ArcelorMittal Europe - Long Products
Sections and Merchant Bars

ArcelorMittal

L'acciaio nel recupero edilizio

L’uso combinato di materiali recenti e vecchi incoraggia la diversità architettonica

Indice

1.	Introduzione	2
2.	L'acciaio e i diversi livelli di consolidamento	10
3.	Rinnovo di strutture in muratura	26
4.	Rinnovo di strutture in cemento armato (C.A.)	38
5.	Rinnovo di strutture in ferro/acciaio	44
6.	Adeguamento sismico	54
7.	Ampliamenti	68
	Assistenza tecnica e finitura	78
	I vostri partners	79

1. INTRODUZIONE

1.1 Aspetti generali 4
1.2 Aspetti operativi 5
1.3 Principali caratteristiche delle strutture in acciaio in una prospettiva di rinnovo edilizio 6
1.4 Requisiti essenziali delle procedure di rinnovo 7
1.5 Ambiti di applicazione 8

1.1 Aspetti generali

Il recupero di edifici e ponti è un'attività sempre più diffusa al giorno d'oggi. A partire dagli anni '70, si nota un progressivo orientamento dell'industria edilizia verso le seguenti attività: consolidamento, ripristino e ammodernamento di edifici esistenti.

Spesso, i vecchi edifici in muratura danneggiati dall'inesorabile trascorrere del tempo necessitano di interventi di consolidamento strutturale e riabilitazione funzionale. Anche gli edifici più recenti realizzati in cemento armato richiedono sovente interventi di rinnovo a causa del cattivo stato di conservazione in cui versano.

Per preservare e proteggere le costruzioni esistenti, negli ultimi decenni sono stati adottati svariati sistemi di consolidamento e restauro. La carpenteria metallica svolge un ruolo di primo piano in queste attività.

Per gli interventi di restauro e consolidamento, e in particolare per quelli più delicati di restauro strutturale di edifici monumentali, è necessario selezionare con cura i nuovi materiali edili da utilizzare. Tali materiali devono essere scelti sulla base delle caratteristiche intrinseche dei materiali tradizionali che devono essere consolidati.

1.2 Aspetti operativi

		NUOVI MATERIALI COMPOSITI - Materiali per il consolidamento				
		ACCIAIO	CEMENTO	MURATURA	LEGNO	FRP
STRUTTURE DANNEGGIATE	ACCIAIO	++				+
	CEMENTO	++	+			+
	MURATURA	++	+	+	+	+
	LEGNO	++			+	+

Innanzitutto occorre distinguere tra i nuovi materiali che rappresentano il "rimedio" e i vecchi materiali che invece costituiscono il "problema". Come "rimedio" è possibile utilizzare sia materiali tradizionali, quali ad esempio cemento, malta, calcestruzzo armato o acciaio, sia materiali innovativi, quali malte speciali, polimeri fibrorinforzati (FRP) o metalli speciali (acciai ad alta resistenza, acciaio inossidabile eccetera), ma anche alcuni dispositivi particolari mutuati dai sistemi avanzati di protezione sismica e basati sulle tecnologie di controllo passivo.

La soluzione da adottare può essere facilmente individuata inserendo in una tabella tutti i materiali di "rimedio" (materiali utilizzabili per il consolidamento) e i materiali "problematici" (materiali delle strutture danneggiate), e analizzando le possibili combinazioni tra tali materiali.

La scelta della combinazione più adatta costituisce l'obiettivo principale dell'attività di consolidamento strutturale; tra le varie combinazioni illustrate nella tabella, è possibile notare come l'acciaio rappresenti sempre un ottimo "rimedio" per ogni materiale "problematico".

Da una prima analisi dei possibili sistemi di consolidamento emerge che:

- I sistemi di consolidamento basati sul cemento ed i conglomerati cementizi sono molto diffusi, specialmente per gli interventi di adeguamento sismico. Tali materiali vengono solitamente iniettati e/o impiegati per realizzare elementi costruttivi in cemento armato (c.a.), ma la compatibilità di questi materiali con la muratura con cui sono edificati molti edifici storici è opinabile, inoltre è opportuno ribadire che questi interventi non sono reversibili;

- I sistemi di consolidamento basati su polimeri o materiali compositi sono piuttosto recenti e, almeno per il momento, non sono disponibili elementi sufficienti per giudicarne la durata nel tempo; anche la loro reversibilità è incerta;

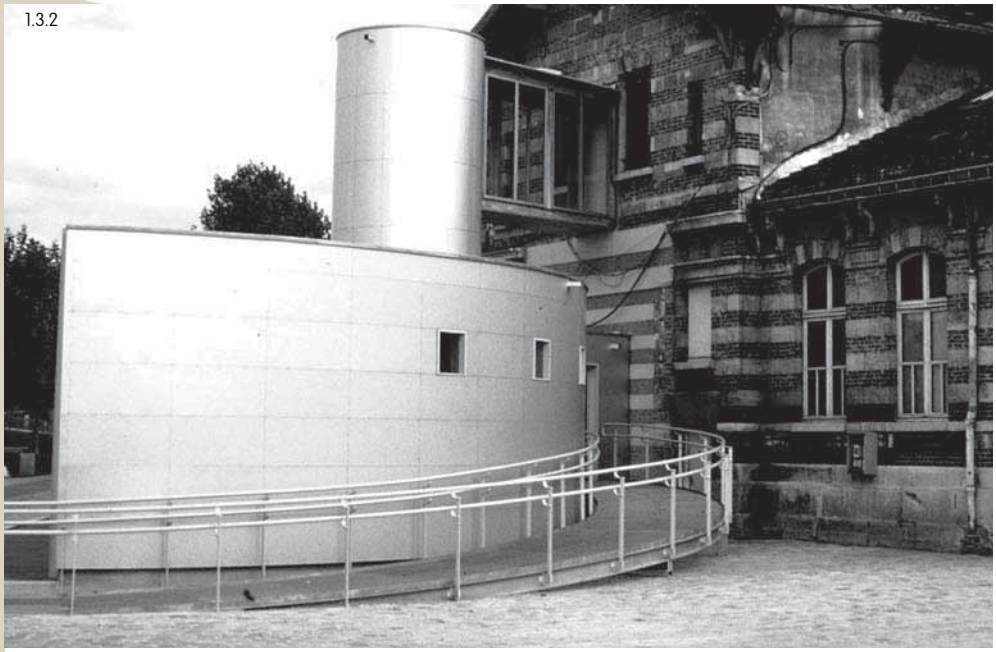
- I sistemi di consolidamento basati su strutture in acciaio sono stati adottati frequentemente e con successo sia nel caso di costruzioni monumentali che per fabbricati normali in muratura o c.a.;

- L'impiego di dispositivi speciali è ancora in nuce, ma lascia presagire una diffusione più massiccia in futuro.

Da un punto di vista strutturale, l'analisi di diversi esempi concreti provenienti da ogni parte del mondo dimostra che con un'adeguata struttura in acciaio è possibile soddisfare esigenze complesse, esigenze che possono emergere ad ogni livello del processo di consolidamento delle strutture esistenti che necessitano di essere rinnovate. Inoltre, nel caso di costruzioni di valore architettonico, l'acciaio consente di rispettare le severe limitazioni imposte dai principi di restauro.

1.3 Principali caratteristiche delle strutture in acciaio in una prospettiva di rinnovo edilizio

1.3.2



L'impiego della carpenteria metallica per le operazioni di consolidamento e recupero strutturale fa leva sulle seguenti caratteristiche peculiari:

- La *prefabbricazione* consente di saldare gli elementi principali in fabbrica. Vengono realizzati su misura a seconda delle esigenze operative e di trasporto in cantiere, dove possono essere assemblate in tutta semplicità per mezzo di bulloni;
- *Reversibilità,* caratteristica peculiare delle strutture in acciaio, in cui si impiegano bulloni non solo per le giunzioni provvisorie, ma anche per le costruzioni definitive (Figura 1.3.1)
- *Leggerezza* degli elementi strutturali, resa possibile da un elevato rapporto peso-resistenza: una caratteristica che, a sua volta, consente di semplificare il trasporto e la posa in opera delle strutture e di ridurre al minimo gli effetti collaterali dovuti all'incremento del carico sulle strutture esistenti;
- *Dimensioni contenute* degli elementi strutturali, come conseguenza naturale dell'elevata efficienza strutturale dell'acciaio: una caratteristica che consente di semplificare la sostituzione e/o l'integrazione di opere esistenti con elementi rinforzanti;
- *Gradevolezza estetica* degli elementi in acciaio, fondamentale quando la sinergia strutturale tra materiali vecchi e nuovi si coniuga con il valore architettonico che nasce dal contrasto tra caratteristiche disomogenee (Figura 1.3.2);
- *Rapidità di costruzione,* una caratteristica sempre auspicabile, ma in particolar modo quando l'intervento di recupero è estremamente urgente per prevenire un ulteriore degrado e/o per garantire una protezione immediata;
- La possibilità di reperire sul mercato una *grande varietà di prodotti in acciaio* è importante per soddisfare tutte le esigenze costruttive e di progetto e con un alto livello di flessibilità. La gamma di prodotti disponibili è molto ampia: profili laminati a caldo sotto forma di lamiere, profili a doppia T o a U, angolari, elementi prefabbricati come travi alveolari, travi per solai, profilati trapezoidali e così via.

Appare quindi evidente che la carpenteria metallica è una tecnologia perfetta per il consolidamento di tutti gli elementi strutturali in muratura, c.a., legno e, ovviamente, in ferro o acciaio.

1.3.1

1.4 Requisiti essenziali delle procedure di rinnovo

Se l'edificio da consolidare è di interesse storico, il suo restauro diventa un processo molto delicato. I criteri fondanti dell'attività di restauro mirano alla conservazione degli edifici esistenti e alla loro integrazione con nuovi elementi necessari a ripristinarne la funzionalità. Tali interventi integrativi devono essere palesemente moderni, riconoscibili e reversibili; ciò è possibile se si impiegano tecnologie e materiali che possono essere rimossi senza danneggiare le strutture esistenti.

Secondo le varie "Carte" internazionali del restauro, infatti, è incongruente eseguire ricostruzioni utilizzando le metodologie del passato, ormai impossibili da riprodurre per svariate ragioni, principalmente di ordine tecnologico. Altre ragioni di questa impossibilità risiedono nel superamento dei metodi costruttivi tradizionali, nelle nuove esigenze funzionali e nell'irreperibilità dei materiali utilizzati in passato. Parallelamente, queste "Carte", specialmente nei casi in cui gli interventi di restauro implicano operazioni di ristrutturazione con parziale ricostruzione, evidenziano la necessità di utilizzare le tecnologie e i materiali più adeguati in maniera palesemente moderna.

In particolare, la Carta di Venezia (1964) afferma che i lavori di completamento devono essere caratterizzati dal *"segno della nostra epoca"* e che *"quando le tecniche tradizionali si rivelano inadeguate, il consolidamento di un monumento può essere assicurato mediante l'ausilio di tutti i più moderni mezzi di struttura e conservazione, la cui efficienza sia stata dimostrata da dati scientifici e sia garantita dall'esperienza"*.

Ne consegue logicamente che l'acciaio, in quanto materiale e in quanto tecnologia, ha il vantaggio di essere un materiale moderno dotato di caratteristiche di "reversibilità", particolarmente adatto ad essere utilizzato in abbinamento ai materiali del passato per formare sistemi strutturali integrati. Inoltre, la scelta dell'acciaio è motivata dalle elevate prestazioni meccaniche di questo materiale e dalla flessibilità dei sistemi costruttivi che ne fanno uso.

I sistemi costruttivi basati su altri materiali (cemento, malta, calcestruzzo, polimeri, compositi) non soddisfano il requisito essenziale della reversibilità.

In conclusione, l'utilizzo di acciaio strutturale nel recupero edilizio di monumenti e beni architettonici è perfettamente in linea con le raccomandazioni dettate dalla moderna teoria del restauro.
È normale, quindi, che se ne faccia largo uso per i lavori di restauro eseguiti su ogni tipo di monumento o edificio storico, anche sotto forma di dispositivi speciali per la protezione sismica
.

1.3.1 L'utilizzo di giunzioni bullonate è un prerequisito fondamentale per la "reversibilità" della soluzione
1.3.2 Il valore estetico del contrasto sinergico tra materiali tradizionali e moderni

1.5 Ambiti di applicazione

In tutto il mondo è possibile trovare esempi di recupero edilizio, ristrutturazione ed ampliamento mediante strutture in acciaio.

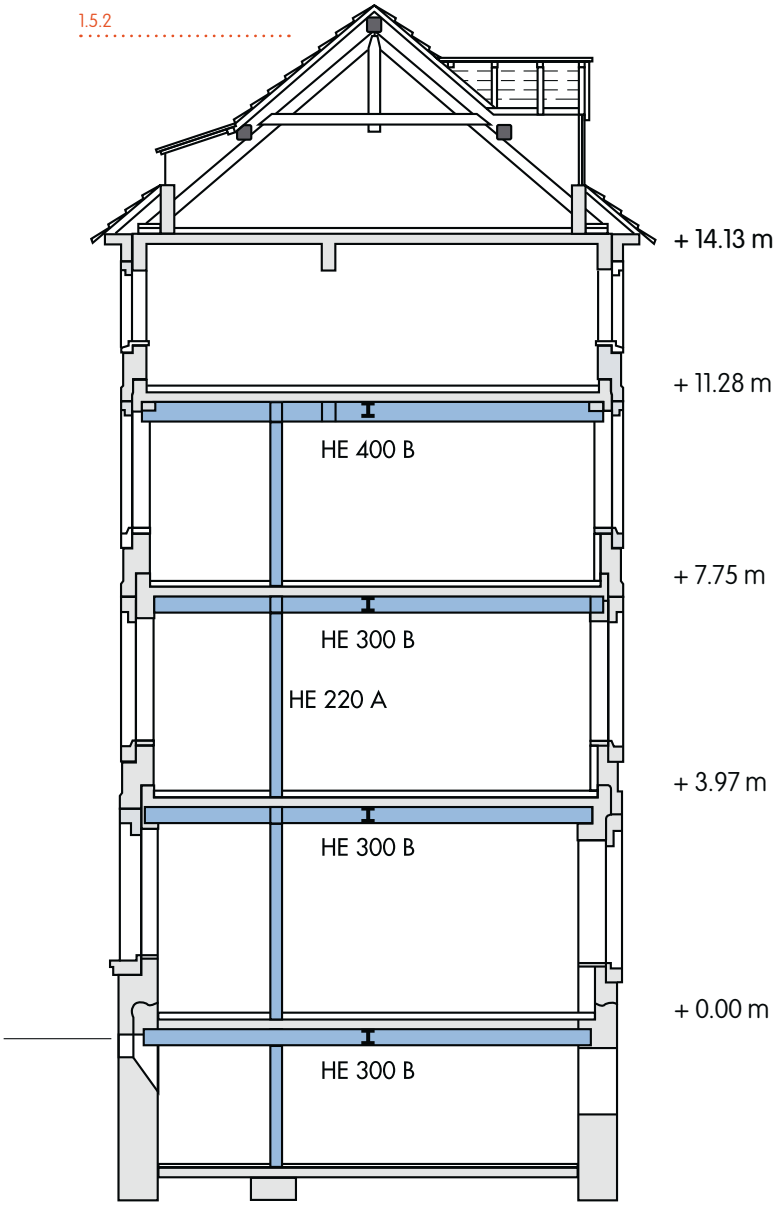
- *Diversi stabilimenti industriali dismessi* sono stati trasformati in abitazioni o uffici (Figura 1.5.1).

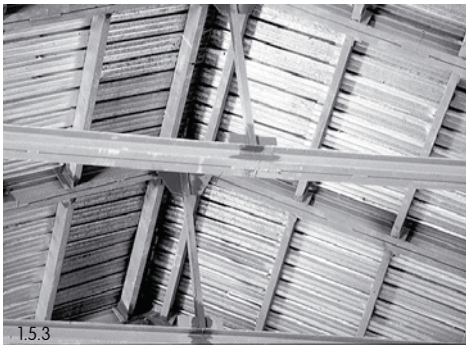
- Gli interni di *numerosi edifici storici* sono stati completamente ristrutturati, mantenendo le facciate originali e sostituendo l'interno con uno scheletro nuovo (Figura 1.5.2).

All'interno di monumenti storici sono state inserite strutture portanti che si integrano armoniosamente con i valori stilistici moderni. Questo tipo di applicazione sta prendendo sempre più piede per la realizzazione di musei e sale espositive.

1.5.1

1.5.2





1.5.3

- Per numerose *chiese antiche* sono state realizzate coperture in acciaio con capriate e profilati trapezoidali (Figura 1.5.3). Altri fabbricati importanti sono stati ampliati orizzontalmente o verticalmente, con interventi armoniosi dal punto di vista strutturale ed estetico.

- In Italia sono stati completamente recuperati *interi quartieri* di città che avevano subito danni ingenti a seguito di recenti scosse sismiche; per migliorare la resistenza sismica dei vecchi edifici in muratura sono stati utilizzati componenti in acciaio.

- Sono state recuperate per mezzo di elementi in acciaio diverse *strutture in cemento armato* che erano state danneggiate, o per le quali erano richieste condizioni di utilizzabilità più gravose. Inoltre, sono stati eseguiti interventi di modifica dello schema strutturale originale di diversi fabbricati, con l'aggiunta o la diminuzione del numero di piani o con l'inserimento di controventi per l'adeguamento sismico.

1.5.1 Stabilimento industriale dismesso trasformato in edificio residenziale (Parigi, rue de l'Ourcq)
1.5.2 Inserimento di un nuovo scheletro all'interno di una facciata preesistente in muratura ("Kannerland" in Lussemburgo)
1.5.3 Il nuovo tetto in acciaio di una chiesa (Salerno, Italia)

2. L'ACCIAIO E I DIVERSI LIVELLI DI CONSOLIDAMENTO

2.1 Aspetti generali 12
2.2 Protezione 12
2.3 Riparazione 16
2.4 Rinforzo 18
2.5 Ristrutturazione 20

2.1 Aspetti generali

Di fronte al problema del consolidamento strutturale di un edificio, è possibile operare una distinzione tra i vari livelli dell'intervento di consolidamento, una distinzione legata alla tipologia di operazioni eseguite e, a volte, anche alla successione cronologica delle diverse fasi in cui si articola l'intervento. La classificazione proposta individua quattro livelli: protezione, riparazione, rinforzo e ristrutturazione.

2.2 Protezione

La *Protezione* rappresenta il primo livello di consolidamento di una struttura esistente. Questa fase consiste in una serie di misure provvisorie a garanzia della sicurezza sia per il pubblico che per il privato durante la fase transitoria che precede qualsiasi intervento definitivo di consolidamento (Figura 2.2.1). Tali misure vengono adottate per proteggere il sito e per prevenire il crollo parziale o totale dell'immobile, nel caso in cui si tratti di un edificio strutturalmente instabile che necessiti con urgenza di un intervento di messa in sicurezza.

2.2.1

Le caratteristiche peculiari degli interventi di protezione sono:

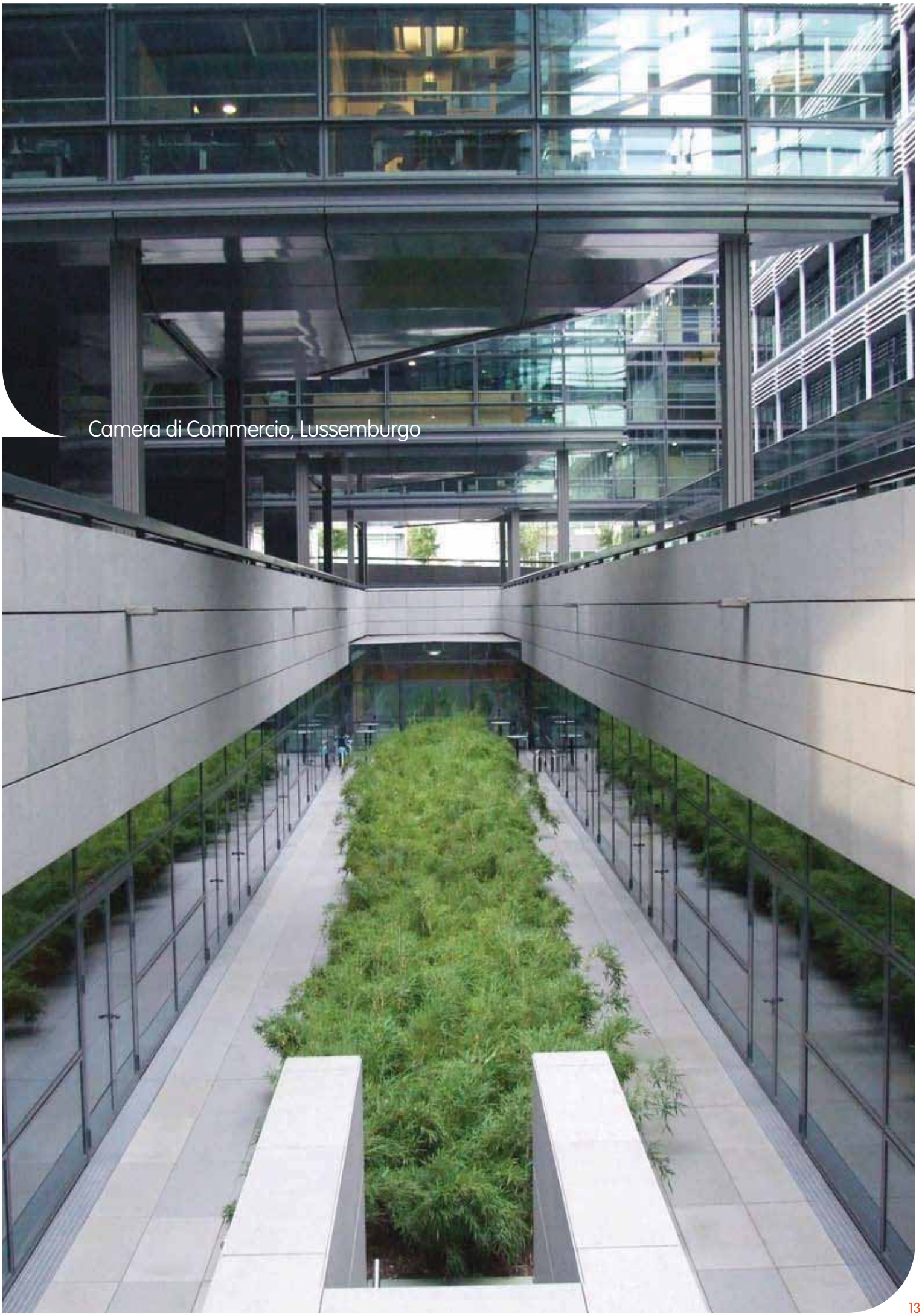
- rapidità di esecuzione
- flessibilità dei sistemi costruttivi
- adattabilità ad aree di lavoro di dimensioni ristrette o di difficile accesso
- reversibilità dell'intervento.

2.2.2

Di seguito, invece, vengono elencati i principali campi di applicazione di queste misure:

- sostegno provvisorio di facciate per mezzo di strutture spaziali reticolari durante la ricostruzione di un nuovo edificio tra due immobili esistenti
- struttura in acciaio a sostegno di facciate durante la demolizione dell'interno dell'edificio (sventramento); tale funzione di sostegno può essere provvisoria oppure fare parte della struttura finale (ad esempio, tralicci verticali per l'irrigidimento della facciata)
- sostegno provvisorio di facciate di edifici a seguito di terremoti, per mezzo di ponteggi in acciaio che eliminano la necessità di impedire l'accesso ad una strada
- copertura provvisoria dell'edificio, per garantire un'adeguata protezione del cantiere dalle intemperie durante i lavori di recupero edilizio (Figura 2.2.2).

2.2.1 Strutture in acciaio utilizzate come soluzione temporanea per il sostegno di una facciata (Montreal, Canada)
2.2.2 Un tetto provvisorio per proteggere il cantiere durante i lavori di recupero (Atene, Grecia)



Camera di Commercio, Lussemburgo

Ecco le principali applicazioni della carpenteria in acciaio durante le operazioni di protezione:

- gli elementi strutturali in acciaio vengono utilizzati come "ponteggi" per creare soluzioni ad hoc, progettate su misura per soddisfare in maniera ottimale determinate esigenze specifiche (Figura 2.2.3)
- le strutture in acciaio pesante (realizzate con profili saldati o bullonati) e in acciaio leggero (elementi cavi con giunzioni bullonate) vengono impiegate efficacemente per proteggere gli interventi risolutivi e temporanei (Figure 2.2.4 e 2.2.5).

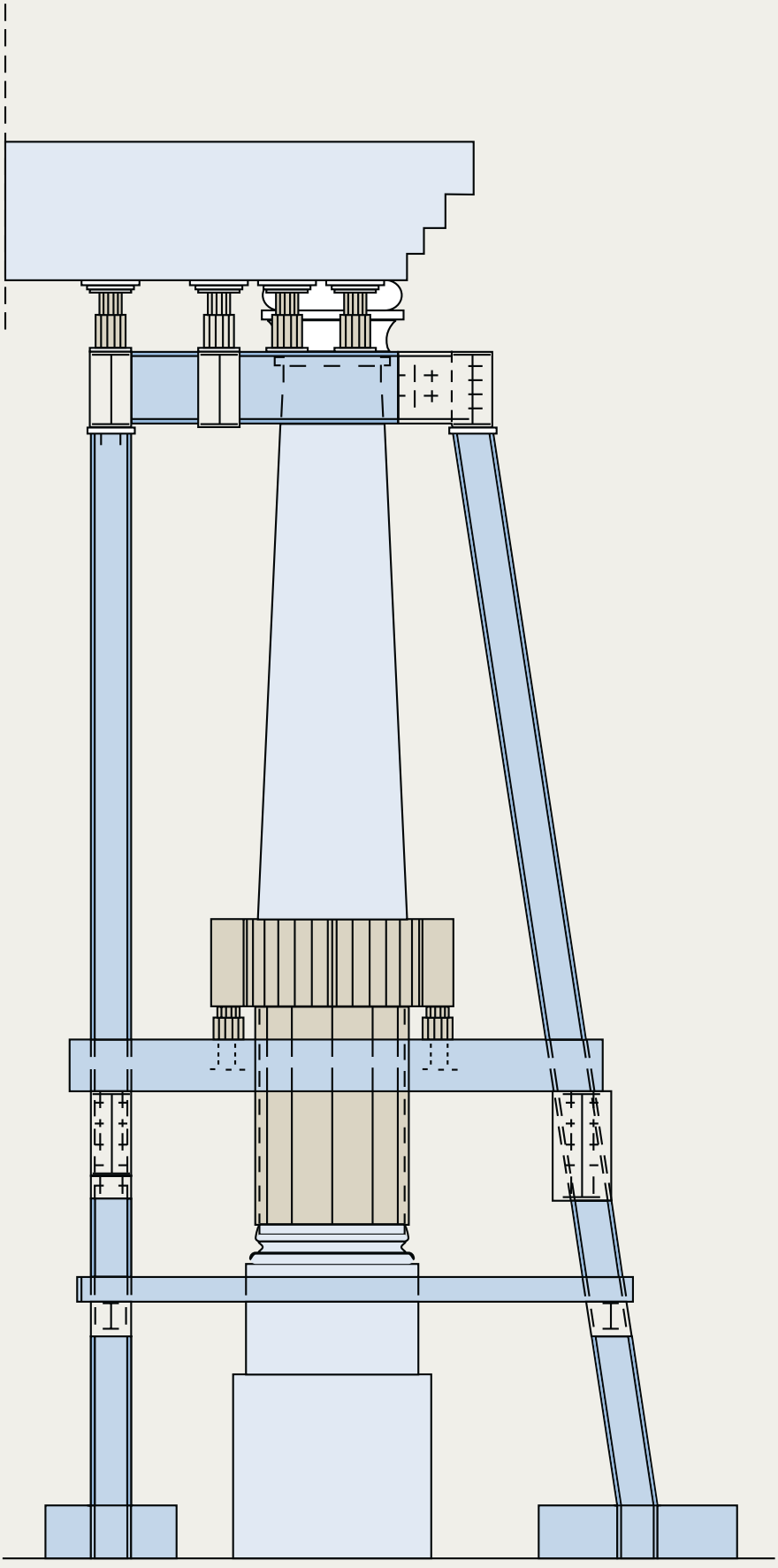
2.2.4

Le strutture in acciaio appena descritte offrono i seguenti vantaggi:

- leggerezza
- possibilità di prefabbricazione
- facilità di trasporto e costruzione
- convenienza e possibilità di riutilizzare le strutture.

2.2.3 Intervento provvisorio sul timpano della basilica di San Francesco ad Assisi (Italia)
2.2.4 Struttura provvisoria in acciaio per sostenere la facciata di un edificio a seguito di un incendio (Lisbona, Portogallo)

2.2.5



2.2.5 Sostegno provvisorio delle colonne poste all'entrata di Palazzo Carigliano a Torino (Italia)

2.3 Riparazione

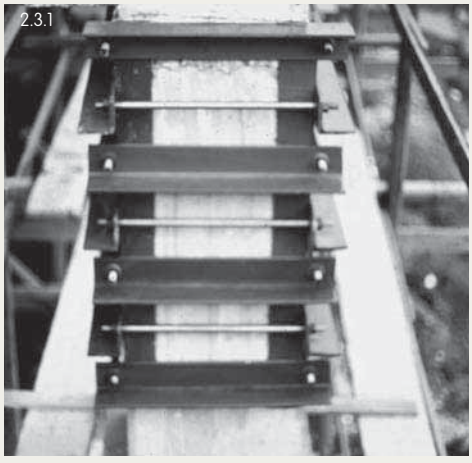
Il secondo livello di consolidamento di una struttura esistente è la *Riparazione*. Quest'intervento comprende una serie di operazioni eseguite sull'immobile per ripristinarne l'efficienza strutturale, riportandola com'era prima di subire danni. A differenza della protezione, la riparazione è un intervento definitivo, che viene adottato se i danni all'edificio sono stati causati da fattori chiaramente identificabili i cui effetti si sono manifestati per un periodo prolungato e non richiedono, quindi, provvedimenti urgenti. Quest'intervento consiste nel semplice ripristino delle prestazioni strutturali riportandole ai livelli minimi di sicurezza, senza rinforzare ulteriormente le strutture del fabbricato danneggiate dalle intemperie e dal tempo.

Durante la fase di riparazione è possibile utilizzare numerosi sistemi tecnologici di consolidamento basati sulla carpenteria metallica, per migliorare il comportamento strutturale degli edifici in muratura, cemento armato e legno.

Gli elementi strutturali in acciaio, grazie alle tecnologie di prefabbricazione, consentono di creare soluzioni ad hoc, progettate su misura per soddisfare in maniera ottimale determinate esigenze specifiche.

Le caratteristiche fondamentali degli elementi in acciaio sono:

- leggerezza, che consente una maggiore facilità di trasporto e costruzione: si tratta di fattori importanti quando si lavora in spazi ristretti, ad esempio nei centri storici
- reversibilità, grazie all'impiego di giunzioni bullonate, che consentono di riutilizzare la struttura una volta smontata (Figura 2.3.1)
- rapidità di costruzione, una caratteristica utile in caso di interventi di emergenza resi necessari quando vi è il rischio che il danno progredisca velocemente (Figura 2.3.2)
- convenienza e possibilità di riutilizzare le strutture (Figura 2.3.3).

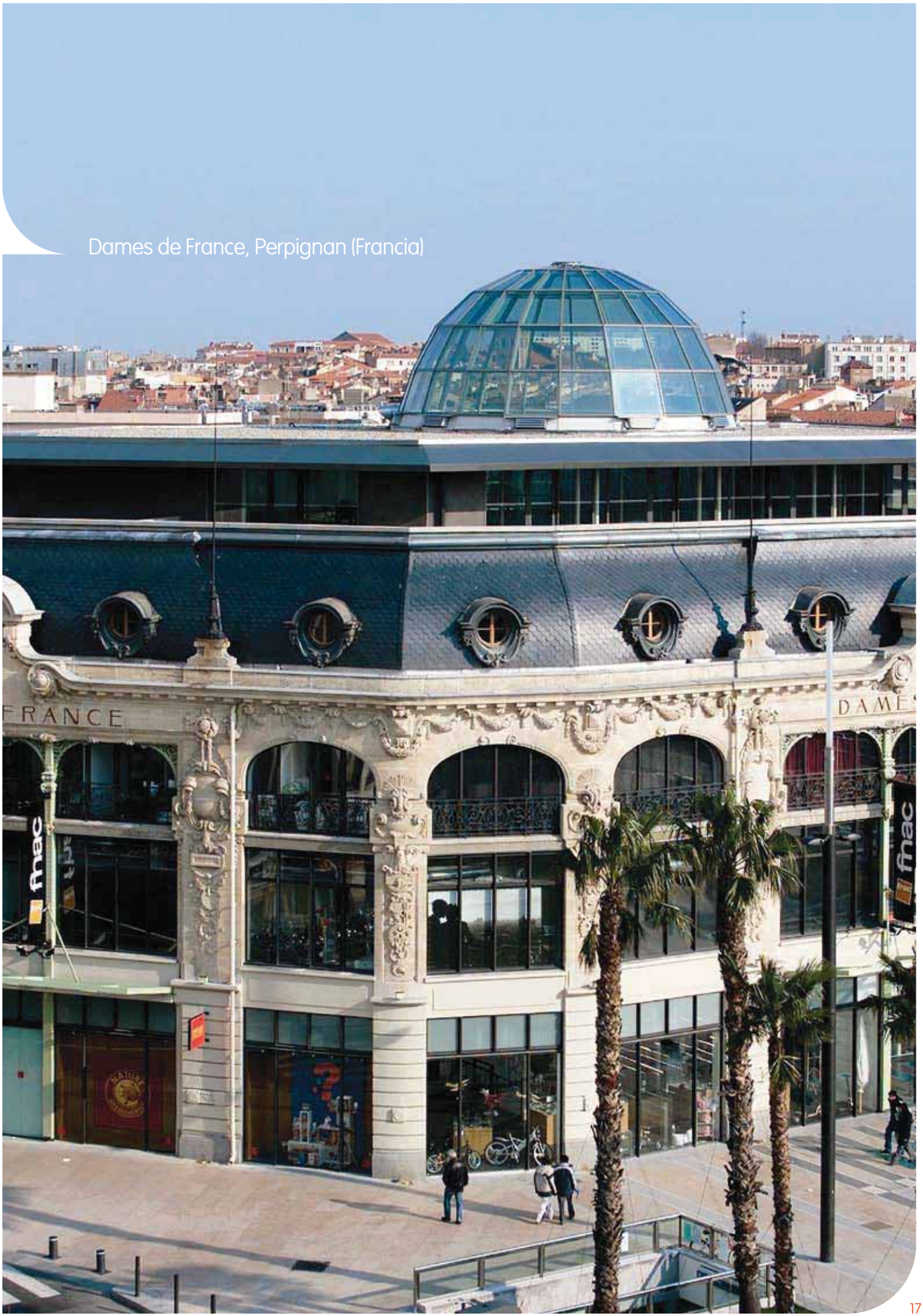

2.3.1

2.3.2

2.3.3

2.3.1 Angolari in acciaio per la riparazione di una colonna in c.a.
2.3.2 Intelaiatura in acciaio per la riparazione di un architrave di pietra (Berlino, Germania)
2.3.3 Christus Pavillon. Chiesa della EXPO di Hannover: una struttura modulare in acciaio, progettata per essere successivamente smontata e ricostruita altrove.

Dames de France, Perpignan (Francia)



2.4 Rinforzo

Rinforzare significa migliorare le prestazioni strutturali dell'edificio per soddisfare nuove esigenze ambientali o funzionali. Questo livello di consolidamento non altera in maniera significativa lo schema strutturale, ma introduce nuovi elementi in grado di integrare quelli esistenti dal punto di vista statico senza modificare la distribuzione delle masse o dei carichi dell'edificio.

A differenza della semplice riparazione, i lavori di rinforzo possono essere declinati secondo vari livelli di intensità a seconda della resistenza aggiuntiva che le nuove condizioni richiedono all'edificio, ma anche a seconda della gravità degli eventuali danni.

Dal punto di vista sismico, le operazioni di rinforzo possono essere suddivise in due livelli di intervento: il semplice miglioramento e l'adeguamento.

Gli interventi di miglioramento sismico vengono eseguiti per garantire una maggiore sicurezza. In questo caso, il rinforzo è riferito ad un singolo elemento o all'insieme, ma senza modificare eccessivamente lo schema statico dell'edificio e il suo comportamento generale. Inoltre è possibile eseguire lavori di miglioramento sui singoli elementi strutturali, ad esempio per correggere eventuali errori di progettazione o di esecuzione.

L'intervento di *adeguamento sismico*, invece, prevede l'esecuzione di una serie di lavori necessari a garantire che la struttura sia in grado di resistere a cariche progettuali di un nuovo terremoto. Ciò potrebbe comportare la massiccia alterazione del sistema strutturale e la modifica radicale della risposta dell'edificio alle sollecitazioni sismiche; in questo caso, dal punto di vista strutturale l'intervento rientrerebbe nella categoria delle operazioni di ristrutturazione.

2.4.1

2.4.2

2.4.3

Si rendono necessari lavori di rinforzo nei seguenti casi:

- se gli edifici sono sottoposti a condizioni di carico più gravose, a causa di un cambio di destinazione d'uso che incrementa i carichi di esercizio
- se un edificio già esistente si trova in un'area recentemente classificata sismica, e quindi soggetta a condizioni di carico più severe dovute al rischio di terremoti.

Le normative nazionali solitamente operano una distinzione chiara tra il semplice miglioramento e le opere di adeguamento sismico. È possibile eseguire lavori di miglioramento nei seguenti casi:

- in caso di cambio di destinazione d'uso
- per eliminare errori di progettazione e/o esecuzione
- quando l'intervento di consolidamento è eseguito su edifici monumentali non adatti a lavori di più ampio respiro.

L'adeguamento sismico è invece obbligatorio nei seguenti casi:

- sopraelevazione o ampliamento di un fabbricato, con aumento della volumetria e delle superfici
- aumento dei carichi dovuto a un cambio di destinazione d'uso
- modifica sostanziale del sistema strutturale a seguito di interventi di rinnovamento rispetto all'originale o, in generale, quando la ristrutturazione comporta un'alterazione del comportamento statico complessivo.

I diversi livelli dei lavori di rinforzo, dal semplice miglioramento all'adeguamento, possono essere eseguiti utilizzando i medesimi sistemi tecnologici di consolidamento impiegati per la riparazione. Le strutture in acciaio vengono utilizzate frequentemente per migliorare il comportamento statico di edifici in muratura e in cemento armato. Spesso, per l'adeguamento sismico di strutture in muratura e in cemento armato si utilizzano sistemi di controventatura. Tra questi, i più innovativi sono basati sull'impiego di controventi eccentrici in acciaio (Figura 2.4.1), controventi in acciaio ad instabilità impedita (Figura 2.4.2) e pannelli irrigiditi in acciaio a basso snervamento (Figura 2.4.3).

2.4.1 Struttura in c.a. rinforzata con controventi eccentrici in acciaio
2.4.2 Struttura in c.a. rinforzata con controventi ad instabilità impedita
2.4.3 Struttura in c.a. rinforzata con pannelli in acciaio

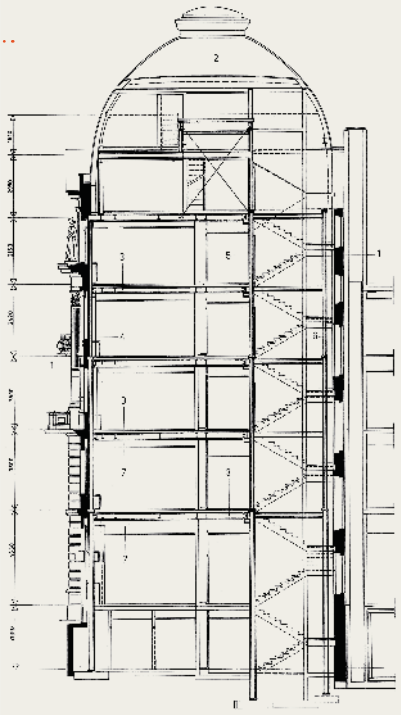
2.5 Ristrutturazione

2.5.1a

La Ristrutturazione rappresenta il livello gerarchicamente più elevato di consolidamento di un edificio esistente, e consiste nella modifica totale o parziale della sua distribuzione funzionale, volumetria e disposizione interna; a queste modifiche si aggiungono l'alterazione di altre caratteristiche originali del fabbricato e la modifica radicale del suo sistema strutturale. È possibile individuare quattro tipologie di lavori di ristrutturazione: ristrutturazione degli interni, inserimento, ampliamento e alleggerimento.

- La *Ristrutturazione degli interni* consiste nella sostituzione totale o parziale della parte interna di un immobile con una struttura nuova e diversa. Questo intervento si rende necessario quando occorre modificare l'interno di un edificio per motivi funzionali ma, per vincoli architettonici o di pianificazione territoriale, è richiesta la conservazione integrale della facciata (Figure 2.5.1. a e b).

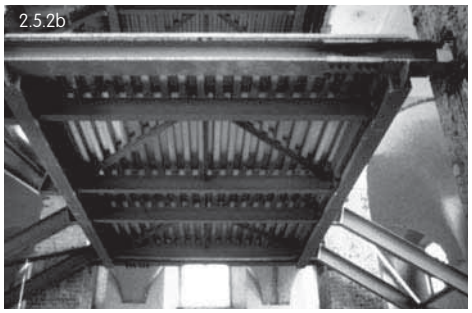
2.5.1b



2.5.1 Il vecchio "Roemerhof" a Zurigo trasformato in una moderna banca: a) la facciata; b) i nuovi uffici all'interno del "Roemerhof" sono inseriti in strutture di acciaio realizzate all'interno della facciata esistente
2.5.2 Esempi di inserimento in un edificio in muratura: a) un nuovo soppalco in acciaio; b) una nuova scalinata in acciaio
2.5.3 Pavimento in acciaio in un edificio commerciale in Lussemburgo

- *L'Inserimento* invece prevede l'introduzione di nuove strutture o elementi strutturali all'interno delle volumetrie esistenti, ad esempio, aggiungendo piani intermedi o soppalchi volti ad aumentare la superficie utile senza modificare il volume disponibile (Figure 2.5.2 a e b). Un altro esempio di inserimento è l'aggiunta di una serie di strutture portanti atte ad accogliere aree espositive speciali visitabili a diversi livelli, oppure di scalinate e ascensori (Figura 2.5.3).

2.5.2a

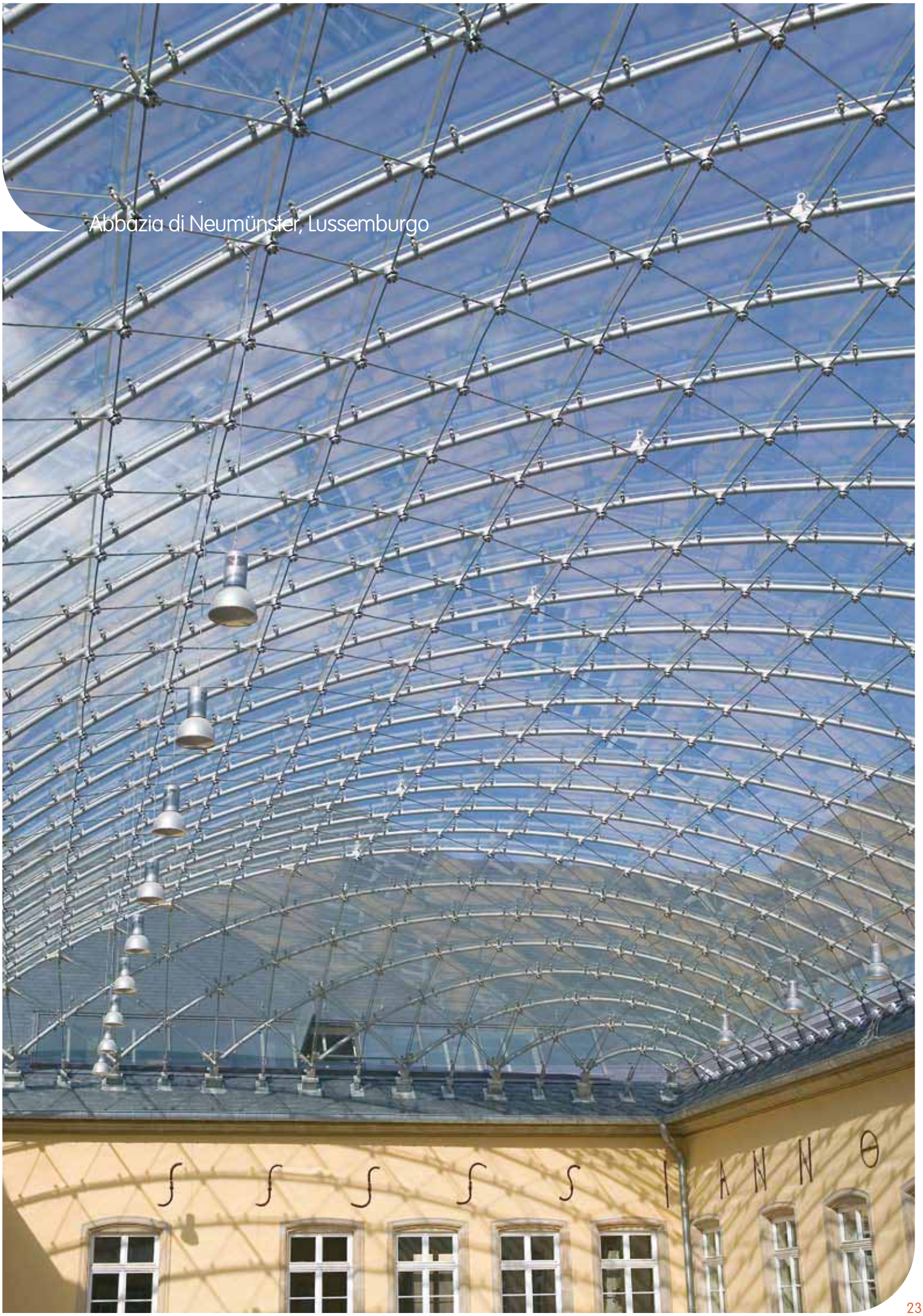

2.5.2b

2.5.3

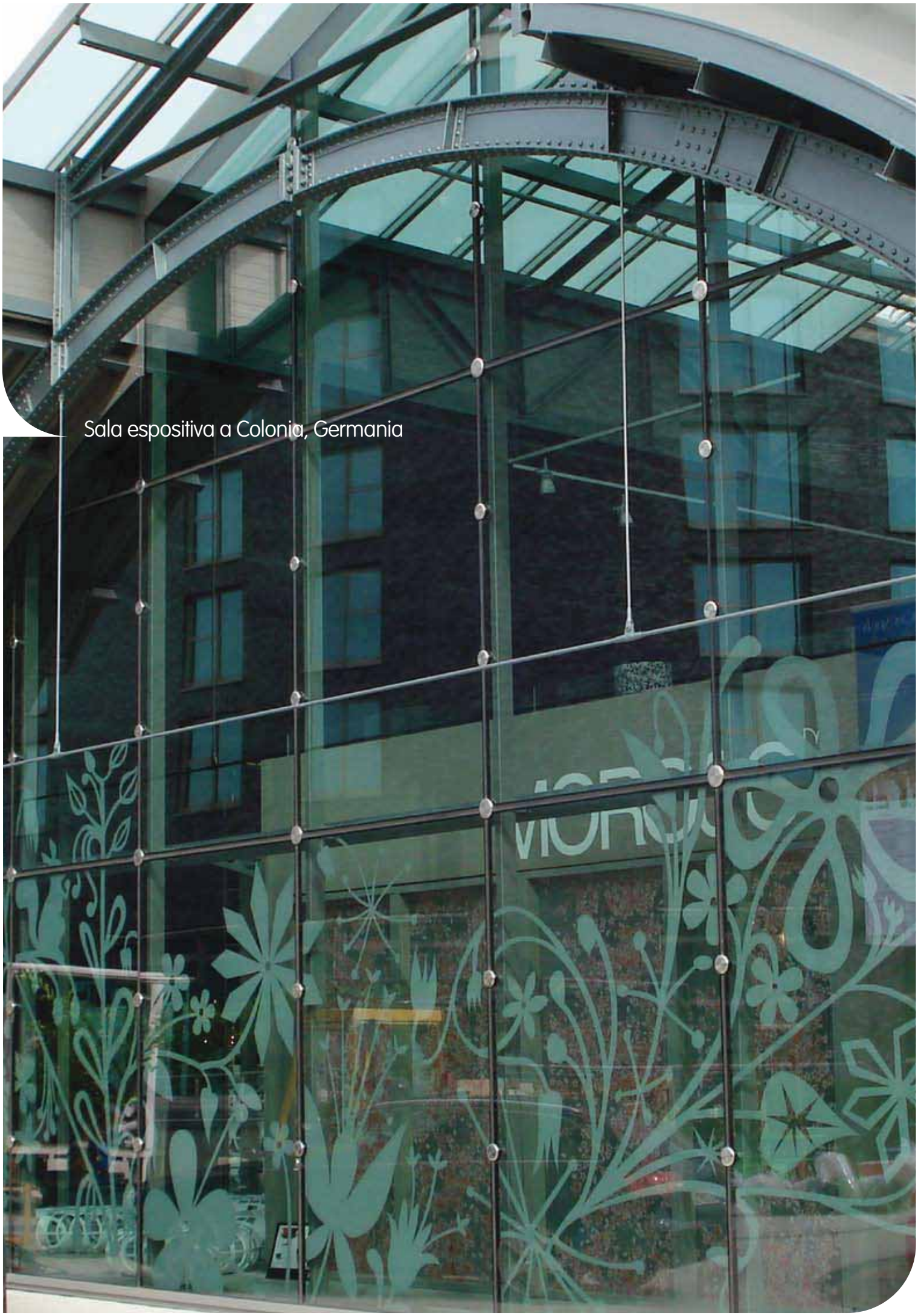
- L'*Ampliamento* si esegue per soddisfare nuove esigenze funzionali, e comporta l'aumento della volumetria originale in verticale oppure in orizzontale.

  - L'*ampliamento* orizzontale consiste nell'aggiunta di nuovi volumi laterali accanto alla struttura originale. In questi casi, le considerazioni che prevalgono sono di carattere estetico più che funzionale, a causa della necessità di combinare stili architettonici diversi (Figure 2.5.4 e 2.5.5).

2.5.4 Un nuovo edificio in acciaio nell'area archeologica industriale di Catania (Italia), chiamata "Le Ciminiere", in cui i vecchi edifici in muratura sono stati restaurati utilizzando strutture in acciaio
2.5.5 Una recente costruzione in acciaio tra gli edifici storici del centro di Udine (Italia)



Abbazia di Neumünster, Lussemburgo



Sala espositiva a Colonia, Germania

2.5.6a

2.5.6b

- L'*Ampliamento verticale* consiste nel sopralzo di un edificio mediante l'aggiunta di uno o più piani al di sopra della struttura esistente. A seconda del peso aggiuntivo, potrebbe essere necessario rivedere la capacità portante del fabbricato originale, per verificare se occorre eseguire interventi di consolidamento prima di procedere alla sopraelevazione. Questo problema acquista una rilevanza particolare nelle aree sismiche, in cui il comportamento generale dell'edificio è grandemente influenzato dall'aggiunta di nuove masse, in particolare ai piani alti. Poiché è imperativo ridurre al minimo il peso strutturale aggiuntivo, l'acciaio è il materiale più adatto per questo tipo di interventi, in virtù del suo elevato rapporto tra resistenza e leggerezza (Figure 2.5.6 a e b).

- L'*Alleggerimento*, invece, comporta la rimozione di uno o più piani, per ridurre le sollecitazioni a cui la struttura è sottoposta. Inoltre, è possibile ottenere il medesimo scopo anche sostituendo i piani, le coperture o altri elementi originali con elementi realizzati in materiali più leggeri. La sostituzione di pesanti pavimenti in legno con profilati in acciaio leggero con sezione a I e lamiere grecate in acciaio, oppure di vecchie coperture con strutture reticolari in acciaio è molto comune.

La ristrutturazione di un immobile si rende necessaria, quando la modifica della sua struttura funzionale determina un aumento della volumetria o delle superfici, oppure quando l'osservanza delle normative impone di apportare correzioni al sistema strutturale resistente. Questo tipo di intervento è richiesto anche per edifici gravemente danneggiati, che necessitano di una completa modifica del sistema strutturale e di lavori di adeguamento.

La conservazione di edifici esistenti ed il loro completamento per mezzo di elementi nuovi, reversibili e chiaramente riconoscibili è una classica operazione di restauro, che deve essere eseguita nel rispetto delle teorie contemporanee in materia.

Dai principi del restauro consegue, per deduzione logica, che l'acciaio e le tecnologie basate su di esso sono perfetti per questo tipo di interventi: si tratta infatti di un materiale "reversibile", particolarmente adatto per l'impiego con materiali tradizionali, con i quali forma un sistema strutturale integrato.

2.5.6 a) Sopralzo in acciaio di un'antica fabbrica in muratura a Briatico (Calabria, Italia), ora trasformata in un centro sportivo;
b) Particolare della nuova struttura in acciaio del secondo piano

3. RINNOVO DI STRUTTURE IN MURATURA ED IN LEGNO

3.1 Consolidamento di strutture in muratura 28
3.2 Consolidamento di edifici in muratura 30
3.3 Interventi di ristrutturazione di interni su edifici in muratura a Parigi (Francia) 31
3.4 Consolidamento di strutture in legno 32
3.5 Sostituzione di capriate in legno con capriate in acciaio 34
3.6 Realizzazione di tetti in vetro 37

3.1 Consolidamento di strutture in muratura

"Se gli elementi di un edificio in muratura sono fessurati a causa dell'applicazione di carichi esterni imprevisti (ad esempio eventi sismici), o se la struttura nel suo complesso deve essere adeguata per resistere a condizioni di carico più gravose (ad esempio in caso di cambio di destinazione d'uso del fabbricato) occorre migliorare la capacità portante degli elementi in muratura."

Un classico sistema per ottenere questo obiettivo consiste nell'iniettare malta o cemento in pressione, talvolta con l'aggiunta di barre di ancoraggio in acciaio. In questi casi è consigliabile utilizzare barre in acciaio inossidabile, per evitare che, in futuro, possano verificarsi nuovi danni causati dalla corrosione. Tuttavia, questo sistema non è reversibile, e viola i principi fondamentali del restauro.

Osservando i lavori di demolizione di alcuni vecchi edifici in muratura, si scopre che la muratura veniva originariamente rinforzata mediante intelaiature di ferro (Figura 3.1.1). Ciò significa che la carpenteria metallica costituisce il sistema di consolidamento più adatto per queste costruzioni.

Le colonne in muratura danneggiate vengono solitamente riparate mediante anelli di acciaio. La costrizione laterale del materiale comporta un incremento significativo della capacità portante verticale (Figura 3.1.2).

Nel caso di colonne a sezione circolare, gli anelli possono essere realizzati in piastre verticali con sezioni trasversali rettangolari rinforzate mediante anelli orizzontali in acciaio. Nel passato, la presollecitazione veniva eseguita riscaldando e successivamente contraendo gli anelli. Ora, invece, è possibile presollecitare le due semicirconferenze per mezzo di bulloni (Figura 3.1.2).

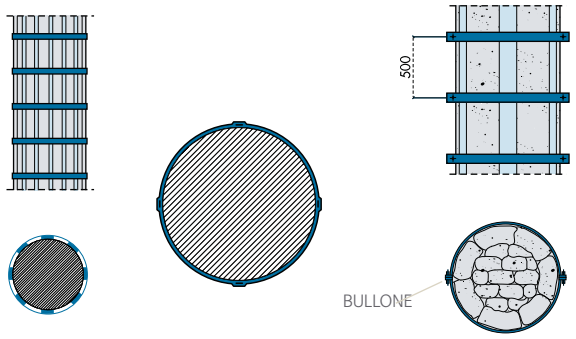
Nel caso di colonne a sezione quadrata o rettangolare, per gli spigoli è possibile utilizzare profili angolari in qualità di elementi verticali, che possono essere collegati tra loro in diversi modi: per mezzo di tiranti interni e piastre di collegamento, per mezzo di profili U collegati mediante tiranti esterni o per mezzo di anelli orizzontali (Figura 3.1.2 b).

Nel caso in cui si renda necessario dirottare su una nuova struttura in acciaio una buona parte del carico verticale complessivo che agisce sul pannello in muratura, le colonne in acciaio possono essere inserite in apposite scanalature o semplicemente accostate alla muratura (Figura 3.1.3).

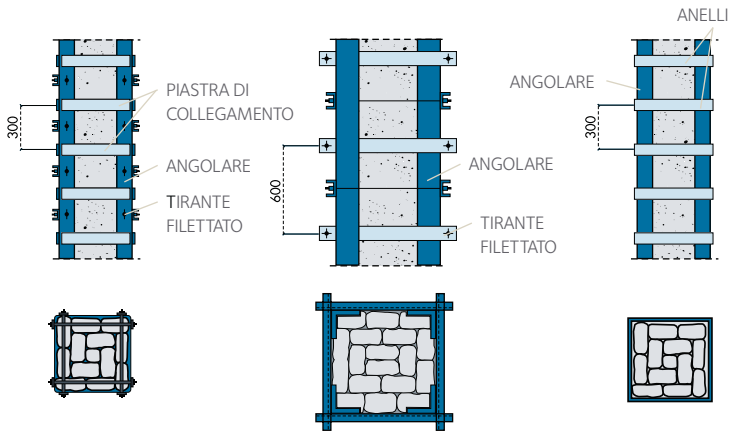
Per le aperture, la resistenza della parte mancante di muratura può essere ripristinata mediante travi in acciaio collocate sulla parte superiore o mediante intelaiature in acciaio che circondano l'apertura (Figura 3.1.4). Anche gli archi in muratura possono essere rinforzati con strutture in acciaio (Figura 3.1.5).

3.1.1

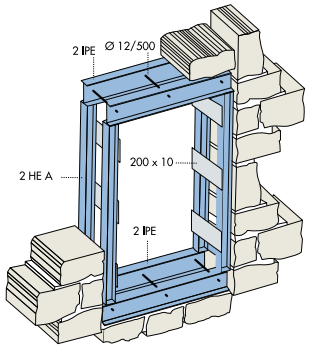
3.1.2



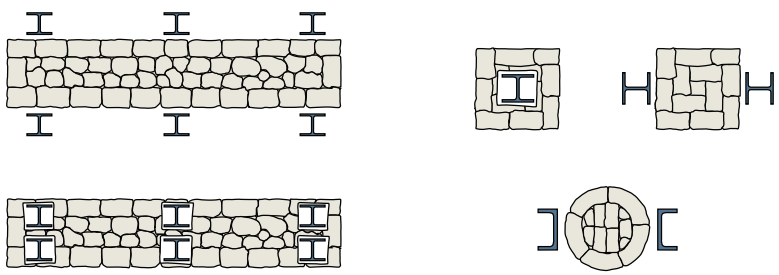
3.1.5



3.1.4



3.1.3



3.1.1 Intelaiatura di ferro interna alla parete in muratura emersa durante la demolizione di un edificio a Manchester (Regno Unito)
3.1.2 Consolidamento di colonne in muratura mediante strutture in acciaio
3.1.3 Consolidamento di pareti in muratura mediante strutture in acciaio
3.1.4 Dettagli dell'intelaiatura in acciaio di una finestra
3.1.5 Consolidamento di archi in muratura con strutture in acciaio

3.2 Consolidamento di edifici in muratura: cambio di destinazione d'uso di un complesso edilizio a Bologna (Italia)

A Bologna, un vasto complesso edilizio è stato completamente trasformato in un fabbricato polivalente che ospita un hotel, appartamenti e negozi. Per questo intervento è stato scelto l'acciaio, per ragioni strutturali ed architettoniche.

Gli edifici perimetrali in muratura, alti 5 o 6 piani, sono stati consolidati preservandone le caratteristiche originali, mentre alcuni corpi di fabbrica della parte centrale, a causa delle pessime condizioni in cui si trovavano, sono stati completamente demoliti e sostituiti con nuovi fabbricati di 2 o 3 piani. Inoltre, sono stati inseriti telai in acciaio resistenti alle sollecitazioni dinamiche verticali ed orizzontali.

L'inserimento di due livelli di intelaiatura in acciaio con fondazioni indipendenti all'interno della muratura esistente ha consentito di realizzare una serie di scale e passaggi su entrambi i livelli, attorno alla corte interna e al di sotto di essa. I telai sono stati realizzati con profili HE; l'inserimento di elementi in acciaio e la demolizione della muratura sono stati eseguiti senza fare ricorso ad interventi di protezione.

La corte interna è ora caratterizzata da una serie di scalinate in acciaio (Figura 3.2.1) che raggiungono il primo piano.

3.2.1

3.2.1 Particolare delle scalinate nella corte interna del complesso edilizio di Bologna

3.3 Interventi di ristrutturazione di interni su edifici in muratura a Parigi (Francia)

Recentemente, numerosi fabbricati parigini di grande pregio sono stati recuperati mediante la completa ristrutturazione degli interni. Due edifici sul boulevard Haussman (ai civici 6-8 e 54) sono stati completamente sventrati, e dietro alla facciata sono state inserite strutture in acciaio (Figura 3.3.1).

Il palazzo dell'AGF nell'Ilot Lafayette è stato recuperato mediante l'utilizzo estensivo di travi alveolari in acciaio. Un altro fabbricato, al numero 7 di place d'Iéna, è stato sventrato, ed al suo interno è stata inserita una struttura in acciaio alta 8 piani.

Diversi edifici costruiti tra l'inizio del XX° secolo e il 1950 sono stati messi a nuovo e trasformati in un moderno complesso direzionale chiamato "Le Centorial", in cui è stato realizzato anche un parcheggio sotterraneo. In molti dei casi appena descritti, sia le travi maestre che quelle secondarie delle strutture pavimentali sono alveolari, per agevolare l'installazione di apparecchiature tecnologiche.

3.3.1 Restauro del palazzo AGF a Parigi (Francia)

3.4 Consolidamento di strutture in legno

Negli edifici in muratura è normale trovare strutture di solaio in legno. Spesso è necessario rinforzare le parti in legno (travi e impalcato) a causa del cattivo stato di conservazione in cui versano, dovuto ad attacchi di funghi, parassiti o marcitura.

Per aumentare la capacità portante delle travi sono stati proposti svariati sistemi. In particolare, sono due le metodologie principali, a seconda se sia più consigliabile agire sull'intradosso o l'estradosso per inserire gli elementi aggiuntivi in acciaio (Figure 3.4.1 a e b).

Nel primo caso, è possibile impiegare rinforzi in acciaio di diverse forme, dai semplici elementi piani ai profilati H o U laminati a caldo, e adattarli ai casi specifici a seconda delle caratteristiche della struttura da consolidare.

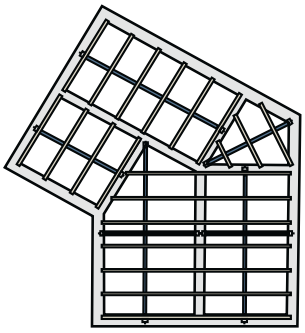
Quando è necessario preservare la forma originale della trave, ad esempio perché di interesse storico, occorre adottare la seconda metodologia, ossia intervenire sull'estradosso.

Il risultato finale è un sistema composito legno-acciaio, che incrementa considerevolmente la resistenza e la rigidezza della struttura originale. In ogni caso, il collegamento tra il materiale vecchio e quello nuovo deve essere realizzato con sistemi adeguati, dai semplici tiranti a diversi tipi di bulloni ad alta resistenza (Figura 3.4.2).

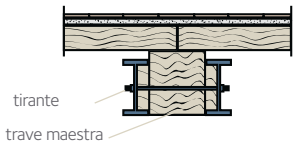
Tra le costruzioni storiche realizzate in legno e restaurate per mezzo di strutture in acciaio vi sono numerosi ponti antichi. Due esempi paradigmatici di questo tipo di intervento sono il ponte pedonale "dell'Accademia" a Venezia e il ponte "Buchfahrt" nei pressi di Weimar, in Germania, il cui restauro protegge le strutture quotidianamente esposte alle sollecitazioni del passaggio (Figure 3.4.3 a e b).

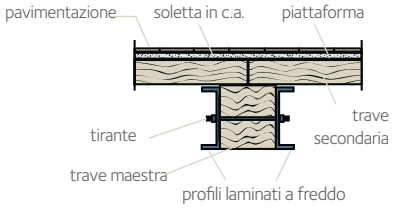
3.4.3a

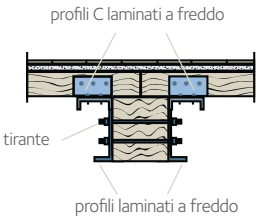
3.4.3b



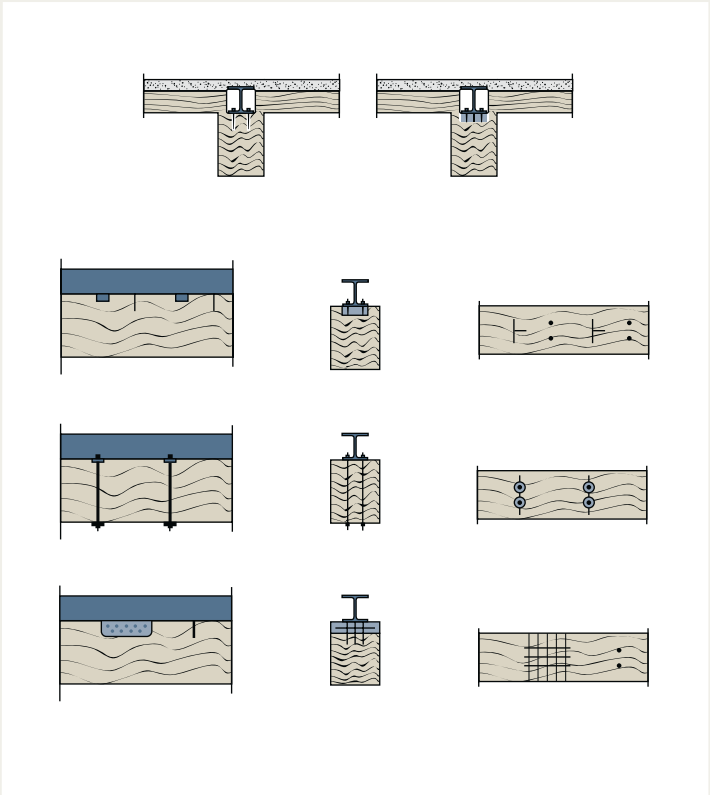
3.4.1a



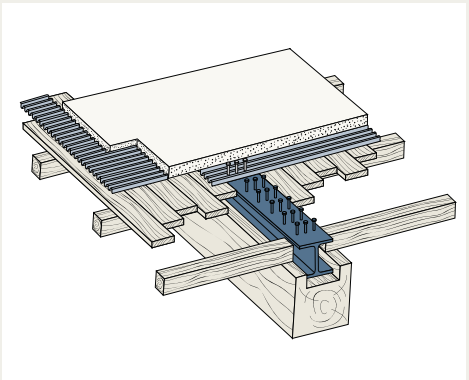




3.4.1b



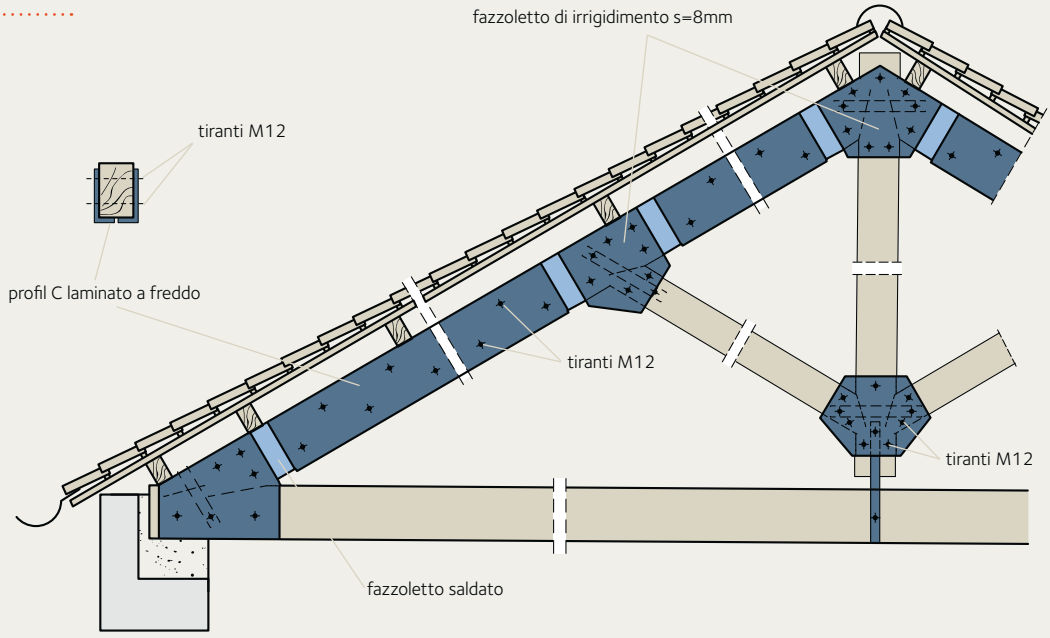
3.4.2



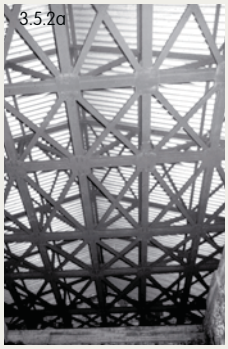
3.4.1 Sistemi di consolidamento di travi di legno per mezzo di elementi in acciaio:
a) intervento sull'intradosso;
b) intervento sull'estradosso, risultante in una struttura composita in legno-acciaio
3.4.2 Soluzione multicomposita per il consolidamento di un pavimento in legno
3.4.3 Il ponte "Buchfahrt" nei pressi di Weimar (Germania)

3.5 Sostituzione di capriate in legno con capriate in acciaio

3.5.1



3.5.2a



3.5.2b

3.5.1 Elementi in acciaio per il consolidamento di una capriata in legno
3.5.2 a) Un nuovo tetto realizzato con capriate in acciaio, con griglia in acciaio alla base per un "effetto diaframma";
b) struttura in acciaio per la copertura dell'abside di un'antica chiesa in muratura

Le capriate in legno risentono spesso dell'azione degradante del tempo. In alcuni casi, è possibile ripararle integrandone gli elementi o le giunzioni per mezzo di piastre in acciaio (Figura 3.5.1). Spesso, però, a questo tipo di intervento si preferisce la sostituzione integrale della struttura a capriate in legno con una nuova copertura realizzata con profili in acciaio.

È possibile ammirare alcuni esempi di questo tipo di restauro in diversi edifici storici (palazzi, chiese...) di vari paesi europei. In particolare, molte chiese ed edifici storici sono stati messi a nuovo sostituendo il tetto originale di legno con piatti in acciaio a forma trapezoidale.

Se l'edificio si trova in un'area sismica, le nuove capriate in acciaio possono essere completate da un grigliato piano, che conferisce maggiore rigidezza alla parte sommitale delle pareti in muratura fungendo da "diaframma" (Figure 3.5.2 a e b).

Un esempio significativo di tetto in acciaio è visibile nella Cattedrale di Napoli (Figura 3.5.3), e anche il tetto nuovo del Palazzo Ducale di Genova è stato interamente realizzato con profili in acciaio (Figura 3.5.4). Inoltre, sono stati recuperati inserendo coperture in acciaio molti edifici delle Reali Ferriere di Mongiana, in Calabria.

A Gevelsberg (Germania) è stato invece sostituito il tetto di un fabbricato precedentemente utilizzato come laboratorio e ora trasformato in un'officina e un magazzino (Figura 3.5.5).

3.5.4

3.5.3

3.5.5

3.5.3 La facciata principale della cattedrale di Napoli (Italia)
3.5.4 Il nuovo tetto in acciaio del Palazzo Ducale di Genova (Italia)
3.5.5 Messa a nuovo di un tetto a Gevelsberg mediante travi in acciaio e profili trapezoidali

Il Reichstag di Berlino (Germania)

3.6 Realizzazione di coperture in vetro

La copertura delle corti interne di edifici storici è un intervento relativamente nuovo, a cui spesso si fa ricorso per ottimizzare la funzionalità dell'interno di un immobile. Due esempi eloquenti di realizzazione di coperture in vetro sono la corte interna del Museo della città di Amburgo (Figura 3.6.1) e l'ampliamento del nuovo Museo d'Arte di Düsseldorf, aperto al pubblico nel 2002 (Figura 3.6.2).

3.6.1 La "Corte interna" del Museo di Amburgo (Germania), con la sua copertura di vetro e acciaio
3.6.2 La ex Camera di Commercio e delle Professioni a Düsseldorf (Germania)

4. RINNOVO DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO (C.A.)

4.1 Esempi di consolidamento 40
4.2 Modifica dello schema strutturale: una palestra a Cantù (Italia) 43

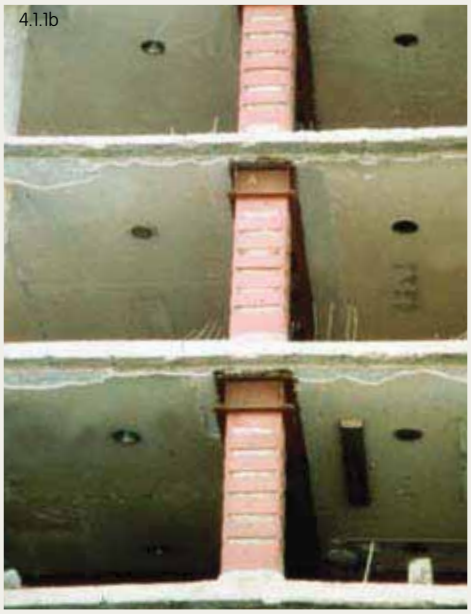
4.1 Esempi di consolidamento

È possibile aumentare la capacità portante dei pilastri in c.a. aggiungendo, in una direzione o in entrambe, profili in acciaio laminati a caldo e uniti per mezzo di appositi tiranti. Utilizzando profili U, angolari ed elementi piani è possibile ottenere un perimetro a resistenza omogenea, e la presollecitazione viene eseguita per mezzo di bulloni (Figure 4.1.1 a e b).

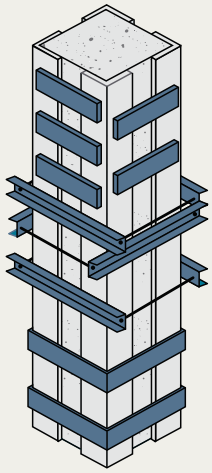
Solitamente i nodi tra colonna in c.a. e trave vengono rinforzati o riparate mediante angolari e piastre di collegamento disposte intorno agli elementi in c.a. (Figura 4.1.2).

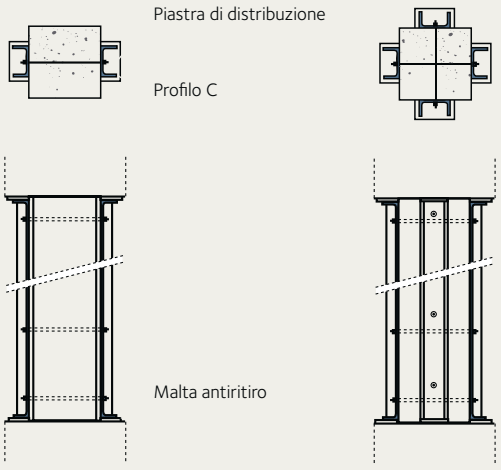
La struttura in acciaio viene saldata o, a volte, incollata alla superficie di calcestruzzo. Le dimensioni degli elementi aggiuntivi dipendono da quanto si desidera incrementare la resistenza al taglio e alla flessione.

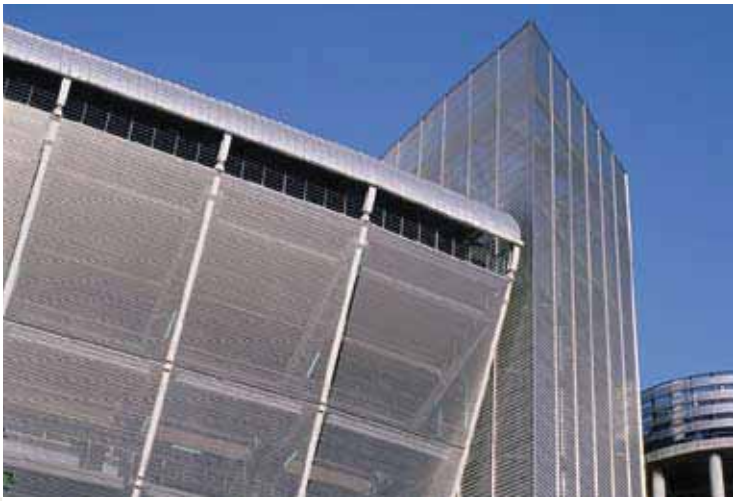
4.1.1b

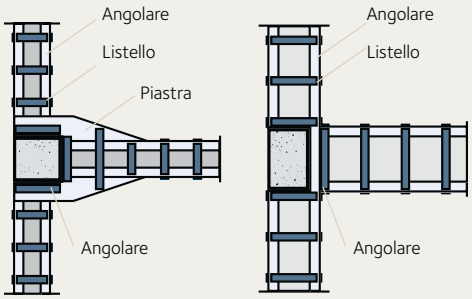


4.1.1a

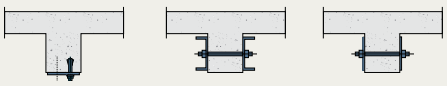




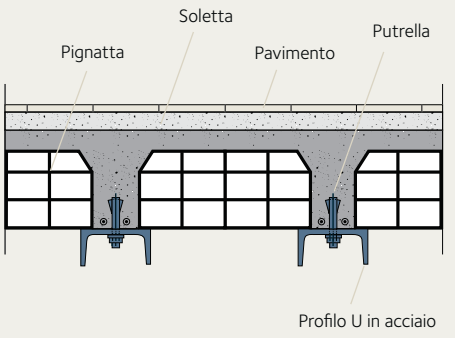




4.1.2



4.1.3



4.1.4

L'inerzia di una trave in c.a. può essere incrementata con l'aggiunta di elementi piani o profili in acciaio, solidarizzati alla trave per mezzo di bulloni o tiranti e collante (Figura 4.1.3).
Lo stesso sistema può essere impiegato per rinforzare strutture di solaio in cemento armato e laterizio. I solai misti in calcestruzzo e laterizio possono essere rinforzati nei seguenti modi (Figura 4.1.4):

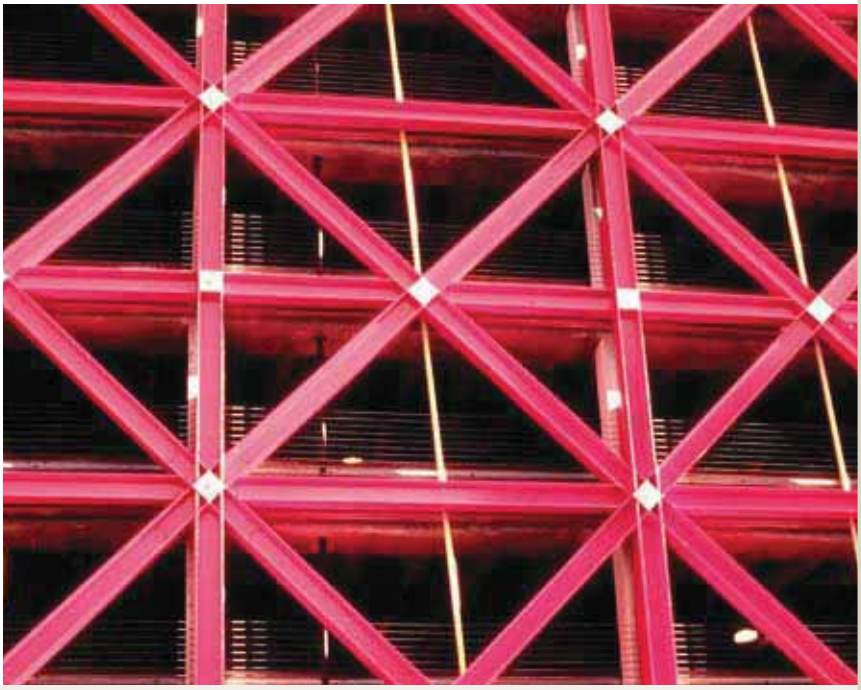
- rivestendo il lato inferiore delle singole travi di calcestruzzo con elementi piani in acciaio, senza rompere il laterizio;
- rinforzando le singole travi di calcestruzzo mediante profili in acciaio;
- inserendo profili H in apposite fessure ricavate tra le travi di calcestruzzo;
- incrementandone la resistenza mediante l'inserimento a forza profili U al di sotto di ciascuna trave di calcestruzzo.

4.1.1 a) Consolidamento di colonne in c.a. mediante elementi in acciaio;
b) particolare del sistema a piastre di collegamento e angolari
4.1.2 Consolidamento del nodo trave-colonna mediante piastre di collegamento ed angolari
4.1.3 Consolidamento di travi in c.a. mediante elementi in acciaio
4.1.4 Consolidamento di strutture di solaio in c.a. mediante elementi in acciaio

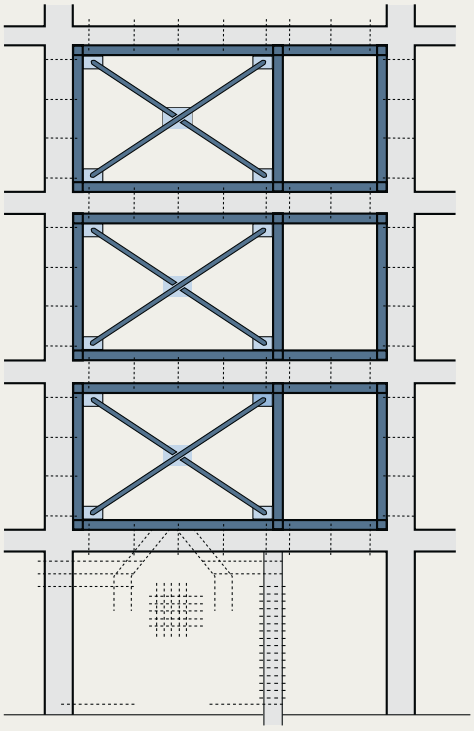
La resistenza di una struttura ai carichi orizzontali può essere migliorata aggiungendo controventi in acciaio alle maglie dell'armatura. Ne risulta una struttura reticolare che riprende gli sforzi di taglio, in cui il telaio del c.a. viene integrato da controventi diagonali realizzati con profili in acciaio.

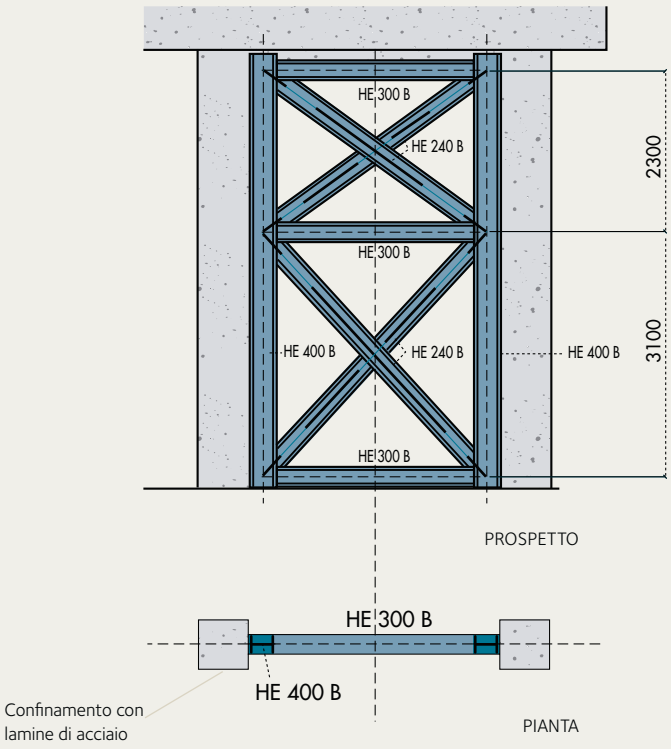
I controventi in acciaio vengono uniti all'armatura mediante bulloni o tiranti collocati lungo il perimetro del telaio su cui si innestano le diagonali in acciaio (Figura 4.1.5).

Oltre al vantaggio della facilità di costruzione, questo sistema consente di realizzare aperture per porte o finestre in un secondo momento, utilizzando – se necessario – diagonali di una forma prestabilita o inserendo una sola diagonale per maglia.



4.1.5





4.2 Modifica dello schema strutturale: una palestra a Cantù (Italia)

4.2.2

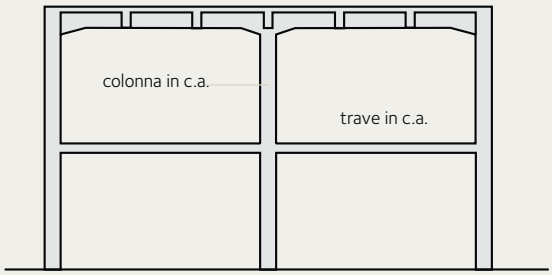
A Cantù, in provincia di Como (Italia), un ex stabilimento industriale è stato trasformato in una palestra: grazie all'impiego di strutture in acciaio è stato possibile alterare la struttura originale in cemento armato (Figura 4.2.1).

La struttura originale era composta da un'intelaiatura in cemento armato alta due piani con colonne intermedie (Figura 4.2.1 a). Per trasformare il fabbricato in una palestra è stato necessario sventrarlo completamente, eliminando le colonne centrali e il solaio intermedio.
La struttura della copertura non è stata alterata, ed è ora sostenuta da portali in acciaio disposti a coppie in maniera alternata sui lati interni o esterni delle colonne esistenti, e inseriti nelle pareti esterne (Figura 4.2.1 b).

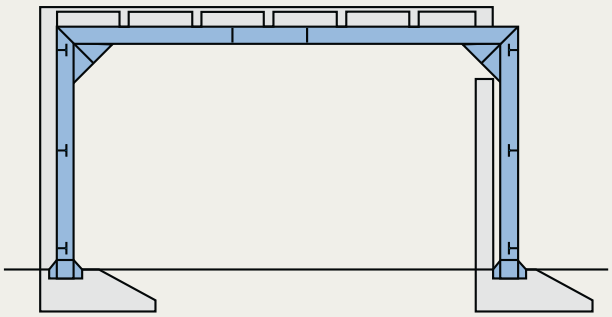
Sul prospetto frontale, i portali perforano i muri perimetrali, fuoriuscendone e disegnando un pregevole motivo architettonico che interrompe la monotonia della facciata (Figura 4.2.2).

All'interno, i travetti della nuova intelaiatura sostengono direttamente la preesistente struttura reticolare della copertura in cemento armato.

4.2.1a



4.2.1b



4.1.5 Controventi in acciaio per l'adeguamento sismico di telai di c.a.
4.2.1 Un fabbricato industriale esistente è stato trasformato in una palestra a Cantù (Italia), modificando radicalmente lo schema strutturale dell'immobile
4.2.2 Sulla facciata sono visibili le coppie di portali in acciaio

5. RINNOVO DI STRUTTURE IN FERRO/ACCIAIO

5.1 Consolidamento di strutture in ferro e acciaio 46
5.2 Cambio di destinazione d'uso: un fabbricato in rue de l'Ourcq a Parigi (Francia) 51

5.1 Consolidamento di strutture in ferro e acciaio

Grazie al miglioramento delle tecniche di produzione e montaggio, la resistenza del ferro e dell'acciaio utilizzati in edilizia è gradualmente aumentata. Alla fine dell'800, le massime sollecitazioni sopportate dalla ghisa erano dell'ordine di 20 MPa, mentre il ferro battuto poteva raggiungere i 100 MPa. Oggi, i valori di resistenza dell'acciaio specificati nei più recenti standard di progettazione di strutture in acciaio sono di gran lunga più elevati. Ovviamente, la resistenza delle strutture già esistenti in ferro o acciaio deve essere misurata sulla base degli standard dell'epoca a cui risalgono le costruzioni; tuttavia, con una serie di verifiche si potrebbero rilevare valori di resistenza leggermente più alti rispetto alle specifiche dell'epoca.

È possibile rinforzare le travi in acciaio in diversi modi:

- saldando elementi piani o profili sulle ali superiori o inferiori;
- saldatura di profili U o H sulle ali;
- saldatura di elementi piani tra l'ala superiore e quella inferiore in modo da formare una sezione chiusa;
- agendo sull'estradosso, è possibile gettare una soletta di cemento armato e renderla solidale con la trave per mezzo di appositi elementi di congiunzione (angolari, profili T, barre, bulloni ad alta resistenza eccetera) saldati all'ala superiore, in maniera da ottenere un effetto composito.

In ogni caso, è opportuno valutare sempre con attenzione l'opportunità di combinare materiali nuovi e vecchi. In caso di giunzioni bullonate, sarà necessario valutare la perdita iniziale di resistenza da parte dell'elemento originale durante la fase di trapanatura dei fori di fissaggio dei bulloni, una condizione temporanea che potrebbe rivelarsi critica.

Se invece si preferisce ricorrere alla saldatura, occorre tenere presente che la tecnica di saldatura deve essere compatibile con il materiale esistente.

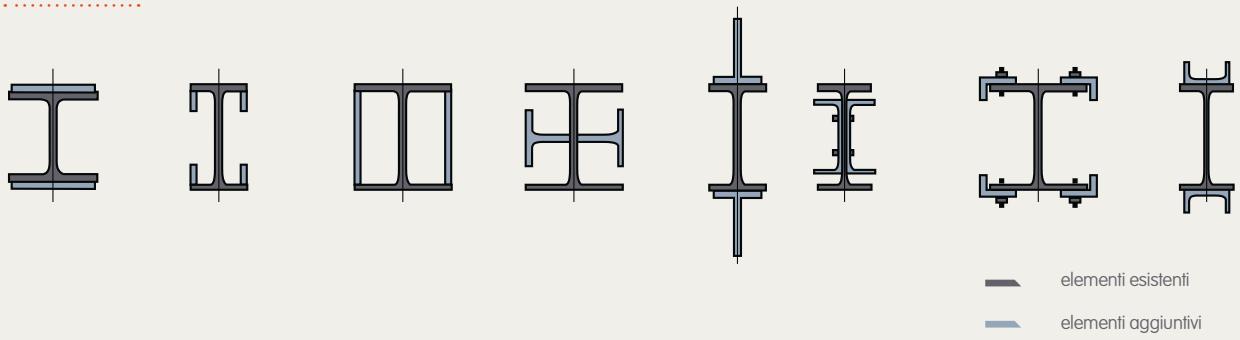
La saldabilità o il miglioramento dell'attitudine alla saldatura di un determinato materiale sono caratteristiche di fondamentale importanza nel rinnovo edilizio di strutture in ferro/acciaio.

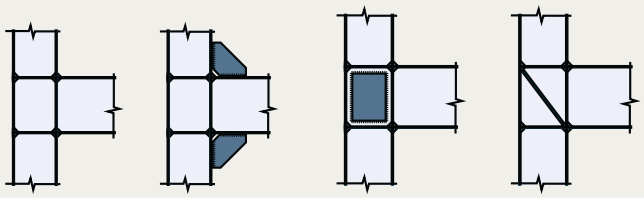
Spesso la documentazione storica al riguardo è carente o inadeguata, ma è risaputo che i materiali metallici del XIX° secolo, in generale, non si prestavano bene ad essere saldati.

È consigliabile ricordare le seguenti regole basilari:

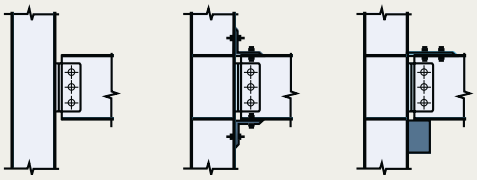
- la ghisa non è adatta ad essere saldata;
- il ferro battuto può essere saldato, ma occorre seguire le opportune indicazioni;
- gli acciai dolci possono essere saldati solo in determinate condizioni, utilizzando elettrodi compatibili (solitamente a basso contenuto di idrogeno).

5.1.1





5.1.2a



5.1.2b

L'intervento più semplice prevede l'utilizzo dell'acciaio per rinforzare le strutture moderne in acciaio. Effettivamente, aggiungere elementi integrativi alle strutture esistenti utilizzando le medesime tecniche di giunzione è piuttosto facile.

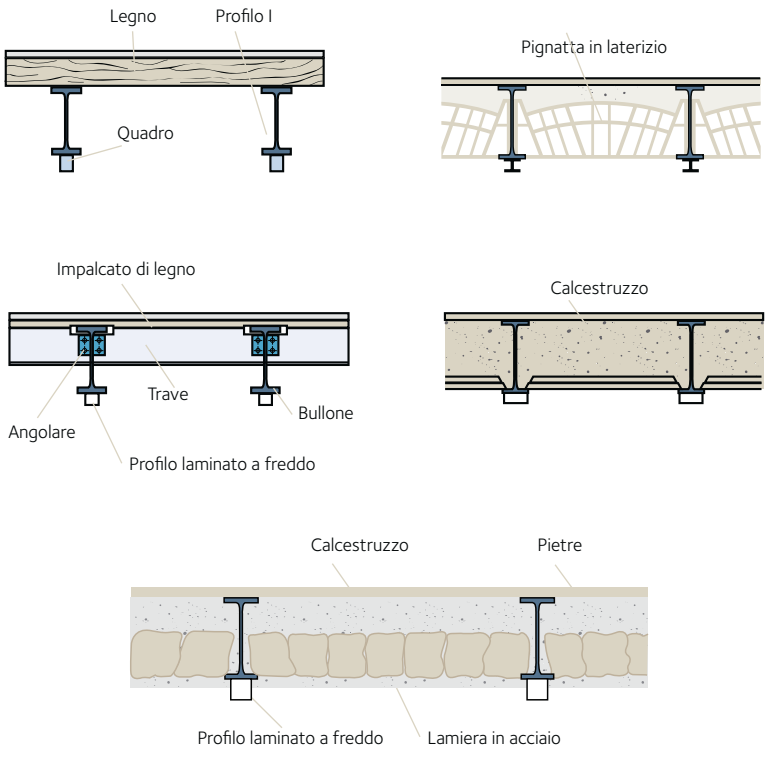
Il modulo di resistenza delle travi o delle colonne H può essere incrementato in vari modi, ad esempio applicandovi elementi piani o profili saldati o bullonati che consentono di modificare la sezione originale dell'elemento a seconda della resistenza che si desidera ottenere (Figura 5.1.1).

È inoltre molto semplice rinforzare i nodi trave-colonna, ottenendo giunzioni rigide a partire da semplici nodi incernierati o semi-rigidi (Figura 5.1.2).

Agli inizi del XX° secolo, le travi in legno utilizzate per le strutture di solaio sono state gradualmente sostituite dalle travi a I. Le travi in acciaio inizialmente venivano completate con un impalcato in legno e, successivamente, con pignatte in laterizio, calcestruzzo o pietra.

In tutti questi casi, è semplice incrementare il modulo di resistenza delle travi applicando gli opportuni profili in acciaio all'ala inferiore (Figura 5.1.3).

5.1.3



5.1.1 Rinforzo di profili in acciaio con l'aggiunta di elementi in acciaio saldati o uniti con bulloni
5.1.2 Trasformazione di un nodo trave-colonna da semi-rigido (a) o incernierato in rigido (b)
5.1.3 Rinforzo di travi pavimentali in acciaio mediante l'aggiunta di elementi in acciaio all'ala inferiore

5.1.5

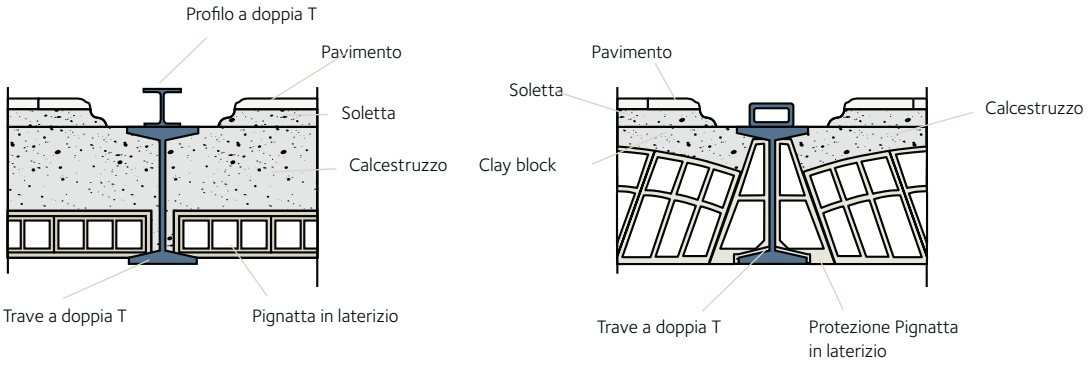
Nei casi in cui non è possibile agire sull'intradosso, l'elemento aggiuntivo in acciaio può essere solidarizzato all'ala superiore (Figura 5.1.4).

Quando si inseriscono elementi in acciaio nuovo su elementi in acciaio meno recente è opportuno prestare particolare attenzione allo stato di conservazione di questi ultimi. Spesso non è possibile ricorrere alla saldatura a causa delle impurità contenute nel materiale preesistente, ed è quindi preferibile utilizzare unioni bullonate.

Molte costruzioni in ferro/acciaio (edifici, ponti...) realizzate nel XIX° secolo sono entrate a fare parte del patrimonio culturale in qualità di monumenti storici (Figura 5.1.5). Il recupero di fabbricati industriali dimessi (monumenti della cosiddetta "archeologia industriale") è un'attività sempre più diffusa al giorno d'oggi. Il Centro Culturale ed Espositivo chiamato "Century Hall" a Bochum originariamente era l'altoforno di una ex fonderia, recuperata nel 1993 (Figura 5.1.6).

La Sala Espositiva di Colonia, costituita da una vecchia struttura in acciaio sormontata da archi, è stata recentemente restaurata (Figure 5.1.7 a e b).

5.1.4



5.1.7a

5.1.7b

5.1.6

5.1.4 Rinforzo di travi di solaio in acciaio mediante l'aggiunta di profili in acciaio all'ala superiore
5.1.5 Il recupero della vecchia "Gare d'Orsay" a Parigi, ora trasformata in museo
5.1.6 Il nuovo Centro Culturale ed Espositivo chiamato "Century Hall" a Bochum (Germania), ottenuto dal rinnovo edilizio di un ex stabilimento industriale
5.1.7 La nuova Sala Espositiva di Colonia (Germania) dopo il restauro della struttura esistente in acciaio

La ex sala macchine della miniera di carbone "Zeche Zollern" ad Essen (1904) è stata ristrutturata e trasformata in un museo.

Nell'ambito dell'archeologia industriale, i gasometri rappresentano strutture altamente simboliche, che oggi vengono utilizzate per una molteplicità di scopi diversi. Il gasometro di Oberhausen (Germania), ad esempio, è stato ampliato ed oggi è un'area espositiva (Figura 5.1.8), mentre due gasometri ad Atene sono stati recuperati e trasformati uno in un edificio direzionale e l'altro nell'auditorium del nuovo Museo di Maria Callas (Figura 5.1.9).

5.1.8

5.1.9

5.2 Cambio di destinazione d'uso: un fabbricato in rue de l'Ourcq a Parigi (Francia)

Quest'edificio è situato ai civici 135-145 di rue de l'Ourcq e ai 24-36 di rue Labois-Rouillon a Parigi. Si tratta di un ex stabilimento industriale originariamente utilizzato come impianto per l'imballo e lo stoccaggio di carta e tessuti, e successivamente come deposito di mobili. Il fabbricato doveva essere trasformato in un complesso residenziale, preservando, però, le caratteristiche peculiari dell'architettura industriale della fine del XIX° secolo (Figura 5.2.1).

La profondità del fabbricato non consentiva di sfruttarne interamente l'area coperta per realizzare appartamenti. Si è quindi reso necessario ricavare uno spazio vuoto nella parte centrale.

Gli architetti hanno sfruttato al meglio questo vincolo creando uno spazio interno unico, a forte caratterizzazione e molto vario. Questo spazio costituisce una sorta di colonna vertebrale a servizio di tutti gli appartamenti, che così possono affacciarsi su un giardino tranquillo e lontano dai rumori della città, e ricevere la luce naturale. Questa disposizione consente di dare ad ogni appartamento un carattere individuale e di dotare l'edificio di una strada interna privata.

Al piano terra sono stati realizzati alcuni piccoli negozi che si aprono su rue de l'Ourcq e sulla piazzetta, una collocazione motivata dal facile accesso e dal dinamismo che essa dà alla strada. Tutti i solai, le travi e i pilastri della struttura in acciaio all'interno dell'edificio, costruita all'inizio del XX° secolo, si trovavano in uno stato accettabile di conservazione, e non presentavano danni di rilievo né segni di corrosione eccessiva. La struttura era particolarmente adatta ad un cambio di destinazione d'uso, in quanto i suoi elementi costitutivi originali erano stati progettati per sopportare sollecitazioni industriali intense.

5.2.1

5.1.8 Il "Gasometro" di Oberhausen (Germania), ampliato e trasformato in sala espositiva
5.1.9 Il museo dedicato a Maria Callas ad Atene (Grecia)
5.2.1 Facciata di un ex stabilimento industriale in rue de l'Ourcq a Parigi (Francia)

5.2.2

Le colonne interne che sostengono i solai sono di ghisa e disegnano una griglia strutturale di 4 m x 4 m.
Nelle aree in cui la nuova disposizione degli interni generava carichi di lieve entità si è scelto di lasciare le colonne nella condizione originale (Figura 5.2.2).

Invece, nelle aree maggiormente sollecitate si è provveduto a racchiuderle in elementi a sezione quadrata realizzati in cemento armato. A metà della loro altezza, i pilastri sono sostenuti orizzontalmente dalle travi dei solai dei piani ammezzati o dalla facciata in cemento armato.

Le travi erano troppo esili ed alcune di esse erano eccentriche. Nella maggior parte dei casi erano disposte a coppie, con un'intercapedine dell'ampiezza di un'ala. In alcuni casi, due travi di diversa altezza erano unite in modo da formare una trave principale di dimensioni maggiori. A volte le travi erano accoppiate, altre volte singole. Le giunzioni erano eterogenee tanto quanto le travi. Per questo, sono state tutte controllate e, se necessario, rinforzate; anche gli appoggi delle travi sulle colonne sono stati rinforzati.

I solai originali erano composti da putrelle che sostenevano volte di mattoni e clinker, a loro volta coperte con malta cementizia rinforzata. In alcune aree, i solai sono stati irrigiditi con uno strato di cemento di altezza pari alla profondità delle putrelle. In altre, si è resa necessaria la demolizione o il rinforzo dei solai. L'intero edificio presenta una copertura a denti di sega parallela al piano stradale.

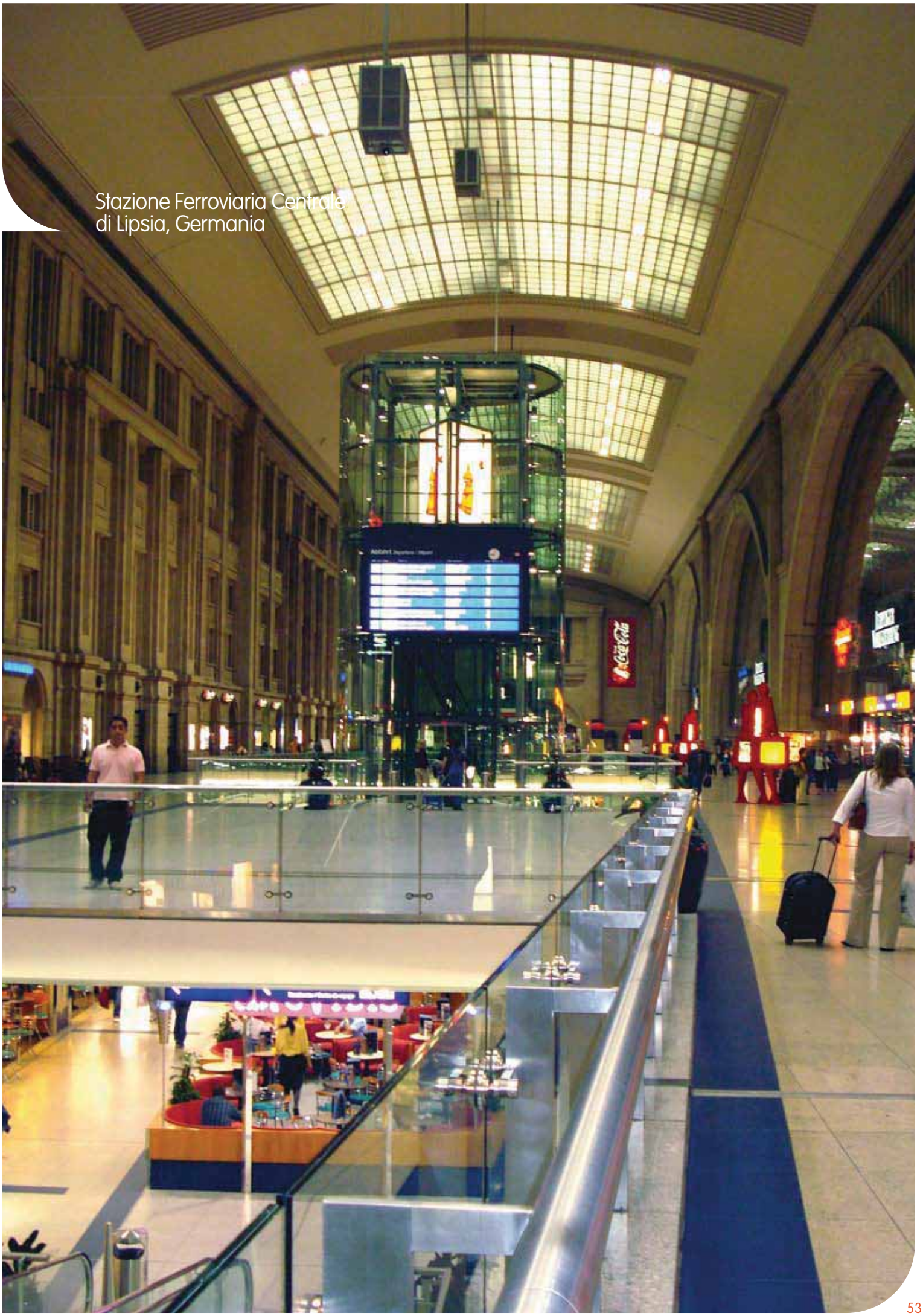
Gli spioventi orientati a nord erano in vetro, quelli a sud rivestiti con tegole. La luce delle capriate di ogni dente di sega è pari al doppio di quella delle travi del solaio sottostante. Le colonne a sostegno del tetto sono solitamente profilati di tipo IPN 260.

La ristrutturazione necessaria a realizzare la corte interna ha comportato la rimozione di diversi spioventi esposti a nord. L'orientamento dell'edificio e la forma a denti di sega del tetto lo rendevano particolarmente adatto all'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda.

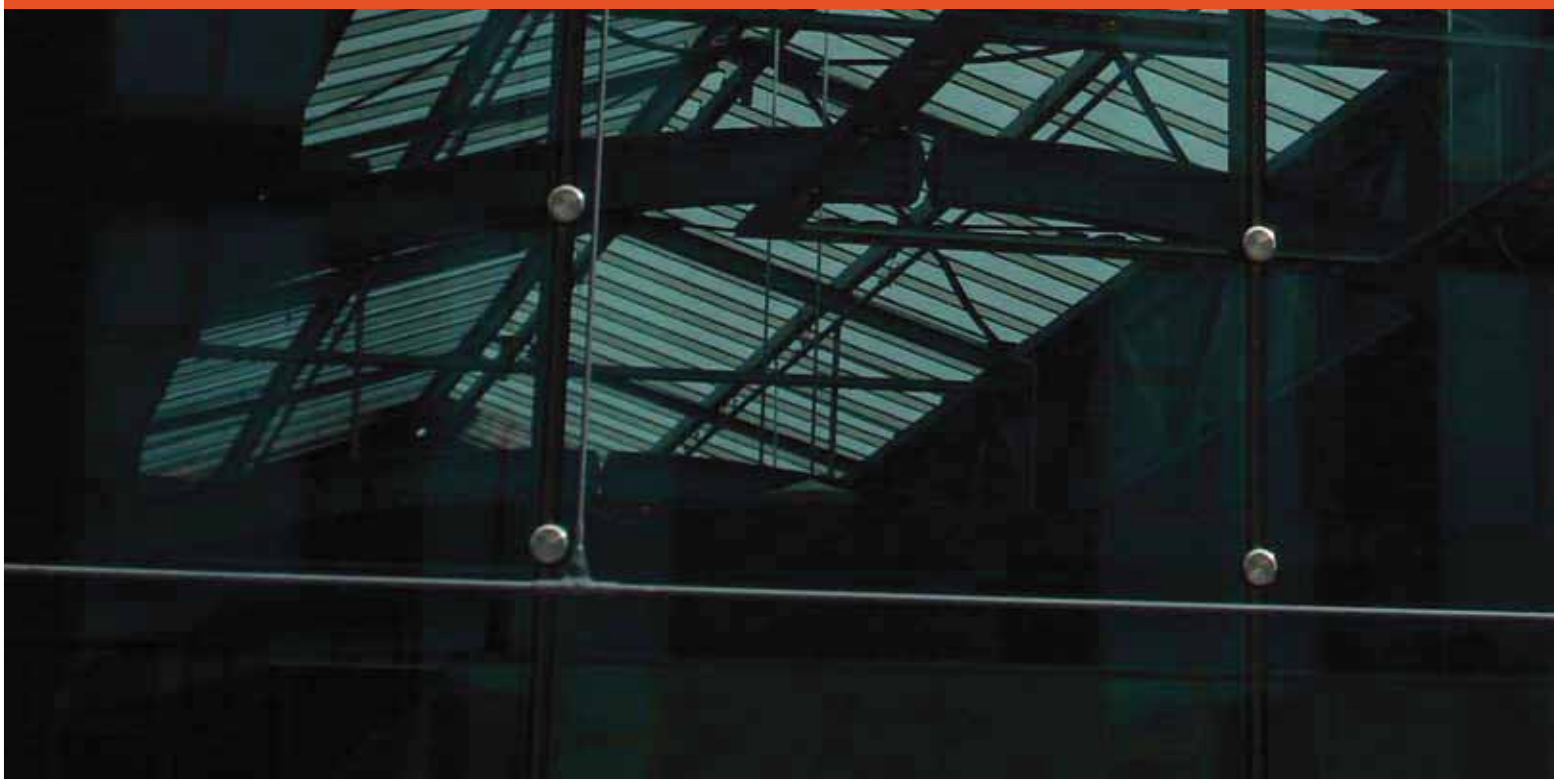
È stato inoltre necessario dotare i solai e le strutture di sostegno di una resistenza al fuoco di almeno 30 minuti. Negli appartamenti, ciò è stato possibile avvolgendo le colonne che facevano parte dei muri di confine con uno strato di circa 70 mm di cemento armato, oppure applicandovi una pittura intumescente. Nei vani ad uso commerciale, invece, sono stati impiegati rivestimenti in lana di roccia (modellata o in pannelli) e intonaci protettivi. All'interno degli appartamenti sono visibili le strutture in acciaio del fabbricato (Figura 5.2.3).

5.2.3

5.2.2 Le colonne originali nella corte interna
5.2.3 Interno di un appartamento

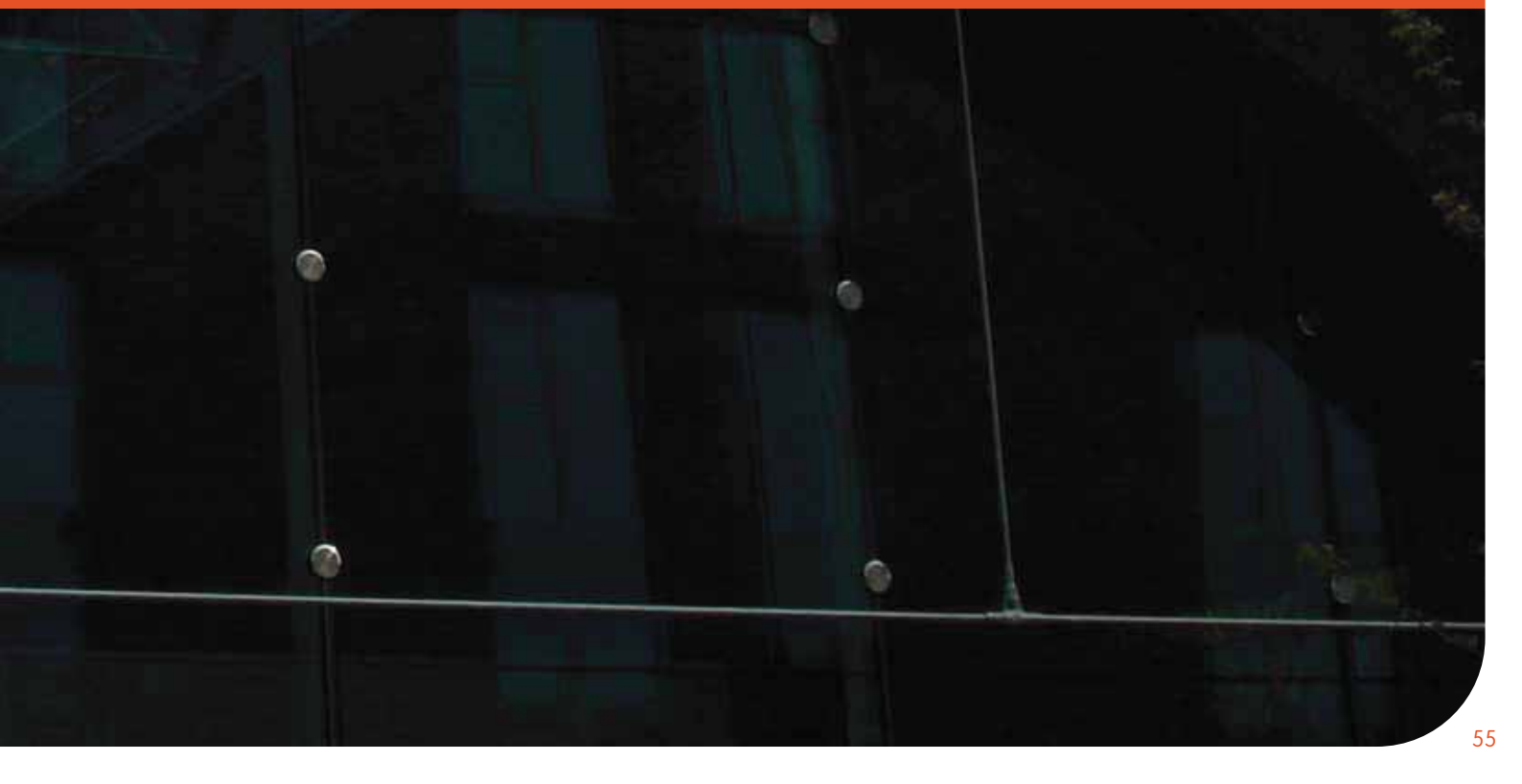


Stazione Ferroviaria Centrale
di Lipsia, Germania



6. ADEGUAMENTO SISMICO

6.1 Sistemi di controventatura 56
6.2 Adeguamento sismico di edifici in muratura: il quartiere Capodimonte ad Ancona (Italia) 59
6.3 Sistemi di Controllo Passivo 61
6.4 Coperture Antisismiche in Acciaio 62
6.5 Ristrutturazione di interni a fini antisismici: il Palazzo di Giustizia di Ancona (Italia) 65

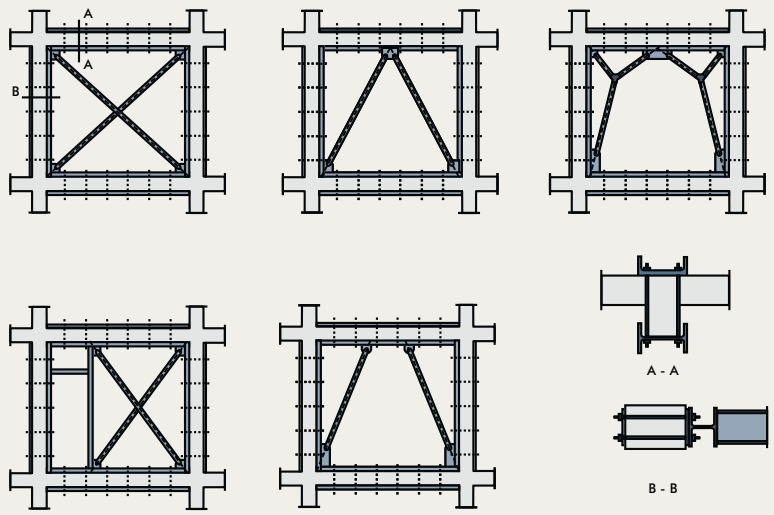


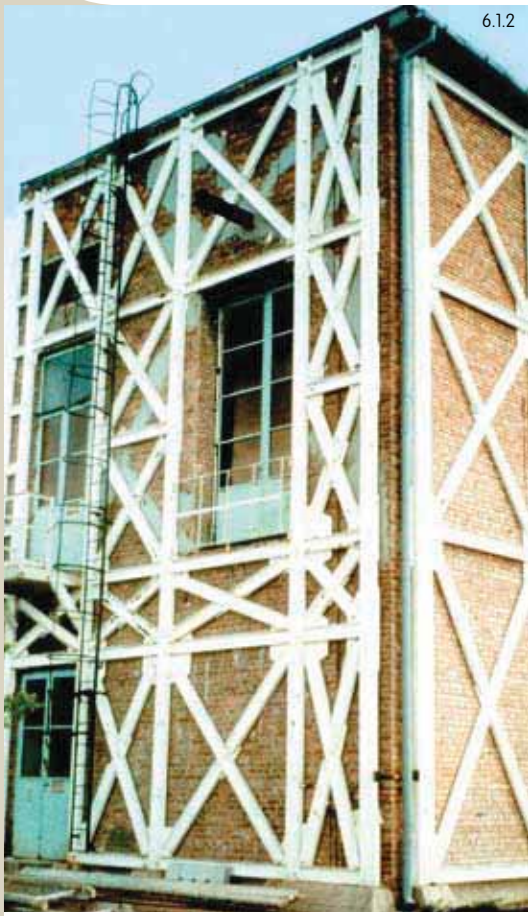
6.1 Sistemi di controventatura

L'impiego di controventi in acciaio è estremamente efficace per rinforzare gli edifici in muratura e in cemento armato contro gli eventi sismici. Questa tecnica si basa sull'utilizzo di pareti di taglio reticolate che assolvono ad un duplice compito: incrementano considerevolmente la resistenza della struttura alle sollecitazioni orizzontali e ridistribuiscono la rigidezza interna bilanciandola rispetto al centro di taglio, in modo da ridurre al minimo le pericolose vibrazioni torsionali (Figura 6.1.1).

Nei fabbricati in muratura i controventi possono essere posizionati all'interno delle pareti in muratura o accanto ad esse, e devono essere collegati alle strutture di solaio (Figura 6.1.2).

6.1.1



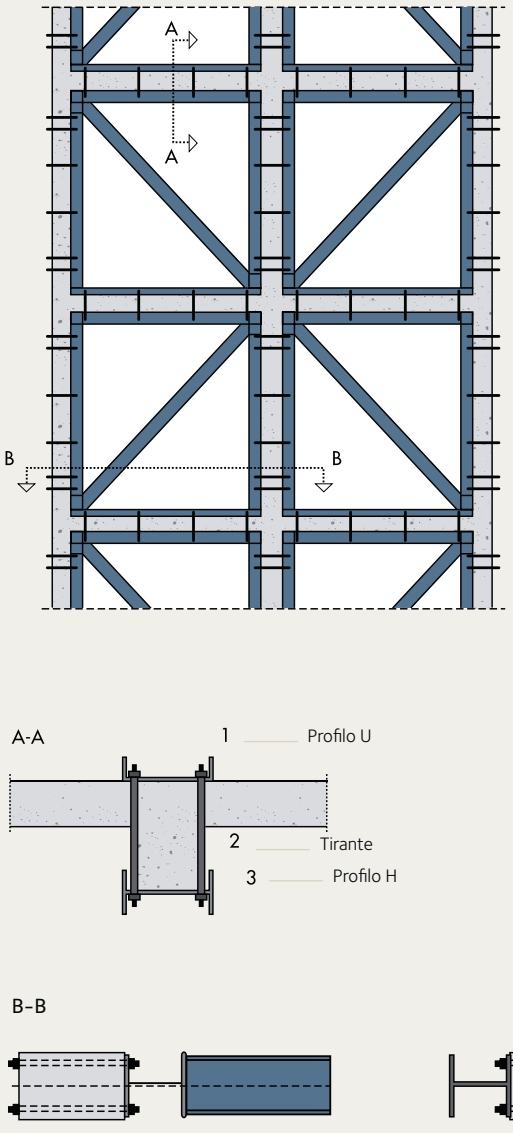


6.1.2

Nelle strutture in c.a., i profili in acciaio vengono uniti al perimetro delle maglie dell'armatura, all'interno delle quali vengono inserite diagonali e controdiagonali secondo la classica disposizione a "croce di S. Andrea" oppure secondo schemi più adatti all'utilizzo dell'edificio.

Se le croci di S. Andrea abbracciano due livelli, la presenza di una sola diagonale in ciascun pannello rettangolare rende possibile la realizzazione di aperture per porte o finestre (Figura 6.1.3).

6.1.3



6.1.1 Vari sistemi di controventatura in acciaio per l'adeguamento sismico di strutture in muratura e in c.a.
6.1.2 Controventi in acciaio sulla facciata di un fabbricato in muratura (una centrale elettrica in Ungheria)
6.1.3 Controventi a croce di S. Andrea che si estendono per quattro maglie di un telaio di c.a.

6.1.4

In tutto il mondo è possibile vedere numerosi esempi di interventi di adeguamento sismico realizzati con controventi in acciaio a rinforzo dei telai di cemento armato (Figura 6.1.4.

Per adeguare, invece, le strutture in acciaio (ad esempio perché collocate in aree recentemente classificate sismiche), è necessario migliorarne la resistenza e la duttilità, specialmente nelle giunzioni.

Esistono diversi sistemi per rinforzare le due tipologie classiche di giunzione (rigida e incernierata) mediante l'inserimento di elementi irrigidenti. Nel caso di giunzioni rigide, tale inserimento incrementa la resistenza alla flessione. Invece, per quanto concerne le giunzioni incernierate, l'aggiunta di elementi irrigidenti conferisce un certo grado di resistenza alle sollecitazioni di flessione, resistenza praticamente inesistente in questo tipo di unioni.

La resistenza alle sollecitazioni orizzontali viene invece migliorata aumentando la sezione trasversale delle controventature diagonali (nel caso di strutture già controventate) oppure aggiungendo controventi (nel caso di strutture resistenti al movimento).

6.2 Adeguamento sismico di edifici in muratura: il quartiere Capodimonte ad Ancona (Italia)

È possibile ammirare un bell'esempio di adeguamento sismico nel quartiere recentemente ristrutturato di Capodimonte, nel centro storico di Ancona, la zona più vecchia della città, una volta abitata da pescatori.

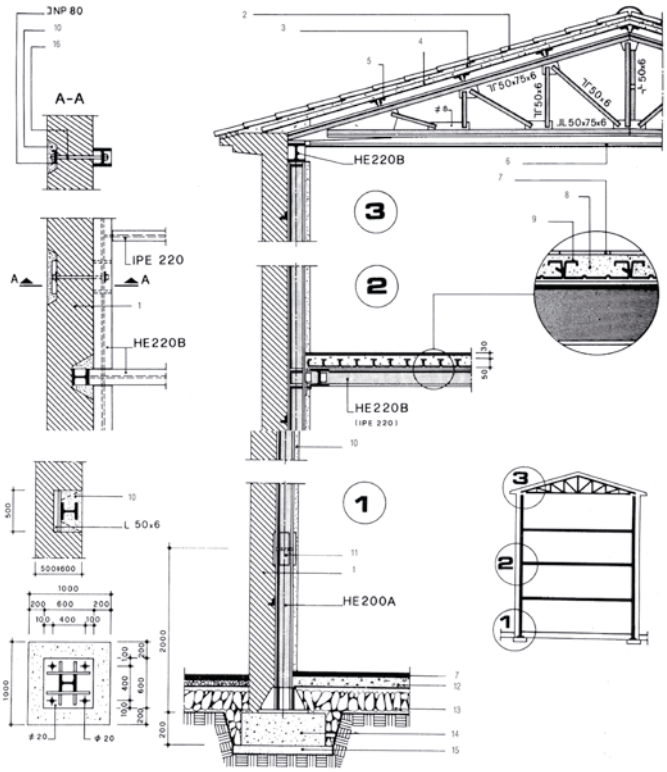
Gli edifici murari si trovavano in avanzato stato di degrado a causa dei gravi danni provocati dai terremoti del 1972 e del 1936, e dai bombardamenti della seconda guerra mondiale. Per precauzione d fronte ad una simile situazione, quasi tutti gli abitanti del quartiere erano stati fatti evacuare.

In tutti gli edifici con due o tre piani fuori terra, le pareti di mattoni pieni o pietra levigata presentavano numerose crepe, e la malta aveva completamente perso consistenza. La necessità di adottare metodi affidabili di ristrutturazione per questi edifici portò a scartare tutti i metodi tradizionali di consolidamento basati sul rinforzo di singoli elementi costruttivi, e a preferire una soluzione per mezzo della quale il compito di trasmettere i carichi alle fondazioni fosse affidato in toto ad un nuovo sistema strutturale.

L'intervento messo in atto ha comportato l'inserimento di una struttura in acciaio all'interno delle pareti perimetrali e di quelle interne; ad essa sono state aggiunte strutture orizzontali realizzate con elementi in acciaio e fogli di acciaio corrugato. Questo nuovo scheletro, opportunamente collegato alle pareti controventate, costituisce un sistema strutturale indipendente sia per i carichi verticali che per quelli orizzontali, ed è progettato per resistere agli effetti dell'attività sismica.

Lo scheletro in acciaio è completamente autonomo e indipendente dalle pareti esistenti, che sono state declassate a muri divisori e non sono più chiamate a svolgere funzioni portanti (Figura 6.2.1).

6.2.1



6.1.4 Controventature in acciaio in un edificio residenziale a Berkeley (California, USA)
6.2.1 Il quartiere Capodimonte ad Ancona: dettagli della nuova struttura in acciaio all'interno di un edificio in muratura

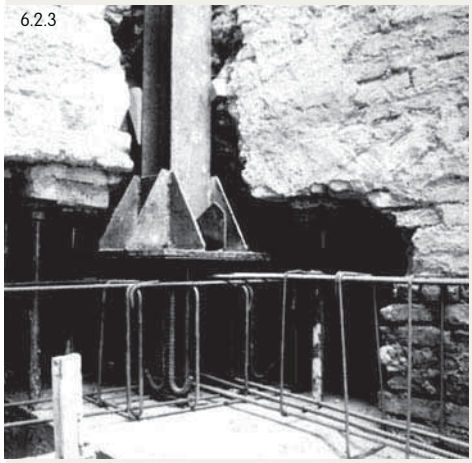
L'intervento di recupero edilizio è stato eseguito a tappe successive:

- sono state realizzate aperture alla base delle pareti, per contenere le fondazioni in calcestruzzo appena rinforzate (Figura 6.2.2);
- sono stati posizionati bullonale barre di ancoraggio e le piastre di fondazione (Figura 6.2.3);
- una volta ricavate le apposite scanalature verticali nei muri perimetrali, sono state inserite colonne in acciaio per tutta l'altezza dell'edificio, con controventi ai piani bassi (Figura 6.2.4);
- sono state installate le strutture a sostegno del tetto, con capriate e acarecci a sostegno della copertura originale in tegole (Figura 6.2.5);
- partendo dal piano più alto, sono state demolite le pareti interne ed i corrispondenti solai; quindi sono stati costruiti nuovi solai con travi maestre e secondarie, di lamiere grecate in acciaio e getto di calcestruzzo:
- sono state edificate le pareti in cemento armato dei vani scala, con gradini e pianerottoli gettati in opera;
- il telaio in acciaio è stato solidarizzato con le pareti esistenti e le scale in cemento armato, quindi fissato con del sigillante;
- l'edificio è stato completato con l'aggiunta di pareti divisorie, è stato intonacato e sono stati posti in opera i rivestimenti per pavimenti e le rifiniture.

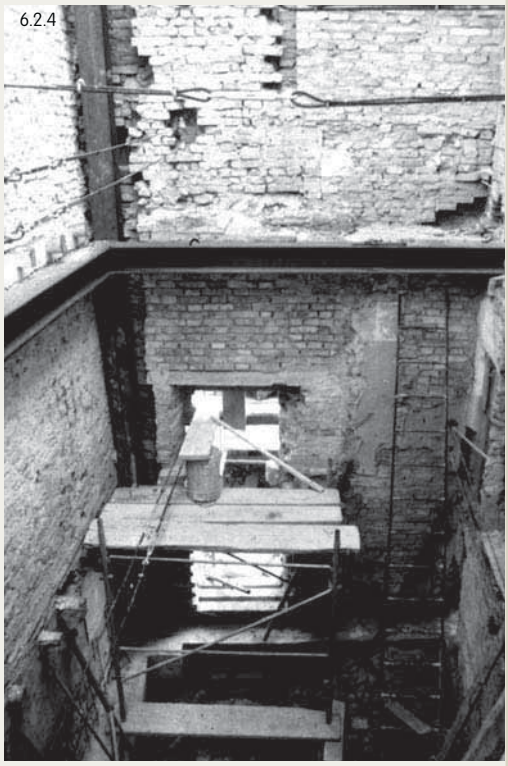
I muri esterni, opportunamente restaurati, continuano a svolgere una funzione architettonica e protettiva, ma non sono più i principali elementi portanti (Figura 6.2.7).

6.2.2

6.2.3



6.2.4



6.3 Sistemi di Controllo Passivo

6.2.5

6.2.6

6.2.7

La risposta dinamica di una struttura alle sollecitazioni sismiche può essere controllata mediante una serie di sistemi basati su concetti differenti: modifica masse, smorzamento e produzione di forze contrarie attive o passive. Grazie ai sistemi di controllo passivo, che non richiedono una fonte di alimentazione esterna, le proprietà di una struttura (periodo e/o capacità di smorzamento) non variano con il moto sismico del terreno.

I dispositivi che assorbono l'energia cinetica rappresentano la prima linea contro le oscillazioni sismiche, agendo come un filtro che riduce considerevolmente le ripercussioni del sisma sulla struttura protetta. L'adozione di tecniche di controllo passivo nel rinnovo di edifici esistenti è un tema relativamente nuovo. La sostituzione delle coperture originali con nuove strutture in acciaioè l'occasione perfetta per applicare il concetto del controllo passivo su un edificio in muratura, allo scopo di migliorarne la resistenza sismica.

È opinione ampiamente diffusa che, per garantire un'adeguata protezione contro l'attività sismica in un edificio murario, sia necessario fare in modo che uno o più solai fungano da diaframma rigido: solo così è possibile assicurare l'efficace trasmissione delle sollecitazioni orizzontali alle pareti verticali. Tuttavia, nel caso di fabbricati in muratura a un solo piano (ad esempio, la navata di una chiesa), la presenza di giunzioni rigide tra la muratura e le strutture del tetto, necessaria a garantire l'effetto diaframma, potrebbe creare problemi alle pareti in muratura a causa delle escursioni termiche dovute alle caratteristiche geometriche e meccaniche dello schema strutturale (rapporto tra campata e altezza).

Invece, se non vi sono giunzioni rigide, la struttura può "respirare" normalmente, evitando di sollecitare ulteriormente la muratura, ma in caso di terremoto non si produce l'azione diaframma.

Gli smorzatori oleodinamici (altrimenti detti shock transmitter) rappresentano la soluzione di questo delicato problema, in quanto capaci di reagire in due modi diversi, a seconda dell'occorrenza. In condizioni di carico termico con bassa velocità di applicazione, gli smorzatori oleodinamici fungono da appoggi scorrevoli: il sistema strutturale del tetto è staticamente determinato e l'escursione termica non provoca alcuna sollecitazione aggiuntiva.

Durante un evento sismico, i dispositivi agiscono come ritegni fissi a causa dell'elevata velocità di applicazione del carico: in simili condizioni, il sistema strutturale diventa ridondante, migliorando sensibilmente la risposta globale all'eccitazione sismica. Questi dispositivi sono caratterizzati da una soglia plastica: in caso di superamento di questa soglia, gran parte dell'energia cinetica viene dissipata, con conseguente riduzione degli effetti della sollecitazione sismica sulla struttura muraria.

6.2.2 Le nuove fondazioni e la base di una colonna
6.2.3 Il posizionamento di una colonna in acciaio all'interno della parete esistente in muratura
6.2.4 La struttura in acciaio prende forma all'interno della muratura
6.2.5 Il nuovo solaio in acciaio
6.2.6 La nuova struttura di solaio
6.2.7 Il quartiere Capodimonte ad Ancona: le antiche facciate sono state lasciate nella loro collocazione originale, e non rivelano alcuna traccia della struttura antisismica in acciaio al loro interno

6.4 Coperture Antisismiche in Acciaio

- *La chiesa di S. Giovanni Battista (Carife, Italia)*

Il progetto di restauro della chiesa di S. Giovanni Battista a Carife, nei pressi di Avellino, costituisce il primo esempio di impiego di smorzatori oleodinamici nel recupero di opere d'arte. Nel 1990 è stata realizzata una nuova copertura in acciaio, composta da un grigliato piano con capriate triangolari, la cui funzione è conferire alla struttura in muratura un comportamento scatolare in caso di sisma (Figura 6.4.1). Allo stesso tempo, lungo un lato della griglia sono stati posizionati alcuni ritegni oleodinamici, in modo che le condizioni di ritegno alla base delle capriate siano dinamiche o fisse a seconda delle condizioni di carico.

I dispositivi impiegati per questa chiesa sono stati calibrati affinché agiscano come appoggi fissi nel caso di un evento sismico di lieve entità, come previsto dalla normativa italiana, ma svolgano una funzione dissipativa in caso di sismi più intensi. I risultati delle verifiche condotte sui dispositivi hanno confermato le ipotesi di progetto.

- *La nuova biblioteca dell'Università "Federico II" (Napoli, Italia)*

Lo stesso principio utilizzato nella chiesa appena descritta è stato applicato, qualche anno più tardi (nel 1996), per il restauro strutturale e la realizzazione di una nuova biblioteca nella sede della facoltà di Matematica.

Quest'intervento faceva parte di un più ampio progetto di restauro di tutti gli edifici monumentali risalenti a oltre un secolo fa e appartenenti al nucleo originario della storica università centrale di Napoli.

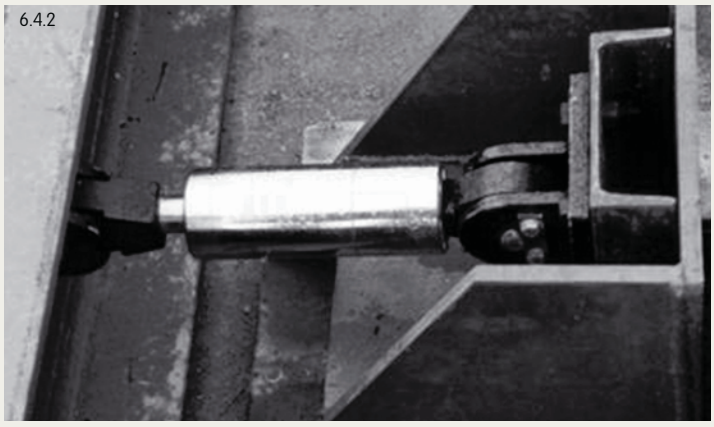
La struttura del piano superiore (un'area coperta di 16 x 32 metri) era stata ricostruita negli anni '50 con travi in c.a. (16 m di luce), laterizi di varie dimensioni ed elementi in c.a. gettati in opera.

La struttura, tuttavia, si trovava in pessime condizioni per la corrosione dei ferri d'armatura e il degrado superficiale del calcestruzzo.

Si è quindi deciso di demolire la vecchia struttura e realizzarne una in acciaio, con travi alveolari e un impalcato in metallo. Per sostenere le nuove travi in acciaio alla sommità delle pareti perimetrali in muratura sono stati utilizzati 24 cilindri oleodinamici e dispositivi di sostegno in neoprene, grazie ai quali è possibile fare in modo che il comportamento della struttura sia diverso in condizioni di esercizio e in caso di terremoto (Figura 6.4.2).

6.4.1

6.4.2

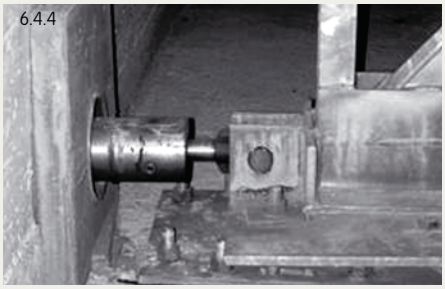


6.4.1 La chiesa di S. Giovanni Battista a Carife (Italia): il nuovo tetto in acciaio, composto da capriate e da una griglia orizzontale
6.4.2 Il nuovo tetto in acciaio con dispositivi di controllo passivo: un cilindro oleodinamico

Corte di Giustizia delle Comunità
Europee, Lussemburgo

6.4.3

6.4.4



- *Fabbricato industriale a Sarno (Salerno, Italia)*

L'intervento di adeguamento sismico è stato realizzato su un fabbricato industriale murario monopiano. Per l'ampia campata dell'edificio e l'assenza di pareti intermedie, è stato ritenuto che la soluzione più adatta fosse l'impiego di un diaframma reticolare in acciaio, leggero e con una buona rigidezza orizzontale (Figura 6.4.3). Inoltre sono stati inseriti alcuni dissipatori a sostegno delle travi reticolari del tetto, per garantire un elevato grado di dissipazione dell'energia.

A questo scopo sono stati utilizzati sia dispositivi oleodinamici che dispositivi basati sul principio della soglia plastica (Figura 6.4.4), per consentire all'edificio di reagire adeguatamente all'escursione termica quotidiana e stagionale a cui è sottoposto il tetto, ad eventi sismici di lieve o modesta entità e a terremoti violenti.

L'efficacia della soluzione adottata è stata confermata da uno studio approfondito della risposta sismica della struttura, condotto per mezzo di un'analisi dinamica di tipo "time-history".

6.4.3 La nuova struttura del tetto composta da travi reticolari e griglia orizzontale, fotografata durante la costruzione (Sarno, Italia)
6.4.4 Dispositivi speciali per il controllo passivo delle strutture in acciaio a Sarno (Italia): un cilindro oleodinamico
6.5.1 La facciata del palazzo storico che ospita la Corte di Giustizia di Ancona
6.5.2 La struttura interna in acciaio durante la costruzione

6.5 Ristrutturazione di interni a fini antisismici: il Palazzo di Giustizia di Ancona (Italia)

6.5.1

6.5.2

L'edificio è stato internamente sventrato e ristrutturato per ospitare i nuovi uffici dei tribunali. I prospetti neorinascimentali in muratura, con le loro finestre, cornici ed elementi decorativi, sono stati preservati (Figura 6.5.1).

La principale struttura portante è costituita da quattro torri in cemento armato di 9 m x 9 m, contenenti scale, ascensori e servizi ai piani e collocate ai quattro angoli della corte interna coperta. Queste torri sorreggono la struttura del tetto e i cinque piani ad essa sospesi, e garantiscono la stabilità orizzontale necessaria a resistere agli effetti dell'attività sismica.

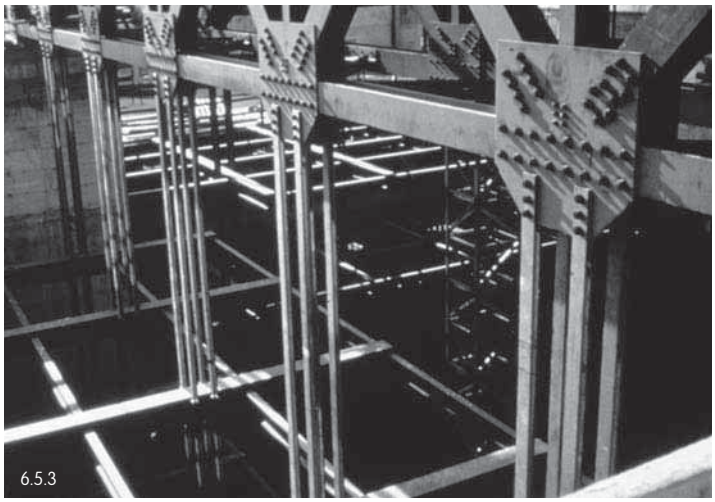
Il sistema di sospensione del tetto consiste in quattro coppie di travi reticolari in appoggio sul bordo interno delle quattro torri in cemento armato, che disegnano il perimetro della corte interna coperta.

Ogni coppia di travi reticolari forma una trave a scatola di 1,80 m di larghezza e 4 m di altezza, con diagonali a forma di X lungo le facce (Figura 6.5.2).

Tutti gli elementi delle travi reticolari (correnti, montanti e diagonali) sono costituiti da profili I in acciaio collegati per mezzo di fazzoletti bullonati. L'anello interno disegnato da quattro coppie di travi con una campata di 21,40 m è l'elemento fondamentale dello scheletro in acciaio al quale sono collegati gli altri membri della struttura:

- le travi a sostegno dei lucernari della cupola, che illuminano la corte interna, si appoggiano sui nodi superiori delle facce interne delle travi a scatola;
- le travi a sbalzo che coprono la zona esterna al perimetro demarcato dalle quattro torri in c.a. sono collegate ai nodi inferiori delle facce esterne delle travi a scatola;
- i tiranti per i cinque piani sospesi al di sotto della struttura partono, a gruppi di quattro, dai nodi dei correnti inferiori interni delle travature (Figura 6.5.3).

I cinque piani sospesi alle travi reticolari del tetto sono collegati a quattro aree delle dimensioni di circa 9 x 20 m collocate tra le quattro torri in c.a. (Figura 6.5.4), e sono costituiti da travi strutturali in acciaio e putrelle che sostengono le solette degli impalcati metallici compositi.



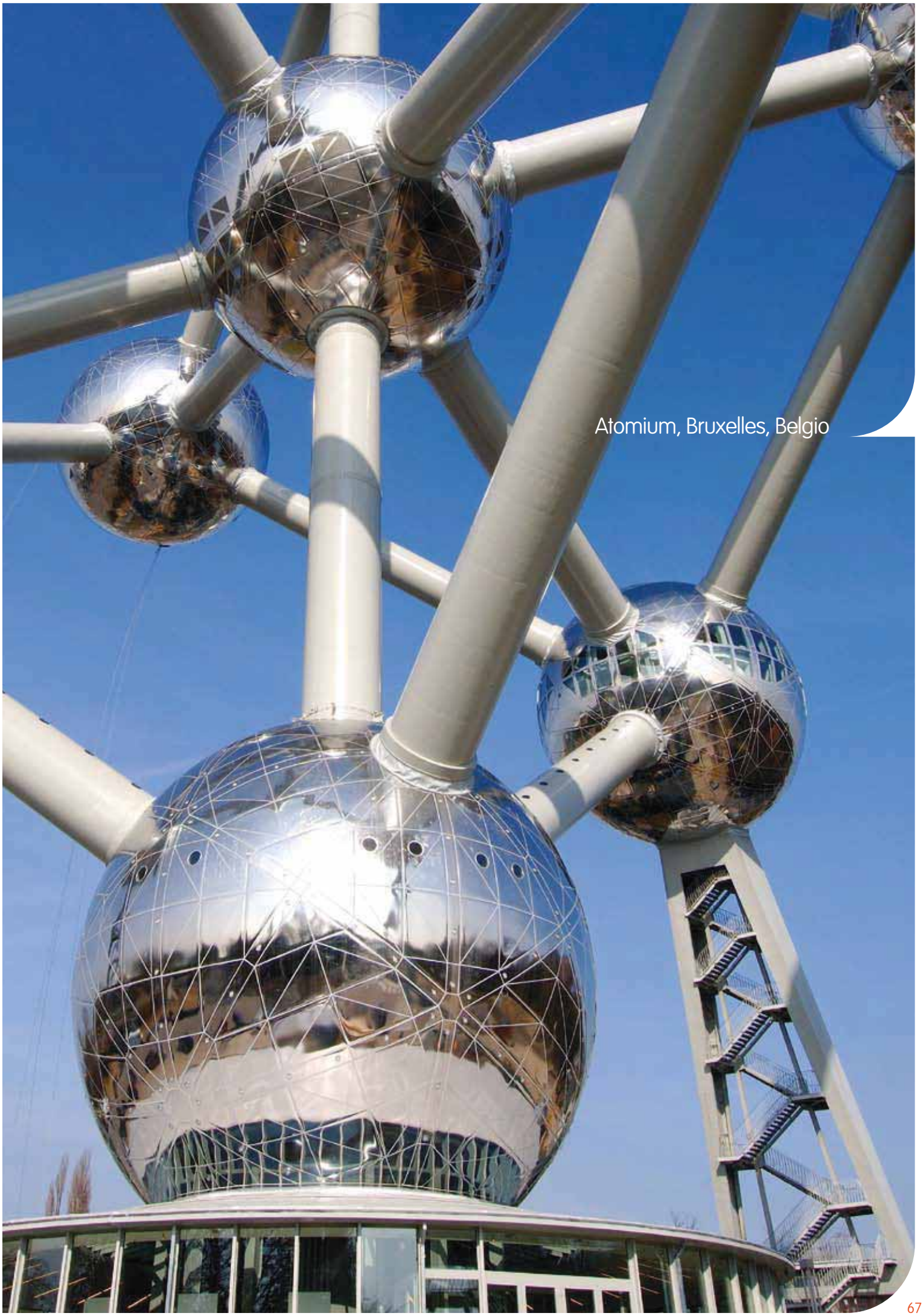
6.5.3

6.5.4

Le principali travi interne sono sospese alle travi a scatola mediante tiranti, mentre quelle esterne sono appoggiate sulle strutture in cemento armato che formano il perimetro dell'area tra le quattro torri e i prospetti esterni dell'edificio.

Queste sono saldate ad apposite piastre precedentemente inserite nel calcestruzzo. Tutti gli altri elementi strutturali sono stati assemblati in opera con collegamenti bullonati. I singoli elementi sono stati dimensionati in modo da facilitarne il trasporto all'interno del centro storico della città e la costruzione in una zona ad alta densità edilizia.

6.5.3 I tiranti verticali che partono dalle travature in acciaio sulla sommità del Palazzo di Giustizia di Ancona (Italia)
6.5.4 I cinque piani sospesi che si affacciano sulla corte interna del palazzo



Atomium, Bruxelles, Belgio

7. AMPLIAMENTI

7.1 Ampliamento della superficie: la sede della Van Leer ad Amstelveen (Paesi Bassi) 70
7.2 Ampliamento verticale e sopraelevazione: immobile in Victoria Street a Toronto (Canada) 71
7.3 Ampliamento di edifici storici: l'antica fabbrica di Briatico e il Centro Culturale di Succivo (Italia) 72
7.4 Ampliamento verticale in sospensione: il Jolly Hotel di Caserta (Italia) 73
7.5 Aggiunta di una cupola: il Reichstag di Berlino (Germania) 74
7.6 Vari esempi di ampliamento orizzontale e verticale in carpenteria metallica in Germania 75

7.1 Ampliamento della superficie: la sede della Van Leer ad Amstelveen (Paesi Bassi)

Si tratta di un immobile edificato alla fine degli anni '50 per accogliere circa 500 dipendenti, ma, a causa della struttura decentralizzata della società Van Leer, negli ultimi anni vi hanno lavorato solo 300 persone (Figura 7.1.1). Inoltre, come per la maggior parte degli edifici progettati prima della crisi petrolifera, i costi energetici erano molto elevati.

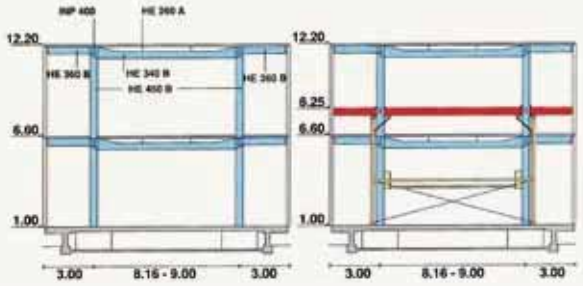
L'immobile è costituito da un atrio centrale da cui partono due ali di uffici alte due piani che disegnano una V.
Ciascun piano ha una superficie di circa 1000 m². Le zone di servizio si trovano nell'area centrale e in edifici secondari separati. L'altezza dei piani è considerevole: 5,6 m complessivi (4,3 m netti) nelle ali di uffici, mentre l'atrio centrale misura 7,2 m di altezza.

La struttura portante è in acciaio. Nelle ali di uffici, per ogni 1000 metri quadrati vi sono 19 colonne. Il telaio ha un interasse di 8,0 m.
La distanza tra le colonne è compresa tra 8,15 e 9 m a seconda della disposizione del piano terra.

Quando l'edificio fu progettato, le fondazioni e la costruzione vennero eseguite in modo da consentire la possibilità di aggiungere successivamente un piano sulle ali laterali.

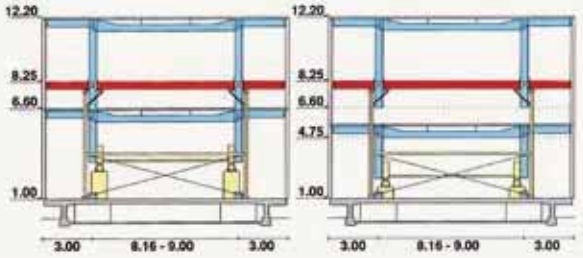
7.1.1

7.1.2



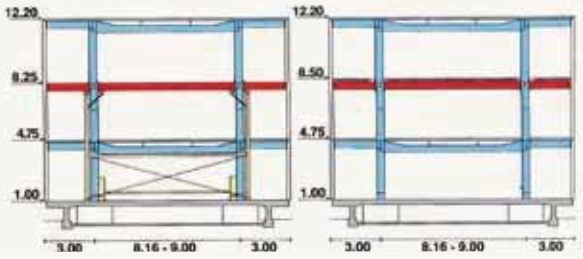
a) Sezione trasversale dell'edificio esistente
- demolizione di tutte le pareti interne
- demolizione delle pareti di facciata
- messa a nudo delle colonne
- taglio degli impianti elettrici e di riscaldamento

b) Installazione di due strutture in acciaio (in giallo)
- la prima (portanti fini) per il nuovo solaio (a quota +8500) e la seconda (al centro), temporanea, a sostegno del solaio vigente.
- utilizzo del solaio vigente a quota +6600 per montaggio della carpenteria metallica del nuovo solaio (in rosso)
- imbullonatura delle connessioni
- sostegno del nuovo solaio a quota +8250 con puntelli su tutti i lati per trasferire i carichi alle fondazioni



c) Installazione dei martinetti
- una volta ripreso il carico dalla struttura di sostegno, taglio delle colonne inferiori. I pezzi tagliati vanno montati sul solaio a quota +6600
- installazione dei martinetti sui puntelli in azobé
- taglio di tratti delle colonne, in corrispondenza del solaio a quota +6600 , per loro successivo riutilizzo
- la struttura di sostegno porta i solai a quota +6600, +12200 ed il nuovo solaio a +8250 per un breve periodo
- innalzamento dei martinetti alla posizione più alta e loro carico

d) Abbassamento del solaio
- rimozione dei bulloni nelle connessioni tra le colonne e le travi di solaio a quota +6600
- massimo passo del martinetto
- corsa massima del martinetto di 10mm
- controllo delle deviazioni dimensionali



e) Solaio a quota +4750
- il solaio è ora a quota +4750
- le connessioni inferiori sono saldate
- i tratti di colonna vengono installati sulla colonna esistente e poi saldati
- una volta che la colonna è totalmente saldata, i martinetti e la struttura di sostegno possono essere rimossi

f) Secondo solaio a quota +8500
- installazione di elementi di solaio alleggerito
- getto di cls di completamento
- installazione delle partei di facciata
- completamento dell'intero edificio

7.2 Ampliamento verticale e sopraelevazione: immobile in Victoria Street a Toronto (Canada)

Gli obiettivi principali dell'intervento erano:

- ridurre l'altezza dei singoli piani delle ali di uffici da 5,6 m a 3,75 m, in modo da aumentare la superficie utile complessiva portandola da 4000 m² a 6000 m² senza alterare la volumetria disponibile,
- progettare una facciata nuova e completamente isolata, mantenendo però le caratteristiche originali dell'edificio,
- realizzare nuovi locali di servizio in entrambe le ali, quali ad esempio ascensori, scale e servizi igienici,
- per l'esecuzione del punto 1 è stata adottata la seguente soluzione (Figura 7.1.2):
  - è stata assemblata la struttura in acciaio del piano aggiuntivo ad un'altezza di 8,25 m;
  - è stata montata la struttura temporanea di supporto al di sotto di essa;
  - le colonne inferiori sono state accorciate di 1,85 m, e i segmenti di colonna sono stati lasciati in situ;
  - sono stati collocati i martinetti;
  - sono stati eliminati i segmenti tagliati di colonna, consentendo l'abbassamento del solaio di 1,85 m;
  - sono stati integrati i segmenti di colonna rimossi, e l'intera struttura è stata saldata.

Questo esempio mostra in tutta la sua evidenza il potenziale della carpenteria metallica negli ampliamenti in verticale. A Toronto, per una costruzione esistente di sei piani in cemento armato era stato progettato un intervento di sopralzo che prevedeva l'aggiunta di altri quattro piani, sempre in cemento armato (Figura 7.2.1).

7.2.1

Contrariamente alla decisione iniziale, si è poi scelto di impiegare l'acciaio per la struttura integrativa.
In questo modo è stato possibile aggiungere otto piani, invece dei quattro che erano stati originariamente progettati.
Pertanto, l'edificio sopralzato consta ora di quattordici piani invece di dieci, con un significativo incremento della volumetria rispetto al progetto iniziale.

7.1.1 La sede della società Van Leer ad Amstelveen (Paesi Bassi)
7.1.2 Le varie fasi che hanno consentito di ottenere una struttura a tre piani partendo da una struttura in acciaio a due piani
7.2.1 L'edificio originale in c.a. in Victoria Street (Toronto, Canada)

7.3 Ampliamento di edifici storici: l'antica fabbrica di Briatico e il Centro Culturale di Succivo (Italia)

L'antica fabbrica di Briatico, in Italia, fu costruita all'inizio del XV° secolo. La struttura esistente è il risultato delle trasformazioni subite dall'edificio nel corso dei secoli: il fabbricato, infatti, è stato utilizzato di volta in volta per la produzione di zucchero, lana e sapone.

I più recenti lavori di restauro, risalenti agli anni '80, hanno trasformato l'immobile in un centro sportivo, seppure rispettando il vincolo architettonico della conservazione (per quanto possibile) delle caratteristiche esistenti. Per realizzate un nuovo livello sopraelevato è stata impiegata la carpenteria metallica sotto forma di telai leggeri e sismoresistenziali coperti con profilati trapezoidali (Figura 7.3.1).

Un altro edificio, invece, una ex caserma dei Carabinieri, è stato consolidato e trasformato nel nuovo Centro Culturale di Succivo, in provincia di Caserta (Italia).

Le caratteristiche dell'acciaio hanno consentito di soddisfare l'esigenza di ampliare la superficie utile dell'immobile e, allo stesso tempo, di alleggerire la struttura muraria, anche in ragione del suo adeguamento sismico.

Il tetto è stato trasformato in un attico, ricavato all'interno della nuova struttura del tetto, realizzato con travi Vierendeel. Ciò ha comportato un leggero incremento della volumetria al piano superiore ma una diminuzione del peso totale, e la superficie ricavata si è rivelata sufficiente ad accogliere le attività previste (Figura 7.3.2). L'assemblaggio delle travi prefabbricate è stata un'operazione semplice e rapida (Figura 7.3.3).

7.3.1

7.3.2

7.3.3

7.3.1 Ampliamento verticale di un'antica fabbrica a Briatico (Italia)
7.3.2 Attico ricavato all'interno di un edificio storico a Succivo (Italia)
7.3.3 Travi Vierendeel in acciaio durante la costruzione

7.4 Ampliamento verticale in sospensione: il Jolly Hotel di Caserta (Italia)

Originariamente, il Jolly Hotel di Caserta si componeva di tre corpi di fabbrica: due edifici di sei piani in c.a. e uno di tre piani in muratura, collocato tra i due precedenti.

Fu commissionato l'ampliamento del corpo centrale in muratura, con l'aggiunta di oltre tre piani in modo da raggiungere l'altezza dei due fabbricati adiacenti. Poiché le condizioni della muratura, nonostante gli interventi di consolidamento, non erano in grado di sopportare questo tipo di ampliamento, fu proposta una soluzione alternativa basata sull'utilizzo di strutture in acciaio, nello specifico, di cinque alti telai a forma di portale, a cui sarebbe stato possibile sospendere i tre piani aggiuntivi.

I telai in acciaio, all'esterno e al centro della nuova facciata, svolgono, inoltre, una pregevole funzione estetica, arricchendo la scarna architettura esistente.

7.5 Aggiunta di una cupola: il Reichstag di Berlino (Germania)

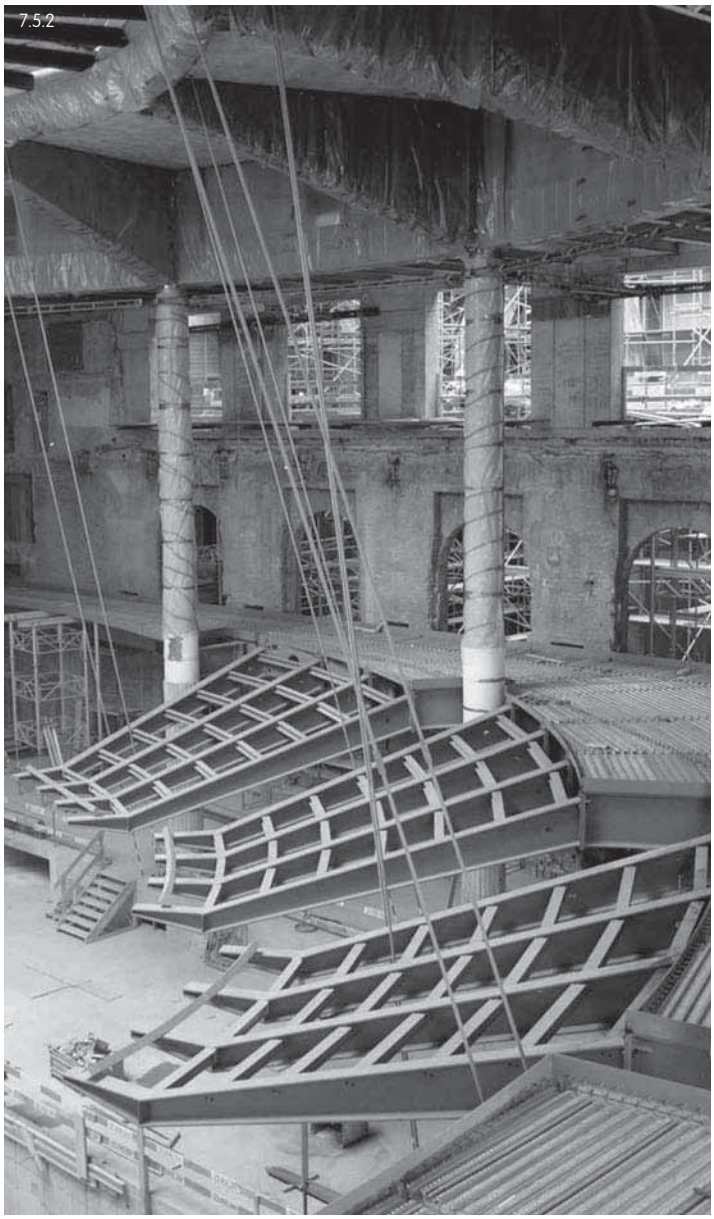
Per il restauro del Reichstag di Berlino fu indetto un concorso internazionale, vinto da Sir Norman Foster. Il fulcro del progetto era la sostituzione della cupola originale con un nuovo, immenso emisfero trasparente, con un cono centrale che riflette la luce naturale direttamente all'interno dell'edificio e funge anche da sistema naturale di raffrescamento.

La cupola, di 38 m di diametro e 23,5 m di altezza, si erge al centro dell'edificio, a 24 m di altezza da terra. La sua struttura è costituita da 24 costole curve ancorate alla base ad una trave scatolare ad anello, ed è completata da 17 anelli orizzontali. Una rampa perimetrale elicoidale forma parte integrante della cupola, irrigidendone la struttura come se si trattasse di una serie di travi ad anello (Figura 7.5.1).

L'attuale sede del Parlamento si trova al di sotto della cupola, ed è dotata delle più moderne infrastrutture operative e di comunicazione. Anche i seggi sono stati realizzati in acciaio (Figura 7.5.2).

7.5.1

7.5.2



7.6 Vari esempi di ampliamento orizzontale e verticale in carpenteria metallica in Germania

I locali della sede amministrativa e dell'argano di estrazione della ex miniera di carbone "Nordstern" a Gelsenkirchen sono stati ampliati e ricostruiti, e il fabbricato è stato trasformato in un centro direzionale e ricreativo (Figura 7.6.1).

La palestra di Schwäbisch-Hall è stata ampliata verticalmente, in modo da riutilizzare le strutture esistenti e renderle atte a sopportare sollecitazioni intense (Figura 7.6.2).

La "Stadtlagerhaus" sul molo di Amburgo, nei pressi del famoso mercato del pesce, è un esempio paradigmatico della coesistenza di abitazioni e attività lavorative sul fronte del porto della città (Figura 7.6.3).

7.6.1

7.6.2

7.6.3

7.5.1 La nuova cupola in acciaio e vetro del Parlamento Federale Tedesco, ex "Reichstag", a Berlino
7.5.2 Carpenteria metallica dei seggi del Parlamento all'interno del Reichstag a Berlino (Germania)
7.6.1 La miniera di carbone "Nordstern" a Gelsenkirchen (Germania) dopo il restauro
7.6.2 Ampliamento verticale di un istituto di istruzione superiore a Schwäbisch-Hall (Germania)
7.6.3 La "Stadtlagerhaus" nel porto di Amburgo (Germania) è il risultato del recupero di un edificio precedentemente utilizzato come silos e magazzino

Casa di Riposo "Fondation Cognac-Jay", a Rueil Malmaison, Francia

Referenze

BELGIO

p. 67-69
Atomium - Bruxelles
Committente: ASBL Atomium VZW
Architetti: Conix Architecten
Società di ingegneria: Bgroup-
Arbeitsgemeinschaft, Geocal
Fotografi: Marc Detiffe, asbl Atomium:
Marie-Françoise Plissart, Luc Tourlous

FRANCIA
p. 17
Dames de France - Perpignan
Committente: Comune di Perpignan
Architetto: Philippe Pous
Società di ingegneria: Soulas-Etec

p. 76
Fondation Cognac-Jay
Rueil-Malmaison
Committente: Fondazione Cognac-Jay
Architetti: Jean Nouvel, Didier Brault
Società di ingegneria: BET
Fotografo: Philippe Ruault

GERMANIA
p.16
Christus Papillon – Hannover
Archtetti: Gerkan, Marg + Partner Architects

LUSSEMBURGO

p. 23
Abbazia di Neumünster - Lussemburgo
Committente: Ministero dei Lavori Pubblici
Architetto: J. Ewert
Società di ingegneria: Inca
Fotografo: Menn Bodson

SPAGNA

Copertina, p. 2-5, p.26-27
Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia
Madrid
Committente: Museo Nacional
Centro de Arte Reina Sofia
Architetti: Jean Nouvel e Alberto Medem
Società di ingegneria: Esteyco, JG
e associati, Higini Arau
Fotografi: Joaquim Cortés,
José Luis Municio, Ana Müll

p. 41
Stadio Santiago Bernabeu - Madrid
Committente: Real Madrid C. F.
Architetto: Estudio Lamela
Fotografi: Estudio Lamela,
Francisco Pablos Laso

Assistenza tecnica e finitura

Assistenza tecnica

Siamo disponibili a consigliarvi gratuitamente allo scopo di ottimizzare l'uso dei nostri prodotti per i vostri progetti ed a rispondere a domande circa l'uso dei profili e dei laminati mercantili. Questa consulenza riguarda il progetto di elementi strutturali, i dettagli costruttivi, la protezione di superficie, sicurezza antincendio, metallurgia e saldatura.

I nostri specialisti sono preparati a seguire le vostre iniziative in tutto il mondo.

Come supporto ai vostri progetti sono disponibili software e documentazione tecnica che potete consultare o scaricare dal nostro sito

sections.arcelormittal.com

Finitura

A completezza delle capacità tecniche dei nostri partners, siamo dotati di macchine per finiture di alta qualità che offrono una vasta gamma di servizi, come:

- foratura
- taglio a fiamma ossidrica
- Tagli a T
- dentellatura
- centinatura
- curvatura
- raddrizzamento
- taglio a freddo a lunghezza precisa
- saldatura e fissaggio bulloni
- sabbiatura e impallinatura
- trattamento di superficie

Construction

In ArcelorMittal è presente un team di professionisti specializzati nel campo delle costruzioni.

Una gamma completa di prodotti e soluzioni dedicate al settore delle costruzioni in tutte le sue forme: strutture, facciate, coperture, ecc, sono disponibili dal sito web

www.constructalia.com

I vostri partners

ArcelorMittal
Commercial Sections
Strada Torino, 43
I-10043 Orbassano (TO)
Tel.: +39 011 906 3931
Fax.: +39 011 903 5850

www.arcelormittal.com/sections

Fondazione Promozione Acciaio
Piazza Velasca 10
I-20122 Milano (MI)
Tel.: +39 028 631 30
Fax. : +39 02 86 31 30 31

www.promozioneacciaio.it

Per quanto sia stata presa ogni precauzione durante la produzione di questa pubblicazione, ci dispiace informarvi che non accettiamo nessuna responsabilità sulla correttezza delle informazioni o danni conseguenti che potrebbero derivare dalla misinterpretazione del contenuto.

Note

Federico M. Mazzolani Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale, Università di Napoli "Federico II", Napoli, Italia

ArcelorMittal
Commercial Sections

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette
LUXEMBOURG
Tel. + 352 5313 3010
Fax + 352 5313 2799

sections.arcelormittal.com

Version 2014-1

FSC
Sources Mixtes
Groupe de produits issu de forêts bien gérées et d'autres sources contrôlées.
www.fsc.org Cert no. EUR-COC-051203
© 1996 Forest Stewardship Council