

Zagrożenia i zabezpieczanie budowli – referat generalny

Dr hab. inż. Włodzimierz Brząkała, prof. PWr

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Kolejna XVIII Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Inżynierii Geotechnicznej (Warszawa, 4 – 6 września 2018 roku) jest okazją do wymiany doświadczeń i przeglądu tematyki badawczej w polskich ośrodkach. Prace zgłoszone na Konferen-

cję są opublikowane w Inżynierii Morskiej i Geotechnice oraz równolegle w:

– Acta Scientiarum Polonorum, Architectura,

- Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW Land Reclamation,
- Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska,
- Studia Geotechnica et Mechanica.

Sesja 3 zgromadziła 14 prac o szerokim spektrum tematycznym, ale koncentrujących się wokół ogólnej tematyki „Zagrożenia i zabezpieczanie budowli. Aktualne problemy badawcze, wyzwania i realne możliwości”.

Wyzwania i realne możliwości w zakresie redukcji zagrożeń to niekoniecznie użycie najnowszej aparatury badawczej czy wyrafinowanych metod numerycznych. Oceniając problem z pewnego dystansu, poprawę niezawodności w geotechnice można najszybciej i najprościej osiągnąć poprzez podniesienie ogólnego poziomu świadomości oraz wiedzy geotechnicznej, dobry system norm i przede wszystkim eliminowanie możliwości popełniania „błędów grubych” (odpowiedni system kontroli). Potwierdzają to omówione niżej prace Uczestników Konferencji. Szersze odniesienie się do zagadnień bezpieczeństwa budowli od strony geotechnicznej przedstawiono w odrębnej pracy autora (Brząkała, 2018).

Kilkanaście prac związanych z tematyką sesji wskazuje na różne zagrożenia budowlane od strony geotechnicznej, przy czym najczęściej są one związane ze zmianą stosunków wodnych. Dobrze rokuje duże zainteresowanie monitoringiem geotechnicznym oraz docenianie zagrożeń środowiskowych, a nie tylko konstrukcyjno-budowlanych.

KRÓTKIE OMÓWIENIE PRAC

Praca **K. Kazimierowicz-Frankowskiej** pt. „*Deformacja konstrukcji z gruntu zbrojonego geosyntetykami-porównanie wyników obliczeń uzyskanych przy użyciu różnych metod*” dotyczy zagadnień SLS (stan graniczny użytkowości) dla gruntu zbrojonego, rzadziej analizowanych niż ULS (stan graniczny nośności). Zwrócenie się w stronę stanu granicznego użytkowości jest ważnym kierunkiem badawczym, a w literaturze nie brak sygnałów, że SLS jest generalnie niedoceniany. Ma to szczególne znaczenie w przypadku ścian oporowych z gruntu zbrojonego, ponieważ te obiekty są stosunkowo mało wrażliwe na nierównomierne przemieszczenia i często w sposób świadomy dopuszcza się duże wartości ich przemieszczeń oraz odkształceń, na przykład na terenach górniczych. Co więcej, wystąpienie pewnych przemieszczeń poziomych łączy ściany jest zazwyczaj warunkiem koniecznym do uaktywnienia się (poziomego) zbrojenia i jego dobrej współpracy z gruntem. Z drugiej jednak strony może to stwarzać potencjalne zagrożenie dla infrastruktury komunikacyjnej powiązanej z konstrukcją oporową. Autorka dokonała przeglądu kilku popularnych metod obliczeniowych do oszacowania poziomych przemieszczeń ściany oporowej z gruntu zbrojonego, w szczególności prezentując znaczące osiągnięcia IBW PAN w tym zakresie. Trochę wbrew tytułowi, praca zawiera nie tylko obliczenia, ale ma również wartościową część o bezpośrednim znaczeniu praktycznym. Wykazano w niej nie tylko duży rozrzut wyników w zależności od stosowanej metody predykcji, ale też duże odstępstwa niektórych prognoz przemieszczeń poziomych w stosunku do wyników pomiarów. Przedstawiono obszerny wykaz literatury.

Wyniki i wnioski Autorki są cennym uzupełnieniem popularnej Instrukcji ITB nr 429/2007.

M. Jastrzębska oraz **M. Łupieżowiec** przedstawili „*Analysis of the causes and effects of landslides in the Carpathian flysch in the area of Miłówka and evaluation of their prevention methods*”. Poważne problemy geotechniczne w tym rejonie Polski są dobrze znane środowisku geotechników, ale Autorzy zaskakują Czytelnika danymi o skali tych zjawisk: 95% osuwisk w Polsce ma miejsce w rejonie karpackim, a w niektórych gminach tereny osuwiskowe obejmują 30 ÷ 40% powierzchni gminy. Liczbę udokumentowanych osuwisk określa się w wielu tysiącach, z czego prawie 3000 ciągle zagraża strefie zamieszkałej. Jest to zapewne drugie miejsce na polskiej liście terenów szczególnie zagrożonych – po terenach górniczych – ale droga od zagrożenia do katastrofy jest tutaj znacznie krótsza. Autorzy przeanalizowali obszerne dane z nowoczesnego monitoringu powierzchniowego i głębokiego (inklinometry, piezometry), w powiązaniu z opadami atmosferycznymi, wylesianiem terenów, redukcją powierzchni wykorzystywanej rolniczo. Niewątpliwie, warstewkowa struktura fliszu jest bardzo wrażliwa na intensywne opady atmosferyczne, a obniżająca się bioretencja powierzchniowa zwiększa zagrożenie. Zwrócono też uwagę, że fachowa analiza dendrologiczna (przede wszystkim obserwacje asymetrii słoju), ale też „pijany las”, są „markerem” zagrożeń osuwiskowych, a nawet pozwalają dokładnie określić rok, w którym aktywność osuwiskowa była wysoka (co może się powtórzyć). Autorzy dokonali przeglądu tradycyjnych metod zabezpieczania skarp w tym rejonie – od odwodnienia po ściany oporowe i gwoździowanie; skala problemu powoduje jednak, że te działania mają ograniczoną skuteczność. Symulacje MES potwierdziły, że największe zagrożenie powodują intensywne deszcze (nie wszystkie szczegóły zamodelowania anizotropowego podłoża są w tej pracy czytelne). Oprócz systemów drenażowych na pewno skuteczna jest zieleń niska (zmniejszanie przenikania wody do podłoża, przesuszanie) oraz drzewa – dodatkowy efekt wzmocnienia przez system korzeniowy. Nasuwa się refleksja, że rola drzew jest ciągle niedoceniana, a być może powinna rozwinąć się jakaś dendrogeotechnika. Niedawno okazało się, że bardzo wysokie drzewa dobrze tłumią fale powierzchniowe i są bardzo korzystnym elementem na terenach sejsmicznych – pisali o tym Colombi, A. i inni w „*Forests as a natural seismic metamaterial: Rayleigh wave bandgaps induced by local resonances*”. Nature.Sci. Rep. 6, 19238; doi: 10.1038/srep19238 (2016).

„*Nowoczesne metody monitoringu geotechnicznego w polskich odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego*” omówił **Z. Bednarczyk**. Tematyka jest zbliżona do poprzedniego artykułu, szczególnie, że łączy warstwowość z rejonu Bełchatowa również cechują się strukturą warstewkową. Tym razem osuwiska mają przyczyny antropogeniczne, przede wszystkim odprężenie ogromnym wykopem, ale też zmiana stosunków wodnych, efekty parasejsmiczne i nawet zjawiska krasowe. W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę tych zagrożeń wraz ze wstępnymi wynikami uzyskanymi w ramach projektu UE *Euracoal SLOPES „Smarter Lignite Open Pit Engineering Solutions”*. Celem tych badań jest ocena stanu bieżącego, wcześnie wykrywanie zagrożeń, dostarczenie nowych informacji w celu bezpieczniejszego projektowania zbroczy kopalni odkrywkowych, tras transportowych i zwałowisk nadkładu. W tej skali zadania wykrycie symptomów rozwijającego się osuwiska może umożli-

liwić wycofanie maszyn i minimalizację szkód, ale powstrzymanie osuwiska w krótkim czasie jest niemożliwe.

Istotną nowością w zakresie monitorowania przemieszczeń powierzchniowych na dużych obszarach jest wykorzystanie bezzałogowych dronów w celu pozyskania danych Lidar, niezależnie od również nowoczesnych, ale bardziej tradycyjnych metod geodezyjnych, jak skanowanie laserowe naziemne, lotnicze czy interferometria satelitarna. Monitorowane jest też ciśnienie wody w porach i to do głębokości około 100 m. Uzyskane wyniki mają przyczynić się do lepszego zrozumienia i ograniczenia skutków niekorzystnych zjawisk naturalnych oraz opracowania długoterminowych metod przeciwdziałania opartych na ocenie ryzyka – na podstawie monitoringu *on-line*, powierzchniowego i wglębnego. Projekt nie jest jeszcze zakończony.

W pracy **L. Zawadzkiego** i **B. Bursy** pt. „*Wpływ filtracji oraz zmian nasycenia gruntu na stateczność wałów przeciwpowodziowych*” ciekawym elementem nowatorskim jest zamodelowanie wzrostu nasycenia gruntów w korpusie wałów przy piętrzeniu powodziowym w międzywał, a także nałożenie się tego zjawiska na efekty filtracji przez korpus. Standardowo, procesy filtracji modeluje się dla początkowej fazy (wysoki poziom piętrzenia, niska krzywa depresji, duże gradienty, ale małe przepływy przez obwałowanie) oraz dla stanu ustalonego (mniejsze gradienty, jednak większe przepływy na skutek wysokiego położenia krzywej depresji w korpusie wału). Podobnie jest w uproszczonej teorii konsolidacji, gdzie jako pewna obwiednia miarodajne jest zachowanie się gruntu „tuż po obciążeniu” (bez drenażu) i w stanie asymptotycznym ($t \rightarrow \infty$), czyli po rozproszeniu nadciśnienia wody w porach. Autorzy rozwiązali zadanie w pełnej wersji – prześledzono sukcesywne zmniejszanie się wskaźnika stateczności w dwóch reprezentatywnych obwałowaniach w miarę wzrostu nasycenia porów. W przypadku ośrodka trójfazowego wykorzystano kryterium Coulomba zmodyfikowane przez Fredlunda (1978), czyli z uwzględnieniem tak zwanego ciśnienia ssania macierzystego. W największym skrócie: w miarę wzrostu wilgotności zmniejsza się korzystny wytrzymałościowo udział napięcia powierzchniowego, aż do jego zaniku (grunty całkowicie nasycone). Zmiany stanu nasycenia gruntów w korpusie wynikają z podnoszenia się położenia krzywej depresji w czasie. Symulacje numeryczne wykazały, że dla korpusu przykładowego wału zbudowanego z gliny piaszczystej wskaźnik stateczności maleje w ciągu pierwszych 504 godzin od wartości $F = 3,10$ do wartości $F = 1,70$; dla korpusu wykonanego z gruntów piaszczystych spadek jest niemal 100-krotnie szybszy: od wartości $F = 2,40$ do wartości $F = 1,16$ w ciągu 6 godzin. Pierwszy wynik wskazuje, że jest dostatecznie dużo czasu na działania ochronne (ewakuacja, lokalne wzmocnienie wału, ewentualne przekierowanie wód powodziowych itp.), w drugim przypadku nie ma takich możliwości.

M. Ćwirko oraz **M. Jastrzębska** w artykule „*The numerical analysis of the influence of changing the ground elasticity on the deformation of steel meshes used in the soil reinforcement*” zajmują się numerycznym modelowaniem pracy stalowego poziomego georusztu w obsypce piaskowej (zakotwienie gabionów) w warunkach zbliżonych do badania typu „*pull-out*”. Rozpatrzono dwa rodzaje georusztów o rzeczywistych wymiarach różniące się sztywnością węzłów: węzły podatne o podwójnym splocie typowym w gabionach Meccaferrí (siatki diagonalne) oraz sztywne węzły spawane (siatki kwadratowe). Współpra-

cę z gruntem modelowano za pomocą sprężynek winklerowskich o sztywności K_z zmienianej w bardzo szerokim zakresie wartości od $0,0001 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ do $1 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$. Założono dwa rodzaje warunków brzegowych: w postaci poziomej siły rozciągającej równomiernie rozłożonej wzdłuż całej szerokości pasma oraz poziomej siły skupionej w centralnej części pasma (modelowanie lokalnego przeciążenia georusztu). Wartość obciążeń dobrano tak, aby nie wystąpiło uplastycznienie w drucie stalowym. To ostatnie założenie przyjęto z myślą o przyszłych badaniach w laboratorium, gdyż przy stosowaniu modelu liniowego obciążenia rusztu mogłyby być dowolnie duże. Wyniki są jakościowo zgodne z intuicją: stwierdzono największe odkształcenia w rozciąganej siatce diagonalnej obciążonej siłą skupioną i najmniejsze w siatce kwadratowej obciążonej równomiernie. Różnice są bardzo znaczne przy „małych” wartościach K_z , ale są zaskakująco małe przy „dużych” sztywnościach K_z . Interpretację wyników utrudnia jednak niekompletny opis sposobu rozmieszczenia sprężynek i ich połączeń z siatką, a także brak rekomendacji, które z wartości K_z Autorzy uważają za realne w praktyce (dla K_z „dążących do zera” korzystne efekty współpracy siatek z gruntem oczywiście w ogóle znikają).

Trudno jest ocenić, czy model linowy współpracy siatki z podłożem jest akceptowalny, gdy drut siatki ma średnicę tylko 2,7 mm, a przemieszcza się w otaczającej go obsypce od kilku aż do kilkudziesięciu milimetrów.

Planuje się sprawdzenie wyników tej symulacji numerycznej w badaniach laboratoryjnych, co może wyjaśnić powyższe wątpliwości. Bez delinearizacji modelu trudno spodziewać się ciekawych wyników w zakresie trwałości przy obciążeniach cyklicznych, którymi Autorzy chcieliby się zająć w przyszłości.

Zespół Autorów **L. Zawadzki**, **D. Wychowaniak** i **M. Lech** omówił „*Electrical resistivity methods for landfill monitoring*” w zakresie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ciekłych wokół składowisk odpadów i skuteczności przesłon filtracyjnych. Przeanalizowano pomiary terenowe (składowisko Łubna) oraz badania laboratoryjne trzech dużych próbek gruntowych z rejonu składowiska. Zmiany oporu elektrycznego gruntu wokół składowiska odpadów mogą niewątpliwie wskazywać na przenikanie odcieków do gruntów i wód gruntowych, choć nie wszystkie skażenia takie zmiany powodują (w mierzalnym stopniu), a skalę zmian oporu elektrycznego czasem trudno przełożyć na skalę zagrożenia. Kwaśne deszcze i przesączające się naturalne kwasy humusowe mogą wprowadzać „szumy pomiarowe”, podobnie jak zmieniające się nasycenie gruntów cieczą. Użycie dodatkowego znacznika („*tracer*”) poprawia skuteczność monitoringu. Możliwość ciągłego w czasie pomiaru elektrycznego (bezinwazyjnego) i zdalnego przekazywania wyników jest jednak trudna do przecenienia – w tym możliwość zlecenia dalszych badań szczegółowych i wyjaśnienia sytuacji w przypadku pierwszych niepokojących sygnałów, co słusznie podkreślają Autorzy. Problemem może być duża losowa niejednorodność podłoża i losowe kontakty hydrauliczne, zbyt mała liczba czujników wokół składowiska bądź ich nieodpowiednie rozmieszczenie – a opóźniona reakcja nadzoru może okazać się spóźnioną reakcją. Przyszłościowym rozwiązaniem będą zapewne odczyty liniowe, wzdłuż całego długiego odcinka światłowodu. W przypadku pomiaru odkształceń obecnie takie możliwości pomiaru występują już co kilkanaście milimetrów na odcinku kilkudziesięciu (i więcej) metrów.

E. Kokocińska-Pakiet oraz **D. Bajno** w pracy „*Analysis of strengthening of the foundations of historic building*” podzielili się swoimi doświadczeniami z prac remontowo-wzmacniających posadowienie jednego z zabytków sztuki sakralnej województwa opolskiego. Dobrze udokumentowane prace z grupy *Case Studies* zawsze przyciągają uwagę czytelników (słuchaczy) jako przełożenie zawodowej i akademickiej wiedzy na praktykę – i to zwykle w skomplikowanej sytuacji terenowej; w przypadku obiektów zabytkowych – dodatkowo przy nielatających rozmowach z konserwatorami zabytków. Tak jest również w tym przypadku.

Spękania budynku barokowego kościoła pojawiły się już w XVIII w., a pod koniec XIX w. wykonano (powtórnie) skotwienie bryły kościoła oraz ceglany mur oporowy od strony ulicy. Te działania okazały się nieskuteczne i wkrótce kościół zamknięto, rozważając możliwość jego rozbiórki. Ostatecznie jednak w 1904 roku zdecydowano o pogłębieniu istniejących fundamentów bezpośrednich o około 2 m (podmurówka z cegły klinkierowej na zaprawie wapiennej), czyli do stropu warstw ilasto-marglistych, w stanie plastycznym. Wiele wskazuje na to, że kościół posadowiono na nasypie, co najmniej w niektórych jego częściach. W latach 1904-1907 nasypy usunięto, dokonując „podbicia” fundamentów. Prace wykonywano, odkopując fundamenty segmentami o bardzo małej długości (tylko około 1 m), ale mimo wszystko są to zawsze działania potencjalnie niebezpieczne. Sytuację znacząco komplikuje uskok naziomu w odległości około 4 m od fundamentów i o wysokości około 3 m, zabezpieczony wspomnianą ceglana ścianą oporową. Kilka lat temu ścianę oporową znacząco wzmocniono poprzez zespolenie jej z częścią dobetonowaną od zewnątrz o grubości 20 cm, ocieplem żelbetowym na wierzchu ściany i mikropalami w układzie kołowym (jedna para na jeden metr wzdłuż ściany), przewierconymi przez korpus ściany. Stateczność układu fundament – nasyp – skarpa podparta ścianą oporową poprawiła się z około $F = 0,6$ przy zakładanej sytuacji sprzed kilkuset lat (intensywne pojawianie się spękań), do około $F = 1,0$ po wybudowaniu ściany oporowej ponad sto lat temu i do około $F = 1,5$ po ostatnim wzmocnieniu ściany. Może to wskazywać, że podbijania fundamentów dałoby się uniknąć, gdyby ... w XIX w. istniały mikropale.

Nie sposób pominąć refleksji Autorów, że przy prawie 200 tys. zabytków wpisanych w Polsce do rejestru (w tym wielu setkach budynków i budowli zabytkowych zagrożonych katastrofą budowlaną) obecna intensywność prac naprawczych szybko doprowadzi do znacznego zubożenia zbioru pomników kultury materialnej.

T. Godlewski przedstawił „*Nowe podejście do problemu przemarzania gruntu w Polsce*”, które podsumował propozycją nowej mapy głębokości (umownej) przemarzania gruntu w Polsce. Skoro ocieplanie się klimatu jest faktem i nieprędko się to zmieni, w miastach występują „wyspy ciepła” o temperaturze podniesionej nawet o ponad 2°C w stosunku do otoczenia, a w dodatku już dużo wcześniej podnoszono kwestię wątpliwej metodyki i być może zawyżonych głębokości stref przemarzania w Polsce według PN-81/B-03020, to na pewno warto się temu ponownie przyjrzeć. Autor dotarł do wyników pomiarów temperatury gruntu z około 30 ÷ 50 ostatnich lat, czyli zastosował metodę empiryczną – wykorzystując dane z 45 krajowych stacji meteorologicznych IMiGW na temat położenia tak zwa-

nej izotermy zerowej. Jest wiele czynników, które powodują, że prognoza czysto teoretyczna, numeryczna, byłaby prawdopodobnie mniej wiarygodna niż pomiary: należałoby uwzględnić grubość pokrywy śniegu, rodzaj gruntu (co Autor w dużym stopniu wykonał) i nasycenie jego porów wodą, rodzaj śniegu i jego przewodnictwo cieplne, pojemność cieplną gruntu, konfigurację terenową (kotliny) i nasłonecznienie, pokrycie terenu zielenią i zabudową, ekspozycję na silne wiatry i oraz wiele innych czynników.

W modelu prawidłowo zastosowano rozkład prawdopodobieństwa Gumbela do losowych ekstremów rocznych. Na tej podstawie podano statystyczną prognozę głębokości położenia izotermy zerowej w gruncie o akceptowanym prawdopodobieństwie przekroczenia w okresie 50 lat (nie wspomniano, jaki to jest poziom i dlaczego).

Wydawałoby się, że występuje tutaj typowy szeregowy układ niezawodnościowy, ponieważ już jednokrotne przekroczenie ustalonego poziomu oznacza warunek graniczny (w sensie niezawodnościowym). Niejasne jest jednak samo określenie „jednokrotne”, gdyż nie może ono być oderwane od długości utrzymywania się rekordowo niskich temperatur. Przykładowo, utrzymująca się przez tydzień temperatura ujemna od -8°C do -12°C jest zapewne czymś innym niż kilkukrotne wystąpienie -22°C nad ranem i niewielkie dodatnie temperatury w środku dnia.

Otrzymane wyniki są sporym zaskoczeniem – proponowane głębokości przemarzania są w zasadzie większe, a nie mniejsze od dotychczas przyjmowanych i wykazują „nietypową” regionalizację, na przykład w Lesku i Nowym Sączu jest to głębokość tylko około $0,7 \div 0,8$ m, natomiast w Poznaniu i Włodawie prawie aż 1,7 m. Taka sytuacja wymagałaby ponownego przyjrzenia się zarysowaniom budynków zlokalizowanych w najbardziej zagrożonych regionach w celu odróżnienia, czy zachodziło tu nierównomierne osiadanie, czy może efekty wypiętrzenia przy przemarzaniu. Niewykluczone, że proporcja tych dwóch rodzajów uszkodzeń jest całkiem inna niż uważa się obecnie.

Autor określa wyniki jako „wstępne”, „propozycje” i „zasygnalizowanie problemu”, poddając je szerokiej autokrytyce. Przedstawiona mapka głębokości przemarzania wyraźnie odbiega od mapy zimowych temperatur powietrza, a przyczyną różnic jest w pierwszej kolejności rodzaj gruntów i grubość pokrywy śnieżnej. Niestety, te parametry cechują się dużą losową zmiennością przestrzenną.

Praca jest bardzo wartościowa ze względu na praktyczne znaczenie problemu, ale jeszcze bardziej pod względem warsztatowym: realne dane, prawidłowo dobrane i nietrywialne narzędzia obliczeniowe, bardzo trafna analiza i uwagi Autora. Mimo wszystko należałoby chyba jeszcze raz sprawdzić metodykę prognozy położenia izotermy zerowej w gruncie i dane pomiarowe (założenie własnej bazy pomiarowej?).

Zespół Autorów **T. Godlewski** oraz **M. Niemyjska** w artykule „*Ryzyko geotechniczne w projektowaniu i realizacji głębokich wykopów*” przedstawił interesującą dyskusję ryzyka inwestycji od strony geotechnicznej, ale też od strony ekonomiczno-organizacyjnej. Skupienie się na głębokich wykopach jest tu dobrym przykładem, ponieważ zazwyczaj zmienność losowa gruntów w kierunku pionowym jest dużo większa niż w kierunku poziomym – chociaż w wielu miejscach w Polsce,

w gruntach silnie zaburzonych glaciektonicznie, może być odwrotnie: warstwy gruntowe są bardzo zróżnicowane i zalegają niemal pionowo. Autorzy trafnie komentują sytuację w tym zakresie, pokazując jak poważnym problemem jest np. wiarygodna ocena położenia stropu warstwy nieprzepuszczalnej, gdzie niedociągnięcia i błędy mogą wręcz zrujnować całą koncepcję geotechniczną – niezależnie od tego, które podejście obliczeniowe i który najnowszy program komputerowy będzie użyty w obliczeniach projektowych. Należy zachować rozsądne proporcje pomiędzy wiarygodnością danych oraz skomplikowaniem metod obliczeniowych, traktować dane z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej z rezerwą i sprawdzać je z innymi źródłami czy doświadczeniami porównywalnymi. Oferta wykonawcza czy potem umowa pomiędzy stronami powinna zawierać elementy zarządzania ryzykiem i szacować możliwy przedział rozbieżności danych oraz – w interesie obu stron – określać sposób postępowania w przypadku wystąpienia sytuacji istotnie odmiennej od założonej. Dokumentacja geologiczno-inżynierska powinna dostarczać niezbędnych informacji w tym zakresie, to jest zawierać oszacowanie prawdopodobnego błędu danych lub przedziały wartości, w tym średnie, a także prawdopodobne skrajne przebiegi granicy warstw.

Autorzy przedstawiają przekonujące sytuacje zaczerpnięte z literatury, dotyczące sukcesywnych korekt modelu budowy geologicznej podłoża, które następowały w miarę otrzymywania nowych informacji – często dopiero w fazie realizacji wykopu.

Wiele przykładów dobrze koresponduje z тезami zawartymi w pracy (Brząkała, 2018).

„Wzmocnienie podłoża pod małym obiektem inżynierskim i przyległym nasypem” zaprezentowali **K. Trybicka** i **M. Adamiec**, dokonując symulacji komputerowych dla sześciu koncepcji projektowych. Wariantowane rozwiązania techniczne mają zminimalizować różnice osiadań oraz nachylenie strefy przejściowej pomiędzy nasypem a małym przejazdem gospodarczym o przekroju skrzynkowym. Szósty wariant jest przypadkiem bez stosowania wzmocnienia podłoża kolumnami, lecz z odpowiednim etapowaniem wznoszenia nasypu.

Podłoże cechuje się wysokim poziomem ZWG i znaczną ścisłością, głównie z powodu obecności około 1,7 m warstwy plastycznych glin z zawartością części organicznych.

Za pomocą obliczeń potwierdzono oczywisty jakościowo fakt, że należy unikać zróżnicowania sztywności podłoża pod obiektem liniowym, czyli zastosowanie „za dużej” liczby kolumn w jednym rejonie może prowadzić do wyników przeciwnych do zamierzonych. Zaprojektowanie płyty przejściowej też nie zawsze rozwiązuje problem równomierności osiadań w rejonie styku nasypu z konstrukcją. Chociaż nie przedstawiono analizy kosztów, jednak – zdaniem Autorów – w konkretnych analizowanych warunkach, przy braku czasu na konsolidację filtracyjną, najlepszym rozwiązaniem jest wzmocnienie podłoża w postaci kolumn wymiany dynamicznej (DR). Wielkośrednicowe kolumny przemieszczeniowe uformowane z materiału gruboziarnistego nie tylko zwiększają sztywność podłoża, ale pełnią dodatkowo funkcję drenażu, co w znaczący sposób przyspiesza proces konsolidacji podłoża gruntowego i chroni przed skutkami dynamicznych obciążeń nawodnionego podłoża. Najprawdopodobniej powinny to być nowoczesne kolumny w odpowiednio sztywnym i wytrzymałym rękawie geosyntetycznym.

R. Chmielewski, A. Chyla, L. Kruska przedstawili „*Analizę szkodliwych wpływów drgań i hałasu od robót budowlanych przekazywanych na istniejące budynki i osoby w nich przebywające*”, która jest sprawozdaniem z wykonanego monitoringu dynamicznego, ale jej cel naukowy nie jest jasny. Wykonywanie ścian szczelinowych nie jest szkodliwe od strony wibroakustycznej i pomiary to potwierdziły: żadne poziomy w skali SWD nie są przekroczone, normy hałasu również nie, a poziom wibroakustycznego tła otoczenia – w małym stopniu (budowa przy ruchliwej arterii komunikacyjnej w Warszawie). Można mówić raczej o uciążliwości wpływów, a nie szkodliwości wpływów (w tytule). Trudno zgodzić się z opinią Autorów, że częstotści około 10 Hz są „bardzo niskie”. Szkoda też, że nie zaznaczono źródła drgań na rys. 2.

„Wytrzymałość na ścinanie gruntów pylastych stabilizowanych popiołami fluidalnymi” była badana przez **A. Gruchotą** oraz **E. Zawiszę**. Nie jest to nowatorski kierunek badań, ale oczywiste efekty proekologiczne sprawiają, że jest ciągle aktualny, szczególnie że popioły fluidalne trochę różnią się od konwencjonalnych popiołów lotnych. Popioły same w sobie mają ciekawe właściwości mechaniczne: „młode” przypominają piaski pylaste lub pyły, a „stare” nabierają w warunkach powietrzno-suchych bardzo dużą spójność na skutek cementyzacji wiązań. Celem badań było określenie wpływu zagęszczenia oraz zawodnienia na parametry wytrzymałości na ścinanie gruntu pylastego i popiołu fluidalnego pochodzącego ze spalania węgla kamiennego oraz kompozytów powstałych z wymieszania gruntu pylastego z dodatkiem popiołu fluidalnego (wagowo): 10% (kompozyt 1) i 40% (kompozyt 2). Badania wykonano w standardowym aparacie bezpośredniego ścinania. Okazało się, że kompozyty mają większy kąt tarcia wewnętrznego i spójność niż każdy ze składników osobno.

K. Parylak i **K. Witek** omówili „*Złożoność uwarunkowań przyczyn katastrofy nabrzeża przeładunkowego Odry*”. Kumulacja kilku czynników była przyczyną zniszczenia 110-metrowego odcinka tej konstrukcji. Nastąpiło to w okresie obniżenia poziomu wody w rzece, przy możliwym negatywnym wpływie wyerodowania dna rzeki. Wykonane po katastrofie wiercenia, sondowania i badania laboratoryjne gruntów w strefie osuwiska, jak również badania w strefach niezniszczonych, a także badania oraz pomiary obszaru zniszczeń pozwoliły na ustalenie złożonych przyczyn zniszczenia i na odtworzenie jego mechanizmu. Ustalono, że strefa poślizgu zainicjowana była w niewielkiej warstwie mad przy udziale rozpraszającego się nadciśnienia wody w porach. Znaczący wpływ mogła mieć nawadniająca strefę poślizgu woda odprowadzana do gruntu z przyległego budynku oraz bardzo niska wytrzymałość betonów. Utrata stateczności w jednej strefie skutkowałą postępującymi zniszczeniami na przyległych odcinkach. Wykazano, że wymagane współczynniki stateczności estakady na przesunięcie i obrót nie były zachowane. Symptomy pogarszającego się bezpieczeństwa konstrukcji były widoczne już dużo wcześniej i wymagane prawem kontrole stanu technicznego konstrukcji nabrzeża pozwoliłyby zapewne uniknąć katastrofy, jednak wystąpiły w tym zakresie poważne zaniedbania.

Dokumentacja okoliczności wystąpienia awarii jest bardzo obszerna, dobrze przygotowana, a wnioski Autorów są przekonujące.

W. Matusiewicz i G. Wrześniński omówili „*Odwodnienie stref bezodpływowych małej zlewni miejskiej*”. W pracy referuje się zasadnicze elementy projektu odwodnienia w opisanej konkretnej lokalizacji, ale elementy naukowe są trudno dostrzegalne.

Strefy bezodpływowe, szczególnie w miastach, powodują liczne uciążliwości (kałuże, błoto, „wylęgarnie” owadów, zalanie piwnic, czasowe zamykanie ulic) i nawet zagrożenia geotechniczne – poprzez wzrost nasycenia gruntów w podłożu budowlanym.

Przy niewielkich zagłębieniach terenowych może zdarzyć się, że spadki rurociągu k_d będą wystarczające, aby pod powierzchnią terenu pokonać „dział wód” i wpiąć się do istniejącej sieci kanalizacji deszczowej w bliskim sąsiedztwie. Zwiększenie naturalnej retencji gruntu jest dobrym pomysłem, ale ma zazwyczaj bardzo ograniczone możliwości. Oprócz trawników i drzew, parkingowych płyt perforowanych, otwartych zbiorników retencyjnych, studni chłonnych, zbiorników podpowierzchniowych pod parkingami i systemów rozsączających wodę w gruncie – można czasem rozważyć przewiercenie się do gruntów przepuszczalnych i spuszczenie tam wody opadowej, o ile spełnia ona warunki sanitarne (rzadkie przypadki). Wywóz stagnującej wody beczkowozami lub przepompowywanie wód do najbliższej kanalizacji deszczowej jest ostatecznością.

PODSUMOWANIE

1. Na bezpieczeństwo w geotechnice ma wpływ wiele różnorodnych czynników, począwszy od wstępnej fazy projektowej i rozpoznania budowy geologicznej podłoża, po zmiany warunków gruntowo-wodnych na skutek zrealizowania inwestycji i monitoring powykonawczy.

2. Katastrofy budowlane – groźne w skutkach przekroczenie stanów granicznych nośności z przyczynami geotechnicznymi w tle – nie są częste, w przeciwieństwie do naruszenia stanów granicznych użyteczności i kłopotliwych następstwach. Rzadko zdarza się, aby awaria budowlana miała tylko jedną przyczynę. Groźne jest nakładanie się wielu przyczyn, czyli seria zaniedbań, naruszeń procedur i zwykłych błędów ludzkich. Wśród najgroźniejszych błędów dominują błędy elementarne, na poziomie wiedzy podręcznikowej – związane najczęściej z wodą gruntową i brakiem monitoringu.
3. Cieszy bogactwo oraz użyteczność tematyki podejmowanej przez krajowe ośrodki naukowo-badawcze i akademickie w zakresie geotechniki. Wprowadzanie do geoinżynierii nowych technologii, na przykład ulepszenia podłoża rodzimego czy nowych metod badawczych w badaniach terenowych i laboratoryjnych jest miarą postępu, zwiększa bezpieczeństwo w geotechnice, ale wymaga dużej ostrożności, wielokierunkowego, długotrwałego testowania i przebadania różnorodnych ograniczeń.
4. Trwające prace nad gruntowną przebudową Eurokodu 7, a w szczególności wyodrębnienie trzeciej części (EC7-3) o charakterze konstrukcyjno-obliczeniowym, to na pewno krok we właściwym kierunku (Brząkała, 2018). Trudno przecenić rolę dobrej normy geotechnicznej w poprawie niezawodności w geotechnice.

LITERATURA

1. Brząkała W.: Eurokod 7 jako element w systemie bezpieczeństwa budowl. *Acta Scientiarum Polonorum, Architectura-Budownictwo*, 2018, 17 (3).