

Fot. 1. Cięcie płyt
Źródło: Elematic [6]



Sprężone płyty kanałowe



Fot. 2. Przekroje sprężonych płyt kanałowych
Źródło: Elematic [6]

Tabela 1. Przeznaczenie sprężonych płyt kanałowych

Grubość płyty [mm]	Rodzaj budownictwa – przeznaczenie
150	domy jednorodzinne, budynki mieszkalne parokondygnacyjne
200	budownictwo mieszkaniowe, częściowo budynki oświaty, przedszkola, hotele, budownictwo drobnych usług
265	budownictwo mieszkaniowe wszystkich typów, przedszkola, szkoły, uczelnie wyższe, biura, parkingi
320	centra magazynowo-handlowe, budownictwo przemysłowe, parkingi, budynki administracji
400 – 500	jw., budownictwo inżynierskie (np. estakady, mosty, kładki dla pieszych)

nologicznych. Zważywszy na zalety strunobetonu (technologiczne i konstrukcyjne) tj.

- dążenie do mniej materiałochłonnych rozwiązań
- wykonywanie dużych inwestycji z efektywnymi obiektami o dużych rozpiętościach
- dostępność w konkurencyjnej ofercie i relatywnie niskie koszty materiałów podstawowych i akcesoriów dodatkowych, a także sprzętu do sprężania konstrukcji [Ajdukiewicz]
- zastosowanie materiałów o wysokiej wytrzymałości (beton C50/60, stal wysokowęglowa, od 1400 MPa),

beton sprężony jest materiałem atrakcyjnym i coraz to chętniej stosowanym w przemyśle budowlanym. Niemniej jednak – na co wskazuje wielu inżynierów – technologia betonu sprężonego wymaga wyższego poziomu technologicznego w porównaniu z zastosowaniem betonu zwykłego. W artykule scharakteryzowano sprężone płyty kanałowe, opisano proces ich produkcji, jak również przedstawiono przykłady zastosowań tego typu elementów w Polsce i w Finlandii.

CHARAKTERYSTYKA ELEMENTU

Płyta kanałowa to – zgodnie z normą PN-EN 1168:2007 prefabrykowane elementy z betonu. Płyty stropowe kanałowe – monolityczny element sprężony lub zbrojony o stałej ogólnej wysokości, podzielony na półkę górną i dolną, połączone pionowymi środkami oddzielającymi kanały jako podłużne pustki w przekroju, który (to przekrój) jest stały i z jedną pionową osią symetrii.

Asortyment produkowanych stropów sprężonych tworzą typy płyt o nominalnej wysokości 150-400 mm. W zależności od typu płyty posiadają określoną ilość podłużnych wydrążeń – kanałów, rozmieszczonych równomiernie na szerokości prefabrykatu i symetrycznie względem pionowej płaszczyzny środkowej. Płyty mogą mieć różne rozpiętości, dochodzące do rzędu 16,2 m, co uzależnione jest dopuszczalnym projektowanym obciążeniem stropu [kN/m²].

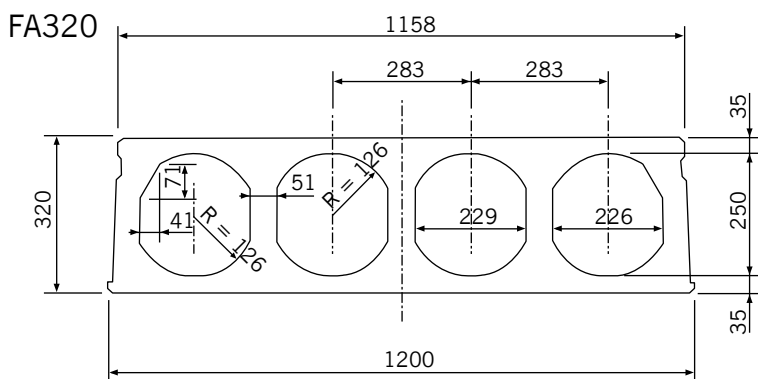
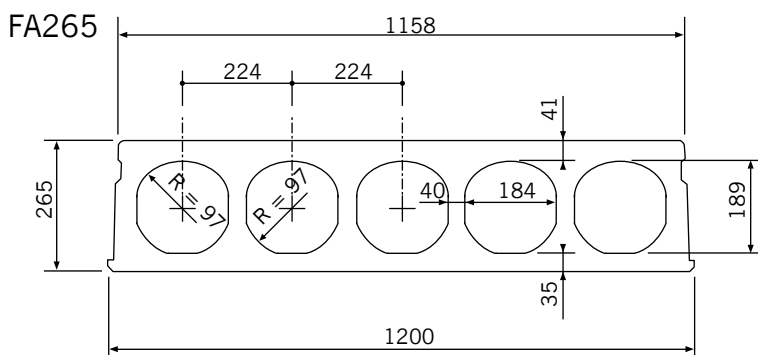
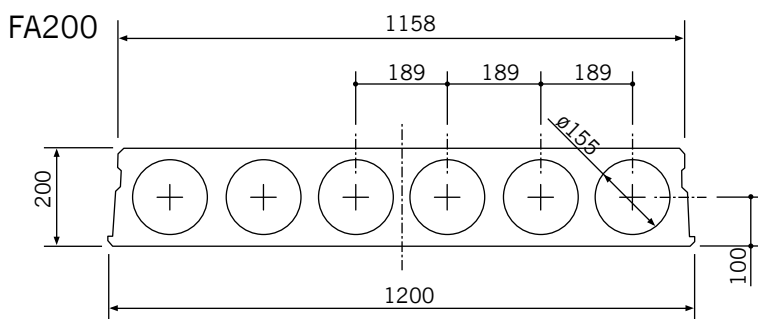


Fot. 3. Proces betonowania wstęgi betonu
Źródło: opracowanie własne

Płyty kanałowe formowane są z betonu klasy C50/60 na cemencie pozwalających osiągnąć wysoką wytrzymałość wczesną (w zastosowaniu CEM I), na kruszywie mineralnym (otoczakowe, granit, bazalt) o maksymalnym uziarnieniu 16 mm. Stropy sprężone zbrojone są wyłącznie w kierunku podłużnym (dołem lub/i górą), strunami sprężającymi w postaci siedmiostrunowych splotów drutów gładkich, wykonanych ze stali Y1860, o średnicy $\varnothing 9,3$ mm oraz 12,5 mm.

ZASTOSOWANIE

Płyty kanałowe stosowane są jako konstrukcje stropów i stropodachów; w budynkach szkieletowych, gdzie zapewniony jest swobodny obrót płyt na podporach. Ze względu na specyfikę materiałowo-strukturalną płyty kanałowe mogą być umieszcza-



Rys. 1. Przykładowe przekroje płyt kanałowych [5]



Fot. 4. Dojrzewanie betonu
Źródło: opracowanie własne

Grubość płyty [mm]	Długość oparcia a [mm]		
	Rodzaj podpory		
	Belka żelbetowa	Belka stalowa	Mur oraz ściana
≤ 265	70	60	80
≥ 300	100	80	100

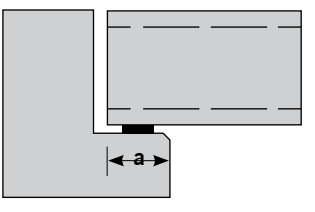


Tabela 2. Wytyczne dot. oparcia płyt kanałowych

ne tam, gdzie warunki środowiskowe odpowiadają klasom ekspozycji: XO, XC1, XC2 i XC3 (zgodnie z normą 206-1). Dopuszcza się użytkowanie płyt kanałowych przy innych klasach ekspozycji niż wyżej podane, w tym w środowiskach agresywnych chemicznie, pod warunkiem zaprojektowania i wykonania na eksponowanych powierzchniach płyt odpowiedniej ochrony powierzchniowej (trwałej i szczelnej izolacji), chroniącej beton i stal sprężającą przed szkodliwym wpływem agresywnych substancji.

Produkowane sprężone płyty kanałowe znajdują swoje zastosowanie w budownictwie mieszkalnym

i przemysłowym. Szerzej przedstawione zostało to w tabeli 1.

STATYKA

Sprężone płyty kanałowe spełniają warunki stawiane stropom jako tarczom poziomym, z przekazaniem obciążeń poziomych na usztywnienia budynku za pomocą wieńców w miejscach ich podparcia (wieńce obwodowe i wewnętrzne). Sposób oparcia płyt uzależniony jest od typu konstrukcji. Najczęściej, prefabrykowane sprężone płyty kanałowe opierane są na belkach żelbetowych (monolitycznych lub prefabrykowanych) lub stalowych, na ścianach z zachowaniem głębokości oparcia płyt nie mniejszej niż podano w tabeli 2. W celu równomiernego rozłożenia nacisku płyt na podpory, należy je układać na warstwie plastycznej zaprawy cementowej lub podkładkach elastycznych neoprenowych. Na belkach stalowych lub o idealnie gładkiej powierzchni dopuszcza się ułożenie bezpośrednie płyty na półce belki.

Tabela 3. Podział procesów produkcji prefabrykatów betonowych – sprężone płyty kanałowe. Monitorowanie i pomiar procesów

Proces produkcji prefabrykowanej	Charakter procesu	Opis procesu
1. Dokumentacja	przygotowawczy	Proces polega na pozyskaniu dokumentów od biura projektowego, które stanowią bazę wyjściową do: <ul style="list-style-type: none"> – odpowiednich projektów rysunkowych (rzuty hal, rodzaj i ilość elementów) – schematów przekrojów poprzecznych płyt (wysokości) i dostosowania wariantów zbrojenia płyt (ilość i rozmieszczenie lin sprężających) – wytycznych dot. długości i obciążenia stropów – zebrania wstępnej dokumentacji jakościowej na materiały użyte w produkcji.
2. Przygotowanie stołu do formowania płyt	przygotowawczy	Proces opiera się na: <ul style="list-style-type: none"> – oczyszczeniu stołów – rozprowadzeniu warstwy środka smarującego do form o grubości około 0,5 mm – podgrzaniu stołu przez ok. 1 godzinę.
3. Naciąg cięgien sprężających	zasadniczy	Proces polega na: <ul style="list-style-type: none"> – rozłożeniu cięgien – zbrojenia płyt – założeniu zacisków na końcach torów – wykonaniu naciągu cięgien przy pomocy urządzenia PAUL-a
4. Przygotowanie mieszanki betonowej	przygotowawczy	Proces polega na zadozowaniu składników i ich zmieszaniu wg zadanej receptury. Składowe procesy przygotowania mieszanki betonowej przeprowadzone zostają w węźle betoniarni przy pomocy systemu komputerowego
5. Zabetonowanie <ul style="list-style-type: none"> • Formowanie i zagęszczanie mieszanki betonowej ekstruderem • Dojrzwianie betonu 	zasadniczy	Proces polega na: <ul style="list-style-type: none"> – dostarczeniu porcji mieszanki betonowej w koszu zsypowym na linię produkcyjną, do zasobnika głównego ekstrudera – pracy ekstrudera – zagęszczania za pomocą prowadnic i formowania wstęgi stropu (o szerokości 1200 mm, długości 90-120 m). (fot. 3) <p>Od momentu zaformowania pasma stropu beton zaczyna twardnieć, tzn. dojrzewać w warunkach naturalnych. Po zakończeniu formowania lub w jego trakcie należy rozłożyć osłonę ochronną nad odlanymi wyrobami, aby zapobiec uciekaniu wilgoci i ciepła (fot. 4).</p> <p>Tor do odlewania należy ogrzewać tak długo, aż strop uzyska wymaganą wytrzymałość na ściskanie. Proces dojrzewania trwa 8-16 godzin celem osiągnięcia gwarantowanej wytrzymałości betonu.</p>
6. Sprawdzenie wytrzymałości betonu	pomocniczy	Czynność polega na sprawdzeniu wytrzymałości betonu przy pomocy młotka Schmidta i/lub wytrzymałości na próbie świadku. Docelowo przeprowadzić można monitoring dojrzewania betonu.
7. Zwolnienie cięgien sprężających	zasadniczy	Proces polega na przecięciu cięgien sprężających – przekazaniu sprężenia na beton.
8. Cięcie elementów	Zasadniczy	Proces polega na cięciu toru na płyty o zadanej długości. Cięcie wykonuje się maszyną do tego celu przeznaczoną, wyposażoną w piłę diamentową. Pierwsze wykonuje się cięcie poprzeczne płyt, a następnie podłużne (fot. 1).
9. Kontrola prefabrykatów	Zasadniczy	Kontrolę prowadzi się zgodnie z założeniami norm PN-EN 1168:2007, Eurocode 2 1992-1-1,2
10. Składowanie prefabrykatów	zasadniczy	Proces składa się z: <ul style="list-style-type: none"> – wywiezienia elementu na plac składowy przy pomocy odpowiedniego i sprawnego sprzętu i środka transportu, tylko za pomocą dwóch samozakleszczających się o boki płyty uchwytów zaciskowych (fot. 5) – ułożenia elementu na równym, utwardzonym placu w stosach przy zastosowaniu odpowiednich podkładek drewnianych między stropami. W jednym stosie mogą być układane tylko płyty o tej samej długości i nośności (ten sam wariant zbrojenia) – zabezpieczenia przed niekorzystnymi wpływami zewnętrznymi (uszkodzenia mechaniczne, wys./niska temperatura).
11. Transport na budowę	pomocniczy	Transport odbywa się po drogach publicznych samochodami ciężarowymi, gdzie załadunek mieści się w obowiązkujących skrajniach, tj. nie przekracza ładowności pojazdu, nie odstaje poza jego krawędzie. Szczególną uwagę przywiązuje się do sposobu zabezpieczenia, czy zamocowania elementów prefabrykowanych wykluczających przemieszczanie i ewentualne uszkodzenia przewożonych prefabrykatów. Stropy przewożone są w stosach, ułożone w analogiczny sposób jak przy ich składowaniu.

Z uwagi na zachowanie warunków nośności i braku przemieszczeń płyt w konstrukcji strop musi być zespolony z konstrukcją nośną budynku odpowiednim zbrojeniem zespalającym. W tym celu, w czasie montażu na budowie, w kanałach i w stykach umieszcza się zbrojenie wykonane z prętów $\varnothing 16$ mm, ze stali żebrowanej klasy A-III (32DS), jak pokazano na rys. Norma Eurocode osobno podaje wytyczne dla wieńców obwodowych, a osobno dla wieńców wewnętrznych (szerzej w pozycji [4]). Płyty zespalane są z konstrukcją zazwyczaj betonem klasy C25/30.

Projektowanie strunobetonowej płyty kanałowej przy przyjętym przekroju i określonych danych wyjściowych sprowadza się do (zgodnie ze schematem jak w pozycji [2]) określenia następujących parametrów:

- 1) doboru cięgien sprężających
- 2) sprawdzenia strat sprężania
- 3) sprawdzenia ugięć
- 4) sprawdzenia warunków stanów granicznych (złamania w sytuacji trwałej, zarysowania).

PRZEBIEG PROCESU PRODUKCYJNEGO

Przebieg procesów formowania sprężonych płyt kanałowych w wytwórni prefabrykatów betonowych został przedstawiony w tabeli 3 i schematycznie na rys. 2.

PODSUMOWANIE

Sprężone płyty kanałowe zaliczane są do konstrukcji betonowych nowej generacji, szeroko rozpowszechnione na całym świecie (w wytwórniach w USA, Kanadzie, Finlandii, Niemczech, Polsce, RPA, Australii). Przy produkcji tego typu elementów zatrudnionych jest ok. 190 tys. osób w 5000 zakładach produkcyjnych. Obliczono, że wytworzenie (w skład którego wchodzi: surowce, zużycie energii i siła robocza) 1,5 do 2,5 m² płyty kanałowej kosztuje wytwórnię tyle samo, co wytworzenia 1 m² płyty pełnej o podobnych parametrach.

inż. Katarzyna Chęcińska

Literatura

- 1 PN-EN 1168:2007 Prefabrykowane elementy z betonu. Płyty stropowe kanałowe



- 2 A. Ajdukiewicz, J. Mames, *Konstrukcje z betonu sprężonego*, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2004
- 3 A. Pawłowski, I. Cała, *Prefabrykowane stropy sprężone w budownictwie mieszkaniowym*, Materiały Budowlane, Sigma-not Sp. z o.o., Warszawa 2007
- 4 A. Cholewicki, *Ograniczenia ryzyka katastrofy postępującej w budynkach prefabrykowanych w świetle najnowszych dokumentów i prac badawczych*, Materiały konferencyjne Dni Betonu 2008, Wiśła 2008
- 5 Katalog FABUD WKB SA: *Strunobetonowe sprężone płyty stropowe (FA)*, wytyczne projektowania stropów, Siemianowice Śl. 2008/2009
- 6 Elematic general brochure: *Precast Concrete Application*, Finland 2008/2009
- 7 Elematic general brochure: *Practical and beautiful, Precast concrete in practice*, Finland 2008/2009

Rys. 2. Schemat procesów technologicznych sprężonych płyt kanałowych
 Źródło: www.elematic.com (tłum. – autor)

Fot. 5. Załadunek płyt kanałowych
 Źródło: opracowanie własne

