

Theorie: Beton - Buiging

Spanningen en vervormingen

Bij het berekenen van gewapende-betonconstructies worden de:

01. Drukspanningen en verkortingen aangegeven met een accent.
02. Trekspanningen en verlengingen aangegeven zonder een accent.

Beton is een niet-elastisch materiaal, de Wet van Hooke gaat hierbij niet op.

Kubusdruksterkte f'_{ck}

- Belasten van proefkubussen op druk 150x150x150cm² tot bezwijken.
- Beton van 28 dagen oud
- 70 – 90% van de uiteindelijke sterkte
- Niet representatief
- Cilinder bezwijkt bij een lagere drukspanning, 15% van de kubus.
- Op f'_{ck} daarom een correctiefactor van 0.85
- Kubusproef is kortdurende belasting, niet representatief voor langdurende belastingen
- Voor langdurende belasting een correctiefactor van 0.85 toepassen op f'_{ck}
- $f'_{b\ rep} = 0.72 * f'_{ck} (0.85*0.85)$
- Voor de rekenwaarde van de betondruksterkte f'_b de materiaalfactor (1.2) in rekening brengen
- $f'_b = f'_{b\ rep} / 1.2$ is gelijk aan: $f'_b = 0.6 * f'_{ck}$

grootheid	toepassingsgebied
f'_{ck} = karakteristieke kubusdruksterkte $f'_{b\ rep}$ = representatieve waarde van de druksterkte = $0,72f'_{ck} = 0,85 \cdot 0,85 f'_{ck}$ f'_b = rekenwaarde van de druksterkte = $0,6 f'_{ck}$ $f'_{b\ rep}$ = representatieve waarde van de treksterkte = $0,7(1,05 + 0,05f'_{ck})$ f_b = rekenwaarde van de treksterkte f_{bm} = gemiddelde treksterkte = $2f_b$	 lange duur; dwarskracht, pons, wringing lange duur; berekening vervormingen en M-x-diagrammen, toetsing scheurvorming
f_{br} = gemiddelde buigtreksterkte = $(1,6 - h)f_{bm} \leq f_{bm}$	 $1,2f_{br}$ voor berekening scheurmoment bij langeduur doorbuiging; $1,4f_{br}$ voor berekening direct optredende doorbuiging (korte duur)

Sterkte-klasse	f'_{ck}	f'_b	Fb	Fbm	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

Druksterkte

Voorbeeld:

Beton C28/35

$$f'_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_{brep} = 0.85 * 0.85 * 35 = 25.3 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_b = 25.3 / 1.2 = 21 \text{ N/mm}^2$$

Treksterkte

- De treksterkte (fb) van beton is ca 1/10 tot 1/15 deel van de druksterkte (f'_b)
- $fb_k = 1.05 + 0.05 * f'_{ck}$
- sterkte hangt af van de snelheid van belasten
- bij langdurige belasting is de treksterkte 30% lager
- $fb_{rep} = 0.7(1.05 * 0.05 f'_{ck})$
- voor de rekenwaarde van de betontreksterkte de materiaalfactor (1.4) in rekening brengen
- $fb = fb_{rep} / 1.4$

Voorbeeld

Beton C28/35

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

$$fb_{rep} = 0.7(1.05 * 0.05 * 35) = 1.96 \text{ N/mm}^2$$

$$fb = 1.96 / 1.4 = 1.4 \text{ N/mm}^2$$

$$1.4/21 = 1/15$$

Elasticiteitsmodulus

Voor kortdurende belastingen

$$E'b = (22250 + 250f'_{ck})$$

Voor langdurende belasting

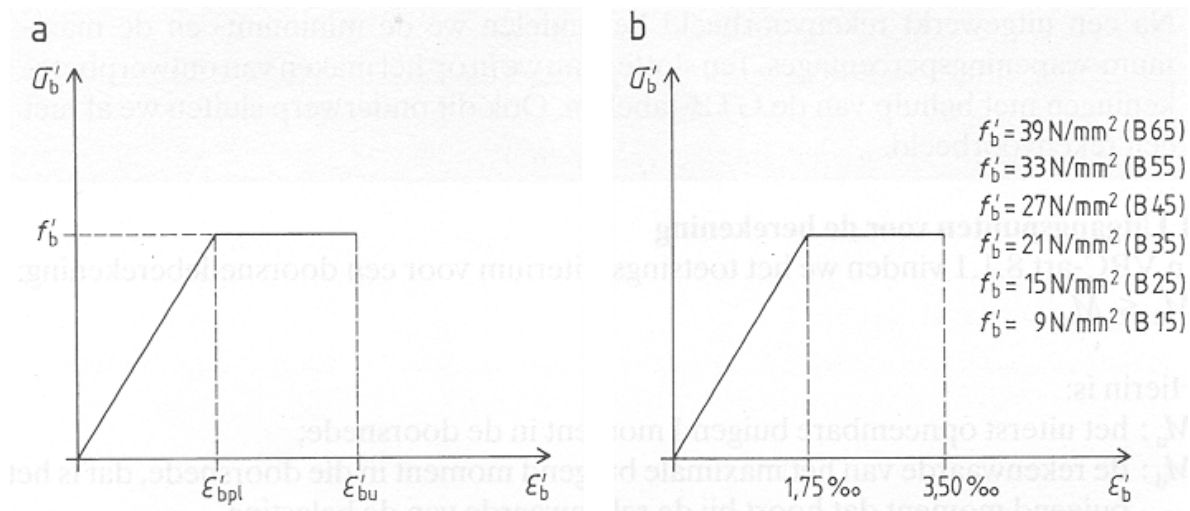
$$E = \sigma' / \varepsilon'$$

$$\sigma' = f'_b$$

$$\varepsilon' = 1.75 * 10^{-3} \text{ m/m (betonstuk bij begin plastische vervorming)}$$

Deze waarde is aanzienlijk lager dan $E \cdot \varepsilon'$

Spanning –rek diagram beton



Breukstuik

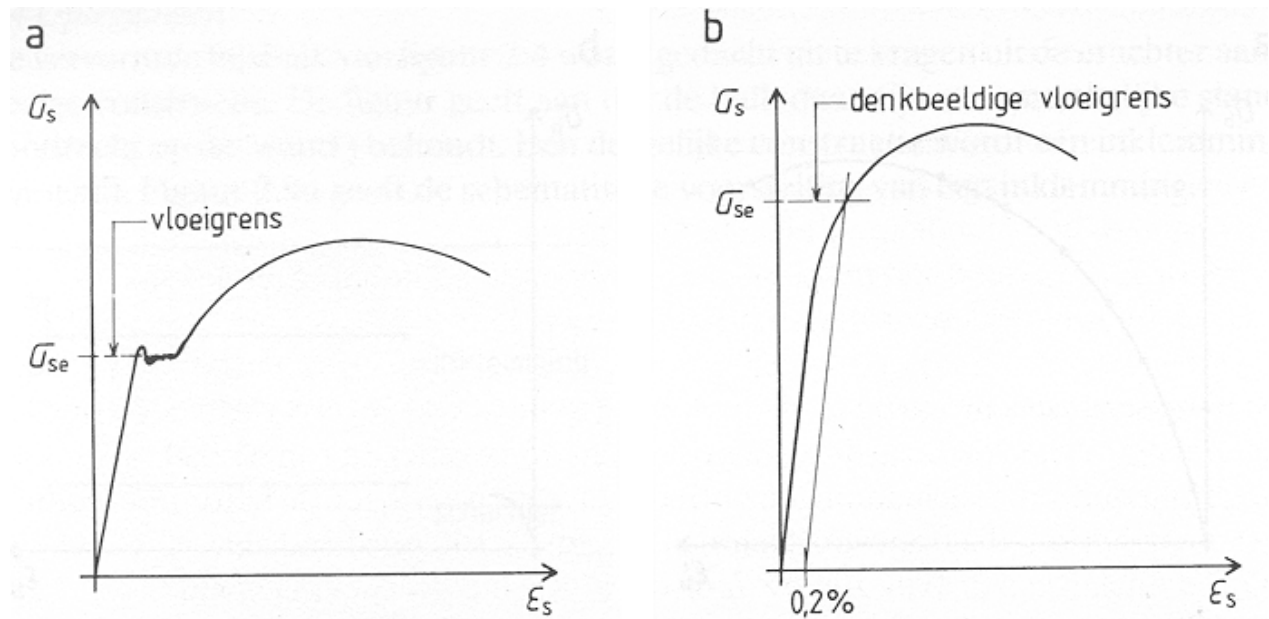
De specifieke verkorting op het moment van bezwijken

Daar beton is een bros materiaal daarom is de breukstuik laag

Bij construeren uitgaan van een langeduurbelasting, de betonstuk bedraagt $3.5 * 10^{-3} \text{ m/m}$

Deze waarde geldt voor alle waarden t/m beton C53/65 (B65).

Betonstaal



Voor betonstaal moet de rekenwaarde van de druksterkte gelijk worden gesteld aan de rekenwaarde van de treksterkte

De materiaalfactor voor trek en druk bedraagt voor betonstaal 1.15

$$f_s = f'_s = f_{srep} / 1.15$$

betonstaalsoort		$f_{s\ rep}$ (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
gepuntlaste wapeningsnetten	FeB 500 HKN, HWN	500	435	435	2,75

$f_{s\ rep}$ = 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)

Sinds 1990 wordt uitsluitend betonstaal FeB 500 gebruikt.

De elasticiteitsmodulus (E_s) bedraagt $2 \cdot 10^5$ N/mm²

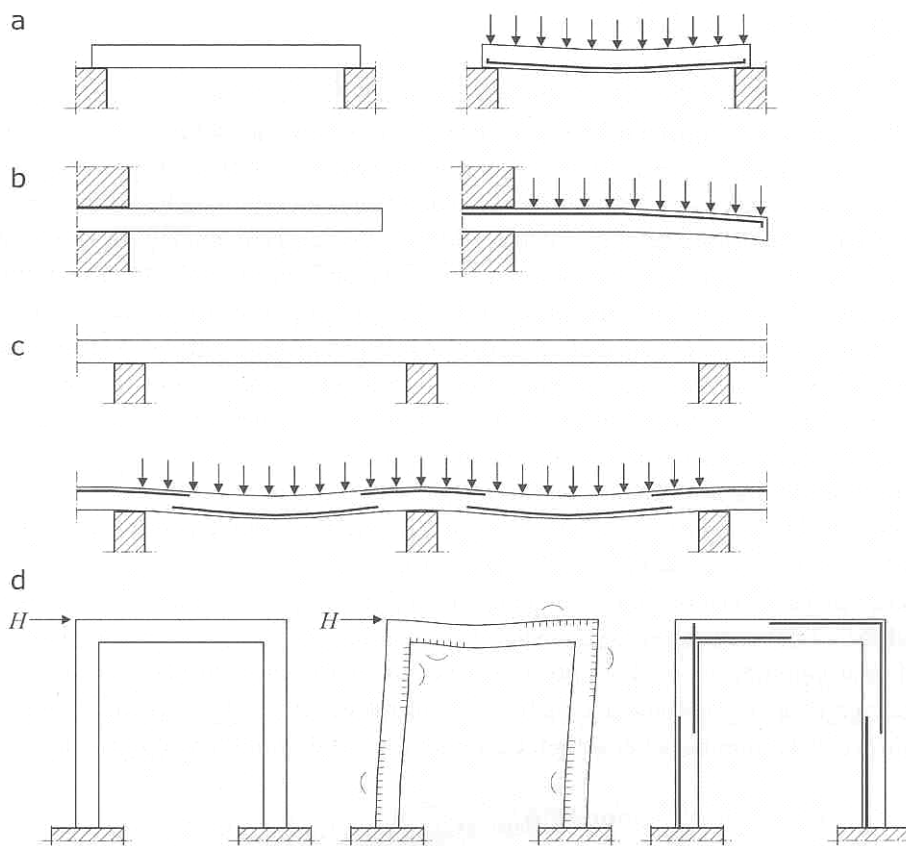
Taaigheid betonstaal

Het vloeien van het wapeningstaal moet optreden voordat het beton in de drukzone bezwijkt. (Door vervorming en scheuren waarschuwt het element dat het gaat bezwijken).

Betonstaal FeB500 moet bij een maximale belasting een rek (ϵ_{su}) hebben van tenminste 2.75%

Plaats wapening

De wapening in een betonconstructie moet aan trekzijde van de constructie worden aangebracht.



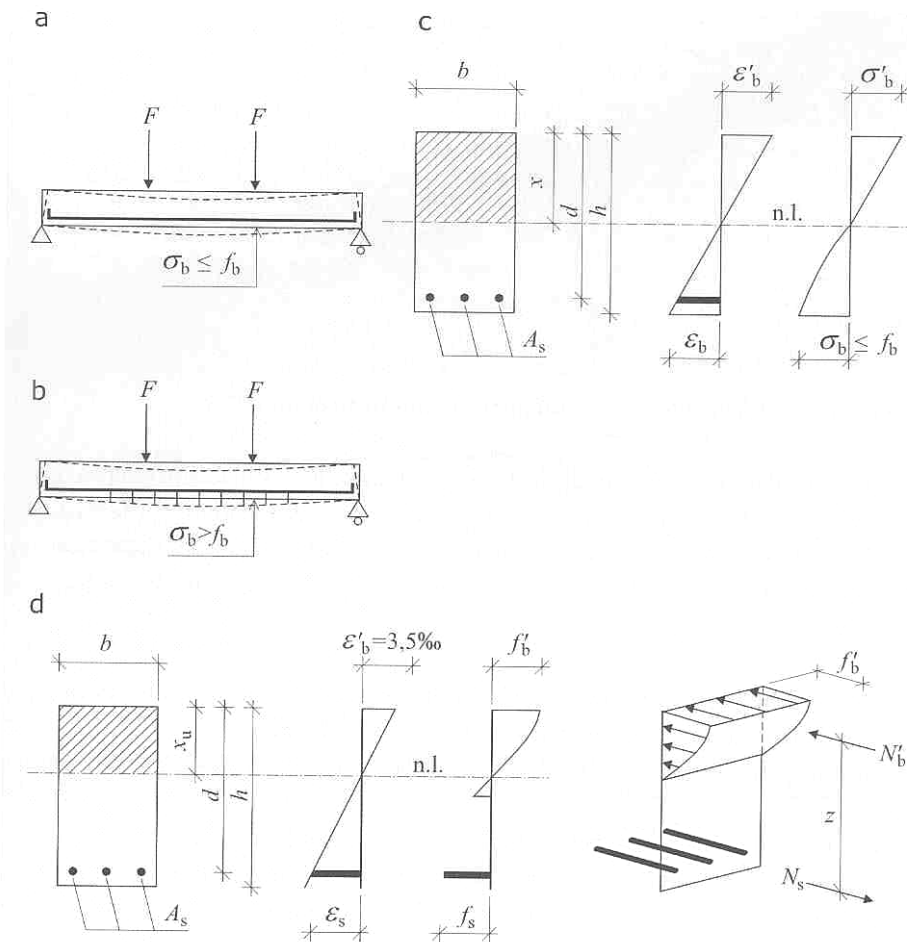
3.1 Noodzakelijke plaats van de wapening bij een op buiging belaste betonconstructie

- | | |
|--|------------------------------------|
| a. brugconstructie op twee landhoofden | c. kantoorvloer |
| b. luifelconstructie | d. portaalconstructie in een loods |

Bij belasting op een balk is de drukzone nog lang niet uit benut als de trekzone al op het punt staat van bezwijken.

-Scheurmoment Het buigend moment (M_r) vlak voordat de trekzone gaat scheuren
 $\sigma_b = f_b$

Als de belasting toeneemt zal de trekzone gaan scheuren $\sigma_b \geq f_b$.
 Alle trekkrachten worden dan geconcentreerd in de aanwezige wapening.



De neutrale lijn verplaatst zich dan naar boven.

Vloeimoment (Me)

Indien de vloeispanning de wapening heeft bereikt.
 $\sigma_s = f_s$

Bezwijkmoment (mu)

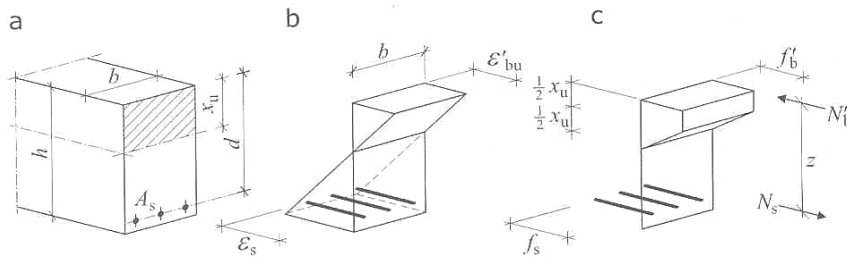
Als de maximale betonstrijk bij het verder opvoeren van de belasting is bereikt.
 $\sigma'_b = f'_b$ en $\epsilon'_b = 3.5 \cdot 10^{-3}$ m/m

$N'_b = N_s$

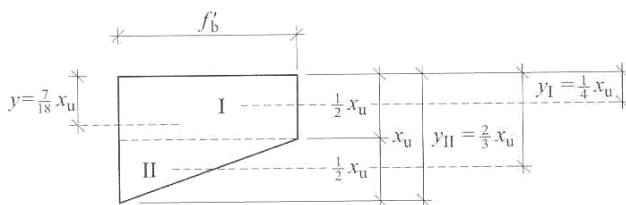
De hoogte van de drukzone x_u is afhankelijk van de hoeveelheid aanwezige wapening.
 Een geringe hoeveelheid wapening geeft een kleinere N_s en N'_b , dit leidt tot een kleinere waarde voor de hoogte van de drukzone (x_u).

$M_u = N'_b \cdot z$ of $M_u = N_s \cdot z$

$z =$ de inwendige hefboomarm tussen het zwaartepunt van het drukdiagram en het zwaartepunt van de trekwapening.



3.4 Betondoorsnede met vervormings- en spanningsdiagram



$A_I = \frac{1}{2} x_u \cdot f'_b$	$y_I = \frac{1}{4} x_u$	$A_I \cdot y_I = \frac{1}{8} x_u^2 \cdot f'_b$		α	β	
$A_{II} = \frac{1}{4} x_u \cdot f'_b$	$y_{II} = \frac{2}{3} x_u$	$A_{II} \cdot y_{II} = \frac{1}{6} x_u^2 \cdot f'_b$	$\leq B$	65	0,75	0,39
$\Sigma A = \frac{3}{4} x_u \cdot f'_b$	$(\alpha = \frac{3}{4} = 0,75)$	$\Sigma A \cdot y = \frac{7}{24} x_u^2 \cdot f'_b$	B	75	0,73	0,38
			B	85	0,70	0,37
			B	95	0,66	0,36
$y = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{\frac{7}{24} x_u^2 \cdot f'_b}{\frac{3}{4} x_u \cdot f'_b} = \frac{7}{18} x_u$		$(\beta = \frac{7}{18} = 0,39)$	B	105	0,62	0,35

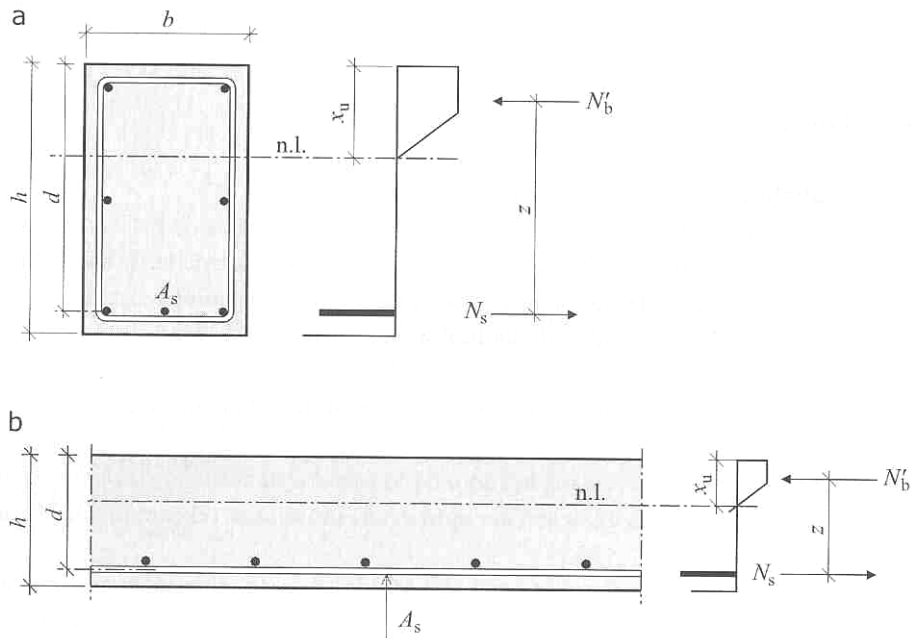
Betondekking

- bescherming voor roest
- bescherming voor brand
- krachtsoverbrengring van staal naar omliggend beton

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

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 $\varnothing_k > 25 \text{ mm}$

Symbolen



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

Uiterste opneembare trekkracht N_s

$$N_s = A_s * f_s$$

N_s = trekkracht (N)

A_s = totaal oppervlakte van de trekwapening (mm²)

f_s = de staalspanning (N/mm²)

Globale – controle en ontwerpberkening (rechthoekige doorsnede)

$$M_u = N_s * z = A_s * f_s * 0.9d$$

De constructie bezwijkt niet zolang het inwendig moment (M_u) groter of gelijk is aan het uitwendig moment (M_d).

$$M_u \geq M_d$$

Globale bepaling hoeveelheid benodigde wapening

$$A_s = M_d / f_s * 0.9d$$

$$M_u = M_d$$

Nauwkeurige berekening opneembaar moment M_u

Betonbalk $b \times h = 300 * 400$ mmw

Beugels rnd 8 mm

Hoofdwapening 4x rnd 16

Milieuklasse XC1

Betonsterkteklasse C20/25

Staalsoort FeB 500

Gevraagd: Opneembaar moment

$$b = 300, h = 400, c = 30$$

$d = h - c - \text{beugel} - 1/2\text{hoofdwapening}$

$$d = 400 - 30 - 8 - \frac{1}{2} * 16$$

$$d = 354 \text{ mm}$$

sterkteklasse C20/25: $f^b = 15 \text{ N/mm}^2$ (tabel)

staalsoort FeB 500: $f_s = 435 \text{ N/mm}^2$

$$N_s = N^b$$

$$N_s = A_s * f_s = A_s * 435$$

$$N^b = \frac{3}{4}x_u * f^b * b = \frac{3}{4}x_u * 15 * 300 = 3375x_u \text{ (statisch opp * breedte in N/m * m = N)}$$

$$435A_s = 3375x_u$$

$$x_u = 0.129A_s$$

$$z = d - 0.39x_u$$

$$z = 354 - 0.39 * 0.129A_s$$

$$z = 354 - 0.0503A_s$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} * d^2 = 0.785 * 16^2 = 804 \text{ mm}^2$$

$$z = 354 - 0.0503 * 804 = 313.6 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s * f_s * z$$

$$M_u = 804 * 435 * z = 109.7 * 10^6 \text{ Nmm}$$
$$M_u = 109.7 \text{ Knm}$$

Volgens de globale benadering

$$M_u = A_s * f_s * 0.9d$$
$$M_u = 804 * 435 * 0.9 * 354$$
$$M_u = 111.4 \text{ kNm}$$

Berekening m.b.v. GTB-tabellen

Voor FeB220 – FeB 400 – FeB 500

Gegeven:

Betonbalk $b \times h = 300 * 400 \text{ mmw}$

Beugels rmd 8 mm

Hoofdwapening 4x rmd 16

Milieuklasse XC1

Betonsterkteklasse C20/25

Staalsoort FeB 500

Te bepalen: $f_s = \mathbf{M_u/bd^2}$ in kN/m² ($M_u \geq M_d$)

Uit een sterkteberekening volgt: $M_d = 109,7 \text{ kNm}$

$$M_u/bd^2 = 109,7/0,3 * 0,354^2 = 2918 \text{ kN/m}^2$$

Uit de GTB-tabel lezen we af:

$$\omega_0 = 0.757\% \text{ (interpolatie)}$$

*$\omega_0 = \text{wapeningspercentage betrokken op de nuttige doorsnede (1/100 * bd)}$*

$$A_s = \omega_0 * b * d * 10^4 = 0.757 * 0.3 * 0.354 * 10^4 = 804 \text{ mm}^2$$

$\frac{M_n}{b \cdot d^2}$	k_s	ω_o	k_x	k_z	ω_o										
					00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
100	0,433	0,02	0,009	0,997	0,023	0,025	0,028	0,030	0,032	0,035	0,037	0,039	0,042	0,044	
200	0,432	0,05	0,018	0,993	0,046	0,049	0,051	0,053	0,056	0,058	0,060	0,063	0,065	0,067	
300	0,430	0,07	0,027	0,990	0,070	0,072	0,074	0,077	0,079	0,081	0,084	0,086	0,089	0,091	
400	0,429	0,09	0,036	0,986	0,093	0,096	0,098	0,100	0,103	0,105	0,107	0,110	0,112	0,115	
500	0,427	0,12	0,045	0,982	0,117	0,119	0,122	0,124	0,127	0,129	0,131	0,134	0,136	0,139	
600	0,426	0,14	0,054	0,979	0,141	0,143	0,146	0,148	0,151	0,153	0,155	0,158	0,160	0,163	
700	0,424	0,17	0,064	0,975	0,165	0,167	0,170	0,172	0,175	0,177	0,180	0,182	0,184	0,187	
800	0,423	0,19	0,073	0,972	0,189	0,192	0,194	0,197	0,199	0,202	0,204	0,206	0,209	0,211	
900	0,421	0,21	0,083	0,968	0,214	0,216	0,219	0,221	0,224	0,226	0,229	0,231	0,233	0,236	
1000	0,419	0,24	0,092	0,964	0,238	0,241	0,243	0,246	0,248	0,251	0,253	0,256	0,258	0,261	
1100	0,418	0,26	0,102	0,960	0,263	0,266	0,268	0,271	0,273	0,276	0,278	0,281	0,283	0,286	
1200	0,416	0,29	0,112	0,957	0,288	0,291	0,293	0,296	0,298	0,301	0,304	0,306	0,309	0,311	
1300	0,414	0,31	0,121	0,953	0,314	0,316	0,319	0,321	0,324	0,326	0,329	0,331	0,334	0,337	
1400	0,413	0,34	0,131	0,949	0,339	0,342	0,344	0,347	0,349	0,352	0,355	0,357	0,360	0,362	
1500	0,411	0,36	0,141	0,945	0,365	0,367	0,370	0,373	0,375	0,378	0,380	0,383	0,386	0,388	
1600	0,409	0,39	0,151	0,941	0,391	0,393	0,396	0,399	0,401	0,404	0,406	0,409	0,412	0,414	
1700	0,408	0,42	0,161	0,937	0,417	0,420	0,422	0,425	0,427	0,430	0,433	0,435	0,438	0,441	
1800	0,406	0,44	0,171	0,933	0,443	0,446	0,449	0,451	0,454	0,457	0,459	0,462	0,465	0,467	
1900	0,404	0,47	0,182	0,929	0,470	0,473	0,475	0,478	0,481	0,483	0,486	0,489	0,491	0,494	
2000	0,402	0,50	0,192	0,925	0,497	0,500	0,502	0,505	0,508	0,510	0,513	0,516	0,519	0,521	
2100	0,401	0,52	0,203	0,921	0,524	0,527	0,530	0,532	0,535	0,538	0,540	0,543	0,546	0,549	
2200	0,399	0,55	0,213	0,917	0,551	0,554	0,557	0,560	0,563	0,565	0,568	0,571	0,574	0,576	
2300	0,397	0,58	0,224	0,913	0,579	0,582	0,585	0,588	0,590	0,593	0,596	0,599	0,602	0,604	
2400	0,395	0,61	0,235	0,909	0,607	0,610	0,613	0,616	0,618	0,621	0,624	0,627	0,630	0,633	
2500	0,393	0,64	0,246	0,904	0,635	0,638	0,641	0,644	0,647	0,650	0,653	0,655	0,658	0,661	
2600	0,392	0,66	0,257	0,900	0,664	0,667	0,670	0,673	0,676	0,678	0,681	0,684	0,687	0,690	
2700	0,390	0,69	0,268	0,896	0,693	0,696	0,699	0,702	0,705	0,707	0,710	0,713	0,716	0,719	
2800	0,388	0,72	0,279	0,891	0,722	0,725	0,728	0,731	0,734	0,737	0,740	0,743	0,746	0,749	
2900	0,386	0,75	0,291	0,887	0,752	0,755	0,758	0,761	0,764	0,767	0,769	0,772	0,775	0,778	
3000	0,384	0,78	0,302	0,882	0,781	0,784	0,788	0,791	0,794	0,797	0,800	0,803	0,806	0,809	
3100	0,382	0,81	0,341	0,878	0,812	0,815	0,818	0,821	0,824	0,827	0,830	0,833	0,836	0,839	
3200	0,380	0,84	0,326	0,873	0,842	0,845	0,848	0,852	0,855	0,858	0,861	0,864	0,867	0,870	
3300	0,378	0,87	0,338	0,869	0,873	0,876	0,880	0,883	0,886	0,889	0,892	0,895	0,898	0,902	
3400	0,376	0,90	0,350	0,864	0,905	0,908	0,911	0,914	0,917	0,921	0,924	0,927	0,930	0,933	
3500	0,374	0,94	0,362	0,859	0,936	0,940	0,943	0,946	0,949	0,953	0,956	0,959	0,962	0,965	
3600	0,372	0,97	0,375	0,854	0,969	0,972	0,975	0,978	0,982	0,985	0,988	0,992	0,995	0,998	
3700	0,370	1,00	0,387	0,849	1,001	1,005	1,008	1,011	1,015	1,018	1,021	1,024	1,028	1,031	
3800	0,367	1,03	0,400	0,844	1,034	1,038	1,041	1,045	1,048	1,051	1,055	1,058	1,061	1,065	
3900	0,365	1,07	0,413	0,839	1,068	1,071	1,075	1,078	1,082	1,085	1,089	1,092	1,095	1,099	
4000	0,363	1,10	0,426	0,834	1,102	1,106	1,109	1,113	1,116	1,119	1,123	1,126	1,130	1,133	
4100	0,361	1,14	0,440	0,829	1,137	1,140	1,144	1,147	1,151	1,154	1,158	1,161	1,165	1,169	
4200	0,358	1,17	0,453	0,824	1,172	1,176	1,179	1,183	1,186	1,190	1,194	1,197	1,201	1,204	
4300	0,356	1,21	0,467	0,818	1,208	1,212	1,215	1,219	1,222	1,226	1,230	1,233	1,237	1,241	
4400	0,354	1,24	0,481	0,813	1,244	1,248	1,252	1,255	1,259	1,263	1,266	1,270	1,274	1,278	
4500	0,351	1,28	0,495	0,807	1,281	1,285	1,289	1,293	1,296	1,300	1,304	1,308	1,312	1,315	
4600	0,349	1,32	0,510	0,802	1,319	1,323	1,327	1,331	1,334	1,338	1,342	1,346	1,350	1,354	
4700	0,346	1,36	0,525	0,796	1,358	1,361	1,365	1,369	1,373	1,377	1,381	1,385			
4766	0,344	1,38	0,535	0,792											

Om de hoogte van de drukzone te berekenen lezen we af:

$k_x = 0.293$, zodat:

$$x_u = k_x * d$$

$$x_u = 0,293 * 354$$

$$x_u = 103,7 \text{ mm}$$

Om de afstand van het zwaartepunt van de drukzone tot het zwaartepunt van de trekwapening te berekenen lezen we af;

$k_z = 0,886$, zodat:

$$z = k_z * d$$

$$z = 0,886 * 354$$

$$z = 313,6 \text{ mm}$$

Controleberekening bestaande betonbalk met GTB-tabel

Gegeven:

Betonsterkteklasse C20/25 (B25)

Staalsoort FeB 500

Wapeningspercentage (ω_0) = 0,757%

Uit tabel:

$k = \frac{f_s}{f_b}$	B15	B25	B35	B45	B55	B65
f'_b	9	15	21	27	33	39
FeB 220	21,11	12,67	9,05	7,04	5,76	4,87
FeB 400	38,89	23,33	16,67	12,96	10,61	8,97
FeB 500	48,33	29,00	20,71	16,11	13,18	11,15

$$k = 29.00$$

$$k\omega_0 = 29.00 * 0.757 = 21.953$$

Uit tabel:

Door interpolatie vinden we: $M_u / f'_b * b * d^2 = 194 \text{ kN/m}^2$

$$M_u = 194 \cdot f_b \cdot b \cdot d^2 = 194 \cdot 15 \cdot 0,300 \cdot 0,354^2 = 109,4 \text{ kNm}$$

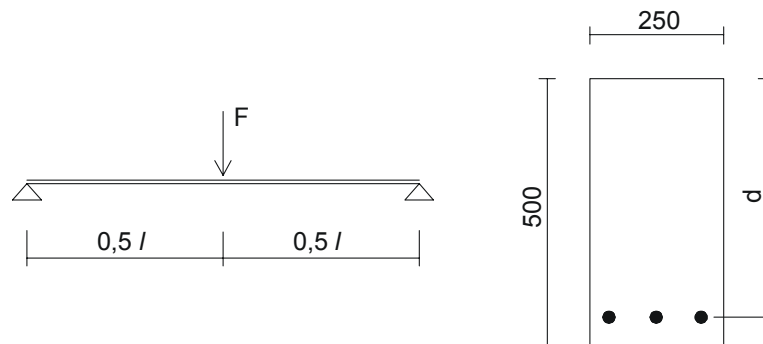
$\frac{M_u}{f_b \cdot b \cdot d^2}$	$k \cdot \omega_o$	k_x	k_z	$\frac{M_u}{f_b \cdot b \cdot d^2}$	$k \cdot \omega_o$	k_x	k_z
170	18,841	0,251	0,902	250	29,518	0,394	0,847
172	19,090	0,255	0,901	252	28,807	0,397	0,845
174	19,339	0,258	0,900	254	30,097	0,401	0,844
176	19,590	0,261	0,898	256	30,388	0,405	0,842
178	19,841	0,265	0,897	258	30,681	0,409	0,841
180	20,094	0,268	0,896	260	30,975	0,413	0,839
182	20,347	0,271	0,894	262	31,270	0,417	0,838
184	20,601	0,275	0,893	264	31,567	0,421	0,836
186	20,855	0,278	0,892	266	31,865	0,425	0,835
188	21,111	0,281	0,891	268	32,164	0,429	0,833
190	21,367	0,285	0,889	270	32,465	0,433	0,832
192	21,625	0,288	0,888	272	32,767	0,437	0,830
194	21,883	0,292	0,887	274	33,071	0,441	0,829
196	22,242	0,295	0,885	276	33,376	0,445	0,827
198	22,402	0,299	0,884	278	33,683	0,449	0,825
200	22,663	0,302	0,882	280	33,991	0,453	0,824

Gegeven:

Een balk met afmetingen $b \cdot h = 250 \cdot 500 \text{ mm}^2$ en lengte l , is vrij opgelegd op twee steunpunten en wordt belast door een kracht F (Figuur 1).

beton C20/25
 staalsoort FeB 500
 milieuklasse XC1
 veiligheidsklasse 3

$l = 5,0 \text{ m}$
 $F = 50 \text{ kN}$



Figuur 1

Gevraagd:

Bepaal de benodigde hoeveelheid wapening A_s .

Berekening:

$$M_u = \frac{1}{4} F l = \frac{1}{4} \cdot 50 \cdot 5,0 = 62,5 \text{ kNm}$$

Dekking $c = 30 \text{ mm}$ (milieuklasse XC1), beugels $\varnothing 8$, hoofdwapening geschat op $\varnothing 16$

$$d = h - c - \varnothing_{bgl} - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{hw} = 500 - 30 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 454 \text{ mm}$$

$$M_u = N_s \cdot z = N'_b \cdot z$$

$$N_s = M_u / z$$

$$\text{Stel } z = 0,9 d$$

$$N_s = 62,5 / (0,9 \times 0,454) = 153 \text{ kN}$$

$$N_s / f_s = 153000 / (500/1,15) = 352 \text{ mm}^2$$

$$7 \phi 8 = 7 \times 50,3 = 352 \text{ mm}^2$$

Let op voldoende beton tussen de aanwezige staven.

Anders staven kiezen met grotere diameter en vervolgens controleren, immers de inwendige hefboomarm veranderd.

ϕ_k	massa per staaf	aantal staven						
		1	2	3	4	5	6	7
	kg/m							
6	0,222	28	57	85	113	141	170	198
8	0,395	50	101	151	201	251	302	352
10	0,617	79	157	236	314	393	471	550
12	0,888	113	226	339	452	565	679	792
16	1,578	201	402	603	804	1005	1206	1407
20	2,466	314	628	942	1257	1571	1885	2199
25	3,853	491	982	1473	1963	2454	2945	3436
32	6,313	804	1608	2413	3217	4021	4825	5630
40	9,865	1257	2513	3770	5027	6283	7540	8796

Voorbeeld:

Gegeven. Een betonbalk met een doorsnede van 250mm x 600 mm in een droog milieu, milieuklasse 1.

Betonkwaliteit C20/25

Wapening 0 16 mm (FeB 500), beugel 0 8 mm

Oplossing

Bepaal eerst de nuttige hoogte d

$$d = h - c - 0_{bg} - \frac{1}{2} 0_{hw}$$

h = hoogte balk of vloer

c = dekking van de wapening (afhankelijk van de milieuklasse)

0_{bg} = doorsnede beugelwapening

0_{hw} = doorsnede hoofdwapening

Bereken dan met de formule

$$A_s = M_u / f_s \times 0,9 d$$

A_s = oppervlakte van de wapening

$M_u = M_d$ het inwendig rekenmoment

f_s = sterkte van de wapening die we toekennen aan een FeB 500 (435 N/mm²)

0.9 is de hoogte van het inwendige hefboom Z

$$d = h - c - 0_{bg} - \frac{1}{2} 0_{hw}$$

$$(600 - 25 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16) \text{ mm} = 559 \text{ mm}$$

$$A_s = M_u / f_s \times 0.9 d$$

$$A_s = \frac{120 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{435 \text{ N/mm}^2 \times 0.9 \times 559 \text{ mm}}$$

$$A_s = 548 \text{ mm}^2$$

Hoeveel staven van rond 16 heeft men nodig?

Zoek dit op in je tabellenboek blz. 95

Het aantal staven is:

3 rond 16 mm (603 mm²)

Minimum-wapeningspercentage ($\bar{\omega}_{0 \text{ min}}$)

Bij onvoldoende wapening zal het betonstaal niet in staat zijn de trekkracht van het beton over te nemen en zal het staal breken. Een plotselinge toename van de belasting brengt dus het gevaar van een spontane breuk (brosse breuk) in het wapeningstaal met zich mee.

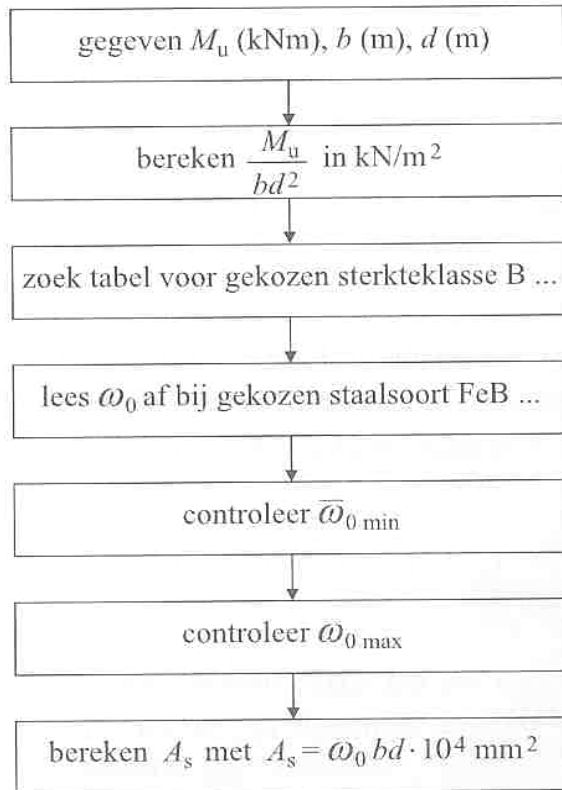
	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55	B 65
FeB 220	0,26	0,34	0,41	0,48	0,56	0,63
FeB 400	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35
FeB 500	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27

Maximum – wapeningspercentage ($\bar{\omega}_{0 \text{ max}}$)

Om plotseling bezwijken (zonder waarschuwing) van de betondoorsnede te voorkomen, is het noodzakelijk dat de wapening gaat vloeien voordat de maximale betondruksterkte wordt bereikt.

	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55	B 65
FeB 220	2,55	4,25	5,95	7,65	9,35	11,05
FeB 400	1,14	1,91	2,67	3,43	4,20	4,96
FeB 500	0,83	1,38	1,94	2,49	3,05	3,60

Stroomschema voor berekening van de wapening met GTB-tabellen



Moment en kromming

Ten tijde van het scheurmoment (M_r) is de betontreksterkte f_{bm} bereikt, de betondrukspanning nog zeer klein.

