

# Borsa dei Progetti di Ricerca

## Titolo del Programma di Ricerca

### Diagnosi e rilievo dei distacchi nelle pavimentazioni industriali

#### Abstract del Programma di Ricerca

Il distacco degli strati che compongono le pavimentazioni industriali sta assumendo sempre maggiore rilevanza tra i fenomeni di degrado delle costruzioni civili, data la grande estensione delle aree interessate e l'elevato onere economico degli interventi di ripristino, che in genere riguardano strutture in esercizio e sottoposte ad un uso intensivo. Tra le possibili cause spesso vi sono l'incompatibilità dei materiali e le modalità esecutive utilizzate nella realizzazione dei diversi strati (piastra strutturale, massetto, strato di usura), l'impiego non a regola d'arte di tecniche costruttive avanzate (calcestruzzi fibrorinforzati, assenza di giunti, finitura fresco su fresco) e la severità delle condizioni di esercizio (carichi concentrati, impulsivi e ciclici).

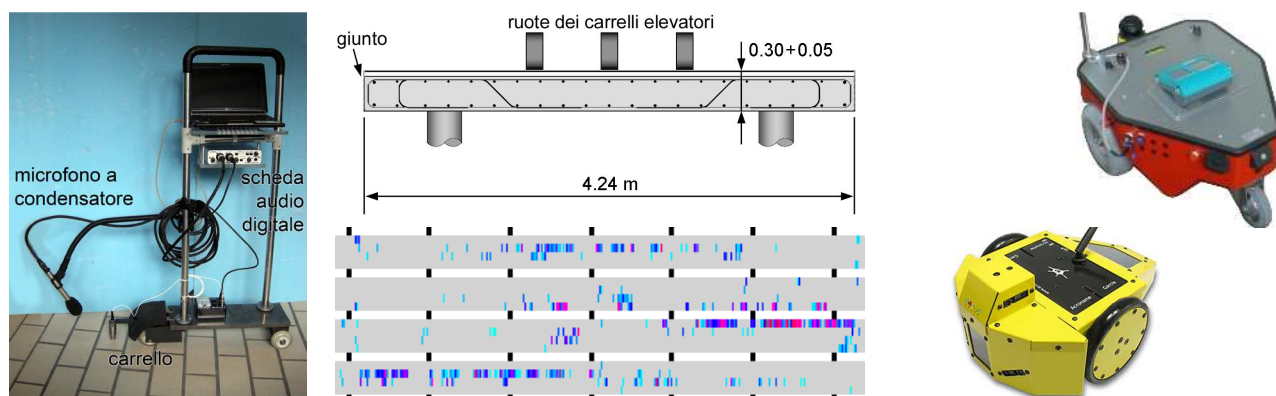
Ai fini della progettazione degli interventi di ripristino, un primo passo di notevole importanza è l'identificazione delle cause del degrado e la redazione di mappe di danno che consentano una quantificazione delle opere necessarie e una pianificazione delle fasi e dei tempi di esecuzione.

Notevoli sono i progressi registrati negli ultimi anni nello sviluppo di tecniche avanzate per lo studio dei fenomeni di distacco e di delaminazione. Si possono citare le tecniche di acustica di impatto, pulse-echo e ultrasoniche, lo studio delle onde superficiali, la termografia a impulsi e le scansioni con geo-radar ad alta frequenza. A questo si aggiunge la sempre più ampia diffusione dei kit di robotica, che consentono la movimentazione e il posizionamento delle strumentazioni e aprono nuove strade verso l'automazione delle indagini e l'abbattimento dei loro costi.

In quest'ambito il gruppo di ricerca attivo presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano si è già attivato da diverso tempo nelle seguenti direzioni:

- Implementazione delle tecniche di identificazione più avanzate, con lo scopo di fornire strumenti sufficientemente accurati per un'identificazione locale di dettaglio, volta a determinare la morfologia e le cause dei distacchi.
- Messa a punto di tecniche speditive e di facile utilizzo, adatte ad un'applicazione sistematica sull'intera superficie interessata dai distacchi, ai fini della redazione delle mappe di danno.
- Automazione delle applicazioni, per garantire una maggiore rapidità, una migliore accuratezza ed un minore costo di intervento.

In sintesi lo scopo generale è quello di pervenire in maniera efficiente ad una identificazione dei distacchi nelle pavimentazioni, mediante lo sviluppo di tecniche e strumentazioni che siano ragionevolmente accessibili e che non richiedano una eccessiva specializzazione per il loro utilizzo.



Carrello per l'indagine acustica nelle pavimentazioni industriali, esempio di mappa dei distacchi e robots adattabili all'ispezione automatizzata delle superfici orizzontali.

## Parole chiave

Automazione, delaminazioni, distacchi, indagini non distruttive (NDT), pavimentazioni.

## Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

Felicetti (Cognome)	Roberto (Nome)	Professore Associato (Qualifica)	
ICAR/09 (Settore scientifico-disciplinare)	Politecnico di Milano (Università)	Dip. di Ingegneria Strutturale (Dipartimento)	
02 2399 4388 / 335 7982364 (Prefisso e telefono)	02 2399 4220 (Numero fax)	roberto.felicetti@polimi.it (Indirizzo posta elettronica)	

## Curriculum scientifico del Coordinatore scientifico

Nato il 1° luglio 1965

Professore associato presso la I Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano (dal 2002).

Responsabile del Settore Calcestruzzi del Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano (dal 2004). Il Settore svolge attività di supporto alla ricerca del Dipartimento nel campo dei materiali cementizi e delle verifiche sperimentali su strutture, elementi prefabbricati e componenti industrializzati per l'edilizia.

### Partecipazione a comitati tecnici

RILEM TC HPB *"Physical Properties and behaviour of High-Performance Concrete at high temperature"*, come responsabile del gruppo di lavoro "5.1 - Fracture properties".

RILEM TC INR *"Interpretation of NDT results and assessment of RC structures"*, come responsabile del gruppo di lavoro "Fire damage assessment".

Su questi temi è stato organizzato il convegno "On-site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures" (SACoMaTiS 08), che si è tenuto nel settembre 2008 a Varenna (Lc).

Gruppo di lavoro "Metodi di prova" dell'Unicemento

### Tematiche di ricerca

L'attività scientifica è incentrata prevalentemente sui temi di seguito elencati:

- Studio del comportamento costitutivo e strutturale del calcestruzzo armato, con particolare riferimento ai metodi sperimentali per la caratterizzazione fisico-meccanica dei conglomerati e alle verifiche su elementi e strutture al vero, sia in opera che in laboratorio.
- Comportamento di conglomerati speciali (ad alta resistenza, leggeri, fibrorinforzati, auto-compattanti) e delle strutture con essi realizzate.
- Verifiche strutturali su elementi prefabbricati (travi, gusci sottili, pannelli) e su componenti speciali per l'edilizia industrializzata (ancoraggi e connessioni).
- Effetto sulle strutture in calcestruzzo armato di condizioni di carico e ambientali particolarmente severe (fuoco, fatica, sisma)
- Valutazione in opera dei fenomeni di degrado e stima della capacità residua delle strutture.

Le ricerche citate sono state svolte in stretto collegamento con le attività di certificazione e di consulenza svolte nell'ambito del Laboratorio Prove Materiali, dando adeguato rilievo alle esigenze pratiche e ai vincoli operativi delle applicazioni sul campo.

## **Publicazioni scientifiche più significative del Coordinatore scientifico**

Vengono di seguito elencate le principali pubblicazioni, limitatamente a quelle riguardanti le tematiche coinvolte nel presente programma di ricerca.

### Riviste internazionali

Felicetti R. and Gattesco N. (1998), "*A penetration test to study the mechanical response of mortar in ancient masonry building*", *Materials and Structures*, V.31, p.350-356.

Felicetti R. (2006), "*The Drilling Resistance Test for the Assessment of Fire Damaged Concrete*", *Journal of Cement and Concrete Composites*, V.28, p.321-329.

Colombo M. and Felicetti R. (2007), "*New NDT techniques for the assessment of fire-damaged concrete structures*", *Fire Safety Journal*, V.42, pp. 461-472.

Felicetti R., Gambarova P.G. and Meda A. (2009), "*Residual behaviour of steel rebars and R/C sections after a fire*" V.23, N.12, pp 3546-3555.

### Convegni internazionali

Felicetti R. (2005), "*Digital camera colorimetry for the assessment of fire damaged concrete*", Proc. Fib Task Group 4.3 Workshop Fire Design of Concrete Structures: What now? What next?, Milan, Dec. 2-4, 2004, Gambarova P.G., Felicetti R., Meda A. and Riva P. (Eds.), Starrylink, Brescia, 2005, p.211-220.

Felicetti R. (2008), "*Recent advances and research needs in the assessment of fire damaged concrete structures*", Proc. Fib Task Group 4.3 Workshop Fire Design of Concrete Structures, Coimbra (Portugal), Nov. 8-9, 2007, Rodriguez J.P., Houry G.A. and Hoj N.P. (Eds), pp.483-487 (Invited keynote presentation).

Felicetti R. (2008), "*Assessment of an industrial pavement via the impact acoustics method*", Proc. RILEM Conference "on Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures" (SACoMaTiS 08), Varenna, 1-2 Sett, 2008, Binda L., di Prisco M. and Felicetti R. (Eds.), p.127-136.

Felicetti R. and De Domenico V.H. (2008), "*Cracked concrete repair with epoxy-resin infiltration*", Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICRRR08), Alexander M.G., Beushausen H.D., Dehn F. and Moyo P. (Eds.), Cape Town (South Africa), Nov. 24-26.

Felicetti R. (2009), "*Combined while-drilling techniques for the assessment of deteriorated concrete cover*", 7th International Symposium on Nondestructive Testing in Civil Engineering - NDT-CE'09, Nantes (France), 30 June-3 July, p.369-376.

Felicetti R. (2010). "*Analysis of sorted powder samples for the assessment of deteriorated concrete*", Proc. 6th International Conference on Concrete under Severe Conditions – Environment and Loading (CONSEC'10), 7-9 June, Merida, Yucatan, Mexico (to be published).

### Riviste nazionali

Felicetti R. (2009), "*Strutture in calcestruzzo armato: la valutazione del danno da incendio*", *L'Edilizia - Building and Construction for Engineers*, V.17/159, pp.18-24.

Felicetti (2009), "*Strumenti per l'analisi del degrado nelle strutture in cls armato*", *inbeton*, n.58, p.46-55.

### Convegni nazionali

Colombo M. e Felicetti R. (2006), "*Nuove tecniche non distruttive per la stima del danno da incendio nelle strutture in calcestruzzo armato*", Atti convegno "Sperimentazione su materiali e strutture", Venezia (Italy), p.53-63.

Felicetti R. e Gattesco N. (2006), "*Le prove penetrometriche per la stima della risposta meccanica delle malte nelle murature degli edifici storici*", Atti convegno "Sperimentazione su materiali e strutture", Venezia (Italy), p.224-232.

Felicetti R., Proietto L. (2009), "*Analisi delle polveri di perforazione per la valutazione del degrado delle strutture in calcestruzzo armato*", Atti 13° congresso AIPnD, Roma, 15-17 ott., 8p.

## Elenco dei Componenti del Gruppo di Ricerca

1) Lualdi (Cognome)	Maurizio (Nome)	Ricercatore (Qualifica)
GEO/11 (Settore scientifico-disciplinare)	02 2399 4226 (Prefisso e telefono)	maurizio.lualdi@polimi.it (Indirizzo posta elettronica)
2) Cucchi (Cognome)	Marco (Nome)	Operatore tecnico (sensoristica e software) (Qualifica)
02 2399 4368 (Prefisso e telefono)	cucchi@stru.polimi.it (Indirizzo posta elettronica)	

## Obiettivi del Programma di Ricerca

In generale il Programma di Ricerca si propone di rendere più efficiente l'applicazione sul campo di alcune tecniche di indagine particolarmente indicate per le indagini sulle pavimentazioni. Il seguente elenco di obiettivi trae spunto dalle attività di ricerca già avviate o programmate presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, ferma restando la possibilità di modifiche e integrazioni basate di specifiche richieste di eventuali partner industriali.

- Messa a punto di tecniche di indagine per la caratterizzazione dei materiali e della morfologia delle pavimentazioni (perforazione e carotaggio controllati, endoscopia, scansione ultrasonica con sonde a immersione, rilievo armature, prove di strappo, prove di carico, ecc)
- Applicazione manuale del metodo dell'acustica di impatto (martello strumentato, ruote dentate, ecc) e coordinamento con sistemi di posizionamento locale (RFID, fotogrammetria, array di microfoni, ecc) per la redazione delle mappe di danno.
- Automazione dei metodi dell'acustica di impatto, radar e della termografia attiva mediante kit di robotica a basso costo.
- Applicazione automatizzata del metodo pulse-echo con onde di taglio mediante l'integrazione con un banco di posizionamento x-y. Messa a punto del software per la focalizzazione delle scansioni ultrasoniche.



Fotoraddrizzamento di immagini endoscopiche, martello strumentato e ruote dentate per l'indagine acustica, misure di spessore e rilievo di cavità con lo strumento A1220 a impulsi ultrasonici.

