

# CURRICULUM VITAE

## ATTIVITÀ SCIENTIFICA E DIDATTICA

Prof. Enrico Radi

### DATI PERSONALI

Università: Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria,  
Università di Modena e Reggio Emilia  
Viale Amendola 2, 42100 - Reggio Emilia  
Tel. 0522-522221 - Fax. 0522-522609  
Email: [eradi@unimo.it](mailto:eradi@unimo.it)

Data di Nascita: 23 Luglio, 1963

Luogo di Nascita: Fano (PU)

Nazionalità: Italiana

Ottobre 2022

## FORMAZIONE ED ESPERIENZE DI STUDIO

- 1988 Laurea in Ingegneria Civile Edile presso l'Università di Bologna, con lode.
- 1989 Premio per la migliore tesi di laurea in Ingegneria Civile bandito dalla Associazione Ingegneri della Provincia di Bologna, nell'A.A. 1987/88.
- 1989-90 Borsa di studio erogata dalla Regione Emilia Romagna nel settore della Meccanica delle Strutture in Zona Sismica, presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni dell'Università di Bologna.
- 1991-93 Dottorato di Ricerca in Meccanica delle Strutture, presso l'Università di Bologna (V Ciclo).
- 1992 Periodo di studio di sei mesi presso la Mathematical Sciences School dell'Università di Bath in Inghilterra, nell'ambito del Dottorato di Ricerca.
- 1993 Titolo di Dottore di Ricerca in Meccanica delle Strutture.
- 1994 Periodo di studio di due mesi presso il DAMTP dell'Università di Cambridge in Inghilterra, su invito del Prof. J. R. Willis nell'ambito del programma europeo H.C.M.
- 1994-95 Borsa di studio post-dottorato sulla meccanica della frattura nei materiali elastoplastici, presso l'Istituto di Ingegneria dell'Università di Ferrara .
- 1996 Borsa di studio sulla modellazione matematica del processo di stiro biassiale del polipropilene, presso l'Istituto di Ingegneria dell'Università di Ferrara, erogata dal Consorzio Ferrara Ricerche.
- 1996 In data 1/11/1996 è nominato Ricercatore Universitario per il gruppo disciplinare H07A-Scienza delle Costruzioni presso l'Università di Ferrara dove afferisce al Dipartimento di Ingegneria della Facoltà di Ingegneria.
- 1997 Periodo di studio presso il Laboratoire Sols, Solides, Structures dell'Università di Grenoble in Francia, su invito del Prof. Benjamin Loret.
- 1998 In data 1/11/1998 è nominato Professore Associato per il gruppo disciplinare H07A-Scienza delle Costruzioni presso l'Università di Cagliari dove afferisce al Dipartimento di Ingegneria Strutturale della Facoltà di Ingegneria.
- 2000 In data 1/11/2000 trasferisce il proprio ruolo presso l'Università di Modena e Reggio Emilia dove afferisce al Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria della Facoltà di Ingegneria - sede di Reggio Emilia.
- 2003 In data 4/10/2003 è dichiarato idoneo alla procedura di valutazione comparativa per Professore di I fascia per il settore scientifico disciplinare ICAR/08-Scienza delle Costruzioni.
- 2005 In data 18/01/2005 prende servizio come Professore Straordinario di Scienza delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria - sede di Reggio Emilia - dell'Università di Modena e Reggio Emilia.

2008 In data 18/01/2008 viene confermato come Professore Ordinario di Scienza delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria - sede di Reggio Emilia - dell'Università di Modena e Reggio Emilia.

#### ATTIVITÀ DIDATTICA

- 1994-98 **Esercitatore** per il corso di Scienza delle Costruzioni tenuto dal Prof. Antonio Tralli per il Corso di Laurea in Ingegneria Civile della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ferrara.
- 1998-00 **Carico didattico:** corso di "*Scienza delle Costruzioni*" di 100 ore per i Corsi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Chimica ed Elettrica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari.  
**Affidamenti aggiuntivi:** corso di "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per i Corsi di Diploma Universitario in Ingegneria Meccanica, Chimica ed Elettrica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari.
- 1999-00 **Affidamenti aggiuntivi:** corsi di "*Scienza delle Costruzioni*" di 40 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Industriale e "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale della Facoltà di Ingegneria di Reggio Emilia dell'Università di Modena e Reggio Emilia.
- 2000-01 **Carico didattico:** corsi di "*Scienza delle Costruzioni*" di 40 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Industriale e "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale della Facoltà di Ingegneria di Reggio Emilia.  
**Affidamenti aggiuntivi:** corso di "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per i Corsi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Chimica ed Elettrica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari.
- 2001-02 **Carico didattico:** corsi di "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica e "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria della Gestione Industriale della Facoltà di Ingegneria di Reggio Emilia.  
**Affidamenti aggiuntivi:** corsi di "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Industriale (vecchio ordinamento) e "*Meccanica dei solidi e delle strutture*" di 50 ore per il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Meccatronica della Facoltà di Ingegneria di Reggio Emilia.
- 2002-03 **Carico didattico:** corsi di "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria della Gestione Industriale e "*Scienza delle Costruzioni*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica della Facoltà di Ingegneria di Reggio Emilia.  
**Affidamenti aggiuntivi:** corsi di "*Meccanica razionale*" di 50 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica e "*Meccanica dei solidi e delle strutture*" di 30 ore per il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Meccatronica.

dal 2003 **Carico didattico:** corsi di “*Scienza delle Costruzioni*” di 60 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria della Gestione Industriale e “*Scienza delle Costruzioni*” di 60 ore per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica.

**Affidamenti aggiuntivi:** corso di “*Meccanica dei solidi e delle strutture*” di 30 ore per il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Meccatronica.

dal 2011 al 2019 **Affidamento aggiuntivo:** corso di “*Complementi di Scienza delle Costruzioni*” di 60 ore per il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile del Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari” di Modena.

dal 2020 **Carico didattico:** corso di “*Plate and Shell mechanics*” di 6 crediti per il Corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale e del territorio del Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari” di Modena.

L’attività didattica del Prof. Enrico Radi è stata rivolta ad un continuo approfondimento ed aggiornamento dei corsi, sempre in modo tale da conseguire un corretto equilibrio tra trattazione teorica, atta a fornire gli elementi culturali di base, ed un continuo riferimento alle applicazioni ingegneristiche.

Il Prof. Radi si è costantemente impegnato all’interno dell’Ateneo, assistendo gli studenti nella preparazione degli esami e delle tesi di laurea e partecipando attivamente alla vita della Facoltà e del Dipartimento di Scienze e Metodi dell’Ingegneria. Egli ha fatto parte di commissioni di laurea e di laurea specialistica. Fa parte del Collegio dei Docenti per il corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale dell’Università di Modena e Reggio Emilia ed è membro della Commissione per il Dottorato di Ricerca, è stato membro della commissione per l’ammissione al corso di Dottorato di Ricerca e tutor di alcuni dottorandi.

## ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività di ricerca svolta ha riguardato tematiche della meccanica dei materiali e delle strutture. I risultati ottenuti sono documentati dalle pubblicazioni prodotte, riportate nell'elenco allegato. È caratteristica comune dei lavori svolti la ricerca di formulazioni e metodologie di analisi sufficientemente generali e idonee alla trattazione di problemi di interesse scientifico e tecnico attraverso procedure sia di tipo analitico che numerico. In particolare, sono stati sviluppati i seguenti argomenti.

### **Analisi dinamica e sismica di edifici in C.A. e muratura:**

Nella tesi di laurea e nei successivi lavori [I1, I2, I3] sono stati sviluppati alcuni strumenti semplici ed affidabili per rappresentare il comportamento lineare e non-lineare di sistemi misti con elementi resistenti eterogenei (telai in C.A., pareti in C.A. e/o muratura) soggetti a sollecitazioni sismiche. Il lavoro svolto nella tesi si inquadra nella problematica dell'adeguamento sismico degli edifici e fornisce un contributo verso la definizione di uno strumento semplice ed ingegneristicamente valido per la progettazione e la verifica degli edifici a struttura mista in C.A. e muratura in zona sismica, precursore del metodo di verifica push-over previsto dalla normativa attuale. A fronte della complessità del problema è sorta l'esigenza di formulare modelli semplici, in grado, tuttavia, di cogliere gli aspetti essenziali della risposta dinamica di tali strutture. In base a considerazioni energetiche, i telai in C.A. e le pareti murarie sono stati schematizzati come oscillatori isteretici equivalenti ed assemblati in un modello tridimensionale in grado di simulare il comportamento dinamico di edifici torsionalmente accoppiati, privi di peculiari caratteristiche di simmetria e regolarità. L'approccio sviluppato consente di superare le difficoltà computazionali normalmente incontrate in analisi dinamica, nel caso di comportamento non lineare ed isteretico dei materiali. Si è reso, così, possibile valutare in maniera attendibile il comportamento globale della struttura sotto le azioni sismiche, la variazione del periodo proprio di oscillazione, il degrado strutturale, ed in definitiva, la sua resistenza al sisma. In particolare, è stata simulata la risposta sismica di un prototipo di edificio, realizzato in scala 1:3, privo di sufficienti caratteristiche di regolarità strutturale, soggetto ad azioni sismiche simulate attraverso la tavola vibrante dell'IZIIS di Skopje. Per descrivere la risposta dinamica in campo elastico lineare, la struttura è stata modellata con una trave a mensola deformabile a flessione e taglio, in grado di considerare il contributo dell'inerzia rotatoria e di simulare l'effetto di interazione tra suolo e struttura. Questo approccio è stato sviluppato inizialmente per un intervallo limitato di frequenze nel lavoro [I1], l'analisi è stata quindi estesa a tutto lo spettro nel lavoro [I2]. Per simulare il comportamento dell'edificio in corrispondenza di elevate sollecitazioni sismiche, nel lavoro [I3] sono stati adottati i modelli non lineari elaborati nella tesi. Attraverso un numero ridotto di gradi di libertà è stato possibile valutare, in maniera soddisfacente, la risposta isteretica fornita dall'edificio in seguito a sollecitazioni dinamiche di qualsiasi tipo. Il confronto con i risultati sperimentali ha dimostrato l'affidabilità delle modellazioni proposte ed ha consentito l'identificazione di alcuni parametri di danneggiamento strutturale.

### **Analisi dinamica e sismica di pareti di sostegno di terreni saturi:**

Nei lavori [17, I4, I5] è stata studiata la risposta di pareti verticali flessibili disposte a contenimento di uno strato di terreno, modellato come un mezzo viscoelastico poroso, sia in condizioni drenate che saturo. In particolare, si sono ricavate le pressioni trasmesse dal terreno alla parete in seguito a sollecitazioni di tipo dinamico. La ricerca ha consentito di valutare l'influenza della flessibilità della parete e delle caratteristiche geomeccaniche del terreno sulle sollecitazioni indotte sulla parete da azioni sismiche di moderata intensità. A tal fine è stata dapprima studiata la risposta del sistema terreno-parete a sollecitazioni di tipo armonico [I4]. La risposta fornita dal sistema in corrispondenza di sollecitazioni pseudo statiche è stata quindi ottenuta come caso limite per una frequenza di sollecitazione tendente a zero. Nota la risposta armonica del sistema è stato inoltre possibile valutare la risposta ad una generica sollecitazione sismica, definita attraverso un accelerogramma, utilizzando il metodo delle trasformate discrete di Fourier [17, I5]. Lo studio svolto ha messo in evidenza che l'andamento e l'entità delle sollecitazioni sulla parete si mostrano assai sensibili alla flessibilità della stessa. In particolare, per sollecitazioni pseudostatiche, le pressioni sulla paratia si riducono notevolmente all'aumentare della flessibilità e, per valori realistici della flessibilità, risultano in ragionevole accordo con il metodo di Mononobe-Okabe basato sulla teoria della analisi limite. D'altra parte, per sollecitazioni dinamiche, all'aumentare della flessibilità della paratia il fattore di amplificazione dinamica assume valori sempre più elevati, a causa della minore capacità del sistema di dissipare energia attraverso la riflessione e la propagazione di onde verso la regione illimitata. È stato inoltre osservato che il fattore di amplificazione dinamico si riduce sia al crescere della porosità del terreno che al diminuire della sua permeabilità. Per permeabilità molto piccole, tuttavia si osserva un considerevole incremento delle sollecitazioni, conseguente alla scomparsa degli effetti dissipativi prodotti dai processi di filtrazione del terreno. Pertanto, i risultati ottenuti hanno consentito di valutare l'influenza della flessibilità della parete e dei parametri geomeccanici del terreno, quali la rigidità, la porosità, la permeabilità e il coefficiente di smorzamento, sulla risposta dinamica e sismica della struttura. A differenza dei metodi pseudostatici che considerano un singolo parametro quale il valore massimo della accelerazione, il metodo proposto consente di valutare il contenuto energetico del sisma di progetto in corrispondenza delle frequenze fondamentali di amplificazione del terreno.

### **Meccanica della frattura nei materiali elastici anisotropi:**

Nell'ambito della meccanica della frattura è stato inizialmente considerato il problema di una frattura che si propaga in un materiale elastico lineare ortotropo. L'approccio seguito ha consentito di ricavare l'espressione analitica degli sviluppi asintotici dei campi di spostamento e di tensione nell'intorno dell'apice della frattura. In particolare, nel lavoro [2] è stato analizzato il problema della propagazione stazionaria di una frattura in un materiale ortotropo con condizioni generali di carico all'infinito. Si sono mostrati gli effetti provocati sui campi di spostamento e di tensione da differenti valori della velocità di propagazione e del rapporto tra tensione tangenziale e tensione normale applicate a distanza infinita dall'apice della frattura. In un successivo lavoro [3] è stato considerato l'aspetto dinamico del problema, rimuovendo l'ipotesi di stazionarietà della propagazione della frattura. Le espressioni esplicite ottenute si sono mostrate in perfetto accordo con i risultati numerici forniti da altri autori. In seguito,

nel lavoro [14] sono stati studiati gli effetti di uno stato di pretensione collineare con la frattura, tale da provocare grandi deformazioni, sullo stato di tensione e deformazione in prossimità dell'apice di una frattura in un materiale elastico, incomprimibile. Impiegando la teoria incrementale dell'elasticità finita si sono ricavate le espressioni analitiche dei campi asintotici di tensione e deformazione conseguenti ad incrementi di sollecitazione di Modo I e di Modo II. In particolare nel lavoro [14] si mostra che nel contesto dell'elasticità finita la presenza di uno stato di pretensione collineare alla frattura (*T stress*) influenza significativamente anche i termini più singolari di tensione e deformazione, diversamente dai risultati ottenuti nell'ambito della meccanica della frattura elastica lineare. Si evidenzia, inoltre, che per valori della pretensione prossimi al valore critico che causa il fenomeno dell'instabilità di superficie, la deformazione tende a localizzarsi lungo due bande simmetriche emergenti dall'apice della frattura. I risultati conseguiti possono trovare applicazione nell'ambito della progettazione di dispositivi MEMS, i cui elementi risultano spesso anisotropi e soggetti ad elevati valori delle tensioni residue.

### **Propagazione della frattura nei materiali elastoplastici:**

Lo studio della meccanica della frattura è stato esteso ai materiali inelastici nell'ambito della tesi di dottorato [1] e nei lavori [4, 5, M1, C5] prodotti in tale periodo. In particolare, nel lavoro [C5] è stato studiato il problema statico di una frattura in un solido elastoplastico di tipo *pressure-sensitive*. Il legame costitutivo considerato risulta definito attraverso una teoria olonoma della plasticità, basata sulla condizione di snervamento di Drucker Prager con legge di incrudimento di tipo esponenziale. Per questo problema statico è stato possibile sviluppare un'analisi di tipo asintotico dei campi intorno all'apice esteso ai termini di ordine superiore al primo. L'analisi è stata, quindi, estesa al problema di una frattura che si propaga in un solido elastoplastico. In tal caso, la presenza di una zona di scarico elastico nell'intorno dell'apice ha reso necessario l'impiego della teoria incrementale della plasticità. In particolare, si è analizzata la propagazione stazionaria in condizioni di Modo I in solidi elastoplastici con condizione di snervamento influenzata dal valore della pressione idrostatica (Drucker-Prager) sia in presenza di una legge di flusso plastico associata [4], che non [5], con incrudimento lineare ed isotropo. In seguito, sono stati considerati modelli costitutivi più raffinati, adatti per metalli porosi e sinterizzati, derivati dal modello proposto da Gurson. In particolare sono stati studiati gli effetti prodotti da una legge di incrudimento di tipo isotropo [6] e/o cinematico [7] sulla propagazione di una frattura in condizioni di Modo I, Modo II, e di Modo III in [8]. L'analisi asintotica effettuata ha consentito di determinare la singolarità e gli andamenti dei campi di tensione e di velocità in prossimità dell'apice. I risultati hanno dimostrato che la sensibilità alla pressione idrostatica e la porosità producono un effetto stabilizzante sulla propagazione della frattura. Al contrario, la non-associatività e la componente cinematica di incrudimento provocano un effetto instabilizzante. Alcuni di questi risultati sono stati ottenuti durante i periodi di studio trascorsi presso le Università di Bath e di Cambridge (UK), in collaborazione con il Prof. J.R. Willis. Nel lavoro successivo [12] è stato considerato il problema di una frattura che si propaga lungo l'interfaccia tra un materiale duttile poroso, descritto attraverso il modello di Gurson, ed uno fragile, rappresentato per semplicità attraverso un sottostrato rigido. Queste analisi hanno messo in evidenza come la porosità possa notevolmente influenzare il

distacco tra i due materiali, causando una possibile deviazione della frattura verso il materiale più duttile, con un conseguente incremento della tenacità dell'interfaccia.

### **Propagazione della frattura nei materiali porosi saturi.**

L'attività di ricerca in questo settore è stata sviluppata in collaborazione con il Prof. B. Loret dell'Università di Grenoble (Francia) ed ha riguardato lo studio dei campi di tensione, pressione interstiziale e spostamento in prossimità dell'apice di una frattura che si propaga in un materiale poroelastico sia a velocità subsonica che intersonica, ovvero compresa cioè tra la minima e la massima velocità delle tre onde elastiche che possono propagarsi in tali materiali. È ben noto, infatti, che nei materiali poroelastici si possono propagare due onde longitudinali, la più lenta delle quali viene definita onda di Biot, ed una sola onda di taglio, la cui velocità di propagazione può risultare superiore o inferiore a quella dell'onda di Biot al variare dei parametri costitutivi. Tale problema è particolarmente significativo per lo studio di faglie e scorrimenti tettonici, nei processi di indagine e sfruttamento delle risorse del sottosuolo ed anche nei processi di frattura di alcuni biomateriali. Come ben noto, il comportamento meccanico di tali materiali è affetto in modo significativo dall'accoppiamento tra la deformazione volumetrica della fase solida e la diffusione del fluido interstiziale.

Nel lavoro [11] è stata ottenuta una soluzione asintotica in forma chiusa per i campi di tensione, pressione interstiziale e spostamento in prossimità dell'apice di una frattura che si propaga a velocità subsonica in un materiale poroelastico, descritto attraverso il modello dinamico di Biot. In particolare, è stata considerata la condizione di Modo I sia per superfici di frattura permeabili che impermeabili. Le soluzioni precedentemente ottenute in letteratura mostrano che per propagazione lenta e quasi-statica della frattura l'apice si trova in condizioni drenate. In tal caso, infatti, il fluido interstiziale defluisce dall'apice della frattura e la pressione interstiziale tende a zero. La soluzione ottenuta in [11] mostra invece che per propagazione rapida la pressione interstiziale presenta un comportamento singolare analogamente alla tensione nella fase solida. Inoltre, nel caso di superfici permeabili i campi asintotici risultano definiti in funzione di due fattori di concentrazione dello sforzo (*stress intensity factors*), che si riducono ad uno solo nel caso di superfici impermeabili.

Nei lavori [19] e [20] l'analisi è stata estesa al problema della propagazione a velocità intersonica in condizioni di Modo II e di Modo I, per superfici di frattura permeabili. In particolare, nel lavoro [20] è stato osservato che una frattura può propagarsi nei materiali porosi saturi in condizioni di Modo I anche a velocità intersoniche superiori a quella delle onde di Biot ma comunque inferiori a quella delle onde di taglio. L'approccio analitico utilizzato risulta necessariamente diverso da quello adottato per velocità subsonica, poiché per propagazione intersonica le equazioni differenziali che governano il problema da ellittiche diventano iperboliche. Nel caso in cui la zona di processo venga rappresentata attraverso un modello puntiforme, l'analisi ha rivelato la presenza di onde di shock lungo linee radiali con origine nell'apice. Il modello puntiforme tuttavia prevede un rilascio di energia nullo ed esclude quindi la possibilità che la frattura si propaghi a velocità intersoniche. L'inserimento di una zona di processo di tipo coesivo in corrispondenza dell'apice consente di introdurre un incremento del rilascio di energia che rende energeticamente possibile la propagazione della frattura anche a velocità intersoniche. La presenza di tale zona coesiva regolarizza inoltre le discontinuità rilevate nei campi di tensione e velocità per il modello con zona di processo puntiforme. La soluzione analitica è stata

ottenuta attraverso una procedura basata sulle proprietà delle funzioni analitiche di variabile complessa. Il problema al contorno in presenza di una zona coesiva è stato ridotto alla soluzione di un problema di Riemann-Hilbert non omogeneo. La soluzione relativa ad una zona di processo puntiforme è stata quindi ricavata come caso limite all'annullarsi della lunghezza della zona coesiva.

Al fine di simulare i processi di frattura idraulica nei geomateriali in condizioni quasistatiche, nel lavoro [13] è stato inoltre considerato un comportamento elasto-plastico del materiale poroso saturo.

### **Caratterizzazione delle proprietà meccaniche di materiali ceramici**

Nei lavori [C6, D2] sono riportati alcuni risultati sperimentali relativi a provini realizzati in ceramica ad elevata resistenza (Zirconia), sottoposti a prove di resistenza per la determinazione del valore critico del fattore di intensità degli sforzi  $K_{IC}$ . Nelle indagini sperimentali svolte presso il Centro Ceramico di Bologna si è osservata la presenza di shear bands nella zona di indentazione e durante la propagazione di fratture. Pertanto, è stata fornita un'interpretazione dei risultati sperimentali basata sulla teoria della localizzazione della deformazione. Tali materiali mostrano un'elevata tenacità di frattura e presentano una marcata sensibilità alla pressione idrostatica ed un comportamento inelastico dilatante, che si possono rappresentare attraverso il modello elastoplastico di Drucker-Prager con legge di flusso non associata. In particolare, il livello di tensione nelle ceramiche contenenti zirconia può indurre una trasformazione di fase martensitica (da tetragonale a monoclinica) che avviene con conseguente aumento di volume (fino al 5%). Tale trasformazione si può verificare anche in prossimità dell'apice durante la propagazione di una frattura e risulta responsabile dei meccanismi di tenacizzazione specifici della zirconia. Nel lavoro [M2] vengono presentati alcuni risultati ottenuti in [4, 5, M1] in modo da porre in evidenza gli effetti tenacizzanti conseguenti alla sensibilità alla pressione idrostatica e al comportamento dilatante manifestati dalle ceramiche contenenti zirconia.

### **Materiali elastoplastici e problemi di localizzazione della deformazione**

Nei lavori [10, C14] è stato considerato il problema della localizzazione della deformazione nei materiali elastoplastici anisotropi, sia per stati piani di deformazione che di tensione. In particolare, si è fatto riferimento ad una legge di flusso plastico non-associata, in cui le normali alla superficie di snervamento e al potenziale plastico non risultano coassiali. Il modello costitutivo considerato può di fatto rappresentare il comportamento macroscopico di materiali compositi anisotropi ottenuti, ad esempio, disponendo secondo una direzione prevalente delle fibre di carbonio in una matrice metallica. I risultati ottenuti forniscono le espressioni analitiche del modulo plastico e dell'inclinazione delle *shear-band* in corrispondenza del verificarsi del fenomeno della localizzazione della deformazione, mettendo in evidenza l'influenza reciproca della non-associatività e della anisotropia elastica. Inoltre, nei lavori [1, C7] viene presentata una classe di modelli costitutivi per lo studio del comportamento elastoplastico dei materiali duttili in regime di grandi deformazioni, in presenza di incrudimento anisotropo. In particolare vengono analizzate le risposte fornite dai modelli proposti in seguito a prove monoassiali di taglio, in modo da simulare il comportamento di travi metalliche duttili, di sezione tubolare sottile, soggette a prove di torsione.

### **Fenomeni di *necking* nei materiali polimerici**

Nei lavori [C10, C11] viene sviluppato un modello costitutivo per la modellazione del processo tecnologico per l'ottenimento di film orientati di polimeri semicristallini, condotto attraverso la deformazione allo stato solido (*drawing*) di una lastra di materiale polimerico, a temperature di poco inferiori alla temperatura di fusione. Durante questo processo si verifica il fenomeno del *necking* tipico dei polimeri, che conferisce al materiale una più elevata resistenza conseguente al fenomeno viscoso di orientazione delle macromolecole nella direzione della deformazione, in seguito al quale il materiale assume caratteristiche fortemente anisotrope. Nel lavoro [C10] vengono sviluppati dei modelli costitutivi elastici adatti a simulare il comportamento di materiali polimerici in presenza di deformazioni finite. Per considerare l'effetto della velocità di deformazione sulla risposta del materiale durante il processo di deformazione, nel lavoro [C11] sono stati sviluppati dei legami costitutivi visco-elastici. I risultati sperimentali relativi a prove di trazione mono e biassiale su provini di polipropilene, ottenuti presso il laboratorio di prove meccaniche del Centro Ricerche Montell di Ferrara, hanno convalidato la modellazione proposta e fornito i valori dei parametri costitutivi del materiale.

### **Problemi di contatto monolatero con attrito**

Nei lavori [9, C9] vengono formulati alcuni modelli per l'analisi della biforcazione della soluzione di un solido lineare elastico in contatto monolatero con attrito. In particolare, viene analizzata la possibilità di biforcazioni nelle velocità, utilizzando la teoria dei solidi di confronto sviluppata nell'ambito della elastoplasticità incrementale, quali i solidi di confronto ed il principio di esclusione della biforcazione di Hill. In base a tale criterio, vengono fornite delle condizioni sufficienti per l'unicità della soluzione incrementale per un'ampia classe di modelli di contatto con attrito. Vengono, inoltre, presentati alcuni esempi strutturali per evidenziare le possibilità di applicazione del criterio di esclusione proposto.

### **Meccanismi di frattura nei materiali con microstruttura.**

L'attività di ricerca sviluppata ha riguardato la valutazione della tenacità a frattura dei materiali con microstruttura, sia duttili che fragili, quali i materiali compositi, cellulari, laminati e granulari, e degli effetti di scala che si manifestano a distanze dell'apice comparabili alle lunghezze caratteristiche del materiale. Per simulare il comportamento dei materiali a scala micrometrica, nei lavori [15, 16, 18, 21] si è fatto riferimento a modelli costitutivi più evoluti dei modelli elastici ed elastoplastici convenzionali, quali i modelli micropolari. In particolare, è stato considerato il modello sviluppato da Koiter, che ingloba le lunghezze caratteristiche a flessione e torsione del materiale e risulta pertanto in grado di rappresentare la presenza di microstruttura e gli effetti di scala.

Nei lavori [15, 16, 18] sono state ottenute delle soluzioni asintotiche del problema della propagazione della frattura in condizioni di modo I e Modo III in un materiale duttile con microstruttura, il cui comportamento meccanico è stato descritto attraverso una teoria elastoplastica incrementale con microcoppie derivata dal modello elastico di Koiter. I risultati ottenuti mostrano che il contributo del gradiente di deformazione fornisce un notevole aumento della singolarità della tensione e delle trazioni in prossimità dell'apice.

Nel lavoro [21] viene riportata la soluzione analitica completa del problema di Modo III per comportamento elastico del materiale con microstruttura. In particolare, si può osservare che lo stato di tensione a sufficiente distanza dall'apice tende alla soluzione elastica classica. Tuttavia, a differenza della soluzione classica, la tensione tangenziale presenta un massimo davanti all'apice, ad una distanza circa pari alla lunghezza caratteristica a torsione. Se si adotta tale valore come misura del livello critico di tensione richiesto per la propagazione della frattura si può determinare un valore critico del fattore di intensificazione degli sforzi, e quindi la tenacità a frattura del materiale, in funzione dei parametri microstrutturali. In particolare, è stato osservato che la tenacità a frattura aumenta con la lunghezza caratteristica a torsione del materiale. L'approccio considerato ha fornito stime accurate sul livello di tensione a distanze molto prossime all'apice, confrontabili con le dimensioni delle lunghezze caratteristiche ed ha consentito la definizione di un criterio di frattura basato sulle caratteristiche microstrutturali del materiale. Tale approccio rappresenta, inoltre, un possibile collegamento tra i punti di vista atomistico e macroscopico, in grado di favorire la comprensione dei meccanismi di frattura nei materiali con microstruttura, sino alla scala microscopica. Nel lavoro [28] è stata recentemente effettuata una analisi preliminare di tipo asintotico relativa al problema di una frattura lungo l'interfaccia tra due diversi materiali micropolari.

Nei lavori [25, C34] è stato considerato il problema della propagazione della frattura in un materiale quasicristallino, ovvero in una particolare classe di leghe metalliche quasiperiodiche caratterizzata da simmetrie dei cristalli incompatibili con una disposizione periodica degli atomi nello spazio, quali la simmetria icosaedrale nello spazio tridimensionale e quella pentagonale nel piano. La disposizione quasiperiodica nello spazio è il prodotto di una continua attività fasonica di riarrangiamento della struttura cristallina che distrugge continuamente le aggregazioni con simmetria diversa da quella prevalente per ricrearle in sintonia con tale ordinamento.

Tali strutture si trovano spesso nelle leghe di alluminio (Al-Ni-Co, Al-Pd-Mn, Al-Cu-Fe), ma sono possibili anche in altri composti (Ti-Zr-Ni, Zn-Mg-Ho, Cd-Yb). Per studiare il problema della propagazione di una frattura nei quasicristalli è stata sviluppata una generalizzazione del formalismo di Stroh. Tale approccio ha consentito di ridurre il problema al contorno ad un problema di Riemann-Hilbert, che è stato possibile risolvere in forma chiusa. L'analisi è stata quindi estesa anche ai problemi relativi alla propagazione di fratture lungo l'interfaccia tra due diversi materiali quasicristallini nel lavoro [C36] e di dislocazioni nei lavori [27, C35]. Nel lavoro [24] è stato inoltre considerato il problema di una frattura statica. Per studiare tale caso non è stato possibile utilizzare i risultati ottenuti per il problema di propagazione nel caso di velocità di propagazione nulla, ma si è resa necessaria una riformulazione del problema, poiché nel caso statico la matrice fondamentale del sistema di equazioni alle derivate parziali risulta totalmente degenera.

### **Stati di coazione nei film sottili**

L'attività di ricerca scientifica sviluppata ha riguardato lo studio e la modellazione di microdispositivi per la collimazione di particelle ad elevata energia che sfruttano le caratteristiche meccaniche di alcuni materiali che trovano impiego in componenti microelettroniche innovative, quali i MEMS. In particolare, nei lavori [22, C33, D10] è stato studiato il problema dello stato di coazione in piastrine di silicio, dello spessore

di alcuni decimi di millimetro, le cui superfici vengono ricoperte da un sottile strato di nitruro di silicio depositato ad elevata temperatura attraverso una tecnica di fotolitografia. Da tale dispositivo vengono in seguito asportate alcune strisce parallele degli strati superficiali di nitruro di silicio, in modo periodico ed alternato. In tal modo vengono parzialmente rimosse anche le tensioni residue generatesi durante il raffreddamento, in seguito al diverso coefficiente di dilatazione termica dei due materiali. Tale processo di lavorazione consente di realizzare una microstruttura ad ondulazione periodica con passo submillimetrico, in grado di sfruttare come principio operativo il fenomeno del confinamento prodotto dai piani cristallini nei confronti delle particelle che attraversano il cristallo. Questo tipo di microstruttura trova rilevanti applicazioni nel processo di channeling di fasci di particelle ad alta energia, che vanno dall'impiego per la collimazione ad elevata efficienza di particelle ad alta ed altissima energia alle applicazioni nel settore della fisica medica, che hanno come oggetto l'estrazione di protoni alle energie tipiche delle moderne strutture adroterapiche.

A tal riguardo è stato dapprima studiato il problema di una striscia infinita di materiale elastico lineare ed isotropo ricoperta da un film sottile disposto ad intervalli regolari e soggetto ad una variazione di temperatura [D10]. Utilizzando il metodo delle trasformate integrali, il problema è stato ricondotto allo studio di un'equazione integrale di Fredholm, la cui soluzione è stata ottenuta attraverso tecniche di approssimazione basate sull'impiego dei polinomi di Chebyshev. Lo studio è stato quindi esteso ad una piastra di dimensioni finite nel lavoro [8]. Tale problema è stato risolto utilizzando sviluppi in serie di Fourier per rappresentare i campi di spostamento e tensione. Gli spostamenti ottenuti in soluzione sono stati confrontati con i risultati forniti da analisi agli elementi finiti riscontrando un'elevata corrispondenza. Si è osservato inoltre che lo stato di tensione risulta singolare in corrispondenza delle estremità del ricoprimento. Nel lavoro [C33] è stato recentemente considerato un legame elastico anisotropo a simmetria cubica in grado di fornire una rappresentazione più accurata del comportamento meccanico del silicio. L'indagine numerica sviluppata su modelli reali ha fornito indicazioni di carattere ingegneristico e progettuale sull'efficienza e affidabilità di tali componenti microstrutturali realizzate con tecniche e materiali innovativi.

### **Modellazione analitica di piastre forate ed alberi a gomito**

È stato affrontato il problema della trasmissione degli sforzi in un albero a gomito considerando il problema piano di tensione di un disco elastico isotropo contenente una inclusione circolare eccentrica, inserita a pressione. Assumendo la condizione di contatto senza attrito fra i due membri, nel lavoro [23] è stata ricavata una soluzione analitica effettuando uno sviluppo in serie di Fourier della funzione delle tensioni in coordinate bipolari. I risultati ottenuti mostrano che i valori massimi delle tensioni si verificano nel legamento se il suo spessore è sufficientemente piccolo e l'eccentricità è elevata. La sollecitazione massima nel legamento aumenta inoltre con l'eccentricità e diventa illimitata se lo spessore del legamento tende ad annullarsi. Nel lavoro [26], presentato anche ad un congresso internazionale [D19], viene ricavata una soluzione analitica relativa allo stato di tensione in una piastra illimitata contenente due fori circolari di diverso diametro. La soluzione è stata ottenuta utilizzando l'espressione più generale di una funzione biarmonica in coordinate bipolari. La funzione delle tensioni (o di Airy) è stata decomposta nella somma di un termine fondamentale

relativo ad una piastra caricata a distanza infinita, a cui corrispondono valori particolari delle trazioni sui contorni circolari, ed un termine ausiliario che si annulla all'infinito, necessario per soddisfare le condizioni al contorno relative alle pressioni all'interno dei fori. Sono state quindi determinate le variazioni del fattore di concentrazione delle tensioni in funzione della geometria dei fori e delle condizioni di carico. Sono stati inoltre calcolati analiticamente gli integrali  $J_k$ ,  $M$  e  $L$ , indipendenti dal percorso di integrazione, su di un contorno chiuso che circonda i due fori, al fine di valutare il rilascio di energia conseguente alla traslazione, all'espansione e alla rotazione dei fori. I risultati sono stati poi presentati al variare dell'orientamento dei fori, del rapporto biassiale di carico e della geometria fori.

### **Modellazione analitica di piastre ed elementi strutturali in FRC**

L'attività di ricerca svolta ha riguardato dapprima lo studio dei meccanismi di rottura duttile di piastre in calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) disposte su di un suolo elastico e soggette a carichi distribuiti su aree di dimensioni ridotte [33, 34, 38, 41]. Il problema considerato intende simulare il comportamento di pavimentazioni industriali realizzate in FRC al fine di prevenire ed ostacolare i fenomeni di fessurazione dovuti a carichi concentrati.

Il comportamento meccanico adottato è descritto dalla teoria di Kirchhoff delle piastre duttili, supposte soggette alla condizione di snervamento di Johansen e legge di flusso associata, mentre il suolo elastico è stato modellato sia attraverso un modello locale (Winkler) che attraverso un modello non locale (Pasternak).

Per descrivere la resistenza a frattura di piastra fragili e debolmente armate è stato inoltre studiato il problema di una piastra elastica fratturata, soggetta ad un generico carico trasversale [35, 36]. Utilizzando le trasformate di Fourier e il metodo di Wiener-Hopf è stato possibile ricavare i campi di tensione e di spostamento in tutta la piastra fessurata. In particolare sono stati ricavati i fattori di intensificazione degli sforzi in prossimità dell'apice della frattura.

Sono stati inoltre effettuati alcuni studi sperimentali e teorici relativi all'estrazione di fibre polimeriche da una matrice cementizia [37, 40]. I risultati di tali indagini hanno messo in evidenza come un trattamento superficiale delle fibre eseguito con nano granuli di silice possa incrementare notevolmente la resistenza a sfilamento e conseguentemente le risorse di duttilità degli elementi strutturali realizzati in FRC. In base al tipo di fibra ed al trattamento superficiale eseguito su di essa è stato evidenziato un diverso comportamento nella fase di sfilamento della fibra (pull-out) che si manifesta dopo il completo distacco (debonding). In particolare, per fibre in acciaio si osserva una drastica riduzione della resistenza a sfilamento al progredire dello spostamento, mentre per fibre in materiale polimerico sottoposte a trattamento superficiale si registra un comportamento di tipo incrudente, in cui la resistenza allo sfilamento si mantiene elevata anche in seguito ad elevati valori dello spostamento.

In seguito alle osservazioni sperimentali condotte, si è cercato di modellare il processo di sfilamento di una fibra inserita in una matrice cementizia [41], in modo da riprodurre analiticamente la relazione osservata sperimentalmente tra la forza di estrazione applicata alla fibra e il conseguente sfilamento.

Il modello è stato sviluppato considerando diverse condizioni di attrito tra fibra e matrice, descritte attraverso altrettanti legami di interfaccia tra tensione tangenziale e scorrimento della fibra. Il primo legame considerato è di tipo rigido-plastico e si adatta

a fibre di acciaio che, una volta completata la fase di debonding, mostrano un drastico calo della resistenza di pull-out. Il secondo, più complesso, è di tipo elastico-plastico e si avvicina maggiormente al comportamento delle fibre in materiale polimerico, che esibiscono un comportamento incrudente durante la fase di pull-out. Il terzo, elastoplastico-incrudente, perfeziona il secondo descrivendo il comportamento di fibre polimeriche, le quali, per il processo di abrasione superficiale nella fase di pull-out, evidenziano un aumento dell'attrito tra superficie e matrice e accrescono ulteriormente il comportamento incrudente.

È stata poi sviluppata una modellazione analitica della prova di pullout di fibre polimeriche viscoelastiche da una matrice cementizia [65], tenendo conto delle proprietà reologiche delle fibre polimeriche. Si sono inoltre studiati gli effetti indotti dal trattamento superficiale a base di nanosilica delle fibre polimeriche sulla resistenza flessionale post-fessurazione del calcestruzzo fibrorinforzato, eseguendo delle prove di flessione su travetti [55]. Lo studio effettuato consente di incrementare la resistenza flessionale equivalente, la duttilità e quindi la capacità portante di elementi strutturali realizzati in FRC.

### **Omogeneizzazione di materiali compositi e microfessurati**

Nei lavori [39, 42] sono stati studiati gli effetti della presenza di microfessure o di microfibre sulle proprietà macroscopiche di materiali compositi viscoelastici. A questo scopo è stato utilizzato lo schema di Maxwell, usualmente impiegato per l'omogeneizzazione di materiali compositi elastici. L'approccio è stato generalizzato per materiali viscoelastici microfessurati o contenenti microfibre ed ha consentito di ricavare le espressioni esplicite delle componenti del tensore costitutivo per materiali viscoelastici anisotropi in funzione del parametro di dispersione che caratterizza la distribuzione spaziale dell'orientamento delle microfessure e delle microfibre. In particolare, è stata considerata una distribuzione del tutto generica, che può quindi variare tra i casi limite relativi ad una distribuzione casuale ed una distribuzione in cui le microfratture risultano tutte rigorosamente parallele. Il comportamento viscoelastico è stato descritto utilizzando operatori frazionari. I risultati di questo studio sono stati illustrati con esempi relativi ad un polimetilmetacrilato (PMMA) microfessurato o conenete microfibre.

Utilizzando la tomografia computerizzata sono stati determinati sperimentalmente alcuni parametri microstrutturali di un materiale composito fibrorinforzato [52]. In particolare, è stata valutata la funzione di distribuzione dell'orientazione delle fibre, che si utilizza per il calcolo delle proprietà elastiche effettive di cementi fibrorinforzati [59].

Sono state inoltre ricavate le proprietà termiche ed elastiche effettive di materiali termoconduttori elastici isotropi contenenti vuoti o inclusioni rigide di forma toroidale [47, 62], fibre di sezione formata da due archi di circonferenza [53], vuoti circolari in coalescenza [64] e porosità sferiche in coalescenza [69].

### **Modellazione e analisi sperimentale di MEMS, NEMS e smart materials**

Si sono ricavate delle stime analitiche accurate, sia in eccesso che in difetto, per i parametri che caratterizzano l'insorgere del fenomeno di instabilità elettrostatica (pull-in) in una micro- o nano-trave a mensola attuata elettrostaticamente e soggetta a forze

di attrazione superficiale (Casimir o van der Waals). In particolare, nei lavori [49] e [56] è stata considerata l'influenza della cedevolezza del vincolo di incastro e la presenza di una carico di compressione sulla tensione di pull-in e sulla distanza critica tra gli elettrodi (freestanding gap) necessaria per scongiurare il collasso del dispositivo. Nel lavoro [71] è stata quindi valutata l'influenza dell'energia elastica superficiale sui parametri di pull-in. Tale contributo risulta infatti particolarmente significativo a scala micro e nanometrica.

Nei lavori [66] e [C48] si sono ricavate delle stime analitiche della tensione di pull-in di dispositivi a mensola realizzati con nanotubi di carbonio, tenendo conto della concentrazione di carica all'estremità libera. A partire da uno studio sperimentale, nel lavoro [60] è stato sviluppato un modello analitico per un dispositivo per il recupero di energia da vibrazioni meccaniche che utilizza degli attuatori piezoelettrici opportunamente disposti. Inoltre, nei lavori [70] e [78] sono stati simulati in laboratorio i fenomeni di instabilità che si verificano in alcuni dispositivi MEMS e NEMS e poi confrontati con le previsioni analitiche.

### **Modellazione di materiali e componenti strutturali in leghe a memoria di forma.**

Nel lavoro [61] si sono ricavate le espressioni analitiche dei campi di tensione e deformazione in un cilindro in lega a memoria di forma (SMA) di parete spessa sollecitato da una pressione interna a temperatura costante (al di sopra della temperatura di inizio della trasformazione martensitica) per uno stato piano di tensione. Il modello costitutivo fenomenologico utilizzato per il materiale comprende le frazioni volumetriche di due varianti di Martensite, che evolvono linearmente con la tensione efficace valutata secondo il criterio di Tresca. Inizialmente, si suppone che il cilindro sia in fase austenitica. L'applicazione di una pressione interna innesca quindi la trasformazione martensitica a partire dalla superficie interna della parete del cilindro, estendendosi poi verso la superficie esterna. Se la parete è abbastanza spessa, la tensione circonferenziale può annullarsi nella parte interna del cilindro. Corrispondentemente, lo stato di sollecitazione può raggiungere un vertice della superficie di trasformazione di Tresca, originando così due diverse varianti di Martensite. Sono state investigate sistematicamente le possibili partizioni di fase all'interno dello spessore originate durante il processo al variare dello spessore del cilindro. I risultati ottenuti evidenziano che, per evitare deformazioni plastiche permanenti, il processo di caricamento dovrebbe venire interrotto una volta completata la trasformazione martensitica in corrispondenza della superficie interna del cilindro. I risultati ottenuti trovano applicazione nella progettazione di dispositivi innovativi come connettori, guarnizioni e componenti di serraggio in leghe a memoria di forma. Recentemente, nei lavori [72] e [73] sono stati sviluppati dei modelli analitici per la simulazione dei processi di trasformazione di fase e riorientamento tra più varianti martensitiche in travi realizzate in leghe a memoria di forma, soggette a sollecitazioni cicliche di segno alternato sia flessionali che torsionali, adottando un modello costitutivo SMA che incorpora due opposte varianti di Martensite.

### **Modellazione di problemi dinamici in materiali con microstruttura**

Sono stati studiati analiticamente i problemi di diffrazione delle onde di taglio antipiano e di concentrazione degli sforzi indotti dalla presenza di una frattura in un materiale elastico con microcoppie e micro inerzia [A15, A20] ed il problema della propagazione delle onde di bordo in una piastra elastica sottile disposta su di un semispazio elastico [B1] e generate dalla propagazione di una frattura [A3].

### **Varie**

Interazione tra due fori circolari adiacenti in un mezzo poroelastico saturo. Utilizzando le coordinate bipolari, è stata ricavata la distribuzione delle tensioni e della pressione interstiziale nel mezzo poroelastico al variare dei parametri geometrici e geomeccanici [A6].

Modellizzazione analitica del fenomeno di instabilità elastica di una trave compressa deformabile a taglio che giace su di un semipiano elastico [A19].

Valutazione analitica e numerica della condizione di distacco tra albero e mozzo in seguito a sollecitazioni flessionali [A9] e dello stato di sollecitazione di due semidischi incollati lungo il diametro in comune soggetti a compressione e taglio [A10].

### **Attività di revisore per riviste internazionali**

Ha svolto attività di revisione di articoli scientifici per le seguenti riviste scientifiche internazionali (più di 260 revisioni certificate su publons.com):

- Acta Meccanica
- Acta Mechanica et Automatica
- Advances in Concrete Construction
- Advances in Materials Science and Engineering
- Advances in Mechanical Engineering
- Applications in Engineering Science
- Applied and Computational Mechanics
- Applied Mathematical Modelling
- Archive of Applied Mechanics
- Archives of Mechanics
- Cement and Concrete Composites
- Chaos, Solitons & Fractals
- Computational Material Science
- Continuum Mechanics and Thermodynamics
- Computers and Concrete, an International Journal
- Crystals
- Engineering Fracture Mechanics
- Engineering Science and Technology, an International Journal
- Engineering Structures
- European Journal of Mechanics, A/Solids
- Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures
- Finite Elements in Analysis and Design
- Frontiers in Materials
- International Journal of Mechanical Sciences
- International Journal of Scientific Study

- International Journal of Solids and Structures
- International Journal of Fracture
- Journal of Applied Mechanics
- Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering
- Journal of Building Engineering
- Journal of Cultural Heritage
- Journal of Elasticity
- Journal of Engineering Mechanics - ASCE
- Journal of Mechanics of Materials and Structures
- Journal of Sandwich Structures and Materials
- Journal of Strain Analysis for Engineering Design
- Journal of the European Ceramic Society
- Journal of Mechanics of Materials and Structures
- Journal of the Mechanics and Physics of Solids
- Journal of Zhejiang University Science – A
- Materials
- Mathematical Methods in the Applied Sciences
- Mathematical Modelling and Analysis
- Mathematical Problems in Engineering
- Mathematics and Mechanics of Solids
- Mathematika
- Meccanica
- Mechanics of Advanced Materials and Structures
- Mechanics of Materials
- Mechanics Research Communications
- Modelling and Simulation in Engineering
- Multidiscipline Modeling in Materials and Structures
- Philosophical Transactions of the Royal Society A
- Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences
- Royal Society Open Science
- Shock and Vibration
- Springer Nature Applied Sciences
- Structural Engineering and Mechanics
- Structures
- The Journal of Strain Analysis for Engineering Design
- Theoretical and Applied Fracture Mechanics
- The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics
- Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik
- Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik
- Zeitschrift für Naturforschung A: A Journal of Physical Sciences

### **Esperienze di coordinamento e valutazione della ricerca**

Il Prof. Enrico Radi fa parte della lista degli esperti del Comitato di Indirizzo per la Valutazione della Ricerca (CIVR) e partecipa alla valutazione dei prodotti della ricerca in Italia.

È stato revisore dei progetti di ricerca di interesse nazionale per l'anno 2005 (PRIN 2005) per i Settori Scientifici-Disciplinari ICAR08 e ICAR09.

È stato revisore di progetti di ricerca di interesse internazionale per

- *Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), UK. (2011)*
- *Ministry of Education, Lifelong Learning and Religious Affairs of Greece (Progetto Archimedes 2010, cofinanziato da Grecia e Unione Europea)*
- *Romanian National Council for Scientific Research (2012)*
- *National Science Centre (NCN panel ST8), Polonia (2015)*

È stato Responsabile Scientifico dei seguenti progetti di ricerca di interesse nazionale:

- progetto di ricerca industriale 2002-2003: *Paratie sottoposte ad azioni sismiche di elevata entità, confronti tra risultati di prove su modello e metodi di calcolo statici e dinamici*. Finanziato dall'Università di Modena e Reggio Emilia per € 13.000
- progetto di ricerca PRIN 2004: *Tenacità a frattura e proprietà meccaniche macroscopiche dei materiali con microstruttura*. Coordinatore Nazionale Prof. Carlo Cinquini. Cofinanziato per € 19.200.
- progetto di ricerca internazionale 2009-2010: *Modellazione della propagazione della frattura in materiali complessi*. Cofinanziato dalla Fondazione CRM di Modena e dall'Università di Modena e Reggio Emilia per €105.900.
- progetto di ricerca applicata per l'innovazione 2013/2014: *Sviluppo, modellazione e applicazione di sistemi di rinforzo strutturale in materiale composito di fibra di carbonio e resina IPN per l'adeguamento sismico, il ripristino e il consolidamento di edifici civili e industriali: metodologie, prestazioni e failure analysis*. Cofinanziato dalla Fondazione CRM di Modena per €103.000.
- progetto POR-FESR 2014/2020 dal titolo "Tecnologie Innovative per la Riduzione del Rischio Sismico delle Costruzioni" (TiRiSiCo) per un importo di 67.200 € cui corrisponde un contributo dalla Regione Emilia Romagna di 47.040 €.
- progetto POR-FESR 2014/2020 dal titolo "Impiego di Materiali Plastici da Riciclo per malte e calcestruzzi Strutturali Alleggeriti" (IMPreSA) per un importo complessivo di 756.922 € cui corrisponde un contributo della Regione Emilia Romagna di 547.545€.

Ha partecipato inoltre ai progetti di ricerca di interesse nazionale:

- MIUR-PRIN2008: *Multiscale modelling, numerical and experimental analysis of complex materials and structures with novel applications* Cofinanziato per €117.100;
- PRIN2015 "Advanced mechanical modeling of new materials and structures for the solution of 2020 Horizon challenges" Cofinanziato per €44.100;
- PRIN2020 "Mathematics for Industry 4.0" Contributo Miur €483.800.

## **Esperienze nell'innovazione e trasferimento tecnologico**

Dal 2010 è responsabile scientifico del centro interdipartimentale En&Tech di Reggio Emilia di attività di ricerca industriale appartenente alla Piattaforma Tecnologica "Edilizia e costruzioni", nell'ambito della Rete Alta Tecnologia organizzata in ASTER (Associazione Scienza e Tecnologia dell'Emilia-Romagna)  
Da Novembre 2017 è Direttore del centro interdipartimentale En&Tech.

## **Organizzazione di Convegni**

Ha fatto parte del comitato organizzatore locale dei seguenti convegni internazionali:

ISDMM 09 – 4th International Symposium on Defect and Material Mechanics, tenutosi a Trento dal 6 al 9 Luglio 2009.

Micromech 2014 – International Conference on Advances in Micromechanics of Materials, tenutosi a Rzeszów (Polonia), dal 8 al 11 Luglio, 2014.

EM4SS'21 – Engineered Materials for Sustainable Structures. Modena, 26-28, Aprile 2021.

## **Incarichi professionali per enti pubblici**

Ha svolto i seguenti incarichi professionali per enti pubblici nel settore dell'edilizia e delle costruzioni

2005 Incarico di effettuare prestazioni specialistiche, consistenti in approfondite verifiche corredate dall'accertamento sulla qualità dei materiali e da prove di carico nel polo scolastico "Dall'Aglio" di Castelnovo ne' Monti (RE), in seguito al fenomeno di sfondellamento manifestatosi in corrispondenza di alcuni solai, conferito dalla Provincia di Reggio Emilia.

2009 Incarico di perito di parte per la determinazione dei danni occorsi ai beni immobili comuni e di pregio della Provincia di Reggio Emilia in occasione dell'evento sismico del 23/12/2008, conferito dalla Provincia di Reggio Emilia.

## ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI

### Tesi di Dottorato

1. Radi, E. (1993). Propagazione di una frattura in materiali elastoplastici. Dottorato in Meccanica delle Strutture, V Ciclo. Bologna.

### Riviste Internazionali

2. Viola, E., Piva, A., Radi, E. (1989). Crack propagation in an orthotropic medium under general loading. *Engineering Fracture Mechanics*. 34(5/6), 1155-1174.
3. Piva, A., Radi, E. (1991). Elastodynamic local fields for a crack running in an orthotropic medium. *Journal of Applied Mechanics*. 58(4), 982-987.
4. Bigoni, D., Radi, E. (1993). Mode I crack propagation in elastoplastic pressure-sensitive materials. *International Journal of Solids and Structures*. 30 (7), 899-919
5. Radi, E., Bigoni, D. (1993). Asymptotic fields of mode I steady state crack propagation in nonassociative elastoplastic solid. *Mechanics of Materials*. 14(3), 239-251.
6. Radi, E., Bigoni, D. (1994). Crack propagation in porous hardening metals. *International Journal of Plasticity* 10(7), 761-793. IF = 4.791.
7. Radi, E., Bigoni, D. (1996). Effects of anisotropic hardening on crack propagation in porous-ductile materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 44(9), 1475-1508.
8. Bigoni, D., Radi, E. (1996). Asymptotic solution for Mode III crack growth in  $J_2$ -elastoplasticity with mixed isotropic-kinematic strain hardening. *International Journal of Fracture*. 77(1), 77-93.
9. Radi, E., Bigoni, D., Tralli A. (1999) On uniqueness for frictional contact rate problems. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 47(2), 275-296.
10. Bigoni, D. Loret. B., Radi, E. (2000) Localization of deformation in plane elastic-plastic solid with anisotropic elasticity. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 48, 1441-1466.
11. Loret., B., Radi, E. (2001) The effects of inertia on crack growth in poroelastic fluid-saturated media. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 49(5), 995-1020.
12. Radi, E., Porcu, M.C. (2001) Near-tip fields for quasi-static crack growth along the interface between a porous-ductile material and a rigid substrate. *International Journal of Solids and Structures*, 38 (46-47), 8235-8258.
13. Radi, E. Bigoni, D., Loret. B. (2002) Steady crack-growth in elastic-plastic fluid-saturated porous media. *International Journal of Plasticity*, 18(3), 345-358. IF = 4.791.
14. Radi, E. Bigoni, D., Capuani. D. (2002) Effects of pre-stress on crack-tip fields in elastically, incompressible solids. *International Journal of Solids and Structures*, 39(15), 3971-3996.

15. Radi, E. (2003) Strain-gradient effects on steady-state crack growth in linear hardening materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 51(3), 547-577. IF = 3.443
16. Radi, E., Gei, M. (2004) Mode III crack growth in linear hardening materials with strain-gradient effects. *International Journal of Fracture*, 130, 765-785. IF = 0,705.
17. Lanzoni L., Radi E., Tralli A. (2007). On the seismic response of a flexible wall retaining a viscous poroelastic soil. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27, 818-842. IF = 0,620.
18. Radi E. (2007). Effects of characteristic material lengths on mode III crack propagation in couple stress elastic-plastic materials. *International Journal of Plasticity* 23 (8),1439-1456. IF = 4.791.
19. Radi E., Loret B. (2007). Mode II intersonic crack propagation in poroelastic media. *International Journal of Fracture* 147 (1-4), 235-267. IF = 1.003.
20. Radi E., Loret B. (2008). Mode I intersonic crack propagation in poroelastic media. *Mechanics of Materials* 40 (6), 524-548. IF = 2.374.
21. Radi E. (2008). On the effects of the characteristic lengths in bending and torsion on Mode III crack in couple stress elasticity. *International Journal of Solids and Structures* 45 (10), 3033-3058. IF = 1.809.
22. Lanzoni L, Radi E. (2009). Thermally induced deformations in a partially coated elastic layer. *International Journal of Solids and Structures* 46 (6), 1402-1412. IF = 1.809.
23. Radi, E. Strozzi, A. (2009). Jeffery solution for an elastic disk containing a sliding eccentric circular inclusion assembled by interference fit. *International Journal of Solids and Structures*, 46 (25-26), 4515-4526. IF = 1.809.
24. Radi, E. Mariano, P.M. (2010). Stationary straight cracks in quasicrystals. *International Journal of Fracture* 166 (1),105-120. IF = 0.804.
25. Radi, E. Mariano, P.M. (2011). Dynamic steady-state crack propagation in quasicrystals. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 34(1), 1-23. IF = 0.808.
26. Radi E. (2011). Path-independent integrals around two circular holes in an infinite plate under biaxial loading conditions. *International Journal of Engineering Science* 49 (9), 893-914. IF = 1.210.
27. Radi E., Mariano P.M. (2011). Steady-state propagation of dislocations in quasicrystals. *Proceedings of the Royal Society A*, 467, 3490-3508. IF = 1.971.
28. Piccolroaz, A., Mishuris, G., Radi, E. (2012), Mode III interfacial crack in the presence of couple stress elastic materials. *Engineering Fracture Mechanics* 80 (1), 60-71. IF = 1.353.
29. Mishuris, G., Piccolroaz, A., Radi E. (2012). Steady-state propagation of a Mode III crack in couple stress elastic materials. *International Journal of Engineering Science*, vol. 61, 112–128. IF = 1.210.

30. Morini L., Piccolroaz, A., Mishuris, G., Radi, E. (2013) Integral identities for a semi-infinite interfacial crack in anisotropic elastic bimaterials. *International Journal of Solids and Structures* 50 (9), 1437-1448. IF = 1.809.
31. Morini L., Radi E., Movchan A.B., Movchan N.V. (2013) Stroh formalism in analysis of skew-symmetric and symmetric weight functions for interfacial cracks. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 18 (2), 135-152. IF = 1.296.
32. Morini L., Piccolroaz, A., Mishuris, G., Radi, E. (2013) On fracture criteria for dynamic crack propagation in elastic materials with couple stresses. *International Journal of Engineering Science*, 71,45-61. IF = 1.210.
33. Radi E., Di Maida P. (2014) Analytical solution for ductile and FRC plates on elastic ground loaded on a small circular area. *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, 9(3), 313-331. IF = 0.675.
34. Lanzoni L., Radi E., Nobili A. (2014) Ultimate carrying capacity of elastic-plastic plates on Pasternak foundation. *Journal of Applied Mechanics*, 81(5), 051013-051013-9. IF = 1.041.
35. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. (2014) A cracked infinite Kirchhoff plate supported by a two-parameter elastic foundation. *Journal of the European Ceramic Society*, 34 (11), 2737-2744. IF = 2.581.
37. Di Maida P., Radi E., Sciancalepore C., Bondioli F. (2015) Pullout behavior of polypropylene macro-synthetic fibers treated with nano-silica. *Construction and Building Materials*, 82, 39-44. IF: 2.265.
38. Lanzoni L., Nobili A., Radi E., Sorzia A. (2015) Axisymmetric loading of an elastic-plastic plate on a general two-parameter foundation. *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, **10**(4), 459-479. IF = 0.675.
39. Sevostianov I., Levin V., Radi E. (2015) Effective properties of linear viscoelastic microcracked materials: Application of Maxwell homogenization scheme. *Mechanics of Materials*, 84, 28-43. IF = 2.225.
40. Radi E., Lanzoni L., Sorzia A. (2015) Analytical modelling of the pullout behavior of synthetic fibres treated with nano-silica. *Procedia Engineering*, 109, 525-532.
41. Lanzoni L., Nobili A., Radi E., Sorzia A. (2016) Failure mechanism of FRC slabs on non-local ground. *Meccanica*, 51(10), 2473-2492.
42. Sevostianov I., Levin V., Radi E., (2016) Effective viscoelastic properties of short-fiber reinforced composites. *International Journal of Engineering Science*, 100, 61-73.
43. Radi E., Morini L. Sevostianov I., (2016) Conservation integrals for two circular holes kept at different temperatures in a thermoelastic solid. *International Journal of Solids and Structures*, 85-86, 1-14.
44. Falope F.O., Radi E. (2016). Finite thin cover on an orthotropic elastic half plane. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2016, 5393621 (11 pag.).
45. Lanzoni L., Radi E. (2016). A loaded Timoshenko beam bonded to an elastic half plane. *International Journal of Solids and Structures*, 92(1), 76-90.

46. Falope F.O., Lanzoni L., Radi E., Tarantino A. (2016) Orthotropic elastic substrate covered by thin films. *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 51 (4), 256–269.
47. Radi E., Sevostianov I. (2016) Toroidal insulating inhomogeneity in an infinite space and related problems. *Proceedings of the Royal Society A*, 472, 20150781.
48. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. (2016) On the effect of the backup plate stiffness on the brittle failure of a ceramic armor. *Acta Mechanica* 227(1), 159-172
49. Radi E., Bianchi G., di Ruvo L. (2017). Upper and lower bounds for the pull-in parameters of a micro- or nanocantilever on a flexible support. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 92, 176-186.
50. Radi E., Lanzoni L., Strozzi A., Bertocchi E. (2017). Shaft-hub press fit subjected to bending couples: analytical evaluation of the shaft-hub detachment couple. *Applied Mathematical Modelling*, 50, 135-160.
51. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. (2017). Flexural edge waves generated by steady-state propagation of a loaded rectilinear crack in an elastically supported thin plate. *Proceedings of the Royal Society A*, 473, 20170265.
52. Mishurova T., Rachmatulin N., Fontana P., Oesch T., Bruno G., Radi E., Sevostianov I. (2017). Evaluation of the probability density of inhomogeneous fiber orientations by computed tomography and its application to the calculation of the effective properties of a fiber-reinforced composite. *International Journal of Engineering Science*, 122, 14-29.
53. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2018). Effect of cylindrical fibers, with cross-sections formed by two circular arcs, on the overall conductivity of a composite. *International Journal of Solids and Structures*, 138, 264-276.
54. Lanzoni L., Radi E., Nobili A. (2018). Stress and pressure fields around two wellbores in a poroelastic medium. *Meccanica*, 53(3), 639-657.
55. Di Maida P., Sciancalepore C., Radi E., Bondioli F. (2018). Effects of nano-silica treatment on the flexural post cracking behavior of polypropylene macro-synthetic fibre reinforced concrete. *Mechanics Research Communications*, 88, 12-18.
56. Radi E., Bianchi G., di Ruvo L. (2018). Analytical bounds for the electro-mechanical buckling of a compressed nanocantilever. *Applied Mathematical Modelling*, 59, 571-572.
57. Bertocchi E., Lanzoni L., Mantovani S., Radi E., Strozzi A. (2018). Shaft-hub press fit subjected to couples and radial forces: analytical evaluation of the shaft-hub detachment loading. *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, 13, 283-296.
58. Radi E., Dragoni E., Spaggiari A. (2018) Adhesively bonded disk under compressive diametrical load. *International Journal of Solids and Structures*, 152-153, 2725-2742.
59. Trofimov A., Mishurova T., Lanzoni L., Radi E., Bruno G., Sevostianov I. (2018) Microstructural analysis and mechanical properties of concrete reinforced with polymer short fibers. *International Journal of Engineering Science* 133, 210–218.

60. Castagnetti D., Radi E. (2018) A piezoelectric based energy harvester with dynamic magnification: modelling, design and experimental assessment. *Meccanica*, 53 (11–12), 2725–2742.
61. Radi E. (2018). Evolution of multiple Martensite variants in a SMA thick walled cylinder under internal pressure. *International Journal of Solids and Structures*, 155, 15-35.
62. Krasnitskii S., Trofimov A. L., Radi E., Sevostianov I. (2019). Effect of a rigid toroidal inhomogeneity on the elastic properties of a composite. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 24, 1129-1146.
63. Nobili A., Radi E., Wellender A. (2019). Diffraction of antiplane shear waves and stress concentration in a cracked couple stress elastic material with micro inertia. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 124, 663-680.
64. Lanzoni, L., Radi, E., Sevostianov, I. (2019). Effect of pair coalescence of circular pores on the overall elastic properties. *International Journal of Solids and Structures*, 172, 38-50.
65. Sorzia A, Lanzoni L, Radi E (2019). Pullout modelling of viscoelastic synthetic fibres for cementitious composites. *Composite Structures*, 223, 110898 (1-9).
66. Bianchi G., Radi E. (2020). Analytical estimates of the pull-in voltage for carbon nanotubes considering tip-charge concentration and intermolecular forces. *Meccanica*, 55, 193-209.
67. Falope F.O., Lanzoni L., Radi E. (2020). Buckling of a Timoshenko beam bonded to an elastic half-plane: Effects of sharp and smooth beam edges. *International Journal of Solids and Structures*, 185-186, 222-239.
68. Nobili A., Radi E., Signorini C. (2020). A new Rayleigh-like wave in guided propagation of antiplane waves in couple stress materials. *Proceedings of the Royal Society of London A*, 476(2235), 20190822. doi: 10.1098/rspa.2019.0822.
69. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2020). Effect of spherical pores coalescence on the overall conductivity of a material. *Mechanics of Materials*, 148, 103463.
70. Sorrentino A., Bianchi G., Castagnetti D., Radi E. (2020). Experimental characterization of pull-in parameters for an electrostatically actuated cantilever. *Applications in Engineering Science*, 3, 100014.
71. Radi E., Bianchi G., Nobili A. (2021). Bounds to the pull-in voltage of a MEMS/NEMS beam with surface elasticity. *Applied Mathematical Modelling*, 91, 1211-1226.
72. Radi E. (2021) Analytical modeling of the shape memory effect in SMA beams with rectangular cross section under reversed pure bending. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 1045389X20988789.
73. Radi E. (2021) Exact solutions for isothermal cyclic torsional loading of a circular SMA bar exploiting the shape memory effect. *International Journal of Solids and Structures*, 222–223, 110997.

74. Radi, E. (2021) A loaded beam in full frictionless contact with a couple stress elastic half-plane: Effects of non-standard contact conditions. *International Journal of Solids and Structures*, 232, 111175.
75. Falope F. O., Lanzoni L., Radi E. (2022) 2D Green's function for an elastic layer on a rigid support subjected to an inner point force. *International Journal of Engineering Science*, 173, 103652.
76. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2022) Resistivity contribution tensor for two nonconductive overlapping spheres having different radii. *Mathematics and Mechanics of Solids*, <https://dx.doi.org/10.1177/10812865221108373>.
77. Signorini C., Marinelli S., Volpini V., Nobili A., Radi E., Rimini B. (2022) Performance of concrete reinforced with synthetic fibres obtained from recycling end-of-life sport pitches. *Journal of Building Engineering*, 53, 104522,
78. Bianchi G., Sorrentino A., Radi E., Castagnetti D. (2022) Electrostatic pull-in instability for tweezer architectures. *Meccanica*, 57, 1767-1781.
79. Mikhasev G., Radi E., Misnik V. (2022) Pull-in instability analysis of a nanocantilever based on the two-phase nonlocal theory of elasticity, *J. Appl. Comput. Mech.*, 8(4), 1456-1466.
80. Nobili A., Radi E. (2022) Hamiltonian/Stroh formalism for anisotropic media with microstructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 380, 20210374.
81. Radi E., Nobili A., Guler M.A. (2022). Indentation of a free beam resting on an elastic substrate with an internal lengthscale. *European Journal of Mechanics-A/Solids*, 104804.
82. Lanzoni L., Radi E. (2022). Resistivity contribution tensor for nonconductive sphere doublets. *International Journal of Engineering Science*, 180, 103744.

### **Riviste Italiane**

11. Viola E. and Radi E. (1989). *Influenza della deformabilità tagliante e dei cedimenti di fondazione sulle frequenze di vibrazione della struttura a mensola*. *Inarcos, Sett. (7)*, 423-437.
12. Radi E., Viola E. (1990). *Analisi del comportamento dinamico di strutture a mensola mediante il modello di trave di Timoshenko*. *Ingegneria Sismica* 7(1), 3-17.
13. Radi E., Di Tommaso A., Viola E. (1990). *Modellazione e verifica sperimentale del comportamento dinamico di un edificio in muratura e C.A. in scala 1:3*. *Ingegneria Sismica* 7(2), 3-18.
14. Lanzoni L, Fioravante V, Radi E., Tralli A. (2005). *Sulla risposta dinamica di paratie flessibili incastrate soggette a sollecitazioni sismiche in depositi alluvionali*. *Rivista Italiana di Geotecnica*. vol. 39 (2), 31-45 ISSN: 0557-1405.

15. Lanzoni L, Fioravante V, Radi E., Tralli A. (2006). *Modelli analitici per lo studio della risposta dinamica di paratie flessibili soggette ad azioni sismiche*. Rivista Italiana di Geotecnica 40, 53-69.

### **Capitoli in libri e monografie**

- M1. Bigoni D., Radi E., Asymptotic tip fields for a steadily growing crack in pressure-sensitive materials. In *Fracture and Damage of Concrete and Rock – FDCR-2*, H.P. Rossmanith, Ed., E&FN Spon, ISBN 0419184708, Chap. 12, pp. 145-154 (2002).
- M2. Bigoni, D., Radi, E. *On toughening in Zirconia containing ceramics*. In D. Bigoni, “Selected Mechanical Problems in Structural Ceramics” Editor J.J. Telega. *AMAS Lecture Notes No. 3*, Institute of Fundamental Technological Research, Warsaw, ISSN 1642-0578, Cap. 2, pp. 27-49 (2002).
- M3. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. *A Wiener-Hopf System of Equations in the Steady-State Propagation of a Rectilinear Crack in an Infinite Elastic Plate*. In: *Integral Methods in Science and Engineering*. vol. 1, pp. 237-247, Cham: Birkhäuser, ISBN: 978-3-319-59383-8 (2017).
- M4. Nobili, A., Radi, E., Mishuris, G. *Diffraction and Reflection of Antiplane Shear Waves in a Cracked Couple Stress Elastic Material*. In: Carcaterra A., Paolone A., Graziani G. (Eds.), *Proceedings of XXIV AIMETA Conference 2019. LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING*, p. 137-150, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-030-41056-8, ISSN: 2195-4356, doi: 10.1007/978-3-030-41057-5\_11 (2020)

### **Atti di Congressi**

- C1. Bigoni, D., Radi, E. *Crack propagation in elastoplastic solids with non-associative flow rule*. XI Convegno Nazionale Aimeta 92, Trento, 1992.
- C2. Bigoni, D. e Radi, E. *Asymptotic tip fields for a steady growing crack in pressure-sensitive materials*. International Conference on "Fracture and Damage of Concrete and Rock Vienna, 9-13 Novembre, 1992.
- C3. Radi, E. e Bigoni, D. *On crack propagation in porous metals: the Gurson Model*. VII Convegno Italiano di Meccanica Computazionale. Trieste, 1-3 Giugno, 1993.
- C4. Radi, E. e Bigoni, D. *On Mode I crack propagation in porous hardening metals*. IV International Symposium on Plasticity and Its Current Applications. Baltimora, 18-23 Luglio, 1993.
- C5. Viola, E. e Radi, E. *Higher order stationary crack tip fields in power-law hardening materials*. VII Convegno Italiano di Meccanica Computazionale. Trieste, 1/3 Giugno, 1993.

- C6. Bigoni, D., Esposito, L., Laudiero, F., Radi, E. e Tucci, A. *Effects of pressure-sensitivity on mechanical behavior of zirconia ceramics*. II Convegno Nazionale su Materiali per l'Ingegneria. Trento, 19-21 Settembre, 1994.
- C7. Radi, E. *On elasticity and anisotropic hardening in finite deformation plasticity*. XII Convegno Nazionale Aimeta 95, Napoli, 1995.
- C8. Radi, E. e Bigoni, D. *On steady crack growth in porous elastoplastic materials with non-associative flow-law*. XII Convegno Nazionale del Gruppo Italiano di Frattura - IGF 12. Parma, 12-13 Giugno, 1996.
- C9. Radi, E., Bigoni, D. e Tralli A. *On comparison solids for frictional contact rate problem*. XIII Convegno Nazionale Aimeta 97, Siena, 29 Settembre - 3 Ottobre, 1997.
- C10. Radi, E. e Deseri, L., *On necking occurrence in axially-symmetric deformation of thin sheets*. XIII Convegno Nazionale Aimeta 97, Siena, 29 Settembre-3 Ottobre, 1997.
- C11. Radi E., Frassine R., Grazzi M. e Rossi F., *Identificazione dei parametri costitutivi nel processo di ottenimento di film biorientati di polipropilene*. XIII Convegno Italiano di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole, Genova 21-25 Settembre, 1997.
- C12. Radi, E. e Loret, B., *Local fields for dynamic crack growth in poroelastic fluid-saturated media*. XIV Convegno Nazionale Gruppo Italiano di Frattura – IGF 14, Trento, 27-28 Maggio, 1998.
- C13. Radi, E. Bigoni, D. e Loret, B., *Crack growth in inelastic fluid-saturated porous media*. XIV Convegno Nazionale Gruppo Italiano di Frattura – IGF 14, Trento, 27-28 Maggio, 1998.
- C14. Bigoni, D., Loret, B. e Radi, E., *Strain localization for a class of anisotropic-elastic, plastic solids*. VII International Symposium on Plasticity and It's Current Applications. Cancun, Messico, 5-13 Gennaio, 1999.
- C15. Radi, E. e Loret, B., *The effects of inertia on growth in poroelastic solids*. XIV Convegno Nazionale Aimeta 99, Como, 6-9 Ottobre, 1999.
- C16. Porcu, M.C. e Radi, E., *Local fields for an interface crack running between brittle and porous-ductile materials*. XV Convegno Nazionale Gruppo Italiano di Frattura – IGF 2000, Bari, 3-5 Maggio, 2000.
- C17. Porcu, M.C. e Radi, E., *Interface crack propagation between a porous-ductile material and a rigid substrate*. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering - ECCOMAS 2000, Barcellona, 11-14 Settembre, 2000.
- C18. Radi, E. Bigoni, D., Capuani. D. *On effects of pre-stress on crack-tip fields in elastic, incompressible solids*. XV Convegno Nazionale Aimeta '01, Taormina (CT), 26-29 Settembre, 2001.
- C19. Radi, E., Gei, M., *Effects of microstructure on ductile crack growth*. Convegno Nazionale SIMAI 2002, Chia (Ca), 27-31 Maggio, 2002.

- C20. Radi, E., Gei, M., *Crack growth in elastic-plastic materials with strain-gradient effects*. XVI Convegno Nazionale IGF 2002, Catania, 20-22 Giugno, 2002.
- C21. Radi, E., Gei, M., *Mode III crack growth in elastic-plastic strain gradient solids*. 14<sup>th</sup> US National Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Blacksburg, Va, USA, 23-28 Giugno, 2002.
- C22. Gei, M., Radi, E., *Near-Tip fields of mode III steady-state crack propagation in elastic-plastic strain gradient solids*. IUTAM Symposium 02/4 on Asymptotics, Singularities and Homogenization in Problems of Mechanics, Liverpool, UK, 8-11 Luglio, 2002.
- C23. Bigoni, D., Radi, E., Capuani, D., *Instabilities and near tip crack fields in elastic, incompressible solids*. IUTAM Symposium 02/4 on Asymptotics, Singularities and Homogenization in Problems of Mechanics, Liverpool, UK, 8-11 Luglio, 2002.
- C24. Radi, E., Loret., B. *On intersonic crack propagation in poroelastic fluid-saturated solids*. XVI Convegno Nazionale Aimeta '03, Ferrara 9-12 Settembre, 2003
- C25. Radi, E., Fioravante, V., Tralli, A. *Sulla risposta dinamica di paratie soggette a sollecitazioni sismiche*. XI Convegno Nazionale ANIDIS, Genova, 25-29 Gennaio, 2004.
- C26. Radi E., Loret.B. (2005). Crack propagation in poroelastic fluid-saturated solids at intersonic velocities. XI ICF 2005 – International Congress on Fracture. Torino. 20-25 Marzo, 2005.
- C27. Lanzoni L, Radi E., Tralli A. (2005). On the dynamic response of flexible walls retaining a dissipative, dried or fluid-saturated porous media. XVII Congresso AIMETA. Firenze. 11-15 Settembre 2005.
- C28. Radi E. (2006). Mode III crack tip fields in couple stress elastic materials with two characteristic lengths. Gruppo Italiano Frattura - IGF 18. Cetraro (CS). 31 Maggio -1 Giugno, 2006.
- C29. Radi E. (2006). Effects of characteristic material lengths on ductile crack propagation. In: Failure analysis of nano and engineering materials and structures. 16th European Conference of Fracture - ECF16. Alexandroupolis (GR). 3-7 Luglio, 2006.
- C30. Radi E. (2006). Ductile crack propagation at the micron scale. Multiscale and Functionally Graded Materials Conference 2006 (M&FGM 2006). Honolulu, Hawaii (USA) 15-18 Novembre, 2006.
- C31. Radi E. (2007). Full-field solution for an antiplane shear crack in elastic materials with microstructures. IGF 19. Milano. 2-4 Luglio, 2007. (pp. 201-209).
- C32. Radi E. (2007). Full-field solution for Mode III crack in couple stress elastic materials with two characteristic lengths. XVIII Congresso AIMETA. Brescia. 11-14 Settembre, 2007.
- C33. Lanzoni L, Radi E. (2007). On the problem of a coated elastic layer subjected to residual thermal stress. XVIII Congresso AIMETA. Brescia. 11-14 Settembre, 2007.

- C34. Radi E., Mariano P.M. (2008). A steadily propagating crack in planar quasicrystals with fivefold symmetry. In: Proceedings of the 17th European Conference on Fracture, Brno, vol. 1, p. 400-407, Brno (Czech Republic), 2-5 Settembre, 2008.
- C35. Radi E., Mariano P.M. (2009). Propagation of cracks and dislocations in 2D quasicrystals. XIX Congresso AIMETA. Ancona. 14-17 Settembre, 2009.
- C36. Planas J., Radi E., Stickle M.M., Mariano P.M. Mechanics of interfacial cracks between dissimilar quasicrystals. Iberian Conference on Fracture and Structural Integrity - CIFIE 2010. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. 17-19 Marzo, 2010.
- C37. Radi E., Mariano P.M. (2011). Steady-state moving dislocations in quasicrystals. XX Congresso AIMETA. Bologna. 12-15/09/2011.
- C38. Radi E., Mishuris G., Piccolroaz A. (2011). Mode III crack in couple stress elastic materials under harmonic loadings. XX Congresso AIMETA. Bologna. 12-15 Settembre, 2011.
- C39. Morini L., Radi E., Movchan A.B., Movchan N.V. Interfacial cracks in bi-material solids: Stroh formalism and skew-symmetric weight functions. 23rd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. Pechino (Cina), 19-24 Agosto, 2012.
- C40. Lanzoni L., Nobili A., Radi E. The bending stress in a cracked Kirchhoff plate resting on a Pasternak foundation. XXI Congresso Aimeta, Torino 17-20 Settembre, 2013.
- C41. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. Full field solution for a rectilinear crack in an infinite Kirchhoff plate supported by a Pasternak elastic foundation. XLII APM Advanced Problems in Mechanics, vol. 1, p. 104, Repino, Saint Petersburg, Russia, 30 Giugno - 5 Luglio, 2014.
- C42. Nobili A., Radi E., Lanzoni L. Stress intensity factors for a cracked infinite Kirchhoff plate supported by a two-parameter elastic foundation. Micromech 2014 - International Conference on Advances in Micromechanics of Materials, Rzeszów, Polonia, 8-11 Luglio, 2014.
- C43. Radi E., Lanzoni L., Sorzia A. Analytical modelling of the pullout behaviour of synthetic fibers treated with nano-silica. IGFXXIII – 23rd IGF National Meeting 1st International Edition. Favignana (TP), Italia, 22-24 Giugno, 2015.
- C44. Radi E., Morini L. Path-independent integrals around two circular holes in a thermoelastic medium. 7th International Symposium on Defect and Material Mechanics – ISDMM15, Brema, Germania, 14-18 Settembre, 2015.
- C45. Nobili A., Kaplunov J., Radi E., Tarantino A. M. On the edge-wave of a thin elastic plate supported by an elastic half-space. In: Proceedings of the XXIII Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. vol. 1, p. 279-291, ISBN: 9788894248470, Salerno, 4-7 Settembre, 2017.
- C46. Lanzoni L., Radi E., Tarantino A. M. Effective thermal properties of fibre reinforced materials. In: Proceedings of the XXIII Conference of the Italian

Association of Theoretical and Applied Mechanics. vol. 4, p. 2139-2147, ISBN: 9788894248470, Salerno, 4-7 Settembre, 2017.

- C47. Nobili A., Radi E., Mishuris G. (2019). Diffraction and reflection of antiplane shear waves in a cracked couple stress elastic material. In: Book of abstracts of the XXIV Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. p. 35, Roma, 15-19 Settembre, 2019
- C48. Bianchi G., Radi E. (2019). Analytical bounds for the pull-in voltage of carbon nanotubes. In: Book of abstracts of the XXIV Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. p. 120, Roma, 15-19 Settembre, 2019
- C49. Lanzoni Luca, Enrico Radi, Igor Sevostianov (2019). Effective elastic properties of media containing coalescing holes. In: Book of abstracts of the XXIV Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. p. 145, Roma, 15-19 Settembre 2019.
- C.50 Bianchi G., Radi E. (2021). Analytical estimates of the pull-in voltage in MEMS and NEMS. In: EM4SS'21 – Engineered Materials for Sustainable Structures. Modena, April 26-28, 2021.
- C51. Radi E., Lanzoni L., Sevostianov I. (2021). Effect of pore coalescence on the effective conductivity of an isotropic material. In: EM4SS'21 – Engineered Materials for Sustainable Structures. Modena, April 26-28, 2021.
- C52. Sorrentino A., Bianchi G., Castagnetti D., Radi E. (2019). Experimental characterization of pull-in parameters for an electrostatically actuated cantilever. In: (a cura di): Ramin Sedaghati, Proceedings of 30th International Conference on Adaptive Structures and Technologies, ICAST 2019. p. 69-70, International Conference on Adaptive Structures and Technologies, Concordia University, Montreal, QC, Canada, October 7-10, 2019.

#### **Comunicazioni a Congressi Nazionali ed Internazionali (sommari)**

- D1. Radi, E. e Bigoni, D. *On crack propagation in porous anisotropic-hardening metals*. II European Solid Mechanics Conference. Genova, 12-16 Settembre, 1994.
- D2. Bigoni, D., Esposito, L., Laudiero, F., Radi, E. e Tucci, A. *Shear banding and crack initiation in zirconia ceramics*. VII International Conference on Mechanical Behavior of Materials. The Hague, Olanda. 28 Maggio, 1995.
- D3. E. Radi, A. Tralli e D. Bigoni, *Uniqueness criteria for frictional contact problem based on comparison solids*. V Unilateral Problems in Structural Analysis, Ferrara, 12-14 Giugno, 1997.
- D4. Bigoni D. e Radi E. *Steady-state crack growth in porous elasto-plastic materials with non-associative flow-law*. VI International Symposium on Plasticity and Its Current Applications, Juneau, Alaska, 14-18 Luglio, 1997

- D5. Radi, E., Bigoni, D. e Tralli A. *Uniqueness criteria for frictional contact problem based on comparison solids*. III European Solid Mechanics Conference. Stoccolma, Svezia, 18-22 Agosto, 1997.
- D6. Bigoni D., Radi E. e Tralli A., *A note on uniqueness in frictional contact rate problem*. 4th International Workshop on Localization and Bifurcation Theory for Soils and Rocks, Gifu, Giappone, 29 Settembre - 2 Ottobre, 1997.
- D7. Radi, E. e Loret, B., *Dynamic crack growth in poroelastic fluid-saturated media*. Convegno Nazionale SIMAI 98, Giardini Naxos (Me), 1-5 Giugno, 1998.
- D8. Radi, E., Bigoni, D. e Tralli A. *On models for frictional contact: uniqueness and stability*. IV World Congress on Computational Mechanics, Buenos Aires, Argentina, 29 Giugno - 2 Luglio, 1998.
- D9. Loret B, Radi E. (2007). Intersonic crack propagation in saturated porous media. ISDMM2007 - International Symposium on Defect and Material Mechanics. Aussois, France. 25-29/03/2007.
- D10. Lanzoni L, Radi E. (2007). Ricoprimento sottile periodico di un mezzo elastico soggetto a stress termico residuo. Incontro del Gruppo materiali dell'Aimeta. Trento. 23-24/02/2007.
- D11. Radi E. (2007). Full-field solution for mode III crack in couple stress elastic materials with two characteristic lengths. Incontro del Gruppo Materiali dell'Aimeta. Trento. 23-24/02/2007.
- D12. Radi E. (2007). Full-field solution for mode III crack in couple stress elastic materials with two characteristic lengths. Incontro del Gruppo Materiali dell'Aimeta - GMA07. Trento. 23-24/02/2007.
- D13 Lanzoni L, Radi E. (2008). Residual thermal stresses in a periodically coated anisotropic layer. Incontro del Gruppo materiali dell'Aimeta - GMA08. Genova. 29/02-01/03/2008.
- D14. Radi, E. Mariano, P.M. (2009). Crack propagation in quasicrystals with fivefold symmetry. Incontro del Gruppo materiali dell'Aimeta - GMA09. Milano, 23-24/01/2009.
- D15. Radi, E. Mariano, P.M. (2009). Stationary and propagating cracks in quasicrystals. ISDMM09 - International Symposium on Defect and Material Mechanics. Trento, 6-9/07/2009.
- D.16 Radi E. Effects of microstructure on antiplane crack growth in couple-stress elastic materials. SIMAI 2010. Cagliari, 21-25 Giugno 2010.
- D.17 Radi E. Effects of material characteristic lengths on fracture toughness. LMS-WIMCS Workshop "Wiener-Hopf Techniques and its Applications". Aberystwyth, UK, 28/06/2010.
- D18. Radi E., Mariano P.M. Steady-state propagation of dislocations in planar quasicrystals. Incontro del Gruppo Materiali dell'Aimeta - GMA 2011. Udine, 23-24/02/2011.

- D19. Radi, E. M- and L-integrals enclosing two circular holes in an infinite plate. ISDMM11 – 5<sup>th</sup> International Symposium on Defect and Material Mechanics. Siviglia (S), 27 Giugno - 1 Luglio, 2011.
- D20. Morini L., Radi E. Surface waves propagation in 2-D icosahedral quasicrystals. 2nd International Conference on Material Modelling - ICMM 2011. Parigi (F), 31 Agosto - 2 Settembre 2, 2011 (pag. 33).
- D21. Radi E., Mishuris G., Piccolroaz A. Antiplane crack in couple stress elastic materials under dynamic loadings. 2nd International Conference on Material Modelling - ICMM 2011. Paris, 31 Agosto - 2 Settembre, 2011 (pag. 268).
- D22. Morini L., Radi E., Movchan A.B., Movchan N.V. Symmetric and skew-symmetric weight functions for interfacial cracks between two dissimilar anisotropic materials. Incontro del Gruppo Materiali dell'Aimeta – GMA2012. Lucca, 12-13/04/2012.
- D23. Piccolroaz A., Mishuris G., Radi E. Fracture in microstructured materials. The Second Wiener-Hopf Workshop 2012. Aberystwyth, UK, 25-26/06/2012.
- D24. Piccolroaz A., Mishuris G., Radi E. Mode III crack propagation in couple stress elastic materials. IUTAM 2012 Symposium - Fracure phenomena in nature and tecnology. Brescia, July 1-5, 2012.
- D25. Radi, E. Mariano P.M. Interface fracture phenomena in quasicrystals. ISDMM13 – 6<sup>th</sup> International Symposium on Defect and Material Mechanics. Nantes, July 1-3, 2013.
- D26. Lanzoni L., Nobili A., Radi E. The bending stress in a cracked ceramic plate resting on a two parameter elastic grade. Cermodel 2013. Trento, July 10-12, 2013.
- D27. Mariano P.M. Radi, E. Fracture in quasicrystals: vistas. IUTAM 2013 Symposium on Multiscale modeling and uncertainty quantification of materials and structures, Santorini, Grecia, 9-11 Settembre, 2013.
- D28. Falope F., Lanzoni L., Radi E. Partially coated ceramic layer under thermal stress. In: State of the art and challenges in thermal and mechanical modelling of ceramic materials. vol. 1, p. 8. Trento, 20/03/2015.
- D29. Radi E., Morini L. Thermal stress fields between two unequal circular holes in a ceramic medium. In: State of the art and challenges in thermal and mechanical modelling of ceramic materials. vol. 1, p. 14, Trento, 20/03/2015.
- D30. Lanzoni L., Radi E., Sorzia A. On the problem of a Timoshenko beam bonded to an elastic half-plane. In: Contact mechanics and coupled problems in surface phenomena. vol. 1, p. 50-51, Lucca, 30 Marzo - 2 Aprile, 2015.
- D31. Radi E., Lanzoni L., Sevostianov I. (2018). Effects of toroidal inhomogeneities on the effective properties of a composite. In: (a cura di): Mariano P. M. Dolzmann G. Weinberg K., 17th-GAMM-Seminar on Microstructures. Firenze, 25-26 Gennaio, 2018.
- D32. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2018). Overall elastic properties of a plate containing inhomogeneities of irregular shape. In: European Solid Mechanics Conference - ESMC 2018. Bologna, July 2-6, 2018

- D33. Radi E., Dragoni E., Spaggiari A. (2018). Brazilian test for the characterization of adhesively bonded joints. In: (a cura di): D. Bigoni, 10th European Solid Mechanics Conference- ESMC 2018. Bologna, 2-6 Luglio, 2018
- D34. Lanzoni L., Radi E., Nobili A. (2018). Stress analysis around a tunnel in a gravitating poroelastic half plane. In: GIMC-GMA 2018. Ferrara, 13-14 Settembre, 2018
- D35. Radi E., Sevostianov I., Lanzoni L. (2018). Effective properties of composites containing toroidal inhomogeneities. In: GIMC-GMA 2018. Ferrara, 13-14 Settembre, 2018
- D36. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2018). Overall thermal conductivity of fibre reinforced materials. In: 55th Annual Technical Meeting of the Society of Engineering Science (SES2018). Leganés, Madrid, Spagna, 10 – 12 Ottobre, 2018
- D37. Falope F. O., Lanzoni L., Radi E. (2018). Shear deformable beams in contact with an elastic half-plane. In: Proceedings of the IX Contact Mechanics International Symposium. Edited by Giorgio Zavarise, Michel Raous and Peter Wriggers. Oropa (Biella), 16-18 Maggio, 2018.
- D38. Radi, E (2021). Non-standard contact conditions between a beam and a couple stress elastic half-plane. In: (a cura di): Polina Dyatlova, Advanced Problems in Mechanics – APM 2021. Saint Petersburg, Russia, June 21-25, 2021
- D39. Lanzoni L., Radi E., Sevostianov I. (2021). Thermal conductivity of solids with coalescing spherical pores. In: Featured abstracts - Mechanics of High Contrast Elastic Composites. p. 1-45, Keele, UK, September 06 – 08, 2021 Keele, UK.
- D40. Radi E, Nobili A (2022). Frictionless contact problem between a loaded beam and a couple stress elastic half-plane. In: 11th European Solid Mechanics Conference. Galway, Ireland, 4 - 8 July 2022
- D41. Falope F.O., Lanzoni L., Radi E. (2022). Green functions for an elastic layer on a rigid base and related problems. In: Abstracts. Galway, Ireland, 4 - 8 July 2022
- D42. Nobili A., Radi E. (2022). Stroh formulation of strain-gradient elasticity. In: 11th European Solid Mechanics Conference. Galway, Ireland, 4 - 8 July 2022