



A CINQUE ANNI DAL **SISMA**

Per ricordare il terribile dramma provocato dal terremoto che, esattamente cinque anni fa, devastò la provincia aquilana – ma soprattutto per sottolineare il grande coraggio che le popolazioni colpite dal sisma hanno dimostrato, tenendo sempre viva la forza della speranza – abbiamo voluto incentrare questo numero speciale di *Edilnews.it* sulle attività svolte dal Cerfis, il *CEntro di Ricerca e Formazione in Ingegneria Sismica*, istituito dall'Università dell'Aquila e dal sistema paritetico del settore edile (Cnce, Formedil e Cncpt); anche per testimoniare il nostro impegno nell'attività di ricostruzione e monitoraggio del territorio e la nostra vicinanza

concreta a coloro che hanno vissuto i tragici eventi di quei giorni. Inoltre abbiamo voluto girare un breve video – *L'Aquila 5 anni dopo: 6 aprile 2009/6 aprile 2014* – che ci accompagnasse, attraverso una sorta di viaggio fotografico, all'interno di una profonda ferita che rimarrà per sempre impressa dentro di noi e nella nostra memoria.



Per guardare il video sull'Aquila a 5 anni dal sisma, fotografa con il tuo Smartphone il **QR Code**

SOMMARIO

EDITORIALE

Il Cerfis: CEntro di Ricerca e Formazione in Ingegneria Sismica 3

PRIMO PIANO

Tavola Vibrante 5
Ricerca e obiettivi di primo orientamento... 8

APPROFONDIMENTO

Le attività del Cerfis..... 9

INDAGINI

Tre studi architettonici..... 11

MONITORAGGIO

Basilica di Collemaggio..... 14

ANALISI

Due casi di analisi strutturale..... 16

FORMAZIONE

I corsi del Cerfis..... 18

IL CERFIS: CENTRO DI RICERCA E FORMAZIONE IN INGEGNERIA SISMICA

di **Dante Galeota**
Direttore Cerfis



Il Cerfis è il *CEntro di Ricerca e Formazione in Ingegneria Sismica*, istituito dall'Università dell'Aquila e dal sistema paritetico del settore edile (Cnce, Formedil e Cncpt), a seguito dei catastrofici eventi tellurici dell'aprile 2009, con lo scopo di dare sicuro seguito all'esperienza storica nel settore dell'ingegneria sismica ed alle attività del Disat (Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno dell'Università degli Studi dell'Aquila) e, al contempo, di conservare il patrimonio di esperienze maturate attraverso le diverse strutture dell'Università dell'Aquila agenti sul territorio, (Cse, Uois, etc..) e per promuovere un'azione di lungo respiro – sia dal punto di vista della formazione che della ricerca – nel settore dell'ingegneria sismica. In seguito al terremoto dell'aprile 2009, l'edificio che ospita l'ateneo dell'Aquila ha subito ingenti danni in tutti i suoi stabili – resi comple-

tamente inagibili dal sisma – tant'è che abbiamo temuto che rischiasse il collasso. Fortunatamente così non è stato e – nonostante la drammaticità della situazione e le molte difficoltà di una città che si è completamente trasformata, polarizzandosi in prossimità dei centri commerciali di periferia – il numero degli studenti iscritti all'università ha ripreso costantemente ad aumentare nel corso del tempo.

La Facoltà di ingegneria, anche grazie al Cerfis, ha dato l'opportunità a molti studenti di effettuare tesi di laurea e di dottorato, conferendo diversi assegni di ricerca a neolaureati. Il successo ottenuto dall'ateneo è dovuto anche grazie all'impegno del sistema bilaterale delle costruzioni che ha contribuito, in maniera determinante, alla creazione del Cerfis; il quale – tra le altre attività – si è occupato innanzitutto della caratterizzazione geologica e geotecnica del centro storico dell'Aquila. Quando si parla della situazione geologica del

centro urbano, si fa riferimento alla "conca dell'Aquila"; infatti la città si trova in una depressione naturale del substrato geologico che, nel corso dei millenni, è stata riempita progressivamente dai detriti prodotti dall'erosione del Gran Sasso e ci sono state due formazioni lacustri molto grandi.

Nel sottosuolo della città abbiamo trovato delle formazioni complesse – dette "brecce aquilane" – derivanti dall'erosione del Gran Sasso, ma anche delle inserzioni molto importanti di limi riconducibili alla presenza delle formazioni lacustri. Mentre nel centro della città vi sono diverse zone che poggiano sul banco delle brecce aquilane, molto consolidate ed affidabili da un punto di vista sismico; invece in periferia, ad esempio in prossimità del fiume Aterno, ci troviamo in presenza di formazioni limose, che sono sismicamente molto meno affidabili. Infatti è in questa zona periferica che, in seguito al terremoto, abbiamo registrato il



maggior numero di vittime (circa 200); proprio dove è collassata la Casa dello Studente. Operando su due direttrici (Nord/Sud – Est/Ovest) il Cerfis ha potuto caratterizzare, in maniera credibile, il sottosuolo del centro storico aquilano.

Questa operazione è stata recepita integralmente da parte dell'ultimo piano di ricostruzione elaborato dal Comune dell'Aquila, il quale fa continuamente menzione all'indagine

Inoltre il Cerfis si è fatto promotore di un corso di 400 ore, sui materiali e l'edilizia innovativa, che ci ha permesso di addestrare maestranze e tecnici in merito all'utilizzo delle nuove tecnologie ed, in particolar modo, degli Frp che – in seguito al terremoto – hanno avuto uno sviluppo enorme, specialmente nella città dell'Aquila, in cui oggi si realizzano molteplici interventi tramite fasciature in fibra di carbonio, vetro, acciaio



svolta dal Cerfis e rimanda al nostro sito web tutti i progettisti e i tecnici che intendano avere ulteriori informazioni su come operare in maniera corretta.

Nell'ambito di questa operazione di caratterizzazione geologica e geotecnica, abbiamo fatto un'indagine profonda in corrispondenza della piazza principale dell'Aquila (davanti all'ufficio postale) con un sondaggio di 300 metri di profondità, che ci ha permesso di raggiungere il substrato geologico; ovvero quella parte di crosta terrestre che ha generato il sisma del 6 aprile 2009. Un'altra operazione svolta dal Cerfis ha riguardato il monitoraggio della Basilica di Collemaggio, le cui alte pareti in muratura vengono controllate tramite un'apposita strumentazione di accelerometri e fessurimetri che ci permettono di monitorizzarne quotidianamente lo stato di salute.

e basalto (particolarmente gradite alle sovrintendenze per gli edifici storici). Il corso, che ha riscosso grande soddisfazione da parte dei partecipanti, è stato realizzato anche con il contributo di numerose aziende multinazionali e ci ha permesso di effettuare diverse sperimentazioni in loco.

Un'altra importante iniziativa condotta dal Cerfis è stata il master in miglioramento, restauro e consolidamento del costruito storico e monumentale – in collaborazione con l'Università di Perugia – che si è svolto in 600 ore di lezione, metà delle quali si sono tenute nel capoluogo umbro e l'altra metà in quello abruzzese. Si è trattato di un'occasione unica, sia a livello nazionale che internazionale, per poter sperimentare – direttamente nelle zone colpite dal sisma – le migliori tecniche per effettuare un recupero rispettoso del

patrimonio storico. Inoltre, il Cerfis si sta dotando di un laboratorio di ingegneria sismica che potrà contare sulla realizzazione di una tavola vibrante: un'apparecchiatura in grado di riprodurre e simulare qualsiasi tipo di sisma (in Italia solo altri quattro laboratori ne sono dotati) che verrà realizzata grazie al finanziamento stanziato dalla Fondazione Carispaq (Cassa di Risparmio dell'Aquila) e verrà ospitata in uno stabile che costruiremo con i finanziamenti a disposizione del Cerfis.

Questa tavola sarà costituita da una piattaforma di 4 metri x 4 metri e verrà collocata in una vasca isolata in cemento armato: dovrà necessariamente trattarsi di una struttura di contenimento molto robusta, in grado di sopportare l'autentico terremoto prodotto dal movimento della tavola vibrante. In fine, il Cerfis ha dato un grande contributo tecnico e scientifico per i progetti di recupero dei principali edifici e delle strutture più rappresentative della città dell'Aquila che sono state danneggiate dal sisma; come – ad esempio – la stessa sede della Facoltà di Ingegneria (per la quale abbiamo prospettato soluzioni di antiribaltamento per le tamponature che prevedono l'impiego di fasciature in fibra organica di lino ed acciaio ad alta resistenza e un sistema di dissipatori in grado di mitigare ulteriori, eventuali, scosse); la scuola Edmondo De Amicis, risalente al '400; il Palazzo Margherita che ospitava il Consiglio Comunale; il Ponte di Sant'Apollonia, costruito alla fine dell'800 e il Ponte di Belvedere.

CERFIS
CENTRO RICERCA E FORMAZIONE INGEGNERIA SISMICA
UNIVERSITÀ DELL'AQUILA ED ENTI PARITETICI EDILI



Per vedere l'intervista sul **nostro canale Youtube**, fotografa con il tuo Smartphone il **QR Code**

TAVOLA VIBRANTE

UN LABORATORIO DI **INGEGNERIA SISMICA** A MONTELUCCO DI ROIO



di Donato di Ludovico, Francesco Benedettini, Dante Galeota

Uno tra i progetti di maggiore rilevanza ed interesse - realizzato mediante un accordo tra Università (Cerfis, Diceaa), Fondazione Casse di Risparmio e sistema bilaterale del settore edile (Cnce, Formedil e Cncpt) - ha riguardato la realizzazione di un'importante infrastruttura di ricerca che si concretizzerà con la realizzazione di un nuovo laboratorio interamente dedicato alle tematiche tipiche dell'Ingegneria Sismica, della geologia e della geotecnica. Una scelta dettata non solo dall'importanza strategica che essa riveste per un'istituzione universitaria come quella dell'Aquila (che ha nei corsi di ingegneria il punto di forza più rappresentativo nel circuito scientifico nazionale ed estero) ma anche dall'opportunità di fornire alla didattica uno strumento che contri-

buisca a rendere più immediata la comprensione dei concetti di dinamica delle strutture che si potrebbero comprendere grazie allo studio teorico o alla simulazione basata su software complessi.

Il laboratorio, la cui realizzazione è finanziata dal Cerfis, sarà localizzato a Montelucchio di Roio, all'interno del campus universitario, luogo da sempre simbolo della Scuola di Ingegneria.

Il criterio determinante per la scelta del sito, si è basato sulla connessione con le strutture dedicate alle attività didattiche dei corsi di Ingegneria: ciò consentirà agli studenti di osservare le prove sui prototipi realizzati e di far parte dei gruppi che svolgeranno prove di comportamento sismico.

In tal modo l'azione sinergica di ri-

cerca multi-disciplinare incentrata sui vari problemi che verranno individuati, diventerà preponderante.

La sua struttura avrà una forma a parallelepipedo, per consentire di lavorare in sicurezza e semplificare le future attività. Le facciate saranno rivestite con pannelli compositi prodotti con un sistema in continuo, la cui colorazione consentirà un impatto minimo sul paesaggio circostante. Il sito è stato accuratamente studiato dai ricercatori del Diceaa per le sue caratteristiche di trasmissibilità delle onde sismiche, in modo da caratterizzare con cura l'interazione della nuova infrastruttura di ricerca con l'ambiente. Il laboratorio disporrà anche di una tavola vibrante all'avanguardia per la simulazione dei terremoti.

UN SIMULATORE SISMICO

PROGETTO DEL CERFIS-DICEAA-UNIVERSITÀ DELL'AQUILA, DI UNA TAVOLA VIBRANTE A 6 GRADI DI LIBERTÀ DA REALIZZARE NEL SITO DI MONTELUOCO DI ROIO

di **Francesco Benedettini**
Responsabile del progetto;
Dante Galeota
Direttore del Cerfis

L'elemento di punta per le attività di ricerca, sviluppo e promozione territoriale del nuovo laboratorio di Ingegneria Sismica a Montelucio di Roio sarà costituito da una tavola vibrante a 6 g.d.l. (gradi di libertà) di 4x4 metri e 150 Kn di payload.

Un simulatore sismico che permetterà la realizzazione di modelli (anche a scala 1:1) di elementi strutturali tipici dell'Ingegneria Civile ed Industriale, su cui verrà consentita l'effettuazione di test dinamici sotto severe - ed estremamente realistiche - condizioni sismiche, sottoponendoli alle stesse accelerazioni che si verificano durante un terremoto, con picchi di accelerazione che potranno arrivare anche ad 1g (ovvero ad accelerazioni di intensità pari a quella gravitazionale).

Per questo scopo verrà realizzata una piattaforma di prova di 4x4 metri, il cui moto sarà controllato da una potente centrale idraulica che ne permetterà lo scuotimento con moti perfettamente analoghi a quelli del suolo in caso di terremoto e la cui intensità simulata potrà essere anche molto maggiore di quella misurata durante le scosse del 2009 all'Aquila.

Questo significa che gli elementi in prova potranno essere sottoposti a terremoti artificiali, analoghi a quelli veri; e questo riguarderà sia particolari costruttivi tipici di edifici, sia gli elementi non strutturali la cui risposta al sisma hanno fortissimamente condizionato l'agibilità di molti edifici.

Il laboratorio, realizzato con il contributo del sistema paritetico del settore edile, sarà uno dei pochissimi esistenti in Italia ed avrà un impianto di prova di ultimissima generazione. La realizzazione di una simile infrastruttura permetterà la crescita di una "coscienza sismica" del terri-

torio e darà la possibilità ai giovani ricercatori di portare avanti i loro studi.

I tipi di test che vi potranno essere effettuati, saranno orientati alla soluzione dei problemi tipici delle strutture che si presentano in caso di terremoto: la capacità di una struttura di resistere ad un evento sismico è, infatti, condizionata da un numero rilevante di fattori differenti, legati alla risposta sismica di ciascun elemento o sottostruttura che compone l'organismo resistente.

Anche il collasso precoce di uno solo di questi elementi interagenti, può condizionare negativamente la risposta dell'intera struttura.

In ogni edificio è necessario il controllo della risposta locale di ogni singola sottostruttura componente, così come della buona interconnessione tra elementi contigui; che non dovranno risultare semplicemente giustapposti ma funzionalmente fusi, proprio per garantire quell'auspicato





comportamento globale uniforme. Anche strutture ritenute più idonee per una corretta risposta al sisma (come le intelaiate in calcestruzzo, acciaio o legno) sono fortemente condizionate, come noto, dal comportamento locale nei nodi o nelle giunzioni in generale.

È facile, per queste ragioni, intuire come l'industria delle costruzioni potrà giovare in primo luogo dell'incremento conoscitivo conseguito nel settore, in seguito alle ricerche scientifiche orientate alla soluzione di questi importantissimi temi e – in secondo luogo – della possibilità fornita dalla sperimentazione a scala reale di soluzioni tradizionali e/o innovative riguardanti presidi antisismici di differente natura.

Dunque il laboratorio, grazie alla tavola vibrante, avvicinerà l'Università dell'Aquila al mondo dell'industria e della produzione attraverso la progettazione e realizzazione di studi che affrontano necessità di carattere tecnologico, la proposta di nuovi materiali e sistemi costruttivi, con l'obiettivo non secondario di fornire all'industria e all'edilizia solide basi scientifiche per la loro produzione e la loro economia.

Appare evidente che le potenzialità della nuova infrastruttura saranno elevatissime e permetteranno il progresso sia della conoscenza sia delle tecnologie tipiche dei sistemi produttivi e delle imprese.

La gara per la fornitura dell'apparecchiatura di ricerca è stata effettuata

e vinta dalla società Bosch-Rexroth che ha già avviato la produzione del sistema ed, in particolare, ha già realizzato la centrale idraulica per il controllo e la movimentazione degli attuatori che muoveranno il piano di 4x4 metri, gravato dal peso dei modelli che potranno avere fino ad un peso di 150 Kn.

Quello che fino a pochi anni fa era solo un sogno sta diventando una realtà che molto presto vedrà la luce e darà un nuovo impulso alle attività di ricercatori, tecnici ed utenti in generale che potranno usufruire delle sue enormi possibilità.

Molti passi avanti potranno essere fatti dai nostri gruppi di ricerca e principalmente dai nostri giovani ricercatori nel momento in cui L'Aquila sarà, nei nostri auspici, grazie a questa nuova infrastruttura, uno dei poli di eccellenza di una rete di laboratori italiani finalizzati ad attività di Ingegneria Sismica.

La comunità scientifica internazionale delinea infatti sempre più, ricerche coordinate e mirate a scala nazionale e sovra-nazionale, indicandole come quelle a più alto rendimento scientifico-tecnologico; inoltre individua nella ricerca sperimentale su modelli di grande scala (o addirittura in scala reale), una delle vie più fruttuose che, accanto alla simulazione numerica di supporto, permetterà l'innalzamento culturale, scientifico e tecnologico del nostro Paese.



RICERCA E OBIETTIVI DI PRIMO ORIENTAMENTO



In accordo con lo Statuto di Ateneo – e sentito il parere favorevole del Disat e di numerose altre strutture dell'Università – il Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno dell'Università degli Studi dell'Aquila ritiene di poter individuare nel Centro di Ricerca, oggetto della proposta, la sede adeguata per lo sviluppo di un progetto pluriennale, che si pone come obiettivi di primo orientamento: lo sviluppo di nuove competenze e la collaborazione tra quelle esistenti; la formazione e la crescita professionale di risorse umane; l'apertura di collaborazioni a livello nazionale e internazionale; lo sviluppo di rapporti di cooperazione con la realtà territoriale; la nascita e la cura di rapporti di collaborazione con le piccole e medie imprese; lo sviluppo e la proposta di progetti di interesse nazionale e sovranazionale; la gestione delle esigenze tecniche nel medio e lungo periodo; la diffusione della cultura scientifica nei settori della ricerca; lo sviluppo di proposte didattiche e formative; la formazione professionale degli addetti delle costruzioni, anche attraverso il coin-

volgimento degli enti paritetici del settore.

Il Cerfis si occupa dell'ideazione, promozione, e sviluppo di Programmi di Ricerca di interesse regionale, nazionale e internazionale sui temi dell'ingegneria sismica, con particolare riguardo ai settori di caratterizzazione dell'azione sismica e valutazione del rischio sismico; caratterizzazione geotecnica del terreno e zonizzazione sismica; valutazioni del rischio sismico; sviluppo di soluzioni strutturali e architettoniche di edilizia antisismica; metodi per la valutazione dell'affidabilità strutturale in zona sismica; metodi per la dinamica strutturale in zona sismica; valutazione dell'adeguatezza sismica di strutture esistenti; modellazione e analisi di materiali innovativi per la sperimentazione edilizia; sviluppo

di soluzioni tecniche per la prefabbricazione edilizia; sviluppo di soluzioni tecniche tradizionali e innovative per il miglioramento e l'adeguamento sismico; sviluppo di soluzioni tecniche e di metodi progettuali per l'impiego di tecniche di protezione sismica; rilevamento del danno e monitoraggio strutturale; identificazione parametrica e aggiornamento di modelli numerici di strutture; realizzazione di soluzioni informatizzate per il monitoraggio remoto, a medio e a lungo termine. Fra questi temi di carattere generale, nell'ingegneria sismica, vengono approfondite alcune aree in cui esistono larghe competenze presenti nell'Università dell'Aquila; che – attraverso l'azione del centro – potranno trovare maggiore spinta per puntare al raggiungimento di risultati di eccellenza nella ricerca.

RICERCA E OBIETTIVI



Studio di
fattibilità



Rapporti di
ricerca



Programma
pluriennale
di attuazione

LE ATTIVITÀ DEL CERFIS



Una delle prime attività che il Cerfis ha messo in campo è stata quella della caratterizzazione geologica e geotecnica del centro storico della città dell'Aquila. In particolare è stata eseguita tutta una serie di rilievi profondi che – in qualche caso – sono arrivati alla profondità di 300 metri, ovvero in prossimità del substrato geologico posto sotto la città; e si è indagato secondo due allineamenti molto importanti disposti a croce: quello dalla Villa Comunale verso la Fontana Luminosa e quello di S. Bernardino verso Palazzo Margherita. Questo studio ha consentito di caratterizzare – dal punto di vista geologico e geotecnico – il sottosuolo della città dell'Aquila, permettendo di affermare che sotto di essa si estende un banco di breccie consolidate, dallo spessore variabile tra i 70 e i 100 metri: una condizione, questa, abbastanza buona dal punto di vista sismico.

Tuttavia la situazione cambia man mano che ci spostiamo verso i bordi di questo zoccolo di breccie compatte, ossia verso il fiume Aterno: qui, infatti, si trovano con più facilità inserzioni di limi e depositi alluvionali e, non a caso, si sono verificati anche danneggiamenti molto forti sulle costruzioni. Uno dei sondaggi eseguiti fino alla profondità di 300 metri è stato condotto proprio al centro della città, in Piazza Duomo, davanti al Palazzo delle Poste. Nel caso delle indagini sui terreni condotte nei pressi di Palazzo Campioneschi, la caratterizzazione del sottosuolo si è spinta fino alla profondità di 80 metri: qui le indagini hanno riguardato il rilievo delle velocità di trasmissione delle onde di taglio con la profondità, ed i diagrammi ottenuti hanno consentito di poter caratterizzare quel terreno come buono dal punto di vista sismico. Altre attività messe in campo grazie al Cerfis ri-

guardano il gruppo di monitoraggio strutturale coordinato dal Professor Gattulli, che sta seguendo il monitoraggio di strutture molto importanti come, ad esempio, la Basilica di Collemaggio. In questo caso, attraverso le misure di accelerazioni e di evoluzione dell'apertura delle lesioni, numerose strutture di interesse storico e monumentale sono tenute sotto continuo controllo attraverso un monitoraggio costante. Un'ulteriore iniziativa portata avanti dal Cerfis è stata quella del Corso sui Materiali e sull'Edilizia Innovativa; il quale – in particolare – ha riguardato l'impiego di tutte le più nuove tecnologie oggi diffusamente utilizzate per gli interventi nel post-terremoto, includendo l'impiego dei tessuti in fibra di carbonio, di vetro, di basalto e così via. Grazie al Cerfis è stato, inoltre, possibile realizzare il Master in Miglioramento Sismico, Restauro e Consolidamento del Costruito Storico e

Monumentale. Si tratta di un master interateneo, organizzato insieme all'Università di Perugia, oggi al suo secondo anno: nella sua prima edizione ha riscosso un buon successo e attualmente ne abbiamo avviato la seconda edizione. Sempre grazie al Cerfis stiamo portando avanti la realizzazione di una tavola vibrante per la sperimentazione di modelli di ingegneria sismica, la quale costituisce un'attrezzatura molto sofisticata, dotata di sei gradi di libertà e di notevoli dimensioni (4metri x 4metri in pianta). Questa tavola vibrante sarà presto realizzata presso la ex Facoltà di Ingegneria a Roio, all'interno di un nuovo edificio che sarà costruito anche grazie all'intervento della Cnce e del Cerfis. Si tratta, in questo caso, della quinta tavola vibrante disponibile in Italia, e di una tra le più grandi per dimensioni. È certamente un grosso salto di qualità per il nostro Ateneo e va, inoltre, segnalato l'interesse che essa potrà riscuotere da parte dell'industria edilizia, rendendo possibile – ad esempio – la sperimentazione di soluzioni e sistemi antiribaltamento di partizioni e murature. Il gruppo Cerfis ha, inoltre, operato nel recupero degli edifici della ex Facoltà di Ingegneria; in particolare dell'edificio A (quello della Presidenza), fortemente danneggiato dal sisma del 2009. Le tecnologie messe in campo durante gli interventi di riparazione hanno riguardato sia l'uso di tessuti organici (come nel caso delle fibre in lino), che inorganici (come nel caso dei teli in fili di acciaio ad alta resistenza); oltre che l'impiego di particolari sistemi antiribaltamento per le tramezzature interne e l'introduzione di elementi dissipativi per limitare gli effetti del terremoto nel caso di nuovi scuotimenti sismici. Altri interventi del Cerfis hanno riguardato edifici storici come Palazzo Margherita (sede del Consiglio Comunale dell'Aquila) per cui è stato sviluppato un progetto di recupero e di miglioramento sismico che ha previsto l'uso di numerose tecniche innovative (uso di basalto, di acciaio ad altissima resistenza, ecc.). In particolare, tutti gli interventi messi in campo sono stati pensati



per favorire un comportamento scottolare dell'edificio, dal momento che i danni del terremoto hanno messo in evidenza lo scollamento dei solai dalle pareti perimetrali e la mancanza di ammortamento tra muri ortogonali. La muratura è stata quindi migliorata attraverso la placcatura con reti di basalto e, per la messa in sicurezza della torre civica, si è invece ricorsi alla tecnica del Reticulatus; oltre che a particolari interventi in fondazione. Oltre che di edifici, il Cerfis si è interessato anche di altre importanti tipologie di strutture, includendo – ad esempio – due ponti strategici per la città. In particolare, il Ponte di Santa Apollonia rappresenta il caso di un ponte in muratura del 1860 che, pur non avendo sofferto grossi danni per effetto del sisma, è stato comunque oggetto di attenzione da parte del Comune per l'esigenza di essere portato a ponte di 1° categoria, in modo tale da poter sostenere il traffico pesante che inizierà con la grande ricostruzione della città. Questa possibilità è stata quindi inquadrata attraverso studi ed indagini anche molto sofisticate e condotte, per l'appunto, dal Cerfis. Il Ponte di Belvedere rappresenta, invece, il caso di una struttura strategica realizzata in calcestruzzo armato e per la quale sono state avanzate proposte che, tuttavia, non hanno ancora visto la luce. Tornan-

do agli edifici, si segnalano – inoltre – degli interventi progettati dal Cerfis per l'edificio storico dell'ex facoltà di ingegneria a Roio, costruito negli anni '30 e realizzato con un sistema misto, costituito da una struttura intelaiata di calcestruzzo armato e da una tamponatura perimetrale realizzata in muratura di pietrame. Gli interventi, in questo caso, prevedono l'isolamento alla base dell'edificio a mezzo di isolatori elastomerici. Per la sua storia, l'edificio riveste particolare importanza e l'Università coltiva la speranza che possa presto tornare ad accogliere i Dipartimenti dell'ex facoltà di ingegneria. Uno studio molto importante, che si sta conducendo attraverso il Cerfis, riguarda la caratterizzazione delle murature aquilane. Tale studio prevede l'identificazione delle varie tipologie murarie (sulla base della loro diffusione sul territorio) e la loro successiva caratterizzazione meccanica. La valutazione delle prestazioni meccaniche delle murature è – quindi – estesa sia al caso di azioni ortogonali al piano delle murature, che complanari ad esse.



Per scaricare la brochure del CERFIS fotografa con il tuo Smartphone il QR Code

TRE STUDI ARCHITETTONICI



IL CERFIS HA SVOLTO UN' **APPROFONDIRITA RICERCA STORICA** SULL'EVOLUZIONE ARCHITETTONICA E STRUTTURALE DI TRE EDIFICI MONUMENTALI: LA SEDE CENTRALE DELLA **CARISPAQ**, **PALAZZO CARLI** E **PALAZZO CAMPONESCHI**.

SEDE CENTRALE DELLA CARISPAQ (Cassa di Risparmio della Provincia dell'Aquila)

L'edificio oggetto di analisi è ubicato nel centro dell'Aquila, con ingresso principale in Corso Vittorio Emanuele II, n.48, ed è sede principale della Cassa di Risparmio della Provincia dell'Aquila (Carispaq), essendovi ospitati – in particolare – gli uffici della Direzione Generale. L'edificio, di proprietà della Carispaq, è ospitato all'interno di un isolato di forma rettangolare in pianta, dotato di corte interna, oggi parzialmente coperta. L'isolato affaccia rispettivamente su Corso Vittorio Emanuele II, Via Tre Marie (fronte Sud), Via Patini (fronte Ovest), Via Sallustio (fronte Nord). La proprietà della Carispaq occupa la parte dell'isolato che affaccia su Corso Vittorio Emanuele II. Al piano terra è presente un porticato ad archi e volte su cui si apre l'ingresso principale. Ingressi laterali alla proprietà della Carispaq si trovano sia su Via Tre Marie, sia su Via Sallustio. La proprietà interessa solo parzialmente i locali che affacciano su Via Tre Marie, e non compren-

de – invece – i locali che affacciano su Via Patini. Attraverso l'ingresso maggiore si accede al salone principale, destinato ai rapporti con il pubblico, parzialmente soppalcato sul lato opposto a quello di ingresso, che occupa un volume a doppia altezza ricavato dalla copertura di parte dell'originale corte interna. Due scale laterali, di cui una conserva i caratteri dell'originalità, conducono ai piani superiori e al piano seminterrato. I piani seminterrati, chiusi al pubblico, ospitano locali di servizio e di archivio, mentre i piani superiori ospitano la Direzione Generale ed altri locali destinati prevalentemente ad uso ufficio per il personale, con alcuni ambienti di servizio e sale riunioni. Alcuni ambienti risultano soppalcati e diverse scale autoportanti sono impiegate per realizzare ulteriori collegamenti verticali. Attraverso una terrazza che si apre sull'ultimo livello, è possibile accedere alla copertura piana del tetto. La costruzione dell'edificio risale alla fine del

XIX secolo, ma – a tutt’oggi – appare in effetti come il frutto di un radicale intervento di demolizione parziale, risalente al periodo 1963-64, finalizzato alla sostituzione di parte della struttura originale in setti murari con una struttura a telaio in calcestruzzo armato.

In questa occasione l’edificio ha subito una sostanziale modifica dell’impianto strutturale originale, comprendente anche la sopraelevazione di un piano, con la realizzazione di una copertura piana, e la chiusura di parte della corte interna, con la realizzazione di una copertura voltata di grande luce (circa 12 metri) in calcestruzzo armato. Più recentemente, negli anni 2002-2003, sulla copertura piana della sopraelevazione è stato collocato un container contenente la nuova centrale termica dell’edificio. Nel complesso, la geometria attuale dell’edificio risulta complessa ed evidentemente non regolare, sia in elevazione, sia in pianta. In elevazione, l’edificio presenta un marcata discontinuità che consente di distinguere due parti complementari e singolarmente irregolari (entrambe a “C”) e di differente altezza. In pianta, la regolarità della geometria rettangolare, in termini, sia di masse sia di rigidità, appare disturbata – fin dai livelli più bassi – dalla presenza del porticato, dalla demolizione di diversi setti murari originali e da diversi vani scala eccentrici. Da un punto di vista del comportamento strutturale, la principale caratteristica dell’opera risulta l’inserimento di un sistema di telai



in calcestruzzo armato con solai in latero-cemento che si innesta su parte dell’originale impianto in setti murari e solai voltati. Il manufatto insiste su un terreno approssimativamente pianeggiante. È presente una differenza

di quota di circa 4.0 metri tra il fronte su Corso Vittorio Emanuele II, e quello su Via Patini. Le fondazioni, con l’eccezione dei plinti che fondano i pilastri sotto la corte interna coperta, sono di tipo continuo, e realizzate in muratura.

PALAZZO CARLI

Palazzo Carli è la sede del rettorato dell’Università degli Studi dell’Aquila. È un edificio di impianto rinascimentale molto complesso, irregolare in pianta ed in alzata, costituito dall’unione di due palazzi, ciascuno con cortile centrale. Ha tre piani fuori terra ed uno seminterrato. Dei due cortili uno ha doppio ordine di loggiato, nell’altro le colonne sono inglobate nei muri. A piano terra il loggiato del chiostro è coperto da volte a crocie-

ra sostenute da archi in mattoni pieni a tutto sesto, impostati su colonne a sezione quadrata. Le strutture portanti verticali dell’edificio sono setti murari realizzati con elementi lapidei a bozze, di dimensioni irregolari e con inserti di laterizio o altro materiale. Nella zona Sud del complesso sono presenti due parti adiacenti a struttura portante in calcestruzzo armato. Gli elementi orizzontali intermedi sono strutture voltate, a botte o a

crociera, nei vani scala e nei porticati, in latero-cemento nella parte in c.a. ed in acciaio e tavelloni nel resto del complesso. Sono presenti catene in ferro con funzioni di cerchiatura delle volte. La copertura è prevalentemente in legno, tranne per la parte in calcestruzzo armato, dov’è in latero-cemento. Lo scalone e altre scale della costruzione antica sono realizzate con elementi portanti in muratura, in c.a. nelle parti ricostruite. L’intero



edificio è stato duramente colpito da sisma del 6 aprile 2009. Oltre che lesioni passanti diffuse su volte e strutture di elevazione, si sono verificati crolli, soprattutto in corrispondenza di uno dei due cortili interni. Il rilievo del quadro fessurativo e l'analisi dei meccanismi di collasso hanno evidenziato una sostanziale carenza nei collegamenti tra le pareti ortogonali e tra pareti e solai, una qualità muraria scadente, l'inadeguatezza delle strutture di copertura e il non corretto dimensionamento dei giunti strutturali fra corpi di fabbrica affiancati.

PALAZZO CAMPONESCHI

La vicenda urbanistica ed edilizia si avvia il 9 ottobre 1592, con l'assegnazione ai Gesuiti del Palazzo della Camera ubicato su un isolato urbano, stretto e lungo, che andava dalla Piazza di S. Margherita fino alla via dell'Annunziata. Il Palazzo della Camera insisteva sullo stesso sito delle case appartenenti alla famiglia Cam-

poneschi, da cui è derivata l'attuale impropria denominazione di Palazzo Camponeschi. Il 4 novembre 1596 viene inaugurato l'Aquilanum Collegium all'interno del vecchio palazzo della Camera. Nel 1597 i Gesuiti entrano in possesso anche della piccola Chiesa di S. Margherita della Forcella e nel 1598/99 procedono già alle prime acquisizioni di case e terreni, con l'obiettivo di consolidare il loro insediamento. Il primo progetto organico è del maggio 1625, opera del P. Agatio Stoia (1592-1617-1656), architetto della provincia napoletana. La struttura distributiva è quella consueta dei Collegi della Compagnia con la separazione delle funzioni tra l'area scholarum, l'area collegii e il cortile rustico. Nel 1630 il fratel Agatio Stoia redige un nuovo progetto che, con una modificata dislocazione corrispondente alla situazione attuale, ripropone i contenuti del primo progetto. L'isola del complesso gesuitico si estende ad inglobare tutti e tre gli isolati paralleli compresi tra Via Andrea Bafile e Via Burri, mentre l'allineamento principale arretra sul filo della piazza di

S. Margherita. Risolte in via definitiva le scelte strategiche, i Gesuiti possono dare avvio alla realizzazione della chiesa il 1 giugno 1636. Nel 1700 viene avviata la costruzione del nuovo braccio del Collegio lungo l'attuale Via Camponeschi, in allineamento alla Chiesa nuova. Con il terremoto del 1703 il Collegio viene fortemente danneggiato, e solo nel 1708 si può parlare delle fabbriche nuove del Collegio sotto la direzione dell'architetto dell'Ordine P. Giacomo de Napoli, ma al 1738 non erano ancora ultimate le cucine e il refettorio. A causa dell'espulsione dei Gesuiti dal Regno di Napoli, il 22 novembre 1767, il Collegio resta incompiuto con i due soli lati di edificio tuttora esistenti lungo l'antica via Forcella e lungo l'attuale via Camponeschi. Nel 1880, con il marchese Spaventa, si realizza la facciata di gusto eclettico su via Bafile, sul disegno eseguito nel 1850 da Luigi Benedetti. La trasformazione a Palazzo nobile comporta una modifica dell'impianto spaziale con la creazione di un asse ordinatore alternativo: ingresso in corrispondenza della nuova facciata, spazio corte retrostante la chiesa, sfondamento attraverso il corpo di fabbrica del Collegio sulla corte giardino interna, in asse all'edicola ubicata sul lato opposto della corte stessa. Nel 1926 i Gesuiti riacquistano gli edifici del Collegio, restaurano la chiesa di S. Margherita e realizzano – nel 1931 – l'ultimo corpo di fabbrica sul sito della casa Fonticola. Le strutture di Palazzo Camponeschi hanno subito pesanti danni ma, a differenza di altri edifici del centro storico, non hanno registrato crolli. Le volte a botte e a crociera del solaio di calpestio del piano terra e del primo piano mostrano ampie lesioni passanti. In alcuni punti le volte, non solo manifestano distacchi all'imposta, ma addirittura aperture di diversi centimetri di larghezza in mezzeria. Il meccanismo di ribaltamento fuori del piano, che ha interessato la parete Sud del cortile interno, è particolarmente evidente. La parete mostra un fuori piombo di vari centimetri, evidenziato anche dalla penetrazione delle catene all'interno del muro.

BASILICA DI COLLEMAGGIO



Il Cerfis si occupa dell'attività di monitoraggio strutturale della Basilica di Santa Maria di Collemaggio; splendida testimonianza dell'architettura romanica in Abruzzo che fu costruita alla fine del '200 su un colle della città dell'Aquila, ma la sua attuale conformazione è frutto di numerose trasformazioni, gran parte delle quali avvenute a seguito dei forti terremoti che si sono susseguiti nei secoli. Il sisma che ha colpito severamente la città dell'Aquila il 6 aprile del 2009 ha causato il collasso di alcune strutture in elevazione e di tutta la copertura del transetto della Basilica. In particolare, i crolli hanno interessato la parete dell'arco trionfale, i grandi pilastri terminali della navata, le strutture voltate e di copertura, lasciando un cumulo di macerie tutto interno alla scatola muraria, rimasta praticamente integra e

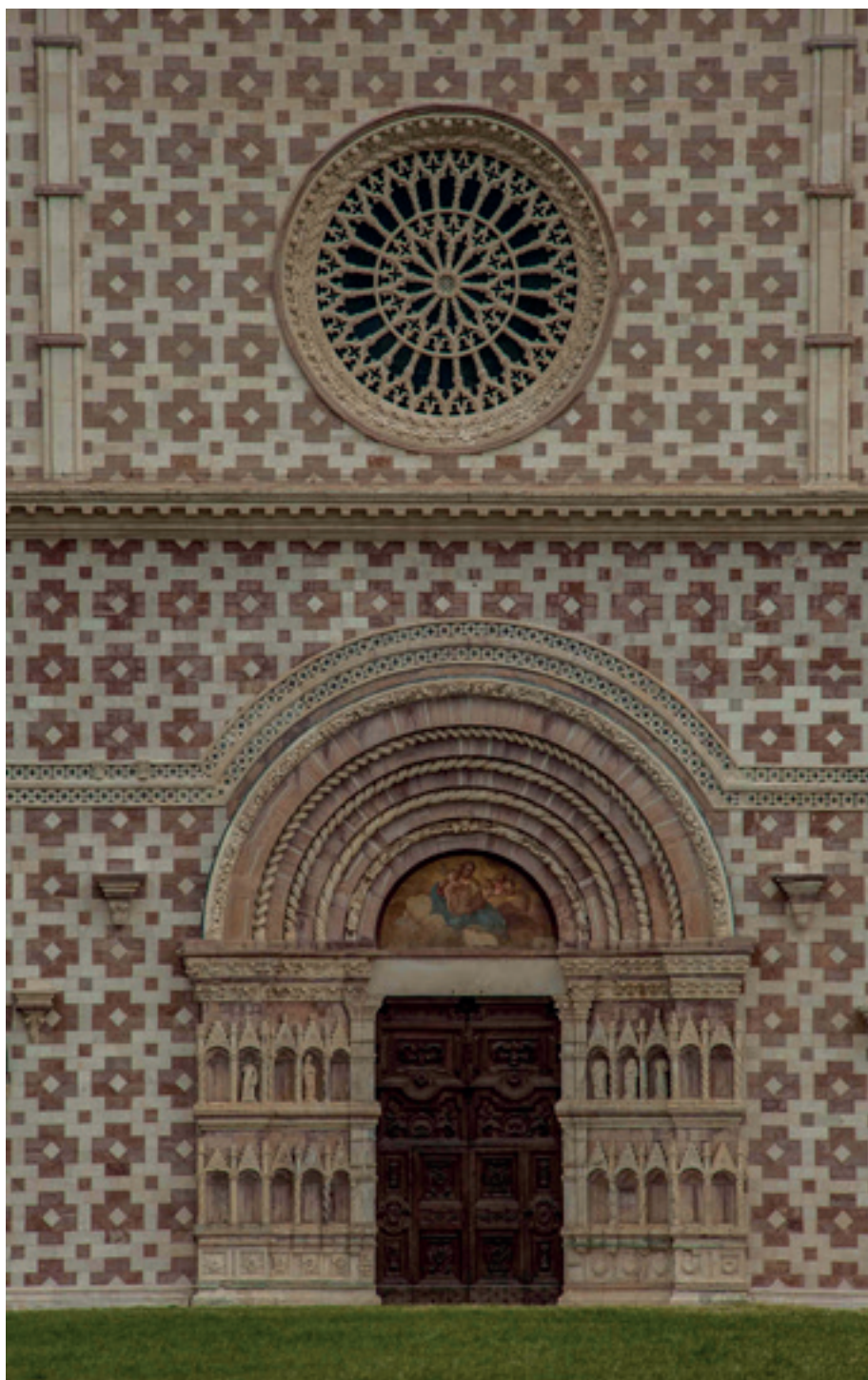
completa fino alla parte sommitale. Tale modalità di crollo ha suggerito, a prima vista, il probabile cedimento improvviso dei due grandi pilastri a piliere che sorreggevano il complesso costituito dagli archi trionfali, dal tamburo su pennacchi con la sovrastante cupola emisferica, dalle volte laterali e dalla copertura lignea sovrastante. Più osservatori hanno riconosciuto, nel danno provocato dal sisma, un meccanismo di implosione del transetto riconducibile al cedimento degli elementi verticali terminali della navata, normalmente soggetti a carichi verticali piuttosto considerevoli ed al delicato e sensibile equilibrio delle spinte delle archeggiature e delle volte; poi fortemente sollecitati dall'azione contemporanea delle forze indotte dal sisma, significativamente ed in misura paragonabile, sia orizzon-

talmente che in direzione verticale. Tale qualitativa ricostruzione del modo di collasso, mostra – tuttavia – un'evidente debolezza quando si considerano le dimensioni, piuttosto cospicue e quasi esagerate, dei grandi pilastri a pianta polilobata con dimensione trasversale massima della sezione di circa 2.60 metri, sostanzialmente tozzi, e apparentemente realizzati a blocchi regolari di pietra calcarea. La ricostruzione delle vicende storiche recenti del monumento, ed in particolare la ricostituzione dell'intervento di restauro operato dal soprintendente Moretti nei primissimi anni '70, anche in assenza della disponibilità di una documentazione specifica certa in proposito, consentono di ipotizzare una situazione di particolare, probabile, vulnerabilità di detti pilastri. È noto, infatti, che l'intervento teso

alla rimozione dell'apparato decorativo barocco presente nella Basilica, per riportare alla luce la "possente struttura originaria" dell'impianto duecentesco, dovette arrestarsi, per l'insorgere di polemiche e diatribe in merito alla sua correttezza rispetto alle teorie del restauro, proprio a completamento del lavoro di ripristino della navata, lasciando il transetto nella sua struttura e decorazione barocca. È altresì noto che, comunque, sia stato lo stesso Mo-

retti a modificare, alla fine, almeno i grandi pilastri terminali della navata, dalla loro forma barocca – frutto della precedente trasformazione del 1700 – alla forma polilobata a pilie-re, ricostruita a partire dal rinvenuto basamento; ancor oggi visibile dopo la rimozione delle macerie. Tali circostanze hanno consentito, infatti, di ipotizzare che l'intervento di Moretti sui grandi pilastri fosse volto a completare l'immagine della navata, attraverso la ricostruzione della

forma pre-esistente all'intervento barocco, dei grandi pilastri, ottenibile con la realizzazione di una cortina esterna in pietra da taglio posta all'intorno del nucleo portante dei pilastri barocchi. Le condizioni della Basilica, nella situazione ante sisma, erano già conosciute in modo abbastanza dettagliato, essendo stata oggetto di studi approfonditi – sia di tipo statico che dinamico – da parte di un gruppo di ricercatori dell'Università dell'Aquila. Si è quindi potuta sviluppare un'analisi di vulnerabilità, facendo uso di un modello di calcolo strutturale, agli elementi finiti, che tenesse conto di tutti gli interventi pregressi e dei risultati ottenuti da un'analisi di model updating che ha impiegato le informazioni sperimentali per una stima ottimale di alcuni parametri geometrico-meccanici delle murature che costituiscono la facciata e le navate. Con il modello strutturale così definito sono state calcolate le sollecitazioni indotte dai carichi verticali, quindi in condizioni di esercizio, ed infine l'evoluzione temporale dello stato tensionale ottenuto imponendo alla base il moto registrato dalla stazione della rete accelerometrica nazionale, Aqk, in prossimità della Basilica.



EDILInews.IT

Il giornale on-line
sul mondo dell'edilizia

Registrato presso il Tribunale di Roma con
numero 398/2011 in data 29/12/2011

Direttore Editoriale
Mauro MIRACAPILLO

Direttore Responsabile
Pamela DE PASQUALE

Redazione e Amministrazione
Via Alessandria, 215 – 00198 Roma
Tel. 06.852614 – fax 06.85261500
info@edilnews.it – www.edilnews.it

Editore
Commissione Nazionale
Paritetica per le Casse Edili

In redazione
Massimo ANGELERI, Diego BALLARIN,
Giovanni CARAPELLA, Rossella MARTINO
Giuseppe MORETTI, Giuseppe SCARNO

Progetto grafico
Eureka3 S.r.l.
info@eureka3.it
www.eureka3.it

DUE CASI DI ANALISI STRUTTURALE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

A ROIO

La sede della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi dell'Aquila è ubicata a pochi chilometri a sud della città, in località Monteluco di Roio, sulla sommità del colle omonimo, nel cuore del territorio interessato dalla sequenza sismica dell'aprile 2009.

La Facoltà comprende diversi edifici, tutti realizzati con la tecnologia del calcestruzzo armato.

L'edificio di più antica realizzazione, che rappresenta un importante esempio dell'architettura razionalista italiana, data ai primi decenni del '900 ed è destinato – attualmente – ad ospitare gli ambienti dipartimentali.

Edifici di più recente realizzazione, la cui costruzione è stata ultimata a metà degli anni '90, sono destinati prevalentemente ad uso didattico.

Infine, alcuni edifici minori, destinati ad ospitare laboratori, sono rea-

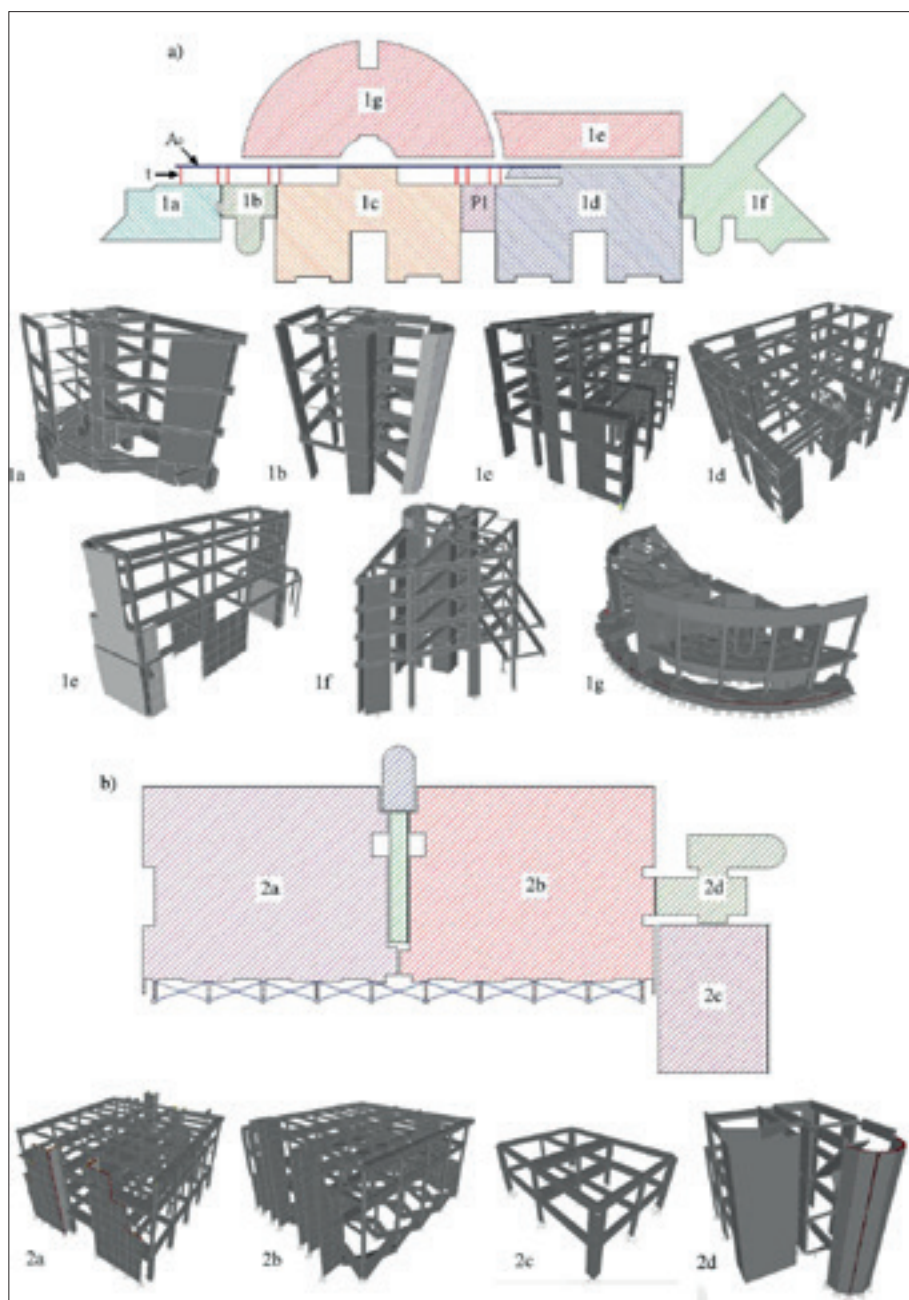
lizzati in calcestruzzo armato pre-compresso. Nel suo complesso, la Facoltà rappresenta un campione significativo di costruzioni, che include esempi diversi per tipologie costruttive, età di realizzazione, proprietà di regolarità strutturale.

A seguito della sequenza sismica dell'aprile 2009 l'Unità Operativa di

Ingegneria Sismica (Uois) dell'Università dell'Aquila ha iniziato un lavoro volto a fornire un'interpretazione critica del comportamento sismico mostrato dagli edifici della Facoltà di Ingegneria a partire dal rilevamento e valutazione del danno.

L'azione è condotta mediante la realizzazione di modelli numerici lineari,





ottenibili attraverso la consolidata tecnica degli elementi finiti.

Tale processo permette di aumentare la comprensione del problema fisico, indirizzando opportunamente i successivi.

STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN SITO DI BROADCASTING RADIO E T.V. PER LA DELOCALIZZAZIONE DEL SITO DI S. SILVESTRO

Il lavoro effettuato illustra ed affronta, attraverso un chiaro inquadramento tecnico, i passi necessari per la possibile realizzazione di una struttura di supporto per antenne di trasmissione da collocare in mare aperto. La sfida tecnologica, non priva della necessità di affrontare e risolvere ardui temi di spicco dell'attuale ingegneria strutturale nel campo delle realizzazioni offshore, risulta essere assolutamente percorribile. Lo studio di fattibilità, anche attraverso la realizzazione di tavole grafiche di concept, individua due soluzioni: la prima legata alla possibilità di realizzare una struttura ex-novo dedicata, la seconda quella di sfruttare l'esistenza di alcune piattaforme al largo di Pescara, fra cui quella denominata Posidonia.

Nel primo caso sono state determinate quattro tipologie differenti, nel secondo caso ne sono state determinate cinque.

Le caratteristiche di ciascuna tipologia sono state descritte in dettaglio. Nel caso – probabilmente – più affascinante, dal punto di vista strutturale, quale quello della realizzazione di un'antenna strallata su piattaforma esistente, sono stati condotti alcuni specifici studi, anche attraverso la realizzazione di un modello agli elementi finiti per una preliminare analisi strutturale.

Tutte le proposte sono il frutto di un'attenta analisi della letteratura scientifica specialistica nel settore delle strutture offshore.

I CORSI DEL CERFIS



Il Cerfis si occupa della promozione e del trasferimento della conoscenza delle discipline dell'ingegneria sismica nel territorio, rendendo pubbliche le esperienze maturate in tema di rivitalizzazione, ricostruzione, restauro e conservazione a livello nazionale ed internazionale. Il Cerfis opera nella formazione della cultura dell'ingegneria sismica, sia per operatori del settore della domanda (cittadini), dell'offerta (imprenditori e produttori) e del controllo (Asl ed Enti preposti, etc.); sia per studenti universitari, neolaureati, studenti di master e dottorandi. L'azione diretta sul territorio e sugli operatori del settore edile, caratterizza il piano immediato del centro di ricerca e formazione. In particolare, il Cerfis indirizza la sua azione alla diffusione delle forme di sensibilizzazione e partecipazione dei cittadini per la salvaguardia sostenibile del territorio e del patrimonio culturale ed allo scambio delle esperienze di formazione delle figure professionali che devono essere impiegate al recupero ed alla conservazione integrata di detto patrimonio. Il Cerfis opera tramite

scambi di esperienze internazionali e locali per la sensibilizzazione e confronti – tra le Istituzioni preposte ed i centri di formazione – delle forme didattiche adottate per formare accademicamente e praticamente gli addetti. Il Cerfis, in considerazione della diversità delle condizioni ambientali nel territorio colpito dal terremoto, proporrà di creare una “Scuola del Saper Fare”, segnalando gli operatori che hanno avuto esperienze simili e che possono confrontare il loro lavoro; indicando gli esperti che possono attivare la riqualificazione delle risorse umane già del settore e la formazione di nuovi addetti, necessari, sia alle azioni mirate progettuali che esecutive. Il Cerfis – attraverso la costituzione di una rete con le Istituzioni accademiche, nazionali ed internazionali, operanti nel settore (Eucentre, Reluis, Iccrom, Mceer, Eerc, etc..) – attiverà tutte le risorse intellettuali necessarie per la formazione di operatori da impiegare nella salvaguardia del patrimonio monumentale, e – parimenti – predisporrà le forze lavoro che dovranno intervenire sul patrimonio minore. A tal fine il centro di

formazione e ricerca, si è adoperato – sia attraverso i propri membri che attraverso la costituenda rete, sia come formatori che come imprenditori – per prospettare pacchetti di corsi intensivi in loco e nei cantieri scuola internazionali. In quest'ottica il Cerfis si fa promotore di diverse iniziative, quali: l'organizzazione di corsi di aggiornamento sulla normativa tecnica rivolti ai professionisti; l'erogazione di corsi brevi tenuti da esperti del campo, in temi più specialistici legati alla progettazione antisismica; l'organizzazione e gestione del Master di II livello in Ingegneria Antisismica (Mia); l'organizzazione e gestione del corso di Formazione per la Sicurezza nel settore Edile (Fosse); l'Organizzazione del Cantiere Aquilano (Orca); il Codice di Pratica per il Recupero del Tessuto Edilizio (Coprete).



Per vedere l'elenco completo dei Corsi di Formazione promossi dal CERFIS fotografa con il tuo Smartphone il seguente QR Code