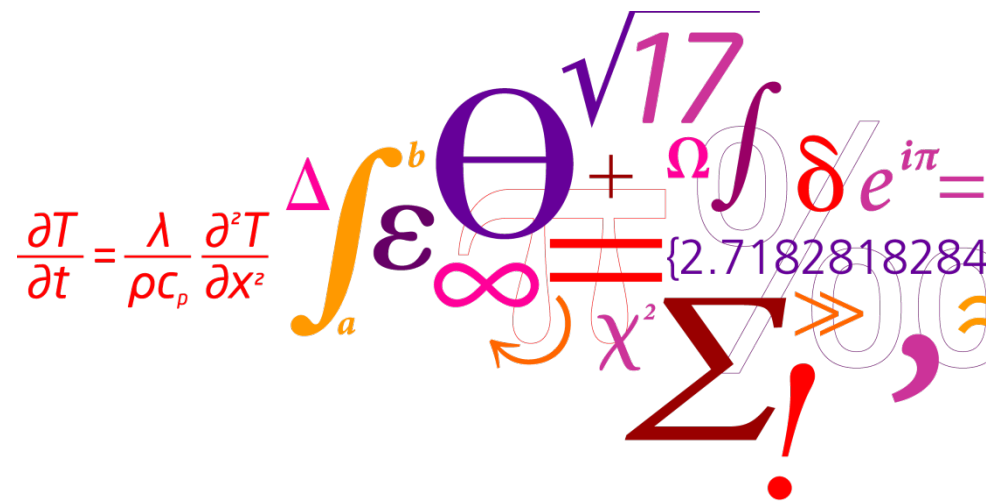


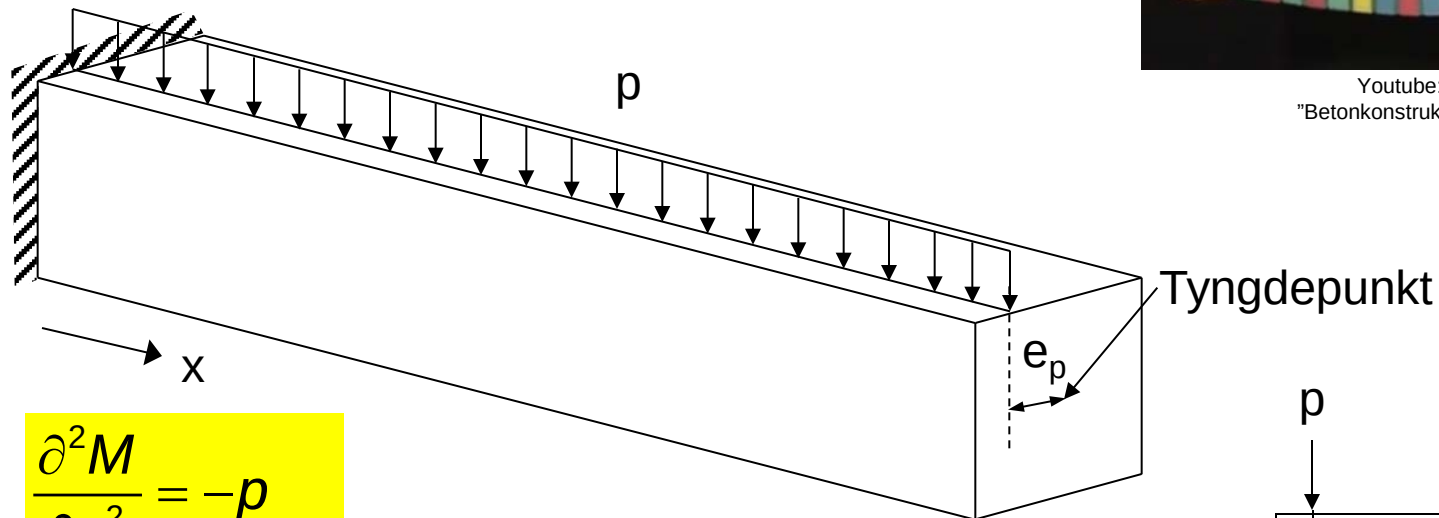
Vridning

Per Goltermann



1. Vridning, fænomenet
2. Diagonaltrykmetoden
3. Kombinerede belastninger

1. Vridning, fænomenet

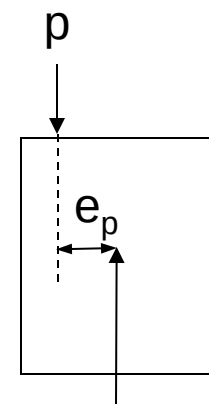
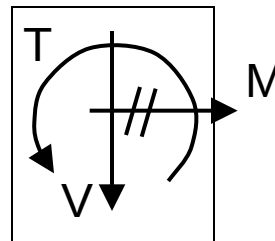


Youtube: Construct2800Lyngby +
"Betonkonstruktioner vridning af bjælke"

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = -p$$

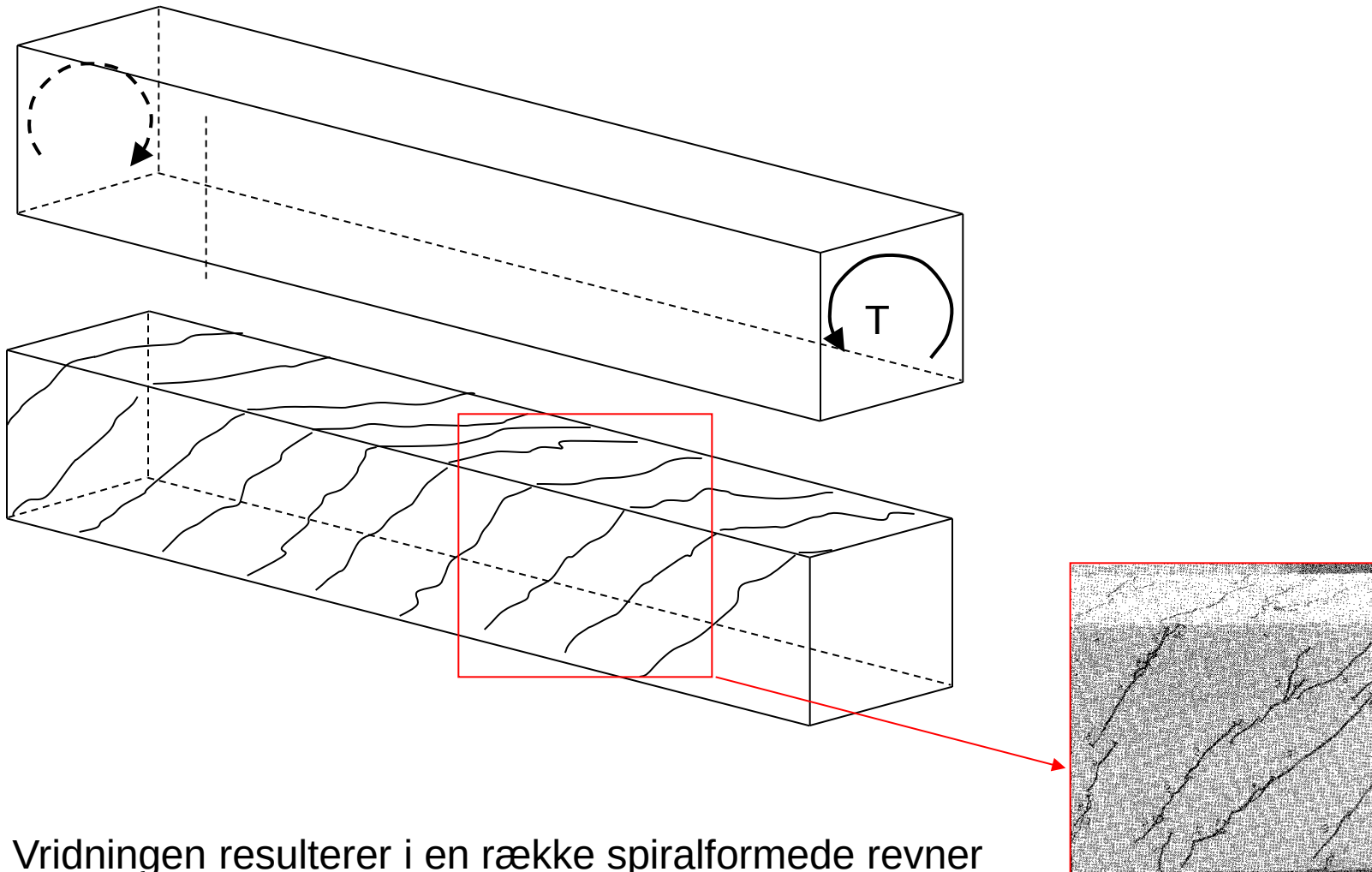
$$\frac{\partial V}{\partial x} = -p$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = p \cdot e_p$$



Tyngdepunkt

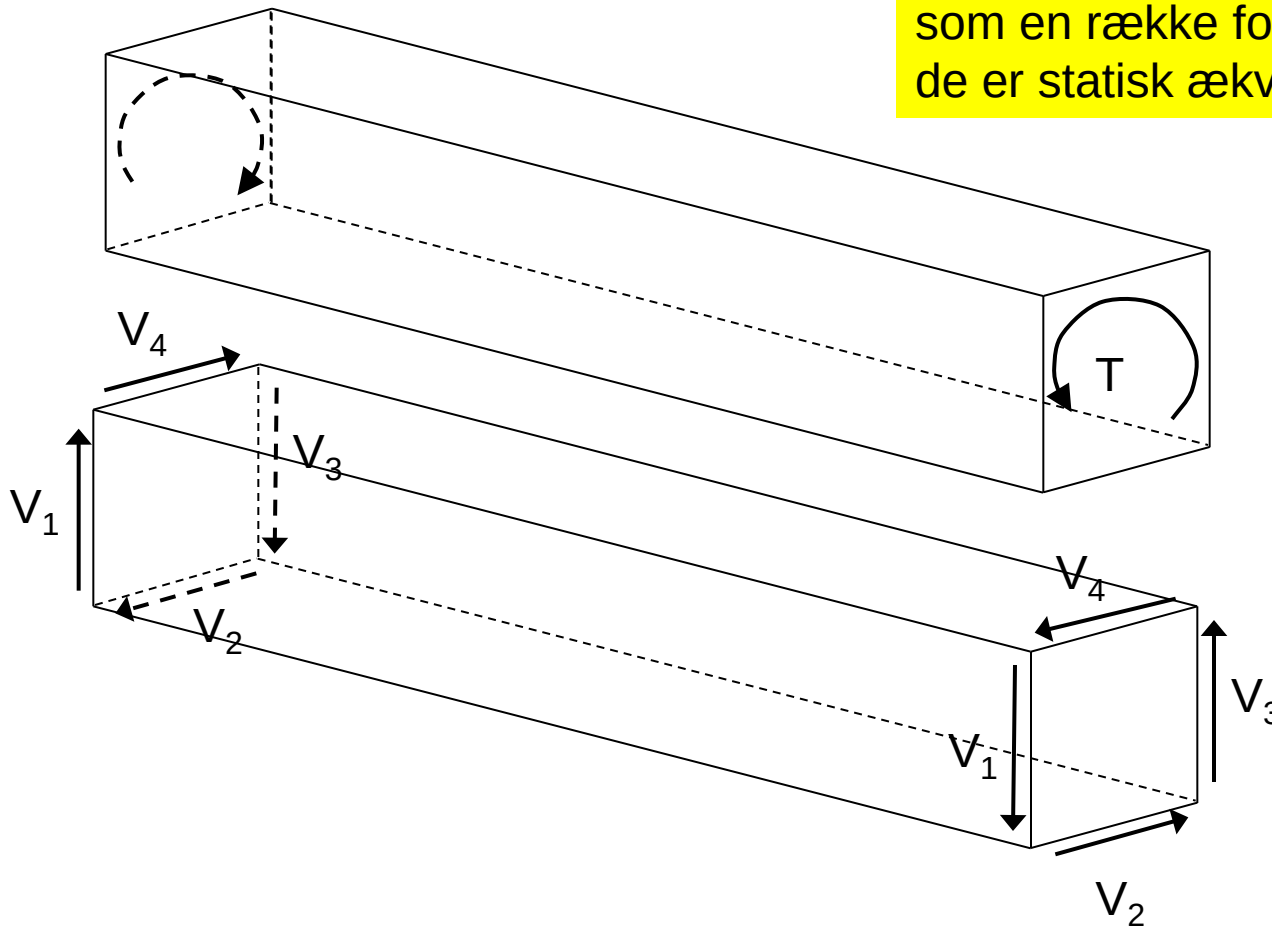
Vridning, revnedannelse



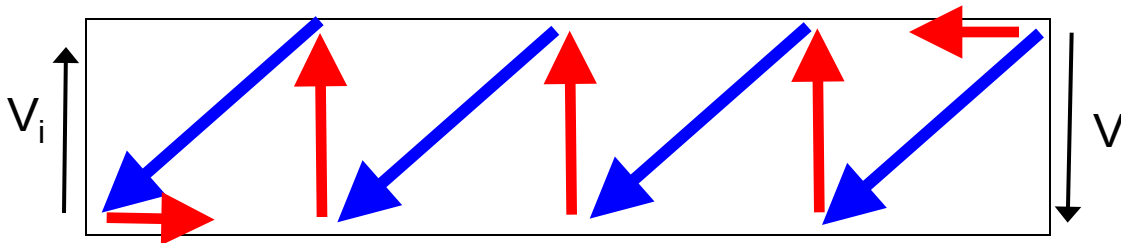
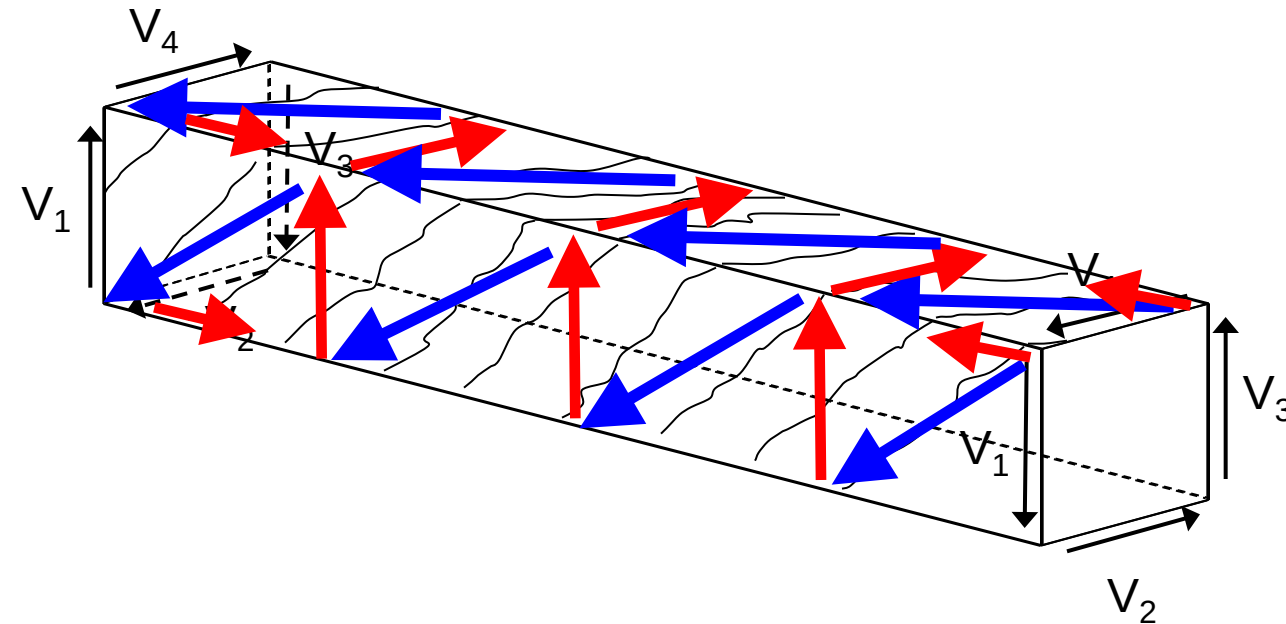
Vridningen resulterer i en række spiralformede revner

Vridning, ækvivalente kræfter

Det vridende moment T kan påføres som en række forskydende kræfter – de er statisk ækvivalente



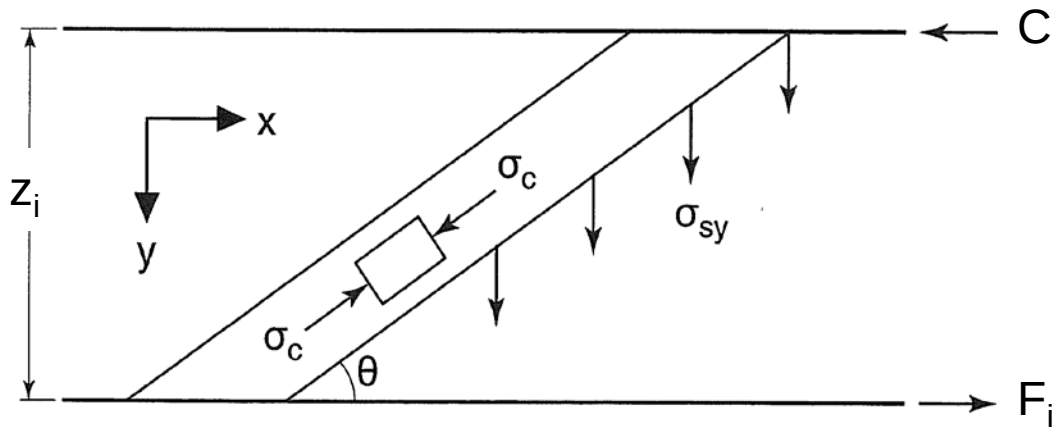
2. Vridning - diagonaltrykmetoden



Statisk ligevægt ved træk-
og trykstringere –
helt som ved forskydning

Diagonaltrykmetoden, bøjler

Vridning



Der er to mulige
brudformer:
Enten
1) flydningsbrud i
bøjlerne eller
2) knusning i
betontryklamellerne.

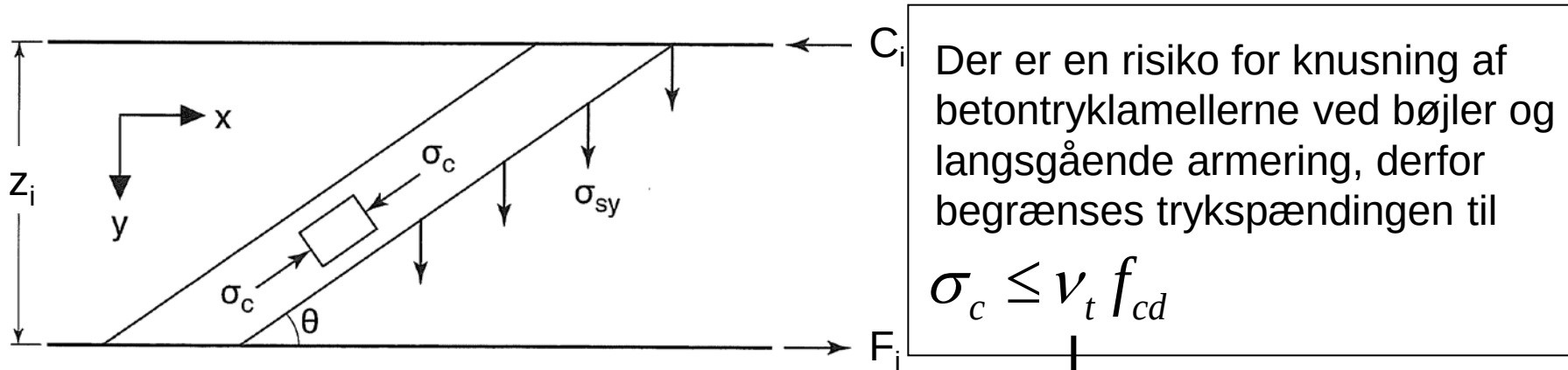
$$V_{Rd,wi} = \frac{A_{sw}}{s} z_i \cdot f_{yd} \cot \theta = v_w z_i$$

$$v_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cot \theta$$

Forskydningsbæreevne i snit
ved flydning i lodrette bøjler.

Diagonaltrykmetoden, tryklameller

Vridning



Der er en risiko for knusning af betontryklamellerne ved bøjler og langsgående armering, derfor begrænses trykspændingen til

$$\sigma_c \leq v_t f_{cd}$$



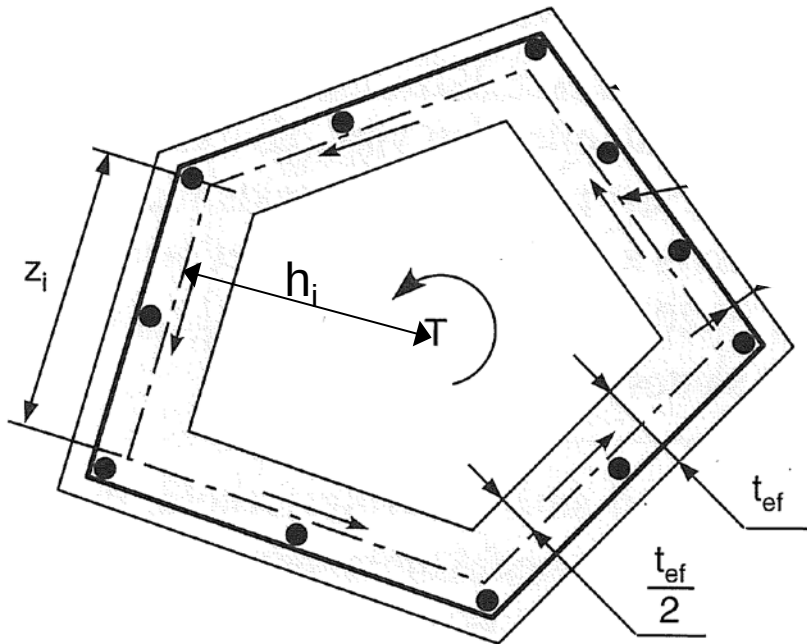
$$v_t = 0,7(0,7 - f_{ck} / 200)$$

$$V_{Rd,ci} = v_t f_{cd} t_{ef} z_i \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = v_c z_i$$

$$v_c = v_t f_{cd} t_{ef} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

Forskydningsbæreevne i snit ved knusning i tryklameller.

Diagonaltrykmetoden, vridningsmoment



$$u_k = \sum z_i$$

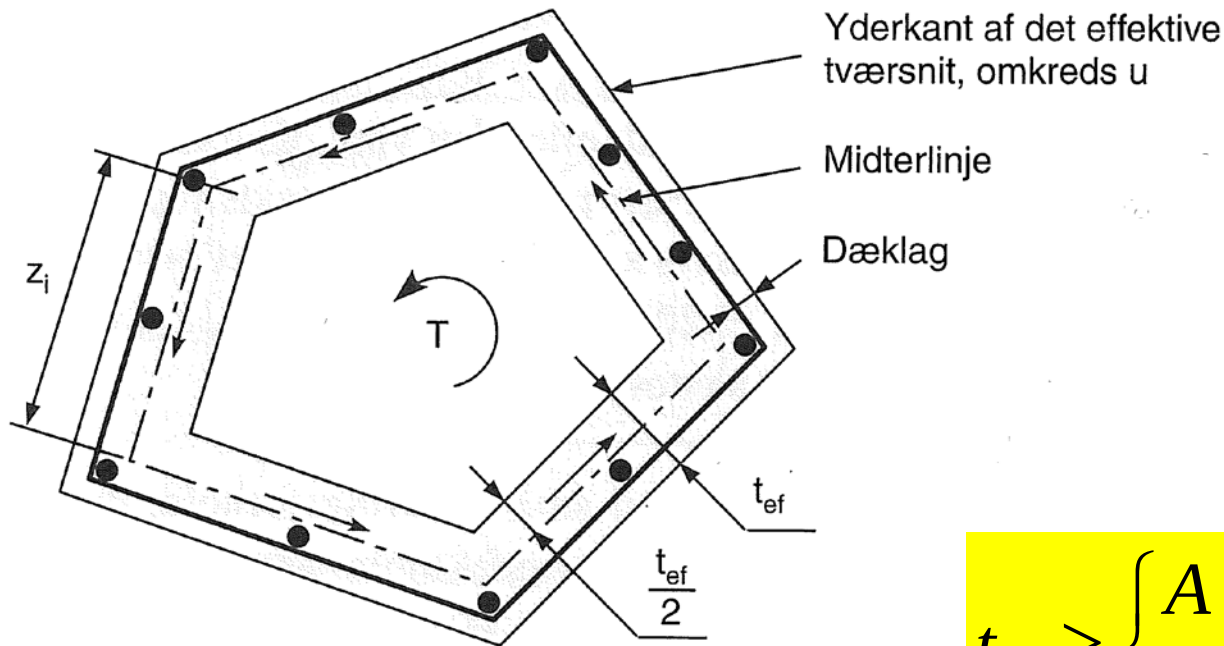
$$A_k = \sum \frac{1}{2} z_i h_i$$

$$T = \sum V_i h_i = \sum v z_i h_i = 2 A_k \cdot v$$

$$T_{Rd,c} = 2 A_k v_c = 2 A_k v_t f_{cd} t_{ef} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$T_{Rd,w} = 2 A_k v_w = 2 A_k \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} \cot \theta$$

Diagonaltrykmetoden, vridningsmomenter



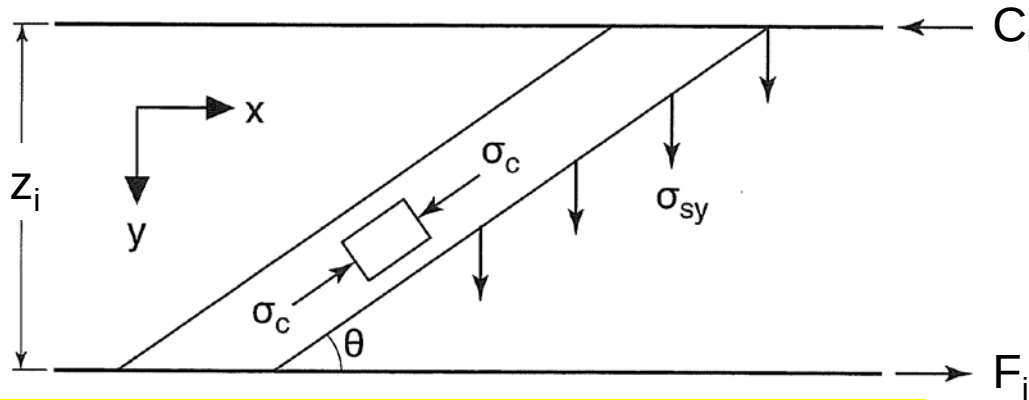
$$t_{ef} \geq \begin{cases} A / u \\ 2 \cdot (c + \varnothing_t + \varnothing / 2) \end{cases}$$

Dette gælder også for et massivt tværsnit, det indre ignoreres.

Vægtykkelsen t_{ef} har (stort set) kun betydning for trykstringeren

Diagonaltrykmetoden, trækarmering

Vridning



$$F_i = V_i \cot \theta = v_c z_i \cot \theta = \frac{T}{2A_k} z_i \cot \theta$$

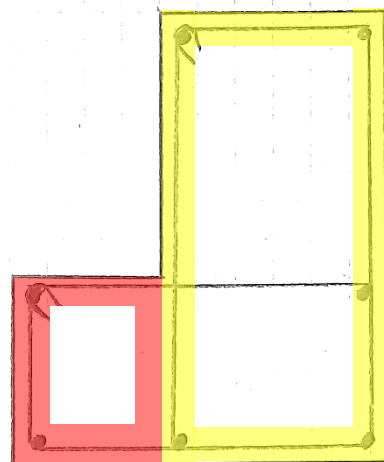
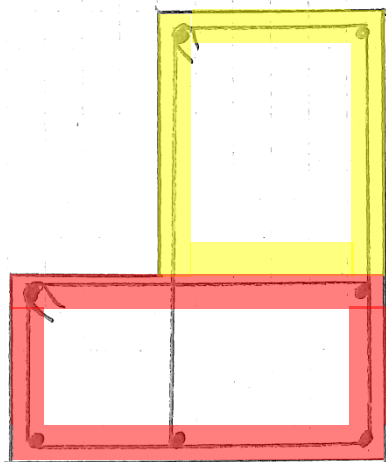
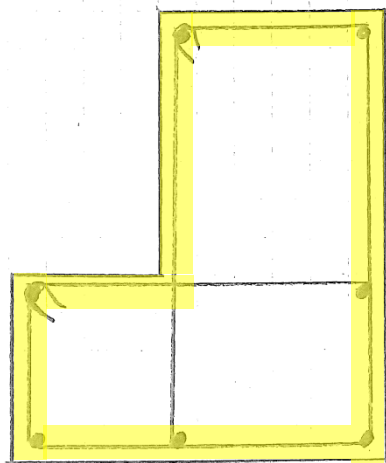
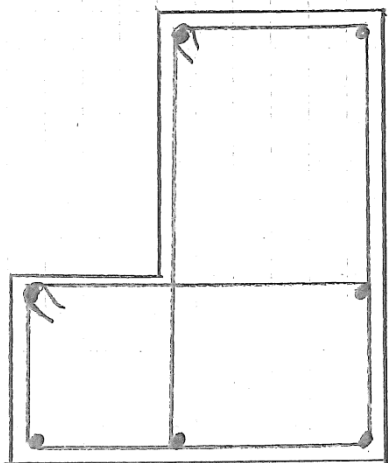
$$F = \sum F_i = \frac{T}{2A_k} u_k \cot \theta \leq A_{sl} f_{yd} \Leftrightarrow$$

$$T_{Rd,l} = A_{sl} f_{yd} \frac{2A_k}{u_k \cot \theta}$$

Gælder ved fuldt forankret armering (ellers reduceres f_{yd} til maksimalt mulig spænding)

Anbefalet E-Eksempel 1.9

Komplekse tværsnit



Enten regnes der med hele tværsnittet med en bøjle rundt langs kanten – eller også deles tværsnittet i flere dele, som hver har en LUKKET bøjle.

Kapaciteten kan beregnes for hver del for sig og lægges sammen – altså en valgfri fordeling!

Tværsnitsdele med åbne bøjler eller ingen bøjler kan ikke overføre kræfter i revnet tilstand.

3. Vridning + bøjning + forskydning

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1$$

M, V og T deles om betonen og armeringen

så kan det holde, ellers checkes der grundigere

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,l}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,l}} \leq 1 \quad \leftarrow \text{Vi checker udnyttelsen af den langsgående armering – index l}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 1 \quad \leftarrow \text{Vi checker udnyttelsen af trykstringeren – index c}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,w}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,w}} \leq 1 \quad \leftarrow \text{Vi checker udnyttelsen af bøjlearmering – index w}$$

Anbefalet E-Eksempel 1.10