

0 projektowaniu ściany szczelinowej

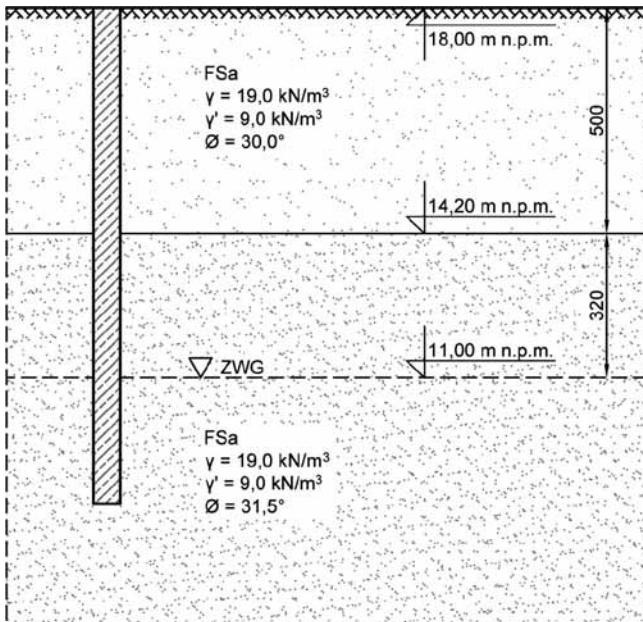
Dr hab. inż. Andrzej Ambroziak, prof. PG, mgr inż. Wojciech Moroz,
Politechnika Gdańska

1. Wprowadzenie

Ściany szczelinowe wykorzystywane są głównie jako obudowy głębokich wykopów [19]. Popularność ścian szczelinowych wynika z ich znacznej sztywności oraz faktu, iż technologia ta pozwala na prowadzenie prac w terenach gęsto zabudowanych [23]. W metodach obliczeniowych ścian szczelinowych można wyróżnić trzy główne grupy: metodę klasyczną, metodę modułu sztywności podłoża oraz metodę elementów skończonych. W metodzie klasycznej ścianę modeluje się, jako statycznie wyznaczalny ustrój prętowy, który obciąża się liniowym parciem i odporem gruntu. Siły poprzeczne w danym przekroju wyznacza się jako sumę sił nad tym przekrojem, a momenty oblicza się jako sumę momentów tych sił względem przekroju. Metody klasyczne są szczegółowo opisane w literaturze, a podstawową pozycją stanowi opracowanie [25]. W metodzie podłoża sprężystego, nazywaną metodą modułu sztywności podłoża [1], ustrój belkowy przyjmuje się jako statycznie niewyznaczalny, obciążony liniowym parciem gruntu oraz nieznaną wartością odporu. Metoda ta pozwala na uwzględnienie nieliniowego zachowania się ośrodka gruntowego oraz jego współpracy ze ścianą. Wykorzystuje się tu analog sprężynowy, który pozwala uwzględnić zależność między przemieszczeniem ściany w stronę wykopu a wartościami mobilizowanego odporu. Określa się podatność podpór oraz maksymalną siłę, jaką mogą przenieść na danej głębokości. Siłę tę określa efektywny odpór graniczny wyznaczany metodami klasycznymi. Metoda elementów skończonych jest metodą najbardziej kompleksową. Pozwala na określenie nie tylko sił wewnętrznych i przemieszczeń ściany w każdej z faz realizacji, ale także na sprawdzenie oddziaływań wykopu na otoczenie oraz stateczności ściany. Za pomocą metody elementów skończonych modeluje się płaski lub trójwymiarowy model zawierający wszystkie elementy konstrukcji oraz współpracujący masyw gruntowy. Do opisu ośrodka gruntowego stosowane są następujące modele gruntów (m.in. [4]): modele sprężysto-idealnie plastyczne o stowarzyszonym prawie płynięcia i izotropowej powierzchni plastyczności: Coulomba-Mohra, Tresca, Hubera-Misesa-Hencky'ego, Druckera-Pragera; modele sprężysto-plastyczne o wzmocnieniu izotropowym typu objętościowego, tzn. klasyczne modele stanu krytycznego: Cam Clay, Modified Cam Clay, modele stanu krytycznego o wzmocnieniu kombinowanym, np. Novy, modele „cap” o wzmocnieniu kombinowanym, np. Prévosta-Höega, Vermera. Współpracę gruntu i ściany uwzględnia się poprzez odpowiednie skalibrowanie elementów kontaktowych wprowadzonych na granicy obu elementów.

Zasadnicze wymagania dla wykonawstwa ścian szczelinowych

zarówno jako ścian oporowych, jak i przesłon opisuje norma PN-EN 1538 [28]. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż norma ta w swoim zakresie opisuje jedynie konstrukcje wykonane w szczelinie zrealizowanej przy użyciu zawiesziny lub na sucho, gdzie grunt jest wydobywany i zastąpiony betonem lub mieszaninami samoutwardzającymi dla grubości ścian ≥ 40 cm. Tematyka ścian szczelinowych jest przedmiotem wielu prac naukowo-badawczych i inżynierskich. Technologię budowy ścian szczelinowych i pomiarów osiadań oraz pionowych deformacji fundamentów budynków pod wpływem wykonywania w sąsiedztwie głębokich wykopów opisano w [9]. Pomiar przemieszczeń poziomych ściany szczelinowej stanowiącej obudowę wykopu trzykondygnacyjnej części podziemnej budynku przedstawiono w [11]. Problematykę projektowania i realizacji głębokich wykopów, zabezpieczonych kotwionymi ścianami szczelinowymi w warunkach zwartej zabudowy miejskiej, wpływ tych obiektów na otoczenie, wagę i znaczenie właściwej metody analizy statycznej układu ściana szczelinowa-kotwa iniekcyjna-grunt oraz dobór adekwatnego modelu konstytutywnego gruntu wraz z jego identyfikacją parametryczną opisano w [21]. Wyniki pomiarów wykonanych za pomocą inklinometru, dotyczących ściany szczelinowej stanowiącej obudowę wykopu, kotwionej w trzech poziomach kotwiami gruntowymi znajdują się w [10]. Analizy pomiarów i obliczeń oraz sposoby interpretacji przemieszczeń poziomych obudowy wykopu na stacji A-13 „Centrum” Warszawskiego Metra przedstawiono w [7]. Autorzy [7] stwierdzają, iż istotna jest właściwa ocena modułów podatności i odkształceń wynikających z początkowego stanu naprężenia i odprężenia ośrodka gruntowego. Założenia i wyniki obliczeń wspornikowej ścianki szczelnej posadowionej w piasku oraz kotwionej ścianki szczelnej stanowiącej nabrzeże portowe pokazuje [14]. Wybrane zagadnienia związane z projektowaniem i budową ścian szczelinowych znajdują się w [18, 22]. Omówienia na przykładach kolejnych etapów budowy i wykonywanie elementów konstrukcyjnych ściany szczelinowej oraz kilka praktycznych rad, pomocnych podczas robót znajdziemy w [5]. Oddziaływania związane z odprężeniem i obciążeniem podłoża oraz oddziaływania związane z technologią (przyjęte rozwiązania projektowe i technologia prac) wykopu głębokiego na obiekty sąsiednie przedstawiono w [8]. Problemy projektowania ścian głębokich wykopów – w tym metod analizy statycznej, oceny warunków geotechnicznych oraz wartości parametrów wytrzymałościowych gruntów, a także zagadnień oceny przemieszczeń obudowy wykopu i jego wpływu na otoczenia znajdziemy w [20]. Wyniki numerycznej analizy rozwiązań konstrukcyjnych posadowienia budynku, w którym wykorzystano jako obudowę wykopów ściany szczelinowe,



Rys. 3. Przekrój geotechniczny

- faza 6 – po stwardnieniu betonu stropu, demontuje się rozpory.

2.2. Profil geologiczny

Profil gruntu w obrębie ściany szczelinowej przyjęto zgodnie z danymi zawartymi na rysunku 3. Wymiary grubości warstw podano w centymetrach.

2.3. Obciążenia

Przyjęty schemat obliczeniowy wraz w wyznaczonymi wartościami obciążeń od parcia i oporu gruntu przedstawiono na rysunku 4 i 5. Autorzy niniejszego artykułu przyjęli rozkład trójkątny obciążenia, niemniej w literaturze możemy znaleźć wytyczne co do przyjmowania zastępczego obciążenia parciem gruntu [19] oraz [12] do obciążania konstrukcji oporowej rozpiętej. Proponowane zwiększenie wartości obciążenia parciem gruntu wynika z faktu, iż trójkątne obciążenie jest miarodajne jedynie w fazie pracy wspornikowej, kiedy odkształcenia ściany nie są skrępowane. Dodanie rozpory do układu miejscowo dociska ścianę do gruntu. Skutkuje to koncentracją naprężeń w tym rejonie, znacznie wyrównując obciążenie po wysokości ściany.

W przypadku fazy 3 (rys. 5) oprócz obciążeń parciem i odporem gruntu należy uwzględnić podatność podpory oznaczonej jako k_r . Aby uwzględnić podatność tego elementu, należy wyznaczyć współczynnik sprężystości. Przyjęto, iż rozpora stalowa wykonana jest z rury stalowej okrągłej RO457/11 o długości $L = 11$ m. Pole powierzchni przekroju poprzecznego rury wynosi $A = 154,1 \text{ cm}^2 = 0,01541 \text{ m}^2$. Aby wyznaczyć współczynnik sprężystości k_r podpory, należy wyznaczyć współczynnik sprężystości elementu rury k_l ze wzoru:

$$k_l = \frac{EA}{L} = \frac{200 \times 10^6 \times 0,01541}{11} = 280181,8 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right], \quad (1)$$

gdzie: E – moduł sprężystości.

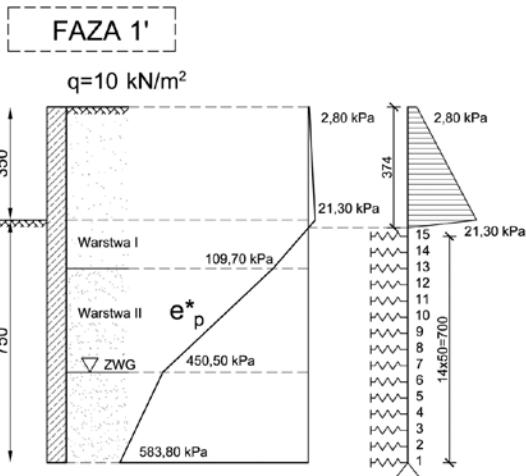
Przyjęto, iż rozstaw rozpór wynosi $r = 6$ m. Obliczenia wykonywane są na metr bieżący ściany, stąd współczynnik sprężystości modelowanej podpory wynosi:

$$k_r = k_l \times \frac{1}{r} = 280181,8 \times \frac{1}{6} = 46697,0 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] \quad (2)$$

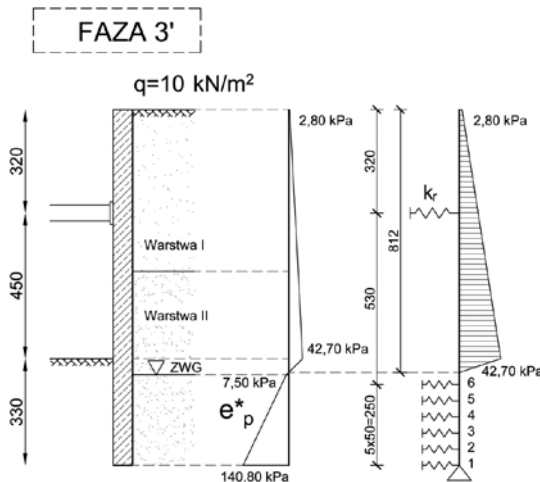
Ze względu na fakt, iż ściana szczelinowa jest konstrukcją pracującą fazowo, należy uwzględnić rzeczywiste zachowanie się konstrukcji i uwzględnić przemieszczenie węzła z rozpatrywaną podporą w fazie 1. W przeciwnym razie ściana w fazie 3 zostałaby sztucznie wypchnięta w stronę gruntu, co miałoby bezpośredni wpływ na wyniki analizy statycznej. W obliczeniach analitycznych przyjęto, że uwzględni się to, modelując rozporę jako podporę sprężysto-plastyczną z półką umiejscowioną na odcinku od 0 do wartości przemieszczenia odczytanego po wykonaniu obliczeń fazy 1.

2.4. Podpory sprężysto-plastyczne

W celu uzyskania wiarygodnego obciążenia odporem gruntu (rys. 4, 5) zamodelowano go jako podpory sprężysto-plastyczne.



Rys. 4. Schemat obliczeniowy fazy 1



Rys. 5. Schemat obliczeniowy fazy 3

W odpowiedzi na parcie czynne ściana doznaje przemieszczeń w stronę wykopu, mobilizując reakcje w gruncie proporcjonalne do wielkości przemieszczenia danego punktu. Po osiągnięciu reakcji odpowiadającej efektywnemu odporowi granicznemu (oznaczenie e_p^* na schematach) następuje plastyczne płynięcie ośrodka i redystrybucja obciążenia na obszary sąsiednie. Zastosowane tu równanie siły sprężystości wygląda następująco:

$$E_p = k_h \times x \quad (3)$$

gdzie:

E_p – siła odporu gruntu,

k_h – moduł podatności poziomej podłoża,

x – przemieszczenie poziome ściany.

Znając wielkość efektywnego parcia granicznego, można ustalić lokalizację półki plastycznej na wykresie:

$$x_{gr} = \frac{E_{p,gr}}{K_h} \quad (4)$$

gdzie:

$E_{p,gr}$ – siła odpowiadająca odporowi granicznemu,

K_h – wyznaczony współczynnik sprężystości podpory,

x_{gr} – graniczne przemieszczenie, po którym następuje plastyczne płynięcie ośrodka.

Wartość modułu podatności podłoża wyznaczono zgodnie ze wzorem A. Monneta [19]:

$$k_h = \left[20EI \left(\frac{K_p g \left(1 - \frac{K_0}{K_p} \right)^4}{y_0} \right)^{\frac{1}{5}} \right] \quad (5)$$

gdzie:

EI – sztywność ściany szczelinowej,

K_p – współczynnik parcia biernego,

g – ciężar objętościowy gruntu,

K_0 – współczynnik parcia spoczynkowego,

y_0 – charakterystyczne przemieszczenie poziome.

Do wyznaczenia wartości modułu podatności podłoża przyjęto następujące dane:

$$k_h = \left[20 \times 594000 \left(\frac{5,95 \times 19 \left(1 - \frac{0,48}{5,95} \right)^4}{0,015} \right)^{\frac{1}{5}} \right] = 30720 \left[\frac{\text{kPa}}{\text{m}} \right] \quad (6)$$

Należy zwrócić uwagę, że wyznaczona wartość modułu podatności podłoża osiąga tę wartość dopiero na pewnej głębokości, gdzie grunt osiąga pełną sztywność. Dla piasków średnio zagęszczonych przyjmując można, że k_h osiąga wyznaczoną wartość na głębokości 5 m poniżej pierwotnego poziomu terenu i narasta do niej liniowo od zera [13].

Wyznaczone charakterystyki podpór sprężysto-plastycznych przyjmowane w obliczeniach dla fazy 1 i fazy 3 zestawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Charakterystyka podpór sprężysto-plastycznych dla fazy 1

Nr	z [m]	e_p^* [kPa]	$E_{p,gr}$ [kN]	k_h [kPa/m]	K_h [kN/m]	x_{gr} [m]
15	4,0	22,4	11,2	24576	12288	0,00091
14	4,5	66,0	33,0	27648	13824	0,00239
13	5,0	109,7	54,9	30720	15360	0,00357
12	5,5	163,0	81,5	30720	15360	0,00531
11	6,0	216,2	108,1	30720	15360	0,00704
10	6,5	269,5	134,8	30720	15360	0,00877
9	7,0	322,7	161,4	30720	15360	0,01050
8	7,5	376,0	188,0	30720	15360	0,01224
7	8,0	429,2	214,6	30720	15360	0,01397
6	8,5	484,8	242,4	30720	15360	0,01513
5	9,0	488,6	244,3	30720	15360	0,01590
4	9,5	512,4	256,2	30720	15360	0,01668
3	10,0	536,2	268,1	30720	15360	0,01745
2	10,5	560,0	280,0	30720	15360	0,01823
1	11,0	583,8	291,9	30720	15360	0,01900

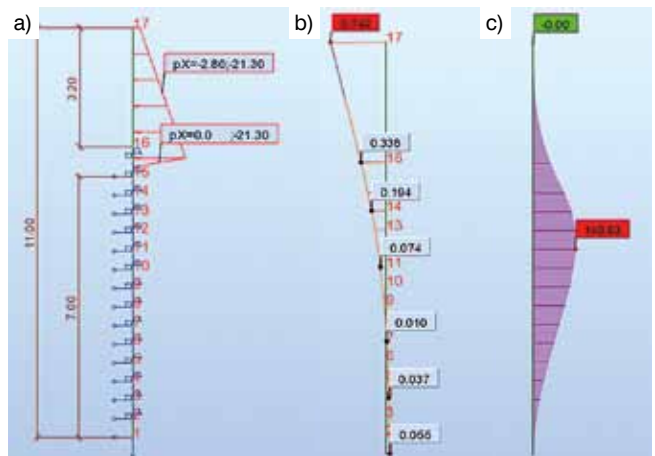
Tabela 2. Charakterystyka podpór sprężysto-plastycznych dla fazy 3

Nr	z [m]	e_p^* [kPa]	$E_{p,gr}$ [kN]	k_h [kPa/m]	K_h [kN/m]	x_{gr} [m]
6	8,5	21,8	10,9	30720	15360	0,00071
5	9,0	45,6	22,8	30720	15360	0,00148
4	9,5	69,4	34,7	30720	15360	0,00226
3	10,0	93,2	46,6	30720	15360	0,00303
2	10,5	117,0	58,5	30720	15360	0,00381
1	11,0	140,8	70,4	30720	15360	0,00458

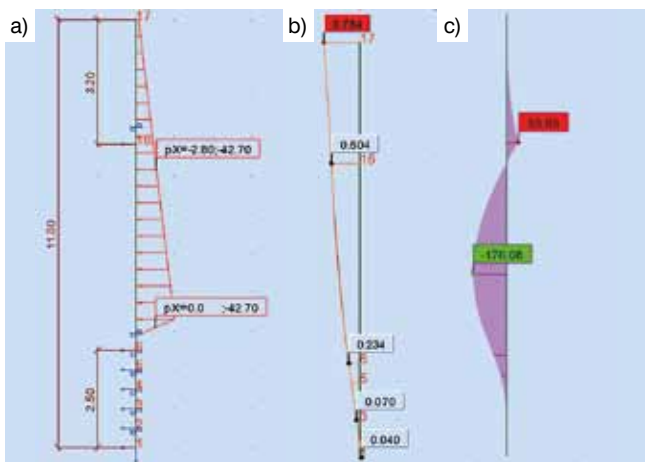
3. Analiza numeryczna

3.1. Wyniki analizy numerycznej

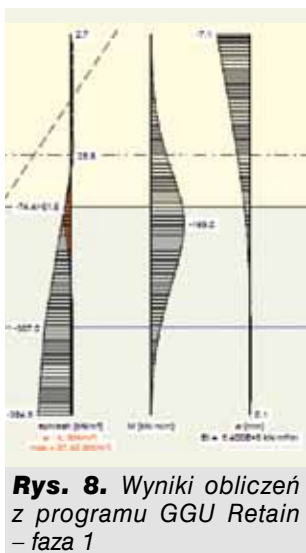
Dla przyjętych modeli obliczeniowych wykonano obliczenia, wykorzystując program Autodesk Robot Structural Analysis.



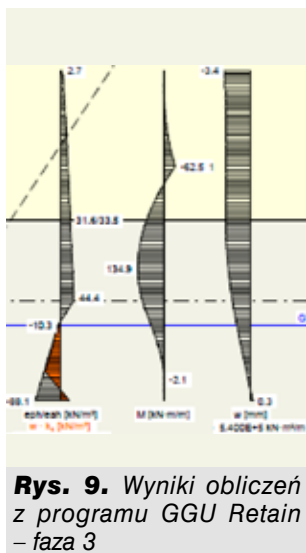
Rys. 6. Wyniki obliczeń – faza 1: a) schemat obliczeniowy, b) wykres przemieszczeń (cm) od kombinacji SGU, c) wykres momentów (kNm/m) od kombinacji SGN



Rys. 7. Wyniki obliczeń – faza 3: a) schemat obliczeniowy, b) wykres przemieszczeń (cm) od kombinacji SGU, c) wykres momentów (kNm/m) od kombinacji SGN



Rys. 8. Wyniki obliczeń z programu GGU Retain – faza 1



Rys. 9. Wyniki obliczeń z programu GGU Retain – faza 3

Ścianę modelowano jako element prętowy (element rama 2D) o przekroju 60×100 cm i długości 11 m, wykonany z betonu C30/37. Model obliczeniowy i wyniki od kombinacji SGU i SGN przedstawiono na rysunku 6 i 7. Współczynniki materiałowe i bezpieczeństwa przyjęte według [27]. Obciążenia podane są w kN/m, a wymiary w metrach.

Zrzuty ekranu z obliczeń wykonanych za pomocą programu GGU Retain, które stanowiły podstawę przy projektowaniu ściany szczelinowej wykonanej w budynku Alchemia w Gdańsku przedstawiono na rysunku 8 i 9 [26]. Program GGU Retain ocenia wprowadzoną konstrukcję za pomocą metody parć zależnych. Tabełacyjne zestawienie maksymalnych wartości otrzymanych ze stanów SGU i SGN przedstawiono w tabeli 3.

4. Podsumowanie

Porównując przedstawione wyniki obliczeń, zauważa się nieznaczną rozbieżność wyników z jednoczesnym zachowaniem charakteru wykresów sił wewnętrznych i przemieszczeń. Jako powody tych rozbieżności można wymienić następujące elementy:

Tabela 3. Porównanie wyników obliczeń

Analiza	GGU Retain	Analiza własna	Różnica
Faza 1			
Moment zginający [kN/m]	169,0	146,8	13%
Maksymalne przemieszczenie [mm]	7,1	7,4	4%
Faza 3			
Moment zginający [kN/m]	134,9	170,0	26%
Maksymalne przemieszczenie [mm]	3,4	7,6	124%

- w obliczeniach numerycznych w programie GGU Retain [26] przyjęto wartość modułu podatności podłoża równą 100 MPa. Uzasadnienia przyjęcia tak wysokiej wartości nie znaleziono w literaturze. W niniejszych obliczeniach weryfikujących przyjęto wartość wyznaczaną w (6),

- analizując obliczenia [26] zwrócono uwagę, że poziom zamocowania rozpory nie doznaje dodatkowych przemieszczeń w porównaniu do fazy 1, co sugeruje, że została wprowadzona jako podpora sztywna lub model nie uwzględnił wstępnego przemieszczenia ściany w chwili jej montażu. Obie te możliwości miałyby bezpośredni wpływ na momenty przęsłowe. W przypadku analizowanej ściany rozbieżności uzyskane w wynikach analizy statycznej nie miały wpływu na wymiarowanie zbrojenia. Decydującym warunkiem były wymagania konstrukcyjne (ø20 w rozstawie co ok. 25 cm), które są zgodne z zaleceniami [12]. Wymagania te wynikają z konieczności zapewnienia odpowiedniej sztywności kosza, który musi zostać przetransportowany na plac budowy, a następnie umieszczony w szczelinie. Kosze zbrojeniowe oprócz prętów głównych zawierają zarówno dodatkowe skośne pręty usztywniające, elementy dystansujące obie siatki, marki do mocowania rozpór, jak i zawiesia transportowe itp.

BIBLIOGRAFIA

[1] Balay J., Recommandations pour le choix des paramtres de calcul des écrans de soutnement par la méthode aux modules de réaction. LCPC, Paryż, 1984, str. 24

[2] Barański M., Popielski P., Szczepański T., Wrona M., Analiza możliwości weryfikacji modelu numerycznego na podstawie pomiarów i badań wykonanych w trakcie realizacji obiektu, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 1/2007, str. 1–14

[3] Grodecki M., Modelowanie numeryczne statyki ścianek szczelnych i szczelinowych, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2007

[4] Gryczmański M., Wprowadzenie do opisu sprężysto-plastycznych modeli gruntów, Wyd., KILiW PAN, IPPT PAN, Studia z zakresu inżynierii 40/1995, str. 156

[5] Grzegorzewicz K., Projektowanie i wykonawstwo ścian szczelinowych, Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele 3/2005, str. 43–51

[6] Grzegorzewicz K., Rychlewski P., Ściany szczelinowe jako konstrukcje oporowe. Inżynieria i Budownictwo 7-8/2007, str. 397–398

[7] Horodecki G. A., Bolt A. F., Dembicki E., Przemieszczenia ścian szczelinowych stanowiących obudowy wykopów głębokich. XLIX KONFERENCJA NAUKOWA Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB Krynica 2003, tom V, str. 33–40

[8] Horodecki G.A., Oddziaływania środowiskowe wykopów głębokich

w terenach zurbanizowanych, Inżynieria Morska i Geotechnika 3/2006, str. 168-181

[9] Janusz J., Janusz W., Problemy geodezyjnej kontroli bezpieczeństwa budynków znajdujących się w strefie wpływu głębokich wykopów, Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, tom XLV, zeszyt 96/1998, str. 47-72

[10] Janusz J., Analiza ugięcia i zmian nachylenia ścian szczelinowych, Inżynieria i Budownictwo 6/2002, str. 329-331

[11] Janusz J., Wyniki pomiarów inklinometrycznych ściany szczelinowej, Inżynieria i Budownictwo 6/2000, str. 319-320

[12] Jarominiak A., Lekkie konstrukcje oporowe, WKŁ, Warszawa, 2000

[13] Krasieński A., Pomoce dydaktyczne. Obliczanie i projektowanie ścianek szczelnych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2007

[14] Mitew-Czajewska M., Siemińska-Lewandowska A., Analiza ściany oporowej według EN 1997-1:2004 Eurocode 7, Inżynieria i Budownictwo 3/2005, str. 129-131

[15] Mitew-Czajewska M., Analiza numeryczna przemieszczeń ściany szczelinowej stanowiącej obudowę głębokiego wykopu, Inżynieria i Budownictwo 7-8/2007, str. 393-396

[16] Pasik T., Koda E., Analiza sił wewnętrznych i przemieszczeń rozpiętej ściany szczelinowej, Acta Scientiarum Polonorum, Architectura 12(4)2013, str. 121-133

[17] Siemińska-Lewandowska A., Mitew-Czajewska M., Tomczak U., Analiza przemieszczeń ścian głębokich wykopów realizowanych w Warszawie, Inżynieria i Budownictwo 4/2011, str. 214-217

[18] Siemińska-Lewandowska A., Bezpieczeństwo posadowienia

objektu według norm europejskich. Aktualne problemy i budowy i projektowania głębokich wykopów, cz. 2. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne 5-6/2010, str. 86-91

[19] Siemińska-Lewandowska A., Głębokie wykopki. Projektowanie i wykonawstwo, WKŁ, Warszawa, 2011

[20] Siemińska-Lewandowska A., Projektowanie ścian głębokich wykopów – teoria i praktyka, Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele 2/2006, str. 16-22

[21] Siemińska-Lewandowska A., Przemieszczenia kotwionych ścian szczelinowych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Budownictwo 139/2001, str. 3-155

[22] Siemińska-Lewandowska A., Ściany szczelinowe jako element głębokiego posadowienia. Materiały Budowlane 2/2004, str. 8-10

[23] Tomczak U., Zorzycki M., Główne problemy projektowania i wykonywania ścian szczelinowych w centrach miast na przykładzie Trasy W-Z w Łodzi, Materiały Budowlane 2/2017, str. 12-13

[24] Tomczak U., Monitoring ścian szczelinowych, Drogi: lądowe, powietrzne, wodne 6/2010, str. 32-39

[25] Weissenbach A., Baugruben. Teil, II (1975), Teil III (1977) – Verlag Ernst & Sohn, Berlin

[26] Ściana zabezpieczająca. Projekt budowlany, Kappa-Projekt Sp. z o.o., Warszawa, maj 2015

[27] PN-EN 1997-1: Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne

[28] PN-EN 1538+A1:2015-08 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Ściany szczelinowe

Konferencja Naukowo-Techniczna
Wycena inwestycji budowlanych w zamówieniach publicznych.
Przesłanki waloryzacji ceny kontraktowej
Ciechocinek 3-5.10.2018



V Forum Budowlane Płock 2018
7 - 8 listopada



Organizator

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej

Współpraca

- Mazowiecka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
- Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa
- Naczelna Organizacja Techniczna Federacja Stowarzyszeń Naukowo -Technicznych Rada w Płocku
- Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej
- Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT
- Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW
- Experimental Centre

Program Forum

- Konferencja naukowo - techniczna „**Współczesne problemy budownictwa. Budownictwo modułowe i prefabrykowane**”
 - Budownictwo modułowe: koncepcje, systemy, technologie, badania i projektowanie
 - Prefabrykacja w budownictwie ogólnym i inżynieryjnym
 - BIM w projektowaniu i realizacji obiektów budowlanych
 - Eksploatacja obiektów budowlanych: diagnostyka, przebudowa, wyburzenia i rozbiórki, recykling
 - Problemy technologii i organizacji procesów budowlanych
- Warsztaty inżynierów budownictwa: „**Nowoczesne technologie dla budownictwa**”
- Sesja specjalna: „**Historia, teraźniejszość i perspektywy rozwoju budownictwa w Płocku**”

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej, ul. Łukasiewicza 17, 09 - 400 Płock
 tel./fax. (24) 262 -42 -26, e-mail: Forum.Budowlane@pw.edu.pl, www.fb2018.pw.plock.pl