

Nawierzchnie betonowe w świetle nowego „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych”

Rosnący ruch pojazdów w ciągu wielu międzynarodowych korytarzy prowadzących przez Polskę wymusił zmiany w projektowaniu konstrukcji nawierzchni. W świetle zapotrzebowania na nowe, bardziej nośne konstrukcje został zweryfikowany i zaktualizowany „Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych” wydany w 2001 roku, który z kolei miał swoją poprzednią wersję w roku 1997.

Aktualnie po ponad 10 latach stosowania katalogu, nawierzchnie betonowe znalazły uznanie wśród inwestorów, projektantów i wykonawców, i są stosowane zarówno na sieci dróg autostradowych, krajowych jak i dróg gminnych. Pojawiły się nowe normy materiałowe, nowe technologie konstruowania, wbudowywania, wykańczania nawierzchni. Zdobyto nowe doświadczenia oraz obserwacje, co sprawia, że poprzedni katalog był przestarzały i nie uwzględniał nowych tendencji występujących w tej dziedzinie. Warto zaznaczyć, że pod koniec 2011 roku oddano do eksploatacji najdłuższy odcinek autostradowy w Polsce, na autostradzie A2, o długości ok. 106 km, wybudowany wg najnowszych standardów światowych. Warstwa wierzchnia została wykonana w technologii „odkrytego kruszywa” w celu poprawienia warunków ruchu oraz zmniejszenia hałasu.

Niniejsza publikacja jest kontynuacją tematyki zawartej w kwartalniku: „Budownictwo, Technologie, Architektura”, nr 3(67)/2014 lipiec – wrzesień (dotyczącej dróg niższych klas, przeznaczonych dla dróg gminnych). Zaprezentowano uzupełniające informacje dotyczące zasad doboru konstrukcji dla

wyższych kategorii oraz opisano wymagania materiałowe, decydujące o wymaganej nośności konstrukcji. Opisano także elementy, jakie uwzględniano przy tworzeniu nowego katalogu.

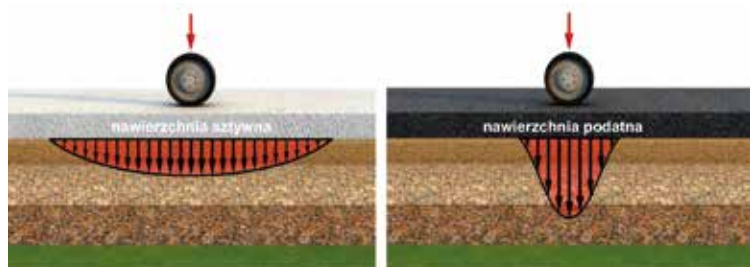
Warto przypomnieć istotne zagadnienia związane z nawierzchniami betonowymi. Posiadają one wiele zalet związanych np. z wysokim bezpieczeństwem związanym z jasną kolorystyką oraz dobrymi właściwościami przeciwpoślizgowymi. Uwzględniając zarówno koszty budowy jak i późniejszego utrzymania, posiadają zdecydowaną przewagę nad innymi typami nawierzchni w okresie 20-30-letnim. Ponadto posiadają wymaganą nośność i zdolność do przenoszenia dużych obciążeń z uwagi na rozkładanie nacisku na większej powierzchni (rys. 1).

Zmniejszone jest także w dużym stopniu obciążenie niższych warstw, co przyczynia się do znacznego obniżenia jej odkształcenia. Wzrost grubości płyty betonowej znacznie zwiększa zdolność do przenoszenia dużych obciążeń, co w przypadku obciążeń ponadnormatywnych stanowi zdecydowaną przewagę nad innymi nawierzchniami.

Konstrukcją nawierzchni z betonu cementowego nazywa się zespół warstw ułożonych na naturalnym lub ulepszonym podłożu gruntowym. Służy ona do przejmowania i przenoszenia na podłoże gruntowe obciążeń pochodzących od kół pojazdów i innych wpływów zewnętrznych. Na rys. 2 pokazano kompletny układ warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych.

Warstwy górne konstrukcji nawierzchni stanowi warstwa nawierzchniowa (płyta dyblowana i kotwiona, niedyblowana, zbrojona), warstwa poślizgowa i podbudowa zasadnicza. Mają one podstawowe znaczenie w przenoszeniu obciążeń od ruchu drogowego. Warstwy te dobierane są w zależności od kategorii ruchu oraz od typu podbudowy zasadniczej. Natomiast dolne warstwy konstrukcji nawierzchni, warstwa podbudowy pomocniczej i warstwa mrozochronna, stanowią „fundament” dla warstw górnych konstrukcji na-

Rys. 1. Rozkład nacisku od obciążenia w nawierzchni podatnej i sztywnej



Rys. 2. Schemat warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża



wierzchni. Warstwy te dobierane są w zależności od grupy nośności podłoża gruntowego i od wymaganej nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni. Warstwa mrozochronna może pełnić także funkcję warstwy odsączającej. Konstrukcja nawierzchni spoczywa na podłożu gruntowym nawierzchni. W razie potrzeby podłoża gruntowe nawierzchni może być wzmocnione przez wykonanie na jego górnej powierzchni warstwy ulepszonego podłoża.

Punktem wyjścia w procedurze katalogowej jest określenie ruchu projektowego przypadającego na pas obliczeniowy. Określa go się dla dwóch wartości osi standardowych (wzór 1 i 2). Wybór osi standardowych (115 kN lub 100 kN) do wyznaczenia kategorii ruchu nie jest bezpośrednio związany z wymaganiami maksymalnych dopuszczalnych nacisków. Zaleca się jednak powiązać wartość osi standardowej z dopuszczalnym naciskiem dla danej drogi publicznej.

$$N_{100} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{100} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{100} + N_A \cdot r_A^{100}) \quad (1)$$

$$N_{115} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{115} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{115} + N_A \cdot r_A^{115}) \quad (2)$$

gdzie:

N_{100} – ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy,

N_{115} – ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy,

N_A – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba autobusów (A) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,

N_C – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,

N_{C+P} – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,

r_A^{100} – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN,

r_A^{115} – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 115 kN,

r_C^{100} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN,

f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu,



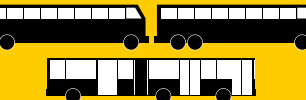
f_2 – współczynnik szerokości pasa ruchu,

f_3 – współczynnik pochylenia niwelety.

W grupie pojazdów ciężkich rozróżnia się (podobnie jak w poprzednim katalogu) trzy rodzaje sylwetek pojazdów: C – samochody ciężarowe bez przyczep, C+P – samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami, A – autobusy. Należy zwrócić uwagę, że sumaryczna liczba pojazdów podawana jest w całym okresie projektowym, a nie jak poprzednio przyjmowano w połowie okresu eksploatacji. Może być określona dla jednego kierunku ruchu lub dla dwóch kierunków ruchu na danej drodze, z odpowiednim uwzględnieniem współczynnika obliczeniowego pasa ruchu f_1 . Współczynniki „f” zostały szczegółowo zaprezentowane w poprzednim artykule (BTA nr 3/2014, s. 46-51).

Nowe współczynniki przeliczeniowe zostały opracowane na podstawie analizy danych ze stacji ważenia

Tab. 1. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe 100 kN i 115 kN

Lp.	Rodzaje pojazdów	Przykładowe typy sylwetek pojazdów	Współczynnik przeliczeniowy r	
			Oś standardowa 100 kN	Oś standardowa 115 kN
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep C		0,347	0,130
2.	Samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami C+P		3,946	1,483
3.	Autobusy A		0,530	0,199

Tab. 2. Klasyfikacja ruchu projektowego (30 lat)

Kategoria ruchu	N_{100} – sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym (30 lat) [milion osi 100 kN na pas obliczeniowy]	N_{115} – sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN w całym okresie projektowym (30 lat) [milion osi 115 kN na pas obliczeniowy]
KR1	$0,045 < N_{100} \leq 0,15$	$0,017 < N_{115} \leq 0,06$
KR2	$0,15 < N_{100} \leq 0,75$	$0,06 < N_{115} \leq 0,28$
KR3	$0,75 < N_{100} \leq 6,39$	$0,28 < N_{115} \leq 2,40$
KR4	$6,39 < N_{100} \leq 15,99$	$2,40 < N_{115} \leq 6,00$
KR5	$15,99 < N_{100} \leq 42,63$	$6,00 < N_{115} \leq 16,00$
KR6	$42,63 < N_{100} \leq 101,25$	$16,00 < N_{115} \leq 38,00$
KR7	$N_{100} > 101,25$	$N_{115} > 38,00$

pojazdów w ruchu na drogach krajowych w Polsce w ostatnich 4 latach. Ponadto uwzględniają one zróżnicowanie pojazdów pod względem konfiguracji osi i ich obciążenia. Należy jednak pamiętać, że ze względu na możliwość zmiany struktury ruchu oraz zwiększenia liczby danych z nowych punktów ważenia pojazdów w ruchu, współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe mogą w przyszłości zostać zaktualizowane. W tab. 1 pokazano wartości współczynników dla osi 100 kN i 115 kN. Znajomość osi standardowych pozwala następnie projektantowi określić kategorię ruchu od KR1 do KR7. W tab. 2 pokazano klasyfikację ruchu dla okresu 30 lat.

W dalszym etapie należy określić warunki gruntowe i wodne. Na ich podstawie określa się grupę nośności podłoża (G1 – G4) i przyjmuje się odpowiednie wzmocnienie. Procedurę tę zaprezentowano w poprzedniej publikacji dla nawierzchni dla ruchu KR1 i KR2. W porównaniu do katalogu poprzedniego zwrócono uwagę na wymaganą nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni (tab. 3) określoną wartością wtórnego modułu odkształcenia E_2 , wyznaczonego z badania płytą pod naciskiem statycznym.

Lp.	Kategoria ruchu	Wymagana nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni
1.	KR1-KR2	$E_2 \geq 80$ MPa
2.	KR3-KR4	$E_2 \geq 100$ MPa
3.	KR5-KR7	$E_2 \geq 120$ MPa

Tab. 3. Wymagania w zakresie nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu

Tab. 4. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR5, KR6 i KR7 ($E_2 \geq 120$ MPa). Grubości warstw podano w cm

		TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4	PP 15 WM 20 WUP 25 120 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 20 WUP 40 120 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 17 WM 25 WUP 25 120 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 35 WUP 40 120 MPa 50 MPa 25 MPa	LEGENDA PP – podbudowa pomocnicza WM – warstwa mrozochronna WUP – warstwa ulepszonego podłoża ▼ – wymagany wtórny moduł okształcenia E_2 WUP* W przypadku typów 2 i 4 dla grupy nośności G2 WUP celowo przyjęta nad warstwą o nośności 50 MPa ze względu na ujednoczenie technologii z konstrukcjami podanymi w przypadku G3 i G4
	G3	PP 15 WM 20 WUP 25 120 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 20 WUP 25 120 MPa 50 MPa 35 MPa	PP 17 WM 25 WUP 20 120 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 35 WUP 25 120 MPa 50 MPa 35 MPa	
	G2	PP 15 WM 20 120 MPa 50 MPa	PP 17 WUP* 20 120 MPa 50 MPa	PP 17 WM 25 120 MPa 50 MPa	PP 25 WUP* 20 120 MPa 50 MPa	
	G1	PP 15 120 MPa 80 MPa	PP 15 120 MPa 80 MPa	PP 17 120 MPa 80 MPa	PP 17 120 MPa 80 MPa	

warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę

warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa ulepszonego podłoża pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę

podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym

podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$

warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem

Typowe rozwiązania dla wyższych kategorii ruchu, obejmujące warstwę ulepszonego podłoża i dolne warstwy konstrukcji nawierzchni, przedstawiono w tab. 4 i 5.

Nowy Katalog zaleca dla gruntu o niskiej nośności zastosowanie geosyntetyków. W szczególności dla podłoża G3 lub G4. Wzmocnienie geosyntetykami pozwala zredukować grubość wzmocnienia.

Wybór górnych typowych konstrukcji dobiera się w zależności od rodzaju podbudowy i kategorii ruchu (tab. 6-8). Podbudowa zasadnicza może być wykonana z mieszanek niezwiązanych (zawartość ziaren przekruszonych lub łamanych oraz całkowicie zaokrąglonych $C_{50/30}$, $C_{90/3}$), betonu asfalto-

wego, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi (wytrzymałość C5/6, C8/10), gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi (wytrzymałość C3/4, C5/6).

Dla kategorii ruchu KR1 i KR2 stosuje się płytę betonową niedyblowaną. Dla kategorii KR3, KR4, KR5, KR6 oraz KR7 należy zastosować dyble w szczelinach poprzecznych oraz kotwy w szczelinach podłużnych. Dla konstrukcji nawierzchni o ruchu KR7 i podbudowie z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym można zastosować także płytę betonową o zbrojeniu ciągłym, bez szczelin dylatacyjnych. W przypadku nawierzchni lub dwuwarstwowym w technologii kla-

Tab. 5. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR3 i KR4 ($E_2 \geq 100$ MPa). Grubości warstw podano w cm

		TYP 5	TYP 6	TYP 7 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)	TYP 8	TYP 9	
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4	PP 15 WM 20 WUP 25 100 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 18 WUP 40 100 MPa 50 MPa 25 MPa	WM 22 WUP 25 100 MPa 50 MPa 25 MPa	WM 28 WUP 25 100 MPa 50 MPa 25 MPa	PP 24 WUP 40 100 MPa 50 MPa 25 MPa	LEGENDA PP – podbudowa pomocnicza WM – warstwa mrozochronna WUP – warstwa ulepszonego podłoża ▼ – wymagany wtórny moduł okształcenia E_2 WM* Warstwa mrozochronna w typach 7 i 8 dla grupy nośności G1 została zastosowana tylko w celu zwiększenia nośności i w tym przypadku nie pełni roli przeciwdziałania wysadzinom. Jej zastosowanie ma na celu ujednoczenie technologii z konstrukcjami podanymi w typach 7 i 8 dla grup nośności G4, G3 i G2
	G3	PP 15 WM 20 WUP 20 100 MPa 50 MPa 35 MPa	PP 18 WUP 25 100 MPa 50 MPa 35 MPa	WM 22 WUP 20 100 MPa 50 MPa 35 MPa	WM 28 WUP 20 100 MPa 50 MPa 35 MPa	PP 24 WUP 25 100 MPa 50 MPa 35 MPa	
	G2	PP 15 WM 20 100 MPa 50 MPa	PP 18 100 MPa 50 MPa	WM 22 100 MPa 50 MPa	WM 28 100 MPa 50 MPa	PP 24 100 MPa 50 MPa	
	G1	PP 15 100 MPa 80 MPa	PP 15 120 MPa 80 MPa	WM* 18 100 MPa 80 MPa	WM* 22 100 MPa 80 MPa	PP 15 100 MPa 80 MPa	

warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę

warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem

warstwa mrozochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$

warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa ulepszonego podłoża pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę

Tab. 6. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka niezwiązana z kruszywa C90/3

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mIn osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 – 0,75	0,75 – 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mIn osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 – 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00
Typ I							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda:	warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywa C _{90/3} ▽ wymagany wtórny moduł odkształcenia E ₂						

sycznego teksturowania należy wykonać warstwy „mokre na mokre” z tej samej mieszanki betonowej. Dla płyty betonowej należy zapewnić odpowiednie wymagania wytrzymałości:

- na ściskanie wg PN-EN 206-1 dla KR1-KR4 – C30/37, dla KR5-KR7 – C35/45,
- na zginanie w 28. dniu wg PN-EN 12390-5 dla KR1-KR4 – 4,5 MPa, dla KR5-KR7 – 5,5 MPa,
- na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28. dniu wg PN-EN 12390-6, dla KR1-KR4 – 3,0 MPa, dla KR5-KR7 – 3,5 MPa.

W celu zapewnienia właściwej współpracy płyt w szczelinach stosuje się dyble (szczeliny poprzeczne) oraz kotwy (szczeliny podłużne). W katalogu w obliczeniach przyjęto płytę betonową z dy-

blami o rozstawie co 25 cm (średnica Φ25 mm, długość l=50 cm), kotwy o rozstawie co 100 cm (średnica Φ20 mm, długość l=80 cm). Dobór tych parametrów powinien zapewnić właściwą współpracę płyt betonowych oraz spełnić warunki naprężeń ściskających w betonie pod dyblem. Na rys. 3 pokazano typowy układ dybli i kotew w nawierzchni betonowej.

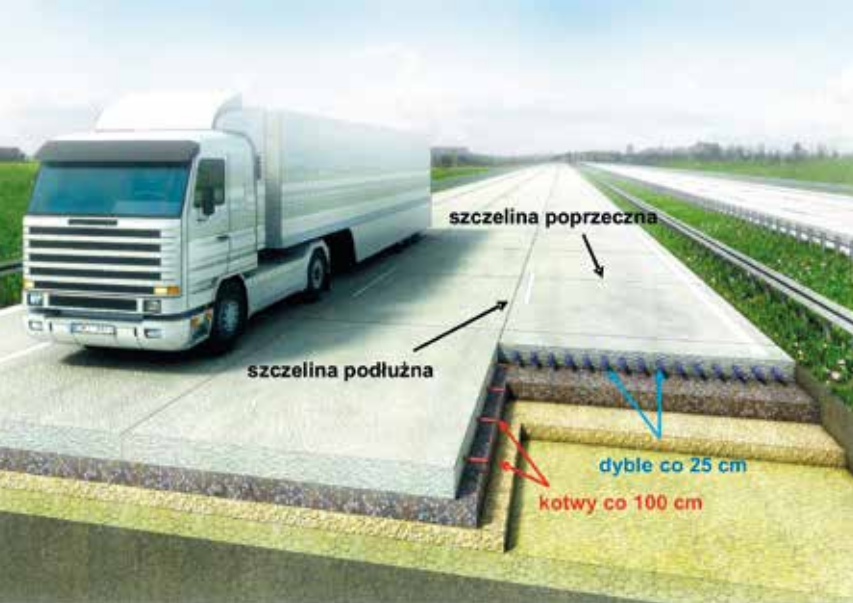
Ze względu na to, że beton wykazuje wrażliwość na działanie wpływów termicznych oraz wilgotnościowych w celu redukcji tych wpływów w nawierzchniach betonowych stosuje się system szczelin podłużnych i poprzecznych. Rozstaw szczelin w płycie jest uzależniony od tzw. długości krytycznej płyty L_{kryt}. Należy przestrzegać,

Tab. 7. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mIn osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 – 0,75	0,75 – 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mIn osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 – 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00
Typ II							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda:	warstwanawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego ▽ wymagany wtórny moduł odkształcenia E ₂						

Tab. 8. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C_{5/10} C_{8/10}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7	
Ruch projektowy (mIn osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 – 0,75	0,75 – 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25	
Ruch projektowy (mIn osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 – 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00	
Typ III	-	-	-					
	-	-	-	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	o ciągłym zbrojeniu
Legenda:	warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C _{5/6} warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C _{8/10} warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwardzenie lub geowłóknina warstwa poślizgowa: beton asfaltowy ▽ wymagany wtórny moduł odkształcenia E ₂							



Rys. 3. Układ dybli i kotew w nawierzchni dyblowanej z betonu cementowego

aby wymiary płyt betonowych w planie (a tym samym rozstawy szelk) nie przekraczały wymaganej długości. Przykładowo dla płyty o grubości 25 cm należy zachować odległości szelk około 5,5 m. Jest to związane z oddziaływaniem temperatury na płytę. Autorzy katalogu przeprowadzili na podstawie pomiarów terenowych wnikliwe analizy oddziaływania zmian dobowych temperatury na deformację i stan naprężeń w płycie. Na rys. 4 i 5 pokazano odkształcalność płyt długich i krótkich w zależności od oddziaływania temperatury. Dla płyt krótkich, ciężar nie powoduje powstawania znacznych naprężeń termicznych.

Dla nawierzchni zbrojonej w katalogu w obliczeniach przyjęto płytę betonową ze zbrojeniem: pręty poprzeczne o średnicy $\Phi 12$ mm i rozstawie co 70 cm (układane pod kątem 65°) oraz pręty podłużne o średnicy $\Phi 20$ mm i rozstawie co 18 cm

(układane na zakładkę 70 cm). Na rys. 6 pokazano typowy układ zbrojenia.

Potrzeby wynikające ze stosowania nawierzchni betonowych w związku z wzrastającym ciężkim ruchem drogowym są jak najbardziej uzasadnione. Nakłady finansowe na utrzymanie tego typu nawierzchni w długim okresie eksploatacji, jaki zapewniają nawierzchnie betonowe, sprawiają, że technologia ta jest coraz częściej stosowana w Polsce. Przykładem jest wiele realizacji autostrad i dróg ekspresowych. Planowane są także nowe odcinki w tej technologii.

Nowy katalog uwzględni dotychczasowe doświadczenia krajowe i zagraniczne w zakresie technologii budowy nawierzchni betonowych. W nomenklaturze, terminologii, klasyfikacji oraz sposobie wzmocnienia podłoża nawiązuje do katalogu nawierzchni podatnych.

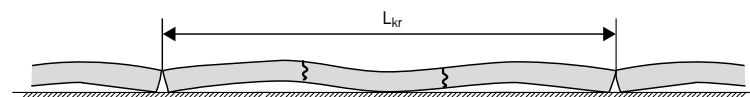
Na uwagę zasługuje rozszerzony zakres konstrukcji nawierzchni z uwzględnieniem nawierzchni o ciągłym zbrojeniu oraz różnych typów podbudowy z kruszywa. Pozwala to projektantowi i wykonawcy dokonać optymalnych wyborów i dostosować nawierzchnie do własnych potrzeb finansowych.

Uwzględnienie kryteriów zmęczenia przy doborze nawierzchni betonowych, zwiększonego nacisku osi, nowoczesnych rozwiązań technologicznych stawia niniejszy katalog na równi z innymi katalogami europejskimi.

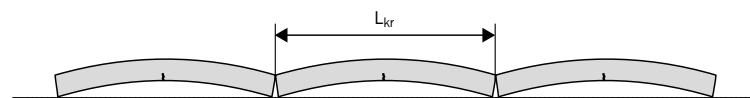
W mechanistycznej weryfikacji konstrukcji katalogowych autorzy przeanalizowali różnorodne sylwetki i konfiguracje pojazdów, co pozwoliło w konsekwencji określić nowe współczynniki agresywności, pozwalające na przeliczanie pojazdów na osie standardowe.

Ponadto przeanalizowano wpływy klimatyczne w nawierzchniach betonowych i wykorzystując własne pomiary, ustalono zależności korelacyjne zmian temperatury powietrza od gradientu temperatury w płytach betonowych. W proponowanych konstrukcjach betonowych uwzględniono wartości gradientów dodatnich i ujemnych, jakie występują w polskich warunkach klimatycznych. Autorzy mają nadzieję, że katalog posłuży kolejne kilkanaście lat.

dr inż. Piotr Mackiewicz
prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Politechnika Wrocławska
Zakład Dróg i Lotnisk



Rys. 4. Schemat odkształcenia płyt długich



Rys. 5. Schemat odkształcenia płyt krótkich



Rys. 6. Układ zbrojenia przy budowie autostrady A4