

Wpływ poślizgu w zamkach grodziec typu U na ich nośność

Klasyfikacja według nowej normy PN-EN 1993-5:2007 (U)

Niniejszy artykuł dotyczy projektowania ścianek szczelnych zabezpieczających głębokie wykopu. Te odkształcalne konstrukcje oporowe stosowane są w budownictwie hydrotechnicznym oraz jako tymczasowe lub stałe elementy obudowy głębokich wykopów. W przypadku inwestycji w warunkach miejskich, często w zabytkowej zabudowie, priorytetowe znaczenie dla inwestorów ma bezpieczeństwo sąsiednich budynków i instalacji podziemnych. Postęp technologiczny, wymuszony konkurencją ze strony ścian szelinowych, pozwolił na wyeliminowanie głównej wady ścianek szczelnych – niekorzystnego oddziaływania na środowisko w trakcie ich wbijania lub wwbrowywania. Dzięki zastosowaniu młotów bezrezonansowych i urządzeń do statycznego wprowadzania w grunt elementów ścianek szczelnych (grodziec) znacznie rozszerzyło się pole ich zastosowań na inwestycje realizowane w zabudowie miejskiej.

Liczne zastosowania ścianek szczelnych nakładają jednak szczególnie duże wymagania na wiarygodność metod ich projektowania w aspekcie ich nośności i możliwych deformacji, jakim są poddawane na skutek obciążenia parciami gruntu i wody gruntowej. Powstają pytania: czy i na ile metody obliczeniowe, te współczesne i te stosowane od kilkadziesiąt lat, są niezawodne i równocześnie ekonomiczne?

Metody obliczeń – jawne i ukryte zapasy bezpieczeństwa

Obliczanie ścianek szczelnych sprowadza się do wyznaczenia niezbędnej głębokości wbicia, wyznaczenia maksymalnego momentu zginającego (tj. doboru odpowiedniego profilu grodziec stalowej i gatunku stali, z którego ma być wykonana) i obliczenia sił w zakotwieniu lub rozporze, o ile one występują. W projektowaniu konstrukcji ze ścianek szczelnych metodami tradycyjnymi nie analizuje się zazwyczaj ich deformacji, co prowadzi do przeszacowania momentów zginających ściankę. Pewnym mankamentem prowadzenia obliczeń metodami opartymi na parciach granicznych (Bluma, ew. wersjami zmodyfikowanymi) jest zawsze stosunkowo duża dokładność prowadzonych obliczeń w stosunku do przyjętych założeń i danych. Wyniki uzyskane w badaniach wielkoskalowych (Czebotariow) i modelowych (Rowe, [9]) pozwoliły na pewne modyfikacje rozwiązania klasycznego. Nie można jednak podchodzić do nich bezkrytycznie. Metoda Rowe'a pozwala na uwzględnienie w obliczeniach długości i sztywności ścianki. Polega ona na przyjmowaniu do obliczeń wytrzymałościowych momentów zginających, uzyskanych przez redukcję wielkości otrzymanych z rozwiązania klasycznego i jest szeroko cytowana, wraz z odpowiednimi nomogramami. Korzystanie z metody Rowe'a pozwala na dobór ścianki szczelnej o wskaźniku nawet do 70% mniejszym niż uzyskany z rozwiązania wg metody Bluma czy jej późniejszych modyfikacji. Większość autorów cytujących Rowe'a

pomija jednak drugi, równie istotny, wniosek wypływający z jego badań – możliwe znaczne (do 80%) zwiększenie siły w zakotwieniu lub rozporze. Jest to wynikiem znacznego wzrostu parć na odcinku ścianki powyżej poziomu zakotwienia wywołanego deformacją samej ścianki i, co istotne, efektem przesklepienia w poziomie zakotwienia oraz, co w warunkach miejskich zdaje się być kluczowe, przejściem przez kotwę (rozporę) znacznej części parcia od obciążenia na naziemie.

Lepszy obraz współpracy z ośrodkiem dają metody numeryczne. Już pierwsze programy komputerowe, oparte na rozwiązaniach belek na podporach sprężystych, dały możliwość szacowania poziomych przemieszczeń ścianek. W dalszym etapie, wprowadzenie specjalistycznego oprogramowania geotechnicznego, opartego na Metodzie Elementów Skończonych (MES) oraz innych (MEB, MRS), pozwoliło na pełną analizę deformacji obudowy wykopu i bardziej ekonomiczne projektowanie. Możliwość modelowania sztywności ścianki szczelnej pozwala także na analizę deformacji powierzchni terenu za ścianą oporową.

Z różnych powodów nie były to dotychczas metody powszechnie stosowane w projektowaniu, m.in. dlatego, że zaawansowana procedura obliczeniowa nie daje wyników o wyższym stopniu wiarygodności niż użyte dane. Jednak popularność tych metod, do których na dodatek coraz częściej wprowadza się dane z coraz dokładniejszych rozpoznań warunków gruntowych, rośnie i jest wątpliwym, aby proces ten uległ zatrzymaniu. Projektanci przy przejściu z dotychczas stosowanych metod projektowania ścianek szczelnych na metody numeryczne muszą pamiętać, że im dokładniejsza jest metoda obliczeniowa i im bliższe rzeczywistości są wprowadzane do programu komputerowego parametry gruntowe, tym dokładniej należy przeanalizować zachowanie się grodziec poddanej obciążeniu. Chęć przypomnienia tego faktu oraz chęć dokładniejszego opisanie zachowania się grodziec poddanych obciążeniu są głównymi czynnikami motywującym autorów artykułu do jego napisania.

Poślizg w zamkach grodziec typu U, któremu będzie poświęcona dalsza część artykułu, jest właśnie jednym z głównych czynników, które należy uwzględniać przy bezpiecznym i ekonomicznym projektowaniu ścianek szczelnych. Problem poślizgu w zamkach jest niezauważalny, gdy stosujemy metody obliczania i wyniki rozpoznania geotechnicznego, w które wpisane są duże zapasy bezpieczeństwa. Stosowanie dokładnych i bardziej ekonomicznych metod obliczania sił wewnętrznych w elementach obudowy wykopu może paradoksalnie doprowadzić do sytuacji, w której ujawni się w pełnej skali wpływ poślizgu w zamkach grodziec U na ich nośność, co z kolei może nawet doprowadzić do zniszczenia konstrukcji. Problem poślizgu w zamkach nie dotyczy grodziec typu Z, które mają, w przeciwieństwie do grodziec typu U, zamki na zewnątrz przekroju (rys. 1).

Motywacją do napisania artykułu jest także wejście w życie w marcu 2007 r. Eurokodu 3, część 5 PN-EN 1993-5:2007 (U) [2]. W normie tej ujęto zagadnienie niedostatecznego przenoszenia sił ścinających przez zamki grodzic U.

Autorzy artykułu mają też nadzieję, że zachęcą polskich projektantów do świadomego wykorzystywania możliwości, jakie daje zastosowanie grodzic typu Z, czyli w ostateczności do bardziej ekonomicznego projektowania. Obecnie projektanci, przy przejściu z grodzicy typu U na Z, dobierają grodzicę o podobnych parametrach wytrzymałościowych nie wykorzystując w ogóle zalet płynących z umiejscowienia zamków w grodzicach Z we włóknach skrajnych.

Przed przejściem do meritum należy także podkreślić, że intencją artykułu w żadnym wypadku nie jest zachęcenie projektantów i wykonawców do rezygnacji ze stosowania grodzic typu U. Artykuł ma swą treścią namawiać do bezpiecznego i ekonomicznego projektowania ścianek szczelnych. Bardzo często zastosowanie grodzic typu U jest jedynym możliwym i najlogiczniejszym rozwiązaniem.

Poślizg w zamkach grodzic stalowych typu U

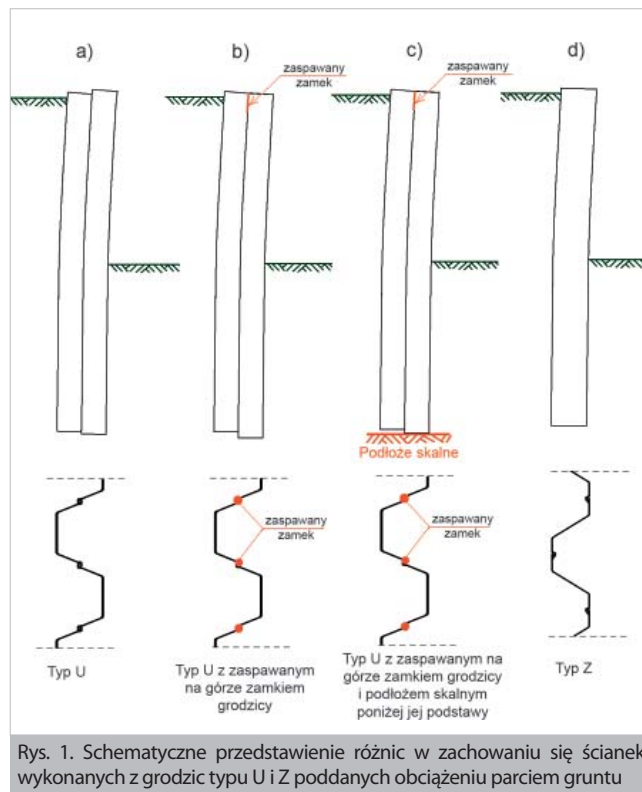
Podawane w katalogach producentów wytrzymałościowe parametry geometryczne grodzic typu U są poprawne przy założeniu pełnego przenoszenia sił ścinających w zamkach. W polskiej literaturze na fakt ten uwagę zwrócił już prawie pół wieku temu Hückel [5]. Jednak od czasu tamtej publikacji nie rozpoczęto dyskusji na ten temat, a jednym z niewielu pisanych śladów zahaczających o tę tematykę jest przewijające się w większości specyfikacji technicznych zalecenie – „...po wbiciu grodzic na projektowaną głębokość wskazane jest zespawać zamki u góry na dostępnej, odsłoniętej długości, przynajmniej na odcinku 50–80 cm, w celu zapewnienia współpracy grodzic przy zginaniu”. Odnosząc ten cytat do dostępnych obecnie na polskim rynku grodzic i do zagranicznych doświadczeń w tym zakresie, można wytłumaczyć dlaczego problem, któremu poświęcony jest ten artykuł nie jest w Polsce dyskutowany.

Po pierwsze: w cytacie tym brakuje zapisu, że zagadnienie to jest istotne tylko w przypadku grodzic typu U, które posiadają zamki w osi obojętnej ścianki, czyli w miejscu, gdzie występują największe siły ścinające (rys 1.). Brak takiego zapisu to oczywiście wynik tego, iż przez dziesięciolecia jedynym dostępnym na polskim rynku typem grodzicy był typ U. W stosowanych przez naszych projektantów metodach obliczeniowych były wbudowane tak duże zapasy bezpieczeństwa, iż wpływ poślizgu w zamkach grodzic U na nośność ścianki był niezauważalny. Jako ciekawostkę i przeciwny przykład do naszego postrzegania grodzic, można powiedzieć o projektowaniu ścianek szczelnych w Stanach Zjednoczonych. Tam najpopularniejsze są grodzice typu Z, natomiast grodzice typu U są powszechnie uważane za „niebezpieczne”. W efekcie żaden z lokalnych producentów grodzic gorączkowalonych nie ma w swojej ofercie grodzic typu U (!).

Po drugie: zawarte w cytacie ze specyfikacji technicznej twierdzenie, że zaspawanie zamków u góry ścianki zapewni współpracę grodzic typu U przy zginaniu jest w świetle obecnej dostępnej wiedzy na ten temat półprawdą [6]. Wątek ten zostanie poruszony w dalszej części artykułu.

Poślizg w zamkach wg. Eurokod 3 – część 5

Pierwszą polską normą, która zwracała uwagę na wpływ ograniczonego przenoszenia sił ścinających w zamkach na nośność grodzic była norma PN-EN 12063 „Wykonawstwo



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie różnic w zachowaniu się ścianek wykonanych z grodzic typu U i Z poddanych obciążeniu parciem gruntu

specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne” [1]. Norma ta zaleca, aby zgodnie z prenormą ENV 1993-5:1998 [3] uwzględnić ten wpływ przy doborze grodzicy.

Wymieniona prenorma po wielu latach prac nad nią stała się normą i została opublikowana w marcu 2007 r. jako PN-EN 1993-5:2007 (U) „Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 5 – Palowanie i grodze” [2]. Według tej normy nośność obliczeniową na moment zginający ścianki szczelnej z grodzic stalowych $M_{c,Rd}$ oblicza się według wzoru:

$$M_{c,Rd} = \frac{\beta_b \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1),$$

gdzie:

$M_{c,Rd}$ – nośność obliczeniowa przekroju na moment zginający,

W_{el} – wskaźnik wytrzymałości przekroju przy zginaniu sprężystym wyznaczony na 1 mb ścianki przy założeniu przenoszenia przez zamki wszystkich sił ścinających,

f_y – granica plastyczności stali,

γ_{M0} – częściowy współczynnik bezpieczeństwa (zalecana w normie wartość tego współczynnika równa jest 1,0, ale jednoznacznie ma być podana w krajowym załączniku normy),

β_b – współczynnik zmniejszający nośność ścianki szczelnej na moment zginający (indeks b z ang. bending – zginanie).

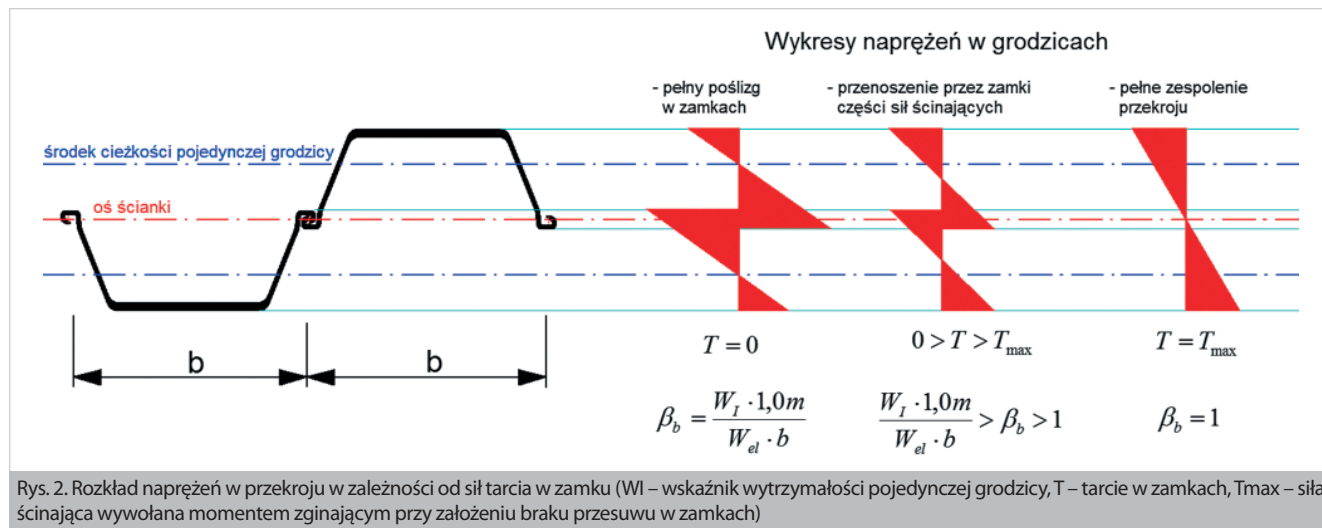
Według normy wartości współczynników β_b przyjmowane do obliczeń powinny wynosić:

$\beta_b = 1,0$ – dla grodzic typu Z i potrójnych grodzic typu U,

$\beta_b \leq 1,0$ – dla pojedynczych i podwójnych grodzic typu U.

Norma [2] podaje także, że dokładna wartość współczynników β_b może być podana w krajowych załącznikach do normy (NA – National Annex) oraz, że jest uzależniona od następujących czynników:

- rodzaju gruntu, w który została pogrążona ścianka,
- typu pogrążonej grodzicy,
- liczby poziomów podparcia ścianki i ich sposobu zamocowania w płaszczyźnie ścianki,



- metody pograżania,
- sposobu łączenia zamków na placu budowy (smarowanie w celu ułatwienia pograżania lub zaspawane na pewnej długości po pograżeniu, zastosowanie oczepu itd.),
- wysokości części ścianki pracującej wspornikowo (np. czy pracujący wspornikowo fragment ścianki nad najwyższą lub poniżej najniższej podpory ma długość przekraczającą pewną konkretną wartość).

Z kolei przy sprawdzaniu SGU norma [2] zaleca dla ścianek wykonanych z pojedynczych lub podwójnych grodzic typu U wyznaczyć efektywną sztywność przekroju $(EI)_{eff}$ z następującego wzoru:

$$(EI)_{eff} = E \cdot I \cdot \beta_d \quad (2),$$

gdzie:

E – moduł Young’a,

I – moment bezwładności przekroju,

β_d – współczynnik o wartości ≤ 1.0 uwzględniający możliwość poślizgu w zamkach ścianki szczelnej z pojedynczych lub podwójnych grodzic U (indeks d z ang. deformations – odkształcenia).

Sprawdzanie SGU jest szczególnie istotne w przypadku ścian wspornikowych, które z racji schematu statycznego podlegają znacznym ugięciom, które mogą być dodatkowo powiększane przez poślizg w zamkach grodzic.

Poślizg w zamkach pojedynczych grodzic typu U

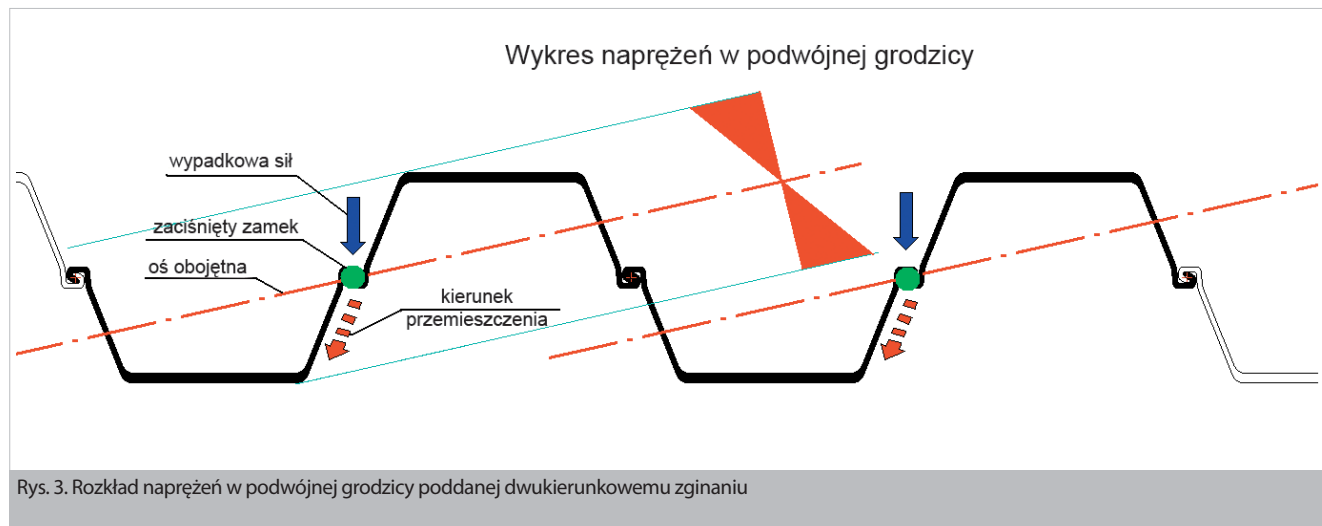
Problem poślizgu w zamkach pomiędzy grodzicami został po raz pierwszy opisany w roku 1934 przez Lohmeyera [8]. Lohmeyer myślał o wyciął jedną grodzicę z ciągłej ścianki i obciążył ją momentem działającym na ten fragment oraz dwoma siłami T przyłożonymi w miejscu zamków, które reprezentowały występujące w nich siły tarcia. Ponieważ tak działające siły T są oddalone od osi obojętnej pojedynczej grodzicy to mają wpływ na występujące w niej naprężenia od zginania, co zostało graficznie przedstawione na rys. 2.

Tak więc na efektywną nośność i sztywność ścianki wykonanej z pojedynczych grodzic typu U ma wpływ tarcie w zamkach grodzic. Z kolei wielkość tarcia w zamkach łączących grodzice uzależnione jest od następujących czynników:

- dokładności pograżania grodzic [6]. Generalnie, im grodzice są pograżane dokładniej i z większą starannością,

tym mniejsze tarcie w zamkach. Z kolei w grodzicach pograżanych niestarannie i z małą dokładnością zamki ulegają bardzo często uszkodzeniu i wygięciu, przez co zwiększa się w nich tarcie. W skrajnych wypadkach zamki rozgrzewane są w trakcie wwbrowywania grodzic do temperatury, w której może dojść do uplastycznienia się stali i do zaspawania się zamków ze sobą. Jednak wpływ tego czynnika pomimo tego, że ma duży wpływ na tarcie w zamkach, jest z logicznych względów pomijalny. Nie można przecież na etapie projektowania zalecić, aby niestarannie pograżać brusy. Poza tym większa niedokładność pograżania zwiększa ryzyko wysprzęgnięcia się zamków;

- od rodzaju gruntu, w jaki będzie pograżana grodzica, poziomu wody gruntowej [6, 7]. Tarcie w zamkach grodzic pograżonych w gruntach spoistych jest z reguły mniejsze niż w przypadku grodzic pograżonych w gruntach niespoistych. W gruntach niespoistych na tarcie w zamkach mają wpływ trzy czynniki: stopień zagęszczenia, krzywa uziarnienia i występowanie wody gruntowej. Im mniejsza porowatość gruntu tym większe tarcie w zamkach. Z kolei woda gruntowa nie tylko lubryfikuje zamki grodzic, ale także wywołuje ciśnienie porowe, co zmniejsza naprężenia na styku ziaren gruntowych, a w trakcie wwbrowywania grodzicy wpływa na wyciskanie gruntu sypkiego z zamków. Oczywiście najmniejsze tarcie w zamkach występuje w przypadku, gdy ścianka podtrzymuje jedynie wodę. Zamki są w takim wypadku puste lub, co gorsze, wypełnione środkiem uszczelniającym, który je smaruje i zmniejsza w nich tarcie;
- metody pograżania grodzic [6, 7]. Od tego czy grodzice są wbijane, wwbrowywane czy wciskane statycznie zależy, w jakim stopniu grunt w zamkach grodzic jest zagęszczany. Największe zagęszczenie gruntu w zamkach, a co za tym idzie, zapewnienie największego tarcia w zamkach, można uzyskać wwbrowując grodzice. Natomiast przy statycznym wciskaniu grodzic grunt w zamkach nie jest wcale zagęszczany;
- wypełnienia zamków środkami uszczelniającymi lub smarującymi [6, 7]. Obecnie coraz częściej w celu zwiększenia szczelności grodzic wypełnia się ich zamki środkami uszczelniającymi. Środki te nie dopuszczają do dostania się cząsteczek gruntu, które mogą zwiększyć tarcie, do zamków grodzic oraz smarują zamki, przez co drastycznie obniżają tarcie w zamkach. Coraz częściej zdarza się,



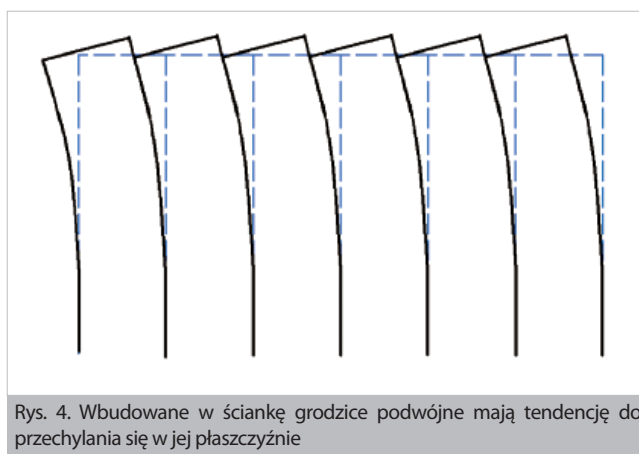
iz firmy wykonawcze, w celu zmniejszenia oporów pograżania, aplikują środek bitumiczny do zamka, aby zapobiec dostawaniu się do niego gruntu w trakcie pograżania brusew. Należy pamiętać, iż zabieg ten w wypadku stosowania grodzic typu U zmniejsza tarcie w zamkach i obniża nośność ścianki (!);

- spawania zamków grodzic [6]. Niepodważalnym faktem jest, iż zaspawane zamki grodzic przenoszą w pełni wszystkie siły ścinające. Warunkiem jest jednak zaspawanie zamków zanim dojdzie do poślizgu, czyli zapewnienie tego warunku wymaga wykonywania spoin przed przegłębieniem wykopu lub odpompowaniem wody z grodzicy. Należy jednak zastanowić się, co się dzieje w zamkach grodzic poniżej odcinka zaspawanego. Wyniki analiz [6] wskazują, że im dłuższa spoina tym lepiej. W pewnej odległości od spoiny narastające siły ścinające pokonają jednak opór sił tarcia w zamkach i dochodzi do poślizgu. W efekcie tego względem siebie przesuwają się końce grodzic u podstawy ścianki (rys. 1.b);
- gruntu u podstawy grodzicy. Jeżeli podstawa grodzicy została pograżona w podłoże skalne, to będzie ono w pewnym sensie pełniło podobną rolę do tej, jaką pełni spoina łącząca zamki na górze grodzic. O ile jednak spoina nie dopuści do przesuwu w zamkach, o tyle podstawa oparta na podłożu skalnym tylko ten przesuw utrudni. Przy oparciu podstawy ścianki na skale grodzice z jednej strony osi ścianki nie będą mogły przemieścić się w dół, ale grodzice znajdujące się po przeciwnej stronie będą wyciągane do góry;
- ilości poziomów rozparć lub kotwień [7]. Siły ścinające w ścianie wywołane podparciem ścianki zwiększają lokalnie tarcie w zamkach.

Aby zobrazować, w jakim zakresie powyższe czynniki wpływają na nośność ścianki, można podać zakres parametrów β , który był zalecany przez prenormę Eurokodu 3 – części 5 [3]. W prenormie tej wartości parametrów β_b dla ścianek z grodzic pojedynczych U mieściły się w zakresie od 0,55 do 1,0, a parametrów β_d wynosiły od 0,35 do 0,8.

Zachowanie się podwójnych grodzic typu U poddanych obciążeniu

Jednym z najbardziej popularnych, najtańszych i łatwo dostępnych sposobów na polepszenie współpracy pomiędzy grodzicami w ścianie szczelnej jest pograżanie ich jako



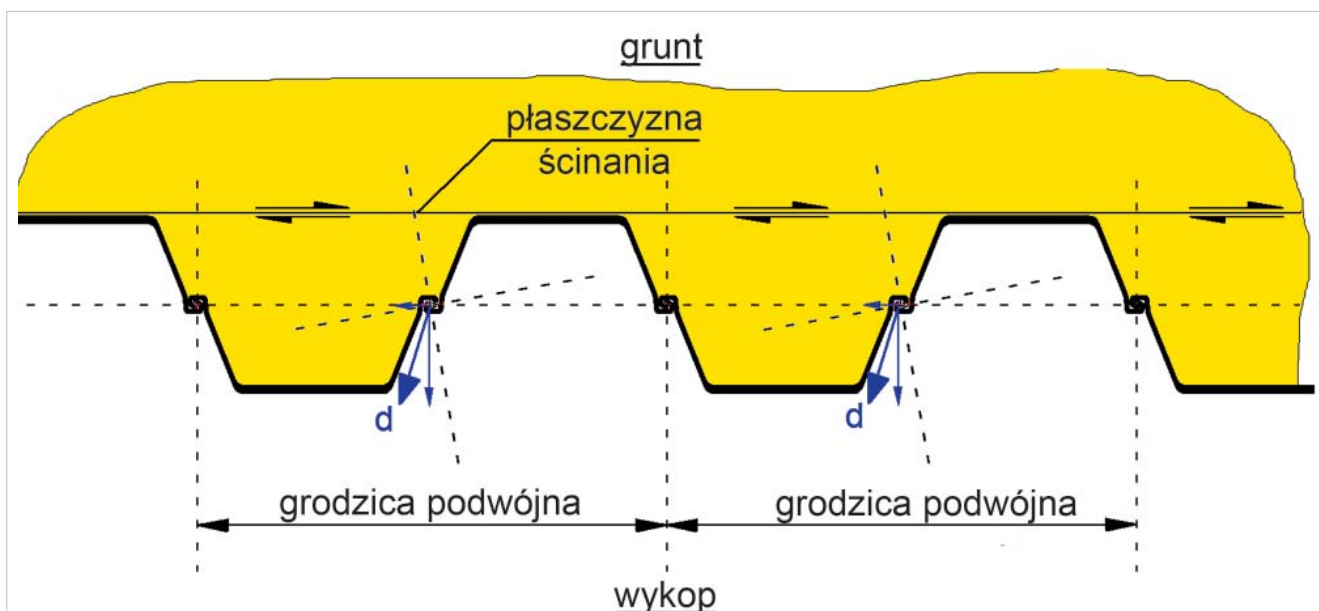
elementów podwójnych, w których łączący grodzice zamek został zaciśnięty tak, aby brusy nie przesuwaly się względem siebie. Wymagania co do rozstawu punktów zacisku i sił tnących, jakie muszą przenieść zaciski podaje Eurokod [3]. Grodzice zwykle parowane są przez producenta.

Przez wiele lat panowała opinia, iż ścianka wykonana ze sparowanych grodzic ma pełną nośność na moment zginający. Pogląd ten zaczął się jednak zmieniać, gdy wyniki obserwacji na rzeczywistych konstrukcjach [6], badań w małej skali [4] oraz przeprowadzone badania na polach badawczych [6] wykazały, że podwójne grodzice mają tendencję do obracania się w płaszczyźnie poziomej. Bardziej widocznym i łatwiej mierzalnym efektem takiego obrotu jest pochylenie się podwójnych grodzic w płaszczyźnie ścianki (rys. 4).

Ponieważ przekrój podwójnej grodzicy nie jest symetryczny, w trakcie jej zginania będzie ona dążyła do obrócenia się o kąt dewiacji przekroju. Po obrocie grodzica będzie dwukierunkowo zginana, czyli oś obojętna nie będzie równoległa do osi ścianki. Ponieważ oś obojętna nie będzie przechodziła przez osie zamków, zmniejszy się odległość pomiędzy osią obojętną a włóknami skrajnymi przekroju oraz wskaźnik wytrzymałości podwójnej grodzicy (rys. 3).

Ponieważ grodzica jest dwukierunkowo zginana, przemieszcza się także w płaszczyźnie ścianki. Schematycznie zostało to przedstawione na rys. 4. Jak można zauważyć, tu również dochodzi do poślizgu w zamkach, który tak jak w przypadku przegród wykonanych z pojedynczych grodzic typu U, ma wpływ na nośność ścianki.

Tak więc podwójna grodzica po obciążeniu obraca się,



Rys. 5. Wpływ tarcia pomiędzy gruntem, a grodzicą podwójną na jej zdolność do obrotu

przechyla w płaszczyźnie przegrody i przesuwają się w zamkach względem sąsiednich par grodzic. Nietrudno się domyślić, że utrudnienie wystąpienia powyżej opisanych obrotów i przemieszczeń zwiększy nośność ścianki. Poniżej wymieniono najważniejsze czynniki wpływające na nośność ścianki z podwójnych grodzic U:

- poślizg w zamkach pomiędzy sąsiednimi parami grodzic. Czynniki wpływające na wielkość sił tarcia w zamkach są identyczne do tych opisanych powyżej dla grodzic pojedynczych;
- konkretnego profilu grodzicy [6]. Sparowane grodzice z konkretnego profilu mają inną oś dewiacji i, co za tym idzie, mogą obracać się z mniejszym lub większym momentem dewiacji niż sparowane grodzice z innych profili;
- ilość poziomów podparć [4, 6, 7]. Kleszcze montowane na ściankach, które są elementem systemu kotwienia lub rozpięcia ścianki utrudniają obrót grodzic;
- właściwości podpieranego ośrodka [6, 7]. Przechylaniu się grodzic w płaszczyźnie ścianki przeciwdziałają siły tarcia powstające pomiędzy płaszczyznami czołowymi grodzic a ośrodkiem gruntowym (rys. 5). Tarcie to jest zależne od rodzaju gruntu i jego parametrów. W przypadku, gdy grodzica podtrzymuje wodę lub, gdy grodzica została pogrążona w rozwierconym, w celu ułatwienia pogrążania, ośrodku gruntowym, to wpływ tego czynnika jest pomijany;
- dodatkowych elementów montowanych na ściance przed i w trakcie pogłębiania wykopu, w celu utrudnienia obrotu grodzic [6, 7]. Takim elementem jest oczep żelbetowy lub przyspawywane do zewnętrznych powierzchni brusów belki stalowe;
- grunt u podstawy grodzicy [7]. Jeżeli podstawa grodzicy została pogrążona w podłoże skalne to obrót grodzicy u jej podstawy będzie utrudniony.

Zalecane przez prenormę Eurokodu 3 – część 5 [3] wartości parametrów β_b dla ścianek z grodzic podwójnych U mieściły się w zakresie od 0,8 do 1,0, a parametrów β_d wynosiły od 0,7 do 1,0. Porównując te wartości z zakresami współczynników β zalecanymi dla grodzic pojedynczych można zauważyć, jak duży wpływ ma parowanie grodzic

typu U na podniesienie efektywnej wytrzymałości i sztywności ścianki.

Głównym motywem napisania tego artykułu była chęć rozpoczęcia dyskusji na poruszony w nim temat. Mamy nadzieję, że przyczyni się on do bardziej ekonomicznego i bezpiecznego projektowania.

W jednym z kolejnych wydań „Geoinżynierii” autorzy artykułu postarają się przedstawić Czytelnikom, jakie wartości przyjmują parametry β w załącznikach krajowych Eurokodu w niektórych krajach i od jakich parametrów są one uzależnione. ■

LITERATURA

- [1] PN-EN 12063:2001 Ścianki szczelne. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych.
- [2] PN-EN 1993-5:2007 Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 5: Palowanie i grodze.
- [3] prEN 1993-5: Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 5: Piling; październik 1997.
- [4] Byfield M. P., Crawford R. J., Oblique bending in U-shaped steel sheet piles. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures & Buildings 156, strony 255-261, sierpień 2003.
- [5] Hückel S., Grodze. Warszawa, Arkady, 1959.
- [6] Kort D. A., Steel sheet pile walls in soft soils. Delft, Delft University Press, 2002.
- [7] Schmitt A., Bending behaviour of double U-sheet piles. International Sheet Piling Company, ProfilARBED, Luxembourg, 1998.
- [8] Williams S. G. O., Little J. A., Structural behaviour of steel piles interlocked at the center of gravity of the combined section. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures & Buildings 94, strony 229-238, maj 1992.
- [9] Rowe D.P., (1955) Theoretical and experimental investigation. Journ. Inst. Civ. Eng. London, Jan. 32.

autor
dr inż. Jarosław Rybak
 Politechnika Wrocławska
mgr inż. Paweł Kwarciański
 ArcelorMittal Commercial Long Polska sp. z o.o.