

Wytyczne projektowe konstrukcji nawierzchni dróg (budowa, przebudowa, remont nawierzchni drogi, skrzyżowań)

1. Okresy eksploatacji nawierzchni

Przy projektowaniu nawierzchni drogi wojewódzkiej klasy G należy przyjąć 30 letni okres eksploatacji nowych lub przebudowanych konstrukcji podatnych lub półsztywnych oraz 10 letni nawierzchni remontowanych. Okresy eksploatacji są takie same dla wszystkich elementów jezdni, tj. zasadniczych i dodatkowych pasów ruchu, pasów awaryjnych, pasów włączania i wyłączania.

2. Sposób wyznaczenia obciążenia ruchem.

Dla sieci dróg wojewódzkich należy przyjąć, że mogą się po nich poruszać pojazdy o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi do 11,5 tony.

Do projektowania konstrukcji nawierzchni drogi należy przyjąć średni dobowy ruch w roku (SDR) w przekroju drogi, prognozowany dla połowy okresu eksploatacji. Pojazdy powinny być przeliczone na liczbę osi obliczeniowych 100kN na dobę na obliczeniowy pas ruchu, za pomocą wzoru:

$$L = (N_1 \times r_1 + N_2 \times r_2 + N_3 \times r_3) \times f_1 \times f_2 \times f_3$$

gdzie:

- L – liczba osi obliczeniowych na dobę na obliczeniowy pas ruchu,
- N_1 – średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep w przekroju drogi, w połowie okresu eksploatacji,
- N_2 – średni dobowy ruch pojazdów członowych (samochodów ciężarowych z przyczepami i ciągników siodłowych z naczepami) w przekroju drogi, w połowie okresu eksploatacji,
- N_3 – średni dobowy ruch autobusów w przekroju drogi, w połowie okresu eksploatacji,
- f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu określony zgodnie z tabelą a₁,
- f_2 – współczynnik szerokości pasa jezdni określony zgodnie z tabelą a₂,
- f_3 – współczynnik pochylenia podłużnego jezdni określony zgodnie z tabelą a₃,
- r_1, r_2, r_3 – współczynniki przeliczeniowe na osie obliczeniowe określone zgodnie z tabelą b.

Liczba osi obliczeniowych stanowi podstawę do ustalenia kategorii ruchu na drodze zgodnie z tabelą c. Dla określenia kategorii ruchu na rondach należy obliczyć L dla najbardziej obciążonego pasa ruchu i przyjąć najbliższą wyższą kategorię ruchu.

Tabela a₁

Liczba pasów ruchu w obu kierunkach		Współczynnik obliczeniowego pasa ruchu f_1
droga jednojezdniowa	droga dwujezdniowa	
2	-	0,50
3	-	0,50
4	4	0,45
-	6	0,40
-	8	0,40

Tabela a₂

Szerokość pasa [m]	Współczynnik f_2
poniżej 2,50	2,00
2,50 do poniżej 2,75	1,80
2,75 do poniżej 3,25	1,40
3,25 do poniżej 3,75	1,10
3,75 i więcej	1,00

Tabela a₃

Pochylenie maksymalne [%]	Współczynnik f_3
poniżej 2	1,00
2 do poniżej 4	1,02
4 do poniżej 5	1,05
5 do poniżej 6	1,09
6 do poniżej 7	1,14
7 do poniżej 8	1,20
8 do poniżej 9	1,27
9 do poniżej 10	1,35
10 i więcej	1,45

Tabela b

Rodzaj pojazdu	Współczynnik przeliczeniowy na osie obliczeniowe
1	2
samochód ciężarowy bez przyczepy	$r_1 = 1,987$
pojazd członowy (samochód ciężarowy z przyczepami, ciągnik siodłowy z naczepą)	$r_2 = 3,927$
autobus	$r_3 = 2,927$

Tabela c

Kategoria ruchu	Liczba osi obliczeniowych 100kN na dobę, na pas obliczeniowy L	Liczba osi obliczeniowych 100kN w okresie obliczeniowym 30 lat
KR1	poniżej 13	poniżej 135 000
KR2	13 ÷ 70	135 000 ÷ 765 000
KR3	71 ÷ 335	765 001 ÷ 3 750 000
KR4	336 ÷ 1000	3 750 001 ÷ 10 950 000
KR5	1001 ÷ 2000	10 950 001 ÷ 21 900 000
KR6	2001 ÷ 3000	21 900 001 ÷ 32 850 000
KR6+	3001 i więcej	32 850 001 i więcej

3. Konstrukcja nawierzchni.

Grubość konstrukcji drogi należy tak ustalić, żeby zagwarantowane były:

- wystarczająca nośność i trwałość zmęczeniowa,
- wystarczająca mrozoodporność.

Miarodajna jest większa grubość wynikowa.

Ponad to przy projektowaniu nowych dróg należy spełnić warunek, aby konstrukcja nawierzchni, pod obciążeniem osi obliczeniowej, wykazywała odkształcenia rozciągające na poziomie spodu warstwy bitumicznej nie większe niż 65 $\mu\text{m}/\text{m}$ oraz odkształcenia ściskające przekazywane przez podbudowę na podłoże nie większe niż 200 $\mu\text{m}/\text{m}$.

Analiza warunków gruntowo-wodnych i określenie grupy nośności podłoża.

Rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych przeprowadza się na podstawie wyników badań polowych i laboratoryjnych. Wykonuje się odwierty w podłożu gruntowym do głębokości co najmniej 2,0m poniżej projektowanej niwelety korony robót ziemnych. Ustala się rodzaj i właściwości gruntów pod względem wysadzinowości na podstawie badania zawartości drobnych cząstek, wskaźnika piaskowego i kapilarności biernej.

Poziom zwierciadła wody gruntowej określa się na podstawie dostępnych najwyższych notowań poziomu w okresie największych opadów atmosferycznych lub wysokich stanów wód powierzchniowych. Według Katalogu [2.1] [Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa 1997] warunki wodne klasyfikuje się jako dobre, złe lub przeciętne w zależności od głębokości poniżej spodu konstrukcji nawierzchni poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej. Znając rodzaj gruntu podłoża i warunki wodne określa się grupę nośności podłoża nawierzchni G_1 .

Wybór metody wzmocnienia słabego podłoża

Podłoża gruntowe z grupy nośności G_2 , G_3 , G_4 muszą być wzmocnione do poziomu nośności G_1 . Zalecane są dwa podstawowe sposoby wzmocnienia:

- 1) wymiana warstwy gruntu podłoża nawierzchni na warstwę materiału niewysadzinowego,
- 2) ulepszenie gruntu w górnej warstwie podłoża dodatkiem spoiwa hydraulicznego.

Według pierwszego sposobu wymianie powinny podlegać warstwy o grubości zależnej od grupy nośności podłoża i wskaźnika CBR warstwy nowej (tabela d).

Tabela d Grubość wymienianej warstwy gruntowego podłoża G_2 , G_3 , G_4

Wskaźnik nośności CBR nowej warstwy, %	Grubość nowej warstwy podłoża w zależności od grupy nośności istniejącego podłoża, cm		
	G_2	G_3	G_4
20	30	50 ^{*)}	75 ^{*)}
25	25	40 ^{*)}	60 ^{*)}
^{*)} Zalecane wzmocnienie podłoża gruntowego geosyntetykiem			

Ulepszenie gruntu poprzez stabilizację spoiwem hydraulicznym związane jest z wykonaniem:

- 10-centymetrowej warstwy z gruntu stabilizowanego spoiwem (cementem, wapnem, aktywnym popiołem lotnym) o $R_m = 1,5$ MPa na podłożu o grupie nośności G_2 ,
- 15-centymetrowej warstwy z gruntu stabilizowanego spoiwem o $R_m = 2,5$ MPa na podłożu o grupie nośności G_3
- 25-centymetrowej warstwy z gruntu stabilizowanego spoiwem o $R_m = 2,5$ MPa na podłożu o grupie nośności G_4

Na podłożu G_4 zamiast jednej grubej sztywnej warstwy można ułożyć 2 warstwy stabilizowane cementem po 15cm, z których warstwa górna charakteryzuje się $R_m=2,5$ MPa, warstwa dolna – $R_m=1,5$ MPa.

Projektant dobierając metodę wzmocnienia podłoża powinien również uwzględnić ewentualne wystąpienie ciężkiego ruchu technologicznego podczas budowy.

Zapewnienie warunku odwodnienia konstrukcji

Warstwa odsączająca powinna być zaprojektowana z materiałów mrozoodpornych o współczynniku filtracji $k \geq 8$ m/dobę. Grubość takiej warstwy powinna być równa co najmniej 15cm, a szerokość obejmować cały korpus drogowy. Gdy nie jest spełniony warunek szczelności, należy projektować również warstwę odcinającą, grubości co najmniej 10cm, pomiędzy warstwą odsączającą i podłożem gruntowym nieulepszonym spoiwem.

Wybór konstrukcji nawierzchni.

Konstrukcję nawierzchni należy zaprojektować z uwzględnieniem standardów ZDW w Katowicach tj. warstwa ścieralna 4cm, warstwa wiążąca 8cm, podbudowa bitumiczna min. 12cm. Konstrukcję należy uzgodnić z zarządem drogi.

Sprawdzenie warunku mrozoodporności

Głębokość przemarzania gruntu w północnej części województwa śląskiego należy przyjąć 1,0m. Głębokość przemarzania gruntu w południowej części województwa śląskiego należy przyjąć 1,2m. Część północną od południowej rozdziela linia wyznaczona przez drogę ekspresową S1 od granicy państwa w Cieszynie do skrzyżowania z drogą krajową nr 52 w Bielsku-Białej i dalej droga krajowa nr 52 do granicy województwa w Kętach.

Warunek mrozoodporności sprawdza się dla konstrukcji nawierzchni posadowionych na podłożach wysadzinowych i wątpliwych. Należy określić czy rzeczywista grubość wszystkich warstw nawierzchni i ulepszanego podłoża nie jest mniejsza od wartości podanej w tabeli e i jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to należy najniżej położoną warstwę ulepszanego podłoża pogrubzić do wartości wymaganej. W tabeli e h_z oznacza głębokość przemarzania gruntów w miejscu projektowanej drogi.

Tabela e Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni ze względu na mrozoodporność

Kategoria ruchu	Grupa nośności podłoża gruntowego		
	G_1 i G_2	G_3	G_4
KR1	0,40 h_z	0,50 h_z	0,60 h_z
KR2	0,45 h_z	0,55 h_z	0,65 h_z
KR3	0,50 h_z	0,60 h_z	0,70 h_z
KR4	0,55 h_z	0,65 h_z	0,75 h_z
KR5	0,60 h_z	0,70 h_z	0,80 h_z
KR6	0,65 h_z	0,75 h_z	0,85 h_z

Istnieje przypadek, dla którego nie zachodzi potrzeba sprawdzania warunku mrozoodporności. Dotyczy to konstrukcji spełniających warunek nośności, a jednocześnie posiadających najniżej położoną warstwę podłoża wykonaną na całej szerokości korpusu drogowego z gruntu stabilizowanego spoiwem o $R_m = 1,5$ MPa, i grubości co najmniej 15cm.

Materiały warstw konstrukcji nawierzchni

Warstwa ścieralna wg WT ZDW:

„Wytyczne Techniczne Mieszanka mastyksowo-grysowa SMA 11 do warstwy ścieralnej obciążonej ruchem KR5-KR6”

„Wytyczne Techniczne Beton asfaltowy AC 11 do warstwy ścieralnej”

Warstwa wiążąca wg WT ZDW:

„Wytyczne Techniczne Beton asfaltowy AC 16 do warstwy wiążącej obciążonej ruchem KR5-KR6”

„Wytyczne Techniczne Beton asfaltowy AC 22 do warstwy wiążącej obciążonej ruchem KR5-KR6”

Podbudowa zasadnicza wg WT ZDW

„Wytyczne Techniczne Beton asfaltowy AC 22 do warstwy podbudowy obciążonej ruchem KR5-KR6”

Podbudowa pomocnicza wg WT ZDW

„Wytyczne Techniczne Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie o grubości 20cm”

Związanie międzywarstwowe wg WT ZDW

„Wytyczne Techniczne Związania międzywarstwowe oraz połączenia i grubości pakietów warstw”

4. Dokumentacja projektowa na przebudowę (remont) drogi wojewódzkiej powinna zawierać:

1. Rozpoznanie stanu istniejącej nawierzchni, z ustaleniem jej konstrukcji i rodzaju materiału w warstwach.
2. Badania geotechniczne pozwalające na zakwalifikowanie podłoża do właściwej grupy nośności, określenie warunków gruntowo – wodnych z oceną stanu technicznego tego podłoża, zgodnie z załącznikiem nr 4 do [1.1] Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999r. (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430).
3. Inżynierskie uzasadnienie przyjętej technologii remontu nawierzchni, oparte na wykonanej diagnostyce istniejącej nawierzchni poprzez: badanie nawierzchni ugięciomierzem dynamicznym FWD lub w przypadku przewidywanych mniejszych obciążeń ruchem, badania ugięciomierzem Benkelmana.
Ustalenie obciążenia ruchem.
4. Ustalenie nośności zmęczeniowej istniejącej nawierzchni, jak również ustalenie nośności zmęczeniowej w założonym 30 letnim okresie eksploatacji. Powyższe dane pozwolą na ustalenie prawidłowej technologii wykonania remontu, mając na uwadze zalecenia KWIRNPIP [2.2] (Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych).
W przypadku wystąpienia poszerzeń nawierzchni jezdni drogi wojewódzkiej (np. w związku z korektą łuku poziomego, dobudową chodnika), należy przyjąć następujący pakiet warstw bitumicznych, zgodnie z zał. nr 5 do [1.1] - Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej, pkt. 5.3.5.a („Drogi o ruchu kategorii KR 5”):
 - 4 cm – warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC11S z zastosowaniem asfaltu wielorodzajowego 35/50,
 - 8 cm – warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC22W lub AC16W z zastosowaniem asfaltu wielorodzajowego 35/50,
 - min. 16cm – podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P z zastosowaniem asfaltu wielorodzajowego 35/50 j.w.

Jeżeli z przeprowadzonych obliczeń wynika, że kategoria obciążenia ruchem jest niższa od KR5, w nowo zaprojektowanej konstrukcji nawierzchni na przebudowywanym odcinku drogi wojewódzkiej – należy przyjąć następujący, skorygowany pakiet warstw bitumicznych, mając na uwadze standardy stosowane przez tut. Zarząd:

- 4 cm - warstwa ścieralna z mieszanki mastyksowo – grysowej SMA11S z zastosowaniem w zależności od zakresu robót – asfaltu modyfikowanego polimerami 45/80-55 (w ciągu drogi lub na obiekcie mostowym), albo 25/55-60 (w strefach skrzyżowania),

- 8 cm - warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC22W lub AC16W z zastosowaniem asfaltu wielorodzajowego 35/50 (w ciągu drogi) lub modyfikowanego polimerami 25/55-60 (w strefach skrzyżowania),
- 16 cm - podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P z zastosowaniem asfaltu wielorodzajowego 35/50 (w ciągu drogi) lub modyfikowanego polimerami 25/55-60 (w strefach skrzyżowania).

Podbudowę pomocniczą grubości min. 20cm – należy zaprojektować z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie (wg WT ZDW).

Dla podłoża gruntowego różnego od G1 – dokonać jego wzmocnienia – zgodnie z zał. nr 4, pkt. 5 Rozporządzenia [1.1] doprowadzając go do G1.

Na podłożu doprowadzonym do G1, moduł wtórnego (sprężystego) odkształcenia tego podłoża - nie powinien być mniejszy niż 120 MPa ($E_{v2} \geq 120$ MPa).

W zaprojektowanej konstrukcji nawierzchni należy sprawdzić, czy spełnia ona warunek na mrozoodporność.

Należy zwrócić uwagę na właściwe zagęszczenie podbudowy na całej szerokości przed ułożeniem na niej w/w pakietu warstw bitumicznych. Nośność podbudowy na górze warstwy mierzona płytą o średnicy 30 cm powinna odpowiadać warunkom:

- min. moduł odkształcenia pierwotnego (od pierwszego obciążenia) $E_1 \geq 100$ MPa,
- min. moduł odkształcenia wtórnego (od drugiego obciążenia) $E_2 \geq 180$ MPa.

Zagęszczenie podbudowy stabilizowanej mechanicznie należy uznać za prawidłowe, gdy proporcje $E_2/E_1 \leq 2,2$

5. Przebudowa (budowa) skrzyżowań

Materiałem wejściowym przed przystąpieniem do projektowania przebudowy skrzyżowania powinny być aktualne wyniki pomiarów ruchu na skrzyżowaniu (2 x 12 godzin) wykonane w dzień powszedni i w dzień wolny od pracy w godz. 6⁰⁰ – 18⁰⁰.

Przebudowę (budowę) skrzyżowań zaprojektować przy spełnieniu warunków:

- Wytycznych do Projektowania Skrzyżowań Drogowych
 - Część I „ Skrzyżowania Zwykłe i Skanalizowane ”
 - Część II „ Ronda ”opracowanych przez Katedrę Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu Politechniki Krakowskiej na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych - Warszawa 2001 r.
- Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej [1.1] z dnia 02.03.1999r. (Dz.U. z 1999 r., nr 43, poz. 430, Rozdział 13 „Skrzyżowania i zjazdy”).

W wypadku zaprojektowania skrzyżowania w formie RONDA, ze względu na specyficzne obciążenie ronda spowolnionym ruchem ciężkim, konstrukcję nawierzchni na rondzie zaprojektować na obciążenie ruchem KR6 (o pakiecie warstw bitumicznych 4 + 8 + 20 = 32 cm). Zastosować krawężniki kamienne. Warstwę ścieralną na pierścieniu ronda oraz na wybrukowanych powierzchniach, wykonać z wielkowymiarowej kostki granitowej (np. 18/18 cm, 16/20 cm) osadzonej w mieszance betonowej na mokro, z dokładnym wypełnieniem od góry spoin między poszczególnymi kostkami zaprawą cementowo – piaskową.

Przy lokalizacji oświetlenia na wyspie centralnej ronda (co jest rekomendowane), należy zapewnić utwardzony dojazd o odpowiednich wymiarach dla pojazdu serwisowego.

Dla upewnienia się, czy zaprojektowana geometria skrzyżowania (np. ronda czy skrzyżowania skanalizowanego) jest prawidłowa, należy sprawdzić jego przejezdność dla pojazdu miarodajnego.

6. Oznakowanie poziome.

Standard oznakowania poziomego stosowanego na drogach wojewódzkich wg WT ZDW „*Wytyczne Techniczne Oznakowanie poziome*”

7. Oznakowania pionowe

- wielkość znaków średnie z wyjątkiem dużych znaków stosowanych na drogach dwujezdniowych poza obszarem zabudowanym oraz na drogach dwujezdniowych w obszarze zabudowanym, na których dopuszczalna prędkość jest większa niż 60 km/h,
- tarcza znaku z blachy stalowej ocynkowanej ogniowo z podwójnie zagiętą krawędzią na całym obwodzie,
- lico znaku z folii odblaskowej II generacji,
- konstrukcja wsporcza – jeden lub dwa słupki z profilu stalowego ocynkowanego ogniowo z fundamentem betonowym,
- na odwrocie znaku powinna być umieszczona nalepka z nazwą producenta, datą wykonania znaku, podstawą dopuszczenia do stosowania.

8. Przepisy związane

[1.1] Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999r. (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430)

[2.1] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa 1997.

[2.2] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa 2001.

KONIEC