

# CARATTERISTICHE MECCANICHE DEGLI AGGREGATI DI ORIGINE CALCAREA

Ugo Sergio Orazi, Marco Orazi - *Laboratorio Geomeccanico Orazi*

## 1. INTRODUZIONE

Gli aggregati sono dei prodotti da costruzione e, come tali, necessitano obbligatoriamente, dal 1 giugno 2004, di relativa marcatura CE. La marcatura CE è il principale indicatore della conformità di un prodotto alle normative UE e ne consente la libera commercializzazione entro il mercato europeo. Apponendo il marchio CE su un prodotto, il Produttore dichiara implicitamente di rispettare tutti i requisiti previsti dalla normativa, assumendosi la responsabilità della sua commercializzazione entro lo spazio economico europeo.

La categoria dei prodotti da costruzione è stata oggetto di un processo di armonizzazione della normativa tecnica con l'emanazione della Direttiva Europea 89/106/CEE, approvata il 21 Dicembre 1988 ed emendata il 22 Luglio 1993 dalla Direttiva 93/68/CEE, recepita in Italia con il DPR N246 del 21 Aprile 1993. Attualmente si fa riferimento al regolamento 305/2011, che fissa le condizioni per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la 89/106/CEE.

I prodotti da costruzione si ritengono idonei se possiedono caratteristiche tali per cui le Opere nelle quali devono essere incorporati, montati, applicati o installati, possono soddisfare, se propriamente progettate e fabbricate, i requisiti essenziali previsti dalla Direttiva. I requisiti essenziali che le Opere devono possedere sono:

- Resistenza meccanica e stabilità
- Sicurezza in caso di incendio
- Igiene, salute ed ambiente
- Sicurezza in uso
- Protezione contro il rumore
- Risparmio energetico e ritenzione del calore

Per quanto riguarda gli aggregati, le principali norme europee per l'utilizzo di tali prodotti nelle costruzioni sono:

- UNI EN 13043 Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico
- UNI EN 12620 Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13242 Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di in-

gegneria civile e nella costruzione di strade

- UNI EN 13139 Aggregati per malta
- UNI EN 13383 Aggregati per opere di protezione (Armourstone)
- UNI EN 13450 Aggregati per massicciate ferroviarie

Le norme europee sono state recepite dai decreti del 11/04/2007 e del 16/11/2009, pubblicati rispettivamente in Gazzetta Ufficiale del 19/04/2007 N91 e del 18/02/2010 N40.

Per poter apporre il marchio CE agli aggregati è necessario effettuare una serie di prove di laboratorio che le norme sopra riportate suddividono nelle seguenti tipologie:

### Requisiti Geometrici:

- Dimensioni degli aggregati, granulometria e contenuto di polveri
- Indice di forma e appiattimento
- Contenuto di conchiglie

### Requisiti Fisici:

- Resistenza alla frammentazione
- Resistenza all'usura
- Resistenza all'urto
- Resistenza alla levigabilità e all'abrasione superficiale

### Durabilità:

- Resistenza al gelo/disgelo
- Reattività alcali-silice
- Resistenza allo shock termico

### Requisiti chimici:

- Cloruri
- Solfati solubili in acido
- Zolfo totale
- Carbonato
- Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo

Pertanto da 10 anni a questa parte le prove di laboratorio hanno assunto un ruolo riconosciuto indispensabile dalla normativa stessa. Conseguentemente è aumentato sensibilmente l'interesse riguardo le caratteristiche tecniche degli aggregati. In tal senso, è stata sviluppata un'attività sperimentale di laboratorio finalizzata a mi-

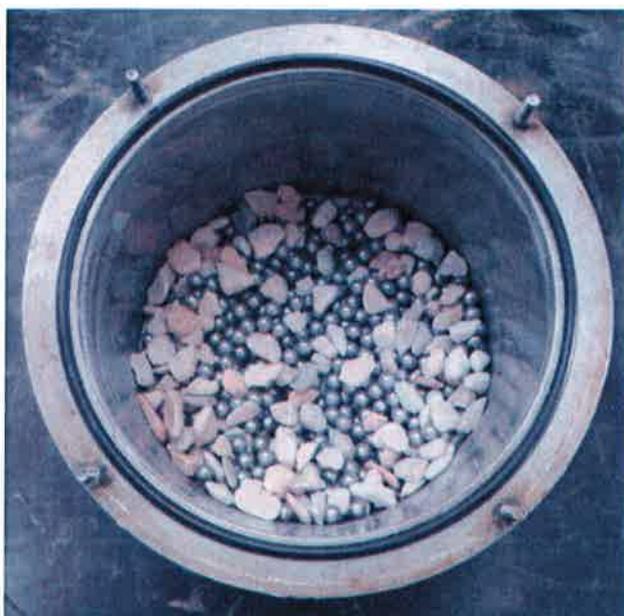


Figura 1 - Micro-Deval (tamburo rotante, campione e carica abrasiva)

gliorare la conoscenza dei prodotti inerti naturali del nostro territorio, con particolare riferimento a quelli utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi. In questo breve articolo vengono presentati i risultati ottenuti.

## 2. PROVE DI LABORATORIO

Nel caso degli aggregati utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi, assumono particolare importanza le seguenti prove di caratterizzazione fisico-meccanica:

- Resistenza all'usura (Micro-Deval)
- Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)
- Valore di levigabilità
- Resistenza all'abrasione superficiale (Dorry)

Nel seguito vengono brevemente descritte le prove sopraelencate, eseguite su tutti i materiali studiati. Per i dettagli si rimanda direttamente alle relative norme europee.

### Micro-Deval

Il coefficiente Micro-Deval (MDE) indica la resistenza all'usura. La prova consiste nel misurare convenzionalmente la perdita di massa del campione sottoposto ad un'azione di rotolamento insieme a sfere di acciaio (carica abrasiva) in apposito tamburo rotante (Figura 1), generalmente in presenza di acqua. Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-1.

### Los Angeles

Il valore Los Angeles (LA) indica la resistenza alla frammentazione. La prova consiste nel misurare convenzio-

nalmente la perdita di massa del campione sottoposto ad un'azione di rotolamento ed urto insieme a sfere di acciaio (carica abrasiva) in apposito cilindro rotante (Figura 2). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-2.

### Levigabilità

Il valore di levigabilità (VL) indica la resistenza all'azione levigante dei pneumatici dei veicoli, in condizioni analoghe a quelle che si riscontrano sul manto stradale. La prova consiste nel valutare lo stato di levigazione raggiunto dal campione dopo essere stato sottoposto ad un'azione di traffico simulato (ruote gommate e sabbie abrasive; Figura 3). Lo stato di levigazione viene valutato attraverso una prova di attrito radente (Figura 4). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-8.

### Abrasione superficiale

Il valore di abrasione (AAV) indica la resistenza all'usura superficiale provocata dall'azione abrasiva del traffico. La prova consiste nel misurare convenzionalmente la perdita di massa del campione sottoposto all'azione di una mola a rotazione orizzontale e di un abrasivo (Figura 5). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-8 appendice A.



Figura 2 - Apparecchio Los Angeles

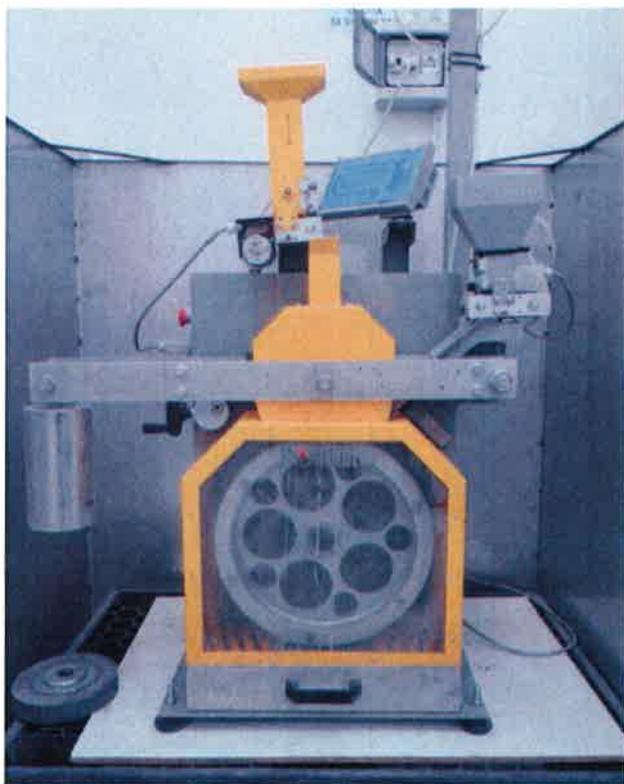


Figura 3 - Macchina per prove di levigabilità

### 3. MATERIALI

I materiali studiati sono aggregati di natura prevalentemente calcarea comunemente utilizzati nella produzione di conglomerati bituminosi. Si tratta di 25 campioni di aggregati naturali frantumanti, provenienti da depositi alluvionali o da pareti rocciose dell'Italia centrale (Marche, Emilia Romagna e Umbria).

Gli aggregati, che rappresentano la fase solida dei conglomerati bituminosi, sono costituiti dall'insieme di aggregati grossi, aggregati fini e filler. La sperimentazione illustrata si riferisce agli aggregati grossi. Nello specifico alla classe granulometrica 7/10 mm per le prove di levigabilità e alla classe granulometriche 10/14 mm per le prove Micro-Deval, Los Angeles e di abrasione.

### 4. RISULTATI

Le Figure 6, 7, 8 e 9 mostrano i risultati ottenuti. Riassumendo si può affermare che:

- I valori di MDE risultano compresi tra 12 e 24 con 18 come valore medio
- I valori di LA risultano compresi tra 18 e 33 con 27 come valore medio
- I valori di VL risultano compresi tra 42 e 61 con 51 come valore medio
- I valori di AAV risultano compresi tra 8.8 e 13.8 con 12 come valore medio



Figura 4 - Pendolo per prove di attrito radente

Con riferimento alla Tabella 1, in cui sono riportati i requisiti minimi richiesti, per tipo di strada e strato della pavimentazione, dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Tutti i materiali soddisfano i requisiti richiesti per strati di base e binder di strade urbane
- Il 70% circa dei campioni rientrano nei limiti di accettabilità per strati di base e binder di strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento
- Il 30% circa dei campioni rientrano nei limiti di accettabilità per strati di base e binder di autostrade e strade extraurbane principali e per lo strato di usura di strade urbane
- Solamente due campioni risultano idonei all'utilizzo tal quale per strati di usura di autostrade e strade extraurbane

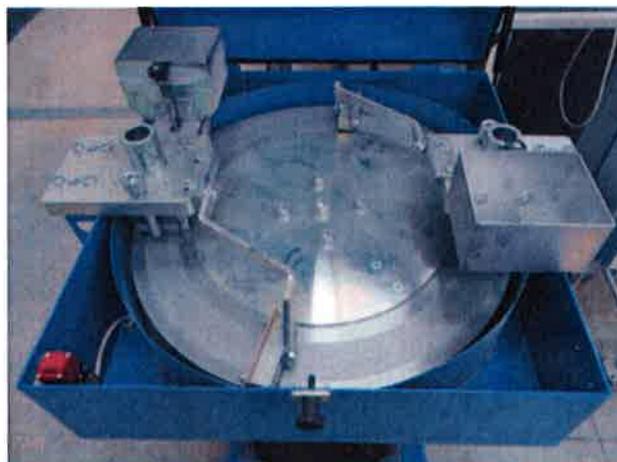


Figura 5 - Macchina per prove di abrasione superficiale (Dorry)

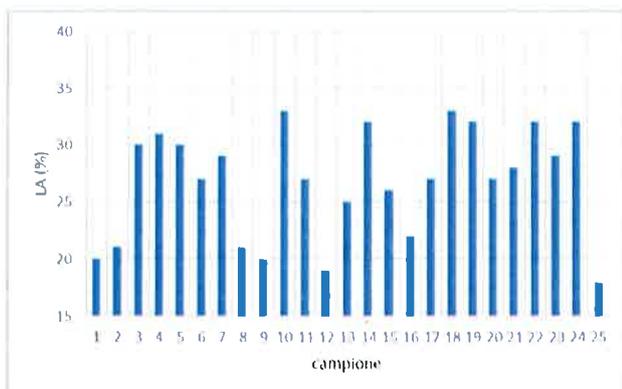


Figura 6 - Risultati delle prove Los Angeles

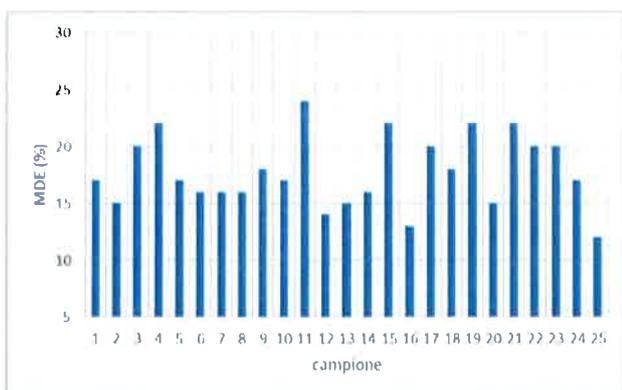


Figura 7 - Risultati delle prove Micro-Deval

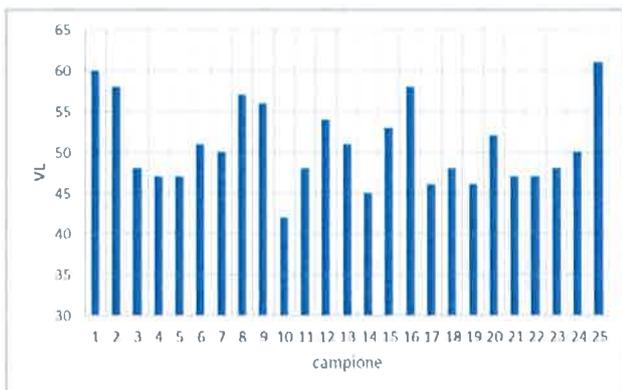


Figura 8 - Risultati delle prove di levigabilità

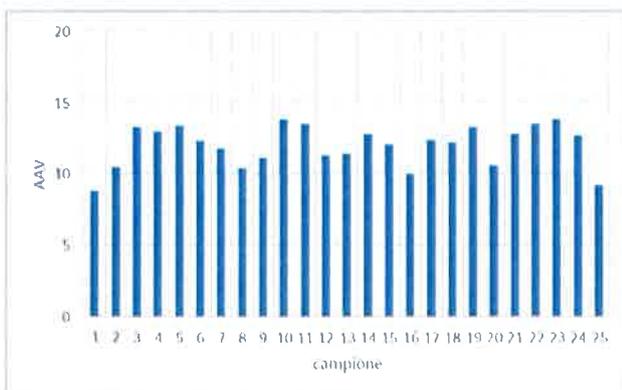


Figura 9 - Risultati delle prove di abrasione

La Figura 10 mostra, nello stesso grafico, i valori di MDE e LA assieme i relativi limiti di Tabella 1.

Per quanto riguarda invece le prove di levigabilità, non sono stati riscontrati valori di VL minori ai limiti richiesti dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo. Questo significa che molti campioni, pur avendo una elevata resistenza alla levigazione, presentano resistenze meccaniche basse in termini di LA e MDE, tali da renderli non idonei ad essere utilizzati negli strati di usura. Anche per ANAS, AUTOSTRADE e CNR i valori di riferimento di VL sono molto simili a quelli di Tabella 1, che pertanto risultano poco restrittivi.

Il metodo AAV invece non viene preso in considerazione nei Capitolati. Questo è dovuto al fatto che la prova di abrasione è ancora poco conosciuta in Italia in quanto è stata solo recentemente introdotta con la UNI EN 1097-8, nella stessa norma della prova di levigabilità. Di fatto la prova di abrasione completa la prova di levigabilità. Infatti il metodo AAV dovrebbe essere applicato quando sono richiesti particolari tipi di aggregati antisilittamento suscettibili di subire l'azione abrasiva del traffico, e comunque quando si ottengono valori di VL  $\geq 60$ .

Dato che in Italia non c'è grande esperienza al riguardo, la prova di abrasione è stata eseguita su tutti i campioni anche se VL  $\geq 60$  è stato riscontrato soltanto per due di essi. In Figura 11 sono messi in relazione i valori di VL e AAV. Sebbene si nota una certa dispersione dei risultati è comunque evidente una relazione lineare tra i due parametri.

## 5. CONCLUSIONI

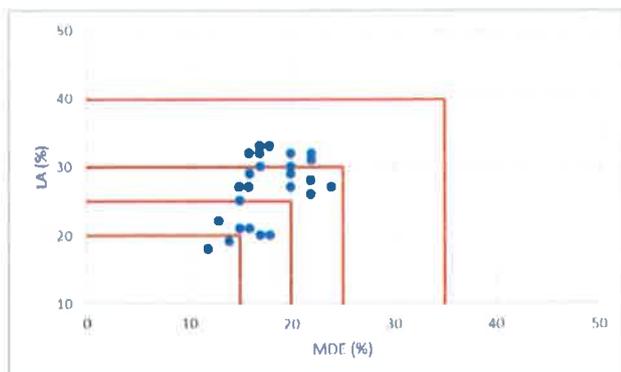
Nel presente articolo sono stati presentati i risultati relativi ad uno studio sulle caratteristiche fisico-meccaniche degli aggregati di origine calcarea svolta, durante l'anno 2014, dal personale del Laboratorio Geomeccanico Orazi.

Dal confronto tra i risultati ottenuti con quanto prescritto dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ne è stata valutata l'idoneità ad essere utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi, specificando tipo di strada e di strato della pavimentazione. Tra i parametri indagati, i valori di Capitolato per VL sono risultati poco restrittivi.

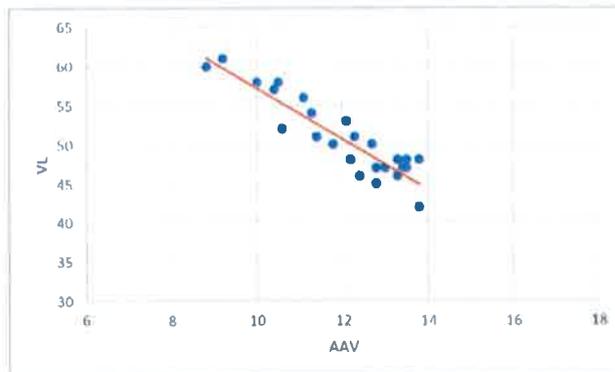
Particolare attenzione è stata posta alle prove di abrasione, recentemente introdotte anche in Italia con la norma Europea, mettendone in relazione i risultati con quelli delle prove di levigabilità.

strada	autostrade ed extraurbane principali		extraurbane secondarie e urbane di scorrimento		strade urbane	
	base/binder	usura	base/binder	usura	base/binder	usura
LA (%)	≤ 25	≤ 20	≤ 30	≤ 20	≤ 40	≤ 25
MDE (%)	≤ 20	≤ 15	≤ 25	≤ 15	≤ 35	≤ 20
VL		≥ 42		≥ 40		≥ 40

**Tabella 1** - Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali



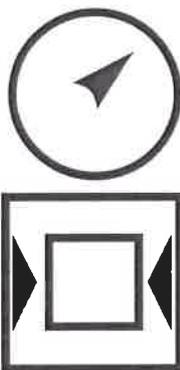
**Figura 10** - Valori MDE e LA



**Figura 11** - Relazione tra AAV e VL

## BIBLIOGRAFIA

- Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali - Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali - art.4 - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- UNI EN 1097-1 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della resistenza all'usura.
- UNI EN 1097-2 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- UNI EN 1097-8 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione del valore di levigabilità.
- UNI EN 12620 - Aggregati per calcestruzzo.
- UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico.
- UNI EN 13139 - Aggregati per malta.
- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN 13383 - Aggregati per opere di protezione (Armourstone).
- UNI EN 13450 - Aggregati per massicciate ferroviarie.



# LABORATORIO GEOMECCANICO

*di Ugo Sergio Orazi*

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove di cui all'art. 59 del DPR 380/2001

Terre / Rocce / Aggregati / Prove di carico su palo

Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR)

Via Cairo, snc - 61024 Mombaroccio (PU) - Tel. 0721 470043 - Fax 0721 920260  
www.laborazi.it - e-mail [info@laborazi.it](mailto:info@laborazi.it)

