ordernummer: 8815
notitie: N07
blz: 1

VAN RAADGEVENDE INGENIEURS ROSSUM

309

NOTITIE N07

8815 – Bungehuis Amsterdam

27-06-2017

Uitgangspunten lijmwapening ter versterking van bestaande constructie Bungehuis te Amsterdam

Door de nieuw te boren sparingen dient de bestaande constructie van het Bungehuis te Amsterdam versterkt te worden. Deze versterking moet gemaakt worden met lijmwapening. In deze notitie staan de uitgangspunten voor de speficieke locaties op de 2e en 3e verdieping.

Order 8815

Blad nr

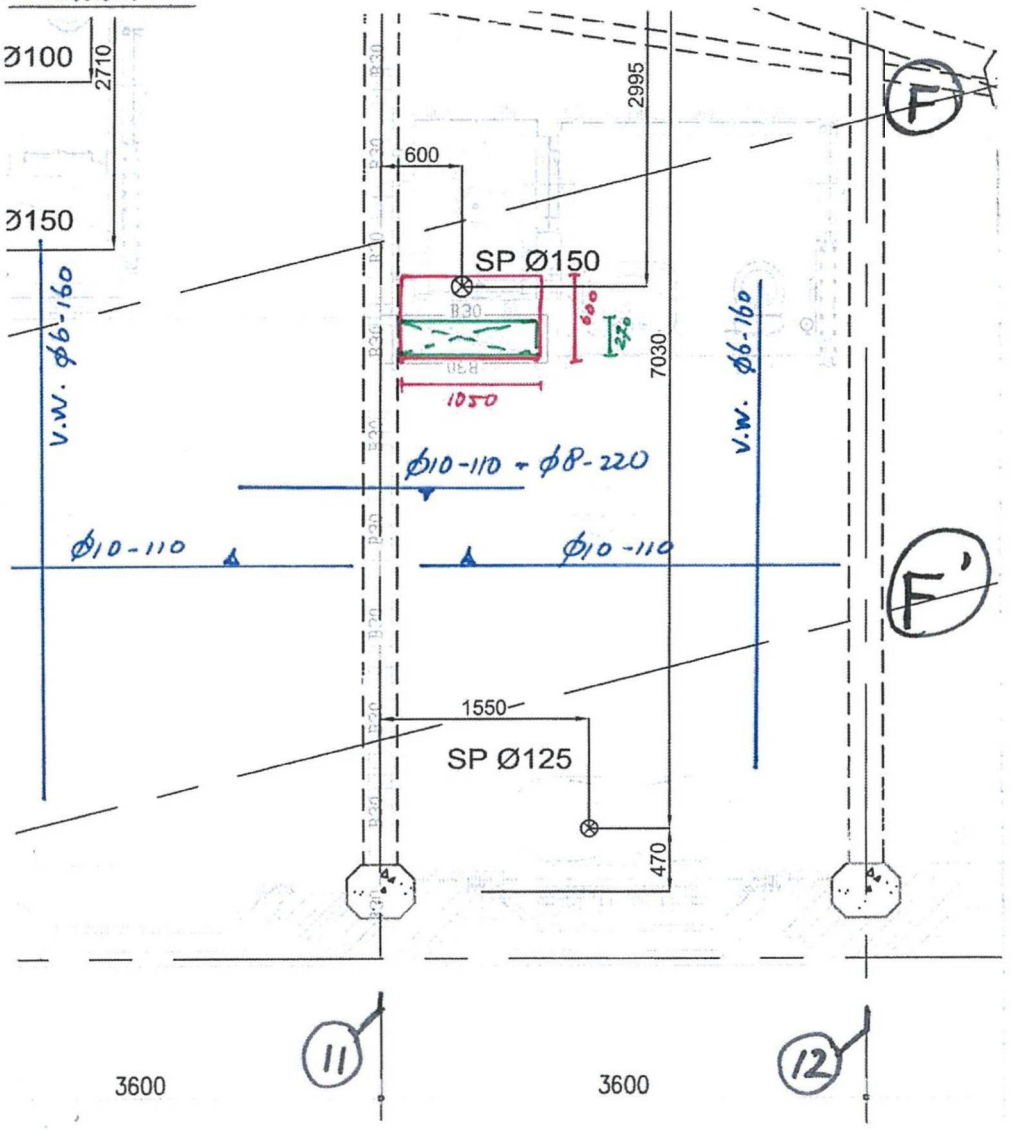
Deel

Datum

VAN ROSSUM RAADGEVENDE INGENIEURS

Belasting opgave lijmwapening sparing k op 2e+3e verdieping

Situatie:



uitgangspunten:

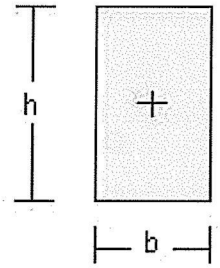
C20/25
FeB 220
Veld wapening Ø10-110
steunpunts wapening Ø10-110 + Ø8-220
Verdeelwapening Ø6-160
dekking = 15 mm
balk 250 x 600 (b x h)

belastingen:

Permanent : 3,5 kN/m²
Veranderlijk : 3,0 kN/m²

inclusief SP Ø150 (rode kader) voldoet de huidige wapening met voor de ontstane sparing + schacht

S&P FRP Lamella
Buigtrek- en dwarskrachtversterking met FRP-materiaal



Doorsnede

Milieuklasse: droog

Geometrie

Rechthoek

b = 1000 [mm]
h = 90 [mm]

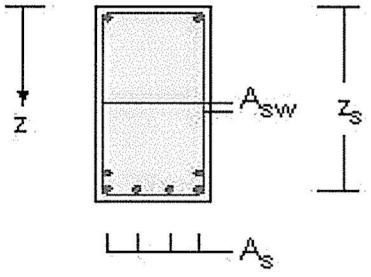
Beton

Sterkteklasse: C 20/25

f_{ck} = 20 [N/mm²]
ε_{cu} = 3.5 [‰]
ε_{c2} = 2 [‰]

α_{cc} = 1 [-]
E_{cm} = 29962 [N/mm²]
f_{ctm} = 2.21 [N/mm²]
α_{ct} = 1 [-]

γ_c = 1.5 [-]



Staal

γ_s = 1.15 [-]

Wapening

Hoofdwapening

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]	Staalsoort	f_{yk} [N/mm²]	E_s [N/mm²]	d_s [mm]
1	714	70	FeB 220	220	200000	10

Belastingen

Onversterkte toestand	Veldmoment		Drukkracht	
Gedurende de montage van de versterking	M_{Ek0} = 3.83	[kNm]	N_{Ek0} = 0	[kN]
Voorspanning (statisch bepaald)	M_{P0} = 0	[kNm]	N_P = 0	[kN]
Buigtrekzone al opengescheurd				

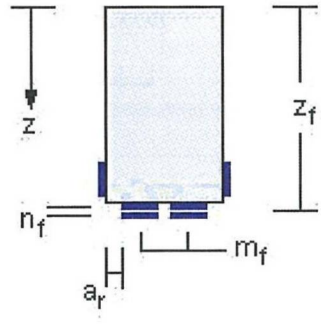
Versterkte toestand	Veldmoment		Drukkracht	
Uiterste grenstoestand	M_{Ed} = 8.77	[kNm]	N_{Ed} = 0	[kN]
Partiële veiligheidscoëfficiënten	$\gamma_{M,m}$ = 1.34	[-]	$\gamma_{N,m}$ = 0	[-]
Bruikbaarheidsgrenstoestand	M_{Ek} = 6.55	[kNm]	N_{Ek} = 0	[kN]
Bijzondere belastingscombinatie	M_{Ede} = 6	[kNm]	N_{Ede} = 0	[kN]

Buigversterking

FRP-systeem

S&P CFK 150/2000 **Opgelijmd**
S&P Resin 220

E_f	= 170000	[N/mm²]
f_{frep}	= 2800	[N/mm²]
ε_{frep}	= 16	[‰]
γ_m	= 1.3	[-]
γ_E	= 1	[-]
ε_{fu}	= 12.67	[‰]
$\varepsilon_{f,limiet}$	= 5	[‰]



FRP-doorsnede

Nr.	Doorsnede [mm/mm]	n_f [Stk]	m_f [Stk]	s_f [mm]	A_f [mm²]	z_f [mm]
1	80 / 1.2	1	1	0	96	140

Berekeningsbasis **Eurocode 2**

CUR-Aanbeveling 91

Onversterkte toestand

Opneembaar moment van de onversterkte doorsnede

M_{Rd0} = 8.8 [kNm]
M_{Re0} = 10.2 [kNm]

Versterkte toestand

Versterkingsfactor: η_M = 0.99 [-]

Veiligheid zonder FRP-versterking: γ_{Me} = 1.71 [-]

krommingsindex: χ = 1.7 [-] ✓

Dimensionering

$A_{f,req}$ = 0 [mm²] M_{Ed} = 8.8 [kNm]
$A_{f,prov}$ = 96 [mm²] M_{Rd} = 18.6 [kNm]

Bewijs

M Rd > M Ed ✓

M Re0 > M Ede ✓

Scheurvorming volgens CUR'91 + NEN 6720

M_{Ek} = 6.55 [kNm]

gemiddelde kenmiddellijn

$Ø_{km,prov}$ = [mm]
$Ø_{km,max}$ = [mm]

staafafstand

s_{prov} = [mm]
s_{max} = [mm]

Bewijs

Voor de milieuklassen X0 en XC1

geen controle op de scheurvorming vereist

Initiële rek

$\varepsilon_c = 0$ [‰]
$x = 0$ [mm]

$\varepsilon_s = 0$ [‰]

Rek - uiterste grenstoestand ($A_{f,req}$)

$\varepsilon_c = 0$ [‰]
$x = 0$ [mm]

$\varepsilon_s = 0$ [‰]
$\varepsilon_f = 0$ [‰]

Rek / spanningen - bruikbaarheidsgrenstoestand ($A_{f,prov}$)

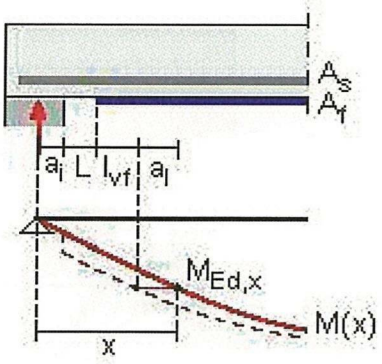
$\varepsilon_c = -0.315$ [‰]
$x = 29$ [mm]

$\varepsilon_s = 0.457$ [‰] $\varepsilon_{sy} = 0.957$ [‰] ✓
$\varepsilon_f = 1.229$ [‰]

Spanningen

Beton	$\sigma_{c,max} = -5.81$	[N/mm²]
Betonstaal	$\sigma_{s,max} = 91.37$	[N/mm²]
FRP-materiaal	$\sigma_{f,max} = 208.9$	[N/mm²]

FRP-eindverankering



Geometrie oplegging

a_i	=	125	[mm]
a_l	=	47	[mm]

Hechtsterkte

f_{hm}	=	1.5	[N/mm²]

Inwendige krachten op punt x

x	=	625	[mm]
$M_{Ed,x}$	=	4	[kNm]
$N_{Ed,x}$	=	0	[kN]

Wapening op punt x

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70

Nr.	FRP-trekkrachten $N_{fd,x}$ [kN]	Max. draagvermogen N_{vfmax} [kN]	l_{vfmax} [mm]	Vereiste verankeringslengte N_{vf} (x) [kN]	l_{vf} (x) [mm]	L [mm]
1	13.05	15.5	330	13.05	199	254

Bewijs

N fd,x < N vfmax ✓

Verankeringscontrole in orde

Onthechting

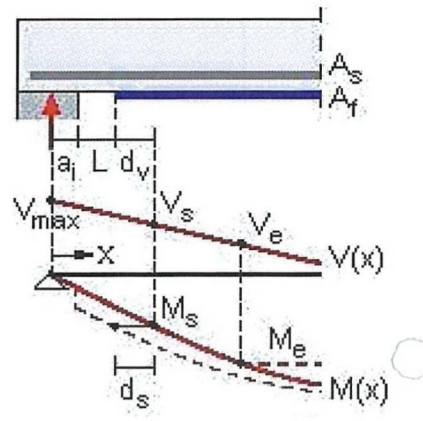
Onthechting bij dwarskrachtscheuren

Eindpunt van de FRP-versterking

L	=	1	[mm]
x_u	=	173	[mm]
V_{du}	=	22	[kN]
V_{odu}	=	93.72	[kN]

Wapening op punt s

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70



Onthechting door hoge schuifspanningen

Vloeipunt van de interne wapening

x_e	=	0	[mm]
$M_{0,e}$	=	4.32	[kNm]
M_e	=	13.4	[kNm]
V_{de}	=	1	[kN]
V_{osu}	=	8.59	[kN]

Wapening op punt e

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70

Eindverankering-dwarskrachtbreuk

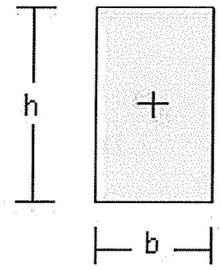
M_{dmax}	=	8.77	[kNm]				
V_{dmax}	=	22	[kN]				
V_{du}	=	22	[kN]	λ_v	=	5.69	[-]
V_{ouu}	=	191.45	[kN]	$\lambda_{v,min}$	=	1.01	[-]

Bewijs

V du < V odu V de < V osu

Eindverankering-dwarskrachtbreuk in orde ✓

S&P FRP Lamella
Buigtrek- en dwarskrachtversterking met FRP-materiaal



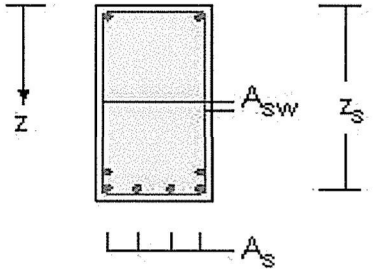
Doorsnede

Milieuklasse: droog

Geometrie

Rechthoek

b = 1000 [mm]
h = 90 [mm]



Beton

Sterkteklasse: C 20/25

f_{ck} = 20 [N/mm²]
ε_{cu} = 3.5 [‰]
ε_{c2} = 2 [‰]
γ_c = 1.5 [-]

α_{cc} = 1 [-]
E_{cm} = 29962 [N/mm²]
f_{ctm} = 2.21 [N/mm²]
α_{ct} = 1 [-]

Staal

γ_s = 1.15 [-]

Wapening

Hoofdwapening

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]	Staalsoort	f_{yk} [N/mm²]	E_s [N/mm²]	d_s [mm]
1	714	70	FeB 220	220	200000	10

Belastingen

Onversterkte toestand	Veldmoment		Drukkracht	
Gedurende de montage van de versterking	M_{Ek0} = 4.35	[kNm]	N_{Ek0} = 0	[kN]
Voorspanning (statisch bepaald)	M_{P0} = 0	[kNm]	N_P = 0	[kN]
Buigtrekzone al opengescheurd				

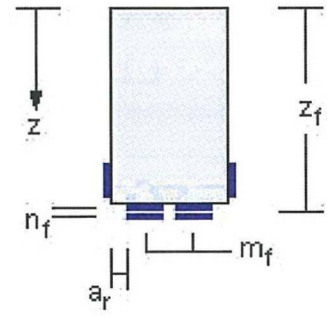
Versterkte toestand	Veldmoment		Drukkracht	
Uiterste grenstoestand	M_{Ed} = 9.02	[kNm]	N_{Ed} = 0	[kN]
Partiële veiligheidscoëfficiënten	$\gamma_{M,m}$ = 1.34	[-]	$\gamma_{N,m}$ = 0	[-]
Bruikbaarheidsgrenstoestand	M_{Ek} = 6.74	[kNm]	N_{Ek} = 0	[kN]
Bijzondere belastingscombinatie	M_{Ede} = 6.5	[kNm]	N_{Ede} = 0	[kN]

Buigversterking

FRP-systeem

S&P CFK 150/2000 **Opgelijmd**
S&P Resin 220

E_f	= 170000	[N/mm²]
f_{frep}	= 2800	[N/mm²]
ε_{frep}	= 16	[‰]
γ_m	= 1.3	[-]
γ_E	= 1	[-]
ε_{fu}	= 12.67	[‰]
$\varepsilon_{f,limiet}$	= 5	[‰]



FRP-doorsnede

Nr.	Doorsnede [mm/mm]	n_f [Stk]	m_f [Stk]	s_f [mm]	A_f [mm²]	z_f [mm]
1	80 / 1.2	1	1	0	96	140

Berekeningsbasis **Eurocode 2**
CUR-Aanbeveling 91

Onversterkte toestand

Opneembaar moment van de onversterkte doorsnede

M_{Rd0} = 8.8 [kNm]
M_{Re0} = 10.2 [kNm]

Versterkte toestand

Versterkingsfactor: η_M = 1.02 [-]

Veiligheid zonder FRP-versterking: γ_{Me} = 1.57 [-]

krommingsindex: χ = 2.07 [-] ✓

Dimensionering

$A_{f,req}$ = 5 [mm²] M_{Ed} = 9 [kNm]
$A_{f,prov}$ = 96 [mm²] M_{Rd} = 18.8 [kNm]

Bewijs

M Rd > M Ed ✓
M Re0 > M Ede ✓

Scheurvorming volgens CUR'91 + NEN 6720

M_{Ek} = 6.74 [kNm]

gemiddelde kenmiddellijn

$Ø_{km,prov}$ = [mm]
$Ø_{km,max}$ = [mm]

staafafstand

s_{prov} = [mm]
s_{max} = [mm]

Bewijs

Voor de milieuklassen X0 en XC1

geen controle op de scheurvorming vereist

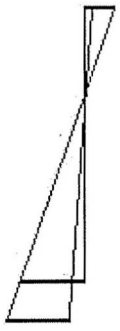
Initiële rek



ε_c = -0.289 [‰]
x = 26 [mm]

ε_s = 0.497 [‰]

Rek - uiterste grenstoestand ($A_{f,req}$)



ε_c = -1.184 [‰]
x = 22 [mm]

ε_s = 2.55 [‰]
ε_f = 5 [‰]

Rek / spanningen - bruikbaarheidsgrenstoestand ($A_{f,prov}$)



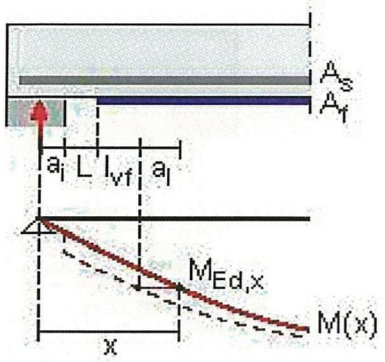
ε_c = -0.41 [‰]
x = 27 [mm]

ε_s = 0.663 [‰] ε_{sy} = 0.957 [‰] ✓
ε_f = 0.453 [‰]

Spanningen

Beton	$\sigma_{c,max}$ = -7.36	[N/mm²]
Betonstaal	$\sigma_{s,max}$ = 132.68	[N/mm²]
FRP-materiaal	$\sigma_{f,max}$ = 77.06	[N/mm²]

FRP-eindverankering



Geometrie oplegging

a_i = 125 [mm]
a_l = 47 [mm]

Hechtsterkte

f_{hm} = 1.5 [N/mm²]

Inwendige krachten op punt x

x = 625 [mm]
$M_{Ed,x}$ = 4 [kNm]
$N_{Ed,x}$ = 0 [kN]

Wapening op punt x

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70

	FRP-trekkrachten	Max. draagvermogen		Vereiste verankeringslengte		
Nr.	$N_{fd,x}$ [kN]	N_{vfmax} [kN]	l_{vfmax} [mm]	N_{vf} (x) [kN]	l_{vf} (x) [mm]	L [mm]
1	13.05	15.5	330	13.05	199	254

Bewijs

N fd,x < N vfmax ✓

Verankeringscontrole in orde

Onthechting

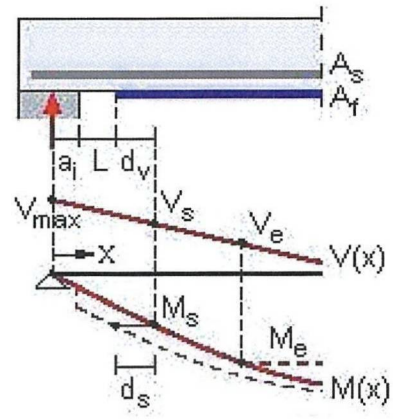
Onthechting bij dwarskrachtscheuren

Eindpunt van de FRP-versterking

L	=	254.1	[mm]
x_u	=	426	[mm]
V_{du}	=	18.8	[kN]
V_{odu}	=	93.72	[kN]

Wapening op punt s

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70



Onthechting door hoge schuifspanningen

Vloeipunt van de interne wapening

x_e	=	0	[mm]
$M_{0,e}$	=	4.32	[kNm]
M_e	=	13.4	[kNm]
V_{de}	=	1	[kN]
V_{osu}	=	8.67	[kN]

Wapening op punt e

Nr.	A_s [mm²]	z_s [mm]
1	714	70

Eindverankering-dwarskrachtbreuk

M_{dmax}	=	9.02	[kNm]
V_{dmax}	=	18.8	[kN]
V_{du}	=	18.8	[kN]
V_{ouu}	=	47.95	[kN]

λ_v	=	6.85	[-]
$\lambda_{v,min}$	=	4.63	[-]

Bewijs

V du < V odu V de < V osu

Eindverankering-dwarskrachtbreuk in orde ✓