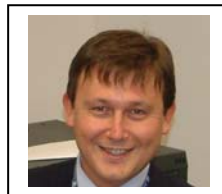


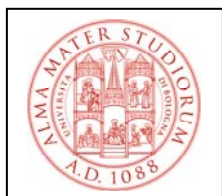
## STUDIO DEL COMPORTAMENTO VISCO-ELASTICO DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IL METODO DEGLI ELEMENTI DISTINTI PARTICELLARI

---



Autore	Massimiliano Bragaglia
E mail	<a href="mailto:massimiliano.bragaglia@mail.ing.unibo.it">massimiliano.bragaglia@mail.ing.unibo.it</a>
Dottorato di ricerca in	Ingegneria dei Trasporti, SSD ICAR 04
Ciclo/ a.a.	XIX ciclo
Anno di corso	2003 - 2006
Tutor	Prof. Ing. Alberto Bucchi
Coordinatore	Prof. Ing. Marino Lupi

---



Sede amministrativa	Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
Dipartimento/Istituto	DISTART - Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento e del Territorio
Facoltà	Ingegneria, Viale Risorgimento, 2 – 40136 – Bologna (BO) Italia
Università	Bologna

---

L'approccio tradizionale alla modellazione dei conglomerati bituminosi consiste nel simulare la risposta meccanica macroscopica mediante modelli costitutivi basati sulla teoria del mezzo continuo.

Si adottano in genere programmi ad elementi finiti che implementano equazioni costitutive non lineari finalizzate alla simulazione di effetti dinamici, viscosi e plastici.

Tali equazioni cercano inoltre di riprodurre il comportamento anisotropo della miscela, dipendente dall'assortimento granulometrico dell'aggregato, dalla forma delle particelle e dalla reologia del legante.

I modelli costitutivi basati sulla teoria del mezzo continuo non consentono però lo studio della correlazione esistente tra la deformazione macroscopica della miscela e la corrispondente modifica strutturale microscopica.

La risposta deformativa del conglomerato bituminoso dipende infatti dal meccanismo microscopico di spostamento relativo tra coppie di particelle, definito in base alle proprietà di contatto delle particelle coese mediante bitume ed allo spessore del relativo film.

Utilizzando un modello viscoelastico microscopico è stata quindi investigata, mediante il metodo degli elementi distinti particellari, la correlazione tra i parametri rappresentativi della struttura granulare e la risposta macroscopica del conglomerato sollecitato con forze di tipo statico e dinamico, al fine di comprendere i processi fisici alla base del corrispondente stato tenso-deformativo.

Con il *software PFC* sono state innanzitutto modellate le prove *Marshall* ed *ITSM*, calibrando i corrispondenti parametri di rigidità microscopici con il modello di *Burger* in base ai valori delle grandezze macroscopiche desunti in laboratorio dai *test*. Sia per i modelli 2D del *Marshall test*, sia per quello 3D della prova *ITSM* sono state rappresentate le forze di contatto interne al corpo, l'andamento delle tensioni normali nei piani diametrali rispettivamente orizzontale e verticale ed infine le forze e le deformazioni caratterizzanti il generico modello durante le simulazioni.

È stata successivamente eseguita la modellazione 3D ad elementi distinti particellari di una sovrastruttura flessibile caricata con impronte circolari, calibrando i parametri microscopici mediante un'equazione basata sulla distribuzione dei contatti nella superficie di frontiera della generica particella.

Le tensioni e le deformazioni determinate alle interfacce del modello *DEM* sono state poi confrontate con le

corrispondenti calcolate, per la medesima pavimentazione, con il codice di calcolo *BISAR*.

Le simulazioni eseguite con il *software PFC* hanno quindi permesso di investigare l'influenza della granulometria e della forma delle particelle sulla risposta macroscopica del sistema.

È stato inoltre valutato il grado di approssimazione dei modelli *DEM* alla realtà fisica del problema; i carichi esterni inducono infatti nel materiale granulare una perturbazione formata da distribuzioni delle forze di contatto e delle deformazioni interparticellari, non congruente con l'approccio tenso-deformativo ipotizzato, in base alle leggi della meccanica classica, per un mezzo omogeneo, continuo ed isotropo.

Si elencano infine i pregi ed i difetti dell'utilizzo della modellazione ad elementi distinti particellari nello studio della risposta deformativa del conglomerato bituminoso sollecitato con forze di tipo statico e dinamico, evidenziando inoltre i possibili sviluppi futuri della presente ricerca.

#### Pubblicazioni inerenti la tesi di dottorato

- 1) Dondi G., Bragaglia M. & Vignali V. (2005), *Bituminous mixtures simulation with distinct particle elements method*, 3<sup>rd</sup> International Congress SIIV, 22-24 Settembre, Bari, Italia;
- 2) Dondi G., Vignali V. & Bragaglia M. (2006), *Modellazione mediante elementi distinti particellari delle prove sui materiali granulari*, XVI Convegno Italiano di Meccanica Computazionale GIMC 2006, 26-28 Giugno, Bologna, Italia;
- 3) Dondi G., Bragaglia M. (2006), *Modellazione ad elementi distinti particellari della prova ITSM*, XVI Convegno Nazionale SIIV, 20-22 Settembre, Cosenza, Italia.
- 4) Dondi G., Bragaglia M., Vignali V. (2007), *Flexible pavement simulation with distinct element method*, 4<sup>th</sup> International SIIV Congress, 12-14 Settembre, Palermo, Italia.

Parole chiave: elementi distinti, sovrastruttura stradale, conglomerato bituminoso, modelli costitutivi, prove di laboratorio

[Link estratto tesi \(due pagine\)](#)

[Link presentazione](#)

[Link tesi](#)