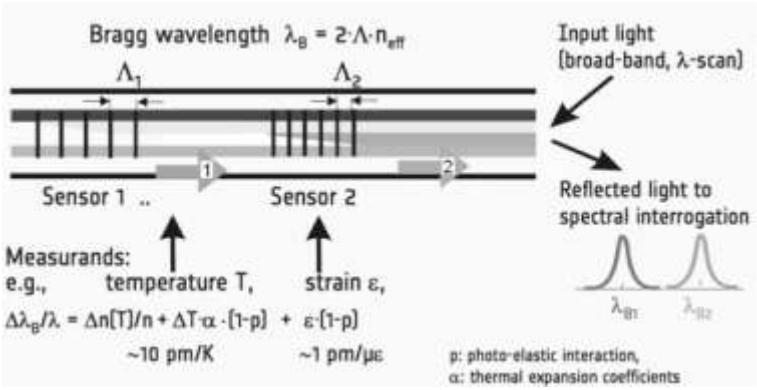
Tecnologia dei sensori Fiber Bragg Grating - FBG

- La tecnologia si basa sulla perturbazione dell'indice di rifrazione della fibra ottica in determinati punti (sensori FBG) della stessa;

- I sensori FBG consentono di riflettere una determinata lunghezza d'onda e di continuare a trasmettere le altre all'interno della fibra;

- Le sollecitazioni di tipo meccanico o termico agiscono sui sensori FBG che, a loro volta, modificano la lunghezza d'onda rifratta





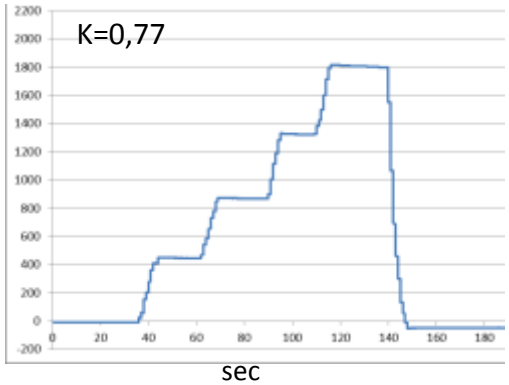
E' possibile misurare:

- ✓ *Deformazioni dell'ordine del nanometro (10^{-9} m) o picometro (10^{-12} m)*
- ✓ *Temperature dai -270 ° C ai 900 ° C*
- ✓ *Vibrazioni con frequenze dagli 0 ai 100 Hz*

Fase sperimentale – Test di laboratorio

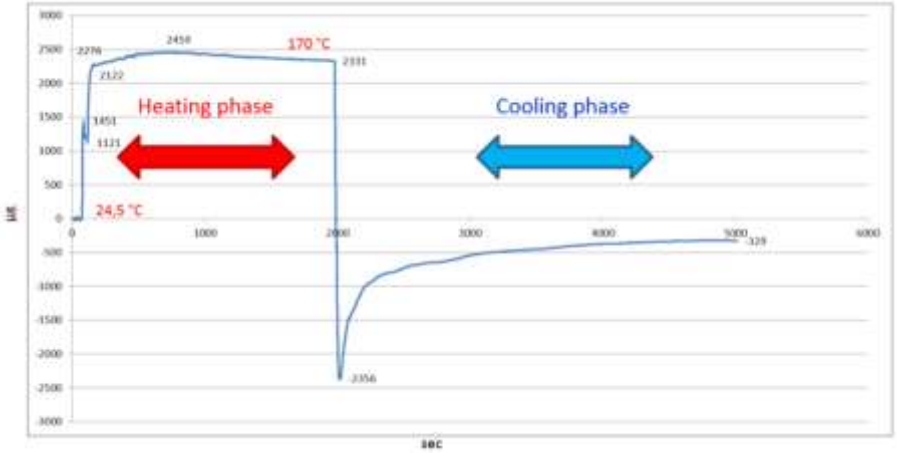
- Prove di trazione semplice per settare i corretti parametri dei sensori FBG
  (c/o Laboratorio di Strutture del Politecnico di Milano)

  ✓ *Perfetta corrispondenza tra l'allungamento imposto e quello misurato dal sensore*



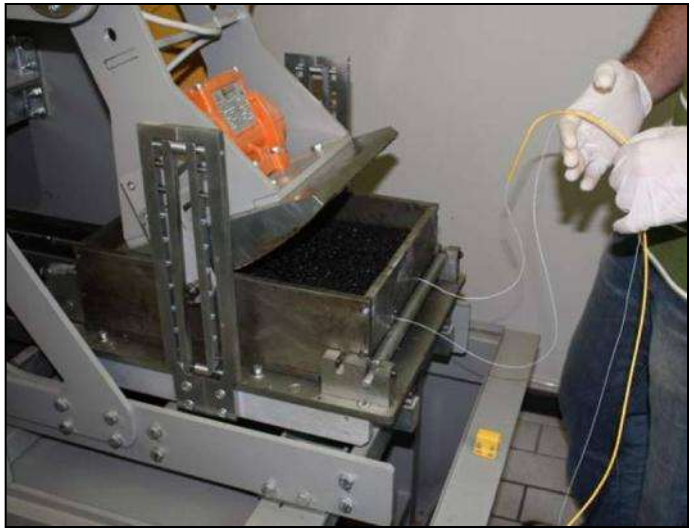
- Prove per determinare il comportamento alle alte temperature dei sensori FBG
  (c/o Laboratorio Sperimentale Stradale del DICA - Politecnico di Milano)

  ✓ *Perfetta risposta del sensore sia durante la fase di riscaldamento che durante la fase di raffreddamento*



Fase sperimentale – Test di laboratorio

- Per valutare il comportamento dei sensori FBG durante la fase di compattazione è stata realizzata in laboratorio una piastra doppio strato 40x6x3+3 cm
(c/o Laboratorio di Impresa Bacchi s.r.l.)



  - Compattazione con roller compactor in modo da simulare il carico statico lineare di un rullo tandem

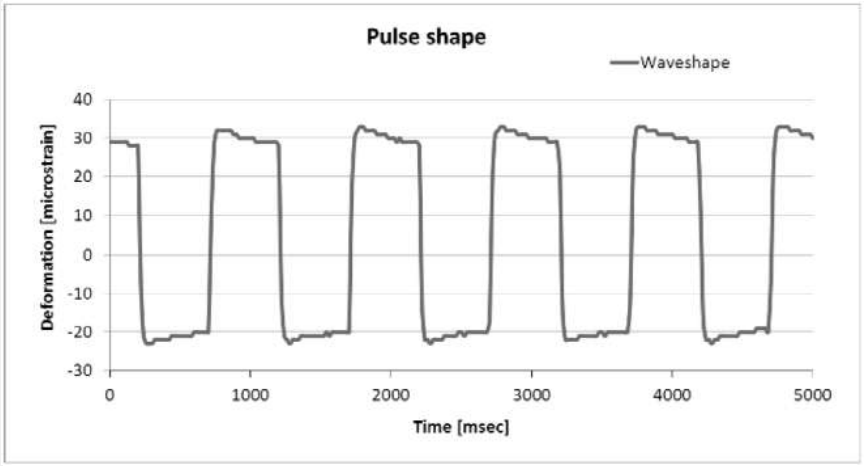
  - Sensori FBG installati nel mezzo dei due strati previa applicazione di mano d'attacco

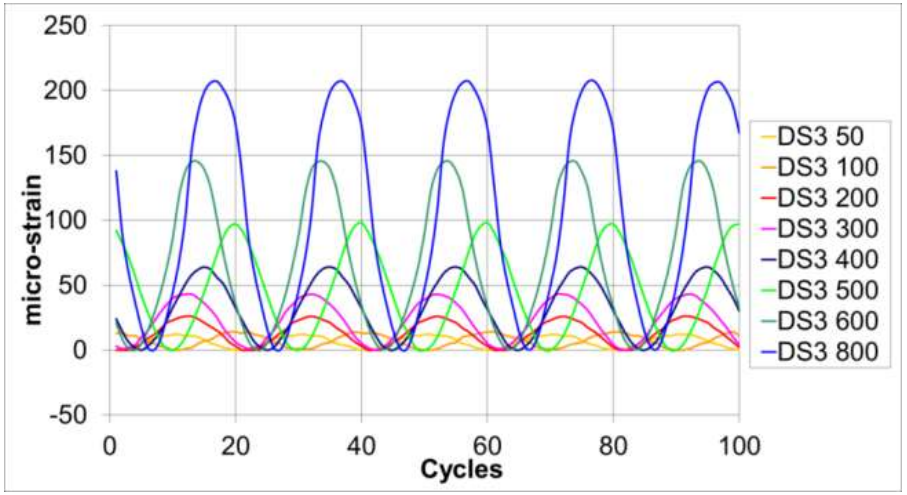
✓ *Resistenza dei sensori FBG alle sollecitazioni meccaniche derivanti dalla compattazione*

Fase sperimentale – Test di laboratorio

- Per valutare il comportamento dei sensori FBG durante test di tipo dinamico sono state eseguite delle prove di flessione a 4 punti
- *(c/o Laboratorio di Impresa Bacchi s.r.l.)*

  - Deformazione controllata (50-800 με)
  - Differenti curve di carico (ad impulso, sinusoidale, rettangolare,…)

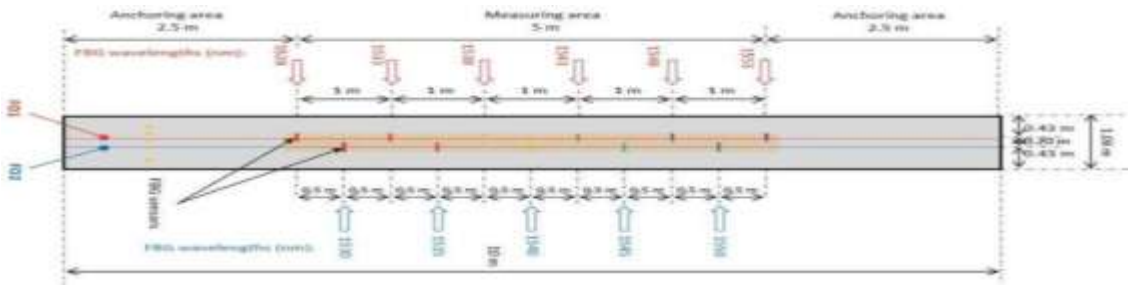




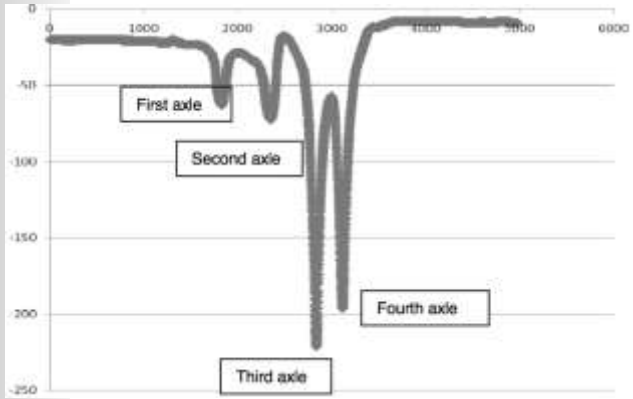
✔ *Buona correlazione tra le deformazioni imposte e quelle misurate*

Fase sperimentale – Campo prova in vera grandezza

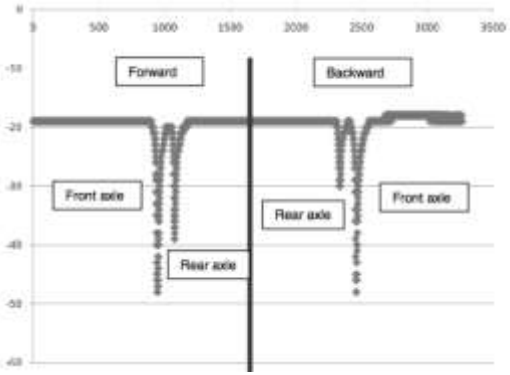
- verificare l'efficacia ed il comportamento durante le usuali operazioni di stesa e compattazione e la risposta dei sensori al transito di svariati mezzi quali autovetture, camion a 4 assi, pale gommate, etc.
  (c/o Sede dell'Impresa Bacchi s.r.l.)



Camion 4 assi



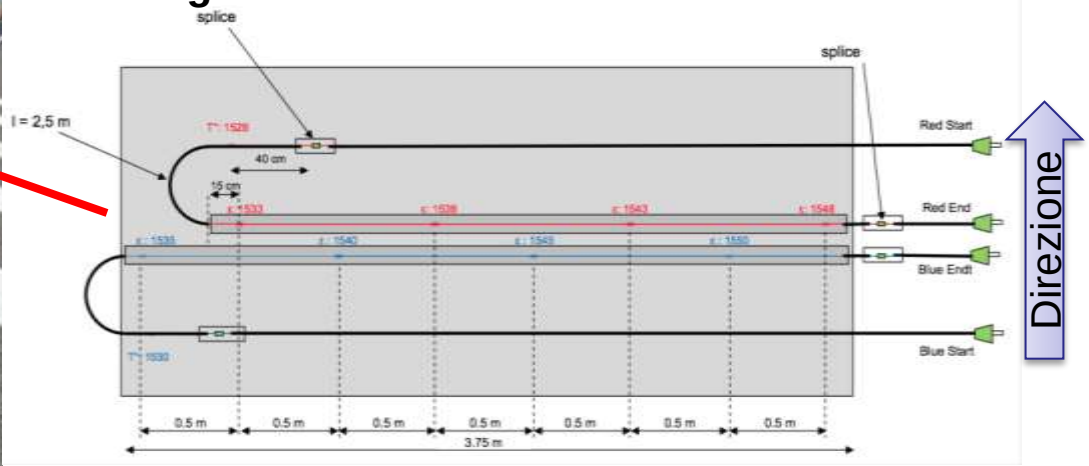
Autovettura

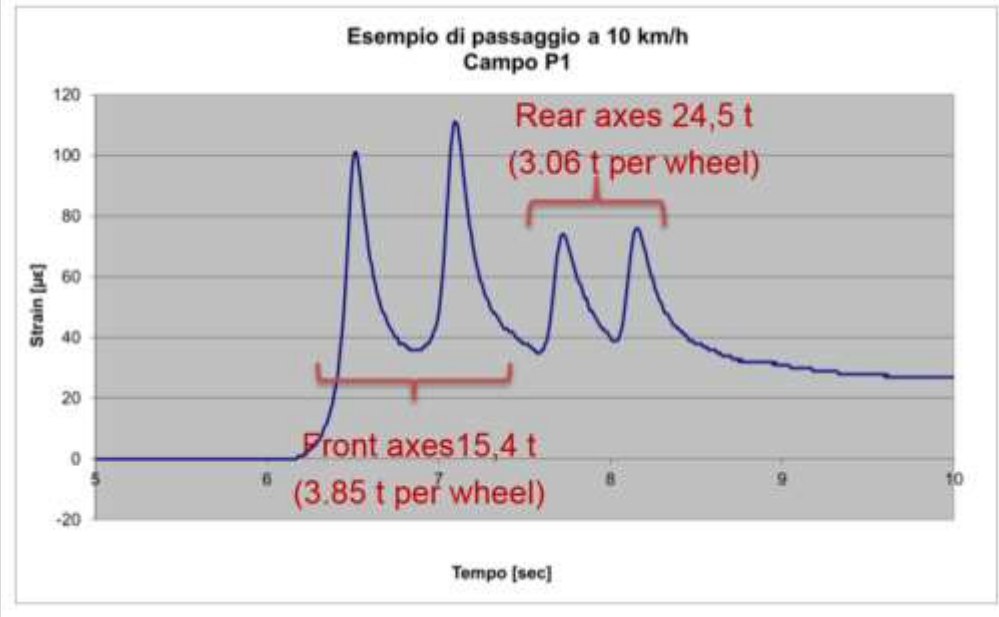


✓ *La prima installazione di successo in vera grandezza con i primi rilievi eseguiti durante il transito di mezzi aventi differenti configurazioni di peso e n. di assi*

Applicazioni significative in ambito autostradale
Installazione di 4 portali sull' autostrada A4 (Novate Milanese)

Larghezza della corsia di marcia lenta

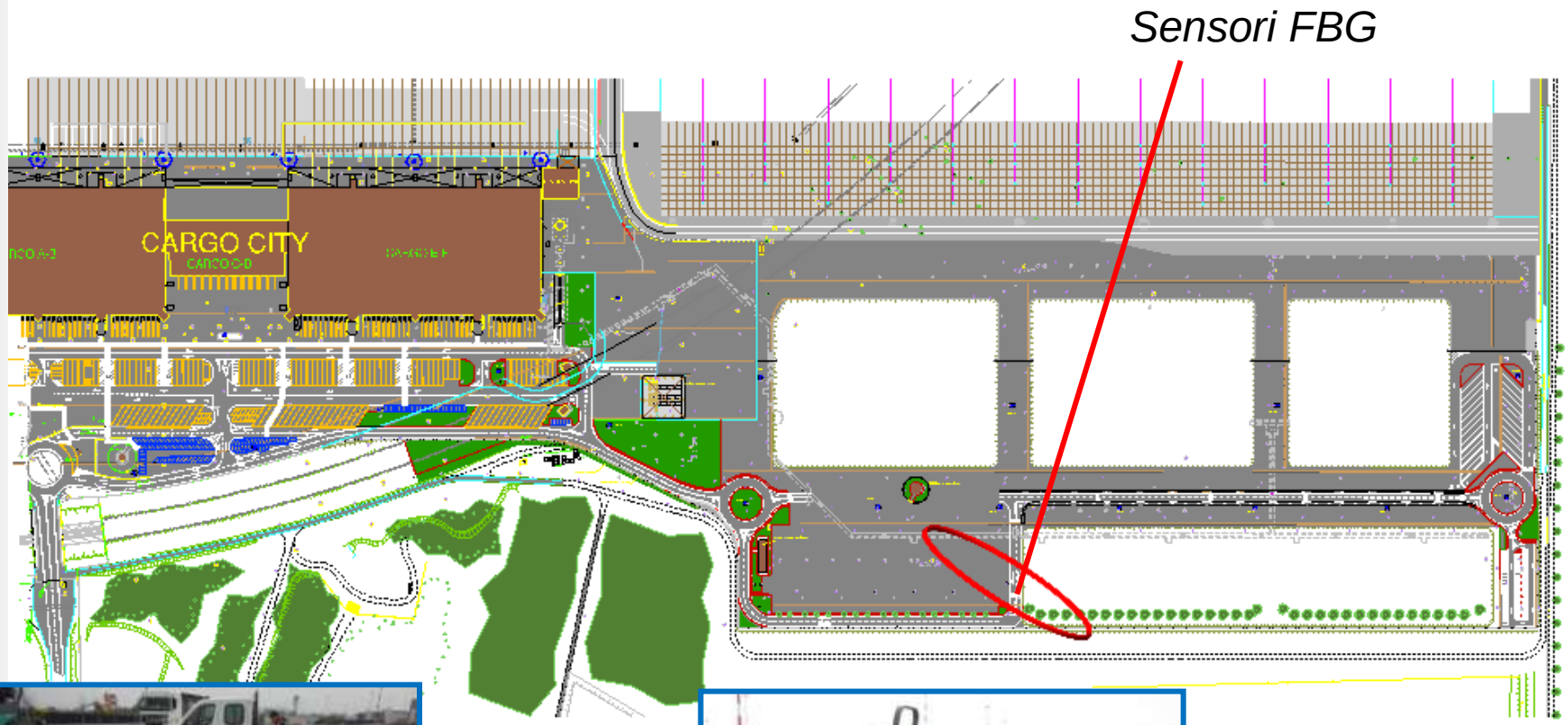




L'elaborazione dei dati acquisiti ha mostrato:

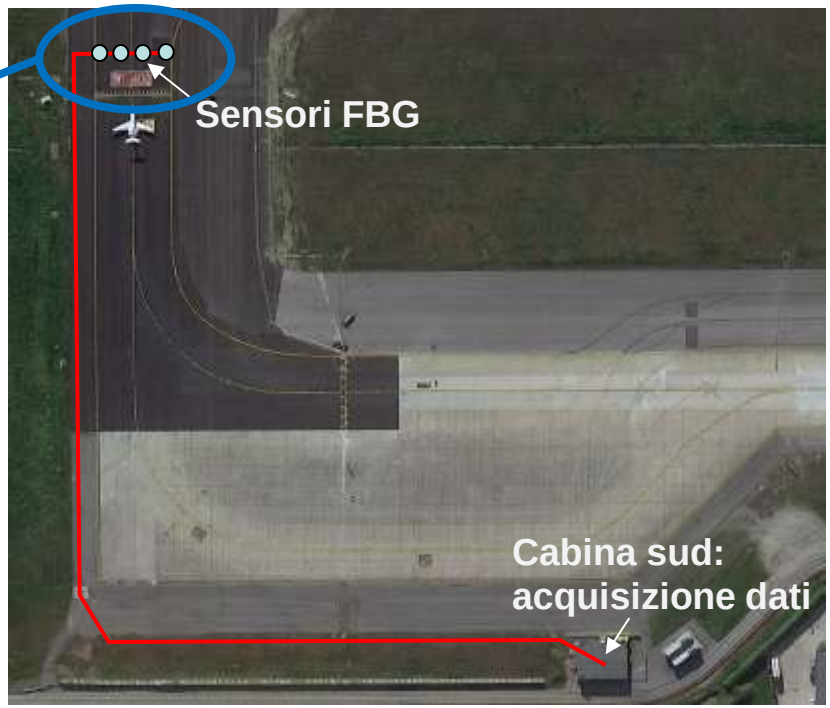
- ✔ *Perfetta coerenza tra le deformazioni misurate e il tipo di veicolo in transito*
- ✔ *Perfetta corrispondenza tra le deformazioni orizzontali misurate dai sensori FBG e quelle simulate da modellazioni numeriche con multistrato elastico*

Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale nell'area Cargo landside (Malpensa)



Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

Localizzazione e configurazione dei sensori FBG



- *Portale di monitoraggio composto da:*
  40 sensori FBG intervallati di 30 cm per la misurazione delle sollecitazioni meccaniche;
  2 sensori FBG per la misurazione della temperatura

Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

Installazione sul raccordo Tango in collaborazione con Impresa Bacchi

Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

Funzionamento del portale di monitoraggio

Passaggio di un Boeing 737 sul portale →

[redacted]

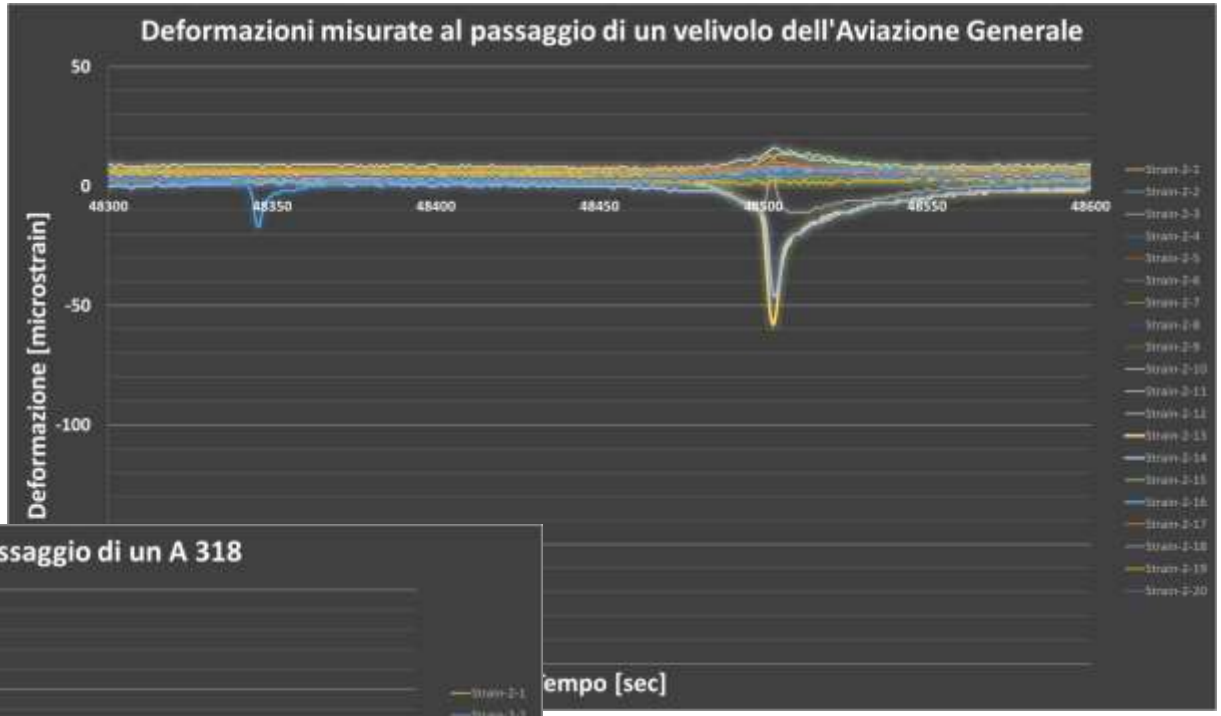
[redacted]

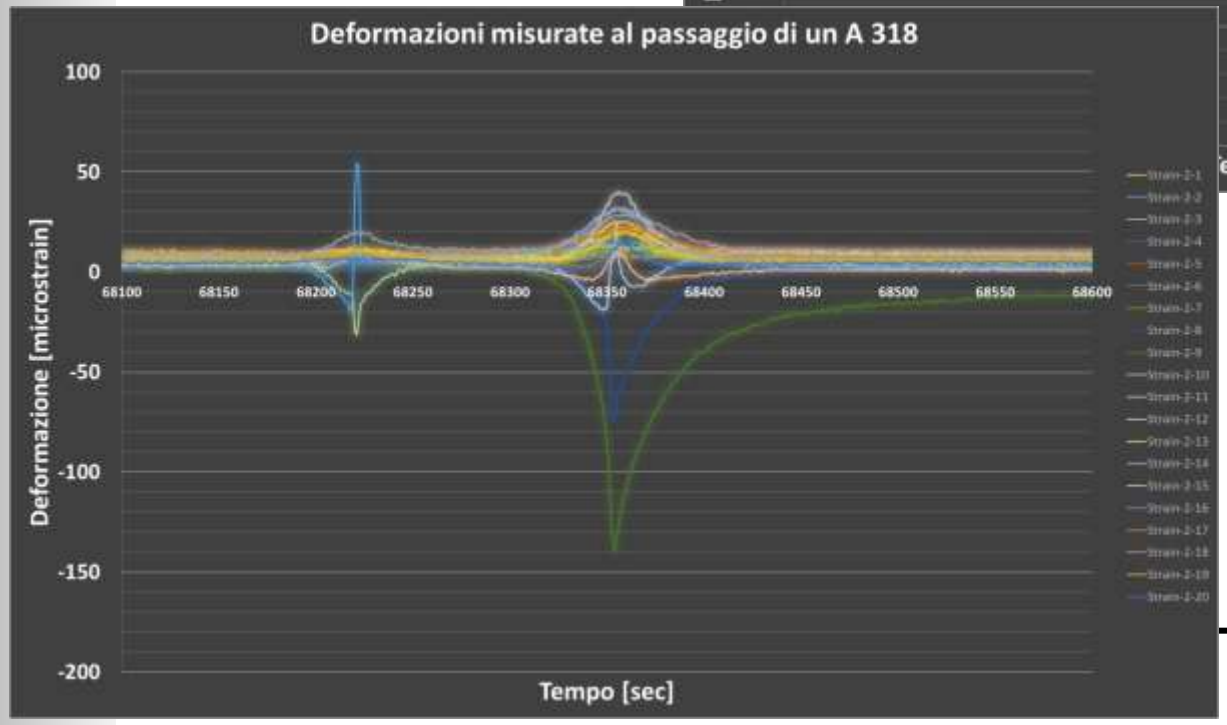
← *Lettura delle deformazioni da parte dei sensori FBG durante il passaggio del Boeing 737*

Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

Esempi di misurazioni effettuate con il sistema FBG

Misurazione eseguita durante il passaggio di un aeromobile dell'Aviazione Generale





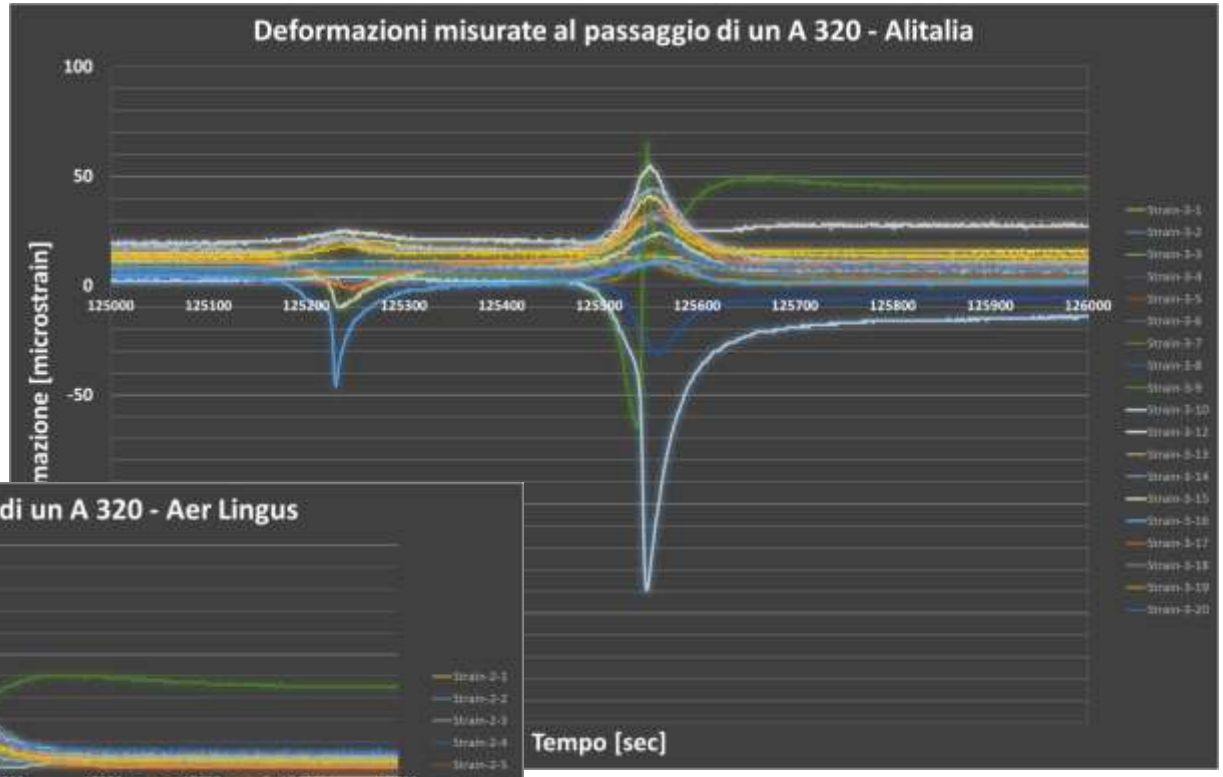
Misurazione eseguita durante il passaggio di un Airbus A 318

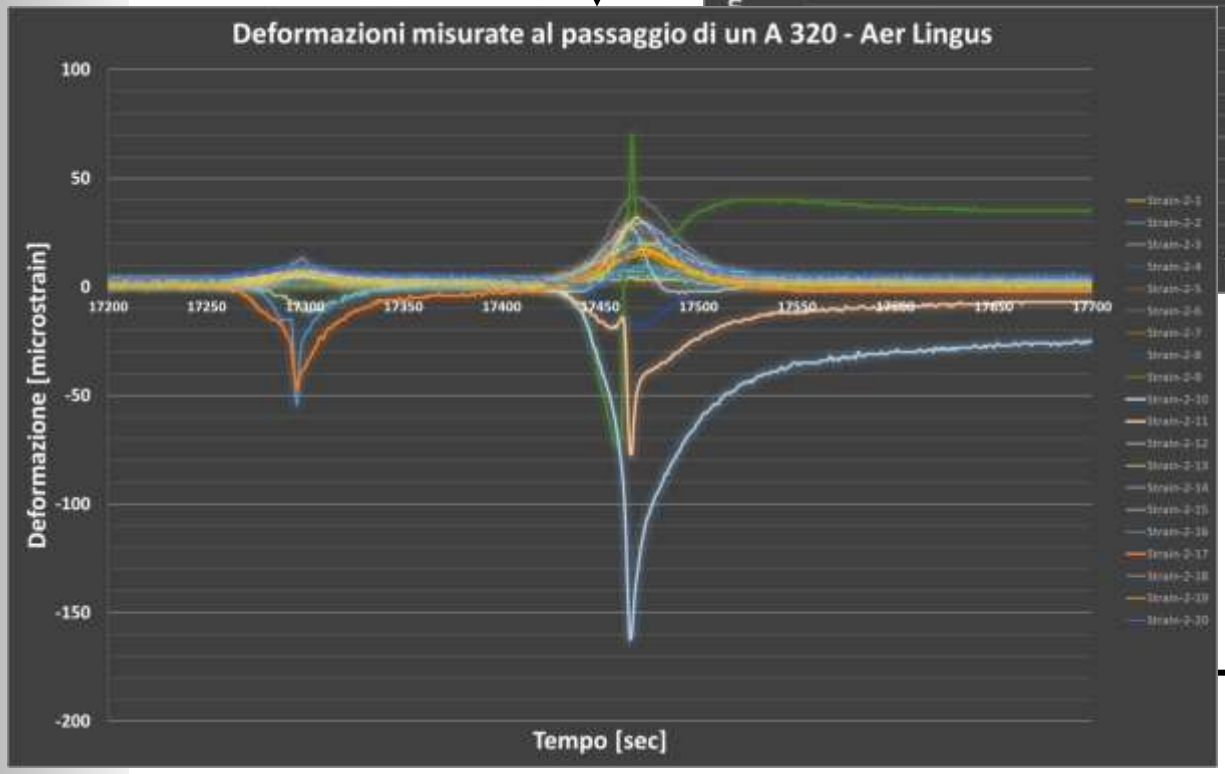
Applicazioni significative in ambito aeroportuale

Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

Esempi di misurazioni effettuate con il sistema FBG

Misurazione eseguita durante il passaggio di un Airbus A 320





✓ *Si può notare come ci sia una sostanziale similitudine tra i due stati di sollecitazione creati dal passaggio dello stesso tipo di velivolo ma di due compagnie differenti*

Applicazioni significative in ambito aeroportuale
Installazione di 1 portale sul raccordo Tango di Linate

- La tecnologia descritta è stata messa a punto in ogni suo aspetto ed è da considerarsi pronta per il monitoraggio di pavimentazioni aeroportuali;

- La validazione della tecnologia è avvenuta anche grazie alla preziosa collaborazione di PRC Elettronica che ha permesso il confronto dei dati acquisiti dai sensori FBG con i dati registrati da altre fonti di informazione (microonde). ***Questo processo ha mostrato una perfetta correlazione tra le misure dei due sistemi***;

- Il portale di monitoraggio è operativo e il processo di elaborazione dati, di volta in volta acquisiti, è attualmente in corso in collaborazione con il Prof. Crispino.

Conclusioni

- L'applicazione, pionieristica nell'ambito delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso, ***è stata installata con successo sia in ambito stradale, autostradale e aeroportuale***;
- ***Svariate sono le applicazioni***: rilevamento di presenza, conteggio assi/carrelli, individuazione auto/velivolo, studio dello stato tensionale, analisi della vita a fatica, supporto alla pianificazione della manutenzione etc…
- Per quanto riguarda la sicurezza in ambito aeroportuale, il sistema di monitoraggio con FBG si è dimostrato perfettamente in grado di ***lavorare in parallelo e in modo ridondante*** ***con i normali e consolidati sistemi anti-intrusione*** (microonde e infrarossi) utilizzati in aeroporto;
- Premesso che la tecnologia con sensori FBG ha come principale utilizzo il monitoraggio e lo studio della sovrastruttura, premesso che questa tecnologia non vuole sostituire i classici sistemi anti-intrusione ma esserne ridondante, ***in presenza di aree in cui non fosse possibile installare tali sistemi, la tecnologia FBG può essere validamente applicata in quanto annegata nella pavimentazione***