

Wybrana terminologia dotycząca stosowanych różnych rodzajów ścianek szczelnych

**Mgr inż. Franciszek Wiśniewski
Szczecin**

Poniższą wybraną terminologię dotyczącą stosowania różnych rodzajów ścianek szczelnych w skróconej formie zaczerpnięto z będącej już w druku naszej (to jest wraz z prof. Bolesławem Mazurkiewiczem) najnowszej książki o zmienionym tytule „Morskie budowle hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania, wykonywania i utrzymania” (wydanie VI, 2019 r., 519 stron), będącej owocem trwającej 47 lat współpracy, w której znowelizowane zalecenie Z 45 „Ścianki szczelne. Charakterystyka ogólna oraz podstawowe zasady projektowania i wy-

konywania” rozszerzono aż do 55 stron (z dotychczasowych 29 stron).

Ściankami szczelnymi nazywane są ciągłe konstrukcje oporowe przenoszące oddziaływanie (obciążenie) dzięki wytrzymałości na zginanie, wykonane z podłużnych elementów: stalowych, żelbetonowych, drewnianych lub z tworzyw sztucznych, nazywanych ogólnie brusami albo grodzicami, zagłębianych (wbijanych, wwibrowywanych, wpłukiwanych, wciskanych, wwiercanych) w grunt ściśle jeden obok drugiego.

W celu uzyskania odpowiedniej ciągłości i szczelności sąsiadujące z sobą brusy (grodzice) mają połączenia zwykle na całej swojej długości, których rozwiązanie konstrukcyjne (zamki, wpusty lub pióra) zależy przede wszystkim od stosowanego materiału ścianki szczelnej.

Przez „szczelność” ścianki (w nazwie: „ścianki szczelne”) rozumie się głównie jej szczelność przed ucieczką gruntu (przemieszczaniem się gruntu w kierunku poziomym), a nie zapewnienie całkowitej szczelności ścianki przed przeciekaniem wody przez nieszczelne zamki brusów (grodzic).

Tam, gdzie wodoszczelność zamków grodzic ma istotne znaczenie (grodzice, doki suche, przyczółki mostów, tunele podmorskie, jazy, ściany garaży podziemnych, pochylnie, itp.), stosuje się dodatkowe specjalne zabiegi, na przykład :

- a) grodzice o zwiększonym rozstawie zamków, przez co na długości budowli zmniejsza się liczba zamków jako potencjalnych miejsc przecieków,
- b) wprowadzenie uszczelnień w zamkach w czasie zagłębiania grodzic,
- c) zespawanie zamków na całej odsłoniętej długości zagłębionych już grodzic (na wysokości ścian w garażach podziemnych, na przyczółkach mostów czy w suchych dokach itp.).

TERMINOLOGIA DOTYCZĄCA STOSOWANIA RÓŻNYCH RODZAJÓW ŚCIANEK SZCELNYCH

Używane terminy i określenia związane z różnymi rodzajami ścianek szczelnych przedstawiono poniżej w układzie alfabetycznym:

Brus – jest to ogólna oraz historyczna nazwa jednostkowego elementu ścianki szczelnej. W zależności od materiału, z którego są wykonane ścianki, rozróżnia się brusy: stalowe (jednowyrazowy synonim: grodzice), żelbetowe lub drewniane, oraz z tworzyw sztucznych (do nich stosowany jest także synonim: grodzice).

Brusy stosuje się jako: pojedyncze, zespolone podwójnie (czyli sparowane) bądź zespolone wieloprofilowe (także w palach).

Ciągłość elektryczna stalowej ścianki szczelnej

W celu zapewnienia ciągłości elektrycznej wzdłuż osi stalowej ścianki szczelnej przystosowanej do objęcia przyszłościową ochroną katodową (zgodnie z punktem 2.3.2.5 normy PN-W-89510:1997 [6]) w czasie realizacji morskiej budowli hydrotechnicznej każdy brus stalowy (czyli każdą grodzicę) łączy się ze sobą za pomocą spawania, przy użyciu stalowego łącznika o przekroju nie mniejszym niż 50 mm². Zwykle jest to płaskownik przyspawany do głowicy każdego brusa, z obu stron zamka. Japończycy jako łącznik często stosują stalowy pręt okrągły.

Alternatywne rozwiązanie polega na obustronnym spawaniu zamków wszystkich brusów na danym nabrzeżu, na długości około 0,1 m, licząc od głowicy ścianki.

Do łącznika przyspawane są wyprowadzenia katodowe (patrz: *Przystosowanie ścianki szczelnej do objęcia ochroną katodową*), których zadaniem jest zapewnienie połączenia elek-

trycznego pomiędzy już zagłębioną stalową ścianką szczelną oraz przyszłościowo instalowaną stacją ochrony katodowej (SOK).

Wymóg ten jest rezultatem badań terenowych przeprowadzonych przez Instytut Morski w Gdańsku (Zakład Korozji Morskiej), z których wynika, że stalowe brusy (grodzice) ścianki szczelnej pogrążone w gruncie lub w wodzie bez wykonania połączeń trwałych nie gwarantują ciągłości elektrycznej stalowej ścianki szczelnej. Uwzględniono to w normie [6], którą poprzedzała w 1989 roku Branżowa Norma BN-89/3702-05.

Grobla komunikacyjna (z użyciem ścianek szczelnych) – budowla w postaci wału ziemnego przecinająca akwen, wykorzystywana jako podłoże do przeprowadzenia roboczego ciągu komunikacyjnego, na przykład drogi dla maszyn budowlanych albo toru kolejowego.

W morskim budownictwie hydrotechnicznym takie groble stosuje się najczęściej w przypadku:

- 1) konieczności szybkiego wbicia z łądu dalb lub innych konstrukcji (na przykład krótkiego moła lub pomostu na palach), które są usytuowane w bliskiej odległości od linii brzegowej,
- 2) pogrążania tymczasowych brusów (grodzic) z łądu w kierunku na wodę.

Pogrążając tymczasowe grodzice na szerokości grobli i zasypując od strony łądu (z samochodów samowyladowczych – wywrotek) gruntem wewnątrz pomiędzy wcześniej pogrążonymi grodzicami (tymczasowej grodzy), uzyskuje się coraz dłuższą drogę gruntową dla różnego rodzaju sprzętu (na przykład koparek, żurawi lub wibromłotów), aż do uzyskania koniecznej docelowej długości grobli.

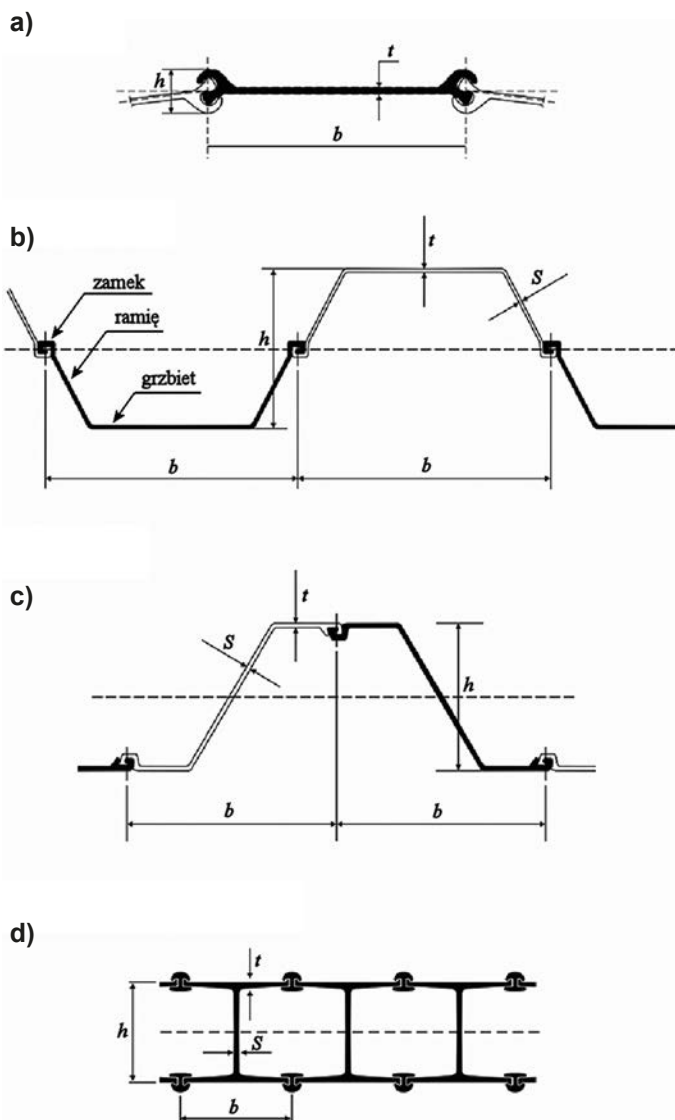
Tak wykonana grobla ziemna (w osłonie tymczasowych grodzic) pozwala na szybki dojazd lub dowóz materiałów oraz niezbędnego sprzętu (pali dalb, zbrojenia, mieszanki betonowej, spawarek itp.) do wykonania dalb, głowic dalb albo innych konstrukcji od strony łądu, co przyczynia się do znaczącego przyspieszenia wykonania różnych budowli, bez konieczności korzystania z drogiego sprzętu pływającego.

Grodza – tymczasowa oraz pomocnicza morska lub śródlądowa budowla hydrotechniczna albo budowla lądowa, stosowana przy robotach fundamentowych prowadzonych na obszarze trwale lub przejściowo pokrytym wodą (w korycie rzeki, na terenie zalewowym lub w strefie przybrzeżnej morza), albo budowla stosowana na obszarze lądowym, stwarzająca wokół budowanego obiektu budowlanego szczelne i stateczne ogrodzenie, umożliwiające wykonywanie na sucho robót budowlanych wewnątrz (w tzw. zagłębiu) grodzy lub stanowiąca zabezpieczenie głębokich wykopów.

Grodzica – jednostkowy element (brus) stalowej ścianki szczelnej albo ścianki szczelnej z tworzyw sztucznych.

Dobór grodzic powinien zapewniać odpowiednią wbijalność, to jest możliwość zagłębienia (pogrążenia) bez uszkodzenia grodzic na projektowaną głębokość.

Grzbiet – część grodzicy stalowej ścianki szczelnej lub z tworzyw sztucznych, równoległa do osi ścianki szczelnej (rys. 1b). W profilach korytkowych (czyli typu „U”) grzbiet grodzicy jest jednolity, tzn. nie ma tam zamków.



Rys. 1. Typowe profile brusew (grodzic) stalowych ścianek szczelnych [2]
a) profil płaski, b) profil korytkowy, c) profil zetowy,
d) profil skrzynkowy typu „H”

Kleszcz – trwały element konstrukcji zakotwienia ścianki szczelnej stanowiący połączenie pomiędzy kotwioną ścianką szczelną oraz ściągiem.

Zadaniem kleszcza jest przejście siły poziomej równomiernie rozłożonej (wywołanej parciem gruntu na ściankę szczelną), działającej na poziomie głowicy ścianki oraz przekazanie tej siły poprzez ściągi na konstrukcję kotwiącą ściankę.

Kleszcz stalowych ścianek szczelnych składa się zwykle z poziomych belek stalowych w postaci pary ceowników, zakładanych przed lub za ścianką szczelną (a czasami po obu jej stronach) i łączonych z nią połączeniami śrubowymi.

Kleszcz drewnianych ścianek szczelnych może być wykonywany z drewnianych krawędziaków (kantówek).

„Krok pielgrzyma” – potoczna nazwa technologii zagłębiania (pograżania) kombinowanych stalowych ścianek szczelnych składających się ze stalowych brusew dwuteowych typu „H” (jako tak zwanego elementu głównego) w postaci dwuteowników szerokostopowych z noskami na końcach stopek do połą-

czenia z grodzicami uzupełniającymi (na przykład typu „Z”), przy użyciu zamków nasadzanych (rys. 1d), zgodnie z wytycznymi producenta stalowej ścianki szczelnej i przy zastosowaniu zalecanych przez niego szablonów (ram prowadzących) specjalnej konstrukcji.

Potoczna nazwa „krok pielgrzyma” wywodzi się ze specyficznej, ściśle określonej w projekcie, kolejności zagłębiania (pograżania) brusew takiej ścianki.

Larssen – system stalowej ścianki szczelnej o profilu korytkowym, czyli typu „U” (rys. 1.b), który wynalazł i opatentował norweski inżynier pracujący w Niemczech (na stanowisku: inżynier – hydrotechnik, a później: miejski inspektor budowlany w Bremie): Tryggve Larssen (ur. 27 listopada 1870 roku w Porsgrunn (Norwegia) – zm. w styczniu 1928 roku w Bremen (Niemcy)) [1].

W cesarskim urzędzie patentowym w Berlinie w dniu 8 stycznia 1904 roku wydano dla Tryggve Larssena patent nr 185650. Przed tą datą stosowane były wyłącznie drewniane ścianki szczelne [1].

W Stanach Zjednoczonych Ameryki, w dniu 15 grudnia 1904 roku Tryggve Larssen uzyskał patent nr US 839608 A.

Bezpośrednią inspiracją do epokowego wynalazku T. Larssena był projekt portowej ścianki szczelnej w Bremie w 1902 roku z użyciem brusew drewnianych o długości 9 m, których ze względu na trudne warunki gruntowe nie można było pogrążyć, a więc w tym przypadku „potrzeba stała się matką tego wynalazku”.

Nanizanie, nanizywanie – jest to naprowadzenie zamka kolejnej grodzicy na zamek grodzicy wcześniej zagłębionej (zapuszczonej) w grunt lub ułożonej na specjalnej ramie (stole) do nanizywania grodzic.

W celu ułatwienia naprowadzenia zamka kolejnej grodzicy na zamek grodzicy wcześniej zapuszczonej stosuje się nanizacz, to jest specjalne urządzenie zamocowane w podstawie grodzicy nanizywanej od góry [5]

Nosek – pogrubione zakończenie zewnętrznych krawędzi stopek profilu stalowej ścianki szczelnej typu „H”, na które nanizywane są zamki nasadzane (rys.1.d).

Ochrona katodowa elektrolityczna (czynna – z zewnętrznym źródłem prądu) – jedna z elektrochemicznych metod ochrony stali przed korozją elektrochemiczną, polegająca na tym, że do chronionej konstrukcji stalowej podłącza się element ochronny w postaci zewnętrznej anody. Powierzchnia chronionej konstrukcji stalowej zanurzonej w wodzie (na przykład stalowej ścianki szczelnej) przed korozją staje się katodą.

Anodą może być na przykład stalowa krata leżąca na dnie akwenu przed budowlą połączona ze stacją ochrony katodowej. Obecnie coraz częściej stosowane są anody w postaci odlewanych sztab.

Katoda jest elektrodą, na której zachodzi reakcja redukcji depolaryzatora, a więc następuje zahamowanie procesów korozji tych konstrukcji dzięki obniżeniu potencjału korozyjnego do takiego poziomu, przy którym szybkość korozji stalowej ścianki szczelnej ulega bardzo istotnemu zmniejszeniu.

Stalowe ścianki szczelne z katodową ochroną antykorozyjną mają określone wymagania konstrukcyjne, które należy

uwzględnić już w fazie projektowania konstrukcji danej budowli. Dlatego bardzo istotne znaczenie ma przystosowanie ścianki szczelnej do objęcia ochroną katodową oraz zapewnienie ciągłości elektrycznej stalowej ścianki szczelnej.

W opracowaniach projektowych powinny być przedstawione szczegółowe rysunki połączeń spawanych elementów stalowej ścianki szczelnej między sobą oraz wyprowadzeń elektrycznych. Połączenia wykonane według tych rysunków powinny podlegać procedurze odbioru technicznego.

Ze względów ekonomicznych (koszt zużycia energii elektrycznej) samą stację ochrony katodowej (SOK) instaluje się oraz uruchamia, gdy zbliża się już koniec trwałości istniejącej stalowej ścianki szczelnej i zamierza się przedłużyć jej trwałość na określony okres czasu, na przykład do czasu przebudowy istniejącej budowli (zwykle nabrzeża lub pirsu) albo do czasu wybudowania nowego obiektu budowlanego.

Ochrona katodowa galwaniczna (bierna – bez zewnętrznego źródła prądu) – jedna z elektrochemicznych metod ochrony stali przed korozją elektrochemiczną, polegająca na tym, że na chronionej konstrukcji umieszcza się (na odpowiednich konsolach stalowych) układ elementów ochronnych w postaci anod (aluminiowych, magnezowych lub cynkowych). Jej działanie jest oparte na różnicy potencjałów elektrycznych pomiędzy ogniskiem korozji (katodą) a anodą (zwykle aluminiową).

Ochrona katodowa bierna jest rozwiązaniem ekonomicznym, gdyż nie wymaga stosowania zewnętrznego źródła prądu. Projektuje się ją zazwyczaj na okres 20 lat (w warunkach zasolenia wody morskiej naszego kraju). Po tym okresie powinna nastąpić wymiana anod.

Zgodnie z punktem 2.3.2.5 Polskiej Normy PN-W-89510:1997 [6]: „Stalowe konstrukcje stałe, takie jak na przykład stalowe ścianki szczelne, stalowe pale pomostów, dąbby powinny być objęte ochroną katodową”.

Źródłem prądów błędzących (wpływających na korozję stalowej ścianki szczelnej) w stocznich i portach morskich są między innymi:

- 1) obwody spawalnicze (na przykład spawarki wielostanowiskowe) prądu stałego w stocznich produkcyjnych albo stocznich remontowych,
- 2) akumulatorownie w stocznich i portach,
- 3) elektrolizernie lub galwanizernie,
- 4) procesy spawalnicze w halach spawalniczych,
- 5) linie telekomunikacyjne,
- 6) stanowiska oraz instalacje do prób prądnic okrętowych prądu stałego,
- 7) tory poddźwignicowe,
- 8) zelektryfikowane portowe linie kolejowe.

Okucie – nakładka z blachy stalowej, stanowiąca zabezpieczenie ostrza brusa żelbetowego lub brusa drewnianego podczas jego wbijania.

Palościanka – ścianka oporowa zbudowana ze stalowej ścianki szczelnej, wykonana przy użyciu pali stalowych oraz brusów stalowych (grodzic), połączonych ze sobą zamkami, tworząca jednolitą ciągłą ścianę oporową.

Klasyczną palościanką jest stalowa ścianka szczelna wykonana wyłącznie:

- 1) ze stalowych pali skrzynkowych z profili korytkowych (układ 1/1 na rys. 4.a) lub
- 2) ze stalowych pali rurowych (z okrągłych rur ze szwem lub bez szwu) z przyspawanymi zamkami do tych rur (tzw. palościanka rurowa) połączonych z sobą zamkami (rys. 2).



Rys. 2. Klasyczna palościanka rurowa [2]

albo

- 3) z profili (brusów) skrzynkowych (tak zwana palościanka skrzynkowa typu „H”), połączonych nanizanymi zamkami (rys. 1d).

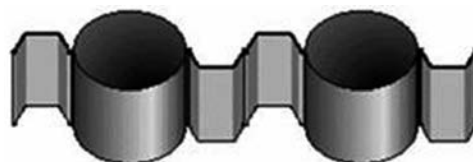
Historycznie rzecz ujmując, pierwszą w Polsce palościankę skrzynkową typu „H” do budowy nabrzeża wykonano w latach 1974-1975, z użyciem profili Peiner PSp 400 L z obustronnie nanizanymi zamkami o długości 24 m. Autorem projektu było Biuro Projektów Budownictwa Morskiego PROJMORS (późniejszy: BIMOR) w Szczecinie.

Ścianka ta została zagłębiona (pogrążona) w 1975 roku przez Przedsiębiorstwo Budownictwa Wodno-Inżynieryjnego „Hydrobudowa-11” (późniejsze nazwy: PMBH „Energopol-5”, obecnie „Energopol-Szczecin” S.A.) na budowie głębokowodnego nabrzeża „Chemików” (tak zwane nabrzeże Statkowe „Świ-III”) w porcie Świnoujście.

Odmianą klasycznej palościanki są na przykład:

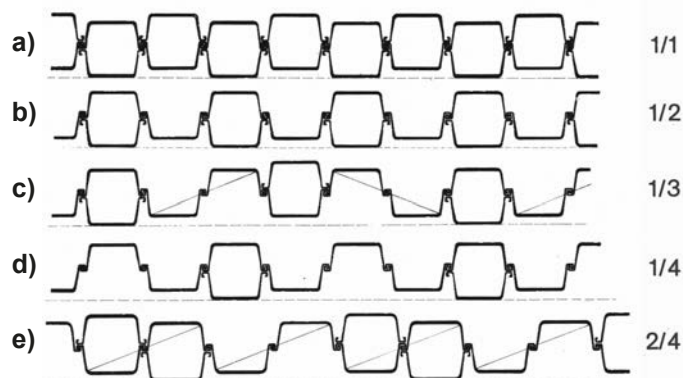
- 1) palościanki z wielkośrednicowych stalowych pali rurowych ze szwem spiralnym (o średnicy 1220 mm lub większych) z przyspawanymi zamkami do tych rur (rys. 3), pomiędzy którymi elementami wypełniającymi są stalowe grodzice korytkowe (typu „U”) lub grodzice zetowe (typu „Z”).

Palościanka tego rodzaju konstrukcji była po raz pierwszy w Polsce zastosowana w latach dziewięćdziesiątych XX wieku przy wykonywaniu przedłużenia głębokowodnego pirsu nabrzeża Portowców w porcie Świnoujście.



Rys. 3. Palościanka rurowa z elementami wypełniającymi w postaci grodzic korytkowych (typu „U”) [2]

- 2) palościanki ze stalowych pali skrzynkowych z profili typu „U”, pomiędzy którymi elementami wypełniającymi są stalowe brusy (grodzice) korytkowe (typu „U”) lub grodzice zetowe (typu „Z”).



Rys. 4. Schematy typowych kombinacji systemów palościanki składającej się z pali skrzynkowych i grodzic korytkowych (typu „U”) oraz stosowane symbole oznaczeń

Kombinacje systemów palościanki składającej się z pali skrzynkowych oraz grodzic oznaczane są międzynarodowymi symbolami używanymi przez producentów grodzic, zamieszczonymi po prawej stronie rys. 4, na przykład:

- 1/1 – palościanka składająca się wyłącznie z pali skrzynkowych (układ 1/1, na rys. 4a),
- 1/2 – moduł palościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i jednej grodzicy (rys. 4b),
- 1/3 – moduł palościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i dwóch (pary) grodzic (rys. 4c),
- 1/4 – moduł palościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i trzech grodzic (rys. 4d),
- 2/4 – moduł palościanki składa się naprzemiennie z dwóch pali skrzynkowych (obok siebie) i dwóch grodzic (pary grodzic) (rys. 4e),

gdzie: cyfra licznika ułamka symbolu oznacza ilość pali skrzynkowych w palościance, a cyfra mianownika ułamka symbolu oznacza całkowitą ilość elementów (pali oraz grodzic) w cyklicznie powtarzających się modułach ścianki, dobieranych na podstawie obliczeń statycznych palościanki.

Palościanki tego rodzaju były w Polsce stosowane już w latach siedemdziesiątych XX wieku do budowy coraz głębszych nabrzeży, na przykład w porcie Szczecin i Świnoujście.

Przy doborze modułu palościanki (a także typowej ścianki szczelnej) należy kierować się nie tylko samą wytrzymałością palościanki, ale także wbijalnością palościanki oraz zapobiegania rozejściu się (wysprzęgnięcia się) zamków w czasie zagłębiania palościanki, gdyż wiotkie pojedyncze grodzice (na przykład w module 1/2, na rys. 4b)) mają tendencję do wysprzęgnięcia się z zamka znacznie sztywniejszego sąsiedniego pala skrzynkowego.

Specyficzną odmianą konstrukcji palościanki jest tzw. ścianka kombinowana, którą stosuje się tam, gdzie wymagane jest, aby ścianka szczelna jako nośny element konstrukcyjny morskiej budowli hydrotechnicznej jednocześnie przenosiła znaczne siły osiowe (w palach palościanki) oraz przenosiła (przez grodzice oraz pale) momenty zginające od parcia gruntu i parcia wody.

Pierwsze w Polsce zastosowanie ścianki kombinowanej HZ/AZ złożonej z dwuteowego profilu HZ 575C z zetowym profilem wypełniającym AZ 26 (produkcji koncernu ArcelorMittal)

miało miejsce w porcie Gdynia w 2005 roku na budowie nabrzeża Holenderskiego. Autorem projektu budowy tego nabrzeża był WUPROHYD – Gdynia, zaś wykonawcą nabrzeża była firma HYDROBUDOWA GDAŃSK S.A.

Parowanie grodzic – potoczna nazwa łączenia dwóch pojedynczych grodzic w parę (w hucie lub na placu budowy) poprzez ich wzajemne nanizanie w zamkach, przed zagłębianiem tej pary grodzic w grunt.

Wykonanie zaciskania zamków pary grodzic lub spawanie zamków pary grodzic powoduje zwiększenie sztywności grodzic, redukcję hałasu podczas ich zagłębiania, przyspieszenie tempa pograżania, łatwiejsze utrzymanie prostoliniowości zagłębiania stalowej ścianki szczelnej, a także umożliwia przeniesienie sił ścinających w zamkach grodzic typu „U”.

Pióro – wystająca część brusa żelbetowego lub brusa drewnianego służąca do połączenia między sobą poszczególnych sąsiednich brusów.

Podwójne grodzice typu „U” (para grodzic) – dwie pojedyncze grodzice typu „U” połączone (zespolone) z sobą wzajemnie zamkami zaciskowymi lub spawanymi, umożliwiającymi przeniesienie sił ścinających [4].

Pojedynczy Osłonowy Stalowy Brus (POSB) – metoda i sposób zagłębiania (pograżania) dłuższych (nawet do 12,0 m) zespolonych (sparowanych z dwóch lub trzech) grodzic z tworzyw sztucznych w grunt, w którym napotyka się na przeszkody (kamienie, elementy drewniane, gruz i inne odpady budowlane) oraz niekorzystne przewarstwienia gruntów, a także w okresie ujemnej temperatury zewnętrznej (zimą), z czym wiąże się uzasadniona obawa uszkodzenia grodzic z tworzyw sztucznych.

Technologia i sposób ten objęty jest zgłoszeniem patentowym Nr P.391164 mgr inż. Piotra Siemaszko w Urzędzie Patentowym pod nazwą „Osłonowy brus do pograżania ścianek szczelnych PCV i sposób pograżania ścianek szczelnych PCV” oraz związanej z nim metody „POSB” (Pojedynczego Osłonowego Stalowego Brus), przetestowanej już w praktyce.

Obszerny szczegółowy opis i rysunki ze zgłoszenia patentowego mgr. inż. Piotra Siemaszko zamieszczone są w najnowszej publikacji [2].

Potrójne grodzice typu „U” – trzy pojedyncze grodzice typu „U” połączone (zespolone) ze sobą wzajemnie zamkami zaciskowymi lub spawanymi przed ich zagłębianiem w grunt, umożliwiającymi przeniesienie sił ścinających [4].

Przystosowanie ścianki szczelnej (stalowej oraz żelbetowej) do obciążenia ochroną katodową – zgodnie z § 234 rozporządzenia [8] oraz punktem 2.3.2.5 Polskiej Normy PN-W-89510:1997 [6] na nowo budowanych nabrzeżach metalowe oraz żelbetowe konstrukcje stałe zainstalowane w gruncie lub w wodzie powinny być przystosowane do obciążenia przyszłościową ochroną katodową. Katodą jest ścianka szczelna.

Przystosowanie to polega na wykonaniu w trakcie budowy konstrukcji nabrzeża odpowiedniego *przylacza elektrycznego* do ujemnego bieguna stacji ochrony katodowej (SOK) składającego się z:

- łączników zapewniających ciągłość elektryczną wszystkich poszczególnych metalowych elementów konstrukcji (czyli wszystkich brusów wzdłuż osi danej ścianki),

o przekroju nie mniejszym niż 50 mm², przy użyciu spawania,

- b) wyprowadzeń katodowych (od ścianki szczelnej z łącznikami do przyszłościowo instalowanej stacji ochrony katodowej),
- c) przepustów do przyszłościowego instalowania przewodów do anod, które będą usytuowane na akwenie w oddaleniu od chronionej stalowej ścianki szczelnej.

Ramię – element korytkowej (typu „U”) grodzicy stalowej ścianki szczelnej lub z tworzyw sztucznych usytuowany ukośnie w stosunku do osi ścianki szczelnej (rys. 1 b).

Rozejście się zamków – rozerwanie się zamka podczas zagłębiania (wbijania, pogrążania) pojedynczej lub sparowanej stalowej grodzicy, pala rurowego z przyspawanymi zamkami lub pala skrzynkowego (korytkowego lub zetowego) w palościance itp.

Przyczyną rozejścia się zamków są trudne warunki gruntowe (na przykład zwarte gliny lub ropy) oraz przeszkody w gruncie (kamienie, resztki starych konstrukcji na przykład pali, złom) i związane z tym zjawisko rozcinania lub zawijania się dolnej części (przy ostrzu) elementów ścianki, a także nie stosowanie w czasie zagłębiania ścianki poziomych przewodów (górnych i dolnych) składających się z podwójnych kleszczy.

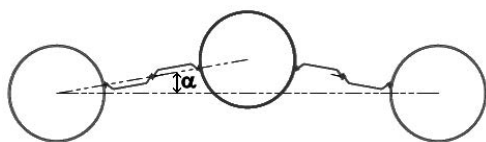
Inną przyczyną rozejścia się zamków może być zagłębianie (wbijanie) długich grodzic lub palościanek od razu na całą długość brusów (grodzic) w lądzie, gdy na całej długości wbijania są grunty nośne. W takich gruntach zaleca się zagłębianie etapowo brusów/palościanek.

Używana jest też inna nazwa tego zjawiska: wysprężenie się zamków.

Ścianka kombinowana – rozwiązanie konstrukcyjne stalowej palościanki złożone z elementów głównych i wypełniających, która składa się ze:

- 1) stalowych brusów rurowych czyli stalowych pali rurowych z przyspawanymi zamkami (element główny) oraz stalowych grodzic (element wypełniający).

Odmianą tego rodzaju ścianki jest ścianka kombinowana typu „zygzak” (rys. 5), która umożliwia wykorzystanie brusów rurowych o mniejszych średnicach przy zachowaniu wymaganej wysokiej nośności konstrukcji takiej ścianki na moment zginający. W przypadku konstrukcji typu „zygzak” rurowe brusy są usytuowane w linii załamanej (schodkowej), a elementy wypełniające (grodzice) są usytuowane skośnie w planie (na przykład pod kątem $\alpha = 10^\circ$) pomiędzy osiami brusów rurowych.



Rys. 5. Przykład ścianki kombinowanej typu „zygzak” [2]

- 2) stalowych brusów dwuteowych czyli brusów typu „H” (rys. 1d) w postaci dwuteowników szerokostopowych z *noskami* na końcach stopek (jako elementy główne), do

połączenia z grodzicami uzupełniającymi (zetowymi lub korytkowymi), przy użyciu zamków nasadzanych.

- 3) stalowych pali o przekroju złożonym (element główny) oraz stalowych grodzic (element wypełniający).

Elementy główne oraz elementy wypełniające w ścianie kombinowanej projektuje się odpowiednio do funkcji, jaką spełniają w ścianie kombinowanej.

Wbijalność brusów (grodzic)

Dobór grodzic stalowej ścianki szczelnej (rodzaj, profil, giętkość, gatunek stali) powinien zapewniać odpowiednią wbijalność w podłoże gruntowe w miejscu usytuowania morskiej lub śródlądowej budowli hydrotechnicznej.

Badanie wbijalności brusów polega na wykonaniu tak zwanego pilotażowego zagłębiania (zapuszczania) jednej lub kilku próbnych grodzic przed rozpoczęciem zasadniczych robót związanych z pogrążeniem ścianki szczelnej/palościanki z uwzględnieniem wszystkich ograniczeń zawartych w projekcie lub ograniczeń spodziewanych podczas realizacji robót dotyczących technik wspomagania zagłębiania brusów (na przykład: wbijanie brusów z wstępnym wierceniem gruntu potocznie nazywane podwiercaniem gruntu, wpłukiwanie niskociśnieniowe lub wysokociśnieniowe brusów) na konkretnej budowie. Zobacz punkt 5.2. Polskiej Normy PN-EN 12063:2001 [5].

Badanie wbijalności brusów powinno być uwzględnione w projekcie wykonawczym, gdyż w tym projekcie zawarte są szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne, których brakuje w projekcie budowlanym.

Wciskanie grodzic w grunt

Metoda statycznego zagłębiania grodzic w grunt umożliwiająca bezwstrząsowe (oraz bez powstawania hałasu) zagłębianie grodzic w grunt. Stosuje się ją zwykle w warunkach zwartej zabudowy miejskiej, przy wykonywaniu robót w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących obiektów budowlanych (którymi na ogół są budynki zabytkowe, będące w złym stanie technicznym lub wrażliwe na nierównomierne osiadanie). Metoda ta zapobiega uszkodzeniu sąsiednich obiektów.

Do tego celu używane są urządzenia (tak zwane wciskarki) działające na zasadzie siłownika hydraulicznego. Niektóre polskie firmy wykonawcze, na przykład: Aarsleff Sp. z o. o. czy Gollwitzer Polska Sp. z o. o. mają i stosują te urządzenia.

W przypadku drgań przekazywanych przez podłoże gruntowe w czasie robót kafarowych istotna jest znajomość punktu 5.2. lit. „c” znowelizowanej Polskiej Normy PN-B-02170:2016-12 [3]:

„(...) w obliczeniach projektowych można pominąć oddziaływanie drgań przekazywanych przez podłoże na budynek, jeżeli budynek znajduje się (...) w odległości większej niż 20 m od źródła drgań wywołanych pracami budowlanymi (wbijanie pali i ścianek szczelnych, wibromoty itp.).”

Wodoszczelność zamków brusów (grodzic)

Zamki grodzic zapewniają standardową szczelność stalowej ścianki w rozumieniu jej szczelności przed ucieczką gruntu.

Jeżeli na danym obiekcie wymagana jest wodoszczelność stalowej ścianki szczelnej, stosuje się zabieg mający na celu zlikwidowanie lub zredukowanie przecieków wody przez zamki grodzic.

Wpust – podłużne wgłębienie w przekroju brusa żelbetowego lub brusa drewnianego służące do umieszczenia w nim pióra w celu połączenia z sobą poszczególnych brusów.

Zagłębianie (pograżanie, zapuszczanie) – wprowadzanie brusów (grodzie) lub pali w grunt na odpowiednią wymaganą głębokość metodą: wbijania, wwibrowywania, wciskania, wkręcania lub kombinacją tych metod.

Rozróżnia się następujące metody zagłębiania brusów (grodzie):

- 1) zagłębianie panelowe,
- 2) etapowe zagłębianie panelowe,
- 3) zagłębianie etapowe (szczególna forma zagłębiania panelowego).
- 4) zagłębianie ciągłe

Zagłębianie (pograżanie) grodzie w parach poprawia szybkość ich zagłębiania w grunt, gdyż sparowane grodzie są szersze (w planie), a jednocześnie poprawia jakość ich zagłębiania w grunt, gdyż są sztywniejsze.

Zagłębialność – zdolność brusów (grodzie) albo pali do wprowadzenia w środowisko gruntowo-wodne na wymaganą odpowiednią głębokość bez nadmiernych uszkodzeń.

Zamek – element grodzicy stalowej ścianki szczelnej lub ścianki z tworzyw sztucznych łączący z sobą grodzie (rys. 1). Rozróżnia się zamki:

- 1) zamki własne – walcowane łącznie z grodzicą, na przykład w stalowych profilach płaskich, korytkowych i zetowych (patrz rys.: 1a, b, c),
- 2) zamki nasadzane (luźne) – walcowane oddzielnie i nanizywane na profile skrzynkowe (rys. 1d), na przykład w profilach w kształcie litery „H”. Obecnie coraz rzadziej zamki takie nazywane są agrafami.

Zgodnie z punktem 1.8.12 Polskiej Normy PN-EN 1993-5:2009 [4] dodatkowo rozróżnia się następujące rodzaje zamków grodzic stalowych:

- a) zaciskowe – zamki grodzie są łączone mechanicznie w punktach zaciskania (zagniecenia),
- b) spawane – zamki grodzie są połączone spoiną ciągłą lub przerywaną,
- c) swobodne (zamki nie są ani zaciskowe, ani spawane).

PODSUMOWANIE

Pisząc razem z prof. Bolesławem Mazurkiewiczem rozporządzenia [7 i 8] albo zalecenia [2], zawsze ujednolicaliśmy terminologię dotyczącą omawianej danej tematyki tak, aby jednoznacznie zdefiniować dane zagadnienie i prawidłowo je stosować. Umożliwia to posługiwanie się tym samym nazewnictwem w odniesieniu do tych samych konstrukcji lub czynności.

Ścianki szczelne są powszechnie stosowane, zwłaszcza w budownictwie morskim. Uwzględniając postęp techniczny oraz technologiczny w ostatnim trzystoletniu i zachodzące zmiany, także związane ze stosowaniem ścianek szczelnych, uznano, że przydatne będzie przywołanie terminologii (nazewnictwa) i określić wprowadzających pewien formalny porządek.

LITERATURA

1. Ellerbrock K. P.: Ein Produkt erobert die Welt. 100 Jahre Stahlsplundwand aus Dortmund. Hoesch Splundwand und Profil GmbH, Dortmund, 2002.
2. Mazurkiewicz B., Wiśniewski F.: „Morskie budowle hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania, wykonywania i utrzymania”. Wydawnictwo: Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, VI wydanie, Gdańsk 2019.
3. PN-B-02170:2016-12 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłogę na budynki.
4. PN-EN 1993-5:2009 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 5: Palowanie i ścianki szczelne.
5. PN-EN 12063:2001 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.
6. PN-W-89510:1997 Ochrona obiektów metalowych przed korozją powodowaną prądami błędzającymi w stocznjach i portach. Ogólne wymagania i badania.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej z dnia 23 października 2006 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych (Dz. U. Nr 206, poz. 1516).
8. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 101, poz. 645).