

Produkcja żelbetowych prefabrykatów palowych

mgr inż. Jarosław Siergiej
mgr inż. Zbigniew Stefanowicz
Kutnowska Prefabrykacja Betonów Kutno
Sp. z o.o.

dr inż. Dariusz Sobala
Politechnika Rzeszowska
Pracownia Projektowa Aarsleff Sp. z o.o.

W artykule przedstawiono podstawowe pojęcia i definicje związane z produkcją żelbetowych prefabrykatów palowych stosowanych w fundamentach budowli. Opierając się na przykładzie KPB Kutno, przedstawiono technologię produkcji prefabrykatów palowych i wyposażenie wytwórni, a także transport i metody składowania prefabrykatów pali żelbetowych.

Projektowanie, dobór materiałów, produkcja oraz kontrola procesu produkcji prefabrykatów pali żelbetowych wykorzystywanych w budownictwie są realizowane na podstawie wytycznych aktualnych norm i dokumentów normatywnych [1].

Największy zakres stosowania w Polsce mają prefabrykaty żelbetowe o przekroju kwadratowym i wymiarach boku: 250 mm, 300 mm, 350 mm i 400 mm, oraz fundamenty palowe pod konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej typu: B1, B2, B3, B1A, B3A.

Długość produkowanych prefabrykatów zależy od:

- możliwości produkcyjnych wytwórni – długości posiadanych form, udźwigu stosowanych środków transportowych (np. suwnic) itp.;
- obowiązujących przepisów w zakresie skrajni transportowej drogowej lub/i kolejowej – w Polsce najbardziej efektywnym środkiem transportu pali jest transport samochodowy, a obowiązujące przepisy powodują, że ekonomiczne jest transportowanie pojedynczych prefabrykatów o długości do 14 (15) m;
- możliwości technicznych kafarów stosowanych przez wykonawców – większość kafarów w typowych warunkach umożliwia wbijanie pali o długości do 18 (21) m.

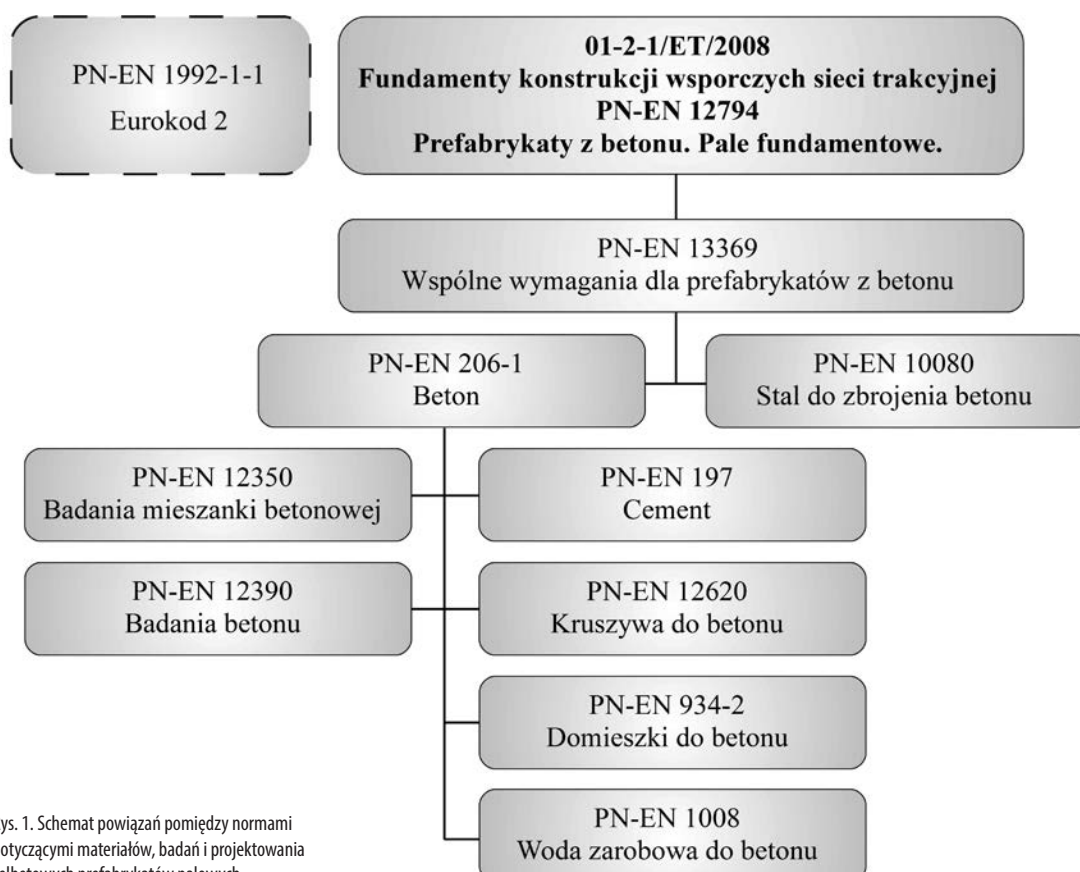
Decyduje zazwyczaj warunek najostrzejszy, zatem prefabrykaty są zwykle produkowane i dostarczane na budowę

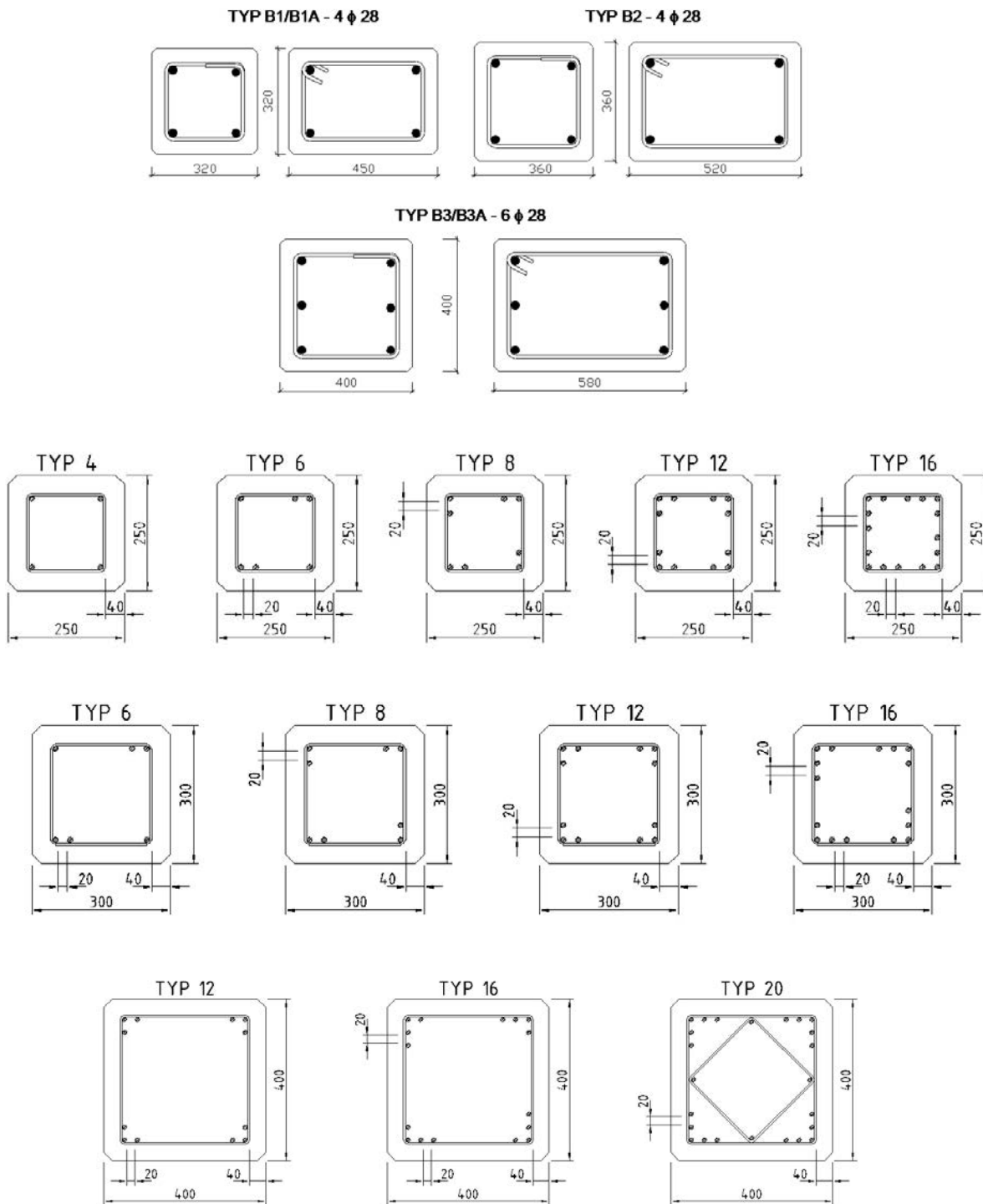
I SUMMARY

The production of precast reinforced concrete piles

The paper presents basic notions and definitions related to the production of precast reinforced concrete piles applied in the foundations of structures. The review of the legislation and standards on the production and typical construction solutions of precast piles is also included, as well as technological design problems and pile strength requirements (design of concrete components and verification of their quality – approval of suppliers). Based on the example of KPB Kutno concrete plant, the key machines and equipment used for pile production are presented, including modern technologies of manufacturing reinforcement cages and the plant laboratory. Further, the prefabrication process and transportation and storage methods are described. The paper also provides an insight into the quality management system applied in the plant, control procedures (current and periodic type testing) and issues related to CE marking of the produced piles.

Keywords: precast reinforced concrete piles, precast piles, produced piles



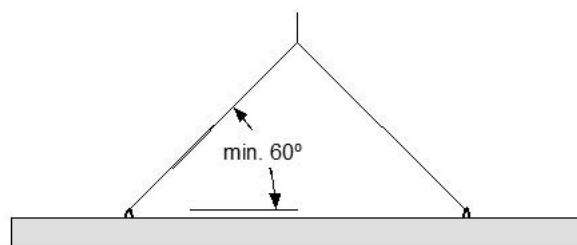


Rys. 2. Typowe układy zbrojenia prefabrykatów palowych

w odcinkach o długości do 5 m (fundamenty palowe pod konstrukcje wsporcze kolejowej sieci trakcyjnej) oraz 14 m (prefabrykaty pali). Długość prefabrykatu nie stanowi jednak ograniczenia dla długości całkowitej pala, o której decydują przewidywane obciążenia i warunki gruntowe. Prefabrykaty łączy się na budowie za pomocą różnego typu złączy palowych, uzyskując pale wymaganej długości. Najdłuższe żelbetowe pale prefabrykowane pograżone w Polsce miały długość całkowitą 45 m i złożone były z trzech prefabrykatów palowych o długości 15 m każdy.

Powierzchnia zbrojenia głównego produkowanych prefabrykatów zależy od wymagań:

- projektowych związanych z obciążeniami, pracą pala w gruncie w docelowym lub przejściowym układzie konstrukcyjnym obiektu,
- technologicznych związanych z produkcją pali, tj. z wyciągnięciem prefabrykatu z formy, transportem we-

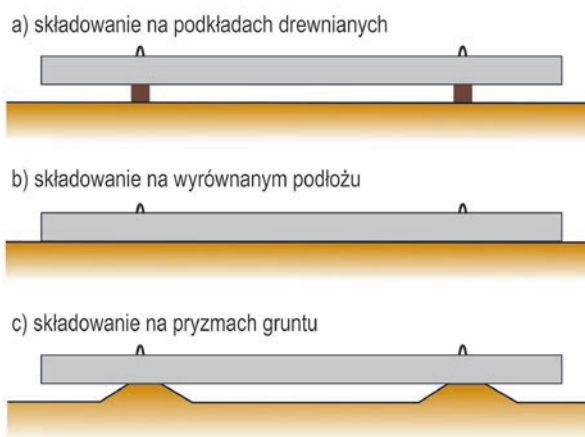


Rys. 3. Minimalny kąt pomiędzy zawieszem a osią pala

wnętrznym i na drogach publicznych, składowaniem w wytwórni i na budowie, podnoszeniem do kafara oraz wbijaniem.

Trwałość żelbetowych prefabrykatów pali

Przemysłowy charakter produkcji współczesnych prefabrykatów palowych wymaga stosowania wysokiej jakości materiałów i uniwersalnych rozwiązań konstrukcyjnych zapewniających produkowanym



Rys. 4. Sposoby składowania żelbetowych prefabrykatów pali



Fot. 1. Węzeł betoniarski



Fot. 2. Wykonanie zbrojenia z użyciem nowoczesnego automatu zbrojarskiego



Fot. 3. Szkielety zbrojeniowe z wkładkami dystansowymi przed włożeniem do form

- elementom szeroki zakres stosowania. Optymalny dobór materiałów do produkcji prefabrykatów palowych oraz technologia ich wytwarzania muszą gwarantować spełnienie wymagań normowych w zakresie trwałości w różnych warunkach środowiska grunto-wodnego.

W produkcji prefabrykatów palowych stosuje się obecnie w Polsce beton klasy C40/50 lub wyższej o stosunku $w/c \leq 0,40$. Ze względu na wymagania jakościowe do przemysłowej produkcji prefabrykatów palowych stosowane są kruszywa łamane, wysokoodporne na zamrażanie i rozmrażanie (grysy bazaltowe lub granitowe), których stopień reaktywności alkalicznej wynosi „0”. Maksymalna zawartość chlorków w betonie nie może przekraczać 0,1%. W procesie produkcji zapewniana jest też ochrona świeżo zaformowanego betonu przed wysychaniem (rozformowanie prefabrykatów palowych może nastąpić najwcześniej po 16 godzinach i po uzyskaniu przez beton wytrzymałości co najmniej 25 MPa).

Spełnienie powyższych warunków oraz zapewnienie otuliny minimalnej 40 mm pozwala na stosowanie produkowanych prefabrykatów w warunkach odpowiadających klasom ekspozycji: X0, XC1-XC4, XS1-XS3, XD1-XD3, XF1, XA1.

W przypadku klasy ekspozycji:

- XA2 lub XA3 (silna agresywność chemiczna) spowodowanej występowaniem w gruncie lub wodzie gruntowej znacznych ilości SO_4^{2-} do produkcji prefabrykatów należy zastosować cement o wysokiej odporności na siarczany,
- XF2, XF3 lub XF4 należy zastosować domieszki napowietrzające do mieszanki betonowej.

W przypadku szczególnych wymagań istnieje możliwość dalszej modyfikacji procesu produkcyjnego prefabrykatów pali lub uzupełnienia go o kolejne zabiegi technologiczne spełniające wymagania indywidualnej dokumentacji projektowej.

Technologia produkcji prefabrykatów palowych i wyposażenie wytwórni

Profesjonalne podejście do prefabrykacji wymaga stosowania urządzeń, form i rozwiązań technicznych zapewniających produkcję w sposób masowy i powtarzalny. Konstrukcja form musi zapewniać stabilność wymiarów oraz gwarantować zachowanie optymalnej temperatury i warunków wilgotnościowych dla dojrzewających prefabrykatów. Składy kruszyw powinny być zadaszone, a kruszywa w okresie zimowym – podgrzewane. Najważniejszym elementem wytwórni jest węzeł betoniarski. Poszczególne jego elementy muszą zapewniać pełną integralność oraz niezawodność systemu wytwarzania mieszanki betonowej. Aby uzyskać mieszankę betonową wysokiej jakości, należy m.in.:

- prowadzić ciągły monitoring wilgotności kruszyw (bezwzględnie piasku) przy użyciu sond ultradźwiękowych – umożliwia to precyzyjne dozowanie właściwej ilości wody zarobowej,
- kontrolować ustalony stosunek w/c poprzez zastosowanie w mieszalniku sondy mikrofalowej,
- stosować wagowe dozowanie wody,
- stosować wagi nieautomatyczne, elektroniczne z przetwornikiem siły.

Nowoczesne metody produkcji klatek zbrojeniowych

Masowa, seryjna produkcja prefabrykatów powoduje konieczność automatyzacji maksymalnej liczby elementów procesu produkcyjnego. W produkcji prefabrykatów pali automatyzacji najczęściej poddaje się najbardziej czasochłonny i generujący najwięcej wad jakościowych proces wytwarzania klatek zbrojeniowych. Dzięki temu uzyskuje się:

- wyższą jakość, powtarzalność i dokładność wykonania,
- poprawę parametrów technicznych i technologicznych,
- eliminację przypadkowych błędów wykonawczych.



Fot. 4. Betonowanie prefabrykatów z wykorzystaniem betonowej mieszanki samozagęszczającej

Konstrukcja automatu zbrojarskiego (fot. 2) powinna umożliwiać realizację wszystkich etapów technologicznych przygotowania kosza zbrojeniowego:

- prostowania prętów,
- uformowania i przymocowania spirali,
- wbudowania w wytwarzany szkielet wymaganej w projekcie liczby prętów głównych,
- docięcia klatki na określony wymiar,
- założenia wkładek dystansowych.

Przy wykorzystaniu zaawansowanego technologicznie procesu produkcji klatek zbrojeniowych możliwe są: zmniejszenie nakładu robocizny, zwiększenie wydajności, poprawienie jakości wykonywanych zbrojeń przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów jego wytworzenia.

Proces prefabrykacji

Prefabrykaty pali żelbetonowych powinny być wytwarzane w wytwórniach stałych ze względu na stawiane im wysokie wymagania jakościowe. Proces produkcyjny składa się z następujących etapów (na przykładzie KPB Kutno):

- przygotowania prętów i formowania szkieletu zbrojeniowego metodą automatyczną lub ręczną, jeśli takie są wymagania projektu,
- przygotowania form: oczyszczenie z pozostałości betonu i naniesienie środka antyadhezyjnego za pomocą urządzeń natryskowo-rozpylających w celu uzyskania cienkiej i równomiernie rozłożonej warstwy,
- montażu zbrojenia i elementów dystansowych w formach – w przypadku zbrojeń wykonywanych automatycznie wkładki dystansowe nakładane są również automatycznie,
- ewentualnie montażu złączy palowych – należy je umieścić w koszu zbrojeniowym, po czym włożyć do formy z zastosowaniem precyzyjnej blokady zapewniającej prostopadłość blachy czołowej złącza i osi pala,
- wytworzenia i transportu mieszanki betonowej – mieszankę betonową należy przetransportować do hali produkcyjnej w sposób uniemożliwiający rozsegregowanie składników, podać z pojemnika podwieszono-



Fot. 5. Laboratorium zakładowe – komora do badania mrozoodporności betonu



Fot. 6. Laboratorium zakładowe – maszyna wytrzymałościowa

- nad formą i zagęścić wibratorem buławowym pogrążalnym (nie dotyczy mieszanek samozagęszczających się),
- pielęgnacji prefabrykatów w formach przez stosowanie plandek hydroizolacyjnych zapobiegających odparowaniu wody z betonu – minimalny czas dojrzewania betonu w formach wynosi 16 godzin,
- wyciągania (z użyciem zawiesia belkowego) prefabrykatów z form, których ścianki boczne są wcześniej rozchylane hydraulicznie,
- transportu i składowania prefabrykatów w magazynie wyrobów gotowych (przy użyciu specjalnie przystosowanych samochodowych zestawów transportowych i suwnic).

Transport i składowanie prefabrykatów pali żelbetonowych

Prefabrykaty palowe mogą być przewożone środkami transportu dostosowanymi do długości przewożonych prefabrykatów, po ich odpowiednim zabezpieczeniu przed przesunięciem lub uszkodzeniem. Dopuszcza się układanie maksymalnie dwóch warstw pali z zastosowaniem przekładek drewnianych o wymiarach $0,1 \times 0,1$ m pomiędzy warstwami prefabrykatów. Dwie przekładki drewniane powinny być usytuowane w odległości $0,23 L$ od końców prefabrykatu (gdzie L oznacza jego długość całkowitą). W czasie transportu należy zapewnić równomierne obciążenie naczepy i zabezpieczenie przewożonych prefabrykatów przed przesunięciem. Podczas rozładunku prefabrykatów należy stosować odpowiednie zawiesia transportowe przystosowane do ciężarów przemieszczanych prefabrykatów. Długość zawiesia transportowego musi zapewniać uzyskanie pomiędzy osią pala a ciągnem kąta o wartości co najmniej 60° (rys. 3).

Gotowe elementy składa się w stosach na dwóch podkładkach drewnianych o wymiarach $0,1 \times 0,1$ m, umieszczonych w odległości $0,23 L$ od końców prefabrykatu, co zapewnia korzystny rozkład momentów zginających. Długość przekładek powinna być większa o $0,05$ m od szerokości stosu pali. Prefabrykaty palowe

Piśmiennictwo

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie systemów oceny zgodności, wymagań, jakie powinny spełniać notyfikowane jednostki uczestniczące w ocenie zgodności, oraz sposobu oznaczania wyrobów budowlanych oznakowaniem CE (Dz.U. z 2004 r., Nr 195, poz. 2011).
2. Ustawa z dnia 10 kwietnia 2004 roku o wyrobach budowlanych (Dz.U. z 2004 r., Nr 92, poz. 881).
3. Dokument Normatywny 01-2-1/ET/2008 „Fundamenty konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej”. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2008.
4. PN-EN 12794 Prefabrykaty z betonu – Pale fundamentowe.
5. PN-EN 13369 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.
6. Aprobata Techniczna IK AT/07-2012-0038-02 „Fundamenty palowe typu B1, B2, B3, B1A, B3A pod konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej wraz z osprzętem mocującym”. Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2012.

| Zakres | Metoda | Częstotliwość | Rejestracja |
|------------------------------|----------------|---|-----------------------------|
| Długość całkowita | 4.3 5.2 | Raz na miesiąc dla każdej linii produkcyjnej i każdego rodzaju wyrobu | Zapis w formularzu |
| Prostość | Ocena wizualna | Raz dziennie dla każdej linii produkcyjnej | Zapis o wadach w formularzu |
| | 4.3 5.2 | Raz na miesiąc dla każdej linii produkcyjnej | Zapis o wadach w formularzu |
| Oznakowanie i etykietowanie | Ocena wizualna | Codziennie | Zapis w formularzu |
| Inne tolerancje geometryczne | 4.3 5.2 | Raz na miesiąc dla każdej linii produkcyjnej | Zapis w formularzu |

Tab. 1. Kontrola elementów pali fundamentowych wg PN-EN 12794

| Lp. | Rodzaj badań | Metoda | Wymagania |
|-----|---|--|---|
| 1 | Właściwości betonu | Aprobata Techniczna AT/07-2012-0038-02 | maks. 4% |
| 2 | | | min. F 150 |
| 3 | | | min. W 8 |
| 4 | Właściwości tworzywa sztucznego – izolatory | | ≥ 60 MPa |
| 5 | | | ≥ 3000 MPa |
| 6 | | | $\geq 35\%$ |
| 7 | | | ≥ 140 N/mm ² |
| 8 | | | ≥ 150 kJ/m ² |
| 9 | | | $U_n = 750$ V $R_{\Sigma f} \geq 1$ k Ω |
| | Nasiąkliwość | | |
| | Mrozoodporność | | |
| | Wodoprzepuszczalność | | |
| | Granica plastyczności | | |
| | Moduł sprężystości | | |
| | Wydłużenie względne przy zerwaniu | | |
| | Twardość materiału | | |
| | Udarność | | |
| | Izolacja konstrukcja wsporcza – fundament | | |

Tab. 2. Badania okresowe fundamentów palowych wg AT/07-2012-0038-02

- Zarządzenie Nr 2/2009 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 2 marca 2009 r. w sprawie przyjęcia „Dokumentu normatywnego dla elementów i osprzętu sieciowego oraz elektroenergetyki nietrakcyjnej” do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
- Zarządzenie Nr 25/2012 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 12 września 2012 r. w sprawie przyjęcia zarządzenia zmieniającego zarządzenie przyjmujące „Dokument normatywny dla elementów i osprzętu sieciowego oraz elektroenergetyki nietrakcyjnej” do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

powinny być składowane na stabilnym, wyrównanym lub utwardzonym podłożu. Na placu budowy pale najlepiej składować w jednej warstwie na pryzmach uformowanych z gruntu (rys. 4).

Systemy zarządzania jakością – prefabrykaty palowe

Wartością dodaną do prefabrykatów palowych produkowanych w nowoczesnym zakładzie prefabrykacji jest ich wysoka jakość. Współczesna wytwórnia powinna stosować procedury mające na celu zagwarantowanie najwyższej jakości procesu produkcji i wyrobu końcowego.

System Zarządzania Jakością ISO 9001

Wytwórnia zajmująca się produkcją żelbetonowych prefabrykatów palowych powinna działać zgodnie z Systemem Zarządzania Jakością ISO 9001. Formalnym tego potwierdzeniem jest uzyskanie certyfikatu ISO 9001. Po wdrożeniu Systemu Zarządzania Jakością wytwórca prefabrykatów jest zobligowany do konsekwentnego realizowania przyjętych celów jakościowych. Głównym celem działalności zakładu przemysłowego wytwarzającego prefabrykaty jest spełnienie wymagań i potrzeb klientów poprzez zapewnienie wysokiej jakości i powtarzalności wytwarzanych wyrobów, a przez to utrzymanie opinii rzetelnego i godnego zaufania partnera. Wszystkie działania mające na celu stałe podnoszenie jakości wyrobu i zaspokajanie potrzeb klientów są wprowadzane elastycznie i bez zwłoki, by klient uważał personel za przyjazny i profesjonalny. Kompetencje kadry technicznej i wyposażenie zakładu muszą umożliwiać prowadzenie kompleksowych badań dostarczanych surowców do produkcji prefabrykatów palowych pod kątem ich zgodności z wymaganiami norm i rozporządzeń. Prowadzenie systematycznej kontroli powoduje, że zamawiane są wyłącznie surowce najwyższej jakości u sprawdzonych i kwalifikowanych dostawców. Wszyscy pracownicy odpowiedzialni za proces produkcji prefabrykatów palowych powinni rozumieć i czuć odpowiedzialność za jakość wyrobu. Tę powszechną odpowiedzialność wśród załogi buduje się przez ciągłe doskonalenie skuteczności systemu zarządzania jakością zgodnie z normą ISO 9001.

Zakładowa kontrola produkcji

Zgodnie z *Ustawą o wyrobach budowlanych* [2], a także w celu zapewnienia stabilności procesu produkcji oraz uzyskania przez wyroby wymaganych cech każdy zakład produkujący prefabrykaty palowe musi wdrożyć system zakładowej kontroli produkcji. Jest to stała, wewnętrzna kontrola produkcji, której wszystkie elementy, wymagania i postanowienia są w sposób systematyczny dokumentowane w oparciu o spisane zasady i procedury postępowania.

Zakładowa kontrola produkcji umożliwia przeprowadzenie oceny zgodności i jest niezbędna do legalnego wprowadzenia prefabrykatów pali fundamentowych do obrotu. Atestację zgodności prefabrykatów palowych dokonuje się na podstawie procedur oceny zgodności w ramach systemu 2+ [1]. Zadaniem producenta są wykonanie wstępnego badania typu, wdrożenie zakładowej kontroli produkcji oraz prowadzenie badań próbek pobranych w zakładzie. Zadaniem jednostki notyfikowanej są certyfikacja procesu wytwarzania prefabrykatów palowych na podstawie wstępnej inspekcji zakładu i systemu zakładowej kontroli produkcji oraz ciągły nadzór, ocena i jego akceptacja.

Poświadczaniem, że firma spełnia wszystkie wymagania dotyczące oceny zakładowej kontroli produkcji opisane w załączniku ZA do normy [4], jest nadanie Certyfikatu Zakładowej Kontroli Produkcji.

Badania typu, bieżące i okresowe zgodne ze zharmonizowaną specyfikacją techniczną [4]

Prefabrykaty pali żelbetonowych wykonane w wytwórni jako zbrojone lub sprężone z betonu zwykłego, o przekroju pełnym, prostopadłościennym lub walcowym stałym na całej długości lub zwężanym, z możliwą poszerzoną stopą, przeznaczone do obiektów inżynierskich i budowlanych i pogrążane na budowie za pomocą odpowiednich metod, muszą spełniać wymagania określone w zharmonizowanej specyfikacji technicznej [4]. Dokument ten wymienia istotne właściwości, które należy poddać sprawdzeniu przed wprowadzeniem nowego typu wyrobu do obrotu w celu wykazania zgodności. Wstępne badania typu prefabrykatów pali fundamentowych klasy 1 obejmują:

- badanie wytrzymałości betonu na ściskanie,
- badanie wytrzymałości stali zbrojeniowej na rozciąganie wraz z określeniem granicy plastyczności,
- obliczenie nośności trzonu pala,
- rozwiązywanie szczegółów konstrukcyjnych z rozmieszczeniem zbrojenia,
- określenie trwałości z uwagi na nośność,
- określenie sztywności złączy palowych.

Zgodność gotowych wyrobów w ramach badań bieżących i okresowych należy sprawdzać według normy [4] zgodnie z harmonogramem badań przedstawionym w tab. 1.

Badania typu, bieżące i okresowe zgodne z aprobatą techniczną [6]

Parametry techniczne fundamentów palowych przeznaczonych pod konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej oprócz wymogów *Ustawy o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 roku* muszą spełniać wymagania określone w dokumencie normatywnym [3] przyjętym do stosowania w PKP PLK S.A. zarządzeniami [7] i [8].



Fot. 7. Przekrój typowego żelbetowego prefabrykatu palowego



Fot. 8. Magazyn prefabrykatów pali

Aprobata techniczna [6] opracowana przez Instytut Kolejnictwa na wniosek Kutnowskiej Prefabrykacji Betonów Kutno Sp. z o.o. określa zakres badań, jakie należy przeprowadzić w ramach zakładowej kontroli produkcji. Zgodnie z zapisami aprobaty badania okresowe, wymienione w tab. 2, należy przeprowadzać w niezależnym laboratorium nie rzadziej niż raz w roku.

Zadaniem producenta fundamentów palowych jest wykonywanie bieżących badań. Badania przeprowadza się dla partii liczącej maksymalnie 300 szt. Zakres badań obejmuje:

- kontrolę atestów materiałowych,
- badanie wytrzymałości na ściskanie betonu,
- grubość otuliny, średnicę prętów,
- stan powierzchni i wygląd zewnętrzny,
- wymiary i tolerancje wykonania.

Znakowanie CE oraz znakiem budowlanym

Zgodnie z ustawą [2] wyrób nadaje się do stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych, jeżeli jest oznakowany znakiem budowlanym. Oznakowanie wyrobu budowlanego jest dopuszczalne, jeżeli producent dokonał oceny zgodności i wydał na swoją wyłączną odpowiedzialność krajową deklarację zgodności z Aprobata Techniczną.

Znak CE umieszczony na etykiecie prefabrykatu pala fundamentowego informuje, że wyrób spełnia wymagania Dyrektywy 89/106/EWG. Po wykazaniu zgodności z warunkami określonymi w załączniku ZA do normy [4] i wydaniu certyfikatu zakładowej kontroli produkcji przez jednostkę notyfikowaną zakład prefabrykacji przygotowuje i przechowuje deklarację zgodności, która upoważnia do naniesienia na prefabrykat oznakowania CE.

Przy symbolu CE podane są następujące informacje [4]:

- numer identyfikacyjny jednostki certyfikującej,
- nazwa oraz adres producenta,
- ostatnie dwie cyfry roku, w którym naniesiono oznakowanie,
- numer certyfikatu zakładowej kontroli produkcji,
- powołanie na polską normę PN-EN 12794,
- opis wyrobu: nazwa rodzajowa, materiał, wymiary i zamierzone zastosowanie,
- klasa prefabrykatu pala fundamentowego,
- klasyfikacja złącza w przypadku pali segmentowych i (jeśli mają zastosowanie) odpowiednie właściwości (tj.: szerokość odstępów, obliczona nośność przy ściskaniu, rozciąganiu i zginaniu, sztywność przy zginaniu) pali segmentowych,
- informacje o innych istotnych cechach charakterystycznych wyrobu.

Optymalne wyposażenie laboratorium zakładowego

W celu zapewnienia najwyższej jakości prefabrykatów palowych laboratorium zakładowe powinno posiadać co najmniej następujący zestaw urządzeń:

- maszyny wytrzymałościowe do prób statystycznych na ściskanie, rozciąganie i zginanie,
- komorę do badania mrozoodporności materiałów,
- aparat do badania wodoszczelności próbek betonu,
- normowe sita kontrolne z automatyczną wstrząsarką do badań uziarnienia kruszyw,
- aparat VICATA do badania czasu wiązania cementu,
- mieszarkę laboratoryjną do wykonywania zaczynu cementowego,
- aparat do badania zawartości powietrza w mieszance betonowej,
- przyrząd do mierzenia otuliny zbrojenia metodą nieniszczącą,
- atestowane wagi elektroniczne,
- młotek Schmidta (najlepiej z rejestratorem pomiarów),
- specjalistyczną mieszarkę planetarną do wykonywania próbnych zarobów,
- wzorcowane przyrządy do pomiarów liniowych,
- podgrzewane wanny do pielęgnacji próbek kontrolnych.

Badania, które nie mogą być wykonane przy pomocy zestawu podstawowego, należy zlecać laboratorium zewnętrznym posiadającym akredytację.

Podsumowanie

Współczesne prefabrykaty pali żelbetowych powstają w procesie masowej produkcji przemysłowej podlegającej ścisłej kontroli jakościowej. Wysoka jakość prefabrykatów, uniwersalne rozwiązania konstrukcyjne, atrakcyjne ceny oraz gwarancja trwałości w różnorodnych warunkach grunto-wodnych i długich okresach użytkowania zapewniają im szeroki zakres zastosowania. Obecnie największa liczba prefabrykatów pali żelbetowych wbijana jest w fundamentach różnego typu obiektów infrastrukturalnych (pale pod słupy kolejowej sieci trakcyjnej, obiekty mostowe, wzmocnienia podłoża pod nasypami i fundamenty konstrukcji technologicznych, nabrzeża, w tym nabrzeża morskie). Dużym obszarem zastosowania prefabrykatów palowych były stadiony sportowe budowane w ostatnim okresie. Obserwowane jest rosnące zastosowanie prefabrykatów w posadowieniu obiektów energetycznych, w tym słupów energetycznych i elektrowni wiatrowych, wszelkiego rodzaju wież i masztów, obiektów przemysłowych, magazynowych, handlowych i mieszkaniowych. Powoli rośnie również wykorzystanie prefabrykatów o małych przekrojach w indywidualnym budownictwie mieszkaniowym. □