

Domaine de connaissances GRAVIS

Article

Pourquoi GRAVIS ne propose pas d'ancres à double tête inclinée

Dr Stefan Lips

L'armature de poinçonnement inclinée existe depuis les années 1960. À l'époque, on utilisait des barres d'armature pliées comme armatures de poinçonnement. Plus tard, des ancres à double tête inclinées ont également été étudiées. Celles-ci ont l'avantage d'atteindre une résistance ultime plus élevée que les ancres à double tête posées verticalement lors d'essais de poinçonnement directement comparables. Le modèle porteur permet d'expliquer pourquoi il en est ainsi. Les inconvénients de ce système apparaissent également.

Contrairement aux ancres à double tête posées verticalement, le transfert de charge des ancres les plus proches de la colonne a lieu directement au-dessus de la colonne, car la tête d'ancrage du côté de traction par flexion se trouve, du moins en théorie, au-dessus de la surface d'appui. Un autre aspect concerne la rigidité de la dalle en béton armé. Ainsi, une comparaison d'élément de dalle isolé presque identiques tirées de la littérature [1] montre que la résistance ultime est plus élevée dans le système incliné. Cependant, la rotation à la rupture est tout de même inférieure à celle de la dalle avec les ancres à double tête installées verticalement. Cela montre clairement que les dalles avec ancres inclinées présentent donc un comportement charge-déformation plus rigide que les dalles avec ancres à double tête installées verticalement.

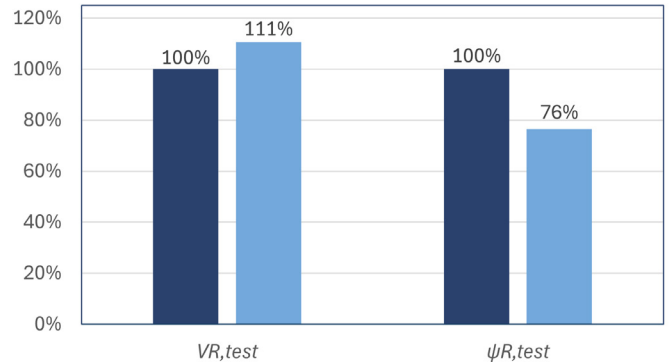


Figure 1: Comparaison des résistances ultimes et des rotations à rupture mesurées lors des essais selon les résultats de [1].

La figure 1 représente graphiquement les valeurs publiées dans [1]. On constate que la résistance ultime de la dalle avec ancre inclinée PA31 est supérieure d'environ 11% à celle de la dalle avec ancrage vertical PL7. Cependant, la rotation à la rupture mesurée pour le PA31 est inférieure de 24% à celle du PL7.

Cet effet n'est pas particulièrement surprenant et peut être expliqué à l'aide des hypothèses de modélisation du travail de Lips [2]. Dans le cas d'un état de force tridimensionnel pour des appuis ponctuels, tels que des colonnes, une partie de l'armature de flexion est nécessaire pour former les bielles de compression du béton dans le cas d'ancres à double tête posées verticalement. Ceci est similaire, bien que non comparable du point de vue de la modélisation, à un décalage de moment pour les poutres en béton armé. Cela signifie que la partie de l'armature de flexion nécessaire à la formation de l'équilibre horizontal n'est pas disponible pour la résistance à la flexion ou pour la rigidité en flexion de la dalle. Cela signifie qu'en négligeant cet effet, résistance plastique à la flexion de ces dalles est surestimée. Ce fait est également expliqué dans [2]. Comme la formation de la bielle de compression du béton est différente pour les ancres à double tête inclinées, selon l'inclinaison, dans la zone critique au bord de la colonne, aucune ou seulement une partie insignifiante de l'armature de flexion est nécessaire pour sa formation.

La figure 2 montre la répartition des forces au bord de la colonne pour a) des ancres verticales et b) des ancres inclinées. Dans le cas a), la formation de la bielle de compression du béton dans la zone critique entraîne des forces de traction supplémentaires qui

doivent être absorbées par l'armature de flexion. Dans le cas d'un ancrage derrière le bord de la colonne, aucune force de traction supplémentaire ne doit être absorbée dans la zone critique située devant le bord de la colonne (Figure 2b).

Cela conduit donc à un comportement de déformation plus rigide de la dalle. Mais cela pourrait aussi être obtenu par un simple ajout d'armature de flexion dans la zone proche de la colonne. La figure 3 montre le comportement calculé dans le modèle de Lips et les résultats des essais de PL7 et PA31. Le comportement calculé dans la Figure 3a) se base sur les essais de PL7 (ancres verticales) avec - en référence à [2] - et sans considération de l'influence de l'effort tranchant - selon [3] - sur le comportement en flexion. Pour la figure 3b), le même modèle a été utilisé avec les caractéristiques du matériau et de la géométrie de la dalle PA31, à nouveau avec et sans considération de l'influence de l'effort tranchant. Il apparaît clairement que dans le cas des ancrages inclinés (PA31), le résultat de l'essai est légèrement inférieur à la courbe calculée sans considération de l'effort tranchant. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle, dans le cas des ancrages inclinés, dans la zone critique au bord de la colonne, aucune armature de flexion n'est nécessaire, ou seulement une part minimale, pour former la bielle de compression du béton.

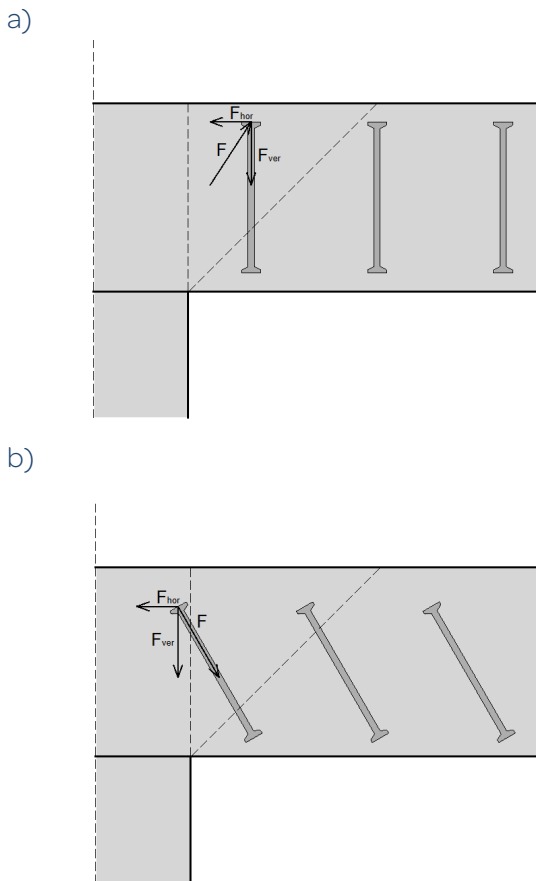


Figure 2: Influence de l'inclinaison des ancrages à double tête sur la formation de la bielle de compression du béton au bord de la colonne

En outre, le critère de rupture selon [4] est représenté dans les figures avec une valeur λ de 4,0 (équation 1) - correspondant à une valeur k_{sys} pour le dimensionnement selon SIA 262:2025 [5] d'environ 3,0 (équation 2) -.

$$V_R = \lambda \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{b_{o,col} \cdot d \cdot \sqrt{f_c}}{1 + 15 \cdot \frac{\psi \cdot d}{d_{g0} + d_g}} \quad (1)$$

$$V_{Rd} = k_{sys} \cdot \frac{u_o \cdot d_v \cdot \tau_{cd}}{0.45 + 0.18 \cdot \psi \cdot d \cdot k_g} \quad (2)$$

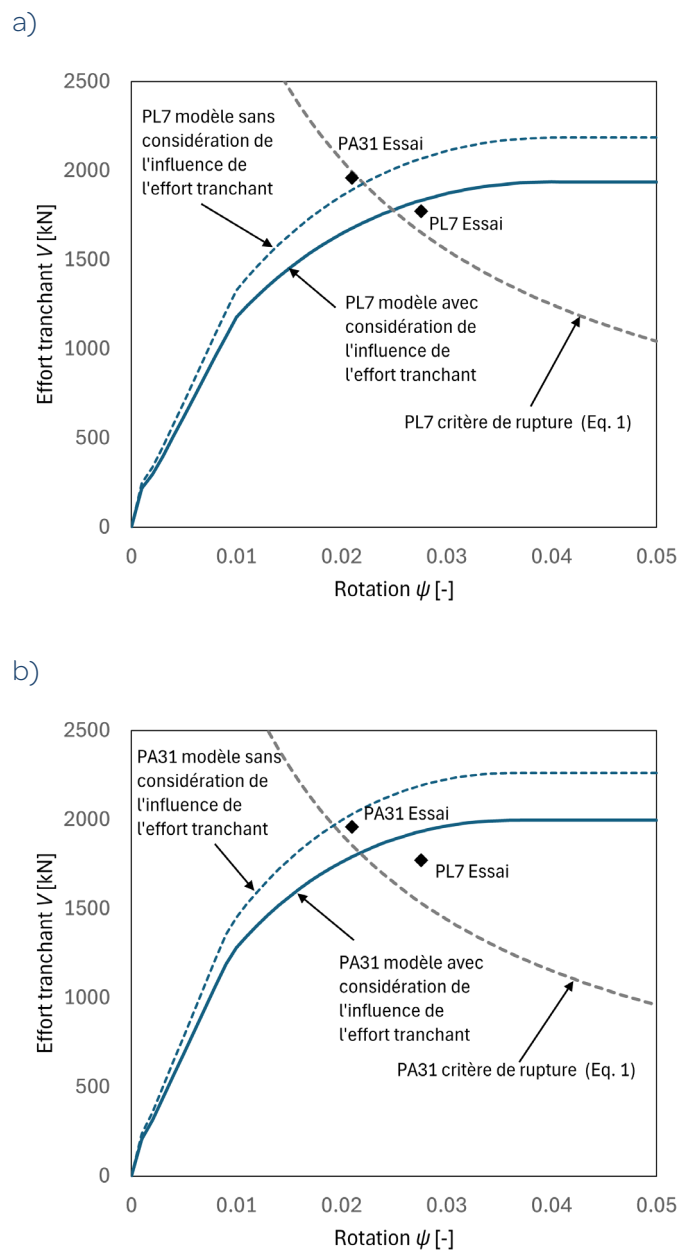


Figure 3: Modélisation des essais a) PL7 et b) PA31

Ici aussi, on constate une bonne concordance entre les résultats des essais et les hypothèses du modèle, mais il faut noter que pour le PA31, une rupture s'est

produite en dehors de la zone de poinçonnement renforcée. La résistance de la bielle de compression du béton aurait pu être un peu plus élevée. Néanmoins, il s'avère que le gain de résistance est principalement dû au comportement charge-déformation plus rigide et non à une augmentation du coefficient du système k_{sys} . Ainsi, une valeur k_{sys} plus élevée est plus simple à calculer - et aussi meilleure du point de vue publicitaire - mais n'est que partiellement correcte du point de vue théorique.

Le défi des ancrs à double tête inclinées réside maintenant dans le fait que le comportement décrit ci-dessus ne fonctionne que si la tête d'ancrage du côté de traction par flexion se trouve au-dessus de la colonne. Il y a donc un risque que la résistance ultime souhaitée ne soit pas atteinte si les ancrages sont trop éloignés. Mais il y a aussi le risque que, par prudence, les ancrages soient alors placés plus près des colonnes. Cependant, si les ancrs à double tête sont placés trop près des colonnes, elles croisent la fissure de cisaillement critique trop près de la pointe de la fissure et ne sont pas activées comme souhaité. Il n'y a donc pratiquement aucune tolérance dans la disposition et il est très difficile d'obtenir une utilisation correcte sur le chantier. Si, comme décrit précédemment, on montait simplement en plus des barres d'armature de flexion individuelles à proximité de la colonne (largeur de répartition : largeur de la colonne + 2 x hauteur statique, longueur : hauteur statique + longueur d'ancrage à partir du bord de la colonne), on pourrait obtenir le même comportement selon la théorie décrite précédemment. Toutefois, avec une tolérance de montage nettement plus grande. Cependant, dans les deux cas, ancrs à double tête inclinés ou armatures de flexion supplémentaires, la capacité de déformation est réduite, ce qui peut éventuellement avoir des conséquences sur la robustesse de la structure porteuse.

Pour ces raisons, GRAVIS a décidé de ne pas proposer de systèmes avec des ancrs à double tête inclinés.

Littérature

- [1] Einpaul, J., Brantschen, F., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Performance of Punching Shear Reinforcement under Gravity Loading : Influence of Type of Detailing, ACI Structural Journal, V. 113, No. 4, 2016, pp. 827-838
- [2] Lips, S., Punching of Flat Slabs with Large Amounts of Shear Reinforcement, thèse de doctorat n° 5409, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2012, 269 pp.
- [3] Muttoni, A., Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs without Transverse Reinforcement, ACI Structural Journal, V. 105, No. 4, 2008, pp. 440-450
- [4] Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Applications of Critical Shear Crack Theory to Punching of Reinforced Concrete Slabs with Transverse Reinforcement, ACI Structural Journal, V. 106, No. 4, 2009, pp. 485-494
- [5] SIA 262:2025, Construction en béton, Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2025, 116 pp.



GRAVIS AG
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.ch



www.gravis.ch

