

PREVENTING TRAGIC EVENTS OF COLLAPSING STRUCTURES BY UTILIZING MIGRATORY CORROSION INHIBITOR TECHNOLOGY

Prevenire il tragico crollo delle strutture utilizzando inibitori di corrosione migratori



Opening photo: Corrosion is natural force that can be life threatening. Morandi bridge in Genoa, which was completed in 1967, collapsed on August 14, 2018.

Foto d'apertura: La corrosione è una forza naturale che può essere letale. il Ponte Morandi di Genova, che fu completato nel 1967, è crollato il 14 agosto 2018.

According to the engineering regulations, the durability and design of the structure lifetime is around 50 years. Its lifetime is extended by regular maintenance or otherwise it should be demolished and rebuilt. By using MCI® technology in severely corrosive environments, structures will have a stronger resistance to corrosion and therefore longer durability. Increased durability means fewer repairs, enhanced structural integrity and a longer service life, all leading to greater sustainability. Corrosion is natural force that can be life threatening. Essentially, corrosion is the deterioration of materials over time. It is huge problem for engineers who frequently use metal products in their structures, because it can be a safety hazard. Sadly, latest event of bridge collapsing in Italy demonstrated how neglecting this powerful force can have tragic consequences. Something went very wrong with the Morandi bridge in Genoa, which was completed in 1967.

Secundo le normative ingegneristiche la durata del ciclo di vita di una struttura è di circa 50 anni. Il ciclo si può estendere con una manutenzione regolare, altrimenti diventa necessario demolirla e ricostruirla. Utilizzando la tecnologia MCI® in ambienti fortemente corrosivi le strutture avranno una maggiore resistenza alla corrosione e quindi dureranno di più. Una maggiore durata equivale a meno riparazioni, migliore integrità strutturale e vita utile più lunga, aspetti che conducono a una maggiore sostenibilità. La corrosione è una forza naturale che può essere letale. Sostanzialmente è il deterioramento dei materiali nel tempo. È un enorme problema per gli ingegneri che usano spesso il metallo per le loro strutture, poiché può metterne a rischio la sicurezza. Purtroppo il recente episodio del crollo di un ponte accaduto in Italia ha dimostrato come trascurare questa potente forza possa avere conseguenze tragiche. Qualcosa è andato molto storto con il Ponte Morandi di Genova, che fu completato nel 1967.



Engineers brought out numerous concerns about its unusual concrete-encased common steel cables. Designer of the Genoa bridge warned four decades ago that it would require constant maintenance to remove rust, given the effects of corrosion from sea air and pollution on the concrete. Also, the problem of the fatigue corrosion of metal elements, which is particularly insidious in steels of high mechanical strength such as strands, is still a little-known subject. Morandi Bridge is the fourth bridge that has collapsed over the last few years and this sends us an urgent warning (**ref. Opening photo**). "As this reinforced and prestressed concrete bridge has been there for more than 35 years, it is very possible that corrosion of tendons or reinforcement is a contributory factor," said Ivana Liposcak, Cortec's MCI® technical support manager for Europe. "The long-term behavior of viaducts subjected to heavy traffic and situated in aggressive environment shows that at the time of planning obviously many concepts about the sustainability of the bridge were not known and considered. Due to the vibration in concrete, microcracks occur, through which the moisture leads to oxidation and corrosion of steel and in that way, structure gradually loses its capacity due to corrosion" noted Liposcak.

Crumbling infrastructure is a worldwide problem

In spring of '2000 in North Carolina as people were making their way back to the parking lot across the bridge, concrete and steel walkway snapped in half. After an inspection, it was determined that all 11 steel cables that were holding the bridge together were corroded, and the bridge busted under the weight. The corrosion was caused by too much calcium chloride, an inorganic salt compound that's highly corrosive to steel, mixed into the grout that cemented the bridge's steel cables in place. Nearly 50 lawsuits were filed against the speedway and the construction company with settlements of millions of dollars. Report from the American Road & Transportation Builders Association states that more than 15% of that country's bridges are "structurally deficient". The difficulty is that concrete, or rather the steel used to reinforce it, can fail in a number of ways. Salt, ice and the pounding of weather can cause fractures in the concrete's surface. Once the water reaches the

Gli ingegneri avevano sollevato molte preoccupazioni riguardo ai suoi insoliti cavi in acciaio comune rivestiti di cemento. Quarant'anni fa il progettista del ponte di Genova aveva avvertito che la struttura avrebbe necessitato di costante manutenzione per rimuovere la ruggine, visti gli effetti corrosivi sul cemento dell'aria di mare e dell'inquinamento. Inoltre, il problema dell'affaticamento da corrosione degli elementi in metallo, particolarmente insidiosi in parti in acciaio sottoposte ad elevata forza meccanica come gli stralli, è ancora oggi un argomento poco conosciuto. Il Ponte Morandi è il quarto ponte crollato negli ultimi anni ed è un chiaro segnale di allarme (**rif. foto d'apertura**).

"Poiché questo cemento armato precompresso è stato lì per più di 35 anni, è molto probabile che la corrosione delle barre di rinforzo sia stata un fattore decisivo", ha spiegato Ivana Liposcak, manager di supporto tecnico europeo della tecnologia MCI® di Cortec. "Il comportamento a lungo termine dei viadotti soggetti a traffico pesante e situati in ambienti aggressivi dimostra che ai tempi del progetto, ovviamente, molti concetti sulla sostenibilità del ponte non erano conosciuti e quindi considerati. A causa delle vibrazioni si sono verificate delle microfrazioni nel cemento, attraverso le quali l'umidità ha causato l'ossidazione e la corrosione dell'acciaio e in questo modo la struttura ha perso gradualmente la sua portata".

Lo sbriciolamento delle infrastrutture è un problema mondiale

Nella primavera del 2000 in North Carolina, mentre delle persone si dirigevano verso un parcheggio attraversando un ponte, la passerella in acciaio e cemento si spezzò a metà. A seguito di un'ispezione si giunse alla conclusione che tutti gli 11 cavi in acciaio che sostenevano il ponte erano corrosi e che il ponte crollò per il peso. La corrosione era causata dal troppo cloruro di calcio, un composto salino inorganico altamente corrosivo per l'acciaio, che era stato mescolato alla malta per cementare i cavi in acciaio del ponte. Contro la superstrada e la società costruttrice sono state intentate quasi 50 cause, con risarcimenti di milioni di dollari. Una relazione della American Road & Transportation Builder Association afferma che più del 15 % dei ponti del paese sono "strutturalmente carenti". Il problema è che il cemento, o l'acciaio usato per rinforzarlo, può fallire in diversi modi. Sale, ghiaccio e intemperie possono causare fratture nella superficie del calcestruzzo. Una volta che l'acqua raggiunge l'acciaio di rinforzo o i tiran-

steel reinforcing or tendons, it corrodes them. This enlarges the cracks, which can cause the concrete to fall apart (**Fig. 1**). "Other factors also compound the deterioration of bridges, such as a constant traffic" says Liposcak, "this is a problem for bridges designed 50 years ago, when traffic was lower, cars were smaller and lorries much lighter". Harsh weather conditions, such as heat, cold, floods and high winds buffeting all contribute to corrosion of bridges. This is why regular inspections and maintenance are essential.

How we build sustainable and durable structures?

During last two decades there have been huge advances in technology to extend the lifespan of structures and avoid possible tragedies to happen. One of the most efficient uses of migrating corrosion inhibitors (MCI®) are when applied directly during

construction phase as well as a part of the maintenance repair system in existing structures (**Fig. 2**).

For prestressed structures for bridges, MCI's are recommended for the protection of prestressed cables before grouting such as Cortec's MCI 309. Sustainable

construction has become a goal for owners across the globe. Often overlooked aspect is the durability and service life of the final structure. However, this is undoubtedly one of the main factors influencing structural sustainability. MCI® inhibitors are made from a renewable raw material, enabling users to earn certain LEED credits.

There are many current cases of using migrating inhibitor technology in projects around the world such as erecting the new Frederikssund bridge in Denmark (**Fig. 3**). The aim is to replace the old bridge built in 1935 by providing an alternative to the only currently active bridge over the fjord. The

ti, li corrode. Questo fa allargare le crepe, che possono fa cadere a pezzi il cemento (**fig. 1**). "Anche altri fattori comportano il deterioramento dei ponti, per esempio il traffico costante", spiega Liposcak, "ed è un problema per i ponti progettati 50 anni fa, quando il traffico era minore, le macchine più piccole e i camion più leggeri". Le condizioni meteo ostili, come caldo, freddo, alluvioni e venti forti contribuiscono tutti alla corrosione dei ponti. Questo è il motivo per cui sono necessarie ispezioni regolari e manutenzione.

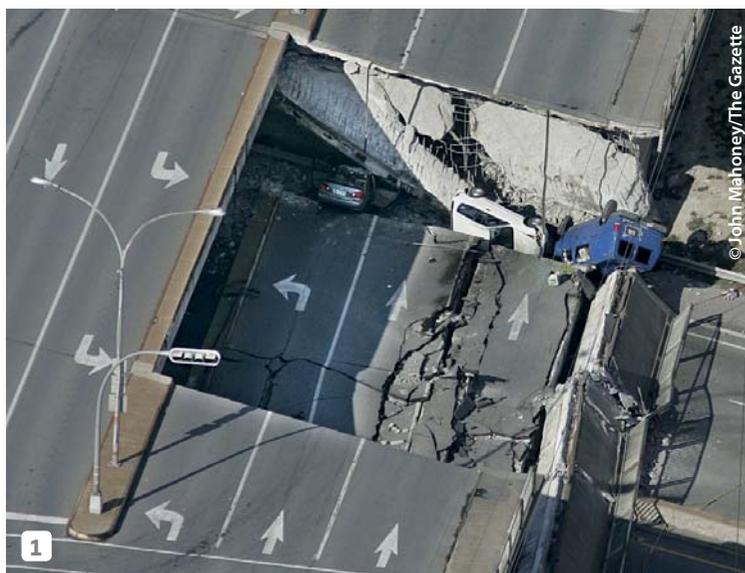
Come costruire strutture sostenibili e durature?

Negli ultimi venti anni le tecnologie volte ad estendere il ciclo di vita delle strutture e a evitare che accadano possibili tragedie hanno fatto enormi progressi. Uno degli utilizzi più efficienti degli inibitori di corrosione migratori (MCI®) è la loro applicazione in fase di costruzione oppure come parte del sistema di manutenzione di strutture già esistenti (**fig. 2**).

Per le strutture precomprese dei ponti gli MCI – ad esempio MCI 309 di Cortec - sono raccomandati per la protezione dei cavi precompressi prima della stuccatura.

L'edilizia sostenibile è diventata l'obiettivo dei proprietari in tutto il mondo. Un aspetto spesso trascurato è la durabilità e la vita utile della struttura finale, che però sono due dei principali fattori che influenzano la sostenibilità di una struttura. Gli inibitori MCI® sono costituiti da una materia prima rinnovabile e permettono agli utilizzatori di guadagnare alcuni crediti LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

Oggi molti progetti nel mondo utilizzano la tecnologia degli inibitori migratori. Uno di questi è la costruzione del ponte Frederikssund in Danimarca (**fig. 3**). Lo scopo è sostituire il vecchio ponte costruito nel 1935 fornendo un'alternativa a quello che al momento è l'unico ponte attivo sul fiordo. Il progetto include il design e la costruzione di un'autostrada a due carreggiate lunga 8



© John Mahoney/The Gazette

1

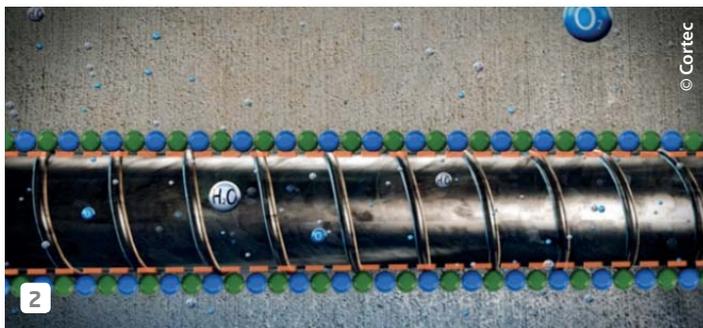
In 2007, Concorde overpass collapsed in Canada. The commission found one of the major causes was improper rebar support for the design, which caused a "plane of weakness" where cracks eventually occurred.

Nel 2007, il cavalcavia Concorde, in Canada, è crollato. La commissione d'inchiesta ha riscontrato che una delle cause principali del crollo è stata un supporto del tondo progettato erroneamente, che ha causato "un punto di debolezza" in cui si sono verificate delle incrinature.



project includes design & construction of an 8-km-long dual-carriageway highway, comprehensive of a bridge over the Roskilde Fjord. MCI® 309 is used for corrosion protection of PT concrete segments.

MCI's are based on amine technology. They are classified as mixed inhibitors, meaning they affect both anodic and cathodic portions of a corrosion cell. MCI® is applied in many forms including as a concrete admixture or a topical treatment. It moves as a liquid through the concrete matrix via capillary action and migrates in a vapor phase throughout the concrete pore structure. When MCI® comes in contact with embedded metals, it has an ionic attraction to it and forms a protective molecular layer. This film prevents corrosive elements from further reacting with the reinforcement and also reduces existing corrosion rates, greatly extending concrete service life.



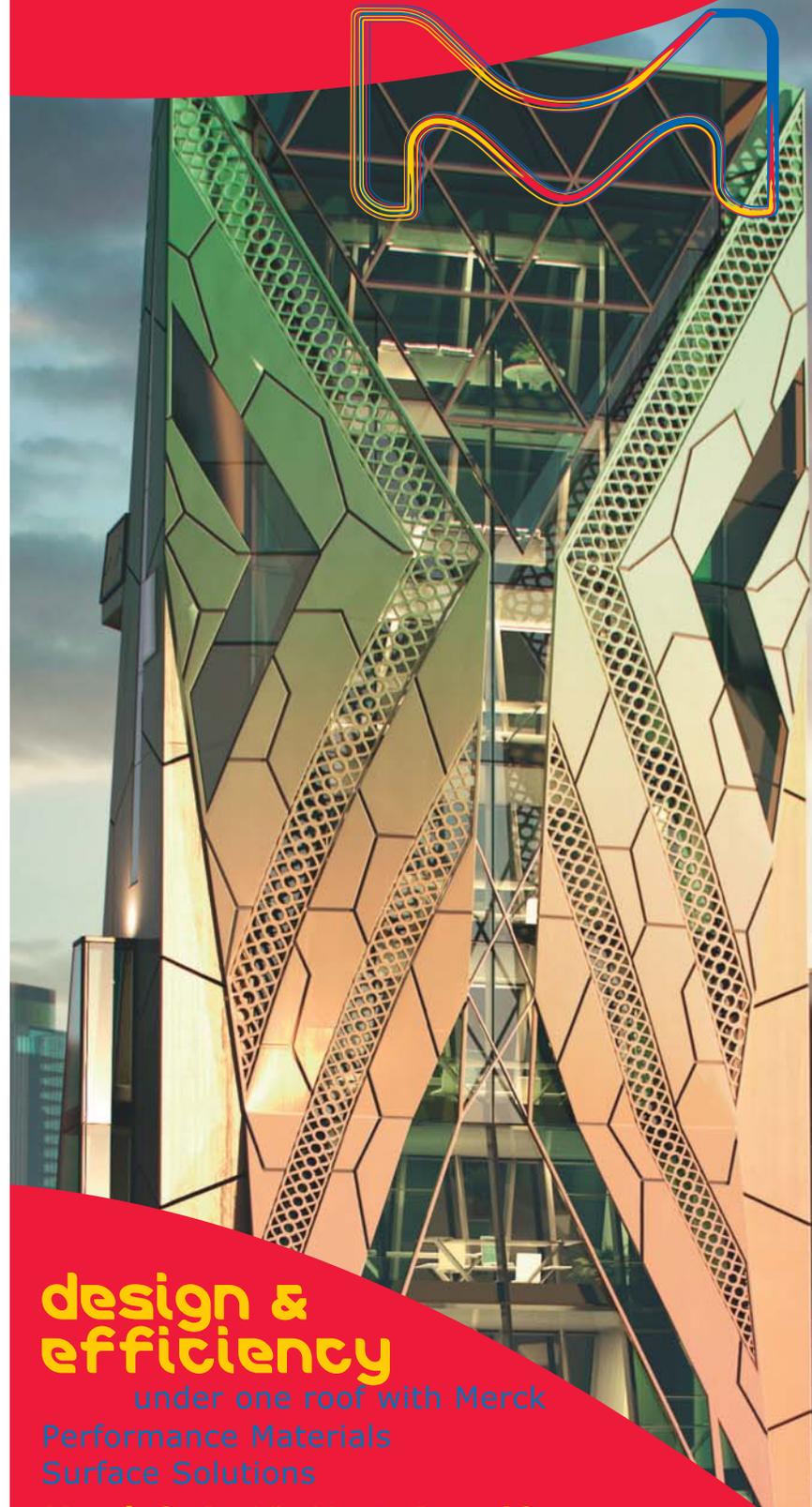
2

Migrating corrosion inhibitors form a protective layer on the surface of embedded steel reinforcement.

Gli inibitori di corrosione migratori formano uno speciale strato protettivo sulla superficie del rinforzo in acciaio incorporato.

km, comprensiva del ponte sul Fiordo Roskilde. MCI® è utilizzato per la protezione dei segmenti in cemento post-teso.

Gli MCI si basano sulla tecnologia amminica. Sono classificati come inibitori misti, ciò possono colpire sia le porzioni anodiche che quelle catodiche di una cella di corrosione. Gli MCI® si possono applicare in vari modi, inclusa la commistione col cemento oppure il trattamento topico. L'inibitore si muove come un liquido attraverso la matrice del calcestruzzo con azione capillare e migra in fase vapore attraverso la struttura porosa di cemento. Quando l'MCI® entra in contatto con il metallo del rinforzo ha un'attrazione ionica con questo e forma uno strato molecolare protettivo. Il film previene l'ulteriore reazione degli elementi corrosivi con il rinforzo e riduce anche il tasso di corrosione esistente, estendendo notevolmente la vita utile del calcestruzzo.



design & efficiency

under one roof with Merck
Performance Materials
Surface Solutions

**Merck SpA - Via Monte Rosa 93
20149 Milano**

infomerckspa@merckgroup.com
ph. +39 02 25078.1
www.merck-pm.com
merckgroup.com/350

MERCK

3

In the construction of the new Frederikssund bridge in Denmark, migrating inhibitor technology is being employed.

Durante la costruzione del nuovo ponte Frederikssund, in Danimarca, è stata impiegata la tecnologia di inibitori di corrosione.



The Maslenica Bridge in Croatia is one of the largest bridges of its type with an arc of 200 meters (218.7 yd) in diameter. Because of the aggressive environment of changing temperatures, constantly fluctuating humidity, and strong wind containing salt from seawater, reinforcing steel had started to corrode, causing concrete spalling. To restore the bridge and prevent future corrosion from happening, all spalling concrete was water-blasted off, along with dirt and corrosion on the rebar. CorrVerter® MCI® Rust Primer was brushed on exposed rebar to passivate the metal from further corrosion, and MCI®-2020 was applied to the entire concrete structure using an airless sprayer to prevent any potential corrosion that was not apparent. If the world was made of Lego bricks, building of bridges would be perfected and perhaps they would never collapse. In the real world, every project is different. Geology, weather conditions, volume of traffic, available construction material affect design and construction. Today we are lucky to have huge advances in corrosion protection that can be applied in construction industry. We have to utilize them properly for the benefit of all of us. ◀

Il Ponte Maslenica in Croazia è uno dei più grandi del suo genere, con un arco del diametro di 200 metri.

A causa dell'ambiente aggressivo caratterizzato da sbalzi di temperatura, umidità costantemente fluttuante e venti forti contenenti sale marino, l'acciaio di rinforzo ha iniziato a corrodere, causando la scheggiatura del cemento. Per riparare il ponte e prevenire corrosione futura, tutto il cemento scheggiato è stato fatto saltare via con getto d'acqua insieme a sporco e corrosione delle barre. Corrverter® MCI Rust Primer è stato applicato a pennello sul tondino esposto per passivare il metallo da ulteriore corrosione, mentre MCI®-2020 è stato applicato all'intera struttura con spruzzatura *airless*, per prevenire ogni potenziale corrosione non visibile.

Se il mondo fosse fatto di mattoncini Lego la costruzione dei ponti sarebbe perfetta e probabilmente non crollerebbero mai. Nel mondo reale invece ogni progetto è diverso. La geologia, le condizioni meteo, il volume di traffico, e i materiali da costruzione disponibili influenzano il progetto e la costruzione. Oggi siamo fortunati a poter godere di enormi progressi applicabili al settore edilizio. Dobbiamo utilizzarli nel modo corretto per il beneficio di tutti. ▶