

Étude expérimentale et théorique sur l'adhérence acier-béton avec application pratique

Auteur : D'Oria Marco

Encadrement : Prof. Dr. Ing. Aurelio Muttoni / Ing. Enrique Corres Sojo

Introduction

L'adhérence est une propriété du béton qui dans les structures en béton armé, est activée sur une très longue période de temps. En fait, des mois, voire des années, peuvent se passer avant que le béton n'atteigne un état de contrainte significative. La plupart des études réalisées jusqu'à présent sur cette propriété très importante ont été menées à court terme, par conséquent, dans ce projet, nous voulons réaliser des études sur cette propriété à long terme afin de pouvoir comprendre son réel comportement.

Programme expérimental

Un programme expérimental a été réalisé dans les laboratoires de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse) afin d'évaluer l'adhérence entre l'acier d'armature et le béton. Cette recherche est basée sur des essais expérimentaux qui ne comprennent que des preuves d'adhérence (Pull-out) pour des barres noyées dans le béton. En variant les propriétés géométriques, différents cas ont pu être analysés.

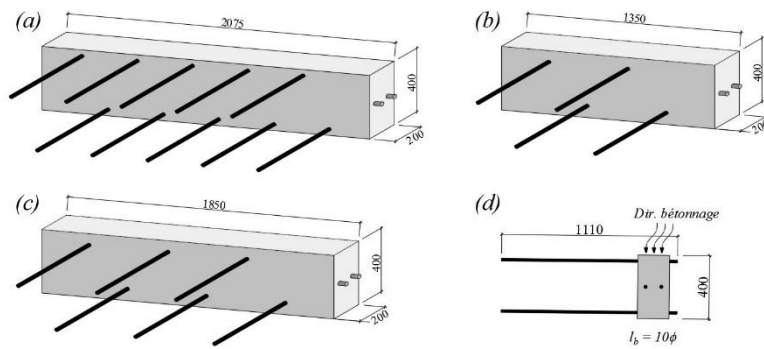


Figure 1: Géométrie des poutres pour les essais de pull-out.

Ces éléments sont des parallélépipèdes en béton ayant une section transversale constante de 0.2 x 0.4m, alors que la longueur est différente.

- Poutre 1 l = 135 [cm] c = 60 [mm] fig (b)
- Poutre 2 l = 185 [cm] c = 60 [mm] fig (c)
- Poutre 3 l = 207 [cm] c = 20 [mm] fig (a)

Test setup

La configuration du système d'application de la charge est différente en fonction de l'enrobage. En effet, la distance entre les barres est différente en fonction de la valeur de l'enrobage, par conséquent, la largeur du cadre de support doit également être différente. Pour l'enrobage de 20 [mm], le cadre est plus étroit (la distance entre les supports verticaux est de 270 mm), alors que pour l'enrobage de 60 [mm], la distance entre les supports verticaux est de 403 mm.

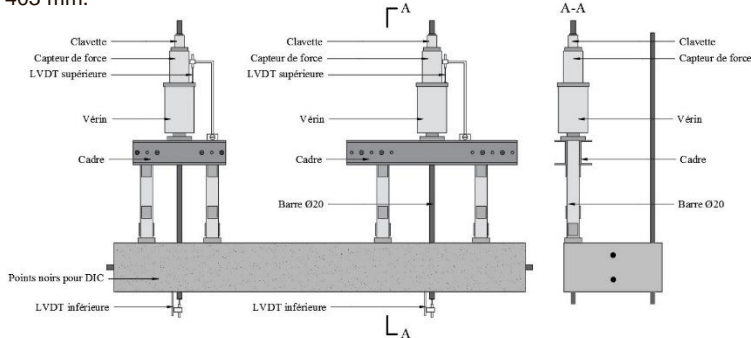


Figure 2: Vue latérale et coupe transversale système d'application de la charge et système de mesure.

Un capteur de force ($F_{nom} = 500kN$) et un LVDT ont été disposés pour enregistrer la courbe charge-déplacement de chaque échantillon et le LVDT a été placé à l'extrémité non chargée de la barre. Tous les essais ont été réalisés en contrôle de force, ce n'est qu'après avoir atteint la force maximale que les appareils ont changé type de contrôle, passant du contrôle de force au contrôle de déplacement, (ceci afin de pouvoir appliquer une force également dans la phase de post-pic), ce qui est rendu possible par un deuxième LVDT placé dans la partie supérieure à côté du capteur de force.

Protocole d'essais

Les essais sont effectués sous charge monotone et la particularité de ces épreuves est la vitesse de chargement à laquelle les tests ont été effectués, en fait a été utilisé un protocole basé sur des tests à vitesse normale et d'autres à très faible vitesse (utilisés pour évaluer la perte de résistance lorsqu'une charge de longue durée est appliquée). Au départ, le taux de chargement appliqué pour tous les tests est la vitesse équivalente aux test de deux minutes

jusqu'à que le 70% de la résistance maximale attendue soit atteinte. Une fois cette valeur atteinte, le vérin continue à solliciter la barre avec un taux de charge différent selon le type de test souhaité.

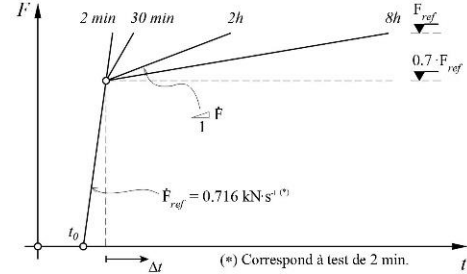


Figure 3: Protocole, force en fonction de la vitesse d'application de la charge.

Effet de la durée de chargement sur les performances d'adhérence

La contrainte d'adhérence maximale n'est jamais atteinte dans les tests de courte durée, de plus pour les tests de longue durée (8h) la contrainte d'adhérence maximale est atteinte pour les séries (1φ-top) et (3φ-top). La théorie sur la rigidité proposée par Franke L., selon laquelle l'augmentation de la durée de chargement augmente également le glissement, n'est pas valable pour les essais réalisés, car la rigidité indiquée aussi bien dans les courbes d'adhérence maximale que dans les courbes d'adhérence moyenne est presque constante et il n'y a pas de changements nets.

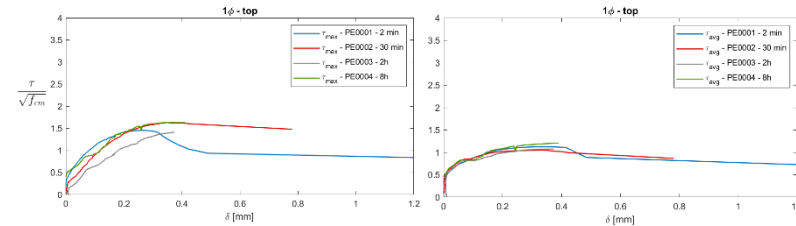


Figure 4: Courbes d'adhérence maximale et moyenne série 1φ-top

Effet des conditions de bétonnage sur les performances d'adhérence

Un enrobage plus faible entraîne une réduction de la ductilité. En revanche, l'inverse est valable pour des enrobages plus importants où la déformation et donc la ductilité sont nettement plus élevées. De plus pour des petits enrobages, la résistance moyenne (f_b) est fortement influencée par les conditions d'adhérence, ce qui n'est pas le cas pour des enrobages plus épais.

Le glissement à la rupture pour un enrobage de 1φ est plus important dans les barres ayant des conditions d'adhérence défavorables en raison des vides qui se forment sous la barre suite au tassement plastique du béton frais, ces vides créent la nécessité d'un glissement plus important pour activer la pression sur les nervures.

Toujours pour les petits enrobages, les barres positionnées dans la partie inférieure de la section ont une résistance maximale et moyenne plus importante que celles positionnées dans la partie supérieure de la section. Pour les grands enrobages 3φ, l'effet de la position de la barre dans la section est beaucoup moins influent, en fait les barres positionnées dans la partie supérieure de l'échantillon montrent des contraintes d'adhérence moyennes et maximales plus élevées que les respectives barres positionnées dans la partie inférieure de l'échantillon.

Conclusions

La réponse structurelle des barres noyées dans le béton peut être très complexe. En effet, un grand nombre de paramètres l'influencent de manière plus ou moins importante. Le phénomène de l'adhérence a été étudié par le biais d'un essai d'arrachement de type pull-out où un élément de béton est coulé autour d'une barre d'armature qui est sollicitée par une force appliquée à une extrémité. La réponse structurelle des éléments testés a été analysé avec des outils sophistiqués et modernes comme la technique de mesure basée sur la déformation des fibres optiques (FOM) et la Digital Image Correlation (DIC). Grâce à ces systèmes de mesure, il était possible de comprendre le comportement phénoménologique de la réponse structurelle de l'élément considéré pendant toute la procédure d'essai.

Les essais réalisés ont permis de confirmer les théories déjà présentes concernant l'influence de la position des barres d'armature dans la section sur les valeurs de résistance et de ductilité.

Une caractéristique de ce travail est l'étude de la réponse structurelle pour des charges de longue durée, est possible que la raison de la différence entre la théorie et la campagne expérimentale est due au fait que la durée des essais était trop courte et il était donc impossible de recréer les conditions des structures réelles où la charge peut être appliquée en plusieurs mois, voire plusieurs années.