Réparation des ouvrages en béton armé dégradés par corrosion des armatures

Février 2017

Le béton est généralement associé à des armatures (en acier au carbone), ce qui permet d'augmenter sa résistance en traction et en flexion, d'où le terme de béton armé.

Corrosion des armatures : trois familles de réparations possibles

Dans un béton sain offrant un environnement basique, les armatures sont naturellement passivées. Les armatures proches de la surface, protégées par le béton d'enrobage, peuvent être soumises, au cours de la vie de l'ouvrage, à un phénomène de corrosion :

- dès que le front de carbonatation les atteint ;
- ou dès que la quantité de chlorure dans le béton d'enrobage dépasse un seuil critique.

Lorsque les armatures s'oxydent, les produits de corrosion qui se forment occupent un volume plus important, ce qui déclenche une fissuration du béton, voire un éclatement et à terme une mise à nu puis une perte de section des armatures.

De nombreuses solutions de réparation du béton armé dégradé par corrosion des armatures sont disponibles. Elles permettent de réparer durablement le parement en béton et évitent de nouveaux désordres.

Pour chaque ouvrage, le choix de la solution adoptée sera fonction en particulier du processus de dégradation (carbonatation, chlorure…), du niveau de propagation de la corrosion, des caractéristiques du béton et des agressions du milieu environnant. La pérennité de la réparation suppose une réalisation soignée et des contrôles réguliers tout au long de la vie de l'ouvrage.

Il existe 3 familles de techniques :

- La **réparation traditionnelle** : remplacement du béton carbonaté ou pollué par les chlorures et des armatures corrodées ;
- Les **traitements électrochimiques** : protection cathodique, protection galvanique, réalcalinisation, déchloruration ;
- La mise en œuvre d'**inhibiteurs de corrosion** depuis la surface du béton.

Réparation traditionnelle

Cette réparation est la plus classique.

- Enlever le béton d'enrobage non adhérent dans la zone dégradée et dégager les armatures corrodées à traiter, par un moyen mécanique ou chimique. Le dégarnissage doit être effectué jusqu'à ce que l'acier sain soit mis à nu sur une longueur d'au moins 50 mm. Les armatures doivent être dégagées sur la totalité de leur circonférence.

  De nombreuses techniques permettent l'enlèvement du béton dégradé : burinage, repiquage, bouchardage, décapage à l'eau à haute pression, sablage à sec ou humide, ponçage, décapage thermique, décapage chimique.L'importance de cette préparation est fonction de la profondeur de carbonatation du béton ou des profils de concentration des chlorures.

- Éliminer l'intégralité des parties corrodées sur toute la surface des armatures par brossage métallique, repiquage, sablage ou grenaillage, ainsi que toutes poussières résiduelles ou souillures, soit par lavage à l'eau, soit par brossage, aspiration ou soufflage à l'air.
- Remplacer les armatures corrodées ou mettre en place des armatures complémentaires par recouvrement, scellement ou soudure : cela va restituer la section d'armature initiale, en tenant compte des longueurs d'ancrage et de recouvrement nécessaires afin de redonner à l'ouvrage sa capacité structurelle. Les armatures peuvent recevoir une protection contre la corrosion par application sur toute leur surface d'un revêtement adapté (inhibiteur anodique, résine synthétique …).

  Lorsque la partie d'ouvrage est exposée à un environnement particulièrement agressif ou si l'épaisseur d'enrobage nécessaire ne peut pas être respectée, il peut être mis en place des armatures inox de nuance adaptée.

- Reconstituer le béton d'enrobage afin de retrouver la géométrie de la structure : agréage manuel ou mécanique, béton coulé, béton projeté…

  Les armatures sont ainsi protégées par passivation grâce à l'alcalinité du nouveau béton d'enrobage.

  NOTA : la zone reconstituée qui bénéficie d'un pH élevé après mise en œuvre du nouveau béton d'enrobage devient une cathode forte au regard des bétons anciens environnants qui deviennent des zones anodiques où il y a risque de corrosion. C'est le phénomène dit d'anode induite.

Traitements électrochimiques

Protection cathodique

La protection cathodique à courant imposé consiste à diminuer à l'aide d'un courant électrique (2 à 20 mA/m^2) le potentiel électrique de corrosion de l'armature jusqu'à une valeur seuil (potentiel de protection) pour laquelle la vitesse de corrosion de l'acier est négligeable. Cette technique permet de restaurer la passivité des armatures, elle est installée de manière définitive et donc protège la structure en permanence.

Les dimensions des anodes et la capacité du générateur de courant sont définies en fonction des dimensions des armatures (diamètres, longueurs) et des surfaces à traiter.

Il convient de rétablir, préalablement au traitement, la continuité électrique des armatures et parfois, de protéger la surface du béton après traitement pour éviter de nouveaux désordres.

Un générateur électrique impose un courant qui circule de l'anode (pôle positif : treillis en titane ou en carbone disposé sur toute la surface de la zone à traiter et enrobé par un matériau à base de liants hydrauliques) vers l'armature (pôle négatif : cathode).

Protection galvanique

Une anode active dite sacrificielle est placée sur le parement de la surface à traiter (film de zinc, …) ou dans l'enrobage (pastille de zinc). Elle est connectée aux armatures. Il se crée ainsi un courant galvanique sans alimentation électrique.

L'électrolyte (eau contenue dans la capillarité du béton et dans les hydrates des pâtes de ciment) assure la bonne conductivité électrique entre l'anode et la cathode.

Réalcalinisation

Ce traitement électrochimique du béton consiste à introduire sous l'effet d'un courant électrique des alcalins (Na+ou K+) dans la zone d'enrobage des armatures. Il va permettre de redonner une alcalinité élevée au béton qui a été carbonaté et donc stopper la corrosion des armatures. Le traitement est réalisé avec une densité de courant imposé de 0,5 à 1 A/m^2 et dure une à deux semaines.

Il induit une électrolyse autour des armatures qui contribue à la création d'OH- et à la remontée du pH à des valeurs supérieures à 10.

Les étapes du traitement :

- Projection d'une première couche de pâte associée à une solution électrolytique adaptée ;
- Mise en place d'un treillis anodique métallique (acier ou titane) sur des baguettes isolantes fixées au parement ;
- Connexion du treillis à l'anode ;
- Projection d'une deuxième couche de pâte ;
- Raccordements électriques au générateur de courant continu ;
- Humidification régulière de la pâte par l'électrolyte ou par l'eau ;
- Suivi des tensions et courants ;
- Dépose de l'ensemble de l'installation.

Déchloruration

La déchloruration est une technique de traitement électrochimique qui consiste à extraire les chlorures et produire des ions hydroxydes (OH–) situés dans la zone d'enrobage qui protège les armatures, afin de freiner la propagation de la corrosion. La totalité des chlorures ne peut pas être extraite, il convient de s'assurer que la teneur résiduelle en chlorure au droit des armatures est inférieure aux valeurs limites admissibles (0,4 % du poids du ciment).

Ces traitements peuvent être réalisés :

- à l'aide d'un générateur électrique qui impose un courant continu (tension 40 V) circulant de l'anode vers l'armature. Si nécessaire, la déchloruration et la réalcalinisation sont effectuées l'une après l'autre ou simultanément ;
- à l'aide d'une anode active (grille d'acier ou en titane) directement reliée à l'armature. Il y a création d'un courant galvanique. Dans ce cas la réalcalinisation et la déchloruration peuvent être effectués en même temps.

Pour les deux procédés, une couche de pâte imbibée d'une solution électrolyte adaptée est appliquée à la surface de la zone de béton à traiter. Elle doit être humidifiée régulièrement pour permettre la circulation du courant.

Ces traitements sont temporaires, leur durée d'application est de quelques semaines.

Il convient préalablement d'assurer une continuité électrique entre les armatures.

Inhibiteurs de corrosion

Les inhibiteurs de corrosion sont appliqués à la surface des bétons à traiter. Ils vont migrer dans la zone d'enrobage vers les armatures, assurant ainsi leur protection contre la corrosion en abaissant la vitesse de corrosion de l'acier.

L'inhibiteur est appliqué directement sur la surface du béton après préparation du support (enlèvement de la**laitance**, des salissures, des revêtements éventuels…), par pulvérisation sous forme liquide en plusieurs passes ou par application directe sous forme gélifiée. Il pénètre dans le béton par capillarité.

Cette technique permet de protéger les armatures de la corrosion sans avoir à purger le béton carbonaté et donc en conservant l'aspect initial du parement de l'ouvrage.

La pénétration des inhibiteurs au sein du béton dépend de nombreux paramètres dont la**porosité** du béton, le degré d'humidité, le niveau de carbonatation, la teneur en chlorures…

La technique fonctionne sous réserve d'une teneur limitée en chlorures dans le béton et fonctionne d'autant mieux pour les armatures faiblement enrobées.

Souvent le traitement doit être complété par la mise en œuvre d'un revêtement de protection.

NOTA : les inhibiteurs de corrosion peuvent aussi être incorporés dans le**béton frais** lors de la construction d'ouvrage neuf. Ils sont plus efficaces en présence d'un phénomène de carbonatation qu'en présence de chlorures.

Auteur

Patrick Guiraud



Article imprimé le 26/11/2026 © infociments.fr