

Pavimentazioni stradali in calcestruzzo (cls)

Questo trattato serve a delineare un quadro aggiornato della tecnologia di realizzazione delle pavimentazioni stradali in calcestruzzo, dei loro problemi, delle soluzioni.

Il programma è dedicato ad un aspetto della tecnologia delle pavimentazioni in calcestruzzo e cioè:

- 1) - concezione delle pavimentazioni per strade a grande traffico;
- 2) - problemi delle pavimentazioni in calcestruzzo sulle opere d'arte e nei tratti di avvicinamento a queste ultime;
- 3) - materiali legati a cemento;
- 4) - problemi costruttivi delle pavimentazioni rigide;
- 5) - concezione e realizzazione delle strade a basso traffico;
- 6) - problemi riguardanti la manutenzione;
- 7) - caratteristiche superficiali del piano viabile;
- 8) - aspetti economici delle pavimentazioni in calcestruzzo.

Per ciascun aspetto trattato si cerca di dare una risposta precisa, considerando che in Italia manca una vera e concreta esperienza riguardante realizzazioni su ampia scala in cls a questi problemi.

Alla domanda, cioè, se ci siano novità nel campo delle pavimentazioni in calcestruzzo e se si siano trovate soluzioni sicure agli specifici problemi da esse presentati, primi fra tutti quelli associati alla presenza dei giunti, si può con sicurezza rispondere affermativamente; ma si continua ancora a studiare l'effettivo comportamento in opera dei materiali e della pavimentazione nella sua globalità, e la continua evoluzione delle azioni esterne (traffico, carichi per asse) cui la pavimentazione stessa è soggetta.

Un 1° problema è del danno prodotto nella pavimentazione dai più elevati carichi per asse e dai sovraccarichi con cui sempre più frequentemente viaggiano i veicoli commerciali.

1.0 - Concezione delle pavimentazioni per strade a grande traffico

Un aggiornato quadro delle prescrizioni e delle tendenze attuali in campo europeo a riguardo della concezione e della realizzazione delle pavimentazioni stradali in calcestruzzo è stato fornito da Sharp [1].

Egli ha presentato una revisione del prospetto sinottico, elaborato per la prima volta nel 1969, nel quale viene riassunta l'esperienza europea nel campo delle pavimentazioni rigide, desunta da una indagine estesa a 15 nazioni.

I dati più significativi che possono essere ricavati da tale quadro sono riportati nella Tab. 1 e nella Tab. 2, le quali sintetizzano, rispettivamente, gli aspetti su cui vi è ormai una assoluta uniformità di pareri ed il campo di variabilità dei valori forniti dalle prescrizioni dei diversi paesi a riguardo di alcuni parametri caratteristici.

Si richiama l'attenzione sul fatto che i valori più bassi dello spessore della pavimentazione riportati in Tab. 2 si riferiscono allo spessore in corrispondenza dello spartitraffico centrale di pavimentazioni a sezione trapezoidale.

In Europa, come negli Stati Uniti, tre sono le tecniche utilizzate in campo stradale:

- 1) - *pavimentazioni non armate*;
- 2) - *pavimentazioni non armate con barre di compartecipazione ai giunti*;
- 3) - *pavimentazioni con armatura continua*.

Mentre si riscontra che in numerosi Stati americani le tre tecniche vengono adottate indifferentemente, in Europa ciascuna Nazione ha effettuato una scelta, per lo meno nel caso di pavimentazioni di strade a grande traffico.

La tecnica delle pavimentazioni non armate con barre di compartecipazione è generalmente preferita in Inghilterra, Germania, Austria, Finlandia, Olanda, Svizzera; quella invece che prevede giunti senza barre è adottata in Danimarca e Francia.

In altri paesi, come la Spagna ed il Belgio, vi è una ripartizione equilibrata, rispettivamente, tra pavimentazioni senza barre e pavimentazioni con barre.

Gli spessori delle lastre per le strade trafficate tendono ad aumentare, passando dai valori di 22-25 cm adottati fino a qualche anno fa, a spessori anche di 28-30 cm.

Si va inoltre affermando, soprattutto in America, la adozione di banchine in calcestruzzo come naturale elemento complementare delle pavimentazioni rigide.

Per quanto riguarda la disposizione delle barre di compartecipazione nei giunti trasversali, una interessante proposta

è stata formulata da Neussner [2] il quale, nel ricordare le principali considerazioni a favore della utilizzazione delle barre (migliore trasferimento dei carichi ai giunti, riduzione della deformazione e dello stato di sollecitazione ai bordi delle lastre, eliminazione del fenomeno dello scalinamento) e nel ricordare, altresì, che, con le moderne tecnologie, viene a cadere l'incompatibilità spesso lamentata tra utilizzazione delle barre e la realizzazione della pavimentazione mediante macchine a cassaforme scorrevoli, ha proposto, quale soluzione per ridurre i costi connessi con la loro installazione, di disporre le barre come indicato in fig. 1-b, e cioè ad interasse variabile anziché costante, come è normale prassi.

La riduzione del numero delle barre da 30 a 18, nel caso di una larghezza di carreggiata di 8,50 m, è ammissibile se lo strato di fondazione è costituito da un misto cementato.

Particolarmente interessante è stata la comunicazione di Nissoux [3] il quale ha formulato un primo bilancio sulla costruzione ed il comportamento in servizio delle pavimentazioni in calcestruzzo realizzate in Francia secondo la tecnica modificata delle lastre non armate e senza barre.

A seguito, infatti, dei noti fenomeni di ammaloramento di cui hanno sofferto le prime pavimentazioni francesi in calcestruzzo non armato e senza barre (pompaggio e scalinamento ai giunti), sono stati messi a punto una serie di interessanti correttivi che comprendono l'utilizzazione di strati di fondazione in calcestruzzo magro, il miglioramento delle proprietà drenanti della pavimentazione e la riduzione della lunghezza delle lastre.

Ad una distanza di circa 6 anni dall'entrata in servizio delle pavimentazioni realizzate con questa nuova tecnica, ed il passaggio, nei tratti trafficati, di un traffico cumulato dell'ordine di $(6 \div 8 \times 10^6)$ carichi pesanti, non si sono constatati sostanziali ammaloramenti, anche se, come è ovvio, è ancora presto per poter dare un giudizio conclusivo circa l'effettiva efficacia dei sistemi di drenaggio laterale messi in opera e circa la reale resistenza all'erosione del calcestruzzo magro di fondazione.

Analoghe indicazioni sembrano fornire la tecnica delle lastre spesse su fondazione drenante.

Molto importante è la necessità di prestare maggiore attenzione al problema del drenaggio della pavimentazione, indispensabile un drenaggio longitudinale in corrispondenza del giunto tra banchina e pavimentazione corrente.

Nella fig. 2 sono riportate le diverse soluzioni messe a punto in proposito dai francesi; la scelta del tipo di soluzione da adottare, dipende dal tipo di pavimentazione e dal traffico che essa sopporta.

In particolare, la realizzazione della struttura della banchina interamente in calcestruzzo poroso può essere riservata alle pavimentazioni autostradali soggette a traffico molto intenso.

2.0 - Pavimentazioni in calcestruzzo in prossimità e sopra le opera d'arte

Un aspetto particolarmente interessante, dal punto di vista pratico-applicativo, riguarda i problemi connessi con l'avvicinamento delle pavimentazioni in calcestruzzo alle opere d'arte e con la realizzazione della pavimentazione stessa su queste ultime.

E' proprio in prossimità di questi punti singolari, infatti, che spesso si manifestano fenomeni di degradazione (cedimenti, scalinamenti, fessurazioni ecc.).

Ne la soluzione di adottare in queste zone una pavimentazione flessibile può considerarsi ottimale dal punto di vista costruttivo e da quello della manutenzione.

I provvedimenti messi a punto per fronteggiare i movimenti terminali della pavimentazione e quelli per prevenire cedimenti ed assestamenti del terrapieno a tergo delle spalle delle opere d'arte sono già sufficientemente noti.

Essi comprendono, per il primo problema, la realizzazione di una serie di giunti di dilatazione oppure di vere e proprie opere di ancoraggio terminale della pavimentazione.

Per il problema dei cedimenti differenziali, invece si può provvedere a (fig. 3):

- la realizzazione di lastre sommerse armate fissate alla struttura dell'opera;
- la realizzazione a ridosso della spalla del ponte, di uno spesso cuneo di materiale trattato con cemento;
- la realizzazione di un efficace sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione.

Per quanto riguarda il secondo problema, quello cioè della realizzazione di pavimentazioni in calcestruzzo sull'impalcato delle opere d'arte, la soluzione interessante sembra essere quella di una pavimentazione aderente alla soletta dell'impalcato, realizzata (v. fig. 4) monoliticamente (e cioè stesa immediatamente dopo il getto della soletta, quando il calcestruzzo di quest'ultima è ancora fresco) oppure con il sistema a «due strati», nel quale la pavimentazione è stesa sul calcestruzzo indurito della soletta.

In quest'ultimo caso l'aderenza tra i due strati è assicurata da una armatura ancorata alla soletta (come nel caso

illustrato in fig. 4) oppure da una mano di attacco di malta di cemento e/o di resina (ad analogia dei sistemi utilizzati per i rinforzi sottili aderenti delle pavimentazioni in calcestruzzo).

La soluzione di pavimentazione aderente è adottata in molti paesi, e tra questi in Svizzera, è presente, rispetto alla soluzione di pavimentazione non aderente, i seguenti vantaggi:

- la pavimentazione collabora alla resistenza dell'intera struttura anziché costituire solamente un sovraccarico permanente;
- assicura una regolarità superficiale eccellente;
- protegge efficacemente l'impalcato dell'opera d'arte dall'azione dell'acqua e dei sali disgelanti (si è sperimentalmente verificato che una pavimentazione aderente — senza cioè l'interposizione di uno strato di isolamento o di impermeabilizzazione della soletta — protegge adeguatamente da infiltrazioni la struttura sottostante alla condizione che il suo spessore non sia inferiore a 8 cm).

3.0 - Materiali trattati a cemento: impiego in sovrastrutture rigide e flessibili

Seguendo la classificazione e le raccomandazioni terminologiche proposte nel Congresso Mondiale della strada di Vienna del 1979, si ha:

- terre migliorate con cemento o con calce [5] ;
- terre stabilizzate a cemento, con particolare riferimento alla «terraccemento» [5] ;
- misti cementati e calcestruzzi magri [6] .

L'impiego di terre migliorate con cemento o calce si è ampiamente diffuso nel mondo come metodo per migliorare su larga scala le proprietà dei terreni di sottofondo laddove questi siano costituiti da terreni di scarse qualità portanti.

Come è noto, gli scopi che si intendono raggiungere sono quelli di rendere il terreno di sottofondo lavorabile, compatto, percorribile dai mezzi di cantiere e meno suscettibile all'umidità e al gelo.

Dalla grande varietà di esperienze maturate in questo settore è possibile trarre alcune indicazioni di carattere generale che riguardano principalmente la scelta del tipo di legante in relazione alle qualità del terreno (cemento, in quantità variabile dal 3 al 7%, per terreni granulari o debolmente coesivi; calce, in quantità del 2-3%, per terreni altamente coesivi) e le procedure di realizzazione del trattamento, quasi sempre facenti ricorso a metodi di miscelazione in sito.

Trattamenti misti con calce e cemento sono stati proposti ed utilizzati in presenza di terreni di sottofondo coesivi; qualche applicazione di tipo sperimentale di questo trattamento è stata effettuata anche per la realizzazione di strati di fondazione o di base di strade a scarso traffico.

La tecnica delle stabilizzazioni a cemento, tra cui rientrano la terra-cemento e, come caso particolare, la sabbia-cemento (quest'ultima largamente utilizzata in Olanda) ha avuto uno sviluppo notevole in relazione soprattutto al fatto che non sussistono praticamente condizioni limitanti le possibilità della sua applicazione, se si eccettua il caso di terreni con elevato contenuto di sostanze organiche (in quanto queste ultime possono disturbare le reazioni chimiche di idratazione del cemento) e i terreni altamente coesivi (a causa dell'elevato contenuto di cemento occorrente, in questo caso, per ottenere sensibili miglioramenti delle proprietà del terreno stesso).

La terra-cemento ha trovato applicazione, fino ad ora, prevalentemente per la realizzazione di strati di fondazione o di base.

Più ancora che sulle metodologie adottate per lo studio delle miscele terra-cemento (che come è noto si richiamano, privilegiando ora l'uno, ora l'altro, ai due concetti di « durabilità » e di « resistenza », è stato posto particolare accento sul problema della fessurabilità del materiale (problema comune anche agli strati in misto cementato) sui sistemi messi a punto per ridurre o evitare il fenomeno del richiamo in superficie, attraverso gli strati bituminosi, della fessurazione.

L'aspetto più importante a quello che riguarda il controllo del ritiro del materiale; questo può, essere ottenuto provvedendo alla stesa di un efficace prodotto di maturazione oppure alla stesa immediata degli strati bitumati soprastanti.

Con quest'ultimo metodo, adottato in Olanda, si è verificata la possibilità di ridurre lo spessore degli strati bitumati ad un minimo di 6 cm contro i 12-15 cm normalmente occorrenti, con le tecniche esecutive usuali, per evitare il richiamo in superficie della fessurazione dello strato sottostante.

Particolare, in questo campo, è anche l'esperienza Svizzera, secondo la quale una riduzione dell'umidità di costipamento rispetto a quella ottima induce nel materiale una ridottissima tendenza alla fessurazione senza peraltro ridurre apprezzabilmente il valore della massa volumica conseguibile con il costipamento stesso.

4.0 - Problemi costruttivi delle pavimentazioni in calcestruzzo

Due metodi costruttivi oggi in uso:

- quello facente ricorso a cassaforme fisse;
- quello impiegante macchine a cassaforme scorrevoli.

Per i tecnici inglesi la loro scelta del sistema a cassaforme fisse è di natura tecnica ed economica.

Infatti la maggior parte delle attrezzature delle imprese inglesi consistono in treni di stesa su cassaforme fisse.

Il loro rinnovamento, con conversione eventuale al sistema con cassaforme mobili, è considerato non conveniente in relazione all'entità dei contratti in corso o prevedibili a breve-medio termine.

Le motivazioni tecniche, invece, vengono fatte risalire all'interesse particolare che sussiste in Inghilterra per il sistema costruttivo in due strati, per i vantaggi che esso comporta in relazione alla possibilità di utilizzazione, nello strato inferiore, di aggregati meno pregiati e alla semplificazione delle operazioni di installazione delle barre di compartecipazione o dell'armatura (quando questa è prevista).

Per quanto riguarda i sistemi di controllo di qualità, si va sempre più affermando il controllo elettronico in centrale di tutte le operazioni, compreso il controllo del contenuto di umidità degli aggregati, la registrazione del consumo di energia dei miscelatori mediante wattmetri ed controllo del contenuto d'aria della miscela.

L'efficienza del sistema di controllo dipende, in grande misura, dalla qualificazione dello staff a cui è demandato tale controllo di qualità; infatti, quando il sistema denuncia qualche deviazione da quanto prescritto, la scelta delle contromisure da adottare e la prontezza con cui queste sono poste in essere dipendono essenzialmente dalla preparazione del personale specializzato preposto ai controlli di qualità.

5.0 - Concezione e realizzazione delle strade a basso traffico

Quello alle pavimentazioni in calcestruzzo per strade a basso traffico è, in effetti, il settore nel quale si registrano le maggiori novità, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti tecnologici ed il numero delle realizzazioni.

Si sono affrontati molti problemi riguardanti le strade rurali, agricole, interpoderali e quelle urbane, ove l'impiego degli additivi superfluidificanti ha riscosso, soprattutto nell'esperienza austriaca e tedesca, ampi successi; alla realizzazione di piste ciclabili o pedonali e alla realizzazione, infine, di ampi piazzali in zona urbana o industriale con pavimentazioni in blocchetti prefabbricati in calcestruzzo.

In tutte queste applicazioni di pavimentazione in cls per strade a basso traffico è stato usato, quasi in tutte, le attrezzature di stesa a cassaforme mobili di ridotte dimensioni, messe a punto sfruttando la grossa esperienza maturata in campo aeroportuale e stradale, con le grandi macchine, di stesa ad elevata produzione oraria.

Particolare interesse ha suscitato la documentazione di Ellis [6] riguardante l'impiego del calcestruzzo nelle pavimentazioni di strade in paesi in via di sviluppo.

All'uso relativamente modesto che fino ad ora si è fatto del calcestruzzo in questo settore, anche per motivi legati, in alcuni paesi, alla limitata produzione locale di cemento, fa ora riscontro un rinnovato interesse verso questa tecnologia, stimolato in primo luogo dall'aumento del prezzo del bitume e poi anche da fattori contingenti quali, per esempio, la disponibilità di attrezzature, macchinari e personale specializzato per la preparazione e la posa in opera del calcestruzzo, disponibilità creata dal sempre maggiore sviluppo dell'utilizzazione del calcestruzzo stesso negli altri settori dell'ingegneria civile.

Modelli di ottimizzazione facenti riferimento al costo generalizzato del trasporto sembrano, inoltre, mettere in evidenza il fatto che gli effetti negativi sul costo totale del trasporto, causati da una scadente manutenzione della pavimentazione (problema assai frequente nei paesi in via di sviluppo) possono essere limitati facendo ricorso all'impiego di pavimentazioni in calcestruzzo.

In conclusione, gli aspetti caratteristici delle pavimentazioni in calcestruzzo, i quali possono essere sintetizzati in:

- elevata capacità di ripartizione dei carichi;
- solidità dei bordi;
- assenza d'usura e dei fenomeni di ormaiamento;

- assenza di manutenzione.

L'ormaiamento è un difetto collegato a zone sollecitate da frequenti passaggi di carichi elevati, esempi tipici di queste situazioni si hanno in corrispondenza delle fermate di autobus, in prossimità dei semafori etc.

Il fenomeno è collegato sia allo scorrimento che si verifica negli strati di asfalto in prossimità della superficie, sia alla precoce riduzione della capacità portante degli strati inferiori, quando sollecitati da carichi elevati.

Stimolano l'interesse verso questa tecnologia soprattutto nel settore della viabilità minore, laddove, in particolare, si pongono problemi quali:

- scadente capacità portante dei sottofondi;
- assenza di materiali di buona qualità per la realizzazione di strati di fondazione;
- assenza di banchine ai lati della sovrastruttura.

6.0 - Cenno per le pavimentazioni in blocchetti prefabbricati in calcestruzzo

Questo tipo di pavimentazioni può essere impiegato in un gran numero di situazioni, in zone pedonali, in strade a basso traffico, in strade urbane ed anche in pavimentazioni soggette a condizioni di sollecitazione particolarmente gravose quali quelle che si determinano in piazzali industriali o in terminali containers.

I blocchetti prefabbricati (Grebin e Justesen) vengono prodotti in un gran numero di fogge e spessori; in generale, la superficie esposta al traffico di un singolo blocchetto dovrebbe essere sempre inferiore a 30.000 mm^2 ed il suo spessore superiore a 60 mm [7].

Nella fig. 5 è riportato quello che potrebbe essere definito il « catalogo delle sovrastrutture per pavimentazioni in blocchetti di cemento », proposto in Danimarca e che comprende i due casi di blocchetti su fondazione: in misto granulare non legato, e in misto cementato.

Particolare importanza è stata posta, per questo tipo di pavimentazione, sul drenaggio subsuperficiale, che sia molto efficace.

7.0 - Problemi riguardanti la manutenzione

La generale attenzione dei tecnici va sempre più rivolgendosi ai problemi concernenti le strategie e le tecniche di manutenzione delle pavimentazioni stradali, man mano che la durata in servizio di queste ultime si approssima al termine dei 20-25 anni, comunemente assunto per rappresentare la « vita utile » di una pavimentazione.

Un esempio di ciò può essere trovato nel « Programma delle 3R », (Riabilitazione, Ripristino, Rinforzo) varato a partire dal 1976 negli Stati Uniti per fronteggiare il progressivo deterioramento delle qualità di percorribilità del patrimonio di infrastrutture stradali.

E' da notare che, più recentemente, nel 1981, a tale programma è stata aggiunta anche una quarta R (Ricostruzione) mediante la quale viene contemplata la possibilità che, nel quadro della programmazione dei finanziamenti federali per le attività di manutenzione delle pavimentazioni, sia inserita anche l'opzione riguardante la demolizione della vecchia pavimentazione, la sua rimozione e frantumazione ed il suo reimpiego a formare strati di fondazione di alta qualità (tecniche di riciclaggio).

Le pavimentazioni in calcestruzzo, che per decenni sono state prese in considerazione essenzialmente per la costruzione di nuove infrastrutture, ormai da qualche anno trovano un impiego sempre più largo anche nel campo del rinnovamento e del rinforzo di sovrastrutture esistenti, siano esse di tipo rigido o flessibile.

Le tecniche sono quelle ben note del rinforzo non aderente, aderente, o parzialmente aderente, la cui scelta dipende in gran parte dallo stato di ammaloramento della vecchia pavimentazione ed anche dal tipo di pavimentazione di rinforzo che si vuole realizzare.

Sotto quest'ultimo aspetto, pavimentazioni di rinforzo con armatura continua richiedono la realizzazione di uno strato intermedio anti-aderenza, al fine di evitare la fessurazione preferenziale del rinforzo in corrispondenza dei giunti o delle lesioni della pavimentazione esistente, mentre pavimentazioni di rinforzo con giunti coincidenti con quelli della vecchia pavimentazione possono presentare anche una parziale aderenza col supporto.

In ogni caso, il problema della riabilitazione e del rinforzo delle pavimentazioni in calcestruzzo è piuttosto complesso in quanto esso non può ancora fondare le sue scelte su nessuna specifica valutazione sperimentale dello stato della pavimentazione esistente (come invece è possibile per le pavimentazioni flessibili il cui rinforzo può essere

basato, in modo più o meno preciso, su metodi di analisi della deformazione superficiale della pavimentazione esistente).

I criteri di giudizio e di scelta delle strategie di manutenzione e rinforzo restano, cioè, ancora legati in modo determinante al giudizio e alla esperienza personale di coloro i quali sono chiamati a valutare il comportamento della pavimentazione.

8.0 - Caratteristiche di aderenza superficiale del piano viabile

L'argomento trattato in questa sessione è sempre di attualità.

Infatti, se pur le metodologie di ripristino delle qualità di aderenza delle pavimentazioni in calcestruzzo, quali per esempio trattamenti superficiali, hanno superato ormai la fase sperimentale e sono diventate d'impiego operativo rimane sempre preferibile, adottare all'atto della costruzione, tutti quei provvedimenti che consentono di conferire al piano viabile una rugosità duratura così da allontanare nel tempo la necessità del primo intervento di ripristino in sede manutentoria.

Una pavimentazione in calcestruzzo possiede, come è noto, una buona microrugosità « naturale fornita dalle proprietà della malta superficiale e, in minor misura, dall'aggregato grosso esposto in superficie.

Le caratteristiche di durata nel tempo della microrugosità sono pertanto legate prevalentemente alle proprietà ed alla resistenza alla levigatura della sabbia.

Per assicurare, invece, una buona aderenza alle alte velocità, è essenziale che la pavimentazione sia caratterizzata oltre che da una buona microrugosità anche da una elevata macrorugosità; quest'ultima deve venir conferita all'atto della costruzione, quando il calcestruzzo è ancora plastico mediante tecniche diverse quali la spazzolatura, la striatura, la granigliatura o l'esposizione in superficie dell'aggregato grosso (« denudage nella terminologia francese).

Mentre gli inglesi hanno sviluppato particolarmente la tecnica della striatura trasversale del calcestruzzo fresco (tecnica preferibile a quella della spazzolatura con scope a setole rigide, in quanto quest'ultima può essere inefficace se la sua applicazione viene ritardata troppo), in Belgio, a partire dal 1978, sono state in particolare sviluppate le tecniche della granigliatura (fig. 8-a) e del « denudage » (fig. 8-b).

Le modalità esecutive di questi ultimi trattamenti sono ormai definite operativamente, sia nel caso di stesa a cassaforme fisse, sia in quello di stesa con macchine a cassaforme mobili.

Il rumore di rotolamento prodotto da questi provvedimenti di irruvidimento superficiale è sempre un argomento di grosso momento.

Sotto questo aspetto e con riferimento alla fig. 9, il rumore di rotolamento prodotto dal trattamento di granigliatura e di « denudage » è meno fastidioso di quello prodotto da trattamenti di striatura e, per quanto riguarda questi ultimi, è ormai accertata la convenienza di striature ad interasse variabile anziché costante.

Inoltre, il rumore prodotto dai primi due trattamenti è della stessa natura di quello generato da altre superfici a tessitura superficiale irregolare, quali conglomerati bituminosi granigliati o trattamenti superficiali.

9.0 - Aspetti economici delle pavimentazioni in calcestruzzo

Gli studi economici rappresentano sempre un grande interesse.

Occorre riconoscere il peso sempre maggiore che viene dato in queste considerazioni ai costi prevedibili di manutenzione, ai costi sostenuti dall'utente ed a quelli indiretti sostenuti dalla comunità.

Negli Stati Uniti, nella viabilità interstatale e, per lo meno in alcuni Stati, in quella secondaria, il numero delle sezioni in calcestruzzo che hanno richiesto un intervento radicale di rinforzo è molto inferiore (da cinque a dieci volte) a quello delle sezioni rinforzate con pavimentazione originate di tipo flessibile.

Ma tutto dipende dalla qualità dell'esecuzione, poiché molti i dati relativi ai costi e alla frequenza di manutenzione vengono tratti dall'esperienza relativa alla struttura antica, mentre i costi di costruzione sono riferiti alle nuove soluzioni.

Quindi è logico basarsi dopo 5-6 anni di esercizio, una manutenzione della pavimentazione.

10.0 – Esempio di pavimentazione con cls dell'autostrada inglese M25

L'autostrada inglese M25 costituisce il raccordo anulare esterno della città di Londra.

Questa autostrada attraversa numerose zone urbane ed è impegnata da un traffico molto intenso. Due tronchi stradali sono stati fatti in galleria artificiale, gli altri riguardavano pavimentazioni in calcestruzzo. Il primo è stato realizzato tra due pareti laterali a diaframma continuo in calcestruzzo gettato in opera; il secondo tra due diaframmi di pali trivellati. In entrambi la pavimentazione veniva stesa in due strati, per uno spessore totale di 30 cm, mediante la tecnica con cassaforme fisse. Il treno di betonaggio era costituito da nove macchine diverse guidate e controllate da una squadra di tecnici e operai che, complessivamente, ammontava ad una trentina di unite. Su uno dei due cantieri i giunti venivano segati nel calcestruzzo indurito, mentre nel secondo venivano realizzati mediante inserimento per vibrazione nel calcestruzzo fresco di inserti di plastica. Le pavimentazioni erano di tipo non armato, dotate di barre di trasferimento dei carichi ai giunti inserite meccanicamente dopo la stesa del 1° strato di calcestruzzo.

11.0 - Effetto dei sovraccarichi sulle pavimentazioni in calcestruzzo

Importante: è molto influente l'aumento del carico massimo, per asse stradale, consentito per legge, che ha sul comportamento delle pavimentazioni in calcestruzzo. Ancor più grave è l'effetto dei veicoli commerciali che viaggiano sovraccarichi, fenomeno quest'ultimo che purtroppo si registra assai di frequente sulle strade di molti paesi europei, Italia compresa. E' importante valutare quantitativamente quale può essere il danno prodotto dal transito di tali veicoli sovraccarichi sulle pavimentazioni in calcestruzzo.

Uno studio effettuato:

A questo scopo, sono stati effettuati una serie di controlli preliminari prendendo a base dei calcoli una tipica composizione di traffico italiana, riportata in Tab. 3, e condizioni termoigrometriche prevalenti nel centro Italia. L'andamento delle temperature medie minime e massime mensili è riportato nella fig. 11.

I calcoli sono stati effettuati con riferimento ad un traffico giornaliero di 2700 veicoli pesanti per corsia e ad una pavimentazione in calcestruzzo composta da lastre non armate di spessore $21 \div 25$ cm, di dimensioni di 480×400 cm, poggianti su uno strato di fondazione in misto cementato di spessore di 15 cm, è dotate di barre di compartecipazione ai giunti.

Esso è basato sull'applicazione della legge di Miner, considerando i carichi applicati al bordo delle lastre e tenendo conto delle diverse condizioni di sollecitazione termica che si producono nelle varie ore del giorno durante tutto l'anno.

La legge di fatica utilizzata nei calcoli e riportata in fig. 12.

Nella fig. 13 sono riportati i risultati ottenuti per una pavimentazione di spessore 21 cm.

Tale pavimentazione, se si fa riferimento ai carichi per asse nominali riportati in Tab. 3, risulta ben dimensionata (danno totale a fatica pari a 1,064), ma è sufficiente che viaggi sovraccarico del 20% soltanto, il 20% di veicoli delle classi di traffico pesanti (classi 7 e 8 di Tab. 3) per portare a condizioni di grave sottodimensionamento la pavimentazione (danno totale a fatica pari a 2,513).

Pertanto, affinché la pavimentazione presenti una riserva di resistenza a fatica per far fronte al danno prodotto dai veicoli sovraccarichi, occorre che il suo spessore sia superiore ai 20-22 cm ritenuti sufficienti fino a pochi anni fa.

Le figg. 14 e 15 illustrano cosa succede se lo spessore della pavimentazione viene incrementato a 23 cm e a 25 cm.

La fig. 14 dimostra che, nell'ipotesi che tutti i veicoli appartenenti alle classi 7 e 8 di Tab. 3 viaggino sovraccarichi, l'entità massima del sovraccarico ammissibile è pari al 30% del peso per asse nominale se la pavimentazione ha uno spessore di 23 cm e del 55% se lo spessore viene aumentato a 25 cm.

Dalla fig. 15 si deduce, invece, in forma più generale, il numero totale ammissibile, espresso in percentuale del numero di veicoli delle classi 7 e 8 transitati, delle ripetizioni di veicoli sovraccarichi in funzione dell'entità percentuale di sovraccarico.

Nel caso per esempio, di veicoli sovraccarichi del 60%, una pavimentazione di spessore 23 cm è in grado di sopportare un numero di ripetizioni sovraccariche non superiore al 5%, mentre, con uno spessore di 25 cm, tale numero sale al 30%.

Dal momento che lo spessore di 25 cm è quello recentemente adottato più di frequente nel caso di nuove pavimentazioni autostradali, si può concludere che questo spessore può sufficientemente cautelare dai danni prodotti dai veicoli sovraccarichi.

L'eventuale prodursi di ammaloramenti in pavimentazioni così dimensionate non dovrebbe cioè essere imputabile all'instaurarsi di un eccessivo stato di sollecitazione prodotto dalla presenza di sovraccarichi, quanto piuttosto a fenomeni diversi, quali la perdita di appoggio delle lastre sul piano di posa per effetto di fenomeni quali il pompaggio, lo scalinamento, gli assestamenti differenziali.

12.0 - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. SHARP R. - « Standard and Practices for Concrete Roads. A European survey », Proc. Int. Symp. on Concr. Roads, Londra, 1982.
2. NEUSSNER E. - « Unreinforced Concrete Pavements with Dowelled Joints », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.
3. Nissoux J.L. - « Unreinforced Concrete Pavements with Undowelled Joints », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.
4. JONKER C. - « Sub-grade Improvement and Soil Cement », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.
5. Rocci S. - « Cement-bound granular materials and lean concrete », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.
6. ELLIS C. - « Trends in design and construction of low-cost roads in developing countries », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.
7. GREBIN G., JUSTESEN C.F. - « Concrete block pavements », Proc. Int. Symp. on Conc. Roads, Londra, 1982.

Fonte : Internet