

PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEI MODULI DI DEFORMAZIONE M_d E M'_d M PROVA DI CARICO A DOPPIO CICLO CON PIASTRA CIRCOLARE

1. Scopo

Lo scopo della prova è quello di determinare la capacità portante di un terreno mediante la determinazione del modulo di deformazione M_d .

2. Campo di applicazione

Questa metodica è applicabile ai terreni di sottofondo, agli strati di rilevato, agli strati non legati di fondazione e di base delle pavimentazioni stradali.

3. Norma di riferimento

CNR B.U. A. XXVI n°146 - 1992
N.T.C. cap. 9.2¹

4. Apparecchiature

- Piastra circolare in acciaio di spessore non minore di 20 mm e del diametro di 300 ± 1 mm, irrigidita con apposite nervature o mediante altra piastra in acciaio, sempre di spessore non minore di 20 mm e del diametro di 160 mm sovrapposta coassialmente ad essa.
- Scatola metallica, all'interno della quale, in corrispondenza della cerniera sferica, vi sia una superficie piana su cui appoggiare il comparatore.
- Una cerniera sferica per il centramento del carico, da posizionare immediatamente al di sopra della piastra.
- Un martinetto meccanico o idraulico di circa 50 kN di portata.
- Un dinamometro meccanico o idraulico della portata di circa 50 kN, con sensibilità di 0,5 kN.
- Prolunga di aste cilindriche per consentire diverse altezze.
- Comparatore centesimale con capacità di misura di 10 mm, sensibilità di 1/100 di mm, oppure tre comparatori dello stesso tipo.
- Un braccio metallico snodabile portacomparatori, munito di dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore, oppure tre bracci dello stesso tipo.
- Un sostegno per i bracci portacomparatori costituita da una barra sufficientemente rigida, della lunghezza di circa 2,5 metri munita all'estremità di due supporti per l'appoggio al terreno, in alternativa un sostegno costituito da due travi di uguale lunghezza di almeno 1,2 metri ciascuna, incernierati tra loro da disporsi in opera su tre supporti.
- Sabbia, Cazzuola, Contasecondi
- Un filo a piombo, Termometro con scala da -10 a $+60$ °C

¹ Il programma delle prove, predisposto dal Collaudatore statico, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) va sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista perchè ne convalidi la compatibilità con il progetto strutturale ed al Costruttore per accettazione.

Nel caso di mancata convalida da parte del Progettista o di non accettazione da parte del Costruttore, il Collaudatore statico, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei Lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico devono essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore statico che ne assume la responsabilità mentre la loro materiale attuazione è affidata al Direttore dei lavori, che ne assume la responsabilità.

Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore.

5. Modalità Esecutive

5.1. Operazioni preliminari:

5.2. Individuazione del materiale da sottoporre a prova

Lo sperimentatore, giunto in cantiere, individua una superficie il più piana possibile ed in base al tipo di strato che è stato realizzato stabilisce il ciclo di carico massimo da applicare.

5.3. Predisposizione del contrasto

Lo sperimentatore fa predisporre un contrasto per il martinetto, che può essere in genere la parte posteriore di un autocarro, caricato, in modo da avere un carico doppio di quello massimo da esercitare sulla piastra. In particolare in corrispondenza del contrasto deve risultare:

ϕ		Sollecit.	Sollecit.	Forza	Forza	Zavorra	Zavorra
mm		N/mm ²	Kg/cm ²	N	Kg	N	Kg
300		0,02	0,2	1414	141	1979	198
Area		0,05	0,5	3534	353	4948	495
mm ²		0,15	1,5	10603	1060	14844	1484
70684		0,25	2,5	17671	1767	24739	2474
cm ²		0,35	3,5	24739	2474	34635	3464
707		0,45	4,5	31808	3181	44531	4453

5.2. Esecuzione della prova

- Lo sperimentatore una volta individuata la superficie piana su cui appoggiare la piastra, stende un sottile strato di sabbia, (passante al setaccio da 2 mm) in modo da eliminare le eventuali irregolarità superficiali e rendendo il contatto piastra-terreno più completo.

Procedimento a: con un solo comparatore



- Lo sperimentatore sistema la cerniera sulla piastra, sistema la scatola cilindrica .

- Una volta montato la trave di sostegno ed assicurato ad essa l'asta portacomparatore, già recante il comparatore, posiziona il tutto in modo che quest'ultimo tocchi con la punta sull'apposita piastra centrale, all'interno della scatola cilindrica. (Nota: la trave di sostegno deve essere posizionata in modo tale che i suoi appoggi distino non meno di 1 dalla piastra e 0,5 metri dalle ruote). Questo sistema di misura dei cedimenti deve restare riparato dai raggi solari, da scosse e vibrazioni.

- Lo sperimentatore dispone sopra la scatola il martinetto, e facendo retrocedere l'autocarro, con l'ausilio delle apposite prolunghe lo mette in contrasto. Comprime il comparatore quasi per l'intera corsa.

- Si libera la cerniera e si applica un carico di **0,02** N/mm² . Attende che i cedimenti si siano esauriti, elimina gli attriti dando dei piccoli colpetti sulla trave di sostegno ed azzera il comparatore.



- Si porta il carico al valore di **0,05 N/mm²** e si effettua una prima lettura del comparatore, nel caso si adotti la procedura b, si fanno le letture ai tre comparatori e se ne fa la media.
- Vengono applicati successivi incrementi di carico, effettuando la lettura sino alla stabilizzazione dei cedimenti (si considera il cedimento stabilizzato quando la differenza tra due letture consecutive del comparatore effettuate nell'intervallo di 1 minuto è $\pm 0,02$ mm).

a) primo ciclo:

- per terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato: incrementi di **0,05 N/mm²** sino a raggiungere la pressione di **0,2 N/mm²**;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di **0,1 N/mm²** fino a raggiungere rispettivamente la pressione di **0,35** e **0,45 M_d**.

Si effettuano le letture dei cedimenti ad ogni incremento di carico; nel caso si sia adottato il procedimento b, il cedimento letto ad ogni comparatore non deve differire più di 0,9 mm dalla media. Letto il cedimento relativo al carico massimo, si esegue lo scarico completo se interessa determinare solo il modulo M_d ; se invece interessa conoscere anche la qualità del costipamento occorre determinare anche il modulo M_d^I , in questo caso, effettuato il primo ciclo di carico si esegue lo scarico fino a $0,05 \text{ N/mm}^2$, si fa la lettura; dopo la stabilizzazione della deformazione si rileva il cedimento residuo. Partendo da queste condizioni, si inizia un nuovo ciclo di carico applicando i seguenti incrementi:

b) secondo ciclo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevati: incrementi di carico di **0,05 N/mm²** sino a raggiungere la pressione di **0,15 N/mm²**;
 - per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di **0,1 N/mm²** fino a raggiungere rispettivamente, la pressione di **0,25** e **0,35 N/mm²**.
- Lo sperimentatore misura la temperatura più volte nel corso della prova, e dopo aver rimosso l'attrezzatura, preleva un campione di terreno per determinarne l'umidità, il prelievo deve interessare uno spessore di almeno 15 cm.

Note: nel caso di prove di sottofondo in cui non sia nota la struttura, si deve eseguire uno scavo nel terreno per una profondità di circa 50 cm, onde rilevare la stratigrafia e controllare che al di sotto della piastra non vi siano ciottoli o blocchi con dimensioni superiori ai 10 cm. In tal caso la prova è da considerarsi non valida.

Nel caso la prova venga eseguita su strati di fondazione, o di base, si dovrà avere cura che la dimensione massima degli aggregati nelle vicinanze della piastra non superi i 10 cm.

Procedimento b: con tre comparatori

- Le modalità esecutive per questo procedimento sono identiche per quella ad un comparatore tranne per alcuni particolari di seguito elencati:
 - non viene impiegata la scatola cilindrica;
 - si dispone la cerniera sferica tra la struttura e la prolunga;
 - si usano tre comparatori predi spostati a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo.



6. Esposizione dei risultati

I risultati della vengono trascritti su appositi moduli e riportati sottoforma di diagrammi, aventi in ascissa le pressioni ed in ordinata i cedimenti.

Il modulo di deformazione $M_D = \frac{\Delta P}{\Delta S} \cdot D$ (N/mm²)

dove:

Δp è l'incremento di pressione trasmessa alla piastra rigida circolare (N/mm²);

Δs è l'incremento di cedimento della superficie caricata, (mm),

D è il diametro della piastra corrispondente a 300 mm.

$M'_D = \frac{\Delta P'}{\Delta S'} \cdot D$ (N/mm²) M'_d è il modulo di deformazione del secondo ciclo di carico;

I moduli di deformazione corrispondenti ai rispettivi cicli, vengono determinati con le formule sopraelencate, nelle quali Δp e $\Delta p'$ si fissano pari a 0,1 N/mm² e si scelgono normalmente nei seguenti intervalli:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: $\Delta p = \Delta p^I$ compreso tra 0,05 e 0,15 N/mm²;
- per strati di fondazione: $\Delta p = \Delta p^I$ compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm²;
- per strati di base: $\Delta p = \Delta p^I$ compreso tra 0,25 e 0,35 N/mm²;

$M_d / M'_d (\leq 1)$ è il grado di costipamento del terreno indagato, e tanto più esso si avvicina ad 1 migliore è la qualità del costipamento.