



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
INSTYTUT INŻYNIERII LĄDOWEJ
ul. Piotrowo 5 **61-138 Poznań**

L.dz. 12-741/05/JG/U

Poznań, dnia 18 listopada 2005 r.

Zakłady:

Dróg, Ulic i Lotnisk

Dróg Kolejowych

Budowy Mostów

Geotechniki i Geologii

Inżynierskiej

Geodezji

Zleceniodawca:

Aquanet S.A.
ul. Dolna Wilda 126
61-492 Poznań

Dotyczy: umowy o prace projektowe nr 543/WSW/2005

Opracowanie naukowe

Katalog konstrukcji nawierzchni dróg miejskich odtwarzanych po robotach rozbiórkowych wykonanych w celu likwidacji awarii sieci wodociagowych i kanalizacyjnych

Autorzy opracowania:

dr inż. Mieczysław Słowik
Kierownik Laboratorium Drogowego

prof. dr hab. inż. Wojciech Grabowski
Kierownik Zakładu Dróg, Ulic i Lotnisk

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Instytut Inżynierii Lądowej
tel. 665 22 16, fax 665 24 32
ul. Piotrowo 5, 61-138 Poznań
NIP 777-00-03-699

Z-ca Dyrektora Instytutu

dr hab. inż. Romuald Szukiewicz
profesor nadzwyczajny

Poznań, listopad 05

tel. (0-61) 66 52 433, 66 52 430

fax. (0-61) 66 52 432

Nr konta: Bank Zachodni WBK S.A. 6 O/Poznań 02 1090 1362 0000 0000 3601 7895

Regon: 000001608

NIP: 777-00-03-699

Spis treści

1. Podstawa wykonania opracowania	2
2. Materiały wyjściowe	2
3. Informacje wstępne	3
4. Opis dokumentacji fotograficznej	5
5. Założenia projektowe	11
6. Zestawienie zalecanych konstrukcji odtwarzanych nawierzchni	12
6.1. Nawierzchnie jezdni ulic	12
6.1.1. Ruch lekki (kategoria ruchu KR2)	12
6.1.2. Ruch średni (kategoria ruchu KR3-KR4)	13
6.1.3. Ruch ciężki (kategoria ruchu KR5)	14
6.2. Nawierzchnie zatok w rejonie przystanku autobusowego	15
6.2.1. Konstrukcje standardowe	15
6.2.2. Alternatywne konstrukcje nawierzchni zatok w rejonie przystanku autobusowego z warstwą ścierną z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej (typu DENSIPHALT®)	17
6.2.3. Alternatywne konstrukcje nawierzchni zatok w rejonie przystanku autobusowego z warstwą ścierną z betonu asfaltowego z wkładką metalową (typu METALFLEX®)	18
6.3. Nawierzchnie jezdni dróg (ulic) klasy L i D w strefie zamieszkania	19
6.4. Nawierzchnie stanowisk postojowych dla samochodów o ciężarze całkowitym nie większym niż 250 N	20
6.5. Nawierzchnie stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych	21
6.5.1. Alternatywne konstrukcje nawierzchni stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych z warstwą ścierną z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej (typu DENSIPHALT®)	23
6.6. Konstrukcje nawierzchni jezdni manewrowych	24
6.7. Nawierzchnie ścieżek rowerowych	24
6.8. Nawierzchnie chodników z dopuszczeniem postoju samochodów o ciężarze nie większym niż 250 N	25
6.9. Nawierzchnie chodników przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pieszych	26
7. Zalecenia technologiczne	27
7.1. Wymagania dotyczące zasypki wykopów	27
7.2. Wymagania dotyczące warstw podbudowy	27
7.3. Wymagania dotyczące warstw asfaltowych (ściernych, wiążących, wyrównawczych i wzmacniających)	28
7.4. Wymagania dotyczące warstw ściernych i podbudowy z betonu cementowego	28
7.5. Wymagania dotyczące warstw ściernych z betonowej kostki brukowej	28
7.6. Odsadzki warstw konstrukcji nawierzchni	28
7.7. Warstwa ścierna z mieszanki mineralno-asfaltowo cementowej typu DENSIPHALT®	29
7.8. Warstwa ścierna z betonu asfaltowego z wkładką metalową według technologii METALFLEX®	31
7.9. Połączenie międzywarstwowe	32
8. Od autorów	32
Bibliografia	33

Opracowanie naukowe

Katalog konstrukcji nawierzchni dróg miejskich odtwarzanych po robotach rozbiórkowych wykonanych w celu likwidacji awarii sieci wodociągowych i kanalizacyjnych

1. Podstawa wykonania opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia firmy Aquanet S.A. z dnia 11.05.2005 oraz umowy o prace projektowe nr 543/WSW/2005 zawartej pomiędzy firmą Aquanet S.A. a Politechniką Poznańską w dniu 1.10.2005.

2. Materiały wyjściowe

- Dokumentacja fotograficzna wykonana w czasie wizji lokalnych w wybranych miejscach prowadzonych robót rozbiórkowych i odtworzeniowych nawierzchni w związku z utrzymaniem sieci wodociągowej i kanalizacyjnej na terenie miasta Poznania w okresie od lipca do października 2005 r.;
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, Dz. U Nr 43, poz. 430 z 1999 roku;
- Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, Warszawa 1997;
- PN-75/S-96015 „Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego”;
- PN-S-96013: 1997 „Drogi samochodowe. Podbudowa z chudego betonu. Wymagania i badania”;
- PN-S-06102: 1997 „Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie”;
- PN-B-10736: 1999 „Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.”;

- PN-S-96025: 2000 „Drogi samochodowe i lotniskowe. Nawierzchnie asfaltowe. Wymagania”;
- EN 1338: 2003 „Concrete paving blocks – Requirements and test methods”;
- Tymczasowe wytyczne techniczne; polimeroasfalty drogowe (TWT-PAD-97), Informacje, instrukcje, Zeszyt 54, IBDiM, Warszawa 1997
- Warunki techniczne; drogowe kationowe emulsje asfaltowe EmA-99, Informacje, instrukcje, Zeszyt 60, IBDiM, Warszawa 1999
- Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci wodociagowych, Wymagania techniczne COBRTI INSTAL, Zeszyt 3, Warszawa 2001.

Autorzy opracowania przeprowadzili szereg konsultacji z kierownictwem Zakładu Robót Drogowych Gospodarstwa Pomocniczego Zarządu Dróg Miejskich w Poznaniu, który jest głównym wykonawcą robót nawierzchniowych na terenie miasta Poznania. Rozmowy dotyczyły stosowanych aktualnie przez ZRD technologii odtwarzania nawierzchni ulic rozebranych z powodu awarii sieci wodociagowej i kanalizacyjnej. Przedmiotem analiz zawartych w niniejszym opracowaniu naukowym jest ocena praktycznych doświadczeń Zarządu Robót Drogowych z punktu widzenia trwałości i niezawodności wykonanych robót.

3. Informacje wstępne

Zasadnicza część sieci wodociagowych i kanalizacyjnych znajduje się w gruncie w obrębie jezdni oraz sporadycznie chodników. Występujące awarie szczególnie sieci wodociagowych powodują konieczność wykonania rozbiórki fragmentu nawierzchni w miejscu wystąpienia awarii. **Po wykonaniu robót naprawczych nawierzchnia powinna zostać odtworzona w taki sposób, aby jej cechy użytkowe oraz nośność były nie gorsze niż w pozostałej części nawierzchni.**

Roboty naprawcze zalicza się do remontów bieżących. Według [1] stanowią one około 30+40% robót eksploatacyjnych sieci wodociagowej. Ilość uszkodzeń sieci wodociagowej kształtuje się następująco:

- przewody wodociągowe: przeciętnie około 0,4+0,5 uszkodzeń na 1 km sieci, w tym 50+60% stanowią uszkodzenia przewodów rozdzielczych i magistralnych, a 40+50% uszkodzenia połączeń wodociagowych;
- uzbrojenie przewodów: przeciętnie około 0,8+1,0 uszkodzenia na 1 km sieci bez źródeł ulicznych;
- źródła uliczne – przeciętnie każdy zainstalowany źródło wymaga naprawy w ciągu roku;

Miejsce wypływu wody nie zawsze świadczy o uszkodzeniu przewodu bezpośrednio przy nim lub w jego pobliżu. Często woda wydostaje się na powierzchnię terenu w odległości kilku lub kilkunastu metrów od miejsca uszkodzenia. Zdarza się tak szczególnie w przypadku, gdy wierzchnią warstwę stanowi zmarznięty grunt lub nawierzchnie ulepszone (betonowe, asfaltowe itp.) [1].

Jeżeli okres od chwili powstania uszkodzenia do jego wykrycia jest długi, a grunt jest nasiąknięty wodą (z wyjątkiem gruntów bardzo chłonnych), wówczas prowadzeniu robót powinno towarzyszyć systematyczne pompowanie wody z wykopu. Wykonywanie tej czynności jest także konieczne w gruntach nasiąkniętych wodą, podobnie jak w gruntach suchych, w ostatniej fazie robót ziemnych przy uszkodzeniach wymagających demontażu odcinka przewodu, jeśli przewód uprzednio nie został odwodniony [1]. Czas wycieku, od chwili wystąpienia awarii do odcięcia dopływu wody ma duże znaczenie dla degradacji nawierzchni w pobliżu miejsca uszkodzenia sieci wodociągowej. Szczególne niebezpieczeństwo może występować w okresie zimowym, kiedy dochodzi do zamarzania wypływającej wody. Może to spowodować głębokie zmiany w podłożu nawierzchni nie tylko w miejscu wystąpienia awarii, lecz także na większym obszarze. Obszar występowania zmian w podłożu nawierzchni jest trudny do zdefiniowania. Na jego zasięg wpływa czas wypływu wody podczas awarii, czas i zakres pompowania wody przy usuwaniu awarii (zjawisko sufozji), rodzaj gruntu i inne czynniki.

Schemat powiadamiania o wystąpieniu awarii sieci wodociągowej wygląda następująco:

- osoba, która zauważyła wyciek wody powiadamia pogotowie wodociągowe (nr tel. 994);
- pracownicy pogotowia wodociągowego lokalizują wyciek, odcinają dopływ wody i powiadamiają służby dyżurne Zakładu Robót Drogowych

Gospodarstwa Pomocniczego Zarządu Dróg Miejskich w Poznaniu (dyżur 24h/dobę);

- w ciągu 2 h od chwili zgłoszenia awarii, miejsce jej wystąpienia powinno być oznakowane i zabezpieczone (tablice ostrzegawcze, oznakowanie pionowe, ewentualnie skierowanie pojazdów objazdem);
- powiadomienie policji i zainteresowanych służb (np. MPK);
- przystąpienie do robót rozbiórkowych nawierzchni i likwidacja przyczyny powstania awarii;

4. Opis dokumentacji fotograficznej

W okresie od lipca do października 2005 r. autorzy opracowania przeprowadzili szereg wizji lokalnych w wybranych miejscach w mieście Poznaniu, gdzie prowadzone były prace rozbiórkowe i odtworzeniowe nawierzchni w związku z wystąpieniem awarii lub koniecznością wykonania robót utrzymaniowych sieci wodociągowej i kanalizacyjnej.

Na rysunkach 1÷10 przedstawiono wybrane przykłady robót związanych z rozbiórką i odtworzeniem nawierzchni.



Rys. 1. Remont sieci kanalizacyjnej w ciągu chodnika



Rys. 2. Degradacja nawierzchni w pobliżu wykopu



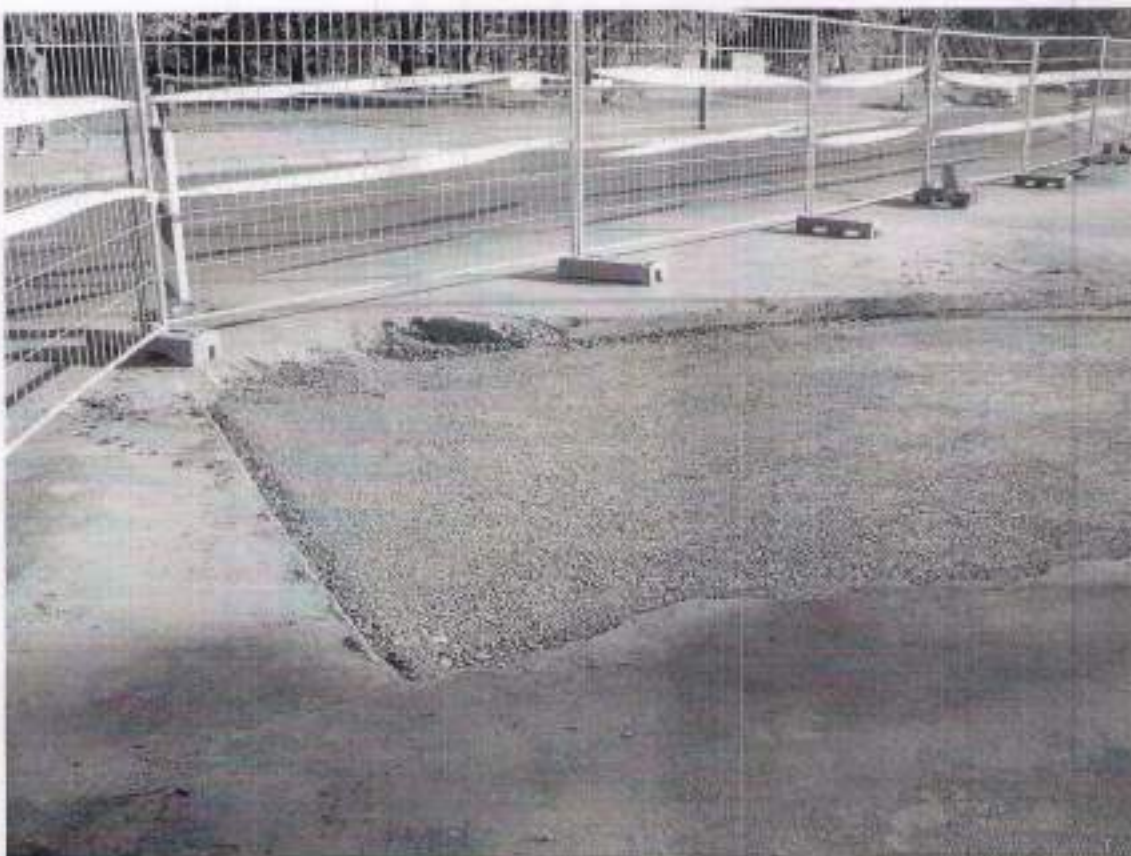
Rys. 3. Warstwa zasypki z piasku



Rys. 4. Przekrój jezdni po wykonaniu prac rozbiórkowych. Widoczne warstwy jezdne asfaltowe, podbudowa z kostki kamiennej oraz podłoże



Rys. 5. Zagęszczanie podłoża pod nawierzchnią podczas wykonywania robót odtworzeniowych



Rys. 6. Zagęszczona podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie



Rys. 7. Przykład wykopu o małej powierzchni (około 4 m²) w obrębie chodnika



Rys. 8. Przykład zapadnięcia nawierzchni z kostki kamiennej w wyniku awarii sieci wodociągowej



Rys. 9. Zasypywanie wykopu warstwą pospółki



Rys. 10. Wykop w obrębie miejsca postojowego oraz chodnika z kostki betonowej

5. Założenia projektowe

Zgodnie z uzgodnieniami przeprowadzonymi z kierownictwem Zakładu Robót Drogowych Gospodarstwa Pomocniczego Zarządu Dróg Miejskich, do wymiarowania konstrukcji odtwarzanych nawierzchni ulic przyjęto 3 kategorie ruchu (wyznaczane zgodnie z „Katalogiem typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”):

- ruch lekki – kategoria ruchu KR2 – gdy prognozowany Średni Dobowy Ruch w połowie okresu eksploatacji nawierzchni wynosi nie więcej niż 70 osi obliczeniowych o obciążeniu 100 kN na pas obliczeniowy;
- ruch średni – kategoria ruchu KR3-KR4 – gdy prognozowany Średni Dobowy Ruch w połowie okresu eksploatacji nawierzchni wynosi od 71 do 1000 osi obliczeniowych o obciążeniu 100 kN na pas obliczeniowy;
- ruch ciężki – kategoria ruchu KR5 – gdy prognozowany Średni Dobowy Ruch w połowie okresu eksploatacji nawierzchni wynosi od 1001 do 2000 osi obliczeniowych o obciążeniu 100 kN na pas obliczeniowy

Przyjęto również, że ulice na których odbywa się ruch autobusów komunikacji zbiorowej są obciążone ruchem ciężkim (KR5).


Wszystkie konstrukcje zestawione w p. 6 mogą być zastosowane po doprowadzeniu gruntu podłoża do grupy nośności G1 i uzyskaniu odpowiedniej wartości wtórnego modułu odkształcenia (minimum 80, 100 lub 120 MPa) oraz wskaźnika zagęszczenia (minimum 1,00 lub 1,03).

6. Zestawienie zalecanych konstrukcji odtwarzanych nawierzchni


6.1. Nawierzchnie jezdni ulic

6.1.1. Ruch lekki (kategoria ruchu KR2)


Grubość warstw konstrukcyjnych: 32 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	7 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 100 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 19 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	6 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-16 mm lub 0-20 mm
	8 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 100 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$


Grubość warstw konstrukcyjnych: 29 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	6 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm
		warstwa przeciwspekaniowa (SAMI*)
	18 cm	podbudowa pomocnicza chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 100 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$


* SAMI – Stress Absorbing Membrane Interlayer

6.1.2. Ruch średni (kategoria ruchu KR3-KR4)


Grubość warstw konstrukcyjnych: 43 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 29 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	8 cm	podbudowa zasadnicza górna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	8 cm	podbudowa zasadnicza dolna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 40 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	7 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	8 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		warstwa przeciwspekaniowa (SAMI)
	20 cm	podbudowa pomocnicza chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

6.1.3. Ruch ciężki (kategoria ruchu KR5)


Grubość warstw konstrukcyjnych: 47 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	14 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 33 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza górna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza dolna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

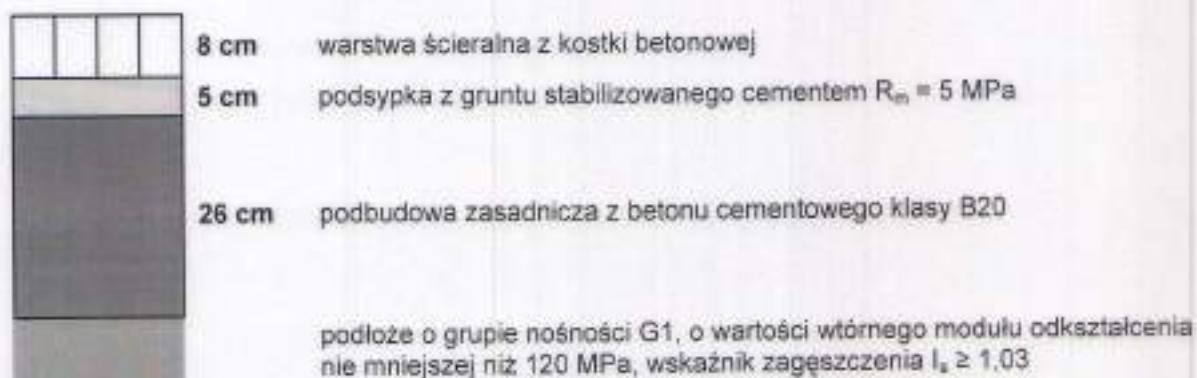
Grubość warstw konstrukcyjnych: 40 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-12,8 mm lub 0-16 mm
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	11 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		warstwa przeciwspekaniowa (SAMI)
	20 cm	podbudowa pomocnicza chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

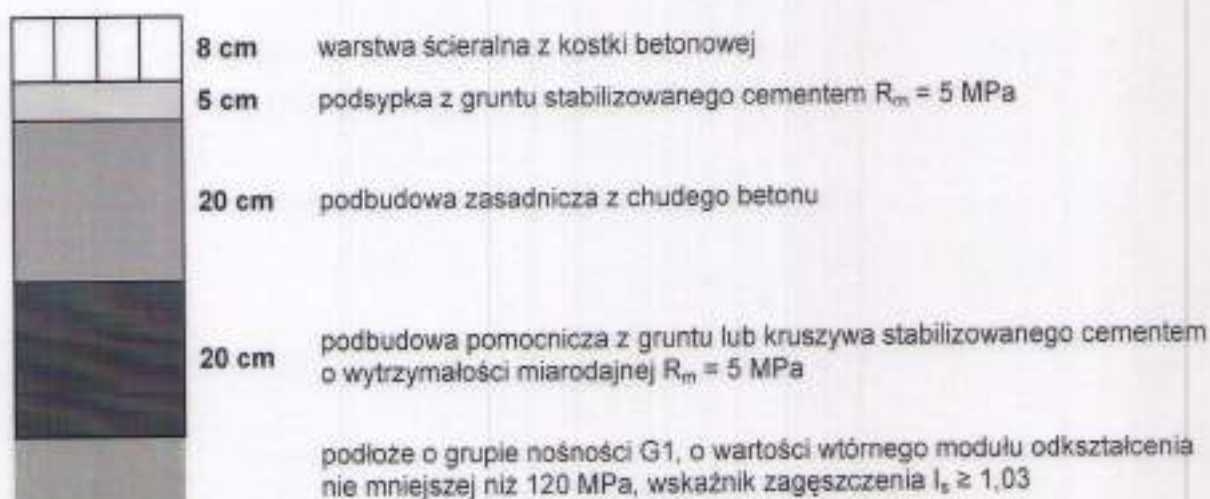
6.2. Nawierzchnie zatok w rejonie przystanku autobusowego

6.2.1. Konstrukcje standardowe

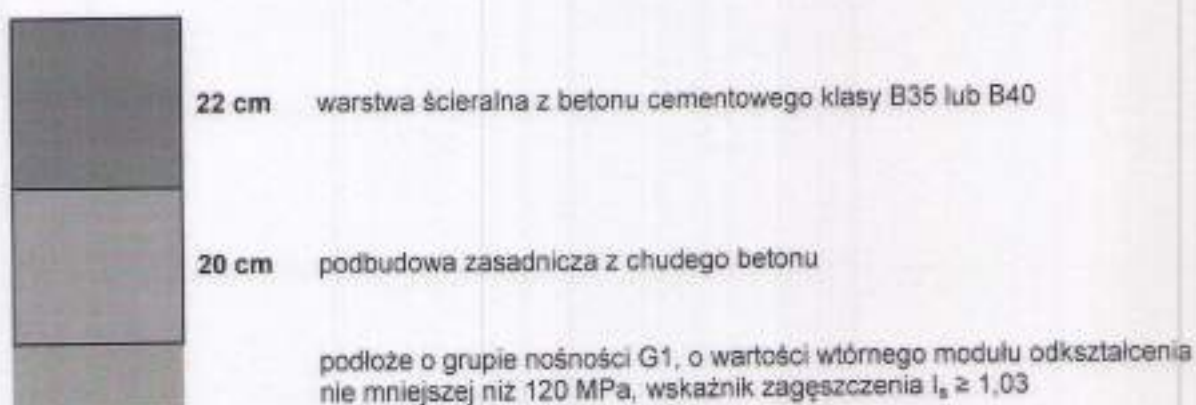
Grubość warstw konstrukcyjnych: 37 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 51 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 42 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 47 cm



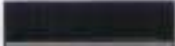



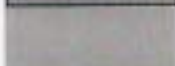
22 cm warstwa ścieralna z betonu cementowego klasy B35 lub B40

25 cm podbudowa pomocnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego cementem o wytrzymałości miarodajnej $R_m = 5 \text{ MPa}$

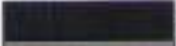

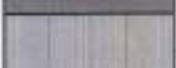
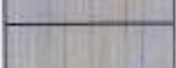

podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

6.2.2. Alternatywne konstrukcje nawierzchni zatok w rejonie przystanku autobusowego z warstwą ścieralną z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej (typu DENSIPHALT®)




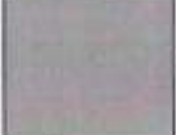
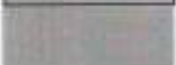
Grubość warstw konstrukcyjnych: 47 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej DENSIPHALT
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	14 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 33 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej DENSIPHALT
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza górna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza dolna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 40 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej DENSIPHALT
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	11 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

6.2.2. Alternatywne konstrukcje nawierzchni zatok w rejonie przystanku autobusowego z warstwą ścieralną z betonu asfaltowego z wkładką metalową (typu METALFLEX®)


Grubość warstw konstrukcyjnych: 47 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego z wkładką metalową
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	14 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 33 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego z wkładką metalową
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza górna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	10 cm	podbudowa zasadnicza dolna z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 40 cm


	5 cm	warstwa ścieralna z betonu asfaltowego z wkładką metalową
	8 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-20 mm lub 0-25 mm
	11 cm	podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-25 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

6.3. Nawierzchnie jezdni dróg (ulic) klasy L i D w strefie zamieszkania

Grubość warstw konstrukcyjnych: 21 cm

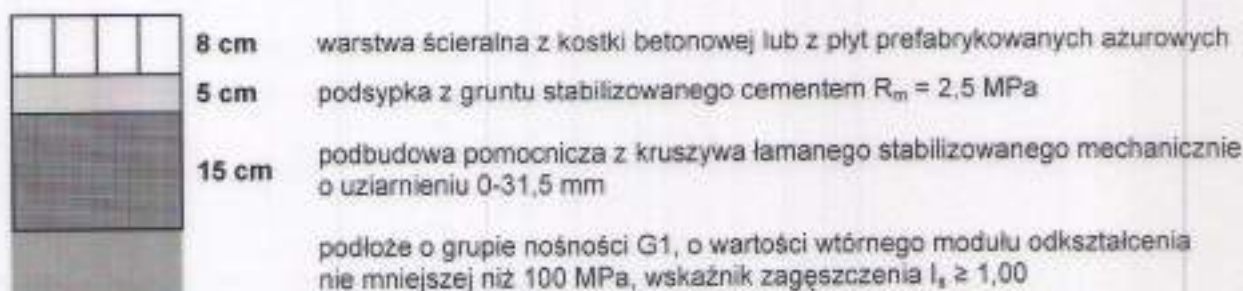
	8 cm	warstwa ścieralna z kostki betonowej, kamiennej lub z płyt prefabrykowanych
	5 cm	podsyпка z gruntu stabilizowanego cementem $R_m = 2,5$ MPa
	10 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 100 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 16 cm

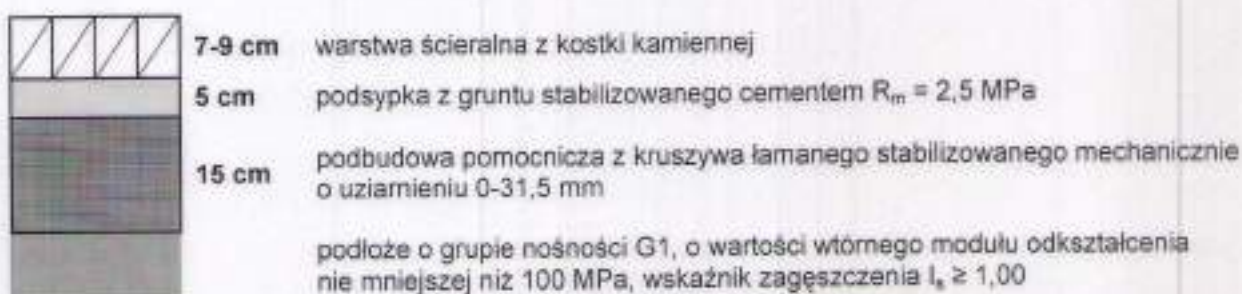
	4 cm	warstwa ścieralna z mieszanki bitumicznej żwirowo-piaskowej
	12 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

6.4. Nawierzchnie stanowisk postojowych dla samochodów o ciężarze całkowitym nie większym niż 250 N

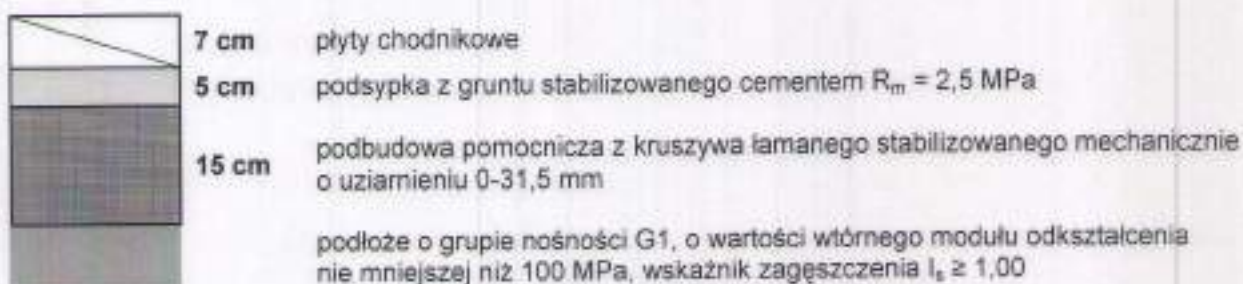
Grubość warstw konstrukcyjnych: 26 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 25-27 cm

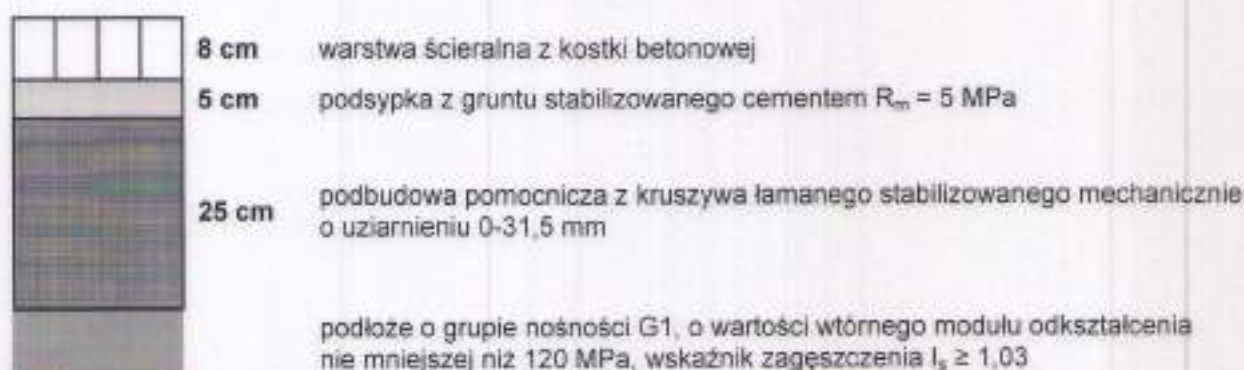


Grubość warstw konstrukcyjnych: 25 cm

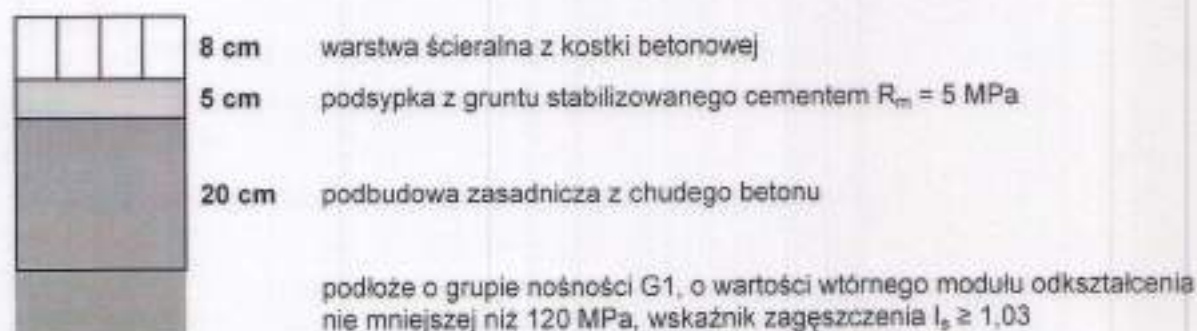


6.5. Nawierzchnie stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych

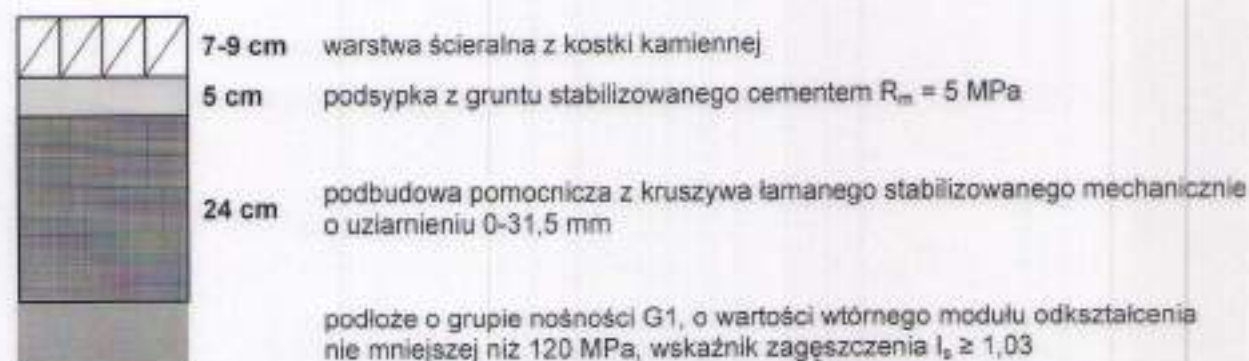
Grubość warstw konstrukcyjnych: 36 cm



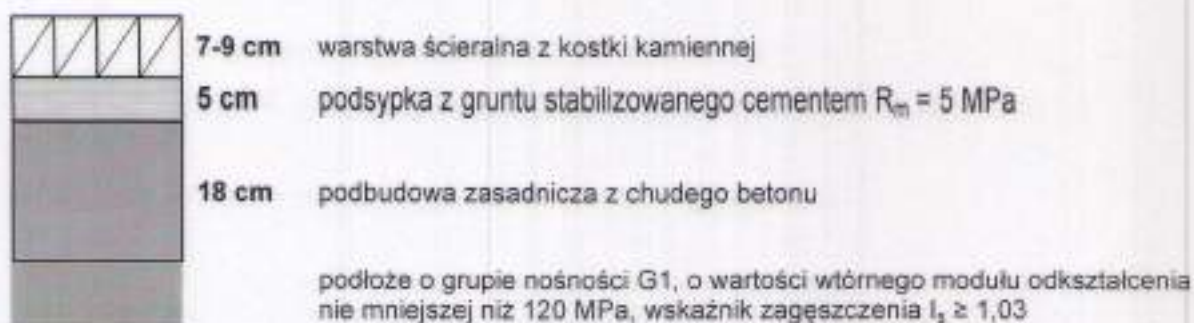
Grubość warstw konstrukcyjnych: 31 cm



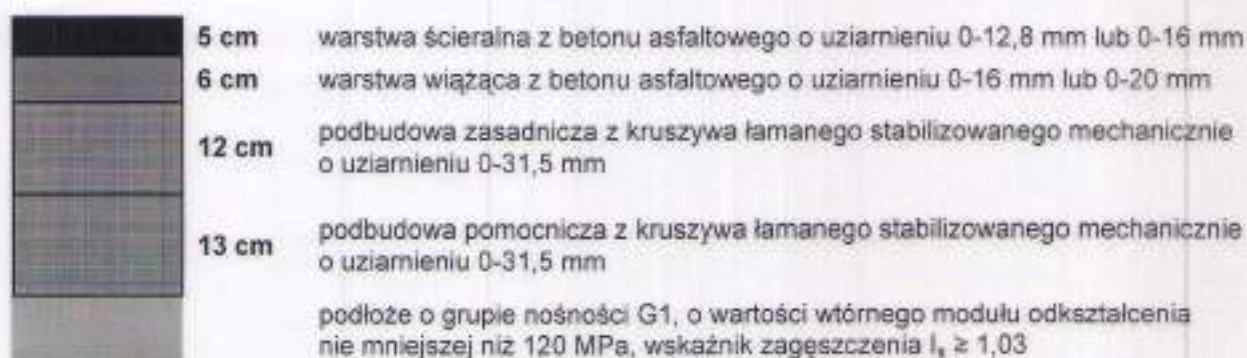
Grubość warstw konstrukcyjnych: 34-36 cm



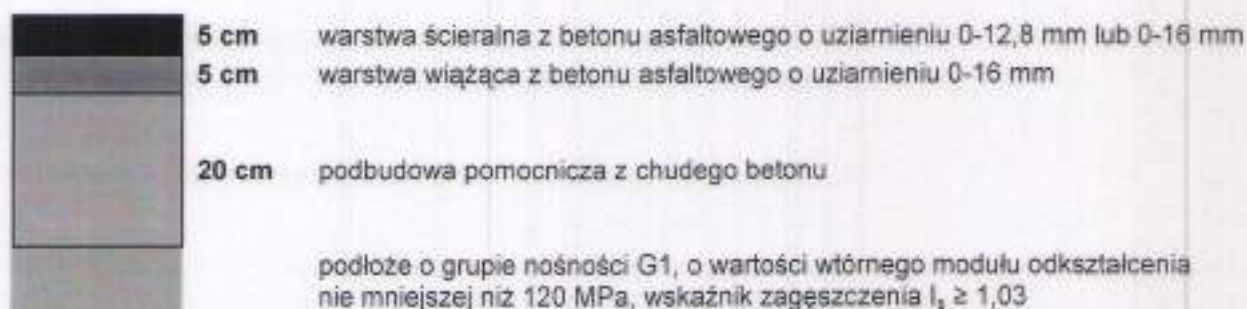
Grubość warstw konstrukcyjnych: 28-30 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 36 cm




Grubość warstw konstrukcyjnych: 30 cm




6.5.1. Alternatywne konstrukcje nawierzchni stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych z warstwą ścieralną z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej (typu DENSIPHALT®)

Grubość warstw konstrukcyjnych: 36 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej DENSIPHALT
	6 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-16 mm lub 0-20 mm
	12 cm	podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
	13 cm	podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 30 cm

	5 cm	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej DENSIPHALT
	5 cm	warstwa wiążąca z betonu asfaltowego o uziarnieniu 0-16 mm
	20 cm	podbudowa pomocnicza z chudego betonu
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 120 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,03$


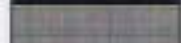
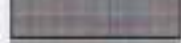
6.6. Konstrukcje nawierzchni jezdni manewrowych

Konstrukcje jezdni manewrowych należy wymiarować tak jak nawierzchnie pasów ruchu. Kategorię ruchu ustala się zgodnie z tabelą:




Liczba stanowisk postojowych dla samochodów osobowych	Kategoria ruchu jezdni manewrowej	Liczba stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych	Kategoria ruchu jezdni manewrowej
1	2	3	4
do 1000 powyżej 1000	KR2 KR3	do 15 od 16 do 125 od 126 do 250	KR2 KR3-KR4 KR5

6.7. Nawierzchnie ścieżek rowerowych

Grubość warstw konstrukcyjnych: 13 cm

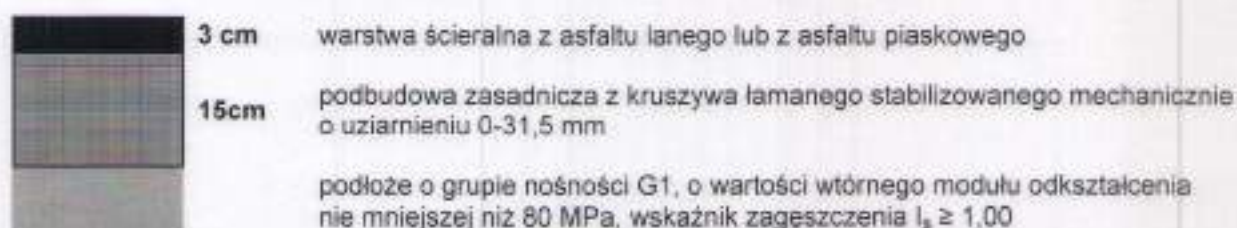
	3 cm	warstwa ścieralna z asfaltu łanego lub z asfaltu piaskowego
	10 cm	podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 13 cm

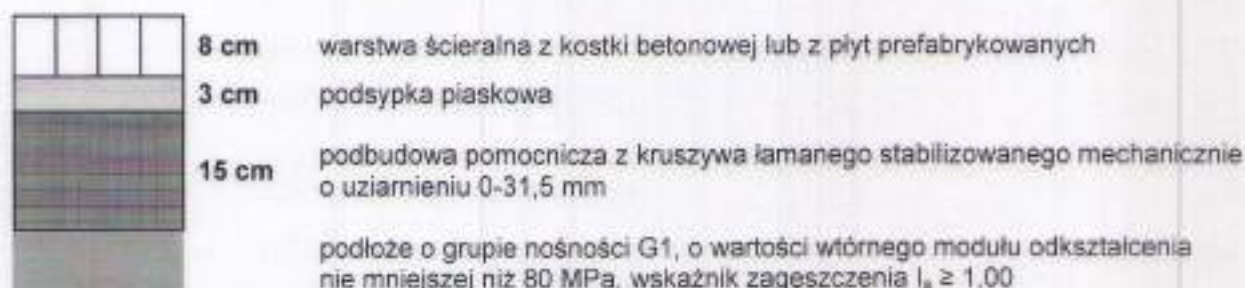
	8 cm	warstwa ścieralna z kostki betonowej
	5 cm	piasek średnio- lub drobnoziarnisty
		podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

6.8. Nawierzchnie chodników z dopuszczeniem postoju samochodów o ciężarze nie większym niż 250 N

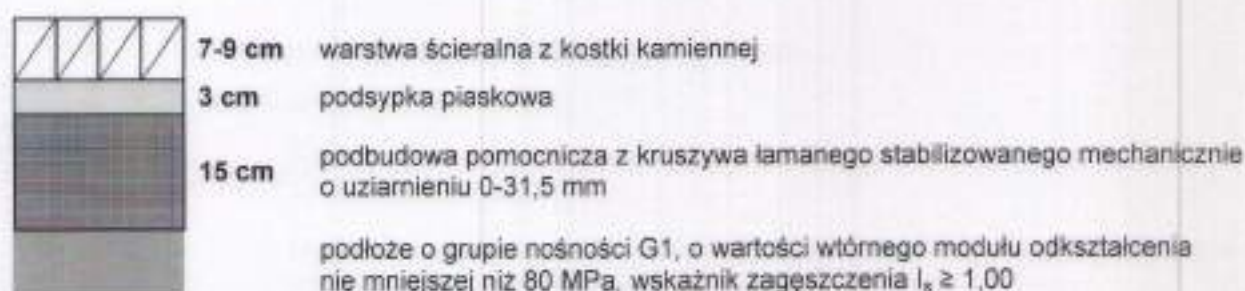
Grubość warstw konstrukcyjnych: 13 cm



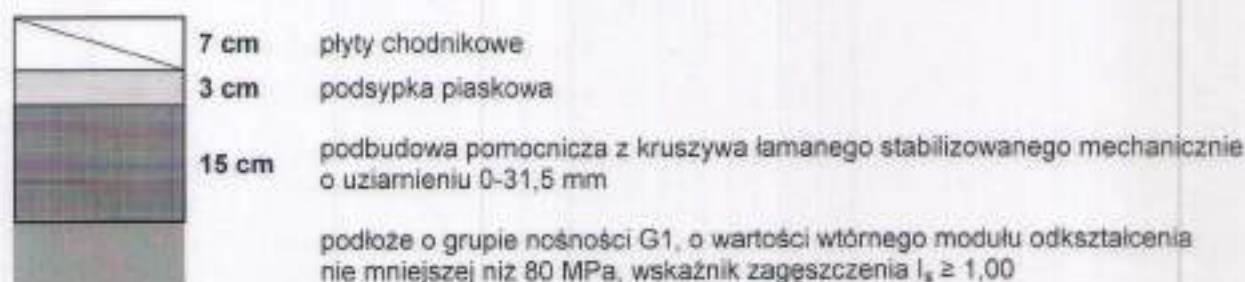
Grubość warstw konstrukcyjnych: 26 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 25-27 cm



Grubość warstw konstrukcyjnych: 25 cm



6.9. Nawierzchnie chodników przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pieszych

Grubość warstw konstrukcyjnych: 13 cm



3 cm

warstwa ścieralna z asfaltu łanego

10 cm

podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie o uziarnieniu 0-31,5 mm

podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 13 cm (11cm)



8 (6) cm

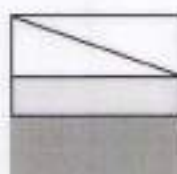
warstwa ścieralna z kostki betonowej

5 cm

piasek średnio- lub drobnopziarnisty

podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 12 cm (11cm)



7 cm

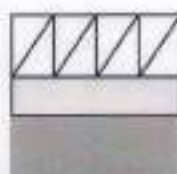
płyty chodnikowe

5 cm

piasek średnio- lub drobnopziarnisty

podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

Grubość warstw konstrukcyjnych: 12-14 cm



7-9 cm

warstwa ścieralna z kostki kamiennej

5 cm

piasek średnio- lub drobnopziarnisty

podłoże o grupie nośności G1, o wartości wtórnego modułu odkształcenia nie mniejszej niż 80 MPa, wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 1,00$

7. Zalecenia technologiczne

7.1. Wymagania dotyczące zasypki wykopów

Zgodnie z normą PN-B-10736: 1999, grubość warstwy ochronnej zasypki strefy niebezpiecznej ponad wierzch przewodu lub rury powinna wynosić co najmniej 0,5 m. Materiałem zasypki w obrębie strefy niebezpiecznej powinien być grunt nieskalisty, bez grud i kamieni, mineralny, sypki, drobno lub średnioziarnisty. Zagęszczenie gruntu powinno być wykonane warstwami. Każda warstwa powinna być zagęszczona w taki sposób, aby uzyskać wartość wskaźnika zagęszczenia określoną w projekcie. Jeżeli wartość wskaźnika zagęszczenia nie została w projekcie określona, wówczas należy przyjmować wskaźnik zagęszczenia o wartości co najmniej 1. Grubość układanych i zagęszczanych warstw nie powinna być większa niż:

- 0,15 m przy zagęszczaniu ręcznym,
- 0,30 m przy zagęszczaniu mechanicznym.

Uzyskanie prawidłowego zagęszczenia gruntu wymaga zachowania wilgotności optymalnej podczas układania i zagęszczania.

7.2. Wymagania dotyczące warstw podbudowy

- Warstwy podbudowy z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie należy wykonywać zgodnie z normą PN-S-06102: 1997
- Warstwy podbudowy z chudego betonu należy wykonywać zgodnie z normą PN-S-96013: 1997
- Warstwy podbudowy z betonu asfaltowego należy wykonywać zgodnie z normą PN-S-96025: 2000

7.3. Wymagania dotyczące warstw asfaltowych (ścieralnych, wiążących, wyrównawczych i wzmacniających)

Warstwy ścieralne, wiążące, wyrównawcze i wzmacniające z mieszanek mineralno-asfaltowych należy wykonywać zgodnie z normą PN-S-96025: 2000.

Ze względu na duże prawdopodobieństwo wystąpienia odkształceń trwałych, zaleca się wykonywanie warstw ścieralnych przeznaczonych do nawierzchni jezdni ulic obciążonych ruchem KR5 oraz nawierzchni stanowisk postojowych dla samochodów ciężarowych z mieszanek mineralno-asfaltowych sporządzonych z udziałem lepiszczy asfaltowych modyfikowanych elastomerem (klasy B lub C).

7.4. Wymagania dotyczące warstw ścieralnych i podbudowy z betonu cementowego

Warstwy ścieralne oraz podbudowy z betonu cementowego należy wykonywać zgodnie z normą PN-75/S-96015.

7.5. Wymagania dotyczące warstw ścieralnych z betonowej kostki brukowej

Warstwy ścieralne z betonowej kostki brukowej należy wykonywać zgodnie z normą EN 1338: 2003.

7.6. Odsadzki warstw konstrukcji nawierzchni

Zgodnie z normą PN-S-96025: 2000 szerokość warstwy asfaltowej niżej położonej, nie ograniczonej krawężnikiem lub opornikiem, w nowej konstrukcji nawierzchni powinna być większa z każdej strony co najmniej o grubość warstwy na niej ułożonej, jednak nie mniej niż o 5 cm. Stosowany przez Zakład Robót Drogowych w Poznaniu sposób wykonywania odsadzek warstw konstrukcji nawierzchni, polegający na zwiększeniu szerokości warstw niżej leżących obustronnie o 0,5 m, należy uznać za uzasadniony tak z punktu widzenia

zwiększenia trwałości warstw nawierzchni, jak i niezawodności konstrukcji odtwarzanej nawierzchni w warunkach, w których nie ma całkowitej pewności co do zasięgu zmian w podłożu gruntowym, jakie zaszły w czasie awarii.

7.7. Warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowo cementowej typu DENSIPHALT®

Technologia wykonywania warstw nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej typu DENSIPHALT została opracowana przez duńską firmę DENSIT. Firma zajmuje się produkcją cementu do betonów o wysokiej wytrzymałości. Do wykonania mieszanki typu DENSIPHALT powinien być wykorzystany specjalny zaczyn cementowy firmy DENSIT („DENSIPHALT MORTAR” [2]). W skład zaczynu wchodzi specjalny cement wysokiej wytrzymałości, mikrokrzemionka, superplastyfikator, piasek kwarcowy oraz woda ($w/c = 0,27$). Dzięki wyjątkowo gęstej mikrostrukturze krzemionki i zawartości ziaren około 100-krotnie mniejszych niż w przypadku zwykłego cementu, zaczyn cementowy osiąga wartości wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach dojrzewania w temperaturze 20°C rzędu 100 MPa [2].

Nawierzchnię z mieszanki typu DENSIPHALT wykonuje się w dwóch etapach [2].

Etap I Mieszanke mineralno-asfaltową (MMA) o nieciągłym uziarnieniu i dużej zawartości wolnej przestrzeni (porowatą) układa się w sposób tradycyjny, z użyciem układarki. Po zagęszczeniu ułożonej warstwy lekkim walcem stalowym (dwa lub trzy przejazdy walca), zawartość wolnej przestrzeni w warstwie nawierzchni powinna mieścić się w przedziale między 25 a 30%. Po wystygnięciu ułożonej warstwy, tzn. po uzyskaniu temperatury niższej niż 30°C, można przystąpić do drugiego etapu.

Etap II Wprowadzenie zaczynu cementowego w głąb uprzednio ułożonej warstwy. Na powierzchni warstwy rozprowadza się równomiernie zaczyn, który penetruje w głąb porowatej warstwy asfaltowej, aż do uzyskania wypełnienia wolnych przestrzeni na całej grubości warstwy. Uznaje się, że warstwa jest wykonana poprawnie, jeżeli wolna przestrzeń między ziarnami szkieletu jest całkowicie wypełniona zaczynem cementowym.

Po 24 godzinach od zakończenia drugiego etapu, warstwa uzyskuje ok. 85% swej docelowej wytrzymałości i już wówczas można wprowadzić na powierzchnię ciężki ruch.

Ze względu na uziarnienie mieszanki mineralnej (MM), można rozróżnić dwa rodzaje mieszanek typu DENSIPHALT: DENSIPHALT 8 (o uziarnieniu 0/8mm) – grubość warstwy 3+5 cm i DENSIPHALT 12 (o uziarnieniu 0/12mm) – grubość warstwy 4+6 cm [3].

Mieszanka mineralno-asfaltowa do nawierzchni DENSIPHALT składa się z kruszywa jednofrakcyjnego z dodatkiem wypełniacza mineralnego w ilości około 5% oraz z lepiszcza asfaltowego w ilości około 4 ÷ 4,5% z dodatkiem stabilizatora, w celu powstrzymania spływu asfaltu z ziaren kruszywa [3].

Nawierzchnie wykonane z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej typu DENSIPHALT znalazły zastosowanie w krajach Europy zachodniej na wielu obiektach, gdzie występują trudne warunki pracy, do których można zaliczyć lotniska (np. lotniska w Kopenhadze, Sztokholmie, Oslo), czy terminale kontenerowe (np. port w Rotterdamie). Charakterystyczną cechą obciążenia nawierzchni na takich obiektach jest oddziaływanie dużych sił skupionych pochodzących od kół samolotów, samochodów ciężarowych bądź kontenerów. Ponadto występowanie silnie skanalizowanego ruchu sprzyja powstawaniu kolein. Kilkuletnia eksploatacja nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowo-cementowej wykazuje jej wysoką odporność na powstawanie kolein oraz odcisków w miejscach oddziaływania sił skupionych [4].

Technologia nawierzchni z mieszanki typu DENSIPHALT łączy zalety nawierzchni betonowej i asfaltowej. Do najistotniejszych można zaliczyć:

- wysoką odporność na zjawisko powstawania trwałych deformacji w porównaniu z nawierzchnią asfaltową – nośność nawierzchni można zwiększyć nawet o 70% poprzez zastosowanie zbrojenia siatką stalową [2];
- brak konieczności wykonywania dylatacji;
- czas wykonania zbliżony do nawierzchni asfaltowej (nie ma konieczności długotrwałej pielęgnacji);
- możliwość wykonania nawierzchni w różnych kolorach (zaczyn cementowy może być barwiony);

- odporność na działanie czynników ropopochodnych oraz środków chemicznych stosowanych podczas zimowego utrzymania [2];

7.8. Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego z wkładką metalową według technologii METALFLEX®

Zbrojenie trzykierunkowe pokazane na rysunku 11 zapobiega powstawaniu odkształceń trwałych oraz propagacji spękań w warstwach nawierzchni. Według danych producenta – francuskiej firmy SCREG – technologia METALFLEX® zwiększa odporność zmęczeniową nawierzchni oraz wzmacnia w sposób natychmiastowy i efektywny konstrukcję nawierzchni. Technologia ta jest zalecana szczególnie do warstw ścieralnych poddanych intensywnemu, skanalizowanemu ruchowi, dla pasów ruchu bardzo silnie obciążonych, a także w miejscach, gdzie występują duże obciążenia poziome spowodowane hamowaniem i przyspieszaniem pojazdów ciężkich oraz długotrwałe obciążenia statyczne (np. przystanki autobusowe i pasy ruchu przed linią zatrzymania na skrzyżowaniach, szczególnie wyposażonych w sygnalizację świetlną).



Rys. 11. Przykład zastosowania technologii METALFLEX® na przystanku autobusowym na terenie miasta Poznania

7.9. Połączenie międzywarstwowe

Niezależnie od kategorii ruchu należy stosować związanie pomiędzy warstwami asfaltowymi oraz pomiędzy warstwami podbudowy niezwiązanej lub związanej spoiwem hydraulicznym a warstwą asfaltową. Zaleca się wykonywanie połączenia międzywarstwowego poprzez skropienie powierzchni warstwy emulsją asfaltową. Podłoże pod wykonywaną warstwę powinno być skropione w ilości wystarczającej na związanie warstw, bez nadmiaru lepiszcza. W poniższej tablicy zestawiono zalecane w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” ilości asfaltu (po rozpadzie emulsji) w połączeniu międzywarstwowym.

Lp.	Podłoże do wykonania warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej	Ilość pozostałego asfaltu, kg/m ²
1.	Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie	0,5 + 0,7
2.	Podbudowa z chudego betonu	0,3 + 0,5
3.	Podbudowa asfaltowa	0,3 + 0,5
4.	Asfaltowa warstwa wiążąca	0,1 + 0,3

8. Od autorów

- Ważnym problemem, który nie był przedmiotem niniejszego opracowania jest określenie zasięgu zmian zachodzących w podłożu gruntowym w wyniku awarii sieci wodociągowej. Zdaniem autorów byłoby pożyteczne opracowanie skutecznej metody określania zasięgu tych zmian, np. z wykorzystaniem techniki georadarowej.
- Wskazane byłoby również opracowanie szczegółowych wytycznych dotyczących metod „odtworzenia” podłoża gruntowego w różnych warunkach, także z uwzględnieniem zasięgu zmian, jakie zaszły w podłożu w wyniku awarii.
- Istotnym zagadnieniem jest określenie prostych, łatwych do sprawdzenia kryteriów oceny zagęszczenia warstw podłoża.

Autorzy niniejszego opracowania posiadają odpowiednie przygotowanie teoretyczne oraz praktyczne, które umożliwia podjęcie się rozwiązania wymienionych

powyżej trzech ważnych problemów. Mogą one być przedmiotem drugiej części opracowania naukowego, które proponujemy wykonać w 2006 roku.

Bibliografia

1. „Wodociągi i kanalizacja” – Poradnik, Arkady 1971;
2. Sundahl J., Elert Munk J., Bunch S., *Pavement material that improves rutting resistance on heavy loaded areas*, PIARC XXII World Road Congress , Durban 2003, Book I, p.292-296
3. Densit A/S, *Densiphalt® Handbook*, 2000
4. Styk S., Bartosiewicz J., Słowik M., *Densiphalt – mieszanka mineralno-asfaltowo-cementowa do warstw ścieralnych łącząca zalety nawierzchni asfaltowej i betonowej*, III Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne technologie w budownictwie drogowym”, Poznań 2005, s. 421-429