

RÉSISTANCE DU SCHELLEMENT AU MORTIER DE RÉSINE D'UN ACIER DANS DU BÉTON HYDRAULIQUE

A. Aggour¹, M. Arnaud², M. Lorrain³

1) Military Technical College, Le Caire, Egypte

2) INSA Département de Génie Civil, 31077 Toulouse cedex, France

3) INSA Département de Génie Civil, 31077 Toulouse cedex, et LaSaGeC, ISA-BTP, Anglet, France
e-mail : lorrain@insa-tlse.fr

RÉSUMÉ

Le scellement au mortier de résine d'armatures en barres est une technique de réparation, de renforcement ou de modification de structure en béton armé dont l'efficacité dépend de la valeur de l'adhérence acier-mortier de résine-béton hydraulique. La résistance à l'arrachement de barres en acier ainsi scellées dans du béton hydraulique a fait l'objet d'une étude expérimentale destinée à dégager le rôle des paramètres constitutifs de l'association : longueur d'enrobage, rugosité de surface, type de résine. Les résultats, obtenus sous la forme de courbes de résistance à l'arrachement, montrent que la limitation de la résistance de la liaison béton/mortier de résine conduit à augmenter les longueurs d'ancrage qui deviennent ainsi surabondantes vis-à-vis de la limite d'adhérence acier/mortier de résine. Le type de mécanisme de ruine observé conduit, de plus, à recommander l'emploi de mortier de résine époxy pour ce type d'application.

MOTS - CLÉS

Réparation, Réhabilitation, Renforcement, Adhérence, Mortier de résine, Armature en acier

1. Introduction

L'entretien, la réparation, le renforcement, la transformation des constructions, inhérents à l'acte même de construire, sont une préoccupation permanente des concepteurs comme des gestionnaires du patrimoine immobilier, bâtiments et ouvrages d'art.

Si des solutions de démontage et remplacement peuvent être assez facilement trouvées lorsqu'il s'agit de réhabiliter des constructions en métal, en bois ou en maçonnerie, il n'en est pas de même lorsque la structure est réalisée en béton armé. On sait bien en effet, puisque c'est enseigné systématiquement dans les cours de béton armé au chapitre des inconvénients de ce matériau de construction, qu'il n'est pas possible d'envisager le démontage sans démolition, ni la transformation sans reconstruction. L'armature, partenaire indissociable du béton armé, véritable squelette résistant noyé dans le béton durci, doit être dégagée pour transformer ou réparer, et une fois la modification opérée, parce qu'il n'y a pas de bonne liaison entre béton ancien et béton fraîchement coulé, il devient indispensable de rétablir la continuité mécanique à l'aide de connecteurs ancrés de manière appropriée.

Les techniques mises en oeuvre actuellement Refs. [1, 2] pour la réhabilitation des structures, réparation,

renforcement, prévention, protection, peuvent être classées en deux catégories selon le niveau auquel elles sont destinées. Les techniques externes, revêtements et enduits, collage de plaques métalliques ou en composites fibreux, béton projeté sont destinées au traitement des désordres de surface. Les techniques internes, injections de fissures profondes et de cavités, reconstitution du béton, sont destinées au traitement des désordres affectant la continuité mécanique ou la cohésion de l'élément de structure. Ces dernières techniques, internes, sont évidemment aussi pertinentes dans le cas de transformation structurale. C'est à ces techniques internes que nous nous sommes intéressés.

L'adhérence entre le béton ancien, conservé, et le béton de reconstitution qui viendra occuper ou compléter le volume n'étant pas possible directement, il est nécessaire de sceller dans le béton ancien des connecteurs qui serviront d'armature en attente grâce auxquelles on pourra rétablir, en fin de réparation, la continuité mécanique. La possibilité d'effectuer ce scellement à l'aide d'un mortier de résine, adhérent, d'un côté, au béton ancien et, de l'autre, à la barre servant de connecteur a été examinée.

Cette étude, conduite expérimentalement en mettant en oeuvre des essais d'arrachement, classiques en matière d'adhérence, est rapportée ci-après.

2. Méthode expérimentale

Les essais d'arrachement de barres, associées à du béton ancien par l'intermédiaire de mortiers de résine époxy et polyester, ont été effectués grâce à des éprouvettes représentées schématiquement sur la Fig.1.

Les armatures, de 12mm de diamètre, en acier doux lisse (« type a ») et en acier à haute adhérence (« type d ») ont été enrobés sur des longueurs variant de 6 à 25cm.

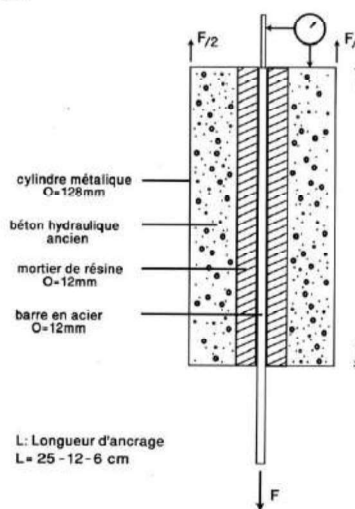


Figure 1 : Principe de l'essai d'arrachement

Des capteurs de déplacement, montés sur l'éprouvette ont permis de tracer en continu les courbes représentatives du glissement, par rapport au béton, de l'extrémité non chargée de la barre. Sur la courbe type présentée sur la Fig. 2, on distingue bien les caractéristiques habituelles Ref. [3], du comportement du composite :

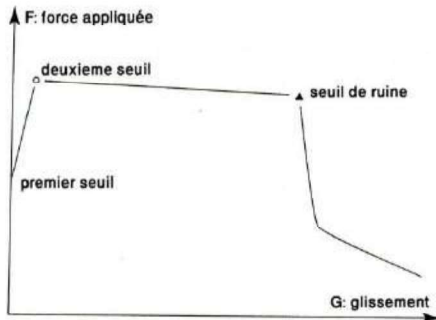


Figure 2 : Courbe type de glissement

- un premier seuil de glissement
- un second seuil de glissement
- une phase de grands déplacements
- un seuil de ruine
- une phase de ruine.

3. Résultats

3.1 Mortier de résine époxy

La Fig. 3 présente les courbes de glissement obtenues avec les barres lisses (« type a ») pour différentes longueurs d'enrobage. Y figure, en outre, une courbe de glissement d'un acier de même nature enrobé dans un mortier de résine époxy seul, sur une longueur de 6 cm. On constate que ces courbes sont pratiquement superposées, et qu'elles le demeurent sur toute la plage de glissement. Or, il a été déjà établi Ref. [4], que la résistance à l'arrachement d'une barre de même nature enrobée dans du mortier de résine époxy n'est pas améliorée par la mise en jeu d'une longueur d'enrobage supérieure. Le glissement de l'acier doux lisse n'est donc pas modifié par la présence même du béton hydraulique.

Par conséquent, sur le plan pratique, la longueur de 6 cm soit 5ϕ est suffisante pour obtenir, avec cet acier, un ancrage techniquement performant.

Par ailleurs, quelques essais d'arrachement entrepris dans des conditions expérimentales analogues avec de l'acier à haute adhérence (THYGRIP) enrobé sur des longueurs de 12 cm et plus ont conduit systématiquement à la rupture de l'acier sans qu'on puisse observer de glissement notable.

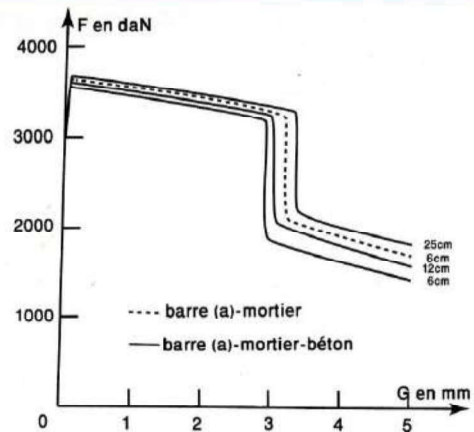


Figure 3 : Courbes de glissement, mortier de résine époxy

C'est pourquoi il a été décidé de réduire à 6 cm la longueur de la liaison, elle-même positionnée à différents niveaux de l'enveloppe de béton hydraulique afin d'éliminer les artefacts.

Naturellement la hauteur totale de 25 cm a été conservée. Les schémas de la Fig. 4 montrent les dispositions adoptées ainsi que les courbes de glissement obtenues sont tracées.

On constate que le rôle joué par le béton est, en réalité, de première importance. Dans le premier cas, il y a suffisamment de béton fretté pour équilibrer les efforts : la barre glisse pour une valeur de force voisine de sa limite élastique. Malgré une intense fissuration, le frottement est suffisant pour assurer un déplacement lent et progressif, sans seuil de ruine, du moins sur la plage de 5 mm qui a été enregistrée.

Le deuxième cas s'apparente, il faut le souligner, à une situation pratique fréquente, le forage effectué dans le béton ancien étant limité à 6 cm. La gaine de mortier d'époxy située à l'extrémité chargée du dispositif, ne trouve plus autant de béton pour équilibrer les forces. Le glissement général se produit alors pour une valeur de force appliquée beaucoup plus faible que dans le cas précédent. En supposant le béton soumis à une traction uniforme, la contrainte correspondant au premier seuil est voisine de 2 MPa : c'est l'ordre de grandeur de la résistance du béton à la traction.

Il faut noter que l'effort est encore trop faible pour provoquer un glissement entre l'acier et le mortier de résine. La résistance n'est plus alors assurée que par le frottement dynamique du tronçon de béton sur son enveloppe d'acier. Ce mécanisme particulier provoque un seuil de ruine qui apparaît avec un glissement de 2 mm seulement. Au-delà, aucun effort notable ne peut être désormais équilibré. Le processus de ruine observé conduit à la dislocation du béton hydraulique alors que les liaisons acier - mortier de résine époxy - béton hydraulique sont intactes, du moins en apparence.

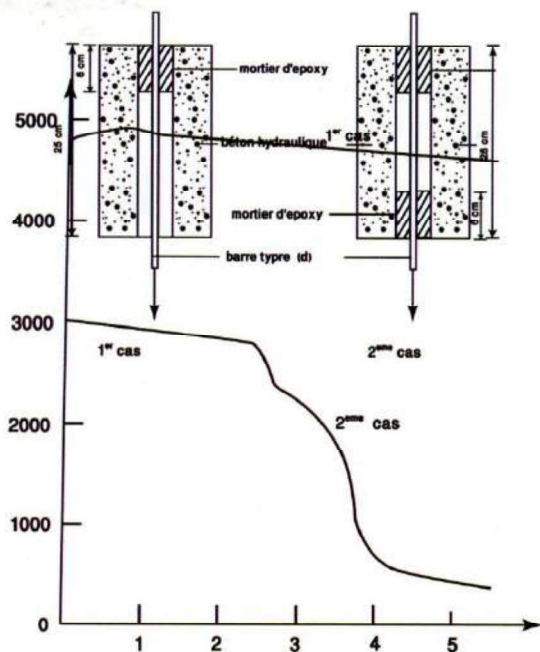


Figure 4 : Arrachement de barres ancrées dans un béton partiellement manchonné : dispositions expérimentales et courbes de glissement correspondantes

3.2 Mortier de résine polyester

Les résines polyester sont peut-être moins employées que les résines époxy en Génie Civil en raison de certaines réactions qui peuvent se manifester avec le béton hydraulique Refs. [5, 6]. Il est cependant intéressant d'effectuer des essais avec des mortiers de résine polyester parce que leur pouvoir d'adhésivité est inférieur à celui des résines époxy et que, dès lors, des comparaisons de comportement sont possibles.

On a représenté sur la Fig. 5 une courbe de glissement obtenue avec une barre d'acier doux lisse (« type a ») enrobée sur une longueur de 25 cm. La courbe homologue obtenue avec le mortier de résine seul est également représentée. On constate que le premier seuil de glissement est provoqué, ici, par une force deux fois plus faible. Cela signifie qu'il y a nécessairement rupture entre le mortier de polyester et le béton ancien. Un glissement de faible amplitude permet alors un engrenement de la liaison jusqu'à un second seuil au-delà duquel l'effort équilibré augmente très légèrement puis diminue régulièrement. L'allure particulière de ce processus de ruine est imputable au glissement acier – mortier de résine qui se manifeste vraisemblablement à partir du moment où les situations des deux éprouvettes sont voisines : l'image de cette situation est donnée par le point de contact entre les deux courbes.

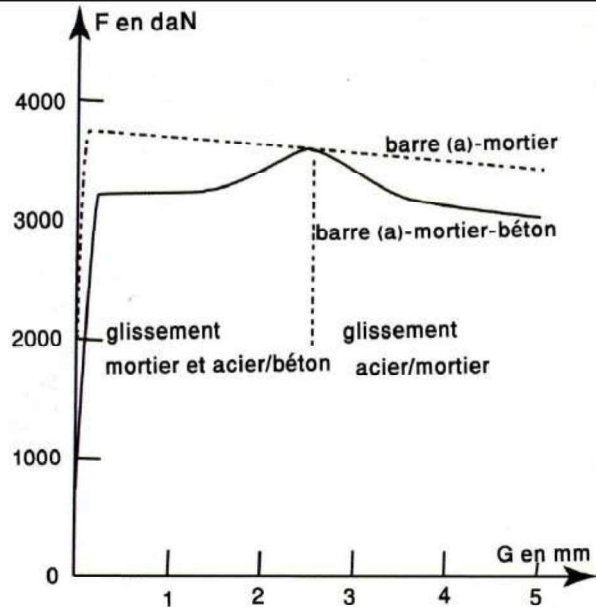


Figure 5 : Courbes de glissement, mortier de résine polyester acier lisse

Enfin, la courbe représentative des variations du glissement d'une barre d'acier haute adhérence (« type d ») également enrobée sur une longueur de 25 cm soit 21ϕ a été tracée sur la Fig. 6. La première partie du tracé est pratiquement superposable à celle de l'acier doux (« type a »). Cela confirme donc l'analyse précédente puisque la nature de l'acier et la longueur d'enrobage assurent confortablement l'intégrité de la liaison acier – mortier de résine.

Le glissement se poursuit par conséquent entre le mortier et le béton, au-delà du deuxième seuil, suivant une courbe à dérivée croissante, du moins sur la plage de 5 mm où la mesure du glissement a été enregistrée.

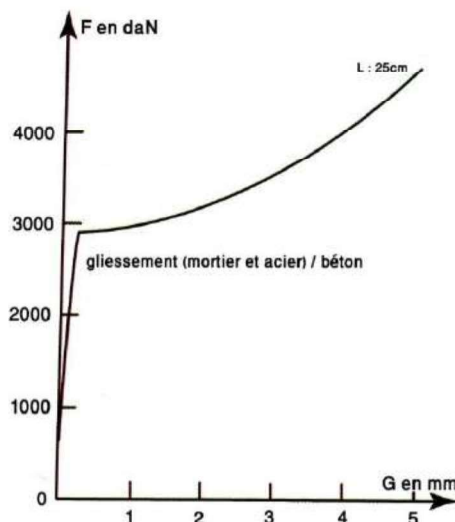


Figure 6 : Courbes de glissement. Mortier de résine polyester – acier H.A.

4. Conclusions

Nous avons présenté dans cette communication, des résultats d'expériences concernant les liaisons acier – mortier de résine – béton ancien, permettant de simuler des applications pratiques sur l'emploi des résines dans les constructions de Génie Civil. Quelques enseignements peuvent être tirés de ces essais.

Tout d'abord, comme le béton ne peut équilibrer localement des efforts trop intenses, il est nécessaire d'allonger les longueurs d'enrobage même si, vis-à-vis du seul mortier de résine, elles deviennent surabondantes. A tout le moins, il est bon d'introduire la zone d'ancrage, éventuellement réduite, aussi profondément que possible dans le béton si possible bien fretté.

Ensuite, il s'avère que les aptitudes de liaison entre mortier de résine et béton ancien sont très variables selon la résine employée. De nombreux résultats Refs. [7, 8], ont d'ailleurs permis d'établir que le collage de deux pièces en béton au moyen de résine polyester est ruiné dans la même zone de contact alors qu'avec la résine époxy la ruine se produit rarement au voisinage de la zone collée.

Par conséquent, lorsqu'il s'agit d'assurer l'ancrage de barres dans du béton ancien nous pouvons recommander d'utiliser la résine époxy en raison de son bon comportement avec l'acier, certes, mais surtout avec le béton lui-même, point faible de la liaison.

Références

- [1] Les techniques de réparation des fondations et des structures., Note n°4, Marchés Publics, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Paris, 1998.
- [2] SIKA, Cahier des clauses techniques : Réparation, prévention, protection., CCT 15, septembre 2003.
- [3] Arnaud, M., Résistance au glissement d'acier enrobés dans un béton au cours de la prise et du durcissement., Annales de l'ITBTP, série Béton n°135, janvier 1974.
- [4] Aggour, M., Arnaud, M. et Lorrain, M., Propriétés et mécanismes de l'adhérence acier-mortiers de résines., Colloque A.I.P.C. Renforcement des structures de bâtiments. Diagnostic et thérapie, Venise, septembre 1983.
- [5] Charon, C., Les résines synthétiques. Essais de laboratoire et application en injection., Colloque RILEM. Les résines de synthèse dans la construction., Paris, septembre 1983.
- [6] Gamski, K., Rapport général, thème 3., Colloque RILEM. 67., Editions Eyrolles, Paris, 1971.

[7] Cirode, R., Techniques d'assemblage par collage., Colloque RILEM. 67., Editions Eyrolles, Paris, 1971.

[8] Hall Quist, A., An investigation on epoxy and polyester resin mortars as a joining material., Colloque RILEM. 67., Editions Eyrolles, Paris, 1971