

Prestazioni e idoneità



Salvatore Comenale Pinto
Ingegnere

COSTRUIRE UTILIZZANDO AL MEGLIO I MATERIALI GRANULARI OFFERTI DAL TERRITORIO, DALLE TERRE DA SCAVO ALLE TERRE CAVATE, DAI SOTTOPRODOTTI AI MATERIALI DERIVANTI DAL TRATTAMENTO DI RIFIUTI. SECONDO IL NUOVO APPROCCIO DI TIPO PRESTAZIONE I MATERIALI GRANULARI POSSONO ESSERE ACCETTATI SULLA BASE DI PROVE CBR, LE STESSA CORRENTEMENTE UTILIZZATE PER ACCETTARE TERRE TRATTATE E STABILIZZATE PERCHÉ CLASSIFICATE COME NON IDONEE. NELL'ARTICOLO CHE SEGUE TUTTI I DETTAGLI DI QUESTA PROPOSTA TECNICA.

Il presente articolo tratta la nomenclatura dei materiali granulari per l'impiego nelle costruzioni stradali, i criteri per stabilirne l'idoneità in base alla loro classificazione o alle loro prestazioni, la pertinente normativa europea, il concetto di materiali marginali, alcuni aspetti della prova CBR, e proporre, infine, una nuova definizione di terra, e criteri di idoneità basati su prove CBR.

Nomenclatura

I materiali granulari per impiego nelle costruzioni stradali sono naturali, terre, o prodotti attraverso frantumazione di rocce, selezione di materiali granulari in classi granulometri-

che Dd di passante a vagli di apertura D e trattenuto a vagli con apertura d, e loro eventuale ricomposizione in date percentuali. Gli aggregati sono materiali granulari di sufficiente durezza derivanti dalle ultime due lavorazioni: la distribuzione granulometrica costante nel tempo li rende idonei per l'impiego in conglomerati cementizi o bituminosi che riproducono miscele studiate in laboratorio e le loro proprietà. I misti granulari sono materiali granulari ottenuti per sola frantumazione, e possono essere impiegati per costruire strati di fondazione o di base di pavimentazioni stradali. Sottraendo a essi sabbia, o aggiungendola, si ottengono misti granulari granulometricamente corretti.

1. Una terra può avere granuli duri, non garantisce granulometria costante. Un aggregato deve avere granuli duri e derivare dalla combinazione di pezzature omogenee in precise proporzioni, in modo da assicurare una distribuzione granulometrica costante



2

2. Determinare il CBR a umidità variabile richiede la confezione di almeno 4 provini. Determinare il CBR all'umidità ottima richiede di penetrare solo 3 provini, ma di averne preventivamente confezionati 4 per determinare l'umidità ottima

Classifiche e criteri prestazionali

Le diverse classifiche delle terre per uso stradale derivano dall'osservazione di successi e insuccessi nell'impiego delle terre associati alla loro plasticità definita dal contenuto di frazione finissima e dai suoi indici di plasticità, per i quali ciascuna classifica assume diversi valori di accettabilità. I criteri di idoneità delle terre, basati su tali classifiche, senza riguardo alle loro prestazioni, sono tipici della tecnica stradale e da anni si chiede di sostituirli con criteri prestazionali. Terre con indice CBR di almeno 30 e rigonfiamento inferiore all'1% sono idonee all'impiego nella costruzione di strati di fondazione di pavimentazioni stradali. Terre con indice CBR di almeno 80 e rigonfiamento inferiore all'1% sono idonee all'impiego nella costruzione di strati di base di pavimentazioni stradali

Normativa europea

Il Regolamento UE 305 2011 sui Prodotti da Costruzione [1] persegue la libera circolazione nella Comunità Europea dei "prodotti da costruzione", non di materiali naturali come le terre. Tuttavia esso, insieme alla norma EN 13242 sugli "aggregati per materiali non legati e legati con leganti" [2] e alla norma EN 13285 sulle "miscele non legate" [3] influisce sull'impiego delle terre, in quanto la [2] definisce aggregato un "Materiale granulare utilizzato nelle costruzioni. Gli aggregati possono essere naturali, artificiali o riciclati", e "Aggregato naturale" un "Aggregato di origine minerale, che è stato sottoposto unicamente a lavorazione meccanica" ricomprendendo le terre in ambedue le definizioni, mentre la [3] definisce "miscela legata" un "Materiale granulare, normalmente di granulometria controllata con $d=0$, che è generalmente utilizzato per fondi e sottofondi stradali" ricomprendendovi le terre. In Italia la [2] e la [3], insieme

alla norma UNI EN ISO14688-1 "Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soils - Part 1 Identification and description" [4] sono state considerate sostitutive della norma UNI 10006 sulle terre [5], pertanto ritirata. In realtà la norma UNI EN ISO14688-2, non la Parte 1, fornisce principi per classificare le terre e non una classifica, mentre la Norma UNI 10006 forniva una classifica delle terre conforme a detti principi.

Materiali marginali

Un materiale si dice marginale quando risponde alla seguente definizione del Dizionario Stradale dell'Associazione Mondiale delle Strade [6]: "Materiale non del tutto conforme alle locali specifiche in uso per i materiali stradali normali, ma che può essere impiegato con successo, o per le condizioni particolari di clima o di impiego, o per recenti progressi della tecnica stradale, dopo essere stato sottoposto ad un particolare trattamento". La possibilità di impiegare materiali marginali, inidonei secondo le specifiche, deriva dall'irrazionalità di specifiche non prestazionali. Essi includono terre, sottoprodotti e materiali derivati dal trattamento di rifiuti, e sono distinti tra quelli utilizzabili senza trattamento, e quelli utilizzabili previo trattamento [7]. Questi ultimi includono le terre di scavo che, in passato non idonee, ora conviene trattare per non considerarle come rifiuti. Il fatto che una terra inidonea per classificazione, può essere stabilizzata, e accettata sulla base di prove CBR, suggerirebbe di giudicare già inizialmente l'eventuale necessità di stabilizzazione sulla base di prove CBR. Il trattamento può rendere utilizzabili anche sottoprodotti o materiali derivanti da rifiuti.

Ripetibilità della Prova CBR

Uno studio CBR completo comprende la confezione e la penetrazione di 4 serie di provini a diversa umidità, una serie costipata con 10 colpi per strato, una con 25, una con 56, e la determinazione delle corrispondenti curve Proctor e CBR. Sia le curve CBR, sia quelle Proctor hanno forma a campana e presentano un massimo. L'umidità corrispondente al massimo di una curva Proctor è detta ottima, e decresce al crescere dell'energia di costipamento. L'umidità corrispondente al massimo valore CBR è inferiore o prossima a quella ottima, e anch'essa decresce al crescere dell'energia di costipamento.

La forma a campana delle curve comporta che uno stesso valore di densità secca, o di CBR consegue a due diversi valori di umidità.

3. Pista preesistente alla strada Moundou (Ciad)-Toubo (Cameroun): per la ricerca delle cave necessarie per la nuova strada sono state utilizzate prove a umidità variabile



3a



3b

Le curve Proctor per diverse energie di costipamento non si intersecano in quanto costipando con energia crescente provini Proctor con la stessa umidità, si ottengono densità secche crescenti.

Invece curve CBR ottenute per diverse energie di costipamento si intersecano e ciò significa che penetrando con pistone CBR provini Proctor costipati con la stessa umidità, ma con diverso numero di colpi, i provini più costipati forniscono valori maggiori di indice CBR solo se l'umidità di costipamento è inferiore al valore di umidità per il quale le due curve CBR si intersecano. Per tale valore di umidità i due provini, benché uno sia costipato con un numero di colpi maggiore dell'altro, hanno lo stesso valore CBR. Oltre tale valore di umidità i provini più costipati hanno un indice CBR minore.

Poiché le specifiche correnti indicando l'obiettivo di costipare all'umidità ottima, la quale può essere maggiore di quella che rende massimo il CBR, e di attingere un elevato valore di densità secca (almeno il 90% della densità secca massima per il rilevato, il 95% per gli strati di fondazione, il 98% per gli strati di base), si rischia di costipare con un'umidità eccessiva e di provocare decrementi di CBR, come si può sperimentare. L'onerosità di definire le curve CBR per 10, 25 e 56 colpi, di energia Proctor standard e modificata, che richiederebbe di preparare e sottoporre a prova almeno 24 provini, e poi interpretarne i risultati, ha suggerito due procedure semplificate e standardizzate, dette una "per l'umidità ottima", e una d "per un intervallo di umidità". La prima richiede di costipare tre provini CBR con umidità ottima, precedentemente determinata, uno con 10 colpi per strato, uno con 25, uno con 56. Ipotizzando che il CBR vari linearmente con la densità si determinano i valori

di CBR corrispondenti ai valori minimi di densità secca imposti per i diversi strati. Tale procedura può fornire risultati inattesi, perché l'umidità ottima predeterminata è tale solo per il provino più costipato, ed è maggiore di essa per gli altri due; inoltre il CBR massimo si ha per un'umidità inferiore di quella ottima, per cui si rischia che il provino costipato con 56 colpi abbia un'umidità eccessiva e un CBR inferiore a quello del provino costipato con 25 colpi. Questa circostanza come si è mostrato è prevedibile e non implica, come talora si ipotizza, errori di prova o scarsa ripetibilità insita nella prova CBR, ma solo che il provino CBR costipato con 56 colpi abbia un'umidità superiore a quella per la quale si intersecano la curva CBR relativa ai 25 colpi e quella relativa ai 56 colpi. Infine la procedura per determinare il CBR all'umidità ottima non è, come alcuni credono, più economica di quella per un intervallo di umidità in quanto essa richiede di preparare e penetrare tre provini, anziché 4, ma anche la preventiva confezione di quattro provini per la predeterminazione dell'umidità ottima. La procedura "per un intervallo di umidità" con quattro provini consente di determinare contemporaneamente curva CBR relativa ai 56 colpi e curva Proctor, di prevenire possibili errori nella riproduzione dell'umidità ottima, e di indagare gli effetti delle variazioni di umidità di costipamento in cantiere [8] [9].

Terra: proposta di definizione

Si propone di definire terra ogni materiale granulare che, miscelato con acqua e costipato, assume densità secche che si dispongono secondo una curva Proctor e valori dell'indice CBR saturo che si dispongono secondo una curva CBR [10], di attribuire a una terra, per una data ener-

4a

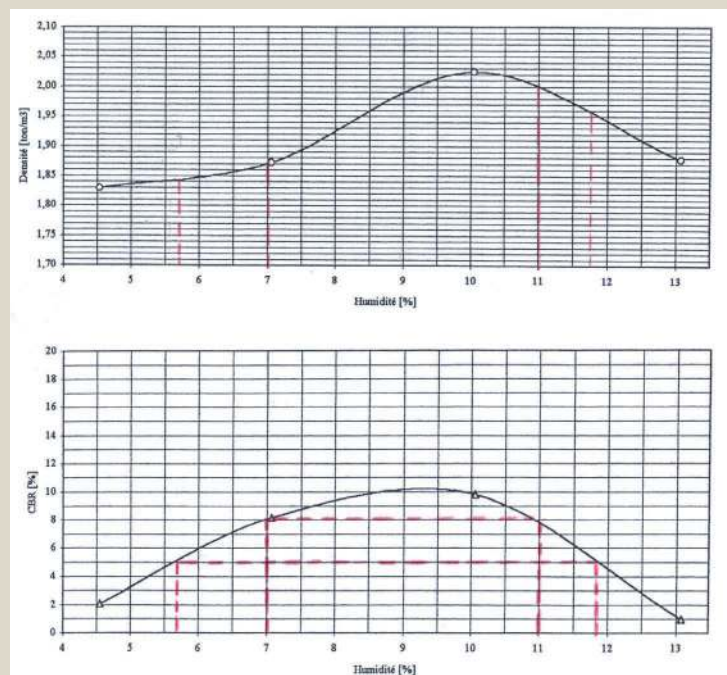


4b



4. Strada Moundou (Ciad)-Toubo (Cameroun); le cave sono state individuate determinando il CBR per umidità variabile

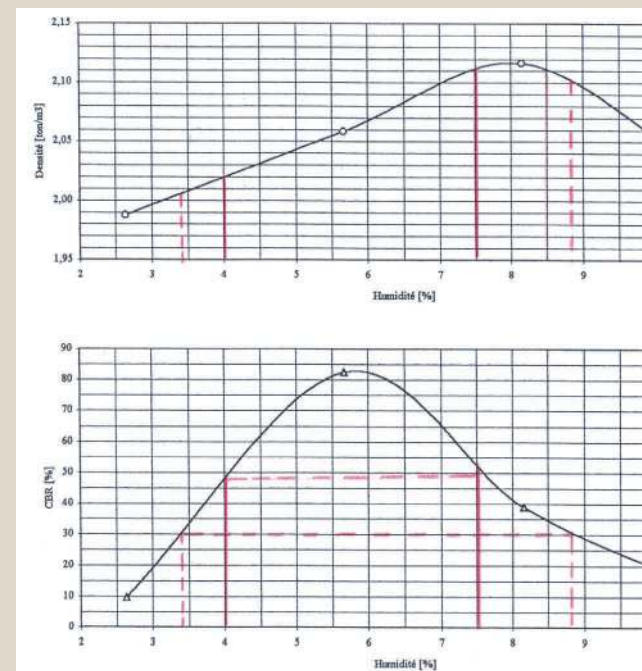
Esempio di terra idonea all'impiego nella costruzione di rilevato stradale



Questa terra ha un indice CBR di almeno 8 e una corrispondente densità secca compresa tra $1,87 \text{ kg/m}^3$ e $1,96 \text{ kg/m}^3$ nell'intervallo di umidità compreso tra 7% e 11%. Assumendo per riferimento il valore dell'umidità ottima, 10%, e una tolleranza di $\pm 2\%$, si potrebbe accettare l'intervallo di umidità di costipamento compreso tra 8% and 12%, e conseguentemente si potrebbe fare affidamento su un valore CBR di 5%.

5. Curva CBR e corrispondente curva Proctor per qualificare una cava per rilevato

Esempio di terra idonea all'impiego nella costruzione di uno strato di fondazione





gia di costipamento, per esempio quella Proctor modificata, il minimo valore dell'indice CBR e il massimo valore del rigonfiamento CBR, in un intervallo di umidità ampio almeno tre punti, e di denominarlo intervallo di umidità di qualificazione. Poiché una elevata energia di costipamento, e quindi una elevata densità secca, oltre un certo limite induce una diminuzione dell'indice CBR, è opportuno costipare una terra fino ad attingere un valore minimo di densità secca, senza superare uno massimo, e dunque un valore di densità secca compreso in un intervallo, detto di qualificazione della densità secca.

Idoneità d'impiego

Si propone di considerare idonea all'impiego nella costruzione stradale una terra disponibile nei necessari quantitativi entro la prevista distanza di trasporto, omogenea in base a prove di identificazione e, per terre che siano sottoprodotti, o derivino dal trattamento di rifiuti, in base a certificazione della loro origine e distribuzione granulometrica da parte del produttore, e conforme ai seguenti requisiti:

- per l'impiego nella costruzione di rilevato stradale, che abbia curva CBR e curva Proctor standard, tali che il CBR sia superiore a 5, abbia un intervallo di qualificazione ampio almeno tre punti percentuali, e corrispondenti valori di rigonfiamento non maggiori dell'1,5%. Essa sarà stesa con umidità compresa nell'intervallo di qualificazione e costipata in modo da ottenere valori di densità secca compresi nel relativo intervallo di qualificazione;
- per l'impiego nella costruzione dello strato di fondazione di pavimentazione stradale, che abbia curva CBR e curva Proctor modificata, tali che il CBR sia superiore a 30, in un intervallo di qualificazione ampio almeno tre punti

percentuali, e i corrispondenti valori di rigonfiamento siano non maggiori dell'1,0%;

- per l'impiego nella costruzione dello strato di base di pavimentazione stradale, sia caratterizzata con curva CBR e curva modificata, tali che il CBR sia superiore a 80, in un intervallo di qualificazione dell'umidità ampio almeno tre punti percentuali, e i corrispondenti valori di rigonfiamento siano non maggiori dell'1,0%. Essa sarà stesa con umidità compresa nell'intervallo di umidità di qualificazione e costipata in modo da ottenere valori di densità secca compresi nel relativo intervallo di qualificazione. ■■

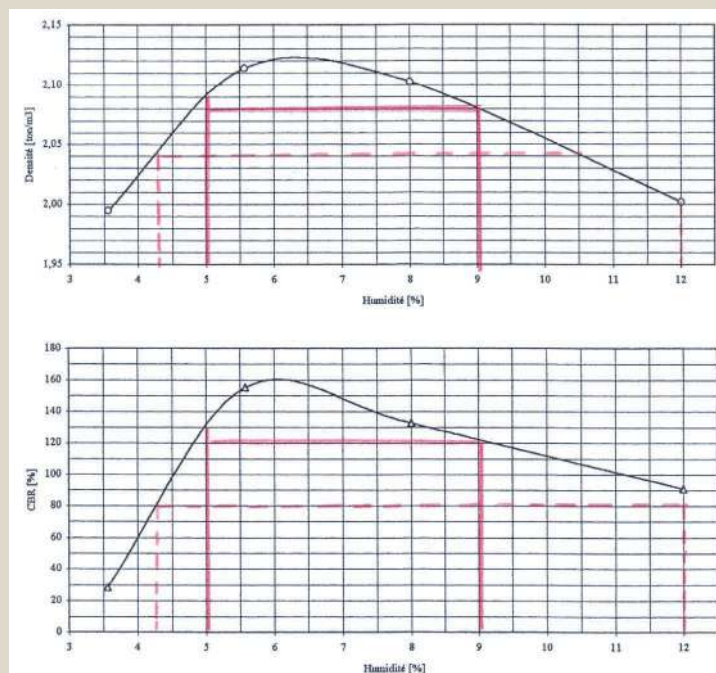
Bibliografia

- [1] Regulation (EU) no 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 "laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC".
- [2] UNI EN 13242, "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade", Marzo 2004.
- [3] UNI EN 13285, "Miscele non legate", Marzo 2004.
- [4] ISO Standard "ISO 14688 Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil" - Parte 1, Agosto 2002 - Parte 2, Novembre 2004
- [5] UNI 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre", Giugno 2002.
- [6] aipec, "Dictionnaire Technique Routier" Parigi, 1997.
- [7] S. Comenale Pinto, "Identification and suitability of materials and industrial by products for road earthworks", Seminario PIARC "Adapting road earthworks to the local environment", Iasi (Romania) Maggio-Giugno 2007.
- [8] Colin A. Franco, K. Wayne Lee "An improved CBR testing procedure", Transport Research Record #1119, 1987.
- [9] S. Comenale Pinto: "Proposal of Performance-based specifications for selection and placing of natural materials in embankment construction", XXII World Road Congress, Durban, Ottobre 2003.
- [10] S. Comenale Pinto: "Terre e materiali granulari che si comportano come terre", XXVI Convegno Nazionale Stradale Roma, Ottobre 2010.

Questa terra ha un valore massimo di CBR dell'83%, per l'umidità di costipamento del 5,8%, e dunque è idonea per lo strato di base. Essa ha un valore CBR di almeno 30 e corrispondenti densità comprese tra 2,00 Kg/dm³ e 2,12 Kg/dm³ per un intervallo di qualificazione dell'umidità compreso tra 3,4% and 8,8%. Essa ha un valore CBR di almeno 50 e corrispondenti densità secche comprese tra 2,02 Kg/dm³ e 2,11 Kg/dm³, per un intervallo di qualificazione dell'umidità compreso tra 4,0% e 7,5%. Assumendo per riferimento il valore dell'umidità ottima, 8,0%, e la tolleranza di +/- 2%, si potrebbe fare affidamento solamente su un valore CBR di 20.

6. Curva CBR e corrispondente curva Proctor per qualificare una cava per fondazione stradale

Esempio di terra idonea all'impiego nella costruzione di uno strato di base



Questa terra ha un CBR di almeno 80 e corrispondenti valori di densità secca comprese tra 2,04 Kg/dm³ e 2,12 Kg/dm³ per un intervallo di qualificazione dell'umidità compreso tra 4,3% e 12%. Per l'intervallo di umidità meno ampio compreso tra 5% e 9% essa, costipata con la stessa energia, attinge valori CBR maggiori di 120 e densità comprese tra 2,07 Kg/dm³ e 2,12 Kg/dm³.

7. Curva CBR e corrispondente curva Proctor per qualificare una cava per strato di base stradale