

ARBO – Wärmedämmende Bewehrungselemente und CRET – Hochbelastbare Querkraftdorne

Einführung in die Projektierung und Bemessung

Ergänzungen zur Bemessungssoftware

Prof. Dr. Albin Kenel, Rapperswil

1. Einleitung	Seite 2
2. Bemessung der ARBO Bewehrungselemente	3
3. Bemessung der CRET Querkraftdorne	4
4. Bezeichnung	6

ARBO – éléments d'armature thermo-isolants et CRET – goujons pour charges transversales élevées

Introduction à l'établissement du projet et au dimensionnement

Compléments au logiciel de calcul

Prof. Dr Albin Kenel, Rapperswil

1. Introduction	Page 2
2. Dimensionnement des éléments d'armature ARBO	3
3. Dimensionnement des goujons CRET pour la transmission de charges transversales	4
4. Notations	6

1. Einleitung

Für die Bemessung der ARBO Bewehrungselemente und der CRET Querkraftdorne dient die Software ARBO/CRET-2007. Basis dieser Bemessungssoftware ist das Finite-Element-Programm AxisVM. Als «Plug in» ist die Bemessung von ARBO Bewehrungselementen und CRET Querkraftdornen aufgesetzt. Die Leistungsfähigkeit des FE-Programms AxisVM ermöglicht eine effiziente Bemessung der Fugenelemente durch:

- Beliebige Geometrie mit Aussparungen
- Geometrie-Übernahme aus DXF
- Einsatz von ARBO- und CRET-Elementen
- Unterzüge/Überzüge
- Intuitive graphisch-interaktive Oberfläche
- Kopieren/Einfügen/Einfaches Bearbeiten
- Systemvarianten durch Ausblenden/Aktivieren
- Automatische Netzgenerierung
- Automatische Netzverfeinerung an massgebenden Punkten
- Automatische Lastkombinationsbildung nach SIA 260:2003 und 261:2003
- Freie Lastfallkombinationen mit Überlagerung
- Elastische Bettung z.B. für Bodenplatten
- Ergebnisdarstellung mit Zahlen, Höhenlinien, Schnitten, Farbflächen
- Verwaltung von Graphiken in einem Bildarchiv
- Übertragung von Graphiken über Zwischenablage
- Windowsstandard für Dateiverwaltung und Tastaturfunktionen
- Ausgabe im MS-Word Format

Die Modellierungstiefe kann der Situation entsprechend angepasst werden. Dies erlaubt eine dem Projektstand gerechte Lösung bei komplexen Fugengeometrien. Das [Handbuch](#) zur Bemessungssoftware beschreibt die Arbeitsumgebung, die vorhandenen Funktionen und Einstellungen. Das [Tutorial](#) führt den Anwender anhand eines einfachen und anhand eines komplexeren Modells schrittweise durch die Bemessungssoftware.

Für die Wahl der Anzahl bzw. Verteilung der ARBO Bewehrungselemente oder CRET Querkraftdorne unterstützt die Software den Anwender. Es können entweder [Elementabstände a](#) oder die [Zahl der Elemente](#) gewählt werden. Dabei werden geometrische Randbedingungen wie z.B. [Plattenstärke](#) oder Platzverhältnisse für notwendige Verankerungslängen für den Einsatz der gewählten Elemente überprüft.

Nach einer ersten Berechnung mit den gewählten Fugenelementen kann die Verteilung derart optimiert werden, dass eine maximale Elementausnutzung betreffend der statischen Leistungsfähigkeit erreicht werden kann. Die Ausnutzung der Elemente wird graphisch und numerisch dargestellt. Dies ermöglicht eine wirtschaftliche Bemessung. Selbstverständlich können die Elemente auch durch den Anwender verschoben, kopiert und gelöscht werden.

Neben der [graphischen Anzeige](#) der verschiedenen Resultate können auch [Tabellen](#) mit der Angabe der Lage und Anzahl der eingesetzten Elemente aufgerufen werden. Die tabellarische Zusammenstellung erlaubt einen schnellen Überblick und kann exportiert der Firma F.J. Aschwanden AG als Offertanfrage unterbreitet werden.

Der [längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient \$\Psi\$](#) dient der Berechnung der thermischen Verluste bei einer Wärmebrücke. Massgebend für die Höhe des [Wärmedurchgangskoeffizienten \$\Psi\$](#) ist primär die [Stärke e der Dämmschicht](#) sowie der [Achsabstand a](#) der ARBO Bewehrungselemente. Der [spezifische Wärmeverlust \$H = \sum\(\Psi_i \cdot a_i\)\$](#) für die bauphysikalische Bemessung wird durch die Software ermittelt und kann der tabellarischen Zusammenstellung der eingesetzten Elemente entnommen werden.

1. Introduction

Le logiciel ARBO/CRET 2007 sert au dimensionnement des éléments d'armature ARBO et des goujons CRET pour la transmission de charges transversales. Ce logiciel de calcul a pour base le programme d'éléments finis AxisVM. Le dimensionnement des éléments d'armature ARBO et des goujons CRET pour la transmission de charges transversales est installé sous forme de plug in. La capacité de rendement du programme FE Axis VM permet un dimensionnement efficace des éléments de joints grâce à:

- Géométrie quelconque avec réservations
- Transfert de la géométrie à partir de DXF
- Mise en place d'éléments ARBO et CRET
- Sommiers/Chapes
- Surface intuitive graphiquement interactive
- Copier/Collier/Traitement simple
- Variantes du système par masquer/activer
- Génération automatique du maillage
- Affinement automatique du maillage aux points critiques
- Formation automatique de combinaisons de charges selon SIA 260:2003 et SIA 261:2003
- Combinaisons libres de cas de charge avec recouvrement
- Assise élastique p. ex. pour radiers
- Représentation des résultats avec chiffres, courbes de niveau, coupes, surfaces en couleurs
- Gestions des graphiques dans les archives images
- Transmission de graphiques par archivage intermédiaire
- Standard Windows pour gestion des données et fonctions clavier
- Sortie en format MS Word

Le niveau de modélisation peut être adapté en fonction de la situation. Cela permet une solution conforme à l'état du projet en cas de géométrie complexe des joints. Le [manuel](#) pour le logiciel de calcul décrit l'environnement de bureau et les fonctions et dispositions existantes. Le [tutoriel](#) guide l'utilisateur pas à pas à travers le logiciel de calcul au moyen d'un modèle simple et d'un modèle plus complexe.

Le logiciel aide l'utilisateur pour le choix du nombre et de la répartition des éléments d'armature ARBO ou des goujons CRET pour la transmission de charges transversales. On peut sélectionner soit [l'espacement des éléments a](#), soit le [nombre d'éléments](#). Les conditions géométriques aux limites telles que p. ex. [épaisseur de dalle](#) ou place disponible pour les longueurs d'ancrage nécessaires pour la mise en place des éléments choisis sont en l'occurrence vérifiées.

Après un premier calcul avec les éléments de joints sélectionnés, la répartition peut être optimisée de manière à obtenir une utilisation maximale des éléments en ce qui concerne la capacité de rendement statique. L'utilisation des éléments est représentée graphiquement et numériquement, ce qui permet un dimensionnement économique. L'utilisateur peut naturellement aussi déplacer, copier et effacer les éléments.

Il est également possible d'appeler, en plus de [l'affichage graphique](#) des différents résultats, des [tableaux](#) avec indication de la position et du nombre des éléments mis en place. La compilation en tableaux permet une vue d'ensemble rapide et peut être soumise exportée à F.J. Aschwanden SA en tant que demande d'offre.

Le [coefficient de transmission thermique linéique \$\Psi\$](#) sert au calcul des pertes thermiques en cas de pont thermique. Pour la valeur du [coefficient de transmission thermique linéique \$\Psi\$](#) , l'[épaisseur e de la couche isolante](#) ainsi que l'[entraxe a](#) des éléments d'armature ARBO sont déterminants en premier lieu. La [perte de chaleur spécifique \$H = \sum\(\Psi_i \cdot a_i\)\$](#) pour le dimensionnement en physique du bâtiment est calculée par le logiciel et figure dans la compilation en tableaux des éléments mis en place.

2. Bemessung der ARBO Bewehrungselemente

Für die Bemessung der ARBO Bewehrungselemente dient die Software ARBO/CRET-2007. Diese wird auf der Basis AxisVM L4-SB (2D für Platten und Scheiben) von der Firma F.J. Aschwanden AG dem Anwender unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Für Lizenznehmer der 3D-FE Software von AxisVM steht das «Plug in» unentgeltlich zum download zur Verfügung. Für eine Abschätzung der erforderlichen Bewehrungselemente bzw. deren Abstände und Verteilung genügen oft die in der Dokumentationen «Wärmedämmende Bewehrungselemente» enthaltenen Interaktions-Diagramme.

Die durch eine thermisch isolierte Fuge verbundenen Deckenplatten beeinflussen das Trag- und Verformungsverhalten gegenseitig. Die Übertragung der Randschnittkräfte und Randverformungen durch die Fuge ist für die Bemessung der beiden Deckenplatten wesentlich. So ist z.B. die Einspannung einer einfachen Balkonplatte von der Steifigkeit der Innenplatte, d.h. von der Spannweite und Lagerung abhängig. Dies beeinflusst neben den tragsicherheitsrelevanten Fugenschnittkräften auch die Verformungen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.

Die Software ermöglicht die Bemessung von normierten ARBO Bewehrungselementen für Plattenstärken $h=160\text{mm}$ bis $h=260\text{mm}$, mit jeweils 20mm-Abstufung sowie Isolationsstärken $e=60\text{mm}$ bis $e=160\text{mm}$, mit jeweils 20mm-Abstufung. Selbstverständlich können jederzeit Spezialelemente dimensioniert und hergestellt werden.

Neben der Eingabe der geometrischen Angaben wie Umrisse, Wände, Stützenpositionen und Plattenstärken sowie Materialspezifikationen und Lastfälle ist für die Bemessung der ARBO Bewehrungselemente eine erste Wahl der Anzahl oder Verteilung der Elemente erforderlich. Die Interaktionsdiagramme und Steifigkeiten in der Fuge aller in der Software verfügbaren ARBO Bewehrungselemente sind zur Berechnung hinterlegt.

Die Software ermittelt für die gewählte Elementverteilung unter Berücksichtigung der massgebenden Lastfallkombination die statische Ausnutzung wie folgt:

2. Dimensionnement des éléments d'armature ARBO

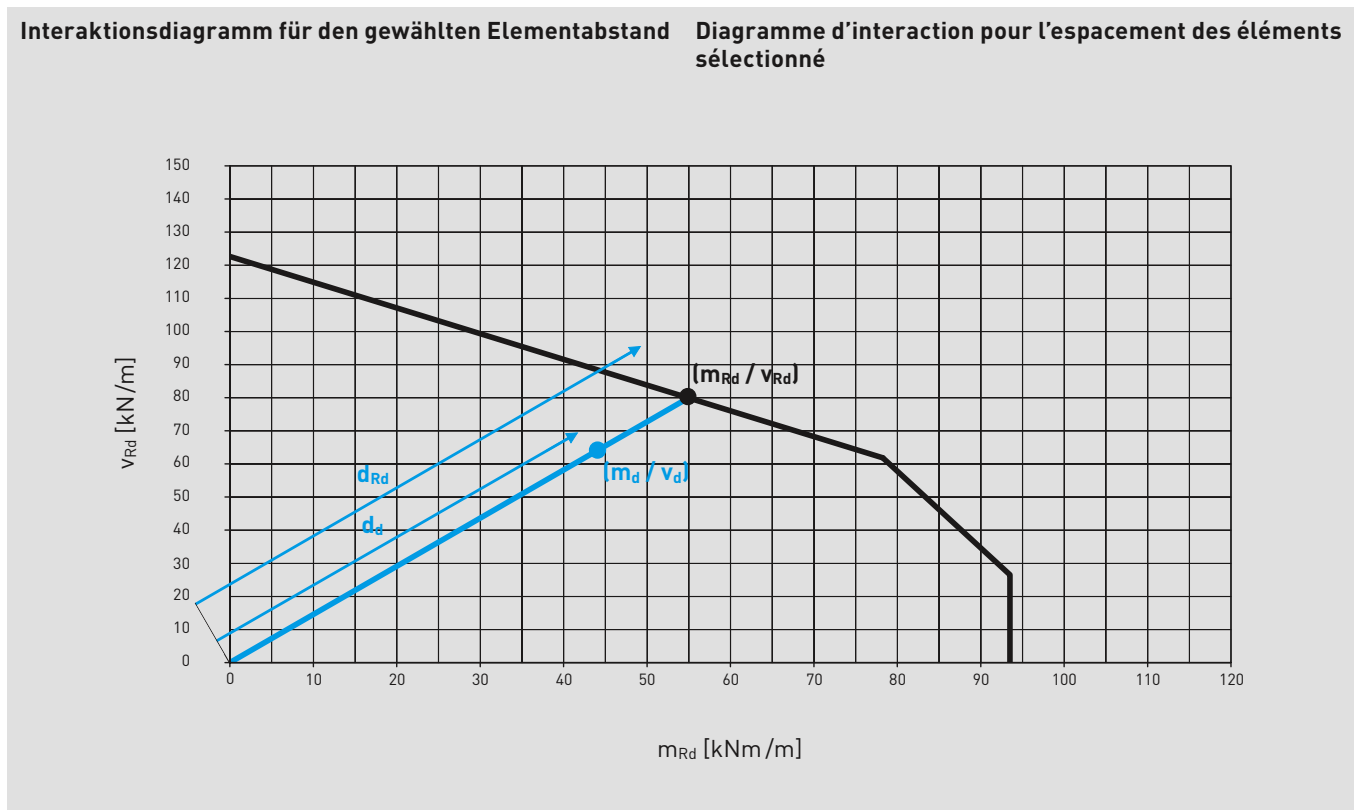
Le logiciel ARBO/CRET 2007 sert au dimensionnement des éléments d'armature ARBO. Basé sur AxisVM L4-SB (2D pour dalles et voiles), ce logiciel est mis gratuitement à disposition de l'utilisateur par F.J. Aschwanden SA. Les bénéficiaires d'une licence pour le logiciel 3D-FE d'AxisVM peuvent télécharger gratuitement le «plug in». Les diagrammes d'interaction figurant dans les documentations «Éléments d'armature thermo-isolants» suffisent souvent pour une estimation des éléments d'armature nécessaires et de leurs espacements et répartition.

Les planchers-dalles à liaison par joint isolé thermiquement influencent mutuellement le comportement sous charge et le comportement à la déformation. La transmission des déformations et efforts intérieurs aux limites par le joint est essentielle pour le dimensionnement des deux planchers-dalles. L'encastrement d'une dalle de balcon simple par exemple dépend ainsi de la rigidité de la dalle intérieure, c'est-à-dire de la portée et de l'appui. Cela influence non seulement les efforts intérieurs dans le joint, importants pour la sécurité structurale, mais également les déformations pour la vérification de l'aptitude au service.

Le logiciel permet de dimensionner des éléments d'armature ARBO normalisés pour épaisseurs de dalle $h=160\text{mm}$ à $h=260\text{mm}$, avec échelonnement de 20 mm, ainsi que des épaisseurs d'isolation $e=60\text{ mm}$ à $e=160\text{mm}$, avec échelonnement de 20 mm. Il est naturellement toujours possible de dimensionner et fabriquer des éléments spéciaux.

En plus de l'entrée des données géométriques telles que périmètres, murs, positions des colonnes et épaisseurs des dalles, ainsi que cas de charge et spécifications des matériaux, un premier choix du nombre ou de la répartition des éléments est nécessaire pour le dimensionnement des éléments d'armature ARBO. Les diagrammes d'interaction et les rigidités dans le joint de tous les éléments d'armature ARBO disponibles dans le logiciel sont consignés pour le calcul.

En tenant compte de la combinaison de cas de charge déterminante, le logiciel calcule pour la répartition des éléments sélectionnée l'utilisation statique comme suit:



Die statische Ausnutzung ermittelt die Software aus dem Verhältnis d_d/d_{Rd} . Liegt der Punkt der Beanspruchung (m_d/v_d) innerhalb der Interaktionsfigur für den gewählten Abstand der Elemente, d.h. $d_d/d_{Rd} < 1.0$ ist der Tragsicherheitsnachweis erfüllt. Der Anwender kann den Elementabstand durch Verschieben oder Löschen einzelner Elemente vergrössern und damit die Ausnutzung erhöhen. Die Software ermöglicht in einer zweiten Berechnung eine optimierte Verteilung der Elemente in einem Fugenbereich derart, dass die Elemente bestmöglich ausgenutzt werden.

Bei grösserem Abstand der ARBO Elemente muss zur sicheren Übertragung der Biegezugkraft die gesamte erforderliche Anschlussbewehrung in Elementnähe konzentriert, d.h. über eine Verteilbreite von 0.6 m angeordnet werden. Für die Beratung in speziellen Fällen steht Ihnen der technische Beratungsdienst der Firma F.J. Aschwanden AG gerne zur Verfügung

3. Bemessung der CRET Querkraftdorne

Für die Bemessung der CRET Querkraftdorne dient die Software ARBO/CRET-2007. Diese wird auf der Basis AxisVM L4-SB (2D für Platten und Scheiben) von der Firma F.J. Aschwanden AG dem Anwender unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Für Lizenznehmer der 3D-FE Software von AxisVM steht das «Plug in» unentgeltlich zum download zur Verfügung. Für eine Abschätzung der erforderlichen Querkraftdorne bzw. deren Abstände und Verteilung genügen oft die in der Dokumentation «Hochbelastbare Querkraftdorne» enthaltenen Belastungstabellen.

Die durch die Fuge verbundenen Deckenplatten beeinflussen das Trag- und Verformungsverhalten gegenseitig. Die Übertragung der Randquerkräfte und Randverformungen durch die Fuge ist für die Bemessung der beiden Deckenplatten wesentlich. So ist die Verteilung der Randquerkraft von der Steifigkeit der beiden Platten, d.h. von der Spannweite und Lagerung abhängig. Dies beeinflusst neben den tragsicherheitsrelevanten Fugenquerkräften auch die Verformungen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.

Die Software ermöglicht die Bemessung von normierten CRET Querkraftdornen für die entsprechenden Plattenstärken mit Fugenöffnungen $e=10\text{mm}$ bis $e=60\text{mm}$, mit jeweils 5 mm-Abstufung.

Neben der Eingabe der geometrischen Angaben wie Umriss, Wände, Stützenpositionen und Plattenstärken sowie Materialspezifikationen und Lastfälle ist für die Bemessung der CRET Querkraftdornen eine erste Wahl der Anzahl oder Verteilung der Elemente erforderlich. Die von der Fugenöffnung e und dem senkrecht zur Fuge vorhandenen Bewehrungsgehalt ρ abhängigen Mindestabstände a_D und Bemessungswerte der Dorntragwiderstände F_{Rd} aller in der Software verfügbaren CRET Querkraftdorne sind zur Berechnung hinterlegt.

Die Software ermittelt für die gewählte Elementverteilung unter Berücksichtigung der massgebenden Lastfallkombination die statische Ausnutzung durch den Vergleich des gewählten Elementabstandes mit dem zur Gewährleistung des Tragwiderstands erforderlichen Abstands. Der Anwender kann den Elementabstand durch Verschieben oder Löschen einzelner Elemente vergrössern und damit die Ausnutzung erhöhen. Die Software ermöglicht in einer zweiten Berechnung eine optimierte Verteilung der Elemente in einem Fugenbereich derart, dass die Elemente bestmöglich ausgenutzt werden.

L'utilisation statique est calculée par le logiciel à partir du rapport d_d/d_{Rd} . Si le point de sollicitation (m_d/v_d) se trouve dans la figure d'interaction pour l'espacement des éléments sélectionné, c'est-à-dire $d_d/d_{Rd} < 1.0$, la sécurité structurale est vérifiée. L'utilisateur peut agrandir l'espacement des éléments par déplacement ou effacement des différents éléments et en augmenter ainsi l'utilisation. Dans un second calcul, le logiciel permet une répartition optimisée des éléments dans une zone de joint, de manière à obtenir une utilisation optimale des éléments.

En cas de plus grand espacement des éléments ARBO, l'ensemble de l'armature de liaison requise doit être concentré près d'éléments, c'est-à-dire disposé sur une largeur de répartition de 0.6 m, afin d'assurer la transmission de la force de traction en flexion. Dans les cas spéciaux, le service-conseil technique de F.J. Aschwanden SA vous conseille volontiers.

3. Dimensionnement des goujons CRET pour la transmission de charges transversales

Le logiciel ARBO/CRET 2007 sert au dimensionnement des goujons CRET pour la transmission de charges transversales. Basé sur AxisVM L4-SB (2D pour dalles et voiles), ce logiciel est mis gratuitement à disposition de l'utilisateur par F.J. Aschwanden SA. Les bénéficiaires d'une licence pour le logiciel 3D-FE d'AxisVM peuvent télécharger gratuitement le «plug in». Les tableaux de charge figurant dans les documentations «Goujons pour charges transversales élevées» suffisent souvent pour une estimation des goujons pour la transmission de charges transversales nécessaires et de leurs espacements et répartition.

Les planchers-dalles liés par le joint influencent mutuellement le comportement sous charge et le comportement à la déformation. La transmission des déformations et efforts intérieurs aux limites par le joint est essentielle pour le dimensionnement des deux planchers-dalles. La répartition de l'effort tranchant aux limites dépend ainsi de la rigidité des deux dalles, c'est-à-dire de la portée et de l'appui. Cela influence non seulement les efforts intérieurs dans le joint, importants pour la sécurité structurale, mais également les déformations pour la vérification de l'aptitude au service.

Le logiciel permet de dimensionner des goujons pour la transmission de charges transversales CRET normalisés pour les épaisseurs de dalle appropriées avec ouvertures de joints $e=10\text{mm}$ à $e=60\text{mm}$, avec échelonnement de 5 mm.

En plus de l'entrée des données géométriques telles que périmètres, murs, positions des colonnes et épaisseurs des dalles, ainsi que cas de charge et spécifications des matériaux, un premier choix du nombre ou de la répartition des éléments est nécessaire pour le dimensionnement des goujons CRET pour la transmission de charges transversales. Les espacements minimaux a_D et les valeurs de dimensionnement des résistances ultimes F_{Rd} des goujons qui dépendent de l'ouverture de joint e et du taux d'armature ρ existant perpendiculairement au joint sont consignés pour le calcul pour tous les goujons CRET pour la transmission de charges transversales disponibles dans le logiciel.

En tenant compte de la combinaison de cas de charge déterminante, le logiciel calcule l'utilisation statique pour la répartition des éléments sélectionnée en comparant l'espacement des éléments sélectionné avec l'espacement requis pour garantir la résistance ultime. L'utilisateur peut agrandir l'espacement des éléments par déplacement ou effacement des différents éléments et en augmenter ainsi

Alle in Fugen angeordneten Querkraftdorne benötigen naturgemäß eine Aufhängebewehrung, da der Bauteil – im Gegensatz zu einem konventionellen Auflager – nicht an seiner Unterseite gestützt wird. Die erforderlichen Aufhängebewehrungen sind in den technischen Merkblättern definiert, die Bewehrung ist je zur Hälfte unmittelbar anschliessend links bzw. rechts vom Dorn zu verlegen. Bei den Dornarten der Serie 100 ist bereits ein Teil der Aufhängebewehrung in den integrierten Kopfbolzenstäben enthalten.

Der hohe Tragwiderstand der CRET Dorne kann im Einzelfall bei Plattenfugen zu grossen Dornabständen (einige Meter) führen. Diese grossen Abstände können zu sehr grossen Biegemomenten und Längsbewehrungen in Fugenrichtung führen. In diesen Fällen ist es zweckmässig, die Anzahl Dorne zu erhöhen und damit die Biegebewehrung zu reduzieren. Gegebenenfalls kann auch ein kleinerer Dornart eingesetzt werden. Die Software erlaubt eine Optimierung der Bemessung ohne grossen Aufwand. Für die Beratung in speziellen Fällen stehen Ihnen die Engineering Services der Firma F.J. Aschwanden AG gerne zur Verfügung.

l'utilisation. Dans un second calcul, le logiciel permet une répartition optimisée des éléments dans une zone de joint, de manière à obtenir une utilisation optimale des éléments.

Tous les goujons pour la transmission de charges transversales exigent normalement une armature de suspension, car la face inférieure de l'élément de construction – contrairement à un appui traditionnel – n'est pas soutenue. Les armatures de suspension requises sont définies dans les fiches techniques; l'armature doit être posée pour moitié directement à gauche ou à droite du goujon. Pour les types de goujon de la série 100, une partie de l'armature de suspension se trouve déjà dans les barres à têtes intégrées.

La résistance ultime élevée des goujons CRET peut dans certains cas entraîner de trop grands espacements des goujons (plusieurs mètres) au niveau des joints de dalle. Ces grands espacements peuvent entraîner des moments fléchissants et des armatures longitudinales élevés dans le sens des joints. Dans de tels cas, il est opportun d'augmenter le nombre de goujons et de réduire ainsi l'armature de flexion. Le cas échéant, il est également possible d'utiliser un type de goujon plus petit. Le logiciel permet facilement d'optimiser le dimensionnement. Dans les cas spéciaux, les services Engineering de F.J. Aschwanden SA vous conseille volontiers.

4. Bezeichnungen

a	Elementabstand
a_D	Abstand von Dorn zu Dorn
d_d	Abstand des Belastungspunkts vom Ursprung
d_{Rd}	Abstand des Widerstandspunkts vom Ursprung
e	Fugenbreite
F_{Rd}	Bemessungswert des Dorntragwiderstands
H	Spezifischer Wärmeverlust
h	Plattendicke
m_d	Bemessungswert der Biegebeanspruchung
m_{Rd}	Bemessungswert des Biegewiderstands
v_d	Bemessungswert der Querkraftbeanspruchung
v_{Rd}	Bemessungswert des Querkraftwiderstands
ρ	Senkrecht zur Fuge vorhandener Bewehrungsgehalt
Ψ	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

Weitere Bezeichnungen finden Sie in den Broschüren «Einführung in die Projektierung und Bemessung von ARBO Bewehrungselementen» und «CRET Hochbelastbare Querkraftdorne».

4. Notations

a	Espacement des éléments
a_D	Distance de goujon à goujon
d_d	Distance du point de charge à partir du point initial
d_{Rd}	Distance du point de résistance à partir du point initial
e	Largeur de joint
F_{Rd}	Valeur de calcul de la résistance ultime des goujons
H	Perte de chaleur spécifique
h	Épaisseur de dalle
m_d	Valeur de calcul de la sollicitation en flexion
m_{Rd}	Valeur de calcul de la résistance en flexion
V_d	Valeur de calcul de la sollicitation d'effort tranchant
V_{Rd}	Valeur de calcul de la résistance à l'effort tranchant
ρ	Taux d'armature existant perpendiculairement au joint
Ψ	Coefficient de transmission thermique linéique

D'autres notations se trouvent dans les brochures «Introduction à l'établissement du projet et au dimensionnement des éléments d'armature ARBO et «Goujons CRET pour charges transversales élevées».