



# KS-QUADRO E

## Système de maçonnerie

Mesures effectuées selon la norme SIA 266

Système de construction structuré





# Introduction

## Maçonnerie en briques silico-calcaire KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

### 1. Principes de base

Les bases de calcul utilisées dans ce document sont le fruit des expériences ci-après :

- Essais de détermination de la résistance à la compression de la maçonnerie  $f_x$  perpendiculairement au joint d'assise ainsi que du module d'élasticité  $E_x$  correspondant, et essais de détermination de la résistance à la compression de la maçonnerie  $f_y$  parallèlement au joint d'assise, menés par l'institut de contrôle et de recherche p+f Sursee.
- Tests de rotation et de cisaillement sur des petits corps à joints d'assise inclinés, réalisés par l'institut de contrôle et de recherche p+f Sursee en collaboration avec l'EPF.

### 2. Résultats

Lors des tests, la maçonnerie KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince s'est comportée de manière identique à la maçonnerie KS classique à joints de mortier. Le comportement mécanique ainsi que la capacité de déformation de la maçonnerie jointoyée au mortier-colle à joint mince étant comparables à ceux de la maçonnerie jointoyée au mortier classique, les modèles de calcul sur lesquels se base la norme SIA 266 sont donc applicables.

### 3. Mesures de la maçonnerie

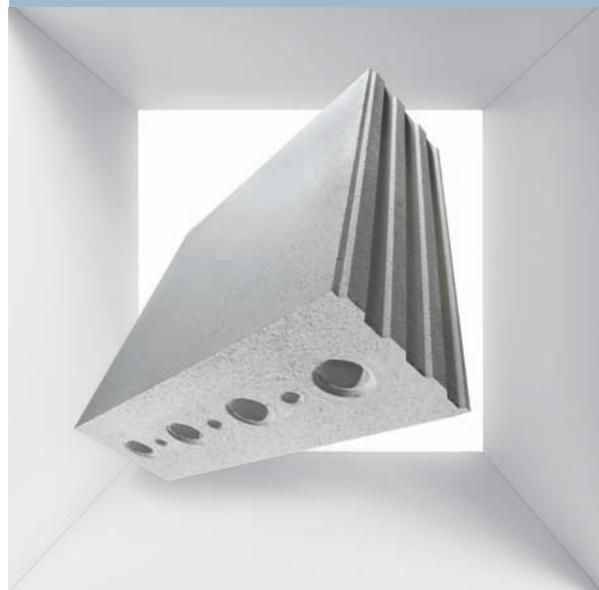
#### KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

Les caractéristiques matérielles mesurées pour la maçonnerie KS-QUADRO E à mortier-colle à joint mince ne sont pas sensiblement supérieures à celles de la maçonnerie à joints de mortier classique. Dans les pages qui suivent figurent des diagrammes de mesures pour des contraintes normales, ainsi que pour des contraintes de cisaillement. Les essais ont montré que sous l'effet de contraintes normales des fissures peuvent apparaître non seulement dans les joints d'assise, mais aussi horizontalement dans les briques se trouvant entre les joints. Pour les vérifications, il a été proposé de prendre en compte un intervalle d'env. 200 mm entre les fissures. Dans cette optique, les diagrammes ont été établis avec des hauteurs de brique « fictives », c'est-à-dire en intégrant des intervalles de 200 mm entre les fissures. La conversion vers un autre écartement entre les fissures est très simple, puisque la largeur des fissures dépend linéairement de l'intervalle entre celles-ci.

## Contenu

Explication des notations et abréviations	4   5
Excentricités prescrites du mur	6
Sécurité structurale	7
Torsion forcée	8
Justification de la sécurité structurale	9   10
Aptitude au service	11   12
Sécurité structurale sous contrainte de cisaillement	13
Valeurs caractéristiques	14

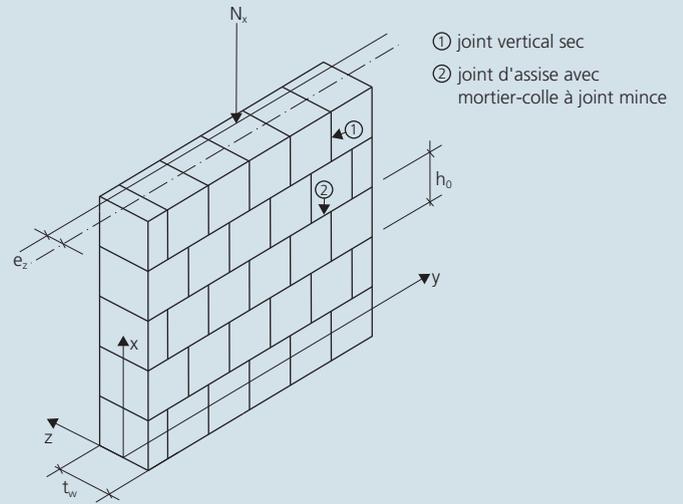
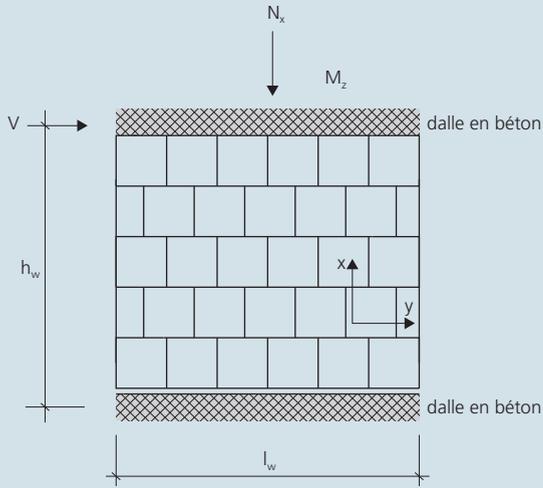
[www.ks-quadro.ch](http://www.ks-quadro.ch)



## Termes et notations

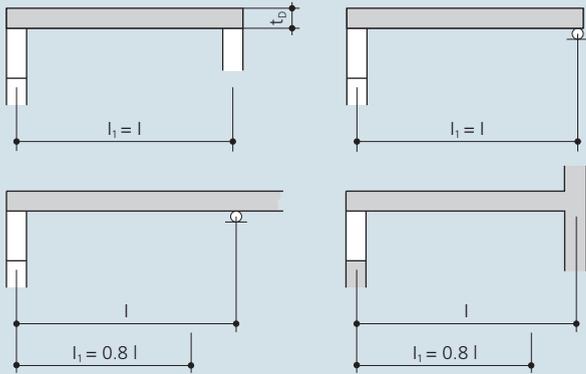
Dans la mesure du possible, les notations et abréviations de la norme SIA 266 sont utilisées en priorité.

$t_w$	épaisseur de mur [mm]	$k_1$	facteur de correction en fonction de la fissuration de la dalle : non fissurée $k_1 = 1$ , fissurée $k_1 = 2$
$e_z$	excentricité de $N_x$ resp. de $N_{xd}$ perpendiculaire au plan du mur	$k_2$	part de répartition de la charge de la dalle dans le sens correspondant (charge totale = 1.0) voir Précisions à propos de $k_2$ , page 5
$h_w$	hauteur du mur mesurée entre les axes des dalles [m]	$k_N$	coefficient intervenant dans la détermination de $I_a$ résistance ultime
$h_{cr}$	longueur de flambage du mur [m] pour les cas sélectionnés (voir Précisions à propos de $h_{cr}$ , page 5)	$r$	ouverture calculée d'une fissure [mm]
$h_o$	hauteur d'assise	$N_x$	effort normal par mètre de mur [kN/m <sup>1</sup> ] (compression = positif)
$t_d$	épaisseur de la dalle [m]	$N_{xo}$	valeur de référence [kN/m <sup>1</sup> ]
$l_1$	portée relative de la dalle [m] (voir Précisions à propos de $l_1$ , page 5)	$N_{xd}$	valeur de calcul de l'effort normal [kN/m <sup>1</sup> ]
$l_w$	longueur du mur [m]	$f_{xd}$	valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie [N/mm <sup>2</sup> ]
$g$	poids propre de la dalle [kN/m <sup>2</sup> ] (y compris chape, etc.)	$f_{xk}$	valeur caractéristique de la résistance à la compression de la maçonnerie [N/mm <sup>2</sup> ]
$q$	charges utiles [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{xd}$	valeur de dimensionnement du module d'élasticité de la maçonnerie [kN/mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_G$	facteur partiel de majoration du poids propre, en principe 1.35 pour la sécurité structurale (1.0 pour l'aptitude au service)	$\vartheta$	angle de torsion du nœud mur-dalle [rad]
$\gamma_Q$	facteur partiel de majoration de la charge utile, en principe 1.5 pour la sécurité structurale (1.0 pour l'aptitude au service)	$\vartheta_d$	valeur de dimensionnement de $\vartheta$ [rad]
$E'_c$	module d'élasticité du béton, valeur à long terme tenant compte du fluage, en principe $12 \cdot 10^6$ kN/m <sup>2</sup>		
$E'_{cd}$	valeur de dimensionnement du module d'élasticité du béton, en principe $10 \cdot 10^6$ kN/m <sup>2</sup>		

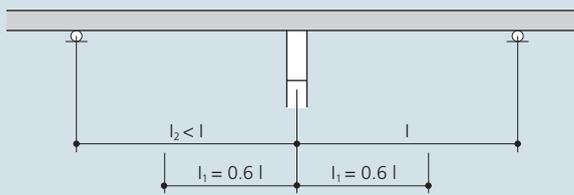


Précisions à propos de  $l_1$

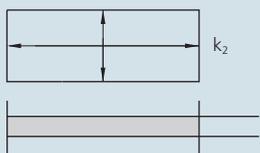
Murs extérieurs :



Murs de refend :

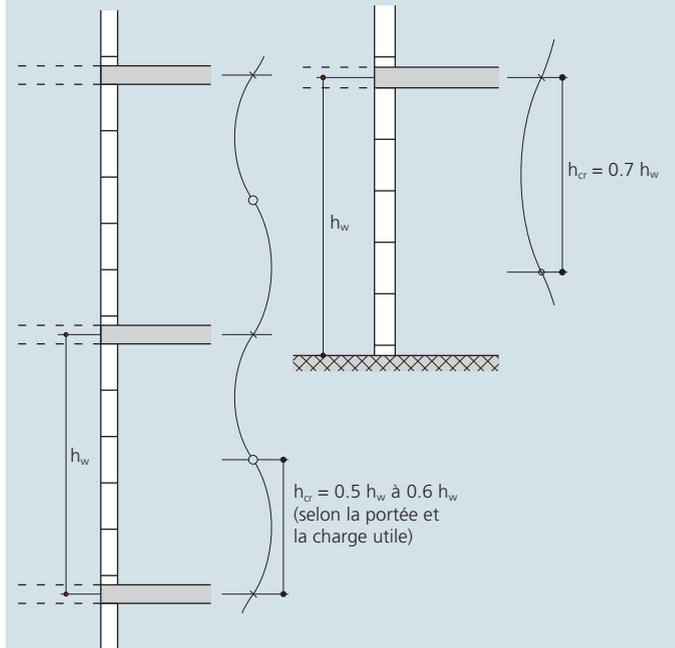


Précisions à propos de  $k_2$

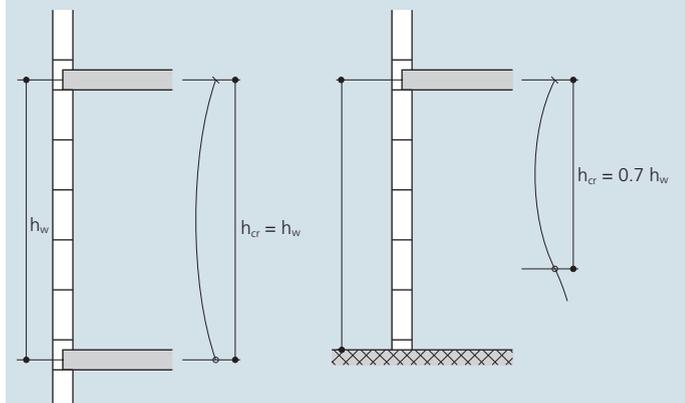


Précisions à propos de  $h_{cr}$

Pour les dalles complètement encastées :



Pour les dalles partiellement encastées :



## Excentricités prescrites du mur

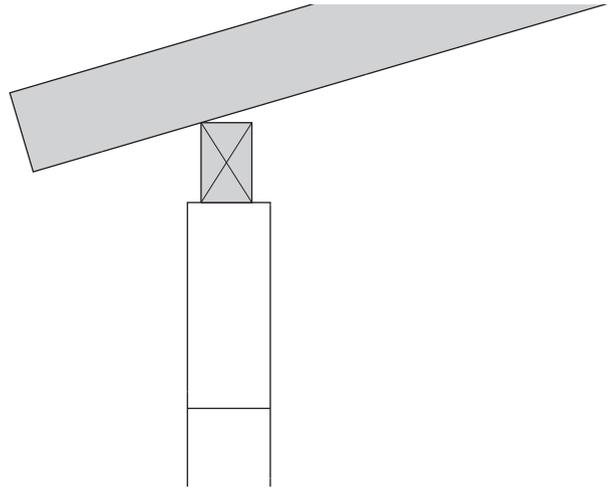
Dimensionnement et vérification à l'aide de diagrammes

La vérification est effectuée selon la théorie du 2<sup>ème</sup> ordre, conformément à l'article 4.3.1 de la norme SIA 266.

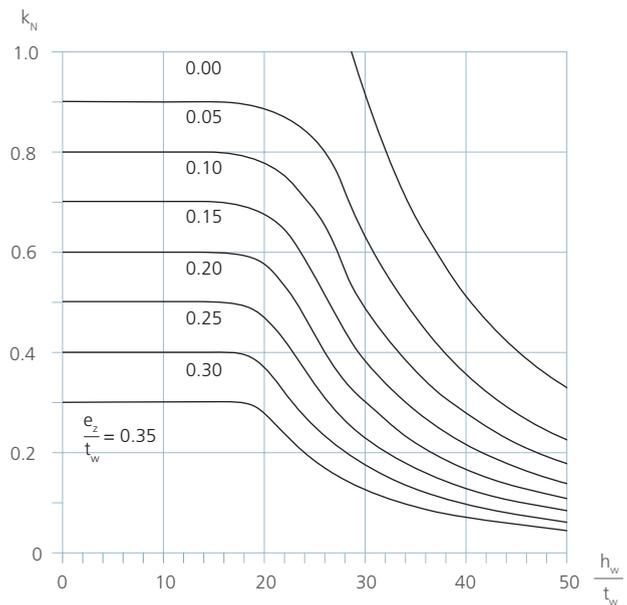
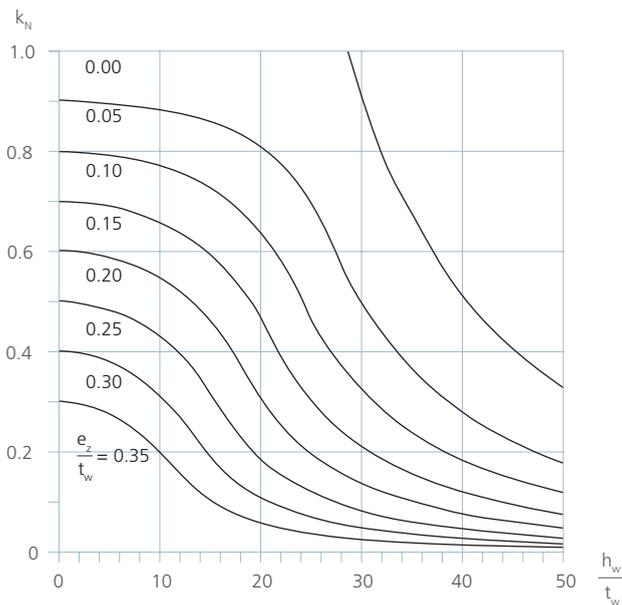
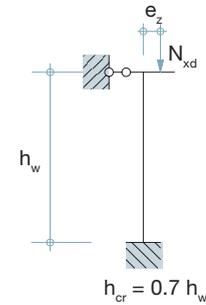
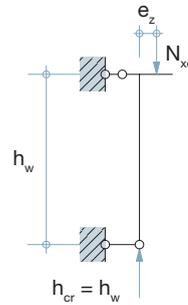
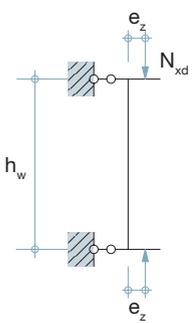
### Sécurité structurale

La sécurité structurale est vérifiée lorsque la condition ci-après est remplie :

$$N_{xd} \leq k_N \cdot I_w \cdot t_w \cdot f_{xd}$$



Le facteur  $k_N$  peut être déterminé à l'aide des diagrammes suivants :



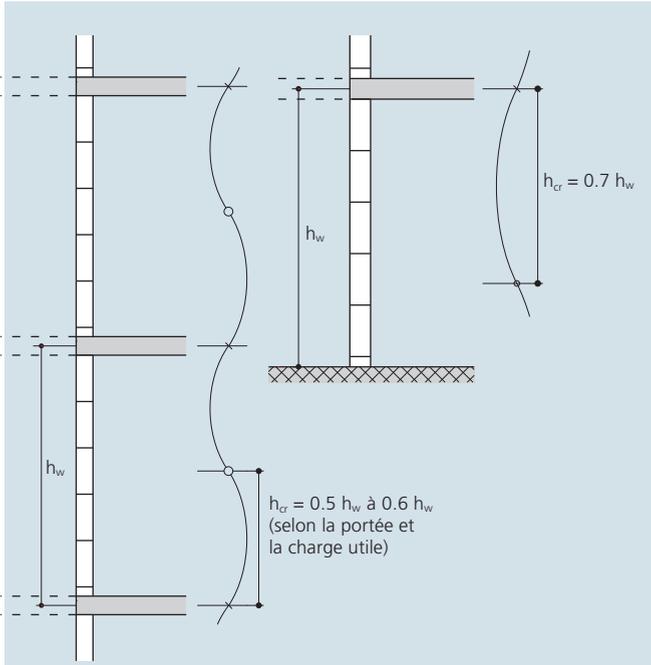
### Aptitude au service

On peut partir du principe que l'aptitude au service est garantie quand la condition suivante est remplie :

$$\frac{e_z}{t_w} \leq \frac{1}{6}$$

# Sécurité structurale de la maçonnerie KS-QUADRO E

Diagramme de calcul de la sécurité structurale pour un effort normal



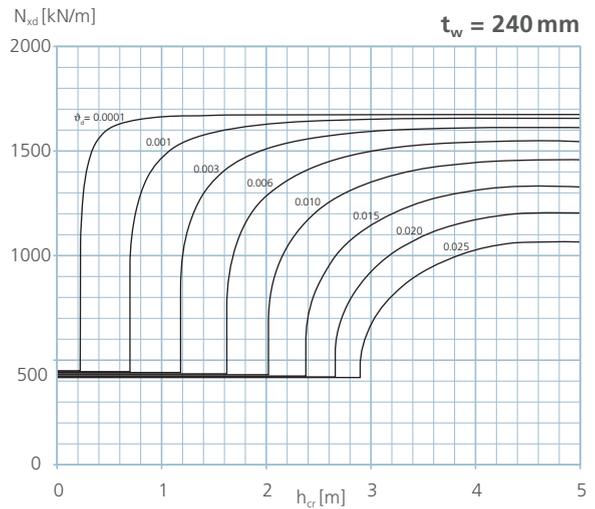
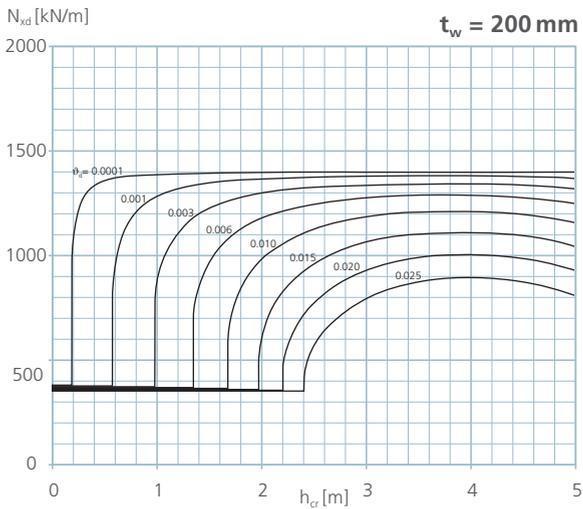
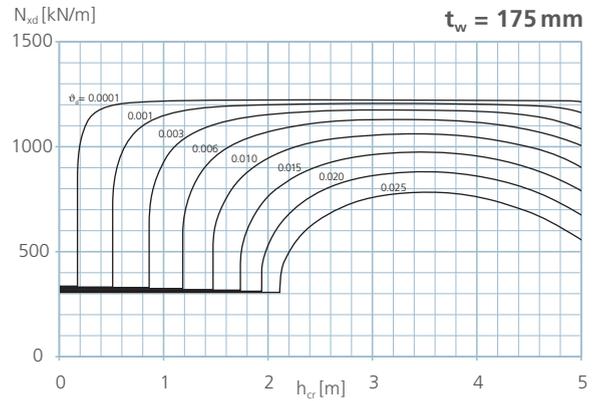
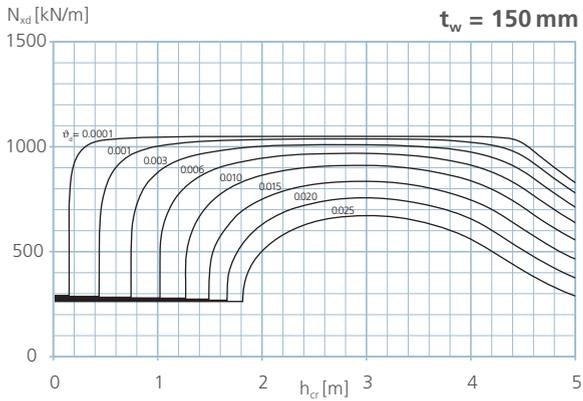
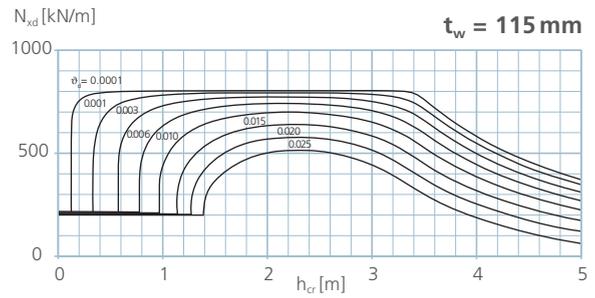
## Sécurité structurale de la maçonnerie KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

$f_{xd} = 7.0 \text{ N/mm}^2$

$E_{xd} = 3.7 \text{ kN/mm}^2$

$\vartheta_d$ : valeur de calcul de l'angle de rotation des appuis de dalle

$h_{cr}$ : pour des cas précis, avec des dalles complètement encastrées



## Torsion forcée aux murs

### Mesure et vérification à l'aide de diagrammes

La vérification est effectuée selon la théorie du 2<sup>ème</sup> ordre, conformément à l'article 4.3.1 de la norme SIA 266.

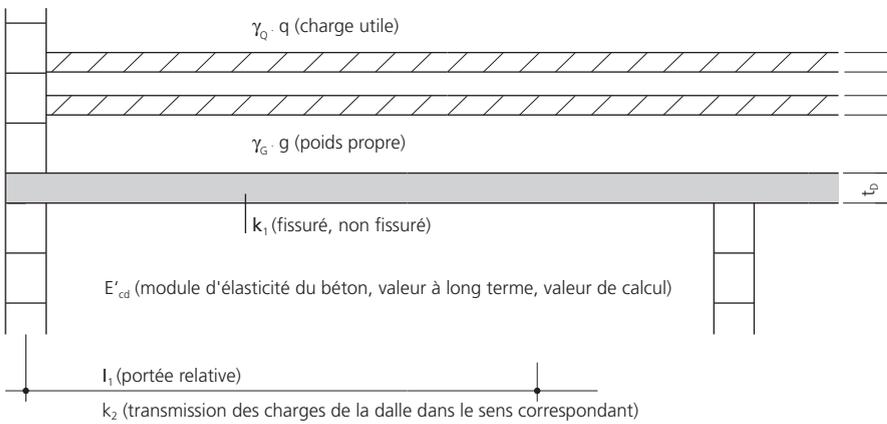
### Sécurité structurale

L'appréciation s'effectue à l'aide de la valeur de calcul  $\vartheta_d$  (angle de rotation des appuis de dalle simples) via la formule suivante :

$$\vartheta_d = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot (\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) \cdot l_1^3}{2 \cdot E'_{cd} \cdot t_D^3} [\text{rad}]$$

La capacité de charge  $N_{x,d}$  se déduit du diagramme en fonction de la longueur de flambage  $h_{cr}$  du mur. Une interpolation des différentes courbes est possible.

La valeur caractéristique pour la détermination de  $\vartheta_d$  doit être déduite du calcul statique de la dalle correspondante comme suit :



## Justification de la sécurité structurale

### Exemple 1

Mur extérieur dans un bâtiment de plusieurs étages.

#### ■ Hauteur relative du mur $h_{cr}$ :

Hypothèses :

dans les étages intermédiaires :  $h_{cr} = 0.5 \cdot 2.9 = 1.45 \text{ m}$

dans l'étage inférieur :  $h_{cr} = 0.7 \cdot 2.9 = 2.03 \text{ m}$

#### ■ Transmission des charges de la dalle:

Dans la direction appropriée, constatée par exemple en fonction des surfaces d'application des charges.

Hypothèse :  $k_2 = 0.70$

#### ■ Charges:

Dalle en béton armé + chape :  $g = 7.5 \text{ kN/m}^2$

Charge utile :  $q = 4.0 \text{ kN/m}^2$

Poids propre du mur :  $q = 2.1 \text{ kN/m}^2$

Pour le certificat de sécurité structurale

#### ■ Effort normal par étage (avec $\gamma_G = 1.35$ , $\gamma_Q = 1.5$ ):

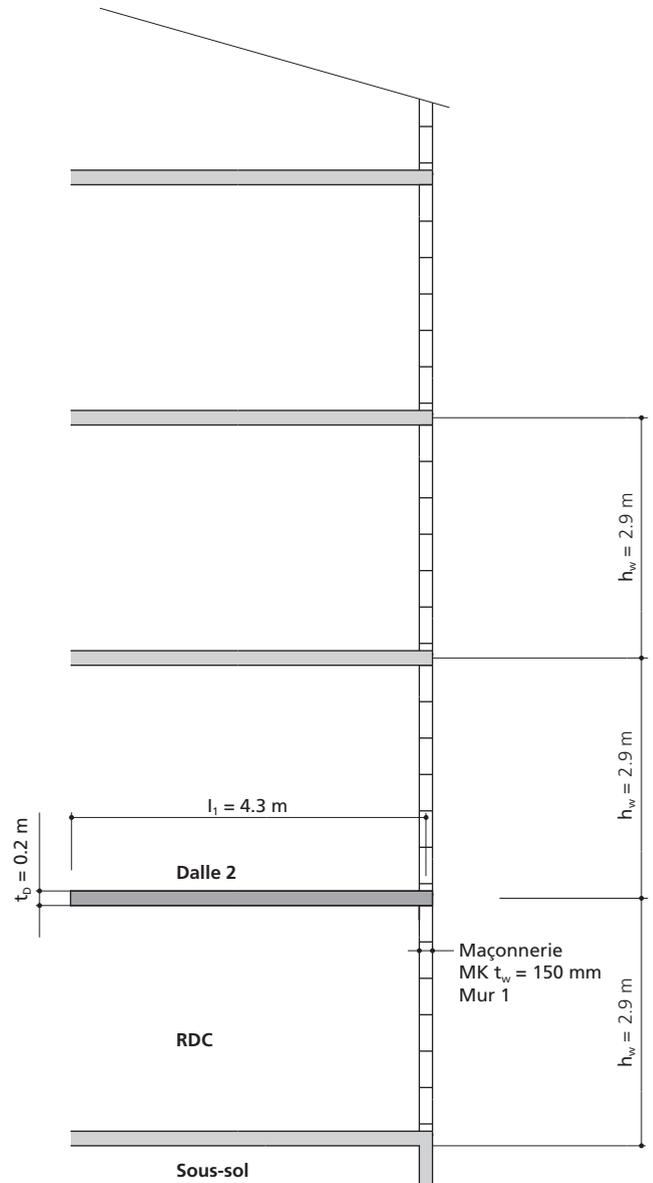
$$\text{de la dalle : } 7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{4.3}{2} \cdot 0.7 = 15.2 \text{ kN/m}^1$$

$$4.0 \cdot 1.5 \cdot \frac{4.3}{2} \cdot 0.7 = 9.0 \text{ kN/m}^1$$

$$\text{du mur : } 2.1 \cdot 1.35 \cdot (2.9 - 2 \cdot 0.1) = 7.7 \text{ kN/m}^1$$

$$N_{xd} = 31.9 \text{ kN/m}^1$$

Réduction pour les étages supérieurs prise en compte.



### Preuve de la sécurité structurale

**Avec 4 étages (+ grenier) dans l'étage inférieur, mur 1:**

$$N_{xd} = 4 \cdot 31.9 = 127.6 \text{ kN/m}^1$$

$$h_{cr} = 2.03 \text{ m}$$

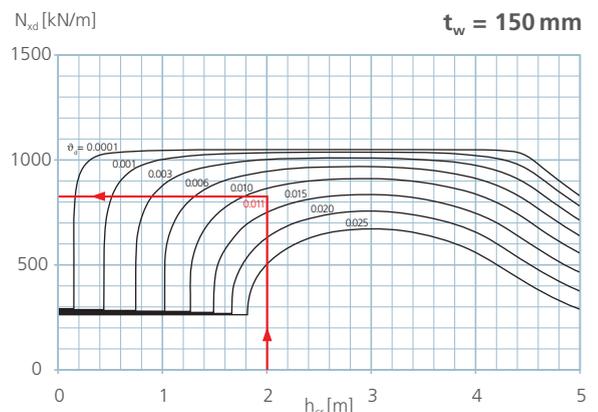
$$\vartheta_{d1} = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 4.3^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.011 \text{ rad}$$

**Vérification avec 4 étages:**

Diagramme MK  $t_w = 150 \text{ mm}$ :

$$N_{xd} \cong 820 \text{ kN/m}^1 > 127.6 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ avant}}$$

Sécurité structurale justifiée !



## Justification de la sécurité structurale

### Exemple 2

Mur de refend avec des fortes contraintes dans l'étage inférieur, portées inégales de la dalle.

■ **Hauteur relative du mur  $h_{cr}$ :**

$$h_{cr} = 0.7 \cdot 2.7 = 1.89 \text{ m}$$

■ **Portée relative déterminante de la dalle:**

$$l_1 = 0.6 \cdot 5.0 = 3.00 \text{ m}$$

■ **Transmission des charges de la dalle:**

Hypothèse:  $k_2 = 0.80$

■ **Charges:**

Mur des étages supérieurs:  $N'_{xd} = 300 \text{ kN/m}^1$

Dalle en béton armé:  $g = 7.5 \text{ kN/m}^2$

Charge utile:  $q = 4.0 \text{ kN/m}^2$

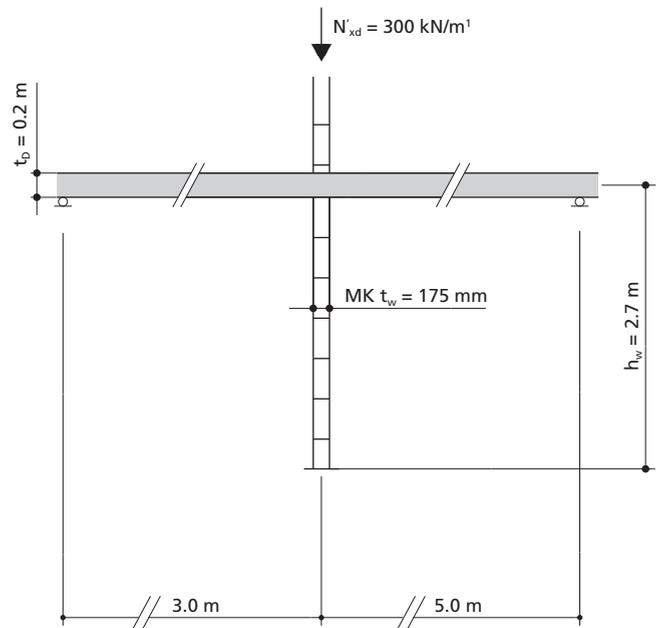
■ **Effort normal par étage (avec  $\gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.5$ ):**

des étages supérieurs:  $300.0 \text{ kN/m}^1$

de la dalle:  $7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{5.0 + 3.0}{2} \cdot 0.8 = 32.4 \text{ kN/m}^1$

$4.0 \cdot 1.5 \cdot \frac{5.0 + 3.0}{2} \cdot 0.8 = 19.2 \text{ kN/m}^1$

$N_{xd} = 351.6 \text{ kN/m}^1$



### Vérification de la sécurité structurale

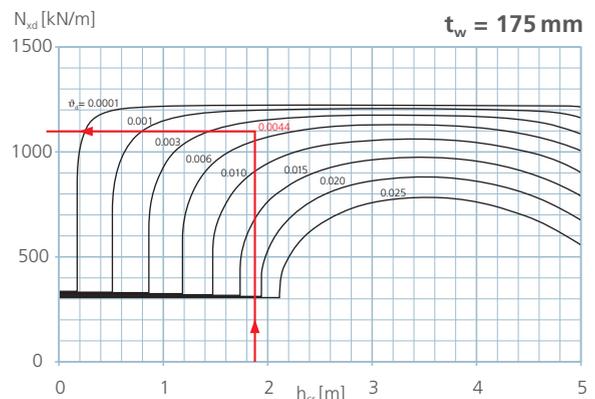
$$\vartheta_{d1} = \frac{2 \cdot 0.8 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 3.0^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0044 \text{ rad}$$

**Vérification avec 4 étages:**

Diagramme MK  $t_w = 175 \text{ mm}$ :

$N_{xd} \cong 1100 \text{ kN/m}^1 > 351.6 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ avant}}$

**Sécurité structurale justifiée !**



## Aptitude au service

L'appréciation s'effectue à l'aide avec l'angle de torsion de la dalle appuyée librement sur le mur selon la formule suivante :

$$\vartheta_d = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot (g + q) \cdot l_1^3}{2 \cdot E'_{cd} \cdot t_b^3} \text{ [rad]}$$

L'ouverture calculée d'une fissure se déduit du diagramme en fonction de la longueur de flambage  $h_{cr}$  du mur.

Pour utiliser les diagrammes, ces valeurs doivent être converties :

$$\text{Ordonnée: } r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} \quad \text{où:}$$

$N_{x0}$ : valeur de référence selon diagramme  
(valeur de référence sans signification physique pour l'optimisation des champs d'application des diagrammes)

$r_{200}$ : largeur de fissure pour une hauteur d'assise de 200 mm

On admet généralement :  $r = \frac{h_0}{200} \cdot r_{200}$

$h_0$ : hauteur d'une brique plus un joint = hauteur d'assise (l'utilisation d'une valeur  $h_0 \neq 200$  mm permet d'influencer la largeur de fissure)

Abscisse	Paramètre de courbe
$h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}}$	$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}}$

### Exigences selon SIA 266:

Exigences normales :  $r \leq 0.20$  mm

Exigences élevées :  $r \leq 0.05$  mm

## Aptitude au service pour un effort normal

Formule de calcul de l'aptitude au service :

$$r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} \text{ [mm]}$$

### Aptitude au service de la maçonnerie KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

( $f_{yk} = 14.0$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_{xk} = 7.4$  kN/mm<sup>2</sup>)

## Justification de l'aptitude au service

### Exemple 1

Vérification de l'ouverture calculée d'une fissure, bien que celle-ci ne soit généralement pas problématique pour la paroi interne d'un mur à double paroi.

Exemple de dalle inférieure avec 4 étages :

■ Charge utile par étage :	$7.5 \cdot \frac{4.3}{2} \cdot 0.7$	
de la dalle :	$2.0 \cdot \frac{4.3}{2} \cdot 0.7$	= 11.3
avec $q_{ser, lang} = 2.0$ kN/m <sup>2</sup>		= 3.2
du mur :	$2.0 \cdot 2.7$	= 5.7
		= 19.7 kN/m <sup>1</sup>
	$\vartheta = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot (7.5 + 2.0) \cdot 4.3^3}{2 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0055 \text{ rad}$	

### ■ Vérification dans l'étage inférieur; mur 1

$$N_x = 4 \cdot 19.7 = 78.8 \text{ kN/m}^1$$

Diagramme MK,  $t_w = 150$  mm

$$h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}} = 2.03 \cdot \sqrt{\frac{78.8}{100}} = 1.80 \text{ m}$$

$$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}} = 0.0055 \cdot \sqrt{\frac{100}{78.8}} = 0.0062 \text{ rad}$$

Largeur de fissure pour une hauteur d'assise de 200 mm :

$$r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} \cong 0.36 \text{ mm}$$

$$r_{200} \cong 0.36 \cdot \frac{78.8}{100} = 0.28 \text{ mm}$$

### Appréciation :

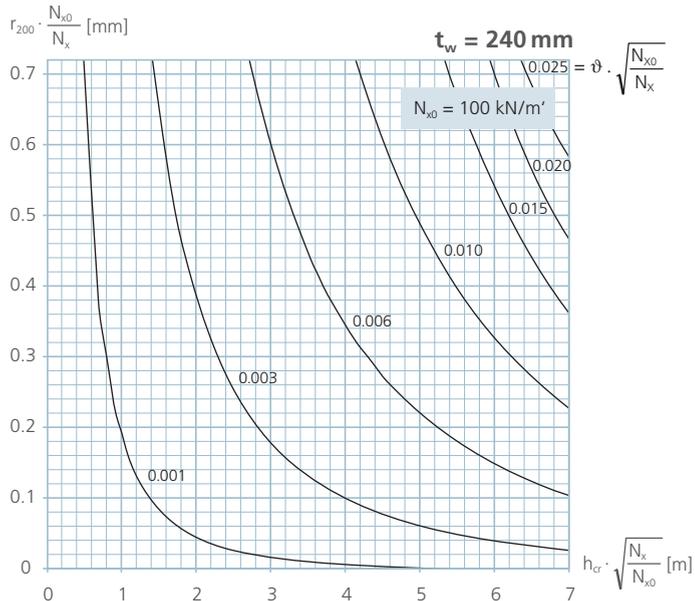
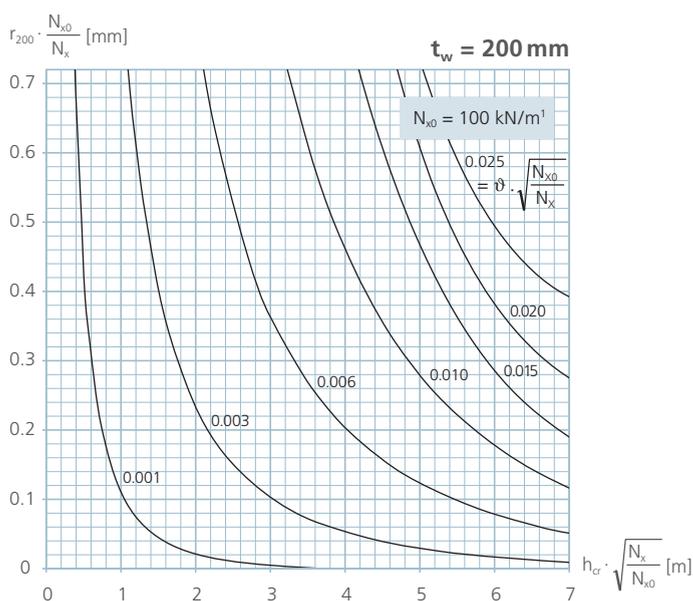
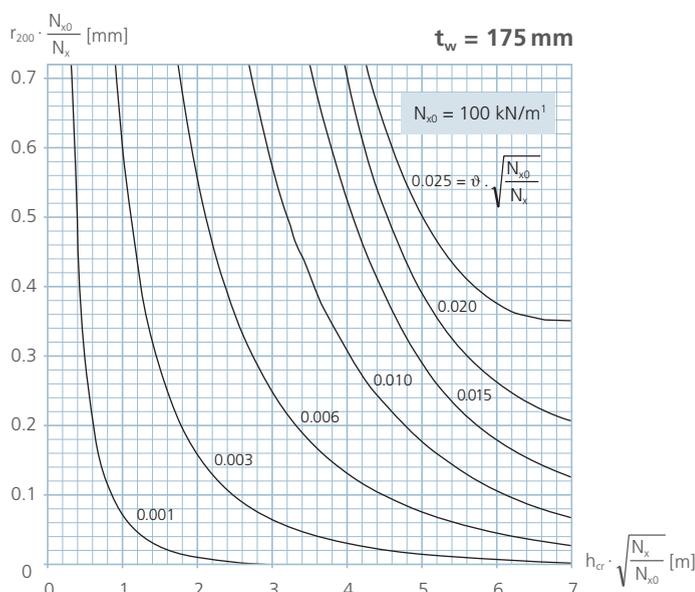
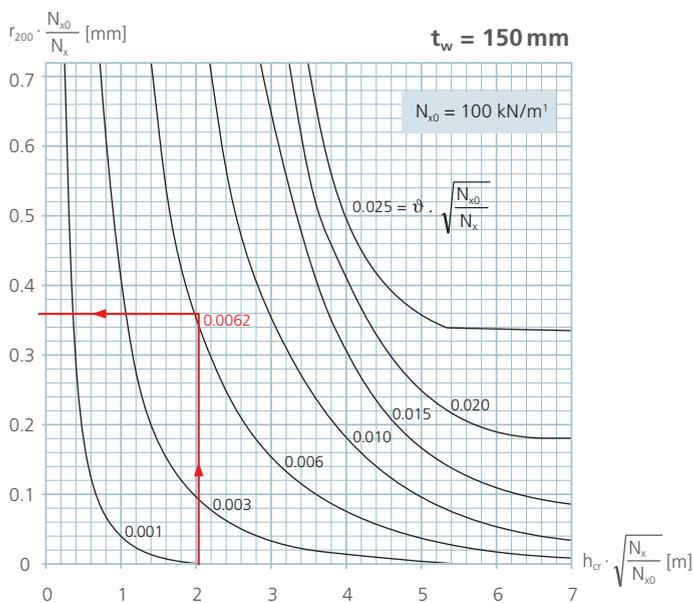
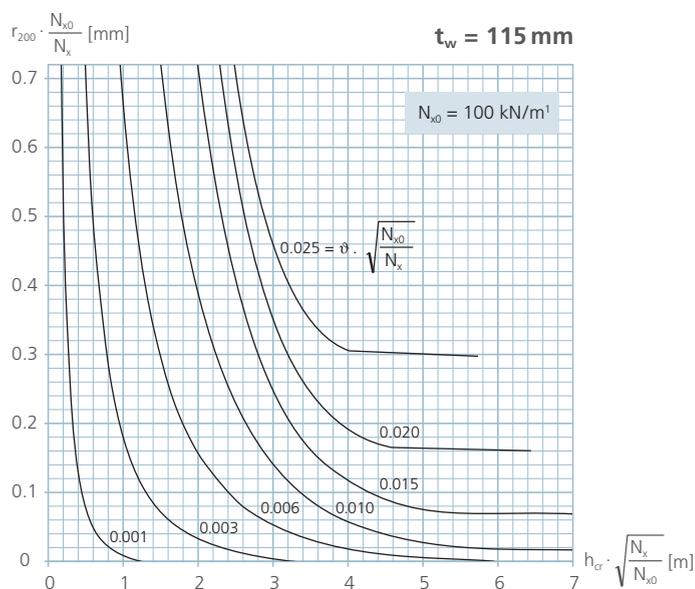
Dans le cas d'un mur à double paroi, une fissure sur le côté extérieur de la paroi portante est sans risque. En présence d'un effort normal pas trop élevé, la fissure apparaît sur la jonction mur-dalle, au niveau de la chape.

# Aptitude au service de la maçonnerie KS-QUADRO E

Diagrammes de calcul de l'aptitude au service pour un effort normal

## Aptitude au service de la maçonnerie KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

$f_{xk} = 14.0 \text{ N/mm}^2$   
 $E_{xk} = 7.4 \text{ kN/mm}^2$



# Diagramme de calcul

## Sécurité structurale sous contrainte de cisaillement avec un effort normal centré

Maçonnerie KS-QUADRO E avec mortier-colle à joint mince

Sécurité structurale

( $f_{xd} = 7.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yd} = 3.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\mu_d = 0.6$ )

$$\frac{V_d}{l_1 \cdot t_w \cdot f_{yd}}$$

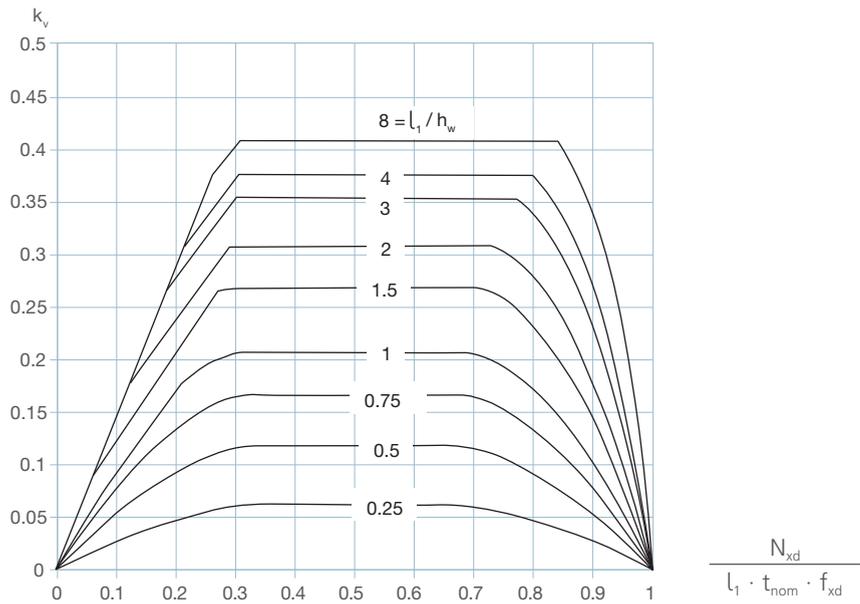
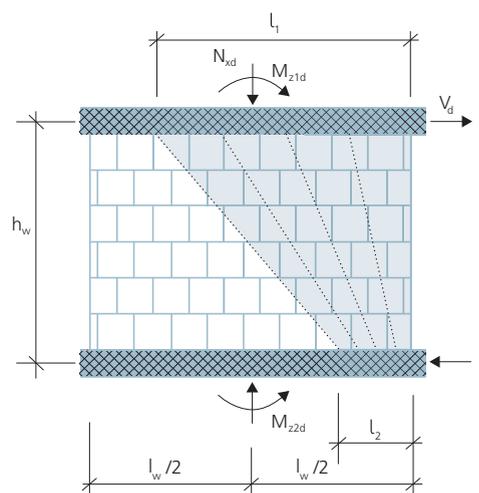
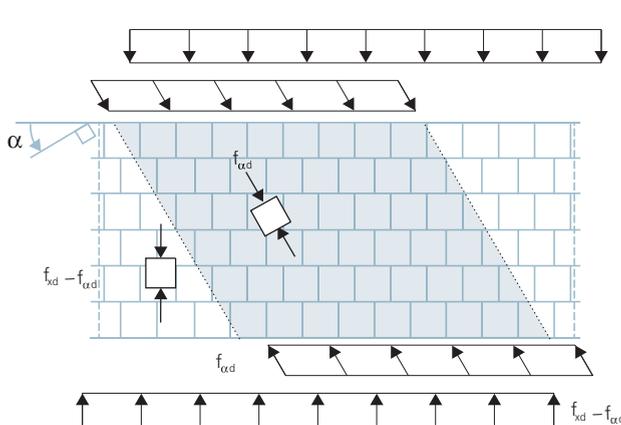


Figure 6



$\alpha$	$f_{\alpha d}$
$0^\circ$	$f_{xd}$
$0 < \alpha \leq \arctan \mu_d$	$f_{yd}$
$\arctan \mu_d < \alpha < 90^\circ$	0
$90^\circ$	$f_{yd}$

Pour des murs simples soumis au cisaillement, la sécurité structurale est vérifiée lorsque la condition ci-après est remplie.

$$V_d \leq k_v l_1 t_w f_{yd}$$

$k_v$  = coefficient tiré de la figure 6 avec  $t_{nom} = t_w$

$$l_1 = l_w - \frac{2M_{z1d}}{N_{xd}}$$

## Valeurs caractéristiques pour KS-QUADRO E

Propriétés mécaniques	Valeurs déclarées	Indications de la norme	Normes
<b>MAÇONNERIE MK</b>			
conformément aux normes SIA 266 et SN 771			
Résistance à la compression de la maçonnerie $f_{xk}$	14.0 N/mm <sup>2</sup>	7.0 N/mm <sup>2</sup>	SN EN 1052-1
Module d'élasticité $E_{xk}$	7.4 kN/mm <sup>2</sup>	7.0 kN/mm <sup>2</sup>	SN EN 1052-1
Résistance à la traction par flexion de la maçonnerie $f_{fxk}$	0.42 N/mm <sup>2</sup>	0.15 N/mm <sup>2</sup>	SN EN 1052-2
Coefficient de fluage final $\phi$		1.5	SIA 266
Valeur finale du retrait $\epsilon_s$		-0.2 ‰	SIA 266
Résistance de l'adhérence, premier joint d'assise		0.15 N/mm <sup>2</sup>	SN EN 998-2

**BRIQUES K**

conformément aux normes SIA 266 et SN 771

Forme et composition		Catégorie 1	SN EN 771-2
Densité brute à sec 1.8 ( $t_w = 115, 145$ mm)	1610-1800 kg/m <sup>3</sup>		SN EN 771-2
Densité brute à sec 2.0 ( $t_w = 175, 200, 240$ mm)	1810-2000 kg/m <sup>3</sup>		SN EN 771-2
Résistance à la compression des briques et agglomérés $f_{bk}$	$\geq 30.0$ N/mm <sup>2</sup>	22.0 N/mm <sup>2</sup>	SIA 266/1
Résistance à la traction transversale $f_{bqk}$	$\geq 10.0$ N/mm <sup>2</sup>	7.0 N/mm <sup>2</sup>	SIA 266/1
Conductibilité thermique équivalente $\lambda_{10}$ à sec (P = 90%)		1.0 W/mK	SN EN 1745
Résistance au gel/longévité	conditions remplies		SN EN 772-18
Coefficient de diffusion d'eau $\mu$	5/25		SN EN 1745
Comportement au feu	Classe Euro A1		SN EN 771-2
Absorption d'eau $c_w$	5 - 9 %		SN EN 771-2
Absorption d'eau*	aucune		Déclaration environnementale des produits
Proportion d'alvéoles	$\leq 15$ %		EN 772-2

\*Institut Bauen und Umwelt, EPD-BKS-2009111-D, www.bau-umwelt.com

**MORTIER-COLLE À JOINT MINCE**

conformément aux normes SIA 266 et SN EN 998-2

Résistance à la compression $f_{mk}$		15.0 N/mm <sup>2</sup>	EN 1015-11
Résistance adhésive au cisaillement / résistance de l'adhérence		0.3 N/mm <sup>2</sup>	SN EN 998-2
Granulométrie		$\leq 2$ mm	EN 1015-1
Densité brute à sec		$\geq 1300$ kg/m <sup>3</sup>	EN 1015-10

Remarque: Toutes les informations relatives à nos produits, notamment les illustrations, schémas, indications de dimensions et de performances, ainsi que toute autre mention technique sont à considérer comme des valeurs moyennes approximatives. Nous nous réservons la possibilité d'apporter des modifications à la conception, aux données techniques, aux dimensions et au poids. Les normes ou réglementations techniques citées, ainsi que les caractéristiques techniques, les descriptions et les représentations des produits correspondent à la date de l'impression. Par ailleurs, la dernière version en vigueur de nos conditions générales s'applique. Seules les offres émises par nos soins font référence.



HKS Hunziker Kalksandstein AG  
Aarauerstrasse 75  
CH-5200 Brugg  
T +41 56 460 54 66  
F +41 56 460 54 54  
[www.ks-quadro.ch](http://www.ks-quadro.ch)

