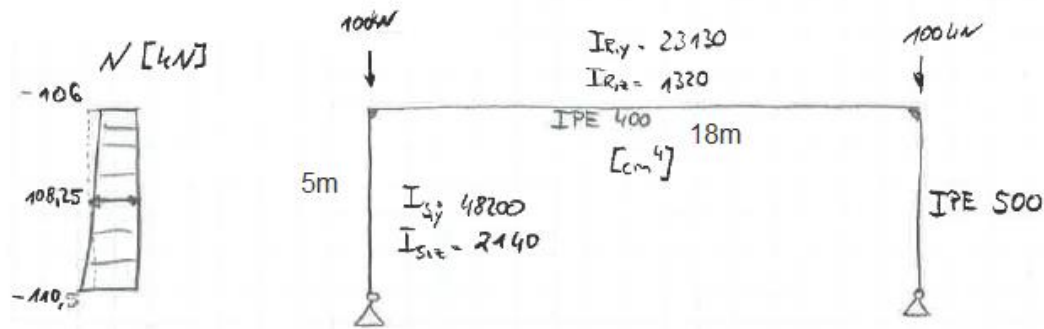


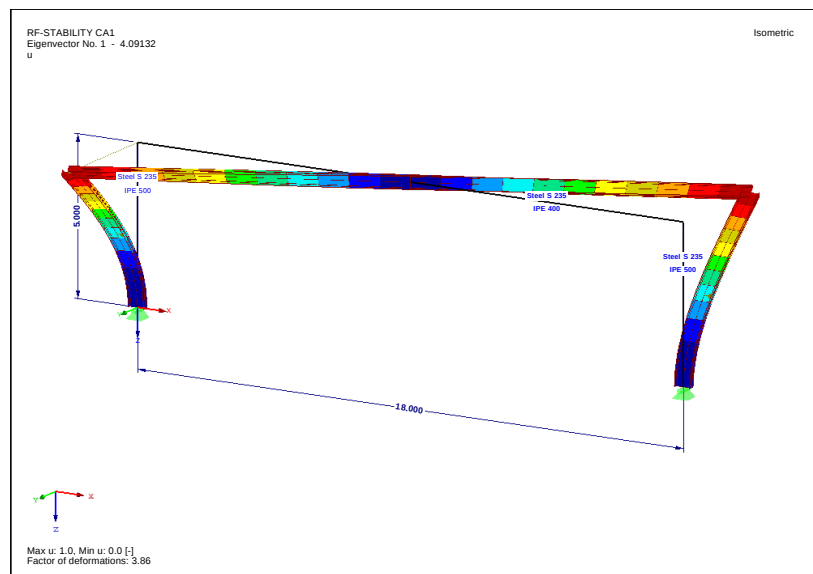
Uitleg Kniklengtes in RFEM

Bijgaand model legt de werking van RF-STABILITY, de berekende eigenwaarden en de berekende kniklengtes uit.

Zie bijgaand schema:



RF-STABILITY berekent de kritische last factor (CLF), in Nederland ook wel de n-factor genoemd. Voor de 1^e eigenwaarde, zie RF-STABILITY, ziet de vorm er als volgt uit.



De numeriek uitvoer is als volgt:

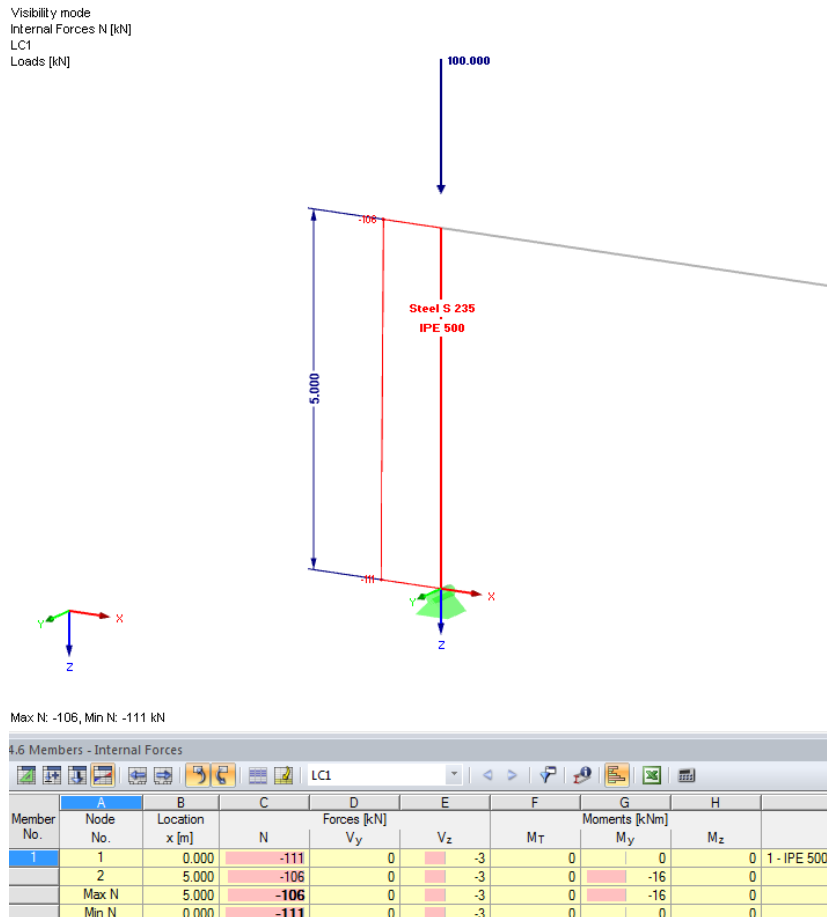
Shape No.	A Critical Load Factor $f [-]$	B Magnification Factor $\alpha [-]$
1	4.091	1.324
2	4.123	1.320
3	22.948	1.046
4	32.796	1.031

De CLF is de Eulerse knikkracht ($F_E = \pi^2 \times EI / l_k^2$) gedeeld door de optredende normaalkracht.

De magnification factor (vergrotingsfactor) is het resultaat van de CLF / (CLF-1) = $4.091/3.091 = 1.324$ (voor de 1^e eigenvorm)

Het is duidelijk op het plaatje van RF-STABILITY te zien, dat de kolommen uitknikken t.o.v. de 'zwakke' z-as. De eigenvector is 4.09. De betekent, dat wij de kniklengte m.b.t. de z-as kunnen bepalen, nl.

$$F = N_{ki} = 108,25 \text{ kN (normaalkracht in midden van kolom (106/2 + 110.5/2))}$$



$$f_n = \frac{N_{ki}}{N} \quad \leadsto \quad N_{ki} = f_n \cdot N = 4,035 \cdot 108,25 \text{ kN} = \underline{\underline{443,28 \text{ kN}}}$$

$$N_{ki} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{s_k^2} \quad \leadsto \quad s_k = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{N_{ki}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 2140}{443,28}} \quad \underline{\underline{10 \text{ m} \hat{=} L_{cr,z}}}$$

$$\beta = \frac{s_k}{L} = \frac{10}{5} = \underline{\underline{2,0 \hat{=} k_{cr,z}}}$$

De knikfactor $k_{cr,z}$ bedraagt zoals verwacht 2.0.

In RF-STABILITY wordt dit als volgt weergegeven: (Zie rode blokken)

Member No.	Node No.		Length L [m]	E-vector No.	Buckling Length [m]		Buckling Length Coeff. [-]		Critical Load N_{cr} [kN]
	Start	End			$L_{cr,y}$	$L_{cr,z}$	$k_{cr,y}$	$k_{cr,z}$	
1	1	2	5.000	1	47.473	10.003	9.495	2.001	443.279
				2	47.285	9.963	9.457	1.993	446.803
				3	20.069	4.229	4.014	0.846	2480.330
				4	18.582	3.915	3.716	0.783	2893.140
2	3	4	5.000	1	47.473	10.003	9.495	2.001	443.279
				2	47.285	9.963	9.457	1.993	446.803
				3	20.069	4.229	4.014	0.846	2480.330
				4	18.582	3.915	3.716	0.783	2893.140
3	2	4	18.000	1	188.978	45.145	10.499	2.508	13.424
				2	188.232	44.967	10.457	2.498	13.530
				3	79.891	19.085	4.438	1.060	75.111
				4	73.972	17.671	4.110	0.982	87.612

$$k_{cr,z} = 2.0.$$

Maar we krijgen ook een kniklengte voor $L_{cr,y}$ (en $k_{cr,y}$). Waarom kunnen we deze niet gebruiken? En Waarom zijn ze zo groot? De berekening gaat dan als volgt (I_y wordt gebruikt ipv I_z):

$$f_1 = 4,095 \quad \sim N_{ki} = 443,28 \text{ kN} \quad \sim S_k = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 48200}{443,28}} = 47,47 \text{ m} \approx L_{cr,y}$$

Het probleem is dat al deze kniklengtes worden berekend met dezelfde normaalkracht, nl N_{ki} . N_{ki} is echter richting-afhankelijk! Als je een enkele doorsnede zou hebben, zou je dus twee N_{ki} 's moeten krijgen. Eén voor I_y en één voor I_z . In RF-STABILITY wordt echter met dezelfde N_{ki} gerekend, omdat het programma in 3D! (verschil met bv. een 2D – raamwerk programma) niet kan beslissen, welke de belangrijkste is. (De met blauw gemarkeerde waardes zijn de juiste waardes voor de y-richting, en twee maal groter dan 1080 kN (10 x 108 kN)).

Hoe berekent RF-STABILITY dan de kniklengte van de horizontale staaf? (IPE 400)

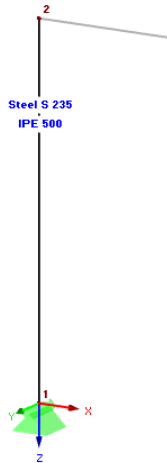
$$N_{ki} = 3,28 \cdot 4,095 = 13,43 \text{ kN}$$

$$S_k = L_{cr,y} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 23130}{13,42}} = 189,98$$

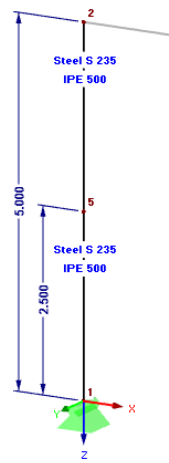
RF-STABILITY vermenigvuldigt de CLF (kritische lastfactor) met de normaalkracht in de IPE 400. Omdat de normaalkracht heel klein is, moet je dus een hele hoge kniklengte krijgen om de kritische last te bereiken. Dat is de reden, waarom je zulke grote waardes krijgt.

Wat is dan de invloed van een nieuwe knoop in de constructie?

Oude situatie:



Nieuwe situatie:



In de nieuwe situatie is de kolom opgedeeld in twee gelijke stukken en er is een knoop toegevoegd.

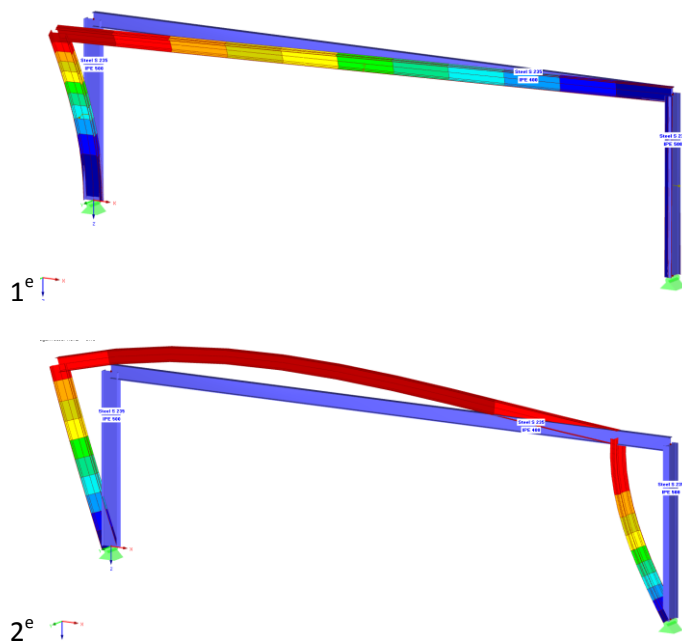
De nieuwe situatie in RF-STABILITY is dan:

Member No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Node No. Start	Node No. End	Length L [m]	E-vector No.	Buckling Length [m] L _{cr,y}	Buckling Length [m] L _{cr,z}	Buckling Length Coeff. [-] k _{cr,y}	Buckling Length Coeff. [-] k _{cr,z}	Critical Load N _{cr} [kN]
1	1	5	2.500	1	47.251	9.956	18.900	3.982	447.456
				2	47.063	9.917	18.825	3.967	451.025
				3	19.950	4.204	7.980	1.681	2510.140
				4	16.688	3.516	6.675	1.406	3587.370
2	3	4	5.000	1	47.498	10.008	9.500	2.002	442.806
				2	47.310	9.969	9.462	1.994	446.339
				3	20.054	4.226	4.011	0.845	2484.050
				4	16.775	3.535	3.355	0.707	3550.090
3	2	4	18.000	1	189.080	45.169	10.504	2.509	13.409
				2	188.330	44.990	10.463	2.499	13.516
				3	79.831	19.071	4.435	1.059	75.223
				4	66.778	15.953	3.710	0.886	107.505
4	5	2	2.500	1	47.750	10.061	19.100	4.025	438.147
				2	47.561	10.021	19.024	4.009	441.643
				3	20.160	4.248	8.064	1.699	2457.920
				4	16.864	3.553	6.746	1.421	3512.740

Voor staaf 1 en staaf 4 zijn de kniklengtes nagenoeg gelijk aan elkaar en aan de oude situatie m.b.t. staaf 1. Het verschil komt door de gemiddelde normaalkracht, die iets verschilt. De knikfactor in beide richtingen echter zijn 2x zo groot, omdat de lengte voor beide richtingen 2x zo klein is!

Wat is dan de invloed van het draaien van een kolom met bv. 90°?

Zie de nieuwe knikvormen in RF-STABILITY: (de rechterkolom is 90° gedraaid.)



De 2^e vorm duidelijk maatgevend voor de rechterkolom.

Member No.	A Node No. Start	B Node No. End	C Length L [m]	D E-vector No.	E Buckling Length [m] L _{cr,y}	F Buckling Length [m] L _{cr,z}	G Buckling Length Coeff. [-] k _{cr,y}	H Buckling Length Coeff. [-] k _{cr,z}	I Critical Load N _{cr} [kN]
2	3	4	5.000	1	47.324	9.972	9.465	1.994	446.071
				2	31.708	6.681	6.342	1.336	993.653
				3	14.299	3.013	2.860	0.603	4885.830
				4	13.154	2.772	2.631	0.554	5773.960
3	2	4	18.000	1	257.964	61.625	14.331	3.424	7.204
				2	172.840	41.290	9.602	2.294	16.047
				3	77.946	18.621	4.330	1.034	78.906
				4	71.701	17.129	3.983	0.952	93.249
4	1	2	5.000	1	47.324	9.972	9.465	1.994	446.071
				2	31.708	6.681	6.342	1.336	993.653
				3	14.299	3.013	2.860	0.603	4885.830
				4	13.154	2.772	2.631	0.554	5773.960

De CLF = 9.2.

Rechterkolom:

$$F_{E, \text{rechts}} = 9.2 \times 108.25 = 993.65 \text{ kN. } L_{cr,z} = \sqrt{(\pi^2 \times 210000 \times 2140 \times 10^4) / 995900} = 6.681 \text{ m}$$

$$k_{cr,z} = 6.681 / 5 = 1.336$$

Linkerkolom:

$$F_{E, \text{links}} = 9.2 \times 108.25 = 993.65 \text{ kN. } L_{cr,z} = \sqrt{(\pi^2 \times 210000 \times 48200 \times 10^4) / 995900} = 31.708 \text{ m}$$

$$k_{cr,z} = 31.708 / 5 = 6.342$$

De kritische last is 993 kN >> 446 kN

Emiel Peltenburg