
Renforcement et réparation des dalles en BA par tissu de fibre de carbone

Gherdaoui Moufida¹, Madi Rafik², Guenfoud Hamza³

¹ Laboratoire de Génie Civil and Hydraulique (LGCH), Université 08 mai 1945-Guelma- Algérie-
moufidagh2010@hotmail.fr

² Laboratoire de Génie Civil and Hydraulique (LGCH), Université 08 mai 1945-Guelma- Algérie-
madirafik1@yahoo.com

³ Laboratoire de Génie Civil and Hydraulique (LGCH), Université 08 mai 1945-Guelma- Algérie-

RÉSUMÉ. Le but de cet article concerne l'étude du comportement des dalles en béton armé, soumises au poinçonnement, renforcées et réparées par tissu en fibres de carbone afin d'augmenter leurs capacité portante, réduire leurs flèche et limiter l'ouverture des fissures et en assurant un meilleur comportement . Neuf dalles en béton armé ont été testées. Les paramètres d'essai sont : un pré-chargement à (80%) de la charge ultime de la dalle non renforcée et l'orientation de la fibre en tissu de fibre de carbone à (0°, 45°, 0°/90° et 45°/135°). Les résultats expérimentaux indiquent que l'utilisation de matériau composite a un effet significatif sur l'augmentation de la charge ultime d'une part et de limiter la propagation de fissures d'autre part. Ainsi, les résultats expérimentaux montrent une augmentation de, la charge de rupture de (23-60)% et une diminution du déplacement vis-à-vis de la dalle témoin.

ABSTRACT. The aim of this paper is the study of the behavior of slabs of reinforced concrete subject to punching strengthen and repair by the fiber reinforced polymer (FRP) in order to increase its bearing capacity, reduce the deflexion and limit the opening of cracks ensuring a better behavior conduct of the element. Nine RC slabs are tested with the same dimensions, the test parameters were: pre loading (80%) of ultimate load and orientation of the fiber of CFRP (0°, 45°, 0°/90° and 45°/135°). The experimental results indicated that the use of CFRP surface to upgrade the slabs has significant effect on ultimate load and the propagation of cracks. According to on the experimental results, the ultimate load of failure was increased by (23 - 60) % and reduction of deflection than control slab.

MOTS-CLÉS : dalle, renforcement, pré-chargement, poinçonnement, tissu en fibre de carbone.

KEY WORDS: slab, strength, pre load, punching, CFRP.

1. Introduction

Il existe un nombre important d'infrastructures ne répondant plus aux exigences d'exploitation actuelles pour des raisons de dégradation ou de détérioration. Les pathologies dues aux erreurs humaines lors de la conception ou durant la réalisation, les changements de fonctionnalité de l'ouvrage, la dégradation des matériaux (corrosion d'armatures, carbonatation du béton...), ont un impact direct sur longévité des ouvrages. Depuis plusieurs années, différentes techniques de réhabilitation (réparation ou renforcement) ont déjà été mises au point : le béton projeté, la précontrainte additionnelle ou encore le collage des tôles d'acier. Grâce à leurs caractéristiques mécaniques et physico-chimiques, les matériaux composites se sont taillé une place importante dans les constructions en génie civil. De nos jours, le collage de matériaux composites est l'une des méthodes de réhabilitation les plus utilisées. Tous les éléments de structure peuvent être renforcés par collage de matériaux composites. Les éléments renforcés sont essentiellement les poutres [DEM 14], les poteaux [BEN 10] et les dalles [ROC 04], [GHE 18], [LAU 07]. Le présent travail expérimental a été réalisé au laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique (LGCH) de l'université 8 mai 45 Guelma. Son objectif principal consiste à l'étude du comportement au poinçonnement des dalles en béton armé non renforcées et renforcées par tissu en fibre de carbone après imposition d'une dégradation de chargement par rapport à la charge de ruine de la dalle saine.

2. Programme expérimental

2.1. Spécimens et caractéristiques des matériaux

Les spécimens sont des dalles en béton armé de dimensions de 965x680 mm² et de 60mm d'épaisseur. Le ferrailage pour toutes les dalles est composé d'une nappe de barres d'acier rond lisse de diamètre 6 mm, espacés de (13.35cm et 8.12cm) dans les deux directions en se basant sur la condition du ferrailage minimal (BAEL). La résistance à la compression du béton est obtenue par essai de compression sur des éprouvettes cylindriques de 16x32cm². Sa résistance en compression est de 25.5MPa en moyenne.

Le matériau composite utilisé est le Tissu en Fibre de Carbone, baptisé SikaWrap-230C produit à la firme SIKA, tissé de façon unidirectionnelle.

La colle adaptée au tissu en fibre de carbone, d'après le fabricant, à savoir SIKA, est une résine époxyde à deux composants (A et B) baptisée Sikadur®-330. Cette colle (Sikadur®-330) est conforme aux exigences de la norme NF EN 1504-4 en tant que produit de collage des tissus de renforcement. Ses caractéristiques mécaniques sont présentées au tableau 1.

Tableau 1. Propriétés du CFRP et de la colle de SIKADUR 330

Caractéristiques	TFC (SikaWrap 230C)	Sikadur 330
Résistance à la traction (MPa)	4000	30
Allongement à la rupture (%)	1.7	0.9
Module d'élasticité en traction (GPa)	230	4.5
Épaisseur (mm)	0.129	----
Masse par unité de surface (g /m ²)	235 ± 10	----
Densité (g/cm ³)	1,82	1,30

2.2. Dispositif d'essai

Nous avons réalisé neuf dalles rectangulaires en bétons armé de dimension 965x680 mm² et de 60 mm d'épaisseur. Les dalles s'appuient sur un cadre rectangulaire très rigide en acier (appui simple) de dimensions intérieures 915x630 mm². Un ferrailage unique est adopté pour toutes les dalles. Il est composé d'une nappe de barres d'acier 235 MPa rond lisse de diamètre 6 mm d'enrobage de 2.5cm, espacés de (13.35cm et 8.12cm) dans les deux directions en se basant sur la condition du ferrailage minimal. Les essais de poinçonnement des dalles sont réalisés par la machine représentée sur la Figure 1 (Elle est de marque Controls model 50-C8422/MP). Le chargement est appliqué à l'aide d'un vérin hydraulique au centre de la dalle. Le chargement est appliqué à l'aide d'un vérin hydraulique au centre de la dalle d'une capacité de 100 KN équipé d'un capteur de force. Le dispositif de chargement (poinçonnement) est constitué d'un tube cylindrique en acier infiniment rigide de 60 mm de diamètre, avec une vitesse de 50N/s. Le déplacement vertical de la dalle est mesuré par un capteur digital de déplacement de course ±100 mm placé au niveau de l'extrados de la dalle Figure 1.

Les dalles sont regroupées en trois groupes : dalle saine (non renforcée), dalles renforcées et des dalles pré-chargées (réparées). Pour le cas des dalles réparées, les dalles saines sont d'abord chargées à un pourcentage de

charge de 80% de la dalle témoin D1. Par suite, les dalles sont déchargées pour les réparer sur une surface de (40x40) cm² en Tissu en Fibre de Carbonne. La réparation est appliquée par une seule couche où par deux couches suivant une orientation des fibres de : 0°, 45°, 0°/90° et 45°/135°. Tableau 2.

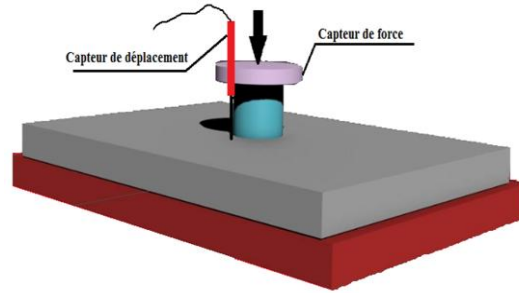


Figure 1. Machine d'essai, schématisation des appuis et positionnement du capteur de déplacement

Tableau 2. Caractéristiques des dalles

dalle	Pré-chargement (%)	Orientation des fibres
D1	-	-
D2	-	0°
D3	-	45°
D4	-	0°/90°
D5	-	45°/135°
D6	80	0°
D7	80	45°
D8	80	0°/90°
D9	80	45°/135°

3. Résultats expérimentaux

Les essais montrent que la charge de début de fissuration des dalles renforcées par matériaux composite augmente par rapport à celle de la dalle non renforcée. Ainsi, la force de rupture de toutes les dalles renforcées s'accroît par rapport à la dalle témoin. Pour la dalle D4, la charge de rupture atteint 53KN correspondant à 58% par rapport à D1, et de (10% -27%) par rapport aux dalles renforcées.

Le comportement des dalles, après réparation, est similaire que celui du début de test. La charge augmente plus rapide que pour le cas de la dalle témoin. Cette augmentation de la charge s'accompagne d'une élévation de la rigidité de la dalle qui se traduit par une réduction du déplacement (Figure3). La dalle D4 présente un comportement plus rigide par rapport à D1 et aussi par rapport aux dalles renforcées.

Après l'augmentation de la charge en première phase (phase de béton non fissuré), et en deuxième phase se caractérisant par apparition de fissures diagonales, le composite commence à se détacher et la rupture finale se produit par poinçonnement (en forçement de tige dans le béton).

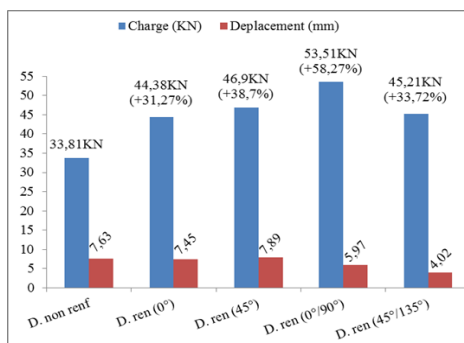


Figure 2. Charges et déplacements (dalles renforcées)

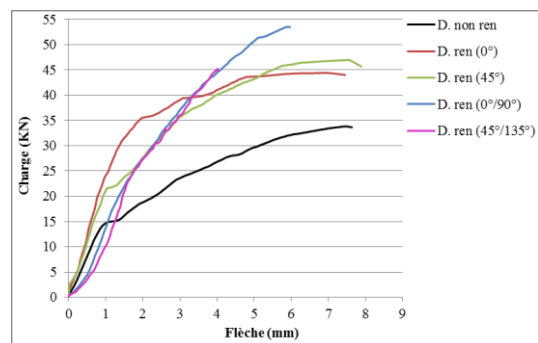


Figure 3. Courbes charges-flèches des dalles renforcées

Après le pré chargement à 80% de la charge de ruine correspondant à 25KN. Les dalles sont réparées par deux couches de tissu de fibre de carbone avec différentes orientations : 0°, 45°, 0°/90° et 45°/135°. En

conséquence de la réparation, la capacité portante des dalles augmente et la charge de ruine de la dalle D8 (fibre orienté à 0°/90°) atteint les 55,8KN ; correspondant à un gain de 65% par rapport à la dalle non renforcée. Pour la dalle D9 la charge de ruine est de 55,1KN correspondant à une augmentation de 62% par rapport à la dalle D1 qui est supérieure de 30 à 39% par rapport aux dalles D6 et D7.

La figure 5 représente les courbes charges-flèches des différentes dalles après avoir appliqué une réparation. Le comportement des dalles D7, D8 et D9 se caractérise par une augmentation rapide de la charge et une limitation en déplacement. (2-3 mm) dans une première phase. Dépassant les 44 KN, la vitesse d'accroissement de la charge de la dalle D7 devient faible et des fissurations commencent à apparaître. Tandis que les dalles D8 et D9 représentent un comportement rigide et les fissures diagonales n'affectent pas trop ces dalles. Les dalles continuent à supporter des charges avec un petit accroissement en déplacement. Puis le composite commence à se décoller au coin. Les fissures restent diagonales et la largeur finale des fissures se diminue (microfissure) par rapport à la dalle non renforcée.

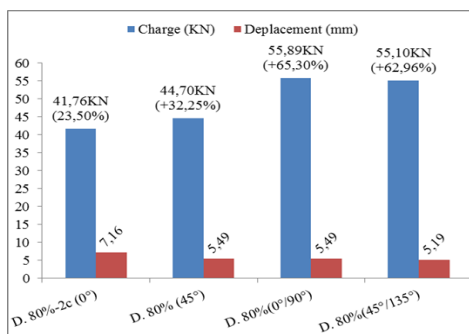


Figure 4. Charge et déplacement (dalles pré-chargées à 80%)

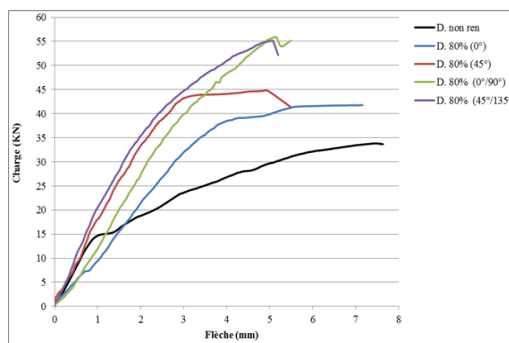


Figure 5. Courbes charges-flèches des dalles pré-chargées à 80% et réparées



Figure 6. A) Décollement de Tissue en Fibre de Carbonne. B) Décollement du composite des dalles pré-chargées

4. Conclusion

Le renforcement a eu un effet positif sur les charges de rupture et les déplacements des dalles renforcées. Le renforcement en composite apporte des gains significatifs aux structures endommagées suite à leurs réparation. Le composite compense la perte de rigidité de la dalle due à la fissuration du béton en traction et augmente la capacité portante de la dalle jusqu'à 60% de la capacité portante de la dalle BA. L'ouverture de fissures des dalles, se distingue par une diminution de la largeur et réduction de leurs du nombre pour les dalles renforcées.

5. Bibliographie

[DEM 14] DEMIR A., TEKIN M., TURAL T., BAGCI M., Strengthening of RC beams with prefabricated RC U cross-sectional plates, Structure Engineering Mechanis. 49 6, 2014, p673-685.

[BEN 10] BENZAID R., Contribution à l'étude des matériaux composite dans le renforcement et la réparation des éléments structuraux linéaires en béton, Thèse de doctorat, universite Mentouri Constantine Algérie, 2010.

[ROC 04] ROCHDI E.H., Contribution à l'analyse du comportement mécanique de dalles en béton arme renforcées par matériaux composites, Thèse de doctorat, France, 2004.

[GHE 18] GHERDAOUI M., GUENFOUD M., MADI R., Punching behavior of strengthened and repaired RC slabs with CFRP. Construction and Building Materials, 170, 2018, p 272-278.

[LAU 07] MICHEL L., Approches locales et globales du comportement de dalles en béton armé renforcées par matériaux composites, Thèse de doctorat, France, 2007.