



LABSCO – LABORATORIO DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Laboratorio di Scienza delle Costruzioni: tra didattica e ricerca
Antonella Cecchi

Laboratorio ufficiale prove materiali (legge 1 luglio 1961, n. 553)
Laboratorio per la ricerca industriale (Murst, art. 14 D.M. 593/2000)

Elemento caratterizzante di un laboratorio di prove dei materiali in una scuola di Architettura è porre al centro del percorso e delle attività la didattica e la ricerca, come spunti e indirizzi per il processo di conoscenza attraverso la sperimentazione finalizzata alla progettazione architettonica. Ovvero l'inscindibile nesso tra sapere teorico e sapere pratico-tecnico: un nesso che costituisce il percorso di conoscenza dell'attività scientifica e didattica, che ha al centro la sperimentazione e che presiede l'attività in cantiere rivelando la sua qualità alla prova del tempo.

Come da regolamento, il Laboratorio di Scienza delle Costruzioni-LabSCo è equiparato agli istituti universitari ai sensi dell'articolo 63 D.P.R. 371/80 e articolo 88 Legge 382/80, è costituito giusta la Legge 1 luglio 1961 n. 553, la Legge 5 novembre 1971 n. 1086 e l'articolo 7 del Regolamento del sistema dei laboratori dell'Università Iuav. Il LabSCo dall'anno 1961 è un Laboratorio Ufficiale della Repubblica italiana per le prove sui materiali, annesso alla Cattedra di Scienza delle Costruzioni, settore scientifico disciplinare Icar/o8 – Scienza delle Costruzioni.

Le finalità del LabSCo sono:

- a) fornire il supporto scientifico e tecnico alla ricerca e alla didattica di ateneo relativamente ai settori scientifici disciplinari di riferimento;
- b) ampliare la presenza sul territorio attraverso la collaborazione con gli enti culturali, locali, nazionali, internazionali e con le imprese;
- c) sviluppare attività e ricerche interdisciplinari tra i laboratori universitari;
- d) essere di supporto al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Ministero delle Infrastrutture e Trasporti per le attività di controllo sui materiali impiegati nelle costruzioni;

e) effettuare prove ufficiali sui materiali edili, in particolare calcestruzzi, acciai e laterizi, su prototipi e modelli nonché su manufatti;

f) effettuare verifiche statiche e prove strutturali relative agli stabili sede di Iuav, o di futura acquisizione o utilizzazione.

Attualmente il LabSCo è costituito da docenti e personale tecnico.

I docenti afferenti sono sia interni all'ateneo sia esterni. Dal marzo 2019 LabSCo assume una dimensione internazionale, avvalendosi delle collaborazioni con Daniel V. Oliveira e Ghiassi Bahman. Il primo, Daniel V. Oliveira, è professore presso il Dipartimento di Ingegneria civile dell'Università del Minho e i suoi principali interessi di ricerca sono l'analisi sperimentale e numerica delle strutture tradizionali in muratura, l'ingegneria sismica e il rinforzo delle strutture in muratura con compositi innovativi; attualmente Daniel V. Oliveira è vice coordinatore del master internazionale in analisi strutturale dei monumenti e delle costruzioni storiche (SAHC, www.msc-sahc.org), coordinato dall'università di Minho e finanziato dalla Commissione europea come Master Erasmus Mundus, e vincitore del "EU Prize for Cultural Heritage/ Europa Nostra Awards 2017".

Il secondo, Ghiassi Bahman, professore presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Nottingham (UoN), ha come principali interessi di ricerca l'ingegneria strutturale, la durabilità e la meccanica dei materiali e delle strutture in muratura ed è selezionato come uno dei due vincitori della medaglia Gustavo Colonnelli del 2019, premio riconosciuto dall'associazione RILEM (Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, Systèmes de Construction et Ouvrages).

Fra gli esperti altamente qualificati, sempre dal marzo 2019, fa parte del team LabSCo Franco Laner – già professore allo Iuav e sperimentatore del LabSCo – la cui attività di ricerca riguarda la storia della tecnologia, i sistemi costruttivi antisismici e la sperimentazione di materiali edili, in particolare legno e laterizio.

Il progetto scientifico-culturale del LabSCo si basa sulla consapevolezza che sapere teorico e sapere tecnico-pratico siano complementari.

La sperimentazione consente un rapporto critico con la realtà, attraverso l'interazione di saperi e competenze, integrando, pertanto, la didattica e la ricerca autoreferenziali. L'intreccio tra sperimentazione, sapere tecnico pratico e sapere teorico puro appare, ancora una volta, indispensabile.

L'attività didattica è diventata sempre più complessa, in quanto non si limita alla sola teoria appresa *ex cathedra*, ma richiede un costante confronto con la conoscenza applicativa.

Gli impegni della struttura LabSCo rispetto alla didattica riguardano l'attività frontale di sostegno ai corsi incardinati nella laurea triennale e nella laurea magistrale in Architettura, l'attività verso i tirocinanti, i laureandi, i dottorandi e i dottori di ricerca; l'attività rispetto a corsi di formazione di base e corsi di formazione professionalizzanti.

Il servizio di supporto alla didattica prevede un'analisi dettagliata sul funzionamento dei sistemi e delle attrezzature di prova, sui procedimenti di taratura, sulle specifiche metodologie da adottare, sui modelli di comportamento dei materiali, sul trattamento/interpretazione dei dati con riferimento alla statistica e al supporto della normativa di riferimento e costituisce una fase di controllo e di verifica delle relative acquisizioni teoriche. Allo stesso modo, per quanto riguarda la ricerca, il LabSCo fornisce supporto a programmi di ricerca con particolare attenzione all'identificazione strutturale attraverso il monitoraggio statico e dinamico; vengono sviluppati i programmi sperimentali proposti dai docenti ai fini di ricerca libera di base, i programmi di ricerca finanziati dall'ateneo e i programmi istituzionali finanziati dal MIUR, dal CNR e dalla UE in tema di meccanica e tecnologia dei materiali strutturali e delle strutture, sulla base di palesi e precisi rapporti istituzionalizzati fra il docente Iuav responsabile e il Laboratorio. La ricerca si avvale del contributo di giovani dottorandi e assegnisti quali motori della ricerca stessa.

La produzione scientifica legata alle attività di ricerca condotte in laboratorio con pubblicazioni su riviste internazionali, su conferenze nazionali e internazionali è in continua crescita.

In particolare, le pubblicazioni degli ultimi anni e quelle in fase di pubblicazione e presentazione ai convegni previsti per l'anno 2019, vedono la partecipazione non solo di docenti ma di tutti i tecnici del laboratorio coinvolti direttamente come co-autori, confermando la tendenza ad ampliare la visibilità del lavoro di ricerca svolto fattivamente dal personale specializzato LabSCo.

Prodotti scientifici in corso

Giosuè Boscato, Ivano Aldreggetti, Daniele Baraldi, Antonella Cecchi, Giorgio Costantini, Lorenzo Massaria, Vincenzo Scafuri, Italo Tofani, *Shape Design Enhancement of Pultruded FRP Profiles for Structures Ancillary to Masonry Structures strengthened with composite materials: Modeling, testing, design, monitoring, control*. MuRiCo6, Bologna 26-28.6.2019.

Numerical and theoretical models for NFRCM-strengthened masonry

Claudia Brito de Carvalho Bello, Daniele Baraldi, Giosuè Boscato, Antonella Cecchi, Emilio Meroi, Ivano Aldreggetti, Giorgio Costantini, Lorenzo Massaria, Vincenzo Scafuri, Italo Tofani, *Numerical and theoretical models for NFRCM-strengthened masonry, Mechanics of Masonry Structures strengthened with composite materials: Modeling, testing, design, monitoring, control*. MuRiCo6, Bologna 26-28.6.2019.

Daniele Baraldi, Giosuè Boscato, Claudia Brito de Carvalho Bello, Antonella Cecchi and Emanuele Reccia, *Discrete and Finite Element Models for the mechanics of unreinforced and reinforced masonry arches, Mechanics of Masonry Structures strengthened with composite materials: Modeling, testing, design, monitoring, control*. MuRiCo6, Bologna 26-28.6.2019.

numero a cura di
Antonella Cecchi

in collaborazione con
Ivano Aldreggetti
Giosuè Boscato
Giorgio Costantini
Lorenzo Massaria
Vincenzo Scafuri
Italo Tofani

si ringraziano
Lorenzo Tamperi
Lisa Manzin

Università Iuav di Venezia
Santa Croce 191 Tolentini
30135 Venezia
www.iuav.it
© Iuav 2019

Iuav giornale dell'università
iscritto al n. 1391
del registro stampa
tribunale di Venezia
a cura del
servizio comunicazione
comunicazione@iuav.it
ISSN 2038-7814

direttore
Alberto Ferlenga

stampa
Cerbone stampa srl, Bojano (CB)



1A|1B Lezione *in situ* sul monitoraggio in continuo dinamico e statico della Chiesa di Santa Maria del Suffragio a L'Aquila colpita dal terremoto del 2009. Scuola Estiva a L'Aquila con lezioni *ex cathedra* e *in situ*

2 Alternanza scuola-lavoro, esecuzione di campioni di muratura per l'esecuzione di prove distruttive e non da parte degli studenti del liceo Benedetti di Venezia

3A|3B Lezioni teorico-pratiche per professionisti
a) punching test di reti paramassi
b) prove a flessione di colonne reticolari in alluminio

4A|4B Workshop a Kathmandu (Nepal)
a) prove microsismiche e sclerometriche per verificare la consistenza del basamento di un tempio crollato dopo il terremoto del 2015
b) prove microsismiche per identificare qualitativamente la muratura di un tempio colpito dal terremoto del 2015

Attività

La didattica in ambito universitario non può essere disgiunta dalla ricerca e dai saperi disciplinari. La sperimentazione, come noto, è verifica di verità scientifica, validità teorica, efficacia ed efficienza. Rispetto alla didattica tradizionale *ex cathedra*, la didattica legata alla sperimentazione risulta articolata, in quanto consente percorsi biunivoci sia di dimostrazione pratico-applicativa di quanto imparato in seguito a una lezione *ex cathedra* (metodo deduttivo), sia di apprendimento tramite l'analisi di un caso studio (metodo induttivo). La didattica basata su un percorso sperimentale ha la potenzialità di un rapporto critico con la realtà e trova un connubio tra sapere tecnico pratico e sapere teorico puro; non solo: partendo dall'analisi di uno specifico problema quale scenario di partenza è possibile implementare la conoscenza. Sperimentatori non si nasce, si diventa.

La sperimentazione infatti è una disciplina non predefinita, non formalizzabile metodologicamente in un quadro deduttivo definito aprioristicamente. Di qui la ricchezza e la difficoltà di una didattica che si intreccia con la sperimentazione. Le situazioni complesse della realtà fisica non possiedono nessuna risposta "esatta", né univoca. Eppure proprio per questo diventa stimolante e arricchente per il discente: gli studenti lavorano in gruppo confrontandosi con il problema, identificando le loro lacune di apprendimento e sviluppando le possibili soluzioni; in questo modo acquisiscono nuove informazioni attraverso l'apprendimento diretto basato sulla fisicità. Le esperienze di ricerca condotte dal LabSco costituiscono un importante capitale didattico a vantaggio delle discipline strutturali, capaci di generare negli studenti la presa di coscienza della primaria importanza delle strutture in architettura. Il ruolo assunto dal Laboratorio – luogo di formazione cur-

ricolare essenziale fondato sull'attività di ricerca avanzata, accademica e industriale – colloca luav in una posizione di primo piano nel panorama delle scuole di Architettura italiana. Il laboratorio è e sarà impegnato nelle seguenti attività: – alternanza scuola-lavoro con il Liceo Benedetti di Venezia, nel periodo settembre ottobre novembre 2019, per 20 ore per 30 studenti – alternanza scuola-lavoro con il Liceo Statale Giuseppe Berto di Mogliano (TV), nel periodo settembre ottobre novembre 2019, per 20 ore per 30 studenti – supporto alle attività per il tirocinio degli studenti: Lisa Manzin (150 ore, in corso), Francesco Valerio (300 ore, in corso), Giulio Dainese (300 ore, in corso) – collaborazione studentesca 150 ore con lo studente Lorenzo Tamperi. Supporto ai laureandi: Mattia Boscolo Zermelo, Claudia Bergamo – lezioni teorico/pratiche rivolte agli studenti iscritti ai corsi di laurea triennale e specialistica dell'Università luav.



Per quanto riguarda la ricerca, il LabSco sta sviluppando i seguenti temi: – *Nuovi standard nazionali ed europei per interventi di rinforzo strutturale con fibre naturali: elaborazione e validazione di prove sperimentali e modelli numerici.* Assegnista Claudia de Carvalho – *Materiali polimerici per il rinforzo e la riabilitazione di muratura storica e moderna.* Assegnista Francesca Sciarretta – *Comportamento meccanico nel medio e lungo periodo dei materiali strutturali. Il caso di elementi e strutture in FRP.* Dottoranda Ileana Ippolito – *Structural identification and material characterization of masonry arch bridges through monitoring techniques and advances structural modeling.* Dottoranda Anna Manzato – *Operational Modal Analysis of Historic Masonry Buildings using Mode Decomposition Technique.* Dottorando Jungtae Noh



5 Fase di installazione di sensori accelerometrici per il monitoraggio in continuo dinamico del macro-elemento tamburo-cupola della Chiesa di Santa Maria del Suffragio, colpita dal terremoto del 2009 a L'Aquila

6A|6B Monitoraggio in continuo statico e dinamico di Palazzo Ducale a Venezia
a) cablaggio per l'installazione in quota di sensori
b) installazione in parete dei sensori di spostamento per il controllo del quadro fessurativo

7 Identificazione dinamica e prove non distruttive del Ponte di Rialto a Venezia. Nel dettaglio, identificazione dinamica per la caratterizzazione della tensione dei tiranti

8 Identificazione dinamica della scala grande della Certosa di San Lorenzo di Padula a Salerno

9 Identificazione dinamica del campanile del Duomo di Mirandola (Modena) colpito dal terremoto del 2012

Il monitoraggio delle strutture

L'analisi degli edifici storici e monumentali presenta aspetti diversi a causa della complessità dell'edificio stesso e della mancanza di informazioni sullo stato di conservazione. Questo richiede specifiche conoscenze sulla storia evolutiva dell'edificio, le tecniche costruttive, le proprietà dei materiali, i sistemi e le procedure di monitoraggio e altro ancora. Il LabSco propone e raccoglie capacità conoscitive, interpretative e di analisi che potranno trovare all'interno delle aree della progettazione il naturale sbocco per gli aspetti di "conoscenza" e "terapia" che seguono logicamente e spontaneamente "anamnesi" e "diagnosi". Il LabSco interagisce con esperti di tecnologie dell'architettura, rilievo, scienza e tecnica delle costruzioni, pe-

trografia, geotecnica, fisica tecnica e restauro e offre un servizio di ricerca multidisciplinare per l'analisi dello stato di salute di strutture monumentali per mezzo di progetti integrati di analisi del manufatto e di controllo del comportamento *in situ*. A tal proposito diventa di fondamentale importanza il coinvolgimento e il supporto dei laboratori luav: oltre al LabSco, il Centro Interdipartimentale di Rilievo, Cartografia ed Elaborazione, il Laboratorio dei Materiali Antichi-LAMA, il Laboratorio di Fisica Tecnica-FisTec. Tra le varie attività, il LabSco è stato impegnato nel monitoraggio in continuo di alcune delle principali strutture colpite dal sisma a L'Aquila nel 2009 e in Emilia Romagna dopo i terremoti del 2012. In particolare, il LabSco è stato coinvolto istituzionalmente per

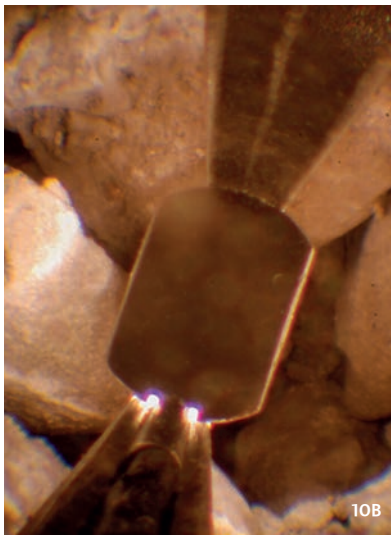


trografia, geotecnica, fisica tecnica e restauro e offre un servizio di ricerca multidisciplinare per l'analisi dello stato di salute di strutture monumentali per mezzo di progetti integrati di analisi del manufatto e di controllo del comportamento *in situ*. A Venezia il laboratorio è stato impegnato nello studio della meccanica e delle tecniche costruttive storiche attraverso l'indagine teorico-sperimentale sul comportamento meccanico dei paramenti lapideo-murari di Palazzo Ducale; nell'analisi del comportamento della struttura monumentale complessa Ponte di Rialto, attraverso lo studio della meccanica dei materiali, delle tecniche costruttive e delle interpretazioni tramite interazione fra modellazione, calcolo convenzionale e parametri meccanici sperimentali rilevati *in situ*. Recentemente il LabSco è stato impegnato nella valutazione della sicurezza

sismica di alcune strutture monumentali attraverso le ricerche luav condotte per il MiBACT sul Teatro di Adria e sui Musei Statali di Castel Sant'Elmo e della Certosa di Padula. A tal proposito sono state coinvolti i seguenti laboratori luav: oltre al LabSco, il Laboratorio di Fotogrammetria, il Laboratorio dei Materiali Antichi, il Laboratorio di Fisica Tecnica.

Nel percorso della conoscenza, la fase di indagine preliminare di tipo qualitativo, basata sulle prove non distruttive e parzialmente distruttive, permette di identificare le parti che costituiscono i sistemi strutturali e il loro stato di salute. Questo approccio è propedeutico, in quanto orienta la fase di indagine più invasiva condotta attraverso le prove distruttive. Nel dettaglio, le indagini endoscopiche





10A|10B Prove non distruttive, ispezione visiva attraverso endoscopia
a) verifica del distacco
b) immagine endoscopica

11 Prova con il georadar per verificare la presenza dei sottoservizi nel Ponte di Rialto, Venezia

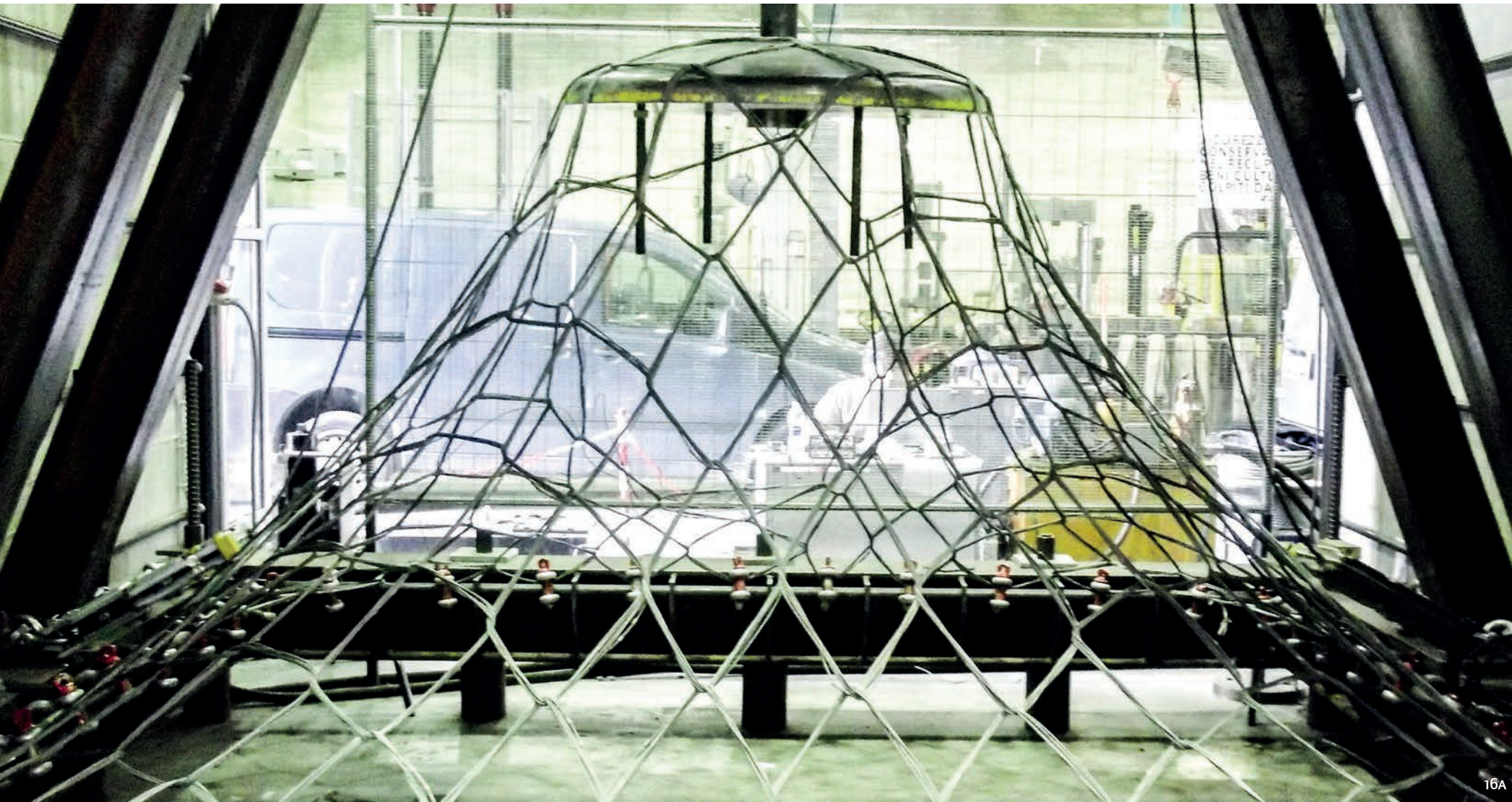
12A|12B Prova micro distruttiva per la caratterizzazione meccanica della muratura attraverso i martinetti piatti
a) chiesa di Santa Maria Paganica a L'Aquila
b) chiesa di San Pietro di Coppito a L'Aquila

13A|13B Identificazione dinamica del ponte delle carceri a Venezia, tesi di dottorato

14A|14B Identificazione del danno per mezzo di prove ultrasoniche delle statue di Adamo e Marte di Antonio Rizzo, Palazzo Ducale a Venezia

15 Prove soniche per la stima della profondità della fessura, monumento a Vittorio Emanuele II a Venezia

che condotte attraverso fotocamere e/o videocamere a elevata definizione permettono di completare il processo di ispezione visiva diretta, insieme al prelievo di campioni (carotaggio) e allo scasso parziale. Attraverso le indagini non invasive che studiano la risposta del materiale alla propagazione delle onde acustiche a varie frequenze (indagini soniche e ultrasoniche) ed elettro-magnetiche (radar, termografia e magnetometria) è possibile individuare le soluzioni di continuità, la presenza di anomalie e il degrado del materiale. Tra le prove parzialmente distruttive, i martinetti piatti sono l'unica tecnica che permette di ricavare dati quantitativi. Tra le diverse metodologie di indagine, le prove che permettono un controllo globale della struttura sono l'identificazione dinamica e le prove di carico.



16A|16B Prove per i sistemi paramassi
a) punching test
b) prova di lancio

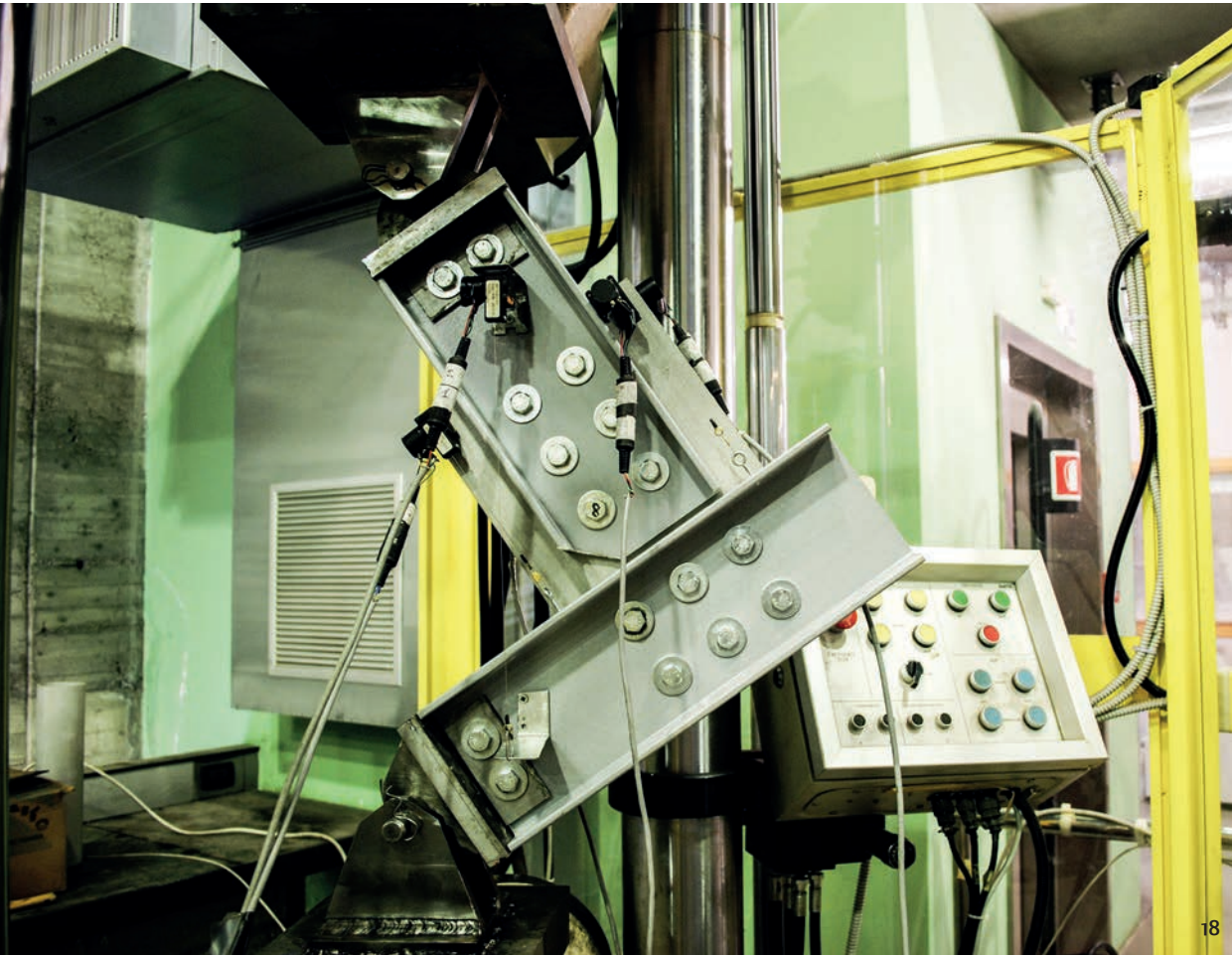
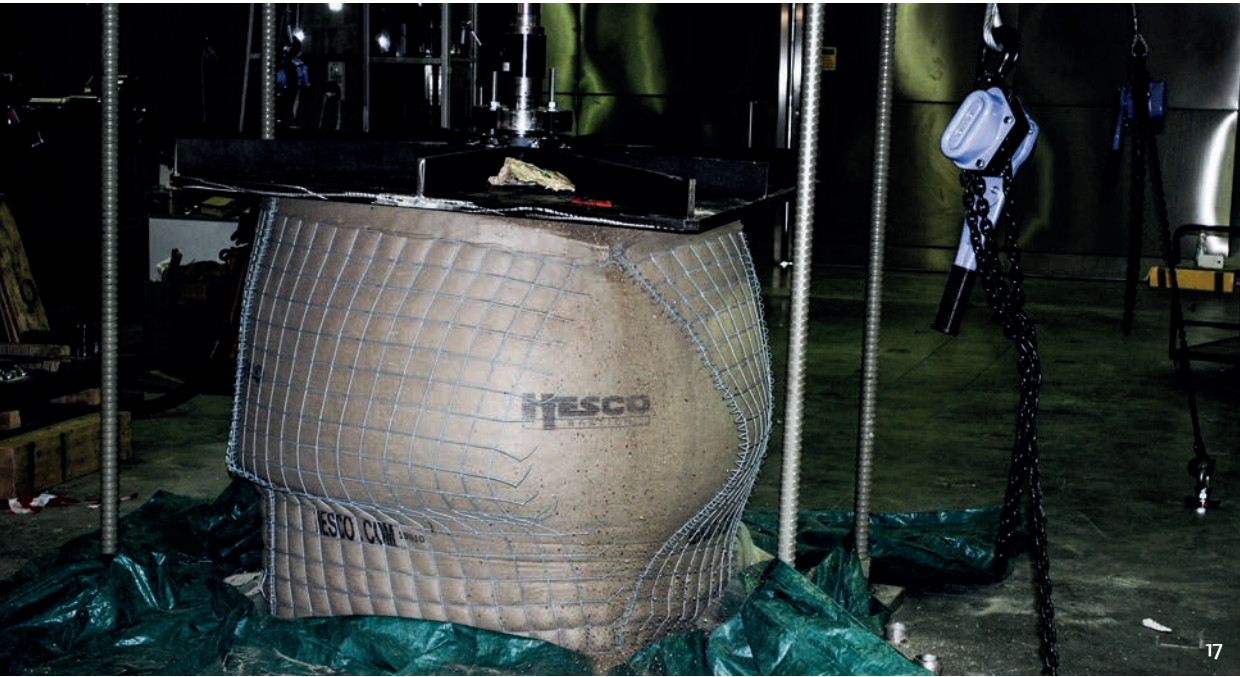
17 Prova di resistenza del sistema "defence cell"

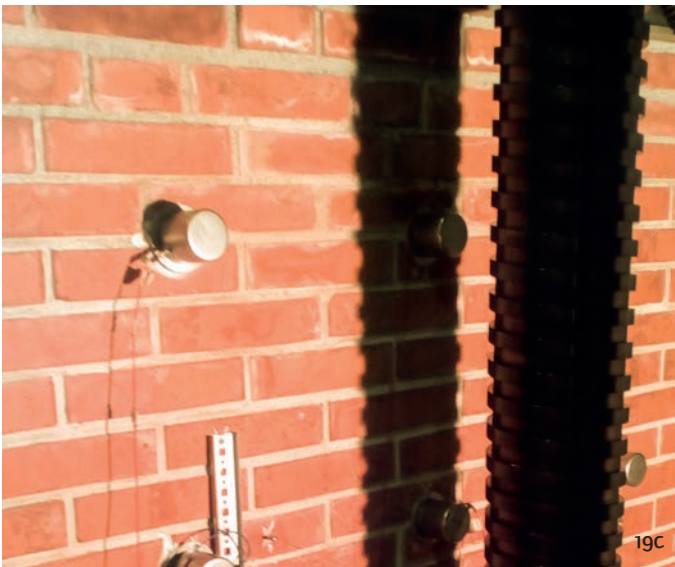
18 Valutazione della rigidità rotazionale di connessioni imbullonate e incollate di elementi GFRP pultrusi

Prove speciali

Il LabSCo, avvalendosi di personale specializzato e di tecniche e tecnologie di ultima generazione, svolge prove di caratterizzazione di elementi strutturali innovativi per i settori affini e non. La versatilità del LabSCo è dimostrata dalle seguenti attività:

– studio delle prestazioni delle reti paramassi attraverso le prove condotte in LabSCo che hanno permesso di definire le norme UNI 11437 (gennaio 2012) e ISO 17745 (maggio 2016) che regolano la certificazione di tale materiale;
– collaborazione con una ditta leader nel settore per definire le modalità di prova al fine di valutare la risposta dei moduli "defence cell" utilizzati dall'esercito americano per la realizzazione di sistemi mobili di difesa
– studio e stima della rigidità rotazionale di connessioni trave-colonna all-GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymers) incollati e imbullonati, attraverso un percorso di laurea e la collaborazione con la ditta leader in Italia.





19A|19B|19C. Prove su pannelli di muratura
a) caratterizzazione meccanica dei materiali costituenti
b-c) analisi prestazionale del pannello murario e identificazione del danno

20A|20B Prove di caratterizzazione del legno;
prove a flessione a tre punti di una trave in legno

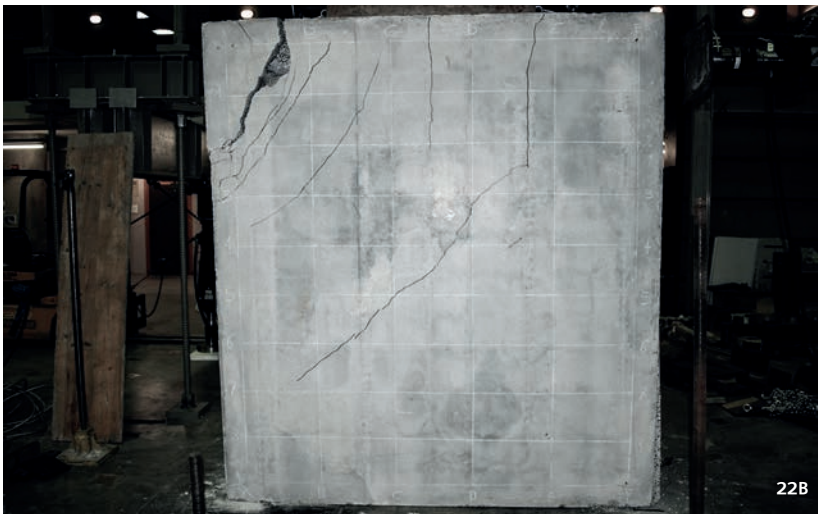
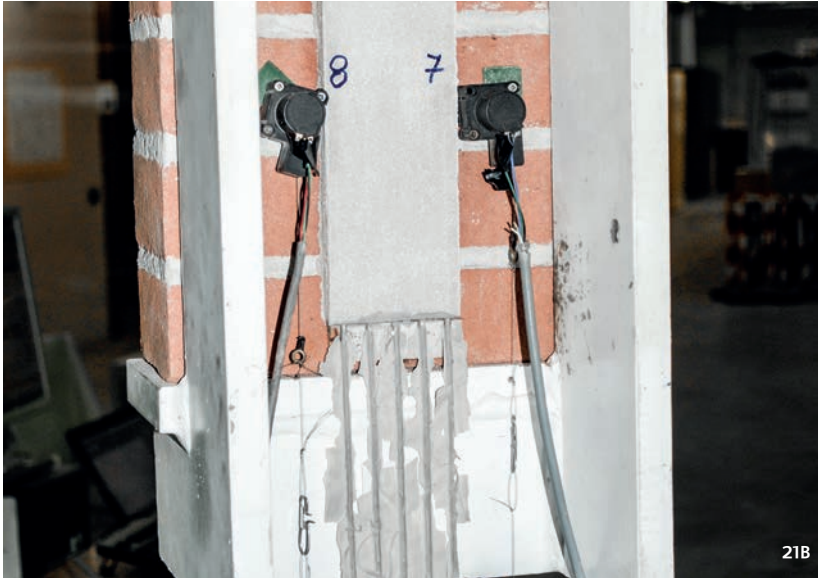
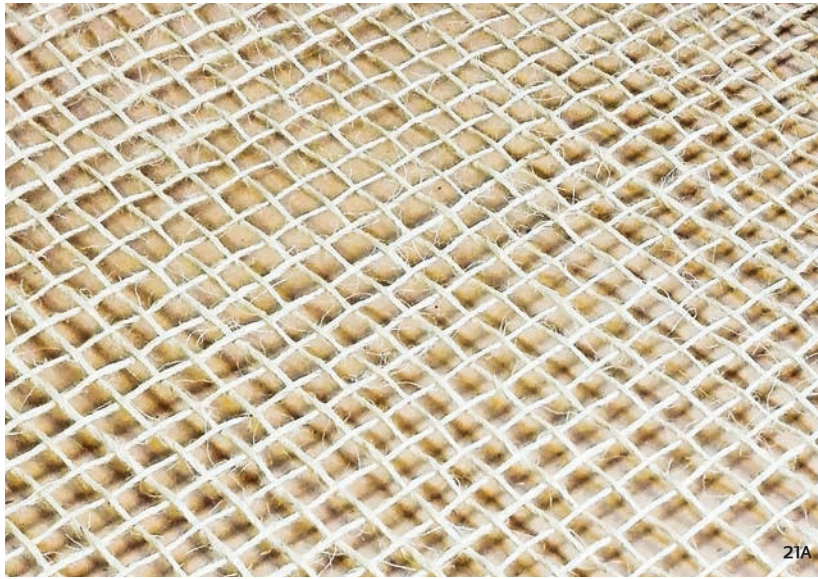
21A|21B Prove di adesione tra muratura e rinforzo in fibra naturale
a) realizzazione della rete di rinforzo in fibra naturale
b) setup di prova

22A|22B
a) caratterizzazione meccanica di campioni in calcestruzzo
b) analisi prestazionale di un pannello in CA soggetto all'azione combinata taglio-compressione

23A|23B|23C Materiale pultruso GFRP
a) caratterizzazione meccanica di provini
b-c) verifica della risposta all'instabilità locale e globale di colonne built-up

24A|24B Materiale in plastica riciclata
a) caratterizzazione del materiale
b) prova a flessione a tre punti di una trave armata

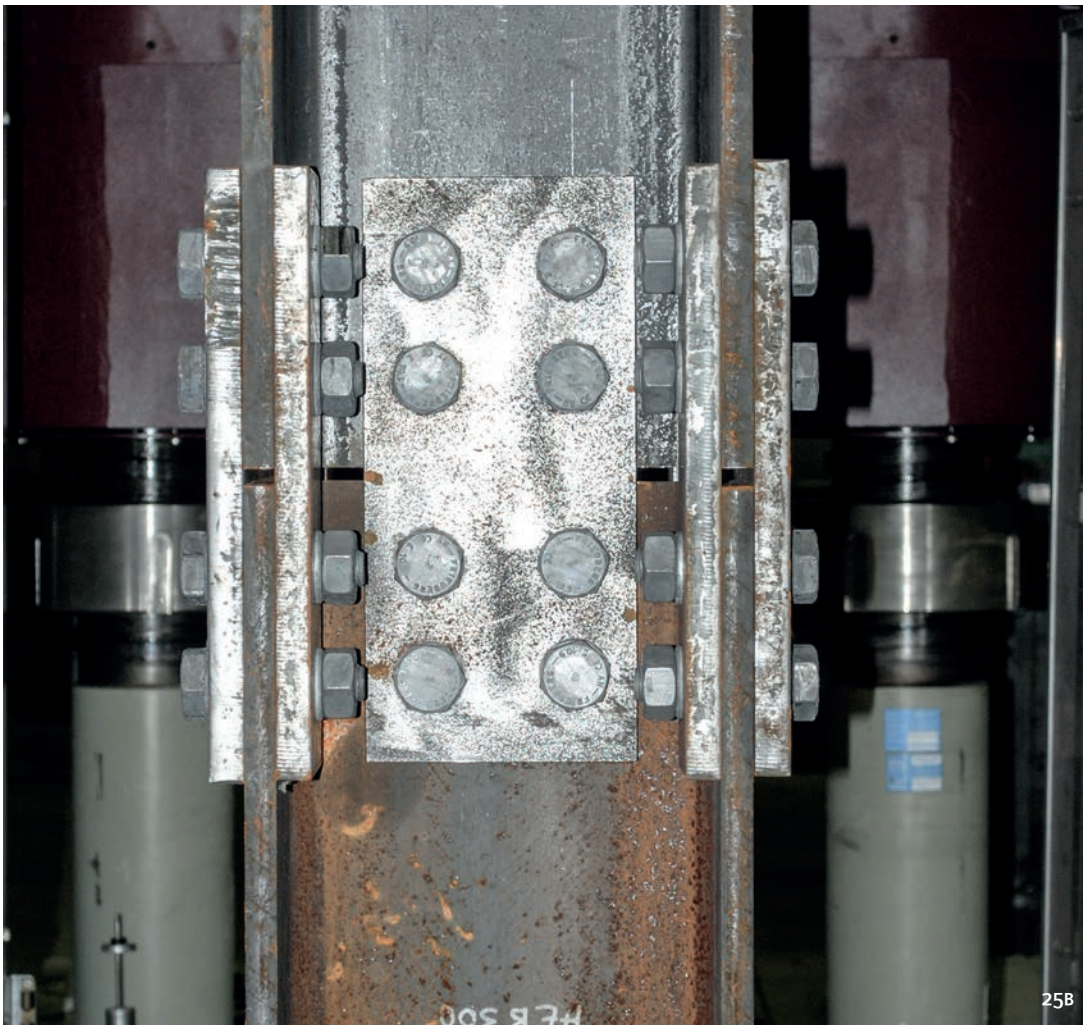
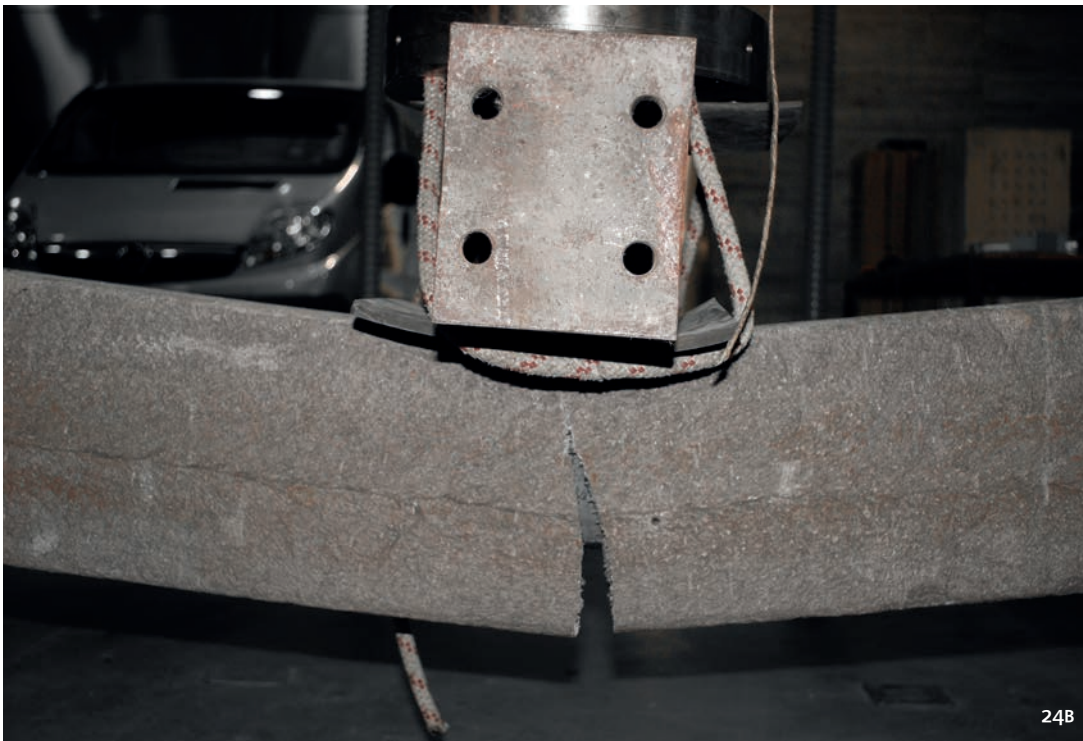
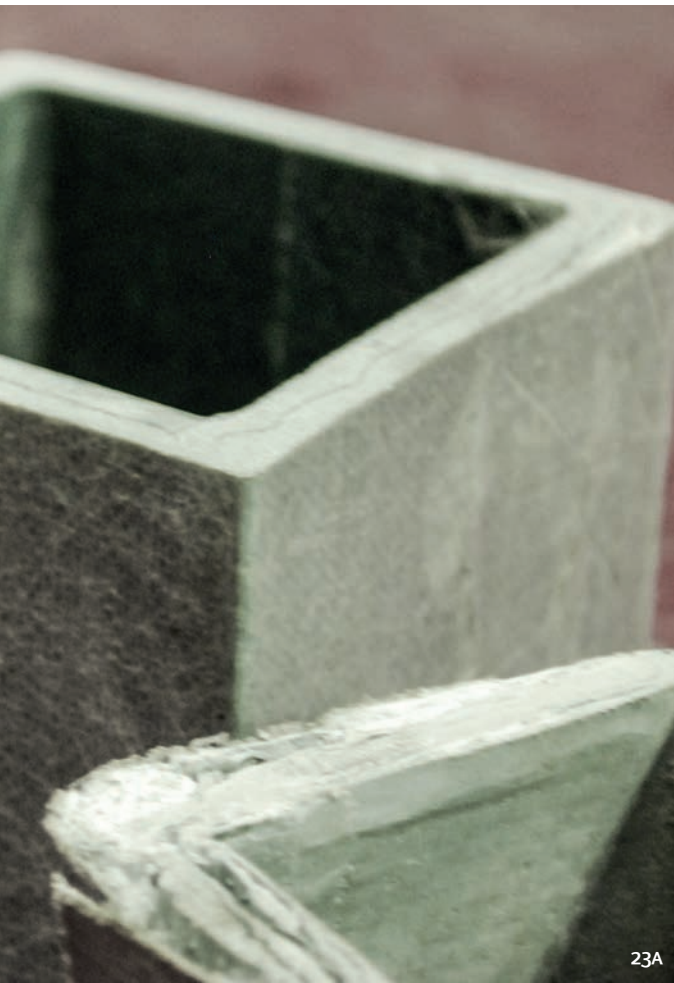
25A|25B Materiale acciaio
a) caratterizzazione del materiale
b) verifica di un giunto imbullonato



ratteristica principale la progettabilità; la possibilità di realizzare materiali con caratteristiche fisico-meccaniche diverse e complementari permette di soddisfare specifici requisiti, individuando determinati campi applicativi. Dal materiale di nuova generazione interamente progettato a monte è possibile generare tecnologie innovative orientate all'ottimizzazione dei processi di prefabbricazione. I materiali innovativi non sostituiscono quelli convenzionali, ma creano nuovi campi di utilizzo nel settore dell'architettura attraverso nuove concezioni strutturali.

In tal senso è necessario approfondire la conoscenza dei materiali innovativi e non, per capitalizzare le caratteristiche e definirne i campi di utilizzo nelle condizioni di esercizio e agli stati limite ultimi. La sperimentazione permette di definire i coefficienti di sicurezza adeguati che, nel caso dei materiali innovativi, sono solitamente restrittivi e quindi penalizzanti, in quanto non opportunamente calibrati da un'adeguata campagna sperimentale. La sperimentazione viene condotta a varie scale: dal campione del materiale per definire le proprietà fisico-meccaniche

che alle prove sull'elemento e sul sistema strutturale complesso per identificare le capacità prestazionali globali. Il percorso della conoscenza deve essere sviluppato sia attraverso l'approccio sperimentale che per mezzo della verifica numerico-analitica. La sperimentazione su materiali e strutture – rivolta allo sviluppo di conoscenze – permette di individuare tutti gli strumenti necessari a proporre approcci per i problemi inediti e complessi posti all'architetto.



26A|26B Adeguamento della macchina a fatica per la prova isoterma di rilassamento: prima (a) e dopo (b) l'adeguamento

27A|27B Adeguamento della macchina Universale (1200kN): prima (a) e dopo (b) l'adeguamento

28A|28B Sistema per la prova di corrosione sotto tensione in una soluzione di tiocianato
a) sistema di prova
b) sistema di controllo

Adeguamento, al passo con i tempi

Nel Decreto del 17 Gennaio 2018 viene pubblicato sul supplemento ordinario della GU l'Aggiornamento per le Norme Tecniche per le Costruzioni.

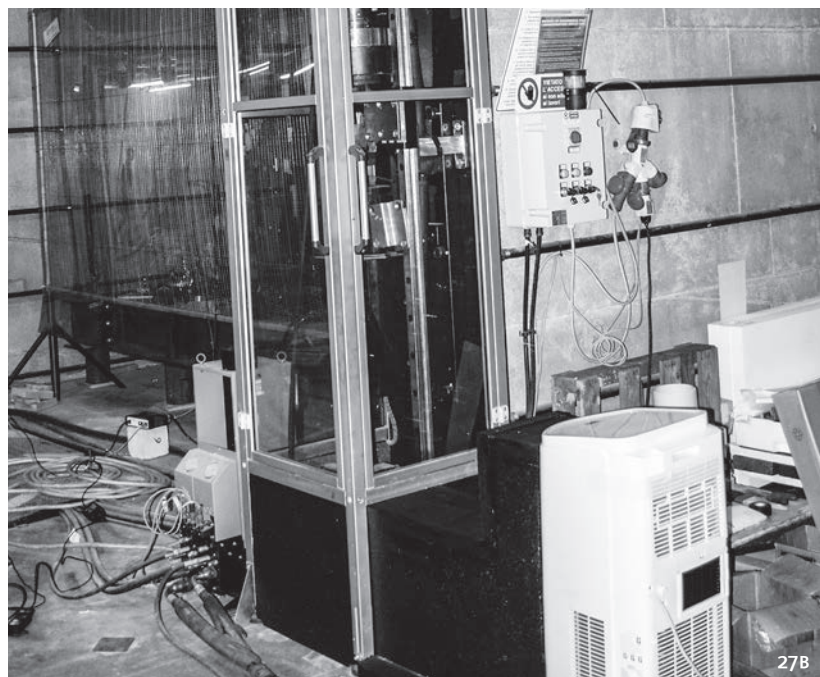
Rispetto alle prove richieste dal precedente DM 15 gennaio 2008 e in previsione dell'adeguamento alla marcatura europea secondo UNI EN ISO 15630:2010 il LabSCo, per garantire la continuità dell'attività a servizio della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, si è adeguato progettando autonomamente nuovi sistemi di prova per le verifiche di qualità negli stabilimenti di produzione di acciaio per calcestruzzo armato precompresso.

Descrizione

– Prova di trazione deviata
Consiste nel determinare il coefficiente di riduzione del carico massimo in tensione uniassiale dovuta a una deviazione di 20° attorno a un mandrino specificato.

– Prova isoterma di rilassamento
Consiste nella misurazione, a una determinata temperatura, delle variazioni del carico di un provino mantenuto a lunghezza costante a partire da un carico iniziale.

– Prova di corrosione sotto tensione
Determina la durata di vita a rottura di un provino tenuto sotto un carico di trazione costante e immerso in una soluzione di tiocianato a una determinata temperatura costante.



L'intrinseca bellezza della sperimentazione

Franco Laner

Considero una grande fortuna aver avuto durante la mia lunga carriera universitaria, accanto al privilegio dell'insegnamento, l'opportunità di poter sperimentare, ovvero sottoporre al giudizio di prova – generalmente a rottura – materiali, componenti e sistemi costruttivi.

L'insegnamento è già qualcosa di straordinariamente appagante, sicuramente fra i più bei mestieri. Se a ciò si aggiunge la possibilità di avere la disponibilità di un laboratorio prove, non c'è più spazio a qualsivoglia lamentela. Sperimentare non significa solo verificare le effettive qualità fisico-meccaniche di un materiale artificiale o naturale, non significa nemmeno trovare risposta alla bontà di una idea, di un brevetto o di una innovativa soluzione a problemi costruttivi. Significa soprattutto costruirsi una mentalità epistemologica, di inferenza non solo intellettuale e scientifica, bensì di vita, una speciale *weltanschauung*.

Ecco, in questa breve riflessione sulla mia attività di sperimentatore, che perdura da più di cinquant'anni, mi piacerebbe riuscire a spiegare che niente, come la sperimentazione, è capace di trovare armonia fra quegli estremi che Antonella Cecchi, nuova direttrice, ricorda nella presentazione del LabSCo dell'Iuav come importante obiettivo: ovvero saper pensare e saper fare (parafrasando Loos: un muratore che sapia il latino).

Ogni volta infatti, conclusa una prova, sia su un semplice provino, sia su di un complesso nodo strutturale, l'esito im-

pone ragionamento, riflessione.

Impone soprattutto il confronto con i risultati, sempre diversi, di prove simili, mai uguali per quanto ci si sforzi di essere ripetitivi. Ogni prova è infatti irripetibile, un *unicum*, sia perché l'intima struttura di un provino (per quanto si cerchi l'omogeneità), non è mai la stessa, sia perché le condizioni al contorno sono variabili – si pensi solo, nel caso del legno, alle condizioni di umidità e temperatura dell'ambiente che influenzano le caratteristiche del legno – sia ancora perché l'operatore è talvolta distratto e la lettura del valore segnato dalla lancetta, ferma, del quadrante del manometro delle macchine è diversamente letta dagli operatori (errori di parallasse) e nemmeno le macchine di prova sono perfette e soprattutto costanti.

Al dato sperimentale succede dunque l'atto interpretativo, la sottigliezza del ragionamento esplicativo, il confronto teorico. È questo il momento in cui scatta spesso l'ammissione di impotenza, di rinuncia.

Nemmeno l'iterazione dell'esperimento porta alla soluzione e ci si deve accontentare dell'elaborazione statistica dei dati e dar fiducia al risultato, pur privo di spiegazione appagante. Generalmente il mero dato statistico è giudicato semplicistico. Invece ho imparato ad assegnare al dato sperimentale iterato una grande importanza, anche quando non venga esplicitato un modello comportamentale. Mi spiego meglio.

I metodi statistici quantificano i fenomeni, senza però spiegarli. La formulazione di un modello comportamentale, l'algoritmo *in primis*, che negli ultimi decenni si è imposto nella scienza delle

costruzioni ha indubbiamente maggior carattere esplicativo e quindi applicativo.

La seduzione dell'innegabile bellezza dello strumento matematico, portato alle estreme conseguenze, sembra assai più ricco di inferenze conoscitive dell'impostazione probabilistica, più debole, appunto, sul piano euristico.

Di contro, lo strumento statistico, che si nutre di dati, tanti dati, pur privo di spiegazione, è l'atto osservativo primigenio di qual si voglia spiegazione e ingenera quell'atteggiamento probabilistico che connota l'essenza della moderna impostazione della scienza. Al determinismo, animato dalla fiducia dell'assoluta e possibile comprensione dei fenomeni – la verità – si sostituisce la consapevolezza che sia possibile la sempre maggior riduzione dell'aleatorietà, ma non l'assoluta perimetrazione di un fenomeno.

Anche il miglior modello esplicativo può essere inficiato da un casuale granello di polvere che ne fa inceppare i pur sofisticatissimi meccanismi relazionali.

Contemplare l'irruzione del caso – grande romanziere, come ci ricorda J. Monod ne *Il caso e la necessità* (Jacques Monod, *Il caso e la necessità*, in «Oscar classici moderni», 6ª ed., Milano, Mondadori 2001), – significa mettere in crisi la presunzione di possedere la verità assoluta e ciò vale non solo per la spiegazione dei fenomeni naturali, ma è una constatazione facilmente trasferibile alle nostre umane vicende. La probabilistica induce all'umiltà scientifica e la sua fedele e indispensabile ancella, la statistica, sostiene con iterata perseveranza questa constatazione.

I tanti anni di frequentazione del Laboratorio prove dell'Iuav e soprattutto quello attrezzatissimo dell'RDB, maggior azienda nazionale di produzione di laterizi ed elementi strutturali di c.a. ad armatura lenta e precompressa, mi hanno progressivamente convinto come i fenomeni fisico-meccanici irridano tutti i nostri tentativi predittivi sugli esiti di una prova. I modelli, intelligenti e sofisticati, che abbiamo a disposizione, sono ancora lontani dalla certezza sull'esito finale e dobbiamo accontentarci dell'approssimazione.

La mentalità probabilistica prende dunque il posto del determinismo a partire dagli anni '70 e i protagonisti di questo formidabile cambio di paradigma, in campo nazionale ed europeo, sono stati proprio due direttori del LabSCo dell'Iuav: il prof. ing. Franco Levi e il prof. ing. Giorgio Macchi. Scrivo con orgoglio il titolo di professore, perché entrambi questi scienziati hanno insegnato non solo la scienza delle costruzioni a generazioni di architetti veneziani, ma hanno fatto ricerca e sperimentazione con contributi essenziali, sia sul piano epistemologico, come sulla quantificazione – probabilistica – della sicurezza, sia pratico, in particolare per le strutture precomprese (Levi) e delle murature (Macchi) e soprattutto normativo.

Chi ha avuto la fortuna – come il sottoscritto – di far parte di quell'avventura ha «dovuto» infatti confrontarsi con le Commissioni ministeriali per le normative. Ad esempio nel 1987 vide la luce il primo DM sulle murature, ispirato e sostenuto da prove sperimentali eseguite sia a Venezia, sia a Pontenure (in pratica il laboratorio RDB era una succursale del LabSCo, con macchine da

noi tarate e usate).

L'impegno statistico era determinante, sia sul piano teorico (formidabile il contributo di Ezio Leporati dell'Ateneo torinese), sia sperimentale. Un paragrafo del citato decreto poneva un limite alla qualità della produzione: se il coefficiente di dispersione (rapporto fra scarto quadratico medio e resistenza media) fosse risultato maggiore di 0,2 la produzione di quegli elementi laterizi non poteva essere impiegata ai fini strutturali, né si poteva calcolare. Allora scrissi appunto un volumetto, *Il limite della dispersione* (Franco Laner, *Il limite della dispersione*, Angeli, Milano, 1993) frutto di quell'esperienza di sperimentatore che ha segnato, come accennato, non solo la carriera universitaria, ma quella visione del mondo (*weltanschauung*) che ha i suoi cardini nella probabilistica che induce all'umiltà non solo scientifica, ma soprattutto umana, dove la presunzione non dovrebbe trovare eccessivo spazio.

Il carattere distintivo del nostro Laboratorio riguarda la capacità fattiva dei tecnici, che nel corso degli anni si sono trasmessi conoscenze e competenze, nonché l'attenzione, quasi ossessiva, alla sicurezza degli stessi.

Un'altra importante questione è per me legata alla sperimentazione nel LabSCo. Delle circa trecento tesi di laurea, formidabile fonte di conoscenza e approfondimento, anche per il relatore, almeno il 40% sono state tesi sperimentali. Ecco, spesso – ed è giusto che così sia – si guarda ai risultati economici della gestione del LabSCo. Opportunamente la nuova direttrice richiama la funzione di ricerca e di didattica di questa struttura dell'Iuav.