

L'UTILISATION D'ARMATURES PASSIVES EN ACIER INOXYDABLE DANS LES OUVRAGES D'ART

Philippe JANDIN, Yannick TARDIVEL,
Thierry CHAUSSADENT, Laurent GAILLET,
Pierre CORFDIR

Pour les ouvrages de génie civil en béton armé, la corrosion reste une pathologie fréquente qui génère de nombreux désordres, guidant souvent en cela le vieillissement des structures.

En dépit du dispositif normatif existant, d'une conception soignée et d'une mise en œuvre maîtrisée des ouvrages d'art, les processus de surveillance continuent à enregistrer des désordres évolutifs et récurrents liés à la corrosion des armatures passives, générant des opérations d'entretien spécialisé ou des réparations avec un fort impact sur le trafic. Il convient donc d'explorer de nouveaux champs pour mettre à jour des solutions permettant de contenir les phénomènes d'initiation et de propagation de la corrosion. Si de nombreuses études traitent de la passivation dans les bétons, l'emploi de matériaux offrant une résistance intrinsèque à la corrosion, tels que les aciers inoxydables, reste à développer.

La réalisation d'un guide méthodologique visant à définir le domaine et les modalités d'utilisation des armatures passives en acier inoxydable dans les ouvrages d'art a permis de faire un état des connaissances en matière de propriétés, de normalisation, de production de ce type d'armatures et de leur possibilité d'emploi dans le béton selon les Eurocodes. Des essais relatifs aux coefficients de dilatation thermique spécifiques des aciers inoxydables ont été menés pour déterminer leur impact sur l'adhérence acier-béton. Par ailleurs, l'étude envisage les gains potentiels en matière de coût global et d'impacts environnementaux pour les maîtres d'ouvrages et gestionnaires de patrimoine d'ouvrages d'art.

Afin de déterminer les différents cas de figure adaptés à l'emploi de ce matériau, le guide s'attache enfin à analyser diverses situations de projet. Cette approche associée à l'analyse de vulnérabilité des ouvrages les enjeux relatifs aux trafics des voies portées et franchies, permettant ainsi de déterminer les ouvrages ou les parties de structure les plus pertinentes pour accueillir des armatures passives d'acier inoxydable.

USE OF PASSIVE REINFORCEMENT STAINLESS STEEL IN CIVIL ENGINEERING

For civil engineering, corrosion remains a frequent pathology that causes many disorders. Despite the available normative system, a careful and controlled design of building structures, monitoring processes continue to find recurrent disorders linked to corrosion of reinforcing steel, generating specialized maintenance or repairs with a strong impact on traffic. It is therefore necessary to explore new fields which update solutions to reduce the phenomena of initiation and propagation of corrosion. While many studies deal with passivation in concrete, the use of materials with intrinsic resistance to corrosion, such as stainless steel, remains to be developed.

The achievement of a methodological guide, to define the field and conditions of use of stainless steel as passive reinforcements in civil engineering structures, has led to a state of knowledge on

properties, standardization, production of this type of rebar and their possibility of employment in the concrete according to the Eurocodes. Tests relating to thermal expansion coefficients of stainless steels were conducted to determine their impact on the steel-concrete adherence. In addition, the study considers the potential gains in terms of overall cost and environmental impacts.

To determine the various scenarios adapted to the use of this material, the guide finally attempts to analyze various project situations. This approach combines the vulnerability analysis of civil engineering structures to issues related to traffic lanes. This allows finding the most relevant structures in receiving stainless steel for passive reinforcements.

ÉVALUATION DES CONTRAINTES RÉSIDUELLES DANS LES ASSEMBLAGES SOUDÉS ET AMÉLIORATION DE LEUR DURÉE DE VIE PAR TECHNIQUES DE PARACHÈVEMENT

S. CHATAIGNER, L. DIENG, Y. FALAISE,
M. GRASSET

La fatigue est, après la corrosion, la seconde pathologie à laquelle les gestionnaires d'ouvrages métalliques sont confrontés. Dans le cadre de l'amélioration de la durée de vie en fatigue de structures soudées, il est important de noter que les performances des assemblages soudés dépendent de deux aspects principaux : la géométrie qui définit les niveaux de concentration des contraintes et le niveau des contraintes résiduelles dues au procédé de soudage. En ce qui concerne la géométrie, elle peut être évaluée en fonction de la forme du cordon de soudure. La détermination des contraintes résiduelles au cœur des assemblages relève quand à elle de la mise en œuvre de méthodes de mesure destructives et il n'est donc pas possible de les déterminer sur site pour les structures étudiées. Le travail proposé dans cet article s'attache dans un premier temps à présenter des investigations expérimentales réalisées pour l'étude de l'efficacité de deux opérations de parachèvement sur assemblages soudés (le meulage et le grenailage). Pour ce faire, des résultats en termes de modifications des géométries locales, des contraintes résiduelles, et d'amélioration de la durée de vie en fatigue sont présentés. Afin de pouvoir proposer une démarche prédictive, un premier travail numérique est ensuite abordé et consiste en la modélisation du processus de soudage pour évaluer le niveau de ces contraintes résiduelles. Cette méthode repose sur l'utilisation de calculs thermomécaniques aux éléments finis sous le logiciel Msc Marc & Mentat [1]. Les niveaux de contraintes résiduelles obtenus sont ensuite comparés aux mesures expérimentales réalisées initialement sur échantillon non parachévé par DRX. L'efficacité des techniques de parachèvement étudiées a déjà été prouvée dans plusieurs études mais seulement dans le cadre de la conception de nouvelles structures et non dans le cadre de la maintenance de structures existantes. Une des perspectives de l'étude présentée consiste donc à vérifier l'efficacité des méthodes proposées dans le cadre d'assemblages ayant déjà subi de la fatigue mécanique. La seconde perspective concerne le développement de modélisation permettant de prendre en compte les opérations de parachèvement.

APPRAISAL OF RESIDUAL STRESSES WITHIN WELDED ASSEMBLY AND INCREASE OF THEIR FATIGUE LIFE USING FATIGUE TREATMENT METHODS

Fatigue is the second main degradation after corrosion that steel structures owners must face. As far as the increase of fatigue life of welded structures is concerned, it is important to note that performances depend on two parameters: the geometry that defines the level of stress concentration, and the amount of residual stresses due to the welding operation. As far as geometry is concerned, it may be assessed in function of the shape of the weld detail. As far as residual stresses are concerned, these may be determined using destructive methods (it is thus detrimental to determine them on site). The first part of our study is focused on experimental investigations aimed at studying the efficiency of two fatigue treatment methods on welded assembly (grinding and shot-peening). It includes geometrical measurements of the weld detail, residual stresses measures (using X-ray diffraction) and appraisal of fatigue life increase. In order to propose a predictive approach, some preliminary numerical investigations are then described. This one consisted in modeling the welding process in order to be able to determine residual stresses. It was carried out using a thermomechanical finite element model developed under the commercial software Msc Marc & Mentat [1]. The numerically determined residual stresses were then compared with the experimental ones in the case of untreated samples and the results proved to be consistent. The efficiency of fatigue treatment methods has already been proved in the case of new structures. The perspectives of our study are thus to check the efficiency of these methods on existing structures, but also to improve our numerical model so that it may be possible to include the modeling of fatigue treatment methods.

CONSTRUIRE AVEC DE L'ACIER AUTOPATINABLE : IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ÉCONOMIQUE – OA2 DU T7

Loïc MICHEL, Eric GOGNY

Le T7 est une nouvelle ligne de tramway sur fer en site propre qui relie Villejuif-Louis Aragon (Val de Marne) à Athis-Mons (Essonne). Cette ligne de 11 km, ponctuée de 18 stations, comporte 5 ouvrages d'Art nouveaux. SYSTRA mandataire du groupement, a assuré la mission de maîtrise d'œuvre des équipements ferroviaires et du génie civil ouvrages d'Art. Au total, deux ouvrages d'Art existants ont été modifiés et quatre ouvrages d'Art ont été créés pour permettre le passage du tramway en passage supérieur ou en passage inférieur au droit de voies ferrées ou voies routières existantes. L'ouvrage neuf majeur du T7, l'OA2, est un pont qui permet d'assurer au tramway le franchissement en passage supérieur des voies routières de la RN186 et de l'A86 (8 voies + 2 bretelles). L'ouvrage réalisé est composé de deux rampes (160 ml et 112 ml) et d'un ouvrage de franchissement des voies routières (pont mixte de 163 ml avec un rayon en plan prononcé ($R = 241.7$ m)). Des contraintes fortes ont été fixées en phase de conception par la Dirif vis-à-vis de l'exploitation routière pendant la réalisation des travaux, ainsi que pour les opérations futures liées à la maintenance de l'ouvrage. L'analyse des contraintes globales et la réalisation de plusieurs études dont une étude faisabilité de maintenance ultérieure ont conduit la MOE à proposer pour l'ouvrage de franchissement (longueur 163 ml) la réalisation d'un pont mixte avec un caisson métallique « hybride » constitué, pour les tôles exposées (éléments au contact de l'air extérieur) d'un acier autopatinable de nuance S355K2W (404,4 tonnes) et pour les autres éléments du caisson métallique, d'un acier carbone classique S355 (344,6 tonnes) avec une protection par métallisation et

peinture (intérieur du caisson). Une analyse multicritères des différentes solutions d'ouvrages envisageables a permis de démontrer l'intérêt économique et environnemental d'utiliser l'acier auto-patinable (économie de coût global projet et maintenance future aisée avec un moindre impact environnemental sur une durée de vie de 100 ans). Des détails spécifiques liés à l'utilisation de l'acier autopatinable ont dû être mis en œuvre pour bien prendre en compte les spécificités de cet acier.

BUILD WITH WEATHERING STEEL: ENVIRONMENTAL AND ECONOMICAL IMPACTS – T7 TRAMWAY BRIDGE IN PARIS AREA

T7 is a new tramway line in Paris suburb. The line is 11 km long length. Many bridges have been built. Specially, the main one is a composite bridge, crossing the 8 lanes of the A86 motorway. The main deck is a composite box-girder made of weathering steel and reinforced concrete slab. High constraints for road operation have been imposed by the maintainer of the A86 motorway. A multi-criteria analysis of different bridge solutions, including a life cycle cost analysis, demonstrated the economical and environmental interests of using weathering steel for the main deck.

DURABILITÉ DES BÉTONS DANS LES STRUCTURES DES SECTEURS AGRICOLES, AGROALIMENTAIRES ET LA MÉTHANISATION

Alexandra BERTRON, Célestine VOEGEL, Benjamin ERABLE, Gilles ESCADEILLAS

Les milieux agricoles et agro-industriels (effluents d'élevage, effluents agro-alimentaires, bio-déchets de méthanisation) sont des environnements agressifs pour le béton des ouvrages (silos de stockage, silos d'ensilage, digesteurs, etc.) du fait des composantes biologiques et chimiques (notamment des acides organiques) qu'ils contiennent. Le développement de bétons performants nécessite de comprendre les mécanismes de dégradation des matériaux cimentaires par ces milieux complexes, multi-composants et variables en composition.

L'objet de cet article est de présenter les travaux réalisés depuis une quinzaine d'années au LMDC sur l'exploration de la durabilité des bétons dans les environnements agricoles et agro-industriels. Les travaux ont permis d'identifier les mécanismes d'altération par la composante chimique des effluents - en particulier l'action des acides organiques, et de souligner l'effet spécifique des microorganismes dans l'attaque. Les résultats soulignent la nécessité de faire évoluer la normalisation en termes de classification des milieux agressifs chimiquement et de prise en compte de l'action des microorganismes dans de tels environnements.

DURABILITY OF CONCRETE IN AGRICULTURAL, AGROFOOD AND BIOGAS SYSTEM ENVIRONMENTS

Agricultural and agro-industrial media (breeding and agrofood effluents, biogas production biowastes) are aggressive to concrete structures such as storage silos, silage silos, and digesters, etc. because of the biological and chemical compounds (organic acids, notably) they contain. The development of concrete that perform well in such environments requires to understand the degradation mechanisms of cementitious materials in these complex, multi-components media.

The purpose of this article is to present the work done over the past fifteen years in LMDC on exploring durability of concrete in

agricultural and agro-industrial environments. The work has enabled (i) to identify the alteration mechanisms of cementitious materials by the chemical component of the effluent - especially organic acids, and (ii) to highlight the specific effect of microorganisms in the attack. The results highlight the need to improve standardization environment in terms of classification of chemically aggressive media and recognition of the action of microorganisms in such environments.

CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE D'ART EN BÉTON DE GRANULATS DE BÉTONS RECYCLÉS - UNE INNOVATION ENVIRONNEMENTALE SUR LE CHANTIER DU CONTOURNEMENT FERROVIAIRE DE NÎMES MONTPELLIER (CNM)

François-Xavier DEMALHERBE, Patrick MICHELON,
Olivier SERVAN, Jacques RESPLENDINO,
Maryline VERBAUWHEDE, Isabelle MOULIN,
Emmanuel PERIN, Laurent NOLOT, Philippe LABBÉ,
Patrick DANTEC

L'utilisation de bétons formulés à partir de granulats de bétons recyclés est autorisée par la norme NF EN 206-1/CN dans certaines limites mais le nombre de réalisations avec ce type de matériau reste faible et les retours d'expérience rares, notamment dans les ouvrages d'art.

Dans le cadre de sa démarche innovation, et de sa mission de maîtrise d'œuvre du Contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (CNM), le groupe setec a mis en relation les partenaires du Projet National RECYBETON, avec la société Oc'Via et le groupe Bouygues maître d'ouvrage et pilote du groupement constructeur de l'infrastructure. Ce partenariat a débouché sur le développement et la mise en œuvre d'un béton à base de granulats recyclés sur un des ouvrages routiers de ce projet de type véloroute. L'objectif de cette réalisation est de démontrer

la faisabilité technique et industrielle d'un tel béton et de mieux appréhender les freins actuels liés au développement de ce type de béton en France.

L'article s'attache à détailler le contexte de l'opération et les modalités d'implication des divers intervenants ; les caractéristiques des granulats recyclés mis en œuvre et des bétons formulés notamment d'un point de vue de leur performance mécanique et de leur durabilité. Les opérations de mise en œuvre et les observations réalisées lors du coulage de l'ouvrage au début de l'été 2014 sont présentées ainsi que les premiers résultats du suivi de durabilité.

CONSTRUCTION OF A CIVIL ENGINEERING STRUCTURE USING A RECYCLED AGREGATE CONCRETE: AN ENVIRONMENTAL INNOVATION AT THE NÎMES MONTPELLIER RAIL BY-PASS SITE

Reuse construction wastes in concrete production is allowed by NF EN 206-1/CN standard but only a few feedbacks are available in France specially for engineering structures.

As part of its innovation process, setec group initiated a partnership between Recybeton project, Oc'Via and Bouygues TP for using recycled concrete aggregates in the construction of one bridge belonging to the rail by-pass Nîmes Montpellier project.

The goal is to demonstrate the technical and industrial feasibility of the recycled concrete aggregates used in civil engineering structures and to better assess the main bottlenecks to the development of this practice in France.

The paper details the context of the building site, the involvement of the different partners, the characteristics of the recycled concrete aggregate and the physical properties of the formulated concrete. Sustainability of the concrete is the subject of a particular attention. The bridge was built at the beginning of 2014 summer.