

**OCENA NOŚNOŚCI PODŁOŻA
„BUDYNKU INWENTARSKIEGO” I „SPICHLERZA”
UNIwersytetu Rolniczego w Krakowie
W ASPEKCIE PLANOWANYCH PRAC
REKONSTRUKCYJNO-ADAPTACYJNYCH**

**EVALUATION OF THE BEARING CAPACITY
OF THE SUBSTRATUM OF “BUDYNEK INWENTARSKI”
AND “SPICHLERZ”, BUILDINGS OF THE UNIVERSITY
OF AGRICULTURE IN KRAKÓW, IN THE ASPECT
OF THE PLANNED RECONSTRUCTION-ADAPTIVE
WORKS**

Andrzej Gruchot, Eugeniusz Zawisza

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań warunków technicznych i geotechnicznych posadowienia „Budynek inwentarski” i „Spichlerza” należących do Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na potrzeby projektowania ich rekonstrukcji i adaptacji do celów dydaktycznych. Przeprowadzone badania wykazały, że obiekty są posadowione na ławach fundamentowych, na gruntach piaszczystych w stanie zagęszczonym lub bardzo zagęszczonym poniżej głębokości przemarzania. Przeprowadzona ocena nośności podłoża pozwala prognozować bezpieczne przeniesienie dodatkowych oddziaływań, które powstaną w wyniku rekonstrukcji i adaptacji obydwu obiektów.

Abstract. The work presents results of research on technical and geotechnical conditions of foundations of “Budynek inwentarski” and “Spichlerz”, buildings of the University of Agriculture in Kraków, for needs of planning their reconstruction and adaptation for educational purposes. Conducted research showed that the buildings were founded on continuous footings, on compacted or well-compacted sandy soils below the depth of freezing. The conducted evaluation of the bearing capacity of the substratum allows to

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Andrzej Gruchot, dr hab. inż. Eugeniusz Zawisza, prof. UR, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków, e-mail: rmgrucho@cyf-kr.edu.pl, kiwig@ur.krakow.pl.

forecast safe bearing additional influences which will rise as a result of the reconstruction and adaptation of both buildings.

Słowa kluczowe: ława fundamentowa, Eurokod 7, nośność podłoża

Key words: continuous footing, Eurocode 7, bearing capacity of subsoil

WSTĘP

Projektowanie rewaloryzacji starego obiektu budowlanego wymaga wcześniejszego rozpoznania warunków technicznych i geotechnicznych, których wyniki umożliwiają ocenę stanu technicznego obiektu i nośności podłoża. Właściwe rozpoznanie konstrukcji obiektu, jego fundamentów i podłoża, na którym został posadowiony, pozwala w pełni wykorzystać „rezerwy” tkwiące w jego nośności w przypadku ewentualnej rekonstrukcji.

Ocena nośności podłoża opiera się na stanach granicznych nośności (najczęściej związanych z ewentualnym wyporem gruntu spod fundamentu) i użyteczności (związanych z przekroczeniem dopuszczalnych osiadań). Nośność podłoża można określić na podstawie zmodyfikowanych rozwiązań Terzagiego dla modelu Coulomba-Mohra, a osiadanie podłoża metodami teorii sprężystości [Wiłun 2003, Motak 1988]. Aktualnie oznaczenia nośności dokonuje się zgodnie z Eurokodem 7 [PN-EN 1997-1:2008], ale ze względu na potrzebę wyjaśnienia wielu wątpliwości [Pieczyrak 2006, Sulewska i Konopka 2013] dopuszczalne jest również stosowanie rozwiązania podanego w normie PN-B-03020:1981. Obydwie normy opierają się na metodzie stanów granicznych, jednak występują różnice w sposobie określania współczynników częściowych, co powoduje uzyskiwanie różnej nośności podłoża. Jak wykazują obliczenia [Lechowicz i in. 2013] wymiary fundamentów uzyskane na podstawie Eurokodu są większe niż wynikające z normy PN-B-03020:1981 bądź podobne w przypadku prostych warunków gruntowych [Sulewska i Konopka 2013]. Eurokod 7 w przeciwieństwie do PN-B-03020:1981 nie podaje dokładnego algorytmu obliczeń, ale narzuca kryteria, które należy sprawdzić w trakcie projektowania konstrukcji.

Celem przeprowadzonych badań i obliczeń było określenie warunków technicznych i geotechnicznych posadowienia budynków „Spichlerz” i „Budynek inwentarski” Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na potrzeby projektowania ich rekonstrukcji i adaptacji do celów dydaktycznych. Budynki te są zespolone ze sobą i stanowią jeden zwarty kompleks budowlany przy ul. Balickiej 253 w Krakowie (ryc. 1); oś podłużna obu budynków znajduje się na kierunku północ-południe.



Ryc. 1. Widok części „Budynku inwentarskiego” i „Spichlerza” od strony ul. mjr. Łupaszki (fot. A. Gruchot)

Fig. 1. View of „Budynek inwentarski” and „Spichlerz” from Mjr Łupaszko Street (photo A. Gruchot)

METODYKA BADAŃ

Zakres prac badawczych obejmował ogólną charakterystykę obu budynków opartą na dokumentacji archiwalnej, rozpoznanie konstrukcji fundamentów i podłoża gruntowego na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych oraz obliczenia oporu granicznego (nośności) podłoża fundamentowego.

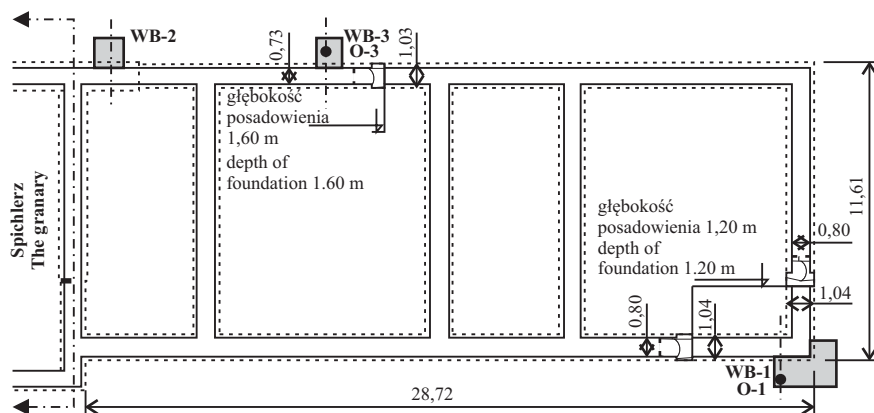
W ramach badań terenowych wykonano odkrywki mające służyć rozpoznaniu rodzaju i stanu technicznego fundamentów oraz otwory wiertnicze w celu rozpoznania warunków gruntowo-wodnych podłoża obydwu budynków.

W przypadku budynku inwentarskiego wykonano trzy odkrywki: jedną w narożu północno-wschodnim (WB-1 do głębokości 1,60 m) i dwie przy ścianie zachodniej (WB-2 i WB-3 do głębokości 2,10 m) (ryc. 2). Z dna odkrywek WB-1 i WB-3 wykonano wiercenia penetracyjne do głębokości 5,1 m (3,5–3,9 m poniżej poziomu posadowienia).

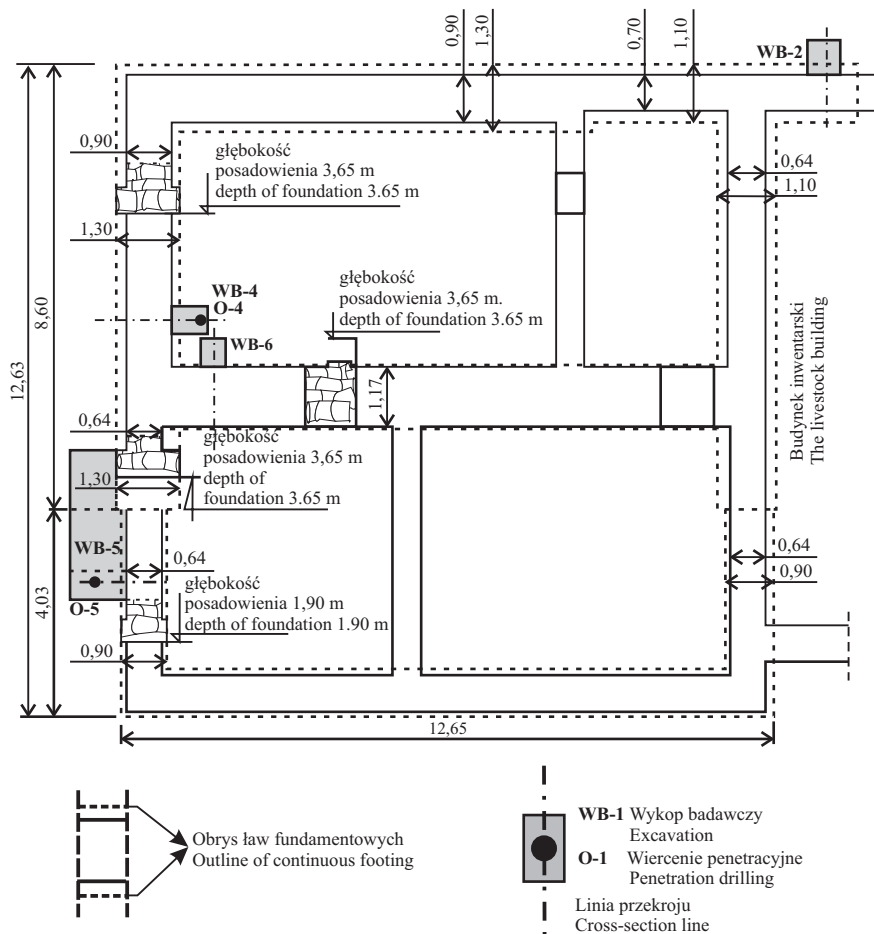
W przypadku budynku spichlerza również wykonano trzy odkrywki: jedną przy ścianie południowej (WB-5 do głębokości 2,15 m) i dwie w piwnicy (WB-4 do głębokości 4,10 m przy ścianie południowej i WB-6 do głębokości 4,0 m przy ścianie wschodniej) (ryc. 2). Z dna wykopów WB-4 i WB-5 wykonano wiercenia penetracyjne do głębokości 7,25 m w części głębszej (3,6 m poniżej poziomu posadowienia) i do głębokości 4,10 m w części płytszej (2,20 m poniżej poziomu posadowienia).

W odkrywkach na wyznaczonych poziomach (WB-1 – od 1,0 m do 1,60 m, WB-3 – od 1,50 do 2,10 m, WB-4 – od 3,50 do 4,10 m, WB-5 – od 1,60 do 2,75 m) oznaczono

a) Budynek inwentarski – The livestock building



b) Spichlerz – The granary



gęstość objętościową gruntów metodą pierścienia tnącego oraz pobrano próbki do badań laboratoryjnych. W trakcie wierceń pobrano również próbki gruntów z poszczególnych warstw do badań laboratoryjnych.

Zakres badań laboratoryjnych obejmował oznaczenie składu granulometrycznego metodą analizy sitowej, wilgotności naturalnej metodą suszarkową w temperaturze 105°C, minimalnej i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntów sypkich metodą wibracyjną, wreszcie granic konsystencji gruntów spoiwystych metodą wałeczko-wania (granica plastyczności) i metodą Cassagrandy (granica płynności). Wytrzymałość na ścinanie oznaczono w aparacie bezpośredniego ścinania w skrzynce o wymiarach 10 × 10 cm i wysokości próbki 6,95 cm z ramkami pośrednimi tworzącymi strefę ścinania o grubości 0,4 cm. Próbkę zagęszczano w skrzynce aparatu przy wilgotności i gęstości objętościowej odpowiadającej naturalnej. Konsolidację i ścinanie próbek przeprowadzono przy naprężeniach normalnych o wielkości 50, 100, 150, 200 i 400 kPa. Prędkość ścięcia wynosiła 0,5 mm · min⁻¹. Jako kryterium ścięcia przyjęto maksymalną wartość naprężeń ścinających.

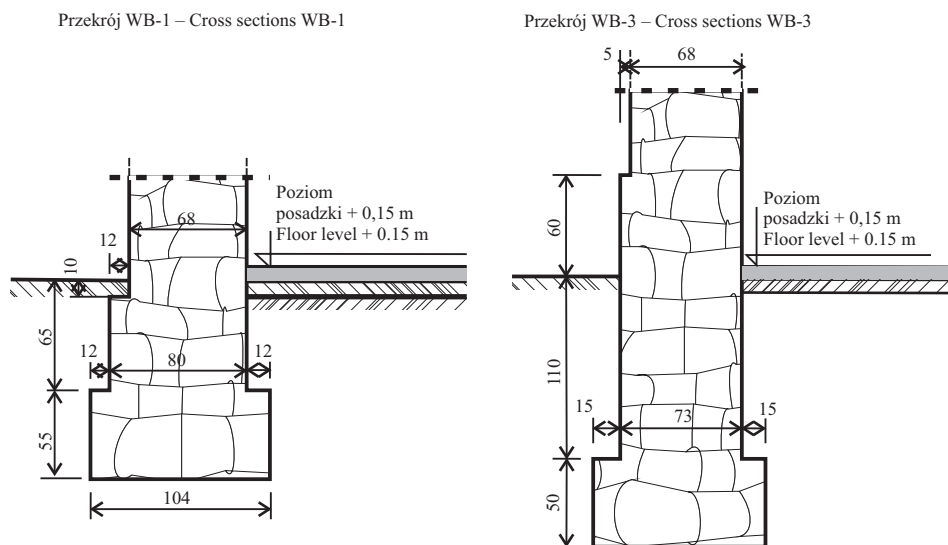
Obliczenia oporu granicznego (nośności) podłoża fundamentowego wykonano, opierając się na normach PN-B-03020:1981 i PN-EN 1997-1:2008, co pozwoliło wykazać różnice w ocenie nośności pomiędzy obydwoma metodami. Wartości charakterystyczne parametrów geotechnicznych gruntów podłoża przyjęto na podstawie bezpośrednich ich oznaczeń w badaniach laboratoryjnych. Parametry obliczeniowe ustalono, stosując współczynnik materiałowy $\gamma_m = 0,9$ w przypadku normy PN-B-03020:1981 oraz współczynnik częściowy $\gamma_M = 1,0$ w przypadku normy PN-EN 1997-1:2008.

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA FUNDAMENTÓW

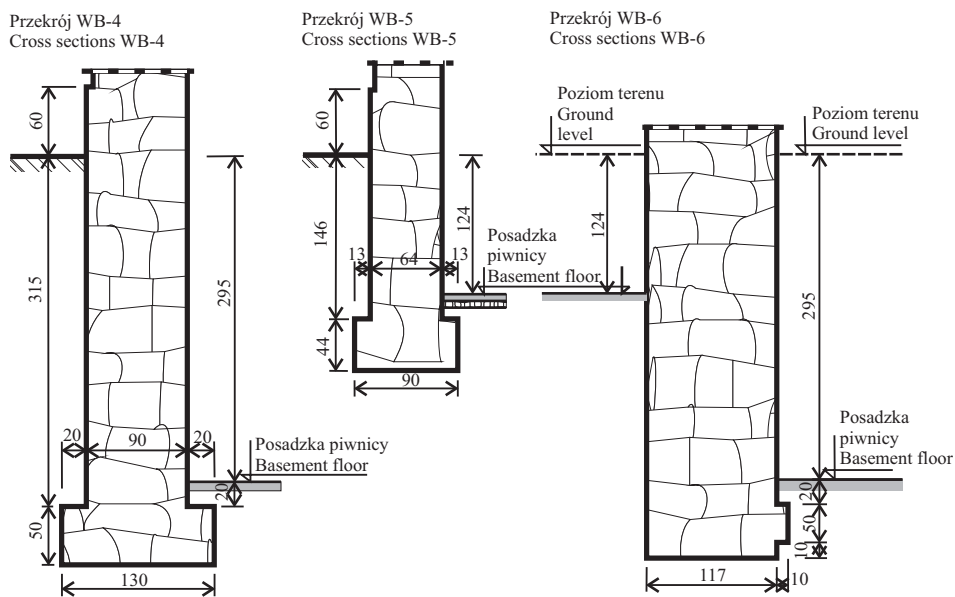
Budynek inwentarski jest obiektem parterowym, niepodpiwniczonym, o obrysie regularnego prostokąta [Bieda i in. 2011]. Zewnętrzne ściany nośne opierają się na ławach fundamentowych wykonanych z wapiennego kamienia łamanego, których głębokość posadowienia wynosi od 1,20 do 1,60 m poniżej powierzchni naziomu. Różnica w głębokości wynika z ukształtowania terenu przyległego bezpośrednio do ścian zewnętrznych. Szerokość ław wynosi nieco ponad 1 m, natomiast ich wysokość zawiera się w granicach od 0,50 do 0,55 m (ryc. 3). Posadzka pomieszczeń wewnętrznych budynku nie opiera się na ławach, ale jest wykonana na poziomie przyległego terenu.

Spichlerz jest budynkiem kilkukondygnacyjnym posadowionym na dwóch poziomach z rozbudowanym układem pomieszczeń podziemnych [Bieda i in. 2011]. Zewnętrzne ściany nośne oparte są na ławach fundamentowych wykonanych z wapiennego kamienia łamanego. Głębokość posadowienia części głębszej wynosi 3,65 m, a części płytszej 1,90 m poniżej powierzchni przyległego terenu (ryc. 4). Szerokość ław pod zewnętrznymi ścianami części głębszej wynosi 1,10 i 1,30 m, przy czym znajdująca się w części

←
Ryc. 2. Rzut fundamentów wraz z lokalizacją przekrojów, odkrywek i wierceń penetracyjnych
Fig. 2. Plan of foundations with localization of cross-sections, excavations cuts and penetration drillings



Ryc. 3. Przekroje poprzeczne łąwy fundamentowej budynku inwentarskiego
Fig. 3. Cross-sections of continuous footing of the livestock building



Ryc. 4. Przekroje poprzeczne łąwy fundamentowej spichlerza
Fig. 4. Cross-sections of continuous footing of the granary

centralnej ściana nośna, o grubości 1,17 m, oddzielająca część głębszą od płytszej, nie ma ławy, ale posadowiona jest bezpośrednio na gruncie. Wysokość ław w części głębszej wynosi 50 cm, a w części płytszej 44 cm. Ściany części podziemnej wykonane są także z wapiennego kamienia łamanego.

Należy podkreślić, że fundamenty obydwu budynków nie są zaopatrzone w żadną izolację przeciwwilgociową i ściany zewnętrzne oraz wewnętrzne części podziemnych są silnie zawilgocone.

CHARAKTERYSTYKA GEOTECHNICZNA GRUNTÓW PODŁOŻA FUNDAMENTOWEGO

Bezpośrednio pod ławami fundamentowymi budynku inwentarskiego zalegały piaski średnie, a głębiej piaski średnie z domieszką żwiru lub z cienkimi przewarstwieniami pyłów i pyłów ilasto-piaszczystych. Stopień zagęszczenia piasków zalegających bezpośrednio pod ławami fundamentowymi zawierał się w granicach od $I_D = 0,38$ do $I_D = 0,54$, co oznacza, że grunty były średnio zagęszczone i stanowiły dobre podłoże budowlane. Świadczy o tym wysoka wartość parametrów wytrzymałości na ścinanie: kąt tarcia wewnętrznego wynosił $31\text{--}32^\circ$, a spójność $5\text{--}8$ kPa (tab. 1).

Bezpośrednio pod ławami fundamentowymi spichlerza zalegały piaski średnie, poniżej których znajdowała się warstwa pyłu ilastego, a pod nią warstwy piasków średnich zapyłonych lub z domieszką żwiru. Piaski średnie w poziomie posadowienia cechowały się stopniem zagęszczenia od $I_D = 0,62$ do $I_D = 0,92$, co oznacza, że grunty te były zagęszczone oraz bardzo zagęszczone i stanowiły również dobre podłoże budowlane. Potwierdzają to wysokie parametry wytrzymałości na ścinanie: kąt tarcia wewnętrznego wynosił $34\text{--}35^\circ$, a spójność $5\text{--}7$ kPa. Generalnie w podłożu przeważały grunty piaszczyste, miejscami przewarstwione piaskami pylastymi lub pyłami ilastymi albo pyłami piaszczystymi, o konsystencji twaroplastycznej i plastycznej, a nawet miękkoplastycznej w głębszych warstwach.

Woda gruntowa znajduje się poniżej poziomu posadowienia i nie ma wpływu na warunki geotechniczne podłoża fundamentowego. Zainstalowany w głębszej części piwnicy piezometr w okresie pomiarowym od lutego 2012 do maja 2013 roku wykazał położenie zwierciadła wody gruntowej na głębokości 7,2 m w okresach o małej ilości opadów atmosferycznych oraz 5,7 m poniżej powierzchni terenu w okresach o większych opadach.

Źródłem pojawiających się zawilgoceń ław i ścian części podziemnej obydwu obiektów są wyłącznie wody opadowe infiltrujące przez przepuszczalne grunty zalegające powyżej poziomów posadowienia. Niewielkie przewarstwienia gruntów gliniasto-piaszczystych i pylasto-piaszczystych mogą zatrzymywać swobodną infiltrację wód opadowych w głąb podłoża fundamentowego i w czasie silnych oraz długotrwałych opadów mogą na nich tworzyć się niewielkie soczewki wód zawieszonych.

Tabela 1. Właściwości geotechniczne gruntów w poziomie posadowienia analizowanych obiektów
Table 1. Geotechnical characteristics of soils at the foundation level of the analysed buildings

Parametr – Parameter	Wartość – Value			
Budynek – Building	Budynek inwentarski The livestock building		Spichlerz The granary	
Przekrój badawczy – Cross-section	WB-1	WB-3	WB-4	WB-5
Zawartość frakcji – Fraction content, %:				
• żwirowa – gravel 63–2 mm	–	–	0,03	0,10
• piaskowa – sand 2–0,063 mm	95,03	92,47	94,60	96,52
• pyłowa z iłową – silt with clay < 0,063 mm	4,97	7,53	5,37	3,36
Nazwa gruntu wg: Name of the soil according to: PN-EN ISO 14688-2:2006				
	MSa	MSa	MSa	MSa
Wilgotność – Moisture content, %				
	3,2–5,2	3,4–6,0	2,9–6,2	2,9–5,9
Gęstość objętościowa, t · m ⁻³ Bulk den sity, t · m ⁻³				
	1,66–1,73	1,74–1,79	1,79–1,89	1,72–1,75
Stopień zagęszczenia Density index				
	0,38	0,54	0,92	0,62
Kąt tarcia wewnętrznego, ° Angle of internal friction, °				
	30,9	32,2 30,9	34,8 34,2	37,1 33,4
Spójność, kPa Cohesion, kPa				
	5,4	8,4 7,1	5,4 7,0	0 0

OBLICZENIA OPORU GRANICZNEGO PODŁOŻA FUNDAMENTOWEGO

Opór graniczny podłoża gruntowego (Q_d) zgodnie z PN-B-03020:1981 obliczono z równania:

$$Q_d = m \cdot Q_f = m \cdot B \cdot L \cdot \left[\begin{aligned} & \left(1 + 0,3 \frac{B}{L} \right) \cdot N_C \cdot c^{(r)} \\ & + \left(1 + 1,5 \frac{B}{L} \right) \cdot N_D \cdot \rho_D^{(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \\ & + \left(1 - 0,25 \frac{B}{L} \right) \cdot N_B \cdot \rho_B^{(r)} \cdot g \cdot B \end{aligned} \right] \quad (1)$$

Natomiast opór graniczny podłoża (R_d) zgodnie z [PN-EN 1997-1:2008] obliczono z równania:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \left[\frac{A' \cdot (c_k \cdot N_c \cdot s_c + q' \cdot N_q \cdot s_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma)}{\gamma_R} \right] \quad (2)$$

gdzie:

- Q_d – wartość obliczeniowa oporu granicznego [PN-B-0320:1981], kN,
- R_d – wartość obliczeniowa oporu granicznego [PN-EN 1997-1:2008], kN,
- Q_f – wartość charakterystyczna oporu granicznego [PN-B-0320:1981], kN,
- R_k – wartość charakterystyczna oporu granicznego [PN-EN 1997-1:2008], kN,
- m – współczynnik korekcyjny, $m = 0,9$ [PN-B-0320:1981],
- γ_R – współczynnik częściowy, $\gamma_R = 1,4$ [PN-EN 1997-1:2008],
- $A' = B' \cdot L'$ – efektywne pole powierzchni fundamentu, m^2 ,
- $B' = B - 2e_B$, $L' = L - 2e_L$ – efektywna szerokość i długość fundamentu, m,
- $\bar{B} = B - 2e_B$, $\bar{L} = L - 2e_L$ – efektywna szerokość i długość fundamentu, m,
- B, L – szerokość i długość podstawy fundamentu, m,
- D_{min} – głębokość posadowienia mierzona od najniższego poziomu terenu przy fundamencie, m,
- $\rho_D^{(r)}$, $\rho_B^{(r)}$ – obliczeniowa średnia gęstość objętościowa gruntów powyżej i poniżej poziomu posadowienia, $t \cdot m^{-3}$,
- γ' – charakterystyczna wartość efektywnego ciężaru objętościowego gruntu poniżej poziomu posadowienia, $kN \cdot m^{-3}$,
- q' – charakterystyczna wartość efektywnego naprężenia od nadkładu w poziomie posadowienia fundamentu, kPa,
- $c^{(r)} = 0,9 \cdot c_k$, $\phi^{(r)} = 0,9 \cdot \phi_k$ – obliczeniowa wartość spójności i kąta tarcia wewnętrznego gruntu zalegającego bezpośrednio poniżej poziomu posadowienia, kPa,
- c_k, ϕ_k – charakterystyczna wartość spójności i kąta tarcia wewnętrznego gruntu zalegającego bezpośrednio poniżej poziomu posadowienia, kPa,
- N_c, N_D, N_B – współczynniki nośności obliczone w oparciu o obliczeniową wartość kąta tarcia wewnętrznego $\phi^{(r)}$,
- N_c, N_q, N_γ – współczynniki nośności obliczone w oparciu o charakterystyczną wartość kąta tarcia wewnętrznego ϕ_k ,
- s_c, s_q, s_γ – współczynniki kształtu podstawy fundamentu,
- g – przyspieszenie ziemskie, $m \cdot s^{-2}$.

Ze względu na charakter obciążenia łąw fundamentowych, to jest przy braku obciążenia poziomego w obliczeniach przyjęto, że współczynniki nachylenia obciążenia wynoszą $i_c = i_q = i_\gamma = 1$.

Z uwagi na występowanie w podłożu średnio zagęszczonych i zagęszczonych piasków średnich w obliczeniach oporu granicznego pominięto spójność. Założono, że uzyskana z badań spójność jest pozorna i wynika z zazębienia się ziaren.

Wyniki obliczeń wykazały, że wartości oporu granicznego podłoża, określone według PN-B-03020:1981 (tab. 2) lub PN-EN 1997-1:2008 (tab. 3), różnią się między sobą

dla tych samych wymiarów ław i tego samego podłoża. Wartości obliczeniowe oporu granicznego uzyskane z obliczeń przeprowadzonych zgodnie z PN-B-03020:1981 były ogólnie od 3 do 20% większe od odpowiednich wartości obliczonych zgodnie z PN-EN 1997-1:2008. Proponuje się, żeby dla potrzeb projektowania rekonstrukcji i adaptacji obu budynków przyjmować wartości bardziej ostrożne.

Tabela 2. Wyniki obliczeń oporu granicznego (nośności) podłoża analizowanych obiektów zgodnie z PN-B-03020:1981

Table 2. The results of calculations of the ultimate resistance (bearing capacity) of the subsoil of the analyzed buildings according to PN-B-03020:1981

Parametr – Parameter		Wartość – Value					
Budynek – Building		Budynek inwentarski The livestock building		Spichlerz The granary			
		WB-1	WB-3	WB-4	WB-6	WB-5	
Przekrój badawczy Cross section							
Szerokość ławy, m Width of continuous footing, m	B	1,04	1,03	1,30	1,17	0,90	
Długość ławy, m Length of continuous footing, m	L			1,0			
Głębokość posadowienia, m Depth of foundation, m	D_{\min}	1,20	1,60	0,70		0,60	
Nazwa gruntu – Soil name		–	MSa	MSa	MSa	MSa	
Gęstość objętościowa, $t \cdot m^{-3}$ Bulk den sity, $t \cdot m^{-3}$			1,55	1,58	1,66	1,56	
Kąt tarcia wewnętrznego, ° Angle of internal friction, °		$\varphi^{(r)}$	27,8	27,3	31,1		
Współczynnik nośności Bearing capacity coefficient		N_C	25,44	24,43	32,80		
		N_D	14,42	13,59	20,75		
		N_B	5,31	4,87	8,92		
Charakterystyczny opór graniczny, kN Characteristic value of ultimate resistance, kN		Q_f	762,8	947,1	1063,9	895,6	487,7
Obliczeniowy opór graniczny, kN Design value of ultimate resistance, kN		Q_d	686,5	852,4	957,5	806,0	438,9

Tabela 3. Wyniki obliczeń oporu granicznego (nośności) podłoża analizowanych obiektów zgodnie z PN-EN 1997-1:2008

Table 3. The results of calculations of the ultimate resistance (bearing capacity) of the subsoil of the analyzed buildings according to PN-EN 1997-1:2008

Parametr – Parameter	Wartość – Value					
	Budynek – Building	Budynek inwentarski The livestock building		Spichlerz The granary		
Przekrój badawczy Cross section		WB-1	WB-3	WB-4	WB-6	WB-5
Szerokość ławy, m Width of continuous footing, m	B	1,04	1,03	1,30	1,17	0,90
Długość ławy, m Length of continuous footing, m	L		1,0			
Głębokość posadowienia, m Depth of foundation, m	D	1,20	1,60	0,70		0,60
Nazwa gruntu – Soil name	–	MSa	MSa	MSa	MSa	MSa
Ciężar objętościowy, $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ Unit weight, $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	γ'	16,58	17,76	17,36		16,97
Nacisk, kPa Pressure, kPa	q'	20,25	27,62	12,64		10,08
Kąt tarcia wewnętrznego, ° Angle of internal friction, °	φ_k	30,9	30,3	34,5		
Współczynnik nośności Bearing capacity coefficient	N_c	32,41	30,87	44,09		
	N_q	20,39	19,04	31,30		
	N_γ	23,21	21,08	41,65		
Współczynnik kształtu Shape coefficient	s_c	1,59	1,55	1,58	1,51	
	s_q	1,53	1,52	1,59	1,52	
	s_γ	0,69	0,69	0,70	0,73	
Charakterystyczny opór graniczny, kN Characteristic value of ultimate resistance, kN	R_k	802,0	960,5	1265,4	1090,6	642,0
Obliczeniowy opór graniczny, kN Design value of ultimate resistance, kN	R_d	572,9	686,1	903,9	779,0	458,6

Dla ław pod zewnętrznymi ścianami nośnymi budynku inwentarskiego można przyjmować dopuszczalne obciążenie obliczeniowe $V_r = 573 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$. Dla ław pod zewnętrznymi ścianami nośnymi spichlerza można przyjmować:

- dla ławy o szerokości 1,30 m posadowionej na głębokości 3,65 m, $V_r = 904 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$,
- dla ławy o szerokości 0,90 m posadowionej na głębokości 1,90 m, $V_r = 459 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$,
- dla muru o szerokości 1,17 m posadowionego na głębokości 3,65 m, $V_r = 779 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$.

Należy podkreślić, że podane wartości odnoszą się do podłoża gruntowego pod ławą, a nie uwzględniają wytrzymałości materiału samej ławy ani ściany nośnej na niej opartej.

PODSUMOWANIE

Jak wykazały badania, obydwa obiekty są posadowione na ławach fundamentowych, na gruntach piaszczystych w stanie zagęszczonym lub bardzo zagęszczonym, poniżej głębokości przemarzania, która zgodnie z PN-B-03020:1981 dla Krakowa wynosi 1,0 m.

Ocena nośności podłoża pozwala prognozować bezpieczne przeniesienie dodatkowych obciążeń, które powstaną w wyniku rekonstrukcji i adaptacji obydwu obiektów. Obliczenia wykazały, że przyjęcie różnych współczynników częściowych do określania obliczeniowych parametrów gruntów, przy tych samych założeniach obliczeniowych powoduje dość znaczne różnice w uzyskiwanych wartościach oporu granicznego podłoża. W przypadku analizowanych obiektów wartości obliczeniowego oporu granicznego podłoża wynoszą od 459 do 904 kN · m⁻¹, w zależności od szerokości ławy fundamentowej i głębokości posadowienia.

PIŚMIENNICTWO

- Bieda W., Herbut P., Wąs K., 2011. Inwentaryzacja spichlerza i budynku inwentarskiego. Dokumentacja techniczna. Katedra Budownictwa Wiejskiego UR Kraków, maszynopis.
- Lechowicz Z., Kiziewicz D., Wrzesiński G., 2013. Ocena nośności podłoża w warunkach bez odpływu pod stopą fundamentową obciążoną mimośrodowo według Eurokodu 7. Acta Sci. Pol., Architectura 12(3), 51–60.
- Motak E., 1988. Fundamenty bezpośrednie. Wzory, tablice, przykłady. Arkady Warszawa.
- Pieczyrak J., 2006. Nośność graniczna podłoża gruntowego według PN-81/B-03020 i EUROKODU 7. Zesz. Nauk. Polít. Białost., Budownictwo 28(2), 197–211.
- PN-B-03020:1981. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. Polski Komitet Normalizacyjny Warszawa.
- PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne. Polski Komitet Normalizacyjny Warszawa.
- PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikacji. Polski Komitet Normalizacyjny Warszawa.
- Sulewska M., Konopka R., 2013. Analiza nośności granicznej podłoża pod stopą fundamentową według PN-EN 1997-1 (2008) i PN-81/B-03020 (1981). Przegl. Nauk., Inżyn. Kształt. Środ. 60, 188–207.
- Wiłun Z., 2003. Zarys geotechniki. WKŁ Warszawa.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 24.03.2014