

Nebest B.V.

Marconiweg 2
4131 PD Vianen
Postbus 106
4130 EC Vianen

T 085 489 01 00
F 085 489 01 01
E info@nebest.nl
I www.nebest.nl

Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Constructieve beschouwing

Opdrachtgever	Van Halteren Infra B.V.
Rapportnummer	P55070-BER-01v02
Status	Definitief
Versie	BER-01v02
Rapportdatum	31 mei 2024

Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
Auteur	A. Yildirim BSc	<i>Digitaal akkoord</i>	31-05-2024
Controle	ir. M. van Dooren	<i>Digitaal akkoord</i>	31-05-2024
Vrijgave	ing. J. J. Bakker	<i>Digitaal akkoord</i>	31-05-2024



IBAN NL47 RABO 0171 7681 67 | BIC RABONL2U | BTW NL008929439B01 | HR 23046375

Op al onze werkzaamheden is de 'Rechtsverhouding opdrachtgever - architect, ingenieur en adviseur DNR 2011' van toepassing.
Deze voorwaarden liggen op ons kantoor ter inzage en zijn ook in te zien op onze website (www.nebest.nl).



Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
2	GEGEVENS VAN DE CONSTRUCTIE	4
3	NADER ONDERZOEK CONSTRUCTIE	5
3.1	Constructieve inspectie	5
3.2	Nader Onderzoek constructiematerialen	6
3.2.1	Beton	6
3.2.2	Betonstaal	6
4	CONSTRUCTIEVE ANALYSE	8
4.1	Uitgangspunten	8
4.2	Doorsnedecapaciteit	8
4.3	Stijfheid.....	8
4.4	Scheurbeheersing ontwerp	9

Bijlage 1 Bepaling materiaalsterkte

Bijlage 2 Berekening doorsnedecapaciteit en scheurwijdteberekening

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

1 INLEIDING

Langs de Eem in Amersfoort is Van Halteren Infra B.V. bezig (geweest) met het vervangen van een aantal strekkende meters bestaande damwand. De huidige damwanden bestaan uit geprefabriceerde betonnen planken en zijn deels verzakt.

In het kader van inzichten in herbruikbaarheid en de restlevensduur van de betonnen damwanden is aan Nebest B.V. gevraagd een onderzoek naar deze, geselecteerde, damplanken uit te voeren. Onderdeel hiervan is het bepalen van de constructieve eigenschappen van de planken (sterkte/stijfheid). In het voorliggende rapport is het onderzoek naar deze eigenschappen opgenomen.

Voorafgaand aan het opstellen van dit rapport zijn er reeds diverse onderzoeken uitgevoerd naar de materiaaleigenschappen en restlevensduur. Deze onderzoeken zijn vastgelegd in de onderstaande rapporten.

[1] P55070 r03v01 – Amersfoort Wolframkade damplanken monsternamen

[2] P55070 r03v01 – Amersfoort Wolframkade damplanken laboratoriumonderzoek

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

2 GEGEVENS VAN DE CONSTRUCTIE

Er zijn geen archiefgegevens beschikbaar waardoor het onbekend is wanneer de damwanden zijn aangebracht. Vermoedelijk zijn de damwanden 40 jaar geleden aangebracht.

Uit de uitgevoerde inspecties en onderzoek, zie [1] en [2], is geconcludeerd dat de toegepaste damwandplanken een lengte hebben van circa 5100 mm, een breedte van 500 mm en een dikte van 185 mm. Alle damplanken zijn gewapend met betonstaal.



Figuur 2.1: Overzichtsfoto damwand.



Figuur 2.2: Overzicht opgeslagen planken.

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

3 NADER ONDERZOEK CONSTRUCTIE

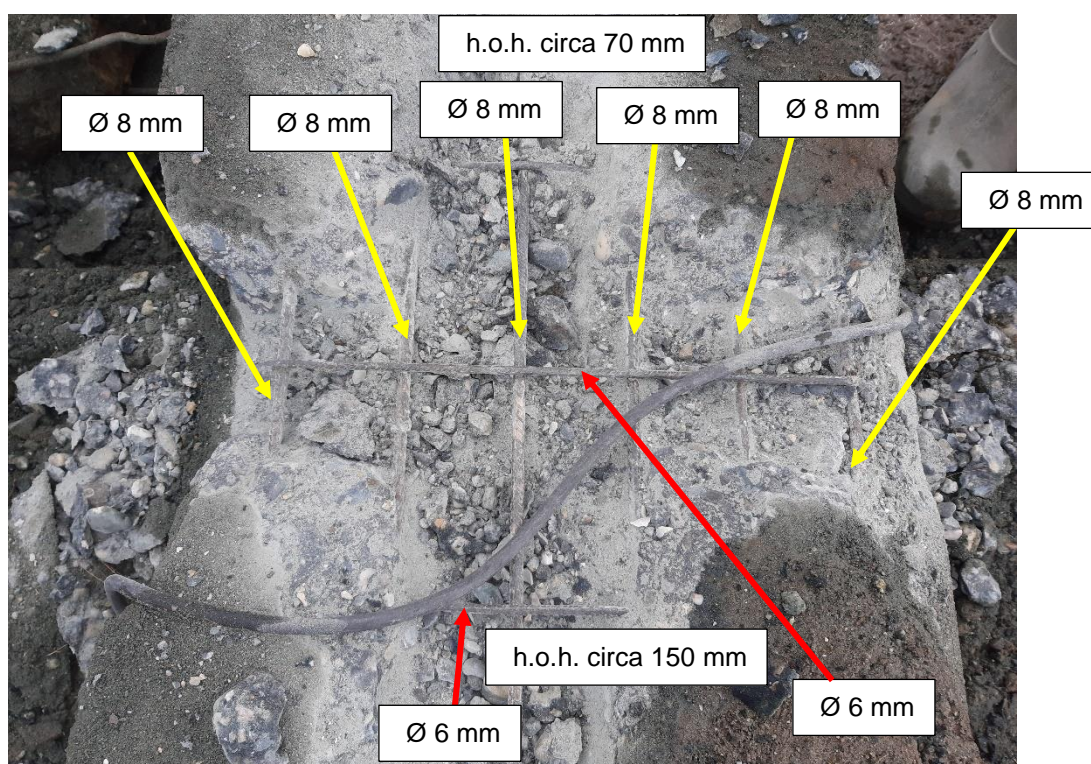
3.1 Constructieve inspectie

Begin april 2024 is een constructieve inspectie naar de damplanken uitgevoerd (zie [1]). Hierbij zijn damplanken aangetroffen met een lengte van circa 5100 mm, een breedte van circa 500 mm en een dikte van circa 185 mm. In tabel 3.1 is een samenvatting weergegeven van de in het werk aangetroffen wapeningsconfiguratie.

Tabel 3.1: Gemeten wapening twee type planken.

	Diameter	H.o.h.	Profiel	Gem. dekking
Hoofdwapening (boven- en onderwapening)	Ø8	70 mm (6st.)	Geribd	33 mm
Verdeel wapening	Ø6	150 mm	Geribd	27 mm

De posities van de langsstaven is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 1: Wapeningsconfiguratie damwandplank.

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

3.2 Nader Onderzoek constructiematerialen

Van de damplanken zijn monsters verzameld ten behoeve van laboratoriumonderzoek naar de materiaalkundige eigenschappen van de planken. In totaal zijn twaalf betonkernen genomen ten behoeve van de bepaling voor de druksterkte. Verder zijn acht wapeningsstaven uitgenomen uit de planken en beproefd op treksterkte.

Op basis van de proefresultaten zijn de rekenkundige eigenschappen van de materialen bepaald. De uitwerking hiervan is opgenomen in dit hoofdstuk.

3.2.1 Beton

De proefresultaten van de drukproeven op de betonkernen zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 3.2: Uitkomsten drukproeven beton.

Merk	Volumieke massa [kg/m ³]	Druksterkte [N/mm ²]	Opmerkingen
[1]	2370	65,2	-
[3]	2390	63,0	-
[5]	2380	49,5	-
[7]	2380	64,5	-
[9]	2400	65,4	-
[10]	2370	67,0	-
[11]	2390	68,7	-
[13]	2360	69,4	-
[15]	2410	76,2	-
[17]	2360	68,0	-
[19]	2360	72,1	-
[20]	2350	63,5	-

De betondruksterkte is bepaald conform NEN-EN 1990 Bijlage D met een standaard rekensheet. In Bijlage 1 is een uitvoer van deze rekensheet opgenomen. Hieruit volgt een karakteristieke kubusdruksterkte van $f_{ck,cube} = 53,8 \text{ N/mm}^2$.

Op basis van het materiaalonderzoek is voor de berekening uitgegaan van betonkwaliteit C40/50.

Tabel 3.3: Materiaaleigenschappen beton.

	Beton	C40/50	[Eenheid]
Karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	40	N/mm ²
Gemiddelde cilinderdruksterkte	f_{cm}	48	N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	3,5	N/mm ²
Gemiddelde elasticiteitsmodulus	E_{cm}	35000	N/mm ²

3.2.2 Betonstaal

De staven zijn voorafgaand aan de trekproef visueel beoordeeld. De uitgenomen staven zijn in goede staat en er zijn geen sporen van ernstige corrosie (afname diameter) aanwezig. Bij drie proefmonsters zijn de resultaten als niet geldig verklaard.

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

De uitkomsten van de trekproeven op staal zijn samengevat weergegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4: Uitkomsten trekproeven staal.

Merk	Type staaf	Diameter [mm]	Rm [N/mm²]	Opmerkingen
[2]	hoofd	8	640	Merk rapport S1
[2]	verdeelt	6	623	Merk rapport S1
[7]	hoofd	8	663	-
[7]	verdeelt	6	-	Ongeldige meting
[15]	hoofd	8	-	Ongeldige meting
[15]	verdeelt	6	618	-
[19]	hoofd	8	636	Merk rapport S20
[19]	verdeelt	6	-	Merk rapport S20/ongeldige meting

De uitgebreide laboratoriumresultaten zijn weergegeven in bijlage 1.

Uit de bepaling volgens NEN-EN 1990 Bijlage D volgt op basis van de verkregen Rm waarden uit tabel 3.4 een karakteristieke vloeigrens van $f_{yk} = 596 \text{ N/mm}^2$ voor de wapening.

Voor de wapening is gerekend met een sterkte van FeB500 met karakteristieke vloeigrens van $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ corresponderend met de werkelijk gemeten sterkte.

De bijbehorende eigenschappen zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 3.5: Materiaaleigenschappen wapening.

	Type	FeB500	[Eenheid]
Karakteristieke vloeigrens	f_{yk}	500	N/mm ²
Rekenwaarde vloeigrens	f_{yd}	435	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus staal	E_s	$2,0 \cdot 10^5$	N/mm ²

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

4 CONSTRUCTIEVE ANALYSE

Ten behoeve van de constructieve analyse van de damwandplanken zijn de constructieve eigenschappen van de planken bepaald. De gehanteerde uitgangspunten en de resultaten zijn in dit hoofdstuk opgenomen.

4.1 Uitgangspunten

Voor het bepalen van de constructieve uitgangspunten is uitgegaan van nieuwbouwniveau en bijbehorende normen (NEN-EN 1990 serie).

Voor de duurzaamheidsklasse is uitgegaan van XC4 (oppervlak boven waterpeil) en XF1.

Daarnaast zijn de volgende algemene normen gebruikt:

NEN-EN 1990	Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp, 2019. 1990+A1+A1/C2 en 1990+A1/C2/NB:2019
NEN-EN 1992-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, 2011. 1992-1-1+C2 en 1992-1-1+C2/NB:2016+A1:2020

4.2 Doorsnedecapaciteit

De doorsnedecapaciteit van de damwandplank is met behulp van het softwareprogramma IDEA Statica RCS, zie bijlage 2. De ingevoerde geometrie is zoals deze is aangetroffen tijdens de inspectie; een rechthoek met een breedte van 500 mm en een dikte van 185 mm. De wapeningsconfiguratie is ingevuld zoals deze eerder beschreven is.

De berekende capaciteiten zijn samengevat in onderstaande tabel.

De dwarskrachtcapaciteit is berekend met een standaard rekensheet en met een dikte voor de damplank van 185 mm. De gepresenteerde waardes zijn per plank dus per 0,5 m.

Tabel 4.1: Overzicht doornedecapaciteit per belastingtype.

	Damwandplank
Momentcapaciteit	21,9 kNm
Dwarskrachtcapaciteit	41,9 kN

4.3 Stijfheid

De stijfheid van de damwandplank is net als de momentcapaciteit bepaald met behulp van IDEA Statica RCS. De uitvoer hiervan is eveneens opgenomen in bijlage 2 en bedraagt:

- Bij belasting tot $M = 10,4$ kNm, $EI = 10$ MNm².
- Bij belasting van $M = 10,4$ kNm tot $M = 20,8$ kNm, $EI = 1$ MNm².

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

4.4 Scheurbeheersing ontwerp

De te hanteren milieuklasse bedraagt XC4. Volgens NEN-EN 1992-1-1, art. 7.3.1, tabel 7.1N bedraagt de maximaal toelaatbare scheurwijdte 0,3 mm om te voldoen aan de duurzaamheidseisen voor 50 jaar levensduur.

Met behulp van de software IDEA Statica RCS zijn de scheurwijdten bepaald die zullen optreden bij het bereiken van de maximaal toelaatbare belastingen uit tabel 4.1. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 2. Hieruit volgt dat zo lang de capaciteit van de doorsnede niet overschreden wordt, in alle gevallen voldaan wordt aan de scheurwijdte-eis $< 0,3$ mm. Scheurvorming is dus niet maatgevend voor het ontwerp van de damplanken.

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

Bijlage 1 Bepaling materiaalsterkte

In deze bijlage is opgenomen:

- Bepaling karakteristieke betonsterkte.
- Bepaling karakteristieke vloeigrens wapeningsstaal.

Project

Projectnummer : 55070
 Projectnaam : Damwandplanken Eem Amersfoort

Monstername

Datum monstername :
 Monstername door :
 Onderdeel :

Resultaten beproevingen

Datum beproeving : 15 april 2024
 Beproeving door : R. Pooters
 Conform : NEN-EN 12390-3

Locatie	Onderdeel	Eigenschappen		Resultaten beproevingen		Overige	
		Diameter [mm]	Vol. massa [kg/m ³]	Bezwijklast [kN]	Druksterkte x _i [N/mm ²]	ln(x _i)	(ln(x _i)-m _y) ²
1					65,2	4,18	0,00
2					63,0	4,14	0,00
3					49,5	3,90	0,08
4					64,5	4,17	0,00
5					65,4	4,18	0,00
6					67,0	4,20	0,00
7					68,7	4,23	0,00
8					69,4	4,24	0,00
9					76,2	4,33	0,02
10					68,0	4,22	0,00
11					72,1	4,28	0,01
12					63,5	4,15	0,00

Aantal beproevingen : 12 stuks
 Minimale kubusdruksterkte : 49,5 N/mm²
 Maximale kubusdruksterkte : 76,2 N/mm²
 Gemiddelde kubusdruksterkte : 66,0 N/mm²
 Standaardafwijking : 6,44 N/mm²
 Gemiddelde volumieke massa : kg/m³

Bepaling genormeerde betonsterkteklasse conform NEN-EN 1990 Bijlage D

Ervan uitgaande dat sprake is van een lognormale verdeling wordt de karakteristieke kubusdruksterkte bepaald aan de hand van formule (D.1).

Formule (D.1): $X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp\{m_y - k_n s_y\}$

Waarin:

$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i)$ 4,19

$s_y = \sqrt{\ln(V_x^2 + 1)} \approx V_x$ (indien V_x bekend is uit voorkennis)

$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum ((\ln(x_i)) - m_y)^2}$ (indien V_x niet bekend is uit voorkennis) 0,10

K_n De waarde van k_n vanuit NEN-EN 1990 Bijlage D, tabel D1 1,92
 n Het aantal op druksterkte beproefde betonkernen 12 stuks
 η_d De rekenwaarde van de omrekeningsfactor 1,0 * onbekend

γ_m Een partiële factor in overeenstemming met het toepassingsgebied van de proefresultaten
 V_x De variatiecoëfficiënt, indien deze bekend is uit voorkennis



Rekenblad bepaling genormeerde betonsterkteklasse



Blad 2 van 2

Uitgaande van V_x niet bekend, volgt hieruit

Formule (D.1): $X_d = f_{ck,cube} = 53,8 \text{ N/mm}^2$

Voor de afmeting van het proefstuk dient er een correctiefactor te worden opgenomen van:

1,00

De maatgevende $f_{ck,cube}$ vermenigvuldigd met de correctiefactor bedraagt:

53,8 N/mm²

De genormeerde betonsterkteklasse bedraagt: **C40/50** volgens NEN-EN 206-1

	f_{ck} [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]	f_{cm} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	$f_{ctk,0,05}$ [N/mm ²]	E_{cm} [N/mm ²]
Genormeerde betonsterkte	40	50	48	26,67	3,51	2,46	35220
Werkelijke betonsterkte (interpolatie)	44,1	53,8	52,1	29,38	3,74	2,62	36093



Project Hergebruik damwandplanken
 Project nr. 55070
 Datum 31-5-2024
 Onderdeel Karakteristieke waarde treksterkte hoofdwapening + verdeelwapening
 Materiaal **Wapeningsstaal**

Vaste gegevens		Conform bijlage D NEN-EN 1990	
n	=	5	
ov.schr.k.	=	5 %	
K _n	=	2,33	(aflezen uit tabel n-verdeling)

Formules: $x_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp[m_y - k_n s_y]$

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}$$
 indien V_x niet bekend

n	xi	LN(xi)	(Ln(xi)-m _y) ²
1	640,0	6,46	0,00
2	623,0	6,43	0,00
3	663,0	6,50	0,00
4	618,0	6,43	0,00
5	636,0	6,46	0,00

M_y = 6,45
 S_y = 0,03
 K_n = 2,33
 η_d = 1,0 *onbekend
 γ_m = 1,15

f_{yk} = **596,39 N/mm²**

f_{yd}=f_{yk}/γ_m = 518,6 N/mm²

x_{gem} = 636,00 ----- +
 0,00

Tabel D1 — Waarden van k_n voor de 5 % karakteristieke waarde

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V _x bekend	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V _x niet bekend	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

OPMERKING 1 Deze tabel is gebaseerd op de normale verdeling.

OPMERKING 2 Met een lognormale verdeling luidt uitdrukking (D.1) :

Titel : Amersfoort Wolframkade damplanken constructieve eigenschappen

Rapportnummer : P55070-BER-01v02

Bijlage 2 Berekening doorsnedecapaciteit en scheurwijdteberekening

In deze bijlage is de berekeningsuitvoer van IDEA Statica RCS voor de doorsnedecapaciteit opgenomen.

Project: P55070 - Damwandplanken Eem Amersfoort

Projectnr.:

Auteur: A. Yildirim BSc



Calculate yesterday's estimates

Inhoudsopgave

- 1 Projectgegevens
- 2 Snedecontroles
- 2.1 Snede S 1
- 3 Lijst met Staafmacro's
- 4 Lijst met gewapende doorsnedes
- 5 Lijst met gebruikte materialen

1 Projectgegevens

Projectnaam	P55070 - Damwandplanken Eem Amersfoort
Omschrijving	Doorsnedecapaciteit
Auteur	A. Yildirim BSc
Datum van creatie	31-5-2024
Versie	23.1.1.1138

Nationale Norm

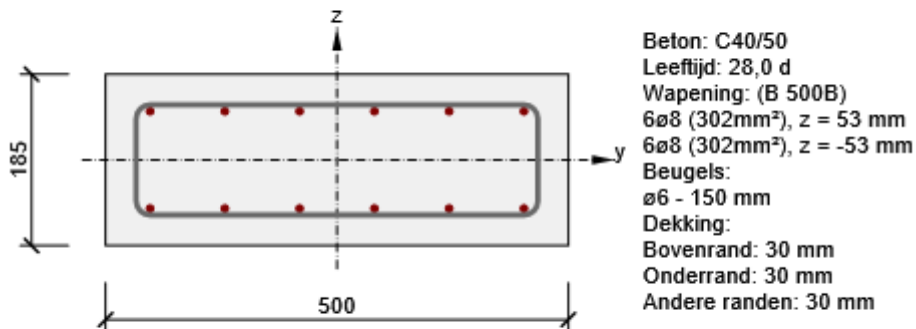
Nationale Norm	EN 1992-1-1:2014-12, NEN:2011/NB:2016/A1:2020
Ontwerp levensduur	50 jaar

2 Snedecontroles

2.1 Snede S 1

2.1.1 Extreem S 1 - E 1

Staamacro	M 1
Gewapende doorsnede	R 1



2.1.1.1 Lasteffecten - snedekrachten

Lasttype	Combinatie type	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Totaal	Fundamenteel UGT	0,0	0,0	41,9	0,0	21,9	0,0
Totaal	Frequente	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9	0,0
Totaal	Quasi-blijvend	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2.1.1.2 Compleet

Maatgevende controle	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Waarde [%]	Controle
Dwarskracht	0,0			41,9	0,0	99,9	Oké
Type controle	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Waarde [%]	Controle
Weerstand N-My-Mz	0,0	21,9	0,0			99,8	Oké
Dwarskracht	0,0			41,9	0,0	99,9	Oké
Scheurwijdte	0,0	21,9	0,0			80,0	Oké

Grenswaarde van de uitnutting van de controle: 100,0 %

Meldingen

Onvolkomenheden	
⚠	De dwarskracht wordt opgenomen door het beton, beugels zijn enkel nodig volgens detaileringseisen, zie 6.2.2
⚠	De spanning in de trekwapening overschreed de vloeigrens. De resultaten voor de scheurwijdte gelden voor de spanning in de wapening lager dan de vloeigrens.

2.1.1.3 Weerstand N-My-Mz

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

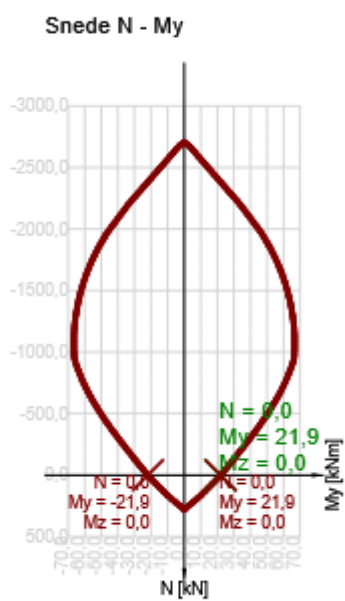
N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Type	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
0,0	21,9	0,0	Nu-Muy-Muz	99,8	100,0	Oké

Rekenwaarde van de weerstand van de doorsnede belast door buiging én normaalkracht

Type	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	0,0	0,0	0,0
M_y [kNm]	21,9	21,9	-21,9
M_z [kNm]	0,0	0,0	0,0

Meldingen

Geen foutmeldingen



Verklaring

Symbol	Verklaring
N_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
$M_{Ed,y}$	Rekenwaarde van de toegepaste buigende moment om de y-as t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
$M_{Ed,z}$	Rekenwaarde van de toegepaste buigende moment om de z-as t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
Type	Nu-Muy-Muz: Doorsnedeweerstand is bepaald op basis van een aangenomen proportionele verandering van de snedekracht, zodanig dat de excentriciteit gelijk blijft totdat het interactievlak is bereikt. De verandering van de snedekrachten kan worden geïnterpreteerd als de beweging in het vlak langs de lijn tussen de oorsprong (0, 0, 0) en (N_{Ed} , $M_{Ed,y}$, $M_{Ed,z}$). De twee snijpunten vertegenwoordigen de twee extreme waarden van de weerstand. Drie waarden van een extreme worden getoond door het programma: weerstand N_{Rd} en de bijbehorende weerstanden $M_{Rd,y}$ en $M_{Rd,z}$.
Waarde	Gebruik van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
F_{Ed}	Toegepaste rekenwaarde van de kracht t.g.v. een externe last (zonder effecten van de voorspanning)
F_{Rd1}	Eerste verzameling weerstandskrachten resulterend uit de 1ste snede met het interactievlak
F_{Rd2}	Tweede verzameling weerstandskrachten resulterend uit de 2de snede met het interactievlak

2.1.1.4 Dwarskracht

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Controle zone	Artikel	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
41,9	0,0	41,9	zonder reductie	6.2.2(1)	99,9	100,0	Oké


Rekenwaarde en weerstand van de dwarskracht

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
41,9	41,9	281,9	315,8	13,8	41,9

Invoerwaarden en tussenresultaten van de afschuifcontrole

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	σ_{cp}^* [MPa]	α_{cw} [-]
2	377	603	500	94	84	45,0	90,0	0,0	1,00
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]	
0,12	2,00	0,15	0,01	0,0	434,8	0,6	0,50	0,50	

Meldingen

Onvolkomenheden	
	De dwarskracht wordt opgenomen door het beton, beugels zijn enkel nodig volgens detaileringseisen, zie 6.2.2

Verklaring

Symbool	Verklaring
V_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste dwarskracht
N_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht
V_{Rd}	De rekenwaarde van de afschuifweerstand
Controle zone	Zonetype waarin de controle is uitgevoerd
Artikel	Artikelnr. (methodetype) gebruikt voor de dwarskrachttoets
Waarde	Gebruik van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
$V_{Rd,c}$	De afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
$V_{Rd,max}$	Dwarskrachtweerstand van het element berekend op basis van de weerstand van de betondrukdiagonalen
$V_{Rd,r}$	Dwarskrachtweerstand voor de dwarskracht berekend zonder reductie door Beta (6.2.2(6))
$V_{Rd,s}$	De rekenwaarde van de dwarskracht dat kan worden opgenomen door de het vloeien van de beugelwapening
n_c	Aantal snedes van de beugel(s)
a_{sw}	De hoeveelheid beugelwapening
A_{sl}	De hoeveelheid trekwapening
b_w	De breedte van de dwarsdoorsnede die effectief is voor afschuiving.
d	Effectieve hoogte van de doorsnede
z	Interne hefboomsarm
θ	Hoek tussen de betondrukdiagonaal en de staafas loodrecht op de dwarskracht
α	De hoek tussen de beugelwapening en de staafas loodrecht op de dwarskracht
σ_{cp}^*	De gemiddelde drukspanning (positief gemeten) in het beton als gevolg van de axiale ontwerpkracht, rekening houdend met de wapening. σ_{cp}^* dient voor de bepaling van α_{cw} (zie EN 1992-1-1, hfst. 6.2.3 (3))
α_{cw}	Coëfficiënt die rekening houdt met de spanningstoestand in de drukdiagonaal
$C_{Rd,c}$	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
k	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
k_1	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
ρ_l	Wap.verhouding van de getrokken langswapening
σ_{cp}	De gemiddelde drukspanning (positief gemeten) in de betondoorsnede als gevolg van de axiale ontwerpkracht. σ_{cp} is beperkt tot de waarde $0,2 \cdot f_{cd}$ (EN 1992-1-1 hfdst. 6.2.2 (1))
σ_{wd}	Rekenspanning in de dwarskrachtwapening, zie opmerking 2 van artikel 6.2.3 (3)
v_{min}	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
v	Sterkte reductiefactor voor gescheurd beton tijdens de dwarskrachtcontrole
v_1	Sterkte reductiefactor voor gescheurd beton tijdens de dwarskrachtcontrole

2.1.1.5 Scheurwijdte

Scheurwijdte - korte termijn effect

Combinatie	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
Freq	0,0	21,9	0,0	0,240	0,300	80,0	100,0	Oké

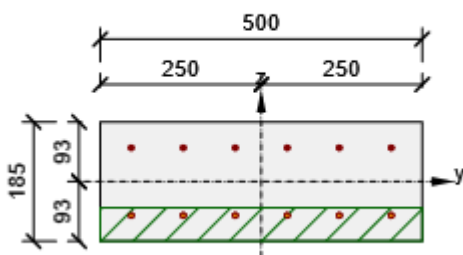
Tussenresultaten en coëfficiënten van de scheurwijdteberekening - korte-termijn effect

x [mm]	h _{c,eff} [mm]	d [mm]	A _{c,eff} [mm ²]	A _{s,eff} [mm ²]	A _{p,eff} [mm ²]	ρ _{p,eff} [-]
29	52	145	25933	302	0	0,01
k _t [-]	ε _{sm} -ε _{cm} [1e-4]		k ₁ [-]	k ₂ [-]	k ₃ [-]	k ₄ [-]
0,60	16,7		0,80	0,50	3,40	0,43
c [mm]	ε ₁ [1e-4]	ε ₂ [1e-4]	s _{r,max} [mm]	Φ [mm]	σ _s [MPa]	
36	35,4	-6,7	144	8	526,3	

Meldingen

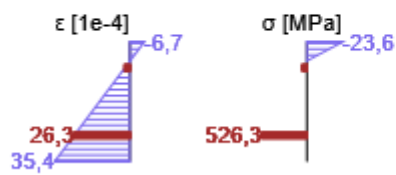
Onvolkomenheden	
⚠	De spanning in de trekwapening overschreed de vloeigrens. De resultaten voor de scheurwijdte gelden voor de spanning in de wapening lager dan de vloeigrens.

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



Resultaten weergegeven voor :

- Frequente combinatie
- Resultaten voor de korte-termijn stijfheidsberekening



Verklaring

Symbool	Verklaring
Combinatie	Gebruikte combinatie voor de berekening inclusief rsup of rinf coëfficiënt volgens 5.10.9
N	Normaalkracht voor frequente combinatie
M_y	Buigend moment om y-as voor frequente combinatie
M_z	Buigend moment om z-as voor frequente combinatie
w_k	De scheurwijdte berekend volgens 7.3.4
w_{lim}	Grenswaarde van de scheurwijdte volgens tabel 7.1N
Waarde	Gebruik van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
x	Hoogte van de betondrukzone (positie van de neutrale lijn)
$h_{c,eff}$	Hoogte van de effectieve trekzone van het beton dat de wapening en voorspanstaal omgeeft (7.3.2 (3))
d	Effectieve hoogte van de doorsnede
$A_{c,eff}$	Effectief oppervlak van het beton onder trek dat de wapening en voorspanstaal omgeeft
$A_{s,eff}$	Effectief oppervlak van de voorspanning en wapeningstaal binnen het effectieve oppervlak van het beton.
$A_{p,eff}$	Effectieve oppervlakte van het voorspanstaal binnen de effectieve oppervlakte van het beton
$\rho_{p,eff}$	Verhouding van het effectieve oppervlak van het voorspanstaal en de wapening en de het effectieve oppervlak van het beton onder trek
k_t	Factor afhankelijk van de belastingduur (7.3.4 (2))
k_1	Coëfficiënt die rekening houdt met de hechteigenschappen van de gehechte wapening (7.3.4 (3))
k_2	Coëfficiënt die rekening houdt met de verdeling van de rek
c	Grootte van de betondekking van hoofdwapening
ε_1	Grotere trekrek op de randen van de beschouwde doorsnede, gewogen vanaf de basis van de gescheurde doorsnede
ε_2	Kleinere trekrek op de randen van de beschouwde doorsnede, gewogen vanaf de basis van de gescheurde doorsnede
$s_{r,max}$	Maximale eind scheurafstand
Φ	Staafdiameter of equivalente staafdiameter voor meerdere staven binnen het effectieve trekzone van het beton
σ_s	Maximale spanning in de trekwapening voor een gescheurde doorsnede

2.1.1.6 M-N-κ diagram

M-N-κ diagram - UGT

Type	N [kN]	M _y [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{boven} [1e-4]	σ _{boven} [MPa]	ε _{onder} [1e-4]	σ _{onder} [MPa]	EI _y [MNm ²]
Mc	0,0	19,4	-0,0722	28	-20,0	-26,7	84,7	434,8	0
Ms	0,0	17,1	-0,0212	43	-9,0	-12,0	21,7	434,8	1
Mu	0,0	21,9	-0,1374	25	-33,7	-26,7	165,6	445,2	0
Md	0,0	21,9	-0,1365	25	-33,5	-26,7	164,4	434,8	0
Type	N [kN]	M _z [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{links} [1e-4]	σ _{links} [MPa]	ε _{rechts} [1e-4]	σ _{rechts} [MPa]	EI _z [MNm ²]
Mc	0,0	55,9	-0,0263	76	-20,0	-26,7	98,7	434,8	2
Ms	0,1	37,0	-0,0064	115	-7,4	-9,9	21,7	434,8	6
Mu	0,0	59,9	-0,0642	54	-34,7	-26,7	255,6	451,8	1
Md	0,0	0,0	0,0000	0	0,0	0,0	0,0	0,0	28

M-N-κ diagram - korte-termijn BGT

Type	N [kN]	M _y [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{boven} [1e-4]	σ _{boven} [MPa]	ε _{onder} [1e-4]	σ _{onder} [MPa]	EI _y [MNm ²]
Mr	0,0	10,4	-0,0011	93	-1,0	-3,5	1,0	3,5	10
Mc	0,0	22,8	-0,0536	21	-11,4	-40,0	66,4	500,0	0
Ms	0,0	20,8	-0,0216	29	-6,4	-22,4	25,0	500,0	1
Mu	0,0	25,6	-0,1762	19	-33,2	-40,0	222,2	500,0	0
Md	0,0	0,0	0,0000	0	0,0	0,0	0,0	0,0	10
Type	N [kN]	M _z [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{links} [1e-4]	σ _{links} [MPa]	ε _{rechts} [1e-4]	σ _{rechts} [MPa]	EI _z [MNm ²]
Mr	0,0	28,0	-0,0004	250	-1,0	-3,5	1,0	3,5	70
Mc	0,0	65,2	-0,0189	60	-11,4	-40,0	74,0	500,0	3
Ms	0,1	46,3	-0,0067	79	-5,3	-18,8	25,0	500,0	7
Mu	0,0	68,7	-0,0688	44	-30,5	-40,0	280,6	500,0	1
Md	0,0	0,0	0,0000	0	0,0	0,0	0,0	0,0	70


M-N-κ diagram - lange-termijn BGT

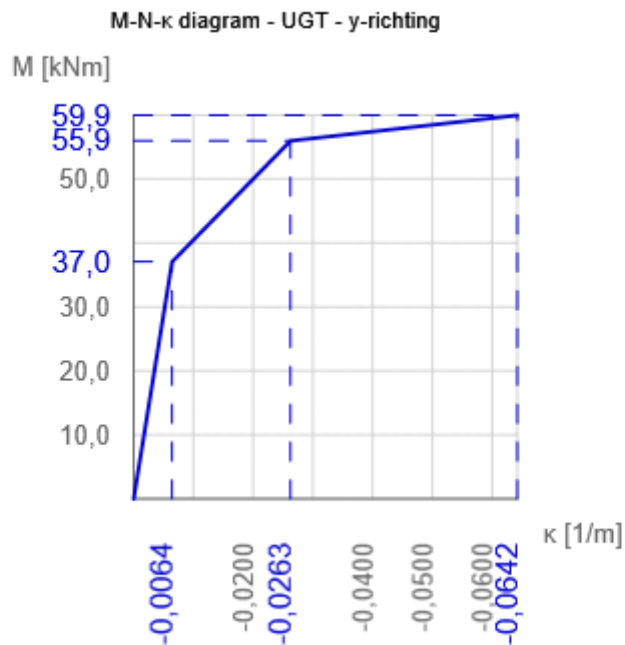
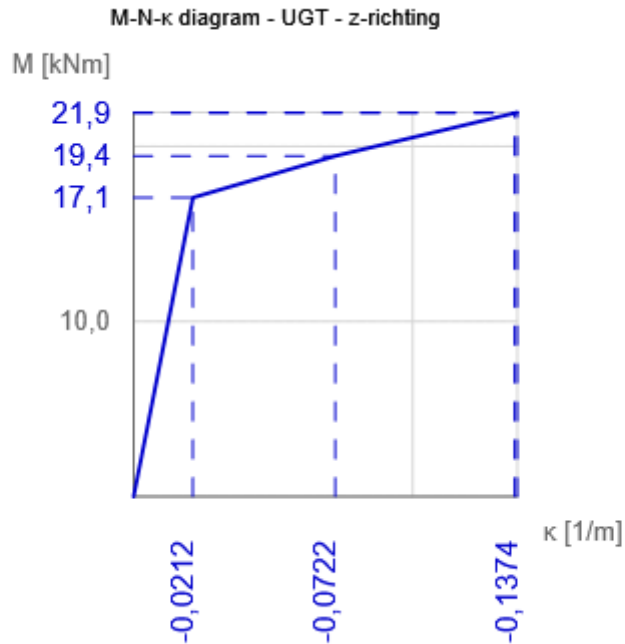
Type	N [kN]	M _y [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{boven} [1e-4]	σ _{boven} [MPa]	ε _{onder} [1e-4]	σ _{onder} [MPa]	EI _y [MNm ²]
Mr	0,0	11,0	-0,0029	93	-2,7	-3,5	2,7	3,5	4
Mc	0,0	23,9	-0,1186	25	-30,2	-40,0	141,8	500,0	0
Ms	0,0	19,6	-0,0244	43	-10,4	-13,8	25,0	500,0	1
Mu	0,0	25,6	-0,1762	19	-33,2	-40,0	222,2	500,0	0
Md	0,0	0,0	0,0000	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4
Type	N [kN]	M _z [kNm]	κ [1/m]	x _u [mm]	ε _{links} [1e-4]	σ _{links} [MPa]	ε _{rechts} [1e-4]	σ _{rechts} [MPa]	EI _z [MNm ²]
Mr	0,0	29,5	-0,0011	250	-2,7	-3,5	2,7	3,5	28
Mc	0,0	67,2	-0,0473	64	-30,2	-40,0	183,7	500,0	1
Ms	0,0	42,6	-0,0074	115	-8,6	-11,3	25,0	500,0	6
Mu	0,0	68,7	-0,0688	44	-30,5	-40,0	280,6	500,0	1
Md	0,0	0,0	0,0000	0	0,0	0,0	0,0	0,0	28

Kruipcoëfficiënt

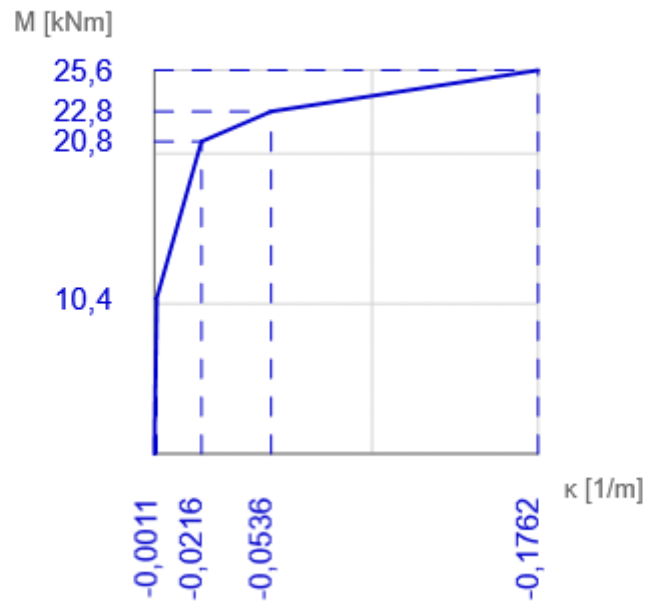
Bepalingsmethode	h_0 [mm]	A_c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t_0 [d]	t_s [d]	RH [%]	Gebruik γ_{lt}	$\varphi(t, t_0)$ [-]
Automatisch	135	92500	1370	18250,0	28,0	7,0	65,0	Nee	1,66

Meldingen

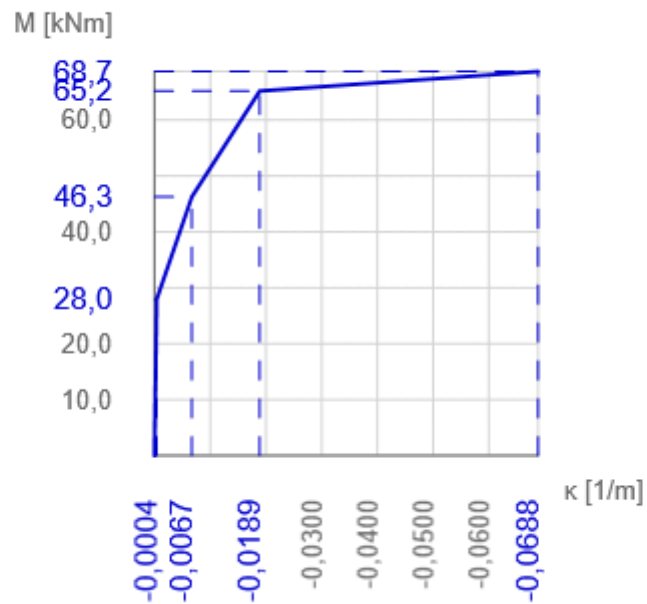
Onvolkomenheden	
	De in NEN-EN 1992-1-1, hfst. 5.8.5 ($M_{cr} \leq (f_{cd} + N_{ed}/A_c)/W_c \leq M_{rd}$) gedefinieerde voorwaarde voor het scheurmoment wordt niet toegepast voor de berekening van het N-M- κ diagram.



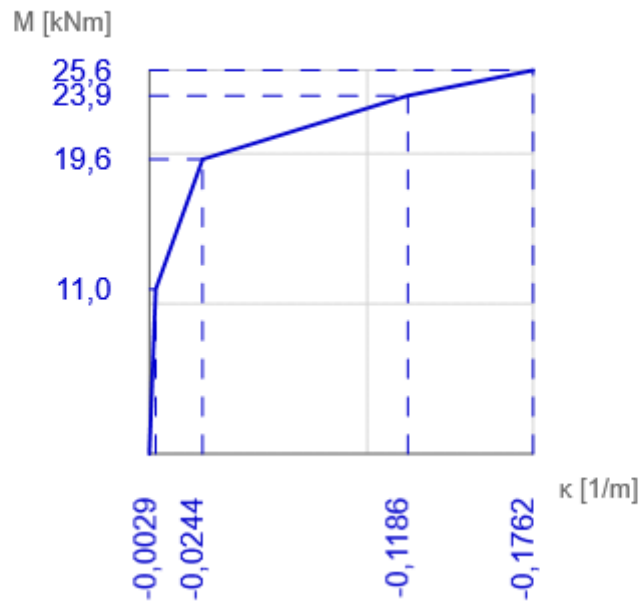
M-N- κ diagram - Korte-termijn BGT - z-richting



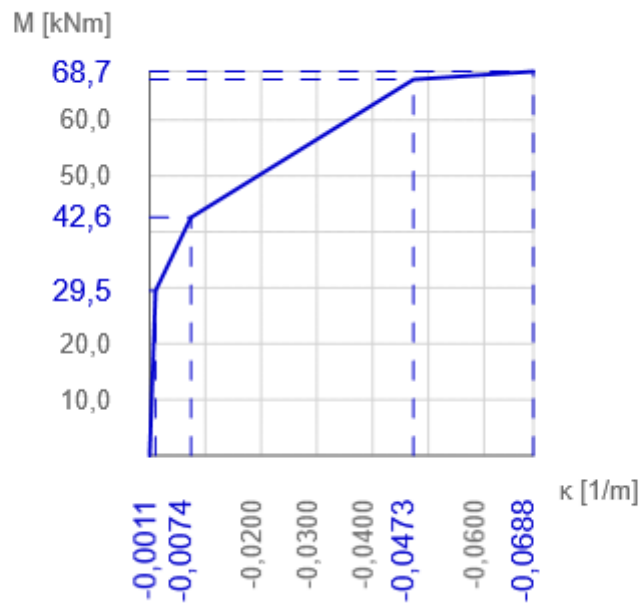
M-N- κ diagram - Korte-termijn BGT - y-richting



M-N- κ diagram - Lange-termijn BGT - z-richting



M-N- κ diagram - Lange-termijn BGT - y-richting



Verklaring

Symbol	Verklaring
Type	Punt van M-N- κ diagram, die één van de momenten weergeeft berekend volgens voorgedefinieerde aannames: M_r , M_s , M_c , M_u
N	Toegepaste normaalkracht voor de van toepassing zijnde fundamentele/quasi-blijvende combinatie
M_y	Buigmoment om de y-as voor de van toepassing zijnde fundamentele/quasi-blijvende combinatie
κ	Berekende kromming
x_u	Hoogte van de betondrukzone (positie van de neutrale lijn)
ϵ_{boven}	Rek in de extreme drukvezel van beton, berekend in de richting van het buigmoment M_y
σ_{boven}	Spanning in de extreme drukvezel van beton, berekend in de richting van het buigmoment M_y
ϵ_{onder}	Rek in de extreme trekvezel van beton, berekend in de richting van buigmoment M_y , voor het beschouwde punt M_r van het M-N- κ diagram. Het geeft de maximale rek in de wapening aan in het geval van andere punten in het M-N- κ diagram.
σ_{onder}	Spanning in de extreme trekvezel van beton, berekend in de richting van buigmoment M_y , voor het beschouwde punt M_r van het M-N- κ diagram. Het geeft de maximale spanning in de wapening aan in het geval van andere punten in het M-N- κ diagram.
EI_y	Buigstijfheid om de y-as
M_z	Buigmoment om de z-as voor de van toepassing zijnde fundamentele/quasi-blijvende combinatie
ϵ_{links}	Rek in de extreme drukvezel van beton, berekend in de richting van het buigmoment M_z
σ_{links}	Spanning in de extreme drukvezel van beton, berekend in de richting van het buigmoment M_z
ϵ_{rechts}	Rek in de extreme trekvezel van beton, berekend in de richting van buigmoment M_z , voor het beschouwde punt M_r van het M-N- κ diagram. Het geeft de maximale rek in de wapening aan in het geval van andere punten in het M-N- κ diagram.
σ_{rechts}	Spanning in de extreme trekvezel van beton, berekend in de richting van buigmoment M_z , voor het beschouwde punt M_r van het M-N- κ diagram. Het geeft de maximale spanning in de wapening aan in het geval van andere punten in het M-N- κ diagram.
EI_z	Buigstijfheid om de z-as
h_0	De grootte = $2A_c / u$, waar A_c het betonoppervlak is en u de omtrek dat wordt blootgesteld aan uitdroging
A_c	Het doorsnede oppervlak van beton
u	De perimeter van het gedeelte dat blootgesteld wordt aan uitdroging
t	De betonleeftijd in dagen op het beschouwde tijdstip
t_0	De betonleeftijd in dagen bij het aanbrengen van de belasting
t_s	De betonleeftijd (in dagen) bij het begin van de krimp (of zwellen). Normaal gesproken is dit nadat de curing (behandeling) is beëindigd
RH	is de factor die rekening houdt met de relatieve vochtigheid
Gebruik γ_{lt}	Gebruik lange-termijn uitgesteld rek inschattingsfactor volgens bijlage B, artikel B.105 (103)
$\varphi(t, t_0)$	Berekende waarde van de kruipcoëfficiënt

3 Lijst met Staafmacro's

Staafmacro M 1

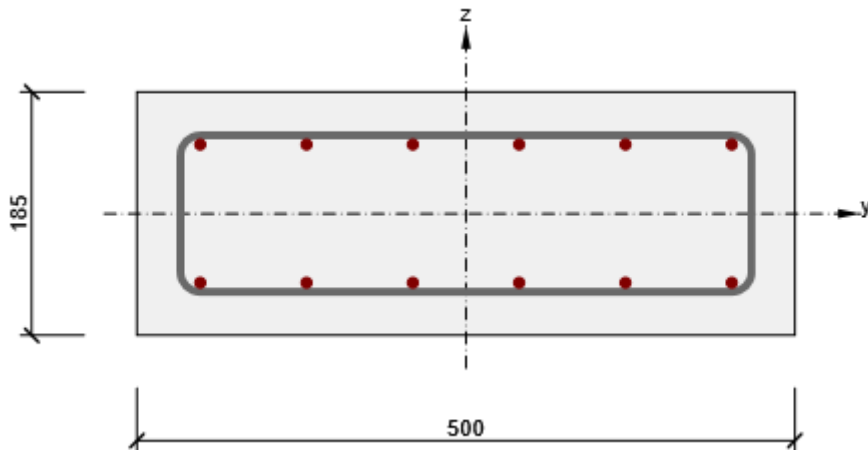
Staaftype	Ligger
Milieuklasse	XC4, XF1
Relatieve vochtigheid	65,0 %
Φ_{inf}	Berekend
Belangrijkheid van rekenstaaf	Belangrijk
Coëfficiënt k_x (7.3.1(5))	1,00

Buig slankheid gegevens

Vrije ruimte tussen de dagzijdes van de steunpunten (5.3.2.2 (1)) m	Breedte van het steunpunt (5.3.2.2 (1))		Ondersteuningsomstandigheid	
	Links mm	Rechts mm	Links	Rechts
1,00	400	400	Niet-doorgaande ligger	Niet-doorgaande ligger

4 Lijst met gewapende doorsnedes

Gewapende doorsnede R 1



Doorsnede-onderdelen

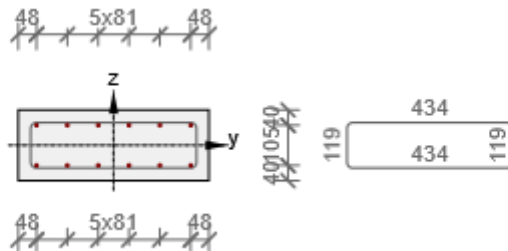
Rechthoekige doorsnede (500 / 185mm), Materiaal: C40/50

Doorsnede-eigenschappen

A [mm ²]	S _y [mm ³]	S _z [mm ³]	I _y [mm ⁴]	I _z [mm ⁴]	C _{gy} [mm]	C _{gz} [mm]	i _y [mm]	i _z [mm]
92500	0	0	263817708	1927083333	0	0	53	144

Betondekking gerelateerd aan de doorsnederanden

Bovenrand	30 mm
Onderrand	30 mm
Andere randen	30 mm



Langswapening [kg/m]	Beugels [kg/m]	Totale massa [kg/m]	Wapening / m ³ beton [kg/m ³]
5	2	6	69

Langswapening

Staf	Ø [mm]	Materiaal	Y [mm]	Z [mm]
1	8	B 500B	202	53
2	8	B 500B	121	53
3	8	B 500B	40	53
4	8	B 500B	-40	53
5	8	B 500B	-121	53
6	8	B 500B	-202	53
7	8	B 500B	-202	-53
8	8	B 500B	-121	-53

Staf	Ø [mm]	Materiaal	Y [mm]	Z [mm]
9	8	B 500B	-40	-53
10	8	B 500B	40	-53
11	8	B 500B	121	-53
12	8	B 500B	202	-53

Beugels

Beugel	Ø [mm]	Materiaal	Afstand [mm]	Gesloten	Dwarskrachtcontrole	Wringcontrole	Doordiameter
1	6	B 500B	150	Ja	Ja	Nee	4,00
Beugel			Punt		Y [mm]	Z [mm]	
1			1		-217	60	
1			2		-217	-60	
1			3		217	-60	
1			4		217	60	

5 Lijst met gebruikte materialen

Beton

Naam	f_{ck} [MPa]	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	ν [-]	Eenheid massa [kg/m ³]
C40/50	40,0	48,0	3,5	35220,5	0,20	2500
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{c3} = 17,5 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu3} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, Exponent - n: 2,00, Korrelgrootte toeslagmateriaal = 16 mm, Cementklasse: R (s = 0,20), Type diagram: Parabolisch						

Verklaring

Symbol	Verklaring
f_{ck}	Karakteristieke cilindrische betondruksterkte bij 28 dagen
f_{cm}	Gemiddelde waarde van de cilindrische druksterkte van beton
f_{ctm}	Gemiddelde axiale treksterkte van beton
E_{cm}	Secant elasticiteitsmodulus van beton
ϵ_c	Betondrukrek bij piekspanning f_c
ϵ_{cu}	Uiterste drukrek in het beton

Wapeningstaal

Naam	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	E [MPa]	ν [-]	Eenheid massa [kg/m ³]
B 500B	500,0	540,0	200000,0	0,20	7850
$f_{tk}/f_{yk} = 1,08$, $\epsilon_{uk} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Type: Staven, Staafoppervlak: Geribd, Klasse: B, Vervaardiging: Warmgewalst, Type diagram: Bi-lineair met oplopende tak					

Verklaring

Symbol	Verklaring
f_{yk}	Karakteristieke vloeisterkte van de wapening
f_{tk}	Karakteristieke treksterkte van de wapening
E	Elasticiteitsmodulus van wapeningsstaal
ϵ_{uk}	Karakteristieke rek van de wapening of voorspanstaal bij de maximale belasting