

Le poinçonnement des dalles précontraintes – application aux ponts-dalles

Aurelio Muttoni, Olivier Burdet et Stefano Guandalini, EPFL

1. Introduction

Les dalles précontraintes, développées d'abord pour le bâtiment, ont vu leur domaine d'application s'étendre aux portées plus grandes, et notamment aux ponts. Le poinçonnement est un des modes de rupture qui contrôlent le dimensionnement et la vérification de telles structures.

L'originalité de l'approche présentée dans cet article est de considérer l'interaction entre effort tranchant et flexion en utilisant un modèle physique (et non pas une résistance conventionnelle dans une section de contrôle) où la résistance de l'effort tranchant est fonction des déformations au voisinage de la colonne. Le modèle de calcul pour déterminer la résistance au poinçonnement inclut l'effet de la force de précontrainte et de l'épaisseur de la dalle (size effect). Il est applicable au cas des ponts-dalles précontraints, dans lesquels la géométrie, l'armature et la précontrainte ne sont pas axisymétriques. Le sujet du poinçonnement des dalles précontraintes, et particulièrement des dalles de ponts précontraintes a fait l'objet de recherches récentes [1, 2, 3].



Figure 1: Exemple de pont-dalle précontraint

2. Effets de la précontrainte sur le poinçonnement

Le premier effet de la précontrainte sur le poinçonnement est sans nul doute d'apporter un soulagement important de l'effort de poinçonnement au voisinage de la colonne grâce à la composante verticale du câble qui agit vers le haut et s'oppose directement à l'effort tranchant provenant du poids propre et des charges utiles. Les normes actuelles, et notamment la norme SIA 162 [4], prennent correctement en compte cet effet. La précontrainte a cependant un autre effet sur le phénomène du poinçonnement. L'introduction

d'un effort normal dans la section a pour conséquence une diminution des déformations, correspondant à un changement d'inclinaison des fissures de poinçonnement, ce qui induit une seconde augmentation de la résistance au poinçonnement. Cet effet n'est pas considéré dans les normes suisses actuelles, mais est pris en compte dans l'Eurocode. Il est également pris en compte dans le projet de nouvelle norme SIA 262 « Swisscodes » [5] qui considère le modèle présenté succinctement ci-dessous. Il permet de mieux comprendre l'action de la précontrainte sur le poinçonnement et de cerner l'importance relative des divers paramètres.

3. Description du modèle

Le modèle proposé en 1960 par Kinnunen et Nylander [6] reste un des modèles physiques les plus utiles pour comprendre le comportement des dalles dans la zone de poinçonnement. (figure 2). Dans le cadre des travaux en cours à l'IS-BETON (EPFL), ce modèle a été repris et complété pour mieux tenir compte du comportement du béton en compression, de la participation du béton tendu au voisinage de la colonne et de l'orientation de l'armature [7]. En utilisant ce modèle, il est très simple de représenter le comportement charge-déformation de partie de dalle soumise au poinçonnement (fig. 4).

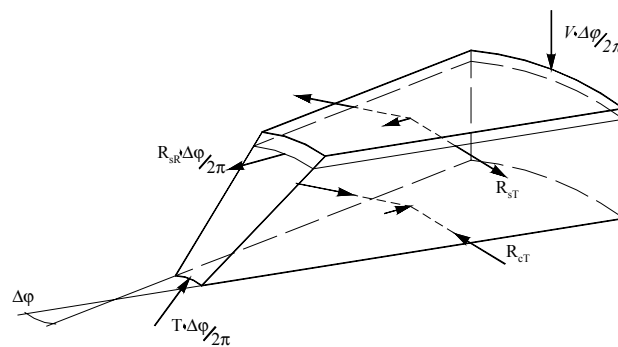


Figure 2: Modèle de Kinnunen & Nylander [6]

La résistance au poinçonnement dépend d'un certain nombre de paramètres, mais il a été montré [8] qu'elle dépend en grande partie de la rotation ψ de la dalle au voisinage de la colonne (fig. 3). Sur cette base, un critère de rupture simple liant la résistance nominale au poinçonnement τ_R à la rotation de la dalle peut être défini.

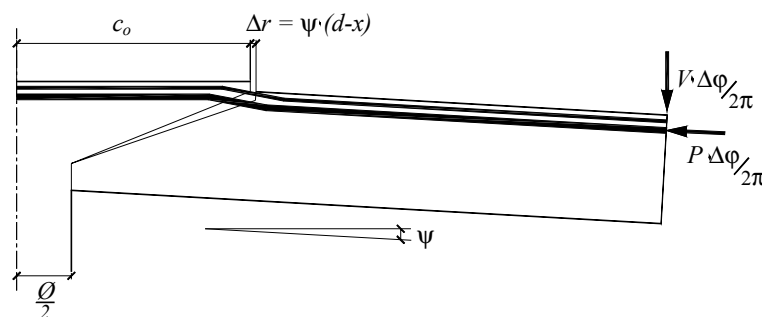


Figure 3: Déformations radiales de la dalle sous la charge P et la précontrainte F

Le critère de rupture est représenté sous forme de la courbe en traitillé dans la figure 4. Il peut être appliqué à tout type de dalle sans armature de poinçonnement. La rupture par poinçonnement se produit sous une combinaison de contraintes τ_R et de rotation ψ , à

l'intersection du critère de rupture et du diagramme charge-rotation (courbe en trait plein de la figure 4).

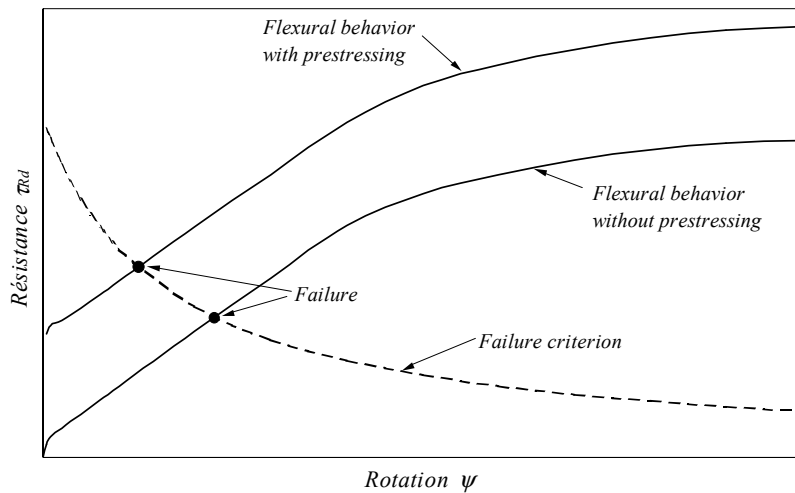


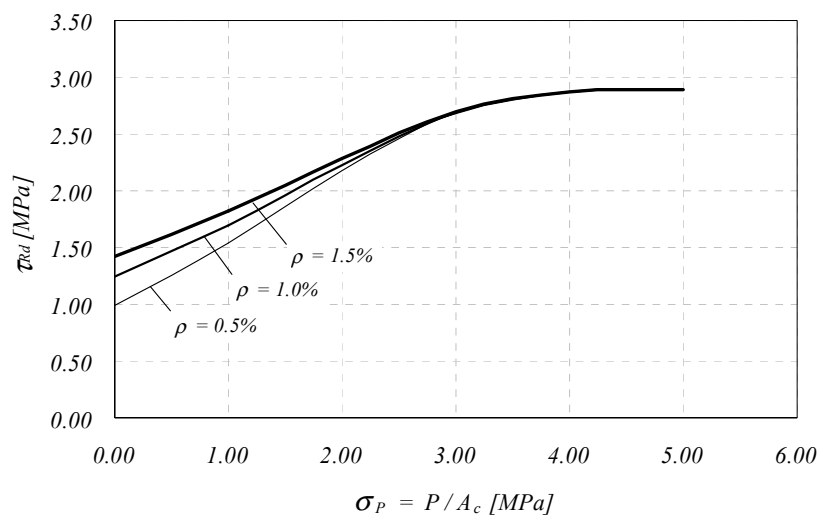
Figure 4: Comportement à la flexion avec et sans précontrainte et critère de rupture pour le poinçonnement

L'effet de la précontrainte, représenté schématiquement à la figure 3 a également été introduit dans le modèle de comportement. Comme le montre la figure 4, l'augmentation de rigidité induite par l'effort normal de la précontrainte conduit à une augmentation de la résistance. L'effet de l'inclinaison du câble n'est pas inclus dans les résultats présentés ici, mais peut également être pris en compte. De même, il est possible de modéliser le comportement d'une dalle avec des portées fortement asymétriques, comme c'est souvent le cas des ponts-dalles, et disposant d'une armature et d'une précontrainte également non symétriques.

4. Etudes paramétriques

La figure 5 montre l'influence importante de la composante d'effort normal de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement. Même pour un niveau d'effort normal modeste, l'accroissement de résistance est significatif, et s'ajoute à l'effet (non considéré ici) de l'inclinaison du câble dans la section.

Il est intéressant de constater que, puisque cet effet est négligé dans les versions de normes suisses actuelles SIA 162 [4], cela signifie qu'une réserve de résistance importante existe potentiellement dans les ponts précontraints.



Colonne : $\varnothing_{colonne} = 1.0 \text{ m}$

Dalle : $h_{dalle} = 1.0 \text{ m}$
 $d = 0.85 \text{ m}$,
 $\varnothing_{dalle} = 10 \text{ m}$

Matériaux : $f_c = 38 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1.5$
 $\gamma_s = 1.15$

Résistance :

τ_{rd} : effort tranchant sur un
périmètre de
poinçonnement à $d/2$ de la
colonne

Figure 5: Influence de la précontrainte et du taux d'armature sur la résistance au poinçonnement

5. Conclusions

L'effet positif de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement des dalles, et plus particulièrement des dalles de ponts a été mis en évidence. L'effet favorable de la précontrainte est plus important que ne l'indique la version actuelle de la norme SIA 162, parce que l'effort normal de compression agissant sur la section est négligé. Le modèle en cours de développement à l'EPFL permet de prendre en compte cet effet, ainsi que les configurations de portées, d'armature et de précontrainte non symétriques.

Bibliographie

- [1] **REGAN P.E.**, *Punching Shear in Prestressed Concrete Slab Bridges*, Engineering Structures Research group, Polytechnic of Central London, 230 pages, London, UK, **1983**.
- [2] **SUNDQUIST H.**, *Punching of Bridge Slabs with a Special Reference to Non-symmetrical Moment Distribution, Non-eccentric Column Load and Scale Effect*, International Workshop on Punching Shear Capacity of RC Slabs, pp. 375 - 386, Stockholm, Sweden, **2000**.
- [3] **HASSANZADEH G., SUNDQUIST H.**, *Strengthening Of Bridge Slabs On Columns*, Nordic concrete research, 12 pages, Stockholm, Sweden, **2000**.
- [4] **SIA 162**, *Ouvrages en béton*, Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes - Norme, Vol. 162, Zürich, Switzerland, **1993**.
- [5] **SIA 262**, *Betonbauten*, SIA, 76 pp., Zürich, Switzerland, **2002**.
- [6] **KINNUNEN S., NYLANDER H.**, *Punching of Concrete Slabs Without Shear Reinforcement*, Transactions of the Royal Institute of Technology, N°158, 112 p, Stockholm, Sweden, **1960**.
- [7] **GUANDALINI S., MUTTONI A., BURDET O.**, *Evaluation des règles de poinçonnement de la norme SIA 262*, rapport interne, Lausanne, Switzerland, to be published, **2002**.
- [8] **MUTTONI A., SCHWARTZ J.**, *Behavior of Beams and Punching in Slabs without Shear Reinforcement*, IABSE Colloquium, Vol. 62, pp. 703-708, Stuttgart, Germany, **1991**.