

# TRACÉS



NOUVEAUX PRODUITS

## Renforcement au poinçonnement

*.Modélisation du comportement à la rotation des planchers-dalles existants  
Procédé de construction avec des têtes en acier précontraintes*

sia

# Modélisation du comportement à la rotation des planchers-dalles existants

Dans le renforcement au poinçonnement, il convient de prendre en compte l'historique de la sollicitation. Les experts de F.J. Aschwanden argumentent en faveur des renforcements au poinçonnement précontraints installés a posteriori.

Albin Kenel et Stefan Lips

Basés sur des essais<sup>1</sup>, les modèles présentés dans la présente contribution concernant le comportement à la rotation et à l'effort tranchant des planchers-dalles renforcés a posteriori ont été validés et publiés<sup>2</sup>. Les règles de dimensionnement de la norme SIA 262:2013 *Construction en béton* actuelle reposent principalement sur des essais de poinçonnement réalisés dans un laps de temps restreint avec une charge ou une déformation à accroissement progressif jusqu'à la rupture (**fig. 1a**).

## Déterminer la courbe de décharge

Lors du calcul des éléments de renforcement pour un plancher-dalle existant, il convient de prendre par ailleurs en compte l'historique de la sollicitation et de la déformation, ce qui est rendu possible par une extension du modèle de calcul<sup>3</sup> de la norme SIA 262:2013. En règle générale, un renforcement au poinçonnement s'applique sur une dalle  $V_0$  non soumise à une charge. Cependant parce que la dalle a déjà éprouvé une charge utile<sup>4</sup>  $V_{max}$  plus élevée, la rotation  $\psi(V_0)$  liée à  $V_0$  se situe sur une courbe de décharge (**fig. 1b**). Ceci est important à noter, car, dans la littérature ou dans les outils de calcul,  $\psi(V_0)$  est justement indiqué souvent à tort sur la courbe de charge définie de manière normative. Le comportement à la décharge de la

dalle n'est certes pas réglé de manière normative. Toutefois, la littérature spécialisée propose à ce sujet certaines approches<sup>5</sup>. Le modèle de calcul de cette étude montre en particulier que l'activation d'un élément de renforcement passif nécessite d'importantes rotations supplémentaires ( $\Delta\psi$ ). L'historique des déformations dues à la charge (**fig. 1c**) permet de mettre en évidence les avantages de la précontrainte a posteriori d'un renforcement au poinçonnement. La précontrainte des têtes en acier a pour effet non seulement de soulager la dalle au niveau des colonnes, mais aussi d'accroître la section de contrôle. Si la dalle se retrouve sous l'effet d'une charge, elle aura une meilleure tenue à la déformation du fait de la dimension plus grande de la tête de colonne.

## Avantages de la précontrainte

Un renforcement sans précontrainte est activé seulement par d'importantes déformations supplémentaires de la dalle. Avec des armatures de poinçonnement installées a posteriori, la résistance augmente en effet du fait du renforcement de la zone de cisaillement critique (taille contrôlée de la fissure de cisaillement), mais sans gain en matière de rigidité. Pour ces raisons, il est recommandé de procéder à une décharge active du plancher-dalle, par exemple par la précontrainte

d'une tête en acier installée a posteriori, afin de garantir le renforcement de la dalle.

Avec une armature de poinçonnement installée a posteriori, généralement collée, la précontrainte s'applique difficilement. La force de l'armature de poinçonnement collée, appliquée par une précontrainte ou provoquée par des déformations de la dalle a posteriori, peut décliner à long terme du fait des déformations par fluage du mortier-colle. Il ne faut pas oublier en particulier que la déformation pour l'activation de l'élément est due en grande partie aux actions permanentes.

1 A. Kenel, S. Lips, Sécurité contre le poinçonnement des colonnes par les planchers-dalles et les radiers; in: Expertise pour F.J. Aschwanden, 28 p., 2014.

Au total quatre essais de poinçonnement à grande échelle avec des têtes en acier placées à l'extérieur ont été réalisés et toute une série de paramètres ont été étudiés, par exemple l'influence d'une fissure et d'une décharge dans une dalle non renforcée ou un ancrage insuffisant de l'armature de flexion.

2 A. Kenel, T. Keller: Tête en acier externe pour l'augmentation a posteriori de la résistance au poinçonnement des planchers-dalles existants; in: Expertise pour F.J. Aschwanden, 20 p., 2013.

3 A. Muttoni: Documentation SIA D0182, chapitre 5, Poinçonnement, 125 p., 2003.

4 Cette charge utile est généralement inconnue, mais elle peut être approchée par approximation pour certaines «situations de charge exceptionnelles».

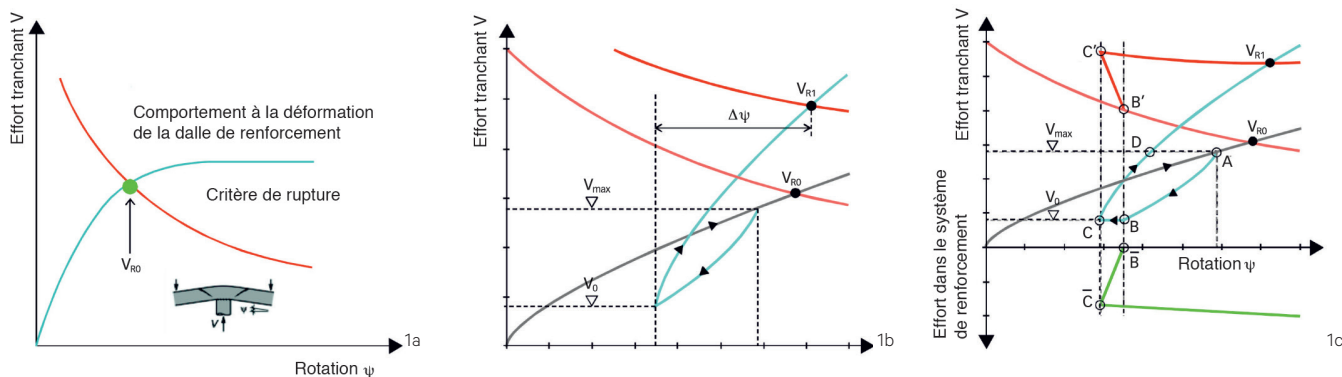
5 R. Koppitz, A. Kenel, T. Keller: Effect of load history on punching shear resistance of flat slabs, in: Engineering Structures, Vol. 90, 130-142, 2015.

**Comportement à la rotation et à l'effort tranchant**

Sur le bâtiment neuf (fig. 1a), on suppose que le comportement à la déformation de la dalle reste le même au niveau de la tête de colonne. Par contre, pour des têtes de colonne renforcées a posteriori (fig. 1b), l'historique des déformations doit être pris en compte, en particulier au moment de la charge maximale en utilisation ( $V_{max}$ ) et de la mise en place de l'élément de renforcement ( $V_0$ ). Les rotations ainsi provoquées se trouvent sur une courbe de décharge. L'activation d'un élément de

renforcement intervient seulement après la rotation  $\psi(V_0)$ , ce qui entraîne un raidissement de la dalle (courbe de rotation à l'effort tranchant à pente plus forte) avec renforts de têtes de colonnes avec des têtes en acier placées à l'extérieur. Avec des renforts de têtes de colonnes précontraints, il est possible d'affiner le modèle (fig. 1c). Lors de la première sollicitation, la rotation s'accroît jusqu'à une charge maximale (OA) lorsque la charge augmente. Si la dalle est soulagée de

sa charge, la rotation diminue le long de la courbe de décharge (AB). Si une tête en acier est insérée ou précontrainte à ce niveau de charge, la rotation de la dalle diminue ( $\overline{BC}$ ). Simultanément la résistance au poinçonnement augmente au niveau de la colonne ( $B'C'$ ) du fait de l'activation du système suite à la précontrainte. La résistance ultime de la dalle  $V_{R1}$  est atteinte quand la courbe de charge à plus forte pente de la dalle croise la courbe de résistance.



# Procédé de construction avec des têtes en acier précontraintes

Pour renforcer des planchers-dalles existants contre le poinçonnement, il est possible d'insérer a posteriori des têtes en acier sur la tête de colonne. Les auteurs décrivent comment réaliser une précontrainte afin d'assurer l'efficacité de l'élément.

*Albin Kenel et Stefan Lips*

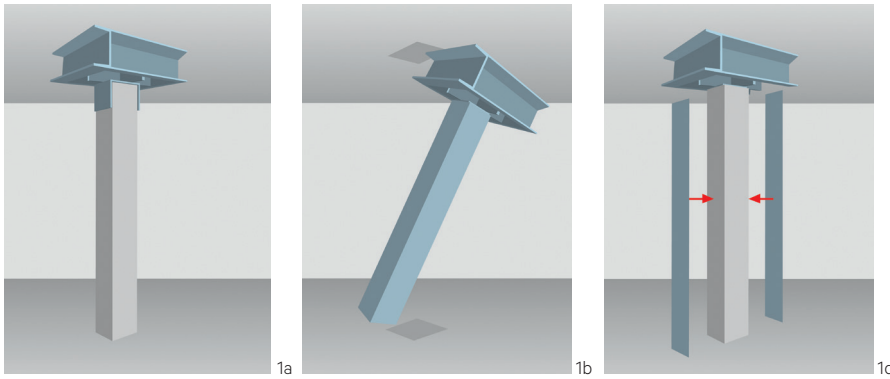
Les exigences vis-à-vis des bâtiments existants évoluent tout au long de leur vie du fait des variations d'utilisation ou des interventions dans leur structure porteuse. Par suite de l'augmentation des charges utiles ou des suppléments de charge ou encore du remplacement des murs par des colonnes, les dalles existantes doivent souvent être renforcées. Sur les planchers-dalles, il faut répartir des renforcements typiquement au niveau des colonnes, car c'est généralement là qu'une défaillance locale due au poinçonnement devient le critère de calcul déterminant. L'exigence d'amélioration

du comportement sous charge résulte aussi des dispositions en partie plus sévères des normes actuelles concernant les structures porteuses comme la norme sur le béton SIA 262:2013 ou celle du fib Model Code 2010.

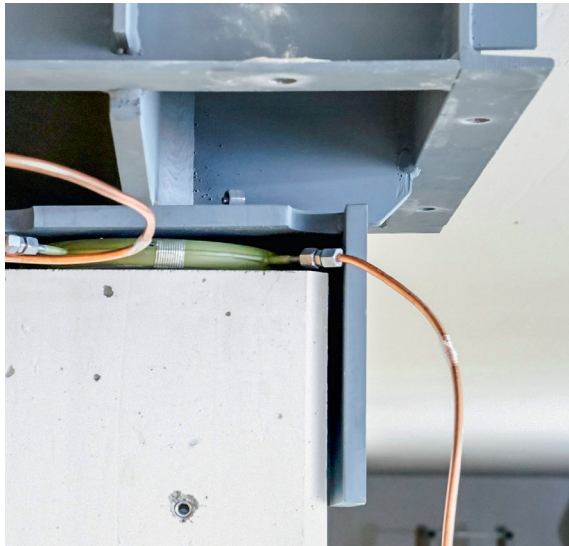
La tête en acier avec précontrainte placée à l'extérieur constitue un élément possible de renforcement a posteriori de la dalle existante au niveau de la tête de colonne. Elle peut être mise en place de trois manières différentes (fig. 1) : sur la première version, la dalle est provisoirement étayée, la tête de colonne séparée et remplacée par une tête en acier.

Dans une autre solution, la dalle est provisoirement étayée, la colonne existante retirée et remplacée par une colonne neuve avec tête en acier intégrée. Cette option sera privilégiée si la colonne existante présente d'autres insuffisances. La corrosion de l'armature au niveau du pied de la colonne ou un faible enrobage de l'armature réduit la durabilité tandis que les risques d'éclatement du béton font descendre la sécurité incendie de la colonne en dessous d'un niveau acceptable. Il devient alors nécessaire de remplacer la colonne. Dans la troisième version, la colonne est conservée et la tête en acier

## RENFORCEMENT AU POINÇONNEMENT



- 1 Trois procédés d'installation d'une tête en acier précontrainte a posteriori: remplacement de la tête de colonne (1a), remplacement de la colonne par une colonne mixte acier-béton avec tête en acier (1b), conservation de la colonne (1c).
- 2 Deux procédés de précontrainte de la tête en acier: au moyen d'une presse perdue entre la tête de colonne et la tête en acier (2a) ou avec des vis le long de la poutrelle de rive (2b). Plus rarement ce sont des supports de tête complétés au pied de la colonne qui sont comprimés.



est installée, appuyée et précontrainte autour d'elle. L'étagage provisoire de la dalle n'est ainsi pas nécessaire.

### Précontrainte de la tête en acier

Il est recommandé d'effectuer une précontrainte de la tête en acier contre la dalle pour activer le renforcement en toute sécurité. Il existe trois modèles différents. La précontrainte est réalisée au moyen d'une presse perdue. La déformation et la fixation en force de la tête ainsi obtenue dans le dessous de la dalle sont assurées par un garnissage ciblé et contrôlé sur le dessus de la tête (**fig. 2a**). Une autre solution est d'exercer une précontrainte sur la tête en acier avec le dessous de la dalle le long de la poutrelle de rive au moyen de vis pour assemblage précontraint. Il est ainsi possible de compenser les irrégularités et la précontrainte peut être adaptée a posteriori (**fig. 2b**). Dans de rares cas, la colonne mixte est précontrainte et doublée au niveau du pied au moyen d'une bride emboutie temporaire ou encore elle est précontrainte au niveau du pied avec une presse perdue.

### Armature de flexion et protection incendie

L'expérience pratique montre que souvent l'armature de flexion n'est pas ancrée ou enfoncée assez profondément au niveau de la colonne. Cet inconvénient peut, en fonction du concept de renforcement, s'aggraver si la surface supportée s'enfonce davantage dans le terrain ou si l'évolution du moment subit une influence défavorable. Par conséquent l'armature de flexion de la dalle sera éventuellement complétée a posteriori.<sup>1</sup>

La protection incendie d'une tête en acier est assurée par un enclouement en plaques de plâtre, des peintures ignifuges intumescents ou un enduit projeté. Pour l'isolation thermique, il est important d'éviter que la chaleur n'atteigne par des voies parallèles les éléments de construction porteurs éventuellement sensibles à la chaleur. Indépendamment du modèle, une précontrainte facile à contrôler ou le refus d'utiliser le collage

ou le gunitage garantit une précontrainte durable sans relâchement.

*D<sup>r</sup> Albin Kenel, conseiller technique de F.J. Aschwanden, responsable du département Technique de construction de la Haute Ecole de Lucerne; albin.kenel@hslu.ch*

*D<sup>r</sup> Stefan Lips, responsable technique du département Recherche et développement de F.J. Aschwanden; s.lips@aschwanden.com*

#### IMPRESSUM

##### Editeur

espazium – Les éditions de la culture du bâti  
Staffelstrasse 12, 8045 Zurich  
tél. 044 380 21 55  
Katharina Schober, directrice des éditions  
katharina.schober@espazium.ch

##### Rédaction

TRACÉS Bulletin technique de la Suisse romande  
Rue de Bassenges 4, 1024 Ecublens  
tél. 021 693 20 98  
www.espazium.ch/traces

Impression / mise en page  
Stämpfli SA, Berne

<sup>1</sup> A. Kenel, T. Keller, *Tête en acier externe pour l'augmentation a posteriori de la résistance au poinçonnement des planchers-dalles existants*, Expertise, 20 p., 2013.