

Paolo Fuschi, professore ordinario, SSD ICAR\08 Scienza delle Costruzioni

Descrizione dell'attività di ricerca svolta dal 2013 ad oggi

Le ricerche sviluppate nell'ultimo quinquennio hanno riguardato principalmente:

- la formulazione di modelli costitutivi nonlocali, di tipo integrale, per lo studio di materiali, quali i nano-materiali, per i quali gli *effetti di scala* sono importanti e per i quali non può essere utilizzata la classica trattazione locale. Tali modelli analitici sono stati poi implementati in un codice agli elementi finiti di tipo nonlocale;
- la determinazione del carico al limite di collasso di elementi strutturali anche a larga scala costituiti da diversi tipi di materiali: calcestruzzo armato, FRP. In tale ambito è stata messa a punto e validata, attraverso confronto con prove sperimentali, una procedura numerica che consente di ottenere il carico limite cercato e che fornisce altresì informazioni sui meccanismi di collasso;
- la valutazione a scala territoriale della vulnerabilità sismica anche attraverso le risultanze fornite dalla compilazione di schede di primo livello che consentono la caratterizzazione tipologico-strutturale degli edifici ordinari di Comuni oggetto di studio attraverso rilievi in situ e interviste a tecnici locali. Quest'ultima ricerca è svolta in collaborazione con la rete di laboratori italiani di ingegneria sismica, ReLUIS, e la Protezione Civile.

Temi di ricerca trattati:

- A; Teoria dell'elasticità nonlocale: soluzioni analitiche di problemi non locali; Elementi Finiti non locali NL-FEM.
- B; Analisi limite: analisi limite di prototipi per applicazioni civili; analisi limite di prototipi per applicazioni navali e aeronautiche.
- C; Materiali compositi: caratterizzazione meccanica e modellazione numerica di prototipi industriali.
- D; Ingegneria sismica: valutazione a scala territoriale della vulnerabilità sismica.

RICERCHE:

LINEA DI RICERCA A) Teoria dell'elasticità nonlocale

(settori ERC) PE1_16 Mathematical aspects of computer science;
PE1_17 Numerical analysis
PE8_4 Computational engineering
PE8_9 Materials engineering (biomaterials, metals, ceramics, polymers, composites ...)

Progetti di ricerca

PONa3_0038 2012-2015

Programma Operativo Nazionale – Ricerca & Competitività. Titolo della Ricerca: "Sistemi per la gestione efficiente dei consumi energetici", Cod. Progetto: EE01_00065 – Programma Me.S.E. Metriche e Tecnologie di Misura sui Sistemi Elettrici. Bando "Efficienza Energetica".

- **collaborazioni con singoli docenti di altre sedi italiane e straniere sul tema di ricerca:**
C. Polizzotto Università degli Studi di Palermo
D. Weichert Rwth Aachen University (Germany)
H. Askes University of Sheffield (U.K.)
K.V. Spiliopoulos University of Athens (Greece)
- **Socio delle Società scientifiche che si interessano del tema di ricerca**
AIMETA (Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata).
GIMC (Gruppo Italiano di Meccanica Computazionale).
GMA (Gruppo Materiali Aimeta).
- **partecipazione a convegni, conferenze, seminari, sul tema di ricerca;**
- AIMETA 2017, XXIII Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. Salerno Italy, 4-7 settembre 2017.
- ECCOMAS2016-European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, Crete, Grecia, 5-10 Giugno, 2016.

- AIMETA, GIMC-GMA 2016- XXI Convegno Italiano di Meccanica Computazionale e VIII Riunione Gruppo Materiali, Lucca, Italia, Giugno, 27-29, 2016.
- ICCS18 - 18th International Conference on Composite Structures Lisbona, 15-18 Giugno, 2015.
- XXII Convegno Nazionale Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata, AIMETA. Genova, 14-17 settembre 2015.

- **attività correlate al tema di ricerca;**
Sviluppo di un codice di calcolo agli elementi finiti in grado di gestire modelli nonlocali di tipo integrale.

- **pubblicazioni sul tema di ricerca;**

- Fuschi P., Pisano AA. (2017), Ultimate load prediction of MMNCs structures. *Composites Part B: Engineering*, Vol.125, pp.175-180. DOI: 10.1016/j.compositesb.2017.05.068.
- Pisano AA, Fuschi P. (2017), Nonlocal boundary conditions to solve nonlocal symmetrical problems. *Meccanica*. (available on line, in press, April 2017), 10.1007/s11012-017-0684-3.
- Pisano AA, Fuschi P. (2017), Structural symmetry within nonlocal integral elasticity: theoretical issues and computational strategies. *Curved and Layered Structures*. Vol.4, pp.1-7. DOI 10.1515/cls-2017-0001.
- Fuschi P., Pisano A.A. (2017). Ultimate load prediction of MMNCs structures via Nonlocal FEM. NAFEMS Word Congress- NCW- Stockholm 11-14 June 2017.
- Pisano A.A., Fuschi P., (2017). A limit analysis approach in the context of nonlocal materials, proceedings of AIMETA 2017, XXIII Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics. Luigi Ascione, Valentino Berardi, Luciano Feo, Fernando Fraternali and Antonio Michele Tralli (eds.), p. 1884-1889, GECHI EDIZIONI by Centro Servizi d'Ateneo S.r.l., ISBN: 978-889-42484-7-0, Salerno Italy, 4-7 September 2017.
- Fuschi P, Pisano AA (2016), Symmetric structures made of a nonlocal elastic material. *International Journal of Applied Mechanics* Imperial College Press, Vol. 8, No. 4 (2016) 1650052. ©World Scientific Publishing Europe Ltd. DOI:10.1142/S1758825116500526.
- Pisano A.A., Fuschi P. (2016). Structural symmetry and nonlocal elasticity. XXI Convegno Italiano di Meccanica Computazionale e VIII Riunione Gruppo Materiali AIMETA, GIMC-GMA 2016, Lucca, Italy, June 27-29, 2016. Paggi M., Bacigalupo A., Bennati S., Borri C., Corrado M., Gizzi A., Valvo P.S. (a cura di) (2016). Sesto Fiorentino (Firenze):Tipolitografia Contini, ISBN: 9791220013338.
- Pisano A.A., Fuschi P. (2016). The structural symmetry within the context of nonlocal elasticity. *European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS2016*, Crete, Greece, 5-10June, 2016. <https://www.eccomas2016.org/proceedings/pdf/5724.pdf>.
- Fuschi P, Pisano AA, De Domenico D. (2015). Finite Element Method: a Strain-Integral-Based Nonlocal Formulation. *USNCCM13 - 13th U.S. National Congress for Computational Mechanics*. San Diego USA, 26-30 July.
- Fuschi P, Pisano AA, De Domenico D. (2015), Plane stress problems in nonlocal elasticity: finite element solutions with a strain integral formulation. *Journal of Applied Mathematical Analysis and Applications*, vol. 431, pp. 714-736, ISSN: 0973-3884, doi: 10.1016/j.jmaa.2015.06.005.
- Pisano A.A., Fuschi P. (2015), Reply to the Discussion on the paper "Closed form solution for a nonlocal elastic bar in tension". *Journal of Solids and Structures*, vol. 62C p.273, ISSN: 0020-7683, doi: 10.1016/j.jisstr.2015.02.014.
- Pisano A.A., Fuschi P., De Domenico D. (2015). A Strain-Integral-Based Nonlocal Finite Element. *Proceedings of XXII Convegno Nazionale Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata, AIMETA*. Genova, 14-17 settembre 2015.
- De Domenico D, Fuschi P, Pisano AA. (2015). A nonlocal finite element approach for capturing size effects in nanocomposites. In: *Book of Abstracts of ICCS18 - 18th International Conference on Composite Structures*. Lisbon, Portugal, 15-18 June.

LINEA DI RICERCA B) Analisi limite: analisi limite di prototipi per applicazioni civili; analisi limite di prototipi per applicazioni navali e aeronautiche.

(settori ERC) PE1_17 Numerical analysis
PE1_20 Application of mathematics in sciences
PE1_21 Application of mathematics in industry and society
PE8_3 Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment
PE8_4 Computational engineering
PE8_8 Mechanical and manufacturing engineering (shaping, mounting, joining, separation)
PE8_9 Materials engineering (biomaterials, metals, ceramics, polymers, composites ...)

- **Collaborazioni**

- **collaborazioni con singoli docenti di altre sedi italiane e straniere sul tema di ricerca:**

C. Polizzotto Università degli Studi di Palermo
D.R.J.Owen University of Swansea Wales (U.K.)
A.S.P. Ponter Emeritus Professor at University of Leicester (U.K.)
D. Weichert Rwth Aachen University (Germany)
H. Askes University of Sheffield (U.K.)
K.V. Spiliopoulos University of Athens (Greece)

- **Socio delle seguenti Società scientifiche che si interessano del tema di ricerca**

AIMETA (Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata).
GIMC (Gruppo Italiano di Meccanica Computazionale).
GMA (Gruppo Materiali Aimeta).
IADiMe (International Association on Direct Methods)
IIFC (International Institute for FRP in Construction)

- **organizzazione di seminari e conferenze sul tema;**

Organizzatore del Direct Methods 2013-IV International workshop on direct methods, 1-2 ottobre 2013.

- **partecipazione a convegni, conferenze, seminari, sul tema di ricerca;**

- CTA XXVI Giornate Italiane della Costruzione in Acciaio. Venezia, 28-30 September 2017.
- European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS2016, Crete, Greece, 5-10 June, 2016.
- WCCM XI – ECCM V – ECFD VI, July 20-25, Barcelona, Spain (2014).
- First International Conference on Mechanics of Composites MECHCOMP2014. Long Island, NY State, 8-12 June 2014.
- XXI Congresso Nazionale Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata. AIMETA. Torino, 17-20 September.
- Abstracts ICCS17 – 17th International Conference on Composite Structures. Porto 17-21 June 2017.

- **pubblicazioni sul tema di ricerca;**

- Fuschi P., Pisano A.A., Pucinotti R. (2017), Plastic collapse load numerical evaluation of welded beam-to-column steel joints. Journal of Constructional Steel Research. Vol.139, pp. 457-465. DOI:10.1016/j.jcsr.2017.10.008.
- Pucinotti R., Pisano A.A., Fuschi P. (2017). A numerical procedure for the plastic collapse load evaluation of welded beam-to-column steel connections, Proceedings of: CTA XXVI Giornate Italiane della Costruzione in Acciaio. p. 729-736, Mediglia (MI):GECHI EDIZIONI, ISBN: 9788885522008, Venezia, 28-30 September 2017.
- Pisano A.A., Fuschi P. (2017). Lower bound to the plastic collapse load of structural elements made of nanocomposites. 20th International Conference on Composite Structures (ICCS20) in Paris 4-7 September 2017.
- Pisano A.A., Fuschi P. (2016). Limit analysis of structures made of nonlocal materials. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS2016, Crete, Greece, 5-10 June, 2016. <https://www.eccomas2016.org/proceedings/pdf/5621.pdf>.
- Pisano A.A., Fuschi P., De Domenico D (2015). Steel-reinforced concrete walls and slabs at collapse: predictions by limit analysis. Computers & Structures, vol. 160, pp. 42-55, ISSN: 0045-7949, doi:10.1016/j.compstruc.2015.08.004.
- Pisano A.A., Fuschi P., De Domenico D. (2015), Limit analysis on RC-structures by a multi-yield-criteria numerical approach, In: Direct Methods for Limit and Shakedown Analysis of Structures: advanced computational algorithms and

material modelling - Paolo Fuschi, Aurora A. Pisano & Dieter Weichert Editors. Springer International Publishing Switzerland, ISBN: 978-3-319-12927-3, doi: 10.1007/978-3-319-12928-0.

- Bouabid A, De Domenico D, Fuschi P, Limam O, Pisano AA. (2015). Lower bound approaches for ultimate load prediction of composite laminates. In: Book of Abstracts of CAMS2015 - International Conference on Advances in Composite Materials and Structures. Istanbul, Turkey, 13-15 April.
- De Domenico D, Pisano A.A, Fuschi P. (2014). A FE-based limit analysis approach for concrete elements reinforced with FRP bars. *Composite Structures*, vol. 107, pp. 594-603, ISSN: 0263-8223, doi: 10.1016/j.compstruct.2013.08.039.
- De Domenico D, Pisano AA, Fuschi P. (2014). Limit analysis on FRP-strengthened RC members. *Frattura e Integrità Strutturale*, vol. 29, pp. 209-221, ISSN: 1971-8993, doi: 10.3221/IGF-ESIS.29.18.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domenico D. (2014). Limit state evaluation of steel-reinforced concrete elements by von-Mises and Men étrety-Willam-type yield criteria. *International Journal of Applied Mechanics*, Mechanics (Imperial College Press), vol. 6, N. 5, ISSN: 1758-8251, DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S1758825114500586>.
- De Domenico D, Pisano AA, Fuschi P. (2014). A two-yield-criteria limit analysis approach for steel-reinforced concrete slabs, In: *Proceedings of the WCCM XI – ECCM V – ECFD VI*, July 20-25, Barcelona, Spain (2014). E. Oñate, J. Oliver and A. Huerta (Eds.), pp. 1833-1842. Barcelona: CIMNE, ISBN: 978-84-942844-7-2, Barcelona.
- De Domenico D, Pisano AA, Fuschi P (2014). Direct evaluation of the load-carrying capacity of steel-reinforced concrete beams by limit analysis. In: *Proceedings of the WCCM XI – ECCM V – ECFD VI*, July 20-25, Barcelona, Spain (2014). E. Oñate, J. Oliver and A. Huerta (Eds.), pp. 1843-1851. Barcelona: CIMNE, ISBN: 978-84-942844-7-2, Barcelona.
- De Domenico D, Fuschi P, Pardo S, Pisano AA. (2014). Strengthening of steel-reinforced concrete structural elements by externally bonded FRP sheets and evaluation of their load carrying capacity. *Composite Structures*, vol. 118, pp. 377-384, ISSN: 0263-8223, doi: 10.1016/j.compstruct.2014.07.040.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domenico D. (2014). Limit Analysis: A Layered Approach for Composite Laminates . In: Konstantinos V. Spiliopoulos and Dieter Weichert, *Direct Methods for Limit States in Structures and Materials*. pp. 23-56, Dordrecht:Springer Science+Business Media B.V., ISBN: 978-94-007-6826-0, doi: 10.1007/978-94-007-6827-7_2.
- Fuschi P, Pisano AA, De Domenico D. (2014). Ultimate carrying capacity of flexural steel-reinforced concrete members strengthened with CFRP bonded sheets. In: *Book of Abstracts of the First International Conference on Mechanics of Composites MECHCOMP2014*, p.62. A.J.M. Ferreira, F.P. Cheng, R.V. Kukta Editors. Long Island, NY State, 8-12 June 2014.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domemico D. (2013). A kinematic approach for peak load evaluation of concrete elements. *Computers & Structures*, vol. 119, pp. 125-139, ISSN: 0045-7949, doi: 10.1016/j.compstruc.2012.12.030.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domemico D. (2013). Failure modes prediction of multi-pin joints FRP laminates by limit analysis. *Composites Part B: Engineering*, vol. 46, pp. 197-206, ISSN: 1359-8368, doi: 10.1016/j.compositesb.2012.09.071.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domemico D. (2013). Peak load prediction of multi-pin joints FRP laminates by limit analysis. *Composite Structures*, vol. 96, pp. 763-772, ISSN: 0263-8223, doi: 10.1016/j.compstruct.2012.09.038.
- Pisano AA, Fuschi P, De Domemico (2013). Peak loads and failure modes of steel-reinforced concrete beams: predictions by limit analysis . *Engineering Structures*, vol. 56, pp. 477-488, ISSN: 0141-0296, doi: 10.1016/j.engstruct.2013.05.030.
- De Domenico D, Pisano AA, Fuschi P. (2013). A preliminary design tool for steel-reinforced concrete elements. In: *Proceedings of XXI Congresso Nazionale Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata. AIMETA*. Torino, 17-20 September. (Ed. libreria Cortina Torino).
- Pisano AA, Fuschi P, De Domenico D. (2013). A FE-based limit analysis approach for concrete elements reinforced with FRP bars. In: *Book of Abstracts ICCS17 – 17th International Conference on Composite Structures*, p.22. A.J.M. Ferreira Editor. Porto 17-21 June.
- **altre pubblicazioni**

Gennaio 2015--Co-Editore con P. Fuschi e D. Weichert del libro: Direct Methods for Limit and Shakedown Analysis of Structures: advanced computational algorithms and material modelling - Springer International Publishing Switzerland, ISBN: 978-3-319-12927-3, doi: 10.1007/978-3-319-12928-0.

LINEA DI RICERCA C) Ingegneria sismica: valutazione a scala territoriale della vulnerabilità sismica.

- **Progetti di ricerca**

AQ-DPC/ReLUIS 2014-2018

Sviluppo di una metodologia sistematica per la valutazione dell'esposizione a scala territoriale sulla base delle caratteristiche tipologico - strutturali degli edifici. Scheda CARTIS-2017.

- **Socio delle seguenti Società scientifiche che si interessano del tema di ricerca**

GLIS (Seismic Isolation Working Group).

ASSISI (Anti-Seismic Systems International Society).

ReLUIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica)

- **altre attività**

Responsabile scientifico dell'Unità di Ricerca CARTIS di Reggio Calabria, ha contribuito al raggiungimento degli obiettivi del progetto per il periodo 2014-2017.

In particolare nell'anno 2017, hanno di costituzione dell'unità di RC, L'UR ha effettuato le analisi di valutazione dell'edificato ordinario, attraverso la compilazione della scheda CARTIS dei Comuni di: *Gioia Tauro, Locri, Siderno, Polistena, Bagnara Calabria e Roccella Ionica*, tutti in Provincia di Reggio Calabria, zona sismica di categoria I e con una popolazione complessiva di 76199 abitanti. L'UR ha poi provveduto alla conseguente immissione dei dati nella apposita web application. Ha partecipato a diverse riunioni operative con ReLUIS e la Protezione Civile, ed è stato promotore di una convenzione tra il Dipartimento PAU e Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica Per la linea di ricerca denominata: TT1_ITSEE Inventario Delle Tipologie Strutturali Esistenti.