



# Grodzice płaskie

Fot. 1. Szczelna grodzia z płaskich grodzic, Brest, Francja

Zarówno z grodzic stalowych typu U lub Z, jak i z grodzic płaskich, nazywanych czasem grodzicami z płaskim środkiem, wykonuje się konstrukcje, których zadaniem jest przenoszenie obciążeń poziomych. O ile jednak konstrukcje z grodzic typu U lub Z zachowują swoją stateczność dzięki pograżeniu ich na odpowiednią głębokość oraz ich ewentualnemu zakotwieniu lub rozparciu, o tyle zasada pracy konstrukcji z grodzic płaskich jest zupełnie inna.

Przy wykorzystaniu płaskich grodzic tworzy się okrągłe komory, które są samostateczne po wypełnieniu ich gruntem (komory wypełnia się gruntem niespoistym). Konstrukcje z grodzic o płaskim środku nie wymagają dużego zagłębienia w podłożu gruntowym, gdyż cechująca je zdolność do przenoszenia bardzo dużych obciążeń poziomych jest wynikiem ich masywności, krępości i dużego pola podstawy. Płaska grodzica jako element konstrukcyjny ma spełniać tylko dwa zadania: nie dopuścić to przedostawania się gruntu z komory do otoczenia oraz przenosić poziome siły rozciągające, będące wynikiem parcia gruntu wypełniającego komorę.

ArcelorMittal ma w swojej ofercie 5 grodzic płaskich serii AS500 (rys. 1) o szerokości modułowej 500 mm różniących się między sobą wyłącznie grubością środka (tab. 1). Grodzice te spełniają wszystkie wymagania normy PN-EN10248 (1) i są dostępne we wszystkich wymienionych w tej normie gatunkach stali. Można je także wykonać ze stali S460AP o granicy plastyczności 460MPa oraz ze stali A690 (wg amerykańskiej normy ASTM), która ma zwiększoną odporność korozyjną w środowisku morskim w strefie zmiennego falowania. Maksymalna długość produkowanych grodzic wynosi 31 m.

## Zastosowanie

Komory z płaskich grodzic wykonuje się najczęściej tam, gdzie nie jest możliwe zapewnienie stateczności ścianki z grodzic poprzez pograżenie jej na wymaganą głębokość. Z takimi sytuacjami możemy się spotkać, gdy:

- trudne warunki gruntowe utrudniają pograżenie grodzic;
- warstwy skał występują na bardzo małej głębokości;
- na małej głębokości pod warstwą gruntów nieprzepuszczalnych znajduje się napięte zwierciadło wody gruntowej.

Czasami jednak decydują inne czynniki. Należą do nich:

- trudne lub wręcz niemożliwe do wykonania kotwienie;
- potrzeba wykonania szczelnej grodzia w sytuacji bardzo dużej różnicy poziomów zwierciadła wody za i przed nią.

Do najczęstszych zastosowań grodzic płaskich należą:

- szczelne grodze i obudowy bardzo głębokich wykopów (fot. 1., fot. 2.);
- nabrzeża portowe o bardzo dużej głębokości;
- falochrony;
- konstrukcje chroniące przyczółki mostów na wypadek uderzenia przez jednostki pływające;
- podpory nabrzeży pomostowych.

## Projektowanie

Można wyróżnić następujące typy konstrukcji z płaskich grodzic:

- konstrukcje z wielu okrągłych komór połączonych ze sobą lukami z płaskich grodzic, znajdującymi się po jednej (rys. 2.a.) lub po dwóch stronach (rys. 2.b.);
- konstrukcje membranowe (rys. 2.c.);
- konstrukcje z okrągłych komór pojedynczych (rys. 2.d.).

Profil	Szerokość modułowa*	Grubość środnika	Kąt obrotu w zamku**	Masa	Powierzchnia powlekania***	Nośność charakterystyczna zamka****
	b	t				
	mm	mm	$\alpha^\circ$	kg/m grodzicy	m <sup>2</sup> /m	kN/m
AS500-9.5	500	9,5	4,5	64,0	1,16	3000
AS500-11	500	11,0	4,5	70,6	1,16	3500
AS500-12	500	12,0	4,5	74,3	1,16	5000
AS500-12.5	500	12,5	4,5	76,3	1,16	5500
AS500-12.7	500	12,7	4,5	77,1	1,16	5500

\* szerokość efektywna, którą należy brać pod uwagę w trakcie projektowania wzornika, wynosi 503 mm dla wszystkich grodzic serii AS500

\*\* maksymalny kąt obrotu dla grodzic o  $L > 20$  metrów wynosi  $4,0^\circ$

\*\*\* po obu stronach, z wyłączeniem wnętrza zamków

\*\*\*\* przy zastosowaniu stali o granicy plastyczności nie mniejszej niż 355 MPa

Tab. 1. Parametry grodzic o płaskim środniku

Analizując stateczność konstrukcji z grodzic płaskich, należy sprawdzić stateczność wewnętrzną i zewnętrzną.

Przy analizie stateczności wewnętrznej należy sprawdzić nośność środnika na rozerwanie oraz nośność zamka. Charakterystyczna wartość poziomej siły rozciągającej na danej wysokości komory równa jest iloczynowi wypadkowego parcia gruntu na tej wysokości i promienia komory. Warto w tym miejscu wspomnieć, że przy obliczaniu parcia gruntu we wnętrzu komory korzysta się ze współczynnika parcia spoczynkowego  $K_0$ . Wytrzymałość 1 mb środnika jest oczywiście równa iloczynowi grubości środnika i granicy plastyczności stali. Natomiast nośność charakterystyczną zamka dla grodzic wykonanych ze stali nie gorszej niż S355GP wyznaczono na podstawie wzoru z normy PN-EN 1993-5:2007 [3]. Nośność tą przedstawiono w tab. 1. Przy obliczaniu nośności charakterystycznej zamka wykorzystano wyniki laboratoryjnych prób wytrzymałości przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 10242 [1]. Globalny współczynnik bezpieczeństwa przy sprawdzaniu nośności środnika wynosi 1,5, a przy sprawdzaniu nośności zamka jest równy 2.

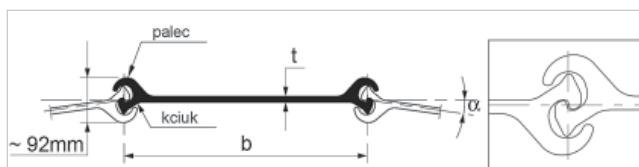
Z kolei przy analizie stateczności zewnętrznej należy sprawdzić: nośność podłoża pod konstrukcją, stateczność na przesunięcie, stateczność na obrót i stateczność ogólną. W niektórych sytuacjach projektowych należy także uwzględnić możliwość przebicia hydraulicznego.

Bardzo ważnym elementem konstrukcji wielokomorowych są grodzice narożne, służące do łączenia poszczególnych komór ze sobą. Projektowanie takich węzłów jest dokładnie opisane w polskiej normie PN-EN 1993-5:2007 [3]. Natomiast szczegóły ich wykonania i wymagania dotyczące spawania przedstawiono w normie PN-EN 12063 [2].

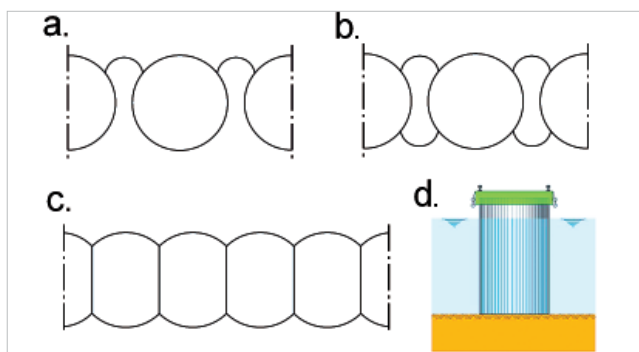
W przypadkach, w których zależy nam na wykonaniu komór o średnicach niemożliwych do uzyskania wyłącznie dzięki obrotowi grodzic względem siebie w zamkach, można zamówić grodzice o wyginanych o odpowiedni kąt środnikach. Zwykle tak specjalnie wyginane grodzice konieczne są do wykonania łuków łączących ze sobą komory.

### Wykonywanie komór z płaskich grodzic

Ze względu na bardzo dużą wiotkość płaskich grodzic, podczas ich składowania i przenoszenia trzeba zachować dużą ostrożność. Złe obchodzenie się z tym typem grodzic może doprowadzić do trwałych odkształceń, które zdyskwalifikują je jako materiał na budowane komory. Sposób składowania grodzic płaskich oraz podnoszenia grodzic o niskim wskaźniku wytrzymałości jest przedstawiony w polskiej normie PN-EN 12063 [2].



Rys. 1. Płaska grodzica serii AS500



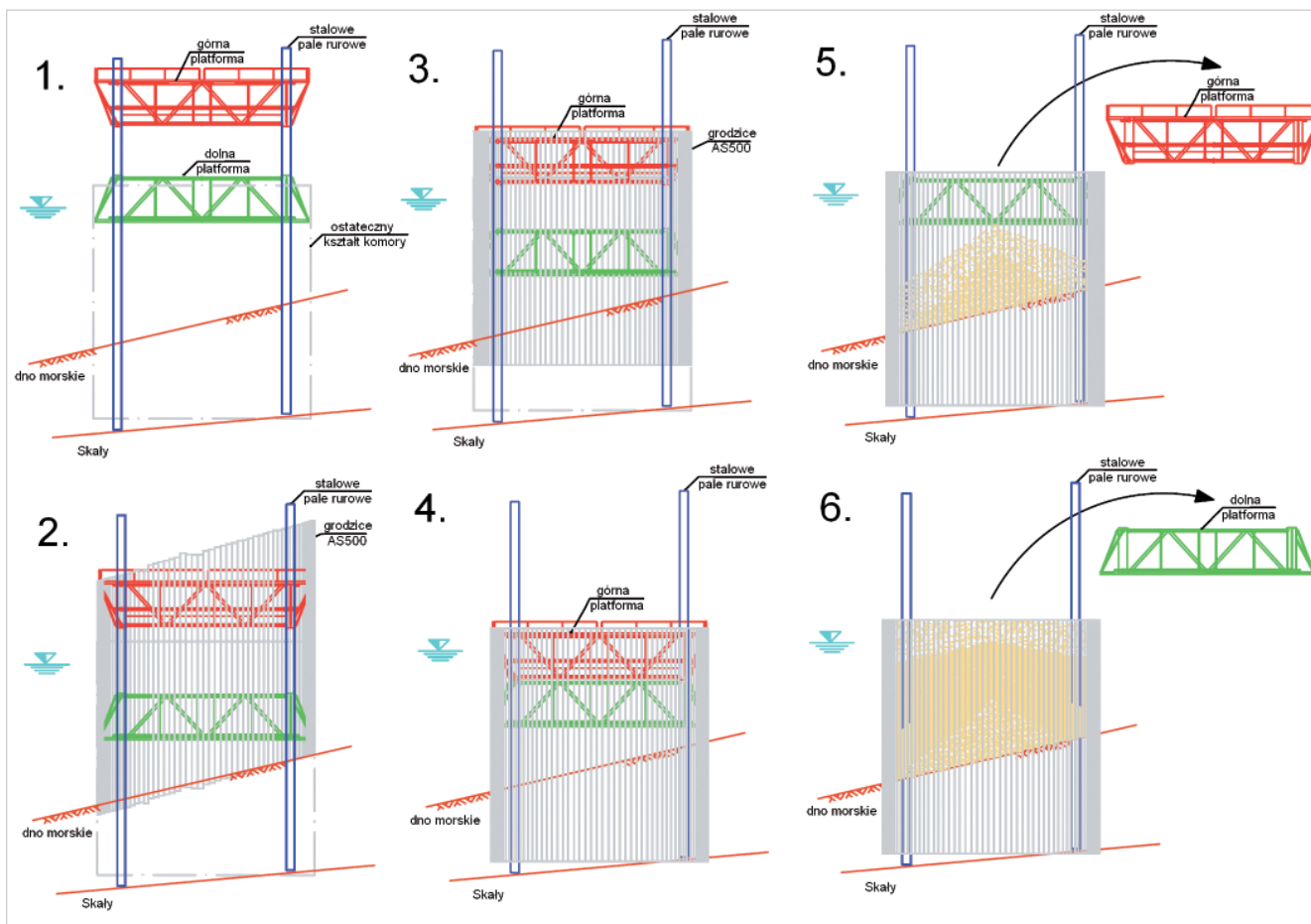
Rys. 2. Rodzaje konstrukcji z płaskich grodzic



Fot. 2. Obudowa wykopu, Most Seo-Hae, Korea Południowa



Fot. 3. Wzornik do wykonywania komór z grodzic płaskich, Miraflores, Panama



Rys. 3. Etapy wykonywania komór z płaskich grodzic

Duża wiotkość tych grodzic wymusza na wykonawcy zastosowanie specjalnej technologii stawiania komór. Konieczne jest użycie specjalnych wzorników (fot. 3.). Są to stalowe okrągłe ramy przestrzenne (choć możliwe jest też wykonanie płaskich), zamocowane do wcześniej pograżonych, najczęściej czterech, stalowych pali rurowych. Do wykonania jednej komory potrzebne są co najmniej dwa wzorniki, gdyż trzeba zapewnić co najmniej dwa punkty podparcia, co z kolei gwarantuje pionowe pograżenie grodzic. Dokładnie wykonany wzornik ułatwia także domknięcie komory. Ponieważ wzorniki wykorzystuje się wielokrotnie, nie warto oszczędzać pieniędzy na ich wykonaniu.

Proces wykonywania konstrukcji z płaskich grodzic przedstawia się następująco:

- Etap 1
  - instalacja kleszczy i pali podtrzymujących;
  - pozycjonowanie platform; zaleca się, aby w przypadku prowadzenia prac na wodzie jedna z platform znajdowała się poniżej jej zwierciadła;
- Etap 2
  - założenie 4 lub większej ilości oddzielnych grodzic (najczęściej rozpoczyna się od założenia grodzic narożnych);
  - sprawdzenie ich pionowości oraz tymczasowe połączenie z górną platformą za pomocą spiny szczepnej;
  - nanizanie pozostałych grodzic aż do zamknięcia komory;
  - nanizanie grodzic lukowych;
- Etap 3
  - pograżanie pali metodą panelową po zamknięciu komory;
- Etap 4
  - obniżenie górnej platformy i dalsze pograżenie grodzic na projektowaną głębokość;
- Etapy 5
  - wypełnianie komory gruntem;

– podnoszenie i późniejsze wyciąganie platform w miarę wypełniania się komory;

- Etap 6
  - pełne wypełnienie komory gruntem;
  - usunięcie tymczasowych pali;

Bardzo ważne jest, aby w przypadku, gdy na jednym placu budowy różne komory wykonywane są z różnych grodzic, nie pomylić się i nie zainstalować grodzicy słabszej do komory wykonywanej z grodzic mocniejszych. Taka grodzica jest wtedy „słabym ogniwiem”. Takie sytuacje mają czasem miejsce, ponieważ trudno jest zauważyć różnicę w grubości ścianek rzędu paru milimetrów. Aby uniknąć takich sytuacji, można zażądać dostarczenia grodzic pomalowanych różnymi kolorami w zależności od grubości ich średników.

Niestety w tak krótkim artykule można jedynie zasygnalizować główne aspekty projektowania i wykonywania konstrukcji z grodzic płaskich. W przypadku, gdyby chcieli Państwo uzyskać więcej informacji o tym bardzo ciekawym produkcie, prosimy o kontakt z naszym biurem. ■

## Literatura

- [1] PN-EN 10248:1999 Grodzice walcowane na gorąco ze stali niestopowych.
- [2] PN-EN 12063:2001 Ścianki szczelne. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych.
- [3] PN-EN 1993-5:2007 Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 5: Palowanie i grodze.

autor **mgr inż. Paweł Kwarciański**  
Arcelor Commercial Long Polska Sp. z o.o.