

OPTUM CS

Morten Andersen Herfelt
Optum Computational Engineering

KRONØ_B_R04_20210520_indervægge.csp - OPTUM CS 2021

File MATERIALS BLOCKS LOADS RESULTS REPORT

Walls Decks Holes Reinforcement SUMO 24H Rebars Vertical Joints Horizontal Joints Wall supports

Model Outline

- Blocks in use
 - Walls
 - BEAM1
 - Roof House
 - T10 C (In) KE
 - T10 C Lvl.0 (In) KE
 - T10 D (Out) KE
 - T10 D Lvl.0 (Out) KE
 - T11 A (In) KE
 - T11 A (Out) KE
 - T11 A Lvl.0 (In) KE
 - T11 A Lvl.0 (Out) KE
 - T11 B (In) KE
 - T11 B (Out) KE
 - T11 B 300(Out) KE
 - T11 B Lvl.0 (In) KE
 - T11 B Lvl.0 (Out) KE
 - T11 B Lvl.0 300(Out) KE
 - T12
 - T12 KE
 - T12 Lvl.0
 - T12 Lvl.0 KE
 - T13
 - T1-6 A (In) KE
 - T1-6 A (Out) KE
 - T7 A (In) KE
 - T7 A (Out) KE
 - T8 D (In) KE
 - T8 D (Out) KE
 - T8 SØJLE
 - Decks
 - HD180
 - HD220
 - HD220 Bath
 - HD220 Staircase
 - HD220 Wall Divider
 - HD270

Load Manager

Load combinations	Status
CORE Mass +Y	✓
CORE Mass -Y	✓
CORE LAK 2.1 N	✓
CORE LAK 2.1 S	✓
CORE LAK 2.1 V	✓
CORE LAK 2.1 Ø	✓
CORE LAK 2.2 N	✓
CORE LAK 2.2 S	✓
CORE LAK 2.2 V	✓
CORE LAK 2.2 Ø	✓
CORE LAK 2.3 N	✓
CORE LAK 2.3 S	✓
CORE LAK 2.3 V	✓
CORE LAK 2.3 Ø	✓

Load combination analysis options

Analysis: Elastoplastic Analy

Element type: Mixed

Type of structure: Precast

Mesh

Mesh sizing: Element size

Element size [mm]: 500

General analysis options

Inflate interfaces for me: Include

Reinforcement anchora: Include

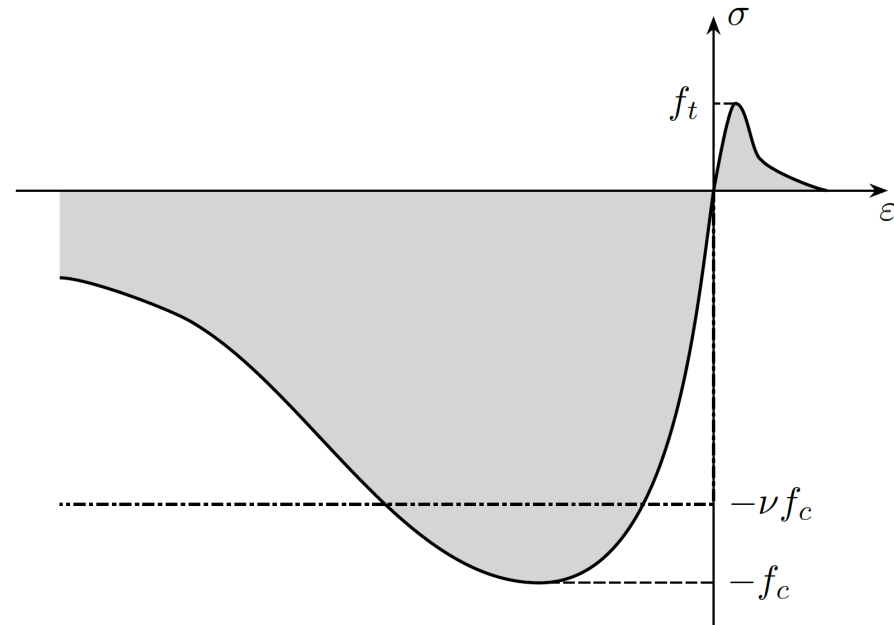
Wall Column Analysis n: 2600

Wall column height incl: Yes

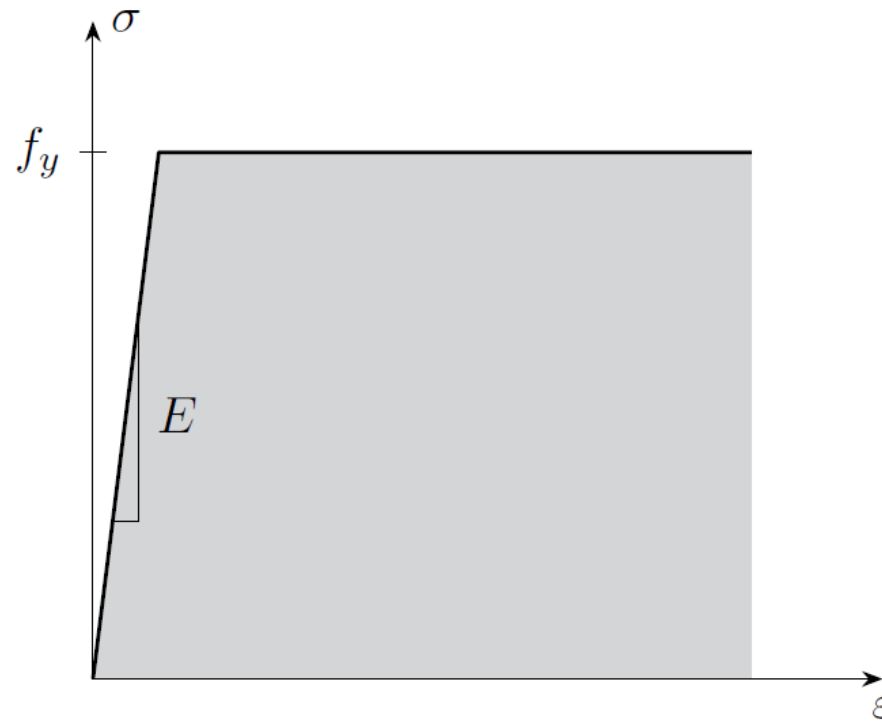
Parallel threads: 4

OPTUM CS 2021 X: Y: Z: Length: / 1000 Snap User: mah@optumce.com, OPTUM LICENSE FOR INTERNAL USE License, Expires 2021/12/31

- + Hvad er nødvendigt for at beskrive opførslen af beton og stål?
- + Hvad modellerer vi?
- + Hvilke materialeparametre er nødvendige?
- + Simple eller avanceret model?



Rigtige materialer er komplekse, så simplificeringer er nødvendige



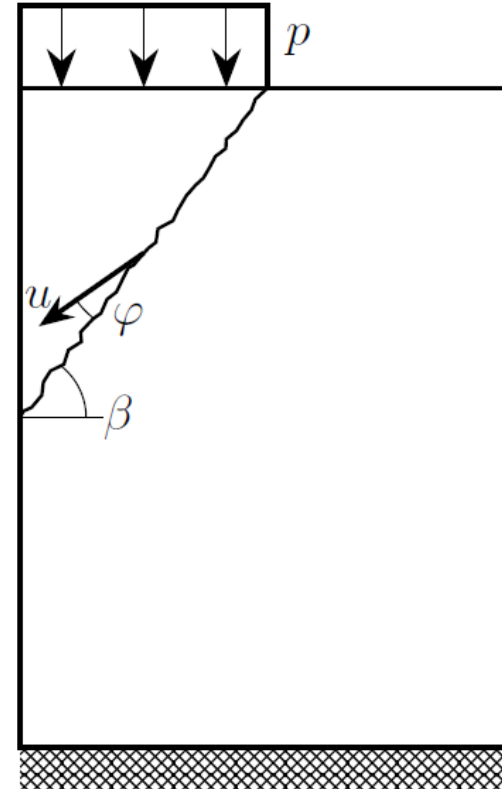
Lineær elastisk, stift-plastisk

Antagelser:

- + Ingen elastiske deformationer
- + Ubegrænset deformationskapacitet

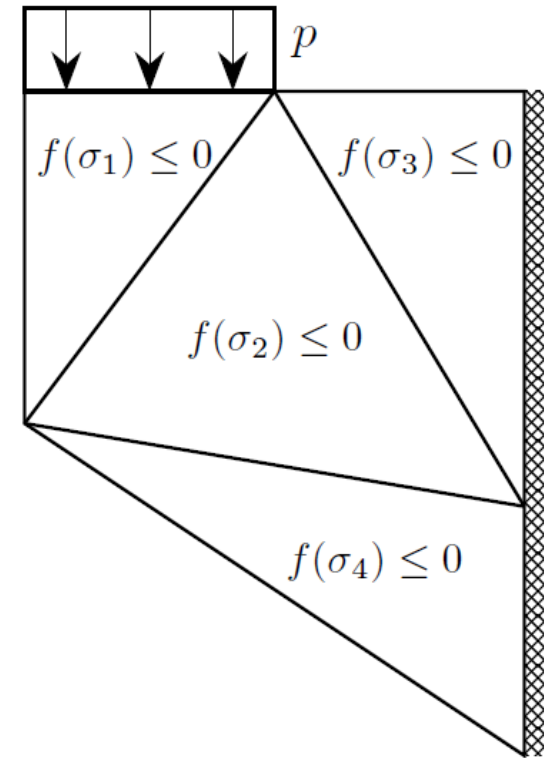
I virkeligheden:

- + Små elastiske deformationer
- + Begrænset deformationskapacitet



Ved brug af elementmetoden kan problemet skrives på følgende form:

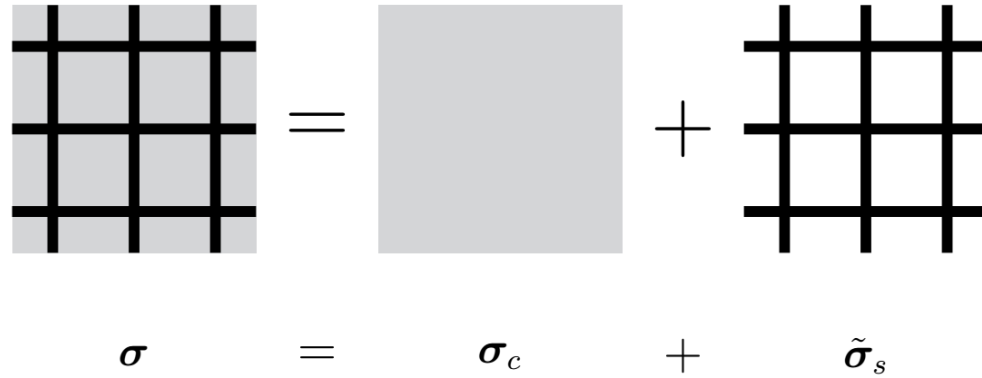
maximise	λ	"Lastfaktor"
subject to	$\mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{p}_0 + \mathbf{p} \lambda$	Ligevægt
	$f(\boldsymbol{\sigma}_i) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n_\sigma$	Flydebetingelser



- + Baseret på de samme ligninger som almindelig FEM
- + Udledes ud fra arbejdslikningen
- + Målet er at minimere det indre elastiske arbejde
- + Formuleringen som et optimerings-problem giver en robust løsningsstrategi

$$\begin{aligned}
 W_{int} &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \Delta \boldsymbol{\varepsilon}^T \Delta \boldsymbol{\sigma} \, d\Omega \\
 &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \Delta \boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{C} \Delta \boldsymbol{\sigma} \, d\Omega \\
 &= \sum_i \frac{1}{2} \Delta \boldsymbol{\sigma}_i^T \mathbf{C}_i \Delta \boldsymbol{\sigma}_i
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{minimise} \quad & W_{int} = \sum_i \frac{1}{2} \Delta \boldsymbol{\sigma}_i^T \mathbf{C}_i \Delta \boldsymbol{\sigma}_i \\
 \text{subject to} \quad & \mathbf{B}^T \Delta \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{p} \\
 & f(\boldsymbol{\sigma}_j) \leq 0, \quad j = 1, \dots, n_{\sigma}
 \end{aligned}$$



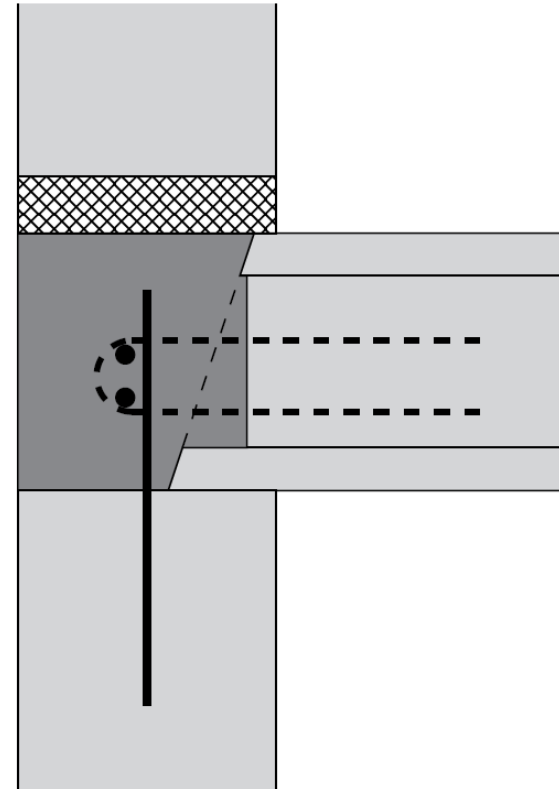
+ For betonen anvendes Mohr-Coulomb flydefladen:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &\leq f_t \\ k\sigma_1 - \sigma_2 &\leq f_c \\ -\sigma_2 &\leq f_c \end{aligned}$$

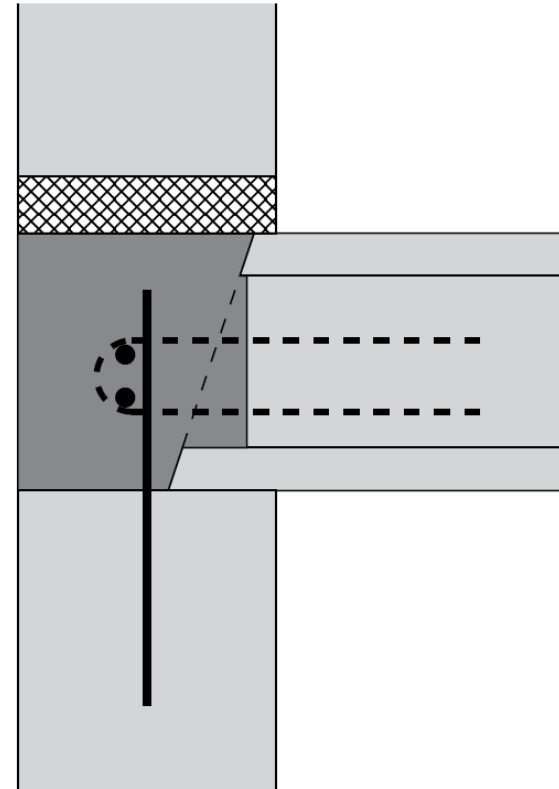
+ Armeringen tager normalspændinger, som skal være lavere end flydespændingen

$$\begin{aligned} 0 \leq \tilde{\sigma}_{xs} &\leq \tilde{f}_{yx} = \frac{A_{sx}}{t} f_y \\ 0 \leq \tilde{\sigma}_{ys} &\leq \tilde{f}_{yy} = \frac{A_{sy}}{t} f_y \end{aligned}$$

- + Betonelementbyggeri karakteriseres af samlinger, fuger og etagekryds
- + Det er essentielt at modellere sådanne samlinger på en realistisk, men stadig simpel måde
- + Samlingernes opførelse angives ved en friktionskoefficient, en kohæsion samt armeringmængde og -styrke
- + Understøtninger kan også modelleres som støbeskel i OPTUM CS

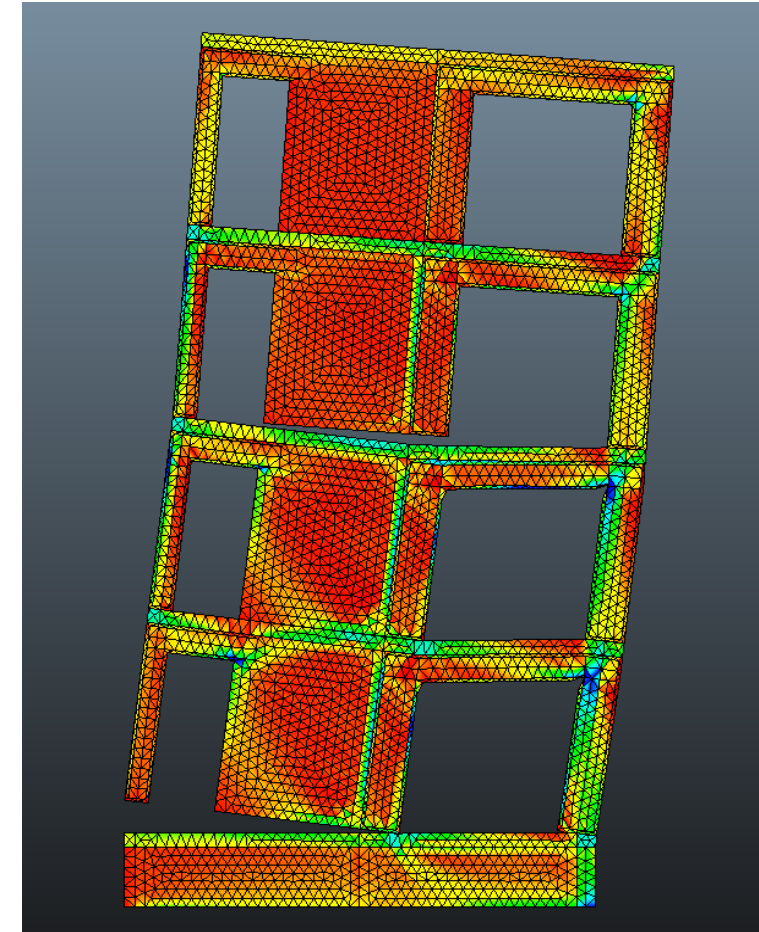


- + Støbeskel og "interface" kan være problematiske i konventionel FEM – specielt uarmerede støbeskel!
- + Trivielt i både FELA og OBFEM
- + I tilfælde af et armeret støbeskel, splittes spændingerne op i armerings- og betonspændinger
- + Armeringen kan derved anvendes som "confinement"



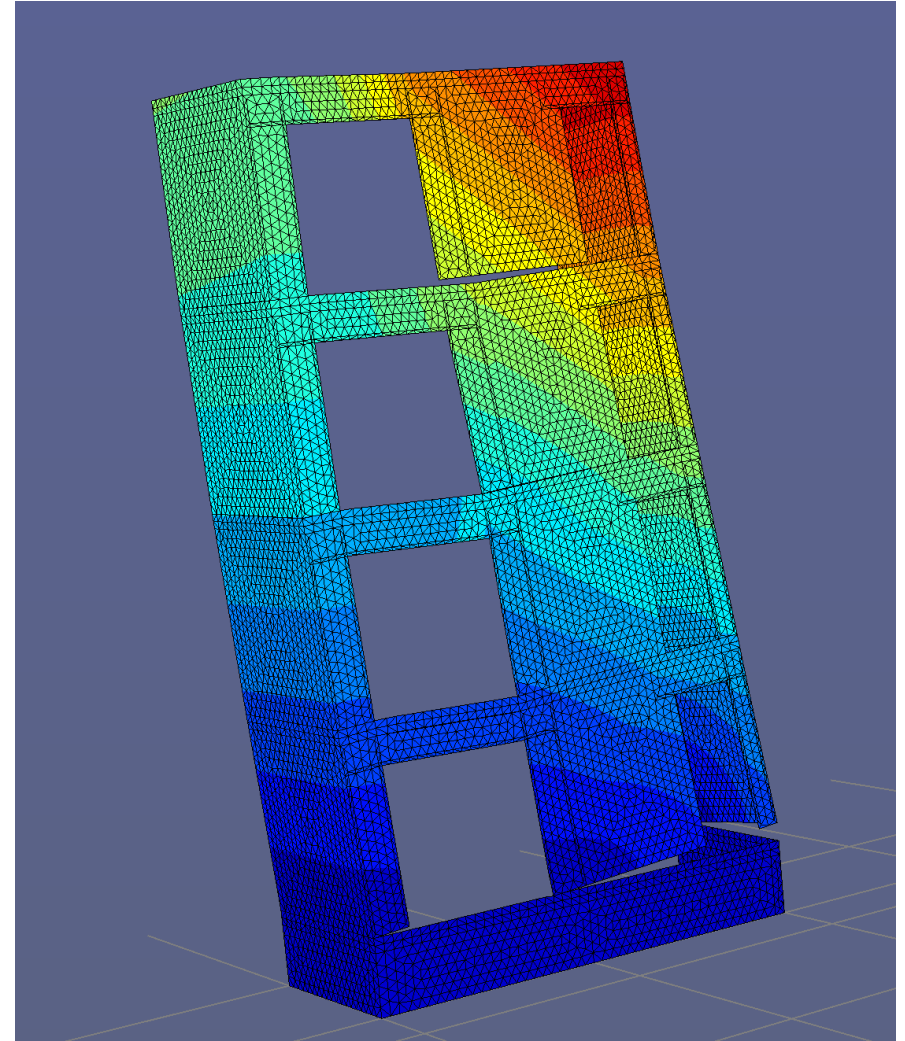
Fremgangsmåde til design:

- + Brug "Limit Analysis" til at skyde sig ind på et fornuftigt design
- + Juster armering og geometri indtil kapaciteten er tilstrækkelig
- + Brug "Elastoplastic" til at beregne deformationer, tøjninger, armeringsspændinger osv.
- + Analyse af vægsøjler køres automatisk som en efterbehandling af en elastoplastisk analyse



Beregninger i 3D

- + Flere vægge kobles sammen
- + Højere bæreevne og automatisk medtagelse af ballast fra tilstødende vægge
- + Efterbehandling af vægsøjler og bjælker som i 2D



Dokumentation

- + Det skal sandsynliggøres at beregningerne er korrekte
- + Ligevægt skal være opfyldt
- + Lokale effekter, f.eks. søjlevirkning, skal medregnes
- + Dokumentationen skal være overskuelig

Table 16: Reactions and equilibrium check

		Horizontal	Vertical
Applied fixed loads:	$\sum Q_{\text{fixed}} =$	-146.2 kN	0.0 kN
Selfweight fixed loads:	$\sum Q_{g,\text{fixed}} =$	-	-276.7 kN
Total:		-146.2 kN	-276.7 kN
Reactions (FEM):		146.2 kN	276.7 kN
Error (residual):		-0.003 kN	-0.000 kN

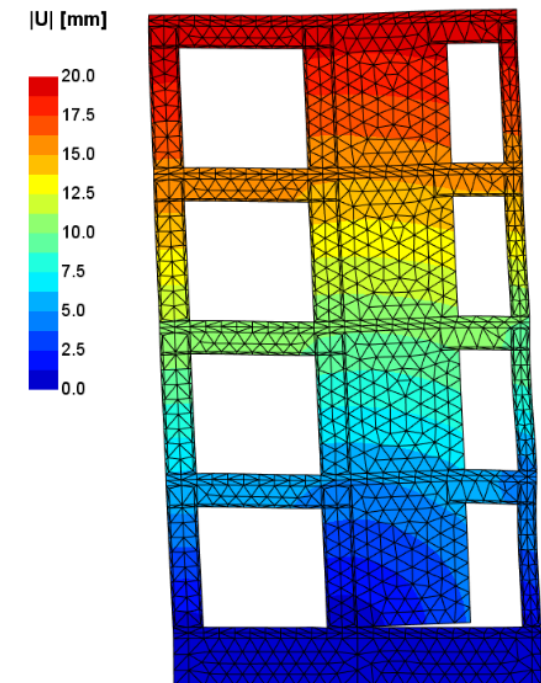


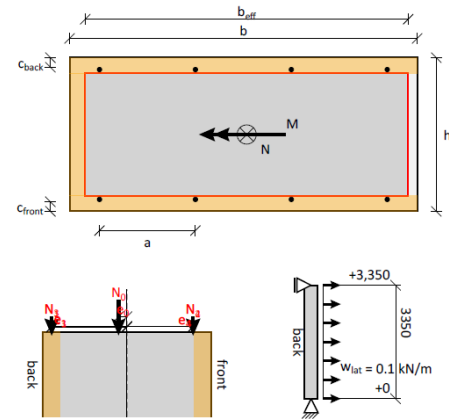
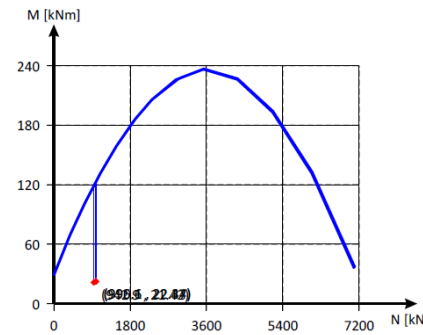
Figure 36: Displacement $|U|$

Dokumentation

- + Søjlevirkning i vægge håndteres både i kold og varm tilstand
- + Bæreevnekurver bliver beregnet for lastkombinationerne og snitkræfterne plottes ind
- + Excentriciteter for lodret last kommer automatisk med
- + Brug af effektiv armeringsstyrke sikrer, at den samme armering ikke anvendes to gange

Wall slice analysis - 10 W2 - P1-4259-0 - ALS-Fire calculations

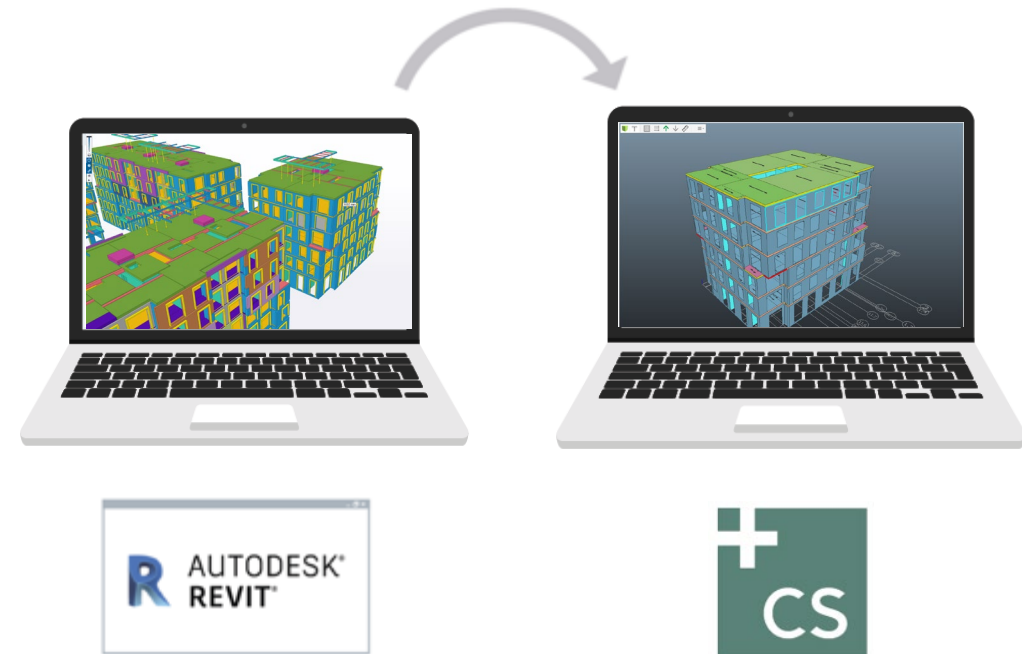
Geometry	L_s	3350 mm	h	400 mm	b	906 mm	
Materials	f_{ck}	35.0 MPa	γ_c	1.00 -	f_{cd}	35.0 MPa	
	f_{yk}	550 MPa	γ_s	1.00 -	f_{yd}	550 MPa	
	Key element: No					E_{cd}	34077 MPa
Reinforcement	Net(vertical):	2 x Ø12 / 250		c_{front}	25 mm		
	Other rebars:	-		c_{back}	25 mm		
	Other rebars:	-		Φ_c	0.11 %		
	Total rebar area:	A_s	820 mm ²	Φ_t	0.11 %		
Fire	t	120 min	Compression:	$f_{s,y,\theta}/f_{yk}$	0.49 -		
	acting on Both sides			$E_{s,\theta}/E_s$	0.68 -		
	a_z	41 mm	Tension:	$f_{s,y,\theta}/f_{yk}$	0.49 -		
	$k_{c,M}$	1.00 -		$E_{s,\theta}/E_s$	0.68 -		



	N_{Ed} [kN]	M_{0Ed}/M_{0Ed} [%]	M_{0Ed} [kNm]	M_{0Ed} [kNm]	e [mm]	w_{lat} [kN/m]	u [mm]	b^{eff} [mm]	f_{cd}^{eff} [MPa]	A_s^{eff} [mm ²]	f_{yd}^{eff} [MPa]	$\epsilon_{0,(1+\phi)}$ [%]	σ_{c0} [MPa]	σ_{s1} [MPa]	σ_{s2} [MPa]	x [mm]	N_{crd} [kN]
6.11a Brand Vind+	995.1	18.2	-22.47	123.5	-22.4	-0.1	33.2	842	35.0	804	550	1.28	25.2	271	192	93	8641
6.11a Brand Vind-	942.9	18.0	-21.42	119.2	-22.6	-0.1	33.0	846	35.0	800	550	1.23	24.4	271	185	91	8641
6.11a Brand	990.6	18.1	-22.34	123.1	-22.5	0.0	33.3	843	35.0	803	550	1.28	25.1	271	191	92	8641

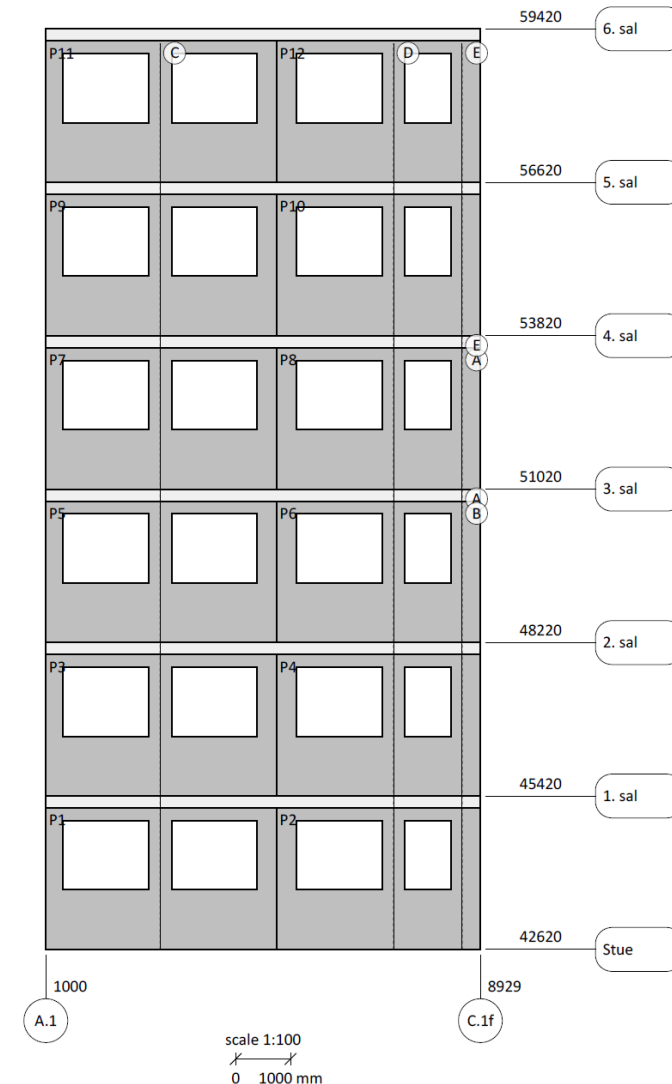
BIM-værktøjer

- + Vi arbejder på indlæsning af ifc-filer
- + Først og fremmest geometri
- + Forskelle mellem BIM-model og analysemodel kan give udfordringer
- + Analysemodellen *skal* hænge sammen!
- + På længere sigt skal data også kunne føres tilbage til ifc-fil



Automatisering af armering

- + Man kommer rigtig langt med minimumsarmering
- + Netarmering for væggene kan nemt beregnes
- + Bjælker og søjler identificeres automatisk
- + Bøjler og hjørnejern defineres for bjælker og søjler
- + Armeringsarrangementet justeres på baggrund af analyserne



Tak for jeres opmærksomhed

Spørgsmål?