



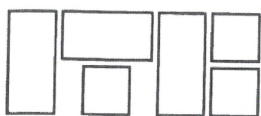
Instytut Techniki Budowlanej

00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1, tel. 825-04-71, fax 825-52-86

**Raport wynikowy nr 14 z pomiarów wgłębnych
przemieszczeń Skarpy Wiślanej w powiecie
piaseczyńskim**

02092/17/Z00 NZK

WARSZAWA styczeń 2018



INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ

00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1

Skrytka pocztowa 998

Telefony: Dyrektor - 825-13-03

Centrala - 825-04-71

ZAKŁAD KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH I GEOTECHNIKI

Tytuł pracy: Raport wyników nr 14 z pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w powiecie piaseczyńskim:

seria I w Konstancinie-Jeziorna (przekrój XVIII);

seria IV w Czersku (przekrój XVII);

seria VI w Oborach i Podgórzu (przekroje XV i XVI);

seria VIII w Czersku i Słomczynie (przekroje XIII i XIV);

seria X w Czersku i Kawęczynie (przekroje XI i XII);

seria XII w Czersku (przekroje IX i X);

seria XIV w Górze Kalwarii (przekroje I – VIII).

Nr pracy usługowej: 10/OSR/2017 (nr ITB 02092/17/ZOONZK)

Zleceniodawca:

Starostwo Powiatowe w Piasecznie

Ul. Chyliczkowska 14

05-500 Piaseczno

Wykonawcy:

Zespół w składzie:

dr inż. Tomasz Godlewski

upr. bud. Nr MAZ/0229/WBKb/16

upr. geol. VI-0397

certyfi kat PKG nr 0235

dr Stanisław Łukasik

upr. geol. VII-1139

mgr inż. Damian Kłobukowski

Zatwierdził:

Kierownik Zakładu: dr inż. Artur Piekarczyk

KIEROWNIK
Zakładu Konstrukcji Budowlanych,
Geotechniki i Betonu

dr inż. Artur Piekarczyk

Warszawa, styczeń 2018 r.

Spis treści:

1 Wstęp.....	3
1.1 Podstawa opracowania.....	3
2 Charakterystyka geologiczno-inżynierska	4
2.1 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroji I-XIV i XVII	4
2.2 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XV	5
2.3 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XVI	7
2.4 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XVIII	9
3 Technologia wykonania inklinometrów	10
4 Zakres i metodyka prac pomiarowych	12
5 Analiza przemieszczeń skarpy.....	13
5.1 Przemieszczenia skarpy w rejonie Góry Kalwarii (przekroje I-VIII).....	15
5.2 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska (przekroje IX i X)	19
5.3 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska i Kawęczyna (przekroje XI i XII).....	20
5.4 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska i Słomczyna (przekroje XIII-XIV).....	21
5.5 Przemieszczenia skarpy w rejonie Obór i Podgórze (przekroje XV i XVI)	22
5.6 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska (przekroje XVII).....	23
5.7 Przemieszczenia skarpy w rejonie Konstancina-Jeziornej (przekrój XVIII)	24
6 Wnioski końcowe i zalecenia	24

Załączniki:

1. Mapy przeglądowe.
2. Mapy dokumentacyjne.
3. Wyniki pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej.
4. Tabela maksymalnych zmian przemieszczeń w danych okresach pomiarowych.
5. Szkice odległości pomiędzy głowicami kolumn inklinometrycznych.
6. Zestawienie tabelaryczne wyników pomiarów wysokości, przemieszczeń pionowych i poziomych głowic kolumn inklinometrycznych oraz odległości między tymi głowicami.
7. Karty osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi – uzupełnione o aktualne wyniki pomiarów.

1 Wstęp

Niniejsze opracowanie wykonano na zlecenie Starostwa Powiatowego w Piasecznie z siedzibą w Piasecznie przy ul. Chyliczkowskiej 14. Podstawę formalną stanowi zlecenie zarejestrowane w ITB pod nr 02092/17/Z00NZK (nr umowy 10/OSR/2017). Opracowanie zawiera:

- wyniki pierwszej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Konstancin-Jeziorna – przekrój pomiarowy XVIII,
- wyniki czwartej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Czersk – przekrój pomiarowy XVII,
- wyniki szóstej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Obory i Podgóra – przekroje pomiarowe XV i XVI,
- wyniki ósmej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Czersk i Słomczyn – przekroje pomiarowe XIII i XIV,
- wyniki dziesiątej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Czersk i Kawęczyn – przekroje pomiarowe XI i XII,
- wyniki dwunastej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Czersk – przekroje pomiarowe IX i X,
- wyniki czternastej serii pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych w miejscowości Góra Kalwaria (na odcinku od zbiegu ulic Wojska Polskiego i Batalionu Czwartaków do Moczydłowa) – przekroje pomiarowe I – VIII,

Lokalizacja przekroi pomiarowych na tle podkładu mapy topograficznej została przedstawiona w Zał. 1. Szczegółową lokalizację poszczególnych przekroi pomiarowych wraz z wynikami pomiarów przemieszczeń pionowych i poziomych głowic kolumn inklinometrycznych w odniesieniu do pomiaru zerowego przedstawiono w Zał. 2.

1.1 Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowią:

- [1]. Dokumentacja geologiczna z wykonania inklinometrów do pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej na działce ew. nr 41 w obrębie 01-02) i na działce ew. nr 68/5 w obrębie 01-01 w Konstancinie-Jeziorna, gm. Konstancin-Jeziorna, pow. piaseczyński, woj. mazowieckie. ITB, 01.2018

- [2]. Raport wynikowy nr 13 z pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w powiecie piaseczyńskim: seria III w Czersku (przekrój XVII); seria V w Oborach i Podgórzu (przekroje XV i XVI); seria VII w Czersku i Słomczynie (przekroje XIII i XIV); seria IX w Czersku i Kawęczynie (przekroje XI i XII); seria XI w Czersku (przekroje IX i X); seria XIII w Górze Kalwarii (przekroje I – VIII). ITB, 11.2017.
- [3]. Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi powiatu piaseczyńskiego w skali 1:10 000, arkusz N-34-139-C-a-4, PIG-PIB, 2010 r.

2 Charakterystyka geologiczno-inżynierska

2.1 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroi I-XIV i XVII

Teren badań obejmuje wschodni skraj wysoczyzny lodowcowej, Skarpę Wiślaną oraz obszar tarasu zalewowego niższego i tarasu zalewowego wyższego Wisły znajdującego się w bezpośrednim sąsiedztwie podnóża skarpy. W rejonie obszaru badań skarpa ma około 15 ÷ 30 m wysokości oraz nachylenie od ok. 17% w Słomczynie i Kawęczynie do ok. 30% w Górze Kalwarii i Czersku. W Czersku krawędź skarpy układa się na rzędnej ok. 110,0 ÷ 114,0 m n.p.m., w Górze Kalwarii wznosi się do rzędnej 115,0 ÷ 117,5 m n.p.m. i obniża się w kierunku Moczydłowa do rzędnej 100,0 m n.p.m. Nieco dalej w Kawęczynie krawędź skarpy nieznacznie wznosi się do rzędnej ok. 111,5 m n.p.m. W Słomczynie krawędź skarpy układa się na rzędnej ok. 110,0 m n.p.m. W obrębie Skarpy Wiślanej w rejonie Czerska, Góry Kalwarii, Kawęczyna i Słomczyna występują osuwiska (głównie nieaktywne i aktywne okresowo) oraz tereny zagrożone ruchami masowymi opisane szczegółowo w Systemie Osłony Przeciwosuwiskowej SOPO Państwowego Instytutu Geologicznego. Przekroje pomiarowe zostały zlokalizowane w najbardziej newralgicznych rejonach (przekroje I ÷ V oraz IX, XI i XII), gdzie doszło do ruchów mas ziemnych skutkujących miejscami naruszeniem konstrukcji budynków bądź infrastruktury technicznej. Dodatkowo przekroje VI ÷ VIII, X, XIII, XIV i XVII zlokalizowano w rejonach potencjalnie narażonych na takie ruchy, w rejonie intensywnej zabudowy. Na badanym terenie bezpośrednio pod powierzchnią terenu występują :

A. Na wysoczyźnie lodowcowej:

- do głębokości 0,4 ÷ 1,5 m p.p.t. gleba i nasypy głównie niebudowlane;
- do głębokości 2,5 ÷ 16,0 m p.p.t. utwory niespoiste w postaci piasków drobnych – piaski zastoiskowe miejscami przykryte utworami lodowcowymi w postaci glin

piaszczystych i pylastych oraz utworami wodnolodowcowymi w postaci piasków drobnych zalegających na bruku morenowym o łącznej miąższości $2,7 \div 7,5$ m;

- do głębokości rozpoznania utwory spoiste w postaci ilów – utwory zastoiskowe miejscami przykryte lub podścielone utworami lodowcowymi w postaci glin piaszczystych i piasków gliniastych oraz utworami wodnolodowcowymi w postaci piasków średnich.

B. Na tarasie zalewowym niższym i tarasie zalewowym wyższym:

- do głębokości $0,3 \div 0,8$ m p.p.t. gleba;
- do głębokości rozpoznania a miejscami do głębokości $0,6 \div 2,4$ m p.p.t. utwory spoiste głównie w postaci glin pylastych i piasków gliniastych - utwory rzeczne facji powodziowej – mady;
- poniżej ww. utworów a miejscami poniżej gleby do głębokości rozpoznania utwory niespoiste głównie w postaci piasków drobnych, pylastych i średnich – utwory rzeczne miejscami podścielone madami w postaci glin pylastych oraz utworami zastoiskowymi w postaci ilów.

Na wysoczyźnie lodowcowej nie nawiercono ciągłego poziomu wodonośnego. W obrębie skarpy stwierdza się występowanie wielu, nieregularnie rozmieszczonych sączeń śródglinowych. Miejscami występują również okresowe wysięki wód na zboczu skarpy. Wody podziemne spływają z wysoczyzny ku dolinie w sposób nieregularny po stropie utworów spoistych. Natężenie spływu zależne jest od intensywności opadów.

U podnóża skarpy – na obszarze tarasu zalewowego niższego i tarasu zalewowego wyższego Wisły w rejonie Góry Kalwarii nawiercono zwierciadło wód podziemnych, miejscami napięte przez wyżej zalegające mady. Zwierciadło swobodne nawiercono na głębokości $0,8$ m p.p.t. Zwierciadło napięte nawiercono na głębokości $1,5 \div 2,4$ m p.p.t. Na obszarze tarasu zalewowego wyższego Wisły w rejonie Czerska nawiercono zwierciadło wód podziemnych o charakterze swobodnym na głębokości $0,3 \div 1,5$ m p.p.t.

2.2 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XV

Pod względem podziału fizyczno-geograficznego Polski J. Kondrackiego teren badań położony jest na granicy dwóch mezoregionów: Równina Warszawska i Dolina Środkowej Wisły, stanowiących część makroregionu Niziny Środkowopolskie.

Rzeźba terenu zarówno powyżej jak i poniżej zbocza skarpy jest mało urozmaicona i ma charakter płaskiej równiny. Powyżej górnej krawędzi skarpy rzędne terenu kształtują się w przedziale wartości 106,9 — 107,9 m n.p.m. z nachyleniem w kierunku krawędzi skarpy tj. w kierunku NE. Poniżej dolnej krawędzi skarpy rzędne terenu osiągają wartości 90,0 — 91,3 m n.p.m. i nachylają się w kierunku osi doliny Wisły. Skarpa w miejscu badań osiąga wysokość ca 13 — 14 m przy nachyleniu ca 9,5° - 13,2° . Zbocze w miejscu badań osiąga długość od 65,0 m do 125,0 m.

W obrębie terenu badań brak jest cieków powierzchniowych. Wody opadowe infiltrują w przepuszczalne podłoże gruntowe. W obrębie skarpy oborskiej występują liczne młaki i wypływy wód gruntowych. W środkowej części terenu badań występuje niewielka młaka z wysiękiem wód gruntowych. W odległości ca 100 m od terenu badań przepływa niewielki ciek.

Teren badań znajduje się w obrębie Terenu Zagrożonego Ruchami Masowymi Ziemi nr 2416 posiadającego kartę rejestracyjną założoną w listopadzie 2010r. W miejscu założenia nowego profilu do pomiarów inklinometrycznych w październiku 2010 zostało zarejestrowane i skartowane nieaktywne osuwisko gruntowe. Jest to osuwisko asekwentne o charakterze zsuwu. Obecnie na omawianym terenie brak jest przejawów występowania ruchów masowych ziemi.

Na podstawie wyników robót geologicznych wykonanych dla montażu kolumn inklinometrycznych stwierdza się, że w rozpoznanym podłożu zalegają osady czwartorzędowe (plejstoceny i holoceny).

Holocen (Qh) - reprezentowany jest przez, grunty organiczne, niespoiste grunty rzeczne oraz pokrywowe osady koluwalne.

Grunty organiczne reprezentowane są przez piaski drobne próchniczne. Miąższość tych osadów jest niewielka i wynosi ona od 0,3 do 0,6 m. Występują one na powierzchni całego opisywanego terenu.

Osady koluwalne wykształcone są w postaci mieszaniny gruntów piaszczysto — pylasto — gliniastych z domieszkami i przewarstwieniami gruntów organicznych. Są to osady spływowe. Występują one głównie u podnóża skarpy. W otworze 15/3 grunty te osiągają miąższość 3,7 m.

Holoceny grunty niespoiste (piaski różnej granulacji) zdeponowane tu zostały przez wody rzeczne. Zalegają one poniżej gruntów organicznych i koluwalnych u podnóża skarpy.

Plejstocen(Qp) wykształcony jest w postaci gruntów rzeczno-lodowcowych i gruntów zastoiskowych.

Grunty rzeczno-lodowcowe to litologicznie piaski różnej granulacji oraz żwiry i otoczaki. W trakcie badań grunty te stwierdzono w otworze 15/1 do głębokości 6,5 m p.p.t.

Grunty zastoiskowe wykształcone są w postaci glin pylastych i glin pylastych zwięzłych przewarstwionych piaskami pylastymi i drobnymi. Występują one pod piaskami, w trakcie prac związanych z montażem inklinometrów gruntów tych nie przewiercono.

W podłożu występują wody gruntowe. W otworze 15/3 na gł. 3,8 m p.p.t. tj. na rzędnej 89,32 m n.p.m. nawiercono wody I poziomu wodonośnego będącego w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami w rzece Wiśle. W otworach 15/2 i 15/1 nawiercono wody gruntowe zawieszone na stropie gruntów słabo przepuszczalnych. Wody te nawiercono na głębokości 3,5 i 2,75 m p.p.t. tj. na rzędnych 96,29 i 106,0 m n.p.m. Nawiercone w tym rejonie wody gruntowe charakteryzują się swobodnym zwierciadłem.

2.3 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XVI

Pod względem podziału fizyczno-geograficznego Polski J. Kondrackiego teren badań położony jest w obrębie mezoregionu Dolina Środkowej Wisły. Powyżej górnej krawędzi skarpy powierzchnia terenu ma charakter falistej równiny nachylającej się pod kątem ca 1° w kierunku osi doliny Wisły tj. w kierunku NE. Rzędne terenu zawierają się tu w przedziale od 112,5 m n.p.m. 300 m od krawędzi skarpy do ca 106,3 m n.p.m. przy górnej krawędzi skarpy. Poniżej dolnej krawędzi skarpy powierzchnia terenu ma charakter płaskiej równiny zalewowej. Rzędne terenu osiągają tutaj wartości od 93,0 do 95,5 m n.p.m. Skarpa w miejscu badań osiąga wysokość ca 10 — 13 m przy nachyleniu ca 12,9° - 23,0° . Zbocze w miejscu badań osiąga długość od 21,0 do 46,0 m.

W obrębie badań na zboczu skarpy brak jest wód powierzchniowych. Wzdłuż podnóża skarpy, na północ od terenu badań w odległości ca 40 m przebiega rów melioracyjny. W odległości ca 100 m na wschód od terenu badań przepływa równolegle do osi doliny inny rów melioracyjny. Kolejny rów przepływa w odległości 315 m na wschód od terenu badań. Brzeg rzeki Wisły znajduje się w odległości ca 750 m. Teren położony pomiędzy dolną krawędzią skarpy a Wisłą jest równiną zalewową rzeki Wisły. Obecnie teren ten oddzielony jest od Wisły wałem przeciwpowodziowym. Korona wału przeciwpowodziowego znajduje się tu na rzędnej ca 98,14 m n.p.m. Rzędna wody

dziesięcioletniej Wisły na wysokości terenu badań wynosi 95,32 m n.p.m., a wody stuletniej 96,58 m n.p.m. (źródło: Informatyczny System Ośłony Kraju - V 2015), tj. ca 0,5 i 1,5 m powyżej rzędnej terenu u podnóża opisywanego odcinka skarpy i ponad 2 m poniżej korony wału.

Teren badań znajduje się w obrębie Terenu Zagrożonego Ruchami Masowymi Ziemi nr 2437 posiadającego kartę rejestracyjną założoną w listopadzie 2010r. Obecnie na omawianym terenie brak jest przejawów występowania ruchów masowych ziemi.

Na podstawie analiz wyników robót geologicznych wykonanych dla montażu kolumn inklinometrycznych stwierdza się, że w rozpoznanym podłożu zalegają osady czwartorzędowe (plejstoceny i holoceny).

Holocen (Qh) - reprezentowany jest przez grunty organiczne i niespoiste grunty rzeczne.

Grunty organiczne to osady reprezentowane przez piaski drobne próchniczne i gliny humusowe. Miąższość tych osadów dochodzić do 1,1 m. Występują one na powierzchni całego opisywanego terenu.

Holoceny grunty niespoiste (piaski różnej granulacji) zdeponowane tu zostały przez wody rzeczne. Zalegają one poniżej gruntów organicznych u podnóża skarpy. W rejonie badań budują one rzeźbę terenu poniżej skarpy.

Plejstocen(Qp) wykształcony jest w postaci gruntów rzeczno-lodowcowych i zastoiskowych. Grunty rzeczno-lodowcowe wykształcone są w postaci piasków różnej granulacji. W otworze 16/2 występują one poniżej gruntów organicznych i do głębokości 7,5 m p.p.t. nie zostały przewiercone w trakcie montażu inklinometrów. W otworze 16/1 grunty te stwierdzono na głębokości 12,0 m p.p.t.

Grunty zastoiskowe wykształcone są w postaci glin pylastych i pyłów. Stwierdzono je w otworze 16/1 w przedziale głębokości 3,8 — 9,5 m p.p.t. W otworze 16/1 na głębokości 9,5 m p.p.t. stwierdzono warstwę gruntów morenowych o miąższości 2,5 m wykształconą jako gliny piaszczyste.

Rozpoznana budowa geologiczna dowodzi silnych procesów erozji bocznej wód wodno—lodowcowych i rzecznych , która doprowadziła do wyerodowania w glin pokrywowych w środkowej części stoku (otw. 16/2).

W trakcie badań w rejonie tym nawiercono wody i poziomy wód podziemnych. Poziom ten charakteryzuje się swobodnym zwierciadłem zalegającym na głębokości 1,1 —

13,4 m p.p.t tj. na rzędnych 92,37 — 93,24 m n.p.m. Wody tego poziomu są w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami w rzece Wiśle.

2.4 Charakterystyka geologiczno-inżynierska przekroju XVIII

Teren przekroju obejmuje wschodni skraj wysoczyzny lodowcowej, Skarpę Wiślaną i dolinę Wisły. Powierzchnia wysoczyzny na tym obszarze jest zdenudowana i zrównana, występują lokalne obniżenia i wzniesienia powstałe w wyniku erozyjnej działalności wód fluwioglacjalnych, obniżenia wypełnione są piaskami i żwirami fluwioglacjalnymi. Nachylenie skarpy na analizowanym odcinku w Konstancinie-Jeziornej (dzielnica Klarysew) wynosi ok. 25-30°. Jest ono bezpośrednio związane z budową geologiczną skarpy, tam gdzie występują osady czwartorzędowe (piaski i gliny) obserwuje się zestromienie zboczy. W rejonie badań skarpa ma ok. 13-15 m wysokości, a krawędź skarpy układa się na rzędnej ok. 103,5 m n.p.m. Dolina Wisły to morfologicznie obszar tarasu zalewowego wyższego (taras falenicki) Wisty znajdujący się w bezpośrednim sąsiedztwie podnóża skarpy.

Generalny spływ wód powierzchniowych odbywa się w kierunku wschodnim, do doliny Wisły. W bezpośrednim sąsiedztwie terenu badań, na południe, płynie rzeka Jeziorka (lewy dopływ Wisły). W odległości ok. 3,5 km od terenu badań znajduje się rzeka Wisła. Pod względem hydrograficznym teren badań leży w zlewni rzeki Wisły.

Na wysoczyźnie lodowcowej przy krawędzi skarpy od powierzchni terenu w profilu geologicznym występują:

- do głębokości ok. 2,0 m p.p.t. – piaski drobne;
- w przelocie ok. 2,0 ÷ 3,0 m p.p.t. – piaski gliniaste;
- w przelocie ok. 3,0 ÷ 5,0 m p.p.t. – gliny piaszczyste z przewarstwieniem w postaci iłów;
- w przelocie ok. 5,0 – 15,5 m p.p.t. – piaski drobne.

Na obszarze tarasu zalewowego wyższego Wisty od powierzchni terenu w profilu geologicznym występują:

- w przedziale głębokości 0,0 ÷ 0,35 m p.p.t. - gleba/nasypy piaszczyste, holoceniskie;
- pod glebą i nasypami do głębokości 3,5 m p.p.t. - piaski rzeczne, facji korytowej, różnoziarniste, z okresu zlodowacenia północnopolskiego (bałtyckiego), głębiej w profilu z okresu interstadiału eemskiego;

Na omawianym terenie (wysoczyźnie lodowcowej) główny użytkowy poziom wodonośny stanowią między-morenowe piaski i żwiry wodnolodowcowe z okresu zlodowaceń środkowopolskich. Swobodne zwierciadło wody kształtuje się tu na głębokości <5 m. Poziom ten pozbawiony jest od powierzchni naturalnej izolacji, co powoduje, że stopień zagrożenia jakości wód jest bardzo wysoki.

Na obszarze tarasu zalewowego wyższego Wisty zwierciadło swobodne wód podziemnych występuje na głębokości ok. 4,0 m p.p.t..

W granicach omawianego obszaru nie występują żadne powierzchniowe formy ochrony przyrody. W sąsiedztwie terenu, poza jego granicami, zlokalizowane są natomiast pojedyncze pomniki przyrody żywej. Cały ten rejon znajduje się w granicach strefy ochronnej „C” uzdrowiska Konstancin-Jeziorna oraz w zasięgu głównego zbiornika wód podziemnych GZWP nr 2151 – Subniecka Warszawska. Teren badań nie leży na obszarze górniczym. Wzdłuż ulicy Sadowej autorzy Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi [3] wyznaczyli teren osuwiskowy i zagrożony ruchami masowymi (o nr ewid. 2414).

3 Technologia wykonania inklinometrów

Kolumny inklinometryczne wykonano z łączonych odcinków rur typu ABS (długości 3,0 m) a następnie zainstalowano je w otworach wiertniczych w taki sposób, aby jedna z płaszczyzn rowków pomiarowych [A] odpowiadała kierunkowi prostopadłemu do nachylenia zbocza. Dokładna lokalizacja kolumn inklinometrycznych przedstawiona została na mapach dokumentacyjnych w Zał. 2 Położenie kolumn inklinometrycznych określają współrzędne w układzie PUWG 2000 oraz współrzędne geograficzne zamieszczone w Tab.1.

Tab. 1 Współrzędne geodezyjne i geograficzne kolumn inklinometrycznych

Numer przekroju pomiarowego	Numer kolumny inklinometrycznej	Współrzędne				
		geodezyjne PUWG 2000			geograficzne WGS 84	
		X[m]	Y[m]	H[m]	B	L
I	INK1/1	5759530,84	7514754,54	143,18	51°58'10,287"	21°12'52,946"
	INK1/2	5759552,65	7514789,69	136,03	51°58'10,989"	21°12'54,791"
	INK1/3	5759553,53	7514891,77	123,52	51°58'11,008"	21°13'00,139"
II	INK2/1	5759842,04	7514744,85	145,93	51°58'20,357"	21°12'52,487"
	INK2/2	5759829,91	7514814,13	133,18	51°58'19,958"	21°12'56,114"
	INK2/3	5759812,62	7514882,38	123,87	51°58'19,392"	21°12'59,687"
III	INK3/1	5759924,68	7514750,71	65,88	51°58'23,031"	21°12'52,807"

	INK3/2	5759920,15	7514777,49	140,81	51°58'22,881"	21°12'54,209"
	INK3/3	5759896,01	7514841,97	131,40	51°58'22,094"	21°12'57,583"
	INK3/4	5759863,29	7514958,82	122,68	51°58'21,024"	21°13'03,700"
IV	INK4/1	5760101,71	7514774,63	69,41	51°58'28,757"	21°12'54,088"
	INK4/2	5760094,75	7514808,44	143,44	51°58'28,528"	21°12'55,857"
	INK4/3	5760034,59	7515026,02	122,68	51°58'26,560	21°13'07,247"
V	INK5/1	5760235,37	7514837,79	146,58	51°58'33,075"	21°12'57,417"
	INK5/2	5760213,33	7514824,65	144,19	51°58'32,363"	21°12'56,725"
	INK5/3	5760186,11	7514914,97	132,82	51°58'31,474"	21°13'01,453"
VI	INK6/1	5761142,29	7515152,72	151,36	51°59'02,390"	21°13'14,062"
	INK6/2	5761178,51	7515172,62	138,26	51°59'03,560"	21°13'15,110"
	INK6/3	5761203,25	7515263,21	62,46	51°59'04,352"	21°13'19,862"
VII	INK7/1	5761764,16	7514896,58	149,24	51°59'22,536"	21°13'00,736"
	INK7/2	5761786,07	7514967,03	55,07	51°59'23,239"	21°13'04,433"
	INK7/3	5761768,65	7515039,66	42,37	51°59'22,668"	21°13'08,236"
VIII	INK8/1	5762894,84	7513700,17	142,56	51°59'59,232"	21°11'58,195"
	INK8/2	5762944,28	7513755,97	134,50	52°00'00,827"	21°12'01,127"
	INK8/3	5763046,53	7513923,39	122,84	52°00'04,121"	21°12'09,919"
IX	INK9/1	5758791,10	7515344,78	113,33	51°57'46,294"	21°13'23,749"
	INK9/2	5758818,56	7515335,18	105,90	51°57'47,183"	21°13'23,250"
	INK9/3	5758884,12	7515395,68	94,80	51°57'49,299"	21°13'26,430"
X	INK10/1	5758517,55	7515745,19	110,74	51°57'37,402"	21°13'44,676"
	INK10/2	5758536,40	7515754,61	106,81	51°57'38,011"	21°13'45,173"
	INK10/3	5758634,08	7515796,93	92,44	51°57'41,168"	21°13'47,406"
XI	INK11/1	5758339,37	7516123,17	113,81	51°57'31,598"	21°14'04,443"
	INK11/2	5758334,94	7516159,77	98,23	51°57'31,451"	21°14'06,360"
	INK11/3	5758339,34	7516188,92	95,68	51°57'31,590"	21°14'07,887"
XII	INK 12/1	5768065,76	7511953,75	110,56	52°02'46,692"	21°10'27,294"
	INK12/2	5768071,21	7511963,76	108,20	52°02'46,867"	21°10'27,820"
	INK12/3	5768107,87	7512135,42	89,35	52°02'48,040"	21°10'36,833"
XIII	INK 13/1	5758030,28	7515576,40	104,04	51°57'21,652"	21°13'35,755"
	INK13/2	5758008,14	7515611,27	99,28	51°57'20,932"	21°13'37,578"
	INK13/3	5757986,04	7515653,77	89,35	51°57'20,213"	21°13'39,800"
XIV	INK14/1	5769599,18	7511076,54	107,80	52°03'36,373"	21°09'41,439"
	INK14/2	5769631,04	7511091,87	102,00	52°03'37,403"	21°09'42,248"
	INK14/3	5769650,22	7511120,68	90,07	52°03'38,021"	21°09'43,762"
XV	INK15/1	5770265,64	7510564,16	92,83	52°03'57,973"	21°09'14,617"
	INK15/2	5770227,50	7510520,67	99,48	52°03'56,742"	21°09'12,330"
	INK15/3	5770211,19	7510469,60	107,09	52°03'56,218"	21°09'09,647"

XVI	INK16/1	5754933,52	7516076,42	93,50	51°55'41,399"	21°14'01,421"
	INK16/2	5754913,27	7515959,28	98,34	51°55'40,756"	21°13'55,287"
	INK16/3	5754914,22	7515928,30	106,50	51°55'40,790"	21°13'53,665"
XVII	INK17/1	5758375,21	7516108,25	113,95	51°57'32,759"	21°14'03,668"
	INK17/2	5758395,76	7516119,08	102,15	51°57'33,423"	21°14'04,239"
	INK17/3	5758527,94	7516124,25	92,82	51°57'37,699"	21°14'04,532"
XVIII	INK 18/1	5774364,42	7507483,27	103,69	52°06'10,776"	21°06'33,195"
	INK 18/2	5774374,93	7507489,76	103,65	52°06'11,116"	21°06'33,537"
	INK 18/3	5774392,72	7507516,66	91,63	52°06'11,690"	21°06'34,951"

4 Zakres i metodyka prac pomiarowych

Prace terenowe obejmowały powierzchniowe pomiary geodezyjne (przemieszczenia pionowe i poziome) 54 kolumn inklinometrycznych (z przewidzianych 55 do realizacji) oraz wgłębne pomiary inklinometryczne przemieszczeń wykonane w 52 kolumnach (z przewidzianych 55) na przekrojach pomiarowych I÷XVIII.

Czyszczenie kolumn inklinometrycznych wykonano w sumie w 28 punktach pomiarowych (11 przewidzianych do realizacji). Czynność ta polegała na usunięciu zabrudzeń dennych poprzez odmulenie otworu szlamówką o średnicy mniejszej niż średnica rury inklinometrycznej. Takiego czyszczenia niestety nie dało się zastosować do wszystkich kolumn w pełnym przelocie w wyniku stwierdzonych wad konstrukcyjnych (łączenie rur ABS za pomocą wkrętów a nie, zgodnie ze sztuką, nitami). W dwóch lokalizacjach (INK14/1 i INK15/3) nie dokonano pomiarów pomimo wielokrotnych prób udrożnienia (zatkanie ciałem stałym).

Na miejscu badań stwierdzono:

- zaklinowanie materiałem twardym kolumny INK14/1 na głębokości 2,0 m,
- brak możliwości odnalezienia kolumny INK14/3 (prawdopodobnie zniszczony),
- zniszczenie kolumny inklinometrycznej INK15/3 na głębokości ok 1,0 m.

W trzech wyżej opisanych kolumnach nie można było dokonać pomiaru wychyleń z powodu zaklinowania już na poziomie ok 1,0 ÷ 2,0 m. Kolumna inklinometryczna na tej głębokości jest szczególnie narażona na uszkodzenia mechaniczne i wychylenia spowodowane użytkowaniem terenu, na którym zamontowany jest inklinometr, w mniejszym stopniu ruchem masowym skarpy. Można to zauważyć na wykresach

przemieszczeń wgłębnych, gdzie w większości przypadków „góra” wykresu ukazuje teoretycznie większe wychylenia.

Geodezyjne pomiary przemieszczeń pionowych wykonano metodą niwelacji precyzyjnej z użyciem niwelatora Leica DNA 03 z zestawem kodowych łąt inwarowych. Odcinki o dużym nachyleniu terenu mierzone były metodą niwelacji trygonometrycznej z zastosowaniem tachimetru Leica TS 06.

Pomiar wysokości nawiązany został do sieci reperów odniesienia usytuowanych poza strefami osiadania. Przy obliczeniu przemieszczeń pionowych wykorzystano wyrównanie ścisłe przewyższeń z zachowaniem warunku stałości na repery odniesienia. Średni błąd wyznaczenia wysokości reperów $m_H = \pm 2$ mm.

Pomiar przemieszczeń poziomych wykonano tachimetrem Leica TS 06 (błąd pomiaru odległości 1 mm + 1 ppm, dokładność kątowa 3”) oraz zestawem reflektorów standardowych firmy Leica.

Do wyznaczenia przemieszczeń poziomych pomierzono odległości pomiędzy kolumnami inklinometrycznymi położonymi na skarpie w poszczególnych przekrojach (np. INK1/1, INK1/2) oraz kolumną inklinometryczną położoną najniżej w danym przekroju (np. INK1/3). Przemieszczenia poziome określono jako różnicę odległości między pomiarem aktualnym a wyjściowym. Ze względu na trudne warunki terenowe nie było możliwości zastabilizowania punktów odniesienia do pomiarów przemieszczeń poziomych poza strefą wpływu oddziaływania skarpy. Dlatego przemieszczenia poziome określano taką samą metodą jak w poprzednich sesjach pomiarowych.

Pomiary przemieszczeń wgłębnych przeprowadzono w interwale 0,5 m za pomocą sondy typu VMG firmy Glotzl, od dna kolumny do góry, w kierunku jej wlotu. Zachowano dotychczas przyjęte w analizach kierunki osi A+, B+.

5 Analiza przemieszczeń skarpy

Graficzną analizę i wyniki pomierzonych przemieszczeń wgłębnych we wskazanych przekrojach skarpy przedstawiono w załączniku nr 2 na mapach dokumentacyjnych (przekroje I÷XVIII) podając wartości i kierunki maksymalnego wgłębego przemieszczenia poziomego wraz z głębokością ich występowania. W załączniku nr 3 przedstawiono zestawienia tabelaryczne dla poszczególnych punktów pomiarowych (wyrażone jako różnica przemieszczeń) oraz wykresy pomiarów bieżących odniesionych do pomiarów poprzednich.

Z uwagi na konieczność odniesienia pomiarów bieżących do pomiarów zarejestrowanych od początku prowadzenia monitoringu uzyskane wyniki pomiarów wgłębnych, podane w załączniku nr 3 zostały odpowiednio reinterpretowane. Zakres prezentacji wyników pomiarów z inklinometrów został dobrany z uwagi na dwa czynniki wpływające na ich wizualizację. Pomiary wykonane w pełnym zakresie możliwej głębokości pomiarowej w sesji pomiarowej opisanej w Raporcie 13 i 14 zostały odfiltrowane w górnym (głowica kolumny) i dolny (dno kolumny) zakresie pomiarowym.

Dla pomiarów „górných” – polegało to na odrzuceniu wyników z pierwszego metra (w zakresie głębokości $0,5 \div 1,0$ m). Kolumna inklinometryczna na tej głębokości jest szczególnie narażona na uszkodzenia mechaniczne i wychylenia spowodowane użytkowaniem terenu, na którym zamontowany jest inklinometr, w mniejszym stopniu ruchem masowym skarpy. Można to zauważyć na wykresach przemieszczeń wgłębnych, gdzie w większości przypadków „górną” część wykresu wykazuje praktycznie większe wychylenia. Wartości te znacząco „odstają” od wartości poniżej, wpływając na formę przedstawienia wyników wgłębnych (dobór skali).

Dla pomiarów „dolnych” w 27 przypadkach należało też „skrócić” zakres wyników pomiarów, dostosowując położenie punktu zerowego do wyników z lat ubiegłych. W przypadku pomiarów inklinometrycznych zachowanie niezmienności punktu bazowego (najniższy punkt w kolumnie pomiarowej) daje możliwość porównywania kolejnych wyników i formułowania poprawnych wniosków z prowadzonych obserwacji. Pełne przebiegi i komplet wyników pomiarów zostały udokumentowane w plikach „surowych” (na płycie). Zwiększony zasięg wykonanych pomiarów jest efektem wykonanego czyszczenia i udrożnienia kolumn inklinometrycznych.

Analogicznie analizę i wyniki przemieszczeń powierzchniowych głowic inklinometrycznych z pomiarów geodezyjnych przedstawiono w formie graficznej w załączniku 4 (szkice odległości pomiędzy głowicami) oraz w formie zestawień tabelarycznych wyników pomiarów, wyrażoną jako różnicę przemieszczeń dotychczasowych względem pomiarów bieżących. Poniżej opis słowny uzyskanych wyników i wnioski z obserwacji.

5.1 Przemieszczenia skarpy w rejonie Góry Kalwarii (przekroje I-VIII)

Przekrój pomiarowy I

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 27,0 mm w górze skarpy oraz o 41,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 2,7 mm w górze skarpy, o 0,4 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 57,8 mm w górze skarpy, o 40,0 mm w części środkowej oraz 26,6 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,5 mm w górze skarpy, o 6,5 mm w części środkowej oraz 1,5 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 27,7 mm w górze skarpy, do 3,3 mm w części środkowej oraz do 0,8 mm u podstawy skarpy.

W kolumnie inklinometrycznej INK1/2 zauważono pęknięcie rury w jej górnej części.

Przekrój pomiarowy II

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 3 mm w górze skarpy oraz o 23 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 33,5 mm w górze skarpy, o 38,2 mm w części środkowej oraz 31,7 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 3,7 mm w górze skarpy, o 2,5 mm w części środkowej oraz 0,7 mm u

podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 9,2 mm w górze skarpy, do 50,3 mm w części środkowej oraz do 2,8 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy III

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 nie wykazały ruchu w górze skarpy, zmieniły się o 1,0 mm w części środkowej. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 4,0 mm w górze skarpy oraz o 65,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,2 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej oraz 0,1 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 47,9 mm w górze skarpy, o 59,5 mm w części środkowej oraz 25,3 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy, o 1,0 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 5,0 mm w górze skarpy, do 35,1 mm w części środkowej oraz do 1,3 mm u podstawy skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK3/3 jest skrzywiona poprzez uszkodzenie mechaniczne.

Przekrój pomiarowy IV

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 22,0 mm w górze skarpy oraz o 160,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy, o 0,8 mm w części środkowej oraz 0,5 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 26,6 mm w górze skarpy, o 76,0 mm w części środkowej oraz 25,5 mm u podstawy skarpy;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 4,5 mm w górze skarpy, o 7,5 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 4,6 mm w górze skarpy, do 13,0 mm w części środkowej oraz do 1,6 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy V

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy, zanotowano brak ruchu w części środkowej oraz u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 354,0 mm w górze skarpy, o 61,0 mm w części środkowej oraz 761,0 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,2 mm w górze skarpy, o 0,2 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 30,3 mm w górze skarpy, o 63,8 mm w części środkowej oraz 73,4 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,6 mm w górze skarpy, o 0,4 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 800 mm w górze skarpy, do 45,3 mm w części środkowej oraz do 15,1 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy VI

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 2,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 15,0 mm w górze skarpy oraz o 47,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,2 mm w górze skarpy, o 1,9 mm w części środkowej oraz 0,4 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe

wynoszą 88,2 mm w górze skarpy, o 189,9 mm w części środkowej oraz 22,2 mm u podstawy skarpy;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 4,0 mm w górze skarpy, o 1,2 mm w części środkowej oraz 0,1 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 12,0 mm w górze skarpy, do 14,6 mm w części środkowej oraz do 3,5 mm u podstawy skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK6/3 jest wygięta w jej górnej części.

Przekrój pomiarowy VII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 2,0 mm w górze skarpy oraz zanotowano brak ruchu w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 24,0 mm w górze skarpy, o 30,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 3,5 mm w górze skarpy, o 4,3 mm w części środkowej oraz 1,5 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 28,1 mm w górze skarpy, o 32,7 mm w części środkowej oraz 27,6 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 4,2 mm w górze skarpy, o 1,7 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 12,2 mm w górze skarpy, do 8,2 mm w części środkowej oraz do 3,4 mm u podstawy skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK7/1 rusza się w swojej górnej części, w ostatnim odcinku, może być to spowodowane uszkodzeniem mechanicznym.

Przekrój pomiarowy VIII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 2,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 11,0 mm w górze skarpy oraz o 7,0 mm w części środkowej skarpy;

- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 32,5 mm w górze skarpy, o 27,7 mm w części środkowej oraz 37,6 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 0,4 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 6,0 mm w górze skarpy, do 1,6 mm w części środkowej oraz do 0,6 mm u podstawy skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK8/3 jest zamulona piaskiem średnim, występuje tu duża nieszczelność dołu kolumny (pomimo wielu prób oczyszczenia, napotkano ciągły napływ nawodnionych piasków).

5.2 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska (przekroje IX i X)

Przekrój pomiarowy IX

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz zanotowano brak ruchu w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 5,0 mm w górze skarpy oraz o 21,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,5 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej oraz 0,1 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 25,6 mm w górze skarpy, o 39,5 mm w części środkowej oraz 31,0 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,8 mm w górze skarpy, o 0,5 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 5,1 mm w górze skarpy, do 5,5 mm w części środkowej oraz do 1,7 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy X

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 6,0 mm w górze skarpy oraz o 3,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 0,4 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 31,4 mm w górze skarpy, o 31,7 mm w części środkowej oraz 27,8 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,1 mm w górze skarpy, o 0,9 mm w części środkowej oraz 0,1 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 9,9 mm w górze skarpy, do 5,5 mm w części środkowej oraz do 4,1 mm u podstawy skarpy.

5.3 Przeszaczenia skarpy w rejonie Czerska i Kawęczyna (przekroje XI i XII)

Przekrój pomiarowy XI

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 nie zmieniły się w górze skarpy, natomiast zmieniły się o 2,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 7,0 mm w górze skarpy oraz o 23,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,3 mm w górze skarpy, o 0,6 mm w części środkowej oraz 0,3 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 23,6 mm w górze skarpy, o 22,7 mm w części środkowej oraz 32,1 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 3,7 mm w górze skarpy, o 3,0 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome

wgłębne wynoszą do 9,5 mm w górze skarpy, do 3,8 mm w części środkowej oraz do 0,6 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy XII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 6,0 mm w górze skarpy oraz o 9,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej oraz 0,2 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 32,2 mm w górze skarpy, o 30,9 mm w części środkowej oraz 25,1 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,4 mm w górze skarpy, o 1,1 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 5,8 mm w górze skarpy, do 5,9 mm w części środkowej oraz do 1,4 mm u podstawy skarpy.

5.4 Przeszacowania skarpy w rejonie Czerska i Słomczyna (przekroje XIII-XIV)

Przekrój pomiarowy XIII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 37,0 mm w górze skarpy oraz o 2,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,6 mm w górze skarpy, o 1,9 mm w części środkowej oraz 0,5 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 24,1 mm w górze skarpy, o 22,7 mm w części środkowej oraz 21,5 mm u podstawy skarpy;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 4,2 mm w górze skarpy, o 3,3 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 13,0 mm w górze skarpy, do 14,6 mm w części środkowej oraz do 2,3 mm u podstawy skarpy.

Przekrój pomiarowy XIV

- brak pomiaru spowodowany nieodnalezieniem kolumny 14/3;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,3 mm w górze skarpy oraz o 0,2 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 27,1 mm w górze skarpy oraz 28,4 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,1 mm w części środkowej. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 5,2 mm w części środkowej skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK14/1 jest zaklinowana twardym przedmiotem na głębokości ok 2,0 m. Kolumny 14/3 nie udało się odnaleźć mimo zastosowania profesjonalnego sprzętu GPS o dokładności 3 mm (prawdopodobnie uległ zniszczeniu).

5.5 Przeszacowania skarpy w rejonie Obór i Podgórze (przekroje XV i XVI)

Przekrój pomiarowy XV

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,2 mm w górze skarpy oraz 0,1 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 66,2 mm w górze skarpy oraz 61,4 mm u podstawy skarpy;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,7 mm w górze skarpy, o 0,3 mm w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 31,0 mm w górze skarpy, do 46,0 mm w części środkowej skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK15/3 jest zniszczona, prawdopodobnie poprzez prace rolnicze.

Przekrój pomiarowy XVI

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy oraz o 1,0 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 2,0 mm w górze skarpy oraz o 5,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,5 mm w górze skarpy, o 1,4 mm w części środkowej oraz 1,0 mm u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 19,8 mm w górze skarpy, o 21,8 mm w części środkowej oraz 18,6 mm u podstawy skarpy;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 4,7 mm w górze skarpy, o 2,1 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 21,5 mm w górze skarpy, do 24,6 mm w części środkowej oraz do 3,5 mm u podstawy skarpy.

5.6 Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska (przekroje XVII)

Przekrój pomiarowy XVII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy, nie zanotowano ruchu w części środkowej skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynoszą 2,0 mm w górze skarpy oraz o 5,0 mm w części środkowej skarpy;
- przemieszczenia pionowe w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 0,1 mm w górze skarp oraz zanotowano brak ruchu w części środkowej i u podstawy

skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynoszą 21,2 mm w górze skarpy, o 33,5 mm w części środkowej oraz 31,0 mm u podstawy skarpy;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 10.2017 ÷ 11.2017 zmieniły się o 1,0 mm w górze skarpy, o 0,5 mm w części środkowej oraz brak ruchu u podstawy skarpy. Od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynoszą do 129 mm w górze skarpy, do 456 mm w części środkowej oraz do 4,4 mm u podstawy skarpy.

Kolumna inklinometryczna INK17/1 jest zatkana na głębokości ok 13,0 m.

5.7 Przemieszczenia skarpy w rejonie Konstancina-Jeziornej (przekrój XVIII)

Przekrój pomiarowy XVIII

- przemieszczenia powierzchniowe poziome nie wystąpiły;
- przemieszczenia pionowe w okresie 12.2017 ÷ 01.2018 nie wystąpiły;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 12.2017 ÷ 01.2018 zmieniły się o 0,3 mm w górze skarpy, o 0,5 mm w części środkowej oraz o 0,2 mm u podstawy skarpy.

6 Wnioski końcowe i zalecenia

Wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonych pomiarów wskazują na występowanie przemieszczeń w obrębie masywu gruntowego Skarpy Wiślanej w Powiecie piaseczyńskim. Z analizy przemieszczeń punktów pomiarowych wynika, że na całej długości badanego odcinka Skarpy Wiślanej w rejonie Góry Kalwarii, Czerska, Kawęczyna, Obór, Podgórze i Konstancina-Jeziornej występują narastające ruchy masowe skarpy. Główną przyczyną ruchu skarpy jest jej zawodnienie i przepływ wód gruntowych z wysoczyzny ku dolinie Wisły. Od roku 2014 zauważa się dalsze ruchy mas ziemnych na monitorowanych obszarach.

Stwierdzono, że we wszystkich przekrojach pomiarowych występują wgłębne ruchy mas ziemnych o różnym natężeniu. W okresie od października 2017 do listopada 2017 zauważono niewielką zmianę wartości przemieszczeń zarówno pionowych jak i poziomych oraz wgłębnych – mierzonych w inklinometrach. Znaczne różnice przemieszczeń, stwierdzone podczas pomiarów wgłębnych i powierzchniowych (październik 2017) nie mają swojej kontynuacji po przeprowadzonej sesji pomiarowej w listopadzie 2017.

Porównanie wyników przemieszczeń wgłębnych ze wszystkich okresów pomiarowych zamieszczono w Zał. 4. Zauważa się, że największe zanotowane przemieszczenia, sięgające 62,0 mm (przekrój XVII) wystąpiły w okresie 11.2016 ÷ 10.2017, czyli po prawie roku od pomiaru w listopadzie 2016. W okresie od października 2017 do listopada 2017 w większości kolumn inklinometrycznych odnotowano bardzo niewielkie przemieszczenia, sięgające maksymalnie 4,7 mm. Ponieważ od pomiaru w listopadzie 2016 zmienił się Wykonawca badań, wskazuje to na duże prawdopodobieństwo wpływu rodzaju sprzętu i sposobu prowadzenia pomiarów na uzyskiwane wartości i charakter przemieszczeń.

Postępujące wgłębne ruchy mas ziemnych mogą zagrażać infrastrukturze naziemnej i należy traktować ten odcinek Skarpy Wiślanej jako potencjalnie niestabilny.

Zalecanego udrożnienia 11 inklinometrów dokonano w tych kolumnach, które nie były zaklinowane przedmiotami stałymi lub nie były zbyt mocno uszkodzone. W przypadku zatkania kolumny wrzuconym przedmiotem (cegłą, kasztanami, itp.) lub uszkodzeniu jej na długości należy je odtworzyć.

W celu prawidłowego funkcjonowania systemu monitoringu Skarpy Wiślanej na obszarze powiatu piaseczyńskiego poniżej podano zalecenia opracowane na podstawie obserwacji w trakcie wykonywania pomiarów i doświadczeń własnych dla tego typu badań.

Zalecenia

- Kolumny inklinometryczne INK14/1 i 17/1 są niedrożne poprzez zatkanie ich ciałami stałymi (kamienie i kasztany), co skutkuje brakiem możliwości dokładnego wyczyszczenia kolumn i wykonania pomiaru. Należy odtworzyć możliwość pomiarów w tych miejscach poprzez ponowne wykonanie kolumn inklinometrycznych.
- Nie odnaleziono kolumny INK14/3, prawdopodobnie należy wykonać tę kolumnę jeszcze raz.
- Kolumny inklinometryczne INK1/2, INK6/3, INK7/1 i INK15/3 zostały uszkodzone, należy dokonać prac naprawczych lub wykonać kolumny ponownie.
- Należy wyposażyć wszystkie kolumny inklinometryczne w studzienki z zamknięciami na klucz, w celu uniknięcia aktów wandalizmu.

- Z uwagi na rejestrowane niekiedy znaczne przemieszczenia w strefie przypowierzchniowej zainstalowanych kolumn inklinometrycznych zaleca się założenie dodatkowej sieci reperów ziemnych (instalowanych na głębokości min. 2,5 m ppt), służących jako punkty odniesienia i umożliwiających rejestrację powierzchniowych ruchów masowych na skarpie takich jak np. pełzanie.
- Z uwagi na duże rozbieżności w wynikach dla przekroju pomiarowego INK5 i znaczny wzrost wartości przemieszczeń na różnych głębokościach należy zwiększyć częstotliwość prowadzenia pomiarów (raz na kwartał) dla tego przekroju oraz sąsiednich (INK4 oraz INK6) do momentu potwierdzenia nagłego wzrostu przemieszczeń i wyjaśnienia ich przyczyn. Jednocześnie zaleca się zamontowanie dodatkowego przekroju pomiarowego w okolicy przekroju V w celu potwierdzenia lub wykluczenia możliwego zagrożenia ruchami masowymi skarpy w tym rejonie.
- Analiza wyników wskazuje na duże prawdopodobieństwo wpływu rodzaju sprzętu i sposobu prowadzenia pomiarów na uzyskiwane wartości i charakter przemieszczeń, dlatego kolejne pomiary przemieszczeń winny być kontynuowane przez wykonawcę, który ma doświadczenie geotechniczne i jest w stanie zagwarantować odpowiednią jakość i powtarzalność pomiarów np. przez min. 3 lata.
- Należy dokładnie sprecyzować wymagania odnośnie wykonywania i zabudowy nowych przekrojów pomiarowych. Obecnie brak takich standardów, co skutkuje problemami przy pomiarach i czyszczeniu rur inklinometrycznych oraz pomiarach geodezyjnych głowic.
- ITB postuluje wprowadzenie zestandaryzowanego pomiaru położenia osi inklinometrów (rzędna pionowa oraz współrzędne poziome z dokładnością nie mniejszą niż 1 - 3 cm) przy każdym pomiarze. Zwiększy to ilość informacji niezbędnych do wiarygodnej oceny przemieszczeń górnego odcinka inklinometru (1-2 m), które mogą być wynikiem np. robót budowlanych w pobliżu (w skrajnym przypadku robót polowych, np. orka).
- Kolejną zmianą, którą proponuje ITB jest prowadzenie stałych pomiarów w miesiącach wiosennych i jesienią (np. marzec/kwiecień i październik/listopad).

Przerwa miesięczna w pomiarach w tym przypadku jest zbyt krótka. Dzięki takiemu rozłożeniu w czasie pomiary byłyby wykonywane co ok. 6 miesięcy, co pozwoliłoby na wnioskowanie o zmianach sezonowych. Jednocześnie wskazane pory roku z uwagi na brak szaty roślinnej pozwalają na lepsze prowadzenie prac w terenie (lokalizacja punktów, wizura) oraz sprzyjają kartowaniu zjawisk geodynamicznych.

- Poza pomiarami prowadzonymi w inklinometrach w celu poprawnej oceny uzyskiwanych wyników zaleca się wprowadzenie okresowych przeglądów skarpy (kartowanie geologiczne, inwentaryzacja zjawisk geodynamicznych, dokumentacja fotograficzna). Inwentaryzacja skarpy powinna być odnoszona do aktualnego podkładu (NMT) z wykorzystaniem narzędzi GIS.
- Ilość danych pozwala już w większości punktów pomiarowych na wnioskowanie o ruchach skarpy nie tylko w oparciu o analizę wielkości przemieszczeń, ale i dynamikę tych zmian. Zaleca się wprowadzenie takiej analizy do kolejnych sprawozdań. Wymienione powyżej elementy są niezbędne do poprawnej analizy uzyskiwanych pomiarów z założonego systemu monitoringu i tym samym kompleksowej oceny stateczności skarpy z możliwością prognozowania jej zachowania, dając miarodajne narzędzie do podejmowania stosowanych działań w przypadku stwierdzenia stanu alarmującego lub wręcz zagrożenia. Obecna forma prowadzenia monitoringu ograniczona jedynie do sprawozdań z pomiarów, z ograniczoną treścią wniosków, prowadzona przez różne podmioty o zróżnicowanym poziomie wiedzy i doświadczeniu w zakresie analiz stateczności jest niepełna i ma realny wpływ na bezpieczeństwo mieszkańców i użytkowników obiektów w rejonie Skarpy Wiślanej w powiecie piaseczyńskim.