miesięcznik naukowo-techniczny stowarzyszenia inżynierów i techników komunikacji RP

przegląd komunikacyjny

5
2017
rocznik LXXII
cena 25,00 zł
w tym 5% VAT

UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU

Problemy geotechniczne w infrastrukturze transportowej

Wpływ średnicy płyty obciążającej na wyniki próbnych obciążeń kolumn formowanych metodą wymiany dynamicznej. Wpływ wilgotności na wytrzymałość na ścinanie wybranych gruntów spoistych. Wpływ metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych. Nowa konstrukcja szyn kolejek podwieszonych jako przykład typizacji rozwiązań dla transportu podziemnego w kopalniach JSW SA.

ISSN
0033-22-32

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny" publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym" dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dziedzinę transportu i infrastruktury transportu" oraz „pozostałe". Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której grupy zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przesyłać w formie elektronicznej na adres redakcji:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są ma stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązuje odrębna numeracja ilustracji (bez rozróżniania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych styli, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe"). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy podlegają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNiSW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego (z punktacją przyznawaną w toku oceny czasopism naukowych – aktualnie jest to **8 punktów**).

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzencki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane; raz w roku (w ostatnim numerze oraz na stronie internetowej) czasopismo podaje do publicznej wiadomości listę recenzentów współpracujących.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting" mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego".

Korespondencję inną niż artykuły do recenzji prosimy kierować na adres:
listy@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp. Szczczegóły na: **http://przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl/patron.html**
Ceny są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego" czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada SITK O. Wrocław.

Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- **zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,**
- **zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,**
- **publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,**
- **publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,**
- **zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.**

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.
Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.
Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie z Pełnomocnikiem ZO Wrocław SITK.

Prosimy o kontakt z: dr hab. inż. Maciej Kruszyna na adres mailowy:
redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.

graw
REKMA
GM ROADS
ViaCon

Na okładce: *Wzmacnianie podłoża*, Sławomir Kwiecień

przegląd komunikacyjny 5/2017 rocznik LXXII

Szanowni Państwo!

Numer 5/2017 Przeglądu Komunikacyjnego poświęcamy problemom geotechnicznym w infrastrukturze transportowej. Tematyka ta rzadziej gości na naszych łamach, niemniej pozostaje w kręgu zainteresowań czasopisma.

Pierwszy artykuł omawia wpływ średnicy płyty obciążającej na wyniki próbnych obciążeń kolumn formowanych metodą wymiany dynamicznej. Obliczenia przeprowadzono metodą elementów skończonych, na wykalibrowanym na podstawie badania nośności kolumny, przestrzennym modelu numerycznym. Druga pozycja dotyczy wpływu wilgotności na wytrzymałość na ścinanie wybranych gruntów spoistych. Porównanie wyników badań próbek formowanych przy wilgotności optymalnej, ścinanych przy rożnych prędkościach wykazało, że niższa prędkość ścinania i zawodnienie powierzchni ścięcia próbki wpływa w największym stopniu na zmniejszenie spójności.

Kolejna pozycja przedstawia wpływ metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych. Stwierdzono, że wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczone rożnymi metodami wykazały zróżnicowanie, co w istotny sposób wpływało na ocenę ich plastyczności i konsystencji. Czwarty i ostatni artykuł prezentuje nowe konstrukcje szyn kolejek podwieszonych jako przykład typizacji rozwiązań dla transportu podziemnego w kopalniach JSW SA. Celem prac, stanowiących jeden z etapów typizacji wyposażenia wyrobisk górniczych w ramach Spółki, było usprawnienie gospodarki materiałowej, zmniejszenie kosztów wytworzenia szyn, poprawę ich własności antykorozyjnych i wydłużenie żywotności toru jezdnego.

Numer zamykają dwa wspomnienia o wybitnych Inżynierach, związanych z branżą transportową oraz Stowarzyszeniem SITK. Cześć Ich pamięci!

Z uszanowaniem: Maciej Kruszyna (z-ca red. nacz. PK)

W numerze

Od Redakcji 2

Wpływ średnicy płyty obciążającej na wyniki próbnych obciążeń kolumn formowanych metodą wymiany dynamicznej
Sławomir Kwiecień 3

Wpływ wilgotności na wytrzymałość na ścinanie wybranych gruntów spoistych
Tymoteusz Zydroń, Małgorzata Wojciechowska-Dymańska, Andrzej T. Gruchot, Tomasz Zaleski 9

Wpływ metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych
Andrzej T. Gruchot, Eugeniusz Zawisza, Tymoteusz Zydroń, Ewa Klimek 15

Nowa konstrukcja szyn kolejek podwieszonych jako przykład typizacji rozwiązań dla transportu podziemnego w kopalniach JSW SA
Marek Rotkegel, Łukasz Szot, Michał Kapała, Marek Dras 21

Wspomnienie o inż. Antonim Jakubowskim (1928-2015)
Bartosz Zakrzewski, Mieczysław Płocica 26

Inż. Mieczysław Lewandowski – Dyrektor i Prezes
Wacław Piątkowski 31

Wydawca:
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5
www.sitk-rp.org.pl

Redaktor Naczelny:
Antoni Szydło

Redakcja:
Krzysztof Gasz, Igor Gisterek, Bartłomiej Krawczyk, Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego), Agnieszka Kuniczuk - Trzcinowicz (Redaktor językowy), Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor statystyczny), Wiesław Spuziak, Robert Wardęga, Czesław Wolek

Adres redakcji do korespondencji:
Poczta elektroniczna:
redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Poczta „tradycyjna":
Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:
Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Bohuslav Novotny (Praga), Andrzej S. Nowak (Lincoln, Nebraska), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Victor V. Rybkin (Dniepropietrovsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Krystyna Wojewódzka-Król (Gdańsk), Elżbieta Załoga (Szczecin), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Rada programowa:
Mirosław Antonowicz, Dominik Borowski, Leszek Krawczyk, Marek Krużyński, Leszek W. Mindur, Andrzej Żurkowski

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma
Główną wersją czasopisma jest wersja papierowa. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016).

Czasopismo jest umieszczone na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (**8** pkt. za artykuł recenzowany).

Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym" są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:
BAZTECH: **http://baztech.icm.edu.pl**
Index Copernicus: **http://indexcopernicus.com**

Prenumerata:
Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi począwszy od 4/2010.
Numery archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK,
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków,
tel./faks 12 658 93 74, **mrowinska@sitk.org.pl**

Druk:
Drukarnia A-Zet, 52-131 Wrocław, ul. Buforowa 34a
Przemysław Wołczuk, **przemo@dodo.pl**

Reklama:
Dział Marketingu: **sitk.baza@gmail.com**

Nakład: 800 egz.

Nominacja profesorska dr hab. inż. Wiesława Starowicza

Z przyjemnością informujemy że w lutym br. Prezydent RP nadał tytuł naukowy profesora dr hab. inż. Wiesławowi Starowiczowi. Profesor Starowicz jest Honorowym Prezesem SITK-RP, pracownikiem naukowo dydaktycznym w Zakładzie Transportu Instytutu Zarządzania w Budownictwie i Transporcie na Wydziale Inzynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, autorem licznych publikacji i promotorem kilku doktoratów. Jest Redaktorem Naczelnym czasopisma Transport Miejski i Regionalny oraz wieloletnim współpracownikiem Przeglądu Komunikacyjnego (m.in. przewodniczył komitetowi naukowemu konferencji Inżynieria Ruchu a Kształtowanie Mobilności). Serdeczne gratulacje Panie Profesorze!

Linia kolejowa Wrocław – Oława ma już 175 lat!

22 maja 1842 roku rozpoczęto planowe jazdy, stąd tę datę uważa się za moment rozpoczęcia działalności linii kolejowej Wrocław – Oława. Już od samego początku zdawano sobie sprawę z wielkiego znaczenia tej trasy, tędy właśnie prowadziło połączenie Berlina z Wiedniem, tędy od roku 1936 pędził z prędkością 160km/h Latający Ślązak. Również i dziś linia kolejowa łącząca Wrocław z Oławą stanowi istotne ogniwo krajowych i międzynarodowych połączeń. Dla uczczenia jubileuszu w następnym numerze Przeglądu Komunikacyjnego zamieścimy więcej informacji o otwarciu tej linii.

Uniwersytet Zielonogórski i Bauhaus Universitaet Weimar

zapraszają na

IV. KONFERENCJĘ
PRAKTYCZNE ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Zielona Góra, 09 czerwca 2017 r. budynek A-8 Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra.

Konferencja stanowi cykliczne forum wymiany doświadczeń teoretycznych i praktycznych w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Głównym celem obrad jest dostarczenie zarządcom dróg krajowych i samorządowych narzędzi monitorowania postępu realizacji zaleceń NP BRD 2020 oraz regionalnych programów poprawy brd. Główne tematy poruszane na Konferencji:

1. Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego.
2. Zachowanie uczestników ruchu drogowego w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego.
3. Wpływ elementów infrastruktury transportowej na bezpieczeństwo ruchu drogowego.
4. Innowacyjne materiały, technologie, procesy w budownictwie komunikacyjnym wpływające na bezpieczeństwo ruchu drogowego.
5. Inne zagadnienia związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego.

Warunkiem uczestnictwa w Konferencji jest przesłanie wypełnionej karty zgłoszenia uczestnictwa (pocztą lub przez e-mail: jozef@wlosek.com)
Udział w Konferencji jest bezpłatny

Patronat medialny: przegląd komunikacyjny, drogownictwo

Wpływ średnicy płyty obciążającej na wyniki próbnych obciążeń kolumn formowanych metodą wymiany dynamicznej

The influence of loading plate diameter on the results of trial load tests of dynamic replacement columns

Sławomir Kwiecień

Dr inż.

Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

slawomir.kwiecien@polsl.pl

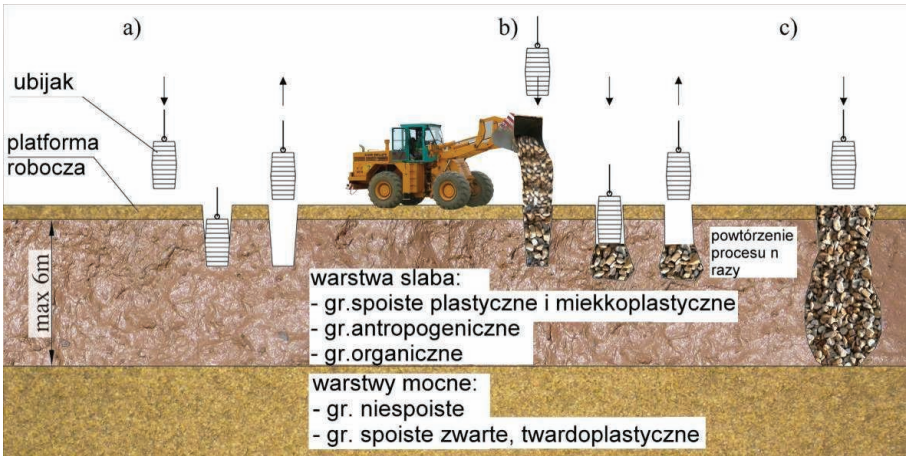
Streszczenie: Wzmocnienie podłoża metodą wymiany dynamicznej polega na formowaniu kolumn, z kruszywa o różnej granulacji, ubijakami o dużych masach (10-20 t.), zrzucanych z wysokości do 25 m. Ze względu na specyfikę technologii dość istotne jest sprawdzenie na budowie założeń projektowych, np. średnicy i długości kolumn, ich zagęszczenia czy też sztywności. W tym celu przeprowadzane są między innymi: odkrywki kolumn, różnego rodzaju sondowania, czy też próbne obciążenia. Te ostatnie polegają na określeniu zależności "obciążenie-osiadanie", najczęściej w zakresie nacisków pierwotnych i wtórnych, oraz na wyznaczeniu na ich podstawie modułów odkształcenia. W tym celu na głowicy kolumny układana jest sztywna płyta, a obciążenie realizowane jest siłownikami zapartymi o balast. Dobór średnicy płyty obciążającej zależy od średnicy i długości kolumn, oraz przewidywanych nacisków pod płytą. Często średnica płyty obciążającej jest mniejsza od średnicy kolumny. W artykule podjęto próbę określenia wpływu średnicy płyty stosowanej w próbnych obciążeniach na wyniki badań w postaci zależności „obciążenie-osiadanie" i uzyskanych na tej podstawie modułów odkształcenia. Obliczenia przeprowadzono metodą elementów skończonych, na wykalibrowanym na podstawie badania nośności kolumny, przestrzennym modelu numerycznym. Do obliczeń przyjęto modele: sprężysto-idealnie plastyczny i sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem izotropowym.

Słowa kluczowe: *Wymiana dynamiczna; Próbne obciążenia; Analiza numeryczna*

Abstract: The dynamic replacement method of soil strengthening consists in the constructing columns made of aggregate of various granularity. In order to form them, heavy pounders (weighing from 10 to 20 tonnes) are dropped from the height of 25 m. Considering the specificity of this technique, it is quite important to verify on site the assumptions of the project, such as diameter and length of columns, their compaction or stiffness. For that reason, a number of examinations are performed, including column excavations, various types of probing tests or trial loads. The latter consists in determining the "load-settlement" dependence - usually during initial and secondary loadings phase – and on their basis, indicating the value of deformation modulus. Therefore, a stiff plate is placed on the column head and the loading is realised using actuators leaning on the ballast. The diameter of the loading plate depends on diameter and length of column and on the predicted pressure under the plate. The diameter of the loading plate is often smaller than column's diameter. This paper tries to determine the influence of the diameter of the plate used in test loads on the result of the research presented as "load-settlement" dependence and on the values of deformation modulus determined on their basis. The calculations were performed using FEM on a spatial numerical model calibrated on the basis of column's bearing capacity tests. Two models were applied in calculations: elastic-ideally plastic and isotropic hardening elastoplastic.

Keywords: *Dynamic replacement; Load plate test; Numerical analysis*

W ciągu ostatnich kilkunastu lat metoda wymiany dynamicznej była stosowana do wzmacniania podłoża gruntowego wielu tras drogowych (A1, A2, A4, S7, obwodnice wielu miast). Ta szybka i atrakcyjna pod względem ekonomicznym metoda wzmocnienia polega na formowaniu w podłożu kolumn kilkumetrowej długości z kruszywa o różnej granulacji, w siatkach o regularnym rozstawie. Ze względu na specyfikę metody istotne jest sprawdzenie uzyskania na budowie założeń projektowych tj. długości, średnicy i sztywności kolumn. Realizowane jest to na tzw. poletkach próbnych, wykonywanych przed przystąpieniem do prac właściwych. Długości i średnice kolumn są sprawdzane przez wykonanie odkrywek. Przeprowadzenie badań penetracyjnych (sondowania statyczne, dylatometryczne, dynamiczne) i/lub próbnych obciążeń pozwala z kolei na określenie sztywności wzmocnienia. Te ostatnie polegają na określeniu zależności "obciążenie-osiadanie", najczęściej w zakresie nacisków pierwotnych i wtórnych, oraz na wyznaczeniu na ich podstawie modułów odkształcenia. W tym celu na głowicy kolumny układana jest sztywna płyta, a obciążenie realizowane jest siłownikami zapartymi o balast. Dobór średnicy płyty obciążającej zależy od średnicy i długości kolumn, oraz przewidywanych nacisków pod płytą. Często średnica płyty obciążającej jest mniejsza od średnicy kolumny. W artykule podjęto próbę określenia wpływu

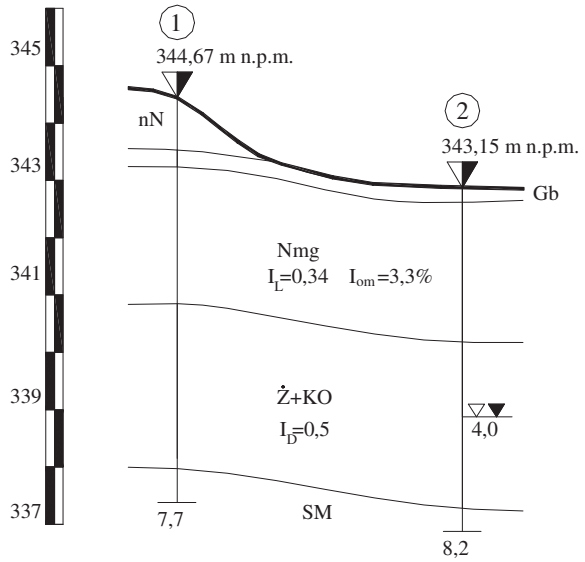


***1**. Przebieg procesu formowania kolumny wymiany dynamicznej [7]*

średnicy płyty stosowanej w próbnych obciążeniach na wyniki badań w postaci zależności „obciążenie-osiadanie" i uzyskanych na tej podstawie modułów odkształcenia. Obliczenia przeprowadzono metodą elementów skończonych, na wykalibrowanym na podstawie badania nośności kolumny, przestrzennym modelu numerycznym. Do obliczeń przyjęto modele: sprężysto-idealnie plastyczny i sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem izotropowym.

Wymiana dynamiczna

Metoda wymiany dynamicznej, potocznie zwana wbijanymi kolumnami kamiennymi, wchodzi w skład geoinżynierii, zaliczając się do grupy wgłębna, częściowa wymiana gruntu [2]. W metodzie tej podłoże jest wzmacniane przez wbijanie kruszywa na skutek zrzutów ubijaka (średnio kilkanaście razy na jedną kolumnę), o dużej masie (od 10 do 25 t), z wysokości do 25 m [8]. Takie wzmocnienia realizowane są zarówno na lądzie [3], [4], [6] jak i z powodzeniem pod wodą [4], [5], [10]. Przed przystąpieniem do robót wzmacniających, przygotowywana jest platforma robocza, po której może bezpiecznie poruszać się ciężki dźwig (do kilkudziesięciu ton). Proces formowania zaczyna się od wybicia krateru i pierwszych jego, kolejno zasypów kruszywem i zrzutów ubijaka - rys. **1a** i **1b** [7]. Na tym etapie ubijak jest zrzucany z niewielkiej wysokości (do kilku metrów). Wraz ze wzrastającym oporem wzmacnianego podłoża na pogrążanie wprowadzanego materiału jest zwiększana wysokość zrzutu ubijaka, osiągając możliwości sprzętowe (zwykle 15-25 m). W końcowym etapie formowania kolumny (rys. **1c**) jej głowica jest zagęszczana ponownie z wykorzystaniem mniejszej energii.



***2**. Warunki gruntowo-wodne w otoczeniu badanej kolumny kamiennej*

Model numeryczny podłoża wzmocnionego wymianą dynamiczną. Podstawa kalibrowania modelu

Podstawą kalibrowania modelu były wyniki próbnego obciążenia kolumny kamiennej przeprowadzonego na budowie jednej z dróg ekspresowych w południowej Polsce. Pod nasypami o wysokości przekraczającej 10 m stwierdzono występowanie plastycznych gruntów organicznych o miąższości od. 2-3 m (rys. **2**), podścielonych średnio zagęszczonymi żwirami i skałą miękką.

Podłoże wzmocnione zostało kolumnami wykonanymi w siatce trójkąta równobocznego o boku 3 m, z przekruszu skalnego o frakcji 0-400 mm. Wytypowaną do badań kolumnę wykonano ubijakiem o masie 11,5 t, zrzuconym 16 krotnie z wysokości do 13,5 m, w plastycznym namule gliniastym o miąższości ok. 2,7 m (rys. **2**).

Przygotowane, na potrzeby badania, stanowisko do próbnych obciążeń pokazano na fot. **3**.

Belkę oporową stanowiła grupa dziesięciu dwuteowników I500, zakotwionych w gruncie przez pale o średnicy 75 i 150 cm i długościach odpowiednio 15,8 i 10 m. Pal o większej średnicy był jednym z grupy pali, na której oparty był przyczółek wiaduktu.

Próbne obciążenie przeprowadzono metodą stałych stopni obciążenia. Każdy stopień utrzymywany był tak długo, aż prędkość osiadania kolumny wyniosła co najwyżej 0,05 mm / 15 minut. Obciążenia realizowane były za pomocą trzech siłowników hydraulicznych o zakresie 0-1300 kN ustawionych na płycie o średnicy 1,2 m. Pomiar osiadań umożliwiły trzy elektroniczne czujniki o zakresie 0-100 mm i dokładności odczytu 0,01 mm. Jednostkowy nacisk końcowy wyniósł q=1373 kPa (1553 kN) co stanowiło wartość równą ok. 1,5 krotnej wartości teoretycznej nośności kolumny wg Braunsa [1].

Dobór modeli konstytutywnych gruntu

Rozważanie zagadnienia wzmacniania gruntów spoistych (organicznych) materiałem ziarnistym (kruszywem kolumny kamiennej), sugeruje zastosowanie w analizie obliczeniowej określonych modeli konstytutywnych gruntu.

W przypadku gruntów ziarnistych formujących kolumnę jak i warstwę występujących pod nią gruntów, charakteryzujących się małą ściśliwością, z powodzeniem może być zastosowany model sprężysto–idealnie plastyczny z powierzchnią graniczną Coulomba – Mohra i niestowarzyszonym prawie płynięcia. W modelu tym występuje pięć stałych materiałowych: moduł sprężystości - E, współczynnik Poissonsa - ν, kąt tarcia wewnętrznego - φ, spójność – c i kąt dylatancji - ψ.

Słabe, silnie – odkształcalne otoczenie kolumny, zakwalifikowane do wzmocnienia, jest generalnie słabo prekonsolidowane. W dużych jego obszarach dominować będą odkształcenia plastyczne. Do specyfiki kolumn wbijanych zbliżają te modele, których wzmocnienie i osłabienie plastyczne łączy się ze zmianami porowatości, tj. zagęszczaniem i rozluźnianiem gruntu. Zagęszczanie otoczenia kolumn jest znacznie intensywniejsze niż w innych technologiach, dzięki silnej konsolidacji dynamicznej (powstawaniu wysokiego gradientu hydraulicznego w strefie miękkiego otoczenia w sąsiedztwie kolumn, jako skutku dynamicznego rozpierania o dużej energii po uderzeniach ubijaka, powodującego przepływ wody z porów drobnoziarnistego otoczenia do kolumn). Zagęszczenie podczas formowania może być ujęte przez strefowanie niejednorodności. Dalsze zagęszczanie i wzmacnianie podczas obciążania budowlą wymaga jednak modelu zdolnego do symulowania tych zjawisk. Preferuje to modele stanu krytycznego a w szczególności dobrze znany i wdrożony do programów MES Modified Cam-Clay (MCC). W modelu tym występuje pięć stałych materiałowych: nachylenie linii stanu krytycznego - M, nachylenie linii normalnej konsolidacji (NCL) - λ, nachylenie linii odprężenia - κ, parametr - Γ związany z krytycznym wskaźnikiem porowatości oraz współczynnik Poissona ν.

***3**. Stanowisko do próbnych obciążeń kolumny kamiennej*

Dla płyty betonowej obciążającej kolumnę zastosowano model liniowo sprężysty.

Istota kalibrowania i weryfikacji

Za kryterium adekwatności modelu obliczeniowego uznaje się ścisłość dopasowania jego charakterystyki „obciążenie – osiadanie" do wyników próbnego obciążenia.

Kalibrowanie modelu obliczeniowego to dobór dziesięciu parametrów stosowanych modeli konstytutywnych tworzywa kolumny i słabego podłoża, zapewniający najlepsze dopasowanie. Proces optymalizacyjny realizowany jest w drodze analizy półwstecznej. Część parametrów oznaczona została w laboratorium i traktowana jako dane.

Wobec złożoności modeli konstytutywnych do optymalnego zbioru parametrów dochodzi się technikami bezpośredniego poszukiwania dokonując w tym celu szeregu analiz MES symulujących proces próbnego obciążenia.

Weryfikacja modelu obliczeniowego sprowadza się do wizualnej i statystycznej oceny rozbieżności danych eksperymentalnych i przewidywań teoretycznych, przy optymalnym doborze parametrów.

Model dyskretny

W modelu przyjęto układ przestrzenny uwzględniający kolumny sąsiednie i symetrię układu. Kształt kolumn przyjęto na podstawie ich odkrywek. Charakteryzowały się one zmiennym wzdłuż długości „beczkowatym" kształtem. Średnice górna i dolna były równe 2,2 m, a średnica środkowa 2,7 m. Długość kolumn wyniosła 2,7 m. Kolumny oparły się na warstwie nośnej, którą był żwir z dodatkiem otoczaków w stanie średnio zagęszczonym. Model dyskretny przedstawiono na rys. **4**.

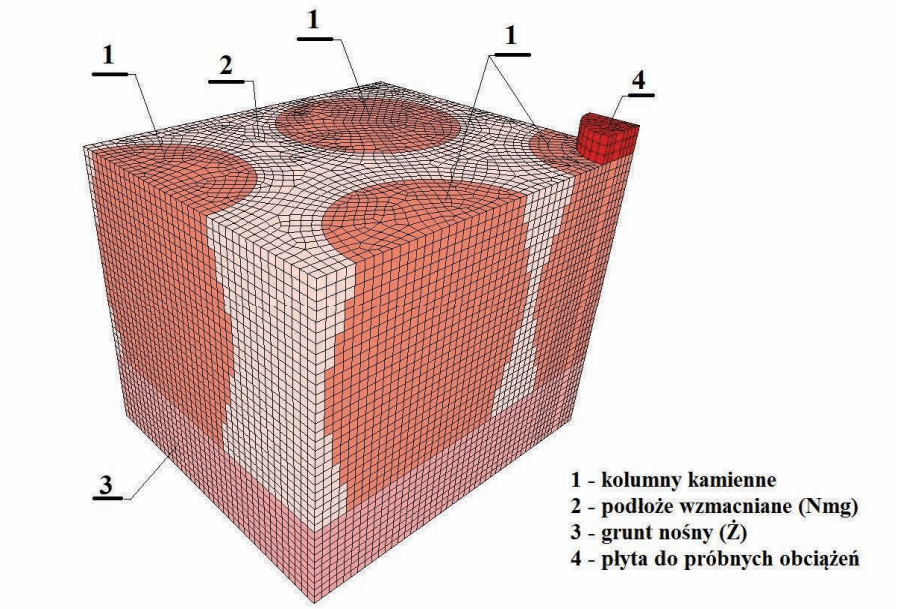
Dobór parametrów modelu

Poszukiwanie parametrów przyjętych modeli gruntów przebiegało dwutorowo.

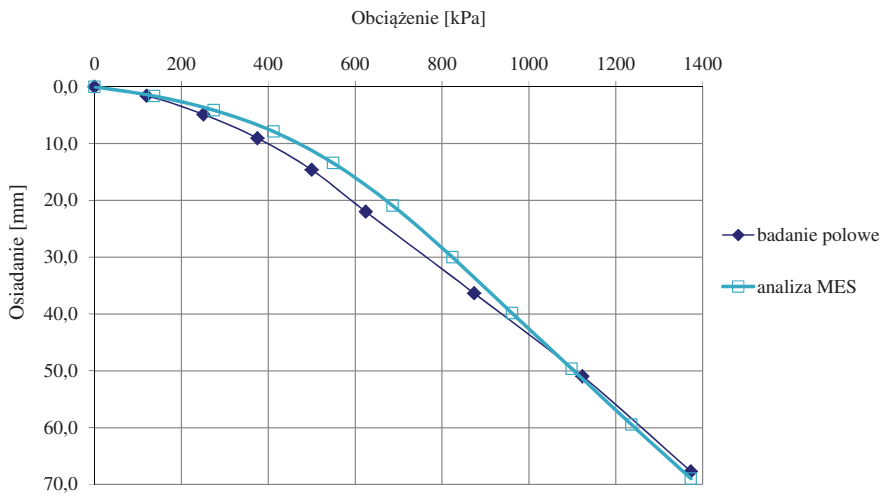
W przypadku namułu parametry odwzorowującego go modelu MCC wyznaczono z badań laboratoryjnych na próbkach pobranych po wykonaniu próbnego obciążenia. Były to badania w aparacie trójosiowego ściskania oraz badania edometryczne.

Badaniach edometryczne, pozwalające na określenie λ i κ, przeprowadzono w cyklach: naprężenie pierwotne (0-200 kPa), odprężenie (200-12,5 kPa) oraz naprężenie wtórne (12,5-400 kPa).

Badania trójosiowe, wyznaczające nachylenie M, prowadzono z konsolidacją i drenażem, na trzech próbkach, poddanych wstępnie działaniu trzech



4. Model dyskretny podłoża wzmocnionego wymianą dynamiczną



5. Wyniki analizy MES

izotropowo przyłożonych ciśnień konsolidujących: 40, 140 i 240 kPa.

Współczynnik Poissona namułu v przyjęto na poziomie 0,3. Mieści się on w podawanym przez Lechowicza i Szymańskiego [9], dla gruntów organicznych, przedziale: v=0,23=0,45.

Dla podścielającego grunt słaby żwiru parametry modelu przyjęto na podstawie dokumentacji geotechnicznej.

Parametry modelu liniowo-sprężystego symulującego pracę betonowej płyty przyjęto na podstawie normy PN-B-03264 jak dla betonu B15 (C12/15).

Wielkość frakcji przekruszu skalnego (0-400 mm), użytego do formowania kolumn, uniemożliwiała przeprowadzenie badań laboratoryjnych w aparacie bezpośredniego ścinania i edometrze, jak i polowych (za wyjątkiem próbnego obciążenia). Stąd też zadecydowano, że część parametrów (φ, c, ψ) odwzorowującego materiał kolumny modelu Coulomba – Mohra oszacowane będą metodą analizy półwstecznej, prowadzoną metodą herystyczną. Moduł sprężystości przyjęto za Pieczyrakiem [11] jako tangens nachylenia początkowej krzywej eksperymentalnej „obciążenie – osiadanie", a współczynnik Poissona za Jurikiem [12].

Po przeprowadzeniu analiz numerycznych ustalono ostatecznie poszukiwane parametry kolumny, dla których krzywa numeryczna najlepiej odzwierciedla krzywą z badań polowych (wykres **5**). Zmodyfikowany współczynnik determinancji wyniósł R^2=0,994.

Zestawienie wybranych do analizy modeli konstytutywnych i ich parametrów przedstawiono w tabeli **1**.

Tab. 1. *Zbiorcze zestawienie parametrów modeli konstytutywnych przyjętych i uzyskanych w analizie MES*

	Model konstytutywny	Parametry i wartości początkowe
Płyta betonowa	Liniowo sprężysty	E=27 GPa, v=0,2.
Kolumna kamienna	Coulomb-Mohr (M-W)	E=76 MPa, v=0,2, φ=46°, c=5kPa, ψ=20 °
Namuł	Modified Cam Clay	λ=0,053, κ=0,0028, e_o=0,84, M=1,48, OCR=1.1, v=0,3.
Żwir+otoczaki	Coulomb-Mohr (M-W)	E=140 MPa, v=0,25, φ=38,5°, c=0kPa

Analiza obliczeniowa wpływu średnicy płyty obciążającej na wyniki badań

Wykalibrowany model podłoża wzmocnionego wymianą dynamiczną posłużył do zbadania wpływu średnicy płyty obciążającej na wyniki próbnego obciążenia. W analizie zamodelowano obciążenie płytami o średnicach: 0,3; 0,6; 0,9; 1,5; 1,8 i 2,2 m. Stosunek średnicy płyty obciążającej do średnicy głowicy kolumn - (D_p/D_g) wynosił odpowiednio: 0,14; 0,27; 0,41; 0,55; 0,68; 0,82 i 1.

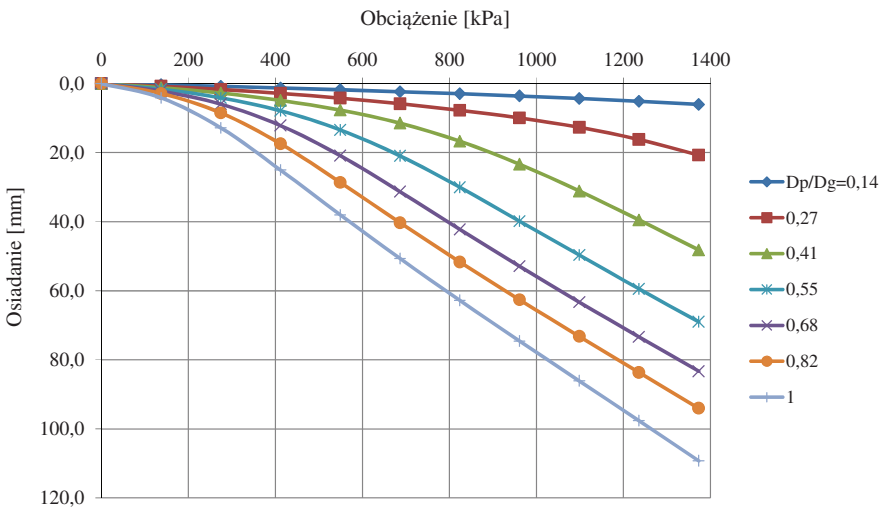
Wyniki obliczeń w postaci zależności „obciążenie-osiadanie" przedstawiono na wykresie **6**.

Można zauważyć, że im większa średnica płyty obciążającej, tym większe osiadania. W przypadku płyty o średnicy 0,3 m osiadania końcowe wynosiły ok. 6 mm, z kolei dla średnicy równej 2,2 m były równe ok. 110 mm. Taka zależność ma miejsce nawet dla obciążanego podłoża jednorodnego, charakteryzującego się stałą sztywnością. Zastosowanie płyty obciążającej o większej średnicy wciąga do współpracy większy obszar podłoża, przez co uzyskuje się większe osiadania układu. W przypadku podłoża wzmocnionego kolumnami, oprócz uwarstwienia poziomego (grunt wzmacniany, grunt nośny) mamy uwarstwienie pionowe (kolumna, otoczenie grun-

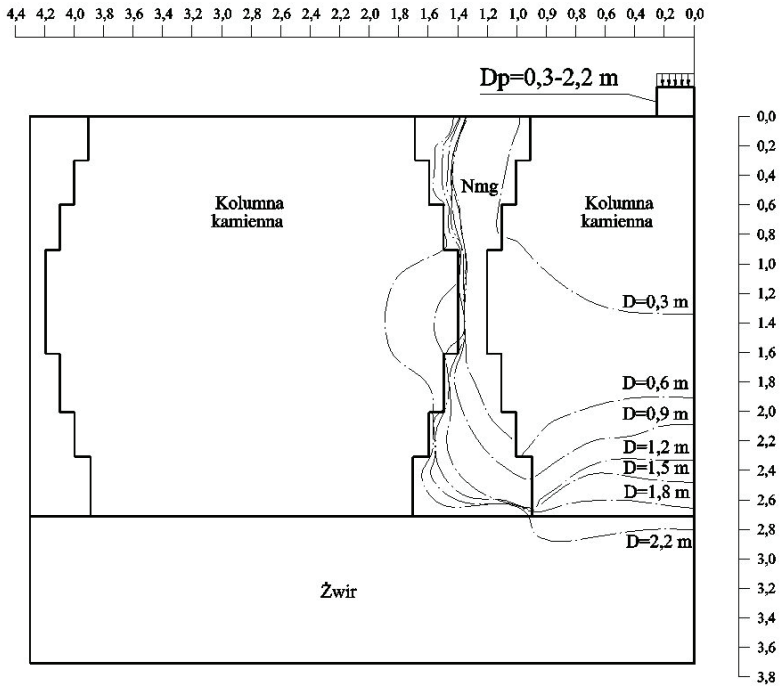
towe, kolumny sąsiednie). Wpływa to na odpowiedź układu w postaci przemieszczeń. Na rys. **7** przedstawiono zasięg występowania przemieszczeń wypadkowych przy zwiększającej się średnicy płyty obciążającej. Można zauważyć, że na odpowiedź badanego układu oprócz sztywności obciążanej kolumny i otoczenia gruntowego ma również wpływ rozstaw kolumn i miąższość podłoża wzmacnianego. W rozpatrywanym przypadku kolumny sąsiednie ograniczały przemieszczenia wywołane obciążeniem już dla płyt o średnicy D=0,6 m i większych ($D_p/D_g \geq 0{,}27$). Wpływ występowania warstwy nośnej ujawnił się dla płyt o średnicy powyżej 1,2 m.

W przypadku próbnych obciążeń realizowanych w polowych badaniach odbiorczych krzywa „obciążenie-osiadanie" jest podstawą do wyznaczenia modułów odkształcenia podłoża. Korzysta się tutaj z metody odkształceń trójwymiarowych w ramach teorii sprężystości. Aby pokazać wpływ średnicy płyty obciążającej na sztywność badanego układu obliczono moduły odkształcenia na podstawie wyników z wykresu **6**. Wyniki przedstawiono na wykresie **8**.

Zgodnie z wcześniejszymi rozważaniami największą sztywnością charakteryzowało się podłoże badane płytą o średnicy 0,3 m – moduły odkształcenia były równe od 50-90 MPa, najmniejszą z kolei odpowiednio przy zastosowaniu płyty o średnicy 2,2 m - moduły odkształcenia od 20-55 MPa. Określony na podstawie analizy półwstecznej moduł sprężystości kolumn był równy 76 MPa.



6. Zależność „obciążenie-osiadanie" przy zastosowaniu w próbnych obciążeniach płyty o różnych średnicach

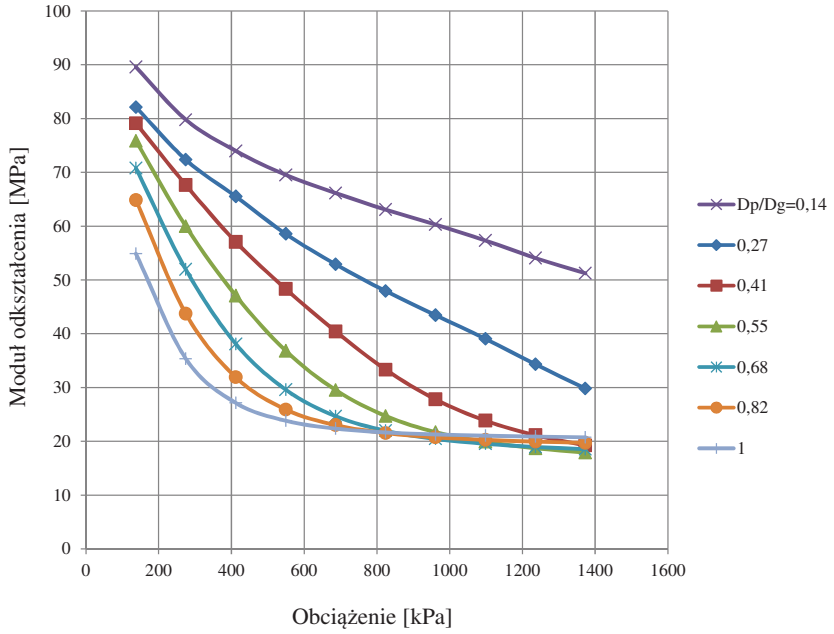


7. Izolinie zerowych przemieszczeń wypadkowych w przekroju osiowym kolumn

Wnioski

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że średnica płyty użytej w próbnych obciążeniach ma wpływ na odpowiedź, podłoża wzmocnionego wymianą dynamiczną, wyrażoną w postaci krzywej „obciążenie-osiadanie" i uzyskanych na jej podstawie modułów odkształcenia. Stosowanie w badaniach płyt o niedużych średnicach ($D_p/D_g \leq 0{,}14$) wciąga do współpracy tylko kolumnę, a zatem o odpowiedzi układu decydują parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe jej samej. Stosowanie płyt o niewielkich średnicach np. 0,3 m (VSS) jest jednak problematyczne. Po pierwsze mogłyby zostać użyte tylko w przypadku wykonania kolumn z materiału o uziarnieniu żwiru, pospółki, piasku. Po drugie mają one niewielki zasięg głębokościowy (ok. 4 D_p =1,2 m-rys. **6**). Wtedy też dla zbadania zagęszczenia dolnych części kolumn niezbędne byłyby np. sondowania dynamiczne.

W przypadku zastosowania w próbnych obciążeniach płyt o większych średnicach (D_p/D_g >0,14) na odpowiedź układu ma wpływ również otoczenie kolumny, w postaci gruntu wzmacnianego, a nawet i kolumn sąsiednich. Ten ostatni w analizowanym przypadku ujawnił się już dla płyt, dla których stosunek $D_p/D_g \geq 0{,}27$. Dla tej grupy badań (D_p/D_g >0,14) określenie, na podstawie ich wyników, parametrów kolumn (np. modelu C-M) wymaga zamodelowania próbnego obciążenia jak w niniejszym artykule (analiza przestrzenna). Pozwala to projektantowi na sprawdzenie uzyskania na budowie parametrów kolumn założonych na etapie projektowania. ◀



***8**. Zmiana modułów odkształcenia przy zastosowaniu płyt obciążających o różnych średnicach*

Materiały źródłowe

[1] Brauns J. Initial bearing capacity of stone column and sand piles. Soil Reinforcing and Stabilizing Techniques in Engineering Practise. 1978, 477-496.

[2] Gryczmański M. Współczesne kierunki rozwoju geotechniki w Polsce. Inżynieria i Budownictwo, 1994, 339-347.

[3] Gwizdała K., Blockus M. Wzmocnienie podłoża gruntowego metodą dynamicznej wymiany (DR) dla posadowienia obiektów terminalu kontenerowego. Konferencja Naukowa z okazji Jubileuszu 70-lecia urodzin Profesora Macieja Gryczmańskiego. 14.6.2007, 167-176.

[4] Hamidi B. Distinguished ground improvement projects by dynamic compaction or dynamic replacement. Phd Thesis. Curtin University, 2014.

[5] Hamidi B., Nikraz H., Yee K., Varaksin S., Wong L. T. Ground Improvement in Deep. Waters Using Dynamic Replacement. 20th International Offshore and Polar Engineering Conference. 20-25.06.2010, 848-853.

[6] Horodecki G. Ocena wzmocnienia podłoża metodą wymiany dynamicznej na podstawie próbnych obciążeń kolumn. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 2013, 4, 257-263.

[7] Kanty P., Kwiecień S., Sękowski J. Wpływ formowania wbijanej kolumny kamiennej na otoczenie gruntowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2015.

[8] Kwiecień S., Sękowski J. Kolumny kamienne formowane w technologii wymiany dynamicznej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2012.

[9] Lechowicz Z., Szymański A. Odkształcenia i stateczność nasypów na gruntach organicznych. Wydawnictwo SGGW, 2002.

[10] Varaksin S., Hamidi B. Ground improvement case histories and advances in practice. International Conference on Ground Improvement and Ground Control. 30.10-02.11.2012, 209-222.

[11] Pieczyrak J. Ustalanie parametrów wybranych modeli gruntu na podstawie próbnych obciążeń. Praca habilitacyjna. Politechnika Śląska. Gliwice, 2001.

[12] Wiłun Z. Zarys Geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2003.

mini przegląd komunikacyjny

Nowy most na Wiśle w Krakowie. Podano datę otwarcia

Piotr Ogórek, Gazeta Krakowska, 2.03.2017

Już niedługo kierowcy będą mogli skorzystać z kolejnego odcinka obwodnicy Krakowa. Jej najbardziej efektowną częścią będzie podwójny most na Wiśle. Most nad Wisłą, w ramach wschodniej obwodnicy Krakowa w ciągu trasy S7, zostanie otwarty 22 lipca. A właściwie dwa bliźniacze mosty o długości 695 i 705 metrów. Budowa nowego odcinka wschodniej obwodnicy Krakowa, pomiędzy powstającymi węzłami Rybitwy i Igołomska, rozpoczęła się w lipcu 2014 roku. Obecnie prace ziemne są wykonane w 95 procentach. Most ciągnący się nad Wisłą jest ukończony w 83 procentach. Dwa brzegi zostały połączone już jakiś czas temu. Przez most odbyły się już pierwsze przejazdy, ale tylko w ramach toczących się prac budowlanych (...). Wartość całej inwestycji to niespełna 530 mln zł.

Łódzka Kolej Aglomeracyjna: nowe pociągi dotrą jesienią przyszłego roku

Marcin Bereszczynski, Dziennik Łódzki, 28.02.2017

ŁKA podpisała z firmą Newag umowę na dostawę 14 pociągów. Pierwsze cztery mają być dostarczone do końca września 2018 r. Następne w 2019 r. Pociągi typu Impuls II trafią do Łódzkiej Kolei Aglomeracyjnej. We wtorek, 28 lutego, na dworcu Łódź Fabryczna podpisana została umowa pomiędzy ŁKA i polskim producentem taboru firmą Newag. Zgodnie z zapisami umowy, pierwsze cztery pociągi mają dotrzeć do przewoźnika pod koniec września przyszłego roku, a kolejnych 10 składów w 2019 roku. Newag wybuduje również bazę techniczną, bo kontrakt dotyczy również 12-letniego utrzymania taboru. Wartość całego zamówienia to 267 mln zł (...).

Kolej Czechowice-Dziedzice - Bielsko-Biała - Zwardoń do naprawy. Za 200 mln zł

Jacek Drost, Dziennik Zachodni, 2.03.2017

Bardzo dobra wiadomość dla podróżnych - PKP Polskie Linie Kolejowe poprawią linię na trasie Czechowice-Dziedzice - Bielsko-Biała - Zwardoń. Za 200 mln zł PKP Polskie Linie Kolejowe poprawią linię na trasie Czechowice-Dziedzice - Bielsko-Biała - Zwardoń. Spółka ogłosiła już przetarg na realizację pierwszego etapu tego zadania, czyli przebudowę peronów i torów na odcinku Bielsko-Biała Lipnik - Wilkowice Bystra, co będzie kosztowało 60 mln zł. Podróżni wygodniej wsiądą do pociągów, skróci się czas podróży i usprawni się przewóz towarów (...).

Wpływ wilgotności na wytrzymałość na ścinanie wybranych gruntów spoistych

Influence of moisture content of cohesive soils on their shear strength

Tymoteusz Zydroń

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki

t.zydron@ur.krakow.pl

Małgorzata Wojciechowska-Dymańska

Mgr inż.

absolwentka Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Andrzej T. Gruchot

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki

rmgrucho@cyf-kr.edu.pl

Tomasz Zaleski

Dr hab. inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb

t.zaleski@ur.krakow.pl

Streszczenie: Celem pracy było określenie wpływu wilgotności na ich parametry wytrzymałości na ścinanie gruntów spoistych o różnej spoistości. Próbki formowano w cylindrze aparatu Proctora przy wilgotności równej optymalnej oraz większej i mniejszej od niej, a następnie je wycinano o wymiarach 6 x 6 x 1,8 cm odpowiadających skrzynce aparatu bezpośredniego ścinania. Badania przeprowadzono przy prędkości ścinania 1,0 mm.min^{-1} i czasie konsolidacji 12 h. Dodatkowo przeprowadzono badania przy prędkości 0,05 mm.min^{-1} z zawodnieniem płaszczyzny ścięcia w trakcie konsolidacji i ścinania. Wyniki badań wykazały, że najwyższe wartości kąta tarcia wewnętrznego uzyskano przy wilgotności optymalnej lub mniejszej od optymalnej badanego gruntu, a wzrost wilgotności spowodował zmniejszenie jego wartości. Natomiast najwyższe wartości spójności uzyskano przy wilgotności optymalnej. Porównanie wyników badań próbek formowanych przy wilgotności optymalnej, ścinanych przy różnych prędkościach wykazało, że niższa prędkość ścinania i zawodnienie powierzchni ścięcia próbki wpływa w największym stopniu na zmniejszenie spójności.

Słowa kluczowe: *Grunty spoiste; Wilgotność; Wytrzymałość na ścinanie*

Abstract: Influence of moisture content of two cohesive soils on their shear strength was the purpose of the tests. The shear strength tests were carried out in a standard direct shear apparatus of dimensions of the box 6 x 6 x 1,8 cm. Each sample of assumed moisture content was preliminary compacted at Proctor apparatus, then was cut using a square cutter and to set into the shear box. Each series of samples were tested at four values of moisture content: equal, lower and higher than optimum moisture content. One series of samples, sheared at moisture content higher than optimum moisture content, was during consolidation and shearing the shearbox was filled with the water to the level corresponding to shearing plane. Main tests were done using shearing rate equal to 1,0 mm.min^{-1} and time of consolidation was at least 12 hours. Additional tests were done using shearing rate equal to 0,05 mm.min^{-1}. Test results revealed that the most beneficial values of shear strength were obtained at optimum moisture content or lower that optimum moisture content. It stated that the increase of moisture content cause decrease of angle of internal friction and the highest values of cohesion was obtained at optimum moisture content. Comparison of test results obtained for series of samples sheared at optimum moisture content revealed that saturation of soil sample and low shearing rate cause very significant reduction of obtained values of cohesion.

Keywords: *Cohesive soils; Moisture content; Shear strength*

Stosowanie gruntów w budownictwie ziemnym jako materiału konstrukcyjnego wymaga znajomości ich właściwości geotechnicznych, a w szczególności parametrów wytrzymałości na ścinanie. Wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności zależą w istotnym stopni od wilgotności i porowatości gruntu. Dlatego chcąc uzyskać możliwie jak najlepsze parametry wytrzymałościowe wymaga się, aby w konstrukcjach ziemnych grunty były zagęszczane przy wilgotności zbliżonej do optymalnej [12], [7].

Typowe prace związane z określaniem parametrów wytrzymałości na ścinanie polegają na badaniach gruntów o wilgotności naturalnej lub optymalnej. Zwykle też próbki ścinane są bez zawodnienia i przy dużych prędkościach ścinania. Natomiast norma

[10] zaleca prowadzenie badań przy zawodnieniu próbek w trakcie konsolidacji i ścinania przy prędkości oznaczonej z konsolidacji próbek.

Celem pracy było określeniu wpływu wilgotności na wytrzymałość na ścinanie wybranych gruntów spoistych o różnej spoistości. Dodatkowo określono wpływ zawodnienia powierzchni ścięcia i prędkości ścinania na parametry wytrzymałości na ścinanie.

Zakres i metodyka badań

Badania przeprowadzono dla dwóch gruntów spoistych o różnej zawartości frakcji iłowej. Były to grunty: małospoisty – pył piaszczysty z powierzchniowej strefy osuwiska drogowego na obwodnicy Bochni (woj. małopolskie) oraz średnio spoisty – pył ilasto piaszczysty z północno-zachodniej części Krakowa, stanowiący podłoże drogi lokalnej.

Podstawowe właściwości fizyczne oraz parametry zagęszczalności badanych gruntów oznaczono metodami standardowymi. Skład uziarnienia określono metodą sitową dla d ≥ 0,063 mm oraz areometryczną dla d < 0,063 mm [9]. Granicę plastyczności oznaczono metodą wałeczkowania, a granicę płynności metodą Casagrande`a [11]. Wilgotność optymalną i maksymalną gęstość objętościową szkieletu oznaczono w aparacie Proctora w cylindrze o objętości 1,0 dm^3 przy energii zagęszczania 0,59 J×cm^{-3} [6].

Wykonano także oznaczenie charakterystyki retencyjnej badanych gruntów metodą płyt porowatych w komorach ciśnieniowych w zakresie potencjałów pF od 1 do 4,2 (odpowiadających wysokości podciśnienia od 1 do 15484 cm). Do oznaczenia wykorzystano próbki gruntu zagęszczone w aparacie Proctora standardową energią zagęszczania przy wilgotności o około 1% większej od optymalnej. Przed badaniem zagęszczone próbki nasycano wodą przez kilka dni, a po umieszczeniu w komorze ciśnieniowej poddawano osuszaniu zwiększając stopniowo wartości podciśnienia (ciśnienia ssania). Przy każdej wartości ciśnienia badanie prowadzono do momentu stabilizacji masy próbek, którą następnie przeliczano na wilgotność objętościową gruntu. Uzyskane z badań krzywe retencyjne opisano równaniem van Genuchtena [18]:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha \cdot (u_a - u_w))^n\right]^{\left(1 - \frac{1}{n}\right)}} \qquad (1)$$

gdzie:
θ_r – rezydualna wilgotność objętościowa, α, n – stałe równania, , θ - wilgotność objętościowa, θ_s - wilgotność objętościowa gruntu nasyconego, u_a – ciśnienie powietrza w porach, u_w – ciśnienie wody w porach.

Tab. 1. *Właściwości fizyczne badanych gruntów*

Parametry - Parameters	Pochodzenie gruntu	
	Bochnia	Kraków
Zawartość frakcji [%]:		
- piaskowa (0,063-2 mm),	30,2	44,4
- pyłowa (0,002-0,063 mm),	53,1	50,9
- iłowa (<0,002 mm).	16,7	4,7
Nazwa gruntu według PN-EN ISO 14688-2:2004	saclSi (pył ilasto-piaszczysty)	saSi (pył piaszczysty)
Nazwa gruntu według PN-B-02480:1986	G (glina)	∏p pył piaszczysty
Wilgotność optymalna [%]	16,5	13,1
Wilgotność optymalna objętościowa [-]	0,292	0,238
Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu [g · cm^{-3}]	1,77	1,82
Porowatość przy maksymalnym zagęszczeniu [-]	0,332	0,310
Granica plastyczności [%]	17,1	14,6
Granica płynności [%]	34,0	20,3
Wskaźnik plastyczności [%]	16,9	6,14

Oznaczenie parametrów wytrzymałości na ścinanie przeprowadzono w aparacie bezpośredniego ścinania w skrzynce o wymiarach w przekroju poprzecznym 6 x 6 cm i wysokości próbki 1,8 cm. Próbki do badania formowano w aparacie Proctora w cylindrze o objętości 1,0 dcm^3 przy energii zagęszczania 0,59 J·cm^{-3}, a następnie wycinano odpowiednią formą i umieszczano w skrzynce aparatu. Badania wykonano na próbkach zagęszczanych przy wilgotności optymalnej oraz większej i mniejszej od niej o około 3% w przypadku gruntu z Bochni oraz mniejszej o 1% i większej o blisko 3% dla gruntu z Krakowa. W przypadku próbek zagęszczanych przy wilgotności większej od optymalnej badania wykonano bez i z zawodnieniem powierzchni ścięcia. Prędkość ścinania wynosiła 1,0 mm·min^{-1} i umożliwiła szybkie ścięcie próbek gruntu, co teoretycznie ogranicza możliwość wzbudzenia ciśnienia wody w porach gruntu [17]. Przeprowadzono również oznaczenie parametrów wytrzymałości na ścinanie przy prędkości ścięcia 0,05 mm·min^{-1} dla próbek formowanych przy wilgotności optymalnej. W tych badaniach konsolidację i ścięcie próbek wykonano przy ich zawodnieniu. Ten typ badania zgodnie z [10] umożliwia uzyskanie efektywnych parametrów wytrzymałości na ścinanie gruntu. Próbki konsolidowano obciążeniem wynoszącym 100 kPa przez 12 godzin, a ścinano przy naprężeniach 25, 50, 75, 100, 125 oraz 150 kPa do uzyskania 15% względnego poziomego odkształcenia próbki.

Analizę uzyskanych wyników parametrów wytrzymałości na ścinanie odniesiono do stopnia plastyczności badanych gruntów, co umożliwiło ich porównanie z danymi literaturowymi. Wykonano również analizę porównawczą wyników badań uzyskanych z obydwu prędkości ścinania co pozwoliło określić wpływu sił ssania na wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie. Dla potrzeb tej analizy wykorzystano uproszczony model wytrzymałości na ścinanie gruntu nienasyconego zaproponowany przez Vanapalli i in. [16]:

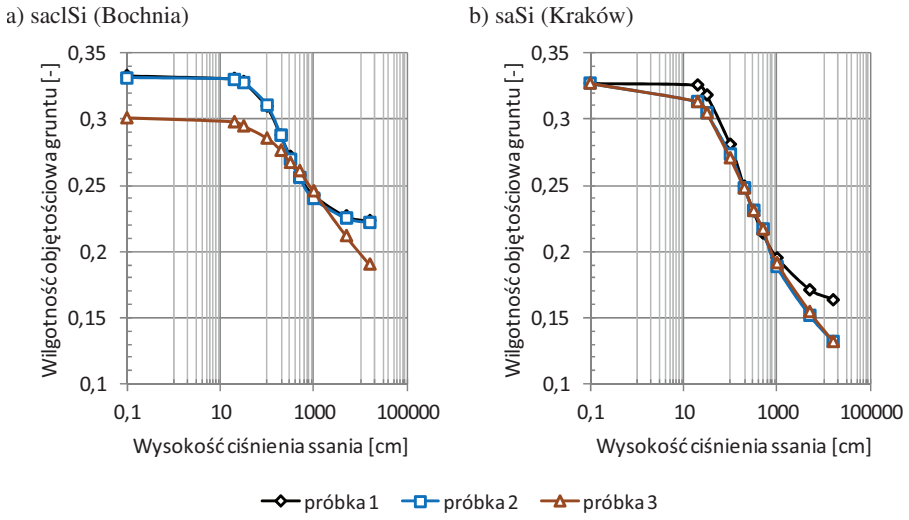
$$\tau_f = c' + (\sigma_n - u_a) \cdot \tan\phi' + (u_a - u_w) \cdot \Theta^{\kappa} \cdot \tan\phi' \qquad (2)$$

gdzie:
φ' – efektywny kąt tarcia wewnętrznego, c' – efektywna spójność gruntu, σ_n –składowa normalna, κ - parametr dopasowania równania, Θ - stopień nasycenia gruntu (θ/θ_s - θ - wilgotność objętościowa gruntu, θ_s – wilgotność objętościowa gruntu nasyconego), u_a, u_w – jak we wzorze (1).

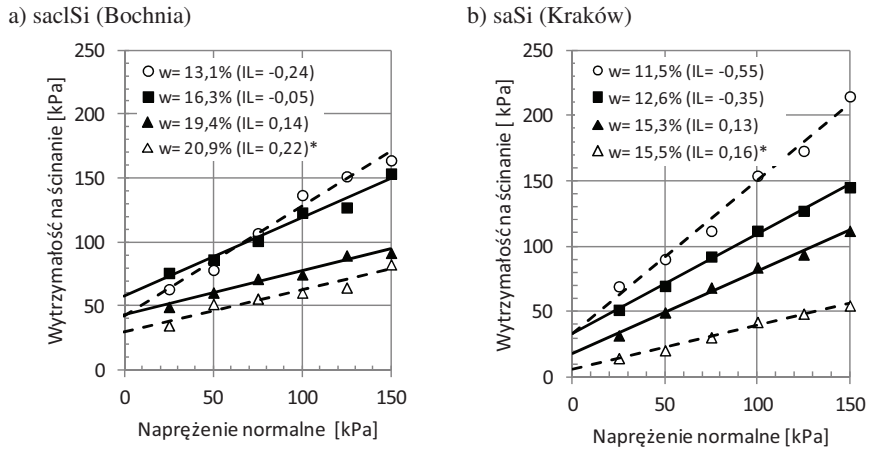
Podstawowe właściwości fizyczne badanych gruntów

W tabeli **1** przedstawiono podstawowe właściwości geotechniczne badanych gruntów. Grunt z Bochni sklasyfikowano jako pył ilasto-piaszczysty, natomiast z Krakowa jako pył piaszczysty [8]. W obydwu gruntach dominującą była frakcja pyłowa, której było ponad 50%. Natomiast grunty te różniły się znacznie zawartością frakcji piaskowej – w gruncie z Krakowa było jej 1,5-krotnie więcej w stosunku do gruntu z Bochni, który z kolei charakteryzował się ponad trzykrotnie większą zawartością frakcji iłowej. Różnice w zawartości frakcji iłowej spowodowały, że grunt z Bochni cechował większymi wartościami granic konsystencji, a jego wskaźnik plastyczności był blisko o 11% większy niż gruntu z Krakowa. Przedmiotowe grunty charakteryzowały się dobrą zagęszczalnością z punktu widzenia ich przydatności do celów budownictwa ziemnego [12]. Większą wartość maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu oraz mniejszą wilgotność optymalną uzyskano dla pyłu piaszczystego. Otrzymane wartości wilgotności optymalnej wskazują, że najlepszą zagęszczalność badane grunty posiadają w stanie zwartym odpowiadającym wartości stopniu plastyczności I_L = -0,05 w przypadku gruntu z Bochni oraz I_L = -0,35 dla gruntu z Krakowa.

Na rysunku **1** przestawiono krzywe retencyjne obydwu gruntów. Wartości parametrów równania van Genuchtena wynosiły dla pyłu ilasto-piaszczystego a = 0,02342 m^{-1} oraz n = 1,11137, a dla pyłu piaszczystego - a = 0,02307 m^{-1} oraz n = 1,19034. Stwierdzono, że wartości parametru ***a*** dla obydwu gruntów były podobne i zbliżone do wartości podawanych w pracy Lu i Griffiths [2004] dla gruntów piaszczystych, natomiast wartości parametru n były w zakresie dla gruntów ilastych [3]. Otrzymana charakterystyka retencyjna wskazuje, że przy wilgotności optymalnej wysokość ciśnienia ssania w przypadku pyłu ilasto-piaszczystego wynosiła 173 cm, a dla pyłu piaszczystego 261 cm.



***1**. Krzywe retencyjne badanych gruntów*



***2**. Wytrzymałość na ścinanie badanych gruntów uzyskanej przy różnej wilgotność zagęszczania próbek i prędkości ścinania 1,0 mm·min^{-1}*
*Objaśnienie: *próbki zagęszczane przy wilgotności większej od optymalnej i ścinane z nawodnieniem powierzchni ścięcia*

Wyniki badań i ich analiza

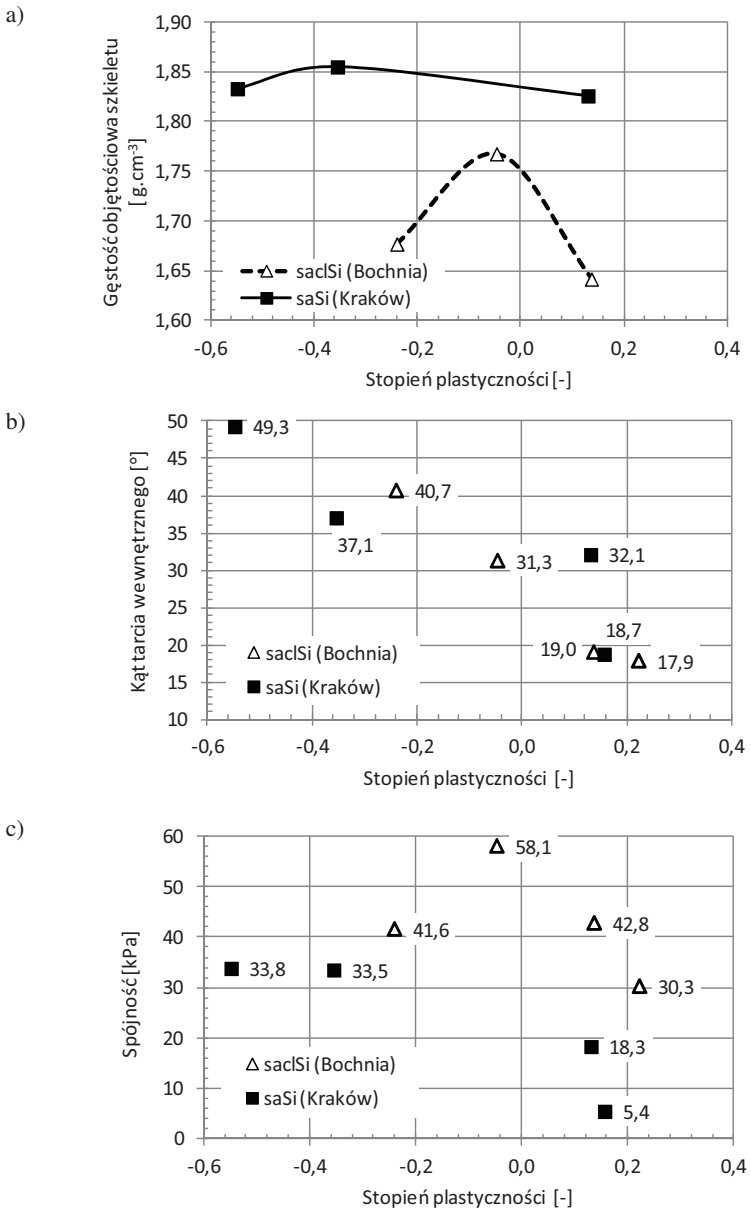
Wzrost wilgotności zagęszczanych próbek o 6% w przypadku pyłu ilasto-piaszczystego spowodował zmiany stopnia plastyczności w zakresie od -0,24 do 0,14, przy zmianach gęstości objętościowej szkieletu od 1,68 do 1,77 g·cm^{-3} (rys. **3a**). Natomiast dla pyłu piaszczystego wzrost wilgotności o 4% spowodował zmiany stopnia plastyczności w zakresie od -0,55 do 0,16 i gęstości objętościowej szkieletu w zakresie nie przekraczającym 0,02 g·cm^{-3}. W przypadku obydwu gruntów największe ich zagęszczenie uzyskano przy wilgotności optymalnej.

Na rysunkach **2**-**3** przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na ścinanie uzyskane przy prędkości ścinania 1,0 mm·min^{-1}. Stwierdzono zmniejszanie się wartości wytrzymałości na ścinanie obydwu gruntów wraz ze wzrostem ich stopnia plastyczności. Szczególnie wyraźne zmiany wytrzymałości na ścinanie uzyskano dla pyłu piaszczystego, co prawdopodobnie

było związane z jego niską plastycznością. Dla pyłu ilasto-piaszczystego wartości wytrzymałości na ścinanie uzyskane dla próbek przy wilgotności mniejszej i równej optymalnej można uznać za zbliżone. Natomiast w przypadku pyłu piaszczystego największe wartości wytrzymałości na ścinanie otrzymano dla próbek o wilgotności mniejszej od optymalnej.

Należy zauważyć, ze zawodnienie próbek zagęszczanych przy wilgotności większej od optymalnej, nieznacznie zwiększyło wilgotność końcową próbek, ale w istotny sposób zmniejszyło wytrzymałość na ścinanie badanych gruntów. Wpływ ten był wyraźniejszy w przypadku pyłu piaszczystego.

Wysoka wytrzymałość na ścinanie znalazła odzwierciedlenie w wartościach kąta tarcia wewnętrznego i spójności badanych gruntów (rys. **3b**, **3c**). Stwierdzono, że wzrost wilgotności spowodował zmniejszenie wartości kąta tarcia wewnętrznego, co jak wskazuje Pisarczyk [5] jest charakterystyczne dla naturalnych gruntów mineralnych. Zauważano, że uzyskane wartości kąta tarcia wewnętrznego badanych gruntów były większe niż podawane przez Wiłuna [19] i Pisarczyka [5]. Natomiast wartości tego parametru nie różnią się znacząco od podawanych między innymi w pracy Steckiewicz i Zabielskiej-Adamskiej [14] czy też w literaturze zagranicznej [4], [1] dotyczących badań gruntów nienasyconych.



***3**. Zależność gęstości objętościowej szkieletu (a), kąta tarcia wewnętrznego (b) i spójności (c) od stopnia plastyczności badanych gruntów*

Porównując wartości kąta tarcia wewnętrznego uzyskane dla obydwu gruntów, stwierdzono, że wyższe jego wartości uzyskano dla pyłu piaszczystego, co było związane z większą zawartością frakcji piaskowej.

W przypadku spójności pyłu ilasto-piaszczystego najwyższe jej wartości uzyskano przy wilgotności optymalnej, co jest zależnością powszechnie spotykaną dla naturalnych gruntów mineralnych i wynikającą z ich maksymalnego zagęszczenia uzyskiwanego przy tej wilgotności [5]. Natomiast dla pyłu piaszczystego wartości spójności uzyskane przy wilgotności optymalnej i mniejszej od niej były podobne.

Analiza porównawcza parametrów wytrzymałości na ścinanie bez i z zawodnieniem powierzchni ścięcia próbek uzyskanych przy prędkości ścinania 1,0 mm·min^{-1} pozwoliła stwierdzić istotny wpływ zawodnienia na uzyskane ich wartości. W przypadku pyłu ilasto-piaszczystego wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności z badań z zawodnieniem były odpowiednio o 42 i 30% względne mniejsze niż wartości tych parametrów z badań bez zawodnienia. Z kolei dla pyłu piaszczystego wpływ zawodnienia na uzyskane wartości kąta tarcia wewnętrznego był nieznaczny, ale wyraźnie zaznaczył się w przypadku spójności, której wartość uzyskana dla próbek bez zawodnienia była ponad 3-krotnie większe niż z badań z zawodnieniem próbek.

Przedstawione powyżej wyniki parametrów wytrzymałości na ścinanie bez zawodnienia płaszczyzny ścięcia nie mogą być traktowane jako uniwersalne. Wyniki te odnoszą się do badań próbek gruntów nienasyconych, w których pory gruntowe są częściowo wypełnione powietrzem. Tak więc uwzględniają one również występowanie w gruncie zjawiska ssania, które wpływa na zwiększenie wytrzymałości na ścinanie gruntu. Dlatego wykonano badania wytrzymałości na ścinanie zgodnie z PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2009 [10], która zaleca aby proces konsolidacji i ścinania prowadzony był w warunkach zawodnienia gruntu, a prędkość ścinania powinna być określona w oparciu przebieg procesu

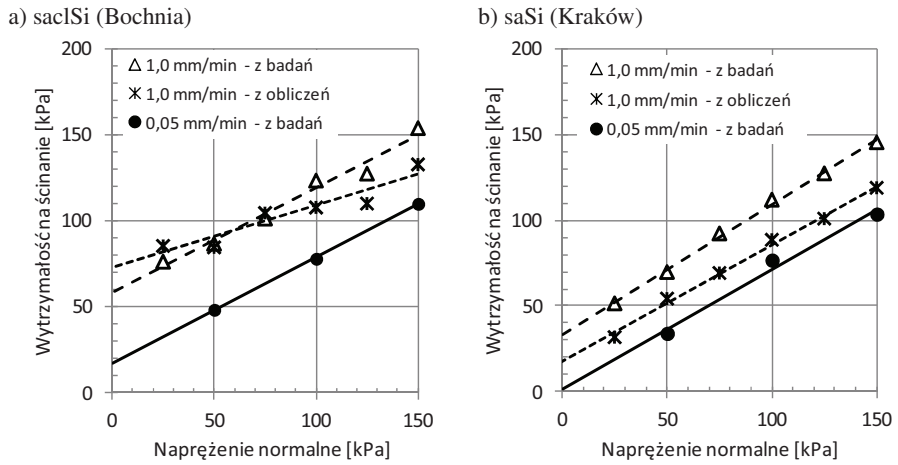
konsolidacji. Zabiegi te mają na celu odwzorowanie warunków ścinania odpowiadających występowaniu naprężeń efektywnych.

Badania przeprowadzone przy prędkości ścinania 0,05 mm·min^{-1} (rys. **4**) wykazały, że w przypadku pyłu ilasto-piaszczystego wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności wyniosły odpowiednio 31,6° i 17,2 kPa. Z kolei w przypadku pyłu piaszczystego wartość kąta tarcia wewnętrznego wyniosła 34,8°, a spójność 2,0 kPa.

Wartości kąta tarcia wewnętrznego uzyskane dla obydwu gruntów były znacząco większe w stosunku do wartości tego parametru podawanego dla gruntów mało i średniospoistych przez Wiłuna [19], niemniej mieszczą się w one zakresie wartości efektywnego kąta tarcia wewnętrznego podawanych dla pyłów o niskiej i średniej plastyczności przez Smoltczyka [13]. Natomiast kąt tarcia wewnętrznego pyłu ilasto-piaszczystego był podobny do efektywnej wartości tego parametru otrzymanej przez Krysiaka i in. [2] dla iłów warwowych o zbliżonym uziarnieniu do badanego pyłu ilasto-piaszczystego. Analizując uzyskane wartości spójności obydwu gruntów stwierdzono, że były one mniejsze niż podaje Wiłun [19], ale można je uznać za zbliżone do wartości spójności podanych w pracach Sun i Xu [15] oraz Wysokińskiego [20] dla gruntów o podobnym uziarnieniu.

Porównanie wyników z badań próbek zagęszczanych przy wilgotności optymalnej i ścinanych przy prędkości 0,05 i 1,0 mm·min^{-1} (rys. **4**) wskazuje, że stosowanie mniejszej prędkości ścinania oraz zawodnienia próbek wpływa w niewielkim stopniu na kąt tarcia wewnętrznego, natomiast ma bardzo istotny wpływ na spójność. Z punktu widzenia oceny stateczności konstrukcji ziemnych bardziej bezpieczne wydają się parametry otrzymane z badań przy mniejszej prędkości ścinania.

Korzystając z zależności (1) i (2) określono teoretyczną wartość wytrzymałości na ścinanie próbek ścinanych przy wilgotności optymalnej



***4**. Linia wytrzymałości na ścinanie badanych gruntów uzyskanej z badań i obliczeń przy wilgotności optymalnej i obydwu prędkościach ścinania*

i prędkości 1,0 mm·min^{-1}. Stwierdzono, że teoretyczne wartości wytrzymałości na ścinanie były zaniżone w stosunku do wartości otrzymanych z badań, co może być związane z zastosowaniem przybliżonej metody szacowania wartości ciśnienia ssania występującego w badanym gruncie . Należy też zwrócić uwagę, że przedstawiona powyżej charakterystyka retencyjna uwzględnia wyniki badań uzyskane dla próbek formowanych przy wilgotności większej od optymalnej, a więc o nieco większej porowatości niż próbki formowane przy wilgotności optymalnej. Rozbieżności pomiędzy wynikami badań a obliczeń mogą także wynikać z zastosowania dużej prędkości ścinania, która może sprzyjać zjawisku klinowania się ziaren grubszych, co wykazane zostało w innej pracy autorów [21].

Wnioski

1. Badane grunty cechowały się zróżnicowanymi wartościami parametrów wytrzymałości na ścinanie, które w znaczącym stopniu zależały od wilgotności.
2. Najkorzystniejsze wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie uzyskano się przy wilgotności optymalnej lub nieco mniejszej od optymalnej. Wyniki badań wykazały, że wraz ze wzrostem wilgotności gruntu zmniejszyły się wartości kąta tarcia wewnętrznego, a w przypadku spójności największe jej wartości uzyskano przy wilgotności optymalnej.
3. Wykazano, że zawodnienie gruntów w trakcie konsolidacji i ścinania wpływa na zmniejszenie ich wytrzymałości na ścinanie, co powoduje przede wszystkim zmniejszenie wartości spójności.
4. Otrzymane wyniki badań wskazują, że badane grunty charakteryzują wysokimi wartościami kąta tarcia wewnętrznego i spójności przy wilgotności optymalnej, co pozwala stwierdzić ich przydatność do wznoszenia nasypów ziemnych. Jak wskazują przeprowadzone badania, dla zachowania wysokiej wytrzymałości na ścinanie badanych gruntów powinny być one chronione przed dostępem wód infiltracyjnych i gruntowych.◀

Materiały źródłowe

[1] Bonsch C., Lempp C. Shear Strength Affected by Suction Tension in Unsaturated Fine Grained Soils? [W:] Schanz T. (Ed.) Experimental Unsaturated Soil Mechanics. Springer, 145-152, 2007.

[2] Krysiak S., Sahajdak K., Skutnik Z., Zajdel J. Dobór parametrów podłoża do projektowania zabezpieczenia wykopu na podstawie wyników pomiaru sił w kotwach. Acta Scientiarum Polonorum Architectura, 15(3), 55-70, 2016.

[3] Lu N., Griffiths D.V. Profiles of steady-state suction stress in unsaturated soils. Journal of Geotechnical and Geoinvironmental Engineering, 130, 10, 1063-1076, 2004.

[4] Matsushi Y., Matsukura Y. Cohesion of unsaturated residual soils as a function of volumetric water content. Bull Eng Geol Env 65: 449–455, 2006.

[5] Pisarczyk S. Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, 2004.

[6] PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. Polski Komitet Norm Miar i Jakości, Warszawa

[7] PN-B-12095:1997. Urządzenia wodno-melioracyjne. Nasypy. Wymagania i badania przy odbiorze. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[8] PN-EN ISO 14688-2:2004. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikacja gruntów. Część 2. Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacji, Warszawa.

[9] PKN-CEN ISO/TS 17892:2009. Badania geotechniczne, Badania laboratoryjne gruntów, Część 4: Oznaczanie składu granulometrycznego, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa,

[10] PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2009. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 10. Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[11] PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009. Badania geotechniczne, Badania laboratoryjne gruntów, Część 12: Oznaczanie granic Atterberga, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[12] PN-S-02205: 1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania. PKN, Warszawa.

[13] Smoltczyk U. Geotechnical Engineering Handbook. Volume 1: Fundamentals. Ernst & Sohn, 2002.

[14] Steckiewicz R., Zabielska-Adamska K. Określenie wytrzymałości gruntów w polowym aparacie bezpośredniego ścinania. XI Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, 25-27 czerwca 1997, Gdańsk, 151-154. 1997.

[15] Sun S., Xu H. Determining the shear strength of unsaturated silt. [W:] Schanz T. (Ed.) Experimental Unsaturated Soil Mechanics. Springer, 195-206, 2007.

[16] Vanapalli S.K., Fredlund D.G., Pufahl D.E, Clifton A.W. Model for prediction of shear strength with respect to soil suction. Canadian Geotechnical Journal, 33: 379-392, 1996.

[17] Vanapalli S.K., Lane J.J. A simple technique for determining the shear strength of fine-grained unsaturated soils using the conventional direct shear apparatus. Proceedings of the Second Canadian Specialty Conference on Computer Applications in Geotechnique, Winnipeg, 245-253, 2002.

[18] van Genuchten M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society American Journal, 44, 892-898, 1980.

[19] Wiłun Z. Zarys geotechniki. WKiŁ, 2003.

[20] Wysokiński L. Ocena stateczności skarp i zboczy. Instytut Techniki Budowlanej, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki, Nr 424/2006. 36.

[21] Zydroń T., Kogut M., Gruchot A. Wpływ prędkości ścinania na kształtowanie się parametrów wytrzymałościowych gruntów z obszaru karpackiego. Górnictwo i Geoinżynieria, 35 (2), 619-626, 2011.

mini przegląd komunikacyjny

Park&Ride w Lublinie. Samochód na parking, kierowca do autobusu

Artur Jurkowski, Kurier Lubelski, 7.03.2017

Przy m.in. Żeglarskiej, Drodze Męczenników Majdanka i Kraśnickiej powstaną miejsca Park&Ride, czyli „parkuj i jedź". 241,3 tys. samochodów było na koniec ubiegłego roku zarejestrowanych w Lublinie. Do tego dochodzą jeszcze pojazdy spoza miasta, które codziennie do niego wjeżdżają. Ratusz chce ograniczyć liczbę prywatnych aut na lubelskich ulicach. Ma do tego zachęcać system „parkuj i jedź" (Park&Ride), w ramach którego na obrzeżach miasta powstaną buforowe parkingi, gdzie będzie można zostawić auto i przesiąść się do komunikacji zbiorowej. Urzędnicy zaczęli właśnie szukać firmy, która je zaprojektuje (...).

Sosnowiec i GDDKiA wspólnie przebudują S1. Będzie nowy węzeł

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 9.03.2017

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad wspólnie z miastem Sosnowiec przebudują fragment trasy ekspresowej S1 w tym mieście. Powstanie nowy węzeł na S1 - Klimontów.
Sosnowiec i GDDKiA wspólnie przebudują S1. Zarówno miastu jak i Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Katowicach bardzo zależy na przebudowie tej trasy. Zabiorą się więc do tego wspólnie. - Tak się szczęśliwie składa, że obie strony w tym samym czasie przystępują do projektowania tych inwestycji. My zajmiemy się przebudową i modernizacją drogi ekspresowej, a miasto wybuduje węzeł, na którym mu zależy - mówi Marek Niełacny, zastępca dyrektora katowickiego oddziału GDDKiA. - Chcemy by nasze projekty się uzupełniały, a nie wykluczały, stąd nasza współpraca - dodaje Niełacny. Zadanie GDDKiA to dokładnie remont i modernizacja ok. 4,9 km trasy S1 również z częścią węzła. Miasto ma zaprojektować i wybudować węzeł Klimontów (...).

Żelazny most z Ozimka trafi na listę Pomników Historii

Anna Grudzka, nto.pl, 8.03.2017

Żelazny Most Wiszący w Ozimku zostanie wpisany na listę Pomników Historii. Gminę właśnie poinformowała o tym kancelaria prezydenta. - Czekaliśmy na ten moment cztery lata. Wszystko zaczęło się w 2013 roku. Wtedy, tuż po renowacji mostu, pojawił się pomysł by ubiegać się o wpisanie go na listę Pomników Historii. Zaczęliśmy od przygotowania potrzebnej dokumentacji, którą potem przekazaliśmy wojewódzkiemu konserwatorowi zabytków – wspomina Barbara Durkalec, sekretarz gminy Ozimek. Stamtąd wniosek trafił do Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego, gdzie utknął aż do teraz (...). Most w Ozimku został wybudowany w 1827 roku. To najstarszy w kontynentalnej Europie żelazny most wiszący. Ten dowód kunsztu ozimeckich hutników i mistrza Carla Schotteliusa został już dwa razy doceniony, m.in. przez międzynarodową Footbridge Award 2014. - Teraz będziemy zabiegali o to by wpisać nasz most na listę dziedzictwa UNESCO - mówi Tomasz Juros ze stowarzyszenia Dolina Małej Panwi.

Wpływ metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych

The impact of a test method on the liquid limit of the selected cohesive soils

Andrzej T. Gruchot

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki

rmgrucho@cyf-kr.edu.pl

Eugeniusz Zawisza

Dr hab. inż., prof. UR

Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie

kiwig@ur.krakow.pl

Tymoteusz Zydroń

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki

t.zydron@ur.krakow.pl

Ewa Klimek

Mgr inż.

Absolwentka Akademii Rolniczej w Krakowie

Streszczenie: Celem badań prezentowanych w niniejszej pracy było określenie wpływu metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych o różnej zawartości frakcji iłowej: mało spoistego – piasku średniego ilastego, średnio spoistego na pograniczu mało spoistego – pyłu grubego oraz zwięzło spoistego – iłu pylastego. Granicę płynności oznaczono metodami: Casagrande'a, Wasiliewa i penetrometru stożkowego. Stwierdzono, że wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczone różnymi metodami wykazały zróżnicowanie, co w istotny sposób wpływało na ocenę ich plastyczności i konsystencji. Zgodnie z normą PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009 granicę płynności należy oznaczać penetrometrem stożkowym, natomiast metodą alternatywną jest metoda Casagrande'a. Przeprowadzone badania wykazały, że w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji iłowej do 10 – 11% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były stosunkowo nieduże i wynosiły 1 – 2%, dlatego obydwie metody są prawidłowe. W przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji iłowej większej od 20% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były nieco większe niż w poprzednim przypadku i wynosiły około 4%. W tych przypadkach oznaczenie granicy płynności można wykonać zarówno jedną jak i drugą metodą, przy czym wyżej cytowana norma preferuje metodę penetrometru stożkowego.

Słowa kluczowe: *Grunty spoiste; Granica płynności; Penetrometr stożkowy; Aparat Casagarande'a*

Abstract: The research presented in this paper aimed at the determination of the impact of a test method on the liquid limit of the selected cohesive soils with different content of clay fraction: loosely cohesive – clayey medium sand, moderately cohesive on the border of loosely cohesive – coarse silt and firmly cohesive – silty clay. Liquid limit was determined by the following methods: Casagrande, Vasiliev and the cone penetrometer. It was stated, that the values of the liquid limit of the tested soils determined by various methods were different, which significantly affected the assessment of their plasticity and consistency. According to the standard PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009, the liquid limit should be determined with the cone penetrometer, whereas the alternative is Casagrande's method. The conducted tests showed, that in the case of cohesive soils containing up to 10–11% of clay fraction, the differences between the values of the liquid limit determined with the cone penetrometer and the Casagrande's method were relatively small and equaled 1–2%, therefore both methods are correct. In the case of cohesive soils containing more than 20% of clay fraction, differences between the values of the liquid limit determined with the cone penetrometer and the Casagrande's method were slightly higher than in the previous case, and equaled approximately 4%. In those cases, determination of the liquid limit can be performed both using the first or the second method, though the above-cited standard recommends the cone penetrometer method.

Keywords: *Cohesive soils; Liquid limit; Cone penetrometer; Casagrande apparatus*

Do opisu stanu fizycznego gruntów spoistych wprowadzono pojęcie konsystencji oraz stany plastyczności. Plastycznością nazywa się zdolność gruntu do poddawania się trwałym (nieodwracalnym) odkształceniom przy stałej objętości, bez pęknięć i kruszenia się. Cechę tę wykazują tylko te grunty, które zawierają w swoim składzie cząstki zbudowane z minerałów ilastych. Zwiększając zawartość wody w gruntach spoistych, następu-

je przejście od konsystencji zwartej przez plastyczną do płynnej. Zgodnie z przedziałami konsystencji wyróżnia się granicę skurczalności, plastyczności i płynności. Granice konsystencji w dużym stopniu zależą od składu uziarnienia i mineralogicznego gruntu, jego spoistości, kształtu i własności sprężystych cząstek mineralnych oraz od struktury gruntu [3], [7], a ich wartości zależą także od zastosowanej metody badań i doświadczenia osoby wykonującej oznaczenie. Granica płynności jest najściślej związana ze składem granulometrycznym gruntu, a w szczególności z zawartością frakcji iłowej. Wiłun [15] stwierdził, że im więcej grunt zawiera frakcji iłowej, tym większe posiada możliwości adsorbowania wody i tym większą wartość osiąga granica płynności. Skład mineralny gruntów również w znacznym stopniu wpływa na ich plastyczność, ponieważ różne minerały z niejednakową intensywnością współdziałają z wodą. Poza tym od budowy siatki krystalicznej minerałów zależy kształt cząstek, który z kolei wpływa na plastyczność. Pomiędzy granicą plastyczności a składem granulometrycznym nie ma tak ścisłego związku. Grunty o średnicach ziarn 2-3 µm prawie nie są plastyczne, o wymiarach cząstek 2-1 µm mają niewielką plastyczność. Plastyczność gruntów o wymiarach cząstek 1-0,5 µm jest już znaczna i osiąga największe wartości przy średnicach mniejszych od 0,2 µm [4].

Granice konsystencji należą do podstawowych parametrów fizycznych gruntów spoistych, wykorzystywanych w praktyce inżynierskiej [6]. Dlatego ważne jest stosowanie odpowiednich metod ich oznaczania. Najwięcej trudności nastręcza prawidłowe oznaczenie wartości granicy płynności.

Celem pracy było określenie wpływu metody badania na wartość granicy płynności i w konsekwencji na wskaźnik plastyczności, a więc ocenę konsystencji gruntu spoistego.

Materiały i metody badań

Badania przeprowadzono na trzech gruntach spoistych o różnej zawartości frakcji iłowej. Były to grunty: małospoisty – piasek średni ilasty pochodzący z wykopu fundamentowego na osiedlu Piaski Wielkie w Krakowie, średniospoisty na pograniczu małospoistego – pył gruby pochodzący z odsłonięcia zbocza w dzielnicy Zwierzyniec w Krakowie oraz zwięzłospoisty – ił pylasty pobranego z wykopów na terenie budowy zbiornika Racibórz w Bukowie nad Odrą [5].

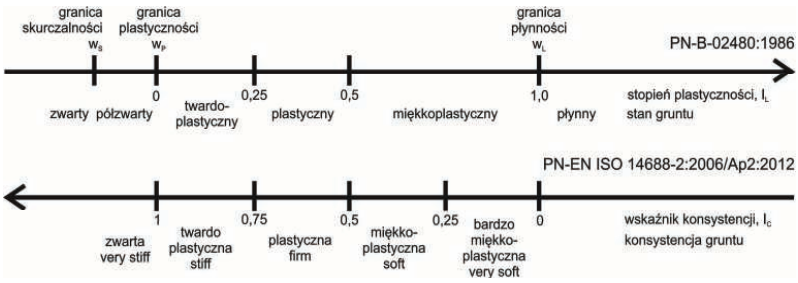
Podstawowe właściwości fizyczne oraz parametry zagęszczalności badanych gruntów oznaczono metodami standardowymi. Skład granulometryczny określono metodą sitową dla d < 0,063 mm oraz areometryczną dla d < 0,063 mm, a gęstość właściwą szkieletu metodą kolby miarowej w wodzie destylowanej. Wilgotność optymalną i maksymalną gęstość objętościowa szkieletu oznaczono w aparacie Proctora w cylindrze o objętości 1,0 dm^3 przy energii zagęszczania 0,59 $J \cdot cm^{-3}$. Granicę plastyczności oznaczono metodą wałeczkowania. Granicę płynności oznaczono metodami: Casagrande`a, Wasiliewa przy użyciu stożka o kącie wierzchołkowym 30° i masie 76 g, penetrometru stożkowego ze stożkiem o kącie wierzchołkowym 30° i masie 80 g, według procedur standardowych zgodnie z [10].

Metody Wasiliewa i penetrometru stożkowego oparte są o pomiar zagłębienie stożka, w tym przypadku o kącie wierzchołkowym 30° w pastę gruntową. W pierwszym przypadku na głębokość 10 mm; wartość granicy płynności odpowiada wilgotności pasty gruntowej przy zagłębieniu stożka 10 mm, przy czym wykonuje się dwa lub trzy oznaczenia przy zagłębieniu stożka od 8 – 12 mm. W drugim przypadku na głębokość 18 mm, z przeliczeniem wartości granicy płynności z podanego w normie równania empirycznego:

$$w_L = 0{,}0043 \cdot w_{18}^2 + 0{,}8873 \cdot w_{18} + 3{,}62 \quad (1)$$

gdzie: w_{18} oznacza wilgotność pasty gruntowej, w którą stożek wnika na głębokość 18 mm, przy czym wykonuje się oznaczenia przy różnej wilgotności i odpowiednim zagłębieniu stożka i z wykresu zależności f(w:h) określa się wilgotność pasty gruntowej odpowiadającej zagłębieniu 18 mm. W przeprowadzonych badaniach wykonano również oznaczenie granicy płynności odpowiadającej wilgotności pasty gruntowej przy zagłębieniu stożka 20 mm (przy czym wykonano oznaczenie przy różnej wilgotności i odpowiadającej jej zagłębieniu stożka i z wykresu f(w:h) określono wilgotność odpowiadającej zagłębieniu stożka 20 mm). Oznaczenie to wykonano w odniesieniu do wymogów procedury określonej w [9].

W badaniach metodą Wasiliewa i penetrometrem stożkowym grunt układano w cylinderku o średnicy i wysokości 5,0 cm trzema warstwami z eliminowaniem pęcherzyków powietrza w trakcie zagęszczania. Stożek przed jego penetracją ustawiano równo z wyrównaną płaszczyzną gruntu w cylinderku. Głębokość penetracji stożka rejestrowano z dokładnością do 0,01 mm. W badaniach metodą Casagrande'a przygotowanie pasty gruntowej i sposób jej układania w miseczce aparatu dla wyeliminowania pęcherzyków powietrza oraz przebieg oznaczania granicy płynności były wykonywane zgodnie z procedurą według [10].



***1**. Stany i konsystencje gruntów drobnoziarnistych [14]*

Należy podkreślić, że według Eurokodu 7 [11] obowiązującego w Polsce od 2010 roku, do oznaczania granicy płynności preferuje się metodę z wykorzystaniem penetrometru stożkowego. Podstawową metodą oznaczania granicy płynności przed rokiem 2010 była metoda Casagrande`a i w praktyce krajowej nadal jest stosowana. Dlatego podjęty problem badawczy jest istotny z punktu widzenia wykorzystania wyników wcześniejszych badań oraz potrzeby prowadzenia analiz porównawczych wyników badań wykonanych tymi dwiema najczęściej stosowanymi metodami, na co zwracają uwagę również inni badacze [6] i co w konsekwencji ma wpływ na określenie konsystencji gruntu [14] (rys. **1**).

Wyniki badań i ich analiza

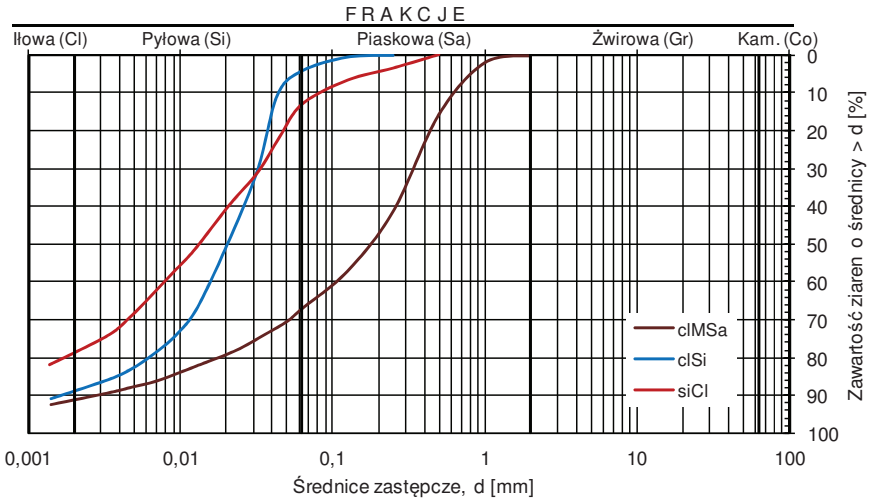
Właściwości fizyczne

Skład granulometryczny badanych gruntów był bardzo wyraźnie zróżnicowany (tab. **1**, rys. **2**). Piasek średni ilasty był gruntem mało spoistym o największej zawartości frakcji piaskowej - około 67% i o najmniejszej zawartości frakcji iłowej - około 9%. Pył gruby był gruntem średnio spoistym na pograniczu mało spoistego o największej zawartości frakcji pyłowej - ponad 85% i nieco większej zawartości frakcji iłowej - około 11%. Ił pylasty był gruntem zwięzło spoistym o dużej zawartości frakcji pyłowej - 66% i największej zawartości frakcji iłowej - około 21% (tab. **1**, rys. **2**). Wartości gęstości właściwej szkieletu oraz parametry zagęszczalności były typowe dla odpowiednich rodzajów gruntów spoistych. Wartości gęstości właściwej szkieletu zwiększały się od 2,67 g·cm^{-3} (piasek średni ilasty) do 2,70 g·cm^{-3} (ił pylasty).

Wartości maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu zmniejszały się od ponad 2,0 (piasek średni ilasty) do około 1,7 g·cm^{-3} (ił pylasty), a wilgotności optymalnej zwiększały się odpowiednio od 11 do ponad 19%.

Granice konsystencji

Granica plastyczności badanych gruntów była wyraźnie zależna od zawartości frakcji iłowej i wynosiła od 11% dla piasku średniego ilastego do 19% dla pyłu grubego i 22% dla iłu pylastego (tab. *2*).



***2**. Krzywe uziarnienia badanych gruntów*

Wartości granicy płynności były wyraźnie zróżnicowane w zależności od metody badania (tab. **2**, rys **3**). Najmniejsze różnice wystąpiły pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonymi metodami Cassagrande`a i Wasiliewa i wynosiły one około 1% w przypadku piasku średniego i pyłu grubego oraz 4,5% w przypadku iłu pylastego, przy czym mniejsze wartości uzyskano z badania metodą Wasiliewa (rys. 4). Większe różnice wystąpiły pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonymi metodą Cassagrande`a i penetrometrem stożkowym (rys. **5**), przy czym większe wartości uzyskano z badań penetrometrem i tak:

- w przypadku piasku średniego ilastego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu w pastę gruntową na 18 i 20 mm były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande`a odpowiednio o ponad 5 i 2%,
- w przypadku pyłu grubego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu jak wyżej były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande`a odpowiednio o ponad 4 i 1%,
- w przypadku iłu pylastego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu jak wyżej były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande`a odpowiednio o ponad 1% i mniejsze o 3,6%.

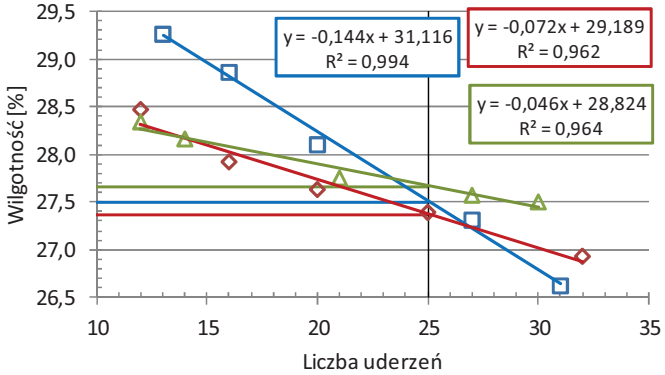
Analizując przedstawione powyżej wyniki badań można stwierdzić, że najmniejsze wartości granicy płynności uzyskano z badań metodą Wasiliewa, a największe z badań penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu w pastę gruntową na 18 mm.

Porównując wyniki badania granicy płynności penetrometrem stożkowym należy zaznaczyć, że wyższe jej wartości uzyskano z jej oznaczenia przy zagłębieniu stożka w pastę gruntową na 18 mm: o około 3% w przypadku pia-

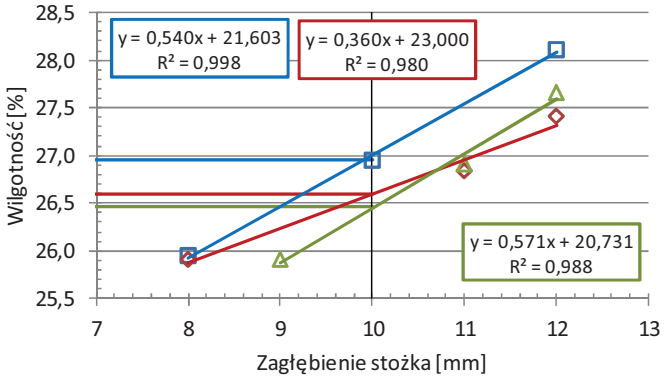
***Tab. 1.** Charakterystyka geotechniczna badanych gruntów*

Parametr	Wartość		
Zawartość frakcji [%]: piaskowa, 2 – 0,063 mm pyłowa, 0,063 – 0,002 mm iłowa, < 0,002 mm	66,9 24,4 8,7	4,1 85,1 10,8	13,1 66,0 20,9
Rodzaj gruntu wg [12]	clMSa	CSi	siCl
Wskaźnik różnoziarnistości [-]	92,9	16,3	-
Wskaźnik krzywizny uziarnienia [-]	3,7	3,8	-
Gęstość właściwa szkieletu [g cm^{-3}]	2,67	2,68	2,70
Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu [g cm^{-3}]	2,01	1,77	1,69
Wilgotność optymalna [%]	11,0	13,4	19,4

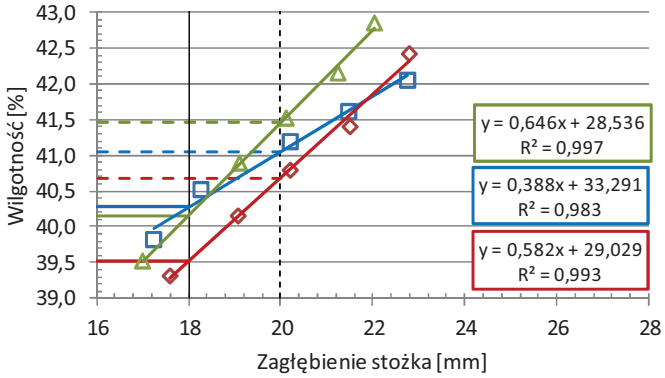
a) metoda Casagrande'a



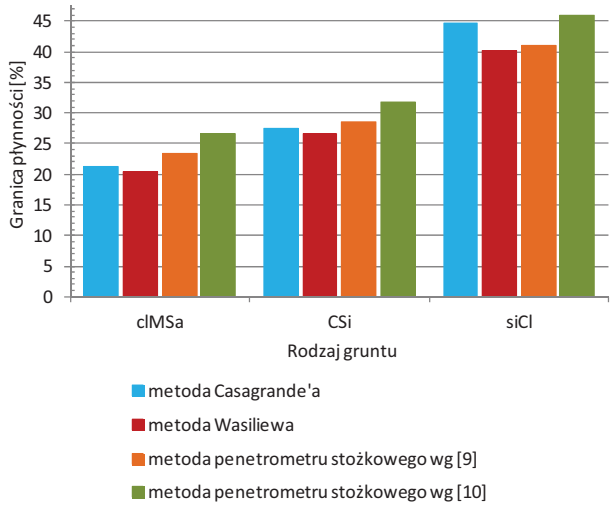
b) metoda Wasiliewa



c) metoda penetrometru stożkowego



***3**. Wyniki badań granicy płynności pyłu grubego (CSi)*



***4**. Wartości granicy płynności gruntów w zależności od metody badawczej*

sku średniego ilastego i pyłu grubego i o około 6% w przypadku pyłu ilastego. Przedstawione powyżej wyniki badań wskazują, że wartości granicy płynności obliczone według formuły (1) przy zagłębieniu stożka 18 mm są znacznie zawyżone w stosunku do wyników uzyskanych z trzech pozostałych metod jej oznaczania. Dlatego wyniki badań uzyskane z wyżej wymienionej metody pominięto w dalszej analizie. Pominięto również wyniki uzyskane z metody Wasiliewa, mimo, ze są one dość zbliżone do wyników z dwóch pozostałych metod, ponieważ metoda ta praktycznie nie jest stosowana w polskich laboratoriach geotechnicznych. Z tego względu, a także ze względu na to, że „nowa" norma [9] preferuje oznaczenie granicy płynności penetrometrem stożkowym, w przypadku stożka o kacie wierzchołkowym 30° przy zagłębieniu 20 mm w pastę gruntową, a metodę Cassagrande`a jako alternatywną, dalszą analizę przeprowadzono w odniesieniu do wyników badań uzyskanych z tych dwóch sposobów jej oznaczenia.

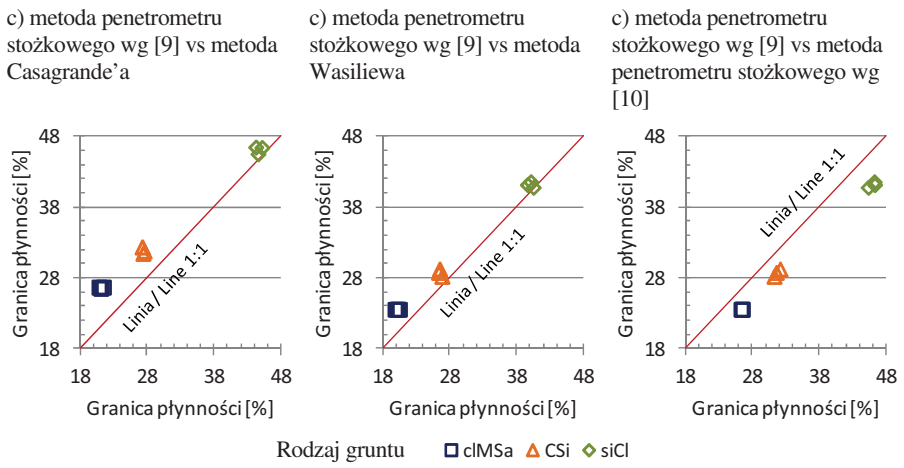
W przypadku gruntów mało/średnio spoistych wartości granicy płynności oznaczone metodą Cassagrande`a były mniejsze o ponad 2% (clMSa) i o ponad 1% (CSi) niż metodą penetrometru stożkowego. W przypadku gruntu zwięzłego spoistego (siCl) wartość granicy płynności oznaczona metodą Cassagrande`a była natomiast większa o ponad 3% niż metodą penetrometru stożkowego.

Z przytoczonych danych wynika, że mniejsze różnice pomiędzy wartościami granicy płynności uzyskanymi z tych dwóch różnych metod wystąpiły w przypadku gruntów o mniejszej zawartości frakcji iłowej (około 9–11% – ClMSa i CSi) niż o większej jej zawartości (ponad 21% – siCl).

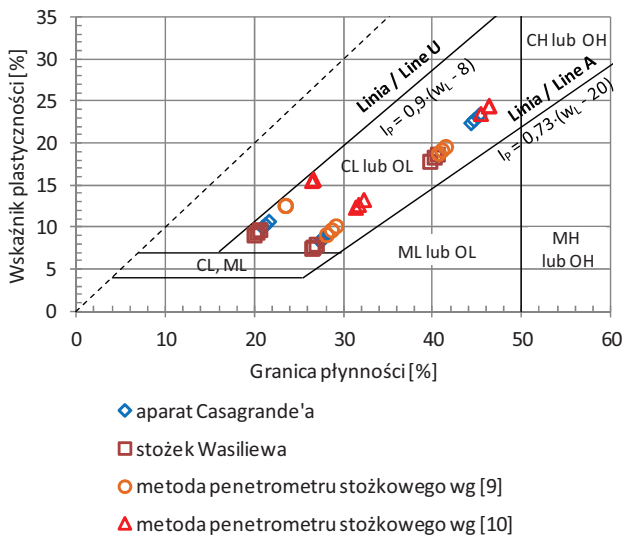
Różnice pomiędzy wartościami granicy płynności uzyskanymi z badań różnymi metodami znajdują odzwierciedlenie w różnicach pomiędzy wartościami wskaźnika plastyczności (tab. **2**), na podstawie którego dokonywany był podział gruntów drobnoziarnistych ze względu na spoistość według „starej" normy klasyfikacyjnej [PN-B-02480:1986] - por. rys. **1**. Jak widać z przytoczonych w tabeli 2 war-

Tab. 2. *Wyniki badań granic konsystencji gruntów*

Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji iłowej [%]	Granica plastyczności [%]	Granica płynności [%]				Wskaźnik plastyczności [%]				Aktywność koloidalna [-]			
			Metoda				Metoda				Metoda			
			Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego		Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego		Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego	
					wg [10]	wg [9]			wg [10]	wg [9]			wg [10]	wg [9]
clMSa	8,7	11,15 10,72 10,92 10,98	21,60 21,21 20,93	20,29 19,98 20,60	26,60 26,44 26,59	23,48 23,47 23,47	10,66 10,27 9,99	9,35 9,04 9,66	15,66 15,50 15,65	12,54 12,53 12,53	1,23 1,18 1,15	1,07 1,04 1,11	1,80 1,78 1,80	1,44 1,44 1,44
		10,94	21,25	20,29	26,54	23,47	10,31	9,35	15,60	12,53	1,18	1,07	1,79	1,44
CSi	10,8	18,91 18,53 19,50 19,18	27,50 27,37 27,66	26,95 26,60 26,46	31,36 32,26 31,68	28,10 29,14 28,66	8,47 8,34 8,63	7,92 7,57 7,43	12,33 13,23 12,65	9,07 10,11 9,63	0,78 0,77 0,80	0,73 0,70 0,69	1,14 1,23 1,17	0,84 0,94 0,89
		19,03	27,51	26,67	31,77	28,63	8,48	7,64	12,74	9,60	0,79	0,71	1,18	0,89
siCl	20,9	22,13 21,81 21,84 21,90	44,30 44,64 45,23	39,70 40,56 40,20	46,34 45,39 46,29	41,05 40,67 41,46	22,38 22,72 23,31	17,78 18,64 18,28	24,42 23,47 24,37	19,13 18,75 19,54	1,07 1,09 1,12	0,85 0,89 0,87	1,17 1,12 1,17	0,92 0,90 0,93
		21,92	44,72	40,15	46,01	41,06	22,80	18,23	24,09	19,14	1,09	0,87	1,15	0,92



5*. Porównanie wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczonych różnymi metodami*



6*. Badane grunty spoiste na karcie plastyczności Casagrande'a*

tości wskaźnika plastyczności ten sam grunt można określić jako mało lub średnio spoisty (clMSa, CSi) oraz jako średni lub zwięzłospoisty (siCl). W dalszej konsekwencji wartości granicy płynności wpływają na wartości stopnia/wskaźnika plastyczności, według którego określa się konsystencję gruntu spoistego. Przy znacznych różnicach wartości tych parametrów, grunt o określonej wilgotności może zostać zakwalifikowany do różnych stanów plastyczności albo konsystencji. Największe rozbieżności w ocenie konsystencji lub stanu gruntu występują przy wilgotności gruntu znacznie większej od granicy plastyczności. Wskazuje to jak ważny jest wybór prawidłowej metody oznaczania granicy płynności gruntów spoistych.

W celu identyfikacji gruntów spoistych, często podaje się tzw. kartę plastyczności Casagrande`a (rys. **6**) [3], [13]. Na podstawie uzyskanych wartości granicy plastyczności i wskaźnika plastyczności badane grunty spoiste zaliczono do gruntów o niskiej plastyczności. Przyjęte w klasyfikacji Casagrandego oznaczenia odpowiadają w przybliżeniu następującym gruntom [1]: CH – grunty bardzo spoiste, CL – grunty średnio spoiste i spoiste zwięzłe, MH i ML – grunty mało spoiste, OL – piaski próchnicze i pyły próchnicze.

Praktyczne znaczenie granic konsystencji oraz wskaźnika plastyczności polega również na tym, że charakte-

ryzują one zawartość frakcji iłowej. Im więcej cząstek ilastych, tym większy jest wskaźnik plastyczności. Między wskaźnikiem plastyczności i zawartością frakcji iłowej tych samych gruntów istnieje zależność opisująca aktywność koloidalną gruntów [8]. W przypadku badanych gruntów ich aktywność koloidalna pozwala je zakwalifikować do gruntów przeciętnie aktywnych (tab. **2**).

Podsumowanie

Wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczone różnymi metodami wykazały zróżnicowanie, co w istotny sposób wpływało na ocenę ich plastyczności i konsystencji. Zgodnie z normą [9] granicę płynności należy oznaczać penetrometrem stożkowym, natomiast metodą alternatywną jest metoda Cassagrende`a. Przeprowadzone badania wykazały, że:

- w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji iłowej do 10 – 11% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande`a były stosunkowo nieduże i wynosiły 1 – 2%, dlatego obie metody są prawidłowe. Wyniki badań Matusiewicza i in. [6] wskazują jednak, że w przypadku gruntów małospoistych, zawierających mniej niż 5% frakcji iłowej, w których są trudności w wykonaniu bruzdy, łatwiej oznaczyć granicę płynności penetrometrem stożkowym niż metodą Cassagrande`a,
- w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji iłowej większej od 20% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande`a były nieco większe niż w poprzednim przypadku i wynoszą około 4%, co potwierdzają również badania Matusiewicza i in. [6], które przeprowadzone były na gruntach spoistych o zawartości frakcji iłowej większej od 10%. W tych przypadkach oznaczenie granicy płynności można wykonać zarówno jedną jak i drugą metodą, przy czym wyżej cytowana norma preferuje metodę penetrometru stożkowego. ◀

Materiały źródłowe

[1] Biernatowski K., Dębicki E., Dzierżawki K., Wolski W. Fundamentowanie. Projektowanie i wykonawstwo. Warszawa, Arkady, 1987.

[2] Craig R.F. Craig's soil mechanics. Seventh edition, Spon Press, Taylor&Francis Group, London and New York, 2004.

[3] Dec T. Mechanika gruntów. Część 1, właściwości fizyczne. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa, 1975.

[4] Grabowska-Olszewska B, Siergiejew J. Gruntoznawstwo. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1977.

[5] Klimek E. Badanie wybranych parametrów geotechnicznych gruntów naturalnych i odpadów przemysłowych – granica płynności. Maszynopis pracy magisterskiej wykonanej w Katedrze Mechaniki Gruntów i Budownictwa Ziemnego Akademii Rolniczej w Krakowie, 1997.

[6] Matusiewicz W., Lechowicz Z., Wrzesiński G. Wyznaczanie granicy płynności metodą Casagrandego i penetrometrem stożkowym. Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2016, 25(3), s. 290-300.

[7] Myślińska E. Laboratoryjne badania gruntów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.

[8] Pisarczyk S. Mechanika gruntów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.

[9] PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic Atterberga. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[10] PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[11] PN-EN 1997-2:2009. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Cz 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[12] PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[13] PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap.2:2012. Poprawka do Polskiej Normy: Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

[14] Sulewska M. Nowa klasyfikacja gruntów. Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2016, 25(3), s. 333-346.

[15] Wiłun Z. Zarys geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2000.

mini przegląd komunikacyjny

Alstom i NTL zbudowały elektrobus z czterema skrętnymi kołami

Jakub Dybalski, Transport Pubiczny, 09.03.2017

Alstom i NTL zaprezentowały we francuskim Duppigheim elektryczny autobus Aptis, który już zdążył przyciągnąć zainteresowanie klientów w Europie. Pojazd przejdzie testy w Paryżu i regionie Ile-de-France w drugiej połowie 2017 r. Alstom to koncern o globalnym zasięgu, zajmujący się produkcją pojazdów dla transportu publicznego. NTL jest dostawcą innowacyjnych rozwiązań dla transportu publicznego. Firma projektuje i produkuje szereg tramwajów Translohr, które poruszają się na oponach gumowych. Aptis to ich wspólne dzieło. To pojazd, który według producentów w wielu elementach przypomina tramwaj. Posiada niską podłogę na całej długości pojazdu i szerokie pole widzenia dla kierowcy. Dwoje lub troje podwójnych drzwi ułatwia łatwe wsiadanie i wysiadanie, również osobom poruszającym się na wózkach inwalidzkich. Aptis ma cztery koła skrętne, w porównaniu z dwoma w autobusach, co pozwala na zajmowanie o 25 proc. mniej powierzchni na zakrętach. Alstom i NTL dostarczą nie tylko pojazdy, ale cały pakiet infrastruktury i usług. Obejmuje on wymiarowanie, opcje ładowania, infrastrukturę drogową, leasing i opcje gwarancyjne.

MPK Kraków wyremontowało historyczny wagon Ring

Transport Publiczny, 08.03.2017

W środę 8 marca na krakowskie torowiska wyjechał historyczny tramwaj typu Ring z lat 30. XX wieku, który został odbudowany przez pracowników Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Krakowie. Renowacja była prowadzona przez pracowników Stacji Obsługi i Remontów MPK, a jej celem było przywrócenie wagonowi wyglądu, jaki miał w okresie powojennym ubiegłego wieku. Ring to wagon, który kursował w Gdańsku do lat 60. XX wieku. Do Krakowa trafił w latach 80. XX wieku, gdzie miał być jednym z eksponatów dużego muzeum komunikacji, którego budowę zaplanowano w Krakowie. Z Gdańska do Krakowa dotarły wtedy dwa identyczne wagony tego typu nieużywane od kilku lub kilkunastu lat. Co ciekawe, były to już wtedy pojazdy techniczne wyposażone na jednym z pomostów w wirnik służący do odśnieżania. Ponieważ plany budowy muzeum nie zostały zrealizowane, przechowywano je wraz z innymi zabytkowymi pojazdami na terenie zajezdni w Nowej Hucie.

Nowa konstrukcja szyn kolejek podwieszonych jako przykład typizacji rozwiązań dla transportu podziemnego w kopalniach JSW SA

New construction of rail for underground suspended monorails as an example of typification for deep mining transport in the mines of JSW SA

Marek Rotkegel

dr inż.

Główny Instytut Górnictwa / Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych

mrotkegel@gig.katowice.pl

Łukasz Szot

mgr inż.

Główny Instytut Górnictwa / Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych

lszot@gig.katowice.pl

Michał Kapała

mgr inż.

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. Biuro Produkcji / Zespół Górniczy

mkapala@jsw.pl

Marek Dras

mgr inż.

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. / KWK Budryk

mdras@budryk.jsw.pl

Streszczenie: W artykule opisano przebieg prac projektowych, prowadzących do wdrożenia nowej konstrukcji szyn kolejek podwieszonych na potrzeby kopalń wchodzących w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Celem prac, stanowiących jeden z etapów typizacji wyposażenia wyrobisk górniczych w ramach JSW SA, było usprawnienie gospodarki materiałowej w ramach Spółki, zmniejszenie kosztów wytworzenia szyn, poprawę ich własności antykorozyjnych i wydłużenie żywotności toru jezdnego. Celem nadrzędnym takich działań jest redukcja kosztów wydobycia.

Słowa kluczowe: *Górnictwo; Transport; Kolejka podwieszona; Szyna*

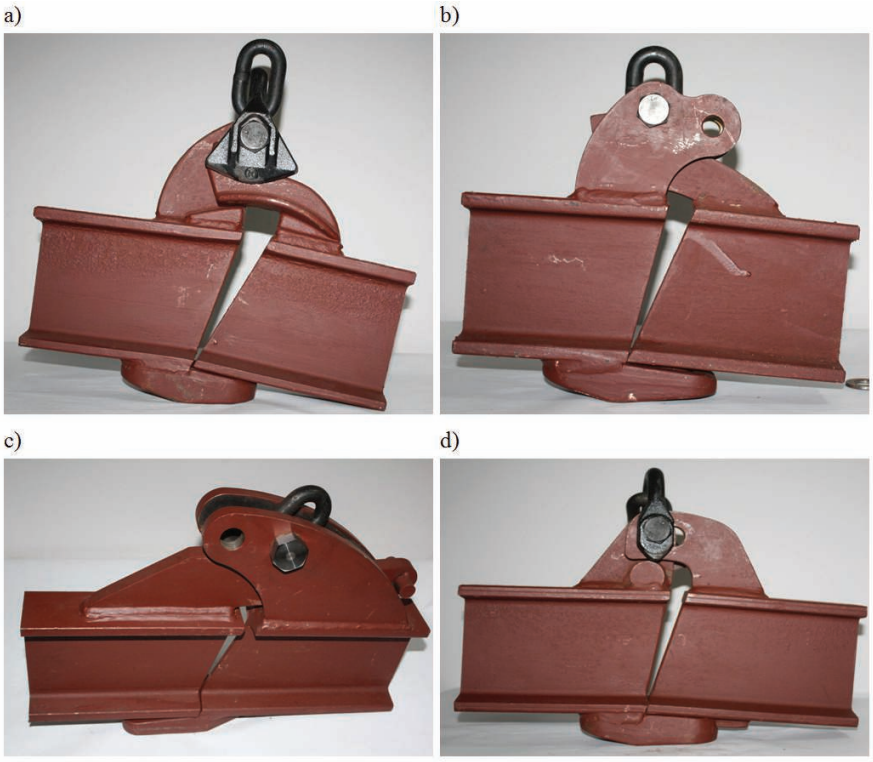
Abstract: Designing process of the new rail construction for deep mining transport was presented in this article. This rails was designed within the mining excavation's equipment typification project of JSW SA coal mines. Goals of the study are improvement of material management, reduction of production cost, improvement corrosion resistance and extension of the track life. The primary aim of such actions is to reduce the cost of final coal price.

Keywords: *Mining; Transport; Queue suspended; Rail*

Jak podaje literatura [7], typizacja konstrukcji polega na zmniejszeniu liczby równoważnych (pod względem funkcjonalności) części, podzespołów, węzłów konstrukcyjnych, a także gotowych wyrobów do minimalnej liczby, wystarczającej w danych warunkach dla zapewnienia poprawnego przebiegu procesów technicznych lub funkcjonowania konstrukcji.

Typizacja, poprzez zmniejszenie różnorodności dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych, przynosi szereg korzyści. Przede wszystkim należy tu wymienić skrócenie czasu projektowania, zmniejszenie kosztów produkcji, zakupu, składowania i serwisowania, a także polepszenie jakości wyrobu ostatecznego [7].

Od roku 2011 w Jastrzębskiej Spółki Węglowej, prowadzone są działania zmierzające do typizacji obudowy stalowej wyrobisk chodnikowych i jej akcesoriów. We współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa opracowano kolejno projekty: typoszeregu odrzwi obudowy ŁProJ i ŁPrPJ, strzemion dwujarzmowych typu SDJ, rozpór międzyodrzwiowych typu JSW oraz stóp podporowych typu JSW. Dodatkowo powstały dwa typoszeregi odrzwi, dedykowane na potrzeby kopalń „Zofiówka" (ŁPZof) i „Borynia" (ŁPCBor). Ostatnim zrealizowanym etapem typizacji w JSW był projekt szyn kolejek podwieszonych ze złączem nowej konstrukcji. Działania te miały na celu zmniejszenie różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych, stosowanych w kopalniach wchodzących w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Wytyczne do projektowania szyn nowej konstrukcji obejmowały zmniejszenie kosztów ich produkcji, poprawę własności antykorozyjnych i wydłużenie żywotności toru jezdnego. W zamyśle szyny te miały również charakteryzować się nieskomplikowaną zabudową, dużą prostoliniowością toru jezdnego, a także posiadać możliwość łatwej adaptacji do zwiększo-



***1**. Złącza szyn kolejek podwieszonych stosowane w kopalniach JSW SA; a) złącze typu KSP-32 (Stalpol), b) złącze typu S-100 (Bowa), c) Złącze typu ZD24D (Transl - Czechy), d) Złącze typu P-130 (Pioma)*

nych prędkości transportu kolejkami podwieszonymi. Jednak najważniejszym założeniem było wyeliminowanie niekompatybilnych wzajemnie rozwiązań szyn, pochodzących od różnych producentów.

Obecnie, w kopalniach JSW SA stosowanych jest kilka typów szyn, różniących się przede wszystkim konstrukcją złączy. Taka mnogość rozwiązań powoduje znaczne utrudnienia w logistyce oraz serwisowaniu i utrzymaniu należytego stanu technicznego tras kolejek. Stwarza to także konieczność dysponowania znaczną ilością szyn przejściowych pomiędzy każdym z systemów szyn. Wdrożenie do użycia nowej, jednakowej dla kopalń całej Spółki szyny, stanowi istotny etap procesu typizacji wyposażenia wyrobisk górniczych w ramach JSW SA. Głównym celem takich działań jest redukcja kosztów wydobycia.

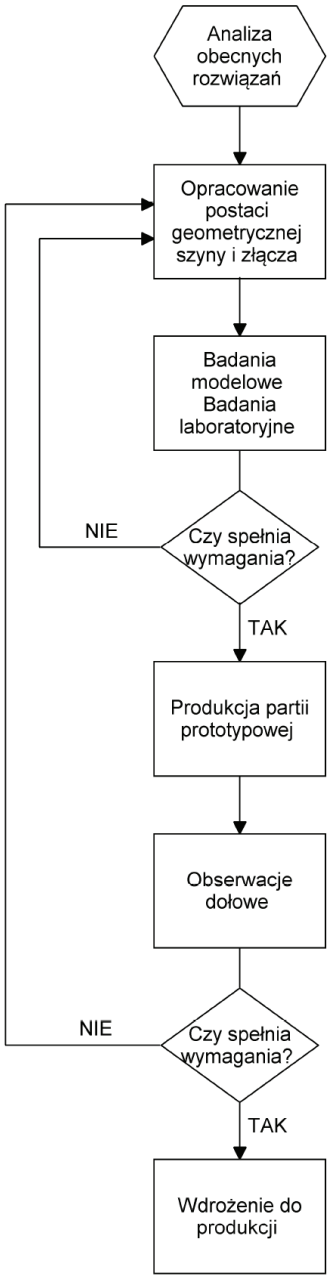
Dotychczas stosowane złącza szyn kolejek podwieszanych

W kopalniach JSW SA, do prowadzenia transportu podziemnego kolejkami podwieszonymi, dotychczas wykorzystywano kilka różnych rodzajów złącz szyn (w zależności od producenta toru). Różnią się one między sobą głównie konstrukcją złącza górnego, ale też postacią geometryczną odkuwek, a także sposobem łączenia szyny z zawiesiem. Różna jest też sztywność, szczególnie poprzeczna, torów zbudowanych z szyn poszczególnych konstrukcji, a także ich masa jednostkowa. Wszystkie te parametry wpływają bezpośrednio na dopuszczalne obciążenia maksymalne złącz wzdłuż i poprzek osi toru, co z kolei stanowi o możliwości stosowania danego typu szyn w konkretnych warunkach. Na fotografiach **1a÷d** przedstawiono przykładowe złącza wykorzystywane do budowy tras w kopalniach wchodzących w skład JSW SA.

Prace projektowe nad nową konstrukcją złączy

Prace projektowe nad nową konstrukcją szyn do kolejek podwieszanych rozpoczęto po wnikliwej analizie stanu obecnego oraz po licznych konsultacjach z przedstawicielami JSW SA. W procesie projektowym przyjęto następujące założenia, określone przez Zleceniodawcę:

1. tor jezdny będzie wykonany z dwuteownika walcowanego na gorąco typu I155 lub równoważnego, zgodnie z normą PN-H-93441-10:1994,
2. dopuszczalne obciążenie złącz w kierunku zawieszenia będzie nie mniejsze niż 80 kN,
3. dopuszczalne obciążenie złącz wzdłuż toru będzie nie mniejsze niż 120 kN,
4. złącze przegubowe umożliwiać będzie przegięcie trasy w płaszczyźnie pionowej maksymalnie ±6° oraz ±0,5° w płaszczyźnie poziomej. Połączenia pomiędzy szynami jezdnymi realizowane będą za pomocą łączników przymocowanych do końca szyn i zabezpieczających połączenie przed rozłączeniem. Kompletne złącze będzie zawierać element zabezpieczający przed rozłączeniem, wykorzystywany także do mocowania elementów zawiesia lub odciągów,
5. górną część złącza szyny prostej stanowić będą dwa elementy wykonane z płaskownika, z otworami na śrubę, przyspawane do górnej półki dwuteownika,
6. szyny wyposażone będą (opcjonalnie) w dodatkowy uchwyt, umożliwiający zabudowę odciągów stabilizacyjnych, zapadek i innych akcesoriów,
7. szyny łukowe 15° i 7,5° służące do zmiany po łuku kierunku toru jezdnego w poziomie, zakończone będą obustronnie połączeniem kołnierzowym zapewniającym sztywne połączenie tych szyn z trasą kolejki. Długość szyny wyniesie 1,0÷1,1 m. Minimalny promień łuku wygięcia szyn wyniesie 4,0 m,
8. szyny wklęsłe i wypukłe, służące do zmiany po łuku kierunku toru jezdnego w pionie odpowiednio w górę i w dół, zakończone będą obustronnie połączeniem kołnierzowym, zapewniającym sztywne połączenie tych szyn z trasą kolejki. Minimalny promień łuku wygięcia szyn wyniesie 10,0 m,
9. szyny łukowe, wklęsłe i wypukłe będą wyposażone w złącze o bu-

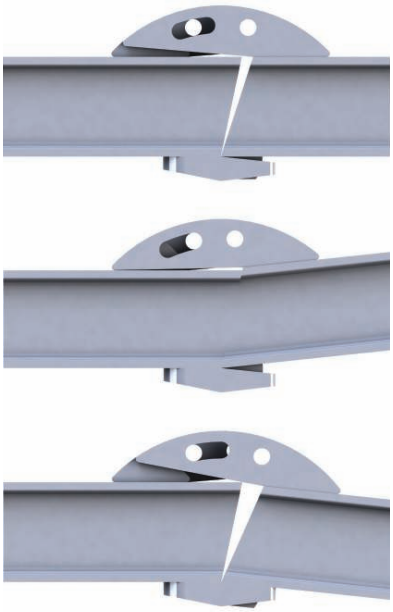


***2**. Schemat blokowy procesu projektowo-wdrożeniowego*

dowie części górnej jak w punkcie 5 powyżej.

Przyjęty schemat blokowy procesu projektowo-wdrożeniowego przedstawiono na rysunku **2**.

W celu określenia parametrów geometrycznych złącza, umożliwiających spełnienie przyjętych założeń projektowych przeprowadzono analizę kinematyczną łączonych elementów – końców szyn. Pozwoliło to określić wymagane kształty i wymiary elementów stanowiących złącze. Na rysunku *3* przedstawiono charakterystyczne



***3**. Analiza kinematyczna złącza - wychylenie w pionie ±6°*

ułożenia elementów złącza.

Postać konstrukcyjna złącza górnego według koncepcji opiera się na dwóch identycznych łącznikach, zbliżonych kształtem do odcinka koła, wykonanych z blachy o grubości 20 mm i spawanych do górnych półek kształtownika I155 - po jednym dla każdej części złącza. Pomiędzy łącznikami pozostawiona jest przestrzeń, w której mocuje się ogniwo zawiesia łańcuchowego, a także stalowe prowadniki o kształcie zbliżonym do trójkąta, zapewniające odpowiednią sztywność złącza i pełniące funkcję ogranicznika wychylenia ogniwa łańcucha. Złącze dolne stanowią dwie współpracujące odkuwki. Zarówno złącze górne, jak i dolne, swoją kinematyką umożliwiają spełnienie wytycznych odnośnie przegięcia złącza w pionie i poziomie.

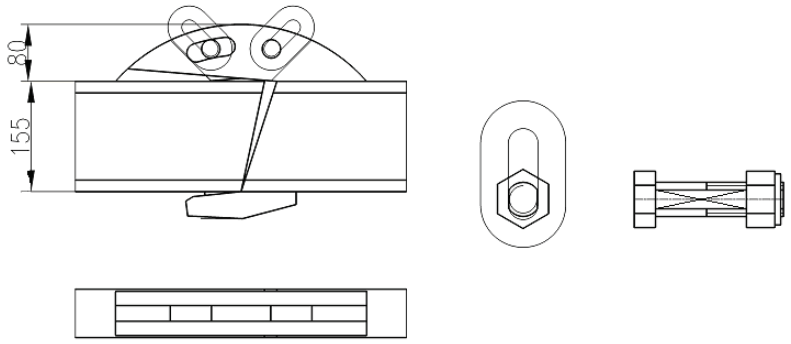
Elementy złączne zaproponowane do skręcenia złącza to śruby specjalne M24 z podcięciem dla wprowadzenia w ogniwo łańcucha 18x64, wraz z nakrętkami samozabezpieczającymi. Widok ogólny złącza według koncepcji przedstawiono na rysunku **4**.

Nowe rozwiązanie konstrukcyjne złączy szyn kolejek podwieszonych

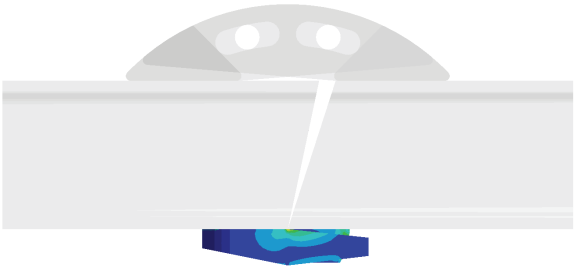
W wyniku przeprowadzonych analiz, a także konsultacji z przedstawicielami JSW SA, do dalszych prac konstrukcyjnych wytypowano koncepcję złącza szyn kolejek podwieszonych, nieznacznie zmodyfikowaną w sposób umożliwiający spełnienie wymagań ruchowo - wytrzymałościowych.

Przed przystąpieniem do właściwego etapu projektowego wykonano analizę wytrzymałościową zasadniczych elementów złączy.

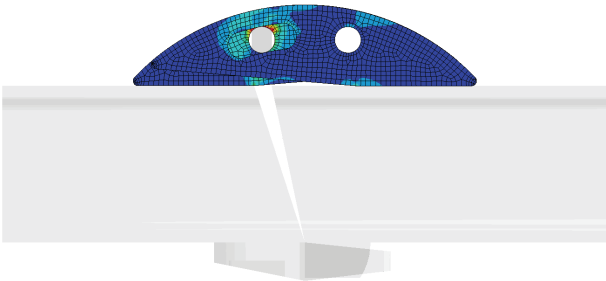
Modelowe badania wytrzymałościowe przeprowadzono numerycznie metodą elementów skończonych (MES, ang. FEM) [4,5]. Z punktu widzenia użytkownika, modelowanie we współczesnych systemach MES sprowadza się do wprowadzenia geometrii całego badanego układu oraz określenia parametrów poszczególnych jego części, takich jak własności materiałowe, parametry przekrojowe, a w przypadku analizy nieliniowej krzywe materiałowe. Geometrię układu można zadać tworząc ją, bądź importując gotową z programów CAD. Uciążliwa dyskretyzacja, zwłaszcza w przypadku skomplikowanych modeli, dokonywana jest często w sposób automatyczny lub półautomatyczny, pod kontrolą użytkownika. Po wprowadzeniu powyższych danych konieczne jest okre-



***4**. Schemat złącza według koncepcji*



5. Wyniki analizy wytrzymałościowej złącza dolnego



6. Wyniki analizy wytrzymałościowej złącza górnego

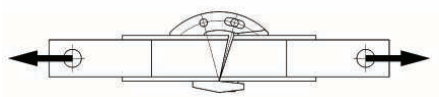
ślenie sposobu obciążenia i podparcia modelu. W wyniku obliczeń otrzymuje się między innymi wartości sił wewnętrznych przeliczanych automatycznie na naprężenia zredukowane. Programy komputerowe działające w oparciu o algorytm MES, oprócz przemieszczeń i sił wewnętrznych, automatycznie obliczają naprężenia zredukowane według hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego, zgodnie z ogólną zależnością [2,3]:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3\cdot\left(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2\right)}$$

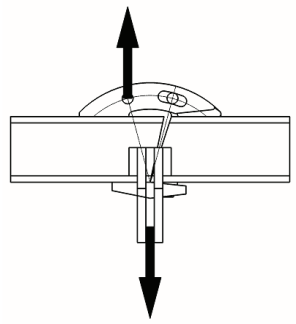
Porównując uzyskane wartości maksymalnych naprężeń zredukowanych z wartościami dopuszczalnymi dla danego materiału można w prosty, niedrogi, nieniszczący sposób uzyskać odpowiedź na pytanie o poprawność zaprojektowanej konstrukcji (jeszcze przed podjęciem produkcji).

W pierwszym etapie zbudowano modele odzwierciedlające zarówno geometrię badanych elementów, jak również ich parametry materiałowe. Badaniom poddano elementy górnego i dolnego złącza, poddane obciążeniom rozrywającym osiowo i poprzecznie w stosunku do osi toru kolejki. Rysunki **5** i **6** przedstawiają przykładowe barwne mapy naprężeń zredukowanych.

Na podstawie uzyskanych pozytywnych wyników badań modelowych podjęto decyzję wykonaniu partii próbnej szyn przeznaczonych do badań stanowiskowych. Dodatkowo, ze względu na miejsca koncentracji naprężeń, zdecydowano się na zwiększenie wymiarów poprzecznych kluczowych spoin nośnych, a także zaostrzenie norm ich wykonania i kontroli jakości.



7. Sposób obciążania złącza w badaniu wytrzymałości na rozciąganie wzdłużne



8. Sposób obciążania złącza w badaniu wytrzymałości poprzecznej

Badania stanowiskowe

Na podstawie poprawionej po etapie obliczeń numerycznych dokumentacji rysunkowej wykonano partię próbną złączy szyn kolejek podwieszanych typu JSW. Próbki przygotowano tak, aby określić wytrzymałość złącza, a przez to umożliwić określenie maksymalnego dopuszczalnego obciążenia złącza wzdłuż i poprzek osi toru jezdnego, z uwzględnieniem odpowiednich współ-

***Tab. 1.** Wyniki badań stanowiskowych próbek złącz szyn kolejek podwieszanych typu JSW*

Numer próbki	Sposób obciążania	Pc [kN]	Uwagi	
1	Osiowo	317,8	Wersja I – śruba 8.8	Badania w trakcie prac projektowych (GIG)
2	Poprzecznie	204,9		
3	Poprzecznie	174,1		
4	Poprzecznie	233,8	Wersja II - szekla	
5	Poprzecznie	269,0		
6	Osiowo	312,9		
7	Osiowo	519,1	Wersja III (poprawiona wersja I) – śruba 10.9	
8	Poprzecznie	280,5		
9	Poprzecznie	275,9		
10	Osiowo	441,0		
11	Osiowo	452,1		
12	Osiowo	460,6		
13	Osiowo	436,6		
14	Osiowo	650,5	Wersja ostateczna	Badania atestacyjne (KOMAG)
15	Osiowo	589,6		
16	Osiowo	653,7		
17	Osiowo	675,4		
18	Osiowo	681,6		
19	Osiowo	725,4		
20	Poprzecznie	370,8		
21	Poprzecznie	374,8		
22	Poprzecznie	349,3		
23	Poprzecznie	370,1		
24	Poprzecznie	369,1		
25	Poprzecznie	344,7		

***9**. Próbka po badaniach*

***10**. Próbka po badaniach*

***11**. Próbka po badaniach*

czynników bezpieczeństwa. Badania prowadzono kilkuetapowo, aby umożliwić naniesienie odpowiednich zmian w konstrukcji złącza, wynikających z potrzeby zwiększenia nośności czy zmiany sposobu zachowania złącza pod wpływem obciążenia. Schemat prowadzenia badań pokazano na rysunkach **7** i **8**. Przykłady próbek po badaniach przedstawiają fotografie **9**÷**11**. Zestawienie wyników wraz z uwagami odnośnie typu badania i wersji próbki zamieszczono w tablicy **1**.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki badań stanowiskowych, a także dalsze opinie przedstawicieli JSW SA zostały uwzględnione przy ostatecznym etapie projektowania, którego wynikiem jest komplet dokumentacji rysunkowej. Uzupełnieniem dokumentacji rysunkowej są warunki techniczne wykonania i odbioru, a także dokumentacja techniczno-ruchowa.

Szyny kolejek podwieszanych typu JSW, według dokumentacji jak wyżej, występują w następujących odmianach:

- -szyny proste,
- szyny zakrętowe,
- szyny wklęsłe lub wypukłe,
- szyny przejściowe.

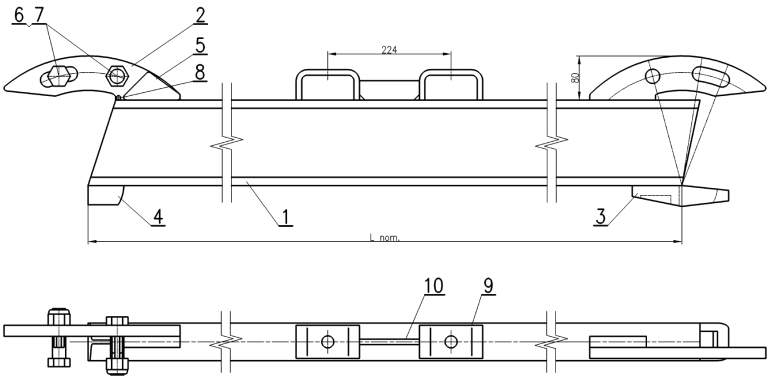
Uzupełnieniem systemu tras opartego na szynach typu JSW mogą być zawiesia, odciągi, rozjazdy, blokady i zakończenia torów pochodzące z systemów innych producentów, spełniające zasady dopuszczenia i kompatybilności z systemem typu JSW.

Szyna typu JSW w podstawowym, prostym wariancie, (rys. 12) składa się z:

- odcinka prostego dwuteownika I155 wg normy PN-H-93441-10 (poz. 1),
- dwóch jednakowych elementów z blachy płaskiej o grubości 20 mm (poz. 2), stanowiących, po połączeniu kolejnych szyn, górną część zamka toru jezdnego i jednocześnie zawiesie toru, a także uchwyt transportowy w transporcie ręcznym,
- dwóch różnych, współpracujących odkuwek (poz. 3 i 4), stanowiących, po połączeniu kolejnych szyn, dolną część zamka toru jezdnego,
- dwóch jednakowych elementów dystansowych (poz. 5) z blachy o grubości 20 mm,
- dwóch kompletów śruby specjalnej M24 z nakrętką samozabezpieczającą (poz. 6 i 7), przeznaczonych do łączenia i stabilizacji kolejnych szyn w torze jezdnym, a także jako zawiesia łańcucha górniczego 18x64,
- zabezpieczenia przed wysunięciem złącza w pionie, wykonanego z pręta Ø8 (poz. 8),
- uchwytu do akcesoriów dodatkowych wraz z blachą wzmacniającą (poz. 9 i 10).

Szyny kolejek podwieszanych typu JSW produkowane są o długości od 1000 mm do 2250 mm w zależności od wymagań zamawiającego.

W ramach prac projektowych zaprojektowano szyny kolejek podwieszanych ze złączem nowego typu, o wysokich parametrach nośnościowych. W przypadku poprawnie wykonanego złącza dopuszczalne obciążenie poprzeczne wynosi 70 kN, a w przypadku zastosowania dwóch nośnych zawiesi łańcuchowych wynosi ono 80 kN. Dopuszczalne obciążenie wzdłużne wynosi 120 kN. ◀



***12**. Szyna prosta typ JSW*

Materiały źródłowe

[1] Chmielewski T., Nowak H. Mechanika budowli. Metoda przemieszczeń. Metoda Crossa. Metoda elementów skończonych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. 1996.

[2] Cook R.D. i inni. Concepts and applications of finite element analysis. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

[3] Dyląg Z. i inni. Wytrzymałość materiałów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1996.

[4] Rakowski G., Kacprzyk Z. Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1996.

[5] Rusiński E. Metoda elementów skończonych. System COSMOS/M. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1994.

[6] Szuścik W., Kuczyński J. Wytrzymałość materiałów (Mechanika modelu ciała odkształcalnego i ciała rzeczywistego). Część I. Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, 1998.

[7] Wrotny L.T. Projektowanie obrabiarek. Zagadnienia ogólne i przykłady obliczeń. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. 1986.

Wspomnienie o inż. Antonim Jakubowskim (1928-2015)

1. *Antoni Jakubowski w 1961 r., Źródło Archiwum ITS*

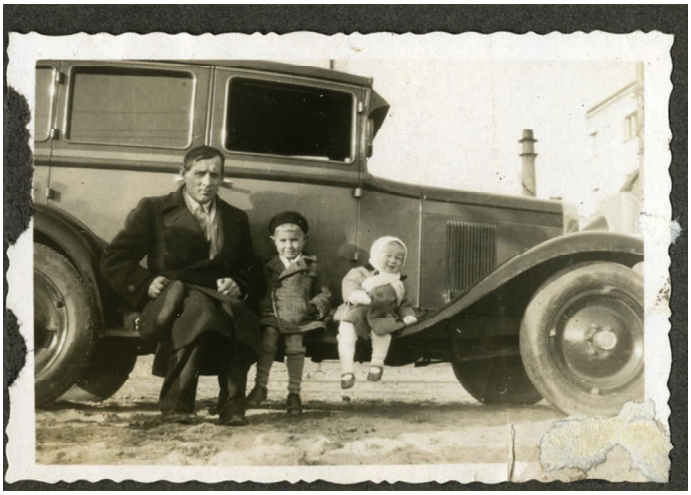
Nie sposób w krótkim artykule opisać całej bogatej działalności zawodowej Antoniego Jakubowskiego. Opinie przełożonych pozwalają poznać go jako człowieka bardzo pracowitego, o dużym talencie technicznym i wybitnych zdolnościach w zakresie udoskonalania konstrukcji. Jeden z jego projektów - napęd gąsienicowy do motocykla - był testowany na Spitsbergenie przez jego szwagra znanego podróżnika i polarnika Ryszarda Czajkowskiego. Poznajmy historię pasji motoryzacyjnej człowieka, który w swoim czasie wniósł duży i wielowymiarowy wkład w rozwój polskiej motoryzacji.

Antoni Jakubowski urodził się w 27 lipca 1928 r. w Warszawie. Jego ojciec Władysław był technikiem samochodowym a mama Maria lekarzem. W 1933 r. ojciec Antoniego, Władysław Jakubowski, znany warszawski mechanik samochodowy, zbudował jako członek spółdzielni mieszkaniowej piętrową willę na Bielanach. Ponieważ był posiadaczem samochodu, mógł postawić także oddzielny garaż. W nim - dla fantazji - wymurował niewielki basen dla swoich małych dzieci. Basen spełniał swoje podstawowe zadanie niedługo, stając się wkrótce magazynem części zdemontowanych z naprawianych pojazdów. Później była wojna, Powstanie Warszawskie i w 1945 r. koniec niemieckiej okupacji. Zniszczenia dokonane w stolicy ominęły na szczęście dom i garaż na Bielanach. Po wojnie Władysław Jakubowski remontował samochody, pozyskując części z wraków zalegających pobocza w całym kraju. Jedno z takich porzuconych aut uruchomił i przyjechał nim do Warszawy. Był to Opel Kadett K38, który przez wiele lat dzielnie służył rodzinie. Basen i cały garaż powoli zapełniał się kolejnymi kilogramami części, które zaczęły zajmować regały pod sam sufit, a w dalszej kolejności antresolę i wszelkie dostępne miejsce. Po wojnie Władysław Jakubowski pracował Biurze Odbudowy Stolicy, a we własnym warsztacie remontował samochody wspólnie z dorosłym już synem, Antonim.

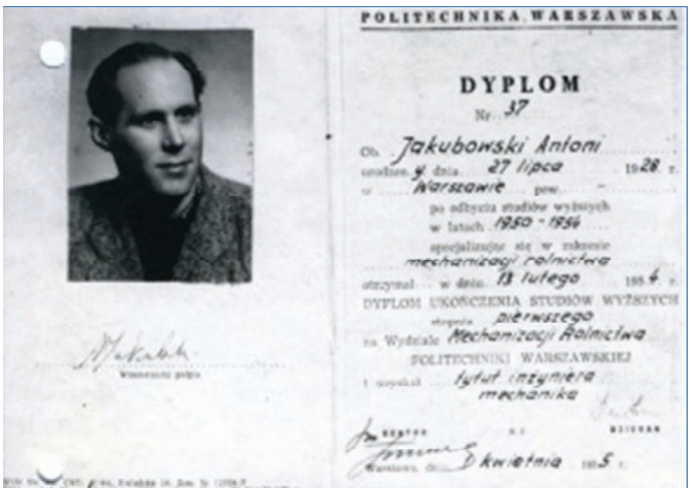
Zanim do tego doszło, jeszcze przed wybuchem II wojny światowej, młody Antoni ukończył cztery klasy szkoły podstawowej Robotniczego Towarzystwa Przyjaciół Dzieci (RTSD) na Żoliborzu. W czasie okupacji ukończył szkołę powszechną nr 21 na Bielanach oraz trzy klasy gimnazjalne na tajnych kompletach Gimnazjum im. Poniatowskiego na Muranowie. Po zakończeniu Kampanii 1939 r. zajęcia szkolne odbywały się do 15 listopada 1939 r. Natychmiast po zamknięciu szkoły przez Niemców rozpoczęto tajne nauczanie w niewielkich kompletach uczniowskich. Trwało ono do Powstania Warszawskiego. Powstały również konspiracyjne grupy harcerskie uczniów Poniatówki, których młodsi uczestnicy dali początek żoliborskim Szarym Szeregom, starsi zaś trafili do wojskowych oddziałów armii podziemnej. Po 1 września 1939 r. Antoni Jakubowski ps. „Jakubek" szybko włączył się do pracy konspiracyjnej. W latach 1939-1944 był żołnierzem Szarych Szeregów, a w 1944 r. (a zatem w wieku 16 lat) walczył w Powstaniu Warszawskim na Żoliborzu, w Plutonie 228, kompanii sztabowej, II Obwodu „Żywiciel". W żadnym z zachowanych w teczce personalnej w ITS dokumentów do tego się jednak nie przyznał. W ankietach osobowych w rubryce przynależność organizacyjna w okresie okupacji konsekwentnie wpisywał „nie należałem". Być może zatem nikt w Instytucie o tym nie wiedział.

Po wyzwoleniu Antoni Jakubowski ukończył Gimnazjum im. Poniatowskiego (tzw. Poniatówkę), a następnie liceum mechaniczno-samochodowe przy ul. Hożej 88 uzyskując dyplom technika samochodowego.

Po wojnie na początku kwietnia 1945 r. mająca swoje tradycje od 1925 r. szkoła wznowiła działalność jako Państwowe Liceum Techniczne. W roku szkolnym 1951/52 utworzono Państwowe Technikum Mechaniczno-Samochodowe Ministerstwa Transportu Drogowego i Lotniczego oraz Państwowe Technikum Samochodowe dla Pracujących Ministerstwa Przemysłu Maszynowego. Obie szkoły w 1957 r. zostały połączone



2. *Na stopniu swego samochodu siedzi Władysław Jakubowski z dziećmi Antonim i Marylą. Prawdopodobnie 1932 r., Źródło: Archiwum rodziny Jakubowskich*



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

DYPLOM

Nr 37

Ob. Jakubowski Antoni

urodzon. w dniu 27 lipca 1928 r.

w Warszawie pow.

po odbyciu studiów wyższych

w latach 1950 - 1956

specjalizując się w zakresie

mechanizacji rolnictwa

otrzymał w dniu 13 lutego 1964 r.

DYPLOM UKOŃCZENIA STUDIÓW WYŻSZYCH

stopnia pierwszego

na Wydziale Mechanizacji Rolnictwa

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

i uzyskał tytuł inżyniera mechanika

Warszawa dnia 5 kwietnia 1965 r.

3. *Antoni Jakubowski dyplom ukończenia PW. Źródło Archiwum ITS*

pod wspólną nazwą - Technikum Mechaniczne Nr 2 z wydziałem komunikacyjnym: naprawa i eksploatacja samochodów i wydziałem mechanicznym: budowa silników spalinowych.

W 1950 r. wstąpił na Wydział Mechaniczny Politechniki Warszawskiej (PW). PW ukończył na wydziale mechanizacji rolnictwa w 1954 r. gdzie uzyskał dyplom inżyniera mechanika.

Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Centralnym Zarządzie Państwowych Ośrodków Maszynowych (CZPOM) jako starszy inspektor w Dziale Eksploatacji. Pracę zawodową rozpoczął po ukończeniu studiów na Politechnice Warszawskiej 15 marca 1954 r. Do jego obowiązków służbowych należało opracowywanie instrukcji remontów maszyn rolniczych oraz kontrola remontów tych maszyn w terenie. W czasie pracy w CZPOM opracował około 30 instrukcji obsługi.

Młody Antoni Jakubowski miał niespożytą energię, której ujście znalazł m.in. w rywalizacji sportowej. Brawurowo prowadził motocykle, zdobywając dwukrotnie Mistrzostwo Polski (jako członek CWKS Legia Warszawa) oraz złoty medal w Sześciodniówce Motocyklowej w 1953 r. Na skutek poważnego wypadku porzucił jednak sport motocyklowy, kierując swoją uwagę na wyścigi motorowodne. Współpracując ze Stefanem Gajęckim w przygotowaniu sprzętu, został w 1959 r. pierwszym w historii polskiego sportu mistrzem Europy (w klasie O-500), a później dziewięciokrotnym mistrzem Polski w różnych klasach (w latach 1955-1962).

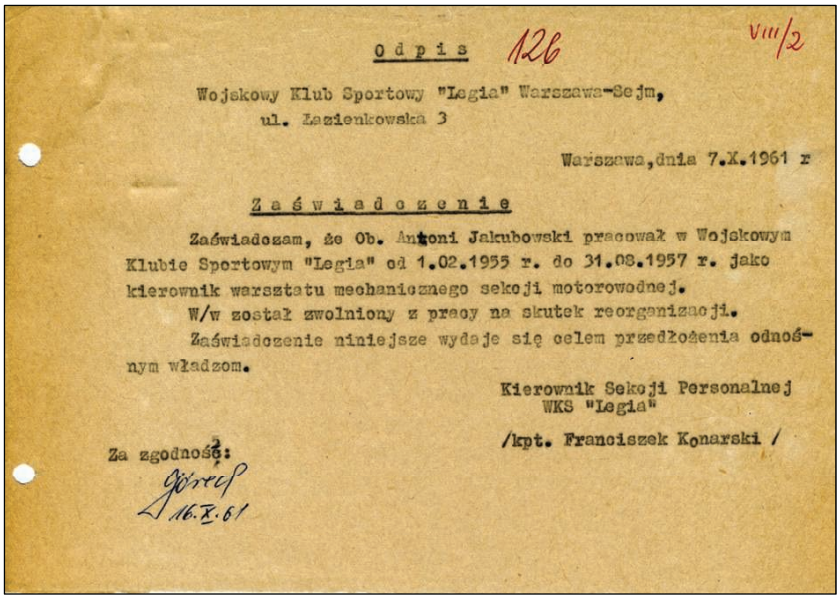
Antoni Jakubowski do pracy w Centralnym Wojskowym Klubie Sportowym (CWKS) Legia w charakterze kierownika warsztatu mechanicznego przeniósł się 1 lutego 1955 r. gdzie pracował do 31 sierpnia 1957 r. W tym czasie zajmował się m.in. zagadnieniem zwiększenia mocy w silnikach wyczynowo-sportowych; wykonując szereg badań tych silników na hamowni. Przeprowadzane badania pozwoliły mu na przygotowanie silnika, na którym zdobył Motorowodne Mistrzostwo Europy w klasie 500 cm^3. Z pracy został zwolniony na skutek reorganizacji klubu.

We wrześniu 1957 r przeniósł się do Fabryki Samochodów Osobowych (FSO) na Żeraniu. W FSO pracował w Dziale Głównego Konstruktora oraz w Laboratorium Badań Zespołów Fabryki Samochodów Osobowych na Żeraniu. Od tej pory całokształt jego działalności zawodowej koncentrował się głównie nad zagadnieniami badań pojazdów samochodowych, ich zespołów oraz metod przeprowadzania tych badań. W Laboratorium Badań Zespołów FSO Jakubowski pracował przy badaniach zespołów podwoziowych samochodów. Do ważniejszych prac należy zaliczyć:

- przebadanie zespołów podwozi importowanych samochodów zagranicznych: Ford Zephyr, DKW Junior, Borgward Arabela, Ford Taunus oraz krajowych Syrena i Warszawa,
- przeprowadzenie szeregu badań okresowych zespołów produkowanych w FSO,
- opanowanie metody badań i analizy wyników badań zawieszeń samochodów metodą zrzucania z jednoczesną rejestracją strzałki ugięcia na taśmie przyrządu samopiszącego,
- przeprowadzenie badań prototypów amortyzatorów teleskopowych do samochodów Warszawa i Syrena, dopracowanie ich charakterystyk,
- przeprowadzenie badań nad prototypowymi zawieszeniami do samochodów krajowych na drążkach skrętnych, elementach gumowych oraz elementach pneumatyczno-olejowych.

Z FSO odszedł na własną prośbę.

W październiku 1961 r przeniósł się do pracy w Ośrodku Badań Transportu Samochodowego (jak wówczas nazywał się ITS) gdzie rozpoczął pracę w Zakładzie Technicznej Eksploatacji Pojazdów. Został przyjęty do pracy na etat zwolnionego inż. Feliksa Mieszkowskiego (pracował w ITS w latach 1958-196) na stanowisko inżyniera ds. badań. Podobnie jak w FSO pracował nad zagadnieniami badań pojazdów samochodowych. W latach 60-tych XX w. przeprowadził badania, z analizą wyników badań oraz wnioskami końcowymi, 20 pojazdów samochodowych, z których do ważniejszych zaliczyć można było badania kwalifikacyjne prototypów samochodów ciężarowych A-08 o ładowności 1,5 t.



Odpis 126 VIII/2

Wojskowy Klub Sportowy "Legia" Warszawa-Sejm,
ul. Łazienkowska 3

Warszawa, dnia 7.X.1961 r

Zaświadczenie

Zaświadczam, że Ob. Antoni Jakubowski pracował w Wojskowym Klubie Sportowym "Legia" od 1.02.1955 r. do 31.08.1957 r. jako kierownik warsztatu mechanicznego sekcji motorowodnej.

W/w został zwolniony z pracy na skutek reorganizacji.

Zaświadczenie niniejsze wydaje się celem przedłożenia odnośnym władzom.

Kierownik Sekcji Personalnej
WKS "Legia"

/kpt. Franciszek Konarski /

Za zgodność:
16.X.61

***4**. Zaświadczenie pracy Antoniego Jakubowskiego w WKS Legia. Źródło Archiwum ITS*

***Tab. 1.** Przebieg pracy zawodowej A. Jakubowskiego w latach 1954-1967*

Data rozpoczęcia pracy	Data zakończenia pracy	Miejsce Pracy	Stanowisko
15.03.1954	31.01.1955	Centralny Zarząd Państwowych Ośrodków Maszynowych	inż. mechanik.
01.11.1955	31.08.1957	Centralny Wojskowy Klub Sportowy	Kierownik warsztatu.
11.09.1957	15.01.1961	Fabryka Samochodów Osobowych w Warszawie	inż. konstruktor
16.10.1961	15.07.1967	Instytut Transportu Samochodowego, Zakład Technicznej Eksploatacji Pojazdów	starszy inżynier badań a potem adiunkt
16.07.1967	b.d.	Biura Kompletacji i Dokumentacji Technicznej „PREDOM"	b.d.

Źródło: oprac. własne na podstawie Archiwum ITS

Badania te przyczyniły się do wniesienia szeregu poprawek i zmian konstrukcyjnych przy produkcji serii informacyjnej. Do prac w tym okresie należy zaliczyć również przeprowadzenie szeregu badań homologacyjnych samochodów produkcji krajowej i importowanych z zagranicy. Antoni Jakubowski przeprowadził również w ITS badania zużyć paliwa w oparciu o wymagania normy PN-GO/S-04006 przez samochody ciężarowe produkcji krajowej. Wyniki tych badań były wykorzystywane przez Ministerstwo Komunikacji przy ustalaniu norm zużycia paliwa przez poszczególne typy tych samochodów. Uzupełnieniem jego prac badawczych w ITS było współautorstwo wydanej przez Wydawnictwa Komunikacji i Łączności książki pt. „Obsługa samochodów importowanych".

W ITS od 1961 r. Antoni Jakubowski był członkiem Związku Zawodowego Transportowców i Drogowców i brał czynny udział w pracach społecznych m.in. pełnił funkcję męża zaufania w Zakładzie Technicznej Eksploatacji Pojazdów. Jak stwierdzają dokumenty: „Postawa społeczna i moralna Ob. inż. Antoniego Jakubowskiego jest pod każdym względem pozytywna i wzorowa." 25 czerwca 1962 r. została mu jednak wypowiedziana umowa o pracę w ITS (dniem rozwiązania miał być 30 września 1962 r.) Powodem były według pracodawcy „zaniedbania organizacyjno-administracyjne" (niestety dokładnie nie wiemy jakie). 15 września 1962 r. Antoni Jakubowski napisał odwołanie od tej decyzji, w którym stwierdzał: *„W związku z wypowiedzeniem mi pracy w OBTS uprzejmie proszę o przeanalizowanie i ewentualną zmianę tej decyzji. Decyzję powyższą uważam za krzywdzącą, ponieważ powodem jej były wykroczenia o charakterze porządkowo-organizacyjnym. Z powierzonych mi obowiązków służbowych staram się wywiązywać sumiennie i terminowo, czego dowodem jest stan zawansowania przeprowadzonych przeze mnie badań samochodu A-08. Praca w OBTS jak najbardziej odpowiada moim zainteresowaniom i kwalifikacjom. Chciałbym nadal pracować na dotychczasowym stanowisku, doprowadzając do końca rozpoczęte badania. Proszę o ewentualne cofnięcie wypowiedzenia, zobowiązuję się równocześnie do bardziej dokładnego przestrzegania wszystkich obowiązujących w OBTS przepisów organizacyjno-porządkowych."*

18 września 1962 r. na szczęście decyzja dyrektora doc. mgr Mariana Madeyskiego została przez niego cofnięta a ITS zyskał dzięki temu wartościowego pracownika, który przez kilka lat swojej działalności wykonał wiele wartościowych prac naukowo-badawczych.

W 1966 r. po pięciu latach pracy zaczął ubiegać się o stanowiska adiunkta w Instytucie. We wniosku, który przygotował Kierownik Zakładu Eksploatacji Technicznej Pojazdów ITS adiunkt inż. Andrzej Cichowski, o przyznanie tego stanowiska inżynierowi Antoniemu Jakubowskiemu, który zachował się w jego teczce personalnej, czytamy: *„Inżynier Antoni Jakubowski jako pracownik inżynieryjno-techniczny pracuje od 1954 r, a w Działach Badawczych Fabryki Samochodów Osobowych i Instytutu Transportu Samochodowego od 1957 r., na stanowiskach inż. konstruktora i starszego inżyniera badań pojazdów. W okresie swojej pracy zawodowej inż. A. Jakubowski wykonał dużą ilość prac w charakterze naukowo-badawczym z zakresu badań pojazdów samochodowych różnego typu, opracował również szereg projektów norm zakładowych i wniosków racjonalizatorskich. Jako przedstawiciel ITS bierze również czynny udział w posiedzeniach Rady Technicznej Biura Konstrukcyjnego Przemysłu Motoryzacyjnego oraz Rad Zakładowych zakładów przemysłu motoryzacyjnego. Inż. Antoni Jakubowski posiada długoletnią praktykę w dziedzinie badań pojazdów mechanicznych i przy wykonywaniu poszczególnych opracowań wykazał się wysokimi kwalifikacjami i opanowaniem naukowych metod badań, oraz analitycznym podejściem do rozwiązywania trudnych problemów technicznych. Powyższe uzasadnia w pełni celowość przyznania inż. A. Jakubowskiemu tytułu adiunkta."*

23 czerwca 1966 r. zespół kwalifikacyjny do spraw kwalifikowania pracowników, ubiegających się o stanowisko pomocniczego pracownika naukowo-badawczego w ITS w składzie: prof. Witold Sudra, prof. Z. Kunczyński, doc. Kazimierz Groniowski, mgr inż. Leonard Stępniak - POP PZPR, mgr Jerzy Poradowski - Rada Zakładowa, inż. Stefan Toczek - SITKom, dr Jan Marzec – PTE, po zapoznaniu się dorobkiem naukowo-badawczym i kwalifikacjami inż. Antoniego Jakubowskiego, stwierdzał: „...[Antoni Jakubowski] *wykazał się znajomością dwóch języków obcych...*"

W zachowanej w ITS ankiecie osobowej, w rubryce „znajomość języków obcych", A. Jakubowski wpisał znajomość języków: niemieckiego, rosyjskiego i francuskiego. Ponadto w wyciągu z indeksu Wydziału Mechanicznego PW jego znajomość języka angielskiego oceniono jako „bardzo dobrą"– przyp. aut.

„...Wniosek o przyznanie tytułu adiunkta jest uzasadniony gdyż inż. A. Jakubowski wykazał się umiejętnością właściwego doboru i oceny literatury naukowej, naukowego opisywania doświadczeń oraz ich interpretacji. Wobec powyższego Zespół stwierdza, iż inż. A. Jakubowski odpowiada warunkom określonym dla stanowiska adiunkta w § 10 ust.3 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 1 lutego 1966 r. w sprawie powoływania pracowników naukowo-badawczych w Instytutach Naukowo-Badawczych (Dz.U. Nr 10 poz. 62) i wnioskuje o podjęcie przez Radę Naukową ITS decyzji, że inż. A. Jakubowski odpowiada warunkom określonym dla stanowiska adiunkta."

Jakubowski został zatem mianowany adiunktem jednak w ITS opracował już tylko rok - do lipca 1967 r.

W ITS Antoni Jakubowski pracował sześć lat. Gdy kończył pracę w ITS doczekał się następującej opinii swego dotychczasowego pracodawcy, Dyrektora ITS prof. Mariana Madeyskiego: „Instytut Transportu Samochodowego stwierdza, że Obywatel inż. Antoni JAKUBOWSKI pracował w Instytucie od dnia 16 października 1961 r. do dnia 15 lipca 1967 r. w charakterze adiunkta, w Zakładzie Badań Pojazdów. W okresie swojej pracy dał poznać jako wybitnie zdolny pracownik przejawiający duże zdolności organizacyjne. W tym okresie przeprowadził szereg prac o charakterze badawczo-naukowym wskazując szczególne uzdolnienia w zakresie udoskonalenia konstrukcji badanych pojazdów samochodowych. Sumienny i koleżeński, pracownik wykazujący się pracą społeczną, umiejący współpracować w zespole. Szczególne zainteresowania wykazał w inicjowaniu postępu technicznego. Rozwiązał stosunek służbowy na własną prośbę i został przeniesiony do pracy za obopólną zgodą do Biura Kompletacji i Dokumentacji Technicznej „PREDOM"." Do PREDOM (Warszawa ul. Krakowiaków 58 na Okęciu) przeszedł na wniosek z tego zakładu z dn. 21 czerwca 1967 r. (wpływ do ITS 24 czerwca 1967 r.).

Instytut wyraził zgodę pod warun-

kiem dokończenia prac badawczych, które Antoni Jakubowski prowadził tj.: badania homologacyjnego Warszawy 203A, badania homologacyjnego Żuka A05, badania homologacyjnego ciągnika Ursus 4011, ukończenia badań ruchowych samochodu NSU 110.

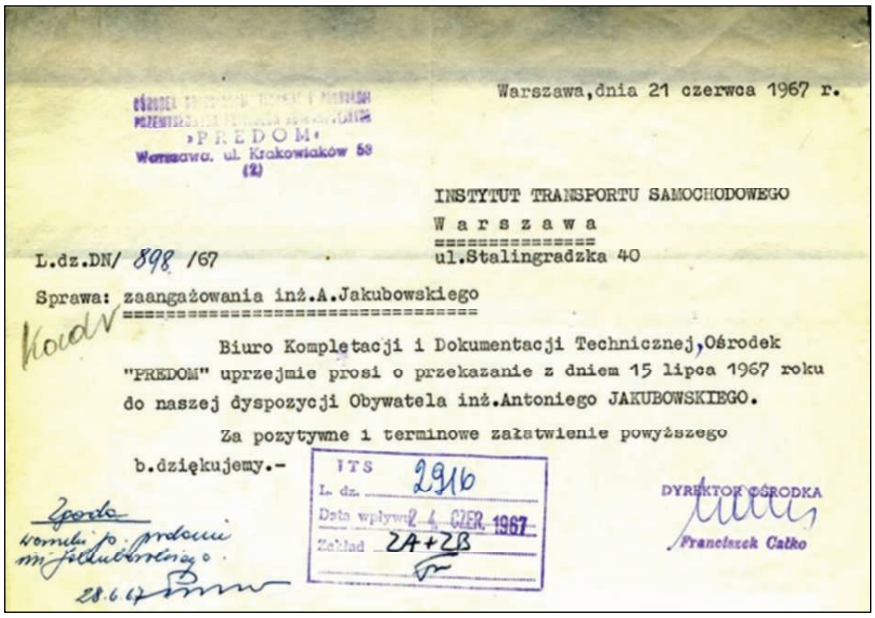
Dorobek naukowy w FSO i ITS

Antoni Jakubowski był autorem wielu prac naukowo-badawczych zarówno w czasie swojej pracy w FSO jak i w Instytucie Transportu Samochodowego (OBTS). W FSO pomiędzy 11 listopada 1957 r. a 15 stycznia 1961 r. brał udział w wielu pracach prowadzonych przez Laboratorium Badań Zespołu Działu Głównego Konstruktora FSO. Do jego dorobku w tym czasie zaliczyć można:

- badania okresowe zespołów samochodów M-20 Warszawa i Syrena - wydanie około 300 orzeczeń,
- przeprowadzenie badań prototypów nowych zespołów samochodów M-20 Warszawa i Syrena, amortyzatorów teleskopowych, zawieszeń pneumatyczno-olejowych, zawieszeń na drążkach skrętnych,
- przeprowadzenie badań i wydanie sprawozdań z badań samochodów zagranicznych: Ford - Zephyr, DKW Junior, Borgward Arabella.

Po przenosinach do ITS (OBTS) wykonał wiele prac naukowo badawczych. Uczestniczył w takich pracach doświadczalnych jak:

1. Badania kwalifikacyjne samochodu Trabant P 50, Praca ITS nr arch. 1073.
2. Badania prototypu samochodu ciężarowego o ładowności 1,5 t A-08, Praca ITS nr arch. 1075.
3. Badania samochodu Nysa N-62 z nadwoziem izotermicznym, Praca ITS nr arch. 1132.
4. Badania prototypu przyczepy meblowej D-39, Praca ITS nr arch. 1147.
5. Badania kwalifikacyjne samochodu ciężarowego A-08 o ładowności 1,5 t, Praca ITS nr arch. 1236.
6. Badania drogi opóźnień hamowania samochodu Tatra 111 CT - 7,5 z przyczepami do przewozu cementu luzem, Praca ITS nr arch. 1237.
7. Ustalenie przyczyn uszkodzeń występujących w mechanizmach kierowniczych autobusów Ikarus 620, Praca ITS nr arch. 1253.


Warszawa, dnia 21 czerwca 1967 r.

»PREDOM«
Warszawa, ul. Krakowiaków 58
(2)

INSTYTUT TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO
Warszawa
ul.Stalingradzka 40

L.dz.DN/ 898 /67

Sprawa: zaangażowania inż.A.Jakubowskiego

Biuro Kompletacji i Dokumentacji Technicznej, Ośrodek "PREDOM" uprzejmie prosi o przekazanie z dniem 15 lipca 1967 roku do naszej dyspozycji Obywatela inż.Antoniego JAKUBOWSKIEGO.

Za pozytywne i terminowe załatwienie powyższego b.dziękujemy.-

ITS
L. dz. 2916
Data wpływu 24 CZER. 1967
Zakład 2A+2B

DYREKTOR OŚRODKA
Franciszek Całko

Zgoda komdu po. predomu mgr Jakubowskiego.
28.6.67

***5**. Pismo z PREDOM do ITS w sprawie zaangażowania A. Jakubowskiego. Źródło Archiwum ITS*

8. Badania homologacyjne samochodu osobowego Zastava 750, Praca ITS nr arch., 1266.
9. Badania homologacyjne samochodu osobowego Trabant 601, Praca ITS nr arch., 1270.
10. Badania układu hamulcowego przyczepy osobowej PO-1, Praca ITS nr arch. 1286.
11. Badania układu hamulcowego przyczepy osobowej PO-1, Praca ITS nr arch. 1302.
12. Badania zużyć paliwa samochodów Star C25, Star A25, Star A 251, Star 27, San 271, Żubr A-80 w/g PH-60/S-04000.
13. Badania homologacyjne samochodu Warszawa 203K, Praca ITS nr arch. 1319.
14. Badania homologacyjne samochodu Wartburg 1000 typ 312, Praca ITS nr arch. 1319.
15. Badania homologacyjne samochodu NSU Prinz 1000, Praca ITS nr arch. 1338.
16. Badania najważniejszych własności użytkowych samochodu ciężarowego W 50 L, Praca ITS nr arch. 1425.
17. Badania homologacyjne samochodu sanitarnego Warszawa 204A.
18. Badania kwalifikacyjne I stopnia autobusu przegubowego AP-021, Praca ITS nr arch. 1339.
19. Badania kwalifikacyjne I stopnia przyczepy skrzyniowej typ 33-81A o ładowności 10 t., Praca ITS nr arch. 1447.
20. Badania homologacyjne samochodu NSU-Prinz 4.
21. Obsługa samochodów importowanych, (praca zbiorowa) Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.

Antoni Jakubowski miał pochodzenie robotnicze a w ankietach personalnych określał się jako inteligencja pracująca. Od 1945 r należał do organizacji młodzieżowych: początkowo Związku Walki Młodych (ZWM) na Żoliborzu, a następnie Związku Młodzieży Polskiej (ZMP do 1957 r.) i Związku Młodzieży Socjalistycznej (ZMS od 1957 r.) przy Politechnice Warszawskiej. Po wojnie został sklasyfikowany jako oficer rezerwy, podporucznik (nr specjalności wojskowej SW XII-2) z przynależnością ewidencyjną WKR Warszawa-Śródmieście (nie wiadomo czy w wojsku ujawnił swoją działalność konspiracyjną z czasów wojny).

Zakończenie

Konstruowanie było pasją Antoniego Jakubowskiego także poza pracą zawodową. Już w 1953 r. zbudował wraz z ojcem samochód typu SAM, zajmując w konkursie tygodnika „Motor" trzecie miejsce.

Jeden z jego projektów - napęd gąsienicowy do motocykla - był testowany na Spitsbergenie przez jego szwagra znanego podróżnika i polarnika Ryszarda Czajkowskiego. Jakubowski konstrukcje tą opracował pracując w PREDOM. Gąsienicowy napęd poprawiał możliwość poruszania się motocyklem po niestabilnym terenie.

Drugiego SAM-a skonstruował w latach 80. XX wieku. Było to auto, którego sztywna przestrzenna rama była autor-

***6**. Antoni Jakubowski prowadzi swojego SAM-a w konkursie amatorskich pojazdów w 1953 r. Obok Stefan Śmigielski*
Źródło: Archiwum rodziny Jakubowskich

***7**. Ryszard Czajkowski testuje przydatność nowego napędu na Spitsbergenie. 1974 r. motocykl WSK 175 sport.*
Źródło: Archiwum rodziny Jakubowskich

skim pomysłem twórcy, napęd pochodził z Wartburga 1,3, a pięknie wyklejone z laminatu nadwozie było kopią Fiata X1/9 z pewnymi modyfikacjami tylnej części. Wzorcem dla tego SAM-a był samochód jego kolegi. Antoni, nie mogąc takiego zdobyć, stwierdził, że zrobi go sobie sam. Ten pojazd nie został ukończony, bo jego autor miał już w głowie kolejne pomysły.

Od 30 kwietnia 1959 r. był żonaty z Zofią Hanną Filipowicz (ur. 28 stycznia 1933 r.). Ślub wzięli w Urzędzie Stanu Cywilnego Warszawa-Śródmieście. Jak „mówią" dokumenty archiwum ITS w Warszawie był przez pewien czas zameldowany w Alejach Jerozolimskich 27 m 5a, choć w rzeczywistości przez całe życie mieszkał w rodzinnym domu na Bielanach. Zmarł 27 lipca 2015 r. Rodzina Antoniego Jakubowskiego w tym wdowa po nim p. Zofia nadal mieszkają na warszawskich Bielanach. Autorzy artykułu odwiedzili dom rodzinny A. Jakubowskiego i rozmawiali z jego rodziną, pozyskując cenne materiały archiwalne do niniejszego artykułu w tym fotografie.

Osobnym rozdziałem była jego kariera sportowa. Był członkiem kadry narodowej (reprezentacji Polski) w sporcie motorowodnym zdobywając w 1960 r. Mistrzostwo Europy i tytuł zasłużonego Mistrza Sportu oraz Medal za Wybitne Osiągnięcia Sportowe. Jako motocyklista był dwukrotnie mistrzem Polski, w 1953 r. startował w Sześciodniówce Motocyklowej, zdobywając złoty medal. Jako motorowodniak został w 1959 r. pierwszym w historii polskiego sportu mistrzem Europy (w klasie O-500), był też dziewięciokrotnym mistrzem Polski w różnych klasach (w latach 1955-1962).

Materiały źródłowe:

[1] Antoni Jakubowski. Akta Personalne nr 618 – Archiwum ITS
[2] Jakubowski A, Zbroja J., Smoleński W., Trzcińska T., Badania homologacyjne samochodu Wartburg 1000 typ 312, Praca arch. nr 1319, ITS, Warszawa 1965
[3] Jakubowski A., Badania homologacyjne samochodu osobowego Wartburg 353 000, Praca arch. nr 1466, ITS, Warszawa 1966
[4] Krysiuk C., Kulesza A., Malawko P., Pawlak P., Sienkiewicz B., Szlassa P., Zakrzewski B., Zbyszyński M., Historia polskiej motoryzacji. Samochody osobowe i jednoślady, Wydawnictwo SBM Sp. z o.o., Warszawa 2012
[5] Majewski T., Jakubowski A., Miazga J., Karney H, Badania homologacyjne samochodu osobowego „Trabant 601", Praca arch. nr 1270, ITS, Warszawa 1965
[6] Płocica M., Zakrzewski B., Bierz przyczepę, jadziem na Bielany!, „Magazyn Prawdziwych Samochodów CLASSICAUTO", Tom 122, Nr 11/2016, s. 78-81
[7] Zakrzewski B., Badania drogowe samochodów osobowych w Instytucie Transportu Samochodowego w latach 50. XX wieku, „Technika Transportu Szynowego" nr 9/2012, s. 799-807
[8] Zakrzewski B., Instytut Transportu Samochodowego : 60 lat minęło…1952-2012, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2012
[9] Zakrzewski B., Krysiuk C., Badania drogowe samochodów jugosłowiańskich w ITS 1945-1990, „Logistyka" nr 4/2014, Instytut Logistyki i Magazynowania, s. 1476-1485
[10] Zakrzewski B., Historia Instytutu Transportu Samochodowego w Warszawie, Praca ITS nr arch. 6212/IN, ITS, Warszawa 2014
[11] Zakrzewski B., Samochody osobowe badane w ITS latach 50. XX w., „Technika Transportu Szynowego" nr 9/2012, s. 809-835
[12] Zakrzewski B., Samochody osobowe badane w ITS w latach 50. XX w. Część II, „Technika Transportu Szynowego", nr 10/2013, ss. 174-207
[13] Zakrzewski B., Samochody osobowe importowane do Polski w latach 1945-1990, Praca ITS nr 6421/IN, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2014

Opracowali:

Bartosz Zakrzewski
dr, adiunkt w Instytucie Transportu Samochodowego, bartosz.zakrzewski@its.waw.pl

Mieczysław Płocica
dr inż., adiunkt na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, mplocica@prz.edu.pl

***8**. Antoni Jakubowski w 2014 r.*

Inż. Mieczysław Lewandowski – Dyrektor i Prezes

W dniu 9 marca 2017 r. zmarł Kolega inż. Mieczysław Lewandowski – wybitny specjalista z dziedziny kolejnictwa, były Naczelny Dyrektor Dolnośląskiego Okręgu Kolei Państwowych oraz długoletni działacz Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP. Przez wiele lat pełnił funkcję Prezesa Zarządu Oddziału SITK we Wrocławiu, został jego Prezesem Honorowym oraz Członkiem Honorowym SITK.

Śmierć Kol. Inż. Mieczysława Lewandowskiego okryła żałobą nie tylko jego Rodzinę, ale również jego byłych współpracowników i członków naszego Stowarzyszenia.

Inż. Mieczysław Lewandowski urodził się 9 maja 1933 roku w Lutocinie, pow. Sierpc. W roku 1955 ukończył Wydział Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej i w tymże roku rozpoczął pracę w przedsiębiorstwie Polskie Koleje Państwowe. Oddział Drogowy w Bydgoszczy był pierwszym miejscem Jego pracy, gdzie pełnił funkcję kontrolera. W roku 1960 został Naczelnikiem Oddziału Drogowego w Toruniu, by po 6 latach pracy na tym stanowisku awansować na Zastępcę Naczelnika Zarządu Drogowego DOKP w Gdańsku. Następnie, od 1969 roku pełnił funkcję Naczelnika Biura Inwestycji w tej DOKP.

W 1972 r. kol. Mieczysław Lewandowski przeszedł do pracy w Dolnośląskiej Dyrekcji Okręgowej Kolei Państwowych na stanowisko Z-cy Naczelnego Dyrektora Okręgu ds. Utrzymania i Inwestycji. W latach 1990 – 1994 pełnił funkcję Naczelnego Dyrektora Dolnośląskiego Okręgu Kolei.

Całą swoją działalność zawodową Kol. inż. Mieczysław Lewandowski poświęcił unowocześnianiu polskich kolei, zwłaszcza ich elektryfikacji i modernizacji stacji rozrządowych. Za tę działalność został wyróżniony wieloma odznaczeniami resorowymi i państwowymi, m.in.: Racjonalizator Produkcji (1977), Srebrną i Złotą Odznaką za Zasługi dla Transportu (1976,1993), Srebrnym i Złotym Krzyżem Zasługi (1968,1974), Krzyżem Kawalerskim OOP (1980), Krzyżem Oficerskim OOP (1987) oraz tytułem honorowym – Zasłużony Kolejarz (1987).

Do Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Kol. inż. Mieczysław Lewandowski wstąpił w roku 1965, włączając się aktywnie w jego działalność. W latach 1973 -75 był członkiem Prezydium ZO SITK we Wrocławiu, w latach 1975 – 81 wiceprezesem tego Oddziału, a od 1981 r. aż do roku 2006 – Prezesem Oddziału. Od 1981 r. był członkiem Wrocławskiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych, a od 1993 r. wiceprzewodniczącym tej Rady. W latach 2000-2004 pełnił funkcję wiceprezesa Zarządu WrRFSNT.

Społeczna działalność kol. M. Lewandowskiego wywarła ogromny wpływ na integrację środowiska inżynierów branży komunikacyjnej, głównie poprzez inicjowanie i organizowanie konferencji naukowo – technicznych. Kol. Mieczysław Lewandowski był też głównym organizatorem XXII Zjazdu SITK we Wrocławiu w roku 1984.

Za działalność w Stowarzyszeniu i Federacji SNT został uhonorowany m.in.: Srebrną i Złotą Odznaką SITK, Odznaką Honorową NOT, Odznaką Zasłużonego Działacza OW NOT we Wrocławiu, Dyplomem Zasłużonego Działacza Wrocławskiej Rady Federacji SNT z umieszczeniem jego nazwiska na Tablicy Honorowej w holu gmachu NOT we Wrocławiu.

W roku 2005 otrzymał tytuł Honorowego Prezesa Oddziału SITK RP we Wrocławiu.

Cześć Jego Pamięci!

Opracował: dr inż. Wacław Piątkowski

Mieczysław Lewandowski podczas konferencji lotniczej organizowanej przez Oddział SITK RP we Wrocławiu (2013 r.)

Wręczenie statuetki "ERNESTY" za całokształt działalności na rzecz SITK RP (2013 r.)

GM ROADS

CZAS NA INNOWACYJNE **BUDOWNICTWO**

Oferujemy **profesjonalne usługi** z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.

W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRMĘ, **KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ**

Zobacz, co już wybudowaliśmy i dla kogo pracowaliśmy: **www.gm-roads.pl**

Biuro:
ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

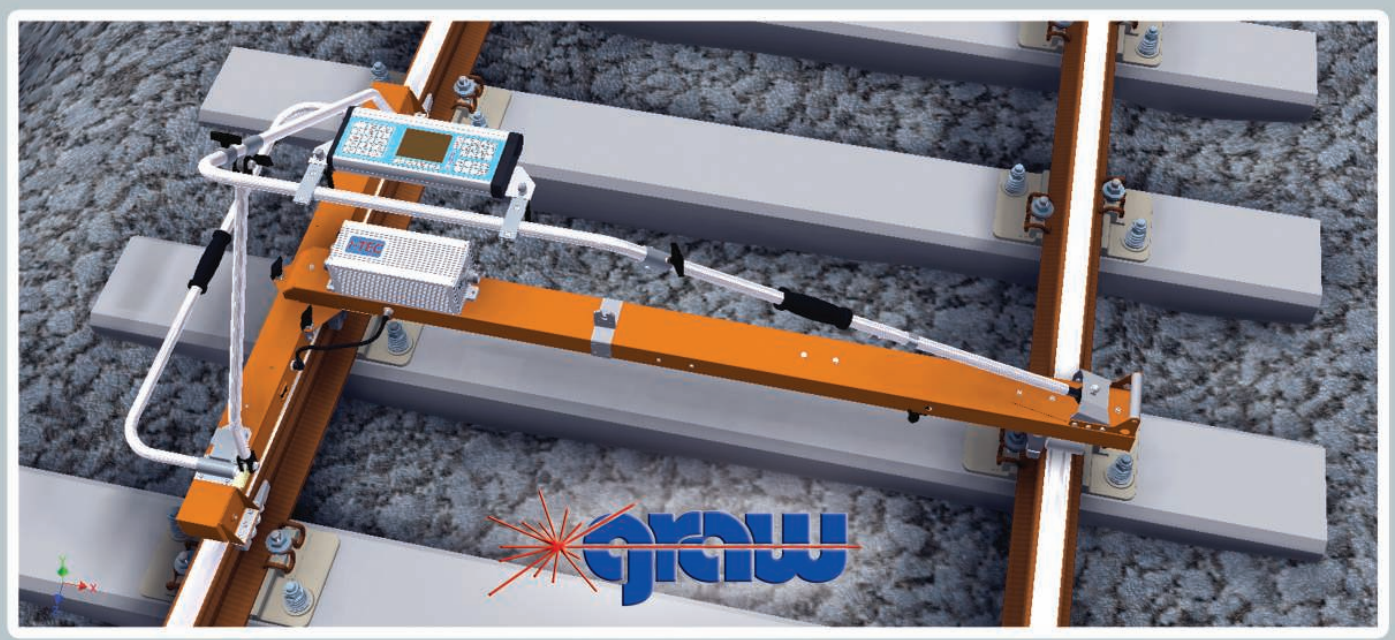
Budownictwo inżynieryjne:
tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:
tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:
ul. Wrocławska 41, Łażany
58-130 Żarów

REKLAMA

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC
Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com

REKMA Sp. z o.o.

ul. Szlachecka 7
32-080 Brzezie
tel. +48 12/633 59 22
fax +48 12/397 52 20

www.rekma.pl

- Dylatacje bitumiczne EMD typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe SILENT-JOINT[RESA]
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach betonowych i asfaltowych
- Naprawa spękań nawierzchni
- Specjalistyczne cięcie nawierzchni betonowych i asfaltowych
- Wypełnianie szczelin dylatacyjnych w torowiskach tramwajowych
- Natrysk środkami hydrofobowymi i hydrofilowymi
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Specjalistyczne wiercenie otworów pod kotwy i dyble
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą ultradźwiękową – RMI

SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE

ZJJZ

PN-EN ISO 9001:2009

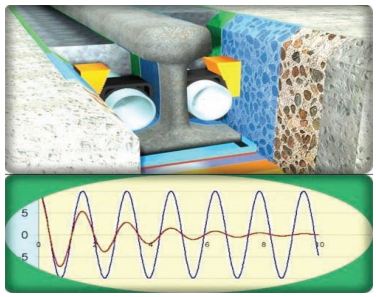
Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
Oddział we Wrocławiu

Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Mostów i Kolei

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział we Wrocławiu oraz Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Mostów i Kolei Politechniki Wrocławskiej przy współpracy z PKP PLK Centrum Realizacji Inwestycji Region Śląski oraz GDDKiA – Oddział we Wrocławiu mają zaszczyt zaprosić na pierwszą Konferencję Naukowo – Techniczną

PROBLEMY DYNAMIKI OBIEKTÓW INFRASTRUKTURY TRANSPORTOWEJ
„DYNTRANS"

Jelenia Góra, 27 - 29 września 2017 r.



Patronat medialny:

przegląd komunikacyjny

Konferencja jest adresowana do pracowników nauki zajmujących się dynamiką eksperymentalną i teoretyczną w inżynierii kolejowej, drogowej i mostowej, a także w inżynierii pojazdów. Jest adresowana też do przedstawicieli przemysłu zainteresowanych szeroko rozumianymi problemami dynamiki obiektów infrastruktury transportowej oraz pojazdów szynowych i drogowych. Zainteresowani tą tematyką są również przedstawiciele gmin, samorządów oraz mieszkańcy okolic dróg komunikacyjnych.

Celem konferencji jest wymiana doświadczeń środowiska naukowego i przemysłowego, określenie potrzeb i wzajemnych oczekiwań w związku z przystosowaniem sieci dróg kolejowych i samochodowych do zwiększonych prędkości i obciążeń z uwzględnieniem wymogów ochrony środowiska przed hałasem i drganiami powodowanymi ruchem pojazdów. Celowi temu służyć mają prezentacje nowych koncepcji metod obliczeniowych i pomiarowych, wyników badań numerycznych i eksperymentalnych oraz prac wdrożeniowych, technologii wibroizolacyjnych i ich zastosowań w praktyce, środków ochrony przed hałasem komunikacyjnym, urządzeń odzyskiwania energii drgań, aparatury diagnostycznej, itp.

TEMATYKA KONFERENCJI

- **Dynamika konstrukcji poddanych działaniu obciążeń ruchomych: dróg kolejowych, tramwajowych i samochodowych, obiektów mostowych, sieci trakcyjnych, rurociągów, tuneli, itp.**
- **Dynamika i aerodynamika pojazdów szynowych i drogowych**
- **Zagadnienia dynamiki specyficzne dla kolei dużych prędkości**
- **Teoria i symulacja numeryczna drgań ze szczególnym uwzględnieniem wzajemnych oddziaływań między konstrukcją obiektów i pojazdami**
- **Teoria i metody pomiarów drgań i hałasu komunikacyjnego**
- **Technologie wibroizolacyjne i technologie odzyskiwania energii drgań**
- **Kontrola drgań i monitoring konstrukcji**

Zgłoszenie tytułu referatu ze streszczeniem	do dnia 15.06.2017
Akceptacja referatów na podstawie streszczeń	do dnia 25.06.2017
Nadesłanie pełnych tekstów artykułów	do dnia 31.07.2017
Akceptacja artykułów po recenzji	do dnia 15.08.2017
Zgłoszenie uczestnictwa i dokonanie opłaty konferencyjnej	do dnia 01.09.2017
Zgłoszenie prezentacji firm, wystaw i reklam	do dnia 15.09.2017
Wysłanie zaproszeń	do dnia 10.09.2017

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Wiesław Murawski (przewodniczący), Wacław Piątkowski (sekretarz), członkowie: Barbara Borowiec, Igor Gisterek, Dominik Bednarek, Adam Popiołek

ADRES DO KORESPONDENCJI:

SITK RP Oddział we Wrocławiu, ul. Piłsudskiego 74 pok. 216, 50-020 Wrocław, Tel. 71 343 18 74, 535 799 133