

Orientacyjne minimalne klasy betonu

Rodzaj konstrukcji, elementów, wyrobów	Minimalna klasa betonu
<i>Konstrukcje betonowe</i>	$\geq C16/20$
<i>Konstrukcje żelbetowe</i>	
– fundamenty budowli	$\geq C16/20$
– elementy zginane monolityczne przy obciążeniu zmiennym poniżej 8 kN/m ²	$\geq C16/20$
– elementy zginane monolityczne przy obciążeniu zmiennym powyżej 8 kN/m ²	C20/25 ÷ C25/30
– elementy ściskane monolityczne	C20/25 ÷ C25/30
– słupy hal przemysłowych z ciężkimi suwnicami	C20/25 ÷ C30/37
– łupiny i elementy cienkościenne	C20/25 ÷ C35/45
– elementy prefabrykowane	C20/25 ÷ C30/37
– fundamenty pod maszyny	C25/30 ÷ C35/45
– konstrukcje poddane obciążeniom wielokrotnie zmiennym	C25/30 ÷ C35/45
<i>Konstrukcje sprężone</i>	
– strunobetonowe	C30/37 ÷ C45/55
– kablobetonowe	C25/30 ÷ C40/50

Klasy wytrzymałości betonu															Zależności analityczne/Wyjaśnienie
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (f_{ck} w MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{(2/3)}$ dla $\leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + 0,1 f_{cm})$ dla $> C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7 f_{ctm}$ kwantyl 5 %
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3 f_{ctm}$ kwantyl 95 %
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(0,1 f_{cm})^{0,3}$ (f_{cm} w MPa)
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	Patrz Rysunek 3.2 $\varepsilon_{c1} = 0,7 f_{cm}^{0,31}$, lecz $\leq 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa Patrz Rysunek 3.2 $\varepsilon_{cu1} = 2,8 + 27[0,01(98 - f_{cm})]^4$ (‰)
ε_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa Patrz Rysunek 3.3 $\varepsilon_{c2} = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$ (‰)
ε_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa Patrz Rysunek 3.3 $\varepsilon_{cu2} = 2,6 + 35[0,01(90 - f_{ck})]^4$ (‰)
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[0,01(90 - f_{ck})]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa Patrz Rysunek 3.4 $\varepsilon_{c3} = 1,75 + 0,01375(f_{ck} - 50)$ (‰)
ε_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	dla $f_{ck} \geq 50$ MPa Patrz Rysunek 3.4 $\varepsilon_{cu3} = 2,6 + 35[0,01(90 - f_{ck})]^4$ (‰)

Klasyfikacja stali zbrojeniowej

Postać wyrobu	Pręty proste i rozwijane z kręgów			Siatki			Wymaganie lub wartość kwantyla
Klasa	A	B	C	A	B	C	[%]
Charakterystyczna granica plastyczności f_{yk} lub $f_{0,2k}$ [MPa]	400 do 600						5,0
Skrajne wartości stosunku $k = (f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0
Charakterystyczne odkształcenie przy maksymalnej sile ϵ_{uk} [%]	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0
Zdatność do gięcia	Badanie na zginanie i odginanie			–			–

Klasa A – mała ciągliwość stali $2,5 \% \leq \epsilon_{uk} \leq 5,0 \%$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$
 Klasa B – średnia ciągliwość stali $5,0 \% < \epsilon_{uk} \leq 7,5 \%$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$
 Klasa C – duża ciągliwość stali $\epsilon_{uk} > 7,5 \%$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,15$ ale $(f_t/f_y)_k < 1,35$

Moduł sprężystości stali zbrojeniowej w przedziale temperatury $<-30^\circ\text{C} \div 100^\circ\text{C}>$: ... $E_s = 200 \text{ GPa}$

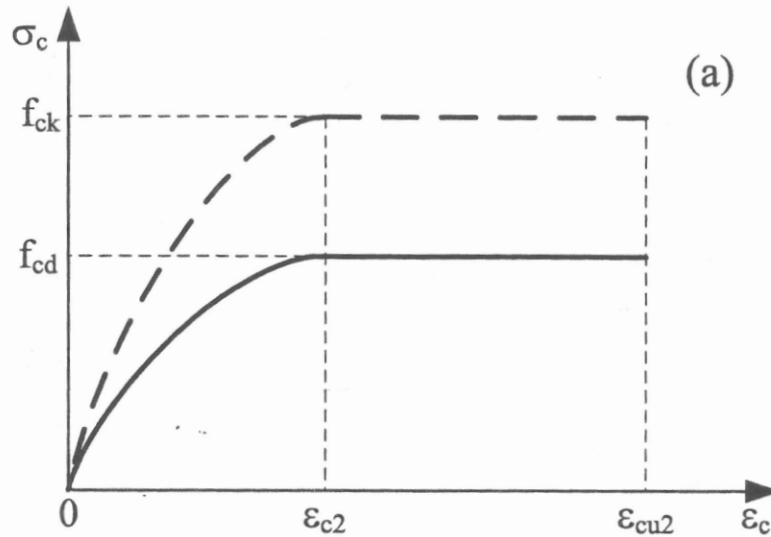
Właściwości mechaniczne wybranych stali zbrojeniowych klas A, B, C

Klasa stali	Znak gatunku stali	Nominalna średnica prętów ϕ [mm]	Granica plastyczności stali		Wytrzymałość charakterystyczna stali na rozciąganie f_{tk} [MPa]
			charakterystyczna f_{yk} [MPa]	obliczeniowa f_{yd} [MPa]	
A	BSt 500KR	6 ÷ 12	500	420	550
	RB500	4 ÷ 16	500	420	550
	RB500W	6 ÷ 40	500	420	550
	BSt500S	6 ÷ 14	500	420	550
B	RB400	6 ÷ 40	400	350	440
	RB400W	6 ÷ 40	400	350	440
	34GS	6 ÷ 32	410	350	550
	RB500	6 ÷ 40	500	420	550
	RB500WZ	8 ÷ 32	500	420	550
	BSt500S	8 ÷ 32	500	420	550
	BSt500WR	8 ÷ 32	500	420	550
C	35G2Y	6 ÷ 20	410	350	550
	20G2VY-b	6 ÷ 28	490	420	590
	B500SP	8 ÷ 32	500	435	575

Stal zbrojeniowa klas od A-0 do A-IIIN :

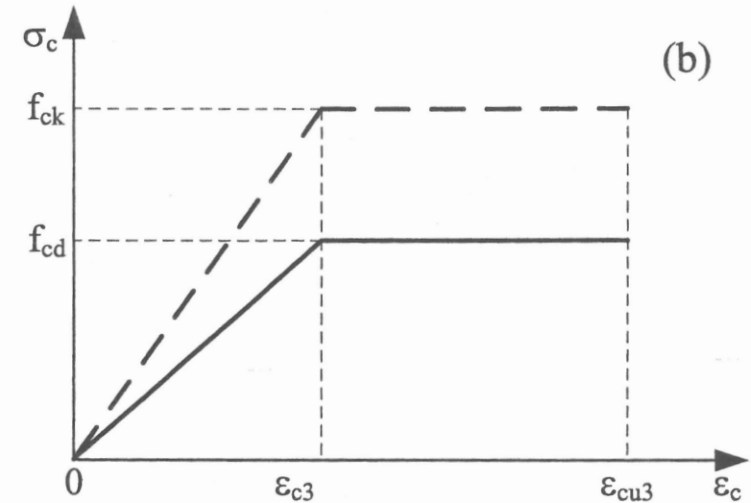
Klasa	Znak gatunku	Spajalność	Zakres średnic mm	Granica plastyczności MPa		Wytrzymałość charakterystyczna MPa f_{ik}
				f_{yk}	f_{yd}	
A-0	StOS-b	spajalna	5,5-40	220	190	300
A-I	St3SX-b St3Sy-b St3S-b	spajalna	5,5-40	240	210	320
	PB 240	trudno spajalna ¹⁾	6-40			265
A-II	St50B	trudno spajalna ¹⁾	6-32	355	310	480
	18G2-b	spajalna				
	20G2Y-b	spajalna	6-28			
A-III	25G2S	trudno spajalna ¹⁾	6-40	395	350	530
	35G2Y		6-20	410		550
	34GS		6-32	410		550
	RB400		6-40 ²⁾	400		440
	RB400W	spajalna				
A-IIIN	20G2VY-b	spajalna	6-28	490	420	590
	RB 500	trudno spajalna ¹⁾	6-40 ²⁾	500		550 550
	RB 500 W	spajalna		500		

Odształcalność betonu do projektowania przekroju



$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \text{ dla } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

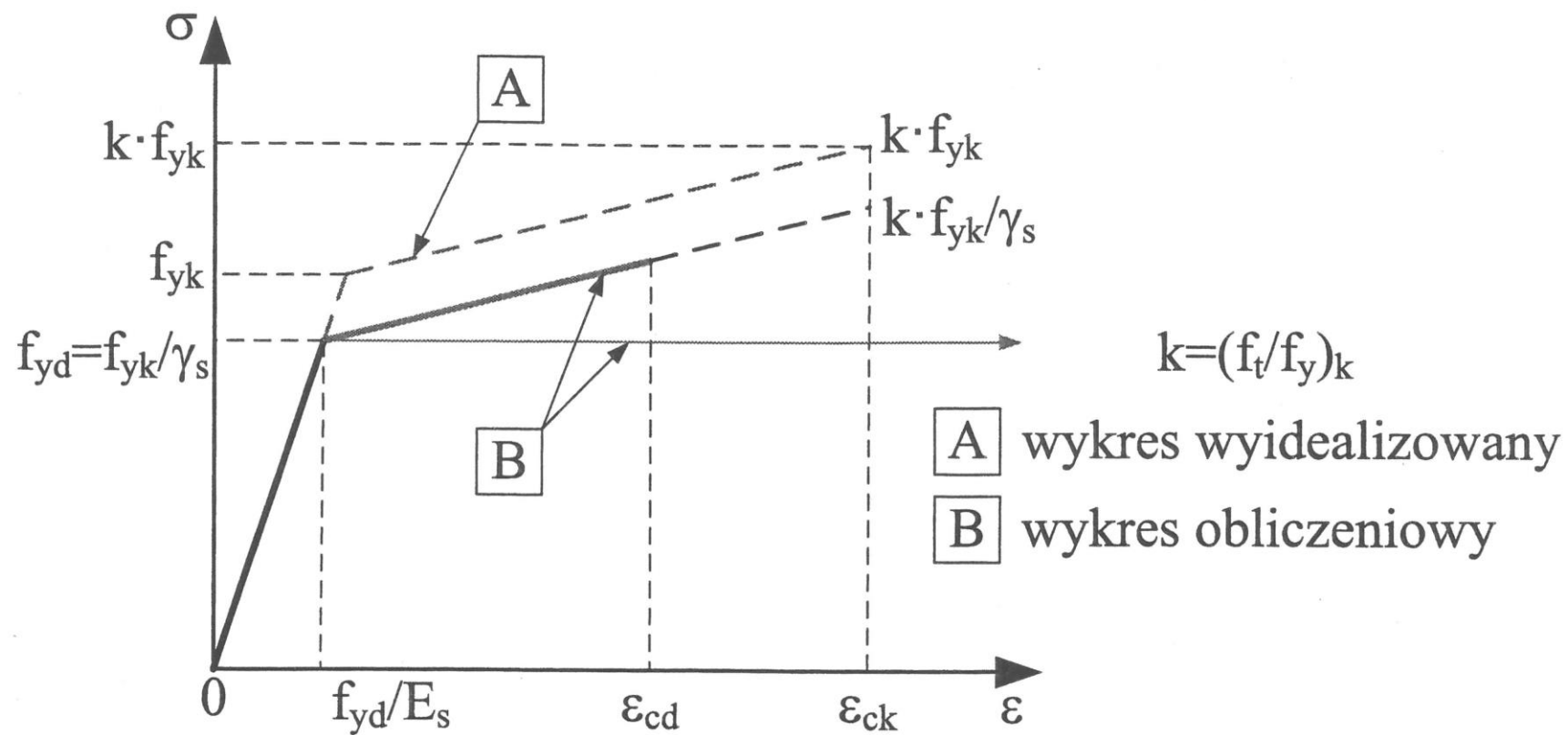
$$\sigma_c = f_{cd} \text{ dla } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$



$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c3}} \text{ dla } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \text{ dla } \varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu3}$$

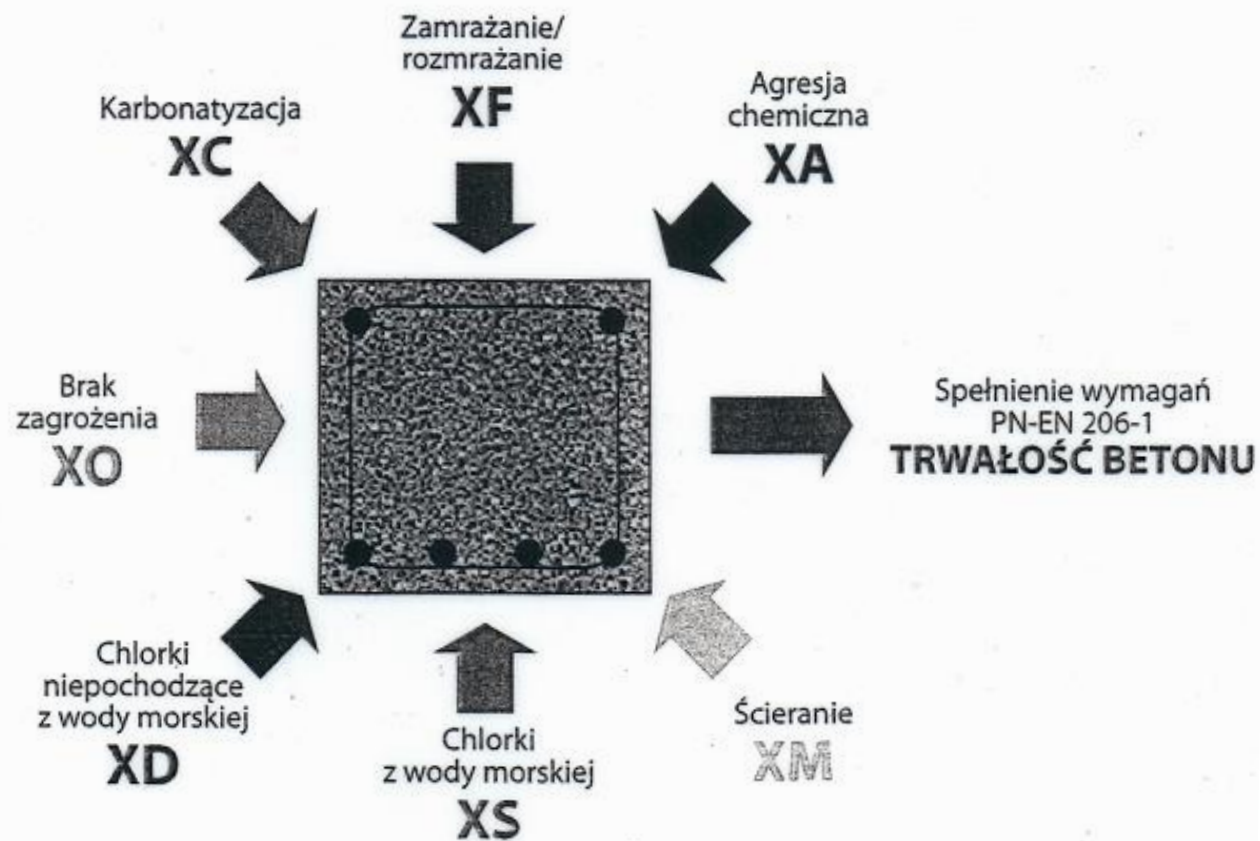
Wykres $\sigma - \varepsilon$ dla betonu: (a) paraboliczno-prostokątny, (b) bilinearny wykres

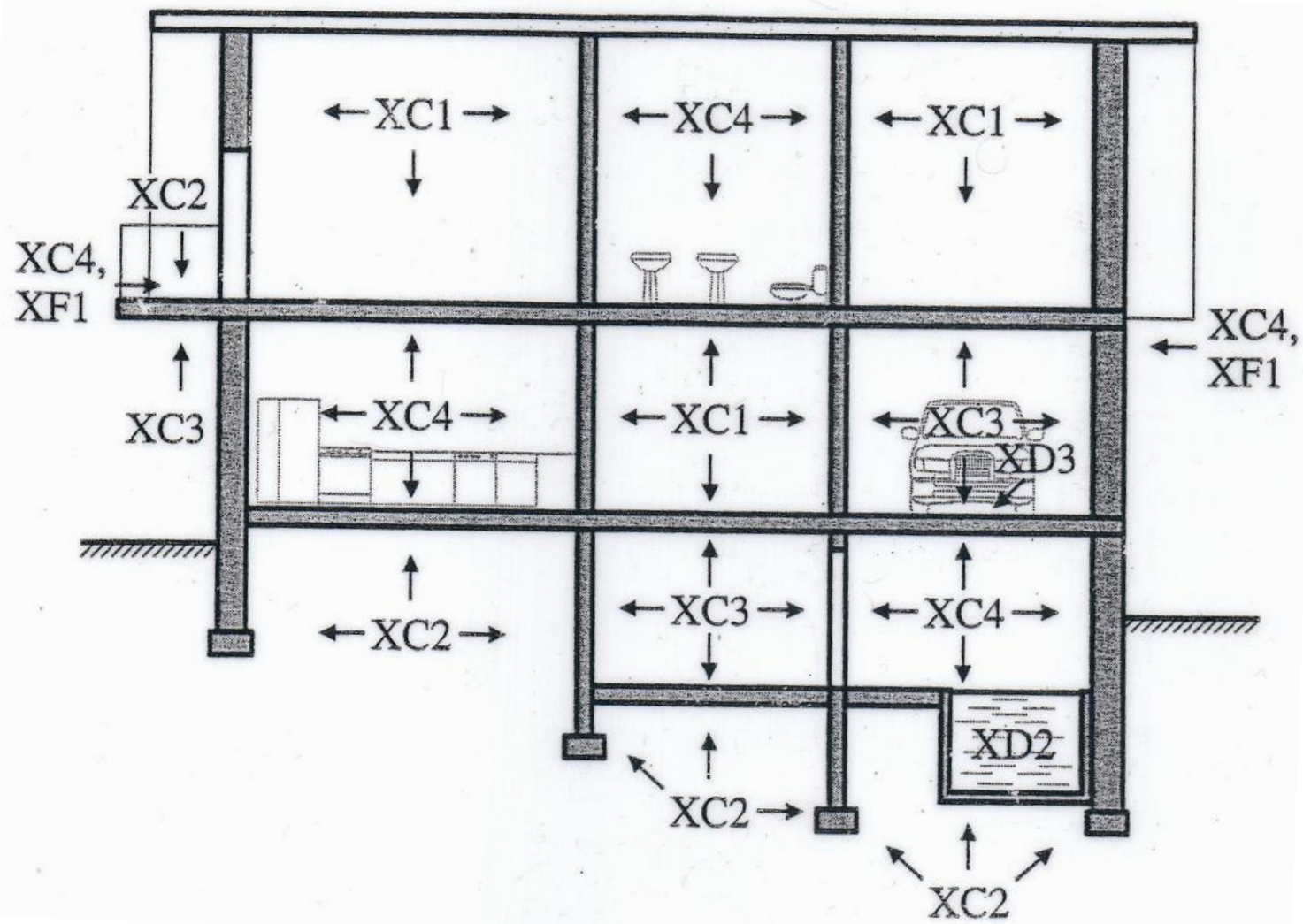


Wykresy $\sigma - \epsilon$ dla stali zbrojeniowej

Klasa ekspozycji – warunki środowiska, w których znajduje się beton.

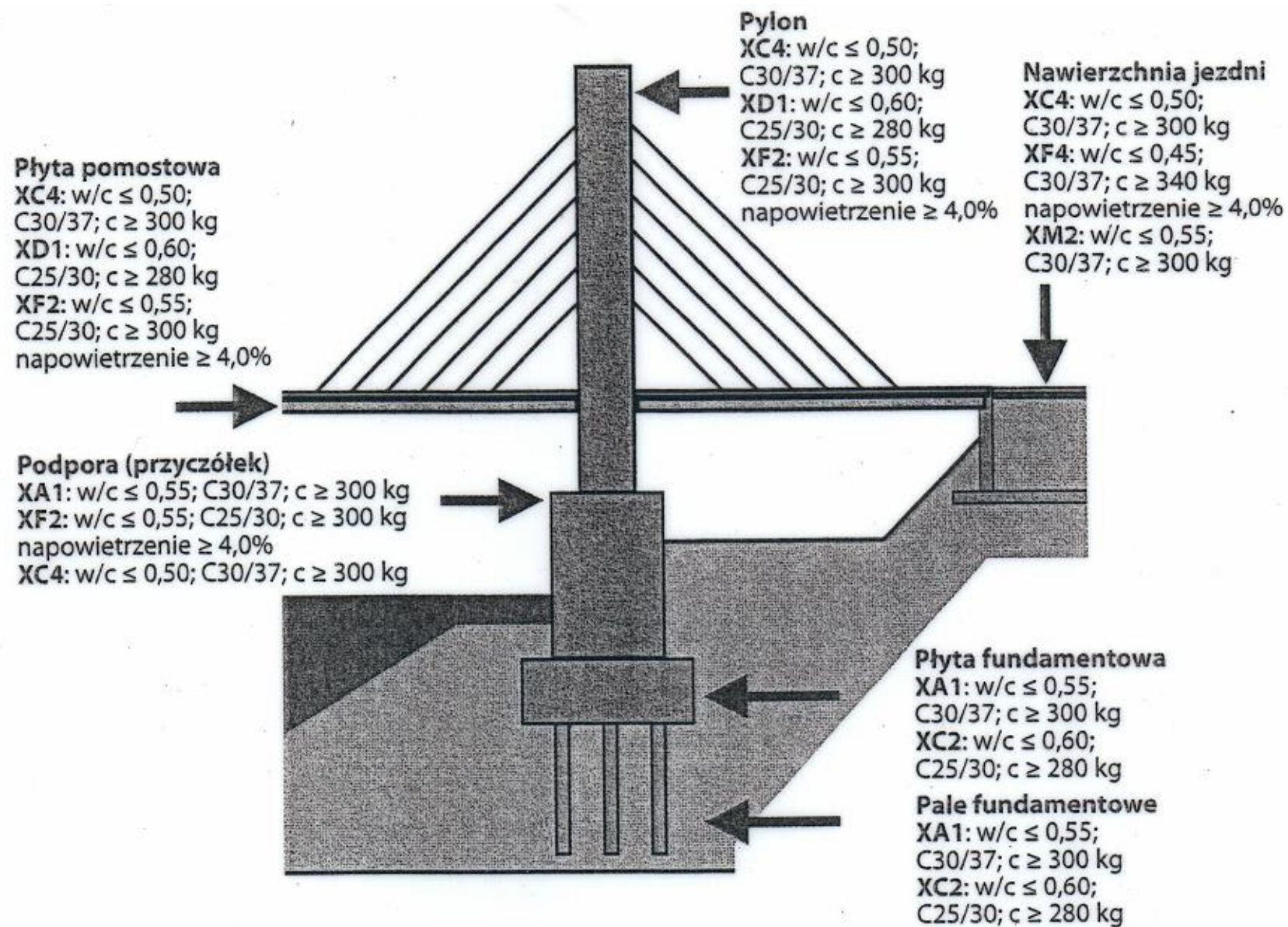
Oddziaływanie środowiska może być chemiczne lub fizyczne i może wpływać na beton lub znajdujące się w nim elementy metalowe (zbrojenie).





Klasy ekspozycji w zależności od warunków środowiska (wg PN-EN 206-1)

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykłady występowania klas ekspozycji
1. Brak ryzyka korozji lub agresji środowiska		
X0	beton niezbrojony i niezawierający wbudowanych elementów metalowych we wszystkich środowiskach z wyjątkiem przypadków występowania zamrażania/odmrażania, ścierania lub agresji chemicznej beton zbrojony lub zawierający wbudowane elementy metalowe w środowiskach bardzo suchych	beton wewnątrz budynków o bardzo niskiej wilgotności powietrza lub stale zanurzony w wodzie
2. Korozja spowodowana karbonatyzacją		
XC1	suche lub stale mokre	beton wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza beton stale zanurzony w wodzie
XC2	mokre, sporadycznie suche	powierzchnie betonu narażone na długotrwały kontakt z wodą wiele fundamentów
XC3	umiarkowanie wilgotne	beton wewnątrz budynków o umiarkowanej lub wysokiej wilgotności powietrza beton na zewnątrz osłonięty przed deszczem
XC4	cyklicznie mokre i suche	powierzchnie betonu narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w klasie ekspozycji XC2
3. Korozja spowodowana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej		
XD1	umiarkowanie wilgotne	powierzchnie betonu narażone na działanie chlorków z powietrza
XD2	mokre, sporadycznie suche	baseny pływakie baseny narażone na działanie wody przemysłowej zawierającej chlorki
XD3	cyklicznie mokre i suche	elementy mostów narażone na działanie rozpylonych cieczy zawierających chlorki nawierzchnie dróg płyty parkingów



Obiekt mostowy i drogowy

Ściany zewnętrzne
XC4: $w/c \leq 0,50$;
C30/37; $c \geq 300$ kg
XF1: $w/c \leq 0,55$;
C30/37; $c \geq 300$ kg

Ściany wewnętrzne
XC1: $w/c \leq 0,65$;
C20/25; $c \geq 260$ kg

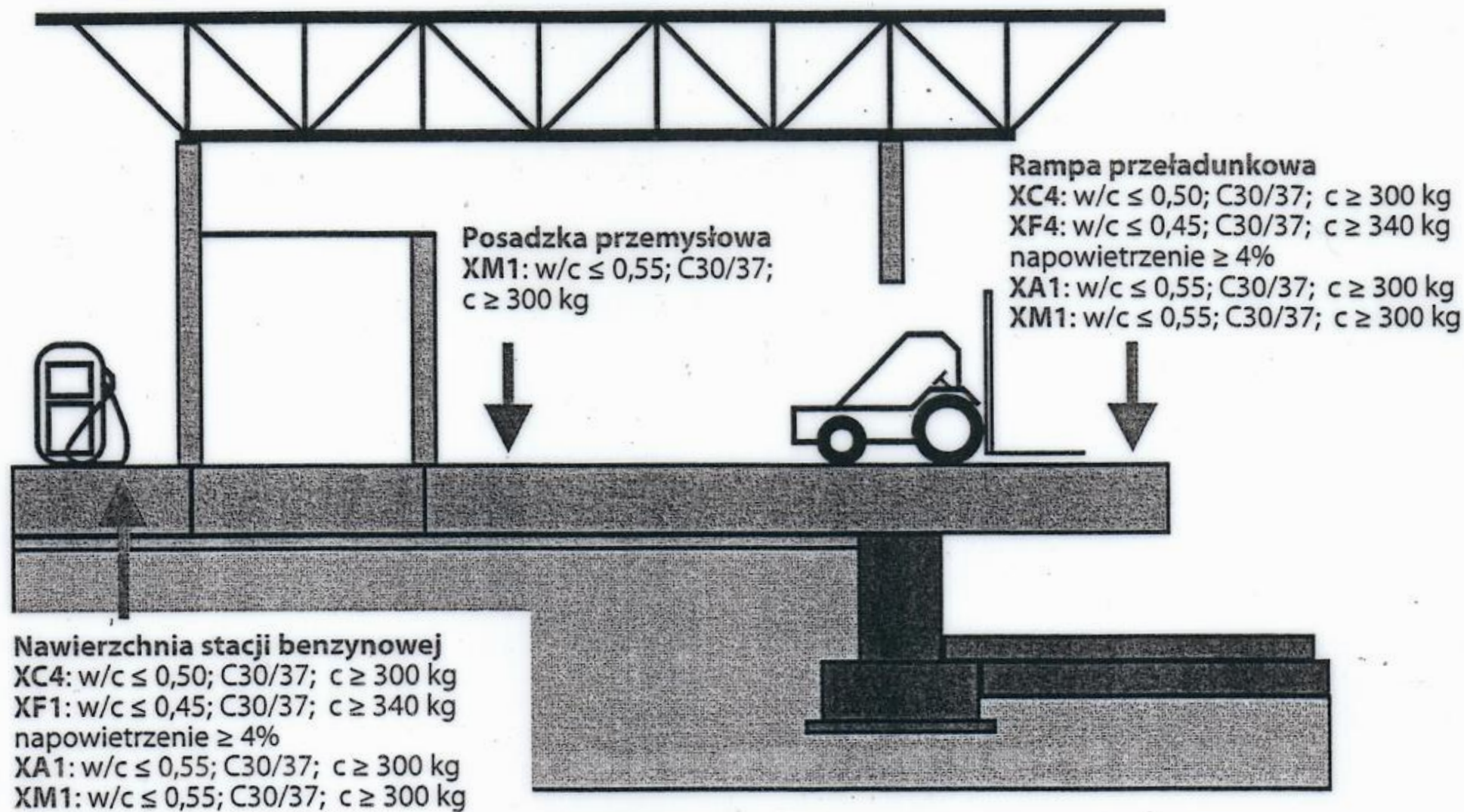
Stropy wewnętrzne
XC1: $w/c \leq 0,65$;
C20/25; $c \geq 260$ kg

Fundament
XC1: $w/c \leq 0,65$;
C20/25; $c \geq 260$ kg
XC2: $w/c \leq 0,60$;
C25/30; $c \geq 280$ kg

Ściany zewnętrzne
piwnic
XC4: $w/c \leq 0,50$;
C30/37; $c \geq 300$ kg
XF1: $w/c \leq 0,55$;
C30/37; $c \geq 300$ kg

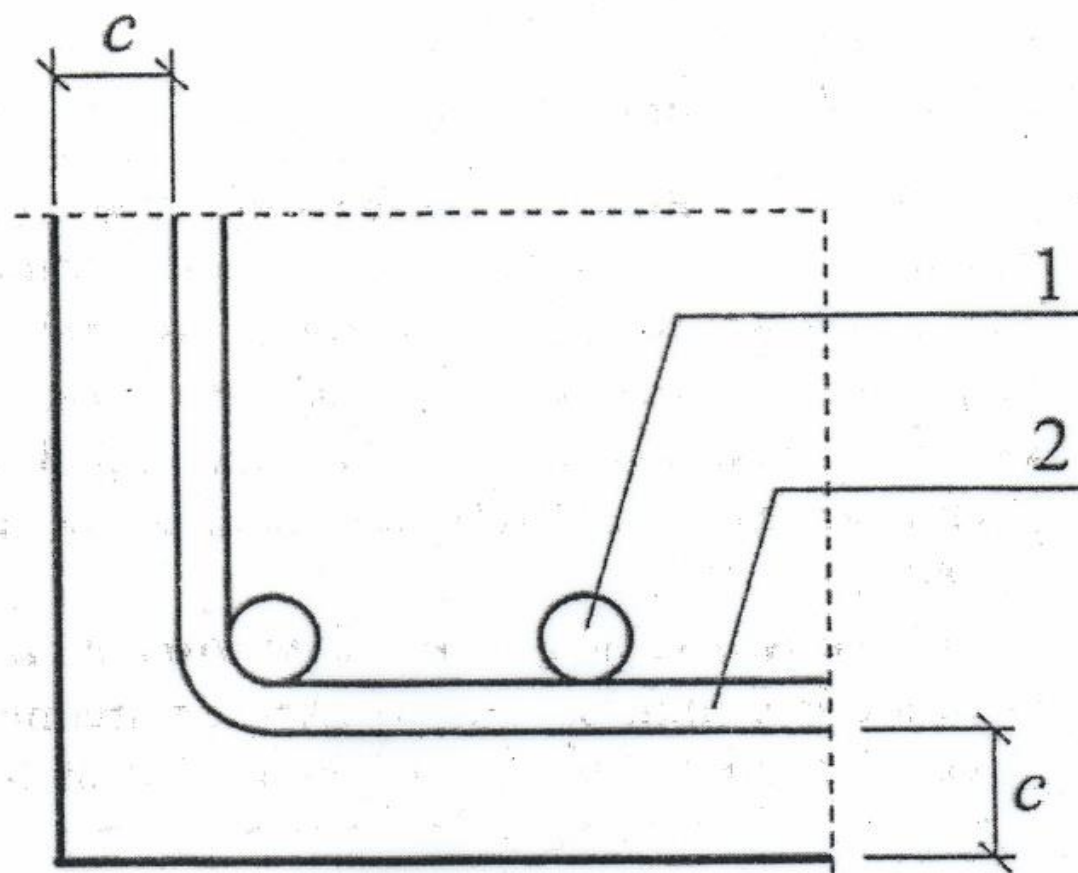
Posadzka na gruncie
XC1: $w/c \leq 0,65$;
C20/25; $c \geq 260$ kg
(XC2: $w/c \leq 0,60$;
C25/30; $c \geq 280$ kg)

Budynek mieszkalny



Obiekt przemysłowy

OTULENIE ZBROJENIA



Określenie grubości otulenia w przekroju poprzecznym; 1 — zbrojenie główne, 2 — strzemie

Tablica 2.1 – Orientacyjne projektowe okresy użytkowania

Kategoria projektowego okresu użytkowania	Orientacyjny projektowy okres użytkowania (lata)	Przykłady
1	10	Konstrukcje tymczasowe ⁽¹⁾
2	od 10 do 25	Wymienialne części konstrukcji np. belki podsuwnicowe, łożyska
3	od 15 do 30	Konstrukcje rolnicze i podobne
4	50	Konstrukcje budynków i inne konstrukcje zwykłe
5	100	Konstrukcje budynków monumentalnych, mosty i inne konstrukcje inżynierskie
⁽¹⁾ Zaleca się, aby konstrukcje lub części konstrukcji, które mogą być demontowane w celu ponownego zmontowania, nie uważać za konstrukcje tymczasowe		

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

$$C_{min} = \max \{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm}\},$$

w którym:

- $C_{min,b}$ oznacza minimalne otulenie ze względu na przyczepność, patrz 4.4.1.2(3),
- $C_{min,dur}$ oznacza minimalne otulenie ze względu na warunki środowiska, patrz 4.4.1.2(5),
- $\Delta C_{dur,\gamma}$ jest składnikiem dodawanym ze względu na bezpieczeństwo, patrz 4.4.1.2(6),
- $\Delta C_{dur,st}$ oznacza zmniejszenie minimalnego otulenia ze względu na stosowanie stali nierdzewnej, patrz 4.4.1.2(7),
- $\Delta C_{dur,add}$ oznacza zmniejszenie minimalnego otulenia ze względu na stosowanie dodatkowego zabezpieczenia, patrz 4.4.1.2(8).

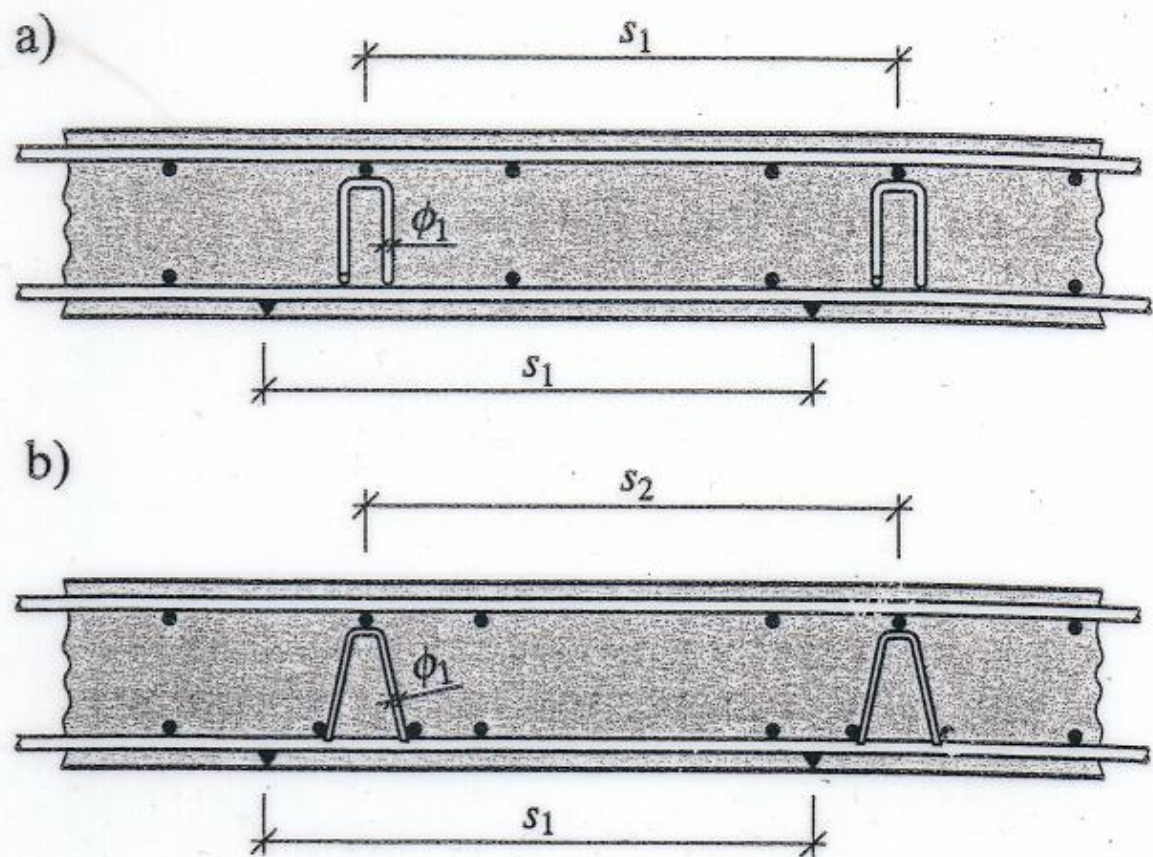
Tablica 4.2: Minimalne otulenie $c_{min,b}$ – wymagania ze względu na przyczepność

Wymagania ze względu na przyczepność	
Ułożenie prętów	Minimalne otulenie $c_{min,b}$ *
Zwykłe	Średnica pręta
W wiązkach	Średnica zastępcza ϕ_n (patrz 8.9.1)
* jeśli nominalny, maksymalny wymiar ziaren kruszywa jest większy niż 32 mm, to $c_{min,b}$ należy zwiększyć o 5 mm.	

Tablica 4.4N: Minimalne otulenie $c_{min,dur}$ (mm) wymagane (wg EN 10080) ze względu na trwałość stali zbrojeniowej

Wymagania ze względu na środowisko							
Klasa konstrukcji	Klasa ekspozycji według Tablicy 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	55	55

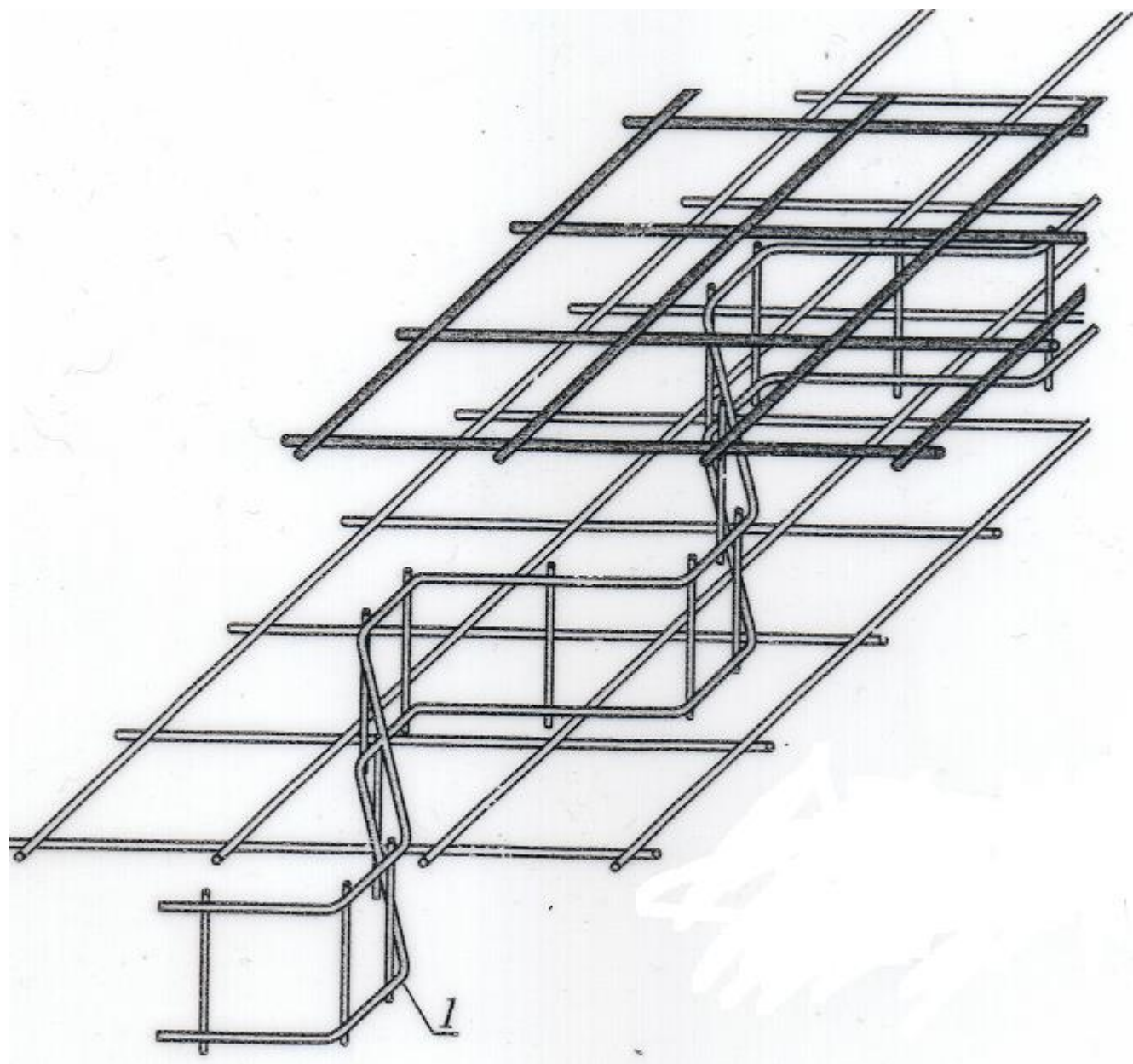
Rozmieszczenie podkła-
dek dystansowych i podparć w pły-
tach
a) podparcie
lokalne, b) podparcie liniowe



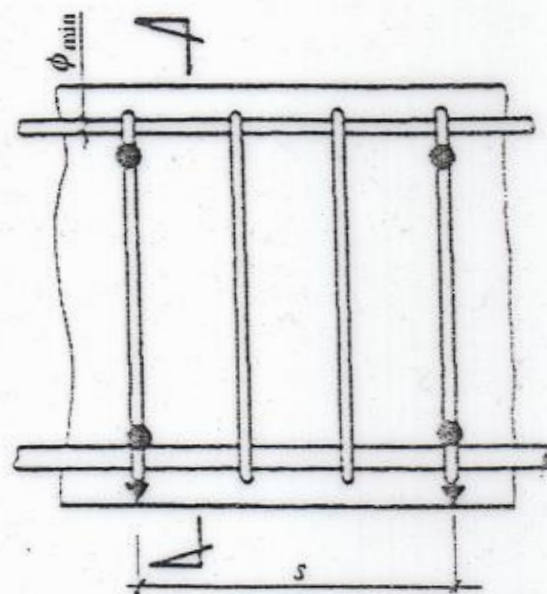
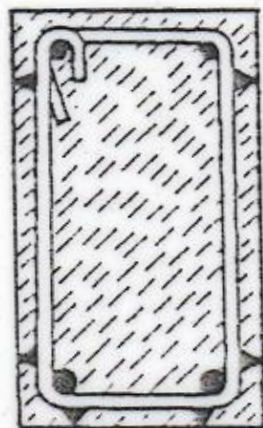
$\phi_1 = 8 \text{ mm}$ dla $h \leq 0,15 \text{ m}$

$\phi_1 = 12 \text{ mm}$ dla $0,15 \text{ m} < h \leq 0,30 \text{ m}$

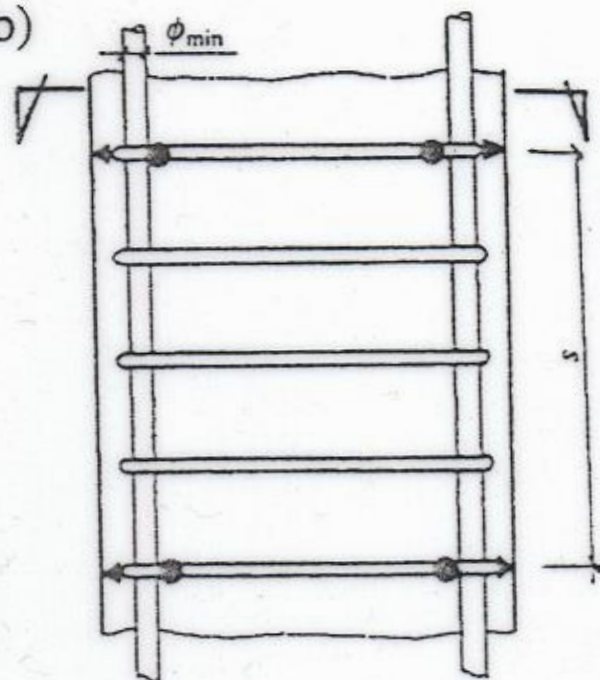
$\phi_1 = 14 \text{ mm}$ dla $0,30 \text{ m} < h \leq 0,50 \text{ m}$



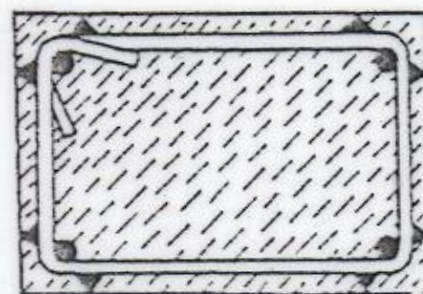
a)



b)



$s = 0,5 \text{ m}$ dla $\phi_{\min} \leq 10 \text{ mm}$
 $s = 1,0 \text{ m}$ dla $12 \text{ mm} \leq \phi_{\min} \leq 20 \text{ mm}$
 $s = 1,25 \text{ m}$ dla $20 \text{ mm} < \phi_{\min}$



Rozmieszczenie elementów dystansowych: a) belki, b) słupy

