

RELAZIONE DIMENSIONALE E CARATTERISTICHE TECNICHE PAVIMENTAZIONE STRADALE

La presente relazione è finalizzata alla verifica della pavimentazione stradale prevista nei lavori di costruzione della via A. Vespucci, in Mascali (CT).

PAVIMENTAZIONE STRADALE

Una pavimentazione stradale, sia essa flessibile o semi-rigida, è tradizionalmente costituita da più strati sovrapposti di materiali differenti, composti da miscele di aggregati lapidei e leganti, a formare una vera e propria struttura frapposta tra i carichi ed il terreno in posto che prende anche il nome di Sovrastruttura Stradale.

La serie di strati costituenti ha in genere un'ossatura litica con dimensione degli elementi decrescente dal basso verso l'alto, a fronte di una qualità crescente delle caratteristiche meccaniche degli inerti stessi e della miscela che li comprende.

A ciascuno strato viene storicamente attribuita una funzione precipua e, conseguentemente, una caratterizzazione dimensionale, in termini di spessore ed una meccanica, in termini di resistenza alle sollecitazioni del materiale in esercizio.

Prima di descrivere brevemente ciascuno strato, si ricorda che il ruolo primario della sovrastruttura stradale è quello di distribuire sul piano di posa, ripartendoli convenientemente, gli sforzi dovuti ai carichi del traffico e che, per tale motivo essa dovrà avere uno spessore tale per cui le pressioni trasmesse al suolo siano sufficientemente ridotte e non superino quelle critiche del terreno.

In generale, a partire dal piano di posa, si possono trovare i seguenti strati:

- uno strato di fondazione di spessore di 30÷40 cm, posato sul terreno naturale in posto o di bonifica o sul piano finito del rilevato stradale, generalmente costituito da una miscela selezionata di inerti non legati aventi una granulometria assortita. Esso ha in primo luogo la funzione statica di ripartizione dei carichi, ma funge anche da elemento di separazione tra il terreno di sottofondo ed i materiali superficiali più pregiati. In tale senso ostacola anche la risalita capillare dell'acqua e la contaminazione degli strati sovrastanti da parte delle particelle fini del sottofondo;
- uno strato di base di spessore di 10÷25 cm, che nel caso di sovrastruttura flessibile, è costituito da conglomerato bituminoso con dimensione nominale degli aggregati di solito inferiori a quella dello strato di fondazione. È chiamato a resistere a fenomeni tipici di fatica essendo uno strato inflesso e prevalentemente sottoposto a sollecitazioni di trazione; riveste altresì un ruolo

fondamentale nella limitazione del fenomeno dell'ormaiamento superficiale in base alla sua maggiore o minore cedevolezza;

- uno strato di collegamento o binder di 7÷10 cm, in conglomerato bituminoso, avente la funzione di collegare lo strato di base e lo strato d'usura, che presenta aggregati di dimensione nominale intermedia (20÷25) mm;
- uno strato di usura, o manto d'usura di 3÷6 cm, in conglomerato bituminoso, sul quale gravano direttamente le sollecitazioni indotte dai veicoli. Deve essere quindi in grado di resistere alle azioni normali e tangenziali trasmesse dai pneumatici, soprattutto in fase di accelerazione e decelerazione. Una funzione fondamentale dello strato di usura è legata al fatto che la superficie d'estradosso costituisce il piano viabile della sovrastruttura, sul quale debbono essere garantite caratteristiche di aderenza e regolarità indispensabili per il moto e per la sicurezza stradale. Per tale motivo sono richieste elevate caratteristiche di resistenza all'urto ed all'abrasione degli inerti, una certa tenacità del legante ed un'opportuna rugosità della superficie finita.

FATTORI DI DIMENSIONAMENTO

La scelta dei materiali da impiegare nella costruzione e degli spessori da adottare viene fatta sulla base dei volumi di traffico previsti, delle condizioni climatiche del luogo, della vita utile richiesta alla sovrastruttura e dei fondi a disposizione dell'ente proprietario della strada, nonché della natura dell'intervento da realizzare. Occorre, infatti, tener presente che la maggior parte degli interventi costruttivi sono di tipo manutentivo, ossia tali per cui al più vengono ripristinati soltanto gli strati superficiali del pacchetto.

Tipologia della strada

Conformemente a quanto previsto all'art.2 del "Codice della strada" (D. L.vo 285/92 e suoi aggiornamenti successivi) le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- A - Autostrade (extraurbane ed urbane)
- B - Strade extraurbane principali
- C - Strade extraurbane secondarie
- D - Strade urbane di scorrimento
- E - Strade urbane di quartiere
- F - Strade locali (extraurbane ed urbane)

Tra queste strade si può stabilire per quanto riguarda le caratteristiche tecniche che la strada in oggetto può essere definita come “Strada di tipo E - Urbana di quartiere”.

I materiali impiegati

Il passaggio dal terreno naturale del piano di fondazione al conglomerato bituminoso, spesso modificato, dello strato di usura appare graduale.

La fondazione generalmente in misto granulare o stabilizzato granulometrico è uno strato definibile come non legato, in quanto non vengono impiegati leganti.

La richiesta di un piano viabile durevole, regolare e compatto, oltre che impermeabile ed insensibile strutturalmente alla presenza di acqua, ha comportato la necessità di legare tra loro gli inerti con un legante che fosse in primo luogo anidrofilo e chimicamente compatibile con gli aggregati ed, in secondo luogo, relativamente poco costoso, alla luce dei grandi quantitativi da impiegare. I fenomeni di degrado cui è sottoposta una pavimentazione stradale sono molteplici e tra loro strettamente legati. La formazione di fessure, di avvallamenti, di ormai e, di buche, così come gli sgranamenti superficiali e le delaminazioni, sono tutti aspetti diversi del fatto che la sovrastruttura stradale si stia degradando.

Le motivazioni per spiegare le elevate deformazioni o tensioni di trazione al di sotto dello strato legato possono essere molteplici:

- spessori troppo sottili;
- impiego di conglomerati poco resistenti per l'intensità e la ripetizione del carico indotto dal traffico stradale;
- livelli di carico più alti e maggiore pressione dei pneumatici;
- presenza di punti o aree più deformabili nei materiali non legati di base o
- nel sottofondo;
- strati di base o sottobase poco resistenti a causa della compattazione inadeguata o dell'incremento dell'umidità e/o del livello della falda acquifera sotterranea.

CALCOLO DELLA PAVIMENTAZIONE

Per eseguire la verifica è stato adottato il metodo di calcolo di BIROULIA-IVANOV, utilizzando i parametri presenti nella specifica relazione geologica.

L'impostazione prende origine dalla teoria di Boussiesq relativamente alla legge di ripartizione delle pressioni in un sistema semi-definito, elastico, isotropo ed omogeneo, lineare ed elastico,

caricato sul piano di delimitazione da un carico uniformante distribuito su un area circolare di raggio r.

Le grandezze in gioco di cui è necessario conoscere il valore sono:

- il modulo di elasticità o deformazione dello strato considerato,
- lo spessore dello strato,
- l'area di impronta di applicazione del carico,
- la pressione (pressione di gonfiamento dei pneumatici) di carico sullo strato di usura;
- il numero di passaggi giornalieri di assi tipo previsto.

Questo metodo consiste nel calcolare un modulo elastico fittizio rappresentante degli strati e del sottofondo. Il metodo si applica a partire dal sottofondo, considerando come primo bistrato quello formato dal sottofondo e dallo strato di fondazione e si arriva alla determinazione di E.

Si giunge quindi, alla determinazione di un modulo elastico E_p rappresentante la sovrastruttura ed il sottofondo. Pertanto dal modulo di deformazione del sottofondo e dello strato sovrastante si determina il parametro di trasformazione in base alla formula:

$$n = \sqrt[3.5]{E_1/E_0}$$

Con questo parametro è possibile calcolare il modulo di deformazione equivalente dell'ammasso indefinito fittizio composto dal sottofondo e dallo strato sovrastante di spessore S, in base alla formula:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - 2/3.14 \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) \arctan\left(n * \frac{S}{2a}\right)}$$

dove a è il raggio dell'area di impronta.

Procedendo in tal modo fino allo strato di usura si ottiene un modulo equivalente che deve essere superiore a quello di progetto determinato in base alla relazione:

$$E_p = \frac{p * D}{f}$$

Essendo D il diametro dell'area di carico, p la pressione di gonfiaggio dei pneumatici e f la freccia calcolata mediante la formula:

$$f = 0.17 - 0.026 \log(N)$$

dove N è il numero di assi tipo per giorno.

Si riportano in tabella i seguenti dati di progetto:

Denominazione dello strato	Spessore S (cm)	Modulo Elastico E (daN/cm ²)	Pressione p (daN/cm ²)	Raggio area impronta R (cm)	Numero assi/giorno N	Carico per ruota P (Kg/ruota)
Terreno naturale		200				
Misto granulometrico	35	500	7	15	200	6000
Conglomerato bitum. strato di base	12	2500	7	15	200	6000
Conglomerato bitum. strato collegamento	7	20000	7	15	200	6000
Conglomerato bitum. strato di usura	4	25000	7	15	200	6000

Considerando i seguenti dati di progetto, elaborando per i vari sottostrati si ottiene:

n1	E1 (Misto granulom.) (daN/cm ²)
1,443	381,92
n2	E2 (Strato di base) (daN/cm ²)
1,904	794,87
n3	E3 (Strato di collegam.) (daN/cm ²)
2,297	3.553,01
n4	E4 (Strato di usura) (daN/cm ²)
1,093	20.507,35

Determiniamo adesso il modulo di progetto E_p , ricavato in base alle relazioni enunciate sopra, si deve verificare che esso sia inferiore al valore di E_4

$$f = 0,17 - 0,026 \cdot \log(200) = 0,110;$$

$$E_p = 7 \cdot 33,04 / 0,110 = 2.100 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \text{ da cui segue: } \mathbf{2.100 < 20.507,35}$$

Risulta così dimostrato che $E_p < E_4$.

Conclusioni

Il calcolo della pavimentazione fa riferimento alla condizione di terreno naturale di tipo sabbioso con frammenti litici lavici, con sovrastante pavimentazione così costituita:

Denominazione dello strato	Spessore in cm
Terreno naturale	
Fondazione con misto granulometrico	35
Strato di base	12
Strato di collegamento (Bainder)	7
Strato di usura	4

In ragione dei risultati ottenuti e considerato il fatto che il corrispondente numero di assi giornalieri equivalenti risulta sufficientemente elevato ed idoneo alle caratteristiche di ciclicità dei carichi, si ritiene adeguata la pavimentazione in progetto in ragione della classificazione della strada in esame ai sensi del D.M. 5/11/2001 - Strade di tipo E – Urbana di quartiere.

15.5 Valori indicativi del modulo elastico di alcuni terreni

Terreno	E (Kg/cm ²)	
	valore massimo	valore minimo
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020