

7. Prova di carico su piastra

7.1 Premessa

Questa prova è eseguita allo scopo di rilevare la compattezza dei terreni di riporto e dello strato di base delle pavimentazioni stradali. È usata frequentemente anche per il controllo della compattazione di materiali granulari.

La piastra è appoggiata direttamente sul terreno superficiale oppure sul fondo di uno scavo (pozzetto o trincea).

La prova è eseguita per gradini di carico successivi e consente di determinare direttamente un modulo di deformazione.

7.2 Strumentazione

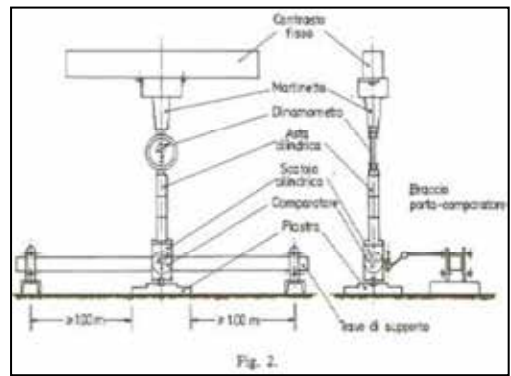
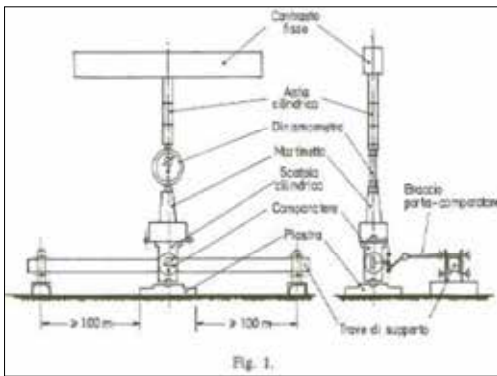
La strumentazione necessaria per eseguire la prova su piastra è costituita da una serie di elementi descritti di seguito.

- Una piastra circolare in acciaio di spessore non minore di 20 mm e del diametro di 300 ± 1 mm (o 600 ± 1 oppure 760 ± 1), irrigidita con apposite nervature o mediante altre piastre in acciaio, disposte a piramide, sempre di spessore non minore di 20 mm sovrapposte coassialmente ad essa. La variazione del diametro della piastra dipende principalmente da due fattori: il primo dalle dimensioni dell'aggregato massimo costituente il terreno, che non deve essere maggiore di $1/3$ del diametro della piastra; il secondo dipende dallo strato che si vuole indagare al disotto della superficie. Generalmente la profondità è equivalente a circa 1 o 1,5 volte il diametro.
- Una 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. Vedi figura 1 e 2.
- Un martinetto idraulico da 50 kN di portata per la piastra $\varnothing 300$ mm, da 150 kN per la piastra $\varnothing 600$ mm e da 250 kN per la piastra $\varnothing 760$ mm.
- Un dinamometro meccanico o idraulico della portata di 50 kN, con sensibilità di 0,5 kN per la piastra $\varnothing 300$ mm, da 150 kN per la piastra $\varnothing 600$ mm e da 250 kN per la piastra $\varnothing 760$ mm.
- Una serie di prolunghe di aste cilindriche per consentire diverse altezze.



Esecuzione di una prova su piastra

- Un comparatore centesimale con capacità di misura di 25 mm, sensibilità di 1/100 di mm (Procedura A), oppure tre comparatori dello stesso tipo (Procedura B).
- Un braccio metallico snodabile portacomparatori, munito di dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore (Procedura A), oppure tre bracci dello stesso tipo (Procedura B).
- Un sostegno per i bracci portacomparatori costituito 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, incernierate tra loro da disporsi in opera su tre supporti.
- Sabbia, cazzuola, contasecondi e una livella.
- Un filo di piombo ed un termometro con scala da -10 a +60 °C.



Schemi di montaggio dell'attrezzatura

7.3 Metodologia di prova

Per l'esecuzione della prova è necessario disporre di un contrasto fisso, che può essere costituito dalla parte posteriore del telaio di un autocarro sul cui asse posteriore gravi un carico almeno doppio di quello massimo da esercitare sulla piastra. Il complesso può essere montato in due maniere, come indicato rispettivamente nelle figure riportate in precedenza, a seconda della convenienza o meno di fissare il martinetto e il dinamometro alla struttura di contrasto.

Nella tabella seguente vengono indicati, in modo sintetico, la forza e il carico massimo applicato in funzione del diametro e dello strato indagato.

Diametro piastra [mm]	Area [mm ²]	Tipo di strato	Forza massima applicata [kN]	Carico massimo [N/mm ²]
300	70650	Sottofondo	14,13	0,20
300	70650	Fondazione	24,73	0,35
300	70650	Base	31,79	0,45
600	282600	Sottofondo	56,52	0,20
600	282600	Fondazione	98,91	0,35
600	282600	Base	127,17	0,45
760	458201	Sottofondo	91,64	0,20
760	458201	Fondazione	160,37	0,35
760	458201	Base	206,19	0,45

Si dispone la piastra sulla superficie dello strato di cui si vuol determinare il modulo di deformazione, avendo cura che il contatto sia il più completo possibile; se necessario le eventuali irregolarità superficiali vanno livellate a mezzo di un sottile strato di sabbia o altro materiale incoerente, tutto passante al setaccio da 2 mm.

Se si rende necessario effettuare la prova su una superficie già ricoperta da altro strato, occorre praticare uno scavo le cui pareti distino almeno 30, 60 o 76 cm (diametro piastra) dal bordo della piastra.

Di seguito sono riportate le due differenti procedure per la misura del cedimento.

Procedura A:

- con un solo comparatore: dopo aver sistemato e bloccato la cerniera sferica, si pone sulla piastra la scatola cilindrica e si introduce all'interno di essa il comparatore (sorretto dall'apposito braccio) in modo che la sua punta poggi sulla sede appositamente ricavata nella parte inferiore della scatola. Il braccio comparatore viene a sua volta fissato alla trave di sostegno i cui appoggi devono distare dai bordi delle aree caricate (piastra e ruote o altro supporto del contrasto) non meno di 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote. Il complesso di misura dei cedimenti (trave, braccio, comparatore) deve essere riparato dai raggi diretti del sole, da scosse e da vibrazioni. Occorre evitare, inoltre, qualsiasi circolazione in prossimità del posto di misura. Si dispongono sopra la scatola il martinetto e il dinamometro facendo in modo che l'asta di prolunga contrasti con il telaio dell'autocarro zavorrato (se si impiega la disposizione di fig. 1) ovvero si fa retrocedere

sopra la scatola l'autocarro con il martinetto, il dinamometro e la prolunga già montati (nel caso si impiega la disposizione di fig. 2). Si avrà cura, servendosi del filo di piombo, di far sì che il punto d'appoggio del martinetto e la cerniera sferica di base si trovino sulla stessa verticale.

Procedura B:

- con tre comparatori: le modalità di prova sono identiche a quelle descritte per la procedura A, salvo che:
 - non viene impiegata la scatola cilindrica;
 - si dispone la cerniera sferica tra la struttura e la prolunga;
 - si dispongono a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo, tre comparatori avvalendosi dei tre bracci comparatori.

Di seguito si riportano le operazioni specifiche nell'ordine di esecuzione.

- Indipendentemente dalla procedura adottata, si libera la cerniera sferica e si applica, agendo sul martinetto, un carico di assetto di $0,02 \text{ N/mm}^2$ complessivamente, ossia compreso il carico dell'apparecchiatura gravante sulla superficie da provare e non misurata dal dinamometro.
- Si attende che i cedimenti si siano esauriti (ossia quando la differenza di due letture consecutive del comparatore effettuate con intervallo di 1 minuto, in relazione alle deformazioni sotto carico o allo scarico, sia di $\pm 0,02 \text{ mm}$) e si azzerano i comparatori.
- Si porta il carico al valore di $0,05 \text{ N/mm}^2$ e si effettua una prima lettura del comparatore (in caso di procedura A) o dei tre comparatori (in caso di procedura B), determinando in quest'ultimo caso la media dei tre cedimenti letti.
- Sono quindi applicati i seguenti incrementi di carico, effettuando ogni minuto le corrispondenti letture al/ci comparatore/i fino alla stabilizzazione dei cedimenti.

Primo ciclo:

- per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,20 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,35$ e $0,45 \text{ N/mm}^2$.
- Si eseguono le letture dei cedimenti a ogni incremento di carico; letto il cedimento relativo al carico massimo si effettua lo scarico completo se interessa determinare solo il modulo M_d , mentre qualora occorra determinare anche il modulo $M'd$, al fine di giudicare la qualità del costipamento, al termine del primo ciclo di carico, si effettua lo scarico fino alla pressione di $0,05 \text{ N/mm}^2$ e si rileva, dopo la stabilizzazione della deformazione, il cedimento residuo. Partendo da queste condizioni si inizia il secondo ciclo di carico, applicando gli incrementi di carico indicati di seguito.

Secondo ciclo:

- per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.
- Si misura la temperatura dell'aria più volte nel corso della prova per accertare che essa non abbia subito variazioni sensibili.
- Eseguita la prova, si rimuove l'apparecchiatura e si esegue un prelievo di materiale in prossimità del punto di misura per stabilire l'umidità (CNR-UNI 10008) dello strato. Il prelievo deve interessare uno spessore di almeno 15 cm.

Qualora si eseguano prove su un sottofondo la cui struttura non è nota, si dovrà eseguire uno scavo nel terreno fino alla profondità di circa 50 cm, onde rilevare la stratigrafia del terreno e controllare che sotto la piastra non vi siano ciottoli o blocchi di dimensioni maggiori a 1/3 del diametro della piastra. In tale eventualità la prova non è da considerarsi significativa e deve essere ripetuta in un altro posto opportunamente scelto.

Nel caso di prove eseguite su strati di fondazione o di base si dovrà aver cura che la dimensione massima dell'aggregato in corrispondenza della zona provata non superi 1/3 del diametro della piastra.

7.4 Esempi di prova

La documentazione relativa ai risultati ottenuti con la prova dovrà essere riportata sotto forma di diagrammi aventi in ascisse le pressioni ed in ordinate i cedimenti, così come schematicamente indicato nelle figure 3a, 3b e 3c riportate in seguito ed estratte dalla CNR 146/92.

I moduli di deformazione M_d e $M'd$ corrispondenti al primo ed al secondo ciclo di carico rispettivamente, vengono determinati mediante prova di carico con piastra circolare e sono definiti dalla relazione:

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} D \text{ in N/mm}^2$$

In cui:

- Δp = incremento della pressione trasmessa da una piastra circolare rigida, in N/mm^2 ;
- Δs = corrispondente incremento di cedimento della superficie caricata, in mm.

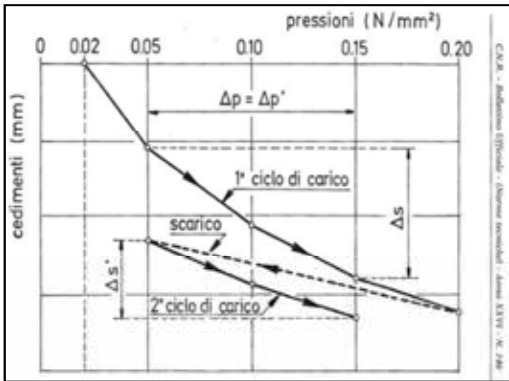
La prova va eseguita con doppio ciclo di carico, secondo le modalità espresse dalla norma di riferimento, al fine di determinare:

- con il primo ciclo di carico il modulo M_d convenzionalmente indicativo della portanza (tale modulo, salvo le variazioni dell'unità di misura, è identico a quello determinabile con riferimento alla precedente norma C.N.R. B.U. n. 9 del 1967, essendo rimasta invariata la procedura di esecuzione della prova);
- con il secondo ciclo il modulo $M'd$ che consente di valutare, mediante il rapporto $M_d/M'd$, il grado di costipamento dello strato in esame.

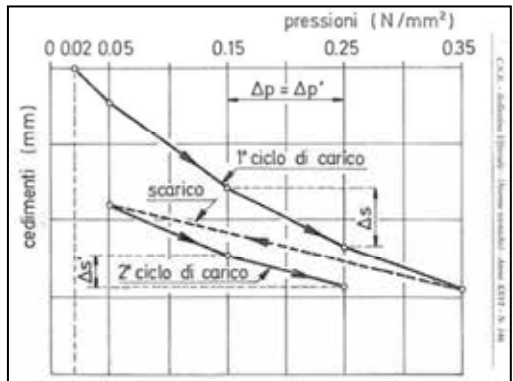
Applicando le formule indicate nelle quali Δp e $\Delta p'$ si fissano pari a $0,10 \text{ N/mm}^2$ si scelgono normalmente i seguenti intervalli, al fine della determinazione dei corrispettivi Δs e $\Delta s'$:

- per terreni di sottofondo e strati di rilevato: $\Delta p = \Delta p'$ compreso tra $0,05$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione: $\Delta p = \Delta p'$ compreso tra $0,15$ e $0,25 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di base: $\Delta p = \Delta p'$ compreso tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

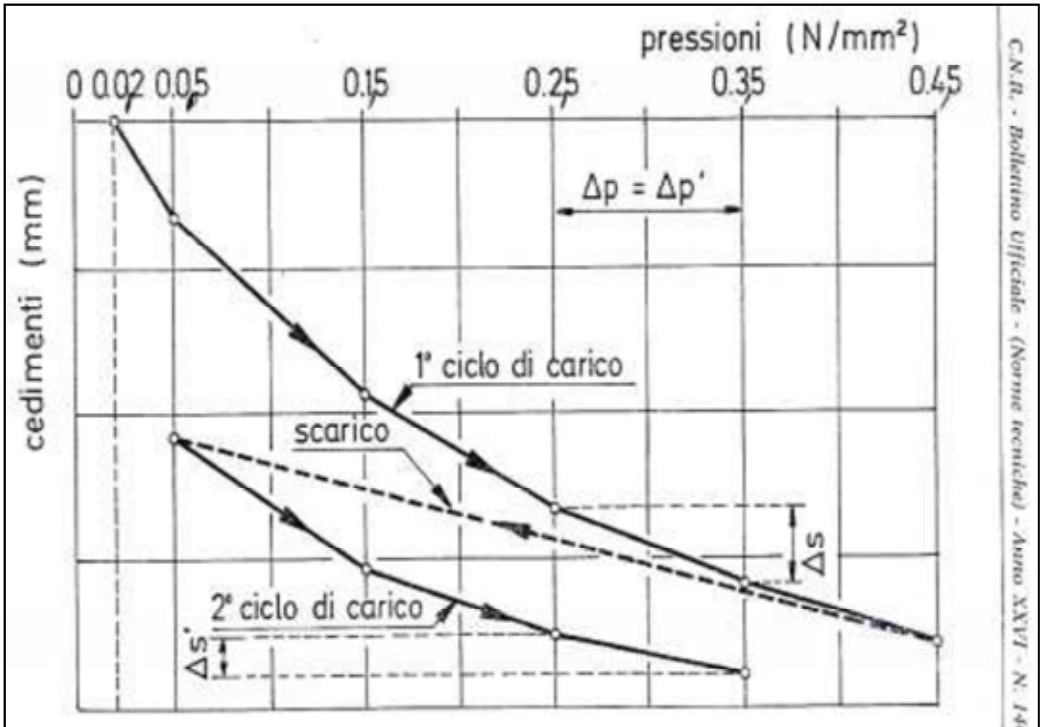
La valutazione della qualità del costipamento si effettua in base al rapporto $M_d / M'd$ (≤ 1) che risulterà tanto più prossimo all'unità quanto migliore è la qualità del costipamento.



Terreni di Sottofondo



Strati di Fondazione



Strati di Base

Si riporta un esempio di certificato di prova.



4 EMME Service S.p.A.

Laboratorio Geotecnico

Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 - Fax 543180
laboratorio.bz@4emme.it - www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina 1 di 1

CERTIFICATO

NR. ---

del --/--/---

Intestatario certificato: xxxxxxxxxx
Verbale di accettazione: Nr. --- del --/--/---
Descrizione della prova: **PROVA DI CARICO SU PIASTRA**
Norme di riferimento: CNR B.U. 146/92
Cantiere - Luogo del prelievo: xxxxxxxxxxxx
Committente delle opere: xxxxxxxxxxxx
Impresa: xxxxxxxxxxxx
Data prova: --/--/---

Prova 1

Profondità: 0,0 m

Terreno di prova: stabilizzato

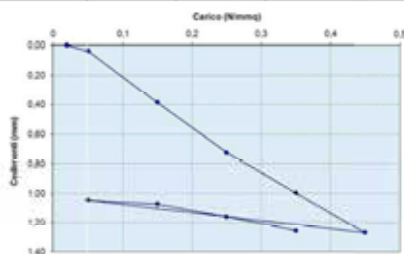
Ø piastra: 30 cm

Ø max clasti: 9 cm

TERRENO DI FONDAZIONE					
CARICO		Se.1	Se.2	Se.3	Media
N/mm ²	kN	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,02	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	3,53	0,08	0,19	0,05	0,11
0,15	10,60	0,35	0,48	0,46	0,43
0,25	17,66	0,60	0,69	0,66	0,71
0,35	24,73	0,77	0,83	1,14	0,91
0,05	3,53	0,59	0,67	0,91	0,72
0,15	10,60	0,53	0,72	0,96	0,77
0,25	17,66	0,72	0,79	1,08	0,86

Md (N/mm ²)	97,4
Δs (mm)	0,343
Md' (N/mm ²)	321,4
Δs' (mm)	0,093
Md/Md' (± 1)	0,3
W (%)	6,2

NOTE: nessuna.



Il Tecnico
p.i. Flavio Debiasi

Il Direttore del Laboratorio
Dott. geol. Andrea Tralli

Il presente certificato non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio. / Laboratorio Materiali da Costruzione e Laboratorio Geotecnico (Terre e Rocce) autorizzati con D.M. 52/87 del 28.07.2004, D.M. 161 del 19.04.2011 e D.M. 74/6 del 27.07.2012 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

7.5 *Normativa di riferimento*

- CNR B.U. n°146 del 14/12/1992 - "Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare".
- N.T.C. cap. 9.2.