

QUADERNI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

6: L'ACCIAIO NEGLI INTERVENTI SULLE COSTRUZIONI ESISTENTI – parte 1



Sommario

1) ASPETTI GENERALI	3
2) L'ACCIAIO NELLE COSTRUZIONI ESISTENTI	5
Travi, profili aperti e travi saldate	6
Barre tonde per tiranti e catene	8
Profili cavi e micropali e palificate	9
Palancole	10
Lamiere grecate e pannelli	11
3) L'ACCOPIAMENTO ACCIAIO/CALCESTRUZZO E ACCIAIO/MURATURA.....	12
<i>Malte speciali.....</i>	<i>12</i>
<i>Zanche e tiranti.....</i>	<i>12</i>
<i>Ancoraggi meccanici o chimici.....</i>	<i>13</i>
<i>Adesivi strutturali.....</i>	<i>13</i>
RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	14
CREDITS	15

1) ASPETTI GENERALI

La maggior parte del tessuto edilizio esistente risale a prima degli anni '70 ed è costituito prevalentemente da strutture in muratura o in calcestruzzo armato. Gran parte di questi è stata progettata considerando i soli carichi verticali (pesi propri permanenti e portati, azioni variabili e di esercizio), senza tenere opportunamente in conto le azioni orizzontali, una su tutte l'azione sismica.

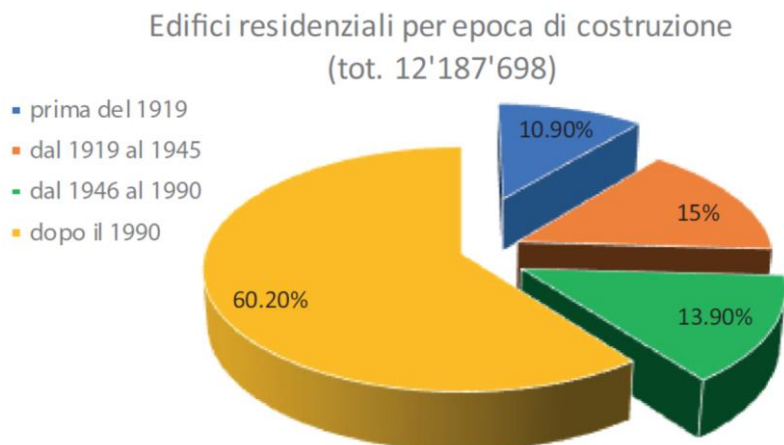


Fig.1 – Percentuali edifici residenziali per anno di costruzione (ISTAT, 2011)

La valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, nei confronti sia delle combinazioni di azioni gravitazionali (SLU) sia di quelle sismiche (SLV), deve essere condotta sulla base delle indicazioni riportate nelle attuali Normative Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018 [1]).

A fronte di un'accurata analisi conoscitiva dei manufatti, le NTC2018 prescrivono verifiche di sicurezza in funzione della tipologia costruttiva dell'edificio (i.e. muratura, calcestruzzo armato, acciaio, legno, ecc.) e la conseguente individuazione delle criticità e delle vulnerabilità presenti, in base alle quali possono essere programmati e progettati gli interventi di messa in sicurezza.

Il D.M.17/01/2018 individua tre diverse tipologie di intervento:

- Adeguamento
- Miglioramento
- Riparazione locale

Queste categorie si differenziano principalmente per i seguenti aspetti:

- **L'entità dell'intervento**, che risulta modificare globalmente il comportamento strutturale della costruzione nei primi due casi ed interessa singole parti e/o porzioni del manufatto nel terzo caso;
- **Il livello di sicurezza raggiunto**, il quale può essere conforme o inferiore a quanto richiesto alle nuove costruzioni rispettivamente nel caso di adeguamento o miglioramento.

La scelta della tipologia di intervento e la conseguente progettazione della soluzione tecnica da applicare è in funzione di diversi fattori, tra cui:

- **Natura e conformazione del manufatto:** per il raggiungimento dei requisiti di sicurezza di edifici di carattere storico-monumentale o dotati di pregio artistico, ad esempio, l'intervento dovrà essere progettato ed attuato nella massima conservazione del manufatto, cercando di minimizzare il più possibile l'impatto sul fabbricato
- **Riduzione delle interferenze:** nel caso di interventi su manufatti strategici o rilevanti (scuole, ospedali ecc.) risulterà necessario ridurre al minimo l'interferenza con le attività svolte all'interno, preservando l'incolumità degli utenti anche nelle preliminari fasi conoscitive. Il discorso si estende anche agli edifici produttivi, laddove l'eventuale blocco dell'impianto provocherebbe inevitabilmente ingenti perdite economiche.
- **Contingenza temporale:** la messa in sicurezza di manufatti esistenti può divenire necessaria a seguito del verificarsi di situazioni di emergenza, come ad esempio nell'immediato post-evento sismico, in presenza di uno sciame, un progressivo danneggiamento della costruzione dovuto più semplicemente a mutate condizioni d'utilizzo, mancata manutenzione, ecc. Diversi accorgimenti devono essere attuati a seconda del contesto in cui si interviene, anche per quanto riguarda l'installazione di eventuali opere provvisorie.
- **Prestazioni da raggiungere:** fra le numerose tecniche di intervento a disposizione del progettista è fondamentale tenere in conto non solo la rapidità di intervento in termini sia applicativi sia progettuali, ma anche e soprattutto le prestazioni strutturali che si vogliono raggiungere. Nell'ambito della progettazione degli interventi le soluzioni che prevedono l'utilizzo di elementi o sistemi strutturali di acciaio, caratterizzate da elevata leggerezza, reversibilità e facilità di impiego, consentono di ottenere ottimi risultati in termini di sicurezza a fronte di costi relativamente contenuti.

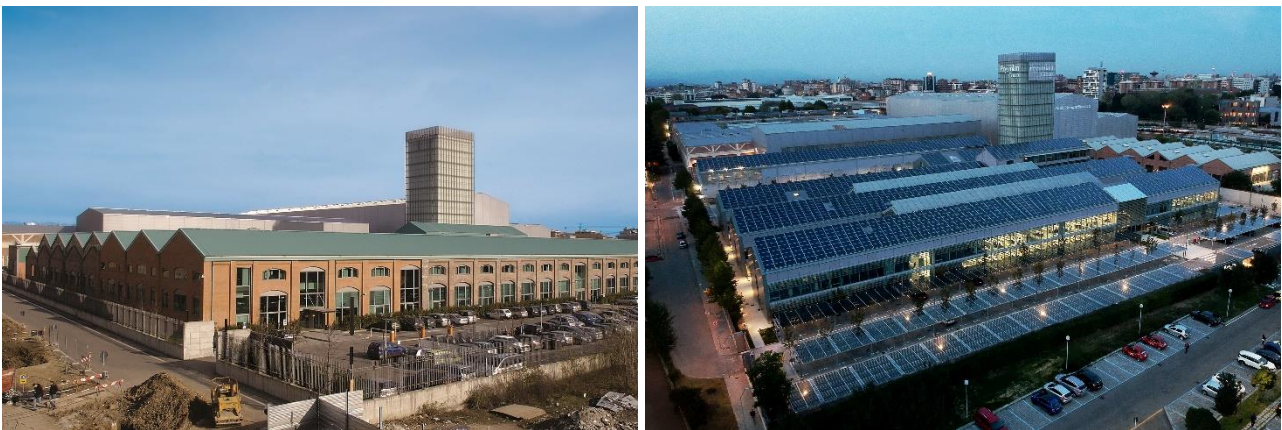


Fig.2 – Esempio di intervento sull'esistente con l'acciaio

2) L'ACCIAIO NELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

Le soluzioni in acciaio possono risultare estremamente efficaci nella realizzazione di interventi finalizzati al raggiungimento della sicurezza statica o al rafforzamento locale, miglioramento o adeguamento sismico di edifici esistenti di muratura o di calcestruzzo armato.

La leggerezza e l'elevata prefabbricabilità delle soluzioni di acciaio, favorite da un elevato rapporto resistenza/peso del materiale, limitano i disagi dovuti al trasporto degli elementi strutturali e ne favoriscono l'inserimento nelle costruzioni esistenti, riducendo al minimo le operazioni da effettuarsi in cantiere e facilitando conseguentemente la messa in opera.

A fronte di un accurato dimensionamento del progetto di intervento, è necessario tenere presente le problematiche legate alle differenze intrinseche tra il 'nuovo' elemento/sistema metallico inserito per ovviare alle carenze strutturali e la costruzione esistente di muratura o di c.a., avendo esse diverse proprietà dei materiali, tolleranze di esecuzione, rigidità ecc.

Grazie alla relativa facilità di installazione ed alla versatilità, i sistemi in acciaio possono essere impiegati per la messa in sicurezza dei manufatti in diverse condizioni, comprese quelle di emergenza o post-emergenza sismica: ad esempio, sono in corso studi e sperimentazioni riguardo sistemi multi-applicazione e multi-livello, in grado di garantire, nell'immediato, la messa in sicurezza nei confronti di possibili meccanismi locali e successivamente 'trasformabili' in soluzioni definitive di intervento capaci di soddisfare i requisiti di sicurezza previsti da normativa.

Dal punto di vista del materiale, oltre alle eccellenti caratteristiche di resistenza e duttilità, l'acciaio, se adeguatamente protetto dalla corrosione mediante trattamenti protettivi quali la zincatura a caldo, la verniciatura o la combinazione di esse, offre ottime performance di durabilità anche in contesti ad alta corrosività atmosferica o in ambienti salini.

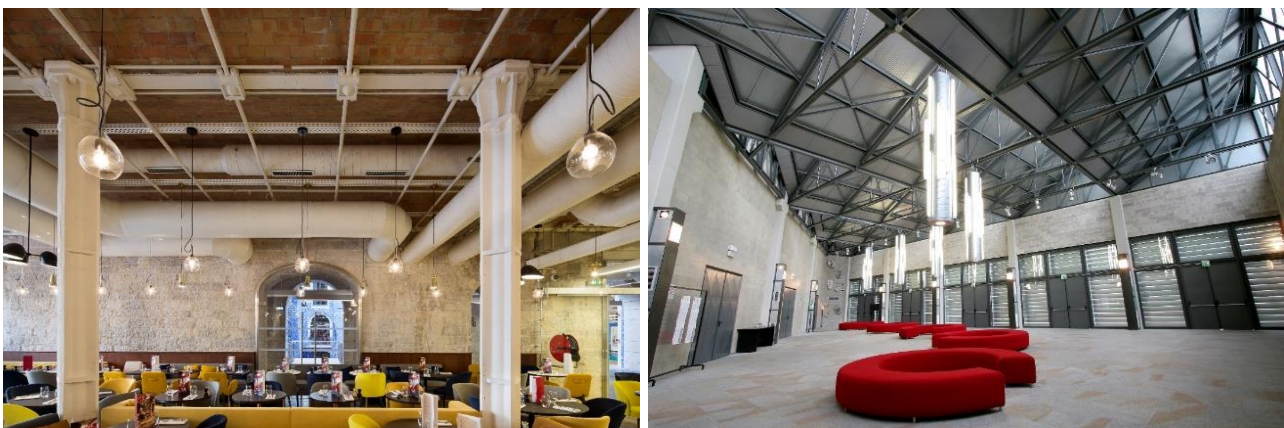


Fig.3 – Esempi di intervento sull'esistente con l'acciaio

La vasta gamma dei prodotti in acciaio a disposizione del progettista (profili laminati, profili cavi, barre tonde e quadrate, profili composti saldati, palancole, profili formati a freddo, lamiere, pannelli, ecc.) si presta alla quasi totalità degli interventi, offrendo una notevole quantità di soluzioni.

Travi, profili aperti e travi saldate

Con l'aiuto dei classici profili in acciaio è possibile eseguire il consolidamento delle vecchie strutture principali sia in legno e in calcestruzzo armato sia in muratura.

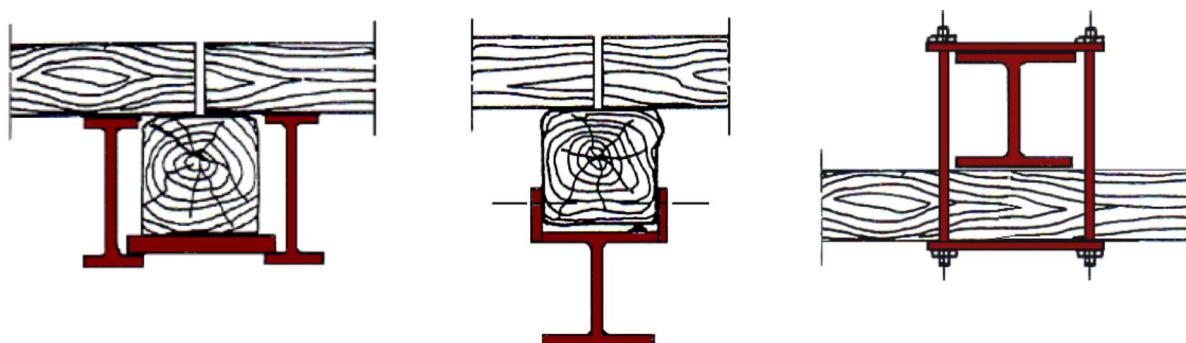


Fig.4 – Metodi di rinforzo di travi in legno con profili aperti paralleli e perpendicolari all'asse della trave

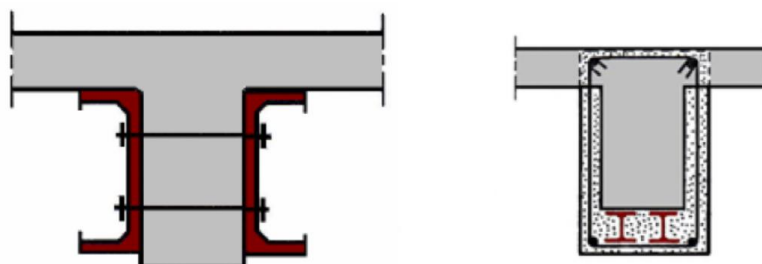


Fig.5 – Esempi di rinforzo di travi in cemento armato con profili in acciaio

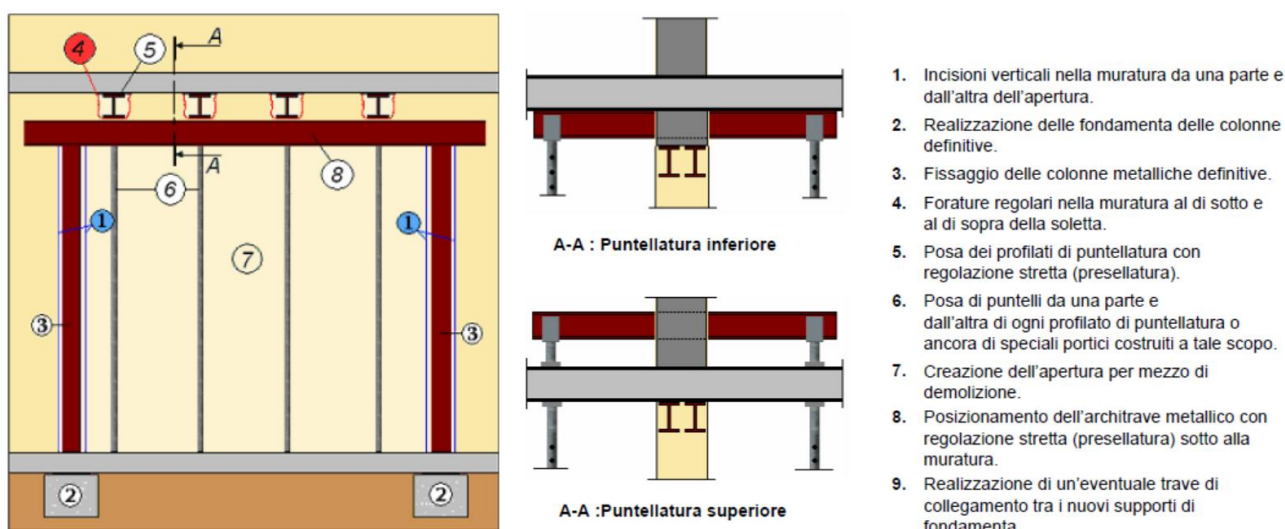


Fig.6 – Creazione di un'apertura in muratura tramite puntellatura e consolidamento



Fig.7 – Esempi di rinforzo di travi in legno in appoggio con profili laminati

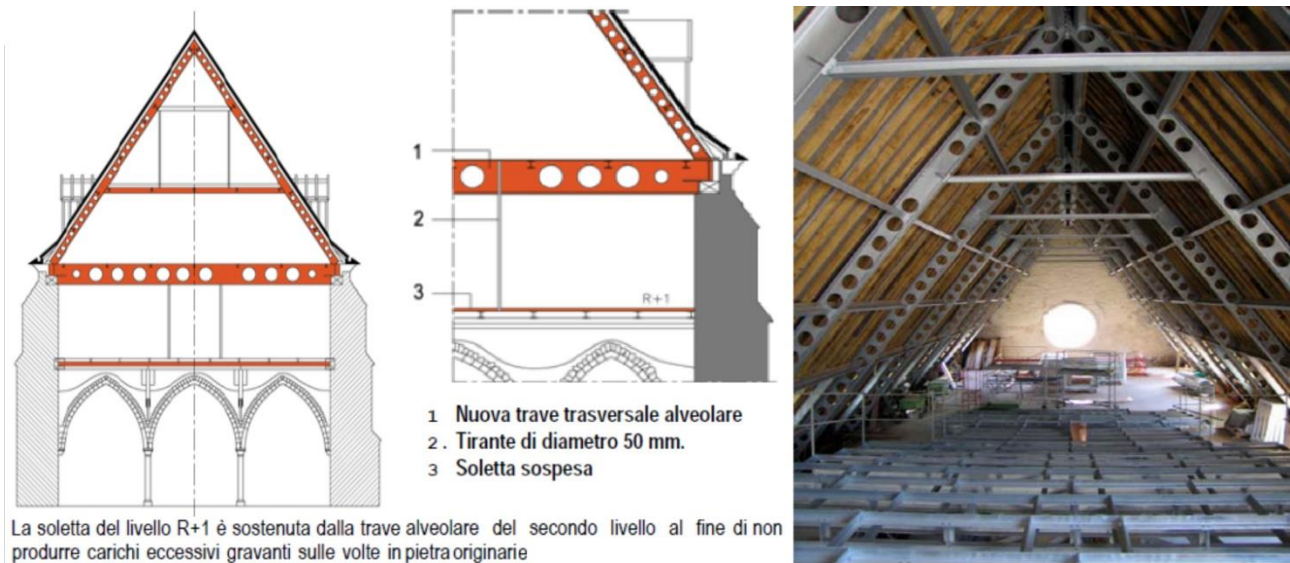


Fig.8 – Esempio di intervento sull'esistente mediante l'impiego di travi alveolari

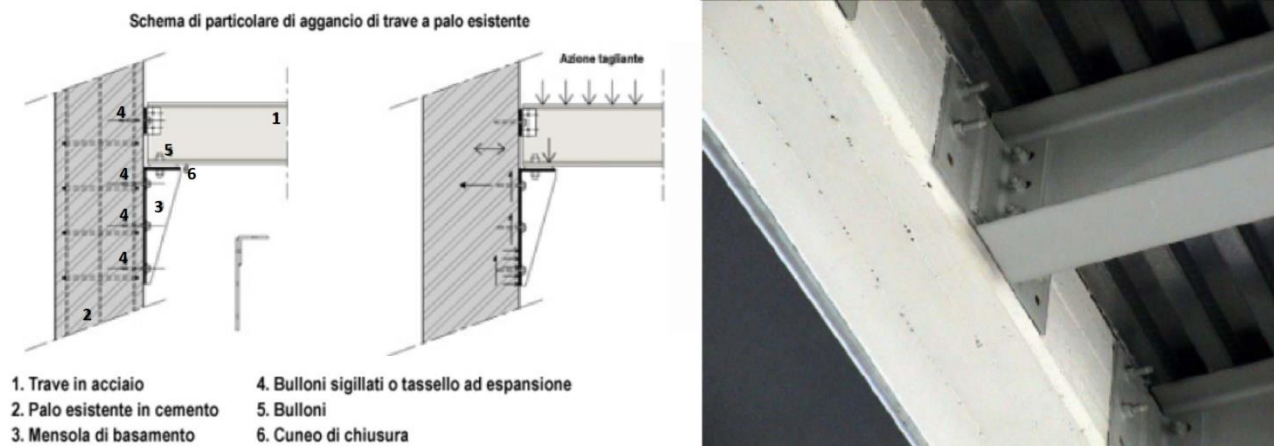


Fig.9 – Esempi di aggancio di travi in acciaio su elementi in cemento armato esistenti

Barre tonde per tiranti e catene

Le barre tonde vengono impiegate sia come catene nel consolidamento di volte e archi, sia come tiranti nel controventamento delle strutture e nell'irrigidimento dei solai nel piano.



Fig. 10 – Esempio di impiego di barre tonde per la realizzazione di catene



Fig. 11 – Esempio di impiego di barre tonde per la realizzazione di tiranti

Profili cavi e micropali e palificate

I profili cavi vengono impiegati per la realizzazione di micropali, pali di sottofondazione e pareti berlinesi.



Fig. 12 – A sinistra: piccola perforatrice. In centro: fabbricazione dei tubi e raccordo filettato. A destra: particolare di estremità di un palo

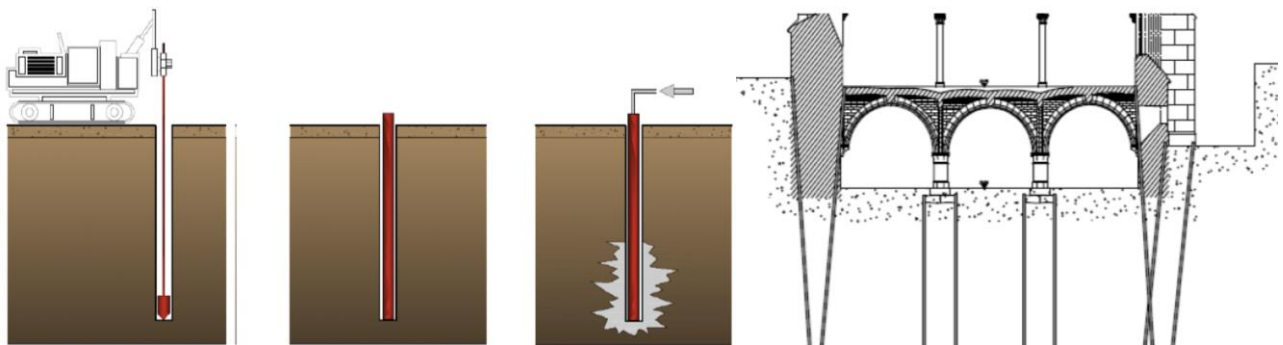


Fig. 13 – A sinistra: foratura del pozzo e iniezione di bentonite, collocamento del tubo in acciaio ed iniezione del cemento. A destra: schema di disposizione dei micropali.



Fig. 14 – Perforazione inclinata all'interno e all'esterno della costruzione

Palancole

Le palancole possono essere impiegate per la realizzazione di elementi di chiusura all'acqua o per il consolidamento delle opere immerse o delle fondazioni.



Fig.15 – Palancole e loro impiego nel consolidamento delle pile dei ponti in alveo

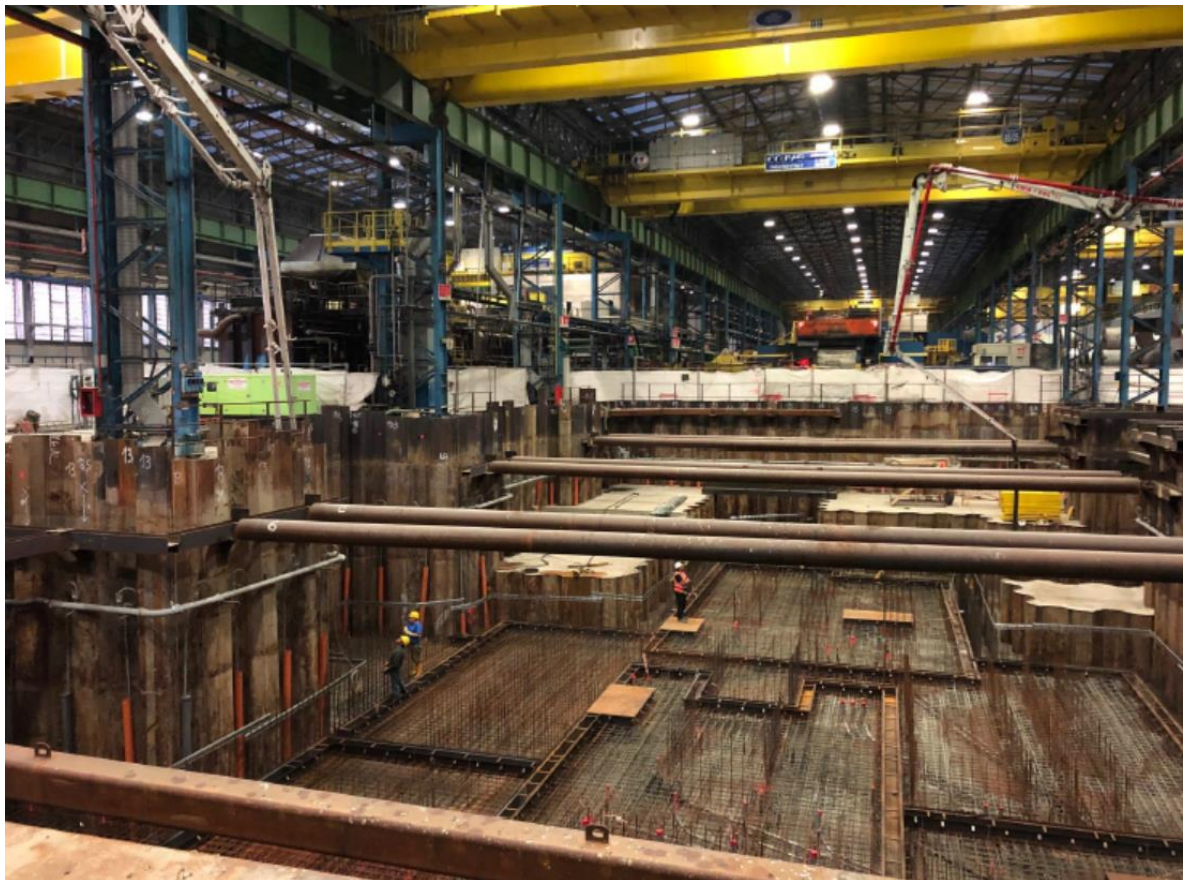


Fig.16 – Esempio di intervento in uno stabilimento industriale mediante l'impiego di palancole

Lamiere grecate e pannelli

I profilati in acciaio sottile sono largamente utilizzati nel recupero. Molto leggeri perché risultato di un processo di fabbricazione effettuato tramite formatura di bobine di acciaio galvanizzate e/o preverniciate dagli esigui spessori (0,4 ÷ 3 mm), questi prodotti sono pratici e facilmente trasportabili dagli operai in condizioni di accesso difficili tipiche dei cantieri di riqualificazione. Le lamiere grecate si adattano a questo tipo di utilizzo e inoltre la loro messa in opera è possibile su grosse opere tradizionali come i lavori in muratura o le strutture in legno.

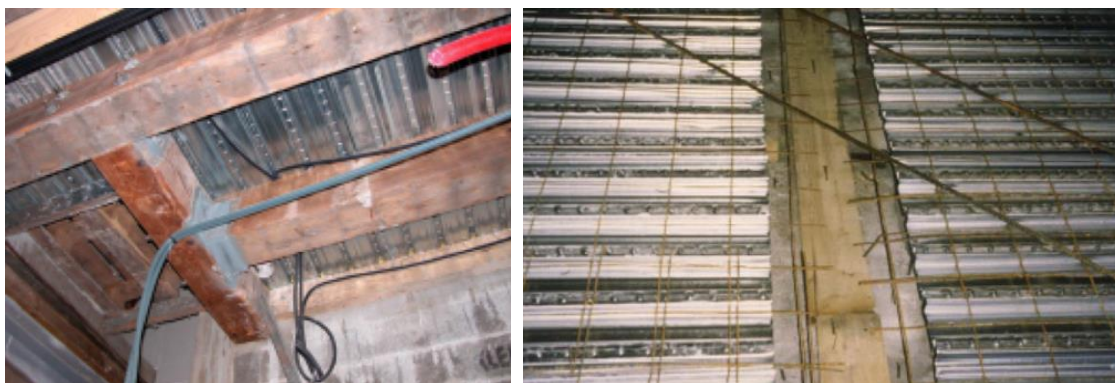


Fig.17 – Esempi di posa di lamiere grecate per il consolidamento di solai in legno



Fig.18 – Esempi di riqualificazione mediante l'impiego di lamiere in acciaio per coperture e facciate

3) L'ACCOPPIAMENTO ACCIAIO/CALCESTRUZZO E ACCIAIO/MURATURA

Nel seguito si riporta uno stralcio tratto dalla pubblicazione “L’Acciaio negli interventi strutturali su costruzioni esistenti di muratura e di calcestruzzo armato: esempi ed applicazioni” [2].

Nell’esecuzione di interventi di consolidamento (locali o globali) su edifici esistenti, siano essi con struttura portante di calcestruzzo armato o di muratura, uno degli aspetti a cui dedicare maggiore attenzione è la realizzazione dei collegamenti tra ‘nuovo’ ed ‘esistente’.

L’intervento deve tenere conto delle caratteristiche dei materiali in termini di resistenza, duttilità, durabilità e, non da ultimo, compatibilità: si rende pertanto necessario l’impiego di sistemi di collegamento che permettano di minimizzare tali problematiche garantendo, al contempo, il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza e la conservazione dell’originaria natura del manufatto, soprattutto nel caso in cui esso sia dotato di pregio storico-architettonico.

È frequente l’impiego di materiali e sistemi appositi quali malte speciali, zanche, barre di armatura, sistemi di ancoraggio meccanico o chimico e adesivi strutturali, che permettono l’esecuzione dell’intervento in maniera agevole e rapida. In seguito una breve descrizione.

Malte speciali

La posa in opera di elementi metallici in strutture in calcestruzzo armato e/o in muratura richiede spesso l’utilizzo di malte speciali posizionate in corrispondenza delle zone di interfaccia tra acciaio e struttura esistente. Le differenti tolleranze costruttive tra l’acciaio del sistema impiegato per l’intervento e il materiale costituente la struttura esistente (c.a. o muratura) determinano, inevitabilmente, nella zona di interfaccia l’insorgere di vuoti e/o cavità che richiedono l’impiego di malte speciali dotate di idonee caratteristiche in termini di resistenza, fluidità e capacità di adesione alle superfici degli elementi collegati. La scelta della malta dipende dalle caratteristiche di ciascuna applicazione, dalla dimensione del volume da riempire, dalla conformazione degli spazi, dalla durabilità richiesta nonché dalla tipologia dei carichi trasmessi. Le malte speciali utilizzabili in cantiere devono essere marcate CE secondo norma EN 1504-6 [3] oppure caratterizzate da certificazione ETA.

Zanche e tiranti

Uno dei sistemi frequentemente adottati nel fissaggio di elementi metallici a strutture di muratura è costituito dalle zanche in acciaio. Le zanche sono piastre (o pioli) saldate a profili metallici ed inserite in nicchie (o tasche) appositamente realizzate nella muratura; tali nicchie vengono riempite con malte speciali al fine di garantire un adeguato collegamento tra la struttura esistente ed il nuovo sistema inserito. Occorre verificare che la muratura non subisca danneggiamenti concentrati dovuti a possibili effetti locali nelle zone di fissaggio delle zanche, causati da carichi locali e/o dall’espansione della malta di riempimento. In alternativa, il collegamento di nuovi profili metallici alle strutture esistenti di calcestruzzo armato o di muratura può essere realizzato mediante tiranti posizionati in fori passanti e piastre di contrasto. Anche in questo caso, deve essere previsto l’impiego di malte speciali per garantire un contatto uniforme su tutte le superfici di interfaccia tra

acciaio e struttura esistente, nonché il corretto fissaggio delle barre all'interno dei fori. Particolare attenzione deve essere posta ai fenomeni di punzonamento locale delle piastre.

Ancoraggi meccanici o chimici

Il fissaggio meccanico di elementi in acciaio a strutture esistenti – sia in calcestruzzo armato sia in muratura – si può realizzare mediante l'utilizzo di connettori metallici posizionati in fori ciechi resi solidali al materiale base mediante ancoraggi meccanici o chimici. La scelta della tipologia dell'ancorante e della geometria del collegamento dipende da diversi fattori, tra cui il tipo di materiale base (calcestruzzo o muratura), il tipo di ancorante metallico prefabbricato, le caratteristiche dell'elemento da fissare al materiale base, l'entità e la tipologia dei carichi applicati (statici o dinamici/sismici), l'aggressività ambientale e, non da ultimo, la protezione antincendio. Gli ancoranti possono essere meccanici, ad espansione a controllo di coppia, ad espansione a controllo di spostamento, sottosquadro, o chimici. I sistemi di ancoraggio, sia meccanici sia chimici, devono essere dotati di certificazione ETA e dimensionati in accordo alle normative specialistiche di settore (ETAG, EOTA).

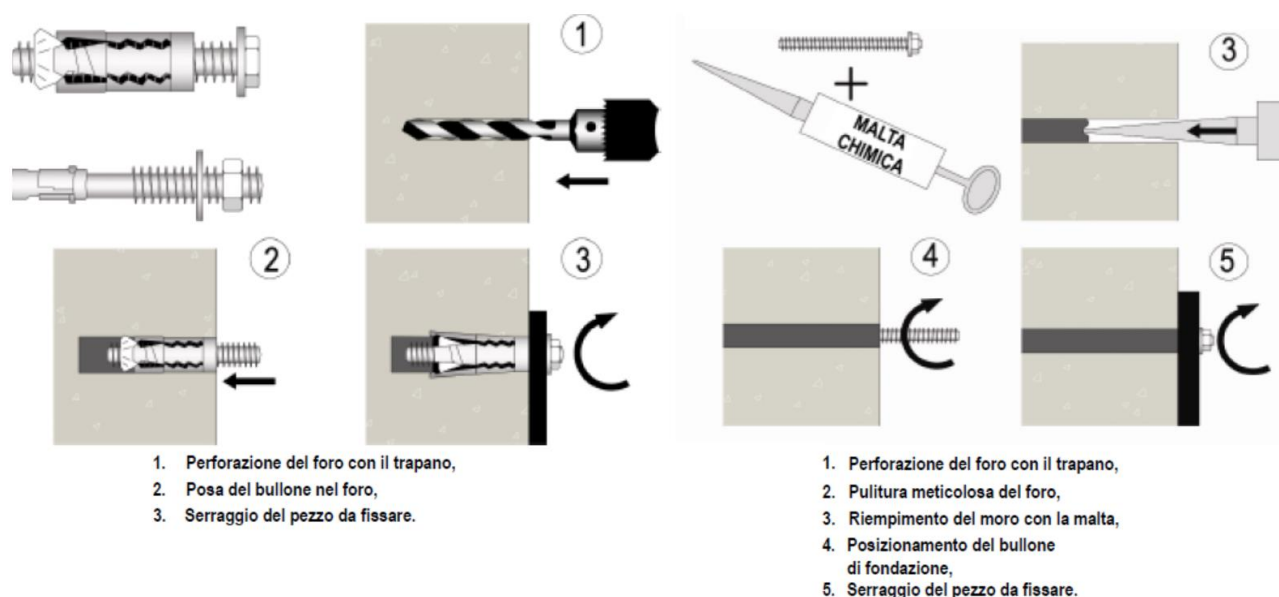


Fig.19 – A sinistra: bulloni di ancoraggio o bulloni ad espansione. A destra: tasselli chimici o suggellatura chimica

Adesivi strutturali

Gli adesivi strutturali, costituiti da un insieme di resine epossidiche e fenoliche, garantiscono l'accoppiamento degli elementi di rinforzo al materiale base e si applicano, ad esempio, ai rinforzi di travi di legno o elementi di c.a. con lamiere di acciaio. Gli adesivi consentono di assorbire elevate tensioni tangenziali; particolare attenzione deve essere posta nei confronti delle tensioni normali al piano di adesione che possono generare rotture per delaminazione. Anche in questo caso, i prodotti per uso strutturale devono essere in possesso di apposita qualifica.

RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [2] F. V. Lippi, F. Mangini, W. Salvatore, S. Caprili
L'ACCIAIO NEGLI INTERVENTI STRUTTURALI SU COSTRUZIONI ESISTENTI DI
MURATURA E CEMENTO ARMATO: ESEMPI ED APPLICAZIONI
Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore
ISBN: 978-88-579-0868-7;
- [3] UNI EN 1504-6:2007 – Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio.

CREDITS

- Fig.1/10 – F. V. Lippi, F. Mangini, W. Salvatore, S. Caprili
L'ACCIAIO NEGLI INTERVENTI STRUTTURALI SU COSTRUZIONI ESISTENTI DI MURATURA E CEMENTO ARMATO: ESEMPI ED APPLICAZIONI
Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore
ISBN: 978-88-579-0868-7;
- Fig.2 – Stefano Goldberg, Cristiano Bendinelli – SCE Project
- Fig.3 – Luc Boegly – Atelier(s) Alfonso Femia, Daniele Badolato – Fondazione Promozione Acciaio
- Fig. 4/5/6/7/8/9 – Constructalia – ArcelorMittal;
- Fig. 11 – Chiesa Santa Maria Maggiore – Effebe srl;
- Fig. 12/13/14/15 – Constructalia – ArcelorMittal;
- Fig. 16 – Immagine tratta dal convegno “Palancole laminate a caldo”, Ravenna; Locapal srl – ArcelorMittal;
- Fig. 17/18/19 – Constructalia – ArcelorMittal;
- Copertina: MAP spa

Redazione e pubblicazione: Giugno 2020

Documento a cura di Fondazione Promozione Acciaio - Tutti i diritti riservati.

Immagini e disegni salvo diversamente specificato sono di proprietà esclusiva di Fondazione Promozione Acciaio, ogni riproduzione parziale o totale è esplicitamente vietata.