

speciale

Il mercato
delle costruzioni



**Novità
KOMATSU**

in cantiere

A Roma, nella chiesa
del nuovo millennio

imprese

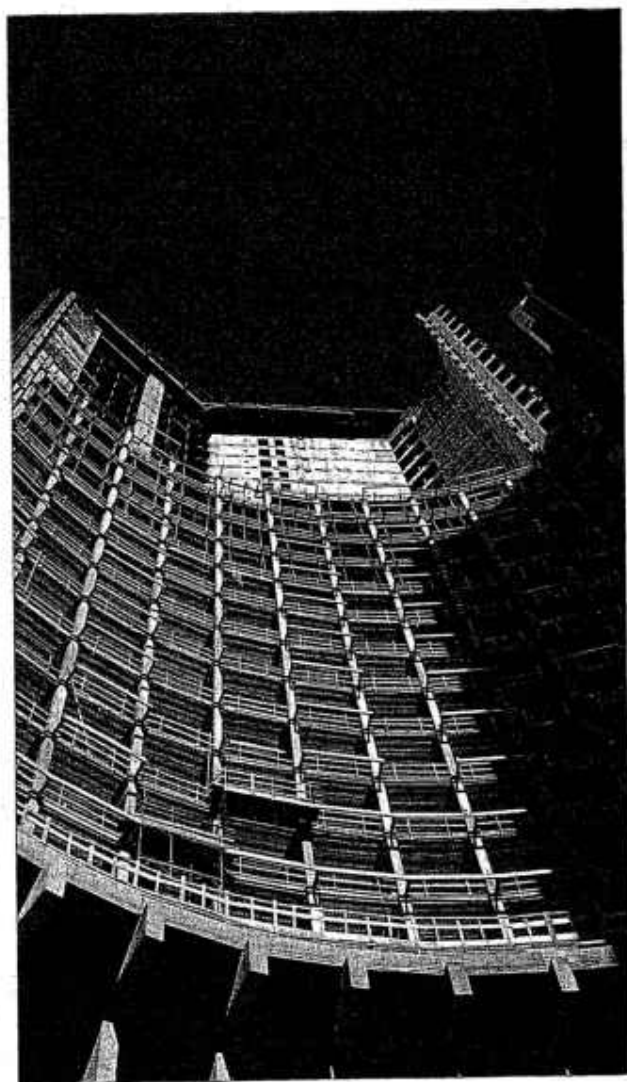
I consorzi stabili:
uno strumento per crescere

in cantiere

L'UTILIZZO DI NUOVE TECNOLOGIE È UN FATTO RARO NELL'EDILIZIA IN ITALIA, E L'IMPIEGO DI NUOVI MATERIALI QUALI I COMPOSITI FIBROSI NE È LA DIMOSTRAZIONE. ABBIAMO VISITATO UN CANTIERE DOVE L'IMPIEGO MASSICCIO DI QUESTI MATERIALI CONSENTE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI PROGETTO CON UN APPROCCIO ALTERNATIVO, E VANTAGGIOSO, RISPETTO A METODOLOGIE TRADIZIONALI. A GRANDI PROBLEMI DI GRANDI CANTIERI SI DEVE RISPONDERE CON ALTRETTANTO GRANDI SOLUZIONI.

di GIUSEPPE LA FRANCA

L'anima della lamina



Da tempo nei nostri cantieri ci siamo abituati a utilizzare prodotti che integrano e migliorano le prestazioni dei materiali tradizionali e che sono il risultato di un percorso tecnologico intrapreso anni fa: l'uso di additivi, resine, collanti, emulsioni e quant'altro è diventato dapprima utile, e ora necessario. I nuovi materiali non sono più ottenuti dall'affinamento e dalla lavorazione di materie prime naturali, ma vengono progettati e sperimentati in laboratorio con l'intento di raggiungere precisi obiettivi prestazionali.

Per saggiare lo stato dell'arte dei prodotti compositi in edilizia abbiamo visitato il cantiere di consolidamento e ricostruzione della "Nuova Torre A" del Palazzo di Giustizia di Napoli, la più alta fra le tre che lo compongono, che sorge nel Centro Direzionale (fig. 1).

Durante gli anni Ottanta, mentre i lavori di costruzione erano già in uno stadio avanzato, un incendio rese inagibile la torre, provocando anche il crollo parziale delle strutture d'acciaio delle facciate (fig. 2).

La peculiarità di questa fabbrica consiste nell'uso sistematico, per il rinforzo strut-

turale, di lamine e tessuti in materiale composito, fibra di carbonio abbinata a resine epossidiche fabbricate e fornite direttamente dalla Sika Italia di Milano (fig. 3). Sika è una multinazionale specializzata nella formulazione, produzione e vendita di materiali chimici per l'edilizia e l'industria. Ha sede a Zurigo ed è presente nel nostro paese, e in altre 150 nazioni, con la consociata Sika Italia spa di Milano. In caso di grossi cantieri o di problematiche particolari, la Sika effettua un servizio completo di fornitura e posa in opera dei suoi prodotti tramite aziende fiduciarie come, nella fattispecie dell'intervento qui documentato, la Clarem srl di Napoli. In alcuni casi, la Sika, con i propri tecnici e in collaborazione con affermati consulenti, esegue anche il dimensionamento del composito.

TECNOLOGIE D'AVANGUARDIA

Quando si mise mano al progetto di ricostruzione, a causa di innovazioni normative come, fra le altre, la dichiarazione di zona sismica per il comune di Napoli, fu necessario prevedere il

rinforzo al taglio delle pareti portanti in calcestruzzo armato, adeguandole a sopportare le sollecitazioni teluriche e le azioni orizzontali del vento. Le strutture da rinforzare erano localizzate prevalentemente negli spazi tecnico-impiantistici prossimi alle fondazioni, occupati prevalentemente da macchinari e da un fitto intrico di tubazioni che dovevano restare in attività durante i lavori, assicurando agibilità e comfort al resto della città-giudiziaria (fig. 4).

In prima istanza fu considerata l'ipotesi di intervenire con rinforzi strutturali tradizionali, come l'aumento della sezione dei cementi armati e l'incollaggio di lastre d'acciaio, ma ci si rese presto conto che questa tipologia di consolidamento era incompatibile con la normale continuazione delle attività del Tribunale. Occorreva una tecnologia che consentisse di operare velocemente e con sicurezza di risultati in spazi ristrettissimi per gli operatori: per questo motivo la scelta cadde sui prodotti compositi. Tessuti e, soprattutto, lamine pultruse in fibra di carbonio, utilizzate in grande quantità



1. Il consolidamento strutturale con compositi fibrosi della Nuova Torre A del Palazzo di Giustizia di Napoli è, per tipologia di intervento, il più grande cantiere attivo in Europa.

tanto da far risultare questo cantiere, a tutt'oggi, il più esteso in Europa e, per tipologia di intervento, il più grande nel mondo. Le lamine in carbonio e resine (note con l'acronimo CFRP), grazie al loro alto valore di tensione di trazione e al modulo elastico simile a quello dell'acciaio ($E=167$ GPa), sono state applicate direttamente sugli elementi portanti di cemento armato, integrando l'armatura al taglio e permettendo alla struttura di resistere alle

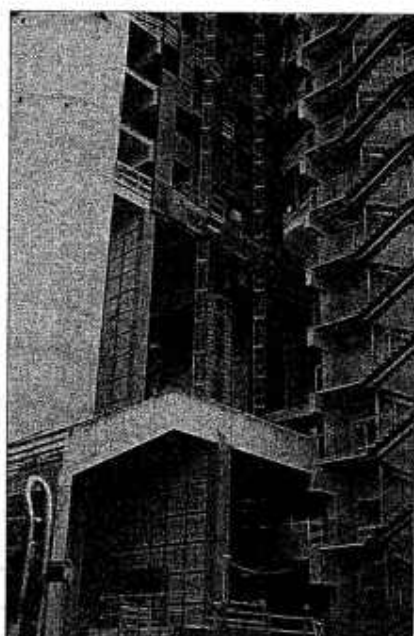
forze orizzontali tipiche delle eccitazioni sismiche ed eoliche. La griglia di rinforzo, ancorata lungo tutto il perimetro dell'edificio da quota 0 fino a 30 metri e irrobustita ulteriormente da un rivestimento in tessuto a fibra incrociata e resine sugli elementi più sollecitati, irrigidisce la base della torre consentendo ai pannelli murari e ai pilastri, alcuni dei quali rinforzati fino alla cima, di distribuire su una più ampia superficie resistente le sollecitazioni in arrivo dalla vetta della torre, alta 120 metri, con tensioni di progetto che arrivano fino a 15 mila chilogrammi per centimetro quadrato (figg. 5 e 6).

RESINE SINTETICHE E FIBRE DI CARBONIO

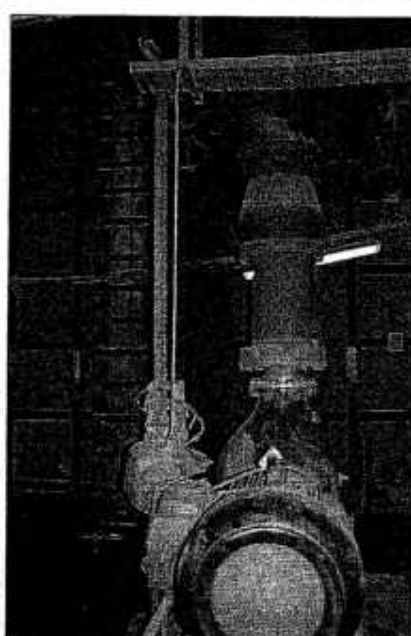
Le resine epossidiche (le più performanti in termini di rigidità, adesione e durabilità) vengono ottenute tramite processi di sintesi chimica di materiali derivati dal petrolio come glicil eteri fenolici, diammine polifunzionali aromatiche e tetrammine polifunzionali cicliche, in seguito a numerose reazioni di sostituzione e addizione catalizzate, innescate in condizioni di temperatura e pressione estremamente controllate. Le resine sono quindi il risultato di un vero e proprio "progetto chimico" di laboratorio, centrato su reazioni a catena polidimensionali (trasversali) catalizzate e stereo-limitate, solitamente fra tre componenti intermedie. L'origine di queste ultime è una miscela liquida di monomeri e solvente, alla quale viene aggiunto un catalizzatore: si attiva così la reazione di trasformazione in composti polimerizzati (componenti intermedie). La resina epossidica definitiva deriva dalla loro ulteriore reazione autocatalitica: la semplice miscelazione innesca il processo finale



2. Il drastico intervento era assolutamente necessario, in quanto alcuni anni fa un incendio aveva reso inagibile la torre, provocando dissesti sulle strutture e danni diffusi sulle facciate (visibili nella foto).

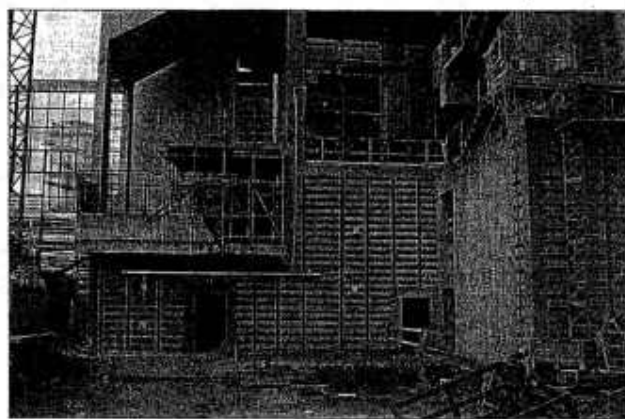


3. La peculiarità dell'intervento è l'uso sistematico per il rinforzo strutturale di lamine e tessuti in materiale composito a matrice fibrosa.



4. L'intervento di consolidamento ha interessato soprattutto le strutture prossime alle fondazioni, negli spazi all'interno dei quali sono posizionati tutti i macchinari e le centrali degli impianti della torre.

5. L'immagine mostra il dettaglio di una parte dell'intervento che ha interessato il basamento dell'edificio, sul quale è stata posizionata una griglia di rinforzo lungo tutto il perimetro e per un'altezza di circa 30 metri.



che porta al noto e definitivo reticolo. In rapporto alle modalità di posa in opera richieste, le componenti intermedie possono essere addizionate con cariche minerali che consentono di modificare la consistenza della resina finale. Si può dare il caso di un riempimento semplicemente "volumetrico", per il quale si aggiungono alla resina dei composti inerti che, se dotati anche di elevata capacità termica, soddisfano nel contempo l'esigenza di controllare il calore di polimerizzazione (reazione esotermica di 130 J/g) in fase di applicazione. Le lamine preformate sono realizzate attraverso un processo di "pultrusione": le fibre vengono inserite in una macchina lineare che le assembla, orientandole in senso longitudinale e impregnandole con le resine fino a ottenere un nastro preformato piatto, dalle misure standard: spessore da 1,0 a

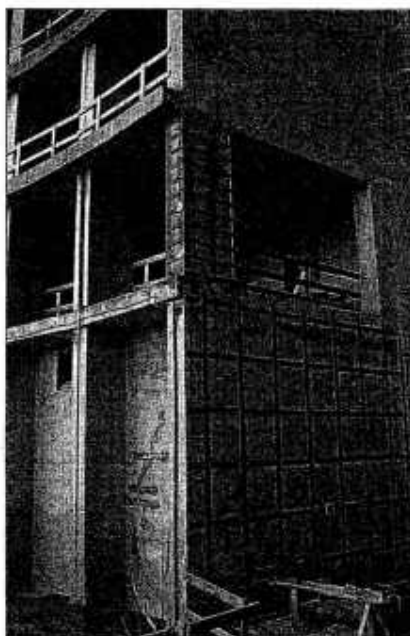
1,4 millimetri, larghezza da 50 a 120 millimetri, lunghezza fino a 250 metri. La quantità di fibra di carbonio presente è sempre superiore al 68 per cento e, a seconda del tipo di fibra utilizzato, è possibile calibrare il modulo elastico e la resistenza a trazione in base a quanto richiesto in termini di resistenza e rigidità in fase di progettazione. Al decrescere del modulo elastico aumenta la tensione alla rottura (fino a 10 volte quella dell'acciaio, il materiale normalmente preso a riferimento per le sollecitazioni di trazione) e le massime prestazioni meccaniche ottenibili sono elevatissime. General-

mente si distinguono tre tipologie di prodotto, a seconda del loro modulo elastico caratteristico: una ad alto modulo (300.000 N/mm²), una simile e una leggermente inferiore all'acciaio. Il solo limite del carbonio è che il suo diagramma sforzo-deformazioni è tutto compreso nel campo elastico del materiale e segue linearmente la legge di Hooke in modo preciso; di conseguenza, una lamina di fibra di carbonio ha sempre una rottura "fragile". I valori di rottura sono comunque molto alti e, con opportuni sistemi come la "fasciatura" delle parti terminali, è possibile avere una eventuale rot-

tura del rinforzo più "duttile", risultato sperimentato da diversi istituti universitari italiani. Per quanto riguarda i prodotti Sika, utilizzati nel cantiere di Napoli, la ricerca e lo sviluppo sono concentrati nella sede della casa-madre e sono orientati sia verso i materiali di più vasto consumo, soprattutto per quanto riguarda prestazioni, facilità e versatilità d'uso, sia a soluzioni specialistiche di elevato contenuto tecnologico, in grado cioè di risolvere problematiche poco frequenti e fuori dalla norma. I risultati delle ricerche svolte sugli inibitori chimici della corrosione nelle opere in calcestruzzo e sulle applicazioni strutturali delle fibre di carbonio permettono oggi alla Sika di essere all'avanguardia nei settori specifici (test ETH di Zurigo numero 8918, 1989; Prova EMPA numero 169219/1+2, 1988; eccetera). La gamma di prodotti legati alla fibra di carbonio (Sika Carbodur, SikaWrap) è decisamente completa, con lamine di varia geometria e modulo elastico oltre a tessuti di vari tipi, grammature e moduli



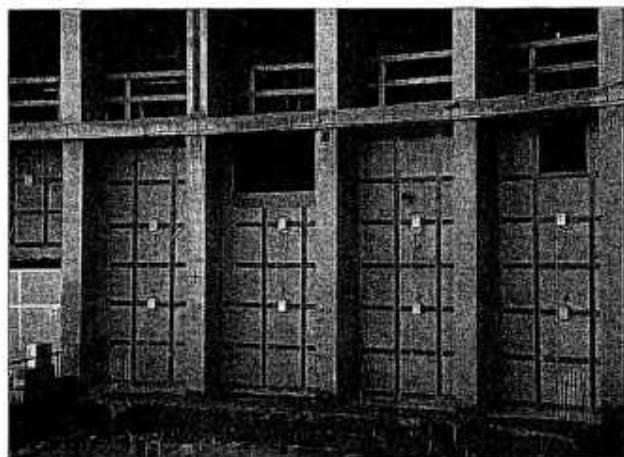
6. La griglia di rinforzo ha interessato anche alcuni pilastri a quote superiori ai 30 metri, con l'obiettivo di distribuire su di una superficie maggiore le sollecitazioni statiche provenienti dalla sommità della torre, alta ben 120 metri.



7. Per il consolidamento sono state utilizzate lamine in fibra di carbonio e resine sintetiche, prodotti che permettono di risolvere in maniera non invasiva molte delle problematiche legate al comportamento statico non ottimale delle strutture.



8. Le operazioni di posa delle lamine - un procedimento semplice ma che richiede grande attenzione da parte degli operatori - sono state eseguite tagliando e posizionando i nastri in segmenti di lunghezza determinata volta per volta, utilizzando attrezzature normalmente presenti in cantiere.



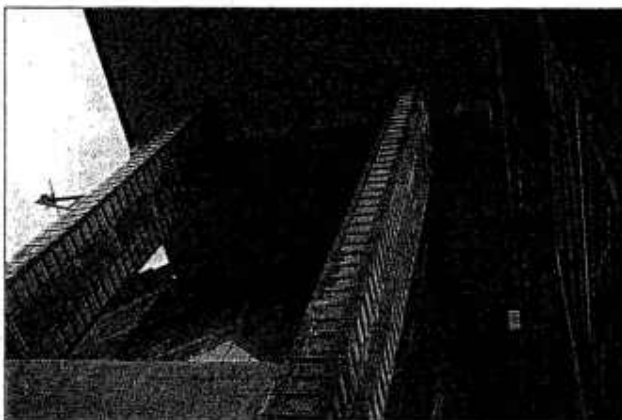
9. Una soluzione sviluppata sulla base delle indicazioni dei consulenti incaricati per la progettazione dell'intervento di rinforzo, è stata il posizionamento di un sistema di ancoraggio di alcune parti con piastre metalliche.

elastici, sia in carbonio che in fibra di vetro. È in fase di realizzazione in Germania il primo lavoro di pretensionamento delle lamine (interessante per le applicazioni che necessitano dell'immediata riduzione della freccia elastica delle strutture trattate) nonché si realizza già da molto tempo la macchina che riscalda la resina nel caso in cui si debbano posare le lamine anche con temperature molto basse. Gli adesivi strutturali della linea Sikadur, conformi alle norme FIP, sono utilizzati non solo per l'incollaggio di lamine e tessuti in carbonio, ma anche per l'ancoraggio di piastre d'acciaio e la staffatura di travi in cemento armato a T (test ETH di Zurigo n° 10199, 1993; Approvazione Istituto Tedesco per le Costruzioni 07. 04.95 7-36.1-30 e 11.11.97 7-36.12-29) (fig. 7). I programmi di studio e sperimentazione attualmente in corso sono orientati allo sviluppo delle pavimentazioni in resina e degli adesivi strutturali elastici per l'incollaggio delle facciate.

L'IMPIEGO IN CANTIERE

Le operazioni precedenti alla posa in opera consistono nel taglio dei nastri in segmenti della lunghezza richiesta, utilizzando semplici seghetti o flessibili normalmente presenti in can-

tiere, e nella sabbiatura dell'area da trattare (fig. 8). La resina epossidica viene applicata sulla lamina e sulla superficie dell'elemento da rinforzare, facendo poi aderire la lamina sul letto adesivo; infine, mediante pressione superficiale esercitata con una leggero rullo, si asporta la resina in eccesso che refluisce lungo i bordi. Il procedimento è semplice, ma richiede una grande attenzione da parte del posatore soprattutto perché l'indurimento della resina varia molto in funzione della temperatura e dell'umidità relativa ambientali durante la posa. Alla temperatura di 20 gradi e con il 50 per cento di umidità relativa (U.R.) l'indurimento si completa entro le 12-24 ore; la capacità del collante di trasmettere completamente



10. Un altro intervento puntuale è stata la "placcatura" di alcuni pilastri che dalla base arrivano fino in cima all'edificio, successivamente rivestiti con tessuto di fibra.

Tutto il cantiere

Progetto di ricostruzione e adeguamento sismico della Torre A del nuovo Palazzo di Giustizia di Napoli

Committente: ministero dei Lavori pubblici - Provveditorato alle OO.PP. di Napoli

Progetto esecutivo: ing. Antonio Zannini, arch. Silvio Russo

Consulenti: prof. ing. Elio Gianfranco, prof. ing. Tullio Benzi, prof. ing. Giuseppe Giordano, prof. ing. Francesco Reale, prof. ing. Vittorio Botta, prof. ing. Vincenzo Cotecchia, ing. Gaetano Cicatello

Responsabile del procedimento: arch. Silvio Russo

Direzione lavori: ing. Antonio Zannini

Impresa esecutrice: Gepco s.a.s. - Genova (mandataria)

Direttore di cantiere: ing. Diego Petrucci

le sollecitazioni dalla struttura rinforzata alle lamine, senza cioè presentare fenomeni di viscosità, necessita di circa sette giorni. Mentre la lamina è un prodotto preformato, il tessuto è realizzato a secco: le fibre di carbonio vengono ordite industrialmente, ottenendo dei "fogli" dello spessore di pochi decimi di millimetro che saranno posati in opera tagliandoli a misura rispetto all'elemento da rinforzare. Si stende dapprima uno strato di adesivo epossidico specifico, a consistenza di boiaccia, sul quale si ingloba a fresco il tessuto in fibra di carbonio, facendo refluire l'adesivo dalle maglie del tessuto. Una seconda mano dello stesso adesivo, applicato dopo poche ore dalla prima fase, completa l'operazione di ammorsamento del tessuto in composito. Se necessario, ai fini architettonici o tecnici per successive sovra-applicazioni, sull'ulti-

mo strato è possibile aspergere sabbia o altri materiali di rivestimento per dissimulare l'intervento di rinforzo. Questo procedimento è particolarmente indicato per i confinamenti di strutture in calcestruzzo (come le staffature), le cerchiature e per quelle lavorazioni che devono seguire l'andamento stereometrico del sottofondo da consolidare. Le caratteristiche meccaniche dei tessuti applicati in opera sono più soggette alla qualità della posa (e, di conseguenza, all'abilità del posatore) perché il processo di composizione del prodotto finito non è controllato in stabilimento ma realizzato manualmente dall'operatore. Il mancato rispetto delle regole di applicazione può cioè portare a una riduzione delle prestazioni dell'insieme struttura rinforzata/tessuto applicato rispetto alle aspettative del progettista. Dal punto di vista ambientale le resine, una volta miscelate, e i compositi sono considerati rifiuti solidi urbani e vengono normalmente smaltiti in discarica.

SOLUZIONI INGEGNOSE

La realizzazione di un intervento così articolato e complesso ha presentato situazioni di estrema difficoltà, sia ideativa che operativa, risolte grazie alla versatilità della tipologia di rinforzo scelta e alla metodologia progettuale studiata appositamente dai progettisti, lo

Progettare con i compositi

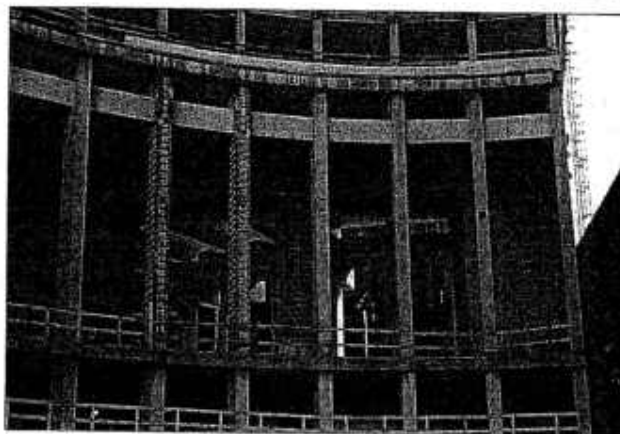
Il processo che porta dalla ricerca allo sviluppo, alla produzione e alla messa in opera dei materiali compositi è contraddistinto da un elevatissimo livello di qualità, che deve essere mantenuto al massimo grado anche durante la progettazione dell'intervento. Lo studio tecnico C.K.C. di Napoli ha affrontato questo impegno con la massima professionalità e conoscenza del settore. Gli elementi strutturali da rinforzare sono stati individuati testando l'intero reticolo portante con software agli elementi finiti capaci di simulare, nell'intero complesso volumetrico, le sollecitazioni prodotte dalle azioni sismiche e dalle spinte eoliche. Le lamine in fibra di carbonio e resine epossidiche, il materiale più resistente utilizzabile in edilizia, sono state scelte per rinforzare al taglio la maggior parte delle strutture in calcestruzzo. Per ovviare alla mancanza di norme specifiche per il dimensionamento di questo materiale e per valutarne le prestazioni rispetto agli obiettivi prefissati, è stato effettuato uno studio preparatorio testando la resistenza di una serie di pannelli campione. Dopo analisi teoriche e numeriche, sono state effettuate prove sperimentali su 9 lastre di calcestruzzo di dimensioni 200x100 centimetri e 10 centimetri di spessore, delle quali una in calcestruzzo non armato, due in calcestruzzo armato con barre d'acciaio, due in calcestruzzo armato con lamine di carbonio e, per finire, quattro armate sia con acciaio che con lamine, due delle quali sono state sottoposte a sollecitazioni combinate di taglio e compressione mentre tutte le altre hanno dovuto sopportare solo azioni di taglio. Le deformazioni sotto sforzo, ottenute con un dispositivo appositamente progettato e costruito per ottenere le condizioni di carico e di vincolo volute dai progettisti, sono state misurate con estensimetri omnicubi (strain-gages), fornendo così una casistica sufficiente a verificare l'applicabilità di due teorie, messe a punto dai progettisti stessi. Una è basata sulla "teoria del traliccio ideale di Ritter-Morsch", mentre l'altra permette il calcolo degli sforzi di trazione nelle lamine partendo dalla risultante delle tensioni principali di trazione. Questa ricerca ha prodotto due teorie generali di dimensionamento applicabili per due diverse situazioni, composte da regole di validità generale costituenti un complesso di tecniche di calcolo completo. I risultati dello studio sono stati pubblicati nell'opera "Comportamento a taglio di lastre in calcestruzzo rinforzate con lamine in CFRP" (autori: ing. Gaetano Cicatiello, ing. Sergio Cicatiello, ing. Silvana Di Ieso, arch. Silvio Russo, ing. Antonio Zannini) e presentati in diversi convegni specialistici, tra cui il 13° Congresso C.T.E. tenutosi a Pisa nel novembre 2000. Una volta ottenuta l'approvazione del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, gli esiti della ricerca sono stati utilizzati per dimensionare gli elementi di rinforzo strutturale. Va sottolineato come in questo progetto siano stati utilizzati assieme, per la prima volta nel caso di rinforzo al taglio, tessuti e lamine in fibra di carbonio. L'intervento così realizzato sarà oggetto di un monitoraggio continuo delle lamine più sollecitate con un sistema hardware/software messo a punto dai progettisti che, per mezzo di una rete di estensimetri elettrici collegati a una centrale di elaborazione, segnerà il verificarsi di eventuali anomalie, facendo attivare una procedura di sostituzione dell'elemento danneggiato per ripristinare le condizioni ottimali di esercizio.

Studio C.K.C. degli ingegneri Cicatiello, con sede a Napoli. Di seguito descriviamo alcune soluzioni esemplari che testimoniano, al di là dello scarso impatto visivo e della "pulizia" delle opere eseguite, la realtà di un cantiere laborioso e impegnativo a causa dell'alto numero di variabili in gioco. Un primo esempio consiste nel sistema di ancoraggio terminale e di confinamento alle testate delle lamine, realizzato con piastre d'acciaio e tessuti in fibra di carbonio e resine, a seconda della geometria della sezione, allo scopo di rendere più resistenti alcuni elementi strutturali (fig. 9).

I materiali compositi sopportano elevate sollecitazioni di trazione, ma il loro contributo alla compressione, sia per gli scarsi spessori utilizzati, sia per la connaturata ortotropia dovuta alla fibrosità del carbonio, è talmente scarso da non essere considerato nel calcolo delle strutture. Quegli ele-

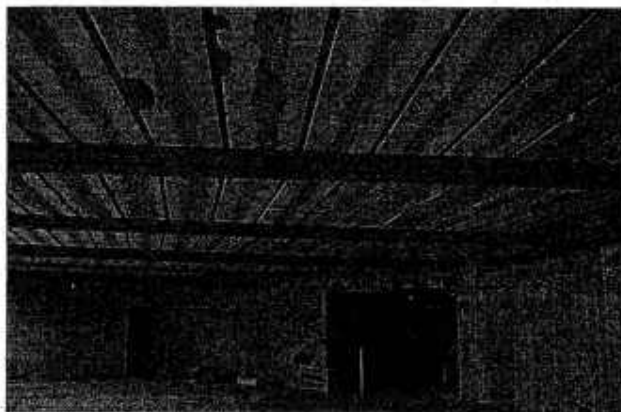
menti che, per motivi statici, devono resistere a carichi di compressione e pressoflessione sono stati perciò rinforzati con l'acciaio (tecnica del *béton plaquet*); questo non significa che non sia possibile utilizzare le fibre sintetiche per aumentare la resistenza a compressione delle strutture in calcestruzzo armato. Una tecnica specifica è stata utilizzata nel rinforzo di alcuni pilastri esterni al fab-

bricato che, partendo dai livelli inferiori, raggiungono la sommità della struttura e che i progettisti hanno giudicato troppo snelli. I pilastri sono stati "placcati" con lamine sulle due facce principali, lungo tutto il loro sviluppo verticale, e poi rivestiti con tessuto in fibra (confinamento) che ha la funzione di aumentare la resistenza a compressione contenendo la dilatazione laterale del cemento armato



11. L'intervento ha interessato puntualmente molte parti dell'edificio, là dove le indicazioni progettuali ne indicavano la necessità.

(effetto Poisson) (figg. 10, 11 e 12). Durante le operazioni di rivestimento alcune evidenti discontinuità della gettata sono state integrate con iniezioni a bassa pressione di resine epossidiche molto fluide. Le performances dei compositi carbonio-resine sono così elevate che, in fase progettuale, è necessario effettuare una accurata verifica della lunghezza di incollaggio anche per evitare il cosiddetto "debonding", ovvero lo strappo per scorrimento delle lamine con il loro substrato di resina dal resto della massa di calcestruzzo, per effetto delle elevatissime tensioni tangenziali che si concentrano nelle parti terminali delle lamine. Anche il sistema utilizzato per evitare queste rotture prevede l'ancoraggio delle testate delle lamine con piastre e fazzoletti d'acciaio e/o con tessuti in fibra di carbonio. Per alcuni dei pilastri centrali, ritenuti troppo caricati, è stato invece deciso di procedere al taglio dei raccordi con le solette, vincolando queste ultime a una gabbia di piatti e angolari metallici che, incollati al calcestruzzo con resina epossidica e irrigiditi con staffe saldate, racchiude i pilastri preesistenti. La realizzazione di questo particolare intervento rivela uno dei limiti dei materiali compositi e, contemporaneamente, dimostra l'ingegno di tecnici e responsabili nel superare i vincoli più costrittivi. Le resine epossidiche hanno un comportamento termoplastico per cui, con temperature dell'ordine di 80-100 gradi, rammoliscono e si fluidificano, con una riduzione delle prestazioni. Per questo motivo le loro elevate caratteristiche di resistenza meccanica si riducono durante un incendio e, per ovviare a questo inconveniente, tutte le strutture trattate con materiali compositi sono state protette da temperature eccessive con rivestimenti termoisolanti o intonaci intumescenti. Nel caso in questione, in presenza di una



12. L'intervento di consolidamento e rinforzo ha interessato non solo le strutture verticali ma anche quelle verticali quali le solette, sulle quali si sono posate le lamine all'intradosso.

saldatrice che doveva sviluppare alte temperature per collegare a caldo elementi metallici, è stato deciso di applicare, sopra il volume oggetto dell'iniezione di resina, un ulteriore strato resinoso "di sacrificio", capace di assorbire lo sbalzo termico senza intaccare le proprietà statiche degli elementi consolidati. La termoplasticità delle resine ha anche un suo risvolto positivo: gli interventi di consolidamento sono, infatti, reversibili. Una volta irrobustita la struttura, riscaldando a media temperatura (con una fiamma libera, ad esempio) l'area interessata è possibile sciogliere e asportare la resina, distaccando l'intero rinforzo. La reversibilità, soprattutto in un cantiere di restauro, è uno dei presupposti della cosiddetta "teoria conservativa" che trova sempre maggiori consensi presso i tecnici delle Sovrintendenze, sia che questi decidano di lasciare il rinforzo "a vista", sia che si orientino a nascondere conintonaci o altri materiali di rifinitura.

ECONOMIA ED ESTETICA

L'intera opera di ricostruzione della torre, commissionata dal ministero dei Lavori pubblici - Provveditorato alle Opere pubbliche della Campania e diretta dall'ingegnere Antimo Zanini, dagli ingegneri Gaetano e Sergio Cicatiello e dall'ingegnere Diego Pietra-

fesa, costerà complessivamente circa 130 miliardi e quando sarà completata, entro la fine del 2001, sarà durata quasi due anni (fig. 13). L'intervento di rinforzo, considerando che le aree venivano consegnate secondo un programma "a scacchiera" che teneva conto della necessità di mantenere in funzione gli impianti, è durato circa tre mesi. Le quantità dei prodotti in CFRP forniti dalla Sika per questo intervento sono imponenti: oltre 20.000 metri lineari di lamine, 5.000 metri quadrati di tessuti e circa 25 tonnellate di resine (fig. 14). Il contributo della manodopera impiegata per la sola installazione dei rinforzi, valutabile in una quindicina di addetti specializzati, ha inciso per il 20 per cento circa rispetto alla cifra stanziata per il consolidamento stesso. Al di là della fattibilità tecnica, l'uso di materiali a elevato contenuto tecnologi-



13. Un volta terminate le operazioni di cantiere, commissionate dal ministero dei Lavori pubblici - Provveditorato alle Opere pubbliche della regione Campania, e superate le gravi condizioni di degrado visibili nell'immagine, l'edificio tornerà alla sua piena funzionalità con un'efficienza strutturale ritrovata.

gnee, allo scopo di ridurre l'eccessiva freccia, effettuando delle fresate longitudinali sulle masse legnose e inserendo nelle fessure le lamine, solidarizzate dal solito bagno di resina, ripristinando le condizioni statiche senza palesare alcun tipo d'intervento. Questo mimetismo visivo è un tratto distintivo dei primordi di qualsiasi nuova tecnologia costruttiva - si pensi a come l'uso dell'acciaio in architettura fu dissimulato, fino ai primi decenni del secolo scorso, con elementi stampati di cemento, a carattere esclusivamente decorativo. Di contro va sottolineato come, in alcuni casi, siano i progettisti stessi a denunciare, con un atteggiamento quasi "brutalista", la presenza di questi interventi realizzati con materiali non tradizionali, specie nei cantieri di restauro. Quelle lamine nere, risolutamente applicate con scopi puramente utilitaristici, e le fasciate di tessuto mascherate da sottili strati di inerti non rendono giustizia all'elevatissimo livello delle tecnologie impiegate per la realizzazione dei materiali compositi. Ora che la validità di questi prodotti è dimostrata e il loro mercato va ampliandosi di anno in anno, la sfida che attende imprese e progettisti sarà la definizione di quell'autonoma dimensione estetica che caratterizza ogni materiale costruttivo.

co ha comportato, in questo caso, una diversa ripartizione dei costi rispetto a un cantiere di consolidamento con tecnologia basata sull'acciaio. Intervendendo con i compositi su strutture che potrebbero essere rinforzate con i metodi tradizionali, il risparmio globale medio può essere valutato nell'ordine del 10-15 per cento. I vantaggi sono: minor impiego di manodopera, ridottissimi ingombri dei rinforzi, maggiore leggerezza delle opere aggiunte, possibilità di intervenire in maniera "chirurgica" (senza sospendere le attività in corso in un edificio, specie se si tratta di impianti produttivi) e, non ultimo, minor impatto architettonico del rinforzo che, in alcuni casi, potrebbe addirittura risultare invisibile. Sono già stati eseguiti numerosi consolidamenti di strutture li-



14. Le dimensioni dell'intervento sono decisamente imponenti: in cantiere sono stati utilizzati oltre 20.000 metri lineari di lamine, 5.000 metri quadrati di tessuti e circa 25 tonnellate di resine sintetiche. Visti i numeri, il cantiere di Napoli si presenta come uno dei più interessanti al mondo per verificare la qualità e l'efficacia dei metodi e delle tecnologie di rinforzo con compositi in fibre di carbonio.

PER SAPERNE DI PIÙ

SIKA ITALIA

Segnare 902 cartolina servizio informazioni