

Grodzice

Przyczółki mostowe | Swarzędz

PKP Polska Linia Kolejowa S.A.

MODERNIZACJA POLSKIEGO WĘZŁA KOLEJOWEGO
(LINIA KOLEJOWA E 20 SŁODKOWSKIEGO W POLSCE
NR 2001PL/16/W/19/14)

WYKONANIE PRACY WYKONAWCZYM W SWARZĘDZU

WARTOŚĆ PROJEKTU:	102,3 MLN EUR
DOTACJA Z FUNDUSZY SPÓJNOŚCI:	77,3 MLN EUR 75%
ŚRODKI KRAJOWE:	25,0 MLN EUR 25%

Projekt ten, współfinansowany przez Unię Europejską, przyczynił się do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla i gospodarczych pomocy odywotomom Unii.



450 ton grodzic AZ50 w gatunku stali S390GP - przyczółki mostowe z grodzic na linii kolejowej E20 Warszawa - Berlin



ArcelorMittal

ArcelorMittal Commercial Long Polska Sp. z o.o.
Grodzice | ul. Uniwersytecka 13 | PL-40-007 Katowice | Poland
T +48 32 603 06 06 | F +48 32 603 06 00 | www.grodzice.pl

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Sheet Piling | 66, rue de Luxembourg | L-4221 Esch/Alzette | Luxembourg
T +352 5313 3105 | F +352 5313 3290 | www.arcelormittal.com/sheetpiling



Nośność pionowa grodzic

Fot. 1. Przyczółki wiaduktu kolejowego w Swarzędzu

Grodzica jest elementem budowlanym o kształcie łączącym zalety dużej nośności na obciążenia poziome od parcia gruntu z łatwym jej pograżaniem, wrywaniem i małą masą jednostkową. W ten sposób ukształtowany element nie ma dużej nośności pionowej w gruncie. Pomimo tego istnieją takie konstrukcje stałe, w których grodzice są z powodzeniem stosowane jako elementy przenoszące na grunt obciążenia pionowe.

Wraz z pojawieniem się podpór ścianek szczelnych w postaci wykonywanych pod kątem kotew gruntowych, które powodowały także powstawanie reakcji pionowej, pojawiły się pierwsze metody obliczania nośności pionowej grodzic.

Natomiast od początku lat 80. XX w. coraz częściej wykorzystuje się zdolność grodzic do przenoszenia niewielkich obciążeń pionowych na ośrodek gruntowy. W takich stałych konstrukcjach jak parkingi podziemne, przyczółki mostów o małej rozpiętości czy tunele, grodzice nie pełnią już jedynie roli elementu obciążonego parciem gruntu i wody. Dodatkowo zaletą, którą dają wykorzystanie grodzic w wymienionych typach konstrukcji jest przyspieszenie tempa wykonywania prac budowlanych. Tę zaletę grodzic wykorzystano w trakcie budowy wiaduktu kolejowego w Lewinie Brzeskim (Fot. 2).

Mniej więcej w tym samym okresie rozpoczęto prace badawcze, których ostatecznym celem miało być dostarczenie projektantom narzędzi do bezpiecznego i ekonomicznego projektowania grodzic pracujących jak fundament palowy.

Przeprowadzone we Francji w latach 1983–1986 badania [1] polegały na znalezieniu korelacji pomiędzy wynikami sondowań in-situ wykonywanych presjometrem Menarda, sondą stożkową CPT lub presjometrem samo-wwiercającym PAF, a wynikami próbnych obciążeń pograżonej ścianki z grodzic składającej się z 4 grodzic. Dzięki przymocowaniu do grodzic na ich długości ekstensometrów można było



Fot. 2. Przyczółki wiaduktu kolejowego w Lewinie Brzeskim. Dzięki zastosowaniu rozwiązania opartego na grodzicach linia kolejowa została zamknięta jedynie na 36 godzin



Fot. 3. Kładka dla pieszych w Nowej Soli

także wyznaczyć parcia na poboczniczy i opory pod podstawą grodzicy. W opisującym te badania artykule M. Bustamante i L. Gianceselliego [1] autorzy zaproponowali także metodę obliczania nośności pionowej grodzic.

Wykorzystując wynik powyżej opisanej pracy [1] w roku 1993 cenione na całym świecie, również w Polsce, francuskie Centralne Laboratorium Dróg i Mostów z siedzibą w Paryżu (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris) opublikowało dokument „Fascicule 62 Titre V” [2]. Dokument ten przedstawia sposób obliczania nośności pionowej wciskanych i wrywanych pali z dwuteowników, pali z grodzic skrzynkowych z otwartym dnem oraz ścianki z grodzic na podstawie wyników z badań presjometrem Menarda lub sondą CPT.

Ze względu na ograniczoną objętość artykułu oraz na małą popularność presjometru Menarda, przedstawiam poniżej tylko procedurę obliczania nośności pionowej wciskanych ścianek z grodzic na podstawie wyników z sondowań in-situ sondą CPT. Zachowuje także oryginalne oznaczenia z dokumentu „Fascicule 62 Titre V”.

Obliczanie nośności pionowej grodzic

1. Wyznaczenie oporu podstawy grodzicy Q_{pu}

$$Q_{pu} = \rho_p \cdot A \cdot q_u,$$

gdzie:

A – pole podstawy pogrążanej grodzicy wg rys. 1

ρ_p – współczynnik zmniejszający pole podstawy wg tab. 2

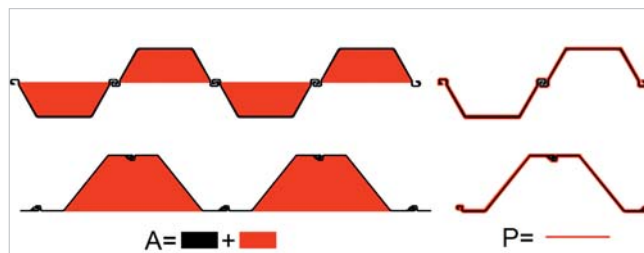
q_u – jednostkowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pala

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na fakt, że korek gruntowy wytwarza się pomiędzy ramionami pogrążanych grodzic. Z tego też względu grodzice typu Z powinny być pogrążane młotem lub wibromłotem jako podwójne. Zostało to wyraźnie pokazane na rys. 1.

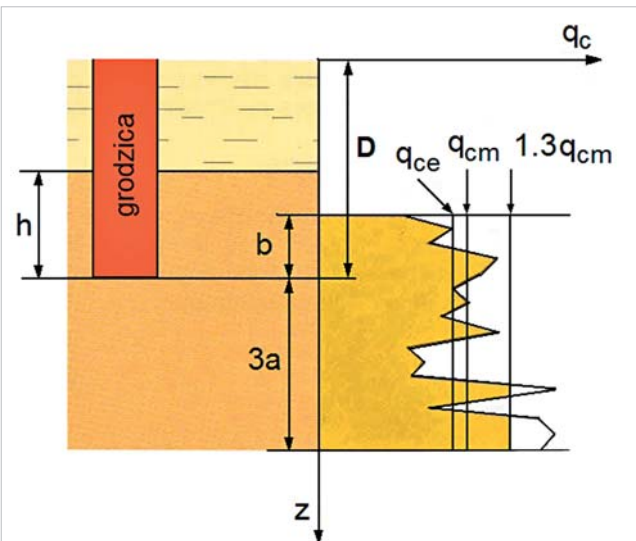
Ważnym czynnikiem wpływającym na nośność ścianki, a nie wymienionym w przedstawianym dokumencie, jest technologia pogrążania. Współczynniki brane pod uwagę w obliczaniu nośności pionowej podane w „Fascicule” [3] zostały określone dla ścianek pogrążanych przy pomocy kafara, gdyż dokument ten jest wynikiem korelacji pomiędzy próbnymi obciążeniami tak pogrążonych grodzic a badaniami in-situ wykonywanymi w miejscu pogrążania. Zdając sobie sprawę z faktu, iż nośność pionowa pali w wibrowywanych jest mniejsza od nośności pionowej pali wbijanych, przeprowadzono w roku 2002 próbne obciążenia ścianek pogrążonych tymi dwoma technologiami, aby określić jakiego rzędu są to różnice. Największe różnice w nośności pionowej grodzic w wibrowywanych i wbijanych wynosiły około 50% na korzyść tych drugich. W artykule [4], w którym zamieszczono wyniki tych badań zaproponowano, aby nośność podstawy i poboczniczy dla w wibrowywanych grodzic, obliczoną na podstawie „Fascicule” [3], obniżyć odpowiednio o 50% i 30%.

Rozwiązaniem, które może zwiększyć nośność pionową grodzic pogrążanych za pomocą wibromłota jest wbicie ostatnich 2 czy 3 metrów grodzicy.

Ponieważ coraz częściej stosuje się w Polsce urządzenia do statycznego wciskania grodzic, warto nadmienić, iż pogrążone tą technologią grodzice mają niemiejszą nośność



Rys. 1. Pola powierzchni, pola podstawy A i poboczniczy P (mierzonej po obwodzie) grodzic typu U (górny rząd) i Z (dolny rząd) przyjmowane do obliczeń



Rys. 2. Graficzne przedstawienie idei wyznaczenia uśrednionego oporu na stożku sondy CPT

pionową od grodzic wbijanych. Jest to wynikiem nienaruszania struktury gruntu oraz mobilizacji tarcia na poboczniczy w trakcie wciskania grodzic.

Wartość q_u wyznacza się z następującego wzoru:

$$q_u = k_c \cdot q_{ce},$$

gdzie:

k_c – współczynnik będący funkcją rodzaju gruntu oraz jego stanu określonego na podstawie wyników q_c odczytanego podczas badania sondą CPT (tab. 1)

q_{ce} – uśredniony opór na stożku sondy CPT określony na podstawie wzoru:

$$q_{ce} = \frac{1}{b + 3a} \cdot \int_{D+3a}^{D-b} q_{cc}(z) dz,$$

gdzie:

$b = \min \{a, h\}$

a – równe jest 0,5 m w przypadku, gdy szerokość fundamentu nie przekracza 1,0 m

h – głębokość pogrążenia podstawy grodzicy w warstwę nośną

D – głębokość, na którą pogrążono grodzicę

q_{ce} – skorygowana wartość oporów na stożku, którą użykuje się w następujący sposób:

- obliczamy średnią wartość oporów na stożku sondy q_{cm} w przedziale głębokości $b + 3a$ (rys. 2),
- pomijamy z wykresu, jeżeli taki przypadek występuje, wszystkie wartości $q_c(z)$ przekraczające wartość $1.3 q_{cm}$

Rodzaj gruntu	Klasa	Stan gruntu	q_c [MPa]	k_c
Gliny i ły	A	Plastyczna	<3.0	0.55
	B	Twardoplastyczna	3.0-6.0	
	C	Półzwarda i zwarta	>6.0	
Piaski, żwiry, pospółki	A	Luźny	<5.0	0.50
	B	Sredniozagęszczony	8.0-15.0	
	C	Zagęszczony	>20.0	

Tab. 1. Dobór współczynnika k_c w zależności od klasyfikacji gruntu na podstawie wyników z sondowań CPT [3]

2. Wyznaczenie oporu na pobocznicę grodzicy Q_{su} :

$$Q_{su} = \rho_s \cdot P \cdot \int_0^h q_s(z) dz,$$

gdzie:

ρ_s – współczynnik zmniejszający pole pobocznicę wg tab. 2

P – pole pobocznicę pogrążanej grodzicy wg rys. 1

$q_s(z)$ – jednostkowy graniczny opór gruntu wzdłuż pobocznicę na głębokości z , wyznaczony w następujący sposób:

$$q_s(z) = \min\left(\frac{q_c(z)}{\beta}; q_{smax}\right),$$

gdzie:

$q_c(z)$ – opór na stożku sondy CPT na głębokości z ,

β – parametr korygujący odczytany z tab. 3

q_{smax} – maksymalna dopuszczalna wartość jednostkowego oporu granicznego odczytana z tab. 3

3. Sprawdzenie SGN

$$Q_{max,ELU} = \frac{Q_u}{\gamma} \geq F_{ELU},$$

gdzie:

$Q_{max,ELU}$ – obliczeniowa nośność graniczna pala

γ – współczynnik bezpieczeństwa wynoszący dla pali wciskanych 1,40

F_{ELU} – suma obciążeń obliczeniowych

Q_u – charakterystyczna nośność graniczna pala obliczona na podstawie wzoru: $Q_u = Q_{pu} + Q_{su}$

4. Sprawdzenie SGU

$$Q_{max,ELS} = \frac{Q_c}{\gamma} \geq F_{ELS},$$

gdzie:

$Q_{max,ELS}$ – obliczeniowa nośność pełzania pala

γ – współczynnik bezpieczeństwa wynoszący dla pali wciskanych 1,40

F_{ELS} – suma obciążeń charakterystycznych

Q_c – charakterystyczna nośność pełzania pala obliczona na podstawie wzoru: $Q_c = 0.7 \cdot Q_{pu} + 0.7 \cdot Q_{su}$

Oczywiście, poza sprawdzeniem nośności pionowej samego pala, należy sprawdzić wyężenie przekroju samej grodzicy. Należy przy tym pamiętać, że grodzica jest również w zdecydowanej większości przypadków obciążona także momentem zginającym wywołanym parciem gruntu.

Uwagi końcowe

Dokument „Fascicule 62 Titre V” nie podaje żadnych zaleceń co do próbnych obciążeń pionowych ścianki z grodzic. W przypadku, gdyby zaistniała konieczność przeprowadzenia

Rodzaj pala	Grнты spoiste		Grнты niespoiste	
	ρ_p	ρ_s	ρ_p	ρ_s
Grodzice	0.50	1.00	0.30	0.50

Tab. 2. Współczynnik ρ [3]

Rodzaj gruntu	Klasa	β	$q_{s,max}$ [kPa]
Gliny i ły	A	-	15
	B	120	40
	C	150	80
Piaski, żwiry, pospółki	A	300	-
	B	300	-
	C	300	120

Tab. 3. Parametry korygujące β i wartości $q_{s,max}$ [3]

tych prób, należy pamiętać o tym, aby obciążać grodzice niepołączone z sąsiednimi grodzicami w zamkach. Chodzi naturalnie o wykluczenie wpływu tarcia w zamkach pomiędzy grodzicami obciążanymi a nieobciążanymi na wyniki próbnego obciążania. Zaleca się zatem pogrążyć dodatkowe grodzice w takich samych warunkach gruntowych, czyli w pobliżu ścianki, która będzie częścią budowanego obiektu. Drugim rozwiązaniem jest wyrwanie, na czas próbnego obciążania, grodzic sąsiadujących z fragmentem obciążanym i ponowne ich pogrążenie po przeprowadzonych próbnym obciążeniach.

Należy też wspomnieć, że grodzice są również wykorzystywane w fundamentach, w których same nie pracują jak pale. Przykład takiego zastosowania grodzic jest pokazany na fot. 3. W tego typu fundamentach grodzice są elementem, który nie dopuszcza do przemieszczania się gruntu obciążonego siłami pionowymi od podpieranego obiektu.

Literatura

- [1] Bustamante M., Ganeselli L.: Predicting the bearing capacity of sheet piles under vertical load; Proceedings of the 4th International Conference on Piling and Deep Foundations, Stresa (Italy), 7 – 12 April 1991.
- [2] McShane G.: Steel sheet piling used in the combined role of bearing piles and earth retaining members; Proceedings of the 4th International Conference on Piling and Deep Foundations, Stresa (Italy), 7 – 12 April 1991.
- [3] Broszura firmy ArcelorMittal: Le nouveau “Fascicule 62 titre V”.
- [4] Borel S., Bustamante M., Rocher-Lacoste F.: The comparative bearing capacity of vibratory and impact driven piles; TRANSVIB 2006. Gonin, Holeyman et Rocher-Lacoste (ed.) 2006, Editions du LCPC, Paris.

autor mgr inż. Paweł Kwarciański
ArcelorMittal Commercial Long Polska sp. z o.o.