

DURA
Einführung in die Projektierung
und Bemessung von Querkraft
und Durchstanzen

DURA
Introduction à l'élaboration de projets
et au dimensionnement du
cisaillement et du poinçonnement



1. Einleitung	Seite 2
1.1 Grundlagen	2
1.2 Anwendung	2
1.3 Nachweis der Tragsicherheit	3
1.4 Bemessungswert der Beanspruchung	4
1.5 Einwirkungen aus behinderter oder aufgezwungener Verformungen	4
2. Bemessungsgrundlagen Querkraft	5
2.1 Querkraftwiderstand von Bauteilen ohne Querkraftbewehrung	5
2.2 Querkraftwiderstand von Bauteilen mit Querkraftbewehrung	5
3. Bemessungsgrundlagen Durchstanzen	7
3.1 Nachweisschnitt	7
3.2 Näherungsstufen	8
3.3 k_e -Wert / Momente infolge Stützeinspannung	8
3.4 Durchstanzwiderstand von Platten ohne Durchstanzbewehrung	9
3.5 Durchstanzwiderstand von Platten mit Durchstanzbewehrung	9
3.6 Verformungsbedingungen	10
3.7 Aussparungen	10
3.8 Vorspannung	10

1. Introduction	Page 2
1.1 Bases	2
1.2 Utilisation	2
1.3 Vérification de la sécurité structurale	3
1.4 Valeur de calcul de la sollicitation	4
1.5 Actions provenant de déformations entravées ou forcées	4
2. Bases de dimensionnement de l'effort tranchant	5
2.1 Résistance à l'effort tranchant d'éléments d'ouvrage sans armature d'effort tranchant	5
2.2 Résistance à l'effort tranchant d'éléments d'ouvrage avec armature d'effort tranchant	5
3. Bases de dimensionnement du poinçonnement	7
3.1 Section de contrôle	7
3.2 Niveau d'approximation	8
3.3 Valeur k_e / moments suite à l'encastrement de colonnes	8
3.4 Résistance au poinçonnement des dalles sans armature de poinçonnement	9
3.5 Résistance au poinçonnement des dalles avec armature de poinçonnement	9
3.6 Conditions de déformation	10
3.7 Évidements	10
3.8 Précontrainte	10

1. Einleitung

1.1 Grundlagen

Die Bemessung der Bewehrungen des DURA Systems basiert auf der Grundlage folgender Normen:

- Norm SIA 260: Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- Norm SIA 261: Einwirkungen auf Tragwerke
- Norm SIA 262: Betonbau
- Norm SIA 263: Stahlbau
- Norm SIA 264: Stahl-Beton-Verbundbau

Die F.J. Aschwanden AG ist aufgrund eigener Forschung und Entwicklung bemüht, ihre Produkte und Dienstleistungen auf dem neusten Stand der Technik anbieten zu können. Dank umfangreicher Versuche an technischen Hochschulen, einem fundierten technischen Gutachten und infolge einer umfangreichen Produktpalette können für jede Bemessungssituation, sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht, optimale Lösungen angeboten werden. Diese Lösungen können mit minimalen Aufwand mithilfe der Aschwanden Bemessungssoftware bestimmt werden. Da in der Bemessungssoftware nicht nur eine Lösung, sondern eine Auswahl an möglichen Lösungen präsentiert wird, kann der Ingenieur die für ihn bezüglich Widerstand, Verformungsverhalten und konstruktiver Durchbildung beste Variante auswählen.

Wie üblich stehen Bemessungssoftware, Aschwanden-App und Aschwanden Engineering & Services dem Anwender kostenlos zur Verfügung.

1.2 Anwendung

Das DURA System kommt vorwiegend in durchstanzgefährdeten Bereichen von Flachdecken, Brückenplatten und Bodenplatten sowie bei schubbeanspruchten Bauteilen wie Platten und Balken zur Anwendung. Für die Durchstanzverstärkung kommen DURA Bügelkörbe, DURA S-Elemente oder DURA Stahlpilze zum Einsatz. Je nach Bemessungssituation empfiehlt sich eine Kombination der Stahlpilze oder der S-Elemente mit Bügelkörben. Bei Schubverstärkungen kommen generell die DURA Bügelkörbe zur Anwendung.

1. Introduction

1.1 Bases

Le dimensionnement des armatures du système DURA est basé sur les normes suivantes:

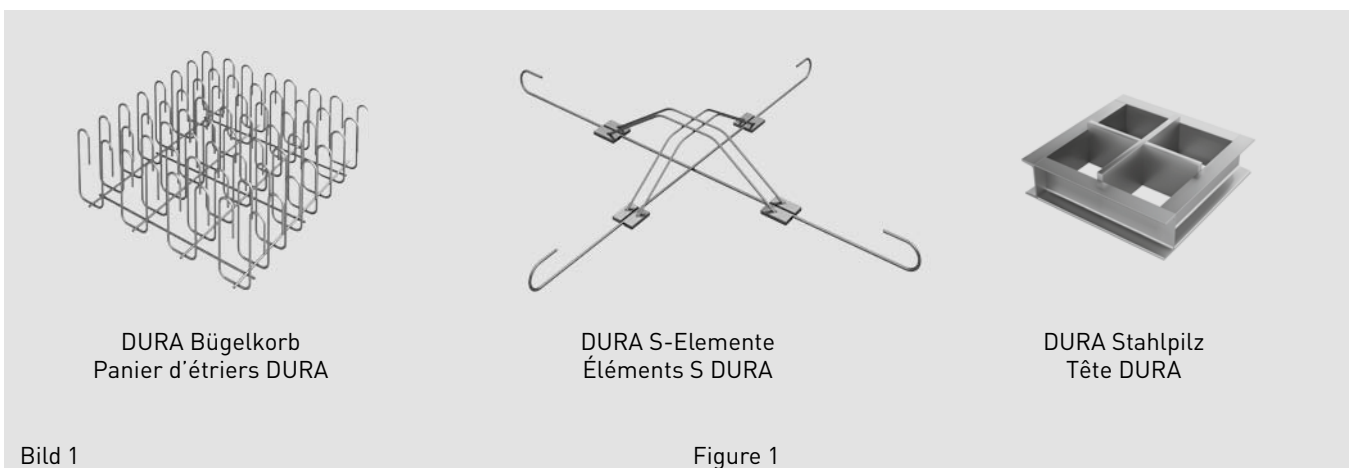
- Norme SIA 260: Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
- Norme SIA 261: Actions sur les structures porteuses
- Norme SIA 262: Construction en béton
- Norme SIA 263: Construction en acier
- Norme SIA 264: Construction mixte acier-béton

S'appuyant sur son propre département de recherche et développement, l'entreprise F.J. Aschwanden SA s'efforce de toujours proposer des produits et services conformes au niveau le plus récent de la technique. De vastes essais dans des écoles techniques supérieures, une expertise technique bien fondée et une palette complète de produits permettent de proposer des solutions optimales pour toute situation de dimensionnement tant du point de vue technique qu'économique. Ces solutions pourront être définies à l'aide du logiciel de dimensionnement Aschwanden avec un minimum d'effort. Le logiciel de dimensionnement proposant tout un choix de solutions possibles, l'ingénieur peut sélectionner la variante la plus adaptée par rapport à la résistance, au comportement à la déformation et à la mise au point de la construction.

Comme toujours, logiciel de dimensionnement, app Aschwanden et Aschwanden Engineering & Services sont gratuitement à la disposition de l'utilisateur.

1.2 Utilisation

Le système DURA est surtout utilisé dans les zones exposées au poinçonnement de planchers-dalles, de dalles de pont et de radiers ainsi qu'au niveau des éléments de construction sollicités par le cisaillement comme les dalles et les poutres. Des paniers d'étriers DURA, des éléments S DURA ou des têtes en acier DURA serviront pour le renforcement au poinçonnement. Selon la situation de dimensionnement, il peut être utile de combiner des têtes en acier ou des éléments S avec des paniers d'étriers. Pour le renforcement au cisaillement, on utilise en général des paniers d'étriers DURA.



1.3 Nachweis der Tragsicherheit

Beim Nachweis der Tragsicherheit gegen Schubversagen und Durchstanzen ist stets der Grenzzustand Typ 2 zu untersuchen (SIA 260, 4.4.3.1). In seltenen Fällen ist zusätzlich der Grenzzustand vom Typ 4 (Ermüdungsfestigkeit) nachzuweisen.

Der Bemessungswert der Querkraft bzw. Durchstanzkraft darf den Tragwiderstand nicht überschreiten. Für den Grenzzustand Typ 2 gilt nach SIA 260, 4.4.3.3 folgendes Nachweisformat

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

Der Bemessungswert der Auswirkungen – in diesem Fall der Bemessungswert der Querkraft bzw. Durchstanzkraft – ist nach SIA 260, 4.4.3.4 zu bestimmen ($E_d = V_d$).

1.3 Vérification de la sécurité structurale

Lors de la vérification de la sécurité structurale vis-à-vis de la rupture par cisaillement et du poinçonnement, on contrôlera toujours l'état-limite de type 2 (SIA 260, 4.4.3.1). Dans de rares cas, l'état-limite de type 4 (résistance à la fatigue) devra en outre être vérifié.

La valeur de dimensionnement d'effort tranchant et de l'effort de poinçonnement ne doit pas dépasser la résistance. Pour l'état-limite de type 2, on appliquera selon SIA 260, 4.4.3.3 le format de vérification suivant:

La valeur de calcul des effets des actions – dans ce cas la valeur de calcul de l'armature d'effort tranchant et de l'effort de poinçonnement – sera déterminée selon SIA 260, 4.4.3.4 ($E_d = V_d$).

1.4 Bemessungswert der Beanspruchung

Bei üblichen Hochbauten ergibt sich

$$V_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

(3)

mit den Lastbeiwerten $\gamma_G = 1.35$ für die ständige Einwirkung und $\gamma_{Q1} = 1.5$ für die veränderliche Einwirkung (Nutzlast). Falls weitere Einwirkungen zu berücksichtigen sind, ist (3) mit der Summe $\sum(\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$ zu ergänzen. Die Reduktionsbeiwerte ψ_{0i} sind der Norm SIA 260, Anhang A, Tabelle 2 zu entnehmen. Bei der Bestimmung dürfen Einwirkungen innerhalb des Nachweisschnittes (z.B. Eigenlasten, Nutzlasten, Sohldruckspannungen und Umlenkkräfte aus Vorspannung) in Abzug gebracht werden. Die günstig wirkenden Umlenkkräfte aus Vorspannung dürfen daher in (3) mit $\sum(P_\infty \sin \beta_p)$ in Abzug gebracht werden (Bild 2). β_p bezeichnet die Neigung der Spannglieder beim Nachweisschnitt gegenüber der Plattenmittelebene.

1.4 Valeur de calcul de la sollicitation

Pour les bâtiments usuels, on a

avec les facteurs de charge $\gamma_G = 1.35$ pour l'action permanente et $\gamma_{Q1} = 1.5$ pour l'action variable (charge d'exploitation). Si d'autres actions sont à prendre en considération, on complétera (3) avec la somme $\sum(\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$. Les coefficients de réduction ψ_{0i} figurent dans la norme SIA 260, annexe A, tableau 2. Lors du calcul, on pourra déduire les actions agissant à l'intérieur de la section de contrôle (p. ex. poids propres, charges d'exploitation, pressions du sol sur les semelles de fondation et forces de déviations induites de la précontrainte). Les forces de déviation induites par la précontrainte, qui agissent favorablement, peuvent être déduites dans (3) avec $\sum(P_\infty \sin \beta_p)$ (figure 2). β_p désigne l'inclinaison (par rapport au plan de la dalle) des câbles de précontrainte au droit de la section de contrôle.

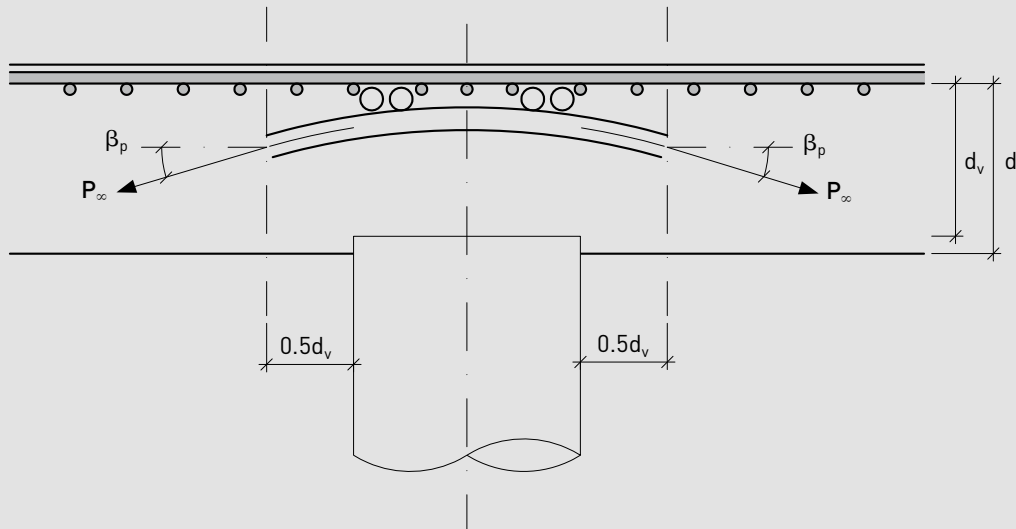


Bild 2: Günstige Wirkung der Umlenkkräfte aus Vorspannung

Figure 2: Effet favorable des forces de déviation induites par la précontrainte

1.5 Einwirkungen aus behinderter oder aufgezwungener Verformungen

Je nach Bemessungssituation bedingt der Querkraft- bzw. Durchstanznachweis die Berücksichtigung von Einwirkungen infolge behinderter oder aufgezwungener Verformungen. Gemäss SIA 260, 4.2.7 muss untersucht werden, ob für den Querkraft- bzw. Durchstanznachweis Auswirkungen infolge behinderter oder aufgezwungener Verformungen als zusätzliche Begleiteinwirkung – mit ihrem seltenen Wert – zu berücksichtigen sind. Diese Einwirkungen können unter anderem infolge von differenziellen Setzungen, Temperaturdifferenzen oder Schwinden und Kriechen entstehen. Die Einwirkungen infolge behinderter oder aufgezwungener Verformungen können zu zusätzlichen Bemessungslasten Δv bzw. ΔV und zu zusätzlichen Deformationen $\Delta \varepsilon$ bzw. Rotationen $\Delta \psi$ führen.

1.5 Actions provenant de déformations entravées ou forcées

Selon la situation de dimensionnement, la vérification du cisaillement ou du poinçonnement nécessite la prise en compte des actions issues de déformations entravées ou forcées. Conformément à SIA 260, 4.2.7, il faut vérifier s'il faut prendre en compte des actions induites de déformations entravées ou forcées comme effet d'accompagnement supplémentaire – avec sa valeur rare – pour la vérification du cisaillement et du poinçonnement. Ces effets peuvent entre autres naître de tassements différentiels, de différences de températures ou de retraites et fluages. Les efforts faisant suite à des déformations entravées ou forcées peuvent conduire à des charges de dimensionnement supplémentaires Δv ou ΔV et à des déformations $\Delta \varepsilon$ ou rotations $\Delta \psi$ supplémentaires.

2. Bemessungsgrundlagen Querkraft

2.1 Querkraftwiderstand von Bauteilen ohne Querkraftbewehrung

Nach SIA 262, 4.3.3.2.1 wird der Querkraftwiderstand ohne Schubbewehrung normalerweise im Abstand von $d_v/2$ vom Auflager entfernten Schnitt ermittelt. Der Querkraftwiderstand ohne Schubbewehrung errechnet sich aus einem Faktor k_d , welcher von der Bauteilgrösse, der Stahldehnung in der Bewehrung und des Grösstkorndurchmessers abhängt (SIA 262, 4.3.3.2.1). Weitere Faktoren zur Bestimmung des Widerstandes sind der Bemessungswert der Schubspannungsgrenze und die wirksame statische Höhe für die Aufnahme der Querkraft.

Die Dehnung ε_v kann anhand des Bemessungswertes der Fliessdehnung der Biegebewehrung und dem Verhältnis des Biegemomentes und des Biege­widerstandes bestimmt werden. Falls plastische Verformungen der Biegebewehrung nicht ausgeschlossen werden können, ist ε_v gleich dem 1.5-fachen des Bemessungswertes der Fliessdehnung der Biegebewehrung zu setzen (SIA 262, 4.3.3.2.2). Dies ist der Fall, wenn im Bemessungsschnitt m_d nahezu m_{Rd} erreicht oder wenn der Bemessungsschnitt in einer Zone liegt, in der sich beim Eintreten von Schnittkraftumlagerungen plastische Biege­verformungen ergeben können.

Die Ziffern 4.3.3.2.3 bis 4.3.3.2.5 erhalten Anweisungen zur Bestimmung von ε_v für die folgenden speziellen Situationen:

- Bei abgestufter Längsbewehrung im Bereich $\leq d$ vom Nachweisschnitt
- Bei Abweichung zwischen der Hauptrichtung der Querkraft und der Richtung der Hauptbewehrung
- Bei vorgespannten Platten

Falls die Bedingung

$$V_d \leq V_{Rd} \quad [2]$$

nicht eingehalten ist, wird eine Querkraftbewehrung benötigt.

2.2 Querkraftwiderstand von Bauteilen mit Querkraftbewehrung

Grundlage für die Bemessung ist ein Druckspannungsfeld mit variabler Neigung, welches in vertikaler Richtung von DURA Bügeln durchsetzt ist. Die Druckfeldneigung darf in erster Näherung innerhalb der Grenzen von $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq 45^\circ$ gewählt werden. Im Normalfall beträgt die minimale Druckfeldneigung $\alpha_{\min} = 30^\circ$. Bei bedeutenden Druckkräften im Steg beträgt $\alpha_{\min} = 25^\circ$, und wenn Zugnormalkräfte im Steg wirken oder plastische Gurtverformungen zu erwarten sind, gilt $\alpha_{\min} = 40^\circ$. Für eine genauere Untersuchung kann die minimale Druckfeldneigung gemäss SIA 262, 4.3.3.3.3 anhand der Längsdehnung in Stegmitte ε_x ermittelt werden.

Tragwiderstand

Der Tragwiderstand ergibt sich aus dem geringeren Wert des Widerstandes der Querkraftbewehrung und des Widerstandes des Druckspannungsfeldes. Der Widerstand der DURA Querkraftbewehrung ergibt sich aus SIA 262, Gleichung (43). Der Widerstand des Druckfeldes wird anhand SIA 262, Gleichung (45) bestimmt. Dabei darf der Reduktionsbeiwert k_c näherungsweise gemäss SIA 262, 4.2.1.7 bestimmt werden. Bei einer detaillierten Untersuchung kann der Reduktionswert k_c gemäss SIA 262, 4.3.3.4.8 mithilfe der Längsdehnung in Stegmitte ε_x ermittelt werden.

2. Bases de dimensionnement de l'effort tranchant

2.1 Résistance à l'effort tranchant d'éléments d'ouvrage sans armature d'effort tranchant

D'après SIA 262, 4.3.3.2.1, la résistance à l'effort tranchant sans armature d'effort tranchant se mesure normalement en déterminant la valeur dans l'écartement de $d_v/2$ dans la coupe éloignée de l'appui. La résistance à l'effort tranchant sans armature d'effort tranchant se calcule à partir d'un facteur k_d qui dépend de la taille de la pièce de construction, de l'allongement de l'acier dans l'armature et du diamètre maximal du granulat (SIA 262, 4.3.3.2.1). D'autres facteurs à prendre en compte pour déterminer la résistance sont la valeur de calcul de la contrainte tangentielle et la hauteur statique efficace pour l'absorption de l'effort tranchant.

L'allongement ε_v peut être déterminé sur la base de la valeur de calcul de l'allongement au fluage de l'armature de flexion et du rapport entre le moment de flexion et la résistance à la flexion. S'il n'est pas possible d'exclure des déformations plastiques de l'armature de flexion, il faut partir de ε_v comme étant égal à 1.5 fois la valeur de calcul de l'allongement au fluage de l'armature de flexion (SIA 262, 4.3.3.2.2). C'est le cas quand dans la section de dimensionnement m_d atteint quasiment m_{Rd} ou quand la section de dimensionnement se trouve dans une zone où, en cas de déplacements d'efforts intérieurs, des déformations plastiques dues à la flexion peuvent se produire.

Les chiffres 4.3.3.2.3 à 4.3.3.2.5 contiennent des consignes sur la détermination de ε_v pour les situations spéciales suivantes:

- En cas d'armature longitudinale en escalier dans la partie $\leq d$ de la section de contrôle
- En cas de différence entre la direction principale de l'effort tranchant et la direction de l'armature principale
- En cas de dalles précontraintes

Si la condition

n'est pas respectée, il faut prévoir une armature d'effort tranchant.

2.2 Résistance à l'effort tranchant d'éléments d'ouvrage avec armature d'effort tranchant

La base de calcul est un champ de contrainte de compression avec inclinaison variable qui est traversé par des étriers DURA en direction verticale. L'inclinaison du champ peut être choisie en première approximation au sein des limites de $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq 45^\circ$. Dans le cas normal, l'inclinaison du champ minimale est $\alpha_{\min} = 30^\circ$. En présence d'importantes forces de compression dans l'âme, $\alpha_{\min} = 25^\circ$. Si des forces normales de traction agissent dans l'âme ou s'il faut s'attendre à des déformations plastiques des membrures, $\alpha_{\min} = 40^\circ$. Pour une étude plus précise, l'inclinaison du champ minimale peut être déterminée conformément à SIA 262, 4.3.3.3.3 sur la base de l'allongement longitudinal au milieu de l'âme ε_x .

Résistance

La résistance résulte de la valeur la plus basse de la résistance de l'armature d'effort tranchant et de la résistance du champ de contrainte de compression. La résistance de l'armature d'effort tranchant DURA est obtenue à partir de SIA 262, équation (43). La résistance du champ de compression est déterminée sur la base de SIA 262, équation (45). Le coefficient de réduction k_c peut être défini par approximation conformément à SIA 262, 4.2.1.7. Pour une étude

Bekanntlich bewirkt die Querkraft eine Längszugkraft, die je zur Hälfte vom Druck- und Zuggurt aufzunehmen ist (Ziffer 4.3.3.4.12). Der zugehörige Nachweis wird hier mit der bewährten Methode der verschobenen Momentendeckungslinie geführt. Dabei wird der Biege­widerstand unter Berücksichtigung der Längszugkraft infolge der Querkraft abgemindert $m_{Rd,red}$. Für den Biegenachweis muss folgende Bedingung erfüllt werden: $|m_d| \leq m_{Rd,red}$.

Berücksichtigung der Vorspannung

In SIA 262 wird der Einfluss der Vorspannung in Ziffer 4.3.3.4.9 als zusätzlicher Widerstand in der Form $\Delta V_{Rd,p} = P \sin(\beta_p)$ dargestellt. Andererseits ist es üblich und wird in SIA 262, 4.1.5.1.4 ebenfalls empfohlen, Zwangsschnittgrößen aus Vorspannung für den Grenzzustand der Tragsicherheit zu berücksichtigen. Die Zwangsschnittgrößen werden jedoch im Nachweis stets auf der Seite der Beanspruchung berücksichtigt. Es ist daher konsequent, den gesamten Querkrafteinfluss der Vorspannung auf der Seite der Beanspruchung zu erfassen.

Querbewehrung

Die Einleitung der Zug- und Druckkräfte in die Platte bei Plattenbalken oder die Konzentration von DURA Körben auf einzelne Streifen bei Platten erfordert den Nachweis der Bewehrung quer zur Haupttragrichtung. Der Nachweis kann auf der Grundlage eines Flanschfachwerkmodells oder mit Hilfe von Spannungsfeldern erfolgen. Empfohlene Ausbreitwinkel für die Druckkräfte in den Gurten sind für Druckflansche $25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ und für Zugflansche $35^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$.

Verbügelung der Druckzone

Da in Gegenwart grosser Querkräfte oft auch grosse Biegebeanspruchungen mit entsprechend grossen Druckgurtkräften vorliegen, ist eine Druckbewehrung oft unumgänglich. Damit die Duktilität und der Widerstand auch nach dem Abplatzen der Bewehrungsüberdeckung erhalten bleiben und das Ausknicken der Druckbewehrung verhindert wird, ist eine enge Verbügelung erforderlich (SIA 262, 4.2.1.9). Da die Bügel der DURA Körbe die Längsbewehrung umschliessen ergibt sich eine ideale Rückhalteverankerung, welche das Ausknicken der Druckbewehrung verhindert. Dies ist ein nicht zu unterschätzender Nutzen des DURA Querkraftbewehrungssystems.

Die Hauptzug- und die Druckbewehrung sind in diesem Fall in der 2. und 3. Lage anzuordnen. In Bereichen hoher Druckgurtkräfte und möglicher plastischer Gelenke wird infolge der dichten Verbügelung die Duktilität und damit das Tragverhalten des Systems wesentlich verbessert.

detailliée, la valeur de réduction k_c peut être définie conformément à SIA 262, 4.3.3.4.8 à l'aide de l'allongement longitudinal au milieu de l'âme ϵ_x .

Comme on le sait, l'effort tranchant provoque une force de traction longitudinale à absorber moitié moitié par la membrure comprimée et la membrure tendue (chiffre 4.3.3.4.12). La vérification correspondante est effectuée avec la méthode éprouvée de la ligne de couverture des moments décalée. La résistance à la flexion est diminuée en tenant compte de la force de traction longitudinale suite à l'effort tranchant $m_{Rd,red}$. Pour la vérification de la flexion, il faut remplir la condition suivante: $|m_d| \leq m_{Rd,red}$.

Prise en compte de la précontrainte

Dans SIA 262, l'influence de la précontrainte est présentée au chiffre 4.3.3.4.9 comme résistance supplémentaire sous la forme $\Delta V_{Rd,p} = P \sin(\beta_p)$. Autrement, il est d'usage et également recommandé dans SIA 262, 4.1.5.1.4 de prendre en compte les forces contraignantes issues de la précontrainte pour l'état-limite de la sécurité structurale. Les forces contraignantes sont toujours prises en compte du côté de la sollicitation dans la vérification. Il est donc logique de saisir l'ensemble de l'influence de l'effort tranchant de la précontrainte du côté de la sollicitation.

Armature transversale

L'introduction de forces de traction et de compression dans la dalle avec les poutres en T ou la concentration de paniers DURA sur certaines bandes de dalles exige le contrôle de l'armature transversalement par rapport à l'orientation porteuse principale. La vérification peut être faite sur la base d'un modèle d'aile en treillis ou à l'aide de champs de contrainte. Des angles de diffusion recommandés pour les forces de compression dans les membrures sont $25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ pour des ailes de compression et $35^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$ pour des ailes de traction.

Étriers dans la zone de compression

Comme en présence d'efforts tranchants élevés il y a souvent de fortes sollicitations de flexion avec des forces de membrure comprimée fortes elles aussi, il faut souvent une armature de compression. Pour que la ductilité et la résistance restent préservées même après l'éclatement de l'enrobage d'armature et pour empêcher le flambage de l'armature de compression, il faut disposer des étriers peu espacés (SIA 262, 4.2.1.9). Comme les étriers des paniers DURA entourent l'armature longitudinale, on obtient un ancrage de retenue idéal qui empêche le flambage de l'armature de compression. C'est un avantage non négligeable du système d'armature d'effort tranchant DURA.

Dans ce cas, l'armature de traction principale et l'armature de compression sont à disposer dans le 2^e et 3^e lit. Dans les zones où les forces de membrure comprimée sont élevées et des rotules pastiques possibles, la ductilité et donc le comportement structural du système sont nettement améliorés grâce à un réseau dense d'étriers.

3. Bemessungsgrundlagen Durchstanzen

3.1 Nachweisschnitt

Der Durchstanznachweis erfolgt für den im Abstand $0.5d_v$ von der gestützten Fläche verlaufenden Schnitt mit dem Umfang u [SIA 262, Figuren 20 bis 23 und 25]. Bei rechteckigen Stützen tritt in den Eckbereichen die Querkraftbeanspruchung konzentriert auf. Bei Seitenlängen über $3d_v$ ist daher der Umfang des Nachweisschnittes zu reduzieren (Bild 3). Bei Stützen mit Durchstanzbewehrung werden weitere Umfänge für Nachweisschnitte definiert wie z.B. ausserhalb des Pilzes, der S-Elemente und ausserhalb der Körbe.

Die Betonpressung über der Auflagerfläche wird unter Beachtung der Begrenzung für örtliche Pressung nach SIA 262, 4.2.1.10 und 4.2.1.11, begrenzt.

3. Bases de dimensionnement du poinçonnement

3.1 Section de contrôle

La vérification du poinçonnement sera effectuée sur une section de périmètre u située à distance $0.5d_v$ de la surface d'appui [SIA 262, figures 20 à 23 et 25]. Pour les colonnes rectangulaires, la sollicitation de cisaillement est concentrée dans les zones d'angle. Le périmètre de la section de contrôle sera par conséquent réduit en cas de longueurs de côté supérieures à $3d_v$ (figure 3). Pour les colonnes avec armature de poinçonnement, on définira pour les sections de contrôle des périmètres supplémentaires à l'extérieur de la tête, des éléments S et des paniers.

La pression du béton sur la surface d'appui sera limitée en tenant compte de la limitation pour pression locale selon SIA 262, 4.2.1.10 et 4.2.1.11.

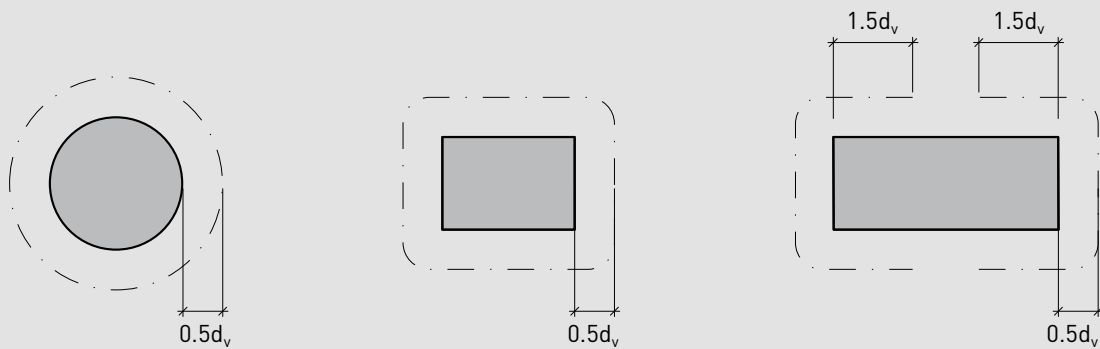


Bild 3: Nachweisschnitt bei Innenstützen

Figure 3: Section de contrôle pour colonnes intérieures

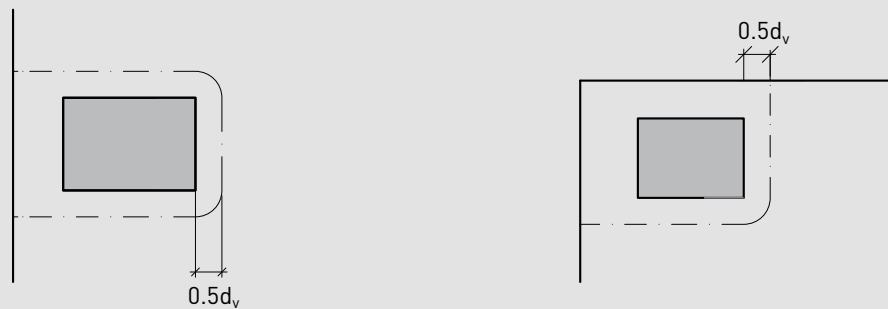


Bild 4: Nachweisschnitt bei Rand- und Eckstützen

Figure 4: Section de contrôle pour colonnes d'angle et de bord

3.2 Näherungsstufen

Die Norm SIA 262 unterscheidet drei Näherungsstufen für die Durchstanzbemessung. Näherungsstufe 1 dient zur Vor-dimensionierung, Näherungsstufe 2 zur Bemessung von Flachdecken mit regelmässiger Geometrie ($0.5 \leq l_x/l_y \leq 2.0$) und Näherungsstufe 3 für Flachdecken mit unregelmässiger Geometrie und für detaillierte Untersuchungen, wie z.B. bei der Überprüfung von bestehenden Bauten. Der Unterschied der verschiedenen Näherungsstufen liegt in der Bestimmung der Rotation nach SIA 262, 4.3.6.4.1 bzw. Gleichung (59).

$$\text{(SIA 262, Gl. (59), Näherungsstufe 1)} \quad \psi = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \quad \text{(SIA 262, Eq. (59), niveau d'approximation 1)}$$

$$\text{(SIA 262, Gl. (59), Näherungsstufe 2)} \quad \psi = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \quad \text{(SIA 262, Eq. (59), niveau d'approximation 2)}$$

$$\text{(SIA 262, Gl. (59), Näherungsstufe 3)} \quad \psi = 1.2 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \quad \text{(SIA 262, Eq. (59), niveau d'approximation 3)}$$

Dabei gilt für Näherungsstufe 1, dass der Radius zum Momentennullpunkt $r_s = 0.22 l$ (SIA 262, 4.3.6.4.4) und der Mittelwert der Bemessungsmomente im Stützstreifen m_{sd} gleich dem Biege-widerstand m_{Rd} ist. Bei Näherungsstufe 2 kann ebenfalls der Radius zum Momentennullpunkt als $r_s = 0.22 l$ (SIA 262, 4.3.6.4.4) angenommen werden. Der Mittelwert der Bemessungsmomente im Stützstreifen können für Innen-, Rand- und Eckstützen näherungsweise anhand SIA 262, 4.3.6.4.7 bestimmt werden. Für Wandenden und Wandecken sind keine Angaben zur näherungsweise Bestimmung von m_{sd} gegeben. D.h. in diesen Fällen sollte Näherungsstufe 3 angewendet werden. Bei Näherungsstufe 3 wird der Radius zum Momentennullpunkt und der Mittelwert der Bemessungsmomente im Stützstreifen mithilfe einer linear-elastischen Finite Element Berechnung ermittelt. Die linear-elastische Bestimmung der Bemessungsmomente führt dazu, dass der Faktor 1.5 in Gleichung (59) durch 1.2 ersetzt werden darf.

3.3 k_e -Wert / Momente infolge Stützeinspannung

Der k_e -Wert berücksichtigt die ungleiche Schubspannungsverteilung entlang des Nachweisschnittes infolge der Einspannungswirkung der Stütze. Um diesem Effekt nachzukommen, wird der Umfang des Nachweisschnittes mit dem k_e -Wert abgemindert. Näherungsweise kann der k_e -Wert mit den in SIA 262, 4.3.6.2.5 Werten bestimmt werden:

- $k_e = 0.9$ bei Innenstützen
- $k_e = 0.75$ bei Wandenden und Wandecken
- $k_e = 0.7$ bei Randstützen und Innenstützen mit grossen Aussparungen in Stützennähe
- $k_e = 0.65$ bei Eckstützen

Da die Näherungswerte zum Teil sehr konservativ sind, ergeben sich in der Regel wirtschaftlichere Lösungen bei einer Bestimmung des k_e -Wert anhand Gleichung (56) (SIA 262, 4.3.6.2.4). Zur Bestimmung des k_e -Wertes ist zum einen der Durchmesser eines Kreises, welcher die gleiche Fläche hat wie die Fläche innerhalb des Nachweisschnittes, und zum anderen die Distanz zwischen der Lastexzentrizität (M_d/N_d) und des Linienschwerpunktes des Nachweisschnittes benötigt (siehe DURA Bemessungsbeispiele). Dabei gilt, dass je grösser die Einspannungswirkung der Stütze ist, (daher je steifer die Stütze im Vergleich zur Platte ist), desto geringer wird der k_e -Wert und je geringer der k_e -Wert ist, desto geringer ist der Durchstanzwiderstand. Der Einfluss der Stützenmomente infolge der Einspannungswirkung hat nicht nur einen Einfluss auf den k_e -Wert, sondern auch auf die

3.2 Niveau d'approximation

La norme SIA 262 distingue trois niveaux d'approximation pour le calcul du poinçonnement. Le niveau d'approximation 1 sert au prédimensionnement, le niveau d'approximation 2 au dimensionnement de planchers-dalles à géométrie régulière ($0.5 \leq l_x/l_y \leq 2.0$) et le niveau d'approximation 3 pour les planchers-dalles à géométrie irrégulière et pour les analyses détaillées, p.ex. la vérification d'ouvrages existants. La différence entre les niveaux d'approximation réside dans la détermination de la rotation d'après SIA 262, 4.3.6.4.1 ou l'équation (59).

Pour le niveau d'approximation 1, le rayon divisé par l'origine des moments $r_s = 0.22 l$ (SIA 262, 4.3.6.4.4) et la moyenne des moments de dimensionnement dans la bande d'appui m_{sd} est égale à la résistance à la flexion m_{Rd} . Pour le niveau d'approximation 2, le rayon divisé par l'origine des moments peut également être pris comme $r_s = 0.22 l$ (SIA 262, 4.3.6.4.4). La moyenne des moments de dimensionnement dans la bande d'appui peut être déterminée pour les colonnes intérieures, de bord et d'angle par approximation sur la base de SIA 262, 4.3.6.4.7. Pour les fins de paroi et les angles de paroi, aucune indication sur la détermination par approximation de m_{sd} n'est donnée. C'est-à-dire que dans ce cas il faudrait utiliser le niveau d'approximation 3. Pour le niveau d'approximation 3, le rayon de l'origine des moments et la moyenne des moments de dimensionnement dans la bande d'appui sont déterminés à l'aide d'un calcul des éléments finis élastique linéaire. La détermination élastique linéaire des moments de dimensionnement fait que le facteur 1.5 dans l'équation (59) peut être remplacé par 1.2.

3.3 Valeur k_e / moments suite à l'encastrement de colonnes

La valeur k_e prend en compte la répartition inégale de la contrainte tangentielle le long de la section de contrôle suite à l'effet d'encastrement de la colonne. Pour suivre cet effet, le périmètre de la section de contrôle est réduit de la valeur k_e . Par approximation, la valeur k_e peut être déterminée avec les valeurs de SIA 262, 4.3.6.2.5:

- $k_e = 0.9$ pour les colonnes intérieures
- $k_e = 0.75$ pour les fins de paroi et les angles de paroi
- $k_e = 0.7$ pour les colonnes de bord et les colonnes intérieures avec de grands évidements à proximité de la colonne
- $k_e = 0.65$ pour les colonnes d'angle

Comme les valeurs d'approximation sont parfois très conservatives, on obtient généralement des solutions plus économiques en déterminant la valeur k_e à l'aide de l'équation (56) (SIA 262, 4.3.6.2.4). Pour déterminer la valeur k_e , il faut d'une part le diamètre d'un cercle de même surface que la surface au sein de la section de contrôle et d'autre part la distance entre l'excentricité de charge (M_d/N_d) et le barycentre des lignes de la section de contrôle (voir exemples de dimensionnement DURA). Plus l'effet d'encastrement de la colonne est élevé (donc plus la colonne est rigide par rapport à la dalle), plus la valeur k_e est basse et plus la valeur k_e est basse, plus la résistance au poinçonnement est faible. L'influence des moments des colonnes suite à l'effet d'encastrement a une influence sur la valeur

Bestimmung des Mittelwertes der Bemessungsmomente im Stützstreifen m_{sd} auf Näherungsstufe 2. Dies gilt es insbesondere zu beachten, wenn die k_e Näherungswerte gemäss SIA 262, 4.3.6.2.5 verwendet werden. In diesem Fall müssen die Stützenkopfmomente (bzw. die Exzentrizitäten) mithilfe von Gleichung (56) zurückgerechnet und bei der Bestimmung der Bemessungsmomente im Stützstreifen berücksichtigt werden.

3.4 Durchstanzwiderstand von Platten ohne Durchstanzbewehrung

Der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung errechnet sich aus einem Faktor k_r , welcher von der Bauteilgrösse, der Plattenrotation und des Grösstkorndurchmessers abhängt (SIA 262, 4.3.6.3.2). Weitere Faktoren zur Bestimmung des Widerstandes (SIA 262, 4.3.6.3.1) sind der Bemessungswert der Schubspannungsgrenze, die wirksame statische Höhe für die Aufnahme der Querkraft (siehe Bild 2) und der Umfang des Nachweisschnittes (siehe Kapitel 3.3).

3.5 Durchstanzwiderstand von Platten mit Durchstanzbewehrung

Bei Platten mit Durchstanzbewehrung sind folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis der Durchstanzbewehrung
- Nachweis der Betondruckdiagonale
- Nachweis ausserhalb der verstärkten Zone

Der Nachweis der Durchstanzbewehrung erfolgt durch die Berücksichtigung eines Widerstandanteils des Betons sowie der Durchstanzbewehrung (SIA 262, 4.3.6.5.2). Dabei ist jeweils der Beton (SIA 262, 4.3.6.3.1) sowie der Bewehrungsanteil (SIA 262, 4.3.6.5.4) von der Plattenrotation abhängig. Es gilt darauf hinzuweisen, dass nur die Durchstanzbewehrung im Bereich von $0.35d_v - 1.0d_v$ von der gestützten Fläche berücksichtigt werden darf.

Die Betondruckdiagonale wird nachgewiesen, indem der Widerstand als Funktion der Plattenrotation um den Faktor 2.0 erhöht wird. Dies entspricht allerdings nicht einer Traglaststeigerung um den Faktor 2.0, da die Plattenrotation beim Bruch vom Durchstanzwiderstand abhängig ist. Gemäss SIA 262, 4.3.6.5.8 darf der Faktor 2.0 erhöht werden, falls experimentell bestätigt wird, dass damit ein vergleichbares Sicherheitsniveau wie im Bemessungsmodell für Platten ohne Durchstanzbewehrung erreicht wird. Da das DURA System diese Vorgabe erfüllt, darf dieser Faktor erhöht werden. Nähere Erläuterungen zu dieser Ziffer sind im DURA Gutachten dargestellt.

Der Nachweis ausserhalb der verstärkten Zone erfolgt ähnlich dem Verfahren für Platten ohne Durchstanzbewehrung. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Umfang des Nachweisschnittes ausserhalb der verstärkten Zone mit der entsprechenden wirksamen statischen Höhe d_v bestimmt wird (SIA 262, 4.3.6.5.9, bzw. Figur 25).

Bei dünnen Platten gilt es zu beachten, dass die untere Überdeckung der Durchstanzbewehrung c_v maximal $d_v/6$ betragen darf (SIA 262, 5.5.3.11, bzw. Figur 39). Kann dies aufgrund der Expositionsklasse nicht eingehalten werden, ist der Widerstand der Betondruckdiagonale $V_{Rd,c}$ (Gleichung (69)) und der Widerstandsanteil der Durchstanzbewehrung $V_{Rd,s}$ (Gleichung (67)) um 30% zu reduzieren.

k_e , mais aussi sur la détermination de la moyenne des moments de dimensionnement dans la bande d'appui m_{sd} au niveau d'approximation 2. Il faut notamment y faire attention quand les valeurs d'approximation k_e sont utilisées conformément à SIA 262, 4.3.6.2.5. Dans ce cas, les moments des têtes de colonne (ou les excentricités) doivent être déterminés à l'aide de l'équation (56) et pris en compte dans la détermination des moments de dimensionnement dans la bande d'appui.

3.4 Résistance au poinçonnement des dalles sans armature de poinçonnement

La résistance au poinçonnement sans armature de poinçonnement se calcule à partir d'un facteur k_r qui dépend de la taille de l'élément d'ouvrage, de la rotation de la dalle et du diamètre maximal du granulat (SIA 262, 4.3.6.3.2). D'autres facteurs de détermination de la résistance (SIA 262, 4.3.6.3.1) sont la valeur de dimensionnement de la contrainte limite de cisaillement, la hauteur statique efficace pour l'absorption de l'effort tranchant (voir figure 2) et le périmètre de la section de contrôle (voir chapitre 3.3).

3.5 Résistance au poinçonnement des dalles avec armature de poinçonnement

Concernant les dalles avec armature de poinçonnement, il faut justifier les points suivants:

- Vérification de l'armature de poinçonnement
- Vérification de la bielle de compression du béton
- Vérification en dehors de la zone renforcée

La vérification de l'armature de poinçonnement se fait en prenant en compte une part de résistance du béton et l'armature de poinçonnement (SIA 262, 4.3.6.5.2). Le béton (SIA 262, 4.3.6.3.1) et la part d'armature (SIA 262, 4.3.6.5.4) dépendent de la rotation de la dalle. Il faut attirer l'attention sur le fait que seule l'armature de poinçonnement peut être prise en compte dans la section $0.35d_v - 1.0d_v$ de la surface d'appui.

La bielle de compression du béton est contrôlée en augmentant la résistance comme fonction de la rotation de la dalle du facteur 2.0. Cela ne correspond toutefois pas à une augmentation de la résistance ultime du facteur 2.0 car la rotation de la dalle en cas de rupture dépend de la résistance au poinçonnement. D'après SIA 262, 4.3.6.5.8, le facteur 2.0 peut être augmenté si des expériences confirment qu'un niveau de sécurité comparable au modèle de dimensionnement pour les dalles sans armature de poinçonnement est ainsi atteint. Comme le système DURA remplit cette consigne, ce facteur peut être augmenté. Plus d'explications sur ce point dans l'expertise DURA.

La vérification en dehors de la zone renforcée se fait de façon similaire à la méthode pour dalles sans armature de poinçonnement. La principale différence réside dans le fait que le périmètre de la section de contrôle en dehors de la zone renforcée est déterminé avec la hauteur statique efficace correspondante d_v (SIA 262, 4.3.6.5.9 ou figure 25).

Pour les dalles fines, il faut veiller à ce que l'enrobage inférieur de l'armature de poinçonnement c_v ne dépasse pas $d_v/6$ (SIA 262, 5.5.3.11 ou figure 39). Si cette limite ne peut pas être respectée du fait de la classe d'exposition, il faut réduire la résistance de la bielle de compression du béton $V_{Rd,c}$ (équation (69)) et la part de résistance de l'armature de poinçonnement $V_{Rd,s}$ (équation (67)) de 30%.

3.6 Verformungsbedingungen

Um ein robustes Tragverhalten der Gesamtstruktur sicher zu stellen, stellt die Norm SIA 262 zusätzlich zum Trag-sicherheitsnachweis ebenfalls Bedingungen an das Verformungsverhalten des Stützen/Deckenanschlusses. Generell soll damit der Projektierung von spröden Bauteilen entgegen gewirkt werden. Die Verformungsbedingungen für Flachdecken sind in Tabelle Flachdecken und diejenigen für Bodenplatten in Tabelle Bodenplatten zusammengefasst.

Tabelle Flachdecken

Kriterium / Critère	Zusatzbedingung / Condition supplémentaire
$\psi < 0.008$	Wert sollte vermieden werden (SIA 262, 4.1.4.2.6). La valeur devrait être évitée (SIA 262, 4.1.4.2.6).
$\psi < 0.020$	Schnittkräfte dürfen nicht ohne rechnerischen Nachweis des Verformungsvermögens umgelagert werden (SIA 262, 4.1.4.2.5). Les efforts intérieurs ne doivent pas être transposés sans vérification par le calcul de la déformabilité (SIA 262, 4.1.4.2.5).
$\psi < 0.020$ und/et $V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Schnittkräfte aus aufgezwungenen Verformungen müssen berücksichtigt werden (SIA 262, 4.3.6.1.2). Les efforts intérieurs de déformations forcées doivent être pris en compte (SIA 262, 4.3.6.1.2).
$V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Sicherung gegen Totaleinsturz muss angeordnet werden (SIA 262, 4.3.6.1.3). Il faut arranger une protection contre l'effondrement total (SIA 262, 4.3.6.1.3).

3.6 Conditions de déformation

Pour garantir un comportement structural robuste de l'ensemble de la structure, la norme SIA 262 pose des conditions au comportement de déformation de la jonction colonne/plafond en plus de la vérification de la sécurité à la portance. De façon générale, on cherche ainsi à éviter l'élaboration d'éléments d'ouvrage fragiles. Les conditions de déformation pour les planchers-dalles sont rassemblées dans le tableau planchers-dalles et celles pour les radiers dans le tableau radiers.

Tableau planchers-dalles

Tabelle Bodenplatten

Kriterium / Critère	Zusatzbedingung / Condition supplémentaire
$\psi < 0.020$ und/et $V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Schnittkräfte aus aufgezwungenen Verformungen müssen berücksichtigt werden (SIA 262, 4.3.6.1.2). Les efforts intérieurs de déformations forcées doivent être pris en compte (SIA 262, 4.3.6.1.2).
$V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Sicherung gegen Totaleinsturz muss angeordnet werden (SIA 262, 4.3.6.1.3). Il faut arranger une protection contre l'effondrement total (SIA 262, 4.3.6.1.3).

Tableau radiers

3.7 Aussparungen

Aussparungen, welche näher als $5d_v$ vom Nachweisschnitt entfernt liegen, müssen in der Bemessung mitberücksichtigt werden. Zur Berücksichtigung der Aussparung wird jeweils der Umfang des Nachweisschnittes reduziert (SIA 262, Figur 22). Weiter gilt es zu beachten, dass die Aussparung zu einer Unterbrechung des Nachweisschnittes führt. Dies bewirkt eine Verschiebung des Schwerpunktes des Nachweisschnittes, welche in der Berechnung des k_e -Wertes berücksichtigt werden muss.

3.7 Évidements

Les évidements à moins de $5d_v$ de la section de contrôle doivent être pris en compte dans le dimensionnement. Pour la prise en compte de l'évidement, on réduit le périmètre de la section de contrôle (SIA 262, figure 22). Il faut également noter que l'évidement entraîne une rupture de la section de contrôle. Ceci produit un déplacement du barycentre de la section de contrôle qui doit être pris en compte dans le calcul de la valeur k_e .

3.8 Vorspannung

Wie im Kapitel 2.2 bereits erwähnt, kann die massgebende Einwirkung infolge der Umlenkkräfte aus Vorspannung reduziert werden. Weiter kann der Mittelwert der Bemessungsmomente im Stützstreifen m_{sd} und der Biege widerstand m_{Rd} in Gleichung (59) (SIA 262, 4.3.6.4.3) um das Dekompressionsmoment abgemindert werden.

3.8 Précontrainte

Comme déjà mentionné dans le chapitre 2.2, l'effet déterminant suite aux forces de déviation de la précontrainte peut être réduit. En outre, la valeur moyenne des moments de dimensionnement dans la bande d'appui m_{sd} et la résistance à la flexion m_{Rd} dans l'équation (59) (SIA 262, 4.3.6.4.3) peuvent être diminuées du moment de décompression.

Bemerkungen zum vorliegenden Dokument

Dokumentationen erfahren laufend Änderungen aufgrund der aktualisierten Normen und der Weiterentwicklung unserer Produktpalette. Die aktuell gültige Version dieser gedruckten Dokumentation befindet sich auf unserer Website.

Remarques concernant le présent document

Les documentations sont régulièrement l'objet de modifications en raison des normes actualisées et du perfectionnement de notre gamme de produits. La version actuellement valable de cette documentation imprimée figure sur notre site web.

2.2016 Copyright © by
F.J. Aschwanden AG CH-3250 Lyss Switzerland
Phone 032 387 95 95 Fax 032 387 95 99
E-Mail info@aschwanden.com
www.aschwanden.com

Zertifiziert/Certifié: ISO 9001, OHSAS 18001, EN 1090

Aschwanden

