INFRASTRUKTURA VADEMECUM

ISSN 2353-5261

www.geocomp.krakow.pl

Geocomp®

Z.K.B. Geocomp sp z o.o.
ul. Balicka 18a
30-149 Kraków

Jesteśmy pionierami
we wdrażaniu skutecznych rozwiązań fundamentowych.

Istniejemy na rynku robót fundamentowych nieprzerwanie od 1989 roku.

Dysponujemy fachową kadrą i nowoczesnym zapleczem sprzętowym.

Wykonujemy

» Zabezpieczenia wykopów
PALISADY, ŚCIANY SZCZELINOWE, ŚCIANY BERLIŃSKIE

» Wzmocnienia gruntu
PALE CFA, KOLUMNY PRZEMIESZCZENIOWE FDP, OMEGA, INIEKCJE (NISKO I WYSOKOCIŚNIENIOWE), MIKROPALE, KOLUMNY DSM

» Posadowienia pośrednie obiektów na palach i kolumnach

» Projekty budowlane i wykonawcze posadowień

» Badania nośności i ciągłości kolumn oraz pali

Prowadzimy

» Konsultacje geotechniczne

» Doradztwo z zakresu fundamentowania

» Optymalizacje projektowe przy posadowieniu pośrednim

biuro@geocomp.krakow.pl

12 638 70 56 :: 12 638 70 57 :: 12 638 50 11

INFRASTRUKTURA

VADEMECUM

WYDAWNICTWO
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o.
2017

www.kataloginzyniera.pl

Serwis budowlany skierowany do osób zawodowo związanych z tą branżą. Dostarcza on aktualne wiadomości z rynku, które dotyczą materiałów budowlanych i instalacyjnych, sprzętu, oprogramowania komputerowego, a także technologii stosowanych do wykonywania obiektów budownictwa kubaturowego i inżynieryjnego oraz ich remontów i modernizacji. Oprócz kilku tysięcy kart technicznych produktów znajdują się też artykuły o charakterze poradnikowym, prawnym, prezentacje firm oraz informacje o nowościach wprowadzanych na rynek, zarówno w zakresie materiałów, jak i technik wykonawstwa. Dotyczą one przede wszystkim zagadnień związanych z budownictwem kubaturowym, mostowym, drogowym, kolejowym, energooszczędnym, jak również poświęconych termoizolacji, hydroizolacji i zabezpieczeniom przeciwpożarowym.

W serwisie zamieszczona jest także duża baza firm – producentów, dystrybutorów oraz usługodawców.

Serwis www.kataloginzyniera.pl zawiera wiele ciekawych i przydatnych funkcji, tj.:

- przegląd produktów – zestawienie produktów w postaci listy
- porównanie produktów – tabelaryczne zestawienie parametrów technicznych produktów z tej samej branży
- filtry dla konkretnej grupy produktów – oprócz nazwy producenta są też najważniejsze parametry techniczne i różne kryteria podziału
- zadaj pytanie specjaliście – za pomocą e-maila można wysłać zapytanie do działu technicznego i/lub handlowego wybranej firmy lub grupy firm
- schowek – można do niego dodać interesujące nas produkty
- wielopoziomowe menu, karty techniczne produktów, teczki firm itd.

Serwis wyróżnia się nie tylko nowoczesną szatą graficzną i przejrzystą nawigacją, ale przede wszystkim zawartością merytoryczną, która zachęca do regularnych odwiedzin strony.

katalog inżyniera
technologie | produkty | firmy

VADEMECUM

Przewodnik Projektanta

WYDAWCA

WYDAWNICTWO
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

WYDAWNICTWO POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA Sp. z o.o.
00-924 Warszawa
ul. Kopernika 36/40, lok. 110
tel. 22 551 56 00, faks 22 551 56 01
www.inzynierbudownictwa.pl
www.kataloginzyniera.pl
www.kreatorbudownictwaroku.pl
biuro@inzynierbudownictwa.pl

Prezes zarządu:
Jaromir Kuśmider

REDAKCJA
Redaktor naczelna:
Anna Dębińska
Redaktor prowadzący:
Piotr Bień
Redaktor:
Tomasz Tomicki

Projekt graficzny:
Jolanta Bigus-Kończak

Skład i łamanie:
Jolanta Bigus-Kończak
Grzegorz Zazulak

BIURO REKLAMY
reklama@inzynierbudownictwa.pl
Zespół:
Łukasz Berko-Haas – tel. 22 551 56 20
lukasz@inzynierbudownictwa.pl
Monika Frelak – tel. 22 551 56 11
m.frelak@inzynierbudownictwa.pl
Natalia Gołek – tel. 22 551 56 26
n.golek@inzynierbudownictwa.pl
Magdalena Nowakowska
– tel. 22 551 56 06
m.nowakowska@inzynierbudownictwa.pl
Małgorzata Roszczyk-Hałuszczak
Paweł Żebro

ZDJĘCIA NA OKŁADCE
Fotolia.com: Всеволод Чуванов, lofik, focusart.fr, fagat, frinz

DRUK
ArtDruk Zakład Poligraficzny
Print Management: printCARE

NAKŁAD
4000 egz.

Szanowni Państwo,

VADEMECUM Infrastruktura to publikacja branżowa, w której przekazujemy informacje związane z budownictwem infrastrukturalnym i kierujemy ją do odpowiedniej grupy odbiorców – członków Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. W dziale kompendium wiedzy znajdą Państwo artykuły opracowane przez autorów reprezentujących uczelnie wyższe i instytuty, którzy poruszają zagadnienia takie jak: remonty nawierzchni asfaltowych, materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej, przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej, zagęszczanie gruntów niespoistych i kontrola zagęszczenia w budownictwie drogowym oraz betony specjalne do obiektów mostowych.
W publikacji zamieszczone są również prezentacje i artykuły firm działających w tej branży, które przedstawiają swoje produkty i usługi.

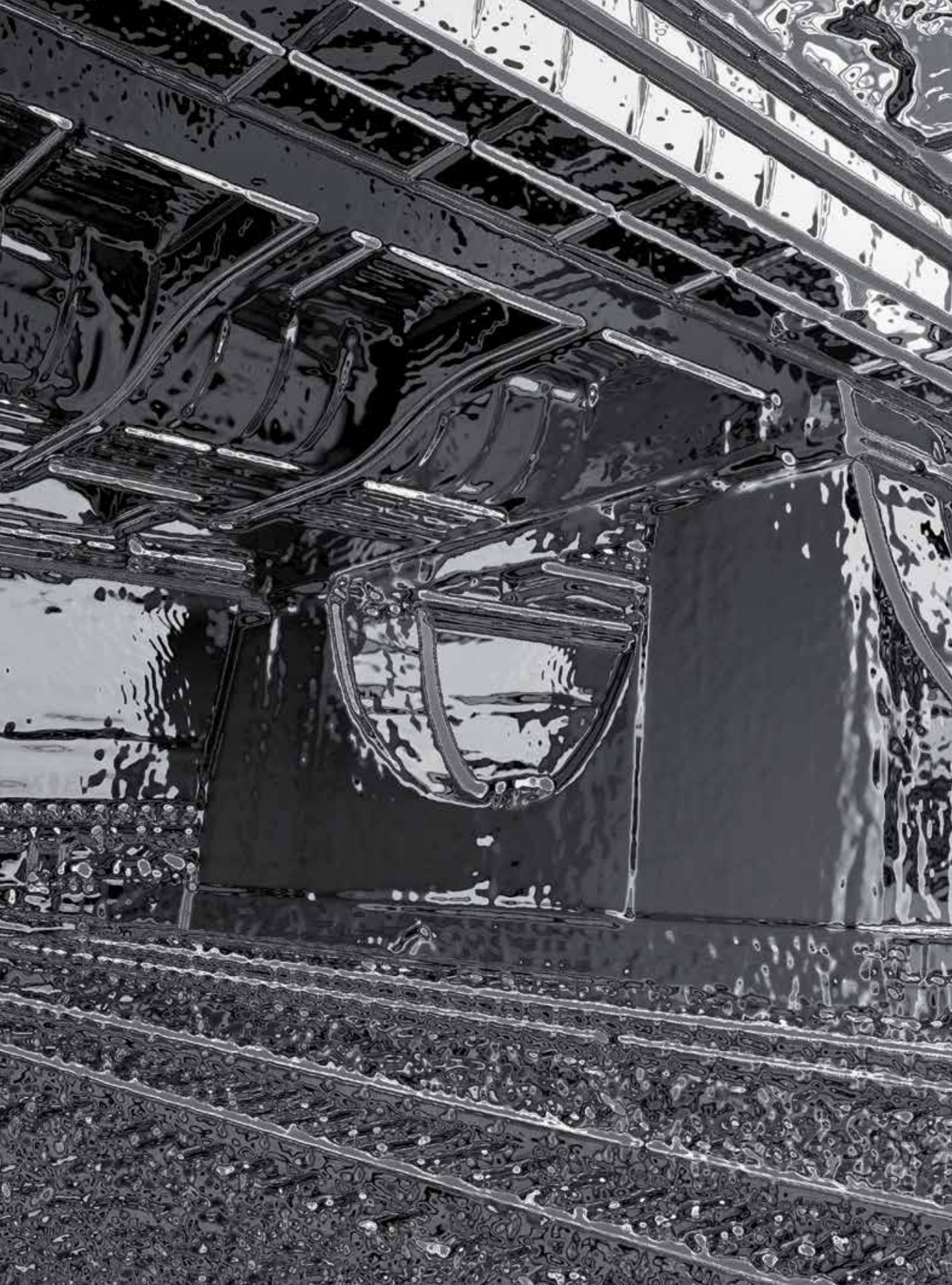
Zapraszam na stronę internetową ***www.kataloginzyniera.pl,*** *na której znajdą Państwo wszystkie informacje zawarte w VADEMECUM Infrastruktura, a także e-wydanie tej publikacji w formacie pdf.*

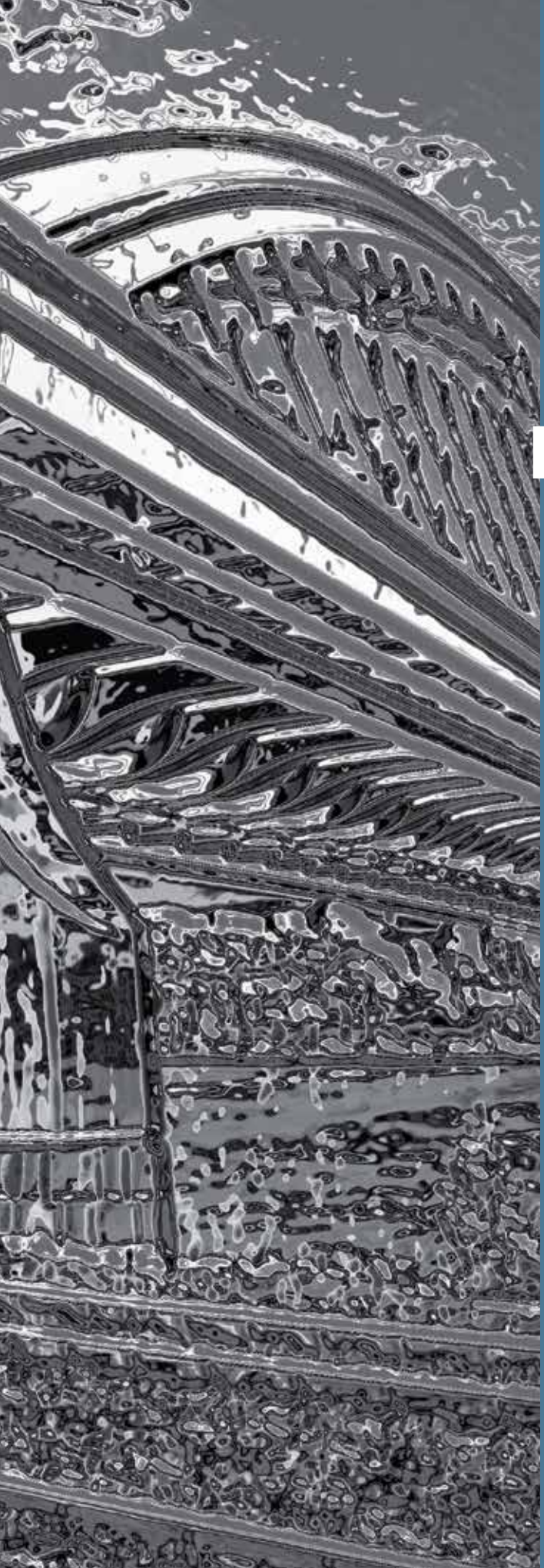
Publikacja jest objęta patronatem Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa.

Anna Dębińska
Redaktor naczelna
– redakcja katalogów

miesięcznik Inżynier budownictwa poleca

Materiałów niezamówionych Redakcja nie zwraca. Wszystkie materiały objęte są prawem autorskim. Przedruk i wykorzystywanie opublikowanych materiałów w całości lub we fragmencie może odbywać się wyłącznie po wcześniejszym uzyskaniu pisemnej zgody od Wydawcy.
Artykuły zamieszczone w „VADEMECUM Infrastruktura" w dziale Kompendium wiedzy prezentują stanowiska, opinie i poglądy ich Autorów.
Wszystkie reklamy oraz informacje zawarte w artykułach i prezentacjach zamieszczone w „VADEMECUM Infrastruktura" w działach: Firmy, Produkty, Technologie oraz Przegląd Produktów i Realizacji, Wypowiedzi Ekspertów, a także w Indeksie firm pochodzą od firm i Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o. nie ponosi za nie odpowiedzialności.





KOMPENDIUM wiedzy

Remonty nawierzchni asfaltowych
dr inż. Wojciech Bańkowski

Materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej
mgr inż. Grzegorz Stencel

Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej
dr hab. inż. Adam Wysokowski, prof. UZ

Zagęszczanie gruntów niespoistych i kontrola zagęszczenia w budownictwie drogowym
dr inż. Cezary Kraszewski

Betony specjalne do obiektów mostowych
dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek

▲ Fot. Wojciech Bańkowski

dr inż. *Wojciech Bańkowski*
Instytut Badawczy Dróg i Mostów,
Uczelnia Techniczno-Handlowa
im. Haliny Chodkowskiej

Nawierzchnia drogowa powinna być trwała, ekologiczna oraz bezpieczna i komfortowa dla użytkowników. Decydują o tym zastosowane materiały, projekt konstrukcji, jakość wykonania, ale również odpowiednie utrzymanie, diagnostyka stanu nawierzchni oraz dobór technologii naprawy.

REMONTY NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

Wprowadzenie

Nawierzchnie drogowe ulegają zużyciu i zniszczeniom na skutek oddziaływań od kół przejeżdżających pojazdów oraz oddziaływań związanych z warunkami klimatycznymi. Należy wśród nich wymienić [1]:

- deformacje trwałe strukturalne lub lepkoplastyczne (np. potocznie koleina lub tarka)
- spękania niskotemperaturowe
- spękania niskotemperaturowe zmęczeniowe
- spękania odbite
- spękania zmęczeniowe
- zniszczenia powierzchniowe (ubytki ziaren, utratę szorstkości) (tablica 1) [2].

W procesie utrzymania nawierzchni drogowych ważnym elementem jest właściwa ocena stanu nawierzchni obejmująca ocenę wizualną oraz specjalistyczne badania terenowe i laboratoryjne. Na tej podstawie określa się przyczyny uszkodzenia oraz planuje sposób i zakres napraw. Wszystkie te zagadnienia zostały w szczegółach omówione w Katalogu Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [2]. W poniższym artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z technikami stosowanymi przy remontach nawierzchni asfaltowych.

▼ Tablica 1. Rodzaje uszkodzeń i ich geneza

Rodzaj uszkodzenia		Czynnik generujący		
		Klimat	Ruch pojazdów	Materiał
Deformacje trwałe	Lepkoplastyczne		✓	
	Strukturalne		✓	
Spękania	Zmęczeniowe		✓	
	Zmęczeniowe termiczne	✓		
	Termiczne	✓		
	Odbite			✓
Uszkodzenia powierzchniowe	Ubytki lepiszcza	✓		
	Ubytki ziaren kruszywa	✓	✓	✓
	Ubytki warstwy ścieralnej	✓	✓	
	Wypolerowanie ziaren kruszywa		✓	
	Wypływ (plamy) lepiszcza	✓	✓	

Remont czy przebudowa

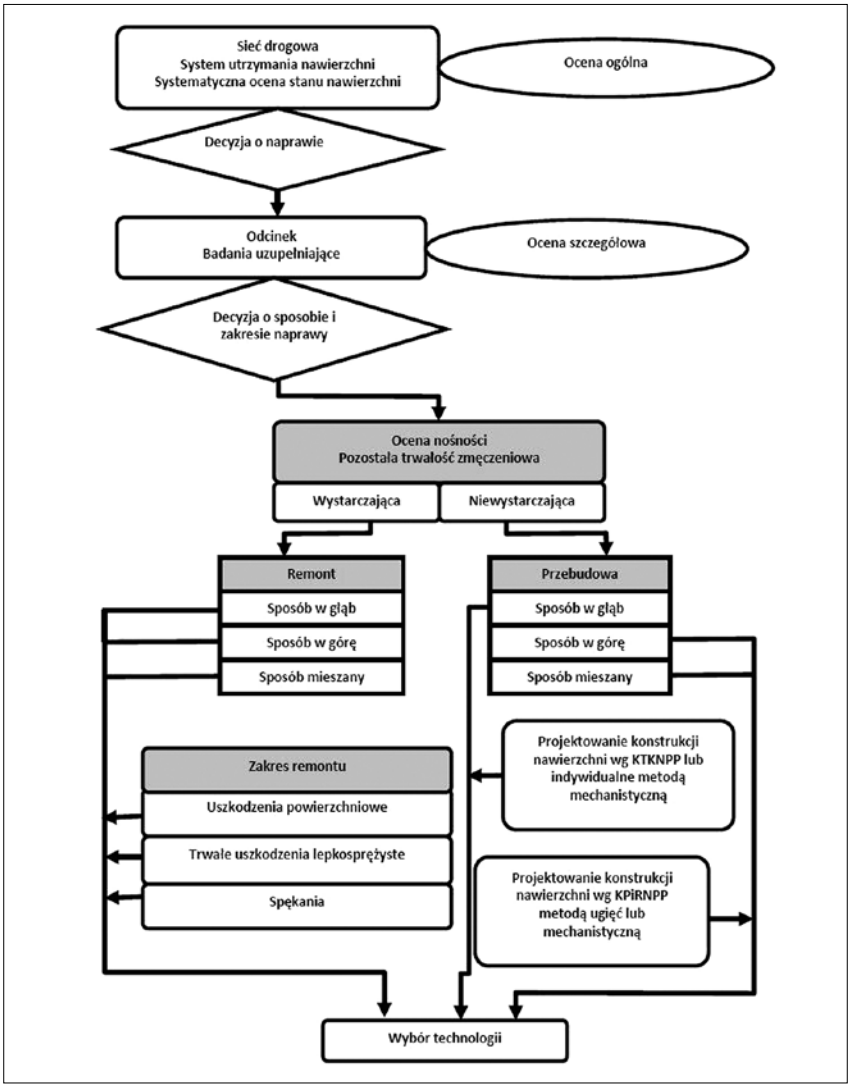
Podstawą decyzji o naprawie nawierzchni jest ocena stanu nawierzchni, która polega na:

- ocenie wizualnej
- identyfikacji uszkodzeń
- badaniach równości poprzecznej i podłużnej
- badaniach nośności i właściwości przeciwpoślizgowych.

W zależności od wstępnej oceny, wykonywane są badania uzupełniające terenowe. Proces planowania tych działań jest szczegółowo opisany w Katalogu i przedstawiono na rysunku 1. Krytycznym punktem jest ocena nośności nawierzchni, czyli zdolności do przenoszenia obciążeń. Jeżeli nośność jest wystarczająca, to nawierzchnia poddawana jest remontowi. W przeciwnym przypadku należy przeprowadzić przebudowę. Zarówno remont jak i przebudowę można przeprowadzać na trzy sposoby:

- w górę (przykrycie istniejącej nawierzchni nowymi warstwami konstrukcyjnymi)
- w dół (wymiana warstw bez zmiany niwelety)
- mieszany (częściowa wymiana warstw i podniesienie niwelety).

Decyzja w każdym przypadku podejmowana jest na podstawie wyników oceny stanu nawierzchni, rodzaju uszkodzeń i uwarunkowań lokalnych (możliwości zmiany niwelety). Natomiast w przypadku remontu o sposobie jego przeprowadzenia oraz



▲ Rys. 1. Schemat postępowania w planowaniu remontu i przebudowy [2]

wyborze technologii będą decydowały również wyniki oceny stanu nawierzchni i identyfikacja uszkodzeń.

Przebudowa

Przebudowa nawierzchni jest wykonywana na nawierzchniach o wyczerpanej nośności lub nośności niedostosowanej do obciążenia ruchem. Ocena nośności powinna być dokonywana na podstawie pomiarów ugięć, która uwzględnia analizę trwałości zmęczeniowej istniejącej konstrukcji nawierzchni. Decyzja o wyborze sposobu przebudowy podejmowana jest indywidualnie biorąc pod uwagę możliwości korekty niwelety oraz stan istniejących warstw. Pozostawienie warstw nieodpornych na deformacje trwałe lub warstw spękanych może być przyczyną ponownego zniszczenia nawierzchni. Projektowanie modernizowanej konstrukcji przeprowadza się metodą ugięć sprężystych przy kategorii ruchu KR 1–4. W przypadku KR 5–7 wymagana jest metoda mechanistyczna lub katalogowa (wymiana wszystkich warstw) [3]. Przebudowa może wiązać się z koniecznością wzmocnienia podłoża i poprawą warunków gruntowo-wodnych (odwodnienie).

Remont

Remonty są to zabiegi, które nie mają na celu poprawy nośności, natomiast poprawiają stan drogi oraz bezpieczeństwo i komfort jazdy. Odnoszą się do trzech grup uszkodzeń:

▼ Tablica 2. Wybór technologii remontu [4]

Uszkodzenia powierzchniowe	Deformacje trwałe	Spękania nawierzchni
Naprawa cząstkowa	Frezowanie częściowe	Wypełnienie pęknięcia metodą pasmową bez frezowania
Powierzchniowe utrwalenie	Frezowanie i przykrycie powierzchniowym utrwaleniem	Wypełnienie pęknięcia poszerzonego przez frezowania
Cienka warstwa ścieralna na zimno	Frezowanie i przykrycie cienką warstwą ścieralną na zimno	Przykrycie pęknięcia taśmą uszczelniającą
Cienka warstwa ścieralna na gorąco	Frezowanie i przykrycie cienką warstwą ścieralną na gorąco	Remixing otwartych spoin technologicznych
	Wyrównanie cienką warstwą	Naprawa poprzecznego pęknięcia odbitego z zastosowaniem geosyntetyków – naprawa płytka
	Termoprofilowanie warstwy ścieralnej	Naprawa pęknięć odbitych z zastosowaniem geosyntetyków – naprawa powierzchniowa pod nowe warstwy bitumiczne
	Remixing warstwy ścieralnej lub remixing plus warstwy ścieralnej	Naprawa pęknięcia z zastosowaniem geosyntetyków – iniekcja zaprawą cementową
	Wymiana warstw	Recykling na zimno

- uszkodzeń powierzchniowych
- trwałych deformacji lepkoplastycznych
- spękań.

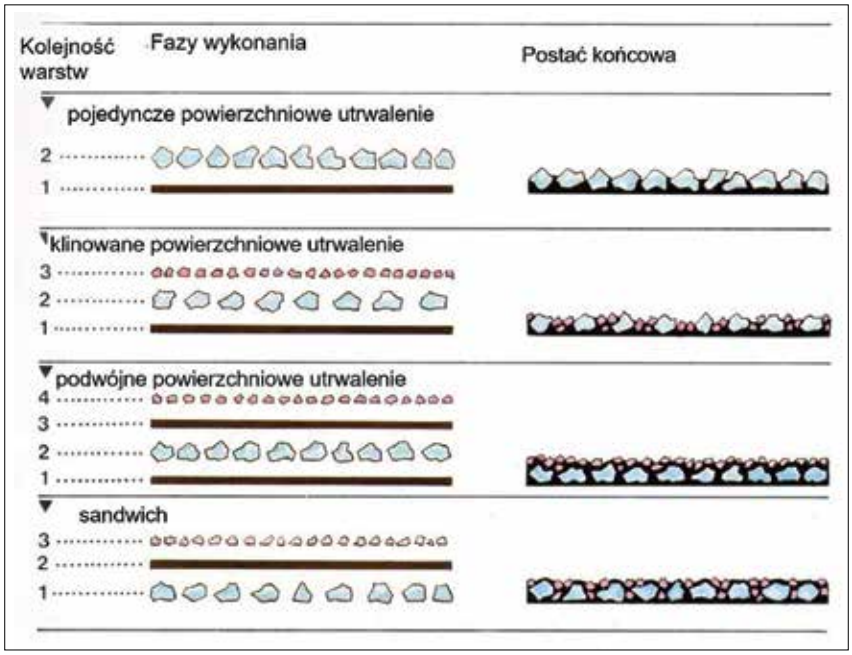
W zależności od rodzaju uszkodzenia, zakresu oraz intensywności występowania dokonuje się wyboru technologii naprawy (tablica 2).

Naprawa uszkodzeń powierzchniowych

Decyzję o zakresie naprawy uszkodzeń nawierzchni podejmuje się w zależności od zakresu występowania uszkodzeń – jeżeli obejmują one powyżej 20% powierzchni, stosuje się naprawę całej powierzchni, w przeciwnym wypadku dokonuje się naprawy cząstkowej.

Naprawa cząstkowa ma na celu natychmiastową naprawę uszkodzeń zagrażających bezpieczeństwu użytkowników drogi (np. wyboje) lub zahamowanie powiększania się uszkodzeń nawierzchni (np. wykruszenia). Naprawę płytkich zniszczeń powierzchniowych można dokonywać w technologii na zimno z zastosowaniem gotowej mieszanki z emulsją lub asfaltem upłynnionym, spryskanie emulsją i posypanie grysem. Takie sposoby naprawy mogą być wykonywane ręcznie lub z zastosowaniem urządzenia mobilnego tzw. remontera. Głębokie wyboje oraz nawierzchnie dróg najbardziej obciążonych ruchem powinny być naprawiane w technologii na gorąco.

W przypadku napraw na całej powierzchni stosuje się technologie takie jak:



▲ Rys. 2. Podstawowe rodzaje powierzchniowego utrwalenia [5]

- powierzchniowe utrwalenie
- cienka warstwa na zimno
- cienka warstwa na gorąco.

Celem takich zabiegów jest uzyskanie szorstkiej warstwy ścieralnej, uszczelnienie oraz powstrzymanie destrukcji.

Powierzchniowe utrwalenie

Technologia ta polega na skropieniu istniejącej nawierzchni emulsją, rozłożeniu warstwy grysów i zagęszczeniu walcem ogumionym. Wadą tego stosunkowo prostego i skutecznego zabiegu jest zwiększenie hałaśliwości nawierzchni i wyrywanie grysów przez koła pojazdów. Jego stosowanie ogranicza się do dróg pozamiejskich kategorii KR 1–4. Na rysunku 2 przedstawiono różne odmiany tej technologii.

Cienka warstwa na zimno i na gorąco

Kolejne dwie techniki napraw mogą być stosowane na drogach każdej kategorii. Cienka warstwa na zimno jest wykonywana z mieszanki mineralno-emulsyjnej produkowanej

Fot. 1. ►
Warstwa „slurry seal”
(fot. Paweł Tofliński)

▲ Fot. 2. Frezowanie warstw asfaltowych (fot. Andrzej Szyller)

na miejscu i rozkładanej przez specjalny kombajn. Charakteryzuje się większą trwałością niż powierzchniowe utrwalenie. Rozróżnia się mieszanki na zimno typu GE oraz typu „slurry seal". Najskuteczniejszą techniką napraw powierzchniowych jest wykonanie cienkiej warstwy ścieralnej na gorąco. Znajduje ona także zastosowanie w naprawie kolein i spękań. Stosowane są mieszanki o nieciągłym uziarnieniu BBTM lub SMA z polimeroasfaltem. Wśród zalet tego rozwiązania należy wymienić:

- trwałość
- duża szorstkość
- odporność na deformacje
- mniejsza hałaśliwość.

Naprawa deformacji trwałych

Frezowanie i wymiana warstw

Naprawa deformacji trwałych wymaga usunięcia warstwy odkształconego materiału. Należy zapewnić, aby co najmniej 12, a najkorzystniej 15 cm mierząc od góry warstw asfaltowych było odpornych na koleinowanie. W przeciwnym razie po pewnym czasie może nastąpić ponowna deformacja. Podstawową techniką jest więc frezowanie i wymiana warstw. Jest to najbardziej efektywny sposób naprawy. Może być stosowana w każdej sytuacji, a w szczególności gdy deformacji plastycznej uległy niżej położone warstwy. W przypadku koleiny strukturalnej (deformacja warstw niezwiązanych lub podłoża) może być konieczna rozbiórka konstrukcji.

Frezowanie częściowe

Naprawę deformacji można też wykonać poprzez frezowanie częściowe, które polega na usunięciu garbów koleiny o głębokości do 30 mm. Stosuje się na drogach KR 1–4 jeżeli przyczyną koleiny jest dogęszczanie się warstwy, a nie słaba odporność na koleinowanie. Metoda frezowania i przykrycie powierzchniowym utrwaleniem może być stosowane przy koleinach o głębokości do 30 mm. Naprawy polegające na frezowaniu i przykryciu cienką warstwą ścieralną na zimno lub na gorąco mogą być stosowane, jeżeli głębokość koleiny nie jest większa niż grubość warstwy ścieralnej.

Termoprofilowanie, remixing i remixing plus

Kolejnymi technikami są termoprofilowanie, remixing i remixing plus warstwy ścieralnej. Są to metody recyklingowe polegające na sfrezowaniu warstwy ścieralnej, ogrzaniu, ponownym ułożeniu i zagęszczeniu. Cały proces odbywa się na miejscu, przy użyciu samobieżnych maszyn. Termoprofilowanie jest stosowane, gdy skład mieszanki nie wymaga korekty. Poprawę odporności na deformacje uzyskuje się przez zastosowanie środka poprawiającego właściwości lepiszcza asfaltowego.

W przypadku remixingu dodatkowo korygowany jest skład mieszanki mineralno-asfaltowej.

Remixing plus natomiast polega na przykryciu warstwy ścieralnej poddanej recyklingowi cienką warstwą ścieralną na gorąco. Nowa warstwa ma stanowić warstwę ochronną dla warstw niżej położonych. Wymienione techniki recyklingu mogą być stosowane na wszystkich kategoriach i klasach dróg w przypadkach, gdy koleina ogranicza się do warstwy ścieralnej, a frezowana warstwa nie zawiera lepiszczy smołowych.

Spękania nawierzchni

Wypełnienie pęknięcia

Najprostszą metodą do naprawy dróg niższych klas jest wypełnienie pęknięcia bez frezowania. Polega na oczyszczeniu pęknięcia,

◄ Fot. 3. Frezowanie szczeliny pęknięcia [6]

a następnie w zależności od szerokości pęknięcia, może zostać pokryte pasmem emulsji asfaltowej kationowej, drobnoziarnistą zaprawą emulsyjną lub wypełnione zalewą elastomeroasfaltową na gorąco. W przypadku dróg wyższych kategorii zaleca się stosowanie naprawy spękań metodą wypełnienia pęknięcia poszerzonego przez frezowanie do szerokości co najmniej 12 mm i głębokości 25–40 mm. Po dokładnym oczyszczeniu szczeliny, rozgrzaniu ścianek pęknięcia lub posmarowaniu ich środkiem gruntującym, następuje wypełnienie zalewą elastomeroasfaltową na gorąco, posypanie mieszanką cementu, mączki kamiennej i kruszywa, a następnie przywałowanie.

Przykrycie pęknięcia taśmą uszczelniającą

Kolejną metodą stosowaną do uszczelnienia spękań i otwartych połączeń technologicznych lub poprzecznych spękań niskotemperaturowych o szerokości do 5 mm, jest przykrycie pęknięcia taśmą uszczelniającą.

Remixing otwartych spoin technologicznych

W przypadku szerszych otwartych spoin technologicznych w warstwie ścieralnej stosuje się remixing otwartych spoin technologicznych. Po oczyszczeniu szczeliny, naprawiane pęknięcie jest ogrzewane promiennikami podczerwieni, a następnie frezowane na szerokość od 0,15 m do 1,00 m. Pozyskana mieszanka mineralno-asfaltowa jest mieszana z nową mieszanką, a w dalszej kolejności układana i zagęszczona walcem.

Naprawa płytka z zastosowaniem geosyntetyków

Do napraw spękań odbitych generowanych od niżej położonych warstw sztywnych można stosować naprawę płytką z zastosowaniem geosyntetyków. Wykonuje się frezowanie konstrukcji do głębokości 3 cm poniżej warstwy ścieralnej na szerokości minimum 1,0 m symetrycznie wokół pęknięcia. Następnie pęknięcie jest poszerzane do szerokości 12 mm i głębokości 15 mm oraz wypełniane zalewą asfaltową. Geosyntetyk układany jest na powierzchni spryskanej emulsją elastomeroasfaltową kationową lub elastomeroasfaltem w odpowiedniej ilości. Krawędzie powstałego koryta w nawierzchni uszczelniane są taśmą klejącą asfaltowo-kauczukową. Wycięty pas nawierzchni uzupełniany jest mieszanką mineralno-asfaltową.

Naprawa głęboka z zastosowaniem geosyntetyków

W przypadku braku podparcia krawędzi konieczne jest przeprowadzenie naprawy głębokiej z zastosowaniem geosyntetyków. Frezowanie wykonywane jest najpierw na głębokość 6 cm pasem o szerokości 1 m, a później frezowanie głębokie do podłoża gruntowego na szerokości 2 m symetrycznie wokół pęknięcia. W razie potrzeby wzmacniane jest podłoże i uzupełniane są kolejne warstwy konstrukcji. Przed wypełnieniem pasa o szerokości 2 m układany jest geosyntetyk i naprawa jest kontynuowana tak jak w przypadku naprawy płytkiej.

Naprawa powierzchniowa z zastosowaniem geosyntetyków

Geosyntetyki są również stosowane w naprawach powierzchniowych spękań pod nowe warstwy bitumiczne, co ogranicza ryzyko przeniesienia spękań na nowe warstwy asfaltowe. Naprawa polega na frezowaniu na określoną głębokość, wypełnieniu szczelin masą zalewową bitumiczną, skropieniem miejsc nieciągłości asfaltem lub emulsją asfaltową oraz rozłożeniu geosyntetyku i dociśnięciem przez lekki walec ogumiony. Jeżeli intensywność spękań jest duża można rozłożyć geosyntetyki na całej powierzchni.

Naprawa z zastosowaniem geosyntetyków i iniekcji zaprawą cementową

W przypadku pęknięć odbitych w nawierzchni półsztywnej, można zastosować naprawę z zastosowaniem geosyntetyków i iniekcji zaprawą cementową. W pierwszej kolejności przeprowadza się frezowanie warstw asfaltowych aż do warstwy sztywnej o szerokości 1 m symetrycznie wokół szczeliny. W dalszej kolejności, po wyczyszczeniu odkrytej powierzchni i szczeliny, następuje iniekcja pod ciśnieniem zaprawy cementowej. Po uszczelnieniu pęknięcia zalewą, wykonuje się wyrównania powierzchni cienką warstwą bitumiczną (grubość 3 cm). Rozłożenie geosyntetyku jest poprzedzone skropieniem powierzchni lepiszczem asfaltowym.

Literatura

1. Sybilski D., *Przyczyny uszkodzeń asfaltowych nawierzchni drogowych oraz nowoczesne materiały i technologie naprawy. Część 1*, Polskie Drogi, 11/1999, *Część 2*, Polskie Drogi, 12/1999.
2. Sybilski D. i zespół, *Katalog Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych KPRNPP-2014*, GDDKiA, IBDiM, 2014.
3. *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, Politechnika Gdańska, GDDKiA, 2013.
4. Bańkowski W., *Naprawa i przebudowa nawierzchni asfaltowych*, Builder, 1/2009.
5. Szczepaniak Z., *Vademecum Kationowych Emulsji Drogowych*, IBDiM, Warszawa, 2013.
6. www.oat.pl

▲ Fot. Grzegorz Stencel

W ostatnich latach transport kolejowy odznacza się bardzo dużą innowacyjnością. Cecha ta dotyczy również materiałów budowlanych stosowanych w nawierzchni kolejowej. Do eksploatacji wprowadza się nowe typy materiałów, jak również zmodyfikowane i udoskonalone odmiany wyrobów wcześniej stosowanych. Zmieniają się również wymagania formalno-prawne dotyczące udostępniania wyrobów do eksploatacji na liniach kolejowych.

MATERIAŁY STOSOWANE
DO BUDOWY NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ

mgr inż. *Grzegorz Stencel*
Instytut Kolejnictwa

Szyny

Szyny są podstawowym i najbardziej rozpoznawalnym elementem nawierzchni kolejowej. Norma dotycząca szyn bardzo precyzyjnie określa wymagania techniczne, dlatego praktycznie w całej Europie stosuje się identyczne typy. Dzięki temu nie ma przeszkód technicznych i organizacyjnych w swobodnym handlu tym wyrobem.

W Polsce stosuje się przede wszystkim szyny typu 60E1 oraz 49E1 ze stali gatunku R260. Tam, gdzie występują sprzyjające warunki do szybszego zużywania się szyn pod wpływem eksploatacji, czyli w rozjazdach i na łukach o promieniu mniejszym niż 800 m, stosuje się szyny twardsze – ze stali gatunku R350HT. Szyny eksploatowane na liniach kolejowych w kraju pochodzą przede wszystkim z zakładów produkcyjnych zlokalizowanych w Polsce, Czechach, Niemczech, Austrii i Hiszpanii.

Technologia produkcji jest ciągle udoskonalana, co przekłada się w dużym stopniu na jakość wyrobu, a także stwarza możliwości produkcji szyn o długościach 60, 75 lub nawet 120 m. Stosowanie tak długich szyn pozwala zatem na zmniejszenie liczby złączy zgrzewanych lub spawanych w torze bezstykowym o kilkadziesiąt procent. Wpływa to znacząco na skrócenie czasu robót inwestycyjnych, zmniejszenie kosztów oraz zwiększenie trwałości nawierzchni.

Systemy przytwierdzeń

Najważniejszym zadaniem systemów przytwierdzeń jest zapewnienie odpowiedniej szerokości toru oraz docisku, zapobiegającego przesuwaniu się szyn względem podkładów. W Polsce najpopularniejsze są systemy typu SB, stosowane w nawierzchni podsypkowej. Pierwowzór tego systemu został opracowany w Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa (obecnie Instytut Kolejnictwa). Systemy SB produkuje się nie tylko w Polsce, ale również na Ukrainie czy Białorusi. Polscy producenci ciągle udoskonalają swoje wyroby, a efektem tych prac są systemy zaprezentowane w tablicy 1.

W nawierzchni podsypkowej na podkładach strunobetonowych stosuje się również systemy typu W (np. W14 lub W21). Natomiast w nawierzchni na podkładach drewnianych szyny są przytwierdzane

▲ Fot. Grzegorz Stencel

▼ Tablica 1. Systemy SB produkowane w Polsce

Nazwa systemu	Elementy systemu			
	Łapka	Przekładka	Wkładka	Kotwa
SB4VK	SB4	PKV	WKW	SB3/P*
SB W1	SB4	PWE	WKW	SB3/3*
SB-IF1	SB7	PKV	WKW	SB3/P*
SB7-C-PPK	SB7	PPK	WKW	SB3/P*
SB W3	SB8	PWE	WIW	SB3/4

* najczęściej stosowany typ kotwy w danym systemie

systemami typu K (z łapką sztywną) lub KS (z łapką sprężystą).
W nawierzchniach bezpodsypkowych na płycie betonowej, które stosowane są głównie w tunelach, na stacjach, przejazdach kolejowo-drogowych lub na obiektach mostowych dominują systemy typu W. Można również spotkać takie systemy jak 300-1, DFF-21 lub ERS (system szyny w otulinie).

Podkłady i podrozjazdnice

Najbardziej rozpowszechnionymi podkładami stosowanymi na liniach kolejowych są podkłady PS-94, PS-93 oraz PS-83. Podkłady te mają odmiany przeznaczone na linie szerokotorowe o szerokości torów 1520 mm – są to PS-94S, PS-93S oraz PS-83S. Jest też odmiana podkładu (PS-94M) przeznaczona na obiekty mostowe, która umożliwia zabudowę odbojnic na podkładzie za pomocą wkrętów.
W rozjazdach stosuje się natomiast podrozjazdnice strunobetonowe typu SP-93 lub SP-06. Istnieje również podkład zaprojektowany na bazie podrozjazdnicy SP-06, który jest stosowany w łukach o małych promieniach, gdzie konieczne jest zastosowanie projektowego poszerzenia toru.

Drewno (szczególnie sosna, dąb i buk) jest wciąż bardzo popularnym materiałem na podkłady, podrozjazdnice i mostownice. Jednakże z powodu przepisów ochrony środowiska, które niebawem wejdą w życie, ich produkcja będzie utrudniona ze względu na konieczność zastąpienia obecnie stosowanych olejów impregnacyjnych innymi środkami. Z tego też względu pojawia się coraz więcej producentów podkładów, podrozjazdnic i mostownic kompozytowych, które są wykonane z różnego typu elastomerów. Wyroby te nie są obecnie stosowane w Polsce. W innych krajach europejskich póki co, również nie są powszechnie przyjęte.
W systemach nawierzchni bezpodsypkowych występują podkłady (system RHEDA-2000), podpory (system EBS) lub płyty prefabrykowane (LC-L, Stelcon GTP, Żeltor, GTP).

Rozjazdy i skrzyżowania

Spośród różnych rodzajów rozjazdów wymienionych w tablicy 2, rozjazdy zwyczajne stanowią zdecydowaną większość na liniach kolejowych w Polsce. W obecnie prowadzonych naprawach i modernizacjach zazwyczaj stosuje się rozjazdy

▲ Fot. Grzegorz Stencel

zwyczajne na podrozjazdnicach strunobetonowych. Eksploatowane są również nowe odmiany rozjazdów krzyżowych podwójnych na podrozjazdnicach strunobetonowych.
Przy modernizacji linii kolejowych przyjmuje się zasadę, że prędkość na kierunku zwrotnym w połączeniach torów głównych zasadniczych powinna wynosić co najmniej 50% prędkości maksymalnej na

▼ Tablica 2. Podstawowe rodzaje rozjazdów kolejowych

Rodzaj	Promień toru zwrotnego [m]	Skos [-]	Prędkość na kierunku zasadniczym [km/h]	Prędkość na kierunku zwrotnym [km/h]
Rozjazdy zwyczajne (Rz)	2500	1:26,5	200	130
	1200	1:18,5	250 200 160 120	100
	760	1:14	200	80
	500	1:12	250 200 160 120	60
	300	1:9	160 120	50*
	190	1:9	120	40
Rozjazd krzyżowy pojedynczy (Rkpj)	190	1:9	100	40
Rozjazd krzyżowy podwójny (Rkpd)	190	1:9	120 100	40

* ze względu na brak przystosowania systemów srk, najczęściej dopuszczalną prędkością jest 40 km/h

▼ Tablica 3. Budowle, dla których wymagane jest uzyskanie świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu [1]

Lp.		Szyna kolejowa	System przytwierdzeń	Podkład kolejowy	Podrozjazdnica	Mostownica	Podpora blokowa	Rozjazd kolejowy	Skrzyżowanie torów kolejowych	Podkład stalowy
1.	W przypadku typów budowli, nieujętych w TSI INF jako składniki interoperacyjności (art. 25d, ust. 1, pkt 3 ustawy [4])					✓	✓	✓	✓	✓
2.	W przypadkach sieci kolejowych albo ich części nieobjętych obowiązkiem stosowania TSI (art. 25d, ust. 1, pkt 2 i art. 25f ustawy [4])	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3.	W przypadku infrastruktury metra	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
4.	W przypadku infrastruktury kolejowej obejmującej linie kolejowe o szerokości torów mniejszej niż 1435 mm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5.	W przypadku bocznic kolejowych	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6.	W przypadku sieci kolejowych, które są funkcjonalnie wyodrębnione z systemu kolei i przeznaczone tylko na potrzeby pasażerskich przewozów lokalnych oraz miejskich lub podmiejskich przewoźników kolejowych prowadzących działalność wyłącznie w obrębie tych sieci kolejowych (art. 25a, ust. 1, pkt 1 ustawy [4])	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

danej linii. Stąd rzadziej niż w ubiegłych latach stosuje się rozjazdy o promieniu 300 m w odmianie do prędkości 160 km/h. Stosowanie rozjazdów o większej długości zabudowy powoduje również zwiększenie długości stacji, co przy modernizacji (ze względu na układ geometryczny torów w rejonie stacji) często oznacza konieczność zastosowania rozjazdów przełukowanych. Są one produkowane na bazie konstrukcji podstawowych, przy czym na etapie produkcji poszczególnym tokom nadaje się odpowiednie krzywizny zgodnie z projektem łukowania. Zastosowanie rozjazdów przełukowanych pozwala na m.in. korzystniejsze zagospodarowanie terenu równi stacyjnych i zwiększenie prędkości przejazdu pociągów. Umożliwia również ograniczenie zużycia elementów rozjazdów poprzez zaprojektowanie większych promieni łuków oraz ograniczenie kosztów dzięki zastosowaniu większych prędkości w rozjazdach o krótszych zwrotnicach, mających mniejszą ilość urządzeń do przestawiania i kontroli położenia iglic.

▲ Fot. Grzegorz Stencel

▲ Fot. Grzegorz Stencel

W rozjazdach o prędkości powyżej 200 km/h stosowane są ruchome dzioby krzyżownicy. Tego typu konstrukcje są zastosowane w korytarzu międzynarodowym E65, szczególnie na południowej jego części – linia kolejowa nr 4 Grodzisk Mazowiecki-Zawiercie (Centralna Magistrala Kolejowa), gdzie prędkość maksymalna na kilkudziesięciokilometrowym odcinku wynosi 200 km/h. Obecnie trwają prace modernizacyjne, które pozwolą na wprowadzenie prędkości rozkładowej 200 km/h na pozostałych odcinkach linii, a w dalszej perspektywie umożliwią jej zwiększenie do 230-250 km/h.

▲ Fot. Grzegorz Stencel

▼ Tablica 4. Rodzaje wyrobów niepodlegających „dopuszczeniu" na podstawie ustawy [4]

Lp.	Przeznaczenie	Przykłady wyrobów
1.	Wyroby przeznaczone do budowy nawierzchni kolejowej	Materiały przeznaczone na podsypkę, beton i płyty betonowe w nawierzchni niekonwencjonalnej, złącza szynowe (klasyczne, spawane, zgrzewane), maty wibroizolacyjne
2.	Wyroby przeznaczone do budowy pozostałych elementów wchodzących w skład podsystemu „Infrastruktura"	Płyty do budowy nawierzchni drogowej na przejazdach kolejowo-drogowych, elementy do budowy peronów, materiały do budowy podtorza, w tym kruszywo i siatki wzmacniające, elementy konstrukcyjne i elementy wyposażenia obiektów inżynierskich (poza nawierzchnią kolejową)

Wymagania formalno-prawne

Przed wprowadzeniem do eksploatacji materiałów przeznaczonych do budowy nawierzchni kolejowej niezbędne jest przygotowanie odpowiedniej dokumentacji, wykonanie badań i przeprowadzenie procedury oceny zgodności. Szyny, systemy przytwierdzeń oraz podkłady mogą być wprowadzone do obrotu na podstawie deklaracji zgodności WE, wystawionej w ramach oceny zgodności, przeprowadzonej zgodnie z TSI „Infrastruktura" [3]. W ocenie zgodności biorą również udział (jako tzw. „strona trzecia") jednostki notyfikowane do Dyrektywy 2008/57. Pozostałe elementy nawierzchni, będące „typami budowli" [4] są dopuszczone do eksploatacji po sporządzeniu deklaracji zgodności z typem. W procesach oceny zgodności z typem zaangażowane są jednostki organizacyjne, o których mowa w art. 22g, ust. 9 Ustawy [4].

W obrębie nawierzchni kolejowej stosowane są również inne wyroby budowlane, które są wprowadzane do obrotu na podstawie przepisów Ustawy o wyrobach budowlanych [5]. Przykłady tych wyrobów przedstawiono w tablicy 4. Wprowadzenie do obrotu tych wyrobów wymaga sporządzenia deklaracji właściwości użytkowych lub krajowej deklaracji właściwości użytkowych.

Zdecydowana większość inwestycji polegających na budowie, modernizacji lub odnowieniu linii kolejowych podlega weryfikacji przez jednostki notyfikowane, a następnie zezwoleniu na dopuszczenie do eksploatacji przez Urząd Transportu Kolejowego. Weryfikacja odbywa się na etapie projektu, budowy oraz na etapie końcowym inwestycji. Na etapie końcowym jednostka notyfikowana, po stwierdzeniu zgodności poszczególnych podsystemów (Infrastruktura, Energia, Sterowanie) wystawia certyfikaty weryfikacji WE. Następnie wnioskodawca wystawia deklarację weryfikacji WE oraz składa wniosek do Urzędu o wydanie zezwolenia na dopuszczenie do eksploatacji.

Literatura

1. *Interoperacyjność systemu kolei Unii Europejskiej. Infrastruktura, sterowanie, energia, tabor*, KOW, 2015.
2. Stencel G., *Dobór składników nawierzchni kolejowej ze względu na jej trwałość,* Inżynier Budownictwa, 2/2013.
3. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura" systemu kolei w Unii Europejskiej (Dz.Urz. UE L356 z 12.12.2014, str. 1).
4. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. z 2016 r., poz. 1727, z późn. zm.).
5. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz.U. z 2016 r., poz. 1570).

▲ Fot. Grzegorz Stencel

▲ Fot. autor

Przepusty obecnie stanowią najliczniejszą grupę obiektów mostowych w naszym kraju. Tylko w ciągu dróg kołowych jest ich kilkadziesiąt tysięcy. Choć jako obiekty inżynierskie nie mogą być porównywane z mostami, to jednak odgrywają bardzo ważną rolę w funkcjonowaniu infrastruktury komunikacyjnej – jako całości. Należy dodać, że ich znaczenie będzie nadal rosło m.in. ze względu na stale zmieniające się przepisy z zakresu ochrony środowiska.

PRZEPUSTY I PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT
W INFRASTRUKTURZE KOMUNIKACYJNEJ

dr hab. inż. Adam Wysokowski, *prof. UZ*
Uniwersytet Zielonogórski

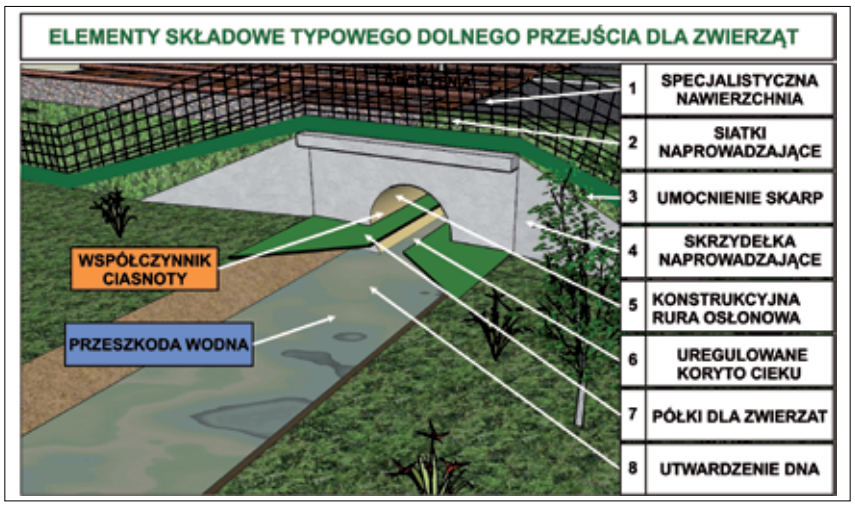
Wprowadzenie

W przekonaniu autora niniejszego artykułu znaczenie przepustów i przejść dla zwierząt dla rozwoju infrastruktury komunikacyjnej jest ogromne. Należy mieć świadomość, że awaria przepustu ma takie samo znaczenie dla użytkowników ciągów komunikacyjnych jak awaria obiektu mostowego, gdyż i jedna i druga skutkuje zamknięciem drogi kołowej lub kolejowej. Jednocześnie trudno wyobrazić sobie drogi, linie kolejowe, a nawet lotniska bez konstrukcji inżynierskich, jakimi są przepusty. Ponadto duża liczba przejść dla zwierząt wykonywana jest obecnie jako przejścia dolne, w postaci odpowiednio wyposażonych przepustów (przejścia dla zwierząt o konstrukcji zespolonej). Przedmiotowe konstrukcje są jednak w dalszym ciągu niedoceniane.

Obecnie na rynku krajowym mamy wiele nowoczesnych rozwiązań materiałowych i technologicznych dotyczących omawianych konstrukcji. Sukcesywnie autor niniejszego artykułu miał okazję śledzić pojawianie się innowacji, badając i wdrażając te konstrukcje w trakcie swojej wieloletniej pracy w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Żmigrodzie. Rozwiązania te to głównie konstrukcje lekkie o coraz większych rozpiętościach, bazujące na współpracy z gruntem (różnego typu blachy faliste, żywice poliestrowe wzmacniane włóknem szklanym, tworzywa sztuczne o dużej gęstości, nowoczesna kamionka, beton polimerowy itp.). Są to konstrukcje o dużej nośności i trwałości. Obecnie główny kierunek rozwoju polega na coraz lepszej optymalizacji konstrukcji, rozumianej jako całość (tzn. rura wraz z współpracującym z nią w przenoszeniu obciążeń ośrodkiem gruntowym). Takie podejście przynosi pożądane korzyści ekonomiczne [1].

Jednocześnie przy zrównoważonym rozwoju infrastruktury drogowej i kolejowej nie da się pominąć również zagadnień ekologicznych. Dotyczy to zarówno budowy tak potrzebnych dróg i linii kolejowych, jak też i modernizacji istniejących. Tym samym konieczna jest budowa odpowiednio wyposażonych przejść dla zwierząt.

Szczególnie jest to istotne dla autostrad i dróg ekspresowych oraz kolei dużych prędkości, które w świecie i Europie rozwijają się w szybkim tempie, a przejścia dla zwierząt są nieodłącznym ich elementem. Jest to ważne z uwagi na bezpieczeństwo użytkowników ruchu.



▲ Rys. 1. Przykład dolnego przejścia dla zwierząt o funkcji zespolonej wraz z wyszczególnieniem elementów jego wyposażenia (opracowanie autora)

Przykład dolnego przejścia dla zwierząt o funkcji zespolonej wraz z wyszczególnieniem elementów jego wyposażenia przedstawiono na rysunku 1.

Podstawy prawne dotyczące przepustów i przejść dla zwierząt

Ze względu na bardzo dużą różnorodność typów konstrukcji przepustów budowanych w różnych okresach, a także z uwagi na różne ich przeznaczenie, istnieje wiele przepisów, rozporządzeń, norm i wytycznych dotyczących tego rodzaju konstrukcji. Większa część z tych dokumentów prawnych dotyczy szerszych zagadnień technicznych, takich jak drogi, linie kolejowe i mosty, a przepusty stanowią w nich jedynie niewielki fragment. Stąd część dokumentów jest niespójnych, a do większości z nich czasami trudno dotrzeć. Z uwagi na różnorodność zastosowań przepustów, a także ich konstrukcję, trudno jest podać jednoznaczną definicję omawianego obiektu. Przykładowo inna definicja obowiązuje dla przepustów kolejowych, a inna dla drogowych [2].

Podstawowym dokumentem prawnym w zakresie obiektów inżynierskich w ciągu dróg kołowych jest Rozporządzenie [3]. Dokument ten w szczególności określa warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie oraz ich usytuowanie. Zawiera wytyczne dotyczące projektowania, bezpieczeństwa, trwałości oraz wyposażenia drogowych obiektów inżynierskich, w tym przepustów. Dodatkowo w załączniku nr 1 do przedmiotowego rozporządzenia określone są metody obliczania świateł mostów i przepustów. Podstawowymi dokumentami prawnym w zakresie kolejowych obiektów inżynierskich jest rozporządzenie [4] oraz Instrukcja Id-2 [5].

W przypadku projektowania i budowy przepustów jest oczywiste, że stosuje się aktualne wersje Prawa budowlanego oraz dokumenty wykonawcze z nim związane.

Zagadnienia ewidencjonowania przepustów, jako elementów infrastruktury drogowej zawierają Rozporządzenia [6–9]. Przeglądy obiektów mostowych, w tym przepustów, powinny być wykonywane według instrukcji [10, 11].

Najistotniejszym dokumentem dotyczącym przejść dla zwierząt przy budowie dróg jest wspomniane wcześniej Rozporządzenie [3]. Przy pracach studialnych i analizach projektowych często wykorzystywana jest pozycja bibliograficzna [12]. Zdaniem autora wiele zagadnień w niej poruszonych powinno znaleźć się w zaleceniach dotyczących problematyki przejść dla zwierząt. Z uwagi na specyfikę omawianego zagadnienia, a także jego złożoność (aspekt przyrodniczy i konstrukcyjny) autor artykułu od dłuższego czasu postuluje o konieczności powstania odpowiedniego dokumentu prawnego w postaci zaleceń projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt. Dokument taki, opracowany przez interdyscyplinarną grupę specjalistów, powinien powstać i zostać pilnie wprowadzony do praktyki inżynierskiej.

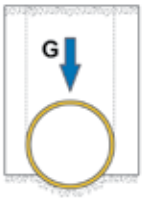
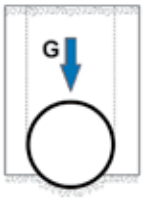
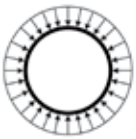
Metody obliczeń i badania przepustów

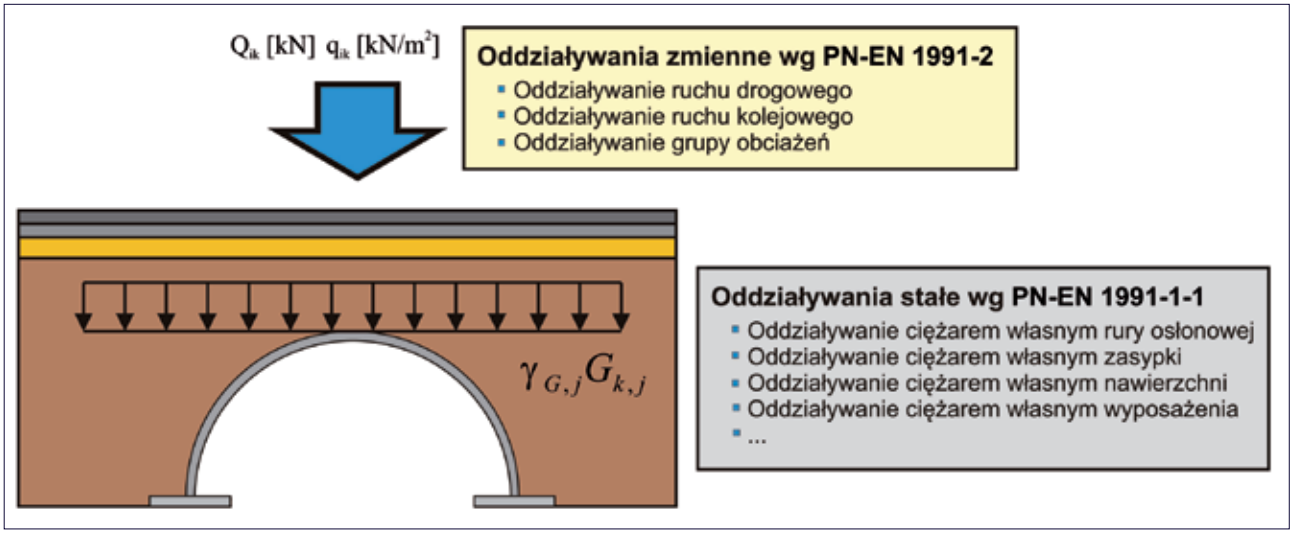
Dawniej konstruowano głównie przepusty zachowujące się w sposób sztywny, gdzie głównym elementem nośnym była sama rura osłonowa. Większość obecnie wykonywanych przepustów to konstrukcje współpracujące z gruntem, a tym samym podatne. Wymagają one innego podejścia obliczeniowego, a metody te są obecnie szeroko wprowadzane do światowej i polskiej praktyki inżynierskiej. Należy nadmienić, że Polska w zakresie metod obliczeń należy do przodujących krajów na świecie. Wynika to z faktu, że wielu krajowych specjalistów poświęciło tym zagadnieniom w ostatnim dziesięcioleciu dużo uwagi, przeprowadzając liczne analizy teoretyczne, badania i nowatorskie wdrożenia [13].

Zasadniczym problemem przy projektowaniu konstrukcji zagłębionych w gruncie jest wyznaczenie wielkości oraz rozkładu obciążeń działających na ich powierzchnię zewnętrzną.

Stosowane obecnie metody obliczeniowe różnią się od siebie, co może być przyczyną przewymiarowania i utrudnia weryfikację wyników. Ośrodek gruntowy nie stanowi jedynie obciążenia budowli, ale w odpowiednich warunkach również element przenoszący obciążenia. Efektem współpracy konstrukcji z gruntem jest poprawa rozkładu obciążeń, a co za tym idzie, obciążenie rozkłada się równomiernie wokół przekroju, w wyniku czego momenty zginające przyjmują mniejsze wartości. Projektowanie obiektów zagłębionych w gruncie opiera się przede wszystkim na doświadczeniach zebranych przy projektowaniu wcześniej wykonanych konstrukcji. Wielkość i rozkład naprężeń od obciążeń zewnętrznych,

▼ Tablica 1. Założenia projektowe dla różnych typów rur umieszczonych w gruncie [15]

	SZTYWNE	PÓŁSZTYWNE	ELASTYCZNE
Schemat			
Rozkład naprężeń			
Czynniki określające wytrzymałość układu	Wytrzymałość materiału rury osłonowej	Odporność na naprężenia rury oraz sztywność gruntu	Sztywność obwodowa rury oraz sztywność gruntu
Charakterystyka statyczna układu	Rura stanowi samodzielny układ statyczny	⟺	Rura i grunt stanowią układ statyczny
Możliwość przenoszenia odkształcenia względnego	~ 0%	~ 0,5%	> 5%
Przykłady materiałów rur osłonowych	Beton, żelbet, polimerobeton, ceramika	Stal, aluminium, GRP	PE, PP, PEHD, PCV
Kryteria projektowe	Naprężenia	Naprężenia oraz odkształcenia względne	Ugięcie i stabilność



▲ Rys. 2. Graficzny przykład oddziaływań na konstrukcję przepustu według obowiązujących norm PN-EN (opracowanie autora)

a przede wszystkim od ciężaru gruntu znajdującego się nad konstrukcją, zależy od sztywności przepustu [14].

W tablicy 1 przedstawiono podstawowy schemat, który pokazuje główne różnice w założeniach do projektowania rur różnych typów: sztywne, półelastyczne i elastyczne [15].

Konstrukcje zagłębione w gruncie możemy podzielić na podatne oraz sztywne. Przy projektowaniu konstrukcji zagłębionej w gruncie zakłada się płaski stan odkształceń. Założenie to powoduje pewne uproszczenie, polegające na nieuwzględnianiu pracy rury w kierunku podłużnym. Nie jest to zgodne ze stanem faktycznym, ponieważ jest oczywiste, że konstrukcja pracuje również w kierunku podłużnym. Klasyk teorii sprężystości Gorbunow podaje, że wpływ pracy w kierunku podłużnym praktycznie nie odgrywa istotnej roli przy wymiarowaniu elementów o długości do 2,0 m [16]. Rozróżnia się stałe i zmienne obciążenia działające na przepust. Obciążenie zmienne pochodzi od oddziaływania pieszych, pojazdów lub innego typu ruchu komunikacyjnego. Charakter tego obciążenia może być różny: skupiony, jak i rozłożony w sposób równomierny bądź nierównomierny. Obciążenie stałe pochodzi od gruntu znajdującego się wokół konstrukcji, a przede wszystkim od parcia naziomu na konstrukcję. Przy projektowaniu niejednorodność gruntu podlega ujednoliceniu, przyjmując przy tym odpowiednie normowe współczynniki bezpieczeństwa.

Graficzny przykład oddziaływań na konstrukcję przepustu według obowiązujących norm PN-EN przedstawiono na rysunku 2.

Z biegiem lat sposoby obliczania konstrukcji przepustów i innych obiektów inżynierskich ulegają ciągłym udoskonaleniom. Wynika to w głównej mierze z dopracowywania metod obliczeniowych, w tym wprowadzania metod numerycznych. Nie bez wpływu na ten stan rzeczy ma również użycie nowych typów konstrukcji i rodzajów materiałów. Ich charakterystyczną cechą jest odmienny sposób zachowania się na etapie wbudowywania, a także pod obciążeniem, czyli w trakcie eksploatacji [17].

Istotą, a zarazem zasadniczą różnicą metody elementów skończonych od stosowanych metod analitycznych projektowania konstrukcji jest to, że pozwala ona na zbudowanie bliższego rzeczywistości modelu obiektu. Dzięki temu, zjawiska zachodzące w analizowanych ośrodkach zamodelowane są w sposób odzwierciedlający rzeczywisty rozkład naprężeń. Dlatego też metoda elementów skończonych, zwana MES, jest obecnie jedną z najszerzej stosowanych nowych metod do rozwiązywania zagadnień inżynierskich.

Technologie bezwykopowe w wykonywaniu przepustów i dolnych przejść dla zwierząt

Jak ogólnie wiadomo, od optymalnego wyboru technologii wykonawstwa obiektów budowlanych zależy w dużej mierze sprawna jej realizacja i sukces całej inwestycji. Wybór technologii uzależniony jest w głównej mierze od potrzeb inwestora, czyli przedmiotu i zakresu prac – w tym przypadku rodzaju konstrukcji i jej rozpiętości (np. przepust bądź też dolne przejście dla zwierząt) oraz lokalnych warunków terenowych w tym gruntowo-wodnych.

Zdaniem autora, w przypadku przepustów i dolnych przejść dla zwierząt wykorzystanie technologii bezwykopowych ułatwiłoby proces realizacji tych inwestycji, których charakter jest liniowy. W tym przypadku przyspieszenie i ułatwienie prac polegałoby na wykonywaniu ciągłych nasypów o równomiernym zagęszczeniu pod nawierzchnie drogowe lub kolejowe, a następnie bezkolizyjne wykonanie przejścia dla zwierząt w technologii bezwykopowej. Tym samym otrzymalibyśmy nasyp o ciągłych parametrach bez konstrukcyjnych kolizji z realizowanymi przejściami, które najczęściej wykonywane są w technologii wykopowej.

Należy dodać, że omawiane technologie są stosowane w Polsce coraz szerzej. Obszar ich aplikacji jest wielokierunkowy i dotyczy zarówno stosowanych materiałów, technologii wykonawstwa (maszyn i urządzeń) jak również nowoczesnych metod projektowania. Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii bezwykopowych systemy oraz niezbędny sprzęt do wykonywania prac mikrotunelowych uległ znacznemu rozwojowi.

Obecnie stosowany sprzęt do mikrotunelingu umożliwia znacznie obniżenie kosztów związanych z budową przepustów i przejść dla zwierząt w tej technologii. Ponadto

nowoczesny sprzęt do mikrotunelingu jest znacznie przyjaźniejszy dla środowiska naturalnego. Wynika to m.in. z ograniczania stosowania spalinowych zespołów napędowych na rzecz jednostek hydraulicznych.
Do niezaprzeczalnych zalet wspomnianej technologii należą m.in.:

- możliwość wykonywania konstrukcji przejść dla zwierząt pod ciągłym ruchem zarówno drogowym, jak i kolejowym
- duża dokładność wykonania konstrukcji
- krótki czas realizacji zadania w porównaniu do wykopu otwartego
- możliwość wykonywania przewodów w trudnych warunkach gruntowo-wodnych
- efektywność ekonomiczna wykonanej inwestycji, biorąc pod uwagę czynniki związane z koniecznością wykonywania objazdów oraz zatrzymania ruchu (w przypadku linii kolejowych).

Pomimo że Polska ma duże doświadczenie w stosowaniu tej technologii, a nawet – co warto podkreślić – niektóre krajowe osiągnięcia w tej dziedzinie są rekordowe, to jednak w dalszym ciągu technologie tego typu są zbyt rzadko stosowane w infrastrukturze komunikacyjnej.
Dlatego też autor uważa, że powinny być one szerzej stosowane do budowy m.in. przepustów, a także do budowy coraz większej liczby przejść dla zwierząt [18].

Na fotografii 1 przedstawiono przykładową konstrukcję żelbetowej rury przeciskowej, która z powodzeniem może być stosowana, jako element przepustu lub dolnego przejścia dla zwierząt pod liniami komunikacyjnymi.

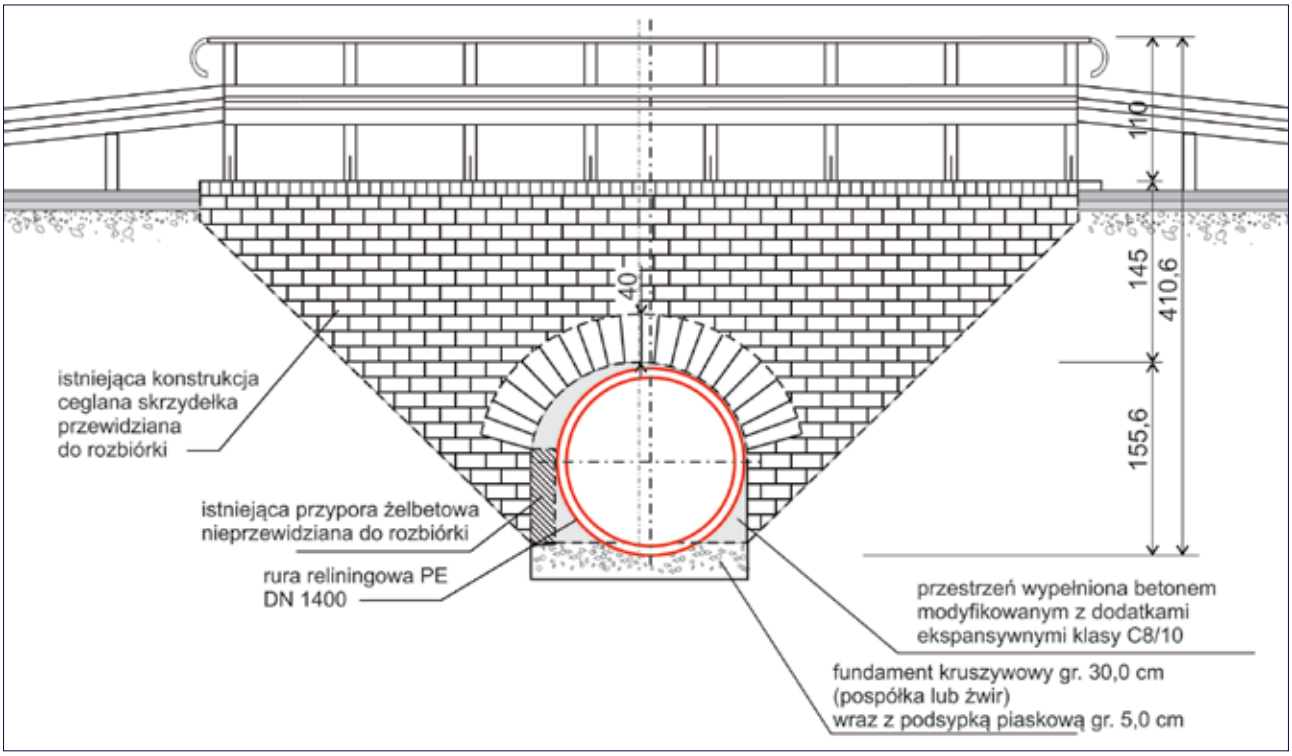
Wzmacnianie oraz utrzymanie przepustów i przejść dla zwierząt

Ogólnie wiadomo, że o trwałości obiektu inżynierskiego decyduje wiele czynników. Jednak jednym z najistotniejszych jest jego sposób właściwego wykonania, uwzględniający odpowiednią technologię i jakość prowadzonych prac budowalnych. Obiekty tego typu powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w przyjętym okresie użytkowania i poziomie utrzymania, była zapewniona ich trwałość rozumiana jako zdolność użytkowania obiektu przy zachowaniu cech wytrzymałościowych i eksploatacyjnych.
Przepusty stanowią nieodzowny element linii komunikacyjnych. Z uwagi na znaczenie i liczbę przepustów, ich stan techniczny i sposób utrzymania powinien być niezwykle ważny.
Zwykle jednak ich stan techniczny jest niezadowalający, a utrzymanie pozostawia wiele do życzenia. Zdaniem autora stan ten wynika głównie z faktu niedoceniania przepustów i traktowania ich jako „młodszych braci" mostów, m.in. z uwagi na ich małe gabaryty.
Ze względu na zły stan techniczny przepustów często mamy do czynienia z koniecznością ich przebudowy lub wzmacniania. Dodatkowo, z uwagi na rozbudowę infrastruktury komunikacyjnej, występuje często konieczność ich poszerzania do wymaganych parametrów. W chwili obecnej dopracowano się specjalistycznych technologii i metod wzmacniania poprzez stosowanie m.in.: materiałów wysokomodyfikowanych z zakresu chemii budowlanej, rękawów wzmacniających (w przypadku mniejszych przepustów) oraz metody reliningowej („rura w rurę"). W tym ostatnim przypadku ważne jest odpowiednie przeliczenie światła tak, aby nowy przepust spełniał parametry użytkowe.
Na rysunku 3 przedstawiono ideę metody reliningowej („rura w rurę").

▲ Fot. 1. Przykładowy segment żelbetowej rury przeciskowej możliwy do zastosowania jako przepust lub „małe" dolne przejście dla zwierząt (np. dla herpetofauny) (fot. autor)

Podsumowanie

Tematyka poruszona w niniejszym artykule – o czym już wcześniej wspomniano – jest istotna z uwagi na sukcesywne podnoszenie standardów utrzymania infrastruktury komunikacyjnej, a także planowane inwestycje w tym zakresie. Przepusty, jako element linii komunikacyjnych stanowią nieodzowną ich część. Z uwagi na ich ważność i liczbę, stan techniczny i sposób utrzymania powinien być niezwykle ważny. Optymistyczny jest fakt, że obserwując stosowanie tego typu konstrukcji w ciągu ostatnich kilkunastu lat, nowe sposoby konstruowania, materiały i technologie przyczyniają się do podniesienia trwałości, funkcjonalności i bezpieczeństwa przepustów oraz przejść dla zwierząt w krajowej infrastrukturze komunikacyjnej.
Osobnym, poruszanym w artykule zagadnieniem jest techniczne dostosowanie istniejących przepustów do potrzeb migracji zwierząt poprzez stosowanie dodatkowych funkcjonalnych elementów wyposażenia.
Zdaniem autora właściwe poznanie tych zagadnień pozwala na opracowanie optymalnych, zrównoważonych rozwiązań inżynierskich z korzyścią zarówno dla środowiska naturalnego, jak i użytkowników ciągów komunikacyjnych.



▲ Rys. 3. Idea metody reliningowej na przykładzie przepustu małej średnicy z zastosowaniem rury z tworzywa sztucznego (opracowanie autora)

Literatura

1. *Loża Ekspertów*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 11-12/2009.
2. Czudek H., Radomski W., *Podstawy mostownictwa*, PWN, Warszawa, 1981.
3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. z dn. 3 sierpnia 2000 r.).
4. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. nr 151, poz. 987).
5. Id-2 (D2), *Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynieryjnych*, PKP Polskie Linie Kolejowe, Warszawa, 2005.
6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 28 lutego 2000 r. w sprawie trybu sporządzania informacji, gromadzenia i udostępniania danych o sieci dróg publicznych (Dz.U. nr 17, poz. 225).
7. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 28 lutego 2000 r. w sprawie numeracji i ewidencji dróg oraz obiektów mostowych (Dz.U. nr 23, poz. 393).
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 16 lutego 2005 r. w sprawie sposobu numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom (Dz.U. nr 67, poz. 582).
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 16 lutego 2005 r. w sprawie trybu sporządzania informacji oraz gromadzenia i udostępniania danych o sieci dróg publicznych, obiektach mostowych, tunelach oraz promach (Dz.U. nr 67, poz. 583).
10. Janas L., Jarominiak A., Michalak E., *Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich*, GDDKiA, Warszawa, 2005.
11. *Instrukcje planowania robot mostowych oraz przeglądów obiektów mostowych na zamiejskich drogach publicznych*, Nr DP.T15 M-DP.T19 M, GDDP, Warszawa, 1990.
12. Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R.W., Stachura K., *Zwierzęta a drogi: metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt*, Zakład Badań Ssaków PAN, Białowieża, 2004.
13. Wysokowski A., Howis J., *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 7. Metody obliczeń konstrukcji przepustów. Cz. I. Ogólne zasady obliczeń*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 03-04/2010.
14. Kunecki B., *Zachowanie się ortotropowych powłok walcowych w ośrodku gruntowym pod statycznym i dynamicznym obciążeniem zewnętrznym. Rozprawa doktorska*, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2006.
15. Janson L., Molin J., *Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych,* Wavin Metalplast-Buk, 2007.
16. Madryas C., Kolonko A., Wysocki L., *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych,* Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2002.
17. Wysokowski A., Howis J., *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 9. Metody obliczeń konstrukcji przepustów. Cz. III. Nowe metody obliczeń*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 09-10/2010.
18. Wysokowski A., *Specyfika budowy dolnych przejść dla zwierząt w technologiach bezwykopowych*, Materiały Budowlane, 2/2014.

▲ Fot. Cezary Kraszewski

Zagęszczanie zwane również stabilizacją mechaniczną to jeden z najważniejszych procesów technologicznych stosowanych w budownictwie, w celu wzmacniania gruntów i kruszyw. Oczekiwanym efektem zagęszczania gruntów jest poprawa nośności i zmniejszenie odkształcalności.

ZAGĘSZCZANIE GRUNTÓW NIESPOISTYCH

I KONTROLA ZAGĘSZCZENIA W BUDOWNICTWIE DROGOWYM

dr inż. *Cezary Kraszewski*
Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Wstęp

Zagęszczenie ma na celu lepsze i szczelniejsze rozmieszczenie ziaren, zmniejszenie zawartości wolnych przestrzeni w gruncie (porów) i w konsekwencji zwiększenie gęstości objętościowej gruntu.

W budownictwie drogowym w zależności od rodzaju gruntu, frontu robót oraz grubości zagęszczanej warstwy, najczęściej stosowane do zagęszczania są walce i zagęszczarki płytowe o zróżnicowanych masach:

- walce stalowe i gumowe (wibracyjne, gładkie, okołkowane, statyczne) o masie od 0,5 do 25 ton
- stopy i zagęszczarki wibracyjne o masie od 50 do 800 kg.

▲ Fot. 1. Cezary Kraszewski

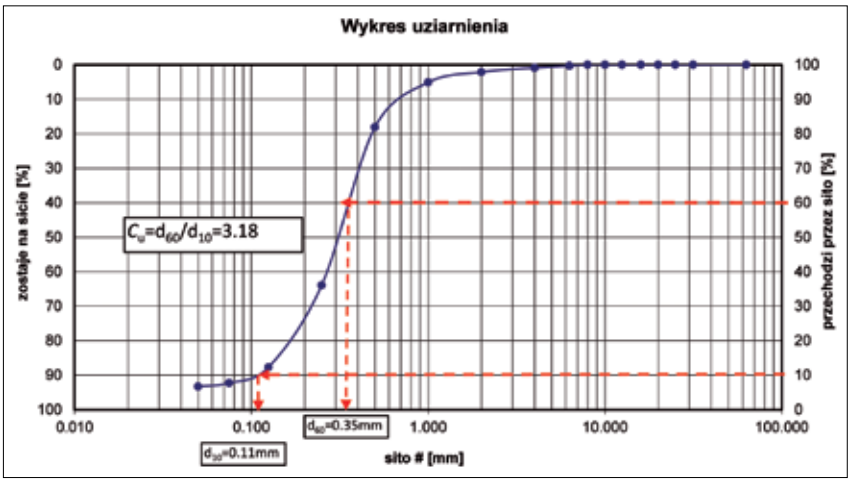
W zależności od zastosowanego sprzętu, wykonuje się od kilku do kilkunastu przejazdów po jednym śladzie maszyny – obecnie maszyny są wyposażone w mierniki zagęszczenia. Nie określają one wskaźnika czy stopnia zagęszczenia, ale na skali przyrządu wyświetlają, czy grunt jest nadal podatny na zagęszczenie i dalej go zagęszczać, czy osiągnął już maksimum możliwego zagęszczenia.

Stosowane są również inne specjalistyczne metody takie jak: mikrowybuchy, udary o dużej energii, szczególnie przydatne do głębokiego zagęszczenia i wzmocnienia gruntów – stanowią one jednak odrębne zagadnienie.

Zagęszczalność gruntów

O podatności gruntu na zagęszczenie można dowiedzieć się z krzywej przesiewu, która w sposób graficzny przedstawia rozkład poszczególnych frakcji gruntów na sitach (rys. 1).

Kształt tej krzywej informuje, czy grunt jest łatwo zagęszczalny czy też nie. Miarą jego jest wskaźnik jednorodności uziarnienia (C_U),



▲ Rys. 1. Krzywa przesiewu gruntu

który informuje o podatności gruntu na zagęszczenie.

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

gdzie:
d_{60}, d_{10} – średnice oczek sita przez które przechodzi 60% i 10% gruntów, wyznaczone z krzywej przesiewu.

Im przebieg krzywej uziarnienia jest bardziej poziomy, tym wyższa jest wartość C_U, bardziej zróżnicowane jest uziarnienie gruntu, a grunt jest lepiej zagęszczalny. Jeżeli krzywa uziarnienia jest pionowa, mówimy o gruncie równoziarnistym o ograniczonej zagęszczalności.

W budownictwie drogowym przyjmuje się, że grunt jest dobrze zagęszczalny, gdy $C_U \geq 5$, średnio zagęszczalny C_U = 3–5 i trudno zagęszczalny $C_U < 3$.

Zagęszczalność gruntów związana jest bezpośrednio z jego wilgotnością. Żeby użyć jak najmniejszej energii, grunty należy zagęszczać przy odpowiedniej wilgotności tzw. wilgotności optymalnej (w_{opt}). Jest to wilgotność, przy której zagęszczanie jest najbardziej efektywne i uzyskiwana jest największa gęstość szkieletu gruntowego (ρ_{ds}). Wilgotność optymalną wyznacza się w badaniu laboratoryjnym Proctora (PN-EN 13286-2 [1], PN-B-04481 [2]), określając gęstość objętościową szkieletu gruntowego, przy stałej energii zagęszczania i dla różnych wilgotności (rys. 2).

W praktyce, zagęszczany grunt powinien mieć wilgotność zbliżoną do optymalnej. Jeżeli jest zbyt suchy to należy go nawilżyć, a jeżeli zbyt wilgotny – odczekać, aby uległ przesuszeniu lub doziarnić suchszym gruntem.

Badanie zagęszczenia

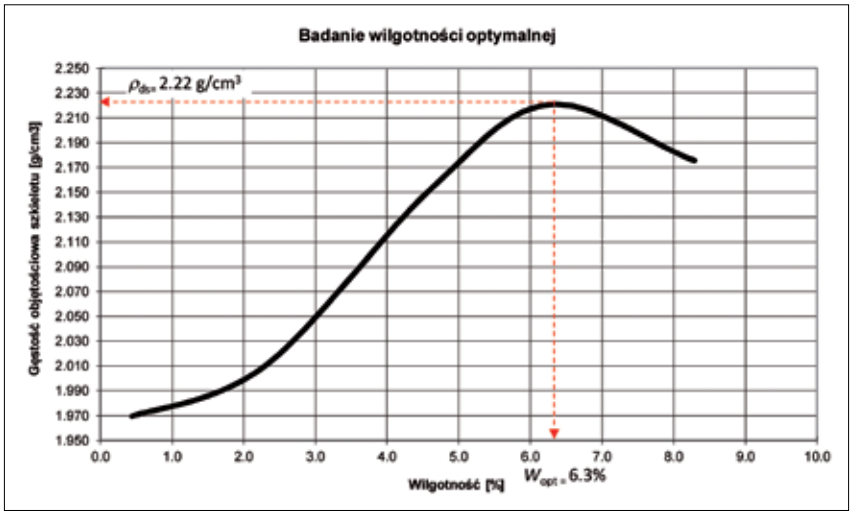
W budownictwie drogowym miarą zagęszczenia jest wskaźnik zagęszczenia Is [3], który służy do kontroli wykonanych robót ziemnych (nasypy, podłoże gruntowe) i warstw technologicznych i konstrukcyjnych. Wskaźnik zagęszczenia Is oznaczany jest w badaniu laboratoryjnym wg zależności:

$$Is = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$$

gdzie:
ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego oznaczona w terenie, w badaniu bezpośrednim [g/cm³]
ρ_{ds} – maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego oznaczona w badaniu Proctora [g/cm³].

Najczęściej stosowaną wartością wskaźnika zagęszczenia Is jest 1,00, co oznacza, że grunt jest zagęszczony do 100% wartości gęstości wg Proctora. Zazwyczaj wymagane wartości w drogownictwie mieszczą się w przedziale Is od 0,95 do 1,03 w zależności od badanej warstwy, a precyzyjne wymagania podane są w Szczegółowych Specyfikacjach Technicznych SST. Im warstwa bardziej ważna, tym wymagana jest wyższa wartość wskaźnika Is.

Badanie gęstości objętościowej wykonuje się w terenie najczęściej cylindrem o stałej objętości lub innym objętościomierzem, np. wodnym lub piaskowym wg BN-8931-12 [3]. Badanie polega na pobraniu próbki gruntu i określeniu jej objętości (jednym z objętościomierzy) oraz pomiarze masy suchej (po wysuszeniu w laboratorium). Następnie z tych danych obliczona zostaje gęstość szkieletu gruntowego (ρ_d), którą



▲ Rys. 2. Badanie Proctora

▲ Fot. 2. Cylinder o stałej objętości [8]

porównujemy do maksymalnej gęstości szkieletu wg Proctora (ρ_{ds}) i wyznaczamy wskaźnik zagęszczenia Is.

W drogownictwie stan zagęszczenia i jego nośność może być również szacowany w badaniach pośrednich, tzn. może być wyprowadzony z innych parametrów, np. z E_{vd} (moduł dynamiczny), E_2/E_1 (moduł statyczny VSS) lub sondowań dynamicznych na podstawie zależności korelacyjnych. W niektórych krajach, np. w Anglii stosowane są nuklearne mierniki gęstości gruntu.

W geotechnice i geologii zagęszczenie gruntów rodzimych określane jest stopniem zagęszczenia I_D, który oznacza naturalny stan zagęszczenia gruntów niespoistych. I_D oblicza się wg PN-88/B-04481 [2] zgodnie ze wzorem:

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

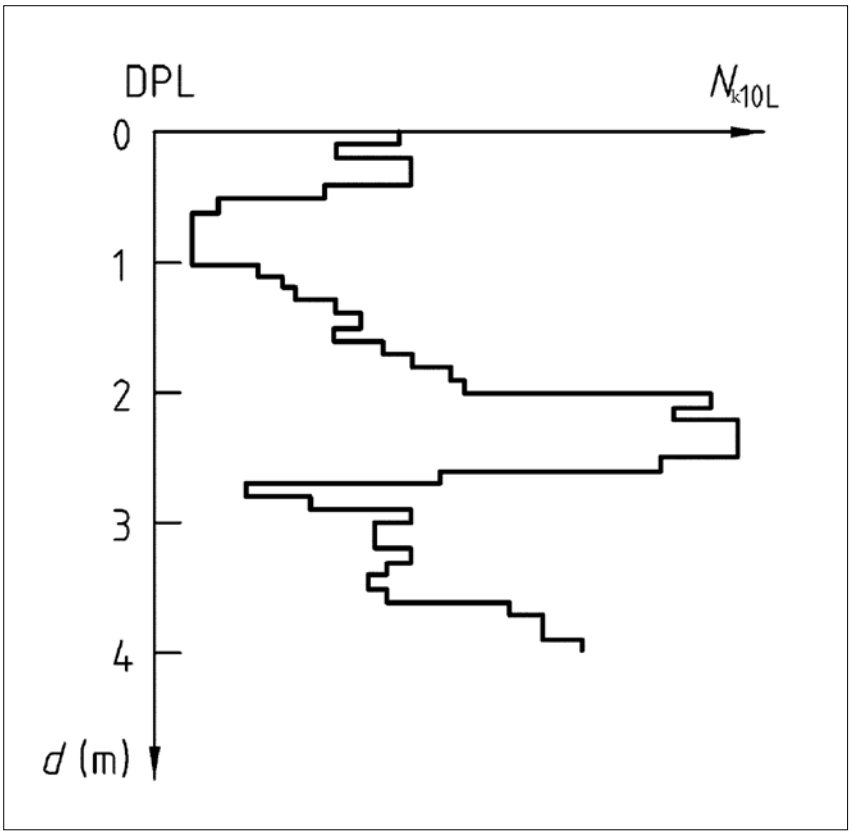
gdzie:
e_{max} – wskaźnik porowatości gruntu maksymalnie zagęszczonego
e_{min} – wskaźnik porowatości gruntu luźnego
e – wskaźnik porowatości w stanie naturalnym.

Stopień zagęszczenia I_D może być wyznaczany na podstawie sondowań udarowych sondą lekką, średnią, ciężką i bardzo ciężką (DPL, DPM, DPH, DPSH). W zależności od rodzaju sondy określa się ilość udarów N_k potrzebnych na pogrążenie stożka na przyjętą głębokość.

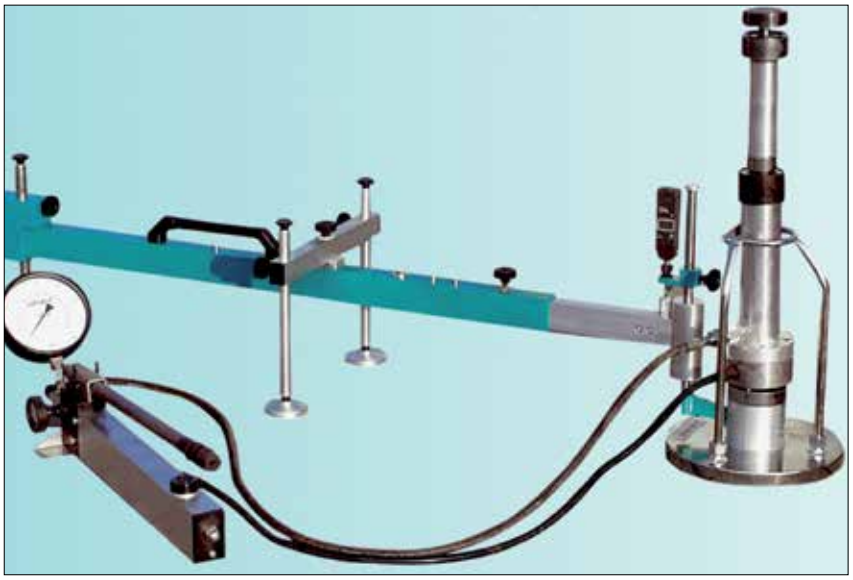
W badaniu otrzymujemy wykres ilości udarów N_k w funkcji głębokości (rys. 3) i następnie wyznacza się stopień zagęszczenia I_D ze wzorów normowych.

▲ Fot. 3. Objętościomierz wodny [8]

▲ Fot. 4. Objętościomierz piaskowy [8]



▲ Rys. 3. Wykres sondowania sondą DPL wg PN-EN ISO 22476-2 [4]



▲ Fot. 5. Płyta statyczna VSS [8]

▲ Fot. 6. Płyta dynamiczna [8]

Znane zależności normowe (PN-B-04452 [5], Eurokod 7 [6], Instrukcja [7]) pozwalają na wyznaczenie stopnia zagęszczenia I_D w badaniu sondą dynamiczną na podstawie wzorów empirycznych. Sondowanie może być stosowane, gdy mamy do czynienia z oceną stanu zagęszczenia gruntów w stanie naturalnym, gdzie przyjmuje się następujące stany zagęszczenia w zależności od wartości I_D:

- stan luźny
- średnio zagęszczony
- zagęszczony
- bardzo zagęszczony.

Sondowania dynamiczne mogą być stosowane do kontroli robót ziemnych, wychwycenia miejsc słabych lub jednorodności zagęszczenia. Natomiast przy ocenie stanu zagęszczenia na podstawie wskaźnika zagęszczenia Is stosowanego w drogownictwie, należy podchodzić do sondowań z dużą ostrożnością i odpowiednio je interpretować, szczególnie przy ocenie badań wierzchnich warstw gruntów. Sondowania zaleca się interpretować dopiero od tzw. głębokości krytycznej, która wynosi od 0,6 m (DPL) do 1,5 m (DPSH). Problemem z interpretacją sondowań w drogownictwie jest to, że wartość wyprowadzona z sondowania to stopień zagęszczenia I_D, a nie wskaźnik zagęszczenia Is. Istnieje zależność empiryczna pomiędzy tymi wartościami (Instrukcja [7]) pozwalająca na obliczenie wskaźnika Is ze stopnia I_D:

$$Is = \frac{0{,}818}{0{,}958 - 0{,}174\, I_D}$$

Wyprowadzoną wartość wskaźnika zagęszczenia Is należy traktować jako wartość przybliżoną, gdyż jest ona uzyskana z zastosowania podwójnej korelacji, raz z $I_D = f(N_k)$ i następnie $Is = f(I_D)$.

▲ Fot. 7. Sonda dynamiczna lekka DPL

Literatura

1. PN-EN 13286-2 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 2: Metody określania gęstości i zawartości wody – Zagęszczanie metodą Proctora.
2. PN-B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntów.
3. BN-8931-12:1997 Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu.
4. PN-EN ISO 22476-2 Rozpoznanie i badania geotechniczne – Badania polowe – Część 2: Sondowanie dynamiczne.
5. PN-B-04452 Geotechnika – Badania Polowe.
6. PN-EN 1997-2 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
7. *Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Część 2. Załącznik*, IBDiM, 1998.
8. www.infratest.net

▲ Fot. 1. Przykładowy skład betonu mostowego (fot. K. Ziętkowski)

Współczesny beton nie jest już trójskładnikową mieszaniną składająca się z cementu, kruszywa i wody – ważną rolę oprócz wymienionych pełnią w nim również dodatki i domieszki (fot. 1). Odpowiedni dobór jakościowy i ilościowy tych składników pozwala na uzyskanie specjalnych cech mieszanki betonowej i betonu, spełniającego wymagania trudnego środowiska pracy mostów. Coraz częściej w mostownictwie znajdują zastosowanie nowe osiągnięcia – betony specjalne, nadal nazywane betonami nowej generacji.

BETONY SPECJALNE
DO OBIEKTÓW MOSTOWYCH

dr inż. *Wioletta Jackiewicz-Rek*
Politechnika Warszawska

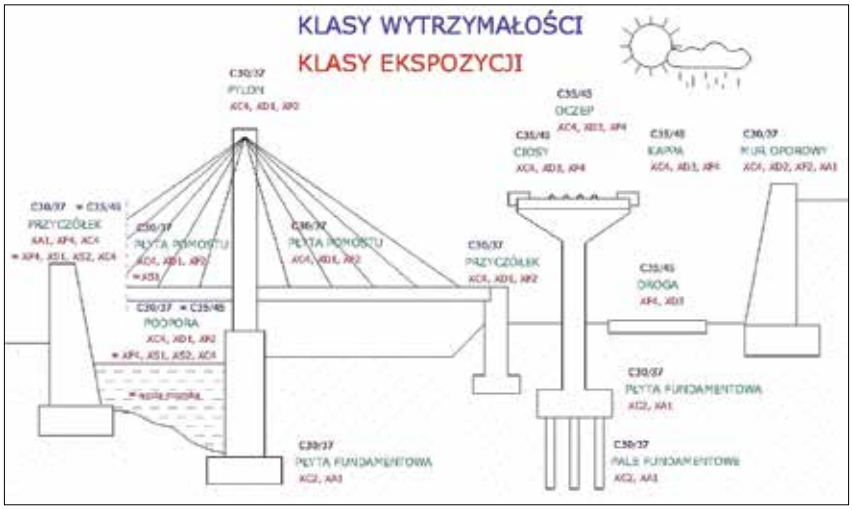
Wstęp

Do betonów specjalnych należą betony wysokowartościowe. Przy ich projektowaniu dąży się do stworzenia materiału, którego jedna lub kilka cech charakterystycznych w porównaniu z cechami betonu zwykłego zostanie udoskonalona w wyniku odpowiedniego doboru rodzaju oraz proporcji składników tak, aby dostosować wymagane właściwości do potrzeb i warunków eksploatacji konstrukcji. W przypadku konstrukcji inżynierskich użyteczne są betony wysokiej wytrzymałości (BWW i lekkie LBWW), betony samozagęszczalne, architektoniczne – w tym fotobeton, czy też beton ze zbrojeniem rozproszonym – fibrobeton.

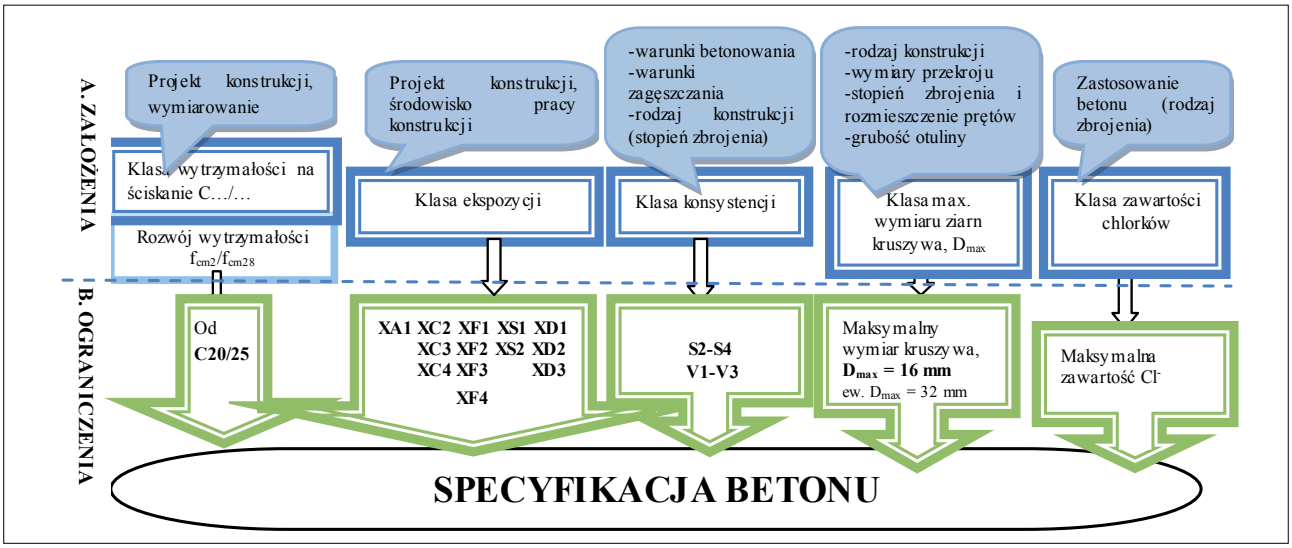
Wymagania dla betonu do konstrukcji inżynierskich

„Beton mostowy" nie może być zwykłym betonem, ale materiałem o specjalnych cechach, spełniającym określone wymagania dla sprostania czynnikom destrukcyjnym. Powinien zapewnić ochronę strukturalno-materiałową konstrukcji mostowej. Ochrona ta powinna być realizowana w wyniku stosowania odpowiedniej klasy betonu, odpowiedniego rodzaju cementu, rodzaju kruszywa i jego uziarnienia, a także odpowiednich dodatków i domieszek.

Obiekty mostowe narażone są na wpływy atmosferyczne, wilgoć, opady deszczu, śniegu, nasłonecznienie, cykliczne zmiany temperatury roczne i dobowe, działanie wód gruntowych, powierzchniowych (rzeki, jeziora) i lodu (kry). Ponadto powietrze, woda, opady zawierają zanieczyszczenia chemiczne, a w okresie zimowym stosowane są środki chemiczne (sole odladzające) – wszystko to sprawia, że materiały w mostach narażone są na oddziaływania fizyczne, chemiczne i fizykochemiczne, mechaniczne i biologiczne [1]. W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości budowli w przewidzianym okresie użytkowania, materiały budowlane stosowane do wznoszenia mostów powinny charakteryzować się najlepszymi parametrami wytrzymałościowymi (wynikającymi z warunków obciążeń), ale również trwałościowymi, o dużej odporności na oddziaływanie środowiska. Poszczególne elementy mostów pracują w różnych warunkach oddziaływań, czyli mogą być sklasyfikowane do różnych klas ekspozycji (rys. 1).



▲ Rys. 1. Przykłady klas ekspozycji betonu w poszczególnych elementach konstrukcji mostu narażonych na różne oddziaływania [5]



▲ Rys. 2. Zakres specyfikacji betonu do elementów konstrukcji mostowych [5]

Minimalną klasą betonu mostowego powinna być klasa C 30/37 wg PN-EN 206 [6]. W szczególnych przypadkach (klasa ekspozycji XD3) min. klasa betonu powinna wynosić C 35/45. Dotyczy to m.in. przęseł i podpór wiaduktów nad ruchliwymi drogami, na których stosuje się środki odladzające. Są one rozpylane przez samochody w postaci agresywnej „mgiełki", zawierającej chlorki [2].

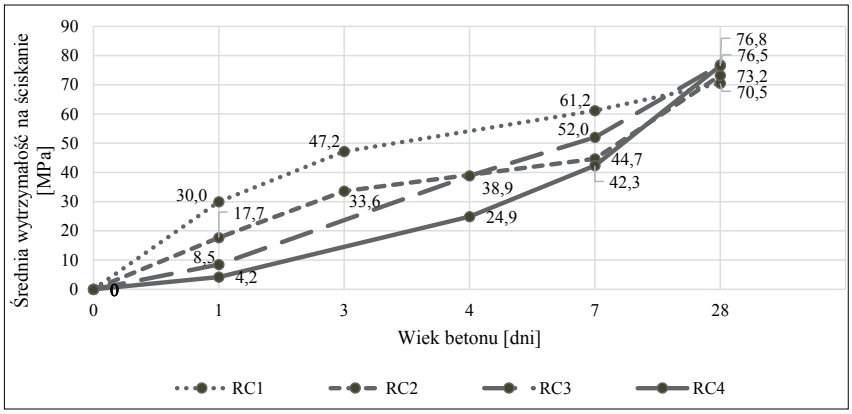
W obowiązujących przepisach krajowych formułujących wymagania dla betonów w konstrukcjach inżynierskich [3], postawiono betonowi dodatkowe wymagania dotyczące cech związanych z jego trwałością. Beton mostowy powinien charakteryzować się odpornością na agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmrażania bez środków odladzających, albo ze środkami odladzającymi – powinien wykazywać odporność na działanie mrozu oznaczoną stopniem mrozoodporności (F100 w klasie ekspozycji XF1, F150 w klasach ekspozycji XF2–XF3, F200 w klasie ekspozycji XF4) określanym wg PN-88/B-06250 [4]. Beton w elementach konstrukcji narażonych na oddziaływanie środowiska chemicznie agresywnego powinien wykazywać odporność na penetrację wody pod ciśnieniem według PN-EN 12390-8 mierzoną maksymalną głębokością penetracji nie większą niż: 60 mm w klasie ekspozycji XA1, 50 mm w klasie ekspozycji XA2 i maksymalnie 40 mm w klasie ekspozycji XA3. Natomiast w elementach konstrukcji narażonych na korozję spowodowaną chlorkami w klasach ekspozycji XD3 i XS3 winien wykazywać odporność na penetrację wody pod ciśnieniem mierzoną maksymalną głębokością penetracji nie większą niż 40 mm.

Specyfikacja betonu mostowego przekazywana producentowi betonu powinna zawierać zestawienie wszystkich wymaganych cech materiału (rys. 2) oraz warunków jego transportu, układania i pielęgnacji. Należy odróżnić beton projektowany – zamawiany przez specyfikację wymagań i beton recepturowy – przez podanie składu. Szczególnej uwagi wymaga prawidłowe formułowanie specyfikacji wymagań odnośnie betonu, z uwzględnieniem przede wszystkim zachowania trwałości i bezpieczeństwa konstrukcji, przy jednoczesnym zapewnieniu efektywności ekonomicznej przyjętego rozwiązania [5].

Betony specjalne

Beton wysokiej wytrzymałości (BWW)

Betony wysokiej wytrzymałości, dzięki wysokiej wczesnej i normowej wytrzymałości na ściskanie, dużej trwałości oraz dobrej urabialności mieszanki betonowej przy wydłużonym czasie utrzymania konsystencji, znajdują coraz szersze zastosowanie. Uzyskanie wymienionych cech jest możliwe dzięki odpowiedniemu doborowi jakościowemu i ilościowemu składników mieszanki betonowej. Uzyskiwane jest poprzez redukcję zawartości wody zarobowej, poprzez zastosowanie skutecznych domieszek



▲ Rys. 3. Rozwój wytrzymałości na ściskanie w czasie betonów różniących się składem spoiwa (beton RC1 z CEM I 52,5R, RC2: 50% CEM I 52,5R + 50% CEM III/A 42,5N, RC3: 50% CEM I 42,5R + 50% CEM III/A 42,5N, RC4: CEM III/A 42,5N) [11]

upłynniających, stosowanie cementów klas wytrzymałości 42,5 i 52,5 (rys. 3), odpowiednią kompozycję kruszywa do betonu i modyfikacje mikrostruktury poprzez użycie aktywnych dodatków (np. pyłów krzemionkowych, popiołów lotnych).

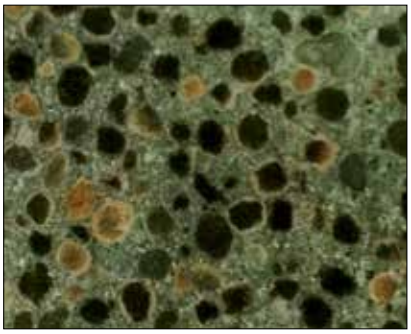
Znaczącą rolę w kształtowaniu wytrzymałości na ściskanie BWW pełni kompozycja stosu okruchowego oraz właściwości kruszywa grubego. Duża zawartość cementu oraz wprowadzenie domieszek redukujących ilość wody zarobowej i popiołu lotnego umożliwia uszczelnienie struktury oraz uzyskanie wysokiej wytrzymałości zaczynu. W porównaniu do betonów zwykłych, wzmocnieniu ulega również strefa kontaktowa zaczyn-kruszywo, co sprawia, że czynnikiem najsłabszym – decydującym o wytrzymałości betonu – może być kruszywo grube.

Beton lekki wysokiej wytrzymałości (LBWW)

Oprócz przywołanych betonów cementowych na konstrukcje mostów coraz częściej wybiera się betony lekkie o gęstości w stanie suchym nie większej niż 2000 kg/m^3. Beton lekki stosuje się tam, gdzie zależy na uzyskaniu niskiej przewodności cieplnej, czy też uzyskaniu wyższych parametrów izolacji dźwiękowej (tłumienie dźwięku), ale przede wszystkim tam, gdzie uzyskanie mniejszej gęstości elementu pozwala na zmniejszenie jego przekroju w rezultacie prowadząc do zmniejszenia obciążeń własnych konstrukcji. Główną zaletą betonów lekkich jest mniejsza gęstość pozwalająca zredukować obciążenia własne. Do najczęściej wymienianych wad, należy wyższy koszt wytworzenia i konieczność uwzględnienia specyfiki kruszyw lekkich podczas produkcji. Jednak wyższy początkowy koszt produkcji może być równoważony oszczędnościami wynikającymi z mniejszego zużycia stali zbrojeniowej i sprężającej oraz redukcję kosztów uzyskaną przez zastosowanie mniejszych fundamentów i smuklejszych, rzadziej rozmieszczonych podpór.

Beton lekki kruszywowy wysokich wytrzymałości jest z pewnością materiałem wymagającym specjalnego podejścia projektowego i technologicznego. Liczne przykłady wykorzystania go w budowlach w Ameryce i w Europie wskazują, że przezwyciężenie początkowych trudności i wyższych kosztów, pozwala wybudować obiekty o wymaganej wytrzymałości i trwałości przy oszczędnościach finansowych. Istotnym czynnikiem, od którego należy zacząć projektowanie betonu jest duża nasiąkliwość kruszywa lekkiego. Należy uwzględnić ją na etapie projektowania i wykonywania mieszanki. Tradycyjne metody projektowania betonu zwykłego oparte na szczelnym stosie okruchowym i wzorze Bolomey'a nie znajdują zastosowania przy projektowaniu betonu lekkiego. Wytrzymałość betonu LBWW uzależniona jest od trzech głównych czynników: wytrzymałości matrycy i kruszywa grubego oraz procentowego rozkładu tych składników w objętości betonu. Przy zastosowaniu w składzie kruszywa popiołoporytowego (fot. 2) i odpowiedniej kompozycji oraz technologii wykonania mieszanki betonowej, możliwe jest uzyskanie wytrzymałości na ściskanie na poziomie 70 MPa, klasy gęstości D1,8–D2,0 i potwierdzonych cech związanych z trwałością np. wodoszczelności W8 i stopnia mrozoodporności F150.

Prawidłowo wykonany i zagęszczony beton lekki kruszywowy wysokiej wytrzymałości jest materiałem odpornym na czynniki destrukcyjne. Kompatybilność modułów sprężystości matrycy cementowej oraz ziaren kruszywa zapobiega powstawaniu mikropęknięć na granicy kontaktu na skutek różnic naprężeń pochodzenia mechanicznego lub termicznego.
Jako przykład zastosowania w Polsce betonu w elementach obiektu inżynierskiego można wskazać budowę (2013 r.) mostu drogowego w Toruniu.



▲ Fot. 2. Fragment przekroju próbki betonu lekkiego z kruszywem popiołoporytowym po badaniu wytrzymałości na ściskanie – płaszczyzna zniszczenia przebiega przez ziarna kruszywa

Beton samozagęszczalny (SCC)

Inną grupą betonów użyteczną do konstrukcji mostowych są betony samozagęszczalne (SCC), które zgodnie z definicją mogą się rozpływać i zagęszczać pod własnym ciężarem, wypełniając deskowanie ze zbrojeniem, kanały, ramy z zachowaniem jednorodności. Technologia mieszanek betonowych samozagęszczalnych została opracowana pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia w Japonii i jest coraz częściej wykorzystywaną technologią betonowania konstrukcji, czy jej elementów – najczęściej gęstozbrojonych, o skomplikowanych kształtach, czy specjalnych wymaganiach odnośnie wyglądu. Umożliwia zmniejszenie nakładów i obciążeń środowiska związanych z betonowaniem (eliminacja wibrowania). Mieszanki takie dzięki odpowiedniemu składowi jakościowemu i ilościowemu charakteryzują się bardzo dużą płynnością (jak miód) oraz mają zdolność do samoodpowietrzania. Najczęściej przywoływanym, pierwszym zastosowaniem SCC w Polsce, są łuki mostu Zamkowego nad rzeką Wisłok w Rzeszowie, gdzie wbudowano ciekłą mieszankę w związku z ograniczeniami przekroju poprzecznego łuków i bardzo gęstym układem zbrojenia.

Mieszanki betonowe samozagęszczalne powinna charakteryzować: wysoka płynność, zdolność przepływu przez istniejące przeszkody (zbrojenie), odporność na segregację, zarówno podczas układania jak i transportu. Uzyskane parametry płynności powinny zapewnić mieszance nie tylko odpowiedni rozpływ i możliwość samopoziomowania się, ale również usuwania z mieszanki niepożądanych porów powietrza powstałych podczas mieszania składników. Poziom urabialności mieszanki betonowej powinien być dobrany do rodzaju, kształtu i wymagań konstrukcji, zbrojenia i warunków wykonywania prac.
Można zatem stwierdzić, że istotą projektowania betonu samozagęszczalnego jest uzyskanie mieszanki o jednorodnych właściwościach, która zapewni uformowanie wymaganego kształtu i struktury w deskowaniu jedynie pod własnym ciężarem, a efekt samozagęszczenia powinien dać porównywalne właściwości betonu jak w wyniku zagęszczenia wibracyjnego.
W przypadku projektowania takiego betonu, pierwszorzędnego znaczenia nabiera

▲ Fot. 3. Pomiar wielkości rozpływu mieszanki betonowej samozagęszczalnej wg PN-EN 206

▲ Fot. 4. Widok mieszanki betonowej samozagęszczalnej o dużej płynności

spełnienie wymagań konsystencji i urabialności mieszanki. To właśnie ten warunek determinuje kolejne etapy projektowania i doboru składników przy spełnieniu minimalnych wymagań wytrzymałości i trwałości. W pierwszej kolejności, ze względu na warunki i metody wykonania betonowania, należy określić pożądany przedział właściwości reologicznych i klas konsystencji mieszanki w jednostkach odpowiadających metodom pomiaru według PN-EN 206 [6] (fot. 3). Następnym etapem jest określenie składu jakościowego i ilościowego mieszanki. Ważnym, a nawet kluczowym elementem w ustalaniu składu jest dobór odpowiedniej domieszki upłynniającej (superplastyfikatora) kompatybilnego z cementem, dodatkami mineralnymi i ewentualnie innymi domieszkami. Należy również ustalić wpływ ilościowy domieszki na parametry reologiczne mieszanki poprzez przeprowadzenie badań doświadczalnych. W dalszych etapach projektowania betonu należy sprawdzić odporność mieszanki na zmiany składu i efekty działania superplastyfikatora uwzględniając wpływ wszystkich zmiennych czynników występujących w danych warunkach wykonywania betonu. Ostatnim etapem jest optymalizacja składu mieszanki w warunkach technicznych wytwórni i budowy.

Oprócz najistotniejszych zalet SCC, takich jak skuteczne wypełnienie deskowania i otulenie zbrojenia (nawet przy skomplikowanym kształcie i bardzo gęstym zbrojeniu elementu), niewątpliwie znaczenie mają także wysoka jakość powierzchni betonu oraz uzyskiwanie precyzyjnych wymiarów elementów. Mieszanki samozagęszczalne można wbudowywać metodą pompowaniu „od dołu". Dodatkowym ich atutem jest przedłużenie żywotności form i deskowań oraz bardzo istotna ze względów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia – eliminacja drgań i hałasu. Technologia betonów samozagęszczalnych wiąże się jednak z ograniczeniami, które powodują, że pomimo wymienionych zalet nie jest stosowana powszechnie. Główne wady technologii wiążą się z wrażliwością związaną z doborem jakościowym i ilościowym składników mieszanki betonowej jak i technologią jej produkcji oraz wbudowania. Niewątpliwie istotnym aspektem jest odpowiednie przygotowanie deskowania przy uwzględnieniu większego parcia mieszanki (wymiarowanie deskowań na ciśnienie hydrostatyczne), dokładnego uszczelniania styków deskowania, czy też uwzględnienie osiadania mieszanki po zakończeniu betonowania.

W projektowaniu betonów samozagęszczalnych niezwykle trudnym warunkiem jest spełnienie wszystkich stawianych wymagań dotyczących właściwości reologicznych. Uzyskanie mieszanki o odpowiednio wysokiej płynności (fot. 4) i zdolności samoodpowietrzania się poprzez zmniejszenie jej lepkości, może spowodować segregowanie się składników i obniżenie parametrów wytrzymałościowych betonu. Aby zmniejszyć wpływ lepkości na jakość uzyskiwanego betonu zaczęto stosować beton prawie samozagęszczalny ASCC (Almost Self Compacting Concrete).

Beton ASCC podobnie jak SCC charakteryzuje się dość wysoką ciekłością, ale do odpowietrzenia mieszanki betonowej wymagane jest dodatkowe zagęszczenie. Proces projektowania betonów ASCC nie różni się znacznie od projektowania mieszanek tradycyjnych, poza koniecznością doboru odpowiedniej domieszki nowej generacji. Dzięki temu zapewnienie wymaganych parametrów wytrzymałościowych jest dużo łatwiejsze niż w przypadku betonów SCC.

Beton architektoniczny – fotobeton

Zarówno mieszanki samozagęszczalne jak i prawie samozagęszczalne są użyteczne do wykonywania elementów z betonu architektonicznego, w tym np. fotobetonu [9], który może pozytywnie wpływać na estetykę obiektów mostowych.

Beton obok funkcji konstrukcyjnej coraz częściej ma również zadanie kształtowania formy architektonicznej budowli. Jedną z możliwości nowoczesnego kształtowania powierzchni betonu jest technologia przenoszenia na powierzchnię betonowego elementu fotografii. Technologia fotobetonu jest jedną z najnowszych technik kształtowania powierzchni betonu architektonicznego. Polega na przeniesieniu fotografii lub grafiki na powierzchnię bez konieczności powierzchniowego nanoszenia farb lub innych materiałów barwiących. Poprzez odpowiednie formowanie powierzchni wynikającej z jej fakturowej różnorodności i wykorzystując grę światło-cienia, obserwator otrzymuje naturalną iluminację dającą wrażenie obrazu w czarno-białych kolorach [7, 8].

Fotobeton w technologii zwanej Serilith-Gravur (również Fotolith) powstaje w wyniku przeniesienia techniką sitodruku dowolnego slajdu lub zdjęcia na folię, którą wykładane jest deskowanie. Chemiczna substancja natryskiwana na folię powoduje, że wierzchnia warstwa zaprawy w miejscach odciśniętego wzoru pozostaje chemicznie niezwiązana i po zdjęciu deskowania można ją wypłukać.

Fotografia z postaci analogowej przekształcana jest w numeryczną, a następnie przetwarzana punkt po punkcie w film, służący do produkcji ekranu do sitodruku w wielkości żądanego końcowego „betonowego obrazu". Następnie matryca powlekana jest powierzchniowym opóźniaczem – opóźniającą farbą (lakierem) płynącą wybiórczo poprzez szkielet otworków na sztywny polistyren o grubości kilku milimetrów, który umieszczany jest w formie. W kontakcie z betonem kropelki opóźniacza lokalnie zapobiegają wiązaniu cementu, który w niezaimpregnowanych miejscach twardnieje

▲ Fot. 5. Betonowy element wykonany w technologii fotobetonu z panoramą Warszawy wraz z odwzorowanym zdjęciem (w górnym rogu) [8]

normalnie. Po rozformowaniu elementu niezwiązany zaczyn zostaje usunięty mechanicznie za pomocą strumienia wody, dzięki czemu na powierzchni betonu powstaje dwubarwny obraz – jasny kolor tworzy niewypłukana mieszanka, na której powierzchni zachodzi normalny proces wiązania, a ciemne miejsca to odkryte w wyniku płukania kruszywo.

Czynnikami decydującymi o dokładnym odwzorowaniu zdjęcia w tej technologii są między innymi: domieszka opóźniająca wiązanie o odpowiedniej płynności, lepkości i przyczepności oraz zapobieganie wszelkim drganiom podczas formowania – użyteczna jest tutaj mieszanka samozagęszczalna, a także dobór składników betonu ze względu na pożądany efekt kolorystyczny (kolor kruszywa, dodatków, cementu). Ważne jest również, aby powierzchnia betonu odznaczała się jak najmniejszą porowatością [7].

Technologia fotograwerowania (Photo-Gravur) polega na komputerowym przetworzeniu dowolnego zdjęcia w trójwymiarowy obraz i przeniesieniu go, przy pomocy procesu frezowania, na model formy wykorzystując w tym celu technologię CNC. Model służy jako podstawa do wykonania matrycy z elastomerów poliuretanowych, którą układa się luźno w formie lub przykleja do deskowania, a następnie dwukrotnie pokrywa środkiem antyadhezyjnym. W odróżnieniu od metody Fotolith nie ma konieczności używania mieszanek samozagęszczalnych. Po ułożeniu mieszanki można ją zagęszczać na stole wibracyjnym, co ułatwia odpowietrzenie i pozbycie się porów z powierzchni. Należy jednocześnie pamiętać o odpowiednim dobraniu frakcji kruszywa, tak aby mieszanka betonowa dokładnie wypełniła wszelkie szczeliny i zagłębienia powstałe w wyniku frezowania (np. mieszanki o podwyższonym punkcie piaskowym i maksymalnym wymiarze kruszywa D_{max} = 8 mm). Obraz na powierzchni betonu powstaje na skutek interakcji światła i cienia. Efekt zależy od intensywności i kąta padania światła, a jest bardziej żywy i czytelny dzięki długości cienia rzucanego przez żłobienia. Najlepiej fotografia czytelna jest kiedy światło pada pod kątem 45°, a obserwator ogląda ją z kierunku przeciwnego lub na wprost obrazu.

Beton ze zbrojeniem rozproszonym – fibrobeton

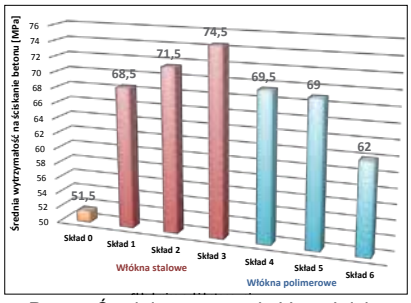
Rzadziej stosowanym w mostownictwie rodzajem betonów specjalnych jest beton ze zbrojeniem rozproszonym, powstający w wyniku dodania włókien stalowych lub polipropylenowych o długości od kilku do kilkudziesięciu mm i małej średnicy. Uzyskuje się w ten sposób poprawę odporności na zarysowanie, wzrost odporności na obciążenia dynamiczne i zmęczeniowe, zmniejszenie kruchości i zmianę przebiegu zniszczenia.

Dodatek materiału włóknistego, zarówno włókien polimerowych jak i włókien stalowych (fot. 6) wpływa korzystnie na właściwości mechaniczne betonu (rys. 4, 5). Szczególnie włókna stalowe poprawiają wytrzymałość na rozciąganie betonu, co potwierdza tezę o korzystnym wpływie włókien na kontrolę propagacji rys. Po przekroczeniu wytrzymałości betonu, włókna przejmują obciążenia, dzięki czemu utrzymywana jest nośność fibrobetonu. Jednak należy zauważyć, że wraz ze wzrostem zawartości włókien w mieszance ulega pogorszeniu jej urabialność. Za duży dodatek włókien może uniemożliwić wymieszanie składników i może również doprowadzić do pogorszenia się właściwości mieszanki.

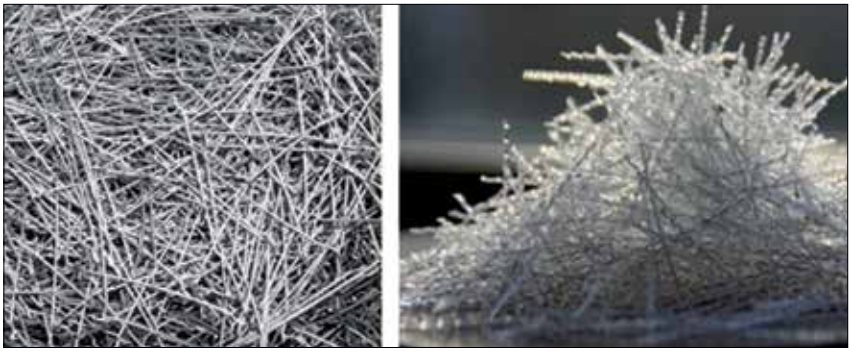
Stosowanie zbrojenia rozproszonego w postaci włókien polipropylenowych jest jedną z najczęściej stosowanych metod zwiększenia odporności betonu na oddziaływanie wysokiej temperatury, przeznaczonego do konstrukcji tuneli drogowych. Włókna te mają za zadanie zapobiegać występowaniu zjawiska eksplozyjnego odpryskiwania betonu podczas jego ekspozycji na temperaturę pożaru. W podwyższonej temperaturze włókna ulegają degradacji pozostawiając w strukturze betonu kanaliki, które umożliwiają transport pary wodnej. Skutkuje to znacznym zwiększeniem porowatości oraz obniżeniem ciśnienia pary wodnej w porach betonu i zapobiega miejscowemu przekroczeniu wytrzymałości na rozciąganie. Dodatek włókien polipropylenowych jest szczególnie zalecany do betonów wysokowartościowych [10].

Beton z proszków reaktywnych (RPC)

Jednym z wyzwań mostownictwa jest projektowanie mostów z betonów z proszków reaktywnych (Reactive Powder Concrete – RPC) o bardzo wysokich wytrzymałościach



▲ Rys. 4. Średnia wytrzymałość na ściskanie betonu z różną zawartością włókien stalowych i polimerowych w składzie (w kg/m³: skład 1 – 15, skład 2 – 35, skład 3 – 106, skład 4 – 1,5, skład 5 – 3,5 , skład 6 – 5)



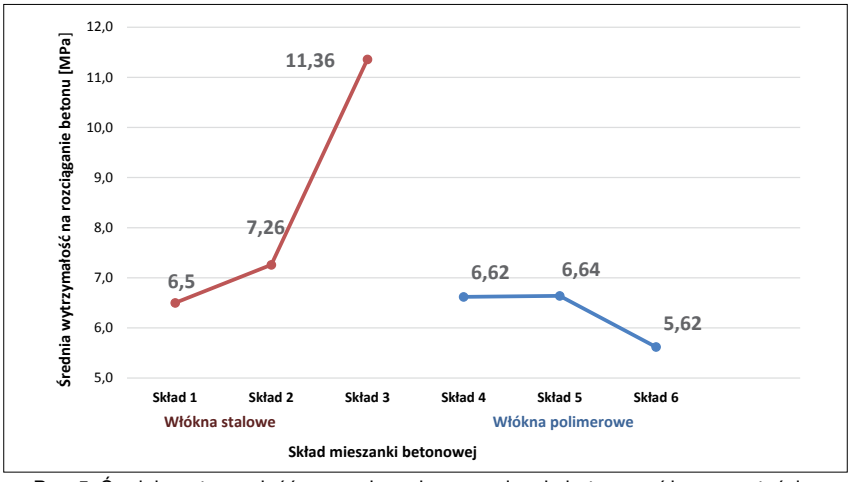
▲ Fot. 6. Włókna stalowe i polimerowe stosowane do betonu ze zbrojeniem rozproszonym – fibrobetonu

na ściskanie, nawet do 800 MPa. Składają się one z drobnego piasku, pyłów krzemionkowych i dużej zawartości cementu, a jako zbrojenie rozproszone stosowane są mikrowłókna stalowe. Zaletą tego typu betonów jest wysoka jednorodność uzyskana wskutek zmniejszenia wymiaru cząstek oraz bardzo dobre parametry techniczne, w tym wysoka odkształcalność betonu, wytrzymałość na ściskanie i na zginanie. Sztandarowym przykładem wykorzystania tej technologii jest kładka dla pieszych w Sherbrooke (Kanada), gdzie zastosowano beton RPC o wytrzymałościach 200 MPa (pas dolny, podłużnice, żebra poprzeczne i płyta pomostu, której grubość wynosiła tylko 3 cm, przy szerokości płyty 4,2 m). Zastosowana mieszanka jest kompozytem stosowanym w konstrukcjach bez użycia klasycznego zbrojenia, ma właściwości betonu samozagęszczalnego o ultra wysokiej wytrzymałości i ciągliwości oraz trwałości, a także gładkiej powierzchni.

Wyzwaniem może być nowy elastyczny beton opracowany na Uniwersytecie Technologicznym Nanyang w Singapurze, który może się uginać. Osiągnięcie takiego efektu jest możliwe dzięki polimerowym mikrowłóknom, cieńszym od ludzkiego włosa. Dzięki temu „nowy" beton osiąga dwukrotnie wyższą wytrzymałość na rozciąganie od tradycyjnego.

Podsumowanie

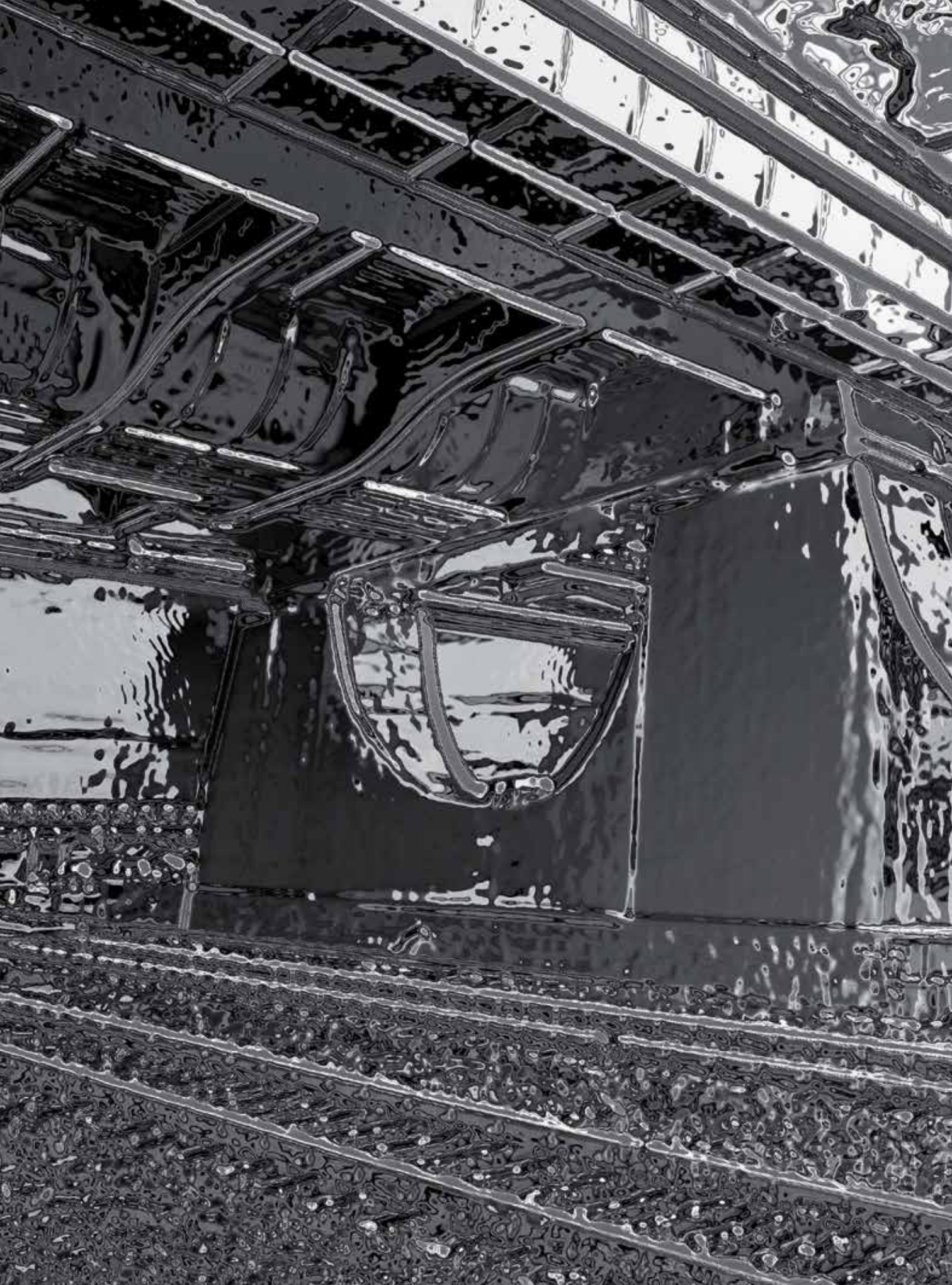
Obiekty mostowe powinny charakteryzować się odpowiednią funkcjonalnością, trwałością i estetyką. Jednoczesne spełnienie tych warunków wymaga zastosowania najlepszej jakości nowoczesnych materiałów budowlanych oraz nowych technik i technologii wykonania i produkcji [2]. Technologie betonów specjalnych, coraz częściej stosowane przy wznoszeniu obiektów inżynierskich w Polsce są doskonałym narzędziem do tworzenia trwałych konstrukcji stanowiących dobrany element krajobrazu, przecinający, ale i łączący przestrzenie oraz usprawniający bezpieczną komunikację lądową.



▲ Rys. 5. Średnia wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu betonu z różną zawartością włókien stalowych i polimerowych w składzie (w kg/m³: skład 1 – 15, skład 2 – 35, skład 3 – 106, skład 4 – 1,5, skład 5 – 3,5, skład 6 – 5)

Literatura

1. Madaj A., Wołowicki W., *Podstawy projektowania budowli mostowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2007.
2. Flaga K., *Specjalne wymagania stawiane betonom we współczesnym mostownictwie*, Mosty, 2/2010.
3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie z dn. 30.05.2000 r. (Dz.U., nr 63, poz. 735).
4. PN-88/B-06250 Beton zwykły.
5. Jackiewicz-Rek W., Konopska M., *Rola specyfikacji betonu w zapewnieniu bezpieczeństwa obiektów mostowych*, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane, 2011.
6. PN-EN 206+A1:2016-12 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
7. Jackiewicz-Rek W., Smirnow M., Woyciechowski P., *Fotobeton – technologiczna efemeryda czy atrakcyjna możliwość urozmaicenia formy architektonicznej elewacji z betonu*, Konferencja Dni Betonu – tradycja i nowoczesność, 2002.
8. Jackiewicz-Rek W., Mroczek M., *Fotobeton jako sposób urozmaicenia formy architektonicznej budowli*, Materiały Budowlane, 12/2014.
9. Jackiewicz-Rek W., *Fotobeton – możliwości i zastosowanie*, Inżynier Budownictwa, 3/2016.
10. Jackiewicz-Rek W., Drzymała T., Kuś A., *Durability of high performace concrete (HPC) to fire remperature impact, Archives of Civil Engineering*, Polska Akademia Nauk – Instytut Podstawowych Problemów Techniki, 2016, str. 73–93.
11. Jackiewicz-Rek W., Konieczna K., Zychowicz J., *O projektowaniu betonów wysokich wytrzymałości na konstrukcje nośne budynków wysokościowych*, Inżynieria i Budownictwo, tom 73, 8/2017.



PRZEGLĄD produktów i realizacji, WYPOWIEDZI ekspertów

PEO TRANSTIMEX 360° – szklane punktowe elementy odblaskowe

Prace budowlane i konserwatorskie w XVI-wiecznym Spichlerzu Błękitny Baranek

Wykonywanie izolacji przeciwwodnej na świeżym betonie

Temperatura wody ma znaczenie. Zalety czyszczenia pod wysokim ciśnieniem

Ekologia a Granulator Destruktu Asfaltowego

Nawierzchnie asfaltowe vs. betonowe

Produkt

PEO TRANSTIMEX 360° – szklane punktowe elementy odblaskowe

Producent: VAN BERDE Sp. z o.o.
Zastosowanie: poziome oznakowanie dróg (środkowe i boczne linie pasów ruchu, wydzielone pasy ruchu, skrzyżowania, ronda, łuki, wysepki, tunele)

PEO TRANSTIMEX 360° są wielokierunkowymi, punktowymi elementami odblaskowymi wykonanymi z bardzo wytrzymałego szkła hartowanego, o skuteczności odblaskowej w zakresie 360°. Długość życia porównywalna jest z długością funkcjonowania nawierzchni jezdni – po osadzeniu i wklejeniu w nawierzchnię drogi oraz w krawężniki, niemożliwe jest wyrwanie elementu (nad nawierzchnię wystaje tylko soczewka wysokości 14 mm). Wytrzymują nacisk punktowy rzędu 80 t oraz działalność pługów śnieżnych, przez co praktycznie są niezniszczalne. Nie wymagają także konserwacji. Można je stosować zarówno na nawierzchniach betonowych, jak i asfaltowych.
Wymiary PEO TRANSTIMEX 360°: średnica 100 mm, wysokość całkowita 36 mm. Dostępne kolory: biały, czerwony, zielony. Są zgodne z normami PN-EN 1463-1, PN-EN 1463-2 oraz mają certyfikat CE.

Prace budowlane i konserwatorskie w XVI-wiecznym Spichlerzu Błękitny Baranek

Realizacja

Wykonawca: GEO-EKSPERT Sp. z o.o.
Inwestor: Muzeum Archeologiczne w Gdańsku
Lokalizacja: Gdańsk, Wyspa Spichrzów
Realizacja: 2016–2017 r.

Zespół autorski GEO-EKSPERT pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Adama Bolta od początku zastosował w praktyce elementy projektowania metodą obserwacyjną – zaprojektowano podparcie obiektu na ponad 130 mikropalach z systemem oczepów żelbetowych. Bardzo zły stan techniczny budynku wymagał precyzyjnego systemu podparć tymczasowych. Jednocześnie warunki podłoża wykluczały podparcie bezpośrednie, co powodowało wykonanie podparć na mikropalach, włączanych następnie w system podparcia docelowego. Prawidłowe prowadzenie prac możliwe było jedynie w oparciu o ciągły monitoring budowli i kontrolę przez nadzór autorski. Wzorcowa realizacja możliwa była dzięki perfekcyjnej koordynacji prac palowych prowadzonych przez GEO-EKSPERT i wykonawstwie oczepów oraz podparć przez Poleko Budownictwo Sp. z o.o.

Wypowiedź eksperta

Jacek Kwiek
Specjalista ds. budownictwa komunikacyjnego
IZOHAN sp. z o.o.

Wykonywanie izolacji przeciwwodnej na świeżym betonie

Dla każdego inwestora istotny jest czas przeznaczony na wykonanie inwestycji. Jeśli jest to możliwe, wykorzystuje się technologie, które umożliwiają skrócenie poszczególnych etapów realizacji budowy. Jednym z czynników wpływających na wydłużenie procesu realizacji inwestycji jest okres dojrzewania betonu. Większość dostępnych na rynku wyrobów hydroizolacyjnych można stosować na dojrzały beton. Jedynie nieliczne produkty, takie jak specjalne żywice epoksydowe (np. IZOHAN epoxy EP-601) czy żywice akrylowe (np. IZOHAN renobud R-112), można stosować na świeży, kilkugodzinny beton. Warto pamiętać, że część takich produktów pełni również rolę środka pielęgnującego, chroniącego beton przed zbyt szybkim odparowaniem wody.
O tempie wykonywanych prac decyduje także łatwość aplikacji materiału hydroizolacyjnego. Niewątpliwą zaletą wyrobów bezspoinowych jest możliwość aplikacji natryskowej. Żywice akrylowe stosowane na świeżym betonie, po odpowiednim rozcieńczeniu rozpuszczalnikiem organicznym, nadają się także jako warstwa gruntująca pod materiały rolowe. Dla materiałów epoksydowych zgrzewanie papy jest możliwe w ciągu 24 godzin, natomiast w przypadku żywicy akrylowej po upływie 24 godzin. W budownictwie drogowym po 3 dniach od wykonania hydroizolacji z żywicy akrylowej dopuszcza się układanie nawierzchni z asfaltu lanego. Należy pamiętać, że produkty przeznaczone do hydroizolacji obiektów drogowych i mostowych muszą uzyskać aprobaty techniczne IBDiM.

Temperatura wody ma znaczenie. Zalety czyszczenia pod wysokim ciśnieniem

Podstawową zaletą stosowania urządzeń wysokociśnieniowych jest maksymalne skrócenie czasu potrzebnego do wykonania prac czyszczących, nawet o 70% w porównaniu do tradycyjnych metod. W efekcie wysokociśnieniowe urządzenia czyszczące zużywają nawet 9 razy mniej wody niż to jest konieczne przy tradycyjnych metodach czyszczenia, minimalizując jednocześnie problemy z zagospodarowaniem zużytej i brudnej wody.
Analizy rentowności pokazują, że czas użycia urządzeń wysokociśnieniowych z podgrzewaniem jest krótszy o kolejne 40% w porównaniu z urządzeniami bez podgrzewania. To właśnie energia cieplna ma znaczący wpływ na przyspieszenie procesu czyszczenia i poprawia jego skuteczność. Brud i smary (oleje, tłuszcze) są szybciej odspajane od powierzchni i usuwane. Każdy wzrost temperatury o 10°C przyspiesza procesy chemiczne oraz zmniejsza o połowę czas reakcji.
To wszystko przekłada się na wysoki poziom efektywności ekonomicznej. Realne korzyści widoczne są wtedy, gdy urządzenie jest regularnie wykorzystywane przez firmy budowlane. Koszty związane z ceną urządzenia (wysoki koszt poszczególnych podzespołów), bardzo szybko są bilansowane wysokimi oszczędnościami, jakie uzyskuje się na zmniejszonych kosztach eksploatacji i utrzymania. Wysokie koszty wytwarzania ciepła szybko niwelowane są oszczędnościami uzyskanymi na znacznie mniejszym zużyciu wody i środków czyszczących. Nic więc dziwnego, że coraz więcej profesjonalistów decyduje się na urządzenia z podgrzewaniem wody.

Wypowiedź eksperta

Natalia Bała
Marketing Assistant
Kärcher Sp. z o.o.

Wypowiedź eksperta

Jacek Korzeniewski
Kierownik Działu Konstruktorskiego
MAKRUM

Ekologia a Granulator Destruktu Asfaltowego

Tworząc nowy produkt od początku zakładaliśmy, że ma być on wyjątkowo innowacyjny i wyróżniający się na rynku. Postawiliśmy nie tylko na jego funkcjonalność, ale także na właściwości związane z recyklingiem, co jest ważnym elementem w procesie tworzenia granulatu. Granulator Destruktu Asfaltowego MAKRUM to innowacyjny produkt, który pomaga branży budownictwa drogowego nie tylko unowocześnić i usprawnić proces budowy dróg i nawierzchni, ale również zadbać o środowisko, w którym żyjemy. Ten proekologiczny zamysł konstruktorów pozwala na ponowne użycie materiału wykorzystywanego do budowy infrastruktury drogowej. Dzięki temu Granulator Destruktu Asfaltowego jest urządzeniem wpisującym się we współczesne tendencje ekologicznych rozwiązań w różnych dziedzinach naszego życia. Biorąc pod uwagę trendy w branży budownictwa, wyraźnie można przewidzieć regularny wzrost udziału granulatu w procesie produkcji.
Oprócz aspektu ekologicznego, ważny jest również kontekst ekonomiczny, umożliwiający optymalizację kosztów. Dzięki zwiększeniu udziału destruktu asfaltowego w mieszankach bitumicznych jesteśmy w stanie zauważyć oszczędności już w pierwszych etapach inwestycji. Chciałbym podkreślić również wysoką wydajność urządzenia oraz niską energochłonność.
Co ważne, przemyślana budowa maszyny MAKRUM pozwala na nieskomplikowaną obsługę, a innowacyjne rozwiązania konstruktorskie zapewniają pracę w każdej temperaturze.

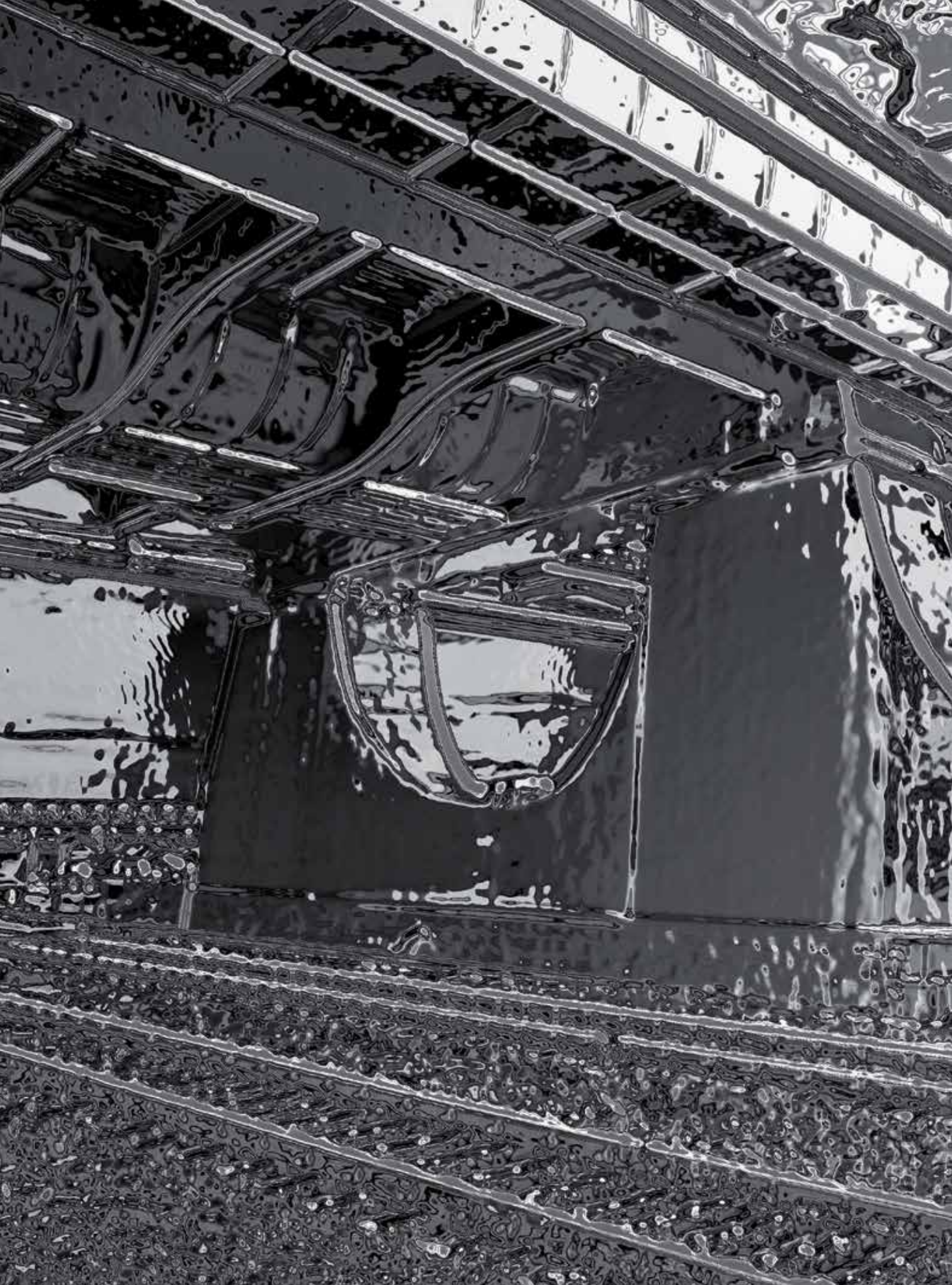
Nawierzchnie asfaltowe vs. betonowe

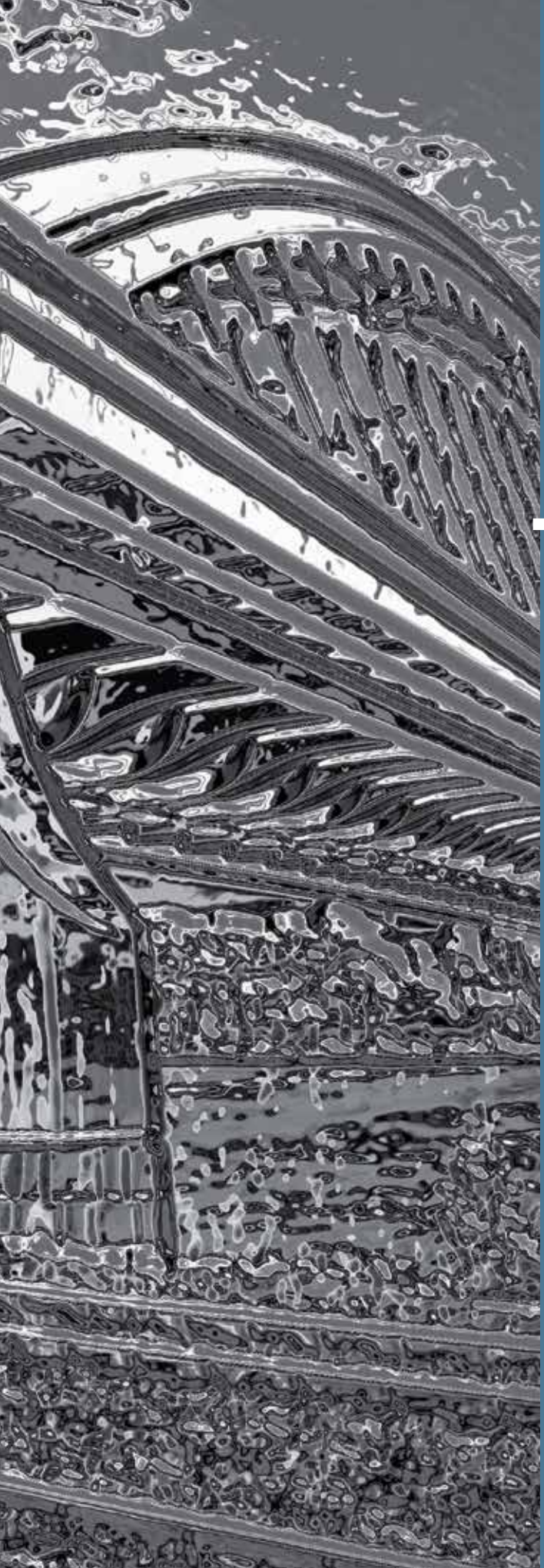
Trwa dyskurs pomiędzy zwolennikami budowy dróg o nawierzchni bitumicznej a entuzjastami nawierzchni betonowej.
Za nawierzchnią betonową przemawia całkowita odporność na koleinowanie i mniejsza podatność na spękania. Oznacza to dużą trwałość konstrukcji, a zatem niższe koszty budowy i eksploatacji liczone dla dłuższego okresu. Natomiast nawierzchnie asfaltowe dają szerokie możliwości remontowania – od remontów cząstkowych, po gruntowną wymianę górnych warstw, dającą również możliwość podniesienia parametrów drogi.
Wiele nadziei pokładanych jest w nawierzchniach długowiecznych (Perpetual Pavement), które mają łączyć największe zalety obu rodzajów nawierzchni. Dzięki odpowiednio wzmocnionej lepszymi materiałami i ewentualnie pogrubionej konstrukcji dolnych warstw, uzyskuje się „warstwę antyzmęczeniową", a nawierzchnia staje się dużo trwalsza i odporniejsza. Natomiast górna warstwa ścieralna zachowuje zalety nawierzchni bitumicznej – można ją nadal remontować i wymieniać. Jednak krótki okres testowania nie pozwala jeszcze na pełne poznanie wszystkich właściwości tej technologii.

Wypowiedź eksperta

Jarosław Nowacki
Perspektywa Ekspertów
– Centrum Szkoleń

Dobrą okazją, by posłuchać profesjonalistów, są nasze szkolenia z zakresu Katalogów Typowych Konstrukcji Nawierzchni prowadzone przez ich autorów. Spotkania z ekspertami pozwalają kompleksowo poznać zapisy katalogów i interpretację zawartych w nich treści. Wkrótce zaproponujemy też szkolenia z tematyki wspomnianych nawierzchni długowiecznych.





FIRMY
PRODUKTY
TECHNOLOGIE

ELKON POLSKA Sp. z o.o.

GEOCONTROL
Instytut Konsultacyjno-Badawczy Sp. z o.o.

GEO-EKSPERT Sp. z o.o.

IZOHAN sp. z o.o.

JD ENGINEERING

Kärcher Sp. z o.o.

MAKRUM Project Management Sp. z o.o.

MMGEO

Perspektywa Ekspertów – Centrum Szkoleń

REKMA Sp. z o.o.

SCHOMBURG Polska Sp. z o.o.

VAN BERDE Sp. z o.o.

WSC Witold Szymanik i S-ka Sp. z o.o.
Graphisoft Center Poland

ELKON POLSKA Sp. z o.o.

ELKON POLSKA Sp. z o.o.
ul. Starzyńskiego 46B
05-090 Dawidy Bankowe
tel. 22 300 17 58, 608 208 208
faks 22 300 17 59
www.ElkonPolska.pl
biuro@ElkonPolska.pl

O firmie

Elkon, założony w Turcji w 1975 r., to jeden z największych producentów wytwórni betonu w Europie (powyżej 3000 zainstalowanych betoniarni w ponad 107 krajach świata). Na przestrzeni 42 lat firma opracowała design, wydajną produkcję, szybką instalację oraz serwis posprzedażowy ponad 40 modeli węzłów betoniarskich. W ofercie znajdują się mobilne, częściowo mobilne i stacjonarne węzły betoniarskie, a także pompy do betonu, systemy recyklingu betonu, zabudowy zimowe, systemy grzewcze wytwórni oraz bardzo szybkie kubełkowe przenośniki betonu. Na życzenie klienta firma wykonuje również projekty specjalne węzłów betoniarskich, dostosowywane do ich wymagań i możliwości. Oprócz sprzedaży oraz wynajmu maszyn oferuje także lokalny magazyn części znajdujący się w Warszawie. Spółka zajmuje się również obsługą kontraktów od strony produkcji betonu z wykorzystaniem materiałów klienta.

Węzeł ELKON – MIXMASTER 30

Nowym produktem firmy jest bardzo mobilny węzeł betoniarski ELKON – MIXMASTER 30. Pozwala on na produkcję betonu i stabilizacji w dowolnym miejscu, zgodnie z zapotrzebowaniem. Szczególnie polecany jest firmom brukarskim, zdolnym produkować ok. 150--200 m³ stabilizacji/podbudowy na dzień.

Węzły Mobile Master, Quick Master, ELKOMIX

Zalety wytwórni betonu ELKON:

- łatwy i ekonomiczny transport
- węzły serii Mobile Master – jednostka główna transportowana przy użyciu zaledwie jednego ciągnika siodłowego, wszystkie urządzenia umieszczone zostały na pojedynczym bloku podwozia wyposażonego w tylną oś z oponami
- węzły serii Quick Master oraz ELKOMIX – transportowane za pomocą możliwie najmniejszej liczby 40" kontenerów lub plandek typu TIR
- łatwe do wykonania fundamenty – wszystkie komponenty zainstalowane mogą być na płaskiej betonowej powierzchni, na poziomie gruntu
- szybka instalacja i krótki czas uruchamiania produkcji – główne moduły i przewody są instalowane w fabrykach Elkon, aby zapewnić łatwy i szybki montaż na miejscu.

Wynajem sprzętu

Firma Elkon zajmuje się wynajmem węzłów betoniarskich. Dzięki temu zamiast kupna klient ma możliwość zaoszczędzenia pieniędzy na realizowanym kontrakcie oraz ma pewność, że otrzyma beton na czas, zgodnie z harmonogramem i w ilości na jaką obecnie ma zapotrzebowanie.

Elkon oferuje różne węzły betoniarskie mobilne oraz szybko przestawne o wydajnościach na poziomie 80–360 m³/h, a także maszyny do produkcji stabilizacji czy mieszania kruszyw o dużych wydajnościach rzędu 300 t/h.

Węzły betoniarskie wynajmowane przez firmę, montowane są bezpośrednio na zapleczu budowy, posadowione mogą być na płytach drogowych, bez konieczności wykonywania specjalnych fundamentów. Ich instalacja nie wymaga uzyskiwania jakichkolwiek pozwoleń na budowę, czy też oceny oddziaływania na środowisko.

Wynajęcie węzła betoniarskiego do obsługi dużej inwestycji staje się opłacalne już przy wielkości produkcji rzędu 30 000 m³ betonu. Dodatkową zaletą maszyn Elkon przeznaczonych do wynajmu jest to, że są to nowe węzły betoniarskie, co minimalizuje ryzyko przestojów w pracy, powodowanych przez awarie.

Serwis posprzedażowy

Elkon ma wysoko wykwalifikowany zespół odpowiadający za sprawną, profesjonalną obsługę posprzedażową.

Główne cechy obsługi posprzedażowej świadczonej przez firmę to:

- magazyn części zamiennych wszystkich typów węzłów betoniarskich Elkon
- wymagana kontrola i ewentualne korekty systemu automatyki wytwórni betonu mogą być wykonane przez zdalne połączenie internetowe
- podczas rozruchu wytwórni zespół nadzorujący Elkon przeprowadza szkolenie dla operatorów i inżynierów klienta w zakresie użytkowania, konserwacji sprzętu itp.

GEOCONTROL Instytut Konsultacyjno-Badawczy Sp. z o.o.

▲ Fot. 1. Badanie nośności podłoża – budowa Chłodni kominowej w Jaworznie

O firmie

Kadra firmy Geocontrol, w celu ciągłego podnoszenia kwalifikacji zawodowych, poszerzania wiedzy i wymiany doświadczeń oraz opinii ze środowiskiem inżynierskim, uczestniczy w wielu branżowych szkoleniach, warsztatach i seminariach, jako wykładowcy lub słuchacze. Spółka wielokrotnie była partnerem w organizowanych konferencjach, warsztatach itp. z zakresu geologii inżynierskiej i geotechniki. Szczególnie skomplikowane zadania pracownicy Geocontrol realizują wspólnie z ekspertami ze środowisk naukowych oraz rzeczoznawcami.

Geocontrol prowadzi nadzory geotechniczne, geologiczne, hydrogeologiczne w trakcie realizacji inwestycji, obejmujące w szczególności sprawdzanie zgodności rzeczywistych warunków gruntowych z przyjętymi w dokumentacji projektowej, które to są niezwykle ważne w aspekcie terenów i warunków geologiczno-inżynierskich, w jakich wznoszone są obecnie budowle.

Firma zajmuje się rozpoznawaniem budowy podłoża, tworzeniem kompletnych opracowań projektowych i dokumentacyjnych, które to realizowane są przez zespół geologów, hydrogeologów i geotechników z uprawnieniami zawodowymi. Pozwala to na sprawne uzyskiwanie obligatoryjnych zatwierdzeń wykonywanych opracowań.

Geocontrol wykonuje geotechniczne badania jakości fundamentów, tj. badania ciągłości i nośności pali i kolumn, przy zastosowaniu nowoczesnego sprzętu badawczego, własnych konstrukcji obciążających, zgodnie z wymaganymi przepisami i w uzgodnionych terminach.

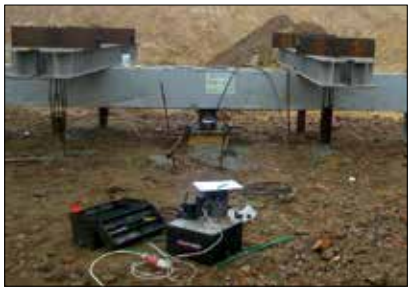
Kadra inżynierska Geocontrol to uprawnieni geotechnicy, geolodzy i hydrogeolodzy z doświadczeniem zawodowym i odznaczający się bardzo mocnym zaangażowaniem i odpowiedzialnością za prowadzone prace. Jest to efekt wprowadzonej polityki jakości wykonywanych usług, która polega na rzetelnym i kompleksowym przedstawianiu warunków realizacji budowy wraz z bieżącymi konsultacjami i doradztwem.

Oferta firmy

Instytut Konsultacyjno-Badawczy Geocontrol Sp. z o.o. świadczy usługi na terenie całego kraju.

W ramach geotechniki firma wykonuje:

- próbne obciążenia fundamentów głębokich
- badania ciągłości pali i kolumn fundamentowych
- projekty posadowień obiektów
- projekty wzmocnień podłoża i fundamentów
- projekty zabezpieczeń skarp, zboczy, wykopów



▲ Fot. 2. Badanie nośności pali – budowa NSSU w Krakowie

GEOCONTROL Instytut Konsultacyjno-Badawczy Sp. z o.o.
ul. Balicka 56, 30-149 Kraków
tel. 690 071 139 (geotechnika i geologia), 690 071 153 (hydrogeologia)
www.geocontrol.pl
biuro@geocontrol.pl

▲ Fot. 3. Wiercenie w zabudowie osiedlowej – Poznań

- opinie, projekty i dokumentacje geotechniczne
- konsultacje i ekspertyzy w zakresie geotechniki.

W ramach geologii inżynierskiej i hydrogeologii firma wykonuje:

- badania polowe (wiercenia, sondowania) i laboratoryjne gruntów i wody
- projekty i dokumentacje geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne.

W ramach geotechnicznej obsługi inwestycji i nadzorów geologicznych oraz hydrogeologicznych firma wykonuje:

- nadzory robót palowych
- odbiory wykopów, kontrole zasypów
- badania nośności i zagęszczenia podłoża
- oceny przydatności gruntów do wbudowania.

GEO-EKSPERT od ponad piętnastu lat działa w branży wykonawstwa fundamentów specjalnych, w której zespołem projektowym składającym się z geotechników i hydrotechników zarządza prof. dr hab. inż. Adam Bolt. Połączenie doświadczenia i wiedzy pozwala oferować rozwiązania, które są nie tylko dobrze zaprojektowane, ale również możliwe do wykonania. Co więcej, w oparciu o własny potencjał sprzętowy firma jest w stanie wykonać urządzenia monitorujące, nawet w bardzo trudnych warunkach terenowych.

MONITORING GEOTECHNICZNY

Tomasz Bolt
GEO-EKSPERT Sp. z o.o.

Ostatnie lata to okres dynamicznych zmian w podejściu do prowadzenia inwestycji budowlanych. Z jednej strony ekonomia zmusza do jak największego skrócenia okresu przygotowania inwestycji, a z drugiej – coraz częściej budujemy na terenach o podłożu niekorzystnym lub w gruntach antropogenicznych o wysokim stopniu nieprzewidywalności.

Eurokod 7 a pomiar parametrów odkształcenia podłoża i konstrukcji

Odpowiedzią na nowe wyzwanie było w dużej mierze wprowadzenie Eurokodu 7. Wynika z niego bezwzględna konieczność udziału geotechniki w całym procesie projektowania i wykonawstwa budowlanego. Eurokod 7 sformalizował proces opracowywania projektu geotechnicznego, założył ustalenie granic zachowania konstrukcji, zobowiązał do wykonywania kontroli, stworzenia programu monitorowania oraz opracowania procedury reakcji na wykonane pomiary, a także planu działań interwencyjnych. Tłumaczy to niebywały rozkwit technologii pozwalających na szybki i precyzyjny pomiar różnych parametrów odkształcenia podłoża i konstrukcji. Jest to zrozumiałe, ponieważ od wyboru metodyki pomiaru w dużej mierze zależeć może ewentualny aspekt optymalizacyjny przedsięwzięcia. Prawidłowy program monitoringu powinien opierać się na założeniu potencjalnych przyczyn zachodzących procesów. Punktem wyjścia zawsze muszą być warunki posadowienia. Należy przede wszystkim skupić się na zagadnieniu interakcji budowla-podłoże, ewentualnych ruchach poziomu zwierciadła wody oraz obciążeniach tymczasowych charakterystycznych dla wykonawstwa.

Najważniejsze cechy dobrego monitoringu

Niezwykle istotnym aspektem monitoringu jest ekonomiczna strona zagadnienia. I nie chodzi tu bynajmniej jedynie o koszty aparatury pomiarowej, wykonania urządzeń czy obróbki danych. Najważniejszy jest czas reakcji, pozwalający inwestorowi i wykonawcy na podjęcie ewentualnych działań naprawczych na jak najwcześniejszym stadium budowy. Przy projektowaniu opartym o metodę obserwacyjną podstawowe znaczenie ma możliwość bieżącego dostarczania projektantowi danych pozwalających na korektę i optymalizację założeń projektowych. Kolejną istotną kwestią jest maksymalna nieinwazyjność systemów pomiarowych w stosunku do prac wykonawczych. Większość tradycyjnych technik pomiarowych, szczególnie opartych na systemach reperów geodezyjnych, powoduje znaczne utrudnienia dla wykonawcy, co z kolei w naturalny sposób generuje kolizje. W efekcie zarówno wykonawca traci cenny czas oraz pieniądze, jak i spada efektywność monitoringu wraz z każdym zniszczonym punktem pomiarowym. Z tego względu GEO-EKSPERT postawił na wdrożenie metod pomiarowych, jak najkorzystniejszych z punktu widzenia procesu budowlanego, opartych na urządzeniach takich jak profilometry hydrostatyczne, inklinometry, piezometry wspomagane systemem geodezji tradycyjnej.

Skuteczny monitoring polega na poszukiwaniu relacji pomiędzy mierzonym skutkiem, a jego przyczyną i ma dostarczyć danych, które szybko i jednoznacznie mogą zostać zinterpretowane przez geotechnika. Dopiero połączenie metody ilościowej z modułem eksperckim pozwala wyciągnąć maksymalne korzyści z monitoringu. Oferta firmy GEO-EKSPERT to kompleksowa usługa – od konsultacji z klientem na etapie projektu, poprzez dostarczenie oprogramowania, własne wykonawstwo urządzeń pomiarowych w terenie, aż do rejestracji

i obróbki danych oraz interpretacji i adekwatnej reakcji.

Zakres wdrożenia monitoringu geotechnicznego jest bardzo szeroki. Największe realizowane obecnie zadanie przez GEO-EKSPERT, polega na wykonaniu systemu monitorującego składającego się z ponad 350 profilometrów i inklinometrów oraz stałej obserwacji na budowanym odcinku drogi S7 Koszwały-Nowy Dwór Gdański. Wraz z coraz wyższym stopniem świadomości inwestorów zauważalny jest ostatnio wzrost zainteresowania monitoringiem, także w budownictwie kubaturowym.

Najważniejsze elementy systemu monitorującego

Profilometr HPG

W profilometrze hydrostatycznym wykorzystuje się zasadę pomiaru ciśnienia hydrostatycznego wytwarzanego przez kolumnę cieczy zakończoną metalową końcówką przewodu. Pomiar położenia w pionie danego punktu polega na wyznaczeniu ciśnienia wywieranego przez słup cieczy o określonej wysokości. Przy założeniu stałej gęstości cieczy, ciśnienie hydrostatyczne (P) jest funkcją wyłącznie wysokości słupa cieczy (h). Pomiar ciśnienia pozwala więc bezpośrednio wyznaczyć położenie mierzonego punktu w pionie.

Sonda przeciągana jest przez umieszczoną w podłożu prowadnicę, wykonywaną na etapie prac ziemnych lub przy pomocy przewiertu gdy mamy do czynienia z obiektem już istniejącym.

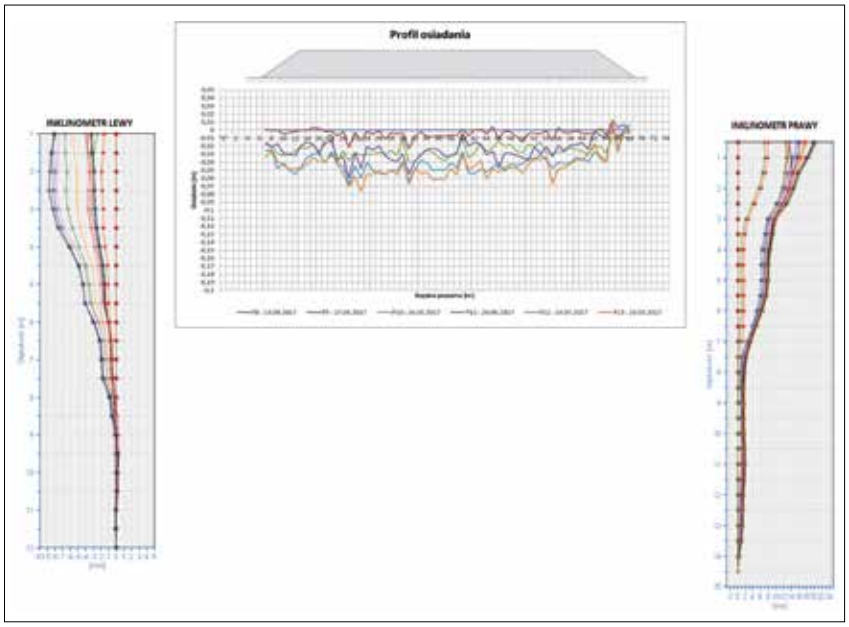
Inklinometr

Jest przyrządem, który z dużą dokładnością umożliwia wyznaczenie przemieszczeń warstw gruntu.

Wielkością mierzoną bezpośrednio jest pochylenie kolumny inklinometrycznej osadzonej trwale w podłożu. Na podstawie mierzonej cyklicznie różnicy pochyleń kolumny można wyznaczyć zmiany zachodzące w dokładnie określonych warstwach podłoża.

▲ Fot. 1. Profilometr HPG

▲ Fot. 2. Wykonana kolumna inklinometryczna



▲ Fot. 3. Przykład wizualizacji danych uzyskiwanych z pomiarów typowego dla budownictwa liniowego stanowiska: profilometr i dwa inklinometry

GEO-EKSPERT Sp. z o.o.
► ul. Balcerskiego 19 ► 80-299 Gdańsk ► tel. 58 552 15 03
► www.geo-ekspert.gda.pl ► geo@geo-ekspert.gda.pl

GEO-EKSPERT Sp. z o.o.

Przewodnik Projektanta

e-wydanie

BUDOWANIE TO SZTUKA

bezpłatne
i dostępne
dla wszystkich

Pobierz e-wydanie

www.kataloginzyniera.pl

WPIIB
WYDAWNICTWO
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

IZOHAN sp. z o.o.

O firmie

IZOHAN to polska, dynamicznie rozwijająca się spółka z blisko 30-letnim doświadczeniem na rynku materiałów budowlanych.

Firma oferuje systemowe rozwiązania w zakresie hydroizolacji i renowacji: fundamentów, tarasów i balkonów, dachów, pomieszczeń mokrych, basenów, zbiorników na wodę i nieczystości, posadzek oraz obiektów inżynieryjnych, drogowych i przemysłowych.

Wprowadzając na rynek nowoczesne technologie i rozwiązania, firma stała się ekspertem w dziedzinie chemii budowlanej, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów hydroizolacyjnych. W ofercie firmy znajdują się zarówno produkty bezspoinowe, jak i bitumiczne materiały rolowe.

IZOHAN od wielu lat jest obecny na inwestycjach drogowych i mostowych, dostarczając skuteczne rozwiązania systemowe, także tam, gdzie nie mogą być zastosowane tradycyjne metody.

Izolacja obiektów inżynierskich

Jednym z wyrobów, doskonale sprawdzającym się przy izolacji obiektów inżynieryjnych, jest IZOHAN renobud R-112, będący bezspoinową powłoką hydroizolacyjno-pielęgnacyjną.

Produkt ten przeznaczony jest do wykonywania izolacji przeciwwodnych pionowych i poziomych powierzchni betonowych obiektów inżynierskich, w tym betonowych płyt pomostów drogowych i kolejowych obiektów mostowych.

Właściwości IZOHAN renobud R-112 są następujące:

- może być układany zarówno na świeżym, młodym, jak i dojrzałym podłożu betonowym
- układany na świeżym podłożu betonowym zabezpiecza beton przed zbyt szybkim parowaniem wody i pełni funkcję środka pielęgnującego
- bezpośrednio na izolacji z IZOHAN renobud R-112 można układać nawierzchnie asfaltowe, w tym z asfaltu lanego
- tworzy elastyczną, wodoszczelną powłokę izolacyjną
- jest odporny na działanie agresywnych substancji rozpuszczonych w wodzie
- jest odporny na przemarzanie
- jest odporny na działanie wody pod ciśnieniem
- jest dobrze przyczepny do betonowego podłoża – min. 1,5 N/mm^2
- może być stosowany jako grunt pod papę zgrzewalną po rozcieńczeniu rozpuszczalnikiem organicznym.

IZOHAN renobud R-112 ma Aprobatę Techniczną Instytutu Badawczego Dróg i Mostów nr AT/2009-03-1544/1.

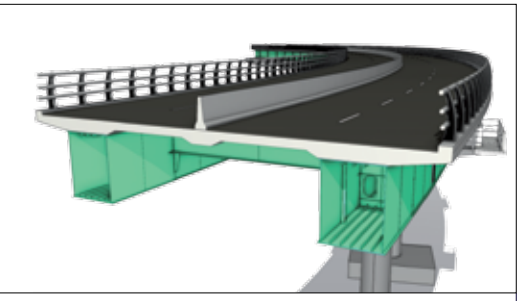
IZOHAN sp. z o.o.
ul. Łużycka 2
81-963 Gdynia
tel. 58 781 45 85
faks 58 781 45 85
www.izohan.pl
info@izohan.pl

Kolejnym produktem firmy IZOHAN, który zyskał uznanie na budowach w całej Polsce, jest papa asfaltowa Nexler MOST+.

Jest ona przeznaczona do wykonywania jednowarstwowych izolacji przeciwwodnych na betonowych obiektach mostowych, zarówno drogowych, jak i kolejowych. Szczególnie polecana jest do stosowania na płytach pomostów, po których odbywa się ruch pojazdów mechanicznych. Izolację z papy Nexler MOST+ można również układać na innych budowlach komunikacyjnych, także podziemnych.

Nexler MOST+ otrzymał Aprobatę Techniczną Instytutu Badawczego Dróg i Mostów nr AT/2013-02-3022.

IZOHAN, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom wykonawców i inwestorów, oferuje Nexler MOST+ w rolkach o niestandardowych wymiarach. Produkt jest dostępny na zamówienie klienta z indywidualnym określeniem parametrów długości, nawet do 45 m.



Pojęcie BIM (Building Information Modeling) to aktualnie najgorętszy temat w nowoczesnym budownictwie ogólnym – nic dziwnego, ujednolicenie procesu budowlanego oraz optymalizacja wszystkich składowych z nim związanych leży w gestii każdego z uczestników całej inwestycji. Intensywny postęp w inżynierii lądowej powoduje rosnące oczekiwania co do wykorzystywanych narzędzi tworzenia projektu – naprzeciw wychodzi najnowszy program firmy MIDAS IT – midas CIM.

Maciej Kozdra
Łukasz Jarno
JD ENGINEERING

midas CIM – CZYLI BIM W ŚWIECIE MOSTÓW

midas CIM – koncepcja

CIM (Civil Information Modeling and Management) to autorska technologia firmy MIDAS IT, a zarazem program, który już wkrótce ujrzy światło dzienne na polskim rynku. Nowy produkt ma na celu wzniesienie realizacji obiektów mostowych na wyższy poziom, ułatwiając szeroko rozumiany proces projektowania.

Obecnie mamy do dyspozycji powszechnie wykorzystywane oprogramowania, skupione w wąskim zakresie na jednym z elementów przebiegu tworzenia naszej koncepcji, które można podzielić na klika grup:

- systemy do modelowania geometrycznego, wraz z określeniem najdrobniejszych szczegółów połączeń
- systemy służące modelowaniu analitycznemu z możliwością zdefiniowania właściwości materiałowych, obciążeń, warunków brzegowych oraz wykorzystania dostępnych rodzajów analiz
- programy typu CAD do tworzenia dokumentacji rysunkowej w przestrzeni dwu- lub trójwymiarowej.

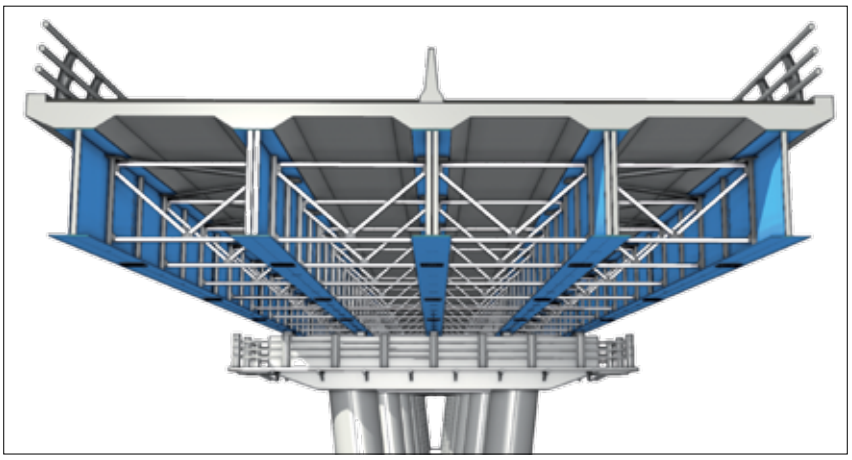
Fundamentem technologii CIM jest połączenie trzech powyższych składników, a także wzbogacenie o wiele innych praktycznych funkcji w całym procesie projektowania. W ten sposób uzyskaliśmy możliwość utworzenia kompletnej dokumentacji całego projektu w jednym programie.

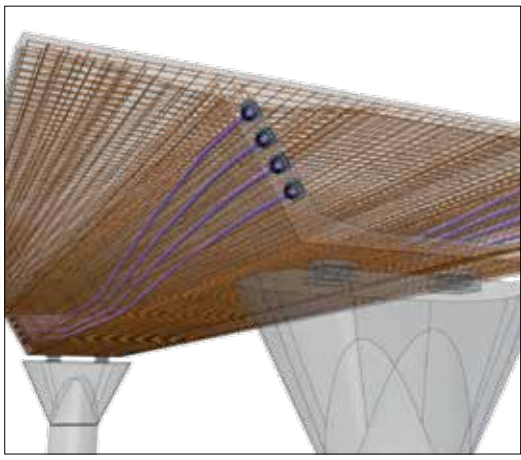
Dzięki doświadczeniu zdobytemu w łączeniu znanych standardów CAE (Computed Aided Engineering) oraz CAD (Computed Aided Design) w jedno, spójne innowacyjne środowisko informatyczne CAED (Computed Aided Engineering and Design) dla konstrukcji budownictwa ogólnego w oprogramowaniu midas nGen, teraz firma MIDAS IT wprowadza nową technologię do konstrukcji mostowych.

Kompletne moduły w jednym środowisku

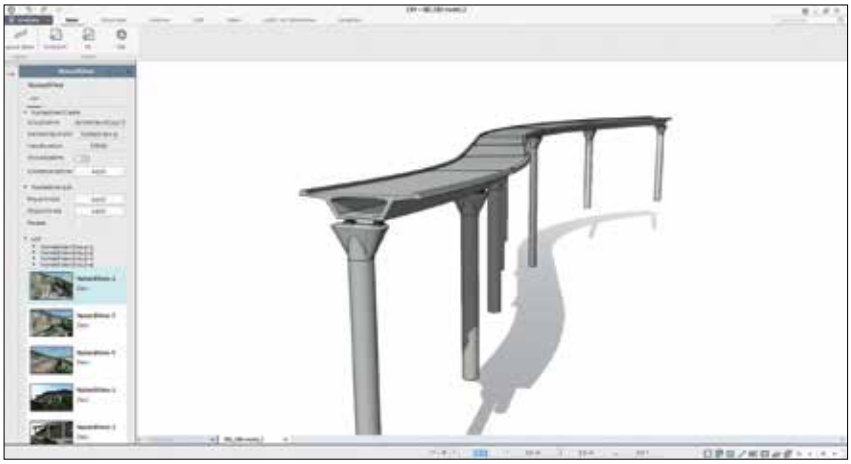
Modelowanie

Możliwość wykorzystania zaawansowanych analiz modelu opartego na metodzie elementów skończonych, często wiąże się z trudnościami i ograniczeniami na etapie modelowania. Tworzenie układu współrzędnych, węzłów oraz połączeń między





nimi niejednokrotnie powoduje błędy, które trudno później wychwycić i zlikwidować, co znacznie wydłuża całe postępowanie.
Nieprawidłowości te mogą być całkowicie wykluczone wspomagając się rysunkami architektonicznymi, a także wykorzystując modelowanie obiektowe oparte na funkcjach CAD, skracając czas uciążliwego modelowania do minimum. Tworzenie gotowych elementów o określonej geometrii, rozbudowany kreator szablonów z opcją dowolnej edycji, inteligentny trójwymiarowy rozkład zbrojenia oraz kabli sprężających – to wszystko oraz wiele innych, będziemy mogli znaleźć w midas CIM.



Analiza i wymiarowanie

Powszechnie znany i obecnie wykorzystywany midas Civil jest wyposażony w szeroki wachlarz dostępnych analiz – statyczna, dynamiczna, uwzględnienie nieliniowości materiałowych, etapowanie konstrukcji, analiza zniszczenia (pushover), analiza historii czasu oraz analiza ciepła hydratacji. Bazując na swoim poprzedniku, midas CIM zachowa wszechstronność również na tym polu.
Wymiarowanie na podstawie obowiązujących Eurokodów, a także Polskich Norm to element bezsprzecznie podstawowy do sprawnego projektowania konstrukcji mostowych różnego typu na terenie naszego kraju. Szeroki wybór dostępnych baz zdefiniowanych elementów oraz dedykowane funkcje wymiarowania konstrukcji żelbetowych, stalowych, a w końcu sprężonych, dążą do optymalizacji efektywnego i ekonomicznego projektowania. Uwzględniając m.in. pojazdy normowe typu K, S, 2S, firma MIDAS IT dostosowuje swoje produkty do potrzeb polskich użytkowników.

Dokumentacja projektowa

Generowanie raportów wymiarowych wysokiej jakości, zawierających tok postępowania, najważniejsze współczynniki oraz przejrzyście przedstawione wyniki, jak również tworzenie dokumentacji rysunkowej na podstawie zamodelowanej konstrukcji (rzuty, przekroje, szczegóły, rysunki konstrukcyjne) to kolejne z innowacyjnych funkcji zaproponowanych przez technologię CIM. Kompletny projekt bez ww. elementów praktycznie nie może istnieć.
Raporty, będące responsywne, w łatwy sposób śledzą każdą wprowadzoną zmianę.

Zarządzanie

Moduł Zarządzanie jest podsumowującym i ostatnim elementem, pozwalającym na zachowanie ciągłości pomiędzy poprzednimi. Otrzymujemy pełny nadzór nad wprowadzonymi danymi przy pomocy czytelnego interfejsu. Możliwość monitorowania zachowania faktycznie istniejącej konstrukcji, poprzez wprowadzenie zaobserwowanych zmian do modelu (Maintenance Manager Solution), daje kontrolę nad budowlą na etapie powstawania projektu, jak i już po oddaniu do użytku.
Możliwość tworzenia wizualizacji z uwzględnieniem topografii terenu oraz współpraca z midas Civil, a także programami BIM dzięki formatowi IFC, gwarantuje niekwestionowaną rewolucję w świecie informatyzacji inżynierii lądowej.
Oddzielne moduły umożliwiają pracę kliku projektantów jednocześnie nad jedną realizacją bez ryzyka utraty danych, co stanowi podstawę zjawiska BIM.

Podsumowanie

midas CIM to odpowiedź na oczekiwania szerokiego grona polskich mostowców. Ugruntowanie pozycji na rynku programu midas Civil upewniło nas, że idziemy w dobrym kierunku. Zaimplementowanie technologii BIM w projektowaniu obiektów mostowych jest kolejnym krokiem we wsparciu inżynierów w ich codziennej pracy.

JD ENGINEERING
► ul. Bociana 6 (7 piętro) ► 31-231 Kraków
► tel. 604 575 600, 737 302 652 ► www.jde.com.pl ► biuro@jde.com.pl
JD ENGINEERING

Technologia czyszczenia strumieniem wysokiego ciśnienia wody jest jedną z najczęściej stosowanych m.in. w przemyśle, budownictwie i różnego rodzaju usługach. Skuteczność tej technologii sprawia, że urządzenia wysokociśnieniowe poradzą sobie z niemal każdym rodzajem zabrudzeń. Jednak długotrwałe prace czyszczące, z jakimi mamy do czynienia podczas użytku przemysłowego wymagają, aby sprzęt czyszczący był nie tylko skuteczny, ale i komfortowy w obsłudze.

ERGONOMIA – KLUCZ DO WYDAJNOŚCI

Chociaż podstawowa zasada działania urządzeń wysokociśnieniowych jest zawsze taka sama, wyraźne różnice pomiędzy poszczególnymi modelami ujawniają się podczas dłuższej pracy. Nie chodzi tu o wpływ parametrów technicznych, maksymalnego ciśnienia roboczego czy wydatku wody. Wydajne i efektywne czyszczenie jest ściśle powiązane z ergonomią sprzętu, odpowiedzialną za komfort obsługi urządzenia.

Ergonomicznie zaprojektowany pistolet Easy!Force

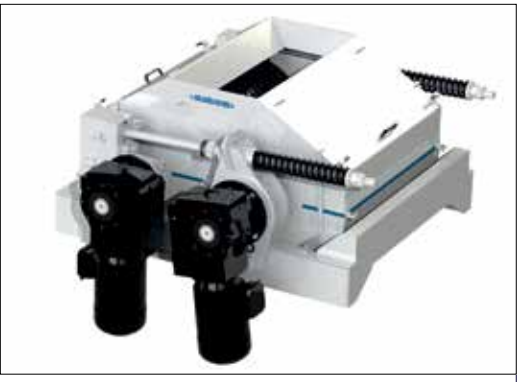
Mimo, że poprzednia generacja urządzeń wysokociśnieniowych Kärcher, stanowiła przykład najlepszej wydajności wśród urządzeń na rynku profesjonalnym, postanowiono wziąć pod uwagę sugestie użytkowników i wprowadzić serię zmian ułatwiających pracę tymi urządzeniami. Największe zmiany przeszedł pistolet, bo to właśnie w nim wprowadzono najbardziej znaczącą innowację – spust został przeniesiony z przodu na tył uchwytu. Ta z pozoru niewielka zmiana, wpłynęła na zwiększenie wygody w operowaniu pistoletem ciśnieniowym. Do tej pory spust należało naciskać palcami, co szybko powodowało zmęczenie. Jednak teraz posłużymy się w tym celu nasadą dłoni dzięki czemu użytkownik urządzenia może cieszyć się wydajniejszym i mniej męczącym użytkowaniem.

Urządzenia stworzone by sprostać potrzebom

Profesjonalne urządzenia do mycia wysokociśnieniowego marki Kärcher zostały wyposażone w pistolet Easy!Force. Jednym z nich jest HDS 8/18-4 C z możliwością podgrzewania wody. To wyjątkowo wydajny sprzęt, który potrafi sprostać najcięższym zabrudzeniom. Dzięki zastosowaniu dużych kół może z łatwością pokonywać krawężniki i przeszkody terenowe. Elektryczne zasilanie pompy pozwala na wykorzystanie go w miejscach gdzie emisja spalin jest niepożądana np. na dworcach kolejowych. Tryb eco!efficiency sprawia, że praca jest ekonomiczna i przyjazna środowisku. Aż o 20% obniżone zostało zużycie paliwa wykorzystywanego do ogrzewania wody, zmniejszono również emisję CO_2. System SDS redukuje pulsacje ciśnienia dzięki czemu wydłuża żywotność elementów pompy. Kolejnym produktem wartym uwagi jest model HD 9/23 De. Urządzenie zasilane jest silnikiem spalinowym, dzięki czemu może działać niezależnie od dostępu do sieci elektrycznej, ma również możliwość zasysania wody z zewnętrznych źródeł. Duże pompowane koła idealnie sprawdzą się w ciężkim terenie ułatwiając transport. Rama ochronna typu Cage pozwala na łatwy dostęp do wszystkich elementów bez konieczności rozbierania obudowy. Dzięki wielu modyfikacjom HD 9/23 De staje się świetnym rozwiązaniem do pracy w budownictwie drogowym czy też mostowym.

Kärcher Sp. z o.o.
► ul. Stawowa 138–140 ► 31-346 Kraków ► tel. 12 639 71 05
► faks 12 639 71 23 ► www.karcher.pl ► biuro@pl.kaercher.com

KÄRCHER

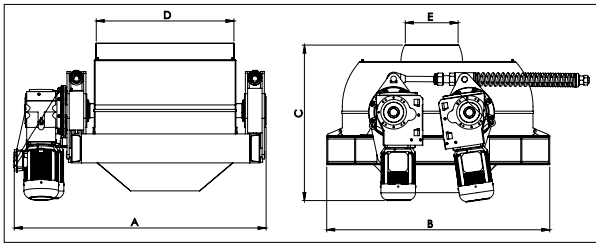


▲ Fot. Granulator Destruktu Asfaltowego

Wśród nowości ukazujących się na rynku w obszarze infrastruktury jest Granulator Destruktu Asfaltowego MAKRUM. Urządzenie to prezentuje innowacyjne podejście konstruktorskie oraz solidną budowę co sprawia, że użytkowanie staje się ergonomiczne, a obsługa jest bardziej intuicyjna.

GRANULATOR
DESTRUKTU ASFALTOWEGO

Analiza rynku oraz trendy w sektorze budownictwa drogowego i modernizacji infrastruktury drogowej jednoznacznie wskazują na sukcesywny wzrost udziału granulatu pochodzącego z destruktu asfaltowego do produkcji nowych mieszanek bitumicznych. Wynika to zarówno z coraz bardziej restrykcyjnych norm ekologicznych, jak i wiąże się z aspektami ekonomicznymi w tej branży.



Symbol	Wymiar [mm]
A	2260
B	2000
C	1395
D	1235
E	473

▲ Rys. Rzuty pionowe maszyny z wymiarami

Właśnie dlatego zespół konstruktorów MAKRUM opracował maszynę, która jest w stanie sprostać tak wysokim normom ekologicznym oraz spełnić oczekiwania i potrzeby drogowców, aby budować coraz lepsze nawierzchnie z tańszych surowców wtórnych jednocześnie szanując otaczające nas środowisko. Granulator Destruktu Asfaltowego to innowacyjny produkt, który eliminuje wady standardowych maszyn kruszących. Charakteryzuje się on nie tylko wysoką wydajnością, ale przede wszystkim niską energochłonnością. Ponadto urządzenie może pracować w każdej temperaturze, ponieważ ma system samooczyszczania i pozwala na dużą ergonomię podczas użytkowania. Maszyna wyposażona jest w prosty i łatwo dostępny mechanizm regulacji szczeliny, wysokiej klasy napędy, niezależną regulację napięcia wstępnego i szczeliny walców, jak również system samooczyszczania zapobiegający zalepianiu się granulatora w każdej temperaturze. Maszyna wyróżnia się łatwą wymianą okładzin niewymagającą używania specjalistycznych narzędzi.

Wielomiesięczne testy i szereg zastosowanych zmian umożliwiły wprowadzenie na rynek produktu, który pozwala na rozrabianie destruktu asfaltowego po wstępnym skruszeniu lub w postaci frezowiny asfaltowej. Na przykład rozwiązanie z zastosowaniem stacjonarnej ramy z koszem zasypowym i przesiewaczem umożliwia zwiększenie wydajności granulatora nawet dwukrotnie poprzez wstępne przesiewanie oraz uzyskanie produktu o wybranej granulacji.

Maszynę skonstruowano zgodnie z najnowszymi trendami w zakresie wykorzystanych materiałów zapewniając maksymalnie długie cykle używania części eksploatacyjnych i bezproblemowej wymiany podstawowych elementów.

Wyróżniającym się elementem maszyny jest pełna regulacja szczelin i nastaw walców, co daje nieograniczone możliwości uzyskiwania pożądanego granulatu.

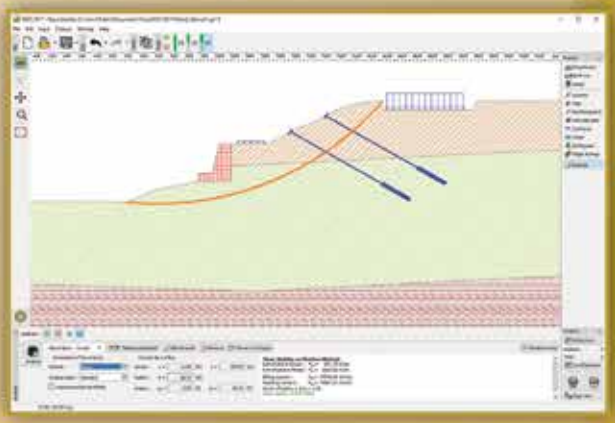
Nazwa parametru	Wartość
Szerokość i długość wlotu granulatora	300x1000 mm
Szerokość komory granulującej	1150 mm
Maksymalna wielkość brył podawanego materiału przy szczelinie s = 12 mm	60 mm
Wielkość szczeliny	5–45 mm
Moc silników napędu głównego	2x15 kW
Teoretyczna wydajność granulatora dla szczeliny 12 mm i materiału wejściowego (nadawy) wolnego od zanieczyszczeń	do 40 t/h
Całkowita masa granulatora wraz z napędem	4200 kg
Teoretyczna wielkość ziarna produktu końcowego dla ustawienia szczeliny s = 12 mm	do 22 mm

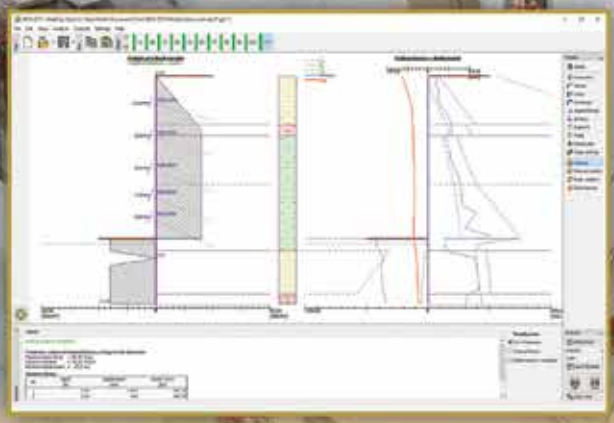
MAKRUM Project Management Sp. z o.o.
► ul. Fordońska 40 ► 85-719 Bydgoszcz ► tel. 48 52 561 23 30
► faks 48 52 321 00 78 ► www.makrum.pl ► info@makrum.pl

GEO5

Oprogramowanie geotechniczne

Analiza stateczności
Głębokie Wykopy
Konstrukcje Oporowe
Fundamenty Płytkie
Fundamenty Głębokie
Analiza Osiadań
Tunele i Szyby





www.finesoftware.pl

Zadzwoń do nas
i odbierz rabat
na hasło
„Vademecum"

Wersja demonstracyjna
bez żadnych ograniczeń

mmgeo

Wyłączny dystrybutor w Polsce:

MMGEO, ul. Relaksowa 33/110,
02-796 Warszawa, tel.: +48501700981,
+48226482787, email: info@mmgeo.pl

Perspektywa Ekspertów – Centrum Szkoleń

O firmie

Firma szkoleniowa specjalizująca się w tematyce drogownictwa. Organizuje szkolenia otwarte w różnych miastach w kraju oraz szkolenia na zamówienie – dostosowane do oczekiwań i lokalizacji klienta. Do prezentowania poszczególnych tematów zaprasza najlepszych ekspertów z branży. Głównie organizuje szkolenia z zakresu technologii budowy i utrzymania dróg, a także poświęcone inżynierii ruchu i/lub bezpieczeństwu ruchu drogowego. Oferuje też tematy dotyczące innych aspektów procesu inwestycyjno-budowlanego w drogownictwie, jak prawo, finanse, organizacja. Pełna lista szkoleń dostępna jest na stronie internetowej firmy.

Szkolenia związane z konstrukcją dróg

- Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (jedno szkolenie) oraz Sztywnych (drugie osobne szkolenie) – dla obydwu szkoleń przedstawiane są zasady, interpretacja, stosowanie.

Każde szkolenie prowadzi zespół autorów danego Katalogu, co pozwala na czerpanie wiedzy bezpośrednio u źródła i dopytywanie twórców o szczegóły zasad projektowania i wykonywania nawierzchni drogowych na podstawie katalogów nawierzchni.

- Nowa instrukcja odbiorowa GDDKiA: DP–T 14 z dnia 30.03.2017 r. Jak będą naliczane potrącenia i jak prawidłowo prowadzić roboty drogowe, aby uniknąć potrąceń.

Na przykładach liczbowych pokazywane są sposoby naliczania potrąceń, ich skutki finansowe oraz konsekwencje dla ofertowania i rozliczania kontraktów GDDKiA.

- Warstwy konstrukcyjne i wzmocnione podłoże nawierzchni drogowych: z kruszywa, kruszywa ze spoiwem hydraulicznym oraz gruntu stabilizowanego cementem w świetle aktualnych norm i przepisów technicznych GDDKiA.

Słuchacze zapoznają się z aktualnymi zapisami dokumentów oraz ich poprawną interpretacją – Katalogów nawierzchni oraz Wymagań technicznych WT-4:2010 i WT-5:2010. Dzięki temu szkoleniu przedstawiciele laboratoriów i firm budowlanych będą mogli projektować, prowadzić badania i prace zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Szkolenia związane z projektowaniem

- Projektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych – nowe metody.

Omówienie procedury doboru materiałów (WT-1 GDDKiA, WTW Kruszywa ZDW, WTW Asfalty ZDW), weryfikacji dokumentów do badania typu, metod projektowania AC wg wskaźnika K oraz różnych metod projektowania SMA. Ćwiczenia z projektowania odbędą się z wykorzystaniem programu PREN.

- Projektowanie i układanie mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE) w świetle instrukcji GDDKiA oraz praktyki wykonawczej.

Celem jest zapoznanie uczestników z zasadami projektowania i wbudowywania mieszanek MCE na podstawie instrukcji GDDKiA – bezpośrednio przez autora instrukcji, a także zaprezentowanie doświadczeń wykonawczych ze stosowania technologii MCE wraz z praktycznymi wskazówkami kiedy i jak stosować mieszanki MCE.

- Dokumentacja geotechniczna i geologiczno-inżynierska w procesie inwestycyjnym. Aktualne uwarunkowania prawne, błędy i ich konsekwencje prawne i technologiczne.

Uczestnicy poznają zasady prawidłowego określania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów oraz tworzenia poprawnej dokumentacji geotechnicznej i geologiczno-inżynierskiej, zgodnie z obowiązującymi ustawami i rozporządzeniami, a także posługiwania się nią.

- Geosyntetyki – optymalizacja zasad projektowania i wykonawstwa, kryteria i zasady doboru w aspekcie rzeczywistych parametrów warstw gruntowych.

Słuchacze nauczą się zasad prawidłowego doboru i stosowania geosyntetyków, w zależności od rodzaju konstrukcji i parametrów warstw gruntowych.

Perspektywa Ekspertów – Centrum Szkoleń
ul. Ekologiczna 8 lok. 8
02-798 Warszawa
tel. 22 408 88 33
faks 22 350 77 68
www.perspektywaekspertow.pl
biuro@perspektywaekspertow.pl

Inne szkolenia drogowe

- Technologie utrzymania i remontów nawierzchni dróg.

Eksperci zapoznają uczestników z różnymi technologiami utrzymania i naprawy nawierzchni dróg. W efekcie uczestnicy szkolenia powinni potrafić przeprowadzić trafną diagnozę stanu nawierzchni, a następnie na jej podstawie dobrać odpowiednią technologię utrzymania lub naprawy drogi i skutecznie ją zastosować.

- Układanie i zagęszczanie mieszanek mineralno-asfaltowych.

Słuchacze poznają metody układania i zagęszczania mieszanek MMA – zgodnie z wymaganiami technicznymi i najlepszą praktyką wykonawczą. Prezentowana jest wzorcowa technologia wraz z omówieniem najczęściej popełnianych błędów.

- Drogowe roboty ziemne – ze szczególnym uwzględnieniem rozpoznania podłoża i odwodnienia oraz robót na gruntach słabych i wysadzinowych.

Na wstępie przedstawione będą sposoby prawidłowego rozpoznania podłoża gruntowego. W dalszej części szkolenia uwaga będzie skupiona na głównych problemach, jakie napotyka się w robotach ziemnych – woda oraz grunty słabe i wysadzinowe.

- Nowe i nietypowe mieszanki MMA.

Szkolenie przybliża właściwości nowych mieszanek mineralno-asfaltowych – MMA oraz zasad ich projektowania, tak aby optymalnie dobrać mieszankę do specyfiki danej inwestycji drogowej.

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 EDM typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe SILENT-JOINT RESA
- Dylatacje poliuretanowe RESA-JOINT i SILENT-JOINT RESA FLEX
- 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

▲ Fot. 1. Renowacja pokrycia dachu z blachy

Technologia polyurea oparta jest na stosunkowo niedawno opracowanej dwuskładnikowej powłoce nakładanej metodą natrysku, która ma szerokie zastosowanie do ochrony konstrukcji żelbetowych, stalowych i renowacji pokryć dachowych w różnego rodzaju obiektach.

POWŁOKI POLIMOCZNIKOWE GEPOTECH

inż. Paweł Poźniak
SCHOMBURG Polska Sp. z o.o.

Pierwsze kompozycje zostały wprowadzone w Stanach Zjednoczonych w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Produkty te pojawiły się na rynku w wersji handlowej w roku 1987 i od tego czasu nieustannie się rozwijają.

Technologia polyurea jest stosowana coraz częściej w Europie, przy czym produkty te zaliczane są do szerszej grupy poliuretanów. Stały rozwój w zakresie kolejnych obszarów zastosowań polimoczników wyraźnie wskazuje na potencjał tej technologii.

Stosowanie i właściwości technologii

Zgodnie z definicją opracowaną przez Europejskie Stowarzyszenie PDA Europe polimocznik (polyurea) lub inaczej określając elastomer polimocznikowy, jest substancją powstałą w skutek reakcji dwóch składników: izocyjanianu oraz mieszanki żywicy. Izocyjanian może występować w dwóch odmianach, jako aromatyczny czy też alifatyczny.

Aplikacja powłoki polimocznikowej następuje przez bezpośredni natrysk wymieszanych składników na odpowiednio przygotowaną powierzchnię podłoża. Do tego stosuje się specjalistyczne wysokociśnieniowe urządzenia natryskowe, równocześnie podgrzewające oba komponenty do temperatury rzędu siedemdziesięciu kilku stopni. W bardzo krótkim czasie następuje polimeryzacja, w wyniku której powstaje związana, trwała i odporna warstwa elastomeru polimocznikowego. W zależności od kompozycji uzyskuje się powłoki o różnorodnych właściwościach fizycznych spełniających wymagania związane z:

- zabezpieczaniem elementów konstrukcji przed agresją chemiczną w gospodarce wodno-ściekowej dołączając do tego także tace zabezpieczające przed agresywnymi mediami
- obciążeniami mechanicznymi w budownictwie hydrotechnicznym i dla powłok ochronnych posadzek przemysłowych i parkingów
- wpływami atmosferycznymi i promieniowaniem UV dotyczących powierzchni dachów z blachy i papy, basenów kąpielowych, zbiorników ppoż.
- oddziaływaniem temperatur w szerokim zakresie.

Materiał może być również stosowany w odpowiedniej konfiguracji ze względu na bardzo wysoki stopień odprowadzania ładunków elektrostatycznych w strefach zagrożenia wybuchem i obszarach występowania ładunków elektrostatycznych.

Technologia dla różnych konstrukcji

Charakterystyka powłok wykonanych w technologii polyurea, jak i sam proces aplikacji, wskazują powłoki ochronne jako jeden z głównych kierunków zastosowań, zarówno w zakresie konstrukcji żelbetowych, stalowych, jak i coraz częściej przy renowacji wszelkiego rodzaju pokryć dachowych z blachy oraz papy itp.

Dzięki tak zaawansowanej technologii obiekt, w którym użyty został system polimocznikowy, może być przywrócony do eksploatacji w bardzo krótkim czasie po zakończeniu nakładania powłok, co w znacznym stopniu redukuje wysokie koszty związane z wyłączeniem obiektu z użytkowania na czas remontu i przeprowadzenia napraw. ▮

▲ Fot. 2. Renowacja ciągu komunikacyjnego na zaporze

SCHOMBURG Polska Sp. z o.o.
► ul. Sklęczkowska 18A ► 99-300 Kutno ► tel. 24 254 73 42 ► faks 24 253 64 27
► www.schomburg.pl ► biuro@schomburg.pl
SCHOMBURG

VAN BERDE Sp. z o.o.

VAN BERDE Sp. z o.o.
ul. Wojska Polskiego 3, 39-300 Mielec
tel. 17 774 56 90
faks 17 774 56 99
www.vanberde.com.pl
biuro@vanberde.com.pl

O firmie

VAN BERDE to podstawa – hasło, które towarzyszy firmie od jej powstania. To właśnie produkcja podstaw pod znaki drogowe zapoczątkowała rozwój całej gamy wyrobów bezpieczeństwa ruchu drogowego w zakładach grupy Van Berde. Obecnie wytwarzanych jest 30 różnego rodzaju, wagi i przeznaczenia podstaw, a roczna sprzedaż sięga 300 000 sztuk. Oferta firmy to ponad 300 pozycji, na które składają się: progi zwalniające, progi kablowe, separatory parkingowe, azyle, znaki i bariery zabezpieczające roboty drogowe. Oprócz typowej produkcji 5 lat temu powstała nowa spółka VB Traffic Sp. z o.o. Zadaniem jej jest uzupełnienie oferty produkcyjnej o lustra drogowe, lampy, aktywne przejścia dla pieszych, baterie, sygnalizacje tymczasowe i wiele innego sprzętu typowo związanego z zabezpieczeniem robót drogowych.

Systemowy Próg Podrzutowy

Progi podrzutowe są jedną z najskuteczniejszych metod uspokojenia ruchu. System Van Berde wyróżnia:

- najwyższej jakości mieszanka gumowa, z której wykonany jest próg, zapewniającej wytrzymałość i elastyczność wyrobu
- dopasowanie się progu podczas układania do nierównej nawierzchni
- odporność żółtej gumy na UV, przez co nie ma możliwości starcia koloru przez opony
- dostępność wersji z odblaskową taśmą firmy 3M
- możliwość konfigurowania różnych wersji kolorystycznych wyrobu
- system kanałów oczyszczających powierzchnie progu z zanieczyszczeń
- próg punktowy – zakończenie progów, będące odrębnym elementem bezpieczeństwa ruchu drogowego
- system kanałów w spodniej części progów, zapobiegający przesuwaniu i unoszeniu elementów przez zamarzającą wodę
- wielorakie zastosowanie otworów w spodniej części – możliwość przeprowadzenia pod progiem np. przewodów elektrycznych czy węża z wodą; wzmocnienie montażu przy dużym natężeniu ruchu przez zastosowanie rury stabilizacyjnej (dwa poziome wgłębienia Ø 25 mm); otwory Ø 40 mm umożliwiają dodatkowe zakotwienie elementów progów w przypadku montażu tych elementów pod ciężki transport > 40 ton
- próg w bocznej części wyposażony w tzw. „puzel", który łączy elementy i jest pomocny przy wykorzystaniu progów tymczasowo np. przeprowadzenie przewodów elektrycznych na budowach, koncertach, targach.

Montaż progów podrzutowych

Montaż progów odbywa się poprzez cztery otwory montażowe, w których zostały zatopione ocynkowane wkładki stabilizujące. Wyprofilowane wkładki eliminują efekt „gumowego amortyzatora", który powoduje wyrywanie kołków z nawierzchni po wielokrotnym najechaniu na próg. Do montażu używane są specjalne kołki montażowe, w których rdzeń śruby wykonany jest z miękkiego materiału. Dzięki temu śruby przy dużych siłach nie zrywają się, a jedynie wyginają. Powierzchnia zaś utwardzana jest tak, aby bez problemu śruba się wkręcała. Gwint i kształt śruby zostały zaprojektowane w taki sposób, aby po wkręceniu nastąpiło zacięcie śruby w kołku, uniemożliwiające jej wykręcanie.
Próg i śruba zostały przez firmę opatentowane i zastrzeżone.

NOWE OBLICZE **BIM**

KONFERENCJA \ **7 LISTOPADA 2017** \ WARSZAWA
MULTIKINO ZŁOTE TARASY \ UL. ZŁOTA 59

WŚRÓD PRELEGENTÓW:

\ JESPER BOYE ANDERSEN
BIG – BJARKE INGELS GROUP \

\ DAVID PHILP
DIGITAL BUILT BRITAIN \

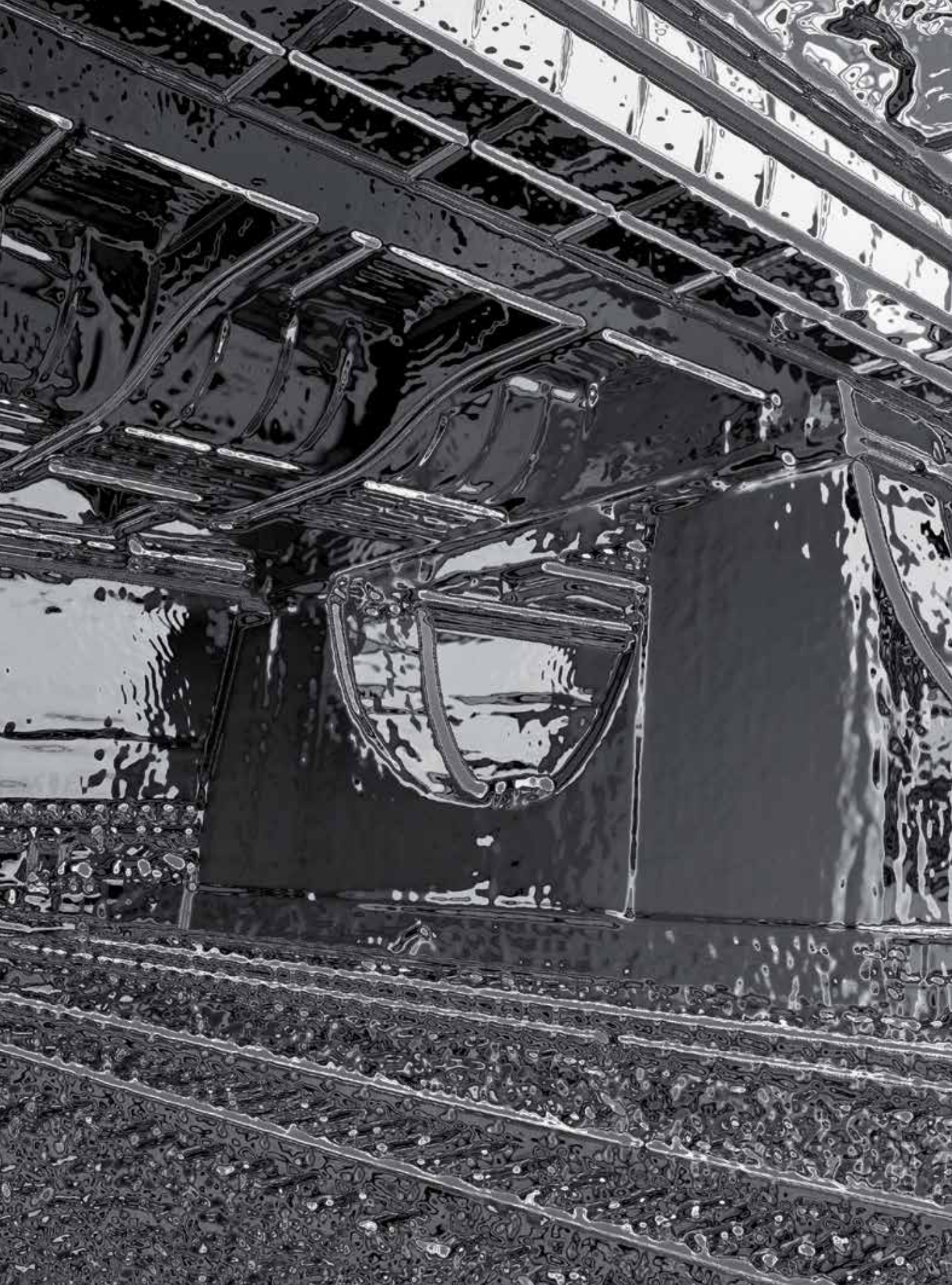
\ PAUL TUNSTALL
HLM \

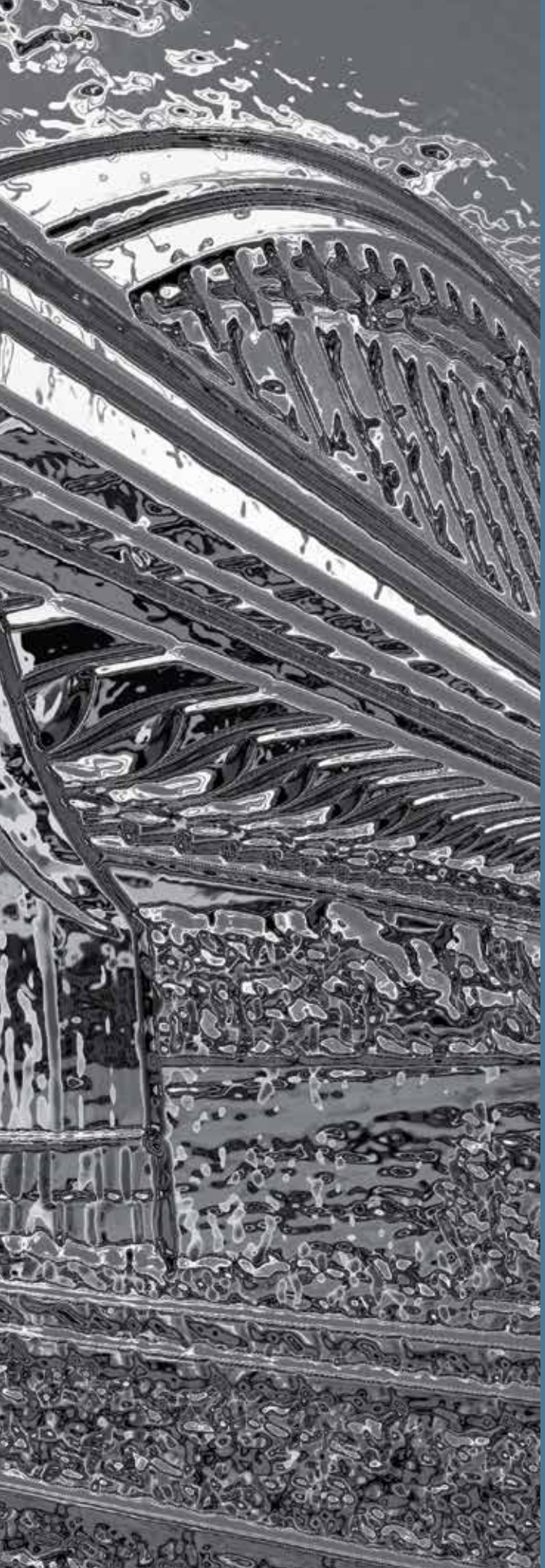
\ LESZEK WŁOCHYŃSKI
HOCHTIEF POLSKA S.A. \

\ TAMÁS GYÖRGY ERŐS
GRAPHISOFT \

WSC.PL/**BIM**

PATRONI HONOROWI





INDEKS
firm

Spis artykułów zamieszczonych w dziale KOMPENDIUM WIEDZY

Nazwa	Autor	Tytuł artykułu	Strona
Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Haliny Chodkowskiej	dr inż. **Wojciech Bańkowski**	Remonty nawierzchni asfaltowych	6–10
Instytut Kolejnictwa	mgr inż. **Grzegorz Stencel**	Materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej	11–14
Uniwersytet Zielonogórski	dr hab. inż. **Adam Wysokowski** prof. UZ	Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej	15–19
Instytut Badawczy Dróg i Mostów	dr inż. **Cezary Kraszewski**	Zagęszczanie gruntów niespoistych i kontrola zagęszczenia w budownictwie drogowym	20–23
Politechnika Warszawska	dr inż. **Wioletta Jackiewicz-Rek**	Betony specjalne do obiektów mostowych	24–29

Spis firm zamieszczonych w działach FIRMY, PRODUKTY, TECHNOLOGIE oraz PRZEGLĄD PRODUKTÓW I REALIZACJI, WYPOWIEDZI EKSPERTÓW

Nazwa firmy/adres	Kontakt	Profil działalności	Strona
ELKON POLSKA Sp. z o.o. ul. Starzyńskiego 46B 05-090 Dawidy Bankowe	tel. 22 300 17 58, 608 208 208 faks 22 300 17 59 www.ElkonPolska.pl biuro@ElkonPolska.pl	Firma oferuje betonownie w różnych konfiguracjach, mieszalniki, pompy do betonu, systemy recyklingu oraz systemy grzewcze wytwórni. Oprócz sprzedaży i wynajmu maszyn firma zapewnia profesjonalny serwis posprzedażowy, a także lokalny magazyn części.	36
GEO-EKSPERT Sp. z o.o. ul. Balcerskiego 19 80-299 Gdańsk	tel. 58 552 15 03 www.geo-ekspert.gda.pl geo@geo-ekspert.gda.pl	Firma świadczy usługi w zakresie specjalistycznego fundamentowania w budownictwie lądowym i wodnym. Oferuje m.in. wykonawstwo mikropali i kotew gruntowych, wzmacnianie fundamentów, stabilizację skarp i osuwisk, iniekcję podstaw pali wielkośrednicowych, obudowy wykopów.	32, 38–39
GEOCOMP ZKB Sp. z o.o. ul. Balicka 18A 30-149 Kraków	tel. 12 638 70 56 (57), 12 638 49 88 faks 12 638 70 56 (57), 12 638 49 88 www.geocomp.krakow.pl biuro@geocomp.krakow.pl	Zajmuje się wykonawstwem fundamentów specjalnych, a w szczególności robót palowych i ścian szczelinowych. Firma zatrudnia wysoko wykwalifikowanych i doświadczonych pracowników oraz dysponuje nowoczesnym sprzętem i oprogramowaniem.	II okładka
GEOCONTROL Instytut Konsultacyjno-Badawczy Sp. z o.o. ul. Balicka 56 30-149 Kraków	tel. 690 071 138 (139), 690 071 093 (153) www.geocontrol.pl biuro@geocontrol.pl	Prowadzi nadzory geotechniczne i obsługę geologiczną i hydrogeologiczną inwestycji budowlanych. Wykonuje badania nośności, ciągłości pali i kolumn fundamentowych oraz ekspertyzy, projekty i dokumentacje geotechniczne, geologiczne i hydrogeologiczne.	37, IV okładka
IZOHAN sp. z o.o. ul. Łużycka 2 81-963 Gdynia	tel. 58 781 45 85 faks 58 781 45 85 www.izohan.pl info@izohan.pl	Firma oferująca systemowe rozwiązania w zakresie hydroizolacji i renowacji: fundamentów, tarasów i balkonów, dachów, pomieszczeń mokrych, basenów, zbiorników na wodę i nieczystości, posadzek oraz obiektów inżynieryjnych, drogowych i przemysłowych.	32, 41

Nazwa firmy/adres	Kontakt	Profil działalności	Strona
JD ENGINEERING ul. Bociana 6 (7 piętro) 31-231 Kraków	tel. 604 575 600, 737 302 652 www.jde.com.pl biuro@jde.com.pl	Firma JD ENGINEERING jest jedynym dystrybutorem oprogramowania dla inżynierii lądowej MIDAS IT (Civil, GEN, GTS NX, FEA) oraz IDEA RS (Idea StatiCa) w Polsce.	42–43
Kärcher Sp. z o.o. ul. Stawowa 138–140 31-346 Kraków	tel. 12 639 71 05 infolinia: 801 811 234 faks 12 639 71 23 www.karcher.pl biuro@pl.kaercher.com	Kärcher to firma z ponad 80-letnim doświadczeniem w produkcji urządzeń służących utrzymaniu czystości i przeznaczonych zarówno do użytku domowego, jak i profesjonalistów. Oferta obejmuje urządzenia wysokociśnieniowe, szorowarki, odkurzacze, zamiatarki itp.	33, 44
MAKRUM Project Management Sp. z o.o. ul. Fordońska 40 85-719 Bydgoszcz	tel. 48 52 561 23 30 faks 48 52 321 00 78 www.makrum.pl info@makrum.pl	MAKRUM to marka z niemalże 150-letnim doświadczeniem. Zajmuje się produkcją maszyn krusząco-mielących np. kruszarek, młynów. W ofercie ma też innowacyjny produkt: Granulator Destruktu Asfaltowego. MAKRUM wykonuje również ciężkie konstrukcje stalowe.	33, 45
MMGEO ul. Relaksowa 33/110 02-796 Warszawa	tel. 501 700 981, 22 648 27 87 www.finesoftware.pl info@mmgeo.pl	Biuro projektów oraz wyłączny dystrybutor oprogramowania GEO5, zintegrowanego pakietu programów do wszechstronnej analizy i projektowania różnorodnych zagadnień geotechnicznych z zastosowaniem metod analitycznych lub MES.	46
Perspektywa Ekspertów – Centrum Szkoleń ul. Ekologiczna 8 lok. 8 02-798 Warszawa	tel. 22 408 88 33 faks 22 350 77 68 www.perspektywaekspertow.pl biuro@perspektywaekspertow.pl	Firma szkoleniowa specjalizująca się w tematyce drogownictwa w obszarach: Technologie budowy i remontów dróg; Inżynieria ruchu i bezpieczeństwo ruchu drogowego; Proces inwestycyjno-budowlany w drogownictwie (prawo, finanse, organizacja).	33, 47
REKMA Sp. z o.o. ul. Szlachecka 7 32-080 Brzezie	tel. 12 633 59 22 faks 12 39 75 220 www.rekma.pl rekma@rekma.pl	Firma Rekma Sp. z o.o. od blisko 20 lat wykonuje: asfaltowe, mechaniczno-asfaltowe i poliuretanowe dylatacje mostowe, naprawy spękań, uszkodzeń nawierzchni, cięcie i rowkowanie nawierzchni, oferuje sprzedaż mas zalewowych i urządzeń drogowych.	48
SCHOMBURG Polska Sp. z o.o. ul. Sklęczkowska 18A 99-300 Kutno	tel. 24 254 73 42 faks 24 253 64 27 www.schomburg.pl biuro@schomburg.pl	Opracowuje, produkuje oraz prowadzi sprzedaż produktów i systemów budowlanych z zakresu: uszczelniania i renowacji budownictwa, klejenia wyłożeń ceramicznych, domieszek i dodatków do betonu, rozwiązań dla budownictwa przemysłowego i inżynieryjnego.	49
VAN BERDE Sp. z o.o. ul. Wojska Polskiego 3 39-300 Mielec	tel. 17 774 56 90 faks 17 774 56 99 www.vanberde.com.pl biuro@vanberde.com.pl	Polska firma specjalizująca się od 10 lat w produkcji elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego. Produkuje wyroby z gumy, polietylenu, a także z recyklingu gumowego i PVC.	32, 50
WSC Witold Szymanik i S-ka Sp. z o.o. **Graphisoft Center Poland** ul. Brukselska 44 lok. 2 03-973 Warszawa	tel. 22 617 68 35, 22 616 07 65 faks 22 616 07 74 www.archicad.pl archicad@wsc.pl	Firma WSC jest przedstawicielem firmy GRAPHISOFT w Polsce i polskim dystrybutorem programu ARCHICAD, będącego jedną z pierwszych aplikacji na rynku wprowadzających technologię BIM.	51

Ruszyła nowa odsłona

www.inżynierbudownictwa.pl

Wydarzenia • Biznes

Technika • Inwestycje

Kariera • Języki

Katalog bezpłatny dla członków PIIB

Zawiera szczegółowe parametry techniczne materiałów konstrukcyjnych, hydro- i termoizolacyjnych, elewacyjnych i wykończeniowych. Ponadto opisane są pokrycia dachowe, stolarka otworowa, bramy, posadzki, nawierzchnie, chemia budowlana, urządzenia dźwigowe, sprzęt budowlany oraz oprogramowanie komputerowe. W katalogu są również szczegółowe informacje o produktach z branży sanitarnej, grzewczej, wentylacyjnej i klimatyzacyjnej oraz elektrycznej. Znajdują się też prezentacje firm zajmujących się produkcją i świadczących usługi budowlane i instalacyjne.

Zamów teraz!

katalog inżyniera
technologie | produkty | firmy

edycja 2017/2018

Ilość egzemplarzy ograniczona.
Decyduje kolejność zgłoszeń.

Złóż zamówienie – wypełnij formularz na stronie

www.kataloginzyniera.pl

GEOCONTROL

INSTYTUT KONSULTACYJNO - BADAWCZY

GEOTECHNIKA

Próbne obciążenia fundamentów głębokich

Badania ciągłości pali i kolumn fundamentowych

Projekty posadowień obiektów

Projekty wzmocnień podłoża i fundamentów

Projekty zabezpieczeń skarp, zboczy, wykopów

Opinie i projekty geotechniczne

Konsultacje i ekspertyzy w zakresie geotechniki

GEOLOGIA INŻYNIERSKA I HYDROGEOLOGIA

Wiercenia terenowe

Sondowania dynamiczne i statyczne

Badania laboratoryjne gruntów i wody

Projekty i Dokumentacje

Geologiczno-Inżynierskie i Hydrogeologiczne

GEOTECHNICZNA OBSŁUGA INWESTYCJI

NADZORY GEOLOGICZNE

Instytut Konsultacyjno-Badawczy
GEOCONTROL Sp. z o.o.
ul. Balicka 56, 30-149 Kraków

Geotechnika i geologia tel.: 690 071 139
Hydrogeologia tel.: 690 071 153

biuro@geocontrol.pl www.geocontrol.pl