

Scheda della Linea di Ricerca

Tema/Denominazione: Studio del comportamento dei materiali stradali in condizioni di esercizio

Gruppo di ricerca			
N°	Componente	Qualifica	SSD
1	Maltinti Francesca	Ricercatore	ICAR/04
2	Mauro Coni	Professore Associato	ICAR/04
3	Silvia Portas	Assegnista Ricerca	ICAR/04
6	Massimiliano Pau	Professore Associato	INGIND/14
7	Bruno Leban	Ricercatore	INGIND/13

Parole chiave: Pavimentazioni aeroportuali; modelli costitutivi conglomerati bituminosi; prove non distruttive; monitoraggio in condizioni reali

Descrizione della Linea di Ricerca⁽¹⁾ (MAX 3000 caratteri)

La finalità primaria del progetto di ricerca è monitorare con sistemi non distruttivi il comportamento meccanico dei materiali costituenti i diversi strati della nuova pavimentazione della pista di volo principale dell'aeroporto Cagliari-Elmas, al fine di elaborare procedure e protocolli affidabili per la definizione del reale comportamento delle sovrastrutture flessibili aeroportuali.

Nello specifico gli obiettivi elencati nella proposta del progetto di ricerca sono i seguenti:

- 1. il monitoraggio dell'evoluzione dei parametri meccanici delle pavimentazioni;*
- 2. la formulazione analitica di modelli per l'implementazione dei metodi di calcolo.*

La nuova pista di volo dell'aeroporto di Cagliari-Elmas è stata realizzata con una pavimentazione di tipo flessibile formata da 3 strati in conglomerato bituminoso (strato di usura, di collegamento e di base), ed uno strato di fondazione in misto granulare non legato, poggiante su uno strato di sottofondo stabilizzato. Il comportamento delle pavimentazioni flessibili è funzione dell'intensità dei carichi agenti, della velocità di applicazione del carico, dalla temperatura di esercizio e dalle condizioni di umidità. Quindi per monitorare i parametri meccanici, sforzi e deformazioni, assieme ai valori ambientali in condizioni di esercizio della pista, è stata installata una rete di 149 sensori costituita da: 36 celle di pressione, per misurare le pressioni verticali negli strati legati e no, installate su 4 strati, a gruppi di 9 in ogni strato; 36 trasduttori di deformazione (LVDT) per misurare le deformazioni nei due strati non legati della pavimentazione sottofondo e fondazione, nello strato di sottofondo è stato installato un gruppo di 9 strumenti in direzione verticale, nello strato di fondazione sono stati installati 3 gruppi da nove, un gruppo in direzione verticale, uno in direzione parallela e uno in direzione perpendicolare al moto degli aeromobili; 28 termocoppie di tipo T per misurare la temperatura di ogni materiale costituente la pavimentazione, con più di un sensore in ogni strato; 4 sensori di umidità volumetrica, per la misura dell'umidità degli strati non legati, è stato

¹ Evidenziare ovunque possibile la collocazione della Linea di Ricerca all'interno delle aree di interesse di Horizon 2020:

- 1. Personalising health and care*
- 2. Sustainable food security*
- 3. Blue growth: unlocking the potential of seas and oceans*
- 4. Digital security*
- 5. Smart cities and communities*
- 6. Competitive low-carbon energy*
- 7. Energy Efficiency*
- 8. Mobility for growth*
- 9. Waste: a resource to recycle, reuse and recover raw materials*
- 10. Water innovation: boosting its value for Europe*
- 11. Overcoming the crisis: new ideas, strategies and governance structures for Europe*
- 12. Disaster-resilience: safeguarding and securing society, including adapting to climate change*

installato rispettivamente un gruppo di due sensori nello strato di sottofondo e di fondazione.

L'installazione degli strumenti è stata eseguita contemporaneamente con la costruzione degli stessi in maniera tale da formare un corpo unico con la pavimentazione e misurare realmente la risposta della pavimentazione.

Gli strumenti, installati alla base dei quattro strati portanti della pavimentazione della pista, ricadono in un'area che si sviluppa parallelamente all'asse della pista per una lunghezza di circa 11 m e perpendicolarmente all'asse pista per circa 5 m, e parte da una distanza di 1,8 m dall'asse della pista, in prossimità della testata 32. Le dimensioni dell'area strumentata e la sua posizione sono state scelte in maniera tale da rilevare gli effetti del più alto numero di movimenti di aeromobili.

Tutti gli strumenti installati sono stati collaudati in laboratorio con macchine numeriche prima della loro installazione, e monitorati in fase di installazione. Il controllo eseguito durante tutte le fasi di installazione ha evidenziato il corretto funzionamento di tutti gli strumenti installati, inoltre le misure rilevate costituiscono il valore di riferimento per tutte le misure rilevate successivamente in fase di esercizio.

Prima dell'entrata in esercizio della pista, gli strumenti insieme al sistema di acquisizione dati sono stati controllati facendo passare sull'area strumentata un mezzo pesante a diverse velocità, da cui si è potuto verificare il corretto funzionamento del sistema sotto carico.

Per l'acquisizione delle misure in fase di esercizio della pista, il sistema di acquisizione dati è stato programmato per registrare in fase di carico e ad intervalli regolari di tempo. L'acquisizione in fase di carico è controllata da un circuito ad infrarossi normalmente chiuso che viene aperto dal passaggio dell'aeromobile e fa iniziare la registrazione delle misure. La registrazione in questo caso viene estesa per un tempo di 3 secondi, tempo sufficiente per rilevare il l'inizio e la fine del fenomeno. Inoltre la frequenza di acquisizione del segnale è stata fissata pari a 1500 Hz.

La registrazione ad intervalli regolari è programmata per memorizzare le misure di tutti gli strumenti ogni ora, e contemporaneamente, i valori di temperatura e umidità ogni 15 minuti.

Il sistema di acquisizione dati archivia automaticamente le misure registrate in cartelle giornaliere. I dati così memorizzati possono essere visionati giornalmente direttamente da un computer posizionato negli uffici della SOGAER S.p.A..

Con il sistema di sensori installato vengono acquisite giornalmente misure in fase di decollo e atterraggio, con velocità variabili tra i 40 ed i 240 km/h. Le misure acquisite sono distribuite in tutto l'arco della giornata a partire dalle 6 del mattino sino alla mezzanotte, che sono gli orari di normale esercizio dell'aeroporto, e durante la stagione estiva e in particolari periodi di intenso traffico sono state rilevate misure anche sino alle 2 del mattino.

Le sollecitazioni sono generate prevalentemente dai seguenti tipi di aeromobili: Airbus serie 319, 320 e 321, Boeing 737-800 e MD-80. La loro configurazione geometrica è molto simile e tale da far ricadere, in fase di atterraggio e decollo, il carrello principale nella sezione strumentata. Nonostante la configurazione geometrica molto simile, i pesi di questi aerei variano tra un minimo di 57 tonnellate ad un massimo di 72 tonnellate.

Quindi, i dati acquisiti correlati assieme ai dati di traffico, e alle caratteristiche degli aeromobili quali peso e pressione di gonfiaggio delle ruote degli aeromobili, forniti giornalmente dalla società di gestione dell'aeroporto, la SOGAER S.p.A., hanno permesso di eseguire un'analisi del comportamento dei materiali costituenti la pista in funzione dei parametri fondamentali che incidono sul loro comportamento a breve e a lungo termine.

I dati sono stati accumulati ormai per quasi tre anni e si è in fase di analisi dei dati raccolti.

Publicazioni prodotte relative al tema (MAX 3 pubblicazioni)

1. Imad L Al-Qadi, Silvia Portas, Mauro Coni, Samer Lahouar, "Runway Instrumentation and Response Measurements", 89 th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington DC, (USA);
2. Imad L Al-Qadi, Silvia Portas, Mauro Coni, Samer Lahouar , "Runway Pavement Stress and Strain Experimental Measurements" per il Journal of the Transportation Research Board, No. 2153, 12 January 2010, Pages 162-169, Scopus Code: 2-s2.0-78651268142, ISI: Pavement Management 2010, Volume 1;
3. Gennaio/febbraio 2011, pubblicazione articolo scientifico "La Smartrunway, il primo prototipo di pista di volo strumentata", sulla rivista nazionale "Strade e Autostrade", n. 85 annoXV, Edicem S.r.l., Milano;
4. Al-Qadi I, Portas S, Coni M (2011). Field testing and Modelling Update of the Italian Smart Runway Instrumentations. In: report FAA Airport Pavement Working Group Meeting, USA, 12-13 April 2011 Federal Aviation Administration.
5. Hao Wang, Imad L Al-Qadi, Silvia Portas, Mauro Coni, (2013)"Three-dimensional finite element modeling of instrumented airport runway pavement responses", Transportation Research Board of the National Academies Publisher, ISSN 0361-1981 (Print), Volume 2367 / Pavement Management 2013, Vol. 2, Pages 76-83, DOI:10.3141/2367-08, Scopus

Prospettive di sviluppo e potenziali collegamenti interdisciplinari (MAX 1500 caratteri)

Inquadrare le prospettive di sviluppo nelle aree di interesse di Horizon 2020⁽¹⁾

La ricerca si inquadra nell'area di interesse di Horizon 2020 "5. *Smart cities and communities*" e "*Energy Efficiency*", in quanto focalizza l'attenzione sullo studio dei reali modelli comportamentali dei materiali impiegati per la costruzione delle pavimentazioni aeroportuali con sistemi non distruttivi di monitoraggio continuo finalizzato al miglioramento delle tecniche di progettazione per un uso più efficiente dei materiali inerti e dei conglomerati bituminosi nel campo delle pavimentazioni aeroportuali.

Lo studio necessita di una pluralità di competenze. Per l'analisi dei materiali ICAR/04 "Strade, ferrovie e aeroporti" e INGIND/13 e INGIND/13 per la realizzazione ed il collaudo degli strumenti di misura.