

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

Spis rysunków	3
1 Podstawa opracowania	4
1.1Materiały wyjściowe	4
1.2Przepisy	4
1.3Normy.....	5
1.4Literatura.....	5
2 Cel i zakres opracowania	6
3 Skrócony opis inwestycji	6
4 Warunki geologiczne i hydrogeologiczne	6
5 Opis sposobów wzmocnienia podłoża	7
5.1Ogólny opis zastosowanych rozwiązań	7
5.2Technologia T01 - wymiana gruntów słabonośnych.....	8
5.3Technologia T02 - wzmocnienie powierzchniowe – ulepszone podłoże stabilizowane chemicznie spoiwami - stabilizacja konstrukcyjna (Typ A, Typ B).....	10
5.4Technologia T02 - wzmocnienie powierzchniowe – ulepszone podłoże stabilizowane chemicznie spoiwami – stabilizacja technologiczna (Typ C)	12
5.5Technologia T03 - nasyp przeciążający	12
5.6Technologia T04 - materac geosyntetyczny.....	14
5.7T05 Powierzchniowe dogęszczenie podłoża	14
5.8Wzmocnienie podłoża pod przepustami.....	14
5.9Nasyp przeciążający na drodze DD-5	15
5.10 Zabezpieczenie stateczności skarp nasypów i wykopów.....	16
6 Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany oraz sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom.....	18
7 Określenie zakresu niezbędnego monitoringu	18
7.1Monitoring w trakcie prowadzenia robót.....	18
8 Uwagi końcowe	19
ZAŁĄCZNIKI.....	20

Spis rysunków

Nr	Tytuł	Skala
0101	Plan wzmocnienia podłoża	1:2000
0102		
0103		
0104		
0105		
0106		
0107		
0108		
0109		
0110		
0201	Wzmocnienie podłoża w technologii T01: Wymiana gruntu	1:200
0202	Wzmocnienie podłoża w technologii T03 Nasyp przeciążający	1:200
0203	T04 Materac geosyntetyczny w podstawie nasypu	1:100
0204	Schemat zbrojenia skarp nasypów	1:100
0301	Nasyp przeciążający na drodze DD-5	1:100

1 Podstawa opracowania

1.1 Materiały wyjściowe

- [1] Umowa nr 01/211/2015 z 12.2015r. dotycząca opracowania „Projektu budowy drogi ekspresowej S6 na odcinku Nowogard – Płoty – zawarta przez Transprojekt Gdański Sp. z o.o. z PRM „Mosty-Łódź” S.A. oraz Generalną Dyrekcją Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Szczecinie.
- [2] Koncepcja programowa: „Budowa drogi S-6 na odcinku Nowogard – Płoty (koniec obwodnicy m. Nowogard – Początek obwodnicy m. Płoty /z węzłem/ „Płoty Południe”/) opracowana przez firmę Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w maju 2014r.
- [3] Koncepcja programowa: „Budowa obwodnicy m. Płoty w ciągu drogi S-6 (węzeł „Płoty Południe”/bez węzła/ - węzeł „Wicimice”/bez węzła/)” opracowana przez firmę Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w styczniu 2014r.
- [4] Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki geologiczno –inżynierskie na potrzeby koncepcji programowo przestrzennej budowy drogi ekspresowej S6 Nowogard – Kołobrzeg Wschód – woj. Zachodniopomorskie, - woj. Zachodniopomorskie opracowana przez Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w marcu 2014r.
- [5] Dokumentacja badań podłoża gruntowego dla określenia warunków geotechnicznych dla budowy drogi ekspresowej S6 Nowogard – Kołobrzeg Wschód (woj. Zachodniopomorskie), opracowana przez Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w 2014r.
- [6] Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne na potrzeby koncepcji programowo przestrzennej budowy drogi ekspresowej S6 Nowogard – Kołobrzeg Wschód – woj. zachodniopomorskie opracowana przez Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w marcu 2014r.
- [7] Opinia geotechniczna dla określenia warunków geotechnicznych dla budowy drogi ekspresowej S6 Nowogard – Kołobrzeg Wschód (woj. Zachodniopomorskie), opracowana przez Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu w 2013r.
- [8] Dodatek do dokumentacji geologiczno-inżynierskiej określającej warunki geologiczno-inżynierskie na potrzeby projektu i budowy drogi S6 na odcinku Nowogard – Płoty” opracowana przez firmę Barg Artgeo Sp. z o.o., Szczecin 2016r.

1.2 Przepisy

- [R1] Rozporządzenie ministra transportu, budownictwa i gospodarki morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, (Dz. U. poz. 463)
- [R2] Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (tekst jednolity z dnia 9 listopada 2010r., Dz. U. 2016 poz.71).
- [R3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz.U. 2016r. poz. 124 z późniejszymi zmianami)
- [R4] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63/2000 poz. 735 z późniejszymi zmianami)

1.3 Normy

- [N1] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [N2] PN-EN 1997-1:2008/NA Załącznik krajowy do Polskiej Normy Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [N3] PN-EN 1997-2 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- [N4] PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie”.
- [N5] PN-81/B-03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie”
- [N6] PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych
- [N7] PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”
- [N8] PN-S-02205 "Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania"
- [N9] BS 8006:1995 "Code of practice for Strengthened / reinforced soils and other fills"

1.4 Literatura

- [L1] "Zarys geotechniki", Zenon Wiłun, Wydawnictwa Komunikacji i łączności, Warszawa 1987
- [L2] "Nasypy na gruntach organicznych", Molisz R., Baran L., Werno M., Wydawnictwo komunikacji i łączności, Warszawa 1986.
- [L3] "Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements – EBGeo. 2nd German Edition. German Geotechnical Society.
- [L4] "Recommendations on Excavations", Ernst&Sohn, 2003
- [L5] "Ground Improvement" 2nd Edition. K. Kirsch, A. Bell. CRC Press, 2007.
- [L6] "Fundamenty palowe" T.1, K. Gwizdała, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011.
- [L7] "Fundamenty palowe" T.2, K. Gwizdała, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2013.
- [L8] "Wykorzystanie Sondowań statycznych do obliczania nośności i osiadania pali". K. Gwizdała, M. Stęczniewski, I. Dyka, Seminarium IBDiM i PZWFS – Warszawa, 22 kwietnia 2009 – Fundamenty Palowe 2009r.
- [L9] „Sondowanie statyczne. Metody i zastosowanie w geoinżynierii.” Z. Sikora. Wydawnictwo Naukowo -Techniczne. Warszawa 2006 r.
- [L10] "Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych", GDDP, Warszawa, 1998
- [L11] "Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym", opracowanie IBDiM w Warszawie na zlecenie GDDP, Warszawa, 2002 r.
- [L12] Wytyczne ITB Nr 424/2011 "Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń"
- [L13] Wytyczne ITB Nr 429/2008 "Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami"
- [L14] „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2009.

2 Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest sporządzenie projektu wykonawczego wzmocnienia podłoża gruntowego pod nasypami drogowymi, a także projektu wzmocnienia skarp nasypów i wykopów, w ramach zamierzenia budowlanego: „Projekt i budowa drogi S-6 na odcinku Nowogard – Płoty (koniec obwodnicy m. Nowogard – koniec obwodnicy m. Płoty)” od km 49+098 do km 69+459

3 Skrócony opis inwestycji

Inwestycja zlokalizowana jest w północno-zachodniej części Polski, na terenie województwa zachodniopomorskiego na odcinku od km 49+098 (koniec istniejącej Północnej Obwodnicy miasta Nowogard) do km 69+459.

Droga krajowa nr 6 w województwie zachodniopomorskim ma długość ok. 220,00 km (początek na granicy z Niemcami w miejscowości Kołbaskowo). Początkowo na odcinku Kołbaskowo-Kijewo-Szczecin Dąbie droga posiada status autostrady A6. Na odcinkach: Północnej Obwodnicy Nowogardu, Południowej Obwodnicy Słupska oraz zachodniej Obwodnicy Trójmiasta, Rzęśnia – Goleniów, droga posiada status drogi ekspresowej. Odcinek Rzęśnia – Goleniów jest jednocześnie odcinkiem wspólnym z drogą nr 3 i oznakowany jako S3. Planowana inwestycja to jedna z ważniejszych strategicznych przedsięwzięć dla województwa zachodniopomorskiego.

Projektowany odcinek zlokalizowany jest na terenie województwa pomorskiego i przebieg przez następujące gminy:

- gmina Nowogard – na odcinku od 49+098 do km 55+788
- gmina Płoty od km 55+788 do km 69+459

Początek projektowanego odcinka zlokalizowany jest na Północnej Obwodnicy miasta Nowogard w km 49+098.

4 Warunki geologiczne i hydrogeologiczne

Szczegóły budowy geologicznej i hydrogeologicznej zawarto w dokumentach [4], [5], [6], [8]. Planowana trasa drogi ekspresowej S6 przebiega przez teren zachodnioeuropejskiej platformy paleozoicznej powstałej w okresie karbońskim. Po wielokrotnych zlodowaceniach w jego powierzchniowej budowie geologicznej dominują utwory czwartorzędowe o znacznej miąższości. Utwory starsze niż pochodzące z ostatniego zlodowacenia pojawiają się przy powierzchni, jedynie marginalnie w okolicach Szczecina i Koszalina, jako wynik olbrzymiego nacisku masy lodowca i wyciskania starszych utworów na powierzchnię lub tworzenia porwaków materiału starszego. Obszary czołowo morenowe położone w kilku pasach odzwierciedlających kolejne subfazy postępu lodowca zbudowane są z przemieszanego materiału w postaci glin zwałowych, głazów i żwirów. Położone przed nimi równiny sandrowe zbudowane są z piaszczystego materiału wodnolodowcowego, natomiast rozległe równiny wysoczyznowe i dennomorenowe zajmujące największy odsetek powierzchni zbudowane są z glin zwałowych i piasków gliniastych. Sieć rynien glacialnych prowadząca współcześnie doliny rzek przecinających projektowaną trasę wypełniona

jest osadami holoceniowymi reprezentowanymi przez piaski humusowe, namuły piaszczyste, a w zagłębieniach bezodpływowych – torfy i namuły torfiaste. W regionie zastoisk występują rozległe obszary iltów, pyłów oraz piasków. Obszary piasków eolicznych zalegają na powydumowych obszarach Równiny Wkrzańskiej oraz Goleniowskiej, a także oczywiście wybrzeżu Bałtyku. W dnach dolinnych: Regi, Parsęty i innych cieków również bezimiennych przecinających trasę występują osady holoceniowe reprezentowane przez piaski, żwiry, mady rzeczne, torfy i namuły. Rieczne osady holoceniowe występują na analizowanym terenie w pobliżu wsi Wyszogóra, Morowo, miasta Płoty i Kołobrzeg. Obszar badań charakteryzuje się na ogół prostą budową geologiczną. Jednak na odcinkach, na których niweleta projektowanej drogi S6 schodzi poniżej zaobserwowanego lustra statycznego wody gruntowej (liczyć się trzeba będzie tam z koniecznością przeprowadzenia odwodnienia depresyjnego gruntów podłoża), a także na których grunty nienośne (nasypy niebudowlane, osady organiczne, grunty spoiste o stopniu plastyczności $I_L > 0,50$) posiadają znaczące miąższości - przyjąć należy złożone warunki gruntowo-wodne.

Analizowany teren w podziale hydrogeologicznym zwykłych wód podziemnych, według B. Paczyńskiego, znajduje się w obrębie regionu pomorskiego, w subregionie nadmorskim. Według regionalizacji zwykłych wód podziemnych Polski (A. Kleczkowski) obszar znajduje się w prowincji hydrogeologicznej nizinnej w paśmie nadmorskim. Projektowany odcinek drogi ekspresowej S6 nie przebiega przez obszary Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP). Granica najbliższego udokumentowanego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 123 „Zbiornik międzymorenowy Stargard-Goleniów”, znajduje się w odległości ponad 15 km od przebiegu projektowanej drogi ekspresowej. Piętra wodonośne o charakterze użytkowym na badanym obszarze związane są z utworami jurajskimi oraz czwartorzędowymi.

Ze względu na sposób i zasięg występowania oraz wzajemną relację zwierciadła statycznego do charakteru wykształcenia facjalno-litologicznego osadów, w obrębie czwartorzędu analizowanego obszaru badań wydzielić można następujące rodzaje wód gruntowych:

- zasadniczą warstwę (poziom) wodonośną,
- wody przypowierzchniowe,
- wody z przerostów i soczew śródglinowych.

5 Opis sposobów wzmocnienia podłoża

5.1 Ogólny opis zastosowanych rozwiązań

Wzmocnienie podłoża zaprojektowane zostało poprzez podział dróg na odcinki, do których przyporządkowano technologię wzmocnienia podłoża w zależności od klasy drogi, wysokości nasypu lub głębokości wykopu, warunków gruntowo-wodnych oraz projektowanych bądź istniejących elementów infrastruktury drogowej (m.in. dojazdy do obiektów mostowych, przepusty drogowe i melioracyjne). Podział na odcinki wzmocnień przedstawiony został w części rysunkowej na planie sytuacyjnym w skali 1:2000.

Jako wzmocnienie podłoża na obszarach ujętych niniejszym opracowaniem przewidziano zastosowanie następujących technologii:

- T01 Wymiana gruntu
- T02 Stabilizacja chemiczna
- T03 Nasyp przeciążający
- T04 Materace geosyntetyczny
- T05 Powierzchniowe dogęszczenie podłoża

5.2 Technologia T01 - wymiana gruntów słabonośnych

Na wyszczególnionych odcinkach projektowanej drogi należy wykonać wymianę gruntów słabonośnych do poziomu zalegania warstw gruntów nośnych. Za grunty słabonośne uważa się: grunty organiczne (torfy, gytie, namuły), miękkoplastyczne grunty spoiste oraz niekontrolowane wysypiska słabych materiałów (np. odpadów). Wymianę należy prowadzić do osiągnięcia warstw gruntów mineralnych niespoistych lub gruntów spoistych w stanie co najmniej plastycznym. Przed przystąpieniem do prac związanych z wymianą gruntów słabonośnych zaleca się wykonanie dodatkowych badań (odwierty, sondowania, przekopy próbne) w celu uszczegółowienia zakresu występowania oraz głębokości zalegania gruntów słabonośnych.

Grunty słabonośne należy usuwać mechanicznie od czoła przy użyciu koparek (podsiębiernych, chwytakowych lub zbierakowych), zwracając szczególną uwagę na dokładność wymiany, aby nie zostawiać w podłożu „gniazd” gruntów słabonośnych. Na bieżąco należy kontrolować rodzaj wybieranego gruntu. Wymiana powinna być prowadzona w sposób ciągły, tak aby wykop po gruncie słabonośnym nie pozostawał zbyt długo niezasypany – bezpośrednio po usunięciu gruntów słabonośnych należy wypełniać go gruntem niespoistym. Grunt słabonośny należy odwieźć w miejsce składowania. Wybrany grunt mineralny dopuszcza się do ponownego wbudowania w nasyp (po ewentualnym ulepszeniu).

Powstałe wykopy, po stwierdzeniu, że w podłożu nie ma już gruntów słabonośnych, należy sukcesywnie wypełniać od czoła niespoistym gruntem zasypowym o dobrej zagęszczalności. Do wymiany i nadsypania terenu należy użyć gruntu niespoistego – żwiru, pospółki, piasku grubego, średniego lub drobnego. Nie dopuszcza się do zastosowania piasku pylastego.

Wbudowywanie gruntu zasypowego należy prowadzić do poziomu góry platformy roboczej, zlokalizowanej min. 0.5m powyżej poziomu zwierciadła wody gruntowej. Należy następnie przeprowadzić badania kontrolne (odwierty oraz sondowania), których celem jest potwierdzenie prawidłowości wykonanej wymiany. Powinny one zagłębiać się w warstwę gruntu rodzimego na głębokość minimum 0.5m. Dopuszcza się do rezygnacji z powyższych badań w przypadku możliwości wykonania wymiany powyżej zwierciadła wody gruntowej, przy jednoczesnym odbiorze podłoża przez Nadzór Inwestorski. W przypadku stwierdzenia pozostawienia soczewek gruntów organicznych, Wykonawca proponuje sposób dalszego postępowania, które pozwoli na uzyskanie właściwego wzmocnienia podłoża. Przyjęty sposób postępowania wymaga uzyskania zgody Inżyniera.

Po wykonaniu wymiany grunt zasypowy należy zagęścić stosując metodę pozwalającą na uzyskanie wymaganych parametrów. W miejscach, gdzie będzie to możliwe z uwagi na poziom wody gruntowej, wbudowane kruszywo należy zagęszczać za pomocą walców lub płyt

wibracyjnych. W przypadku zagęszczenia wgłębnego rozstawy punktów zagęszczenia określi Wykonawca w projekcie technologicznym, który podlega zatwierdzeniu przez Inżyniera. Projekt taki powinien uwzględniać wyniki kontrolnych badań zagęszczenia po wymianie oraz parametry sprzętu do zagęszczania. W razie potrzeby należy wykonać poletko próbne, na którym przeprowadzone zostaną badania odpowiedniej metody (lub parametrów) zagęszczenia.

Po wykonaniu zagęszczenia wgłębnego powstałe leje w podłożu należy zasypać gruntem nasypowym, teren wyrównać i zagęścić powierzchniowo za pomocą walców drogowych. Następnie należy przeprowadzić badania kontrolne wykonanego wzmocnienia.

Minimalne zagęszczenie wymienionego gruntu (po wykonaniu zagęszczenia) powinno wynosić $I_s \geq 0.97$ w przedziale głębokości $0 \div 1.0\text{m}$ poniżej poziomu góry platformy roboczej, natomiast poniżej głębokości 1.0m $I_s \geq 0.95$.

Badania statyczne płytą o średnicy 300mm (badanie na górnej powierzchni wymiany) powinny dać następujące wyniki:

- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 60\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR3, KR4, KR5, KR6,
- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 30\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR1, KR2,
- wskaźnik odkształcenia $I_0 \leq 2.5$ jeżeli wymaga się zagęszczenia $I_s < 1.0$,
- wskaźnik odkształcenia $I_0 \leq 2.2$ jeżeli wymaga się zagęszczenia $I_s \geq 1.0$.

Dodatkowo, w zależności od położenia górnej warstwy wymienionego gruntu względem projektowanej nawierzchni drogowej, powinny być spełnione wymagania normy [N8]. W przypadku gdy spód warstw konstrukcji nawierzchni zlokalizowany jest na poziomie górnej warstwy wymiany (przekrój wykopowy lub niski nasyp), należy wykonać pod nimi warstwę ulepszanego podłoża grubości min. 20 cm, zgodnie z punktem 5.3. Na górnej powierzchni warstwy ulepszanego podłoża należy uzyskać takie parametry wzmocnienia, które odpowiadają następującym wielkościom wtórnego modułu odkształcenia dla gruntu:

- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 120\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR5, KR6, KR7
- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 100\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR3, KR4
- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 80\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR1, KR2

W tym celu na górnej powierzchni gruntu znajdującego się pod warstwą ulepszanego podłoża należy uzyskać następujące wielkości wtórnego modułu odkształcenia podłoża:

- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 80\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR5, KR6
- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 60\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR3, KR4
- wtórny modułu odkształcenia podłoża $E_2 \geq 40\text{ MPa}$ w przypadku dróg KR1, KR2

Wzmocnienie podłoża poprzez pełną wymianę gruntu słabonośnego przewiduje się na odcinkach wyszczególnionych na planach sytuacyjnych oraz w Załączniku 1. W razie stwierdzenia w podłożu odmiennych warunków gruntowo – wodnych przewiduje się możliwość dostosowania zakresu, rezygnacji ze wzmocnienia lub zastosowanie innego, wariantowego typu wzmocnienia.

5.3 Technologia T02 - wzmocnienie powierzchniowe – ulepszone podłoże stabilizowane chemicznie spoiwami - stabilizacja konstrukcyjna (Typ A, Typ B)

Na wyszczególnionych odcinkach dróg, w miejscach, gdzie droga przebiega w wykopach lub niskich nasypach, zaprojektowano ulepszenie podłoża za pomocą stabilizacji spoiwami chemicznymi. Celem wykonywania ulepszenia jest doprowadzenie podłoża do stanu, w którym spełnia ono warunki nośności oraz mrozoodporności w rozumieniu normy [N8]. Dopuszcza się do wykonywania warstwy ulepszonego podłoża na miejscu (za pomocą specjalistycznego sprzętu), a także do układania stabilizacji z dowozu.

Na górnej powierzchni warstwy ulepszonego podłoża należy uzyskać takie parametry wzmocnienia, które odpowiadają następującym wielkościom wtórnego modułu odkształcenia dla gruntu:

- $E_2 \geq 120$ MPa dla dróg kategorii KR5, KR6 oraz KR7,
- $E_2 \geq 100$ MPa w przypadku dróg kategorii od KR3 do KR4
- $E_2 \geq 80$ MPa w przypadku dróg kategorii od KR1 do KR2.

Minimalna grubość warstwy ulepszonego podłoża wynosi 20 cm. Zalecane grubości warstw w zależności od wartości E_2 pod drogą S5 (kategorii KR7) podano w tabeli nr 1.

Tabela 1 Zalecana grubość warstwy stabilizacji w zależności od wtórnego modułu odkształcenia E_2 – dróg KR5, KR6 i KR7 – doprowadzenie do $E_2 \geq 120$ MPa na spodzie warstw konstrukcji nawierzchni

	G1 $E_2 \geq 80$ MPa	G2 $E_2 \geq 50$ MPa	G3 $E_2 \geq 35$ MPa	G4 $E_2 \geq 25$ MPa	$E_2 \geq 12$ MPa
Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{1,5/2}$), cm	20	20	20	20	20
Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{0,4/0,5}$), cm	-	15	25	30	40
Suma, cm	20	35	45	50	60

W przypadku dróg kategorii KR3 oraz KR4 zaleca się stosowanie warstwy ulepszonego podłoża o grubościach przedstawionych w tabeli nr 2.

Tabela 2 Zalecana grubość warstwy stabilizacji w zależności od wtórnego modułu odkształcenia E_2 – dróg KR3 i KR4 – doprowadzenie do $E_2 \geq 100$ MPa na spodzie warstw konstrukcji nawierzchni

	G1 $E_2 \geq 80$ MPa	G2 $E_2 \geq 50$ MPa	G3 $E_2 \geq 35$ MPa	G4 $E_2 \geq 25$ MPa	$E_2 \geq 12$ MPa
Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{1,5/2}$), cm	20	20	20	20	20

Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{0,4/0,5}$), cm	-	10	15	20	30
Suma, cm	20	30	35	40	50

W przypadku dróg kategorii KR1 oraz KR2 zaleca się stosowanie warstwy ulepszanego podłoża o grubościach przedstawionych w tabeli nr 3.

Tabela 3 Zalecana grubość warstwy stabilizacji w zależności od wtórnego modułu odkształcenia E_2 – dróg KR1 i KR2 - doprowadzenie do $E_2 \geq 80$ MPa na spodzie warstw konstrukcji nawierzchni

	G1 $E_2 \geq 80$ MPa	G2 $E_2 \geq 50$ MPa	G3 $E_2 \geq 35$ MPa	G4 $E_2 \geq 25$ MPa	$E_2 \geq 12$ MPa
Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{1,5/2}$), cm	20	20	20	20	20
Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem ($C_{0,4/0,5}$), cm	-	-	15	20	30
Suma, cm	20	20	35	40	50

Wartości podane w tabelach 1, 2 i 3 wyznaczono w oparciu o nomogramy oraz wytyczne zawarte w opracowaniu [L14]. Grubość warstw przyjęto przy założeniu stabilizacji o wartości modułu odkształcenia $E=200$ MPa. Ostateczną grubość warstw ulepszanego podłoża należy dobrać zgodnie z wytycznymi, w oparciu o ocenę nośności podłoża przeprowadzoną na podstawie pomiaru modułu E_2 poprzez obciążenie statyczne płytą o średnicy 300mm – badanie należy wykonywać na powierzchni warstwy ulepszanego podłoża $C_{0,4/0,5}$. W przypadku stosowania do stabilizacji materiału o wyższym module odkształcenia niż przyjęty do obliczeń, dopuszcza się dostosowanie grubości stabilizacji (jednak nie mniej niż 20 cm), pod warunkiem przeprowadzenia badań na poletku próbnym oraz zatwierdzeniu zmiany przez Inżyniera.

W oparciu o badania [4], [5], [8] rozróżniono obszary na których w podłożu warstw nawierzchni przewiduje się występowanie gruntów spoistych oraz niespoistych. W celu rozróżnienia warunków w których wykonywana będzie warstwa ulepszanego podłoża wyszczególnione zostały obszary Typu A oraz Typu B.

- Typ A – obszar na którym warstwa ulepszanego podłoża nawierzchni wykonywana będzie w gruntach spoistych,
- Typ B – obszar na którym warstwa ulepszanego podłoża nawierzchni wykonywana będzie w gruntach niespoistych.

Obszary te zostały zestawione Załączniku 1 oraz na planach sytuacyjnych. Przedstawione zakresy wzmocnienia zostały wyznaczone w oparciu o punktowe rozpoznanie podłoża. Przed

przystąpieniem do wykonywania stabilizacji należy przeprowadzić ocenę podłoża, a następnie dostosować zakres wzmocnienia do zastanych warunków gruntowych.

W przypadku dróg dojazdowych, na planach sytuacyjnych zaznaczone zostały obszary, na których przewiduje się występowanie w podłożu gruntów spoistych, dla których należy stosować warstwę ulepszanego podłoża Typu A. Na wszystkich pozostałych odcinkach dróg dojazdowych (obszary nie zaznaczone na planie) przewiduje się warstwę ulepszanego podłoża Typu B o minimalnej grubości 20 cm.

5.4 Technologia T02 - wzmocnienie powierzchniowe – ulepszone podłoże stabilizowane chemicznie spoiwami – warstwa technologiczna (Typ C)

Na wyszczególnionych odcinkach dróg, w miejscach, gdzie w podstawie nasypu występują grunty spoiste, zaprojektowano ich ulepszenie za pomocą stabilizacji spoiwami chemicznymi. Dopuszcza się do wykonywania stabilizacji na miejscu (za pomocą specjalistycznego sprzętu), a także do układania stabilizacji z dowozu.

Projektuje się ulepszone podłoże nasypu grubości min. 20cm. Wzmocnienie to ma na celu zabezpieczenie gruntu spoistego przed wpływami atmosferycznymi oraz ruchem pojazdów. Decyzja w sprawie konieczności wykonywania, a także sposobu i zakresu wzmocnienia powierzchniowego poprzez stabilizację technologiczną zostanie podjęta przez Wykonawcę w trakcie prowadzenia robót, po wykonaniu kontrolnych badań podłoża. W przypadku podłoża które spełnia wymagania (moduł, wskaźnik zagęszczenia) określone w normie [N8], wykonywanie stabilizacji jest wskazane tylko w przypadku gdy podłoże po odhumusowaniu jest narażone na szkodliwe czynniki atmosferyczne lub ruch budowlany. Jeżeli Wykonawca jest w stanie zabezpieczyć podłoże spoiste przed degradacją np. poprzez ograniczenie czasu ekspozycji podłoża na czynniki zewnętrzne (np. poprzez rozpoczęcie budowy nasypu), lub w przypadku korzystnych warunków atmosferycznych (gdy nie zachodzi ryzyko degradacji powierzchniowych warstw gruntu), wykonywanie stabilizacji technologicznej nie jest konieczne.

Zestawienie obszarów na których należy zastosować wzmocnienie podłoża poprzez wykonanie stabilizacji technologicznej Typ C przedstawiono na planach sytuacyjnych oraz w Załączniku 1.

5.5 Technologia T03 - nasyp przeciążający

Wykonywanie nasypu przeciążającego przewiduje się w przypadku, gdy po zakończeniu wykonywania wymiany gruntów w podłożu stwierdzono pozostawienie „soczewek” warstw słabonośnych o niewielkiej miąższości, jako uzupełnienie dla ewentualnego zagęszczenia wgłębnego. Nasyp przeciążający należy stosować także m.in. w przypadku niewielkich warstw gruntów słabonośnych zalegających na głębokościach uniemożliwiających ich bezpośrednią wymianę, w przypadku gdy warstwy sąsiadujące z gruntem słabonośnym zapewniają korzystne warunki odpływu wody. Nasyp przeciążający zaleca się wykonać z materiału spełniającego wymagania STWiORB D-02.03.01 jak dla nasypów drogowych. Minimalny wymagany ciężar objętościowy wybudowanego nasypu przeciążającego wynosi 16.5 kN/m³. W przypadku stosowania gruntu o wyższej gęstości objętościowej należy dostosować wysokość nasypu

przeciążającego do ciężaru zastosowanego gruntu. Do budowy nasypów przeciążających dopuszcza się zastosowanie innego rodzaju gruntu mineralnego (nie spełniającego wymagań dla gruntu nasypowego). W takim przypadku, aby zabezpieczyć górną powierzchnię nasypów przed zanieczyszczeniem takim materiałem, należy na jej powierzchni ułożyć geowłókninę separacyjną. Po rozbiórce nasypu przeciążającego materiał taki zostanie usunięty z budowy. Materiał przeznaczony do wykonania nasypów przeciążających musi być zaakceptowany przez Inżyniera.

Metoda budowy oraz rozbiórki nasypu przeciążającego nie odbiega od typowych robót ziemnych opisanych w STWiORB D-02.01.01 oraz D-02.03.01, z tym że nie wymaga się dla tych konstrukcji uzyskiwania i kontroli wskaźników zagęszczenia gruntu. Docelową wysokość nasypu przeciążającego określono w Załączniku 1. W ramach projektów technologicznych oraz po uwzględnieniu wyników prowadzonych na bieżąco pomiarów parametrów wzmacnianego metodami konsolidacyjnymi gruntu Wykonawca określi etapy wznoszenia nasypów przeciążających.

Należy zapewnić możliwość wjazdu sprzętu budowlanego na koronę nasypu przeciążającego poprzez wykonanie ramp o odpowiednim nachyleniu.

Przed przystąpieniem do budowy nasypu przeciążającego należy przygotować repery pomiarowe. Repery należy zlokalizować co 25 do 50 m w przekrojach projektowych opracowanych w dokumentacji branży drogowej. W przekroju pomiarowym należy zlokalizować 3 repery pomiarowe. Repery talerzowe należy zainstalować w poziomie podstawy nasypu. W trakcie budowy nasypów przeciążających należy bezwzględnie pilnować, aby zniszczeniu nie uległ system pomiaru przemieszczeń (repery talerzowe i inne). Podobnie należy postępować w trakcie jego rozbiórki.

Przed rozpoczęciem robót Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji projekt technologii i organizacji (projekt technologiczny) oraz harmonogram robót uwzględniający wszystkie uwarunkowania, w jakich będą wykonywane roboty ziemne związane z budową nasypów przeciążających. Należy także uwzględnić wpływ kolejności i sposobu budowy nasypów przeciążających oraz terminy i kolejność wykonywania innych robót na obszarach projektowanych wzmocnień podłoża. Przewiduje się konieczność wykonania ścinania „in situ” za pomocą sondy krzyżakowej.

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien wykonać kontrolne badania geotechniczne wytrzymałości gruntów organicznych pod nasypem (w jego osi oraz pod krawędziami) w celu wyznaczenia wielkości "zerowych", pozwalających na późniejszą ocenę szybkości procesu wzmacniania podłoża.

Wykonawca przystąpi do wykonywania nasypów przeciążających po przeprowadzeniu pomiaru odkształceń reperów oraz innych systemów pomiarowych na danym obszarze, a także po geodezyjnym zinventaryzowaniu górnej powierzchni robót ziemnych, na której będzie układany nasyp przeciążający. Pomiary należy dokonać w każdej poprzeczce projektowej, przynajmniej w trzech punktach (w osi oraz na krawędziach korony nasypu).

Wykonawca jest zobowiązany do ciągłej kontroli warunków gruntowo – wodnych i porównywania ich z danymi zawartymi w Dokumentacji Projektowej.

5.6 Technologia T04 - materac geosyntetyczny

Na wyszczególnionych odcinkach dróg przewidziano wykonanie w podstawie nasypu materaca geosyntetycznego. Celem powierzchniowego wzmocnienia jest wyrównanie osiadań nasypu drogowego na gruncie o zróżnicowanej budowie geologicznej, niejednorodnych parametrach wytrzymałościowych oraz ściśliwości, a także w celu zachowania stateczności zarówno podczas budowy, jak i późniejszej eksploatacji nasypu.

Materac geosyntetyczny wykonać należy po zdjęciu humusu i wykonaniu wykopu do odpowiedniej rzędnej oraz wyrównaniu podłoża. W przypadku materaca układanego bezpośrednio na spoistym podłożu gruntowym, na dnie wykopu należy ułożyć warstwę geowłókniny separacyjnej.

Na warstwie zagęszczonego gruntu niespoistego należy wykonać materac geosyntetyczny. Materac grubości 0,5m wykonać należy z wykorzystaniem kruszywa naturalnego lub łamanego o kącie tarcia wewnętrznego $\phi \geq 35^\circ$, wskaźniku różnoziarnistości $U \geq 3$ oraz współczynnika wodoprzepuszczalności $k \geq 8\text{m/dobę}$ w owinięciu geotkaniną poliestrową (PET) minimalnej długoterminowej wytrzymałości na zerwanie $R_{B,d} \geq 100\text{ kN/m}$. Przewiduje się możliwość zastosowania podwójnego materaca geosyntetycznego. Sytuacja taka może wystąpić w miejscach gdzie bezpośrednio od poziomu terenu zalegają nienośne warstwy organiczne, jednocześnie występuje tam również wysokie zwierciadło wody gruntowej.

Schemat wykonania materaca przedstawiono w części rysunkowej projektu. Zakres stosowania technologii przedstawiono w części rysunkowej oraz w załączniku 1.

5.7 T05 Powierzchniowe dogęszczenie podłoża

W przypadku, gdy parametry warstw przypowierzchniowych nie spełniają wymagań normy [N8], a jednocześnie warunki gruntowe nie kwalifikują danego obszaru do stosowania wzmocnienia wgłębnego, należy wykonać powierzchniowe dogęszczenie walcami wibracyjnymi bądź statycznymi. Ostateczny zakres stosowania metody wzmocnienia należy dostosować do warunków gruntowych zastanych na budowie.

5.8 Wzmocnienie podłoża pod przepustami

W podłożu pod przepustem PD-1/1 w km 54+108 oraz pod przejściem dla płazów w km 59+704 stwierdzono występowanie słabonośnych gruntów spoistych o dużej miąższości. Z uwagi na ryzyko występowania osiadań przekraczających wartości dopuszczalne dla przepustów (przejść dla zwierząt) zaleca się ich wykonanie po przeprowadzeniu wstępnej konsolidacji podłoża.

Przed przystąpieniem do wznoszenia nasypu, w jego podstawie należy zainstalować repery pomiarowe. Należy zlokalizować je w trzech przekrojach pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż osi drogi głównej (w osi przepustu oraz w odległości 15 m przed oraz za przepustem). W każdym przekroju pomiarowym należy umieścić 3 repery, jeden w osi drogi oraz dwa pod krawędziami

korony nasypu. W czasie wznoszenia oraz rozbiórki nasypu należy bezwzględnie pilnować aby system pomiarowy nie uległ uszkodzeniu lub zniszczeniu.

Po zainstalowaniu systemów pomiarowych oraz wykonaniu pomiarów zerowych Wykonawca przystąpi do wznoszenia nasypu drogowego. W trakcie budowy należy prowadzić geodezyjne pomiary osiadań nasypu. Należy wykonywać minimum jeden pomiar na każde dwa metry wybudowanego nasypu, jednak nie rzadziej niż jeden pomiar na dwa tygodnie. Nasyp należy wybudować na pełną wysokość określoną w projekcie drogowym, bez wykonywania warstw konstrukcji nawierzchni. Po wybudowaniu nasypu dopuszcza się prowadzenie po jego powierzchni ruchu budowlanego (pod warunkiem zabezpieczenia systemu pomiarowego). Do rozbiórki należy przystąpić w momencie stabilizacji osiadań nasypu – moment ten należy określić w ramach projektu technologicznego wykonanego w oparciu o pomiary geodezyjne oraz badania podłoża. Jeżeli jest taka możliwość, w celu przyspieszenia konsolidacji, na przedmiotowym odcinku można wykonać dodatkowy nasyp przeciążający zgodnie z wytycznymi punktu 5.5. Wykonawca podejmie decyzję o zakresie (szerokości) rozbiórki, którą należy dobrać w taki sposób, aby możliwe było prawidłowe wybudowanie obiektu.

Po rozbiórce nasypu drogowego w podłożu należy wykonać materac geosyntetyczny (zgodnie z zaleceniami punktu 5.6), a następnie przystąpić do budowy przepustu (przejścia dla zwierząt) zgodnie z projektem branży mostowej. Należy również odtworzyć nasyp drogowy.

Dopuszcza się zastosowanie alternatywnego sposobu wzmocnienia podłoża w miejscu zaprojektowanego przepustu. Rozwiązanie takie powinno uzyskać pozytywną opinię Projektanta oraz zostać zatwierdzone przez Inżyniera.

5.9 Nasyp przeciążający na drodze DD-5

W podłożu pod drogą DD-5, w km 2+255 drogi dojazdowej (około km 62+500 trasy głównej), uzupełniające badania podłoża gruntowego stwierdziły występowanie warstwy słabonośnej w postaci gruntów organicznych (torfów) zalegających do głębokości 7,6 m ppt. Na obszarze tym zaprojektowano wzmocnienie w postaci nasypu przeciążającego (metoda konsolidacyjna) oraz zbrojenie podstawy nasypu. Zakres wykonania wzmocnienia przedstawiono na planie sytuacyjnym oraz w Załączniku 1. Na czas robót należy wykonać tymczasowe przełożenie cieku (plan przełożenia cieku należy wykonać w ramach projektu technologicznego).

Przed przystąpieniem do wykonywania zbrojenia podstawy nasypu na powierzchni terenu należy ułożyć geowłókninę separacyjną (bez przecinania Korzucha torfowego) a następnie wykonać warstwę wyrównawczą o grubości minimum 15 cm. Do wykonania warstwy wyrównawczej należy zastosować niewysadzinowy grunt niespoisty o współczynniku filtracji $k \geq 8 \text{ m/d}$. Na tak przygotowanym podłożu należy wykonać zbrojenie podstawy nasypu w postaci dwóch warstw geotkaniny PET o minimalnej długoterminowej wytrzymałości na zerwanie $R_{B,d} \geq 100 \text{ kN/m}$, wypełnionej gruntem niespoistym spełniającym wymagania jak do budowy nasypu, o minimalnym współczynniku filtracji $k \geq 8 \text{ m/d}$, kącie tarcia wewnętrznego $\phi \geq 35^\circ$ oraz wskaźniku różnoziarnistości $U \geq 3$. Na górnej powierzchni zbrojenia geosyntetycznego należy zainstalować repery talerzowe do pomiaru osiadań. Repery należy zlokalizować w przekrojach

poprzecznych wzdłuż osi drogi w km 62+490, 62+505 (w osi przepustu), 62+520, na pozostałej części drogi DD-5 w rozstawach co 25m. W każdym przekroju pomiarowym należy zlokalizować dwa repéry, zlokalizowane pod krawędziami pasa drogowego. W czasie wznoszenia oraz rozbiórki nasypu należy bezwzględnie pilnować aby system pomiarowy nie uległ uszkodzeniu lub zniszczeniu. Po zakończeniu robót w celu prowadzenia monitoringu na etapie eksploatacji można pozostawić repéry talerzowe lub zainstalować w jezdni gwoździe pomiarowe (należy powiązać pomiary ich rzędnych z pomiarami osiadań z reperów talerzowych).

Po zainstalowaniu systemów pomiarowych oraz wykonaniu pomiarów zerowych Wykonawca przystąpi do wznoszenia nasypu drogowego oraz nasypu przeciążającego. Projektuje się nasyp przeciążający wysokości 2,0m powyżej projektowanego poziomu niwelety drogowej. Nasyp przeciążający należy wykonywać zgodnie z zaleceniami punktu 5.5. Pomiary należy wykonywać w stałych odstępach czasu, w początkowym okresie budowy minimum 1 pomiar na dwa tygodnie. Wyniki pomiarów osiadań należy opracować w postaci operatów oraz na bieżąco przekazywać do Projektanta. W przypadku gdy w trakcie wznoszenia nasypu roboty zostaną przerwane, konieczne jest wykonanie dodatkowych pomiarów geodezyjnych niezwłocznie po wstrzymaniu robót oraz przed ich ponownym rozpoczęciem. W takim przypadku w operacie wraz z wynikami osiadań należy przekazać informacje dotyczące terminu ewentualnego przestoju oraz wznowienia robót.

Decyzję o zakończeniu konsolidacji podejmuje Wykonawca w uzgodnieniu z Projektantem, decyzja ta podlega zatwierdzeniu przez Inżyniera. Po zakończeniu konsolidacji nasyp przeciążający należy rozebrać w celu wykonania warstw nawierzchni drogowej oraz przepustu.

Dopuszcza się zastosowanie alternatywnego sposobu wzmocnienia podłoża w miejscu zaprojektowanego przepustu. Rozwiązanie takie powinno uzyskać pozytywną opinię Projektanta oraz zostać zatwierdzone przez Inżyniera.

5.10 Zabezpieczenie stateczności skarp nasypów i wykopów.

Na odcinkach projektowanej drogi, na których skarpy nasypów i wykopów o wysokości większej od 6.0m zaprojektowano o nachyleniu 1:2 lub mniejszym, a także w przypadku nasypów o wysokości mniejszej od 6m przy nachyleniu skarp 1:1,5 lub mniejszym nie ma konieczności ich wzmocnienia, gdyż zastosowanie takiego nachylenia pozwala na uzyskanie wymaganego w rozporządzeniu [R1] odpowiedniego współczynnika stateczności. Zakłada się przy tym, że nasypy budowane są z gruntów niespoistych o kącie tarcia wewnętrznego $\phi \geq 34^\circ$.

W przypadku skarp nasypów wyższych niż 6m, przy nachyleniu skarp większym od 1:2 (ale nie większym niż 1:1,5), w celu uzyskania wymaganego współczynnika stateczności do budowy należy zastosować grunt niespoisty o kącie tarcia wewnętrznego $\phi \geq 36^\circ$. W takim przypadku nie jest konieczne stosowanie zbrojenia geosyntetycznego.

W przypadku gdy do budowy nasypów wyższych niż 6m zostanie zastosowany grunt niespoisty o wartości kąta tarcia wewnętrznego $\phi < 36^\circ$, w nasyp należy wbudować zbrojenie geosyntetyczne. Przewidziano zastosowanie geosyntetyków (geosiatek lub geotkanin) poliestrowych o obliczeniowej długoterminowej wytrzymałości na zerwanie $R_{B,d} \geq 25 \text{ kN/m}$. Długość oraz rozstaw zbrojenia geosyntetycznego podane zostały w załączniku 1.5. Dopuszcza się dostosowanie

długości, wytrzymałości oraz rozstawu zbrojenia geosyntetycznego w ramach projektów technologicznych, pod warunkiem uzyskania współczynnika stateczności skarp określonego w [R1]. W przypadku wysokich nasypów może zająć konieczność zastosowania dodatkowego wzmocnienia podstawy nasypu, na przykład poprzez zastosowanie warstwy zbrojenia geosyntetycznego na całej szerokości podstawy. Wartości wytrzymałości zbrojenia geosyntetycznego muszą uwzględniać parametry reologiczne geosyntetyku (pełzanie w okresie 120 lat przy temperaturze otoczenia 20°C), a także współczynniki technologiczne zależne od materiału nasypu, wpływu chemikaliów, zagrożeń biologicznych, promieniowania UV.

Dopuszcza się możliwość budowy nasypów z gruntów spoistych stabilizowanych chemicznie. W takim przypadku należy zastosować stabilizację spoiwami chemicznymi (wapno, popioły lotne itp.) w taki sposób, aby uzyskać wilgotność optymalną, a tym samym zapewnić uzyskanie odpowiednich parametrów wytrzymałościowych wbudowanego gruntu. Konieczne jest uzyskanie wytrzymałości gruntu na ścinanie bez drenażu (po wbudowaniu):

- $C_u \geq 60$ kPa w przypadku nasypów wysokości do 10 m,
- $C_u \geq 75$ kPa w przypadku nasypów wyższych od 10 m.

Przy uzyskaniu takiej wytrzymałości wbudowanego gruntu zbrojenie skarp nie jest konieczne. Nie dopuszcza się budowy nasypu z gruntu spoistego na obszarach wzmocnienia z zastosowaniem technologii konsolidacyjnych. Nie dopuszcza się do niejednorodnej budowy nasypu z naprzemiennie wbudowywanych gruntów spoistych (stabilizowanych) i niespoistych. Nie dopuszcza się również do stabilizowania chemicznego gruntów niespoistych. W trakcie wznoszenia nasypu z gruntu spoistego należy prowadzić badania wytrzymałości na ścinanie C_u wbudowywanego gruntu (za pomocą sondy krzyżakowej). Lokalizację oraz liczbę badań należy określić analogicznie do badań wskaźnika zagęszczenia prowadzonych w przypadku budowy nasypu z gruntu niespoistego. Wytrzymałość należy określać niezależnie dla każdej wbudowanej warstwy gruntu spoistego.

Szczegółowy zakres i sposób wykonania wzmocnienia skarp można dostosować w ramach projektów technologicznych, pod warunkiem zachowania wymaganych współczynników stateczności budowanych nasypów.

Na podstawie analizy stateczności wykopów wzdłuż projektowanej drogi stwierdzono, że nie wymaga się zastosowania dodatkowych elementów wzmacniających. W sytuacji, gdy na skarpach wykopów będą występowały wysięki wody, należy w takim przypadku wykonać odpowiednie zabezpieczenie w postaci drenażu powierzchniowego lub w głębnego, aby wodę sprowadzić do podstawy skarpy. Szczegóły takich rozwiązań zostaną podane w trakcie robót, jeżeli wystąpi taka konieczność. Powierzchnie skarp wykopów o nachyleniu większym niż 1:2 należy zabezpieczyć antyerozyjnie.

W załączniku 1 przedstawiono zakres odcinków nasypów wymagających ewentualnego wzmocnienia z uwagi na stateczność skarp. Obszary te zostały także przedstawione w części rysunkowej.

6 Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany oraz sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom

Podczas robót ziemnych związanych z wykonywaniem głębokich wykopów należy spodziewać się możliwych wypływów wód gruntowych z piaszczystych przewarstwień w obrębie gruntów spoistych. Często są to wody zawieszone infiltrujące do soczewek gruntów niespoistych izolowanych w słabo przepuszczalnych warstwach gruntów spoistych. W miejscach, gdzie istnieje prawdopodobieństwo takich sączeń, należy przewidzieć odpowiednie odwodnienie oraz zabezpieczenie powierzchni skarp.

W przypadku, gdy poziom zwierciadła wody gruntowej znajduje się powyżej projektowanej podstawy warstw konstrukcyjnych nawierzchni, lub lokalnie powyżej poziomu niwelety, należy zastosować warstwy odsączające, drenażowe oraz rowy o odpowiednim zagłębieniu, tak aby docelowo poziom wody pod drogą został obniżony.

Wykonywanie wykopów w nawodnionych gruntach niespoistych, przy znacznym napływie wód gruntowych, wiązać się będzie z koniecznością zastosowania odwodnienia wgłębnego, np. za pomocą zestawu igłofiltrów. Nie należy dopuszczać do pompowania wody bezpośrednio z wykopu (odwodnienie powierzchniowe), gdyż prowadzi ono do rozluźnienia gruntu i obniżenia jego parametrów wytrzymałościowych.

Na odcinkach od km 66+850 do 67+120 oraz 67+565 – 67+900 stwierdzono występowanie przewarstwień gruntów niespoistych. Na obszarach tych zaleca się wykonanie drenażu powierzchniowego (np. drenażu kamiennego w otoczeniu z geowłókniny separacyjnej), w celu sprowadzenia wody do podstawy wykopu. Ostateczny zakres wykonywania zabezpieczenia będzie można ustalić w trakcie prowadzenia robót. Dopuszcza się zastosowanie innych form zabezpieczenia przed skutkami wysięków wód. Rozwiązania takie należy uzgodnić z Projektantem.

7 Określenie zakresu niezbędnego monitoringu

7.1 Monitoring w trakcie prowadzenia robót

W czasie prowadzenia robót przewiduje się prowadzenie monitoringu następujących elementów konstrukcji obiektu:

- a) monitoring przemieszczeń nasypów drogowych – w przypadku koniecznego wzmocnienia wgłębnego wykonywanego w przypadku niepełnej wymiany gruntów organicznych lub w przypadku wzmocnienia metodami konsolidacyjnymi:
 - pomiar osiadania reperów talerzowych - na trasie zasadniczej minimum 3 repery w przekroju pomiarowym, dla pozostałych dróg minimum 2 repery w przekroju pomiarowym, przekroje pomiarowe co 50m, częstotliwość pomiarów dostosowana do etapów budowy, nie mniejsza niż co 2 tygodnie (w początkowym okresie obciążenia częstotliwość pomiarów musi być odpowiednio zwiększona).
- b) monitoring przemieszczeń obiektów mostowych:

- na obiektach mostowych należy zainstalować repery pomiarowe zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [R4]. W przypadku obiektów posadowionych głęboko (na palach), w sąsiedztwie nasypów na wzmocnionym podłożu gruntowym, zainstalowane repery powinny umożliwiać pomiar zarówno przemieszczeń pionowych, jak i poziomych.

W ramach prac przygotowawczych należy wykonać bazową osnowę geodezyjną, poprzez wykonanie stałych punktów odniesienia dla prac geodezyjnych. Elementy osnowy zlokalizować poza strefą możliwych wpływów prowadzonych robót.

8 Uwagi końcowe

Z uwagi na punktowe rozpoznanie budowy geologicznej podłoża dopuszcza się możliwość wprowadzenia korekt zakresów poszczególnych technologii wzmocnienia podłoża na etapie prowadzenia robót budowlanych.

Wszelkie zmiany dotyczące zakresów oraz szczegółów technologicznych wzmocnień podłoża, skarp nasypów i wykopów, wymagają uzyskania uzgodnienia Projektanta.

W trakcie prowadzenia robót należy zwrócić uwagę na odpowiednie przygotowanie oraz odwodnienie terenu. Przed przystąpieniem do robót należy zweryfikować w terenie występowanie ewentualnych kolizji z urządzeniami obcymi (istniejącymi oraz zaprojektowanymi). Prace należy prowadzić w taki sposób, aby ograniczyć zanieczyszczenie podłoża gruntowego. W przypadku gdy z winy Wykonawcy w trakcie prowadzenia robót dojdzie do takiego zanieczyszczenia, jest on zobowiązany do oczyszczenia i rekultywacji podłoża.

Prace związane ze wzmocnieniem podłoża należy skoordynować z innymi robotami prowadzonymi w terenie. W przypadku występowania kolizji szczegółowe rozwiązania należy ująć w projektach technologicznych, opracowywanych przez Wykonawcę. Niedopuszczalne jest przerywanie, przecinanie lub innego rodzaju uszkodzenia elementów wzmocnień podłoża, gdyż może to doprowadzić do ich nieprawidłowej pracy, a co za tym idzie do możliwych uszkodzeń wykonanych dróg lub innych obiektów. W przypadku uszkodzenia elementów wzmocnienia należy sporządzić program naprawczy, który podlega uzgodnieniu z Projektantem wzmocnienia oraz zatwierdzeniu przez Inżyniera.

Autor opracowania:

mgr inż. Piotr Kokotkiewicz

upr. nr POM/0164/POOM/04

Certyfikat Polskiego Komitetu Geotechniki nr 0210

ZAŁĄCZNIKI

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Załącznik 1 – Zestawienie obszarów wzmocnień

- 1.1. Wykaz technologiczny dla technologii T01 Wymiana gruntu
- 1.2. Wykaz technologiczny dla technologii T02 Stabilizacja chemiczna
- 1.3. Wykaz technologiczny dla wzmocnienia podstawy nasypu geosyntetykami
- 1.4. Wykaz technologiczny dla technologii: T03 Nasyp przeciążający
- 1.5. Wykaz technologiczny skarp nasypów wymagających wzmocnienia
- 1.6. Wykaz technologiczny: rozbiórka nasypu w celu wykonania przepustu