

**UWAGI DOTYCZĄCE WYKONYWANIA  
GEOSYNTETYCZNEJ WARSTWY POŚREDNIEJ  
W NAPRAWACH SPEKAŃ ODBITYCH  
I WZMOCNIENIU NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ**

**Dr inż. Wanda Grzybowska  
Politechnika Krakowska**

**Ustroń, 23,24 kwietnia 2009**

## CELE STOSOWANIA GEOSYNTETYCZNYCH WARSTW POŚREDNICH W NAWIERZCHNIACH ASFALTOWYCH:

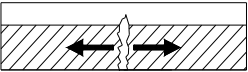
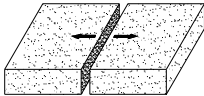
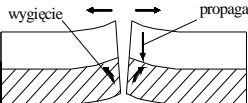
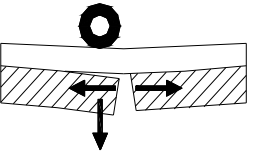
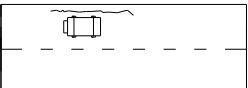
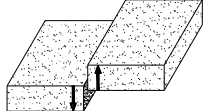
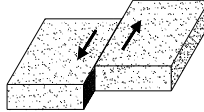
- ❑ przedłużenie trwałości naprawy spękanych nawierzchni (naprawy spękań odbitych od nieciągłości w dolnych warstwach),
- ❑ połączenie konstrukcji nawierzchni na poszerzeniach jezdni lub połączeniach z poszerzonym poboczem, zapobiegające spękanom odbitym,
- ❑ zapobieganie powstawaniu spękań odbitych w nowych nawierzchniach półsztywnych.
- ❑ przedłużenie trwałości zmęczeniowej wzmocnienia (zbrojenie nawierzchni).

Dzięki zwiększeniu trwałości nawierzchni oszczędza się zasoby naturalne i wydłuża okresy międzyremontowe.

## **GEOSYNTETYCZNE WARSTWY POŚREDNIE W ZAPOBIEGANIU SPĘKANIOM ODBITYM**

Zgodnie z ogólną definicją, spękania odbite są uszkodzeniem, którego źródłem są nieciągłości w dolnych warstwach konstrukcji nawierzchni, znajdujące swoje odbicie na powierzchni warstw bitumicznych nawierzchni. Do nieciągłości tych zalicza się:

- (a) spękania sztywnych warstw podbudowy (stabilizacja cementem, chudy beton),
- (b) spoiny podłużne lub poprzeczne na połączeniach warstw, zwłaszcza na poszerzeniach jezdni lub połączeniach z ulepszonym poboczem,
- (c) szczeliny w istniejących nawierzchniach z betonu cementowego,
- (d) samoistne spękania mrozowe w warstwie ścieralnej, przykryte następnie bitumiczną warstwą renowacyjną.

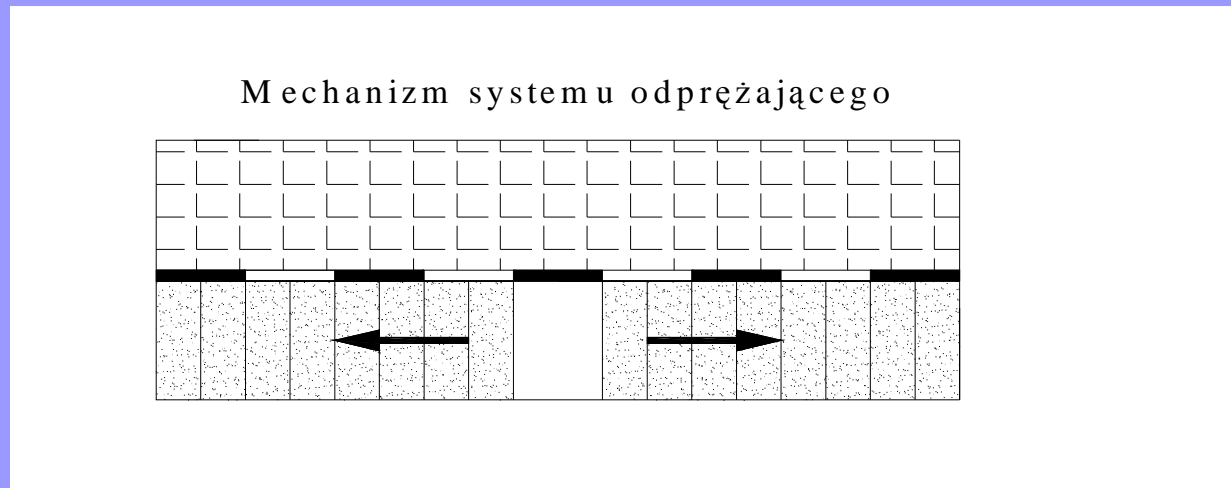
|             |   |   |
|-------------|---|---|
| Przypadek A |  <p>skurcz termiczny</p>   |  <p>rozciganie prostopadłe do pęknięcia</p>  |
| Przypadek B |  <p>wygięcie<br/>odkształcenia termiczne<br/>propagacja pęknięcia</p>  |   |
| Przypadek C |  <p>kolo pojazdu nad pęknięciem</p>  <p>samochód jadący wzdłuż pęknięcia</p> |  <p>ściananie prostopadłe do pęknięcia</p>  <p>ściananie równoległe do pęknięcia</p> |

**Rys.1. Oddziaływania inicjujące spękania odbite**

## **Spękania nawierzchni drogowej, w tym spękania odbite, powodują następujące szkodliwe skutki:**

- ☐ utratę szczelności; każde niekontrolowane pęknięcie na powierzchni jezdni umożliwia wodzie opadowej penetrację do wnętrza konstrukcji nawierzchni, gdzie przemieszczając się wzdłuż powierzchni kontaktu warstw osłabia wiązanie międzywarstwowe; ponadto woda poprzez konstrukcję nawierzchni dostaje się także do podłoża gruntowego, w którym często występują grunty spoiste, wrażliwe na działanie wody i mrozu,**
- ☐ w podbudowie i podłożu powstają dodatkowe naprężenia; przyspieszone zniszczenie warstwy ścieralnej wzdłuż pęknięcia; pod wspólnym działaniem obciążeń od pojazdów, wody i mrozu, warstwa ścieralna ulega w sąsiedztwie pęknięcia przyspieszonemu zniszczeniu,**

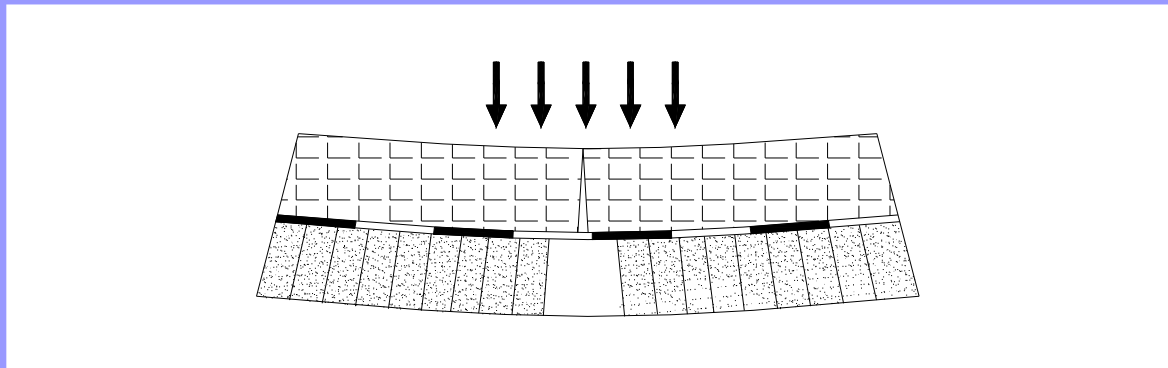
Z punktu widzenia użytkownika, obecność spękań odbitych w nawierzchni powoduje dyskomfort wywołany częstym pogorszeniem równości, tzw. „klawiszowaniem nawierzchni”, a także zmniejszeniem bezpieczeństwa jazdy, w związku z możliwym wyciskaniem pod kołami pojazdu wodnej zawiesiny cząstek mineralnych z dolnych warstw.



**Rys. 2. Mechanizm pracy warstwy odprężającej (nośnika lepiszcza)**

## WARSTWA WZMACNIAJĄCA (ZBROJĄCA)

W ostatnich latach badania nad geosyntetykami rozszerzyły się o prace nad możliwościami stosowania geosyntetyków o zwiększonej sztywności oraz sztywności połączenia z warstwami asfaltowymi, do wzmocnienia układu warstw asfaltowych, dzięki przekazywaniu naprężeń rozciągających z warstwy dolnej na geosyntetyk (rys 3).



Rys.3. Mechanizm pracy warstwy zbrojącej

**Aby system był efektywny jako zbrojenie, muszą być spełnione trzy warunki :**

- ❖ geosyntetyk (jako produkt) powinien wykazywać możliwie wysoką sztywność,**
- ❖ sztywność połączenia geosyntetyku z warstwami asfaltowymi powinna być jak najwyższa,**
- ❖ geosyntetyk powinien być umieszczony w strefie rozciąganej układu warstw asfaltowych**

**Połączenie różnych technik wzmocnienia dostarcza efektywne i oszczędne rozwiązania dla zabiegów remontowych i wzmocnień.**



## GEOWŁÓKNINY CZY GEOSIATKI/GEOKOMPOZYTY?

Przeznaczenie geosyntetyku w konstrukcji warstw bitumicznych jest identyfikowane na podstawie własności mechanicznych oznaczonych w badaniu rozciągania. Geowłókniny charakteryzuje niski moduł sztywności w porównaniu do modułu mieszanek bitumicznych i stąd nie mogą być traktowane jako zbrojenie, co jest nadal dość częstym błędem drogowców. Z drugiej strony, materiał ten charakteryzuje się znacznym wydłużeniem przy przenoszonej granicznej sile, co przy zmianach temperatury umożliwia przenoszenie znacznych poziomych przemieszczeń nad pęknięciem w dolnej warstwie, absorpcję naprężeń w sąsiedztwie nieciągłości w dolnej warstwie a tym samym opóźnianie procesu występowania spękań odbitych.

Geowłókniny jako warstwy odprężające są dobrym, efektywnym rozwiązaniem jedynie przy naprawach spękań odbitych, bez wpływu na nośność nawierzchni, którą trzeba zapewnić innymi sposobami. Zapobieganie lub naprawę spękań odbitych należy traktować przede wszystkim jako problem lokalny.

Geosiatki/geokompozyty. Zgodnie z teorią materiałów kompozytowych, efektywność zbrojenia geosyntetykami jest warunkowana takimi czynnikami jak stopień przekazywania obciążenia z warstwy bitumicznej na komponenty zbrojące, tj. geokompozyty lub geosiatki (wysoka sztywność połączenia), udział objętościowy lub masowy geosyntetyku w stosunku do warstwy bitumicznej, stosunek modułu sprężystości zbrojenia do modułu sprężystości (sztywności) warstwy bitumicznej, a także trwałość cech geosyntetyku w czasie eksploatacji. Biorąc pod uwagę że moduł sztywności warstwy bitumicznej jest silnie zależny od temperatury, że zmienia się zależnie od częstotliwości obciążeń i od czasu eksploatacji, dany system warstwy pośredniej w pewnych warunkach może pracować jako zbrojenie, w innych nie.

Ranking sztywności geosiatek/geokompozytów syntetycznych od najwyższej do najniższej, wg badań Politechniki Krakowskiej (J.Górszczyk, 2008, praca doktorska, badania wybranych materiałów w Laboratorium Firmy Kordarna, Czechy) jest następujący: geosiatka szklana/węglowa, geosiatka/geokompozyt szklany, geosiatka/geokompozyt poliestrowy.

Niezależnie od przeznaczenia warstwy geosyntetycznej, sprawą bardzo istotną jest zapewnienie dobrej szczepności z warstwami asfaltowymi, np. poprzez stosowanie lepiszcz asfaltowych modyfikowanych elastomerem, w przypadku stosowania geowłókniny układania strona nie kalandrowaną na dół, itp. Badanie szczepności przeprowadza się na etapie ustalania ilości lepiszcza w laboratorium metodą ścinania w płaszczyźnie kontaktu warstw w aparacie Leutnera, lub wstępnie, na drodze, stosując urządzenie tzw. aparat pull-out .

## **STRATEGIA NAPRAWY SPEKANEJ NAWIERZCHNI PRZY ZASTOSOWANIU GEOSYNTETYKÓW**

**Właściwie zaprojektowana i wykonana warstwa pośrednia z geosyntetyku przedłuża trwałość naprawianej nawierzchni o kilka lat. Warstwa źle zaprojektowana i/lub niewłaściwie wykonana przynosi więcej szkody niż pożytku i skraca trwałość naprawy.**

**Strategia naprawy nawierzchni przy pomocy geosyntetyków powinna obejmować następujące działania :**

**A. Etap identyfikacji problemu:**

- ❖ **identyfikacja typu naprawy (spękania poprzeczne pojedyncze lub wielokrotne, poszerzenie jezdni,**
- ❖ **ulepszenie poboczy, ewentualne wzmocnienie nawierzchni),**
- ❖ **określenie istniejącej i prognozowanej kategorii obciążenia,**
- ❖ **wycięcie próbek i inwentaryzacja rodzaju, grubości i stanu warstw konstrukcyjnych,**
- ❖ **ocena warunków wodno-gruntowych,**
- ❖ **określenie przebiegu, głębokości i zakresu pęknięcia na próbkach,**
- ❖ **ocena przypuszczalnych przyczyn pęknięć poprzecznych**

## **B. Etap kwantyfikacji problemu, w którym określa się:**

- ❖ **nośność nawierzchni,**
- ❖ **indeks spękań poprzecznych odbitych w nawierzchni,**
- ❖ **ocenę współpracy w pęknięciu odbitym w nawierzchni półsztywnej,**
- ❖ **ocenę warunków podparcia nawierzchni w obrębie pęknięcia poprzecznego.**

**Procedury badawcze wymienionych działań zostały szczegółowo opisane w Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. Do realizacji pkt. (1), (3) i (4) należy zastosować ugięciomierz FWD lub Benkelmana, odpowiednio do kategorii obciążenia.**

**D. Etap projektowania warstw remontu/ wzmocnienia; ustala się:**

- ❖ **sposób przygotowania warstwy dolnej (frezowanie, profilowanie) pod geosyntetyczną warstwę pośrednią, lokalizację geosyntetyku w konstrukcji wzmocnienia nawierzchni,**
- ❖ **rodzaj i sposób ułożenia materiału geosyntetycznego,**
- ❖ **rodzaj i właściwą ilość lepiszcza do nasycenia i przyklejenia geosyntetyku; w naszym klimacie do nasycenia i przyklejenia geosyntetyku najbardziej efektywne jest lepiszcze modyfikowane elastomerem; zalecany jest tutaj asfalt lub emulsja asfaltowa szybkowiążąca, modyfikowana elastomerem; szczególnie efektywność geowłóknin zależy w dużym stopniu od rodzaju i ilości impregnującego lepiszcza. Dla nasycenia i przyklejenia geokompozytu korzystny jest asfalt o penetracji 50-70<sup>0</sup> P.**

- ❖ w przypadku stosowania geosiatki ustala się najbardziej właściwy sposób przymocowania geosiatki do podłoża (przyklejenie lepiszczem, przybicie gwoździami ew. wkrętami, skropienie lepiszczem a następnie posypanie grysem i zawałowanie),
- ❖ rodzaj i grubość nowych warstw bitumicznych; zaleca się tutaj warstwy bitumiczne o możliwie nie wysokiej sztywności - jeżeli górna warstwa bitumiczna będzie zbyt sztywna (niewysoka zawartość asfaltu o dużej lepkości) – spękania odbite mogą pojawić się wcześniej



## **NAJCZĘSTSZE BŁĘDY PRZY STOSOWANIU GEOSYNTETYCZNYCH WARSTW POŚREDNICH W NAPRAWACH NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH**

**Efektywność i trwałość naprawy spękanej nawierzchni przy zastosowaniu geosyntetycznej warstwy pośredniej są warunkowane przez trzy podstawowe grupy czynników, tj.:**

- ❖ Jakości połączenia pomiędzy wzmocnieniem i przyległymi warstwami bitumicznymi,**
- ❖ Struktury i jakości zastosowanych geosyntetyków ,**
- ❖ Jakości górnych warstw bitumicznych.**

## **Błędy na etapie projektowania to:**

- ❖ **Zaprojektowanie zbyt małej lub zbyt dużej ilości lepiszcza do impregnacji i przyklejenia geosyntetyku,**
- ❖ **Zaprojektowanie rodzaju lepiszcza o małej efektywności przyklejania,**
- ❖ **Brak podania w Specyfikacjach Technicznych dokładnego opisu procedury przyklejania, np. wymagań co do układania geosyntetyku na emulsji po jej rozpadzie i odparowaniu wody, aby nie wprowadzać wody do struktury geosyntetyku,**
- ❖ **Brak uwzględnienia w Specyfikacjach Technicznych konieczności przygotowania powierzchni dolnej warstwy bitumicznej jak np. jej wyrównania, oczyszczenia i osuszenia, dla zapewnienia dobrego związania z lepiszczem i geosyntetykiem.**

❖ W przypadku stosowania geosyntetyków o sztywnej strukturze, np. geokompozytów z siatką np. szklaną, układanie ich na powierzchni sfrezowanej, posiadającej kilkumilimetrowe podłużne rowki nie jest rozwiązaniem właściwym. Lepiszcze gromadzi się w rowkach, geosiatka dotyka podłoża tylko na krawędziach rowków, przyczepność jest niewystarczająca.

❖ Kolejny błąd polega na zaprojektowaniu geosyntetyku o nieodpowiednich parametrach, źle rozkładającym się na drodze, sprawiającym kłopoty przy przyklejaniu do dolnej warstwy, o zbyt dużym wydłużeniu sprzyjającym powstawaniu fałdów pod kołami pojazdów budowlanych. Jedyne rekomendowane rozwiązanie, to stosowanie ciągnika z osprzętem mechanicznie rozkładającego geosyntetyk na drodze, z belką naciągającą i urządzeniem naciskającym i wygładzającym rozłożony geosyntetyk.

- ❖ Niewystarczające zagęszczenie warstw bitumicznych dające nadmierną zawartość wolnych przestrzeni, co skraca trwałość zmęczeniową.
- ❖ Z punktu widzenia inżynierii materiałowej wysoką odporność na propagację spękania w warstwie bitumicznej osiąga się dzięki optymalnemu połączeniu takich cech jak dobra jakość powiązania warstw oraz odpowiednie właściwości geosyntetyku i nowej warstwy bitumicznej.

## Błędy na etapie wykonawstwa:

- ❖ Brak kompetentnego nadzoru autorskiego
- ❖ Nierównomierne spryskanie powierzchni dolnej warstwy bitumicznej lub spryskanie zbyt małą ilością lepiszcza,
- ❖ Nadmierny pośpiech prowadzący do układania geosyntetyku bezpośrednio po skropieniu emulsją powierzchni, bez odczekania na jej rozpad; czasami, ze względu na duży ruch drogowy w ciągu dnia roboty wykonuje się także w nocy, kiedy określenie momentu rozpadu emulsji jest utrudnione,
- ❖ Prowadzenie robót bez względu na pogodę, czasem także przy pogodzie wilgotnej, kiedy powierzchnia warstwy bitumicznej jest mokra,
- ❖ Pozostawianie rozłożonej warstwy geosyntetycznej przez dłuższy okres czasu bez przykrycia warstwą bitumiczną i narażenie jej na zamoknięcie.

Na obydwu etapach działań, tj. projektowania i wykonawstwa, może wystąpić ten sam błąd, związany z brakiem powiązania geosyntetyku z warstwą bitumiczną. Brak powiązania pomiędzy warstwami daje w konsekwencji szybkie zniszczenie górnych warstw na geosyntetyku, działającym jako warstwa poślizgowa. Pod wpływem poziomych sił tarcia zwiększanych podczas przyspieszania i hamowania pojazdów, górna warstwa bitumiczna ulega przemieszczeniom, rozrywaniu, pozwalając na swobodną penetrację wody opadowej i w konsekwencji powodując destrukcję warstwy.

▪

## **PODSUMOWANIE – 10 PRZYKAZAŃ DLA STOSUJĄCYCH GEOSYNTETYKI W NAPRAWACH NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH**

- 1. Właściwie zaprojektowana i wykonana warstwa pośrednia z geosyntetyku przedłuża trwałość nawierzchni o kilka lat. Warstwa źle zaprojektowana i/lub niewłaściwie wykonana przynosi więcej szkody niż pożytku i skraca trwałość naprawy.**
- 2. Każde zastosowanie geosyntetyków jako warstw pośrednich do napraw nawierzchni asfaltowych przeprowadzane w ramach remontu lub przebudowy nawierzchni wymaga na etapie projektowania:**
  - przeanalizowania wyników badań przeprowadzonych w ramach oceny stanu istniejącej nawierzchni wraz ze stanem podłoża,**

- **przeanalizowania warunków prognozowanych obciążeń,**
- **nawiązania się do wyników powyższych badań i analiz w projekcie technologii,**
- **skonsultowania projektu technologii ze specjalistą.**

**3. Na etapie wykonawstwa, przynajmniej w jego początkowym okresie należy zapewnić nadzór wykwalifikowanego personelu technicznego.**



**4. Należy pamiętać, że geowłóknina igłowana nie zmniejsza ugięcia i nie poprawia nośności. Jeżeli nośność będzie niewystarczająca – spękania odbite pojawią się znowu. Korzyścią w tym przypadku będzie tylko fakt, że właściwie zaprojektowany i wykonany system absorbujący naprężenia, który pozostaje nadal w dobrym stanie, uniemożliwi penetrację wody w głąb konstrukcji nawierzchni.**

5. W naszym klimacie do przyklejenia geosyntetyku najbardziej efektywne jest lepiszczce modyfikowane elastomerem. W przypadku stosowania emulsji asfaltowej, geosyntetyk należy układać po jej rozpadzie i po odparowaniu wody. Jeżeli tego warunku nie można dochować, geosyntetyk należy przykleić asfaltem, o penetracji np.70 °P, modyfikowanym elastomerem
6. Należy chronić geosyntetyk od zamoczenia przed wbudowaniem, nie wolno układać geosyntetyku na mokrym podłożu.
7. Nie wolno zostawiać rozłożonego geosyntetyku na noc bez przykrycia, jeśli jest obawa wystąpienia opadów.
8. Należy ograniczać ruch budowlany na geosyntetyku.
9. Przed ułożeniem warstwy bitumicznej należy zlikwidować fałdy na geosyntetyku, i naprawić miejsca odklejone od podłoża.

**10. Zastosowanie geosyntetyku nie naprawi błędów przy wykonaniu przykrywającej ją warstwy bitumicznej. Jeżeli górna warstwa bitumiczna będzie zbyt cienka i sztywna (niewysoka zawartość asfaltu o dużej lepkości), – spękania odbite wkrótce pojawią się znowu . Brak właściwego związania geosyntetyku z warstwa dolną spowoduje przedwczesne zniszczenie górnych warstw asfaltowych.**

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

---