

## **Studio del comportamento all'interfaccia tra pavimentazioni stradali ed impermeabilizzanti innovativi per impalcati da ponte**

### **Società cofinanziatrice: DRACO**

Il deterioramento dell'impalcato da ponte in calcestruzzo (fessurazioni, delaminazioni e distacchi) è una delle problematiche di manutenzione più rilevanti che incidono sulla vita utile del ponte. Una delle principali cause di deterioramento è la penetrazione all'interno calcestruzzo di acqua e cloruri provenienti da prodotti chimici antigelo, che sono utilizzati durante le operazioni di manutenzione invernali, con conseguente corrosione dell'armatura in acciaio. Pertanto, i ponti dovrebbero essere progettati in modo da prevenire l'accumulo superficiale di acqua e la sua efficace gestione attraverso la disposizione di adeguati sistemi di drenaggio e l'applicazione di un sistema di impermeabilizzazione tra lo strato in conglomerato bituminoso e l'impalcato in calcestruzzo. Un sistema impermeabilizzante è definito come un materiale o una combinazione di materiali (più uno strato protettivo, ove appropriato) che formano una barriera impermeabile per proteggere l'impalcato da ponte dall'ingresso di acqua e sali antigelo. Diversi aspetti relativi ai materiali, ai requisiti tecnici, ai dettagli di progettazione, ai metodi di applicazione, alle prestazioni della struttura e ai costi dei sistemi di impermeabilizzazione utilizzati su impalcati da ponte di nuova costruzione ed esistenti sono stati studiati con particolare attenzione negli anni '90. Tuttavia, la costante evoluzione tecnologica e industriale ha portato allo sviluppo di nuovi prodotti in grado di garantire elevate prestazioni, flessibilità di utilizzo e sostenibilità ambientale.

Il mercato dell'impermeabilizzazione offre oggi una gamma completa di soluzioni che includono sia membrane preformate che sistemi costruiti in opera. I sistemi preformati possono essere suddivisi in autoadesivi (dotati di un lato adesivo sensibile alla pressione applicata sulla membrana), che vengono srotolati in situ e incollati al calcestruzzo, e termo-applicati, in cui la membrana viene incollata all'impalcato riscaldandola attraverso un cannello bruciatore manuale o un macchinario. Secondo le specifiche AASHTO, un sistema a membrana preformata è costituito da un primer applicato sulla superficie preparata, un singolo strato di membrana preformata aderente e, quando richiesto, una copertura protettiva. I materiali utilizzati per formare le membrane in fogli sono descritti dai vari produttori come bitumi polimerici (conglomerato bituminoso gommato, membrana bituminosa, conglomerato bituminoso modificato con polimeri, bitume modificato, membrana polimerica, o bitume modificato con polimeri plasto-elastomerici) e materiali elastomerici.

I sistemi a liquido freddo o caldo possono essere versati, spalmati o spruzzati, in uno o più strati, utilizzando attrezzature di spruzzatura (spruzzatura manuale o meccanica) o rulli e spatole. Possono includere prodotti a base bituminosa o compositi polimerici (ad esempio acrilici, epossidici, poliesteri, poliuretani). Tuttavia, i sistemi liquidi poliuretani e acrilici potrebbero mostrare una bassa adesione con la superficie in conglomerato bituminoso (deformazione prematura della superficie) o potrebbero essere danneggiati da macchinari da costruzione come le fresatrici durante i lavori di manutenzione della pavimentazione.

Dati i limiti e gli svantaggi dei prodotti disponibili in specifici contesti e condizioni applicative, sono stati studiati e sviluppati nuovi materiali. Un esempio è rappresentato dai sistemi da adottare in regioni soggette stagionalmente a ghiaccio, caratterizzate da notevoli escursioni termiche tra estate e inverno. Indipendentemente dalla tipologia, l'impermeabilizzazione deve essere sufficientemente robusta per resistere al carico veicolare transitorio, mantenere una buona adesione all'impalcato e alla superficie del conglomerato bituminoso, essere resistente ai sali disgelanti e possedere una durabilità a lungo termine. Diversi requisiti sono già stati stabiliti dagli standard e dalle specifiche europee, AASHTO e ASTM (ad esempio forza di adesione e resistenza al taglio, capacità di crack bridging, resistenza all'acqua, resistenza alla pressione dinamica dell'acqua). Nello specifico, sono state individuate modalità di prova per valutare le prestazioni del solo materiale impermeabilizzante e dell'intero sistema (materiale impermeabilizzante legato al calcestruzzo) sia utilizzando campioni su scala di laboratorio che prove in sito. Con riferimento alla valutazione sul campo del sistema di

impermeabilizzazione, sono stati proposti e descritti alcuni metodi, tra cui l'ispezione visiva, i metodi elettrici, i dispositivi integrati, il campionamento fisico, i metodi ad ultrasuoni e i metodi di permeabilità all'aria. Partendo dai dati sperimentali, alcuni autori hanno proposto analisi numeriche per studiare il comportamento del materiale impermeabilizzante in risposta a differenti tipi di carico. Diverse esperienze in letteratura hanno evidenziato che le differenze di prestazione dipendono dalle condizioni di posa e di carico, oltre che dalle proprietà intrinseche dei materiali e dalle caratteristiche dell'infrastruttura. Un'eccellente compatibilità dello strato impermeabilizzante con il calcestruzzo e con la superficie in conglomerato bituminoso è un parametro essenziale per definirne l'efficacia, per garantire da un lato la durabilità dell'impalcato in calcestruzzo e, dall'altro, per evitare deterioramenti locali della superficie e la formazione di buche.

In particolare, molti autori hanno mostrato come lo sviluppo di un'adeguata ed uniforme resistenza al taglio e forza di adesione al substrato in calcestruzzo, che è l'obiettivo primario per la valutazione delle proprietà ingegneristiche dei materiali impermeabilizzanti, sia fortemente influenzato dal tipo di calcestruzzo, dalla sua finitura superficiale e dal contenuto di acqua, nonché dalla temperatura del calcestruzzo quando viene applicato il materiale impermeabilizzante. Di norma, le condizioni più favorevoli sono un basso contenuto di acqua, un'elevata rugosità (accompagnata da una preliminare pulizia) e una temperatura media dell'impalcato in calcestruzzo.

Il progetto di ricerca mira a definire soluzioni tecnico-economiche sostenibili da adottare per l'impermeabilizzazione di impalcati da ponte in calcestruzzo, preservando l'efficienza dell'intera rete stradale e la sicurezza degli utenti della strada, in linea con l'11° Obiettivo di Sviluppo Sostenibile che, nel target 11.2, afferma che entro il 2030 sarà necessario “fornire l'accesso a un sistema di trasporto sicuro, conveniente, accessibile e sostenibile”.

La ricerca proposta è caratterizzata da tre obiettivi specifici: 1. Definizione dei materiali impermeabilizzanti più utilizzati ed efficaci disponibili sul mercato, attraverso un'analisi della letteratura internazionale e un'indagine pratica che coinvolga gli enti gestori delle strade italiane e le pubbliche amministrazioni; 2. Sviluppo di soluzioni sostenibili ed anche pronte all'uso per l'impermeabilizzazione di impalcati da ponte in calcestruzzo, attraverso l'ottimizzazione degli indicatori prestazionali e funzionali; 3. Validazione delle soluzioni proposte attraverso tratte sperimentali.

Poiché gli enti gestori delle strade e le pubbliche amministrazioni hanno solitamente risorse economiche limitate, le procedure ottimizzate, sostenibili e pronte all'uso per l'impermeabilizzazione di impalcati da ponte in calcestruzzo supporteranno il loro processo decisionale durante le attività sia di costruzione che di manutenzione, che sono caratterizzate da esigenze diverse. Nello specifico, la manutenzione dei ponti esistenti richiede solitamente tempi di lavoro ridotti rispetto alla realizzazione, a causa della continua crescita del volume di traffico e della necessità di riaprire al traffico il prima possibile, soprattutto nel caso di autostrade molto trafficate. In questa condizione, le tecniche di spruzzatura di liquidi potrebbero aiutare a risparmiare tempo e risorse in tutte le fasi del ciclo di lavoro grazie alla semplicità e velocità delle procedure da applicare.

L'Analisi Multicriteria sarà utilizzata per identificare le migliori soluzioni confrontando i risultati in termini di prestazioni meccaniche, sostenibilità ambientale e costi generali.

I risultati attesi del progetto di ricerca riguardano principalmente: a) la descrizione accurata di tutte le fasi per il pronto utilizzo delle soluzioni per l'impermeabilizzazione di impalcati da ponte in calcestruzzo, sia in attività di costruzione che di manutenzione, fornendo rapide linee guida di riferimento che possano supportare efficacemente il processo decisionale degli enti gestori delle strade e delle pubbliche amministrazioni, alcune delle quali hanno firmato, in qualità di stakeholders, una manifestazione di interesse (allegata alla presente proposta) per le attività da svolgere nell'ambito del progetto, e b) sviluppo di un'innovativa attrezzatura di spruzzatura per spargere materiali liquidi sull'impalcato da ponte per risparmiare tempo, costi e risorse umane.