

I progetti pilota della Provincia Autonoma di Bolzano

The Pilot Projects of the Provincia Autonoma di Bolzano

PAOLO MONTAGNER - LUDWIG NÖSSING

Provincia Autonoma di Bolzano

MAURIZIO BOCCI

Università Politecnica delle Marche

Riassunto

A otto anni dalla costituzione di un apposito gruppo di lavoro incaricato di sperimentare le diverse possibilità di utilizzo delle tecnologie che prevedono l'impiego di materiali riciclati vengono illustrati i progetti pilota e le metodiche di intervento attuati per la manutenzione delle strade della Provincia Autonoma di Bolzano.

Summary

This paper analyses the pilot projects and methods for road maintenance carried out by the Provincia Autonoma of Bolzano. A team of specialists is in charge from the year 2000 with the task of evaluating the different possibilities to apply various technologies dealing with the use of reclaimed materials in road maintenance.

1. Premessa

Dal 1 luglio 1998, con norma di attuazione dello Statuto di Autonomia, sono state delegate alle Province Autonome di Trento e Bolzano le competenze in materia di viabilità statale (strade ex ANAS), escluse solo le autostrade.

La Provincia Autonoma di Bolzano ha dovuto riorganizzarsi per gestire, in qualità di Ente proprietario, un aumento della rete del 43% rispetto allo sviluppo precedente (strade provinciali). La Giunta provinciale, a seguito di un rapido studio di riorganizzazione, ha modificato la struttura dedicata alle infrastrutture istituendo due Ripartizioni: il Servizio Strade, competente per manutenzione ordinaria e straordinaria delle strade, diretto dal Dott. Paolo Montagner, e la Ripartizione Infrastrutture, competente per progettazione, direzione lavori e collaudo.

La Ripartizione Servizio Strade ha ereditato la tradizione della manutenzione distribuita in modo capillare sul territorio, con strutture fortemente operative ed autonome. La filosofia di base della riorganizzazione è

stata quella di dotare gli uffici periferici di autonomia nella gestione delle risorse e di responsabilità dirigenziale per il raggiungimento degli obiettivi. Solo il 5% del personale presta servizio nella direzione di Ripartizione (situata nel capoluogo) e nell'Ufficio Amministrativo che ha compiti di supporto per le attività non tecniche. Dal punto di vista operativo, l'unità base del servizio è la squadra di cantonieri con a capo un coordinatore. Questa squadra deve gestire una rete di 50-70 km, la sua sede è il cosiddetto "punto logistico" situato possibilmente in posizione baricentrica rispetto alle valli da servire e spesso "in quota" per una maggiore rapidità di intervento nel periodo invernale. Presso questa struttura che occupa una superficie di 2000-3000 m², sono depositati i materiali di consumo e dislocati i mezzi: generalmente 1 autovettura per il coordinatore, 1 autocarro da 180 q.li attrezzato per il servizio invernale, 2-3 autocarri leggeri tipo Unimog completamente attrezzati, 1 pala gommata media, 2 furgoni pick-up. La dotazione di personale è di 1 cantoniere ogni 5-7 km di rete. Il personale deve svolgere il

controllo quotidiano della rete, la manutenzione del verde, il servizio invernale, le riparazioni e il montaggio di tutti gli elementi accessori della strada (lavori di manutenzione in economia diretta come la realizzazione di drenaggi, sistemazione di banchine, posa di cordonate e pozzetti, riparazioni della pavimentazione, sgombero di frane e cadute sassi). Tutto il personale, cantoniere e tecnico, presta a turno il servizio di reperibilità, con intervento sul posto di lavoro entro 30 minuti dalla chiamata. E' inoltre previsto che il personale operativo, poco prima dell'alba percorra a turno, durante l'inverno, le tratte più esposte per attivare se necessario il servizio invernale.

Un'insieme di 6-8 squadre di cantonieri con i loro punti logistici copre quindi un territorio di 350-500 km di rete stradale, corrispondente dal punto di vista amministrativo ad un comprensorio (15-18 Comuni). Il territorio provinciale è diviso in sei zone, ognuna dotata di un ufficio locale del Servizio Strade, con a capo un dirigente coadiuvato da due tecnici, due amministrativi, personale per magazzino, officina, servizi vari. A questo dirigente viene affidato dalla direzione di Ripartizione un budget annuale per l'attuazione di un programma di interventi straordinari, per il rinnovo del parco mezzi ed attrezzature e per la completa manutenzione ordinaria.

I programmi di manutenzione straordinaria vengono formulati secondi criteri di priorità, sulla base delle banche dati disponibili, ed approvati annualmente. La valutazione dei dirigenti avviene anche sulla base della realizzazione del programma annuale.

Alcuni servizi centrali sono invece posti direttamente presso la Direzione di Ripartizione, per la loro complessità o per garantire una assoluta uniformità di comportamento: si tratta della manutenzione degli impianti tecnici della gallerie complesse (con telesorveglianza), della ispezione periodica dei ponti e dei relativi piani di manutenzione, della segnaletica stradale.

Nell'anno 2000 è stato costituito, dalla Ripartizione Infrastrutture, un gruppo di lavoro per sperimentare le possibilità di impiego di tecnologie e materiali di riciclo negli interventi di manutenzione stradale.

Attraverso progetti pilota vengono realizzati, di anno in anno, lavori su limitati tronchi stradali che presentano problematiche, condizioni ambientali e livelli di

traffico diversi. Una volta individuato il tratto di strada su cui intervenire e la tecnica da sperimentare, sulla base di specifiche indagini di laboratorio, viene redatto il progetto esecutivo. Durante e dopo l'esecuzione dei lavori vengono eseguite prove di controllo in laboratorio ed in cantiere, cui segue un periodo di monitoraggio a cura del Laboratorio Prove Materiali della Provincia.

Per ogni progetto pilota viene redatta una scheda riepilogativa che, oltre ai dati di progetto e di controllo, comprende anche un'analisi economica ed una valutazione tecnica sulla efficacia dell'intervento e sulla sua possibile applicazione alla rete stradale provinciale. Nella maggior parte dei casi i materiali e le tecnologie sperimentate hanno fornito risultati molto soddisfacenti tanto da essere poi comunemente impiegate nei lavori di manutenzione straordinaria delle pavimentazioni stradali.

Di seguito vengono brevemente illustrati i progetti pilota realizzati a partire dall'anno 2000.

2. Conglomerati bituminosi ad alto modulo contenenti fresato

Nel corso del primo anno è stato sperimentato l'impiego di conglomerati bituminosi ad alto modulo contenenti il 25% di fresato. Sono state individuate tre strade con differenti caratteristiche di tracciato e diversi livelli di traffico pesante. Nell'ambito del progetto, oltre a definire gli spessori delle nuove pavimentazioni, sono stati individuati i materiali da porre a confronto: conglomerati bituminosi con e senza bitume modificato, con il 25% e senza fresato.

Operazioni comuni alle tre strade sono la fresatura degli strati di conglomerato bituminoso esistente ed il rifacimento di uno strato di base (con spessore variabile a seconda dei casi) ed un tappeto di usura di tipo splittmastix di 3 cm.

Le prove di controllo e la successiva fase di monitoraggio, che ha previsto anche rilievi con il Falling Weight Deflectometer (FWD), hanno fornito indicazioni assolutamente positive circa l'impiego del fresato nella confezione di conglomerati bituminosi caldi ad alto modulo.

3. Strati di misto cementato con inerti di riciclo

Nel 2001 è stato sperimentato un misto cementato con inerti di riciclo (con una quota di fresato corrispondente al 30% della massa totale degli aggregati) e l'aggiunta di emulsione bituminosa in modo da ottenere una miscela meno rigida e meno fragile. L'intervento è stato realizzato sulle rampe del nuovo svincolo tra la SS 12 (dell'Abetone e del Brennero) e la SS 241 (di Val d'Ega e Passo Costalunga), in parte con il nuovo materiale, in parte con la miscela tradizionale. In entrambi i casi è stato utilizzato un impianto fisso di miscelazione e si è proceduto alla stesa mediante vibrofinitrice (**Fig. 1A**).

A sei anni dalla esecuzione dei lavori le rampe non presentano alcun tipo di difetto (cedimenti, fessurazioni, ondulazioni) se non la normale usura superficiale dovuta al traffico. Nel mese di giugno 2007 sono state eseguite prove deflettometriche (FWD) per valutare le attuali condizioni strutturali della pavimentazione. Mentre il misto cementato tradizionale ha fornito valori del Modulo elastico prossimi a quelli di un buon misto granulare (160-220 MPa), la miscela sperimentale, con l'emulsione bituminosa, ha evidenziato valori circa 10 volte superiori (1500-2000 MPa).

Tali risultati confermano che il misto cementato, sotto l'azione dei carichi di traffico, tende a fessurarsi assai rapidamente fino ad assumere un comportamento equivalente ad un materiale granulare con legante naturale. L'aggiunta, oltre al cemento, di un legante



Fig. 1 Stesa di misto cementato confezionato con inerti di riciclo

bituminoso rende la miscela meno fragile, incrementando la sua vita utile, con evidenti vantaggi prestazionali per tutta la pavimentazione (**Fig. 1B**).

4. Strati di fondazione stabilizzati a calce e cemento

Nel 2002 è stato sperimentato il risanamento della fondazione stradale mediante stabilizzazione con calce e cemento.

Le strade della Provincia di Bolzano, come gran parte delle strade provinciali italiane, non hanno di norma una fondazione stradale perché sono nate prima dell'avvento dell'automobile e successivamente sono state "bitumate", sopra la sede preesistente, al solo scopo di garantire una adeguata regolarità superficiale (eliminazione di buche, sfossamenti, polvere, ecc.). In queste strade, sotto 7-10 cm di conglomerato bituminoso, si trovano pochi cm di ghiaia, se non direttamente il terreno di sottofondo. Per realizzare uno strato di fondazione sufficientemente rigido senza ricorrere al misto granulare (prelievo da cave) è stata prevista la stabilizzazione con calce e cemento del materiale esistente.

L'intervento è stato eseguito in diversi tratti della SS 620 di Lavazé oltre quota 1000 m s.l.m.. Il progetto iniziale prevedeva la fresatura di 6 cm e la miscelazione del restante spessore di conglomerato bituminoso, della sottostante fondazione e di parte del sottofondo



con idonea macchina stabilizzatrice/riciclatrice, fino a raggiungere una profondità di 30 cm.

La presenza nel sottofondo di trovanti di dimensioni superiori ai 100 mm (**Fig. 2A**), per evitare danni al rotore del pulvimixer (**Fig. 2B**), ha obbligato a ridurre la profondità del trattamento a 15-20 cm, corrispondenti al residuo spessore di conglomerato bituminoso ed al poco consistente strato di fondazione.

Trattandosi di materiali prevalentemente granulari con una minima frazione fine (**Fig. 2C**), sono stati aggiunti, per ogni metro quadrato, 4 kg (pari all'1% in peso) di calce idrata e 10 kg (pari al 2,5% in peso) di cemento.

Alla miscelazione, realizzata con 2 passate della macchina stabilizzatrice, è seguito lo spianamento con la livellatrice e la compattazione con rullo vibrante (**Fig. 2D**) e rullo gommato.



2A



2B



2C



2D

Fig. 2 Stabilizzazione con calce e cemento

La pavimentazione è stata completata con la stesa di uno strato di binder di 6 cm e successivamente (dopo qualche mese) di un tappeto di usura in conglomerato bituminoso chiuso di 3 cm.

5. Stabilizzazione con bitume schiumato

Nel 2003, è stata applicata la tecnica della stabilizzazione con bitume schiumato su alcuni tratti della SS 241 di Nova Levante e della SP 76 di Ega.

Nel centro abitato di Nova Levante si è proceduto alla fresatura di 8 cm di conglomerato bituminoso della pavimentazione esistente per fare posto ai nuovi strati di binder e tappeto di usura, evitando di modificare le quote della strada rispetto ai marciapiedi e agli accessi

Il Laboratorio prove della Provincia Autonoma di Bolzano



Fin dal 1969, ancora prima che la Legge 1086 del 1971 rendesse obbligatori i controlli sui calcestruzzi e sugli acciai e concedesse anche ai laboratori autorizzati la facoltà di eseguire e certificare prove sui materiali da costruzione, la Provincia Autonoma di Bolzano aveva creato a Cardano un laboratorio per il controllo di qualità dei materiali utilizzati per le proprie costruzioni. Alla fine dell'iter tecnico-amministrativo, già nel 1975, il Laboratorio venne autorizzato dall'allora Ministero dei Lavori Pubblici ad eseguire le prove sui materiali da costruzione a rilasciarne i certificati ufficiali.

Nel 1981 venne aggiunto al Laboratorio l'Ufficio geologia della Provincia, per costituire sotto la guida dell'attuale Direttore, dott. Ludwig Nössing, l'Ufficio Geologia e Prove Materiali, Nr 11.6. della Provincia.

Nel tempo sono progressivamente aumentati i campi d'azione dell'Ufficio per soddisfare le nuove necessità del controllo di qualità nel settore delle costruzioni civili e dell'industria. Inoltre, al fine di elevare il livello delle conoscenze tecniche e migliorare il servizio alla clientela, sono state avviate collaborazioni con altri laboratori e con Istituti universitari sia in Italia che all'estero.

Dal 2002 il laboratorio ha ottenuto dal Sinal la certificazione ISO 17025, relativa ai Laboratori di prova e taratura.

Attualmente il Laboratorio è suddiviso in 5 reparti che operano controlli nei diversi settori delle costruzioni. Dell'ambito stradale si occupano in particolare il laboratorio geotecnico e il laboratorio conglomerati bituminosi. Oltre ad eseguire le normali prove previste dalle norme tecniche per le pavimentazioni ed i sottofondi stradali, questi due reparti curano gli studi delle miscele e sono parte attiva del gruppo di lavoro costituito dall'Amministrazione Provinciale per la sperimentazione di tecnologie e materiali di riciclo negli interventi di costruzione e manutenzione stradale.

carrabili. È stato quindi disgregato con la fresa il restante conglomerato bituminoso in modo da agevolare la fase di miscelazione con la macchina stabilizzatrice. Il cemento è stato steso sulla pavimentazione realizzando 3 tratte con dosaggi diversi (crescenti) di 2,0% - 2,5% e 3,0% a cui sono stati fatti corrispondere impieghi di bitume schiumato (decrescenti) del 3,5% - 3,0% e 2,5%, sempre riferiti alla massa degli aggregati.

Anche in questo caso, come capitato nel progetto dell'anno precedente, la presenza nel sottofondo di elementi di dimensioni superiori ai 100 mm ha obbligato a limitare la profondità del trattamento a circa 20 cm.

La pavimentazione è stata completata con la stesa di uno strato di binder di 5 cm e di un tappeto di usura in conglomerato bituminoso chiuso di 3 cm.

Fuori dal centro abitato, laddove non esistevano problemi di quota, invece di fresare il conglomerato bituminoso per raggiungere il piano di fondazione stradale, il trattamento ha interessato sia il vecchio conglomerato bituminoso (circa 10 cm) che il materiale sottostante per uno spessore complessivo di circa

cm 30. Il tutto è avvenuto in presenza di traffico, con evidenti difficoltà realizzative.

La maggior parte dei controlli è stata fatta nell'immediato con la piastra dinamica leggera. Nelle prove effettuate dopo intervalli di 1, 3 e 24 ore dalla compattezza è stato possibile valutare il contributo del "legante cemento" in relazione all'aumento del modulo dinamico nelle prime 24 ore (**Fig. 3**).

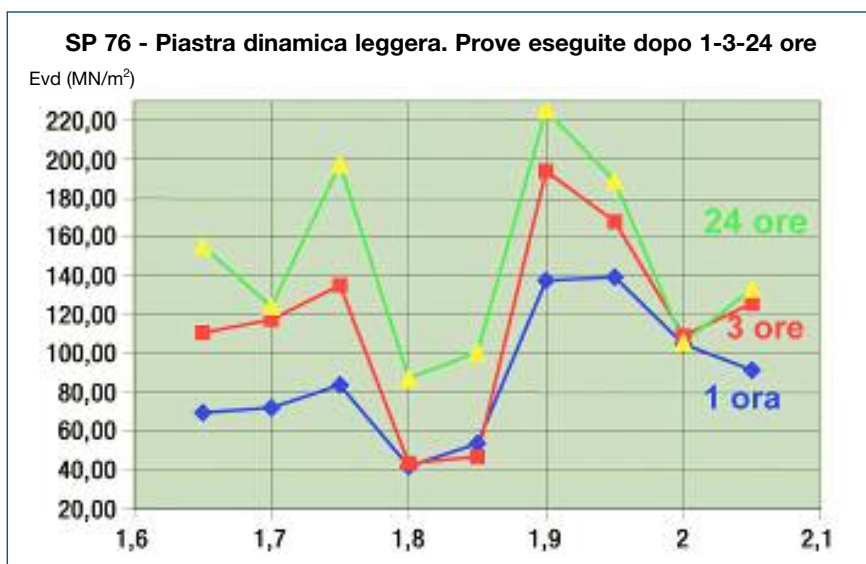


Fig. 3 Risultati di prove di piastra dinamica leggera

6. Miglioramento granulometrico dello strato di fondazione

Nel 2004, è stata sperimentata la bonifica dello strato di fondazione mediante correzione granulometrica su due tratti della SP 14 di Aldino e della SP 79 di Anterivo. Anche in questo caso si è trattato di intervenire su strade prive di un vero e proprio strato di fondazione. Dovendo operare in presenza di traffico i lavori sono stati divisi in fasi che hanno interessato alternativamente metà della sede stradale, come risulta dalla **Fig. 4**. Nella prima fase si è proceduto alla demolizione di una semicarreggiata (**Fig. 5A**) asportando la pavimentazione

(circa 10 cm di conglomerato bituminoso senza un vero strato di fondazione) ed il sottofondo fino alla profondità di 70 cm. Il materiale di risulta dello scavo è stato trasferito in una piazzola distante circa 1 km dal cantiere, dove era stato installato un frantoio mobile (**Fig. 5B**). Le operazioni di vagliatura e frantumazione hanno consentito di eliminare gran parte del materiale fino (riciclato per la formazione di arginelli) e di produrre due pezzature (30/70 e 0/30) da utilizzare per la formazione dei nuovi strati di anticapillare e di fondazione. Il fino scartato è stato sostituito integrando il materiale da frantumare con materiale lapideo proveniente da precedenti lavori di manutenzione (riprofilatura di scarpe).

Si evidenzia che i blocchi di conglomerato bituminoso della vecchia pavimentazione sono stati frantumati insieme al materiale lapideo e sono andati a costituire parte delle nuove pezzature (**Fig. 5C**).

Dopo aver rullato il fondo dello scavo e disposto un telo di geotessile, è stato steso uno strato anticapillare (30/70) di 30 cm ed uno strato di misto granulare (0/30) di 30 cm. Il sovrastante strato di base di 12 cm è stato realizzato con conglomerato riciclato a freddo (è stato impiegato fresato proveniente da altro cantiere), confezionato in impianto fisso (ubicato a circa 40 km), steso con vibrofinitrice e compattato con rulli vibrante e gommato - fase 2 (**Fig. 5D**).

Si è quindi passati nell'altra semicarreggiata ripetendo le stesse lavorazioni (fase 3 e fase 4). La pavimentazione è stata completata con lo strato di binder ed il tappeto di usura (fase 5). Durante l'esecuzione dei lavori, sullo strato di fondazione, sono state eseguite prove di piastra dinamica leggera ogni 50 m, su due allineamenti (lato destro e lato sinistro) di entrambe le corsie. I risultati ottenuti sono in generale

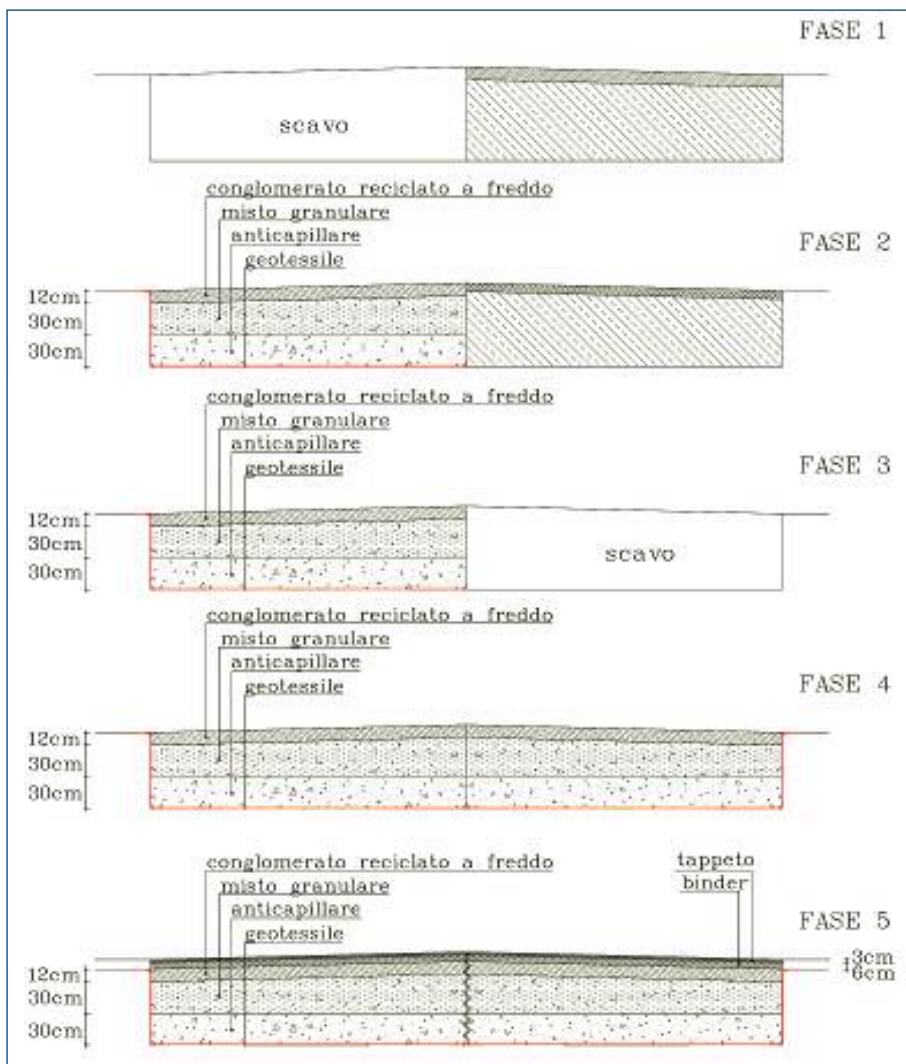


Fig. 4 Le fasi dell'intervento sulla SP 14 e sulla SP 79



5A



5B



5C



5D

Fig. 5 Correzione granulometrica sulla SP14 di Aldino

compresi tra 50 e 75 N/mm². Nelle zone dove sono stati rilevati valori molto bassi (inferiori a 50 N/mm²) è stata inserita una geogriglia di rinforzo sopra lo strato anticapillare, intasato con 5 cm di misto granulare.

7. Risanamento con riciclo di materiali di varie provenienze

Nel 2005, sulla base delle esperienze precedenti è stato sperimentato un intervento di risanamento di un tratto di strada con riciclo di materiali di varie provenienze (compresi quelli della strada esistente) combinando la correzione granulometrica con la stabilizzazione. Per la selezione e la produzione di materiale granulare di dimensioni prestabilite a partire dai materiali della

vecchia pavimentazione, è stato impiegato un frantoio mobile ad elevata produzione. Per la confezione dei misti stabilizzati è stato utilizzato un impianto mobile di riciclaggio, molto versatile, che consente di operare a freddo con diverse tipologie di legante: calce, cemento, emulsione bituminosa, bitume schiumato.

Il progetto pilota è stato realizzato nella zona di Bolzano Sud, sulla SP 172 di Ischia Frizzi, dalla cava inerti Maier fino al ponte della discarica di Vadena, su un tratto di circa 1750 m (Fig. 6).

L'obiettivo prefissato è stato il miglioramento delle prestazioni della pavimentazione attraverso l'aumento della portanza della fondazione e la contestuale riduzione della sensibilità all'azione dell'acqua e del gelo, impiegando il maggior quantitativo possibile di materiale esistente (della stessa strada) e materiali di riciclo »



6A



6B



6C



6D

Fig. 6 Correzione granulometrica sulla SP 172 di Ischia Frizzi

proveniente da demolizioni di opere civili e industriali. Inizialmente è stato rimosso il conglomerato bituminoso; trasportato in una piazzola nelle vicinanze del cantiere, per poi essere frantumato fino a realizzare una pezzatura 0/30. Si è quindi proceduto allo scavo del sottofondo per uno spessore di circa 30 cm. Il materiale di risulta è stato vagliato per eliminare la frazione fina e inviare alla frantumazione la parte lapidea. Il fondo dello scavo è stato rullato e, dove il modulo determinato con piastra dinamica leggera è risultato inferiore a 40 N/mm^2 , sono state operate bonifiche localizzate mediante sostituzione con materiale granulare. Dopo la posa di un geotessuto, si è proceduto alla stesa di uno strato di materiale anticapillare impiegando una pezzatura 40/70 di materiale di riciclo proveniente dalla

demolizione di un vicino insediamento industriale. Per lo strato di fondazione, dello spessore di 20 cm, sono stati previsti 5 differenti miscele, su altrettanti tratti, in modo da poter valutare nel tempo le prestazioni in relazione ai tempi ed ai costi di esecuzione. In un primo tratto è stato impiegato misto granulare ottenuto dalla miscelazione di materiale porfirico di recupero (proveniente dalla SS 12) con il conglomerato ed il sottofondo della vecchia pavimentazione, opportunamente frantumati. Nei tratti successivi sono stati posti in opera misti cementati (con il 3% di cemento rispetto al peso degli inerti) a diverso grado di rigidità aggiungendo al misto granulare:

- ▶ 10% di fresato;
- ▶ 30% di fresato;

- ▶ 30% di fresato e 3% di bitume schiumato;
- ▶ 30% di fresato e 3% di emulsione bituminosa al 60% di bitume.

Subito sopra sono stati stesi il binder (8 cm) ed il tappeto di usura (3 cm).

Onde evitare assestamenti e fessurazione in corrispondenza della mezzeria, pur operando in presenza di traffico (modesto), i lavori sono stati condotti in modo da realizzare ogni strato per tutta la larghezza della strada, evitando di far coincidere il giunto longitudinale di strati successivi.

8. Risanamento antigelo

Nel 2006 è stato realizzato un risanamento profondo antigelo su un tratto di circa 1 km della SS 242 Val Gardena – Passo Sella, a circa 2000 m s.l.m.

Su tutta la zona erano presenti fessurazioni estese, anche ramificate, associate a notevoli avvallamenti, causate dalla formazione di lenti di ghiaccio nello strato di fondazione e nel sottofondo. La contemporanea presenza dei tre fattori che concorrono al fenomeno del gelo (sottofondi limosi, presenza di acqua, temperature sotto lo zero per lunghi periodi) era piuttosto evidente. Si è trattato però di stabilire la profondità minima (per contenere i costi) dell'intervento per eliminare il problema. Allo scopo sono state inserite sonde nel sottofondo che hanno consentito di misurare la profondità del gelo durante tutta la stagione invernale fino al disgelo primaverile.

Sulla base dei risultati del monitoraggio delle temperature è stata progettata una bonifica fino alla profondità di 130 cm rispetto al piano viabile esistente, prevedendo il riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi (**Fig. 7A**), integrati con materiali lapidei



7A



7B



7C



7D

Fig. 7 Risanamento profondo antigelo a Passo Sella



reperibili nei dintorni (materiali di risulta di disaggi, pulizia di reti e barriere paramassi, conoidi, ecc.).

La scelta di riciclare al massimo i materiali esistenti è stata dettata da esigenze ambientali, in particolare dalla necessità di ridurre al minimo il transito di mezzi pesanti lungo la Val Gardena dove la strada, assai stretta, è fortemente impegnata nel periodo estivo dai flussi turistici (auto e bus).

La pavimentazione esistente, compresi gli strati superficiali di conglomerato bituminoso, è stata demolita con escavatore, cercando di separare i materiali granulari dalle terre limo argillose.

Il materiale di risulta è stato trasferito in una piazzola esistente lungo la stessa strada (**Fig. 7C**), circa 2 km a valle del tratto interessato dai lavori, dove mediante un frantoio mobile munito di vaglio sgrossatore si è proceduto alla disaggregazione e alla separazione in varie pezzature. Analogo processo è stato attuato con i materiali lapidei raccolti nella zona, talvolta anche insieme ai materiali granulari della vecchia pavimentazione, per favorirne la miscelazione e migliorarne la qualità.

Il materiale fino è stato scartato, accantonato per il ricoprimento delle scarpate e la formazione dei cigli erbosi. Con il materiale lapideo ed il conglomerato bituminoso sono state prodotte due pezzature (30/70 e 0/30) da utilizzare per drenaggi e strati anticapillari (30/70) e per la nuova fondazione stradale (0/30).

La pavimentazione è stata completata con uno strato di binder di 6 cm ed un tappeto d'usura di 4 cm (**Fig. 7D**). In considerazione della notevole distanza tra l'impianto di produzione del conglomerato bituminoso e il luogo di stesa, oltre alle temperature sensibilmente basse per

l'altitudine, è stato impiegato un bitume modificato a bassa viscosità che ha consentito una efficace compattazione anche a 110 °C (conglomerato tiepido).

9. Confronto tra diverse tecniche di stabilizzazione

Il progetto pilota del 2007 è stato realizzato sulla SS 38 Merano - Bolzano, strada extraurbana a quattro corsie caratterizzata da un traffico rilevante e con oltre 30 anni di esercizio. La pavimentazione in molti tratti presenta fessurazioni estese, longitudinali e ramificate in particolare sulla corsia di marcia. Le indagini condotte dal Laboratorio della Provincia, mediante prove di FWD e saggi diretti, hanno evidenziato una ridotta portanza dello strato di fondazione riconducibile alla presenza di una eccessiva frazione fina che subisce l'influenza della falda superficiale del fiume Adige.

Gli interventi di manutenzione, negli anni passati, hanno interessato solo gli strati superficiali con fresature di pochi cm e corrispondenti ricariche di conglomerato bituminoso.

Essendo stato accertato che le cause degli ammaloramenti sono da attribuire allo strato di fondazione è stato proposto il suo risanamento mediante varie tecniche di stabilizzazione da mettere a confronto.

La sperimentazione ha interessato la sola corsia di marcia per un tratto di circa un km (dalla progressiva 16+00 alla 17+00) in direzione Bolzano (**Fig. 8**).

Sono state inizialmente operate 2 fresature, rispettivamente di spessore 9 cm e di 10 cm, per l'alloggiamento dei



8A



8B



8C



8D

Fig. 8 Stabilizzazione con cemento e bitume schiumato – emulsione bituminosa

nuovi strati usura, binder e base. Una terza fresatura di 10 cm ha consentito di raggiungere la profondità di 29 cm, rimuovere parte dello strato di fondazione per sostituirlo con il fresato della seconda fresatura (conglomerato bituminoso dello strato di base). Tale operazione, oltre a realizzare la correzione granulometrica della fondazione (con riduzione della componente fina), ha consentito di riciclare parte del fresato destinato a discarica.

È stata quindi stesa la calce (10 kg/m^2), miscelata fino alla profondità di cm 30 mediante pulvimixer.

Il nuovo strato di fondazione, corretto granulometricamente e stabilizzato con la calce, è stato poi trattato con tre diverse tecniche, in tre tratti distinti:

- ▶ nel primo tratto sono stati impiegati cemento (2% in peso corrispondente a $45,0 \text{ kg/m}^3$) ed emulsione bituminosa sovra-stabilizzata (3% in peso corrispondente a $67,5 \text{ kg/m}^3$);
- ▶ nel secondo tratto cemento (1,75% in peso corrispondente a $39,4 \text{ kg/m}^3$) e bitume schiumato (3% in peso corrispondente a $67,5 \text{ kg/m}^3$);
- ▶ nel terzo tratto solo cemento (3% in peso corrispondente a $67,5 \text{ kg/m}^3$).

La pavimentazione è stata completata con la stesa di base, binder e tappeto di usura di tipo splittmastix. Al fine di valutare il comportamen-

to nel tempo delle tre tecniche di stabilizzazione è stato organizzato un monitoraggio che prevede l'esecuzione di prove di FWD ogni sei mesi a partire dai primi 30 successivi al trattamento.

Il primo rilievo (Fig. 9) non ha evidenziato valori del modulo elastico molto diversi tra i tre materiali, salvo una maggiore dispersione dei valori per la tratta con bitume schiumato. Per le misure successive è atteso un più rapido deterioramento della miscela con solo cemento in quanto l'inserimento del bitume (in forma di schiuma ovvero di emulsione bituminosa) dovrebbe ridurre la fragilità e quindi la fessurazione progressiva tipica dei misti cementati. ■

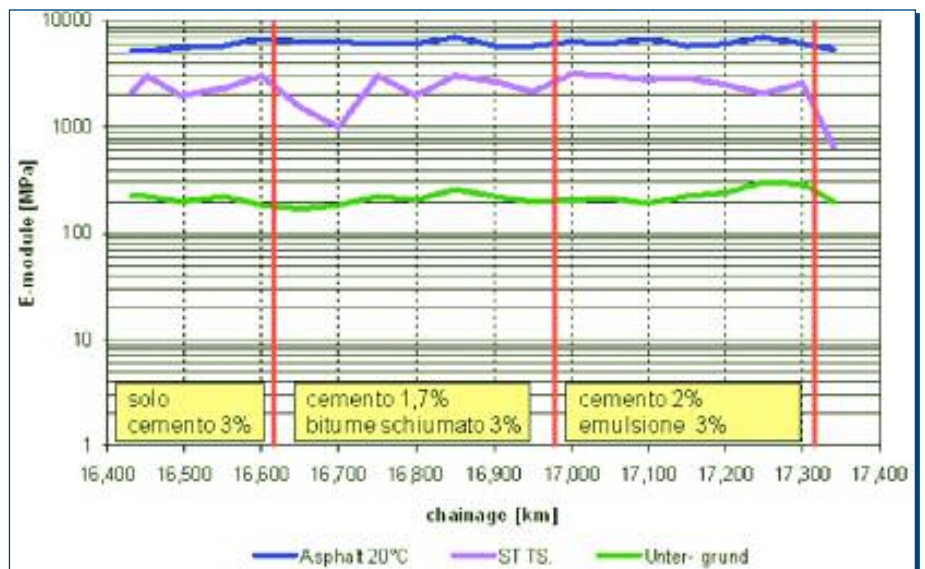


Fig. 9 Risultati delle prove di FWD eseguite dopo 30 gg. dal trattamento