

Zamawiający:	
<p style="text-align: center;">GMINA WŁOSZCZOWA UL. PARTYZANTÓW 14 29-100 WŁOSZCZOWA</p>	
Wykonawca:	
<p style="text-align: center;">EKOPROJEKT JACEK JAKÓBIK ŻÓŁWIN, UL. NADARZYŃSKA 134 05-807 PODKOWA LEŚNA TEL. 881000020</p>	
Stadium:	Lokalizacja:
PROJEKT WYKONAWCZY	<p style="text-align: center;">DZIAŁKA EW. NR: 3620/2 POŁOŻONA WE WŁOSZCZOWIE PRZY PLACU WOLNOŚCI</p>
Tom:	Tytuł opracowania:
	<p style="text-align: center;">ZZAGOSPODAROWANIE TERENU W ŚRODKU RYNKU (PLAC WOLNOŚCI) W RAMACH PROJEKTU: KOMPLEKSOWA REWITALIZACJA CENTRUM WŁOSZCZOWY – UKSZTAŁTOWANIE ESTETYCZNEJ I FUNKCJONALNEJ PRZESTRZENI PUBLICZNEJ, WPŁYWAJĄCEJ NA ROZWÓJ AKTYWNOŚCI SPOŁECZNEJ, REKREACJI ORAZ PRZEDSIĘBIORCZOŚCI MIESZKAŃCÓW</p> <p style="text-align: center;">Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych STB5 – ELEMENTY BETONOWE I ŻELBETOWE</p> <p style="text-align: center;"><u>Rodzaje robót według Wspólnego Słownika Zamówień (CPV)</u> CPV 45112720-8 Roboty w zakresie kształtowania terenów sportowych i rekreacyjnych CPV 45233200-1 Roboty w zakresie różnych nawierzchni CPV 45233250-6 Roboty w zakresie nawierzchni, z wyjątkiem dróg CPV 45233253-7 Roboty w zakresie nawierzchni dróg dla pieszych CPV 45453100-0 Roboty renowacyjne CPV 77310000-6 Usługi sadzenia roślin oraz utrzymania terenów zielonych</p>
Branża:	

	IMIĘ I NAZWISKO:	NR UPRAWNIEŃ:	PODPIS:
PROJEKTANT:	MGR INŻ. ARCH. MARCIN WOJCIECH BUJNOWSKI	BŁ/299/94 MA-0118	
PROJEKTANT:	MGR INŻ. ARCH. KRAJOBRAZU JACEK JAKÓBIK		

Nr archiwalny:	Data:
	20 WRZEŚNIA 2018

Spis treści AB

• A. PRZEDMIOT ST.....	3
• B. ZAKRES ROBÓT.....	3
• C. MATERIAŁY.....	3
• D. SPRZĘT.....	3
• E. TRANSPORT.....	3
• F. WYKONANIE ROBÓT.....	3
• G. BETONY.....	3
1) Wymagania, właściwości.....	3
2) Kostka brukowa – procedury badawcze oraz wymagania.....	8
• H. STAL ZBROJENIOWA.....	10
I. Stal zbrojeniowa w konstrukcjach betonowych i żelbetowych.....	10
II. KSZTAŁTOWANIE ZBROJENIA.....	16
• I. Kontrola jakości.....	39
• J. Jednostka obmiaru.....	39
• K. Odbiór.....	39
• L. Literatura i przepisy związane.....	39

A. PRZEDMIOT ST

Przedmiotem S.T. są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót w zakresie robót betonowych i żelbetonowych dla zadania pod nazwą: **Zagospodarowanie terenu w środku rynku (plac wolności) w ramach projektu: kompleksowa rewitalizacja centrum włoszczowy – ukształtowanie estetycznej i funkcjonalnej przestrzeni publicznej, wpływającej na rozwój aktywności społecznej, rekreacji oraz przedsiębiorczości mieszkańców przy Placu Wolności, dz. nr ew. 3620/2 we Włoszczowie**. Specyfikacja Techniczna stanowi dokument pomocniczy przy realizacji i odbiorze robót.

B. ZAKRES ROBÓT

- Wykonanie komory technicznej
- Wykonanie niecki fontanny
- Wykonanie płyty żelbetowej zlewni fontanny
- Różne elementy betonowe i żelbetowe (w tym nawierzchnie z elementów betonowych)

C. MATERIAŁY

- Betony konstrukcyjne klasy C12/15, C16/20, C25/30,
- Stal zbrojeniowa klasy A-III, A-0,
- Zbrojenie według projektu konstrukcji

D. SPRZĘT

Skrzynia do zaprawy, wiadra, kielnie murarskie, czerpak blaszany, poziomice, szczotki stalowe, pędzle, betoniarka elektryczna, pompa do betonu, spawarki, gwintownice, szalunki inwentaryzowane, rusztowania systemowe, wciągniki, żuraw samojezdny.

E. TRANSPORT

Samochód ciężarowy, rozładunek ręczny, dźwig pionowy, transport ręczny.

F. WYKONANIE ROBÓT

Elementy konstrukcji betonowych i żelbetonowych, należy wykonywać ze szczególną ostrożnością, zabezpieczeniami i zachowaniem elementów do ponownego zainstalowania. Prace należy kontynuować w koordynacji z robotami ziemnymi, robotami izolacyjnymi oraz branżowymi.

G. BETONY

1) Wymagania, właściwości

a) Wstęp

Norma betonowa PN-EN 206-1 Beton - Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, która zastąpiła normę PN-88/B-06250 Beton zwykły, zawiera wymagania dla betonów zwykłych, ciężkich, lekkich i wysokiej wytrzymałości, a także wprowadza nowe pojęcia, symbole i skróty. Norma wprowadza klasyfikację betonów ze względu na kompetencję w zakresie odpowiedzialności za ich wykonanie oraz informacje o składzie. Na tej podstawie wyróżnia się beton: projektowany, recepturowy oraz normowy.

Beton projektowany w ujęciu PN-EN 206-1 to beton, którego żądane właściwości i dodatkowe cechy są podane przez wykonawcę producentowi odpowiedzialnemu za dostarczenie betonu w postaci mieszanki betonowej. Specyfikujący (wykonawca robót betonowych) formułuje w specyfikacji wymagania stawiane betonowi: przeznaczenie betonu (wymiar konstrukcji), wytrzymałość na ściskanie (klasa wytrzymałościowa), klasa konsystencji mieszanki betonowej, warunki pielęgnacji, warunki użytkowania, klasa ekspozycji, klasa zawartości chlorków oraz ewentualnie dodatkowe cechy. Odpowiedzialność za osiągnięcie wymaganych właściwości spoczywa na producencie betonu.

Beton recepturowy w ujęciu PN-EN 206-1 to beton, którego skład i składniki, jakie powinny być użyte do jego produkcji są podane przez wykonawcę producentowi. Specyfikujący (zamawiający, wykonawca) w specyfikacji podaje producentowi betonu jego konkretny skład, tzn. rodzaj cementu, rodzaj kruszywa, stosunek W/C, ilości składników na 1 m³ betonu. Odpowiedzialność za osiągnięcie wymaganych właściwości betonu spoczywa na autorze recepty, producent odpowiada tylko za dostarczenie betonu o określonym składzie (za dokładność dozowania składników oraz za zastosowanie w betonie składników podanych w specyfikacji). W betonie recepturowym nie ma jednak możliwości skontrolowania producenta.

Normowy beton recepturowy (NBR) w ujęciu PN-EN 206-1 to beton, którego skład jest poda-

ny w normie przyjętej w kraju stosowania betonu. W Polsce wprowadzono uzupełnienie normy PN-EN 206-1: Krajowe uzupełnienia PN-B-06265 Beton - część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. W tabeli 5.1.1.1/1. przedstawiono minimalne ilości cementu dla NBR.

W normie PN-EN 206-1 wprowadzono nowy podział betonów ze względu na gęstość. Beton zwykły to beton o gęstości w stanie suchym większej niż 2000 kg/m³ (w normie PN-88/B-06250 - 1800 kg/m³), ale nieprzekraczającej 2600 kg/m³. Betony lekkie, to betony o gęstości nie mniejszej niż 800 kg/m³ i nie większej niż 2000 kg/m³. Beton ciężki, to beton o gęstości powyżej 2600 kg/m³.

W normie PN-EN206-1 po raz pierwszy w Polsce jednoznacznie zdefiniowano beton wysokiej wytrzymałości. W ujęciu tej normy beton wysokiej wytrzymałości, to beton klasy wytrzymałości na ściskanie wyższej niż C50/60 w przypadku betonu zwykłego lub ciężkiego oraz beton klasy wytrzymałościowej na ściskanie wyższej niż LC50/55 w przypadku betonu lekkiego.

W normie PN-EN 206-1 rozszerzono pojęcie betonu towarowego. W jej ujęciu beton towarowy, to beton dostarczony jako mieszanka betonowa przez osobę lub jednostkę niebędącą wykonawcą, a także beton produkowany przez wykonawcę poza miejscem budowy i beton produkowany na miejscu budowy, ale nie przez wykonawcę. Należy zwrócić uwagę, że najważniejszą cechą betonu towarowego jest fakt jego przekazania między różnymi jednostkami (wykonawca, producent) lub z jednego na drugie miejsce.

W nowej normie betonowej wprowadzono pojęcie wytrzymałości charakterystycznej f_{ck} (odpowiada wytrzymałości gwarantowanej w normie PN-88/B-06250). W ujęciu PN-EN 206-1 jest to wartość wytrzymałości, poniżej której może się znaleźć 5% populacji wszystkich oznaczeń wytrzymałości na ściskanie dla danej objętości betonu. Wytrzymałość charakterystyczną określa się po 28 dniach dojrzewania betonu. Ze względu na kształt próbek betonowych stosowanych do badań wytrzymałości na ściskanie, rozróżnia się wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach walcowych o średnicy 15 cm i wysokości 30 cm ($f_{ck, cyl}$) oraz wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach sześciennych o krawędzi 15 cm ($f_{ck, cu, be}$)

b) Klasy wytrzymałościowe na ściskanie oraz kryteria zgodności

Klasa betonu według normy PN-88/B-06250 to symbol literowo-liczbowy (np. B30), klasyfikujący beton pod względem jego wytrzymałości na ściskanie, a liczba po literze B oznaczała wytrzymałość gwarantowaną. W normie tej rozróżniano następujące klasy betonu: B7,5; B10; B12,5; B15; B17,5; B20; B25; B30; B35; B40; B50.

W normie PN-EN 206-1 wprowadzono klasy wytrzymałościowe na ściskanie dla betonów zwykłych i ciężkich (np. C20/25) oraz betonów lekkich (np. LC20/22). Po symbolu C (LC) pierwsza liczba oznacza minimalną wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach walcowych, druga liczba oznacza minimalną wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach sześciennych. W tabeli 5.1.1.2/1. przedstawiono klasy wytrzymałościowe na ściskanie betonów zwykłych i ciężkich wg PN-EN 206-1 oraz odpowiadające im klasy betonów wg PN-88/B-06250. W tabeli 1. przedstawiono klasy betonów lekkich.

W krajowym uzupełnieniu PN-B-06265 wprowadzono normowy beton recepturowy (NBR) produkowany w klasach wytrzymałości: C8/10, C12/15 oraz C16/20, dla których przyjęto odpowiednio oznaczenia: NBR 10, NBR 15 oraz NBR 20. W ujęciu PN-B-06265 do produkcji normowego betonu recepturowego należy używać cementu klasy 32.5R, kruszywa naturalnego (żwiru i piasku) i wody, bez możliwości modyfikacji jego składu dodatkami i domieszkami. Mieszanke betonową NBR można wytwarzać w trzech klasach konsystencji S1, S2 oraz S3.

Tabela 1. Klasy wytrzymałościowe na ściskanie betonów zwykłych i ciężkich

Klasa wytrzymałości na ściskanie według PN-EN206-1	Minimalna wytrzymałość charakterystyczna oznaczona na próbkach walcowych $f_{ck, cyl}$ MPa	Minimalna wytrzymałość charakterystyczna oznaczona na próbkach sześciennych $f_{ck, cu, be}$ MPa	Odpowiadająca klasa betonu wg PN-88/B-06250
C8/10	8	10	B10
C12/15	12	15	B15
C16/20	16	20	B20
C20/25	20	25	B25
C25/30	25	30	B30
C30/37	30	37	-
C35/45	35	45	-

C40/50		40	50	B50
C45/55		45	55	-
C50/60		50	60	-
C55/67	Betony wysoko- warto- ściowe	55	67	-
C60/75		60	75	-
C70/85		70	85	-
C80/95		80	95	-
C90/105		90	105	-
C100/115		100	115	-

Tabela 2. Klasy wytrzymałościowe na ściskanie betonów lekkich

Klasa wytrzymałości na ściskanie		Minimalna wytrzymałość charakterystyczna oznaczona na próbkach walcowych $f_{ck, cyl}$ [MPa]	Minimalna wytrzymałość charakterystyczna oznaczona na próbkach sześciennych $f_{ck, cube}$ [MPa]
LC8/9		8	9
LC12/13		12	13
LC16/18		16	18
LC20/22		20	22
LC25/28		25	28
LC30/33		30	33
LC35/38		35	38
LC40/44		40	44
LC45/50		45	50
LC50/55		50	55
LC55/60	Betony wysoko- warto- ściowe	55	60
LC60/66		60	66
LC70/77		70	77
LC80/88		80	88

Zgodnie z PN-88/B-06250 partia betonu mogła być zakwalifikowana do danej klasy, jeżeli jego wytrzymałość określona na próbkach w kształcie sześcianu o krawędzi 15 cm (przy liczbie prób mniejszej od 15) spełniała następujące wyniki:

$$R_{i \min} \geq \alpha \cdot R_b^g$$

gdzie:

$R_{i \min}$ ~ najmniejsza wytrzymałość na ściskanie uzyskana w badanej serii betonu,

α - współczynnik zależny od liczebności próbek; dla prób w ilości 3-4 współczynnik $\alpha = 1,15$; dla prób w ilości 5-8 współczynnik $\alpha = 1,10$ oraz dla prób w ilości 9-14 współczynnik $\alpha = 1,05$,

R_b - wytrzymałość gwarantowana.

W przypadku niespełnienia powyższego warunku beton mógł być zakwalifikowany do danej klasy, jeżeli zostały spełnione równocześnie dwa poniższe warunki:

$$R_{i \min} \geq \alpha \cdot R_b^g \text{ oraz } R_{sr} \geq 1,2 R_b^g$$

gdzie:

R_{sr} - średnia wartość wytrzymałości na ściskanie badanego betonu.

W normie PN-EN206-1 wprowadzono kryteria zgodności dotyczące wytrzymałości na ściskanie betonu projektowanego. W zależności od rodzaju produkcji betonu rozróżnia się produkcję początkową i ciągłą. Za produkcję początkową uważa się produkcję do momentu uzyskania co najmniej 35 wyników badań, natomiast produkcję ciągłą osiąga się, gdy uzyska się minimum 35 wyników badań w okresie do 12 miesięcy. Pomimo tego w trakcie produkcji ciągłej producent może przyjąć plan pobierania próbek, jak w przypadku produkcji początkowej. W przypadku gdy producent wstrzymał produkcję na

okres dłuższy niż 12 miesięcy, należy przyjąć kryteria, częstotliwość pobierania próbek i badania, jak dla produkcji początkowej. W zależności od rodzaju produkcji betonu uzależnia się plan pobierania i badania próbek. Minimalną częstotliwość pobierania próbek do oceny zgodności przedstawiono w tabeli 3

Tabela 3. Minimalna częstotliwość pobierania próbek do oceny zgodności

Produkcja	Minimalna częstotliwość pobierania próbek		
	Pierwsze 50 m ³ produkcji	Po pierwszych 50 m ³ produkcji*1*	
		Beton z certyfikatem kontroli produkcji	Beton bez certyfikatu kontroli produkcji
Początkowa (do momentu uzyskania co najmniej 35 wyników badań)	3 próbki	1 próbka/200 m ³ lub 2 próbki/tydzień produkcji	1 próbka/150 m ³ lub 1 próbka na dzień produkcji
Ciągła ² (po uzyskaniu co najmniej 35 wyników badań)		1 próbka/400 m ³ lub 1 próbka/tydzień produkcji	

1. Pobieranie próbek powinno być rozłożone w czasie produkcji i nie zaleca się pobierania więcej niż 1 próbki z każdych 25 m³ mieszanki.
2. Gdy odchylenie standardowe ostatnich 15 wyników przekracza 1.37σ, częstotliwość pobierania próbek należy zwiększyć do częstotliwości wymaganej dla produkcji początkowej, do uzyskania następnych 35 wyników (σ - odchylenie standardowe populacji).

Na podstawie przeprowadzonych badań wytrzymałości na ściskanie należy dokonać oceny zgodności, korzystając z kryteriów podanych w tabeli 4.

Tabela 4. Kryteria zgodności dotyczące wytrzymałości na ściskanie

Produkcja	Liczba „n” wyników badań wytrzymałości na ściskanie w zbiorze	Kryterium 1	Kryterium 2
		Średnia z „n” wyników (f_{cm}) MPa	Dowolny pojedynczy wynik badania (f_{ci}) MPa
Początkowa	3	$f_{cm} - f_{ck} \text{ (cube/cyl)} + 4$	$f_{ci} - f_{ek} \text{ (cube/cyl)} \sim 4$
Ciągła	min 15	$f_{cm} - f_{ck} \text{ (cube/cyl)} + 1-48\sigma$	$f_{ci} > f_{ek} + 4$ $f_{ci} - f_{ck} \text{ (cube/cyl)} \sim 4$

f_{ck} ~ wytrzymałość charakterystyczna.

f_{cm} - średnia wytrzymałość betonu na ściskanie.

f_{ci} ~ pojedynczy wynik badania wytrzymałości na ściskanie.

c) Klasy konsystencji mieszanki betonowej

Konsystencja mieszanki betonowej według PN-88/B-06250 to stopień jej ciekłości. W tej normie dokonano podziału konsystencji na pięć stopni: wilgotną K-I, gęstoplastyczną K-2, plastyczną K-3, półciekłą K-4 oraz ciekłą K-5.

W nowej normie betonowej PN-EN 206-1 stopnie ciekłości mieszanki betonowej zastąpiono klasami konsystencji badanymi czterema metodami: opadem stożka (przebieg badania podano w normie PN-EN 12350-2), metodą Vebe (PN-EN 12350-3), metodą stopnia zagęszczalności (PN-EN 12350-4) i metodą rozplywu (PN-EN 12350-5). Dwie ostatnie metody badań nie były stosowane w starej normie betonowej.

Zgodnie z PN-EN 206-1 wyróżnia się następujące klasy konsystencji: od S1 do S5 dla metody stożka opadowego; od V0 do V4 dla metody Vebe; od CO do C3 dla metody stopnia zagęszczalności oraz od FI do F6 dla metody rozplywu.

d) Ograniczenia zawartości cementu i stosunku wody do cementu (W/C)

W normie PN-88/B-06250 dopuszczalne minimalne ilości cementu oraz największe wartości stosunku wodno-cementowego były uzależnione od rodzaju betonu (zbrojony, niezbrojony) oraz od warunków pracy betonu w konstrukcji - beton osłonięty/narażony na działanie czynników atmosferycznych, narażony na stały dostęp wody przed zamarznięciem.

W normie PN-EN 206-1 po raz pierwszy w Polsce wprowadzono klasy ekspozycji betonu z

uwagi na zagrożenia oddziaływaniem środowiska. Wyróżnia się zagrożenia spowodowane:

- karbonatyzacją (cztery klasy od XC1 do XC4) - do klasy XC1 można zakwalifikować betony wbudowane wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza oraz betony stale zanurzone w wodzie. Betony z których wykonane są fundamenty (także elementy prefabrykowane) kwalifikuje się do klasy XC2. Do klasy XC3 kwalifikuje się betony wbudowane wewnątrz budynków wysokiej wilgotności powietrza oraz betony wbudowane na zewnątrz, ale osłonięte przed wpływami czynników atmosferycznych. Klasa XC4 to klasa, do której kwalifikuje się elementy betonowe pracujące w środowisku cyklicznie suchym mokrym;
- chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej - strefa śródlądowa (trzy klasy od XD1 do XD3). Do klasy XD1 kwalifikuje się betony narażone na działanie chlorków z powietrza. Elementy basenów kąpielowych, zbiorniki przemysłowe do gromadzenia roztworów chlorkowych powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XD2. Elementy betonowe (żelbetowe), z których wykonane są konstrukcje mostów, nawierzchnie dróg, parkingów narażonych na cieczę zawierającą chlorki powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XD3;
- chlorkami z wody morskiej - strefa nadmorska (klasy od XS1 do XS3). Elementy betonowe realizowane w pobliżu wybrzeży, narażone na owiew zasolonego powietrza powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XS1. Do klasy XS2 kwalifikuje się betony, z których realizowane są elementy budowli morskich, w tym także zanurzone części konstrukcji morskich. Do klasy XS3 kwalifikuje się betony, z których realizowane są konstrukcje narażone na obmywanie wodą morską w wyniku falowania morza;
- naprzemiennymi cyklami zamrażania i odmrażania (cztery klasy od XF1 do XF4). Klasa XF1 to klasa, do której kwalifikuje się betony (elementy pionowe) umiarkowanie nasycone wodą bez środków odladzających. W tej klasie ekspozycji nie wymaga się stosowania środków napowietrzających. Pionowe elementy betonowe narażone na działanie czynników atmosferycznych oraz środków odladzających powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XF2. Poziome elementy betonowe, silnie nasycone wodą bez środków odladzających, narażone na działanie mrozu powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XS3. Betonowe powierzchnie dróg i mostów narażone na silne nasycenie wodą oraz odladzanie środkami chemicznymi powinny być wykonane z betonu zakwalifikowanego do klasy ekspozycji XF4. W betonach zakwalifikowanych do klas XF2, XF3, oraz XF4 wymagane jest napowietrzanie mieszanki betonowej;
- agresją chemiczną (trzy klasy od XA1 do XA3). Klasy ekspozycji XA1, XA2 oraz XA3 dotyczą betonów pracujących odpowiednio w środowisku słabo-, średnio- i silnie agresywnym;
- w krajowym uzupełnieniu PN-B-06265 wprowadzono dodatkowo trzy klasy ekspozycji betonu z uwagi na agresję wywołaną ścieraniem (od XM1 do XM3). Klasy ekspozycji XM1, XM2 oraz XM3 dotyczą betonów pracujących odpowiednio w środowisku umiarkowanie, silnie i ekstremalnie zagrożonym ścieraniem.

Wymagania odnośnie do składu betonu (minimalnej ilości cementu w kg/m^3 , maksymalnego stosunku wodno-cementowego oraz minimalnej klasy wytrzymałościowej) przyjmuje się na podstawie klasyfikacji betonu do danej klasy ekspozycji. W tabeli 5.1.1.4/1. przedstawiono klasy ekspozycji betonu wraz z wymaganiami odnośnie do składu betonu.

Tabela 9. Klasy ekspozycji betonu oraz wymagania odnośnie do składu mieszanki betonowej

Typ zagrożenia	Klasa ekspozycji	Minimalna ilość cementu kg/m^3	Maksymalne W/C	Minimalna klasa wytrzymałości
Brak agresji	XO	-	-	C12/15
Karbonatyzacja	XC1	260	0,65	C20/25
	XC2	280	0,60	C25/30
	XC3	280	0,55	C30/37
	XC4	300	0,50	C30/37

Korozja chlorkowa w strefie śródlądowej	XD1	300	0,55	C30/37
	XD2	300	0,55	C30/37
	XD3	320	0,45	C35/45
Korozja chlorkowa w strefie nadmorskiej	XS1	300	0,50	C30/37
	XS2	320	0,45	C35/45
	XS3	340	0,45	C35/45

Agresja spowodowana zamrażaniem i rozmrażaniem	XF1	300	0,55	C30/37
	XF2	300	0,55	C25/30
	XF3	320	0,50	C30/37
	XF4	340	0,45	C30/37
Agresja chemiczna	XA1	300	0,55	C30/37
	XA2	320	0,50	C30/37
	XA3	360	0,45	C35/45

Typ zagrożenia	Klasa ekspozycji	Minimalna ilość cementu kg/m ³	Maksymalne W/C	Minimalna klasa wytrzymałości
Agresja wywołana ścieraniem	XM1	300	0,55	C30/37
	XM2	300	0,55	C30/37
	XM3	320	0,45	C35/45

2) Kostka brukowa – procedury badawcze oraz wymagania

Kostki brukowe produkuje się najczęściej z betonu wysokowartościowego, modyfikowanego dodatkami oraz domieszkami. Do produkcji kostek brukowych używa się:

- cementów portlandzkich klas 42.5R oraz 52.5R, które powinny charakteryzować się wysoką wytrzymałością końcową, oraz koniecznie wysoką wczesną wytrzymałością;
- wysokich jakości kruszyw płukanych o uziarnieniu najczęściej do 4-8 mm. Wykorzystuje się zarówno kruszywa naturalne, jak i łamane. Kruszywa łamane (bazyalty, granity, diabazy) charakteryzują się znacznie rozbudowaną powierzchnią ziaren (bardziej chropowatą), co korzystnie wpływa na warstwę stykową kruszywo – zaczyn cementowy;
- dodatków mineralnych w postaci popiołów lotnych, które mogą korzystnie wpływać na parametry mechaniczne kostek brukowych oraz obniżyć ich koszt produkcji. Ważne jest, aby nie stosować popiołów lotnych o wysokiej zawartości alkaliów, które mogą powodować obniżenie mrozoodporności oraz powodować wykwyty. Najczęściej popioły lotne stosuje się w ilości nie większej niż 20% w stosunku do masy cementu;
- domieszek chemicznych, głównie plastyfikatorów lub superplastyfikatorów oraz pigmentów barwiących (czerwonego, żółtego, brązowego i grafitowego).

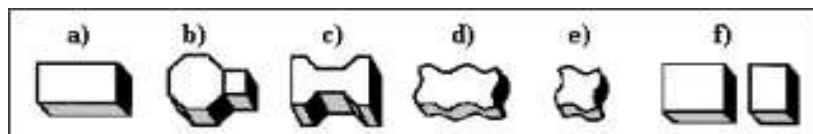
a) Kształty, wymiary i klasy kostek brukowych:

Wymiary kostek brukowych: długość do 240 mm, szerokość około 120 mm, grubość 60, 80, 100 rzadziej 120 lub 140 mm. Dopuszczalne odchyłki wymiarów deklarowanych przez producentów przedstawiono w tabeli 30.

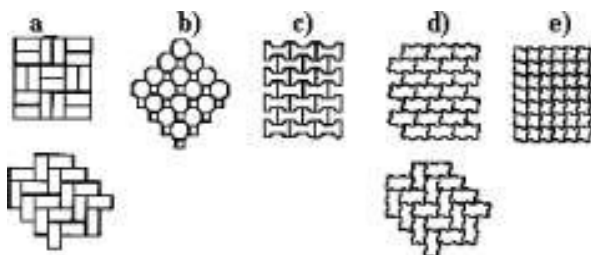
Tabela 30. Dopuszczalne odchyłki w stosunku do wymiarów deklarowanych przez producentów wg PN-EN1338

Dla grubości [mm]	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Grubość [mm]
<100	±2	±2	±3
> 100	±3	±3	±4

Istnieje około 20 różnych kształtów kostek brukowych, najczęściej spotykane na rynku polskim przedstawiono na rys. 31. Na rysunku 32. przedstawiono sposoby ich układania.



Rys. 31. Najczęściej spotykane kształty kostek brukowych: a) Holland, b) Unidecor, c) Behaton, d) Unistone, e) Old Town



Rys. 32. Sposoby układania kostek brukowych: a) Holland, b) Unidecor, c) Behaton, d) Unistone, e) Old Town

W zależności od metody produkcji kostki brukowe mogą być wytwarzane z jednej lub dwóch warstw. W przypadku kostek brukowych dwuwarstwowych, warstwa górna (ścieralna) powinna mieć grubość minimum 4 mm i być silnie związana z warstwą spodnią (konstrukcyjną).

Klasy, oznaczenia i wymagania dla kostek brukowych przedstawiono w tabeli 33.

Tabela 33. Klasy, oznaczenia i wymagania dla kostek brukowych wg PN-EN1338

Cecha	Klasa	Znakowanie	Wymagania
Odporność na warunki atmosferyczne	1	A	Nie określa się nasiąkliwości
	2	B	Nasiąkliwość średnia < 6%
	3	D	Ubytek masy po badaniu zamrażania/rozmarzania: wartość średnia <1,0 kg/m ² oraz żaden pojedynczy wynik nie większy niż 1,5 kg/m ²
Odporność na ścieranie - pomiar na tarczy Bohmego	1	F	Nie określa się
	3	H	< 20 000 mm ² 75 000 mm ²
	4	I	< 18 000mm ² 75 000 mm ²
Maksymalne różnice między dwoma przekątnymi kostki brukowej w kształcie prostokąta 0 długości przekątnych > 300 mm	1	J	Maksymalna różnica 5 mm
	2	K	Maksymalna różnica 3 mm

Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy rozłupywaniu T	Średnia wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy rozłupywaniu nie powinna mieć niższej wartości niż 3,6 MPa oraz minimalna wytrzymałość pojedynczego pomiaru nie powinna być mniejsza niż 2,9 MPa, a obciążenie niszczące nie powinno być mniejsze niż 250 N/mm długości rozłupania
---	---

Informacje, jakie powinny być zawarte w znakowaniu kostek brukowych, przedstawiono w tabeli 34.

Tabela 34. Znakowanie kostek brukowych

W deklaracji producenta (lub na fakturze)	Na kostkach brukowych w ilości 0,5% z co najmniej jednym oznaczeniem elementu w opakowaniu	Informacja
+	+	Identyfikacja producenta
-	+	Data produkcji
+	+	Data, od której kostki brukowe uzyskają deklarowane cechy
+	+	Klasy kostki brukowej: A, B lub D F, H lub I J lub K
+	+	Numer obowiązującej normy (PN-EN1338)
+	-	Identyfikacja wyrobu

H. STAL ZBROJENIOWA

I. Stal zbrojeniowa w konstrukcjach *betonowych* i *żelbetowych*

Norma PN-B-03264:2002 nakazuje zbrojenie konstrukcji prętami ze stali klas A-0, A-I, A-II, A-III i A-IIIN, których właściwości mechaniczne i technologiczne określone są w normach:

PN-82/H-93215, PN-89/H-84023/06, PN-ISO 6935-1, PN-ISO 6935-1/Ak, PN-ISO 6935-2 oraz PN-ISO 6935-2/Ak, PN-ISO 6935-2/Ak/Apl. Norma PN-B-03264:2002 dopuszcza stosowanie również innych rodzajów stali, jeżeli uzyskały one aprobatę techniczną. W ofercie polskich hut występuje stal zbrojeniowa gatunków BSt500S, PB300, RB300 i S235JRG2.

Norma PN-91/S-10042 zaleca do zbrojenia obiektów mostowych stal wg PN-89/H-84023/06.

Klasyfikację gatunków stali zbrojeniowej wg ww. norm podano w tabeli 39.

Tabela 39. Klasyfikacja gatunków stali wg wymienionych norm

Normy	Klasa stali				
	A-0	A-I	A-II	A-III	A-IIIN
PN-82/H-93215	StOS-b	St3S-b St3SX-b St3SY-b	18G2-b 20G2Y-b	34GS	20G2VY-b
PN-89/H-84023/06	StOS-b	St3S-b St3SX-b St3SY-b	St50B 18G2-b 20G2Y-b	34GS 25G2S 35G2Y	20G2VY-b
PN-ISO 6935-1		PB240 PB300*			

PN-ISO 6935-1/Ak		PB240 PB300*			
PN-ISO 6935-2			RB300*	RB400 RB400W	RB500 RB500W
PN-ISO 6935-2/Ak			RB300*	RB400 RB400W	RB500 RB500W
PN-ISO 6935-2/Ak/Apl				RB400	RB500

*Gatunek stali nie jest wymieniony w normie PN-B-03264:2002.

Znak gatunku stali ujętych w nonnie PN-89/H- 84023/06 składa się z następujących członów w kolejności występowania:

a) pręty gładkie ze stali niskostopowej zwykłej StOS-b, St3SX-b, St3SY-b, St3S-b oraz St50B:

- symbol stali „St”,
- liczba porządkowa oznaczająca gatunek stali w zależności od jej składu chemicznego, właściwości technologicznych i wytrzymałościowych,
- symbol „S” oznaczający przydatność do spajania,
- symbole: „X” - stal nieuspokojona, „Y” – stal uspokocona,
- symbol „b” oznaczający przydatność do zbrojenia betonu.

W przypadku stali St50B liczba 50 określa wytrzymałość na rozciąganie, a symbol „B” przydatność do zbrojenia betonu.

b) pręty żebrowane ze stali niskostopowej konstrukcyjnej 18G2-b, 20G2Y-b, 25G2S, 35G2Y, 34GS i 20G2VY-b:

- liczba węglowa - liczba dwucyfrowa podająca średnią przybliżoną zawartość węgla w setnych procenta,
- litery oznaczające zawartość innych pierwiastków: „G” - mangan, „S” - krzem (przy średniej zawartości większej niż 0,50%), „V” – wanad; liczba 2 występująca po symbolu „G” oznacza zawartość manganu równą lub większą niż 1,30%,
- symbol „Y” oznaczający stal uspokoconą,
- symbol „b” oznaczający przydatność do zbrojenia betonu.

Do zbrojenia konstrukcji betonowych i żelbetonowych stosuje się wyroby:

(b) w klasie A-0:

- w gatunku StOS-b okrągłe gładkie - walcówka o średnicy $5,5 \div 14$ mm i pręty o średnicy $8 \div 40$ mm

(b) w klasie A-I:

- w gatunku St3S-b, St3SX-b, St3SY-b, okrągłe gładkie - walcówka o średnicy $5,5 \div 14$ mm i pręty o średnicy $8 \div 40$ mm ,

- w gatunku PB240, PB300 - walcówka i pręty okrągłe gładkie o średnicy $6-40$ mm ,

(c) w klasie A-II:

- w gatunku St50B żebrowane jednoskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 \div 32$ mm ,

- w gatunku 18G2-b żebrowane jednoskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 \div 32$ mm ,

- w gatunku 20G2Y-b żebrowane jednoskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 - 28$ mm ,

- w gatunku RB300 żebrowane jednoskośnie (żebra zanikające, nie są połączone z żebrami podłużnymi) - walcówka i pręty okrągłe o średnicy $6 \div 40$ mm ,

(d) w klasie A-III:

- w gatunku 25G2S żebrowane dwuskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 + 40$ mm,

- w gatunku 35G2Y żebrowane dwuskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 \div 40$ mm,

- w gatunku 34GS żebrowane dwuskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 12$ mm i pręty o średnicy $10 \div 32$ mm,

- w gatunku RB400 żebrowane dwuskośnie (żebra zanikające, nie są połączone z żebrami podłużnymi) - walcówka i pręty okrągłe o średnicy $6 \div 40$ mm,

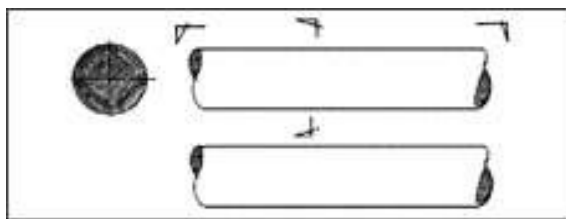
- w gatunku RB400W żebrowane dwuskośnie (żebra zanikające, nie są połączone z żebrami podłużnymi) - walcówka i pręty okrągłe o średnicy $6 \div 40$ mm,

(f) w klasie A-III:

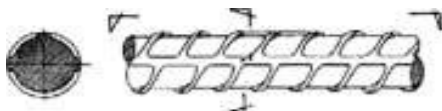
- w gatunku 20G2VY-b żebrowane dwuskośnie - walcówka o średnicy $6 \div 8$ mm i pręty

ty o średnicy $10 \div 28$ mm,

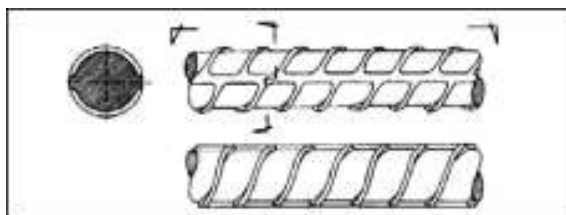
- w gatunku RB500 żebrowane dwuskośnie (żebra zanikające, nie są połączone z żebrami podłużnymi) - walcówka i pręty okrągłe o średnicy $6 \div 40$ mm.
- w gatunku RB500W żebrowane dwuskośnie (żebra zanikające, nie są połączone z żebrami podłużnymi) - walcówka i pręty okrągłe o średnicy $6 \div 40$ mm.



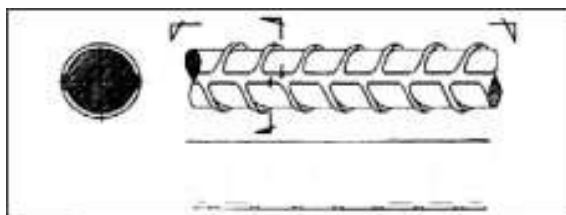
Rys. 40. Pręty gładkie klasy A-0 i A-I



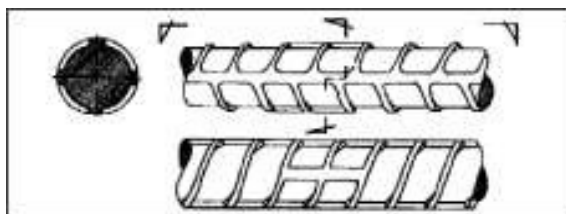
Rys. 41. Pręty żebrowane spiralne klasy A-II



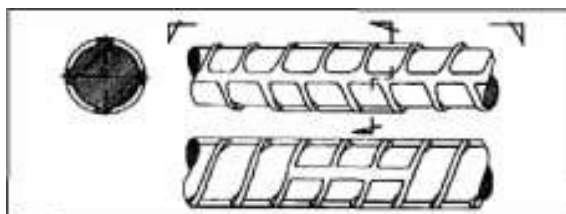
Rys. 42. Pręty żebrowane spiralne klasy A-II



Rys. 43. Pręty żebrowane w jodełkę klasy A-III



Rys. 44. Pręty żebrowane w jodełkę klasy A-III



Rys. 45. Pręty żebrowane w jodełkę klasy A-IIIN

Średnice i powierzchnie przekroju dla prętów opisanych w normach PN-ISO 6935-1, PN-ISO 6935-1/Ak, PN-ISO 6935-2 i PN-ISO 6935-2/Ak podane są w tabeli 34.

Tabela 34. Nominalna powierzchnia przekroju prętów zbrojeniowych

Średnica nominalna	Nominalna powierzchnia przekroju	
	PN-ISO 6935-1 PN-ISO 6935-1/Ak	PN-ISO 6935-2 PN-ISO 6935-2/Ak
	PB240 PB300	RB300 RB400, RB400W, RB500, RB500W
mm	mm ²	mm ²
6	28,3	28,3
8	50,3	50,3
10	78,5	78,3
12	113,0	113,0
14	154,0	154,0
16	201,0	201,0
18	254,0	254,0
20	314,0	314,0
22	380,0	380,0
25	491,0	491,0
28	616,0	616,0
32	804,0	804,0
36	1018,0	-
40	1257,0	1256,0

Na oznaczenie wyrobu opisanego w PN-82/H-93215 składają się:

- nazwa wyrobu: WALCÓWKA OKRĄGŁA, PRĘT OKRĄGŁY, PRĘT ŻEBROWANY,
- liczba *oznaczająca* średnicę podaną w milimetrach, długość pręta, jeżeli jest inna niż fabrykacyjna,
- znak stali (gatunek),
- znak obróbki cieplnej: litera N, jeżeli zastosowano obróbkę; braku obróbki cieplnej nie oznacza się,
- numer normy PN-82/H-93215.

Na oznaczenie wyrobów opisanych w PN-ISO 6935-1 i PN-ISO 6935-2 składają się:

- nazwa wyrobu: stal do zbrojenia betonu,
- numeru arkusza normy: PN-ISO 6935-1 lub PN-ISO 6935-2,
- średnica nominalna w milimetrach,
- gatunek stali.

Wiązki prętów oraz kręgi stali zbrojeniowej, której dotyczy norma PN-82/H-93215, muszą być oznaczone przynajmniej dwoma przywieszkami metalowymi zawierającymi następujące informacje:

- znak wytwórcy,
- średnica nominalna,
- znak stali,
- numer wytopu lub partii,
- znak obróbki cieplnej.

Pręty gładkie i walcówka gładka w gatunku St3SX-b i St3SY-b muszą być dodatkowo oznaczone czerwoną farbą olejną: każdy pręt wiązki oznacza się na końcu od czoła z jednej strony, a krąg walcówki oznacza się pasem o szerokości minimum 20 mm.

Wiązki prętów stali zbrojeniowej, której dotyczą normy PN-ISO 6935-1 i PN-ISO 6935-2, o masie minimum 500 kg muszą być oznaczone przywieszką zawierającą następujące informacje:

- nazwa wytwórcy,
- numer arkusza normy: PN-ISO 6935-1 lub PN-ISO 6935-2,
- znak stali,
- średnica nominalna,
- numer wytopu lub numer dokumentu kontroli,
- kraj pochodzenia.

Norma PN-ISO 6935-1 nie wymaga cechowania pojedynczych prętów tworzących wiązkę. Natomiast według normy PN-ISO 6935-2 każdy pręt cechuje się przez nawalcowanie odpowiednich znaków informujących o gatunku stali i nazwie wytwórcy. Gatunek stali identyfikuje się na podstawie układu żeber skośnych. Pod określeniem „nazwa wytwórcy” należy rozumieć kraj pochodzenia i zakład produkcyjny. Nazwę wytwórcy identyfikuje się na podstawie przypisanych symboli liczbowych oznaczonych na pręcie za pomocą specyficznego rozmieszczenia cienkich i grubych żeber ukośnych. Jako pierwszy oznaczony jest kraj pochodzenia, a następnie zakład.

Sposób cechowania pręta podano w normie PN-ISO 6935-2/AK (rys. 5.4.1/15.). Początek odczytu wyznacza pierwsze z dwóch leżących obok siebie żeber grubych. Liczba oznaczająca kraj jest równa liczbie cienkich żeber znajdujących się pomiędzy dwoma najbliższymi żebrami grubymi, następującymi po żebrze wyznaczającym początek odczytu. Polskie pochodzenie prętów oznaczone jest liczbą 8, czyli ośmioma żebrami cienkimi. Numer zakładu jest oznaczany liczbą dwucyfrową z przedziału od 11 do 99, z pominięciem liczb podzielnych przez 10. Na oznaczenie zakładu składają się dwie następne grupy żeber cienkich rozdzielonych jednym żebrze grubym. Ilość żeber w pierwszej grupie oznacza pierwszą cyfrę danej liczby, a ilość żeber w grupie drugiej oznacza drugą cyfrę.

Norma PN-82/H-93215 podaje długości fabryczne prętów, które wynoszą od 10 do 12 m. Są to długości zalecane. Możliwe jest zamawianie prętów także o innych długościach. Dostarczenie prętów o długości poniżej 6 m i powyżej 12 m wymaga specjalnych uzgodnień z wytwórcą. Norma dopuszcza, aby w dostawie znalazły się pręty krótsze od zamówionych w ilości do 6% masy zamówionej. Ich minimalna długość wynosi 6 m. Dlatego jeżeli zamawiający wymaga dostarczenia prętów o jednakowej długości, konieczne są dodatkowe uzgodnienia z wytwórcą. Odchyłka długości określona jest dla prętów o długości do 12 m i wynosi od 0 do +100 mm. Pręty dostarczane są w wiązkach. Zalecane wymiary kręgów walcówki wynoszą od 550 do 1000 mm, a zalecana masa do 1000 kg. Kręgi mogą być łączone w wiązki, których masa wynosi standardowo do 5 t.

Długości standardowe prętów opisanych w normie PN-ISO 6935-1 wynoszą 12 i 18 m, a prętów opisanych w normie PN-ISO 6935-2 - 12 m. W obu przypadkach dopuszcza się zamawianie prętów o innych długościach. Odchyłka długości prętów przy dostawie z walcowni wynosi od 0 do +100 mm bez względu na długość pręta.

Granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie stali budowlanych według normy PN-B-03264:2002 podane są w tabeli 47.

Tabela 47. Granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie prętów wg PN-B-03264:2002

Klasa stali	Znak gatunku stali	Nominalna średnica prętów	Granica plastyczności stali		Wytrzymałość charakterystyczna stali na rozciąganie f_k
			charakterystyczna	obliczeniowa f_{yd}	
		MPamm	MPa	MPa	MPa
A-0	StOS-b	5,5 + 40	220	190	300
A-I	St3SX-b St3SY-b St3S-b	5,5 ^ 40	240	210	320
	PB240	6^40	240	210	265
A-II	St50B 18G2-b	6^32	355	310	480
	20G2Y-b	6^28	355	310	480

Klasa stali	Znak gatunku stali	Nominalna średnica prętów 4>	Granica plastyczności stali		Wytrzymałość charakterystyczna stali na rozciąganie f_{yk}
			charakterystyczna	obliczeniowa	
		MPamm	MPa	MPa	MPa
A-III	25G2S	6 ⁴⁰	395	350	530
	35G2Y	6 ²⁰	410	350	550
	34GS	6 ³²	410	350	550
	RB400	6 ⁴⁰	400	350	440
	RB 400 W	6 ⁴⁰	400	350	440
A-IIIN	20G2VY-b	6 ²⁸	490	420	590
	RB500	6 ⁴⁰	500	420	550
	RB 500 W	6 ⁴⁰	500	420	550

Moduł sprężystości stali zbrojeniowej E_s w przedziale temperatury od -30°C do 100°C można przyjmować $E_s = 200$ GPa.

W konstrukcjach mostowych zgodnie z normą PN-9 I/S-10042 wytrzymałości charakterystyczne i obliczeniowe stali zbrojeniowej podano w tabeli 5.4.1/5. Moduł sprężystości dla prętów zbrojeniowych ze stali A-0, A-I, A-II, A-III należy przyjmować $E_a = 210$ GPa, natomiast ze stali A-IIIN należy przyjąć $E_a = 200$ GPa.

Współczynnik rozszerzalności poprzecznej (współczynnik Poissona) dla stali należy przyjąć równy 0,30.

Wydłużalność plastyczna stali zbrojeniowej nie powinna być mniejsza niż 16% dla klasy A-III oraz 22% dla stali klas A-0, A-I, A-II. Współczynnik termicznej rozszerzalności liniowej $\alpha_j = 10^{-5}$ 1/°C.

Tabela 48. Wytrzymałości charakterystyczne i obliczeniowe stali wg PN-91/S-10042

Klasa stali	Rodzaj stali	Średnica pręta	Znak gatunku stali	Wytrzymałość charakterystyczna R_{yk}	Wytrzymałość obliczeniowa R_a
		mm		MPa	MPa
A-0	okrągła, gładka	5,5 ⁴⁰	StOS-b	220	190
A-I	okrągła, gładka	5,5 ⁴⁰	St3SX-b St3SY-b St3S-b	240	200
A-II	okrągła, żebrowana	6 ³²	St50B 18G2-b	355	295
		6 ²⁸	20G2Y-b	355	295
A-III	okrągła, żebrowana	6 ⁴⁰	25G2S	395	330
		6 ²⁰	35G2Y	410	340
		6 ³²	34GS	410	340
A-IIIN	okrągła, żebrowana	6 ²⁸	20G2VY-b	490	375

II. KSZTAŁTOWANIE ZBROJENIA

1) Czynności przygotowawcze

Zbrojenie należy wykonywać zgodnie z danymi zawartymi w projekcie. Wszelkie odstępstwa muszą techniczno-roboczo być zatwierdzone przez projektanta lub inspektora nadzoru inwestorskiego i odnotowane w dokumentacji technicznej oraz w dzienniku budowy. Dotyczy to zarówno zmiany klasy i gatunku stali, jak i rozmieszczenia zbrojenia w przekrojach i na długości elementu oraz typu zbrojenia. Zmiany w zbrojeniu nie mogą powodować obniżenia nośności i trwałości konstrukcji.

Dokumentacja zbrojenia konstrukcji lub jej części musi zawierać następujące informacje:

- rozmieszczenie zbrojenia podłużnego i strzemion (otulina, ilość warstw, odległości) oraz uchwytów montażowych w elementach prefabrykowanych,
- szczegółowe zasady przedłużania prętów pojedynczych, siatek i szkieletów (sposób i lokalizacja miejsc przedłużania),
- zestawienie stali z podziałem na gatunki i średnice,
- wykaz akcesoriów do przedłużania zbrojenia,
- szczegółowy rysunek ukształtowania elementów zbrojenia i uchwytów montażowych (kąty zagięć, długości odcinków składowych i inne informacje niezbędne do nadania prawidłowego kształtu, długość całkowita, średnica i znak stali, numer pręta, ilość sztuk).

Miejsca pracy zbrojarzy powinny być zlokalizowane w pomieszczeniach lub pod wiatami. Stanki pracy, usytuowane po obu stronach stołu, należy oddzielić umieszczoną nad stołem siatką o wysokości 1 m i oczkach nie większych niż 20 mm. Stoły warsztatowe do przygotowania zbrojenia muszą mieć stabilną konstrukcję i być przytwierdzone do podłoża. Miejsca pracy przy stołach zbrojarzskich i na stanowiskach obsługi maszyn należy wyposażyć w pomosty drewniane lub wykonane z innych materiałów o właściwościach termoizolacyjnych.

Na placu budowy stal może być składowana wyłącznie w przygotowanych do tego strefach magazynowych na wolnym powietrzu lub pod zadaszeniem. Ze względu na niekorzystne oddziaływanie warunków atmosferycznych składowanie na wolnym powietrzu nie może trwać dłużej niż 4 miesiące. W wytwórniach stal najczęściej jest przechowywana w magazynach.

Przed umieszczeniem w miejscu składowania należy przeprowadzić przegląd stali: sprawdzić prawidłowość oznakowania oraz ocenić jej wygląd. Ocena wyglądu ma na celu oddzielenie prętów, które powinny być poddane prostowaniu albo mają wady powierzchniowe lub pęknięcia, co dyskwalifikuje je z dalszej obróbki i użycia jako zbrojenie. Pręty i kręgi zbrojenia składa się posortowane na gatunki, średnice i długości. Wyselekcjonowany zbiór należy składać na oddzielnym oznakowanym stanowisku na podkładach drewnianych lub betonowych w celu odizolowania ich od podłoża, albo na specjalnych stelażach magazynowych. Podpory pod prętami powinny być rozmieszczone dostatecznie gęsto, aby pręty nie ugięły się nadmiernie, nie rzadziej niż co $2 \div 2,5$ m.

Zbrojenie w kręgach można składować ułożone warstwami. Kręgi w warstwie powinny być ustawione pod kątem około 60° do podłoża, w drugiej warstwie kręgi nachyla się w kierunku przeciwnym.

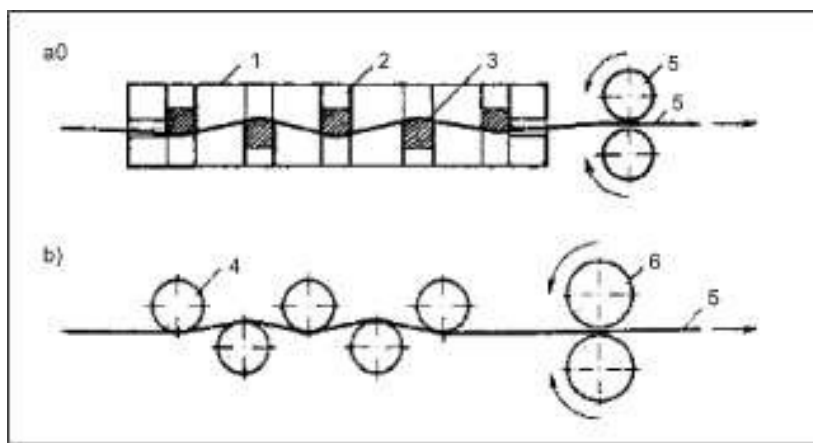
Ukształtowane elementy zbrojenia należy składować posortowane w miejscach wydzielonych dla wyrobów gotowych.

Czyszczenie polega na usunięciu z powierzchni zanieczyszczeń biologicznych, rdzy, smarów i tłuszczów w celu uzyskania możliwie najlepszej przyczepności między betonem i zbrojeniem.

Usuwanie rdzy i zanieczyszczeń biologicznych wykonuje się ręcznie lub mechanicznie szczotkami drucianymi, albo przez piaskowanie. Usuwa się tylko łuski rdzy, pozostawiając na powierzchni zbrojenia rdzawy nalot. Czyszczenie mechaniczne może być wykonane za pomocą specjalnie do tego przeznaczonych maszyn lub w maszynach do prostowania (prościarki z obrotowym bębnem prostującym). Łód należy usuwać, roztopiając go ciepłym powie rzem podgrzewanym dmuchawami. Zanieczyszczenia smarami i tłuszczami można usuwać przez opalenie lutownicami lub za pomocą odpowiednich środków chemicznych, które po czyszczeniu należy usunąć z powierzchni zbrojenia, wycierając ją do sucha.

Prostowaniu poddaje się stal składowaną w kręgach lub pręty wykrzywione na przykład podczas transportu. Stal prostuje się ręcznie lub mechanicznie. Metodę ręczną stosuje się w praktyce do prętów o średnicy nie większej niż 20 mm. Prostowanie ręczne (rys. 5.5.1/1.) polega na umieszczeniu pręta (1) ciasno pomiędzy układem sworzni (2) osadzonych w stalowej płytce i odginaniu go kluczem zbrojarzskim (3) w kierunku przeciwnym do wygięcia. Ciasne osadzenie pręta pomiędzy sworzniami uzyskuje się przez nałożenie na nie nakładek (4). Płytkę ze sworzniami należy przymocować do stołu zbrojarzkiego.

Prostowanie mechaniczne wykonuje się przez kilkakrotne przeciągnięcie pręta pomiędzy układem ciasno rozmieszczonych wałków (odpowiednio do średnicy) lub przez obrotowy bęben prostujący. Prostowanie odbywa się na zasadzie wielokrotnego przeginania 49.



Rys. 49. Schemat prostowania drutów z kręgów: a) obrotowy bęben prostujący, b) rolki prostujące; 1 - bęben obrotowy, 2 - nagwintowane otwory, 3 - wkładki prostujące, 4 - rolki prostujące, 5 - drut, 6 - rolki ciągnące

Stanowiska pracy, miejsca zamocowania prętów oraz trasę z obu stron toru wyciągowego należy zabezpieczyć ogrodzeniem. W ogrodzonym terenie nie wolno organizować innych stanowisk pracy lub składowisk. Wprowadzanie końca pręta do urządzenia dozwolone jest tylko po jego zatrzymaniu. Prościarkę można uruchomić dopiero po opuszczeniu przez pracowników ogrodzonego terenu. Pracownikom nie wolno przebywać w pobliżu napiętego pręta.

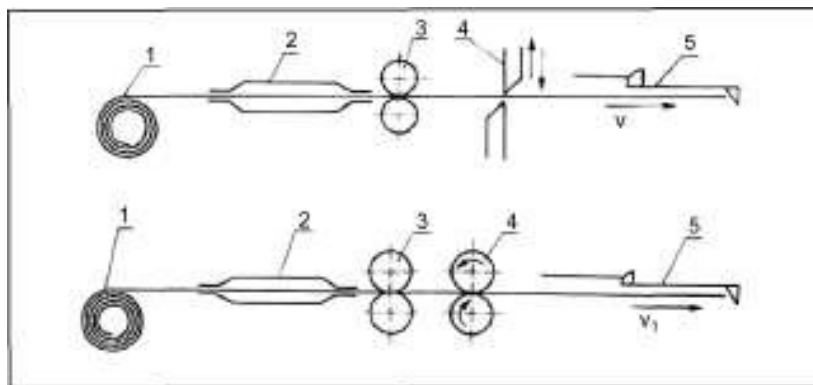
Cięcie zbrojenia wykonywane jest ręcznie lub mechanicznie. Ze względu na czasochłonność cięcie ręczne jest stosowane przy przygotowywaniu niewielkiej ilości zbrojenia. Ręczne cięcie zbrojenia dozwolone jest tylko do średnicy 20 mm. Ponadto pręt musi być dwoma końcami podparty na kozłach lub na stole zbrojarskim. Podczas mechanicznego cięcia pręty należy chwycić ręką w odległości nie mniejszej niż 50 cm od nożyc.

Długość prętów należy odmierzając łąką wyposażoną w suwak odległości i płytkę oporową na jednym końcu. Niektóre modele nożyc ręcznych są fabrycznie wyposażone w przyrząd mierniczy.

Nożyce mechaniczne mają zastosowanie przy dużych robotach zbrojarskich i w wytwórniach zbrojenia. Są instalowane w stanowisku do cięcia wyposażonym w przyrząd do pomiaru długości i przenośniki wałkowe do transportu stali na stanowisko oraz na stanowisko do gięcia. Nożyce są dostosowane do cięcia prętów w szerokim zakresie średnic.

Przykładowo, nożyce mechaniczne typu NM 4-40 dostosowane są do cięcia prętów i drutów w zakresie średnic od 6 do 40 mm. Przy mniejszych średnicach można nożycami mechanicznymi ciąć kilka prętów jednocześnie. W przypadku nożyc typu NM 4-40 maksymalne ilości prętów wynoszą dla prętów (I) 6 ze stali St3SX 47 szt, a ze stali 18G2A i 34GS - 34 szt.

W zakładach zbrojarskich o bardzo dużej produkcji dobowej znajdują zastosowanie wysoko-wydajne linie do cięcia zbrojenia. Mechaniczne cięcie prętów i drutów wykonuje się również wielofunkcyjnymi maszynami zbrojarskimi. Maszyny tego rodzaju charakteryzuje duża precyzja cięcia. Stosowane są w nich nożyce gilotynowe lub obrotowe. Rys. 50. pokazuje schemat pracy maszyn do prostowania i cięcia zbrojenia z dwoma typami nożyc.



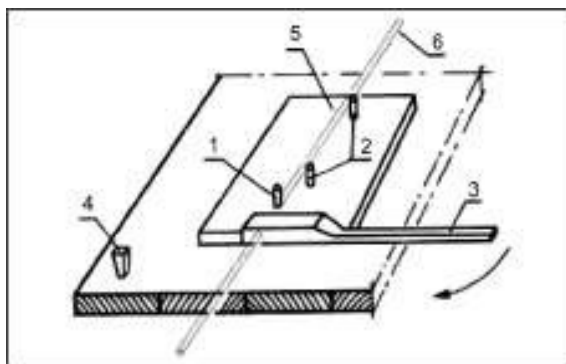
Rys. 50. Schemat pracy maszyn do prostowania i cięcia zbrojenia 1 - pręt, 2 - urządzenie prostujące, 3 - rolki podające, 4 - nóż do cięcia, 5 - urządzenie oporowe

Po rozwinięciu z kręgu (1) pręt jest przepuszczany przez urządzenie prostujące (2). Po dojściu

czoła wyprostowanego pręta do urządzenia oporowego (5) następuje samoczynne uruchomienie nożyc (4). Długość pręta jest ustalana przez regulację położenia urządzenia oporowego.

Zaginanie zbrojenia wykonuje się ręcznie lub mechanicznie. Zaginanie ręczne jest stosowane do kształtowania niewielkiej ilości zbrojenia. Giętarkami ręcznymi można giąć pręty o średnicy nie większej niż 20 mm. Pręty grubsze należy zaginać giętarkami mechanicznymi. Mogą one być stosowane do gięcia kilku prętów jednocześnie oraz do gięcia siatek i szkieletów.

Gięcie ręczne wykonywane jest na stole zbrojarskim. Pręty gięte są w płaszczyźnie poziomej. Giętarki ręczne służą do wykonywania zagięć pojedynczych i podwójnych. Najprostsza giętarka ręczna (rys. 51) składa się z płyty stalowej z osadzonymi w niej sworzniami: oporowymi (2) i sworzniem (1), na którym pręt (6) jest zaginany oraz klucza zbrojarskiego (3). Położenie sworznia (4) reguluje kąt zagięcia.



Rys. 51. Gięcie ręczne kluczem zbrojarskim

Średnicę gięcia pręta można regulować za pomocą nakładek na sworznie, na których pręt jest zaginany.

Do ręcznego wykonania podwójnego zagięcia na tak zwanych prętach odgiętych można wykorzystać klucz zbrojarski w kształcie litery „Y”, dostosowany do średnicy pręta i długości odcinka ukośnego. Kąt zagięcia należy regulować przez ustawienie w odpowiednim rozstawie listew oporowych dla giętego pręta.

Maszyny do gięcia mechanicznego pracują na takiej samej zasadzie jak giętarki ręczne. Giętarki wyginające pręty w płaszczyźnie poziomej wyposażone są w tarczę obrotową (1) zamocowaną na sworzniu, system sworzni (3) instalowanych w gniazdach tarczy i listew (2) i ewentualnie w uchwyty umożliwiające jednoczesne gięcie kilku prętów.

Zakładanie zbrojenia, przestawianie odbojnic lub trzpieni przy gięciu stali na mechanicznej giętarce jest dopuszczalne wyłącznie przy unieruchomionej tarczy giętarki.

Strzemiona prostokątne i wieloboczne oraz spirale można giąć specjalistycznymi giętarkami mechanicznymi według szablonu.

Do gięcia siatek stosuje się specjalne maszyny wyposażone w system elementów (3,4) dociskających siatkę (2) w stanowisku (1) i belek lub innych elementów (5, 6, 7) zginających siatkę na całej długości jednakowo. Na rysunku pokazane są schematy gięcia za pomocą: a) - obrotowej tarczy-belki, b) - opuszczanej matrycy, c) i d) - cylindrów hydraulicznych.

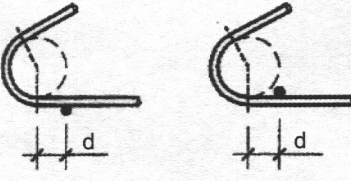
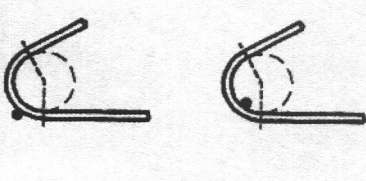
Przy zaginaniu zbrojenia należy przestrzegać ograniczeń doboru średnicy zagięcia określonych w normie [NI]. Zastosowanie zbyt małej średnicy zagięcia grozi podczas kształtowania pręta jego pęknięciem, a podczas pracy konstrukcji - miażdżeniem lub rozłupywaniem betonu w zagięciu. Minimalne średnice zagięcia cytowane za normą podane są w tabeli 52.

Tabela 52. Minimalne średnice zagięcia prętów

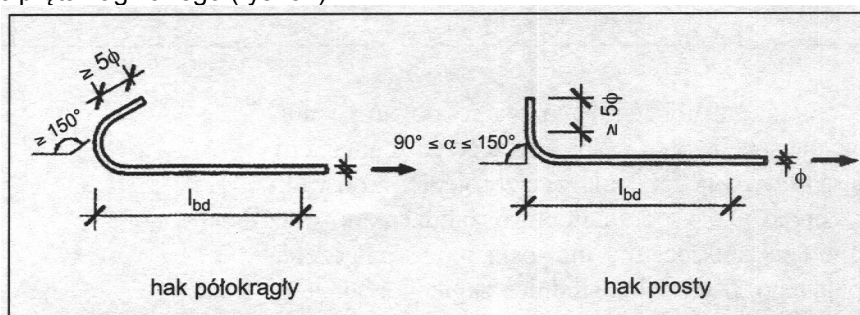
Rodzaj prętów	Haki półokrągłe, haki proste i pętle		Pręty odgięte lub inne pręty zaginane		
	Średnica prętów		Minimalne otulenie betonem w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny zagięcia		
	4> < 20 mm	(l) > 20 mm	> 100 mm >7(l)>	>50 mm >3(l)	< 50 mm <3(l)>
Pręty gładkie		5^	10< >	10< >	15« >
Pręty żebrowane	4*		lOtp		20(l)

Oddzielne zasady zaginania zostały podane w normie dla siatek i prętów spajanych przed zaginaniem. Zasady te mają zabezpieczyć zbrojenie i konstrukcję przed już wspomnianymi uszkodzeniami oraz zapobiec zniszczeniu lub osłabieniu połączenia spajanego. Minimalne średnice zagięcia podane są w tabeli 53.

Tabela 53. Minimalne średnice zagięcia dla siatek i prętów spajanych przed zaginaniem

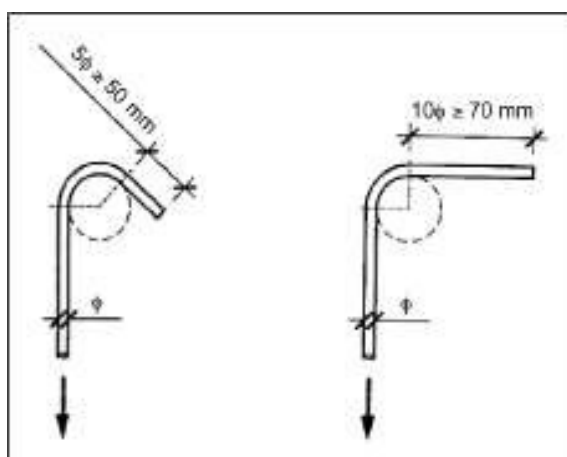
Połączenia spajane poza zagięciem	Połączenia spajane wewnątrz zagięcia
	
przy $d < 4\phi \Rightarrow 20\phi$ przy $d \geq \Rightarrow$ jak w tabeli 5.5.1/1.	20ϕ

Wykonując zagięcie na końcu pręta, należy przestrzegać podanej w normie [NI] minimalnej długości odcinka prostego poza zagięciem. Niespełnienie wymagań postawionych w normie może spowodować uszkodzenie betonu na długości tego odcinka i wokół zagięcia oraz zerwanie przyczepności pomiędzy betonem i zbrojeniem, a w konsekwencji osłabienie zakotwienia. Wymaga się, aby przy zaginaniu pręta hakiem półokrągłym i prostym długość odcinka prostego poza zagięciem wynosiła co najmniej 5 średnic pręta zaganianego (rys. 54).



Rys. 54. Długość odcinka prostego pręta na końcu haka

W przypadku wykonywania haka na końcach strzemion długość tego odcinka uzależniona jest od kąta zagięcia haka i podana jest na rys. 55.



Rys. 55. Długość odcinka prostego na końcu haka w strzemionach

2) Kształtowanie otuliny zbrojenia

a) Klasy ekspozycji

Przy projektowaniu konstrukcji należy zwrócić szczególną uwagę, aby w czasie eksploatacji w zadanych warunkach środowiska oraz przy odpowiedniej konserwacji, konstrukcja spełniała założone przeznaczenie.

czenie.

W zależności od warunków środowiska i klasy ekspozycji do realizacji konstrukcji należy stosować betony klas nie niższych niż podano w tabeli 56. zgodnie z PN-B-03264:2002.

Tabela 56. Klasy ekspozycji - brak ryzyka korozji lub agresji środowiska

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
X0	Dla betonów niezbrojonych i niezawierających innych elementów metalowych - wszystkie środowiska z wyjątkiem przypadków występowania zamrażania i odmrażania, ścierania lub agresji chemicznej. Dla betonów zbrojonych lub zawierających inne elementy metalowe - środowiska bardzo suche.	Beton wewnątrz budynków o bardzo niskiej wilgotności powietrza.	B15

Tabela 57. Klasy ekspozycji - korozja wywołana karbonatyzacją

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XC1	Suche lub stałe mokre	Beton wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza. Beton stałe zanurzony w wodzie.	B20
XC2	Mokre, sporadycznie suche	Powierzchnie betonu narażone na długotrwały kontakt z wodą. Niektóre fundamenty.	
XC3	Umiarkowana wilgotność	Beton wewnątrz budynków o umiarkowanej lub wysokiej wilgotności powietrza. Beton na zewnątrz osłonięty przed deszczem.	B25
XC4	Cyklicznie mokre i suche	Powierzchnie betonu narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w klasie ekspozycji XC2.	B30

Tabela 58. Klasy ekspozycji - korozja wywołana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XD1	Umiarkowana wilgotność	Powierzchnie betonu narażone na działanie chlorków z powietrza. Płyty parkingów - spód.	B37
XD2	Mokre, sporadycznie suche	Baseny. Baseny narażone na działanie wody przemysłowej zawierającej chlorki.	

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XD3	Cyklicznie mokre i suche	Elementy mostów narażone na działanie rozpylonych cieczy zawierających chlorki. Nawierzchnie dróg. Płyty parkingów - wierzch.	B45

Tabela 59. Klasy ekspozycji - agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania z lub bez środków odladzających

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XF1	Umiarkowanie nasycone wodą bez środków odladzających	Pionowe powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie.	B30
XF2	Umiarkowanie nasycone wodą ze środkami odladzającymi	Pionowe powierzchnie betonowe konstrukcji drogowych narażone na zamarzanie i działanie środków odladzających z powietrza.	
XF3	Silnie nasycone wodą bez środków odladzających	Poziome powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie.	
XF4	Silnie nasycone wodą ze środkami odladzającymi lub wodą morską	Jezdnie dróg i mostów narażone na działanie środków odladzających. Powierzchnie betonowe narażone bezpośrednio na działanie aerozoli zawierających środki odladzające i zamarzanie. Strefy rozbryzgu w budowlach morskich narażonych na zamarzanie. Płyty parkingów - wierzch.	B37

Tabela 60. Klasy ekspozycji - korozja wywołana chlorkami z wody morskiej

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XS1	Narażenie na działanie soli zawartych w powietrzu, ale nie na bezpośredni kontakt z wodą morską	Konstrukcje zlokalizowane na wybrzeżu lub w jego pobliżu.	B37
XS2	Stałe zanurzenie	Elementy budowli morskich.	B45
XS3	Strefy pływów, rozbryzgów i aerozoli	Elementy budowli morskich.	

Tabela 61. Klasy ekspozycji - agresja chemiczna

Oznaczenie klasy	Opis środowiska	Przykład występowania klas ekspozycji	Minimalna klasa betonu
XA1	Środowisko chemiczne mało agresywne zgodnie z Pr PN-EN 206-1	Grunty naturalne - woda gruntowa.	B30

XA2	Środowisko chemiczne średnio agresywne zgodnie z Pr PN-EN 206-1	Grunty naturalne - woda gruntowa.	B45
XA3	Środowisko chemiczne silnie agresywne zgodnie z Pr PN-EN 206-1	Grunty naturalne - woda gruntowa.	

b) Otulenie prętów zbrojeniowych

Przez grubość otulenia prętów zbrojeniowych należy rozumieć odległość od zewnętrznej powierzchni zbrojenia (włączając w to pręty rozdzielcze i strzemiona) do najbliższej powierzchni wewnętrznej betonu.

Grubość otulenia powinna zapewniać:

- bezpieczne przekazanie sił przyczepności,
- ochronę stali przed korozją,
- ochronę przeciwpożarową,
- umożliwiać należyte ułożenie i zagęszczenie betonu.

Przy projektowaniu konstrukcji należy podać nominalną grubość otulenia wyrażoną wzorem:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$$

gdzie:

c_{min} - minimalna grubość otuliny, którą należy przyjmować jako większą z wartości wyznaczonych z warunku przekazania sił przyczepności lub ochrony przed korozją,

Δc - odchyłka wymiarowa.

Przy projektowaniu konstrukcji minimalną grubość otulenia należy zwiększyć o wartość dopuszczalnej odchyłki, zależnej od poziomu wykonawstwa i kontroli jakości:

$\Delta c = 0 \div 5$ mm w elementach prefabrykowanych,

$\Delta c = 5 \div 10$ mm w elementach betonowanych na miejscu budowy.

Minimalna grubość otulenia c_{min} z warunku przekazania sił przyczepności oraz należytego ułożenia i zagęszczenia betonu w odniesieniu do prętów zbrojeniowych ze stali zwykłej powinna spełniać warunek:

$$c_{min} \geq \Phi \text{ jeżeli } d_g \leq 32 \text{ mm,}$$

$$c_{min} \geq \Phi + 5 \text{ mm jeżeli } d_g < 32 \text{ mm.}$$

Jeżeli w konstrukcji występuje zbrojenie w postaci wiązki prętów, to obowiązują wymagania podane jak dla prętów pojedynczych. Wiazka powinna zawierać pręty jednakowego rodzaju, tej samej średnicy i wytrzymałości.

Przy wymiarowaniu wiązkę należy traktować jako jeden pręt zastępczy o tej samej powierzchni przekroju i tym samym położeniu środka ciężkości co wiazka.

Zastępczą średnicę wiązki prętów $(l)_n$ należy obliczyć ze wzoru:

$$\Phi_n = \Phi \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm}$$

gdzie:

n_j , - liczba prętów w wiązce ($A_b \leq 4$ - w przypadku prętów pionowych i w miejscach zładu prętów, $n_b \leq 3$ - we wszystkich innych przypadkach).

W celu ochrony stali przed korozją grubość otulenia całego zbrojenia głównego, prętów rozdzielczych i strzemion powinna być nie mniejsza od wartości podanych w tabeli 62.

Wartości c_{min} stosuje się do elementów wykonanych z betonu zwykłego bez specjalnych zabezpieczeń, zbrojonych stalą węglową lub niskostopową przy założeniu, że przewidywany okres użytkowania wynosi 50 lat.

Dla dłuższego okresu użytkowania wartości powinny być zwiększone (o 10 mm dla 100 lat), natomiast dla krótszego okresu użytkowania mogą być zmniejszone.

Stosowaniu minimalnej grubości otulenia towarzyszy odpowiednia jakość betonu określona przez minimalną klasę wytrzymałości, maksymalny stosunek w/c oraz minimalną zawartość cementu w kg/m^3 .

Tabela 62. Minimalna grubość otulenia prętów

Klasa ekspozycji wg tabel 5.5.2.1/1.-6.		'rzeczywisty korozj										
		brak		karbonatyzacj a				chlork			chlorki z wody morskiej	
		XC0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Minimalna grabo ść otulenia [mm]	stal zwykła	10	15	20	25	40	40					
	stal sprężająca	15	20	30	35	50	50					
Minimalna klasa betonu		B15	B20	B20	B25	B30	B37	B37	B45	B37	B45	B45
Maksymalny stosunek w/c		-	0,65	0,60	0,60	0,50	0,55	0,55	0,45	0,50	0,45	0,45
Minimalna zawartość cementu [kg/m³]		-	260	280	280	300	300	300	320	300	320	340

Minimalne grubości otulenia podane w powyższej tabeli (z wyjątkiem wartości w klasie ekspozycji XC1) mogą być zmniejszone o 5 mm w elementach z betonu, którego wytrzymałość jest o dwie klasy wyższa od zalecanej.

Ze względu na występującą korozję minimalne grubości otulenia mogą być zmniejszone gdy:

- użyta zostanie stal nierdzewna lub zastosuje się inne specjalne środki ochronne,
- użyty zostanie beton szczelny o specjalnym składzie,
- wykona się na powierzchni betonu dodatkowe powłoki ochronne lub powierzchnia zostanie obetonowana.

Minimalne grubości otulenia powinny być zwiększone co najmniej o 5 mm w elementach o nierównej lub porowatej powierzchni (np. przy odsłoniętym kruszywie). W przypadku układania mieszanki betonowej bezpośrednio na podłożu gruntowym grubość otulenia powinna być nie mniejsza niż 75 mm.

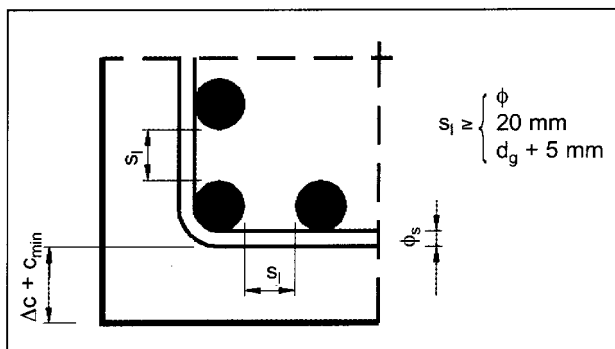
Jeżeli betonowanie wykonuje się na podłożu betonowym, to grubość otuliny powinna być nie mniejsza niż 40 mm.

W środowiskach agresywnie oddziaływujących na beton (klasy XF oraz XA) należy zwrócić szczególną uwagę na strukturę betonu, a w środowisku agresji chemicznej (XA) - na konieczność powierzchniowej ochrony betonu.

Minimalne grubości otulenia w tych przypadkach można określać wg tabeli 62., w zależności od występowania czynników powodujących korozję stali w wyniku karbonatyzacji lub na skutek działania chlorków.

3) Rozmieszczenie zbrojenia w przekrojach

Rozstaw prętów w przekroju powinien umożliwiać należyte ułożenie mieszanki betonowej bez segregacji składników, przy zapewnieniu właściwych warunków przyczepności zbrojenia do betonu.



Rys. 63. Rozmieszczenie zbrojenia w przekroju poprzecznym

ϕ_s - średnica strzemion, d_g - maksymalny wymiar ziarna kruszywa

Pręty rozmieszczone w kilku warstwach powinny być ułożone jeden nad drugim, a przestrzeń między prętami powinna mieć szerokość wystarczającą do wprowadzenia wibratora w głęboko.

Rozstaw prętów zbrojenia w przekrojach krytycznych płyt powinien być nie większy niż:

- przy zbrojeniu jednokierunkowym:
250 mm i $1,2 \cdot h$ jeżeli $h > 100$ mm,
120 mm jeżeli $h < 100$ mm,
- przy zbrojeniu dwukierunkowym - 250 mm.

Maksymalny rozstaw prętów zbrojeniowych poza przekrojami krytycznymi powinien być nie

większy niż 300 mm.

W elementach ściskanych maksymalny rozstaw w osiach prętów powinien być nie większy niż 400 mm.

4) Stabilizacja zbrojenia

a) Akcesoria zapewniające odpowiednie położenie zbrojenia

Aby zapewnić odpowiednie otulenie prętów zbrojeniowych, w konstrukcjach należy stosować akcesoria w postaci podkładek dystansowych. Podkładki dystansowe zapewniają odpowiednie odległości między prętami oraz prętami i deskowaniem.

Stosowanie podkładek ma istotne znaczenie dla nośności konstrukcji, jej trwałości i ochrony przed korozją. Powinny one być odpowiednio wytrzymałe, dobrze powiązane z betonem, odporne na korozję i wysokie temperatury oraz, w miarę możliwości, niewidoczne po usunięciu deskowania. Podkładki dystansowe są obciążone ciężarem własnym zbrojenia, masą betonową, obciążeniem montażowym oraz zmiennym (urządzenia podczas betonowania).

W budownictwie stosuje się różnego rodzaju podkładki dystansowe. Można je podzielić na kilka rodzajów:

- w zależności od materiału, z którego są wykonane - podkładki betonowe, z tworzyw sztucznych oraz stalowe.
- ze względu na kształt - punktowe lub liniowe,
- ze względu na przeznaczenie - kółka zębate, trapezy z siodełkami.

Podkładki z tworzyw sztucznych nie powinny być stosowane w konstrukcjach narażonych na działanie wysokich temperatur lub bezpośrednie wpływy atmosferyczne (konstrukcje mostowe).

Podkładki z piaskobetonu lub silnej zaprawy cementowej nie powinny być stosowane w konstrukcjach narażonych na działanie dużych obciążeń.

Podkładki z włóknobetonu produkowane metodą prasowania charakteryzują się dużą wytrzymałością na ściskanie, dokładnością wykonania, ognioodpornością i bardzo dobrym zespoleniem z betonem.

Podkładki stalowe są stosowane w postaci szkieletów zgrzewanych z cienkich prętów, które mają zapewnić odpowiednią odległość między siatkami zbrojeniowymi.

Podkładki punktowe stosowane są do podpierania pojedynczych prętów zbrojenia. Przy stosowaniu tych podkładek należy uwzględnić:

- zapobieganie nadmiernemu ugięciu prętów zbrojenia, zwłaszcza o mniejszych średnicach, pod obciążeniem masą betonową, obciążeniem montażowym oraz obciążeniem od sprzętu podczas betonowania,
- wytrzymałość podkładek na nacisk od tych obciążeń, szczególnie przy ciężkim zbrojeniu.

W przeciętnych warunkach rozstaw i liczba podkładek powinny wynosić:

- dla elementów powierzchniowych (płyty stropowe, ściany) co 5CH-100 cm, czyli 2 ÷ 4 podkładki na 1 m² deskowania,
- dla elementów prętowych (belki, słupy) rozstaw podłużny co 5 ÷ 125 cm, a poprzeczny maks. 75 cm.

Podkładki należy stosować również na końcach szkieletu zbrojeniowego oraz w narożach.

Podkładki liniowe stosuje się do jednoczesnego podpierania kilku prętów zbrojenia głównego gęsto ułożonych oraz do podparcia siatek zbrojeniowych.

Podkładki w zależności od przeznaczenia mają różne kształty. Najczęściej stosuje się podkładki z tworzyw sztucznych w postaci kółek zębatach nasadzanych na pręty zbrojenia, szczególnie przydatne do zbrojenia ścian lub słupów.

Podkładki o przekroju poprzecznym trapezu z siodełkami w górnej części służą do zbrojenia stropów i belek.

Podkładki o przekroju poprzecznym trójkątnym o różnej wysokości boków, kształcie podłużnym prostoliniowym lub wężowatym wykonane są w odcinkach o długości 1CH-50 cm. Tego typu podkładki powodują małe naciski na deskowanie, są łatwe w układaniu oraz mają dużą skuteczność przy pęknięciu poprzecznym. Mogą być układane pod zbrojeniem lub mocowane do niego drutem wiązadełkowym.

Podkładki betonowe, tak zwane „kości”, w zależności od sposobu ułożenia mogą mieć trzy różne wielkości dystansu. Posiadają one w swojej konstrukcji specjalne siodełka, druty lub zatrzaski w celu lepszego ułożenia na nich prętów zbrojenia oraz przymocowania do prętów zbrojenia. Tego typu podkładki stosuje się przy ścianach, gdzie podkładki nie są dociskane.

Podkładki specjalne okrągłe służą do przetaczania całych, wcześniej zmontowanych szkieletów zbrojenia w celu ustawienia ich w miejscu, w którym nie można ich scalić w inny sposób, na przykład przy wsuwaniu zbrojenia pali do rury wiertniczej.

W płytach stropowych lub fundamentowych dolna warstwa zbrojenia opierana jest na deskowaniu lub na podłożu przy pomocy liniowych podkładek dystansowych. Do podparcia górnej warstwy zbrojenia stosuje się stalowe podkładki dystansowe, które mają kształt „koziołków” lub „węży”. Pod-

kładki te służą również do rozpierania siatek zbrojących ścian. Są one wykonane ze zgrzewanych prętów zbrojeniowych, których średnica wynosi 3,(H4,5 mm oraz wysokość do 40 cm. Podkładki dostarczane są na plac budowy w odcinkach o długości 2,00 m i cięte nożycami ręcznymi do wymaganego wymiaru.

Podkładki o kształcie „koziolków” są produkowane w dwóch wersjach:

- wersja przeznaczona do bezpośredniego oparcia na deskowaniu, wyposażona w plastikowe kapturki zabezpieczające deskowanie przed uszkodzeniem,
- wersja przeznaczona do oparcia na dolnej warstwie zbrojenia głównego, które podparte jest na deskowaniu przy pomocy betonowych podkładek dystansowych.

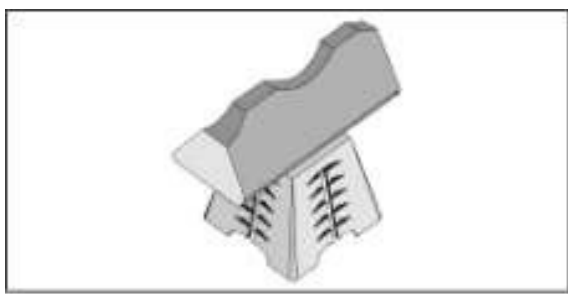
Mniejsze zużycie materiału można osiągnąć, stosując podkładki o kształcie wygiętych drabinek ze zgrzewanych prętów zbrojeniowych. Średnie zużycie podkładek tego typu wynosi 1,(H1,2 szt./m². Dodatkowymi zaletami podkładek tego typu są: duża powierzchnia podparcia rzędu 0,40 m² dla jednej podkładki, brak styku z deskowaniem oraz stabilność w całym obszarze podparcia. Stalowe podkładki dystansowe zwiększają dodatkowo nośność płyty lub ściany na ścinanie.

W przeciętnych warunkach rozmieszczenie podkładek jest dobierane bezpośrednio na placu budowy przez zbrojarzy na podstawie ich praktyki i doświadczenia. W bardziej skomplikowanych konstrukcjach, w których występują podkładki stalowe, rozstaw i liczbę podkładek dobiera zazwyczaj projektant.

b) Przegląd akcesoriów do zbrojenia

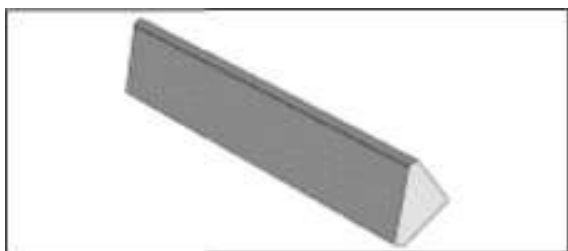
Podkładki betonowe

Podkładki typu FB - FIX wykonane są z betonu zbrojonego włóknem rozproszonym. Kształt ułatwia związanie z betonem.



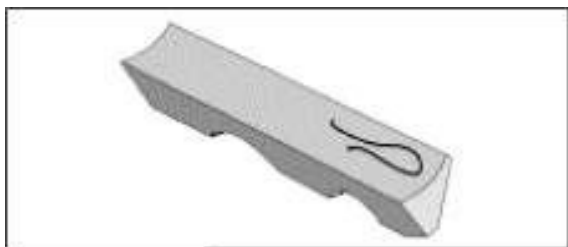
rys. 64. Podkładka typu FB – FIX

Podkładki liniowe FB o przekroju poprzecznym trójkątnym pełnym mają zastosowanie do zbrojenia prętami o średnicy 4 ÷ 14 mm.



Rys. 65. Podkładka liniowa FB trójkątna

Podkładki liniowe fb o przekroju poprzecznym trójkątnym z wsuwką stalową stosowane są do zbrojenia stropów.



Rys. 66. Podkładka liniowa FB trójkątna z wsuwką

Podkładki liniowe FB o przekroju poprzecznym trójkątnym niepełnym służą do stosowania przy zbrojeniu stropów.



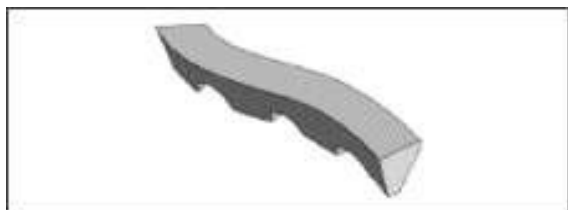
Rys. 67. Podkładka liniowa FB trójkątna niepełna

Podkładki liniowe FB wygięte łukowo stosowane są do prefabrykatów betonowych oraz zbrojenia z matami budowlanymi.



Rys. 68. Podkładka liniowa FB łuk

Podkładki liniowe FB wygięte w podwójny łuk stosowane są do betonu elewacyjnego.



Rys. 69. Podkładka liniowa FB - łuk podwójny

Podkładki betonowe FB stosowane są do betonu elewacyjnego. Są to szczególnie stabilne podkładki do różnych grubości otuliny betonu z drutami ocynkowanymi. Druk mocujący znajduje się wewnątrz otuliny.

Podkładki dystansowe betonowe z drutem wiązałkowym stosowane do betonu elewacyjnego.



Rys. 70. Podkładka betonowa z drutem wiązałkowym

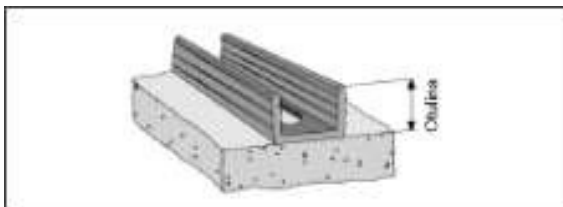
Podkładki z tworzywa sztucznego

Listwy perforowane TRICK to nowoczesne podkładki uniwersalnego zastosowania, które umożliwiają otulenie prętów w granicach $15 \div 50$ mm, boczne żebra minimalizują rozszerzalność, dają się szybko układać, dobrze wiążą się z betonem poprzez duże otwory w listwie, stosowane są do wzmocnień poziomych oraz przy cięciu na placu budowy nie łamią się i nie rozwarstwiają.



Rys. 71. Listwa perforowana TRICK

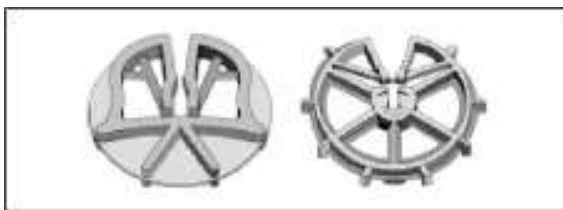
Listwy perforowane ISO - TRICK stosuje się na miękkim podłożu, np. na izolowanych stropach i wylewkach betonowych.



Rys. 72. Listwa perforowana ISO – TRICK

Podkładki RINGMAX są nowoczesnymi podkładkami szczególnie stosowanymi do betonu elewacyjnego i do zastosowania z matami budowlanymi.

Wkładki dystansowe wciskane CLINCH mają wysoką wytrzymałość na zginanie, stosowane są szczególnie do zbrojenia pionowego, np. słupy.



Rys. 73. Wkładka dystansowa wciskana CLINCH

Wkładki dystansowe wciskane KLEMM - CLINCH gwarantują trwałe ułożenie na prętach zbrojeniowych. Nie ślizgają się i nie przesuwają w momencie betonowania oraz nie ulegają odkształceniu przez docisnięte styki.



Rys. 74. Wkładka dystansowa wciskana KLEMM—CLINCH

Wkładki dystansowe do zbrojenia pionowego pozwalają na trwałe ułożenie prętów zbrojeniowych.

Podkładki Tunnel - FIX stosowane są przy pracach budowlanych tuneli i służą do wspierania wzmocnień na ścianach tuneli, do podparcia formy.



Rys. 75. Podkładka Tunnel – FIX

Podkładka FIX ze szczęką zaciskową nie traci stateczności. Dobrze łączy się z betonem.



Rys. 76. Podkładka FIX

Podkładka dystansowa STYROMAX stosowana jest do układania zbrojenia na podłożu ze styropianu.



Rys. 77. Podkładka dystansowa STYROMAX

Podkładka dystansowa SA służy do ustawiania dolnej krawędzi deskowań w linii prostej.



Rys. 78. Podkładka dystansowa SA

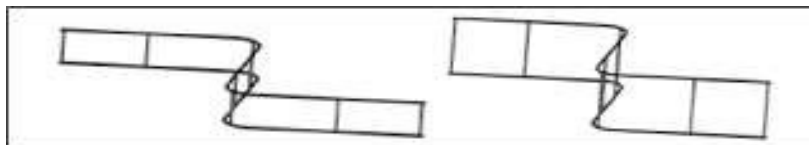
Listwy dystansowe ZZ i AL stosowane są do podparcia zbrojenia głównego w stropach pod dolną siatką zbrojenia.



Rys. 79. Listwy dystansowe

Podkładki ze stali

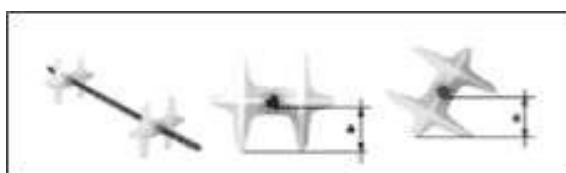
Podkładki typu BETOMAX® ZET stosowane pod górną część zbrojenia charakteryzują się dużą szerokością podparcia zbrojenia > 30 cm, dającą najwyższą stateczność; umocowane w dolnym zbrojeniu nie mają styczności z szalunkiem, stosowane są do betonu elewacyjnego i strukturalnego, przenoszą optymalny rozkład obciążenia, pozwalają na oszczędność czasu podczas układania, w obszarze połączeń zbrojenia wspornika nie występują braki w wylewce betonowej oraz przez całkowite zalanie betonem wyeliminowana jest korozja.



Rys. 80. Podkładki typu BETOMAX® ZET

Podkładki dystansowe typu KRZYŻAK stosowane są pod górną siatkę zbrojenia w stropach.

Podkładki typu SAS wykonane są z drutu i nakładek z tworzywa sztucznego i służą do podpierania zbrojenia w elementach prefabrykowanych.



Rys. 81. Podkładka SAS z drutu do prefabrykatów

c) Metody stabilizacji zbrojenia

Metody stabilizacji zbrojenia można podzielić na dwie grupy:

1. Metoda mająca na celu zapewnienie należytego otulenia zbrojenia,
2. Metoda zapewniająca stabilizację określonych elementów zbrojenia czy też akcesoriów połączonych ze zbrojeniem w określonych punktach elementu prefabrykowanego.

Należyte otulenie zbrojenia należy wykonać przez:

- stosowanie pod znajdujące się w formie prętyzbrojenia podkładek z zaprawy lub betonu o grubości odpowiadającej grubości warstwy otulającej. Sztywność szkieletu zbrojenia powoduje stabilizację wszystkich prętów względem określonej płaszczyzny formy lub deskowania;
- zakładanie na pręty zbrojenia wkładek wykonanych z tworzywa sztucznego, powodując stabilizację zbrojenia względem formy i deskowania;
- projektowanie zbrojenia, które ułożone w formie lub deskowaniu zapewnia należyte otulenie prętów głównych, rozdzielczych i montażowych przez zgrzewanie w drabinkach niektórych prętów poprzecznych o długości większej niż pozostałe lub zgrzewanie w siatkach dodatkowych prętów powodujących po ułożeniu siatek ich odpowiednie oddalenie od płaszczyzny formy lub deskowania. Drabinki i siatki połączone w przestrzenny szkielet zbrojenia powodują jego stabilizację, zapewniając należyte otulenie betonem wszystkich prętów zbrojenia.

Stabilizacja określonych elementów zbrojenia czy akcesoriów połączonych ze zbrojeniem w określonych punktach wykonana jest przez zamocowanie tych części do formy lub deskowania. Zamocowanie to może być wykonane za pomocą śrub, zatyczek, bolców, drutu itp. w taki sposób, żeby w momencie rozformowania nie utrudniało odspojenia płaszczyzn formujących od betonu. Wykonuje się to przez wyjęcie zatyczki, bolca, odkręcenie śruby lub ścięcie cienkiego drutu, którym element był mocowany.

5) Kotwienie i łączenie na zakład prętów zbrojenia i siatek

a) Przyczepność zbrojenia do betonu

Długość strefy kotwienia zbrojenia oraz strefy łączenia na zakład należy według normy PN-B-03264:2002 ustalać z uwzględnieniem warunków przyczepności i uzależnionych od nich obliczeniowych wartości naprężeń przyczepności. Warunki przyczepności określone są jako dobre w następujących przypadkach:

- a) pręty odchylone są pod kątem od 45° do 90° od poziomu
- b) pręty odchylone są pod kątem od 0° do 45° od poziomu oraz położone:

- na dowolnej głębokości w elemencie o grubości nieprzekraczającej 250 mm
- w dolnej połowie elementu o grubości przekraczającej 250 mm i nie większej niż 600 mm
- na głębokości nie mniejszej niż 300 mm od górnej powierzchni w elementach o grubości przekraczającej 600 mm

Warunki przyczepności określone są jako mierne, jeżeli pręty odchylone są pod kątem od 0° do 45° od poziomu, ale położone są:

- a) w górnej połowie elementu o grubości przekraczającej 250 mm i nie większej niż 600 mm,
- b) na głębokości mniejszej niż 300 mm od górnej powierzchni w elementach o grubości przekraczającej 600 mm oraz we wszystkich pozostałych przypadkach.

Obliczeniowe naprężenia przyczepności f_{bd} działające w betonie oblicza się, uwzględniając typ prętów, klasę betonu, sytuację obliczeniową i średnicę prętów. Dla dobrych warunków przyczepności i prętów o średnicy nieprzekraczającej 32 mm naprężenia oblicza się następująco:

- a) dla prętów gładkich:

$$f_{bd} = \frac{0,36 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$$

- b) dla prętów żebrowanych:

$$f_{bd} = \frac{0,47 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}}{\gamma_c}$$

Jeżeli średnica zbrojenia Φ przekracza 32 mm, wartości obliczone z powyższych wzorów należy przemnożyć przez:

$$\frac{(132 - \Phi)}{100}$$

podstawiając średnicę zbrojenia w mm.

Jeżeli na pręty działają naprężenia ściskające σ_c prostopadłe do prawdopodobnej płaszczyzny odłupania betonu, naprężenia przyczepności obliczone z obu podanych powyżej wzorów można zwiększyć, mnożąc przez:

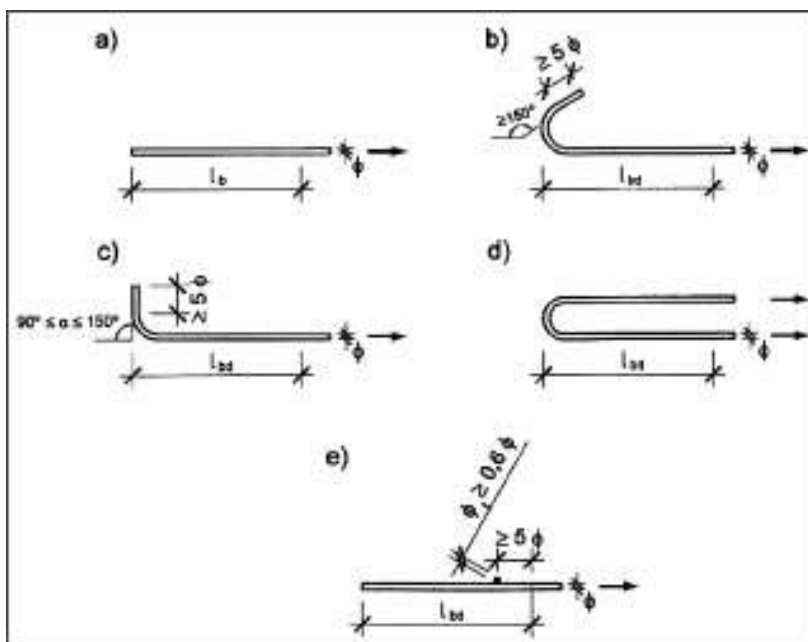
$$\frac{1}{(1 - \sigma_{cb})} \leq 1,4$$

W przypadku miernych warunków przyczepności naprężenia f_{bd} wyznacza się, mnożąc wartości obliczone dla warunków dobrych przez współczynnik 0,7.

- b) Kotwienie zbrojenia

Norma PN-B-03264:2002 pozwala na kotwienie zbrojenia zarówno w strefie rozciąganej, jak i ściskanej przekroju. Jeżeli jest to możliwe, zbrojenie należy kotwić w strefie ściskanej. Pręty o średnicy przekraczającej 32 mm należy kotwić wyłącznie w strefie ściskanej.

Pręty i siatki zbrojeniowe można kotwić przez zakotwienie proste (rys. 82a), hakiem półokrągłym (rys. 82b) lub hakiem prostym (rys. 82c) oraz przyspajając w strefie kotwienia pręt poprzeczny (rys. 82d).



Rys.82. Sposoby kotwienia prętów i siatek:

a) zakotwieniem prostym, b) hakiem półokrągłym, c) hakiem prostym, d) pętlą, e) przyspojonym prętem poprzecznym

Zakotwienie proste i hak prosty nie mogą być stosowane do kotwienia prętów gładkich o średnicy większej niż 8 mm. Hak półokrągły, prosty oraz pętla nie powinny być stosowane do kotwienia prętów ściskanych z wyjątkiem prętów gładkich, jeśli w strefie zakotwienia mogą wystąpić siły rozciągające. Dla prętów żebrowanych o średnicach powyżej 32 mm należy stosować zakotwienie proste lub blachy kotwiące (zakotwienie mechaniczne).

Pręty zbrojenia przęsłowego doprowadzone do podpory muszą być przedłużane poza jej krawędź o odcinek równy $2/3 l_{bd}$, jeżeli belka podparta jest bezpośrednio i o odcinek równy l_{bd} , jeżeli belka podparta jest pośrednio. Podparcie uważa się za bezpośrednie, jeżeli reakcja przekazywana jest na podporę przez dolną krawędź elementu, a jednocześnie obciążenie równomiernie rozłożone obciąża jego górną krawędź. W innych przypadkach podparcie uważa się za pośrednie.

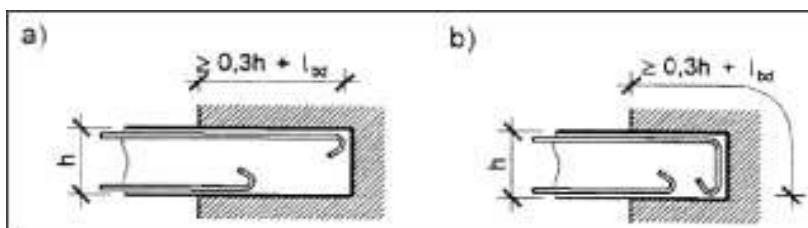
W elementach zginanych równomiernie obciążonych, spełniających warunek:

$$\frac{l_{eff}}{f} \geq 12$$

(l_{eff} oznacza efektywną rozpiętość elementu), długość odcinka l_{bd} można przyjmować jako równą:

- w elementach, dla których nie wymaga się obliczania zbrojenia na ścinanie: $l_{bd} = 5 \cdot \phi$,
- w elementach, dla których wymaga się obliczania zbrojenia na ścinanie:
 - jeżeli do podpory doprowadza się co najmniej $1/3$ zbrojenia przęsłowego: $l_{bd} = 15 \cdot \phi$,
 - jeżeli do podpory doprowadza się co najmniej $2/3$ zbrojenia przęsłowego: $l_{bd} = 10 \cdot \phi$.

Zbrojenie przęsłowe, rozciągane na podporze w elementach zamocowanych w murze, należy przedłużać poza jej krawędź na odległość równą minimum, jak pokazano na rys. 83.



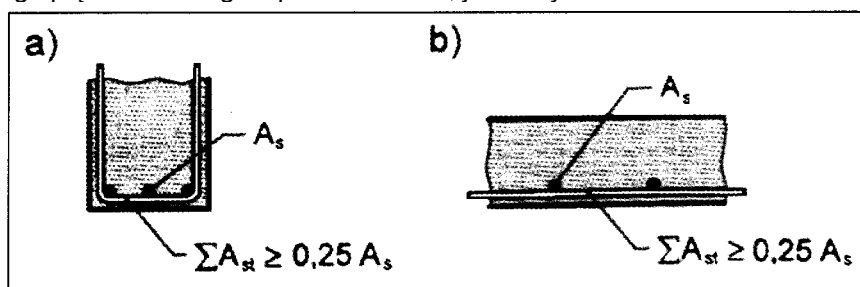
Rys. 83. Zakotwienie zbrojenia w elementach zamocowanych w murze: a) odcinkiem prostym z hakiem, b) odcinkiem załamanym z hakiem

Zbrojenie odgięte ze względu na ścinanie i niewliczane do zbrojenia podłużnego poza odgięciem należy kotwić odcinkiem o długości minimalnej równej:

- dla pręta kotwionego w strefie rozciąganej: $1,3 l_{bd}$,

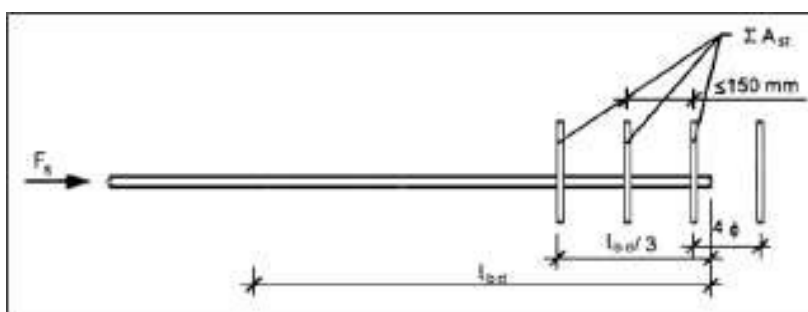
- dla pręta kotwionego w strefie ściskanej: $0,7 l_{bd}$, licząc od punktu przecięcia osi odcinka odgiętego z osią odcinka równoległego do zbrojenia podłużnego.

W obszarze kotwienia wymaga się stosowania zbrojenia poprzecznego, jeżeli kotwione są pręty rozciągane, a w kierunku poprzecznym do prętów nie występuje ściskanie oraz jeżeli kotwione są pręty ściskane. Całkowita powierzchnia zbrojenia poprzecznego $\sum A_{st}$ musi wynosić minimum 1/4 powierzchni jednego pręta kotwionego o powierzchni A_s , jak na rys. 84.



Rys. 84. Zbrojenie poprzeczne w strefie kotwienia: a) belka - strzemiona, b) płyta – pręty proste

Zbrojenie to należy rozmieścić równomiernie na odcinku kotwienia. Co najmniej jeden pręt zbrojenia poprzecznego powinien być umieszczony przy haku lub pętli. W przypadku kotwienia prętów ściskanych, zbrojenie poprzeczne w końcowej części długości kotwienia należy rozmieścić jak na rys. 85.



Rys. 85. Rozmieszczenie zbrojenia poprzecznego na końcu odcinka kotwienia pręta ściskanego

Kotwienie prętów żebrowanych o średnicy większej niż 32 mm zbrojących belki i płyty wymaga dodatkowego zbrojenia poprzecznego poza zastosowanym ze względu na ścinanie, jeżeli w strefie zakotwienia w kierunku prostym do kotwionego pręta nie działają naprężenia ściskające. Zbrojenie to powinno mieć w przypadku zakotwienia prostego powierzchnię równą co najmniej:

- w kierunku równoległym do najbliższej powierzchni (dolne odcinki strzemion w belkach):

$$\sum A_{st} = 0,25 \cdot A_s \cdot n_1$$

- w kierunku prostym do najbliższej powierzchni (boczne odcinki strzemion w belkach):

$$\sum A_{sv} = 0,25 \cdot A_s \cdot n_2$$

gdzie:

A_s - pole przekroju poprzecznego pręta kotwionego,

n_1 - liczba warstw zbrojenia kotwionego w tym samym przekroju,

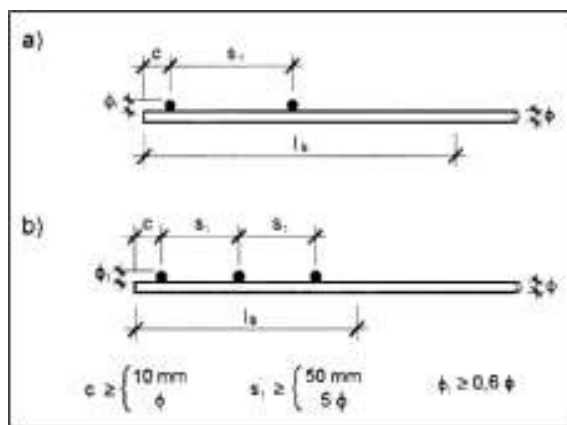
n_2 - liczba prętów kotwionych w każdej warstwie.

Długość zakotwienia l_{bd} dla siatek z prętów żebrowanych wyznacza się jak dla pojedynczych:

$$l_{bd} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s, req}}{A_{s, prov}} \geq l_{b, min}$$

W przypadku występowania co najmniej jednego pręta poprzecznego na długości zakotwienia, norma zaleca zmniejszyć ją do 70%.

Długość zakotwienia l_{bd} siatek z prętów gładkich nie może być mniejsza niż 200 mm i niż podstawowa długość zakotwienia l_b . Długość l_b ustala się z uwzględnieniem klasy betonu oraz ilości prętów poprzecznych (dwóch lub trzech) w strefie kotwienia, które są bezwzględnie wymagane. Rozmieszczenie prętów poprzecznych podane jest na rys. 86.



Rys. 86. Zbrojenie poprzeczne w strefie zakotwienia siatek zgrzewanych z prętów gładkich ze stali klas A-0 i A-I

Podstawowa długość zakotwienia l_b podana jest w tabeli 87.

Tabela 87. Podstawowa długość zakotwienia siatek zgrzewanych z prętów gładkich ze stali klas A-0 i A-I w zależności od klasy betonu i ilości prętów poprzecznych

Sposób kotwienia	Klasa betonu		
	C12/15	C16/20	>C20/25
Dwa pręty poprzeczne na długości l_b rozmieszczone jak na rys. 5.5.5.2/4a)	28 < >	25 (>)	22 < >
Trzy pręty poprzeczne na długości l_b rozmieszczone jak na rys. 5.5.5.2/4b)	20 < >	18 < >	15 < >

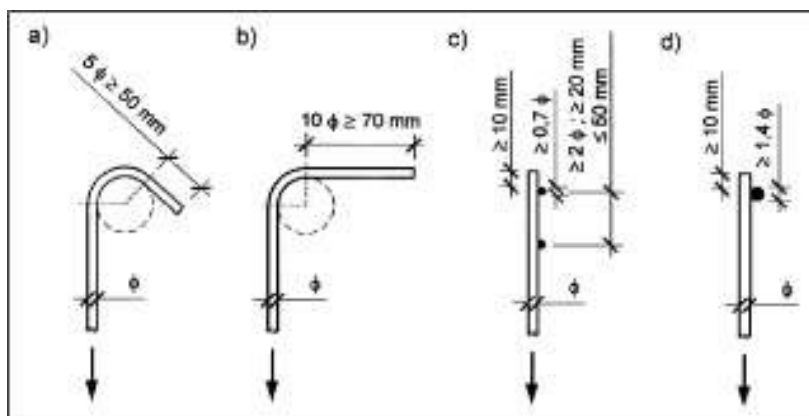
Aby zakotwienie było właściwe, spoina łącząca zbrojenie kotwione i zbrojenie poprzeczne musi mieć nośność nie mniejszą niż 1/3 nośności jednego pręta kotwionego.

Zbrojenie elementów zamocowanych w murze, wykonane z siatek z prętów gładkich, należy przedłużać poza krawędź podpory o odcinek długości jak na rys. 83. Norma PN-B-03264:2002 wymaga, aby na tym odcinku umieścić przynajmniej jeden pręt poprzeczny.

Strzemiona i zbrojenie na ścinanie należy kotwić następująco:

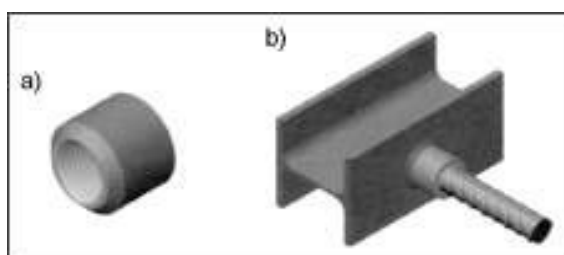
- hakiem półokrągłym o kącie zagięcia nie mniejszym niż 135° , zakończonym odcinkiem prostym o długości minimum pięciu średnic pręta zagiętego i 50 mm (rys. 88a),
- za pomocą przyspojonego zbrojenia poprzecznego składającego się z:
 - dwóch prętów, każdy o średnicy równej minimum 0,7 średnicy pręta kotwionego, rozmieszczonych jak na rys. 88c
 - jednego pręta o średnicy równej minimum 1,4 średnicy pręta kotwionego, umieszczonego jak na rys. 88d.

W przypadku wykonania zbrojenia z prętów i drutów żebrowanych można stosować hak prosty zakończony odcinkiem prostym o długości minimum dziesięciu średnic pręta zagiętego i 70 mm (rys. 88b).



Rys. 88. Sposoby kotwienia strzemion i zbrojenia na ścinanie: a) hakiem półokrągłym, b) hakiem prostym, c) dwoma prętami poprzecznymi, d) jednym prętym poprzecznym

Pręty zbrojenia można zakotwić do konstrukcji metalowej za pomocą specjalnych łączników (rys. 89). Są to tuleje z wewnętrznym gwintem, w które wkręca się pręt z nagwintowaną końcówką. Tuleję należy przyspawać do konstrukcji spoiną pachwinową na całym jej obwodzie. Łączniki tego typu oferowane są dla szerokiego zakresu średnic prętów.



Rys. 89. a) Mufa spawana obwodowo do konstrukcji stalowej, b) zakotwienie pręta przez wkręcenie go do mufy

Przykładowo łączniki systemu BAR-TEC [2] umożliwiają kotwienie prętów o średnicach od 20 do 50 mm, a łączniki systemu ADAE typu C12 [3] od 10 do 32 mm. Dostępne są także łączniki gwintowane służące do kotwienia zbrojenia zarówno do konstrukcji stalowej, jak i konstrukcji żelbetowej, jak np. łączniki systemu ADAE typu D14 [3] dla prętów o średnicy od 10 do 32 mm (rys. 90).



Rys. 90. Pręt z elementem kotwiącym typu D14 systemu ADAE

Przy projektowaniu i wykonywaniu tego typu kotwienia należy zapewnić łącznikowi kotwiącemu otulenie betonem zgodne z normą [N-I].

Należy pamiętać, że inne sposoby kotwienia niż opisane w normie [N-I] mogą być stosowane tylko pod warunkiem, że posiadają aktualne aprobaty techniczne.

c) Łączenie zbrojenia

Norma PN-B-03264:2002 zaleca, aby zbrojenie wykonywać z nieprzerwanych prętów o długości jednego przęsła lub jednego elementu konstrukcyjnego. Jeżeli z różnych względów nie jest to możliwe, zbrojenie powinno być łączone przez spajanie (zgrzewanie i spawanie) lub za pomocą zacisków mechanicznych. Dopuszcza się również łączenie prętów na zakład.

Norma zaleca, aby połączenia były wykonywane w miejscach, w których nośność zbrojenia nie jest w pełni wykorzystana.

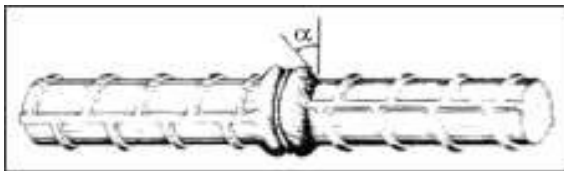
Połączenia spajane należy wykonywać zgodnie z przepisami wykonywania robót spawalniczych. Nośność połączeń należy obliczać według normy PN-90/B-03200 przy założeniu, że no-

śność połączenia nie jest większa niż nośność łączonych prętów.

Połączenia doczołowe można wykonywać tylko przez zgrzewanie iskrowe (tabela 79.). Zgrzewać można stale wszystkich gatunków wymienionych w normie PN-B-03264:2002. Średnice zgrzewanych prętów ograniczono do:

- stal klas A-0 i A-I: od 5,5 do 40 mm,
- stal klas A-II i A-III: od 6 do 32 mm,
- stal klasy A-IIIN: od 6 do 40 mm.

Zgrzewanie należy wykonać w taki sposób, aby kąt α utworzony przez prostopadłą do osi pręta i styczną do garbu powstającego w obszarze spęcznienia jako skutek sprasowania był mały (rys. 91.). Jednocześnie należy dobrać siłę prasującą tak, aby garby nie uległy spękaniu.



Rys. 91. Prawidłowe wykonanie połączenia zgrzewanego

Pręty zgrzewane muszą być wykonane ze stali tego samego gatunku. Dopuszcza się łączenie prętów o różnych średnicach pod warunkiem osiowego połączenia. Stosunek mniejszej średnicy do większej nie może być mniejszy niż 0,85.

Tabela 92. Rodzaje połączeń spajanych i zasady ich wykonywania

Lp.	Rodzaj spajania i typ połączeń	Konstrukcja połączenia	Klasa i gatunek stali	Średnica pręta w mm
1	Doczołowe zgrzewanie iskrowe prętów zbrojeniowych		A-0 A-I A-II A-III A-IIIN	5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 40 6 ÷ 32 6 ÷ 32 6 ÷ 40
2	Połączenia nakładkowe jednostronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0 St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W A-IIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40
3	Połączenia nakładkowe dwustronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0 St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W A-IIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40
4	Połączenia zakładkowe jednostronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0 St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W A-IIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40

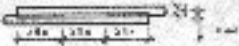
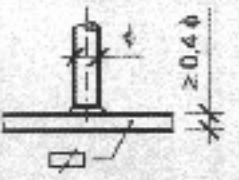

T.p.	Rodzaj spawania i typ połączeń	Konstrukcja połączenia	Klasa i gatunek stali	Średnica pręta w mm
5	Jednostronne połączenia zakładkowe wykonane łukiem elektrycznym		A-0 St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W A-III 20G2VY-b A-III RB 500 W	6 + 40 5,5 + 40 5,5 + 12 5,5 + 20 6 + 32 6 + 28 6 + 32 6 + 20 6 + 40
6	Półautomatyczne spawanie łączników sworzniovych			1+
7	Spawanie łukiem elektrycznym prętów zbrojeniowych z elementami płaskimi lub profilowanymi ze stali walcowanej dwiema spoinami bocznymi		A-0 St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W A-III 20G2VY-b A-III RB 500 W	8 + 40 8 + 40 8 + 12 8 + 20 8 + 32 6 + 28 8 + 32 8 + 20 8 + 40
<p>Grubość spoiny bez obliczeń można przyjmować równą $s = 0,3 \cdot d$.</p> <p>Wartości podane w nawiasach dotyczą prętów ze stali gładkiej.</p> <p>1⁶⁰ Parametry łączników oraz technologię spawania należy przyjąć według aktualnej próbnicy technicznej.</p>				

Tabela 92. Rodzaje połączeń spajanych i zasady ich wykonywania (cd)

Według normy [N-1] długość zakładu l_s należy obliczać ze wzoru:

$$l_s = l_{bd} \cdot \alpha_1 \geq l_{s,min}$$

przy czym

$$l_{s,min} \geq 0,3 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_1 \cdot l_b \geq 200$$

gdzie:

l_{bd} - obliczeniowa długość zakotwienia wyznaczana jak w punkcie 5.b),

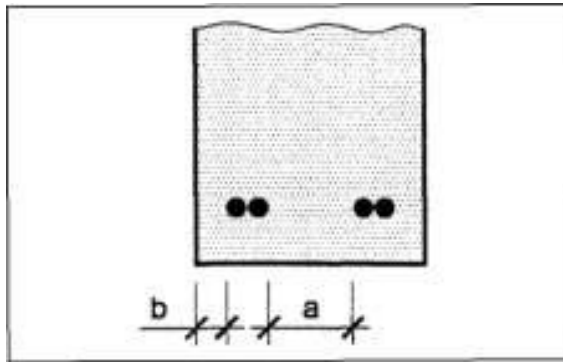
$l_{s,min}$ - minimalna długość zakotwienia,

l_b - podstawowa długość zakotwienia wyznaczana jak w punkcie 5.b),

α_a - współczynnik efektywności zakotwienia przyjmowany jak w punkcie 5.b),

α_1 - współczynnik zależny od znaku naprężeń w łączonych prętach, ich średnicy i ilości prętów łączonych w jednym przekroju wyrażonej w % całkowitej ilości prętów pracujących po jednej stronie zakładu oraz grubości otuliny i odległości między sąsiednimi zakładami (odległości a i b jak na rys. 93):

- przy łączeniu prętów ściskanych: $\alpha_1 = 1,0$,
- przy łączeniu prętów rozciąganych:
 - $\alpha_1 = 1,0$, jeżeli w jednym przekroju łączy się mniej niż 30% prętów a $\geq 10 \cdot \Phi$ oraz $b \geq 5 \cdot \Phi$,
 - $\alpha_1 = 1,4$, jeżeli w jednym przekroju łączy się więcej niż 30% prętów lub a $< 10 \cdot \Phi$ lub $b < 5 \cdot \Phi$,
 - $\alpha_1 = 2,0$, jeżeli w jednym przekroju łączy się więcej niż 30% prętów i jednocześnie lub a $< 10 \cdot \Phi$ b $< 5 \cdot \Phi$.

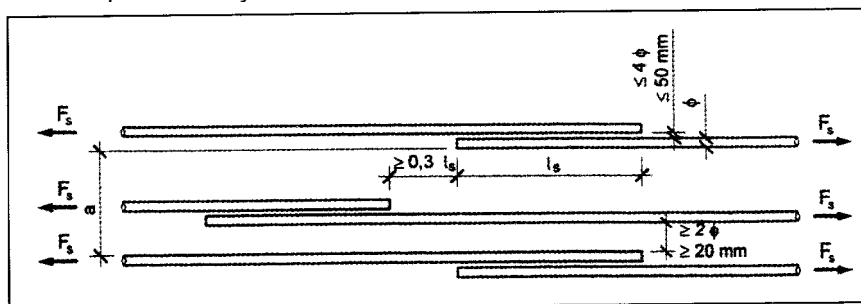


Rys. 93. Wzajemne usytuowanie prętów w obszarze zakładu

Pręty łączone na zakład należy kotwić zgodnie z wytycznymi podanymi w punkcie 5.b). Połączenia prętów na zakład nie powinny się znajdować w miejscu występowania największych naprężeń. W miarę możliwości zakłady powinny być symetrycznie rozmieszczone w każdym przekroju strefy łączenia oraz powinny być równoległe do zewnętrznej powierzchni elementu.

Norma [N-I] pozwala na łączenie w jednym przekroju:

- do 100% prętów rozciąganych, jeżeli rozmieszczone są w przekroju w jednej warstwie,
- do 50% prętów rozciąganych, jeżeli rozmieszczone są w przekroju w większej liczbie warstw niż jedna,
- do 100% prętów ściskanych, pod warunkiem, że spełnione są wszystkie przytoczone wcześniej wymagania, a rozmieszczenie prętów i wzajemne przesunięcie sąsiednich zakładów spełnia warunki podane na rys. 94.



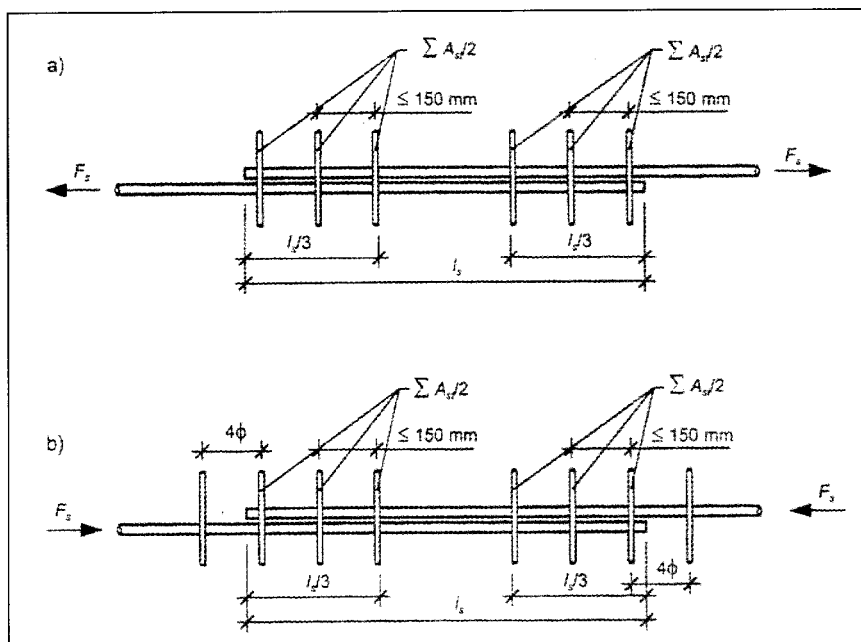
Rys. 94. Odległości pomiędzy prętami w przekroju i wzajemne rozmieszczenie zakładów

Przesunięcie sąsiednich odcinków łączenia na zakład jest korzystne, ponieważ powoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa powstania zarysowania na końcach zakładu. Przyczyną zarysowania są naprężenia normalne rozciągające powstające wokół prętów w strefie zakładu i w jej pobliżu, największe przy końcach zakładu.

Pręty łączone nie powinny być rozsunięte bardziej niż podano na rys.94, ponieważ duża odległość między nimi powoduje zmniejszenie nośności połączenia.

Pręty ściskane łączone na zakład nie powinny być zakończone hakami, ponieważ pręt w pobliżu haka ma tendencję do odkształcania się w kierunku powierzchni zewnętrznej elementu, może również powstać rysa na końcu haka.

W strefie łączenia prętów należy zastosować zbrojenie poprzeczne (strzemiona, pręty proste), którego celem jest zapewnienie odpowiedniej nośności połączenia. Zbrojeniem tym może być zbrojenie przyjęte z innych powodów (na ścinanie, rozdzielcze, itp.), jeżeli średnica prętów łączonych jest mniejsza niż 20 mm lub w żadnym przekroju nie łączy się więcej niż 25% zbrojenia. Przy łączeniu prętów o średnicy równej 20 mm lub większej należy stosować zbrojenie poprzeczne rozmieszczone według rys. 95.



Rys. 95. Zbrojenie poprzeczne w miejscu łączenia prętów na zakład: a) prętów rozciąganych, b) prętów ściskanych

Zbrojenie poprzeczne w strefie zakładu zwiększa jego nośność. W przypadku łączenia prętów ściskanych na zakład, należy dodatkowo zastosować po jednym pręcie poprzecznym poza strefą zakładu w odległości 4ϕ od ostatniego pręta. Zbrojenie to ma zapobiec zarysowaniu betonu przy końcu strefy zakładu powstającemu na skutek docisku końca pręta łączonego do betonu, znacznego zwłaszcza przy dużych średnicach zbrojenia. Sumaryczna powierzchnia zbrojenia poprzecznego ΣA_{st} nie może być mniejsza niż powierzchnia przekroju pojedynczego pręta łączonego na zakład.

Na zakład można łączyć pręty żebrowane o średnicy nie większej niż 32 mm.

Przy łączeniu na zakład wiązek prętów żebrowanych (liczących maksymalnie 4 sztuki) każdy pręt wiązki należy łączyć oddzielnie. Odległości między kolejnymi połączeniami w wiązce liczącej 2, 3 lub 4 pręty należy wyznaczać, mnożąc długość zakotwienia odpowiednio przez 1,2, 1,3 i 1,4.

Według normy [N-I] długość zakładu l_s prętów zbrojenia głównego w kierunku podłużnym należy obliczać, uwzględniając powierzchnię zbrojenia wymaganą ze względu na obciążenie i zastosowaną:

$$l_s = \alpha_2 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s, req}}{A_{s, prov}} \geq l_{s, min}$$

$$l_{s, min} = 0,3 \alpha_2 \cdot l_b, l_{s, min} \geq \frac{200mm}{S_t}$$

$$10 \leq \alpha_2 = 0,4 + \frac{A_s}{S} \cdot \frac{1}{800} \leq 2,0,$$

przy czym podstawia się:

$$\frac{A_s}{S} \text{ w } \left[\frac{mm^2}{m} \right],$$

gdzie:

l_b - podstawowa długość zakotwienia wyznaczana jak w punkcie 5.b),

$l_{s, min}$ - minimalna długość zakotwienia,

$A_{s, req}$ i $A_{s, prov}$ - odpowiednio: powierzchnie przekroju poprzecznego siatki - wymagana ze względu na obciążenie i przyjęta,

$\frac{A_s}{S}$ - powierzchnia przekroju poprzecznego jednej z łączonych siatek na jednostkę długości,

ści,

s_t - rozstaw prętów poprzecznych siatki,

s - rozstaw prętów podłużnych siatki.

Norma [N-I] pozwala na łączenie prętów głównych siatek w jednym przekroju w ilości:

- do 100%, jeżeli ich powierzchnia nie przekracza $1200 \text{ mm}^2/\text{mb}$,
- do 60%, jeżeli ich powierzchnia przekracza $1200 \text{ mm}^2/\text{mb}$.

Połączenia na zakład siatek ułożonych w kilku warstwach należy przesunąć względem siebie o długość zakładu l_s obliczaną jak wyżej. Stosowanie dodatkowego zbrojenia poprzecznego nie jest ko-

nieczne, ponieważ jego rolę pełnią pręty poprzeczne łączonych siatek.

Wszystkie pręty poprzeczne siatek mogą być łączone w jednym przekroju. Minimalne długości zakładów tych prętów podane są w tabeli 96.

Tabela 96. Minimalne długości l_s zakładów prętów poprzecznych siatek o średnicy (l), przy rozstawie s prętów podłużnych

Średnica prętów poprzecznych		
	$6 < f_a < 8,5$	$8,5 < (l)_t < 12$
$> s$	$> s$	$> s$
$> 150 \text{ mm}$	$> 250 \text{ mm}$	$> 350 \text{ mm}$

Długość zakładu prętów poprzecznych nie może być mniejsza niż wymiar jednego oczka siatki, ponieważ na długości zakładu muszą się znaleźć co najmniej 2 pręty podłużne.

I. Kontrola jakości

Sprawdzenie prawidłowości wykonania konstrukcji żelbetowej, konstrukcji stalowej, bruzd, przewiązek, mocowań w trakcie odbiorów częściowych przed zakryciem, sprawdzenie jakości materiałów i elementów, zachowanie zaleceń technologicznych i zgodności z projektem

J. Jednostka obmiaru

Objętość wylewek betonowych (m^3), długości, typy, ilość i jakość elementów wbudowywanych.

K. Odbiór

Odbiór końcowy, po odbiorach częściowych, obmiarach i po sprawdzeniu zapisów w dzienniku budowy.

L. Literatura i przepisy związane

Literatura:

- 1) A.M. Neville, *Właściwości betonu*, Polski Cement, Kraków, 2000.
- 2) C. Wolska-Kotańska, *Kształtowanie właściwości betonu pyłami krzemionkowymi*, Inżynieria i Budownictwo, 9, 1993.
- 3) A.M. Brandt, *Wpływ warstwy przejściowej na własności mechaniczne betonów wysokowartościowych (BBB)*, II Konf. Naukowo-Techniczna „Zagadnienia Materiałowe w Inżynierii Lądowej”, Matbud, Kraków - Mogilny 1998.
- 4) Brylicki W., *Kostka brukowa z betonu wibroprasowanego*, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 1998.
- 5) Bielawski J. *Urządzenia do formowania zbrojenia - prościarki, obcinarki, zgrzewarki, giętarki*; XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń, 20-23 lutego 2002.
- 6) Stefański A., Walczak J. *Technologia robót budowlanych*, Arkady, Warszawa 1983.
- 7) *Praca zbiorowa: Poradnik majstra budowlanego*, Arkady, Warszawa 1992.
- 8) *Praca zbiorowa: Poradnik majstra budowlanego*, Arkady, Warszawa 2004.
- 9) Starosolski W., *Konstrukcje żelbetowe według PN-B-02364:2002, Tom I*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- 10) *Praca zbiorowa pod red. Bohdana Lewickiego: Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Komentarz naukowy do PN-B-03264:2002*, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2005.
- 11) *Katalog firmowy „BETOMAX – POLSKA”*.
- 12) *Katalog firmowy „ADAE”*.

Normy:

- 1) [N-I] PN-B-03264:2002: *Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- 2) PN-EN 206-1 *Beton - Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- 3) PN-88/B-06250 *Beton zwykły*.
- 4) PN-B-03264:2002 *Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- 5) PN-B-06265 *Krajowe uzupełnienia PN-EN206-1 Beton-część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- 6) PN-EN 12350-1 *Badania mieszanki betonowej. Pobieranie próbek*.
- 7) PN-EN 12350-2 *Badania mieszanki betonowej. Badanie konsystencji metodą stożka opadowego*.
- 8) PN-EN 12350-3 *Badania mieszanki betonowej. Badanie konsystencji metodą Vebe*.
- 9) PN-EN 12350-4 *Badania mieszanki betonowej. Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności*.
- 10) PN-EN 12350-5 *Badania mieszanki betonowej. Badanie konsystencji metodą stolika rozpluwowego*.
- 11) PN-EN206-1 *Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- 12) PN-B/06250 *Krajowe uzupełnienie PN-EN 206-1. Beton - część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- 13) PN-88/B-06250 *Beton zwykły*.
- 14) PN-EN 12390-1 *Badania betonu. Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form*.

- 15) PN-EN12390-2 Badania betonu. Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych.
- 16) PN-EN12390-4 Badania betonu. Wytrzymałość na ściskanie. Wymagania dla maszyn wytrzymałościowych.
- 17) PN-EN 933-4:2001 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4. Oznaczenie kształtu ziaren. Wskaźnik kształtu.
- 18) PN-EN 933-8:2001 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.
- 19) PN-EN 933-3:1999 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie kształtu ziaren za pomocą wskaźnika płaskości.
- 20) PN-EN 933-5:2000 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie procentowej zawartości ziaren o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych.
- 21) PN-EN 933-1:2000 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie składu ziarnowego. Metoda przesiewania.
- 22) PN-EN 933-2:1999 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie składu ziarnowego. Nominalne otwory sit badawczych.
- 23) PN-EN 1097-7:2001 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 7. Oznaczanie gęstości wypełniacza. Metoda piknometryczna.
- 24) PN-EN 1097-6:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 6. Oznaczanie gęstości ziaren i nasiąkliwości.
- 25) PN-EN 1097-2:2000 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Metody oznaczenia odporności na rozdrabianie.
- 26) PN-EN 1097-3:2000 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości.
- 27) PN-EN206-1 Beton, Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- 28) PN-88/B-06250 Beton zwykły.
- 29) PN-EN 197-1:2002 Cement - Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- 30) PN-EN 197-2:2002 Cement - Część 2: Ocena zgodności.
- 31) PN-EN 196-1:1996 Metody badania cementu - Oznaczanie wytrzymałości.
- 32) PN-EN 196-3:1996 Metody badania cementu - Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości.
- 33) PN-EN 196-6:1997 Metody badania cementu - Oznaczanie stopnia zmielenia.
- 34) PN-EN 196-7:1997 Metody badania cementu - Sposoby pobierania i przygotowania próbek cementu.
- 35) PN-EN1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek wody, badania i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- 36) PN-EN 1338 Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań.
- 37) PN-91/S-10042 - Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obiekty mostowe. Projektowanie.
- 38) PN-ISO 6935-1:1998 - Stal do zbrojenia betonu. Pręty gładkie.
- 39) PN-ISO 6935-2:1998 - Stal do zbrojenia betonu. Pręty żebrowane.
- 40) PN-ISO 6935-2/Ak: 1998 - Stal do zbrojenia betonu. Pręty żebrowane. Dodatkowe wymagania stosowane w kraju.
- 41) PN-ISO 6935-2/Ak/Apl:1999 - Stal do zbrojenia betonu. Pręty żebrowane. Dodatkowe wymagania stosowane w kraju.
- 42) PN-H/84023/06 - Stal do zbrojenia betonu. Stal określonego zastosowania. Gatunki.
- 43) PN-89/H-84023/01 - Stal określonego zastosowania. Wymagania ogólne. Gatunki.
- 44) PN-82/H-93215 - Walcówka i pręty stalowe do zbrojenia betonu.