

NOTITIE

Onderwerp	Capaciteit onderconstructie gasmotor
Project	RWZI te Ede
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe
Projectcode	AP573-6-1
Status	Concept 01
Datum	24 juni 2016
Referentie	AP573-6/16-011.540
Auteur(s)	M.J.A.M. Bruurs MSc

Gecontroleerd door	mw. M.S. Dijk MSc
Goedgekeurd door	ing. F.W. Wubs
Paraaf	



Bijlage(n)	Berekening losse constructiedelen Scia engineer output
------------	-----------------------------------------------------------

Aan	Waterschap Vallei&Veluwe
Kopie	-

1 PROJECTBESCHRIJVING

In het energiegebouw van de RWZI te Ede wordt een bestaande gasmotor vervangen door een nieuwe motor. De vraag is hoe zwaar de nieuwe motor kan zijn om op de bestaande constructie geplaatst te worden.

Door Waterschap Vallei en Veluwe is Witteveen+Bos gevraagd een beoordeling uit te voeren voor de plaatsing van de gasmotor met betrekking tot de bestaande constructie.

2 GEGEVENS

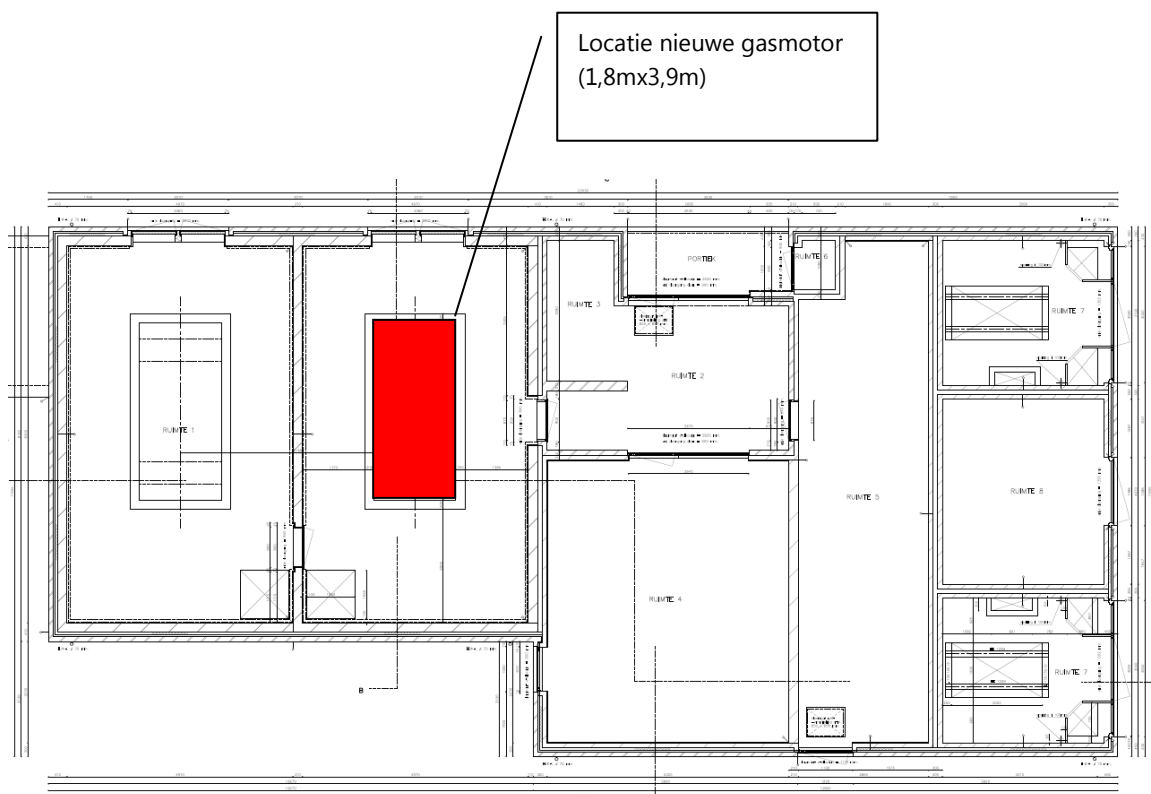
De volgende gegevens waren beschikbaar en zijn gebruikt voor de berekening:

- tekeningnummer Ed.18.92.1700 van 23 juni 1993 (afmetingen constructiedelen);
- wapeningstekeningen (wapening);
- uitbreiding RWZI Ede, Funderingsadvies, Aanvulling 1. Werkno. Ed.18.926 (beddingsconstante 5500kN/m^3).

3 UITGANGSPUNTEN

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor de berekeningen:

- de bestaande constructie bevindt zich in goede toestand;
- alle wapening, dekkingen en beton- en staalkwaliteiten in de verschillende constructiedelen komen overeen met de waardes gegeven op wapeningstekeningen:
 - wapening \varnothing 10-150;
 - dekking 30 mm;
 - betonkwaliteit B25;
 - staalkwaliteit FeB500;
- de te plaatsen gasmotor draagt zijn belasting gelijkmatig als twee gelijke lijnlasten af over de volledige lengte (3900mm) van de constructie, voor het plaatsen van de nieuwe motor dient beoordeeld te worden of dit ook het geval is;
- door dynamische effecten is de last van de gasmotor 3 maal het eigen gewicht van de gasmotor;
- de gasmotor wordt zo ondersteund dat er geen trillingen ontstaan in de constructie;
- partiële veiligheidsfactoren en rekenregels volgens NEN-EN 1990, NEN-EN 1991 en NEN-EN 1992;
- de bepaling van de optredende momenten, dwarskrachten en ponsweerstand is vereenvoudigd;
- door de monoliete verbindingen en het feit dat er geen horizontale belasting is wordt aangenomen dat stabiliteit niet maatgevend zijn;
- de locatie van de nieuwe gasmotor is zoals weergegeven in onderstaande afbeelding:



4 BELASTINGEN

De volgende drie belastingen werken op de constructie:

Permanente belastingen:

- eigen gewicht; het gewapend beton heeft een massa van 25 kN/m^3 .

Veranderlijke belastingen:

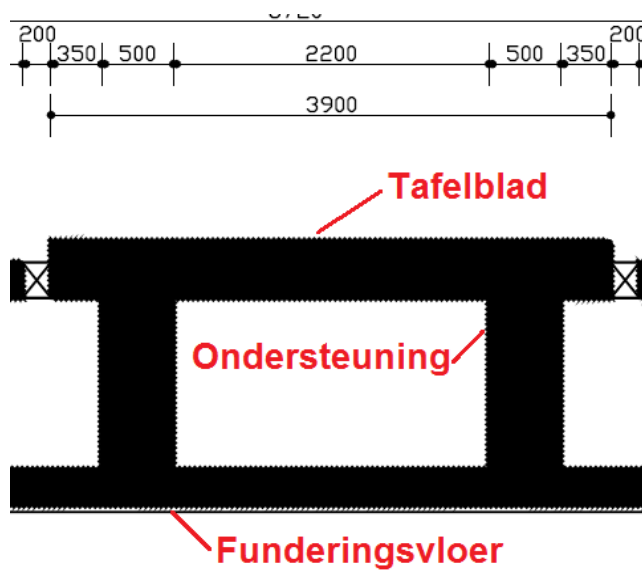
- de nieuwe gasmotor; heeft een nader te bepalen gewicht G in ton, met een opslagfactor 3 voor de dynamische effecten. Dit geeft een belasting gelijk aan $30G \text{ kN}$ gelijkmatig verdeeld door twee lijnlasten over 3,9 meter, oftewel $7,7G \text{ kN/m}$;
- belasting door personen; 1 kN/m^2 tijdens onderhoud.

De maatgevende belastingcombinatie is:

- $1,2 \cdot q_{p,rep} + 1,5 \cdot q_{v,rep}$

5 OBJECT

De constructie waar de nieuwe gasmotor op geplaatst zal worden is een tafelconstructie. De capaciteit van de elementen zullen los van elkaar getoetst worden waarna de maatgevende bezwijkbelasting bepaald zal worden.



6 RESULTATEN

In de bijlage is de capaciteitsberekening van de verschillende constructiedelen opgenomen. Hiervoor is de massa van de nieuw te plaatsen motor als variabele ingevuld. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende controles die voor de constructiedelen is uitgevoerd en wat op basis daarvan de maximaal toelaatbare massa van de motor zou mogen zijn.

Onderdeel	Toets	Maximale massa gasmotor
Tafelblad	Dwarskrachtcapaciteit	16 ton
	Momentcapaciteit	11,3 ton
Ondersteuning	Normaalkrachtcapaciteit	528 ton
Funderingsvloer	Dwarskrachtcapaciteit	14,4 ton
	Momentcapaciteit	15,9 ton

7 CONCLUSIE

Op basis van de conservatieve uitgangspunten is de maximaal toelaatbare massa van de gasmotor 11,3 ton en is de momentcapaciteit van het tafelblad is maatgevend. Bij het plaatsen van de gasmotor dient nadrukkelijk gecontroleerd te worden of de uitgangspunten met betrekking tot wijze van ondersteunen correct zijn.

Mocht de maximaal toelaatbare massa onvoldoende zijn dan worden de volgende twee oplossingsmogelijkheden aangedragen om toch aan te tonen dat de capaciteit van de bestaande ondersteuning toch voldoende is:

- het nauwkeuriger bepalen van de verhogingsfactor ten gevolge van dynamische effecten;
- het afsteunen van de gasmotor direct boven de ondersteuning.

Daarnaast is het, als de exacte specificaties en detaillering van de gasmotor bekend is, mogelijk om de krachtsverdeling opnieuw te bepalen. Enkele waarden die nu gebaseerd zijn op conservatieve aannames die nu noodzakelijk zijn bij gebrek aan informatie kunnen dan nauwkeuriger bepaald worden. Hierdoor kan de maximaal toelaatbare massa toenemen.

I

BIJLAGE: BEREKENING LOSSE CONSTRUCTIEDELEN

I.1 TAFELBLAD

Afmetingen

Dit constructiedeel is $3,9\text{m} \times 1,8\text{m} \times 0,4\text{m}$. Totaal betonvolume $2,808 \text{ m}^3$.

Belastingen

Eigen gewicht = $25 \times 2,808 = 70,2\text{kN}$ gelijkmatig verdeeld over $3,9\text{m} = 18\text{kN/m}$

Gasmotor = $7,7\text{G kN/m}$

Door personen = $1\text{kN/m}^2 \times 1,8\text{m} = 1,8\text{kN/m}$

Belastingscombinatie

$1,2 \times 18 \text{ kN/m} + 1,5 \times 7,7 \text{ kN/m} + 1,5 \times 1,8 \text{ kN/m} = 24,3 \text{ kN/m} + 11,55 \text{ kN/m}$

Dwarskrachtcapaciteit

Dwarskracht in maatgevende snede

$V_{Ed} = 1,1 \times 24,3 \text{ kN} + 1,1 \times 11,55 \text{ kN} = 26,73 \text{ kN} + 12,71 \text{ kN}$

De dwarskrachtcapaciteit van de doorsnede is

$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} \times b \times d$

$d = 400 - 30 - 10 - 5 = 355 \text{ mm}$

Maximale afschuifspanning zonder dwarskrachtwapening volgens GTB 2010 bij deze d en betonklasse:

$v_{Rd,c} = 0,36 \text{ N/mm}$

$V_{Rd,c} = 0,36 \times 355 \times 1800 = 230 \text{ kN}$

Het maximaal toelaatbare gewicht $G = (230 \text{ kN} - 26,73 \text{ kN}) / 12,71 \text{ kN} = 16 \text{ ton}$

Momentcapaciteit

Een conservatieve aanname voor het maximale moment is:

$M_{Ed} = 1/8 \times q \times l^2$ met $l = 2,7 \text{ meter}$ en $q = 24,3 \text{ kN/m} + 11,55 \text{ kN/m}$

Uitgaande van $\emptyset 10-150$ is er $523 \text{ mm}^2/\text{m}$ wapeningstaal in de doorsnede, met een breedte van $1,8\text{m}$ dus $941 \text{ mm}^2 = A_s$.

Dit geeft een kracht in het staal bij vloeien van $N_s = 941 \times 435 = 409,3 \text{ kN}$.

De kracht in het beton $N_c = 0,75 \times x_u \times b \times f_{cd} = 0,75 \times x_u \times 1800 \times 13,3 = 17955 x_u$.

Evenwicht geeft $x_u = 22,8 \text{ mm}$

Dit geeft een inwendige hefboomsarm van $z = d - 7/18 \times x_u = 355 - 7/18 \times 22,8 = 346 \text{ mm}$

Het uiterst opneembare moment $M_u = A_s \times f_{yd} \times z = 941 \times 435 \times 346 = 141,6 \text{ kNm}$.

De maximaal toelaatbare q-last voor het moment is dus $141,6 \times 8 / 2,7^2 = 155,4 \text{ kN/m}$.

Dit geeft een toelaatbaar gewicht van de gasmotor = $(155,4 \text{ kN/m} - 24,3 \text{ kN/m}) / 11,55 \text{ kN/m} = 11,3 \text{ ton}$.

De momentcapaciteit is maatgevend voor dit onderdeel.

I.2 ONDERSTEUNINGEN

Afmetingen

Dit constructiedeel is 1,21m*1,8m*0,5m. Totaal betonvolume 1,1 m³.

Belastingen

Eigen gewicht ondersteuning = $25 \cdot 1,1 = 27,5 \text{ kN}$

Eigen gewicht tafelblad = $0,5 \cdot 70,2 \text{ kN} = 35,1 \text{ kN}$

Gasmotor = 15G kN

Door personen = $0,5 \cdot 3,9 \cdot 1,8 \cdot 1 \text{ kN} = 3,51 \text{ kN}$

Belastingscombinatie

$1,2 \cdot 62,6 \text{ kN} + 1,5 \cdot 15 \text{ kN} + 1,5 \cdot 3,51 \text{ kN} = 80,4 \text{ kN} + 22,5 \text{ kN}$

Normaalkrachten capaciteit

$N_{Ed} = 80,4 \text{ kN} + 22,5 \text{ kN}$

$N_{R,d,c} = f_{cd} \cdot A_c = 13,3 \cdot 1800 \cdot 500 = 11970 \text{ kN}$

Dit betekent een capaciteit van $(11970 - 80,4) / 22,5 = 528,4$ ton. Dit is substantieel meer dan de 11,3 ton waarbij de momentcapaciteit van het blad bereikt wordt. De benuttinggraad bij de maximale dwarskrachtcapaciteit is $303 / 11970 = 2,5\%$. Dit is zo laag dat partiële instabiliteit niet beschouwd wordt.

Momentcapaciteit

Op basis van de tekeningen kan worden aangenomen dat ook in de ondersteuning Ø10-150 als wapening is toegepast. Aangezien de inwendige hefboomsarm groter is dan die van het tafelblad en het moment kleiner zal zijn, zal de momentcapaciteit van de ondersteuning niet maatgevend zijn.

I.3 FUNDERINGSVLOER

Pons (dwarskrachtcapaciteit)

Er dient voorkomen te worden dat de ondersteuning door de vloer heen ponsen. De bedding wordt voor deze toets verwaarloosd.

De omtrek U0 (conservatieve aanname omtrek) van een ondersteuning is $2 \cdot 1,8 \text{ m} + 2 \cdot 0,5 \text{ m} = 4,6 \text{ m}$.

De dikte de funderingsvloer (zonder werkvloer) is 250mm. Dit geeft $d = 250 - 30 - 10 - 5 = 205 \text{ mm}$

Maximale afschuifspanning zonder dwarskrachtwapening volgens GTB 2010 bij deze d en betonklasse:

$v_{Rd,c} = 0,43 \text{ N/mm}$

$V_{Rd,c} = 0,43 \cdot 205 \cdot 4600 = 405 \text{ kN}$

Het maximaal toelaatbare gewicht = $(405 \text{ kN} - 80,4 \text{ kN}) / 22,5 \text{ kN} = 14,4 \text{ ton}$

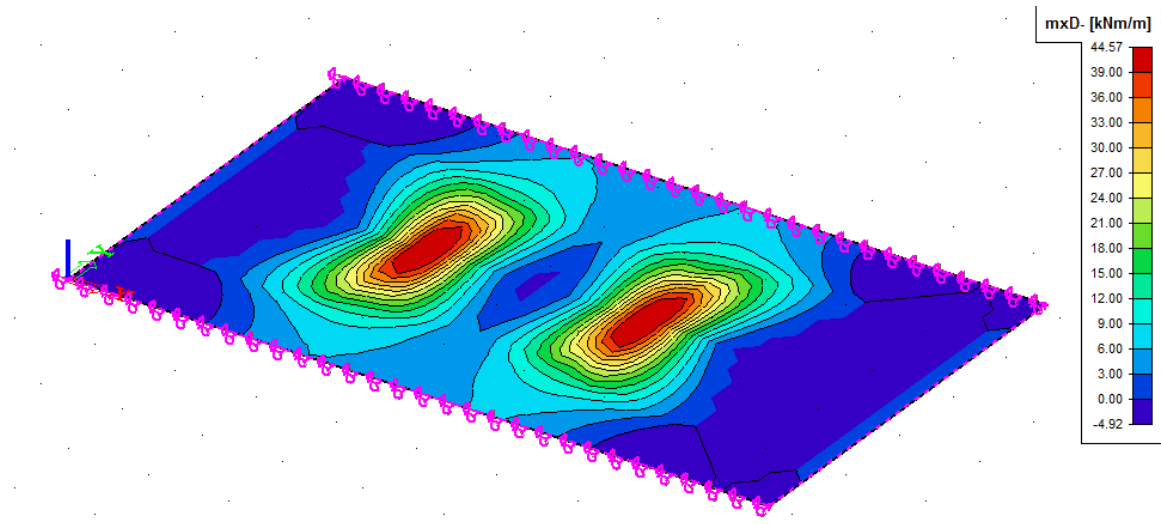
Momentcapaciteit

Om het optredende moment te bepalen wordt ervan uitgegaan dat de nieuwe gasmotor in de binnenste ruimte met opstelplaats voor een gasmotor komt. De beddingconstante van 5500 kN/m³ wordt onder de hele vloer aangehouden. Dit is de ondergrens van de beddingconstante aangezien de spanningstoename groter is dan die is aangehouden bij het bepalen van deze bedding in het aanvullende funderingsadvies. Een hogere beddingconstante leidt tot een verlaging van het maximale moment en hoeft dus niet getoetst te worden.

Om het maximale maatgevende moment in de funderingsvloer te bepalen is een 3D-analyse gemaakt van de vloer met twee vlakbelastingen met de krachten van de ondersteuning. Hiervoor is de beddingconstante

gebruikt en is aan beide zijdes van de ruimte een symmetrieas verondersteld waar de vloer in X en Y richting niet kan verplaatsen en niet kan roteren om de x-as.

Bij een belasting van $488 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} = 439,2 \text{ kN}$ per ondersteuning is het maatgevende moment het moment in x-richting met een waarde van $44,6 \text{ kNm}$.



Nu wordt het uiterst opneembare moment berekend.

Uitgaande van $\varnothing 10-150$ is er $523 \text{ mm}^2/\text{m}$ wapeningstaal in de doorsnede.

Dit geeft een kracht in het staal bij vloeien van $N_s = 523 \cdot 435 = 227,5 \text{ kN}$.

De kracht in het beton $N_c = 0,75 \cdot x_u \cdot b \cdot f_{cd} = 0,75 \cdot x_u \cdot 1000 \cdot 13,3 = 9975 x_u$.

Evenwicht geeft $x_u = 22,8 \text{ mm}$

Dit geeft een inwendige hefboomsarm van $z = d - 7/18 \cdot x_u = 205 - 7/18 \cdot 22,8 = 196 \text{ mm}$

Het uiterst opneembare moment $M_u = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 523 \cdot 435 \cdot 196 = 44,6 \text{ kNm}$.

Uit de analyse van het programma Scia volgt dat dit moment wordt bereikt bij een maximaal toelaatbare last per ondersteuning van $439,2 \text{ kN}$.

Dit geeft een toelaatbaar gewicht van de gasmotor $= (439,2 \text{ kN} - 80,4 \text{ kN}) / 22,5 \text{ kN/m} = 15,9 \text{ ton}$.

Scheurwijdte controle:

In de BGT is de belasting (bij benadering)

$80,4 \text{ kN}$ (eigen gewicht + persoon) / $1,2$ (permanent) + $15,9 \cdot 22,5 \text{ kN}$ (gasmotor) / $1,5$ (veranderlijk) = $305,5 \text{ kN}$.

Dit geeft een verhouding van $305,5 / 439,2 = 0,695$.

De staalspanning in de BGT is dus $0,695 \cdot 435 = 303 \text{ N/mm}^2 < 320 \text{ N/mm}^2$ waarbij volgens NEN-EN 1992-1-1 tabel 7.2N aan de scheurwijdte eis van $0,3 \text{ mm}$ voldaan wordt bij milieuklasse XC3.

II

BIJLAGE: SCIA ENGINEER OUTPUT

1. Materialen

Beton EC2

Naam	Type	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k.28}$ [MPa]
C20/25	Beton	2500,0	3,0000e+04	0.2	0,00	20,00

2. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Rekenmodel	Materiaal	Dikte type	D. [mm]
E1	Laag1	vloer (90)	Standaard	C20/25	constant	250

3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000	0,000
K2	8,720	0,000	0,000
K3	8,720	5,160	0,000
K4	0,000	5,160	0,000

4. Ondersteuningen op 2D elementranden

Naam	2D-element Rand	Oors Coör	Pos x ₁ Pos x ₂	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sle1	E1	Vanaf begin	0.000	Vast	Vast	Vrij	Vast	Vrij	Vrij
	1	Rela	1.000						
Sle2	E1	Vanaf begin	0.000	Vast	Vast	Vrij	Vast	Vrij	Vrij
	3	Rela	1.000						

5. Beddingen

Naam	C1x [MN/m ³]	C1z	C1y [MN/m ³]	Stijfheid [MN/m ³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Bedding1	5,5000e+00	Verend	5,5000e+00	5,5000e+00	3,0000e+01	3,0000e+01

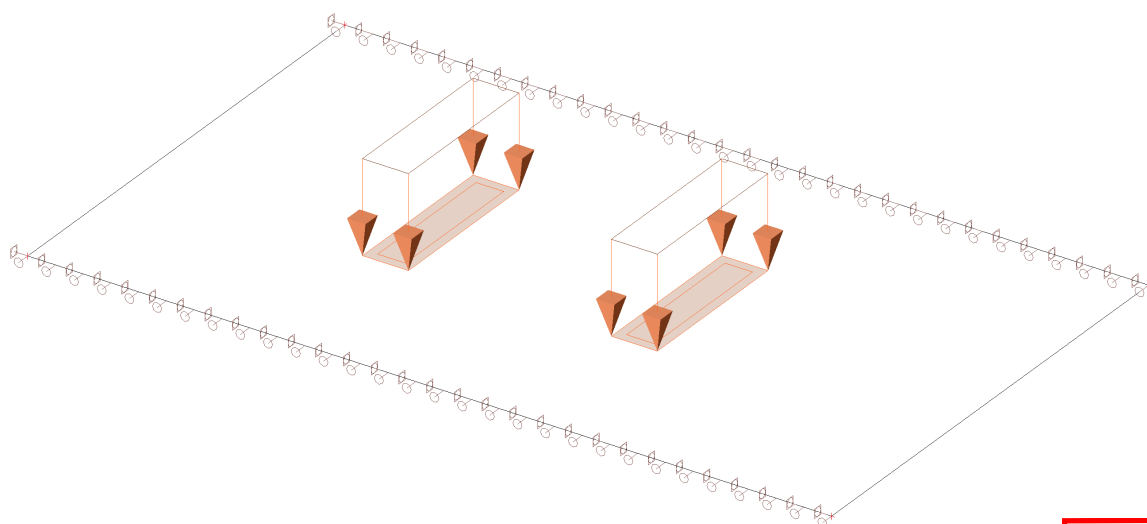
6. 2D elementondersteuningen

Naam	Type	Bedding	2D-element
SS1	Individueel	Bedding1	E1

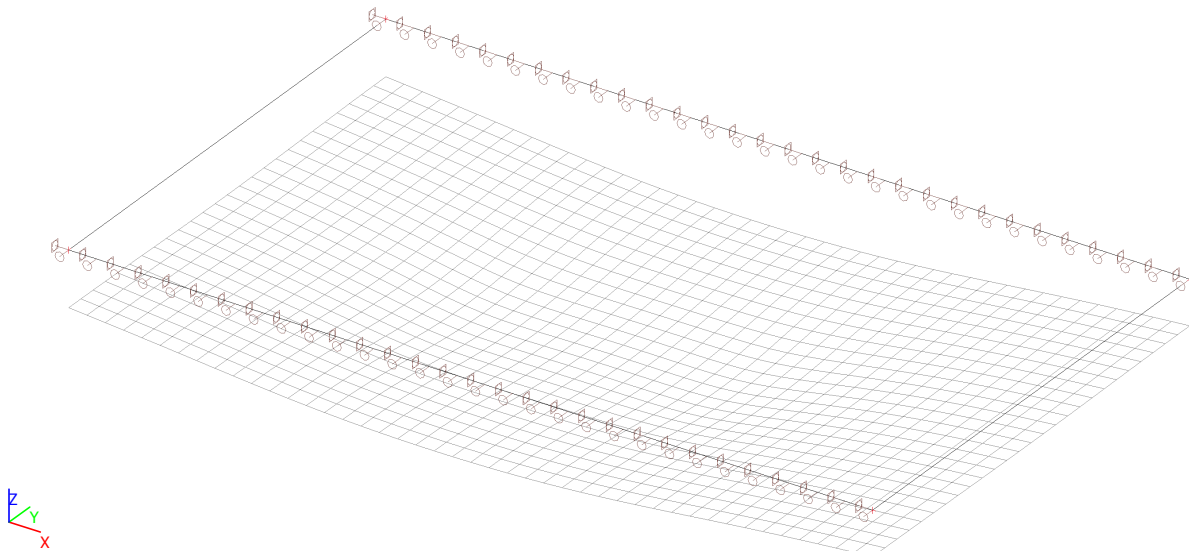
7. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype	Oorspronkelijke belasting	q [kN/m ²] Waarde - P [kN/m]	Systeem
			Verdeling	Type			Locatie
GFF1	BG2	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF1	-488,00	GCS Lengte
GFF2	BG2	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF2	-488,00	GCS Lengte

8. BG2



9. Vervormde constructie



10. 3D verplaatsing

Lineaire berekening

Belastingsgeval: BG2

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem.

Systeem: Lokaal

Resultaten op 2D elementen:

Extreme 2D: Globaal

Naam	BG	Net	Positie [m]	ux+ [mm] ux- [mm]	uy+ [mm] uy- [mm]	uz+ [mm] uz- [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U globaal+ [mm] U globaal- [mm]
E1	BG2	Knoop: 2	8,720 0,000 0,000	0,0 0,0	0,0 0,0	-2,2 -2,2	0,0	-0,4	0,0	2,2 2,2
E1	BG2	Knoop: 602	3,171 2,580 0,000	0,0 0,0	0,0 0,0	-4,6 -4,6	0,0	0,0	0,0	4,6 4,6

11. 2D element - Interne krachten

Lineaire berekening, Extreem : Globaal

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Elementaire ontwerpgrootheden. In knopen, gem. op elem..

Staaft	elem	BG	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mcD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	mcD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]	ncD [kN/m]
E1	540	BG2	-26,20	0,00	-27,31	26,20	27,31	0,00	0,00	0,00	0,00
E1	389	BG2	10,94	1,46	-6,42	0,00	3,08	-9,06	0,00	0,00	0,00
E1	542	BG2	0,00	-33,64	-44,57	44,57	33,64	0,00	0,00	0,00	0,00
E1	16	BG2	0,00	15,64	-5,92	5,92	0,00	-15,64	0,00	0,00	0,00
E1	39	BG2	4,92	5,11	0,00	-4,92	0,00	-5,11	0,00	0,00	0,00
E1	83	BG2	6,18	5,78	-2,15	0,00	-4,48	-5,33	0,00	0,00	0,00
E1	339	BG2	0,30	2,91	-15,84	15,53	12,92	-15,84	0,00	0,00	0,00
E1	529	BG2	-0,01	0,00	-3,83	0,01	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00
E1	1	BG2	0,00	3,68	-0,07	0,07	0,00	-3,68	0,00	0,00	0,00

12. Contactspanningen; sigma_z

