

Leca®

KERAMZYT



GEOTECHNIKA



**FACHOWE
ROZWIĄZANIA
BUDOWLANE**

weber
SAINT-GOBAIN

www.netweber.pl



KERAMZYT



**Piece obrotowe do produkcji
keramzytu na zdjęciu z lat 70-tych
(fabryka w Gniewie)**

Historia keramzytu, lekkiego, ceramicznego kruszywa powstającego w procesie wypalania gliny, rozpoczęła się w 1913 roku od przypadkowego odkrycia nowego materiału w cegielni Hayde'a w USA. Pierwsza produkcja ruszyła w 1917 roku.

Kruszywo to nazwane hayditem stosowano do wytwarzania lekkiego betonu, z którego następnie produkowano drobnowymiarowe elementy budowlane. Keramzytu używano także do innych, czasem niezwykłych celów.

Tuż po pierwszej wojnie światowej, w technologii lekkiego siatkobetonu na bazie keramzytu rozpoczęto konstruowanie kadłubów statków i okrętów. Jednym z pierwszych i najbardziej znanych był zwodowany w 1919 roku tankowiec Selma.

Do 1939 roku małe wytwórnie hayditu powstały w Kanadzie, Szwecji, Norwegii i Danii. Po wojnie zapotrzebowanie na materiały budowlane dynamicznie wzrastało. Zakłady produkujące keramzyt zaczęły powstawać na całym świecie. Kruszywo znalazło zastosowanie w bardzo wielu obszarach m.in. budownictwa, geotechniki, ogrodnictwa i ochrony środowiska.

W krajach anglojęzycznych dla keramzytu przyjęto nazwę LECA, od pierwszych liter Lightweight Expanded Clay Aggregate, czyli „lekkie, spęczniałe, gliniane kuleczki”. W Polsce kruszywo nazwano GLINIEC, ponieważ było produkowane z gliny. Z czasem wprowadzono nazwę KERAMZYT, zapożyczoną z greckiego określenia gliny garncarskiej – keramos.

Keramzyt produkowany jest w fabryce w Gniewie (woj. pomorskie) od końca lat 70-tych. W 2010 roku kruszywo to otrzymało nazwę Leca® KERAMZYT.

Wejdź na www.netweber.pl i dowiedz się więcej o niezwykłych właściwościach tego kruszywa oraz korzyściach, jakie daje jego zastosowanie.

SPIS TREŚCI

2 Leca® KERAMZYT w geotechnice

3 Właściwości

3 Dane techniczne

4 Zakres stosowania

4 Opis typowych zastosowań

8 Przykłady realizacji

- 8 Żabieniec, gmina Nadarzyn: posadzka hali
- 10 Kraków: droga na słabym gruncie
- 12 Wejherowo: droga na słabym gruncie
- 14 Gniezno: droga na słabym gruncie
- 16 Świnoujście: droga i kanalizacja deszczowa na słabym gruncie
- 18 Modliszewo koło Gniezna: droga na słabym gruncie
- 20 Międzyzdroje: droga pieszo - rowerowa na słabym podłożu, najazd na most i kabel energetyczny
- 24 Autostrada A1 węzeł Stanisławie - Tczew: droga na słabym gruncie
- 26 Trzemeszno: poszerzenie drogi krajowej nr 15
- 28 Malechowo: droga nad przepustem
- 30 Kórnik: droga nad przepustem
- 32 Olsztyn: najazd na most
- 34 Wolsztyn: najazd na wiadukt
- 36 Autostrada A1 i droga koło Słupcy: drenaż liniowy
- 38 Kostrzyń nad Odrą: zmniejszenie obciążeń na starych stropach
- 40 Milejczyce, woj. podlaskie: obiekt sportowy

42 Wbudowywanie i zagęszczanie keramzytu

45 Ekrany tłumiące drgania komunikacyjne

46 Projektowanie

47 Przykłady zastosowania keramzytu





LECA® KERAMZYT W GEOTECHNICE

Keramzyt to lekkie kruszywo ceramiczne wytwarzane ze specjalnego rodzaju glin pęczniących. Fabryka tego kruszywa znajduje się w Gniewie (województwo pomorskie).

Leca® KERAMZYT o ziarnach 8/10-20 mm ma ciężar nasypowy około 320 kg/m³, współczynnik $\lambda = 0,1$ W/mK i wytrzymałość na miążdżenie większą niż 0,75 MPa. Gliniane granulki są ognioodporne, niepodatne na działanie owadów, gryzoni i grzybów. Mają małą nasiąkliwość i nie wchodzi w reakcję ze związkami chemicznymi. Materiał ten nie traci swoich właściwości z upływem czasu.

Proces produkcji keramzytu składa się z kilku etapów. Rozpoczyna się od wydobycia gliny w kopalni odkrywkowej i jej przetransportowaniu, systemem taśmociągów, do zakładu. Po przetransportowaniu zaczyna się proces leżakowania gliny w zadanej hali, trwający przez okres ok. 7-14 dni. Następnie ma miejsce jej mechaniczne uplastycznianie w gniotownikach, mieszadłach i pomiędzy metalowymi walcami. W ten sposób przygotowana glina trafia do pieca, gdzie w temperaturze od 400°C do 1150°C następuje jej rozdrobnienie i 4-5 krotne pęcznienie. W wyniku tego procesu spęczniałe granulki na wierzchu pokrywają się twardą, ceramiczną skorupką. Po ostudzeniu keramzyt zostaje rozsortowywany na różne frakcje.



1. Wydobycie gliny



2. Transport gliny



3. Hala leżakowania



4. Mechaniczne uplastycznianie



5. Piec rurowy



6. Wypalanie w piecu



7. Piec i rura chłodząca



8. Silosy na kruszywo

WŁAŚCIWOŚCI

Przy zastosowaniu Leca® KERAMZYTU do rozwiązań geotechnicznych należy wziąć pod uwagę:

- ▶ mały ciężar nasypowy
- ▶ dobrą izolacyjność termiczną
- ▶ niepalność
- ▶ ognioodporność
- ▶ mrozoodporność
- ▶ niewielką kapilarność
- ▶ bardzo dobrą przepuszczalność wody
- ▶ obojętność na czynniki chemiczne
- ▶ odporność na grzyby, pleśń, owady i działanie zwierząt (takich jak: krety, myszy, nornice itp.)
- ▶ dużą nośność
- ▶ łatwość w układaniu i zagęszczaniu
- ▶ niskie koszty transportu
- ▶ niezmienność parametrów wraz z upływem czasu

DANE TECHNICZNE



Leca® KERAMZYT jest ponad 5-cio krotnie lżejszy od żwiru czy piasku.

LECA® KERAMZYT 8/10-20 GEOTECHNICZNY ▼

Parametr	Jednostka	Wartość	Uwagi
Frakcja	mm	8/10-20	*
Gęstość nasypowa w stanie luźnym	kg/m³	320	±15%
Gęstość nasypowa w stanie zagęszczonym	kg/m³	352	±15%
Zmiana gęstości nasypowej	%	10	zagęszczenie
Wytrzymałość na miazdzenie	MPa	> 0,75	
Kąt tarcia wewnętrznego	stopni	45	**
Nasiąkliwość	%	< 35	
Trwałość na zamrażanie	%	< 0,8	
Przewodność cieplna	W/mK	0,095-0,160	zależnie od wilgotności
Współczynnik filtracji	m/s	$> 3,33 \times 10^{-2}$	
Reakcja na ogień	klasa	A1	materiał niepalny

*Leca® KERAMZYT 8/10-20 może być produkowany w dwóch przedziałach frakcji 8-20 lub 10-20 mm

** Badania wykonano w Instytucie Inżynierii Lądowej Politechniki Poznańskiej

TABELA WARTOŚCI WYNIKAJĄCYCH Z KRZYWEJ PRZESIEWU ▼

Rozmiar sита [mm]	4	(8)10	16	20	31,5
Średnio przechodzi przez sito [%]	1,0	8,0	82,0	95,0	100,0
Maksymalnie [%]	2,0	15,0	95,0	100,0	100,0
Minimalnie [%]	0,0	0,0	65,0	85,0	100,0

Leca® KERAMZYT 8/10-20 może być stosowany w budownictwie zgodnie z:

- ▶ normą PN-EN 13055-2
- ▶ aprobatą techniczną IBDiM AT/2006-03-1057/1
- ▶ atestem PZH



ZAKRES STOSOWANIA

W obszarze rozwiązań geotechnicznych Leca® KERAMZYT najczęściej stosowany jest do:

- ▶ budowy dróg na podłożach o niejednorodnym uwarstwieniu,
- ▶ budowy dróg na gruntach o małej nośności,
- ▶ odciążania konstrukcji tuneli, ścian oporowych, stropów budowli w gruncie itp.,
- ▶ zasypywania drenaży jako warstwa filtrująca,
- ▶ fundamentowania budynków na gruntach niejednorodnych i o małej nośności,
- ▶ wykonywania podłoży pod nawierzchnie boisk, kortów i bieżni,
- ▶ lekkich betonów wypełniających, izolacyjnych i konstrukcyjnych.

Zakład Produkcji Keramzytu w Gniewie produkuje również wiele innych frakcji keramzytu (między innymi: 0-2, 0-4, 2-4, 4-8, 4-10, 10-20).

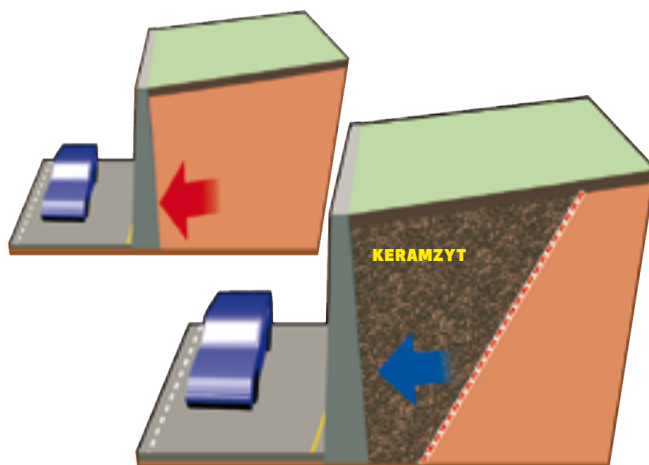
Leca® KERAMZYT stosowany jest także:

- ▶ do produkcji pustaków i bloczków,
- ▶ do izolacji stropów, stropodachów oraz podłóg na gruncie,
- ▶ do wykonywania pływających pokryw na zbiornikach,
- ▶ w ogrodnictwie,
- ▶ w hodowli ryb,
- ▶ w przemyśle odzieżowym,
- ▶ oraz w wielu innych ciekawych zastosowaniach.

OPIS TYPOWYCH ZASTOSOWAŃ

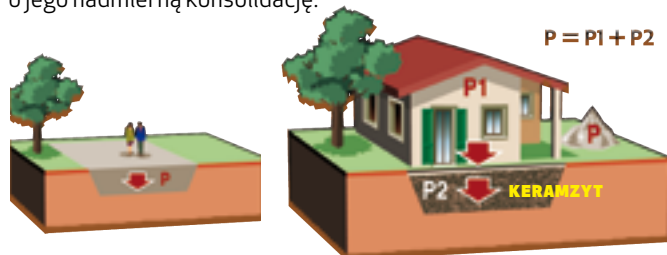
WYPEŁNIENIA PRZY MURACH OPOROWYCH

Zmniejszenie ciężaru materiału, który jest układany jako zasyпка murów oporowych w konstrukcjach mostowych, skutkuje redukcją sił poziomych oddziałujących na mur. Keramzyt wysypywany za taką konstrukcją redukuje parcie poziome nawet o 75%. Zmniejszenie parcia poziomego pozwala na uzyskanie znaczących oszczędności na konstrukcji obiektu – najczęściej zużywa się wówczas mniej stali i betonu. Dodatkowo keramzyt, jako materiał przepuszczalny, dobrze drenażuje przestrzeń za konstrukcją. Skuteczne odprowadzenie wody opadowej i wód gruntowych wpływa również na zmniejszenie sił poziomych, pochodzących od wypełnienia. W sytuacji gdy przy obiekcie nie zalega woda, podwyższa się trwałość takiej konstrukcji.



REDUKCJA OBCIĄŻEŃ NA SŁABYM PODŁOŻU GRUNTOWYM

Niektóre grunty o słabej nośności mogą ulegać konsolidacji po obciążeniu nawet niewielkimi siłami. Głębokość zalegania takich gruntów dochodzi nawet do kilkunastu metrów. Posadowienie na takich podłożach jakichkolwiek obiektów wymaga kosztownego wzmocnienia podłoża, specjalistycznego fundamentowania lub wymiany gruntu do poziomu gruntów nośnych. Usuwając odpowiednią warstwę słabonośnego, ciężkiego gruntu i układając w to miejsce lekki keramzyt, uzyskuje się możliwość dodatkowego obciążenia podłoża poniżej wymiany, bez obawy o jego nadmierną konsolidację.



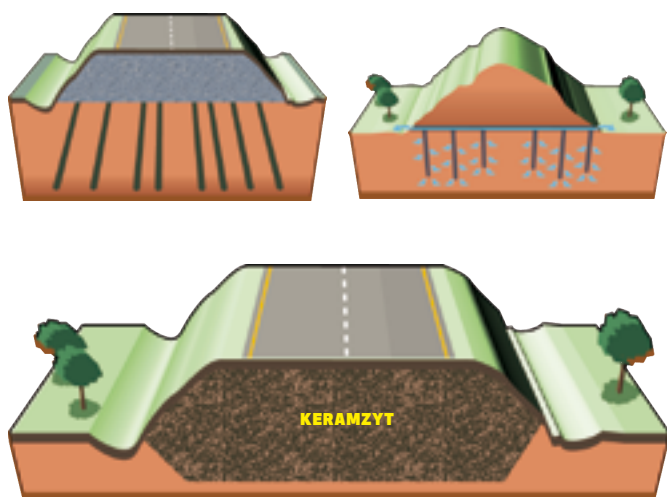
Przykład: W podłożu występuje grunt o słabej nośności i ciężarze $1.400 \div 1.600 \text{ kg/m}^3$ (P). Grunt jest nieskonsolidowany i może być użytkowany pod warunkiem niedokładania na niego dodatkowych obciążeń. Jednak w tym miejscu ma powstać dom. Bezpośrednie posadowienie obiektu znacznie zwiększy obciążenia na tym podłożu. W tym przypadku należy usunąć umowny 1 m^3 (P) takiego gruntu i zasypać wykop 1 m^3 keramzytu w geotkaninie. Ciężar zagęszczonego i nawet nawodnionego keramzytu nie przekroczy wartości 500 kg/m^3 (P2).

Z różnicy ciężarów uzyskuje się $900 \div 1.100 \text{ kg}$ (P1). Takim ciężarem można dodatkowo obciążyć teren, na którym wymieniono słabonośny grunt na keramzyt.

Grunt poniżej nie ulegnie konsolidacji, ponieważ nastąpiła redukcja obciążeń. Wypełnienie z keramzytu i nowe obciążenie zewnętrzne są takie same, jak obciążenie zastanym w tym miejscu ciężkim gruntem.

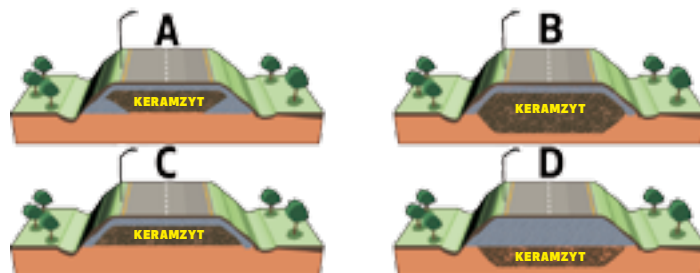
NASYPY DROGOWE

Budowa nasypów na podłożach o słabej nośności zawsze wymaga kosztownych zabiegów związanych ze wzmocnieniem lub wymianą podłoża. Różnego typu pale, studnie i metody iniekcyjne to najczęściej stosowane metody wzmocniania podłoża pod nasypami drogowymi. Zdarza się, że grunt jest nienośny do tego stopnia, iż trudno nawet dojechać sprzętem służącym do palowania.

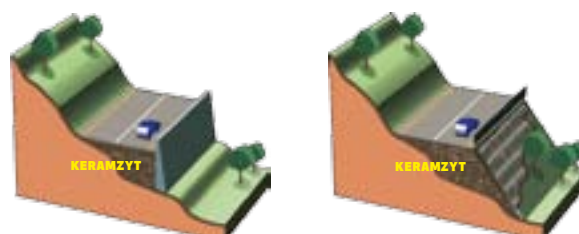


Zastępując część słabego gruntu keramzytem, zgodnie z zasadami opisanymi w części „Redukcja obciążeń na słabym podłożu gruntowym”, uzyskuje się możliwość wykonania drogi bez obawy o przyrost osiadania.

Po sprawdzeniu parametrów nośności podłoża może okazać się, że wykonanie tradycyjnego nasypu będzie niemożliwe, natomiast nasyp przygotowany na lekkim wypełnieniu z keramzytu nie będzie niekorzystnie oddziaływał na istniejące podłożo (rysunek: A i C). Jeżeli jednak obciążenie konstrukcji nasypu i obciążenie użytkowe drogi będą zbyt duże, wówczas konieczne jest wybranie części gruntu, zastąpienie jej keramzytem na zasadach zrównoważenia obciążeń (rysunek: B i D).

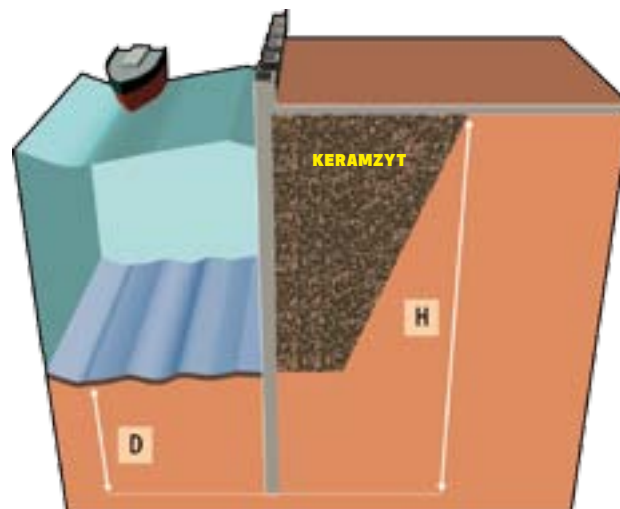


Z podobną sytuacją można spotkać się przy budowie drogi na zboczu. Tam również może okazać się, że naturalne zbocze nie przeniesie obciążeń nasypu i użytkowania drogi. Nadmierne obciążenia mogą powodować osuwanie się zbocza, co skutkuje deformacjami drogi. Wprowadzenie lekkiego keramzytu zmniejsza obciążenia na konstrukcję murów oporowych i innych elementów, utrzymujących nasyp na zboczu.



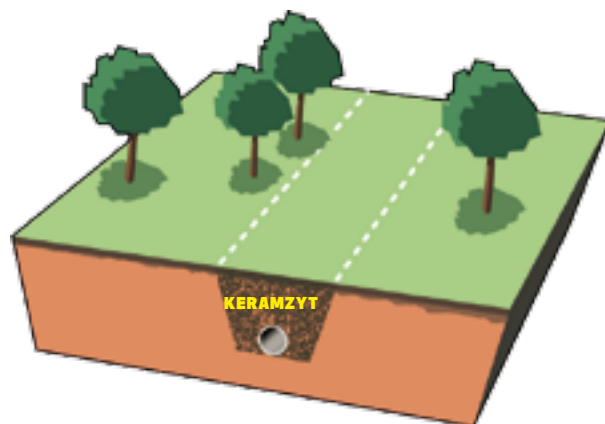
POSZERZENIA NABRZEŻY

W przypadku budowy nabrzeży użytkowych natrafia się na bardzo duże trudności z fundamentowaniem konstrukcji. Koryto rzeki czy brzeg jeziora zmieniają się w czasie. Na brzegach odkładane są kolejne osady z roślinności dennej, zanieczyszczeń niesionych przez nurt itp. Posadowienie ciężkich fundamentów na takim podłożu jest bardzo trudne i kosztowne, dlatego projektując tego typu konstrukcje konieczne jest redukcowanie obciążeń. Klin z keramzytu w miejsce naturalnego gruntu zapewnia, zgodnie z zasadą opisaną w części „Wypełnienia przy murach oporowych”, zmniejszenie parcia poziomego na konstrukcję muru, jak również niewielkie obciążenie pionowe na naturalne podłoże, przy brzegach. Redukcja obu tych obciążeń pozwala na zmniejszenie ciężaru konstrukcji i chroni powierzchnię ułożoną na nowym nabrzeżu przed deformacjami.



IZOLACJE RUROCIĄGÓW

Układając rurociąg w gruncie należy zapewnić mu stabilne położenie oraz zabezpieczyć go, przed oddziaływaniem zewnętrznych czynników. Spełnienie tych warunków może być bardzo trudne w przypadku, gdy rurociąg lub kabel instalacyjny układany jest w gruncie o niskiej nośności lub w gruncie nawodnionym. Prowadzenie robót ziemnych w takim podłożu zakłóca naturalny układ warstw. Niezbędne może okazać się wykonanie łąw, które dodatkowo obciążają grunt, a w połączeniu z ciężarem przewodów instalacyjnych mogą doprowadzać do nierównomiernego osiadania rur. To z kolei może skutkować powstaniem kontra spadów i awariami. Ułożenie instalacji w wypełnieniu z keramzytu zmniejsza obciążenia na podłoże, eliminując możliwość przypadkowego osiadania rurociągów. Ponadto keramzyt izoluje cieplnie rury, co pozwala na ich układanie powyżej głębokości strefy przemarzania. Kłopoty z zachowaniem odpowiednich spadów instalacji najczęściej pojawiają się przy przyłączaniu nowych użytkowników do istniejącej sieci.



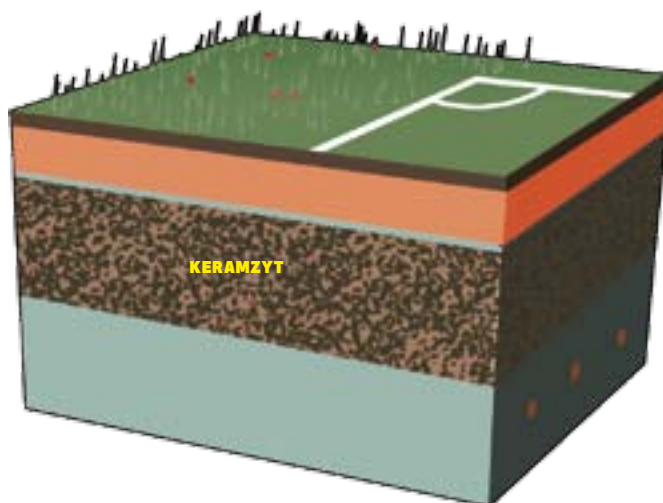
TUNELE I PRZEPUSTY

Przykrycie tuneli i przepustów w gruncie to jeden z końcowych etapów budowy takich konstrukcji. Zmniejszenie ciężaru gruntu, którym przykrywa się tunel, pozwala na zmniejszenie przekrojów konstrukcji. Zastosowanie keramzytu zmniejsza obciążenia kilkakrotnie. Dodatkowo pozwala na lepsze zdrenowanie terenu nad tunelem oraz dalsze zmniejszanie obciążeń, także dzięki szybkiemu usuwaniu wód opadowych.



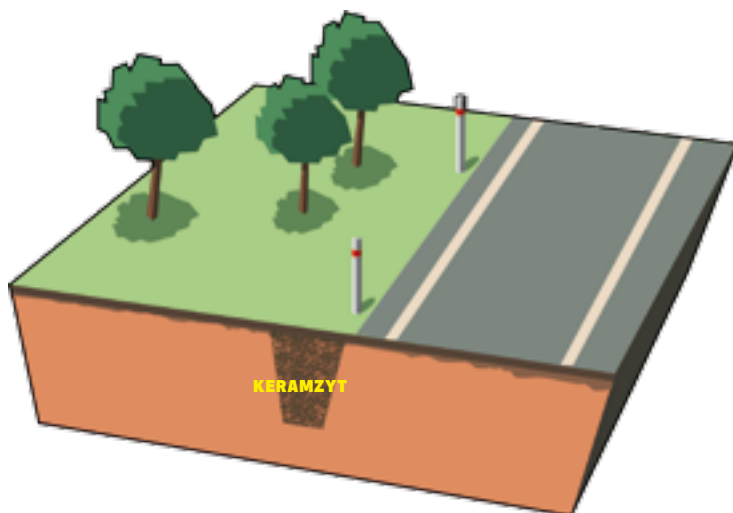
OBIEKTY SPORTOWE

Poważnym, często napotykanym problemem przy konstruowaniu otwartych boisk lub kortów, jest skuteczne odprowadzenie wód opadowych oraz zapewnienie płycie równej powierzchni. Niejednorodność podłoża powoduje, że murawa, nawierzchnia kortu lub nowa bieżnia zaczyna się fałdować na skutek nierównomiernego osiadania na dużej powierzchni. Najczęściej jest to wynikiem zapadania się przepuszczalnej nawierzchni na skutek zagęszczania podłoża wodą opadową. Aby zapobiec takim procesom należy zapewnić równomierne odwodnienie płyty boiska na całej powierzchni. Warstwa keramzytu przejmuje taką rolę. To lekkie wypełnienie zmniejsza również obciążenia na podłoże. Jeżeli pod boiskiem znajduje się niejednorodny grunt, to przy projektowaniu konstrukcji można skorzystać z zasady kompensacji obciążeń opisanej w części „Kompensacja obciążeń na słabym podłożu gruntowym”.

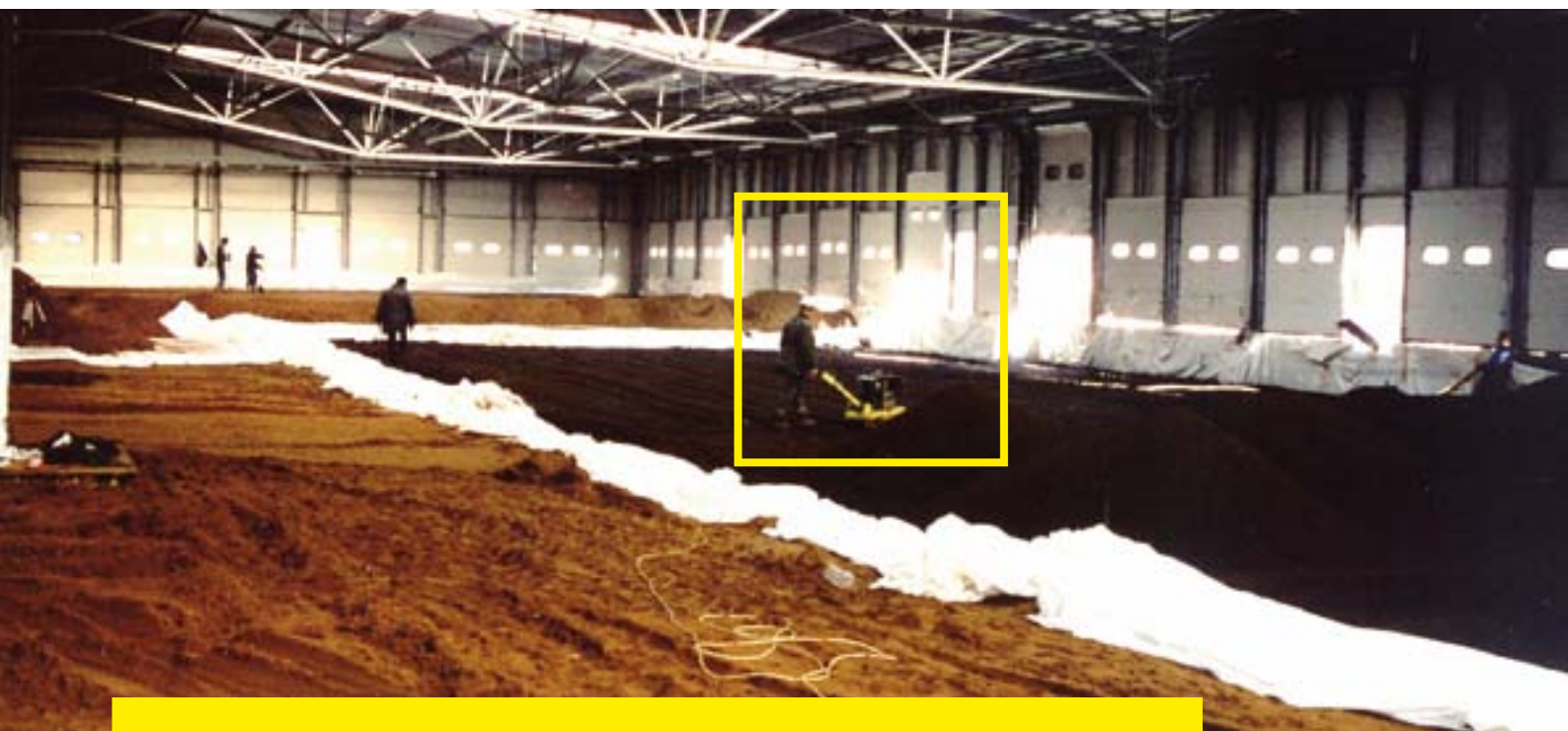


DRENAŻE LINIOWE

Szybkie i skuteczne odprowadzenie wód opadowych z jezdni i poboczy jest gwarancją bezpieczeństwa ruchu i trwałości drogi. Obecnie problem ten najczęściej jest rozwiązywany poprzez wykonywanie rowów wzdłuż dróg. Rowy zajmują miejsce w pasie drogowym, ograniczają możliwości budowy chodników, wymagają czyszczenia i koszenia, ale przede wszystkim, podczas wypadku, zwiększają prawdopodobieństwo urazów podróżnych. Coraz popularniejsze staje się rozwiązanie tzw. „drenów francuskich”. To nic innego jak przydrożny rów, wypełniony keramzytem i pokryty przepuszczalną nawierzchnią lub gruntem. Takie dreny skutecznie zbierają i odprowadzają wodę, umożliwiają budowę na nich chodników, a gdy dochodzi do wypadku pozwalają na przejazd samochodu bez skutku wbijania lub dachowania auta w rowie.



PRZYKŁADY REALIZACJI *



ŻABIENIEC, GMINA NADARZYN: POSADZKA HALI

Pierwotnie zaprojektowano bezpośrednie posadowienie słupów hali na stopach fundamentowych, a posadzkę jako płytę żelbetową grubości 15 cm z betonu B25 ułożoną na podbetonie B7,5 o grubości 5 cm. W trakcie budowy wykonawca robót zauważył, że w podłożu występują znacznie gorsze warunki gruntowo - wodne, niż przedstawione w dokumentacji geotechnicznej. Dodatkowe badania geotechniczne wykazały, że pod częścią hali, w głębszych warstwach podłoża, wśród gliny występują namuły organiczne o miąższości około 6 m. Konieczne stało się wprowadzenie zmian w sposobie posadowienia hali oraz posadzki.

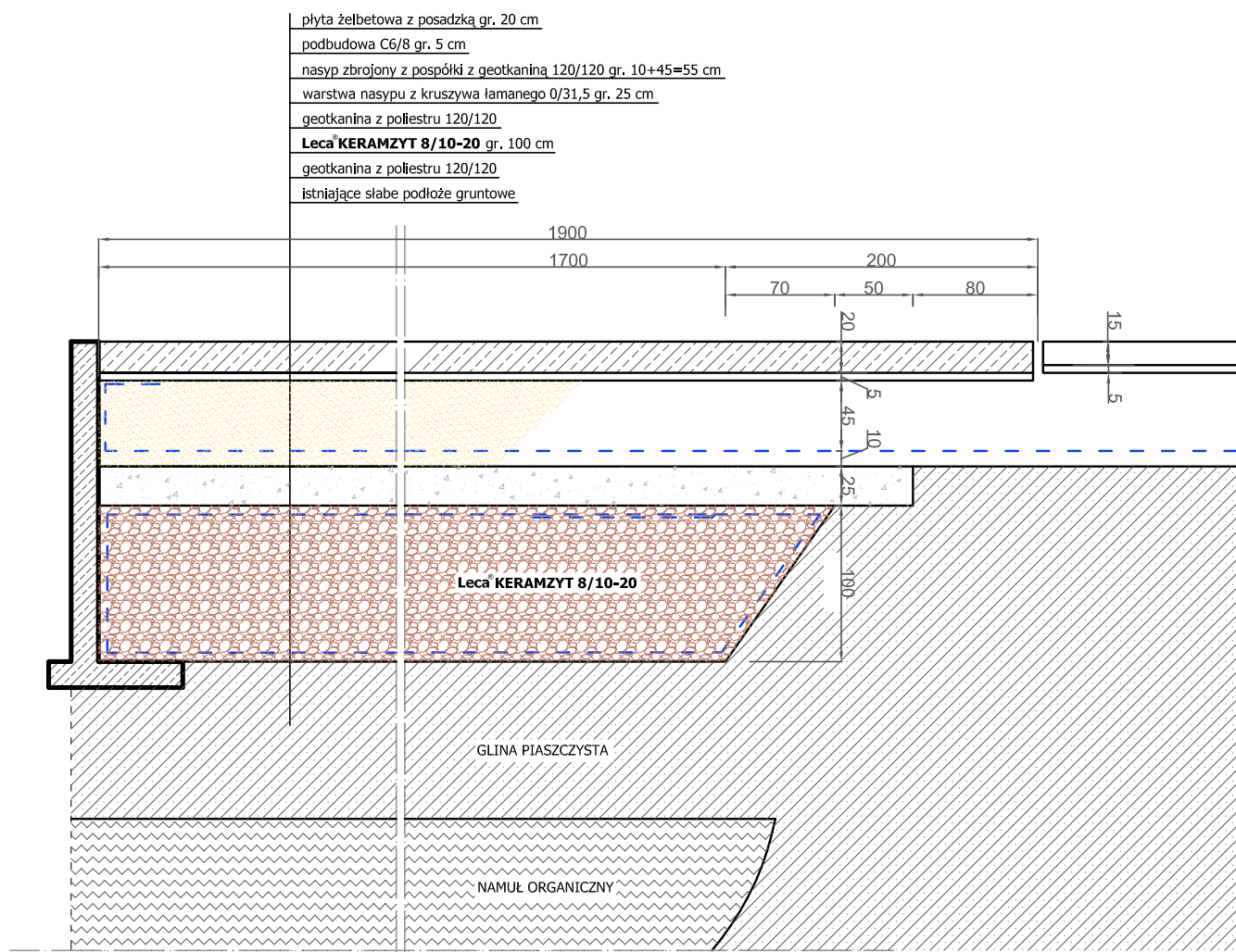
ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Słupy hali w zagrożonym rejonie zostały posadowione na palach. Początkowo rozważano również posadowienie posadzki na palach, jednak byłoby to rozwiązanie bardzo kosztowne. Do realizacji zostało przyjęte rozwiązanie prostsze i tańsze. Zgodnie z zasadą kompensacji obciążeń usunięto warstwę (około 1 m) gliny i w to miejsce ułożono wypełnienie z Leca® KERAMZYTU 10-20, owiniętego geotkaniną. Kolejne wykonane warstwy to kruszywo łamane, nasyp z pospółki zbrojony geotkaniną, podbeton i żelbetowa płyta grubości 20 cm.

* UWAGA

Przedstawione rozwiązania dotyczą konkretnych warunków geotechnicznych, opisanych w poszczególnych przykładach. Aby dane rozwiązanie zastosować w innym miejscu należy je dostosować do istniejących warunków geotechnicznych. W razie problemów prosimy o kontakt z naszymi doradcami technicznymi.





* Patrz uwaga na stronie 8

- **OBIEKT** - posadzka w hali magazynu spedycyjnego
- **LOKALIZACJA** - Żabieniec, gmina Nadarzyn
- **PROJEKT WZMOCNIENIA PODŁOŻA**
- dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **DATA REALIZACJI** - 2002 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 650 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





KRAKÓW: DROGA NA SŁABYM GRUNCIE

W czasie prac badawczych i projektowych, w ramach w/w obiektu, zostały wskazane trzy miejsca o problematycznym podłożu gruntowym. Na zlecenie producenta keramzytu (występującego wówczas jeszcze pod nazwą Optiroc), Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Żmigrodzie opracował opinię techniczną rozwiązującą problem w oparciu o Leca® KERAMZYT.

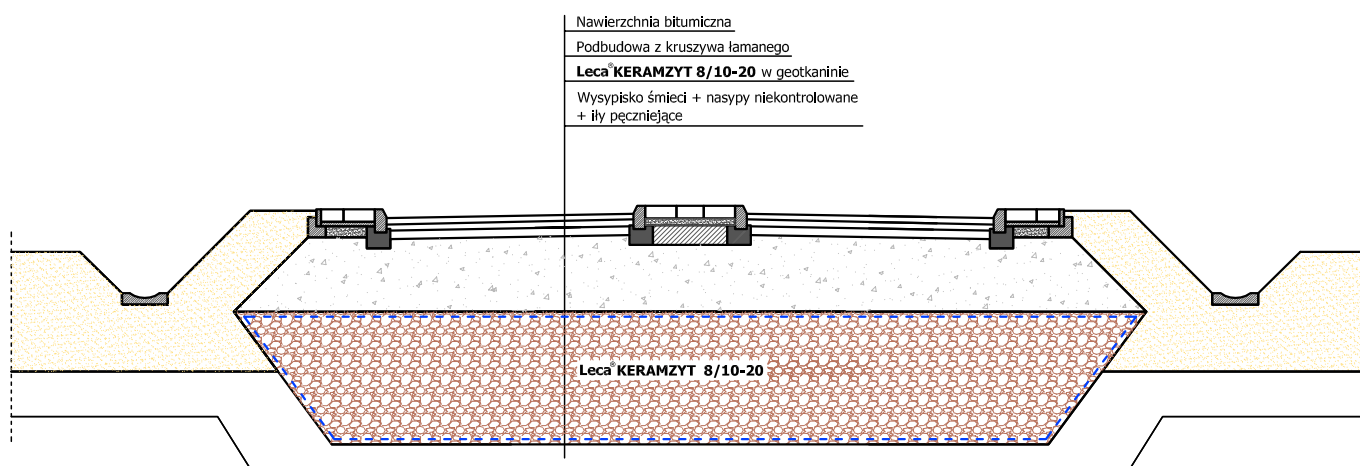
Podłoże naturalne w „Zadaniu 002 - budowa zjazdu” tworzył niekontrolowany nasyp (stare wysypisko śmieci o miąższości 8-10 m). W warstwach górnej i dolnych zbudowany był z iltów mioceńskich, charakteryzujących się możliwością pęcznienia lub skurczem, w zależności od stopnia zawilgocenia. Ponadto, w warstwie niekontrolowanego nasypu, znajdowała się warstwa

o grubości od 8 do 10 m w stanie plastycznym, z zauważalnym sączeniem. Niekorzystne warunki gruntowo - wodne mogły wpłynąć na jeszcze bardziej niekorzystną zmianę stanu gruntów spoistych w tej warstwie.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Zaproponowano wykonanie nasypu odciążającego z Leca® KERAMZYTU. Grubość wypełnienia wyniosła od 1,0 do 3,5 m. Obecnie keramzyt w geotkaninie po zagęszczeniu stanowi lekkie i nośne podłoże pod drogę. Większa część słabonośnych gruntów pozostała pod keramzytowym wypełnieniem.





* Patrz uwaga na stronie 8



- **OBIEKT** - najazd na estakadę w ciągu ul. ks. Józefa Tischnera
- **LOKALIZACJA** - Kraków
- **PROJEKT** - Transprojekt Kraków
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - IBDiM Żmigród
- **WYKONAWCA** - KPRD S.A.
- **DATA REALIZACJI** – 2003 r.
- **LECA® KERAMZYT** – 9.000 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





WEJHEROWO: DROGA NA SŁABYM GRUNCIE

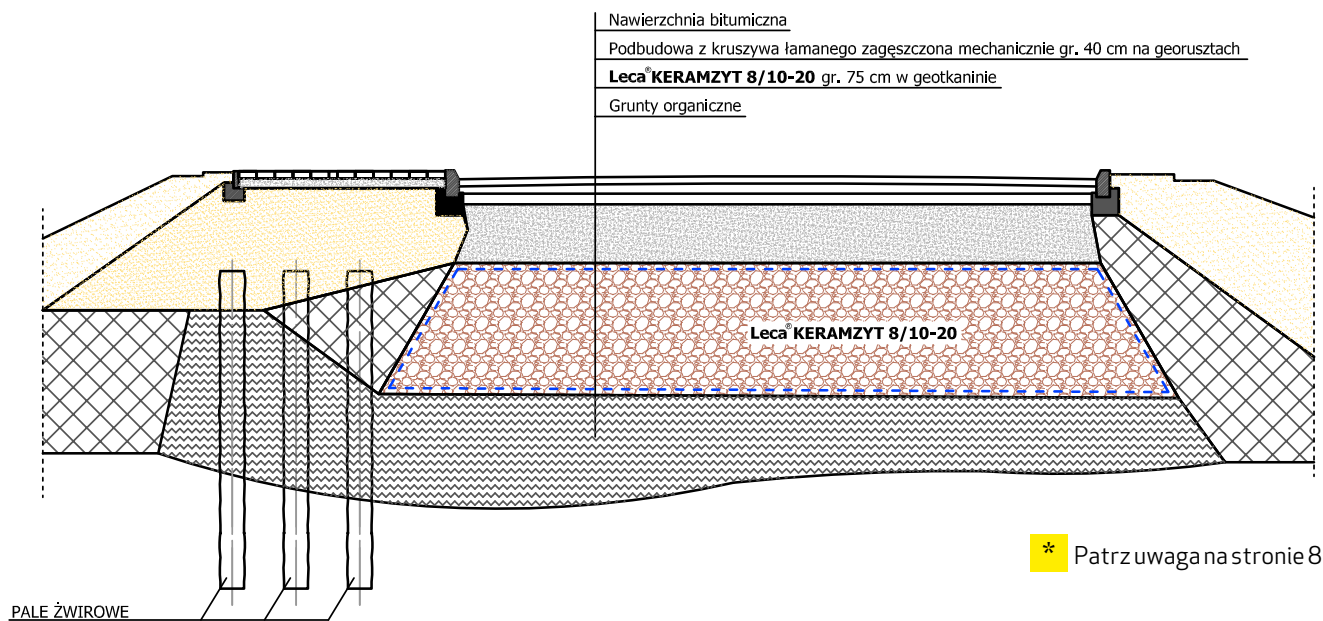
W rejonie węzła „Działki” znajdowało się zagłębienie terenu, które przecinał ciek wodny, usytuowany prostopadle do istniejącej drogi, oraz do linii kolejowej Wejherowo - Słupsk. W przekroju geologicznym stwierdzono występowanie w tym miejscu torfów o miąższości dochodzącej do 9 m p.p.t. Pod istniejącą jezdnią torfy zalegały w warstwie 0,9-1,7 m. Słaba nośność podłoża pod drogą spowodowała nierównomierne osiadanie i odkształcenia drogi.

Na takim podłożu nie było możliwości bezpośredniego posadowienia nowego nasypu. Ponadto ukształtowanie terenu, przyległego do drogi, nie pozwalało na korektę niwelety drogi.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

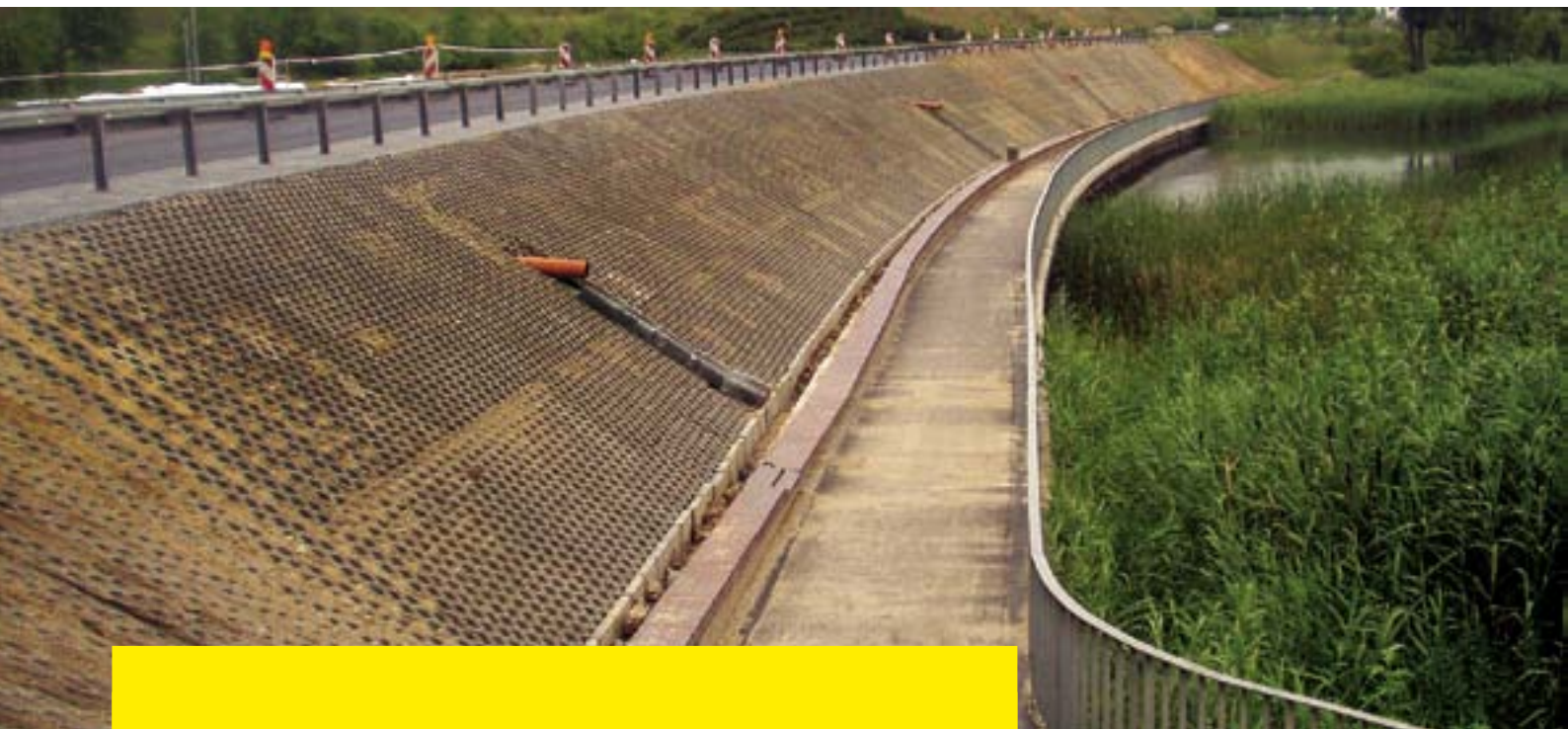
W zależności od miejscowych warunków geologicznych zastosowano różne metody posadowienia starej i nowej części drogi. Częściowo wymieniono grunt. Pod częścią drogi zaprojektowano kolumny żwirowe, a duży fragment drogi posadowiono na odciążającym wypełnieniu z keramzytu, zawiniętym w geosyntetyki. Warstwa kompensacyjna z keramzytu ma średnią miąższość 0,75 m. Na dwóch warstwach georusztów ułożono podbudowę o grubości 0,4 m z kruszywa łamanego. Połączenie kilku technologii okazało się skutecznym ratunkiem dla drogi.





- **OBIEKT** - przebudowa drogi krajowej nr 6 na odcinku Gościcino - Wejherowo
- **LOKALIZACJA** - Wejherowo węzeł Działki
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Gdańsk
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - Politechnika Gdańska WBWiŚ, dr hab. inż. Adam Bolt, dr inż. Grzegorz Horodecki
- **WYKONAWCA** - Skanska S.A. OBD w Gdańsku
- **DATA REALIZACJI** - 2005 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 3.000 m³ kruszywa frakcji 8/10-20 mm

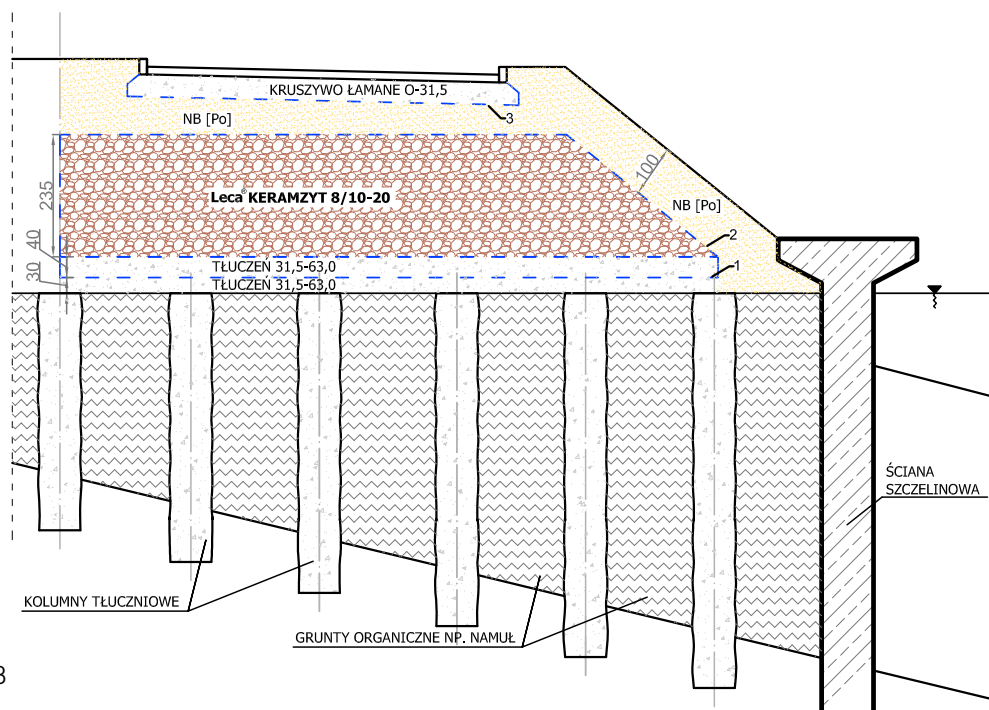




GNIEZNO: DROGA NA SŁABYM GRUNCIE

GEOSYNTETYKI

- 1 - geosiatka R90/90 - 35 M
- 2 - geowłóknina
- 3 - geosiatka R65/65 - 30 T



* Patrz uwaga na stronie 8

Nasyp drogi krajowej nr 5 w Gnieźnie, na odcinku ponad 100 m, przechodzi po obrzeżu jeziora Winiarskiego. Stateczność nasypu zabezpieczona została oporową ścianą żelbetową o głębokości do 22 m. Pod nasypem zalegają torfy i gytie, które wzmocniono kolumnami tłuczniowymi. Strop mineralnych glin jest nachylony pod kątem około 28°, ze spadem w stronę jeziora. Po kilkunastu latach użytkowania ściana szczelinowa przemieściła się w poziomie około 14 cm. Nawierzchnia jezdni zaczęła odkształcać się na nierówno osiadającym podłożu.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Projekt remontu nasypu przewidywał wykonanie kilku działań, poprawiających warunki pracy nasypu. Jednym z głównych zabiegów była wymiana gruntu powyżej kolumn na wypełnienie keramzytowe, zabezpieczone geotkaniną i geosiatką. Grubość warstwy odciążającej z keramzytu wyniosła 2,35 m. Warstwę tę ułożono na wzmocnieniu z geosiatki i tłucznia. Wypełnienie z keramzytu zredukowało obciążenie na kolumny i parcie na ścianę szczelinową.



• **OBIEKT** - odciążenie nasypu dla zmniejszenia parcia na oporową ścianę szczelinową

• **LOKALIZACJA** - Gniezno droga krajowa nr 5

• **INWESTOR** - GDDKiA oddział Poznań

• **PROJEKT** - Instytut Inżynierii Drogowej Politechniki Poznańskiej

• **PROJEKT WZMOCNIENIA PODŁOŻA**
- dr inż. Jerzy Rzeźniczak, dr inż. Sławomir Janiński

• **WYKONAWCA** - Mosty Płock oddział Poznań

• **DATA REALIZACJI** - 2004 r.

• **LECA® KERAMZYT** - 7.000 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm



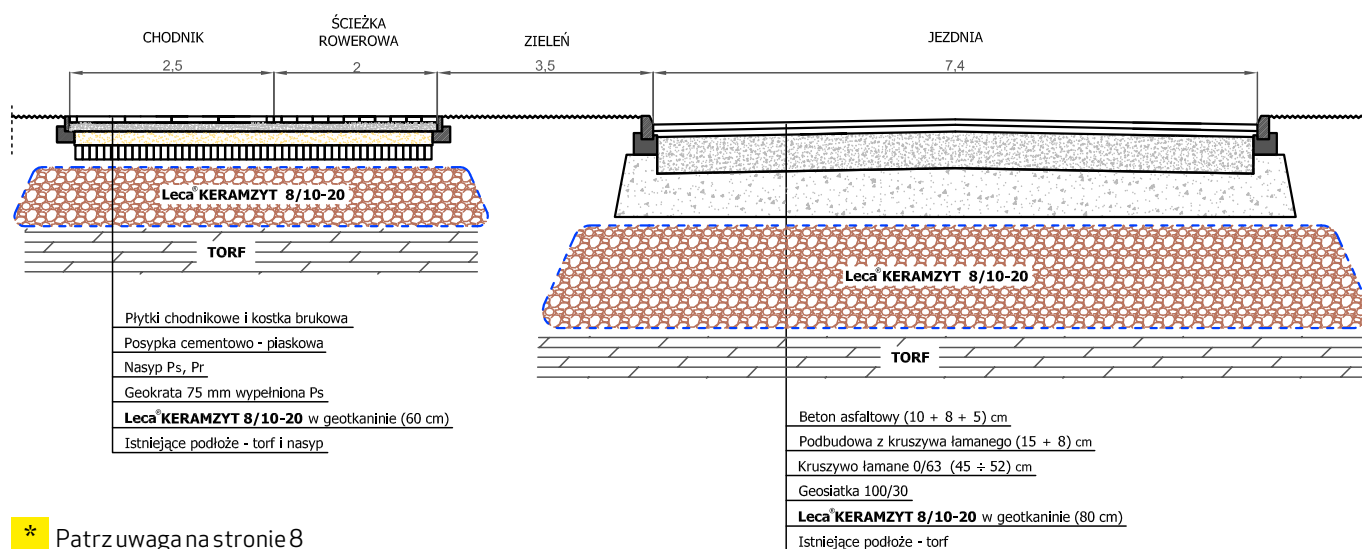


ŚWINOUJŚCIE: DROGA I KANALIZACJA DESZCZOWA NA SŁABYM GRUNCIE

Jeszcze w latach 90-tych ulica Grunwaldzka w Świnoujściu służyła głównie jako droga dojazdowa do ogródków działkowych. Pierwotnie została wykonana prostym, gospodarskim sposobem, tzn. na słabe grunty torfowe wysypano gruz i śmieci. W 2007 roku, gdy na zachodnim końcu drogi uruchomione zostało

przejście graniczne, zarząd miasta przystąpił do jej modernizacji. Po wykorytowaniu i usunięciu starej podbudowy konstrukcję drogi posadowiono na lekkim wypełnieniu keramzytowym. Dodatkowo kanalizacja deszczowa została ułożona na odciążającej poduszce z keramzytu.





* Patrz uwaga na stronie 8



- **OBIEKT** - wzmocnienie nasypu drogowego na słabych gruntach wraz z ułożeniem kanalizacji deszczowej
- **LOKALIZACJA** - Świnoujście
- **INWESTOR** - Urząd Miasta Świnoujście
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - Geotechnika, dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** - NCC Stargard Szczeciński
- **WYKONAWCA KANALIZACJI** - Ekomor
- **DATA REALIZACJI** - 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 6.100 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





MODLISZEWO KOŁO GNIEZNA: DROGA NA SŁABYM GRUNCIE

Na drodze krajowej nr 5, w rejonie przepustu na Strudze Gnieźnieńskiej (km 123+770) w miejscowości Modliszewo, na odcinku długości około 125 m występowały wyraźne oznaki rozwijającego się, nierównomiernego osiadania nasypu drogowego, spowodowanego przez:

- ▶ zaleganie pod nasypem torfów i namułów organicznych
- ▶ zły stan nasypu drogowego (stan luźny, lokalnie - bardzo luźny)
- ▶ posadowienie przepustu na mineralnym podłożu (na nawierzchni widoczny był wyraźny „garb” nad przepustem)

W miejscach występowania największych osiadań powstałe zagłębienia wyrównano, układając na nawierzchni drugą warstwę tłucznia i drugą nawierzchnię. Konieczna modernizacja drogi wymagała podwyższenia nawierzchni, maksymalnie o około 40 cm w niwelecie drogi i około 60 cm na zewnętrznych krawędziach. Takie dociążenie spowodowałoby wystąpienie dodatkowych, niedopuszczalnych osiadań o około 15 cm. Niezbędne stało się podjęcie działań na rzecz ustabilizowania osiadań. Kolejnym utrudnieniem był wymóg prowadzenia robót (przemiennie) tylko na połowie jezdni, z pozostawieniem drugiej połowy dla czynnego ruchu drogowego.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Przewidziano wykonanie na połowie jezdni wykopu o głębokości $1,37 \div 1,56$ m mieszczącego później:

- ▶ warstwę keramzytu 10-20 mm grubości 75 cm, ułożoną w formie poduszki, owiniętą geotkaniną z poliestru o wytrzymałości 120 kN/m; na początku i na końcu wzmacnianego odcinka przewidziano wykonanie cieńszych stref przejściowych
- ▶ warstwę kruszywa łamanego 0-31,5 mm grubości 50 cm, zbrojoną geosiatką z poliestru
- ▶ konstrukcję nowej nawierzchni grubości 57 cm

Grubość warstwy keramzytu (75 cm) została ustalona przy założeniu, że po wykonaniu podwyższenia nowej nawierzchni nie wystąpi dodatkowe dociążenie organicznego podłoża.



- **OBIEKT** - wzmocnienie nasypu drogowego na przepuszczu w ciągu drogi krajowej nr 5
- **LOKALIZACJA** - Modliszewo koło Gniezna
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Poznań
- **PROJEKT** - Geoprojekt Poznań
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** - PRD Gniezno
- **DATA REALIZACJI** - 2004 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 900 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





MIĘDZYDROJE: DROGA PIESZO - ROWEROWA NA SŁABYM PODŁOŻU, NAJAZD NA MOST I KABEL ENERGETYCZNY

W ciągu drogi ekspresowej S3, w bardzo ważnym dla ruchu turystycznego węźle komunikacyjnym w okolicy Międzyzdrojów, napotkano bardzo trudne warunki geotechniczne. Zalegające na tym terenie torfy nie pozwoliły na zastosowanie tradycyjnych rozwiązań.

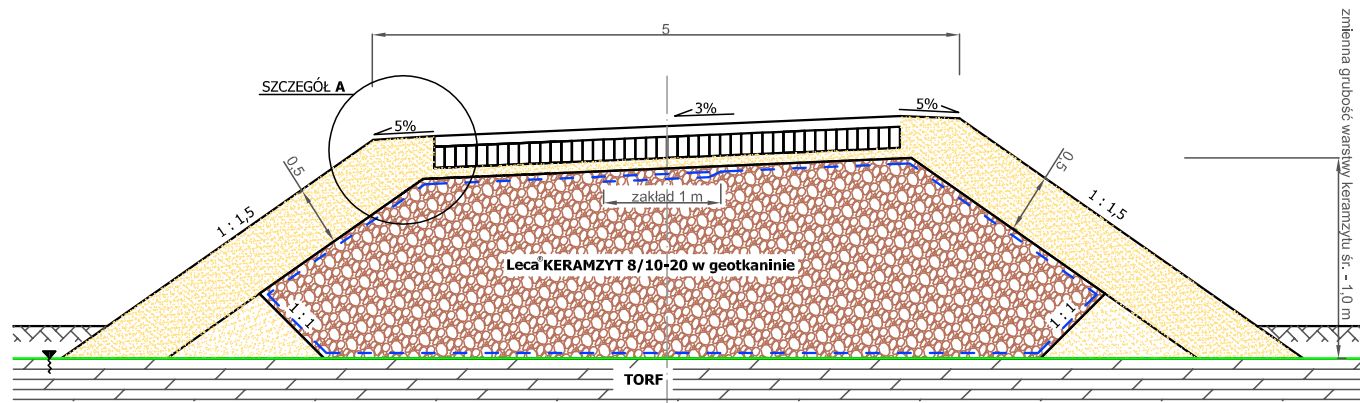
ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Generalnie nasypy drogowe posadowiono na wzmocnieniu, wykonanym z kolumn w osłonach z geotkaniny. Jednak ciągi dróg pomocniczych i pieszo-rowerowych zostały zaprojektowane na „pływającej poduszce” z keramzytu.

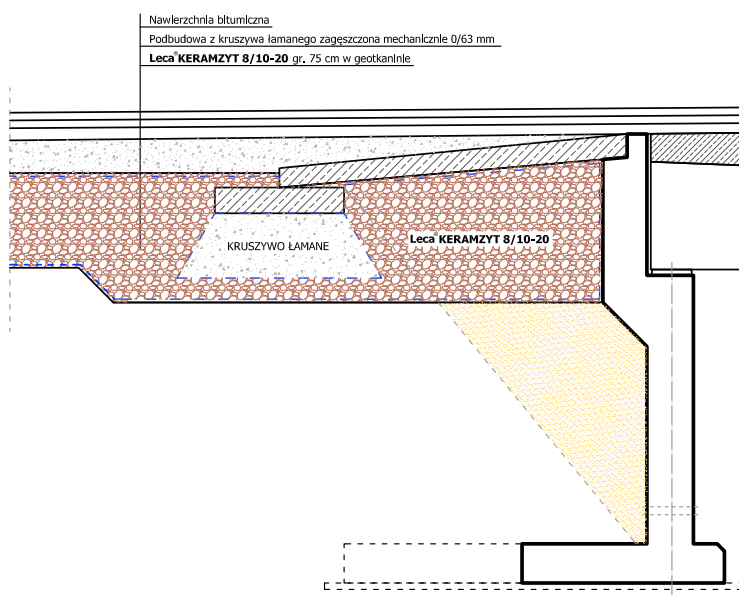
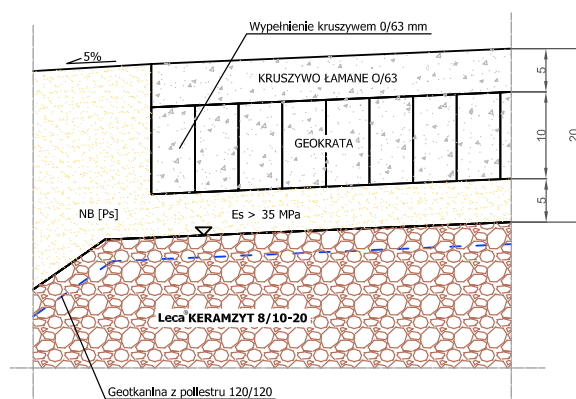
W podobny sposób rozwiązano problem ułożenia kabla energetycznego w słabych torfach. Ułożono go na poduszce utworzonej przez keramzyt w workach.

W trakcie realizacji, dla dodatkowego odciążenia nasypu głównego, na odcinku około 55 m od mostu w kierunku Świnoujścia, zastosowano warstwę kompensacyjną z keramzytu.



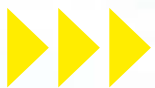


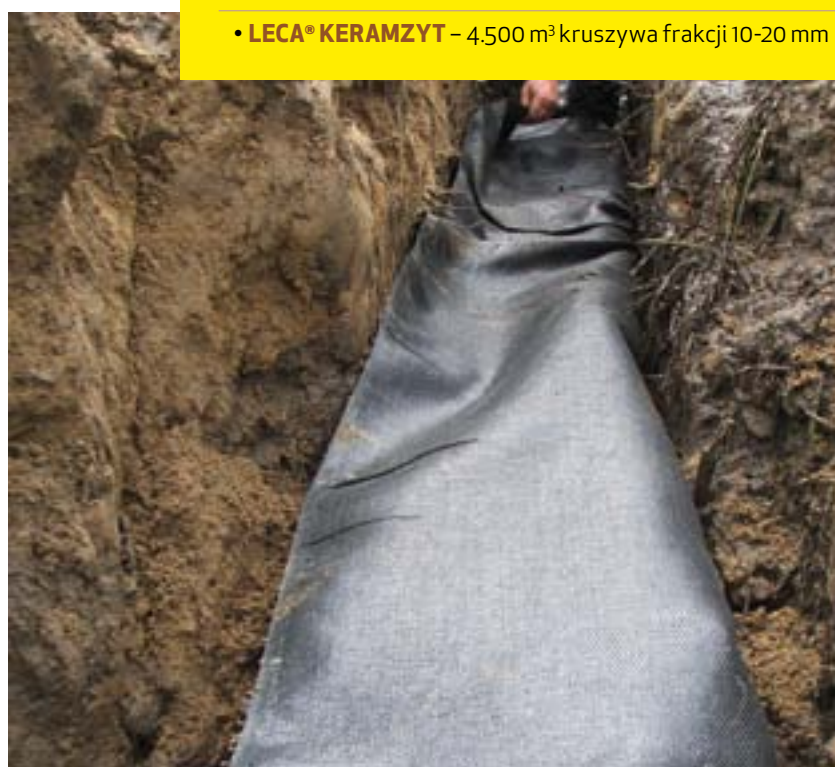
SZCZEGÓŁ A



* Patrz uwaga na stronie 8







- **OBIEKT** - wykonanie drogi pomocniczej na gruntach organicznych. Ułożenie kabla energetycznego w odciążeniu z keramzytu.
- **LOKALIZACJA** - Międzyzdroje
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Szczecin
- **PROJEKT** - Transprojekt Gdański oddział Szczecin
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - Geotechnika, dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** - Hermann Kirchner Polska
- **DATA REALIZACJI** - 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 4,500 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm



AUTOSTRADA A1 WĘZŁ STANISŁAWIE – TCZEW: DROGA NA SŁABYM GRUNCIE

Nowa droga, przebiegająca po śladzie i w pobliżu starej drogi, została zaprojektowana jako dojazd do węzła autostrady A1. Pod nasypem, w podłożu, zalegają warstwy gruntów słabonośnych w postaci namulów, torfów i gytii, o zróżnicowanej wytrzymałości i miąższości (do głębokości ponad 32 m). Poniżej występują grunty nośne w postaci piasków drobnych i średnich, pospółek, piasków gliniastych i pylastych, glin piaszczystych i pylastych oraz glin i glin zwięzłych.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Na odcinku 559 zaprojektowano i wykonano (zamiast pali prefabrykowanych) odciążenie słabego podłoża, z wykorzystaniem lekkiego Leca® KERAMZYTU. Utrzymano stan naprężenia w podłożu gruntowym taki, jak od wcześniejszej konstrukcji nasypu, i zachowano schemat pracy podłoża pod nasypem typu „pływającego”. Zaprojektowana i wykonana konstrukcja obejmuje ciągły, zamknięty materac z geotkaniny PES, o wytrzymałości minimalnej 200/100, zawierający 1,2 m nasypu z keramzytu. W górnych warstwach wykonano materac z dwóch warstw geosiatek, o wytrzymałości nominalnej 80/80 PVA oraz kruszywa łamanego o miąższości 40 cm. Ścieżkę rowerową posadowiono na nowym nasypie poszerzenia korpusu drogowego, wykonanym w postaci dodatkowego, zamkniętego materaca, wypełnionego keramzytem (o miąższości 1,0 m).

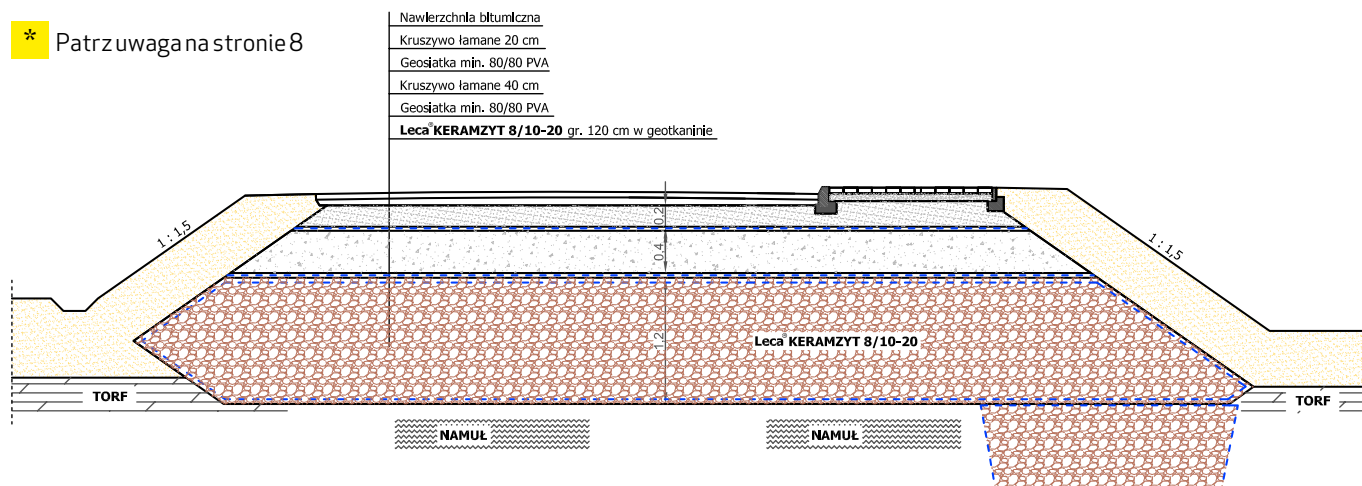
Pod dodatkowe obiekty, na odcinkach 15 m, zaprojektowano i wykonano poniżej dodatkowe materace zamknięte, z warstwą keramzytu o miąższości 1,0 m, zawiniętą w geotkaninę PES o wytrzymałości minimalnej 200/100. Ponadto przewidziano

dotychczasowe zbrojenie geosyntetyczne pod płyty przejściowe, w postaci materaca - jak pod konstrukcją nawierzchni, tj. materac wykonany z dwóch warstw geosiatek, o wytrzymałości nominalnej minimum 80/80 PVA oraz kruszywa łamanego, o miąższości 40 cm.

Na końcach wzmacnianego odcinka zaprojektowano wydłużenie materaca z kruszywa łamanego oraz wydłużenie zbrojenia (strefy przejściowe).



* Patrz uwaga na stronie 8



- **OBIEKT** – przebudowa drogi wojewódzkiej nr 224 ze wzmocnieniem podłoża dla poszerzenia korpusu drogi
- **LOKALIZACJA** - odcinek „F” Godziszewo - Tczew węzeł A1 Stanisławie - Tczew
- **INWESTOR** - Zarząd Dróg Wojewódzkich w Gdańsku
- **PROJEKT DROGOWY** - Pracownia projektowa Most s.c. Wargowo k. Poznania
- **PROJEKTANT ZREALIZOWANEGO ROZWIĄZANIA POSADOWIENIA NA SŁABYM PODŁOŻU** - dr inż. Grzegorz Horodecki
- **SPRAWDZAJĄCY PROJEKT ZREALIZOWANEGO ROZWIĄZANIA POSADOWIENIA NA SŁABYM PODŁOŻU** - dr hab. inż. Adam Bolt
- **WYKONAWCA** - Skanska S.A.
- **DATA REALIZACJI** – 2011 r.
- **LECA® KERAMZYT** – 11.000 m³ kruszywa frakcji 8/10-20 mm



TRZEMESZNO: POSZERZENIE DROGI KRAJOWEJ NR 15

Na drodze krajowej nr 15 Gniezno - Trzemeszno, w rejonie rozbudowywanego skrzyżowania na km 150 + 300, konieczne było wykonanie obustronnego poszerzenia korpusu drogowego. Pod istniejącym nasypem drogowym, jak i poza nim, na odcinku ok. 150 m, do głębokości ok. 3,50 m zalegają grunty organiczne (torfy i namuły organiczne). Założono, że prace związane z wykonywaniem poszerzenia nasypu i nawierzchni muszą być prowadzone przy zachowaniu ruchu drogowego na drugiej połowie jezdni. Wymóg ten był spowodowany trudnością zorganizowania krótkiego objazdu - najkrótszy możliwy wynosiłby ponad 30 km.

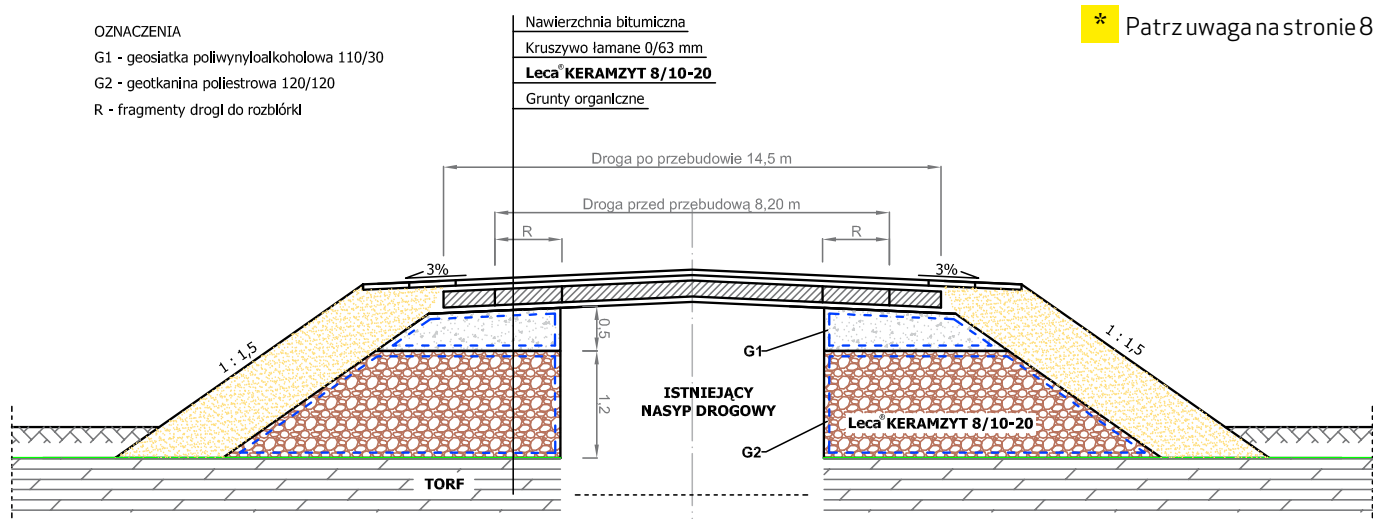
ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Pierwotna koncepcja poszerzenia korpusu drogi przewidywała wykonanie żelbetowej konstrukcji, w postaci estakady posadowionej na fundamentach palowych. To rozwiązanie wynikało

z bardzo niekorzystnych parametrów mechanicznych gruntów organicznych.

W trakcie prac okazało się jednak, że parametry torfów w podłożu przylegającym do istniejącego nasypu są na tyle korzystne, że pozwalają na wyprzedzające wykonanie (po obu bokach) dodatkowych nasypów z piasku, z warstwą kruszywa łamanego na górnych powierzchniach. Tak ułożone nasypy, wykorzystane jako wstępne, dodatkowe obciążenie organicznego podłoża, w miejscu projektowanych poszerzeń, działały ponad rok.

Po tym etapie zaprojektowano i wykonano odciążenie, wbudowując warstwę lekkiego Leca® KERAMZYTU 8/10-20 mm grubości 1,20 m w „opakowaniu” z geotkaniny z poliestru 120/120 kN/m.



* Patrz uwaga na stronie 8



- **OBIEKT** - wzmocnienie organicznego podłoża dla poszerzenia korpusu drogi krajowej nr 15 Gniezno-Trzemeszno
- **LOKALIZACJA** – skrzyżowanie Wymysłowo
- **INWESTOR** – GDDKiA oddział Poznań
- **PROJEKT DROGI** – DROMOST Poznań
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** – dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** – POLDRÓG Piła
- **DATA REALIZACJI** – 2012 r.
- **LECA® KERAMZYT** – 1.600 m³ kruszywa frakcji 8/10-20 mm





MALECHOWO: DROGA NAD PRZEPUSTEM

Przebieg drogi krajowej nr 6, przez dolinę rzeki Grabowa, od wielu lat narażony na liczne problemy. Droga na dojazdach do przyczółków osiadała, a jej nawierzchnia ulegała deformacjom. W bezpośredniej bliskości drogi, na dużym obszarze, zalegały torfy.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Na całej długości dojazdów, w miejscu zalegania słabych gruntów, wykonano nasyp z keramzytu. Również przepusty drogowe odciążono tym lekkim kruszywem.



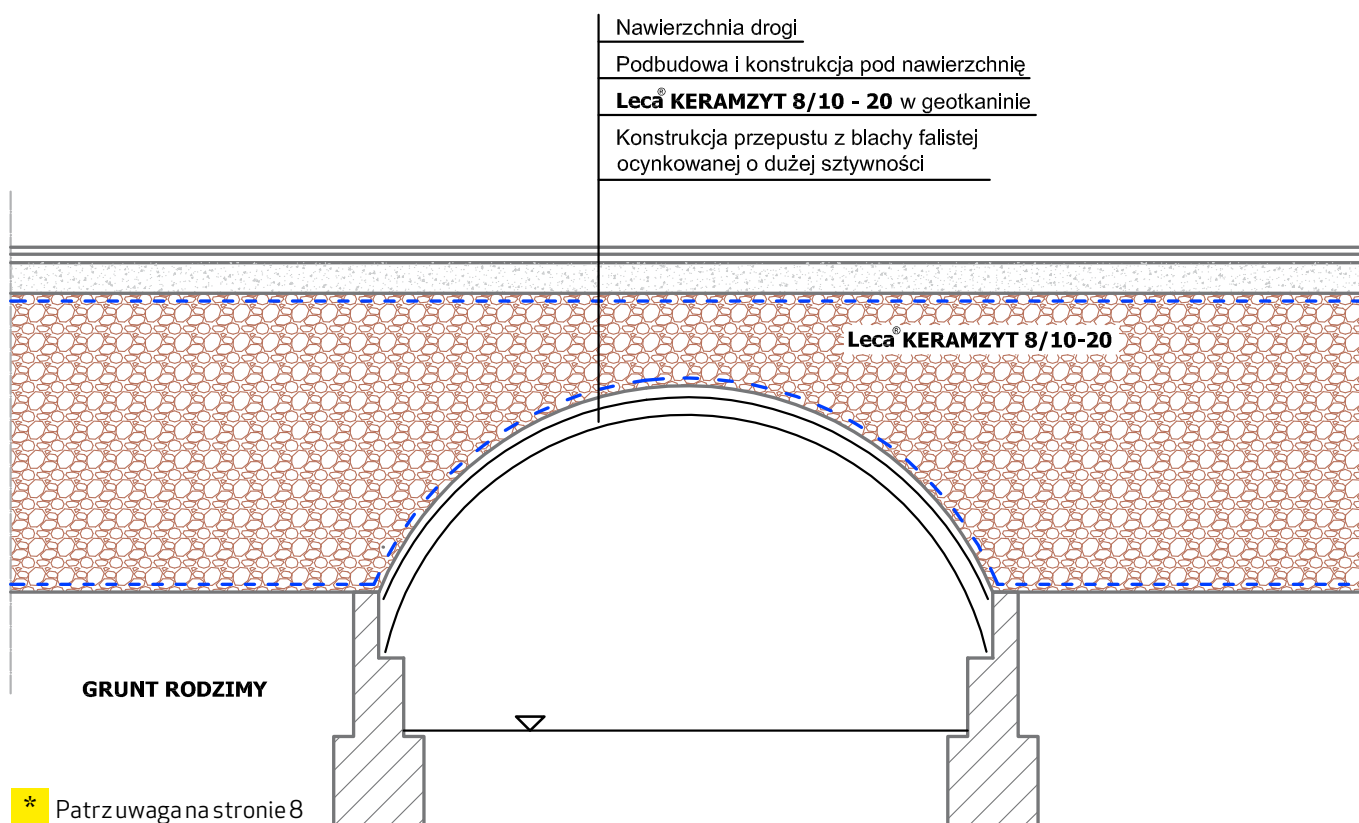


- **OBIEKT** - odciążenie nasypu drogowego na słabych gruntach
- **LOKALIZACJA** - Malechowo
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Szczecin
- **PROJEKT** - DIM Szczecin
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** – Geotechnika, dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** – NCC Stargard Szczeciński
- **DATA REALIZACJI** – 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** – 11.000 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





KÓRNIK: DROGA NAD PRZEPUSTEM



Malowniczo położona droga nr 431, na styku dwóch jezior Skrzynki i Kórnickie w Wielkopolsce, krzyżuje się z kanałem łączącym oba jeziora. Skutkiem tego, z powodu zalegających torfów, dojazdy do przepustu nad kanałem ulegały ciągłym deformacjom.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Na dojazdach do przepustu usunięto nawierzchnię, podbudowę i część gruntu. W to miejsce wprowadzono lekkie wypełnienie z keramzytu 10-20 mm, owiniętego w geotkaninę. Warstwę keramzytu przykryto również przepusty drogowe. Zmniejszenie ciężaru wypełnień nasypów, pod konstrukcją drogi, zatrzymało proces osiadania podłoża.



- **OBIEKT** – droga nad przepustem łączącym jeziora
- **LOKALIZACJA** - Kórnik
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Poznań
- **PROJEKT** – Pracownia Projektowa Zbigniew Konewka
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** – Geotechnika, dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** – Skanska oddział Poznań
- **DATA REALIZACJI** – 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** – 700 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





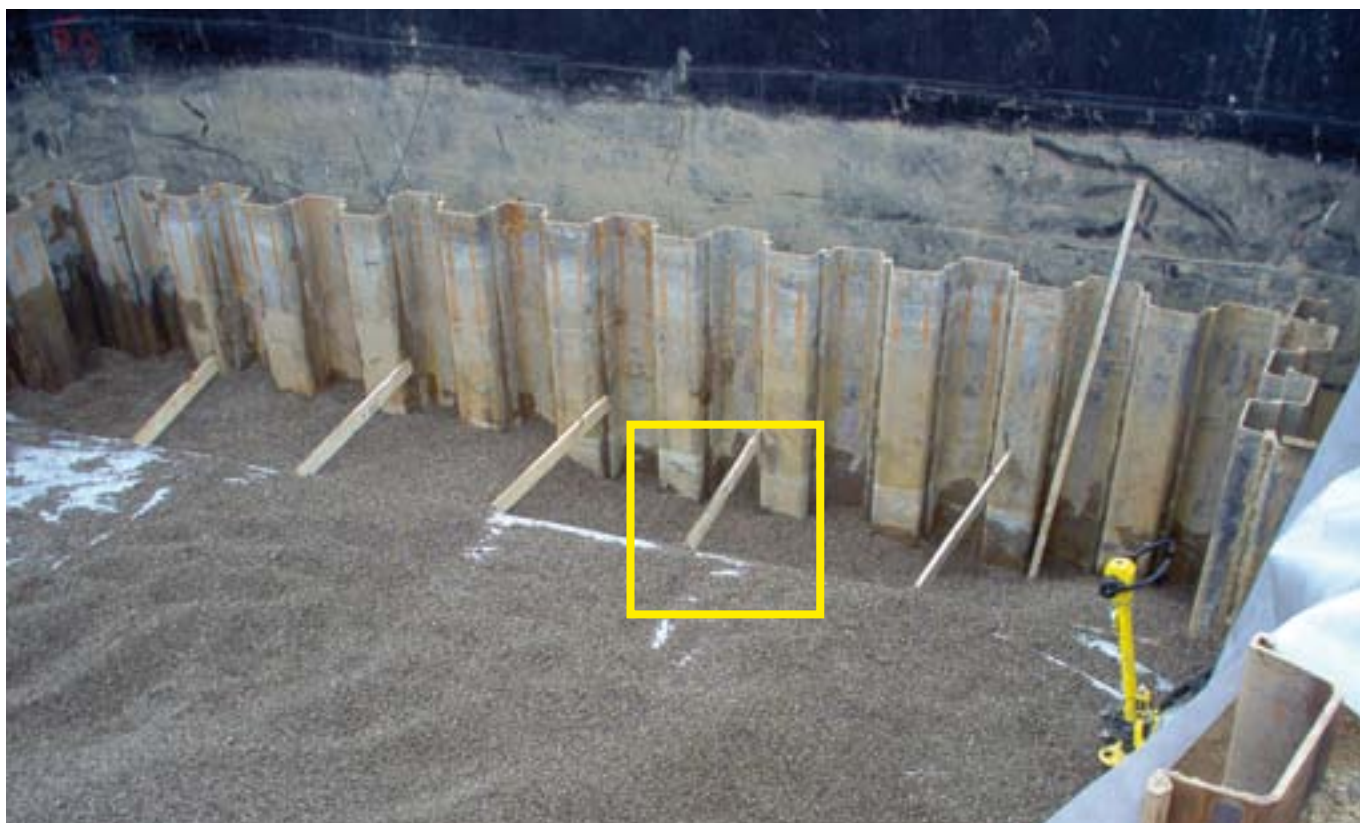
OLSZTYN: NAJAZD NA MOST

W podłożu najazdu na most zalegały grunty o małej nośności: gytie, torfy i namuły. Klasyczny nasyp mógł doprowadzić do wystąpienia dużych obciążeń poziomych i pionowych - i w efekcie do przemieszczeń przyczółków mostowych.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Aby zmniejszyć obciążenia na podłożu i siły poziome działające na ściany przyczółków, wykonano wypełnienie z keramzytu, frakcji 10 - 20 mm, owinięte w geotkaninę.





- **OBIEKT** - najazdy na most nad rzeką Łyną w Olsztynie
- **LOKALIZACJA** - ul. Juliana Tuwima w Olsztynie
- **INWESTOR** - Urząd Miasta Olsztyn
- **DATA REALIZACJI** - 2006 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 220 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





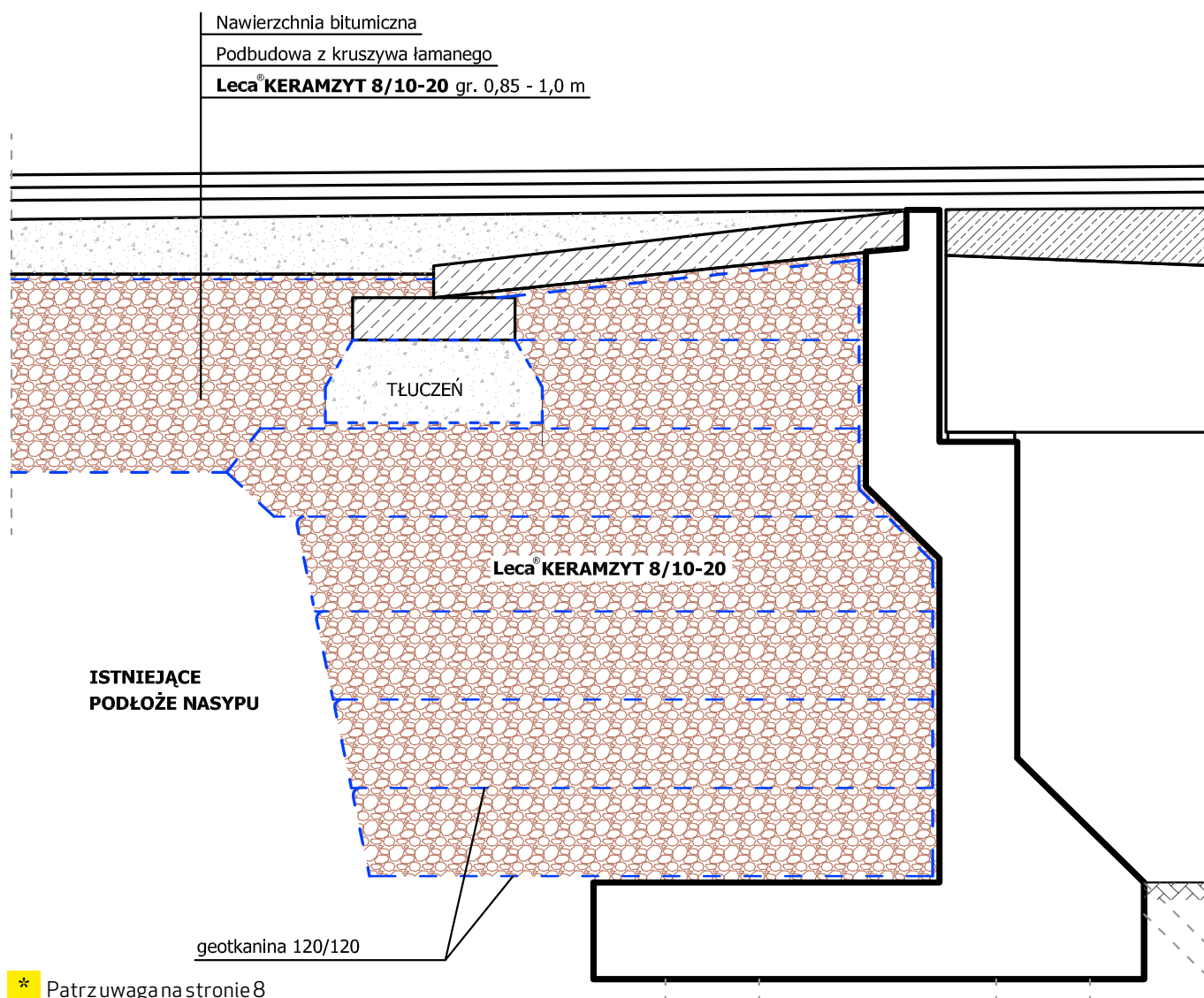
WOLSZTYN: NAJAZD NA WIADUKT

Wiadukt na drodze krajowej nr 32 znajduje się w centrum Wolsztyna, nad dużym węzłem kolejowym. Przyczółek wiaduktu od strony Poznania uległ przemieszczeniu w sposób nadmierny i niekontrolowany. Bezpośrednią przyczyną takiej sytuacji było zbyt duże parcie gruntu na ścianę przyczółka, od strony najazdu.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Przyjęto rozwiązanie maksymalnie redukujące siły działające na przyczółek. Zastosowano wypełnienie nasypu najazdu z keramzytu, owiniętego geotkaniną.





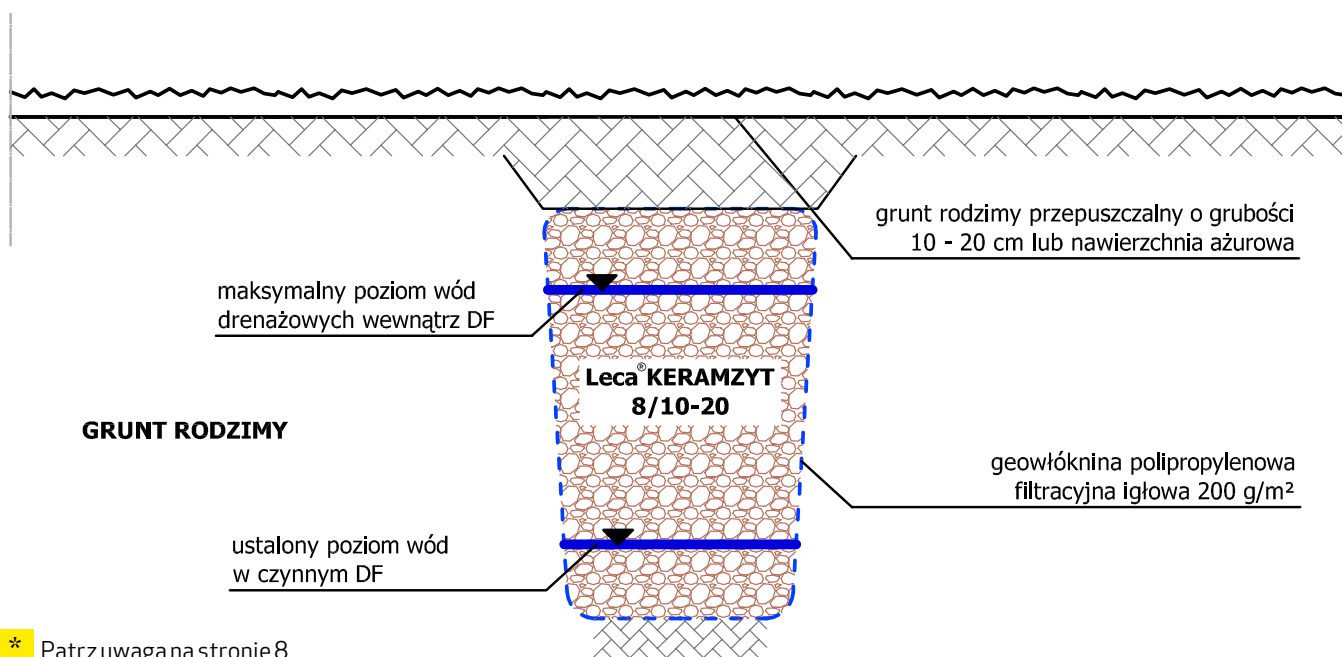
* Patrz uwaga na stronie 8



- **OBIEKT** - najazd na wiadukt
- **LOKALIZACJA** - Wolsztyn
- **INWESTOR** - GDDKiA oddział Poznań
- **PROJEKT** - Karo z Poznania
- **PROJEKT GEOTECHNICZNY** - Geotechnika, dr inż. Jerzy Rzeźniczak
- **WYKONAWCA** - Skanska oddział Poznań
- **DATA REALIZACJI** - 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 900 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm



AUTOSTRADA A1 I DROGA KOŁO SŁUPCY: DRENY LINIOWE



Dren francuski to system odwodnienia dróg, zastępujący przydrożne rowy. W wykopach liniowych układa się keramzyt w geowłókninie. Następnie, na drenach, wyrównuje się powierzchnię terenu gruntem przepuszczalnym. Dreny francuskie powstają przy drogach w różnych miejscach kraju.



- **OBIEKT 1** - droga Słupca, dreny francuskie
- **LOKALIZACJA** - województwo wielkopolskie
- **DATA REALIZACJI** - 2003 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 200 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm



- **OBIEKT 2** - autostrada A1, dreny francuskie
- **LOKALIZACJA** - województwo pomorskie
- **INWESTOR** - GDDKiA
- **PROJEKT** - Transprojekt Gdański
- **WYKONAWCA** - Skanska NDI
- **DATA REALIZACJI** - 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 6.100 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm



KOSTRZYŃ NAD ODRĄ: ZMNIEJSZENIE OBCIĄŻEŃ NA STARYCH STROPACH

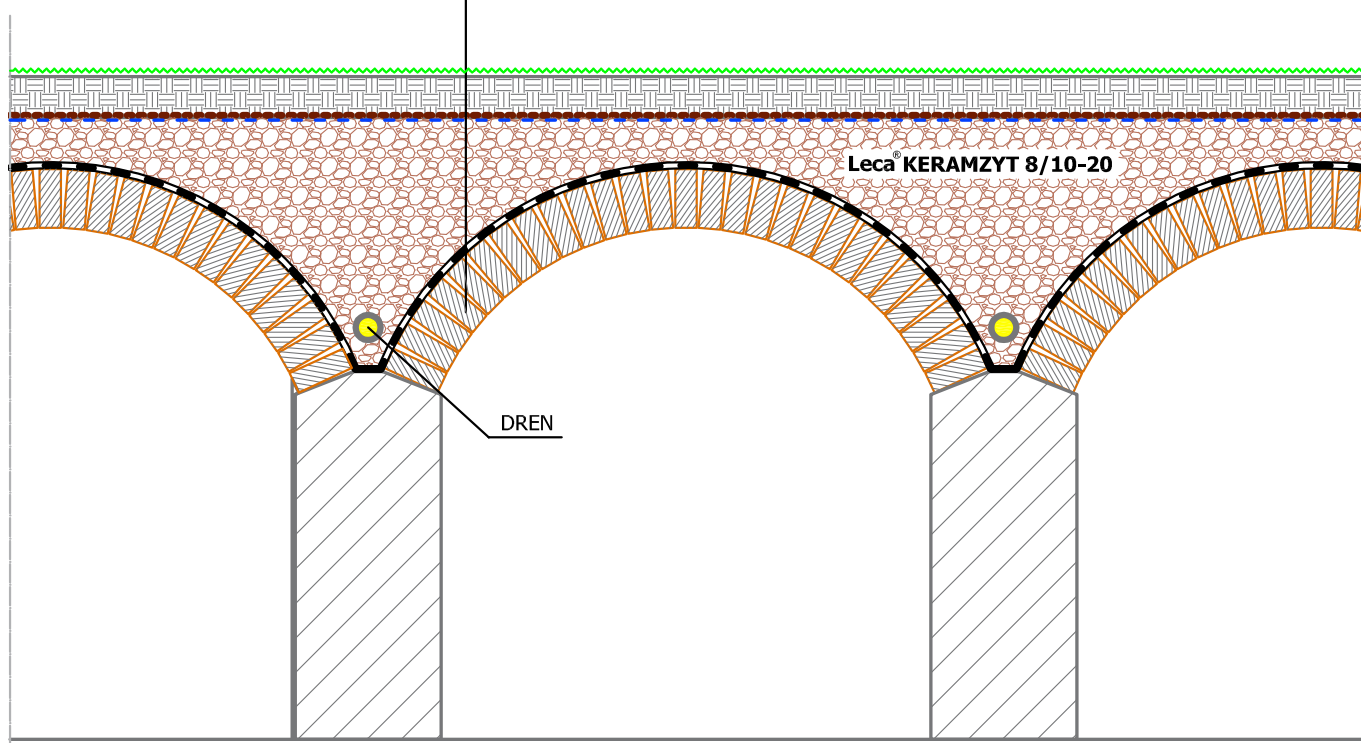
XVII - XVIII wieczne fortyfikacje obronne położone są na wschodnim brzegu Odry. W wyniku erozji (działanie wody, mrozu i czasu) nastąpiły spękania ścian oraz stropów konstrukcji podziemnej, przykrytej gruzem i gruntem.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

W celu odciążenia konstrukcji zagrożonych stropów usunięto przykrycie gruntem. Następnie dokonano napraw konstrukcji sklepień oraz wykonano izolację przeciwwilgociową. Jako materiał odciążający zastosowano Leca® KERAMZYT frakcji 10-20 mm. Lekkie wypełnienie przykryto warstwą gruntu.

* Patrz uwaga na stronie 8

Zieleń
Ziemia urodzajna
Izolacja przeciw przerastaniu korzeni
Geowłóknina
Leca® KERAMZYT 8/10 - 20
Izolacja bitumiczna
Ceglane sklepienie





- **OBIEKT** - odciążenie konstrukcji stropów w starej twierdzy
- **LOKALIZACJA** - Kostrzyń nad Odrą
- **INWESTOR** - Urząd Miasta Kostrzyń
- **PROJEKT** - Redan Szczecin
- **WYKONAWCA** - K&B Kostrzyń
- **DATA REALIZACJI** - 2007 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 150 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm





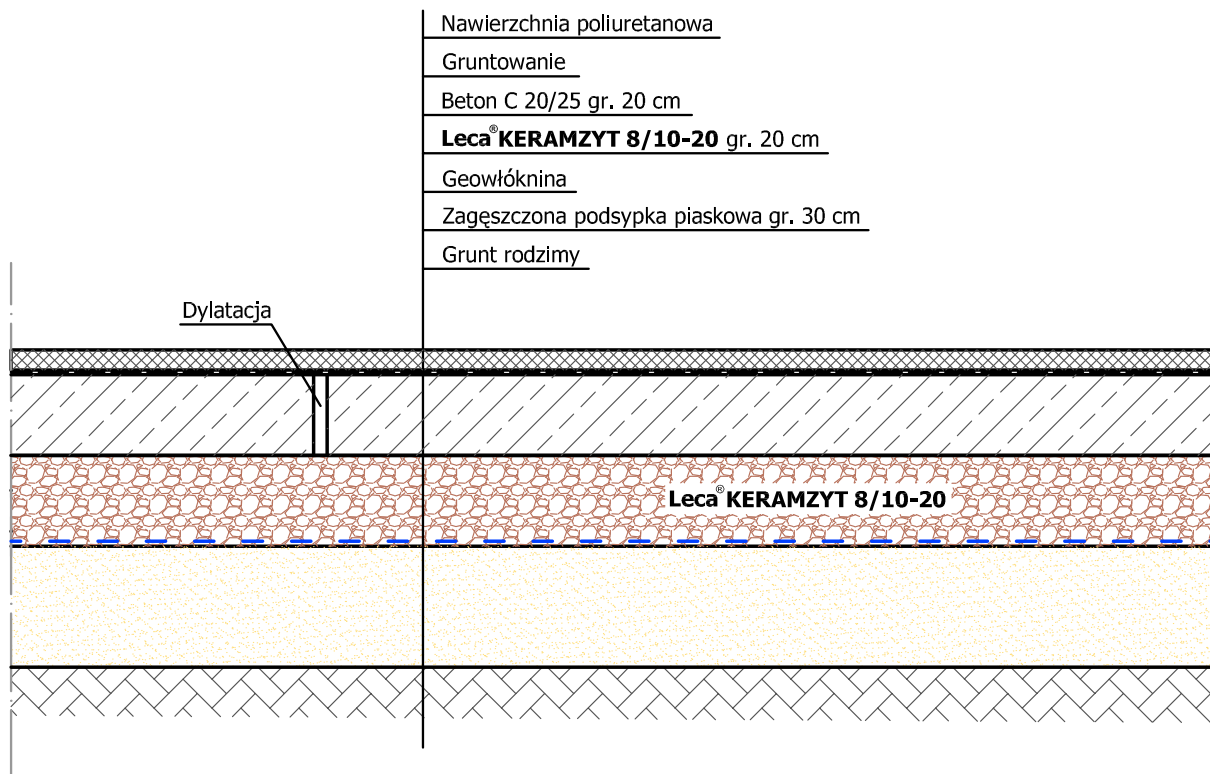
MILEJCZYCE, WOJ. PODLASKIE: OBIEKT SPORTOWY

Obiekt sportowy, zlokalizowany w województwie podlaskim, gdzie notowane są najniższe temperatury dobowe, a strefy przemarzania gruntu są największe. Dodatkowo, na długich odcinkach podprojektowaną bieżnię, należało zapewnić jednorodne podłoże, eliminujące przypadkowe osiadanie podbudowy z nawierzchnią.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

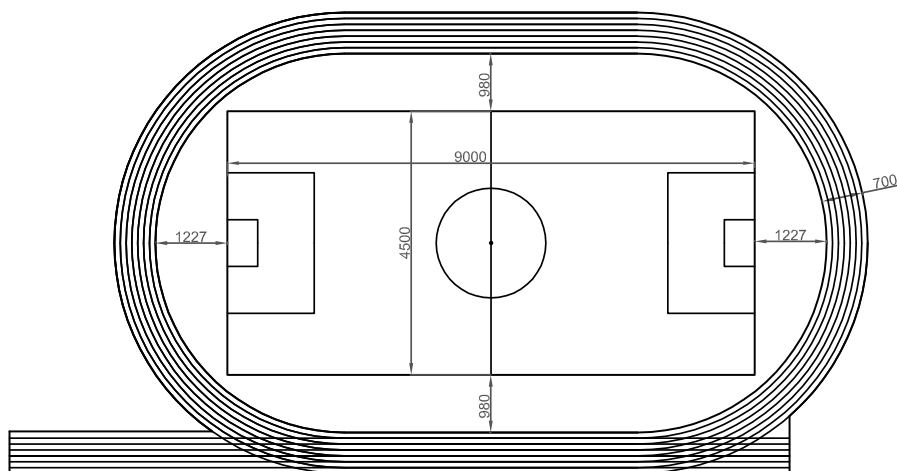
Podbudowę pod warstwę betonu wykonano z zagęszczonego keramzytu frakcji 10-20 mm. Zadaniem keramzytowego podłoża, o grubości warstwy 20 cm, oddzielonego od warstwy zagęszczonej podsypki piaskowej geowłókniną, było odciążenie podłoża, zaizolowanie go przed przemarzaniem oraz zdrenowanie terenu. Nawierzchnię poliuretanową ułożono na warstwie betonu B 25.





* Patrz uwaga na stronie 8

Rzut płyty boiska



- **OBIEKT** - podbudowa pod bieżnię na szkolnym boisku
- **LOKALIZACJA** - Szkoła Podstawowa w Milejczycach, województwo podlaskie
- **PROJEKT** - Rob-Stan Siemiatycze
- **WYKONAWCA** - Puk sp. z o.o Hajnówka
- **DATA REALIZACJI** - 2006 r.
- **LECA® KERAMZYT** - 460 m³ kruszywa frakcji 10-20 mm

WBUDOWYWANIE I ZAGĘSZCZANIE KERAMZYTU



Pierwsze, poważniejsze wzmocnienie podłoża gruntowego, z zastosowaniem keramzytu na świecie, wykonano kilkadziesiąt lat temu. W Polsce pierwsze, istotne wzmocnienie podłoża gruntowego, z zastosowaniem keramzytu, miało miejsce kilkanaście lat temu. Już przy tej inwestycji pojawiały się pytania: Czy keramzyt należy zagęszczać, czy nie? Jeśli tak, to jakim sprzętem? Wielu doświadczonych drogowców miało także wątpliwości, czy należy go moczyć, czy nie? Poniżej prezentujemy odpowiedzi na te oraz inne pytania, które pojawiają się podczas większości realizacji.

TRANSPORT I ROZŁADUNEK

Keramzyt dostarczany jest samochodami samowyładowczymi, które mogą jednorazowo przewieźć średnio 70 m³ keramzytu, o małej gęstości (290-320 kg/m³ dla frakcji 8/10-20 mm). Sytuacja jest idealna, gdy samochód może wysypać keramzyt bezpośrednio na przygotowane miejsce wbudowania.



Przed rozładunkiem osoba odpowiedzialna za przyjęcie towaru powinna sprawdzić, czy ilość dostarczonego materiału odpowiada ilości deklarowanej w dokumentach przewozowych oraz na fakturze.

Jak to zrobić? Należy zdjąć plandekę zabezpieczającą i zmierzyć poziom keramzytu od krawędzi burty. Po rozładunku określamy gabaryty naczepy. Mając te dane wyliczamy faktyczną objętość przywiezionego keramzytu. Należy uwzględnić fakt, że podczas transportu (szczególnie na dłuższych trasach), keramzyt może się „utrząść” nawet o 7-8%.

Jeszcze raz trzeba podkreślić, że najlepsza sytuacja to taka, gdy keramzyt rozładujemy bezpośrednio na miejscu wbudowania. Firmy wykonawcze przyzwyczajone są jednak do składowania materiału na zapleczu budowy, aby następnie własnym transportem przewozić go do wykopu. Należy wówczas pamiętać, że każdy przeładunek to dodatkowy koszt i strata na materiale. Poza tym, jeżeli nie zabezpieczymy odpowiednio składowiska keramzytu (zasieki), to podczas deszczu bądź burzy, keramzyt może się „rozpuścić”, ponieważ jest znacznie lżejszy od wody.

MIEJSCE WBUDOWANIA

W zastosowaniach geotechnicznych keramzyt zawsze musi być odseparowany od gruntu geosyntetykiem. Może to być geowłóknina lub geotkanina. Geosyntetyk uniemożliwia przenikanie drobnych frakcji z gruntu, do wypełnienia keramzytowego.



Dobór geosyntetyku leży w gestii projektanta i zależy od tego, czy będzie on spełniał tylko funkcję separacyjną, czy też będzie stanowił potrzebne zbrojenie geosyntetyczne.

Przed ułożeniem geosyntetyku dno wykopu musi być wyrównane. W pewnych sytuacjach, w celu ułatwienia układania i zabezpieczenia przed przebiciem membrany przez kamienie bądź korzenie, korzystne jest ułożenie na dnie wykopu około 10-centymetrowej warstwy piasku.

Geomembrana, zgodnie z zaleceniem producenta, powinna być zszyta, pospinana lub ułożona z minimum półmetrowym zakładem oraz „przyszpilowana” do podłoża. Można także zakład przysypać cienką warstwą piasku. Do tak przygotowanego wykopu wsypujemy keramzyt, zwracając uwagę, aby nie uszkodzić geomembrany.

Należy uwzględnić, że bezpieczne nachylenie skarpy keramzytu wynosi 1:1,5.

WBUDOWANIE LECA® KERAMZYTU

Wbudowywany materiał powinien być wolny od zanieczyszczeń, takich jak: drewno, gruz bądź śnieg - w okresie zimowym. Znajdujący się w wypełnieniu keramzytowym śnieg, topniejąc pozostawia wolne przestrzenie, które w niekontrolowany sposób będą się zapadać rozluźniając gotowy nasyp.

Keramzyt układamy warstwami. Warstwy powinny mieć od 0,50 m do 1,00 m. Zagęszczając cieńszymi warstwami - 0,25 - 0,30 m - doprowadzimy do zbytniego zniszczenia (zmiecenia) materiału, co w konsekwencji spowoduje przekroczenie wymaganej gęstości wypełnienia tzn. $5,5 \text{ kN/m}^3$.

W dogodnych warunkach przyjmujemy maksymalne tempo wbudowywania keramzytu na poziomie 150 - 200 m^3/h .

UŁOŻENIE PIERWSZEJ WARSTWY



Jak już wspomniano, najlepszym rozwiązaniem jest wsypywanie keramzytu bezpośrednio do przygotowanego wykopu. Następnie, za pomocą ładowarki o dużych i szerokich kołach, rozkładamy keramzyt tak, aby uzyskać warstwę o miąższości 0,70 - 0,80 m. Jednocześnie, jeżdżąc po keramzycie, zaczynamy go wstępnie zagęszczać.

ZAGĘSZCZANIE LECA® KERAMZYTU

Podstawowa informacja: keramzyt zagęszczamy o 10%, tzn. jeżeli chcemy uzyskać metrową warstwę zagęszczonego keramzytu, to musimy wysypać 1,10 m luźnego kruszywa. Podobnie jest w przypadku zamówienia. Jeżeli w przedmiarze projektant podaje, że należy wykonać wypełnienie keramzytowe o objętości 1.000 m^3 , to osoba zamawiająca materiał powinna doliczyć 100 m^3 więcej na zagęszczenie.



Po rozłożeniu każdej, kolejnej warstwy keramzytu, o miąższości 50-100 cm przystępujemy do jej zagęszczenia. Na dużych powierzchniach stosujemy pojazdy gąsienicowe, o szerokich gąsienicach i krótkich płytkach poprzecznych.

Nacisk sprzętu nie powinien przekraczać 50 kN/m^2 . Sprzęt gąsienicowy (np. koparka do skarpowania) powinien w każdym miejscu przejechać 4-6 razy. Koparka, dojeżdżając do skraju powierzchni zagęszczanej, nie powinna zawracać, tylko cofać się z przesunięciem od połowy do pełnej szerokości gąsienicy. Gdy uznamy, że keramzyt jest już wystarczająco zagęszczony, sprawdzamy nośność warstwy za pomocą płyty VSS o średnicy 30 cm.



Optymalna wartość wtórnego modułu ścisłości powinna wynosić 35 MPa. Na dużych powierzchniach należy sprawdzać nośność w kilku miejscach (przyjmując jedno badanie na 350 m^2 nasypu). Dodatkowo wybieramy newralgiczne miejsca, takie jak: oś drogi, skrajnia, miejsca przy obiektach inżynierskich (przyczółek). Jeżeli wynik badania będzie pozytywny, można układać następną warstwę. Jeżeli nie, dodatkowo dogęszczamy poprzez 3-4 krotne przejazdy.

W miejscach, w których nie ma możliwości zagęszczenia keramzytu ciężkim sprzętem, takich jak: okolice studzienek, filary i przyczółki mostowe, stosujemy zagęszczarki płytowe o powierzchni około 50 x 60 cm i wadze do 100 kg. Cięższe zagęszczarki „topią się” w keramzycie, nie zagęszczając go.



Bardzo niekorzystne jest doprowadzenie do sytuacji, gdy nośność zagęszczonego keramzytu znacznie przekracza 35 MPa. Oznacza to bowiem, że przy nadmiernym zagęszczaniu, doprowadzono do zmiżdżenia kulek keramzytu. Skutkuje to niepożądanym zwiększeniem ciężaru objętościowego oraz niepotrzebnym zwiększeniem ilości wbudowanego keramzytu.



POMIAR MODUŁU ODKSZTAŁCENIA E_2

Moduł odkształcenia nasypu z keramzytu wyznacza się przez próbne obciążenia badanego podłoża płytą VSS o średnicy 300 mm, stosując się do postanowień normy PN-S-02205:1998.

PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA DO BADANIA

Płytę należy ustawić na wyrównanej powierzchni badanego nasypu. Możliwe jest wyrównanie powierzchni nasypu cienką warstwą suchego piasku.

SPOSÓB OBCIĄŻENIA PŁYTY

Nacisk na płytę wywierany jest za pośrednictwem dźwignika hydraulicznego, wspartego o przeciwwagę, którą może być samochód ciężarowy z ładunkiem - lub odpowiednio ciężka maszyna budowlana (np. spycharka, ładowarka).

WYKONANIE BADANIA

Należy wykonać dwukrotne obciążenie podłoża, z całkowitym odciążeniem między nimi.

INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki wykonanego badania przedstawia się na wykresie podając przyrost osiadań w funkcji obciążeń w postaci dwóch krzywych: dla pierwszego oraz dla drugiego obciążenia.

Z tych krzywych wyznacza się wartości Δp i Δs , na krzywej obciążenia pierwotnego oraz na krzywej obciążenia wtórnego.

Dane te umożliwiają obliczenie modułu E_1 i E_2 ze wzoru:

$$E_{1,2} = \frac{3 \Delta p}{4 \Delta s} D$$

Gdzie:

Δp - różnica obciążeń dla przedziału 0,05 ÷ 0,15 MPa

Δs - przyrost osiadań w tym przedziale w [mm]

D - średnica płyty równa 300 mm

Wymagana nośność nasypu z keramzytu musi spełniać warunek $E_2 \geq 35$ MPa

KERAMZYT NA WODZIE

Może się zdarzyć, że w przygotowanym wykopie po ułożeniu geomembrany, pojawi się woda. Oznacza to, że poziom dna wykopu znajduje się poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej. W takiej sytuacji nie przystępujemy do pompowania lub odprowadzenia wody, tylko wysypujemy keramzyt bezpośrednio na jej powierzchnię. W pierwszej fazie keramzyt będzie pływał, jednak po usypaniu większej warstwy, osiągnie dno. Wtedy możemy przystąpić do zagęszczania.



CZY MOCZYĆ ZAGĘSZCZANY KERAMZYT?

Moczenie keramzytu podczas zagęszczania nie daje żadnych korzyści. Jedynie, gdy jest bardzo ciepło i sucho, warstwy można polewać w celu zmniejszenia pylenia. Nie będzie to miało wpływu na jakość wypełnienia.

EKRANY TŁUMIĄCE DRGANIA KOMUNIKACYJNE

Drgania przenoszone z ciągów komunikacji drogowej i kolejowej to poważny problem, dla osób zamieszkanych w sąsiedztwie. Na skutek wstrząsów pękają konstrukcje okolicznych budynków, pojawiają się zarysowania, a w skrajnych przypadkach dochodzi nawet do nadmiernego osiadania obiektów. Dodatkowo, okoliczni mieszkańcy stale narażeni są na odgłosy odbijających się o siebie szklanych naczyń, ustawionych w szafkach, widok kotuszających się żyrandoli i inne uciążliwości. Drgania komunikacyjne zazwyczaj są bardziej odczuwalne zimą, gdy grunt jest zmrożony. Ostatnio coraz częściej przeciwdziała się przenoszeniu takich drgań poprzez „przecinanie” gruntu ekranem z Leca® KERAMZYTU.

To lekkie kruszywo, owinięte geotkaniną i ułożone w rowie, wzdłuż drogi, ogranicza przenoszenie się drgań. Jest materiałem mrozoodpornym - w zimie nie zbryla się - zachowując w gruncie postać luźnego granulatu. Przy wykonywaniu ekranów przeciw drganiom należy sprawdzić możliwości rozsączania wody przez grunt, w którym prowadzona jest taka przegroda. Warto również rozpatrzyć możliwość odprowadzenia wód opadowych z ekranu do rowów melioracyjnych, kanalizacji deszczowej itp.

Zdjęcia przedstawiają realizację ekranu tłumiącego drgania, w Białymstoku, na przedłużeniu ulicy Piastowskiej. Do jego budowy (łącznie ponad 5 km po obu stronach ulicy) zastosowano blisko 3000 m³ Leca® KERAMZYTU 10-20 R.



PROJEKTOWANIE

PROJEKTOWANIE

Opracowywanie projektów geotechnicznych, z zastosowaniem Leca® KERAMZYTU, wykonywać należy zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r. poz. 463), z zapisami normy PN-EN 1997-1, 2. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne oraz norm powiązanych.

PARAMETRY FIZYCZNE

UWZGLĘDNIENIE ZMIENNOŚCI CIĘŻARU OBJĘTOŚCIOWEGO KERAMZYTU OD STANU ZAWILGOCENIA.

W rozważaniach projektowych podstawowym parametrem Leca® KERAMZYTU jest jego ciężar objętościowy, który średnio wynosi około 3 kN/m³, w stanie luźnym i suchym. Do prawidłowego zastosowania keramzytu, w warunkach różnej wilgotności, niezbędna jest wiedza o jego możliwościach absorpcyjnych.

Przyjęto następujące definicje wolnych przestrzeni występujących w warstwie keramzytu:

- ▶ **pory zewnętrzne** – wolne przestrzenie pomiędzy granulatem,
- ▶ **otwarte pory wewnętrzne** – wolne przestrzenie wewnątrz ziaren granulatu, które mogą być wypełnione wodą,
- ▶ **zamknięte pory wewnętrzne** – wolne przestrzenie wewnątrz ziaren granulatu, które nie mogą być wypełnione wodą.

W środowisku suchym naturalna wilgotność higroskopijna keramzytu wynosi tylko około 2%, może więc być pomijana przy określaniu ciężaru objętościowego suchego wypełnienia.

W zastosowaniach praktycznych należy jednak uwzględnić, że w środowisku wilgotnym, nawet powyżej poziomu wody gruntowej, w keramzycie wzrasta zawartość wody w otwartych porach wewnętrznych. Wyniki doświadczeń wykazały, że w dłuższym okresie czasu nawet 30-45% objętości porów wewnętrznych może wypełniać woda.

Gdy Leca® KERAMZYT znajdzie się poniżej poziomu wody gruntowej, objętość porów zewnętrznych natychmiast zostanie wypełniona wodą. Otwarte pory wewnętrzne zostaną wypełnione wodą w ciągu 5-10 lat (badania wykazały, że keramzyt całkowicie zanurzony w wodzie może wchłonąć wodę do 85% objętości porów wewnętrznych). Zamknięte pory wewnętrzne nie wchłoną wody.

KĄT TARCIA WEWNĘTRZNEGO

Kąt tarcia wewnętrznego keramzytu, określony w wielkowi-miarowym aparacie bezpośredniego ścinania, w zależności od zakresu naprężeń normalnych, uzyskuje wartość od 45° do 47° (na podstawie badań przeprowadzonych przez Politechnikę Poznańską). Wartość charakterystyczną kąta tarcia wewnętrznego, określoną zgodnie z normą PN-EN 1997-1, 2. Eurokod 7, można przyjmować odpowiednio od 42,5° do 46,5°.

WSPÓŁCZYNNIK PARCIA SPOCZYNKOWEGO

Przy projektowaniu ścian oporowych, przyczółków oraz ścian piwnic bardzo istotne jest określenie parcia poziomego od zasyпки. Przy obliczaniu parcia spoczynkowego od zasyпки keramzytowej potrzebna jest znajomość współczynnika parcia spoczynkowego, który można wyliczyć ze wzoru:

$$K_0 = 1 - \sin \varnothing$$

Dla Leca® KERAMZYTU przy $\varnothing = 42,5^\circ$ współczynnik parcia spoczynkowego $K_0 = 0,32$

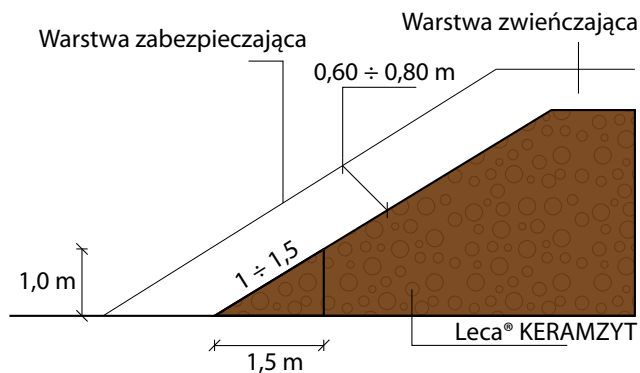
NACHYLENIE SKARP NASYPÓW

Dopuszczalny kąt nachylenia skarp nasypu zbudowanego z keramzytu, przy minimalnym współczynniku bezpieczeństwa równym 1,25 wynosi 36°, a nachylenie skarpy powinno wynosić co najmniej 1:1,4. Praktycznie najczęściej przyjmowane jest nachylenie 1:1,5. Przy zastosowaniu geosyntetyków nachylenie skarpy nasypu może być większe.

ZASADY KONSTRUKCYJNE

Wypełnienia nasypów pod drogami wykonane z Leca® KERAMZYTU powinny zapewnić odpowiednią nośność i stateczność. Warstwa zwieńczająca nasyp (nadkład i konstrukcja jezdni) powinna być wykonana zgodnie z odpowiednim projektem.

Na skarpie nasypów z Leca® KERAMZYTU wykonuje się warstwę zabezpieczającą z gruntu mineralnego oraz humusu. Grubość takiej warstwy (mierzona prostopadle do powierzchni skarpy) nie powinna być mniejsza niż 60-80 cm. W celu zapewnienia trwałości warstwy zabezpieczającej, skarpe należy obsiać trawą.



SEPARACJA MATERIAŁÓW

Przenikanie drobnych cząstek gruntów mineralnych do zewnętrznych porów wypełnienia keramzytowego powoduje wzrost jego ciężaru objętościowego. Takiemu przenikaniu należy zapobiec stosując geowłókninę separującą materiały.

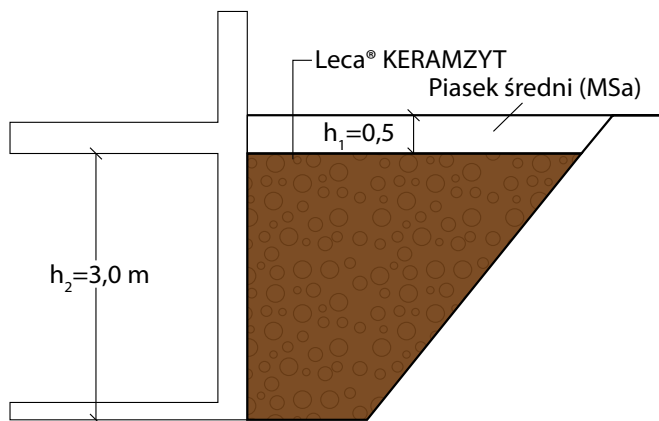
Wybór odpowiedniego rodzaju geosyntetyku uzależniony jest od miejsca jego zastosowania, właściwości materiałów oraz od oczekiwanego efektu takiego rozwiązania. Z reguły, cały przekrój wypełnienia z keramzytu, otacza się geowłókniną lub geotkaniną (w przypadku zastosowań konstrukcyjnych), stosując zakłady i połączenia zalecane przez producenta.

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA KERAMZYTU

Przedstawione przykłady stanowią jedynie ilustrację zastosowań. Zastosowanie keramzytu w konkretnych przypadkach każdorazowo wymaga wykonania projektu geotechnicznego.

PRZYKŁAD 1. REDUKCJA PARCIA NA ŚCIANĘ

Porównajmy wartość wypadkowej parcia wywołanego zasypem z keramzytu, działającego na ścianę piwnic budynku z wypadkową parcia gruntu piaszczystego, działającego na tę samą ścianę.



a) Piasek średni (MSa)

- ciężar objętościowy $\gamma_{MSa} = 18 \text{ kN/m}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego $\varnothing_{MSa} = 32^\circ$

współczynnik parcia spoczynkowego

$$K_{o(MSa)} = 1 - \sin \varnothing_{MSa} = 1 - \sin 32^\circ = 0,47$$

parcie jednostkowe

$$e_o = (h_1 + h_2) \cdot \gamma_{MSa} \cdot K_{o(MSa)} = (0,5 + 3) \cdot 18 \cdot 0,47 = 29,62 \text{ kPa}$$

wypadkowa parcia

$$E_{o(MSa)} = e_o \cdot (h_1 + h_2) \cdot 0,5 = 29,62 \cdot 3,5 \cdot 0,5 = 51,8 \text{ kN/m}$$

wartość obliczeniowa siły wypadkowej działającej na ścianę piwnic

$$E_{o(MSa)d} = E_{o(MSa)} \cdot \gamma_f = 51,8 \cdot 1,35 = \mathbf{69,93 \text{ kN/m}}$$

gdzie $\gamma_f = 1,35$ jest współczynnikiem obciążenia.

b) Leca® KERAMZYT frakcja 8/10-20 mm, 10% zagęszczenie, pory wewnętrzne wypełnione wodą w 45%

- ciężar objętościowy $\gamma_K = 5,25 \text{ kN/m}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego $\varnothing_K = 42,5^\circ$

współczynnik parcia spoczynkowego

$$K_{o(K)} = 1 - \sin \varnothing_K = 1 - \sin 42,5^\circ = 0,32$$

parcie jednostkowe

$$e_{o1} = h_1 \cdot \gamma_{MSa} \cdot K_{o(MSa)} = 0,5 \cdot 18 \cdot 0,47 = 4,23 \text{ kPa}$$

$$e_{o1'} = h_1 \cdot \gamma_{MSa} \cdot K_{o(K)} = 0,5 \cdot 18 \cdot 0,32 = 2,88 \text{ kPa}$$

$$e_{o2} = (h_1 \cdot \gamma_{MSa} + h_2 \cdot \gamma_K) \cdot K_{o(K)} = (0,5 \cdot 18 + 3 \cdot 5,25) \cdot 0,32 = 7,92 \text{ kPa}$$

wypadkowa parcia

$$\begin{aligned} E_{o(K)} &= e_{o1} \cdot h_1 \cdot 0,5 + (e_{o1'} + e_{o2}) \cdot 0,5 \cdot h_2 \\ &= 4,23 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + (2,88 + 7,92) \cdot 0,5 \cdot 3 = 17,26 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

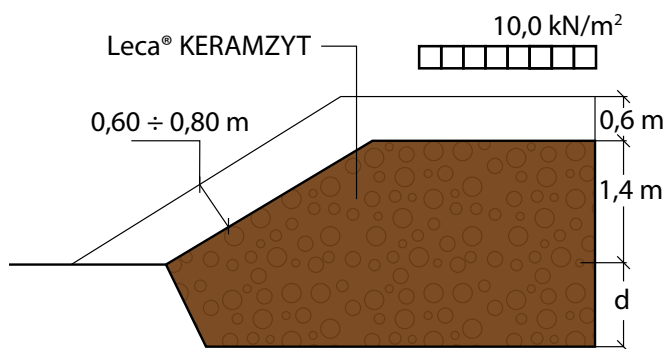
wartość obliczeniowa siły wypadkowej działającej na ścianę piwnic

$$E_{o(K)d} = E_{o(K)} \cdot \gamma_f = 17,26 \cdot 1,35 = \mathbf{23,30 \text{ kN/m}}$$

WNIOSEK: zastosowanie Leca® KERAMZYTU spowodowało zredukowanie parcia na ścianę piwnic o około 67%.

PRZYKŁAD 2. KOMPENSOWANIE OBCIĄŻEŃ OD NASYPÓW

Projektowane jest wykonanie nasypu drogowego o wysokości 2 m ponad powierzchnię terenu. Określmy na jaką głębokość (pod nasypem) należy wybrać grunt, aby po zastąpieniu go Leca® KERAMZYTEM możliwe było zredukowanie przekazywanych obciążeń, tak aby projektowany nasyp nie spowodował osiadania podłoża.



ZAŁOŻENIA:

- ▶ poziom wód gruntowych znajduje się poniżej poziomu wykopu,
- ▶ nasyp obciążony jest obciążeniem użytkowym 10,0 kPa,
- ▶ konstrukcja nawierzchni ma grubość 0,6 m i ciężar objętościowy 20,0 kN/m³,
- ▶ ciężar objętościowy keramzytu 10 - 20 mm ponad terenem 4,6 kN/m³,
- ▶ ciężar objętościowy keramzytu 10 - 20 mm poniżej poziomu terenu 5,25 kN/m³,
- ▶ ciężar objętościowy istniejącego gruntu 18,0 kN/m³.

Obliczenie miąższości „d”

składowa pionowa naprężenia na głębokości „d” od gruntu naturalnego

$$\sigma_{zy} = d \cdot 18$$

składowa pionowa naprężenia na głębokości „d” od keramzytu

$$\sigma_{zk} = 10 + 0,6 \cdot 20 + 1,4 \cdot 4,6 + d \cdot 5,25$$

$$\sigma_{zy} = \sigma_{zk}$$

$$d \cdot 18 = 10 + 0,6 \cdot 20 + 1,4 \cdot 4,6 + d \cdot 5,25$$

$$d = 2,23 \text{ m} \approx \mathbf{2,3 \text{ m}}$$

składowa pionowa naprężenia na głębokości „d” od gruntu naturalnego

$$\sigma_{zy} = 2,3 \cdot 18 = 41,4 \text{ kPa}$$

składowa pionowa naprężenia na głębokości „d” od keramzytu

$$\sigma_{zk} = 10 + 0,6 \cdot 20 + 1,4 \cdot 4,6 + 2,3 \cdot 5,25 = \mathbf{40,52 \text{ kPa}}$$

W przypadku zastosowania kruszywa naturalnego zamiast keramzytu, składowa pionowa naprężenia na głębokości „d” wynosiłaby

$$\sigma_{zgn} = 10 + 0,6 \cdot 20 + 1,4 \cdot 19 + 2,3 \cdot 18 = \mathbf{90,0 \text{ kPa}}$$

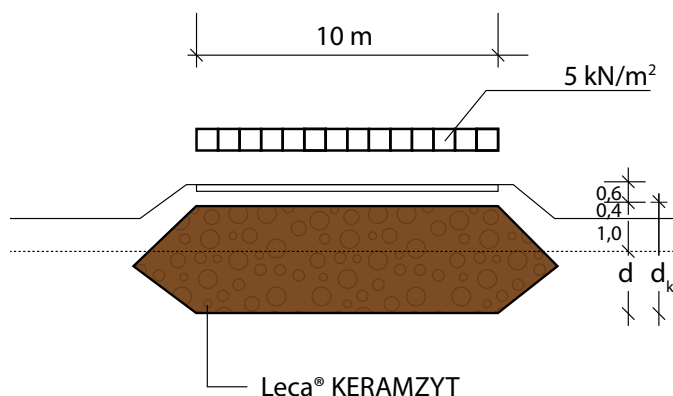
WNIOSEK: wykonanie wymiany rodzimego gruntu do głębokości 2,3 m na Leca® KERAMZYT nie docięży podłoża projektowanym nasypem. Taka wymiana skutkuje redukcją obciążeń o około 55%.

PRZYKŁAD 3. REDUKCJA OBCIĄŻEŃ OD NASYPÓW NA GRUNTACH SŁABYCH, PRZY WYSOKIM POZIOMIE WODY GRUNTOWEJ

Ustalmy jaką ilość keramzytu należy zastosować w przypadku gruntu o małej nośności i poziomie wody gruntowej 1 m poniżej poziomu terenu, aby wybudować 1 mb drogi o szerokości 10 m bez wywoływania znaczącego osiadania.

ZAŁOŻENIA:

Z uwagi na inne powiązania komunikacyjne, w tym przypadku, poziom drogi może znajdować się jedynie 1 m powyżej istniejącego poziomu terenu.



- ▶ ciężar objętościowy konstrukcji nawierzchni gr. 0,6 m $\gamma_j = 20 \text{ kN/m}^3$
- ▶ ciężar objętościowy keramzytu powyżej zwierciadła wody gruntowej $\gamma_{k1} = 4,6 \text{ kN/m}^3$ (przyjęto ciężar keramzytu, w którym 30% porów wewnętrznych wypełnionych jest wodą)
- ▶ ciężar objętościowy keramzytu nawodnionego $\gamma_{k2} = 10,9 \text{ kN/m}^3$
- ▶ ciężar objętościowy keramzytu z uwzględnieniem wyporu $\gamma'_{k2} = 0,9 \text{ kN/m}^3$
- ▶ ciężar objętościowy gruntu rodzimego $\gamma_g = 15 \text{ kN/m}^3$
- ▶ ciężar objętościowy gruntu z uwzględnieniem wyporu $\gamma'_g = 5 \text{ kN/m}^3$
- ▶ obciążenia użytkowe 5 kPa

obliczenie obciążenia powyżej poziomu terenu

$$\sigma_{zd} = 5 + 0,6 \cdot 20 + 0,4 \cdot 4,6 = 18,8 \text{ kPa}$$

obliczenie głębokości, do której należy usunąć grunt słabonośny

$$\sigma_{zy} = 1 \cdot 15 + d \cdot 5$$

$$\sigma_{zyn} = 18,8 + 1 \cdot 4,6 + d \cdot 0,9$$

$$\sigma_{zy} = \sigma_{zyn}$$

$$1 \cdot 15 + d \cdot 5 = 18,8 + 1 \cdot 4,6 + d \cdot 0,9$$

$$d = \mathbf{2,05 \text{ m}}$$

całkowita wysokość wypełnienia z keramzytu

$$d_k = 2,05 + 1 + 0,4 = \mathbf{3,45 \text{ m}}$$

obliczenie ilości keramzytu na 1 mb drogi z uwzględnieniem 10% zagęszczenia kruszywa

$$V_k = [1,0 \cdot (10 \cdot 3,45 + 0,5 \cdot 3,45 \cdot 1,73 \cdot 2)] \cdot 1,1 = \mathbf{45 \text{ m}^3}$$

WNIOSEK: warstwa nasypu z Leca® KERAMZYTU o łącznej grubości równej 3,45 m zredukuje obciążenia od projektowanego nasypu drogowego, nie powodując dodatkowego osiadania podłoża.





Przedstawiciele Techniczno-Handlowi

Zapraszamy do kontaktu z naszymi Przedstawicielami Techniczno-Handlowymi, którzy zawsze służą wszelką pomocą pod podanymi numerami telefonów.



Doradcy Techniczni

Geotechnika
tel. 505 172 087

Doradcy
tel. 505 172 089 i tel. 505 172 082



Więcej informacji

infolinia: 801 620 000
e-mail: keramzyt.weber@saint-gobain.com
www.netweber.pl

