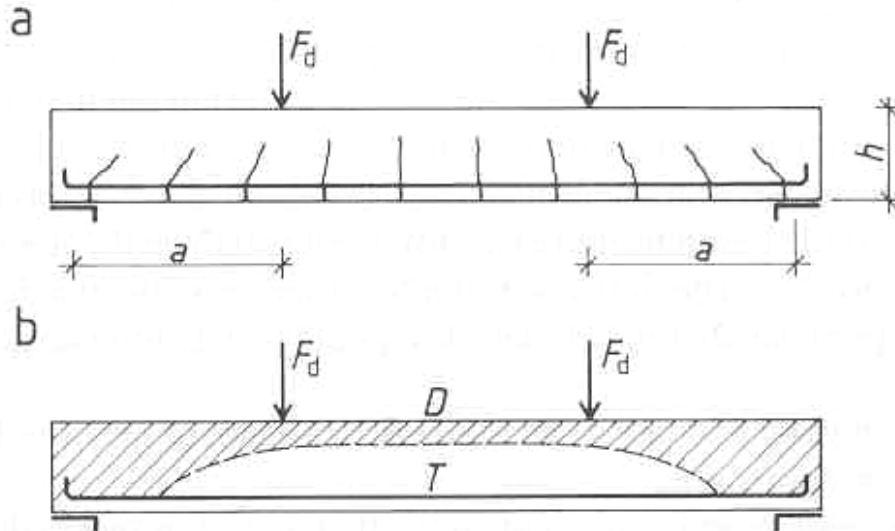


Week 01**Theorie:** Constructief vormgeven in beton en constructietekeningen**Beton**

Ongewapend beton is zoals steen door zijn lage treksterkte alleen geschikt voor op druk belaste constructies.



Gewapende betonconstructies nemen wel trekkrachten op.

Wapeningstaal en beton hebben ongeveer dezelfde uitzetting als gevolg van temperatuurverschillen, de combinatie beton en staal is dus vrij ideaal.

Een op buiging belaste betonbalk zal doorbuigen.
Bovenin de balk, de holle zijde, treden drukspanningen op.
Onderin de balk, de bolle zijde, treden trekspanningen op.

Beton is goed in staat drukspanningen op te nemen, de drukboog is het probleem dus niet.
De treksterkte is echter 5 a 10% van de druksterkte, bij een geringe belasting bezwijkt de balk dan ook in het midden op trek.

Wapening

Ongewapend beton is dus niet geschikt om op buiging te worden belast.
Door de trekzone te versterken (gewapend beton), kan een aanzienlijk hogere belasting op de balk worden aangebracht.

Gewapende betonconstructies nemen wel trekkrachten op.

Wapeningstaal en beton hebben ongeveer dezelfde uitzetting als gevolg van temperatuurverschillen, de combinatie beton en staal is dus vrij ideaal.

De wapening moet dus aan de trekzijde van de betonconstructie worden aangebracht, zover mogelijk van de neutrale lijn.

Omdat de krachten in op buiging belaste constructieonderdelen als liggers en vloeren snel de treksterkte van beton overschrijden, vertoont het beton kleine scheurtjes zodra de wapening deze trekkrachten moet overnemen. Deze weliswaar kleine scheurvorming leidt weer tot afname van de stijfheid van de betonconstructie.

Betondekking

De betondekking beschermt de wapening tegen schadelijke invloeden van buitenaf. De betondekking draagt zorg voor de krachtsoverbrenging tussen het op trek belaste beton en de wapening.

De betondekking geven we aan met het symbool c .

Aantasting van beton

Wat is het principe?

- Wapening gaat roesten
- Roest neemt meer volume in dan staal
- De dekkingslaag van het beton wordt weggedrukt

Wat kunnen we hier aan doen?

- Een dusdanige dekking kiezen dat deze effecten binnen de levensduur van de constructie niet optreden.
- In de normen is opgenomen hoeveel dekking nodig is, afhankelijk van het aantastingsrisico

Aantastingsmechanismen:

Carbonatatie

- Nieuwe beton heeft een alkalisch (basisch) milieu, waarin het staal van nature beschermd is tegen corrosie
- Door inwerking van lucht en vocht wordt het oppervlak zuurder, de grens zuur / basisch komt in de tijd steeds dieper onder het oppervlak te liggen.

Chloriden

- Chloride dringt door in beton en veroorzaakt versnelde corrosie.
- Voorbeelden:
 - Zeewater
 - Dooizouten

Vorst / dooi-wisselingen

- Vorst op een nat oppervlak veroorzaakt mechanische aantasting / lokale scheurvorming, zodat de indringing van de zuurgrens wordt versneld
- Voorbeelden:
Betonnen wegen, brugdekken, verticale constructies in de buitenlucht,

Chemische aantasting

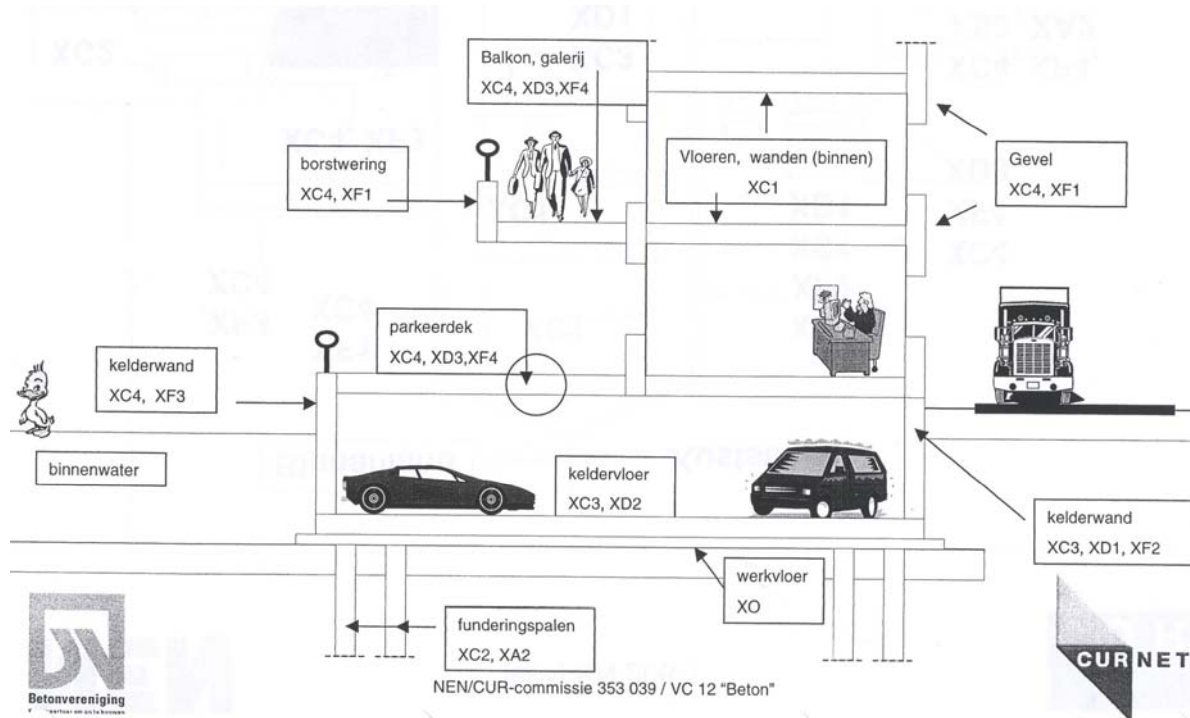
- Ten gevolge van een meer of minder agressief milieu
- Voorbeelden:
 - Rioleringsystemen / rioolzuiveringsinstallaties
 - Constructies onder de grondwaterstand, zoals funderingspalen en funderingsbalken

Beton - Indeling in Milieuklassen

Geen aantasting mogelijk (geen wapening)	XO
Carbonatatie	XC
Chloriden, anders dan zeewater	XD
Chloriden, afkomstig uit zeewater	XS
Vorst / dooi al dan niet met dooizouten	XF
Chemische aantasting	XA

Afhankelijk van de mate van aantasting wordt de aanduiding gevolgd door een nummer 1 t/m 3 of 4

1 constructieonderdeel kan in meerdere klassen tegelijk vallen



BETONDEKKING BUITENSTE WAPENING

Milieuklasse	plaat, wand	balk, poer, console	kolom
•Geen risico op corrosie of aan aantasting (X = exposure 0 = zerorisk)			
XO	15	25	30
•Corrosie ingeleid door carbonatatie (C = carbonatation)			
XC1; XC2; XC3; XC4	25	30	35
•Corrosie ingeleid door chloriden, anders dan afkomstig uit zeewater (D = de-icingsalts)			
XD1; XD2; XD3	30	35	40
•Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater (S = seawater)			
XS1; XC2; XC3	35	35	40
•Aantasting door vorst/dooi-wisselingen met of zonder dooizouten (F = frost)			
XF1; XF2; XF3; XF4	30	35	40
•Chemische aantasting (A = agressive)			
XA1; XA2; XA3	35	35	40

BETONDEKKING BUITENSTE WAPENING

Toeslagen in mm (onveranderd)	
nabehandeld oppervlak	+ 5
oncontroleerbaar oppervlak	+ 5
$f_{ck} < 25 \text{ N/mm}^2$	+ 5
dekking op hoofdwapening:	$c \geq \varnothing_k$ indien $\varnothing_k \leq 25 \text{ mm}$ $c \geq 1,5 \varnothing_k$ indien $\varnothing_k > 25 \text{ mm}$

Functies wapening

- Hoofdwapening: wapening in overspanningsrichting
- Verdeelwapening: wapening loodrecht op de overspanningsrichting, verdeelt de belasting over de hoofdwapening.
- Bijlegwapening: voor plaatselijke belastingconcentraties en bij sparingen
- Krimpwapening: tegen krimpscheuren tijdens de verharding van beton.

Dragende eigenschappen gewapend beton

Druksterkte σ in N/mm ²	15 – 30
Treksterkte σ in N/mm ²	15 – 30
Stijfheid E in N/mm ²	5000 – 19000

Stijfheid

De vervormingen in gewapend beton als gevolg van belastingen zijn aanzienlijk kleiner dan in hout en staal.

Gewapend beton is daardoor bijzonder geschikt voor vloerconstructies waarbij een geringe doorbuiging kan worden gecombineerd met een redelijke overspanning.

Brandveiligheid

Beton is van zich zelf onbrandbaar.

Beton heeft bij een geringe dikte al een aanzienlijk weerstand tegen branddoor- en overslag.

Bouwfysische eigenschappen

Positief

Geluidsisolerende werking tegen luchtgeluid

Goede warmteaccumulerende werking

Negatief

Goede overdracht van contactgeluiden

Goede thermische geleiding (ongeschikt als klimaatscheidende constructie)

Minimale vochtregulerende werking.

Samenwerking beton en staal

- **Beton kan goed drukspanningen opnemen**
- **Staal kan goed trekspanningen opnemen**
- **Goede hechting tussen staal en beton**
- **Temperatuur-uitzettingscoëfficiënt staal en beton vrijwel gelijk**
- **Staal wordt door beton beschermd tegen corrosie**

MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Beton Sterkte- klasse	f'_{ck}	f'_b	F_b	F_{bm}	E'_b
C 12/15	15	9	0,90	1,8	26000
C 20/25	25	15	1,15	2,3	28500
C 28/35	35	21	1,40	2,8	31000
C 35/45	45	27	1,65	3,3	33500
C 45/55	55	33	1,90	3,8	36000
C 53/65	65	39	2,15	4,3	38500

MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Beton

voor normaal beton:		voor hoge sterkte beton:
C 12/15 (B 15)		C 60/75 (B 75)
C 20/25 (B 25)		C 70/85 (B 85)
C 28/35 (B 35)		C 80/95 (B 95)
C 35/45 (B 45)		C 90/105 (B 105)
C 45/55 (B 55)		
C 53/65 (B 65)		

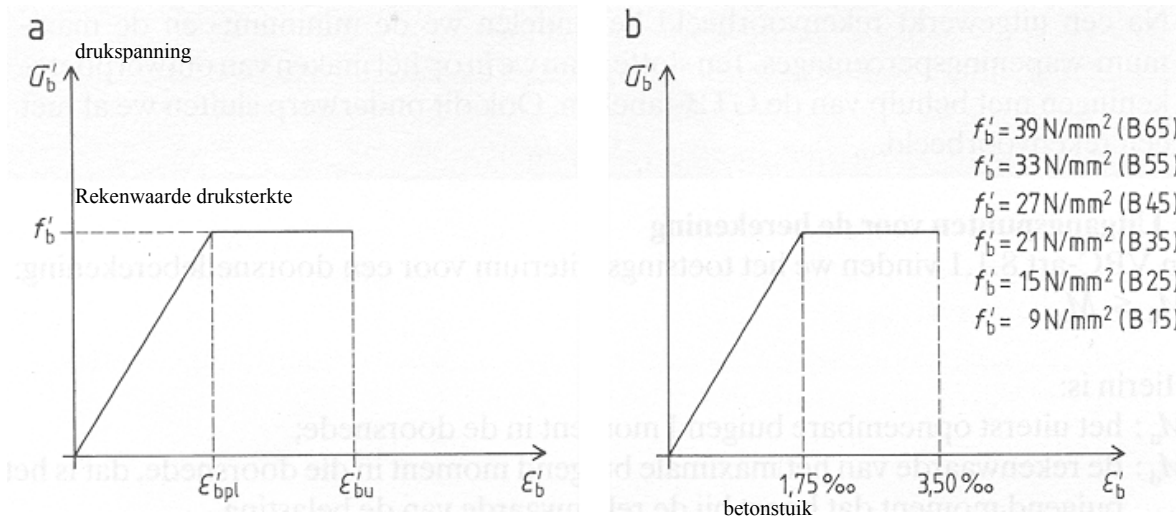
-
- f_{ck} karakteristieke kubusdruksterkte
 - $f_{b,rep}$ representatieve waarde van de druksterkte $0.72f_{ck}$
 - f_b rekenwaarde van de druksterkte
 - $f_{b,rep}$ representatieve waarde van de treksterkte $0.7(1.05+0.05f_{ck})$
 - f_b rekenwaarde van de treksterkte
 - f_{bm} gemiddelde treksterkte $= 2f_b$
 - f_{br} gemiddelde buigtreksterkte $(1.6-h)f_{bm} < f_{bm}$

De sterkteklassen van beton worden in Nederland aangeduid met de letter B (van beton)gevolgd door een getal. Dat getal geeft de karakteristieke waarde van de kubusdruksterkte aan. De vorm van de kubus is echter niet representatief en moet altijd worden omgerekend; een cilindervorm geeft een betere weergave van de werkelijkheid.

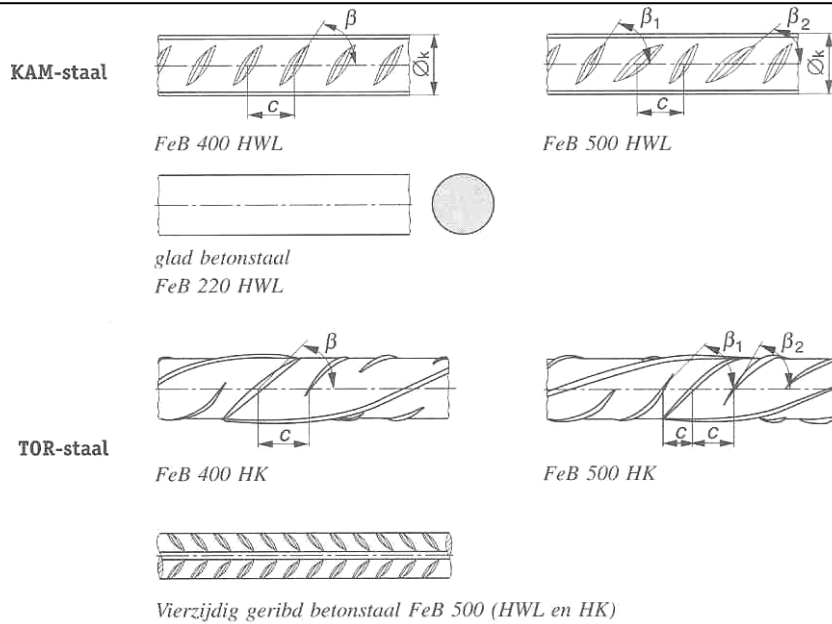
In vele andere Europese landen wordt daarom gerekend met de cilinderdruksterkte. In de nieuwe Europese aanduiding van sterkteklassen van beton staan nu zowel de karakteristieke kubusdruksterkte, als ook de karakteristieke cilinderdruksterkte vermeld, voorafgegaan door de letter C (concrete)

MATERIAALEIGENSCHAPPEN

spanning – rek diagram van beton



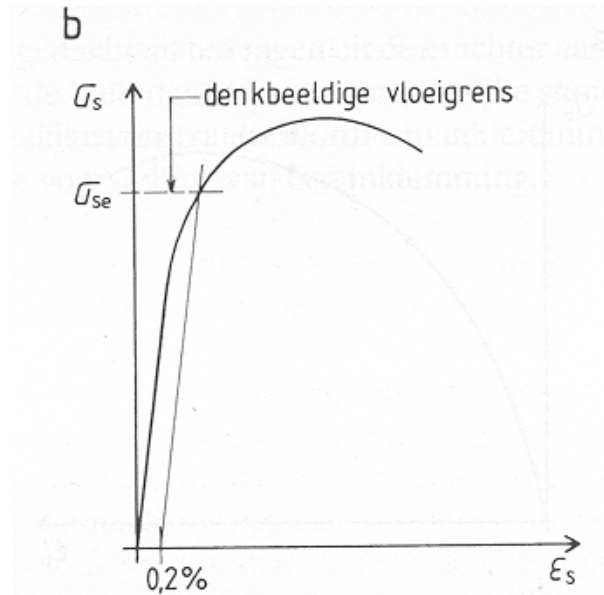
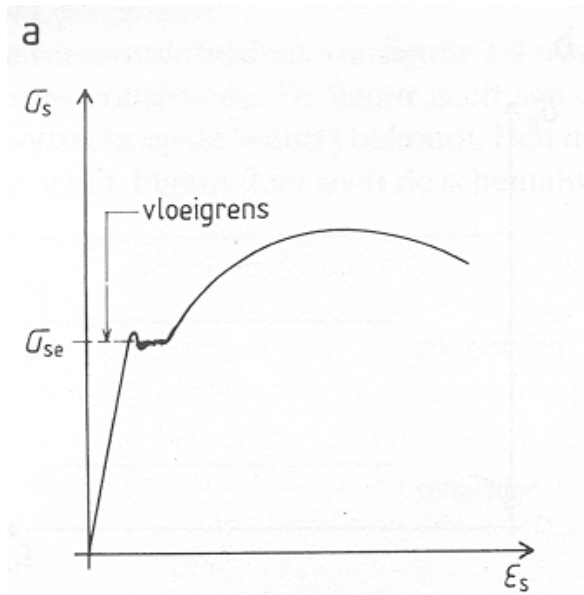
Betonstuik: specifieke verkorting op moment van bezwijken (kort- en langduurwaarde, Bij construeren uitgaan van langduurwaarde)



aanduiding	omschrijving
HWL	warmgewalst lasbaar = FeB 220, glad
HWN	warmgewalst toegepast in netten = FeB 400
HK	koudvormd = FeB 500
HKN	koudvormd toegepast in netten

MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Betonstaal



MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Betonstaal

betonstaalsoort		$f_{s\text{ rep}}$ (N/mm ²)	f_s (N/mm ²)	f'_s (N/mm ²)	ϵ_{su} (%)
staven	FeB 220 HWL	220	190	190	5,00
	FeB 400 HWL, HK	400	350	350	4,00
	FeB 500 HWL, HK	500	435	435	3,25
	FeB 500 HKN	500	435	435	2,75
gepunte wapenings- netten	FeB 500 HKN, HWN	500	435	435	2,75

$f_{s\text{ rep}}$ = representatieve waarde van de treksterkte = karakteristieke waarde van de vloeï- of 0,2%-rekgrens (f_{sk})

f_s = rekenwaarde van de treksterkte

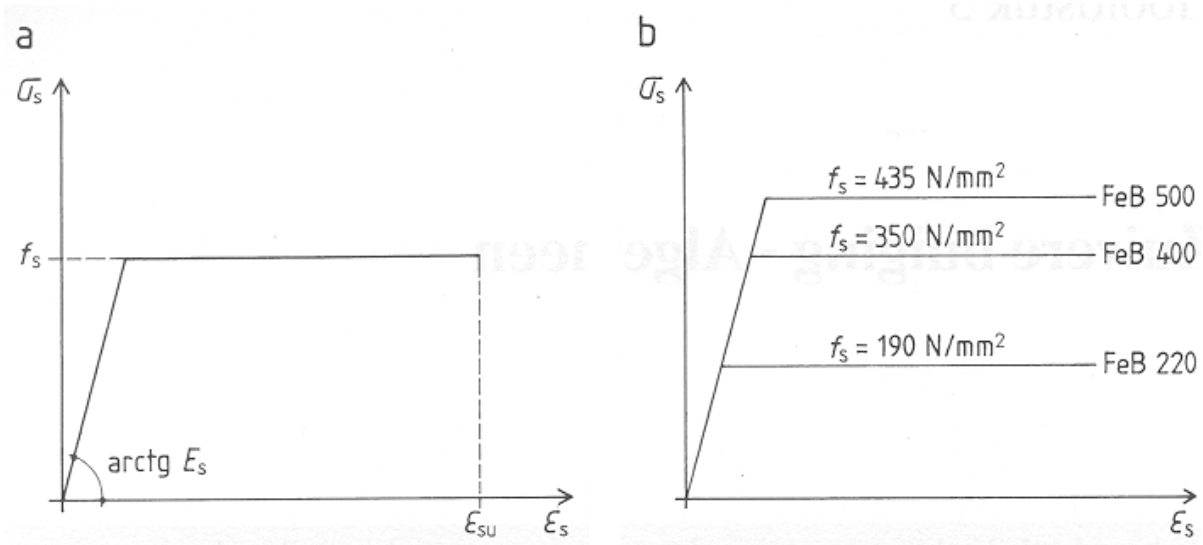
f'_s = rekenwaarde van de druksterkte

ϵ_{su} = rek bij maximale belasting (karakteristieke waarde)

druk: materiaalfactor = 1,2

trek: materiaalfactor = 1,4

MATERIAALEIGENSCHAPPEN
spanning – rek diagram van betonstaal



Schematiseren

De schematisering bestaat uit het vastleggen van de volgende vier onderdelen:

01. Geometrie van de constructie
02. Aard en plaats van de opleggingen
03. Materiaaleigenschappen (Constructietype)
04. Belastingen op de constructie (Gedrag van de verbindingen.)

De eerste twee onderdelen (schematisering van de geometrie en van de opleggingen) heten ook wel het vaststellen van het constructiesysteem

Geometrie:

Vorm en afmetingen van de constructie.

Ruimteconstructies worden vereenvoudigt tot vlakke modellen

Constructie-elementen worden vereenvoudigt tot lijnvormige elementen.

Opleggingen

Elke constructie is eindig en wordt altijd op één of meer plaatsen ondersteund.

Opleggingen worden in schematisering geïdealiseerd tot een :

- zuiver scharnier
- volledige inklemming
- zuivere glijopleiding

voorbeeld

schematiseren vlak raamwerk

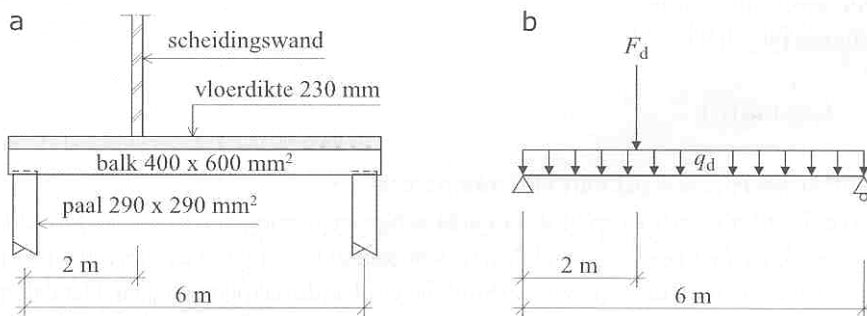
schematiseren onderdelen

systeemlijnen

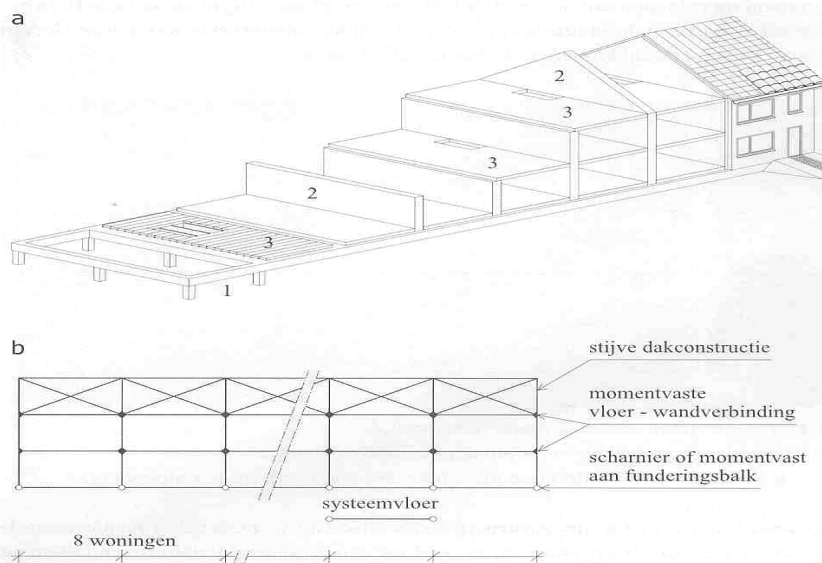
Schematiseren van een betonnen kunstwerk

- viaducten
- sluizen
- tunnels
- enz.

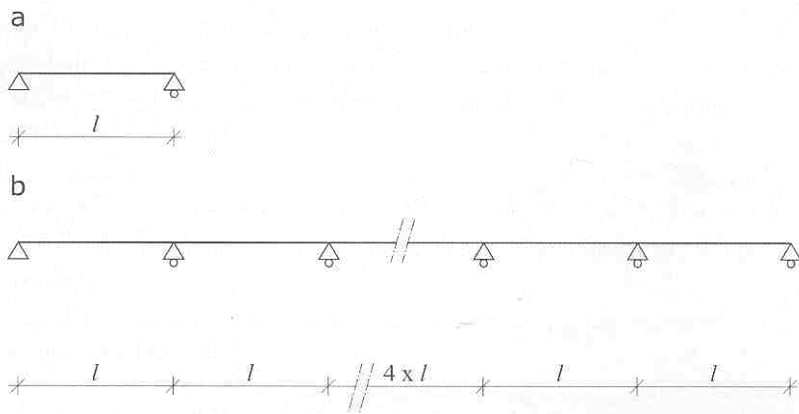
Het bepalen van een rekenmodel hangt samen met de aard van de constructie en maakt dus deel uit van het ontwerp.



13.1 Vertaling betonconstructie (a) naar een rekenmodel (b)

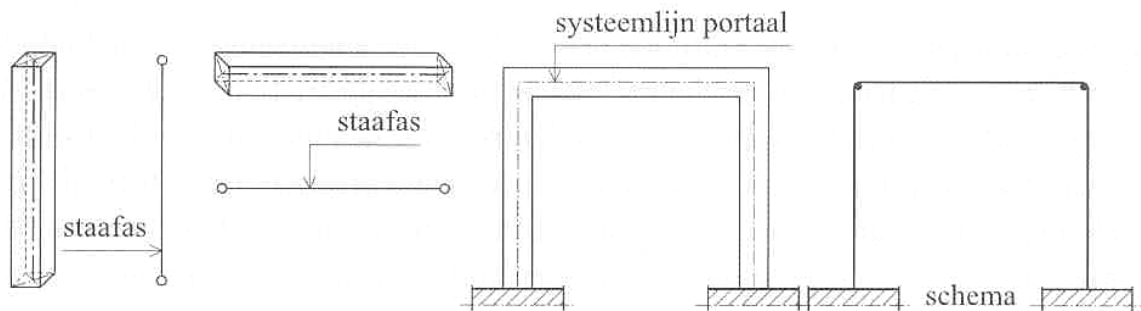


13.2 Draagstructuur woningblok (a) en schematisering tot een vlak raamwerk (b)



13.3 Schematiseren van onderdelen woningblok

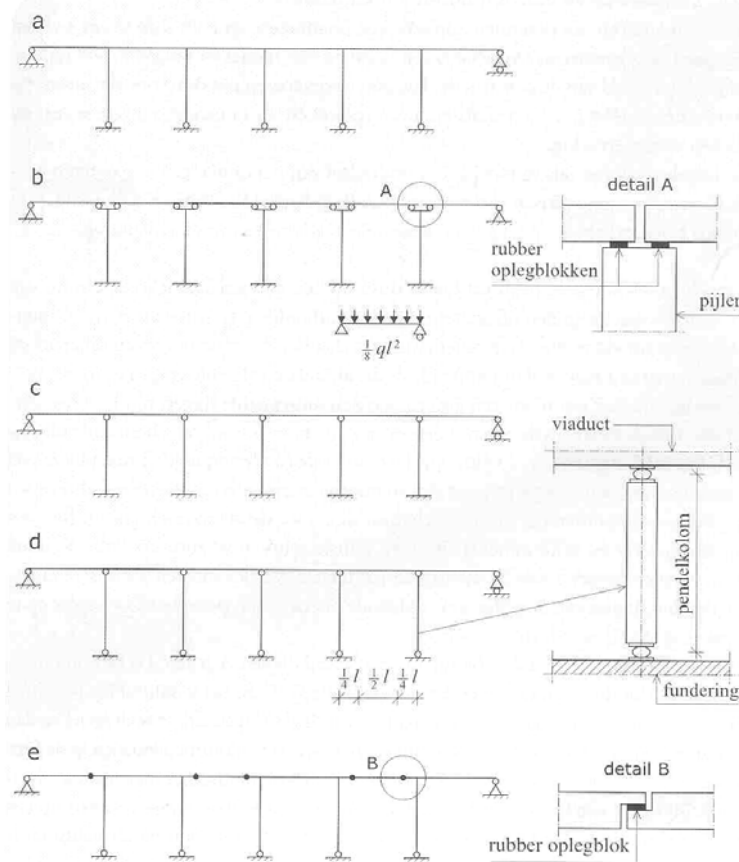
- a. begane-grondvloer: vrij opgelegde prefab elementen
- b. verdiepingvloer: doorgaande ligger, vrij opgelegd op de betonwanden



13.4 Systeemlijnen van een portaal

We moeten kiezen voor een statisch systeem (bepaald of onbepaald). Dit statisch systeem bepaalt in feite het rekenmodel, of de wijze van het schematiseren

Voorbeeld viaduct.



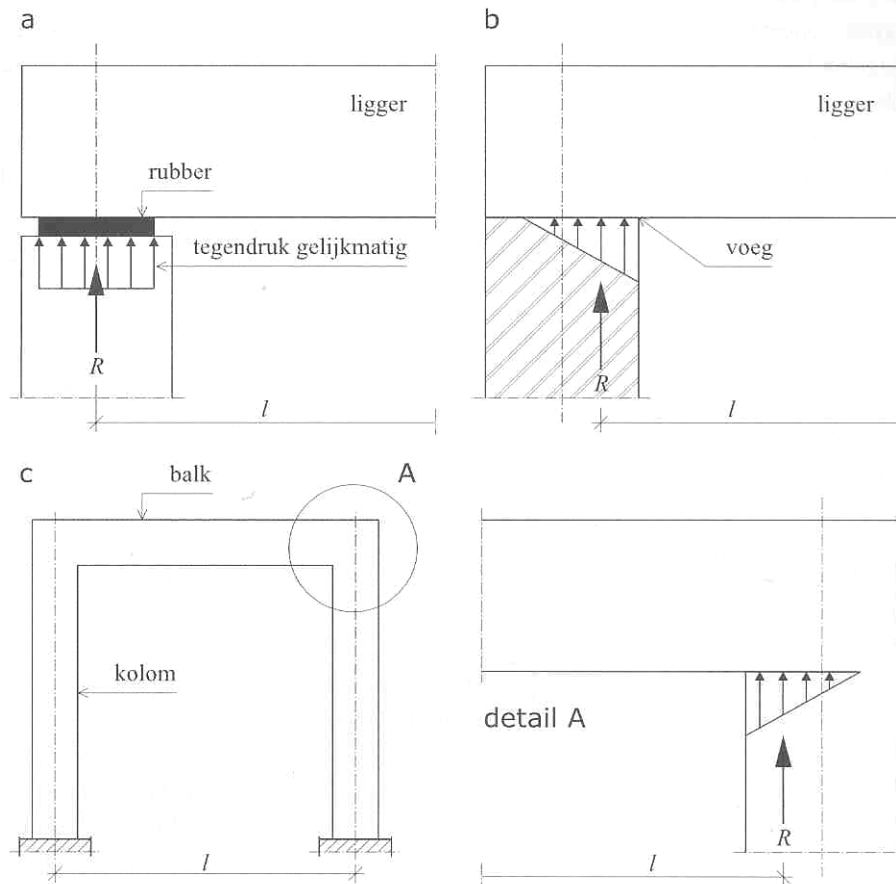
- als statisch onbepaalde ligger, momentvast verbonden met de pijlers (slank)
- als statisch bepaalde ligger, opgelegd met in fundering geklemde pijlers (robuust)
- als doorgaande ligger, scharnier en rol op landhoofd en ingeklemde pijlers
- als doorgaande ligger, scharnier en rol op landhoofd en pendelkolommen
- als gerberligger

Theoretische overspanning

De theoretische overspanning is de overspanning die in het rekenmodel moet worden aangehouden, in feite de rekenwaarde van de overspanning.

Bij een ligger is de theoretische overspanning de afstand tussen de werklijnen van de resulterende oplegkrachten aan de beide uiteinden van de ligger.

Opleggingen



01. Flexibele oplegging

- a. De ligger kan ongehinderd roteren
- b. De oplegdruk is gelijkmatig verdeeld
- c. De werklijn van de oplegkracht gaat door het hart van de oplegging

02. Starre metselwerkoplegging

- a. Theoretisch een vrije oplegging door de voer
- b. Theoretisch ongehinderde rotatie
- c. Praktisch geen sprake van een zuiver scharnier
- d. Praktisch verplaatst de resulterende oplegkracht zich naar het zwaartepunt van de ondersteuning, oorzaak is dat de ondersteuning niet samendrukbaar is.
- e. Grote oplegdruk langs de rand van de oplegging vermijden door flexibel oplegmateriaal toe te passen.

03. Monoliete oplegging

- a. Oplegging vormt één geheel met de ondersteuning.
- b. Grote oplegdruk in de dag van de oplegging
- c. Moeilijk om aangrijpingspunt van de oplegreactie te bepalen
- d. H.o.h. – afstand van de opleggingen aanhouden als theoretische overspanning.

Voor de theoretische overspanningen met;

01. Scharnierende vrije opleggingen

- a. $l = H.o.h.$ - afstand van de scharnieren

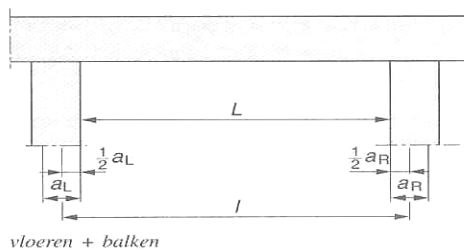
02. Niet scharnierende opleggingen

- a. l is de dagmaat, aan elke zijde vermeerderd met de helft van de benodigde opleglengte.
b. $l = L + 1/2a + 1/2a$

03. balken, kolommen, vloeren en wanden in raamwerken

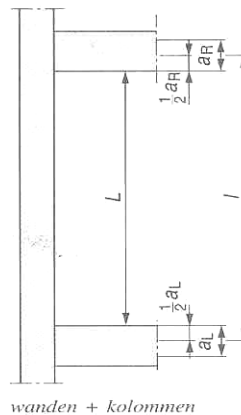
- a. l is de h.o.h.-afstand van de systeemlijnen.

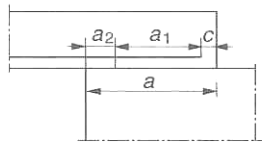
symbool	omschrijving
a	opleglengte
a_b	oplegbreedte (bij platen $a_b = 1000$ mm)
a_r	afstand rand tot tussenlaag
c	toegepaste betondekking op de kop van de onderwapening aan het einde van het op te leggen constructiedeel (bij platen niet meer dan 15 mm nodig)
R_{rep}	representatieve waarde oplegreactie constructiedeel (voor platen per m^2)
R_d	rekenwaarde oplegreactie constructiedeel in grenstoestand met betrekking tot bezwijken; inclusief de op het constructiedeel rustende bovenbelasting
f'_d	rekenwaarde druksterkte ondersteuningsmateriaal of, wanneer deze kleiner is, rekenwaarde druksterkte materiaal constructiedeel
h	hoogte vloerplaat, balk of ligger
\varnothing_k	kenmiddellijn hoofdwapeningsstaven ter plaatse van de oplegging (bij verschillende kenmiddellijnen de gemiddelde waarde aanhouden)
L	dagmaat constructie-onderdeel (maat tussen opleggingen)



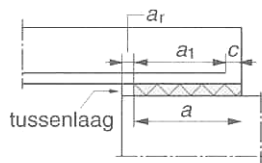
a_L en a_R = vereiste opleglengte volgens 6.13.1 en 6.13.2.

$$l = L + \frac{a_L}{2} + \frac{a_R}{2}$$





oplegging zonder tussenlaag
voor $a \leq 25$ mm



oplegging met tussenlaag
voor $a > 25$ mm

Eindoplegging

$$a \geq a_1 + a_2 + c \leq h$$

waarbij voor:

a_1 grootste waarde aanhouden van:

$$a_1 = \frac{R_d}{\frac{2}{3} \cdot f'_d \cdot a_b} \quad (f'_d = \text{rekenwaarde druksterkte metselwerk})$$

of $a_1 = 6 \cdot \varnothing_k$

of a_1 onderstaande tabel

Waarden van a_1	a_1
dakplaat	$30 + 0,004L$
vloerplaat of wand	$40 + 0,004L$
balk of ligger (kolom)	$50 + 0,004L$

$$a_2 = \frac{R_{rep}}{0,5 \cdot f'_d \cdot a_b}$$

$$a_r = 0$$

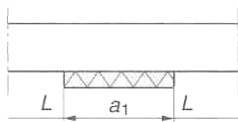
of $a_r < 25$ mm

Tussenoplegging

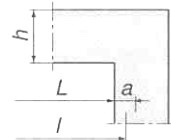
$$a \geq a_1$$

als

$$a_1 = \frac{R_d}{f'_d \cdot a_b} \quad \begin{array}{l} \text{dakplaat} \quad a_1 = 30 + 0,004L \\ \text{of vloerplaat of wand} \quad a_1 = 40 + 0,004L \\ \text{balk of ligger (kolom)} \quad a_1 = 50 + 0,004L \end{array}$$



6.11.3 Opleglengten vloeren en balken die wel één geheel vormen met de ondersteuning



constructiedeel	belasting op	minimumopleglengte a
plaat of wand	vlak	$0,1h \geq 50$ mm
balk of ligger (kolom)	as	$0,2h \geq 100$ mm

Randvoorwaarden balken

De randvoorwaarden zijn voorwaarden waaraan de balk ter plaatse van de oplegging (rand) moet voldoen.

- De buigstijfheid van de oplegging
 - o De balk kan bij de oplegging al dan niet verdraaien.
- De veerstijfheid van de oplegging
 - o De oplegging kan al dan niet doorbuigen (veren).

Onder de buigstijfheid van de balkoplegging wordt verstaan:

De weerstand van de oplegging tegen verdraaien.

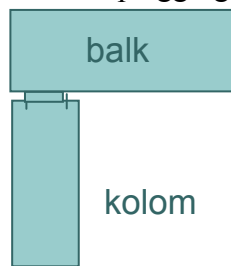
De buigstijfheid van de oplegging bepaalt de momentverdeling over de ligger.

We maken onderscheidt in:

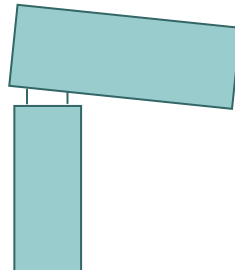
- vrije oplegging
- volledige oplegging
- gedeeltelijke oplegging
- toevallige inklemming.

Vrije oplegging

- de balk kan op de oplegging vrij verdraaien.
- De rotatie wordt niet verhinderd, doch geen zuiver scharnier
- De resulterende oplegkracht verplaatst zich in de richting van de dag van de oplegging.



onbelast



belast

Vrije oplegging

Volledige inklemming

- de balk kan op de oplegging geen hoekverdraaiing ondergaan.
- Wanneer een balk monoliet verbonden is met een stijve wand
- Wanneer de ligger over de oplegging doorloopt, belasting en overspanning aan weerszijden van de oplegging gelijk (symmetrie).



onbelast



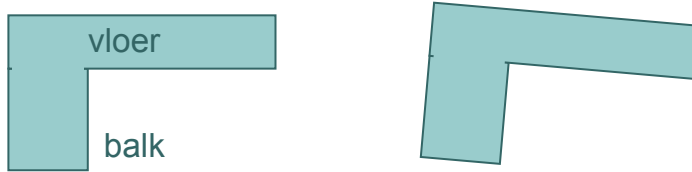
belast

Volledige inklemming

Gedeeltelijke inklemming

- de oplegging verhinderd gedeeltelijk de rotatie van de balk

- wanneer de ligger over de oplegging doorloopt, belasting aan weerszijden van de oplegging ongelijk (geen symmetrie)



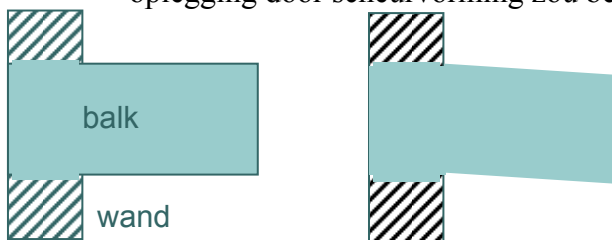
onbelast

belast

Gedeeltelijke inklemming

Toevallige inklemming

- Een vrije oplegging waarbij de aard dusdanig is dat toch enige inklemming kan optreden.
- Door te rekenen op een inklemmingsmoment voorkomen we dat de balk bij de oplegging door scheurvorming zou bezwijken (aanpassen wapening)



onbelast

belast

Toevallig inklemming

Veerstijfheid (mate van ondersteuning)

Zoals bij de buigstijfheid kan ook de veerstijfheid van een oplegging de krachtsverdeling sterk bepalen.

Statisch bepaalde constructies

De krachtsverdeling wordt niet beïnvloed door de veerstijfheid van de opleggingen.
(Voor oplegging op twee steunpunten zijn zowel bij een starre als een verende oplegging de momentenlijn en de dwarskrachtenlijn gelijk)

Statisch onbepaalde constructies

De krachtsverdeling wordt wel beïnvloed door de veerstijfheid van de opleggingen.

Onderverdeling veerstijfheid

01. Starre ondersteuning

- a. Als de balk uit een wand, muur of kolom bestaat

- 02. Verende ondersteuning
 - a. Als de ondersteuning tgv een oplegreactie vervormt.
- 03. Geen ondersteuning
 - a. Een uitkragende balk met aan één zijde geen ondersteuning.

Randvoorwaarden vloeren

De randvoorwaarden hebben betrekking op;

- 01. de wringstijfheid van de randen tpv de oplegging
- 02. de veerstijfheid van de randen tpv de oplegging.

De mate van inklemming van de vloer tpv de oplegging hangt af van de wringstijfheid van de rand.

Vaststelling randvoorwaarden vloeren

- 01. vrije oplegging
- 02. volledige oplegging
- 03. gedeeltelijke oplegging
- 04. toevallige oplegging.

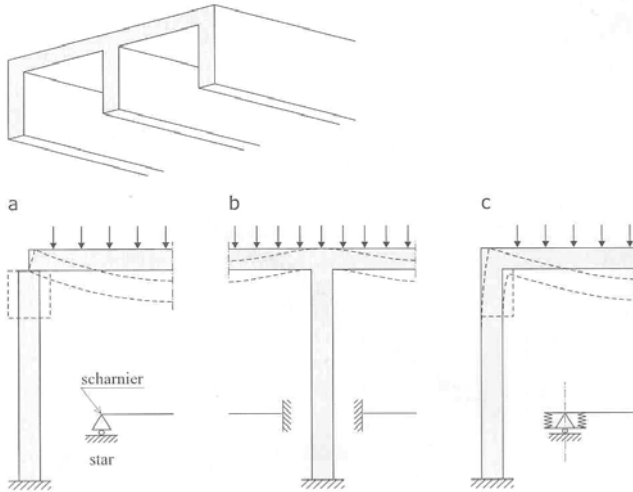
Om de verhouding van de buigstijfheden aan te geven tussen de balk en vloer is de coefficient ρ ingevoerd.

$$\rho = EI_{\text{balk}} / EI_{\text{vloer}}$$

Mate van ondersteuning

01. Starre ondersteuning

- a. Indien de vloer wordt ondersteund door;
 - i. Wand
- b. indien de vloer wordt ondersteund door een balk, waarvoor geldt;
 - i. $\rho \geq 8$

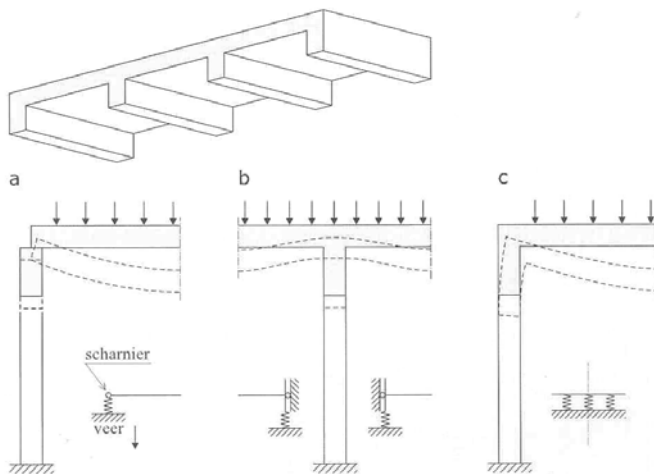


13.18 Starre ondersteuning door wand of balk met $\rho \geq 8$

- a. vrij opgelegd
- b. volledig ingeklemd
- c. gedeeltelijk ingeklemd

02. Verende ondersteuning

- a. Indien de vloer wordt ondersteund door een balk, waarvoor geldt;
 - i. $1/8 < \rho < 8$

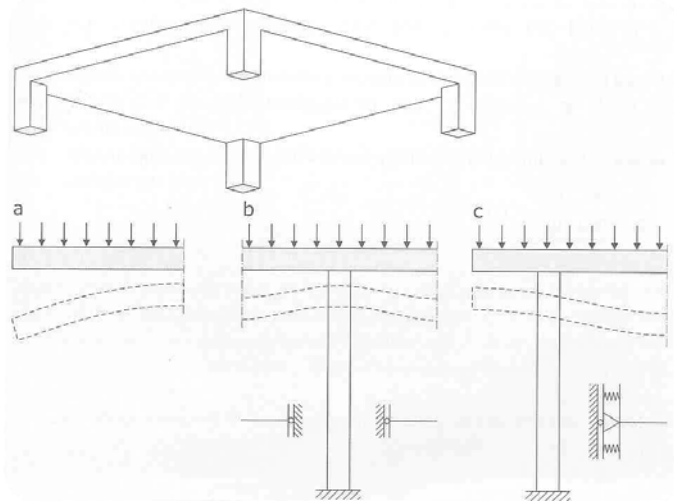


13.19 Verende ondersteuning, vloer ondersteund door balken met $1/8 < \rho < 8$

- a. vrij opgelegd
- b. volledig ingeklemd
- c. gedeeltelijk ingeklemd

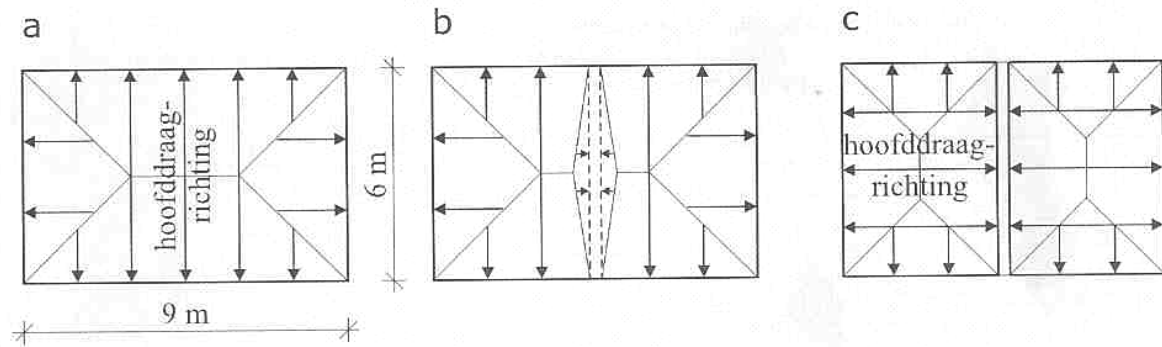
03. Geen ondersteuning

- a. Indien de vloer aan de randen wordt ondersteund door balken, waarvoor geldt;
i. $\rho \leq 1/8$



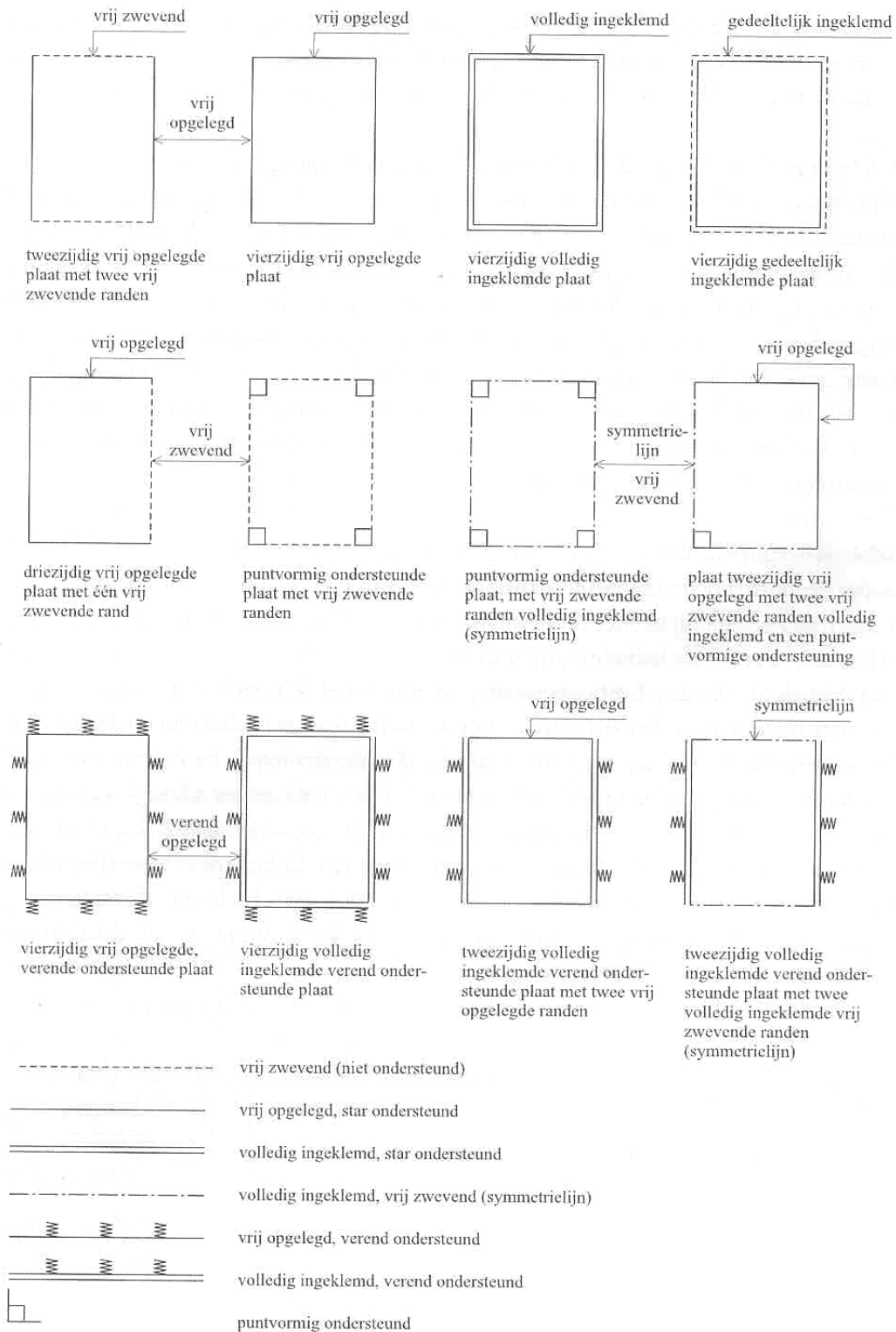
13.20 Geen ondersteuning, vlakke plaatvloer op kolommen; $\rho < \frac{1}{8}$
a. zwevende rand b. volledig ingeklemd c. gedeeltelijk ingeklemd

Veerstijfheid vloeren



- 13.16 Invloed veerstijfheid ondersteuning op de krachtsverdeling in vloeren
a. zonder balk b. balk als verende ondersteuning
c. balk als starre ondersteuning

Oplegging vloeren



13.15 Aanduiden randvoorwaarden vloeren

Schatten balkafmetingen

Schema

01. Bepaal de overspanningschema
02. Bepaal de balkafmeting
 - a. Maten naar boven afronden op veelvoud van 50 mm

De afmetingen van een betonconstructie moet voldoende zijn om aan de gestelde eisen van sterkte en stijfheid te voldoen.

Voor een betonbalk is de sterkte-eis bepalend.

De daarvoor benodigde betondoorsnede heeft een zodanige buigstijfheid, dat ruimschoots wordt voldaan aan de doorbuigingseis.

Een balk is voldoende sterk als het maximale moment kan worden opgenomen.

Vuistregels

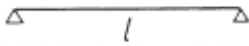
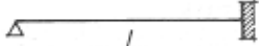

Hoogte balk

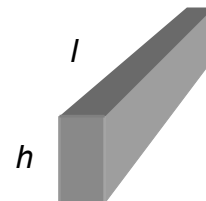
$$h = 1/10 * l$$

$$h = 1/15 * l$$

h = de totale hoogte van de balk

l = de theoretische overspanning van een balk

schema	l/h
	10
	12,5
	15



Tweezijdige opgelegde balk, balk in eindveld van doorgaande ligger, balk in middenveld doorgaande ligger.

Globale schatting wapening

Doorsnede beugels = $1/50 \text{ á } 1/75h \geq 6 \text{ mm}$

Doorsnede hoofwapening = $1/20 \text{ á } 1/25h$

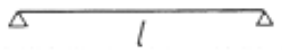
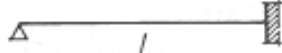
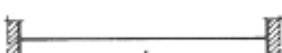
Schatten vloerafmetingen (starre oplegging, in één richting dragend)

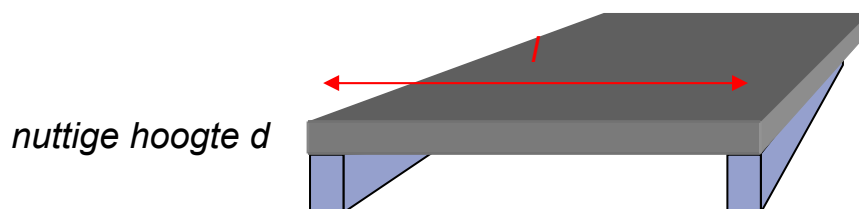
Schema

03. Bepaal de overspanningschema
 - a. Voor oplegleglengten zie voorgaand
 - b. Bepaal de nuttige hoogte d dmv slankheideisen overspanning
 - c. Bepaal de plaatdikte h

De afmetingen van de vloer moeten voldoende zijn om aan de gestelde eisen van sterkte en stijfheid te voldoen.

De benodigde vloerdikte blijkt rechtevenredig met de overspanning en is mede afhankelijk van de randvoorwaarden.

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



$$U_{\max} = (5/384) * ((q_{\text{rep}} * l^4) / (E'_b * I))$$

U_{\max} = de maximale optredende doorbuiging

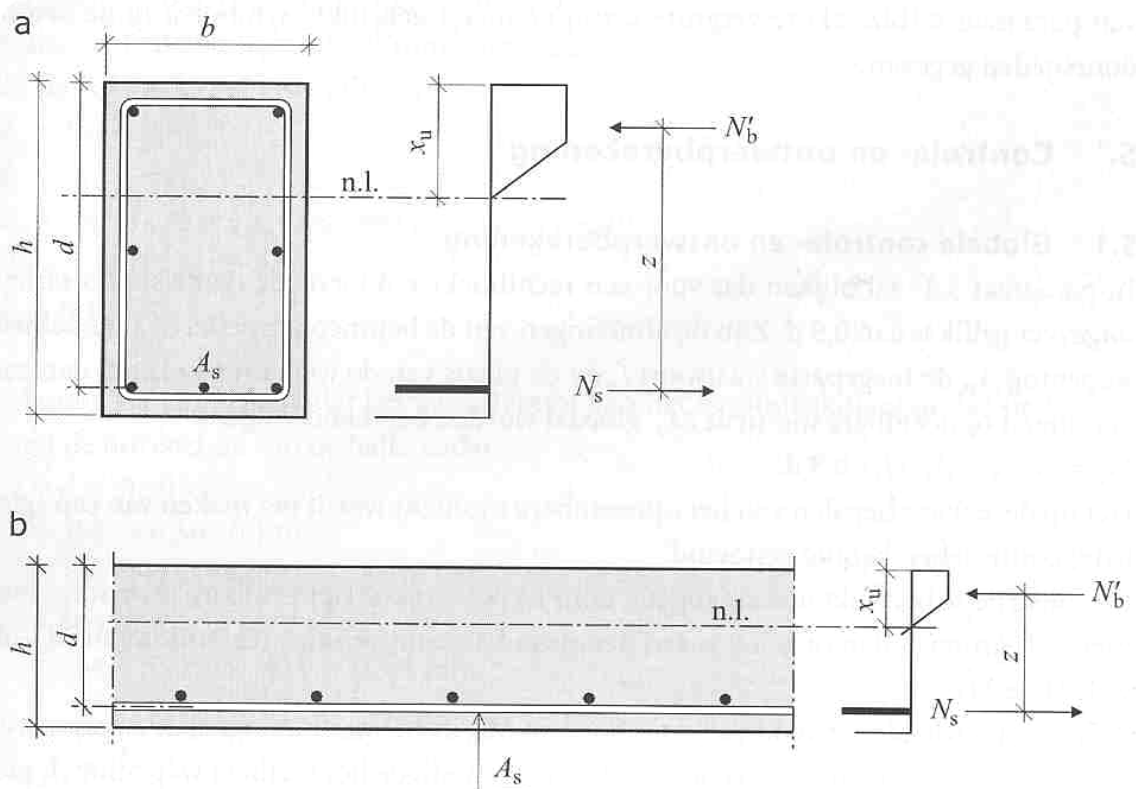
q_{rep} = de representatieve waarde van de belasting

l = de theoretische overspanning

E'_b = de elasticiteitsmodulus van beton

I = het kwadratisch oppervlaktemoment van de ongescheurd en ongewapend gedachte doorsnee, $1/12 bh^3$, met $b = 1 \text{ m}$ en $h = 1.1d$

$$U_{\max} = 0.004 * l$$



3.8 Symbolen in betondoorsneden van balken (a) en vloeren (b)

b breedte van de balk (mm)

h totale hoogte van balk of vloer (mm).

d nuttige hoogte van de balk of vloer (mm), de afstand van het zwaartepunt van de trekwapening tot de bovenzijde van de drukzone

x_u hoogte van de drukzone (mm)

z de inwendige hefboomsarm (mm), de afstand van het zwaartepunt van de drukzone tot het zwaartepunt van de trekwapening

A_b oppervlakte van de betondoorsnede, dus $b \times h$ (inclusief wapening)

A_s oppervlakte van de doorsnede van de totale trekwapening (mm²)

\emptyset_k kenmiddellijn (in berekeningen en op tekeningen wordt de index k meestal weggelaten)