

MATERIALI SOSTENIBILI E NON CONVENZIONALI PER EDILIZIA A IMPATTO ZERO

Luisa Molari

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei
Materiali – DICAM
Università di Bologna

Porretta Terme 15 giugno 2019

Bambù



Diffusione



BORINDA



GUADUA ANGUSTIFOLIA



Distribuzione delle specie legnose di bambù nativo nel pianeta - *Vogel, Gardner. EEOB IowaStateUniversity*



PHYLLOSTACHYS EDULIS



CHIMONOBAMBUSA



GUADUA



NASTUS



CEPHALOSTACHYUM



BAMBUSA VULGARIS 'VITTATA'



BAMBUSA BAMBOS

In Italia coltivato ---circa 2000 ettari

Caratteristiche

Erba

Forma cilindrica cava con diaframmi (nodi)

Altezza culmi: 6m–25m

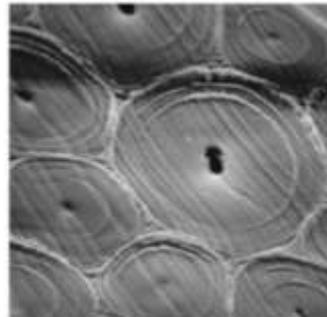
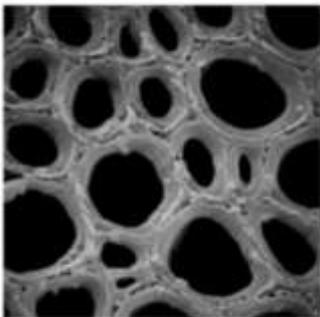
diametri 50mm–200mm

Distanza fra i nodi: 250mm–500mm

Spessore = 10% diametro esterno

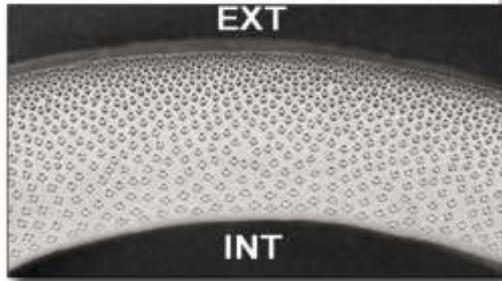
Velocità di crescita fino a 1 metro al giorno
dimensione definitiva in due mesi

Poi fino a tre tre anni lignificano

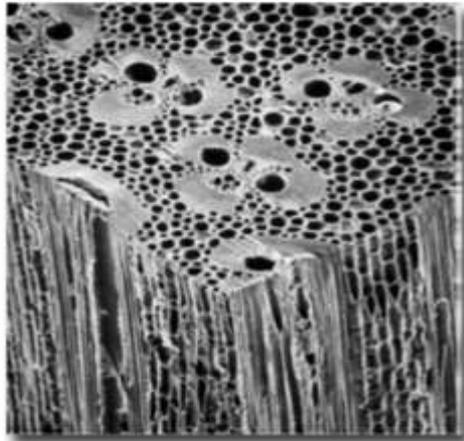


Anatomia

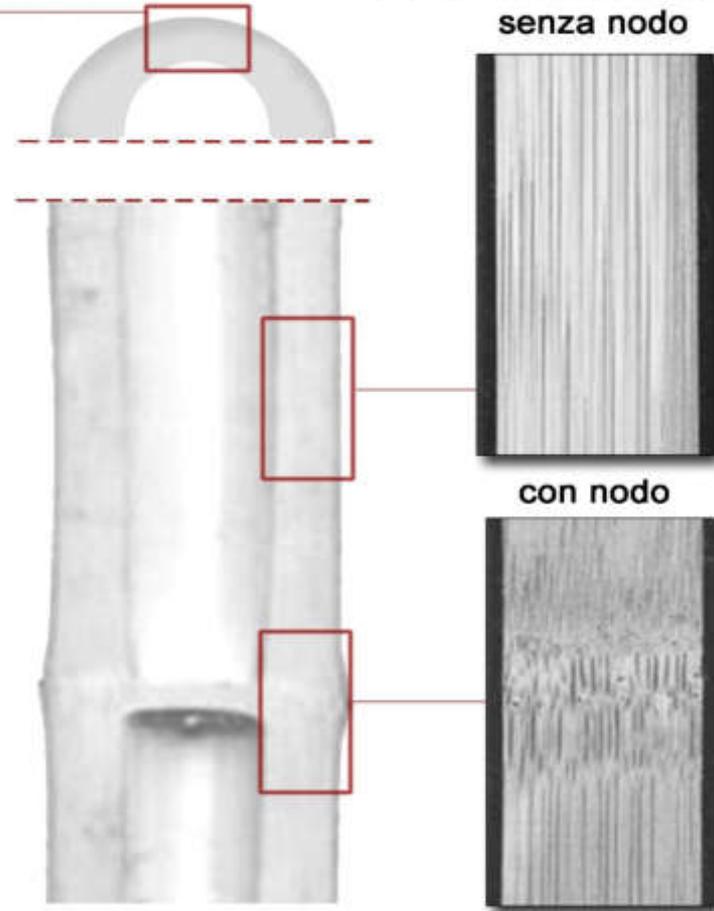
PERPENDICOLARE ALE FIBRE



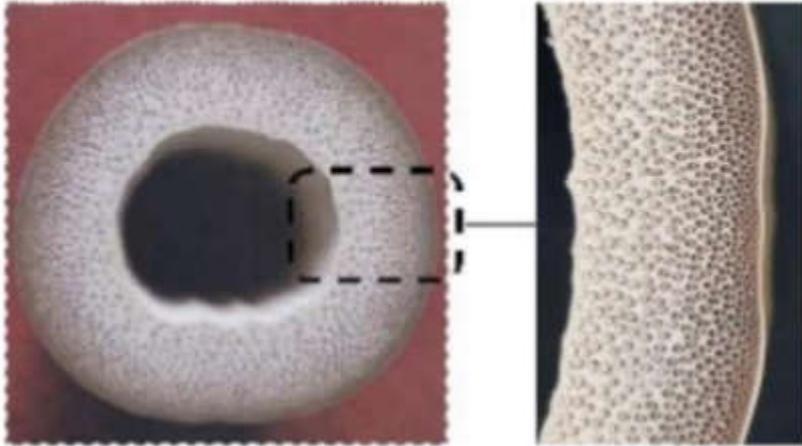
DETTAGLIO 3D
Area Fibro-Vascolare. Parenchima



PARALLELA ALLE FIBRE



- Differenze con il legno



VS



family: grass
fibres: 1 direction
time to grow: 3-7 years
regeneration: grows itself back

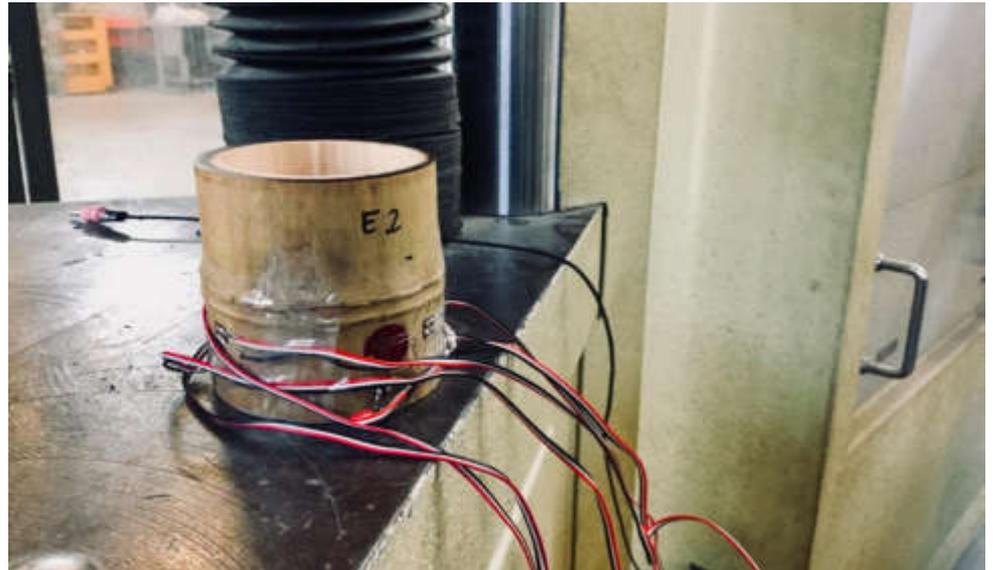
Wood (Oak)
2 directions
50 – 100 years
replant

Convenzione fra DICAM (Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali Università di Bologna), il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura (Università Politecnica delle Marche) e l'AIB (Associazione Italiana Bambù) per la caratterizzazione meccanica del bambù italiano.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE



MATERIALE	E [GPa]	α_r [MPa]		ρ [g/cm ³]
Diamante	1.000	750		3,515
Acciai	190÷215	200÷2.500		7,87
Ghise	170÷190	100÷700		7,87
Leghe di nichel	177	480÷750		8,90
Leghe di titanio	85÷130	270÷1.450		4,51
Leghe di rame (Ottoni)	120÷150	240÷400		8,96
Leghe di rame (Bronzi)	100	300÷760		8,96
Leghe di alluminio	70÷80	140÷550		2,70
Leghe di magnesio	40÷45	150÷380		1,74
Ceramici	60÷70	trazione 50÷580	compressione 560÷3.500	2,4÷5,8
Plastiche	0,1÷6,0	10÷200		0,9÷2
Elastomeri	0,01÷0,1	9÷25		
Resine poliuretatiche, viniliche epossidiche, fenoliche, siliconiche	3,0÷5,0	25÷100		
Fibre vetro, carbonio, boro, kevlar	70÷400	2.300÷3.800		1,7÷2,6
Composito resina e fibre 	45÷320	1.100÷1.700		1,3÷2
Composito resina e fibre +	1,2÷11	30÷45		
Legno Longitudinale 	6÷16	trazione 40÷200	compressione 20÷100	0,3÷1
Legno Radiale +	0,5÷1	3,5÷5		

Bambù II

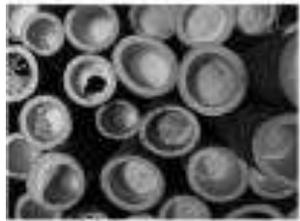
Phill. Virid.

18

tr 220 com 70

0.7

Material da costruzione



Culms



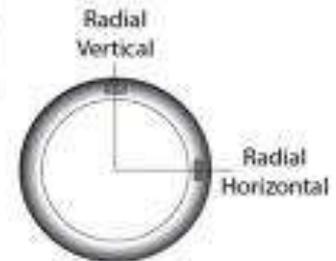
Split



Planed



Glued
and Pressed



Strip
Orientation

LAMINATED BAMBOO TIMBER

E' una pianta che è stata considerata in Asia e in Sud America come un materiale da costruzione per case, ponti e ponteggi da millenni.

Casa per le popolazioni più povere



Figure 17: Engineered bahareque housing in Colombia.



Figure 18: Engineered bahareque housing in Colombia.



Figure 15: Engineered bahareque housing in Costa Rica.



Figure 16: Engineered bahareque housing in Colombia.

INBAR report



E' diventato materiale di costruzioni usato da grandi architetti per le loro opere .
Il primo che dato l'inizio a questo cambiamento di 'identità' è l'achitetto
colombiano Simon Velez



GREET BAMBOO WALL/ KENGO KUMA



LOW -COST HOUSES/ VO TRONG NGHIA ARCHITECTS



GREEN VILLAGE TOUR UBUD / BALI



BAMBOO SPORTS HALL FOR PANYADEN INTERNATIONAL SCHOOL / CHIANGMAI LIFE CONSTRUCTION

Quadro normativo

- AC162: Acceptance criteria for structural bamboo (USA, 2000)
- ORMA TECNICA E100 – Bambù (Perù, 2012)
- IS 68874 – Method of tests for bamboo (India)
- IS 8242 – Method of tests for split bamboos (India)
- IS 9096 – Preservation of bamboo for structural purpose, code of practice (India)
- IS 7344 – Bamboo tent poles (India)
- NTC 5300 – Cosecha y poscosecha de los culmos de Guadua Angustifolia Kunth (Colombia)
- NTC 5301 – Secado e inmunizado de los culmos de Guadua Angustifolia Kunth (Colombia)
- NTC 5405 – Propagaciòn vegetativa de Guadua Angustifolia Kunth (Colombia)
- NTC 5407 – Uniones para estructuras construidas en Guadua Angustifolia Kunth (Colombia)
- NTC 5727 – Terminologia aplicada a la Guadua y sus productos (Colombia)
- NSR-10, cap. 12 – Norma de sismoresistencia, estructuras de Guadua (Colombia)
- GPE INEN 20: 1987 – Andamiajes. Madera redonda y bambù (Ecuador)
- GPE INEN 42:1976 – Guià pràctica. Bambù caña Guadua (Ecuador)
- NTE INEN ISO/DIS 22156:2004 – Diseño estructural en Bambù (Ecuador)
- NTE INEN ISO/DIS 22157:2004 – Determinaciòn de propiedades físicas y mecànicas del Bambù (Ecuador)
- NTE INEN 002:2004 – Manual de laboratorio sobre mètodos de ensayo para la determinaciòn de propiedades físicas y mecánicas del Bambù (Ecuador)
- ASTM D5456 – Standard specifications for evaluation of structural composite lumber products (USA)

- ISO 22156:2004 – Bamboo, structural design
- ISO 22157-1:2004 – Bamboo, determination of physical and mechanical properties. Part 1: requirements 2018
- ISO 22157-2:2004 – Bamboo, determination of physical and mechanical properties. Part 2: laboratory manual 2018
- **ISO 19624 Bamboo structures — Grading of bamboo culms — Basic principles and procedures 2019**
- **ISO 22156 Bamboo – Structural Design**
- **ISO/NP 23478 – Bamboo structures — Glued laminated bamboo — Test methods for determination of physical and mechanical properties**



Paglia imballata
per costruzioni

La paglia

La paglia è la parte secca della pianta fra la radice e la spiga

Secca sul campo

Formata da cellulosa, lignina, minerali, silicati

Non è fieno

Segale, grano, orzo, riso, mais, sorgo avena

riso

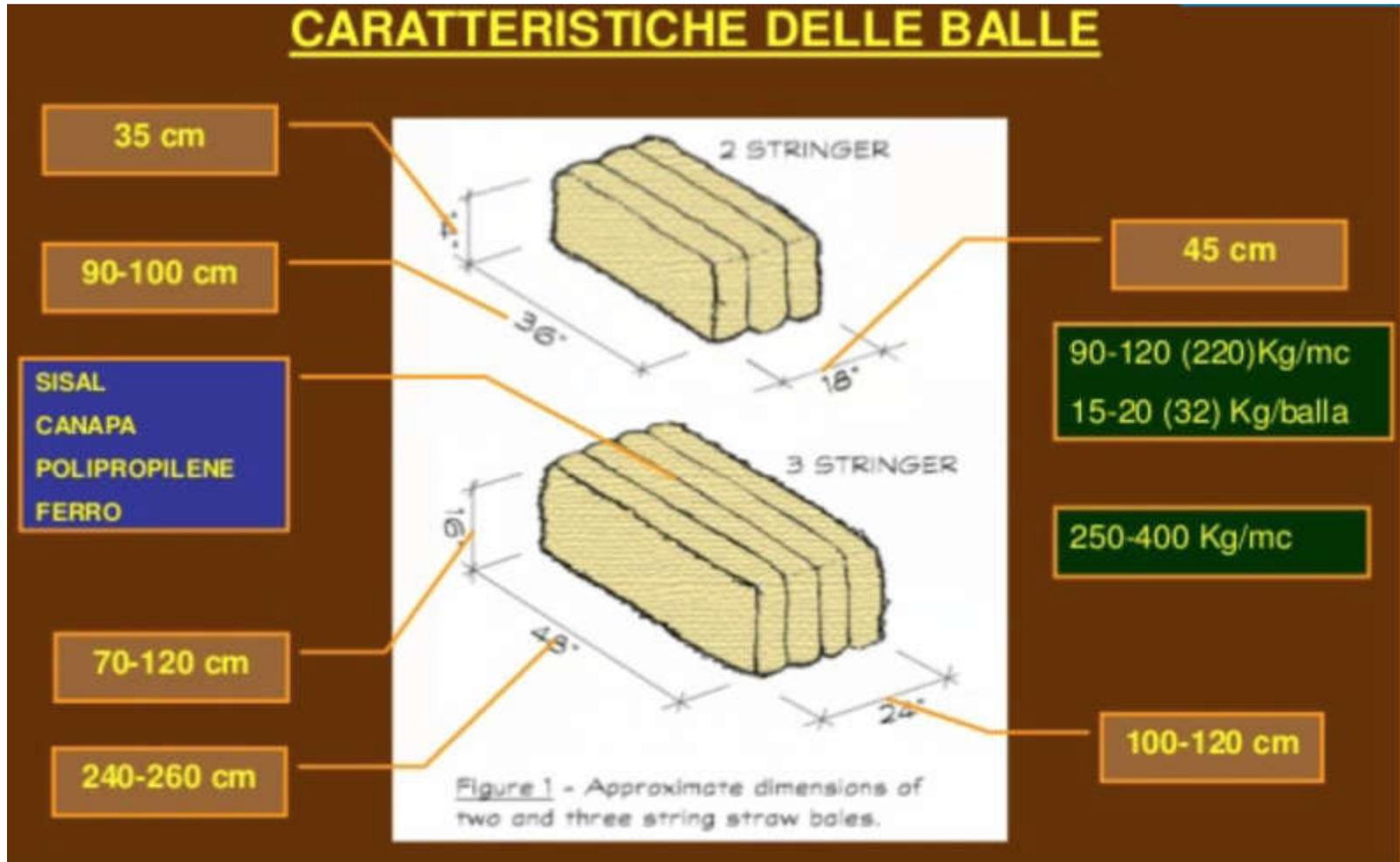


Mais



Sorgo

Le balle di paglia



(da www.edilpaglia.it)

Un po' di storia

End of 19th century



case costruite con mattoni di
paglia e argilla a Jericho, 8300 A.C.

Prima costruzione in balle di
paglia: Sand Hill region, Nebraska,
USA

From: www.buildpedia.com

Un po' di storia

1921

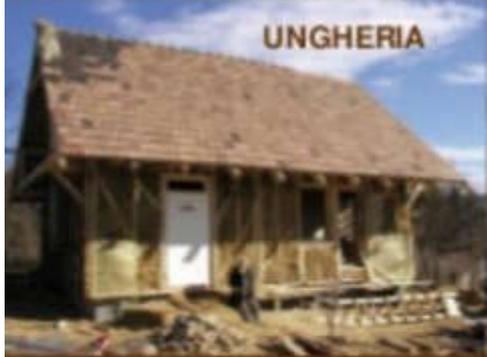


Prima casa in balle di paglia in Europa
Maison Feuillet, Montargis, France



From: www.lanarchitecture.org

In Europa



**DIFFUSIONE
IN EUROPA**



In Italia dal 2004, in ascesa

2004



Prima casa in balle di paglia in Italia
Pramaggiore, Venezia, Italia

Dott. Stefano Soldati



From: www.laboa.org

In campagna in inverno si sono
sempre chiuse le stalle
almeno delle parete a nord

Vantaggi

- isolamento termico
- isolamento acustico
- traspirabilità
- Resistenza al fuoco
- Ecosostenibilità
- Durabilità
- Costi (se autocostruite)
- Buone proprietà meccaniche e di dissipazione con poca massa
→ buona resistenza sismica

- Luoghi comuni →
 - allergie paglia non contiene polline
 - Roditori non entrano

Punti critici

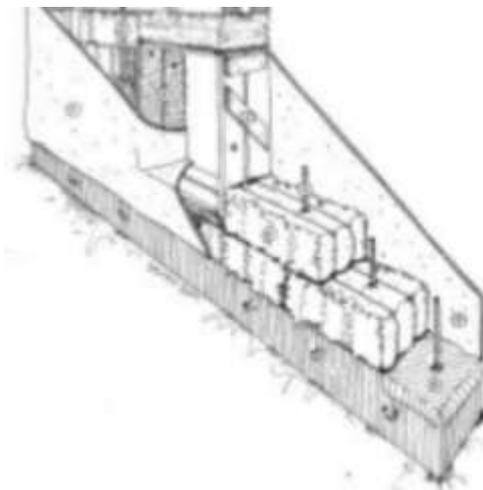
- Acqua

Caratteristiche costruttive

due tipologie:

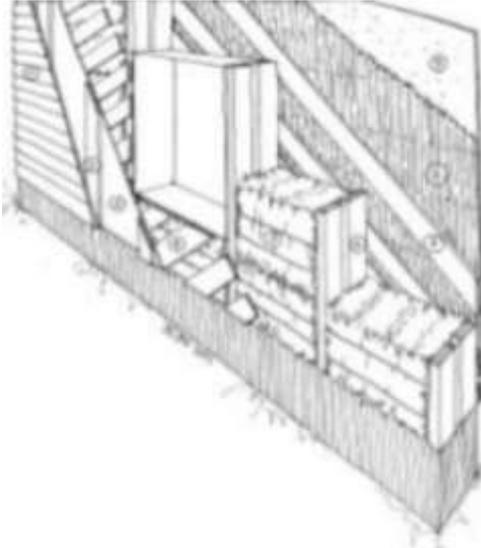
- telaio in legno (post and beam)
- strutture in paglia autoportanti
- muri sempre precompressi per stabilizzare rispetto allo sbandamento della parete
- **precompressione** con cinghie o cavi (tipo cemento armato precompresso)
entità precompressione: **2.5 volte il carico accidentale**

Metodo Nebraska autoportante



(da www.edilpaglia.it)

Telaio strutturale in legno balle come tamponamento



POST AND BEAM: **GREB**

SISTEMA COSTRUTTIVO DI ORIGINE CANADESE



STRUTTURA IN LEGNO



RIEMPIMENTO IN
PAGLIA

INTONACO IN CALCE-CEMENTO-
SEGATURA - GETTATO

PARTICOLARMENTE ADATTO ALL'AUTOCOSTRUZIONE

Interventi sull'esistente



Cappotti – isolamenti tetti

Galleria



Blandum- Belgium



Reimst- Belgium palestra



Amsterdam



Agriturismo Esserhof Lana,
Italia

COMPORTAMENTO MECCANICO

Campagna sperimentale sulle balle di paglia sotto carichi di compressione

- carico statico: resistenza meccanica
- creep/rilassamento
- carico ciclico: dissipazione energia

Modelli meccanici che possano rappresentare il comportamento meccanico delle singole balle

Test a Compressione



A system comprising **two stereo-mounted 5 MP F-504 digital cameras** (Stingray Digital Group, Inc., Canada), a DAQ-STD-8D synchronisation/trigger device (Isi-sys, GmbH, Germany) and a spotlight.

Experimental tests

Results: Longitudinal deformation DIC



Flat bale

Experimental tests



Experimental tests



Experimental tests



Experimental tests



Experimental tests



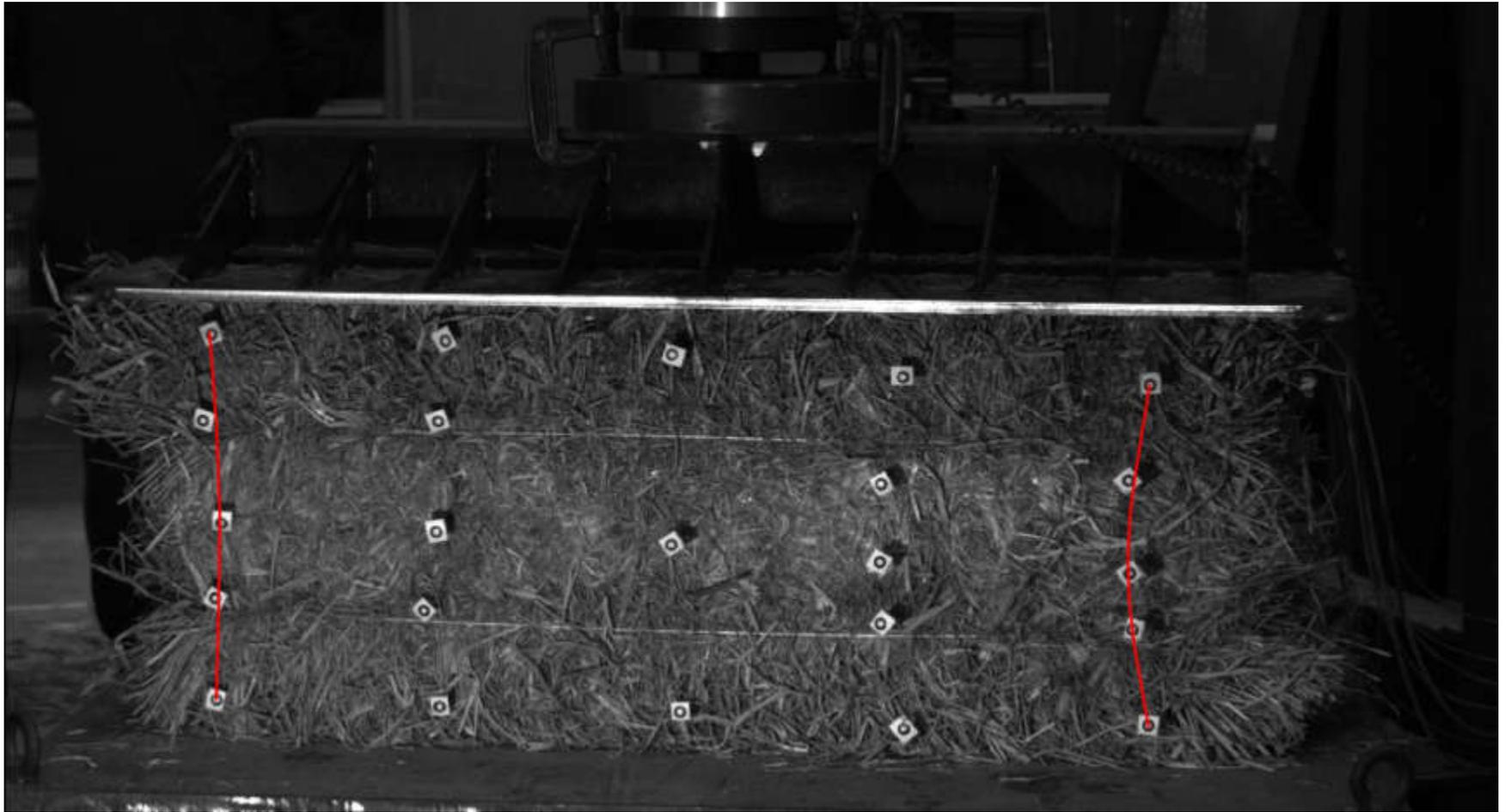
Experimental tests

Results: Longitudinal deformation DIC

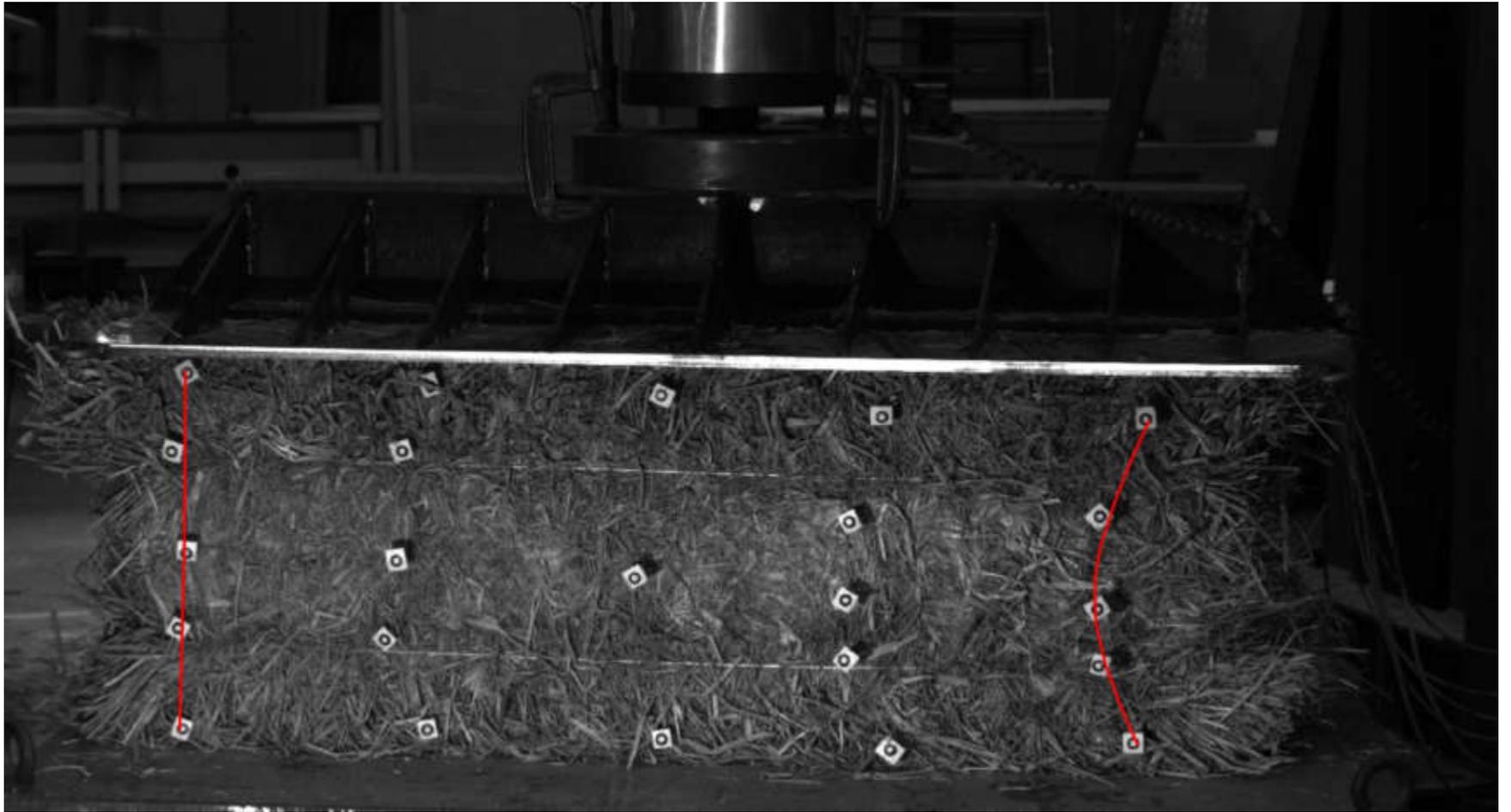


On edge

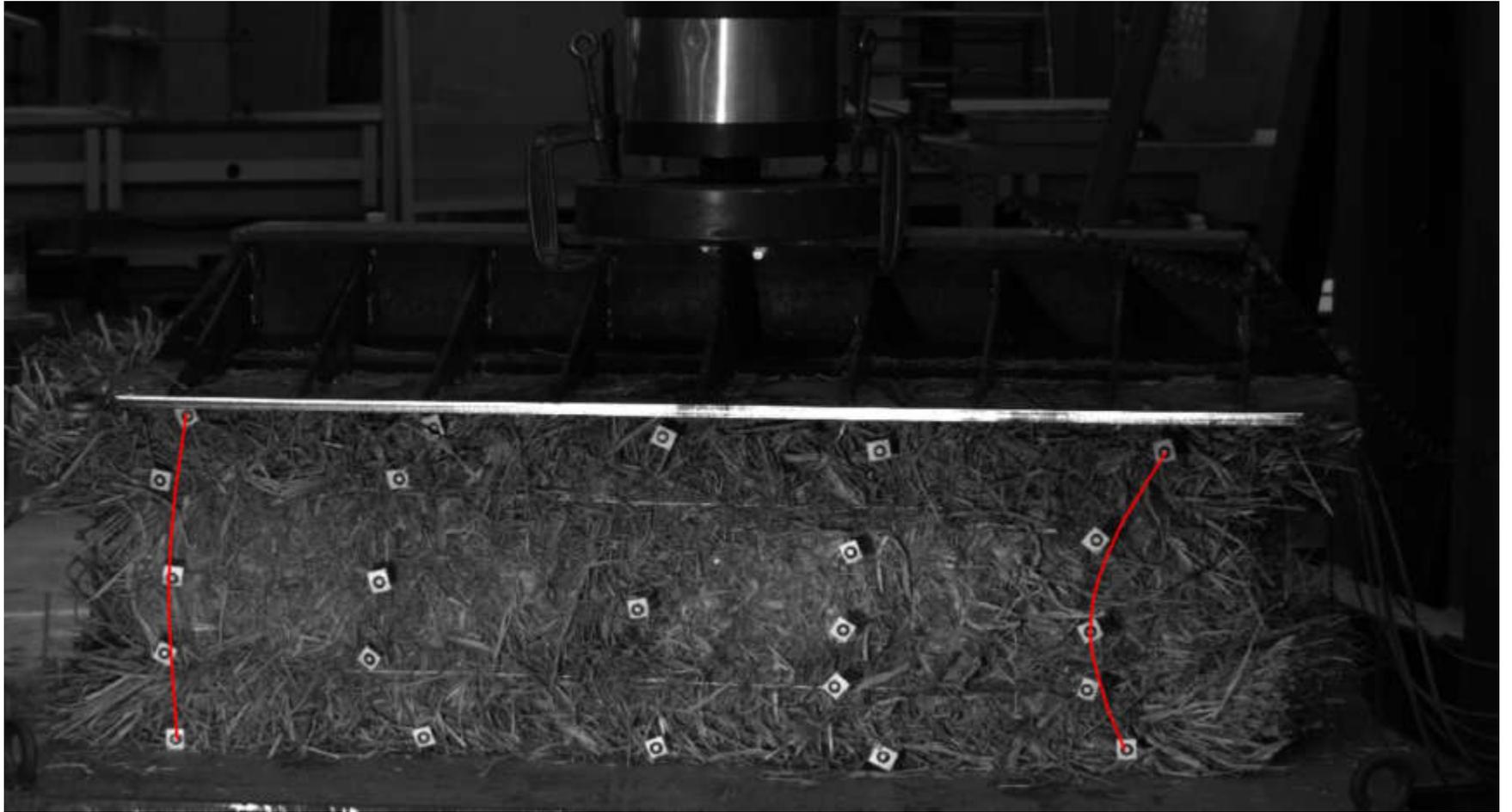
Experimental tests



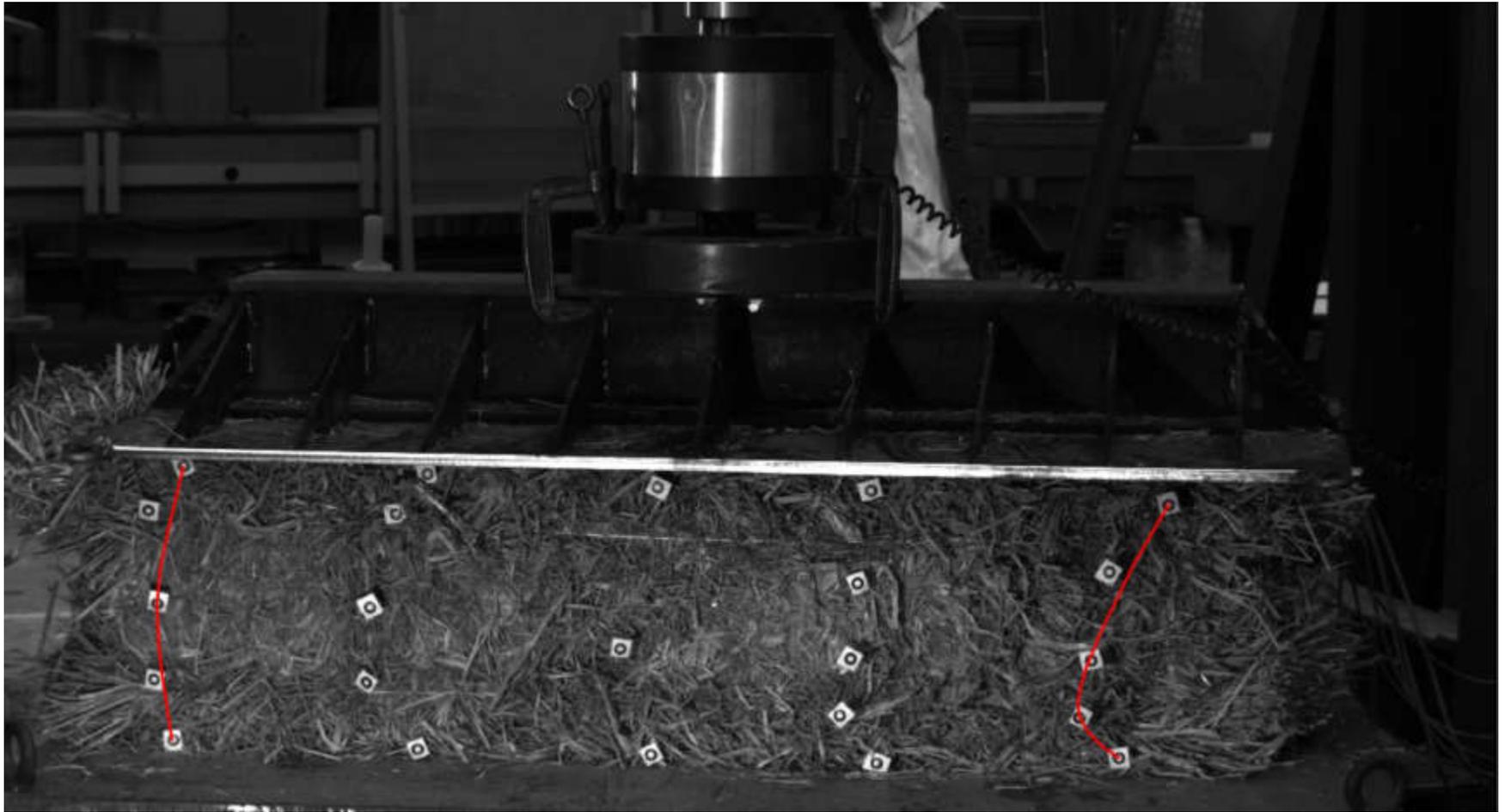
Experimental tests



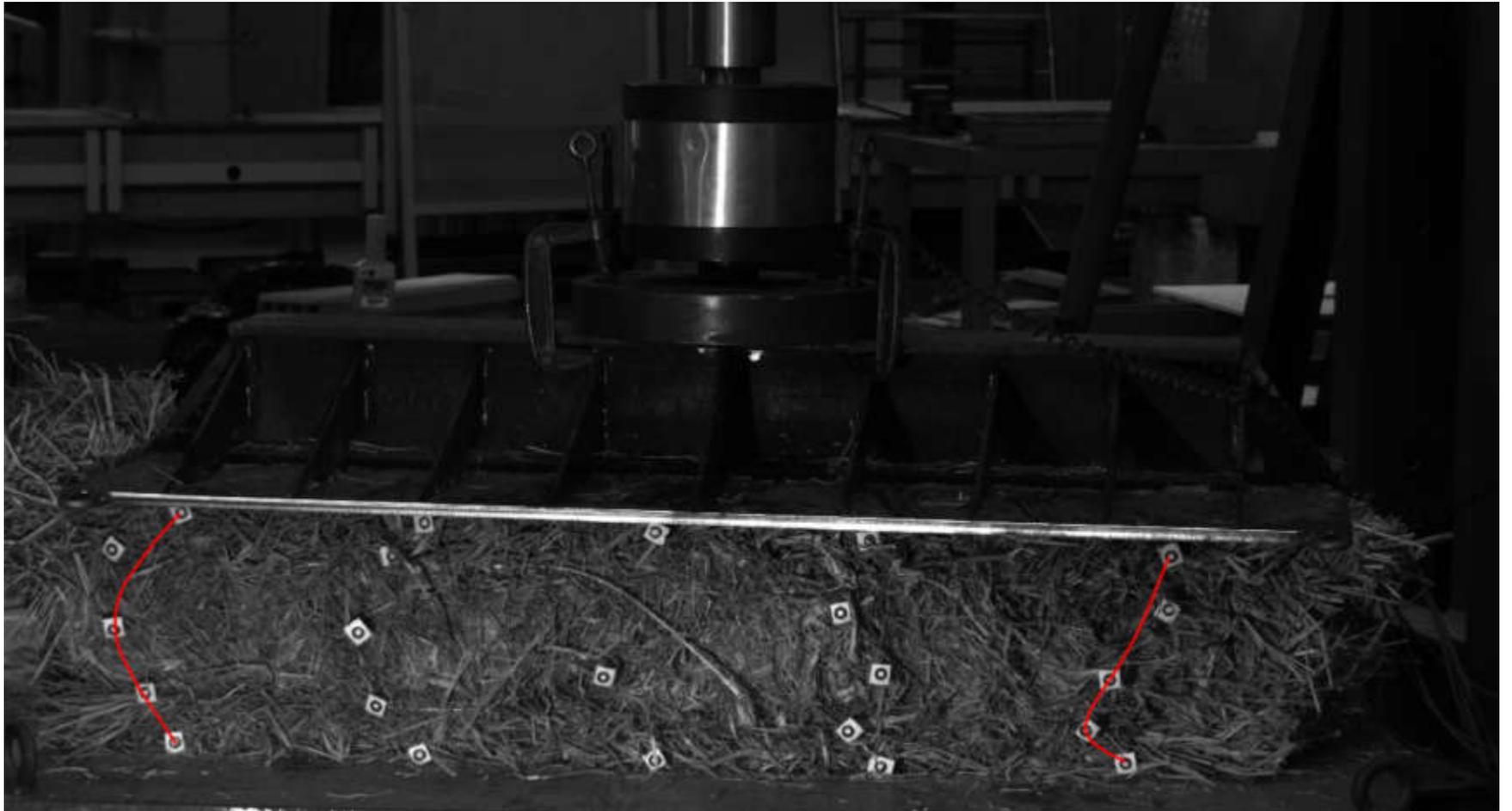
Experimental tests



Experimental tests

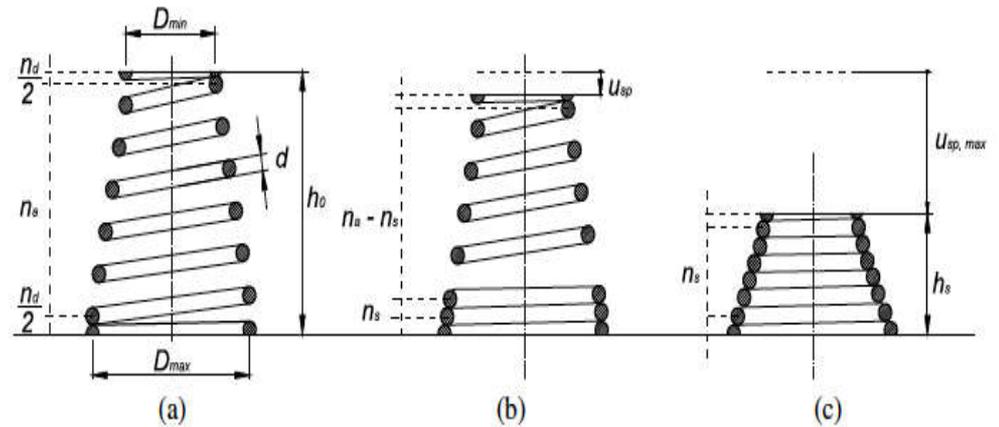
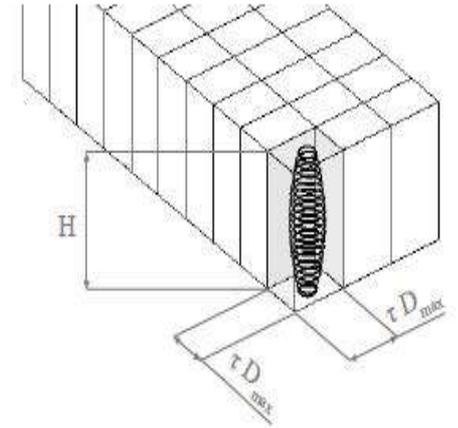
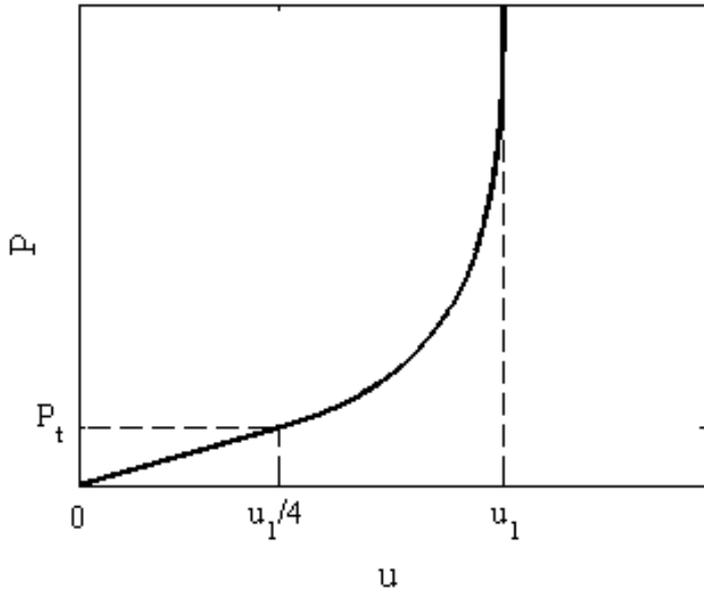


Experimental tests

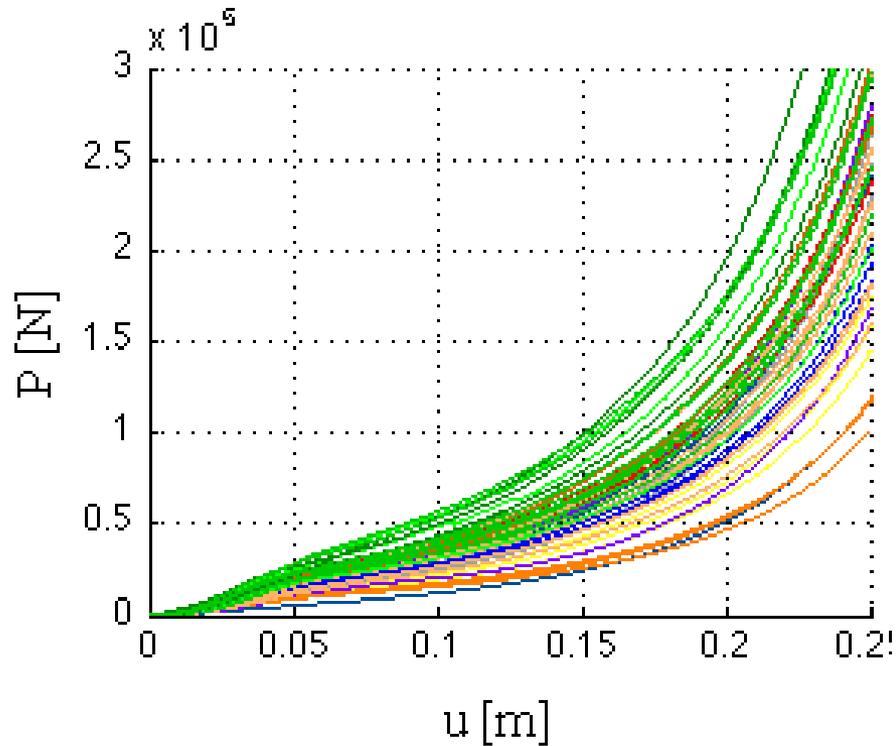


Experimental tests

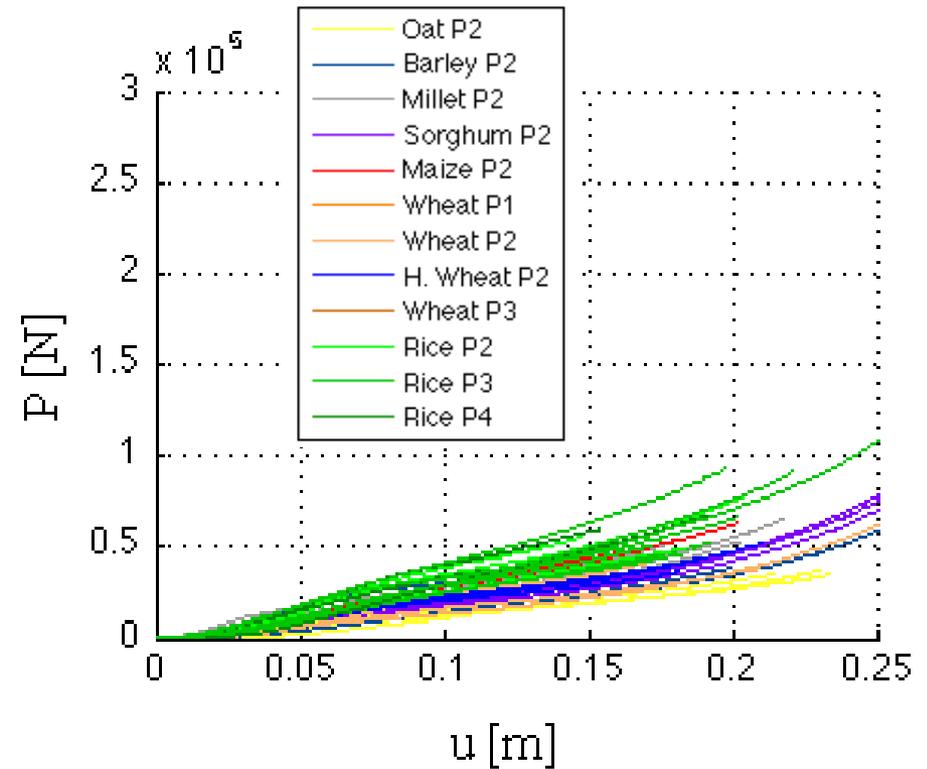
Modello meccanico



Resultati: curve forza spostamento

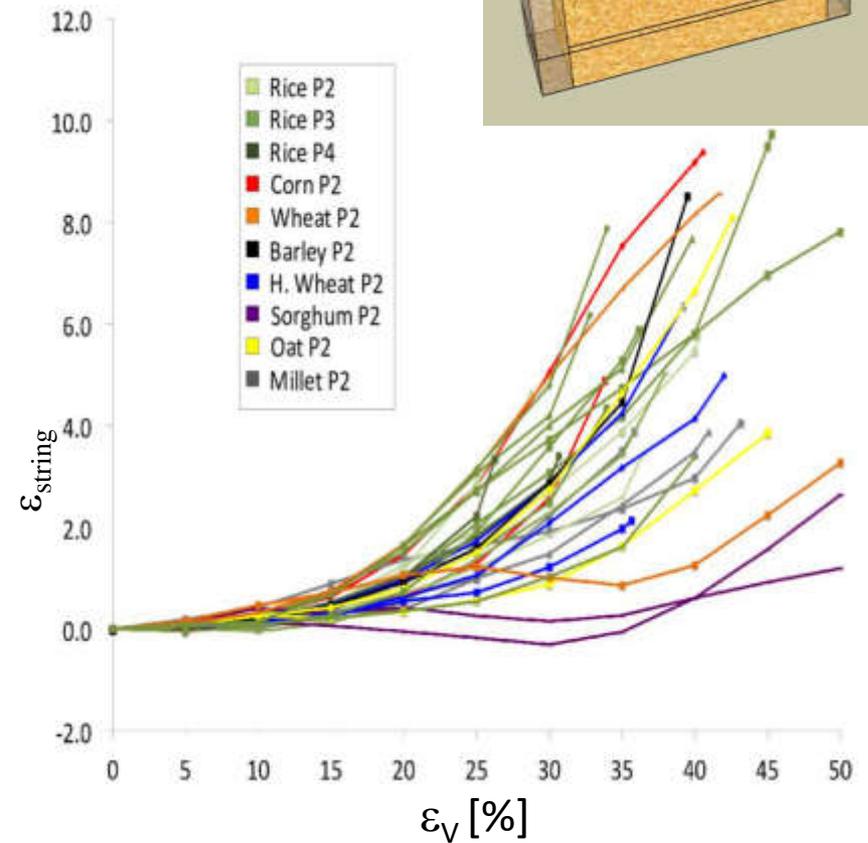
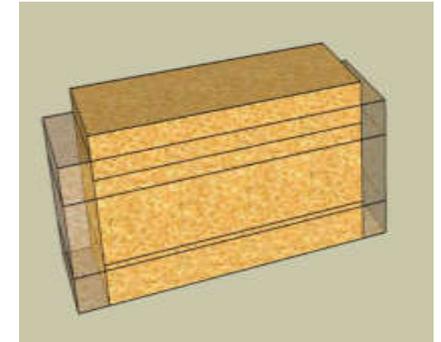
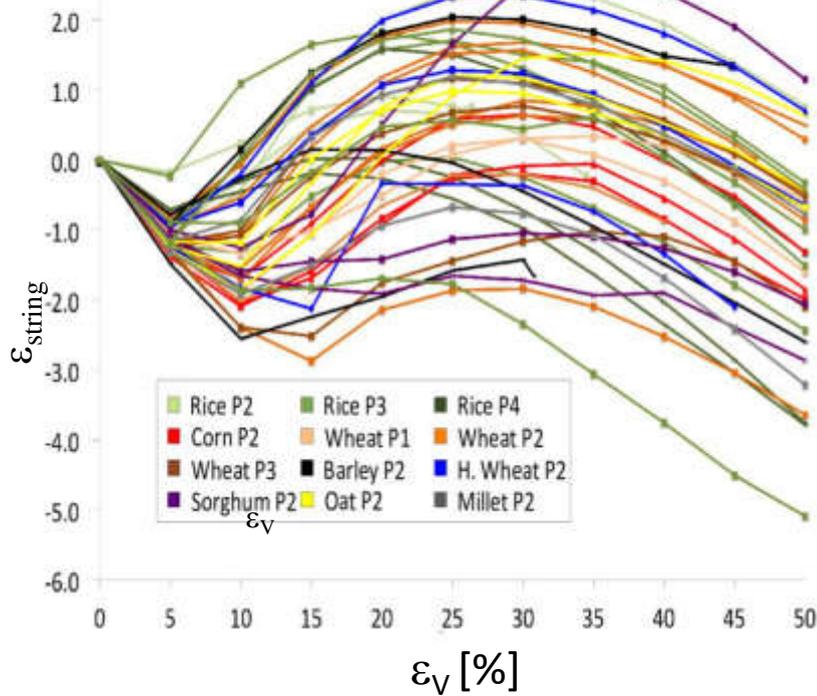
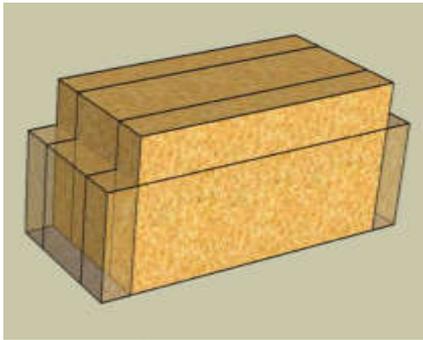


flat



on edge

Results: Overall deformations and string deformation



Experimental tests

Conclusioni

- Ci sono materiali naturali con caratteristiche meccaniche eccellenti, usati da sempre come materiale strutturale per edilizia che devono essere riscoperti
- Per diventare in Italia un'alternativa accessibile a tutti i professionisti è necessario conoscere questi materiali e sviluppare un apparato normativo che li supporti.

Sito web



www.bambustructurale.it

Rivista online



Arundo donax

