

GEOPROGRAM sp. z o.o.

85-739 Bydgoszcz, ul. Fordońska 110

tel. 602322297, 523717949, fax 523717900

e-mail: office@geoprogram.pl www.geoprogram.pl

PROJEKT GEOTECHNICZNY do projektu bulwarów i nabrzeży rzeki Brdy w ramach projektu Bydgoskiego Węzła Wodnego (etap II, odcinek IV i VI)

INWESTOR:

*Miasto Bydgoszcz
ul. Jezuitska 1, 85-102 Bydgoszcz*

PROJEKTANT:

*arplan pracownia projektowa
al. Piastów 8/8c, 70-331 Szczecin*

ZAWARTOŚĆ

*Określenie geotechnicznych warunków
posadowienia projektowanego obiektu*

OPRACOWANIA:

Opracowali:	mgr inż. Paweł Sawicki - <i>Upr. Nr Zap/0007/Pook/11</i> <i>(Spec. Konstrukcyjno-Budowlana)</i>	
	mgr Wojciech Andrzejewski - <i>upr. geol. VII-1281</i> - <i>upr. geol. V-1436</i>	

Bydgoszcz, listopad 2018r

Spis treści

1. WPROWADZENIE	3
2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	3
3. PROGNOZA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO W CZASIE	4
4. MODEL OBLICZENIOWY PODŁOŻA GRUNTOWEGO	5
5. OKREŚLENIE OBLICZENIOWYCH PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH	7
6. WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA DO OBLICZEŃ GEOTECHNICZNYCH	8
7. ODDZIAŁYWANIA OD GRUNTU	9
8. OBLICZENIE NOŚNOŚCI I OSIADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO ORAZ OGÓLNEJ STATECZNOŚCI	10
9. USTALENIE DANYCH NIEZBĘDNYCH DO ZAPROJEKTOWANIA FUNDAMENTÓW	16
10. SPECYFIKACJA BADAŃ NIEZBĘDNYCH DO ZAPEWNIENIA WYMAGANEJ JAKOŚCI ROBÓT ZIEMNYCH I SPECJALISTYCZNYCH ROBÓT GEOTECHNICZNYCH	16
11. SZKODLIWE ODDZIAŁYWANIA WÓD GRUNTOWYCH NA OBIEKT	17
12. MONITORING OBIEKTU	17
13. PODSUMOWANIE	17

1. WPROWADZENIE

Projektuje się rewitalizację i przebudowę bulwarów i nabrzeży rzeki Brdy w ramach II etapu Bydgoskiego Węzła Wodnego. Inwestycja ma objąć 2 odcinki bulwarów: pomiędzy mostem Bernardyńskim i dworcem autobusowym (odcinek IV) oraz od ul. Krakowskiej do mostu Pomorskiego (odcinek VI).

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie projektu geotechnicznego dla budowy Tunelu Wielobranżowego, spełniającego kryteria rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych.

Niniejszy projekt należy rozpatrywać łącznie z:

- Projektem konstrukcyjnym opracowanym budowy nabrzeży.
- Dokumentacją geologiczno-inżynierską określającą warunki geologiczno-inżynierskie dla posadowienia bulwarów i nabrzeży rzeki Brdy w ramach projektu Bydgoskiego Węzła Wodnego (etap II, odcinek IV i VI),
- Opinią geotechniczną.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Projektuje przebudowę bulwarów i nabrzeży Brdy na odcinku IVa i VI.

2.1 Kładka dla pieszych

Zaprojektowana kładka pieszo-rowerowa znajduje się nad kanałem rzeki Brda w km 10+169,00. Obiekt zaprojektowano jako jednoprzęsłowy ustrój stalowy belkowy (HEB360) z pomostem w postaci dyliny drewnianej.

Obiekt oparto przegubowo na podporach za pomocą łożysk elastomerowych.

Posadowienie obiektu przewidziano jako bezpośrednie na podłożu nośnym. Przyczółek należy wykonać w obudowie z ścianek szczelnych trwale zespolonych z podporami (bez wyciągania).

2.2 Nabrzeża

Nabrzeża odcinka IVa dotyczą fragmentu skanalizowanej Brdy pomiędzy Mostem Bernardyńskim a Dworcem Autobusowym PKS w Bydgoszczy, to jest pomiędzy 9+587 a 10+237 kilometrem Brdy obejmują:

– Łączna długość nabrzeży	280,0 m
– Głębokość dopuszczalna eksploatacyjnej	-1,0 m od rzędnej minimalnej wody
– Drabinki wyjściowe	2 szt.
– Schody skarpowe	3 szt.
– Rzędna oczepów – nabrzeża typ 1 i 3	+33,26 m npm
– Rzędna oczepu – nabrzeże typ 2	+34,23 m npm
– Rzędna oczepu – nabrzeże typ 4	+34,68 m npm

Odcinek VI dotyczy przebiegu od przystanku tramwaju wodnego „PKS” do Mostu Pomorskiego w Bydgoszczy, to jest pomiędzy 8+321 a 9+298 kilometrem Brdy. Całkowita długość odcinka wynosi 977 m.

Przebudowa odcinka VI obejmuje:

– Łączna długość nabrzeży	963,5 m
– Głębokość dopuszczalna eksploatacyjnej	-1,0 m od rzędnej minimalnej wody
– Drabinki wyjściowe	11 szt.
– Schody skarpowe	6 szt.
– Rzędna oczepów – nabrzeża typ 1 i 3	+33,15 m npm

- Rzędna oczepu – nabrzeże typ 2 +34,15 m npm
- Rzędna oczepu – nabrzeże typ 4 +34,68 m npm
- Rzędna oczepu – nabrzeże typ 5 +33,15 m npm
- Wyposażenie nabrzeży: (Schody skarpowe , Drabinki wyjściowe, Pacholy cumownicze i Odbojnice)

Nabrzeża projektowane są jako oczepowe posadowione na ściankach szczelnych z grodzic stalowych. W grodziach projektowane jest perforowanie i filtr odwrotny o funkcji przeciwspiętrzeniowej.

2.3 Konstrukcje drogowe

W zakresie branży drogowej projektuje się:

- budowę nowych odcinków ciągów pieszych i pieszo-rowerowych (na węższych odcinkach Bulwarów),
- budowie ścieżki rowerowej o szerokości 2,50m lub 2,0m (wschodnia część odcinka VI)

Dane dot. proj. nawierzchni na odcinku IVA:

- powierzchnia ciągów pieszych 1052,43 m²
- powierzchnia ciągów pieszo-rowerowych 663,03 m²
- powierzchnia ciągów rowerowych 765,01 m²

Dane dot. proj. nawierzchni na odcinku VI:

- powierzchnia ciągów pieszych 2917,66 m²
- powierzchnia ciągów pieszo-rowerowych 753,05 m²
- powierzchnia ciągów rowerowych 1975,63 m²

Niweleta projektowanych nawierzchni jest zbliżona od istniejącego terenu.

Konstrukcja nawierzchni dla ścieżki rowerowej

Warstwę ścieralną AC8S gr. 4cm

Podbudowę z kruszywa łamanego 0-31,5m stabilizowanego mechanicznie (EV2=130MPa, Is=1,00, CBR>40%) gr. 20cm

Warstwę mrozoodporną (Is=1,0, CBR>25%) gr. 10cm

Podłoże rodzime doprowadzone do EV2=50MPa.

Konstrukcja nawierzchni ścieżki pieszej

Uszlachetnione płyty bet.

Podsypka piaskowo-cementowa gr 5cm

Podbudowę z kruszywa łamanego 0-31,5m stabilizowanego mechanicznie (EV2=100MPa, Is=1,00, CBR>40%) gr. 20cm

Warstwę mrozoodporną (EV2=80MPa, Is=1,0, CBR>25%) gr. 10cm

Podłoże rodzime doprowadzone do EV2=50MPa.

Obiekt zaliczono do II kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych.

3. PROGNOZA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO W CZASIE

Podczas realizacji inwestycji możemy mieć do czynienia następującymi procesami prowadzącymi do zmian właściwości podłoża w czasie:

Podpiętrzenie wód gruntowych na ścianie szczelnej zostanie eliminowane przez zaprojektowane przelewy oraz warstwę drenującą,

W nasypach niekontrolowanych zawierających rozproszoną substancję organiczną (piaski organiczne) oraz z namulach istnieje ryzyko utlenienia jej i wzrostu porowatości, co przekłada się na zwiększenie osiadań.

Pod wpływem obciążenia nawierzchni nasypy i grunty organiczne ulegać będą konsolidacji i związanej z nią zmniejszaniu porowatości, poprawiając parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe (wzrost kąta tarcia i modułów ścisłości). Proces ten z uwagi na charakter gruntu następował będzie w sposób długotrwały.

Uaktywnienia w obrębie ilów starych powierzchni zluźnień, które są niewidoczne w badaniach geologicznych, w rezultacie np. zmiany stanu naprężenia. W takim przypadku parametry wytrzymałościowe (w szczególności spójność) zluźrzonych ilów może być znacząco niższe od górotworu, redukcję spójności należy uwzględnić głównie w obliczeniach ścianek szczelnych po stronie parcia.

4. MODEL OBLICZENIOWY PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Model obliczeniowy podłoża gruntowego przyjęto wg przestrzennego występowania gruntów wykazanej w dokumentacji badań podłoża.

Za dokumentacją przyjęto podział na jednostki geotechniczne:

Seria geotechniczna I,

Do serii I zaliczono nasypy. Z uwagi na zróżnicowanie litologiczne i genetyczne serię tę podzielono na dwie warstwy geotechniczne:

Warstwa Ia Warstwę tę budują nasypy niekontrolowane o składzie gruntu niespoistego (piasków średnich) z gruntem próchnicznym z domieszkami: kamieni, gruzu ceglanego i betonowego, namulów. Z uwagi na swój skład i znaczny udział substancji organicznej cechują się niekorzystnymi właściwościami geotechnicznymi.

Warstwa Ib Zaliczono do niej nasypy budowlane powstałe prawdopodobnie na etapie utwardzania nawierzchni istniejących bulwarów i regulacji rzeki. Zbudowane są one w przeważającej części z piasku średniego w stanie luźnym do średnio zagęszczonego o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia $ID=18-54\%$ ($ID=0,18-0,54$). Cechują się przeciętnymi parametrami geotechnicznymi.

Seria geotechniczna II,

Zbudowana jest z gruntów organicznych reprezentowanych przez namuły, namuły gliniaste oraz namuły piaszczyste. Są to grunty bardzo ściśliwe ($M=2,0\text{MPa}$), o niskiej wytrzymałości na ścinanie ($S_u=30\text{kPa}$). Mogą generować wysokie osiadania obiektów posadowionych nad nimi. W jej obrębie występują intensywne sączenia. Należą one do słabonośnego i ściśliwego podłoża.

Seria geotechniczna III,

Seria ta jest pochodzenia fluwialnego, reprezentowana jest przez piaski drobne, średnie i pospółki z zawartością gruntu próchniczego lub przewarstwowanego namulem o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 31\%$ ($ID = 0,31$). Posiada przeciętne właściwości geotechniczne.

Seria geotechniczna IV,

Budują ją piaski drobne oraz. Są to grunty umiarkowanie przepuszczalne, o współczynniku filtracji rzędu $k_{USBSC}=3,3 \cdot 10^{-5}\text{m/s}$. Z uwagi na zróżnicowanie stanu serię tę podzielono na dwie warstwy geotechniczne.

Warstwa IVa Budują ją piaski drobne w stanie średnio zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 37\%$ ($ID = 0,37$). Posiada przeciętne właściwości geotechniczne.

Warstwa IVb Stanowią ją piaski drobne w stanie bardzo zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 48\%$ ($ID = 0,48$). Grunty tej warstwy cechują się wysoką nośnością i niską odkształcalnością.

Seria geotechniczna V,

Do serii III zaliczono fluwialne piaski średnie, piaski średnie ze żwirem i piaski grube. Są to grunty równoziarniste, dobrze przepuszczalne o współczynniku filtracji rzędu $k_{USBSC}=4,5 \cdot 10^{-5}-2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Z uwagi na zróżnicowanie wartości liczbowych stopnia zagęszczenia serię tę podzielono na dwie warstwy geotechniczne:

Warstwa Va Zbudowana jest z piasków średnich, piasków grubych oraz piasków grubych z dodatkiem kamieni w stanie średnio zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 52\%$ ($ID = 0,52$). Posiada przeciętne właściwości geotechniczne, może stanowić bezpieczne podłoże budowlane.

Warstwa Vb Stanowią ją piaski średnie, piaski grube i piaski grube z dodatkiem kamieni w stanie średnio zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 65\%$ ($ID = 0,65$). Grunty tej warstwy cechują się wysoką nośnością i niską odkształcalnością.

Seria geotechniczna VI,

Budują ją fluwialne pospółki. Są to grunty bardzo dobrze przepuszczalne o współczynniku filtracji rzędu $k_{USBSC}=0,8-3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Cechują się wartością charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 57\%$ ($ID = 0,57$). Posiada korzystne właściwości geotechniczne, może stanowić bezpieczne podłoże budowlane.

Seria geotechniczna VII,

Jest pochodzenia limniczno-morskiego, zbudowana z neogeńskich (mioplioceńskich) ilów formacji poznańskiej. Strop tych gruntów jest silnie urozmaicony morfologicznie. Iły poznańskie to grunty ekspansywne, zdolne do znacznych zmian objętości w wyniku zmian wilgotności. W obrębie ilów formacji poznańskiej mogą występować powierzchnie zlustrzeń stanowiące naturalne strefy osłabień. Nie są one widoczne w badaniach geologicznych. Na podstawie badań laboratoryjnych oraz litologii w obrębie serii V wydzielono dwie warstwy geotechniczne.

Warstwa VIIa Zaliczono do niej iły węgliste i podrzędnie iły w konsystencji twardoplastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $IL = 0,20$ ($IC = 0,80$). Oszacowane moduły ścisłości wynoszą $M=10 \text{ MPa}$. Charakteryzuje się obniżoną nośnością i podwyższoną ścisłością, wynikającą z obecności rozproszonej substancji organicznej lub spęczenia.

Warstwa VIIb Zaliczono do niej iły, iły pylaste oraz iły węgliste w konsystencji twardoplastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $IL = 0,06$

($IC = 0,94$). Znajdują się w warunkach zbliżonych do naturalnych (stałych). Iły te mogą wykazywać tendencję do pęcznienia w otwartym wykopie. Ciśnienie pęcznienia szacuje się na $p_c=100 \text{ kPa}$. Ich moduły ścisłości szacuje się na $M=34 \text{ Mpa}$.

Seria geotechniczna VIII,

Zaliczono do niej mioceńskie węgle brunatne. Grunty te rozpoznano w głębszej partii podłoża. Są to grunty silnie prekonsolidowane. Zalegają w głębszej partii podłoża. Posiadają korzystne parametry geotechniczne

Seria geotechniczna IX,

Do serii tej zaliczono neogeńskie pyły piaszczyste. Grunty te znajdują się w konsystencji plastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $IL = 0,30$ ($IC = 0,85$). Grunty te posiadają przeciętną nośność i odkształcalność, są wrażliwe na rozmakanie i przemarzanie.

Seria geotechniczna X,

Reprezentowana jest przez neogeńskie piaski. Zaliczono do niej piaski drobne i pylaste w stanie bardzo zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $ID = 85\%$ ($ID = 0,85$). Cechują się bardzo wysoką nośnością. W obrębie tej serii występuje woda gruntowa pod bardzo wysokim ciśnieniem hydrostatycznym. W przypadku realizacji głębokich wykopów, może nastąpić wyparcie hydrauliczne, a w następstwie rozerwanie dna wykopu i uaktywnienie bardzo intensywnego procesu kurzawki..

Jako model podłoża przyjęto przekroje z dokumentacji badań podłoża (zał. 2).

5. OKREŚLENIE OBLICZENIOWYCH PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH

Parametry charakterystyczne gruntów na podstawie analizy dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zestawiono w poniższej tabeli. Należy je traktować jako wartości uśrednione i stanowiące bezpieczne oszacowanie.

OBJAŚNIENIA GEOLOGICZNE		PARAMETRY GEOTECHNICZNE															PN-85/B02460		PN-EN ISO 14688		
		wartości charakterystyczne x_k współczynniki materiałowe γ_M															▼	▼	▼	▼	
		wartości obliczeniowe $x_d = x_k / \gamma_M$																			
Profil stratygraficzno- geologiczny	Opis litologiczno- geologiczno-stratygraficzny	Nr warstwy geologicznej	Symbol gruntu wg PN-80/B-03020	Symbol gruntu wg PN-EN ISO 14688-1	Symbol gruntu wg PN-EN ISO 14688-2	Symbol geologiczny (z uwzględnieniem gruntu)	Stan gruntu				Współczynnik stanu γ_{Ms}	Ciężar objętościowy γ_{sat} [kN/m ³]	Spójność (efektywna) c'/c_u [kPa]	Kąt tarcia wewnętrznej (efektywny) ϕ'/ϕ_u [°]	Edymetryczny moduł sprężystości		Ciężar porowy ρ_s [t/m ³]	Współczynnik tarcia (VSRCT) γ_{s1}		Wyznaczalność	
							γ_{d1}	γ_{d2}	γ_{d3}	M_p [MPa]					M_u [MPa]	γ_{s1}			γ_{s2}	γ_{s3}	γ_{s4}
CZWARTORZĘD Q	HOLOCEN Q ₁ NASADY	Nasyły niekontrolowane	Ia	nN(PtH, gc, Ko)	Mg (ormsa, co)																
		Nasyły niekontrolowane	Ib	nB(Ps, Pd, Pd+Ko)	Mg (msa, fsa, co)		0,18-0,54	18-54			28,0	17,5		28,9	35	44					
	HOLOCEN Q ₂ NAMULY	Grunty organiczne	II	T, Nmg, Nmp	Or, fsa, Or		-	-	-		44,3	13,3	10,0	15,0	2				12-28	30	
		Piaszki fluwalne organiczne	III	PdH, Pt(+H), Po(+H), Pd/Nm	orFSa, orMSa, orgrSa		0,31	31	-		28,0	17,5		29,6	20	30					
	PIASKI	Piaszki fluwalne	IVa		FSa		0,37	37,0	-		24,0	19,0	-	29,9	51	64					
			IVb	Pd	FSa		0,48	48,0	-		24,0	19,0	-	30,4	61	76			3,3*10 ⁻⁵		
	PIASKI	Piaszki fluwalne	Va		MSa, grMSa		0,52	52,0	-		22,0	20,0	-	33,2	99	110					
			Vb	Ps, Ps(+Z), Pr	MSa, grMSa		0,65	65,0	-		22,0	20,0	-	34,0	121	134			4,5*10 ⁻⁵ 2,8*10 ⁻⁵		
	ZWIŁY	Pospółki i zwiły fluwalne	VI	Po, Po(+Z)	grSa		0,59	59,0	-		18,0	20,5	-	39,1	173	173			0,8-3,4*10 ⁻⁴		
	NEOGEN Ng	MIOPLIOGEN	Iły porzeczne	VIIa	LIz, lw	Cl		-	-	0,20	0,80	43,9	19,5	49,3	10,3	10	17				50
			VIIb	LIz, lw, lwi/Gz	Cl, ClU/siCl		-	-	0,06	0,94	30,4	20,0	56,6	12,2	34	57				50-85	
PIŁY		piły neogennie	VIII	IIp	saSi		-	-	0,30	0,70	20,0	21,0	13,1	13,2	23	38				20	
MIOCEN		Węgle brunatne	IX	Wb, Wb+Pd, Wb+trWb	Wb, fsa, Pd, Wb		-	-	-	-	55,4	14,0	2,0	43,8	10-30					30-45	
		Piaszki trzeciorzędowe	X	Pd, Pz, Pd+trWb	FSa, siSa, siotFSa		0,85	85,0	-	-	20,0	22,0	-	32,3	110	138			4*10 ⁻⁵		

Wartości obliczeniowe x_d zgodnie z PN-EN Eurokod 7 wyznacza się w następujący sposób.

wartość obliczeniowa $x_d = x_k / \gamma_M$; gdzie γ_M – współczynniki częściowe od właściwości gruntu.

W przypadku projektowania wg. „starych norm” między innymi PN-81/B-03020 (jak ma miejsce w projekcie budowlanym wartość obliczeniowa $x^{(r)} = x^{(n)} * \gamma_m$; gdzie γ_m – współczynniki materiałowe (0,9 lub 1,1).

Należy mieć na uwadze fakt, że wartości liczbowe parametrów geotechnicznych są ściśle uzależnione od zakresów naprężeń i odkształceń dla których zostały wyznaczone. Zależności te nie są liniowe. Kryterium zniszczenia opisane obwiednią kół Coulomba - Mohra w zakresie niskich naprężeń ma krzywoliniowy charakter. Wartości spójności są zdecydowanie niższe niż w wysokiego zakresu naprężeń.

Biorąc pod uwagę powyższe oraz możliwe występowanie powierzchni zlustrzeń w ilach proponuje w obliczeniach parcia na obudowę redukcję całkowitej spójności do $c_{cu}=30\text{kPa}$. ($c'=10-15\text{kPa}$, $\phi'=18-22^\circ$).

6. WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA DO OBLICZEŃ GEOTECHNICZNYCH

W przypadku obliczeń wg „starych norm” w tym PN-81/B-03020, PN-83/B-03010.

Dla odporu podłoża stosuje się dla parametrów geotechnicznych gruntów współczynniki materiałowe $\gamma_m=0,9$ lub $1,1$, w zależności od oddziaływania.

Współczynnik korekcyjny dla odporu $m=0,9$ (gdy parametry wyznaczano bezpośrednio) lub $m=0,9*0,9=0,81$, gdy określono na podstawie korelacji z normą PN-81/B-03020, λ a obrotu i przesunięcia $m=0,72$.

Dla parcia i odporu gruntu na obudowę wykopu lub ściany obliczeniowe parametry geotechniczne przyjmuje się równe charakterystycznym stąd $\gamma_m=1,0$.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa zgodnie z PN-EN 1997-1 Eurokod 7

Wymagane wg Eurokod-7 obliczenia uzależnione są od typu rozważanego stanu granicznego nośności tj:

Utrata nośności konstrukcji (elementu) STR

Utrata nośności podłoża lub katastrofalne odkształcenia GEO

Utrata stateczności konstrukcji (równowagi ciała sztywnego, traktowanej jako bryła sztywna) EQU

Utrata stateczności konstrukcji na skutek ciśnienia wody (wypór) UPL

Wypiętrzenie lub przebicie hydrauliczne gruntu HYD

Obliczenia dla stanu granicznego STR oraz GEO należy wykonywać z wykorzystaniem podejścia: A1 “+” M1 “+” R2 gdzie :

A1 = zestaw współczynników częściowych w zależności od rodzaju oddziaływania lub jego skutku

M1 = zestaw współczynników częściowych materiałowych

R2 = zestaw współczynników częściowych określających wytrzymałość

Współczynniki przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności (GEO)

			Stany graniczne nośności – podejście 2*			Stateczność – podejście 3		
			A1	M1	R2	A2	M2	R3
Do oddziaływań	Stałe	Niekorzystne	1,35			1,0		
		korzystne	1,0			1,0		
	zmienne	niekorzystne	1,5			1,3		
Do właściwości gruntu		$\tan \phi'$ (efektywny)		1,0			1,25	
		efektywna spójność		1,0			1,25	
		wytrzymałość bez odpływu		1,0			1,4	
		wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie		1,0			1,4	
		ciężar objętościowy		1,0			1,0	
Do oporu gruntu	fundamenty bezpośrednie	wyparcie			1,4			
		poślizg			1,1			
	pale	podstawa			1,1			
		pobocznicą			1,1			
		całkowity opór			1,1			
		wyciąganie			1,15			
	kotwy	tymczasowe			1,1			
		trwałe			1,1			
	ściany oporowe	wyparcie			1,4			
		opór ze względu na poślizg			1,1			
		odpór graniczny			1,4			
	skarpy	opór graniczny						1,0

Obliczenia stanu granicznego EQU (stateczność ogólna) należy wykonywać przy zastosowaniu następujących współczynników częściowych do oddziaływań:

Oddziaływanie	Symbol	Wartość
Stałe		
Niekorzystne ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,1
Korzystne ^b	$\gamma_{G,stb}$	0,9
Zmienne		
Niekorzystne ^a	$\gamma_{Q,dst}$	1,5
Korzystne ^b	$\gamma_{Q,stb}$	0
^a Destabilizujące		
^b Stabilizujące		

Natomiast współczynniki częściowe dla właściwości gruntu przyjmować wg. kolumny M2.

Stan graniczny wyparcia (UPL)

Do obliczenia stanu granicznego wyparcia (UPL) należy stosować następujące współczynniki częściowe do oddziaływań:

Oddziaływanie	Symbol	Wartość
Stałe		
Niekorzystne ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,00
Korzystne ^b	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Zmienne		
Niekorzystne ^a	$\gamma_{Q,dst}$	1,50
^a Destabilizujące		
^b Stabilizujące		

Stan graniczny użytkowalności

- Stany graniczne użytkowalności należy rozpatrywać w aspekcie: deformacji (ugięcia, obroty), która wpływa na wygląd konstrukcji, powoduje uszkodzenia warstw wykończeniowych (nawierzchni, nabrzeża itp.) i elementów niekonstrukcyjnych, czego efektem jest pogorszenie komfortu użytkowania i funkcji obiektu;

Warunkiem spełnienia tego stanu granicznego jest zachowanie nierówności:
 $Ed \leq Cd$ gdzie:

Ed – wartość obliczeniowa skutków oddziaływań,

Cd – wartość graniczna efektów oddziaływań.

Dla sprawdzenia stanu granicznego użytkowalności przyjmuje się współczynniki częściowe bezpieczeństwa na poziomie 1,0.

7. ODDZIAŁYWANIA OD GRUNTU

W czasie budowy oraz eksploatacji przewiduje się występowanie następujących oddziaływań od gruntu i wody gruntowej:

- Odpór podłoża pod fundamentami kładki oraz nawierzchni,
- Parcie gruntu i wody na konstrukcję ścianek szczelnych nabrzeża,
- Parcie hydrostatyczne pod fundamentami
- Parcie hydrostatyczne z poziomu neogeńskiego

8. OBLICZENIE NOŚNOŚCI I OSIADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO ORAZ OGÓLNEJ STATECZNOŚCI

Obliczenia nośności i osiadań obiektu i stateczności przeprowadzone zostają w poszczególnych częściach projektu konstrukcyjnego / hydrotechnicznego.

8.1. Kładka dla pieszych

Norma EC-7 zaleca sprawdzenie stanu granicznego GEO (zniszczenie albo nadmierne odkształcenie podłoża, gdy wytrzymałość gruntu lub skały jest decydująca dla zapewnienia nośności), który jest zazwyczaj miarodajny przy wymiarowaniu elementów konstrukcyjnych fundamentów.

W sytuacji obliczeniowej dla parametrów podłoża przedstawionych w punkcie 6, wystąpienia stanów granicznych można uniknąć dzięki zastosowaniu metody analitycznej obliczenia nośności.

Nośność obliczeniową można wyznaczyć ze wzoru:

$$R_k = A' \cdot \left(c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \right)$$

gdzie:

R_k - wartość charakterystyczna oporu granicznego,

A' - efektywne obliczeniowe pole powierzchni fundamentu,

B - szerokość fundamentu,

B' - efektywna szerokość fundamentu,

q' - obliczeniowe efektywne napężenie od nadkładu w poziomie posadowienia fundamentu,

γ' - obliczeniowy efektywny ciężar objętościowy gruntu poniżej poziomu posadowienia,

$\varphi' k$ - charakterystyczna wartość kąta tarcia wewnętrznego,

$c' k$ - charakterystyczna wartość spójności,

N_c, N_q, N_γ - współczynniki nośności zależne od $\varphi' k$,

s_c, s_q, s_γ - współczynniki kształtu podstawy fundamentu,

i_c, i_q, i_γ - współczynniki nachylenia obciążenia, nacisku nadkładu q i ciężaru gruntu γ ,

b_c, b_q, b_γ - wartości obliczeniowe współczynników nachylenia podstawy.

Normy PN-B-03020, PB-B-02482 oraz PN-B-03010 zalecają sprawdzenie stanu granicznego nośności (zniszczenie podłoża, gdy wytrzymałość gruntu lub skały jest decydująca dla zapewnienia nośności) oraz stanu granicznego użytkowania (nadmierne odkształcenie podłoża jest decydujące dla nośności konstrukcji).

Nośność obliczeniową można wyznaczyć ze wzoru:

$$Q_{fNB} := B_{1r} \cdot L_{1r} \cdot \left[\left(1 + 0,3 \frac{B_{1r}}{L_{1r}} \right) \cdot N_C \cdot c_{gr} \cdot i_C + \left(1 + 1,5 \frac{B_{1r}}{L_{1r}} \right) \cdot N_D \cdot \gamma_{gr} \cdot D_{min} \cdot i_D + \left(1 - 0,25 \frac{B_{1r}}{L_{1r}} \right) \cdot N_B \cdot \gamma_{Br} \cdot B_{1r} \cdot i_B \right]$$

gdzie współczynniki nośności N_D, N_C i N_B określa się ze wzorów:

$$N_D := e^{\frac{\pi \cdot \tan(\phi_{gr})}{2}} \cdot \left(\tan \left(45 \cdot \text{deg} + \frac{\phi_{gr}}{2} \right) \right)^2$$

$$N_C := (N_D - 1) \cdot \operatorname{acot}(\phi_{gr})$$

$$N_B := 0.75 (N_D - 1) \cdot \tan(\phi_{gr})$$

We wzorze występują ponadto:

i_D, i_C, i_B – współczynniki wpływu nachylenia wypadkowej obciążenia,

D_{min} – głębokość posadowienia fundamentów,

B_{1r}, L_{1r} – zredukowane wymiary ławy fundamentowej,

c_{gr} – spójność obliczeniowa gruntu.

Posadowienie bezpośrednie obiektu mostowego (kładki) zaprojektowano jako zespolone ze ściankami szczelnymi.

Obliczenia posadowienia obiektów mostowych wykonano w projekcie branżowym w oparciu o normę PN-B-03020 ze względu na zachowanie spójności z zastosowanymi normami obciążeniowymi, a także z powodu obliczania nośności podłoża pod ławami fundamentowymi w sposób mniej korzystny od metodyki przyjętej w normie PN-EN 1997-1. Według normy PN-B-03020 posadowienie obiektów mostowych określono przy założeniu wyboru najbardziej niekorzystnych warunków gruntowych w podłożu przyjmując parametry materiałowe gruntu wyznaczone metodą B, co jest założeniem po stronie bezpiecznej.

W tabeli zestawiono wyniki obliczeń.

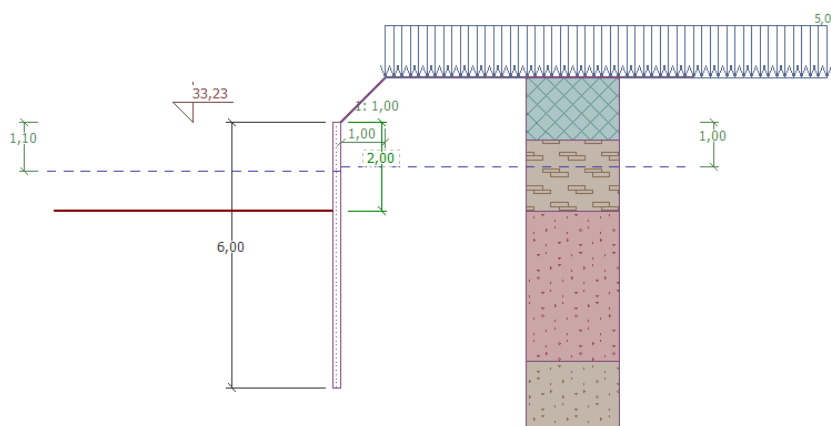
Obiekt przyczółek	Nośność fundamentu		Osiadania
	Obciążenie wymiarujące	Graniczny odpór podłoża	Obliczone
Kładka dla pieszych	V=980 [kN] H=74 [kN] My=162 [kN]	6218 [kN]	6 [mm]

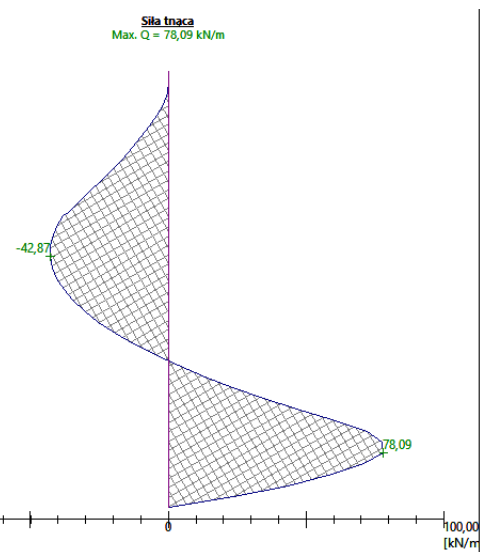
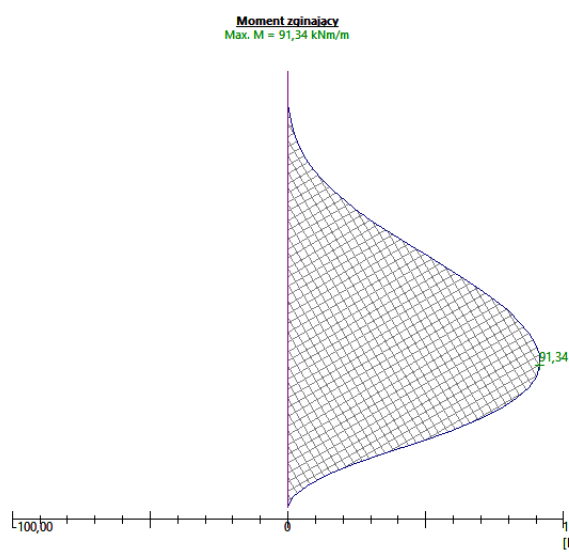
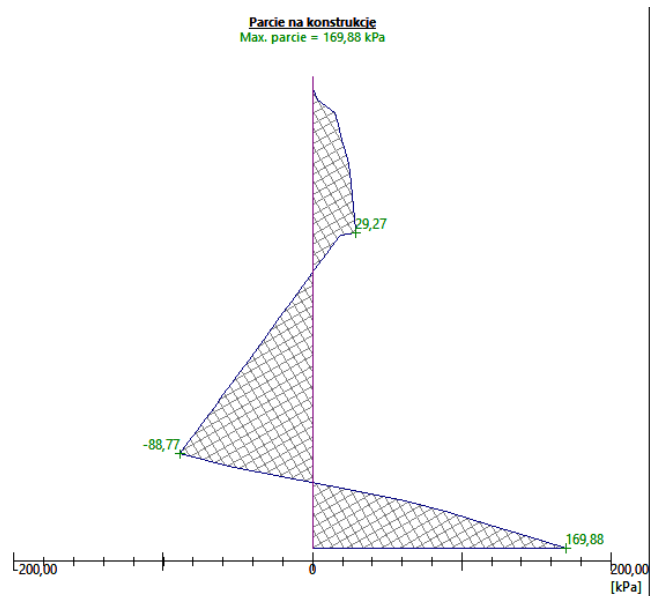
8.2. Nabrzeże posadowione na ścianie szczelnej

Obliczenia stateczności ścianek szczelnych na których posadowione jest nabrzeże zawarto w projekcie branży hydrotechnicznej. Prowadzone były zgodnie z EN-1997 podejście obliczeniowe 2. Poniżej przykładowe wyniki obliczeń

Otwór o3 typ 1, typ 3

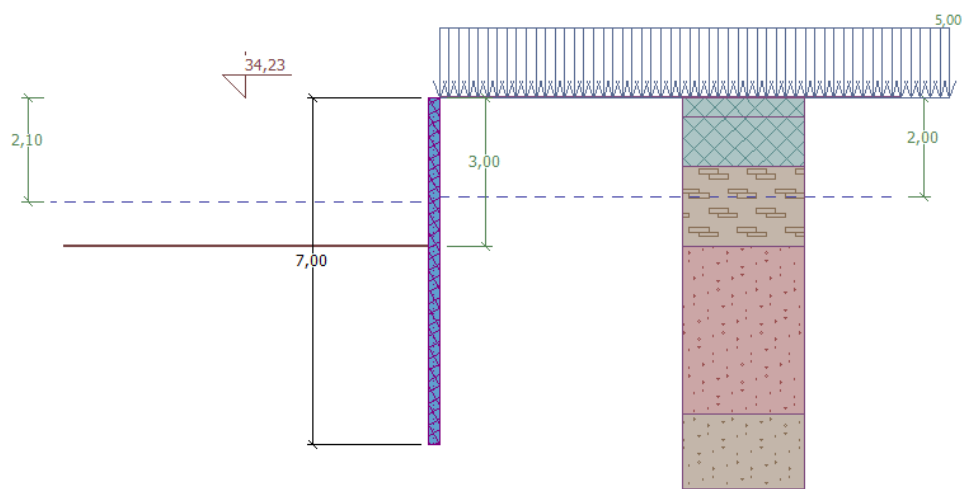
Schemat obliczeniowy

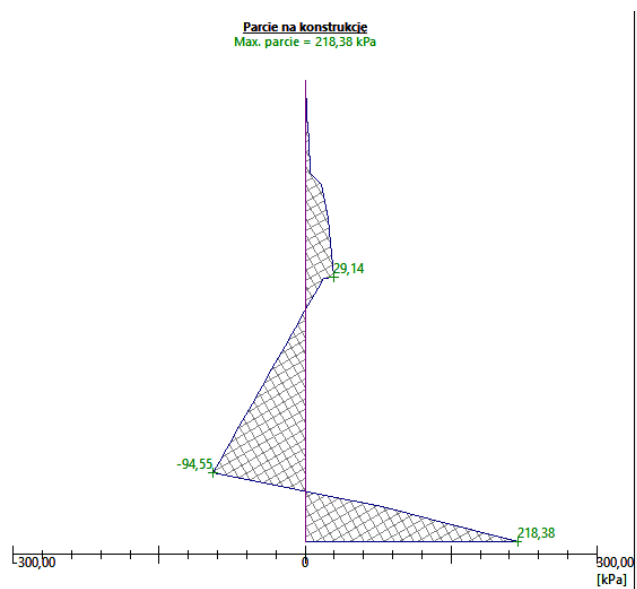
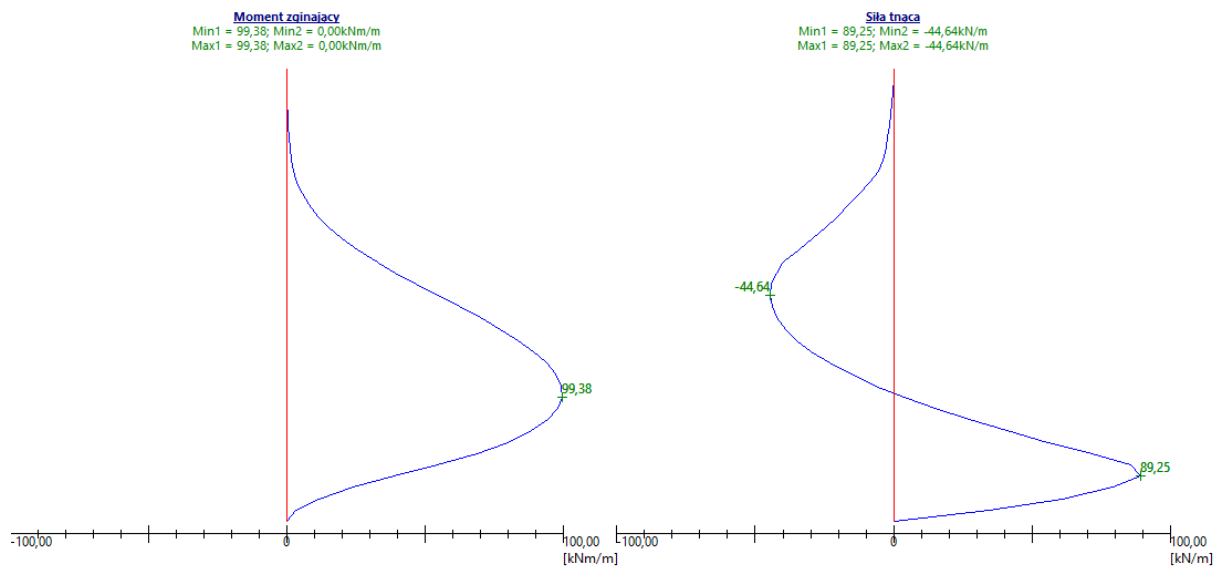




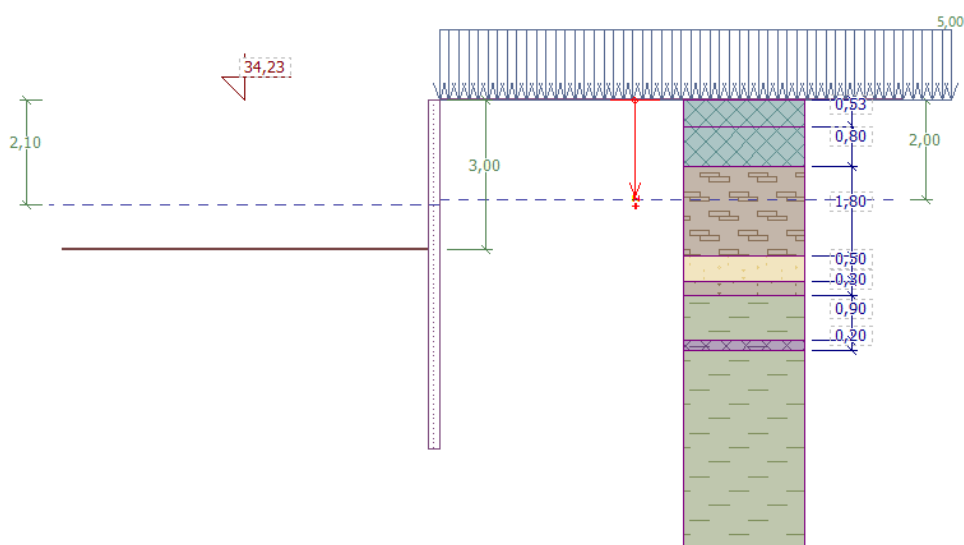
Otwór o3 typ 2,

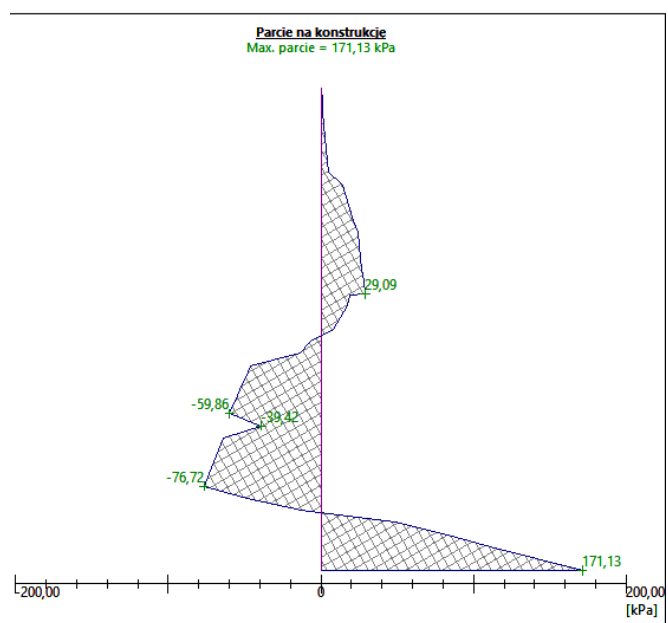
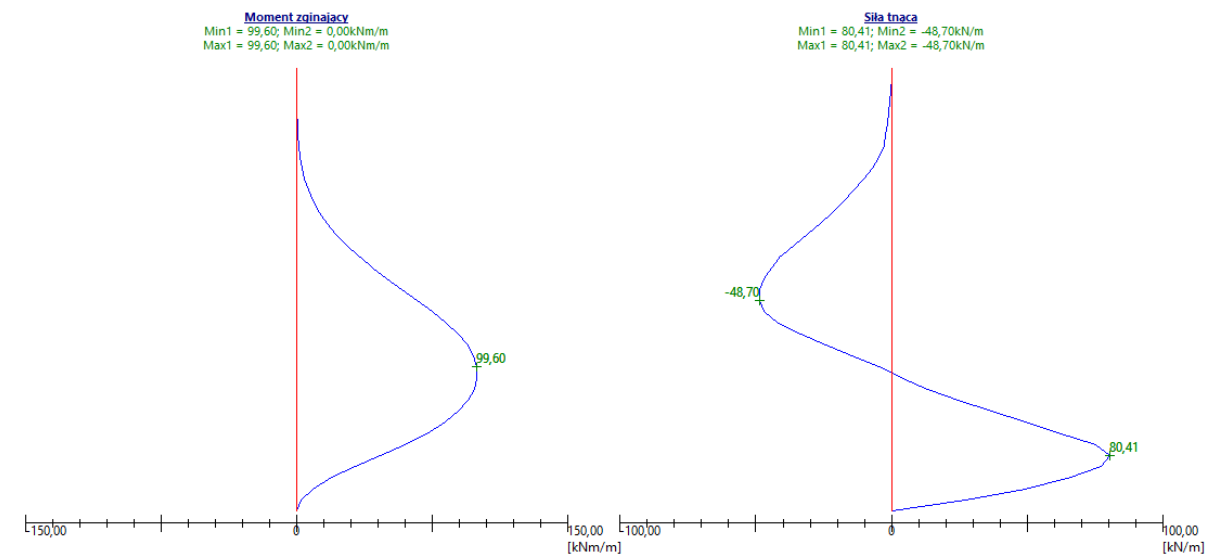
Schemat obliczeniowy



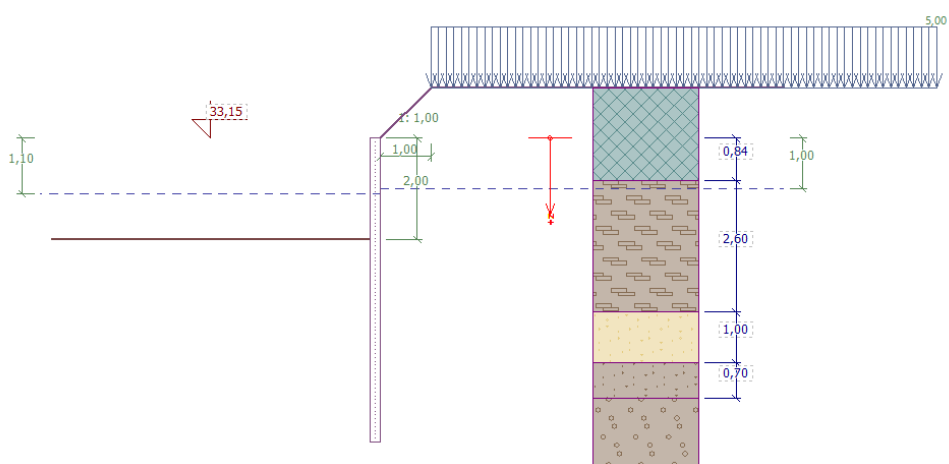


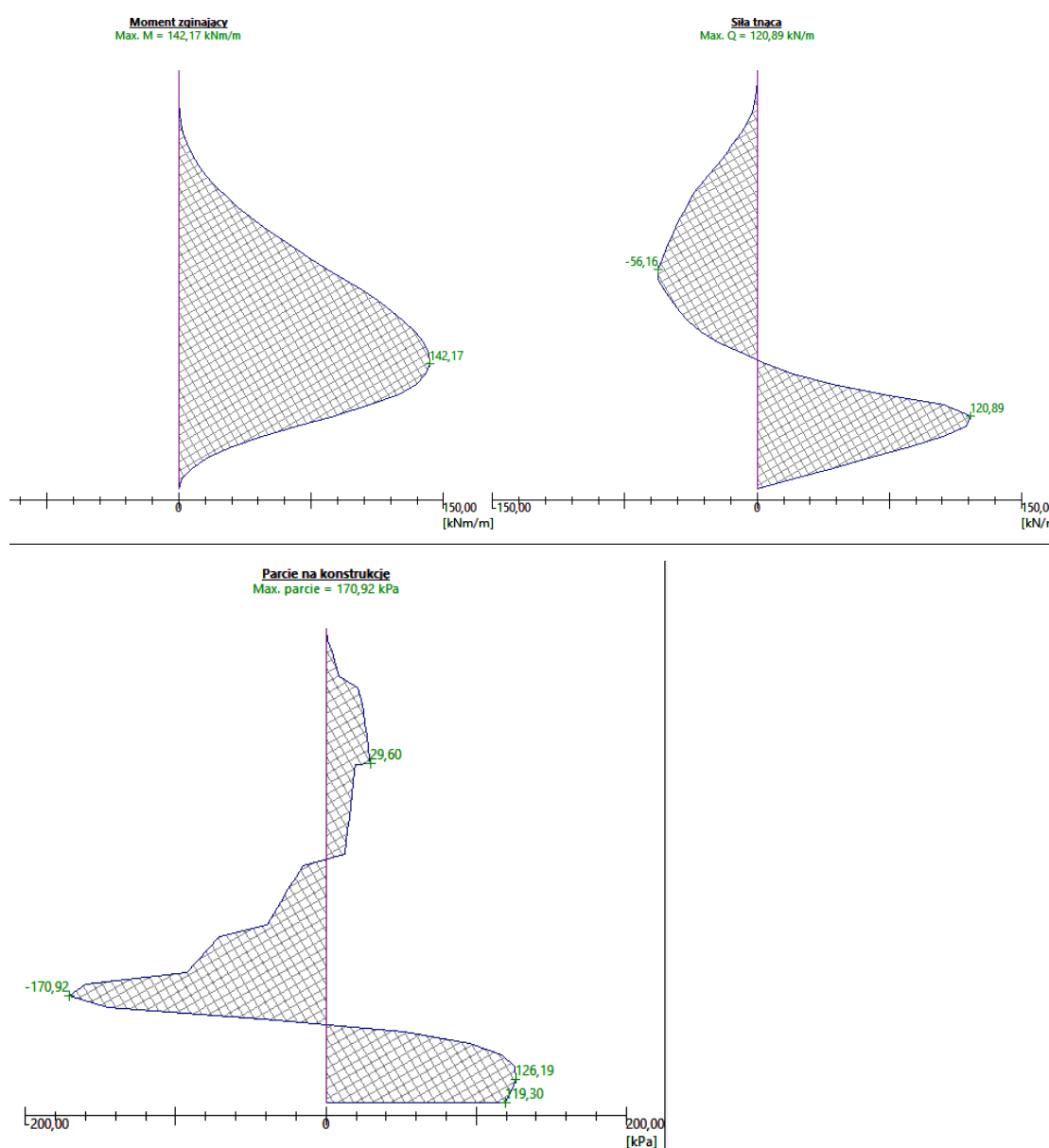
Otwór o7 typ 2,
 Schemat obliczeniowy





Otwór o10 typ 5,
Schemat obliczeniowy





We wszystkich analizowanych przekrojach obliczeniowych zachowano stateczność konstrukcji.

8.3. Nawierzchnie projektowanych bulwarów

W przypadku projektowanych nawierzchni nie prowadzi się obliczeń nośności i stateczności konstrukcji (poza szczególnymi przypadkami np. wysokich nasypów lub wkopów).

Z uwagi na przebieg bulwarów przez strefę słabonośnych gruntów organicznych oszacowano możliwe osiadania projektowanej konstrukcji.

Naprężenie dodatkowe (nowa konstrukcja + obciążenie użytkowe) $\sigma = 10 \text{ kPa}$.

$$S = m \cdot \sigma / M_o$$

gdzie:

$m = 0,7 - 4,5$ – miąższość gruntów ściśliwych

$M_o = 2 \text{ MPa}$ – edometryczny moduł ściśliwości

Oszacowane osiadania wynoszą $S = 0,3 - 2,2 \text{ cm}$. Są niższe od dopuszczalnych dla konstrukcji drogowych $s = 10 \text{ cm}$.

9. USTALENIE DANYCH NIEZBĘDNYCH DO ZAPROJEKTOWANIA FUNDAMENTÓW

Dla projektowania fundamentów kładki dla pieszych oraz nabrzeża posadowionego na ścianie szczelnej należy przyjmować parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe gruntów podane w rozdziale 4.

Do zaprojektowania fundamentów niezbędna jest znajomość:

1. Wymiarów konstrukcji,
2. Obciążeń od konstrukcji,
3. Dopuszczalnych odkształceń

10. SPECYFIKACJA BADAŃ NIEZBĘDNYCH DO ZAPEWNIENIA WYMAGANEJ JAKOŚCI ROBÓT ZIEMNYCH I SPECJALISTYCZNYCH ROBÓT GEOTECHNICZNYCH

W czasie budowy przewiduje się wykonywanie następujących robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych:

1. Roboty ziemne,
2. Wbijanie ścianek szczelnych nabrzeża i osłonowych fundamentów kładki

Badania niezbędne do zapewnienia wymaganej jakości wyżej wymienionych robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych należy wykonywać zgodnie z następującymi normami:

Ad.1,3, PN-B-06050 „Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne”

Nasyp/koryto drogowe

W przypadku przebudowy nasypu z jego ponownym zagęszczeniem wymagane będą następujące badania:

Sondowania dynamiczne (DPL) z płytkim odwiertem z badaniami makroskopowymi prowadzone z dna wykopu fundamentowego kładki dla potwierdzenia zalegania gruntu rodzimego – przyjęto 1 szt. na przyczółek do głębokości maksymalnie 2m p.dna wykopu,

Badania wskaźnika zagęszczenia I_s (wg. metody Proctora lub w korelacji z płytą dynamiczną) na każdej warstwie realizowanego nasypu/koryta drogowego w ilości 1 punkt na 500m² lub działkę dzienną.

Wilgotność naturalna i wilgotność optymalna i maksymalna gęstość szkieletu będzie wyznaczana w aparacie Proctora wg. PN-88/B-04481

Podbudowa pod konstrukcji drogowej.

Nośność i odkształcalność ulepszanego podłoża oraz podbudowy bulwarów badać w zakresie oznaczenia modułów odkształcenia płytą sztywną wg PN-02205:1998.

Moduły odkształcenia sprawdzane będą przy pomocy obciążeń płytą sztywną VSS w ilości 1 punkt na 500m³.

Ścianka szczelna nabrzeża

Przed przystąpieniem do prac związanych z zabiciem ścianki szczelnej przeprowadzić kontrolne wiercenia i sondowania dla potwierdzenia założeń projektowych. Rozstaw punktów nie większy niż 40-50m.

W trakcie zabijania kontrolować:

- wpęd w jednostce czasu,
- wychylenie brusów,
- rzeczywistą głębokość pograżenia.

11. SZKODLIWE ODDZIAŁYWANIA WÓD GRUNTOWYCH NA OBIEKT

Według badań wykonanych w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wody gruntowe wykazują słabą agresywność, klasa ekspozycji XA1.

Należy zwrócić uwagę na obecność neogeńskiego poziomu wodonośnego o warunkach artezyjskich (nadciśnienie do ok. 2m).

Długość grodzic tak dobrać aby nie następowało przebicie warstwy ilów i w rezultacie samowypływ wody.

12. MONITORING OBIEKTU

Nie przewiduje się stosowania monitoringu piezometrycznego.

W przypadku nabrzeża posadowionego na ścianie należy zainstalować na oczepie repery i prowadzić geodezyjną kontrolę odkształceń ścianki.

Częstotliwość pomiarów w trakcie realizacji 1 raz w miesiącu oraz jednokrotnie 12 miesięcy po zakończeniu robót budowlanych.


13. PODSUMOWANIE

- Projektowaną inwestycję związaną z rewitalizacją bulwarów i nabrzeży Brdy – Bydgoski Węzeł Wodny (etap II); odcinki IV i VI zaliczono do drugiej kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych (nabrzeże, kładka, nawierzchnie drogowe),
- W podłożu występują słabonośne nasypy oraz grunty organiczne (namuły), zalegające na nawodnionych piaskach o przeważnie korzystnych właściwościach geotechnicznych. Podścielone są one formacją ekspansywnych ilów poznańskich oraz niżej węgle i piaski burowęgłowe przewodzące wodę pod ciśnieniem artezyjskim,
- Podczas projektowania i wykonawstwa zwrócić szczególną uwagę na specyficzne właściwości ilów (ekspansywność, możliwość wystąpienia powierzchni zlustrzeń), a także na występowanie dwóch poziomów wód podziemnych w tym neogeńskiego pod wysokim ciśnieniem hydrostatycznym,
- Przeprowadzone w projektach branżowych obliczenia wskazują na zapewnienie stateczności obiektu oraz wymaganej nośności i dopuszczalnych osiadań,
- Roboty ziemne i fundamentowe prowadzić pod nadzorem geotechnicznym, wg zasad podanych w niniejszym projekcie.

$$\frac{100}{1000} \dots 1$$

The figure displays a geological cross-section of the Opatowitz area, oriented North-South. The vertical axis represents elevation in meters (m) above sea level, ranging from 25.0 to 35.0. The horizontal axis shows three profiles: O1 (left), O2 (middle), and O3 (right). The profiles are defined by points 7.5, 34.09, 33.85, and 33.83. The geological units are color-coded and labeled: Ps (yellow), MSa (green), and various other units like Nmg, Nmp, and Nt. Structural features include faults (e.g., 000A fault, 011A fault), folds (e.g., I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, Va), and other markers like Qh, Qp, and Qm. The cross-section shows a complex geological structure with multiple layers and folds, indicating a tectonically active area.

101.3	144.0	94.9
1.10.2017	1.10.2017	1.10.2017

 <p>GEOPROGRAM Wojciech Andrzejewski 85-739 BYDGOSZCZ, ul. Fordońska 110</p>	
<p>TEMAT:</p> <p>do projektu bulwarów i nadbrzeży rzeki Brdy w ramach projektu Bydgoskiego Węzła Wodnego etap II, odcinek IVA i VI</p>	
<p>NAZWA RYSUNKU:</p> <p>PRZĘKROJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI</p>	
<p>FUNKCJA:</p> <p>mgr Wojciech Andrzejewski ul. Wił-1281, V-1436</p>	<p>IMIĘ I NAZWISKO</p> <p>POPIS</p>
<p>WSPÓŁPRACUJĄCY:</p> <p>mgr Sławomir Żabierek</p>	<p>POPIS</p> <p><i>Łojek Bydgoszcz</i> <i>Zaczerny S.</i></p>
<p>DATA:</p> <p>11.2018</p>	<p>SKALA:</p> <p>1: 100 1: 1000</p>
<p>NR RYSUNKU:</p> <p>ZALĄCZNIK 1.1</p>	

$$W \quad || \quad \frac{1 : \frac{100}{1000}}{\quad} \quad || \quad E$$

ODCINEK VI

