

Traitement électrochimique de réalcalinisation pour la réparation du béton armé dégradé par carbonatation

Melle Yun Yun TONG

Résumé :

L'objectif de cette thèse est d'évaluer l'efficacité et la durabilité du traitement électrochimique de réalcalinisation (selon les procédés courant imposé et anode sacrificielle) dans le cadre d'une réparation de **béton armé dégradé par carbonatation**.

La réalcalinisation a été appliquée en tant que réparation "**maintenance**" sur des dalles dont les 3 armatures présentent une corrosion active et en tant que réparation "**réhabilitation**" sur des dalles dont les 6 armatures présentent un niveau de corrosion plus avancé. L'efficacité du traitement a été évaluée, d'une part, à l'aide de **caractérisations analytiques** (détermination de pH à l'aide d'indicateurs colorés, mesures quantitatives de pH à partir de suspensions, dosage d'alcalins, Microscopie Electronique à Balayage couplée à un EDS et Microspectroscopie Raman) et, d'autre part, de **caractérisations électrochimiques non destructives** (potentiel libre, résistance de polarisation linéaire, impédance, densité de courant de corrosion).

Les résultats de l'étude "maintenance" montrent que le traitement de réalcalinisation est efficace car il conduit à une augmentation de la basicité du béton autour des armatures, une augmentation de la concentration en alcalins dans l'enrobage béton et à une diminution de l'activité de corrosion et ce jusqu'à 12 mois. En revanche, 2 ans ½ après le traitement, les résultats montrent que le béton armé bien que toujours réalcalinisé a une activité de corrosion sensiblement égale à celle avant traitement. Les résultats de l'efficacité du traitement de "réhabilitation" sont similaires à ceux obtenus du traitement de "maintenance" avec une diminution plus marquée de l'activité de corrosion après traitement et jusqu'à 12 mois. Les observations réalisées au MEB + EDS ne révèlent aucune évolution délétère de la matrice cimentaire. L'efficacité de la réalcalinisation a également été démontrée par Microspectroscopie Raman avec la mise en évidence de la formation de Magnétite accompagnée d'une réduction de la Rouille Verte en Hydroxyde Ferreux pendant le traitement de réalcalinisation par courant imposé. Toutefois, les armatures ne se repassivent pas. Enfin, le suivi du traitement de réalcalinisation du pont Camille De Hogues a constitué une expérience de terrain intéressante.

Mots clés :

Béton armé carbonaté, réalcalinisation, caractérisations analytiques, caractérisations électrochimiques, produits de corrosion, diagnostic

Soutenance le 21 septembre 2009 devant le jury composé de :

M. François HUET	Professeur à l'Université Paris VI	Président
M. Ramon NOVOA	Professeur à l'Université de Vigo, Espagne	Rapporteur
M. François WENGER	Maître de conférence (HDR) Ecole Centrale Paris	Rapporteur
Mme. Isabelle PALLOT-FROSSARD	Conservateur en chef du patrimoine	Examineurs
Mme. Véronique BOUTEILLER	Chargée de Recherche LCPC	Examineurs
Mlle. Elisabeth MARIE-VICTOIRE	Ingénieur de Recherche LRMH	Examineurs
Mme. Suzanne JOIRET	Chargée de Recherche (HDR) CNRS	Directrice de thèse

Realkalisation as a repair treatment

for reinforced concrete structures damaged by carbonation induced corrosion

Abstract :

The aim of this study is to **evaluate the efficiency and the durability of the electrochemical realkalisation treatment** by impressed current or by sacrificial anode for the reparation of **reinforced concrete corrosion degraded by carbonation**.

Realkalisation has been applied, firstly, as a "**maintenance repair**" on one set of carbonated reinforced concrete slabs with three corroded rebars and secondly, as a "**rehabilitation repair**" on a second set of carbonated reinforced concrete slabs with six rebars more heavily corroded. The treatment's efficiency was evaluated based on **analytical characterizations** (qualitative pH determination using acid/base indicators, quantitative pH measurements using powder suspensions, alkaline concentrations, SEM combined to EDS observations and Microspectroscopy Raman), as well as on **non-destructive electrochemical measurements** (rest potential, linear polarization resistance, impedance and corrosion current density).

The "maintenance" treatment efficiency was demonstrated by (i) an increase of the concrete pH around the steels, (ii) an increase of alkaline concentration in the concrete cover and (iii) a decrease of the steel corrosion activity until 12 months. However, two years and a half after treatment, although the rebars are still in a realkalised concrete, the electrochemical results indicate that the corrosion activity has returned to its initial state. The efficiency of the "rehabilitation" treatment was also confirmed and in that case the corrosion activity decrease after treatment and until 12 months was more obvious. The cement matrix did not change significantly according to the SEM observations combined to EDS analysis. Moreover, the efficiency of the realkalisation treatment using impressed current was also confirmed with the Magnetite formation and the reduction of Green Rust into Ferrous Hydroxyde (Microspectroscopy Raman). Nevertheless, the repassivation of the rebars was never recovered. Finally, the realkalisation of the Camille De Hogues's bridge provided an interesting on-site experience.

Key words :

Carbonated reinforced concrete, realkalisation, analytical characterizations, electrochemical measurements, corrosion products, monitoring