

# 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

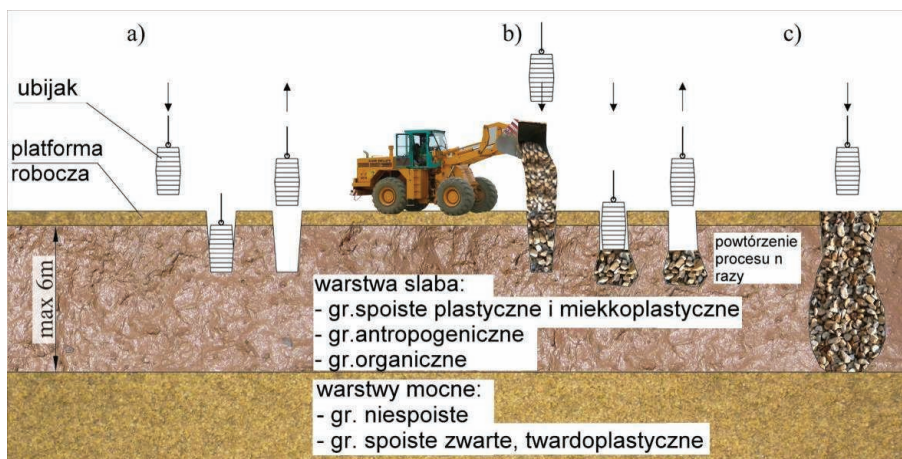
**Abstract:** The dynamic replacement method of soil strengthening consists in the constructing columns made of aggregate of various granularity. In order to form them, heavy pounders (weighing from 10 to 20 tonnes) are dropped from the height of 25 m. Considering the specificity of this technique, it 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 wzmocniania 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



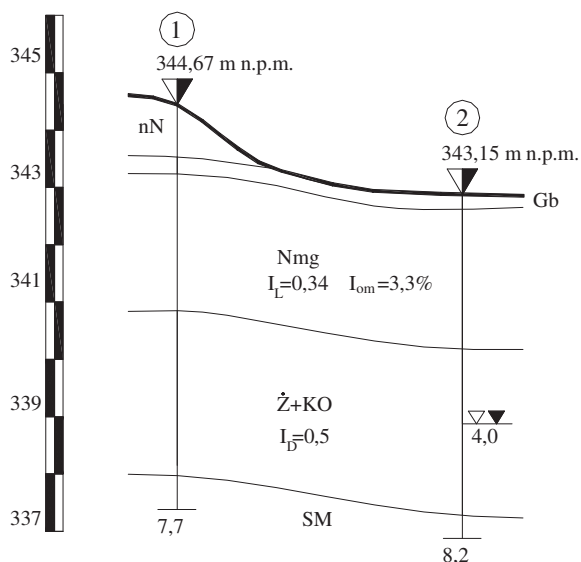
1. Przebieg procesu formowania kolumny wymiany dynamicznej [7]

średnicy płyty stosowanej w próbnym obciążeniu 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 wbijaniem kolumnami kamiennymi, wchodzi w skład geoinżynierii, zaliczając się do grupy wgłębna, częściowa wymiana gruntu [2]. W metodzie tej podłoże jest wzmocniane 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 wybitcia 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 wzmocnianego podłoża na pograżanie 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, zrzucanym 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 próbnego obciążenia 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. Pał 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 wzmocnienia 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 Poissona –  $\nu$ , kąt tarcia wewnętrzznego –  $\varphi$ , spójność –  $c$  i kąt dylatacji –  $\psi$ .

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 wzmocnienie 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 –  $M$ ,



3. Stanowisko do próbnych obciążeń kolumny kamiennej

nachylenie linii normalnej konsolidacji (NCL) –  $\lambda$ , nachylenie linii odprężenia –  $\kappa$ , parametr –  $\Gamma$  związany z krytycznym wskaźnikiem porowatości oraz współczynnik Poissona  $\nu$ .

Dla płyty betonowej obciążającej kolumnę zastosowano model liniowo sprężysty.

### Istota kalibrowania i weryfikacji

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

Kalibrowanie modelu obliczeniowego to dobór dziesięciu parametrów stosowanych modeli konstytutywnych tworzących 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 otoczków w stanie średnio zagęszczonym. Model dyskretny przedstawiono na rys. 4.

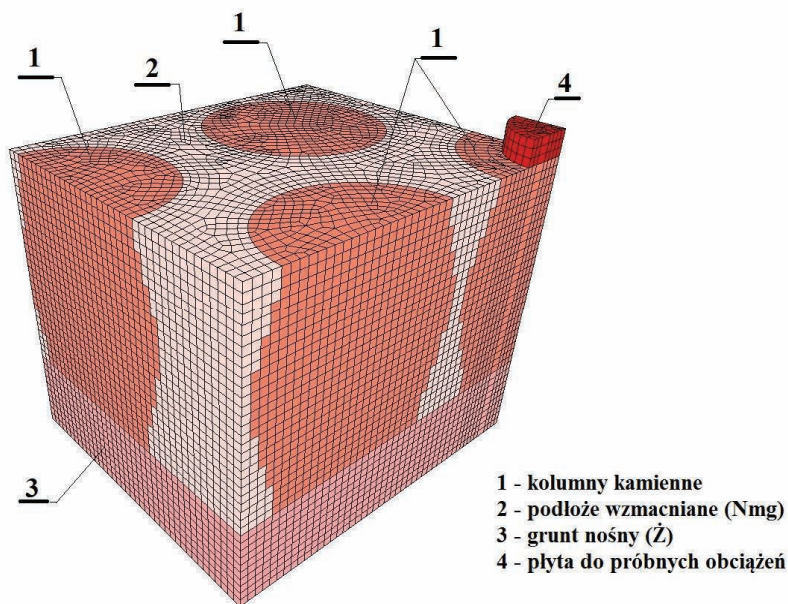
### Dobór parametrów modelu

Poszukiwanie parametrów przyjętych modeli gruntów przebiegało dwutorowo.

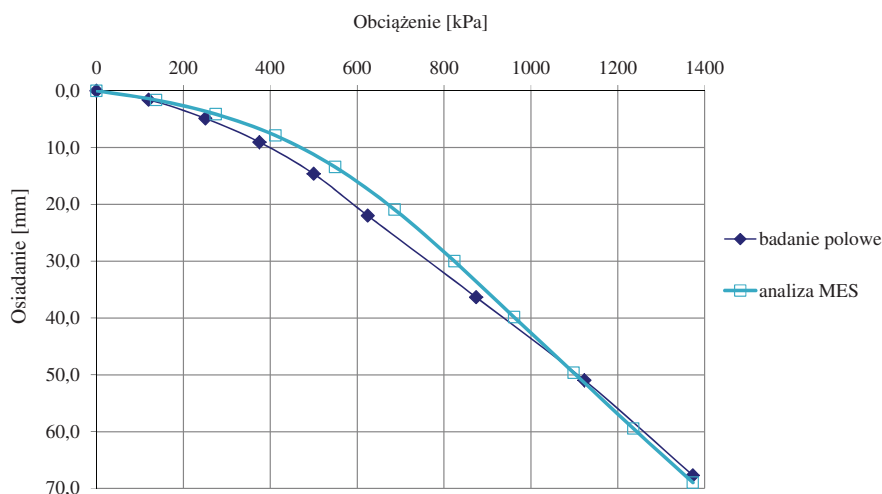
W przypadku namułu parametry odwzorowującego go modelu MCC wyznaczono z badań laboratoryjnych na próbkach pobranych po wykonaniu próbnego obciążenia. Były to badania w aparacie trójosiowego ściskania oraz badania edometryczne.

Badaniach edometrycznych, pozwalających na określenie  $\lambda$  i  $\kappa$ , 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 gruntu słabego żwiru parametry modelu przyjęto na podstawie dokumentacji geotechnicznej.

Parametry modelu liniowo-sprężystego symulującego pracę beto-

nowej 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, uniemożliwiła przeprowadzenie badań laboratoryjnych w aparacie bezpośredniego ścinania i edometrze, jak i polowych (za wyjątkiem próbnego obciążenia). Stąd też zdecydowano, że część parametrów ( $\phi$ ,  $c$ ,  $\psi$ ) 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 determinacji wyniósł  $R^2=0,994$ .

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

## 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 wzmocniany, grunt nośny) mamy uwarstwienie pionowe (kolumna, otoczenie grun-

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, $\nu=0,2$ .
Kolumna kamienna	Coulomb-Mohr (M-W)	$E=76$ MPa, $\nu=0,2$ , $\phi=46^\circ$ , $c=5$ kPa, $\psi=20^\circ$
Namuł	Modified Cam Clay	$\lambda=0,053$ , $\kappa=0,0028$ , $e_0=0,84$ , $M=1,48$ , $OCR=1.1$ , $\nu=0,3$ .
Żwir+otoczaki	Coulomb-Mohr (M-W)	$E=140$ MPa, $\nu=0,25$ , $\phi=38,5^\circ$ , $c=0$ kPa

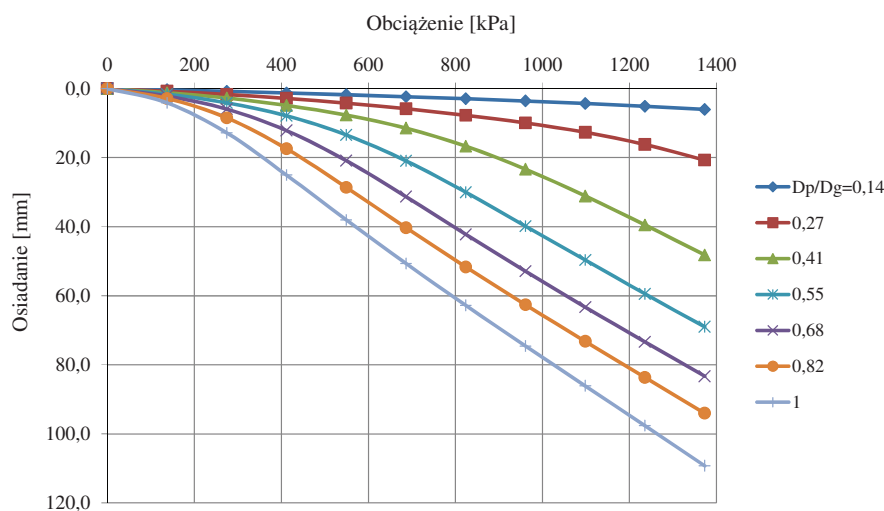
towe, kolumny sąsiednie). Wpływa to na odpowiedź układu w postaci przemieszczeń. Na rys. 7 przedstawiono zasięg występowania przemieszczeń wypadkowych przy zwiększającej się średnicy płyty obciążającej. Można zauważyć, że na odpowiedź badanego układu oprócz sztywności obciążanej kolumny i otoczenia gruntowego ma również wpływ rozstaw kolumn i miąższość podłoża wzmocnianego. 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.

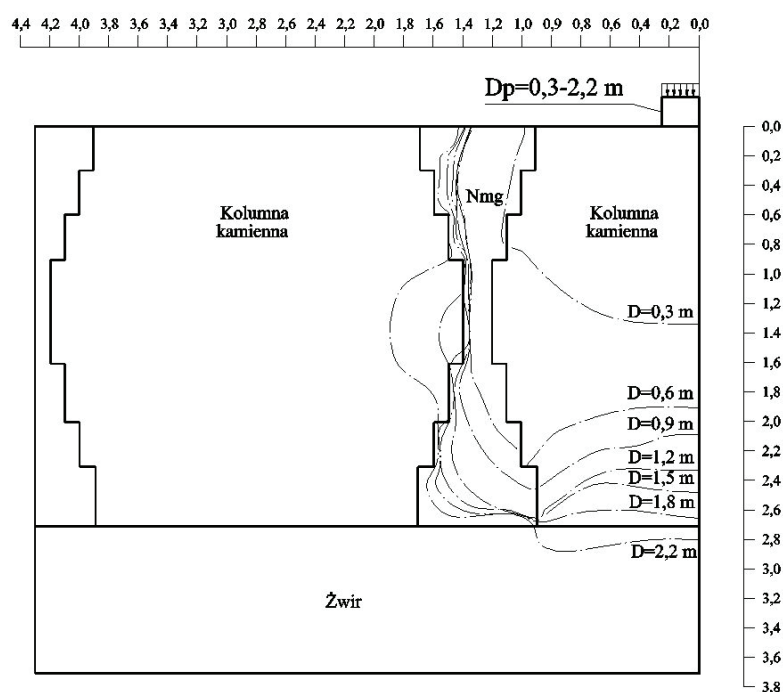
Zgodnie z wcześniejszymi rozważaniami największą sztywnością charakteryzowało się podłoże badane płytą o średnicy 0,3 m – moduły odkształcenia były równe od 50-90 MPa, najmniejszą z kolei odpowiednio przy zastosowaniu płyty o średnicy 2,2 m - moduły odkształcenia od 20-55 MPa. Określony na podstawie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

## Wnioski

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że średnica płyty użytej w próbnym obciążeniu 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 odpowie-



6. Zależność „obciążenie-osiadanie” przy zastosowaniu w próbnym obciążeniu płyty o różnych średnicach

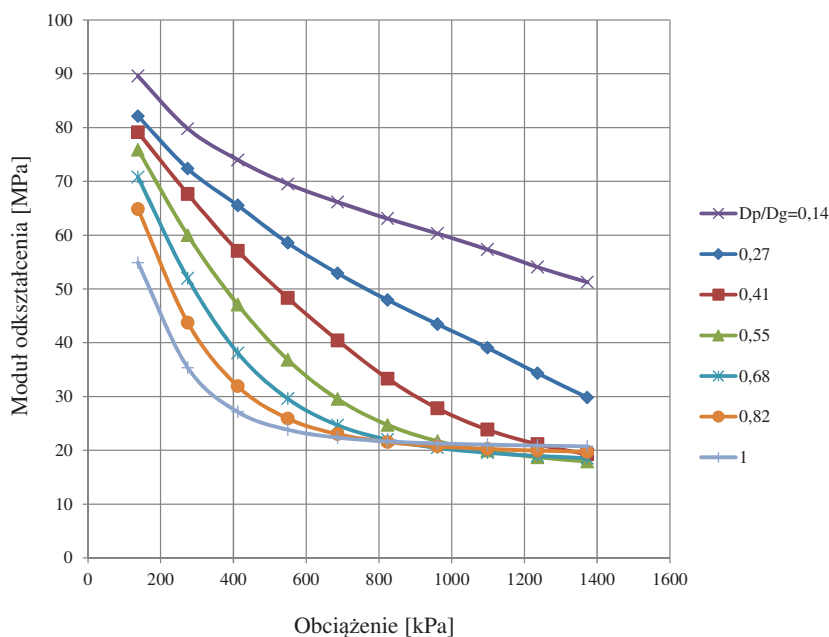


7. Izolinie zerowych przemieszczeń wypadkowych w przekroju osiowym kolumn

dzi 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 próbnym obciążeniu płyt o większych średnicach ( $D_p/D_g > 0,14$ ) na

odpowiedź układu ma wpływ również otoczenie kolumny, w postaci gruntu wzmocnianego, 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.

## 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 efektywną 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 brzozy 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 dworcze 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 - Wilkowiec Bystra, co będzie kosztowało 60 mln zł. Podróżni wygodniej wsiądą do pociągów, skróci się czas podróży i usprawni się przewóz towarów (...).