

THESE

Présentée devant

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE
TOULOUSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'INSA

Spécialité : GENIE CIVIL

par

Sana Ullah BALOUCH

**CORROSION DES BETONS RENFORCES DE FIBRES
METALLIQUES**

Soutenue le 16 septembre 1999 devant la commission d'examen :

Mme. ARLIGUIE G.	Examinatrice
MM BAUDEAU P.	Rapporteur
BOTTERO A.	Rapporteur
FRANCOIS R.	Examineur
<u>GRANJU J-L</u>	Examineur

**Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions,
Génie Civil INSA - UPS, Complexe Scientifique de Rangueil,
31077 Toulouse Cedex 4, France.**

Nom : **BALOUC**

Prénom : **Sana Ullah**

Sujet de thèse : **Corrosion des bétons renforcés de fibres métalliques**

Thèse de Doctorat de L'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse

N° d'ordre : 530

Spécialité : Génie Civil

RESUME : Ce travail est centré sur la corrosion des fibres dans les BFM (Bétons renforcés de Fibres Métalliques). La corrosion des BFM a deux aspects : la corrosion des fibres à partir des fissures (qui peut altérer le comportement mécanique), et la corrosion de surface (qui n'est qu'un problème esthétique mais essentiel dans le cas d'éléments restant visibles). Ces deux points ont été étudiés et la possibilité d'utiliser des inhibiteurs de corrosion a été explorée.

Concernant la corrosion à partir des fissures, il avait déjà été largement constaté qu'elle est beaucoup moins intense et moins préjudiciable que dans le cas des barres de béton armé. Nous démontrons que ceci n'est dû, ni à leur faible longueur, ni à leur caractère discontinu, mais uniquement à leur très faible diamètre grâce auquel elles s'insèrent dans le squelette granulaire du béton avec un minimum de perturbation. Elles ont avec lui un contact très intime, ne laissant pas d'espace ou de zone poreuse pour la propagation des agents corrosifs. Le glissement nécessaire des fibres qui accompagne l'ouverture d'une fissure altère ce contact. Celui-ci reste cependant encore très intime et la corrosion qui peut alors se développer reste très limitée. Du fait de leur faible diamètre, les fibres présentent de plus une surface d'électrode cathodique plus faible qui limite les courants de corrosion.

L'autre volet de l'étude, la corrosion de surface, se traduit par l'apparition de taches de corrosion en parement. Nous montrons qu'avec un ciment de E/C élevé (0,78) toutes les fibres enrobées de moins de 1 mm sont concernées, mais que cet enrobage minimum nécessaire chute à moins de 0,2 mm lorsque E/C devient inférieur à 0,5. L'étude des incidences de la composition du mélange et du mode de vibration sur l'enrobage minimum des fibres a montré que, avec une composition adaptée et les moyens puissants de vibration disponibles en préfabrication, on peut espérer repousser les fibres à environ 0,2 mm des parements coffrés et régler le problème de la corrosion de surface. Dans le cas contraire, le recours à des fibres galvanisées serait nécessaire.

Enfin, les inhibiteurs de corrosion couramment proposés pour le béton armé ne conviennent pas contre la corrosion de surface des BFM. En effet, ils sont extraits par évaporation et lessivage de la couche la plus externe du béton, celle qui est justement concernée par la corrosion de surface, et leur efficacité est pratiquement nulle.

MOTS-CLES : Béton de fibres, Corrosion, Fibres métalliques, Corrosion à partir des fissures, Corrosion de surface, Inhibiteurs de corrosion.

Family Name : **BALOUC**

First name : **Sana Ullah**

Title of the thesis : **Corrosion of steel fibre reinforced concrete**

Speciality : Civil Engineering

Research Institution : Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, (LMDC), Toulouse.

Thèse de Doctorat (PhD) de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse, France.

ABSTRACT : This work is focused on the corrosion of Steel Fibre Reinforced Concrete (SFRC). Corrosion of SFRC can be viewed in two aspects. The corrosion of fibres arising from cracks, which can modify the strength of the structures and put their security in danger. The surface corrosion, which can be judged by appearance of rust spots at the surface on the exposed concrete structures. These two aspects have been studied and, finally, corrosion inhibitors were tested to control the corrosion spots.

Concerning the corrosion arising from cracks, in literature it has been widely concluded that its gravity is much less than in the case of corrosion of steel bars. We have proved that this is due to the small diameter of the fibres as compared to the bars. Due to their small diameter, the fibres arrange well in the mass of the concrete and the contact between them and cementitious matrix is very stiff, leaving no porous zone for the penetration of the aggressive agents. The slipping of the fibres in the matrix, which is an essential factor during the process of crack opening, has only a little effect on the fibre-matrix contact and the corrosion development remains very limited. The second reason of fibre resistance to corrosion is their small cathode area which itself is associated to their small diameter. The surface corrosion is a purely aesthetic problem but it is highly objectionable for the exposed structures which remain visible. The results obtained demonstrate that with high W/C ratio (0.78), all the fibres which are embedded in concrete less than 1 mm are susceptible to give corrosion spots at the surface. When W/C is reduced to ≤ 0.5 , the minimum necessary cover to prevent surface corrosion drops to 2/10 mm. An enhanced mobility of the fibres in the concrete matrix (higher workability and higher Sand/Gravel ratio) completed by an adequate vibration process, as available in pre-casting work, could be enough to push the fibres to 0.2 mm away from the cast surfaces and resolve the problem of surface corrosion.

Finally, we have demonstrated that corrosion inhibitors currently proposed for steel reinforced concrete are not suitable for SFRC. They are extracted by evaporation or leaching from the first 1 mm of the concrete surface, which is concerned by surface corrosion, and turn inefficient.

KEY WORDS : Fibre reinforced concrete, Corrosion, Steel fibres, Corrosion arising from cracks, Surface corrosion, Corrosion inhibitors.

JURY :

Mme. ARLIGUIE G.	Examiner
MM BAUDEAU P.	Reporter
BOTTERO A.	Reporter
FRANCOIS R.	Examiner
<u>GRANJU J-L</u>	Supervisor

Date of thesis presentation : September 16, 1999.