

AUTOMATYZACJA PRZEPEŁYU CYFROWEJ INFORMACJI W PROJEKTOWANIU GEOTECHNICZNYM

Grzegorz Kacprzak^{1,2}, Seweryn Bodus^{1,2} ✉

¹ Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska

² Zespół Projektowy Geotechniki i Fundamentowania, Warbud S.A.

STRESZCZENIE

Digitalizacja danych geologicznych oraz geotechnicznych jest obecnie intensywnie i szeroko rozwijana. Jednym z powodów jest łatwiejszy proces wymiany danych poprzez zastosowanie cyfrowej wersji dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, a także brak dostatecznej informacji na temat warunków wodno-gruntowych o danym obiekcie budowlanym w tworzonych modelach BIM. W artykule opisano różne możliwości wykorzystania cyfrowej informacji o podłożu gruntowym, uzyskanej z badań polowych w makro- i mikroskali oraz badań laboratoryjnych, zapisanej w jednym z cyfrowych formatów – AGS. Statystyczna analiza wyników badań i jej interpretacja, przekroje geologiczne, generowanie modelu gruntu opisanego zależnościami matematycznymi (model Mohra-Coulomba, *hardening soil*) do modelu numerycznego MES 3D to niektóre z możliwości, które obecnie pozwalają na tworzenie cyfrowych platform geotechnicznych przez biura projektowe. W drugiej części pracy opisano przykładowe zastosowanie narzędzi modelowania parametrycznego do automatyzacji projektowania geotechnicznego interakcji konstrukcji obiektu budowlanego z podłożem gruntowym. W pracy zaprezentowano przykład wykorzystania gotowych modeli BIM w programach geotechnicznych, wykorzystując środowisko Rhino-Grasshopper. Schematy blokowe obrazujące przepływ informacji pomiędzy programami do modelowania BIM (Revit, ArchiCAD), obliczeń konstrukcji (ARSA) i analiz geotechnicznych (Plaxis, ZSoil) pokazują szerokie możliwości działania zgodnie z ideą OpenBIM.

Słowa kluczowe: digitalizacja, OpenBIM, AGS, interakcja konstrukcji z gruntem, modelowanie parametryczne, automatyzacja

WSTĘP

Modelowanie albo zarządzanie informacjami o budynku, krócej BIM (ang. *Building Information Modeling or Management*), to technologia, która zmieniła i wciąż zmienia podejście do projektowania, realizacji inwestycji i zarządzania obiektem budowlanym. W idealnym rozwiązaniu stanowić ma kompletną bazę danych graficznych (geometria)

i pozagraficznych (informacja) opisujących zarówno wznoszoną inwestycję, jak i istniejące elementy istotne z punktu widzenia jej powstania (Boruc, Kacprzak, Bodus i Kalisz, 2019). Informacje o samym budynku w technologii BIM w sensie geometrii to jedno, natomiast drugą istotną informacją są warunki gruntowe w miejscu realizacji inwestycji. Połączenie tych dwóch rzeczy, tj. geometrii konstrukcji i panujących warunków gruntowych (układu warstw, rodzaju

gruntów, parametrów geotechnicznych), można określić jako GeotechBIM, który coraz częściej wykorzystywany jest w projektowaniu geotechnicznym.

W wielu pracach, np. Ellul i in. (2018) albo Noardo i in. (2019), opisywane jest pojęcie GeoBIM, które łączy ze sobą informacje o budynku (BIM) oraz przestrzenne dane terenowe – informacje geograficzne (GIS). Svensson (2016) zwraca również uwagę na wykorzystanie danych geotechnicznych w GeoBIM, które mogą być gromadzone, wykorzystywane do modelowania geotechnicznego, projektowania, wizualizacji i archiwizacji.

Boruc i in. (2019) proponują zastosowanie technologii BIM w geotechnice w trzech podstawowych obszarach, jakimi są: wymiana danych przez zastosowanie cyfrowej wersji dokumentacji geologicznej, automatyzacja procesu projektowania oraz wykorzystanie modeli BIM lub GIS do gromadzenia i udostępniania informacji o warunkach wodno-gruntowych.

W niniejszej pracy opisano różne możliwości wykorzystania cyfrowej informacji o podłożu gruntowym, uzyskanej z badań polowych i laboratoryjnych, zapisanej w jednym z proponowanych cyfrowych formatów – AGS. Inną możliwością wykorzystania wyników badań gruntu są tworzone cyfrowe platformy geotechniczne, które umożliwiają statystyczną analizę wyników, jej interpretację, generowanie przekrojów geologicznych bądź modelu gruntu opisanego zależnościami matematycznymi (model Mohra-Coulomba, *hardening soil*) do modelu numerycznego MES 3D.

W drugiej części pracy opisano przykład pokazujący wykorzystanie narzędzi modelowania parametrycznego do automatyzacji projektowania geotechnicznego interakcji konstrukcji obiektu budowlanego z podłożem gruntowym. Schemat blokowy ilustrujący przepływ informacji pomiędzy programami do modelowania BIM (ArchiCAD, Revit), obliczeń konstrukcji (*Autodesk Robot Structural Analysis* – ARSA) i analiz geotechnicznych (Plaxis, ZSoil) zaprezentowano w pracy na przykładzie, pokazując tym samym szerokie możliwości działania zgodnie z ideą OpenBIM.

CYFROWY FORMAT ZAPISU INFORMACJI GEOTECHNICZNEJ

Proces projektowania geotechnicznego aktualnie rozpoczyna się od wykonania badań gruntowych *in situ*, których wyniki są interpretowane przez geologów. Efektem tego etapu jest dokumentacja zawierająca informacje o inwestycji, ogólny opis podłoża, parametry gruntu oraz część graficzną, czyli lokalizacje odwiertów i przekroje geologiczne. Następnie dokumentacja przekazywana jest do projektantów-geotechników, którzy dokonują własnej interpretacji w zakresie:

- układu warstw gruntu, lokalizacji odwiertów rdzeniowych – model geometrii,
- doboru parametrów dla wybranego modelu matematycznego gruntu – model materiału.

Boruc i in. (2019) proponują alternatywne podejście poprzez zastosowanie danych cyfrowych jako podstawowego źródła informacji. Taka forma działania umożliwia w łatwy sposób budowę cyfrowego modelu informacji o geometrii i parametrach gruntu.

W tym celu konieczne jest wprowadzenie uporządkowanego standardu zapisu danych, jakim może być format AGS (*Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialist*). Format danych AGS jest brytyjskim formatem pliku tekstowego używanym do przesyłania danych między organizacjami z badań danego obiektu budowlanego niezależnie od oprogramowania, sprzętu czy systemu operacyjnego. Zapewnia on standardowy sposób przekazywania danych z badań polowych, badań laboratoryjnych i monitoringu pomiędzy uczestniczącymi stronami projektu budowlanego, który obejmuje elementy geotechniczne i geśrodowiskowe. Przykładowy widok pliku .ags w wersji tekstowej pokazano na rysunku 1, gdzie zapisano informacje o badaniu wytrzymałościowym jednoosiowego ściskania (“*UCSX” – *Uniaxial Compressive Strength and Deformability Test*). Przykładowe oznaczenia z pliku: “*HOLE_ID” to identyfikator otworu badawczego, “*SAMP_TOP” to głębokość do górnej części próbki, “*SAMP_REF” to odniesienie do badanej próbki, “*SAMP_TYPE” to rodzaj próbki, “*SPEC_REF” to numer referencyjny próbki laboratoryjnej lub identyfikator laboratorium,

```
***UCSX"  
"*HOLE_ID", "*SAMP_TOP", "*SAMP_REF", "*SAMP_TYPE", "*SPEC_REF", "*SPEC_DPTH", "*UCSX_TIME", "*UCSX_STN", "*UCSX_STR"  
"<UNITS>", "m", "", "", "m", "min", "%", "kPa"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0", "172.986870448527"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.0815660685154976", "725.952241808869"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.163132137030995", "1623.42392873783"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.244698205546493", "2588.45362021063"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.32626427406199", "3551.90300748358"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.407830342577488", "4410.40326405538"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.489396411092985", "4957.64003269124"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.570962479608483", "5125.5755736438"  
"CRL2-BH203", "19.49", "CRL2-BH203_#1", "NS", "1", "19.49", "", "0.65252854812398", "4640.1682068273"  
"CRL2-BH204", "22.54", "CRL2-BH204_#15", "NS", "1", "22.54", "", "0", "0", "0"
```

Rys. 1. Przykład struktury ustandaryzowanego pliku .ags w formacie tekstowym z informacją o otworach wiertniczych
Fig. 1. Example of the structure of the .ags standardized file in the text format with the boreholes information

"*SPEC_DPTH" to głębokość do górnej warstwy badanej próbki, "*UCSX_TIME" to czas badania, "*UCSX_STN" to wartość odkształcenia pionowego próbki, "*UCSX_STR" to wytrzymałość na ściskanie próbki. W kolejnym wierszu jest informacja o jednostkach, a następnie wpisane są dane badanych próbek. Na stronie internetowej AGS można także pobrać dostępny dokument PDF, w którym opisana została cała struktura pliku .ags.

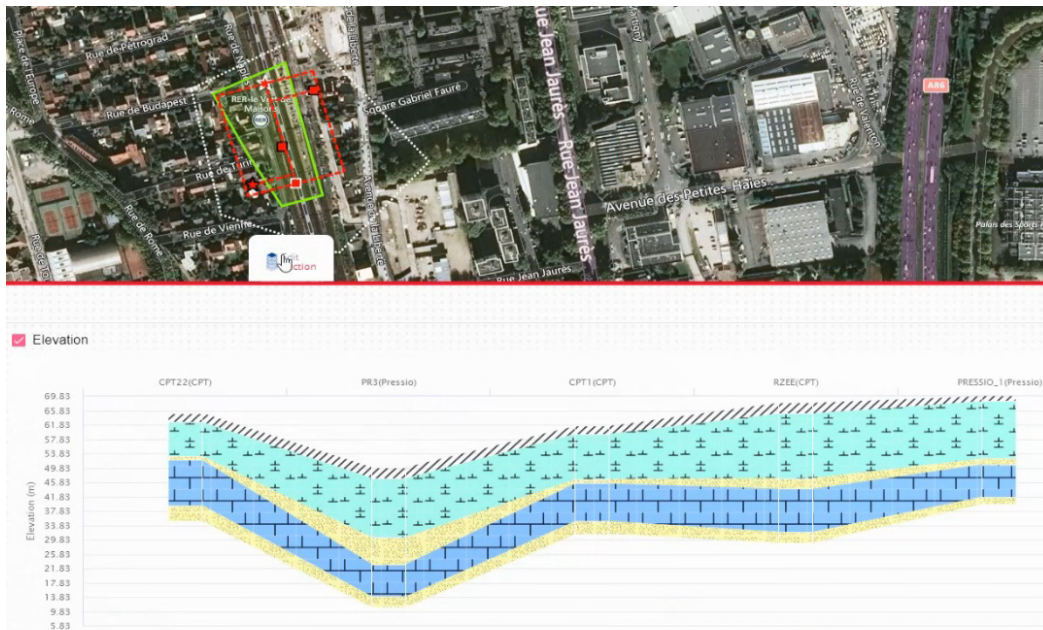
Cyfrowe dane geotechniczne i geologiczne zapisane w ustandaryzowanym formacie AGS mogą z łatwością być wykorzystywane na cyfrowych platformach geotechnicznych (*geotechnical digital platform* – DP). W pracy Deatona (2018) został pokazany przykład wykorzystania bazy danych Highways England, która zawiera informację o setkach tysięcy odwiertów. Dane dostępne są na mapie i można je pobrać jako pliki danych AGS oraz PDF raportów z odwiertów, dzięki czemu każdy użytkownik może ponownie wykorzystać istniejące dane historyczne bez konieczności ich ponownego wprowadzania.

Cyfrowe platformy geotechniczne mogą mieć przyjemny w obsłudze interfejs użytkownika z widokiem mapy Polski, mapy Europy, mapy świata, na których naniesione są wszystkie wykonane badania dotyczące danych obiektów. Użytkownik przystępując do analizy nowej inwestycji, może zlokalizować przyszły obiekt i zweryfikować, jakie badania były wykonywane w pobliskiej lokalizacji. Po wybraniu zlokalizowanego punktu wyświetla się informacja o wykonanych badaniach, np. badania CPT, DMT, odwierty, próbne obciążenia pali itp. Wybierając

układ odpowiednio zlokalizowanych odwiertów, zostaje pokazana wizualizacja 3D przebiegu panującego rozkładu warstw z nazewnictwem występujących np. glin piaszczystych bądź piasków pylastych.

Cyfrowa platforma geotechnicznych pełni funkcję bazy danych, na której inżynier geotechnik może przeprowadzić własną interpretację zgromadzonych wyników badań. Dla każdego gruntu istnieje możliwość utworzenia odpowiednio wybranego modelu gruntowego (np. model Mohra-Coulomba bądź zaawansowany model *hardening soil with small stiffness*), który zostanie użyty do obliczeń w specjalistycznym programie geotechnicznym typu ZSoil/Plaxis. Modele gruntowe tworzone są w sposób zautomatyzowany na podstawie matematycznych wzorów zaimplementowanych na DP. Po wykonanej analizie statystycznej („obróbcę” danych) zostaje utworzony zmodyfikowany plik .ags z odpowiednio ustalonymi parametrami wytrzymałościowymi gruntu oraz przyjętym układem warstw, który może zostać zaimplementowany do modelu obliczeniowego bądź programu ze środowiska BIM obsługującego pliki IFC.

Na rysunku 2 pokazano przykładowy widok DP z fragmentem mapy z zaznaczonym zakresem inwestycji oraz z naniesioną lokalizacją punktów badawczych. Po wybraniu interesujących nas odwiertów badawczych w sposób automatyczny generowany jest przekrój geologiczny z układem warstw. Istnieje również możliwość umieszczenia wybranych wykresów sondowań CPTU na jednym wspólnym wykresie, co jest potrzebne do przeprowadzenia analizy porównawczej (rys. 3).



Rys. 2. Przykład cyfrowej platformy geotechnicznej (DP): mapa z naniesioną lokalizacją otworów wiertniczych i automatyczna generacja przekroju geologicznego – układ warstw

Fig. 2. Example of the geotechnical digital platform (DP): map with the location of boreholes and automatic generation of a geological cross-section – layout of layers



Rys. 3. Przykład cyfrowej platformy geotechnicznej (DP): mapa z naniesioną lokalizacją otworów wiertniczych i automatyczna generacja przekroju geologicznego – układ warstw

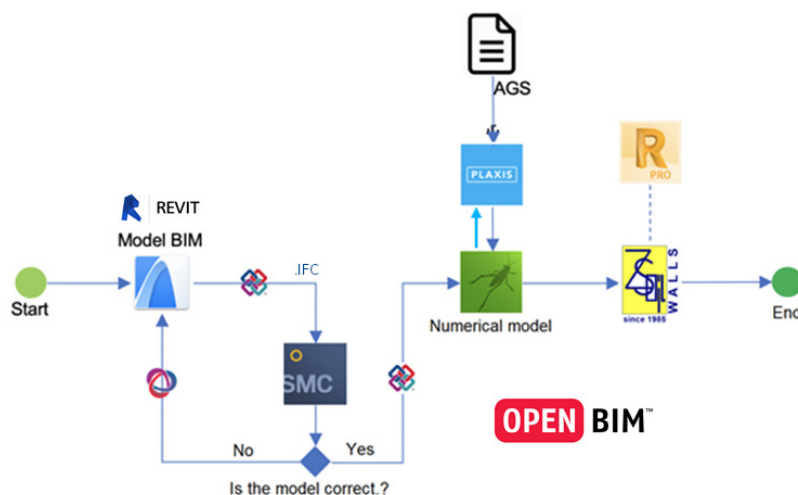
Fig. 3. Example of the geotechnical digital platform (DP): map with the location of boreholes and automatic generation of a geological cross-section – layout of layers

AUTOMATYZACJA PROCESU PROJEKTOWANIA GEOTECHNICZNEGO

Automatykacja procesów pozwala na zajmowanie się większą liczbą projektów przy stałych zasobach poprzez oszczędność czasu oraz koncentrację na sprawach istotnych. W przypadku projektantów jest to faktyczne rozwiązywanie zadań projektowych, nie zaś przepisywanie danych z jednego oprogramowania do drugiego. Pozwala również na zminimalizowanie błędów spowodowanych czynnikiem ludzkim w zadaniach powtarzalnych. Automatykacja procesów możliwa jest dzięki zastosowaniu modelowania parametrycznego oraz odpowiednich cyfrowych przepływów informacji (*digital workflow*).

Modelowanie parametryczne w projektowaniu jest procesem modelowania danych w wybranym środowisku pracy, polegającym na integracji i automatyzacji zadań projektowych oraz zbudowaniu wzajemnych relacji między geometrią, wytrzymałością materiałów, planem obciążeń i warunkami brzegowymi optymalizacji. Parametryzacja daje możliwość dwustronnego powiązania modelu geometrycznego z matematycznym. Oznacza to automatyczne dokonywanie zmian we wszystkich elementach związanych z modelem, który w danym momencie poddawany jest modyfikacji.

W pracy Kalisza, Łuczковского i Wojciechowskiego (2019) został pokazany cyfrowy przepływ informacji z wykorzystaniem modelowania parametrycznego w geotechnice, który opracowano w Zespole Geotechniki i Fundamentowania (ZPGiF) Warbud S.A. Rysunek 4 jest ilustracją cyfrowego przepływu informacji w projektowaniu geotechnicznym, który pozwala połączyć dane o konstrukcji badanego obiektu w środowisku BIM z danymi o panujących warunkach gruntowych GeoBIM. Geometria konstrukcji danego budynku modelowana w programie ArchiCAD sprawdzana jest dodatkowo przez narzędzie do weryfikacji błędów w modelu z użyciem programu Solibri (rys. 4). Po zamodelowaniu poprawnego jakościowo modelu geometrii budynku model przesyłany jest do środowiska Rhino-Grasshopper (R-G) poprzez plik .ifc bądź przez połączenie *live-connection*, dzięki czemu praca odbywa się na jednym obiekcie w dwóch różnych środowiskach w czasie rzeczywistym. Format zapisu informacji o odwiertach i sondowaniach w pliku .ags wykorzystywany jest do utworzenia w zautomatyzowany sposób cyfrowego modelu geometrii gruntu z przestrzennym ułożeniem warstw w programie Plaxis. Przechodząc z tymi danymi do środowiska R-G, uzyskuje się połączenie dwóch informacji, tj. geometrii konstrukcji i warunków gruntowych, w których dany obiekt będzie realizowany w jednym oprogramowaniu.

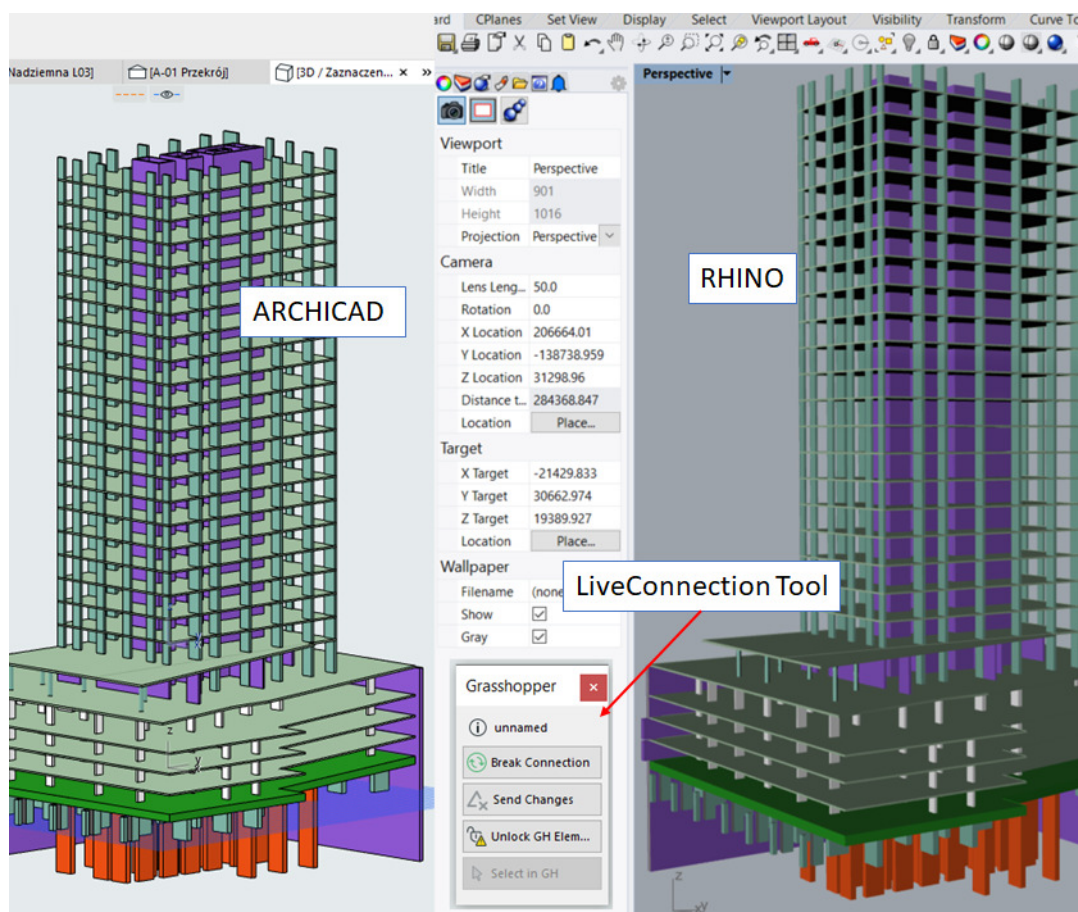


Rys. 4. Schemat blokowy automatyzacji procesu projektowania geotechnicznego w Zespole Projektowym Geotechniki i Fundamentowania Warbud S.A.

Fig. 4. Block diagram of automation of the geotechnical design process in Geotechnical and Foundation Engineering Design Office at Warbud S.A.

Właściwe zaprojektowanie posadowienia budynku wysokościowego stanowi problem z punktu widzenia doboru optymalnych gabarytów fundamentu do panujących warunków gruntowych. Każda zmiana parametrów fundamentu płytowo-palowego (FPP), np. liczby czy długości pali, oraz grubości płyty wpływa na interakcję fundamentu z podłożem gruntowym oraz zmianę sztywności elementów FPP. W pracy Kacprzaka i Bodusa (2019) można zauważyć, że analiza oraz proces poprawnego i optymalnego zaprojektowania FPP są złożone i czasochłonne, dlatego istnieje słuszną konieczność implementacji procedur *digital workflow*, dzięki którym jesteśmy w stanie przyspieszyć powtarzalne aktualizacje/zmiany projektowe.

Prezentowany przykład procesu projektowania FPP jednego z wysokościowców w centrum Warszawy obejmuje m.in. etap odpowiedniego doboru liczby baret i ich długości oraz grubości płyty fundamentowej. Wielkości należy dobrać w taki sposób, aby wybrany układ był optymalny z punktu widzenia równomiernego osiadania budynku, co przekłada się na wymiarowanie fundamentu oraz nakłady finansowe. Prace projektowe dotyczące budowy geometrii konstrukcji budynku zostały rozpoczęte w programie ArchiCAD, który ma wbudowane połączenie z programem Rhino, dzięki czemu można zapisać plik natywny Rhino w ArchiCAD, bądź użyć połączenia *live-connection* z R-G. Na rysunku 5 pokazano



Rys. 5. Transfer danych dotyczących geometrii budynku wysokościowego między programami ArchiCAD i Rhino-Grasshopper wykorzystujący narzędzie „LiveConnection”

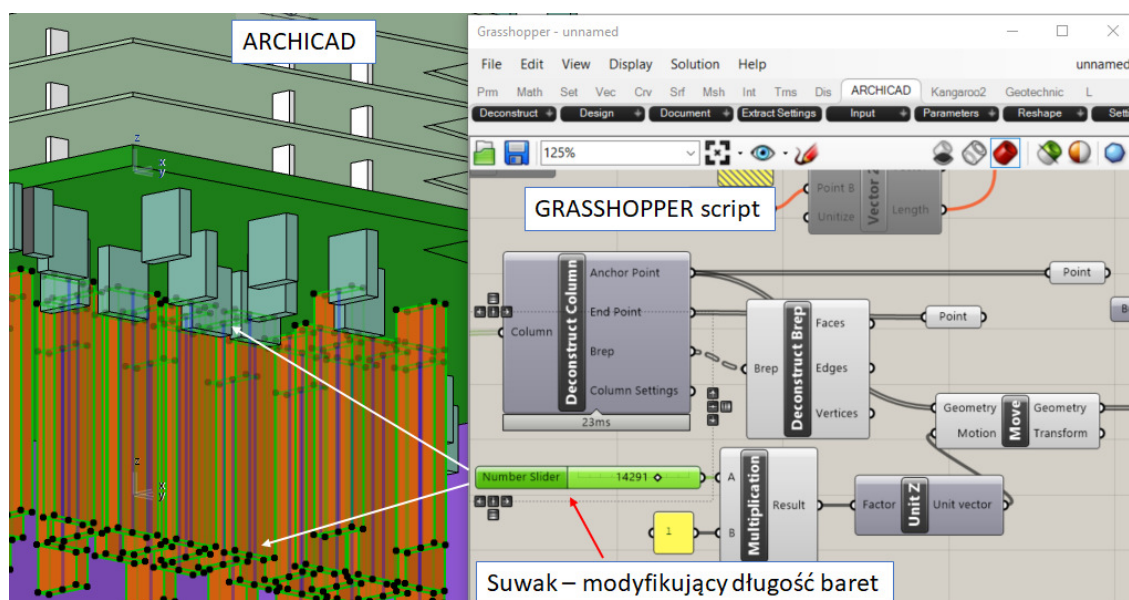
Fig. 5. Data transfer of the geometry of the high-rise building between ArchiCAD and Rhino-Grasshopper programs using the “LiveConnection” tool

widok modelu zbudowanego w środowisku BIM (po lewej stronie) oraz wykorzystanie narzędzia „LiveConnection” do bezpośredniego transferu danych dotyczących geometrii ze środowiskiem R-G (po prawej stronie). Stosując takie połączenie, projektanci budują model w jednym środowisku, bądź wykorzystują wcześniej utworzony model BIM bez konieczności wykonywania dodatkowej pracy w innych programach i tworzenia jeszcze raz tego samego obiektu.

Wykorzystując modelowanie parametryczne w programie Grasshopper, który jest wbudowanym systemem wizualnego programowania parametrycznego dla Rhino, mamy możliwość dokonania zmian w geometrii modelu Rhino oraz modelu BIM (ArchiCAD), np. długość baret pod trzonem budynku zmienia się poprzez wpisanie wartości w wyznaczonym miejscu bądź przesunięcie odpowiednio połączonych suwaków do właściwości geometrycznych danych elementów. Na rysunku 6 pokazano fragment skryptu z programu Grasshopper odpowiadający za modyfikację długości baret w lokalizacji trzonu budynku w modelu Rhino-ArchiCAD dzięki interaktywnym

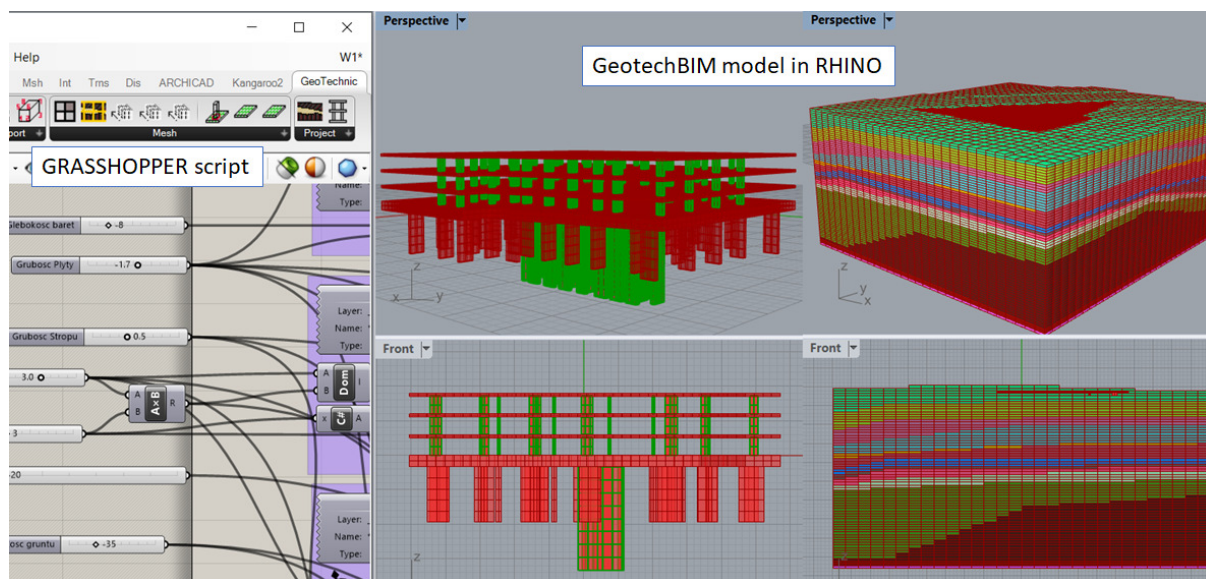
suwakiem odpowiadającym za długość baret od spodu płyty fundamentowej.

Zaletą takiego rozwiązania jest niewątpliwie możliwość modelowania parametrycznego, dzięki czemu projektant jest w stanie szybko zaktualizować zmiany/rewizje projektowe w modelu 3D konstrukcji bądź warunki gruntowe o wykonane badania uzupełniające. Ciekawą zaletą jest otwartość środowiska R-G, przez co można zastosować własne rozwiązanie danego problemu, bądź rozbudować już istniejący moduł czy komponent. Na rysunku 7 pokazano model GeotechBIM konstrukcji podziemia budynku z podłożem gruntowym z siatką elementów skończonych – 3D mesh wykonaną na poziomie R-G. Używając indywidualnych komponentów, ZPGiF Warbud S.A. jest w stanie przesłać utworzony model do programu ZSoil, w którym istnieje możliwość przeprowadzenia nieliniowej analizy geotechnicznej, uwzględniając silnie złożone interakcje (grunt–konstrukcja–grunt) w numerycznym modelu MES 3D (Kacprzak i Bodus, 2019). Proponowane podejście przyspiesza pracę nad budową modelu o około 20–30% w porównaniu do tradycyjnych metod projektowych.



Rys. 6. Fragment skryptu z programu Grasshopper odpowiadający za interaktywną zmianę długości baret pod trzonem budynku w modelu Rhino-ArchiCAD

Fig. 6. The script part from the Grasshopper program which is responsible for interactive change of barrettes length under the core of the building in the Rhino-ArchiCAD model



Rys. 7. Model GeotechBIM konstrukcji podziemia budynku z podłożem gruntowym i siatką elementów skończonych – 3D mesh wykonaną w programie Rhino-Grasshopper

Fig. 7. GeotechBIM model of the building's underground structure with the ground subsoil and a finite element mesh – 3D mesh made in Rhino-Grasshopper program

PODSUMOWANIE

W niniejszej pracy autorzy przedstawili skuteczne podejście do projektowania geotechnicznego, wykorzystując obecnie światowy trend digitalizacji danych geologicznych i geotechnicznych. Informacja o warunkach wodno-gruntowych z badań polowych i laboratoryjnych zapisana w jednym z cyfrowych formatów AGS może być zastosowana na cyfrowych platformach geotechnicznych. Platformy te mają szerokie możliwości, m.in. pozwalają na:

- wymianę danych w cyfrowej wersji dokumentacji geologicznej,
- archiwizację danych dzięki cyfrowej wersji dokumentacji geologicznej,
- statystyczną analizę wyników badań geotechnicznych i jej interpretację,
- automatyczne generowanie przekrojów geologicznych i modeli gruntowych do dalszego wykorzystania w modelowaniu numerycznym (MES 3D).

Przepływ informacji między programami do modelowania BIM (ArchiCAD, Revit), obliczeń konstrukcji (ARSA) i analiz geotechnicznych (Plaxis,

ZSoil) omówiono na przykładzie schematu blokowego w pracy, pokazując tym samym szerokie możliwości przepływu informacji w modelowaniu parametrycznym.

Niekonwencjonalne podejście do modelowania, które wykorzystuje modelowanie parametryczne, zapewnia szerokie możliwości i pełną kontrolę projektantom-geotechnikom podczas budowy modelu w środowisku GeotechBIM. W porównaniu do tradycyjnego modelowania podziemia budynku opisany w pracy transfer informacji między programami przyspiesza pracę o około 20–30%.

Zgodnie z ideą OpenBIM, która wspiera przejrzysty i otwarty przepływ pracy, ustrukturyzowane dane przedstawione w jednolitej formie pozwolą inżynierom geotechnikom na szybszą budowę cyfrowego modelu podłoża, przeprowadzenie analizy statystycznej wyników badań i w konsekwencji na odpowiednie sparametryzowanie matematycznego modelu gruntu, tak aby w prawidłowy sposób odwzorować współpracę konstrukcji z podłożem gruntowym.

Dzięki takiemu podejściu wszyscy uczestnicy procesu budowlanego uzyskają dużo łatwiejszy dostęp do

GeoBIM zarówno na etapie tworzenia dokumentacji budowlanej, jak i w całym cyklu życia inwestycji.

Indywidualny wkład autorów

Opracowanie: B.S. i K.G.; metodologia: K.G. i B.S.; oprogramowanie: K.G. i B.S.; walidacja: B.S. i K.G.; analiza formalna: B.S. i K.G.; badanie: B.S. i K.G.; zasoby: K.G. i B.S.; kompilacja i opracowanie danych: K.G. i B.S.; sporządzenie wstępnej wersji artykułu: B.S. i K.G.; redakcja i korekta artykułu: B.S. i K.G.; wizualizacja: B.S. i K.G.; nadzór: K.G. i B.S.; zarządzanie projektem: K.G. i B.S.; pozyskiwanie funduszy: K.G. i B.S.

Wszyscy autorzy zapoznali się z przeznaczoną do publikacji wersją manuskryptu.

PIŚMIENNICTWO

- Boruc, J., Kacprzak, G., Bodus, S. i Kalisz, W. (2019). BIM w Geotechnice. *Materiały Budowlane*, 566 (10), 64–65.
- Deaton, S. L. (2018). *What are the Benefits of Geotechnical Data Interchange?* Referat na 69th Highway Geology Symposium, 10–13.09.2018, Portland, USA.
- Ellul, C., Stoter, J., Harrie, L., Shariat, M., Behan, A. i Pla, M. (2018). Investigating the state of play of GeoBIM

across Europe. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W10, 19–26. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W10-19-2018

- Kacprzak, G. i Bodus, S. (2019). An analysis of the foundation of the highest building in the EU based on numerical modeling and an pile load test. W H. Sigursteinsson, S. Erlingsson i B. Bessason (red.), *Proceedings of the XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ECSMGE 2019)*, Reykjavik (strony 1–8). Reykjavik: The Icelandic Geotechnical Society.
- Kalisz, W., Łuczowski, M. i Wojciechowski, J. (2019). Zastosowanie modelowania parametrycznego do projektowania konstrukcji. *Materiały Budowlane*, 567 (11), 45–46.
- Noardo, F., Ellul, C., Harrie, L., Overland, I., Shariat, M., Othori K. A. i Stoter, J. (2019). Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe: developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges. *Journal of Spatial Science*, 65 (2), 210–233. doi: 10.1080/14498596.2019.1627253
- Svensson, M. (2016). GeoBIM for optimal use of geotechnical data. W *Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting, Challenges in Nordic Geotechnic (NGM 2016)*, Reykjavik (strony 605–611). Reykjavik: The Icelandic Geotechnical Society.

AUTOMATION OF THE DIGITAL INFORMATION WORKFLOW IN THE GEOTECHNICAL DESIGN PROCESS

ABSTRACT

The geological and geotechnical data are currently extensively digitized on a wide scale. One of the reasons for this is the facilitation of data exchange using a digital version of geoengineering documentation as well as the lack of sufficient information on soil and ground water conditions of the given structure in the BIM models being developed. The article describes various possibilities of using digital information about the ground obtained from the field investigation in macro and micro scale and laboratory tests, recorded in one of the digital formats – AGS. The statistical analysis of research results and its interpretation, geological cross-sections, generation of soil model described by mathematical relations (Mohr-Coulomb model, hardening soil) to be included in a FEM 3D numerical model are just a few possibilities which are made available to us thanks to the geotechnical platforms that are currently created by the design offices. The second part of the work describes an example showing the use of tools in the automation of the geotechnical design of the interaction between a structure and the ground using the parametric modelling technology. The paper presents an example of the application of the ready-made BIM models in geotechnical tools using the Rhino-Grasshopper environment. Block diagrams presenting the information flow between the BIM modelling programs (Revit, ArchiCAD), construction calculations (ARSA), and geotechnical analyses (Plaxis, ZSoil) show wide possibilities of applying these tools in accordance with the concept of OpenBIM.

Key words: digitalization, OpenBIM, AGS, soil structure interaction, parametric modelling, automation