

**Theorie:** Beton - Dwarskracht

---

### Gemiddelde afschuiving

$$\tau_d = V_d/bd$$

### Grenswaarde $\tau_d$

Is de gevonden waarde  $\tau_d$  kleiner dan of gelijk aan de grenswaarde  $\tau_1$  dan is de betondoorsnede in staat de schuifspanningen te leveren die nodig zijn om de dwarskracht  $V_d$  naar de ondersteuning onder te brengen.

**De grenswaarde is afhankelijk van:**

- de ongescheurde drukzone
- de wrijvingskrachten in de scheur
- de deuvewerking van de wapening
- de breedte en hoogte van de betondoorsnede

**Tabel  $\tau_1$**

sterkteklasse	$0,4f_b$
B 15	0,36
B 25	0,46
B 35	0,56
B 45	0,66
B 55	0,76
B 65	0,86

$\tau_d > \tau_1$  dan dwarskrachtwapening toepassen om het deel van de schuifspanningen boven  $\tau_1$  te kunnen opnemen.

$$\tau_d = \tau_1 + \tau_s \quad \text{ofwel} \quad \tau_s = \tau_d - \tau_1$$

### Grenswaarde $\tau_2$

Ter voorkoming van het bezwijken van de drukdiagonaal wordt er een grenswaarde gesteld aan de hoeveelheid dwarskrachtwapening  $\tau_s$

**Tabel  $\tau_2$**

sterkteklasse	$\tau_2$
B 15	1,8
B 25	3,0
B 35	4,2
B 45	5,4
B 55	6,6
B 65	7,8

Als  $\tau_2$  wordt overschreden dan:

- Betonsterkteklasse verhogen
- Betonafmetingen verhogen

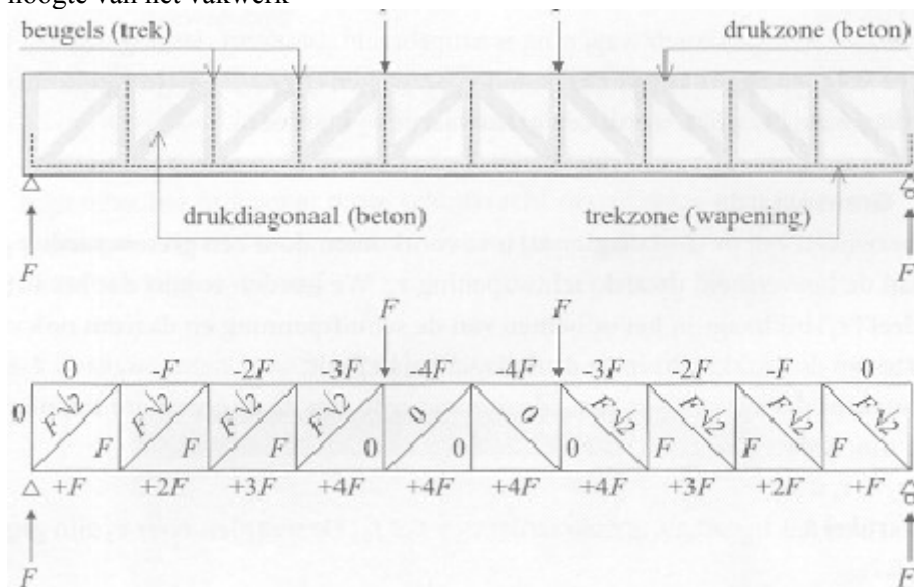
**Dwarskrachtwapening voor slanke constructies**

De dwarskrachtbeugels worden belast door een trekkracht F.  
 $V = F$

De benodigde hoeveelheid beugelwapening:

$$A_s \text{ beugels} = V_s / f_s$$

Omdat de drukdiagonalen onder 45° lopen geldt dat de afstand van de verticalen gelijk is aan de hoogte van het vakwerk



De beugeldoorsnede per lengte wordt dan:

$$A_s \text{ beugels} / z = V_s / f_s * z$$

De betondoorsnede kan zonder dwarskrachtwapening opnemen:

$$V_1 = \tau_1 * bd$$

De resterende dwarskracht die door de beugels wordt opgenomen, bedraagt;

$$V_s = V_d - V_1 = (\tau_d - \tau_1) * bd$$

Per lengte z wordt dan:

$$A_{s \text{ bgls}} = ((\tau_d - \tau_1) * bd) / (f_s * z)$$

De totale beugeldoorsnede  $A_s$  over een beugelafstand s wordt dan:

$$A_{s \text{ bgls}} = (A_{s \text{ bgsl}} * s) / z = ((\tau_d - \tau_1) * bd * s) / (f_s * z)$$

De algemene formule luidt dan:

$$A_{s \text{ bgsl}} = ((\tau_d - \tau_1) * bd * s) / (f_s * z)$$

$$A_{s \text{ bgsl}} = ((\tau_d - \tau_1) * b s) / (0.9f_s)$$

#### **Dubbelsnedig**

Een beugel doorsnijdt de scheur tweemaal

Voor het bepalen van  $A_{s \text{ bgls}}$  mag de beugeldoorsnede dus dubbel worden gerekend.

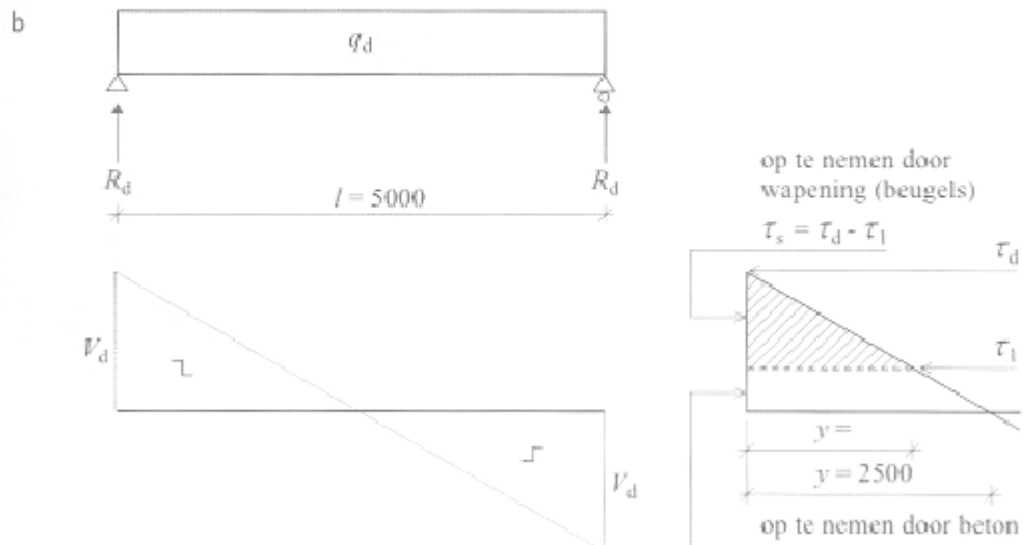
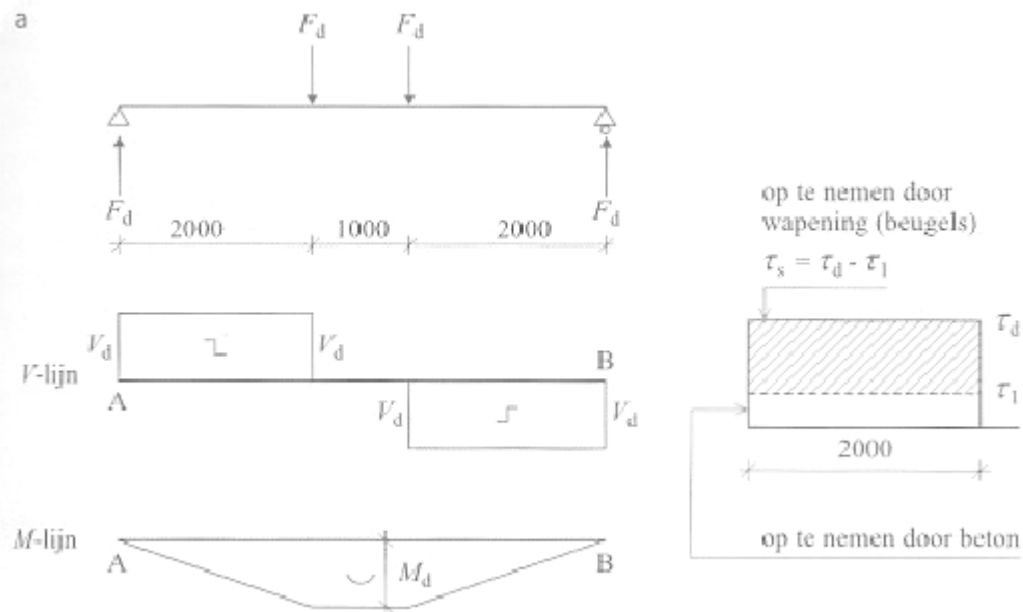
Tabel voor FeB500 opneembare schuifkrachten  $\tau_{pbls}$

beugel- wapening	$A_{s \text{ tot}}$ (mm <sup>2</sup> /m)	balkbreedte $b$ (mm)							
		150	200	250	300	350	400	450	500
Ø6-100	565	1,48	1,11	0,89	0,74	0,63	0,55	0,49	0,44
Ø6-150	377	0,98	0,74	0,59	0,49	0,42	0,37	0,33	0,30
Ø6-200	283	0,74	0,55	0,44	0,37	0,32	0,28	0,25	0,22
Ø6-250	226	0,59	0,44	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,18
Ø6-300	188	0,49	0,37	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
Ø8-100	1005	2,62	1,97	1,57	1,31	1,12	0,98	0,87	0,79
Ø8-150	670	1,75	1,31	1,05	0,87	0,75	0,66	0,58	0,52
Ø8-200	503	1,31	0,98	0,79	0,66	0,56	0,49	0,44	0,39
Ø8-250	402	1,05	0,79	0,63	0,52	0,45	0,39	0,35	0,31
Ø8-300	335	0,87	0,66	0,52	0,44	0,37	0,33	0,29	0,26
Ø10-100	1571	4,10	3,07	2,46	2,05	1,76	1,54	1,37	1,23
Ø10-150	1047	2,73	2,05	1,64	1,37	1,17	1,02	0,91	0,82
Ø10-200	785	2,05	1,54	1,23	1,02	0,88	0,77	0,68	0,61
Ø10-250	628	1,64	1,23	0,98	0,82	0,70	0,61	0,55	0,49
Ø10-300	524	1,37	1,02	0,82	0,68	0,59	0,51	0,46	0,41
Ø12-100	2262	5,90	4,43	3,54	2,95	2,53	2,21	1,97	1,77
Ø12-150	1508	3,93	2,95	2,36	1,97	1,69	1,48	1,31	1,18
Ø12-200	1131	2,95	2,21	1,77	1,48	1,26	1,11	0,98	0,89
Ø12-250	905	2,36	1,77	1,42	1,18	1,01	0,89	0,79	0,71
Ø12-300	754	1,97	1,48	1,18	0,98	0,84	0,74	0,66	0,59

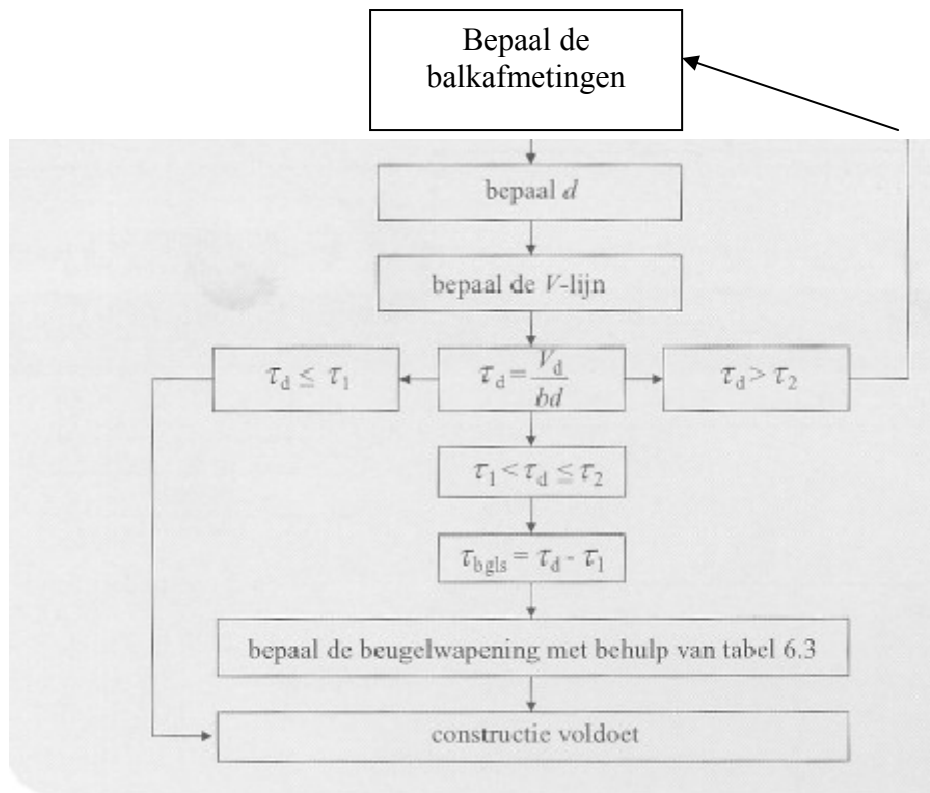
Voor een ander staalsoort moet de schuifspanning in de tabel worden vermenigvuldigd met:

Bijv. FeB400:  $400/500 = 0.8$

Door beton- en wapening op te nemen schuifspanning



**Stroomschema voor het berekenen van dwarskrachtwapening**



**Voorbeeld**

Tweezijdig vrij opgelegde balk 350 x 500 mm  
 Hw Ø16  
 Bgls Ø8 - 300  
 Milieuklasse 1  
 Beton B25  
 Staalsoort FeB500  
 $q_d = 95 \text{ kN/m}$

$$F_a = F_b = 0.5 * 95 * 4 = 190 \text{ kN}$$

$$V_{ad} = V_{bd} = V_d = 190 \text{ kN}$$

$$d = h - c - \text{Ø}_{bgl} - 1/2\text{Ø}_{hw}$$

$$d = 500 - 25 - 8 - 8 = 459 \text{ mm}$$

Uit tabel:

$$\tau_1 = 0.46 \text{ N/mm}^2, \tau_2 = 3 \text{ N/mm}^2, f_s = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = V_d/bd = 190000 / (350 * 459) = 1.18 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_d > \tau_1$  dus dwarskrachtwapening toepassen

$\tau_d < \tau_2$  balkafmeting akkoord

$$\tau_{bgl} = 0.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{extra bgl}} = 1.18 - (0.46 + 0.37) = 0.35 \text{ N/mm}^2$$

De extra lengte waarover de dwarskrachtbeugels moet worden toegepast:

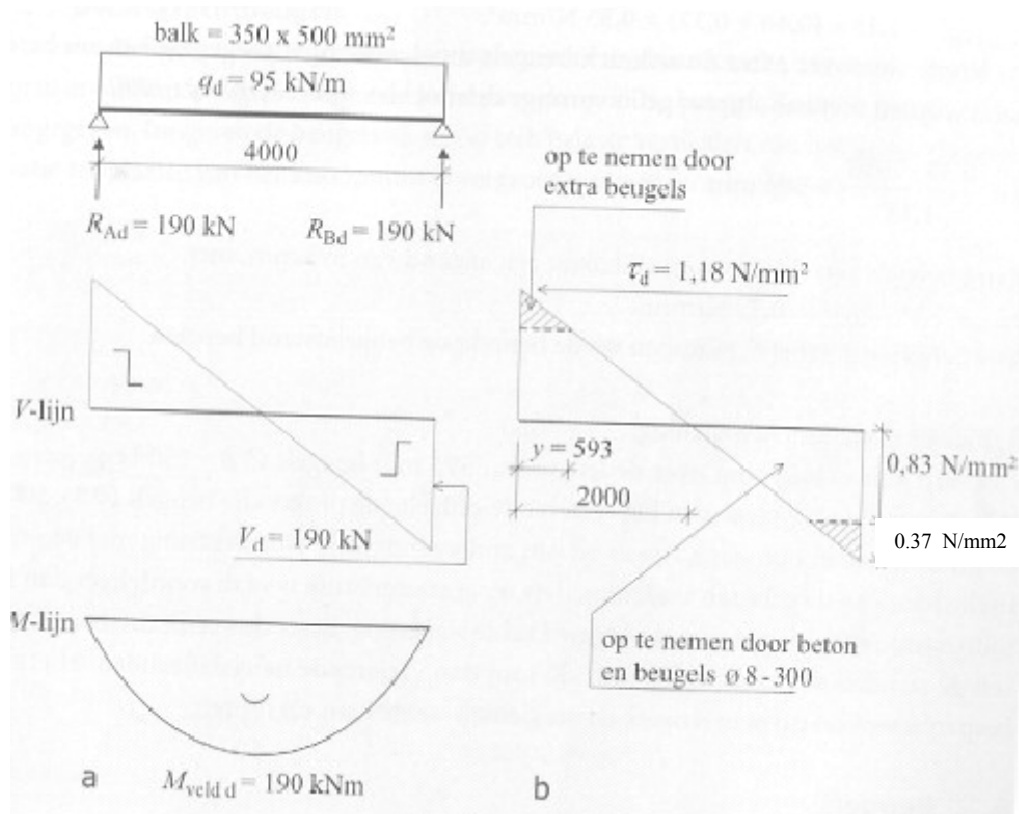
$$0.35 : 1.18 = y : 2000$$

$$y = 593 \text{ mm}$$

Extra beugels noodzakelijk over een afstand van 593 mm

$$\tau_{bgl} = 1.18 - 0.46 = 0.72 \text{ N/mm}^2$$

Uit tabel: Ø8-150



**Gegeven**

Een balk met een doorsnede van 300 mm × 600 mm in een droog milieu, milieuklasse 1.

Wapening  $\varnothing_k 16$  (FeB 500). Beugels  $\varnothing_k 8$ .

Betonkwaliteit B 25.

**Gevraagd**

Bereken de schuifspanning voor:

a reactiekracht  $R_{d,A} = 51$  kN;

b  $R_{d,A} = 90$  kN.

**Oplossing**

a  $d = h - c - \varnothing_{bg} - \frac{1}{2} \varnothing_{hw}$

$$d = 600 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 16 \text{ mm} = 559 \text{ mm}$$

De dwarskracht:

$$V_d = R_{d,A} = 51 \text{ kN.}$$

De schuifspanning:

$$\tau_d = \frac{V_d}{b \cdot d} = \frac{51 \times 10^3 \text{ N}}{300 \times 559 \text{ mm}^2} = 0,30 \text{ N/mm}^2$$

Dit is kleiner dan  $\tau_1 = 0,46 \text{ N/mm}^2$  (B 25) en kan dus door het beton worden opgenomen.

b Als  $R_{d,A} = 90 \text{ kN}$  wordt de dwarskracht:

$$V_d = 90 \text{ kN}$$

en de schuifspanning:

$$\tau_d = \frac{V_d}{b \cdot d} = \frac{90 \times 10^3 \text{ N}}{300 \times 559 \text{ mm}^2} = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Deze waarde is groter dan de  $\tau_1 = 0,46 \text{ N/mm}^2$  (B 25).

Deze schuifspanning kan niet door het beton alleen worden opgenomen maar voor het gedeelte boven  $\tau = 0,46 \text{ N/mm}^2$  moet wapening gebruikt worden.

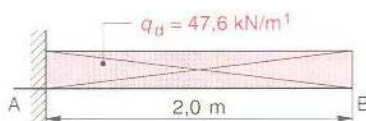
### Voorbeeld

#### *Gegeven*

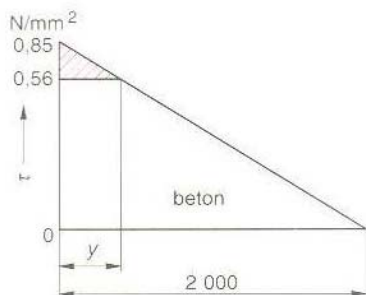
Een betonbalk is geklemd in A **2.7.3a**. De afmetingen zijn  $250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ;  $d = 450 \text{ mm}$ .  
Betonkwaliteit B 35.

#### *Gevraagd*

- Bereken de schuifspanning.
- Bepaal de lengte waarover de schuifspanning niet door het beton kan worden opgenomen.



a



b

*Oplossing*

a De rekenbelasting is:

$$q_d = 47,6 \text{ N/m}^1 \text{ (inclusief eigen gewicht balk)}$$

$$V_{dA} = R_{dA} = 2 \text{ m} \times 47,6 \text{ kN/m}^1 = 95,2 \text{ kN}$$

$$V_{dB} = 0 \text{ kN}$$

De schuifspanning is maximaal in A:

$$\tau_{dA} = \frac{95,2 \times 10^3 \text{ N}}{250 \times 450 \text{ mm}^2} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dB} = 0 \text{ kN/mm}^2$$

b Het verloop van de schuifspanning is weergegeven in 2.7.3b.

Het beton neemt op  $\tau_1 = 0,56 \text{ N/mm}^2$  (zie tabel 7.1).

Uit de figuur blijkt dat de afstand  $y$  waarover de schuifspanning groter is dan  $\tau_1 = 0,56 \text{ N/mm}^2$ , berekend kan worden uit de gelijkvormigheid van driehoeken:

$$(0,85 - 0,56) : 0,85 = y : 2\,000$$

$$y = \frac{(0,85 - 0,56) \text{ N/mm}^2}{0,85 \text{ N/mm}^2} \times 2\,000 \text{ mm} = 682 \text{ mm}$$

