

Qualification de deux inhibiteurs (MFP et Sika FerroGard-903 pour la remise en état d'ouvrages en béton armé contaminés par des chlorures

Résumé

Les inhibiteurs sont des substances organiques ou inorganiques qui réduisent la vitesse de corrosion des métaux. Ils sont utilisés pour des ouvrages en béton armé soit de façon préventive pour empêcher ou retarder le début des processus de corrosion, soit après la réalisation des ouvrages pour entraver ou ralentir une corrosion déjà en cours.

Deux produits pour la remise en état d'éléments d'ouvrages en béton armé en voie de corrosion sont principalement connus en Suisse. Il s'agit du produit Sika FerroGard-903 de la Sika SA à Zurich et du produit MFP de la MFP SA à Genève. Les deux inhibiteurs sont appliqués en plusieurs traitements sur la surface du béton.

Des essais pratiques de grande envergure portant sur des éléments de mur en béton armé ont été réalisés au tunnel du Naxberg, dans le canton d'Uri, pour examiner l'efficacité du Sika FerroGard-903 et du MFP sous des conditions naturelles. Le but de ces essais était de:

- prouver l'efficacité des inhibiteurs utilisés
- acquérir de l'expérience dans la surveillance efficace des ouvrages en béton armé remis en état avec des inhibiteurs.

On a choisi à cet effet 16 éléments situés environ au milieu du tunnel, c'est-à-dire six éléments pour chacun des inhibiteurs (deux éléments de référence non-traités et quatre éléments traités). Deux autres éléments ont été en outre imperméabilisés avec Sikagard-701W après l'application du FerroGard-903. De plus, deux éléments n'ont été traités qu'avec du Sikagard-701W.

L'état de corrosion des éléments a été examiné avant le nettoyage et l'application des inhibiteurs. On a constaté l'existence d'attaques corrosives à l'armature sur environ 60 % de la surface mesurée. Les réductions de sections maximales s'élevaient à 30 % environ. Jusqu'à une hauteur de 1.5 m, les teneurs en chlorure les plus élevées se situaient au niveau de l'armature (10 à 20mm) entre 1.5 et 2.5 M.%/C. Ce n'est qu'à plus de 2 m de hauteur depuis le sol que la teneur en chlorure était nettement inférieure à 1.0 M.%/C environ.

Au moyen de différentes méthodes de mesure, on a essayé d'obtenir des informations sur des changements de la vitesse de corrosion et sur des facteurs importants à l'origine de la corrosion. L'instrumentation sur place comprenait:

- mailles du treillis d'armature électriquement isolées (courant de corrosion, résistance de propagation, résistance de polarisation)
- carottes de béton dotées de senseurs de résistance (résistance du béton)
- barres d'armatures en acier inoxydable (courant de corrosion)
- senseurs climatiques (température du béton et de l'air, humidité relative de l'air dans le tunnel).

Une partie des paramètres cités a été enregistrée de façon continue avec un datalogger (intervalle de temps 10 minutes). Les autres paramètres ont été relevés avec des mesures manuelles périodiques (intervalle de temps quelques mois). Des mesures étendues du champ de potentiel et le relevé de profils de potentiel ont en outre été réalisés sur place.

L'évaluation et l'interprétation des résultats de mesure ont conduit aux conclusions suivantes:

Efficacité du traitement avec Sika FerroGard-903 et MFP

- Les résultats de l'ensemble des méthodes de recherche indiquent que ni le traitement des éléments d'essai avec FerroGard-903, ni celui avec MFP n'a provoqué de ralentissement des processus de corrosion par chlorure déjà déclenchés. A titre de comparaison, on a utilisé les quatre éléments de référence non traités.
- Un traitement MFP a pour conséquence un abaissement du potentiel dans le béton superficiel que l'on peut aisément quantifier avec le relevé des profils de potentiel. Par contre, le FerroGard-903 ne change pas le potentiel de corrosion mesuré à la surface du béton.
- Les mesures du courant de corrosion sont très appropriées pour juger de l'efficacité des inhibiteurs, puisqu'elles fournissent - sans que l'on connaisse en détail les effets réels de l'inhibiteur - une information directe sur l'évolution du processus de corrosion. Les courants de corrosion mesurés dépendent fortement de la température et de l'humidité. Ils n'ont guère changé suite au traitement avec l'inhibiteur et il n'y a eu pratiquement que des variations saisonnières.
- La résistance électrique du béton dans les éléments n'a pas été modifiée de façon significative par les inhibiteurs. Seuls les éléments imperméabilisés avec du Sikagard-701W ont acquis une nette augmentation de la résistance du béton dans les zones proches de la surface (assèchement).
- La détermination de la concentration des inhibiteurs dans le béton ne fournit pas d'indication sur leur efficacité et - à la suite de cette étude - laisse des questions sans réponse:
 - concentration nécessaire de l'inhibiteur, respectivement valeur visée au niveau de l'armature (pour les deux inhibiteurs)
 - choix de la méthode analytique (surtout MFP)
 - prise en compte de la teneur de base en phosphore du béton (surtout MFP)
 - optimisation de la pénétration des inhibiteurs jusqu'à la profondeur nécessaire les deux inhibiteurs)
 - effet à long terme: stabilité à long terme en milieu alcalin (les deux inhibiteurs) et échappement par diffusion de composants volatiles (FerroGard)
- Les conclusions tirées de ces essais pratiques sont valables pour des éléments de construction soumis à une corrosion par chlorure. Il n'est pas possible de se prononcer sur l'efficacité des inhibiteurs dans le cas de béton carbonaté.

Qualification des méthodes de mesure employées pour la surveillance

Le concept choisi pour la surveillance des changements d'état dans les éléments de paroi, ainsi que l'instrumentation des aires d'essais ont fait leurs preuves. En particulier la combinaison de mesures d'ensemble avec des mesures locales permet de fournir des données précises quant à l'évolution temporelle de l'état de corrosion. Néanmoins un relevé d'état soigneux doit être à la base de chaque surveillance avant la prise de mesures.

L'enregistrement continu de certains paramètres permet à tout moment de mettre en évidence la forte dépendance de la corrosion à l'exposition (par exemple température, intempéries). Ainsi l'interprétation de mesures manuelles complémentaires, réalisées à des intervalles plus espacés, se trouve grandement facilitée et améliorée.

Dr. F. Hunkeler und H. Ungricht, TFB, Wildegg, Y. Schiegg, SGK, Zürich

Rapport VSS Nr. 554, Juillet 2001

Le rapport complet peut être commandé au VSS, Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich.