

Le nuove frontiere delle pavimentazioni stradali

The new frontiers of road paving



ALBERTO BUCCHI, CLAUDIO LANTIERI
Università di Bologna

Riassunto

La tecnologia nella costruzione delle strade si è notevolmente evoluta in questi ultimi anni. Facendo riferimento alla pavimentazione stradale si può affermare che oggi essa assolve ad un complesso di prestazioni che vanno ben oltre la funzione classica del garantire l'aderenza. Infatti si vogliono perseguire diverse finalità che si possono riassumere nella sicurezza della circolazione in qualsiasi situazione, nella riduzione dell'inquinamento ambientale, nel risparmio energetico. Nell'articolo vengono analizzate alcune di queste applicazioni che, come si è detto, sono in continua evoluzione. Si fa riferimento solo agli strati superficiali considerato comunque che anche gli strati profondi di fondazione e sottofondazione sono stati oggetto di notevoli innovazioni tecnologiche.

Summary

The technology of road paving has considerably evolved over the last years. Road paving carries out today numerous performances which overcome the simple guarantee for grip assurance. Road safety is most important, together with the reduction of environmental pollution and energy saving. The paper considers some applications which explain the above mentioned concepts and present a continuous evolution. The technological innovation has also interested the lower layers of the road; however, the paper considers only the surface layers.

1. Conglomerati bituminosi a ridotto consumo energetico

Gli aspetti applicativi che hanno maggiore efficacia in questa direzione sono principalmente due. Il primo è l'uso di temperature più basse di quelle tradizionalmente utilizzate nelle tecnologie definite normalmente a caldo. L'abbassamento delle temperature di produzione e di posa in opera ha diversi effetti positivi: un significativo risparmio energetico che si traduce anche in una minore emissione di CO₂ in atmosfera, il miglioramento delle condizioni di lavoro nel cantiere di produzione e nella posa in opera per la diminuzione dei fumi e per la riduzione dei possibili rischi alle alte temperature. Quindi il risparmio energetico comporta anche un minore inquinamento atmosferico; è infatti dimostrato che un in-

nalzamento della temperatura di 10 °C fa raddoppiare il volume dei fumi prodotti. Le basse temperature di posa in opera portano anche vantaggi in termini di maggiore facilità di addensamento (soprattutto con bitumi modificati), con conseguente riduzione della percentuale dei vuoti in sito e migliori prestazioni in termini di durabilità, resistenza ai carichi ed agli agenti atmosferici. L'altro aspetto applicativo interessante è la tecnologia del riciclaggio dei conglomerati bituminosi che può arrivare all'utilizzo anche fino al 40% del fresato. La tecnologia che concilia il riutilizzo di materiali fresati in sito col perseguire elevate prestazioni, comporta la possibilità di introdurre nel ciclo di lavorazione materiali di recupero da pavimentazioni esauste e quindi la valorizzazione del rifiuto, riducendo in questo modo l'approvvigionamento di materiali vergini di cava. La tecnologia utilizza parti- ➤

colari bitumi modificati coi quali è possibile abbassare le temperature operative fino a 30-35 °C. Il bitume deve essere modificato con polimeri in impianti idonei ed arricchito con speciali additivi organici di sintesi. In questo modo si riduce la viscosità nel campo delle temperature di lavorazione migliorando anche le prestazioni del legante. Il risultato è che sono facilitate le operazioni di produzione, stesa ed addensamento con temperature operative più basse di quelle comunemente impiegate per i tradizionali conglomerati a caldo.

Attualmente trova buona convenienza economica l'uso di emulsioni bituminose con bitume modificato. Si tratta di emulsioni cationiche con un contenuto di bitume ed acqua rispettivamente del 60% e 40% circa. Come è noto il fenomeno della rottura è tipico di questo legante ed è di fondamentale importanza che la lavorabilità si mantenga durante le operazioni di cantiere e che la rottura avvenga durante la rullatura. Per questo motivo esistono oggi prodotti specifici, come le emulsioni sovrastabilizzate a lenta rottura, in grado di garantire risultati ottimali. Particolare interesse oggi ha assunto il riciclaggio a freddo con bitume schiumato. La tecnica consiste nell'insufflare il bitume all'interno di un mescolatore con acqua ad alta pressione che lo trasforma in una schiuma particolarmente adatta ad essere mescolata a temperatura ambiente con inerti. Si possono anche usare gli inerti derivanti da una qualsiasi parte fresata della strada bitumata o non bitumata. L'espansione si forma quando piccole particelle di acqua vengono a contatto col bitume caldo (180 °C); la superficie complessiva au-



Fase di riciclaggio a freddo in situ

menta e la viscosità del bitume viene sensibilmente ridotta; il bitume diventa allora particolarmente adatto per essere mescolato con un aggregato freddo ed umido. La schiuma si dissolve in breve tempo ed il legante riacquista le sue proprietà originarie. Si può agire su uno scheletro costituito da fresato (e quindi materiale di riciclaggio) e/o stabilizzato granulometrico non legato. Nel riciclato a freddo con emulsione bituminosa generalmente viene usato anche cemento. Ci si pone come obiettivo la creazione di un materiale prestazionale ibrido che abbia rigidità controllata e che stia fra un misto cementato ed un conglomerato a caldo. In particolare ci si affida alla combinazione di un legante idraulico e di un legante bituminoso in forma di schiuma. Il cemento ha funzione attiva, fornendo un incremento della resistenza meccanica e della curabilità, e passiva data dal miglioramento dell'efficienza della miscelazione con emulsione bituminosa. Il bitume schiumato è un'alternativa all'emulsione. La schiumatura è originata dallo scambio termico tra bitume caldo (160-170 °C) e acqua. L'improvviso aumento di volume e la contemporanea riduzione della viscosità rende la frazione bituminosa efficacemente legata all'aggregato.

Emulsione e schiumato si legano in modo diverso allo scheletro litico. Lo schiumato tende a legarsi con la frazione inferiore a 1-3 mm ed a legare per punti; l'emulsione al contrario tende a ricoprire anche la frazione più grossolana. Visivamente lo schiumato, in assenza di fresato, appare chiaro; l'emulsione da invece un effetto visivo simile a quello di un conglomerato bituminoso. Entrambi i leganti sono ormai ampiamente sperimentati in laboratorio e nelle applicazioni in campo per cui non si deve dubitare delle performance di questi materiali che sono certamente paragonabili a quelle delle miscele tradizionali.

2. Conglomerati bituminosi ad alto modulo

La definizione "ad alto modulo" deriva dalle caratteristiche meccaniche, espresse appunto con misure di modulo, che evidenziano valori nettamente superiori a quelli dei conglomerati tradizionali. Il ruolo del legante è fondamentale per le proprietà finali che si otten-

gono nel conglomerato. Si possono utilizzare bitumi tradizionali oppure bitumi modificati. Nel caso dei bitumi tradizionali, questi devono essere molto rigidi e quindi sono a bassa penetrazione (30-40 dmm). Tuttavia con questi bitumi non si ottengono risultati soddisfacenti sia sotto l'aspetto della resistenza sia sotto l'aspetto della durabilità; per questi motivi l'impiego di bitumi tradizionali nella realizzazione di conglomerati ad alto modulo è stato praticamente abbandonato.

Risultati veramente importanti si ottengono invece con i bitumi modificati. Il bitume modificato è una miscela di un bitume di base, accuratamente selezionato con un polimero (i più usati sono SBS ed EVA). La scelta del polimero è in funzione delle caratteristiche del bitume di base; i polimeri sono prodotti a peso molecolare elevato costituiti da molecole semplici dette monomeri. I conglomerati con bitumi modificati assumono le caratteristiche dei bitumi. Queste caratteristiche principalmente fanno riferimento alla suscettibilità termica che diminuisce in quanto si eleva la temperatura di rammollimento e si diminuisce la temperatura di rottura. Altri obiettivi che si raggiungono sono il potenziamento della componente elastica alle deformazioni, un aumento della resistenza meccanica con conseguente miglioramento del comportamento a fatica, un invecchiamento più lento e quindi un aumento della vita utile ed infine anche una maggiore adesione ai materiali lapidei. Gli inerti dei conglomerati bituminosi ad alto modulo hanno un fuso granulometrico caratterizzato da una curva continua simile a quella dei conglomerati tradizionali. Questi conglomerati vengono usati generalmente per strati di collegamento e preferibilmente di base. La pezzatura massima dipende dallo spessore dello strato ed è di 20-25 mm. La percentuale del filler è del 7-10% e quella del bitume del 5-6%. Il confezionamento e la posa di questi conglomerati sono fatti con le stesse attrezzature normalmente utilizzate per i conglomerati tradizionali aumentando i tempi di mescolamento per compensare la maggiore viscosità del legante e utilizzando un rullo gommato di peso elevato per la compattazione. A lavoro finito la percentuale dei vuoti è contenuta in un massimo del 4%.

I conglomerati bituminosi ad alto modulo sono spesso studiati per avere un modulo paragonabile a quello dei conglomerati a base di leganti idraulici. Con un cor-

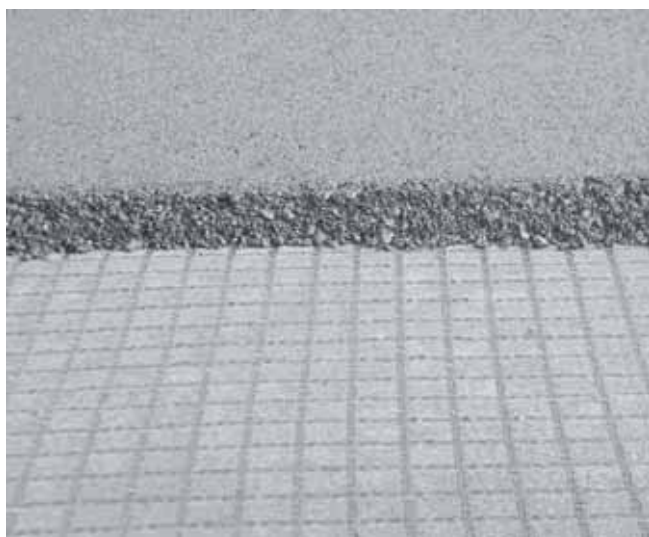


Conglomerato bituminoso in alto modulo per piazzali industriali

retto studio di formulazione ed un bitume modificato specifico si possono ottenere notevoli risultati in termini di prestazioni meccaniche sia statiche che dinamiche; si giustifica in questo modo l'utilizzo di questi conglomerati per la sostituzione dei conglomerati comunemente usati per strati di base o di rinforzo con evidenti riduzioni degli spessori e la possibilità di valorizzare inerti poco pregiati. La sostituzione dei misti cementati con i conglomerati ad alto modulo permette di eliminare gli inconvenienti delle fessurazioni e quindi si ha una più sicura impermeabilizzazione a vantaggio degli strati sottostanti non legati. Ai vantaggi tecnici diretti si sommano quelli indiretti dovuti alla minore energia richiesta per la produzione ed alla maggiore rapidità di esecuzione particolarmente importante nel caso di interventi di rinforzo.

3. Conglomerati bituminosi fibrorinforzati

La manutenzione ed il rifacimento di pavimentazioni stradali ammalorate costituisce oggi il maggiore impegno tecnico ed economico nel campo stradale. La semplice posa di un nuovo strato di usura, come generalmente si è fatto fino ad oggi, risolve il problema per un limitato tempo in conseguenza di difetti strutturali di »



Geogriglie bitumate

portanza, di propagazione delle rotture a fatica e di fessurazioni provenienti dagli strati sottostanti. Per prolungare la vita utile si utilizzano conglomerati bituminosi con fibre di materiali sintetici di alta tenacità. Le tecnologie usate sono due.

La prima consiste nell'utilizzare prodotti di rinforzo come geotessili e geogriglie che possono essere posizionati all'interno dello spessore dello strato oppure, più agevolmente, nella parte inferiore. In questo ultimo caso occorre assicurare bene con emulsione bituminosa oppure, e preferibilmente, con bitume a caldo la collaborazione con lo strato superiore. Sul mercato esistono diversi prodotti in particolare con diverso disegno al fine di garantire l'aderenza con il conglomerato bituminoso che sarà steso successivamente. In ogni caso si tratta di prodotti rigidi con modeste deformazioni alle tensioni di esercizio al fine di limitare le deformazioni del conglomerato bituminoso così da aumentarne la vita utile. Questi prodotti sono utilizzati sia in strati di usura che in strati di collegamento.

La seconda tecnologia consiste nell'aggiungere al conglomerato bituminoso all'atto della sua confezione delle fibre sintetiche. Con questo tipo di rinforzo si incrementano le caratteristiche strutturali del conglomerato ottenendo i risultati di prevenire la riflessione delle fratture, aumentare la distribuzione dei carichi in profondità, fornire particolare resistenza al taglio contro l'ormaiamento. Quest'ultimo beneficio è particolar-

mente interessante nei piazzali di deposito dei container sia per gli elevati carichi specifici trasmessi dai loro piedini di appoggio, sia per gli elevati carichi trasmessi dalle ruote dei veicoli di movimentazione. Le fibre vengono aggiunte, in percentuale di 0,30-0,50% in peso degli inerti, nel mescolatore dell'impianto del conglomerato prima di immettere il bitume. Le fibre raggiungono un duplice vantaggio: aumentano le resistenze del conglomerato e migliorano le prestazioni del legante in quanto aumenta l'intervallo termico di lavorazione ed esercizio (aumento del punto di rammollimento e diminuzione del punto di rottura). Per i conglomerati bituminosi ad elevata percentuale di vuoti come i drenanti e lo splittmastix l'aggiunta di fibre ha anche la funzione di additivo stabilizzante ed addensante del bitume in quanto ne impedisce la colatura nel conglomerato, fatto importante per i conglomerati monogranulari.

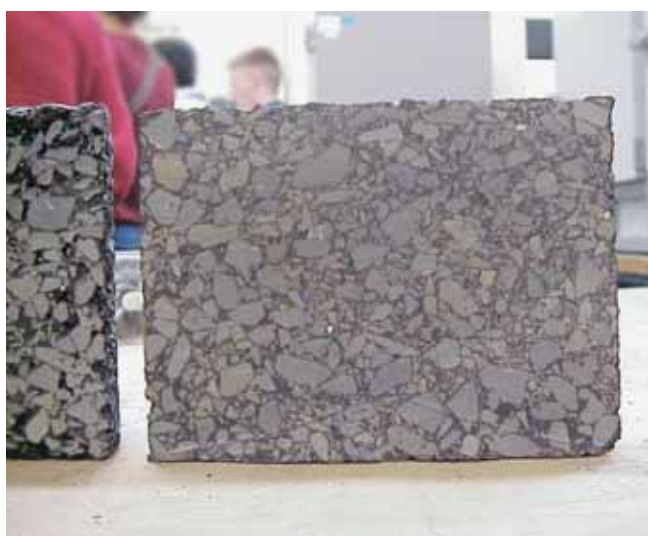
Strati di base e di collegamento realizzati con questi materiali superano largamente le prestazioni dei tradizionali con costi contenuti e permettono la realizzazione di strati relativamente sottili dotati di elevata resistenza meccanica. Pertanto l'uso di fibre di rinforzo all'interno dei conglomerati bituminosi delle pavimentazioni stradali permette di realizzare strati di base e di binder ad alto modulo anche utilizzando bitumi non modificati e strati di usura particolari quali drenanti, splittmastix e microtappeti ai quali vengono conferite caratteristiche prestazionali superiori a quelle tradizionali. Per di più questi conglomerati sembrano particolarmente propensi al fenomeno dell'healing, ossia dell'autoriparazione fra fasi successive di carico.

4. Conglomerati bituminosi speciali drenanti e SMA

Si fa riferimento ai conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti ed allo splittmastix. Si tratta di conglomerati di usura che permettono lo scolo delle acque in profondità assicurando l'aderenza anche in condizioni atmosferiche sfavorevoli. Infatti, per la loro struttura granulometrica aperta, costituita principalmente da pezzatura grossa, l'acqua di pioggia non scorre sulla superficie stradale ma penetra in profondità e viene allontanata attraverso i vuoti all'interno del conglomerato. In

questo modo si assicura la sicurezza della circolazione in quanto : la superficie stradale è bagnata ma non è sede di scorrimento di acqua, è evitato il fenomeno dell'acqua planning in quanto non ci sono ristagni di acqua in superficie, non si verifica la nebulizzazione determinata dal sollevamento dell'acqua da parte degli pneumatici, circostanza tanto pericolosa per i veicoli che seguono, si elimina il fenomeno dello splash.

Il conglomerato drenante e fonoassorbente ha una percentuale di vuoti attorno al 20% e proprio per questa sua caratteristica l'acqua scorre attraverso lo spessore dello strato. Tale conglomerato presenta purtroppo problemi nel periodo invernale per la formazione del *verglass* ed in particolare sui ponti, dove risulta più difficile la pulizia con le lame sgombraneve e l'utilizzo dei sali disgelanti comporta un degrado strutturale. L'effetto drenante, inoltre, si attenua rapidamente (due - tre anni) a causa del compattamento dovuto al traffico, e soprattutto per l'intasamento dei vuoti dovuto a polvere, gomma, e altre impurità. Per questi motivi e per i costi è nato lo *splitmastix* che presenta una percentuale di vuoti più limitata del drenante tradizionale e affida la sua permeabilità principalmente al drenaggio superficiale garantito dalla discontinuità granulometrica. Lo scarto prestazionale nei confronti del conglomerato drenante e fonoassorbente tradizionale nel tempo diminuisce in quanto l'effetto di chiusura dei vuoti, presente in entrambi i conglomerati, si attenua in maniera meno sensibile nello SMA.



Provino Marshall di SMA

Questi conglomerati hanno anche caratteristiche fonoassorbenti e quindi migliorano l'impatto ambientale per quanto riguarda il rumore da traffico. Infatti per velocità medio alte il rumore da rotolamento diventa preponderante rispetto al rumore generato dagli organi del veicolo in movimento. Il rumore di rotolamento si sviluppa per le vibrazioni e per la risonanza dell'aria. Le vibrazioni sono dovute agli urti del pneumatico contro le asperità della pavimentazione. Il rumore per risonanza dell'aria è, invece, dovuto alla compressione del cuscino d'aria sotto la ruota ed alla sua espansione dopo il passaggio. Una strada liscia ed un pneumatico liscio esaltano questo rumore. L'impiego di asfalti fonoassorbenti può essere considerato come un intervento sia attivo che passivo. Infatti essi agiscono attivamente in quanto riducono le emissioni di rumore prodotte dal contatto pneumatico-pavimentazione e agiscono passivamente anche assorbendo una parte di energia sonora emessa dalle parti in movimento del veicolo. L'abbattimento complessivo del rumore dipende dalla granulometria e dallo spessore dello strato e risulta essere dell'ordine di 3-5 dB(A). In questo modo è come dimezzare la corrente di traffico oppure allontanarla del doppio della distanza. Il risultato è quindi notevole e questo è molto importante specialmente in zone urbanizzate.

5. Asfalto gomma: conglomerato bituminoso realizzato con PFU

Il problema ambientale ha imposto l'utilizzo di materiali di scarto altrimenti destinati a rifiuto. Uno dei prodotti di scarto disponibile in grande quantità che si utilizza nelle pavimentazioni è il granulato di gomma proveniente dai pneumatici fuori uso (PFU). L'impiego di questo materiale è notevolmente interessante non solo per il fatto ambientale, ma anche perché si ottengono conglomerati bituminosi con notevoli prestazioni meccaniche e funzionali. L'asfalto gomma, in inglese *asphalt rubber*, è una miscela di inerti, bitume e gomma in percentuale fino al 15-25% rispetto al peso totale. Si hanno due tipologie di processo.

Il processo denominato "wet process" utilizza polverino di gomma con dimensioni massime di 2 mm. Il polverino miscelato ad alte temperature (190°C) al bitume

è tale per cui le particelle di gomma assorbono e fissano la frazione maltenica del bitume (costituente altrimenti destinato a perdersi nel tempo per fenomeni di ossidazione e per l'azione dei raggi UV) e rigonfiano formando un gel bitume-gomma con notevoli effetti prestazionali. Facendo riferimento al solo bitume, il bitume modificato con polverino di gomma è caratterizzato da bassi valori di penetrazione e da alti valori del punto di rammollimento.

Il processo "dry process" consiste nel sostituire piccole quantità di aggregati lapidei con granulato di gomma di dimensioni relativamente elevate prima della miscelazione con il bitume. In questo modo la gomma funge sia da aggregato sia da agente modificante; purtroppo l'interazione con il bitume non produce una copertura omogenea degli aggregati e quindi i risultati prestazionali non sono rilevanti. Per questo motivo al "dry process" attualmente si preferisce il "wet process" anche se chiaramente, con questo ultimo processo, la quantità di gomma smaltita risulta minore. Con l'utilizzo dell'asfalto gomma si hanno diversi vantaggi prestazionali in termini di resistenza meccanica, sicurezza della circolazione, impatto ambientale e costi. In merito alla resistenza meccanica si ha una maggiore resistenza a fatica ed alla fessurazione a causa del maggiore contenuto di malta bituminosa costituita da bitume e polverino, maggiore resistenza all'ormaiamento grazie all'incremento della viscosità e del punto di rammollimento, maggiore resistenza all'invecchiamento ed all'ossidazione dovuta ad una maggiore ricopertura degli inerti. Per quanto riguarda la sicurezza della circolazione si ha una migliore aderenza dei pneumatici, una maggiore vita utile per le prestazioni superficiali, la possibilità di confezionare conglomerati bituminosi drenanti. In merito all'impatto ambientale si ha una riduzione della rumorosità da traffico, la possibilità di smaltire la gomma dei pneumatici dismessi e la riduzione del consumo di inerti. Nei confronti della rumorosità alcune sperimentazioni hanno indicato una ulteriore diminuzione di 2-3 dB(A) rispetto ai fonoassorbenti tradizionali. In merito ai vantaggi economici si ha una riduzione dei costi di manutenzione conseguente alla maggiore vita utile, un minore sfruttamento di inerti vergini da cava, e principalmente si possono utilizzare minori spessori.

6. Pavimentazioni fotocatalitiche

Una delle principali fonti di inquinamento atmosferico è costituita dal traffico. I problemi dell'inquinamento sono molto evidenti in ambito urbano ma non sono circoscritti alle aree immediatamente adiacenti le fonti di emissione in quanto, una volta emessi, gli inquinanti possono superare anche lunghe distanze a causa dei movimenti d'aria. Questi reagiscono chimicamente fra loro e con gli elementi costituenti l'atmosfera e vanno in questo modo a formare fenomeni di inquinamento di tipo complesso anche in zone non urbanizzate.

Gli inquinanti più diffusi, definiti primari perché derivanti direttamente dalle combustioni, sono il monossido di carbonio, il biossido di carbonio, il monossido di azoto, l'anidride solforosa, le polveri e gli idrocarburi incombusti e i composti organici volatili. Questi ultimi sono responsabili dell'alterazione del livello di ozono negli strati inferiori dell'atmosfera. Il particolato derivante da traffico è imputabile non solo alla combustione dei carburanti ma anche ad altre cause come l'usura dei pneumatici, dei freni e di tutti gli organi in movimento dei veicoli.

Il termine "fotocatalitico" in campo stradale è utilizzato per classificare diversi prodotti commerciali che hanno la funzione di abbattere l'inquinamento atmosferico. L'ingrediente principale dei prodotti fotocatalitici è il biossido di titanio; esso è particolarmente noto nel campo delle vernici perché utilizzato come pigmento bianco;



Stesa della "vernice fotocatalitica"

proprio in tale settore esso ha evidenziato la funzione di avere un effetto mangiasmog. Si sono quindi sviluppate ricerche che hanno evidenziato prodotti ad attività antinquinante che, applicati su superfici esterne hanno incontrovertibilmente dimostrato la capacità di abbattere i livelli dei principali inquinanti a valori accettabili.

Paragonabile concettualmente alla fotosintesi clorofilliana delle piante, la fotodegradazione operata dal biossido di titanio è definita come l'accelerazione di una ossidazione in presenza di un catalizzatore che ne velocizza il processo. Questo è innescato da una fonte luminosa la quale permette l'eccitazione di un elettrone ed il relativo passaggio da una banda energetica superiore ad un livello inferiore. Quando il biossido di titanio viene in contatto con un idrocarburo o comunque con una sostanza ossidabile, con l'intento di ripristinare il proprio equilibrio, "acquista" un elettrone di questa sostanza che di conseguenza si ossida. La sostanza ossidata subisce un ulteriore processo chimico (fotomineralizzazione). I prodotti finali di questo processo sono anidride carbonica ed acqua. Se il biossido di titanio si trova inoltre a contatto con una superficie alcalina, si innesca una ulteriore reazione chimica che produce sali (nitrati di calcio, carbonati di sodio, calcare) abbattendo in modo definitivo la componente inquinante.

Le pavimentazioni stradali sono caratterizzate da un'ampia superficie complessiva e costituiscono la sede di immissione degli inquinanti da traffico. La progettazione di una pavimentazione con caratteristiche fotocatalitiche deve assolvere a due funzioni principali: deve garantire la portanza e deve svolgere una efficace azione antinquinante. Le prime applicazioni di cementi fotocatalitici hanno riguardato i masselli autobloccanti particolarmente adatti per percorsi ciclopedonali oppure per interporti e comunque per strade e piazzali dove si svolge un traffico non veloce. Si sono successivamente studiate soluzioni per traffico meccanizzato veloce e confortevole. Le difficoltà derivano dal fatto che l'applicazione del biossido di titanio sulle superfici bituminose è impedita dalla natura stessa del bitume che, essendo un materiale organico, finirebbe con l'essere degradato per effetto delle reazioni per ossidazione accelerate dallo stesso fenomeno della fotocatalisi. L'interposizione di un supporto fra bitume e biossido di titanio costituisce, unitamente alle proprie-

tà realizzative, l'elemento discriminante fra le differenti tipologie di pavimentazione fotocatalitica. In pratica le applicazioni consistono in due tecnologie: trattamento liquido e malta cementizia, in ogni caso materiale a base di biossido di titanio.

Il trattamento liquido consiste nella applicazione a freddo di un prodotto liquido a spruzzo. In questo prodotto il biossido di titanio amorfo nanomolecolare è disperso da specifiche resine inorganiche silconiche che hanno la funzione di mantenere in sospensione le particelle attive durante la nebulizzazione su strada e di svolgere un'azione ancorante al bitume.

La soluzione rappresentata dal supporto cementizio è apparsa la più semplice essendosi il cemento ampiamente dimostrato un substrato efficace. Si utilizzano diverse tecnologie, tuttavia la più utilizzata è quella costituita da strati di usura in conglomerato bituminoso aperto saturati con malta cementizia catalitica. Infatti si unisce l'azione antismog all'azione portante. La pavimentazione viene ad essere costituita da un supporto di conglomerato bituminoso aperto con dimensione dei vuoti tali da permettere la penetrazione della malta nel loro interno in modo da formare un materiale composito nel quale si coniugano equilibratamente le caratteristiche di flessibilità del conglomerato bituminoso con le caratteristiche di rigidità della malta cementizia. Questa tipologia di pavimentazione adatta la tecnologia delle pavimentazioni composite bitume-cemento, già ampiamente utilizzate, alla necessità di realizzare pavimentazioni antinquinamento. In questo modo si ottengono pavimentazioni fotocatalitiche con elevata portanza e con ottima aderenza idonee per traffico intenso e pesante.

7. Pavimentazioni antigelo

L'aderenza è certamente il parametro funzionale più importante in quanto garantisce la sicurezza della circolazione. L'aderenza dipende dalle condizioni del piano viabile, dai pneumatici e dalla velocità. Per quanto riguarda il piano viabile l'aderenza è caratterizzata dalla macro e micro tessitura superficiale della pavimentazione ed è intimamente interconnessa alla situazione meteorologica. Con pavimentazione asciutta si ha la massima aderenza, »

con pavimentazione bagnata si ha aderenza scarsa ed in presenza di neve e ghiaccio l'aderenza è scarsissima o addirittura nulla. Affinché una strada sia sempre in condizioni di sicurezza della circolazione occorre che sia sempre garantita l'aderenza in qualsiasi stagione dell'anno. I rimedi classici generalmente adottati per combattere neve e ghiaccio consistono nello spargimento di sali (in particolare cloruro di sodio). Questa procedura oltre ad essere costosa, spesso non assolve al proprio compito in quanto non viene applicata al tempo giusto. Il problema diventa poi particolarmente complicato quando si hanno conglomerati bituminosi di tipo drenante in quanto il ghiaccio riesce a fissarsi all'interno dei vuoti. Infine si rileva anche che i cloruri aggrediscono i conglomerati cementizi delle strutture. Per risolvere il problema senza l'uso dei sali sono state individuate due tipologie di prodotti: emulsioni additivate e bitumi fillerizzati. Per quanto riguarda le emulsioni si tratta di emulsioni bituminose cationiche (acide) realizzate con bitumi selezionati e modificati con polimeri con contenuto di legante del 60-65%. All'emulsione viene aggiunto un particolare additivo antigelo. Questo materiale viene usato per trattamenti superficiali o per conglomerati bituminosi drenanti mediante la posa a spruzzo.

Nei bitumi fillerizzati l'additivo antigelo si miscela con il conglomerato bituminoso dello strato di usura come un filler dal 3 al 5% sul peso degli inerti. Esso risulta totalmente disperso nel film di bitume che riveste l'inerte in modo da agire in maniera ottimale soprattutto nei conglomerati drenanti. La struttura dell'additivo non compromette le caratteristiche meccaniche del conglomerato bituminoso. Esso infatti non rilascia sostanze corrosive e dannose e non contiene cloruri che aggrediscono le strutture in conglomerato cementizio. In pratica con questi materiali si eleva il punto di congelamento di circa 5-6 °C. Questi additivi sono efficaci in maniera costante e continua nel tempo in quanto gli elementi del prodotto migrano in maniera graduale verso l'esterno del film di bitume fornendo sempre nuove particelle efficaci per l'azione antigelo. Alcuni additivi sono denominati "antiaderenti" in quanto non consentono l'adesione del ghiaccio alla superficie stradale. Si tratta sempre di materiali che aggiunti nella miscelazione del conglomerato bituminoso, si disperdono completamente nella massa diventando parte integrante del conglomerato e garantiscono l'efficacia in qualsiasi momento.



Soluzioni antighiaccio (spargisale)

8. Conglomerati colorati

In particolare nelle città le pavimentazioni costituiscono elemento di arredo e devono fornire la capacità portante per sopportare i carichi da traffico. Si tratta di due esigenze che, con le moderne tecnologie nel campo stradale, sono oggi conciliabili e raggiungibili. Si utilizzano generalmente due soluzioni. La prima consiste nel confezionare conglomerati con leganti trasparenti. Quindi l'inerte viene direttamente "a vista" e, con il suo colore naturale, viene scelto in relazione all'ambiente in cui l'opera si inserisce.

Così, specialmente in città, si può usare il materiale tradizionalmente impiegato nei palazzi storici oppure creare nuovi abbinamenti con altre pietre



Conglomerato colorato

per effetti e contrasti scenografici. La seconda soluzione consiste nel pigmentare un bitume trasparente per colorarlo secondo le esigenze.

Si ha in questo modo la possibilità di mixare i colori degli inerti con quelli del legante accrescendo così le sfumature e le opportunità. Con queste tecnologie la pavimentazione stradale diviene strumento del linguaggio architettonico dello stile urbano ed in più ha nuove possibilità di comunicare funzioni e di rispondere a particolari esigenze.

La pavimentazione esce dal banale bianco e nero dei conglomerati cementizi e bituminosi e svolge con stile il suo ruolo accrescendo l'appeal ed il valore dell'intero contesto in cui si inserisce.

Le capacità strutturali garantiscono contro rotture, deformazioni e degrado in quanto questi leganti a base di polimeri offrono resistenze anche superiori a quelle dei normali leganti utilizzati nelle strade.

9. Conclusioni

Da questa breve rassegna si evidenzia come si possono utilizzare materiali bituminosi che assolvono a diverse funzioni quali la sicurezza della circolazione, il risparmio energetico, la riduzione dell'inquinamento. L'innovazione tecnologica è scaturita certamente dalla capacità dei ricercatori e degli utilizzatori di "pensare" nuovi materiali, ma anche dalla possibilità di sperimentare con apparecchiature sofisticate idonee a carpire il comportamento dei materiali in relazione al reale stato di sollecitazione e deformazione sotto i carichi e nel tempo, in opera. È possibile infatti utilizzare nuovi percorsi sperimentali che riescono effettivamente ad evidenziare le caratteristiche dei materiali sotto ogni aspetto.

L'introduzione della marcatura CE dei bitumi e dei conglomerati bituminosi ha infatti determinato il miglioramento dei capitolati e dei metodi di progettazione. I metodi di progettazione di tipo performance-based utilizzano specifiche e test di caratterizzazione finalizzati alla descrizione delle proprietà fondamentali della miscela contenute nelle relazioni di base con le quali è possibile prevedere, per una prestabilita vita d'impiego, l'evoluzione nel tempo delle diverse caratteristiche della sovrastruttura in diverse condizioni ambientali e di traffico.

Il metodo performance-related ottimizza la miscela valutando in laboratorio, con prove di tipo fondamentale e simulativo, le proprietà del conglomerato e delle componenti correlate, mediante relazioni quantitative, con le caratteristiche prestazionali della sovrastruttura (ad esempio il Wheel Tracking). Tali metodi non devono essere considerati alternativi, ma l'utilizzo di entrambi porta ad una corretta ottimizzazione della progettazione. ■