

Pietro Pedferri

La durabilità delle strutture in calcestruzzo armato

Durability of reinforced concrete structures

The most prestigious work in cement-based materials that has been handed down to us from antiquity is without doubt the Pantheon in Rome. The fact that this temple after 2000 years is in a perfect state of conservation is the demonstration

that concrete can possess the durability of a natural stone. Why then, it may be asked, are many reinforced concrete structures built in the past decades - such as bridges, motorways infrastructures, marines structures, buildings - in a deplorable state of deterioration, with serious repercussions even on their safety as some recent lamentable collapses have also demonstrated?

The answer lies in the fact that structures in reinforced concrete are not eternal or almost so, as thought up to the 70s and as the history of the Pantheon might lead it to be believed. Even when correctly designed and constructed - and this has not always been the case -, their service life is limited precisely by the corrosion of the steel reinforcement itself. If the

Pantheon had been built with reinforced concrete it would no longer exist. In practice, in environments where chlorides are absent there are not intrinsic difficulties in designing structures that should remain free of corrosion for service life of 100 years, at least in temperate climates. However in the case of structures operating in chloride containing environments - such as, for example, concrete slab on bridges where salts are spread as an anti-freeze or marine structures especially in tropical regions- corrosion can show after few decades even in structures correctly designed and built.

Consequently, in the case of important constructions such as monuments, churches, public buildings for which a service life of more than 100 years ▶

La più prestigiosa opera in materiale cementizio che l'antichità ci ha tramandato è certamente il Pantheon. Il fatto che questo tempio di incomparabile bellezza dopo quasi duemila anni sia in condizioni di conservazione perfetta dimostra che il calcestruzzo può presentare la durabilità di una pietra naturale. Perché allora, ci si chiede, molte costruzioni in calcestruzzo armato, ponti, infrastrutture autostradali, opere marine, edifici, costruite nei decenni scorsi si trovano in uno stato di degrado deplorabile? Certamente i casi di degrado che si manifestano in ambiente non aggressivo su strutture in calcestruzzo armato realizzate da solo venti o trent'anni - e non si tratta affatto di casi rari - sono dovuti a errori commessi in sede di progetto o di costruzione: copriferri inadeguati, progettazione errata della miscela del calcestruzzo, sua non corretta messa in opera, costipazione o maturazione. Tuttavia anche le costruzioni perfettamente progettate e costruite non sono eterne, come si riteneva fino agli anni '70: la loro vita di servizio è limitata proprio dalla corrosione delle armature. Se il Pantheon fosse stato costruito in calcestruzzo armato non esisterebbe più.

In pratica se l'ambiente non contiene cloruri non ci sono difficoltà nel progettare strutture che resistano alla corrosione per 100 anni e più, almeno in climi temperati. Nel caso contrario, invece, non si è in grado di evitare attacchi corrosivi per più di qualche decennio, anche se in sede di progetto e di costruzione si prendono tutte le precauzioni necessarie per evitare che questi anioni penetrino all'interno del calcestruzzo.

Pertanto nel caso di costruzioni a cui è richiesto di operare in ambiente non aggressivo per più di un secolo, e soprattutto, nel caso di strutture il cui calcestruzzo si prevede possa venir inquinato da cloruri - come succede nelle solette di ponti su cui si spargono sali antigelo, oppure nelle strutture marine, soprattutto in ambiente tropicale - può risultare necessario il ricorso a protezioni contro la corrosione aggiuntive rispetto a quelle che già fornisce il calcestruzzo.

Un gruppo di ricerca del dipartimento di Chimica, Materiali ed Ingegneria Chimica "Giulio Natta" negli ultimi dieci anni ha operato in questo settore. All'inizio degli anni novanta ha teorizzato e proposto la prevenzione catodica (e ne ha inventato anche il nome) e in quelli successivi ne ha studiato le condizioni operative e l'affidabilità. La tecnica si basa sul fatto che la resistenza delle armature alla corro-

sione da cloruri cresce se il potenziale delle armature viene diminuito. Questo effetto si ottiene applicando bassissime correnti tra opportuni anodi piazzati sulla superficie del calcestruzzo e le armature che quindi funzionano da catodo. Utilizzata dapprima in Italia su ponti e viadotti autostradali soggetti all'azione di sali antigelo, nella seconda metà degli anni novanta la prevenzione catodica si è diffusa in tutto il mondo anche per opere marine o comunque per parti di strutture che si prevede possano essere inquinate da cloruri. La tecnica, ad esempio, è stata applicata alle fondazioni di importantissimi edifici come la Sydney Opera House e le Twin Towers di New York.

Sempre nel corso degli anni novanta il gruppo ha studiato il comportamento delle armature in acciaio inossidabile in calcestruzzo contenente cloruri. Ha precisato l'influenza della composizione e della struttura dell'acciaio, del grado di incrudimento, delle condizioni di superficie; ha definito i campi di applicabilità di acciai sia tradizionali che sperimentali per i vari tipi di calcestruzzo e per varie temperature, tenori di cloruri. In particolare ha mostrato come le armature di acciaio inossidabile possano

▶ is requested and in any case in which chloride penetration is foreseen, it can become necessary, in order to extend the service life to resort to the so called supplementary corrosion prevention measures.

In the last ten years the 'Durability and Cementitious Materials Laboratory' of our Department has operated in this sector.

At the beginning of the 90s it has proposed and theorised the cathodic prevention (also the name has been invented by us) and in following years it has studied its operating conditions and its reliability. This technique is based on the fact that the resistance of reinforcement increases, if its potential is reduced. This effect is obtained applying very low currents bet-

ween suitable anodes positioned on the surface of the concrete and reinforcements which consequently behave as cathode. Utilised first in Italy on bridges and viaducts subjected to the action of antifreeze salts, in the second half of the 90s, cathodic prevention has been used all around the world also to protect marine structures or other constructions in which chloride penetration can be foreseen. The technique, for example has been applied to parts of very important buildings such as the Sydney Opera House and the Twin Towers in New York. During the 90s our group has also studied the behaviour of stainless steel reinforcement. It has defined the influence of the composition and of the structure of the steel, the degree of cold drawing,

essere utilizzate come 'armature di pelle' o solo nelle zone più critiche delle strutture, come i giunti o le zone degli spruzzi, senza che insorgano fenomeni di corrosione galvanica a causa dell'accoppiamento con le armature in acciaio al carbonio.

Attualmente il gruppo di ricerca studia nuove formulazioni di inibitori di corrosione da aggiungere al calcestruzzo o a malte da ripristino per aumentarne le prestazioni. Si tratta di una ricerca che da tempo vede impegnati molti laboratori in sede nazionale e internazionale, ma che finora non ha portato a prodotti del tutto soddisfacenti.