



Application de nouvelles techniques de caractérisation de la résistance mécanique aux mortiers historiques.

F. Dagrain, M. Demelenne, J.-C. Scaillet

Chaque année, la Direction de la Restauration du Ministère de la Région Wallonne conduit plus de 150 travaux sur les nombreux monuments classés de toutes époques disséminés sur son territoire. Afin de mieux comprendre les problèmes d'incompatibilité entre mortiers contemporains et maçonneries anciennes, le département de Génie Civil a mis sur pied, en collaboration avec la Direction de la Restauration, un programme de recherche original sur la caractérisation des propriétés mécaniques des mortiers historiques en Région Wallonne. Deux nouvelles techniques de caractérisation de la résistance mécanique vont être mises en application : la technique du grattage et la technique du micro-forage instrumenté. La mise au point d'une méthodologie devrait permettre à terme une caractérisation des mortiers anciens directement sur site.

Position du problème

Ces dernières années, on a constaté que l'utilisation de liants hautement hydrauliques dans la restauration du bâti ancien n'était pas sans risque et pouvait mener à l'apparition de pathologies. Dans les maçonneries, on assiste au développement de fissures (fig.1) et certains enduits provoquent des phénomènes de condensation ou se décollent (fig. 2).



Fig. 1 - Abbaye d'Aulne. Fissures apparues dans le mur O du transept N après les restaurations au mortier «de ciment» au début du XXème s. (Photo J. Snaet, Régie des bâtiments)



Fig. 2 - Divers exemples de pathologies dans les maçonneries : décollement des mortiers et enduits, fissurations. (Photos M. Demelenne - J.-C. Scaillet)



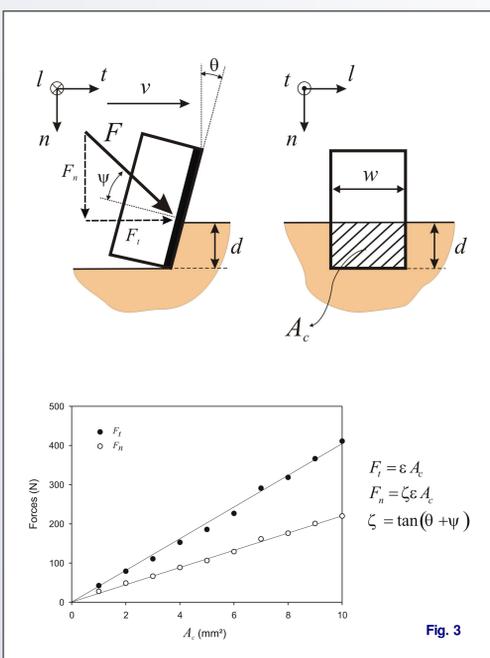
Objectifs de la recherche

Apporter les bases scientifiques et techniques nécessaires à la prescription sur les chantiers de conservation-restauration du patrimoine wallon des formulations de mortiers aux propriétés mécaniques proches de celles utilisées dans le passé et remplissant les critères de sécurité, durabilité, stabilité et accessibilité

Moyens mis en œuvre

Un des moyens pour étudier les propriétés des mortiers anciens est l'approche mécanique. Elle permet une utilisation directe des informations collectées dans le cadre de l'élaboration des formules de mortiers de consolidation et de restauration les plus respectueux possible du bâti ancien.

Le Service de Génie Civil et Mécanique des Structures de la Faculté Polytechnique de Mons dispose en ses laboratoires de deux dispositifs expérimentaux qui permettent de caractériser la résistance des mortiers et enduits sur base d'une technique novatrice. Cette technique consiste à enlever une fine couche de matière à l'aide d'un outil en diamant parfaitement aiguisé et de mesurer en continu les efforts nécessaires pour faire avancer l'outil.



L'analyse des résultats se fait par une méthode énergétique. Le paramètre mesuré est l'énergie spécifique intrinsèque ϵ , travail volumique de destruction du matériau étudié.

Dans le cas particulier de la procédure expérimentale suivie (profondeur de passe constante d en cours d'essai), cette mesure se nécessite que la connaissance des efforts moyens vus par l'outil lors du travail.

- Les avantages de cette technique sont :
- ✓ la simplicité, la rapidité et la précision de la mesure ;
 - ✓ le caractère relativement peu destructif du test ;
 - ✓ la faible quantité d'échantillon nécessaire pour la réalisation du test ;
 - ✓ l'indépendance des procédures expérimentale et d'analyse par rapport au type de matériaux étudiés.

La méthode peut être appliquée en grattage linéaire sur le Rock Strength Device (RSD) ou en micro-forage sur le Drilling Resistance Measuring System (DRMS). Les deux méthodes permettent de dresser des profils le long ou au sein d'un échantillon.

Le Rock Strength Device

Le test RSD consiste en la destruction par grattage linéaire de géomatériaux à l'aide d'une plaquette diamantée en PDC (diamant polycristallin compact), de 10 mm de largeur (Fig. 4). La vitesse de déplacement de l'outil v (0- 10 mm/s) et la profondeur de passe d (0.1-1 mm) sont maintenues constantes durant le test. Le système mesure en continu les forces de coupe F_t et de poussée F_n (0-3500 N) nécessaires pour détruire le matériau étudié.

Ce test a été initialement développé pour mesurer la résistance au découpage de matériaux rocheux. Le système actuel nécessite le prélèvement préalable d'échantillons à placer sur le banc d'essais, mais peut cependant être utilisé aussi bien pour des caractérisations en laboratoire (Fig. 5) que sur chantier.

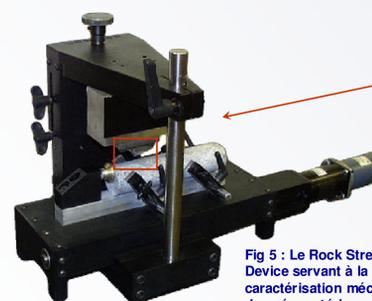


Fig. 5 : Le Rock Strength Device servant à la caractérisation mécanique des géo-matériaux par la technique de grattage.



Fig. 4 : Vue détaillée sur une plaquette en PDC utilisée pour réaliser le test de grattage.

Le Drilling Resistance Measuring System

Le test DRMS consiste en la destruction par micro-forage de géomatériaux à l'aide d'un foret diamanté (Fig. 6). Les vitesses de rotation (0-1000 rpm) et d'avance (0-80 mm/min) sont maintenues constantes durant le test. Le système mesure en continu la force de poussée (0-100 N) nécessaire pour forer le matériau, et la position de l'outil en cours de forage. L'utilisation de forets spéciaux muni de lames en PDC (Fig. 6) permet de se garantir de problèmes d'usure des outils en cours d'essais.

Ce test a été développé pour mesurer la résistance au forage de matériaux pierreux. Le système de mesure peut être utilisé pour des caractérisations en laboratoire (Fig. 7) ou directement sur chantier sans prélèvement d'échantillon (Fig. 8).

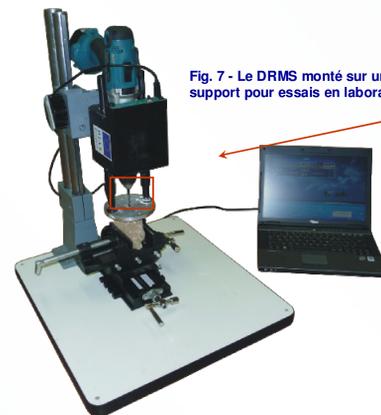


Fig. 7 - Le DRMS monté sur un support pour essais en laboratoire.

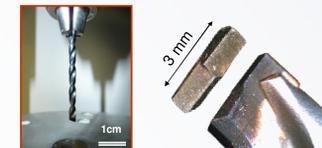
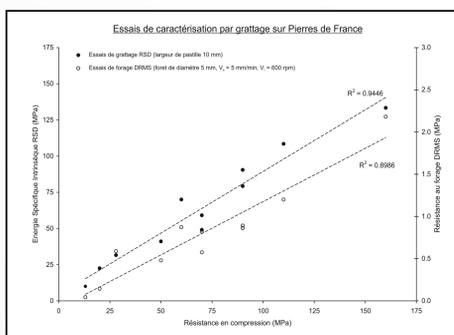


Fig. 6 - Vue détaillée d'un foret de 3mm utilisé sur le DRMS et de la lame PDC en équipant la tête.



Fig. 8 - Le DRMS en utilisation sur site.

Quelques résultats sur pierres naturelles



Les premiers résultats obtenus dans le cadre du projet First Post-Doc GEOMAT sur des Pierres de France sont encourageants. Il ressort clairement des essais réalisés avec les deux méthodes que tant la mesure d'énergie spécifique intrinsèque que la résistance au forage sont corrélées à la résistance en compression. Ces méthodes peuvent donc être utilisées comme moyens d'accéder à la résistance de matériaux qui ne peuvent être testés par des méthodes d'essais conventionnelles.

Perspectives

La combinaison des deux méthodes expérimentales présentées devrait permettre de disposer d'une méthodologie permettant la caractérisation de la résistance mécanique des mortiers historiques directement sur site.