

Woord vooraf

Al sinds 1962 wordt het werk van de Nederlandse betonconstructeur vergemakkelijkt door de GTB: Grafieken en Tabellen voor Beton. Dit papieren hulpmiddel, dat in de loop der jaren de wijzigingen in regelgeving – van GBV 1962 via VB74/84 tot VBC 1990/1995 – is gevolgd, is in de dagelijkse praktijk nog altijd populair, zelfs in een tijd waarin een groot deel van het routinematige rekenwerk volledig is geautomatiseerd. Die populariteit zal in de nabije toekomst naar verwachting niet afnemen. Dat ook de Eurocode 2 en bijbehorende Nederlandse Nationale Bijlage daarom een eigen versie van de GTB zullen krijgen, lijdt dan ook geen twijfel. De voorbereidingen tot realisatie daarvan zijn inmiddels gestart en de verwachting is dat deze medio 2010 zal verschijnen.

Ook de onderwijsversie van de GTB, de zogenoemde 'Beperkte Uitgave', zal medio 2010 verschijnen. Omdat deze Beperkte Uitgave bij het verschijnen van de vierde, herziene druk van CB2 nog niet beschikbaar was, ontwikkelden de auteurs van de vierde druk van CB2 zelf een bundel hulpmiddelen. Deze bundel verschijnt bij deze zesde, ongewijzigde herdruk van CB2 opnieuw als bijlage.

Met deze bundel is het onderwijs, ondanks het nog ontbreken van de officiële GTB en beperkte Uitgave, toch in staat de kennis uit het boek door het uitwerken van vraagstukken praktisch in te vullen. Omdat ook de praktijk in deze eerste jaren van verkenning van Eurocode 2 gebruik maakt van CB2, zijn tevens gegevens voor constructieberekeningen in deze bijlage opgenomen die niet in de zesde, ongewijzigde druk van CB2 worden behandeld.

Voor enkele grafieken en tabellen uit deze bijlage berust het auteursrecht bij de Betonvereniging. Gezien het belang van de zesde, ongewijzigde druk van CB2, is door de Betonvereniging eenmalig afgezien van de hieruit voortvloeiende rechten.

Ook al hebben de samenstellers in hun uitwerking de grootst mogelijke zorg betracht en voortdurend hun ervaringen met de toepassing van Eurocode 2 en bijbehorende Nationale Bijlage met Voorschriftencommissie 20 gedeeld, tóch kan in de (nabije) toekomst blijken dat hun interpretatie van het nieuwe voorschrift afwijkt van de dan gehanteerde officiële lezing en moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is daarom geheel voor eigen risico van de gebruiker en het Cement&BetonCentrum sluit, mede in het belang van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens.

Voor alle duidelijkheid zij vermeld dat de toepasbaarheid van deze grafieken- en tabellenbijlage onlosmakelijk verbonden is met de zesde, ongewijzigde druk van CB2. De bijlage verliest zijn status zodra de officiële GTB – en in het kielzog daarvan de Beperkte Uitgave – met een aan Eurocode 2 aangepaste inhoud zal zijn uitgebracht.

De uitgever, april 2010

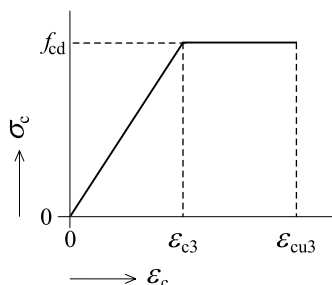
Inhoud

Materiaaleigenschappen beton en betonstaal	5
Milieuklassen	6
Nominale dekking op betonconstructies	8
Buiging zonder normaalkracht, rechthoekige doorsneden, C20/25 - C28/35	9
Controle op scheurwijdte	10
Basisverankeringslengte $l_{b,rqd}$ voor geribde staven	11
Rekenwaarde van de verankeringslengte l_{bd}	12
Minimale buigdiameter $\varnothing_{m,min}$	13
Stroomschema controle op dwarskracht	14
Afschuifdraagvermogen – betondrukdiagonalen maatgevend, $v_{Rd,max}$, C20/25 & C28/35	14
Afschuifdraagvermogen betonddoorsnede zonder dwarskrachtwapening $v_{Rd,c}$	15
Door verticale dwarskrachtbeugels opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$, C20/25, $\theta = 21,8^\circ$	16
Door verticale dwarskrachtbeugels opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$, C20/25, $\theta = 45^\circ$	17
Door verticale dwarskrachtbeugels opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$, C28/35, $\theta = 21,8^\circ$	18
Door verticale dwarskrachtbeugels opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$, C28/35, $\theta = 45^\circ$	19
Stroomschema controle op wringing	20
Stroomschema controle op dwarskracht en wringing	21
Stroomschema pons bij rechthoekige middenkolommen, enkele buiging	22
Stroomschema pons bij rechthoekige middenkolommen, dubbele buiging	23
Stroomschema pons bij ronde middenkolommen	24
Stroomschema pons bij rechthoekige randkolommen	25
Stroomschema pons bij rechthoekige hoekkolommen	26
Stroomschema berekenen balkwapening; schatten balkhoogte	27
Veranderlijke belastingen	28
Belastingscombinaties in UGT voor liggers en vloeren	29
Coëfficiënten voor momenten, dwarskrachten en oplegreacties	29
Stroomschema berekenen ligger-, respectievelijk vloerwapening	30
Benaderingsformules slankheid van vloeren	30
Grenswaarden slankheid rechthoekige doorsneden in verband met doorbuiging	31
Lijnvormig star ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting	33
Lijnvormig verend ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting, $\rho = 1$	34
Stroomschema berekenen geschoorde kolom	36
Buiging en normaalkracht, C20/25, B500, $a/h = 0,10$, tweezijdige wapening	37
Buiging en normaalkracht, C20/25, B500, $a/h = 0,20$, tweezijdige wapening	38
Buiging en normaalkracht, C16/20 - C50/60, B500, $a/h = 0,10$, tweezijdige wapening	39
Buiging en normaalkracht, C16/20 - C50/60, B500, $a/h = 0,20$, tweezijdige wapening	40
Detaillering balken	41
Detaillering vloeren	42
Detaillering kolommen	43
Detaillering wanden	44
Doorsneden betonstaalstaven	45
Doorsneden gepuntlaste wapeningsnetten	46

Tabel 2.1 Materiaaleigenschappen van beton (uitgebreide tabel)

sterkte-klasse	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cd} (N/mm ²)	f_{ctd} (N/mm ²)	f_{ctm} (N/mm ²)	E_{cm} (N/mm ²)	ε_{c3} (‰)	ε_{cu3} (‰)	α	β	ρ_{min} (%)	$\rho_{max}^{1)}$ (%)
C12/15	12	8,0	0,73	1,57	27 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,13	0,62
C16/20	16	10,7	0,89	1,90	29 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,13	0,82
C20/25	20	13,3	1,03	2,21	30 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,13	1,03
C25/30	25	16,7	1,20	2,56	31 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,13	1,29
C28/35	28	18,7	1,29	2,77	32 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,14	1,44
C30/37	30	20,0	1,35	2,90	33 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,15	1,55
C35/45	35	23,3	1,50	3,21	34 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,17	1,80
C40/50	40	26,7	1,64	3,51	35 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,18	2,06
C45/55	45	30,0	1,77	3,80	36 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,20	2,32
C50/60	50	33,3	1,90	4,07	37 000	1,75	3,50	0,75	0,39	0,21	2,58
C53/65	53	35,3	1,94	4,16	38 000	1,80	3,30	0,72	0,38	0,22	2,12
C55/67	55	36,7	1,97	4,21	38 000	1,80	3,10	0,71	0,37	0,22	2,10
C60/75	60	40,0	2,03	4,35	39 000	1,90	2,90	0,67	0,36	0,23	2,10
C70/85	70	46,7	2,15	4,61	41 000	2,00	2,70	0,62	0,35	0,24	2,22
C80/95	80	53,3	2,26	4,84	42 000	2,20	2,60	0,58	0,34	0,25	2,28
C90/105	90	60,0	2,35	5,04	44 000	2,30	2,60	0,56	0,34	0,26	2,49

1) zonder herverdeling

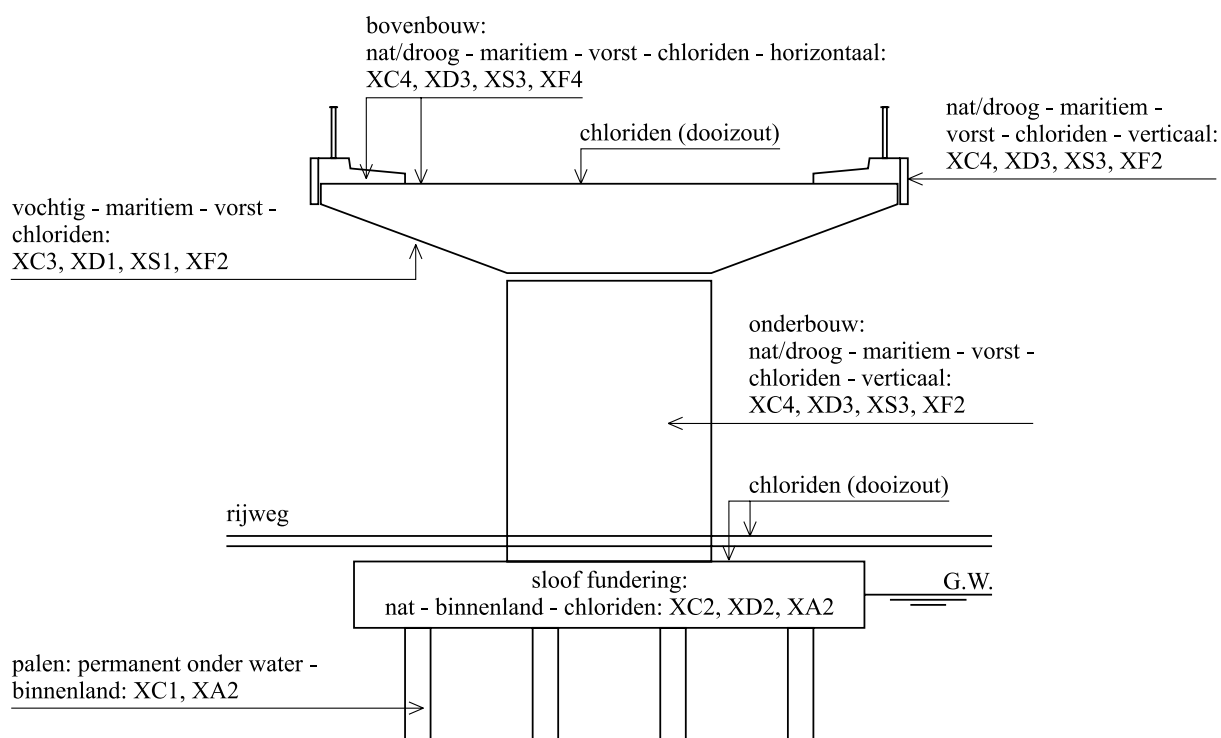
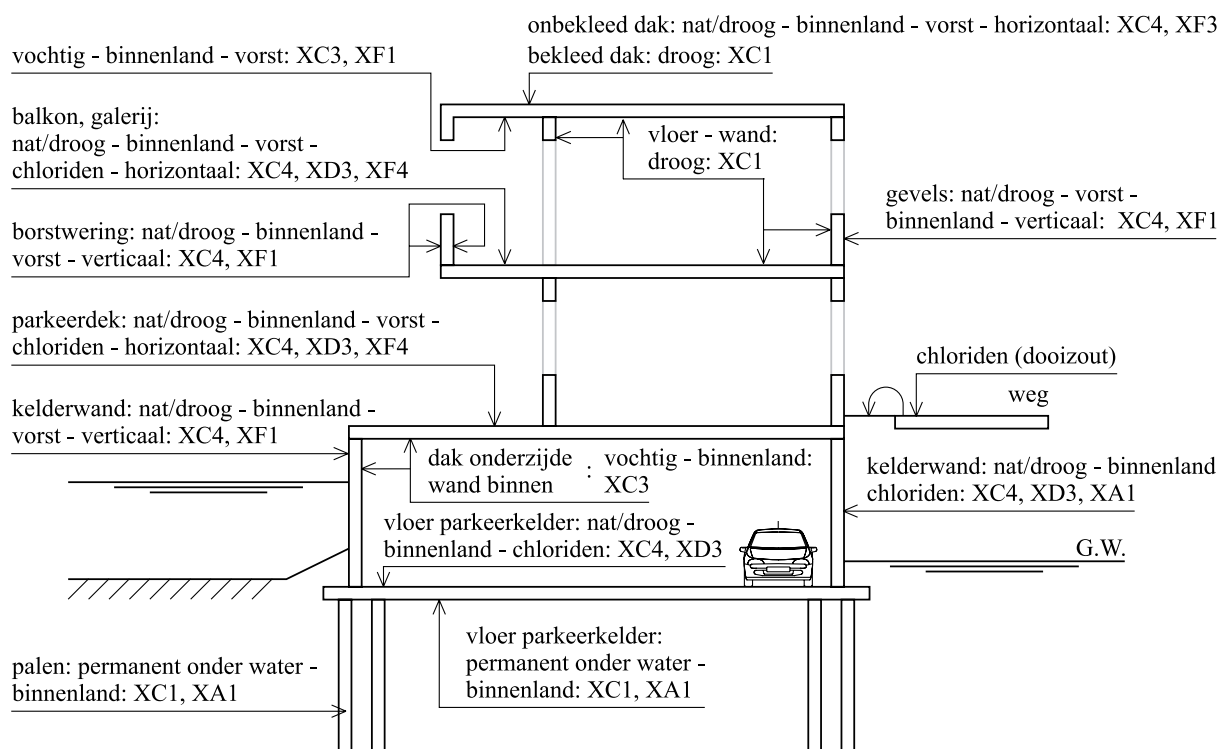
Tabel 2.3 Materiaaleigenschappen van betonstaal in N/mm²

betonstaalsoort		f_{yk} (trek)	f_{yk} (druk)	f_{yd}
staven	FeB 220	220	220	191
	FeB 400	400	400	348
	B500 (FeB 500)	500	500	435
gepunte wapeningsnetten	B500 (FeB 500)	500	500	435

Tabel 2.5 Omschrijving milieuklassen volgens NEN-EN 206-1

klasse-aanduiding	beschrijving van het milieu	informatieve voorbeelden waar de milieuklassen zich kunnen voordoen
1 Geen risico op corrosie of aantasting		
XO	Voor beton zonder wapening of ingesloten metalen: alle milieus, behalve bij vorst-dooi, afslijting of chemische aantasting Voor beton met wapening of ingesloten metalen: zeer droog	Onderwaterbeton, werkvloeren Beton binnen gebouwen met zeer lage luchtvochtigheid
2 Corrosie ingeleid door carbonatatie		
XC1	Droog of blijvend nat	Beton binnen gebouwen met lage luchtvochtigheid Beton blijvend onder water
XC2	Nat, zelden droog	Betonoppervlakken langdurig in contact met water Veel funderingen
XC3	Matige vochtigheid	Beton binnen gebouwen met matige of hoge luchtvochtigheid Beton buiten beschermt tegen regen
XC4	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken in contact met water, maar die niet onder milieuklasse XC2 vallen
3 Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater		
XD1	Matige vochtigheid	Betonoppervlakken blootgesteld aan chloriden uit de lucht
XD2	Nat, zelden droog	Zwembaden Beton blootgesteld aan chloridehoudend industriewater
XD3	Wisselend nat en droog	Brugdelen blootgesteld aan chloridehoudend spatwater Verhardingen Vloeren van parkeerplaatsen voor voertuigen
4 Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater		
XS1	Blootgesteld aan zouten uit de lucht, maar niet in direct contact met zeewater	Constructies bij of aan de kust
XS2	Blijvend onder zeewater	Delen van constructies in zee
XS3	Getijde-, spat- en stuifzones	Delen van constructies in zee
5 Aantasting door vorst/dooi-wisselingen met of zonder dooizouten		
XF1	Niet volledig verzadigd met water, zonder dooizouten	Verticale betonoppervlakken blootgesteld aan regen en vorst
XF2	Niet volledig verzadigd met water, met dooizouten	Verticale betonoppervlakken van wegconstructies blootgesteld aan vorst en met de lucht meegevoerde dooizouten
XF3	Verzadigd met water, zonder dooizouten	Horizontale betonoppervlakken blootgesteld aan regen en vorst
XF4	Verzadigd met water, met dooizouten of zeewater	Wegen en brugdekken blootgesteld aan dooizouten Betonoppervlakken blootgesteld aan direct gesproeide dooizouten en vorst Spatzones van constructies in zee blootgesteld aan vorst
6 Chemische aantasting		
XA1	Zwak agressief chemisch milieu volgens NEN-EN 206-1, Tabel 2	Natuurlijke grond en grondwater
XA2	Matig agressief chemisch milieu volgens NEN-EN 206-1, Tabel 2	Natuurlijke grond en grondwater
XA3	Sterk agressief chemisch milieu volgens NEN-EN 206-1, Tabel 2	Natuurlijke grond en grondwater

Te hanteren milieuklassen bij diverse constructies en condities (fig. 2.11)

**viaduct in Scheveningen**(uit grondonderzoek: sulfaatgehalte grondwater: $\text{SO}_4^{2-} = 800 \text{ mg/l}$)**woongebouw in 's-Hertogenbosch**(uit grondonderzoek: sulfaatgehalte grondwater: $\text{SO}_4^{2-} = 250 \text{ mg/l}$)

Tabel 2.7 Nominale dekking in mm op betonconstructies

bij ontwerp levensduur van 50 jaar (constructieklasse S4) zonder specifieke kwaliteitsbeheersing;
bij afwijkende omstandigheden: volg onderstaand stroomschema

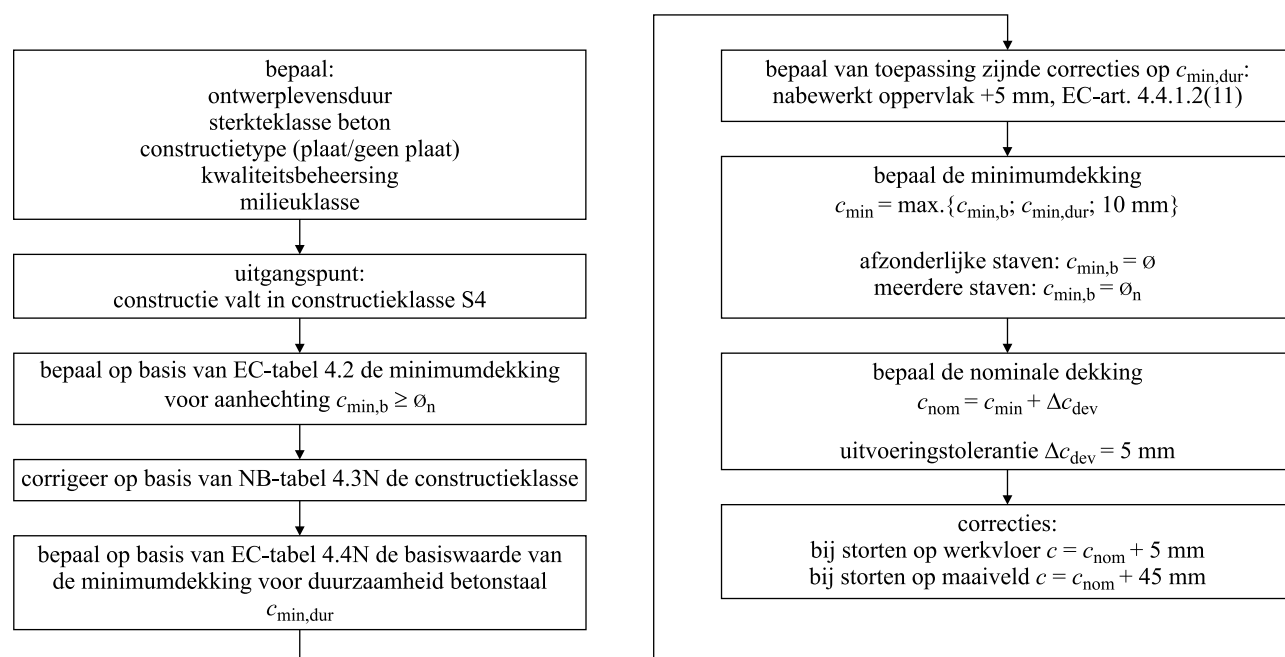
	X0	XC1	XC2	XC4	XD1	XD2	XS2	XD3
			XC3		XS1			XS3
C20/25	15	20	30	35	40	45	45	50
C28/35	15	15	30	35	40	45	45	50
C30/37	15	15	30	35	40	45	45	50
C35/45	15	15	25	35	40	45	45	50
C40/50	15	15	25	30	35	40	45	50
C45/55	15	15	25	30	35	40	40	45
C50/60	15	15	25	30	35	40	40	45
C53/65	15	15	25	30	35	40	40	45
C55/67	15	15	25	30	35	40	40	45
C60/75	15	15	25	30	35	40	40	45
C70/80	15	15	25	30	35	40	40	45
C80/95	15	15	25	30	35	40	40	45
C90/105	15	15	25	30	35	40	40	45

voorwaarden

1. de aangehouden waarde mag niet kleiner zijn dan de (gelijkwaardige) staafdiameter + 5 mm;
gelijkwaardige staafdiameter bij staafbundel: $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n}$ (n is aantal staven)
2. bij plaalementen (vloeren en wanden) mag bovenstaande dekking met 5 mm worden gereduceerd,
waarbij c_{nom} altijd ≥ 15 mm moet zijn
3. bij storten op een werkvloer moet bovenstaande dekking met 5 mm worden verhoogd
4. bij storten op de grond moet bovenstaande dekking met 45 mm worden verhoogd

Stroomschema nominale dekking op betonconstructies

op basis van tabellen uit de Eurocode (EC) en de Nationale Bijlage (NB)



Tabel 3.3 Buiging zonder normaalkracht bij rechthoekige doorsneden

M in kNm; b en d in m; in drukzone aanwezige wapening verwaarloosd

C20/25

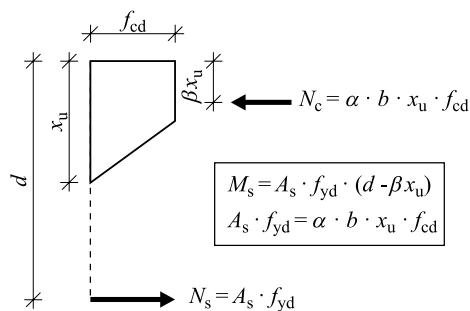
f_{ck}	= 20,00 N/mm ²
f_{cd}	= 13,33 N/mm ²
α	= 0,75
β	= 0,39
ε_{cu3}	= 0,0035
$(x/d)_{max}$	= 0,4480
ρ_{max}	= 1,03%

C28/35

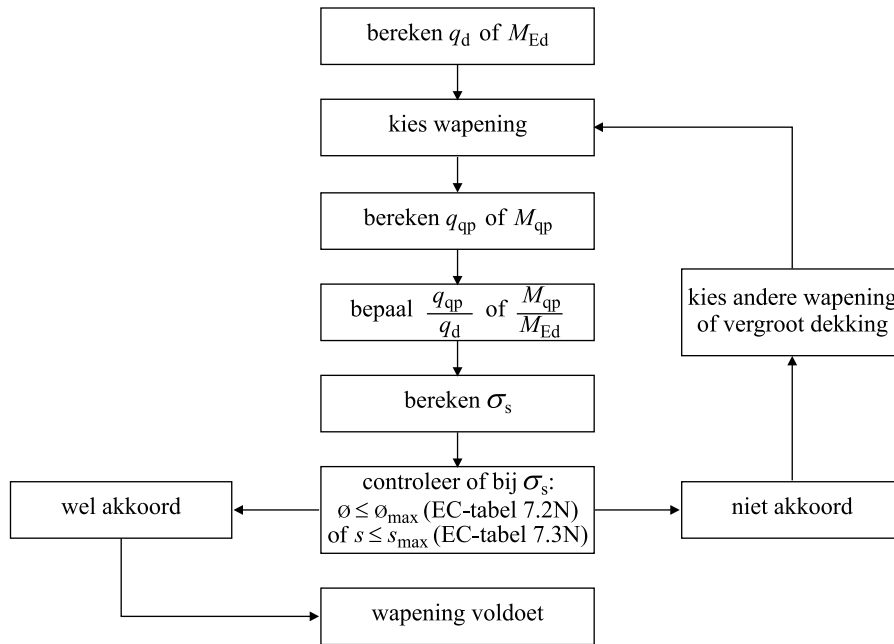
f_{ck}	= 28,00 N/mm ²
f_{cd}	= 18,67 N/mm ²
α	= 0,75
β	= 0,39
ε_{cu3}	= 0,0035
$(x/d)_{max}$	= 0,4480
ρ_{max}	= 1,44%

M/bd^2	x/d	ρ in %
200	0,020	0,046
400	0,041	0,093
600	0,061	0,141
800	0,083	0,190
1000	0,104	0,240
1200	0,126	0,290
1400	0,149	0,342
1600	0,171	0,394
1800	0,195	0,448
2000	0,219	0,503
2200	0,243	0,559
2400	0,268	0,616
2600	0,293	0,675
2800	0,320	0,735
3000	0,347	0,798
3200	0,375	0,861
3400	0,403	0,927
3600	0,433	0,996
3800	0,464	drukwapening vereist
4000	0,495	drukwapening vereist
4200	0,529	drukwapening vereist
4400	0,563	drukwapening vereist
4600	0,600	drukwapening vereist
4800	0,639	drukwapening vereist
5000	0,680	drukwapening vereist
5200	0,724	drukwapening vereist
5400	0,771	drukwapening vereist
5600	0,824	drukwapening vereist
5800	0,884	drukwapening vereist
6000	0,954	drukwapening vereist

M/bd^2	x/d	ρ in %
200	0,014	0,046
400	0,029	0,093
600	0,044	0,140
800	0,058	0,188
1000	0,074	0,237
1200	0,089	0,286
1400	0,104	0,336
1600	0,120	0,386
1800	0,136	0,437
2000	0,152	0,489
2200	0,168	0,541
2400	0,185	0,595
2600	0,202	0,649
2800	0,219	0,704
3000	0,236	0,760
3200	0,254	0,817
3400	0,272	0,874
3600	0,290	0,933
3800	0,308	0,993
4000	0,327	1,054
4200	0,347	1,117
4400	0,367	1,180
4600	0,387	1,245
4800	0,407	1,312
5000	0,429	1,380
5200	0,450	drukwapening vereist
5400	0,473	drukwapening vereist
5600	0,495	drukwapening vereist
5800	0,519	drukwapening vereist
6000	0,543	drukwapening vereist



Stroomschema controle scheurwijdte



Tabel 4.3 $w_{\max}$ voor gewapende elementen bij quasi-blijvende belastingscombinatie

milieuklasse	$w_{\max}$ (mm)
X0, XC1	0,4 ¹⁾
XC2, XC3, XC4 XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3	0,3

1) Bij deze milieuklassen heeft de scheurwijdte geen invloed op de duurzaamheid. Deze grens is gesteld om een acceptabel uiterlijk te verzekeren. Indien dit niet nodig is, mag deze beperking worden afgezwakt.

Voor milieuklassen XA en XF geldt alleen een eis aan de betonsamenstelling en niet aan de scheurwijdte; omdat deze milieuklassen altijd gecombineerd met andere milieuklassen voorkomen bepalen die milieuklassen de scheurwijdte-eis voor de betreffende onderdelen van de betonconstructie.

Tabel 4.1 Maximale staafdiameter $\phi_{\max}^*$ in mm voor scheurbeperving (EC-tabel 7.2N)

staalspanning (N/mm ²)	maximale staafdiameter	
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm
160	40	32
200	32	25
240	20	16
280	16	12
320	12	10
360	10	8

Tabel 4.2 Maximale staafafstand $s_{\max}$ in mm voor scheurbeperving (EC-tabel 7.3N)

staalspanning (N/mm ²)	maximale staafafstand	
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm
160	300	300
200	300	250
240	250	200
280	200	150
320	150	100
360	100	50

Tabel 6.1 Basisverankeringslengte $l_{b,rd}$ in mm voor geribde staven (uitgebreide tabel)als functie van staafdiameter en betonsterkteklasse voor B500, $\sigma_{sd} = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ **berekening $l_{b,rd}$**

$$l_{b,rd} = 0,25 \varnothing \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$$

 f_{ctd} is rekenwaarde treksterkte, beperkt tot treksterkte van C60/75

$$\eta_1 = 1,0 \text{ bij goede aanhechting}$$

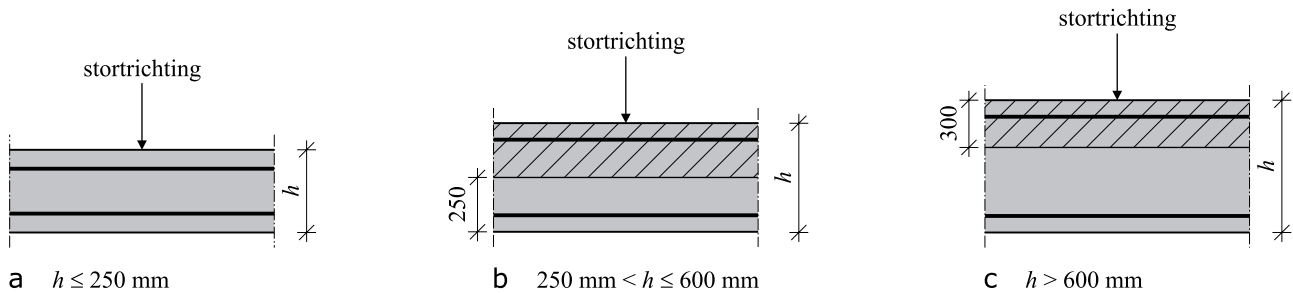
$$= 0,7 \text{ bij slechte aanhechting}$$

$$\eta_2 = 1,0 \text{ voor } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

$$= (132 - \varnothing) / 100 \text{ voor } \varnothing > 32 \text{ mm}$$

aanhechtingsomstandigheden

a. goed voor alle staven

b. en c. niet-gearceerde zone: goed
gearceerde zone: slecht **$l_{b,rd}$ bij goede aanhechtingsomstandigheden ($\eta_1 = 1,0$)**

staafdiameter $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$		6	8	10	12	16	20	25	32	40
betonsterkteklasse										$\eta_2 = 0,92$
C16/20	54 $\varnothing$	326	435	544	653	870	1087	1359	1740	2364
C20/25	47 $\varnothing$	281	375	469	562	750	937	1171	1499	2037
C25/30	40 $\varnothing$	242	323	404	485	646	808	1010	1292	1756
C28/35	37 $\varnothing$	225	300	374	449	599	749	936	1198	1628
C30/37	36 $\varnothing$	215	286	358	429	572	715	894	1144	1555
C35/45	32 $\varnothing$	194	258	323	387	516	645	807	1033	1403
C40/50	30 $\varnothing$	177	236	295	354	472	590	738	945	1283
C45/55	27 $\varnothing$	164	218	273	328	437	546	682	873	1186
C50/60	25 $\varnothing$	153	204	254	305	407	509	636	814	1106
C53/65	25 $\varnothing$	150	199	249	299	399	499	623	798	1084
C55/67	25 $\varnothing$	148	197	246	295	393	492	614	786	1069
C60/75 (en hoger)	24 $\varnothing$	143	190	238	285	381	476	595	761	1034

 $l_{b,rd}$ bij slechte aanhechtingsomstandigheden ($\eta_1 = 0,7$)

staafdiameter $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$		6	8	10	12	16	20	25	32	40
betonsterkteklasse										$\eta_2 = 0,92$
C16/20	78 $\varnothing$	466	621	777	932	1243	1554	1942	2486	3377
C20/25	67 $\varnothing$	402	536	669	803	1071	1339	1673	2142	2910
C25/30	58 $\varnothing$	346	462	577	692	923	1154	1442	1846	2508
C28/35	53 $\varnothing$	321	428	535	642	856	1070	1337	1712	2326
C30/37	51 $\varnothing$	307	409	511	613	817	1022	1277	1635	2221
C35/45	46 $\varnothing$	277	369	461	553	738	922	1152	1475	2004
C40/50	42 $\varnothing$	253	337	422	506	675	843	1054	1349	1833
C45/55	39 $\varnothing$	234	312	390	468	624	780	975	1248	1695
C50/60	36 $\varnothing$	218	291	363	436	581	727	909	1163	1580
C53/65	36 $\varnothing$	214	285	356	427	570	712	890	1139	1548
C55/67	35 $\varnothing$	211	281	351	421	562	702	878	1124	1526
C60/75 (en hoger)	34 $\varnothing$	204	272	340	408	544	680	849	1087	1477

Tabel 6.2 Rekenwaarde van de verankeringslengte l_{bd}

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

trekstaven:

$\alpha_1 = 1,0$ bij rechte staaf

$\alpha_1 = 0,7$ bij standaardombuiging en haarspeld met $c_d > 3 \varnothing$, anders is $\alpha_1 = 1,0$

$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \varnothing)/\varnothing, \geq 0,7$ en $\leq 1,0$, bij rechte staaf (zie onderstaande tabel)

$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - 3 \varnothing)/\varnothing, \geq 0,7$ en $\leq 1,0$, bij standaardombuiging en haarspeld

α_3, α_4 en α_5 staan voor opsluiting door respectievelijk dwarswapening, gelaste dwarswapening en dwarsdruk (zie NEN-EN 1992-1-1, tabel 8.2)

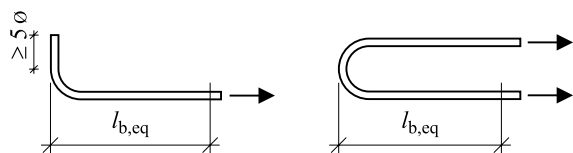
$l_{b,min} = \max. \{0,3 l_{b,rqd}; 10 \varnothing; 100 \text{ mm}\}$

drukstaven:

$\alpha_1 = \alpha_2 = 1,0$

$l_{b,min} = \max. \{0,6 l_{b,rqd}; 10 \varnothing; 100 \text{ mm}\}$

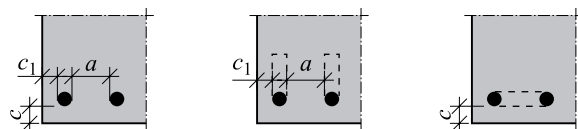
**gelijkwaardige verankeringslengte $l_{b,eq}$
voor standaardombuiging en haarspeld**



waarden c_d voor balken en platen

rechte staven: omgebogen staven: haarspelden:

$$c_d = \min. \{a/2; c_1; c\} \quad c_d = \min. \{a/2; c_1\} \quad c_d = c$$



waarden van α_2 voor rechte trekstaven

$\varnothing$ (mm)	6	8	10	12	16	20	25	32	40
c_d (mm)									
10	0,90	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,78	0,87	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	0,70	0,78	0,85	0,90	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00
25	0,70	0,70	0,78	0,84	0,92	0,96	1,00	1,00	1,00
30	0,70	0,70	0,70	0,78	0,87	0,93	0,97	1,00	1,00
35	0,70	0,70	0,70	0,71	0,82	0,89	0,94	0,99	1,00
40	0,70	0,70	0,70	0,70	0,78	0,85	0,91	0,96	1,00
45	0,70	0,70	0,70	0,70	0,73	0,81	0,88	0,94	0,98
50	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,78	0,85	0,92	0,96
55	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,74	0,82	0,89	0,94
60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,79	0,87	0,93
65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,76	0,85	0,91
70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,73	0,82	0,89
75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,87
80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,78	0,85
85	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,83
90	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,73	0,81
95	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,79
100	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,78
105	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,76
110	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,74
115	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,72
120	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
125	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

aangegeven dekking niet toegestaan, omdat $c_{nom} \geq \varnothing + 5 \text{ mm}$ (op basis van aanhechting)

Tabel 6.3 Minimale buigdiameter $\emptyset_{m,min}$ als functie van $\emptyset$, a_b en $\sigma_{s,bt}$ De buigdiameter $\emptyset$ hoeft niet te worden getoetst indien:

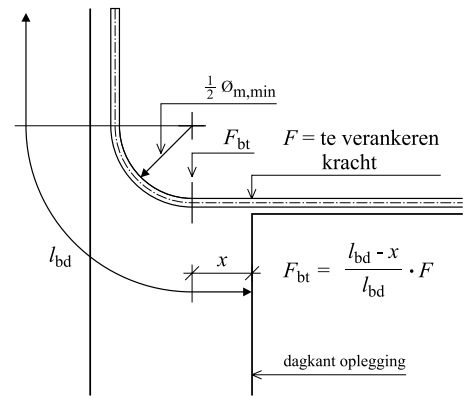
- $\emptyset_m \geq 4 \emptyset$ bij $\emptyset \leq 16$ mm; $\emptyset_m \geq 5 \emptyset$ bij $\emptyset > 16$ mm
- de verankering van de staaf voorbij het einde van de ombuiging geen grotere lengte vereist dan $5 \emptyset$
- de staaf niet aan de rand van het beton ligt en er een dwarsstaaf met diameter $\geq \emptyset$ binnen de ombuiging aanwezig is

Wordt niet voldaan aan deze drie eisen, dan moet

$$\emptyset_{m,min} \geq F_{bt} [(1/a_b) + 1/(2 \emptyset)] / f_{cd}$$

a_b is de helft van de hartafstand van de staven loodrecht op vlak van ombuiging; voor een staaf nabij de elementrand is $a_b = \text{dekking} + \frac{1}{2} \emptyset$

$$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / \frac{1}{4} \pi \emptyset^2$$

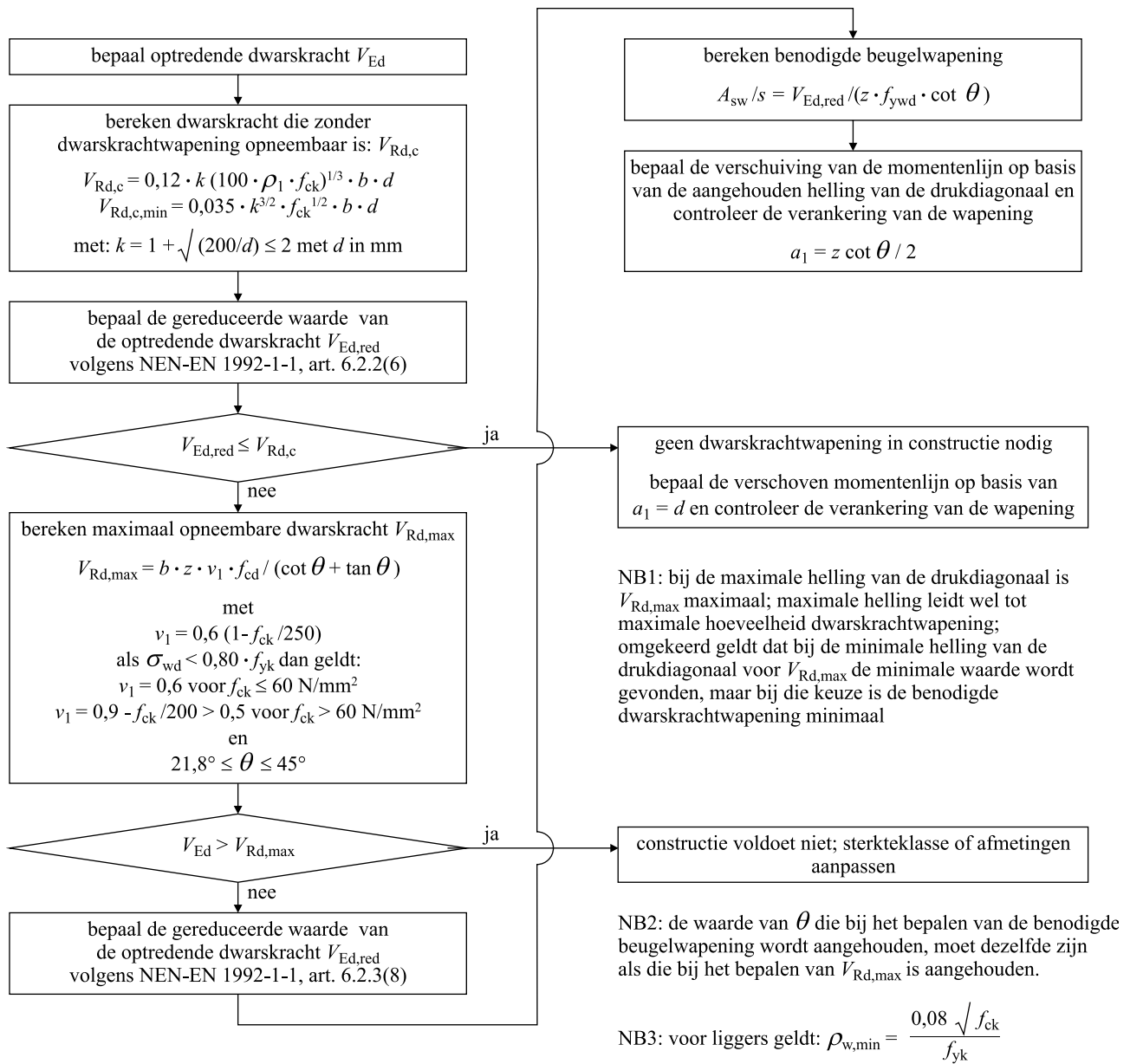
 **$\emptyset_{m,min}$ (mm) voor C20/25 $f_{cd} = 13,33$ N/mm²**

$\emptyset$ (mm)	12	12	12	12	16	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25	25	32	32	32	32
a_b (mm)	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100
$\sigma_{s,bt}$ (N/mm ²)																				
50	35	26	23	22	54	39	34	31	77	53	45	41	110	74	61	55	168	107	87	77
75	52	39	35	33	81	58	50	47	115	80	68	62	166	110	92	83	252	161	131	116
100	69	52	47	44	107	77	67	62	153	106	90	83	221	147	123	110	336	215	175	155
125	87	65	58	55	134	97	84	78	191	133	113	103	276	184	153	138	419	269	218	193
150	104	78	70	66	161	116	101	93	230	159	136	124	331	221	184	166	503	322	262	232
175	121	92	82	77	188	135	118	109	268	186	158	144	387	258	215	193	587	376	306	271
200	139	105	93	88	215	155	135	124	306	212	181	165	442	295	245	221	671	430	349	309
225	156	118	105	99	242	174	151	140	345	239	203	186	497	331	276	249	755	484	393	348
250	173	131	117	110	269	193	168	156	383	265	226	206	552	368	307	276	839	537	437	386
275	190	144	128	121	296	213	185	171	421	292	248	227	608	405	338	304	923	591	480	425
300	208	157	140	131	322	232	202	187	460	318	271	247	663	442	368	331	1007	645	524	464
325	225	170	152	142	349	251	219	202	498	345	294	268	718	479	399	359	1090	698	568	502
350	242	183	163	153	376	271	235	218	536	371	316	289	773	515	430	387	1174	752	611	541
375	260	196	175	164	403	290	252	233	574	398	339	309	828	552	460	414	1258	806	655	580
400	277	209	187	175	430	309	269	249	613	424	361	330	884	589	491	442	1342	860	699	618
425	294	222	198	186	457	329	286	264	651	451	384	351	939	626	522	469	1426	913	742	657
435	301	228	203	191	467	336	293	271	666	461	393	359	961	641	534	480	1460	935	760	672

 $\emptyset_{m,min}$ (mm) voor C28/35 $f_{cd} = 18,67$ N/mm²

$\emptyset$ (mm)	12	12	12	12	16	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25	25	32	32	32	32
a_b (mm)	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100
$\sigma_{s,bt}$ (N/mm ²)																				
50	25	19	17	16	38	28	24	22	55	38	32	30	79	53	44	39	120	77	62	55
75	37	28	25	23	58	41	36	33	82	57	48	44	118	79	66	59	180	115	94	83
100	49	37	33	31	77	55	48	44	109	76	65	59	158	105	88	79	240	154	125	110
125	62	47	42	39	96	69	60	56	137	95	81	74	197	132	110	99	300	192	156	138
150	74	56	50	47	115	83	72	67	164	114	97	88	237	158	132	118	360	230	187	166
175	87	65	58	55	134	97	84	78	191	133	113	103	276	184	153	138	419	269	218	193
200	99	75	67	63	154	110	96	89	219	152	129	118	316	210	175	158	479	307	250	221
225	111	84	75	70	173	124	108	100	246	170	145	133	355	237	197	178	539	345	281	248
250	124	93	83	78	192	138	120	111	274	189	161	147	395	263	219	197	599	384	312	276
275	136	103	92	86	211	152	132	122	301	208	177	162	434	289	241	217	659	422	343	304
300	148	112	100	94	230	166	144	133	328	227	194	177	473	316	263	237	719	461	374	331
325	161	121	108	102	249	179	156	144	356	246	210	191	513	342	285	256	779	499	406	359
350	173	131	117	110	269	193	168	156	383	265	226	206	552	368	307	276	839	537	437	386
375	186	140	125	117	288	207	180	167	410	284	242	221	592	395	329	296	899	576	468	414
400	198	149	133	125	307	221	192	178	438	303	258	236	631	421	351	316	959	614	499	442
425	210	159	142	133	326	235	204	189	465	322	274	250	671	447	373	335	1019	652	530	469
435	215	163	145	136	334	240	209	193	476	329	281	256	686	458	381	343	1043	668	543	480

Stroomschema voor controle op dwarskracht in niet-gedrongen rechthoekige, massieve gewapend-betonbalken
dwarskrachtwapening in de vorm van verticale beugels



Tabel 7.2 Afschuifdraagvermogen – betondrukdiagonalen maatgevend, $v_{Rd,max}$ in N/mm²

f_{ck}	$v_{Rd,max}$ (N/mm ²)							v_1
	$\cot \theta$	2,50	2,14	1,73	1,43	1,19	1,00	
	θ	21,8°	25°	30°	35°	40°	45°	
20 (C20/25)		2,28	2,54	2,87	3,11	3,26	3,31	0,552
25 (C25/30)		2,79	3,11	3,51	3,80	3,99	4,05	0,540
28 (C28/35)		3,09	3,43	3,88	4,20	4,41	4,48	0,533
30 (C30/37)		3,28	3,65	4,12	4,46	4,68	4,75	0,528
35 (C35/45)		3,74	4,16	4,69	5,09	5,34	5,42	0,516
40 (C40/50)		4,17	4,64	5,24	5,68	5,96	6,05	0,504
45 (C45/55)		4,58	5,09	5,76	6,24	6,54	6,64	0,492
50 (C50/60)		4,97	5,52	6,24	6,76	7,09	7,20	0,480

uitgangspunten tabel: verticale dwarskrachtwapening; $z = 0,9 d$; $v_1 = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$.

Tabel 7.4 Afschuifdraagvermogen betondoorsnede zonder dwarskrachtwapening $v_{Rd,c}$ (N/mm²)als functie van wapeningsverhouding ρ_1 en effectieve hoogte d **C20/25** $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$

d (mm)	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
k	2,00	2,00	2,00	1,94	1,89	1,82	1,76	1,71	1,67	1,63	1,58
ρ_1 (%)											
0,10	0,443	0,443	0,443	0,424	0,408	0,383	0,364	0,349	0,337	0,326	0,310
0,20	0,443	0,443	0,443	0,424	0,408	0,383	0,364	0,349	0,337	0,326	0,310
0,30	0,443	0,443	0,443	0,424	0,413	0,396	0,383	0,372	0,363	0,356	0,344
0,40	0,480	0,480	0,480	0,466	0,455	0,436	0,421	0,410	0,400	0,392	0,379
0,50	0,517	0,517	0,517	0,502	0,490	0,470	0,454	0,441	0,431	0,422	0,408
0,60	0,549	0,549	0,549	0,534	0,520	0,499	0,482	0,469	0,458	0,448	0,433
0,70	0,578	0,578	0,578	0,562	0,548	0,525	0,508	0,494	0,482	0,472	0,456
0,80	0,605	0,605	0,605	0,587	0,573	0,549	0,531	0,516	0,504	0,494	0,477
0,90	0,629	0,629	0,629	0,611	0,596	0,571	0,552	0,537	0,524	0,513	0,496
1,00	0,651	0,651	0,651	0,633	0,617	0,592	0,572	0,556	0,543	0,532	0,514
1,10	0,672	0,672	0,672	0,653	0,637	0,611	0,590	0,574	0,560	0,549	0,530
1,20	0,692	0,692	0,692	0,672	0,656	0,629	0,608	0,591	0,577	0,565	0,546
1,30	0,711	0,711	0,711	0,691	0,673	0,646	0,624	0,607	0,592	0,580	0,561
1,40	0,729	0,729	0,729	0,708	0,690	0,662	0,640	0,622	0,607	0,595	0,575
1,50	0,746	0,746	0,746	0,724	0,706	0,677	0,655	0,637	0,621	0,609	0,588
1,60	0,762	0,762	0,762	0,740	0,722	0,692	0,669	0,650	0,635	0,622	0,601
1,70	0,778	0,778	0,778	0,755	0,736	0,706	0,683	0,664	0,648	0,635	0,613
1,80	0,792	0,792	0,792	0,770	0,751	0,720	0,696	0,676	0,660	0,647	0,625
1,90	0,807	0,807	0,807	0,784	0,764	0,733	0,708	0,689	0,672	0,659	0,636
2,00	0,821	0,821	0,821	0,797	0,777	0,745	0,721	0,701	0,684	0,670	0,647

C28/35 $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$

d (mm)	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
k	2,00	2,00	2,00	1,94	1,89	1,82	1,76	1,71	1,67	1,63	1,58
ρ_1 (%)											
0,10	0,524	0,524	0,524	0,502	0,483	0,453	0,431	0,413	0,398	0,386	0,367
0,20	0,524	0,524	0,524	0,502	0,483	0,453	0,431	0,413	0,398	0,386	0,367
0,30	0,524	0,524	0,524	0,502	0,483	0,453	0,431	0,416	0,407	0,398	0,385
0,40	0,537	0,537	0,537	0,522	0,509	0,488	0,471	0,458	0,447	0,438	0,423
0,50	0,578	0,578	0,578	0,562	0,548	0,525	0,508	0,494	0,482	0,472	0,456
0,60	0,615	0,615	0,615	0,597	0,582	0,558	0,540	0,525	0,512	0,502	0,485
0,70	0,647	0,647	0,647	0,629	0,613	0,588	0,568	0,552	0,539	0,528	0,510
0,80	0,677	0,677	0,677	0,657	0,641	0,614	0,594	0,577	0,564	0,552	0,534
0,90	0,704	0,704	0,704	0,684	0,666	0,639	0,618	0,601	0,586	0,574	0,555
1,00	0,729	0,729	0,729	0,708	0,690	0,662	0,640	0,622	0,607	0,595	0,575
1,10	0,752	0,752	0,752	0,731	0,713	0,683	0,660	0,642	0,627	0,614	0,593
1,20	0,774	0,774	0,774	0,752	0,734	0,703	0,680	0,661	0,645	0,632	0,611
1,30	0,795	0,795	0,795	0,773	0,753	0,722	0,698	0,679	0,663	0,649	0,627
1,40	0,815	0,815	0,815	0,792	0,772	0,740	0,716	0,696	0,679	0,665	0,643
1,50	0,834	0,834	0,834	0,810	0,790	0,758	0,732	0,712	0,695	0,681	0,658
1,60	0,852	0,852	0,852	0,828	0,807	0,774	0,748	0,728	0,710	0,696	0,672
1,70	0,870	0,870	0,870	0,845	0,824	0,790	0,764	0,742	0,725	0,710	0,686
1,80	0,887	0,887	0,887	0,861	0,840	0,805	0,778	0,757	0,739	0,724	0,699
1,90	0,903	0,903	0,903	0,877	0,855	0,820	0,792	0,770	0,752	0,737	0,712
2,00	0,918	0,918	0,918	0,892	0,870	0,834	0,806	0,784	0,765	0,749	0,724

Tabel 7.5 Door verticale dwarskrachtbeugels B500 opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$ (N/mm²)

C20/25

$\theta = 21,8^\circ$

als functie van dwarskrachtwapening A_{sw}/s en balkbreedte b

Uitgangspunten:

- $z = 0,9 d$
- staalspanning in beugels $\geq 80\%$ van f_{yk} ; bovengrens $v_{Rd,max} = 2,28 \text{ N/mm}^2$

balkbreedte b (mm)	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$A_{sw,min}/s$ (mm ² /m)	107	143	179	215	250	286	322	358	394	429
A_{sw}/s (mm ² /m)										
100	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
150	0,98	0,73	0,59	0,49	0,42	0,37	0,33	0,29	0,27	0,24
200	1,31	0,98	0,78	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33
250	1,63	1,22	0,98	0,82	0,70	0,61	0,54	0,49	0,44	0,41
300	1,96	1,47	1,17	0,98	0,84	0,73	0,65	0,59	0,53	0,49
350	2,28	1,71	1,37	1,14	0,98	0,86	0,76	0,69	0,62	0,57
400	2,28	1,96	1,57	1,31	1,12	0,98	0,87	0,78	0,71	0,65
450	2,28	2,20	1,76	1,47	1,26	1,10	0,98	0,88	0,80	0,73
500	2,28	2,28	1,96	1,63	1,40	1,22	1,09	0,98	0,89	0,82
600	2,28	2,28	2,28	1,96	1,68	1,47	1,31	1,17	1,07	0,98
700	2,28	2,28	2,28	2,28	1,96	1,71	1,52	1,37	1,25	1,14
800	2,28	2,28	2,28	2,28	2,24	1,96	1,74	1,57	1,42	1,31
900	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,20	1,96	1,76	1,60	1,47
1000	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,18	1,96	1,78	1,63
1100	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,15	1,96	1,79
1200	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,14	1,96
1300	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,12
1400	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
1500	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
1600	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
1700	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
1800	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
1900	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2000	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2100	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2200	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2300	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2400	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2500	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2600	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2700	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2800	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
2900	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
3000	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28

bij de toegepaste dwarskrachtwapening is niet $v_{Rd,s}$ maatgevend, maar is $v_{Rd,max}$ maatgevend

Tabel 7.6 Door verticale dwarskrachtbeugels B500 opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$ (N/mm²)**C20/25** **$\theta = 45^\circ$** als functie van dwarskrachtwapening A_{sw}/s en balkbreedte b

Uitgangspunten:

- $z = 0,9 d$
- staalspanning in beugels $\geq 80\%$ van f_{yk} ; bovengrens $v_{Rd,max} = 3,31 \text{ N/mm}^2$

balkbreedte b (mm)	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$A_{sw,min}/s$ (mm ² /m)	107	143	179	215	250	286	322	358	394	429
A_{sw}/s (mm ² /m)										
100	0,26	0,20	0,16	0,13	0,11	0,01	0,09	0,08	0,07	0,07
150	0,39	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
200	0,52	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13
250	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
300	0,78	0,59	0,47	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20
350	0,91	0,69	0,55	0,46	0,39	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23
400	1,04	0,78	0,63	0,52	0,45	0,39	0,35	0,31	0,28	0,26
450	1,17	0,88	0,70	0,59	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29
500	1,31	0,98	0,78	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33
600	1,57	1,17	0,94	0,78	0,67	0,59	0,52	0,47	0,43	0,39
700	1,83	1,37	1,01	0,91	0,78	0,69	0,61	0,55	0,50	0,46
800	2,09	1,57	1,25	1,04	0,89	0,78	0,70	0,63	0,57	0,52
900	2,35	1,76	1,41	1,17	1,01	0,88	0,78	0,70	0,64	0,59
1000	2,61	1,96	1,57	1,31	1,12	0,98	0,87	0,78	0,71	0,65
1100	2,87	2,15	1,72	1,44	1,23	1,08	0,96	0,86	0,78	0,72
1200	3,13	2,35	1,88	1,57	1,34	1,17	1,04	0,94	0,85	0,78
1300	3,31	2,54	2,04	1,70	1,45	1,27	1,13	1,02	0,93	0,85
1400	3,31	2,74	2,19	1,83	1,57	1,37	1,22	1,01	1,00	0,91
1500	3,31	2,94	2,35	1,96	1,68	1,47	1,31	1,17	1,07	0,98
1600	3,31	3,13	2,51	2,09	1,79	1,57	1,39	1,25	1,14	1,04
1700	3,31	3,31	2,66	2,22	1,90	1,66	1,48	1,33	1,21	1,11
1800	3,31	3,31	2,82	2,35	2,01	1,76	1,57	1,41	1,28	1,17
1900	3,31	3,31	2,98	2,48	2,13	1,86	1,65	1,49	1,35	1,24
2000	3,31	3,31	3,13	2,61	2,24	1,96	1,74	1,57	1,42	1,31
2100	3,31	3,31	3,29	2,74	2,35	2,06	1,83	1,64	1,49	1,37
2200	3,31	3,31	3,31	2,87	2,46	2,15	1,91	1,72	1,57	1,44
2300	3,31	3,31	3,31	3,00	2,57	2,25	2,00	1,80	1,64	1,50
2400	3,31	3,31	3,31	3,13	2,68	2,35	2,09	1,88	1,71	1,57
2500	3,31	3,31	3,31	3,26	2,80	2,45	2,18	1,96	1,78	1,63
2600	3,31	3,31	3,31	3,31	2,91	2,54	2,26	2,04	1,85	1,70
2700	3,31	3,31	3,31	3,31	3,02	2,64	2,35	2,11	1,92	1,76
2800	3,31	3,31	3,31	3,31	3,13	2,74	2,44	2,19	1,99	1,83
2900	3,31	3,31	3,31	3,31	3,24	2,84	2,52	2,27	2,06	1,89
3000	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	2,94	2,61	2,35	2,14	1,96

bij de toegepaste dwarskrachtwapening is niet $v_{Rd,s}$ maatgevend, maar is $v_{Rd,max}$ maatgevend

Tabel 7.7 Door verticale dwarskrachtbeugels B500 opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$ (N/mm²)

C28/35

$\theta = 21,8^\circ$

als functie van dwarskrachtwapening A_{sw}/s en balkbreedte b

Uitgangspunten:

- $z = 0,9 d$
- staalspanning in beugels $\geq 80\%$ van f_{yk} ; bovengrens $v_{Rd,max} = 3,09 \text{ N/mm}^2$

balkbreedte b (mm)	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$A_{sw,min}/s$ (mm ² /m)	127	169	212	254	296	339	381	423	466	508
A_{sw}/s (mm ² /m)										
100	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
150	0,98	0,73	0,59	0,49	0,42	0,37	0,33	0,29	0,27	0,24
200	1,31	0,98	0,78	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33
250	1,63	1,22	0,98	0,82	0,70	0,61	0,54	0,49	0,44	0,41
300	1,96	1,47	1,17	0,98	0,84	0,73	0,65	0,59	0,53	0,49
350	2,28	1,71	1,37	1,14	0,98	0,86	0,76	0,69	0,62	0,57
400	2,61	1,96	1,57	1,31	1,12	0,98	0,87	0,78	0,71	0,65
450	2,94	2,20	1,76	1,47	1,26	1,10	0,98	0,88	0,80	0,73
500	3,09	2,45	1,96	1,63	1,40	1,22	1,09	0,98	0,89	0,82
600	3,09	2,94	2,35	1,96	1,68	1,47	1,31	1,17	1,07	0,98
700	3,09	3,09	2,74	2,28	1,96	1,71	1,52	1,37	1,25	1,14
800	3,09	3,09	3,09	2,61	2,24	1,96	1,74	1,57	1,42	1,31
900	3,09	3,09	3,09	2,94	2,52	2,20	1,96	1,76	1,60	1,47
1000	3,09	3,09	3,09	3,09	2,80	2,45	2,18	1,96	1,78	1,63
1100	3,09	3,09	3,09	3,09	3,08	2,69	2,39	2,15	1,96	1,79
1200	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	2,94	2,61	2,35	2,14	1,96
1300	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	2,83	2,54	2,31	2,12
1400	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,05	2,74	2,49	2,28
1500	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	2,94	2,67	2,45
1600	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	2,85	2,61
1700	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,03	2,77
1800	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	2,94
1900	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2000	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2100	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2200	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2300	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2400	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2500	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2600	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2700	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2800	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
2900	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
3000	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09

bij de toegepaste dwarskrachtwapening is niet $v_{Rd,s}$ maatgevend, maar is $v_{Rd,max}$ maatgevend

Tabel 7.8 Door verticale dwarskrachtbeugels B500 opneembare schuifspanning $v_{Rd,s}$ (N/mm²)**C28/35** **$\theta = 45^\circ$** als functie van dwarskrachtwapening A_{sw}/s en balkbreedte b

Uitgangspunten:

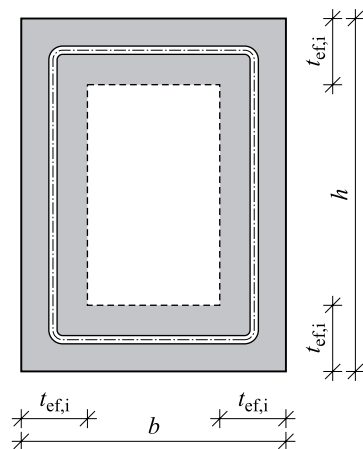
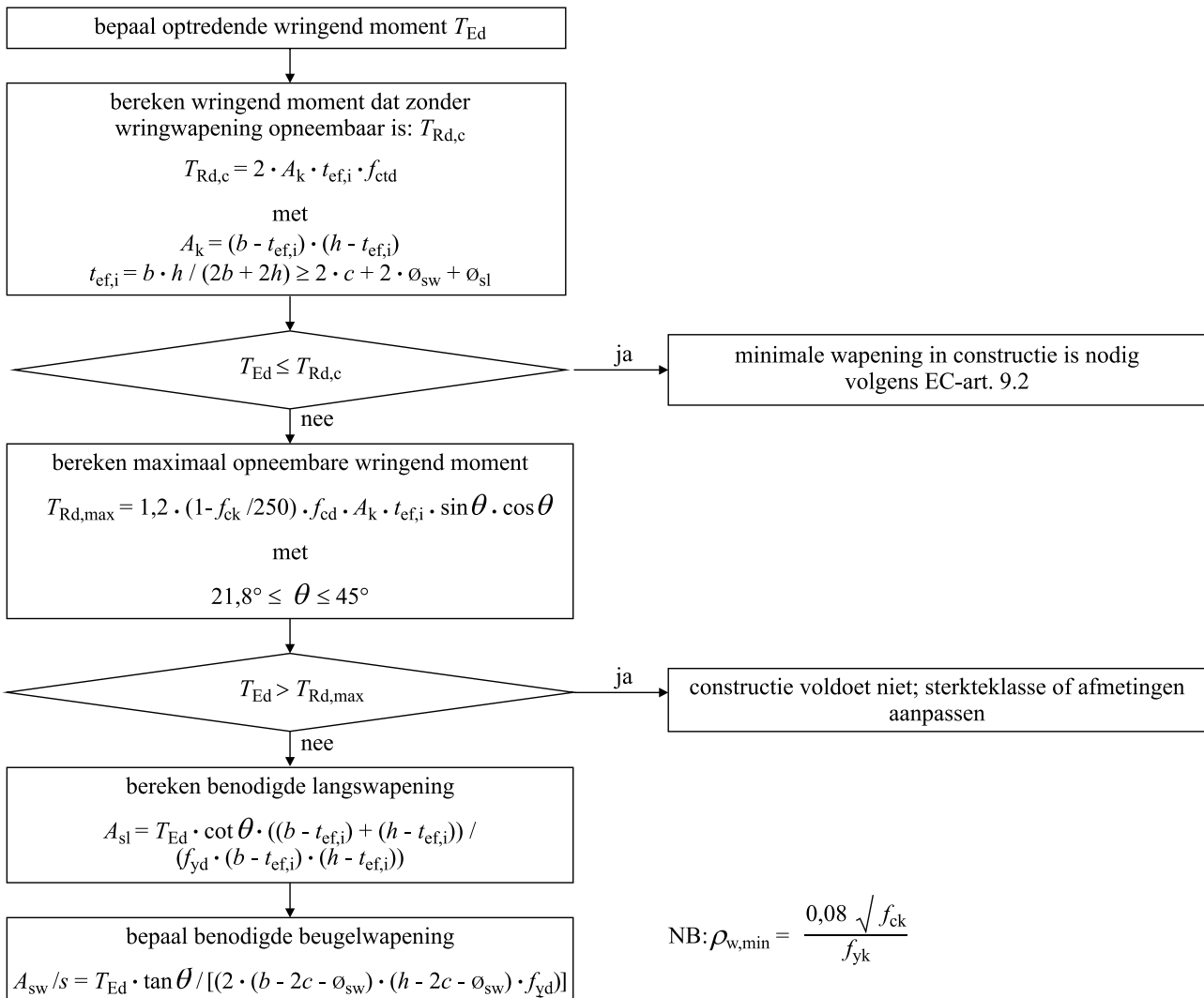
- $z = 0,9 d$
- staalspanning in beugels $\geq 80\%$ van f_{yk} ; bovengrens $v_{Rd,max} = 4,48 \text{ N/mm}^2$

balkbreedte b (mm)	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$A_{sw,min}/s$ (mm ² /m)	127	169	212	254	296	339	381	423	466	508
A_{sw}/s (mm ² /m)										
100	0,26	0,20	0,16	0,13	0,11	0,01	0,09	0,08	0,07	0,07
150	0,39	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
200	0,52	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13
250	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
300	0,78	0,59	0,47	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20
350	0,91	0,69	0,55	0,46	0,39	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23
400	1,04	0,78	0,63	0,52	0,45	0,39	0,35	0,31	0,28	0,26
450	1,17	0,88	0,70	0,59	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29
500	1,31	0,98	0,78	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33
600	1,57	1,17	0,94	0,78	0,67	0,59	0,52	0,47	0,43	0,39
700	1,83	1,37	1,01	0,91	0,78	0,69	0,61	0,55	0,50	0,46
800	2,09	1,57	1,25	1,04	0,89	0,78	0,70	0,63	0,57	0,52
900	2,35	1,76	1,41	1,17	1,01	0,88	0,78	0,70	0,64	0,59
1000	2,61	1,96	1,57	1,31	1,12	0,98	0,87	0,78	0,71	0,65
1100	2,87	2,15	1,72	1,44	1,23	1,08	0,96	0,86	0,78	0,72
1200	3,13	2,35	1,88	1,57	1,34	1,17	1,04	0,94	0,85	0,78
1300	3,39	2,54	2,04	1,70	1,45	1,27	1,13	1,02	0,93	0,85
1400	3,65	2,74	2,19	1,83	1,57	1,37	1,22	1,01	1,00	0,91
1500	3,92	2,94	2,35	1,96	1,68	1,47	1,31	1,17	1,07	0,98
1600	4,18	3,13	2,51	2,09	1,79	1,57	1,39	1,25	1,14	1,04
1700	4,44	3,33	2,66	2,22	1,90	1,66	1,48	1,33	1,21	1,11
1800	4,48	3,52	2,82	2,35	2,01	1,76	1,57	1,41	1,28	1,17
1900	4,48	3,72	2,98	2,48	2,13	1,86	1,65	1,49	1,35	1,24
2000	4,48	3,92	3,13	2,61	2,24	1,96	1,74	1,57	1,42	1,31
2100	4,48	4,11	3,29	2,74	2,35	2,06	1,83	1,64	1,49	1,37
2200	4,48	4,31	3,45	2,87	2,46	2,15	1,91	1,72	1,57	1,44
2300	4,48	4,48	3,60	3,00	2,57	2,25	2,00	1,80	1,64	1,50
2400	4,48	4,48	3,76	3,13	2,68	2,35	2,09	1,88	1,71	1,57
2500	4,48	4,48	3,92	3,26	2,80	2,45	2,18	1,96	1,78	1,63
2600	4,48	4,48	4,07	3,39	2,91	2,54	2,26	2,04	1,85	1,70
2700	4,48	4,48	4,23	3,52	3,02	2,64	2,35	2,11	1,92	1,76
2800	4,48	4,48	4,38	3,65	3,13	2,74	2,44	2,19	1,99	1,83
2900	4,48	4,48	4,48	3,78	3,24	2,84	2,52	2,27	2,06	1,89
3000	4,48	4,48	4,48	3,92	3,36	2,94	2,61	2,35	2,14	1,96

bij de toegepaste dwarskrachtwapening is niet $v_{Rd,s}$ maatgevend, maar is $v_{Rd,max}$ maatgevend

Stroomschema voor controle op wringing in rechthoekige, massieve gewapend-betonbalken

wringwapening in de vorm van verticale beugels

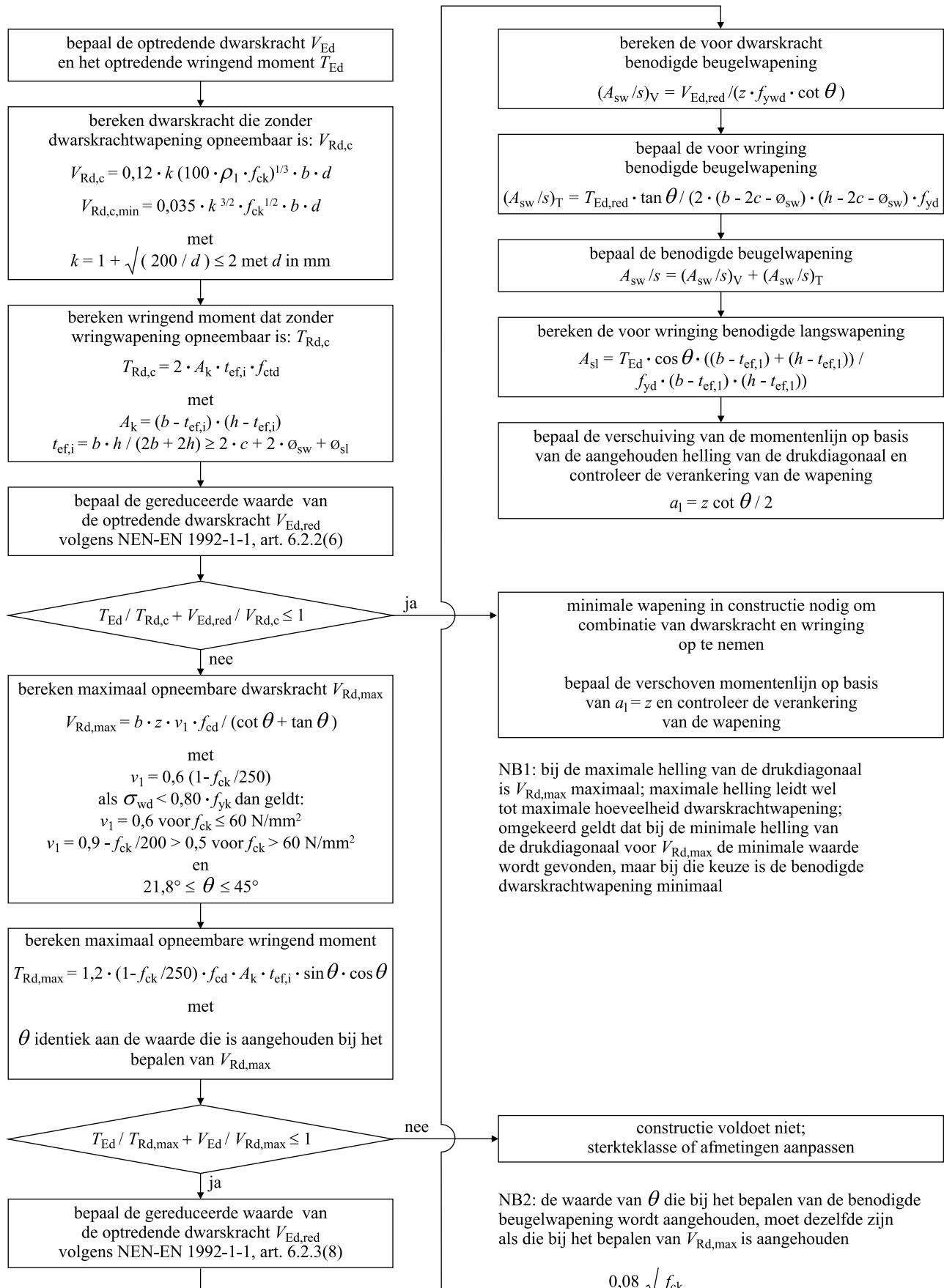


$$A = b \cdot h$$

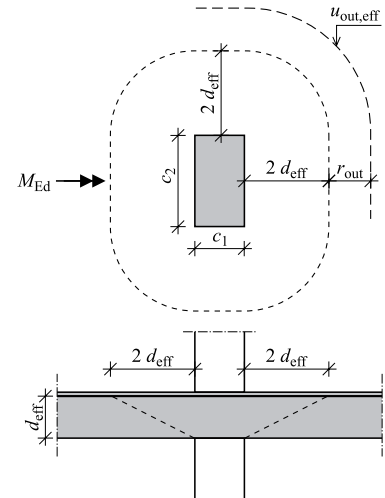
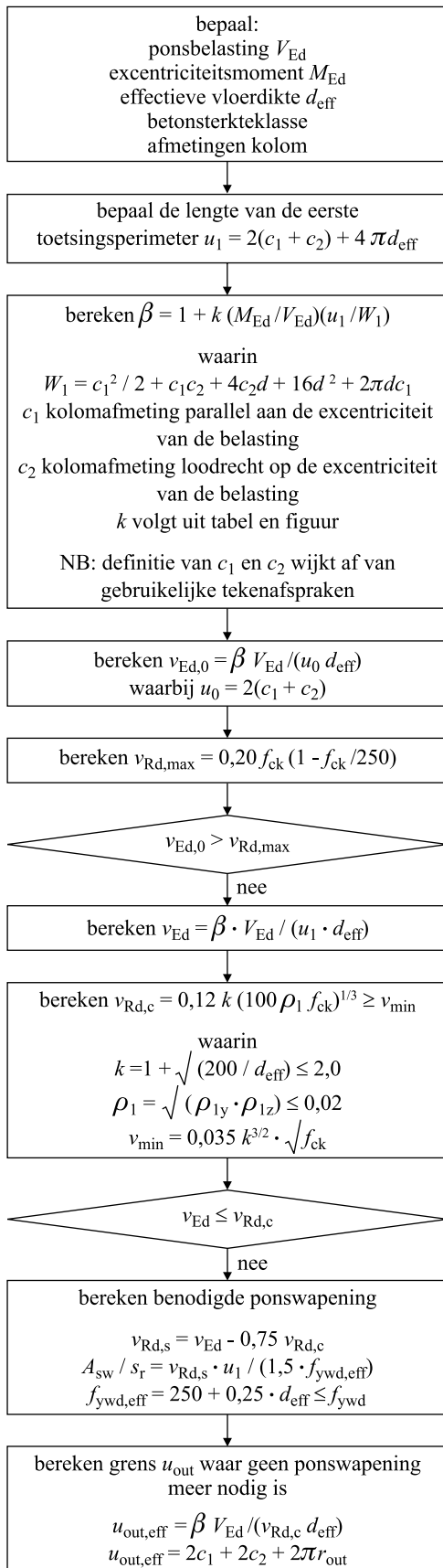
$$u = 2b + 2h$$

Stroomschema voor controle op dwarskracht en wrijving in rechthoekige, massieve gewapend-betonbalken

dwarskrachtwapening in de vorm van verticale beugels



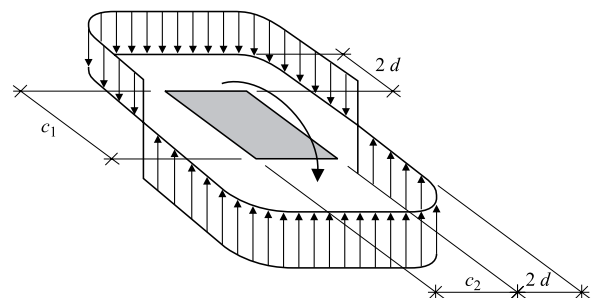
Stroomschema voor berekening pons bij rechthoekige middenkolommen met enkele buiging



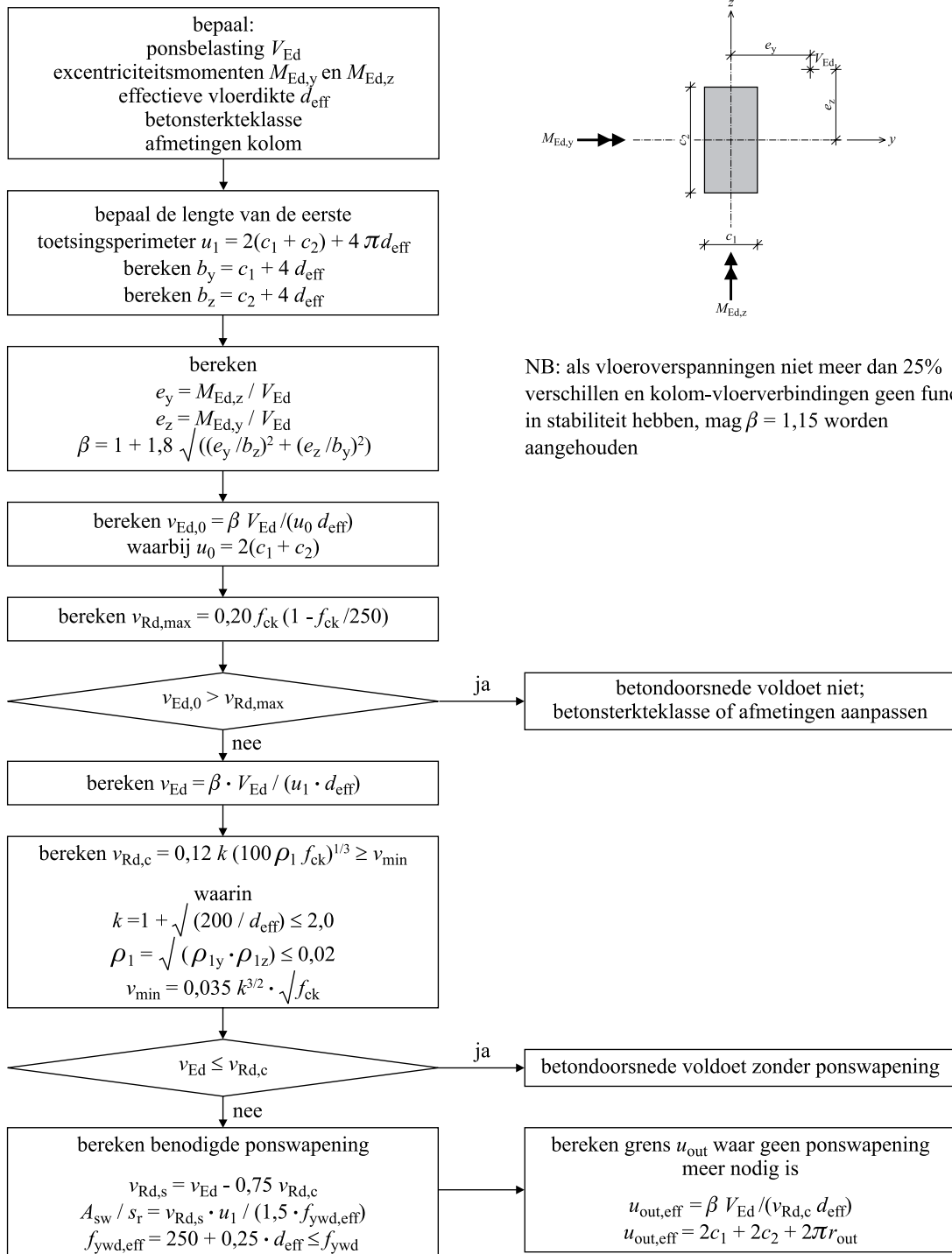
NB: als vloeroverspanningen niet meer dan 25% verschillen en kolom-vloerverbindingen geen functie in stabiliteit hebben, mag $\beta = 1,15$ worden aangehouden

waarden van k

c_1/c_2	< 0,5	1,0	2,0	> 3,0
k	0,45	0,60	0,70	0,80



Stroomschema voor berekening pons bij rechthoekige middenkolommen met dubbele buiging

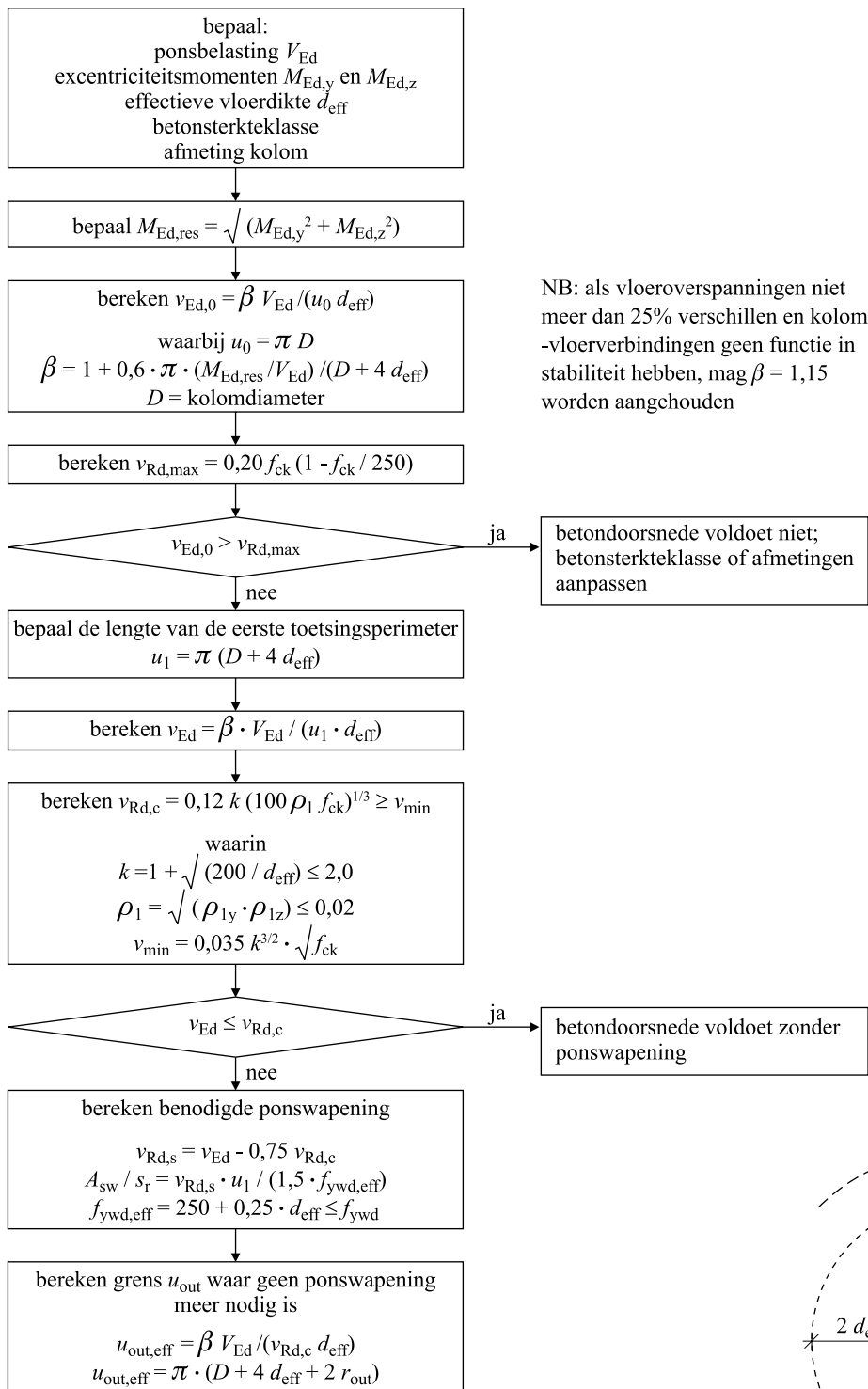


NB: als vloeroverspanningen niet meer dan 25% verschillen en kolom-vloerverbindingen geen functie in stabiliteit hebben, mag $\beta = 1,15$ worden aangehouden

Grenswaarde van paalbelasting V_{Ed} in kN op basis van $v_{Ed} = v_{Rd,c}$ voor beton C20/25

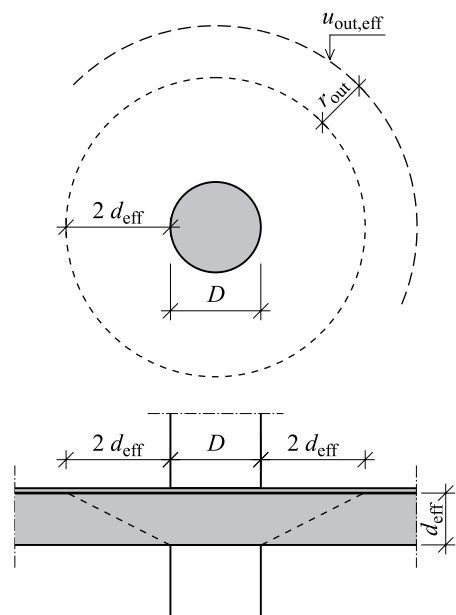
paal d_{eff} (mm)	170	180	190	200	210	220	230
paal (mm x mm)							
180 x 180	215	238	261	286	307	328	349
220 x 220	227	250	275	300	321	343	365
250 x 250	236	260	285	311	332	354	376
290 x 290	248	273	298	325	347	369	392
320 x 320	257	282	309	336	358	380	403
350 x 350	266	292	319	346	369	392	415

Stroomschema voor berekening pons bij ronde middenkolommen



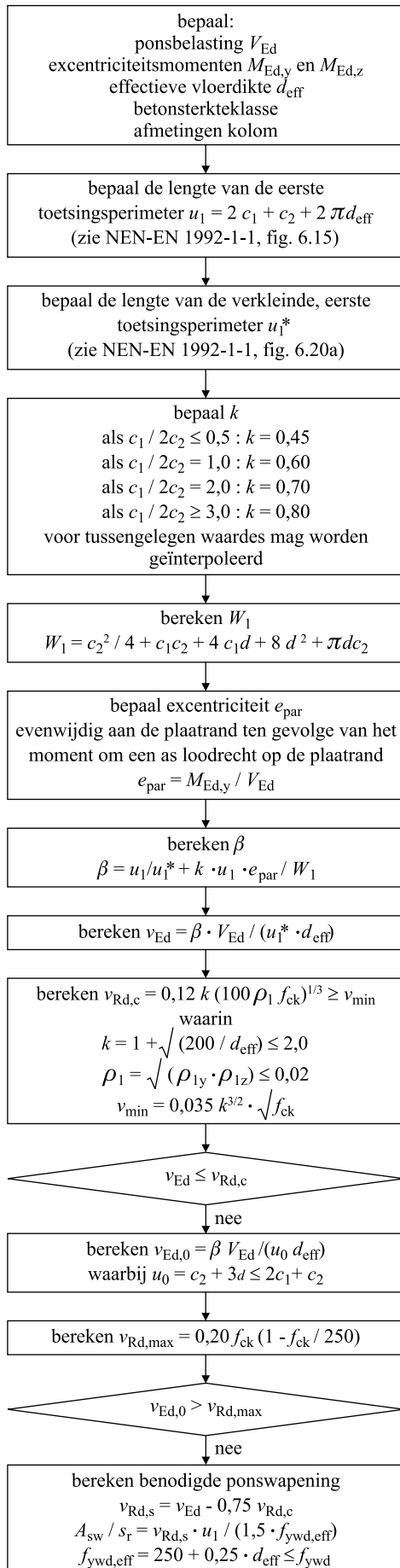
Grenswaarde $v_{Rd,max}$ (N/mm²)
(voor alle kolomtypen)

sterkteklasse	$v_{Rd,max}$
C16/20	3,00
C20/25	3,68
C25/30	4,50
C28/35	4,97
C30/37	5,28
C35/45	6,02
C40/50	6,72
C45/55	7,38
C50/60	8,00
C53/65	8,35
C55/67	8,58
C60/75	9,12
C70/85	10,08
C80/95	10,88
C90/105	11,52

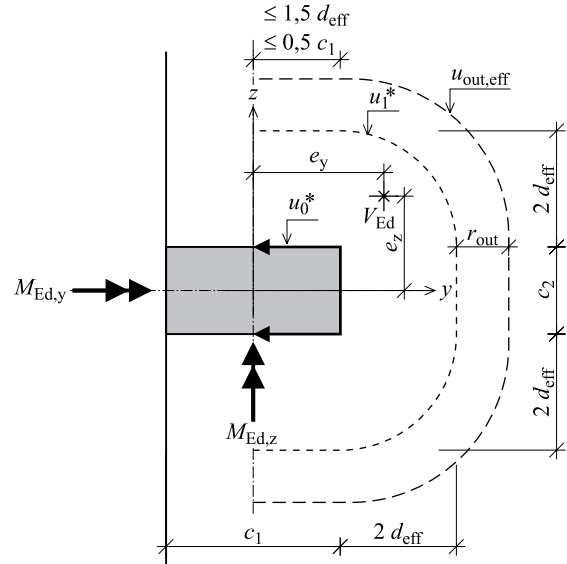


Stroomschema voor vereenvoudigde berekening pons bij rechthoekige randkolommen

met naar binnen gerichte excentriciteit e_y volgens NEN 1992-1-1, art. 6.4.3(4), bij dubbele buiging



NB: Naar binnen gerichte excentriciteit komt overeen met een inklemmingsmoment (= negatief moment) op de vloerrand; vloerrand valt samen met zijkant kolom

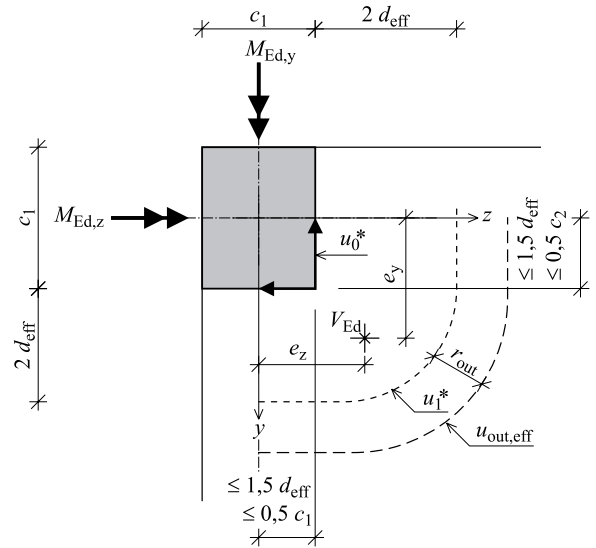
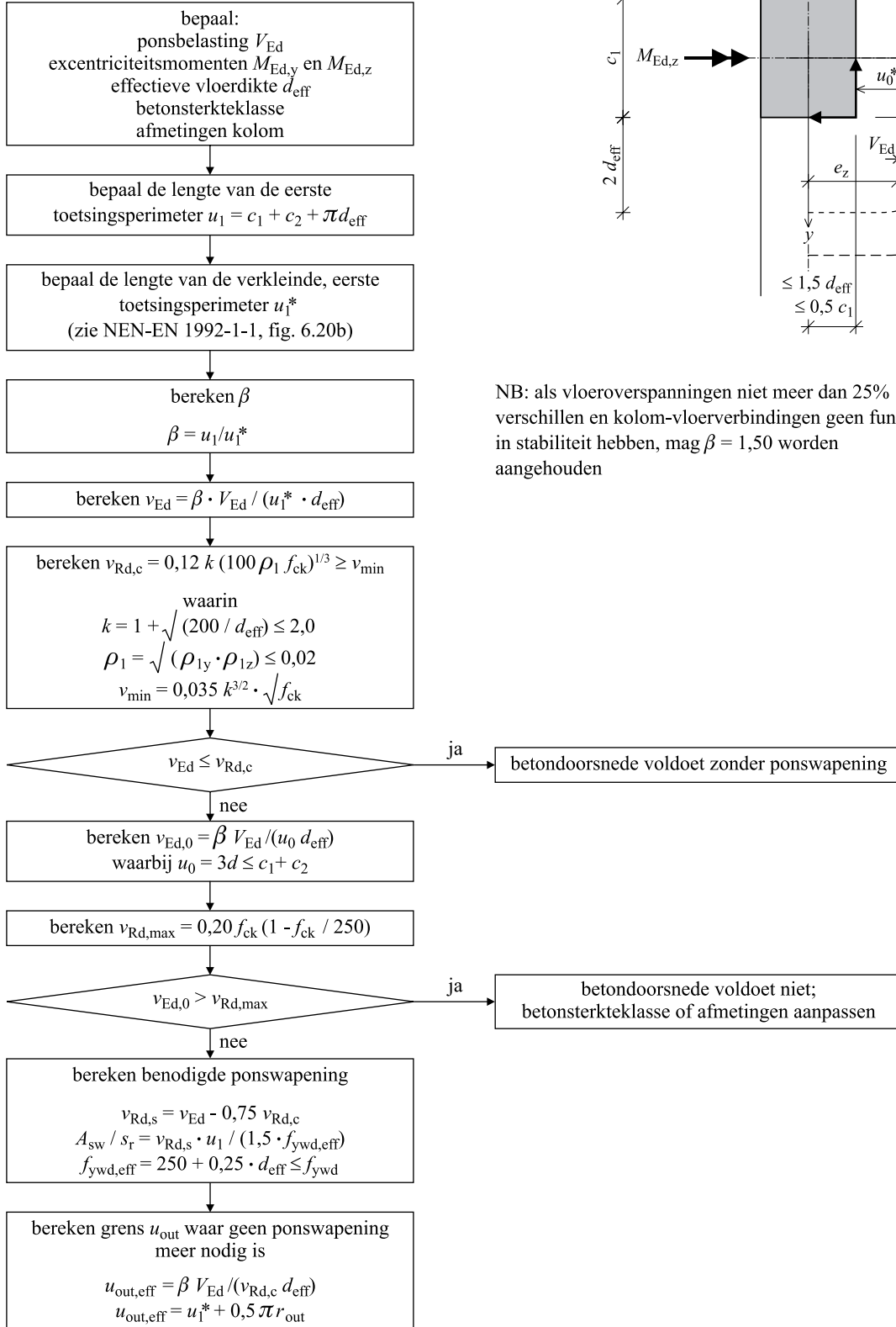


NB: als vloeroverspanningen niet meer dan 25% verschillen en kolom-vloerverbindingen geen functie in stabiliteit hebben, mag $\beta = 1,40$ worden aangehouden

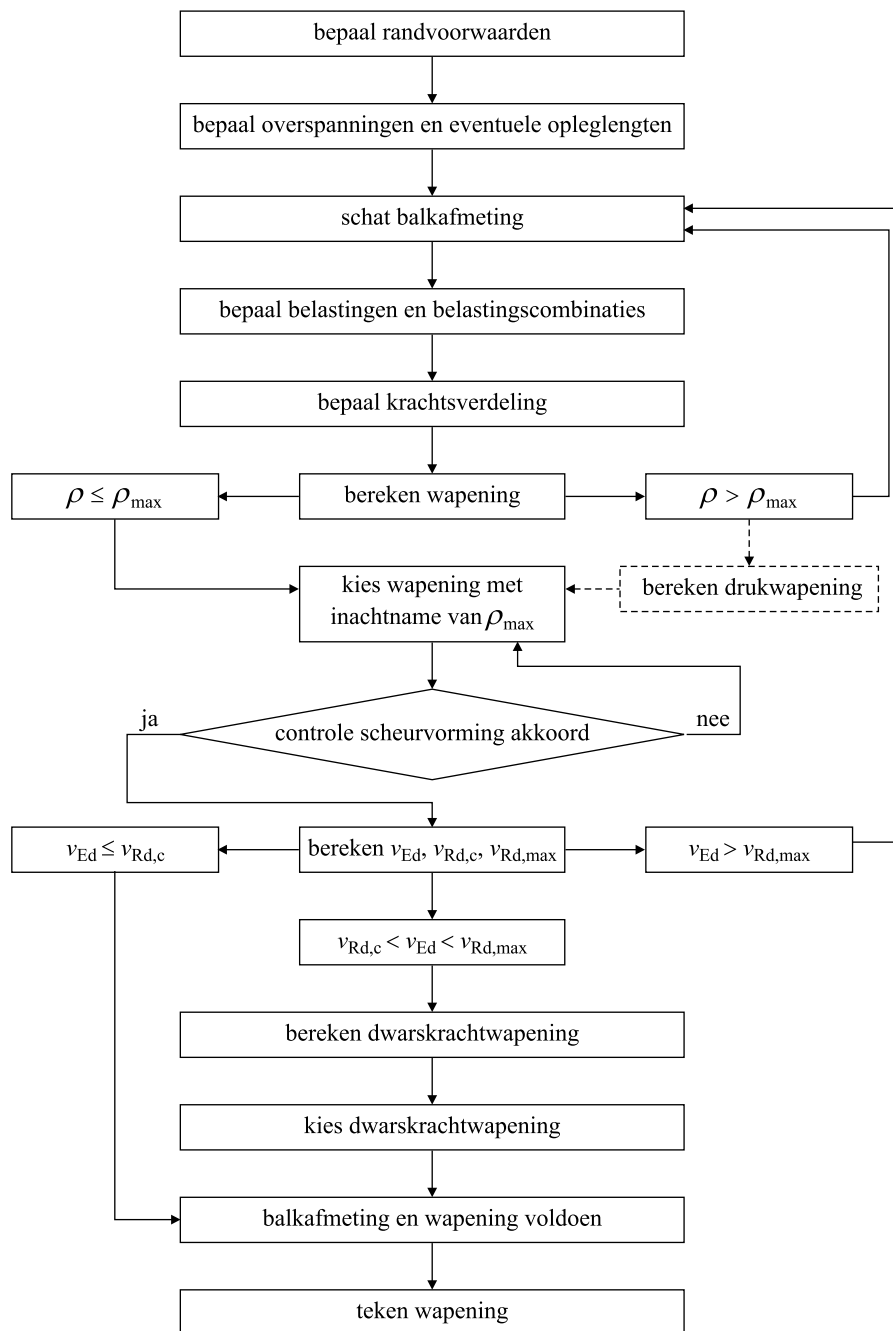
Stroomschema voor vereenvoudigde berekening pons bij rechthoekige hoekkolommen

met naar binnen gerichte excentriciteiten e_y en e_z volgens NEN 1992-1-1, art. 6.4.3(4), bij dubbele buiging

NB: Naar binnen gerichte excentriciteit komt overeen met een inklemmingsmoment (= negatief moment) op de vloerrand; vloerrand valt aan twee zijden samen met zijkant kolom



NB: als vloeroverspanningen niet meer dan 25% verschillen en kolom-vloerverbindingen geen functie in stabiliteit hebben, mag $\beta = 1,50$ worden aangehouden

Stroomschema voor het berekenen van balkwapening**Schatten van de balkhoogte**

schema			
$\frac{h}{l_{\text{eff}}}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12,5}$	$\frac{1}{15}$

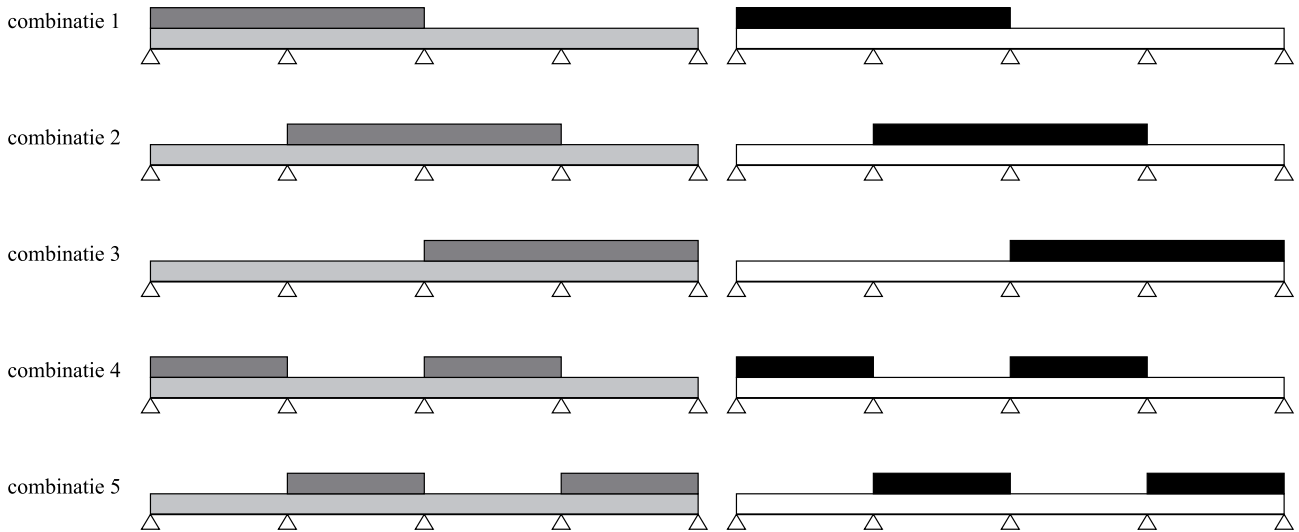
Tabel 12.4 Veranderlijke belastingen (NEN-EN 1991-1)

categorie			q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)	ψ_0	ψ_1	ψ_2	voorbeeld
A		woningen, woongebouwen			0,40	0,50	0,30	kamers in woningen en woongebouwen, beddenzaal in ziekenhuizen
		vloeren	1,75	3,0				
		trappen	2,0	3,0				
		balkons	2,5	3,0				
B		kantoorgebouwen	2,5	3,0	0,50	0,50	0,30	
C		bijeenkomstgebouwen			0,25	0,70	0,60	
	C 1	gebieden met tafels	4,0	7,0				café, restaurant, leeszalen, receptie
	C 2	gebieden met vaste stoelen	4,0	7,0				kerk, theater, bioscoop, wachtruimte
	C 3	gebieden zonder obstakels	5,0	7,0				tentoonstellingsruimte, openbare gebieden
	C 4	gebieden met fysieke activiteiten	5,0	7,0				danszaal, sportzaal, toneel
	C 5	gebieden waar grote mensenmassa's kunnen samenkomen	5,0	7,0				concertgebouw, sporthal, perron
D		winkelfunctie			0,40	0,70	0,60	
	D1	kleinhandel	4,0	7,0				winkels
	D2	warenhuizen	4,0	7,0				
E		vloeren voor opslag en industrieel gebruik			1,00	0,90	0,80	
	E1	winkels	$\geq 5,0$	$\geq 7,0$				
	E2	industrieel gebruik	$\geq 3,0^*$	$\geq 7,0^*$				* afh. van het gebruik
F		verkeersgebied, voertuiggewicht < 25 kN	2,0	10	0,70	0,70	0,60	parkeergarage
G		verkeersgebied, 25 kN < voertuiggewicht < 120 kN	5,0	40	0,70	0,50	0,30	
		voertuiggewicht > 120 kN	G_v/A_v	kriklast	0,70	0,50	0,30	G_v = gewicht voertuig A_v = opp. voertuig
H		daken alleen toegankelijk voor onderhoud			0,00	0,00	0,00	
		dakhelling α tot 15°	1,0*	1,5**				* over 10 m ²
		dakhelling α 15° - 20°	$4 - 0,2 \alpha^*$	1,5**				** over 0,1 m bij 0,1 m
		dakhelling > 20°	0	1,5**				
		sneeuwbelasting			0,00	0,20	0,00	grootte belastingen
		windbelastingen			0,00	0,20	0,00	afhankelijk van lokale factoren
		temperatuurbelastingen			0,00	0,50	0,00	

 ψ_0 : factor voor de combinatiewaarde van een veranderlijke belasting ψ_1 : factor voor de frequente waarde van een veranderlijke belasting ψ_2 : factor voor de quasi-blijvende waarde van een veranderlijke belasting

Tabel 12.3 Belastingscombinaties in de uiterste grenstoestand voor liggers en vloeren

bij aanwezigheid van één type veranderlijke belasting



	CC1 / RC1	CC2 / RC2	CC3 / RC3
	1,1 G_k	1,2 G_k	1,3 G_k
	1,2 G_k	1,35 G_k	1,5 G_k
	1,35 Q_k	1,5 Q_k	1,65 Q_k
	ψ_0 1,35 Q_k	ψ_0 1,5 Q_k	ψ_0 1,65 Q_k

Tabel 12.1 – 12.2 Coëfficiënten voor momenten, dwarskrachten en oplegreacties

M_{stp}	0,125				$\times q_{d,max} \cdot l^2$ (waarbij $l = \max$ van beide aangrenzende velden)
M_{veld}	0,085	0,085			$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}^2$
V	0,45	0,65	0,65	0,45	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$
R	0,45	0,60	0,60	0,45	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$

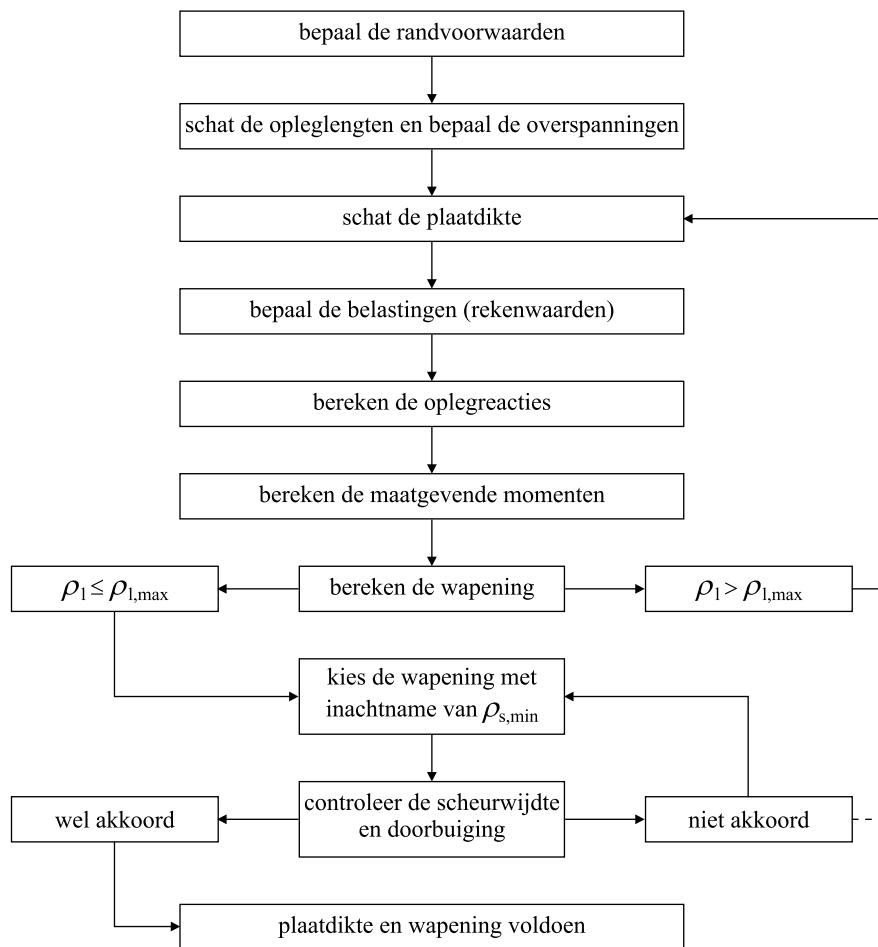
voorwaarden

op één veld:	op ander veld:
$G_{k,min} \geq$	$0,75 \cdot G_{k,max}$
$Q_{k,min} \geq$	$0,75 \cdot Q_{k,max}$
$l_{eff,min} \geq$	$0,8 l_{eff,max}$
op alle velden:	
$0,5 \leq Q / G \leq 1$	

M_{stp}	0,115				0,115	$\times q_{d,max} \cdot l^2$ (waarbij $l = \max$ van beide aangrenzende velden)
M_{veld}	0,095	0,060			0,095	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}^2$
V	0,45	0,65	0,60	0,60	0,65	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$
R	0,45	0,60	0,60	0,60	0,60	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$

M_{stp}	0,115				0,100	0,115			$\times q_{d,max} \cdot l^2$ (waarbij $l = \max$ van beide aangrenzende velden)
M_{veld}	0,090	0,065			0,065	0,090			$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}^2$
V	0,45	0,65	0,60	0,55	0,55	0,60	0,65	0,45	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$
R	0,45	0,60	0,60	0,55	0,55	0,60	0,60	0,45	$\times q_{d,max} \cdot l_{veld}$

Stroomschema voor het berekenen van ligger-, respectievelijk vloerwapening



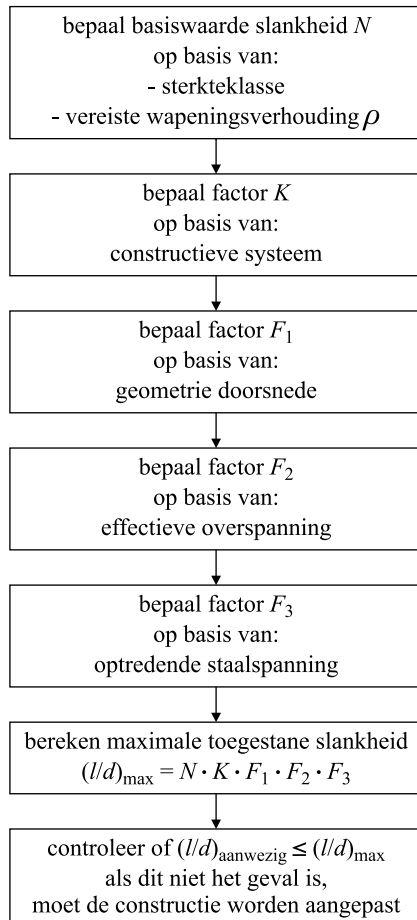
Tabel 13.1 Benaderingsformules voor de slankheid van vloeren (l_{eff} in m)

schema	l_{eff}/d ($l_{\text{eff}} \leq 7,0$ m)	l_{eff}/d ($l_{\text{eff}} > 7,0$ m)
	25	$175/l_{\text{eff}}$
	32	$225/l_{\text{eff}}$
	35	$245/l_{\text{eff}}$

Tabel 13.3 Grenswaarden slankheid van rechthoekige doorsneden in verband met doorbuiging

Uitgangspunten: geen drukwapening en geen herverdeling toegepast

$$\text{vereiste slankheid} \leq N \cdot K \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot F_3$$

stroomschema**basiswaarde slankheid N**

ρ (%)	f_{ck} (N/mm ²)	20	28	35	45	55
0,20		45,7	67,7	89,1	122,3	158,0
0,25		33,0	47,8	62,2	84,9	109,4
0,30		25,9	36,3	46,6	63,0	80,9
0,35		21,7	29,2	36,9	49,1	62,7
0,40		19,1	24,6	30,4	39,8	50,4
0,45		17,7	21,6	26,0	33,4	41,7
0,50		17,0	19,6	23,0	28,8	35,5
0,60		16,0	18,0	19,8	23,1	27,5
0,70		15,3	17,0	18,5	20,6	23,1
0,80		14,8	16,2	17,6	19,4	21,3
0,90		14,3	15,7	16,8	18,5	20,2
1,00		14,0	15,2	16,2	17,8	19,2
1,10		13,7	14,8	15,8	17,1	18,5
1,20		13,5	14,5	15,4	16,6	17,9
1,30		13,3	14,2	15,0	16,2	17,3
1,40		13,1	14,0	14,8	15,8	16,9
1,50		13,0	13,8	14,5	15,5	16,5
1,60		12,9	13,6	14,3	15,2	16,2
1,70		12,8	13,5	14,1	15,0	15,9
1,80		12,7	13,3	13,9	14,8	15,6
1,90		12,6	13,2	13,8	14,6	15,3
2,00		12,5	13,1	13,6	14,4	15,1

waarden van K

constructief systeem		K
balk	vloer	
vrij opgelegd	in één of twee richtingen dragende, vrij opgelegde plaat	1,0
eindoverspanning van doorgaande balk	eindoverspanning van doorgaande in één richting dragende plaat	1,3
tussenoverspanning	eindoverspanning van in twee richtingen dragende, over één lange zijde doorgaande plaat	1,3
	tussenoverspanning van in één of twee richtingen dragende plaat	1,5
	vlakke plaatvloer (gebaseerd op langste overspanning)	1,2
uitkraging	uitkraging	0,4

(vervolg tabel 13.3)

waarden van F_1

geometrie betondoorsnede		F_1
rechthoekige betondoorsnede		1,00
balk met flenzen, meewerkende flensbreedte / breedte rib = 1,0		1,00
= 1,5		0,95
= 2,0		0,90
= 2,5		0,85
$\geq 3,0$		0,80

waarden van F_2

overspanning		F_2
balk	vloer	
overspanning ≤ 7 m	lijnvormig ondersteund, overspanning ≤ 7 m	1
overspanning > 7 m	lijnvormig ondersteund, overspanning > 7 m	$7 / l_{\text{eff}}$
	vlakke plaatvloer, grootste overspanning $\leq 8,50$ m	1
	vlakke plaatvloer, grootste overspanning $> 8,50$ m	$8,5 / l_{\text{eff}}$

bepaling F_3 bepaal ψ_2 , G_k en Q_k bepaal Q_k / G_k

lees uit de tabel de bijbehorende waarde van de spanning af

bepaal de verhouding $A_{\text{benodigd}} / A_{\text{toegepast}}$ optredende spanning = tabelwaarde $\times$ verhouding $A_{\text{benodigd}} / A_{\text{toegepast}}$ $F_3 = 310 / \text{optredende spanning in N/mm}^2$

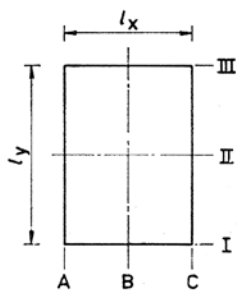
Q_k / G_k	ψ_2	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,10		322	325	329	332	335	338	341	345	348	351	354
0,20		290	296	301	307	313	319	325	330	336	342	348
0,30		264	271	279	287	295	303	311	319	327	335	343
0,40		242	251	261	271	280	290	300	309	319	329	338
0,50		223	234	245	256	268	279	290	301	312	323	334
0,60		207	220	232	244	257	269	282	294	306	319	331
0,70		193	207	220	234	247	261	274	288	301	315	329
0,80		181	196	210	225	239	254	268	283	297	312	326
0,90		171	186	201	217	232	247	263	278	293	309	324
1,00		161	177	193	209	225	242	258	274	290	306	322
1,10		153	169	186	203	220	237	253	270	287	304	320
1,20		145	162	180	197	215	232	249	267	284	301	319
1,30		138	156	174	192	210	228	246	264	282	300	318
1,40		132	150	169	187	206	224	242	261	279	298	316
1,50		126	145	164	183	202	221	239	258	277	296	315

Tabel 14.3 Lijnvormig star ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting
Maatgevende momenten in de middenstroken

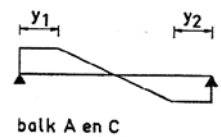
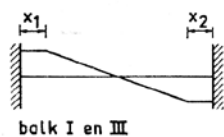
l_y / l_x		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	
I		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	41	54	67	79	87	97	110	117
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	41	35	31	28	26	25	24	23	23
II		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	18	26	32	36	39	41	42	43
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	18	16	12	10	10	10	10	10	10
	$m_{sx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	51	63	72	78	81	82	83	83	83
	$m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	51	54	55	54	54	53	51	49	49
	$a_x / l_x =$	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
	$a_y / l_y =$	0,18	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,07	0,06	0,06
III		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	25	36	45	53	58	62	67	69
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	25	23	20	19	18	17	17	17	17
	$m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	68	84	97	106	113	117	122	124	124
	$m_{sy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	68	74	77	77	77	76	73	71	71
	$a_x / l_x =$	0,20	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
	$a_y / l_y =$	0,21	0,19	0,17	0,16	0,13	0,12	0,09	0,09	0,09
IV A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	16	28	42	56	69	80	100	112
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	29	32	32	30	27	24	20	18	18
	$m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	69	85	97	105	110	112	112	112	112
	$a_y / l_y =$	0,19	0,19	0,17	0,17	0,16	0,15	0,12	0,11	0,11
IV B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	29	34	38	40	42	42	42	42
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	16	14	13	13	13	13	13	13	13
	$m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	69	76	80	82	83	83	83	83	83
	$a_x / l_x =$	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
V A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	27	41	54	67	78	89	105	115
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	38	37	34	30	27	25	24	23	23
	$m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	91	102	108	111	113	114	114	114	114
	$a_y / l_y =$	0,21	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,10	0,10
V B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	38	44	52	58	62	65	68	70
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	27	21	19	18	17	17	17	17	17
	$m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	91	98	107	113	118	120	124	124	124
	$a_x / l_x =$	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25
VI A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	18	29	39	47	54	59	66	69
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	23	23	20	17	15	14	13	13	13
	$m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	54	72	88	100	108	114	121	124	124
	$m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	60	69	74	76	76	76	73	71	71
	$a_x / l_x =$	0,19	0,21	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24
	$a_y / l_y =$	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	0,10	0,08	0,08
VI B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	23	30	35	38	40	41	42	43
	$m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$	18	15	14	13	13	13	13	13	13
	$m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	60	70	76	80	82	83	83	83	83
	$m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2 \times$	54	55	55	54	53	53	51	49	49
	$a_x / l_x =$	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21
	$a_y / l_y =$	0,19	0,18	0,14	0,13	0,13	0,10	0,08	0,07	0,07
= vrij opgelegd = volledig ingeklemd		m_{vx} is het positieve moment per lengte in de middendoorsnede evenwijdig aan de lange zijde (l_x) m_{vy} is het positieve moment per lengte in de middendoorsnede evenwijdig aan de korte zijde (l_y) m_{sx} is het negatieve moment per lengte langs een lange zijde (l_x) m_{sy} is het negatieve moment per lengte langs een korte zijde (l_y)								

Tabel 14.4.a Lijnvormig verend ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting, $\rho = 1$
Momentensommen, dwarskrachten, coëfficiënten voor de doorbuiging

coëfficiënten voor momentensommen en dwarskrachten												coëfficiënten voor de doorbuiging van de plaat $\delta = 0,001 \frac{p_d l_x^4}{EI} \times$	
l_y/l_x	x-richting						y-richting						
	drsn.	$M_{dx} = 0,001 p_d l_y l_x^2 \times$			$V_{dx} = 0,01 p_d l_x l_y \times$		drsn.	$M_{dy} = 0,001 p_d l_x l_y^2 \times$			$V_{dy} = 0,01 p_d l_x l_y \times$		
		balk I	plaat	balk III	balk I	balk III		balk A	plaat	balk C	balk A	balk C	
1,0	A	-12	-58	-12	5	5	I	0	0	0	20	20	2,1
	B	+ 8	+27	+ 8	0	0	II	+60	+ 5	+60	0	0	
	C	-12	-58	-12	5	5	III	0	0	0	20	20	
1,2	A	-11	-61	-11	4	4	I	0	0	0	21	21	2,3
	B	+ 7	+28	+ 7	0	0	II	+61	+ 3	+61	0	0	
	C	-11	-61	-11	4	4	III	0	0	0	21	21	
1,4	A	-10	-63	-10	4	4	I	0	0	0	21	21	2,5
	B	+ 6	+30	+ 6	0	0	II	+62	+ 1	+62	0	0	
	C	-10	-63	-10	4	4	III	0	0	0	21	21	
1,6	A	- 9	-65	- 9	4	4	I	0	0	0	21	21	2,5
	B	+ 6	+30	+ 6	0	0	II	+63	+ 0	+63	0	0	
	C	- 9	-65	- 9	4	4	III	0	0	0	21	21	
1,8	A	- 8	-67	- 8	3	3	I	0	0	0	22	22	2,6
	B	+ 5	+32	+ 5	0	0	II	+63	+ 0	+63	0	0	
	C	- 8	-67	- 8	3	3	III	0	0	0	22	22	
2,0	A	- 7	-68	- 7	3	3	I	0	0	0	22	22	2,6
	B	+ 5	+33	+ 5	0	0	II	+63	+ 0	+63	0	0	
	C	- 7	-68	- 7	3	3	III	0	0	0	22	22	
2,5	A	- 6	-70	- 6	3	3	I	0	0	0	22	22	2,7
	B	+ 4	+35	+ 4	0	0	II	+63	+ 0	+63	0	0	
	C	- 6	-70	- 6	3	3	III	0	0	0	22	22	
3,0	A	- 6	-72	- 6	2	2	I	0	0	0	23	23	2,8
	B	+ 3	+35	+ 3	0	0	II	+63	+ 0	+63	0	0	
	C	- 6	-72	- 6	2	2	III	0	0	0	23	23	



geschematiseerd verloop van dwarskrachten in de balken

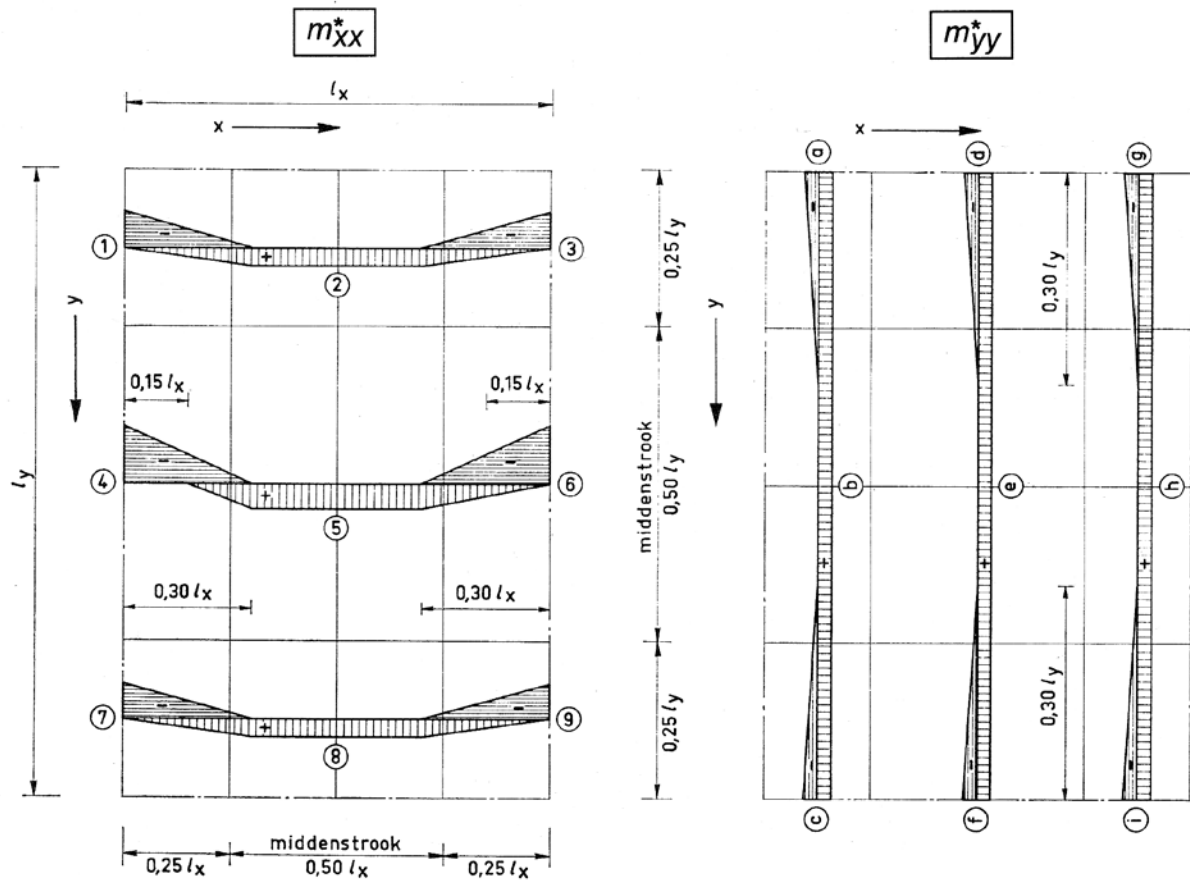


l_y/l_x	x_1/l_x	x_2/l_x
1,0	0,23	0,23
1,2	0,23	0,23
1,4	0,23	0,23
1,6	0,23	0,23
1,8	0,23	0,23
2,0	0,23	0,23
2,5	0,23	0,23
3,0	0,23	0,23

l_y/l_x	y_1/l_y	y_2/l_y
1,0	0,12	0,12
1,2	0,12	0,12
1,4	0,12	0,12
1,6	0,12	0,12
1,8	0,12	0,12
2,0	0,12	0,12
2,5	0,12	0,12
3,0	0,12	0,12

Tabel 14.4.b Lijnvormig verend ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting, $\rho = 1$
Wapeningsmomenten per lengte

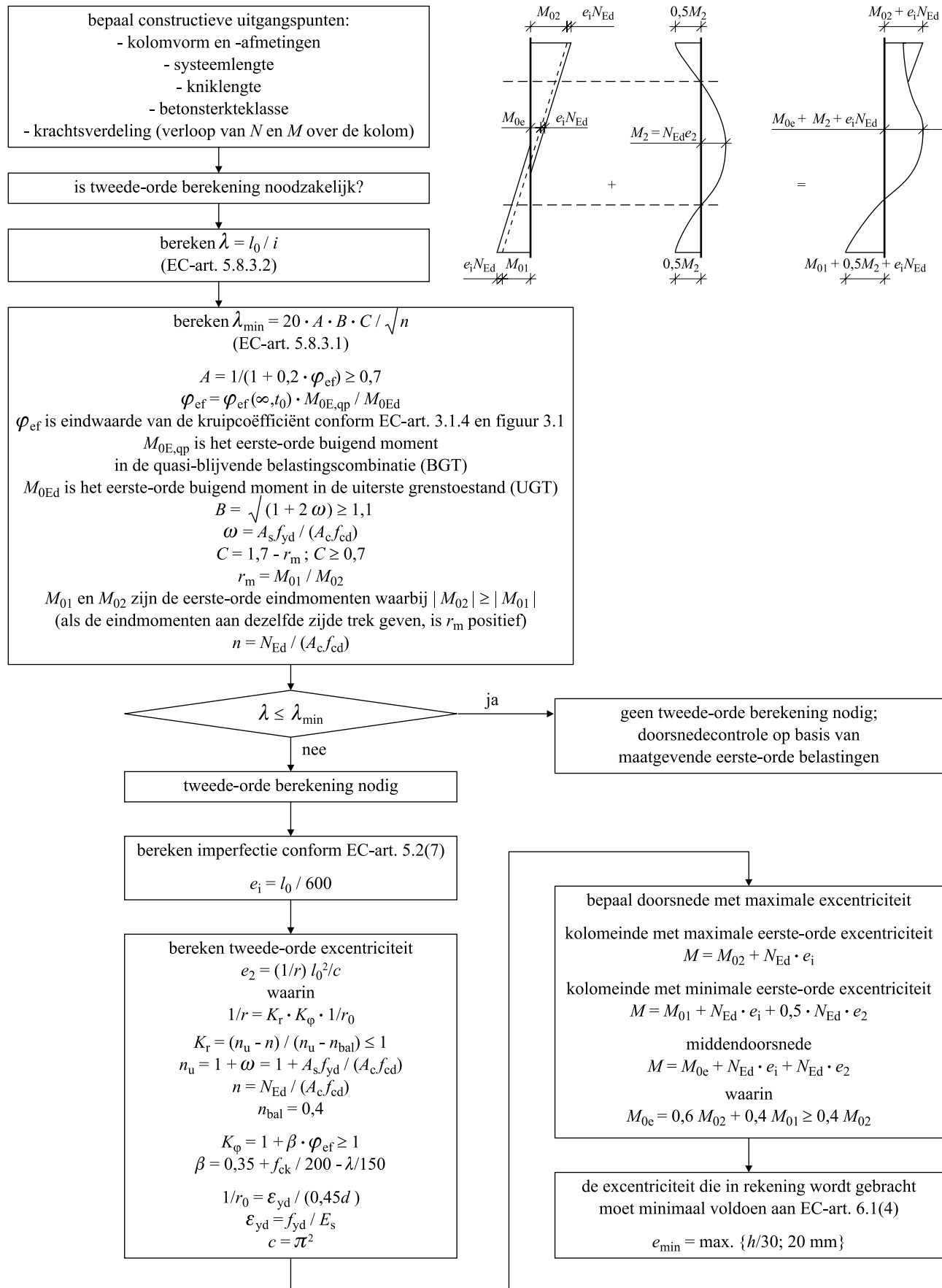
geschematiseerd verloop van wapeningsmomenten



coëfficiënten voor wapeningsmomenten																		
l_y/l_x	$m^*_{xx} = 0,001 p_d l_x^2 \times$									$m^*_{yy} = 0,001 p_d l_x^2 \times$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	-47	+25	-47	-70	+32	-70	-47	+25	-47	± 12	+12	± 12	± 14	+14	± 14	± 12	+12	± 12
1,2	-49	+26	-49	-75	+35	-75	-49	+26	-49	± 13	+13	± 13	± 14	+14	± 14	± 13	+13	± 13
1,4	-50	+26	-50	-78	+37	-78	-50	+26	-50	± 14	+14	± 14	± 14	+14	± 14	± 14	+14	± 14
1,6	-52	+27	-52	-79	+38	-79	-52	+27	-52	± 14	+14	± 14	± 14	+14	± 14	± 14	+14	± 14
1,8	-54	+28	-54	-81	+40	-81	-54	+28	-54	± 14	+14	± 14	± 15	+15	± 15	± 14	+14	± 14
2,0	-55	+28	-55	-82	+41	-82	-55	+28	-55	± 14	+14	± 14	± 16	+16	± 16	± 14	+14	± 14
2,5	-58	+29	-58	-83	+41	-83	-58	+29	-58	± 14	+14	± 14	± 16	+16	± 16	± 14	+14	± 14
3,0	-61	+30	-61	-83	+42	-83	-61	+30	-61	± 14	+14	± 14	± 17	+17	± 17	± 14	+14	± 14

Stroomschema voor het berekenen van een geschoorde kolom

methode gebaseerd op de nominale kromming

symmetrisch gewapende doorsnede, totale excentriciteit $\geq 0,10 h$ (als totale excentriciteit $< 0,10 h$, moet de gemiddelde stuk worden beperkt tot ε_{c3} ; zie NEN-EN 1992-1-1, art. 6.1(5))

Tabel 17.1 Buiging en normaalkracht

symmetrisch gewapende doorsnede

ρ is wapeningsverhouding in % voor totale doorsnede

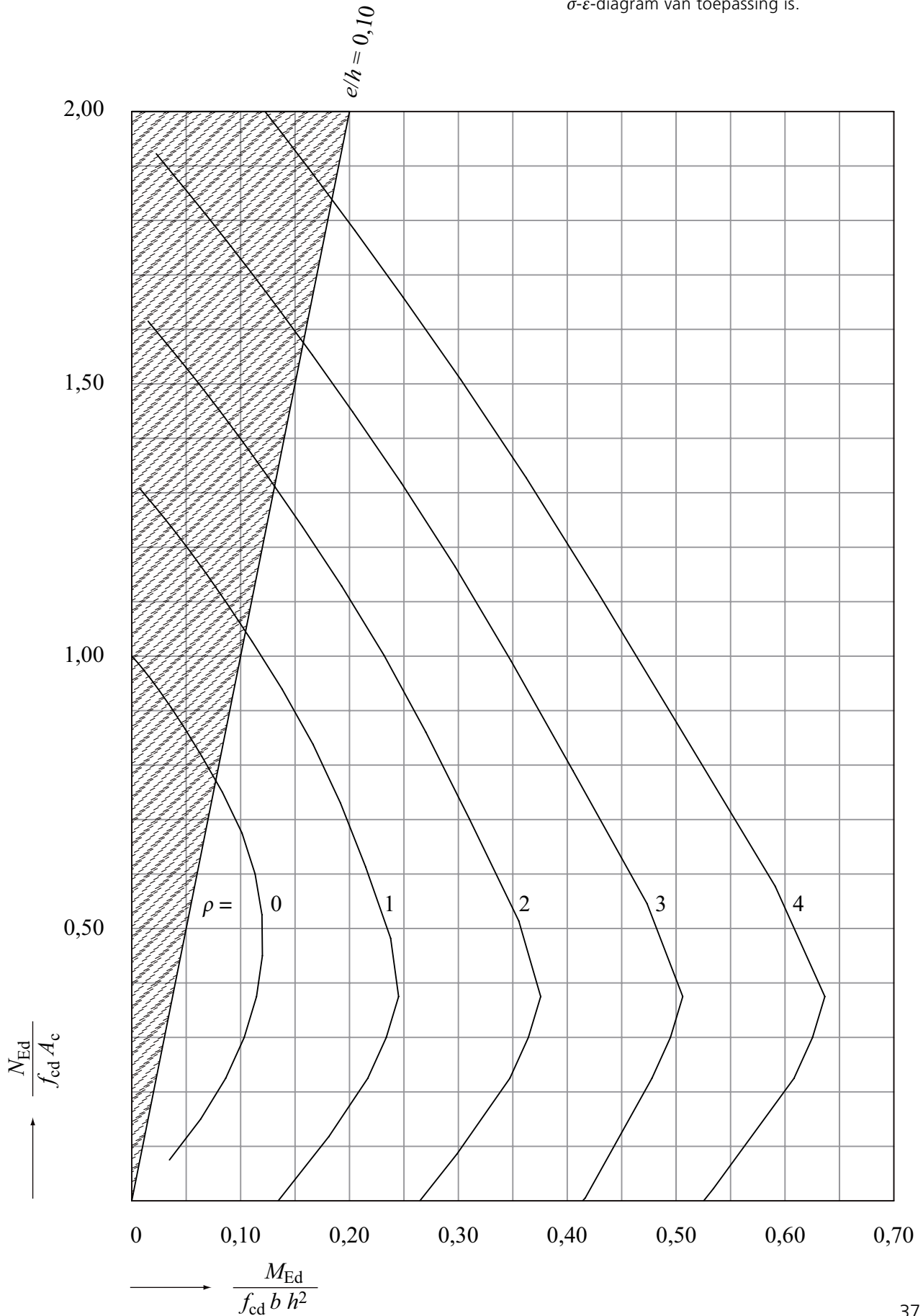
$A_{s,rqd,tot} = 0,01 \rho A_c$

C20/25

B500

$a/h = 0,10$

NB Gebied boven de lijn $e/h = 0,10$ is gearceerd omdat bij nagenoeg centrische druk ($e/h \leq 0,10$) een aangepast σ - ϵ -diagram van toepassing is.



Tabel 17.2 Buiging en normaalkracht

symmetrisch gewapende doorsnede

ρ is wapeningsverhouding in % voor totale doorsnede

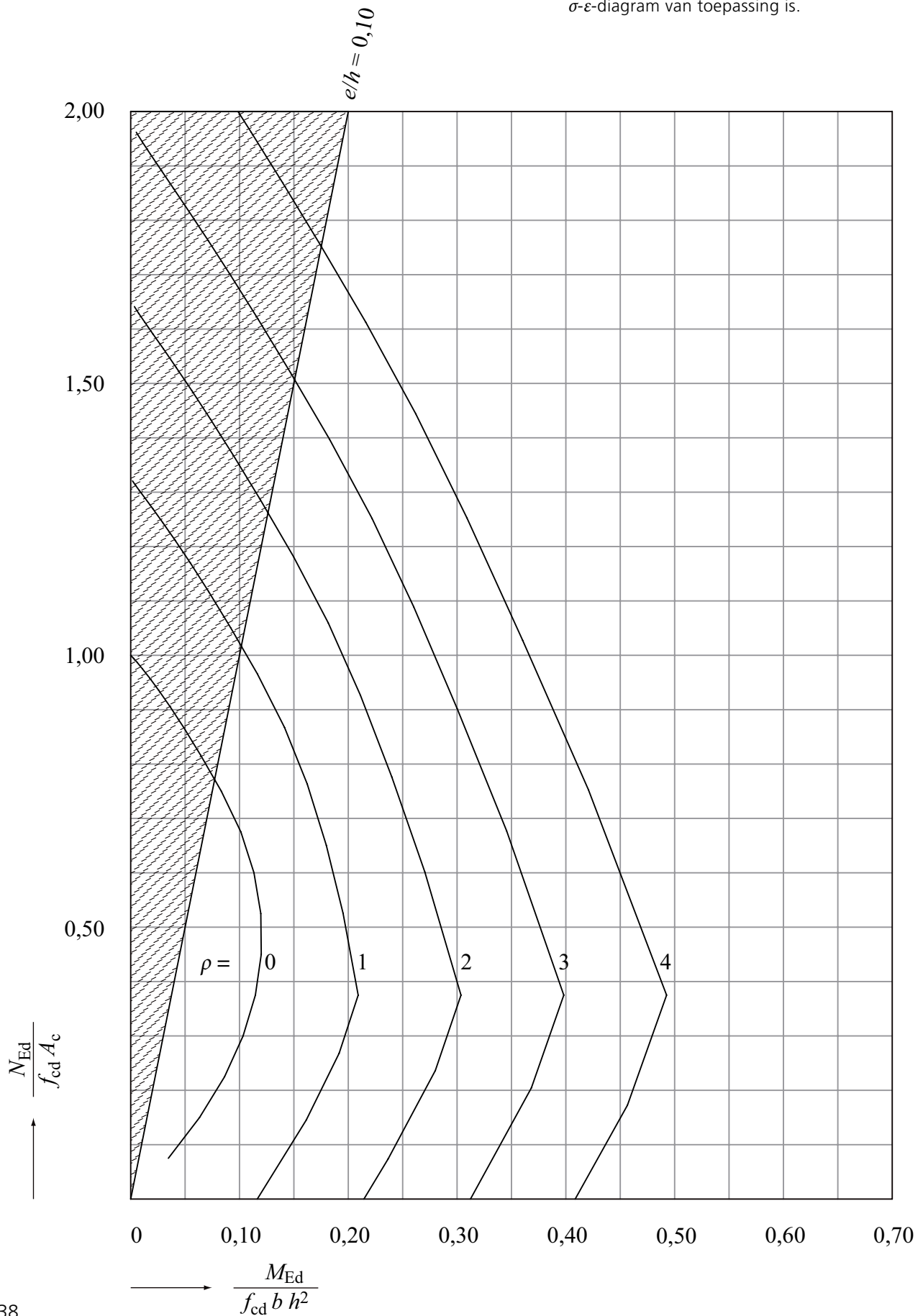
$A_{s,rqd,tot} = 0,01 \rho A_c$

C20/25

B500

$a/h = 0,20$

NB Gebied boven de lijn $e/h = 0,10$ is gearceerd omdat bij nagenoeg centrische druk ($e/h \leq 0,10$) een aangepast σ - ϵ -diagram van toepassing is.



Tabel 17.3 Buiging en normaalkracht

C16/20 – C50/60

B500

$a/h = 0,10$

symmetrisch gewapende doorsnede

r is wapeningsgetal in %

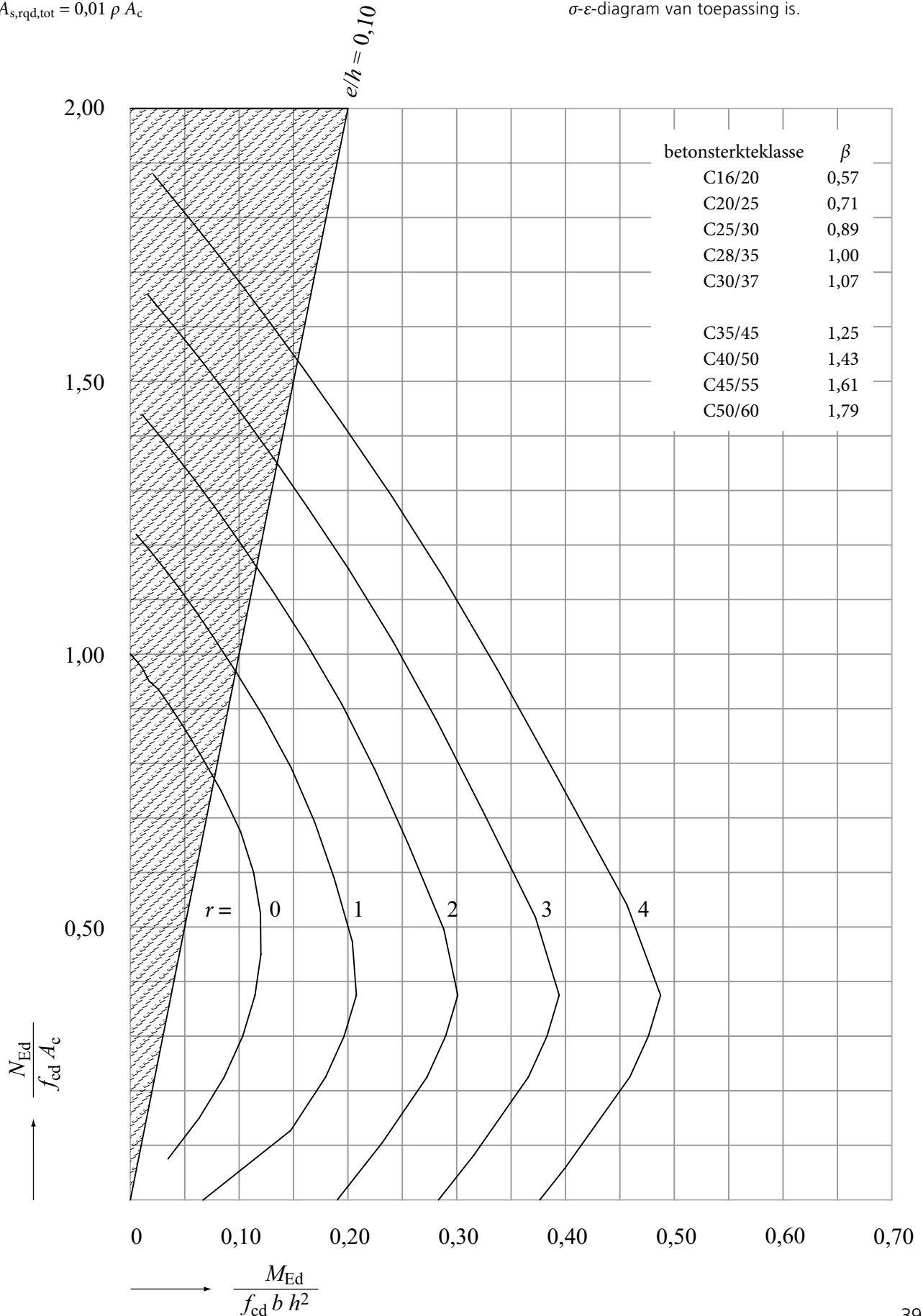
ρ is wapeningsverhouding in % voor totale doorsnede $= r \beta$

$A_{s,rqd,tot} = 0,01 \rho A_c$

NB Gebied boven de lijn $e/h = 0,10$ is

gearceerd omdat bij nagenoeg centrische druk ($e/h \leq 0,10$) een aangepast

σ - ϵ -diagram van toepassing is.



Tabel 17.4 Buiging en normaalkracht

C16/20 – C50/60

B500

$a/h = 0,20$

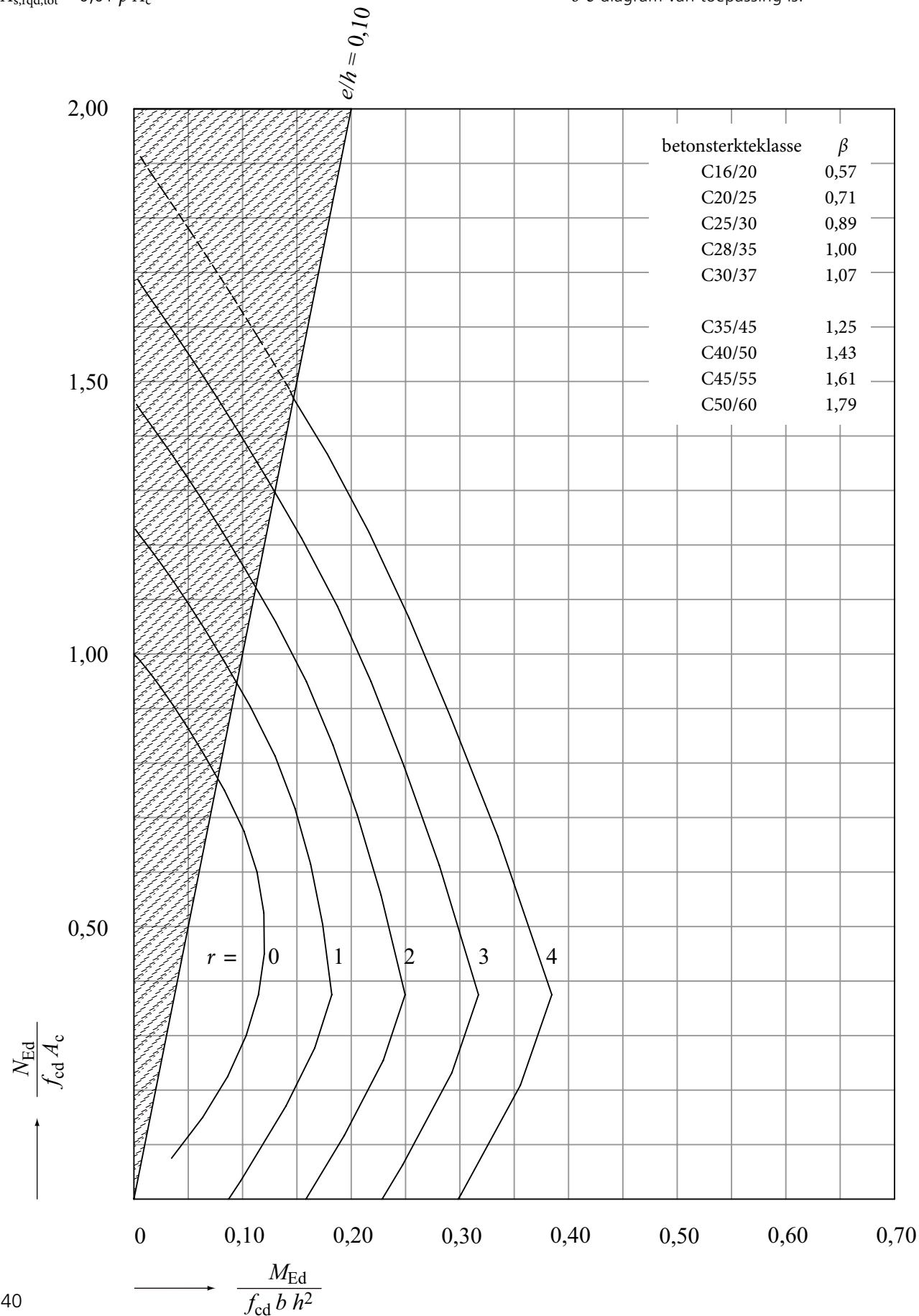
symmetrisch gewapende doorsnede

r is wapeningsgetal in %

ρ is wapeningsverhouding in % voor totale doorsnede $= r \beta$

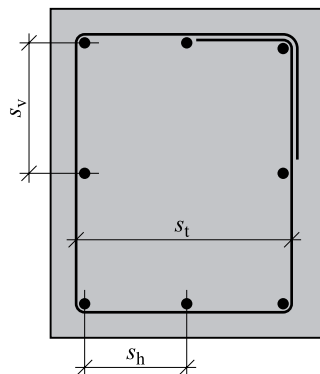
$A_{s,rqd,tot} = 0,01 \rho A_c$

NB Gebied boven de lijn $e/h = 0,10$ is gearceerd omdat bij nagenoeg centrische druk ($e/h \leq 0,10$) een aangepast σ - ϵ -diagram van toepassing is.



Detaillering balken

langswapening: $- A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \leq 0,0013 b d$ $\geq 1,25 \cdot A_{s,rqd}$		
	C20/25	C28/35
ρ_{min}	0,13	0,14
ρ_{max}	1,03	1,44

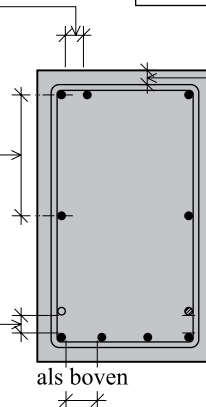


beugelwapening: - beugelafstand in langsrichting $s_{l,max} = 0,75 d$ - beugelbeenafstand in dwarsrichting $s_{t,max} = \min \{0,75 d ; 600 \text{ mm}\}$ bij dwarskracht:		
	C20/25	C28/25
$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$	0,072%	0,085%
bij wringing: $s_{l,max} = \min \{0,75 d ; u / 8 ; b ; h\}$ $s_{v,max} = s_{h,max} = 350 \text{ mm}$		

min. afstand hoofdwapening:
 20 mm
 $\geq \phi$
 $d_g + 5 \text{ mm}$

max. afstand flankwapening:
 350 mm

als boven

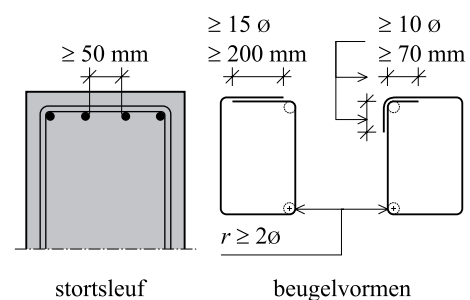


betondekking incl. uitvoeringstolerantie
 op hoofdwapening
 $\geq \phi + 5 \text{ mm}$

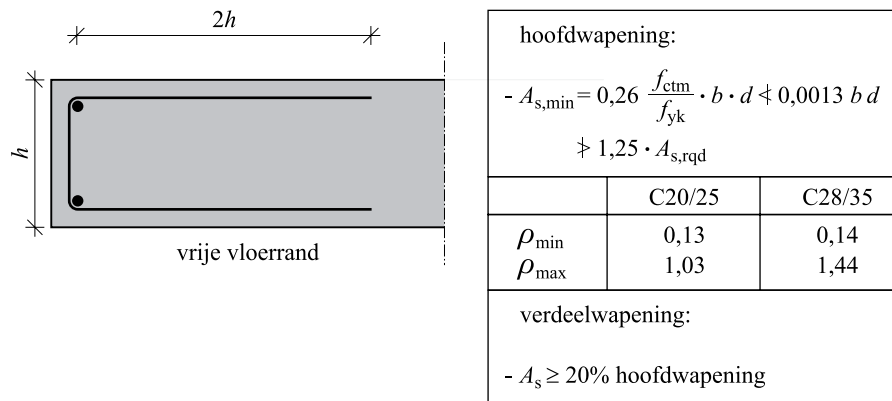
max. afstand verticale beugels:
 $0,75 d$

milieuklasse	betondekking incl. uitvoeringstolerantie voor C20/25 en C28/35
X0	15 mm
XC1	20 mm resp. 15 mm
XC2 en XC3	30 mm
XC4	35 mm
XS1 en XD1	40 mm
XS2 en XD2	45 mm
XS3 en XD3	50 mm
nabehandeld oppervlak	+5 mm
oncontroleerbaar	+5 mm

	minimum ϕ in mm	
	B500 staven	B500 wapeningsnetten
hoofdwapening	8	6
flankwapening	5	5
beugels	5	5

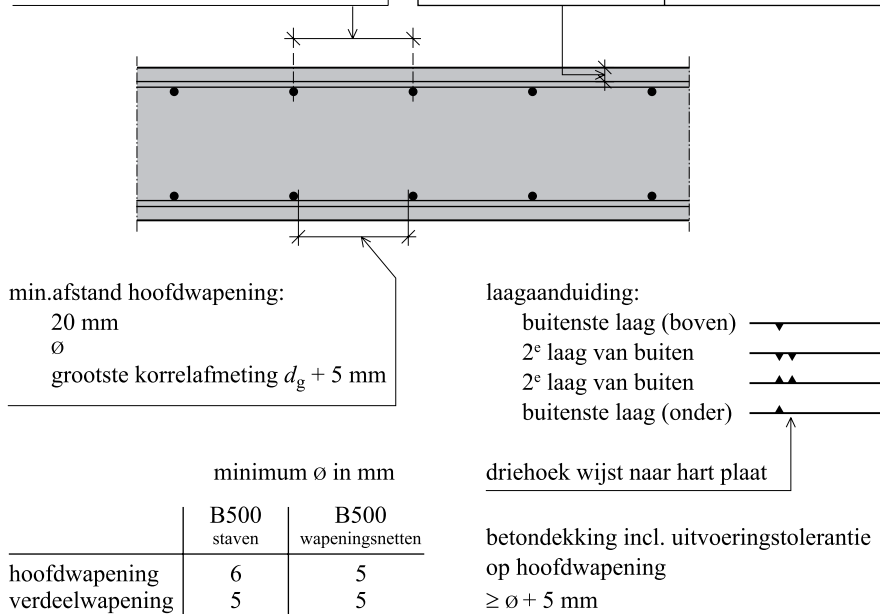


Detailering vloeren

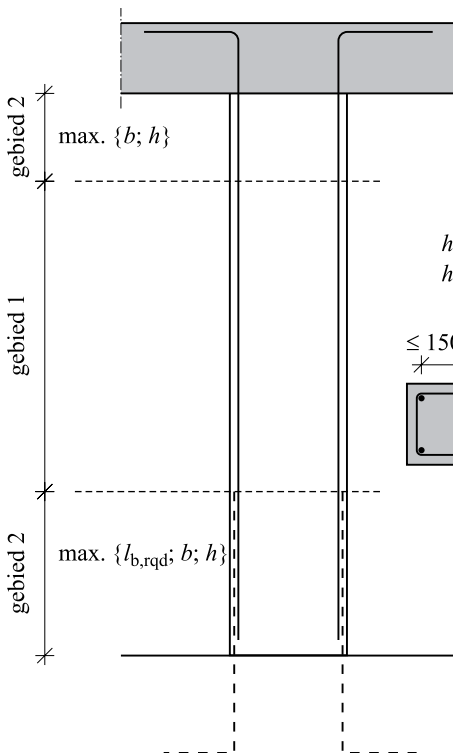


max. afstand hoofdwapening h.o.h.:		
$2 h$	} t.p.v. max. momenten en geconcentreerde belastingen	
250 mm		
$3 h$	} bij afnemend moment	
400 mm		
max. afstand verdeelwapening h.o.h.:		
$3 h$	} t.p.v. max. momenten en geconcentreerde belastingen	
400 mm		
$3,5 h$	} bij afnemend moment	
450 mm		

milieuklasse	betondekking incl. uitvoeringstolerantie voor C20/25 en C28/35
X0	15 mm
XC1	15 mm
XC2 en XC3	25 mm
XC4	30 mm
XS1 en XD1	35 mm
XS2 en XD2	40 mm
XS3 en XD3	45 mm
nabehandeld oppervlak	+5 mm
oncontroleerbaar	+5 mm



Detaillering kolommen



- $A_{s,min} = \max. \left\{ \frac{0,10 N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right\}$
- $A_{s,max} = 0,04 A_c$ buiten gebieden met overlappingslassen
- $A_{s,max} = 0,08 A_c$ in gebieden met overlappingslassen
- $\phi_{hw,min} = 8 \text{ mm}$
- $\phi_{beugel} \geq \max. \{6 \text{ mm}; 0,25 \phi_{hw,max}\}$
aantal staven minimaal:
- in veelhoekige kolom in alle hoeken
- in ronde kolom 4 stuks
max. beugelafstand h.o.h.:
- gebied 1 min. $\{20 \phi_{hw,min}; b; 400 \text{ mm}\}$
- gebied 2 min. $\{12 \phi_{hw,min}; 0,6 b; 240 \text{ mm}\}$

milieuklasse	betondekking incl. uitvoeringstolerantie voor C20/25 en C28/35
X0	15 mm
XC1	20 mm resp. 15 mm
XC2 en XC3	30 mm
XC4	35 mm
XS1 en XD1	40 mm
XS2 en XD2	45 mm
XS3 en XD3	50 mm
nabehandeld oppervlak oncontroleerbaar	+5 mm

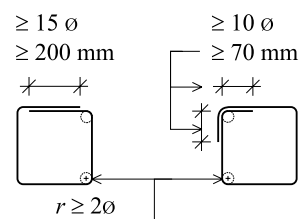
min.afstand hoofdwapening:
20 mm
 ϕ (grootste staaf)
grootste zeefmaat $d_g + 5 \text{ mm}$

max.afstand hoofdwapening:
150 mm

max. afstand tot opgesloten staaf:
150 mm

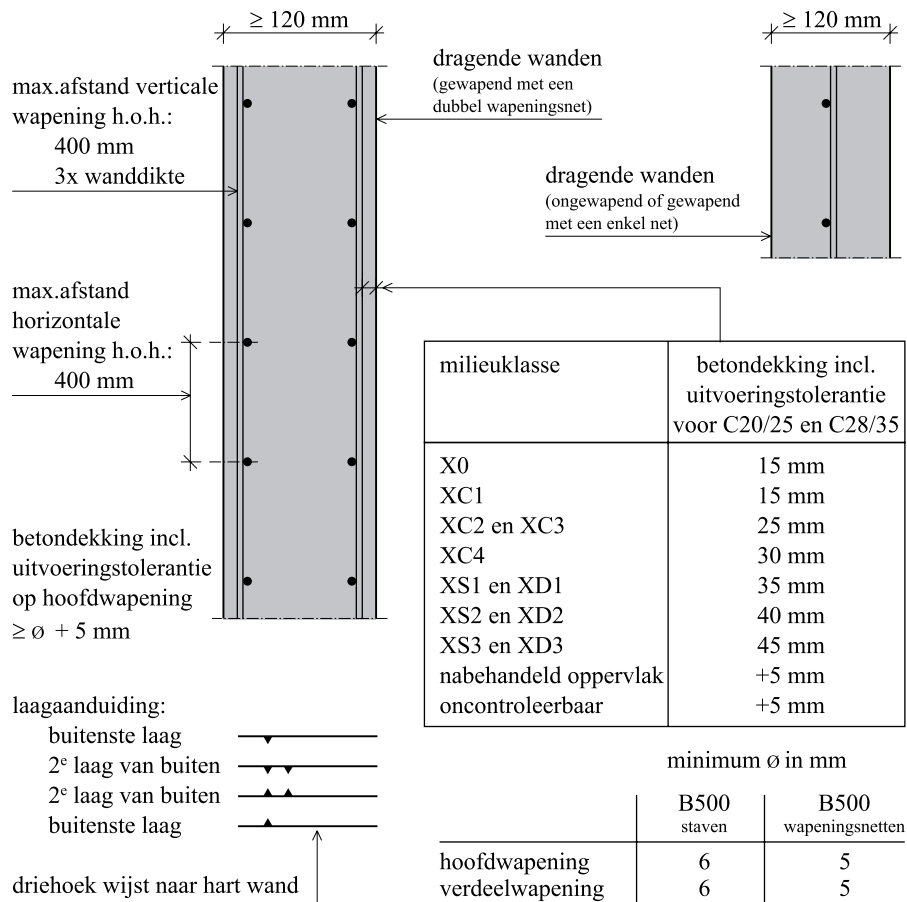
betondekking incl. uitvoeringstolerantie op hoofdwapening
 $\geq \phi + 5 \text{ mm}$

beugelvormen:



Detailering wanden

- als $A_{sw} > 0,02 A_c$: beugels toepassen als in kolommen	- $A_{sv,min} = 0$ - $A_{sv,max} = 0,04 A_c$ buiten gebieden met overlappingslassen $= 0,08 A_c$ in gebieden met overlappingslassen
- als verticale wapening aan buitenzijde: minimaal 4 beugels per m² wandoppervlak, tenzij: $\phi_{hw} \leq 16 \text{ mm}$ en $c > 2 \phi_{hw}$	- $A_{sh,min} = 0$



GTB 2006 - 3.8

betonstaal

• doorsnede betonstaalstaven

Gezamenlijke doorsnede van betonstaalstaven in mm²

Ø	massa per staaf (kg/m)	aantal staven									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	28	57	85	113	141	170	198	226	254	283
8	0,395	50	101	151	201	251	302	352	402	453	503
10	0,617	79	157	236	314	393	471	550	628	707	785
12	0,888	113	226	339	452	565	679	792	905	1018	1131
14	1,208	154	308	462	615	769	923	1077	1231	1385	1539
16	1,578	201	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	2011
20	2,466	314	628	942	1257	1571	1885	2199	2513	2827	3142
25	3,853	491	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	4909
32	6,313	804	1608	2413	3217	4021	4825	5630	6434	7238	8042
40	9,865	1257	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	12566
50	15,406	1962	3925	5887	7850	9812	11775	13737	15700	17662	19625

Doorsnede van betonstaalstaven in mm² per m plaatbreedte

afstand h.o.h. (mm)	aantal staven per m	Ø (mm)									
		6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
70	14,29	404	718	1122	1616	2199	2872	4488	7012	11489	17952
75	13,33	377	670	1047	1508	2051	2681	4189	6545	10723	16755
80	12,50	353	628	982	1414	1923	2513	3927	6136	10053	15708
85	11,76	333	591	924	1331	1809	2365	3696	5775	9462	14784
90	11,11	314	559	873	1257	1709	2234	3491	5454	8936	13963
95	10,53	298	529	827	1190	1620	2116	3307	5167	8466	13228
100	10,00	283	503	785	1131	1539	2011	3142	4909	8042	12566
105	9,52	269	479	748	1077	1465	1915	2992	4675	7660	11968
110	9,09	257	457	714	1028	1399	1828	2856	4462	7311	11424
115	8,70	246	437	683	983	1339	1748	2732	4268	6993	10927
120	8,33	236	419	654	942	1282	1676	2618	4091	6702	10472
125	8,00	226	402	628	905	1231	1608	2513	3927	6434	10053
130	7,69	217	387	604	870	1183	1547	2417	3776	6187	9666
135	7,41	209	372	582	838	1140	1489	2327	3636	5957	9308
140	7,14	202	359	561	808	1099	1436	2244	3506	5745	8976
145	6,90	195	347	542	780	1062	1387	2167	3385	5547	8666
150	6,67	188	335	524	754	1026	1340	2094	3272	5362	8378
155	6,45	182	324	507	730	992	1297	2027	3167	5189	8107
160	6,25	177	314	491	707	962	1257	1963	3068	5027	7854
165	6,06	171	305	476	685	932	1219	1904	2975	4874	7616
170	5,88	166	296	462	665	905	1183	1848	2887	4731	7392
175	5,71	162	287	449	646	879	1149	1795	2805	4596	7181
180	5,56	157	279	436	628	855	1117	1745	2727	4468	6981
185	5,41	153	272	425	611	832	1087	1689	2653	4347	6793
190	5,26	149	265	413	595	809	1058	1653	2584	4233	6614
195	5,13	145	258	403	580	789	1031	1611	2517	4124	6444
200	5,00	141	251	393	565	769	1005	1571	2454	4021	6283
205	4,88	138	245	383	552	751	981	1532	2395	3923	6130
210	4,76	135	239	374	539	732	957	1496	2337	3830	5984
215	4,65	132	234	365	526	715	935	1461	2283	3741	5845
220	4,55	129	228	357	514	700	914	1428	2231	3656	5712
225	4,44	126	223	349	503	683	894	1396	2182	3574	5585
230	4,35	123	219	341	492	669	874	1366	2134	3497	5464
235	4,26	120	214	334	481	655	856	1337	2089	3422	5347
240	4,17	118	209	327	471	642	838	1309	2045	3351	5236
245	4,08	115	205	321	462	628	821	1282	2004	3283	5129
250	4,00	113	201	314	452	615	804	1257	1963	3217	5027

GTB 2006 - 3.9

betonstaal

• doorsnede gepuntlaste wapeningsnetten

Doorsnede van gepuntlaste wapeningsnetten in mm² per m plaatbreedte

Ø	massa per staaf (kg/m)	doorsnede één staaf (mm ²)	doorsnede van staven in één staafrichting in mm ² bij staafafstand in mm						
			50 100 d ¹⁾	75 150 d ¹⁾	100 200 d ¹⁾	150	200	250	300
4,0	0,099	12,6	252	168	126	84	63	50	42
4,5	0,125	15,9	318	212	159	106	80	64	53
5,0	0,154	19,6	393	262	196	131	98	78	65
5,5	0,187	23,8	475	317	238	158	119	95	79
6,0	0,222	28,3	565	377	282	188	141	113	94
6,5	0,261	33,2	664	443	331	221	165	133	110
7,0	0,302	38,5	770	513	385	257	192	154	128
7,5	0,347	44,2	884	589	442	295	220	177	147
8,0	0,395	50,3	1005	670	503	335	251	201	167
8,5	0,446	56,7	1135	757	567	378	284	227	189
9,0	0,500	63,6	1272	848	636	424	318	254	212
9,5	0,557	70,9	1418	945	709	473	354	283	236
10,0	0,617	78,5	1571	1047	785	524	392	314	261
10,5	0,680	86,6	1732	1115	866	577	433	346	289
11,0	0,747	95,0	1901	1267	950	634	474	380	316
11,5	0,816	103,9	2077	1385	1039	692	519	415	345
12,0	0,888	113,1	2262	1508	1131	754	566	452	376
13,0	1,042	132,7	2655	1770	1327	885	664	531	442
14,0	1,208	153,9	3079	2052	1539	1026	769	616	513
16,0	1,578	201,0	4019	2679	2010	1340	1005	804	670

¹⁾ Dubbelstaven uitsluitend als langsstaven.