

40 lat Inżynierii Morskiej i Geotechniki

PL ISSN 0867-4299

INŻYNIERIA MORSKA i GEOTECHNIKA

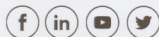
5
2019

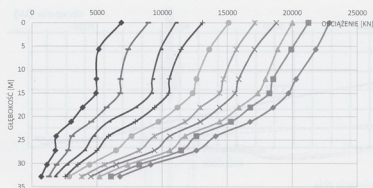
Od ponad 50 lat zmieniamy świat



budimex
zmieniał świat

www.budimex.pl





Rys. 9. Dystrybucja sił w trzonie badanej baret

4 300 kN, a zatem są dużo wyższe. Świadczy to o tym, że podłoże pod podstawą trzonu jest słabe.

Ostatni przykład zastosowania ekstensometrów podczas badań nośności to próbne statyczne obciążenie baret na budowie wysokościowca Varso Tower w Warszawie. Badano nośność baret o wymiarach $0,8 \times 2,8$ m i głębokości 34,8 m. Pod podstawą baret przeprowadzono zabieg dwukrotnej iniekcji podłoża według rozwiązania IBDiM. Wzdłuż pobocznic występowały na przemian grunty spoiste i niespoiste. W rejonie podstawy baret zalegały piaski drobne i pylaste o $I_p \geq 0,80$. Zastosowano układ z 8 ekstensometrami prętowymi o zakresie pomiaru 12,5 mm każdy. Całkowita długość układu wynosiła około 34 m. Maksymalna siła obciążająca podczas badania wyniosła 22,8 MN. Całkowite osiadanie baret wyniosło 8,73 mm, osiadanie trwałe wyniosło 2,79 mm [2].

Na podstawie badań ekstensometrycznych określono udział pobocznic baret w przeniesieniu obciążenia na około 16,1 MN oraz podstawy na około 6,7 MN (rys. 9). Wynika stąd, że osiadanie baret było jeszcze za małe, by zmobilizować pełny opór podstawy.

Pomiar odkształceń trzonów pali lub baret za pomocą układów ekstensometrycznych umożliwia określenie wartości sił przekazywanych na grunt przez pobocznice i podstawę pala. Poznanie tego rozkładu sił jest pomocne przy obliczaniu nośności pali, szczególnie przy wprowadzaniu nowych rozwiązań

technologicznych w dziedzinie głębokiego fundamentowania. Znajomość rozkładu oporów na pobocznicę i w podstawie pala jest bardzo przydatna do wyznaczania sztywności osiowej pali, dokładniejszego określenia modułów reakcji pionowych gruntu K_v [5, 6]. Dzięki temu można precyzyjnie określić podpory sprężyste k_v w węzłach modelu pali. Umożliwia także wprowadzenie zmiennych wartości podór sprężystych wzdłuż pobocznic i w podstawie w zależności od obciążenia. Ma to szczególne znaczenie przy modelowaniu numerycznym MES fundamentów zespolonych płytowo-palowych dla dużych obiektów posadowionych w skomplikowanych warunkach gruntowych.

LITERATURA

1. Głowacki P.: Sprawozdanie z badań nr 70/TF/11. IBDiM, Warszawa, 2011.
2. Głowacki P.: Sprawozdanie z badań nr Ch02/TF/17. IBDiM Warszawa, 2017.
3. Gmyz K.: Sprawozdanie z badań dystrybucji sił nr 1/11. IBDiM, Warszawa, 2011.
4. Gmyz K.: Sprawozdanie z badań dystrybucji sił nr 3/11. IBDiM, Warszawa, 2011.
5. Kapczak G., Bodus S., Kłosiński B., Rychlewski P.: Raport dotyczący sztywności baret dla inwestycji Varso Tower w Warszawie, przy ulicy Chmielej 71, WARBU/IBDiM, Warszawa, 2018.
6. Kapczak G., Kłosiński B., Szymankiewicz Cz., Rychlewski P., Budus S., Głowacki P., Petyniak D.: Największe próbne obciążenie baret w Polsce, Inżynieria i Budownictwo 2/2019.
7. Krasinski A., Sienko R. Wykorzystanie pomiaru pionowego rozkładu siły w palu w interpretacji testów statycznych, Magazyn Autostrady 11/2010
8. Szymankiewicz Cz.: Poszerzenie podstaw pali metodą iniekcji strumieniowej, Inżynieria i Budownictwo 3/2013.
9. Szymankiewicz Cz., Kłosiński B., Petyniak D., Kraszewski C., Gmyz K.: Analiza pracy pali z podstawą poszerzoną metodą iniekcji strumieniowej w ośrodku gruntowym, IBDiM Warszawa, 2013.
10. Waszkiewicz A.: Sprawozdanie z badań nr 77/TF/11. IBDiM, Warszawa, 2011.

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 znówelizowane 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, żelbetowych, drewnianych lub z tworzyw sztucznych, nazywanych ogólnie brusami albo grodzicami, zagłębianych (wbijanych, wwirowywanych, wplukiwanych, 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 rozwiązaniem 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 (przemieszczeniem 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 (grodzie, 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 zagłębianych 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 zagłębianą 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 ładu 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 ładu w kierunku na wodę.

Pogrążając tymczasowe grodzice na szerokości grobli i zasypując od strony ładu (z samochodów samowylądowczych – 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.

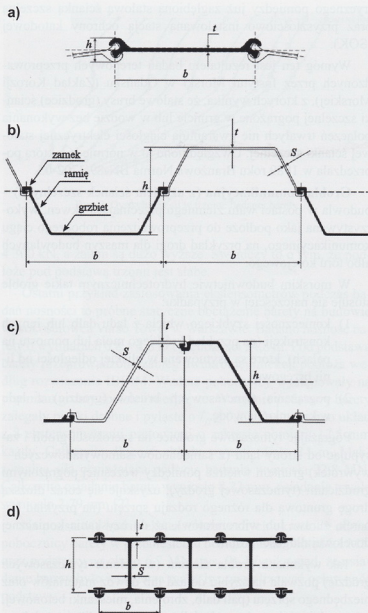
Tak wykonana grobla ziemna (w osłonie tymczasowych grodzic) pozwala na szybki dojazd lub dowóz materiałów oraz niezbędnego sprzętu (pali dalb, zbrojenia, mieszanki betonowej, spawarek itp.) do wykonania dalb, głowic dalb albo innych konstrukcji od strony ładu, co przyczynia się do znaczącego przyspieszenia 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 zagłębiania (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 brusów (grodzicze) 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 przejęcie siły poziomej równomiernie rozłożonej (wywołanej parciem gruntu na ściankę szczelną), działającej na poziomie głowicy ścianki oraz przekazywanie 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 brusów 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) brusów takiej ścianki.

Larsen – 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): Trygve 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 Trygve Larssena patent nr 185650. Przed tą datą stosowane były wyłącznie drewniane ścianki szczelne [1].

W Stanach Zjednoczonych Ameryki, w dniu 15 grudnia 1904 roku Trygve 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 brusów 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 kratka leżąca na dnie akwenu przez 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 zewnętrznych źródeł 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 zasilania 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, dalszy powinny być objęte ochroną katodową”.

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

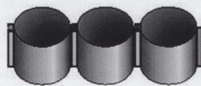
- 1) obwody spawalnicze (na przykład spawarki wielostanowiskowe) prądu stałego w stoczniach produkcyjnych albo stocznich remontowych,
- 2) akumulatorownie w stocznich i portach,
- 3) elektrolizernie lub galwanizernie,
- 4) procesy spawalnicze w halach spawalniczych,
- 5) linie telekomunikacyjne,
- 6)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

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

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

Klasyczną pałościanką 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. pałościanka rurowa) połączonych z sobą zamkami (rys. 2).



Rys. 2. Klasyczna pałościanka rurowa [2]

albo

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

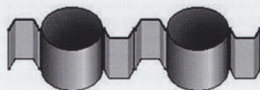
Historycznie rzecz ujmując, pierwszą w Polsce pałościankę skrzynkową typu „H” do budowy nabrzeża wykonano w latach 1974-1975, z użyciem profili Peiner PSp 400 L z obustronnie nanizanymi zamkami o długości 24 m. Autorem projektu było Biuro Projektów Budownictwa Morskiego PROJMORS (późniejszy: BIMOR) w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

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

Odmianą klasycznej pałościanki są na przykład:

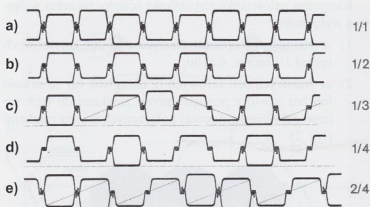
- 1) pałościanki z wielkośrednicowych stalowych pali rurowych ze szwem spiralnym (o średnicy 1220 mm lub większych) z przyspawanymi zamkami do tych rur (rys. 3), pomiędzy którymi elementami wypełniającymi są stalowe grodzie korytkowe (typu „U”) lub grodzie zetowe (typu „Z”).

Pałościanka 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. Pałościanka rurowa z elementami wypełniającymi w postaci grodzie korytkowych (typu „U”) [2]

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



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

Kombinacje systemów pałościanki 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 – pałościanka składająca się wyłącznie z pali skrzynkowych (układ 1/1, na rys. 4a),
- 1/2 – moduł pałościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i jednej grodzic (rys. 4b),
- 1/3 – moduł pałościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i dwóch (pary) grodzic (rys. 4c),
- 1/4 – moduł pałościanki składa się naprzemiennie z jednego pala skrzynkowego i trzech grodzic (rys. 4d),
- 2/4 – moduł pałościanki 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 oraz grodzic, a cyfra mianownika ułamka symbolu oznacza całkowitą ilość elementów (pali oraz grodzic) w cyklicznie powtarzających się modułach ścianki, dobieranych na podstawie obliczeń statycznych pałościanki.

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

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

Pierwsze w Polsce zastosowanie ścianki kombinowanej HZ/AZ złoŜonowej 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 zagłębieniem 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 pogrąŜania, łatwiejsze utrzymanie prostoliniowości zagłębiania stalowej ścianki szczelnej, a także umoŜliwia przeniesienie sił ścinających w zamkach grodzic typu „U”.

Pióro – wystająca część brusa żelbetowego lub brusa drewnianego słuŜąca 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, umoŜliwiającymi przeniesienie sił ścinających [4].

Pojedynczy Osłonowy Stalowy Brus (POSB) – metoda i sposób zagłębiania (pogrąŜania) 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 niekorzystny przewarstwienia gruntów, a także w okresie ujemnej temperatury zewnętrznej (zimą), z czym wiąŜe się uzasadniona obawa uszkodzenia grodzic z tworzyw sztucznych.

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

Obszerny szczegóły opis i rysunki ze zgłoszenia patentowego mgr. inŜ. 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 zagłębieniem w grunt, umoŜliwiającymi przeniesienie sił ścinających [4].

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

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

- a) łąkników zapewniających ciągłość elektryczną wszystkich poszczególnych metalowych elementów konstrukcji (czyli wszystkich brusów wzdłuŜ osi danej ścianki),

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

- b) wyprowadzeń katodowych (od ścianki szczelnej z łącznikami do przyszlusciowej instalowanej stacji ochrony katodowej),
- c) przepustów do przyszlusciowego 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).

Rozeźście się zamków – rozerwanie się zamka podczas zagłębiania (wbijania, pograżania) pojedynczej lub sparowanej stalowej grodzicy, pala rurowego z przyspawanymi zamkami lub pala skrzynekowego (korytkowego lub zetowego) w pałociancie itp.

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

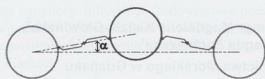
Inną przyczyną rozeźścia się zamków może być zagłębianie (wbijanie) długich grodzic lub pałocianek od razu na całą długość brusów (grodzic) w ładzie, gdy na całej długości wbijania są grunty nośne. W takich gruntach zaleca się zagłębianie etapowe brusów/pałocianek.

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

Ścianka kombinowana – rozwiązanie konstrukcyjne stalowej pałocianki złożone z elementów główných 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 ściance 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 zapewnić 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 pograżeniem ścianki szczelnej/pałocianki 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, wplukiwanie 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 umożliwiającą 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 istotną 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 (grodziec) lub pali w grunt na odpowiednią wymaganą głębokość metodą: wbijania, wwirowywania, wciskania, wkręcania lub kombinacją tych metod.

Rozróżnia się następujące metody zagłębiania brusów (grodziec):

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

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

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

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

- 1) zamki własne – walcowane łącznie z grodziec, 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 grodziec stalowych:

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

Budowa drogi wodnej łączącej Zalew Wiślany z Zatoką Gdańską – warunki naturalne oraz zagadnienia ochrony środowiska (część 2)

Mgr inż. Jerzy Dążkiewicz¹, mgr inż. Martyna Golan¹, mgr Magdalena Kiejzik-Głowińska², mgr inż. Marek Kowalski¹, mgr inż. Magda Żochowska¹

¹PROJMORS Sp. z o.o. Biuro Projektów Budownictwa Morskiego w Gdańsku

²EKOKONSULT Sp. z o.o. w Gdańsku

Projekt drogi wodnej łączącej Zalew Wiślany z Zatoką Gdańską pozyskany był przez konsorcjum w drodze przetargu organizowanego przez Urząd Morski w Gdyni jako reprezentanta Skarbu Państwa. W rozstrzygnięciu przetargowym opracowa-

PODSUMOWANIE

Pisząc razem z prof. Bolesławem Mazurkiewiczem rozporządzenia [7 i 8] albo zalecenia [2], zawsze ujednoliliśmy 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 trzydziestolecu i zachodzące zmiany, także związane ze stosowaniem ścianek szczelnych, uznano, że przydatne będzie przywołanie terminologii (nazewnictwa) i określenie wprowadzających pewien formalny porządek.

LITERATURA

1. Ellerbrock K. P.: Ein Produkt erobert die Welt. 100 Jahre Stahlspundwand aus Dortmund. Hoesch Spundwand und Profil GmbH, Dortmund, 2002.
2. Mazurkiewicz B., Wiśniewski F.: „Morskie budowlne 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 podłoże 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 błądzącymi w stoczniach 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 budowlne hydrotechniczne i ich użytkowanie (Dz. U. Nr 101, poz. 645).

nie projektu, powierzonego w 2018 roku konsorcjum złożonego z firm Mosty Gdańsk (jako lidera konsorcjum) oraz Biura Projektowego PROJMORS, obejmowało następujący zakres: