Projektowanie i technologia przebudowy nawierzchni betonowej z zastosowaniem technologii "rubblizingu" – cz. II

Utworzono: wtorek, 15, grudzień 2009 08:20 Piotr Jaskuła, Józef Judycki



Proces rubblizingu rozpoczynamy od krawędzi bądź centralnej osi nawierzchni. Specyfikacje techniczne określają maksymalną wielkość rozkruszonego elementu, równocześnie dając inżynierowi możliwość zmiany. Założone wielkości są wielkościami jakich można się spodziewać przy dobrej jakości podbudowie. Wielkości rozkruszonych elementów zależą od jakości podbudowy – podłoża płyt betonowych, grubości płyt betonowych, rodzaju zastosowanego zbrojenia w betonie oraz typu używanych urządzeń do rozkruszenia.

Zalecenia przy rubblizingu

Im lepsza jakość podbudowy – warstwy bezpośrednio pod płytą betonową, tym mniejsze elementy można uzyskać podczas rozkruszania, niż pracując na słabej podbudowie. Podczas procesu rubblizingu, należy kontrolować jakość robót, pamiętając o tym, że rubblizing ma służyć stworzeniu dobrej jakości podbudowy pod nawierzchnię asfaltową. Ma ona na celu zmniejszyć szanse na pojawienie się spękań odbitych poprzez pozbycie się starych uszkodzeń nawierzchni betonowej oraz istniejących w niej szczelin.

Tak wykonana podbudowa ma stanowić solidną platformę roboczą dla maszyn wykonujących dalsze czynności związane z wbudowaniem kolejnych warstw, oraz zapewnić solidny fundament pod dywanik asfaltowy. Jeżeli w istniejącej podbudowie – warstwie bezpośrednio pod rozkruszaną płytą betonową znajdują się obszary o słabszej nośności, należy podjąć odpowiednie działania w trakcie procesu rubblizingu, tzn. zmniejszyć siłę uderzeń na danym obszarze.

Phoca PDF





Fot. 3. Nawierzchnia przed zagęszczeniem
po wykorzystaniu RFB (po lewej) i MHB (po prawej)

Nie powinno dopuszczać się ruchu na rozkruszonym betonie, ze względu na możliwość przemieszczania się mniejszych elementów betonu. Także ruch maszyn budowlanych powinien zostać ograniczony do minimum, szczególnie w miejscach gdzie są słabsze warunki gruntowe, bądź mniej nośna podbudowa.

W przypadku lekkich opadów nie ma konieczności przerywania robót. Jeżeli boczne drenaże są wykonane poprawnie, prace można zacząć szybko po dużych opadach. Gdy mamy do czynienia z gruntami wrażliwymi na wilgotność, proces rubblizingu należy przeprowadzić tak, aby podłoże nie było narażone na działanie czynników atmosferycznych. Możliwe jest używanie wody do kontroli zapylenia przed układaniem warstwy asfaltowej.
Podczas rubblizngu należy uwzględnić siłę uderzeń i powstające wibracje jeżeli w pobliżu znajdują się jakieś budowle.

Zagęszczanie po rubblizingu

Celem zagęszczania jest zapewnienie dobrego klinowania się rozkruszonej nawierzchni z płyt betonowych oraz zminimalizowanie przemieszczeń rozkruszonego materiału. Do przygotowania rozkruszonego materiału pod układanie warstw asfaltowych używa się walców wibracyjnych.

Rodzaj walca wibracyjnego zależy od wykorzystanej do rubblizungu maszyny rozkruszającej. Po zastosowaniu MHB do zagęszczania używa się walca wibracyjnego z wzorem o kształcie litery „Z”. Jego zadaniem jest dalsze rozkruszenie betonowych kruszyw. Następnie używa się walca gładkiego stalowego lub ogumionego. Jego zadaniem jest osadzenie pokruszonego materiału.

Należy pamiętać o konieczności zmniejszenia amplitudy drgań, jeśli w danym

Phoca PDF

obszarze mamy do czynienia ze słabym bądź wilgotnym podłożem. Po zagęszczeniu należy zbadać jakość otrzymanej podbudowy na przykład poprzez badanie nośności.

Ograniczenia w zastosowaniu rubblizingu

Do rubblizingu nie nadają się nawierzchnie o grubości mniejszej niż 17,5 cm na słabej podbudowie/podłożu gruntowym i o wysokiej wilgotności. Dla niektórych płyt, naciski od maszyn RFB i MHB mogą być zbyt duże, dlatego ważne jest dokonanie dokładnej oceny nawierzchni przed rubblizingiem i oceny warunków gruntowych, w miarę możliwości tuż przed rozpoczęciem prac. Należy zwrócić uwagę na możliwość zmiany warunków gruntowych od chwili przeprowadzenia ostatnich badań.

Kontrola jakości po rubblizingu

Jedną z ważniejszych rzeczy przy kontroli jest sprawdzenie frakcji otrzymanej mieszanki po rozkruszeniu. Niestety jest to bardzo skomplikowany proces, a ocena wzrokowa może okazać się niewystarczająca, gdyż zewnętrzne spękania mogą nie oddawać rzeczywistej jakości wykonanego rubblizingu.

Do sprawdzenia wykopuje się odkrywki w rozkruszonej nawierzchni po pierwszym dniu rubblizingu. Odkrywki o powierzchni ok. 1 metra kwadratowego zasypuje się potem kruszywem i zagęszcza. W późniejszych etapach rubblizingu nie ma potrzeby wykonywania więcej takich odkrywek.





Fot. 4. Odkrywka po pobranej próbce kruszywa, do badań uziarnienia. Zbrojenie na powierzchni

Specyfikacja wymaga mniejszych niż 9-calowe (230 mm) elementów na powierzchni nawierzchni i maksymalnie 12-calowych (310 mm) elementów w dolnej części płyt. Jeżeli warunki te nie zostaną spełnione, wykonawca musi powtórzyć proces, użyć innego sprzętu albo usunąć materiał i zastąpić go właściwym.

Jakiekolwiek zbrojenie może zostać na swoim miejscu, o ile nie wystaje ono na powierzchnię. Wystające zbrojenie należy usunąć z powierzchni rozkruszonej

Phoca PDF

warstwy.

Zalety i korzyści korzystania z rubblizingu

1. Zapobieganie spękaniom odbitym w warstwach asfaltowych.
2. Polepszenie równości przy układaniu dywaniku asfaltowego.
3. Znaczne zmniejszenie czasu budowy w porównaniu do odbudowy nawierzchni.
4. Zmniejszenie kosztów w porównaniu do odbudowy nawierzchni.
5. Zwiększenie trwałości warstw asfaltowych.
6. Polepszenie warunków ruchu lokalnego w trakcie budowy, ze względu na krótszy czas budowy.

Wydajność i ceny jednostkowe rubblizingu

Na podstawie prowadzonych rozmów z przedstawicielami najbliższego oddziału jedynej firmy na świecie, dysponującej wybranym urządzeniem – Multi Head Breaker do realizacji procesu rozkruszania ang. rubblizngu zebrano następujące informacje dotyczące wydajności i cen jednostkowych.

Wydajność

1. Urządzenie podczas pracy porusza się z prędkością 0,1-0,4 km/h.
2. Szerokość pracy urządzenia przy jednym przejściu wynosi od 0,7 do 3,9 m.
3. Podczas jednej zmiany roboczej jest w stanie rozkruszyć 5000 m2 nawierzchni z płyt betonowych.

Analiza kosztów i czasu rozkruszania (rubblizing) 10 km drogi z nawierzchnią z betonu cementowego o szerokości 9 m:

- 90.000 m2 = 2 x 4,5 m x 10 000 m
- Czas potrzebny: 18 dni + 2 dni próbne
- Urządzenie MHB – 3,9 m szerokość z operatorem
- Grid Roller (walec zygzakowy) z operatorem
- Kierownik robót rozkruszania
- Zakwaterowanie
- Transport (tam i z powrotem) 5800 euro/maszynę
- Cena rozkruszania: 3,10 euro/m2

Do cen powyżej należy doliczyć następujące koszty:

- 180 litrów paliwa/dzień (150 l MHB+30 l walec zygzakowy)
- 20 t walec gumowy z operatorem
- Usuwanie widocznego zbrojenia
- Wymiana miejsc słabych
- Badania bieżące: uziarnienie, zalecane pomiary drgań
- Badania powykonawcze: FWD.

Phoca PDF

Najbliższy oddział firmy specjalizującej się w technologii rozkruszania-rubblizing Antigo Breakers Ltd. ma siedzibę w Wielkiej Brytanii.

Organizacja procesu rubblizingu

Ze względu na ograniczoną szerokość pracy urządzenia w przypadku rozkruszania nawierzchni z płyt na drodze krajowej nr 22 należy uwzględnić trzy przejścia urządzenia MHB na szerokości nawierzchni równej 9 m. Sugeruje się w pierwszym przejściu pozostawić jak najwęższą (minimalną) szerokość pasa dla ruchu pojazdów, a pozostałą część pokruszyć w dwóch przejściach i wbudować nakładkę asfaltową. Taka organizacja robót ma dodatkową zaletę, a mianowicie przesunięcie szczelin technologicznych nakładce asfaltowej.

Uzasadnienie doboru właściwej technologii przebudowy nawierzchni betonowej

Główną zaletą zaproponowanej technologii przebudowy nawierzchni z betonu cementowego jest prawie 100% wyeliminowanie spękań odbitych, które mogą wystąpić w innych technologiach.

Brak jest w Polsce kryteriów wyboru właściwej technologii naprawy nawierzchni z betonu cementowego. Dlatego przy wyborze technologii naprawy autorzy wspomagali się amerykańskimi przepisami i zaleceniami doboru właściwej technologii.

Na podstawie wymagań Departamentu Transportu Stanu Wisconsin DOT oraz Amerykańskiego Stowarzyszenia Nawierzchni Betonowych (ACPA) potwierdzono zasadność wyboru technologii rozkruszania – rubblizing.

Według wymagań z Wisconsin można stosować rubblizing, gdy:

- >20% szczelin wymaga naprawy,
- >20% łat na powierzchni,
- >20% płyt przełamanych,
- >20% długości odcinka wykazuje uszkodzenie szczeliny podłużnej - szerokość >10 cm

Według wymagań ACPA (American Concrete Pavement Association) można stosować rubblizing, gdy:

- >8% narożników przełamanych,
- >15% szczelin wymaga naprawy,
- >12 mm nierówności sąsiednich płyt,
- >2,5 mm IRI

Zalecany sposób naprawy potwierdza także Instytut Asfaltowy z USA na podstawie wskaźnika przenoszenia obciążeń sąsiednich płyt betonowych. Kryteria wskaźnika

Phoca PDF

LTE, jak i zalecany sposób naprawy nawierzchni pokazano w tablicy 1.

Wskaźnik ugięć, D2/D1	Kategoria LTE	Naprawa
>0,75	Właściwy	Nacinanie i uszczelnienie, Warstwa pośrednia
0,60-0,75	Dobry	Warstwa absorbująca (porowata), Rozprężenie, kruszenie płyt
<0,6	Słaby	Rozprężenie, kruszenie płyt

Omawiana nawierzchnia drogi nr 22 spełnia wszystkie wymienione kryteria.

Obliczenia grubości nakładki asfaltowej na pokruszonej nawierzchni (po rubblizingu)

Obecnie jest kilka metod umożliwiających projektowanie konstrukcji nawierzchni z uwzględnieniem „rubblizingu”. Jedną z nich jest metoda AASHTO – znana i sprawdzona w USA, ale praktycznie niestosowana w Europie i w Polsce. Inną jest metoda mechanistyczno – empiryczna, która posiada możliwości adaptacji do różnorodnych warunków konstrukcyjnych i technologicznych. Obliczenie wzmocnienia nawierzchni w omawianym przypadku wykonano według metody mechanistyczno - empirycznej, zgodnie z (rozporządzeniem 1999).

Procedura postępowania podczas obliczeń była następująca:
a) obliczenie ruchu projektowego,
b) przyjęcie grubości warstw konstrukcji nawierzchni,
c) określenie stałych materiałowych warstw, modułów E i współczynników Poissona ?,
d) obliczenie naprężenia i odkształcenia w konstrukcji nawierzchni,
e) obliczenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni (ilości obciążeń do osiągnięcia stanu krytycznego).

Obciążenie ruchem w okresie obliczeniowym 20 lat eksploatacji nawierzchni, wynoszące 7,8 mln osi 115 kN/pas klasyfikuje ten ruch do górnego przedziału kategorii KR5 (4,17 - 8,3 mln osi 115 kN/pas).

Zgodnie z (rozporządzeniem 1999) i (Katalogiem 1997) przyjęto do projektowania nawierzchni temperatury odpowiadające 4 porom roku.

Obliczenia wykonano przy założeniu, że modelem konstrukcji nawierzchni jest wielowarstwowa półprzestrzeń sprężysta. Parametry wyjściowe do obliczeń konstrukcji nawierzchni przyjęto ma podstawie analizy wyników badań FWD oraz na podstawie przeprowadzonych studiów literatury dotyczących warstwy kruszonego betonu po rubblizingu, a także po uzyskaniu informacji od firm zajmujących się tą technologią w USA.
W tablicy 2 podano projektowaną konstrukcję nawierzchni.

Warstwa	Materiał	Grubość, mm
Warstwa ścieralna	SMA 0/11 – mastyks grysowy wg PN-S-96025:2000 z asfaltem modyfikowanym	40
Wiążąca	BA 0/20– beton asfaltowy wg PN-S-96025:2000 z asfaltem zwykłym	60
Podbudowa asfaltowa, BA	BA 0/25 - beton asfaltowy wg PN-S-96025:2000 z asfaltem zwykłym	90
Wyrównawcza		Min.60
Podbudowa	Kruszony płyty z betonu cementowego w technologii rubblizingu	220
Podłoże	Podłoże gruntowe o module E_2 = 50 MPa	
Razem grubość warstw asfaltowych		**250**
Razem grubość warstw asfaltowych i podbudowy		**470**

Phoca PDF

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej dla projektowanej konstrukcji nawierzchni z tablicy 2 wykazały, że przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie 8,15 mln osi 115 kN/pas obliczeniowy, co stanowi wartość większą od wymaganej, równej 7,82 mln osi 115 kN/pas w okresie 20 lat eksploatacji drogi krajowej nr 22.

Odwodnienie

W ramach wybranej metody przebudowy nawierzchni drogi nr 22 z wykorzystaniem metody kruszenia istniejących płyt betonowych (rubblizingu) konieczne jest właściwe odwodnienie podłoża gruntowego. Wymagana instalacja odwodnienia krawędziowego, np. drenu kompozytowego powinna zostać przeprowadzona na minimum 14 dni przed rozpoczęciem procesu rozkruszania.

Zagłębienie drenu kompozytowego mierzona od góry rury drenarskiej do powierzchni płyty betonowej Należy dobrać, aby odprowadzić wodę z wasrwty odsączającej (lub mrozoochronnej). Po ułożeniu drenu zasypanie wykopu powinno odbywać się przy użyciu materiału przepuszczalnego np. piasku, który podczas zasypywania jest odpowiednio zagęszczony. Dopuszcza się zasypanie wykopu materiałem z urobku, jeżeli materiał ten jest odpowiednio przepuszczalny. Sposób zagęszczenia powinien być tak prowadzony, aby nie spowodował uszkodzenia rury drenarskiej lub całego drenu.

Woda z drenażu powinna być wyprowadzana do rowu przydrożnego lub osobnego systemu drenażowego w miejscu dna rowu i powinna być wyprowadzona do odbiornika naturalnego. W zależności od stanu istniejącego odwodnienia powinien zostać opracowywany szczegółowy projekt odwodnienia ze wskazaniem możliwości odprowadzenia wody do odbiorników naturalnych.

Wnioski

Zaproponowana technologia przebudowy zdegradowanej nawierzchni z betonu cementowego z wykorzystaniem przetworzenia na miejscu betonu cementowego poprzez rozkruszenie (ang. rubblizing) wydaje się być ekonomiczną, przyjazną środowisku i co najważniejsze szybką technologią przebudowy betonowych nawierzchni. Najważniejsze zalety wybranej technologii rubblizingu do przebudowy drogi krajowej nr 22 to: eliminacja spękań odbitych, poprawa równości dzięki nakładce asfaltowej, krótki czas realizacji przebudowy, możliwość realizacji technologii podczas ruchu. Technologia nadaje się do zastosowania na innych istniejących i zdegradowanych drogach z betonu cementowego w Polsce.

Piotr Jaskuła
Józef Judycki
Politechnika Gdańska

Artykuł jest publikacją z nr 12/2009 „Drogownictwa”, był też referatem na Międzynarodową Konferencję ENVIROAD 2009.

Summary
The paper presents design and technology of reconstruction of old concrete pavement on state road No. 22 on the section Chojnice – Tczew with use of rubblizing of old concrete slabs and overlay with asphalt courses. Rubblizing technology has been designed for the first time in Poland. The paper presents advantages and disadvantages of rubblizing, capacity of work, as well as, approximate unit cost. The process of calculation of asphalt overlay to meet requirements of forecast traffic was presented.

Literatura (PDF)

Phoca PDF