

IL LABORATORIO DI “STRUTTURE” del Centro di ricerca L.E.D.A.

L'insieme delle attrezzature presenti nel Laboratorio di Strutture del centro di ricerca L.E.D.A., consente una efficace cooperazione fra professori, allievi e tecnici, con la possibilità di sviluppare nuovi studi e ricerche finalizzati alla preparazione di tesi di laurea, tesi di Master e tesi di dottorato, nonché alla stesura di pubblicazioni scientifiche, anche in collaborazione con altre Università ed Enti di Ricerca Italiani e Stranieri.

Oltre alle attività interne all'Università, considerata l'elevata sismicità che caratterizza la nostra area, gli studi che si svolgono presso il Laboratorio di Strutture possono fornire un significativo apporto allo sviluppo scientifico della nostra nazione nel campo della mitigazione del rischio sismico. È infatti noto che, uno dei problemi fondamentali per la mitigazione del rischio sismico riguarda la ricerca delle condizioni di rischio e degli interventi finalizzati a minimizzarne l'impatto, come ad esempio la costruzione di nuovi edifici con criteri antisismici e la riduzione della vulnerabilità sismica di edifici esistenti. Questa ricerca ha permesso nel tempo una notevole evoluzione dei criteri di progettazione e di costruzione dei manufatti. Tuttavia, il vero “collaudo” della bontà dei nuovi metodi di calcolo numerico e di realizzazione si ha solo in presenza di un terremoto. Poiché, non è possibile attendere eventi sismici reali per avere una più chiara comprensione dei comportamenti strutturali in presenza di un sisma, diventa fondamentale effettuare simulazioni e ottenere risposte attraverso la sperimentazione di modelli appropriati anche in grande scala.

In tale contesto, la presenza del Laboratorio di Strutture del centro di ricerca L.E.D.A., diventa un elemento strategico di straordinaria importanza in quanto, grazie alle strumentazioni di alto livello tecnologico di cui è dotato, renderà possibile comprendere i fenomeni legati alla risposta delle strutture ai terremoti.

Il Laboratorio di Strutture è diviso nelle tre sezioni presentate a seguire.

La Sezione “Componenti e strutture in scala reale”

La sezione più importante del Laboratorio di Strutture del Centro LEDA è la sezione “Componenti e strutture in scala reale” grazie alla presenza di una imponente infrastruttura di ricerca, che consiste in un sistema di contrasto *Strong Floor – Reaction Wall*, dotato di una serie di attuatori servo-idraulici completi dell'unità di potenza idraulica e del sistema di controllo.

Il muro di reazione si configura come il secondo muro più alto d'Europa ed il sesto al mondo. Le scelte del sistema costruttivo e dello schema funzionale della struttura di contrasto sono scaturite dall'analisi critica di laboratori simili esistenti. In particolare, il laboratorio ELSA (*European Laboratory for Structural Assessment*) del JRC (*Joint Research Centre*), uno dei più importanti laboratori al mondo dotati di grandi strutture di reazione per test pseudo-dinamici, è stato considerato come punto di riferimento nella fase di progettazione del sistema di contrasto del centro L.E.D.A.

Il muro e la piastra di reazione potranno essere utilizzati per condurre prove statiche, pseudo-dinamiche nonché avanzate prove ibride con gli obiettivi di seguito elencati.

VERIFICA DELLA RISPOSTA A SOLLECITAZIONI SISMICHE DI STRUTTURE IN SCALA REALE

<p>Possano essere condotti degli studi teorico-sperimentali al fine di validare avanzati metodi di progettazione di strutture e infrastrutture anche per validare nuovi codici normativi in materia di sicurezza sismica.</p> <p>È possibile eseguire la verifica della vulnerabilità sismica di strutture esistenti e le verifiche sperimentali di tecniche di rinforzo tradizionali e innovative su edifici esistenti ed edifici appartenenti al patrimonio storico-monumentale.</p> <p>È inoltre possibile eseguire verifiche sperimentali su componenti strutturali, come ad esempio pile da ponti, pareti appartenenti a centrali nucleari, silos contenente sostanze pericolose, etc.</p>	<p>PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI SET-UP SPERIMENTALE AD-HOC</p>
---	--

VERIFICA SPERIMENTALE DI SISTEMI DI PROTEZIONE SISMICA	
<p>Il sistema di contrasto è stato progettato per accogliere una macchina per eseguire test di qualifica, secondo le vigenti normative nazionali e internazionali su sistemi di protezione sismica realizzati mediante la tecnica dell'isolamento alla base e della dissipazione energetica.</p> <p>Sarà inoltre possibile verificare sperimentalmente l'efficacia degli isolatori e dei dissipatori eseguendo delle prove su strutture e infrastrutture in scala reale dotati dei dispositivi di protezione sismica qualificati singolarmente.</p>	<p>Progettazione e realizzazione di set-up sperimentale ad-hoc</p>

MONITORAGGIO STRUTTURALE	
<p>È possibile eseguire prove di analisi modale sperimentale quale strumento di valutazione del comportamento reale di una struttura in opera con l'obiettivo di progettare un adeguato programma di monitoraggio sismico. In generale il tema del monitoraggio risulta ad oggi un argomento di grande rilevanza e attualità principalmente nell'ambito della sicurezza di opere strategiche anche al fine di potere programmare in maniera ottimale gli interventi di manutenzione e ristrutturazione delle stesse.</p>	<p>Progettazione e realizzazione di set-up sperimentale ad-hoc</p>

Per mostrare le potenzialità del Laboratorio, nella figura che segue si mostra, nel contesto reale del Laboratorio, il fotoinserimento di un setup sperimentale simulato costituito da una struttura intelaiata in calcestruzzo armato e dalle apparecchiature di prova per la verifica della risposta dell'edificio alle sollecitazioni sismiche.



Fotoinserimento (a cura dell'Arch. G. Muzzicato) di una prova sperimentale per mostrare le potenzialità del sistema di contrasto del Laboratorio Strutture del Centro LEDA

La Sezione "Materiali"

Le attrezzature disponibili nella Sezione "Materiali" del Laboratorio, offrono elevate potenzialità nel settore della sperimentazione per la qualificazione dei materiali da costruzione, rendendo possibile analizzare tutte le fasi del loro processo produttivo, dalla progettazione alle prove preliminari da eseguire anche presso gli stabilimenti di produzione. Nella Sezione "Materiali" sarà inoltre possibile svolgere prove su materiali innovativi, utilizzando oltre alle attrezzature sopra elencate, anche un attuatore Rexroth da 2000 kN servo-idraulico operante sia a controllo di forza che a controllo di spostamento.

Si descrivono di seguito le prove che possono essere eseguite distinguendole per i vari ambiti di applicazione.

PROVE SUI CALCESTRUZZI ORDINARI	
Resistenza a compressione su provini cubici e cilindrici.	UNI EN 12390-3:2009
Resistenza a compressione su campioni ottenuti dalla prova di flessione.	UNI 6134:1972
Resistenza a trazione su provini prismatici e cilindrici.	UNI EN 12390-6:2010
Resistenza a flessione su travetti di dimensioni normalizzate.	UNI EN 12390-5:2009
Massa volumica su carote o cubetti di calcestruzzo indurito.	UNI EN 12390-7:2009
Stagionatura di provini in camera climatizzata ad umidità e temperatura costante.	UNI EN 12390-2:2009
Modulo elastico secante a compressione del calcestruzzo.	UNI 6556:1976
Determinazione dell'assorbimento di acqua per capillarità.	UNI 9526:1989
Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione.	UNI EN 12390-8:2009
Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo.	UNI EN 8148:2008
Gelività su cubetti, carote e prismi di calcestruzzo con cicli di 24h ciascuno.	UNI 7087:2002
Analisi chimica-pH, presenza di cloruri o solfati.	UNI EN 1744:2010
Taglio e preparazione in laboratorio dei provini di calcestruzzo da sottoporre a prova.	UNI EN 12390-1:2002
Capping o rettifica meccanica di carote e cubetti.	UNI EN 12390-3:2003

Verifica delle tolleranze di carote o cubetti, da sottoporre a prove, compresa l'eventuale rapporto di non conformità.	UNI EN 12390-1:2002
--	---------------------

PROVE SUI CALCESTRUZZI FRESCHI	
Prova di abbassamento al cono (<i>Slump test</i>). Verifica della consistenza e del grado di lavorabilità del calcestruzzo fresco.	UNI EN12350-2:2009
Contenuto d'aria del calcestruzzo fresco.	UNI EN12350-6:2009
Confezionamento di calcestruzzo fresco in cubiere, cilindri o travetti.	UNI EN12390-2:2009

PROVE SUI CEMENTI, MALTE, GESSI E CALCI IDRAULICHE	
Tempo di inizio e fine presa di cementi, gessi e calci idrauliche.	UNI EN196-3:2009
Prova di stabilità con "apparecchiatura Le Chatelier" di cementi e calci idrauliche.	UNI EN196-3:2009
Resistenza alla compressione di provini di cementi, malte, gessi e calci idrauliche per ogni grado di stagionatura, comprensiva del confezionamento e della stagionatura.	UNI EN196-1:2005
Consistenza tramite tavole a scosse di cementi e malte.	UNI 7044-1972
Stagionatura di provini di cementi e malte in camera climatizzata ad umidità e temperatura costante.	UNI EN196-1:2005
Confezionamento di campioni di cementi, malte, gessi e calci idrauliche per prove meccaniche.	UNI EN196-1:2005
Confezionamento di campioni di cementi, malte, gessi e calci idrauliche per prova di stabilità o consistenza o tempi di presa.	UNI EN196-3:2009
Taglio e preparazione dei provini di cementi, malte, gessi e calci idrauliche.	UNI EN196-/31:2005

PROVE SUGLI ACCIAI	
Prova di trazione con determinazione dei parametri caratteristici di snervamento, rottura, allungamento.	UNI EN ISO 6892-1:2009; D.M. 14.01.2008
Prova di piegamento e raddrizzamento.	UNI EN ISO 7438:2005; D.M. 14.01.2008
Indice di aderenza su tondi a.m.: Rilievo geometrico dei marchi.	CNR - UNI 10020:1971; D.M. 14.01.2008
Prova di aderenza su tondi a.m.: <i>Beam-test</i> .	CNR - UNI 10020:1971; D.M. 14.01.2008
Taglio e preparazione della barra di acciaio, in tondo ad a.m. o liscio, da sottoporre a prove di laboratorio.	UNI EN 10002 -1:2004; UNI EN ISO 7438:2005; D.M. 14.01.2008
Determinazione del peso a metro dell'acciaio.	UNI EN ISO 6892-1:2009; D.M. 14.01.2008

PROVE SUGLI ACCIAI ARMONICI (FILI O TRECCE IN ROTOLI, BARRE IN FASCE)	
Trazione con estensimetro per la determinazione dei seguenti parametri: tensione di rottura, allungamento.	UNI EN ISO 15630-3:2004; D.M. 14.01.2008
Trazione su acciai armonici con estensimetro per la determinazione dei seguenti parametri: limite allo 0,1% e limite allo 0,2% nonché all'1% della deformazione totale.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Peso a metro di acciai armonici.	D.M. 14.01.2008
Diagrammi sforzi/deformazione su acciai armonici.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Modulo elastico su acciai armonici.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Trazione su acciai armonici senza estensimetro per la determinazione della tensione di rottura.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Piegamento alternato, su acciai armonici, per fili con diametro ≤ 8 mm.	UNI 5294:1978; D.M. 14.01.2008

Piegamento a 180° o barre con diametro ≥ 8 mm, di acciai armonici.	UNI 5294:1978; D.M. 14.01.2008
Preparazione del campione di acciaio armonico da sottoporsi a prova di laboratorio.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008

PROVE SU TREFOLI E FUNI	
Trazione con estensimetro per la determinazione dei seguenti parametri: limite allo 0,1% e limite allo 0,2%, nonché della tensione di rottura e dell'allungamento.	UNI EN ISO 15630-3:2010
Modulo elastico; tensione all'1% della deformazione totale; diagrammi sforzi/deformazione.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Peso a metro di trefoli e funi.	D.M. 14.01.2008
Trazione senza estensimetro per la determinazione della tensione di rottura.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008
Preparazione del campione di trefoli e funi da sottoporre a prove.	UNI EN ISO 15630-3:2010; D.M. 14.01.2008

PROVE SU RETI E TRALICCI ELETTRISALDATI	
Prova di trazione su provetta comprendente almeno due nodi, per la determinazione della tensione di snervamento, rottura, dell'allungamento A_{gt} e dei diagrammi sforzi/deformazione.	UNI EN ISO 6892-1:2009; D.M. 14.01.2008
Rapporto fra i diametri dell'ordito e resistenza al distacco, offerta dalla saldatura del nodo di reti o tralicci elettrosaldati.	D.M. 14.01.2008
Caratteristiche geometriche e determinazione del peso dell'elemento di reti o tralicci elettrosaldati.	
Preparazione del campione da sottoporre a prova.	

PROVE SU RETE ORDINARIA DI ACCIAIO	
Resistenza a trazione e diagrammi sforzi/deformazione.	UNI EN ISO 6892 -1:2009; D.M. 14.01.2008
Determinazione delle caratteristiche geometriche e del peso dell'elemento.	
Distacco al nodo su rete ordinaria di acciaio.	UNI EN ISO 6892 -1:2009; D.M. 14.01.2008
Preparazione del campione da sottoporre a prova.	

PROVE SU LAMIERE	
Prova di trazione con determinazione di snervamento, rottura e allungamento e dei diagrammi sforzi/deformazione.	UNI EN ISO 6892 -1:2009; D.M. 14.01.2008
Prova di piega di lamiera.	UNI EN ISO 7438:2005; D.M. 14.01.2008
Prova di resilienza su lamiera a temperatura ambiente.	UNI EN 10045:1992; D.M. 14.01.2008
Caratteristiche geometriche del campione e determinazione dello spessore del campione di lamiera.	D.M. 14.01.2008
Taglio e preparazione del campione per la prova di trazione.	UNI EN ISO 6892 -1:2009; D.M. 14.01.2008
Taglio e preparazione del campione per la prova di piega.	UNI EN ISO 7438:2005; D.M. 14.01.2008
Taglio e preparazione del campione per prova di resilienza comprensivo dell'intaglio a freddo mediante brocciatrice.	UNI EN ISO 148-1:2001; D.M. 14.01.2008

PROVE SU ELEMENTI STRUTTURALI	
Con l'attuatore Rexroth da 2000 kN è possibile eseguire prove su elementi strutturali in grande scala con l'obiettivo di verificare: nuove tecnologie costruttive (ad esempio nuovi sistemi di nodi di collegamento); materiali innovativi per nuove costruzioni (ad esempio travi in calcestruzzo	PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI SET-UP SPERIMENTALE AD-HOC

fibrorinforzato); materiali innovativi per il rinforzo di edifici esistenti (ad esempio colonne in muratura rinforzati con FRP); le caratteristiche fisico meccaniche di edifici esistenti (ad esempio prove su elementi di parete estratte da edifici esistenti), etc. È inoltre possibile eseguire verifiche conto terzi nel settore industriale (ad esempio prove su elementi di travi prefabbricate in scala reale).

Nella figura che segue si mostra, a titolo di esempio, per l'attuatore Rexroth da 2000 kN servo-idraulico, il *set-up* di prova installato al fine di verificare l'efficacia di interventi di rinforzo con materiali innovativi su elementi in calcestruzzo esistenti e lo scatto fotografico di una colonna in muratura a fine prova testata al fine di verificare l'efficacia di un rinforzo innovativo.



La Sezione "Prove in-situ"

Questa sezione del Laboratorio si occupa della pianificazione ed esecuzione di indagini *in-situ* distruttive e non distruttive su materiali e strutture. È possibile operare nell'ambito di strutture e infrastrutture esistenti, eseguendo le indagini diagnostiche necessarie ad una corretta caratterizzazione geometrica e meccanica dei manufatti, al fine di individuare tutti quei parametri essenziali alla valutazione della loro sicurezza. È anche possibile operare nell'ambito delle nuove edificazioni, eseguendo, ad esempio, tutte le operazioni di qualifica di centrali di betonaggio, i controlli di accettazione in cantiere, e tutte le indagini e i controlli strutturali per il collaudo statico di manufatti appena costruiti.

Tra le prove che è possibile eseguire utilizzando le attrezzature disponibili nella Sezione "Prove *in-situ*" si citano quelle si seguito riportate.

PRELIEVI E PROVE IN SITU SULLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO E MURATURA (L.1086/71 – D.M. 14/01/2008)

Estrazione di carota o microcarota da strutture in calcestruzzo o muratura, da eseguirsi con carotatrice a corona diamantata.

UNI 12390-1:2002
D.M.14/01/08

Determinazione <i>in situ</i> della profondità di carbonatazione su strutture in c.a. da eseguirsi secondo UNI 9944 (fenolftaleina).	UNI 9944:1992
Estrazione di barre di armatura da sottoporre a prove di trazione. Sono compresi nel prelievo il ripristino delle aree di indagine con malta espansiva e la sostituzione della barra estratta.	UNI EN ISO 6892:2009
Indagine magnetometrica con pacometro per la misura dello spessore del copriferro in strutture in c.a. e la verifica della posizione e delle dimensioni dei ferri di armatura superficiali.	BS 1881-204:1988
Prova sclerometrica, compresa la preparazione della superficie da indagare nella prova.	UNI 12504-2:2009 D.M.14/01/08
Determinazione con ultrasuoni della velocità di propagazione in elementi strutturali, compresa la preparazione della superficie da indagare.	UNI 12504-4:2001 D.M.14/01/08
Misura di potenziale (determinazione dello stato di corrosione dell'acciaio) Half - Cell eseguita con rilevatore multicelle.	ASTM C876:1999
Determinazione della forza di estrazione "Pull-Out" per la misura della resistenza a compressione del cls, comprese le operazioni di preparazione della prova ed il ripristino dei punti di indagine con malta espansiva.	UNI 12504-3:2005 - D.M. 14/01/2008
Prova "Pull-Off" per la misurazione dell'aderenza per trazione diretta, compresa la preparazione della superficie da indagare ed il ripristino delle aree di indagine con idoneo materiale.	UNI 1542:2000 - D.M. 14/01/2008
Prova con martinetto piatto singolo, finalizzata alla valutazione dei carichi effettivamente gravanti sul paramento murario (stato tensionale) preso in esame. Sono previste le misure nelle reali condizioni di normale esercizio del manufatto.	ASTM C1196:1991
Prova con doppio martinetto piatto, finalizzata alla valutazione delle caratteristiche di deformabilità del paramento murario preso in esame. Da eseguirsi successivamente alla prova con martinetto piatto singolo.	ASTM C1197:1992

PROVE DI CARICO STATICHE

Prova di carico su solaio, trave, sbalzi, etc. mediante l'applicazione di carico uniformemente distribuito o concentrato da realizzare con idonea zavorra.	D.M.14/01/08
Elaborazione dei dati che derivano dalle prove di carico e interpretazione dei risultati.	D.M.14/01/08

ULTERIORI INDAGINI DI ISPEZIONE

Esecuzione di indagine georadar lungo percorsi longitudinali o con acquisizioni a maglia prestabilita, con assetto di investigazione di tipo monostatico o con antenna ad alta frequenza singola o multipla, con l'utilizzo di frequenze e tempi di campionamento idonei a raggiungere la migliore definizione e profondità in relazione agli obiettivi da indagare.	ASTM D6432-99 (2005)
Elaborazione dei dati che derivano da indagini georadar mediante software adeguati, compreso il trasferimento, l'interpretazione e la restituzione degli stessi su apposite planimetrie su supporto cartaceo e/o digitale.	
Esame endoscopico (con endoscopio rigido o flessibile) su strutture in calcestruzzo o muratura per la verifica dello stato e della consistenza dei materiali al fine di individuare la presenza di cavità e/o anomalie e di ricostruire la stratigrafia dei paramenti murari. Inclusive nella prova sono la certificazione finale e la documentazione fotografica.	
Prove di detensionamento sul filo del trefolo per la valutazione della tensione di precompressione agente nei trefoli di armatura da precompressione.	

A titolo di esempio, si riportano nella figura che segue, alcune fasi di indagini *in-situ* non distruttive e distruttive.

