

a cura del Centro Inox di Milano

Barre inox ad aderenza migliorata

L'acciaio inossidabile trova sempre più spesso applicazione nel settore delle costruzioni grazie alle sue peculiari caratteristiche. Analisi del prodotto, prestazioni e ambiti applicativi in questo contributo tecnico del Centro Inox di Milano

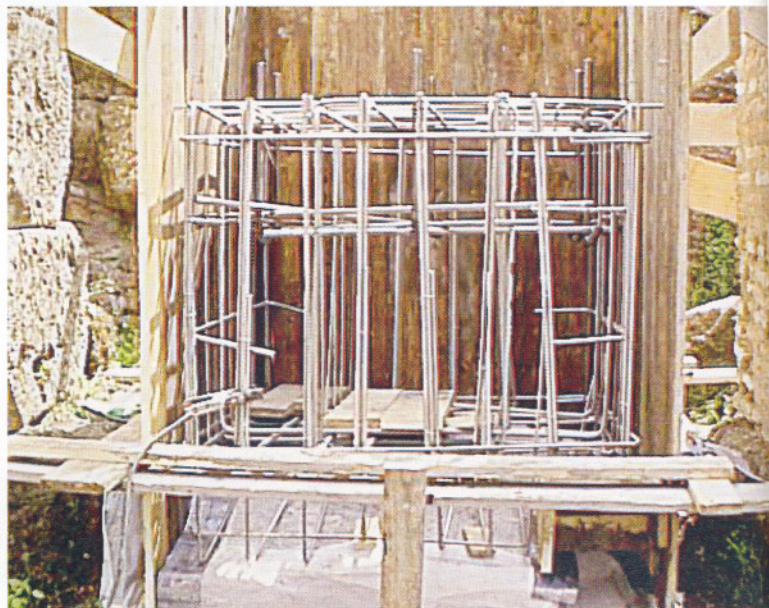
*Immagini e tabelle
sono tratte da
Inossidabile n. 149*

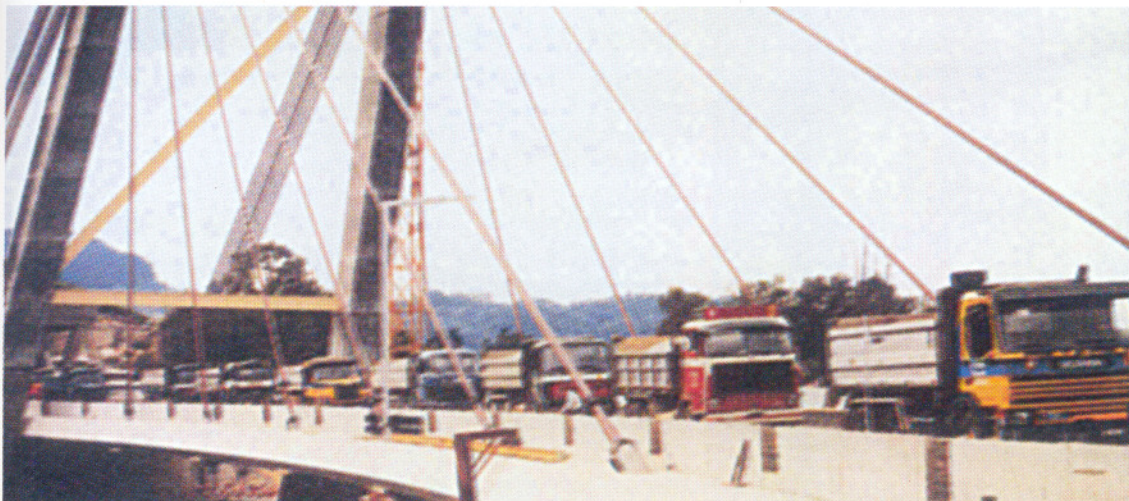
L'acciaio inossidabile sta trovando sempre più spazio nel settore edile, grazie alle sue peculiari caratteristiche: resistenza alla corrosione, ottima resistenza meccanica, resistenza al fuoco, potenzialità antisismiche, qualità estetiche.

Tali caratteristiche ben si adattano con le esigenze non solo delle costruzioni in acciaio, ma anche di

quelle che, per tradizione, appartengono al patrimonio del settore edile italiano, ovvero in cemento armato.

Non sono infatti più una novità le barre ad aderenza migliorata o le reti elettrosaldate per calcestruzzo realizzate in diverse tipologie di acciai inossidabili.





La corrosione nel calcestruzzo

Il calcestruzzo è caratterizzato in generale da un ambiente alcalino, con valori del pH superiori a 13. In tali condizioni l'acciaio al carbonio, che costituisce le normali armature, si trova in condizioni di passività, perciò, anche in presenza di acqua e ossigeno, non si producono fenomeni corrosivi. Questi però possono manifestarsi col passare del tempo, in conseguenza di due fattori: la carbonatazione e la presenza di cloruri.

La **carbonatazione** è quel fenomeno per cui, in virtù dell'azione neutralizzante dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera, il valore del pH del calcestruzzo scende a valori attorno a 9. Non sussistono più le condizioni per la passività dell'acciaio al carbonio, cosicché acqua e ossigeno possono innescare i fenomeni di corrosione tipici dell'acciaio, questi procederanno uniformemente su tutta la superficie con una velocità dell'ordine di qualche decina di micron all'anno.

I **cloruri**, presenti ad esempio nelle atmosfere marine o provenienti dai sali antighiaccio, hanno invece la possibilità di penetrare nel calcestruzzo fino ad arrivare all'armatura in acciaio. Gli ioni cloro agiscono rompendo il film protettivo dell'acciaio al carbonio, lasciando, anche in questo caso, campo libero all'azione corrosiva di acqua e ossigeno. In tali condizioni la corrosione, localizzata tutta nei punti di rottura del film, procede molto più velocemente (fino a 10 volte), rispetto al caso sopra esposto.

In entrambe le situazioni lo spessore, la qualità del calcestruzzo e le condizioni ambientali hanno un'influenza notevole sulle condizioni di avanzamento della carbonatazione, sulla penetrazione dei cloruri, e



sui fenomeni corrosivi.

In ogni caso il risultato è, oltre al deterioramento dell'armatura stessa con relativa perdita delle funzionalità strutturali, la formazione di prodotti di corrosione che, a causa del loro elevato volume, determinano la fessurazione e il distacco del calcestruzzo (effetto "spaccapietra").

Alle due problematiche, carbonatazione e cloruri, l'acciaio inossidabile pone rimedio in virtù di un film di passività molto stabile anche a pH inferiori a 9 e immune agli attacchi di cloruri fino a condizioni di concentrazione che difficilmente si raggiungono nel calcestruzzo.

La scelta del tipo di acciaio inossidabile è "piuttosto semplice"; infatti il ben noto tipo austenitico al cromo-nichel (EN 1.4301 – AISI 304) offre in generale sufficienti garanzie nella maggior parte dei casi. Solo in strutture con forti sollecitazioni (tali da indurre fessurazioni nel copriferro) o in cui le armature sono esposte ad ambienti molto aggressivi (es. con elevate



concentrazioni di cloruri), è consigliabile ricorrere al tipo austenitico al cromo-nichel-molibdeno (EN 1.4401 – AISI 316) o al tipo duplex (per esempio EN 1.4462 - UNS 32205).

Prima di concludere con l'argomento corrosione si ricorda che è ormai appurato che neanche la **corrosione galvanica**, derivante in altri casi dall'accoppiamento di acciaio inox e acciaio al carbonio, risulta essere un problema. Studi ed esperienze hanno dimo-

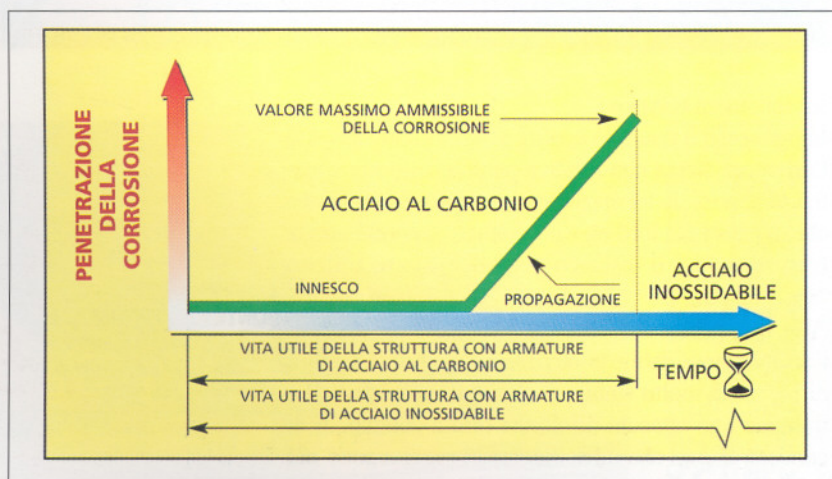
strato che il contatto di barre inox con quelle in acciaio al carbonio, generano nelle strutture in calcestruzzo, effetti del tutto trascurabili.

Le applicazioni: life-cycle-cost e bioedilizia

L'impiego delle barre per cemento armato in acciaio inossidabile ha ancora ampi margini di diffusione. Fino a oggi hanno trovato applicazione nel restauro di edifici e monumenti e in un buon numero di realizzazioni quali ponti e opere sotterranee. Una più ampia diffusione è ancora limitata da due fattori: la conoscenza adeguata da parte dell'utilizzatore finale del prodotto e delle sue caratteristiche, nonché il costo. Per ciò che riguarda il primo aspetto è da sottolineare che molto è stato fatto dai produttori e dai centri di sviluppo per promuovere il prodotto e sicuramente in futuro la continuità della promozione porterà i suoi frutti. In tal senso si ricorda che sono ormai presenti in letteratura numerose testimonianze relative alle prestazioni del tondo inox per cemento armato in termini di resistenza alla corrosione e di resistenza meccanica.

In merito alla tematica costo, vale la pena di soffermarsi su alcuni aspetti fondamentali che andrebbero considerati da parte dell'utilizzatore quando si trovi a dover ragionare sull'effettiva spesa conseguente alla scelta di un prodotto che, indubbiamente, ha un prezzo superiore.

Innanzitutto il tondo nervato inox per cemento armato viene utilizzato solo nelle parti più esposte ai pericoli derivanti dai fenomeni corrosivi sopracitati (es.



Andamento qualitativo della corrosione delle armature di acciaio al carbonio e di acciaio inox, nei confronti della vita utile del componente in cemento armato. Dallo schema si evince che per la struttura con armature di acciaio al carbonio la vita utile è data dalla somma del tempo di innescio e del tempo di propagazione della corrosione sino al valore massimo ammissibile. Per la struttura con armatura in acciaio inossidabile, invece, se la scelta del materiale e l'installazione sono state corrette, la vita utile si può ritenere praticamente infinita.

Tabella 1: analisi del costo del ciclo di vita per il ponte di Sciaffusa**TASSI E DURATA DEL CICLO DI VITA**

Costo del capitale:	9	%
Tasso di inflazione:	3,5	%
Durata desiderata per il ciclo di vita:	80	anni
Tempi morti di manutenzione/Sostituzioni:	120	giorni
Valore delle perdite di produzione:	50.000	UM/giorno*
Tasso effettivo di interesse:	5,31	%

INFORMAZIONI SULL'APPLICAZIONE:

Unità: Ponte di Sciaffusa
Materiale 1: Acciaio al carbonio
Materiale 2: Acciaio al carbonio con rivestimento epossidico
Materiale 3: Acciaio inossidabile

* UM (Unità Monetaria) = Franco Svizzero

RIASSUNTO DEI COSTI DEL CICLO DI VITA PER UN PONTE AUTOSTRADALE SU UN FIUME

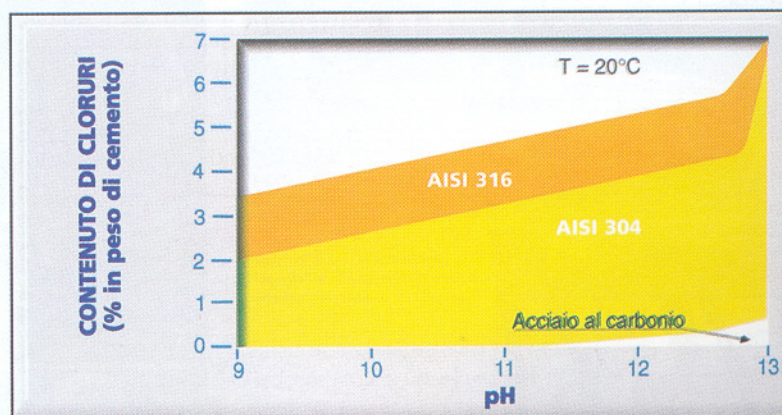
Descrizione	Acciaio C	A.C. Riv. Ep.	Acciaio inox
Costi dei materiali	8.197	31.420	88.646
Costi di fabbricazione	0	0	0
Altri costi di installazione	15.611.354	15.611.354	15.611.354
Costi iniziali (UM)	15.619.551	15.642.774	15.700.000
Manutenzione	0	0	0
Sostituzioni	256.239	76.872	-141
Perdite di produzione	2.218.524	2.218.524	0
Costi dovuti ai materiali	0	0	0
Costi di esercizio (UM)	2.474.763	2.295.396	-141
Costi totali del Ciclo di Vita (UM)	18.094.314	17.938.170	15.699.859

Nell'analisi è stato incluso un costo prudenziale di 50.000 franchi svizzeri al giorno per l'interruzione del servizio.

armatura subito sotto il copriferro nei piloni di viadotti su cui è cosperso il sale per sciogliere il ghiaccio). In termini di peso i quantitativi utilizzati nell'ambito di un'intera opera sono ben inferiori a quelli dell'acciaio al carbonio.

In secondo luogo, ricordando che il calcestruzzo armato altro non è che un particolare materiale "composito", vale la pena sottolineare che l'incidenza dei maggiori costi per la parte di armatura in acciaio inox risulta essere minima rispetto al costo globale. Questo è tanto più vero se si considerano opere di grande dimensioni.

Tale spesa aggiuntiva diventa ancora più trascurabile e addirittura un "guadagno" se inquadrata in un'ottica di **costo del ciclo di vita** (LCC - Life Cycle Cost). E' un argomento che sempre più spesso entra a far parte delle motivazioni che spingono i progettisti alla



Il grafico illustra le fasce di applicabilità di barre inox e di acciaio al carbonio nel calcestruzzo contenente diverse concentrazioni di cloruri, al variare del pH del calcestruzzo stesso.

scelta di una o dell'altra soluzione costruttiva. A tale proposito ricordiamo che la **Legge Merloni** pone un marcato accento proprio sulla previsione dei piani di manutenzione e sui relativi costi nelle fasi di stesura dei progetti di opere pubbliche.

In questo senso si pensi ai molti ponti e viadotti in cui il ripristino dei danni derivanti dalla corrosione delle armature in acciaio al carbonio ha comportato spese enormi, per non parlare della sicurezza dell'opera (es. caduta di frammenti di calcestruzzo) o della perdita di funzionalità (es. interruzione di zone ad alto traffico) e di "produzione".

Un esempio di applicazione del concetto di costo del ciclo di vita è riportato nella tabella 1, dove si sono riassunti i dettagli per la comparazione dei costi per la costruzione di un ponte a Sciaffusa (Svizzera) utilizzando armature di diverso tipo, considerando una vita utile di 80 anni.

Infine tra le caratteristiche dell'acciaio inossidabile austenitico, vi è quella di essere un materiale **para-**

magnetico. E' un fattore importante nell'ambito di quella che viene definita bioedilizia, ovvero un'edilizia attenta nella scelta delle soluzioni costruttive e dei materiali impiegati, al fine di minimizzare le influenze negative dell'ambiente circostante sull'uomo.

Tale caratteristica è infatti sfruttata per ridurre gli effetti dei campi elettromagnetici; più in generale ha portato come conseguenza all'utilizzo del tondo inox in tutte quelle opere in cui l'influenza delle onde elettromagnetiche deve essere limitata (sale di ospedali con attrezzature particolari, centri di trasmissione radio e televisione, centri altamente informatizzati o con apparecchi di misura estremamente sensibili).

Per concludere si può dire che la necessità di prevenire il degrado di un materiale, il cemento armato, che fino a qualche tempo fa era ritenuto eterno, ha trovato nell'acciaio inossidabile un valido aiuto anche in termini economici.